



TANDEM

Ενσωμάτωση λειτουργιών και
συσκευών σε υπηρεσίες νέφους
στις παρυφές του δικτύου

Παραδοτέο Π1.2: Τελική Αρχιτεκτονική Συστήματος



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκά Διαρθρωτικά
και Επενδυτικά Ταμεία



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΤΠΑ, ΤΣ & ΕΚΤ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΑνΕΚ

ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Έργο:	TANDEM
Κωδικός Έργου:	T2ΕΔΚ-02825
Ενότητα Εργασίας :	ΕΕ1: Αρχιτεκτονική Συστήματος
Συντονιστής Ενότητας:	INTRACOM TELECOM
Συντονιστής Παραδοτέου:	INTRACOM TELECOM
Έκδοση Παραδοτέου:	1.0
Ημερομηνία:	28/06/2022

Ακρωνύμια

Ακρωνύμιο	Ορισμός
AR	Augmented Reality (Επαυξημένη Πραγματικότητα)
API	Application Programming Interface (Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών)
AWS	Amazon Web Service
BaaS	Backend-as-a-Service (Το Backend ως Υπηρεσία)
BPMN	Business Process Model and Notation (Μοντέλο Επιχειρηματικής Διαδικασίας και Συμβολισμοί)
CDA	Confirmatory Data Analysis (Ανάλυση Επιβεβαιωτικών Δεδομένων)
CDN	Content Delivery Networks (Δίκτυο Διανομής Περιεχομένου)
CFS	Customer Facing Service (Εξυπηρέτηση πελατών)
CP	Connection Point (Σημείο Σύνδεσης)
CSP	Communication Service Provider (Πάροχος Υπηρεσιών Επικοινωνιών)
CV	Computer Vision (Μηχανική, Υπολογιστική ή Τεχνητή Όραση)
DAG	Directed Acyclic Graph (Κατευθυνόμενος Ακυκλικός Γράφος)
DC	Datacenter (Κέντρο δεδομένων)
DMN	Decision Model and Notation (Μοντέλο απόφασης και Συμβολισμοί)
DPI	Deep Packet Inspection (Εις βάθος εξέταση πακέτων)
EC	Edge Computing (Υπολογιστική στα άκρα του δικτύου)
EDA	Exploratory Data Analysis (Διερευνητική Ανάλυση Δεδομένων)
ETL	Extract-Transform-Load (Εξαγωγή-μετασχηματισμός-φόρτωση)
FaaS	Function-as-a-Service (Η Λειτουργία ως Υπηρεσία)
FQDN	Fully Qualified Domain Name (Πλήρως αναγνωρισμένο όνομα τομέα)
GTP	GPRS Tunneling Protocol (Πρωτόκολλο σήραγγας GPRS)
GUI	Graphical User Interface (Γραφικό Περιβάλλον Χρήστη)
HLS	HTTP Live Streaming (Ζωντανή μετάδοση HTTP)
ICN	Information-Centric Network (Δίκτυο προσανατολισμένο στην πληροφορία)
IOPS	Input/Output Operations Per Second (Αριθμός εισόδων/εξόδων ανά δευτερόλεπτο)
IoT	Internet of Things (Το Διαδίκτυο των Αντικειμένων)
ISP	Internet Service Provider (Πάροχος Υπηρεσιών Διαδικτύου)
KPI	Key Performance Indicator (Δείκτης απόδοσης)

μDC	Micro-datacenter (Μικρο-κέντρο δεδομένων)
MANO	Management and orchestration (Διαχείριση και ενορχήστρωση)
MCDM	Multi-criteria decision making (Λήψη αποφάσεων πολλαπλών κριτηρίων)
MEC	Multi-access edge computing (Υπολογιστική άκρων)
MIME	Multipurpose Internet Mail Extension (Επέκταση για πολλαπλές χρήσεις σε αλληλογραφία μέσω διαδικτύου)
NFV	Network Function Virtualization (Εικονικοποίηση δικτυακών λειτουργιών)
NFVO	Network Function Virtualization Orchestration (Ενορχήστρωση εικονικοποιημένων δικτυακών λειτουργιών)
NSD	Network Service Descriptor (Περιγραφέας δικτυακής υπηρεσίας)
NST	Network Slice Template (Πρότυπο δικτυακού τεμαχίου)
NSI	Network Slice Instance (Στιγμιότυπο δικτυακού τεμαχίου)
NSSI	Network Slice Subnet Instance (Στιγμιότυπο υποδικτύου δικτυακού τεμαχίου)
OS	Operating System (Λειτουργικό Σύστημα)
OU	Organizational Units (Οργανωτικές Μονάδες)
PNF	Physical network function (Φυσική δικτυακή λειτουργία)
POP	Point of Presence (Σημείο Πρόσβασης)
PPDR	Public protection and disaster relief (Δημόσια προστασία και ανακούφιση από καταστροφές)
QCI	QoS Class Identifier (Αναγνωριστικό κλάσης ποιότητας υπηρεσίας)
QoE	Quality of Experience (Ποιότητα Εμπειρίας Χρήστη)
QoS	Quality of Service (Ποιότητα Παροχής Υπηρεσίας)
PaaS	Platform as a Service (Πλατφόρμα ως Υπηρεσία)
PLC	Programmable Logic Controller (Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής)
RaaS	Robot as a Service (Ρομπότ ως Υπηρεσία)
RAN	Radio Access Network (Δίκτυο Πρόσβασης Ραδιοεπικοινωνίας)
SaaS	Software as a Service (Λογισμικό ως Υπηρεσία)
SDN	Software-defined networking (Δίκτυα οριζόμενα μέσω λογισμικού)
SLA	Service Level Agreement (Συμφωνητικό Παροχής Υπηρεσίας)
SLAM	Simultaneous localization and mapping (Ταυτόχρονος εντοπισμός και χαρτογράφηση)
SR	Source Routing (Πηγαία δρομολόγηση)
TCAM	Ternary Content Addressable Memory (Τριαδική μνήμη αναζήτησης περιεχομένου)
TTL	Time-to-Live (Χρόνος ζωής)

UML	Unified Modelling Language (Ενοποιημένη γλώσσα σχεδιασμού)
URL	Uniform Resource Locator (Ενιαίος εντοπιστής πόρων)
vCache	Virtual cache (Εικονικοποιημένη κρυφή μνήμη)
VDU	Virtual Deployment Unit (Μονάδα Εικονικής Ανάπτυξης)
VIM	Virtualized Infrastructure Manager (Διαχειριστής Εικονικοποιημένης Υποδομής)
VLD	Virtual Link Descriptor (Περιγραφέας εικονικής σύνδεσης)
VNF	Virtual Network Function (Εικονικοποιημένη δικτυακή λειτουργία)
VNFD	Virtual Network Function Descriptor (Περιγραφέας εικονικοποιημένης δικτυακής λειτουργίας)
VoD	Video on Demand (Βίντεο κατά απαίτηση)
VNO	Virtual Network Operator (Εικονικός χειριστής δικτύου)
VR	Virtual Reality (Εικονική Πραγματικότητα)

Βασικές Έννοιες

Έννοια	Περιγραφή
Αναγνώριση Αντικειμένων (Object Recognition)	Είναι μια υπολογιστική τεχνολογία που σχετίζεται με την Τεχνητή Όραση (Computer Vision) και την Επεξεργασία Εικόνων (Image Processing) και ασχολείται με τον εντοπισμό παρουσιών σημασιολογικών αντικειμένων μιας συγκεκριμένης κατηγορίας (όπως ανθρώπους, οχήματα, ζώα) σε ψηφιακές εικόνες και βίντεο. Έχει εφαρμογές σε πολλούς τομείς όπως στην Επιτήρηση Χώρου (Surveillance) και στην Ρομποτική βιομηχανία.
Ανίχνευση - Εντοπισμός Αντικειμένων (Object Detection)	Εκτός από τον εντοπισμό παρουσιών και την ταξινόμηση αντικειμένων σε μια εικόνα ή ένα βίντεο που παρέχει η Αναγνώριση Αντικειμένων, παρέχει και τις πληροφορίες σχετικά με τον περιγραφικό πλαίσιο (bounding box) που περικλείει κάθε εντοπισμένο αντικείμενο. Δηλαδή, στο Object Detection, το σύστημα πρέπει να εντοπίσει όλα τα αντικείμενα και να τα ταξινομήσει, επιστρέφοντας επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τη θέση τους.
Εφαρμογή (Application)	Μία οργανωμένη ενότητα συνεργαζόμενων λειτουργιών που ικανοποιούν μια συγκεκριμένη ανάγκη του τελικού χρήστη (π.χ. εφαρμογή επιτήρησης χώρου ή ελέγχου λειτουργίας Data Room). Μπορεί να αντιστοιχεί σε μία Υπηρεσία Εφαρμογής ή να αποτελεί τη σύνθεση υπηρεσιών του TANDEM που μπορεί να λειτουργούν και σε διαφορετικούς κόμβους. Η εφαρμογή μπορεί να παρέχει ή να καταναλώσει υπηρεσίες του TANDEM. Λειτουργεί ως εικονικοποιημένη εφαρμογή (οι υπηρεσίες-συστατικά της υλοποιούνται σε εικονικές μηχανές (VMs) ή containers), πάνω από την υποδομή εικονικοποίησης που παρέχεται από το TANDEM. Μπορεί να έχει συσχετισμένους κανόνες και απαιτήσεις, όπως απαιτούμενους πόρους, μέγιστη καθυστέρηση, απαιτούμενες ή χρήσιμες υπηρεσίες κ.λπ. για κάθε συστατικό της. Αυτές οι απαιτήσεις επικυρώνονται από τη διαχείριση επιπέδου συστήματος TANDEM. Στην περίπτωση που αποτελεί το αποτέλεσμα σύνθεσης υπηρεσιών προδιαγράφεται με ένα δομημένο αρχείο κειμένου (με όλη τη λογική σύνδεσης των υπηρεσιών και των συσκευών) που περιέχει τις οδηγίες προς τις επιλεγμένες μηχανές διαχείρισης γεγονότων και ροών εργασιών (event & workflow engines) για την υλοποίηση της λογικής της εφαρμογής. Η ιεραρχία είναι: Εφαρμογή (Application)→Υπηρεσία(Service)→Function (Δομο-ενότητα ή Στοιχειώδης Υπηρεσία)
Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet of Things – IoT)	Αποτελεί το δίκτυο επικοινωνίας πληθώρας φυσικών συσκευών και κάθε αντικειμένου που ενσωματώνει ηλεκτρονικά μέσα, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα σε δίκτυο ώστε να επιτρέπεται η σύνδεση και η ανταλλαγή δεδομένων με άλλες συσκευές μέσω του Διαδικτύου
Δομο-ενότητα (function)	Μια σειρά από λειτουργίες με συγκεκριμένο σκοπό που συνθέτουν τη μικρότερη δυνατή εγκαταστάσιμη μονάδα λογισμικού. Αντιστοιχεί στην έννοια της Εικονικοποιημένης Δικτυακής Λειτουργίας (Virtual Network Function) του NFV MANO. Σε αυτό το κείμενο χρησιμοποιείται ισοδύναμα με τον όρο Υπηρεσία (Service) και περιγράφει μια υπηρεσία που μπορεί να αποτελέσει δομική ενότητα άλλων πιο σύνθετων υπηρεσιών ή εφαρμογών (Στοιχειώδης Υπηρεσία). Η σύνθεση δομο-ενοτήτων μπορεί να οδηγήσει σε υπηρεσίες με τον ίδιο τρόπο που η σύνθεση απλών υπηρεσιών μπορεί να οδηγήσει σε πιο πολύπλοκες υπηρεσίες.

	Λειτουργεί ως εικονικοποιημένη υπηρεσία (σε εικονικές μηχανές (VMs) ή containers), πάνω από την υποδομή εικονικοποίησης που παρέχεται από το TANDEM. Μπορεί να έχει συσχετισμένους κανόνες και απαιτήσεις, όπως απαιτούμενους πόρους, μέγιστη καθυστέρηση, απαιτούμενες ή χρήσιμες υπηρεσίες κ.λπ. Αυτές οι απαιτήσεις επικυρώνονται από τη διαχείριση επιπέδου συστήματος TANDEM.
Εικονικοποιημένη Υποδομή (Virtualized Infrastructure)	Η εικονικοποιημένη υποδομή είναι μία συλλογή από συνιστώσες IT υπολογιστικού περιβάλλοντος που υλοποιούνται σε επίπεδο κώδικα. Μία τέτοια συνιστώσα που δημιουργείται με τη χρήση κατάλληλου κώδικα έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με τον αντίστοιχο “χειροπιαστό” εξοπλισμό. Το πλεονέκτημα που έχει ένα διαχειριστής εικονοποιημένου συστήματος είναι η ανεξάρτηση του από συγκεκριμένους κατασκευαστές και προσόντα. Όμως το μεγαλύτερο όφελος είναι η καλύτερη χρήση των διαθέσιμων υποδομών - ελαχιστοποίηση του χρόνου που βρίσκεται ακριβός εξοπλισμός σε αχρηστία. Συνήθως ένα εικονοποιημένο υπολογιστικό κέντρο αποτελείται από τις ακόλουθες συνιστώσες: • Εικονικές Μηχανές (Virtual Machines) - προσφέρουν γενικά χαρακτηριστικά με συμβατικές δυνατότητες σε επεξεργασία, αποθήκευση και δίκτυο. • Εικονικές Επεξεργαστικές Μονάδες (Virtual Compute) - προσφέρουν servers με εξαιρετικές επεξεργαστικές ικανότητες που ξεπερνάνε τις δυνατότητες ενός μόνο μηχανήματος. • Εικονικές Αποθηκευτικές Μονάδες (Virtual Storage) - προσφέρουν servers με εξαιρετικές αποθηκευτικές ικανότητες που ξεπερνάνε τις δυνατότητες ενός μόνο μηχανήματος. • Εικονικά Δίκτυα (Virtualized Networks) - προσφέρουν δυνατότητες διασύνδεσης μεγάλης πολυπλοκότητας αποφεύγοντας την αγορά ακριβού εξοπλισμού.
Επιτήρηση (επίβλεψη) Χώρου (Surveillance)	Η Επιτήρηση-Χώρου είναι ένα ευρύ πεδίο-εφαρμογής υπολογιστών και προγραμματισμού με τη συμμετοχή πολύπλευρου εξοπλισμού. Συγκεκριμένα συνεργάζονται οι ακόλουθες οντότητες: • Κάμερες που βιντεοσκοπούν μία περιοχή με ιδιαίτερο ενδιαφέρον • Υπολογιστές που λαμβάνουν το σήμα της κάμερας και το επεξεργάζονται Το ζητούμενο είναι η εξαγωγή συμπεράσματος σε πραγματικό χρόνο για παράνομη παρουσία μη-εξουσιοδοτημένου προσωπικού σε ελεγχόμενο χώρο. Στη συνέχεια θα ενεργοποιηθεί άμεσα ένας μηχανισμός αντιμετώπισης περιστατικών. Η επεξεργασία του σήματος βίντεο στηρίζεται σε αλγόριθμους τεχνητής-όρασης. Το τελευταίο καιρό χρησιμοποιούνται με επιτυχία μέθοδοι μηχανικής-ευφυΐας που επιτρέπουν την εκπαίδευση μοντέλων για αναγνώριση πολύπλοκων αντικειμένων σε “πολυσύχναστους” χώρους.
Κόμβος TANDEM (TANDEM Node)	Κάθε υπολογιστική πλατφόρμα (φυσική ή εικονική) που μπορεί να φιλοξενήσει μία ή περισσότερες από τις μικροπηρεσίες (microservices) του TANDEM.
Πράγμα /Αντικείμενο (Thing/Object)	Κάθε συσκευή που διασυνδέεται με άλλες στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων
Πύλη IoT (IoT Gateway)	Αποκαλείται η γέφυρα που διασυνδέει τα δεδομένα από τις διαφορετικές συσκευές με το υπολογιστικό νέφος και ενδεχομένως ενσωματώνει και κάποια υπολογιστική ευφυΐα για επεξεργασία των δεδομένων.

IoT Διεπαφή χρήστη (IoT User interface)	Πρόκειται για γραφικό περιβάλλον που προβάλλει στους χρήστες τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις συσκευές και τους επιτρέπει να ζητήσουν ενέργειες προς εκτέλεση από τις συσκευές
Πακέτο Υπηρεσίας (Service Package)	Αποτελείται από (α) έναν Περιγραφέα Ανάπτυξης (Deployment Descriptor) που είναι ένα δομημένο αρχείο κειμένου με όλες τις πληροφορίες που χρειάζονται για τη δημιουργία στιγμιότυπου της υπηρεσίας στην πλατφόρμα του TANDEM, συμπεριλαμβανομένου ενός περιγραφέα εφαρμογής (κανόνες της εφαρμογής και απαιτήσεις από την πλατφόρμα TANDEM), πληροφοριών δήλωσης (manifest) και του URI της Εικόνας Λογισμικού (Software Image) και (β) της εικόνας λογισμικού (software image) εναλλακτικά της χρήσης του URI στο deployment descriptor.
Προϊόν (product)	Η υπηρεσία ή ο πόρος (υπολογιστικός, δικτυακός ή αποθήκευσης) με την προσθήκη των επιχειρηματικών πτυχών που σχετίζονται με το πως η υπηρεσία ή ο πόρος προσφέρεται στον πελάτη. Έτσι μια (τεχνική) υπηρεσία ή ένας πόρος μετασχηματίζεται σε εμπορεύσιμη υπηρεσία ή πόρο (δηλαδή προϊόν) με την προσθήκη στοιχείων όπως τιμολόγησης, άδειας χρήσης και Service Level Agreement (SLA).
Συνεργατική ή Ομοσπονδιακή Μάθηση (Federated Learning).	Είναι ένα σχήμα Μηχανικής Μάθησης στο οποίο ένα κοινό μοντέλο μπορεί να εκπαιδευτεί από κοινού από έναν αριθμό καταναμημένων κόμβων χρησιμοποιώντας τα τοπικά αποθηκευμένα δεδομένα. Μπορεί να παρέχει καλύτερο απόρρητο δεδομένων, επειδή τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση δεν μεταφέρονται σε κεντρικό διακομιστή. Η ομοσπονδιακή εκμάθηση είναι κατάλληλη για εφαρμογές υπολογιστικών άκρων και μπορεί να αξιοποιήσει την υπολογιστική ισχύ των διακομιστών στα άκρα και τα δεδομένα που συλλέγονται σε ευρέως διασκορπισμένες συσκευές στα άκρα
Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)	Πρόκειται για αλγόριθμους που προσφέρουν μία μορφή ευφυΐας σε μηχανές. Συγκεκριμένα ένα συγκεκριμένο πρόβλημα διατυπώνεται σε ένα πλαίσιο που επιτρέπουν σε ένα υπολογιστή να εκπαιδευτεί στην επίλυση του και στη συνέχεια να αξιολογηθεί. Όταν οι επιδόσεις του κριθούν ικανοποιητικές μπορεί να αξιοποιηθεί σε ένα πραγματικό περιβάλλον - διαφορετικό από αυτό που έγινε η εκπαίδευση του. Η έννοια της Τεχνητής-Νοημοσύνης (AI) είναι αρκετά γενική και αποτέλεσε τη βάση για πιο συγκεκριμένες εφαρμογές, όπως: • Πρόβλεψη (Forecasting) • Εντοπισμός Ανωμαλιών (Anomaly Detection) • Κατανόηση φυσικής ομιλίας (Natural Language Processing) •
Τεχνητή Όραση (Machine-Vision)	Υπολογιστικό σύστημα που έχει ως στόχο τη κατανόηση του πραγματικού κόσμου μέσα από την επεξεργασία διαδοχικών εικόνων που παράγουν οι κάμερες. Χρησιμοποιεί Επεξεργασία Εικόνας (Image Processing) και Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence) . Η Αναγνώριση Αντικειμένων (Object Recognition) είναι μία από τις λειτουργίες της Τεχνητής Όρασης.
Υπηρεσίες (Services)	Παραπομπή στην έννοια Δομο-ενότητα (function)
Υποστηρικτικές Υπηρεσίες (Supporting Services)	Οι υπηρεσίες που απαιτούνται για τη λειτουργία Υπηρεσιών Εφαρμογής ή στη δημιουργία Εφαρμογών (Applications), για παράδειγμα πρέπει να έχουμε την βοηθητική υπηρεσία πρόσβασης σε δεδομένα από εξωτερικές συσκευές, για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε την υπηρεσία ανάλυσης αυτών των δεδομένων.

Υπηρεσίες Εφαρμογής (Application Services)	Οι βασικές υπηρεσίες προς τον πελάτη σε αντιδιαστολή με τις υποστηρικτικές υπηρεσίες. Είναι οι υπηρεσίες που θέλει να χρησιμοποιήσει ο πελάτης αλλά πολλές φορές μπορεί να χρειάζεται να συνδυαστούν με υποστηρικτικές υπηρεσίες για να προσφερθούν και να αποτελέσουν Εφαρμογή (Application) προς τον πελάτη.
Υπηρεσίες Εφαρμογής Χρήστη (User Application Services)	Υπηρεσίες που εγκαθιστά ο Τελικός Χρήστης στις Υποδομές Τρίτου (π.χ. στις υποδομές του παρόχου του TANDEM). Οι υπηρεσίες αυτές μπορούν να επικοινωνήσουν με τις άλλες υπηρεσίες της υποδομής για να χρησιμοποιούν λειτουργίες τους ή μπορούν να προσφέρουν λειτουργίες.
Υπηρεσίες Συσκευής (Device Services)	Υπηρεσίες που παρέχουν την αφαίρεση (abstraction) μεταξύ του υπόλοιπου TANDEM και της φυσικής συσκευής. Με άλλους όρους, η υπηρεσία συσκευής περιλαμβάνει τον κώδικα του πρωτοκόλλου επικοινωνίας, το πρόγραμμα οδήγησης (device driver) /υλικολογισμικό (firmware) της συσκευής και την ίδια τη συσκευή.
Υπολογιστική στα Άκρα του Δικτύου (Edge Computing)	Κατανεμημένη υπολογιστική αρχιτεκτονική που φέρνει την επεξεργασία και την αποθήκευση δεδομένων πιο κοντά στην τοποθεσία όπου απαιτείται, για τη βελτίωση των χρόνων απόκρισης και την εξοικονόμηση εύρους ζώνης
Υπολογιστικά Νέφη στα Άκρα του Δικτύου (Edge Clouds)	Ένα σύστημα cloud που περιλαμβάνει πόρους αποθήκευσης και επεξεργασίας που βρίσκονται στα άκρα του δικτύου, διασυνδέονται μεταξύ τους, και μπορούν να επεκταθούν και να προσαρμοστούν άμεσα σε μεταβαλλόμενες ανάγκες. Ένα Edge Cloud μπορεί να συνδέεται με την περιοχή που εξυπηρετεί και οι πόροι του να διαχειρίζονται από έναν Διαχειριστή Εικονικοποιημένης Υποδομής

Μεταφράσεις Βασικών Όρων

Όρος στα Αγγλικά	Όρος στα Ελληνικά
Agent	Πράκτορας
Alert	Συναγερμός
Bandwidth	Εύρος Ζώνης
Backend	Η πλευρά του εξυπηρετητή
Cloud Computing	Υπολογιστική Νέφους, Νεφοϋπολογιστική,
Cluster	Συστάδα
Edge	Άκρο, Παρυφή
Edge Computing	Υπολογιστική Άκρων, Υπολογιστική στα Άκρα του Δικτύου, Παρυφοϋπολογιστική
Descriptor	Περιγραφέας
Federeted Learning	Συνεργατική ή Ομοσπονδιακή Μάθηση
Feedback	Ανατροφοδότηση
Interface	Διεπαφή
Instance	Στιγμιότυπο, παρουσία
Metadata	Μεταδεδομένα
Load Balancing	Εξισορρόπηση Φορτίου
Microservices	Μικροϋπηρεσίες
Notification	Ειδοποίηση
Orchestrator	Ενορχηστρωτής
Portal	Πύλη
Process	Διεργασία
Provider	Πάροχος
Scaling	Κλιμάκωση, Επέκταση
Scalability	Επεκτασιμότητα
Server	Εξυπηρετητής, Διακομιστής
Service	Υπηρεσία
Scheduling	Χρονοπρογραμματισμός
Timestamp	Χρονοσφραγίδα
Virtual Machine	Εικονική Μηχανή
Virtualized	Εικονικοποιημένη
Virtualization	Εικονικοποίηση
Visualization	Οπτικοποίηση

Σύνοψη Παραδοτέου

Το παραδοτέο αυτό περιγράφει αναλυτικά τον τελικό σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των μονάδων του συστήματος και των διεπαφών για την επικοινωνία μεταξύ τους.

Η τελική αρχιτεκτονική βασίζεται στην αρχική αρχιτεκτονική που περιγράφεται στο παραδοτέο Π1.1 (“Σενάρια Χρήσης, Απαιτήσεις και Αρχική Αρχιτεκτονική Συστήματος”) και στην ανατροφοδότηση (feedback) από την πρώτη έκδοση του λογισμικού του συστήματος TANDEM.

Το έργο TANDEM έχει ως στόχο τη διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης λύσης για την υποστήριξη νέων μοντέλων υπολογιστικού νέφους στα άκρα του δικτύου που θα επιτρέπει στους πελάτες - χρήστες του TANDEM να αναπτύσσουν, να εκτελούν και να διαχειρίζονται υπηρεσίες χωρίς το κόστος και την πολυπλοκότητα της οικοδόμησης και της συντήρησης της υποδομής ενώ παράλληλα μπορούν να αξιοποιούν και τις παρεχόμενες υπηρεσίες του TANDEM. Η ανάπτυξη και η λειτουργία των εφαρμογών φιλοξενείται σε υποδομές στα άκρα των δικτύων.

Η λύση του TANDEM, δίνει τη δυνατότητα στους πελάτες να:

- Χρησιμοποιήσουν υπάρχουσες στοιχειώδεις υπηρεσίες του TANDEM (δομο-ενότητες ή λειτουργίες) οι οποίες ενεργοποιούνται μόνο μετά από την κλήση του πελάτη και μπορεί να χρεώνονται με βάσει το χρόνο εκτέλεσης
- Χρησιμοποιήσουν υπάρχουσες υπηρεσίες και εφαρμογές που έχουν τουλάχιστον μία διεργασία διακομιστή (στιγμιότυπο) που απαντά εξωτερικά αιτήματα πελατών με την κλιμάκωση να επιτυγχάνεται με την εκκίνηση περισσότερων διεργασιών διακομιστή.
- Εγκαταστήσουν μία δική τους υπηρεσία στην πλατφόρμα του TANDEM η οποία αξιοποιεί τους πόρους και τις συνδεδεμένες συσκευές
- Χρησιμοποιήσουν διαθέσιμες υπηρεσίες της πλατφόρμας, να τις συνδυάζουν χρησιμοποιώντας το γραφικό εργαλείο του TANDEM και να δημιουργούν σύνθετες αλυσίδες υπηρεσιών/λειτουργιών
- Αναπτύξουν εφαρμογές στο Web ή στα κινητά καλώντας τη Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών (Application Programming Interface – API) υπηρεσιών του TANDEM ή υπηρεσιών που φιλοξενούνται στην πλατφόρμα του TANDEM

υποστηρίζοντας με αυτό τον τρόπο νέα **Function-as-a-Service (FaaS)** , **Platform-as-a-Service (Paas)** και **Backend-as-a-Service (Baas)** μοντέλων υπολογιστικού νέφους στα άκρα του δικτύου.

Η αρχιτεκτονική του TANDEM επιτυγχάνει τη δραστική απλοποίηση των διαδικασιών ανάπτυξης, διαχείρισης, επόπτευσης και επέκτασης υπηρεσιών σε περιβάλλοντα εγγενώς κατανεμημένα. Κεντρικό ρόλο κατέχουν (i) η δυνατότητα ενσωμάτωσης προϋπάρχοντων και προσαρμοζόμενων δομο-ενοτήτων/λειτουργιών σε ευρύτερες, σύνθετες αλυσίδες λειτουργίας, και (ii) η απλοποιημένη διασύνδεσή τους με τις τοπικές, σε επίπεδο κόμβου άκρων, συσκευές/πηγές δεδομένων, αλλά και με πιθανόν απομακρυσμένες και κεντριοποιημένες δομο-ενότητες π.χ., backends εφαρμογών στο κεντριοποιημένο υπολογιστικό νέφος.

Οι δυνατότητες αυτές έχουν ως στόχο τυπικά περιβάλλοντα υπολογιστικών νεφών στα άκρα του δικτύου, με έμφαση στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων, όπου η διασύνδεση και διαχείριση συσκευών αλλά και η υποστήριξη συγκεκριμένων τύπων επεξεργασίας δεδομένων, αποτελούν συχνή πρόκληση. Τυπικά παραδείγματα επεξεργασίας αποτελούν οι αναλύσεις δεδομένων μετρήσεων π.χ., μέσοι όροι τιμών, παρεκκλίνουσες τιμές, καθώς και ο εντοπισμός αντικειμένων σε ροές video π.χ., παρουσία ανθρώπων, αυτοκινήτων, όπλων, κ.λπ.

Σκοπός του έργου είναι να δώσει ώθηση στην ανάπτυξη αντίστοιχων υπηρεσιών μέσω της διευκόλυνσης των παρόχων, τόσο στη τοπική διαχείριση και διασύνδεση τοπικών συσκευών και υπολογιστικών πόρων, όσο και στην εύκολη επαναχρησιμοποίηση λογισμικού για συγκεκριμένες, μεμονωμένες λειτουργίες, με άμεσο αντίκτυπο στην ευελιξία και ταχύτητα ανάπτυξης των επιθυμητών υπηρεσιών. Η προτεινόμενη πλατφόρμα ενσωματώνει και εκμεταλλεύεται λειτουργίες σε διαθέσιμες πλατφόρμες λογισμικού, ήτοι **Kubernetes [K8S]** για την ενορχήστρωση των πόρων και των υπηρεσιών που λειτουργούν σε μορφή **Docker Containers [Docker]** και **EdgeXFoundry[EDGEXFOUNDRY]** για την υποστήριξη IoT λειτουργιών . Στοχεύοντας ένα πλήρως λειτουργικό πρωτότυπο σύστημα, το TANDEM περιλαμβάνει στην αρχιτεκτονική δομο-ενότητες και υπηρεσίες επικεντρωμένες στην ανάλυση δεδομένων, τόσο από αισθητήρες, όσο και από κάμερες και στη διαχείριση και δρομολόγηση δεδομένων (ουρές δεδομένων). Τα δεδομένα από αισθητήρες θα αναλυθούν από διαφορετικές οπτικές γωνίες με χρήση **Αναλυτικής Επεξεργασίας (Analytical Processing)** καθώς και με χρήση τεχνολογιών **Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning – ML)** και **Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI)** για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών σε μετρήσεις από αισθητήρες (Time Series Forecasting). Με τεχνολογίες Μηχανικής Μάθησης θα αναλυθούν και τα δεδομένα από τις κάμερες (οι ροές βίντεο) για την **Αναγνώριση/Εντοπισμό Αντικειμένων (Object Recognition/Detection)**

Σε αυτό το παραδοτέο περιγράφεται η τελική αρχιτεκτονική συστήματος του TANDEM που θα επιτυγχάνει τη δραστική απλοποίηση των διαδικασιών ανάπτυξης, διαχείρισης, επόπτευσης και επέκτασης υπηρεσιών σε εικονικοποιημένες υποδομές, που βρίσκονται στα άκρα του δικτύου. Η αρχιτεκτονική του TANDEM βασίζεται στην αρχιτεκτονική αναφοράς του ETSI NFV MANO, ενώ ταυτόχρονα αξιοποιεί και στοιχεία του μοντέλου πληροφορίας του **ETSI MEC [MEC]**, που αφορά την υπολογιστική στα άκρα του δικτύου.

Το παραδοτέο περιγράφει λεπτομερώς την προτεινόμενη αρχιτεκτονική στην τελική της μορφή και παρουσιάζει αναλυτικά όλες τις νέες λειτουργίες του TANDEM τόσο σε επίπεδο κεντρικού συστήματος όσο και σε επίπεδο πλατφόρμας στα άκρα του δικτύου.

Επίσης παρουσιάζει την αλληλεπίδραση/επικοινωνία μεταξύ των μονάδων συστήματος του TANDEM για την υλοποίηση λειτουργιών όπως τις βασικές λειτουργίες για την καταχώρηση/αναζήτηση/ενεργοποίηση και παρακολούθηση υπηρεσιών, καθώς και τα εφαρμοζόμενα μοντέλα πληροφορίας για τις οντότητες του έργου όπως τις υπηρεσίες, τους χρήστες, τις συσκευές, κλπ. Η περιγραφή των διαθέσιμων υπηρεσιών, καθώς και των αιτημάτων πρόσβασης σε αυτές επιτυγχάνεται μέσω ενός μοντέλου πληροφορίας που έχει εισάγει το TANDEM, βασιζόμενο στα αντίστοιχα μοντέλα του **ETSI MEC[MEC]** και του **TM Forum [TMForum]**.

Τέλος παρέχει μια αντιστοίχιση λειτουργικών στοιχείων της Αρχιτεκτονικής του TANDEM σε πρότυπα και εργαλεία που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν, μετά από την έρευνα που έγινε στα πλαίσια του έργου και παρουσιάστηκε στο παραδοτέο Π1.1.

Οι τρεις επόμενες εκδόσεις του λογισμικού του συστήματος TANDEM θα βασιστούν στην Τελική Αρχιτεκτονική που περιγράφεται σε αυτό το παραδοτέο.

Πίνακας Περιεχομένων

Ακρωνύμια	3
Βασικές Έννοιες	6
Μεταφράσεις Βασικών Όρων	10
Σύνοψη Παραδοτέου	11
Πίνακας Περιεχομένων	13
Πίνακας Εικόνων	16
1 Εισαγωγή	17
1.1 Το έργο TANDEM.....	17
1.2 Περιεχόμενα Παραδοτέου	19
1.3 Δομή Παραδοτέου.....	19
2 Τελική Αρχιτεκτονική Συστήματος	20
2.1 Εισαγωγή	20
2.2 Επισκόπηση Αρχιτεκτονικής.....	22
2.3 Επίπεδο Συστήματος (System Level).....	26
2.3.1 Edge Orchestrator (Ενορχηστρωτής Άκρων)	26
2.3.2 Service Orchestrator (Ενορχηστρωτής Υπηρεσιών)	27
2.3.3 TANDEM Service Portal (Πύλη Υπηρεσιών TANDEM)	30
2.4 Πλατφόρμα TANDEM στα Άκρα του Δικτύου (TANDEM Edge Platform)	31
2.4.1 Βασικές Υπηρεσίες προς του πελάτες (TANDEM Application Services).....	32
2.4.2 Υποστηρικτικές Υπηρεσίες προς του πελάτες (Supporting Services).....	33
2.4.2.2 Υπηρεσίες Χρονοδρομολόγησης (Scheduling Services)	34
2.4.2.3 Υπηρεσίες Συναγερμών και Ειδοποιήσεων (Alerts & Notifications Services)	34
2.5 Διαχειριστής Πλατφόρμας Άκρων TANDEM (TANDEM Edge Platform Manager - TEPM)	35
2.5.1 Διαχειριστής Κύκλου Ζωής Υπηρεσιών (Service Life Cycle Management - SLCM)	35
2.5.2 Υπηρεσία Πρόβλεψης Μελλοντικής Χρήσης Πόρων με Χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης (Resource Usage Predictor)	36
2.5.3 Διαχειριστής Εικονικοποιημένης Υποδομής (Virtual Infrastructure Management – VIM).....	38
2.5.4 Υπηρεσίες Multi-access Edge Computing (MEC).....	38
2.6 Αλληλεπιδράσεις χρηστών και μονάδων του TANDEM για την πραγματοποίηση διαφόρων λειτουργιών	41
2.7 Αναλυτική Περιγραφή Συστατικών Στοιχείων του TANDEM	45

2.7.1	Κατάλογος (Μητρώο) Υπηρεσιών TANDEM (TANDEM Service Catalogue/Registry).....	45
2.7.2	Ενορχηστρωτής Αλυσίδων Υπηρεσιών (Service Chain Orchestrator)	48
2.7.3	Έξυπνος Διαχειριστής Πόρων και Υπηρεσιών (Smart Resource & Service Manager)50	
2.7.4	Διαχειριστής Εικονικοποιημένης Υποδομής (Virtualization Infrastructure Manager - VIM)	52
2.7.5	Λειτουργίες Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) για την ανάλυση δεδομένων.....	54
2.7.6	Λειτουργίες Μηχανικής Όρασης (Computer Vision) – Εντοπισμός Αντικειμένων (Object Detection)	59
2.7.7	Υπηρεσίες Χρονοδρομολόγησης (Scheduling Services)	64
2.7.8	Υπηρεσίες Συναγερμών και Ειδοποιήσεων (Alerts & Notifications Services) 65	
2.7.9	Υπηρεσίες Μηχανής Κανόνων (Rules Engine Services).....	65
2.7.10	Υπηρεσίες Διαχείρισης Συσκευών.....	66
2.7.11	Λειτουργίες IoT Analytics	66
2.7.12	Υπηρεσίες Διαχείρισης Χρηστών και Στοιχείων Τιμολόγησης	68
2.7.13	Υπηρεσία Παρακολούθησης Λειτουργίας Συστήματος	71
2.7.14	Εφαρμογή για τον Διαχειριστή.....	71
2.7.15	Εφαρμογή για τον Χρήστη (TANDEM Portal)	72
2.7.16	Υπηρεσίες Ασφαλείας	75
2.8	Μοντέλο Πληροφορίας	77
2.8.1	Μοντελοποίηση Υπηρεσιών	77
2.8.2	Μοντελοποίηση Χρηστών	116
2.8.3	Μοντελοποίηση Χρήσης και Υποδομής του Συστήματος	120
2.8.4	Βασικές Οντότητες Υποστηρικτικών Υπηρεσιών IoT	123
3	Διεπαφές των Συστατικών του Συστήματος	133
3.1	Μητρώο Υπηρεσιών TANDEM (TANDEM Service Registry)	133
3.2	Ενορχηστρωτής Σύνθεσης Υπηρεσιών	140
3.3	Υπηρεσίες Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) για την ανάλυση δεδομένων 143	
3.4	Υπηρεσίες Μηχανικής Όρασης (Computer Vision)	153
3.5	Υπηρεσίες Χρονοδρομολόγησης (Scheduling Services)	171
3.6	Υπηρεσίες Συναγερμών και Ειδοποιήσεων (Alerts & Notifications Services).....	172
3.7	Υπηρεσίες Μηχανής Κανόνων (Rules Engine Services).....	175

3.8	Υπηρεσίες IoT Analytics.....	178
3.8.1	Μεταφορά δεδομένων από τη συγκεντρωτική MQTT-Δεξαμενή σε ένα κανάλι με κατεύθυνση την υπηρεσία IoT-Analytics	184
3.9	Υπηρεσία Παρακολούθησης Λειτουργίας Συστήματος	185
3.10	Υπηρεσία Διαχείρισης Υποδομής	189
3.11	Εφαρμογή για τον Χρήστη.....	192
4	Αντιστοίχιση Αρχιτεκτονικής σε Πρότυπα και Εργαλεία	202
5	Συμπεράσματα	204
6	Αναφορές	206

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 - Η αρχιτεκτονική μικροϋπηρεσιών σε σύγκριση με τη μονολιθική	23
Εικόνα 2 -Τα Βασικά Εννοιολογικό Επίπεδα της Αρχιτεκτονικής TANDEM	24
Εικόνα 3 - Μονάδες συστήματος και αλληλεπιδράσεις στην αρχιτεκτονική του TANDEM...	25
Εικόνα 4- TANDEM Service Chain Orchestrator	30
Εικόνα 5 - Αρχιτεκτονική MEC πλατφόρμας	39
Εικόνα 6 - Workflow για Εγγραφή Υπηρεσίας	42
Εικόνα 7 - Workflow για Χρήση Υπηρεσίας	43
Εικόνα 8 - Workflow για Σύνθεση Υπηρεσιών	44
Εικόνα 9 - Συγκέντρωση και Επεξεργασία Δεδομένων από Συσκευές	58
Εικόνα 10: Διάγραμμα καταστάσεων για μια υποψήφια τεχνική υπηρεσία (Techical Service)	82
Εικόνα 11: Διάγραμμα καταστάσεων για ένα προϊόν υπηρεσίας (Service Product).....	88
Εικόνα 12: Κύκλος ζωής για την παραγγελία προϊόντος	93
Εικόνα 13: Κύκλος ζωής για το στιγμιότυπο υπηρεσίας.....	95
Εικόνα 14 - Αντιστοίχιση Αρχιτεκτονικής σε Πρότυπα και Εργαλεία.....	202

1 Εισαγωγή

1.1 Το έργο TANDEM

Το έργο έχει ως στόχο τη διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης λύσης για την υποστήριξη νέων **BaaS/FaaS/PaaS** μοντέλων υπολογιστικού νέφους, στα άκρα του δικτύου. Το έργο θα επικεντρωθεί στο σχεδιασμό, υλοποίηση και αξιολόγηση μιας ολοκληρωμένης πλατφόρμας που θα επιτυγχάνει τη δραστική απλοποίηση των διαδικασιών ανάπτυξης, διαχείρισης, επόπτευσης και επέκτασης υπηρεσιών σε περιβάλλοντα εγγενώς κατανεμημένα.

Κεντρικό ρόλο κατέχουν:

- (i) η δυνατότητα ενσωμάτωσης προϋπάρχοντων και προσαρμοζόμενων δομο-ενοτήτων λογισμικού σε ευρύτερες, σύνθετες αλυσίδες λειτουργίας (function chains), και
- (ii) η απλοποιημένη διασύνδεσή τους με τις τοπικές, σε επίπεδο κόμβου άκρων, συσκευές και πηγές δεδομένων.

Στόχος είναι τυπικά περιβάλλοντα υπολογιστικών νεφών στα άκρα του δικτύου, με έμφαση στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων, όπου η διασύνδεση και διαχείριση συσκευών αλλά και η υποστήριξη συγκεκριμένων τύπων επεξεργασίας δεδομένων, αποτελούν συχνή πρόκληση.

Τυπικά παραδείγματα επεξεργασίας αποτελούν η ανάλυση δεδομένων μετρήσεων π.χ., μέσοι όροι τιμών, παρεκκλίνουσες τιμές, καθώς και η χρήση τεχνολογιών **Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning – ML)** και **Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI)** για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών σε μετρήσεις από αισθητήρες (Time Series Forecasting) καθώς και ο εντοπισμός αντικειμένων σε ροές video π.χ., παρουσία ανθρώπων, αυτοκινήτων, όπλων, κ.λπ. Σκοπός του έργου είναι να δώσει ώθηση στην ανάπτυξη αντίστοιχων υπηρεσιών μέσω της διευκόλυνσης των παρόχων, τόσο στην τοπική διαχείριση και διασύνδεση τοπικών συσκευών και υπολογιστικών πόρων, όσο και στην εύκολη επαναχρησιμοποίηση λογισμικού για συγκεκριμένες, μεμονωμένες λειτουργίες, με άμεσο αντίκτυπο στην ευελιξία και ταχύτητα ανάπτυξης των επιθυμητών υπηρεσιών.

Η πλατφόρμα TANDEM βασίζεται σε δύο πυλώνες:

Κόμβοι άκρων

Παρέχουν υπολογιστικούς πόρους, ο διαμοιρασμός των οποίων θα βασίζεται στην τεχνολογία εικονικοποίησης Docker Containers. Έμφαση θα δοθεί στην υποστήριξη διαφόρων τεχνολογιών διασύνδεσης τοπικών συσκευών π.χ., μέσω Bluetooth, Zigbee, LoRa, WiFi.

Επιδιωκόμενες λειτουργίες:

- Διαχείριση τοπικών συσκευών, όπως αισθητήρες, κάμερες, κ.λπ..
- Τοπική διαχείριση υπηρεσιών και αντίστοιχων πόρων. Περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την αρχικοποίηση, κατάργηση, τροποποίηση, διασύνδεση και επόπτευση δομο-ενοτήτων λογισμικού, και αντιστοίχων πόρων.

Πλατφόρμα διαχείρισης

Περιλαμβάνει διαδικασίες για τη διαμόρφωση, διαχείριση, επόπτευση και επέκταση υπηρεσιών

Επιδιωκόμενες λειτουργίες:

1. **Λειτουργίες διαχείρισης και ενορχήστρωσης υπολογιστικού περιβάλλοντος** που περιλαμβάνουν λειτουργίες διαχείρισης κύκλου ζωής υπηρεσιών, τηλεμετρίας, διαχείρισης ευρωστίας και ελαστικότητας/κλιμακωσιμότητας, παροχής (γραφικών) διεπαφών σε επίπεδο διαχειριστή πόρων ή υπηρεσιών, αυτοματοποιημένης αναπαραγωγής ή διαφοροποίησης υπηρεσιών στους διαθέσιμους κόμβους, διασύνδεσης υπηρεσιών τόσο εντός του ίδιου κόμβου όσο και μεταξύ κόμβων, κ.λπ.
2. **Λειτουργίες διαχείρισης και ενορχήστρωσης δομο-ενοτήτων**, που περιλαμβάνουν:
 - **Κατάλογο δομο-ενοτήτων/υπηρεσιών (function/service catalogue).** Περιλαμβάνει λειτουργίες για τη διάθεση, αναζήτηση, διαχείριση και προβολή δομο-ενοτήτων σε επίπεδο container images. Το έργο θα υλοποιήσει συγκεκριμένες δομο-ενοότητες με σκοπό: (i) την ολοκληρωμένη υλοποίηση και αξιολόγηση της πλατφόρμας σε ρεαλιστικές περιπτώσεις χρήσης, (ii) την αρχικοποίηση καταλόγου που θα διατεθεί στην κοινότητα για χρήση και επέκταση. Οι δομο-ενοότητες αυτές θα είναι: (1) Επεξεργασία ροών δεδομένων του Διαδικτύου των Αντικειμένων, π.χ., υπολογισμός μέσων όρων, alerts, κ.λ.π., και πρόβλεψη μελλοντικών τιμών (2) Ανάλυση ροών video, για την αναγνώριση αντικειμένων, (3) Ουρές μηνυμάτων, περιλαμβάνοντας ευρέως διαδεδομένες λύσεις ανοιχτού-κώδικα π.χ. Kafka, κ.λ.π.
 - **Προσαρμογή δομο-ενοτήτων** στις ανάγκες της εκάστοτε υπηρεσίας, μέσω αντίστοιχων διεπαφών.
 - **Ενορχήστρωση δομο-ενοτήτων**, που θα βασίζεται (i) στην ανάπτυξη ενός πληροφοριακού μοντέλου για τη δομημένη περιγραφή των παρεχόμενων λειτουργιών καθώς και το σαφή ορισμό των διεπαφών, (ii) στην υποστήριξη γραφικού περιβάλλοντος για την τελική σύνθεση αλυσίδων λειτουργίας από τους διαχειριστές υπηρεσιών, (iii) στον έλεγχο και επικύρωση συμβατότητας των εμπλεκόμενων δομο-ενοτήτων σύνθετων υπηρεσιών. Η σύνθεση των δομοενοτήτων σε αλυσίδες, θα υποστηρίζει και το επίπεδο δικτύου και το επίπεδο εφαρμογής καθώς και τη διαχείριση του κύκλου ζωής τόσο των αρχικοποιημένων δομο-ενοτήτων όσο και των διαμορφωμένων αλυσίδων.

Υποστηρίζονται δύο σενάρια λειτουργίας:

1. Δεν είναι απαραίτητα να υπάρχουν εκτελούμενες διεργασίες (processes) για όλες τις υπηρεσίες αλλά αυτές δημιουργούνται μετά από αίτημα εφαρμογής πελάτη. Οι χρήστες μπορεί να πληρώνουν μόνο για το χρόνο εκτέλεσης των λειτουργιών επιτυγχάνοντας έτσι χαμηλότερο κόστος και υπάρχει δυναμικά προσαρμοζόμενη επεκτασιμότητα, με το κόστος της καθυστέρησης κάθε φορά για την ενεργοποίηση της αντίστοιχης διεργασίας. Γι' αυτό οι υπηρεσίες FaaS πρέπει να είναι στοιχειώδεις και σχεδιασμένες για να κάνουν μόνο μία ενέργεια σε απάντηση μιας αίτησης. Ο σκοπός του κώδικα πρέπει να είναι περιορισμένος, και ο κώδικας αποδοτικός και ελαφρύς (lightweight), ώστε οι λειτουργίες να φορτώνονται και να εκτελούνται γρήγορα (μοντέλο **Function-as-a-Service-FaaS**, η **Λειτουργία ως Υπηρεσία**)
2. Οι υπηρεσίες φιλοξενίας εφαρμογών έχουν τουλάχιστον μία διεργασία διακομιστή (στιγμιότυπο) που απαντά σε εξωτερικά αιτήματα πελατών. Η κλιμάκωση επιτυγχάνεται με την εκκίνηση περισσότερων διεργασιών διακομιστή, για τις οποίες

μπορεί να χρεώνεται άμεσα ο πελάτης (μοντέλο **Platform as a Service-PaaS**, η **Πλατφόρμα ως Υπηρεσία**).

Επιπλέον οι πελάτες θα μπορούν να αναπτύξουν εφαρμογές στο Web ή στα κινητά καλώντας το API υπηρεσιών του TANDEM ή υπηρεσιών που φιλοξενούνται στην πλατφόρμα του TANDEM. Ο πελάτης θα μπορούσε να πληρώσει με βάση τον αριθμό των κλήσεων API (μοντέλο **Backend as a Service-PaaS**, το **Backend ως Υπηρεσία**).

1.2 Περιεχόμενα Παραδοτέου

Το παραδοτέο αυτό περιγράφει τον τελικό σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής του συστήματος. Περιγράφονται αναλυτικά οι λειτουργίες και οι διεπαφές των δομικών μονάδων που εισάγει η αρχιτεκτονική του TANDEM, η αλληλεπίδραση/επικοινωνία μεταξύ των μονάδων συστήματος του TANDEM για την καταχώρηση/αναζήτηση υπηρεσιών και την εγκαθίδρυση της επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ των υπηρεσιών. Η τελική αρχιτεκτονική ικανοποιεί τις απαιτήσεις των τριών σεναρίων χρήσης αλληλεπίδρασης υπηρεσιών από τρεις διαφορετικούς τομείς δραστηριότητας (verticals) που περιγράφηκαν στο παραδοτέο Π1.1. Τα σενάρια αυτά αναδεικνύουν τα οφέλη τόσο από την εγκαθίδρυση υπηρεσιών στα άκρα του δικτύου, όσο και από τη σύνθεση εφαρμογών με τη χρήση υπηρεσιών που λειτουργούν στα άκρα του. Η αρχιτεκτονική λαμβάνει υπόψη πρόσφατα πρότυπα, αρχιτεκτονικές, εργαλεία και λύσεις υποστήριξης υπολογιστικής στα άκρα του δικτύου και Διαδικτύου των Αντικειμένων, καθώς και τεχνολογιών και λύσεων για τις υπηρεσίες της πλατφόρμας όπως για **Μηχανική Όραση (Computer Vision)**, **Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)**, και **Ουρές Μηνυμάτων (Message Queues)** τα οποία μελετήθηκαν κατά το σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής του έργου.

1.3 Δομή Παραδοτέου

Το παραδοτέο Π1.2 περιγράφει την τελική μορφή μιας νέας αρχιτεκτονική που θα επιτυγχάνει τη δραστική απλοποίηση των διαδικασιών ανάπτυξης, διαχείρισης, επόπτευσης και επέκτασης υπηρεσιών σε εικονικοποιημένες υποδομές, που βρίσκονται στα άκρα του δικτύου. Η δομή του παραδοτέου είναι η εξής.

Η Ενότητα 2 περιγράφει λεπτομερώς την προτεινόμενη αρχιτεκτονική στην τελική της μορφή, με έμφαση στις νέες λειτουργίες που εισάγει το TANDEM, το μοντέλο πληροφορίας και την αλληλεπίδραση μεταξύ των μονάδων του συστήματος για την αναζήτηση, σύνθεση και διαμόρφωση υπηρεσιών. Για την καλύτερη αναπαράσταση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μονάδων του συστήματος παρέχονται διαγράμματα ακολουθίας. Επίσης απεικονίζονται παραδείγματα χρήσης του μοντέλου πληροφορίας του TANDEM.

Η Ενότητα 3 περιγράφει αναλυτικά τις διεπαφές των συστατικών του συστήματος TANDEM. Για κάθε λειτουργία υπάρχει πίνακας με περιγραφή της καθώς και εξήγηση των παραμέτρων εισόδου και εξόδου.

Η Ενότητα 4 παρέχει μια αντιστοίχιση λειτουργικών στοιχείων της Αρχιτεκτονικής του TANDEM σε πρότυπα και εργαλεία που επιλέχθηκαν να χρησιμοποιηθούν, μετά από την έρευνα που έγινε στα πλαίσια του έργου και παρουσιάστηκε στο παραδοτέο Π1.1.

Η ενότητα 5 αποτελεί μια σύνοψη του παραδοτέου και αναφορά σε άλλα αναμενόμενα αποτελέσματα από το TANDEM (π.χ. μηχανισμοί ενορχήστρωσης, πειραματική μελέτη της αρχιτεκτονικής), τα οποία θα καταγραφούν στα επόμενα παραδοτέα του έργου.

Η Ενότητα 6 αποτυπώνει τις αναφορές του παραδοτέου.

2 Τελική Αρχιτεκτονική Συστήματος

Σε αυτή την ενότητα περιγράφεται διεξοδικά ο τελικός σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής του συστήματος συμπεριλαμβανομένων των μονάδων του συστήματος και των μοντέλων πληροφορίας

Στην επόμενη ενότητα περιγράφονται αναλυτικά οι διεπαφών για την επικοινωνία μεταξύ των μονάδων του συστήματος

2.1 Εισαγωγή

Ο στόχος της αρχιτεκτονικής του TANDEM είναι η υποστήριξη νέων μοντέλων υπολογιστικού νέφους στα άκρα του δικτύου που θα επιτρέπει στους πελάτες - χρήστες του TANDEM να αναπτύσσουν, να εκτελούν και να διαχειρίζονται υπηρεσίες χωρίς το κόστος και την πολυπλοκότητα της οικοδόμησης και της συντήρησης της υποδομής ενώ παράλληλα μπορούν να αξιοποιούν και τις παρεχόμενες υπηρεσίες του TANDEM. Η ανάπτυξη και η λειτουργία των εφαρμογών φιλοξενείται σε υποδομές στα άκρα των δικτύων.

Το TANDEM, θα δίνει τη δυνατότητα στους πελάτες να:

- Χρησιμοποιήσουν υπάρχουσες στοιχειώδεις υπηρεσίες του TANDEM (δομο-ενότητες ή λειτουργίες) οι οποίες ενεργοποιούνται μόνο μετά από την κλήση του πελάτη και μπορεί να χρεώνονται με βάση το χρόνο εκτέλεσης
- Χρησιμοποιήσουν υπάρχουσες υπηρεσίες και εφαρμογές που έχουν τουλάχιστον μία διεργασία διακομιστή (στιγμιότυπο) που απαντά εξωτερικά αιτήματα πελατών με την κλιμάκωση να επιτυγχάνεται με την εκκίνηση περισσότερων διεργασιών διακομιστή.
- Εγκαταστήσουν μία δική τους υπηρεσία στην πλατφόρμα του TANDEM η οποία αξιοποιεί τους πόρους και τις συνδεδεμένες συσκευές
- Χρησιμοποιήσουν διαθέσιμες υπηρεσίες της πλατφόρμας, να τις συνδυάζουν χρησιμοποιώντας το γραφικό εργαλείο του TANDEM και να δημιουργούν σύνθετες αλυσίδες υπηρεσιών/λειτουργιών
- Αναπτύξουν εφαρμογές στο Web ή στα κινητά καλώντας τη Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών (Application Programming Interface – API) υπηρεσιών του TANDEM ή υπηρεσιών που φιλοξενούνται στην πλατφόρμα του TANDEM

υποστηρίζοντας με αυτό τον τρόπο νέα **Function-as-a-Service (FaaS)** , **Platform-as-a-Service (Paas)** και **Backend-as-a-Service (Baas)** μοντέλων υπολογιστικού νέφους στα άκρα του δικτύου.

Στόχος είναι τυπικά περιβάλλοντα υπολογιστικών νεφών στα άκρα του δικτύου, με έμφαση στο **Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet of Things – IoT)**, όπου η διασύνδεση και διαχείριση συσκευών αλλά και η υποστήριξη συγκεκριμένων τύπων επεξεργασίας δεδομένων, αποτελούν συχνή πρόκληση.

Το TANDEM θα προσφέρει υπηρεσίες επικεντρωμένες στην ανάλυση δεδομένων, τόσο από αισθητήρες, όσο και από κάμερες και στη διαχείριση και δρομολόγηση δεδομένων (ουρές δεδομένων). Τα δεδομένα από αισθητήρες θα αναλυθούν από διαφορετικές οπτικές γωνίες με χρήση **Αναλυτικής Επεξεργασίας (Analytical Processing)** καθώς και με χρήση τεχνολογιών **Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning – ML)** και **Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial**

Intelligence – AI) για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών σε μετρήσεις από αισθητήρες (Time Series Forecasting). Με τεχνολογίες Μηχανικής Μάθησης θα αναλυθούν και τα δεδομένα από τις κάμερες (οι ροές βίντεο) για την **Αναγνώριση Αντικειμένων (Object Recognition)**.

Στον Πίνακα 1 περιγράφονται οι βασικές οντότητες και οι ρόλοι του συστήματος TANDEM.

Πίνακας 1-Οντότητες και Ρόλοι Συστήματος TANDEM

Οντότητα	Περιγραφή
Πάροχος Υποδομής (Infrastructure Provider)	Η οντότητα που παρέχει την υποδομή (πόρους δικτυακούς, υπολογιστικούς και αποθήκευσης), εικονικούς ή μη για να λειτουργήσει η πλατφόρμα TANDEM. Θα μπορούσε να είναι ένας Telecom Operator που εγκαθιστά δίπλα σε Base Stations υποδομή υπολογιστική ή/και αποθήκευσης και ο οποίος παρέχει επίσης τη διασύνδεση των κόμβων στα άκρα με το κεντρικό σύστημα.
Πάροχος Υπηρεσίας Συστήματος TANDEM (TANDEM Service Provider)	Η οντότητα που εγκαθιστά το σύστημα TANDEM σε υποδομές δικές της ή ενός Παρόχου Υποδομής και την παρέχει ως υπηρεσία. Αναλαμβάνει να κάνει προσαρμογές ή να προσθέτει λειτουργίες σύμφωνα με τις ανάγκες των πελατών. Ο Πάροχος Υπηρεσίας Συστήματος TANDEM μπορεί να έχει πολλούς χρήστες με διαφορετικούς ρόλους με κεντρικό τον Διαχειριστή του Συστήματος TANDEM (TANDEM System Administrator ή Operator) που διαχειρίζεται και παρακολουθεί την χρήση των πόρων και των συσκευών και την λειτουργία των υπηρεσιών/εφαρμογών σε όλους τους κόμβους του TANDEM.
Πάροχος Υποστηρικτικών Υπηρεσιών Συστήματος TANDEM (TANDEM system support service provider)	Οι πελάτες μπορεί να απευθυνθούν σε μία οντότητα που παρέχει την υπηρεσία TANDEM ή να έχουν μία δική τους εγκατάσταση του συστήματος TANDEM. Σε αυτή την περίπτωση θα ζητήσουν από έναν πάροχο Υποστηρικτικών Υπηρεσιών Συστήματος TANDEM να εγκαταστήσει το TANDEM και να τους παρέχει καθημερινή υποστήριξη στη λειτουργία του, προσαρμογές ή επιπλέον λειτουργίες και υπηρεσίες
Πάροχος Λογισμικού Συστήματος TANDEM (TANDEM Software Provider)	Το πρότυπο σύστημα του TANDEM θα υλοποιηθεί μέσω λογισμικού ανοιχτού κώδικα (open source) στο οποίο θα δοθεί ελεύθερη πρόσβαση μέσω αποθετηρίων ελεύθερης πρόσβασης, π.χ. GitHub.
Πελάτης (Customer)	Η οντότητα (άτομο, εταιρεία) που έχει εγγραφεί στην πλατφόρμα TANDEM και χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες της. Ο πελάτης μπορεί να χρησιμοποιήσει κάποια υπηρεσία του TANDEM, να εγκαταστήσει δική του υπηρεσία που μπορεί να συνεργάζεται με υπηρεσίες του TANDEM ή να δημιουργήσει σύνθετη υπηρεσία που θα συνδυάζει λειτουργίες υπαρχόντων υπηρεσιών, δικών του ή προσφερόμενων από το TANDEM. Ο πελάτης μπορεί να έχει πολλούς χρήστες στην Πλατφόρμα TANDEM με διαφορετικούς ρόλους και δικαιώματα όπως ο Διαχειριστής Ενός Οργανισμού (Administrator) που διαχειρίζεται τους χρήστες και τα δικαιώματά τους, ο Μηχανικός Υπηρεσιών (Service Engineer) που ασχολείται με τη δημιουργία και τη σύνθεση υπηρεσιών, ο Τελικός Χρήστης (End-User) που απλώς κάνει χρήση των υπηρεσιών, κλπ.

Το πρότυπο σύστημα του TANDEM θα υλοποιηθεί μέσω λογισμικού ανοιχτού κώδικα (open source) στο οποίο θα δοθεί ελεύθερη πρόσβαση μέσω αποθετηρίων ελεύθερης πρόσβασης, π.χ. GitHub. Δε θα υπάρχουν έσοδα από την πώληση του λογισμικού, αλλά από τους διαφορετικούς ρόλους που συνδέονται με αυτό όπως τον ρόλο του Παρόχου Υπηρεσίας Συστήματος TANDEM (TANDEM Service Provider) ο οποίος εγκαθιστά το σύστημα TANDEM σε υποδομές δικές του ή ενός Παρόχου Υποδομής και έχει έσοδα από την παροχή του ως υπηρεσία. Έχει επιπλέον έσοδα από τις προσαρμογές ή τις επιπλέον λειτουργίες ή υπηρεσίες που ζητούν οι πελάτες. Οι πελάτες μπορεί να απευθυνθούν σε μία οντότητα που παρέχει την υπηρεσία TANDEM ή να έχουν μία δική τους εγκατάσταση του συστήματος TANDEM. Σε αυτή την περίπτωση θα ζητήσουν από μία οντότητα να εγκαταστήσει και να προσαρμόσει το TANDEM και να τους παρέχει καθημερινή υποστήριξη στη λειτουργία του.

Άμεσα έσοδα από το σύστημα TANDEM αναμένονται:

1. Από την εγκατάσταση και την καθημερινή λειτουργία του συστήματος TANDEM και των συνδεδεμένων συσκευών σε πελάτες
2. Από την παροχή του συστήματος TANDEM ως υπηρεσία
3. Από την διαμόρφωση και την προσαρμογή του συστήματος TANDEM στις συγκεκριμένες ανάγκες των πελατών
4. Από την παραμετροποίηση των υπηρεσιών TANDEM στις ανάγκες των πελάτων
5. Από τη δημιουργία νέων υπηρεσιών που ζητήθηκαν από τους πελάτες χρησιμοποιώντας το εργαλείο του συστήματος «Ενορχηστρωτής Σύνθεσης Υπηρεσιών»
6. Από τη χρήση υποδομής (πόρους δικτυακούς, υπολογιστικούς και αποθήκευσης), για τη λειτουργία του συστήματος TANDEM.

2.2 Επισκόπηση Αρχιτεκτονικής

Στο πλαίσιο του TANDEM, η Υπολογιστική στα Άκρα το Δικτύου εισάγει τις λειτουργικές απαιτήσεις που καταγράφηκαν στο Παραδοτέο Π.1.1.

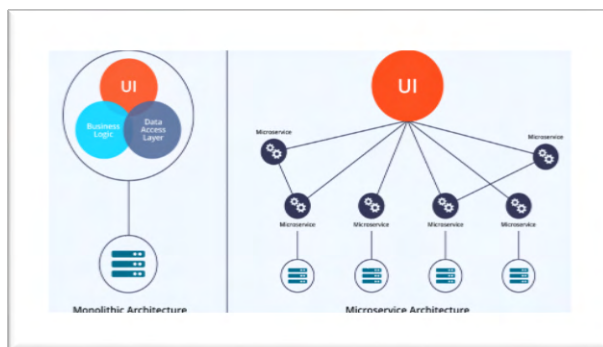
Η αρχιτεκτονική του TANDEM λαμβάνει υπόψη την αρχιτεκτονική αναφοράς του ETSI NFV καθώς και την αρχιτεκτονική ETSI Multi-access Edge Computing (MEC) και προσθέτει λειτουργικές μονάδες που υποστηρίζουν όλες τις απαραίτητες λειτουργίες για την εκπλήρωση των παραπάνω απαιτήσεων (καθώς και των αναλυτικότερων επιμέρους απαιτήσεων, όπως αυτές καταγράφηκαν στο Παραδοτέο Π.1.1.). Η βασική νέα λειτουργία που εισάγει το TANDEM είναι η δυνατότητα – χρησιμοποιώντας ένα γραφικό περιβάλλον - δημιουργίας πιο πολύπλοκων υπηρεσιών και εφαρμογών με τη σύνθεση υπηρεσιών και την ενσωμάτωση συσκευών που μπορεί να συνδέονται με διαφορετικούς υπολογιστές στα άκρα του δικτύου ή στο cloud.

Η αρχιτεκτονική της πλατφόρμας TANDEM βασίζεται σε μικροϋπηρεσίες (microservices) **[MICROSERVICES]**. Πρόκειται για μία αρχιτεκτονική προσέγγιση η οποία δομεί μία εφαρμογή ως μία συλλογή από υπηρεσίες οι οποίες είναι:

- Ιδιαίτερα διατηρήσιμες και διαθέσιμες για έλεγχο
- Χαλαρά συνδεδεμένες μεταξύ τους και συνεργαζόμενες
- Ανεξάρτητα αναπτυσσόμενες
- Οργανωμένες γύρω από επιχειρηματικές δυνατότητες
- Στην κατοχή μίας μικρής ομάδας ατόμων/διαχειριστών.

Οι μικροϋπηρεσίες επικοινωνούν μεταξύ τους είτε μέσω σύγχρονων πρωτοκόλλων (π.χ. Hypertext Transfer Protocol / REpresentational State Transfer - HTTP/REST) είτε μέσω

ασύγχρονων (π.χ. Advanced Message Queuing Protocol - AMQP), και καθεμία μπορεί να διατηρεί τη δική της βάση δεδομένων ώστε να λειτουργεί πλήρως ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες. Η αρχιτεκτονική μικροϋπηρεσιών επιτρέπει την ταχεία, συχνή και αξιόπιστη υλοποίηση μεγάλων και σύνθετων εφαρμογών, καθώς και την εξέλιξη της τεχνολογικής “στοίβας” μίας επιχείρησης ή οργανισμού. Σχηματικά η αρχιτεκτονική αυτή, σε αντιδιαστολή με τη μονολιθική αρχιτεκτονική, φαίνεται στην Εικόνα 1.



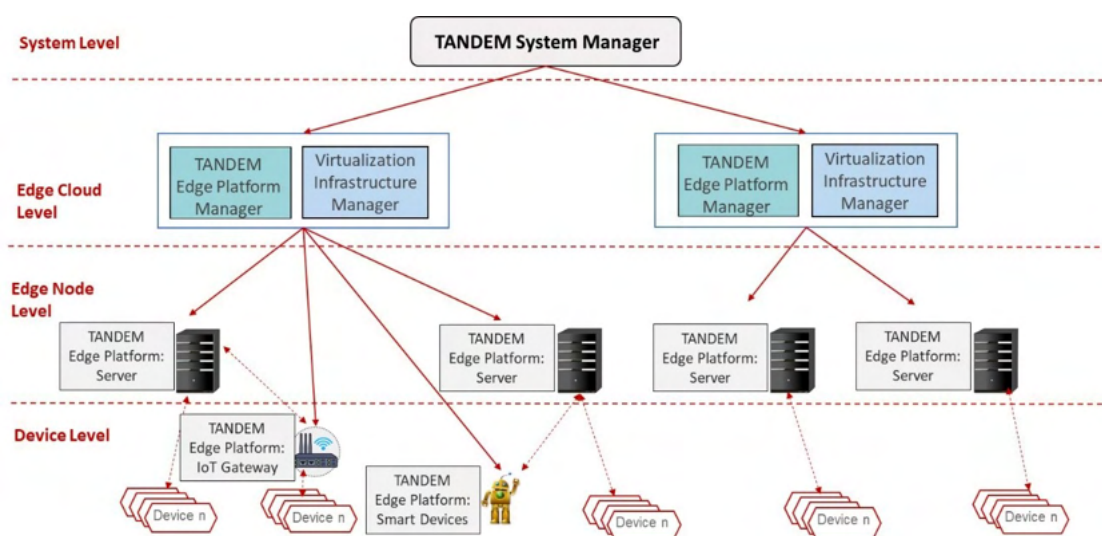
Εικόνα 1 - Η αρχιτεκτονική μικροϋπηρεσιών σε σύγκριση με τη μονολιθική

Το TANDEM μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα νέφη άκρων (edge clouds) καθένα από τα οποία αποτελείται από φυσικούς ή εικονικοποιημένους κόμβους οργανωμένους σε Συστάδα (Cluster). Κάθε νέφος άκρων μπορεί να εξυπηρετεί διαφορετική περιοχή.

Η Εικόνα 2 παρουσιάζει τα εννοιολογικά επίπεδα της αρχιτεκτονικής του TANDEM. Χαρακτηρίζεται από τρία βασικά επίπεδα, το **Επίπεδο Συστήματος (System Level)** που έχει μηχανισμούς διαχείρισης όλων των νεφών άκρων του TANDEM, το **Επίπεδο Υπολογιστικής στα Άκρα (Edge Computing Level)** που αποτελείται από τους κόμβους άκρων και το **Επίπεδο Συσκευών (Device Level)** που αποτελείται από τις συσκευές IoT που συνδέονται στο TANDEM. Ένα ενδιάμεσο επιπλέον επίπεδο μεταξύ system και edge μπορεί να αποτελέσει το **Επίπεδο Υπολογιστικού Νέφους στα Άκρα του Δικτύου (Edge Cloud Level)** που έχει μηχανισμούς διαχείρισης των κόμβων ενός συγκεκριμένου νέφους άκρου.

- Στο **Επίπεδο Συστήματος** υπάρχουν εκείνες οι λειτουργίες του TANDEM που συντονίζουν τους πόρους (υπολογιστικούς, αποθήκευσης και δικτύωσης), τις συσκευές και τις υπηρεσίες όλων των νεφών άκρων που μπορεί να υπάρχουν σε μία εγκατάσταση του TANDEM. Από το επίπεδο αυτό ο χρήστης μπορεί να ζητήσει τη χρήση υπηρεσιών της πλατφόρμας TANDEM, την ανάρτηση δικών του υπηρεσιών στο σύστημα καθώς και τη σύνθεση υπηρεσιών με χρήση άλλων. Στο επίπεδο αυτό υπάρχουν και οι λειτουργίες διαχείρισης των χρηστών, των πολιτικών χρέωσης και της τιμολόγησης των χρηστών.
- Το **Επίπεδο Υπολογιστικού Νέφους στα Άκρα του Δικτύου (Edge Cloud Level)** περιλαμβάνει τον **Διαχειριστή της Πλατφόρμας TANDEM (TANDEM Edge Platform Manager)** που διαχειρίζεται ένα TANDEM νέφος άκρων. Παρέχει λειτουργίες διαχείρισης των εφαρμογών και του κύκλου ζωής τους καθώς και παρακολούθησης και διαχείρισης των πόρων μαζί με έξυπνους μηχανισμούς πρόβλεψης μελλοντικών αναγκών για πόρους. Ο Διαχειριστής Πλατφόρμας Άκρων του TANDEM χρησιμοποιεί ενορχηστρωτή για τους πόρους και τις υπηρεσίες του TANDEM που λειτουργούν σε containers (**kubernetes [K8S]**). Στις περιπτώσεις που η εγκατάσταση του TANDEM συνδέεται και με την δημιουργία από τον πάροχο του TANDEM της απαραίτητης εικονικοποιημένης υποδομής (π.χ. των Virtual Machines), χρησιμοποιεί λειτουργίες που παρέχει ένας **Διαχειριστής Εικονικοποιημένης Υποδομής (Virtual Infrastructure Manager - VIM)**, που αναλαμβάνει την ενοποιημένη διαχείριση της εικονικοποιημένης υποδομής.

- Στο **Επίπεδο Υπολογιστικής (κόμβων) στα Άκρα (Edge Computing/Node Level)** διακρίνουμε την **Πλατφόρμα TANDEM στα Άκρα του Δικτύου (TANDEM Edge Platform)** που περιλαμβάνει όλες τις υπηρεσίες που προσφέρει το TANDEM προς τους πελάτες, τις υποστηρικτικές υπηρεσίες (π.χ. τις υπηρεσίες διαχείρισης συσκευών), καθώς και υπηρεσίες που μπορεί να εγκατέστησαν πελάτες (χρήστες) του TANDEM.
- Το **Επίπεδο Συσκευών (End Device Level)** περιλαμβάνει όλες τις συσκευές που συνδέονται στο TANDEM (αισθητήρες, κάμερες, IoT Gateways, κλπ.). Οι συσκευές αυτές μπορεί να έχουν επεξεργαστικές ικανότητες, οπότε μπορούν να φιλοξενούν μικροϋπηρεσίες του TANDEM (π.χ. ρομπότ) είτε όχι. Το TANDEM λαμβάνει δεδομένα από τις συσκευές αυτές (π.χ. μετρήσεις από αισθητήρες) και μπορεί να στείλει εντολές ή μικροϋπηρεσίες σε αυτές.



Εικόνα 2 -Τα Βασικά Εννοιολογικά Επίπεδα της Αρχιτεκτονικής TANDEM

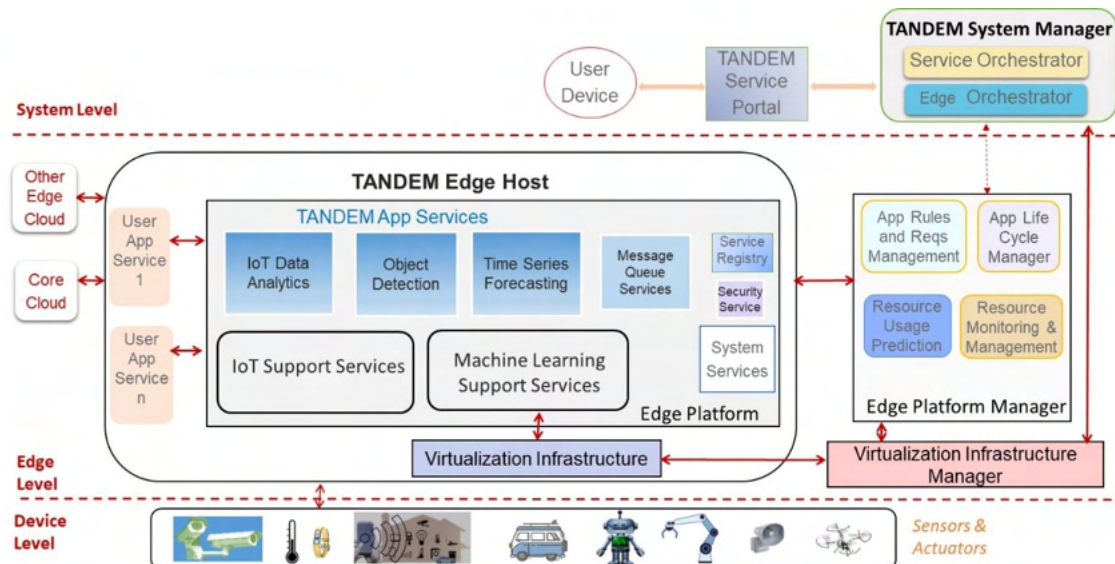
1. Επίπεδο Συστήματος (System Level),

Στο **Επίπεδο Συστήματος** υπάρχουν εκείνες οι λειτουργίες του TANDEM που συντονίζουν τους πόρους (υπολογιστικών, αποθήκευσης και δικτύωσης), τις συσκευές και τις υπηρεσίες όλων των νεφών άκρων του TANDEM. Λειτουργίες αυτού του επιπέδου χρησιμοποιεί:

- **Ο Πελάτης (Customer)** για να
 - χρησιμοποιήσει κάποια υπηρεσία
 - δει τις παρεχόμενες υπηρεσίες, τις λειτουργίες τους, τα χαρακτηριστικά τους, τις απαιτήσεις σε πόρους και την τιμολόγησή τους και
 - για να πάρει πληροφορίες για τις υπηρεσίες που χρησιμοποιεί και την τρέχουσα χρέωσή του.
- **Ο Μηχανικός Υπηρεσιών (Service Engineer)** για να:
 - εγκαταστήσει δική του υπηρεσία/εφαρμογή σε υπολογιστές στα άκρα του δικτύου και
 - για να δει τις λειτουργίες και τα APIs υπαρχόντων εφαρμογών και είτε να δημιουργήσει **Εφαρμογή Πελάτη (Client Application)** που να καλεί λειτουργίες υπηρεσιών του TANDEM είτε να δημιουργήσει σύνθετη υπηρεσία που θα συνδυάζει λειτουργίες υπαρχόντων υπηρεσιών, δικών του ή προσφερόμενων από το TANDEM.

- Ο **Διαχειριστής του Συστήματος TANDEM (TANDEM System Administrator)** για να διαχειρίζεται και να παρακολουθεί την χρήση των πόρων και των συσκευών και την λειτουργία των υπηρεσιών σε όλους τους κόμβους του TANDEM.

Η Εικόνα 3 παρουσιάζει την αρχιτεκτονική του TANDEM η οποία λαμβάνει υπόψη τη γενική αρχιτεκτονική του ETSI MEC[MEC] η οποία παρουσιάζεται στο υποκεφάλαιο 2.5.4 **Error! Reference source not found.** Στην εικόνα αυτή τα δύο εννοιολογικά επίπεδα edge cloud level και edge node level της εικόνας Εικόνα 2 αντιστοιχούν στο επίπεδο Edge Level.



Εικόνα 3 - Μονάδες συστήματος και αλληλεπιδράσεις στην αρχιτεκτονική του TANDEM

Στο επίπεδο συστήματος (System Level) της εικόνας υπάρχει ο **Διαχειριστής Συστήματος TANDEM (TANDEM System Manager)** που διαδραματίζει το ρόλο του συντονιστή των λειτουργιών που διενεργούνται στο επίπεδο του TANDEM. Πιο συγκεκριμένα, ο Διαχειριστής είναι υπεύθυνος για τη εύρυθμη και σωστή λειτουργία του TANDEM, καθώς λειτουργεί ως ένας κεντρικός κόμβος, από όπου διέρχεται όλη η απαιτούμενη πληροφορία για τις υπόλοιπες μονάδες συστήματος του TANDEM (Μητρώο Υπηρεσιών, Επιλογή Υποδομής). Η διαβίβαση των μηνυμάτων γίνεται μέσω κλήσεων REST, μιας και οι υπηρεσίες του TANDEM ακολουθούν τα πρότυπα του REST για να είναι ελαφρείς, επεκτάσιμες και εύκολες στην κατανόηση (RESTful υπηρεσίες).

Περιλαμβάνει τον:

- **Edge Orchestrator (Ενορχηστρωτή Άκρων)** που διαχειρίζεται την υποδομή, τους πόρους και την λειτουργία των υπηρεσιών των νεφών άκρων και χρησιμοποιείται από τον διαχειριστή του συστήματος TANDEM.
- **Service Orchestrator (Ενορχηστρωτή Υπηρεσιών)** που διαχειρίζεται όλες τις λειτουργίες που αφορούν τις υπηρεσίες προς τους πελάτες του συστήματος. Χρησιμοποιείται από τους πελάτες καθώς και από τον Διαχειριστή Υπηρεσιών του TANDEM

Σε αυτό το επίπεδο υπάρχει και ο **TANDEM Service Portal (Πύλη Υπηρεσιών TANDEM)** που είναι το μοναδικό σημείο εισόδου τρίτων σε λειτουργίες του TANDEM που προσφέρονται από τον Edge Orchestrator και τον Service Orchestrator.

2. Επίπεδο Υπολογιστικής στα Άκρα (Edge Computing Level)

Στο **Επίπεδο Υπολογιστικής στα Άκρα** διακρίνουμε την πλατφόρμα **TANDEM** και τις λειτουργίες διαχείρισής της (**TANDEM Edge Platform** και **TANDEM Edge Platform Manager**) καθώς και την **Εικονικοποιημένη Υποδομή (Virtualization Infrastructure)** μαζί με τον **Διαχειριστή της Εικονικοποιημένης Υποδομής (Virtualization Infrastructure Manager – VIM)**.

- Η **Πλατφόρμα TANDEM στα Άκρα του Δικτύου (TANDEM Edge Platform)** περιλαμβάνει όλες τις υπηρεσίες που προσφέρει το TANDEM προς τους πελάτες καθώς και υπηρεσίες που μπορεί να εγκατέστησαν πελάτες του TANDEM. Ένα **Μητρώο Υπηρεσιών (Service Registry)** διατηρεί τις πληροφορίες για τις υπηρεσίες που λειτουργούν και πως αυτές είναι προσβάσιμες. Εδώ υπάρχουν οι λειτουργίες της πλατφόρμας IoT καθώς και όλες οι λειτουργίες διαχείρισης συσκευών,
- Ο **Διαχειριστής της Πλατφόρμας TANDEM (TANDEM Edge Platform Manager)** περιλαμβάνει υποστηρικτικές υπηρεσίες προς τους χρήστες και διαχειριστικές λειτουργίες. Εδώ υπάρχουν οι λειτουργίες διαχείρισης των εφαρμογών και του κύκλου ζωής τους καθώς και οι λειτουργίες παρακολούθησης και διαχείρισης των πόρων μαζί με τους έξυπνους μηχανισμούς πρόβλεψης μελλοντικών αναγκών για πόρους.
- Ο **Διαχειριστής της Εικονικοποιημένης Υποδομής (Virtualization Infrastructure Manager-VIM)**, αναλαμβάνει την ενοποιημένη διαχείριση της εικονικοποιημένης υποδομής (π.χ. εγκατάσταση και ρύθμιση εικονικών μηχανών, εγκατάσταση δικτυακών διαδρομών). Η προσφερόμενη υπηρεσία έχει κυμαινόμενο βαθμό “παρεμβατικότητας” στις διατιθέμενες υπολογιστικές υποδομές. Λειτουργεί σε απόλυτη συμφωνία με τα υπάρχοντα εργαλεία του παρόχου της υποδομής και ακολουθώντας όλα τα πρωτόκολλα ασφάλειας. Με άλλα λόγια σε κάποια εγκατάσταση που δεν δίνεται η άδεια για δημιουργία VMs στον πάροχο του TANDEM, ο διαχειριστής θα συμβιβαστεί με ένα παθητικό ρόλο επιτήρησης.

2.3 Επίπεδο Συστήματος (System Level)

Όπως αναφέραμε το Επίπεδο Συστήματος αποτελείται από τον **Edge Orchestrator (Ενορχηστρωτή Άκρων)** και τον **Service Orchestrator (Ενορχηστρωτή Υπηρεσιών)**. Οι λειτουργίες τους περιγράφονται παρακάτω.

2.3.1 Edge Orchestrator (Ενορχηστρωτής Άκρων)

Ο **Edge Orchestrator (Ενορχηστρωτής Άκρων)** διαχειρίζεται την υποδομή, τους πόρους και την λειτουργία των υπηρεσιών των νεφών άκρων του TANDEM και χρησιμοποιείται από τον διαχειριστή του συστήματος TANDEM.

Οι βασικές λειτουργίες του είναι:

1. Διαχείριση πόρων και εφαρμογών στα άκρα του δικτύου. Παροχή ενοποιημένης διεπαφής για τη διαχείριση των εικονικοποιημένων πόρων σε όλους τους υπολογιστές TANDEM στα άκρα του δικτύου (TANDEM Edge System)
2. Διατήρηση μιας συνολικής εικόνας του συστήματος υπολογιστών άκρων TANDEM, των διαθέσιμων πόρων τους, των ενεργών υπηρεσιών τους και της τοπολογίας.
3. Ανάρτηση (On-boarding) στους υπολογιστές άκρων των υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου της ακεραιότητας και της γνησιότητας τους
4. Καταγραφή των αναρτημένων υπηρεσιών και προετοιμασία των διαχειριστών υποδομής εικονικοποίησης για τη διαχείρισή τους
5. Επιλογή υπολογιστών άκρων για την εγκατάσταση εφαρμογών βάσει περιορισμών, όπως καθυστέρηση, διαθέσιμοι πόροι και διαθέσιμες υπηρεσίες

6. Ενεργοποίηση και τερματισμός των υπηρεσιών και των εφαρμογών
7. Ενεργοποίηση κανόνων κλιμάκωσης (scaling), όταν απαιτείται

Ο Ενορχηστρωτής Άκρων του TANDEM θα υλοποιηθεί στα πλαίσια του έργου. Για να υλοποιηθεί και να παρέχει τις υπηρεσίες του θα πρέπει να επικοινωνεί με τους Διαχειριστές Πλατφόρμας Άκρων καθενός από τα νέφη άκρων καλώντας το API τους. Εναλλακτικά, το ρόλο του Ενορχηστρωτή Άκρων, σε μία αρχιτεκτονική NFV με βάση το [ETSFNFV], θα μπορούσε να έχει το συστατικό **Ενορχηστρωτής NFV (NFV Orchestrator – NFVO)** του **NFV Management and Orchestration (MANO)**. Το MANO είναι ένα αρχιτεκτονικό πλαίσιο που συντονίζει πόρους δικτύου για εφαρμογές που βασίζονται σε υπολογιστικά νέφη (Clouds) καθώς και τη διαχείριση του κύκλου ζωής των εικονικοποιημένων δικτυακών λειτουργιών (VNFs). Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας για την εξασφάλιση ταχείας, αξιόπιστης εγκατάστασης εικονικοποιημένης υποδομής NFV σε κλίμακα. Το MANO περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία: τον **ενορχηστρωτή NFV (NFVO)**, τον **διαχειριστή VNF (VNFM)** και τον **διαχειριστή εικονικής υποδομής (VIM)**. Με βάση την αρχιτεκτονική NFV και την Εικόνα 3, ο Ενορχηστρωτής Άκρων περιλαμβάνει τις μονάδες ενορχήστρωσης VNFs, όπως τον Ενορχηστρωτή Πόρων (Resource Orchestrator) ή Ενορχηστρωτή Εικονικοποίησης Δικτυακών Λειτουργιών και το Διαχειριστή VNF (VNF Manager). Ο Ενορχηστρωτής Άκρων θα μπορούσε να βασιστεί στον ενορχηστρωτή (NFVO) του Open Source MANO αν σε αυτόν γίνουν οι κατάλληλες τροποποιήσεις για να καλεί το API του Διαχειριστή Πλατφόρμας Άκρων του TANDEM. Εργασία σχετική με την διαλειτουργικότητα του MANO και μιας πλατφόρμας άκρων που βασίζεται σε Kubernetes όπως είναι αυτή του TANDEM έχει ήδη πραγματοποιηθεί από την εταιρεία και παρουσιάστηκε στο OSM#12 Ecosystem Day (1 Δεκ. 2021 [PsaThe21])

Στην περίπτωση του TANDEM, ο Ενορχηστρωτής Άκρων σχεδιάστηκε από το έργο και για να προσφέρει τις υπηρεσίες του, επικοινωνεί με τον Διαχειριστή Πλατφόρμας Άκρων του κάθε edge cloud ο οποίος με τη σειρά του χρησιμοποιεί τις διαχειριστικές υπηρεσίες του Kubernetes.

2.3.2 Service Orchestrator (Ενορχηστρωτής Υπηρεσιών)

Ο **Service Orchestrator (Ενορχηστρωτής Υπηρεσιών)** διαχειρίζεται όλες τις λειτουργίες που αφορούν τις παρεχόμενες υπηρεσίες στους πελάτες του συστήματος.

Οι πελάτες έχουν πρόσβαση σε αυτόν μέσω του **TANDEM Service Portal (Πύλη Υπηρεσιών TANDEM)** που είναι το μοναδικό σημείο εισόδου τρίτων σε λειτουργίες του TANDEM. Μέσω του Service Orchestrator οι πελάτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν κάποια υπηρεσία, να δουν τις παρεχόμενες υπηρεσίες και την τιμολόγησή τους και να πάρουν πληροφορίες για τις υπηρεσίες που χρησιμοποιούν και την τρέχουσα χρέωσή τους.

Ο Διαχειριστής του Συστήματος χρησιμοποιεί τον **Service Orchestrator** για να διαχειρίζεται κεντρικά τις υπηρεσίες του TANDEM και τους αντίστοιχους πόρους

Οι βασικές λειτουργίες του **Service Orchestrator** είναι:

1. Έλεγχος της λειτουργίας του TANDEM Edge Orchestrator. Παροχή μιας πιο υψηλού επιπέδου διεπαφής στις λειτουργίες του Edge Orchestrator.
2. Διατήρηση συνολικής εικόνας του συστήματος άκρων (edge system) και των υπολογιστών του, των διαθέσιμων πόρων του, των διαθέσιμων υπηρεσιών του και της τοπολογίας του
3. Διαχείριση καταλόγου των υπηρεσιών που παρέχονται στους υπολογιστές άκρων καθώς και στοιχείων χρέωσης τους
4. Διαχείριση χρηστών και των δικαιωμάτων τους

5. Διαχείριση μοντέλων τιμολόγησης, στοιχείων χρέωσης και πληροφοριών SLA
6. Διαχείριση συνδεδεμένων συσκευών
7. Υποστήριξη εργαλείου ροής εργασίας (workflow engine) για τη δημιουργία σύνθετων υπηρεσιών με τη δημιουργία αλυσίδων υπηρεσιών (Ενορχηστρωτής Αλυσίδων Υπηρεσιών - Service Chain Orchestrator)
8. Κεντρικός Έλεγχος κύκλου ζωής υπηρεσιών και εφαρμογών,
9. Παροχή απαιτήσεων για την επιλογή υπολογιστών άκρων για την εγκατάσταση εφαρμογών λαμβάνοντας υπόψη και απαιτήσεις των πελάτων καθώς και τις συνδεδεμένες συσκευές σε κάθε υπολογιστή άκρων.

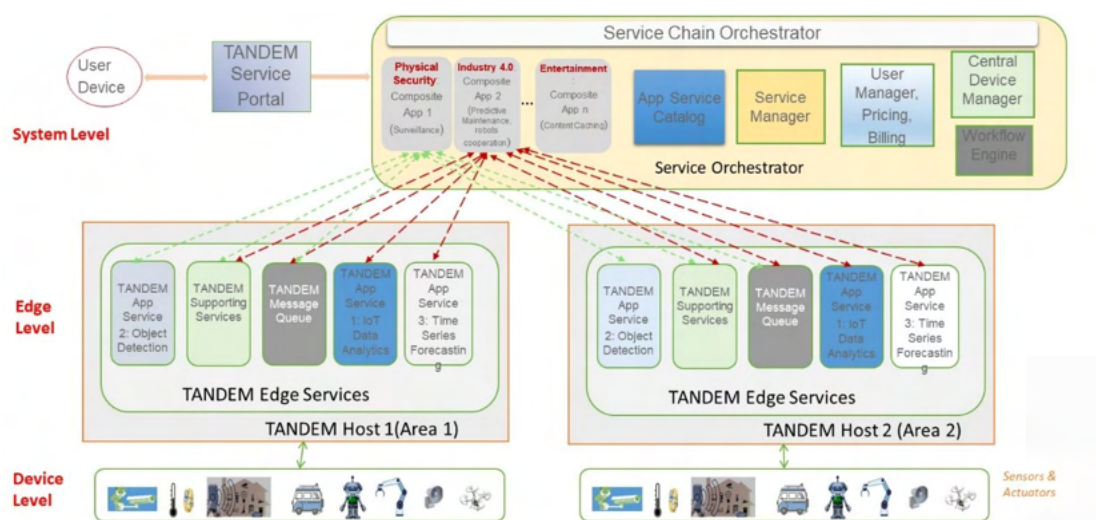
Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά συστατικά του Service Orchestrator.

- **Κατάλογος Υπηρεσιών TANDEM (TANDEM Service Catalogue).** Ο Κατάλογος Υπηρεσιών ή **Μητρώο Υπηρεσιών (Service Registry)** είναι το στοιχείο της αρχιτεκτονικής που είναι υπεύθυνο για την καταχώρηση και αποθήκευση των προσφερόμενων υπηρεσιών οι οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν από τους χρήστες ή να αποτελέσουν μέρος πιο πολύπλοκων υπηρεσιών. Για το σκοπό αυτό, οι πληροφορίες που αποθηκεύονται για κάθε προσφερόμενη υπηρεσία πρέπει να περιλαμβάνουν στοιχεία σχετικά με την υποδομή (PoP) στην οποία φιλοξενείται, τον τύπο και τα χαρακτηριστικά (λειτουργικά και ποιοτικά) της υπηρεσίας και τον τρόπο με τον οποίο αυτή η υπηρεσία διατίθεται προς κατανάλωση. Μία δεύτερη αρμοδιότητα του αρχιτεκτονικού αυτού στοιχείου είναι η κοινοποίηση των καταχωρημένων υπηρεσιών και η ανάκτησή των πληροφοριών τους κατά περίπτωση, αναλόγως με τα κριτήρια που τίθενται κάθε φορά στο αίτημα αναζήτησης. Συνεπώς, το Μητρώο Υπηρεσιών παρέχει υπηρεσίες για την βέλτιστη αναζήτηση πληροφοριών για προσφερόμενες υπηρεσίες και φιλτραρίσματός τους, ανάλογα με τις ανάγκες που περιγράφονται στο αίτημα αναζήτησης, υλοποιώντας κατάλληλα ευρετήρια και μηχανισμούς ταιριάσματος (matching). Το Μητρώο Υπηρεσιών επικοινωνεί με τον TANDEM Edge Platform Manager, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τα αιτήματα καταχώρησης πληροφοριών προσφερόμενων υπηρεσιών και για τα αιτήματα αναζήτησής τους. Η αρχιτεκτονική του TANDEM βασίζεται σε microservices. Έτσι περιλαμβάνει τις διαθέσιμες υπηρεσίες, τις οποίες ο χρήστης μπορεί να ζητήσει δυναμικά προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες μιας συγκεκριμένης εφαρμογής ή ενός σεναρίου χρήσης. Μια επιπλέον δυνατότητα που δίνεται στον χρήστη είναι η δημιουργία ενός συνδυασμού από διαθέσιμες υπηρεσίες, δημιουργώντας έτσι μια αλυσίδα υπηρεσιών (service chain). Το Μητρώο Υπηρεσιών διαχειρίζεται μια Βάση Δεδομένων (database) που περιλαμβάνει τις υπηρεσίες, τα στιγμιότυπά τους (instances), τις τοποθεσίες τους καθώς και πληροφορίες για το πώς μπορεί να πραγματοποιηθεί η αποστολή αιτημάτων προς τα στιγμιότυπα υπηρεσιών (service instances). Οι τρεις βασικές λειτουργίες είναι:
 - Εγγραφή υπηρεσιών (service registration)
 - Εύρεση υπηρεσιών (service discovery)
 - Διαχείριση Υπηρεσιών (service management)
- **Ενορχηστρωτής Αλυσίδων Υπηρεσιών (Service Chain Orchestrator - SCO).** Ο Ενορχηστρωτής Αλυσίδων Υπηρεσιών αναλαμβάνει την ενορχήστρωση και την σύνδεση επιλεγμένων υπηρεσιών με σκοπό την δημιουργία μιας ενιαίας εφαρμογής. Πραγματοποιεί αναζήτηση στον Κατάλογο Υπηρεσιών για να βρει τις υπηρεσίες που χρειάζεται για να υλοποιήσει μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Στην συνέχεια, σύμφωνα με τον τρόπο που ορίζονται οι υπηρεσίες και τα APIs τους, είναι σε θέση να πραγματοποιήσει την σύνθεση υπηρεσιών (service chains) που επιθυμεί.

Οι υπηρεσίες που συνδέονται μπορεί να εκτελούνται σε διαφορετικούς κόμβους στα άκρα του δικτύου (Εικόνα 4). Μέσω του γραφικού περιβάλλοντος που παρέχεται ο χρήστης μπορεί να αναρτήσει δικές του υπηρεσίες, να δει τις συσκευές και τις υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες και το APIs τους, να επιλέξει ποιες συσκευές θέλει να χρησιμοποιήσει και ποιες υπηρεσίες θέλει να εκτελέσει, να διαμορφώσει τις συσκευές και τις υπηρεσίες, και τέλος να ορίσει πως οι υπηρεσίες συνδέονται μεταξύ τους και με τις συσκευές. Η έξοδος μιας υπηρεσίας μπορεί να είναι είσοδος μιας άλλης, ένα alert μιας υπηρεσίας μπορεί να ενεργοποιήσει μια λειτουργία σε άλλη υπηρεσία, μια υπηρεσία μπορεί να εγγραφεί σε μηνύματα που παράγει μια άλλη υπηρεσία, κλπ. Το αποτέλεσμα της σύνθεσης υπηρεσιών είναι ένα δομημένο αρχείο κειμένου σε μορφή **JSON (JavaScript Object Notation)** με όλη τη λογική σύνδεσης των υπηρεσιών και των συσκευών και τις οδηγίες προς τις επιλεγμένες μηχανές διαχείρισης γεγονότων και ροών εργασιών (event & workflow engines) και προς τους Διαχειριστές Πλατφορμών Άκρων για την υλοποίηση της λογικής της εφαρμογής.

- **Έξυπνος Διαχειριστής Πόρων και Υπηρεσιών (Smart Resource & Service Manager).** Διαχείριση των υπηρεσιών και του κύκλου ζωής τους κεντρικά για όλους τους κόμβους του TANDEM. Το TANDEM χρησιμοποιεί **Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)** για να προβλέπει την μελλοντική χρήση των πόρων σε κάθε κόμβο και να αποφασίζει για τα στιγμιότυπα των υπηρεσιών που θα ενεργοποιούνται σε κάθε έναν από αυτούς και ποιος θα είναι ο κύκλος ζωής τους, λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη τα στοιχεία προσβασιμότητας στις συσκευές IoT από κάθε κόμβο, τις απαιτήσεις σε πόρους κάθε υπηρεσίας, τα στοιχεία της συμφωνίας με τον πελάτη (SLA) και τη συμμετοχή μιας υπηρεσίας σε μία αλυσίδα υπηρεσιών. Η σχεδίαση των υπηρεσιών του TANDEM έγινε με την λογική όσες περισσότερες γίνεται να είναι στοιχειώδεις και σχεδιασμένες για να κάνουν μόνο μία ενέργεια σε απάντηση μιας αίτησης. Ο σκοπός δηλαδή του κώδικα της υπηρεσίας πρέπει να είναι περιορισμένος, αποδοτικός και ελαφρύς (lightweight), ώστε οι λειτουργίες να φορτώνονται και να εκτελούνται γρήγορα (μοντέλο Function-as-a-Service-FaaS, η Λειτουργία ως Υπηρεσία)
- **Κεντρικός Διαχειριστής Συσκευών (Central Device Manager).** Διαχείριση των συσκευών συνολικά για όλους τους κόμβους του TANDEM. Ο διαχειριστής έχει συνολική εικόνα για όλες τις συσκευές, τα χαρακτηριστικά τους, τη τοποθεσία τους τη χρήση τους και την κατάσταση τους, μπορεί να τις διαχειριστεί και να αλλάξει τα στοιχεία τους ή να τις διαγράψει.
- **Υπηρεσίες Διαχείρισης Χρηστών, Μοντέλων Τιμολόγησης και Μονάδων Χρέωσης.** Το TANDEM έχει λειτουργίες (1) για τη διαχείριση των χρηστών, των ρόλων των χρηστών και των δικαιωμάτων πρόσβασης, (2) για τον ορισμό και τη διαχείριση της τιμολογιακής πολιτικής που μπορεί να βασίζεται (α) σε διαφορετικά μοντέλα (π.χ. χρέωση ανά κλήση λειτουργίας, χρέωση με βάσει τον χρόνο εκτέλεσης ή χρέωση με βάσει την χρήση των πόρων) (β) σε συνδυασμό διαφορετικών μονάδων χρέωσης (χρήση CPU, GPU, RAM, storage) και (γ) σε Διαφορετικά Συμφωνητικά Παροχής Υπηρεσίας (Service Level Agreements – SLAs) όπως ελαχιστοποίησης κόστους ή μεγιστοποίησης απόδοσης ή διαθεσιμότητας. Για να μπορεί ένας χρήστης να εκμεταλλευτεί τα πλεονεκτήματα και τις δυνατότητες που προσφέρονται από το TANDEM θα πρέπει να εγγραφεί στο σύστημα και να συνδεθεί με έναν συγκεκριμένο ρόλο. Οι ρόλοι ορίζουν σε ποιες λειτουργίες και σε ποιους πόρους έχει πρόσβαση ο κάθε χρήστης. Για παράδειγμα θα μπορούσε να μην επιτρέπεται σε έναν ρόλο να καταχωρήσει ή να εκτελέσει μία υπάρχουσα υπηρεσία ή να μπορέσει να κάνει

σύνθεση υπηρεσιών. Το σύστημα έχει κάποιους προκαθορισμένους ρόλους αλλά επιτρέπει τη δυνατότητα δημιουργίας νέων συνδέοντας τους με δυνατότητα πρόσβασης σε συγκεκριμένες λειτουργίες και πόρους του συστήματος. Υπάρχουν δύο τύπου λογαριασμών στο σύστημα, οι επαγγελματικοί (εταιρειών) και οι προσωπικοί. Κάθε επαγγελματικός λογαριασμός έχει έναν χρήστη με τον ρόλο του «Administrator» ο οποίος διαχειρίζεται τους άλλους χρήστες της εταιρείας και τους ρόλους τους. Κάθε υπηρεσία μπορεί να προσφέρεται ως προϊόν συνοδευόμενη από διαφορετικές πολιτικές τιμολόγησης και διαφορετικά SLAs. Πέρα από τις υποχρεώσεις του πελάτη, η πολιτική τιμολόγησης και χρέωσης ορίζει και τις υποχρεώσεις του παρόδου υπηρεσίας, ο οποίος θα πρέπει να διασφαλίζει ότι ικανοποιείται η ποιότητα υπηρεσίας που έχει συμφωνηθεί με τον πελάτη. Όπως και με τις υπηρεσίες νέφους, έτσι και για τις υπηρεσίες του TANDEM, το κόστος χρήσης μιας προσφερόμενης υπηρεσίας πρέπει είναι γενικά σημαντικά μικρότερο από το κόστος αγοράς του υλικού, του λογισμικού και της τεχνογνωσίας για την αναπαραγωγή της υπηρεσίας. Ο τρόπος τιμολόγησης του TANDEM έχει επιρροές και από αντίστοιχα μοντέλα τιμολόγησης που χρησιμοποιούνται σε Πλατφόρμες Νέφους, όπως το **Google Cloud Platform (GCP)** και το **Amazon Web Service (AWS)**.



Εικόνα 4- TANDEM Service Chain Orchestrator

2.3.3 TANDEM Service Portal (Πύλη Υπηρεσιών TANDEM)

Το TANDEM Service Portal είναι το μοναδικό σημείο εισόδου σε τρίτους σε λειτουργίες του TANDEM που προσφέρονται από τον Edge Orchestrator και τον Service Orchestrator

Οι βασικές λειτουργίες του **TANDEM Service Portal** είναι:

1. Σημείο εισόδου για τα τρίτα μέρη, τα οποία μπορούν να ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες:
 - Τελικοί χρήστες
 - Μηχανικοί Υπηρεσιών
 - Πελάτες επιχειρήσεων
2. Διαχείριση της επιλογής, της παραγγελίας και της παροχής εφαρμογών στα άκρα για κάθε κατηγορία τρίτου μέρους.
3. Οι Μηχανικοί Υπηρεσιών μπορούν να χρησιμοποιήσουν την πύλη για να:

- κάνουν τις υπηρεσίες που δημιούργησαν διαθέσιμες στο TANDEM edge system.
 - δημιουργήσουν μια καινούργια υπηρεσία ως σύνθεση υπηρεσιών χρησιμοποιώντας το γραφικό περιβάλλον του Service Chain Orchestrator (SDK) και τον ενσωματωμένο workflow engine.
4. Οι εταιρικοί πελάτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν την πύλη για να επιλέξουν τις υπηρεσίες/εφαρμογές που τους ενδιαφέρουν και να παρέχουν πληροφορίες για το χρονικό διάστημα και τις περιοχές που θέλουν να ενεργοποιήσουν τις επιλεγμένες υπηρεσίες/εφαρμογή.
 5. Παροχή επιχειρηματικών πληροφοριών, για παράδειγμα που σχετίζονται με Service Level Agreement (SLA) ή χρέωση.

2.4 Πλατφόρμα TANDEM στα Άκρα του Δικτύου (TANDEM Edge Platform)

Η πλατφόρμα TANDEM στα Άκρα του Δικτύου περιλαμβάνει των Διαχειριστή Πλατφόρμας Παρυφών (Άκρων) (TANDEM Edge Platform Manager - ri-Edge) που διαχειρίζεται ένα edge cloud και μια σειρά από υπηρεσίες που εγκαθίστανται σε κάθε edge host του cloud.

Ο TANDEM Edge Platform Manager διαθέτει λειτουργίες για παρακολούθηση και διαχείριση συμπλεγμάτων (clusters) από hosts (edge clouds-σύννεφα άκρων). Χειρίζεται τις απαιτήσεις κάθε υπηρεσίας και τη διάρκεια κύκλου ζωής της (lifecycle management) και διαθέτει μηχανισμούς τεχνητής νοημοσύνης για την πρόβλεψη μελλοντικής χρήσης πόρων σε κάθε host.

Στην Εικόνα 3 αποτυπώνονται οι διάφορες υπηρεσίες που παρέχονται από την πλατφόρμα TANDEM. Στο πάνω επίπεδο βλέπουμε τις υπηρεσίες που μπορούν να αντιστοιχίζονται άμεσα σε απαιτήσεις τελικών χρηστών (Βασικές Υπηρεσίες – Core Services), και μπορεί να είναι οι κεντρικές υπηρεσίες στις εφαρμογές των τελικών χρηστών πέρα από τη χρήση τους ως μέρος μιας αλυσίδας υπηρεσιών για τη σύνθεση πιο πολύπλοκων εφαρμογών. Αυτές οι βασικές υπηρεσίες προς τους πελάτες, ονομάζονται **Υπηρεσίες Εφαρμογής (Application Services)**. Βασικές Υπηρεσίες είναι:

1. Η Ανάλυση Δεδομένων από IoT συσκευές (**IoT Data Analytics**)
2. Η Αναγνώριση Αντικειμένων σε ροές βίντεο (**Αναγνώριση Αντικειμένων - Object Recognition**)
3. Η Πρόβλεψη Μελλοντικών τιμών μετρήσεων από IoT συσκευές όπως από αισθητήρες (**Time Series Forecasting**)

Πέρα από τις βασικές υπηρεσίες, υπάρχουν και οι υποστηρικτικές υπηρεσίες που απαιτούνται στη δημιουργία εφαρμογών, για παράδειγμα για να έχουμε πρόσβαση σε δεδομένα από εξωτερικές συσκευές. Αυτές οι υπηρεσίες είναι οι:

1. Υπηρεσίες Διαχείρισης Συσκευών
2. Υπηρεσίες Χρονοδρομολόγησης (Scheduling Services)
3. Υπηρεσίες Συναγερμών και Ειδοποιήσεων (Alerts & Notifications Services)
4. Υπηρεσίες Κανόνων (Rules Engine Services)

Οι υποστηρικτικές IoT υπηρεσίες του TANDEM μπορούν να βασιστούν σε αντίστοιχες υπηρεσίες που παρέχει μία IoT πλατφόρμα όπως το **EdgeXFoundry** που παρουσιάζεται στο κεφάλαιο **2.4.2**

Επίσης υποστηρικτική υπηρεσία είναι οι Ουρές Μηνυμάτων (Message Queues) για την επικοινωνία και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των υπηρεσιών που αποτελούν μέρος μιας σύνθετης εφαρμογής.

Το Edge Host περιλαμβάνει επίσης Υπηρεσίες Συστήματος (System Services) που αντιστοιχούν στις Απαραίτητες Υπηρεσίες MEC (MEC Services) όπως η Υπηρεσία Τοποθεσίας (Location Service) και η Υπηρεσία Διαχείρισης Κυκλοφορίας (Traffic Management Service).

Στην πλατφόρμα του TANDEM υπάρχουν και οι υπηρεσίες που έχει εγκαταστήσει ο Τελικός Χρήστης στην υποδομή του (**Υπηρεσίες Εφαρμογής Χρήστη – User Application Services**). Οι υπηρεσίες αυτές (με πράσινο χρώμα στην Εικόνα 3 - Μονάδες συστήματος και αλληλεπιδράσεις στην αρχιτεκτονική του TANDEM) μπορούν να επικοινωνήσουν με τις άλλες υπηρεσίες του TANDEM για να χρησιμοποιήσουν λειτουργίες τους ή για να προσφέρουν λειτουργίες.

Παρακάτω περιγράφονται περιληπτικά οι βασικές και οι υποστηρικτικές υπηρεσίες της πλατφόρμας του TANDEM. Στα επόμενα κεφάλαια αυτές οι υπηρεσίες αναλύονται.

2.4.1 Βασικές Υπηρεσίες προς του πελάτες (TANDEM Application Services)

2.4.1.1 IoT Data Analytics

Ο σκοπός της υπηρεσίας IoT Analytics είναι η συλλογή του μεγάλου όγκου δεδομένων από αισθητήρες, η αρχική επεξεργασία τους και στη συνέχεια η προαιρετική αποθήκευσή τους για πιθανή περεταίρω ανάλυσή τους. Η ιδιαιτερότητα των IoT μετρήσεων είναι η μεγάλη συχνότητα συλλογής και η ύπαρξη θορύβου. Το αποτέλεσμα είναι η αναγκαιότητα προσεκτικής μελέτης των μετρήσεων πριν από την επεξεργασία και τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων. Πρέπει να απομακρυνθούν αδικαιολόγητες τιμές και να συμπληρωθούν τιμές όπου η συχνότητα δειγματοληψίας απέτυχε. Τα δεδομένα μετά μπορούν να επεξεργαστούν στατιστικά (για παράδειγμα να εξαχθούν μέσοι όροι τιμών, αθροίσματα τιμών και μέγιστες και ελάχιστες τιμές για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους).

2.4.1.2 Εντοπισμός Αντικειμένων (Object Detection)

Η λειτουργία αυτή χρησιμοποιεί **Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)** για να κάνει Αναγνώριση/Εντοπισμό Αντικειμένων και Παρακολούθησή τους σε ροές βίντεο από κάμερες. Ο χρήστης ορίζει ποια αντικείμενα θέλει να εντοπίζει (π.χ. ανθρώπους, οχήματα, ζώα) και από ποιες κάμερες και η λειτουργία μπορεί (α) να ενημερώνει όταν γίνει εντοπισμός, (β) να αποθηκεύει τις εικόνες με τα ζητούμενα αντικείμενα που εντοπίστηκαν μαζί με τη χρονική στιγμή που έγινε ο εντοπισμός, (γ) να τοποθετεί σε τετράγωνα πλαίσια πάνω στο βίντεο τα αντικείμενα που εντοπίζει στα οποία να προσθέτει ένα βαθμό βεβαιότητας, και (δ) να αποθηκεύει το βίντεο στο οποίο εντοπίστηκαν τα αντικείμενα. Ο εντοπισμός μπορεί να γίνεται είτε με ήδη εκπαιδευμένα και διαθέσιμα μοντέλα (η υπηρεσία έχει μια δεξαμενή από

μοντέλα), είτε με επανεκπαίδευση διαθέσιμων μοντέλων είτε με τη δημιουργία νέου μοντέλου. Στις δύο τελευταίες περιπτώσεις ο χρήστης αναρτά μαζικά εικόνες που γνωρίζει ότι απεικονίζουν το αντικείμενο που θέλει να εντοπίζεται.

2.4.1.3 Time Series Forecasting

Η υπηρεσία αυτή μας δίνει την δυνατότητα με βάσει τις υπάρχουσες μετρήσεις από έναν αισθητήρα να προβλέψουμε τις μελλοντικές. Έτσι γίνεται παρακολούθηση της εξελικτικής πορείας ενός φαινομένου και δίνεται η δυνατότητα αντίδρασης εκ των προτέρων σε περίπτωση πρόβλεψης σφάλματος ή προβλήματος (π.χ. μελλοντική ανάγκη για επιπλέον πόρους). Γίνεται με χρήση αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) Time Series Forecasting. Έτσι για παράδειγμα όταν ξεκινήσει να φθίνει η απόδοση ενός συστατικού τότε γίνεται προβολή στο χρόνο για να υπολογιστεί το εκτιμώμενο υπόλοιπο αποδοτικής ζωής.

2.4.1.4 Ουρές Μηνυμάτων (Message Queues)

Η υπηρεσία αυτή χρησιμοποιείται για τη δημιουργία δίαυλου επικοινωνίας ανάμεσα σε εφαρμογές ή microservices που ακολουθούν κατακεντρωμένη αρχιτεκτονική. Η υπηρεσία αυτή χρειάζεται όταν δημιουργούμε εφαρμογές με τη σύνθεση υπηρεσιών για την ασύγχρονη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ τους. Με αυτή τη λειτουργία για παράδειγμα θα μπορούσαμε να ορίσουμε ότι τα δεδομένα από μία συσκευή (π.χ. μετρήσεις θερμοκρασίας), θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδος στην υπηρεσία πρόβλεψης μελλοντικών τιμών.

Με τη μεσολάβηση δίαυλου επικοινωνίας για τη διαμεταγωγή δεδομένων επιτυγχάνεται η χαλαρή συσχέτιση μεταξύ των προγραμματιστικών οντοτήτων. Συγκεκριμένα δύναται η προσωρινή διακοπή λειτουργίας ενός από τους δύο πόλους και η αποθήκευση των μηνυμάτων μέχρι την επαναλειτουργία του.

Η συνηθισμένη αρχιτεκτονική του δίαυλου επικοινωνίας είναι FIFO (First In First Out), δηλαδή τα μηνύματα που καταχωρούνται πρώτα καταναλώνονται πρώτα στα σημεία παράδοσης.

2.4.2 Υποστηρικτικές Υπηρεσίες προς του πελάτες (Supporting Services)

2.4.2.1 Υπηρεσίες Διαχείρισης Συσκευών (Device Services)

Οι υπηρεσίες διαχείρισης συσκευών (**Υπηρεσίες Συσκευών – Device Services**) υποστηρίζουν εγγραφή συσκευών όπως αισθητήρες και κάμερες, ενσωμάτωσή τους στο σύστημα και διατήρηση πληροφοριών σχετικά με τις συσκευές και τη δικτυακή τοποθεσία τους.

Οι Υπηρεσίες Συσκευών είναι οι σύνδεσμοι που αλληλοεπιδρούν με τις συσκευές που περιλαμβάνουν, αλλά δεν περιορίζονται σε: συσκευές στο σπίτι, συστήματα συναγερμού, εξοπλισμό HVAC, φωτισμό, κάμερες, μικρόφωνα, μηχανήματα βιομηχανίας, συστήματα άρδευσης, drones, σήματα κυκλοφορίας, αυτόματες μεταφορές κ.λπ.

Μετατρέπουν τα δεδομένα που παράγονται και κοινοποιούνται από μια συσκευή μέσω διαφορετικών πρωτοκόλλων στην κοινή δομή IoT δεδομένων της πλατφόρμας του TANDEM. Τα δεδομένα αυτά μετά μπορούν να προωθηθούν σε άλλες μικροϋπηρεσίες της πλατφόρμας για έλεγχο, ανάλυση ή λήψη αποφάσεων.

Χρησιμοποιούν ως το κύριο μέσο αλληλεπίδρασης της πλατφόρμας του TANDEM με αισθητήρες / συσκευές.

Εκτός από τη λήψη δεδομένων αισθητήρα και συσκευών ενεργοποίησης, παρέχουν επίσης:

1. Λήψη ενημερώσεων κατάστασης από συσκευές / αισθητήρες
2. Μετατροπή δεδομένων πριν από την αποστολή από τον αισθητήρα στην πλατφόρμα του TANDEM
3. Αλλαγή διαμόρφωσης(configuration) συσκευών

Ενδέχεται να εξυπηρετούν μία ή περισσότερες συσκευές ταυτόχρονα. Μια συσκευή που διαχειρίζεται μια υπηρεσία συσκευής, μπορεί να είναι κάτι διαφορετικό από μια απλή, φυσική συσκευή. Η συσκευή θα μπορούσε να είναι μια **IoT πύλη άκρης (IoT Gateway)** και όλες οι συσκευές αυτής της πύλης, ένας διαχειριστής συσκευών, ένας διανομέας αισθητήρων, μια υπηρεσία web διαθέσιμη μέσω HTTP ή ένας αισθητήρας λογισμικού που λειτουργεί ως συσκευή ή συλλογή συσκευών.

2.4.2.2 Υπηρεσίες Χρονοδρομολόγησης (Scheduling Services)

Προκειμένου να σηματοδοτείται η έναρξη διάφορων απαραίτητων λειτουργιών ανά τακτά διαστήματα στις μικροϋπηρεσίες της πλατφόρμας TANDEM, υπάρχει μία υπηρεσία χρονοδρομολόγησης αυτών των λειτουργιών. Έτσι ο χρήστης μπορεί να καθορίζει πότε θα ξεκινήσει μία υπηρεσία ή κάθε πότε θα ενεργοποιείται (π.χ. μπορεί να προγραμματίσει κάθε πότε θα διαγράφονται παλιές μετρήσεις από αισθητήρες, ή κάθε πότε θα ενεργοποιούνται μηχανισμοί ανάλυσης των δεδομένων).

2.4.2.3 Υπηρεσίες Συναγερμών και Ειδοποιήσεων (Alerts & Notifications Services)

Για την καλή λειτουργία του συστήματος, χρειάζεται η δυνατότητα μετάδοσης μεταξύ υπηρεσιών ενημερωτικών ειδοποιήσεων ή συναγερμών για επείγοντα θέματα που χρειάζονται άμεση παρέμβαση σε κάποιο άλλο σύστημα ή σε πρόσωπο που παρακολουθεί και διασφαλίζει την ομαλή λειτουργία της πλατφόρμας TANDEM. Παραδείγματα ειδοποίησης περιλαμβάνουν την παροχή μιας νέας συσκευής, τα δεδομένα αισθητήρων που εντοπίζονται εκτός ορισμένων ορίων (που συνήθως ανιχνεύονται από μια Υπηρεσία Συσκευής ή Μηχανής Κανόνων ή παρακολούθησης και ανάλυσης συγκεκριμένων μετρήσεων από συσκευές).

2.4.2.4 Υπηρεσίες Μηχανής Κανόνων (Rules Engine Services)

Προκειμένου να ελέγχονται συνθήκες για την εφαρμογή ενεργειών και εντολών στις IoT συσκευές, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μίας υπηρεσίας κανόνων. Η υπηρεσία συνδέεται με μια συλλογή δεδομένων (είτε βάση δεδομένων είτε ροή δεδομένων, εξετάζει διάφορα στοιχεία των δεδομένων και, στη συνέχεια, ενεργοποιεί κάποια ενέργεια με βάση τα αποτελέσματα της παρακολούθησης των δεδομένων. Αποτελείται από μια συλλογή δηλώσεων υπό όρους "If-Then". Το "Εάν" ενημερώνει την υπηρεσία σε ποια δεδομένα πρέπει να κοιτάζει και σε ποια εύρη ή τιμές δεδομένων πρέπει να ταιριάζει για να ενεργοποιήσει το τμήμα "Τότε" της δήλωσης, το οποίο στη συνέχεια ενημερώνει την υπηρεσία για τη δράση

που πρέπει να αναλάβει ή ποια άλλη υπηρεσία να καλέσει, όταν τα δεδομένα αντιστοιχούν στη δήλωση "If".

2.5 Διαχειριστής Πλατφόρμας Άκρων TANDEM (TANDEM Edge Platform Manager - TEPM)

Ο Διαχειριστής της Πλατφόρμας TANDEM (TANDEM Edge Platform Manager) διαθέτει λειτουργίες για παρακολούθηση και διαχείριση συμπλεγμάτων (clusters) από hosts (edge clouds-σύννεφα άκρων). Παρέχει λειτουργίες διαχείρισης των εφαρμογών και του κύκλου ζωής τους, λειτουργίες παρακολούθησης και διαχείρισης των πόρων καθώς και μηχανισμούς Τεχνητής Νοημοσύνης για την πρόβλεψη χρήσης πόρων και μελλοντικών αναγκών σε πόρους.

2.5.1 Διαχειριστής Κύκλου Ζωής Υπηρεσιών (Service Life Cycle Management - SLCM)

Ένα βασικό συστατικό του TEPM είναι ο **Διαχειριστής Κύκλου Ζωής Υπηρεσιών (Service Life Cycle Management - SLCM)**. Το συστατικό αυτό της αρχιτεκτονικής διαχειρίζεται τον κύκλο ζωής των υπηρεσιών του συστήματος. Βασικές λειτουργίες που παρέχει είναι:

- Η λειτουργία **Έλεγχος Εφικτότητας (Check Feasibility)**: εκτελεί έλεγχο εφικτότητας της αίτησης για δημιουργία στιγμιότυπου υπηρεσίας ή scaling για να πραγματοποιήσει τη δέσμευση πόρων πριν κάνει το πραγματικό instantiation / scaling. Αν υπάρχουν οι διαθέσιμοι πόροι πραγματοποιεί τη δέσμευσή τους
- Η λειτουργία **Έναρξης Στιγμιότυπου (Start Instance)**: Δημιουργία στιγμιότυπου της υπηρεσίας δηλαδή διαδικασία εντοπισμού και δέσμευσης των εικονικοποιημένων πόρων που απαιτούνται για την υπηρεσία και εκκίνησή της
- Η λειτουργία **Επικύρωση Υπηρεσίας (Validate Service)**: Όταν λαμβάνεται ένα αίτημα για δημιουργία μιας υπηρεσίας, ο Service Orchestrator επικυρώνει την εγκυρότητα του αιτήματος για τη δημιουργία στιγμιότυπου. Μόνο οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες βάσει του ρόλου τους μπορούν να εκδώσουν τέτοια αίτηση. Εάν χρειαστεί, γίνεται και επικύρωση των παραμέτρων που συνοδεύουν τη δημιουργία στιγμιότυπου για τεχνική ορθότητα και συμμόρφωση με την πολιτική. Για παράδειγμα είναι συμπληρωμένες οι υποχρεωτικές παράμετροι, οι παράμετροι δημιουργίας στιγμιότυπου είναι μέσα στα όρια που ορίζουν οι πολιτικές
- Η λειτουργία **Κλιμάκωσης Στιγμιότυπου (Scale Instance)**: Κλιμάκωση Στιγμιότυπου (instance scaling in/out & up/down). Αύξηση πόρων στιγμιότυπου, π.χ. προσθήκη CPU ή μνήμης (scale up), απελευθέρωση πόρων από υπάρχουσα στιγμιότυπα (scale down), προσθήκη νέου στιγμιότυπου (scale out), Κατάργηση Στιγμιότυπου (scale in).
- Η λειτουργία **Επαναδιαμόρφωσης Στιγμιότυπου (Reconfigure Instance)**
- Η λειτουργία **Παρακολούθησης Στιγμιότυπου (Monitor Instance)**
- Η λειτουργία **Τερματισμού Στιγμιότυπου (Terminate Instance)**

Στην περίπτωση όπως στο TANDEM που χρησιμοποιούνται containers για τις υπηρεσίες μπορεί να χρησιμοποιήσει τις λειτουργίες του **Kubernetes[kubernetes]** που είναι ένα σύστημα ενορχήστρωσης containers ανοιχτού κώδικα για την αυτοματοποίηση της ανάπτυξης, της κλιμάκωσης και της διαχείρισης υπηρεσιών.

2.5.2 Υπηρεσία Πρόβλεψης Μελλοντικής Χρήσης Πόρων με Χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης (Resource Usage Predictor)

Μία από τις υπηρεσίες που παρέχει η πλατφόρμα TANDEM είναι η Υπηρεσία Πρόβλεψης Μελλοντικής Χρήσης Πόρων της υποδομής (infrastructure) ενός κόμβου της πλατφόρμας TANDEM ή ενός συνόλου κόμβου της πλατφόρμας TANDEM. Οι προβλέψεις χρήσης πόρων (resources) αξιοποιούνται από τον **Έξυπνο Διαχειριστή Πόρων & Υπηρεσιών (Smart Resource & Service Manager)**.

Ο Έξυπνος Διαχειριστής Πόρων & Υπηρεσιών (Smart Resource & Service Manager) παίρνει υπόψιν του τωρινές υπηρεσίες - καθώς και μελλοντικές - με σκοπό την έξυπνη κατανομή πόρων, βασισμένη σε μελλοντικές προβλέψεις χρήσης πόρων, χαρακτηριστικά πόρων, προσβασιμότητας κόμβου στις συσκευές IoT, απαιτήσεις υπηρεσιών σε επίπεδο πόρων, της συμμετοχής των υπηρεσιών σε αλυσίδα υπηρεσιών (service chain) που επικοινωνούν και στοιχεία της συμφωνίας σε επίπεδο υπηρεσιών με τον πελάτη (Service Level Agreement (SLA)). Επομένως είναι υπεύθυνος για το που θα ενεργοποιούνται τα στιγμιότυπα των υπηρεσιών, λόγου χάρη, σε ποιόν κόμβο. Επίσης αποφασίζει για το κύκλο ζωής (Life Cycle) αυτών των υπηρεσιών.

Οι πληροφορίες στις οποίες βασίζεται ο Έξυπνος Διαχειριστής Πόρων & Υπηρεσιών (Smart Resource & Service Manager) πρέπει να είναι ακριβείς, έγκυρες και χρονικά τοπικές (όχι stale), ώστε να είναι σε θέση να πάρει τη βέλτιστη απόφαση σχετικά με την έξυπνη κατανομή πόρων και υπηρεσιών. Για το λόγο αυτό, η Υπηρεσία Πρόβλεψης Μελλοντικής Χρήσης Πόρων ακολουθεί προδιαγραφές υψηλού προτύπου, οι οποίες της επιτρέπουν να παράγει ακριβείς μελλοντικές προβλέψεις σχετικά με τη χρήση των πόρων. Η χρήση των πόρων μπορεί να μοντελοποιηθεί ως μία **Χρονοσειρά (Time Series)**, όπου η χρήση του εκάστοτε πόρου, για παράδειγμα, κατανάλωση μνήμης, να εξελίσσεται κατά μήκος του χρόνου.

Είναι φανερό λοιπόν ότι μπορεί το πρόβλημα της μελλοντικής χρήσης πόρων να προβληθεί (project) σε πρόβλημα **Πρόβλεψης Τιμών Χρονοσειράς (Time Series Forecasting)**. Το πρόβλημα του Time Series Forecasting έχει ευρεία πρακτική εφαρμοσιμότητα σε πολλαπλούς τομείς, όπως για παράδειγμα τα Οικονομικά (Finance). Υπάρχουν πολλαπλές μέθοδοι για να προσεγγίσει κανείς του συγκεκριμένο πρόβλημα, όπως για παράδειγμα στατιστικές μέθοδοι (Autoregressive (AR), Moving Average (MA), Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Vector Autoregression (VAR), και άλλες). Με την ταχεία ανάπτυξη της Τεχνητής Νοημοσύνης όμως, διάφορες τεχνικές άρχισαν να χρησιμοποιούνται, τόσο σε ακαδημαϊκό (academic), όσο και σε βιομηχανικό (industrial) επίπεδο, επιτυγχάνοντας υψηλές επιδόσεις, οι οποίες φαίνεται να μπορούν να ξεπεράσουν τις επιδόσεις των παραδοσιακών μεθόδων Πρόβλεψης Τιμών Χρονοσειράς.

Με γνώμονα αυτές τις υψηλές επιδόσεις, η Υπηρεσία Πρόβλεψης Μελλοντικής Χρήσης Πόρων του TANDEM είναι μία κατά κόρον **υπηρεσία τεχνητής νοημοσύνης**, καθώς όλες οι προβλέψεις μελλοντικής χρήσης των πόρων γίνονται καθαρά με βάση τη τεχνητή νοημοσύνη. Στα πλαίσια αυτής, γίνεται χρήση Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) και Βαθιάς Μάθησης (Deep Learning).

Κάνοντας χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης, η Υπηρεσία Πρόβλεψης Μελλοντικής Χρήσης Πόρων παράγει προβλέψεις βασιζόμενες σε δεδομένα πραγματικού χρόνου (real time data), τα οποία παρέχονται μέσω του **Prometheus [PROMETHEUS]**.

Στο πρόβλημα της Πρόβλεψης Τιμών Χρονοσειράς (Time Series Forecasting) ορίζονται συνήθως δύο παράμετροι, συχνά με την ονομασία m και n , όπου m είναι το πλήθος των ιστορικών δεδομένων (lag values) που χρησιμοποιεί η υπηρεσία στη τρέχουσα χρονική στιγμή για τη παραγωγή μίας πρόβλεψης, και n είναι ο χρονικός ορίζοντας (horizon) για τον οποίο γίνεται η πρόβλεψη - με άλλα λόγια δηλαδή, αυτές οι δύο παράμετροι είναι που ορίζουν πόσο πίσω θα κοιτάξει η Υπηρεσία Πρόβλεψης Μελλοντικής Χρήσης Πόρων στα δεδομένα και πόσο μακριά στο μέλλον θα γίνει μία πρόβλεψη, αντίστοιχα. Συνεπώς η πρόβλεψη μπορεί να ονομαστεί m - n πρόβλεψη (m - n forecast).

Οι παράμετροι αυτοί εξαρτώνται από τη φύση του προβλήματος και τις απαιτήσεις του χρήστη. Το πρόβλημα της πρόβλεψης γίνεται δυσκολότερο όσο ο χρονικός ορίζοντας πρόβλεψης μεγαλώνει, καθώς όσο μεγαλώνει ο ορίζοντας, τόσο μεγαλώνει το εύρος αβέβαιων τιμών που εμπλέκονται στη πρόβλεψη (uncertainty). Όσο μεγαλώνει το πλήθος των ιστορικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται για μία πρόβλεψη (lag values), τόσο αυξάνεται η πιθανότητα να γίνει σωστή πρόβλεψη - φυσικά μέχρι κάποιου ορίου, το οποίο εξαρτάται από το πρόβλημα. Οι τιμές των παραμέτρων m και n ενδέχεται να επηρεάσουν την απόδοση - κυρίως σε ταχύτητα - της πρόβλεψης χρονοσειράς. Γενικά, οι τιμές αυτών των παραμέτρων ορίζονται έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη ισορροπία μεταξύ απαιτήσεων πρόβλεψης (requirements) και απόδοσης συστήματος (performance), ενόσω η ακρίβεια της πρόβλεψης παραμένει σε υψηλά επίπεδα.

Στα πλαίσια του TANDEM και παίρνοντας υπόψη την υψηλή ακρίβεια προβλέψεων σε πραγματικό χρόνο (real-time) με τις απαιτήσεις των υπηρεσιών που καταναλώνουν την πρόβλεψη (consumers), η Υπηρεσία Πρόβλεψης Μελλοντικής Χρήσης Πόρων παράγει m - n forecasts, όπου οι παράμετροι m και n είναι δυναμικοί και είναι διαθέσιμοι στον χρήστη (user) μέσω του API της υπηρεσίας. Το εύρος τιμών που υποστηρίζει η υπηρεσία είναι 3, 6, 12 για την παράμετρο m και 1, 5 και 15 για την παράμετρο n , όπου στα πλαίσια της TANDEM πλατφόρμας αντιστοιχούν σε λεπτά, αν και το λογισμικό της υπηρεσίας είναι γενικού σκοπού και μπορεί να υποστηρίξει διαφορετικές χρονικές μονάδες.

Το Prometheus της πλατφόρμας TANDEM παρέχει δεδομένα για τέσσερις (4) τύπους πόρων. Για την ακρίβεια παρέχονται δεδομένα σε ζωντανό χρόνο (live data) για την α) κατανάλωση μνήμης (memory consumption), β) ποσοστό χρήσης της επεξεργαστής ισχύος (Central Processing Unit - CPU), γ) λαμβανόμενη απόδοση (received throughput) και δ) μεταδόμενη απόδοση (transmitted throughput). Τα δεδομένα παράγονται ανά λεπτό, όπου και κάθε σημείο (data point) είναι η μέση τιμή των τιμών του εκάστοτε πόρου (π.χ. κατανάλωση μνήμης) στο τρέχων λεπτό.

Επομένως χρησιμοποιούνται τα δεδομένα των τεσσάρων προαναφερθέντων πόρων, επιδέχονται όποια επεξεργασία δεδομένων είναι απαραίτητη (π.χ. scaling) και μετά δίδονται σε κατάλληλη μορφή (π.χ. μεταμόρφωση (transforming)) σε κάποιο ορισμένο μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης, το οποίο παράγει τις προβλέψεις, τις οποίες επιστρέφει/εκτυπώνει στον χρήστη/καταναλωτή, μαζί με την χρονική σήμανση για την οποία γίνεται η πρόβλεψη.

Η Υπηρεσία Πρόβλεψης Μελλοντικής Χρήσης Πόρων χρησιμοποιεί μία σειρά μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης/μηχανικής μάθησης/βαθιάς μάθησης. Η σουίτα των μοντέλων αυτών αποτελείται από καινοτόμους μετασχηματιστές (transformers), όπως τα **Temporal Fusion Transformer (TFT)** και **Informer**, μοντέλα βασισμένα σε πολυστρωματικό perceptron (multilayer perceptron (MLP)), όπως τα **Neural basis expansion analysis for interpretable time series forecasting (N-BEATS)** και **Neural Hierarchical Interpolation for Time Series Forecasting (N-HITS)**, δημοφιλή μοντέλα βασισμένα σε επαναλαμβανόμενα νευρωνικά δίκτυα (**Recurrent Neural Network (RNN)**), όπως τα **Gated Recurrent Unit (GRU) & Long Short- Term Memory (LSTM)** και μία ελαφριά (lightweight) τεχνική παρεμβολής (regression technique), ονόματι **Support Vector Regression (SVR)**.

2.5.3 Διαχειριστής Εικονικοποιημένης Υποδομής (Virtual Infrastructure Management – VIM)

Ο VIM είναι υπεύθυνος για τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Κατανομή, διαχείριση και απελευθέρωση Εικονικοποιημένων Πόρων (**Virtualised Resources**), τόσο υπολογιστικών όσο και αποθήκευσης και δικτύου της **Υποδομής Εικονικοποίησης (Virtualization Infrastructure)**.
- Προετοιμασία της υποδομής εικονικοποίησης για την εκτέλεση μιας **Εικόνας Λογισμικού (Software Image)**. Η προετοιμασία περιλαμβάνει τη διαμόρφωση της υποδομής και μπορεί να περιλαμβάνει τη λήψη και αποθήκευση της εικόνας του λογισμικού. Ο VIM πραγματοποιεί συνολική διαχείριση των εικόνων λογισμικού (προσθήκη, διαγραφή, ενημέρωση, ερώτηση, αντιγραφή)
- Συλλογή και αναφορά πληροφοριών απόδοσης και σφαλμάτων σχετικά με τους εικονικοποιημένους πόρους
- Μετεγκατάσταση εφαρμογής

Στο διαχειριστή εικονικοποιημένης υποδομής υπάρχει μία σημαντική λειτουργική παράμετρος σχετικά με τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Επειδή η πλατφόρμα TANDEM εγκαθίστατε σε εξυπηρετητές (servers) που μπορεί να ανήκουν σε παρόχους (τηλεπικοινωνιακούς, cloud, κα) η παρεχόμενη ευελιξία δεν είναι η ίδια σε όλες τις περιπτώσεις. Με άλλα λόγια κάποιοι πάροχοι επιτρέπουν τη δημιουργία και τη διαχείριση VMs ενώ άλλοι ακολουθούν ένα πιο αυστηρό πλάνο. Δηλαδή η πρόσβαση είναι ελεγχόμενη και μόνο δικό τους προσωπικό επεμβαίνει στον “εικονικό κατακερματισμό” των υπολογιστικών πόρων.

Για τους παραπάνω λόγους ο διαχειριστής VIM μπορεί να λειτουργήσει τόσο σε πλήρη ισχύ με ενεργητικό ρόλο που επεμβαίνει και αλλάζει υποδομές. Αλλά μπορεί να ρυθμιστεί και με “παθητικό” ρόλο όπου απλά συλλέγει πληροφορίες και ενημερώνει για λειτουργική κατάσταση χωρίς να μπορεί να αλλάξει κάτι.

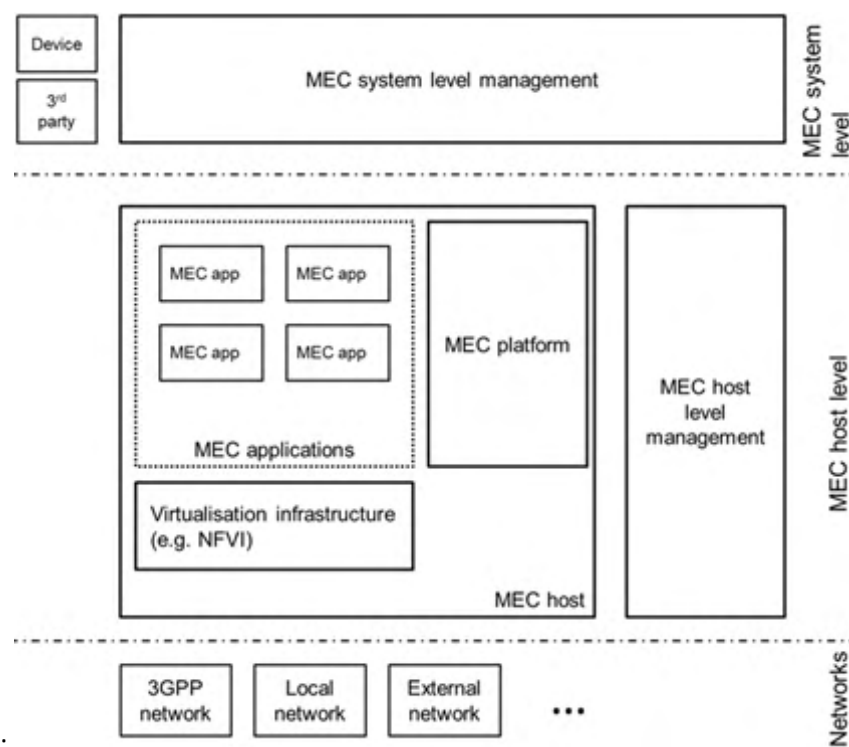
2.5.4 Υπηρεσίες Multi-access Edge Computing (MEC)

Η αρχιτεκτονική του TANDEM λαμβάνει υπόψη την αρχιτεκτονική της πλατφόρμας MEC (Multi-access Edge Computing Platform), και μπορεί να εμπλουτιστεί με τις υπηρεσίες που έχουν οριστεί στο MEC.

Ως μέρος των System Services (Εικόνα 3), το TANDEM υποστηρίζει τα *Location APIs* καθώς και τα *Service Management APIs* του MEC.

Η πλατφόρμα MEC αποτελεί το κυριότερο κομμάτι της αρχιτεκτονικής MEC όπως αυτή προτάθηκε από το ETSI. Στην παρούσα ενότητα θα περιγράψουμε εν συντομία τη συνολική δομή της MEC αρχιτεκτονικής και στη συνέχεια θα επικεντρωθούμε στην πλατφόρμα MEC και στις υλοποιημένες υπηρεσίες που αυτή υποστηρίζει.

Η αρχιτεκτονική Multi-access Edge Computing καθιστά δυνατή την υλοποίηση MEC εφαρμογών ως αμιγώς οντότητες λογισμικού, οι οποίες μπορούν να εκτελούνται πάνω σε μία Υποδομή Εικονικοποίησης (Virtualisation Infrastructure) κοντά ή στα άκρα του δικτύου. Η συνολική MEC αρχιτεκτονική συνοψίζεται στην Εικόνα 5.



Εικόνα 5 - Αρχιτεκτονική MEC πλατφόρμας

Η παραπάνω αρχιτεκτονική χωρίζεται σε τρία επίπεδα, το επίπεδο MEC συστήματος (MEC system), το επίπεδο MEC εξυπηρετητή (MEC host) και το επίπεδο δικτύου (Networks). Στα πλαίσια της δικής μας υλοποίησης, υιοθετούμε τα δομικά στοιχεία του επιπέδου MEC εξυπηρετητή. Συγκεκριμένα, ενσωματώνοντας στην αρχιτεκτονική μας το MEC host, παρέχουμε μία οντότητα που εμπεριέχει την πλατφόρμα MEC και την Υποδομή Εικονικοποίησης, η οποία παρέχει τους απαραίτητους πόρους για να εκτελούνται οι MEC εφαρμογές. Τα τρία αυτά δομικά στοιχεία αναλύονται παρακάτω.

Η **Πλατφόρμα MEC** (MEC platform) είναι το κυριότερο δομικό στοιχείο του επιπέδου. Παρέχει τη δυνατότητα στις MEC εφαρμογές να ανακαλύψουν, καταναλώσουν, προωθήσουν ή να παρέχουν δικές τους υπηρεσίες. Επιπρόσθετα, η ίδια η πλατφόρμα διαθέτει ένα σύνολο από υπηρεσίες προς κατανάλωση από τις MEC εφαρμογές, όπως υπηρεσίες τοποθεσίας, όπως επίσης και πρόσβαση σε μόνιμα διαθέσιμη μνήμη και πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα ώρα της ημέρας. Προκειμένου οι διάφορες MEC εφαρμογές να έχουν πρόσβαση

στις υπηρεσίες της πλατφόρμας, αυτή παρέχει μία σειρά από APIs, αφιερωμένα στην κάθε υπηρεσία ξεχωριστά.

Η **Υποδομή Εικονικοποίησης** παρέχει τους απαραίτητους υπολογιστικούς πόρους, χώρο αποθήκευσης και δικτυακούς πόρους που απαιτούνται για να λειτουργούν οι MEC εφαρμογές. Περιλαμβάνει ένα επίπεδο δεδομένων που εκτελεί τους κανόνες κυκλοφορίας που λαμβάνει από τη πλατφόρμα MEC και δρομολογεί την κίνηση μεταξύ εφαρμογών, υπηρεσιών, και άλλων δικτύων πρόσβασης.

Οι **MEC Εφαρμογές** εκτελούνται ως εικονικές εφαρμογές πάνω στην Υποδομή Εικονικοποίησης και επικοινωνούν με την Πλατφόρμα MEC προκειμένου να καταναλώσουν ή να παρέχουν κάποια υπηρεσία. Οι υπηρεσίες προς κατανάλωση δύναται να προέρχονται τόσο από την Πλατφόρμα MEC, όσο και από άλλες MEC Εφαρμογές. Οι εφαρμογές αυτές επικοινωνούν, επίσης, με την Πλατφόρμα προκειμένου να δηλώσουν/ανανεώσουν κάποια υπηρεσία που παρέχουν ή να αναζητήσουν διαθέσιμες υπηρεσίες. Τέλος, διαθέτουν ένα σύνολο από προδιαγραφές, όπως απαραίτητους πόρους, μέγιστη καθυστέρηση ή υπηρεσίες που πρέπει να είναι στη διάθεσή τους, οι οποίες προδιαγραφές θα πρέπει να ικανοποιούνται για την ομαλή εκτέλεση των MEC Εφαρμογών.

Αναφορικά με τα APIs που υλοποιήθηκαν, ακολουθούν τις προδιαγραφές που ορίζονται στην MEC Αρχιτεκτονική και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

Location APIs: Ένα σύνολο από APIs που παρέχουν πληροφορίες τοποθεσίας για User Equipments (UEs):

1. **UE Distance Lookup:** Υπολογισμός απόστασης μεταξύ δύο UEs ή ενός UE και ενός σημείου, ορισμένου με γεωγραφικές συντεταγμένες. Επιστρέφει την απόσταση μεταξύ των δύο σημείων σε JSON μορφή
2. **UE Location Lookup:** Επιλογή ενός ή περισσότερων UE με βάση τα δοσμένα φίλτρα και προβολή πληροφοριών σχετικών με την τοποθεσία τους. Επιστρέφει σε JSON μορφή μία λίστα από τα UEs που αντιστοιχούν στα δοσμένα φίλτρα, όπου κάθε στοιχείο της περιλαμβάνει μία σειρά από πληροφορίες σχετικές με την τοποθεσία τους.
3. **Closest UE:** Εύρεση του UE που βρίσκεται πιο κοντά σε ένα άλλο UE ή σε ένα σημείο προσδιορισμένο από τις γεωγραφικές του συντεταγμένες. Επιστρέφει σε JSON μορφή μία σειρά από πληροφορίες σχετικές με την τοποθεσία του κοντινότερου UE.
4. **Nearby UE(s):** Εύρεση του/των UE(s) που βρίσκονται εντός μίας εμβέλειας από ένα άλλο UE ή ένα σημείο προσδιορισμένο από τις γεωγραφικές του συντεταγμένες. Επιστρέφει σε JSON μορφή μία λίστα από τα UEs που βρίσκονται εντός της δοσμένης εμβέλειας, όπου κάθε στοιχείο της περιλαμβάνει μία σειρά από πληροφορίες σχετικές με την τοποθεσία τους.

Service Management APIs

1. **Services:** Ανάκτηση πληροφοριών για μία λίστα από όλες τις MEC υπηρεσίες που παρέχονται. Χρησιμοποιείται ως έλεγχος διαθεσιμότητας υπηρεσίας. Επιστρέφει σε JSON μορφή μία λίστα από όλες υπηρεσίες.

2. **Service:** Ανάκτηση πληροφοριών για μία συγκεκριμένη MEC υπηρεσία. Χρησιμοποιείται ως έλεγχος διαθεσιμότητας υπηρεσίας. Επιστρέφει σε JSON μορφή όλες τις πληροφορίες για τη συγκεκριμένη υπηρεσία.
3. **GET Application Services:** Ανάκτηση πληροφοριών για μία λίστα από όλες τις MEC υπηρεσίες που παρέχονται από μία δοσμένη MEC εφαρμογή. Χρησιμοποιείται ως έλεγχος διαθεσιμότητας υπηρεσίας. Επιστρέφει σε JSON μορφή μία λίστα από όλες τις υπηρεσίες που αντιστοιχούν στα κριτήρια.
4. **GET Application Service:** Ανάκτηση πληροφοριών για μία συγκεκριμένη MEC υπηρεσία που παρέχεται από μία δοσμένη MEC εφαρμογή. Χρησιμοποιείται ως έλεγχος διαθεσιμότητας υπηρεσίας. Επιστρέφει σε JSON μορφή όλες τις πληροφορίες για τη συγκεκριμένη υπηρεσία.
5. **POST Application Services:** Εγγραφή καινούριας υπηρεσίας. Επιστρέφει σε JSON μορφή όλες τις πληροφορίες για τη νέα υπηρεσία.
6. **PUT Application Service:** Ανανέωση υπάρχουσας υπηρεσίας. Επιστρέφει σε JSON μορφή όλες τις πληροφορίες για τη ανανεωμένη υπηρεσία.
7. **DELETE Application Service:** Διαγραφή υπηρεσίας. Επιστρέφει μήνυμα: “No content”

2.6 Αλληλεπιδράσεις χρηστών και μονάδων του TANDEM για την πραγματοποίηση διαφόρων λειτουργιών

Οι επόμενες εικόνες δείχνουν πώς αλληλεπιδρούν οι χρήστες και οι μονάδες του TANDEM για την πραγματοποίηση διαφόρων λειτουργιών. Συγκεκριμένα, στην Εικόνα 6 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής για την εγγραφή μιας υπηρεσίας και την δημοσίευσή της στον κατάλογο ως διαθέσιμο προϊόν, στην Εικόνα 7 για την χρήση μιας υπηρεσίας από έναν χρήστη και η Εικόνα 8 για την σύνθεση υπηρεσιών.

Η εγγραφή υπηρεσίας (Εικόνα 6) αναλύεται στα εξής βήματα:

Βήμα 1: Αρχικά θα πρέπει να υλοποιηθεί η τεχνική υπηρεσία, δηλαδή ο κώδικας και το συνοδευτικό υλικό (π.χ. απαιτήσεις, διαμόρφωση κτλ.).

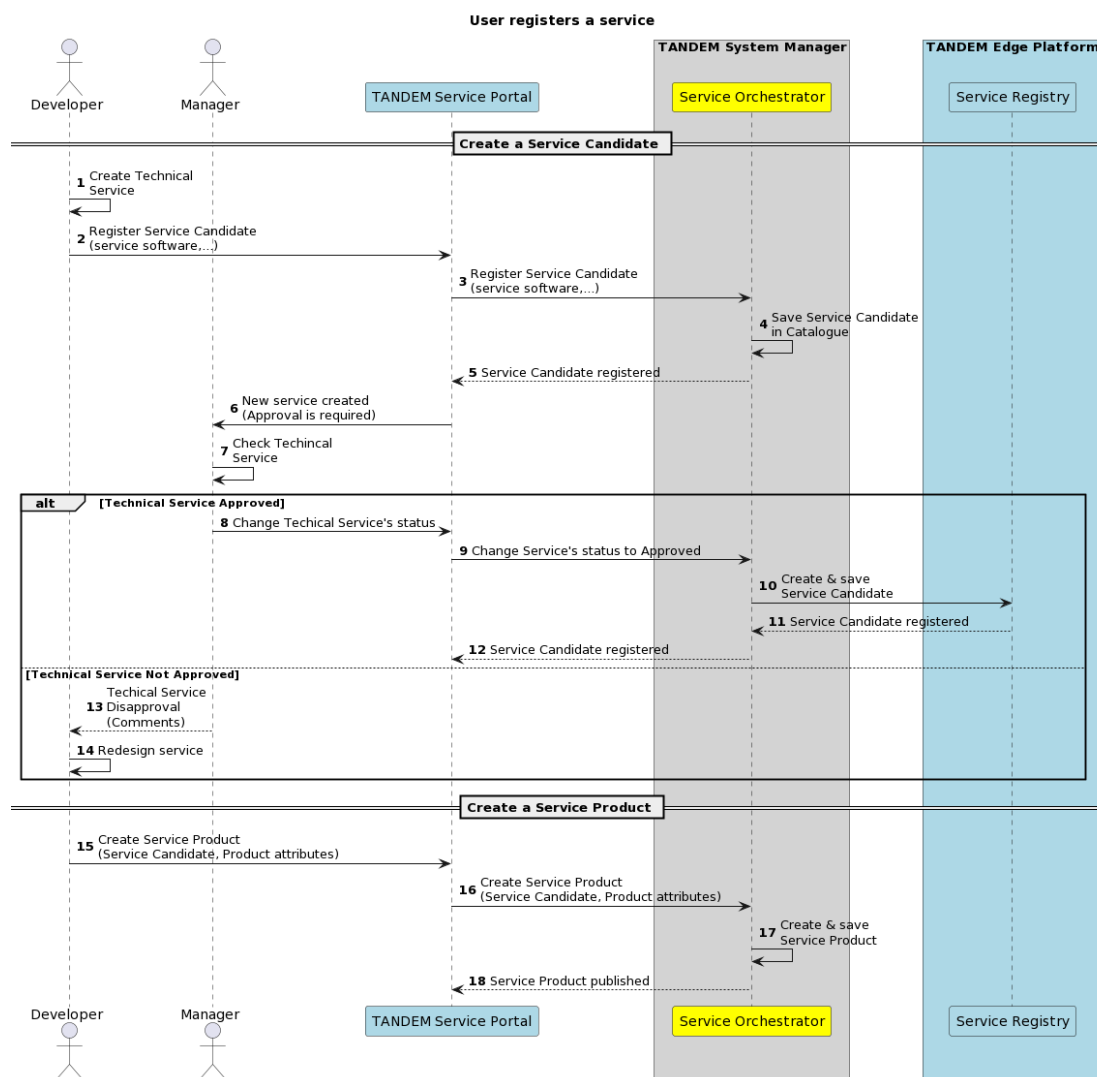
Βήματα 2 – 5: Ο προγραμματιστής καταχωρεί την υπηρεσία ως υποψήφια υπηρεσία (Service Candidate) στον Διαχειριστή Συστήματος TANDEM, συμπληρώνοντας όλα τα πεδία που απαιτούνται για τον ορισμό της υποψήφιας υπηρεσίας, όπως αναλύονται στο αντίστοιχο Μοντέλο Πληροφορίας. Στο σημείο αυτό, η υπηρεσία δεν έχει εγκριθεί ακόμα, οπότε δεν μπορεί να δημιουργηθεί προϊόν από αυτήν ή να εκτελεστεί σε κάποιον κόμβο του TANDEM.

Βήματα 6 – 7: Σε αυτήν την περίπτωση, η υπηρεσία υλοποιείται από έναν προγραμματιστή ενός οργανισμού. Συνεπώς, θα πρέπει να δοθεί για έλεγχο και να εγκριθεί από τον υπεύθυνο του οργανισμού ή του τμήματος στο οποίο εργάζεται ο προγραμματιστής. Ο υπεύθυνος ενημερώνεται για τη νέα υπηρεσία και προχωρά με τον έλεγχό της.

Βήματα 8 – 11: Αν ο υπεύθυνος εγκρίνει την υπηρεσία, αλλάζει το status της σε «Approved» («Εγκρίθηκε») και η υπηρεσία ενημερώνεται κατάλληλα. Πλέον, η υποψήφια υπηρεσία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία προϊόντων.

Βήματα 12 – 13 : Αν ο υπεύθυνος του οργανισμού ή του τμήματος δεν εγκρίνει την υπηρεσία, θα πρέπει να ενημερώσει τον προγραμματιστή για τους λόγους απόρριψής της (Βήμα 12). Στην συνέχεια πραγματοποιούνται λειτουργίες βελτίωσης της υπηρεσίας (Βήμα 13) και η διαδικασία επαναλαμβάνεται από το Βήμα 2.

Βήματα 14 – 17: Αφού έχει καταχωρηθεί με επιτυχία η υπηρεσία στο Μητρώο ως διαθέσιμη υπηρεσία, μπορούν να δημιουργηθούν προϊόντα με βάση αυτήν. Συγκεκριμένα, οποιοσδήποτε εργαζόμενος του οργανισμού που παρέχει την υπηρεσία μπορεί να φτιάξει προσφορές προϊόντων με αυτή, αρκεί να του έχουν δοθεί τα κατάλληλα δικαιώματα. Στο σχήμα έχει επιλεγεί να δημιουργείται το προϊόν από τον προγραμματιστή που έφτιαξε την τεχνική υπηρεσία. Έτσι, ο προγραμματιστής ορίζει τις παραμέτρους που απαιτούνται σύμφωνα με το Μοντέλο Πληροφορίας Προϊόντος Υπηρεσίας και καταχωρεί το προϊόν μέσω του Portal (Βήματα 14 – 15). Το αίτημα φτάνει στον Ενορχηστρωτή Υπηρεσιών, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την αποθήκευση του προϊόντος (Βήμα 16). Στην συνέχεια, το προϊόν καθίσταται διαθέσιμο προς αγορά (Βήμα 17).



Εικόνα 6 - Workflow για Εγγραφή Υπηρεσίας

Η Εικόνα 7 παρουσιάζει την χρήση μιας υπηρεσίας από έναν χρήστη που είτε την έχει αγοράσει ή κάποιος άλλος χρήστης την έχει μοιραστεί μαζί του, δίνοντάς του έτσι το δικαίωμα να την χρησιμοποιεί. Οι διαδικασίες που ακολουθούνται είναι οι εξής:

Βήμα 1: Ο χρήστης μπορεί να δει, μέσω του Service Portal τις υπηρεσίες που μπορεί να εκτελέσει, δηλαδή αυτές που έχει αγοράσει καθώς και αυτές που του έχει δοθεί πρόσβαση από άλλους χρήστες.

Βήμα 2: Ο χρήστης επιλέγει την υπηρεσία που θέλει να εκτελέσει και ορίζει τις παραμέτρους που χρειάζονται για την εκτέλεσή της. Αυτό γίνεται μέσω το Service Portal.

Βήμα 3: Το Service Portal προωθεί το αίτημα εκτέλεσης της υπηρεσίας, μαζί με τις παραμέτρους της, στον Ενορχηστρωτή Υπηρεσιών (Service Orchestrator).

Βήμα 4: Ο Service Orchestrator επιλέγει σε ποιον κόμβο θα εκτελεστεί η υπηρεσία. Για το σκοπό αυτό τρέχει έναν αλγόριθμο βελτιστοποίησης.

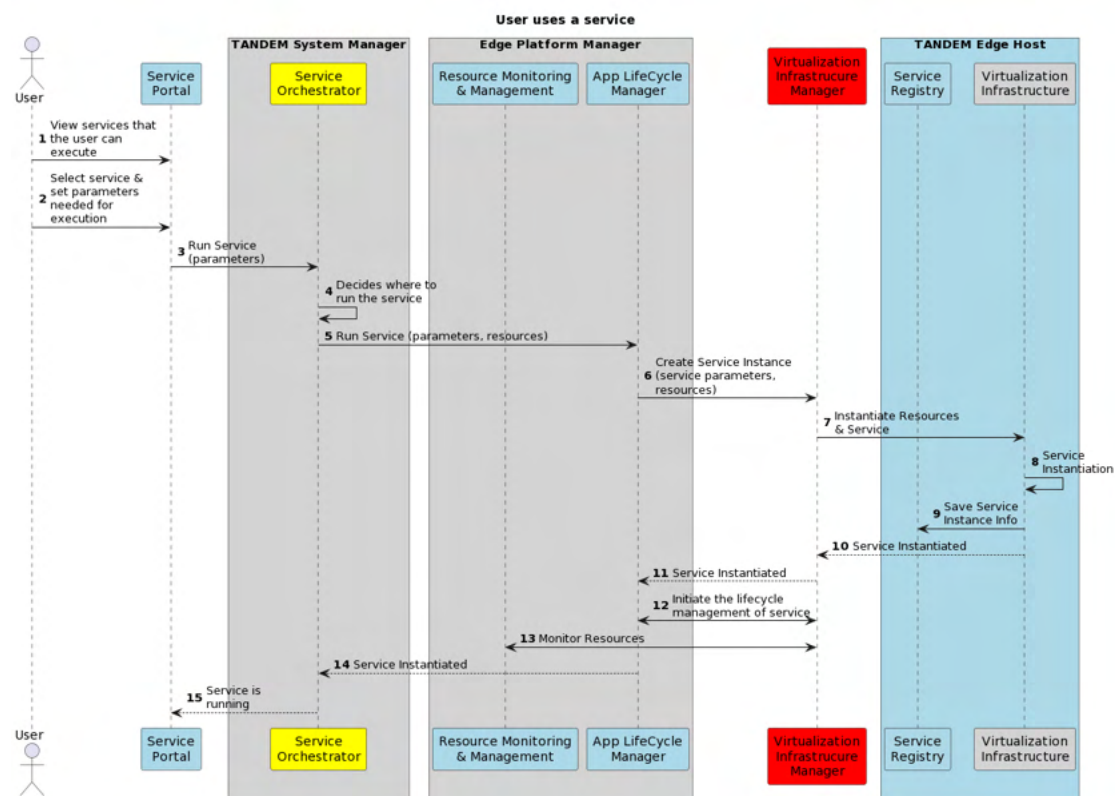
Βήματα 5 – 6: Ο Service Orchestrator μέσω του Διαχειριστή της Πλατφόρμας Άκρων, αναθέτει στον Διαχειριστή Εικονοποιημένης Υποδομής (Virtualization Infrastructure Manager, VIM) την δέσμευση των πόρων και την δημιουργία του στιγμιότυπου της υπηρεσίας.

Βήμα 7: Το στοιχείο που αναλαμβάνει την δημιουργία στιγμιότυπων για τους πόρους και την υπηρεσία είναι η Υποδομή Εικονοποίησης (Virtualization Infrastructure) του επιλεγμένου κόμβου.

Βήματα 8 – 10: Αφού ολοκληρωθεί η δημιουργία του στιγμιότυπου υπηρεσίας, το Virtualization Infrastructure ενημερώνει το τοπικό Μητρώο Υπηρεσιών (Service Registry) καθώς και τον VIM για το νέο στιγμιότυπο και τα στοιχεία του (π.χ. διεύθυνση πρόσβασης κτλ.).

Βήματα 11 – 13: Στην συνέχεια, ενεργοποιούνται οι διαδικασίες για τον κύκλο ζωής της αρχικοποιημένης υπηρεσίας (Βήμα 12) και παρακολούθησης και διαχείρισης των πόρων που αφορούν την υπηρεσία (Βήμα 13) καθώς και.

Βήματα 14 – 15: Τέλος, ο Ενορχηστρωτής Υπηρεσιών και το Service Portal ενημερώνονται για την επιτυχή εκτέλεση της υπηρεσίας. Σε αυτό το σημείο ο χρήστης βλέπει ότι έχει ξεκινήσει η εκτέλεσή της.



Εικόνα 7 - Workflow για Χρήση Υπηρεσίας

Η Εικόνα 8 παρουσιάζει την σύνθεση δύο ή περισσότερων υπηρεσιών από έναν χρήστη που έχει πρόσβαση σε αυτές τις υπηρεσίες. Οι διαδικασίες που ακολουθούνται είναι οι εξής:

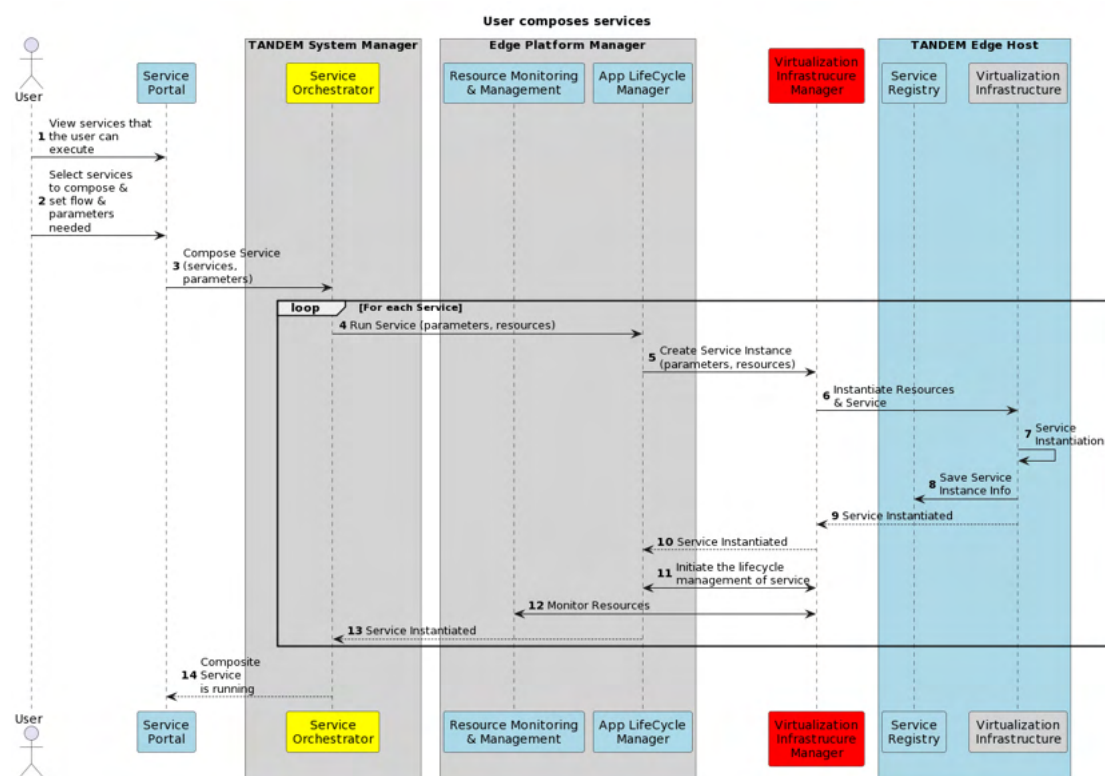
Βήμα 1: Ο χρήστης μπορεί να δει, μέσω του Service Portal τις υπηρεσίες που μπορεί να εκτελέσει, δηλαδή αυτές που έχει αγοράσει καθώς και αυτές που του έχει δοθεί πρόσβαση από άλλους χρήστες.

Βήμα 2: Ο χρήστης επιλέγει τις υπηρεσίες που θέλει να εκτελέσει και ορίζει την σειρά εκτέλεσης του καθώς και τις παραμέτρους που απαιτούνται για την σύνθεση και την εκτέλεσή τους. Αυτό γίνεται μέσω του Γραφικού Διαδραστικού Εργαλείου που παρέχει το Service Portal και επιτρέπει στον χρήστη να επιλέγει υπηρεσίες, να τις συνδέει μεταξύ τους, να ορίζει τη σειρά εκτέλεσής τους και να τις παραμετροποιεί.

Βήμα 3: Το Service Portal προωθεί το αίτημα διασύνδεσης υπηρεσιών, μαζί με τις αντίστοιχες παραμέτρους, στον Service Orchestrator.

Βήματα 4 – 13: Για κάθε επιλεγμένη υπηρεσία, πραγματοποιείται η αρχικοποίησή της, όπως εξηγήθηκε παραπάνω για την Εικόνα 7. Η πραγματοποίηση της σύνθεσής τους υλοποιείται από τον Service Orchestrator.

Βήμα 14: Το Service Portal ενημερώνεται για την επιτυχή δημιουργία και ενεργοποίηση της σύνθετης υπηρεσίας.



Εικόνα 8 - Workflow για Σύνθεση Υπηρεσιών

2.7 Αναλυτική Περιγραφή Συστατικών Στοιχείων του TANDEM

2.7.1 Κατάλογος (Μητρώο) Υπηρεσιών TANDEM (TANDEM Service Catalogue/Registry)

Η αρχιτεκτονική του TANDEM βασίζεται σε microservices. Ουσιαστικά, το Μητρώο υπηρεσιών TANDEM (TANDEM service registry) περιλαμβάνει ένα σύνολο από διαθέσιμες υπηρεσίες, τις οποίες ο χρήστης μπορεί να ζητήσει δυναμικά προκειμένου να ικανοποιήσει τις ανάγκες μιας συγκεκριμένης εφαρμογής ή ενός σεναρίου χρήσης. Μια επιπλέον δυνατότητα που δίνεται στον χρήστη είναι η δημιουργία ενός συνδυασμού από διαθέσιμες υπηρεσίες, δημιουργώντας έτσι μια αλυσίδα υπηρεσιών (service chain).

Το μητρώο υπηρεσιών είναι μια βάση δεδομένων (database) που περιλαμβάνει τις υπηρεσίες, τα στιγμιότυπά τους (instances), τις τοποθεσίες τους καθώς και πληροφορίες για το πώς μπορεί να πραγματοποιηθεί η αποστολή αιτημάτων προς τα στιγμιότυπα υπηρεσιών (service instances). Διακρίνονται τρεις βασικές λειτουργίες που πρέπει να υλοποιούνται στο μητρώο υπηρεσιών. Αυτές είναι:

1. Εγγραφή υπηρεσιών (service registration)
2. Εύρεση υπηρεσιών (service discovery)
3. Διαχείριση Υπηρεσιών (service management)

Ο κατάλογος περιλαμβάνει και στοιχεία για τις αποσυρόμενες υπηρεσίες (Retired Services Catalogue) που είναι όλες οι υπηρεσίες που καταργούνται ή έχουν καταργηθεί (αποσυρθεί), μαζί με τις ιστορικές πληροφορίες για κάθε υπηρεσία καθώς και υπηρεσίες που δεν έχουν δημοσιευτεί ακόμα και δεν είναι διαθέσιμες στους χρήστες ή στους πελάτες. Υπάρχει ένας Αγωγός Εξυπηρέτησης (Service Pipeline) που περιγράφει τη μελλοντική ανάπτυξη των υπηρεσιών και τότε αυτές ενδέχεται να είναι διαθέσιμες.

Πίνακας 2 - Υπηρεσίες Μητρώου (Καταλόγου) Υπηρεσιών

Όνομα Υπηρεσίας: Μητρώο Υπηρεσιών		Επίπεδο: Συστήματος
Λειτουργίες	Υποστήριξη (Υποχρεωτική Προαιρετική)	Περιγραφή
Εγγραφή Τεχνικής Υπηρεσίας	Υ	Εγγραφή μιας νέας τεχνικής υπηρεσίας στο Μητρώο Υπηρεσιών.
Μετατροπή Τεχνικής Υπηρεσίας σε Προϊόν Υπηρεσίας	Υ	Για να δημιουργηθεί ένα προϊόν θα πρέπει πρώτα να φτιαχτεί η αντίστοιχη τεχνική υπηρεσία. Αν υπάρχει ήδη η τεχνική υπηρεσία, τότε, με την παρούσα λειτουργία, μετατρέπεται σε εμπορεύσιμο προϊόν, ορίζοντας τις παραμέτρους του προϊόντος.
Δημοσίευση Προϊόντος	Υ	Δημοσίευση προϊόντος υπηρεσίας. Το προϊόν θα πρέπει να υπάρχει ήδη στο μητρώο, αλλά να μην είναι

		ακόμα δημόσια διαθέσιμο. Μετά το τέλος αυτής της λειτουργίας, το προϊόν θα είναι ορατό στον κατάλογο και οι χρήστες θα μπορούν να το αγοράσουν.
Αναζήτηση Προϊόντων Υπηρεσιών	Υ	Αναζήτηση υπηρεσιών βάσει κάποιων κριτηρίων. Η αναζήτηση υπηρεσιών επιστρέφει αποτελέσματα που να ανταποκρίνονται στις προϋποθέσεις και τους περιορισμούς των ορισμάτων. Οι περιορισμοί αυτοί σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά τόσο της υπηρεσίας όσο και του κόμβου στον οποίο θα δημιουργηθεί το στιγμιότυπό της.
Ταξινόμηση Υπηρεσιών	Π	Ταξινόμηση υπηρεσιών με διαφορετικά κριτήρια.
Φιλτράρισμα Υπηρεσιών	Π	Εφαρμογή φίλτρων για την εύρεση υπηρεσιών.
Δημιουργία Παραγγελίας για Προϊόντα Υπηρεσιών	Υ	Δημιουργία νέας παραγγελίας για τα προϊόντα υπηρεσιών που δίνονται ως είσοδος στην λειτουργία αυτή. Με αυτήν τη λειτουργία, ανατίθενται προϊόντα σε χρήστες και ενεργοποιούνται οι αντίστοιχες πολιτικές τιμολόγησης και χρέωσης.
Διασύνδεση Υπηρεσιών	Υ	Διασύνδεση δύο ή περισσότερων επιλεγμένων υπηρεσιών, οι οποίες συνδυαστικά θα δώσουν μια πιο ολοκληρωμένη υπηρεσία.
Αρχικοποίηση υπηρεσίας	Υ	Ενεργοποίηση εκτέλεσης της δοθείσας υπηρεσίας. Ως είσοδος στην λειτουργία ορίζονται οι παράμετροι που χρειάζονται για την εκτέλεση της υπηρεσίας.
Επίβλεψη στιγμιότυπων των υπηρεσιών	Υ	Επιστρέφει μια λίστα με τα στιγμιότυπα των υπηρεσιών που αφορούν τον καλούντα.
Παρακολούθηση στιγμιότυπου υπηρεσίας	Π	Επιστρέφει τα αρχεία καταγραφής (log files) στα οποία βρίσκονται τα δεδομένα που έχουν προκύψει από την παρακολούθηση της εκτέλεσης του στιγμιότυπου. Η λειτουργία αυτή καλείται μόνο από τον πάροχο της υπηρεσίας.

Τροποποίηση Τεχνικής Υπηρεσίας	Υ	Τροποποίηση της τεχνικής υπηρεσίας στον κατάλογο υπηρεσιών (π.χ. αλλαγή περιγραφής ή ενημέρωση λογισμικού). Αν η τροποποίηση περιλαμβάνει την ενημέρωση του λογισμικού της υπηρεσίας, τότε θα πρέπει να ενημερωθούν και τα στιγμιότυπα αυτής της υπηρεσίας.
Τροποποίηση Προϊόντος Υπηρεσίας	Υ	Τροποποίηση του προϊόντος υπηρεσίας στον κατάλογο υπηρεσιών. Η αλλαγή αυτή μπορεί να αναφέρεται στον τρόπο που παρουσιάζεται, στην κοστολόγησή του ή στις διαθέσιμες επιλογές για ένα προϊόν. Για αλλαγές που σχετίζονται με το κόστος, αυτές επηρεάζουν μόνο τις νέες παραγγελίες, όχι τα προϊόντα που έχουν ήδη αγοραστεί.
Τερματισμός Στιγμιότυπου Υπηρεσίας	Υ	Τερματισμός λειτουργίας ενός ενεργού στιγμιότυπου υπηρεσίας.
Απόσυρση Τεχνικής Υπηρεσίας	Υ	Απόσυρση τεχνικής υπηρεσίας από το μητρώο υπηρεσιών. Στα ορίσματα δίνεται επίσης η επιλογή για το τι θα γίνει με τα ενεργά στιγμιότυπα της υπηρεσίας. Οι δυνατότητες είναι δύο: είτε να τερματιστούν και τα στιγμιότυπα, ή να συνεχιστεί η εκτέλεσή τους, χωρίς όμως να επιτρέπεται η δημιουργία νέων. Επιπλέον, τα προϊόντα που εμπεριέχουν την υπηρεσία δεν θα είναι πια διαθέσιμα προς πώληση.
Απόσυρση Προϊόντος Υπηρεσίας	Υ	Απόσυρση προϊόντος υπηρεσίας από το μητρώο υπηρεσιών. Οι ολοκληρωμένες παραγγελίες για αυτό το προϊόν και τα στιγμιότυπα των συμπεριλαμβανομένων υπηρεσιών δεν θα επηρεαστούν.
Απόσυρση Παραγγελίας	Π	Απόσυρση/διαγραφή παραγγελίας προϊόντος από το μητρώο υπηρεσιών.
Σημειώσεις		

2.7.2 Ενορχηστρωτής Αλυσίδων Υπηρεσιών (Service Chain Orchestrator)

Ο Ενορχηστρωτής Αλυσίδων Υπηρεσιών (Service Chain Orchestrator) αναλαμβάνει την ενορχήστρωση και την σύνδεση των επιλεγμένων δομο-ενοτήτων (functions) και υπηρεσιών (services) με σκοπό την δημιουργία μιας πιο σύνθετης υπηρεσίας ή μιας ενιαίας εφαρμογής.

Προκειμένου το TANDEM να επιτύχει το σκοπό της σύνδεσης επιλεγμένων υπηρεσιών, βασίζεται στη χρήση ροών εργασίας (workflows). Πιο συγκεκριμένα το TANDEM επιτρέπει την συγγραφή, τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση των ροών εργασίας (workflows) ώστε να αποτελούν στο σύνολό τους υπηρεσίες που εξυπηρετούν τα σύνθετα προβλήματα που μπορεί να θέσει ο χρήστης.

Οι αλυσίδες υπηρεσιών συντάσσονται ως κατευθυνόμενα ακυκλικά γραφήματα (Directed Acyclic Graphs - DAGs) από εργασίες. Ο ενορχηστρωτής εκτελεί τις εργασίες με την σειρά, ακολουθώντας τις καθορισμένες εξαρτήσεις μεταξύ τους. Το γραφικό περιβάλλον κάνει δυνατή την οπτικοποίηση (visualization) των αγωγών των υπηρεσιών (pipelines) που εκτελούνται, την παρακολούθηση της προόδου και την αντιμετώπιση προβλημάτων όπου απαιτείται.

Τα βασικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής του Ενορχηστρωτή Σύνθεσης Υπηρεσιών είναι τα εξής:

- **Βάση δεδομένων Αλυσίδων Υπηρεσιών:** Στη Βάση Δεδομένων αποθηκεύονται οι περιγραφές των Αλυσίδων Υπηρεσιών σε μορφή δομημένων αρχείων κειμένου JSON που δημιουργούνται με τη χρήση του Γραφικού Διαδραστικού Εργαλείου του TANDEM.
- **Διαχειριστής Αλυσίδων Υπηρεσιών (Service Chain Manager):** Παρέχει λειτουργίες για την αποθήκευση, τροποποίηση, αναζήτηση με διάφορα κριτήρια και διαγραφή Αλυσίδων Υπηρεσιών από τη Βάση Δεδομένων.
- **Διεπαφή χρήστη (User Interface, UI):** Γραφικό Διαδραστικό Περιβάλλον για την δημιουργία και την επισκόπηση των Αλυσίδων Υπηρεσιών. Χρησιμοποιώντας κατάλληλα σύμβολα και σχήματα (π.χ. για την αναπαράσταση FaaS και PaaS υπηρεσιών), δημιουργείται το γράφημα της Αλυσίδας Υπηρεσιών που δείχνει βήμα προς βήμα τη σειρά εκτέλεσης των διάφορων υπηρεσιών από την αρχή μέχρι το τέλος.
- **Υπηρεσίες Export:** Παρέχει διαδικασίες εξαγωγής της εσωτερικής αναπαράστασης μιας Αλυσίδας Υπηρεσιών στην πλατφόρμα TANDEM στην αναπαράσταση που υποστηρίζεται από γνωστά εργαλεία Workflow (π.χ. το argo), καθώς και στην εξαγωγή πληροφοριών που θα χρειαστεί ο Διαχειριστής της Πλατφόρμας Άκρων σχετικά με τους πόρους και τις υπηρεσίες που απαιτούνται για την εκτέλεση της Αλυσίδας Υπηρεσιών.
- **Εκτελεστής (Executor):** Είναι υπεύθυνος για την εκτέλεση μιας αλυσίδας υπηρεσιών. Χρησιμοποιεί τον Διαχειριστή της Πλατφόρμας Άκρων του TANDEM για τη ρύθμιση των πόρων και των υπηρεσιών που απαιτούνται για τη συγκεκριμένη αλυσίδα υπηρεσιών και ενεργοποιεί την εκτέλεση της Αλυσίδας Υπηρεσιών με τη μηχανή εκτέλεσης του workflow.

Για τον Ενορχηστρωτή μία αλυσίδα υπηρεσιών είναι μια συλλογή όλων των εργασιών ή υπηρεσιών που έχει επιλέξει να εκτελέσει ο χρήστης, οργανωμένες με τρόπο που να αντικατοπτρίζει τις σχέσεις και τις εξαρτήσεις τους. Η αλυσίδα υπηρεσιών ορίζεται σε ένα αρχείο το οποίο αντιπροσωπεύει τη δομή του DAG (δηλαδή τις υπηρεσίες και τις εξαρτήσεις τους). Ο χρήστης θα μπορούσε μέσω του Ενορχηστρωτή να ορίσει ένα απλό DAG αποτελούμενο από τρεις υπηρεσίες: A, B και C, με συνθήκες ότι το A πρέπει να εκτελεστεί με επιτυχία πριν τρέξει το B, αλλά το C μπορεί να τρέξει ανά πάσα στιγμή. Με αυτόν τον τρόπο, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να περιγράψει πώς θέλει να πραγματοποιήσει τη ροή υπηρεσιών. Το σημαντικότερο είναι ότι ο Ενορχηστρωτής Αλυσίδων Υπηρεσιών δεν δίνει περιορισμούς ως προς το είδος των υπηρεσιών. Δηλαδή, τα A, B και C θα μπορούσαν να είναι οτιδήποτε. Για παράδειγμα, ο A θα μπορούσε να προετοιμάζει δεδομένα για να τα αναλύσει ο B, ενώ ο C στέλνει ένα email. Επίσης ο A θα μπορούσε να παρακολουθεί την τοποθεσία του χρήστη, ώστε ο B να μπορεί να ανοίξει την πόρτα του γκαράζ του ενώ ο C ανάβει τα φώτα του σπιτιού. Με άλλα λόγια, ο ρόλος του Ενορχηστρωτή είναι να διασφαλίζει πως ό, τι κάνουν οι επιμέρους διεργασίες του συμβαίνει την κατάλληλη στιγμή, ή με τη σωστή σειρά, ή με τον σωστό χειρισμό τυχόν απροσδόκητων ζητημάτων, χωρίς να ενδιαφέρεται για το τι ακριβώς κάνουν αυτές οι διεργασίες. Ο Ενορχηστρωτής Αλυσίδων Υπηρεσιών εκτελεί τις προδιαγραφές κάθε αρχείου αλυσίδων υπηρεσιών. Το σύστημα μπορεί να εκτελεί ταυτόχρονα πολλές αλυσίδες υπηρεσιών με την κάθε μια να χρησιμοποιεί έναν αυθαίρετο αριθμό υπηρεσιών. Γενικά, κάθε αλυσίδα υπηρεσιών αντιστοιχεί σε μία λογική ροή εργασιών.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι λειτουργίες που πρέπει να υποστηρίζονται από τον Ενορχηστρωτή Αλυσίδων Υπηρεσιών.

Πίνακας 3 -Οι λειτουργίες του Ενορχηστρωτή Αλυσίδων Υπηρεσιών

Όνομα Υπηρεσίας: Ενορχηστρωτής Σύνθεσης Υπηρεσιών		Επίπεδο: Συστήματος
Λειτουργίες	Υποστήριξη (Υποχρεωτική Προαιρετική)	Περιγραφή
Δημιουργία Σύνθετης Υπηρεσίας	Υ	Δημιουργία του σχεδίου (template) της σύνθετης υπηρεσίας (αλυσίδας υπηρεσιών). Η λειτουργία αυτή δίνει την δυνατότητα να δημιουργηθεί ένας συνδυασμός από διαθέσιμες υπηρεσίες. Μέσω αυτής, ο χρήστης επιλέγει τις υπηρεσίες και τις συσκευές που χρειάζεται και ορίζει την πορεία που ακολουθούν τα δεδομένα μεταξύ αυτών.
Ενεργοποίηση Σύνθετης Υπηρεσίας	Υ	Πρόκειται για την ενεργοποίηση της εκτέλεσης της σύνθετης υπηρεσίας, για την οποία έχει δημιουργηθεί ήδη το σχέδιό της. Ως είσοδος στην λειτουργία αυτή δίνονται τα επιπλέον ορίσματα που απαιτούνται

		για την εκτέλεση της κάθε επιμέρους υπηρεσίας. Η εκτέλεση της σύνθετης υπηρεσίας συνίσταται στην δημιουργία στιγμιότυπων και στην ενεργοποίηση των υπηρεσιών από τις οποίες αποτελείται.
Διαχείριση Κύκλου Ζωής Σύνθετης Υπηρεσίας	Υ	Όταν ξεκινά η εκτέλεση μιας σύνθετης υπηρεσίας, ενεργοποιείται αυτόματα η λειτουργία Διαχείρισης του Κύκλου Ζωής της (Lifecycle Management, LCM). Αυτό σημαίνει ότι παρακολουθείται η εκτέλεση και ο κύκλος ζωής των επιμέρους υπηρεσιών (μέσω του αντίστοιχου εργαλείου workflow που επιλέχθηκε).
Παρακολούθηση Σύνθετης Υπηρεσίας	Π	Επιστρέφει δεδομένα σχετικά με τα στιγμιότυπα που συνθέτουν την υπηρεσία και την κατάστασή τους.
Τροποποίηση Σύνθετης Υπηρεσίας	Υ	Τροποποίηση υπάρχουσας σύνθετης υπηρεσίας (π.χ. αλλαγή συσκευής ή προσθήκη νέας υπηρεσίας στην αλυσίδα). Στην ουσία αλλάζει μόνο το template για την τρέχουσα υπηρεσία.
Τερματισμός Ενεργής Σύνθετης Υπηρεσίας	Υ	Τερματισμός λειτουργίας μιας ενεργής σύνθετης υπηρεσίας. Ουσιαστικά συνίσταται στον τερματισμό των επιμέρους στιγμιότυπων που συνθέτουν την υπηρεσία.
Διαγραφή Σύνθετης Υπηρεσίας	Υ	Τερματισμός της σύνθετης υπηρεσίας και διαγραφή του template της.
Σημειώσεις		

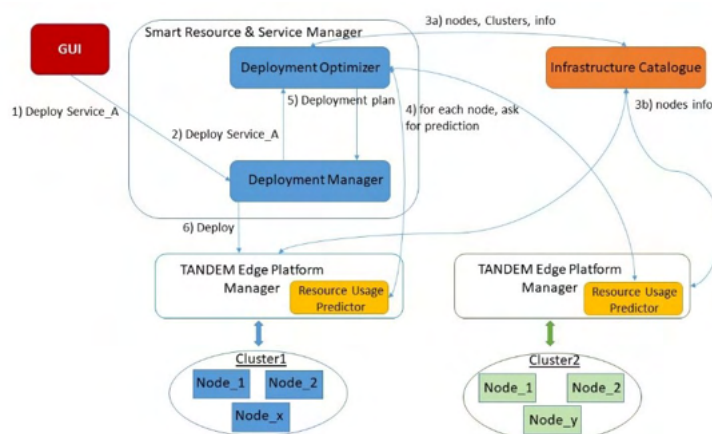
2.7.3 Έξυπνος Διαχειριστής Πόρων και Υπηρεσιών (Smart Resource & Service Manager)

Το TANDEM χρησιμοποιεί **Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)** για να προβλέπει την μελλοντική χρήση των πόρων σε κάθε κόμβο και, με βάση αυτές τις προβλέψεις, αποφασίζει για τα στιγμιότυπα των υπηρεσιών που θα ενεργοποιούνται σε κάθε έναν από αυτούς και ποιος θα είναι ο κύκλος ζωής τους, λαμβάνοντας επιπλέον υπόψη τα στοιχεία προσβασιμότητας στις συσκευές IoT από κάθε κόμβο, τις απαιτήσεις σε πόρους κάθε υπηρεσίας, τα στοιχεία της συμφωνίας με τον πελάτη (SLA) και τη συμμετοχή μιας υπηρεσίας σε μία αλυσίδα υπηρεσιών. Ο Έξυπνος Διαχειριστής Πόρων και Υπηρεσιών (Smart Resource and Service Manager – SRSM) λαμβάνει συνολικές αποφάσεις για τους κόμβους όλων των

νεφών άκρων (edge clouds) λαμβάνοντας πληροφορίες για το κάθε νέφος άκρων από τον Διαχειριστή Πλατφόρμας Άκρων του συγκεκριμένου νέφους άκρων.

Στο επόμενο διάγραμμα (Εικόνα 8) βλέπουμε τα στοιχεία του TANDEM που απαρτίζουν τον SRSM και συμμετέχουν στην λήψη αποφάσεων σχετικά με τον κύκλο ζωής μιας υπηρεσίας. Το βασικότερο στοιχείο του SRSM είναι ο Διαχειριστής Εκτέλεσης Υπηρεσιών (Deployment Manager), ο οποίος είναι ουσιαστικά η διεπαφή του SRSM με τα υψηλότερα επίπεδα της αρχιτεκτονικής του TANDEM (π.χ. το GUI) και αναλαμβάνει την εκτέλεση των υπηρεσιών, ανάλογα με το αίτημα. Για παράδειγμα, αν στο αίτημα εισόδου του Deployment Manager ορίζεται τόσο η υπηρεσία όσο και ο κόμβος όπου θέλουμε να εκτελεστεί, τότε μπορεί να μεταβιβάσει το αίτημα απ' ευθείας στον κατάλληλο TANDEM Edge Platform Manager (προκύπτει από τον κόμβο που επιλέχθηκε), ο οποίος θα αναλάβει το στήσιμο της υπηρεσίας στον ορισμένο κόμβο. Εάν το αίτημα εισόδου του Deployment Manager είναι πιο αφηρημένο, για παράδειγμα δεν προσδιορίζεται συγκεκριμένος κόμβος, αλλά μόνο μια περιοχή εξυπηρέτησης της υπηρεσίας εισόδου, τότε θα ενεργοποιηθεί η λειτουργία Βελτιστοποίησης Εκτέλεσης Υπηρεσιών (Deployment Optimizer). Αυτή η λειτουργία δέχεται σαν είσοδο την υπηρεσία που θέλουμε να ενεργοποιηθεί, τις απαιτήσεις της σε φυσικούς πόρους (όπως προσδιορίζονται στην περιγραφή της υπηρεσίας), τις απαιτήσεις του χρήστη (π.χ. περιοχή εξυπηρέτησης και συγκεκριμένες πολιτικές), την τρέχουσα κατάσταση των cluster και των κόμβων τους και κάποιες προβλέψεις αναφορικά με την μελλοντική κατάσταση των κόμβων. Αξιοποιώντας όλα ή μέρος αυτών των δεδομένων, αποφασίζει ποιος είναι ο βέλτιστος κόμβος για εκτέλεση της υπηρεσίας και ανακοινώνει αυτήν την απόφαση στον Deployment Manager. Ο τρόπος λειτουργίας του Deployment Optimizer περιγράφεται πιο αναλυτικά στο παραδοτέο Π2.3, στο αντίστοιχο κεφάλαιο για την Υλοποίηση Έξυπνου Διαχειριστή Πόρων και Υπηρεσιών.

Κάποια από τα δεδομένα που απαιτούνται για να πάρει ο Deployment Optimizer μια βέλτιστη απόφαση συμπεριλαμβάνονται στο αίτημα εισόδου του, το οποίο δίνεται από τον Deployment Manager, ενώ κάποια άλλα τα παίρνει από τον Κατάλογο Υποδομής (Infrastructure Catalogue) και από την λειτουργία Πρόβλεψης Μελλοντικής Χρήσης Πόρων (Resource Usage Predictor) του κάθε cluster. Ο Κατάλογος Υποδομής περιλαμβάνει μια βάση δεδομένων με όλες τις συστοιχίες και τους κόμβους που υπάρχουν στο TANDEM. Επίσης, διαχειρίζεται την διαθέσιμη υποδομή, υποστηρίζοντας λειτουργίες όπως καταχώρηση νέου cluster ή κόμβου, παρακολούθηση κόμβων κτλ. Όσον αφορά την αλληλεπίδρασή του με τον Deployment Optimizer, ο Infrastructure Catalogue είναι κυρίως υπεύθυνος για την μεταφορά στατιστικών σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση των κόμβων. Όποτε χρειάζονται αυτά τα στατιστικά, τα παίρνει από τους TANDEM Edge Platform Manager των cluster. Από την άλλη, ο Resource Usage Predictor παρέχει παρόμοια στατιστικά με τον Infrastructure Catalogue (για την ακρίβεια ένα υποσύνολο αυτών) που αφορούν όμως την προβλεπόμενη μελλοντική χρήση των κόμβων του cluster για το οποίο είναι υπεύθυνο. Για την παραγωγή αυτών των προβλέψεων, ο Resource Usage Predictor αξιοποιεί μηχανισμούς Μηχανικής Μάθησης, όπως περιγράφονται στην Ενότητα 2.7.5. Για μια πιο αναλυτική περιγραφή αυτής της λειτουργίας, μπορείτε να ανατρέξετε στην ανάπτυξη της Υπηρεσίας Πρόβλεψης Μελλοντικής Χρήσης Πόρων με Χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης στο παραδοτέο Π2.3.



Εικόνα 8 - Workflow για Εκτέλεση Υπηρεσιών

Στην Εικόνα 8 βλέπουμε επίσης και σαν παράδειγμα τις αλληλεπιδράσεις των διάφορων στοιχείων για την εκτέλεση μιας υπηρεσίας. Συγκεκριμένα, στο 1ο βήμα ο χρήστης, μέσω του γραφικού περιβάλλοντος (GUI) επιλέγει την εκτέλεση μιας υπηρεσίας. Το αίτημα αυτό, το οποίο περιλαμβάνει πληροφορίες για τις απαιτήσεις που έχει η εκτέλεση μιας υπηρεσίας, όπως το ποια περιοχή θα εξυπηρετεί, μεταβιβάζεται στον Deployment Manager. Αυτός με την σειρά του συμβουλευτεί τον Deployment Optimizer, προωθώντας το αίτημα εκτέλεσης της υπηρεσίας και τις αντίστοιχες απαιτήσεις και περιορισμούς της (βήμα 2 στην Εικόνα 8).

Στο βήμα 3 (Εικόνα 8), ο Deployment Manager παίρνει επιπλέον πληροφορίες για τις συστοιχίες και τους κόμβους από τον Infrastructure Catalogue, ο οποίος χρειάζεται να επικοινωνήσει με τους Διαχειριστές της Πλατφόρμας TANDEM στα άκρα του δικτύου (TANDEM Edge Platform Manager) για να πάρει πληροφορίες για την κατάσταση των κόμβων.

Στην συνέχεια, ο Deployment Optimizer ζητάει από τους Resource Usage Predictor των cluster τις προβλέψεις τους για την κατάσταση όλων των κόμβων για το επόμενο διάστημα (βήμα 4 στην Εικόνα 8). Οι πληροφορίες που παίρνει ο Deployment Optimizer από τον Infrastructure Catalogue και τους Resource Usage Predictor, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά και της απαιτήσεις της υπηρεσίας, είναι χρήσιμες προκειμένου να επιλέξει τον βέλτιστο κόμβο στον οποίο θα στήσει και θα τρέξει την υπηρεσία. Με άλλα λόγια, η επιλογή αυτή λαμβάνει υπόψη τόσο την τρέχουσα όσο και την προβλεπόμενη κατάσταση των κόμβων.

Έπειτα, ο Deployment Optimizer γνωστοποιεί την απόφασή του, δηλαδή τον κόμβο που επέλεξε για την δοσμένη υπηρεσία, στον Deployment Manager (βήμα 5), ο οποίος δίνει την τελική εντολή εκτέλεσης στον αντίστοιχο TANDEM Edge Platform Manager (βήμα 6), δηλαδή στον διαχειριστή της συστοιχίας στην οποία ανήκει ο επιλεγμένος κόμβος. Τέλος, ο TANDEM Edge Platform Manager είναι υπεύθυνος για την εκτέλεση της υπηρεσίας στον κατάλληλο κόμβο.

2.7.4 Διαχειριστής Εικονικοποιημένης Υποδομής (Virtualization Infrastructure Manager - VIM)

Στις περιπτώσεις που ο πάροχος του TANDEM χρησιμοποιεί δική του υποδομή ή οι πάροχοι υποδομής επιτρέπουν τη δημιουργία και τη διαχείριση Εικονικών Μηχανών (Virtual Machines –VMs), το TANDEM ενσωματώνει εργαλείο διαχείρισης εικονικοποιημένης υποδομής. ενώ άλλοι ακολουθούν ένα πιο αυστηρό πλάνο. Στις άλλες περιπτώσεις απλώς ενημερώνεται για τη λειτουργική κατάσταση των εικονικοποιημένων πόρων χωρίς να μπορεί να αλλάξει κάτι. Ο Διαχειριστής Εικονοποιημένης Υποδομής είναι ένα εργαλείο (με φιλική

παραθυρική διαπαφή χρήστη) για την εύκολη δημιουργία και διαχείριση υπολογιστικών πόρων σε virtual επίπεδο.

Προορίζεται για την φιλοξενία εφαρμογών και υπηρεσιών σε κατάλληλα σημεία στα άκρα του δικτύου που έχουν φτιαχτεί με συγκεκριμένες προδιαγραφές ώστε να εξασφαλίζουν ιδανικές συνθήκες εκτέλεσης. Οι προδιαγραφές της εικονικοποιημένης υποδομής όταν οριστικοποιηθούν από το χρήστη, ένας εντοχιστρωτής εικονικοποιημένης υποδομής (για παράδειγμα OpenStack) μπορεί να προχωρήσει στη δημιουργία της.

Συνήθως το πρόβλημα της δημιουργίας εικονοποιημένων υπολογιστικών πόρων συνίσταται στον προσδιορισμό των ακόλουθων απαιτήσεων:

- Επεξεργαστική δυνατότητα (CPU)
- Μόνιμη αποθηκευτική δυνατότητα (Storage)
- Δικτυακή δυνατότητα (Network)
- Ασφάλεια (Security)

Πίνακας 4 -Ορισμός Υπηρεσίας “Διαχειριστής Εικονικοποιημένης Υποδομής” (Επίπεδο Συστήματος)

Όνομα Υπηρεσίας: Διαχειριστής Εικονικοποιημένης Υποδομής		Επίπεδο: Συστήματος
Λειτουργίες	Υποστήριξη (Υποχρεωτική Προαιρετική)	Περιγραφή
Δημιουργία εικονικοποιημένων υπολογιστικών πόρων	Υ	Ο χρήστης έχει την δυνατότητα με τη χρήση ενός γραφικού εργαλείου να προσθέσει/δημιουργήσει εικονικοποιημένους υπολογιστικούς πόρους στο σύστημα του.
Διαγραφή εικονικοποιημένων υπολογιστικών πόρων	Υ	Ο χρήστης έχει την δυνατότητα με τη χρήση ενός γραφικού εργαλείου να αφαιρέσει/διαγράψει εικονικοποιημένους υπολογιστικούς πόρους από το σύστημα του.
Λήψη γενικών πληροφοριών για εικονικοποιημένες υποδομές	Υ	Ο χρήστης έχει την δυνατότητα με τη χρήση ενός γραφικού εργαλείου να λάβει γενικές πληροφορίες για τις εικονοποιημένες υποδομές του, όπως μία λίστα με αυτές που έχει δημιουργήσει και το status τους (αν τρέχουν ή είναι παροπλισμένες).
Λήψη πληροφοριών για συγκεκριμένες εικονικοποιημένες οντότητες	Υ	Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να λάβει αναλυτικές πληροφορίες για συγκεκριμένη εικονοποιημένη οντότητα.
Επανακαθορισμός (update) βασικών λειτουργικών παραμέτρων	Υ	Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ανακαλέσει τη λειτουργία μίας εικονοποιημένης οντότητας για να επικαιροποιήσει λειτουργικά της χαρακτηριστικά και στη συνέχεια να την επαναφέρει.

Ενημέρωση για βαθμό χρήσης μίας εικονικοποιημένης οντότητας και ποσοστό κατανάλωσης πόρων συστήματος	Y	Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να λάβει πληροφορίες για τη συχνότητα χρήσης ενός κόμβου. Επίσης μπορεί να μάθει το ποσοστό των πόρων που έχουν δεσμευτεί για την λειτουργία του κόμβου.
Διαχείριση Προτύπων (Virtual Images) για τη δημιουργία εικονοποιημένων κόμβων	Y	Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να διαχειριστεί τα πρότυπα (Virtual Images) που θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία εικονοποιημένων κόμβων. Ο κύκλος ζωής τους περιλαμβάνει εντολές για διαγραφή, αποθήκευση και ανάσυρση, κοκ.
Διαχείριση Passwords για σύνδεση σε εικονικοποιημένες υποδομές	Y	Ο σκοπός είναι η εφαρμογή αποδεκτών κανόνων ασφάλειας για τη διαφύλαξη μίας εικονικοποιημένης υποδομής.
Δημιουργία Ρόλων για διαχείριση εικονικοποιημένων υποδομών	Y	Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίσει ρόλους με κλιμακούμενα δικαιώματα στη διαχείριση εικονικοποιημένων υποδομών (administrator, user, κοκ).
Δημιουργία Πολιτικών	Y	Κάθε ρόλος συσχετίζεται με μία ή περισσότερες πολιτικές που καθορίζουν το εύρος της προσβασιμότητας σε υπηρεσίες. Πολιτικές χαμηλού επιπέδου περιορίζονται μόνο σε απαρίθμηση οντοτήτων. Πολιτικές υψηλού επιπέδου επιτρέπουν ανανέωση (Update) στα χαρακτηριστικά υπηρεσιών.
Σημειώσεις		

2.7.5 Λειτουργίες Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) για την ανάλυση δεδομένων

Η πλατφόρμα του TANDEM ενσωματώνει λειτουργίες Μηχανικής Μάθησης και πιο συγκεκριμένα αλγορίθμους **Πρόβλεψης με χρήση Χρονοσειρών (Time Series Forecasting)** με δύο στόχους:

- Να προσφέρονται υπηρεσίες στους πελάτες του TANDEM για πρόβλεψη επερχόμενων καταστάσεων με βάση τρέχουσες και παρελθοντικές μετρήσεις από αισθητήρες που εποπτεύουν την λειτουργία συσκευών και μηχανών. Ο σκοπός είναι ο εντοπισμός δυσλειτουργιών πριν εκδηλωθούν και οδηγήσουν σε αστοχία συσκευών και μηχανών με σημαντικές επιπτώσεις.
- Να χρησιμοποιηθούν εσωτερικά από τον **Διαχειριστή της Πλατφόρμας TANDEM (TANDEM Edge Platform Manager)** για την πρόβλεψη μελλοντικής χρήσης των πόρων και συνεπώς και μελλοντικών αναγκών σε πόρους. Έτσι το σύστημα θα μπορεί να ρυθμίζει τη χρήση των πόρων στους κόμβους και ο διαχειριστής να προβλέπει

συνθήκες εξάντλησης πόρων και να προβαίνει στις απαραίτητες ενέργειες για την αποφυγή τους και τη διατήρηση της ευρυθμίας στο σύστημα.

2.7.5.1 Υπηρεσία πρόβλεψης μελλοντικών τιμών σε μετρήσεις από αισθητήρες

- **Σκοπός:** Δυνατότητα παρακολούθησης εξελικτικής πορείας ενός φαινομένου και αντίδρασης εκ των προτέρων σε περίπτωση σφάλματος. Για παράδειγμα όταν ξεκινήσει να φθίνει η απόδοση μίας κρίσιμης υποδομής, γίνεται προβολή στο χρόνο για να υπολογιστεί το εκτιμώμενο υπόλοιπο λειτουργικής ζωής.
- **Παράδειγμα:** Μεγάλη οδική αρτηρία με πυλώνες νυχτερινού φωτισμού. Η λειτουργία τους στο προβλεπόμενο επίπεδο φωτεινότητας επιβάλλεται για λόγους ασφάλειας των οδηγών.
- **Εξοπλισμός:** Τοποθετούνται κατάλληλοι αισθητήρες στις κρίσιμες υποδομές που παρακολουθούν τη λειτουργία τους. Υπάρχουν αισθητήρες για μέτρηση θερμοκρασίας, υγρασίας, θορύβου, ταλαντώσεων, κοκ.

Τα προβλήματα Μηχανικής Μάθησης (ML) είναι σύνθετα και απαιτούν σημαντικό χρόνο και γνώσεις για την διαχείριση τους σε όλα τα επίπεδα. Το TANDEM βοηθάει το τελικό χρήστη να απελευθερωθεί από δύσκολα ζητήματα όπως είναι η επιλογή κατάλληλου αλγόριθμου, ο ορισμός παραμέτρων αρχικοποίησης που θα οδηγήσουν με ταχύτητα και ακρίβεια σε σωστά αποτελέσματα. Το κυριότερο όμως είναι η δημιουργία ροών-εργασίας (workflows) που θα συνδέσουν τις διαφορετικές φάσεις σε ένα πρόβλημα Μηχανικής-Μάθησης με ένα τρόπο προσανατολισμένο στις απαιτήσεις του τελικού χρήστη:

- συγκέντρωση πρωτογενών δεδομένων και επεξεργασία,
- εκπαίδευση και αξιολόγηση μοντέλου και
- τελική χρήση για Επιτήρηση και Πρόβλεψη

Για τους παραπάνω λόγους η πλατφόρμα TANDEM προσφέρει υπηρεσίες υψηλού επιπέδου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα και δεν απαιτούν ιδιαίτερη εξοικείωση.

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μία συσκευή και τους αισθητήρες που παράγουν χρήσιμες μετρήσεις. Στη συνέχεια να συνδέσει την ορθή λειτουργία της με επιτρεπόμενα όρια-τιμών (threshold values). Στο τέλος θα ορίσει τις απαραίτητες ενέργειες που πρέπει να ληφθούν όταν υπάρχουν ενδείξεις για επερχόμενη αστοχία. Ο συναγερμός πρόβλεψης δυσλειτουργίας θα μπορούσε να ενεργοποιήσει περαιτέρω ενέργειες όπως την αποστολή ενημερωτικού μηνύματος σε εξουσιοδοτημένο προσωπικό.

Οι υπηρεσίες υψηλού επιπέδου που προσφέρουν στο χρήστη φιλικότητα και αμεσότητα - στηρίζονται σε συνιστώσες χαμηλού επιπέδου που επιλύουν δομικά προβλήματα και επιτρέπουν σε έμπειρο προσωπικό να καθορίσει τη λειτουργία τους με κάθε λεπτομέρεια.

Η υπηρεσίες αυτές έχουν δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας το εργαλείο της πλατφόρμας **Ενορχηστρωτής Σύνθεσης Υπηρεσιών** με το συνδυασμό υπηρεσιών χαμηλού επιπέδου (τόσο υπηρεσιών μηχανικής μάθησης όσο και υποστηρικτικών υπηρεσιών της πλατφόρμας, όπως της rules engine). Έτσι ο συναγερμός πρόβλεψης παραβίασης τιμών μπορεί να ενεργοποιήσει κάποιον κανόνα στην **Μηχανή Κανόνων (Rules Engine)** του TANDEM όπως η αποστολή μηνύματος με χρήση της υπηρεσίας **Συναγερμοί & Ειδοποιήσεις (Events & Notifications)** του

TANDEM. Η πληροφορία για τους απαιτούμενους πόρους που συνοδεύει κάθε υπηρεσία μπορεί να οδηγήσει την εγκατάσταση των διαφόρων λειτουργιών σε διαφορετικούς κόμβους του δικτύου. Έτσι η υπηρεσία training λόγω των υψηλών απαιτήσεων της θα μπορούσε να εγκατασταθεί σε διαφορετικό κόμβο με ανάλογες δυνατότητες.

Πίνακας 5 - Οι Λειτουργίες Μηχανικής Μάθησης του TANDEM

Λειτουργίες Μηχανικής Μάθησης (ML)		Επίπεδο: Υπολογιστικής στα Άκρα
Λειτουργίες	Υποστήριξη (Υποχρεωτική Προαιρετική)	Περιγραφή
Αυτοματοποιημένη διαχείριση ενός προβλήματος Μηχανικής-Μάθησης με τη μικρότερη δυνατή συμμετοχή του χρήστη	Υ	Επειδή η μηχανική-μάθηση είναι μία εξαιρετικά σύνθετη διαδικασία, αυτή η υπηρεσία του TANDEM αναλαμβάνει τις περισσότερες λεπτομέρειες και επιτρέπει στο χρήστη να ασχοληθεί με το πρακτικό πρόβλημα που τον ενδιαφέρει (αυτοματοποιημένη διαχείριση των φάσεων εκπαίδευσης, ελέγχου και εφαρμογής στο edge)
Προ-Επεξεργασία Δεδομένων Συλλογή μετρήσεων απαραίτητων για πρόβλημα Επιτήρησης-Επίβλεψης μηχανής	Υ	Τα δεδομένα που προορίζονται για ένα πρόβλημα τεχνητής-νοημοσύνης δεν έχουν όλα την ίδια ποιότητα - ορισμένα αποτελούν θόρυβο και εκτροχιάζουν την ποιότητα της διαδικασίας εκπαίδευσης. Για αυτό το σκοπό είναι απαραίτητη η επεξεργασία των αρχικών μετρήσεων και η βελτίωση της «απεικονιστικής» τους ικανότητας. Όλες οι κρίσιμες υποδομές ελέγχονται με χρήση αισθητήρων. Το σύνολο των μετρήσεων συγκεντρώνονται σε μία δεξαμενή δεδομένων. Σε αυτή τη φάση επιλέγεται η πληροφορία που αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη μηχανή.
Εκπαίδευση Ευφυούς Μοντέλου Εξαγωγή Μοντέλου Πρόγνωσης	Υ	Αυτή η υπηρεσία υλοποιεί την εκπαίδευση ενός μοντέλου. Επειδή επεξεργάζεται μεγάλες δεξαμενές δεδομένων αργεί να ολοκληρωθεί. Σε αυτή τη φάση η υπηρεσία διαβάζει ένα μεγάλο πλήθος από τρέχουσες & ιστορικές μετρήσεις. Προσπαθεί να εκπαιδευτεί στην αναγνώριση ορθής λειτουργίας.
Αξιολόγηση Ευφυούς-Μοντέλου Βαθμολόγηση Λειτουργίας Μοντέλου-Πρόγνωσης	Υ	Ένα μοντέλο τεχνητής-ευφυίας πριν οδηγηθεί στη «παραγωγή» πρέπει να αξιολογηθεί. Μόνο εάν πετύχει καλά αποτελέσματα πρέπει να διανεμηθεί.

		<i>Σε αυτή τη φάση η υπηρεσία αξιοποιεί ένα μέρος από τις ιστορικές μετρήσεις για να συγκρίνει τις εκτιμήσεις του μοντέλου με τα πραγματικά δεδομένα.</i>
Ανάρτηση Μοντέλου Κοντά στους Αισθητήρες. <i>Ανάρτηση Μοντέλου Πλησίον Μηχανής</i>	Υ	θα δημοσιοποιηθεί το μοντέλο στα άκρα του δικτύου κοντά στις συσκευές που παράγουν τα δεδομένα. Ο χρήστης μπορεί να διαλέξει σε πόσα σημεία το μοντέλο θα αναρτηθεί – επιλέγοντας πολλά όταν η ζήτηση της υπηρεσίας είναι μεγάλη. <i>Σε αυτή τη φάση το μοντέλο τροφοδοτείται με δεδομένα πραγματικού χρόνου και προχωράει σε προβλέψεις σε ένθετο χρόνο.</i>
Χρήση Μοντέλου για Batch-Processing	Π	Το μοντέλο θα εφαρμοστεί σε ιστορικές μετρήσεις που είναι συγκεντρωμένες σε αρχεία. Πρόκειται για μια διαδικασία που ολοκληρώνεται σε ένα βήμα και δεν έχει επαναληπτικό χαρακτήρα.
Προετοιμασία & Καταχώρηση Μοντέλου σε Δεξαμενή	Π	Αποθήκευση του μοντέλου σε συμπαγή μορφή (συμπιεσμένη) για εύκολη μετακίνηση. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η αποστολή του στα άκρα του δικτύου πλησίον των μηχανών.
Επιτήρηση της απόδοσης ενός μοντέλου στη «παραγωγή»	Π	Αυτή η υπηρεσία διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο γιατί παρακολουθεί την απόδοση «προϊοντικών» μοντέλων και ενημερώνει αυτόματα όταν εμφανίζεται υποβάθμιση της απόδοσης τους.
Σημειώσεις		

2.7.5.2 Τρόποι Αυτοματισμού & Ολοκλήρωσης Μηχανισμού Προβλέψεων

Ο στόχος είναι να αυτοματοποιηθούν οι μηχανισμοί προβλέψεων, οι μηχανισμοί προβλέψεων να εκτελούνται αδιάλειπτα και να συνεργάζονται με τι άλλες υπηρεσίες του TANDEM όπως την υπηρεσία Συναγερμών και Ειδοποιήσεων.

Στην αρχιτεκτονική συνεργαζόμενων υπηρεσιών του TANDEM, η υπηρεσία πρόβλεψης τιμών μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά σενάρια με μεγάλη σημασία. Ενδεικτικά αναφέρονται:

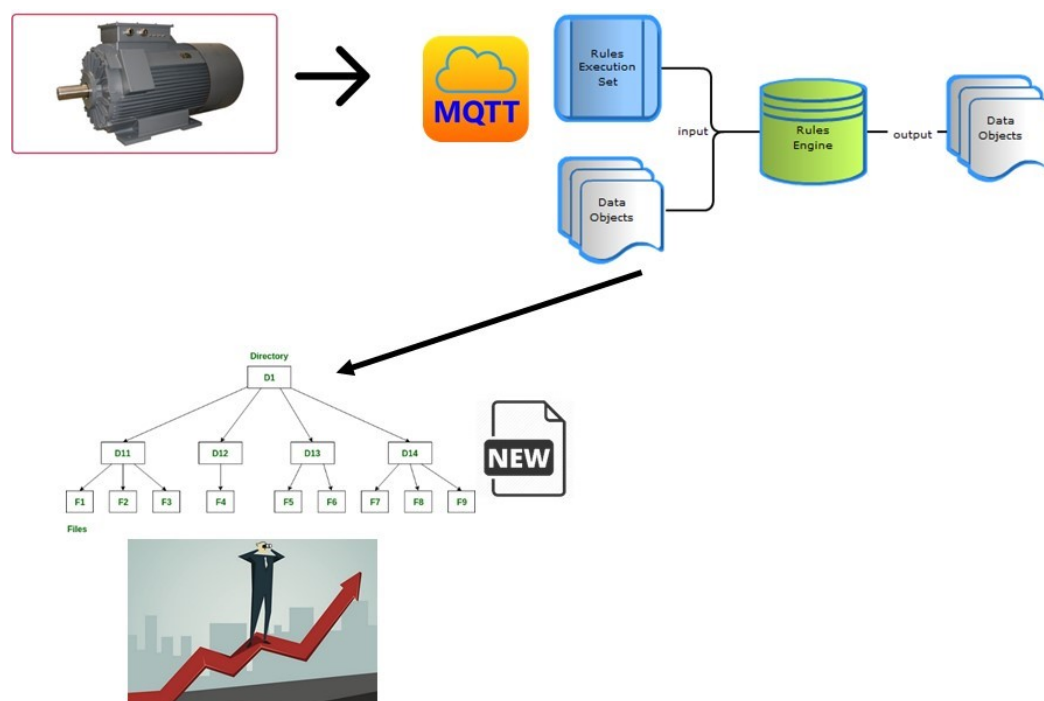
- ο έλεγχος μίας μηχανής με κινούμενα μέρη σε μία βιομηχανική εγκατάσταση. Συνήθως πρόκειται για ακριβές επενδύσεις που η ακινητοποίηση τους λόγω βλάβης θα έχει πολλαπλές οικονομικές επιπτώσεις. Για αυτό τοποθετούνται κατάλληλοι αισθητήρες που επιτηρούν την λειτουργία τους και με χρήση μοντέλων πρόβλεψης είναι δυνατόν να εντοπιστούν επικίνδυνες καταστάσεις πριν συμβούν με τα καταστροφικά αποτελέσματά τους.

- Η επίβλεψη ενός υπολογιστικού-κέντρου που αποτελείται από εξυπηρετητές τεχνολογίας αιχμής και υποστηρίζει όλες τις ανάγκες μίας εταιρίας. Με τη συλλογή δεδομένων και την επεξεργασία τους μπορούν να εντοπιστούν πιθανές εστίες αστοχίας που συνδέονται με τη χρήση εξυπηρετητών. Η συνεχής αύξηση των θερμικών φορτίων και της παραγωγής θορύβου μεγάλης έντασης είναι παράγοντες που μπορεί να υποδηλώνουν μελλοντική προβληματική λειτουργία με απρόβλεπτη εξέλιξη.

Για τα μέγιστα οφέλη από την προσφερόμενη Υπηρεσία Πρόβλεψης του TANDEM πρέπει να εξασφαλιστούν δύο συνθήκες:

1. Να εκτελείται συνέχεια ώστε κάθε φορά που υπάρχουν καινούργιες μετρήσεις/δεδομένα για τη μηχανή που επιβλέπεται να εφαρμόζει το μοντέλο πρόβλεψης και να εκτιμά στο άμεσο μέλλον αν υπάρχει κίνδυνος ακινητοποίησης της.
2. Να συνδεθεί με άλλες υπηρεσίες του TANDEM ώστε να μπορεί να μεταφέρει ενημέρωση και να προκαλεί αντίδραση εάν εντοπισθεί πηγή κινδύνων.

Χρειάζεται συνεχή ροή δεδομένων (μετρήσεων) και διαρκή παραγωγή προβλέψεων για το μέλλον. Σύμφωνα με το μοντέλο **Data-Driven** της αρχιτεκτονικής του TANDEM, η υπηρεσία βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής και όταν εμφανιστούν καινούργια δεδομένα, άμεσα ενεργοποιείται για την επεξεργασία τους.



Εικόνα 9 - Συγκέντρωση και Επεξεργασία Δεδομένων από Συσκευές

Η Εικόνα 9 παρουσιάζει τον τρόπο συγκέντρωσης και επεξεργασίας μετρήσεων από συσκευές. Παρουσιάζεται η συσκευή που επιβλέπεται η λειτουργία της με τη χρήση αισθητήρων. Οι συνεχόμενες μετρήσεις από τους αισθητήρες μεταφέρονται μέσω του κεντρικού Message Bus (MQTT-Broker). Υπάρχει ένας ενεργός κανόνας (Rule) που τρέχει ένα φίλτρο και ξεχωρίζει τις μετρήσεις που ενδιαφέρουν (για παράδειγμα «Συσκευή-XX» και «Μετρήσεις-Θερμοκρασίας»). Ο κανόνας μπορεί να αποθηκεύει τις τιμές-αποτελέσματα του φίλτρου σε ένα αρχείο ή να τις προωθήσει σε ένα συγκεκριμένο Topic του Message Bus. Υπάρχει

ένα ενεργό Data-Event που κάθε φορά που συγκεντρώνονται μετρήσεις για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο ειδοποιείται η Υπηρεσία Πρόβλεψης και εκτελεί την διαδικασία επεξεργασίας των τελευταίων δεδομένων/ μετρήσεων.

Η υπηρεσία επιστρέφει μία λίστα από ζεύγη {«μελλοντικός-χρόνος», «αναμενόμενη-τιμή»}. Με τη χρήση **data-pipe** η πληροφορία αυτή μεταφέρεται στη Μηχανή Κανόνων που κάνει ενέργειες σε σχέση με την απόκλιση σε σχέση με τις τιμές όριο. Για παράδειγμα:

- Μικρής «έντασης» εκτροπές δηλαδή προβλέψεις με 10% διαφοροποίηση από μία τιμή-όριο (threshold), τότε απλώς «Αποστολή Ενημέρωσης σε Ενδιαφερόμενους» μέσω της υπηρεσίας του TANDEM Συναγερμοί και Ειδοποιήσεις.
- Μεσαίας «έντασης» εκτροπές δηλαδή προβλέψεις με 40% διαφοροποίηση από μία τιμή-όριο, τότε «Αποστολή Εργασίας για Κανονικό Κλείσιμο Μηχανής»
- Μεγάλης «έντασης» εκτροπές δηλαδή προβλέψεις για άνω του 60% διαφοροποίηση από μία τιμή-όριο, τότε «Αποστολή Εργασίας για Άμεσο Κλείσιμο Μηχανής»

Όποτε εμφανιστεί η ανάγκη για μία καινούργια τακτική-διαχείρισης, υπάρχει η δυνατότητα να προστεθεί ένας καινούργιος κανόνας χωρίς να επηρεαστεί η υπηρεσία «Πρόβλεψης».

2.7.6 Λειτουργίες Μηχανικής Όρασης (Computer Vision) – Εντοπισμός Αντικειμένων (Object Detection)

2.7.6.1 Γενική Περιγραφή

Οι προσφερόμενες υπηρεσίες δίνουν τη δυνατότητα αναγνώρισης αντικειμένων σε σήμα βίντεο από εξοπλισμό επιτήρησης χώρου.

- **Είσοδοι** – Σήμα βίντεο ή εικόνες από πολλές κάμερες με έδραση σε σταθερούς ή κινούμενους φορείς
- **Έξοδοι** – Ενημέρωση στην περίπτωση εντοπισμού κρίσιμων αντικειμένων
- **Ζητούμενο** – Αξιόπιστη και έγκαιρη διάγνωση εμφάνισης κρίσιμων αντικειμένων
- **Προαπαιτούμενο** – Ύπαρξη συσκευών επόπτευσης που έχουν ενσωματωθεί στη πλατφόρμα TANDEM

Οι συγκεκριμένες υπηρεσίες προσφέρουν μία δυναμική συμπεριφορά όσον αφορά τα ζητούμενα αντικείμενα που ανιχνεύονται σε βίντεο από κάμερες. Με άλλα λόγια είναι σε θέση να διαχειριστούν επιλογές που στη συνέχεια είτε θα επεκταθούν με την προσθήκη νέων είτε θα αλλάξουν εντελώς.

Για παράδειγμα ένας πάροχος οδικών δικτύων θα μπορούσε να τις χρησιμοποιήσει για την αναγνώριση εμποδίων σε δρόμους που καθιστούν τη κίνηση των αυτοκινήτων προβληματική. Αυτά τα εμπόδια μπορεί να είναι πολλών μορφών ανάλογα με την ημέρα, την ώρα και την εποχή. Συγκεκριμένα τις καθημερινές και πρωινές ώρες μπορεί να πρόκειται για πυκνή κίνηση. Τις υπόλοιπες ώρες το εμπόδιο μπορεί να είναι κάποιο ατύχημα ή ένα ακινητοποιημένο όχημα λόγω βλάβης. Τέλος τη περίοδο έντονων καιρικών φαινομένων μπορεί να είναι ένα ζώο ή μεγάλη συγκέντρωση νερών σε ένα σημείο του δρόμου.

Αντίθετα στην περίπτωση ενός πάροχου υπηρεσιών ασφάλειας τα ζητούμενα αντικείμενα είναι εντελώς διαφορετικά. Η υπηρεσία πρέπει να εντοπίζει ανθρώπους σε διαφορετικές

στάσεις καθώς μπορεί να κινούνται όρθιοι ή να έρπουν. Επίσης είναι ουσιαστικής σημασίας να αναγνωρίζεται αν μεταφέρουν όπλα. Σε περίπτωση ομάδας πρέπει να εκτιμάται το μέγεθος της.

Αυτή η υπηρεσία TANDEM έχει μία κεντρική δεξαμενή μοντέλων. Ο στρατηγικός συνεργάτης που θέλει να τη χρησιμοποιήσει στην υποδομή του αναφέρει το πρόβλημα εντοπισμού που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Η δεξαμενή της υπηρεσίας έρχεται με προ-εκπαιδευμένα μοντέλα που είναι κατάλληλα για τα γενικά προβλήματα, όπως αναγνώριση ανθρώπων/ ζώων και οχημάτων. Αυτά τα μοντέλα κατεβαίνουν με αυτοματοποιημένους μηχανισμούς στα άκρα του δικτύου όπου βρίσκονται οι κάμερες και ελέγχεται το περιεχόμενο τους.

Το πρόβλημα είναι ότι τα αρχικά μοντέλα παρουσιάζουν φθίνουσα απόδοση σε πραγματικές συνθήκες αλλά και με τη πάροδο του χρόνου. Συγκεκριμένα οι εικόνες εκπαίδευσης ποτέ δεν είναι απόλυτα αντιπροσωπευτικές και στη πράξη εμφανίζεται αυτό που λέγεται data-drifting. Σε κάμερες εξωτερικού χώρου οι καιρικές συνθήκες πολλές φορές εισάγουν σημαντικό θόρυβο όπως για παράδειγμα όταν φυσάει, όπου ο αέρας κουνάει τις κάμερες. Επίσης σε περιοχές ασφαλείας η κινησιολογία των παραβατών μπορεί να καθιστά δύσκολη την αναγνώριση τους. Για τους παραπάνω λόγους απαιτείται διαρκής αναβάθμιση των μοντέλων αναγνώρισης.

Η υπηρεσία παρέχει στο χρήστη δύο (2) τρόπους για να εκπαιδεύει το ευφυές σύστημα μόνος του. Πρώτον να τρέχει τα δικά του σενάρια που περιλαμβάνουν επικαιροποιημένες τεχνικές ασφάλειας και να γίνεται ενημέρωση του συστήματος κεντρικά. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα χρήσης ενός αρχείου καταγραφών. Μία παραμετροποιημένη εγκατάσταση αποθηκεύει το σήμα από τις κάμερες των τελευταίων ΧΧ ημερών σε μία υποδομή σύννεφου (cloud). Αν υπάρξει ένα περιστατικό πλημμελούς αναγνώρισης τότε εξειδικευμένο προσωπικό ανατρέχει στις αποθηκευμένες εγγραφές και εντοπίζει το παράθυρο στο χρόνο που εμφανίστηκε το περιστατικό και το σύστημα επανατροφοδοτείται.

Σε κάθε περίπτωση ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κάνει αναβάθμιση του μοντέλου αναγνώρισης κεντρικά και να αποθηκεύσει την καινούργια έκδοση στην δεξαμενή της υπηρεσίας. Στη συνέχεια ο διαχειριστής του συστήματος αποφασίζει σε ποιες συσκευές με κάμερες και πότε θα προωθήσει τα μοντέλα.

Ένα άλλο πλεονέκτημα της προσφερόμενης υπηρεσίας είναι ότι είναι έτοιμη να συνεργαστεί με συσκευές πολλών μορφών και δυνατοτήτων. Για παράδειγμα η κάμερα μπορεί να είναι σταθερή με μοναδική ικανότητα τη λήψη βίντεο. Επίσης μπορεί να βρίσκεται σε ένα drone με δυνατότητα πανοραμικής απεικόνισης του σημείου που λαμβάνει χώρα το περιστατικό. Τέλος μπορεί να είναι εδρασμένη σε ένα αυτόνομο ρομποτικό όχημα με υπολογιστική ισχύ.

Στη δεξαμενή των μοντέλων μπαίνουν εκδόσεις που είναι βελτιστοποιημένες με κάθε αρχιτεκτονική και η υπηρεσία φροντίζει να διανέμει την κατάλληλη σε κάθε συσκευή. Για αυτό το σκοπό βρίσκεται σε επικοινωνία με τη πλατφόρμα TANDEM όπου είναι αποθηκευμένα τα λειτουργικά χαρακτηριστικά όλων των συνεργαζόμενων συσκευών.

Δημιουργία Μοντέλων Εντοπισμού Αντικειμένων

Σκοπός μας είναι να δημιουργήσουμε ένα σύνολο από μοντέλα αναγνώρισης αντικειμένων και να τα αποθηκεύσουμε στο αποθετήριο μοντέλων του TANDEM. Αν και τα μοντέλα αυτά θα μπορούσαν να σχεδιαστούν και να δημιουργηθούν από την αρχή χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως το Pytorch ή το Tensorflow, το πιο σοφό και πρακτικό είναι να εκμεταλλευτούμε ήδη υπάρχοντα μοντέλα με state-of-the-art επιδόσεις, όπως το **YOLO** (You Only Look Once), το **SSD** (Single Shot MultiBox Detector) ή το **Detectron**, και να επανεκπαιδευσουμε υπάρχοντα προεκπαιδευμένα μοντέλα.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι σημασία έχει και το μέγεθος του μοντέλου που θα επιλέξουμε, καθώς κάτι τέτοιο επηρεάζει άμεσα τόσο την ακρίβεια, όσο και την ταχύτητα των προβλέψεων. Εφόσον έχουμε να κάνουμε με edge συσκευές θέλουμε να εξασφαλίσουμε ότι η απόκριση των υπηρεσιών μας θα είναι η ταχύτερη δυνατή, πράγμα που συνήθως μας οδηγεί στην πιο ελαφριά εκδοχή μοντέλου. Στην κάλυψη αυτής της ανάγκης συμβάλλουν εργαλεία όπως το YOLOv8 που παρέχουν πολλά διαφορετικά μεγέθη μοντέλων.

Δημιουργία Dataset

Αν στόχος του χρήστη είναι ο εντοπισμός αντικειμένων για τα οποία δεν υπάρχει ήδη διαθέσιμο dataset, θα πρέπει να το δημιουργήσει ο ίδιος πρώτα συλλέγοντας εικόνες και μετά αποδίδοντας ετικέτες στα αντικείμενα που περιλαμβάνονται.

Κατά τη **δημιουργία του dataset**, σκοπός μας είναι το μοντέλο μας να **γενικεύσει** όσο το δυνατό περισσότερο. Φροντίζουμε, λοιπόν, τα δεδομένα μας να καλύπτουν όσο περισσότερες διαφορετικές περιπτώσεις. Συγκεκριμένα, θέλουμε οι εικόνες μας να περιέχουν αντικείμενα από όλες τις κλάσεις, με παρόμοιο πλήθος αντικειμένων ανα κλάση, ώστε να έχουμε ισορροπημένο dataset, αλλά και σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποικιλία σε διαφορετικά **backgrounds**, συνθήκες **φωτισμού**, **προσανατολισμό** και **απόσταση** αντικειμένου, αλλά και πολλαπλά προς αναγνώριση αντικείμενα στην ίδια εικόνα, ή επικάλυψη του αντικειμένου με άλλα αντικείμενα (της ίδιας ή άλλης κλάσης). Είναι ακόμα χρήσιμο να συμπεριλάβουμε εικόνες με **μερική θέαση** του αντικειμένου, αλλά και εικόνες χωρίς κανένα αντικείμενο προς αναγνώριση για καλύτερη γενίκευση. Μετά τη συλλογή των εικόνων, απαραίτητο (και εξίσου ή περισσότερο χρονοβόρο) στάδιο είναι το **labeling** των εικόνων, δηλαδή η διαδικασία της ανάθεσης κλάσεων στα αντικείμενα που εικονίζονται, διαδικασία απαραίτητη για την εκπαίδευση του νευρωνικού δικτύου. Για τη διαδικασία του labeling υπάρχουν πολλά διαθέσιμα λογισμικά. Ένα ανοιχτού κώδικα και αρκετά εύχρηστο λογισμικό το οποίο εκμεταλλευτήκαμε ήταν το **makesense.ai**.

Ένα ακόμα σημαντικό βήμα προετοιμασίας των δεδομένων είναι **επαύξηση** των δεδομένων ή **Data Augmentation**. Σε αυτό το βήμα παίρνουμε τις ίδιες υπάρχουσες εικόνες και τις επεξεργαζόμαστε (περιστροφή, αποκοπή, αλλαγή μεγέθους, αλλαγή χρώματος, θόλωμα και άλλα). Σκοπός αυτού του βήματος είναι να αυξήσουμε το **μέγεθος** και ταυτόχρονα την **ποικιλότητα** του dataset ώστε να μεγιστοποιήσουμε τη γενίκευση του νευρωνικού δικτύου.

Εκπαίδευση του Μοντέλου

Τελικό στάδιο είναι αυτό της **εκπαίδευσης**. Όπως είπαμε, κάνουμε χρήση του YOLOv8 framework. Αυτό, εκτός από τα μοντέλα παρέχει επίσης και ένα σύνολο από python

μεθόδους, αλλά και συγκεκριμένη δομή των αρχείων, για να επιταχύνει τη διαδικασία. Πριν τη διαδικασία της εκπαίδευσης, σημασία έχει η επιλογή του κατάλληλου YOLOv8 μοντέλου, ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής μας.

Αξιολόγηση του Μοντέλου

Πριν πάρουμε το εκπαιδευμένο μοντέλο και τα χρησιμοποιήσουμε για την εφαρμογή μας, πρέπει να γίνει αξιολόγηση του μοντέλου για να εξακριβωθεί αν πληροί τις προϋποθέσεις ακρίβειας. Στην περίπτωση που έχει ικανοποιητική απόδοση είναι έτοιμο για χρήση, ενώ διαφορετικά οδηγείται για επαν-εκπαίδευση. Στην περίπτωση που το μοντέλο είναι άτοιμο για χρήση αποθηκεύεται και στο Αποθετήριο Μοντέλων του TANDEM.

Πίνακας 6 - Οι Λειτουργίες της Μηχανικής Όρασης του TANDEM

Λειτουργίες Αναγνώρισης Αντικειμένων		Επίπεδο: Επίπεδο Υπολογιστικής στα Άκρα
Λειτουργίες	Υποστ	Περιγραφή
Δημιουργία Υπολογιστικού Έργου (Project) για Τεχνητή Όραση	Υ	Μία συγκεντρωτική δομή που περικλείει τα απαραίτητα δεδομένα για ένα πρόβλημα τεχνητής-όρασης: • Σύνολο από εικόνες • Μοντέλο που θα εκπαιδευτεί
Δημιουργία Δεξαμενής Εικόνων	Υ	Κάθε έργο τεχνητής ευφυΐας στηρίζεται σε απεικονίσεις του αντικειμένου που πρέπει να εντοπιστεί. Χρειάζονται πολλές εικόνες με ευκρινή παρουσίαση.
Ορισμός Μοντέλου	Υ	Δημιουργία του ευφυούς μοντέλου αναγνώρισης αντικειμένου σε εικόνα. Γίνεται εκπαίδευση του μοντέλου αξιοποιώντας τα δεδομένα από τη δεξαμενή εικόνων. Μετά την εκπαίδευση ακολουθεί αξιολόγηση του μοντέλου.
Έλεγχος του Μοντέλου	Π	Γίνεται αξιολόγηση του μοντέλου για να εξακριβωθεί αν πληροί τις προϋποθέσεις ακρίβειας. Υπάρχουν δύο(2) εναλλακτικά σενάρια: 1. Έχει ικανοποιητική απόδοση οπότε είναι έτοιμο για χρήση 2. Δεν έχει ικανοποιητική απόδοση και οδηγείται για επαν-εκπαίδευση
Όταν προκύψει μοντέλο με ικανοποιητική συμπεριφορά		
«Προϊοντική» Εγκατάσταση Μοντέλου	Υ	Όταν δημιουργηθεί ένα μοντέλο με ικανοποιητική απόδοση στην ορθή αναγνώριση του ζητούμενου αντικειμένου γίνεται «ανάρτηση» του. Τοποθετείται στα άκρα του δικτύου σε σημεία κοντά στις κάμερες και στη περιοχή επίβλεψης.
Εκκίνηση Υπηρεσίας Αναγνώρισης Αντικειμένου σε Ζωντανό Σήμα	Υ	Εντοπισμός ενός προκαθορισμένου αντικειμένου στο βίντεο πραγματικού-χρόνου από μία κάμερα. Πιθανά αντικείμενα με ιδιαίτερο ενδιαφέρον μπορεί να είναι: {ανθρώπινη φιγούρα, αυτοκίνητο σε

		κίνηση ή σταματημένο, κενή θέση παρκαρίσματος, κοκ.} Για την εκκίνηση της υπηρεσίας αναγνώρισης χρειάζεται η επιλογή ενός Ευφύους-Μοντέλου και η συσχέτιση του με μία κάμερα. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα Χρονοπρογραμματισμού, δηλαδή ο καθορισμός ενός σεναρίου χρήσης «κάθε μέρα από τις 12 το μεσημέρι έως τις 8 το βράδυ».
Τερματισμός Λειτουργίας Μοντέλου	Υ	Όταν παραδοθεί στα άκρα του δικτύου μια καινούργια έκδοση ενός μοντέλου θα τερματιστεί η τρέχουσα και θα απελευθερωθούν οι δεσμευμένες υποδομές. Στη συνέχεια θα ενεργοποιηθεί η καινούργια έκδοση και θα αρχίσει να δέχεται άγνωστες εικόνες.
Διαχείριση Κύκλου Ζωής		
Διαγραφή Μοντέλου	Π	Διαγραφή ενός μοντέλου αναγνώρισης αντικειμένων σε εικόνες. Υπενθυμίζεται ότι ένα μοντέλο μπορεί να έχει πολλές εκδόσεις που αντιστοιχούν σε φάσεις επανεκπαίδευσης του. Με αυτή την αίτηση διαγράφεται μία συγκεκριμένη έκδοση του μοντέλου. Για να διαγραφεί ένα μοντέλο δεν πρέπει να «τρέχει» στα άκρα του δικτύου.
Περιγραφή Μοντέλου	Π	Παρουσίαση αναλυτικών πληροφοριών για μοντέλο – συγκεκριμένη έκδοση
Απαρίθμηση Μοντέλων	Π	Εμφάνιση μίας λίστας με όλες τις εκδόσεις ενός μοντέλου. Για κάθε έκδοση αναφέρονται χρήσιμες πληροφορίες όπως η απόδοση του συγκεκριμένου μοντέλου στη φάση εκπαίδευσης.
Διαγραφή Δεξαμενής Εικόνων	Π	Διαγραφή της Δεξαμενής-Εικόνων που χρησιμοποιήθηκε σε αυτό το έργο Τεχνητής-Όρασης. Συνήθως κάθε έργο έχει δύο(2) δεξαμενές, η μία για την εκπαίδευση του μοντέλου (train) και η άλλη για την αξιολόγηση (test) του. Πρέπει να προσδιορίζεται εαν η διαγραφή αναφέρεται στην Train ή Test δεξαμενή εικόνων.

Περιγραφή Δεξαμενής Εικόνων	Π	Εμφάνιση απολογιστικών πληροφοριών για τη δεξαμενή εικόνων του έργου τεχνητής όρασης. Ανάμεσα στις άλλες πληροφορίες υπάρχουν καταχωρήσεις για: • Σύνολο εικόνων • Σύνολο εικόνων με ετικέτα • Σύνολο εικόνων με ζητο εκν ύμενο αντικείμενο • Σύνολο εικόνων χωρίς ζητούμενο αντικείμενο Πρέπει να προσδιορίζεται εαν το αίτημα αναφέρεται στην Train ή Test δεξαμενή εικόνων.
Ενημέρωση Δεξαμενής Εικόνων	Π	Ενημέρωση της Δεξαμενής Εικόνων με τη προσθήκη νέων. Πρέπει να προσδιορίζεται εαν το αίτημα αναφέρεται στην Train ή Test δεξαμενή εικόνων.
Απαρίθμηση Περιεχομένου Δεξαμενής Εικόνων	Π	Παρουσίαση μίας λίστας με τις εικόνες που βρίσκονται στη δεξαμενή του έργου. Επειδή ο αριθμός των συμμετέχοντων εικόνων είναι μεγάλος, για να αποφευχθεί η υπερφόρτωση της οθόνης ορίζονται κριτήρια επιλογής: • Προσθήκη εικόνων πριν (ημερομηνία) • Προσθήκη εικόνων μετά (ημερομηνία) • Κατηγορία εικόνας (με ή χωρίς ενδιαφέρον αντικείμενο) Πρέπει να προσδιοριστεί αν το αίτημα αναφέρεται στην Train ή Test δεξαμενή εικόνων.
Σημειώσεις		

2.7.7 Υπηρεσίες Χρονοδρομολόγησης (Scheduling Services)

Προκειμένου να σηματοδοτείται η έναρξη διάφορων απαραίτητων λειτουργιών ανά τακτά διαστήματα στις μικροϋπηρεσίες της πλατφόρμας TANDEM, είναι απαραίτητο να υπάρχει μία υπηρεσία χρονοδρομολόγησης αυτών των λειτουργιών. Η σύνοψη της λειτουργικότητας της υπηρεσίας Χρονοδρομολόγησης φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Όνομα Υπηρεσίας: Χρονοδρομολόγηση		Επίπεδο: Υπολογιστικής στα Άκρα
Λειτουργίες	Υποστήριξη (Υποχρεωτική Προαιρετική)	Περιγραφή
Πυροδότηση εκτέλεσης λειτουργίας	Υ	Η πυροδότηση μίας λειτουργίας που πρέπει να εκτελείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα σε κάποια μικροϋπηρεσία της πλατφόρμας TANDEM.
Σημειώσεις		

2.7.8 Υπηρεσίες Συναγερμών και Ειδοποιήσεων (Alerts & Notifications Services)

Για την καλή λειτουργία του συστήματος, χρειάζεται η δυνατότητα μετάδοσης ενημερωτικών ειδοποιήσεων ή συναγερμών για επείγοντα θέματα που χρειάζονται άμεση παρέμβαση σε κάποιο άλλο σύστημα ή σε πρόσωπο που παρακολουθεί και διασφαλίζει την ομαλή λειτουργία της πλατφόρμας TANDEM. Στις υπηρεσίες Συναγερμών και Ειδοποιήσεων συμπεριλαμβάνονται οι παρακάτω λειτουργίες:

- Εγγραφή παραληπτών για τις διάφορες ειδοποιήσεις και συναγερμούς.
- Αποστολή συναγερμού ή ειδοποίησης στους εγγεγραμμένους παραλήπτες μέσω των καναλιών επικοινωνίας τους.
- Διαγραφή παραληπτών από ειδοποιήσεις και συναγερμούς.

Η σύνοψη της λειτουργικότητας της υπηρεσίας Συναγερμών και Ειδοποιήσεων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Όνομα Υπηρεσίας: Συναγερμοί και Ειδοποιήσεις		Επίπεδο: Υπολογιστικής στα Άκρα
Λειτουργίες	Υποστήριξη (Υποχρεωτική Προαιρετική)	Περιγραφή
Εγγραφή για λήψη γεγονότων	Υ	Η εγγραφή ενός χρήστη ως ενδιαφερόμενου για λήψη κάποιων κατηγοριών γεγονότων.
Αποστολή ειδοποιήσεων και συναγερμών	Υ	Η αποστολή μίας ειδοποίησης ή ενός συναγερμού στους εγγεγραμμένους ενδιαφερόμενους για ένα συμβάν στο σύστημα.
Διαγραφή από λήψη γεγονότων	Υ	Η διαγραφή ενός χρήστη από τη λήψη γεγονότων στα οποία είχε εγγραφεί.
Σημειώσεις		

2.7.9 Υπηρεσίες Μηχανής Κανόνων (Rules Engine Services)

Προκειμένου να ελέγχονται συνθήκες για την εφαρμογή ενεργειών και εντολών στις IoT συσκευές, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μίας υπηρεσίας κανόνων. Η υπηρεσία αυτή θα πρέπει να επιτρέπει την εισαγωγή νέων κανόνων από το χρήστη. Με αυτό τον τρόπο θα δίνεται η δυνατότητα για έλεγχο των κανόνων που εισάγονται ώστε να πυροδοτούνται οι κατάλληλες ενέργειες στο σύστημα και στις συσκευές. Επίσης, πρέπει να υποστηρίζεται και η τροποποίηση και η διαγραφή κανόνων.

Η σύνοψη της λειτουργικότητας της υπηρεσίας Κανόνων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Όνομα Υπηρεσίας: Μηχανή Κανόνων		Επίπεδο: Συστήματος
Λειτουργίες	Υποστήριξη (Υποχρεωτική Προαιρετική)	Περιγραφή

Εισαγωγή νέου κανόνα	Υ	Η εισαγωγή νέου κανόνα διαχείρισης των συσκευών και του συστήματος.
Τροποποίηση κανόνα	Υ	Η τροποποίηση υπάρχοντος κανόνα ανάλογα με τις ανάγκες.
Διαγραφή κανόνα	Υ	Η διαγραφή υπάρχοντος κανόνα όταν δεν υπάρχει πλέον χρησιμότητα.
Σημειώσεις		

2.7.10 Υπηρεσίες Διαχείρισης Συσκευών

Οι υπηρεσίες διαχείρισης συσκευών υποστηρίζουν την εισαγωγή συσκευών όπως αισθητήρες και κάμερες στο σύστημα. Η ολοκλήρωση της ενσωμάτωσής τους περιλαμβάνει και τη διατήρηση πληροφοριών σχετικά με τις συσκευές και τη δικτυακή τοποθεσία τους.

Η σύνοψη της λειτουργικότητας της υπηρεσίας Διαχείρισης Συσκευών φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Όνομα Υπηρεσίας: Κεντρική Διαχείριση Συσκευών		Επίπεδο: Συστήματος
Λειτουργίες	Υποστήριξη (Υποχρεωτική Προαιρετική)	Περιγραφή
Εισαγωγή συσκευής	Υ	Η ενσωμάτωση νέας συσκευής στο σύστημα μέσω χειροκίνητης εισαγωγής της.
Τροποποίηση Στοιχείων συσκευής	Υ	Τροποποίηση στοιχείων συσκευής όπως ονόματος, περιγραφής και δικτυακής της θέσης.
Διαγραφή Συσκευής	Υ	Η συσκευή διαγράφεται από τη λίστα συσκευών του συστήματος TANDEM
Σημειώσεις		

Το μοντέλο πληροφορίας που σχετίζεται με τη λειτουργία ενσωμάτωσης συσκευών των υπηρεσιών ενσωμάτωσης κανόνων παρουσιάζονται στο υποκεφάλαιο 2.8.4

2.7.11 Λειτουργίες IoT Analytics

Ο σκοπός μίας υπηρεσίας IoT Analytics είναι η συλλογή μεγάλου όγκου δεδομένων από αισθητήρες, η επεξεργασία τους και στη συνέχεια η αποθήκευσή τους. Η ιδιαιτερότητα των IoT μετρήσεων είναι η μεγάλη συχνότητα συλλογής και η ύπαρξη θορύβου. Το αποτέλεσμα είναι η αναγκαιότητα προσεκτικής μελέτης των μετρήσεων πριν από την επεξεργασία και τη λήψη στρατηγικών αποφάσεων. Πρέπει να απομακρυνθούν αδικαιολόγητες τιμές και να συμπληρωθούν όπου η συχνότητα δειγματοληψίας απέτυχε.

Πίνακας 7 - Λειτουργίες Υπηρεσίας IoT Analytics

Όνομα Υπηρεσίας: IoT Analytics		Επίπεδο: Υπολογιστικής στα Άκρα
Λειτουργίες	Υποστήριξη (Υποχρεωτική Προαιρετική)	Περιγραφή
Δημιουργία Καναλιού Δεδομένων	Υ	Διαβάζει από το κεντρικό message-queue τις πρωτογενείς μετρήσεις αισθητήρων που περιλαμβάνουν λάθη, θόρυβο και

		ελλείψεις. Επιλογή με τη βοήθεια ενός φίλτρου των IoT-Μετρήσεων που σχετίζονται με το Analytics-Task που βρίσκεται στο προσκήνιο. Γίνεται μεταφορά των επιλεγμένων μετρήσεων και αποθήκευση τους στο κόμβο που εκτελεί την υπηρεσία IoT-Analytics
Δημιουργία Κανόνα/Φίλτρου Επιλογής IoT-Μετρήσεων	Υ	Σε μία τυπική υποδομή IoT χρησιμοποιείται ένας μεγάλος αριθμός από αισθητήρες και όλες οι μετρήσεις συγκεντρώνονται σε ένα κεντρικό message-broker. Είναι απαραίτητος ο ορισμός ενός κανόνα για την επιλογή ορισμένων IoT-Μετρήσεων σε ένα κανάλι (channel) για επεξεργασία και εξαγωγή τάσεων.
Πρωτογενείς IoT-Μετρήσεις Ρέουν από το Συγκεντρωτικό Broker σε ένα Κανάλι		
Δημιουργία Αποθήκης Δεδομένων	Π	Δημιουργία τοπικής αποθήκης δεδομένων (datastore). Η χρησιμότητα της είναι μεγάλη γιατί: - Είναι εύκολα επεκτάσιμη (scale up) - Μπορεί να απαντήσει σε SQL-Φίλτρα εύρεσης αποθηκευμένων εγγραφών - Οι εγγραφές έχουν μία στάνταρ διαμόρφωση που είναι κατανοητή σε όλα τα IoT-Analytics εργαλεία.
Πρόβλεψη Μελλοντικών Τιμών και ανωμαλιών σε μετρήσεις από αισθητήρες	Υ	Είναι μία κατά κόρον υπηρεσία τεχνητής νοημοσύνης, καθώς όλες οι προβλέψεις μελλοντικών τιμών γίνονται καθαρά με βάση τη τεχνητή νοημοσύνη. Οι τιμές από αισθητήρες μπορεί να μοντελοποιηθεί ως μία Χρονοσειρά (Time Series), όπου η τιμή κάθε μετρικής, για παράδειγμα, θερμοκρασίας ή υγρασίας εξελίσσεται κατά μήκος του χρόνου. Είναι φανερό λοιπόν ότι μπορεί το πρόβλημα των μελλοντικών τιμών να προβληθεί (project) σε πρόβλημα Πρόβλεψης Τιμών Χρονοσειράς (Time Series Forecasting).
Ορισμός Αγωγού Δεδομένων	Υ	Δημιουργία ενός αγωγού-δεδομένων(ripple). Επεξεργάζεται τις αρχικές IoT μετρήσεις ώστε να: - απομακρύνει το θόρυβο και - συμπληρώσει τιμές που λείπουν. Οι επεξεργασμένες μετρήσεις έχουν μεγαλύτερη αξία από τις αρχικές για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων και αποθηκεύονται σε ένα data store (δες προηγούμενο βήμα). Για την επεξεργασία των πρωτογενών μετρήσεων χρησιμοποιούνται

		Μαθηματικά, Στατιστικά και άλλα εργαλεία.
Επεξεργασμένες IoT-Μετρήσεις Αποθηκεύονται σε Τοπική Αποθήκη Δεδομένων		
Δημιουργία Συνόλου Δεδομένων		Δημιουργίας μίας καινούργιας αποθηκευτικής οντότητας (dataset) που θα φιλοξενήσει ένα ΜΙΚΡΟ υποσύνολο από IoT-Μετρήσεις και η επιλογή τους θα γίνει με σύνθετα κριτήρια.
Έλεγχος για Προβληματικές Συνθήκες Λειτουργίας	Υ	Μέχρι τώρα η διαχείριση των IoT-Μετρήσεων ήταν καθολική και δεν υπήρχε επιλογή ορισμένων. Με τη συγκεκριμένη εντολή ο έλεγχος γίνεται πιο επιλεκτικός και τα ερωτήματα που θέτει πιο διεισδυτικά: “Υπάρχουν Προβληματικές Συνθήκες και Ποιές είναι οι Αιτίες” Τα αποτελέσματα από το φίλτρο αποθηκεύονται σε ένα Σύνολο-Δεδομένων (δες προηγούμενο βήμα).
Απομόνωση IoT-Μετρήσεων που Υποδεικνύουν Προβληματικές Συνθήκες Λειτουργίας		
Σημειώσεις		

2.7.12 Υπηρεσίες Διαχείρισης Χρηστών και Στοιχείων Τιμολόγησης

Οι υπηρεσίες διαχείρισης χρηστών προσφέρουν διάφορες δυνατότητες για τη διαχείριση της αλληλεπίδρασης του TANDEM με τους χρήστες του. Η γενική διαχείριση χρηστών περιλαμβάνει:

- **Διαχείριση Ρόλων Χρηστών (Roles Management):** Για να μπορεί ένας χρήστης να εκμεταλλευτεί τα πλεονεκτήματα και τις δυνατότητες που προσφέρονται από το TANDEM θα πρέπει να εγγραφεί στο σύστημα και να συνδεθεί με έναν συγκεκριμένο ρόλο. Οι ρόλοι ορίζουν σε ποιες λειτουργίες και σε ποιους πόρους έχει πρόσβαση ο κάθε χρήστης. Για παράδειγμα θα μπορούσε να μην επιτρέπεται σε έναν ρόλο να καταχωρήσει ή να εκτελέσει μία υπάρχουσα υπηρεσία ή να μπορέσει να κάνει σύνθεση υπηρεσιών. Το σύστημα έχει κάποιους προκαθορισμένους ρόλους αλλά επιτρέπει τη δυνατότητα δημιουργίας νέων συνδέοντας τους με δυνατότητα πρόσβασης σε συγκεκριμένες λειτουργίες και πόρους του συστήματος. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα τροποποίησης ενός ρόλου προσθέτοντας ή αφαιρώντας δυνατότητες πρόσβασης σε λειτουργίες ή πόρους καθώς και διαγραφής ρόλου. Στους προκαθορισμένους ρόλους υπάρχει ο ρόλος του Διαχειριστή της πλατφόρμας (Operator) ο οποίος έχει και το δικαίωμα διαχείρισης των ρόλων.
- **Εγγραφή χρηστών.** Ένας χρήστης με δικαιώματα εγγραφής άλλων χρηστών (π.χ. ο Administrator μιας εταιρείας-πελάτη) μπορεί να εγγράψει άλλους χρήστες στο TANDEM (π.χ. εργαζόμενους της εταιρείας που θα χρησιμοποιήσουν το TANDEM με διαφορετικούς ρόλους). Ωστόσο, ένας χρήστης μπορεί να εγγραφεί και μόνος του, μέσα από την σελίδα εγγραφής. Στην εγγραφή του χρήστη ορίζεται και ο ρόλος του χρήστη καθώς και ο τύπος του λογαριασμού του. Υπάρχουν δύο τύπου λογαριασμών

στο σύστημα, οι **επαγγελματικοί (εταιρειών)** και οι **προσωπικοί**. Ο επαγγελματικός λογαριασμός είναι αυτός που έχει έναν χρήστη με τον ρόλο του «Administrator» ο οποίος διαχειρίζεται τους άλλους χρήστες της εταιρείας και τους ρόλους τους

- **Διαγραφή χρηστών.** Όπως και με την εγγραφή, υπάρχουν δύο δυνατότητες: (α) Ο χρήστης διαγράφεται από μόνος του (π.χ. καταργεί τον λογαριασμό του) και (β) Ένας χρήστης με δικαιώματα διαχειριστή διαγράφει έναν άλλον χρήστη (π.χ. διαγραφή ενός υπαλλήλου από έναν οργανισμό) ή ο διαχειριστής της πλατφόρμας μπορεί να διαγράψει έναν χρήστη και να εμποδίσει την πρόσβαση του στο TANDEM.
- **Τροποποίηση στοιχείων χρηστών**

Ο τρόπος που ορίζονται οι προσφορές υπηρεσιών επιτρέπει την χρήση ευέλικτων μοντέλων τιμολόγησης. Για κάθε τεχνική υπηρεσία, μπορεί να οριστεί οποιοσδήποτε αριθμός εμπορεύσιμων υπηρεσιών (προϊόντων με βάση αυτή την υπηρεσία), με διαφορετική εφαρμογή μοντέλων τιμολόγησης και διαφορετικές διαμορφώσεις και επιλογές αναβάθμισης και υποβάθμισης. Έτσι, είναι δυνατό να οριστούν διαφορετικές τιμές για τα ξεχωριστά χαρακτηριστικά μιας υπηρεσίας. Συγκεκριμένα, οι πάροχοι υπηρεσιών καθορίζουν ένα μοντέλο τιμής για κάθε εμπορεύσιμη υπηρεσία πριν τη δημοσίευση της υπηρεσίας και την παροχή της στους πελάτες. Στη σχεδίαση του συστήματος λήφθηκε υπόψη η δυνατότητα υποστήριξης διαφορετικών μοντέλων τιμολόγησης, όπως:

- Τιμολόγηση που εξαρτάται από τον αριθμό κλήσεων λειτουργιών υπηρεσιών
- Τιμολόγηση που εξαρτάται από τον χρόνο εκτέλεσης
- Τιμολόγηση που εξαρτάται από την χρήση των πόρων (χρήση CPU, GPU, RAM, storage)
- Τιμολόγηση που εξαρτάται από τον χρόνο συνδρομής/ πλήθος χρηστών
- Τιμολόγηση βάσει των διαφορετικών Συμφωνητικών Παροχής Υπηρεσίας (Service Level Agreements – SLAs) όπως ελαχιστοποίησης κόστους ή μεγιστοποίησης απόδοσης ή διαθεσιμότητας

Το σύστημα μπορεί να υποστηρίξει τα ακόλουθα μοντέλα τιμολόγησης του [OSCM]:

- Τιμολόγηση που εξαρτάται από τον χρόνο χρήσης (μήνες, μέρες, ώρες)
- Τιμολόγηση που εξαρτάται από το πλήθος των χρηστών
- Τιμολόγηση για συγκεκριμένα συμβάντα που συμβαίνουν στην υπηρεσία

Για μια υπηρεσία μπορεί να υπάρχουν πολλά προϊόντα με διαφορετική τιμολόγηση. Έτσι, ο πελάτης μπορεί να επιλέξει το προϊόν που του ταιριάζει καλύτερα.

Οι Υπηρεσίες Διαχείρισης Χρηστών και Τιμολόγησης του TANDEM έχει κοινά χαρακτηριστικά με τα αντίστοιχα μοντέλα τιμολόγησης που χρησιμοποιούνται σε Πλατφόρμες Νέφους, όπως το **Google Cloud Platform (GCP)** και το **Amazon Web Service (AWS)**, όπως το μοντέλο **Πληρώνεις όσο χρησιμοποιείς (Pay as you go)** όπου δεν υπάρχουν ελάχιστες δεσμεύσεις ή μακροπρόθεσμες συμβάσεις. Με αυτόν το τρόπο αντικαθίσταται το αρχικό κεφάλαιο με ένα χαμηλό μεταβλητό κόστος και ο χρήστης πληρώνει μόνο για αυτό που χρησιμοποιεί. Για παράδειγμα, στο AWS, για υπολογιστικούς πόρους, οι χρήστες πληρώνουν σε ωριαία βάση από την στιγμή που ξεκινάει ένας πόρος μέχρι την ώρα που τερματίζεται. Για την αποθήκευση και την μεταφορά δεδομένων, πληρώνουν ανα gigabyte. Με άλλα λόγια, το σύστημα χρεώνει

με βάση την υποκείμενη υποδομή και τις υπηρεσίες που καταναλώνονται, ενώ οι χρήστες μπορούν να απενεργοποιήσουν τους δεσμευμένους πόρους και να σταματήσουν να τους πληρώνουν όταν δεν τους χρειάζονται.

Πίνακας 8 - Υπηρεσίες Διαχείρισης Χρηστών και Τιμολόγησης

Όνομα Υπηρεσίας: Διαχείριση Χρηστών, και στοιχείων Τιμολόγησης		Επίπεδο: Συστήματος
Λειτουργίες	Υποστήριξη (Υποχρεωτική Προαιρετική)	Περιγραφή
Εισαγωγή Ρόλου Χρήστη	Υ	Δημιουργία ρόλου χρήστη με την παροχή ονόματος και τη σύνδεσή του με συγκεκριμένες λειτουργίες και πόρους του συστήματος.
Τροποποίηση Ρόλου Χρήστη	Υ	Τροποποίηση ενός ρόλου προσθέτοντας ή αφαιρώντας δυνατότητες πρόσβασης σε λειτουργίες ή πόρους
Διαγραφή Ρόλου Χρήστη	Υ	Δυνατότητα διαγραφής όταν δεν υπάρχουν χρήστες με τον συγκεκριμένο ρόλο.
Εγγραφή Χρήστη	Υ	Εισαγωγή χρήστη. Οι χρήστες μπορούν να εγγραφούν είτε από μόνοι τους είτε από άλλους χρήστες (π.χ. τον Διαχειριστή του οργανισμού τους).
Τροποποίηση δικαιωμάτων χρήστη	Υ	Μεταβολή δικαιωμάτων πρόσβασης του δοθέντος χρήστη με την αλλαγή του ρόλου του.
Τροποποίηση Προφίλ Χρήστη	Υ	Τροποποίηση πληροφοριών χρήστη.
Διαγραφή χρήστη	Υ	Όπως και με την εγγραφή, υπάρχουν δύο δυνατότητες: 1. Ο χρήστης διαγράφεται από μόνοι του (π.χ. καταργεί τον λογαριασμό του) 2. Ένας χρήστης με δικαιώματα διαχειριστή διαγράφει έναν άλλον χρήστη (π.χ. διαγραφή ενός υπαλλήλου από έναν οργανισμό).
Διαχείριση Μοντέλων Τιμολόγησης		Εισαγωγή – τροποποίηση - διαγραφή - δυνατών μοντέλων τιμολόγησης
Διαχείριση Μονάδων Χρέωσης		Εισαγωγή – τροποποίηση – διαγραφή – δυνατών μονάδων χρέωσης

Διαχείριση Συμφωνητικών Παροχής Υπηρεσίας (Service Level Agreement – SLAs)		Εισαγωγή-τροποποίηση-διαγραφή - Συμφωνητικών Παροχής Υπηρεσίας
Σημειώσεις		

2.7.13 Υπηρεσία Παρακολούθησης Λειτουργίας Συστήματος

Η προσφερόμενη υπηρεσία επιβλέπει τη λειτουργία υπολογιστικών πόρων και εντοπίζει πιθανές διαταραχές λειτουργίας.

- **Σκοπός:** Δυνατότητα παρακολούθησης της λειτουργίας κρίσιμων υποδομών σε επίπεδο software και hardware. Έγκαιρος προσδιορισμός ανωμαλιών λειτουργίας και ενημέρωσης του κατάλληλου προσωπικού. Σκοπός είναι η εξομάλυνση της λειτουργίας άμεσα χωρίς να παρατηρηθεί υποβάθμιση της παρεχόμενης ποιότητας υπηρεσίας.
- **Βασικές Οντότητες:**
 - Υπηρεσίες που τρέχουν σε εικονικοποιημένες υποδομές (VMs ή Containers) και πραγματικές (bare-metal),
 - Τοπικοί πράκτορες (agents) που συλλέγουν πληροφορίες των διαθέσιμων πόρων της εκάστοτε υποδομής,
 - Ένας αρχειοθέτης (data historian) που αποθηκεύει σε ένα κεντρικό σημείο τις λειτουργικές πληροφορίες από όλες τις κρίσιμες υποδομές,
 - Οι υπηρεσίες πρόβλεψης μελλοντικής χρήσης πόρων που είναι εφοδιασμένοι με τεχνητή ευφυΐα που εξετάζει σε πραγματικό χρόνο τις ροές-δεδομένων,
 - Ο μηχανισμός ειδοποίησης (alarm) που ενημερώνει αρμόδιους για την άμεση επίλυση προβλήματος.
- **Παράδειγμα:** Υπηρεσία που τρέχει στα άκρα του δικτύου με σοβαρό υπολογιστικό κόστος αναλογικά και με τις περιορισμένες υποδομές. Για παράδειγμα κώδικας τεχνητής όρασης που εντοπίζει αντικείμενα σε βίντεο υψηλής ανάλυσης.
- **Εξοπλισμός:**
 - Για τη δημιουργία τοπικών πρακτόρων χρησιμοποιούνται κατάλληλες πλατφόρμες όπως ο **Prometheus [PROMETHEUS]**.
 - Για την εμφάνιση προσεγγμένων UIs με εντυπωσιακά γραφικά μπορεί να εγκατασταθεί το **Grafana [GRAFANA]**.
 - Για την πρόβλεψη μελλοντικής χρήσης πόρων θα χρησιμοποιηθεί η υπηρεσία Πρόβλεψη Χρήσης Πόρων (Resource Usage Predictor) που θα αναπτυχθεί στα πλαίσια του έργου και περιγράφεται στο Κεφάλαιο 2.7.5

2.7.14 Εφαρμογή για τον Διαχειριστή

Ο Διαχειριστής του συστήματος χρησιμοποιεί και αυτός το TANDEM portal αλλά ο ρόλος του ("Operator") του δίνει πρόσβαση σε όλες τις λειτουργίες και σε όλους τους πόρους. Έχει πρόσβαση σε σελίδες διαχείρισης για τις σημαντικότερες οντότητες:

- **Συσκευές** όπως είναι κάμερες, αισθητήρες και ρομπότ
- **Υπηρεσίες/Εφαρμογές** που εγκαθίστανται κυρίως σε απομακρυσμένα σημεία και παρέχουν αυτονομία για την εκτέλεση:

- εργασιών στρατηγικού ενδιαφέροντος για τη κονσόλα, όπως είναι η αναγνώριση αντικειμένων σε εικόνες με μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης
- υπηρεσιών επιτήρησης διαθέσιμων πόρων και προετοιμασίας σεναρίων αντίδρασης (self-healing) σε περίπτωση προβληματικών καταστάσεων στο απομακρυσμένο σημείο
- βοηθητικών εργαλείων για την απρόσκοπτη επικοινωνία των άκρων με την πλατφόρμα
- Υπηρεσίες **παρασκηνίου** που έχουν ουσιαστικό ρόλο για τη λειτουργία της πλατφόρμας καθώς επιλύουν ζωτικά ζητήματα σε κατανεμημένες αρχιτεκτονικές: ανταλλαγή μηνυμάτων για τον συγχρονισμό ενεργειών, κοινοποίηση συναγεμίων σε περίπτωση απρόβλεπτων καταστάσεων, διαχείριση εικονικοποιημένων υποδομών, κοκ.
- **Στρατηγικές** υπηρεσιών του TANDEM που επιλύουν πολύπλοκα πρακτικά προβλήματα με τρόπο που κρύβει πολλές λεπτομέρειες υλοποίησης και επιτρέπει στο χρήστη την εύκολη χρήση τους. Αναφέρονται ενδεικτικά η υπηρεσία Τεχνητής-Όρασης, Επίβλεψης Χώρων και Υποδομών, Πρόβλεψης Καταστάσεων, IoT/ Robotics κοκ.
- **Χρήστες** και δικαιώματα αλληλεπίδρασης με τις υπόλοιπες οντότητες. Το βασικότερο είναι η πιστοποίηση των χρηστών και η συσχέτιση τους με επιτρεπόμενες πολιτικές μέσω ρόλων.
- Τιμολόγηση προσφερόμενων υπηρεσιών. Σε αυτό το επίπεδο μπαίνει η έννοια της κατηγορίας χρηστών όπου ομαδοποιούνται οι συνδρομητές με βάση τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους. Στη συνέχεια οι πολιτικές τιμολόγησης συσχετίζονται με κάθε κατηγορία ξεχωριστά προσβλέποντας σε μια αντικειμενική και αιτιολογημένη χρέωση υπηρεσιών.

Το γραφικό Εργαλείο-Διαχείρισης με τα εργαλεία που προσφέρει για απομακρυσμένες υποδομές εξασφαλίζει:

- Προβολή πληροφοριών σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος. Για παράδειγμα κατανάλωση υπολογιστικών, αποθηκευτικών και δικτυακών πόρων. Η ενημέρωση του εργαλείου-διαχείρισης επεκτείνεται και σε εικονικοποιημένες υποδομές όπως είναι VMs και Containers.
- Προβολή πληροφοριών σε επίπεδο εφαρμογών και υπηρεσιών TANDEM που τρέχουν στα άκρα. Ορισμένες στρατηγικές υπηρεσίες της πλατφόρμας υλοποιούν καινούργιες τεχνικές τεχνητής ευφυΐας και διακρίνονται από μεγάλες απαιτήσεις υπολογιστικών πόρων. Με το εργαλείο-διαχείρισης ο υπεύθυνος έχει άμεση αντίληψη του κορεσμού των κόμβων από τις «βαριές» υπηρεσίες.

2.7.15 Εφαρμογή για τον Χρήστη (TANDEM Portal)

Η Εφαρμογή Χρήστη είναι η γραφική διεπαφή (User Interface, UI), μέσω της οποίας ο χρήστης διαχειρίζεται τον λογαριασμό του και αποκτά πρόσβαση στις υπηρεσίες της πλατφόρμας του TANDEM. Το TANDEM υποστηρίζει ένα σύστημα διαχείρισης που βασίζεται στους ρόλους (role-based management system). Ο διαχειριστής του συστήματος διαχειρίζεται τους ρόλους ορίζοντας τα δικαιώματα που έχουν σε διαφορετικές λειτουργίες και πόρους. Η πρόσβαση

του χρήστη γίνεται μέσω του TANDEM Portal που γενικά δίνει πρόσβαση στις συνολικές λειτουργίες και στους συνολικούς πόρους του συστήματος αλλά κάθε χρήστης έχει μόνο τις προσβάσεις και τις αδειοδοτήσεις που επιτρέπει ο ρόλος του στο σύστημα. Η διεπαφή του Portal είναι προσβάσιμη από οποιοδήποτε από τα υποστηριζόμενα προγράμματα περιήγησης στο Web. Περιλαμβάνει τους καταλόγους υπηρεσιών, προϊόντων και παραγγελιών, το εργαλείο σύνθεσης υπηρεσιών (Service Chain Orchestrator), τη διαχείριση χρηστών, τα εργαλεία παρακολούθησης συσκευών, το εργαλείο διαχείρισης τιμολόγησης, το εργαλείο διαχείρισης της υποδομής και το εργαλείο παραμετροποίησης του συστήματος. Το TANDEM διασφαλίζει ότι κάθε χρήστης μπορεί να δει και να έχει πρόσβαση μόνο στις επιλογές, τα εργαλεία και τις υπηρεσίες που δικαιούται από τον οργανισμό του και τον ρόλο του.

Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ανατρέξει στο Μητρώο Υπηρεσιών για να δει την λίστα με τις προσφερόμενες υπηρεσίες. Όταν ανοίγει μια υπηρεσία, βλέπει όλα τα χαρακτηριστικά της, όπως την περιγραφή, τον τρόπο χρήσης της, τις λειτουργίες που παρέχει, τους απαιτούμενους πόρους, και αν έχει μετατραπεί σε προϊόν την τιμή, τον τρόπο κοστολόγησης και τα διαφορετικά πακέτα της υπηρεσίας. Μπορεί να δει αν υπάρχουν στιγμιότυπα της υπηρεσίας και να παρακολουθήσει γραφικά τη λειτουργία τους. Επίσης μπορεί να επιλέξει την ενεργοποίηση μιας υπηρεσίας (αν έχει αυτό το δικαίωμα). Όταν επιλέγει να ενεργοποιήσει μια υπηρεσία, βλέπει τι παραμέτρους που πρέπει να συμπληρώσει και μπορεί να αλλάξει πιθανόν προκαθορισμένες (default) τιμές τους. Το TANDEM προσφέρει διάφορες δυνατότητες και λειτουργίες που υποστηρίζουν τους χρήστες και δυνητικούς πελάτες υπηρεσιών στην εύρεση των υπηρεσιών που θέλουν να χρησιμοποιήσουν. Οι πελάτες μπορούν να εκτελέσουν τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Περιήγηση στον κατάλογο υπηρεσιών
- Ταξινόμηση των υπηρεσιών με διαφορετικά κριτήρια (όπως όνομα, τύπος υπηρεσίας, πάροχος, κατηγορία, κλπ)
- Αναζήτηση υπηρεσιών στον κατάλογο υπηρεσιών χρησιμοποιώντας μια λειτουργία αναζήτησης πλήρους κειμένου
- Φιλτράρισμα των υπηρεσιών με όρους από ένα σύνολο κριτηρίων

Μέσω του Portal, ο χρήστης μπορεί να αγοράσει τα προϊόντα υπηρεσιών που θα επιλέξει. Αυτό γίνεται με το να παραγγείλει και να εγγραφεί σε μια εμπορεύσιμη υπηρεσία (προϊόν), αποδεχόμενος τους ισχύοντες όρους και προϋποθέσεις. Μια ολοκληρωμένη παραγγελία για μια υπηρεσία ονομάζεται εναλλακτικά και ως συνδρομή του χρήστη προς την υπηρεσία. Το TANDEM επιτρέπει την παραγωγή πολλαπλών συνδρομών στην ίδια υπηρεσία. Κατά την παραγγελία μιας υπηρεσίας, ο πελάτης μπορεί να διαλέξει μεταξύ των επιλογών που ορίζονται για την υπηρεσία και να δει τις λεπτομέρειες σχετικά με τους όρους και τις τιμές χρέωσης.

Όταν ένας πελάτης παραγγέλνει ένα προϊόν υπηρεσίας, το TANDEM ενεργοποιεί την υποκείμενη υπηρεσία σύμφωνα με τις παραμέτρους του συγκεκριμένου προϊόντος για τον τρόπο και την ποιότητα λειτουργίας της.

Το TANDEM προσφέρει διάφορα μέσα στους πελάτες για τη διαχείριση των υπαρχουσών συνδρομών τους (παραγγελιών προϊόντων). Οι χρήστες με τον κατάλληλο ρόλο (π.χ. οι διαχειριστές των οργανισμών των πελατών) μπορούν εκτελέσουν τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Να περιηγηθούν στις παραγγελίες προϊόντων και να αναζητήσουν συγκεκριμένες παραγγελίες χρησιμοποιώντας τη λειτουργία αναζήτησης και φιλτραρίσματος.
- Να αναβαθμίσουν ή να υποβαθμίσουν μια παραγγελία προϊόντος σε διαφορετικό μοντέλο χρήσης ή τιμής όπως προσφέρεται από τον προμηθευτή.
- Να τροποποιήσουν στοιχεία της παραγγελίας προϊόντος ή να την διαγράψουν.

Μια σημαντική δυνατότητα που προσφέρεται προς τον χρήστη, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2.7.2 είναι η υλοποίηση μιας σύνθετης υπηρεσίας με χρήση του εργαλείου Ενορχηστρωτής Αλυσίδων Υπηρεσιών. Μια σύνθετη υπηρεσία μπορεί να δημιουργηθεί από έναν χρήστη που είχε τα αντίστοιχα δικαιώματα βάσει του ρόλου του.

Επιπλέον, το γραφικό περιβάλλον παρέχει έναν απλό και εύχρηστο τρόπο για τον ορισμό και το ανέβασμα μιας υπηρεσίας και των διαφορετικών εκδόσεών της. Η εγγραφή μιας υπηρεσίας περιλαμβάνει στοιχεία όπως όνομα, κατηγορία, έκδοση, περιγραφή, παραμέτρους διαμόρφωσης και λειτουργίας, περιγραφή των λειτουργιών της, απαιτήσεις σε υπολογιστικούς και αποθηκευτικούς πόρους, απαιτήσεις επικοινωνίας, άλλες υπηρεσίες που χρειάζεται, κλπ.

Μετά την εγγραφή μιας υπηρεσίας, ένας Διαχειριστής πρέπει να διορίσει έναν ή περισσότερους χρήστες που θα είναι σε θέση να δημιουργήσουν προσφορές υπηρεσιών (δηλαδή προϊόντα) με βάση την τεχνική υπηρεσία. Οι χρήστες αυτοί λειτουργούν ως προμηθευτές και θα πρέπει να έχουν προηγουμένως καταχωρηθεί με τον κατάλληλο ρόλο. Ένας προμηθευτής μπορεί να είναι ένας διαχειριστής ενός οργανισμού ή ένας υπάλληλος στον οποίο δίνεται το δικαίωμα δημιουργίας προϊόντων υπηρεσίας για συγκεκριμένες τεχνικές υπηρεσίες.

Μια καταχωρημένη τεχνική υπηρεσία μπορεί να μεταβληθεί σε εμπορεύσιμη υπηρεσία (προϊόν υπηρεσίας). Μια εμπορεύσιμη υπηρεσία είναι μια προσφορά υπηρεσιών προς τους πελάτες βάσει μιας τεχνικής υπηρεσίας που παρέχεται από έναν πάροχο τεχνολογίας. Καθορίζει παραμέτρους, συνθήκες και περιορισμούς για τη χρήση της υποκείμενης υπηρεσίας. Οι προμηθευτές είναι υπεύθυνοι για τον ορισμό των εμπορεύσιμων υπηρεσιών. Αυτοί πρέπει να καθορίσουν επίσης ένα μοντέλο τιμής για κάθε εμπορεύσιμη υπηρεσία πριν από τη δημοσίευση της υπηρεσίας και την παροχή της στους πελάτες για συνδρομή. Για κάθε τεχνική υπηρεσία, μπορεί να οριστεί οποιοσδήποτε αριθμός **εμπορεύσιμων υπηρεσιών (προϊόντων)**, εφαρμόζοντας διαφορετικά μοντέλα τιμών, διαμορφώσεις και επιλογές αναβάθμισης και υποβάθμισης. Ένας προμηθευτής θα μπορούσε, για παράδειγμα, να ορίσει τρεις εμπορεύσιμες υπηρεσίες με βάση μια **τεχνική υπηρεσία**, προσφέροντας έτσι τρεις διαφορετικές εκδόσεις μιας εφαρμογής στους πελάτες του. Εάν επιτρέπεται από την υποκείμενη υπηρεσία, συγκεκριμένες παράμετροι μπορούν να λάβουν διαφορετικές τιμές τις οποίες οι προμηθευτές μπορούν να κάνουν διαθέσιμες στους πελάτες ως διαφορετικές επιλογές. Όταν ένας πελάτης εγγραφεί στην υπηρεσία, μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε αυτές τις επιλογές. Αυτό καθιστά τους ορισμούς υπηρεσιών ευέλικτους, δεδομένου ότι δεν υπάρχει ανάγκη καθορισμού ξεχωριστών υπηρεσιών για κάθε επιλογή που θέλουν να προσφέρουν οι

προμηθευτές. Οι προμηθευτές έχουν επίσης την δυνατότητα να μεταβάλλουν τον ορισμό μιας εμπορεύσιμης υπηρεσίας ανά πάσα στιγμή. Εάν οι προμηθευτές δεν θέλουν πλέον να προσφέρουν μια εμπορεύσιμη υπηρεσία στους πελάτες, μπορούν να διαγράψουν ή να μεταβάλλουν τα προϊόντα τους που εμπεριέχουν την υπηρεσία.

Τέλος, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να παρακολουθεί και να επεξεργαστεί το προφίλ του και να αλλάζει τα προσωπικά του στοιχεία, καθώς επίσης και να διαχειριστεί δεδομένα που αφορούν τους πελάτες του ή άλλους χρήστες του οργανισμού του. Συγκεκριμένα, για την εγγραφή χρηστών, υπάρχουν τρεις τρόποι με τους οποίους οι πελάτες μπορούν να εγγράψουν χρήστες:

- Ο διαχειριστής ενός οργανισμού πελατών μπορεί να εγγράψει τους χρήστες του οργανισμού.
- Μπορεί να επιτραπεί στους οργανισμούς πελατών να χρησιμοποιούν το δικό τους σύστημα διαχείρισης ταυτότητας ή έναν εξωτερικό πάροχο για διαχείριση και έλεγχο ταυτότητας χρήστη. Σε αυτήν την περίπτωση, οι χρήστες εισάγονται από το εξωτερικό σύστημα και εγγράφονται στο TANDEM με χρήση του REST API που παρέχει η υπηρεσία διαχείρισης χρηστών του TANDEM.
- Ο ιδιώτης μπορεί ο ίδιος να δημιουργήσει ένα λογαριασμό τύπου Προσωπικός (*Account Type: Personal*)

Συνοψίζοντας, η Εφαρμογή για τον Χρήστη επιτρέπει την πρόσβαση σε λειτουργίες που αναφέρονται στις προηγούμενες ενότητες, μέσα από ένα εύχρηστο γραφικό περιβάλλον.

2.7.16 Υπηρεσίες Ασφαλείας

Το θέμα της ασφάλειας σε όλες τις πλατφόρμες υπολογιστικού-νέφους (Cloud Computing) που παρέχουν υπηρεσίες και υποδομές είναι εξαιρετικά σημαντικό. Οι κρίσιμες οντότητες διαρκώς επιτηρούνται με σκοπό:

- Ταυτοποίηση (Identification),
- Αυθεντικοποίηση για Απόδοση δικαιωμάτων (Authorization), και

Στο επίπεδο της διαχείρισης *Χρηστών* η πλατφόρμα διαθέτει μία web-υπηρεσία για το διαχειριστή που επιτρέπει:

- την δημιουργία ενός λογαριασμού πρόσβασης με χαρακτηριστικά single-signin, δηλαδή ταυτοποίηση μόνο στο σημείο-εισόδου και στη συνέχεια ελεύθερη περιήγηση στη πλατφόρμα. Ένας στρατηγικός χρήστης της πλατφόρμας, για παράδειγμα μία Βιομηχανία που την εγκαθιστά για την εφαρμογή τεχνητής-ευφυΐας στη γραμμή-παραγωγής της, θα δημιουργήσει μία σειρά από χρήστες με κυμαινόμενα δικαιώματα (βάσει των ρόλων χρηστών που υποστηρίζονται από το TANDEM). Υπάρχει ο διαχειριστής ("Administrator") που έχει τον απόλυτο έλεγχο στη λειτουργία της. Επίσης υπάρχουν άλλοι χρήστες με λιγότερα δικαιώματα και πρόσβαση σε συγκεκριμένες υπηρεσίες – ο υπεύθυνος μηχανοργάνωσης αποθήκης θα έχει τον έλεγχο των ρομποτικών αυτοκινούμενων μηχανισμών. Επίσης ο υπεύθυνος ασφάλειας θα έχει πρόσβαση στην υπηρεσία επίβλεψης χώρων με κάμερες.

- την απόδοση δικαιωμάτων για χρήση υποδομών και υπηρεσιών του TANDEM. Ο εξουσιοδοτημένος χρήστης αποκτάει πρόσβαση στις προσφερόμενες οντότητες στο βαθμό που απαιτεί η τέλεση της εργασίας του. Ακολουθώντας αυτό το παράδειγμα ορίζεται η απλή συμμετοχή όπου μπορεί κάποιος να επωφεληθεί από μία υπηρεσία που τρέχει χωρίς όμως να διαμορφώσει το προφίλ εκτέλεσης της. Δηλαδή δεν μπορεί να τη σταματήσει και να την επανεκκινήσει με καινούργια χαρακτηριστικά. Αυτή είναι αρμοδιότητα ενός αναβαθμισμένου ρόλου.

2.7.16.1 Ασφάλεια και Ιδιωτικότητα στις λειτουργίες Διαδικτύου των Πραγμάτων του TANDEM

Το TANDEM στοχεύει σε τυπικά περιβάλλοντα υπολογιστικών νεφών στα άκρα του δικτύου, με έμφαση στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet of Things - IoT), όπου η διασύνδεση και διαχείριση συσκευών καθώς και η ασφάλεια των συσκευών και των δεδομένων τους είναι μια πρόκληση.

Η προσέγγιση του IoT παρέχει μία σύνδεση μεταξύ διάφορων συσκευών, αισθητήρων και αντικειμένων, τα οποία μπορούν να επικοινωνούν άμεσα μεταξύ τους χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση, παρά μόνο για τη διαμόρφωση επιλογών. Ολοένα και περισσότεροι τύποι συσκευών ενσωματώνονται στο IoT και κατ' επέκταση οι απαιτήσεις για την υποστήριξη και λειτουργία του σε μεγάλη κλίμακα αυξάνονται ραγδαία, κάτι που έχει ως συνέπεια την ανάγκη για τεχνικές ασφάλειας. Μέσω του IoT δίνεται η δυνατότητα στις συσκευές αυτές να διαμοιράζονται και να μεταδίδουν δεδομένα μέσω του διαδικτύου. Δεδομένου ότι οι κοινές πληροφορίες περιλαμβάνουν πολλά ιδιωτικά δεδομένα, το θέμα της προστασίας τους δεν είναι καθόλου αμελητέο. Τα διάφορα θέματα ασφάλειας όπως ιδιωτικότητα, εξουσιοδότηση, επαλήθευση, έλεγχος πρόσβασης, διαμόρφωση συστήματος κ.ά. αποτελούν βασικές προκλήσεις σε ένα περιβάλλον IoT [IOTSEC1][IOTSEC2].

Τα θέματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας στις λειτουργίες Διαδικτύου των Πραγμάτων του TANDEM καλύπτονται κατά κύριο λόγο μέσω των αντίστοιχων μηχανισμών της πλατφόρμας IoT που ενσωματώθηκε στο TANDEM.

Η πλατφόρμα EdgeX Foundry, που αξιοποιείται στα πλαίσια του TANDEM, χρησιμοποιεί μηχανισμούς και στοιχεία ασφάλειας [EXFSEC1] [EXFSEC2] [EXFSEC3] [EXFSEC4] για προστασία των δεδομένων καθώς και έλεγχο των συσκευών, αισθητήρων και γενικότερα των IoT αντικειμένων που διαχειρίζεται. Καθώς το EdgeX είναι μία πλατφόρμα ανεξάρτητη προμηθευτών, ανοιχτού λογισμικού στο άκρο του δικτύου, τα χαρακτηριστικά ασφαλείας του έχουν επίσης δημιουργηθεί σε μία βάση ανοιχτών διεπαφών και αντικαταστάσιμων ενοτήτων. Έχοντας την υπηρεσία ασφάλειας ενεργοποιημένη, ο διαχειριστής της πλατφόρμας έχει τη δυνατότητα να αρχικοποιήσει τα συστατικά ασφαλείας, να εγκαθιδρύσει ένα περιβάλλον εκτέλεσης για τις υπηρεσίες ασφαλείας, να διαχειρίζεται τον έλεγχο πρόσβασης χρηστών και να αποδίδει πρόσβαση σε πόρους για άλλες επιχειρησιακές υπηρεσίες EdgeX. Τα δύο βασικά συστατικά ασφαλείας του EdgeX είναι:

- Ασφαλής αποθηκευτικός χώρος (secret store) για δημιουργία, αποθήκευση και ανάκτηση απόρρητων πληροφοριών: Υπάρχουν διάφορων ειδών απόρρητες πληροφορίες που χρησιμοποιούνται ανάμεσα στα πλαίσια των μικροϋπηρεσιών του EdgeX Foundry όπως

στοιχεία σύνδεσης σε βάσεις δεδομένων, στοιχεία σύνδεσης σε υπηρεσίες, κωδικοί και πιστοποιητικά. Το secret store αποτελεί τη κεντρική αποθήκη αυτών των πληροφοριών και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία, αποθήκευση και ανάκτηση τέτοιων πληροφοριών σχετικών με διάφορες μικροϋπηρεσίες. Η επικοινωνία μεταξύ του secret store και των υπόλοιπων μικροϋπηρεσιών διασφαλίζεται από το πρωτόκολλο **Transport Layer Security (TLS)**. Η τρέχουσα υλοποίηση του secret store βασίζεται στο **Vault [Vault]**, ένα προϊόν ανοιχτού λογισμικού της εταιρείας **HashiCorp**. Το εργαλείο αυτό παρέχει μία ενοποιημένη διεπαφή για ασφαλή πρόσβαση σε οποιοδήποτε είδος απόρρητης πληροφορίας με ταυτόχρονη παροχή ελέγχου πρόσβασης και πολλαπλών μηχανισμών αυθεντικοποίησης.

- Πύλη API (API Gateway) για περιορισμό πρόσβασης στους REST πόρους του EdgeX και έλεγχο πρόσβασης: Αποτελεί το μοναδικό σημείο εισόδου για όλη τη REST κίνηση του EdgeX. Πρόκειται για το όριο μεταξύ των εξωτερικών πελατών και των μικροϋπηρεσιών του EdgeX, εμποδίζοντας την ανεξουσιοδότητη πρόσβαση στα REST APIs του EdgeX. Η πύλη API δέχεται τα αιτήματα των πελατών, επαληθεύει την ταυτότητά τους, ανακατευθύνει τα αιτήματα στην αντίστοιχη μικροϋπηρεσία και αναμεταδίδει τα αποτελέσματα πίσω στον πελάτη. Παρέχει επίσης μία HTTP REST διεπαφή για διαχείριση διοίκησης η οποία προσφέρει τρόπο για διαμόρφωση της δρομολόγησης API, καθώς και για αυθεντικοποίηση πελατών και έλεγχο πρόσβασης. Η πύλη API βασίζεται στο εργαλείο **KONG [KONG]**.

Το EdgeX Foundry επίσης υποστηρίζει δημιουργία λογαριασμού χρήστη με προαιρετική αυθεντικοποίηση (OAuth2 ή JWT) και λογαριασμούς χρηστών που κατατάσσονται σε ομάδες Λιστών Ελέγχου Πρόσβασης (Access Control List - ACL) για εκχώρηση συγκεκριμένων δικαιωμάτων πρόσβασης σε κάθε λογαριασμό.

2.8 Μοντέλο Πληροφορίας

Η αρχιτεκτονική του TANDEM συνοδεύεται από ένα μοντέλο πληροφορίας, το οποίο χρησιμοποιείται για την:

- Περιγραφή και ανακοίνωση των προσφερόμενων υπηρεσιών, τη διαβίβαση αιτημάτων κατανάλωσης υπηρεσιών, καθώς και την αντιστοίχιση αιτημάτων κατανάλωσης με προσφερόμενες υπηρεσίες.
- Περιγραφή των χρηστών και των κριτηρίων τιμολόγησης
- Περιγραφή των πληροφοριών χρήσης και κατάστασης του συστήματος
- Περιγραφή των υποστηρικτικών οντοτήτων Διαδικτύου των Πραγμάτων (όπως η Συσκευή και ο Οδηγός Συσκευής)

Το μοντέλο πληροφορίας του TANDEM λαμβάνει υπόψιν το μοντέλο του TM Forum [TMForum] και το αντίστοιχο μοντέλο από το ETSI MEC [MEC], καθώς το TANDEM αποσκοπεί στην υποστήριξη επικοινωνίας μεταξύ υπηρεσιών νέφους (cloud native applications). Πιο συγκεκριμένα, στο μοντέλο πληροφορίας του TANDEM λαμβάνονται υπόψη και οι περιγραφείς MEC, επονομαζόμενοι ως **AppD**, για την περιγραφή των χαρακτηριστικών μιας υπηρεσίας.

2.8.1 Μοντελοποίηση Υπηρεσιών

Στο TANDEM υπάρχουν οι παρακάτω συσχετιζόμενες έννοιες:

1. Δομο-ενότητα (function) ή Στοιχειώδη Υπηρεσία (elementary service)
2. Υπηρεσία (Service)
3. Εφαρμογή (Application)

Η ιεραρχία αυτών των εννοιών είναι:

Εφαρμογή (Application) → Υπηρεσία(Service) → Function (Δομο-ενότητα ή Στοιχειώδης Υπηρεσία)

- Η **Δομο-ενότητα (function)** είναι μια σειρά από λειτουργίες με συγκεκριμένο σκοπό που συνθέτουν τη μικρότερη δυνατή εγκαταστάσιμη μονάδα λογισμικού. Μπορεί να αντιστοιχηθεί στην έννοια της Εικονικοποιημένης Δικτυακής Λειτουργίας (Virtual Network Function) του NFV MANO. Σε αυτό το κείμενο χρησιμοποιείται ισοδύναμα με τον όρο Υπηρεσία (Service) και περιγράφει μια υπηρεσία που μπορεί να αποτελέσει δομική ενότητα άλλων πιο σύνθετων υπηρεσιών ή εφαρμογών (Στοιχειώδης Υπηρεσία). Η σύνθεση δομο-ενοτήτων μπορεί να οδηγήσει σε υπηρεσίες με τον ίδιο τρόπο που η σύνθεση απλών υπηρεσιών μπορεί να οδηγήσει σε πιο πολύπλοκες υπηρεσίες. Λειτουργεί ως εικονικοποιημένη υπηρεσία (σε εικονικές μηχανές (VMs) ή containers), πάνω από την υποδομή εικονικοποίησης που παρέχεται από το TANDEM. Μπορεί να έχει συσχετισμένους κανόνες και απαιτήσεις, όπως απαιτούμενους πόρους, δικτυακές απαιτήσεις, απαιτούμενες ή χρήσιμες υπηρεσίες κ.λπ. Αυτές οι απαιτήσεις επικυρώνονται από τη διαχείριση επιπέδου συστήματος TANDEM. Παράδειγμα δομοενότητας στο TANDEM και στη θεματική ενότητα του IoT είναι ο έλεγχος των μετρήσεων από αισθητήρες για τον εντοπισμό περιέργων τιμών.
- Η **Υπηρεσία (Service)** αποτελεί σύνθεση 2 ή περισσότερων στοιχειωδών υπηρεσιών. Μπορεί να αντιστοιχηθεί στην έννοια της Δικτυακής Υπηρεσίας (Network Service) του NFV MANO.
- Η **Εφαρμογή (Application)** είναι μία οργανωμένη ενότητα συνεργαζόμενων υπηρεσιών που ικανοποιούν μια συγκεκριμένη ανάγκη του τελικού χρήστη (π.χ. εφαρμογή επιτήρησης χώρου ή ελέγχου λειτουργίας Data Room). Μπορεί να αντιστοιχεί σε μία Υπηρεσία Εφαρμογής ή να αποτελεί τη σύνθεση υπηρεσιών του TANDEM που μπορεί να λειτουργούν και σε διαφορετικούς κόμβους. Η εφαρμογή μπορεί να παρέχει ή να καταναλώσει υπηρεσίες του TANDEM. Λειτουργεί ως εικονικοποιημένη εφαρμογή (οι υπηρεσίες-συστατικά της υλοποιούνται σε εικονικές μηχανές (VMs) ή containers), πάνω από την υποδομή εικονικοποίησης που παρέχεται από το TANDEM. Μπορεί να έχει συσχετισμένους κανόνες και απαιτήσεις, όπως απαιτούμενους πόρους, χαρακτηριστικά δικτύου, απαιτούμενες ή χρήσιμες υπηρεσίες κ.λπ. για κάθε συστατικό της. Αυτές οι απαιτήσεις επικυρώνονται από τη διαχείριση επιπέδου συστήματος TANDEM. Στην περίπτωση που αποτελεί το αποτέλεσμα σύνθεσης υπηρεσιών, προγράφεται με ένα δομημένο αρχείο κειμένου (με όλη τη λογική σύνδεσης των υπηρεσιών και των συσκευών) που περιέχει τις οδηγίες προς τις επιλεγμένες μηχανές διαχείρισης γεγονότων και ροών εργασιών (event & workflow engines) για την υλοποίηση της λογικής της εφαρμογής. Για παράδειγμα, στο TANDEM, με την σύνθεση υπηρεσιών που παρέχει η πλατφόρμα και με κύρια την υπηρεσία Αναγνώρισης Αντικειμένων, θα μπορούσε να

δημιουργηθεί μια ολοκληρωμένη εφαρμογή για Έξυπνες Καλλιέργειες όπου ο γεωργός μπορεί να φορτώσει φωτογραφίες από drone από το χωράφι του και το σύστημα να αναγνωρίσει προβλήματα με αρρώστιες και ανομβρία.

Στις υπηρεσίες πραγματοποιείται η παρακάτω διάκριση:

- **Υποστηρικτικές Υπηρεσίες (Supporting Services):** Οι υπηρεσίες που απαιτούνται για τη λειτουργία Υπηρεσιών Εφαρμογής ή τη δημιουργία Εφαρμογών (Applications). Για παράδειγμα, πρέπει να έχουμε την βοηθητική υπηρεσία πρόσβασης σε δεδομένα από εξωτερικές συσκευές, για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε την υπηρεσία ανάλυσης αυτών των δεδομένων.
- **Υπηρεσίες Εφαρμογής (Application Services):** Οι βασικές υπηρεσίες προς τον πελάτη σε αντιδιαστολή με τις υποστηρικτικές υπηρεσίες. Είναι οι υπηρεσίες που θέλει να χρησιμοποιήσει ο πελάτης αλλά πολλές φορές μπορεί να χρειάζεται να συνδυαστούν με υποστηρικτικές υπηρεσίες για να προσφερθούν και να αποτελέσουν Εφαρμογή (Application) προς τον πελάτη.
- **Υπηρεσίες Εφαρμογής Χρήστη (User Application Services):** Υπηρεσίες που εγκαθιστά ο Τελικός Χρήστης στις Υποδομές Τρίτου (π.χ. στην υποδομή του παρόχου του TANDEM). Οι υπηρεσίες αυτές μπορούν να επικοινωνήσουν με τις άλλες υπηρεσίες της υποδομής για να χρησιμοποιούνται λειτουργίες τους, ή μπορούν να προσφέρουν δικές τους λειτουργίες.

Για όλες τις παραπάνω έννοιες το TANDEM έχει δημιουργήσει ένα κοινό μοντέλο υπηρεσιών. Το μοντέλο αυτό επεκτείνει το μοντέλο του **ETSI MEC** με στοιχεία από το αντίστοιχα μοντέλα του **TM Forum** και του **Open Service Catalogue Manager** με στόχο την επιπλέον κάλυψη των επιχειρηματικών πτυχών (πώς η υπηρεσία προσφέρεται στον πελάτη), Έτσι το TANDEM διαχειρίζεται τον μετασχηματισμό μιας τεχνικής υπηρεσίας σε εμπορεύσιμη υπηρεσία (προϊόν) με την προσθήκη στοιχείων όπως τιμολόγησης και SLA, και εκτός από τον κύκλο ζωής της υπηρεσίας διαχειρίζεται και τον κύκλο ζωής της προσφοράς προϊόντων και της παραγγελίας προϊόντων.

Το TANDEM δίνει τη δυνατότητα στους πελάτες του να εγκαταστήσουν το δικό τους λογισμικό σε μορφή containers. Στην περίπτωση αυτή το TANDEM παρέχει υπηρεσίες φιλοξενίας λογισμικού, δηλαδή Εικονικοποιημένους Εξυπηρετητές (Virtual Machines) ή Containers με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.

Ορισμένα ουσιαστικά προβλήματα στη ζωή μίας βιώσιμης προιοοντικής λύσης που επιλύει μία καλοσχεδιασμένη υπηρεσία καταλόγου είναι τα ακόλουθα:

- Ορισμός **σωστών διαδικασιών εκκίνησης** υπηρεσιών στη πλατφόρμα TANDEM: Μία προσφερόμενη υπηρεσία μπορεί να είναι ιδιαίτερα σύνθετη και απαιτητική σε απαραίτητες υποδομές για να ξεκινήσει. Η υπηρεσία καταλόγου διαχειρίζεται τις απαιτήσεις και τις παραμέτρους λειτουργίας των υπηρεσιών οι οποίες λαμβάνονται υπόψη κατά την εκκίνησή τους ώστε να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία τους σε κόμβους που έχουν διαθέσιμους του απαιτούμενους πόρους.
- Εύκολος εντοπισμός των διαθέσιμων υπηρεσιών: Ο χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί σε μία συγκεντρωτική λίστα με όλες τις υπηρεσίες που έχει πρόσβαση,

να διαλέξει εκείνες που εξυπηρετούν τις ανάγκες του και να τις εκκινήσει με κανόνες διαμοίρασης φορτίου (load-balancing), συνέχισης λειτουργίας σε αστοχία (failover) και κλιμακωσιμότητας. Πρέπει να γίνει ιδιαίτερη αναφορά στη δυνατότητα ορισμού Αλυσίδων Υπηρεσιών (Service Chains), όπου καθορίζει ο χρήστης τη σειρά που θα εκτελεσθούν οι συνεργαζόμενες υπηρεσίες.

- Λεπτομερής καθορισμός κανόνων ασφάλειας που επιτυγχάνουν **Πιστοποίηση (Authentication) και Εξουσιοδότηση (Authorization)**. Οι χρήστες συνδέονται στο TANDEM παρέχοντας username και password και έχουν πρόσβαση σε λειτουργίες και πόρους με βάση τον ρόλο τους. Οι διαχειριστές του συστήματος μπορούν να συσχετίσουν την απόκτηση προϊόντων με συγκεκριμένες κατηγορίες (ρόλους) χρηστών. Διαφορετικότητα μπορεί να υπάρχει στα χαρακτηριστικά του τρόπου παροχής των υπηρεσιών μέσω των διαφορετικών προϊόντων που ορίζονται με βάση μια υπηρεσία, όπου για κάποιους συνδρομητές μπορεί να προσφέρεται με διαφορετική ποιότητα και χαρακτηριστικά σε σχέση με άλλους. Επίσης, ένας άλλος παράγοντας διαφοροποίησης είναι οι διατιθέμενες υπολογιστικές υποδομές ώστε η κατανάλωση μεγάλου αριθμού πόρων να συνεπάγεται και υψηλότερο τιμολόγιο.

2.8.1.1 Κατάλογος Υπηρεσιών

Ο Κατάλογος (μητρώο) Υπηρεσιών (Service Catalogue) αποτελεί την βασική οντότητα για τη διαχείριση υπηρεσιών και έχει κεντρικό ρόλο σε κάθε πλατφόρμα παροχής υπηρεσιών, όπως είναι το TANDEM. Είναι ένα σύνολο προδιαγραφών υπηρεσίας που διατίθενται μέσω υποψηφίων υπηρεσιών, των λεγόμενων τεχνικών υπηρεσιών, τις οποίες παρέχει ένας οργανισμός προς τους καταναλωτές (εσωτερικούς καταναλωτές όπως οι υπάλληλοί του ή πελάτες B2B ή πελάτες B2C). Ο κατάλογος περιλαμβάνει μια λίστα με υποψήφια υπηρεσίες, δηλαδή υπηρεσίες που μπορούν να διατεθούν ως προϊόντα στην αγορά, οι οποίες ορίζονται στον κατάλογο ως στοιχεία τύπου Service. Για κάθε υποψήφια υπηρεσία θα πρέπει να ορίζονται το όνομα, η περιγραφή και η χρονική περίοδος για την οποία ισχύει. Στον Πίνακας 9 φαίνεται το μοντέλο πληροφορίας για τον κατάλογο υπηρεσιών (ServiceCatalog), το οποίο έχει βασιστεί στο TM Forum [TMF633].

Πίνακας 9: Μοντέλο πληροφορίας για τον κατάλογο υπηρεσιών (ServiceCatalog) [TMF633]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό (identifier) για τον κατάλογο υπηρεσιών
href	String	Μοναδική αναφορά (reference) για αυτόν τον κατάλογο
name	String	Όνομα του καταλόγου υπηρεσιών
description	String	Περιγραφή του καταλόγου
type	String	Αναπαριστά τον πραγματικό τύπο κλάσης μιας οντότητας
schemaLocation	Uri	Περιγράφει τις ιδιότητες που ορίζονται από τον χρήστη ή τα αναμενόμενα χαρακτηριστικά για τον κατάλογο
baseType	String	Η βασική κλάση
version	String	Έκδοση του ServiceCatalog

lastUpdate	DateTime	Ημερομηνία και ώρα τελευταίας ενημέρωσης
lifecycleStatus	String	Χρησιμοποιείται για την ένδειξη της τρέχουσας κατάστασης του κύκλου ζωής του καταλόγου
category	Λίστα από αναφορές σε κατηγορίες (CategoryRef) (Πίνακας 11)	Μια λίστα από κατηγορίες υπηρεσιών που σχετίζονται με αυτόν τον κατάλογο.
relatedParty	Μια λίστα από συσχετιζόμενα μέρη (RelatedParty) (Πίνακας 10)	Λίστα μερών ή ρόλων που σχετίζονται με αυτήν την κατηγορία.

Ένα RelatedParty ορίζει τον ρόλο ή ένα συμβαλλόμενο μέρος που συνδέεται με μια συγκεκριμένη οντότητα.

Πίνακας 10: Μοντέλο πληροφορίας για τα σχετιζόμενα μέρη (RelatedParty) [TMF633]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό (identifier) για το σχετιζόμενο μέρος
href	String	Αναφορά (reference) για το σχετιζόμενο μέρος (party) ή ρόλο
name	String	Όνομα του σχετιζόμενου μέρους
role	String	Ρόλος του σχετιζόμενου μέρους
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο, το οποίο ορίζει επιπλέον ιδιότητες και σχέσεις
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση (super-class)
referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση

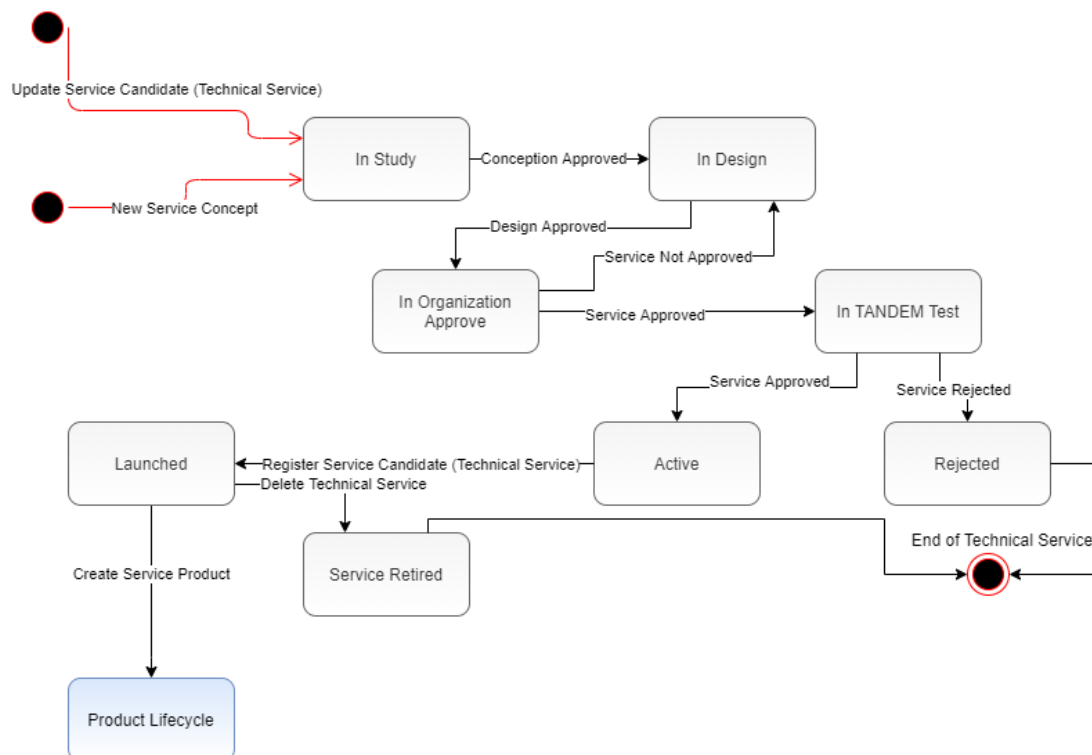
Η οντότητα για τον Κατάλογο Υπηρεσιών όπως και η συνδεδεμένη οντότητα για τα συσχετιζόμενα μέρη θα μπορούσε να απουσιάζει αν το σύστημα υποστηρίζει έναν μόνο κατάλογο. Ο Πίνακας 11 δείχνει το Μοντέλο Πληροφοριών για το CategoryRef. Οι κατηγορίες χρησιμοποιούνται για την ομαδοποίηση υπηρεσιών ή προϊόντων σε λογικές ομάδες. Οι κατηγορίες μπορούν να περιέχουν άλλες κατηγορίες [TMF633].

Πίνακας 11: Μοντέλο πληροφορίας για τις κατηγορίες υπηρεσιών (CategoryRef) [TMF633]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό για την κατηγορία
href	String	Αναφορά υπερκειμένου (hypertext reference) για την κατηγορία
name	String	Όνομα της κατηγορίας
version	String	Έκδοση της κατηγορίας

Το Service είναι μια οντότητα που καθιστά μια προδιαγραφή υπηρεσίας (ServiceSpecification) διαθέσιμη στον κατάλογο. Ο κύκλος ζωής μιας τεχνικής υπηρεσίας, από την στιγμή της σύλληψης της ιδέας για την δημιουργία της συγκεκριμένης υπηρεσίας μέχρι και την μετατροπή της σε εμπορεύσιμο προϊόν, φαίνεται στην *Εικόνα 10*, η οποία έχει βασιστεί

στο πρότυπο του TM Forum για το ServiceCandidate [TMF633]. Η διαχείριση του κύκλου ζωής των τεχνικών υπηρεσιών περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται για το σχεδιασμό, την κατασκευή, την ανάπτυξη, τη συντήρηση και, τελικά, την απόσυρση ενός στοιχείου υπηρεσίας.



Εικόνα 10: Διάγραμμα καταστάσεων για μια υποψήφια τεχνική υπηρεσία (Technical Service)

Όταν ξεκινά η σύλληψη μιας υπηρεσίας, η πρώτη κατάσταση της είναι "In Study", δηλαδή υπό μελέτη. Όταν γίνει αποδεκτή η σύλληψη της υπηρεσίας, η κατάστασή της αλλάζει σε "Υπό Σχεδιασμό" ("In Design"). Εάν το σχέδιο εγκριθεί, τίθεται προς επικύρωση από τον οργανισμό στον οποίο ανήκει ο δημιουργός της υπηρεσίας ("In Organization Approve"). Για παράδειγμα, αν η υπηρεσία δημιουργήθηκε από έναν υπάλληλο του οργανισμού, τότε αυτή θα πρέπει να εγκριθεί επίσης από τους ανωτέρους του. Εάν δεν εγκριθεί, θα πρέπει να γίνουν αλλαγές στην υλοποίησή της και έτσι επιστρέφει στην κατάσταση "In Design". Μετά την εσωτερική οργανωτική έγκριση, η κατάστασή της αλλάζει σε "In TANDEM Test". Σε αυτήν την κατάσταση, γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι από το σύστημα του TANDEM ώστε να εξακριβωθεί ότι η υπηρεσία είναι ασφαλής και μπορεί να υποστηριχτεί από την πλατφόρμα. Τότε, είτε το TANDEM αποδέχεται την υπηρεσία (Service Approved) και στη συνέχεια η κατάστασή της αλλάζει σε "Ενεργή" ("Active") ή απορρίπτεται (Service Rejected) και η κατάστασή της αλλάζει σε "Απορρίφθηκε" ("Rejected"). Αυτή η κατάσταση είναι μια τελική κατάσταση. Όταν μια υπηρεσία βρίσκεται σε κατάσταση "Active" σημαίνει ότι έχει επικυρωθεί και δοκιμαστεί, αλλά εξακολουθεί να μην έχει καταχωρηθεί ως διαθέσιμη τεχνική υπηρεσία στον κατάλογο. Με άλλα λόγια, δεν έχει δημιουργηθεί ακόμα το αντίστοιχο Service. Όταν ολοκληρωθεί η εγγραφή της υπηρεσίας ως Service, η κατάστασή της αλλάζει σε "Launched". Αυτή τη στιγμή, ο πάροχος της υπηρεσίας μπορεί να δημιουργήσει προϊόντα με αυτό το Service και να ενεργοποιήσει το κύκλο ζωής για κάθε προϊόν ("Product Lifecycle").

Όταν επιλέγεται από τον πάροχο της υπηρεσίας, αυτή μπορεί να διαγραφεί και η κατάστασή της αλλάζει σε "Αποσυρμένη" ("Service Retired").

Μια προδιαγραφή υπηρεσίας μπορεί να αποτελείται από άλλες προδιαγραφές υπηρεσίας. Κάποια από τα βασικότερα χαρακτηριστικά μιας τεχνικής υπηρεσίας είναι η περιγραφή, τα ονόματα των συνδεδεμένων υπηρεσιών, η κατάσταση του κύκλου ζωής, οι περιγραφές για τους υπολογιστικούς και αποθηκευτικούς πόρους που απαιτούνται, το αρχείο (εικόνα) που περιέχει το λογισμικό, η εξάρτηση από άλλες υπηρεσίες, οι απαιτήσεις σχετικά με την καθυστέρηση, και άλλα. Τα χαρακτηριστικά αυτά φαίνονται στο μοντέλο πληροφορίας για μια υποψήφια υπηρεσία (Πίνακας 12). [TMF633] [ETSIMEC010]

Πίνακας 12: Μοντέλο πληροφορίας για την υποψήφια υπηρεσία (Service) [TMF633]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
serId	String	Μοναδικό αναγνωριστικό για την υπηρεσία
serName	String	Όνομα της υπηρεσίας
serType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
serProvider	String	Ο πάροχος της υπηρεσίας
serDescription	String	Περιγραφή της υπηρεσίας
serCategory	Κατηγορία της υπηρεσίας (CategoryRef) (Πίνακας 11)	Κατηγορία της υποψήφιας υπηρεσίας
serVersion	String	Η έκδοση της υποψήφιας υπηρεσίας
state	String	Υποδεικνύει την τρέχουσα κατάσταση του κύκλου ζωής της υπηρεσίας
serAPIDescriptionURL	Λίστα από Strings	Περιλαμβάνει τα URLs απ'όπου μπορούμε να δούμε την περιγραφή και τα APIs της υπηρεσίας
serConfigParams	Λίστα από Parameters (Πίνακας 17)	Παράμετροι διαμόρφωσης για τη λειτουργία της υπηρεσίας
serOperations	Λίστα από serviceOperation (Πίνακας 16)	Περιγράφει τις λειτουργίες που προσφέρονται από αυτήν την υπηρεσία
serComputeReq	VirtualComputeDescriptor (Πίνακας 13)	Περιγράφει τις απαιτήσεις για CPU και μνήμη που πρέπει να πληροί η μηχανή εικονικοποίησης (virtualization machine)
serStorageReq	VirtualStorageDescriptor (Πίνακας 15)	Περιγράφει τους πόρους εικονικής αποθήκευσης που απαιτούνται για την υπηρεσία
serLatencyReq	LatencyDescriptor (Πίνακας 19)	Περιγράφει τη μέγιστη καθυστέρηση που είναι ανεκτή από την υπηρεσία

serThroughputReq	ThroughputDescriptor (Πίνακας 20)	Περιγράφει τον ρυθμό δεδομένων (throughput) που απαιτείται για την υπηρεσία
SerServiceReq	Λίστα από ServiceDependency (Πίνακας 18)	Περιλαμβάνει τις υπηρεσίες που χρειάζεται η υπηρεσία για να εκτελεστεί
serServiceOptional	Λίστα από ServiceDependency (Πίνακας 18)	Περιλαμβάνει τις υπηρεσίες που μπορεί να χρησιμοποιήσει η τρέχουσα, υπηρεσία αν αυτές είναι διαθέσιμες
SerSwImage	SwImageDescriptor (Πίνακας 14)	Περιγράφει την εικόνα λογισμικού (software image) που φορτώνεται απευθείας στην εικονικοποιημένη μηχανή που δημιουργεί αυτήν την υπηρεσία
transportType	String	Αντιπροσωπεύει είδη μεταφοράς, όπως RESTful API με χρήση HTTP, Topic-based message bus το οποίο δρομολογεί τα μηνύματα στους παραλήπτες βάσει συνδρομών (π.χ. MQTT), Publish-subscribe based message bus το οποίο διανέμει τα μηνύματα σε όλους τους συνδρομητές, Remote procedure call, Websocket, κλπ.
transportProtocol	String	Το πρωτόκολλο μεταφοράς
scopeOfLocality	String	Προσδιορίζει εάν μια υπηρεσία είναι ανιχνεύσιμη και τοπική σε μια εφαρμογή TANDEM. Το είδος της εντοπιότητας εκφράζεται από "consumedLocalOnly" και "isLocal". Δυνατές τιμές TANDEM Node, TANDEM Cluster, TANDEM System. Εάν απουσιάζει, ορίζεται από προεπιλογή σε TANDEM Cluster.
consumedLocalOnly	Boolean	Δείχνει εάν η υπηρεσία μπορεί να καταναλωθεί μόνο από εφαρμογές που βρίσκονται στην ίδια τοποθεσία (όπως αυτή ορίζεται από το scopeOfLocality) με αυτό το στιγμιότυπο υπηρεσίας. Δυνατές τιμές ΣΩΣΤΟ ή ΛΑΘΟΣ. Η προεπιλογή είναι ΣΩΣΤΟ εάν απουσιάζει
isLocal	Boolean	Δείχνει εάν η υπηρεσία είναι στην ίδια τοποθεσία (όπως αυτή ορίζεται από το scopeOfLocality) με την εφαρμογή που την χρησιμοποιεί. Δυνατές τιμές ΣΩΣΤΟ ή ΛΑΘΟΣ.

		Η προεπιλογή είναι ΣΩΣΤΟ εάν απουσιάζει
--	--	---

Οι Πίνακες Πίνακας 13 με Πίνακας 20 περιγράφουν τους υπόλοιπους τύπους μεταβλητών που χρειάζονται για να οριστεί μια υπηρεσία.

Το στοιχείο πληροφορίας του **VirtualComputeDescriptor** υποστηρίζει τον προσδιορισμό των απαιτήσεων που σχετίζονται με τους εικονικούς υπολογιστικούς πόρους.

Πίνακας 13: Μοντέλο πληροφορίας για την περιγραφή εικονικών υπολογιστικών πόρων για μια υπηρεσία (VirtualComputeDescriptor)

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
serMemorySize	Float	Μέγεθος εικονικής μνήμης (π.χ. σε MB)
serMemorySizeMU	String	Μονάδα μέτρησης του μεγέθους της μνήμης
serCPUArchitecture	String	Τύπος αρχιτεκτονικής της CPU (π.χ. x86, ARM)
serNumVirtualCPUs	Integer	Αριθμός εικονικών CPU
serVirtualCPUClock	Float	Ελάχιστος ρυθμός ρολογιού (clock rate) της εικονικής CPU (π.χ. σε MHz)
serNumVirtualCPUsMU	String	Μονάδα μέτρησης του πλήθους των CPUs (π.χ. millicores)
serNumVirtualGPUs	Integer	Αριθμός εικονικών GPU

Το **SwImageDescriptor** περιγράφει την εικόνα λογισμικού για μία συγκεκριμένη Μονάδα Εικονικής Ανάπτυξης (Virtual Deployment Unit, VDU) που βασίζεται σε VM, ένα OS Container ή έναν εικονικό πόρο αποθήκευσης.

Πίνακας 14: Μοντέλο πληροφορίας για την περιγραφή της εικόνας λογισμικού μιας υπηρεσίας (SwImageDescriptor) [ETSINFV]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
serSWImageId	String	Μοναδικό αναγνωριστικό της εικόνας λογισμικού (software image)
serSWImageName	String	Το όνομα αυτής της εικόνας λογισμικού
serSWImageContainerFormat	String	Περιγράφει τη μορφή του αρχείου του κοντέινερ (container file) στην οποία παρέχεται η εικόνα λογισμικού
serSWImageSizeinMBs	Float	Το μέγεθος της εικόνας λογισμικού
serSWImageOS	String	Προσδιορίζει το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιείται στην εικόνα λογισμικού. Αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί επίσης να προσδιορίζει εάν η εικόνα λογισμικού που χρησιμοποιείται είναι των 32 ή 64 bit
serSWImageURL	String	Η διεύθυνση URL της εικόνας λογισμικού

Το στοιχείο πληροφορίας του **VirtualStorageDescriptor** υποστηρίζει τις προδιαγραφές των απαιτήσεων που σχετίζονται με τους μόνιμους εικονικούς πόρους αποθήκευσης. Η προσωρινή εικονική αποθήκευση καθορίζεται στο στοιχείο πληροφορίας του VirtualComputeDescriptor.

Πίνακας 15: Μοντέλο πληροφορίας για την περιγραφή της εικονικής αποθήκευσης (VirtualStorageDescriptor) [ETSINFV]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
serTypeOfStorage	String	Τύπος εικονικού πόρου αποθήκευσης (π.χ. όγκος (volume), αντικείμενο (object))
serSizeOfStorage	Float	Μέγεθος του εικονικού πόρου αποθήκευσης (π.χ. μέγεθος όγκου σε GB)
serSizeOfStorageMU	String	Μονάδα μέτρησης του μεγέθους της μνήμης

Ο τύπος δεδομένων **serviceOperation** υποστηρίζει την λειτουργικότητα της υπηρεσίας.

Πίνακας 16: Μοντέλο πληροφορίας για την λειτουργία της υπηρεσίας (serviceOperation)

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
serOperationName	String	Το όνομα της λειτουργίας.
serOperationEndPoint	String	Η διεπαφή (API call) από την οποία καλούμε την λειτουργία.
serOperationDescription	String	Περιγραφή της λειτουργίας.
serOperationType	String	Το είδος της λειτουργίας (Synchronous, Asynchronous).
serOperationInputParams	Λίστα από Parameters (Πίνακας 17)	Καθορίζει τις παραμέτρους εισόδου της λειτουργίας.
serOperationOutputParams	Λίστα από Parameters (Πίνακας 17)	Καθορίζει τις παραμέτρους εξόδου της λειτουργίας.

Μία παράμετρος ορίζεται από τον τύπο δεδομένων **Parameter**.

Πίνακας 17: Μοντέλο πληροφορίας για την παράμετρο της υπηρεσίας (Parameter)

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
serParamName	String	Το όνομα της παραμέτρου
serParamType	String	Ο τύπος της παραμέτρου (string, number, boolean, null, object, array)
serParamValue	String	Η τρέχουσα τιμή της παραμέτρου, όταν η υπηρεσία εκτελείται
serParamDescr	String	Περιγραφή της παραμέτρου
serParamTypicalValue	String	Μια τυπική τιμή της παραμέτρου

Ο τύπος δεδομένων **ServiceDependency** υποστηρίζει τον καθορισμό των απαιτήσεων μιας υπηρεσίας που καταναλώνει και σχετίζεται με άλλες υπηρεσίες

Πίνακας 18: Μοντέλο πληροφορίας για τις εξαρτήσεις της υπηρεσίας (ServiceDependency)

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
serServiceId	String	Το μοναδικό αναγνωριστικό της εξαρτώμενης υπηρεσίας.

Ο τύπος δεδομένων **LatencyDescriptor** περιγράφει τις απαιτήσεις καθυστέρησης για μια υπηρεσία.

Πίνακας 19: Μοντέλο πληροφορίας για την περιγραφή ανεκτής καθυστέρησης (LatencyDescriptor) [ETSIMEC010]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
serLatencyTimeUnit	String	Μονάδα χρόνου, π.χ. ms
serLatencyValue	Float	Η τιμή της καθυστέρησης

Πίνακας 20: Μοντέλο πληροφορίας για την περιγραφή του απαιτούμενου ρυθμού δεδομένων (ThroughputDescriptor)

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
serThroughputMU	String	Μονάδα μέτρησης του ρυθμού δεδομένων, π.χ. Mbps
serThroughputValue	Float	Η τιμή του απαιτούμενου ρυθμού δεδομένων

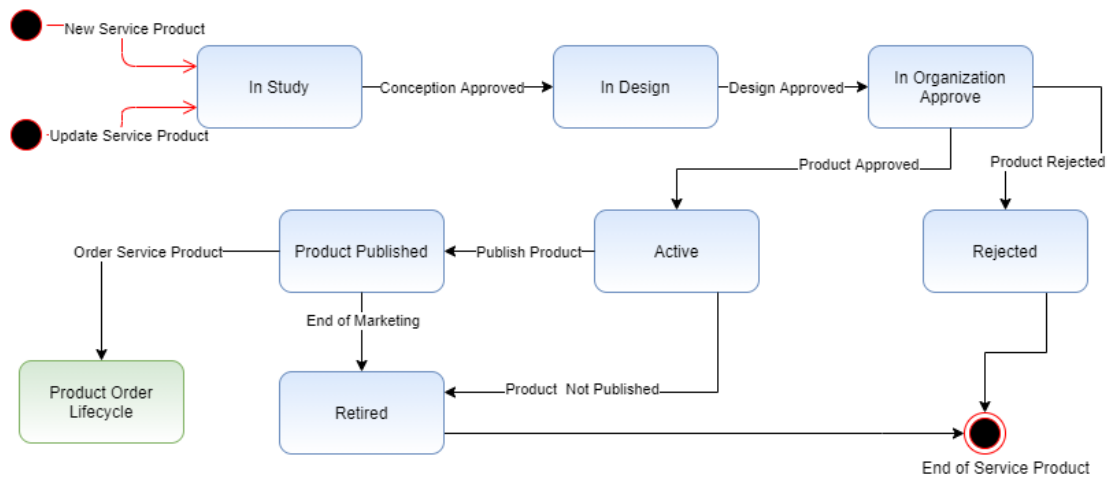
2.8.1.2 Προϊόντα (Products)

Προϊόν είναι η υπηρεσία με την προσθήκη των επιχειρηματικών πτυχών που σχετίζονται με το πώς η υπηρεσία προσφέρεται στον πελάτη. Μία (τεχνική) υπηρεσία μετασχηματίζεται σε εμπορεύσιμη υπηρεσία (δηλαδή προϊόν) με την προσθήκη στοιχείων όπως τιμολόγηση και Service Level Agreement (SLA).

Το προϊόν είναι η οντότητα που καταλήγει στο χρήστη και κρίνεται επιτυχημένο από το βαθμό ικανοποίησης που προσφέρει. Το TANDEM προσφέρει ως προϊόντα τις υπηρεσίες της πλατφόρμας καθώς και τη δυνατότητα χρήσης πόρων του για τη λειτουργία υπηρεσιών του χρήστη, οι οποίες πρέπει να συμμορφώνονται σε συγκεκριμένες προδιαγραφές και απαιτήσεις ασφάλειας. Κάθε υπηρεσία που λειτουργεί στην πλατφόρμα του TANDEM συνδέεται με:

1. Πόρους (Υπολογιστικούς, Δικτυακούς και Αποθήκευσης)
2. Λογισμικό
3. Υποστηρικτικές υπηρεσίες
4. Παραμέτρους αρχικοποίησης
5. Προδιαγραφές λειτουργίας

Η διαχείριση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται για το σχεδιασμό, την κατασκευή, την ανάπτυξη, τη συντήρηση και την απόσυρση του προϊόντος. Η δείχνει το διάγραμμα καταστάσεων ενός προϊόντος υπηρεσίας, το οποίο έχει βασιστεί στο [TMF620].



Εικόνα 11: Διάγραμμα καταστάσεων για ένα προϊόν υπηρεσίας (Service Product)

Όταν ξεκινά η σύλληψη ενός νέου προϊόντος ή η ενημέρωση ενός υπάρχοντος, η πρώτη κατάσταση του είναι "Υπό Μελέτη" ("In Study"). Όταν γίνει αποδεκτή η σύλληψη του προϊόντος, η κατάστασή του αλλάζει σε "Υπό Σχεδιασμό" ("In Design"). Εάν εγκριθεί ο σχεδιασμός, η κατάστασή του αλλάζει σε "In Organization Approve". Αυτό σημαίνει ότι, αν το προϊόν παρέχεται στο πλαίσιο ενός οργανισμού και είναι απαραίτητο, θα πρέπει να εγκριθεί από έναν ή περισσότερους υπεύθυνους του οργανισμού. Αν εγκριθεί, τότε η κατάστασή του αλλάζει σε "Ενεργό" ("Active"), ενώ αν απορριφθεί, η κατάστασή του αλλάζει σε "Απορρίφθηκε" ("Rejected"). Η κατάσταση αυτή είναι μια τελική κατάσταση. Όταν ένα προϊόν βρίσκεται σε κατάσταση "Active", σημαίνει ότι έχει επικυρωθεί και δοκιμαστεί, αλλά εξακολουθεί να μην είναι διαθέσιμο για πελάτες. Όταν αποφασιστεί η διάθεση του προϊόντος, τότε αυτό δημοσιεύεται στον κατάλογο και η κατάστασή του αλλάζει σε "Product Published". Αυτή τη στιγμή, οι πελάτες μπορούν να το αγοράσουν. Όταν γίνει μια παραγγελία για το προϊόν, ενεργοποιείται η διαχείριση του κύκλου ζωής της παραγγελίας (Εικόνα 12). Εάν το προϊόν δεν μπορεί να δημοσιευτεί, η κατάστασή του αλλάζει σε "Αποσυρμένο" ("Retired"). Η ίδια κατάσταση επιτυγχάνεται όταν σταματήσει η διάθεση του προϊόντος. Η κατάσταση "Retired" σημαίνει ότι δεν μπορεί να πωληθεί σε νέους πελάτες, αλλά οι προηγούμενοι πελάτες μπορούν να το έχουν.

Τα προϊόντα περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικές με τις τιμές και τον τρόπο που προσφέρονται στον κατάλογο προϊόντων. Το μοντέλο πληροφορίας του προϊόντος αναλύεται στους ακόλουθους πίνακες. [TMF620]

Πίνακας 21: Μοντέλο πληροφορίας για το προσφερόμενο προϊόν (Product) [TMF620]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
productId	String	Μοναδικό αναγνωριστικό για το προϊόν
productName	String	Όνομα του προϊόντος
productType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος

		δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
productProvider	String	Ο πάροχος του προϊόντος
productDescription	String	Περιγραφή του προϊόντος
productCategory	CategoryRef (Πίνακας 11)	Η κατηγορία χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση προϊόντων και υπηρεσιών σε λογικές ομάδες
productVersion	String	Η έκδοση του Product
ProductLifecycleStatus	String	Υποδεικνύει την τρέχουσα κατάσταση του κύκλου ζωής
productLifecycleStatusReason	String	Παρέχει συμπληρωματικές πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του κύκλου ζωής
productIsBundle	Boolean	Καθορίζει εάν ένα προϊόν αντιπροσωπεύει ένα μόνο προϊόν (false) ή μια δέσμη προϊόντων (true)
productIsSellable	Boolean	Μια σημαία (flag) που δείχνει εάν αυτή η προσφορά προϊόντος μπορεί να πωληθεί ανεξάρτητα ή όχι. Εάν αυτή η σημαία είναι ψευδής (false), αυτό σημαίνει ότι η προσφορά μπορεί να πωληθεί μόνο μέσα σε ένα πακέτο
productServiceId	String	Η υπηρεσία που διατίθεται ως προϊόν

productServiceName	String	Όνομα της υποψήφιας υπηρεσίας
productApplicationId	String	Η εφαρμογή που διατίθεται ως προϊόν. Κάθε προϊόν συνδέεται είτε με μια υπηρεσία, είτε με μια εφαρμογή. Όχι και με τις 2
productApplicationName	String	Όνομα της υποψήφιας εφαρμογής
productValidFrom	Date	Η ημερομηνία όπου ξεκινάει να είναι έγκυρη η προσφορά προϊόντος
productValidTo	Date	Η ημερομηνία όπου παύει να είναι έγκυρη η προσφορά προϊόντος
productLastUpdate	DateTime	Ημερομηνία και ώρα τελευταίας ενημέρωσης
productPricingModel	String	Το όνομα του μοντέλου τιμολόγησης
productPricePerChargeUnit	Λίστα από ProductOfferingPriceRef (Πίνακας 23)	Ένα ποσό, συνήθως χρήματα, που ζητείται όταν αγοράζεται, ενοικιάζεται ή μισθώνεται μια προσφορά προϊόντος. Η τιμή ισχύει για καθορισμένο χρονικό διάστημα και ενδέχεται να μην αντιπροσωπεύει την πραγματική τιμή που πληρώνεται από έναν πελάτη
productPriceCurrency	String	Το νόμισμα της αναγραφόμενης

		τιμής του προϊόντος
productAvailabilityZones	Λίστα από PlaceRef (Πίνακας 22)	Καθορίζει τους τόπους όπου πωλούνται ή παραδίδονται τα προϊόντα
productServiceLevelAgreementId	String	Το αναγνωριστικό του SLA που συνδέεται με το προϊόν. Το SLA αντιπροσωπεύει μια επίσημη συμφωνία, διαπραγματεύσιμη μεταξύ δύο μερών, με σκοπό τη δημιουργία κοινής κατανόησης για προϊόντα, υπηρεσίες, προτεραιότητες, ευθύνες και ούτω καθεξής. Είναι, λοιπόν, ένα σύνολο κατάλληλων διαδικασιών και στόχων που συμφωνούνται επίσημα ή ανεπίσημα μεταξύ των μερών, προκειμένου να επιτευχθεί και να διατηρηθεί συγκεκριμένη ποιότητα υπηρεσίας
productServiceLevelAgreementName	String	Το όνομα του SLA που συνδέεται με το προϊόν
productServiceLevelAgreementDescription	String	Η περιγραφή του SLA

Το **PlaceRef** ορίζει το μέρος όπου πωλούνται ή παραδίδονται τα προϊόντα.

Πίνακας 22: Μοντέλο πληροφορίας για την αναφορά σε τοποθεσία (PlaceRef)

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
AvailabilityZoneId	String	Μοναδικό αναγνωριστικό για την σχετική οντότητα
AvailabilityZoneName	String	Όνομα της σχετικής οντότητας

Το **ProductOfferingPriceRef** ορίζει ένα ποσό, συνήθως χρημάτων, που ζητείται κατά την αγορά, την ενοικίαση ή τη μίσθωση μιας προσφοράς προϊόντος.

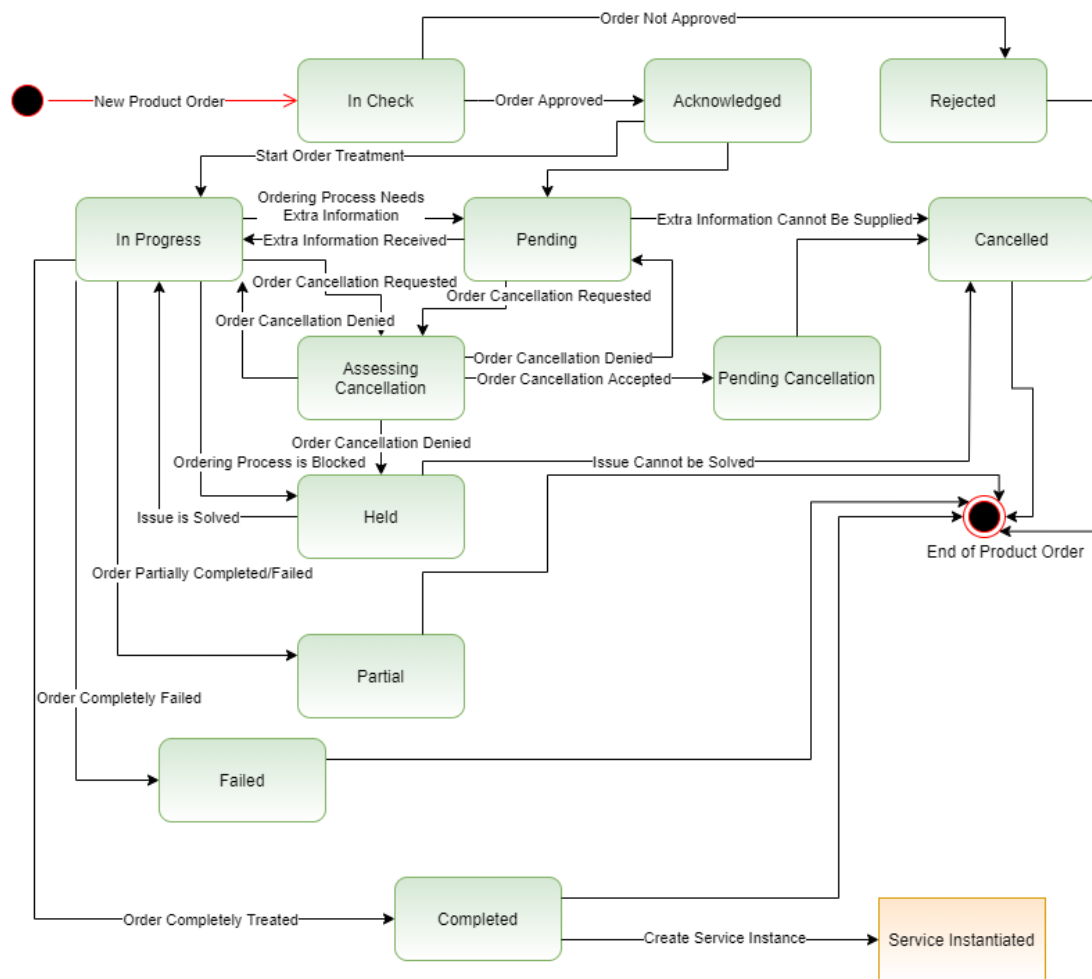
Πίνακας 23: Μοντέλο πληροφορίας για την αναφορά σε τιμή προϊόντος (ProductOfferingPriceRef)

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
ChargeUnit	String	Η μονάδα χρέωσης (π.χ. χρέωση ανά χρόνο εκτέλεσης)
ProductPrice	Float	Τιμή χρέωσης για την αντίστοιχη μονάδα

2.8.1.3 Παραγγελίες Προϊόντων (Product Orders)

Το κεφάλαιο αυτό περιγράφει τους μηχανισμούς για την παραγγελία προϊόντων υπηρεσιών καθώς και όλες τις παραμέτρους που απαιτούνται για μια παραγγελία. Μια παραγγελία προϊόντος δημιουργείται με βάση μια προσφορά προϊόντικής υπηρεσίας που έχει οριστεί στον κατάλογο. Η προσφορά προσδιορίζει το προϊόν ή το σύνολο των προϊόντων που είναι διαθέσιμα σε έναν πελάτη και περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως τιμολόγηση και επιλογές προϊόντων. Η παραγγελία προϊόντος αναφέρεται στην προσφορά προϊόντος και προσδιορίζει τυχόν συγκεκριμένα αιτήματα που υποβάλλει ο πελάτης.

Μια παραγγελία προϊόντος (Product Order) είναι ένας τύπος παραγγελίας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία παραγγελίας μεταξύ ενός πελάτη και ενός παρόχου υπηρεσιών ή μεταξύ ενός παρόχου υπηρεσιών και ενός συνεργάτη και αντίστροφα. Τα κύρια χαρακτηριστικά της παραγγελίας προϊόντων είναι το αναγνωριστικό, η κατάσταση, η κατηγορία προτεραιότητας (μαζική αγορά, επιχείρηση κ.λπ.), οι σχετικές ημερομηνίες (έναρξη, ολοκλήρωση κ.λπ.), ο σχετικός λογαριασμός χρέωσης, τα συνδεδεμένα μέρη και τα στοιχεία παραγγελίας. Τα κύρια γνωρίσματα των στοιχείων παραγγελίας είναι τα χαρακτηριστικά της παραγγελθείσας προσφοράς και του προϊόντος μαζί με τη σχετική ενέργεια που θα εκτελεστεί (π.χ. προσθήκη ή διαγραφή των προϊόντων), κατάσταση, πληροφορίες τοποθεσίας για την διανομή. Η Εικόνα 12 δείχνει το διάγραμμα καταστάσεων για την παραγγελία προϊόντων.



Εικόνα 12: Κύκλος ζωής για την παραγγελία προϊόντος

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 12, οι δυνατές καταστάσεις της παραγγελίας προϊόντος είναι οι ακόλουθες:

- **Υπό έλεγχο (In Check):** Όταν γίνεται μια νέα παραγγελία, το σύστημα ελέγχει αυτόματα αν η παραγγελία είναι έγκυρη (π.χ. αν το προϊόν είναι διαθέσιμο, αν έχουν δοθεί σωστά οι παράμετροι της παραγγελίας από τον πελάτη, κτλ).
- **Αναγνωρισμένη (Acknowledged):** Η αναγνωρισμένη κατάσταση είναι όταν έχει ληφθεί μια παραγγελία και έχει περάσει από επικύρωση.
- **Απορριφθείσα (Rejected):** Υπάρχουν τρεις περιπτώσεις όπου μια παραγγελία μπορεί να μεταβεί στην απορριφθείσα κατάσταση: 1) η παραγγελία απέτυχε στον έλεγχο δυνατότητας παραγγελίας, 2) μη έγκυρες πληροφορίες παρέχονται μέσω του αιτήματος παραγγελίας και 3) το αίτημα παραγγελίας δεν πληροί τους επιχειρηματικούς κανόνες για την παραγγελία.
- **Σε εκκρεμότητα (Pending):** Η κατάσταση αυτή χρησιμοποιείται όταν μια παραγγελία βρίσκεται σε στάδιο αναμονής για μια ενέργεια / δραστηριότητα που πρέπει να ολοκληρωθεί για να μπορέσει η παραγγελία να προχωρήσει περαιτέρω, εν αναμονή τροποποίησης ή ακύρωσης της αξιολόγησης. Σε καταστάσεις όπου απαιτείται κάποια ενέργεια, μια ειδοποίηση για «απαιτούμενη πληροφορία» θα εκδοθεί κατά τη μετάβαση σε αυτήν την κατάσταση. Ένα στάδιο σε εκκρεμότητα μπορεί να οδηγήσει

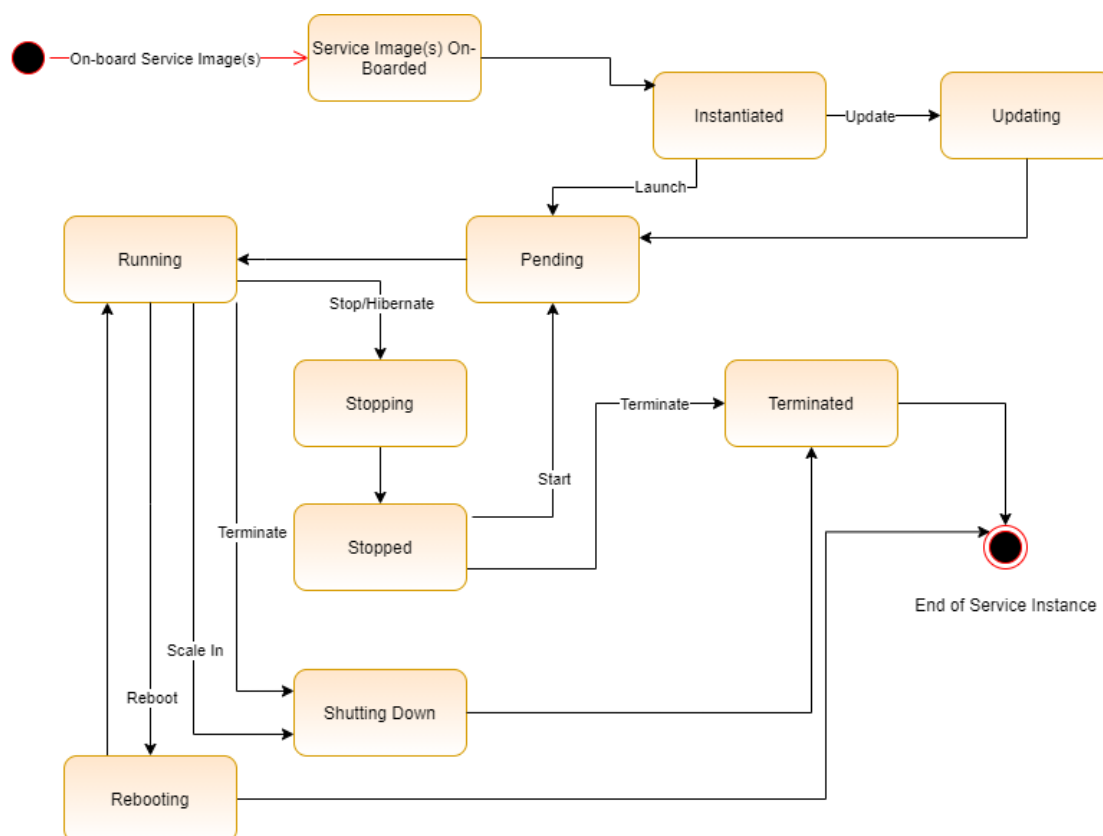
σε αυτόματη ακύρωση μιας παραγγελίας, εάν δεν πραγματοποιείται κάποια δράση εντός των καθορισμένων χρονικών πλαισίων που θα περιγραφούν στην συμφωνία.

- **Σε εξέλιξη (In Progress):** Η κατάσταση αυτή εμφανίζεται όταν ένα στοιχείο της παραγγελίας έχει περάσει τον έλεγχο σκοπιμότητας και έχει ξεκινήσει η παράδοση του προϊόντος. Για την παραγγελία τουλάχιστον ένα στοιχείο παραγγελίας βρίσκεται σε εξέλιξη.
- **Σε Διακοπή (Held):** Η κατάσταση κράτησης χρησιμοποιείται όταν μια παραγγελία δεν μπορεί να προχωρήσει λόγω ενός ζητήματος. Σε αυτήν την περίπτωση, ο πάροχος της υπηρεσίας καθυστερεί προσωρινά την ολοκλήρωση μιας παραγγελίας προς επίλυση ενός ελλείμματος υποδομής για τη διευκόλυνση της προσφοράς παραγγελιών. Μετά την επίλυση του προβλήματος, η παραγγελία θα συνεχίσει να προχωρά.
- **Υπό αξιολόγηση ακύρωσης (Assessing Cancellation):** Μετά από ένα αίτημα ακύρωσης, ο πάροχος υπηρεσίας αξιολογεί εάν μπορεί να γίνει ακύρωση της παραγγελίας. Εάν το αίτημα ακύρωσης δεν γίνεται αποδεκτό μετά την αξιολόγηση, η παραγγελία θα επιστραφεί σε κατάσταση αναμονής ή σε εκκρεμότητα ή σε εξέλιξη.
- **Σε εκκρεμότητα ακύρωσης (Pending Cancellation):** Μόλις μια παραγγελία ακύρωσης γίνει αποδεκτή από τον πάροχο υπηρεσίας, είναι πιθανό σε κάποια περίπτωση να πάρει χρόνο η αποτελεσματική ακύρωση την παραγγελίας. Για την διάρκεια αυτής της περιόδου, όταν γίνεται επεξεργασία της ακύρωσης, χρησιμοποιούμε την εκκρεμότητα ακύρωσης.
- **Ακυρωμένη (Cancelled):** Η ακυρωμένη κατάσταση είναι όταν μια αρχικοποιημένη παραγγελία έχει ακυρωθεί με επιτυχία.
- **Ολοκληρωμένη (Completed):** Η ολοκληρωμένη κατάσταση εμφανίζεται όταν ένα στοιχείο έχει παραδοθεί πλήρως και η υπηρεσία είναι ενεργή. Για μια παραγγελία, όλα τα στοιχεία της παραγγελίας έχουν ολοκληρωθεί.
- **Αποτυχημένη (Failed):** Το στοιχείο παραγγελίας δεν ολοκληρώθηκε με επιτυχία. Το προϊόν δεν παραδόθηκε και το στοιχείο παραγγελίας απέτυχε. Αν όλα τα στοιχεία παραγγελίας έχουν αποτύχει, τότε θεωρούμε ότι ολόκληρη η παραγγελία απέτυχε.
- **Μερικώς ολοκληρωμένη (Partial):** Ορισμένα στοιχεία παραγγελίας έχουν αποτύχει και μερικά έχουν πετύχει. Έτσι στο σύνολό της η παραγγελία βρίσκεται σε Μερική κατάσταση. Αυτό παρέχει υποστήριξη για μερική αποτυχία μιας παραγγελίας.

Όταν ολοκληρωθεί με επιτυχία η παραγγελία ενός προϊόντος, τότε είναι δυνατή η δημιουργία στιγμιότυπων των υφιστάμενων υπηρεσιών για τους αντίστοιχους πελάτες. Ο κύκλος ζωής του στιγμιότυπου μίας υπηρεσίας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 13, περιλαμβάνει τις ακόλουθες καταστάσεις:

- **Μεταφόρτωση εικόνας/ων υπηρεσίας (Service Image(s) On-Boarded):** Το στάδιο κατά το οποίο ένα ή περισσότερα αρχεία εικόνων που περιγράφουν μία υπηρεσία μεταφορτώνονται στο σύστημα προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως βάση για να δημιουργηθεί το στιγμιότυπο της υπηρεσίας.
- **Δημιουργία στιγμιότυπου (Instantiated):** Το στάδιο κατά το οποίο δημιουργείται ένα στιγμιότυπο για την υπηρεσία με βάση τις εικόνες που μεταφορτώθηκαν.
- **Ανανέωση (Updating):** Η κατάσταση στην οποία τα χαρακτηριστικά του στιγμιότυπου μπορεί να ανανεωθούν.

- **Σε εκκρεμότητα (Pending):** Η κατάσταση στην οποία εισέρχεται το στιγμιότυπο όταν εκκινείται για πρώτη φορά ή επανεκκινείται μετά από παύση. Στην κατάσταση αυτή, το στιγμιότυπο προετοιμάζεται για την εκτέλεσή του.
- **Υπό εκτέλεση (Running):** Το στιγμιότυπο εκτελείται και είναι έτοιμο για χρήση.
- **Επανεκκίνηση (Rebooting):** Η λειτουργία του στιγμιότυπου επανεκκινείται.
- **Προς παύση (Stopping):** Το στιγμιότυπο προετοιμάζεται να σταματήσει ή να τεθεί σε προσωρινή αδράνεια.
- **Σε παύση (Stopped):** Η λειτουργία του στιγμιότυπου έχει διακοπεί και δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αλλά μπορεί να επανεκκινηθεί ανά πάσα στιγμή.
- **Τερματισμένο (Terminated):** Το στιγμιότυπο έχει διαγραφεί οριστικά και δε μπορεί να επανεκκινηθεί.
- **Προς απενεργοποίηση (Shutting Down):** Όταν σταματά η εκτέλεση του στιγμιότυπου υπηρεσίας, πρώτα απενεργοποιείται και μετά τερματίζεται. Το ίδιο συμβαίνει και όταν επεκτείνεται (scale) η υπηρεσίας, καθώς θα πρέπει να καταργηθεί το υπάρχον στιγμιότυπο και να δημιουργηθεί νέο.



Εικόνα 13: Κύκλος ζωής για το στιγμιότυπο υπηρεσίας

Συγκεκριμένα σε ένα τυπικό κύκλο ζωής μιας υπηρεσίας, ως πρώτο βήμα μεταφορτώνεται η εικόνα (αρχείο) από την οποία στη συνέχεια δημιουργείται ένα στιγμιότυπο όπου θα εκτελεστεί η συγκεκριμένη υπηρεσία. Ένα υπάρχον στιγμιότυπο μπορεί, σε οποιαδήποτε φάση να περάσει στην κατάσταση "Ανανέωση", όπου θα ανανεωθούν κάποια χαρακτηριστικά του. Κατά την εκκίνηση του κατασκευασμένου στιγμιότυπου υπηρεσίας, αυτό εισέρχεται στην κατάσταση "Σε εκκρεμότητα" (Pending). Ανάλογα με τον τύπο στιγμιότυπου που προσδιορίστηκε κατά την εκκίνηση καθορίζεται και το υλικό του

υπολογιστή που θα φιλοξενήσει το στιγμιότυπο. Μόλις αυτό προετοιμαστεί και το στιγμιότυπο είναι έτοιμο προς χρήση, εισέρχεται στην κατάσταση "Σε εκτέλεση" (Running), κατά την οποία ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί στο στιγμιότυπο και να το χρησιμοποιήσει. Από την κατάσταση εκτέλεσης, το στιγμιότυπο μπορεί να περάσει στην κατάσταση επανεκκίνησης, είτε όταν ο χρήστης επιλέξει να θέσει σε αδρανοποίηση ή σε παύση το στιγμιότυπο. Αυτό πρώτα θα εισέλθει στην κατάσταση "Προς παύση" και μόλις ολοκληρωθούν οι διαδικασίες παύσης στην κατάσταση "Σε παύση". Κατά τη διάρκεια ισχύος της τελευταίας κατάστασης μπορούν να γίνουν και τροποποιήσεις συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του στιγμιότυπου, π.χ. ο τύπος του. Από την κατάσταση "Σε παύση" το στιγμιότυπο μπορεί να περάσει είτε στην κατάσταση "Εκκρεμεί", εάν ο χρήστης αποφασίσει να το επανεκκινήσει, είτε στην κατάσταση "Τερματισμένο" εάν ζητήσει τον τερματισμό του. Σε περίπτωση που ένα στιγμιότυπο δεν είναι πλέον απαραίτητο, μπορεί να ζητηθεί απευθείας ο τερματισμός του ενώ εκτελείται, οπότε από την κατάσταση εκτέλεσης εισέρχεται απευθείας στην κατάσταση "Τερματισμένο" και αποδεσμεύονται οι πόροι που χρησιμοποιούνταν. Ο χρήστης δεν μπορεί πλέον να συνδεθεί σε ή να ανακτήσει ένα τερματισμένο στιγμιότυπο.

Οι παρακάτω πίνακες αναλύουν το μοντέλο πληροφορίας της παραγγελίας προϊόντων.

Πίνακας 24: Μοντέλο πληροφορίας για την παραγγελία προϊόντος (ProductOrder) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Το αναγνωριστικό που δημιουργήθηκε από την πλευρά του καταλόγου
category	String	Χρησιμοποιείται για την κατηγοριοποίηση της παραγγελίας από την επιχειρησιακή άποψη (π.χ. «επιχείρηση», «οικιακή», κτλ.)
href	String	Υπερσύνδεσμος για πρόσβαση στην παραγγελία
cancellationDate	DateTime	Ημερομηνία ακύρωσης της παραγγελίας. Αυτό χρησιμοποιείται όταν η παραγγελία ακυρώνεται
cancellationReason	String	Λόγος για τον οποίο η παραγγελία ακυρώνεται. Χρησιμοποιείται όταν η παραγγελία ακυρωθεί.
completionDate	DateTime	Ημερομηνία ολοκλήρωσης της παραγγελίας
description	String	Περιγραφή της παραγγελίας προϊόντος
expectedCompletionDate	DateTime	Η αναμενόμενη ημερομηνία παράδοσης

		όπως ορίζεται από τον πάροχο
externalId	String	Αναγνωριστικό που δίνεται από τον καταναλωτή και είναι κατανοητό μόνο από αυτόν (για διευκόλυνση στις αναζητήσεις του μετά)
notificationContact	String	Επαφή που επισυνάπτεται στην παραγγελία για την αποστολή πληροφοριών σχετικά με αυτήν την παραγγελία
orderDate	DateTime	Ημερομηνία δημιουργίας της παραγγελίας
priority	String	Ένας τρόπος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους καταναλωτές για να δώσουν προτεραιότητα στις παραγγελίες (π.χ. από 0 έως 4: 0 είναι η υψηλότερη προτεραιότητα και 4 η χαμηλότερη)
requestedCompletionDate	DateTime	Ζητούμενη ημερομηνία παράδοσης από την άποψη του αιτούντος
requestedStartDate	DateTime	Ημερομηνία έναρξης εκτέλεσης παραγγελίας που επιθυμεί ο αιτών. Αυτό χρησιμοποιείται όταν, για οποιονδήποτε λόγο, ο αιτών δεν μπορεί να επιτρέψει στον πωλητή να ξεκινήσει λειτουργικά την εκπλήρωση της παραγγελίας πριν από μια ημερομηνία
state	String	Παρακολουθεί την κατάσταση του κύκλου ζωής της παραγγελίας προϊόντος, όπως Acknowledged, Rejected, In Progress, Pending και ούτω καθεξής
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος

		δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
quote	Λίστα από QuoteRef (Πίνακας 26)	Είναι ένα απόσπασμα (Quote) που έχει εκτελεστεί προηγουμένως
agreement	Λίστα από AgreementRef (Πίνακας 39)	Αναφορά σε συμφωνία που ορίζεται στο πλαίσιο της παραγγελίας προϊόντος.
channel	Λίστα από RelatedChannel (Πίνακας 27)	Σχετικό κανάλι με άλλη οντότητα. Μπορεί να είναι διαδικτυακός ιστός, εφαρμογή για κινητά, κοινωνικό κλπ
note	Λίστα από Note (Πίνακας 28)	Επιπλέον πληροφορίες σχετικά με μια δεδομένη οντότητα
payment	Λίστα από PaymentRef (Πίνακας 29)	Εάν έχει γίνει άμεση πληρωμή κατά την υποβολή της παραγγελίας προϊόντος, τα στοιχεία πληρωμής καταγράφονται και αποθηκεύονται (ως αναφορά) στην παραγγελία
productOrderItem	Λίστα από ProductOrderItem (Πίνακας 30)	Ένα προσδιορισμένο μέρος της παραγγελίας. Μια παραγγελία προϊόντος αποσυντίθεται σε ένα ή περισσότερα αντικείμενα παραγγελίας
orderTotalPrice	Λίστα από OrderPrice (Πίνακας 31)	Ενα ποσό, συνήθως χρήματα, που αναπαριστά το πραγματικό ποσό που πληρώνει ο πελάτης για αυτό το αντικείμενο ή την παραγγελία
productOfferingQualification	Λίστα από ProductOfferingQualificationRef (Πίνακας 35)	Είναι ένα ProductOfferingQualification που έχει εκτελεστεί προηγουμένως.
billingAccount	BillingAccountRef (Πίνακας 34)	Αναλυτική περιγραφή μιας δομής λογαριασμού
relatedParty	Λίστα από RelatedParty (Πίνακας 10)	Αναφορά σχετικής οντότητας. Ένα σχετικό συμβαλλόμενο μέρος ορίζει τον συμβαλλόμενο ή τον ρόλο του συμβαλλόμενου που συνδέεται με μια συγκεκριμένη οντότητα

Η προδιαγραφή προϊόντος είναι μια λεπτομερής περιγραφή ενός υλικού ή άυλου αντικειμένου που διατίθεται εξωτερικά με τη μορφή προσφοράς προϊόντος σε πελάτες ή άλλα μέρη.

Πίνακας 25: Μοντέλο πληροφορίας για την αναφορά σε προδιαγραφή προϊόντος (*ProductSpecificationRef*) [TMF620]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό για την σχετική οντότητα
href	String	Αναφορά στη σχετική οντότητα
name	String	Όνομα της σχετικής οντότητας
version	String	Η έκδοση της προδιαγραφής του προϊόντος
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση
targetProductSchema	TargetProductSchema	Το αντικείμενο αναφοράς στο σχήμα και στον τύπο του προϊόντος-στόχου που περιγράφεται από την προδιαγραφή του προϊόντος
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένας σύνδεσμος (link) προς το σχήμα που περιγράφει το προϊόν
type	String	Η κλάση του προϊόντος

Το QuoteRef είναι ένα απόσπασμα (quote) που έχει εκτελεστεί στο παρελθόν.

Πίνακας 26: Μοντέλο πληροφορίας για την αναφορά σε απόσπασμα (*QuoteRef*) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό για την σχετική οντότητα
href	String	Αναφορά στη σχετική οντότητα
name	String	Όνομα της σχετικής οντότητας
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση

Το RelatedChannel δηλώνει το σχετικό κανάλι με άλλη οντότητα. Μπορεί να είναι διαδικτυακός ιστότοπος, εφαρμογή για κινητά, κοινωνικό κανάλι κλπ.

Πίνακας 27: Μοντέλο πληροφορίας για το σχετικό κανάλι (RelatedChannel) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό για την σχετική οντότητα
href	String	Αναφορά στην σχετική οντότητα
name	String	Όνομα του καναλιού
role	String	Ρόλος που αναλαμβάνει το κανάλι
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση

Το Note δίνει επιπλέον πληροφορίες σχετικά με μια δεδομένη οντότητα.

Πίνακας 28: Μοντέλο πληροφορίας για την σημείωση (Note) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Αναγνωριστικό της σημείωσης εντός της περιέχουσας οντότητας της (μπορεί να είναι ή όχι παγκόσμια μοναδική, ανάλογα με την εφαρμογή του παρόχου)
author	String	Συγγραφέας του σημειώματος
date	DateTime	Ημερομηνία του σημειώματος
text	String	Κείμενο του σημειώματος
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας

Εάν έχει πραγματοποιηθεί άμεση πληρωμή κατά την υποβολή της παραγγελίας προϊόντος, τα στοιχεία πληρωμής καταγράφονται και αποθηκεύονται (ως αναφορά) στην παραγγελία.

Πίνακας 29: Μοντέλο πληροφορίας για την αναφορά σε πληρωμή (PaymentRef) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό για την σχετική οντότητα
href	String	Αναφορά στη σχετική οντότητα
name	String	Όνομα για την πληρωμή
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας

referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση
---------------------	--------	--

Το **ProductOrderItem** είναι ένα προσδιορισμένο μέρος της παραγγελίας. Μια παραγγελία προϊόντος αποσυντίθεται σε μία ή περισσότερες παραγγελίες.

Πίνακας 30: Μοντέλο πληροφορίας για ένα αντικείμενο παραγγελίας προϊόντος (ProductOrderItem) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Αναγνωριστικό του στοιχείου γραμμής (γενικά είναι ένας αύξων αριθμός 01, 02, 03, ...)
quantity	Integer	Ποσότητα παραγγελίας
action	OrderItemActionType	Η δράση που πρέπει να εκτελεστεί στο προϊόν. Μπορεί να είναι: προσθήκη, τροποποίηση, διαγραφή, καμία αλλαγή (noChange)
state	ProductOrderItemStateType	Κατάσταση της παραγγελίας, όπως περιγράφεται στο διάγραμμα καταστάσεων (Εικόνα 12)
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
payment	Λίστα από PaymentRef (Πίνακας 29)	Εάν έχει γίνει άμεση πληρωμή κατά την υποβολή της παραγγελίας προϊόντος, τα στοιχεία πληρωμής καταγράφονται και αποθηκεύονται (ως αναφορά) στην παραγγελία
appointment	AppointmentRef	Αναφέρεται σε ένα ραντεβού, όπως παρουσίαση στον πελάτη ή εσωτερική συνάντηση ή επίσκεψη στον ιστότοπο

	id	String	Το αναγνωριστικό του αναφερόμενου ραντεβού
	href	String	Η αναφορά στο ραντεβού
	description	String	Ένα επεξηγηματικό κείμενο σχετικά με το ραντεβού με έναν ενδιαφερόμενο
	baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
	schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
	type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
	referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση
	itemTerm	Λίστα από OrderTerm	Περιγραφή ενός productTerm που συνδέεται με αυτό το orderItem. Αυτό αντιπροσωπεύει μια δέσμευση με διάρκεια.
	description	String	Ένα επεξηγηματικό κείμενο σχετικά με τον όρο για το αντικείμενο παραγγελίας
	name	String	Όνομα του όρου
	duration	Quantity	Διάρκεια όρου
	baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
	schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
	type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
	productOfferingQualificationItem	ProductOfferingQualificationItemRef	Είναι ένα ProductOfferingQualificationItem που έχει

			εκτελεστεί προηγουμένως
	id	String	Αναγνωριστικό του όρου (qualification) του στοιχείου προϊόντος που προσφέρεται
	href	String	Η αναφορά στην σχετική οντότητα
	name	String	Όνομα της σχετικής οντότητας
	productOfferingQualificationHref	String	Η αναφορά στην σχετική οντότητα
	productOfferingQualificationId	String	Μοναδικό αναγνωριστικό της σχετικής οντότητας
	productOfferingQualificationName	String	Όνομα της σχετικής οντότητας
	baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
	schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
	type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
	referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση
productOrderItemRelationship		Λίστα από OrderItemRelationship	
	id	String	Αναγνωριστικό της σχετικής οντότητας
	relationshipType	String	Ο τύπος της σχέσης του στοιχείου παραγγελίας
	baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
	schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
	type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
quoteItem		QuoteItemRef	Είναι ένα απόσπασμα (Quote) που έχει

			εκτελεστεί προηγούμενως
	id	String	Αναγνωριστικό ενός στοιχείου μιας προσφοράς
	href	String	Η αναφορά στην σχετική οντότητα
	name	String	Όνομα της σχετικής οντότητας
	quoteHref	String	Η αναφορά στην σχετική οντότητα
	quoteId	String	Μοναδικό αναγνωριστικό της σχετικής οντότητας
	quoteName	String	Όνομα της σχετικής οντότητας
	baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
	schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
	type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
	referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση
	productOrderItem	Λίστα από ProductOrderItem	Ένα προσδιορισμένο μέρος της παραγγελίας. Μια παραγγελία προϊόντος αποσυντίθεται σε ένα ή περισσότερα αντικείμενα (items) παραγγελίας
	itemPrice	Λίστα από OrderPrice (Πίνακας 31)	Ένα ποσό, συνήθως χρημάτων, που αντιπροσωπεύει την πραγματική τιμή που πληρώνει ο Πελάτης για αυτό το αντικείμενο ή αυτήν την παραγγελία
	itemTotalPrice	Λίστα από OrderPrice (Πίνακας 31)	Ένα ποσό, συνήθως χρημάτων, που αντιπροσωπεύει την πραγματική τιμή που

		πληρώνει ο Πελάτης για αυτό το αντικείμενο ή αυτήν την παραγγελία
qualification	Λίστα από ProductOfferingQualificationRef (Πίνακας 35)	Είναι ένα ProductOfferingQualification που έχει εκτελεστεί προηγουμένως
billingAccount	BillingAccountRef (Πίνακας 34)	Αναλυτική περιγραφή μιας δομής λογαριασμού
productOffering	ProductOfferingRef (Πίνακας 36)	Αντιπροσωπεύει οντότητες που μπορούν να παραγγελθούν από τον πάροχο του καταλόγου. Περιλαμβάνει πληροφορίες τιμολόγησης
product	ProductRefOrValue (Πίνακας 37)	Ένα προϊόν που θα δημιουργηθεί όπως ορίζεται από την τιμή ή ένα υπάρχον που ορίζεται με αναφορά. Τα πολυμορφικά χαρακτηριστικά type, schemaLocation και referredType σχετίζονται με την οντότητα προϊόντος και όχι με την ίδια την κλάση RelatedProductRefOrValue

Το **OrderPrice** δηλώνει ένα ποσό, συνήθως χρημάτων, που αντιπροσωπεύει την πραγματική τιμή που καταβάλλει ο πελάτης για αυτό το αντικείμενο ή αυτήν την παραγγελία.

Πίνακας 31: Μοντέλο πληροφορίας για την τιμή παραγγελίας (OrderPrice) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
description	String	Ένα κείμενο που εξηγεί λεπτομερώς τη σημασιολογία αυτής της τιμής παραγγελίας
name	String	Ένα σύντομο περιγραφικό όνομα όπως "Τιμή συνδρομής"
priceType	String	Μια κατηγορία που περιγράφει την τιμή, όπως επαναλαμβανόμενη, έκπτωση, αποζημίωση, ποινή, και ούτω καθεξής
recurringChargePeriod	String	Μπορεί να είναι μήνας, εβδομάδα κτλ.
unitOfMeasure	String	Μπορεί να είναι λεπτά, GB, κτλ.

baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
productOfferingPrice	ProductOfferingPriceRef (Πίνακας 23)	Ένα ποσό, συνήθως χρηματικό, που ζητείται ή επιτρέπεται όταν αγοράζεται ή ενοικιάζεται ένα Product. Η τιμή ισχύει για μια καθορισμένη χρονική περίοδο
priceAlteration	Λίστα από PriceAlteration (Πίνακας 32)	Μια δομή που χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια μεταβολή τιμής
price	Price (Πίνακας 33)	Μια δομή που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των τιμών
billingAccount	BillingAccountRef (Πίνακας 34)	Μια αναφορά σε έναν λογαριασμό χρέωσης που χρησιμοποιείται για την πληρωμένη χρέωση της παραγγελίας

Το **PriceAlteration** είναι ένα ποσό, συνήθως χρημάτων, που τροποποιεί την τιμή που χρεώνεται για ένα αντικείμενο της παραγγελίας.

Πίνακας 32: Μοντέλο πληροφορίας για την αλλαγή τιμής (PriceAlteration) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
applicationDuration	Integer	Διάρκεια κατά την οποία η αλλαγή ισχύει στην τιμή του στοιχείου παραγγελίας (για παράδειγμα 2 μήνες δωρεάν για την επαναλαμβανόμενη χρέωση)
description	String	Ένα κείμενο που εξηγεί λεπτομερώς τη σημασιολογία αυτής της αλλαγής της τιμής παραγγελίας
name	String	Όνομα για την αλλαγή της τιμής της παραγγελίας
priceType	String	Μια κατηγορία που περιγράφει την τιμή, όπως επαναλαμβανόμενη, εφάπαξ και ανά χρήση
priority	Integer	Επίπεδο προτεραιότητας για την εφαρμογή αυτής της τροποποίησης μεταξύ όλων των καθορισμένων αλλαγών στην τιμή του στοιχείου παραγγελίας
recurringChargePeriod	String	Μπορεί να είναι μήνας, εβδομάδα κτλ.
unitOfMeasure	String	Μπορεί να είναι λεπτά, GB, κτλ.
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση

schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
productOfferingPrice	ProductOfferingPriceRef (Πίνακας 23)	Ένα ποσό, συνήθως χρηματικό, που ζητείται ή επιτρέπεται όταν αγοράζεται ή ενοικιάζεται ένα Product
price	Price (Πίνακας 33)	Παρέχει όλα τα ποσά (φόρους, αφορολόγητο, φορολογικό συντελεστή), το χρησιμοποιημένο νόμισμα και το ποσοστό για το οποίο θα υποβληθεί αίτηση για αλλαγή τιμών

Το **Price** παρέχει όλα τα ποσά (περιλαμβάνονται φόροι, αφορολόγητοι, φορολογικοί συντελεστές), το χρησιμοποιημένο νόμισμα και το ποσοστό για την εφαρμογή της αλλαγής τιμών.

Πίνακας 33: Μοντέλο πληροφορίας για την τιμή (Price) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
percentage	Float	Ποσοστό που θα ισχύει για το ProdOfferPriceAlteration
taxRate	Float	Φορολογικός συντελεστής
dutyFreeAmount	Money	Ποσό εξαιρούμενου του συνόλου των φόρων (εκφραζόμενο στο δεδομένο νόμισμα)
taxIncludedAmount	Money	Ποσό συμπεριλαμβανομένου του συνόλου των φόρων (εκφραζόμενο στο δεδομένο νόμισμα)
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας

Το **BillingAccount** είναι μια λεπτομερής περιγραφή της δομής του λογαριασμού.

Πίνακας 34: Μοντέλο πληροφορίας για την αναφορά σε λογαριασμό χρέωσης (BillingAccountRef) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό του λογαριασμού χρέωσης
href	String	Αναφορά του λογαριασμού χρέωσης
name	String	Όνομα του λογαριασμού χρέωσης
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση

Το **ProductOfferingQualificationRef** είναι ένα ProductOfferingQualification που έχει εκτελεστεί στο παρελθόν.

Πίνακας 35: Μοντέλο πληροφορίας για την αναφορά σε ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος (ProductOfferingQualificationRef) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό της σχετικής οντότητας
href	String	Αναφορά στη σχετική οντότητα
name	String	Όνομα της σχετικής οντότητας
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση

Μια προσφορά προϊόντος αντιπροσωπεύει οντότητες που μπορούν να παραγγελθούν από τους καταναλωτές. Αυτός ο τύπος δεδομένων περιλαμβάνει πληροφορίες τιμολόγησης.

Πίνακας 36: Μοντέλο πληροφορίας για την αναφορά σε προσφορά προϊόντος (ProductOfferingRef) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό της σχετικής οντότητας
href	String	Αναφορά στη σχετική οντότητα
name	String	Όνομα της σχετικής οντότητας
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση

Το **ProductRefOrValue** δηλώνει ένα προϊόν που θα δημιουργηθεί είτε όπως ορίζεται από την αξία ή όπως καθορίζεται με αναφορά σε υπάρχον προϊόν. Τα χαρακτηριστικά type, schemaLocation και referredType σχετίζονται με την οντότητα του προϊόντος και όχι με την ίδια την κλάση RelatedProductRefOrValue.

Πίνακας 37: Μοντέλο πληροφορίας για την αναφορά ή τιμή προϊόντος (ProductRefOrValue) [TMF622]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό του προϊόντος
href	String	Αναφορά στο προϊόν
description	String	Είναι η περιγραφή του προϊόντος. Θα μπορούσε να αντιγραφεί από την περιγραφή της προσφοράς του προϊόντος

isBundle	Boolean	Εάν είναι αληθές (true), το προϊόν είναι ένα ProductBundle που αποτελεί παρουσίαση ενός BundledProductOffering. Εάν είναι ψευδές (false), το προϊόν είναι ένα ProductComponent που είναι παρουσίαση ενός SimpleProductOffering
isCustomerVisible	Boolean	Εάν είναι αληθές (true), το προϊόν είναι ορατό από τον πελάτη
name	String	Όνομα του προϊόντος. Μπορεί να είναι ίδιο με το όνομα της προσφοράς προϊόντος
orderDate	DateTime	Είναι η ημερομηνία παραγγελίας του προϊόντος
productSerialNumber	String	Είναι ο σειριακός αριθμός για το προϊόν. Αυτό ισχύει συνήθως για απτά προϊόντα π.χ. ένας Ευρυζωνικός δρομολογητής
startDate	DateTime	Είναι η ημερομηνία από την οποία ξεκινά το προϊόν
terminationDate	DateTime	Είναι η ημερομηνία τερματισμού του προϊόντος
status	ProductStatusType	Είναι η κατάσταση κύκλου ζωής του προϊόντος
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση
agreement	Λίστα από AgreementItemRef	Αναφορά συμφωνίας. Μια συμφωνία αντιπροσωπεύει μια σύμβαση ή έναν κανονισμό, είτε γραπτά είτε προφορικά και μερικές φορές επιβάλλεται από το νόμο, όπως μια συμφωνία επιπέδου υπηρεσίας ή μια συμφωνία τιμής πελάτη. Μια συμφωνία περιλαμβάνει μια σειρά από άλλες επιχειρηματικές οντότητες, όπως προϊόντα, υπηρεσίες και πόρους ή / και τις προδιαγραφές τους

id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό της σχετικής οντότητας
href	String	Αναφορά στην σχετική οντότητα
agreementItemId	String	Αναγνωριστικό της συμφωνίας
name	String	Όνομα της σχετικής οντότητας
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση
productOffering	ProductOfferingRef (Πίνακας 36)	Μια προσφορά προϊόντος αντιπροσωπεύει οντότητες που μπορούν να παραγγελθούν από τον πάροχο του καταλόγου. Περιλαμβάνει πληροφορίες τιμολόγησης
billingAccount	BillingAccountRef (Πίνακας 34)	Αναλυτική περιγραφή μιας δομής λογαριασμού
relatedParty	Λίστα από RelatedParty (Πίνακας 10)	Αναφορά σχετικής οντότητας. Ορίζει το μέλος ή τον ρόλο που συνδέεται με μια συγκεκριμένη οντότητα
product	Λίστα από ProductRefOrValue	Ένα νέο προϊόν που θα δημιουργηθεί όπως ορίζεται από την τιμή ή ένα υφιστάμενο που ορίζεται με αναφορά. Τα χαρακτηριστικά type, schemaLocation και referredType σχετίζονται με την οντότητα του προϊόντος και όχι με την ίδια την κλάση RelatedProductRefOrValue
productPrice	Λίστα από ProductPrice	Ένα ποσό, συνήθως χρημάτων, που αντιπροσωπεύει την πραγματική τιμή που καταβάλλει ένας Πελάτης για αγορά ή μίσθωση ενός προϊόντος. Η τιμή ισχύει για μια καθορισμένη χρονική περίοδο
description	String	Ένα κείμενο που εξηγεί λεπτομερώς τη σημασιολογία αυτής της τιμής προϊόντος
name	String	Ένα σύντομο περιγραφικό όνομα όπως "Τιμή συνδρομής"

priceType	String	Μια κατηγορία που περιγράφει την τιμή, όπως επαναλαμβανόμενη, έκπτωση, αποζημίωση, ποινή, και ούτω καθεξής
recurringChargePeriod	String	Μπορεί να είναι μήνας, εβδομάδα, κτλ.
uniteOfMeasure	String	Μπορεί να είναι λεπτά, GB, κτλ.
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
billingAccount	BillingAccountRef (Πίνακας 34)	Αναλυτική περιγραφή μιας δομής λογαριασμού
productPriceAlteration	Λίστα από PriceAlteration (Πίνακας 32)	Είναι ένα ποσό, συνήθως χρημάτων, που τροποποιεί την τιμή που χρεώνεται για ένα στοιχείο παραγγελίας
productOfferingPrice	ProductOfferingPriceRef (Πίνακας 23)	Αναφορά σε ProductPriceOffering. Ένα ποσό, συνήθως χρημάτων, που ζητείται ή επιτρέπεται όταν αγοράζεται, ενοικιάζεται ή εκμισθώνεται ένα Product
price	Price (Πίνακας 33)	Παρέχει όλα τα ποσά (περιλαμβανομένων των φόρων, αφορολόγητο, φορολογικό συντελεστή), το χρησιμοποιημένο νόμισμα και το ποσοστό που θα υποβληθεί στην αίτηση για αλλαγή τιμών
productOrderItem	Λίστα από RelatedProductOrderItem	Το προϊόν της παραγγελίας το οποίο ενεργοποίησε τη δημιουργία / αλλαγή / τερματισμό προϊόντος
orderItemAction	String	Ενέργεια του στοιχείου παραγγελίας για αυτό το προϊόν
orderItemId	String	Αναγνωριστικό του στοιχείου παραγγελίας όπου έγινε η διαχείριση του προϊόντος
productOrderHref	String	Αναφορά της σχετικής οντότητας
productOrderId	String	Μοναδικό αναγνωριστικό μιας σχετικής οντότητας
role	String	Ρόλος του στοιχείου παραγγελίας για αυτό το προϊόν
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση

	schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
	type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
	referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση
	productSpecification	ProductSpecificationRef (Error! Reference source not found.)	Μια λεπτομερής περιγραφή ενός υλικού ή άυλου αντικειμένου που διατίθεται εξωτερικά στη μορφή του Product σε πελάτες ή άλλα μέρη
	productTerm	Λίστα από ProductTerm	Περιγραφή ενός productTerm που συνδέεται με αυτό το προϊόν. Αυτό αντιπροσωπεύει μια δέσμευση με διάρκεια
	description	String	Περιγραφή του productTerm
	name	String	Όνομα του του productTerm
	duration	Quantity	Διάρκεια του productTerm
	validFor	TimePeriod	Περίοδος ισχύος ProductTerm
	baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
	schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
	type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
	realizingResource	Λίστα από ResourceRef	Λίστα από αναφορές σε πόρους
	id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό της σχετικής οντότητας
	href	String	Αναφορά στην σχετική οντότητα
	name	String	Όνομα του πόρου
	value	String	Η τιμή πόρου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση ενός πόρου με ένα δημόσιο κλειδί (π.χ.: tel nr, msisdn)
	baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
	schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
	type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
	referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που

		χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση
realizingService	Λίστα από ServiceRef	Για όταν η Υπηρεσία χρησιμοποιείται από άλλες οντότητες
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό της σχετικής οντότητας
href	String	Αναφορά στην σχετική οντότητα
name	String	Όνομα της σχετικής οντότητας
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση
productRelationship	Λίστα από ProductRelationship	Συνδεδεμένα προϊόντα με αυτό που αρχικοποιείται, όπως [bundled] εάν το προϊόν είναι ένα πακέτο και θέλουμε να περιγράψουμε τα ομαδοποιημένα προϊόντα μέσα σε αυτό το πακέτο, [reliesOn] εάν το προϊόν χρειάζεται ήδη άλλο ιδιόκτητο προϊόν στο οποίο πρέπει να βασιστεί (π.χ. μια επιλογή σε ένα ήδη ιδιοκτηθέν προϊόν πρόσβασης για κινητά), [target] ή [isTargeted] (ανάλογα με τον τρόπο έκφρασης του συνδέσμου) για οποιοδήποτε άλλο είδος συνδέσμων που μπορεί να είναι χρήσιμο
relationshipType	String	Τύπος της σχέσης προϊόντος, όπως [bundled] εάν το προϊόν είναι πακέτο και θέλουμε να περιγράψουμε τα ομαδοποιημένα προϊόντα σε αυτό το πακέτο, [reliesOn] εάν το προϊόν χρειάζεται ένα άλλο ήδη ιδιοκτηθέν προϊόν στο οποίο θα βασιστεί (π.χ. μια επιλογή σε ένα ήδη ιδιόκτητο προϊόν πρόσβασης για κινητά), [targets] ή [isTargeted] (ανάλογα με τον τρόπο έκφρασης του συνδέσμου) για κάθε άλλο είδος

			συνδέσμων που μπορεί να είναι χρήσιμο.
	baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
	schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
	type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
	product	ProductRefOrValue (Πίνακας 37)	Ένα νέο προϊόν που θα δημιουργηθεί όπως ορίζεται από την αξία ή ένα υπάρχον που ορίζεται με αναφορά. Τα χαρακτηριστικά type, schemaLocation και referredType σχετίζονται με την οντότητα του προϊόντος και όχι με την ίδια την κλάση RelatedProductRefOrValue
	place	Λίστα από RelatedPlaceRefOrValue	Αναφορά στην σχετική οντότητα. Ένα σχετικό μέρος ορίζει ένα μέρος που περιγράφεται με αναφορά ή με τιμή που συνδέεται με μια συγκεκριμένη οντότητα. Τα χαρακτηριστικά type, schemaLocation και referredType σχετίζονται με την οντότητα του τύπου και όχι με την ίδια την κλάση RelatedPlaceRefOrValue
	id	String	Μοναδική αναγνωριστικό του τύπου
	href	String	Μοναδική αναφορά του τύπου
	name	String	Ένα φιλικό προς το χρήστη όνομα για το μέρος, όπως [Paris Store], [London Store], [Main Home].
	role	String	
	baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
	schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
	type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
	referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση
	productCharacteristic	Λίστα από Characteristic	Περιγράφει ένα δεδομένο χαρακτηριστικό ενός

		αντικειμένου ή οντότητας μέσω ενός ζεύγους ονόματος / τιμής
name	String	Όνομα του χαρακτηριστικού
valueType	String	Τύπος δεδομένων της τιμής του χαρακτηριστικού
value	Any	Τιμή του χαρακτηριστικού
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας

Το **BundledProductOffering** είναι ένας τύπος Product που ανήκει σε μια ομάδα Products που διατίθεται στην αγορά. Κληρονομεί όλα τα χαρακτηριστικά του Product.

Πίνακας 38: Μοντέλο πληροφορίας για την προσφορά πακέτου προϊόντων (BundledProductOffering) [TMF620]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό του BundledProductOffering
href	String	Μοναδική αναφορά του BundledProductOffering
lifecycleStatus	String	Χρησιμοποιείται για την ένδειξη της τρέχουσας κατάστασης του κύκλου ζωής
name	String	Όνομα του BundledProductOffering
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
bundledProductOfferingOption	BundledProductOfferingOption	Ένα σύνολο από αριθμούς που καθορίζουν τα κατώτερα και ανώτερα όρια για ένα προϊόν που μπορεί να προμηθευτεί

		ως μέρος αυτού του BundledProductOffering. Οι τιμές μπορούν να κυμαίνονται από 0 έως το άπειρο	
	numberRelOfferDefault	Integer	Προεπιλεγμένος αριθμός προσφορών προϊόντων που πρέπει να προμηθευτούν ως μέρος του σχετικού πακέτου προϊόντων
	numberRelOfferLowerLimit	Integer	Χαμηλότερο όριο για μια προσφορά προϊόντος που μπορεί να προμηθευτεί ως μέρος του σχετικού BundledProductOffering
	numberRelOfferUpperLimit	Integer	Υψηλότερο όριο για μια προσφορά προϊόντος που μπορεί να προμηθευτεί ως μέρος του σχετικού BundledProductOffering

Μια συμφωνία αντιπροσωπεύει μια σύμβαση ή μια ρύθμιση, είτε γραπτή είτε προφορική και μερικές φορές εκτελεστή από το νόμο, όπως μια συμφωνία επιτέδου υπηρεσίας ή μια συμφωνία τιμής πελάτη. Μια συμφωνία περιλαμβάνει έναν αριθμό άλλων επιχειρηματικών οντοτήτων, όπως προϊόντα, υπηρεσίες και πόρους ή / και τις προδιαγραφές τους.

Πίνακας 39: Μοντέλο πληροφορίας για την αναφορά σε συμφωνία (AgreementRef) [TMF620]

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Μοναδικό αναγνωριστικό της σχετικής οντότητας
href	String	Αναφορά για την σχετική οντότητα
name	String	Όνομα της συμφωνίας
baseType	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την βασική κλάση
schemaLocation	Uri	Ένα URI προς το JSON αρχείο
type	String	Όταν έχουμε υποκλάσεις, αυτή η παράμετρος δηλώνει την υποκλάση της οντότητας
referredType	String	Ο πραγματικός τύπος της αναφερόμενης οντότητας που χρησιμοποιείται όταν απαιτείται αποσαφήνιση

2.8.2 Μοντελοποίηση Χρηστών

Η μοντελοποίηση χρήστη περιγράφει τη διαδικασία δημιουργίας και τροποποίησης μιας εννοιολογικής κατανόησης του χρήστη. Ο κύριος στόχος της μοντελοποίησης χρηστών είναι

η προσαρμογή των συστημάτων στις συγκεκριμένες ανάγκες του χρήστη. Για να γίνει αυτό, απαιτείται εσωτερική εκπροσώπηση του χρήστη.

Η μοντελοποίηση χρήστη αφορά την συλλογή και κατηγοριοποίηση προσωπικών δεδομένων που σχετίζονται με έναν συγκεκριμένο χρήστη. Με άλλα λόγια, η μοντελοποίηση χρήστη είναι μια δομή (δεδομένων) που χρησιμοποιείται για την καταγραφή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών για έναν μεμονωμένο χρήστη, ενώ ένα προφίλ χρήστη είναι η πραγματική αναπαράστασή του σε ένα δεδομένο μοντέλο χρήστη. Η διαδικασία απόκτησης του προφίλ χρήστη ονομάζεται μοντελοποίηση χρήστη. Το ποια δεδομένα περιλαμβάνονται στο μοντέλο εξαρτάται από τον σκοπό της εφαρμογής. Μπορεί να περιλαμβάνει προσωπικές πληροφορίες όπως ονόματα χρηστών, ενδιαφέροντα, στόχους και προτιμήσεις ή δεδομένα σχετικά με τη συμπεριφορά τους και τις αλληλεπιδράσεις τους με το σύστημα.

Οι δύο βασικές κατηγορίες χρηστών είναι:

- Οι πάροχοι (suppliers) υπηρεσιών. Οι λειτουργίες των παρόχων υπηρεσιών σχετίζονται με την δημιουργία εμπορεύσιμων υπηρεσιών, βάση αντίστοιχων τεχνικών υπηρεσιών. Για παράδειγμα, ένας πάροχος που έχει αναπτύξει μία υπηρεσία και θέλει να τη στεγάσει σε μία πλατφόρμα θα αναθέσει σε έναν εργαζόμενο του να κανονίσει τους όρους που θα γίνει η εμπορική εκμετάλλευση του δημιουργήματος του. Η πλατφόρμα πρέπει να προσφέρει τα κατάλληλα εργαλεία, σε γραφική μορφή κυρίως, ώστε ο προσδιορισμός των λειτουργικών παραμέτρων να γίνεται γρήγορα και εύκολα. Επιπλέον, ένας πάροχος έχει την δυνατότητα να ορίσει ένα μοντέλο τιμολόγησης για την υπηρεσία καθώς και κάποιες επιλογές για την υποβάθμιση και την αναβάθμισή της. Ένας πάροχος έχει την δυνατότητα να διαχειρίζεται τα είδη τιμολόγησης που παρέχονται στους πελάτες, να δημιουργεί αναφορές σχετικά και την τιμολόγηση των πελατών και να εξαγάγει και να χρησιμοποιεί τα δεδομένα των χρεώσεων. Τέλος, ο πάροχος μπορεί να δημοσιεύσει την υπηρεσία στην αγορά.
- Οι τελικοί χρήστες ή πελάτες (customers) υπηρεσιών. Ο τελικός σκοπός της πλατφόρμας είναι να φέρει το καταναλωτή κοντά σε IT εργαλεία που διευκολύνουν κάποια σκοπιά της ζωής του. Άρα πρέπει να εντοπίζει άμεσα το περιεχόμενο που τον ενδιαφέρει και ακόμα καλύτερα το σύστημα πρέπει να γνωρίζει τα ενδιαφέροντά του και να του προτείνει νέες προσθήκες που θα μπορούσαν να τον βοηθήσουν. Πιο συγκεκριμένα, ένας πελάτης που δεν έχει εγγραφεί ακόμα σε κάποια υπηρεσία, έχει την δυνατότητα να ψάξει για την κατάλληλη στην αγορά (marketplace) και να κάνει την εγγραφή για την επιλεγμένη υπηρεσία. Στην συνέχεια, ο εγγεγραμμένος χρήστης θα μπορεί να χρησιμοποιήσει την συνδρομή του ως έχει ή να την αναβαθμίσει σε μια πιο ισχυρή υπηρεσία. Επίσης, αυτός ο πελάτης θα έχει την δυνατότητα να διαθέσει αυτήν την συνδρομή και σε άλλους χρήστες, εγγράφοντάς τους και αναθέτοντάς τους την συνδρομή. Όσο αφορά την χρέωση και την τιμολόγηση, ένας πελάτης μπορεί να επιλέξει την διεύθυνση χρέωσης και τον τύπο της τιμολόγησης καθώς και να εμφανίσει αναφορές σχετικά με τα χρεώσιμα συμβάντα και τη προεπισκόπηση της πληρωμής.

Βασιζόμενο στην μοντελοποίηση χρηστών σε ανάλογες τεχνολογίες, όπως το Amazon Web Services [AWS], ένας χρήστης του TANDEM περιγράφεται από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (Πίνακας 40).

Πίνακας 40: Μοντελοποίηση χρηστών (User)

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
userId	String	Μοναδικό αναγνωριστικό χρήστη
userName	String	Όνομα του λογαριασμού χρήστη
userFirstName	String	Όνομα του χρήστη
userLastName	String	Επίθετο του χρήστη
userPassword	String	Κωδικός χρήστη σε κρυπτογραφημένη μορφή
userEmail	String	Ηλεκτρονική διεύθυνση του χρήστη
userCompanyName	String	Αν ο λογαριασμός χρήστη είναι επαγγελματικός, τότε θα πρέπει να οριστεί και η επωνυμία της επιχείρησης για την οποία εργάζεται ο χρήστης
userPhoneNumber	String	Τηλέφωνο χρήστη
userPaymentInfo	PaymentInfo	Στοιχεία πληρωμής για τον χρήστη. Τα στοιχεία αυτά θα πρέπει επίσης να είναι κρυπτογραφημένα
userCardNumber	String	Αριθμός πιστωτικής ή χρεωστικής κάρτας
userExpirationDate	String	Ημερομηνία λήξης της κάρτας
userCardname	String	Το όνομα του κατόχου της κάρτας
userCVV	String	Αριθμός επιβεβαίωσης της κάρτας
userPAN	String	Πρωτεύων αριθμός λογαριασμού (Primary Account Number)
userAccountType	String	Το είδος του λογαριασμού, το οποίο καθορίζει αν στοχεύει σε επαγγελματική ή προσωπική χρήση. Έτσι, οι δυνατές επιλογές είναι “Professional” και “Personal”
userRole	String	Ο ρόλος του χρήστη
userPhysicalAddress	physicalAddressInfo	Στοιχεία για την φυσική διεύθυνση επικοινωνίας του χρήστη
userCountry	String	Χώρα ή περιοχή στην οποία βρίσκεται ο χρήστης
userAddress	String	Φυσική διεύθυνση του χρήστη
userCity	String	Πόλη στην οποία βρίσκεται ο χρήστης
userState	String	Πολιτεία, νομός ή ευρύτερη περιοχή στην οποία βρίσκεται ο χρήστης
userPostalCode	String	Ταχυδρομικός κώδικας
userBillingAddress	physicalAddressInfo	Διεύθυνση χρέωσης του χρήστη. Μπορεί να είναι ίδια με την userPhysicalAddress, αλλά αυτό δεν είναι απαραίτητο.
userCountry	String	Χώρα ή περιοχή στην οποία γίνεται η χρέωση
userAddress	String	Φυσική διεύθυνση
userCity	String	Πόλη
userState	String	Πολιτεία, νομός ή ευρύτερη περιοχή
userPostalCode	String	Ταχυδρομικός κώδικας
userInterests	Λίστα από Interests	Τα βασικά ενδιαφέροντα του χρήστη (π.χ. IoT υπηρεσίες)
interestId		

interestName		
userBillingInfo	Λίστα από URIs	Αναφορές προς τα αρχεία καταγραφής (log files) και τα τιμολόγια που έχει πρόσβαση και αφορούν τον χρήστη
userEdgeCloud		
offeredServices	Λίστα από String	Τα αναγνωριστικά των υπηρεσιών που προσφέρει ο χρήστης
obtainedServices	Λίστα από String	Τα αναγνωριστικά των υπηρεσιών που έχει αγοράσει ο χρήστης
instantiatedServices	Λίστα από String	Τα αναγνωριστικά των υπηρεσιών που έχει ενεργοποιήσει ο χρήστης

Σχετικά με τον ρόλο του χρήστη (role), κάθε χρήστης είναι μέλος ενός συγκεκριμένου οργανισμού ή ιδιώτης. Ένας οργανισμός συνήθως αντιπροσωπεύει μια εταιρεία, αλλά μπορεί επίσης να αντιπροσωπεύει ένα τμήμα μιας εταιρείας ή ένα άτομο. Το σύστημα διαχείρισης χρηστών βάσει ρόλων του TANDEM είναι ευέλικτο και επιτρέπει τη δημιουργία ρόλων για να υποστηριχθούν διαφορετικά μοντέλα λειτουργίας. Ετσι θα μπορούσαν να υποστηριχθούν και οι ρόλοι που ορίζονται στο [OSCM] και είναι οι ακόλουθοι:

- **Τυπικός χρήστης (Standard user):** Οι χρήστες με αυτόν τον μη προνομιακό ρόλο μπορούν να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες στις οποίες έχει εγγραφεί ο οργανισμός τους. Κάθε χρήστης που είναι εγγεγραμμένος στο TANDEM αυτόματα είναι ένας τυπικός χρήστης. Πρόσθετοι ρόλοι για τους χρήστες πρέπει να εκχωρηθούν ρητά από έναν διαχειριστή.
- **Διαχειριστής (Administrator):** Κάθε οργανισμός πρέπει να έχει τουλάχιστον έναν χρήστη με αυτόν τον ρόλο. Ένας διαχειριστής μπορεί να διαχειριστεί τον λογαριασμό και τις συνδρομές του οργανισμού, καθώς και τους χρήστες και τους ρόλους τους. Ο πρώτος διαχειριστής ενός οργανισμού ορίζεται κατά τη δημιουργία του οργανισμού.
- **Διαχειριστής Οργανωτικών Μονάδων (Organizational Units (OU) Administrator):** Οι χρήστες ενός οργανισμού μπορούν να ομαδοποιηθούν σε οργανωτικές μονάδες (Organizational Units - OU). Ο ρόλος του διαχειριστή οργανωτικής μονάδας επιτρέπει σε έναν χρήστη να διαχειρίζεται τις οργανωτικές μονάδες για τις οποίες έχει διοριστεί ως διαχειριστής, για τη δημιουργία, τροποποίηση και τερματισμό συνδρομών για αυτές τις μονάδες, καθώς και για τη δημιουργία αναφορών για έλεγχο κόστους.
- **Διαχειριστής Συνδρομών (Subscription Manager):** Αυτός ο ρόλος επιτρέπει σε έναν χρήστη να εγγραφεί σε υπηρεσίες και να διαχειριστεί τις δικές του συνδρομές. Σε αντίθεση με τους διαχειριστές, οι διαχειριστές συνδρομών δεν επιτρέπεται να διαχειρίζονται συνδρομές που ανήκουν σε άλλους ή δεδομένα συνδρομής που σχετίζονται με χρεώσεις και πληρωμές.
- **Διαχειριστής Υπηρεσιών (Service Manager):** Αυτός ο ρόλος επιτρέπει στον χρήστη να καθορίζει τεχνικές υπηρεσίες. Μπορεί να εκχωρηθεί σε χρήστες οργανισμών παροχής τεχνολογίας.
- **Διαχειριστής Προϊόντων (Product Manager):** Αυτός ο ρόλος επιτρέπει στον χρήστη να καθορίσει εμπορεύσιμες υπηρεσίες (προϊόντα) και μοντέλα τιμών καθώς να δημοσιεύσει εμπορεύσιμες υπηρεσίες. Μπορεί να εκχωρηθεί σε χρήστες οργανισμών προμηθευτών.

- **Μεταπωλητής (Reseller):** Αυτός ο ρόλος επιτρέπει σε έναν χρήστη να δημοσιεύσει τις διαθέσιμες εμπορεύσιμες υπηρεσίες ενός προμηθευτή εφαρμόζοντας διαφορετικούς όρους και προϋποθέσεις. Μπορεί να εκχωρηθεί σε χρήστες οργανισμών μεταπωλητών.
- **Μεσίτης (Broker):** Αυτός ο ρόλος επιτρέπει σε έναν χρήστη να δημοσιεύσει τις εμπορεύσιμες υπηρεσίες ενός προμηθευτή χωρίς να αλλάζει τους όρους και τις προϋποθέσεις που έχει ορίσει ο προμηθευτής. Μπορεί να εκχωρηθεί σε χρήστες οργανισμών μεσιτών.
- **Διαχειριστής Αγοράς (Marketplace Manager):** Αυτός ο ρόλος επιτρέπει στον χρήστη να καθορίσει τους οργανισμούς που επιτρέπεται να έχουν πρόσβαση στην αγορά και να δημοσιεύουν υπηρεσίες σε αυτήν, καθώς και να ενημερώνουν και να προσαρμόζουν την αγορά. Αυτός ο ρόλος μπορεί να ανατεθεί σε χρήστες του οργανισμού ιδιοκτήτη της αγοράς. Μπορεί να εκχωρήσει σε όλους τους διαχειριστές του οργανισμού ιδιοκτήτη αγοράς.
- **Χειριστής (Operator):** Αυτός ο ρόλος επιτρέπει στον χρήστη να εκτελεί εργασίες διαμόρφωσης και συντήρησης και να διαχειρίζεται οργανισμούς. Ο πρώτος χειριστής δημιουργείται μαζί με τον χειριστή του οργανισμού κατά την εγκατάσταση του TANDEM.

Στο TANDEM θεωρήθηκε ότι υπάρχουν και δυο προκαθορισμένοι ρόλοι, του Operator που έχει πρόσβαση σε όλους τους πόρους και σε όλες τις λειτουργίες και του Guest που έχει περιορισμένη πρόσβαση. Ο ρόλος του Operator μπορεί να δημιουργήσει και να διαχειριστεί όλους τους άλλους ρόλους ενώ ο Guest, με πρόσβαση στην αρχική σελίδα μπορεί να ζητήσει την εγγραφή του ή τη σύνδεσή του σε λογαριασμό.

2.8.3 Μοντελοποίηση Χρήσης και Υποδομής του Συστήματος

Μια πλατφόρμα υπολογιστικού-νέφους είναι απαραίτητο να έχει μηχανισμούς διαρκούς επόπτευσης και καταγραφής όλων των γεγονότων που λαμβάνουν χώρα στα όρια της. Πρέπει να διατηρεί αναλυτικά αρχεία με καταγραφές για κάθε είδους δραστηριότητα σχετικής με προσφερόμενες υπηρεσίες και υποδομές:

- Χρόνος (Πότε)
- Μορφή/ Είδος
- Φορέας (Ποιος)

Το πρώτο ζητούμενο είναι η συλλογή σε πραγματικό χρόνο μετρικών που περιγράφουν την λειτουργία υποδομών. Για αυτό το σκοπό υλοποιείται μια αρχιτεκτονική με κατανεμημένους πράκτορες (agents) που τρέχουν σε εικονικοποιημένους και πραγματικούς εξυπηρετητές (servers) και παρακολουθούν ανελλιπώς την λειτουργία τους. Τα δεδομένα που συλλέγουν οι πράκτορες τα προωθούν σε ένα ενορχηστρωτή που τα συγκεντρώνει και τα επεξεργάζεται.

Επίσης οι πράκτορες παρακολουθούν τα ενημερωτικά μηνύματα που παράγουν οι εφαρμογές και οι υπηρεσίες κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους. Υπάρχουν μηνύματα που είναι ενημερωτικά, ειδοποιήσεις (warnings) και σφάλματα που χρήζουν άμεσης προσοχής. Οι πράκτορες φροντίζουν να μεταφέρουν τα απογραφικά των εφαρμογών μαζί με τα μετρητικά των υποδομών στον κεντρικό ενορχηστρωτή.

Σε κεντρικό επίπεδο οι πληροφορίες έχουνε πολλούς εναλλακτικούς τρόπους διαχείρισης. Συνήθως εμφανίζονται σε μία κονσόλα (dashboard) με τη μορφή ενός διαγράμματος φιλικού για τον χρήστη.

Ένας ολοκληρωμένος μηχανισμός επίβλεψης έχει τη δυνατότητα αναλυτικών υπολογισμών για τη βελτίωση των αρχικών μετρήσεων. Στη συνέχεια οι βελτιστοποιημένες μετρικές συσχετίζονται με κάποιους κανόνες και συναγερμούς (alarms). Ορίζονται οριακές τιμές που η υπέρβασή τους θα σημάνει την ενεργοποίηση συναγερμών. Δηλαδή θα αποσταλούν ενημερωτικά μηνύματα σε εξουσιοδοτημένο προσωπικό για τη λήψη άμεσων ενεργειών.

Γνωστά εργαλεία που εξασφαλίζουν την λειτουργικότητα που περιγράφηκε παραπάνω είναι τα **Prometheus** και **Grafana**.

Η μοντελοποίηση υποδομής περιγράφει τη διαδικασία δημιουργίας και τροποποίησης μιας εννοιολογικής κατανόησης της υποδομής. Η μοντελοποίηση υποδομής αφορά την συλλογή και κατηγοριοποίηση δεδομένων που σχετίζονται με μία συγκεκριμένη υποδομή. Με άλλα λόγια, η μοντελοποίηση υποδομής είναι μια δομή (δεδομένων) που χρησιμοποιείται για την καταγραφή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών για μία υποδομή.

Μία υποδομή του TANDEM περιγράφεται από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (Πίνακας 41).

Πίνακας 41: Μοντελοποίηση υποδομής (Infrastructure)

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
edgeCloudId	String	Μοναδικό αναγνωριστικό της υποδομής
edgeCloudName	String	Όνομα της υποδομής
edgeCloudAvailabilityZone	String	Ζώνη διαθεσιμότητας της υποδομής
edgeCloudNumberOfNodes	Integer	Αριθμός των κόμβων της υποδομής
piEdgeIP	String	Η διεύθυνση IP της υποδομής
piEdgePort	String	Το port της υποδομής
edgeCloudProvider	String	Πάροχος της υποδομής
monitorNodesURL	String	Το URL παρακολούθησης της χρήσης των κόμβων της εφαρμογής
nodes	List<Node>	Λίστα με τους κόμβους της εφαρμογής

Ένας κόμβος του TANDEM περιγράφεται από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (Πίνακας 42).

Πίνακας 42: Μοντελοποίηση κόμβου (Node)

Παράμετρος	Τύπος	Περιγραφή
nodeId	String	Μοναδικό αναγνωριστικό του κόμβου
nodeName	String	Όνομα του κόμβου
nodeLocation	String	Τοποθεσία του κόμβου
NodeAddresses	Addresses	Διεύθυνση του κόμβου
nodeHostName	String	Όνομα ξενιστή (hostname) του κόμβου

	nodeExternalIP	String	Εξωτερική διεύθυνση IP του κόμβου
	nodeInternalIP	String	Εσωτερική διεύθυνση IP του κόμβου
	nodeConditions	Conditions	Συνθήκες του κόμβου
	nodeReady	Boolean	Υποδεικνύει αν ο κόμβος είναι έτοιμος για χρήση
	nodeDiskPressure	Float	Η τρέχουσα κατάσταση του δίσκου
	nodePIDPressure	Float	Η τρέχουσα κατάσταση του επεξεργαστή
	nodeMemoryPressure	Float	Η τρέχουσα κατάσταση της μνήμης
	nodeNetworkUnavailable	Boolean	Υποδεικνύει αν το δίκτυο είναι διαθέσιμο
	nodeCapacity	Capacity	Χωρητικότητα του κόμβου
	nodeCPUCap	Float	Χωρητικότητα της CPU
	nodeMemoryCap	Float	Χωρητικότητα της μνήμης
	nodeMemoryCapMU	String	Μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας της μνήμης
	nodeStorageCap	Float	Χωρητικότητα αποθηκευτικού χώρου
	nodeStorageCapMU	String	Μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας του αποθηκευτικού χώρου
	nodeMaxNoofPods	Integer	Μέγιστο πλήθος από pods
	nodeAllocatableResources	AllocatableResources	Κατανεμητέοι πόροι του κόμβου
	nodeCPUCap	Float	Χωρητικότητα CPU του πόρου
	nodeMemoryCap	Float	Χωρητικότητα μνήμης του πόρου
	nodeMemoryCapMU	String	Μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας της μνήμης
	nodeStorageCap	Float	Χωρητικότητα αποθηκευτικού χώρου του πόρου
	nodeStorageCapMU	String	Μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας αποθηκευτικού χώρου
	nodeGeneralInfo	GeneralInfo	Γενικές πληροφορίες για τον κόμβο
	nodeOS	String	Λειτουργικό σύστημα του κόμβου
	nodeKubernetesVersion	String	Έκδοση για το Kubernetes του κόμβου
	nodeKernelVersion	String	Έκδοση του πυρήνα του κόμβου
	nodeArchitecture	String	Αρχιτεκτονική του κόμβου
	nodeContainerRuntimeVersion	String	Έκδοση του container του κόμβου

nodeUsage	Usage	Χρήση του κόμβου
nodeCPUInUse	Float	Το μέγεθος της CPU που είναι σε χρήση
nodeCPUInUseMU	String	Μονάδα μέτρησης της CPU
nodeMemoryInUse	Float	Το μέγεθος της μνήμης που είναι σε χρήση
nodeMemoryInUseMU	String	Μονάδα μέτρησης της μνήμης
nodeCPUUsage	Float	Το ποσοστό της CPU που είναι σε χρήση
nodeMemoryUsage	Float	Το ποσοστό της μνήμης που είναι σε χρήση
nodeUsageMonitoringURL	String	Το URL απ'όπου μπορούμε να δούμε την τρέχουσα κατάσταση του κόμβου
nodeServicesMonitoringURL	String	Το URL απ'όπου μπορούμε να δούμε την τρέχουσα κατάσταση των υπηρεσιών που τρέχουν στον κόμβο

Οι παραπάνω σύνθετοι τύποι δεδομένων περιγράφονται ως εξής:

- Διευθύνσεις (Addresses): Δομή που περιλαμβάνει πληροφορίες όπως το host name του κόμβου και εσωτερικές και εξωτερικές διευθύνσεις IP.
- Συνθήκες (Conditions): Δομή που περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με την πίεση που ασκείται στον κόμβο, για παράδειγμα στο δίσκο ή στη μνήμη.
- Χωρητικότητα (Capacity): Δομή που περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τη χωρητικότητα του κόμβου όσον αφορά σε διάφορους παράγοντες, για παράδειγμα στη μνήμη, στο χώρο αποθήκευσης, στη CPU.
- Κατανεμητέοι πόροι (AllocatableResources): Δομή που περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με τη διαθεσιμότητα διάφορων πόρων του κόμβου προς κατανομή, για παράδειγμα μνήμη, χώρο αποθήκευσης, CPU.
- Γενικές πληροφορίες (GeneralInfo): Δομή που περιλαμβάνει γενικές πληροφορίες σχετικά με τον κόμβο, για παράδειγμα λειτουργικό σύστημα, έκδοση πυρήνα, αρχιτεκτονική.
- Χρήση (Usage): Δομή που περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικά με το ποσοστό χρήσης διάφορων πόρων του κόμβου, για παράδειγμα της μνήμης, του χώρου αποθήκευσης, της CPU.

2.8.4 Βασικές Οντότητες Υποστηρικτικών Υπηρεσιών IoT

Βασικές οντότητες των Υποστηρικτικών Υπηρεσιών IoT σύμφωνα με το μοντέλο του EdgeXFoundry, είναι:

- Η Συσκευή (Device)
- Η Υπηρεσία Συσκευής (Device Service)

- Το Προφίλ της Συσκευής (Device Profile)
- Ο Οδηγός Συσκευής (Device Driver)
- Ενημέρωση για Γεγονός (Event Update)
- Η Λειτουργία (Operation)

Οι παρακάτω πίνακες περιγράφουν τις οντότητες αυτές.

Πίνακας 43- Πίνακας περιγραφής οντότητας Device

Όνομα Ιδιότη τας (Attribute Name)	Τύπος Δεδομένων (Data Type)	Πληθικότητα (cardinality)	Περιγραφή (Description)
created	Date	1	Η ημερομηνία καταχώρησης της συσκευής στο σύστημα.
modified	Date	1	Η ημερομηνία ενημέρωσης της συσκευής στο σύστημα.
description	String	1	Μία σύντομη περιγραφή της συσκευής.
id	String	1	Το μοναδικό αναγνωριστικό της συσκευής.
name	String	1	Το όνομα της συσκευής.
adminState	String	1	Ένδειξη κατάστασης εξωτερικής διαχείρισης της συσκευής (αν λειτουργεί κανονικά ή έχει τεθεί σε προσωρινή παύση ή κλείδωμα). Μπορεί να είναι <i>locked</i> ή <i>unlocked</i> .
operatingState	String	1	Η εσωτερική λειτουργική κατάσταση της συσκευής, η οποία μπορεί να αλλάζει ενόσω η συσκευή είναι συνδεδεμένη στην πλατφόρμα TANDEM. Μπορεί να είναι <i>enabled</i> ή <i>disabled</i> .
protocol	Protocol	1	Το πρωτόκολλο επικοινωνίας της συσκευής. Θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αντίστοιχος οδηγός για την επικοινωνία με την πλατφόρμα TANDEM.
host	String	1	Η διεύθυνση IP στην οποία βρίσκεται η συσκευή.

	port	String	1	Η θύρα στην οποία ακούει η συσκευή.
	unitID	String	1	Το αναγνωριστικό του είδους της μέτρησης που παρέχει η συσκευή (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία).
	labels	Array[String]	1 - n	Ενδεικτικές ετικέτες που σχετίζονται με τη συσκευή.
	location	String	1	Η τοποθεσία της συσκευής
	service	DeviceService (Πίνακας 44)	1	Η οντότητα DeviceService που συνδέεται με την συσκευή
	profile	DeviceProfile (Πίνακας 45)	1	Τα χαρακτηριστικά του προφίλ της συσκευής

Πίνακας 44: Πίνακας περιγραφής οντότητας DeviceService

Όνομα Ιδιότητας (Attribute Name)	Τύπος Δεδομένων (Data Type)	Πληθικότητα (cardinality)	Περιγραφή (Description)
created	Date	1	Η ημερομηνία καταχώρησης της υπηρεσίας της συσκευής.
modified	Date	1	Η ημερομηνία ενημέρωσης της υπηρεσίας της συσκευής στο σύστημα.
description	String	1	Μία σύντομη περιγραφή της υπηρεσίας.
id	String	1	Το μοναδικό αναγνωριστικό της υπηρεσίας.
name	String	1	Το όνομα της υπηρεσίας.
operatingState	String	1	Μπορεί να είναι <i>enabled</i> ή <i>disabled</i> .
labels	Array[String]	1 - n	Ενδεικτικές ετικέτες που σχετίζονται με την υπηρεσία.

addressable	AddressableService	1	Πληροφορίες για την τοποθεσία και την πρόσβαση στην συγκεκριμένη οντότητα
created	Date	1	Η ημερομηνία καταχώρησης.
modified	Date	1	Η ημερομηνία ενημέρωσης.
id	String	1	Το μοναδικό αναγνωριστικό.
name	String	1	Το όνομα.
protocol	String	1	Το πρωτόκολλο επικοινωνίας (π.χ. HTTP).
address	String	1	Η διεύθυνση IP.
port	String	1	Η θύρα στην οποία ακούει.
path	String	1	Το μονοπάτι όπου είναι διαθέσιμη η συγκεκριμένη οντότητα.
baseUrl	String	1	Το βασικό URL (πρόθεμα) για το API call.
url	String	1	baseUrl + path
adminState	String	1	Μπορεί να είναι <i>locked</i> ή <i>unlocked</i> .

Πίνακας 45: Πίνακας περιγραφής οντότητας DeviceProfile

Όνομα Ιδιότητας (Attribute Name)	Τύπος Δεδομένων (Data Type)	Πληθικότητα (cardinality)	Περιγραφή (Description)
created	Date	1	Η ημερομηνία καταχώρησης του προφίλ της συσκευής.
modified	Date	1	Η ημερομηνία ενημέρωσης του

			προφίλ της συσκευής.
description	String	1	Μία σύντομη περιγραφή του προφίλ.
id	String	1	Το μοναδικό αναγνωριστικό του προφίλ.
name	String	1	Το όνομα του προφίλ.
manufacturer	String	1	Ο κατασκευαστής της συσκευής
model	String	1	Το μοντέλο της συσκευής
labels	Array[String]	1 - n	Ενδεικτικές ετικέτες που σχετίζονται με το προφίλ της συσκευής.
deviceResources	Array[DeviceResource]	1 - n	Οι πόροι της συσκευής
description	String	1	Μία σύντομη περιγραφή του πόρου.
name	String	1	Το όνομα του πόρου.
properties	DeviceResourceProperties	1	Τα χαρακτηριστικά του πόρου.
value	DeviceResourceValue	1	Οι τιμές των χαρακτηριστικών του πόρου.

		type	String	1	Ο τύπος δεδομένων των χαρακτηριστικών του πόρου.
		readWrite	String	1	Τα δικαιώματα στην τιμή (π.χ. αν μπορούμε να τη μεταβάλουμε).
		mediaType	String	1	Ο τρόπος που αποθηκεύεται η τιμή.
		units	DeviceResourceUnit	1	Οι μονάδες μέτρησης των χαρακτηριστικών του πόρου.
		type	String	1	Ο τύπος δεδομένων των μονάδων μέτρησης των χαρακτηριστικών του πόρου.
		readWrite	String	1	Τα δικαιώματα στην τιμή (π.χ. αν μπορούμε να τη μεταβάλουμε).
		deviceCommands	DeviceCommand	1 - n	Οι εντολές που μπορούμε να δώσουμε στην συσκευή
		name	String	1	Όνομα εντολής
		get	DeviceCommandGet	1 - n	Το σύνολο των εντολών για την ανάκτηση τιμών παραμέτρων
		operation	String	1	Η συγκεκριμένη εντολή π.χ. εντολή ανάκτησης θερμοκρασίας

		object	String	1	Το αντικείμενο από το οποίο θέλουμε να πάρουμε την τιμή
		deviceResource	String	1	Ο πόρος από τον οποίο θέλουμε να πάρουμε την τιμή
		set	DeviceCommandSet	1 - n	Το σύνολο των εντολών για τον ορισμό των τιμών των παραμέτρων
		operation	String	1	Η συγκεκριμένη εντολή π.χ. εντολή καθορισμού θερμοκρασίας.
		object	String	1	Το αντικείμενο για το οποίο θέλουμε να ορίσουμε την τιμή
		deviceResource	String	1	Ο πόρος για τον οποίο θέλουμε να ορίσουμε την τιμή
		parameter	String	1	Η τιμή που πρόκειται να οριστεί

Πίνακας 46- Πίνακας περιγραφής οντότητας Device Driver

Όνομα Ιδιότητας (Attribute Name)	Τύπος Δεδομένων (Data Type)	Πληθικότητα (cardinality)	Περιγραφή (Description)
Name	String	1	Το όνομα του οδηγού.
Description	String	1	Μία σύντομη περιγραφή του οδηγού.
Labels	Array[String]	1 - n	Ενδεικτικές ετικέτες που σχετίζονται με τον οδηγό και τη λειτουργικότητά του.
OperatingState	String	1	Η εσωτερική λειτουργική κατάσταση του οδηγού, η οποία μπορεί να αλλάζει. Μπορεί να είναι <i>enabled</i> ή <i>disabled</i> .
AdminState	String	1	Ένδειξη κατάστασης εξωτερικής διαχείρισης του οδηγού (αν λειτουργεί κανονικά ή έχει τεθεί σε προσωρινή παύση ή κλείδωμα). Μπορεί να είναι <i>locked</i> ή <i>unlocked</i> .
Ip	String	1	Η διεύθυνση IP στην οποία βρίσκεται ο οδηγός.
Port	String	1	Η θύρα στην οποία ακούει ο οδηγός.

Protocol	String	1	Το πρωτόκολλο επικοινωνίας που υποστηρίζει ο οδηγός. Μπορεί να επικοινωνεί με συσκευές αντίστοιχου πρωτοκόλλου.
Path	String	1	Ο σύνδεσμος της διεπαφής που παρέχει ο οδηγός για επικοινωνία της πλατφόρμας TANDEM μαζί του σχετικά με διαφορετικές λειτουργίες της.

Πίνακας 47 - Πίνακας περιγραφής οντότητας Event Update

Όνομα Ιδιότητας (Attribute Name)	Τύπος Δεδομένων (Data Type)	Πληθικότητα (cardinality)	Περιγραφή (Description)
Sender	String	1	Το όνομα της μικροϋπηρεσίας όπου συνέβη το γεγονός για το οποίο στέλνεται ενημέρωση.
NotificationCategory	Enumeration	1	Η κατηγορία της ειδοποίησης ή του συναγερμού, η οποία μπορεί να είναι <i>Security</i> , <i>HW_Health</i> ή <i>SW_Heath</i> .
NotificationSeverity	String	1	Η σοβαρότητα της ειδοποίησης ή του συναγερμού, η οποία μπορεί να είναι <i>critical</i> ή <i>normal</i> .
Content	String	1	Το μήνυμα που περιγράφει το γεγονός που συνέβη π.χ. New device provisioning, Sensed data out of bounds, Service malfunction, System malfunction.
Description	String	1	Μία πιο επεξηγηματική περιγραφή του γεγονότος που συνέβη.

Πίνακας 48 - Πίνακας περιγραφής οντότητας Operation

Όνομα Ιδιότητας (Attribute Name)	Τύπος Δεδομένων (Data Type)	Πληθικότητα (cardinality)	Περιγραφή (Description)
-------------------------------------	--------------------------------	------------------------------	-------------------------

OperationName	String	1	Το όνομα της λειτουργίας που θα πραγματοποιηθεί.
ServiceInvolved	String	1	Το όνομα της μικροϋπηρεσίας στην οποία θα εφαρμοστεί η λειτουργία.
ServiceUrl	String	1	Το url της μικροϋπηρεσίας στο οποίο ακούει η συγκεκριμένη λειτουργία. Περιλαμβάνει την IP και το port της μικροϋπηρεσίας καθώς και την επέκταση που αντιστοιχεί στη λειτουργία.
HttpMethod	String	1	Η HTTP μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί, δηλαδή GET, POST, PUT ή DELETE.
Parameters	Array[String]	1 - n	Πιθανές παράμετροι που θα πρέπει να δίνονται ως όρισμα στην κλήση της HTTP μεθόδου.

3 Διεπαφές των Συστατικών του Συστήματος

3.1 Μητρώο Υπηρεσιών TANDEM (TANDEM Service Registry)

Όνομα Λειτουργίας	createService	
Περιγραφή	Εγγραφή μιας τεχνικής Υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
newService	Service	Η υποψήφια υπηρεσία που θα δημιουργηθεί
Παράμετροι Εξόδου		
service	Service	Η τελική υπηρεσία, όπως καταχωρείται στο μητρώο
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι δημιουργία. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή της τεχνικής υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 12		

Όνομα Λειτουργίας	createProduct	
Περιγραφή	Δημιουργία και δημοσίευση προϊόντος	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
newProduct	Product	Η νέα υπηρεσία που θα δημιουργηθεί
Παράμετροι Εξόδου		
product	Product	Το νέο προϊόν όπως αποθηκεύεται στο Μητρώο
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι δημιουργία. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος, βλ. Πίνακας 21		

Όνομα Λειτουργίας	getServiceById	
Περιγραφή	Επιστρέφει αναλυτικές πληροφορίες για μία συγκεκριμένη υπηρεσία	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Το αναγνωριστικό της υπηρεσίας
Παράμετροι Εξόδου		

<i>service</i>	Service	Η ζητούμενη υπηρεσία
<i>status</i>	String	Αν υπάρχει σφάλμα ή αδυναμία εκτέλεσης, τότε επιστρέφονται τα αίτια (π.χ. η υπηρεσία δεν υπάρχει)
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή της υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 12		

Όνομα Λειτουργίας	getProductById	
Περιγραφή	Επιστρέφει αναλυτικές πληροφορίες για ένα συγκεκριμέν προϊόν	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Το αναγνωριστικό του προϊόντος
Παράμετροι Εξόδου		
product	Product	Το ζητούμενο προϊόν
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα ή αδυναμία εκτέλεσης, τότε επιστρέφονται τα αίτια (π.χ. το προϊόν δεν υπάρχει)
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος, βλ. Πίνακας 21		

Όνομα Λειτουργίας	getServiceInstances	
Περιγραφή	Επιστρέφει μια λίστα από υπηρεσίες, που αφορούν τον καλούντα	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
activeOnly	Boolean	Αν είναι true, επιστρέφονται οι ενεργές υπηρεσίες
Παράμετροι Εξόδου		
serviceInstances	List<String>	Λίστα από αναφορές σε στιγμιότυπα υπηρεσιών
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	getAllServices	
Περιγραφή	Επιστρέφει όλες τις διαθέσιμες υπηρεσίες	
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
Παράμετροι Εξόδου		
services	List<Service>	Λίστα από υπηρεσίες
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή της υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 12		

Όνομα Λειτουργίας	getAllProducts	
--------------------------	-----------------------	--

Περιγραφή	Επιστρέφει όλα τα διαθέσιμα προϊόντα	
Παράμετροι Εξόδου		
<i>products</i>	List<Product>	Λίστα από προϊόντα
<i>status</i>	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος, βλ. Πίνακας 21		

Όνομα Λειτουργίας	getServicesByProperties	
Περιγραφή	Αναζήτηση υπηρεσιών βάσει κάποιων κριτηρίων	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>serName</i>	String	Για αναζήτηση με βάση το όνομα
<i>version</i>	String	Για αναζήτηση με βάση την έκδοση
<i>state</i>	String	Για αναζήτηση με βάση την κατάσταση των υπηρεσιών
Παράμετροι Εξόδου		
<i>services</i>	List<Service>	Λίστα από υπηρεσίες που πληρούν τα κριτήρια.
<i>status</i>	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος, βλ. Πίνακας 21		

Όνομα Λειτουργίας	getProductsByProperties	
Περιγραφή	Αναζήτηση προϊόντων βάσει κάποιων κριτηρίων	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>name</i>	String	Για αναζήτηση με βάση το όνομα
<i>version</i>	String	Για αναζήτηση με βάση την έκδοση
<i>state</i>	String	Για αναζήτηση με βάση την κατάσταση των προϊόντων
Παράμετροι Εξόδου		
<i>products</i>	List<Product>	Λίστα από προϊόντα που πληρούν τα κριτήρια.
<i>status</i>	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος, βλ. Πίνακας 21		

Όνομα Λειτουργίας	sortServices	
Περιγραφή	Ταξινόμηση υπηρεσιών με διαφορετικά κριτήρια (στον client)	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>serviceProducts</i>	List<ProductOffering>	Λίστα από υπηρεσίες που θα ταξινομηθούν
<i>criteria</i>	List<String>	Λίστα από επιθυμητά κριτήρια για την ταξινόμηση υπηρεσιών
Παράμετροι Εξόδου		

<i>serviceProducts</i>	List<ProductOffering>	Ταξινομημένη λίστα από υπηρεσίες
<i>status</i>	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 21		

Όνομα Λειτουργίας	filterServices	
Περιγραφή	Εφαρμογή φίλτρων για την εύρεση υπηρεσιών (στον client)	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceProducts	List<ProductOffering>	Λίστα από υπηρεσίες στις οποίες θα εφαρμοστούν τα φίλτρα
filters	List<String>	Λίστα από επιθυμητά φίλτρα (π.χ. ετικέτες και κατηγορίες) για την εύρεση υπηρεσιών
Παράμετροι Εξόδου		
serviceProducts	List<ProductOffering>	Λίστα από υπηρεσίες έπειτα από εφαρμογή φίλτρων
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος υπηρεσίας, βλ. Error! Reference source not found.		

Όνομα Λειτουργίας	orderProduct	
Περιγραφή	Επιλογή και αγορά μιας υπηρεσίας με συγκεκριμένο τρόπο παροχής της	
απόΠαράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceProductId	String	Αναγνωριστικό της επιλεγμένης υπηρεσίας-προϊόν
orderInfo	ProductOrder	Πληροφορίες σχετικά με την παραγγελία
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή της παραγγελίας, βλ. Πίνακας 24		

Όνομα Λειτουργίας	getOrderById	
Περιγραφή	Επιστρέφει αναλυτικές πληροφορίες για μια συγκεκριμένη παραγγελία	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Το αναγνωριστικό της παραγγελίας
Παράμετροι Εξόδου		
order	Order	Η ζητούμενη παραγγελία
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα ή αδυναμία εκτέλεσης, τότε επιστρέφονται τα αίτια (π.χ. η παραγγελία δεν υπάρχει)
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή της παραγγελίας, βλ. Πίνακας 24		

Όνομα Λειτουργίας	getAllOrders	
Περιγραφή	Επιστρέφει όλες τις παραγγελίες	
Παράμετροι Εξόδου		
orders	List<Order>	Λίστα από παραγγελίες
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή της παραγγελίας, βλ. Πίνακας 24		

Όνομα Λειτουργίας	instantiateService	
Περιγραφή	Αρχικοποίηση υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceInstantiationInfo	ServiceInstantiationRequestInfo	Περιλαμβάνει την υπηρεσία και τις παραμέτρους που χρειάζεται να δοθούν προκειμένου να αρχικοποιηθεί η υπηρεσία
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι αρχικοποίηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή της υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 12		

Όνομα Λειτουργίας	getServiceMonitoringData	
Περιγραφή	Επιστρέφει πληροφορίες παρακολούθησης της δοθείσας υπηρεσίας και των πόρων της (υποστήριξη μέσω Prometheus)	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceInstanceId	String	Η υπηρεσία για την οποία ζητούνται οι πληροφορίες παρακολούθησης
Παράμετροι Εξόδου		
logs	List<String>	Λίστα με τις τοποθεσίες (URLs) των δεδομένων παρακολούθησης
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	updateService	
Περιγραφή	Τροποποίηση τεχνικής υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Το μοναδικό αναγνωριστικό της υπηρεσίας που θα ενημερωθεί

<i>newService</i>	Service	Η τεχνική υπηρεσία που θα ενημερωθεί. Οι αλλαγές περιλαμβάνονται στην μεταβλητή εισόδου
Παράμετροι Εξόδου		
<i>service</i>	Service	Η τελική υπηρεσία, μετά την τροποποίησή της
<i>status</i>	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι τροποποίηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή της τεχνικής υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 12		

Όνομα Λειτουργίας	updateServiceState	
Περιγραφή	Τροποποίηση της κατάστασης της υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
newServiceState	Service	Η τεχνική υπηρεσία που θα ενημερωθεί. Οι αλλαγές περιλαμβάνονται στην μεταβλητή εισόδου και μπορούν να περιέχουν μόνο το αναγνωριστικό και τη νέα κατάσταση της υπηρεσίας
Παράμετροι Εξόδου		
service	Service	Η τελική υπηρεσία, μετά την τροποποίησή της
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι τροποποίηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή της τεχνικής υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 12		

Όνομα Λειτουργίας	updateProduct	
Περιγραφή	Τροποποίηση προϊόντος	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Το μοναδικό αναγνωριστικό του προϊόντος που θα ενημερωθεί
newProduct	Product	Το προϊόν που θα ενημερωθεί. Οι αλλαγές περιλαμβάνονται στην μεταβλητή εισόδου
Παράμετροι Εξόδου		
product	Product	Το τελικό προϊόν, μετά την τροποποίησή του
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι τροποποίηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος, βλ. Πίνακας 21: Μοντέλο πληροφορίας για το προσφερόμενο προϊόν (Product) [TMF620]		

Όνομα Λειτουργίας	updateOrder
Περιγραφή	Τροποποίηση παραγγελίας
Παράμετροι Εισόδου	

Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>id</i>	String	Το μοναδικό αναγνωριστικό της παραγγελίας που θα ενημερωθεί
<i>newOrder</i>	Order	Η παραγγελία που θα ενημερωθεί. Οι αλλαγές περιλαμβάνονται στην μεταβλητή εισόδου
Παράμετροι Εξόδου		
<i>order</i>	Order	Η τροποποιημένη παραγγελία
<i>status</i>	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι τροποποίηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή της παραγγελίας, βλ. Πίνακας 24		

Όνομα Λειτουργίας	terminateService	
Περιγραφή	Τερματισμός υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceDeletionInfo	ServiceDeletionRequestInfo	Περιλαμβάνει το αναγνωριστικό του αρχικοποιημένου στιγμιότυπου της υπηρεσίας και τις παραμέτρους που χρειάζεται να δωθούν προκειμένου να τερματιστεί η εκτέλεσή της
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι τερματισμό. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	deleteServiceById	
Περιγραφή	Κατάργηση τεχνικής υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Αναγνωριστικό της υπηρεσίας που θα διαγραφεί
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι κατάργηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	deleteProductById
-------------------	-------------------

Περιγραφή	Κατάργηση προϊόντος	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Αναγνωριστικό του προϊόντος που θα διαγραφεί
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι κατάργηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	deleteOrderById	
Περιγραφή	Διαγραφή παραγγελίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Αναγνωριστικό της παραγγελίας που θα διαγραφεί
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι κατάργηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	connectServices	
Περιγραφή	Διασύνδεση υπηρεσιών	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceProductIds	List<String>	Αναγνωριστικά των υπηρεσιών που θα διασυνδεθούν. Η σειρά με την οποία δίνονται οι υπηρεσίες είναι και η σειρά που θα γίνει η σύνθεσή τους.
connectAttributes	List<String>	Λίστα από επιπλέον χαρακτηριστικά και παραμέτρους που απαιτούνται για την επιτυχή σύνθεση των υπηρεσιών.
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι διασύνδεση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

3.2 Ενορχηστρωτής Σύνθεσης Υπηρεσιών

Όνομα Λειτουργίας	Δημιουργία Σύνθετης Υπηρεσίας
-------------------	-------------------------------

Περιγραφή	Δημιουργία του σχεδίου (template) της σύνθετης υπηρεσίας (αλυσίδας υπηρεσιών). Η λειτουργία αυτή δίνει την δυνατότητα να δημιουργηθεί ένας συνδυασμός από διαθέσιμες υπηρεσίες. Μέσω αυτής, ο χρήστης επιλέγει τις υπηρεσίες και τις συσκευές που χρειάζεται και ορίζει την πορεία που ακολουθούν τα δεδομένα μεταξύ αυτών.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
ServiceOrchestration	Json	Η σύνθετη υπηρεσία σε μορφή json, που περιέχει όλες τις συνδιαζόμενες υπηρεσίες καθώς και την πορεία που ακολουθούν τα δεδομένα μεταξύ των.
Σημειώσεις		
Ο χρήστης αφού διαμορφώσει την σύνθετη υπηρεσία σε ένα γραφικό περιβάλλον, στην συνέχεια την προωθεί προς το κατάλληλο υποσύστημα, έτσι ώστε να δημιουργηθεί η απαιτούμενη εγγραφή στην βάση δεδομένων		

Όνομα Λειτουργίας	Ενεργοποίηση Σύνθετης Υπηρεσίας	
Περιγραφή	Πρόκειται για την ενεργοποίηση της εκτέλεσης της σύνθετης υπηρεσίας, για την οποία έχει δημιουργηθεί ήδη το σχέδιό της. Ως είσοδος στην λειτουργία αυτή δίνονται τα επιπλέον ορίσματα που απαιτούνται για την εκτέλεση της κάθε επιμέρους υπηρεσίας. Η εκτέλεση της σύνθετης υπηρεσίας συνίσταται στην δημιουργία στιγμιότυπων και στην ενεργοποίηση των υπηρεσιών από τις οποίες αποτελείται.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
ServiceOrchestrationId	String	Είναι το κωδικό όνομα της σύνθετης υπηρεσίας
Parameters	JsonArray	Είναι οι παράμετροι που απαιτούνται για την εκτέλεση της σύνθετης υπηρεσίας
Σημειώσεις		
Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ενεργοποιήσει την σύνθετη υπηρεσία που παρουσιάζεται στην οθόνη του.		

Όνομα Λειτουργίας	Παρακολούθηση Σύνθετης Υπηρεσίας	
Περιγραφή	Επιστρέφει δεδομένα σχετικά με τα στιγμιότυπα που συνθέτουν την υπηρεσία και την κατάστασή τους.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
ServiceOrchestrationId	String	Είναι το κωδικό όνομα της σύνθετης υπηρεσίας
Σημειώσεις		
Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να παρακολουθήσει τα δεδομένα που αφορούν την τρέχουσα κατάσταση της συνθετης υπηρεσιας .		

Όνομα Λειτουργίας	Τροποποίηση Σύνθετης Υπηρεσίας	
--------------------------	--------------------------------	--

Περιγραφή	Τροποποίηση υπάρχουσας σύνθετης υπηρεσίας (π.χ. αλλαγή συσκευής ή προσθήκη νέας υπηρεσίας στην αλυσίδα). Στην ουσία αλλάζει μόνο το template για την τρέχουσα υπηρεσία. Ωστόσο, αν η συγκεκριμένη σύνθετη υπηρεσία βρίσκεται ήδη σε εκτέλεση, τότε θα πρέπει να ενημερωθούν και τα στιγμιότυπα των υπηρεσιών που επηρεάζονται από την αλλαγή.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
ServiceOrchestrationId	String	Είναι το κωδικό όνομα της σύνθετης υπηρεσίας
Σημειώσεις		
Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να παρακολουθήσει τα δεδομένα που αφορούν την τρεχουσα κατασταση της συνθετης υπηρεσιας .		

Όνομα Λειτουργίας	Τροποποίηση Σύνθετης Υπηρεσίας	
Περιγραφή	Τροποποίηση υπάρχουσας σύνθετης υπηρεσίας (π.χ. αλλαγή συσκευής ή προσθήκη νέας υπηρεσίας στην αλυσίδα). Στην ουσία αλλάζει μόνο το template για την τρέχουσα υπηρεσία. Ωστόσο, αν η συγκεκριμένη σύνθετη υπηρεσία βρίσκεται ήδη σε εκτέλεση, τότε θα πρέπει να ενημερωθούν και τα στιγμιότυπα των υπηρεσιών που επηρεάζονται από την αλλαγή.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
ServiceOrchestrationId	String	Είναι το κωδικό όνομα της σύνθετης υπηρεσίας
Parameters	JsonArray	Είναι οι παράμετροι που απαιτούνται για την εκτέλεση της σύνθετης υπηρεσίας
Σημειώσεις		
Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να τροποποιήσει την τρεχουσα υπηρεσια		

Όνομα Λειτουργίας	Τερματισμός Ενεργής Σύνθετης Υπηρεσίας	
Περιγραφή	Τερματισμός λειτουργίας μιας ενεργής σύνθετης υπηρεσίας. Ουσιαστικά συνίσταται στον τερματισμό των επιμέρους στιγμιοτύπων που συνθέτουν την υπηρεσία.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
ServiceOrchestrationId	String	Είναι το κωδικό όνομα της σύνθετης υπηρεσίας
Σημειώσεις		
Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να τερματίσει την τρεχουσα υπηρεσια		

Όνομα Λειτουργίας	Διαγραφή Σύνθετης Υπηρεσίας	
Περιγραφή	Τερματισμός της σύνθετης υπηρεσίας και διαγραφή του template της.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
ServiceOrchestrationId	String	Είναι το κωδικό όνομα της σύνθετης υπηρεσίας
Σημειώσεις		
Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να τερματίσει και να διαγράψει την τρεχουσα υπηρεσια		

3.3 Υπηρεσίες Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) για την ανάλυση δεδομένων

Λειτουργίες (Υπηρεσίες) Υψηλού Επιπέδου – Κινούνται στη λογική του χρήστη οπότε κρύβουν πολλές λεπτομέρειες υλοποίησης

Όνομα Λειτουργίας	startDeviceMonitoring	
Περιγραφή	Είναι μία συνάρτηση υψηλού επιπέδου που απευθύνεται στο τελικό χρήστη για να μπορέσει να ξεκινήσει μία υπηρεσία ΕΠΙΒΛΕΨΗΣ συσκευής άμεσα αποφεύγοντας εξειδικευμένες ερωτήσεις. Οι υπόλοιπες λειτουργίες που θα ακολουθήσουν κινούνται σε επίπεδο υλοποίησης και η “StartDeviceMonitoring” είναι ένα είδος εντοπιστή που γνωρίζει «Τι θα καλέσει» + «Με ποιιά σειρά» + «Με ποιές προϋποθέσεις»	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
AssetName	String	Το όνομα της συσκευής/ οντότητας που θα μπει σε διαδικασία επίβλεψης.
Sensors	JSON	Οι αισθητήρες που υπάρχουν σε μία συσκευή για την παρακολούθηση της λειτουργίας της. Τις περισσότερες φορές τοποθετούνται αισθητήρες θερμοκρασίας σε συνδυασμό με κάποιον άλλο. “SensorTypes”: <pre>[{ “type”: “temperature”, “state”: “active” }, { “type”: “vibration”, “state”: “inactive” }]</pre>
Alerts	JSON	Προσδιορίζονται μία σειρά από συναγερμούς με αυξανόμενο βαθμό σημασίας που προκαλούν διαφορετικές αντιδράσεις της πλατφόρμας TANDEM. “Alerts”: { “sensor-type”: “temperature”: <pre>[“normal-operation”: “<20”, “subnormal-operation”: “<30”, “faulty-operation”: “>30”, “critical-operation”: “>40”] }</pre>
Παράμετροι Εξόδου		

<i>MonitoringJobID</i>	String	Ένας μοναδικός συνδυασμός από αριθμούς και γράμματα για μελλοντική αναφορά στο αντικείμενο που μόλις δημιουργήθηκε.
<i>statusCode</i>	String	Σε περίπτωση που η εντολή ολοκληρώθηκε με επιτυχία, τότε 200 OK. Διαφορετικά επιστρέφεται ένα κωδικός σφάλματος που είναι ενδεικτικός του τι πήγε λάθος. Για παράδειγμα -400 ... Invalid Input.
Σημειώσεις		
Η παράμετρος εξόδου «MonitoringJobID» μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές περιστάσεις. Για παράδειγμα μπορεί να υπάρχει η λειτουργία: • «GetMonitoringJobAlarms» που θα περιγράφει πόσες φορές και τι είδους συναγερμός χτύπησε για τη συγκεκριμένη συσκευή με αυτούς τους αισθητήρες και τις τιμές ασφαλούς λειτουργίας • «GetMonitoringJobStatistics» που θα περιγράφει πόσες φορές έχει τρέξει το FORECASTING έως τώρα και πόσες φορές χρειάστηκε να εκπαιδευτεί καινούργιο μοντέλο • «GetForecastingModelsStatistics» που θα δίνει μία λίστα από τα μοντέλα πρόβλεψης που χρησιμοποιήθηκαν, τον αλγόριθμο επιλογής και το ποσοστό επιτυχίας που παρουσίασαν. •		

Όνομα Λειτουργίας	createInferenceScheduler	
Περιγραφή	Η διαδικασία παρακολούθησης συσκευών και πρόγνωσης ανωμαλιών είναι πολύπλοκη. Αποτελείται από πολλές αποκεντρωμένες υπηρεσίες που πρέπει να είναι συντονισμένες και να ανταλλάσσουν μηνύματα/ δεδομένα.	
	Αυτή η μέθοδος είναι υπεύθυνη για δύο πράγματα: 1. Αρχικοποίηση του μηχανισμού επιτήρησης/ πρόγνωσης με καθορισμό πληροφοριών όπως: a. DataInputConfiguration b. DataOutputConfiguration c. DataUploadFrequency, και 2. εκκινεί όλες τις συνιστώσες για αδιάκοπη επιτήρηση	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
DataInputConfiguration	JSON	Καθορίζει το σημείο που είναι αποθηκευμένες οι παρελθοντικές μετρήσεις που θα χρησιμοποιηθούν για εκπαίδευση και αξιολόγηση του μοντέλου ΕΠΙΤΗΡΗΣΗΣ/ πρόβλεψης. “DataInputConfiguration”: { “InputNameFormat”: “string”, “FolderName”: “string”, “Prefix”: “string”, “Delimiter”: “character”, “InputTimeZoneOffset”: “string” }

<i>DataOutputConfiguration</i>	JSON	Καθορίζει το σημείο που θα αποθηκευτούν τα αποτελέσματα της διαδικασίας εκπαίδευσης, αξιολόγησης και χρήσης του μοντέλου πρόγνωσης. «DataOutputConfiguration»: { "FolderName": "string", "Prefix": "string" }
<i>DataUploadFrequency</i>	String	Ο ρυθμός που μεταφέρονται μετρήσεις από τον MQTT-Broker σε CSV αρχεία-εισόδου (ορίστηκαν παραπάνω με την παράμετρο <i>DataInputConfiguration</i>). Για παράδειγμα «5M» συνεπάγεται ότι κάθε 5 λεπτά θα «έρχονται» καινούργιες μετρήσεις και θα αποθηκεύονται για επεξεργασία. Επίσης με την ίδια συχνότητα θα τρέχει ο μηχανισμός ΕΠΙΤΗΡΗΣΗΣ/ πρόβλεψης με τα καινούργια δεδομένα που θα αντικαταστήσουν τα παλιά.
<i>InferenceModelName</i>	String	Το όνομα ενός εκπαιδευμένου μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί
<i>InferenceSchedulerName</i>	String	Το όνομα του scheduler που θα αυτοματοποιήσει τη λειτουργία του μηχανισμού ΕΠΙΤΗΡΗΣΗΣ/ Πρόβλεψης.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>InferenceSchedulerID</i>	Str	Ένας μοναδικός συνδυασμός από αριθμούς και γράμματα για μελλοντική αναφορά στο αντικείμενο που μόλις δημιουργήθηκε.
<i>statusCode</i>	Str	Σε περίπτωση επιτυχημένης εκτέλεσης, τότε 200 OK. Διαφορετικά επιστρέφεται ένα κωδικός σφάλματος που είναι ενδεικτικός του τι πήγε λάθος. Για παράδειγμα -400 / Invalid Request
Σημειώσεις		
Συνεργάζεται με όλες τις λειτουργίες χαμηλού επιπέδου.		

Λειτουργίες Χαμηλού Επιπέδου – Υλοποιούν τις υπηρεσίες υψηλού επιπέδου (αυτές που κινούνται στο αφαιρετικό επίπεδο των απαιτήσεων του χρήστη από τη πλατφόρμα)

Όνομα Λειτουργίας	CreateDataset	
Περιγραφή	Μία εσωτερική οντότητα του μηχανισμού πρόγνωσης για να φιλοξενεί δεδομένα από το πρόσφατο παρελθόν και θα αποτελέσουν τον οδηγό για τις εκτιμήσεις των προβολών στο κοντινό μέλλον.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
DataFrequency	Str	Με τι συχνότητα λαμβάνονται μετρήσεις από την οντότητα που επιβλέπεται η λειτουργία της. Για παράδειγμα: - Κατανάλωση σε ένα σπίτι/ κάθε 1 Ώρα - Κραδασμοί σε μία μηχανή/ κάθε 2 Λεπτά
Name	Str	Το όνομα που θα δοθεί σε αυτό το σύνολο δεδομένων.

<i>Schema</i>	Str	Προσδιορισμός του σχήματος που προδιαγράφει τι τιμές πρέπει να περιμένει κανείς για κάθε μετρούμενο μέγεθος.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>datasetID</i>	Str	Ένας μοναδικός συνδυασμός από αριθμούς και γράμματα για μελλοντική αναφορά στο αντικείμενο που μόλις δημιουργήθηκε.
<i>statusCode</i>	Str	Σε περίπτωση που η δημιουργία του συνόλου-δεδομένων ολοκληρώθηκε με επιτυχία, τότε 200 OK. Διαφορετικά επιστρέφεται ένα κωδικός σφάλματος που είναι ενδεικτικός του τι πήγε λάθος. Για παράδειγμα -400 Invalid σημαίνει ότι μία παράμετρος εισόδου της εντολής είχε «απαράδεκτη» τιμή.
Σημειώσεις		
Συνεργάζεται με τη συνάρτηση ImportTrainingData		

Όνομα Λειτουργίας	ImportTrainingData	
Περιγραφή	Εισαγωγή χρονικής-ακολουθίας δεδομένων (time-series data) που περιγράφουν την εξέλιξη ενός ενεργού φυσικού φαινομένου σε μία πρόσφατη παρελθοντική περίοδο. Αυτές οι τιμές θα αποτελέσουν τον οδηγό για την εξαγωγή των εκτιμήσεων σε μελλοντικές χρονικές στιγμές. Για παράδειγμα για μία μηχανή που μας ενδιαφέρει και θα θέλαμε να εκτιμήσουμε πως θα λειτουργεί μετά από ΧΧ ημέρες, θα εισαχθούν δεδομένα που περιγράφουν την λειτουργία της τις προηγούμενες ΥΥ ημέρες.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
DatasourceName	Str	Το πλήρες-όνομα του αρχείου με τις τιμές που αποτυπώνουν τη λειτουργία στο πρόσφατο παρελθόν. Συνήθως πρόκειται για ένα CSV αρχείο που είναι αποθηκευμένο είτε τοπικά είτε σε κάποιο δικτυακό σκληρό δίσκο. Πλήρες-όνομα σημαίνει απόδοση με υποκαταλόγους.
DatasetID	Str	Προσδιορισμός της εσωτερικής οντότητας του μηχανισμού πρόγνωσης που θα αποθηκευτούν τα εξωτερικά δεδομένα λειτουργίας που θα διαβαστούν από ένα εξωτερικό αρχείο.
importJobName	Str	Το μοναδικό όνομα που θα αποδοθεί σε αυτή την εργασία για μελλοντική αναφορά. Συνήθως, η ανάγνωση και εισαγωγή δεδομένων για την εκπαίδευση ευφυούς μοντέλου διαρκεί πολύ ώρα καθώς οι μετρήσεις είναι πολλές και τα αρχεία τεράστια. Για αυτό ακολουθείται το μοντέλο της ασύγχρονης εκτέλεσης όπου η εντολή εισαγωγής δεδομένων επιστρέφει τον έλεγχο στη πλατφόρμα χωρίς να έχει ολοκληρωθεί η χρονοβόρα διαδικασία που τρέχει στο παρασκήνιο.
TimestampFormat	Str	Το πλήρες format της ημερομηνίας που συνοδεύει κάθε μέτρηση και βοηθάει τον αλγόριθμο της πρόγνωσης να κάνει σωστές προβολές στη κλίμακα του χρόνου "yyyy-MM-dd HH:mm:ss"
Timezone	Str	Η ζώνη της ώρας για τη περιοχή που γίνονται οι μετρήσεις. Για παράδειγμα GR+2H

Παράμετροι Εξόδου		
<i>ImportJobID</i>	Str	Ενας μοναδικός συνδυασμός από αριθμούς και γράμματα για μελλοντική αναφορά στο αντικείμενο που μόλις δημιουργήθηκε και τρέχει στο παρασκήνιο.
Σημειώσεις		
Συνεργάζεται με τη συνάρτηση DescribeImportJob για τη παρακολούθηση της εξέλιξης μίας εργασίας που εισάγει δεδομένα από ένα αρχείο.		

Όνομα Λειτουργίας		
DescribeImportJob		
Περιγραφή		
Επιστρέφει πληροφορίες για την εξέλιξη μίας εργασίας εισαγωγής δεδομένων από ένα εξωτερικό αρχείο – η συγκεκριμένη εργασία διακρίνεται από τη μεγάλη διάρκεια ολοκλήρωσης της και για αυτό τρέχει στο παρασκήνιο. Με αυτή την εντολή ο χρήστης μπορεί να ενημερωθεί αν η εισαγωγή δεδομένων έχει ολοκληρωθεί ή ακόμα είναι σε εξέλιξη.		
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>ImportJobID</i>	Str	Ενας μοναδικός συνδυασμός από γράμματα και αριθμούς που προσδιορίζει η ενεργή εργασία εισαγωγής δεδομένων που θέλουμε να ενημερωθούμε για την εξέλιξη της.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>DatasetID</i>	Str	Ενας μοναδικός συνδυασμός από αριθμούς και γράμματα για τον προσδιορισμό του DATASET που θα φιλοξενήσει τα δεδομένα όταν φορτωθούν από το εξωτερικό αρχείο.
<i>Status</i>	Enumeration	{Active, Update_in_Progress, ...}
Σημειώσεις		
Ακολουθεί μετά την κλήση της “ImportTrainingData” για την ενημέρωση σχετικά με την προόδου μίας διαδικασίας εισαγωγής ιστορικών δεδομένων.		

Όνομα Λειτουργίας		
CreatePredictionModel		
Περιγραφή		
Δημιουργία ενός μοντέλου ευφυούς πρόβλεψης με βάση το DATASET εκπαίδευσης που έχει εισαχθεί σε προηγούμενο βήμα της διαδικασίας.		
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>performAutoML</i>	Boolean	Εάν λάβει τη τιμή TRUE τότε το σύστημα προχωράει με ένα προκαθορισμένο μοντέλο ευφυούς πρόβλεψης. Χρήσιμη προοπτική για χρήστες με μικρή εμπειρία στη τεχνητή νοημοσύνη που απλά θέλουν να τρέξουν γρήγορα ένα συνηθισμένο μοντέλο και να δουν τα αποτελέσματα. Προφανώς η ποιότητα της πρόβλεψης θα υστερεί λόγω της γενικότητας του χρησιμοποιούμενου μοντέλου. DEFAULT Value ... True

<i>trainingAlgorithm</i>	Enumeration	Υπάρχει μία λίστα από αρχιτεκτονικές που έχουν παραδοθεί στην επιστημονική κοινότητα σαν ΒΕΛΤΙΣΤΟΙ για προβλήματα πρόγνωσης. Η λίστα των υποστηριζόμενων αλγορίθμων είναι : {LSTM, ARIMA, CNN-QR, ETS, NPTS, Prophet, Deep_AR_Plus}. Αυτή η παράμετρος προορίζεται για ένα έμπειρο χρήστη που θέλει να αλλάξει το μίγμα των προκαθορισμένων τιμών.
<i>trainingParameters</i>	List	Κάθε αλγόριθμος επιτρέπει στο χρήστη να καθορίσει τις τιμές από μερικές παραμέτρους. Έτσι επιτυγχάνεται βελτιστοποίηση του μοντέλου για συγκεκριμένες λειτουργικές συνθήκες. Αυτή η παράμετρος προορίζεται για ένα έμπειρο χρήστη που θέλει να αλλάξει το μίγμα των προκαθορισμένων τιμών.
<i>InputDatasetID</i>	Str	Το ID του dataset που δημιουργήθηκε στο πρώτο βήμα και «γέμισε» με ιστορικά δεδομένα στο δεύτερο.
<i>EvaluationParameters</i>	Percentage	Για την προετοιμασία ενός ευφυούς μοντέλου το παρεχόμενο dataset χωρίζεται σε δύο (2) μέρη. Το ένα χρησιμοποιείται για την εκπαίδευση (training) και το άλλο για την αξιολόγηση (evaluation) του. Αυτή η παράμετρος καθορίζει τι ποσοστό του όλου θα αφιερωθεί για την αξιολόγηση του μοντέλου. DEFAULT Value 50%
<i>ModelName</i>	String	Το όνομα που θα δοθεί στο καινούργιο μοντέλο για εύκολη επιλογή του όταν υπάρχουν πολλές εναλλακτικές με προηγούμενα μοντέλα.
<i>forecastHorizon</i>	Integer	Το πλήθος μελλοντικών τιμών που θα παράξει το μοντέλο πρόβλεψης. Είναι συνάρτηση του ρυθμού λήψης μετρήσεων στην οντότητα που επιβλέπεται. <u>Παράδειγμα:</u> - Μέτρηση οικιακής κατανάλωσης ρεύματος κάθε Μέρα - Ορίζοντας Προβλέψεων = 10 - Το μοντέλο θα κάνει προβλέψεις για επόμενες 10 Μέρες
<i>forecastType</i>	Float	Παράμετρος που σχετίζεται με την επιζητούμενη ακρίβεια στο μοντέλο πρόβλεψης. Παίρνει τιμές από 0.01 έως 0.99.
<i>UseSupplemFeatures</i>	Boolean	Κάθε πρόβλημα ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ επηρεάζεται από κάποιους εξωγενείς παράγοντες. Δύο (2) τέτοιοι παράγοντες είναι ο ΚΑΙΡΟΣ και οι ΑΡΓΙΕΣ σε κάθε χώρα. Με αυτή την παράμετρο καθορίζεται αν θα ληφθούν υπόψη οι εξωγενείς παράγοντες. DEFAULT Value False
<i>SupplementaryFeatur</i>	Enumeration	{“Weather”, “Holidays”, ...}
Παράμετροι Εξόδου		
<i>PredictionModelID</i>	str	Ένας μοναδικός συνδυασμός από αριθμούς και γράμματα για τον προσδιορισμό του μοντέλου ευφυούς πρόβλεψης που μόλις δημιουργήθηκε.
<i>StatusCode</i>	Enumeration	200 ... OK -400 ... Limit of resources exceeded -500 ... Resource Not Fount
Σημειώσεις		

Συνεργάζεται με τη συνάρτηση “RunForecast” όπου το μοντέλο που προκύπτει από αυτή την εντολή δοκιμάζεται στη πράξη. Το αποτέλεσμα είναι οι προβλέψεις για το χρονικό ορίζοντα που ορίστηκε στην παράμετρο ForecastHorizon.

Όνομα Λειτουργίας	GetAccuracyMetrics	
Περιγραφή	Μετά τη δημιουργία ενός μοντέλου ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ακολουθεί η χρήση του για εξαγωγή προβλέψεων στο κοντινό μέλλον. Κρίνεται όμως απαραίτητο πρώτα να αξιολογηθεί και μόνο αν εμφανίζει ορθότητα στα αποτελέσματα να οδηγηθεί στο επόμενο στάδιο της χρήσης. Αυτή η συνάρτηση είναι επιφορτισμένη με αυτό ακριβώς το σκοπό, δηλαδή την αξιολόγηση του μοντέλου χρησιμοποιώντας προηγούμενες μετρήσεις.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
PredictionModelID	String	Το όνομα του Μοντέλου-Πρόβλεψης που απαιτείται η αξιολόγηση του.
NumberOfBackTestWin	Number	Η αξιολόγηση θα γίνει σε ένα μέρος της αρχικής dataset. Το ερώτημα είναι πόσες φορές θα επιλέξει ο χρήστης να τρέξει η διαδικασία αξιολόγησης. Η πιο προφανής επιλογή είναι το μοντέλο να αξιολογηθεί μία (1) φορά που σημαίνει ότι θα χρησιμοποιηθεί ένα μεγάλο παράθυρο που θα περιλαμβάνει όλες οι «ιστορικές» τιμές. Μπορεί όμως ο χρήστης να χωρίσει το εύρος των παρελθοντικών τιμών σε δύο (2) χρονικά παράθυρα και να τρέξει η αξιολόγηση δύο φορές. DEFAULT Value 1
Παράμετροι Εξόδου		
EvaluationResults	JSON	Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του Μοντέλου-Πρόβλεψης σε JSON μορφή:
		<pre>{ "TestWindows": [{ "ErrorMetrics": { "ForecastType": "mean", "RMSE": "root-mean-square-error-value" } }] }</pre>
Σημειώσεις		
Ένα μοντέλο πρέπει πάντα να αξιολογείται. Η διαδικασία εκπαίδευσης ΔΕΝ είναι δεδομένο ότι θα παράσχει πάντα αξιόπιστα μοντέλα.		

Όνομα Λειτουργίας	SavePredictionModel
--------------------------	---------------------

Περιγραφή	Αποθήκευση ενός Μοντέλου-Πρόγνωσης για μελλοντική χρήση.	
	Αυτή η εντολή προσφέρει πολλές δυνατότητες για τη πληροφορία θα σωθεί και σε τι μορφή σε ένα εξωτερικό αρχείο. Συγκεκριμένα:	
	• Επιλογή ανάμεσα σε JSON και YAML (θεωρείται πιο φιλική για άνθρωπο) • Επιλογή για: ○ Αποθήκευση Μοντέλου μόνο ○ Αποθήκευση Μοντέλου και Μετρητικών Απόδοσης από Αξιολόγηση ○ Το αρχείο έχει μορφή CSV ○ <ExportJobName>_<ExportTimestamp>.csv	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
ExportJobName	String	Το όνομα της «εργασίας» που θα φέρει σε πέρας την αποθήκευση του Μοντέλου-Πρόγνωσης. Είναι συνιστώσα του ονόματος του παραγόμενου αρχείου.
Destination	String	Το σημείο που θα αποθηκευτεί το αρχείο με το μοντέλο. Κάποιο σημείο μόνιμης αποθήκευσης είτε σε τοπικό σημείο είτε σε κάποιο δικτυακά προσβάσιμο εξυπηρετητή.
PredictionModelID	String	Παράμετρος για τον καθορισμό του Μοντέλου-Προβολής που πρέπει να αποθηκευτεί.
SaveModelMetrics	Boolean	Παράμετρος για να αποφασισθεί αν θα σωθούν και οι επιδόσεις του μοντέλου στα τεστ αξιολόγησης. DEFAULT Value False
ModelFormat	Enumeration	JSON or YAML
Παράμετροι Εξόδου		
ExportJobName	String	Το όνομα της εργασίας αποθήκευσης για να είναι δυνατή η κλήση της στο μέλλον. Για παράδειγμα χρησιμοποιείται στην εντολή «GetExportJobStatus» για επιβεβαίωση ότι η διαδικασία εξελίχθηκε ομαλά και το μοντέλο αποθηκεύτηκε σε αρχείο.
Σημειώσεις		
Συνεργάζεται με τη συνάρτηση “GetExportJobStatus”.		

Όνομα Λειτουργίας	RunForecast	
Περιγραφή	Εκτέλεση προβλέψεων σε ένα προκαθορισμένο χρονικό ορίζοντα με ένα εκπαιδευμένο Μοντέλο-Προβλέψεων.	
	Το μήκος του ορίζοντα έχει οριστεί στην προηγούμενη εντολή «CreatePredictionModel»	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
PredictionModelID	Sring	Το μοντέλο ευφυούς πρόβλεψης που θα χρησιμοποιηθεί. Έχει δημιουργηθεί και εκπαιδευτεί σε προηγούμενο βήμα της διαδικασίας.

<i>ForecastType</i>	Enumeration	Υπάρχουν διάφορα είδη προβλέψεων που στηρίζονται στα ποσοστημόρια (quantiles). Πιο συνηθισμένα είναι τα 25%, 75% και mean. Default Value ... Mean
<i>forecastName</i>	String	Το όνομα της εργασίας ευφυούς πρόβλεψης που θα ξεκινήσει να εκτελείται. Απαραίτητο για μελλοντικές απόπειρες αναφοράς στη συγκεκριμένη εργασία και απομόνωση από άλλες παρόμοιες.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>ForecastID</i>	str	Ένας μοναδικός συνδυασμός από αριθμούς και γράμματα για τον προσδιορισμό της παρούσας ευφυούς πρόβλεψης που επιχειρείται.
<i>StatusCode</i>	Enumeration	• 200 ... OK • -400 ... Limit of resources exceeded • -500 ... Resource Not Fount
Σημειώσεις		
Συνεργάζεται με τη συνάρτηση “QueryForecastForSingleItem”.		

Όνομα Λειτουργίας	ExportForecast	
Περιγραφή	Αποθήκευση των προβλέψεων που έκανε ένα εκπαιδευμένο μοντέλο σε ένα χρονικό ορίζοντα.	
	Το όνομα του αρχείου δημιουργείται αυτόματα με τις ακόλουθες συνιστώσες: <ExportForecastJobName>_<ExportForecastJobTimestamp>.csv	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
Destination	Sring	Το σημείο που θα αποθηκευτεί το αρχείο με τις προβλέψεις. Μόνιμη αποθήκευση είτε σε τοπικό σημείο είτε σε κάποιο δικτυακά προσβάσιμο εξυπηρετητή.
ForecastExportJobName	String	Το όνομα της εργασίας αποθήκευσης προβλέψεων. Απαραίτητο για μελλοντικές απόπειρες αναφοράς στη συγκεκριμένη εργασία.
Παράμετροι Εξόδου		
ForecastExportJobNameID	String	Ένας μοναδικός συνδυασμός από αριθμούς και γράμματα για τον προσδιορισμό της παρούσας εργασίας.
StatusCode	Enumeration	200 ... OK -400 ... Limit of resources exceeded -500 ... Resource Not Fount
Σημειώσεις		
Οι προβλέψεις του μοντέλου είναι χρήσιμες για πολλούς λόγους. Ένας από τους πιο συνηθισμένους είναι για την δημιουργία γραφικών παραστάσεων. Στο τέλος της διαδικασίας εκπαίδευσης και εκτίμησης μπορεί να βρίσκεται μια κονσόλα που απεικονίζονται τα αποτελέσματα, αφού πρώτα διαβαστούν από αρχεία.		

Όνομα Λειτουργίας	QueryForecastForSingleItem
--------------------------	----------------------------

Περιγραφή	Η “RunForecast” παράγει το σύνολο των προβλέψεων που αντιστοιχούν σε ένα μελλοντικό χρονικό ορίζοντα.	
	Σε πολλές περιπτώσεις αυτές οι τιμές είναι πολλές και είναι δύσκολος ο εντοπισμός μίας συγκεκριμένης πρόβλεψης με ιδιαίτερο ενδιαφέρον.	
	Για αυτό το λόγο η συγκεκριμένη εντολή παρέχει τρεις (3) τρόπους περιορισμού των προβλέψεων:	
	• StartDate – ημερομηνία εκκίνησης / από πότε να αρχίσει να κοιτάει για ενδιαφέρουσες προβλέψεις • EndDate – ημερομηνία τερματισμού / πότε τελειώνει το χρονικό παράθυρο για ενδιαφέρουσες προβλέψεις • Filter – ένα συμπληρωματικό κριτήριο πέρα από το χρονικό παράθυρο	
	Το χρονικό παράθυρο περιορισμού της έρευνας είναι ένα τυπικό εργαλείο.	
	Το συμπληρωματικό φίλτρο έχει ιδιαίτερη αξία για την κατασκευή «ικανών» κανόνων να εντοπίζουν «κρίσιμες» καταστάσεις.	
	Για παράδειγμα - μία μηχανή με εδρασμένους αισθητήρες κραδασμών:	
	• Intensity (how far) • Frequency (how often)	
	Ένα σύνθετο φίλτρο:	
	• Measured-Intensity > 10mm • AND • Measured-Frequency > 20 Hz	
Θα μπορούσε να απαντήσει στο ΚΡΙΣΙΜΟ ερώτημα «πόσες φορές στα επόμενα ΧΧ λεπτά η λειτουργία της μηχανής θα εισέλθει σε συνθήκες ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ καταπόνησης»		
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
forecstID	String	Οι προβλέψεις που έχουν εξαχθεί σε προηγούμενο βήμα για εκτενή χρονικό ορίζοντα. Τα φίλτρα επιλογής θα εφαρμοστούν σε αυτό το υπερσύνολο για να εντοπιστούν κάποιες τιμές με ιδιαίτερη βαρύτητα.
StartDate	Date	Ημερομηνία εκκίνησης του παράθυρου με ενδιαφέρουσες προβλέψεις. Ο ορισμός της είναι με μορφή: “yyyy-MM-dd HH:mm:ss”
EndDate	Date	Ημερομηνία τερματισμού του παράθυρου με ενδιαφέρουσες προβλέψεις. Ο ορισμός της είναι σε μορφή: “yyyy-MM-dd HH:mm:ss”
Filter	String	Το κριτήριο που θα περιορίσει ακόμα περισσότερο το σύνολο των προβλέψεων με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Μπορεί να έχει τη μορφή SQL query-κανόνα.
Παράμετροι Εξόδου		

Predictions	JSON	Οι προβλέψεις που ικανοποιούν όλα τα κριτήρια ελέγχου. "Predictions": [{ "timestamp": "timestamp-x", "value": number-y },]
StatusCode	Enumeration	• 200 ... OK • -400 ... Invalid Input Exception • -500 ... Resource Not Found • (other)
Σημειώσεις		

3.4 Υπηρεσίες Μηχανικής Όρασης (Computer Vision)

Οι υπηρεσίες Μηχανικής Όρασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό συγκεκριμένων αντικειμένων σε εικόνες. Πρόκειται για προβλήματα μεγάλης πολυπλοκότητας λόγω της μεταβλητότητας που προσθέτουν το παρασκήνιο και ο φωτισμός. Η αναγνώριση πρέπει να γίνει με στατιστικά κριτήρια καθώς δεν μπορεί να υπάρχει απόλυτη ταύτιση ανάμεσα στο πρότυπο και σε αυτό που εμφανίζεται στη πράξη.

Οι υπηρεσίες Μηχανικής Όρασης είναι απαραίτητες σε ένα μεγάλο εύρος προβλημάτων και διαρκώς βελτώνονται για καλύτερα αποτελέσματα σε μικρότερο χρονικό διάστημα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η συμμετοχή τους σε σενάρια έξυπνης γραμμής παραγωγής. Επεξεργάζονται διαρκώς εικόνες από τελικά προϊόντα που είναι έτοιμα για διανομή σε πελάτες με σκοπό τον ποιοτικό τους έλεγχο. Αν υπάρχουν ατέλειες, όπως επιφανειακές αμυχές ή λείπουν ολόκληρα κομμάτια, τότε τα ελαττωματικά προϊόντα απομακρύνονται για επαν-επεξεργασία.

Ένα άλλο πεδίο εφαρμογής της Μηχανικής Όρασης είναι η επιτήρηση κρίσιμων υποδομών και η ασφάλεια χώρων. Τοποθετούνται κάμερες που είναι εστιασμένες σε ζώνες ελεγχόμενης πρόσβασης. Το παραγόμενο σήμα-βίντεο υψηλής ανάλυσης ελέγχεται διαρκώς για τον εντοπισμό ανθρώπων ή αντικειμένων.

Οι παρακάτω πίνακες περιγράφουν όλα τα βήματα που απαιτούνται για την υλοποίηση ενός έργου Μηχανικής Όρασης. Επιγραμματικά αναφέρεται η ύπαρξη τριών φάσεων όπου γίνεται εκπαίδευση, αξιολόγηση και δημοσιοποίηση μοντέλου.

Όνομα Λειτουργίας	CreateProject
-------------------	---------------

Περιγραφή	Δημιουργία ενός Προγραμματιστικού-Έργου (Project) για την αναγνώριση και των εντοπισμό αντικειμένων σε εικόνες. Τα projects είναι οι λογικές οντότητες που βοηθάνε στη συστέγαση των απαραίτητων συνιστωσών για την δημιουργία ενός ευφυούς μοντέλου τεχνητής-όρασης. Με την χρήση του έργου επιτυγχάνεται ένα καθεστώς απομόνωσης των σημαντικών συνιστωσών. Για παράδειγμα ένα μοντέλο αναγνώρισης μπορεί να έχει το ίδιο όνομα σε πολλές υπηρεσίες αλλά να εντοπίζεται μονοσήμαντα με το συνδυασμό {project-name}:{model-name}:{version-number}	
	Παράμετροι Εισόδου	
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
projectName	str	Το όνομα του σύνθετου έργου που θα χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση μίας υπηρεσίας ευφυούς αναγνώρισης αντικειμένων σε εικόνες.
Παράμετροι Εξόδου		
creationTimestamp	Number	Η χρονική στιγμή που δημιουργήθηκε το καινούργιο έργο τεχνητής όρασης.
statusCode	Enumeration	200 : OK -100 : Πρόβλημα με δικαιώματα (authorization) -300 : Πρόβλημα με συνδρομή (έχει ξεπεραστεί το όριο διαθέσιμων υποδομών για πελάτη)
Σημειώσεις		
Οποιαδήποτε ενέργεια για την υλοποίηση μία υπηρεσίας αναγνώρισης αντικειμένων πρέπει να οριστεί στα πλαίσια ενός έργου τεχνητής όρασης.		

Όνομα Λειτουργίας	CreateDataset	
Περιγραφή	Δημιουργία μίας δεξαμενής εικόνων. Κάθε έργο τεχνητής ευφυΐας στηρίζεται σε απεικονίσεις του αντικειμένου που πρέπει να εντοπιστεί. Χρειάζονται πολλές εικόνες με ευκρινή παρουσίαση. Οι εικόνες βρίσκονται συνήθως σε ένα τοπικό υπολογιστή και πρέπει να μεταφερθούν στο εξυπηρετητή που θα τρέξει η υπηρεσία τεχνητής όρασης – συγκεκριμένα στο σημείο που θα γίνει η εκπαίδευση του ευφυούς μοντέλου.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
projectName	Str	Το όνομα του σύνθετου έργου τεχνητής όρασης που θα ενταχθεί η δεξαμενή εικόνων.
datasetSource	Str	Το σημείο που βρίσκονται αποθηκευμένες οι εικόνες που αναπαριστούν το ενδιαφέρον αντικείμενο. Είναι απαραίτητο να καταχωρούνται ολοκληρωμένες τιμές που περιλαμβάνουν IP εξυπηρετητών σε περίπτωση απομακρυσμένων σημείων.

<i>datasetType</i>	Enumeration	Το είδος της δεξαμενής-εικόνων. Οι πιθανές τιμές για αυτή την παράμετρο είναι δύο: • Train • Test Η φάση εκπαίδευσης πρέπει πάντα να ακολουθείται από τη φάση αξιολόγησης. Για αυτό το σκοπό πρέπει να εισάγονται στο σύστημα δύο σύνολα εικόνων που θα καλύψουν και τις δύο ανάγκες.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>creationTimestamp</i>	Number	Η χρονική στιγμή που κατατέθηκε το αίτημα για τη δημιουργία και πλήρωση της καινούργιας δεξαμενής εικόνων.
<i>statusCode</i>	Enumeration	• 200 : OK • -100 : Πρόβλημα με δικαιώματα (authorization) • -200 : Υποδομή δεν βρέθηκε (για παράδειγμα το αρχικό σημείο αποθήκευσης εικόνων) • -300 : Πρόβλημα με συνδρομή (έχει ξεπεραστεί το όριο διαθέσιμων υποδομών για πελάτη) •
Σημειώσεις		
Η εισαγωγή εικόνων για εκπαίδευση ευφυούς μοντέλου σε τεχνητή όραση είναι εξαιρετικά χρονοβόρα. Όσο περισσότερες είναι οι αναπαραστάσεις του ζητούμενου αντικειμένου τόσο ακριβέστερη είναι η υπηρεσία αναγνώρισης. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας της διαδικασίας συνήθως ακολουθείται το ασύγχρονο μοντέλο υλοποίησης. Δηλαδή όταν καλείται αυτή η εντολή ο έλεγχος γυρίζει στο σημείο κλήσης όταν δημιουργηθεί η δεξαμενή αλλά χωρίς να έχουν «ανέβει» οι εικόνες. Ο χρήστης πρέπει να επιβλέπει τακτικά την εξέλιξη της μεταφοράς για να ενημερωθεί για την ολοκλήρωση της.		

Όνομα Λειτουργίας	CreateModel
-------------------	-------------

Περιγραφή	Δημιουργία του ευφυούς μοντέλου αναγνώρισης αντικειμένου σε εικόνα. Προφανώς πρόκειται για τη πιο σημαντική συνιστώσα ενός προγραμματιστικού έργου τεχνητής όρασης αφού καθορίζει τη ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας. Ειδικά η διαδικασία εκπαίδευσης είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και διαρκεί πολύ χρόνο. Για αυτό το λόγο ακολουθείται το μοντέλο ασύγχρονης υλοποίησης όπου όταν καλείται η εντολή ο έλεγχος επιστρέφει στο σημείο κλήσης άμεσα χωρίς να περιμένει την ολοκλήρωση της εκπαίδευσης. Όταν ολοκληρωθεί η φάση της εκπαίδευσης ακολουθεί η φάση της αποτίμησης (evaluation) του μοντέλου αξιοποιώντας τα δεδομένα σε ένα δεύτερο DATASET που συνοδεύεται από το χαρακτηρισμό TEST. Η πληροφορία για την αξιοποίηση ενός εκπαιδευμένου μοντέλου αναγνώρισης καταγράφεται σε αρχεία κειμένου. Αρκεί η μεταφορά τους στο σημείο που θα γίνει η εγκατάσταση της υπηρεσίας με «ζωντανό» σήμα από κάμερες.		
	Παράμετροι Εισόδου		
	Όνομα	Τύπος Περιγραφή	
	projectName	Str	Το όνομα του σύνθετου έργου τεχνητής όρασης που θα ενταχθεί το ευφύές μοντέλο αναγνώρισης.
	Description	Str	Μία περιγραφή της σκοπιμότητας που εξυπηρετεί το συγκεκριμένο μοντέλο. Για παράδειγμα θα χρησιμοποιηθεί για «αναγνώριση ακινητοποιημένων αυτοκινήτων».
	trainResultsLocation	Str	Το σημείο μόνιμης αποθήκευσης των χαρακτηριστικών του εκπαιδευμένου μοντέλου. Πρέπει να είναι μία δικτυακή τοποθεσία που θα έχει πρόσβαση τόσο το κομμάτι της προετοιμασίας όσο και της εκτέλεσης της υπηρεσίας αναγνώρισης.
Παράμετροι Εξόδου			
creationTimestamp	Number	Η χρονική στιγμή που κατατέθηκε το αίτημα για δημιουργία καινούργιου μοντέλου (θα ολοκληρωθεί σε εξαιρετικά μεταγενέστερο χρόνο).	
ModelVersion	Str	Για την εισαγωγή εκδόσεων στο μοντέλο του εξεταζόμενου υπολογιστικού έργου. Απαραίτητος μηχανισμός για την υλοποίηση βελτιώσεων με επαν-εκπαιδεύσεις σε βάθος χρόνου.	
Performance	Str	Ειδικές μετρητικές νόρμες που περιγράφουν την απόδοση του μοντέλου στη φάση αξιολόγησης. Ο χρήσης όταν εφοδιάζεται με ένα καινούργιο μοντέλο γνωρίζει και την απόδοση του σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον πριν το χρησιμοποιήσει σε πραγματικές συνθήκες. Ανάλογα με αυτά τα μετρητικά αποφασίζει πως θα προχωρήσει: θα αξιοποιήσει το μοντέλο σε προϊόντικές εγκαταστάσεις ή θα το βελτιώσει παραπέρα με επαν-εκπαίδευση.	
Status	Str	Σε ποια φάση βρίσκεται η διαδικασία δημιουργίας και εκπαίδευσης.	

<i>statusCode</i>	Enumeration	• 200 : OK • -100 : Πρόβλημα με δικαιώματα (authorization) • -200 : Υποδομή δεν βρέθηκε (για παράδειγμα το αρχικό σημείο αποθήκευσης εικόνων) • -300 : Πρόβλημα με συνδρομή (έχει ξεπεραστεί το όριο διαθέσιμων υποδομών για πελάτη) •
Σημειώσεις		
Η δημιουργία ενός μοντέλου είναι μία διαδικασία με επαναλαμβανόμενο χαρακτήρα. Αρχικά παραδίδεται η πρώτη έκδοση που αναγνωρίζει ένα αντικείμενο με ικανοποιητική ακρίβεια. Στη συνέχεια και με τη πάροδο του χρόνου γίνεται βελτίωση της απόδοσης του με ανανεωμένες δεξαμενές εικόνων για την επαν-εκπαίδευση του. Αποτελεί τυπική εργασία συντήρησης ενός ευφυούς συστήματος η εναρμόνιση του με τις αλλαγές που αναπόφευκτα προκύπτουν στο φυσικό περιβάλλον που επιβλέπει. Τέλος μία άλλη μορφή ανανέωσης σχετίζεται με διαφορετικές λειτουργικές ανάγκες για παράδειγμα η αρχική εκπαίδευση μπορεί να περιλαμβάνει την αναγνώριση αυτοκινήτων. Στη συνέχεια μπορεί να ζητηθεί η αναγνώριση δικύκλων.		

Όνομα Λειτουργίας			EvaluateModel
Περιγραφή	Ο χρήστης της υπηρεσίας Τεχνητής-Όρασης έχει τη δυνατότητα να εκτιμήσει την απόδοση του εκπαιδευμένου-μοντέλου μέσα από μία σειρά μετρητικά. Μετά την προσεχτική μελέτη των συντελεστών απόδοσης, έχει δύο(2) επιλογές:		
	- Είτε θα κρίνει ότι η απόδοση είναι ικανοποιητική και το μοντέλο είναι έτοιμο για χρήση - Είτε θα εντοπίσει προβλήματα στην απόδοση του και θα αιτηθεί για επαν-εκπαίδευση (πιθανών με καινούργια δεξαμενή εικόνων με μεγαλύτερο πλήθος και καλύτερη ποιότητα αναπαράστασης)		
Παράμετροι Εισόδου			
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή	
projectName	Str	Το όνομα του σύνθετου έργου τεχνητής όρασης που ανήκει το μοντέλο προς «ανάρτηση».	
modelVersion	Str	Ακριβής προσδιορισμός του μοντέλου και της έκδοσης του που θα εξυπηρετήσει την υπηρεσία αναγνώρισης αντικειμένου	
Παράμετροι Εξόδου			
Precision	Percentage %	Απαντάει στο ερώτημα: «Όταν το μοντέλο αποφασίζει ότι στην εικόνα εντοπίζεται ένα αντικείμενο – πόσες φορές έχει δίκιο»	
Recall	Percentage %	Απαντάει στο ερώτημα: «Από το συνολικό αριθμό εικόνων με ζητούμενα αντικείμενα στο σύνολο αξιολόγησης, πόσες εντόπισε ορθά το μοντέλο»	
F1 Score	Percentage %	Μία συνδυαστική μετρητική των δύο προηγούμενων Precision & Recall	
Σημειώσεις			

Πρόκειται για ένα βήμα που απαιτεί τη συμμετοχή του χρήστη. Ο μηχανισμός Τεχνητής-Όρασης θα παρουσιάσει ένα πίνακα με διάφορους συντελεστές απόδοσης και ο χρήστης θα προχωρήσει στην αξιολόγηση του καινούργιου μοντέλου. Η απόφαση ανήκει στο χρήστη αν θα προωθηθεί για χρήση ή θα σταλεί πίσω για επαν-εκπαίδευση.

Όνομα Λειτουργίας		StartModel
Περιγραφή	Μετά την εκπαίδευση ενός μοντέλου με ικανοποιητική ακρίβεια, ακολουθεί η «ανάρτηση» του στις παρυφές του δικτύου κοντά στις κάμερες επιτήρησης. Απαιτείται μια σωστή πρόβλεψη του όγκου των παράλληλων αιτημάτων αναγνώρισης-αντικειμένων, ώστε να ενεργοποιηθεί ένας ικανός αριθμός ευφυών-μοντέλων που θα διαμοιράζει το υπολογιστικό φορτίο. Σε ένα απλό σενάριο υπάρχει ένας μικρός χώρος επίβλεψης και μόνο μία κάμερα που τροφοδοτεί την υπηρεσία με βίντεο χαμηλής ανάλυσης. Σε αυτή τη περίπτωση αρκεί η «ανάρτηση» του μοντέλου τεχνητής-όρασης σε ένα(1) μόνο σημείο. Αντίθετα όταν ο χώρος είναι μεγάλος με μεγάλη κινητικότητα και παρακολουθείται από πολλές κάμερες τότε ο όγκος εργασίας τεχνητής-όρασης είναι πολλαπλάσιος. Απαιτούνται πολλές υλοποιήσεις του ίδιου μοντέλου που τρέχουν παράλληλα και υπάρχει συσχέτιση κάθε κάμερας με μία ανάρτηση.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
projectName	Str	Το όνομα του έργου τεχνητής-όρασης που ανήκει το μοντέλο προς «ανάρτηση».
modelVersion	Str	Ακριβής προσδιορισμός του μοντέλου – περιλαμβάνει το όνομα και την έκδοσης του
minInferenceUnits	Number	Ο ελάχιστος αριθμός από παράλληλες «αναρτήσεις» του μοντέλου που πρέπει να τρέχουν παράλληλα για να παρέχεται η προβλεπόμενη ποιότητα υπηρεσίας.
startModelConfig	JSON	Η χρησιμότητα αυτής της παραμέτρου έγκειται στη δυνατότητα ακριβούς προσδιορισμού των χρόνων ανάρτησης κ διάθεσης του καινούργιου μοντέλου. Μπορούν να ικανοποιηθούν σύνθετα σενάρια όπως: • Να ξεκινήσει σε 2 ώρες και να παραμείνει ενεργή για 4 ώρες, ή • Να αναρτάται κάθε μέρα από τις 10 το πρωί έως τις 7 το απόγευμα
Παράμετροι Εξόδου		
startModelStatus	Enumeration	Μία από τις παρακάτω τιμές: STARTING_HOSTING HOSTED HOSTING_FAILED STOPPING_HOSTING SYSTEM_UPDATE

<i>statusCode</i>	Enumeration	• 200 : OK • -100 : Πρόβλημα με δικαιώματα (authorization) • -200 : Υποδομή δεν βρέθηκε (για παράδειγμα το αρχικό σημείο αποθήκευσης εικόνων) • -300 : Πρόβλημα με συνδρομή (έχει ξεπεραστεί το όριο διαθέσιμων υποδομών για πελάτη) •
Σημειώσεις		
Η «ανάρτηση» ενός μοντέλου αναγνώρισης στο πεδίο δράσης είναι σοβαρή διαδικασία που περιλαμβάνει το συγχρονισμό ενεργειών σε επίπεδο hw και sw. Το αποτέλεσμα είναι να καθυστερεί η ολοκλήρωση της - ειδικά όσο μεγαλώνει ο αριθμός των «αναρτήσεων». Για αυτό το λόγο εκτελείται ασύγχρονα και ο χρήστης πρέπει να περιμένει για ένα χρονικό διάστημα για την ολοκλήρωση της – ταυτόχρονα μπορεί να ρωτάει το σύστημα για τη πορεία εκτέλεσης της. Όταν λάβει θετική απάντηση μπορεί να προχωρήσει στο τελευταίο βήμα που είναι η συσχέτιση του ενεργού μοντέλου αναγνώρισης με το σήμα βίντεο από μια κάμερα.		

Όνομα Λειτουργίας	detectObject	
Περιγραφή	Το τελευταίο βήμα στη διαδικασία χρήσης ενός καινούργιου μοντέλου τεχνητής-όρασης είναι ο συσχετισμός του με κάποια ενεργή πηγή βίντεο. Συνήθως επεξεργάζεται στιγμιότυπα από το συνεχές σήμα. Αυτή η λειτουργία είναι υπεύθυνη για τα ακόλουθα: - Υπάρχει ένα προκαθορισμένο βήμα διακριτοποίησης - κάθε XX (secs) απομονώνει ένα στιγμιότυπο - αποστέλλει ένα αίτημα στη διεύθυνση που έχει αναρτηθεί το μοντέλο – Ζητάει αναγνώριση των αντικειμένων στο «άγνωστο» στιγμιότυπο	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
projectName	Str	Το όνομα του έργου τεχνητής-όρασης που ανήκει το μοντέλο προς «ανάρτηση».
modelVersion	Str	Ακριβής προσδιορισμός του μοντέλου – περιλαμβάνει το όνομα και την έκδοσης του
imageBytes	BLOB	Η καινούργια εικόνα που θα εξεταστεί για το ζητούμενο αντικείμενο.
Παράμετροι Εξόδου		
detectObjectResult	JSON	Η πληροφορία που περιγράφει τις περιοχές της εικόνας με το ζητούμενο αντικείμενο (αν υπήρχαν) «Confidence»: number, “IsFound”: Boolean, “BoundingBox”: []

<i>statusCode</i>	Enumeration	• 200 : OK • -100 : Πρόβλημα με δικαιώματα (authorization) • -200 : Υποδομή δεν βρέθηκε (για παράδειγμα το αρχικό σημείο αποθήκευσης εικόνων) • -300 : Πρόβλημα με συνδρομή (έχει ξεπεραστεί το όριο διαθέσιμων υποδομών για πελάτη) •
Σημειώσεις		

3.4.1.1 Επανεκκίνηση Λειτουργίας με Καινούργιο Μοντέλο

Τα δεδομένα σε ένα πρόβλημα μηχανικής-όρασης διαρκώς αλλάζουν (data-drifting) και η υπηρεσία πρέπει να επικαιροποιείται. Συνήθως δημιουργείται μία καινούργια δεξαμενή-δεδομένων πιο κοντά στις τρέχουσες συνθήκες λειτουργίας. Στη συνέχεια επαν-εκπαιδεύεται το αρχικό μοντέλο με αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας καινούργιας έκδοσης του. Εφόσον η αξιολόγηση της ολοκληρωθεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα, η καινούργια έκδοση θα αντικαταστήσει τη τρέχουσα στις παρυφές του δικτύου.

Όνομα Λειτουργίας StopModel		
Περιγραφή Σταματάει τις αναρτήσεις του τρέχοντος μοντέλου στις παρυφές του δικτύου.		
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>projectName</i>	Str	Το όνομα του έργου τεχνητής-όρασης που ανήκει το μοντέλο προς «απόσυρση».
<i>modelVersion</i>	Str	Ακριβής προσδιορισμός του μοντέλου – περιλαμβάνει το όνομα και την έκδοση του
<i>TimeToStop</i>	Date	Ποια ακριβώς χρονική στιγμή στο άμεσο μέλλον να αποσυρθεί η τρέχουσα έκδοση του μοντέλου αναγνώρισης.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>statusCode</i>	Enumeration	Αν όλα πήγαν καλά στη φάση δημιουργίας και εκκίνησης της υπηρεσίας ο χαρακτηριστικός αριθμός 200 επιστρέφεται. Διαφορετικά σε περίπτωση ΛΑΘΟΥΣ υπάρχουν ενδεικτικοί αριθμοί που προδιαθέτουν για το πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε. Για παράδειγμα -111 μπορεί να σημαίνει πρόβλημα με λίγη διαθέσιμη CPU.
Σημειώσεις		

Στη συνέχεια ακολουθεί ένα αίτημα για «ανάρτηση» της καινούργιας έκδοσης του μοντέλου (η εντολή έχει περιγραφεί παραπάνω στο κύριο σενάριο εργασίας Τεχνητής-Όρασης)

Όνομα Λειτουργίας	StartModel	
Περιγραφή	Όταν «αποσυρθούν» όλες οι αναρτήσεις του τρέχοντος μοντέλου ακολουθεί η αποστολή της καινούργιας έκδοσης.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
projectName	Str	Το όνομα του έργου τεχνητής-όρασης που ανήκει το μοντέλο προς «ανάρτηση».
modelVersion	Str	Η καινούργια έκδοση του μοντέλου
Παράμετροι Εξόδου		
startModelStatus	Enumeration	Μία από τις παρακάτω τιμές: STARTING_HOSTING HOSTED HOSTING_FAILED STOPPING_HOSTING SYSTEM_UPDATE
statusCode	Enumeration	• 200 : OK • -100 : Πρόβλημα με δικαιώματα (authorization) • -200 : Υποδομή δεν βρέθηκε (για παράδειγμα το αρχικό σημείο αποθήκευσης εικόνων) • -300 : Πρόβλημα με συνδρομή (έχει ξεπεραστεί το όριο διαθέσιμων υποδομών για πελάτη) •
Σημειώσεις		

3.4.1.2 Επανεκπαίδευση μοντέλου Μηχανικής Όρασης

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος επαν-εκπαίδευσης ενός μοντέλου είναι μέσω μίας ανανεωμένης δεξαμενής εικόνων. Συλλέγεται ένας ικανός αριθμός από εικόνες που περιγράφουν τα ενδιαφέροντα αντικείμενα με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη συγγένεια στις πραγματικές συνθήκες επιτήρησης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των εικόνων και όσο καλύτερη είναι η απεικονιστική τους ικανότητα τόσο πιο αποδοτική θα είναι η επαν-εκπαίδευση.

Η προτεινόμενη εντολή για ανανέωση της δεξαμενής-εικόνων σε ένα έργο τεχνητής όρασης είναι η ακόλουθη:

Όνομα Λειτουργίας	UpdateDataset		
Περιγραφή	Προσθέτει καινούργιες εικόνες σε μία δεξαμενή εκπαίδευσης.		
Παράμετροι Εισόδου			
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή	
projectName	Str	Το όνομα του έργου τεχνητής-όρασης που ανήκει το μοντέλο προς «ανάρτηση».	
inputConfig	JSON	Ένα αρχείο που προσδιορίζει τις καινούργιες εικόνες που θα τοποθετηθούν στη δεξαμενή. (Δες σημειώσεις)	
Παράμετροι Εξόδου			
updateDatasetStatus	Enumeration	Μία από τις παρακάτω τιμές: UPDATE_IN_PROGRESS UPDATE_COMPLETE UPDATE_FAILED	

<i>statusCode</i>	Enumeration	• 200 : OK • -100 : Πρόβλημα με δικαιώματα (authorization) • -200 : Υποδομή δεν βρέθηκε (για παράδειγμα το αρχικό σημείο αποθήκευσης εικόνων) • -300 : Πρόβλημα με συνδρομή (έχει ξεπεραστεί το όριο διαθέσιμων υποδομών για πελάτη) •
Σημειώσεις		
Συνήθως ο καθορισμός των καινούργιων εικόνων γίνεται με τη βοήθεια μίας λίστας που αποθηκεύεται σε ένα CSV αρχείο. Κάθε γραμμή του αρχείου ακολουθεί τη παρακάτω διατύπωση: ML_USE, FILE_PATH, LABEL, LABEL, ... Για παράδειγμα: TPAIN, nfs://server/folder/image1.jpg, car TEST, nfs://server/folder/image2.jpg, car TRAIN, nfs://server/folder/image3.jpg, bike		

Στη συνέχεια ακολουθεί επαν-εκπαίδευση του μοντέλου με την ανανεωμένη δεξαμενή, με την ίδια διαδικασία που παρουσιάστηκε στο βασικό σενάριο.

3.4.1.3 Εισαγωγή νέου μοντέλου στην Δεξαμενή Μοντέλων του TANDEM

Κάθε φορά που εκτελείται η “CreateModel” για την επαν-εκπαίδευση ενός μοντέλου, η καινούργια έκδοση αποθηκεύεται μαζί με τις προηγούμενες.

3.4.1.4 Διαγραφή μοντέλου από την Δεξαμενή Μοντέλων του TANDEM

Όταν μιλάμε για διαγραφή μοντέλου ουσιαστικά εννοούμε διαγραφή μίας από τις ενεργές εκδόσεις του.

Προσοχή στο γεγονός ότι για να προχωρήσει μία διαγραφή πρέπει να έχει προηγηθεί το αίτημα «StopModel» - εφόσον έχει αναρτηθεί στις παρυφές του δικτύου. Δεν είναι δυνατό να διαγραφεί ένα ενεργό μοντέλο.

Όνομα Λειτουργίας	DeleteModel	
Περιγραφή	Διαγραφή ενός μοντέλου τεχνητής-όρασης.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
projectName	Str	Το όνομα του έργου τεχνητής-όρασης που ανήκει το μοντέλο που θα διαγραφεί.
modelVersion	Str	Η «ανεπιθύμητη» έκδοση του μοντέλου
Παράμετροι Εξόδου		

<i>statusCode</i>	Enumeration	• 200 : OK • -100 : Πρόβλημα με δικαιώματα (authorization) • -200 : Υποδομή δεν βρέθηκε (για παράδειγμα το αρχικό σημείο αποθήκευσης εικόνων) • -300 : Πρόβλημα με συνδρομή (έχει ξεπεραστεί το όριο διαθέσιμων υποδομών για πελάτη) •
Σημειώσεις		

3.4.1.5 Εμφάνιση λίστας διαθέσιμων μοντέλων

Κάθε φορά που εκτελείται η “CreateModel” για την επαν-εκπαίδευση ενός μοντέλου, η καινούργια έκδοση αποθηκεύεται μαζί με τις προηγούμενες.

Ο χρήστης μπορεί να ζητήσει τη λίστα των διαθέσιμων μοντέλων:

Όνομα Λειτουργίας ListModels		
Περιγραφή Οι διαφορετικές εκδόσεις ενός μοντέλου που προκύπτουν μετά από κάθε επαν-εκπαίδευση		
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>projectName</i>	Str	Το όνομα του έργου τεχνητής-όρασης που ανήκει το μοντέλο που θα διαγραφεί.
<i>maxResults</i>	Number	Πόσα μοντέλα να επιστρέψει ανά σελίδα – εάν το πλήθος είναι μεγάλο
Παράμετροι Εξόδου		
<i>Models</i>	Array	Τα μοντέλα που έχουν εκπαιδευτεί σε αυτό το έργο τεχνητής-όρασης.
<i>statusCode</i>	Enumeration	• 200 : OK • -100 : Πρόβλημα με δικαιώματα (authorization) • -200 : Υποδομή δεν βρέθηκε (για παράδειγμα το αρχικό σημείο αποθήκευσης εικόνων) • -300 : Πρόβλημα με συνδρομή (έχει ξεπεραστεί το όριο διαθέσιμων υποδομών για πελάτη) •
Σημειώσεις		

Επίσης ο χρήστης μπορεί να ζητήσει αναλυτικές πληροφορίες για ένα συγκεκριμένο μοντέλο:

Όνομα Λειτουργίας DescribeModel		
Περιγραφή Ενημέρωση για ένα μοντέλο τεχνητής-όρασης		
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή

<i>projectName</i>	Str	Το όνομα του έργου τεχνητής-όρασης που ανήκει το μοντέλο που θα διαγραφεί.
<i>modelVersion</i>	Str	Η «ζητούμενη» έκδοση του μοντέλου
Παράμετροι Εξόδου		
<i>Model</i>	JSON	Πληροφορίες σχετικά με την ημερομηνία δημιουργίας, ημερομηνία αξιολόγησης, αποτελέσματα αξιολόγησης, ...
<i>statusCode</i>	Enumeration	• 200 : OK • -100 : Πρόβλημα με δικαιώματα (authorization) • -200 : Υποδομή δεν βρέθηκε (για παράδειγμα το αρχικό σημείο αποθήκευσης εικόνων) • -300 : Πρόβλημα με συνδρομή (έχει ξεπεραστεί το όριο διαθέσιμων υποδομών για πελάτη) •
Σημειώσεις		

3.4.1.6 Περιγραφή Υπηρεσιών για τη Διαχείριση της Δεξαμενής Μοντέλων του TANDEM

Ένα ολοκληρωμένο ευφυές μοντέλο αναγνώρισης αντικειμένων που μπορεί να διαμοιραστεί σε τοπικές συστάδες αποτελείται από τις ακόλουθες συνιστώσες:

- Ένα αρχείο που περιγράφει την αρχιτεκτονική του μοντέλου με διαμόρφωση JSON, YAML συνήθως
- Ένα δεύτερο αρχείο που περιλαμβάνει τους συντελεστές βαρύτητας των δομικών στοιχείων του μοντέλου με διαμόρφωση HDF5 (ιδανική για πληροφορία που ορίζεται σε πίνακες πολλών διαστάσεων)
- Ο συνοδευτικός κώδικας (σε γλώσσα Python συνήθως) που «φορτώνει» το μοντέλο και το συσχετίζει με κάποια άγνωστη εικόνα για τον εντοπισμό «κρίσιμων» αντικειμένων
- Οι απαραίτητες βιβλιοθήκες για την λειτουργία του μοντέλου. Πρόκειται για ένα «υποσύνολο» των προγραμματιστικών εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν στη φάση της εκπαίδευσης.

Γίνεται φανερό από τα παραπάνω ότι ένα εκπαιδευμένο μοντέλο για να περιέλθει σε λειτουργική κατάσταση απαιτείται η ταυτόχρονη παρουσία πολλών πληροφοριών. Ένας τρόπος συσσωμάτωσης τους είναι οι CONTAINERS που εξασφαλίζουν τη δημιουργία μίας αυτόνομης οντότητας που κουβαλάει στο εσωτερικό της όλα τα απαραίτητα για να τρέξει ένα μοντέλο.

Κάθε μοντέλο της στρατηγικής υπηρεσίας αναγνώρισης αντικειμένων μπαίνει σε ένα container. Για την αποθήκευση και τη διανομή των μοντέλων στις απομακρυσμένες συστάδες χρησιμοποιείται μία «ιδιωτική» δεξαμενή με πολλές αποθήκες (repositories). Σε κάθε αποθήκη υπάρχουν οι εκδόσεις από ένα μόνο μοντέλο τεχνητής ευφυίας. Για παράδειγμα ο container που εντοπίζει ανθρώπους σε εικόνες θα αποθηκεύεται σε διαφορετικό σημείο από έναν άλλο που εντοπίζει ακινητοποιημένα αυτοκίνητα.

Οι ακόλουθες εντολές παρέχουν τη δυνατότητα στο χρήστη να αναζητήσει αυτόνομους containers με ευφυή μοντέλα που ταιριάζουν στο εκάστοτε σενάριο εργασίας.

Όνομα Λειτουργίας	CreateRepository	
Περιγραφή	Η αποθήκη (repository) είναι η λογική οντότητα που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση ενός συγκεκριμένου μοντέλου-αναγνώρισης και των διαφόρων εκδόσεων του. Στο οικοσύστημα κεντρικής διαχείρισης εγκιβωτισμένων μοντέλων υπάρχει μία ιδιωτική δεξαμενή και πολλοί αποθηκευτικοί χώροι. Με αυτή την εντολή ο χρήστης δημιουργεί μία καινούργια αποθήκη για ένα νέο μοντέλο αναγνώρισης.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
Registry_URL	String	Η διεύθυνση της ιδιωτικής δεξαμενής που θα δημιουργηθεί η νέα αποθήκη για εγκιβωτισμένα μοντέλα.
repositoryName	String	Το όνομα που θα δοθεί στη καινούργια αποθήκη (repository).
repostoryTags	Array	Οι ετικέτες χρησιμοποιούνται για την ομαδοποίηση αντικειμένων με μία κοινή προέλευση ή προορισμό. Δημιουργούν οικογένειες από διαφορετικά αντικείμενα που συνεργάζονται και επιβάλλεται η συλλογική διαχείριση τους σε ορισμένες περιπτώσεις. Επικόλληση ετικετών στη καινούργια αποθήκευση για τη συσχέτιση της με κάποια οικογένεια.
Παράμετροι Εξόδου		
Repository_URL	String	Η διεύθυνση που μπορεί να χρησιμοποιήσει κάθε ενδιαφερόμενος για να επικοινωνήσει με την οντότητα που μόλις δημιουργήθηκε.
statusCode	Enumeration	Ένας κωδικός αριθμός ενδεικτικός της εξέλιξης διαδικασίας: • 200/ OK - επιτυχημένη διαδικασία • -400/ Invalid Input – μη αποδεκτοί παράμετροι εισόδου (για παράδειγμα εσφαλμένοι χαρακτήρες στο όνομα) • -600/ Resource Already Exists – η οντότητα που επιχειρήθηκε να φτιαχτεί ήδη υπάρχει με το ίδιο όνομα • -800/ Authorization Error – ο χρήστης δεν έχει τα απαραίτητα προνόμια να τρέξει την εντολή
Σημειώσεις		
Όταν φτιαχτεί μία αποθήκη μπορεί να προχωρήσει η εναπόθεση εγκιβωτισμένων μοντέλων με τις ακόλουθες εντολές.		

Όνομα Λειτουργίας	PushImage
--------------------------	-----------

Περιγραφή	Η αποστολή για αποθήκευση ενός εγκιβωτισμένου ευφυούς μοντέλου σε μία αποθήκη της ιδιωτικής δεξαμενής. Ένα καινούργιο μοντέλο με όλο το συνοδευτικό κώδικα και τις απαραίτητες βιβλιοθήκες θα μεταφερθούν από τους εξυπηρετητές που γίνεται η εκπαίδευση του στη δεξαμενή φύλαξης έτοιμο για διανομή σε τοπικές συστάδες.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
Registry_URL	String	Η διεύθυνση της ιδιωτικής δεξαμενής που βρίσκεται η αποθήκη που θα παραλάβει μία καινούργια έκδοση ενός εγκιβωτισμένου μοντέλου.
repositoryName	String	Το όνομα της αποθήκης που θα σταλεί η καινούργια έκδοση.
imageDigest	String	Ένας μηχανισμός που επιβεβαιώνει την ολοκληρωμένη και ασφαλή μεταφορά της εικόνας (Image) από το σημείο που έγινε η εκπαίδευση στο σημείο της μόνιμης αποθήκευσης. Εάν υπήρξε είτε κάποια αστοχία στη μεταφορά είτε κάποια μη-εξουσιοδοτημένη παρεμβολή αυτή η αλφαριθμητική σειρά είναι ο τρόπος να διαπιστωθεί. Προβληματικές εικόνες απομακρύνονται χωρίς να εισέρχονται στη κεντρική δεξαμενή.
imageTag	String	Η καινούργια έκδοση του μοντέλου σε μορφή XXXX.YY.ZZ, για παράδειγμα 2021.06.b1
Παράμετροι Εξόδου		
imageTag	String	Ο χαρακτηριστικός κωδικός αριθμός της καινούργιας έκδοσης που «ανέβηκε» στη κεντρική δεξαμενή. Χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του μοντέλου που θα μεταφερθεί στις έξυπνες συσκευές για την υποστήριξη του έργου τους.
statusCode	Enumeration	Ένας κωδικός αριθμός ενδεικτικός της εξέλιξης διαδικασίας: • 200/ OK - επιτυχημένη διαδικασία • -400/ Invalid Input – μη αποδεκτοί παράμετροι εισόδου (για παράδειγμα εσφαλμένοι χαρακτήρες στο όνομα) • -600/ Resource Already Exists – η οντότητα που επιχειρήθηκε να φτιαχτεί ήδη υπάρχει με το ίδιο όνομα • -800/ Authorization Error – ο χρήστης δεν έχει τα απαραίτητα προνόμια να τρέξει την εντολή
Σημειώσεις		
Για την κατανόηση της ιεραρχίας και της ονοματολογίας που ακολουθείται παρατίθεται ένα παράδειγμα. Δυνητικό όνομα αποθήκης (Repository) είναι το centos-car-recognition. Μέσα στην αποθήκη μπορεί να υπάρχουν δύο εκδόσεις του ίδιου ευφυούς μοντέλου: • 2021.02.keras • 2020.01.pyTorch		

Όνομα Λειτουργίας	PushMultiArchitectureImage	
Περιγραφή	Αυτή η εντολή στέλνει προς αποθήκευση μία σύνθετη εικόνα εγκιβωτισμένου μοντέλου. Συγκεκριμένα στις τελευταίες εκδόσεις του DOCKER υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας εικόνων που μπορούν να εγκατασταθούν σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα και αρχιτεκτονικές επεξεργαστή. Με τη βοήθεια ενός manifest-list η ίδια εικόνα ανεβαίνει με πολλές διαμορφώσεις που βελτιστοποιούν τη λειτουργία της σε διαφορετικό εκτελεστικό υπόβαθρο.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
imageManifest	JSON	Περιγραφή της σύνθετης εικόνας με δυνατότητα επιλογής της βέλτιστης με γνώμονα το λειτουργικό σύστημα και την αρχιτεκτονική επεξεργαστή. (Ένα ενδεικτικό παράδειγμα παρατίθεται στις σημειώσεις της παρούσας εντολής).
Registry_URL	String	Η διεύθυνση της ιδιωτικής δεξαμενής που βρίσκεται η αποθήκη που θα παραλάβει μία καινούργια έκδοση ενός εγκιβωτισμένου μοντέλου.
repositoryName	String	Το όνομα της αποθήκης που θα σταλεί η καινούργια έκδοση.
imageDigest	String	Ένας μηχανισμός που επιβεβαιώνει την ολοκληρωμένη και ασφαλή μεταφορά της εικόνας (Image) από το σημείο που έγινε η εκπαίδευση στο σημείο της μόνιμης αποθήκευσης. Εάν υπήρξε είτε κάποια αστοχία στη μεταφορά είτε κάποια μη-εξουσιοδοτημένη παρεμβολή αυτή η αλφαριθμητική σειρά είναι ο τρόπος να διαπιστωθεί. Προβληματικές εικόνες απομακρύνονται χωρίς να εισέρχονται στη κεντρική δεξαμενή.
imageTag	String	Η καινούργια έκδοση του μοντέλου σε μορφή XXXX.YY.ZZ, για παράδειγμα 2021.06.b1
Παράμετροι Εξόδου		
imageTag	String	Ο χαρακτηριστικός κωδικός αριθμός της καινούργιας έκδοσης που «ανέβηκε» στη κεντρική δεξαμενή. Χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του μοντέλου που θα μεταφερθεί στις έξυπνες συσκευές για την υποστήριξη του έργου τους.

<i>statusCode</i>	Enumeration	Ένας κωδικός αριθμός ενδεικτικός της εξέλιξης διαδικασίας: • 200/ OK - επιτυχημένη διαδικασία • -400/ Invalid Input – μη αποδεκτοί παράμετροι εισόδου (για παράδειγμα εσφαλμένο JSON format) • -600/ Resource Already Exists – η οντότητα που επιχειρήθηκε να φτιαχτεί ήδη υπάρχει με το ίδιο όνομα • -800/ Authorization Error – ο χρήστης δεν έχει τα απαραίτητα προνόμια να τρέξει την εντολή • -1000/ Resource Not Found – για παράδειγμα η αποθήκη μεταφοράς της εικόνας
-------------------	-------------	--

Σημειώσεις

```
{
  "schemaVersion": 2,
  "mediaType": "application/vnd.docker.distribution.manifest.list.v2+json",
  "manifests": [
    {
      "mediaType": "application/vnd.docker.distribution.manifest.v2+json",
      "size": 7143,
      "digest": "sha256:e692418e4cbaf90ca69d05a66403747baa33ee08806650b51fab815ad7fc331f",
      "platform": {
        "architecture": "ppc64le",
        "os": "linux",
      }
    },
    {
      "mediaType": "application/vnd.docker.distribution.manifest.v2+json",
      "size": 7682,
      "digest": "sha256:5b0bcabd1ed22e9fb1310cf6c2dec7cdef19f0ad69efa1f392e94a4333501270",
      "platform": {
        "architecture": "amd64",
        "os": "linux",
        "features": [
          "sse4"
        ]
      }
    }
  ]
}
```

Όνομα Λειτουργίας	PutLifecyclePolicy	
Περιγραφή	Για λόγους ορθής χρήσης των παρεχόμενων πόρων, κάθε repository πρέπει να απομάκρυνει παλαιά εγκιβωτισμένα μοντέλα. Μία τακτική διαρκούς προσθήκης νέων εικόνων χωρίς σταδιακή απομάκρυνση παλαιών με μικρή χρηστικότητα θα οδηγήσει σε κορεσμό το σύστημα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Αυτή η εντολή προσφέρει ευέλικτους μηχανισμούς αξιολόγησης της χρηστικότητας των μοντέλων και αυτοματοποιεί τη διαχείριση των προβληματικών.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
Registry_URL	String	Η διεύθυνση της ιδιωτικής δεξαμενής που βρίσκεται η αποθήκη που θα ελέγχεται.
repositoryName	String	Το όνομα της αποθήκης που θα ελέγχεται με μία πολιτική κύκλου-λειτουργίας.
lifecyclePolicy	JSON	Η περιγραφή της πολιτικής κύκλου-λειτουργίας που θα αξιολογεί τις αποθηκευμένες οντότητες και θα απομακρύνει ορισμένες για τη προσθήκη νέων. (Παραδείγματα πολιτικής υπάρχουν στις Σημειώσεις της τρέχουσας εντολής).
Παράμετροι Εξόδου		
lifecyclePolicy	JSON	Η JSON πληροφορία που «κατανοήσε» το σύστημα από την αντίστοιχη παράμετρο εισόδου. Αν τα δύο κείμενα είναι αυτούσια η πολιτική κύκλου-λειτουργίας έγινε αντιληπτή στην ολότητα της.
statusCode	Enumeration	Ένας κωδικός αριθμός ενδεικτικός της εξέλιξης διαδικασίας: • 200/ OK - επιτυχημένη διαδικασία • -400/ Invalid Input – μη αποδεκτοί παράμετροι εισόδου (για παράδειγμα εσφαλμένο JSON format) • -600/ Resource Already Exists – η οντότητα που επιχειρήθηκε να φτιαχτεί ήδη υπάρχει με το ίδιο όνομα • -800/ Authorization Error – ο χρήστης δεν έχει τα απαραίτητα προνόμια να τρέξει την εντολή • -1000/ Resource Not Found – για παράδειγμα η αποθήκη εφαρμογής της πολιτικής
Σημειώσεις		

```
{
  "rules": [
    {
      "rulePriority": 1,
      "description": "Expire images older than 14 days",
      "selection": {
        "tagStatus": "untagged",
        "countType": "sinceImagePushed",
        "countUnit": "days",
        "countNumber": 14
      },
      "action": {
        "type": "expire"
      }
    }
  ]
}
```

Όνομα Λειτουργίας	startImageScan	
Περιγραφή	Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των εγκαθωτισμένων λύσεων είναι ο μεγάλος κίνδυνος χαλαρής ασφάλειας που εισάγουν λόγω της πληθώρας του ετερογενούς κώδικα που περιλαμβάνουν. Για την ποσοτικοποίηση του προβλήματος υπάρχουν ειδικοί μηχανισμοί που ελέγχουν ένα υποψήφιο προιοντικό CONTAINER με μία λίστα από συνηθισμένα λάθη. Τις λίστες με τα πιο σημαντικά και διαδεδομένα ζητήματα τις συντηρούν αναγνωρισμένοι οργανισμοί και χαίρουν εγκυρότητας. Αυτή η εντολή ελέγχει μία εικόνα για πιθανά ζητήματα ασφάλειας πριν προχωρήσει η διανομή της σε απομακρυσμένα υπολογιστικά νέφη.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
Registry_URL	String	Η διεύθυνση της ιδιωτικής δεξαμενής που βρίσκεται η αποθήκη.
repositoryName	String	Το όνομα της αποθήκης που βρίσκεται η εξεταζόμενη εικόνα.
imageTag	String	Ποιά εικόνα (Docker Image) θα ελεγχθεί για ζητήματα ασφάλειας.
Παράμετροι Εξόδου		
imageScanStatus	Enumeration	Πιθανές τιμές: IN_PROGRESS COMPLETE FAILED

<i>statusCode</i>	Enumeration	Ένας κωδικός αριθμός ενδεικτικός της εξέλιξης διαδικασίας: • 200/ OK - επιτυχημένη διαδικασία • -400/ Invalid Input – μη αποδεκτοί παράμετροι εισόδου (για παράδειγμα εσφαλμένοι χαρακτήρες) • -600/ Resource Already Exists – η οντότητα που επιχειρήθηκε να φτιαχτεί ήδη υπάρχει με το ίδιο όνομα • -800/ Authorization Error – ο χρήστης δεν έχει τα απαραίτητα προνόμια να τρέξει την εντολή • -1000/ Resource Not Found – για παράδειγμα η αποθήκη εντοπισμού της εικόνας (Docker Image)
Σημειώσεις		
Η προσπάθεια με αρχές ανοιχτού κώδικα για καταγραφή συνηθισμένων αδυναμιών ασφάλειας σε CONTAINERS βρίσκεται στη διεύθυνση: https://github.com/quay/clair		

3.5 Υπηρεσίες Χρονοδρομολόγησης (Scheduling Services)

Όνομα Λειτουργίας	invokeOperation	
Περιγραφή	Η πυροδότηση λειτουργίας που πρέπει να εκτελείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα σε κάποια μικροϋπηρεσία της πλατφόρμας TANDEM. Μία κύρια τέτοια λειτουργία είναι η εκκαθάριση παλαιότερων δεδομένων των IoT συσκευών.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
OperationToSchedule	Operation	Η λειτουργία που θα δρομολογηθεί προς μελλοντική εκτέλεση. Πρόκειται για σύνθετο τύπο δεδομένων ο οποίος περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες προσδιορισμού της λειτουργίας.
Start	Date	Η ακριβής στιγμή εκκίνησης της λειτουργίας.

<i>End</i>	Date	Η ακριβής στιγμή παύσης της λειτουργίας.
<i>Interval</i>	String	Το χρονικό διάστημα ανά το οποίο θα εκτελείται περιοδικά η λειτουργία που δρομολογείται.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>OperationSuccess</i>	Boolean	<i>True</i> ή <i>false</i> , ανάλογα με την επιτυχία ή όχι της λειτουργίας που πυροδοτήθηκε.
Σημειώσεις		
-		

3.6 Υπηρεσίες Συναγερμών και Ειδοποιήσεων (Alerts & Notifications Services)

Όνομα Λειτουργίας	registerForEventUpdates	
Περιγραφή	Εγγραφή των ενδιαφερόμενων παραληπτών για λήψη ειδοποιήσεων και συναγερμών σχετικά με γεγονότα του συστήματος.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
NotificationId	String	Το μοναδικό αναγνωριστικό της εγγραφής που θα καταχωρηθεί.
NotificationCategory	Enumeration	Η κατηγορία της ειδοποίησης ή του συναγερμού για την οποία εγγράφεται ο ενδιαφερόμενος, η οποία μπορεί να είναι Security, HW_Health ή SW_Heath.
MonitoredServices	Array[String]	Η μικροϋπηρεσία/ες από την οποία θέλει να λαμβάνει ειδοποιήσεις ο εγγραφόμενος.

<i>ReceiverChannel</i>	String	Το κανάλι επικοινωνίας όπου θα λαμβάνονται οι ειδοποιήσεις / συναγερμοί. Παραδείγματα καναλιών είναι SMS, email, REST κλήση.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>RegistrationSuccess</i>	Boolean	<i>True</i> ή <i>false</i> , ανάλογα με την επιτυχία ή όχι της εγγραφής.
Σημειώσεις		
-		

Όνομα Λειτουργίας	sendEventUpdate	
Περιγραφή	Αποστολή μίας ειδοποίησης ή ενός συναγερμού στους εγγεγραμμένους ενδιαφερόμενους για ένα συμβάν στο σύστημα. Η ειδοποίηση έχει περισσότερο ενημερωτική φύση, ενώ ο συναγερμός αφορά σε πιο επείγοντα γεγονότα που ενδεχομένως να χρειάζονται άμεση παρέμβαση.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
EventUpdateToSend	EventUpdate	Το μήνυμα γεγονότος που πρέπει να σταλεί σε κάποιον ενδιαφερόμενο. Μπορεί να είναι είτε ειδοποίηση είτε συναγερμός.
ActionRequired	String	Η ενέργεια που απαιτείται για το συγκεκριμένο γεγονός (αν υπάρχει κάποια). Παραδείγματα ενεργειών είναι HW_Check, SW_Check ή none.
Receiver	String	Το τελικό σημείο για οποίο προορίζεται το σήμα. Παραδείγματα τελικών σημείων είναι ένας αριθμός κινητού τηλεφώνου, μία διεύθυνση email ή κάποιο REST endpoint εκφρασμένο ως url που περιλαμβάνει την IP και το port προορισμού.

<i>ReceiverChannel</i>	String	Το κανάλι επικοινωνίας που έχει επιλέξει ο παραλήπτης της ενημέρωσης για τη λήψη των ειδοποιήσεων / συναγερμών. Παραδείγματα καναλιών είναι SMS, email, REST κλήση.
<i>ResendCount</i>	Int	Ο αριθμός των επαναλήψεων αποστολής που θα επιχειρηθούν σε περίπτωση αποτυχίας.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>DeliverySuccess</i>	Boolean	<i>True</i> ή <i>false</i> , ανάλογα με την αποστολή της ενημέρωσης, αν παραδόθηκε κανονικά ή αν προέκυψε κάποιο πρόβλημα.
Σημειώσεις		
-		

Όνομα Λειτουργίας	deregisterFromEventUpdates	
Περιγραφή	Διαγραφή παραληπτών από τη λήψη ειδοποιήσεων και συναγερμών σχετικά με γεγονότα του συστήματος.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
NotificationId	String	Το μοναδικό αναγνωριστικό της εγγραφής προς κατάργηση.
Παράμετροι Εξόδου		
DeregistrationSuccess	Boolean	True ή false, ανάλογα με την επιτυχία ή όχι της διαγραφής.

Σημειώσεις
-

3.7 Υπηρεσίες Μηχανής Κανόνων (Rules Engine Services)

Όνομα Λειτουργίας	insertRule	
Περιγραφή	Εισαγωγή νέου κανόνα διαχείρισης των IoT συσκευών, ο οποίος θα αποφασίζει με βάση τις μετρήσεις αν χρειάζεται να εφαρμοστεί κάποια ενέργεια σε κάποια συσκευή.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
Id	String	Το μοναδικό αναγνωριστικό του κανόνα που θα εισαχθεί.
Device	String	Η IoT συσκευή της οποίας οι μετρήσεις τίθενται προς έλεγχο και στην οποία θα εφαρμοστούν οι απαραίτητες ενέργειες.
ParameterToCheck	String	Η παράμετρος των μετρήσεων που τίθεται προς έλεγχο.
Value	Int	Η τιμή με την οποία συγκρίνεται η παράμετρος που ελέγχεται.
ConditionOperand	String	Ο τελεστής σύγκρισης της παραμέτρου που ελέγχεται με την τιμή αναφοράς.
ActionID	Int	Το ID του τύπου της ενέργειας που πρέπει να εφαρμοστεί. Μπορεί να επιλεγθεί ανάμεσα σε ένα σύνολο τύπων ενεργειών που είναι αποθηκευμένοι στην πλατφόρμα TANDEM.

<i>ActionUrl</i>	String	Το url που πρέπει να προσπελαστεί ώστε να εφαρμοστεί η ενέργεια που πρέπει να γίνει σε περίπτωση που ισχύει η συνθήκη του κανόνα. Περιλαμβάνει την IP και το port στο οποίο βρίσκεται η συσκευή, καθώς και πιθανή επέκταση που δέχεται τη συγκεκριμένη ενέργεια.
<i>HTTPMethod</i>	String	Η HTTP μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή της ενέργειας, δηλαδή GET, POST, PUT ή DELETE.
<i>Parameters</i>	Array[String]	Πιθανές παράμετροι που θα πρέπει να δίνονται ως όρισμα στην κλήση της HTTP μεθόδου.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>InsertionSuccess</i>	Boolean	<i>True</i> ή <i>false</i> , ανάλογα με την επιτυχία ή όχι της εισαγωγής του κανόνα.
Σημειώσεις		
-		

Όνομα Λειτουργίας	updateRule	
Περιγραφή	Τροποποίηση ενός κανόνα διαχείρισης των IoT συσκευών, ανάλογα με τις αναγκαιότητες που προκύπτουν. Για παράδειγμα, μπορεί να χρειάζεται η αλλαγή της συνθήκης ελέγχου ενός κανόνα, ή η ενέργεια που πρέπει να εφαρμοστεί όταν ο κανόνας ισχύει.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
Id	String	Το μοναδικό αναγνωριστικό του κανόνα που θα τροποποιηθεί.

<i>Device</i>	String	Η νέα IoT συσκευή της οποίας οι μετρήσεις τίθενται προς έλεγχο και στην οποία θα εφαρμοστούν οι απαραίτητες ενέργειες, αν αλλάζει.
<i>ParameterToCheck</i>	String	Η νέα παράμετρος των μετρήσεων που τίθεται προς έλεγχο, αν αλλάζει.
<i>Value</i>	Int	Η νέα τιμή με την οποία θα συγκρίνεται στο εξής η παράμετρος που ελέγχεται, αν αλλάζει.
<i>ConditionOperand</i>	String	Ο νέος τελεστής σύγκρισης της παραμέτρου που ελέγχεται με την τιμή αναφοράς, αν αλλάζει.
<i>ActionID</i>	Int	Το νέο ID του τύπου της νέας ενέργειας που πρέπει να εφαρμοστεί, αν αλλάζει. Μπορεί να επιλεγθεί ανάμεσα σε ένα σύνολο τύπων ενεργειών που είναι αποθηκευμένοι στην πλατφόρμα TANDEM.
<i>ActionUrl</i>	String	Το νέο url που πρέπει να προσπελαστεί ώστε να εφαρμοστεί η ενέργεια που πρέπει να γίνει σε περίπτωση που ισχύει η συνθήκη του κανόνα, αν αλλάζει. Περιλαμβάνει την IP και το port στο οποίο βρίσκεται η συσκευή, καθώς και πιθανή επέκταση που δέχεται τη συγκεκριμένη ενέργεια.
<i>HTTPMethod</i>	String	Η νέα HTTP μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή της ενέργειας, αν αλλάζει, δηλαδή GET, POST, PUT ή DELETE.
<i>Parameters</i>	Array[String]	Πιθανές νέες παράμετροι που θα πρέπει να δίνονται ως όρισμα στην κλήση της HTTP μεθόδου, αν αλλάζουν.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>UpdateSuccess</i>	Boolean	<i>True</i> ή <i>false</i> , ανάλογα με την επιτυχία ή όχι της τροποποίησης του κανόνα.
Σημειώσεις		
-		

Όνομα Λειτουργίας	deleteRule	
Περιγραφή	Διαγραφή ενός υπάρχοντος κανόνα διαχείρισης των IoT συσκευών, όταν παύει να χρησιμεύει.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>Id</i>	String	Το μοναδικό αναγνωριστικό του κανόνα προς διαγραφή.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>DeletionSuccess</i>	Boolean	<i>True</i> ή <i>false</i> , ανάλογα με την επιτυχία ή όχι της διαγραφής του κανόνα.
Σημειώσεις		
-		

3.8 Υπηρεσίες IoT Analytics

Η υπηρεσία IoT-Analytics αυτοματοποιεί τα απαραίτητα βήματα για την επεξεργασία IoT-μετρήσεων για την εξεύρεση τάσεων.

Μία IoT-υποδομή παράγει ένα πολύ-μεγάλο όγκο πληροφοριών με μικρή αξία όταν κάποιος τις εξετάζει μία-προς-μία. Αλλά όταν αντιμετωπιστούν συνολικά σαν την χρονική εξέλιξη ενός φαινομένου (πχ επίπεδο θερμοκρασίας σε ένα data-room) μπορούν να αποκαλύψουν προβληματικές συνθήκες με επικίνδυνη τροπή.

Μία υπηρεσία IoT-Analytics πρέπει να διαχειριστεί πολλά ζητήματα:

- Οι αισθητήρες είναι μηχανήματα περιορισμένων δυνατοτήτων και πολλές φορές παράγουν λανθασμένες μετρήσεις. Αν δεν απομακρυνθούν έγκαιρα θα εκτρέψουν την ακρίβεια των υπολογισμών για τη χρονική εξέλιξη του φαινομένου

- Μία άλλη αδυναμία των μετρήσεων είναι ότι δεν ακολουθούν ένα συγκεκριμένο χρονικό μοντέλο. Πολλές φορές είναι πολύ συχνές και άλλες αραιές – σαν να έχουν χαθεί ορισμένες τιμές.
- Επίσης κάθε έργο IoT-Analytics χρησιμοποιεί τα δικά του δεδομένα, δεν χρειάζεται το συνολικό όγκο μετρήσεων. Αντίθετα η άμεση χρονική του απόκριση και η ποιότητα της απάντησης του απαιτεί να επεξεργαστεί ένα μικρό υποσύνολο που είναι σχετικό με το κρίσιμο μέγεθος που παρακολουθεί.

Για την εξαγωγή ευφύων συμπερασμάτων από ένα στόλο με IoT-Devices, χρειάζονται οι παρακάτω κύριες και βοηθητικές λειτουργίες:

Όνομα Λειτουργίας CreateChannel		
Περιγραφή	Δημιουργία ενός καναλιού δεδομένων. Το κανάλι θα χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή συγκεκριμένων μετρήσεων. Όλες οι μετρήσεις από μία IoT-εγκατάσταση μεταφέρονται από τους τοπικούς αισθητήρες σε μία κεντρική-δεξαμενή (MQTT-Broker). Οι πρωτογενείς μετρήσεις περιλαμβάνουν λάθη, θόρυβο και ελλείψεις. Η κεντρική-δεξαμενή χωρίζει τα μηνύματα σε θεματολογίες (Topics). Το ζητούμενο είναι να συνδεθεί μία ενδιαφέρουσα θεματολογία με ένα κανάλι.	
	Παράμετροι Εισόδου	
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>ChannelName</i>	String	Το όνομα του καναλιού διαμεταγωγής «ακατέργαστων» μετρήσεων
<i>StorageURL</i>	String	Το σημείο που θα αποθηκευτούν οι μετρήσεις για επεξεργασία σε μία μελλοντική στιγμή. Συνήθως θα αποθηκευτούν σε αρχεία πλησίον της υπηρεσίας IoT-Analytics.
<i>retentionPeriod</i>	Integer	Για πόσο καιρό θα κρατήσει η υπηρεσία Analytics τα δεδομένα των ΑΡΧΙΚΩΝ μετρήσεων αποθηκευμένα. Εκφράζεται σε μέρες. Υπάρχει ένας συγκεκριασμός ανάμεσα στη χρησιμότητα τους για λήψη αιτιολογημένων αποφάσεων αλλά και τους διαθέσιμους αποθηκευτικούς πόρους.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>statusCode</i>	Enumeration	• 200 ... OK • -400 ... Invalid Entry / για παράδειγμα το όνομα του δίαυλου που πρόκειται να δημιουργηθεί έχει χαρακτήρες που δεν υποστηρίζονται. • -600 ... Ένας άλλος δίαυλος επικοινωνίας με το ίδιο όνομα έχει ήδη δημιουργηθεί. • -800 ... Limits Exceeded / τα διαθέσιμα όρια για το συγκεκριμένο χρήστη έχουν εξαντληθεί
Σημειώσεις		

Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να αποθηκεύσει τις «ακατέργαστες» μετρήσεις για πάντα. Αλλά αυτό θα έχει σημαντικό αντίκτυπο στις διαθέσιμες υποδομές που θα αρχίσουν να εξαντλούνται γρήγορα. Η εκτέλεση analytics μπορεί να γίνει απευθείας στις μετρήσεις χωρίς να υπάρξει μόνιμη αποθήκευση τους. Συγκεκριμένα η υπηρεσία μπορεί να λειτουργήσει σε πραγματικό χρόνο για τη συλλογή, επεξεργασία και εξαγωγή συμπερασμάτων. Αλλά η αποθήκευση επιτρέπει συμπληρωματικές έρευνες πιο στοχευμένες σε μεταγενέστερο χρόνο.

Όνομα Λειτουργίας CreateDatastore		
Περιγραφή	Δημιουργία μίας αποθήκης δεδομένων (Datastore). Χρησιμοποιείται για την μόνιμη αποθήκευση ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ μηνυμάτων που έχουν απαλλαγεί από τις αδυναμίες των αρχικών μετρήσεων. Οι αποθήκες δεδομένων επιβάλλουν μία διακριτοποίηση των συνολικού όγκου διακινούμενων μηνυμάτων. Σε κάθε αποθήκη μπαίνουν μετρήσεις που προέρχονται από μία μόνο μηχανή (για παράδειγμα). Πρόκειται για μία οντότητα με τα ακόλουθα λειτουργικά χαρακτηριστικά: - Είναι εύκολα επεκτάσιμη (scale up) ανάλογα με τις συνθήκες - Μπορεί να απαντήσει σε SQL-like εντολές εύρεσης αποθηκευμένων IoT μηνυμάτων. - Έχει τη μορφή αρχείων με μία στάνταρ διαμόρφωση που κατανοούν τα περισσότερα εργαλεία Data Analytics (Apache Parquet).	
	Παράμετροι Εισόδου	
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>datastoreName</i>	String	Το όνομα της αποθήκης δεδομένων «επεξεργασμένων» μετρήσεων.
<i>StorageURL</i>	String	Το σημείο που θα αποθηκευτούν οι «κατεργασμένες» μετρήσεις. Θα μπουν σε αρχεία με διαμόρφωση Apache Parquet or JSON.
<i>storageConfig</i>	Enumeration	{Parquet JSON} Default value is PARQUET
<i>retentionPeriod</i>	Integer	Για πόσο καιρό θα κρατήσει η υπηρεσία Analytics τα δεδομένα των ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ μετρήσεων αποθηκευμένα. Εκφράζεται σε μέρες. Υπάρχει ένας συγκεκριμένος ανάμεσα στη χρησιμότητα τους για λήψη αιτιολογημένων αποφάσεων αλλά και τους διαθέσιμους αποθηκευτικούς πόρους.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>statusCode</i>	Enumeration	200 ... OK -400 ... Invalid Entry / για παράδειγμα το όνομα έχει χαρακτήρες που δεν υποστηρίζονται. -600 ... Resource Already Exists / Ήδη υπάρχει ανάλογη οντότητα με το ίδιο όνομα. -800 ... Limits Exceeded / τα διαθέσιμα όρια για το συγκεκριμένο χρήστη έχουν εξαντληθεί
Σημειώσεις		

Μία pipeline για να λειτουργήσει και να επεξεργαστεί IoT δεδομένα χρειάζεται δύο (2) «άκρα». Ένα κανάλι δεδομένων από όπου θα τραβήξει τα ακατέργαστα ή αλλιώς πρωτογενή δεδομένα. Δεύτερον μία αποθήκη δεδομένων όπου θα στείλει την επεξεργασμένη πληροφορία.

Όνομα Λειτουργίας		CreatePipeline
Περιγραφή	Δημιουργία μίας σωλήνωσης-δεδομένων (Pipeline). Ο ρόλος της είναι:	
	• να αντλεί «ακατέργαστες» μετρήσεις από ένα κανάλι. • στη συνέχεια να τα επεξεργάζεται για να: - ο απομακρύνει το θόρυβο και - ο συμπληρώσει τιμές που λείπουν - ο άλλες εργασίες βετιστοποίησης • Στο τέλος οι επεξεργασμένες μετρήσεις αποθηκεύονται σε ένα data store.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
PipelineName	String	Το όνομα του pipeline που θα δημιουργηθεί.
ChannelName	String	Το όνομα του καναλιού με τις «ακατέργαστες» μετρήσεις
DatastoreName	String	Το όνομα της αποθήκης-δεδομένων που θα σταλούν οι «επεξεργασμένες» μετρήσεις.
PipelineActivities	JSON	Εδώ δηλώνονται οι εργασίες βελτιστοποίησης των δεδομένων. Μπορούν να είναι μαθηματικές και στατιστικές πράξεις. Επίσης μπορεί να είναι απλά κριτήρια επιλογής ώστε να προκύψει ένα υποσύνολο. <pre>"filter": { "filter": "string", "name": "string", "next": "string" }, "math": { "attribute": "string", "math": "string", "name": "string", "next": "string" },</pre>
Παράμετροι Εξόδου		

<i>statusCode</i>	Enumeration	• 200 ... OK • -400 ... Invalid Entry / για παράδειγμα το προτεινόμενο όνομα έχει χαρακτήρες που δεν υποστηρίζονται. • -600 ... Resource Already Exists / Μία άλλη οντότητα με το ίδιο όνομα έχει ήδη δημιουργηθεί. • -800 ... Limits Exceeded / τα διαθέσιμα όρια για το συγκεκριμένο χρήστη έχουν εξαντληθεί
Σημειώσεις		
Το pipeline στα πλαίσια της επεξεργασίας ακατέργαστων δεδομένων έχει τη δυνατότητα εφαρμογής μαθηματικών και στατιστικών εργαλείων. Συγκεκριμένα στο “datastoreActivities math” μπορούν να δηλωθούν οι ακόλουθες built-in δράσεις: {abs(), exp, log, power, round, sin, sqrt, ...} Αντίθετα στο “datastoreActivities filter” μπορούν να αναγραφούν κριτήρια επιλογής με σύνταξη SQL: “temp > 40 AND humidity < 20”		

Όνομα Λειτουργίας	CreateDataset	
Περιγραφή	Στο προηγούμενο βήμα της διαδικασίας IoT Analytics δημιουργήθηκε μία αποθήκη δεδομένων για την αποστολή προ-επεξεργασμένων μετρήσεων. Μέχρι αυτό το σημείο η διαχείριση ήταν καθολική και δεν υπήρχε επιλογή μετρήσεων με βάση κάποιο ευφυές κριτήριο. Για παράδειγμα δεν έγινε επιλογή με κριτήρια επικίνδυνης λειτουργίας (πχ θερμοκρασία > 30 βαθ Κ). Με την εισαγωγή μίας καινούργιας οντότητας που φέρει το όνομα “Dataset” και τη συγκεκριμένη εντολή “createDataset” ο έλεγχος γίνεται πιο επιλεκτικός και τα ερωτήματα που θέτει πιο διεισδυτικά σε σχέση με: • Πιθανές Καταλήξεις σε Βιομηχανικά και Οικιακά IoT-Σενάρια και • Αποκάλυψη των Βασικές Αιτιών που Κατέληξαν έτσι τα Σενάρια	
	Παράμετροι Εισόδου	
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
datasetName	String	Το όνομα του SQL-dataset που θα δημιουργηθεί.

<i>containerAction</i>	JSON	Με τον καθορισμό αυτής της παραμέτρου η λογική για την επιλογή των καίριων μετρήσεων από το πλήθος των όλων τοποθετείται σε ένα Container: <pre>{ containerAction: { image: "my-image", resourceConfiguration: { "computeType": "my-compute", "storageSize": "my-storage" }, Variables: { outputfileUriValue: "where-to-store-results" } } }</pre>
<i>sqlAction</i>	JSON	Με τον καθορισμό αυτής της παραμέτρου η λογική για την επιλογή των καίριων μετρήσεων από το πλήθος των όλων συντάσσεται σε ένα SQL-query: <pre>{ queryAction: { sqlQuery: "select * from my-datastore where temp > 40" } }</pre>
<i>contentDeliveryRules</i>	JSON	Αυτή η παράμετρος περιγράφει τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν όταν δημιουργηθεί το dataset. Απαντάει στο ερώτημα «Ποιες υπηρεσίες του TANDEM πρέπει να ενημερωθούν για τα εξαγόμενα του IoT-Analytics» Η απλούστερη απάντηση είναι: • Γραφικά εργαλεία και • Υπηρεσίες αποστολής ειδοποιήσεων Παραπέρα επεξεργασία με BI (Business Intelligence Tools)
<i>Schedule</i>	JSON	Αυτή η παράμετρος καθορίζει <u>το επαναληπτικό σχήμα βάσει του οποίου ελέγχεται το datastore για καινούργια δεδομένα</u>: <pre>Schedule: { Expression: "every-15-mins" }</pre>

<i>lateDataRules</i>	JSON	Πολλές φορές οι μετρήσεις φτάνουν στο datastore με σημαντική καθυστέρηση. Για παράδειγμα στο dataset που δημιουργείται με μετρήσεις που έφτασαν τα τελευταία XX λεπτά μπορεί να παρεισφρήσουν και μετρήσεις που ενώ έφτασαν τώρα έγιναν πριν από αρκετή ώρα. Αυτή η παράμετρος ορίζει την πολιτική που πρέπει να ακολουθηθεί για τη διαχείριση τέτοιων περιπτώσεων. Η απλούστερη αντιμετώπιση περιλαμβάνει μία απλή ενημέρωση, για παράδειγμα ένα event που θα δημοσιοποιηθεί και θα επισημαίνει μόνο το γεγονός. Προφανώς οι καθυστερημένες μετρήσεις δεν αξιοποιούνται. Όμως αν για κάποιο λόγο το δίκτυο μεταφοράς είναι αργό και διαρκώς φτάνουν πολλές καθυστερημένες μετρήσεις τότε πρέπει να επιβληθεί επαν-υπολογισμός των μετρητικών για το συγκεκριμένο χρονικό παράθυρο.
<i>retentionPeriod</i>	Number	Για πόσο καιρό τα datasets θα μείνουν αποθηκευμένα
Παράμετροι Εξόδου		
<i>statusCode</i>	Enumeration	• 200 ... OK • -400 ... Invalid Request / για παράδειγμα το προτεινόμενο όνομα έχει χαρακτήρες που δεν υποστηρίζονται. • -600 ... Resource Already Exists / Μία άλλη οντότητα με το ίδιο όνομα έχει ήδη δημιουργηθεί. • -800 ... Limits Exceeded / τα διαθέσιμα όρια για το συγκεκριμένο χρήστη έχουν εξαντληθεί • -1000 .. Authorization Error / Ο χρήστης δεν έχει τα απαραίτητα δικαιώματα να προβεί σε τέτοια πράξη.
Σημειώσεις		
Με αυτή την λειτουργία μπορούν να δομηθούν σύνθετοι μηχανισμοί επεξεργασίας με πολύ μεγάλη διεισδυτικότητα. Η ικανότητα τους στηρίζεται πρώτα από όλα στη δυνατότητα επιλογής των κατάλληλων μετρήσεων. Όμως η μεγάλη αξία των datasets είναι η ικανότητα τους να διαμοιράζουν υπολογιστικά φορτία σε πολλές οντότητες διαφορετικών μορφών: Containers, Other Services, ...		

3.8.1 Μεταφορά δεδομένων από τη συγκεντρωτική MQTT-Δεξαμενή σε ένα κανάλι με κατεύθυνση την υπηρεσία IoT-Analytics

Όνομα Λειτουργίας	CreateTopicRule
--------------------------	-----------------

Περιγραφή	Δημιουργία ενός κανόνα για τη δρομολόγηση IoT «ακατέργαστων» μετρήσεων σε ένα κανάλι (channel). Ο τελικός προορισμός είναι η υπηρεσία IoT Analytics για επεξεργασία και εξαγωγή τάσεων.	
	Σε μία τυπική υποδομή IoT χρησιμοποιείται ένας μεγάλος αριθμός από αισθητήρες που βρίσκονται σε απομακρυσμένες θέσεις. Όλες οι μετρήσεις συγκεντρώνονται σε ένα κεντρικό MQTT message-broker. Η διάταξη τους δεν είναι οριζόντια, δηλαδή δεν στοιβάζονται όλα-μαζί, αλλά γίνεται ένας λογικός διαχωρισμός σε θέματα (topics).	
	Αυτή η εντολή βοηθάει στην προώθηση όλων των μηνυμάτων από ένα θέμα του broker σε ένα κανάλι – που αποτελεί το εισαγωγικό στοιχείο σε μία IoT Analytics επεξεργαστική αλυσίδα.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
RuleName	String	Το όνομα του κανόνα που θα δραστηριοποιηθεί για την προώθηση των «ακατέργαστων» μετρήσεων από ένα θέμα του broker σε ένα κανάλι προ-επεξεργασίας.
ChannelName	String	Το όνομα του καναλιού που θα απομακρύνει τις «ακατέργαστες» μετρήσεις που ενδιαφέρουν την υπηρεσία analytics.
Παράμετροι Εξόδου		
statusCode	Enumeration	• 200 ... OK • -400 ... Invalid Request / για παράδειγμα το προτεινόμενο όνομα έχει χαρακτήρες που δεν υποστηρίζονται. • -600 ... Resource Already Exists / Μία άλλη οντότητα με το ίδιο όνομα έχει ήδη δημιουργηθεί. • -800 ... Limits Exceeded / τα διαθέσιμα όρια για το συγκεκριμένο χρήστη έχουν εξαντληθεί • -1000 .. Authorization Error / Ο χρήστης δεν έχει τα απαραίτητα δικαιώματα να προβεί σε τέτοια πράξη.
Σημειώσεις		
Ο ρόλος της συγκεκριμένης εντολής είναι ιδιαίτερα σημαντικός αφού αποτελεί τη «κάνουλα» που επιτρέπει σε καινούργιες μετρήσεις να μπουν στο μονοπάτι της επεξεργασίας για IoT Analytics. Από τη κεντρική δομή που γίνεται συγκέντρωση όλων των μετρήσεων επιλέγονται μόνο αυτές που επιθυμεί ο χρήστης να μελετήσει και προωθούνται.		

3.9 Υπηρεσία Παρακολούθησης Λειτουργίας Συστήματος

Πρόκειται για μία υπηρεσία που επιβλέπει τις εικονικοποιημένες υποδομές και υπηρεσίες της πλατφόρμας. Λειτουργεί σε δύο επίπεδα με κυρίαρχο αυτό που απευθύνεται στο γενικό διαχειριστή της πλατφόρμας αφού προσφέρει όλο το σύνολο των πληροφοριών. Επίσης υπάρχει και δυνατότητα να αξιοποιηθεί από ένα απλό χρήστη όποτε θα ενημερωθεί για τους πόρους και τις υπηρεσίες που έχει δικαίωμα να χρησιμοποιήσει.

Ένα ιδιαίτερα ελκυστικό χαρακτηριστικό της υπηρεσίας είναι ο δυναμικός της χαρακτήρας. Ο ενδιαφερόμενος δεν περιορίζεται στις μετρητικές (**Metrics**) και τις γραφικές παραστάσεις

(**Dashboards**) που περιέχονται στην εκ-προοίμιού-δεδομένη (Default) υλοποίηση. Μπορεί να ορίσει καινούργιες μετρητικές και απεικονίσεις που είναι περισσότερο συμβατές με τις ανάγκες του.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό της Υπηρεσίας-Παρακολούθησης είναι η προστασία που προσφέρει με την έγκαιρη αναγνώριση δυσλειτουργιών και την λήψη διορθωτικών ενεργειών. Στο απλούστερο σενάριο ορίζεται μία μετρητική για τη χρήση CPU σε ένα εικονικοποιημένο διαχειριστή (Server). Στη συνέχεια ενεργοποιείται ένας συναγερμός (**Alarm**) που «χτυπάει» όταν η κατανάλωση ξεπεράσει μία οριακή τιμή. Η απλούστερη αντίδραση της υπηρεσίας μπορεί να είναι η αποστολή ειδοποιήσεων σε εξειδικευμένο προσωπικό για το υπάρχον πρόβλημα.

Καταληκτικά αναφέρεται ότι το εύρος επόπτευσης μπορεί να κυμανθεί από μερικούς εικονικοποιημένους πόρους έως όλη την υποδομή (πραγματική και διευρυμένη). Επίσης η πληθώρα μετρητικών απόδοσης περιγράφουν υπηρεσίες/ εφαρμογές που πρέπει να λειτουργούν με συγκεκριμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν τις βασικές λειτουργίες της υπηρεσίας. Είναι τοποθετημένες με τέτοιο τρόπο ώστε να υποδηλώνουν τα βήματα σε ένα βασικό-σενάριο (Workflow) επιτήρησης λειτουργίας υποδομής και υπηρεσίας.

ΒΗΜΑ 1^ο : Σε κάθε εικονικοποιημένο υπολογιστικό πόρο τρέχει ένας πράκτορας(agent) με σύνθετο ρόλο ...

συλλογή μετρητικών απόδοσης και χρήσης

αρχική επεξεργασία πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν

αποστολή σε ένα κεντρικό σημείο διαχείρισης όπως η Υπηρεσία-Παρακολούθησης στο Tandem

Όνομα Εγκατάστασης	InstallTelemetryAgent	
Περιγραφή	Εγκατάσταση του πράκτορα (Agent) που συλλέγει δεδομένα για τη λειτουργική κατάσταση της υποδομής και των εφαρμογών που τρέχουν στην επικράτεια της. Η εγκατάσταση μπορεί να γίνει σε δύο χρόνους:	
	• είτε στη φάση δημιουργίας της εικονικοποιημένης υποδομής • είτε σε οποιαδήποτε μεταγενέστερη τιμή	
Παράμετροι Εισόδου	Η υλοποίηση του μπορεί να είναι:	
	• κάποιο εργαλείο ανοιχτού-κώδικα με το προσανατολισμό του πράκτορα τηλεμετρίας • κάποια εφαρμογή προσωποποιημένη στις ανάγκες του Tandem Monitoring Tool	
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή

<i>ConfigurationFile</i>	Αρχείο	Πληροφορίες σχετικά με: - οντότητες που θα επιτηρεί - CPU/ RAM/ HD/ Network ... - Local Applications - Τον κεντρικό διαχειριστή που θα μεταφέρει την τηλεμετρία
Παράμετροι Εξόδου		
		Ολοκλήρωση Εγκατάστασης με Επιτυχία στα ακόλουθα: - Εμφάνιση δεδομένων τηλεμετρίας πραγματικού χρόνου - Σύζευξη με Υπηρεσία-Παρακολούθησης του Tandem
Σημειώσεις		
Ο υπολογιστικός πόρος που φιλοξενεί ενεργές εφαρμογές είναι εξοπλισμένος με μηχανισμό-Τηλεμετρίας και Συζευγμένος με κεντρική υπηρεσία-Παρατήρησης.		

ΒΗΜΑ 2^ο : Σε κάθε εικονικοποιημένο υπολογιστικό πόρο τρέχει ένας πράκτορας(agent) με σύνθετο ρόλο ...

- συλλογή μετρητικών απόδοσης και χρήσης
- αρχική επεξεργασία πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν
- αποστολή σε ένα κεντρικό σημείο διαχείρισης όπως η Υπηρεσία-Παρακολούθησης στο Tandem

Όνομα Λειτουργίας	PutMetricData	
Περιγραφή	«Δημοσιοποιεί» μετρητικές από ένα εικονικοποιημένο πόρο στην υπηρεσία-Παρακολούθησης.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
Timestamp	Date	Η ακριβής χρονική στιγμή που έγινε η μέτρηση
Namespace	String	Η κατηγορία που συγκαταλέγεται η μετρητική που θα τροφοδοτηθεί στο μηχανισμό.
MetricName	String	Το όνομα της μετρητικής
Unit	Sting	Η μονάδα μέτρησης της μετρητικής
Value	Number	Η τιμή της μετρητικής
Dimensions	String	Συμπληρωματικές πληροφορίες απαραίτητες για την συσχέτιση της μετρητικής με τον πόρο που προήλθε.
Παράμετροι Εξόδου		
StatusCode	String	200 OK ... Σε περίπτωση επιτυχίας -XXX ... Σε περίπτωση σφάλματος
Σημειώσεις		

ΒΗΜΑ 3^ο : Τα δεδομένα-Τηλεμετρίας συσχετίζονται με κάποιο συναγερμό (Alarm). Υπάρχουν πολλών ειδών συναγερμοί, όπως ...

- Στατικός με χρήση προκαθορισμένων οριακών τιμών (Thresholds)

- Σύνθετος με χρήση μαθηματικών και στατιστικών εργαλείων
- Ευφυής με χρήση μοντέλων ανίχνευσης ανωμαλιών

Όνομα Λειτουργίας	PutThresholdAlarm	
Περιγραφή	Ενεργοποιεί ένα στατικό συναγερμό που ελέγχει τη τηλεμετρία από ένα συγκεκριμένο υπολογιστικό πόρο.	
	Ο έλεγχος στηρίζεται σε απλή σύγκριση των τιμών πραγματικού-χρόνου με όρια ορθής λειτουργίας.	
	Στην περίπτωση που προκληθεί συναγερμός ορίζεται μία αντίδραση (Action) της υπηρεσίας-Παρατήρησης για να αντιμετωπίσει τη δυσχέρεια.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
Namespace	String	Η κατηγορία που υπάγεται η ελεγχόμενη μετρητική
MetricName	String	Το όνομα της εξεταζόμενης μετρητικής
Dimensions	String	Συμπληρωματικές πληροφορίες για την εικονικοποιημένη οντότητα που παράγει την ελεγχόμενη μετρητική
AlarmActions	JSON	Ποια θα είναι η αντίδραση της υπηρεσίας-Παρακολούθησης όταν ενεργοποιηθεί ο συναγερμός σε περίπτωση προβληματικής μετρητικής
ComparisonOperator	Enumeration	Πιθανές τιμές: GreaterThanThreshold LessThanThreshold
Threshold	Number	Η στατική τιμή που συγκρίνεται η μετρητική για προβληματική λειτουργία
DatapointsToAlarm	Number	Πόσες συνεχόμενες προβληματικές μετρητικές πρέπει να παρουσιαστούν για να ενεργοποιηθεί ο συναγερμός Default Value: 1
AlarmName	String	Το όνομα που θα δοθεί σε αυτό το συναγερμό
AlarmDescription	String	Μία περιγραφή του καινούργιου συναγερμού
Παράμετροι Εξόδου		
StatusCode	String	200 OK ... Σε περίπτωση επιτυχίας -XXX ... Σε περίπτωση σφάλματος
Σημειώσεις		
Η παράμετρος «AlarmAction» συνήθως οδηγεί σε μία άλλη υπηρεσία του TANDEM. Για παράδειγμα στην «υπηρεσία-Ειδοποιήσεων» ώστε να σταλεί ενημερωτικό μήνυμα σε εξουσιοδοτημένο προσωπικό.		

Όνομα Λειτουργίας	PutMetricStatAlarm	
Περιγραφή	Ενεργοποιεί ένα συναγερμό που πρώτα επεξεργάζεται τα δεδομένα της τηλεμετρίας με στατιστικά και μαθηματικά εργαλεία.	
	Ισχύει ότι έχει αναγραφεί στη λειτουργία “PutThresholdAlarm”, με την προσθήκη των ...	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή

<i>Period</i>	Number	Η χρονική διάρκεια του παράθυρου που θα γίνει η στατιστική / μαθηματική επεξεργασία. Μετρίεται σε Seconds ... Default Value: 60
<i>Stat</i>	String	Το όνομα του στατιστικού/ μαθηματικού εργαλείου που θα εφαρμοστεί. Possible Values: Sum , Average, ...
Παράμετροι Εξόδου		
<i>StatusCode</i>	String	200 OK ... Σε περίπτωση επιτυχίας -XXX ... Σε περίπτωση σφάλματος
Σημειώσεις		
Η παράμετρος «AlarmAction» συνήθως οδηγεί σε μία άλλη υπηρεσία του TANDEM. Για παράδειγμα στην «υπηρεσία-Ειδοποιήσεων» ώστε να σταλεί ενημερωτικό μήνυμα σε εξουσιοδοτημένο προσωπικό.		

Όνομα Λειτουργίας	PutAnomalyDetectionAlarm	
Περιγραφή	Αντικαθιστά το στατικό όριο ορθής-λειτουργίας με ένα ευφυές μοντέλο που μαθαίνει να αναγνωρίζει προφίλ προβληματικών λειτουργιών. Μελετάει τις μετρητικές από μία εικονικοποιημένη υποδομή και εξάγει αξιόπιστους κανόνες. Ισχύει ότι έχει αναγραφεί στη λειτουργία “PutMetricStatAlarm”, με την προσθήκη των ...	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
EvaluationPeriods	Number	Πόσα χρονικά παράθυρα θα χρειαστούν για την εξαγωγή αξιόπιστων στατιστικών από μετρητικές.
Model	String	Το όνομα του μοντέλου αναγνώρισης-Ανωμαλιών που θα χρησιμοποιηθεί. Possible Values: OUT_OF_BAND()
Παράμετροι Εξόδου		
StatusCode	String	200 OK ... Σε περίπτωση επιτυχίας -XXX ... Σε περίπτωση σφάλματος
Σημειώσεις		
Η παράμετρος «AlarmAction» συνήθως οδηγεί σε μία άλλη υπηρεσία του TANDEM. Για παράδειγμα στην «υπηρεσία-Ειδοποιήσεων» ώστε να σταλεί ενημερωτικό μήνυμα σε εξουσιοδοτημένο προσωπικό.		

3.10 Υπηρεσία Διαχείρισης Υποδομής

Ο διαχειριστής έχει πρόσβαση στην υπηρεσία Διαχείρισης Υποδομής ώστε να έχει τη δυνατότητα επίβλεψης και διαμόρφωσης της υποδομής. Οι δυνατότητες που προσφέρονται αναλύονται στους παρακάτω πίνακες.

Όνομα Λειτουργίας	getAllInfrastructure
--------------------------	-----------------------------

Περιγραφή	Επιστρέφει αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με την υπάρχουσα υποδομή.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
-	-	-
Παράμετροι Εξόδου		
infrastructure	List<Infrastructure>	Λίστα των καταχωρημένων εγγραφών υποδομής.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή των πληροφοριών υποδομής, βλ. Πίνακας 52		

Όνομα Λειτουργίας	createInfrastructure	
Περιγραφή	Δημιουργεί μία νέα εγγραφή υποδομής.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
infrastructure	Infrastructure	Η νέα υποδομή που θα αποθηκευτεί στο σύστημα. Οι σημαντικότερες πληροφορίες είναι το αναγνωριστικό και το όνομα της νέας υποδομής, η ζώνη διαθεσιμότητας και ο πάροχος της καθώς και η διεύθυνση IP και η πόρτα της. Εάν κατά την δημιουργία μιας υποδομής γνωρίζουμε κάποιους από τους κόμβους της, τότε αυτοί μπορούν να προστεθούν.
Παράμετροι Εξόδου		
infrastructure	Infrastructure	Η νέα εγγραφή υποδομής που δημιουργήθηκε.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή των πληροφοριών υποδομής, βλ. Πίνακας 52		

Όνομα Λειτουργίας	updateInfrastructure	
Περιγραφή	Ανανεώνει μία εγγραφή υποδομής στο σύστημα με τις πιο πρόσφατες αλλαγές.	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Το αναγνωριστικό της υποδομής που θα ανανεωθεί.
newInfrastructure	Infrastructure	Η δομή με τις ανανεωμένες πληροφορίες της υποδομής προς ανανέωση.
Παράμετροι Εξόδου		
infrastructure	Infrastructure	Η ανανεωμένη εγγραφή υποδομής.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή των πληροφοριών υποδομής, βλ. Πίνακας 52		

Όνομα Λειτουργίας	deleteInfrastructure	
Περιγραφή	Διαγράφει μία εγγραφή υποδομής από το σύστημα.	

Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>id</i>	String	Το αναγνωριστικό της υποδομής που θα διαγραφεί από το σύστημα.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>status</i>	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι διαγραφή. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
-		

Όνομα Λειτουργίας	addNodeToInfrastructure	
Περιγραφή	Προσθήκη νέου κόμβου σε μια υπάρχουσα υποδομή	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
id	String	Το αναγνωριστικό της υποδομής
newNode	Node	Τα στοιχεία του κόμβου που θα προστεθεί. Οι σημαντικότερες πληροφορίες είναι το αναγνωριστικό και το όνομα του νέου κόμβου, η τοποθεσία του και οι διευθύνσεις του (εσωτερική και εξωτερική IP και όνομα παρόχου (host name)). Τα υπόλοιπα πεδία συνήθως είναι κενά κατά την δημιουργία ενός κόμβου και συμπληρώνονται από πληροφορίες που παίρνει ο Διαχειριστής Υποδομής από το επίπεδο υποδομής.
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι προσθήκη. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
-		

Όνομα Λειτουργίας	deleteNodefromInfrastructure	
Περιγραφή	Διαγραφή κόμβου από μια υπάρχουσα υποδομή	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
infustrureId	String	Το αναγνωριστικό της υποδομής
nodeId	String	Το αναγνωριστικό του κόμβου
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι διαγραφή. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
-		

3.11 Εφαρμογή για τον Χρήστη

Οι δυνατότητες που προσφέρονται από την Εφαρμογή Χρήστη αναλύονται στους παρακάτω πίνακες.

Όνομα Λειτουργίας	registerUser	
Περιγραφή	Εγγραφή Χρήστη	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
userInfo	User	Ο νέος χρήστης που αποθηκεύεται στο σύστημα
Παράμετροι Εξόδου		
Status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι εγγραφή. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή των πληροφοριών χρήστη, βλ. Error! Reference source not found.		

Όνομα Λειτουργίας	defineCustomUserAttributes	
Περιγραφή	Ορισμός προσαρμοσμένων χαρακτηριστικών για τον χρήστη	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
userId	String	Αναγνωριστικό του χρήστη για τον οποίο θα οριστούν νέα χαρακτηριστικά
attributes	List<String>	Η λίστα των προσαρμοσμένων χαρακτηριστικών
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	defineUserRoles	
Περιγραφή	Ορισμός Ρολου και των χαρακτηριστικων του	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
roleId	String	Αναγνωριστικό του ρολου για τον οποίο θα οριστούν νέα χαρακτηριστικά
attributes	List<String>	Η λίστα των προσαρμοσμένων χαρακτηριστικών
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	defineUserActions	
Περιγραφή	Ορισμός δράσεων που προφέρονται σε ένα χρήστη από το σύστημα	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
actionId	String	Αναγνωριστικό της δρασης
attributes	List<String>	Η λίστα των χαρακτηριστικών της δρασης
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	defineRoleActionRelation	
Περιγραφή	Ορισμός δρασεων ενός ρολου	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
roleId	String	Αναγνωριστικό του ρολου για τον οποίο θα οριστούν οι δρασεις
actionList	List<String>	Η λίστα των δρασεων
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	DefineUserRoleRelation	
Περιγραφή	Ορισμός ρολου ενος χρήστη	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
userId	String	Αναγνωριστικό του χρήστη για τον οποίο θα οριστεί ο ρολος
roleId	String	Αναγνωριστικο του ρολου
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	getServiceSubscriptions	
Περιγραφή	Παρακολούθηση των λεπτομερειών που αφορούν τις συνδρομές για τις υπηρεσίες που προσφέρει ένας πάροχος	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
searchText	String	Προαιρετική παράμετρος. Δίνει το κείμενο που εισάγει ο χρήστης στο πεδίο αναζήτησης συνδρομών
userId	String	Αναγνωριστικό του παρόχου
Παράμετροι Εξόδου		
link	URI	Η σελίδα στην οποία εμφανίζονται οι ζητούμενες πληροφορίες
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	changeServiceSubscriptionAssignments	
Περιγραφή	Αλλαγή των αναθέσεων χρηστών που αφορούν την συγκεκριμένη συνδρομή	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
subscriptionId	String	Η συνδρομή η οποία θα αλλάξει
userIds	List<String>	Τα αναγνωριστικά των χρηστών για τους οποίους θα αλλάξει η συνδρομή
roles	List<String>	Οι (νέοι) ρόλοι των χρηστών βάση των οποίων θα αλλάξουν οι συνδρομές
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	changeServiceSubscriptionVersion	
Περιγραφή	Αλλαγή της συγκεκριμένης συνδρομής με μια ίδια, αλλά αναβαθμισμένη ή υποβαθμισμένη υπηρεσία	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
subscriptionId	String	Η συνδρομή η οποία θα αναβαθμιστεί ή θα υποβαθμιστεί
serviceProduct	ProductOffering	Το νέο προϊόν υπηρεσίας που θα παρέχει η συνδρομή
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 21: Μοντέλο πληροφορίας για το προσφερόμενο προϊόν (Product) [TMF620]		

Όνομα Λειτουργίας	changeServiceSubscription
--------------------------	----------------------------------

Περιγραφή	Άλλες αλλαγές που γίνονται στην συγκεκριμένη συνδρομή (π.χ. αλλαγή περιγραφή, αναθέσεων ή επιλογών υπηρεσίας)	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
subscriptionId	String	Η συνδρομή η οποία θα αλλάξει
changes	List<String>	Τα πεδία της συνδρομής που θα αλλάξουν και οι νέες τιμές τους
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	terminateServiceSubscription	
Περιγραφή	Τερματισμός μιας συνδρομής	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
subscriptionId	String	Η συνδρομή η οποία θα τερματιστεί
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	reportServiceIssuesToProviders	
Περιγραφή	Αναφορά ερωτημάτων, αιτημάτων ή προβλημάτων προς τους πωλητές υπηρεσιών	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
subscriptionId	String	Η συνδρομή για την οποία γίνεται η αναφορά
userIds	List<String>	Οι χρήστες στους οποίους θα σταλεί η αναφορά
report	String	Το κείμενο της αναφοράς
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, επιστρέφονται τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	updateProfile	
Περιγραφή	Τροποποίηση πληροφοριών χρήστη	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
userProfile	User	Το προφίλ που θα ενημερωθεί. Οι αλλαγές περιλαμβάνονται στην μεταβλητή εισόδου
Παράμετροι Εξόδου		
userProfile	User	Το τελικό προφίλ, μετά την τροποποίησή του

<i>status</i>	String	Μήνυμα για επιτυχής ή όχι τροποποίηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή των πληροφοριών χρήστη, βλ. Error! Reference source not found.		

Όνομα Λειτουργίας	offeredServices	
Περιγραφή	Επιστρέφει όλες τις διαθέσιμες προσφορές υπηρεσιών	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
Παράμετροι Εξόδου		
serviceProducts	List<ProductOffering>	Λίστα από υπηρεσίες
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 21: Μοντέλο πληροφορίας για το προσφερόμενο προϊόν (Product) [TMF620]		

Όνομα Λειτουργίας	sortServices	
Περιγραφή	Ταξινόμηση υπηρεσιών με διαφορετικά κριτήρια	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceProducts	List<ProductOffering>	Λίστα από υπηρεσίες που θα ταξινομηθούν
criteria	List<String>	Λίστα από επιθυμητά κριτήρια για την ταξινόμηση υπηρεσιών
Παράμετροι Εξόδου		
serviceProducts	List<ProductOffering>	Ταξινομημένη λίστα από υπηρεσίες
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 21: Μοντέλο πληροφορίας για το προσφερόμενο προϊόν (Product) [TMF620]		

Όνομα Λειτουργίας	searchServices	
Περιγραφή	Αναζήτηση υπηρεσιών με χρήση κειμένου αναζήτησης	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
searchText	String	Το κείμενο που εισάγει ο χρήστης στο πεδίο αναζήτησης
Παράμετροι Εξόδου		
serviceProducts	List<ProductOffering>	Λίστα από υπηρεσίες
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 21: Μοντέλο πληροφορίας για το προσφερόμενο προϊόν (Product) [TMF620]		

Όνομα Λειτουργίας	filterServices	
Περιγραφή	Εφαρμογή φίλτρων για την εύρεση υπηρεσιών	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceProducts	List<ProductOffering>	Λίστα από υπηρεσίες στις οποίες θα εφαρμοστούν τα φίλτρα
filters	List<String>	Λίστα από επιθυμητά φίλτρα (π.χ. ετικέτες και κατηγορίες) για την εύρεση υπηρεσιών
Παράμετροι Εξόδου		
serviceProducts	List<ProductOffering>	Λίστα από υπηρεσίες
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 21: Μοντέλο πληροφορίας για το προσφερόμενο προϊόν (Product) [TMF620]		

Όνομα Λειτουργίας	rateService	
Περιγραφή	Εισαγωγή αξιολόγησης και σχολιασμός μιας υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceProductId	String	Αναγνωριστικό της αξιολογούμενης υπηρεσίας
rate	Integer	Βαθμολόγηση υπηρεσίας. Δίνεται ένα προκαθορισμένο εύρος τιμών για την βαθμολόγηση (π.χ. 0 – 5)
comment	String	Το σχόλιο που αφήνει ο πελάτης στην υπηρεσία
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια
Σημειώσεις		

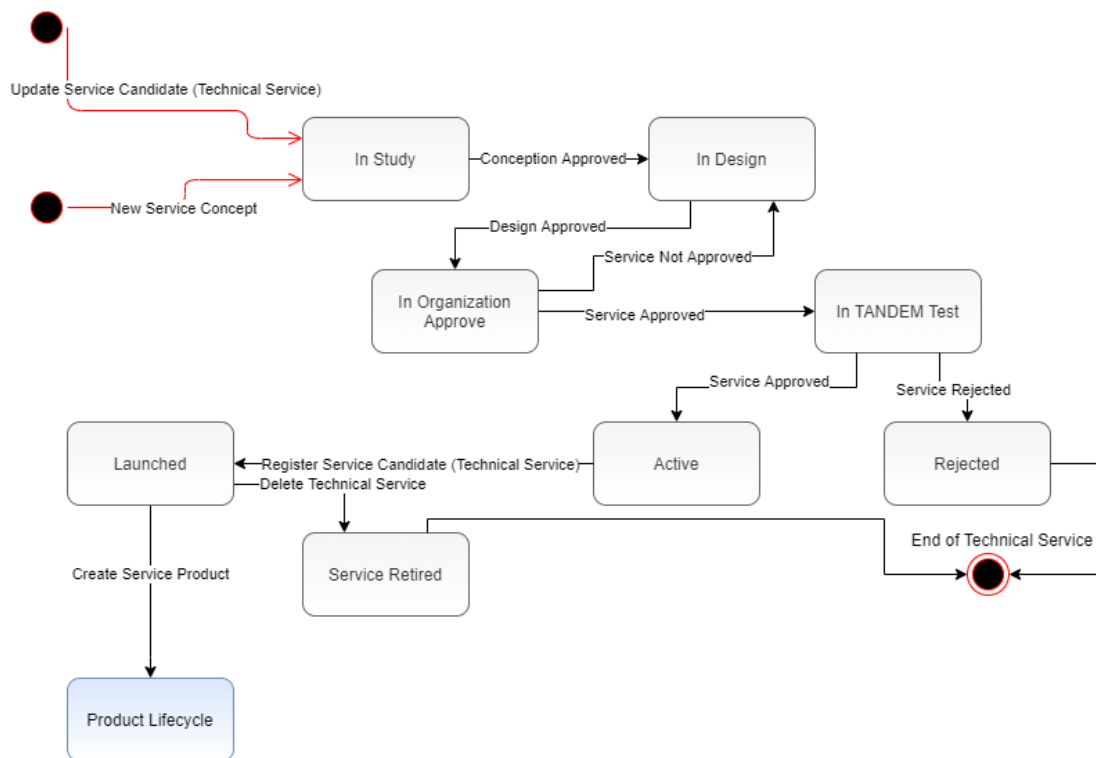
Όνομα Λειτουργίας	purchaseService	
Περιγραφή	Επιλογή και αγορά μιας υπηρεσίας	
απόΠαράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceProductId	String	Αναγνωριστικό της επιλεγμένης υπηρεσίας
paymentOption	String	Ο επιθυμητός τρόπος πληρωμής του χρήστη, αν υπάρχουν παραπάνω από ένας τρόποι πληρωμής.
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Αν υπάρχει σφάλμα, τότε επιστρέφονται τα αίτια
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	instantiateService
Περιγραφή	Αρχικοποίηση υπηρεσίας
Παράμετροι Εισόδου	

Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
<i>serviceProductId</i>	String	Η υπηρεσία που θα αρχικοποιηθεί
<i>instantiationDate</i>	DateTime	Αν ορίζεται, η υπηρεσία θα αρχικοποιηθεί την καθορισμένη ημερομηνία και ώρα
Παράμετροι Εξόδου		
<i>serviceInstancelId</i>	String	Αναγνωριστικό του αρχικοποιημένου στιγμιότυπου της υπηρεσίας
<i>status</i>	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι αρχικοποίηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	registerService	
Περιγραφή	Δημιουργία μιας τεχνικής υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
service	ServiceCandidate	Η υποψήφια υπηρεσία που θα δημιουργηθεί
Παράμετροι Εξόδου		
service	ServiceCandidate	Η νέα υπηρεσία όπως αποθηκεύεται
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι δημιουργία. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Για την περιγραφή του προϊόντος υπηρεσίας, βλ. Το Service είναι μια οντότητα που καθιστά μια προδιαγραφή υπηρεσίας (ServiceSpecification) διαθέσιμη στον κατάλογο. Ο κύκλος ζωής μιας τεχνικής υπηρεσίας, από την στιγμή της σύλληψης της ιδέας για την δημιουργία της συγκεκριμένης υπηρεσίας μέχρι και την μετατροπή της σε εμπορεύσιμο προϊόν, φαίνεται στην *Εικόνα 10*, η οποία έχει βασιστεί στο πρότυπο του TM Forum για το ServiceCandidate [TMF633]. Η διαχείριση του κύκλου ζωής των τεχνικών υπηρεσιών περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες που απαιτούνται για το σχεδιασμό, την κατασκευή, την ανάπτυξη, τη συντήρηση και, τελικά, την απόσυρση ενός στοιχείου υπηρεσίας.



Εικόνα 10: Διάγραμμα καταστάσεων για μια υποψήφια τεχνική υπηρεσία (Technical Service)

Όταν ξεκινά η σύλληψη μιας υπηρεσίας, η πρώτη κατάσταση της είναι "In Study", δηλαδή υπό μελέτη. Όταν γίνει αποδεκτή η σύλληψη της υπηρεσίας, η κατάστασή της αλλάζει σε "Υπό Σχεδιασμό" ("In Design"). Εάν το σχέδιο εγκριθεί, τίθεται προς επικύρωση από τον οργανισμό στον οποίο ανήκει ο δημιουργός της υπηρεσίας ("In Organization Approve"). Για παράδειγμα, αν η υπηρεσία δημιουργήθηκε από έναν υπάλληλο του οργανισμού, τότε αυτή θα πρέπει να εγκριθεί επίσης από τους ανωτέρους του. Εάν δεν εγκριθεί, θα πρέπει να γίνουν αλλαγές στην υλοποίησή της και έτσι επιστρέφει στην κατάσταση "In Design". Μετά την εσωτερική οργανωτική έγκριση, η κατάστασή της αλλάζει σε "In TANDEM Test". Σε αυτήν την κατάσταση, γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι από το σύστημα του TANDEM ώστε να εξακριβωθεί ότι η υπηρεσία είναι ασφαλής και μπορεί να υποστηριχτεί από την πλατφόρμα. Τότε, είτε το TANDEM αποδέχεται την υπηρεσία (Service Approved) και στη συνέχεια η κατάστασή της αλλάζει σε "Ενεργή" ("Active") ή απορρίπτεται (Service Rejected) και η κατάστασή της αλλάζει σε "Απορρίφθηκε" ("Rejected"). Αυτή η κατάσταση είναι μια τελική κατάσταση. Όταν μια υπηρεσία βρίσκεται σε κατάσταση "Active" σημαίνει ότι έχει επικυρωθεί και δοκιμαστεί, αλλά εξακολουθεί να μην έχει καταχωρηθεί ως διαθέσιμη τεχνική υπηρεσία στον κατάλογο. Με άλλα λόγια, δεν έχει δημιουργηθεί ακόμα το αντίστοιχο Service. Όταν ολοκληρωθεί η εγγραφή της υπηρεσίας ως Service, η κατάστασή της αλλάζει σε "Launched". Αυτή τη στιγμή, ο πάροχος της υπηρεσίας μπορεί να δημιουργήσει προϊόντα με αυτό το Service και να ενεργοποιήσει το κύκλο ζωής για κάθε προϊόν

("Product Lifecycle"). Όταν επιλέγεται από τον πάροχο της υπηρεσίας, αυτή μπορεί να διαγραφεί και η κατάστασή της αλλάζει σε "Αποσυρμένη" ("Service Retired").

Μια προδιαγραφή υπηρεσίας μπορεί να αποτελείται από άλλες προδιαγραφές υπηρεσίας. Κάποια από τα βασικότερα χαρακτηριστικά μιας τεχνικής υπηρεσίας είναι η περιγραφή, τα ονόματα των συνδεόμενων υπηρεσιών, η κατάσταση του κύκλου ζωής, οι περιγραφές για τους υπολογιστικούς και αποθηκευτικούς πόρους που απαιτούνται, το αρχείο (εικόνα) που περιέχει το λογισμικό, η εξάρτηση από άλλες υπηρεσίες, οι απαιτήσεις σχετικά με την καθυστέρηση, και άλλα. Τα χαρακτηριστικά αυτά φαίνονται στο μοντέλο πληροφορίας για μια υποψήφια υπηρεσία (Πίνακας 12). [TMF633] [ETSIMEC010]

Πίνακας 12

Όνομα Λειτουργίας	createServiceProduct	
Περιγραφή	Δημιουργία και δημοσίευση υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceProduct	ProductOffering	Η νέα υπηρεσία που θα δημιουργηθεί
Παράμετροι Εξόδου		
serviceProduct	ProductOffering	Η νέα υπηρεσία όπως αποθηκεύεται στο Μητρώο
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι δημιουργία. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 21: Μοντέλο πληροφορίας για το προσφερόμενο προϊόν (Product) [TMF620]		

Όνομα Λειτουργίας	updateService	
Περιγραφή	Τροποποίηση υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceProduct	ProductOffering	Η υπηρεσία που θα ενημερωθεί. Οι αλλαγές περιλαμβάνονται στην μεταβλητή εισόδου
Παράμετροι Εξόδου		
serviceProduct	ProductOffering	Η τελική υπηρεσία, μετά την τροποποίησή της
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι τροποποίηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 21: Μοντέλο πληροφορίας για το προσφερόμενο προϊόν (Product) [TMF620]		

Όνομα Λειτουργίας	composeServices	
Περιγραφή	Σύνθεση υπηρεσιών	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή

<i>serviceProductIds</i>	List<String>	Αναγνωριστικά των υπηρεσιών που θα διασυνδεθούν. Η σειρά με την οποία δίνονται οι υπηρεσίες είναι και η σειρά που θα γίνει η σύνθεσή τους.
<i>connectAttributes</i>	List<String>	Λίστα από επιπλέον χαρακτηριστικά και παραμέτρους που απαιτούνται για την επιτυχή σύνθεση των υπηρεσιών.
Παράμετροι Εξόδου		
<i>status</i>	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι σύνθεση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

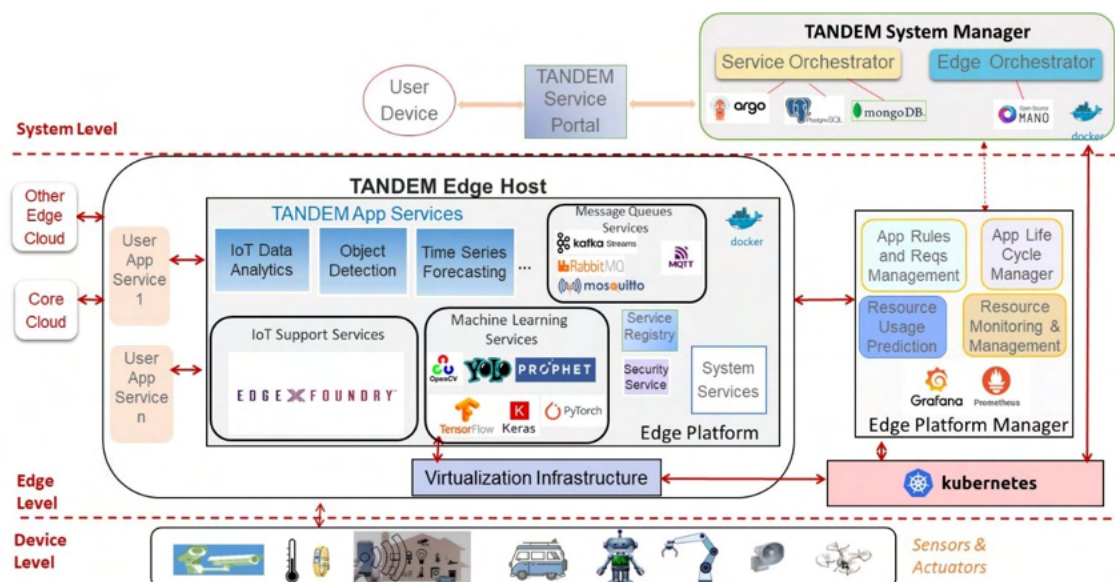
Όνομα Λειτουργίας	createCompositeService	
Περιγραφή	Δημιουργία και προσφορά μιας σύνθετης υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceProductIds	List<String>	Αναγνωριστικά των υπηρεσιών που θα διασυνδεθούν. Η σειρά με την οποία δίνονται οι υπηρεσίες είναι και η σειρά που θα γίνει η σύνθεσή τους.
connectAttributes	List<String>	Λίστα από επιπλέον χαρακτηριστικά και παραμέτρους που απαιτούνται για την επιτυχή σύνθεση των υπηρεσιών.
newServiceOffer	ProductOffering	Τα χαρακτηριστικά προσφοράς της νέας, σύνθετης υπηρεσίας που θα δημιουργηθεί
Παράμετροι Εξόδου		
serviceOffer	ProductOffering	Το νέο προϊόν υπηρεσίας όπως προσφέρεται στο Μητρώο
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι δημιουργία σύνθετης υπηρεσίας. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		
Για την περιγραφή του προϊόντος υπηρεσίας, βλ. Πίνακας 21: Μοντέλο πληροφορίας για το προσφερόμενο προϊόν (Product) [TMF620]		

Όνομα Λειτουργίας	deleteServiceCandidate	
Περιγραφή	Κατάργηση τεχνικής υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceCandidateId	String	Αναγνωριστικό της υπηρεσίας που θα διαγραφεί
deleteServiceProducts	Boolean	Αν είναι true, θα τερματίσουν και τα προϊόντα υπηρεσιών που σχετίζονται με την τεχνική υπηρεσία
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι κατάργηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

Όνομα Λειτουργίας	deleteServiceProduct	
Περιγραφή	Κατάργηση προϊόντος υπηρεσίας	
Παράμετροι Εισόδου		
Όνομα	Τύπος	Περιγραφή
serviceProductId	String	Αναγνωριστικό της υπηρεσίας που θα διαγραφεί
deleteRunningInstances	Boolean	Αν είναι true, θα τερματίσουν και οι τρέχουσες αρχικοποιημένες υπηρεσίες. Αλλιώς, θα συνεχιστεί η εκτέλεσή τους, μέχρι το πέρας των αντίστοιχων συμβολαίων. Και στις δύο περιπτώσεις, μετά την εκτέλεση αυτής της συνάρτησης, το προϊόν υπηρεσίας δεν θα είναι πια διαθέσιμο για αγορά.
Παράμετροι Εξόδου		
status	String	Μήνυμα για επιτυχή ή όχι κατάργηση. Αν υπάρχει σφάλμα, τότε το μήνυμα εμπεριέχει τα αίτια του σφάλματος.
Σημειώσεις		

4 Αντιστοίχιση Αρχιτεκτονικής σε Πρότυπα και Εργαλεία

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται ποια από τα πρότυπα και εργαλεία από αυτά που μελετήθηκαν στο Παραδοτέο Π1.1. τελικά επιλέχθηκαν για να χρησιμοποιηθούν στην υλοποίηση του συστήματος TANDEM.



Εικόνα 14 - Αντιστοίχιση Αρχιτεκτονικής σε Πρότυπα και Εργαλεία

Η Εικόνα 14 παρουσιάζει μία αντιστοίχιση της Αρχιτεκτονικής σε πρότυπα και εργαλεία βάσει της έρευνας που έγινε στα πλαίσια του έργου και παρουσιάζεται στο Παραδοτέο Π.1.1 (Κεφάλαιο 5).

Το TANDEM θα παρέχεται με άδεια ανοικτού κώδικα(open source) για αυτό και ο στόχος είναι τα εργαλεία που θα χρησιμοποιεί να είναι ανοικτού κώδικα. Ως λύση **Software Container** (ελαφρύ, αυτόνομο, εκτελέσιμο πακέτο λογισμικού που περιλαμβάνει όλα όσα χρειάζονται για την εκτέλεση μιας εφαρμογής) στα πλαίσια της αρχιτεκτονικής microservices του TANDEM θα χρησιμοποιηθούν τα **Docker Containers [Docker]**. Ο Διαχειριστής Πλατφόρμας Άκρων του TANDEM θα χρησιμοποιήσει ως εντοπιστή για τους πόρους και τις υπηρεσίες του TANDEM που λειτουργούν σε containers το **kubernetes [K8S]**.

Ο Εντοπιστής Άκρων του TANDEM (TANDEM Edge Orchestrator) που διαχειρίζεται την υποδομή, τους πόρους και την λειτουργία των υπηρεσιών σε όλους τους κόμβους όλων των νεφών άκρων του συστήματος TANDEM, θα υλοποιηθεί στα πλαίσια του έργου. Ο Εντοπιστής Άκρων για να παρέχει τις υπηρεσίες του επικοινωνεί με τους Διαχειριστές Πλατφόρμας Άκρων καθενός από τα νέφη άκρων καλώντας το API τους.

Στις περιπτώσεις που η εγκατάσταση του TANDEM συνδέεται και με την δημιουργία από τον πάροχο του TANDEM της απαραίτητης εικονικοποιημένης υποδομής (π.χ. των Virtual Machines) θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το **OpenStack [OPENSTACK]**.

Ως IoT πλατφόρμα που παρέχει και τις υποστηρικτικές υπηρεσίες του TANDEM, η υλοποίηση βασίζεται στο **EdgeXFoundry [EDGEXFOUNDRY]**, που αλληλεπιδρά με το φυσικό κόσμο των συσκευών, αισθητήρων, actuators και άλλων IoT αντικειμένων, και δρα ως middleware μεταξύ αυτών και των υπηρεσιών και των εφαρμογών του TANDEM, με τα οποία ανταλλάσσει δεδομένα.

Για την τεχνική όραση και τον εντοπισμό αντικειμένων χρησιμοποιούνται τα εργαλεία **OpenCV [OpenCV]**, **Tensorflow-Keras [TF, Keras] / PyTorch [PyTorch]**, και **Yolo [Yolo] – Detectron2 [Detectron2]** που η λειτουργία τους και η χρήση τους περιγράφηκαν αναλυτικά στο Παραδοτέο Π1.1. Για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών από αισθητήρες καθώς και για την πρόβλεψη μελλοντικών αναγκών σε πόρους, η ανάπτυξη βασίζεται σε αντίστοιχες βιβλιοθήκες για *Time Series Forecasting* του **Tensorflow-Keras [TF, Keras]**, **Darts [Darts]**, **NeuralForecast [Neuralforecast]**, **HuggingFace [HuggingFace]** και του **Prophet [Prophet]**.

Η υλοποίηση του βασικού εργαλείου του έργου, του **Εντοπιστή Αλυσίδων Υπηρεσιών (Service Chain Orchestrator)**, βασίζεται στα εργαλεία ροής εργασιών (workflow) σε περιβάλλοντα Kubernetes **Argo Workflow** και **Argo Events [Argo]**. Το εργαλείο **Kubeflow [Kubeflow]** που αυτοματοποιεί κυρίως τις ροές εργασιών Μηχανικής Μάθησης, χρησιμοποιείται για πιο υψηλού επιπέδου πρόσβαση στις λειτουργίες του Argo. Η παρακολούθηση της λειτουργίας του συστήματος βασίζεται στο **Prometheus [PROMETHEUS]** ενώ οι εργασίες ανάλυσης και διαδραστικής οπτικοποίησης των στοιχείων λειτουργίας στο **Grafana [GRAFANA]**.

Ως Βάση Δεδομένων για τα διάφορα στοιχεία του συστήματος (όπως π.χ για τον κατάλογο υπηρεσιών) επιλέχθηκε η μη σχεσιακή Βάση Δεδομένων **MongoDB [MongoDB]**.

Για την ασύγχρονη επικοινωνία μεταξύ των microservices της πλατφόρμας επιλέχθηκαν το **Eclipse Mosquitto [Mosquitto]** και το **RabbitMQ [RabbitMQ]**. Πρόκειται για δύο διαδεδομένες λύσεις με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα το πρώτο είναι ένας

εξαιρετικά “ελαφρύς” διακομιστής μηνυμάτων για χρήση σε σενάρια IoT με συσκευές χαμηλών δυνατοτήτων που μπορεί να διαχειριστεί μόνο το **Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) [MQTT]** πρωτόκολλο. Αντίθετα το RabbitMQ προορίζεται για πιο σύνθετες εφαρμογές με μεγάλο αριθμό μηνυμάτων και πολλαπλά πρωτόκολλα. Όμως η κυριότερη αναβάθμιση είναι στο κύκλο ζωής των μηνυμάτων αφού το RabbitMQ μπορεί να εγγυηθεί την αποστολή και στην περίπτωση που ο παραλήπτης δεν είναι άμεσα διαθέσιμος. Δηλαδή όταν μία υπηρεσία Α προσπαθεί να επικοινωνήσει με μία Β που είναι προσωρινά “απενεργοποιημένη”, τα ανταλλασσόμενα μηνύματα αποθηκεύονται ενώ ανά τακτά χρονικά διαστήματα γίνονται απόπειρες επαναποστολής.

Στο μέλλον, υπάρχει πρόβλεψη για χρήση data-driven υπηρεσιών και υλοποίηση των απαραίτητων data-streams. Συγκεκριμένα θα ενεργοποιηθούν οργανωμένες ροές που θα καλύπτουν πολύπλοκα σενάρια κυρίως στην ενότητα του ML, όπου τεράστιος όγκος δεδομένων παράγεται τοπικά από απομονωμένους αισθητήρες και μεταφέρεται κεντρικά για εξαγωγή κανόνων ΟΡΘΗΣ λειτουργίας. Το **Kafka** είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που παρέχει ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την δημιουργία και διαχείριση data-streams και θα συμπεριληφθεί σε μελλοντικό χρόνο στο οικοσύστημα της πλατφόρμας TANDEM.

Για την ανταλλαγή μηνυμάτων με συνδεδεμένες συσκευές θα χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο **MQTT**. Το MQTT είναι ένα ελαφρύ πρωτόκολλο δημοσίευσης / εγγραφής μηνυμάτων που έχει σχεδιαστεί για χαμηλό εύρος ζώνης, υψηλή καθυστέρηση και αναξιόπιστα δίκτυα. Τα χαρακτηριστικά του MQTT το καθιστούν κατάλληλο για την αποστολή μεγάλου όγκου μηνυμάτων αισθητήρα σε microservices του TANDEM που κάνουν την επεξεργασία τους.

Τέλος, για την υλοποίηση του σεναρίου Βιομηχανίας 4.0 χρησιμοποιήθηκε το ρομπότ **LoCoBot wx200 [LOCObOT]** ως κόμβος στα άκρα του συστήματος TANDEM, και από μεριάς λογισμικού βασιστήκαμε στο πρωτόκολλο **Robotics Operating System (ROS) [ROS]** για την επικοινωνία μεταξύ συσκευών (ρομπότ και αισθητήρες) και λογισμικού, στη βιβλιοθήκη **MoveIt [MoveIt]** για το σχεδιασμό κίνησης του βραχίονα, στο λογισμικό **YOLOv8 [Yolo]** για τον εντοπισμό αντικειμένων και στη βιβλιοθήκη **Open3D [Open3D]** για επεξεργασία των τρισδιάστατων εικόνων που διαβάζει η κάμερα.

5 Συμπεράσματα

Το παραδοτέο αυτό περιγράφει τον τελικό σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής του συστήματος TANDEM.

Το TANDEM είναι μία πλατφόρμα μεταφοράς υπολογιστικού έργου στις παρυφές του δικτύου (edge computing). Κάποια σημαντικά στοιχεία του TANDEM είναι:

- Η διαχείριση συσκευών/αισθητήρων διαφόρων ειδών (υποστήριξη πλατφόρμας IoT).
- Η παροχή έτοιμων προς χρήση υποδομών επικοινωνίας σε όλα τα επίπεδα (Data Bus, Commands, Notifications) ανάμεσα στις συσκευές και τις υπηρεσίες επεξεργασίας. Οι υπηρεσίες ή τμήματα των υπηρεσιών μπορούν να «τρέχουν» στο edge, κεντρικά, σε υπολογιστικό σύννεφο ή σε έξυπνες συσκευές.

- Η μεταφορά στο edge λειτουργιών με συγκεκριμένες απαιτήσεις για **Μικρή Καθυστέρηση** (Επεξεργασία κοντά σε πηγές δεδομένων και τελικούς χρήστες), **Ασφάλεια** (οι πληροφορίες δεν χρειάζεται να ταξιδεύουν στο δίκτυο), **Αξιοπιστία** (Κατανεμημένη φύση, σε περιπτώσεις αποτυχιών ή προβλημάτων δικτύου ένα άλλο edge cloud θα μπορούσε να εξυπηρετήσει τους τελικούς χρήστες), **Επεκτασιμότητα** (Εύκολη αναπαραγωγή και ενσωμάτωση νέων πόρων για την επέκταση των δυνατοτήτων και της κάλυψης του edge cloud), και **Εξοικονόμηση κόστους** (Τα βίντεο και άλλα δεδομένα που καταναλώνουν πόρους δικτύου και υπολογισμού θα μπορούσαν να περιοριστούν στο νέφος άκρων για τοπική επεξεργασία)
- Η εύκολη διανομή και εγκατάσταση εφαρμογών στο edge και στις έξυπνες συσκευές με τη μορφή Containers. Η πλατφόρμα γνωρίζει την αρχιτεκτονική, τις δυνατότητες και την κατάσταση κάθε στοιχείου που διαχειρίζεται για τη βέλτιστη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του συστήματος και την ικανοποίηση των SLAs.

Το TANDEM επικεντρώνεται σε μία καινοτόμα πτυχή της υπολογιστικής στα άκρα, αυτή της δυνατότητας σύνθεσης υπηρεσιών και εφαρμογών από δομικά στοιχεία που μπορεί να είναι διαθέσιμα ή να πρέπει λειτουργούν σε διαφορετικούς κόμβους στα άκρα του δικτύου υποστηρίζοντας έτσι ένα νέο μοντέλο **Function as a Service (FaaS)**. Παρά το αυξημένο ενδιαφέρον και την έντονη ερευνητική δραστηριότητα στο πλαίσιο της υπολογιστικής στα άκρα, η πτυχή αυτή δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς.

Σε αυτό το παραδοτέο περιγράφηκε αναλυτικά μια νέα αρχιτεκτονική πλατφόρμας Υπολογιστικής Παρυφών, η οποία σχεδιάστηκε ώστε να υποστηρίζει όλα τα σενάρια εφαρμογών που θα μπορούσαν να επωφεληθούν από την ύπαρξη υπολογιστικών, αποθηκευτικών και δικτυακών πόρων πιο κοντά στα σημεία παραγωγής και κατανάλωσης δεδομένων, καλύπτοντας τις ανάγκες διαφορετικών επιχειρηματικών τομέων.

Το TANDEM επεκτείνει την αρχιτεκτονική αναφοράς του ETSI NFV MANO και ETSI MEC. Στο **Επίπεδο Συστήματος (System Level)** της ETSI MEC αρχιτεκτονικής προσθέτει ένα νέο υπο-επίπεδο λειτουργιών, που θα μπορούσαν να θεωρηθούν λειτουργίες του **Multi-Access Edge Orchestrator** της αρχιτεκτονικής MEC, όπου διενεργείται:

- η αναζήτηση και η σύνθεση υπηρεσιών από δομο-ενότητες που μπορεί να λειτουργούν σε διαφορετικούς κόμβους παρυφών,
- η μετατροπή των τεχνικών υπηρεσιών σε εμπορεύσιμες υπηρεσίες (προϊόντα) με την προσθήκη πληροφοριών όπως τιμολόγησης και SLA,
- η υψηλού επιπέδου διαχείριση του κύκλου ζωής τόσο των υπηρεσιών όσο και των προϊόντων που συνδέονται με αυτά,
- η διαχείριση των χρηστών, των πολιτικών τιμολόγησης και της χρέωσης
- η κεντρική διαχείριση όλων των συνδεδεμένων συσκευών στους κόμβους

Στο **Επίπεδο Κόμβου (Edge Host Level)** της ETSI MEC, προτείνεται η ενσωμάτωση υπηρεσιών που χρειάζονται ως συστατικά σε υπηρεσίες προς τους πελάτες και σχετίζονται και με την υποστήριξη IoT (όπως υπηρεσίες διαχείρισης συσκευών, υπηρεσίες μηχανής κανόνων, υπηρεσίες Συναγερμών και Ειδοποιήσεων, υπηρεσίες Χρονοδρομολόγησης, κλπ.)

Η περιγραφή των διαθέσιμων υπηρεσιών, καθώς και των αιτημάτων πρόσβασης σε αυτές επιτυγχάνεται μέσω ενός μοντέλου πληροφορίας που έχει εισάγει το TANDEM, βασιζόμενο στα αντίστοιχα μοντέλα του ETSI MEC και του TM Forum.

Τα προσδοκώμενα οφέλη από τη χρήση της υπολογιστικής στα άκρα, όπως προωθείται από το TANDEM, αντικατοπτρίστηκαν τόσο στην περιγραφή των γενικών σεναρίων χρήσης όσο και των σεναρίων χρήσης που θα υλοποιηθούν, και αφορούν (α) την επιτήρηση χώρου με χρήση της υπηρεσίας αναγνώρισης αντικειμένων, (β) την αποθήκευση περιεχομένου στο edge, για να μη χρειάζεται να αναζητηθεί από κεντρικό εξυπηρετητή, και (γ) την υποστήριξη

της λειτουργίας και της συνεργασίας ρομπότ στη Βιομηχανική Παραγωγή στα πλαίσια της **Βιομηχανίας 4.0 (Industry 4.0)**.

Αυτά τα σενάρια χρήσης θα υλοποιηθούν από το TANDEM, ώστε να επιτευχθεί μια αποτίμηση και ποσοτικοποίηση των ωφελειών από τη σκοπιά των υπηρεσιών (π.χ. μείωσης του χρόνου απόκρισης). Τα αποτελέσματα αυτής της πειραματικής μελέτης μαζί με την υλοποίηση του συστήματος του TANDEM θα περιγραφούν στο Παραδοτέο Π3.2: *Τελική Αξιολόγηση Συστήματος*.

Στον τελικό σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής του συστήματος συμπεριλαμβανομένων των δομικών μονάδων του συστήματος και των διεπαφών για την επικοινωνία μεταξύ τους θα βασιστούν οι επόμενες τρεις εκδόσεις του λογισμικού συστήματος.

6 Αναφορές

[Argo] Argo Projects, Retrieved from <https://argoproj.github.io>

[Darts] Darts Forecasting, <https://unit8co.github.io/darts/>

[Detectron2], Facebook AI Research (FAIR) next-generation platform for object detection and segmentation, <https://ai.meta.com/tools/detectron2/>

[Docker], <https://www.docker.com/>

[EDGEXFOUNDRY], Open Source Edge Platform, <https://www.edgexfoundry.org/>

[ETSIMEC] ETSI GS MEC 003 V2.2.1, "Multi-access Edge Computing (MEC); Framework and Reference Architecture", December 2020

[ETSIMEC010] ETSI GS MEC 010-2 V1.1.1, "Mobile Edge Computing (MEC); Mobile Edge Management; Part 2: Application lifecycle, rules and requirements management", July, 2017

[ETSINFV] ETSI GS NFV-IFA 011 V2.1.1, "Network Functions Virtualisation (NFV); Management and Orchestration; VNF Packaging Specification", October, 2016

[EXFSEC1] <https://docs.edgexfoundry.org/1.2/microservices/security/Ch-Security/>

[EXFSEC2] <https://docs.edgexfoundry.org/1.2/microservices/security/Ch-SecretStore/>

[EXFSEC3] <https://docs.edgexfoundry.org/1.2/microservices/security/Ch-APIGateway/>

[EXFSEC4]

<https://docs.edgexfoundry.org/1.2/microservices/security/ChAccessEdgeXRESTResources/>

[GRAFANA] Grafana, <https://grafana.com/>

[HuggingFace] HuggingFace the AI community, <https://huggingface.co/>

[IOTSEC1] "Internet of things Security: A Survey", F. A. Alaba et. al., Elsevier, "Computer Networks", Volume 148, 15 January 2019, Pages 283-294

[IOTSEC2] "IoT Security: Ongoing Challenges and Research Opportunities", S. Chris, 2014 IEEE 7th International Conference on Service-Oriented Computing and Applications, Japan

[K8S] Kubernetes, <https://kubernetes.io/>

[Keras] Keras, <https://keras.io/>

[KONG], KONG API Gateway, <https://konghq.com/>

[makesense] <https://www.makesense.ai/>

[MEC] ETSI MEC, <https://www.etsi.org/technologies/multi-access-edge-computing>

[MQTT], Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), πρωτόκολλο επικοινωνίας για τη μεταφορά μηνυμάτων (messages) μεταξύ συσκευών, ειδικά σε περιβάλλοντα Internet of Things (IoT), <https://mqtt.org/>

[Mosquitto], Mosquitto, Retrieved from <https://mosquitto.org/>

[MongoDB], NoSQL ανοικτού κώδικα (open-source) βάση δεδομένων <https://www.mongodb.com/>

[MoveIt], <https://moveit.ros.org/>

[Neuralforecast] Nixtla NeuralForecast, <https://nixtlaverse.nixtla.io/neuralforecast/index.html>

[NORMA] 5G NORMA Project, <http://www.it.uc3m.es/wnl/5gnorma/>

[PyTorch], <https://pytorch.org/>

[Open3D] Βιβλιοθήκη ανοικτού κώδικα για την επεξεργασία τρισδιάστατων (3D) δεδομένων, <http://www.open3d.org/>

[OpenCV] (2022, 01). Retrieved from <https://opencv.org/>

[OPENSTACK] OpenStack, <http://www.openstack.org>

[OSCM] Open Service Catalogue Manager, <https://openservicecatalogmanager.org/>

[PsaThe21] PaaS-driven Interoperation between OSM and Kubernetes-based Edge Platforms, OSM#12 Ecosystem Day, 1 Dec. 2021, Retrieved from http://osm-download.etsi.org/ftp/osm-11.0-eleven/OSM12_Ecosystem_Day/OSM12_Ecosystem_Day_6-IntracomTelecom.pdf

[Prophet] Prophet Forecasting at Scale, <https://facebook.github.io/prophet/>

[PROMETHEUS] Prometheus, <https://prometheus.io/>

[RabbitMQ] RabbitMQ, <https://www.rabbitmq.com/>

[ROS], Robot Operating System (ROS), [Online] www.ros.org

[TF] TensorFlow, <https://www.tensorflow.org/>

[TMF620], "Product Catalog Management API REST Specification", TMF620, Release 19.0.0, July 2019

[TMF622], "Product Ordering API REST Specification", TMF622, Release 19.0.1, November 2019

[TMF633], "Service Catalog Management API REST Specification", TMF633, Release 18.5.0, January 2019

[TMForum] TMForum, tmforum.org

[Vault] Vault — Manage secrets and protect sensitive data, <https://www.vaultproject.io/30006>

[Yolo] YOLO — You only look once, real time object detection explained, <https://towardsdatascience.com/yolo-you-only-look-once-real-time-object-detection-explained-492dc9230006>

