IoTFeds

Κατανεμημένες Αγορές Δεδομένων για IoT Ομοσπονδίες
Distributed Data Marketplaces for IoT Federations

Π.1.3 – Τελική Αρχιτεκτονική Συστήματος και Επιλεγμένες Τεχνολογίες

ΔΡΑΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ:
«ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ Β' ΚΥΚΛΟΣ»
«ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ, ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ» (ΕΠΑνΕΚ)
Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητα
Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία (ΕΥΔ ΕΠΑνΕΚ)
Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης και Εφαρμογής Δράσεων στους τομείς
Έρευνας, Τεχνολογικής Ανάπτυξης και Καινοτομίας
(ΕΥΔΕ ΕΤΑΚ)

Έργο	IoTFeds
Κωδικός Έργου	Τ2ΕΔΚ-02178
Ενότητα Εργασίας	ΕΕ1 (Δ1.3)
Υπεύθυνος Ενότητας	ICOM
Υπεύθυνος Παραδοτέου	ΕΚΕΤΑ
Έκδοση Παραδοτέου	2.0
Ημερομηνία	31/07/2022

Συντονιστές Παραδοτέου
Ευάγγελος Αθανασάκης, ΕΚΕΤΑ
Σοφία Πολυμένη, ΕΚΕΤΑ
Γεώργιος Σπανός, ΕΚΕΤΑ

Υπεύθυνοι Συγγραφής
Κωνσταντίνος Βασιλόπουλος, ICOM
Στέλιος Γκούσκος, TERRACOM
Παύλος Ευθυμιάδης, TERRACOM
Κωνσταντίνος Καλαμπόκης, TERRACOM
Δήμητρα Καραδήμου, ΕΛΚΕ/ΟΠΑ
Ευάγγελος Μαρκάκης, ΕΛΚΕ/ΟΠΑ
Απόστολος Νάσιου, ICOM
Γεώργιος Νταρζάνος, ΕΛΚΕ/ΟΠΑ
Ναταλία Ούμνοβα, TERRACOM
Αθανάσιος Γ. Παπαϊωάννου, ΕΛΚΕ/ΟΠΑ
Ήλια Πιέτρη, ICOM
Γεώργιος Δ. Σταμούλης, ΕΛΚΕ/ΟΠΑ
Παρασκευή Τοκμακίδου, TERRACOM
Κωνσταντίνος Τσάκαλος, ICOM
Μάριος Χαραλαμπίδης, ICOM

Ακρωνύμια

Ακρωνύμιο	Ορισμός
AAM	Authentication and Authorization Manager
AI	Artificial Intelligence
API	Application Programming Interface
B&T	Bartering and Trading
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer
BaaS	Blockchain as a Service
BLE	Bluetooth Low Energy
BTM	Bartering and Trading Manager
CIM	Common Information Model
DAO	Decentralized Autonomous Organization
Dapps	Decentralized Applications
DDM	Decentralized Data Marketplace
DLT	Distributed Ledger Technology
GDPR	General Data Protection Regulation
GUI	Graphical User Interface
HLF	Hyperledger Fabric
HTML	HyperText Markup Language
HTTPS	HyperText Transfer Protocol Secure
ID	Identification
IoT	Internet of Things
IPFS	InterPlanetary File System
JSON	JavaScript Object Notation
MIM	Meta Information Model
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
OWL	Web Ontology Language
P2P	Peer-to-Peer
PIM	Platform Information Model
PM	Particulate Matter
pub/sub	publish/subscribe
QoS	Quality of Service
RAM	Resource Access Monitor
RAP	Resource Access Proxy
RESTful	Representational State Transfer
RH	Registration Handler
RM	Resource Monitor
SDK	Software Development Kit
SDPP	Streaming Data Payment Protocol
SLA	Service Level Agreement
TCP	Transmission Control Protocol
UI	User Interface
XML	Extensible Markup Language
ΑΔΑ	Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων
ΕΕ	Ενότητα Εργασίας

Σύνοψη Παραδοτέου

Το παρόν έγγραφο αποτελεί παραδοτέο για το έργο IoTFeds, το οποίο χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία» (ΕΠΑνΕΚ) υπό τη δράση εθνικής εμβέλειας «Ερευνώ – Δημιουργώ – Καινοτομώ Β' Κύκλος» του ΕΣΠΑ (2014-2020). Στόχος του παραδοτέου είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων και των δραστηριοτήτων που έχουν ολοκληρωθεί μέχρι στιγμής στα πλαίσια της ΕΕ1 «Απαιτήσεις, Αρχιτεκτονική και Ολοκλήρωση Συστήματος». Στόχος του προτεινόμενου έργου IoTFeds είναι να προτείνει μια λύση που επιτρέπει σε μικρές εταιρείες IoT να συνεργαστούν, ώστε να καλύψουν κοινές ανάγκες και συλλογικά να λειτουργήσουν μια ελεγχόμενη αγορά για την ανταλλαγή των IoT δεδομένων.

Για το σκοπό αυτό, το συγκεκριμένο παραδοτέο (Π1.3 – «Τελική Αρχιτεκτονική Συστήματος και Επιλεγμένες Τεχνολογίες») επικεντρώνεται στην περιγραφή και την ανάλυση της αρχιτεκτονικής της πλατφόρμας IoTFeds, παρουσιάζοντας τα βασικά συστήματα υποστήριξης της λειτουργίας της, καθώς επίσης και τα πιλοτικά συστήματα που συμμετέχουν σε αυτή. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο κομμάτι του εγγράφου εκκινεί με το βήμα της εξερεύνησης του τεχνολογικού υποβάθρου, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την κατανόηση του συγκεκριμένου ερευνητικού πεδίου, αλλά και τον εντοπισμό των βασικών χαρακτηριστικών που θα πρέπει να διαθέτει η προτεινόμενη IoTFeds πλατφόρμα. Επιπλέον, το πρώτο κομμάτι του εγγράφου παρουσιάζει τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την ολοκλήρωση και τη σχεδίαση της αρχιτεκτονικής, η οποία έχει οριστεί ως μια bottom-up διαδικασία βάσει δύο βασικών βημάτων: (α) εξερεύνηση του τεχνολογικού υποβάθρου και (β) προτεινόμενη αρχιτεκτονική λειτουργίας της IoTFeds πλατφόρμας. Αντίθετα, κατά την top-down διαδικασία για την αρχιτεκτονική λειτουργίας της πλατφόρμας έχει προηγηθεί η περιγραφή των βασικών συστημάτων και υποσυστημάτων που αυτή θα πρέπει να διαθέτει.

Το υπόλοιπο μέρος του παραδοτέου Π1.3 εστιάζει στον εντοπισμό και την ανάλυση των βασικών και υποστηρικτικών συστημάτων της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής, καθώς και των απαραίτητων διεπαφών (APIs) τους. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται κάποιες βασικές απαιτήσεις σε υλικό και λογισμικό για την υλοποίηση των επιμέρους υποστηρικτικών συστημάτων που συμμετέχουν στην πλατφόρμα IoTFeds, καθώς και τα διαγράμματα ροής πληροφορίας στην πλατφόρμα.

Τέλος, το τελευταίο κομμάτι του παραδοτέου περιλαμβάνει τα διαγράμματα ακολουθίας των βασικών περιπτώσεων χρήσης, όπως αυτές παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν στο προηγούμενο παραδοτέο Π1.2. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως τα διαγράμματα ακολουθίας που παρουσιάζονται στο συγκεκριμένο παραδοτέο δεν αντιστοιχίζονται ακριβώς με τις περιπτώσεις χρήσης που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο παραδοτέο Π1.2, αλλά αντίθετα παρουσιάζονται και αναλύονται και κάποιες επιπλέον περιπτώσεις χρήσης, η σχεδίαση των οποίων κρίθηκε αναγκαία για την υλοποίηση της IoTFeds πλατφόρμας. Το συγκεκριμένο έγγραφο ολοκληρώνεται με μια σύντομη παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο η προτεινόμενη αρχιτεκτονική καλύπτει τις απαιτήσεις των χρηστών του έργου IoTFeds, αλλά και κάποια βασικά συμπεράσματα και μελλοντικές εργασίες.

Πίνακας Περιεχομένων

1 Εισαγωγή 10
1.1 Αντικείμενο του Παραδοτέου 10
1.2 Υπόβαθρο 10
1.3 Δομή του Παραδοτέου 11
2 Εξερεύνηση Τεχνολογικού Υποβάθρου 13
2.1 Αγορές IoT Δεδομένων 13
2.2 Έξυπνα Συμβόλαια 13
2.3 Παρόμοιες Υφιστάμενες Λύσεις 14
2.3.1 Αποκεντρικοποιημένη Αγορά Δεδομένων 14
2.3.1.1 Αρχιτεκτονική και Λειτουργία του Συστήματος 14
2.3.2 Ομόσπονδα Δημόσια Κατάστιχα 15
2.3.2.1 Αρχιτεκτονική και Λειτουργία του Συστήματος 15
2.3.3 Νομισματοποίηση με Χρήση του Blockchain 16
2.3.3.1 Αρχιτεκτονική και Λειτουργία του Συστήματος 17
3 Προσέγγιση και Μεθοδολογία Σχεδίασης της Αρχιτεκτονικής 19
3.1 Μεθοδολογία Σχεδίασης 19
3.1.1 Μοντέλο Bottom-Up 20
3.1.2 Μοντέλο Top-Down 22
3.2 Σχεδίαση Αρχιτεκτονικής και Εκδόσεις 22
3.2.1 Περίπτωση 2ης Ενδιάμεσης Αρχιτεκτονικής (Π1.2) 22
3.2.2 Τελική Έκδοση Προτεινόμενης Αρχιτεκτονικής 24
4 Λειτουργία Πλατφόρμας IoTFeds 25
4.1 Γενική Αρχιτεκτονική Λειτουργίας της Πλατφόρμας IoTFeds 25
4.1.1 Αρχιτεκτονική Ομοσπονδιών και Αγορές της IoTFeds Πλατφόρμας 26
4.2 Επισκόπηση Βασικών Συστημάτων Υποστήριξης 30
4.2.1 Ενδιάμεσο Λογισμικό symbIoTe 30
5 Πιλοτικά Συστήματα του IoTFeds 37
5.1 Πλατφόρμα Zastel/SpotyPal 37
5.1.1 Υποσύστημα Zastel 38
5.1.2 Υποσύστημα SpotyPal 38
5.1.3 Διεπαφές και Σύνδεση με Άλλα Συστήματα 38
5.2 Πλατφόρμα UiTOP 39
5.2.1 Dashboards – Web UI 40
5.2.2 Διεπαφές και Σύνδεση με Άλλα Συστήματα 40
5.3 Πλατφόρμα Smart Environment 40
5.3.1 Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων 41
5.3.2 Αποθετήριο 41
5.3.3 Smart Environment UI 42
5.3.4 Διεπαφές και Σύνδεση με Άλλα Συστήματα 42
6 Ροή Πληροφορίας 44
6.1 Μοντέλο Μετα-πληροφορίας 44
6.2 Διατήρηση Πληροφορίας 46
6.2.1 Off-Chain Πληροφορία 46
6.2.2 On-Chain Πληροφορία 48
7 Διαγράμματα Ακολουθίας των Βασικών Περιπτώσεων Χρήσης 50
7.1 Εγγραφή Χρήστη στην IoTFeds Πλατφόρμα 50
7.2 Σύνδεση Χρήστη στο Σύστημα 51
7.3 Εγγραφή IoT Πλατφόρμας 52
7.4 Εγγραφή IoT Συσκευών 53
7.5 Ανακάλυψη IoT Πόρων και Κατανεμημένη Αναζήτηση 54
7.6 Σύνθεση Προϊόντος 56
7.7 Εγκαθίδρυση Ομοσπονδίας Πλατφορμών 58

7.8 Ανάκτηση Πληροφοριών Ομοσπονδίας ... 59
7.9 Διαχείριση Κανόνων Ομοσπονδίας ... 61
7.9.1 Συμμετοχή Νέου Μέλους σε Υπάρχουσα Ομοσπονδία ... 63
7.9.2 Πρόσκληση Μέλους σε Ομοσπονδία ... 64
7.10 Απομάκρυνση Μελών από Ομοσπονδία ... 66
7.10.1 Απομάκρυνση Μέλους από Ομοσπονδία ... 66
7.10.2 Αποχώρηση Μέλους από Ομοσπονδία ... 68
7.11 Διαγραφή Ομοσπονδίας και των Μελών της ... 69
7.12 Αγορά Δεδομένων ... 70
7.13 Αξιολόγηση Παρόχου Δεδομένων ... 72
7.14 Επισκόπηση Χρήστη ... 74
8 Κάλυψη Απαιτήσεων Συστήματος ... 76
9 Συμπεράσματα ... 86
Βιβλιογραφία ... 87

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Εργασίες και σύνδεση του Π1.3 με άλλες ΕΕ. 11
Εικόνα 2: Αρχιτεκτονική μιας παρόμοιας υφιστάμενης λύσης για αποκεντρικοποιημένη αγορά δεδομένων (Ramachandran, Radhakrishnan, & Krishnamachari, 2018). 15
Εικόνα 3: Αρχιτεκτονική συστήματος Fed-DDM (Xu & Chen, 2021). 16
Εικόνα 4: Αρχιτεκτονική συστήματος νομισματοποίησης (Badreddine, Zhang, & Talhi, 2020). 17
Εικόνα 5: Μεθοδολογία σχεδίασης της αρχιτεκτονικής για την πλατφόρμα IoTFeds. 19
Εικόνα 6: Εννοιολογικό διάγραμμα οντοτήτων αρχιτεκτονικής για την πλατφόρμα IoTFeds. 20
Εικόνα 7: Περίπτωση 2ης ενδιάμεσης αρχιτεκτονικής της IoTFeds πλατφόρμας (Π1.2). 23
Εικόνα 8: Λεπτομερής απεικόνιση της 2ης ενδιάμεσης αρχιτεκτονικής της IoTFeds πλατφόρμας (Π1.2). 23
Εικόνα 9: Διάγραμμα δομικών μονάδων και υπο-μονάδων της IoTFeds πλατφόρμας και των εγγεγραμμένων πιλοτικών συστημάτων. 25
Εικόνα 10: Κατηγορίες ομοσπονδιών της IoTFeds πλατφόρμας. 27
Εικόνα 11: Αρχιτεκτονική ομοσπονδιών και αγοράς της IoTFeds πλατφόρμας (έκδοση 1η). 28
Εικόνα 12: Αρχιτεκτονική ομοσπονδιών και αγοράς της IoTFeds πλατφόρμας (έκδοση 2η). 28
Εικόνα 13: Αρχιτεκτονική ομοσπονδιών και αγοράς της IoTFeds πλατφόρμας (έκδοση 3η). 29
Εικόνα 14: Αρχιτεκτονική ομοσπονδιών και αγοράς της IoTFeds πλατφόρμας (έκδοση 4η). 30
Εικόνα 15: Στοιχεία λογισμικού symbIoTe για L1/L2 επίπεδο διαλειτουργικότητας. 32
Εικόνα 16: Ροή της συναλλαγής στο HLF (AWS) 35
Εικόνα 17: Επικοινωνία μεταξύ symbIoTe και BaaS. 35
Εικόνα 18: Πλατφόρμα Zastel/SpotyPal. 37
Εικόνα 19: Πλατφόρμα UiTOP. 39
Εικόνα 20: Σύστημα Smart Environment, βασικές δομικές μονάδες και APIs. 41
Εικόνα 21: Μοντέλο μετα-πληροφορίας symbIoTe. 44
Εικόνα 22: Μοντέλο μετα-πληροφορίας της IoTFeds πλατφόρμας. 45
Εικόνα 23: Δομή μιας πλατφόρμας. 46
Εικόνα 24: Δομή ενός interworking service. 46
Εικόνα 25: Δομή ενός μοντέλου πληροφορίας. 47
Εικόνα 26: Δομή μιας ομοσπονδίας. 47
Εικόνα 27: Δομή ενός μέλους μιας ομοσπονδίας. 47
Εικόνα 28: Δομή ενός χρήστη στο BaaS. 48
Εικόνα 29: Δομή μιας ομοσπονδίας στο BaaS. 48
Εικόνα 30: Δομή ενός προϊόντος στο BaaS. 49
Εικόνα 31: Η δομή καταγραφής μιας αγοραπωλησίας στο BaaS. 49
Εικόνα 32: Η δομή καταγραφής μιας φήμης στο BaaS. 49
Εικόνα 33: Διάγραμμα ακολουθίας εγγραφής χρήστη στην IoTFeds πλατφόρμα (IoTF-SD01). 51
Εικόνα 34: Διάγραμμα ακολουθίας σύνδεσης χρήστη στο σύστημα (IoTF-SD02). 52
Εικόνα 35: Διάγραμμα ακολουθίας εγγραφής IoT πλατφόρμας στο σύστημα (IoTF-SD03). 53
Εικόνα 36: Διάγραμμα ακολουθίας εγγραφής IoT συσκευών (IoTF-SD04). 54
Εικόνα 37: Διάγραμμα ακολουθίας ανακάλυψης IoT πόρων και κατανεμημένης αναζήτησης (IoTF-SD05). 55
Εικόνα 38: Διάγραμμα ακολουθίας σύνθεσης προϊόντος (IoTF-SD06). 57
Εικόνα 39: Διάγραμμα ακολουθίας εγκαθίδρυσης ομοσπονδίας πλατφορμών (IoTF-SD07). 58
Εικόνα 40: Διάγραμμα ακολουθίας ανάκτησης πληροφοριών ομοσπονδίας (IoTF-SD08). 60
Εικόνα 41: Διάγραμμα ακολουθίας διαχείρισης κανόνων ομοσπονδίας (IoTF-SD09). 62
Εικόνα 42: Διάγραμμα ακολουθίας συμμετοχής νέου μέλους σε υπάρχουσα ομοσπονδία (IoTF-SD10a). 63
Εικόνα 43: Διάγραμμα ακολουθίας πρόσκλησης μέλους σε ομοσπονδία (IoTF-SD10b). 65
Εικόνα 44: Διάγραμμα ακολουθίας απομάκρυνσης μέλους από ομοσπονδία (IoTF-SD11a). 67
Εικόνα 45: Διάγραμμα ακολουθίας αποχώρησης μέλους από ομοσπονδία (IoTF-SD11b). 68
Εικόνα 46: Διάγραμμα ακολουθίας διαγραφής ομοσπονδίας και των μελών της (IoTF-SD12). 69
Εικόνα 47: Διάγραμμα ακολουθίας αγοράς δεδομένων (IoTF-SD13). 71

Εικόνα 48: Διάγραμμα ακολουθίας αξιολόγησης παρόχου δεδομένων (IoTF-SD14). 73
Εικόνα 49: Διάγραμμα ακολουθίας επισκόπησης χρήστη (IoTF-SD15). 74

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Λίστα απαραίτητων βασικών συστημάτων, αντίστοιχων υπο-μονάδων και υπεύθυνων συνεργατών. 21
Πίνακας 2: Λίστα πιλοτικών συστημάτων, αντίστοιχων υπο-μονάδων και υπεύθυνων συνεργατών. 21
Πίνακας 3: Περιγραφή των APIs της πλατφόρμας Zastel/SpotyPal. 38
Πίνακας 4: Περιγραφή των APIs για την πλατφόρμα UiTOP. 40
Πίνακας 5: Περιγραφή των APIs του συστήματος Smart Environment. 42
Πίνακας 6: Περιγραφή της λειτουργίας των συστημάτων της IoTFeds πλατφόρμας ή των εργαλείων που χρησιμοποιούνται για την εκπλήρωση των λειτουργικών απαιτήσεων του συστήματος..... 76

1 Εισαγωγή

Στόχος του συγκεκριμένου παραδοτέου είναι η περιγραφή της αρχιτεκτονικής της προτεινόμενης πλατφόρμας IoTFeds. Επιπλέον, σε ενότητες που ακολουθούν αναλύεται η μεθοδολογία και η προσέγγιση σχεδίασης της αρχιτεκτονικής, η οποία στη συνέχεια παρουσιάζεται αναλυτικότερα σε επόμενες ενότητες του συγκεκριμένου εγγράφου. Σκοπός της συγγραφής του παραδοτέου Π1.3 είναι η παρουσίαση της αρχιτεκτονικής λειτουργίας της IoTFeds πλατφόρμας και η συγκέντρωση όλων των απαραίτητων βασικών και υποστηρικτικών συστημάτων, καθώς και υποσυστημάτων που θα πρέπει να διαθέτει, με στόχο την υλοποίηση του έργου για συνεργασία των IoT εταιρειών. Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική θα επιτρέπει τη λειτουργία μιας κοινής ελεγχόμενης αγοράς για την ανταλλαγή των IoT δεδομένων, ώστε να καλύπτονται κοινές ανάγκες όλων των επιμέρους εταιρειών της IoTFeds πλατφόρμας με ασφαλή και διαφανή τρόπο.

1.1 Αντικείμενο του Παραδοτέου

Στο συγκεκριμένο παραδοτέο του έργου IoTFeds παρέχεται η μεθοδολογία σχεδίασης καθώς και η τελική αρχιτεκτονική της πλατφόρμας IoTFeds, με ανάλυση τόσο των βασικών και υποστηρικτικών συστημάτων και υποσυστημάτων της πλατφόρμας, όσο και των απαραίτητων διεπαφών (APIs) τους. Σημειώνεται πως οι απαιτήσεις της αρχιτεκτονικής μπορεί να αλλάξουν καθώς προχωράει η υλοποίηση του έργου και απαιτείται επαλήθευση των επιμέρους συστημάτων της πλατφόρμας.

Η περιγραφή της αρχιτεκτονικής του συγκεκριμένου παραδοτέου αποτελεί συνέχεια του προηγούμενου παραδοτέου Π1.2 – «Απαιτήσεις Συστήματος και Ενδιάμεση Αρχιτεκτονική Συστήματος» και πραγματοποιήθηκε για τον εντοπισμό και την τεχνολογική ανάλυση τόσο των βασικών και υποστηρικτικών συστημάτων όσο και των μεταξύ τους διεπαφών.

Αναλυτικότερα, οι βασικοί στόχοι που εκπληρώθηκαν στο συγκεκριμένο παραδοτέο είναι οι εξής:

- Μελέτη του τεχνολογικού υποβάθρου παρόμοιων υφιστάμενων προσεγγίσεων.
- Περιγραφή της προσέγγισης και της μεθοδολογίας σχεδίασης της αρχιτεκτονικής της προτεινόμενης πλατφόρμας IoTFeds.
- Παρουσίαση μιας γενικής εικόνας της λειτουργίας της τελικής πλατφόρμας.
- Περιγραφή και ανάλυση τόσο των βασικών όσο και των υποστηρικτικών συστημάτων της τελικής πλατφόρμας IoTFeds.
- Περιγραφή και ανάλυση των βασικών λειτουργιών και των διεπαφών των επιμέρους συστημάτων της IoTFeds πλατφόρμας, αλλά και της μεταξύ τους διασύνδεσης.
- Περιγραφή της ροής που ακολουθούν τα δεδομένα της πλατφόρμας (μοντέλο μετα-πληροφορίας και off-chain/on-chain πληροφορία).
- Σχεδίαση και παρουσίαση διαγραμμάτων ακολουθίας για τις βασικές περιπτώσεις χρήσης που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο παραδοτέο Π1.2.
- Ανάλυση του τρόπου με τον οποίο το συγκεκριμένο έργο καλύπτει τις λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος, όπως αυτές ορίστηκαν στο προηγούμενο παραδοτέο Π1.2.

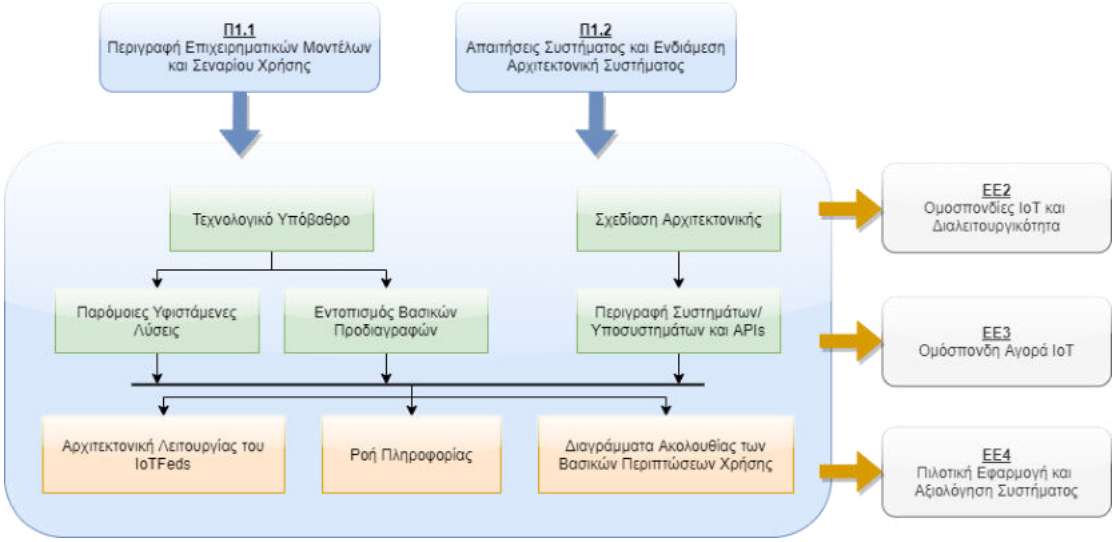
1.2 Υπόβαθρο

Το υπόβαθρο για το συγκεκριμένο παραδοτέο του έργου IoTFeds σχετίζεται με τις προηγούμενες δύο δράσεις (Δ1.1 – «Επιχειρηματικά Μοντέλα και Σενάριο Χρήσης» και Δ1.2 – «Συλλογή και Ανάλυση Απαιτήσεων») και παραδοτέα (Π1.1 – «Περιγραφή Επιχειρηματικών

Μοντέλων και Σεναρίου Χρήσης» και Π1.2 – «Απαιτήσεις Συστήματος και Ενδιάμεση Αρχιτεκτονική Συστήματος»).

Πιο συγκεκριμένα, το παραδοτέο Π1.3 προκύπτει από τις δραστηριότητες της ΕΕ1 – «Απαιτήσεις, Αρχιτεκτονική και Ολοκλήρωση Συστήματος», όπου περιλαμβάνονται οι ακόλουθοι στόχοι σε αντιστοίχιση με τις ορισμένες δράσεις:

- Περιγραφή των βιώσιμων επιχειρηματικών μοντέλων για την αξιοποίηση των IoT ομοσπονδιών (Δ1.1).
- Περιγραφή του σεναρίου χρήσης για την πιλοτική εφαρμογή της IoTFeds πλατφόρμας (Δ1.1).
- Συλλογή και ανάλυση των απαιτήσεων (Δ1.2).
- Εντοπισμός των κατάλληλων τεχνολογιών για την ανάπτυξη του λογισμικού (Δ1.3).
- Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός του πρωτότυπου συστήματος (Δ1.3).
- Δοκιμή και ολοκλήρωση των επιμέρους δομικών μονάδων του λογισμικού (Δ1.4).
- Διάχυση και δημοσιότητα για την ανάδειξη των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 1: Εργασίες και σύνδεση του Π1.3 με άλλες ΕΕ.

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1, μεταξύ των παραδοτέων Π1.1, Π1.2 και Π1.3 της ΕΕ1, αλλά και με τις υπόλοιπες ΕΕ (ΕΕ2, ΕΕ3 και ΕΕ4) διακρίνεται υψηλός βαθμός συνεργασίας. Επιπλέον, απαιτούνται δεδομένα από άλλα στάδια εργασιών για την περιγραφή μιας έγκυρης τελικής αρχιτεκτονικής της πλατφόρμας IoTFeds, η οποία θα χρησιμοποιηθεί ως βάση και σε επόμενες ΕΕ.

1.3 Δομή του Παραδοτέου

Ολοκληρώνοντας την εισαγωγή του παραδοτέου Π1.3, το υπόλοιπο κείμενο δομείται ως εξής:

- Το Κεφάλαιο 2 περιλαμβάνει την ανάλυση του τεχνολογικού υποβάθρου παρουσιάζοντας παρόμοιες υφιστάμενες λύσεις με την πλατφόρμα του IoTFeds.
- Το Κεφάλαιο 3 παρέχει μια αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας σχεδίασης και των επιμέρους βασικών και υποστηρικτικών συστημάτων της πλατφόρμας IoTFeds, καθώς και των βασικών δομικών μονάδων τους.
- Το Κεφάλαιο 4 περιγράφει τη λειτουργία της πλατφόρμας IoTFeds. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο περιλαμβάνεται το βασικό σχήμα της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής της

πλατφόρμας, καθώς και η αναλυτική περιγραφή των βασικών συστημάτων υποστήριξής της.

- Το Κεφάλαιο 5 περιγράφει και αναλύει τα πιλοτικά συστήματα της IoTFeds πλατφόρμας, τις λειτουργίες και τις απαραίτητες διεπαφές τους.
- Στο Κεφάλαιο 6 περιλαμβάνεται το μοντέλο μετα-πληροφορίας και παρουσιάζεται η πληροφορία που αποθηκεύεται τόσο off-chain, αλλά και on-chain στην IoTFeds πλατφόρμα.
- Το Κεφάλαιο 7 παρουσιάζει τη δημιουργία διαγραμμάτων ακολουθίας για την περιγραφή των βασικών περιπτώσεων χρήσης που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του παραδοτέου Π1.2 και τον έλεγχο της λειτουργίας του συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα συστήματα (βασικά και πιλοτικά) που συμμετέχουν στην πλατφόρμα IoTFeds.
- Στο Κεφάλαιο 8 γίνεται λόγος για τον τρόπο με τον οποίο το συγκεκριμένο έργο καλύπτει λειτουργικές απαιτήσεις συστήματος, όπως αυτές ορίστηκαν στο προηγούμενο παραδοτέο Π1.2.
- Τέλος, το Κεφάλαιο 9 παρέχει γενικά συμπεράσματα για τον τρόπο που τα αποτελέσματα αυτού του παραδοτέου θα χρησιμοποιηθούν σε επόμενα στάδια εργασιών, όχι μόνο στα πλαίσια της ΕΕ1, αλλά και σε άλλες ΕΕ.

2 Εξερεύνηση Τεχνολογικού Υποβάθρου

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο του παραδοτέου παρέχεται μια σύντομη περιγραφή του ερευνητικού πλαισίου του συγκεκριμένου έργου IoTFeds, με την παρουσίαση βασικών χαρακτηριστικών των αγορών IoT δεδομένων (IoT data marketplaces), καθώς και των έξυπνων συμβολαίων (smart contracts). Επιπλέον, περιγράφονται παρόμοιες υφιστάμενες λύσεις αγορών δεδομένων με την προτεινόμενη πλατφόρμα του IoTFeds. Σκοπός του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι ο εντοπισμός των βασικών προδιαγραφών που θα πρέπει να διαθέτει η IoTFeds πλατφόρμα πριν από το σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής της.

2.1 Αγορές IoT Δεδομένων

Σε όλες τι σύγχρονες κοινωνίες, οι πληροφορίες αποτελούν ένα στρατηγικό προνόμιο που μπορεί να εξασφαλίζει και να διατηρεί την ανταγωνιστικότητα. Ένας οργανισμός μπορεί να επωφεληθεί τόσο από το σχεδιασμό καλύτερων τελικών προϊόντων όσο και από την παροχή υπηρεσιών που θα βασίζονται σε ένα μεγάλο αριθμό πληροφοριών. Επιπλέον, τα δεδομένα καταγραφής (log data) είναι ιδιαίτερα σημαντικά για εταιρείες, των οποίων τα βασικά προϊόντα αποτελούν οι συσκευές IoT, καθώς χρησιμοποιούν δεδομένα των συσκευών αυτών για την στατιστική αναπαράσταση της συμπεριφοράς του τελικού χρήστη με στόχο την ανακάλυψη τυχόν ατελειών του προϊόντος ή τον εμπλουτισμό των παρεχόμενων υπηρεσιών του (Mišura & Žagar, 2016).

Στο παρελθόν, οι οργανισμοί μετέφεραν IoT δεδομένα από τους χρήστες ή από μεσολαβητές δεδομένων (data brokers) σε ένα διαμεσολαβητή (server). Η συγκεκριμένη πρακτική, ωστόσο, αποτελούσε λόγο ανησυχίας σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων των χρηστών. Η αγορά δεδομένων, συνεπώς, αναπτύχθηκε με στόχο τη δημιουργία μιας πλατφόρμας που θα μπορεί να διευκολύνει ασφαλείς συναλλαγές μεταξύ των χρηστών και των παρόχων των IoT συσκευών. Οι συμμετέχοντες σε μια αγορά δεδομένων χωρίζονται σε δύο ευρείες κατηγορίες: (α) τους πωλητές δεδομένων, οι οποίοι πωλούν δεδομένα έναντι χρηματικού αντιτίμου, και (β) τους καταναλωτές δεδομένων, οι οποίοι αγοράζουν και χρησιμοποιούν αυτά τα δεδομένα. Επομένως, σύμφωνα με το συγκεκριμένο μοντέλο, οι κάτοχοι και πωλητές των δεδομένων αποτελούν τους χρήστες των IoT συσκευών, ενώ οι καταναλωτές των IoT δεδομένων αποτελούν τους παρόχους δεδομένων. Μ' αυτόν τον τρόπο, δίνεται κίνητρο σε κάθε κάτοχο δεδομένων για την πώληση των δεδομένων του στην αγορά, ενώ ο καταναλωτής μπορεί πλέον να αποκτήσει υψηλής ποιότητας δεδομένα για δική του χρήση (Perera, 2017).

2.2 Έξυπνα Συμβόλαια

Η τεχνολογία του Blockchain, πάνω στην οποία είναι βασισμένο και το Bitcoin, αποτελεί ιδιαίτερα δημοφιλές ερευνητικό πεδίο από την άνοδό του το 2008 (Nakamoto, 2008). Εν συντομία, το Blockchain αποτελεί μια αποκεντρικοποιημένη (decentralized) βάση δεδομένων. Μια μονάδα δεδομένων, που καλείται συναλλαγή, συλλέγεται από έναν κόμβο και στη συνέχεια ενώνεται και με άλλες συναλλαγές σε μια συστοιχία (block) (Xu, et al., 2016). Μια κρυπτογραφική συνάρτηση κατακερματισμού (cryptographic hash function) χρησιμοποιείται προκειμένου να ενώσει την τρέχουσα συστοιχία με την προηγούμενη, αλυσιδωτά. Όλες οι συναλλαγές και οι συστοιχίες στην αλυσίδα είναι διαφανείς για όλους τους κόμβους του δικτύου. Γι' αυτό το λόγο και πολλές φορές το Blockchain αναφέρεται και ως «δημόσιο κατάστιχο (public ledger)». Πολλοί κόμβοι ενός δικτύου μπορεί να διαθέτουν ένα αντίγραφο του ledger. Σε περίπτωση που ένας κακόβουλος κόμβος θελήσει να αλλάξει τα αποθηκευμένα δεδομένα στον ledger, θα πρέπει να τα αλλάξει και σε όλα τα αντίγραφα που διαθέτουν και όλοι οι υπόλοιποι κόμβοι του δικτύου. Επιπλέον, όταν αλλάζουν τα δεδομένα από μια συστοιχία του δικτύου, η αλυσιδωτή δομή του συμβάλλει και στην αλλαγή του hash της συγκεκριμένης συστοιχίας, με αποτέλεσμα να γίνεται αντιληπτή και από τους υπόλοιπους

κόμβους του δικτύου. Μ' αυτόν τον τρόπο, επομένως, το Blockchain διασφαλίζει την ακεραιότητα, τη συνοχή και τη διαφάνεια των αποθηκευμένων δεδομένων στην αλυσίδα.

Από την άλλη πλευρά, το Ethereum αποτελεί ένα κατανεμημένο εικονικό μηχάνημα με δυνατότητα εκτέλεσης έξυπνων συμβολαίων, όπως αυτά έχουν οριστεί ως επέκταση του Bitcoin (Wood & others, 2014), το οποίο διαθέτει ικανότητα ανάπτυξης κρυπτονομισμάτων, καθώς και διαχείρισης διαφόρων τύπων έξυπνων συμβολαίων και άλλων αποκεντρικοποιημένων εφαρμογών (dapps) (Atzei, Bartoletti, & Cimoli, 2017). Σε αντίθεση με το Bitcoin, το Ethereum αναπαριστά τα πάντα ως μια αλλαγή κατάστασης του Blockchain ή ενός λογαριασμού, ενώ μέσω των έξυπνων συμβολαίων που διαθέτει επιτρέπει και την ανάπτυξη λειτουργιών που ορίζουν διάφορους τύπους dapps, όπως ιστοσελίδες ή εφαρμογές κινητού.

2.3 Παρόμοιες Υφιστάμενες Λύσεις

Στο Π1.1 – «Επιχειρηματικά Μοντέλα και Σενάριο Χρήσης» πραγματοποιήθηκε μια εκτενής ανάλυση επιχειρηματικών μοντέλων και διαθέσιμων λύσεων για αγοραπωλησίες δεδομένων. Παρότι αναπτύχθηκε μια πληθώρα μοντέλων και λύσεων, κανένα από αυτά δεν καλύπτει και τις τρεις βασικές απαιτήσεις που καλύπτει το IoTFeds, δηλαδή να υπάρχει μια αποκεντρικοποιημένη αγορά που να αφορά IoT δεδομένα και να είναι σε θέση να εγγράφει και να διαχειρίζεται ομοσπονδίες. Παρόμοιες προσπάθειες βρίσκονται σε ερευνητικό στάδιο και μια ανάλυση τους με έμφαση στις επιμέρους αρχιτεκτονικές παρέχεται στο παρόν κεφάλαιο.

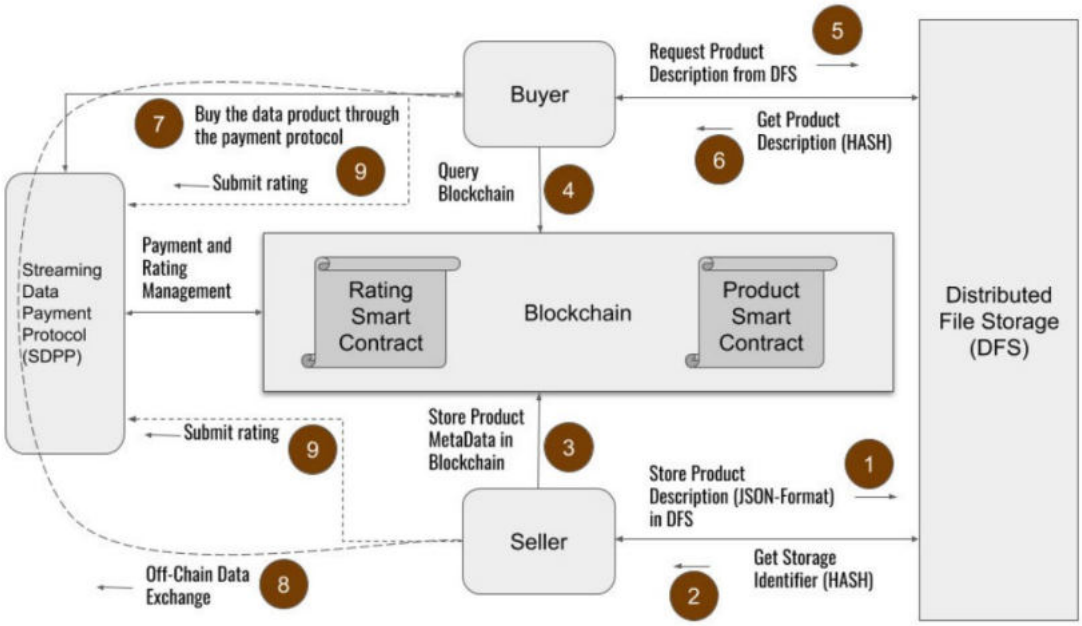
2.3.1 Αποκεντρικοποιημένη Αγορά Δεδομένων

Μια σχετική ερευνητική προσπάθεια εστιάζει σε αποκεντρικοποιημένες αγορές IoT δεδομένων στα πλαίσια της συνεργασίας μεταξύ πολλαπλών παρόχων δεδομένων προς την ποιοτικότερη υλοποίηση του οράματος της έξυπνης πόλης (Ramachandran, Radhakrishnan, & Krishnamachari, 2018). Στην «proof of concept» δουλειά αυτή, υλοποιείται Blockchain πλατφόρμα βασισμένη στο Ethereum. Στην πλατφόρμα αυτή, οι πωλητές μέσω έξυπνων συμβολαίων μπορούν να κάνουν διαθέσιμα τα δεδομένα τους, η διαθεσιμότητα αυτή είναι στην ουσία ένας «hashed» δείκτης στο Blockchain, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί από πιθανούς αγοραστές για την πρόσβαση σε μια περιγραφή των δεδομένων η οποία είναι αποθηκευμένη εκτός αλυσίδας σε ένα σύστημα κατανεμημένων αρχείων (IPFS). Όταν ένας αγοραστής αποφασίσει για την αγορά, η διαδικασία προχωράει μέσω ενός «Streaming Data Payment Protocol (SDPP)», το οποίο χρησιμοποιεί TCP σύνδεση μεταξύ πελάτη (client) και server για την ροή δεδομένων, κρυπτονομίσματα για την πληρωμή και σύστημα κατανεμημένου καθολικού για την καταγραφή πληροφοριών της συναλλαγής. Ωστόσο, προκειμένου πολλαπλοί αγοραστές να έχουν πρόσβαση σε μια πηγή δεδομένων, το σύστημα θα πρέπει να επεκταθεί για υποστήριξη των μεσολαβητών δημοσίευσης/εγγραφής (pub/sub brokers) με τις μικροπληρωμές με κρυπτονομίσματα. Παρέχεται επίσης η δυνατότητα σε αγοραστές και πωλητές να αξιολογήσουν ο ένας τον άλλον με μηχανισμούς φήμης, το οποίο βοηθά τόσο στην εξασφάλιση παροχής ποιοτικών δεδομένων όσο και στο να μη διαρρέουν ευαίσθητα δεδομένα σε μη έμπιστους αγοραστές.

2.3.1.1 Αρχιτεκτονική και Λειτουργία του Συστήματος

Ως πιθανές επεκτάσεις του συστήματος αναφέρονται η διαχείριση ταυτότητας και ο έλεγχος προσβασιμότητας μέσω πιστοποιητικών είτε σε αυτόνομους χρήστες, είτε σε μέλη ομοσπονδιών, καθώς και η παροχή κουπονιών σε αγοραστές για ανακάλυψη πηγών δεδομένων. Επίσης, εκφράζονται ανησυχίες σχετικά με τη γενική ρύθμιση προστασίας δεδομένων που έχει θεσπιστεί πρόσφατα (GDPR) και την καταγραφή ευαίσθητων δεδομένων στο public Blockchain με αμετάβλητο τρόπο και προτείνονται κάποιες μέθοδοι για την αντιμετώπιση αυτών των ανησυχιών που είναι, ωστόσο, εκτός του σκοπού αυτού του

παραδοτέου. Μια επισκόπηση της αρχιτεκτονικής και της ροής λειτουργίας της προαναφερόμενης λύσης φαίνεται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2: Αρχιτεκτονική μιας παρόμοιας υφιστάμενης λύσης για αποκεντρικοποιημένη αγορά δεδομένων (Ramachandran, Radhakrishnan, & Krishnamachari, 2018).

2.3.2 Ομόσπονδα Δημόσια Κατάστιχα

Η συγκεκριμένη μελέτη επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη ενός framework ομόσπονδων (federated) ledgers για την υποστήριξη αποκεντρικοποιημένων αγορών δεδομένων (Fed-DDM) (Xu & Chen, 2021). Σε αντίθεση με ήδη υπάρχουσες λύσεις αποκεντρικοποιημένων αγορών δεδομένων, η προσέγγιση του Fed-DDM εισάγει και τις έννοιες της ομοσπονδίας (federation) και της συναίνεσης (consensus) για επίτευξη υψηλού βαθμού κλιμακωσιμότητας και διασφάλιση συναλλαγών.

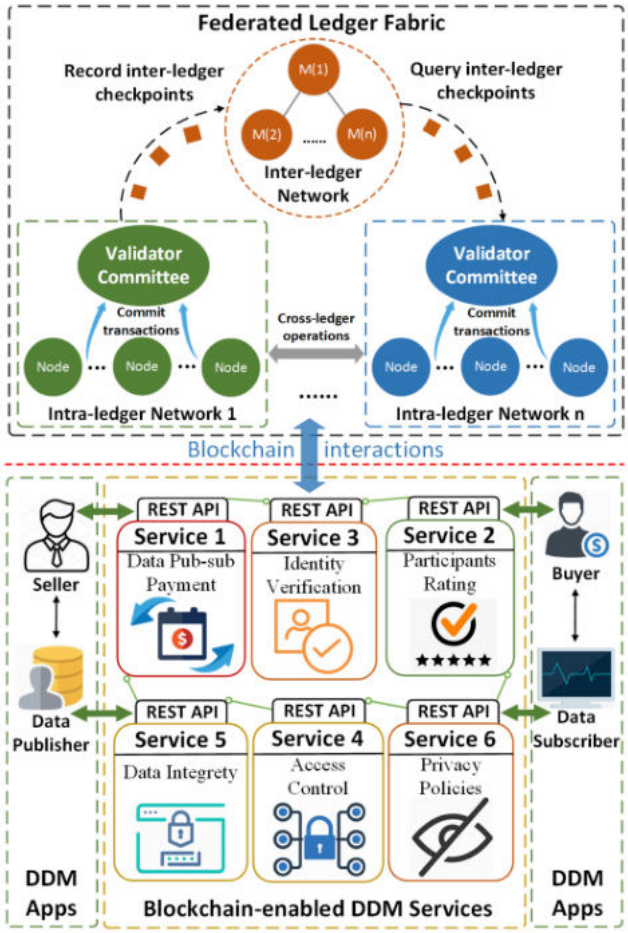
2.3.2.1 Αρχιτεκτονική και Λειτουργία του Συστήματος

Το διάγραμμα στην Εικόνα 3 παρουσιάζει την αρχιτεκτονική του Fed-DDM, το οποίο διακρίνεται σε δύο σκέλη, το Blockchain-enabled DDM services framework, το οποίο υποστηρίζει λειτουργίες αγορών δεδομένων, και το federated ledger fabric, που παρέχει την απαραίτητη διασύνδεση και την αποκεντρικοποιημένη υποδομή για τη διασφάλιση των συναλλαγών.

Πιο συγκεκριμένα, για την επίτευξη της επικοινωνίας του fabric με την αγορά δεδομένων (Decentralized Data Market, DDM) μεσολαβούν οι Blockchain υπηρεσίες (Εικόνα 3). Στην αγορά δεδομένων, τα χαρακτηριστικά ασφαλείας είναι χωρισμένα σε πολλές μικρότερες υπηρεσίες (DDM apps) και εφαρμόζονται σε κατανεμημένους δέκτες (hosts). Επιπλέον, η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική επιτρέπει ταχύτατη ανάπτυξη και εύκολη εφαρμογή για διαφορετικούς τύπους υπηρεσιών, καθώς κάθε υπηρεσία χρησιμοποιεί ένα σύνολο από RESTful διεπαφές (APIs) για την αποδοχή των αιτημάτων που αποστέλλονται από την αγορά δεδομένων.

Όπως σε κάθε αποκεντρικοποιημένη αγορά δεδομένων, έτσι και στο συγκεκριμένο σύστημα όλοι οι χρήστες (seller, buyer) και οι μεσολαβητές (data publisher, data subscriber) πρέπει να

ολοκληρώσουν την εγγραφή τους στο δίκτυο του Blockchain. Με την ολοκλήρωση της εγγραφής τους μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιήσουν τη διεύθυνση του λογαριασμού τους ως ένα μοναδικό μέσο ταυτοποίησης που θα τους επιτρέψει να συμμετάσχουν στην ανταλλαγή και την αγορά των δεδομένων. Γενικά, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα μόνο να αποθηκεύουν πληροφορίες σχετικά με λογαριασμούς, σε αντίθεση με τους μεσολαβητές, οι οποίοι έχουν πλήρη ελευθερία σε όλες τις παρεχόμενες λειτουργίες του Blockchain.



Εικόνα 3: Αρχιτεκτονική συστήματος Fed-DDM (Xu & Chen, 2021).

Από την άλλη πλευρά, στο fabric (Εικόνα 3), το κεντρικό δίκτυο (inter-ledger network) αποτελεί το κέντρο που διασυνδέει διάφορα μικρότερα δίκτυα (intra-ledger networks). Για κάθε μικρότερο δίκτυο, ο διαχειριστής επιλέγει ένα υποσύνολο κόμβων ως μια επιτροπή επικύρωσης για τη διατήρηση του ledger του δικτύου. Το σύστημα περιλαμβάνει πολλαπλά δίκτυα στο σύνολό του και κάθε τομέας του δικτύου έχει ως στόχο τη διατήρηση διαφορετικών λογαριασμών και προσωπικών ledger. Συνεπώς, οι κόμβοι (nodes) κάθε μικρότερου δικτύου δεν επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους, αλλά αντίθετα μέσω του consensus.

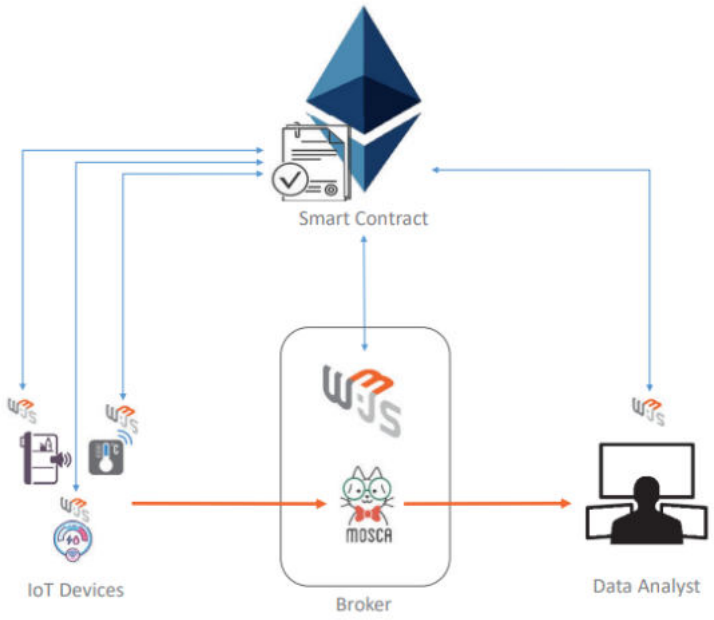
2.3.3 Νομισματοποίηση με Χρήση του Blockchain

Η συγκεκριμένη μελέτη προτείνει ένα διαφανές και αξιόπιστο σύστημα νομισματοποίησης βασισμένο στις τεχνολογίες των DLTs (Distributed Ledger Technology) και των έξυπνων συμβολαίων (Badreddine, Zhang, & Talhi, 2020). Το συγκεκριμένο σύστημα προτάθηκε ως λύση στην έλλειψη των κλασικών συστημάτων δημοσίευσης/εγγραφής (pub/sub) σε δύο βασικές ιδιότητες για μία αγορά IoT δεδομένων: (α) δεν παρέχεται καμία λογική νομισματοποίησης και (β) οι pub/sub μεσολαβητές θεωρούνται ως έμπιστες οντότητες, γεγονός που δεν ισχύει στην περίπτωση των αποκεντρικοποιημένων αγορών δεδομένων.

2.3.3.1 Αρχιτεκτονική και Λειτουργία του Συστήματος

Το διάγραμμα στην Εικόνα 4 παρουσιάζει την αρχιτεκτονική και τη λειτουργία του προτεινόμενου συστήματος νομισματοποίησης για αποκεντρικοποιημένες αγορές IoT δεδομένων. Το προτεινόμενο σύστημα χρησιμοποιεί το MQTT πρωτόκολλο για την ανταλλαγή των δεδομένων, αλλά και έξυπνα συμβόλαια για την ανταλλαγή και την επαλήθευση των IoT δεδομένων.

Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα στην Εικόνα 4, εκτός από τα έξυπνα συμβόλαια, το σύστημα περιλαμβάνει επιπλέον τρεις επιμέρους μονάδες, τον μεσολαβητή (broker), τον εκδότη (IoT devices) και το συνδρομητή (data analyst). Πιο συγκεκριμένα, ο μεσολαβητής (MQTT broker) είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση των συνδέσεων μεταξύ των εκδοτών και των συνδρομητών, ακολουθώντας τη λογική του pub/sub πρωτοκόλλου MQTT. Στη συγκεκριμένη μελέτη, ως μεσολαβητής θεωρείται ένας μη αξιόπιστος συμβαλλόμενος που θα πρέπει να υποβάλλει πληροφορίες ιχνηλασιμότητας στο Blockchain ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Από την άλλη πλευρά, εκδότης θεωρείται κάθε IoT συσκευή (αισθητήρας) που συνεχώς λαμβάνει και μοιράζεται δεδομένα σχετικά με ένα συγκεκριμένο topic, στο οποίο είναι εγγεγραμμένοι οι πελάτες. Για κάθε συγκεκριμένο topic, ο εκδότης πληρώνει ανάλογα με το ορισμένο σχήμα νομισματοποίησης των έξυπνων συμβολαίων. Τέλος, ως συνδρομητής ορίζεται κάθε καταναλωτής δεδομένων που είναι εγγεγραμμένος σε ένα συγκεκριμένο topic, από όπου λαμβάνει τα δημοσιευμένα από την IoT συσκευή δεδομένα.



Εικόνα 4: Αρχιτεκτονική συστήματος νομισματοποίησης (Badreddine, Zhang, & Talhi, 2020).

Όσον αφορά τα έξυπνα συμβόλαια, αυτά βασίζονται στο Ethereum Blockchain και χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της ανταλλαγής των δεδομένων βάσει του μοντέλου ιχνηλασιμότητας. Συνεπώς, προκειμένου οι χρήστες να μπορούν να αλληλεπιδράσουν με το σύστημα, θα πρέπει να διαθέτουν μία διεύθυνση Ethereum. Επιπλέον, το σύστημα ορίζει έναν διαχειριστή συστήματος, στον οποίο ανήκει το έξυπνο συμβόλαιο και ο οποίος επαληθεύει την εγγραφή των IoT συσκευών, καθώς και έναν κάτοχο συσκευών, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την απόδοση διευθύνσεων Ethereum στις συσκευές του και την εγγραφή τους στο σύστημα. Κάθε συσκευή θα πρέπει να είναι ήδη εγγεγραμμένη στο έξυπνο συμβόλαιο και στο ρόλο που θα ορίζει το topic στο οποίο θα αποστέλλει τα δεδομένα. Για τη διασφάλιση των δεδομένων του πελάτη, δημιουργείται μία ψηφιακή υπογραφή (hash) για τη διεύθυνσή του, η οποία λειτουργεί ως αναγνωριστικό και καταγράφεται στο Blockchain. Μία εγγεγραμμένη οντότητα

μπορεί να αποστείλει ένα αίτημα σύνδεσης με το έξυπνο συμβόλαιο που επαληθεύει την ταυτότητά του και ειδοποιεί τον μεσολαβητή, ενώ πλέον ο εκδότης ή ο συνδρομητής μπορούν να επικοινωνήσουν με τον MQTT broker και να ανταλλάξουν δεδομένα.

3 Προσέγγιση και Μεθοδολογία Σχεδίασης της Αρχιτεκτονικής

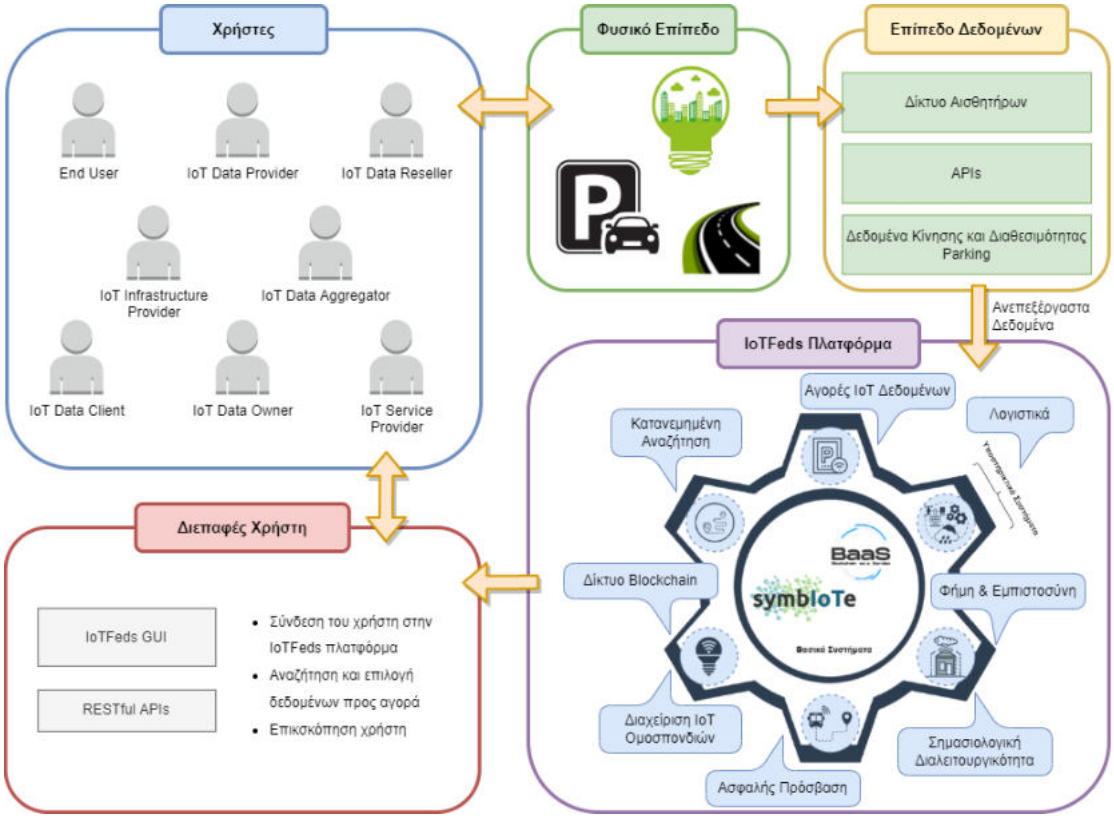
Το συγκεκριμένο κεφάλαιο του παραδοτέου παρουσιάζει την προσέγγιση και τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκαν για τον ορισμό και την περιγραφή της αρχιτεκτονικής της προτεινόμενης πλατφόρμας IoTFeds. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία περιλαμβάνει τρεις επιμέρους φάσεις, την εξερεύνηση του τεχνολογικού υποβάθρου (Κεφάλαιο 2), και τα μοντέλα bottom-up (ενότητα 3.1.1) και top-down (ενότητα 3.1.2), όπως παρουσιάζονται στην Εικόνα 5.

3.1 Μεθοδολογία Σχεδίασης

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5, η μεθοδολογία σχεδίασης της αρχιτεκτονικής για την πλατφόρμα IoTFeds λαμβάνει ως είσοδο δύο διαφορετικά δεδομένα από την ΕΕ1, το παραδοτέο Π1.1 με την περιγραφή των επιχειρηματικών μοντέλων και του σεναρίου χρήσης και το παραδοτέο Π1.2 με τις απαιτήσεις συστήματος και την ενδιάμεση αρχιτεκτονική. Στη συνέχεια, ακολουθεί η εξερεύνηση του τεχνολογικού υποβάθρου, όπου πραγματοποιείται έρευνα σχετικά με παρόμοιες υφιστάμενες λύσεις για εντοπισμό των βασικών προδιαγραφών που θα πρέπει να διαθέτει η πλατφόρμα του IoTFeds. Το επόμενο στάδιο αποτελείται από την ενσωμάτωση όλων των προδιαγραφών στο bottom-up μοντέλο, λαμβάνοντας υπόψη τεχνολογίες και λογισμικά που είναι διαθέσιμα προς χρήση στα πλαίσια του έργου IoTFeds. Τέλος, τελικό στάδιο αποτελεί το top-down μοντέλο, όπου γίνεται έλεγχος του ρόλου και της αλληλεπίδρασης των επιμέρους βασικών και υποστηρικτικών συστημάτων της IoTFeds πλατφόρμας, με τη δημιουργία διαγραμμάτων ακολουθίας για τις βασικές περιπτώσεις χρήσης που αναπτύχθηκαν στο προηγούμενο παραδοτέο Π1.2.

Εικόνα 5: Μεθοδολογία σχεδίασης της αρχιτεκτονικής για την πλατφόρμα IoTFeds.

Στην Εικόνα 6 που ακολουθεί παρουσιάζεται το εννοιολογικό διάγραμμα της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής για την πλατφόρμα IoTFeds. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα παρουσιάζονται όλες οι εμπλεκόμενες οντότητες του έργου, οι οποίες περιλαμβάνουν τους χρήστες της πλατφόρμας, το περιβάλλον συλλογής δεδομένων και εφαρμογής των παρεχόμενων υπηρεσιών, το επίπεδο δεδομένων, καθώς επίσης και την τελική IoTFeds πλατφόρμα και τις διεπαφές χρήστη. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, η IoTFeds πλατφόρμα περιλαμβάνει δύο βασικές κατηγορίες συστημάτων: (α) τα βασικά συστήματα και (β) τα πιλοτικά συστήματα. Πιο συγκεκριμένα, τα βασικά συστήματα είναι υπεύθυνα για την ανακάλυψη και το διαμοιρασμό των IoT συσκευών της πλατφόρμας και την επίτευξη της μεταξύ τους διαλειτουργικότητας, καθώς επίσης και για την εκτέλεση και την καταγραφή των λειτουργιών των IoT συσκευών και των αγοραπωλησιών των χρηστών στο Blockchain. Από την άλλη πλευρά, τα πιλοτικά συστήματα προσφέρουν εξωτερικές υπηρεσίες που σχετίζονται με έξυπνη κίνηση, έξυπνη στάθμευση και φωτισμό, αλλά και έξυπνο περιβάλλον. Οι επιμέρους δομικές μονάδες και υπο-μονάδες των οντοτήτων «Επίπεδο Δεδομένων», «IoTFeds Πλατφόρμα» και «Διεπαφές Χρήστη» παρουσιάζονται αναλυτικά (Πίνακας 1) και αναλύονται στην συνέχεια στα Κεφάλαια 4 και 5.



Εικόνα 6: Εννοιολογικό διάγραμμα οντοτήτων αρχιτεκτονικής για την πλατφόρμα IoTFeds.

Οι ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζουν αναλυτικότερα τα μοντέλα bottom-up και top-down, όπως αυτά παρουσιάστηκαν στην Εικόνα 5. Παράλληλα, επιπρόσθετες απαιτήσεις και πληροφορίες από τα επιχειρηματικά μοντέλα και τις περιπτώσεις χρήσης που αναλύθηκαν στα πλαίσια των προηγούμενων παραδοτέων Π1.1 και Π1.2 ενσωματώνονται και στο συγκεκριμένο παραδοτέο Π1.3 για την περιγραφή της αρχιτεκτονικής της IoTFeds πλατφόρμας.

3.1.1 Μοντέλο Bottom-Up

Η συγκεκριμένη φάση της σχεδίασης της αρχιτεκτονικής της IoTFeds πλατφόρμας έχει ως βασικό στόχο τον εντοπισμό και τη συλλογή των τεχνολογιών και του λογισμικού που είναι απαραίτητα για την υλοποίηση της τελικής πλατφόρμας.

Ως πρώτο βήμα του μοντέλου ορίστηκε ένας πίνακας-πρότυπο για τη συγκέντρωση μιας σύντομης περιγραφής για κάθε επιμέρους σύστημα της IoTFeds πλατφόρμας (βασικό και υποστηρικτικό), καθένα από τα οποία ορίζεται ως μια βασική δομική μονάδα (main component) της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής, καθώς και των επιμέρους υπο-μονάδων (subcomponents). Πιο συγκεκριμένα, οι ακόλουθοί πίνακες (Πίνακας 1 και Πίνακας 2) παρουσιάζουν το πρότυπο αυτό και περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με την περιγραφή των βασικών λειτουργιών, σχετικές υπηρεσίες, καθώς και τους υπεύθυνους συνεργάτες της υλοποίησης του κάθε επιμέρους συστήματος, βασικού και πιλοτικού, αντίστοιχα.

Συνολικά, ο Πίνακας 1 περιλαμβάνει 3 βασικές μονάδες που συμμετέχουν στην υλοποίηση της IoTFeds πλατφόρμας και 6 υπο-μονάδες. Αντίστοιχα, ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τα πιλοτικά συστήματα που θα συνδεθούν στην IoTFeds πλατφόρμα και περιλαμβάνει 4 βασικές μονάδες και 8 υπο-μονάδες.

Πίνακας 1: Λίστα απαραίτητων βασικών συστημάτων, αντίστοιχων υπο-μονάδων και υπεύθυνων συνεργατών.

Σύστημα	**Υπο-μονάδα**	**Υπεύθυνος Συνεργάτης**	**Κατάσταση**
Ενδιάμεσο Λογισμικό symbIoTe		**ICOM**	
	symbIoTe Core		Προς επεκταση
	symbIoTe Cloud		Προς επεκταση
Ενδιάμεσο Λογισμικό BaaS		**ΕΚΕΤΑ**	
	Καμία		Προς υλοποίηση
Διεπαφές Χρήστη		**ICOM, ΕΚΕΤΑ**	
	Marketplace API and GUI	ICOM	Προς υλοποιηση
	symbIoTe's Administrative GUI	ICOM	Προς επεκταση
	symbIoTe's API	ICOM	Προς υλοποίηση
	BaaS API	ΕΚΕΤΑ	Προς υλοποίηση

Πίνακας 2: Λίστα πιλοτικών συστημάτων, αντίστοιχων υπο-μονάδων και υπεύθυνων συνεργατών.

Σύστημα	**Υπο-μονάδα**	**Υπεύθυνος Συνεργάτης**	**Κατάσταση**
Πλατφόρμα Zastel/SpotyPal		**TERRACOM**	
	Zastel API		Προς επεκταση
	Συσκευές SpotyPal		
Πλατφόρμα UiTOP		**ICOM**	
	UiTOP		Προς ενσωμάτωση
	Συσκευές UiTOP		Προς ενσωμάτωση
Πλατφόρμα Smart Environment		**ΕΚΕΤΑ**	
	Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων		Προς υλοποίηση
	Αποθετήριο		Προς υλοποίηση
Διεπαφές Χρήστη		**ICOM, ΕΚΕΤΑ**	

	UiTOP API	ICOM	Προς ενσωμάτωση
	Smart Environment UI	ΕΚΕΤΑ	Προς υλοποίηση

Οι υπο-μονάδες (subcomponents) των συστημάτων που παρουσιάζονται (εφόσον υπάρχουν) στους παραπάνω πίνακες (Πίνακας 1 και Πίνακας 2) περιγράφονται και αναλύονται στα Κεφάλαια 4 και 5, τα οποία παρουσιάζουν τη λειτουργία κάθε επιμέρους υπο-μονάδας του συστήματος και τις απαραίτητες διεπαφές τους (APIs).

Ως επόμενο βήμα ακολουθεί η υλοποίηση ενός αρχικού σχεδίου της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής της IoTFeds πλατφόρμας, όπου παρουσιάζονται και οι απαραίτητες υπηρεσίες και εξαρτήσεις μεταξύ όλων των συστημάτων που συμμετέχουν σε αυτή. Το αποτέλεσμα της συγκεκριμένης διαδικασίας παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 4, όπου περιγράφεται η ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική της IoTFeds πλατφόρμας και τα βασικά της συστήματα.

3.1.2 Μοντέλο Top-Down

Η συγκεκριμένη φάση σχεδιασμού επικεντρώνεται κυρίως στο ρόλο των βασικών συστημάτων της IoTFeds πλατφόρμας, καθώς και στη μεταξύ τους αλληλεπίδραση. Για το λόγο αυτό, γίνεται επιλογή των βασικών περιπτώσεων χρήσης που αναπτύχθηκαν και αναλύθηκαν στα πλαίσια του παραδοτέου Π1.2 και βάσει αυτών σχεδιάζονται τα διαγράμματα ακολουθίας, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη και τη λίστα των συστημάτων που παρουσιάστηκε παραπάνω (Πίνακας 1).

Το συγκεκριμένο μοντέλο επιτρέπει τον εντοπισμό και την κατανόηση της υπηρεσίας που θα προσφέρει καθένα από τα βασικά συστήματα (symbIoTe και BaaS) της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής για την πλατφόρμα IoTFeds, ενώ παράλληλα επιτρέπει και το σχεδιασμό και των μεταξύ τους διεπαφών. Τέλος, η χρήση του μοντέλου top-down, σε συνδυασμό και με τις προβλεπόμενες λειτουργίες της πλατφόρμας, επιτρέπει την εύρεση καταλληλότερων διεπαφών για τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση.

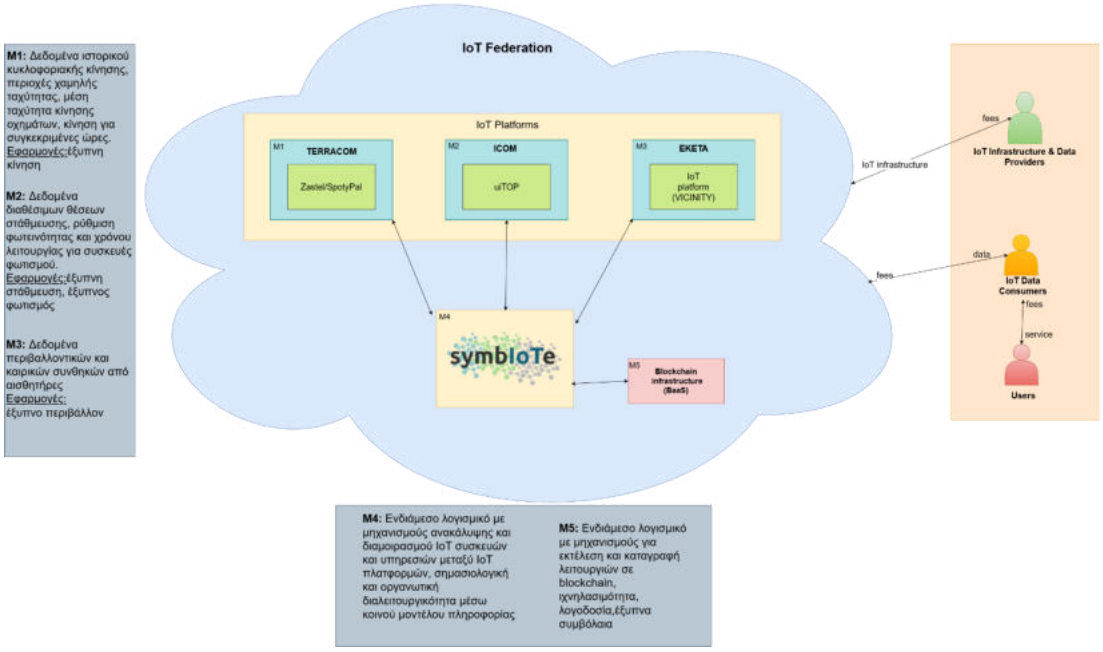
3.2 Σχεδίαση Αρχιτεκτονικής και Εκδόσεις

Καθώς η διαδικασία σχεδίασης της αρχιτεκτονικής της IoTFeds πλατφόρμας αποτελεί επαναληπτική διαδικασία, ήδη από το προηγούμενο παραδοτέο Π1.2 έχουν παρουσιαστεί δύο πρώτες εκδόσεις. Από τις δύο αυτές εκδόσεις, η πρώτη έκδοση απορρίφθηκε κυρίως λόγω του περιορισμένου βαθμού ελευθερίας στην ανάπτυξη και την επικοινωνία μεταξύ του symbIoTe και του BaaS. Στις υποενότητες που ακολουθούν παρουσιάζεται αφενός η δεύτερη έκδοση της ενδιάμεσης αρχιτεκτονικής, όπως αυτή παρουσιάστηκε στα προηγούμενο παραδοτέο Π1.2, και αφετέρου η τελική προτεινόμενη αρχιτεκτονική που θα αναλυθεί στο συγκεκριμένο παραδοτέο στα κεφάλαια που ακολουθούν.

3.2.1 Περίπτωση 2^{ης} Ενδιάμεσης Αρχιτεκτονικής (Π1.2)

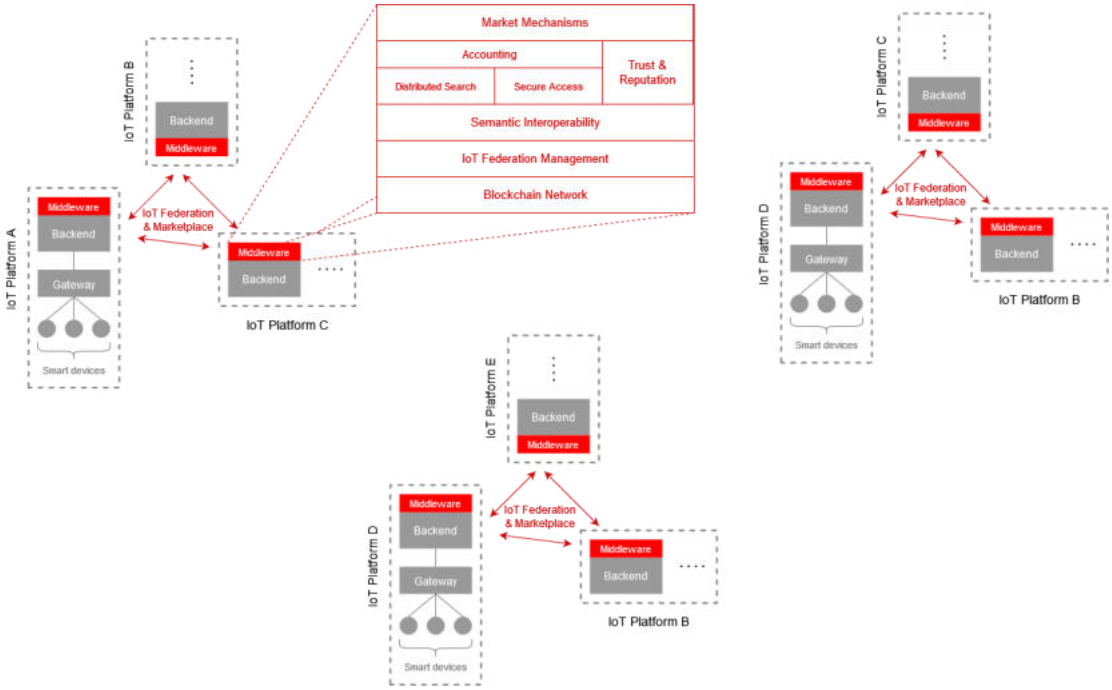
Στο διάγραμμα στην Εικόνα 7 που ακολουθεί παρουσιάζεται η γενική εικόνα της 2^{ης} έκδοσης της ενδιάμεσης αρχιτεκτονικής, όπως αυτή είχε προταθεί στο προηγούμενο παραδοτέο Π1.2. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα παρουσιάζεται η διάταξη των επιμέρους συστημάτων της IoTFeds πλατφόρμας, τόσο των βασικών όσο και των υποστηρικτικών, καθώς επίσης και η διασύνδεση και επικοινωνία μεταξύ αυτών, αλλά και με τους χρήστες της πλατφόρμας. Η βασική διαφορά της συγκεκριμένης έκδοσης με την 1^{η} έκδοση, που ορίστηκε επίσης στα πλαίσια του παραδοτέου Π1.2, έγκειται στο γεγονός ότι το BaaS δεν παρεμβάλλεται σε κάθε

επικοινωνία των επιμέρους IoT πλατφορμών και του ενδιάμεσου λογισμικού symbIoTe, αλλά θεωρείται ως ένα ξεχωριστό σύστημα που επικοινωνεί μόνο με το symbIoTe.



Εικόνα 7: Περίπτωση 2ης ενδιάμεσης αρχιτεκτονικής της IoTFeds πλατφόρμας (Π1.2).

Τέλος, το διάγραμμα στην Εικόνα 8 αποτελεί μια αναλυτικότερη περιγραφή της 2ης ενδιάμεσης αρχιτεκτονικής που παρουσιάστηκε στην Εικόνα 7. Το πλαίσιο παρουσιάζει όλες τις επιμέρους λειτουργικότητες τις οποίες καλείται να καλύψει η προτεινόμενη αρχιτεκτονική της IoTFeds πλατφόρμας.



Εικόνα 8: Λεπτομερής απεικόνιση της 2ης ενδιάμεσης αρχιτεκτονικής της IoTFeds πλατφόρμας (Π1.2).

3.2.2 Τελική Έκδοση Προτεινόμενης Αρχιτεκτονικής

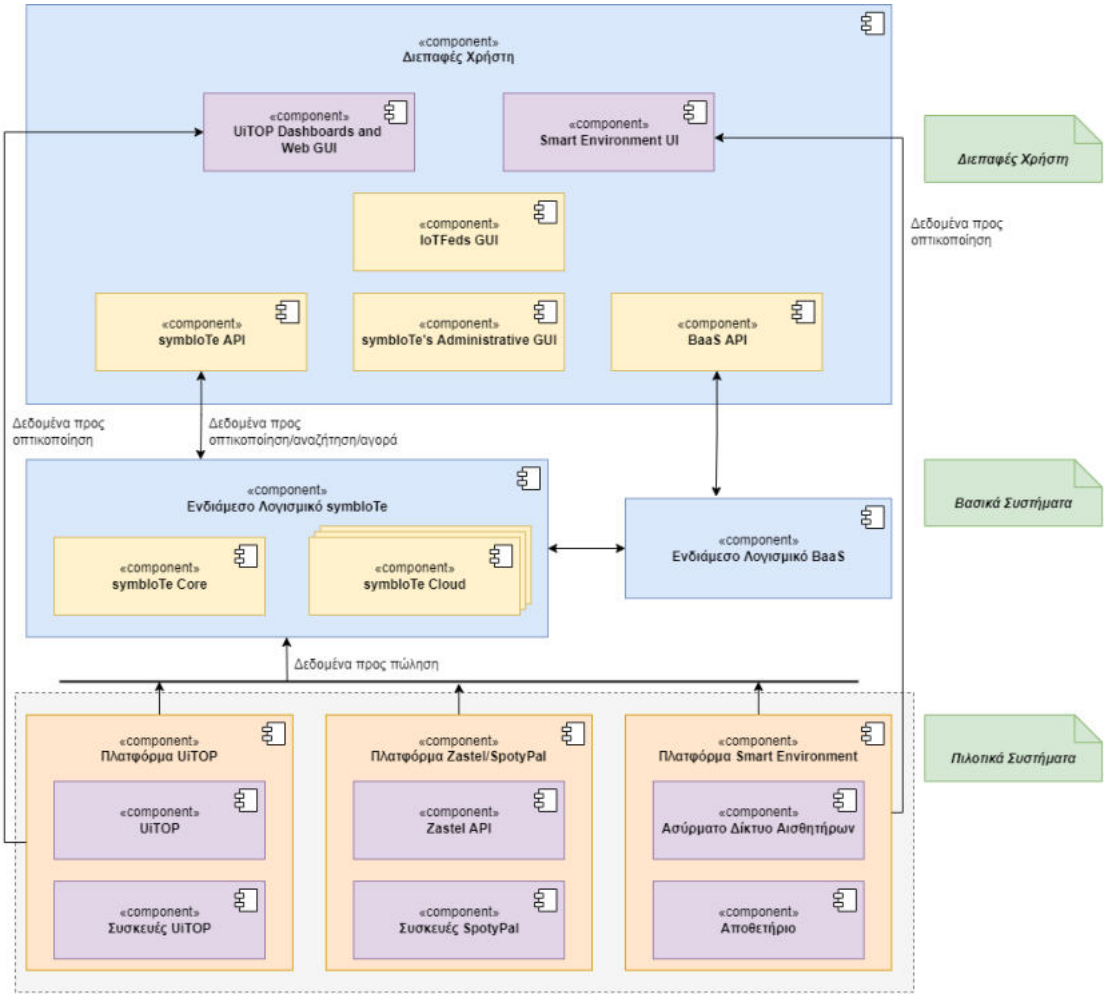
Λαμβάνοντας υπόψη τα διαγράμματα από τις δύο προηγούμενες εικόνες (Εικόνα 7 και Εικόνα 8) που αναλύθηκαν και στο προηγούμενο παραδοτέο Π1.2, και με βάση και το εννοιολογικό διάγραμμα στην Εικόνα 6, τα κεφάλαια που ακολουθούν σχεδιάστηκαν για την αναλυτική περιγραφή όλων των επιμέρους βασικών και πιλοτικών συστημάτων της τελικής αρχιτεκτονικής της IoTFeds πλατφόρμας. Επιπλέον, παρουσιάζεται και η αρχιτεκτονική της αγοράς των δεδομένων (marketplace) που θα επιτρέπει στους χρήστες να αναζητούν τα επιθυμητά δεδομένα, καθώς και να πραγματοποιούν ασφαλείς αγοραπωλησίες μέσω του symbIoTe και του BaaS. Αξίζει να σημειωθεί η θεματολογία των επόμενων παραδοτέων εμπεριέχει περιγραφή μηχανισμών των επιμέρους υποσυστημάτων. Σε συνδυασμό με το ότι θα ακολουθηθεί προσέγγιση συνεχούς ανάπτυξης και ενσωμάτωσης τους, η αρχιτεκτονική του συγκεκριμένου παραδοτέου έχει νόημα να εστιάσει σε μια πιο υψηλού επιπέδου περιγραφή των επιμέρους διασυνδέσεων και υποσυστημάτων επιτρέποντας την ευελιξία στις τεχνικές λεπτομέρειες με τις οποίες θα επιτευχθούν τα παραπάνω οι οποίες θα διευθετηθούν σε επόμενα, επιμέρους παραδοτέα.

4 Λειτουργία Πλατφόρμας IoTFeds

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζει την προτεινόμενη αρχιτεκτονική της IoTFeds πλατφόρμας, καθώς επίσης και τα βασικά συστήματα υποστήριξής της, το symbIoTe και το BaaS. Στις υποενότητες που ακολουθούν παρουσιάζεται το διάγραμμα των δομικών μονάδων της πλατφόρμας (component diagram) και περιγράφεται η λειτουργία και η συνεισφορά των βασικών συστημάτων.

4.1 Γενική Αρχιτεκτονική Λειτουργίας της Πλατφόρμας IoTFeds

Το διάγραμμα στην Εικόνα 9 που ακολουθεί αποτελεί το component diagram και παρουσιάζει τη σύνδεση όλων των επιμέρους δομικών μονάδων (βασικά και πιλοτικά συστήματα) και υπο-μονάδων που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (Πίνακας 1 και Πίνακας 2).



Εικόνα 9: Διάγραμμα δομικών μονάδων και υπο-μονάδων της IoTFeds πλατφόρμας και των εγγεγραμμένων πιλοτικών συστημάτων.

Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα στην Εικόνα 9, η αρχιτεκτονική της προτεινόμενης IoTFeds πλατφόρμας είναι δομημένη σε δύο επιμέρους επίπεδα: (α) τα βασικά συστήματα υποστήριξής της και (β) τις διεπαφές χρήστη. Επιπρόσθετα, στο κάτω μέρος της εικόνας παρουσιάζονται και τα τρία πιλοτικά συστήματα που εγγράφονται στην IoTFeds πλατφόρμα. Αναλυτικότερα, η ομάδα των βασικών συστημάτων περιλαμβάνει τα βασικά συστήματα υποστήριξης της πλατφόρμας, τα οποία αποτελούν και τη βάση όλου του προτεινόμενου συστήματος αγοραπωλησιών, και περιλαμβάνει τα ενδιάμεσα λογισμικά symbIoTe και

Blockchain as a Service (BaaS). Αντίστοιχα, η ομάδα των διεπαφών χρήστη περιλαμβάνει όλες τις υπάρχουσες διεπαφές των συστημάτων, βασικών και υποστηρικτικών, για την επικοινωνία με τον τελικό χρήστη. Τέλος, η ομάδα των υποστηρικτικών συστημάτων περιλαμβάνει τα εγγεγραμμένα συστήματα της IoTFeds πλατφόρμας, την πλατφόρμα Zastel/SpotyPal, την πλατφόρμα UiTOP και το σύστημα Smart Environment. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, τόσο τα πιλοτικά συστήματα, όσο και οι διεπαφές χρήστη επικοινωνούν με το symbIoTe για αποστολή των προς πώληση δεδομένων και οπτικοποίησή τους στον τελικό χρήστη, αντίστοιχα.

Συνεπώς, συνδετικό κρίκο της IoTFeds πλατφόρμας αποτελούν τα βασικά συστήματα, symbIoTe και BaaS, τα οποία λειτουργούν ως το ενδιάμεσο λογισμικό της IoTFeds πλατφόρμας. Πιο συγκεκριμένα, το symbIoTe επιτρέπει σε πλατφόρμες IoT να διαθέτουν επιλεγμένες συσκευές και δεδομένα IoT σε τρίτα συστήματα και να αλληλεπιδρούν με άλλες IoT πλατφόρμες, προκειμένου να δημιουργήσουν οριζόντιες λύσεις. Το λογισμικό του symbIoTe αποτελεί τον ενδιάμεσο που επιτρέπει στα δύο μέρη να επικοινωνήσουν με κοινή «γλώσσα» μέσω μιας ενιαίας και ασφαλούς διεπαφής, χωρίς όμως να διαχειρίζεται τα δεδομένα. Από την άλλη πλευρά, η ενσωμάτωση του BaaS έχει ως στόχο τη δημιουργία και τη διαχείριση ταυτοτήτων χρηστών και IoT πλατφορμών, ώστε να υπάρχει ασφάλεια και να επιτρέπεται η παρακολούθηση αγοραπωλησιών των δεδομένων της IoTFeds πλατφόρμας. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ενσωμάτωση κατανεμημένων μηχανισμών τόσο τιμολόγησης των εκάστοτε συναλλαγών, όσο και υπολογισμού των επιπέδων εμπιστοσύνης και φήμης του εκάστοτε παρόχου δεδομένων. Συνοψίζοντας, στο IoTFeds επεκτείνεται η BaaS πλατφόρμα ώστε πέρα από διαχείριση ταυτοτήτων να περιλαμβάνει έξυπνα συμβόλαια για διαχείριση IoT δεδομένων και παρόχων, ομοσπονδιών που αυτοί σχηματίζουν καθώς και αγορές δεδομένων. Το ήδη υπάρχον SymbIoTe σύστημα διαχειρίζεται την παροχή και συνδεσιμότητα IoT δεδομένων και συσκευών, ωστόσο κατάλληλες επαφές για την συνδεσιμότητα του με τα έξυπνα συμβόλαια του BaaS αναπτύσσονται στα πλαίσια του έργου.

Στην υποενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εκδόσεις της αρχιτεκτονικής των ομοσπονδιών της IoTFeds πλατφόρμας, καθώς και ο λόγος επιλογής της προτιμώμενης λύσης.

4.1.1 Αρχιτεκτονική Ομοσπονδιών και Αγορές της IoTFeds Πλατφόρμας

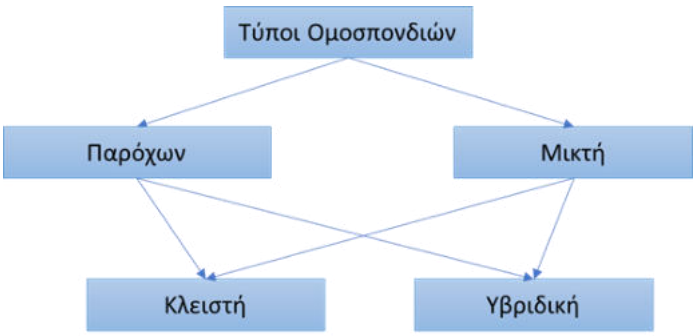
Στα πλαίσια του έργου IoTFeds, μια ομοσπονδία ορίζεται ως: *«Ένα σύνολο φορέων που συνεργάζονται βάσει καλώς ορισμένων και από κοινού συμφωνηθέντων κανόνων και πολιτικών, για τη συλλογική παροχή υπηρεσιών δεδομένων»*. Η δημιουργία και η διαχείριση αυτών των ομοσπονδιών, καθώς και των ομοσπονδιακών αγορών (federated marketplaces) που προκύπτουν από τη δημιουργία τους, επιτυγχάνεται συνεργατικά από τα δύο βασικά συστήματα της IoTFeds πλατφόρμας, το symbIoTe και το BaaS.

Οι φορείς που συμμετέχουν στις IoTFeds ομοσπονδίες ενδέχεται να έχουν είτε μόνο έναν εκ των ρόλων του Παρόχου IoT δεδομένων (IoT Data Provider) και του Καταναλωτή IoT δεδομένων (IoT Data Consumer), είτε και τους δύο. Συνεπώς, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 10, οι κατηγορίες ομοσπονδιών της IoTFeds πλατφόρμας διακρίνονται σε δύο επιμέρους κατηγορίες, τις ομοσπονδίες Παρόχων (μόνο IoT Data Providers) και τις Μικτές ομοσπονδίες:

- *Ομοσπονδία μόνο IoT Data Providers:* Σε μια ομοσπονδία αυτού του τύπου, όλα τα μέλη της ομοσπονδίας θα πρέπει να παρέχουν υπηρεσίες δεδομένων. Κάθε ένας από τους IoT Data Providers είναι ταυτόχρονα και εν δυνάμει καταναλωτής των υπηρεσιών της ομοσπονδίας.
- *Μικτή Ομοσπονδία:* Σε μια μικτή ομοσπονδία, ένα μέλος μπορεί να έχει μόνο το ρόλο του καταναλωτή.

Οι υπηρεσίες που προσφέρονται από τις ομοσπονδίες παρέχονται με τη μορφή προϊόντων δεδομένων που συνδυάζουν πηγές δεδομένων από πολλαπλά μέλη της συγκεκριμένης ομοσπονδίας. Επιπλέον, μια ομοσπονδία μπορεί να είναι είτε Κλειστή είτε Υβριδική. Μια Κλειστή ομοσπονδία ενδέχεται να επιλέξει μια πολιτική βάσει της οποίας τα συγκεκριμένα ομοσπονδιακά προϊόντα δεδομένων μπορούν να καταναλωθούν μόνο από τα μέλη της ομοσπονδίας, μέσω μιας ομοσπονδιακής αγοράς. Αντίθετα, μια Υβριδική ομοσπονδία ενδέχεται να επιλέξει μια πολιτική όπου επιπρόσθετα επιτρέπει τη διάθεση αυτών των προϊόντων και σε μη μέλη της, μέσω μιας ανοιχτής καθολικής αγοράς (global marketplace) της IoTFeds πλατφόρμας.

Οι διαφορετικοί τύποι ομοσπονδιών που προαναφέρθηκαν και υποστηρίζονται από την IoTFeds πλατφόρμα παρουσιάζονται στο δέντρο αποφάσεων στην Εικόνα 10. Συνολικά, επομένως, προκύπτουν τέσσερα διαφορετικά ήδη ομοσπονδιών: (α) Κλειστές ομοσπονδίες Παρόχων (Data Providers-only Closed Federations), (β) Υβριδικές ομοσπονδίες Παρόχων (Data Providers-only Hybrid Federations), (γ) Κλειστές Μικτές ομοσπονδίες (Mixed Closed Federation) και (δ) Υβριδικές Μικτές ομοσπονδίες (Mixed Hybrid Federation).

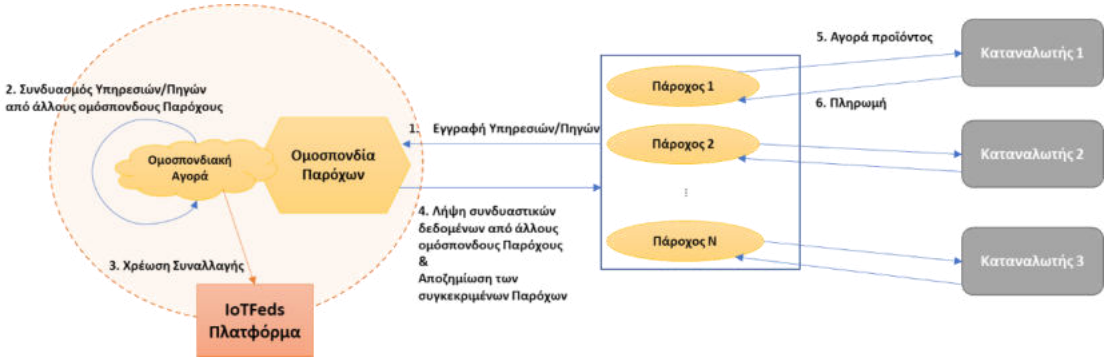


Εικόνα 10: Κατηγορίες ομοσπονδιών της IoTFeds πλατφόρμας.

Όπως προαναφέρθηκε, σε κάθε ομοσπονδία «επισυνάπτεται» μια ομοσπονδιακή αγορά (federated marketplace), η οποία υποστηρίζεται συνεργατικά από τα δύο βασικά συστήματα της πλατφόρμας, symbIoTe και BaaS. Τα μέλη της ομοσπονδίας εγγράφουν πόρους/πηγές δεδομένων στην ομοσπονδιακή αγορά και οποιοδήποτε μέλος έχει τη δυνατότητα να συνθέσει ένα προϊόν με πηγές δεδομένων (packaging) που προέρχονται από πολλαπλούς IoT Data Providers, εντός της ομοσπονδίας. Το σύνολο, ή ένα μέρος των προϊόντων που δημιουργούνται από μια υβριδική ομοσπονδία, παρέχονται και σε μη μέλη της, μέσω της καθολικής IoTFeds αγοράς (global marketplace). Ωστόσο, οι πολιτικές τιμολόγησης της ομοσπονδιακής αγοράς αναμένεται να είναι ευνοϊκότερες για τους καταναλωτές της εντός της ομοσπονδίας και ενδέχεται να διαφέρουν σημαντικά από αυτές της καθολικής αγοράς.

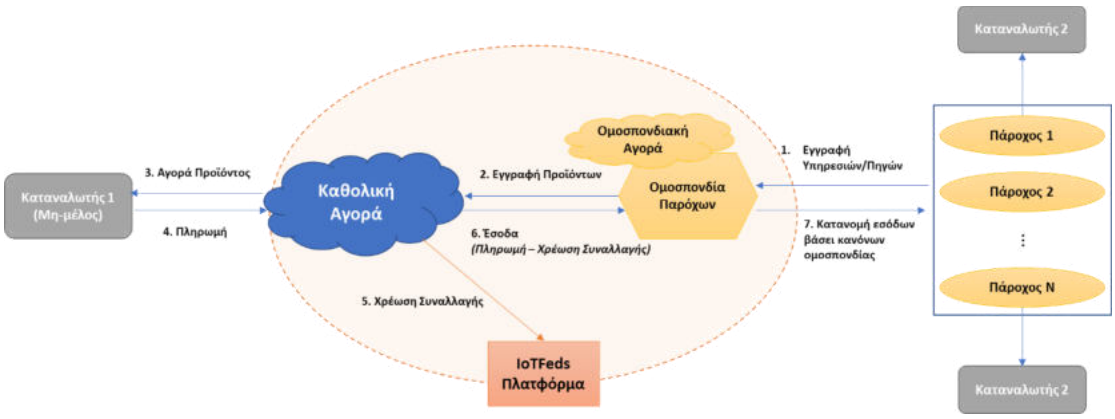
Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται όλες οι πιθανές εκδόσεις αρχιτεκτονικής για τις ομοσπονδίες και την αγορά της IoTFeds πλατφόρμας, ενώ η Εικόνα 14 παρουσιάζει την τελική αρχιτεκτονική που έχει επιλεγεί για την υλοποίηση.

Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη έκδοση παρουσιάζεται στην Εικόνα 11, όπου περιλαμβάνεται μόνο μία Κλειστή ομοσπονδία Παρόχων (Data Providers-only Closed Federation). Στη συγκεκριμένη έκδοση, συνεπώς, οποιαδήποτε ανταλλαγή δεδομένων μπορεί να επιτευχθεί μόνο μεταξύ Παρόχων. Οπότε, η αλληλεπίδραση των Παρόχων με φορείς που είναι μόνο Καταναλωτές υπηρεσιών δεδομένων δεν αποτελεί μέρος των ενεργειών που υποστηρίζονται από την πλατφόρμα IoTFeds. Η συγκεκριμένη έκδοση είναι η απλούστερη που θα μπορούσε να υλοποιηθεί από την πλατφόρμα IoTFeds. Στα πλαίσια του έργου IoTFeds, στόχος είναι να υλοποιηθεί ένα σύστημα που να επιτρέπει την δημιουργία πολλαπλών ομοσπονδιών, όπου η εμπλοκή φορέων που να είναι μόνο καταναλωτές να είναι επίσης δυνατή. Ωστόσο, η Εικόνα 11 είναι χρήσιμη για την κατανόηση της βασική αλληλεπίδρασης των παρόχων με μια ομοσπονδιακή αγορά.



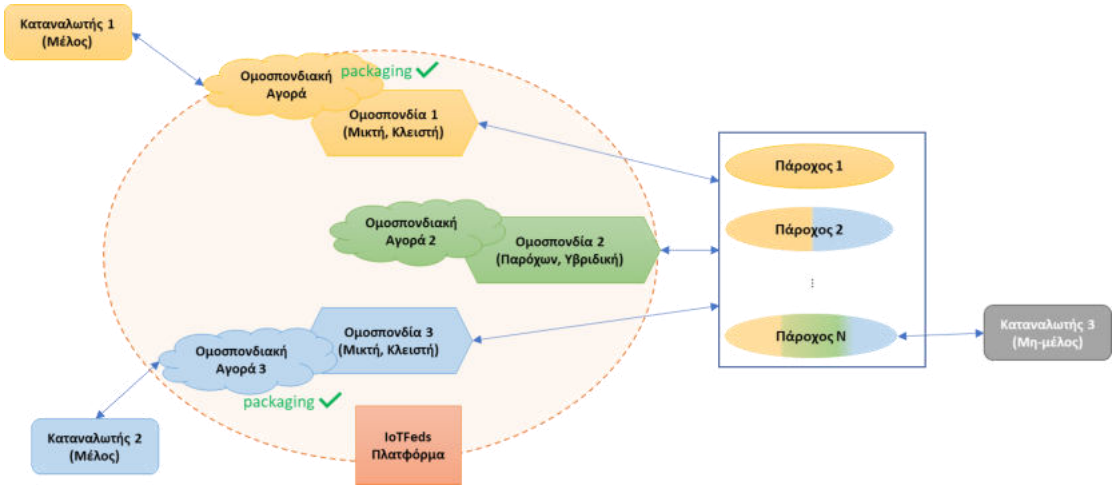
Εικόνα 11: Αρχιτεκτονική ομοσπονδιών και αγοράς της IoTFeds πλατφόρμας (έκδοση 1η).

Στο διάγραμμα στην Εικόνα 12 παρουσιάζεται μια έκδοση όπου περιλαμβάνει μόνο μία Υβριδική ομοσπονδία Παρόχων. Αυτή η Υβριδική ομοσπονδία επιτρέπει σε φορείς που είναι μόνο Καταναλωτές δεδομένων να καταναλώνουν υπηρεσίες μέσω της καθολικής αγοράς. Αυτοί οι φορείς δεν μπορούν να συμμετέχουν στην ομοσπονδία. Συνεπώς, η συγκεκριμένη έκδοση δεν καλύπτει πλήρως όλες τις απαραίτητες λειτουργικότητες της IoTFeds πλατφόρμας, δηλαδή την ύπαρξη πολλαπλών ομοσπονδιών και την πιθανή συμμετοχή φορέων που είναι μόνο Καταναλωτές δεδομένων σε αυτές. Ωστόσο, το διάγραμμα στην Εικόνα 12 είναι χρήσιμο για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι Καταναλωτές αλληλεπιδρούν με την καθολική αγορά, καθώς και πως οι Υβριδικές ομοσπονδίες μπορούν να παρέχουν προϊόντα υπηρεσιών δεδομένων μέσω και της καθολικής αγοράς σε μη μέλη της ομοσπονδίας.



Εικόνα 12: Αρχιτεκτονική ομοσπονδιών και αγοράς της IoTFeds πλατφόρμας (έκδοση 2η).

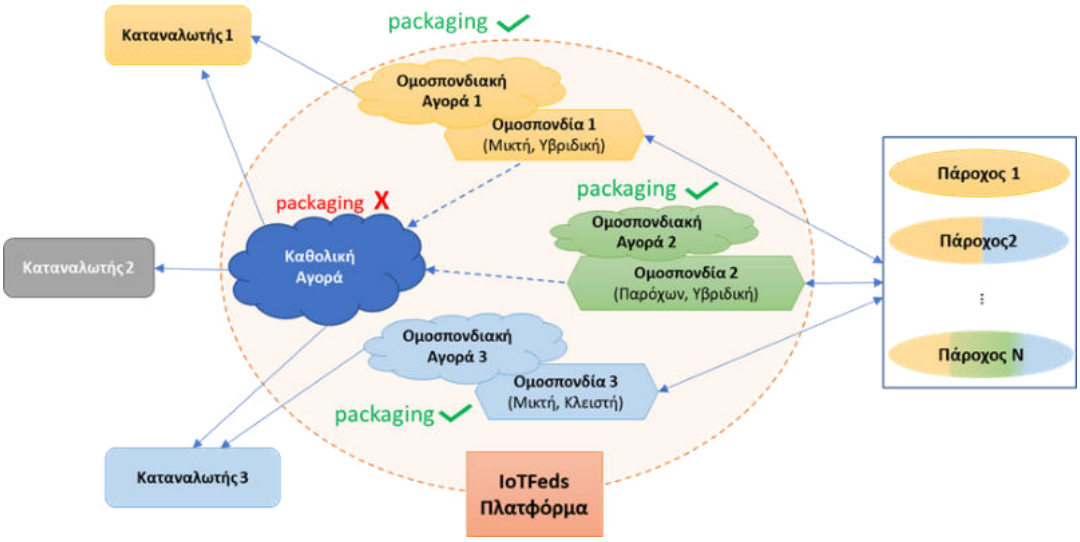
Μια τρίτη έκδοση της αρχιτεκτονικής των ομοσπονδιών και της αγοράς της IoTFeds πλατφόρμας παρουσιάζεται στο διάγραμμα στην Εικόνα 13. Στη συγκεκριμένη έκδοση, η αρχιτεκτονική περιλαμβάνει αντί για μία ομοσπονδία όπως γινόταν στις προηγούμενες δύο, πολλαπλές ομοσπονδίες. Παρατηρείται ότι σε αυτή την έκδοση δεν υπάρχει καθολική αγορά, οπότε υποστηρίζονται μόνο Κλειστές ομοσπονδίες, οι οποίες μπορεί να είναι Μικτές ή Παρόχων. Στη συγκεκριμένη έκδοση, κάθε ομοσπονδία της IoTFeds πλατφόρμας διαθέτει δική της ομοσπονδιακή αγορά μέσω της οποίας συνδυάζονται και διατίθενται τα δεδομένα της προς κατανάλωση. Μια τέτοια προσέγγιση, επιτρέπει την συμμετοχή φορέων που είναι μόνο Καταναλωτές στις ομοσπονδίες. Ωστόσο, κάθε φορέας έχει πρόσβαση μόνο σε υπηρεσίες των ομοσπονδιών στις οποίες συμμετέχει. Καταναλωτές που δεν αποτελούν μέλη κάποιας ομοσπονδίας δεν μπορούν να αγοράσουν και να επεξεργαστούν δεδομένα της πλατφόρμας. Γι' αυτό το λόγο επιλέχθηκε τελικά η υιοθέτηση της προσέγγισης που παρουσιάζεται στην Εικόνα 14.



Εικόνα 13: Αρχιτεκτονική ομοσπονδιών και αγοράς της IoTFeds πλατφόρμας (έκδοση 3η).

Στην Εικόνα 14 παρουσιάζεται η τέταρτη και τελική έκδοση της αρχιτεκτονικής των ομοσπονδιών και της αγοράς της IoTFeds πλατφόρμας, η οποία λαμβάνει υπόψη όλες τις προηγούμενες εκδόσεις και προτείνει ένα βέλτιστο συνδυασμό τους. Σε αντίθεση, την τρίτη έκδοση (Εικόνα 13) που προαναφέρθηκε, η έκδοση στην Εικόνα 14 περιλαμβάνει τόσο την καθολική αγορά, όσο και τις ομοσπονδιακές αγορές για κάθε επιμέρους ομοσπονδία που ορίζεται στην IoTFeds πλατφόρμα, οι οποίες με τη σειρά τους επικοινωνούν με την καθολική αγορά. Τόσο η καθολική, όσο και κάθε ομοσπονδιακή αγορά διαθέτει δικούς της κανόνες και πολιτικές τιμολόγησης των υπηρεσιών δεδομένων. Η σημασιολογική διαλειτουργικότητα των δεδομένων που προέρχονται από διαφορετικές πηγές και Παρόχους επιτυγχάνεται σε επίπεδο ομοσπονδίας και όχι στην καθολική αγορά, διατηρώντας έτσι την πολυπλοκότητα της διαχείρισης των δεδομένων σε ικανοποιητικό βαθμό. Η ύπαρξη και της καθολικής αγοράς παρέχει δυνατότητα συμμετοχής και αγοράς και σε Καταναλωτές που δεν είναι μέλη κάποιας ομοσπονδίας. Ένας καταναλωτής έχει πάντα πρόσβαση στην καθολική αγορά της IoTFeds πλατφόρμας, ενώ η πρόσβασή του στις υπόλοιπες αγορές εξαρτάται από τις ομοσπονδίες στις οποίες συμμετέχει. Η σύνθεση των προϊόντων (packaging) είναι δυνατή μόνο στις ομοσπονδιακές αγορές, ενώ στην καθολική αγορά ο καταναλωτής καλείται να επιλέξει από ένα σύνολο προκατασκευασμένων προϊόντων, χωρίς τη δυνατότητα σύνθεσης.

Στο παράδειγμα στην Εικόνα 14, η ομοσπονδία 1 (κίτρινο χρώμα) είναι μια Μικτή Υβριδική ομοσπονδία, η ομοσπονδία 2 (πράσινο χρώμα) είναι μια Κλειστή ομοσπονδία Παρόχων και η ομοσπονδία 3 (γαλάζιο χρώμα) είναι μια Μικτή Κλειστή ομοσπονδία. Κάποιοι από τους φορείς που εμφανίζονται συμμετέχουν σε περισσότερες από μία ομοσπονδίες (πάροχος 2 και πάροχος N). Οι φορείς που αναφέρονται ως «πάροχοι» είναι και εν δυνάμει καταναλωτές, αλλά δεν αναφέρεται για λόγους απλότητας του παραδείγματος. Από την άλλη πλευρά, οι φορείς που αναφέρονται ως «καταναλωτές» είναι αποκλειστικά καταναλωτές που είτε συμμετέχουν σε ομοσπονδίες (καταναλωτής 1 και καταναλωτής 3), είτε όχι (καταναλωτής 2).



Εικόνα 14: Αρχιτεκτονική ομοσπονδιών και αγοράς της IoTFeds πλατφόρμας (έκδοση 4η).

Η δημιουργία και η διαχείριση των ομοσπονδιών επιφέρουν κάποιο κόστος στο σύστημα, το οποίο πρέπει να καλυφθεί από τις ομοσπονδίες και τα μέλη τους. Στα πλαίσια του έργου IoTFeds, για όλες οι συναλλαγές που σχετίζονται με τη διαχείριση των ομοσπονδιών χρησιμοποιείται ένα κουπόνι χρησιμότητας (utility token) που καλείται IoTFeds token. Όσον αφορά τις διαφορετικές αγορές, ανάλογα με τις πολιτικές της εκάστοτε ομοσπονδίας, οι συναλλαγές θα μπορούν να γίνονται είτε σε παραστατικό χρήμα (flat money), είτε σε IoTFeds token. Οι κανόνες, οι πολιτικές, καθώς και οι μηχανισμοί διαχείρισης των ομοσπονδιών θα συζητηθούν στο επόμενο παραδοτέο Π2.1. Αντίστοιχα, ο τρόπος λειτουργίας και οι πολιτικές των εμπλεκόμενων αγορών αποτελούν μέρος της μελέτης του παραδοτέου Π3.2.

4.2 Επισκόπηση Βασικών Συστημάτων Υποστήριξης

Στη συγκεκριμένη ενότητα του παραδοτέου παρουσιάζονται οι βασικές δομικές μονάδες της αρχιτεκτονικής και περιγράφονται οι βασικές τους λειτουργίες, καθώς και οι διεπαφές και η μεταξύ τους διασύνδεση.

4.2.1 Ενδιάμεσο Λογισμικό symbIoTe

Το ενδιάμεσο λογισμικό symbIoTe[1] επιτρέπει την ανακάλυψη και τον διαμοιρασμό IoT συσκευών IoT πλατφορμών που επιθυμούν να διαθέσουν IoT δεδομένα τους σε τρίτα συστήματα ή μεταξύ τους παρέχοντας μηχανισμούς για την ενιαία και ασφαλή πρόσβαση σε IoT δεδομένα και σημασιολογική διαλειτουργικότητα για να επικοινωνήσουν τα διαφορετικά αυτά συστήματα (IoT πλατφόρμες) μεταξύ τους με μία κοινή γλώσσα και μέσω μίας ενοποιημένης διεπαφής. Για να το επιτύχει αυτό, παρέχει ένα σύνολο από κεντρικοποιημένες υπηρεσίες (symbIoTe core services) όπου οι εγγεγραμμένες IoT πλατφόρμες μπορούν να διαθέσουν και να διαφημίσουν τις IoT συσκευές τους προς τρίτες εφαρμογές για να τις χρησιμοποιήσουν, ενώ η πρόσβαση στα πραγματικά IoT δεδομένα των IoT συσκευών πραγματοποιείται από κατανεμημένες λειτουργίες στη μεριά της IoT πλατφόρμας που τα προσφέρει (symbIoTe cloud services). Με τον τρόπο αυτό, η ανταλλαγή των IoT δεδομένων γίνεται απευθείας μεταξύ των δύο εμπλεκόμενων πλατφορμών, την πλατφόρμα που διαθέτει την IoT συσκευή και την πλατφόρμα ή εφαρμογή που θέλει να τα χρησιμοποιήσει, χωρίς την χρήση κεντρικοποιημένων υπηρεσιών. Επιπλέον, οι λειτουργικότητες που παρέχει έχουν

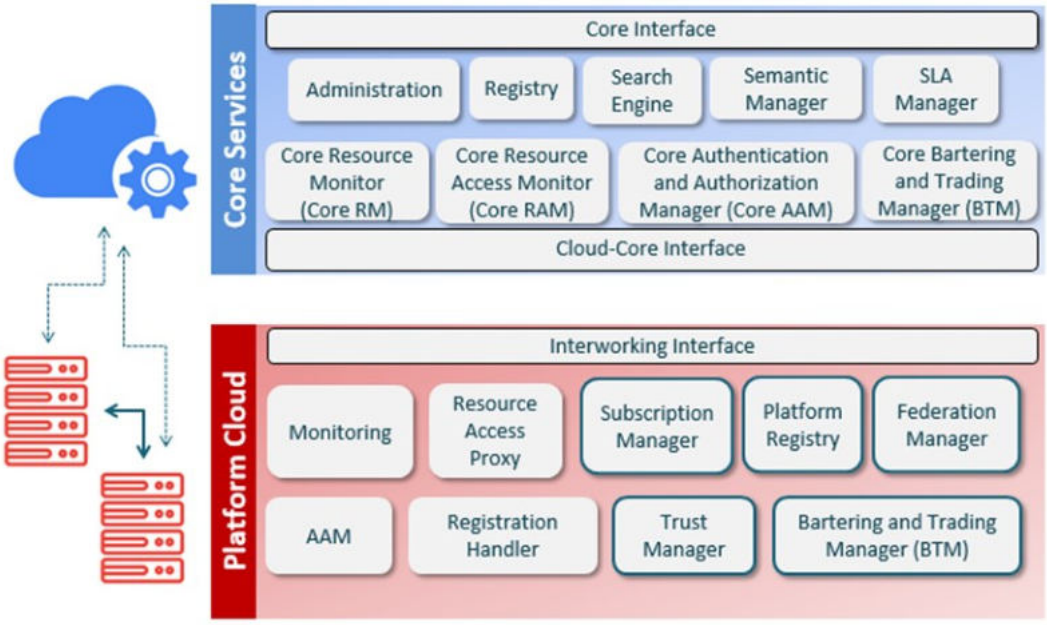
[1] https://www.symbiote-h2020.eu/

αναπτυχθεί αυξητικά προσφέροντας την δυνατότητα σε κάθε εμπλεκόμενο μέλος (IoT πλατφόρμα) να διαλέξει τους μηχανισμούς που είναι αναγκαίοι για να επιτύχει το επιθυμητό επίπεδο διαλειτουργικότητας με άλλα συστήματα. Συνεπώς, ανάλογα με το επιθυμητό επίπεδο διαλειτουργικότητας (L1-L4), διαφορετικά στοιχεία του symbIoTe χρειάζεται να ενσωματωθούν ώστε να καθορίσουν τον τρόπο αλληλεπίδρασης και συνεργασίας με αυτή. Το symbIoTe προσφέρει τέσσερα διαφορετικά επίπεδα διαλειτουργικότητας (Compliance Levels) που μπορεί να επιλέξει μία πλατφόρμα IoT:

- Πύλη IoT και μηχανή αναζήτησης (L1), όπου οι IoT πλατφόρμες μπορούν να διαφημίσουν τους εγγεγραμμένους IoT πόρους τους.
- Ομοσπονδίες IoT (L2), με τις IoT πλατφόρμες να σχηματίζουν ομοσπονδίες ώστε να διαμοιράζονται άμεσα τις IoT συσκευές μέσω ενός ελεγχόμενου περιβάλλοντος.
- Διασυνεργατικοί κόμβοι IoT (L3), όπου χωρίς την εμπλοκή κεντρικοποιημένων υπηρεσιών επιτρέπεται σε κόμβους IoT που βρίσκονται στον ίδιο χώρο να επικοινωνούν άμεσα ώστε να αναζητούν και να ανταλλάσσουν δεδομένα τοπικού χαρακτήρα.
- Διασυνεργατικοί κόμβοι IoT με δυνατότητα περιαγωγής (L4), όπου οι εκάστοτε IoT συσκευές διατηρούν ένα μοναδικό αναγνωριστικό και μπορούν να μετακινούνται και να συνδέονται σε άλλους χώρους διατηρώντας την ταυτότητά τους.

Στα πλαίσια του έργου IoTFeds, τα δύο πρώτα επίπεδα διαλειτουργικότητας (L1/L2) προσφέρουν τις επιθυμητές λειτουργικότητες για την δημιουργία και διαχείριση IoT ομοσπονδιών και την διάθεση των υπηρεσιών τους (δεδομένων) σε τρίτους. Το επίπεδο L1 επιτρέπει σε μια IoT πλατφόρμα να ανοίξει μία διασυνεργατική διεπαφή (Interworking Interface) προς τα έξω για να διαφημίσει και να ανοίξει τις IoT υπηρεσίες και τα δεδομένα προς τα έξω μέσω κεντρικοποιημένων υπηρεσιών, symbIoTe Core Services, ενώ υπηρεσίες στη μεριά της πλατφόρμας (symbIoTe Cloud Services) παρέχουν ασφαλή και ενιαία πρόσβαση στους IoT πόρους και τα δεδομένα τους από τρίτους. Επιπρόσθετα στοιχεία λογισμικού στα δύο αυτά υποσυστήματα του symbIoTe (symbIoTe Core/Cloud) υλοποιούν την έννοια των ομοσπονδιών IoT (επίπεδο διαλειτουργικότητας L2), παρέχοντας απευθείας επικοινωνία και πρόσβαση μεταξύ των πλατφορμών που ανήκουν σε μία ομοσπονδία και επιτρέποντας την εφαρμογή διαφορετικών πολιτικών πρόσβασης στους IoT πόρους και τα δεδομένα, καθώς και μηχανισμών ανταλλαγής πόρων (bartering and trading), φήμης και εμπιστοσύνης (trust and reputation).

Αναλυτικά, τα στοιχεία λογισμικού του symbIoTe που υποστηρίζουν L1/L2 επίπεδο διαλειτουργικότητας φαίνονται στην Εικόνα 15 που ακολουθεί (Skočir, et al., 2017). Τα στοιχεία λογισμικού που εισήχθησαν και καλύπτουν αποκλειστικά λειτουργικότητες για τις ομοσπονδίες πλατφορμών (L2) παρουσιάζονται στην Εικόνα 15 με μπλε περίγραμμα.



Εικόνα 15: Στοιχεία λογισμικού symbIoTe για L1/L2 επίπεδο διαλειτουργικότητας.

Οι κεντρικοποιημένες υπηρεσίες (στοιχεία λογισμικού του symbIoTe Core) είναι οι παρακάτω:

- *Administration*: διευκολύνει τον έλεγχο των βασικών υπηρεσιών symbIoTe μέσω ενός διαδικτυακού γραφικού περιβάλλοντος. Στα πλαίσια του έργου το στοιχείο αυτό του λογισμικού θα επεκταθεί για να υποστηρίξει τους κανόνες και πολιτικές ομοσπονδίας του IoTFeds και διαδικασιών ψηφοφορίας καθώς και την ενσωμάτωση έξυπνων συμβολαίων του BaaS.
- *Registry*: αποθηκεύει δεδομένα σχετικά με καταχωρημένους πόρους που προσφέρονται χρησιμοποιώντας το βασικό μοντέλο πληροφορίας (core information model) του symbIoTe.
- *Search Engine*: επιτρέπει στις εφαρμογές/χρήστες να βρίσκουν σχετικούς πόρους που είναι καταχωρημένοι στο symbIoTe.
- *Semantic Manager*: αποθηκεύει μοντέλα πληροφορίας που χρησιμοποιούνται στο symbIoTe και επαληθεύει εάν οι πόροι συμμορφώνονται με το μοντέλο πληροφορίας που ισχυρίζονται ότι χρησιμοποιούν. Στα πλαίσια του έργου - Δ2.2 «Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα» - το στοιχείο αυτό λογισμικού θα επεκταθεί με την ενσωμάτωση του μοντέλου πληροφορίας έξυπνης πόλης.
- *Core Resource Monitor (Core RM)*: παρακολουθεί τη διαθεσιμότητα των καταχωρημένων πόρων προκειμένου να διασφαλίσει τη διαθεσιμότητά τους.
- *Core Resource Access Monitor (Core RAM)*: παρακολουθεί πληροφορίες σχετικά με τη δημοτικότητα των πόρων, δηλαδή ποιοι καταχωρημένοι πόροι χρησιμοποιούνται από εφαρμογές.
- *Core Authentication and Authorization Manager (Core AAM)*: διασφαλίζει ότι αξιόπιστες πλατφόρμες καταχωρούν πόρους με το symbIoTe, ενώ παράλληλα αντιστοιχίζουν τα δικαιώματα πρόσβασης πόρων σε κατάλληλα διαπιστευτήρια.
- *Core Bartering and Trading Component (Core B&T)*: περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες ανταλλαγής και συναλλαγών που πρέπει να συγκεντρωθούν και να αναπτυχθούν εντός μίας εφαρμογής.
- *SLA Manager*: διαχειρίζεται τον κύκλο ζωής των συμφωνιών επιπέδου υπηρεσιών (SLAs) για τις ομοσπονδίες των IoT πλατφορμών.

Στη μεριά της πλατφόρμας υπάρχουν οι παρακάτω υπηρεσίες:

- *Registration Handler (RH)*: επιτρέπει στον πάροχο πλατφόρμας IoT να καταχωρεί στο symbIoTe τους πόρους που θέλει να διαθέσει.
- *Resource Access Proxy (RAP)*: λαμβάνει αιτήματα για πρόσβαση σε πόρους από εφαρμογές/χρήστες που βρίσκουν τα μεταδεδομένα πόρων χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες του symbIoTe. Το στοιχείο αυτό του λογισμικού θα επεκταθεί με το νέο μοντέλο πληροφορίας Έξυπνης Πόλης καθώς καθορίζει τη δομή του αντικειμένου των μετρήσεων των πηγών που επιστρέφεται ως απόκριση σε μια κλήση. Επιπλέον, θα τροποποιηθεί για να υποστηρίξει νέες παραμέτρους στα ερωτήματα πρόσβασης σε IoT πόρους στα πλαίσια του έργου.
- *Monitoring*: παρακολουθεί την κατάσταση των IoT συσκευών και καταγράφει όταν οι εφαρμογές/χρήστες έχουν πρόσβαση σε αυτές.
- *Authentication and Authorization Manager (AAM)*: επιτρέπει έναν κοινό μηχανισμό ελέγχου ταυτότητας και εξουσιοδότησης για τις πλατφόρμες.
- *Federation Manager*: διαχειρίζεται τις συνεργασίες σε ομοσπονδίες και τις υπογεγραμμένες συμφωνίες, καθώς και ενεργοποιεί αιτήματα για ενημερώσεις στις ομοσπονδίες (L2).
- *Bartering and Trading Manager (BTM)*: διαχειρίζεται τις ενέργειες ανταλλαγής και συναλλαγών εκ των προτέρων για την ίδρυση ομοσπονδιών (L2). Νέες υπηρεσίες για την διαχείριση ανταλλαγής συναλλαγών θα αναπτυχθούν για να καλύψουν τις ανάγκες του έργου.
- *Platform Registry*: αποθηκεύει μεταδεδομένα πόρων για πόρους που μοιράζονται σε μια ομοσπονδία πλατφόρμας (L2).
- *Subscription Manager*: χρησιμοποιείται για αλληλεπιδράσεις pub/sub μεταξύ πλατφορμών εντός μιας ομοσπονδίας.
- *Trust Manager*: υπολογίζει τα επίπεδα εμπιστοσύνης για άλλες πλατφόρμες εντός μιας ομοσπονδίας (L2). Το στοιχείο αυτό του λογισμικού θα τροποποιηθεί στα πλαίσια του IoTFeds για να υποστηρίξει τους μηχανισμούς φήμης και εμπιστοσύνης που θα σχεδιαστούν στα πλαίσια του έργου.

Τέλος, ορίζονται οι παρακάτω διεπαφές:

- *coreInterface*: η βασική διεπαφή που εξυπηρετεί την κίνηση προς το symbIoTe Core που προέρχεται από τρίτα μέρη (π.χ. εφαρμογές που αναζητούν πόρους).
- *cloudCoreInterface*: εξυπηρετεί κίνηση προς το symbIoTe Core που προέρχεται από πλατφόρμες IoT και τις εφαρμογές τους.
- *Interworking Interface*: διεπαφή καθορισμένη από το symbIoTe που ανοίγει την πλατφόρμα προς τα έξω.

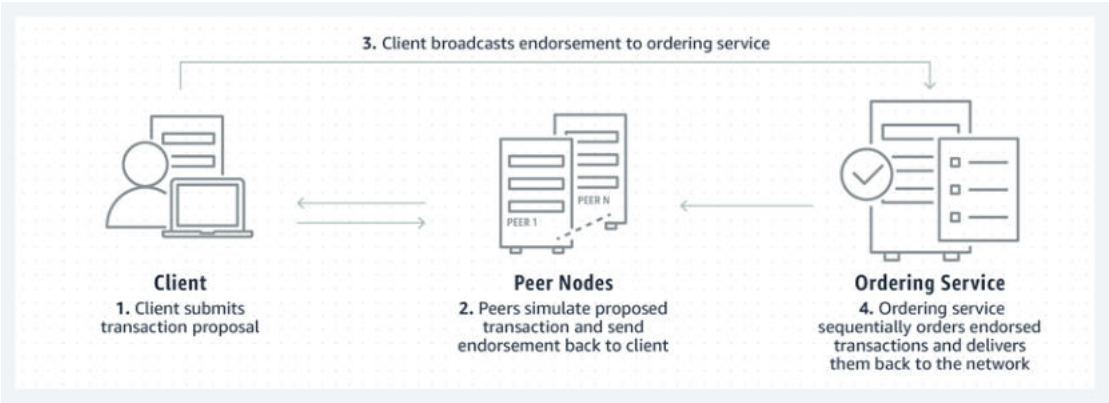
Τα δύο υποσυστήματα symbIoTe Core (κεντρικοποιημένες υπηρεσίες) και symbIoTe Cloud (κατανεμημένες υπηρεσίες στη μεριά της πλατφόρμας) επικοινωνούν μεταξύ τους με αιτήματα HTTPS, ενώ τα επιμέρους στοιχεία των υποσυστημάτων επικοινωνούν μεταξύ τους ασύγχρονα με χρήση RabbitMQ broker. Η αλληλεπίδραση των χρηστών με το σύστημα επιτυγχάνεται μέσω μίας γραφικής διεπαφής χρήστη (GUI), του Administration στοιχείου λογισμικού του symbIoTe Core υποσυστήματος, που επιτρέπει τη διαχείριση κάποιων κεντρικοποιημένων υπηρεσιών και ενεργειών, όπως είναι η εγγραφή χρήστη, πλατφόρμας και ομοσπονδίας και την επιλογή των παραμέτρων τους. Επιπρόσθετα, το symbIoTe παρέχει βιβλιοθήκες πελάτη για να διευκολύνει την αλληλεπίδραση των χρηστών με τις υπηρεσίες του symbIoTe με RESTful επικοινωνία. Οι βιβλιοθήκες αυτές θα αξιοποιηθούν από το symbIoTeAPI server λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια του έργου IoTFeds για να διευκολύνει την αλληλεπίδρασημε τις υπηρεσίες του symbIoTe για λειτουργικότητες και των δύο επιπέδων L1/L2, όπως είναι η πρόσβαση στα δεδομένα και ο διαμοιρασμός των πόρων στις ομοσπονδίες με RESTful επικοινωνία. Το στοιχείο αυτό θα ενσωματώσει την απαραίτητη επικοινωνία με τις υπηρεσίες του BaaS, όπως είναι η καταγραφή των στοιχείων, τον έλεγχο ακεραιότητας πληροφορίας,

τον ορισμό και εκτέλεση έξυπνων συμβολαίων, την εκκίνηση και διεκπεραίωση διαδικασιών ψηφοφορίας, την πρόσβαση στους IoT πόρους, τον καθορισμό τιμολόγησης κ.α. Τέλος, θα αναπτυχθούν οι απαραίτητες υπηρεσίες και θα γίνουν οι απαραίτητες τροποποιήσεις για την παροχή και ενσωμάτωση των μηχανισμών αγοράς του BaaS (marketplace).

Συνοπτικά, το symbIoTe στα πλαίσια του έργου IoTFeds θα προσφέρει μηχανισμούς κυρίως για την υποστήριξη των παρακάτω βασικών λειτουργικοτήτων: εγγραφή IoT πλατφόρμας και IoT συσκευών, διαφήμιση και ανακάλυψη IoT πόρων και σημασιολογική διαλειτουργικότητα, ασφαλής πρόσβαση στα IoT δεδομένα, εγκαθίδρυση και διαγραφή ομοσπονδίας πλατφορμών, συμμετοχή και απομάκρυνση μελών, ανάκτηση πληροφοριών ομοσπονδίας και ανταλλαγή πόρων και διαχείριση φήμης. Στα πλαίσια του έργου IoTFeds, οι ομοσπονδίες πλατφορμών του symbIoTe αντιστοιχούν σε ομοσπονδίες παρόχων ή/και καταναλωτών δεδομένων. Ενδιάμεσο Λογισμικό Blockchain as a Service (BaaS)

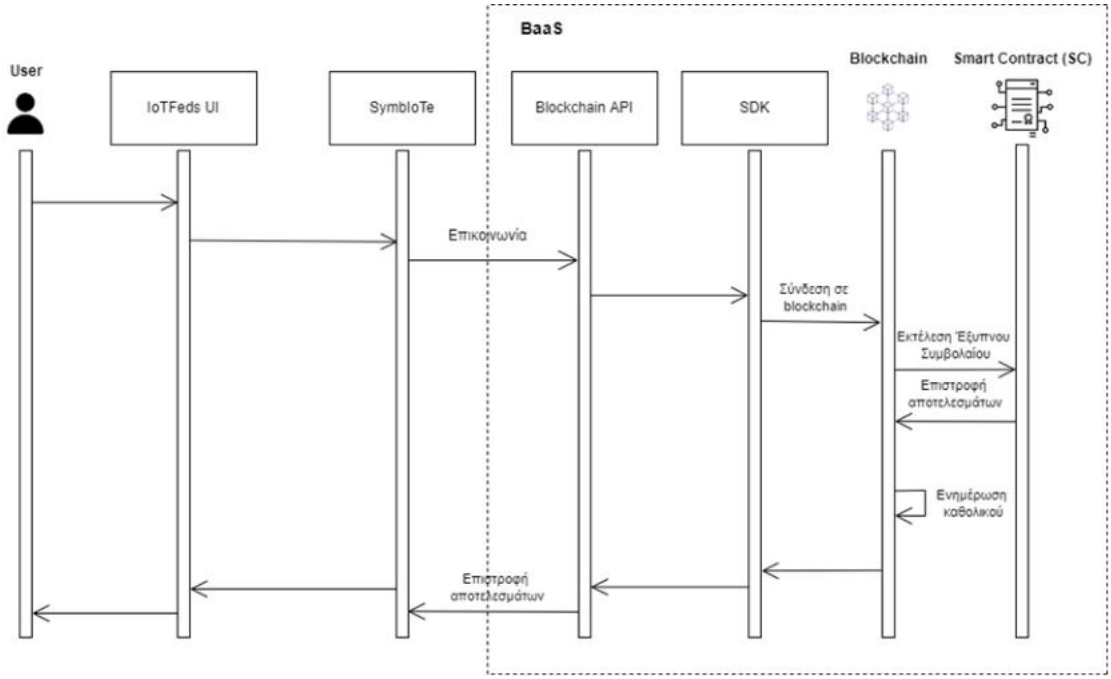
Για την υλοποίηση του λογισμικού του BaaS, επιλέχθηκε η τεχνολογία του Hyperledger Fabric (HLF), η οποία προσφέρει λειτουργίες που είναι απαραίτητες για την υλοποίηση της IoTFeds πλατφόρμας. Σε μια πλατφόρμα όπως αυτή που θα αναπτυχθεί στα πλαίσια αυτού του έργου, πρέπει η ταυτότητα κάθε χρήστη να είναι γνωστή ανάμεσα σε όλους τους συμμετέχοντες, έχοντας παράλληλα την απαραίτητη αυθεντικοποίηση και δικαιώματα για να εκτελέσουν ορισμένες λειτουργίες. Η δομή του HLF παρέχει τέτοιους μηχανισμούς, αξιοποιώντας τεχνικές κρυπτογραφίας και έκδοσης πιστοποιητικών για τους χρήστες, τα οποία εκδίδονται από έμπιστες αρχές, προσφέροντας την απαραίτητη ασφάλεια και αξιοπιστία. Ακόμη, παρέχει τη λειτουργία της υποστήριξης των έξυπνων συμβολαίων (smart contracts) που επιτρέπουν την εκτέλεση διαφόρων λειτουργιών και την επικοινωνία με το κατανεμημένο καθολικό (DLT). Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι το HLF αποτελεί τεχνολογία «ιδιωτικού» ή «αδειοδοτημένου» blockchain το οποίο συνεπάγεται ότι μόνο έμπιστες οντότητες εγγράφονται στο δίκτυο, κάτι που είναι καταλληλότερο για τους σκοπούς το IoTFeds που οραματίζεται την δημιουργία ομοσπονδιών μεταξύ έμπιστων οργανισμών-παρόχων δεδομένων.

Η λειτουργία του βασίζεται στη δημιουργία οργανισμών και κόμβων (peer nodes), οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την διατήρηση της κατανεμημένης βάσης δεδομένων του Blockchain και του καθολικού, αλλά και για την εγκατάσταση και εκτέλεση των έξυπνων συμβολαίων. Στην περίπτωση του IoTFeds, ένας έμπιστος οργανισμός με μια αξιόπιστη αρχή θα χρησιμοποιηθεί για την έκδοση των πιστοποιητικών. Σε αυτό τον οργανισμό θα ανήκουν τέσσερις κόμβοι και σε αυτούς θα είναι εγκατεστημένα τα απαραίτητα έξυπνα συμβόλαια που θα υλοποιούν ενέργειες που αφορούν τη διαχείριση των χρηστών και των δικαιωμάτων τους, την εγγραφή ομοσπονδιών, την καταγραφή συναλλαγών, την ασφαλή χρήση στα δεδομένα και τους μηχανισμούς φήμης και εμπιστοσύνης. Σκοπός τους είναι να καταγράψουν με αμετάβλητο και ασφαλές τρόπο οποιαδήποτε συναλλαγή και ενέργεια στο καθολικό (ledger). Για την εκτέλεση ενός έξυπνου συμβολαίου από κάποιον χρήστη, απαιτείται αυτός ο χρήστης να έχει τα κατάλληλα δικαιώματα και να είναι εγγεγραμμένο μέλος στη δομή του Blockchain, διασφαλίζοντας έτσι ότι μόνο εγκεκριμένοι χρήστες μπορούν να τα εκτελέσουν. Τέλος, απαραίτητο στοιχείο του HLF αποτελεί και ένας (τουλάχιστον) κόμβος που ανήκει σε έναν «Ordering» οργανισμό, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την οργάνωση και προώθηση των συναλλαγών, δημιουργώντας τα κατάλληλα «blocks» στο Blockchain. Η ροή μια συναλλαγής από τη στιγμή της δημιουργίας μέχρι την ένταξή της στο καθολικό φαίνεται στην Εικόνα 16.



Εικόνα 16: Ροή της συναλλαγής στο HLF (AWS) .

Η επικοινωνία μιας εξωτερικής δομής, και πιο συγκεκριμένα του symbIoTe με το BaaS, πραγματοποιείται μέσα από ένα API, το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο από σημεία πρόσβασης (endpoints). Το HLF προσφέρει έτοιμα SDK's (Software Development Kits), τα οποία παρέχουν έτοιμες υλοποιήσεις για την επικοινωνία των εξωτερικών δομών με τον κατανεμημένο καθολικό. Οι κόμβοι (peers) που αναφέρθηκαν παραπάνω λειτουργούν ως σημεία σύνδεσης, αφού ο οποιοσδήποτε χρήστης της δομής πρέπει πρώτα να συνδεθεί με τον κατάλληλο κόμβο του Blockchain που «φιλοξενεί» το έξυπνο συμβόλαιο που επιθυμεί να εκτελέσει. Στην Εικόνα 17 φαίνεται μια τυπική επικοινωνία μεταξύ του symbIoTe και του BaaS.



Εικόνα 17: Επικοινωνία μεταξύ symbIoTe και BaaS.

Συνεπώς, η συνεισφορά του BaaS ως ενδιάμεσου λογισμικού υποστήριξης της IoTFeds πλατφόρμας είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς συνεισφέρει σε και έχει σχεδιαστεί ώστε να υποστηρίζει όλες τις επιμέρους μονάδες της πλατφόρμας, όπως αυτές παρουσιάζονται αναλυτικά στο εννοιολογικό διάγραμμα στην Εικόνα 6. Πιο συγκεκριμένα, η σχεδίαση του BaaS επιτρέπει την υποστήριξη αγορών IoT δεδομένων, επιτρέποντας όχι μόνο την ανταλλαγή των δεδομένων αυτών, αλλά και την απαραίτητη κοστολόγηση, τιμολόγηση και τελικά χρέωση των συναλλαγών της IoTFeds πλατφόρμας. Το κομμάτι που αφορά την ανάθεση των τιμών και των πολιτικών χρέωσης έγκειται στα λογιστικά και θα αναλυθεί λεπτομερώς σε επόμενη ΕΕ.

Παράλληλα, πέρα από τις πολιτικές χρέωσης, το BaaS είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να υλοποιεί και μηχανισμούς φήμης και εμπιστοσύνης, καθώς επίσης και ασφαλούς πρόσβασης μεταξύ των χρηστών της IoTFeds πλατφόρμας, διατηρώντας ασφαλή τα προσωπικά στοιχεία κάθε χρήστη που εγγράφεται στην πλατφόρμα και τεκμηριώνοντας ταυτόχρονα το σχεδιασμό και την ανάπτυξη κατάλληλων μηχανισμών διαφήμισης και ανακάλυψης IoT πόρων μέσα σε μια ομοσπονδία. Όσον αφορά τη διαχείριση των IoT ομοσπονδιών, το BaaS επιτρέπει τη συμμετοχή και τη διαγραφή και απομάκρυνση μελών από ομοσπονδίες που ορίζονται στα πλαίσια της IoTFeds πλατφόρμας, καθώς επίσης και τη δημιουργία και τη διαγραφή των ομοσπονδιών αυτών. Τέλος, το BaaS συμβάλλει επίσης και στην υποστήριξη της σημασιολογικής διαλειτουργικότητας της IoTFeds πλατφόρμας με το σχεδιασμό και την ανάπτυξη κατάλληλων μοντέλων πληροφορίας και κανόνων που θα χρησιμοποιούνται από την εκάστοτε ομοσπονδία που θα ανήκει στην προτεινόμενη πλατφόρμα.

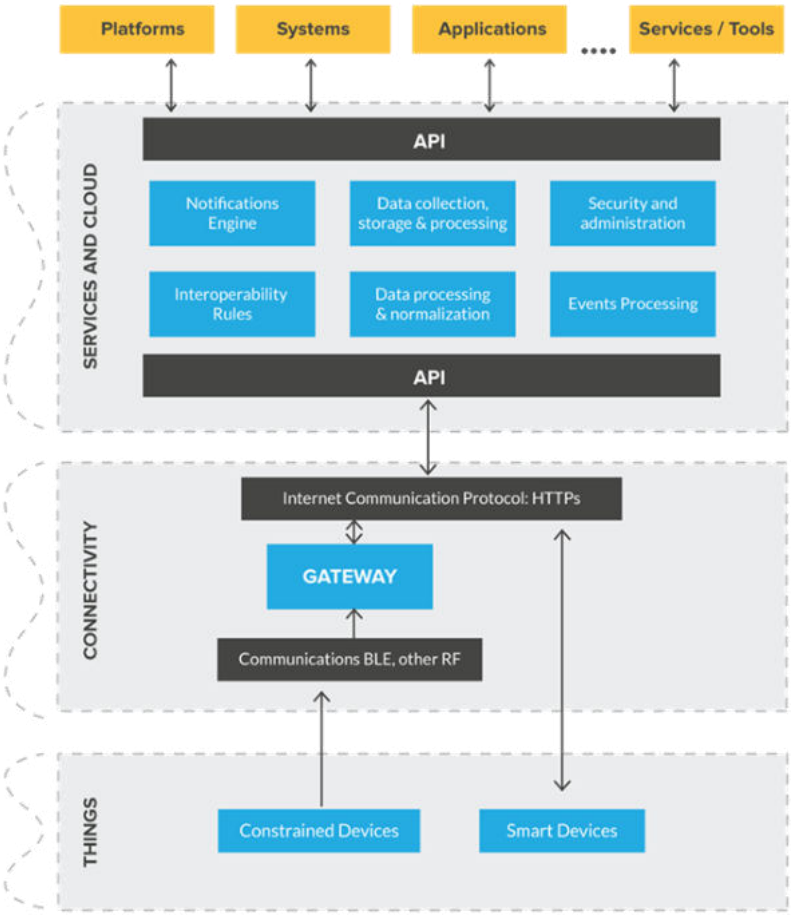
5 Πιλοτικά Συστήματα του IoTFeds

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο του παραδοτέου παρουσιάζονται τα πιλοτικά συστήματα της IoTFeds πλατφόρμας. Πιο συγκεκριμένα, τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν την πλατφόρμα Zastel/SpotyPal, η οποία συλλέγει δεδομένα κυκλοφοριακής κίνησης για βελτιστοποίηση διαδρομών, την πλατφόρμα UiTOP, η οποία αποτελεί ένα σύστημα ευφυούς στάθμευσης και έξυπνου φωτισμού, αλλά και την πλατφόρμα Smart Environment, η οποία συλλέγει δεδομένα καιρικών και περιβαλλοντικών συνθηκών με στόχο την παροχή πρόγνωσης. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο περιγράφεται και αναλύεται η λειτουργία κάθε μίας από τις προαναφερθείσες πλατφόρμες, ενώ παράλληλα παρέχονται δεδομένα σχετικά με τον τρόπο διασύνδεσής τους τόσο μεταξύ τους όσο και με τα βασικά συστήματα της IoTFeds πλατφόρμας, όπως αυτά αναλύθηκαν στο προηγούμενο Κεφάλαιο 4.

5.1 Πλατφόρμα Zastel/SpotyPal

Η IoT Πλατφόρμα Zastel/SpotyPal είναι ένα σύστημα το οποίο βρίσκει εφαρμογή στο πλαίσιο του Smart City. Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα αυτό αποσκοπεί στην παροχή κυκλοφοριακών δεδομένων, τα οποία προέρχονται από κινούμενα οχήματα. Τα δεδομένα αυτά σχετίζονται με την ταχύτητα των οχημάτων, την κατεύθυνση κίνησής τους, το χρονικό πλαίσιο κίνησης, καθώς και την τοποθεσία τους.

Η συνολική λειτουργία της πλατφόρμας φαίνεται στην Εικόνα 18, όπου παρουσιάζεται η ροή επικοινωνίας και μεταφοράς των δεδομένων μεταξύ των διάφορων στοιχείων που αλληλεπιδρούν στο πλαίσιο της πλατφόρμας.



Εικόνα 18: Πλατφόρμα Zastel/SpotyPal.

Στη συνέχεια, περιγράφονται τα επιμέρους υποσυστήματα από τα οποία αποτελείται η IoT Πλατφόρμα, καθώς και οι διεπαφές και η διασύνδεσή τους με άλλα συστήματα.

5.1.1 Υποσύστημα Zastel

Το υποσύστημα Zastel αποτελεί μία πλατφόρμα ανάπτυξης IoT εφαρμογών, μέσα από την αξιοποίηση συσκευών οι οποίες είναι διασυνδεδεμένες σε ένα Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things). Το υποσύστημα αυτό διευκολύνει τη διαχείριση τέτοιων συσκευών και καθιστά εφικτή την αυτοματοποιημένη επικοινωνία όπως επίσης και ανταλλαγή μηνυμάτων, από και προς τις συσκευές αυτές.

Στο πλαίσιο του Smart City, το υποσύστημα αυτό θα είναι υπεύθυνο για τη συλλογή και αποθήκευση των κυκλοφοριακών δεδομένων τα οποία προέρχονται από οχήματα, και τη διάθεσή τους σε άλλα ενδιαφερόμενα υποσυστήματα. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα συλλέγονται μέσω συσκευών του υποσυστήματος SpotyPal, οι οποίες παρουσιάζονται στην υποενότητα 5.1.2 που ακολουθεί, τοποθετημένες σε κινούμενα οχήματα. Στη συνέχεια, τα δεδομένα αυτά αποστέλλονται από το υποσύστημα SpotyPal στο υποσύστημα Zastel προς επεξεργασία και αποθήκευση.

Η επικοινωνία με το υποσύστημα αυτό πραγματοποιείται μέσω μιας διεπαφής API, τόσο για τη διαχείριση των συσκευών, όσο και για την καταχώριση και ανάκτηση των κυκλοφοριακών δεδομένων που συλλέγονται. Το υποσύστημα Zastel επικοινωνεί μέσω αυτής της διεπαφής, αφενός με το υποσύστημα SpotyPal για τη συλλογή των δεδομένων, και αφετέρου με το symbIoTe API για την διεκπεραίωση των υπόλοιπων λειτουργιών στο πλαίσιο του συνολικού συστήματος IoTFeds.

5.1.2 Υποσύστημα SpotyPal

Το υποσύστημα SpotyPal αποτελεί την πηγή των κυκλοφοριακών δεδομένων. Αποτελείται από συσκευές BLE (Bluetooth Low Energy), υπεύθυνες για τη συλλογή των δεδομένων, όπως επίσης και από μία mobile εφαρμογή για την αποστολή των δεδομένων.

Τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται μέσα από τις BLE συσκευές, οι οποίες είναι τοποθετημένες σε κινούμενα οχήματα, περιλαμβάνουν τιμές σχετικά με την τοποθεσία του οχήματος, την ταχύτητα, την κατεύθυνση κίνησης και το χρονικό πλαίσιο κίνησης. Ακολούθως, οι συσκευές επικοινωνούν μέσω Bluetooth με τη mobile εφαρμογή, η οποία θα πρέπει να είναι εγκατεστημένη σε κάποια smartphone συσκευή σε κοντινή απόσταση, μικρότερη των 70 μέτρων.

Τέλος, η mobile εφαρμογή αποστέλλει τα δεδομένα προς το υποσύστημα Zastel μέσω της διεπαφής API που διαθέτει.

5.1.3 Διεπαφές και Σύνδεση με Άλλα Συστήματα

Η συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζει τις απαιτούμενες διεπαφές για την επικοινωνία της πλατφόρμας Zastel/SpotyPal και με τα υπόλοιπα συστήματα της IoTFeds πλατφόρμας (Πίνακας 3).

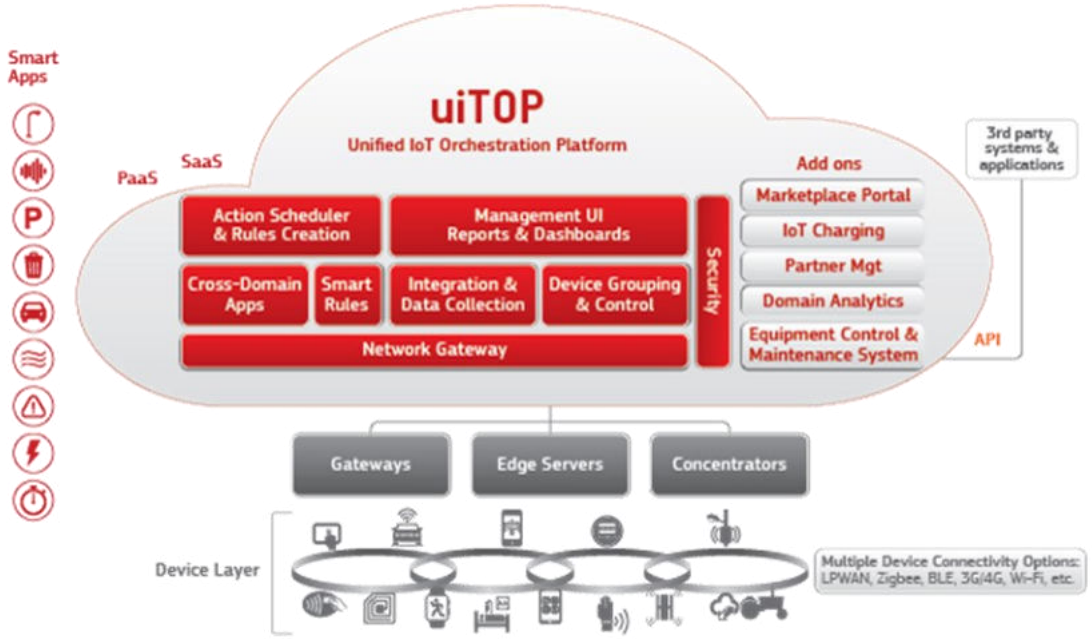
Πίνακας 3: Περιγραφή των APIs της πλατφόρμας Zastel/SpotyPal.

Smart City Interfaces	Περιγραφή
Zastel API	Σύνδεση με τη mobile εφαρμογή και το symbIoTe API.

	Λαμβάνει δεδομένα τα οποία προέρχονται από τη mobile εφαρμογή και τα διαθέτει στο symbIoTe API. Η επικοινωνία πραγματοποιείται μέσω HTTP requests, και τα μηνύματα που ανταλλάσσονται είναι σε μορφή JSON.
Συσκευές SpotyPal (BLE)	Σύνδεση με τη mobile εφαρμογή. Συλλέγει τα δεδομένα κυκλοφοριακής κίνησης και τα παρέχει στη mobile εφαρμογή. Η επικοινωνία πραγματοποιείται μέσω Bluetooth.
symbIoTe API	Σύνδεση με Zastel API. Λαμβάνει δεδομένα από το Zastel API προς εκπλήρωση των υπόλοιπων λειτουργιών του συνολικού συστήματος.

5.2 Πλατφόρμα UiTOP

Η πλατφόρμα UiTOP έχει αναπτυχθεί για τη διαχείριση και τον έλεγχο ευφυών συστημάτων της Έξυπνης Πόλης (οδοφωτισμός, στάθμευση, διαχείριση απορριμμάτων, έλεγχος επιπέδων θορύβου κ.ά.). Η πλατφόρμα επιτρέπει την παρακολούθηση και τον έλεγχο αισθητήρων και συσκευών από διαφορετικούς κατασκευαστές χρησιμοποιώντας διαφορετικά πρωτόκολλα και δίκτυα διασύνδεσης και δίνοντας τη δυνατότητα ανάπτυξης και φιλοξενίας έξυπνων IoT εφαρμογών. Το περιβάλλον Ενοποιημένης Διαχείρισης και Ελέγχου της UiTOP παρέχει πλήθος αναφορών, ενώ τα συλλεγόμενα στοιχεία μπορούν να εμπλουτιστούν με χρήση τεχνολογιών Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και Μηχανικής Μάθησης για την εξαγωγή ωφέλιμων συμπερασμάτων και την υλοποίηση data-driven πολιτικών. Στην Εικόνα 19 που ακολουθεί παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική της UiTOP πλατφόρμας.



Εικόνα 19: Πλατφόρμα UiTOP.

5.2.1 Dashboards – Web UI

Η πλατφόρμα UiTOP παρέχει τη γραφική διεπαφή χρήστη Dashboards - Web UI που επιτρέπει τη διαχείριση και την εποπτεία μεγάλου αριθμού IoT συσκευών με ενοποιημένο τρόπο.

5.2.2 Διεπαφές και Σύνδεση με Άλλα Συστήματα

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις διεπαφές για την επικοινωνία με την πλατφόρμα UiTOP και τη σύνδεση με τα βασικά συστήματα της IoTFeds πλατφόρμας και συγκεκριμένα με το symbIoTe (Πίνακας 4).

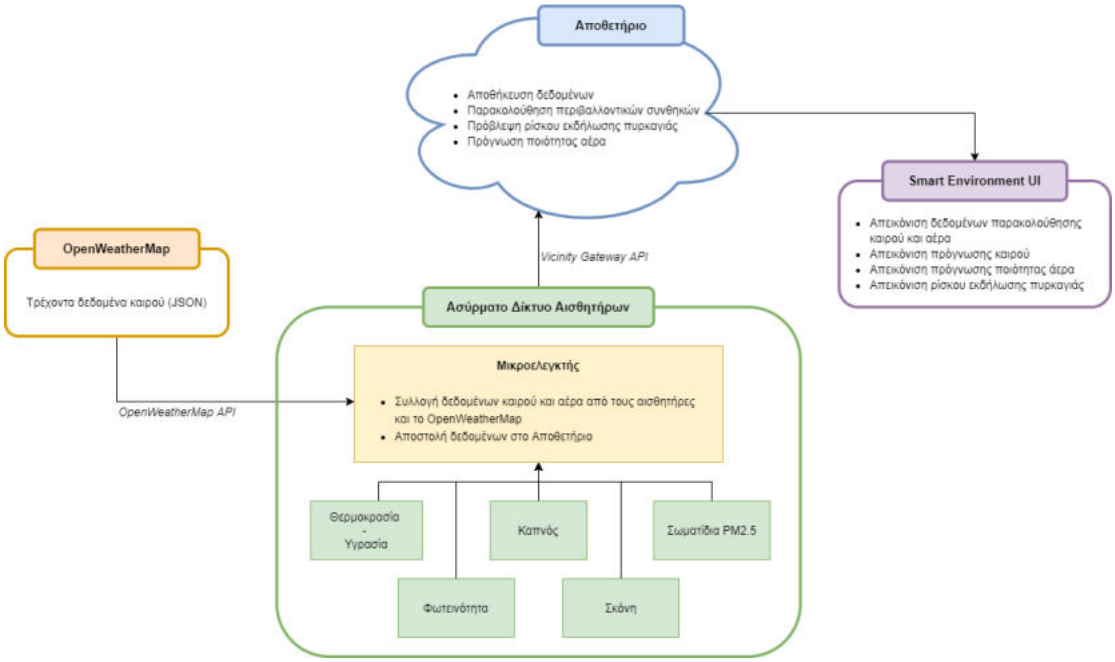
Πίνακας 4: Περιγραφή των APIs για την πλατφόρμα UiTOP.

UiTOP APIs	Περιγραφή
UiTOP API	Στα πλαίσια του έργου IoTFeds η πλατφόρμα UiTOP θα ενσωματώσει συσκευές φωτισμού και έξυπνης στάθμευσης και θα διαθέσει τα δεδομένα (σε μορφή JSON) για χρήση από άλλες πλατφόρμες.
Dashboards – Web GUI	Η γραφική διεπαφή χρήστη του UiTOP θα εμπλουτισει την απεικόνιση των χαρτών στους χρήστες της με δεδομένα από άλλες πλατφόρμες (μετεωρολογικά κ.λπ.).
symbIoTe API	Παρέχει ένα σύνολο από RESTful υπηρεσίες για την αλληλεπίδραση με τις παρεχόμενες λειτουργικότητες του symbIoTe για την επίτευξη της διάθεσης των δεδομένων στις άλλες πλατφόρμες και την πρόσβαση στα δεδομένα των άλλων πλατφορμών.

5.3 Πλατφόρμα Smart Environment

Το προτεινόμενο σύστημα Smart Environment έχει ως στόχο την παρακολούθηση και την πρόβλεψη ακραίων περιβαλλοντικών φαινομένων, λαμβάνοντας δεδομένα που περιλαμβάνουν τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας του περιβάλλοντος, τιμές ταχύτητας ανέμου και φωτεινότητας, καθώς επίσης και τιμές ποιότητας αέρα, όπως σωματίδια PM2.5, καπνό και σκόνη.

Στην Εικόνα 20 που ακολουθεί παρουσιάζεται ο τρόπος επικοινωνίας μεταξύ όλων των επιμέρους δομικών μονάδων του συστήματος Smart Environment, από τη συλλογή των δεδομένων μέχρι την παρακολούθηση των αποτελεσμάτων από τον τελικό χρήστη του συστήματος.



Εικόνα 20: Σύστημα Smart Environment, βασικές δομικές μονάδες και APIs.

Στις ακόλουθες ενότητες παρουσιάζονται οι βασικές δομικές μονάδες του συστήματος Smart Environment, καθώς επίσης και η μεταξύ τους επικοινωνία. Στην ενότητα 5.3.4 περιλαμβάνεται επίσης και ο τρόπος λήψης δεδομένων από το API καιρού (OpenWeatherMap).

5.3.1 Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων

Το Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων (ΑΔΑ) περιλαμβάνει ένα σύνολο από κατάλληλους αισθητήρες λήψης περιβαλλοντικών μετρήσεων, καθώς και ένα μικροελεγκτή (microcontroller) που επιτρέπει τη συλλογή και τη μεταφορά των δεδομένων από το φυσικό περιβάλλον στο Αποθετήριο. Όπως προαναφέρθηκε, το προτεινόμενο σύστημα Smart Environment συλλέγει δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας περιβάλλοντος, καθώς επίσης και δεδομένα φωτεινότητας και ταχύτητας ανέμου, αλλά και δεδομένα ποιότητας αέρα, όπως καπνό, σκόνη και σωματίδια PM2.5.

Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα στην Εικόνα 20, το ΑΔΑ επικοινωνεί και με το Αποθετήριο, όπου αποστέλλει τα δεδομένα για αποθήκευση και μετέπειτα επεξεργασία, όπως περιγράφεται αναλυτικότερα στην ενότητα 5.3.2, καθώς και με το OpenWeatherMap. Το OpenWeatherMap αποτελεί μια διαδικτυακή υπηρεσία παροχής δεδομένων καιρού, συμπεριλαμβανομένων τρεχόντων δεδομένων, προβλέψεων, καθώς επίσης και δεδομένων ιστορικού (Dewi & Chen, 2019), χρησιμοποιώντας ως πηγές μετεωρολογικές υπηρεσίες μετάδοσης, ανεπεξέργαστα δεδομένα από μετεωρολογικούς σταθμούς αεροδρομίων, πρωτογενή δεδομένα από ραντάρ καιρού, καθώς επίσης και δεδομένα από άλλους επίσημους μετεωρολογικούς σταθμούς.

5.3.2 Αποθετήριο

Το Αποθετήριο αποτελεί τη βασική δομική μονάδα του συστήματος Smart Environment που είναι υπεύθυνη για την αποθήκευση και την επεξεργασία των συλλεγόμενων δεδομένων από το ΑΔΑ. Συνεπώς, ο ρόλος της συγκεκριμένης μονάδας είναι διττός. Αρχικά, στο Αποθετήριο γίνεται αποθήκευση όλων των συλλεγόμενων δεδομένων από το ΑΔΑ (τιμές θερμοκρασίας, τιμές υγρασίας, τιμές φωτεινότητας, τιμές καπνού, τιμές σκόνης και τιμές σωματιδίων PM2.5), με στόχο στη συνέχεια να προσφέρονται στο χρήστη για αγορά και μετέπειτα επεξεργασία. Ωστόσο, πέρα από την αποθήκευση των συλλεγόμενων δεδομένων, η συγκεκριμένη δομική

μονάδα είναι υπεύθυνη και για την επεξεργασία των δεδομένων αυτών με κατάλληλα μοντέλα μηχανικής μάθησης. Στόχος σε αυτή την περίπτωση είναι η πρόγνωση του καιρού και της ποιότητας του αέρα στη περιοχή του χρήστη, καθώς επίσης και η πρόβλεψη του ρίσκου εκδήλωσης πυρκαγιάς. Τέλος, σημειώνεται πως όλες οι συλλεγόμενες περιβαλλοντικές τιμές και τιμές πρόβλεψης παρέχονται στο χρήστη με ομοιόμορφο τρόπο σε κατανοητή μορφή και για μετέπειτα επεξεργασία.

Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα στην Εικόνα 20, το Αποθετήριο αλληλεπιδρά με το Smart Environment UI και το ΑΔΑ, μέσω του Vicinity Gateway API, καθώς επίσης και με το symbIoTe, μέσω του symbIoTe API, όπως αυτά περιγράφονται στην ακόλουθη ενότητα 5.3.4 (Πίνακας 5). Τέλος, οι εξαρτήσεις της συγκεκριμένης δομικής μονάδας αναπαρίστανται σχηματικά στην Εικόνα 20.

5.3.3 Smart Environment UI

Η συγκεκριμένη δομική μονάδα είναι υπεύθυνη για την παροχή της καλύτερης εμπειρίας χρήστη για όλες τις εξειδικευμένες λειτουργίες του συστήματος Smart Environment, όπως αυτές αναλύθηκαν παραπάνω και παρουσιάζονται στην Εικόνα 20. Πιο συγκεκριμένα, το Smart Environment UI παρουσιάζει δεδομένα που σχετίζονται τόσο με την παρακολούθηση καιρικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων, όσο και δεδομένα που σχετίζονται με την πρόγνωση καιρού και ποιότητας αέρα, καθώς και το ρίσκο εκδήλωσης πυρκαγιάς. Σκοπός της συγκεκριμένης δομικής μονάδας είναι να παρέχει μια όσο το δυνατόν πιο ομοιόμορφα κατανεμημένη και βελτιστοποιημένη απεικόνιση των δεδομένων που συλλέγονται από το ΑΔΑ και των αποτελεσμάτων πρόβλεψης των μοντέλων του Αποθετηρίου.

Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα στην Εικόνα 20, το Smart Environment UI αλληλεπιδρά με το Αποθετήριο, από το οποίο λαμβάνει τα αποτελέσματα πρόβλεψης προς απεικόνιση, καθώς επίσης και με το symbIoTe, μέσω του symbIoTe API, όπως αυτό περιγράφεται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 5). Τέλος, οι εξαρτήσεις της συγκεκριμένης δομικής μονάδας αναπαρίστανται σχηματικά στην Εικόνα 20.

5.3.4 Διεπαφές και Σύνδεση με Άλλα Συστήματα

Η συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζει τις απαιτούμενες διεπαφές για την επικοινωνία των επιμέρους δομικών μονάδων του συστήματος Smart Environment, καθώς επίσης και τις απαραίτητες διεπαφές για τη σύνδεση του συστήματος με τα βασικά συστήματα της IoTFeds πλατφόρμας, και πιο συγκεκριμένα το symbIoTe (Πίνακας 5).

Πίνακας 5: Περιγραφή των APIs του συστήματος Smart Environment.

Smart Environment APIs	Περιγραφή
OpenWeatherMap API	Σύνδεση με τη μονάδα του ΑΔΑ. Τα παρεχόμενα δεδομένα είναι σε μορφή JSON, XML και HTML και παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα τρέχοντα καιρικά δεδομένα και εκτεταμένες προβλέψεις.
Vicinity Gateway API	Σύνδεση των μονάδων ΑΔΑ και Αποθετηρίου. Παρέχει υπηρεσίες πρόσβασης στο P2P δίκτυο του Vicinity και αποτελεί τη βασική διεπαφή επικοινωνίας με την πλατφόρμα του Vicinity.

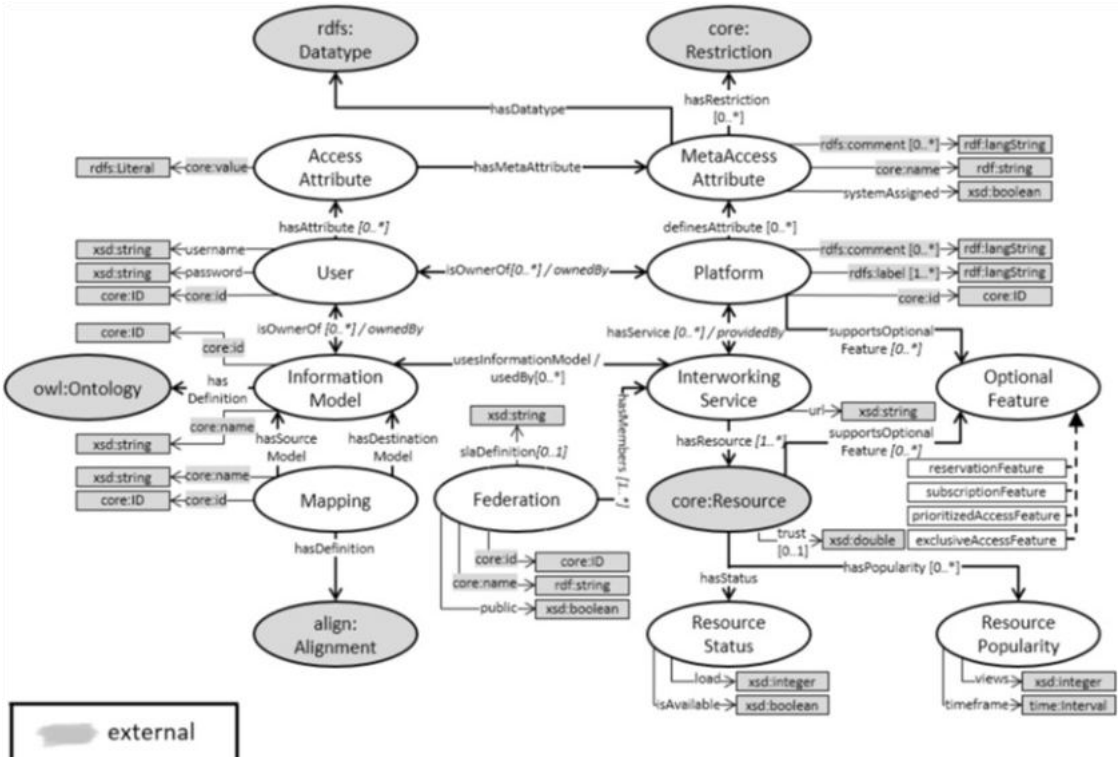
symbIoTe API	Σύνδεση του συστήματος Smart Environment με το σύστημα symbIoTe. Παρέχει ένα σύνολο από RESTful υπηρεσίες για επίτευξη αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον του και προσφέρει όλες τις διαθέσιμες λειτουργίες του symbIoTe.

6 Ροή Πληροφορίας

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο του παραδοτέου παρουσιάζει τη ροή αλλά και τον τρόπο διατήρησης της πληροφορίας στην IoTFeds πλατφόρμα. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζεται το μοντέλο μετα-πληροφορίας, καθώς και η πληροφορία που αποθηκεύεται τόσο off-chain, στο symbIoTe, όσο και on-chain, στο BaaS.

6.1 Μοντέλο Μετα-πληροφορίας

Το μοντέλο μετα-πληροφορίας (Meta Information Model - MIM) βασίζεται και επεκτείνει το μοντέλο που έχει αναπτυχθεί και χρησιμοποιείται στο symbIoTe. Το μοντέλο καλύπτει τα μεταδεδομένα που χρειάζεται να αποθηκευτούν εσωτερικά στο σύστημα σχετικά με τους χρήστες, τις πλατφόρμες και τους IoT πόρους τους, ορίζοντας τις βασικές οντότητες που χρησιμοποιούνται και τη σχέση μεταξύ τους.



Εικόνα 21: Μοντέλο μετα-πληροφορίας symbIoTe.

Όπως φαίνεται στο μοντέλο μετα-πληροφορίας στην παραπάνω Εικόνα 21, ένας χρήστης (User) μπορεί να είναι κάτοχος πολλαπλών IoT πλατφορμών (Platforms) και μοντέλων πληροφορίας (Information Model). Κάθε πλατφόρμα μπορεί να διαθέτει πολλαπλές υλοποιήσεις διασυνεργατικών διεπαφών (Interworking Service) και πολλαπλά μοντέλα πληροφορίας. Κάθε διασυνεργατική διεπαφή (Interworking Service) συσχετίζεται με έναν αριθμό IoT πόρων (Resource) τα όποια διαθέτει. Κάθε μοντέλο πληροφορίας (Information Model) ορίζεται με κάποια γλώσσα οντολογίας OWL (Web Ontology Language). Επιπλέον, το MIM επιτρέπει την αντιστοίχιση (mapping) μεταξύ δύο μοντέλων πληροφορίας και ορίζεται χρησιμοποιώντας κάποια γλώσσα αντιστοίχισης (Mapping Language) σε κάποια αντιστοίχιση (Alignment).

Η διαχείριση πρόσβασης καλύπτεται από τις κλάσεις AccessAttribute και MetaAccessAttribute. Το MetaAccessAttribute επιτρέπει τον καθορισμό χαρακτηριστικών για συγκεκριμένη πλατφόρμα μαζί με περιορισμούς τιμών, ενώ η κλάση AccessAttribute

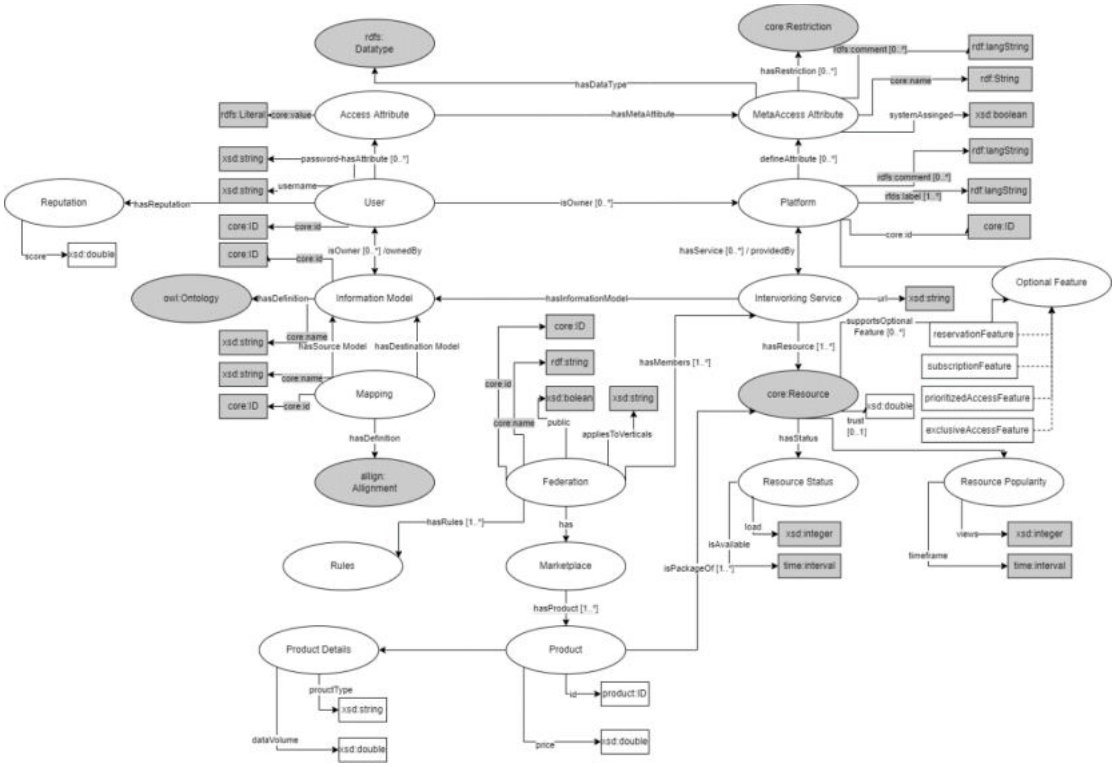
χρησιμοποιείται για συγκεκριμένο χρήστη με την παρουσίαση των χαρακτηριστικών που φέρουν επίσης την αξία του χαρακτηριστικού.

Οι ομοσπονδίες περιλαμβάνουν έναν αριθμό υλοποιήσεων Interworking Services. Μπορεί να συμφωνήσουν σε ένα κοινό Service Level Agreement (SLA) και μπορεί να ορίζεται χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε κατάλληλη γλώσσα για τον συγκεκριμένο τομέα. Στην περίπτωση του IoTFeds υλοποιείται ένα Interworking Service για κάθε πάροχο δεδομένων IoT και τα μέλη της ομοσπονδίας αντιστοιχούν στους διαφορετικούς παρόχους και καταναλωτές δεδομένων IoT. Τα μέλη της ομοσπονδίας συμφωνούν στη χρήση κάποιου έξυπνου συμβολαίου (Smart Contract) το οποίο αντικαθιστά το SLA. Κάθε IoTFeds ομοσπονδία σχετίζεται επίσης με μία λίστα από πιλοτικές εφαρμογές (Related Applications).

Επιπλέον, τροποποιήσεις στα πλαίσια του έργου θα λάβουν υπόψιν τις νέες ανάγκες όπως είναι η εισαγωγή της Αγοράς (Marketplace) και η συσχέτιση με την ομοσπονδία. Κάθε αγορά (Marketplace) περιέχει ένα σύνολο από προϊόντα (πακέτα δεδομένων προς αγορά) και συσχετίζεται με IoT πόρους.

Τα προαιρετικά χαρακτηριστικά είναι μια επέκταση που επιτρέπει τη μοντελοποίηση μιας IoT πλατφόρμας ή ενός IoT πόρου που υποστηρίζει διαφορετικά είδη χαρακτηριστικών. Αυτό μπορεί να είναι για παράδειγμα συνδρομή σε πόρους ή με προτεραιότητα ή αποκλειστική πρόσβαση σε πόρους. Η Επέκταση Κατάστασης (Resource Status) και Δημοτικότητα Πόρων (Resource Popularity) επιτρέπει την πρόσβαση στην κατάσταση και τη δημοτικότητα ενός πόρου (Resource) που καθορίζεται μέσω της παρακολούθησης. Επεκτάσεις για τη δημοτικότητα των πόρων και των πλατφορμών θα γίνουν στα πλαίσια του έργου IoTFeds για να καλύψουν τα νέα μοντέλα φήμης και εμπιστοσύνης.

Στην Εικόνα 22 που ακολουθεί παρουσιάζεται το εμπλουτισμένο μοντέλο μετα-πληροφορίας στο οποίο βασίζεται η πλατφόρμα IoTFeds.



Εικόνα 22: Μοντέλο μετα-πληροφορίας της IoTFeds πλατφόρμας.

6.2 Διατήρηση Πληροφορίας

Η διατήρηση της πληροφορίας στην IoTFeds πλατφόρμα διακρίνεται σε off-chain και on-chain πληροφορία και αφορά στην αποθήκευση όλων των απαραίτητων δεδομένων στο SymbIoTe και το BaaS, αντίστοιχα.

6.2.1 Off-Chain Πληροφορία

Η ενότητα αυτή αφορά την πληροφορία που αποθηκεύεται στο symbIoTe υποσύστημα. Η αποθήκευση της πληροφορίας βασίζεται στο μοντέλο μετα-πληροφορίας που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα (Εικόνα 22).

Πιο συγκεκριμένα, μία πλατφόρμα, «platform», χαρακτηρίζεται από ένα μοναδικό αναγνωριστικό, «id», και παραμέτρους το όνομά της, «name», την περιγραφή της, «description», και το «interworking service(s)» που υλοποιεί, όπως φαίνεται στην Εικόνα 23. Η πλατφόρμα είναι υποκλάση της κλάσης «RDFInfo» που ορίζεται από μία περιγραφή RDF, «rdf», και το format του RDF, «rdfFormat».

```
Platform ⌄ {
   description                 > [...]
   id                        string
   interworkingServices        > [...]
   name                      string
   rdf                       string
   rdfFormat                 string
                             Enum:
                              ⌄ [ JSONLD, N3, NTriples, RDFXML, Turtle ]
}
```

Εικόνα 23: Δομή μιας πλατφόρμας.

Ένα «interworking service» αποτελείται από τα πεδία «url» όπου τρέχει το «Interworking Interface» το οποίο απαντάει στα αιτήματα του symbIoTe Core και συνδέεται με ένα μοντέλο πληροφορίας, «informationModelId», όπως φαίνεται στην Εικόνα 24.

```
InterworkingService ⌄ {
   informationModelId*  string
   url*                 string
                        pattern: ^(https:\/\/www\.|https:\/\/)?[a-z0-9]+([\-\.]{1}[a-z0-9]+)*\.[a-z]{2,5}(:[0-9]{1,5})?(\/.*)?$
}
```

Εικόνα 24: Δομή ενός interworking service.

Το μοντέλο πληροφορίας χαρακτηρίζεται από ένα μοναδικό χαρακτηριστικό «id», ένα «uri», το όνομα του, «name», και τον ιδιοκτήτη του, «owner», και είναι υποκλάση της κλάσης «RDFInfo» που ορίζεται από μια περιγραφή RDF, «rdf», και το format του RDF, «rdfFormat», όπως φαίνεται στην Εικόνα 25.

```
InformationModel ⌄ {
    id*                 string
                        pattern: ^[\w-]+$
    name                string
    owner               string
    rdf                 string
    rdfFormat           string
                        Enum:
                         ⌄ [ JSONLD, N3, NTriples, RDFXML, Turtle ]
    uri                 string
}
```

Εικόνα 25: Δομή ενός μοντέλου πληροφορίας.

Μία ομοσπονδία χαρακτηρίζεται από ένα μοναδικό χαρακτηριστικό, «id», και έχει στοιχεία την τελευταία ημερομηνία που τροποποιήθηκε, «lastModified», το όνομα της, «name», το μοντέλο πληροφορίας που θα χρησιμοποιείται από τα μέλη της, «infomationModel», και το οποίο είναι επέκταση του μοντέλου πληροφορίας του symbIoTe, «slaConstraints», τα οποία αντιστοιχούν σε μία λίστα από QoS παραμέτρους και τις τιμές τους και περιγράφουν τους κανόνες του συμβολαίου που έχουν συμφωνηθεί, και τέλος τη λίστα των μελών της ομοσπονδίας, «members». Το πεδίο «public» υποδεικνύει εάν η ομοσπονδία είναι ορατή σε όλα τα αιτήματα αναζήτησης ή όχι. Στην Εικόνα 26 που ακολουθεί παρουσιάζεται η δομή μιας ομοσπονδίας στην IoTFeds πλατφόρμα.

```
Federation ⌄ {
    id                  string
                        minLength: 0
                        maxLength: 30
                        pattern: ^(\Z|[\w-]{4,})$
    informationModel    InformationModel > {...}
    lastModified        string($date-time)
    members*             ⌄ [FederationMember > {...}]
    name*               string
                        minLength: 3
                        maxLength: 30
    public*             boolean
    slaConstraints       ⌄ [QoSConstraint > {...}]
}
```

Εικόνα 26: Δομή μιας ομοσπονδίας.

Μέλη της ομοσπονδίας είναι πλατφόρμες με το αναγνωριστικό τους «platformId» και το interworking service url που αντιστοιχεί, «interworkingServiceURL», όπως φαίνεται στην Εικόνα 27. Στην περίπτωση του έργου IoTFeds, η έννοια της πλατφόρμας αντιστοιχεί σε έναν πάροχο ή καταναλωτή δεδομένων IoT και, συνεπώς, τα μέλη της ομοσπονδίας αντιστοιχούν στους διαφορετικούς παρόχους και καταναλωτές δεδομένων IoT.

```
FederationMember ⌄ {
    interworkingServiceURL string
    platformId             string
                           minLength: 0
                           maxLength: 30
                           pattern: ^[\w-]{4,}$
}
```

Εικόνα 27: Δομή ενός μέλους μιας ομοσπονδίας.

6.2.2 On-Chain Πληροφορία

Η ενότητα αυτή αφορά την πληροφορία που αποθηκεύεται στο BaaS σύστημα. Στην Εικόνα 28 φαίνεται το μοντέλο πληροφορίας του χρήστη που αξιοποιείται από το BaaS, ενώ αξίζει να σημειωθεί πως το πεδίο «associated_platforms» αντιστοιχεί σε πλατφόρμες με τις οποίες συσχετίζεται ο χρήστης μέσω του symbIoTe και στις οποίες μπορεί να έχει δηλωμένα τα αντίστοιχα «resources» του. Από αυτό το μοντέλο, οι τρεις πρώτες ιδιότητες του χρήστη αξιοποιούνται για την έκδοση πιστοποιητικού στο BaaS, ενώ οι υπόλοιπες πληροφορίες του χρήστη, μαζί με τα υπόλοιπα μοντέλα που ορίζονται παρακάτω, αποθηκεύονται στις βάσεις δεδομένων των κατανεμημένων κόμβων συνοδευόμενες από on-chain καταγραφή της αντίστοιχης δράσης.

```
User ⌄ {
    id                      string
    role                    string
    organization            string
    balance                 number
    associated_platforms     ⌄ {
                               < * >:          ⌄ [string]
                            }
                            example: OrderedMap { "platfrom1": List [ "resource1", "resource2",
                            "resource3" ], "platfrom2": List [ "resource1", "resource2",
                            "resource3" ] }
}
```

Εικόνα 28: Δομή ενός χρήστη στο BaaS.

Η δομή που περιγράφει μια ομοσπονδία φαίνεται στην Εικόνα 29 όπου το πεδίο «related_applications» αφορά πιλοτικές εφαρμογές του IoTFeds με τις οποίες σχετίζεται η ομοσπονδία. Ενώ το πεδίο «rules», αφορά ένα δομημένο αντικείμενο που θα σχετίζεται με τους κανόνες της ομοσπονδίας στην IoTFeds πλατφόρμα, αλλά προς το παρόν δεν έχει αναλυθεί εκτενώς. Σε βάθος ανάλυση του συγκεκριμένου θέματος θα υλοποιηθεί σε επόμενα παραδοτέα.

```
Federation ⌄ {
    id                      string
    admin_id                string
    member_ids               ⌄ [string]
    related_applications     ⌄ [string]
    rules                    ⌄ {
                            }
}
```

Εικόνα 29: Δομή μιας ομοσπονδίας στο BaaS.

Αντίστοιχα, η δομή ενός προϊόντος, δηλαδή ενός πακέτου δεδομένων προς αγορά, φαίνεται στην Εικόνα 30, όπου συσχετίζεται με όλες τις πιθανές συσκευές μέσω του πεδίου «resource_ids». Το υπο-πεδίο «product_type» προσδιορίζει κατά πόσο έχουμε να κάνουμε με προκαθορισμένο πακέτο ή με ροή δεδομένων, ενώ το υπο-πεδίο «total_volume_mb» με τον εκτιμώμενο συνολικό όγκο των δεδομένων σε Mb. Το πεδίο «product_details» δύναται να επεκταθεί με περαιτέρω υπο-πεδία κατά την υλοποίηση, εφόσον κριθεί απαραίτητη η καταγραφή τους.

```
Product ⌄ {
    product_id          string
    price               number
    resource_ids
                         ⌄ [string]
    product_details      ⌄ [ ⌄ {
                           product_type        string
                           total_volume_mb     number

                         }]
}
```

Εικόνα 30: Δομή ενός προϊόντος στο BaaS.

Η Εικόνα 31 περιγράφει την δομή μίας συναλλαγής μέσω της οποίας παρακολουθείται η χρήση προϊόντων από διαφορετικούς χρήστες. Το πεδίο «valid_until» οριοθετεί χρονικά την διάρκεια αυτής της συναλλαγής και εξάγεται από τη δομή του αντίστοιχου προϊόντος σε συνδυασμό με τους κανόνες της ομοσπονδίας και τα έξυπνα συμβόλαια.

```
Transaction ⌄ {
    transaction_id      string
    product_id          string
    seller_id           string
    buyer_id            string
    valid_until         string

}
```

Εικόνα 31: Η δομή καταγραφής μιας αγοραπωλησίας στο BaaS.

Στην Εικόνα 32 φαίνεται το παράδειγμα ενός αντικειμένου που κρατά την πληροφορία φήμης. Η αποθήκευση με αυτό τον τρόπο επιτρέπει την επέκταση των μηχανισμών φήμης στο μέλλον και την πιθανή αποθήκευση φήμης για διαφορετικές οντότητες, όπως χρήστες και προϊόντα.

```
Reputation ⌄ {
    associated_id       string
    rep_score           number

}
```

Εικόνα 32: Η δομή καταγραφής μιας φήμης στο BaaS.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι στο BaaS θα υπάρχουν περαιτέρω δομές δεδομένων για την υλοποίηση και παρακολούθηση ψηφοφοριών σε ομοσπονδίες. Οι δομές αυτές θα περιγραφούν σε επόμενα παραδοτέο σχετικά με τη διαχείριση ομοσπονδίας. Επίσης οι δομές που περιγράφηκαν παραπάνω, δύναται να επεκταθούν ή να τροποποιηθούν προκειμένου να καλύψουν τις ανάγκες επόμενων παραδοτέων.

7 Διαγράμματα Ακολουθίας των Βασικών Περιπτώσεων Χρήσης

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο περιλαμβάνει τον ορισμό διαγραμμάτων ακολουθίας για την περιγραφή της ροής των βασικών περιπτώσεων χρήσης, όπως αυτές ορίστηκαν στα πλαίσια του προηγούμενου παραδοτέου Π1.2. Πιο συγκεκριμένα, οι περιπτώσεις χρήσης που αναλύονται στο παρόν κεφάλαιο είναι 14 (βασικές) και παρουσιάζουν την αλληλεπίδραση των δύο βασικών συστημάτων της IoTFeds πλατφόρμας, του symbIoTe και του BaaS, με στόχο την εκπλήρωση βασικών λειτουργιών της πλατφόρμας που σχετίζονται με διαδικασίες όπως:

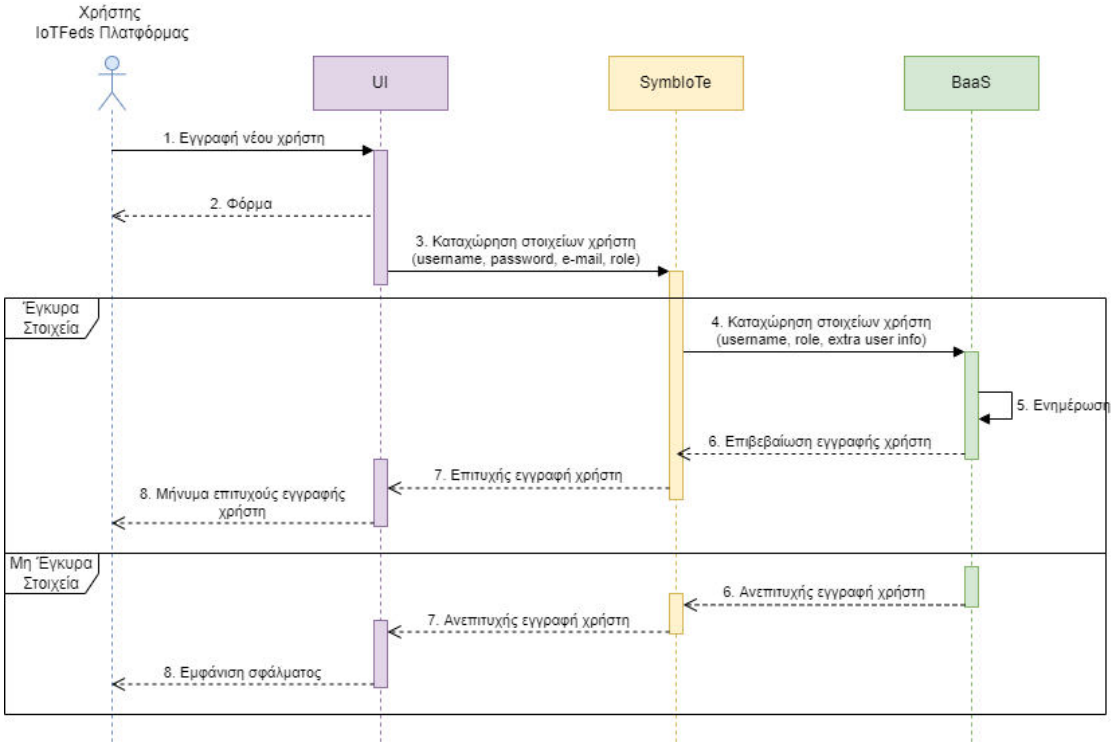
- Εγγραφή και σύνδεση χρηστών στην πλατφόρμα του IoTFeds
- Εγγραφή IoT πλατφορμών και IoT συσκευών στην IoTFeds πλατφόρμα
- Αναζήτηση και αγορά δεδομένων από τους χρήστες της IoTFeds πλατφόρμας
- Λειτουργίες ομοσπονδιών, όπως διαχείριση κανόνων, απομάκρυνση μελών από ομοσπονδία, καθώς και διαγραφή ομοσπονδίας

Όπως αναφέρθηκε και στις προηγούμενες παραγράφους αρκετά διαγράμματα ακολουθίας είναι υψηλού επιπέδου, και πρόκειται να εμπλουτιστούν σε επόμενα παραδοτέα όπου η ενοποίηση των συστημάτων και η ανάπτυξη των διεπαφών θα έχει προχωρήσει. Τα διαγράμματα που περιγράφονται εκτενώς στο παρόν και δεν αναθεωρούνται είναι όσα αφορούν την βασική διαχείριση χρηστών, IoT πόρων και ομοσπονδιών, όσα αφορούν αναζήτηση και αγορά δεδομένων είναι αντικείμενο εκτενούς μελέτης επόμενων παραδοτέων όπου και εμπλουτίζονται. Σε κάθε περίπτωση αξίζει να αναφερθεί πως για όλες τις περιπτώσεις χρήσης με τα αντίστοιχα διαγράμματα ακολουθίας, τεχνικές λεπτομέρειες, μοντέλα πληροφορίας αλλά και διεπαφές περιγράφονται με εκτενή τρόπο σε επόμενα παραδοτέα.

Οι ενότητες που ακολουθούν παρουσιάζουν τα διαγράμματα ακολουθίας για τις 14 βασικές περιπτώσεις χρήσης. Οι περιγραφές των περιπτώσεων χρήσης δεν περιλαμβάνονται στις ενότητες, καθώς έχουν αναλυθεί στο προηγούμενο παραδοτέο Π1.2.

7.1 Εγγραφή Χρήστη στην IoTFeds Πλατφόρμα

Στην Εικόνα 33 παρουσιάζεται το διάγραμμα ακολουθίας για την εγγραφή του χρήστη στην IoTFeds πλατφόρμα.



Εικόνα 33: Διάγραμμα ακολουθίας εγγραφής χρήστη στην IoTFeds πλατφόρμα (IoTF-SD01).

Η διαδικασία της εγγραφής του χρήστη στην πλατφόρμα περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

1. Ο χρήστης επιλέγει «εγγραφή νέου χρήστη» στο UI.
2. Το UI επιστρέφει στο χρήστη την αντίστοιχη φόρμα για να συμπληρώσει τα στοιχεία του.
3. Τα στοιχεία που καταχωρούνται από το χρήστη (username, password, e-mail και ρόλος) καταχωρούνται στο symbIoTe.
4. Τα στοιχεία username, password και κάποιες επιπλέον πληροφορίες του χρήστη καταχωρούνται και στο BaaS.
5. Γίνεται ενημέρωση του BaaS με τα στοιχεία του νέου χρήστη.
6. Το BaaS επιστρέφει στο symbIoTe μια επιβεβαίωση εγγραφής του χρήστη.
7. Το symbIoTe αποστέλλει στο UI ότι η εγγραφή του χρήστη ήταν επιτυχής.
8. Το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα επιτυχούς εγγραφής του στην πλατφόρμα.

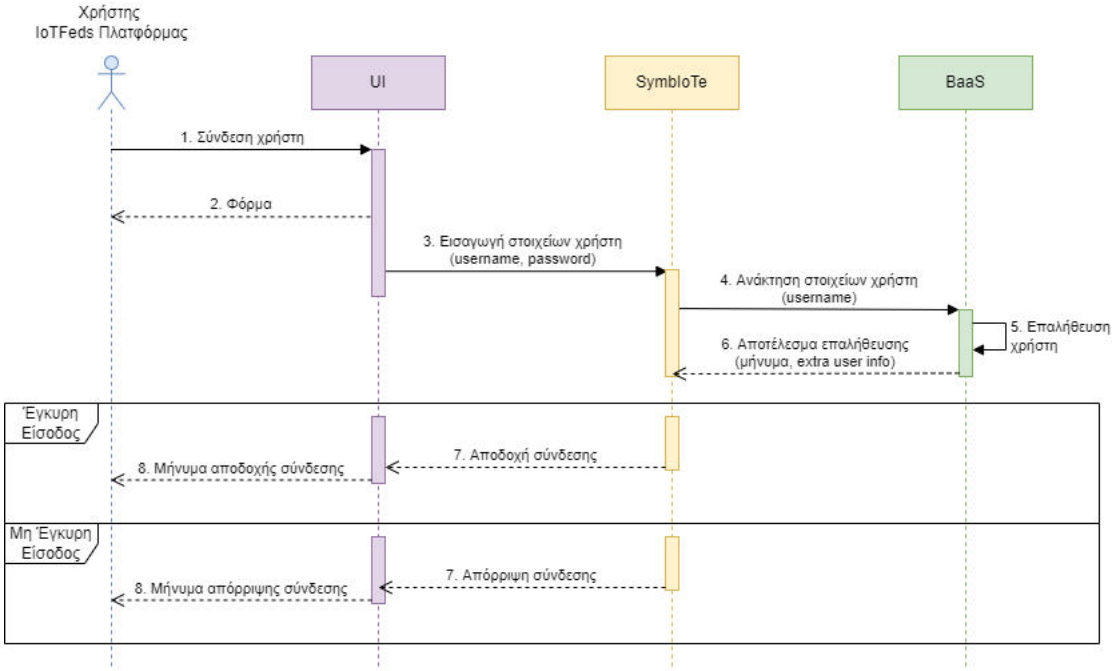
Εναλλακτικά, σε περίπτωση που τα στοιχεία που έχει καταχωρήσει ο χρήστης δεν είναι έγκυρα, η διαδικασία συνεχίζει ως εξής:

6. Το BaaS επιστρέφει στο symbIoTe μήνυμα ανεπιτυχούς εγγραφής του χρήστη.
7. Το symbIoTe αποστέλλει στο UI ότι η εγγραφή του χρήστη ήταν ανεπιτυχής.
8. Το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα σφάλματος εγγραφής του στην πλατφόρμα.

Τεχνικές λεπτομέρειες και διεπαφές του συγκεκριμένου σεναρίου περιγράφονται στο παραδοτέο «Π2.1 - Αναφορά Μηχανισμών Διαχείρισης Ομοσπονδιών IoT και Σημασιολογικής Διαλειτουργικότητας».

7.2 Σύνδεση Χρήστη στο Σύστημα

Στην Εικόνα 34 παρουσιάζεται το διάγραμμα ακολουθίας της σύνδεσης του χρήστη στην IoTFeds πλατφόρμα.



Εικόνα 34: Διάγραμμα ακολουθίας σύνδεσης χρήστη στο σύστημα (IoTF-SD02).

Πιο συγκεκριμένα, κάθε χρήστης που εγγράφεται στην IoTFeds πλατφόρμα μπορεί να συνδεθεί σε αυτή ανά πάσα στιγμή ακολουθώντας τα εξής βήματα:

1. Ο χρήστης επιλέγει «σύνδεση χρήστη» στο UI.
2. Το UI επιστρέφει στο χρήστη την αντίστοιχη φόρμα για να εισάγει τα στοιχεία του (username και password).
3. Τα στοιχεία που εισάγει ο χρήστης περνούν και στο symbIoTe.
4. Ακολουθεί ανάκτηση του αναγνωριστικού του χρήστη (username) από το BaaS.
5. Γίνεται επαλήθευση του χρήστη από το BaaS βάσει του αναγνωριστικού του που λαμβάνεται από το symbIoTe.
6. Το BaaS αποστέλλει το αποτέλεσμα της επαλήθευσης στο symbIoTe, το οποίο είναι ένα μήνυμα ότι ο χρήστης υπάρχει ή δεν υπάρχει, μαζί με κάποιες επιπλέον πληροφορίες για αυτόν.
7. Σε περίπτωση που τα στοιχεία του χρήστη επαληθεύονται από το BaaS, το symbIoTe αποστέλλει μήνυμα αποδοχής σύνδεσης στο UI.
8. Το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα αποδοχής της σύνδεσής του.

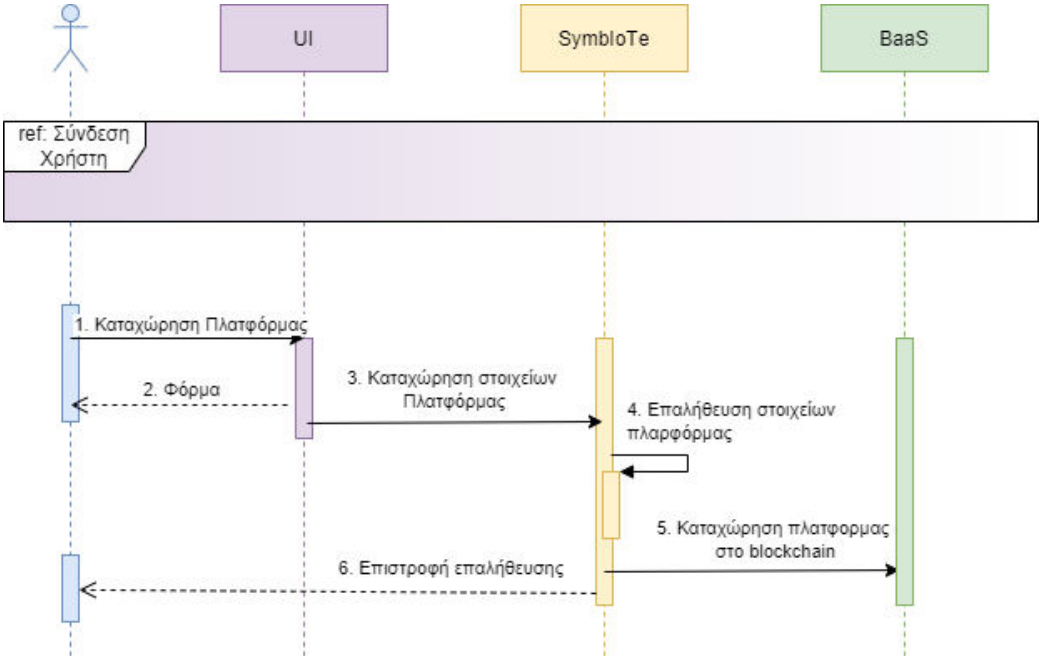
Εναλλακτικά, σε περίπτωση που τα στοιχεία που έχει εισάγει ο χρήστης δεν μπορούν να επαληθευτούν από το BaaS, η διαδικασία συνεχίζει ως εξής:

7. Το symbIoTe αποστέλλει μήνυμα απόρριψης σύνδεσης του χρήστη στο UI.
8. Το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα απόρριψης της σύνδεσής του.

Τεχνικές λεπτομέρειες και διεπαφές του συγκεκριμένου σεναρίου περιγράφονται στο παραδοτέο «Π2.1 - Αναφορά Μηχανισμών Διαχείρισης Ομοσπονδιών IoT και Σημασιολογικής Διαλειτουργικότητας».

7.3 Εγγραφή IoT Πλατφόρμας

Στην Εικόνα 35 παρουσιάζεται το διάγραμμα ακολουθίας της εγγραφής μιας IoT πλατφόρμας στο σύστημα.

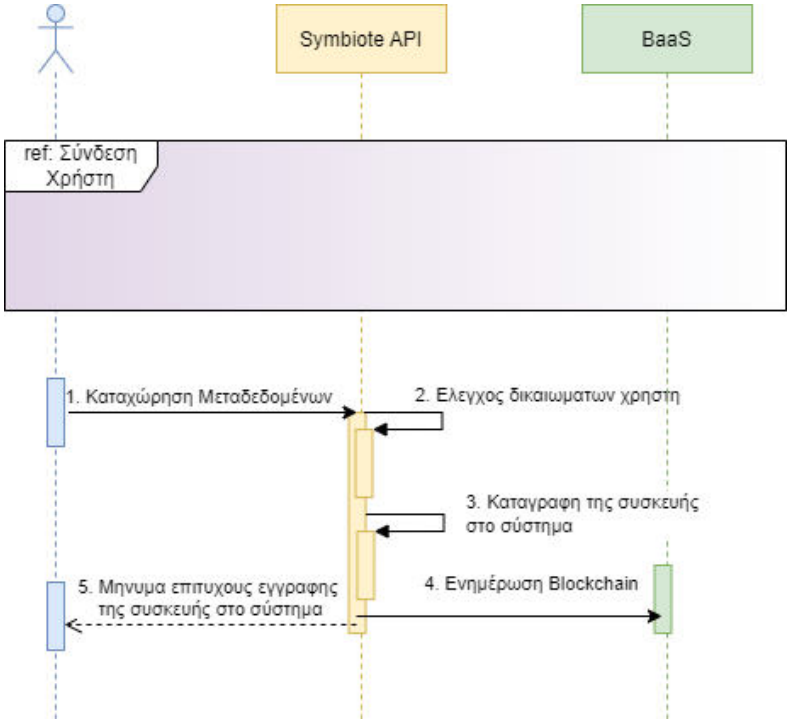


Εικόνα 35: Διάγραμμα ακολουθίας εγγραφής IoT πλατφόρμας στο σύστημα (IoTF-SD03).

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα στην Εικόνα 35, για την εγγραφή μιας IoT πλατφόρμας, ο κάτοχος της πλατφόρμας πρέπει να είναι εγγεγραμμένος στο σύστημα (υποενότητα 7.1). Μετά την επιτυχή του εγγραφή, ο χρήστης συνδέεται στο σύστημα (υποενότητα 7.2) μέσω της διαχειριστικής διαδικτυακής εφαρμογής (administrative web application) - της γραφικής διεπαφής χρήστη (GUI) του συστήματος όπου καταχωρούνται τα στοιχεία της πλατφόρμας (όπως το url, το αναγνωριστικό πλατφόρμας κ.ά.) για να στείλει την αίτηση στο symbIoTe. Η αίτηση για την εγγραφή της πλατφόρμας προωθείται στα επιμέρους στοιχεία λογισμικού του symbIoTe για την καταχώρηση της πλατφόρμας και ολοκληρώνεται με την ενημέρωση του BaaS. Μετά την επιτυχή εγγραφή της πλατφόρμας, ο πάροχος της πλατφόρμας ενημερώνεται με το μοναδικό αναγνωριστικό της πλατφόρμας και λαμβάνει το πιστοποιητικό για την πρόσβαση στο σύστημα. Τεχνικές λεπτομέρειες και διεπαφές του συγκεκριμένου σεναρίου περιγράφονται στο παραδοτέο «Π2.1 - Αναφορά Μηχανισμών Διαχείρισης Ομοσπονδιών IoT και Σημασιολογικής Διαλειτουργικότητας».

7.4 Εγγραφή IoT Συσκευών

Αντίστοιχα με το διάγραμμα της προηγούμενης υποενότητας (7.3), στην Εικόνα 36 παρουσιάζεται η διαδικασία εγγραφής μιας IoT συσκευής στο σύστημα.

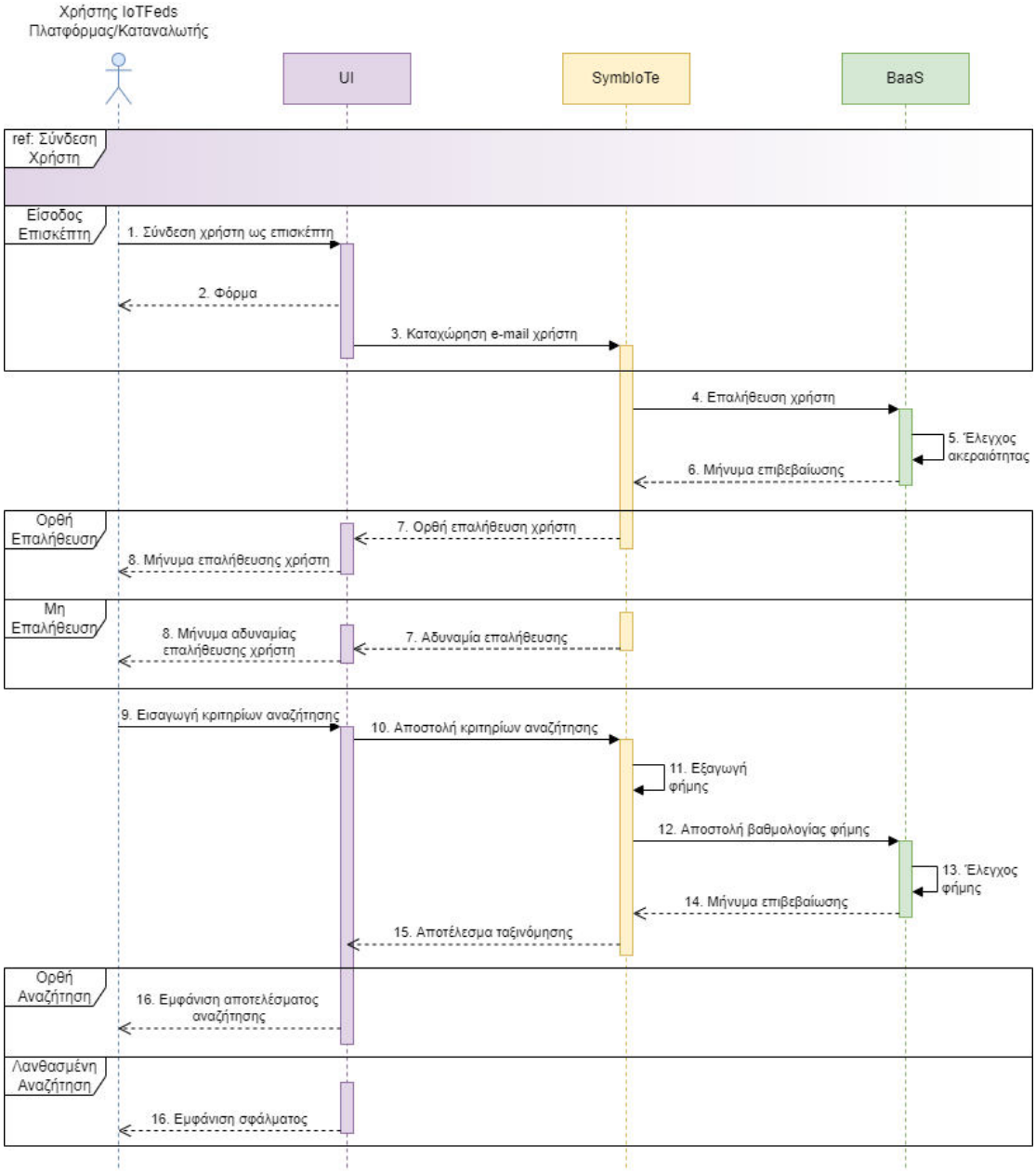


Εικόνα 36: Διάγραμμα ακολουθίας εγγραφής IoT συσκευών (IoTF-SD04).

Ο πάροχος της πλατφόρμας πρέπει να εγγράψει τις IoT συσκευές στο σύστημα για να μπορούν να ανακαλυφθούν από τα μέλη της ομοσπονδίας ή από τρίτους. Ο πάροχος της πλατφόρμας αρχικά συνδέεται στο σύστημα και καταχωρεί τα μεταδεδομένα των IoT συσκευών που θέλει να εγγράψει μέσω του symbIoTe API υποσυστήματος. Το symbIoTe API προωθεί την αίτηση στο symbIoTe Cloud υποσύστημα, από όπου ενημερώνονται όλα τα επιμέρους στοιχεία του symbIoTe. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την ενημέρωση του BaaS και ο χρήστης ενημερώνεται με το αποτέλεσμα της διαδικασίας και τα μεταδεδομένα των IoT συσκευών που εγγράφηκαν (μοναδικό αναγνωριστικό κ.ά.). Τεχνικές λεπτομέρειες και διεπαφές του συγκεκριμένου σεναρίου περιγράφονται στο παραδοτέο «Π2.1 - Αναφορά Μηχανισμών Διαχείρισης Ομοσπονδιών IoT και Σημασιολογικής Διαλειτουργικότητας».

7.5 Ανακάλυψη IoT Πόρων και Κατανεμημένη Αναζήτηση

Κάθε χρήστης της IoTFeds πλατφόρμας, είτε είναι εγγεγραμμένος σε αυτήν, είτε όχι, μπορεί να πραγματοποιεί αναζήτηση σχετικά με δεδομένα που τον ενδιαφέρουν, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 37, αφού πρώτα ολοκληρώσει την είσοδό του στο σύστημα.



Εικόνα 37: Διάγραμμα ακολουθίας ανακάλυψης IoT πόρων και κατανεμημένης αναζήτησης (IoTF-SD05).

Αναλυτικά, τα βήματα της διαδικασίας είναι ως εξής:

1. Ο χρήστης συνδέεται στο σύστημα εισάγοντας τα στοιχεία του, όπως αναλύθηκε στο διάγραμμα ακολουθίας IoTF-SD02, στην υποενότητα 7.2. Εναλλακτικά, αν δεν επιθυμεί να εγγραφεί στην πλατφόρμα, μπορεί να πραγματοποιήσει είσοδο στο σύστημα ως επισκέπτης.
2. Το UI επιστρέφει στο χρήστη την αντίστοιχη φόρμα.
3. Ο χρήστης καταχωρεί το e-mail του για να εισέλθει στο σύστημα.
4. Το symbIoTe πραγματοποιεί επαλήθευση του χρήστη βάσει του username που έχει καταχωρήσει (ισχύει μόνο στην περίπτωση του εγγεγραμμένου χρήστη).
5. Το BaaS πραγματοποιεί έλεγχο ακεραιότητας των δικαιωμάτων του χρήστη (ισχύει μόνο στην περίπτωση του εγγεγραμμένου χρήστη).
6. Αποστέλλει μήνυμα επιβεβαίωσης στο symbIoTe ότι ο χρήστης όντως υπάρχει στο σύστημα ή όχι (ισχύει μόνο στην περίπτωση του εγγεγραμμένου χρήστη).

7. Σε περίπτωση ορθής επαλήθευσης του χρήστη, το symbIoTe ενημερώνει το UI για την επαλήθευση του χρήστη (ισχύει μόνο στην περίπτωση του εγγεγραμμένου χρήστη).
8. Το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα επιτυχημένης επαλήθευσής του από το σύστημα (ισχύει μόνο στην περίπτωση του εγγεγραμμένου χρήστη).

Εναλλακτικά, σε περίπτωση μη επαλήθευσης του χρήστη, τα βήματα έχουν ως εξής:

7. Το symbIoTe ενημερώνει το UI για την αδυναμία επαλήθευσης του χρήστη (ισχύει μόνο στην περίπτωση του εγγεγραμμένου χρήστη).
8. Το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα ανεπιτυχούς επαλήθευσής του από το σύστημα (ισχύει μόνο στην περίπτωση του εγγεγραμμένου χρήστη).

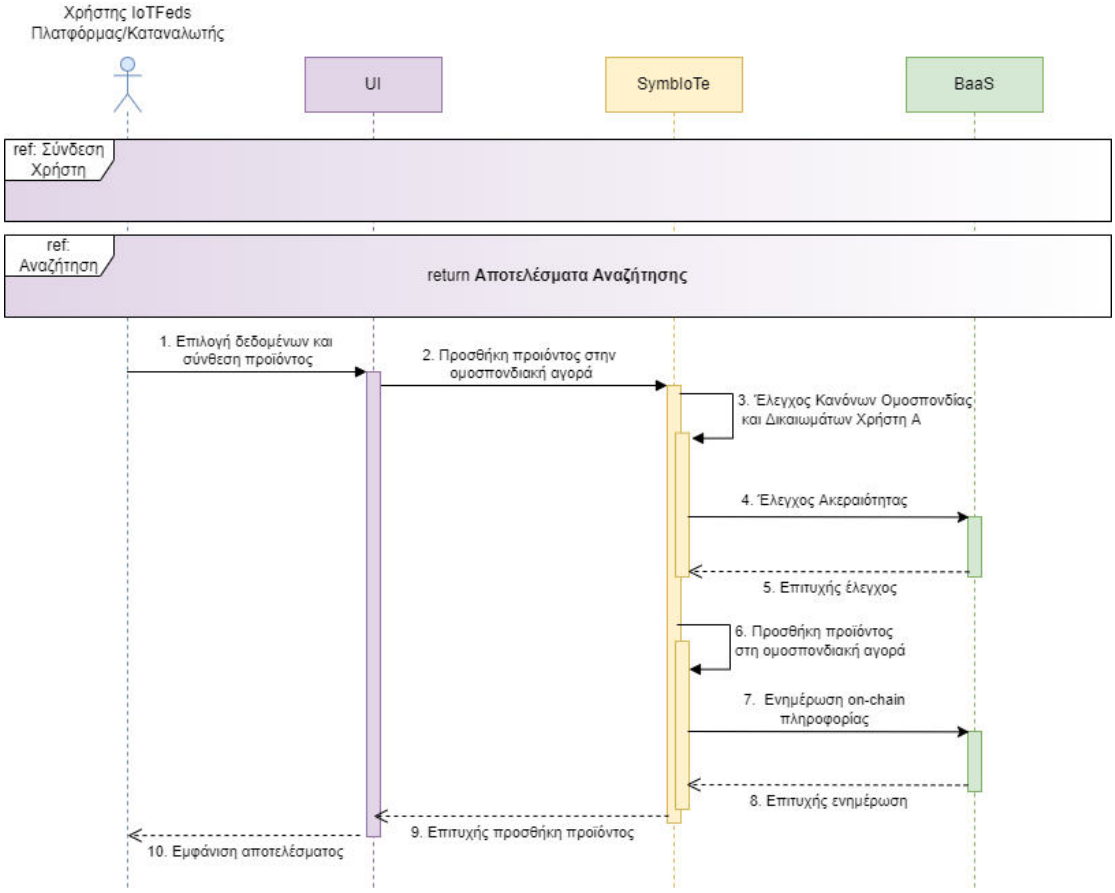
Μετά την ολοκλήρωση της επαλήθευσης του χρήστη, αν ο χρήστης δεν μπορεί να επαληθευτεί από το σύστημα, η διαδικασία τερματίζει σε αυτό το σημείο. Σε περίπτωση ορθής επαλήθευσης του χρήστη από το σύστημα, η διαδικασία συνεχίζει ως εξής:

9. Ο χρήστης εισάγει στο UI τα επιθυμητά κριτήρια αναζήτησης δεδομένων.
10. Το UI αποστέλλει τα κριτήρια αυτά στο symbIoTe.
11. Το symbIoTe εξάγει τη φήμη του παρόχου ή των παρόχων δεδομένων που έχουν επιλεγεί από το χρήστη.
12. Αποστέλλει τη βαθμολογία της φήμης του παρόχου στο BaaS.
13. Το BaaS εκτελεί έλεγχο της φήμης του παρόχου ή των παρόχων χρησιμοποιώντας τα usernames και την αντίστοιχη βαθμολογία τους.
14. Το BaaS αποστέλλει μήνυμα επιβεβαίωσης στο symbIoTe, αν δηλαδή ο υπολογισμός ήταν ορθός. Σε περίπτωση η βαθμολογία δεν επιβεβαιώνεται, το BaaS αποστέλλει στο symbIoTe μήνυμα αδυναμίας επιβεβαίωσης, καθώς και τη βαθμολογία που είναι καταχωρημένη σε αυτό.
15. Το symbIoTe αποστέλλει στο UI το αποτέλεσμα της ταξινόμησης των παρόχων.
16. Σε περίπτωση ορθής αναζήτησης, εμφανίζεται το αποτέλεσμα που έχει εισάγει βάσει των κριτηρίων του. Σε αντίθετη περίπτωση, το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα σφάλματος.

Οι τεχνικές λεπτομέρειες, οι διεπαφές καθώς και ένα πιο αναλυτικό διάγραμμα ακολουθίας του συγκεκριμένου σεναρίου παρουσιάζονται στο παραδοτέο «Π2.2 – Αναφορά Μηχανισμών Διαφήμισης, Ανακάλυψης και Ασφαλούς Πρόσβασης σε Πόρους IoT».

7.6 Σύνθεση Προϊόντος

Κάθε χρήστης της IoTFeds πλατφόρμας μπορεί να συνθέσει το επιθυμητό προϊόν με τα δεδομένα που προσφέρονται από την πλατφόρμα (Εικόνα 38).



Εικόνα 38: Διάγραμμα ακολουθίας σύνθεσης προϊόντος (IoTF-SD06).

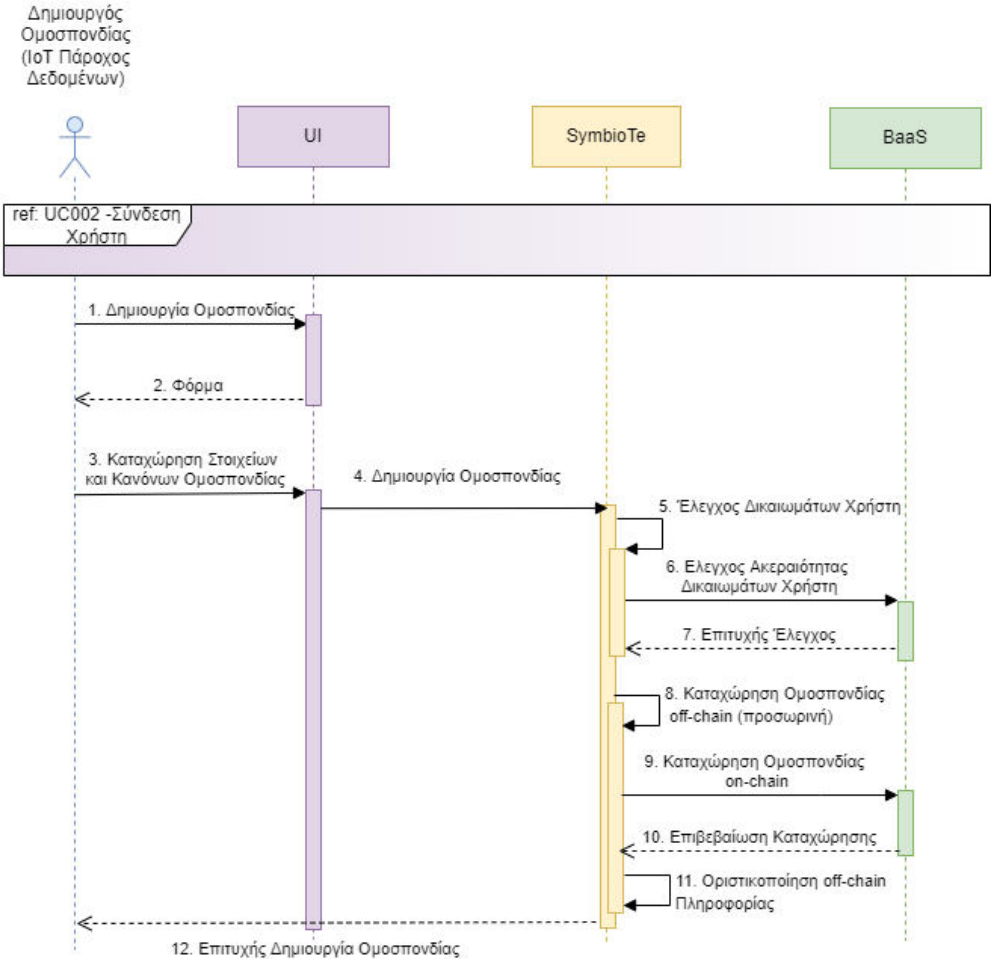
Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας σύνθεσης του προϊόντος, βασική προϋπόθεση είναι η σύνδεση του χρήστη στην IoTFeds πλατφόρμα και η αναζήτηση των επιθυμητών αποτελεσμάτων από το χρήστη. Στη συνέχεια, η διαδικασία συνεχίζει ως εξής:

1. Ο χρήστης επιλέγει τα δεδομένα που επιθυμεί ώστε να συνθέσει το επιθυμητό προϊόν.
2. Το UI προσθέτει στην ομοσπονδιακή αγορά στο symbIoTe το προϊόν που συνέθεσε ο χρήστης.
3. Το symbIoTe πραγματοποιεί έλεγχο τόσο των κανόνων της ομοσπονδίας στην οποία ο χρήστης είναι μέλος, όσο και τα δικαιώματα του συγκεκριμένου χρήστη.
4. Το BaaS πραγματοποιεί έλεγχο ακεραιότητας του χρήστη.
5. Επιστρέφει το αποτέλεσμα του ελέγχου πίσω στο symbIoTe.
6. Γίνεται προσθήκη του προϊόντος στην ομοσπονδιακή αγορά στο symbIoTe.
7. Το BaaS κάνει ενημέρωση της πληροφορίας on-chain.
8. Αποστέλλει πίσω στο symbIoTe μήνυμα επιτυχούς ενημέρωσης της πληροφορίας.
9. Το symbIoTe αποστέλλει στο UI μήνυμα επιτυχούς προσθήκης του προϊόντος.
10. Το UI ενημερώνει το χρήστη εμφανίζοντάς του το τελικό αποτέλεσμα.

Οι τεχνικές λεπτομέρειες, οι διεπαφές καθώς και ένα πιο αναλυτικό διάγραμμα ακολουθίας του συγκεκριμένου σεναρίου παρουσιάζονται στο παραδοτέο «Π2.2 – Αναφορά Μηχανισμών Διαφήμισης, Ανακάλυψης και Ασφαλούς Πρόσβασης σε Πόρους IoT».

7.7 Εγκαθίδρυση Ομοσπονδίας Πλατφορμών

Στην Εικόνα 39 παρουσιάζεται το διάγραμμα ακολουθίας για την εγκαθίδρυση μιας ομοσπονδίας IoT πλατφορμών.



Εικόνα 39: Διάγραμμα ακολουθίας εγκαθίδρυσης ομοσπονδίας πλατφορμών (IoTF-SD07).

Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα στην Εικόνα 39, η εγκαθίδρυση μιας IoTFeds ομοσπονδίας θα μπορεί να γίνει από ένα οποιοδήποτε χρήστη της IoTFeds πλατφόρμας, ο οποίος έχει το ρόλο του IoT Data Provider, ως εξής:

1. Ο χρήστης περιηγείται στο UI της IoTFeds πλατφόρμας και επιλέγει να δημιουργήσει μια νέα ομοσπονδία.
2. Μια φόρμα επιστρέφεται προς το χρήστη, όπου δύναται να καταχωρήσει την περιγραφή της ομοσπονδίας και τις εφαρμογές ή τους καθετοποιημένους κλάδους τους οποίους στοχεύει να εξυπηρετήσει. Οι καθετοποιημένοι κλάδοι δίνονται ως προεπιλογή και ο δημιουργός της ομοσπονδίας επιλέγει με ποιους είναι συναφής η ομοσπονδία. Επίσης, επιστρέφεται ένα πρότυπο (template) στο χρήστη όπου δύναται να ορίσει τους κανόνες της ομοσπονδίας με δομημένο τρόπο.
3. Αφού συμπληρώσει την περιγραφή και τους κανόνες της ομοσπονδίας, ο χρήστης αιτείται τη δημιουργία της μέσω του UI.
4. Το αίτημα δημιουργίας της ομοσπονδίας προωθείται στο symbIoTe.
5. Το symbIoTe διενεργεί έλεγχο των δικαιωμάτων του αιτούμενου χρήστη, δηλαδή αν έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ομοσπονδία. Η δημιουργία ομοσπονδίας επιτρέπεται σε χρήστες που έχουν το ρόλο του IoT Data Provider, ενώ ο χρήστης θα

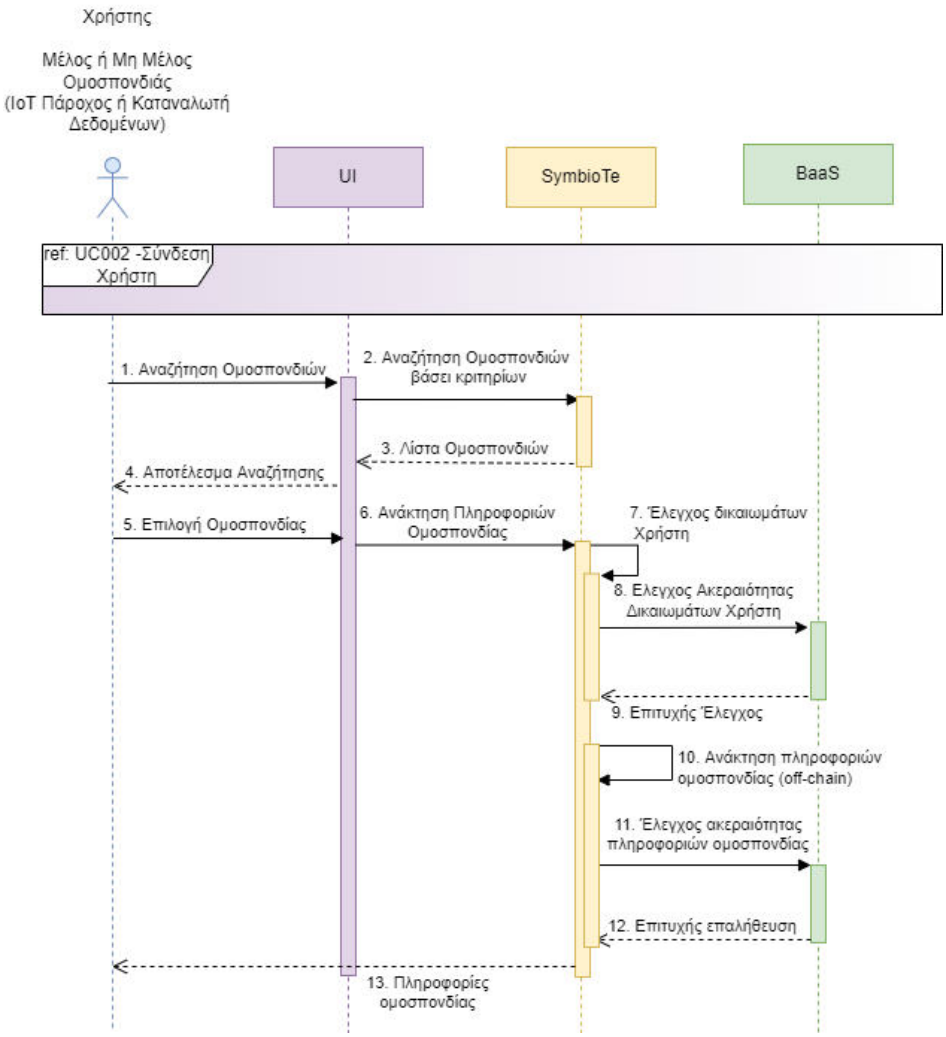
πρέπει να καταβάλλει μια συγκεκριμένη ποσότητα από IoTFeds utility tokens (κουπόνια χρησιμότητας), για να καλύψει το κόστος δημιουργίας της ομοσπονδίας.

6. Το symbIoTe συμβουλεύεται το BaaS για την ακεραιότητα της πληροφορίας που διατηρείται εκτός αλυσίδας (off-chain) σχετικά με τα δικαιώματα του χρήστη.
7. Το BaaS ενημερώνει το symbIoTe για τον επιτυχή έλεγχο ακεραιότητας.
8. Το symbIoTe αποθηκεύει όλες τις πληροφορίες σχετικά με την ομοσπονδία off-chain, θεωρώντας την κατάσταση της πληροφορίας προσωρινή μέχρι την αποθήκευσή της στο BaaS.
9. Το symbIoTe προωθεί τις απαραίτητες πληροφορίες για αποθήκευση στο BaaS.
10. Το BaaS ενημερώνει για την επιτυχή καταγραφή της πληροφορίας.
11. Μετά τη λήψη της επιβεβαίωσης από το BaaS, το symbIoTe θεωρεί την off-chain πληροφορία έγκυρη.
12. Το symbIoTe ενημερώνει το χρήστη μέσω του UI για την επιτυχή δημιουργία της ομοσπονδίας.

Τεχνικές λεπτομέρειες και διεπαφές του συγκεκριμένου σεναρίου περιγράφονται στο παραδοτέο «Π2.1 - Αναφορά Μηχανισμών Διαχείρισης Ομοσπονδιών IoT και Σημασιολογικής Διαλειτουργικότητας».

7.8 Ανάκτηση Πληροφοριών Ομοσπονδίας

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα στην Εικόνα 40, ένας χρήστης της IoTFeds πλατφόρμας έχει τη δυνατότητα να αναζητήσει και να ανακτήσει τις πληροφορίες μιας ομοσπονδίας. Ανάλογα με την πολιτική της εκάστοτε ομοσπονδίας, οι πληροφορίες της θα δύνανται να ανακτώνται είτε από οποιονδήποτε χρήστη, είτε μόνο από μέλη της ομοσπονδίας. Στη δεύτερη περίπτωση, ένας χρήστης που δεν είναι μέλος της ομοσπονδίας θα μπορεί να ανακτήσει την περιγραφή μιας ομοσπονδίας μόνο αφού λάβει πρόσκληση για συμμετοχή σε αυτή (υποενότητα 7.9.2).



Εικόνα 40: Διάγραμμα ακολουθίας ανάκτησης πληροφοριών ομοσπονδίας (IoTF-SD08).

Αναλυτικά, τα βήματα για την ανάκτηση των πληροφοριών της ομοσπονδίας έχουν ως εξής:

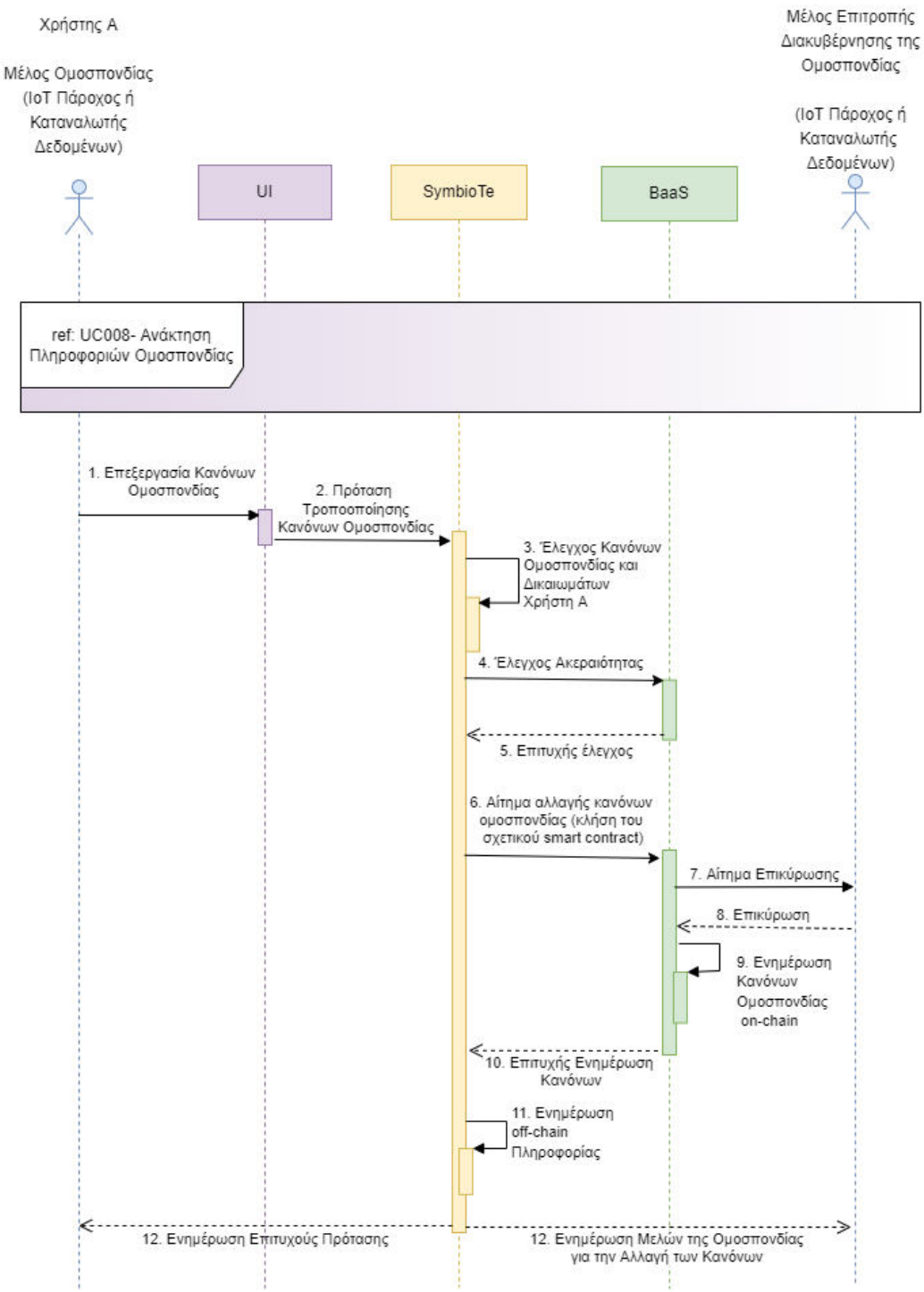
1. Ο χρήστης περιηγείται στο UI και επιλέγει να αναζητήσει μια ομοσπονδία βάσει κριτηρίων που εισάγει, π.χ. σχετικά με τις καθετοποιημένες αγορές ή τον τύπο των εφαρμογών που εξυπηρετεί μια ομοσπονδία.
2. Το αίτημα αναζήτησης βάσει των κριτηρίων του χρήστη προωθείται στο symbIoTe.
3. Το symbIoTe επιστρέφει τη λίστα των ομοσπονδιών που ικανοποιούν τα κριτήρια του χρήστη.
4. Η λίστα των ομοσπονδιών εμφανίζεται στο χρήστη μέσω του UI.
5. Ο χρήστης επιλέγει μια ομοσπονδία από τη λίστα και αιτείται ανάκτηση των πληροφοριών της.
6. Το αίτημα του χρήστη προωθείται από το UI στο symbIoTe.
7. Το symbIoTe διενεργεί έλεγχο των δικαιωμάτων του αιτούμενου χρήστη, δηλαδή έλεγχο του αν ο συγκεκριμένος χρήστης έχει τη δυνατότητα να ανακτήσει τις πληροφορίες της συγκεκριμένης ομοσπονδίας. Για παράδειγμα, αν οι πληροφορίες της ομοσπονδίας μπορούν να ανακτηθούν μόνο από μέλη της, τότε το αίτημα του χρήστη θα απορρίπτεται.
8. Για τον έλεγχο των δικαιωμάτων του χρήστη, το symbIoTe θα συμβουλεύεται το BaaS για την επαλήθευση της ακεραιότητας της off-chain πληροφορίας.
9. Το BaaS ενημερώνει το symbIoTe για τον επιτυχή έλεγχο ακεραιότητας.

10. Το symbIoTe ανακτά τις off-chain πληροφορίες της ομοσπονδίας.
11. Το symbIoTe συμβουλεύεται το BaaS για έλεγχο της ακεραιότητας των πληροφοριών της ομοσπονδίας.
12. Το BaaS ενημερώνει το symbIoTe για τον επιτυχή έλεγχο ακεραιότητας.
13. Οι πληροφορίες της ομοσπονδίας ανακτώνται και επιστρέφονται στο χρήστη μέσω του UI.

Τεχνικές λεπτομέρειες και διεπαφές του συγκεκριμένου σεναρίου περιγράφονται στο παραδοτέο «Π2.1 - Αναφορά Μηχανισμών Διαχείρισης Ομοσπονδιών IoT και Σημασιολογικής Διαλειτουργικότητας».

7.9 Διαχείριση Κανόνων Ομοσπονδίας

Κάθε χρήστης που συμμετέχει σε μια ομοσπονδία δύναται να προτείνει την αλλαγή κάποιου κανόνα ή πολιτικής της ομοσπονδίας ή ακόμα και την προσθήκη ενός νέου κανόνα. Όπως και οι υπόλοιπες διαδικασίες της ομοσπονδίας, μια αλλαγή των κανόνων θα πρέπει να επικυρωθεί από μέλη της Επιτροπής Διακυβέρνησης της ομοσπονδίας. Τα βήματα και οι διαδικασίες για την αλλαγή των κανόνων που παρουσιάζονται στην Εικόνα 41 ακολουθούν την ίδια λογική με το διάγραμμα ακολουθίας IoTF-SD10a (υποενότητα 7.9.1) και τα διαγράμματα ακολουθίας IoTF-SD12 (υποενότητα 7.11).



Εικόνα 41: Διάγραμμα ακολουθίας διαχείρισης κανόνων ομοσπονδίας (IoTF-SD09).

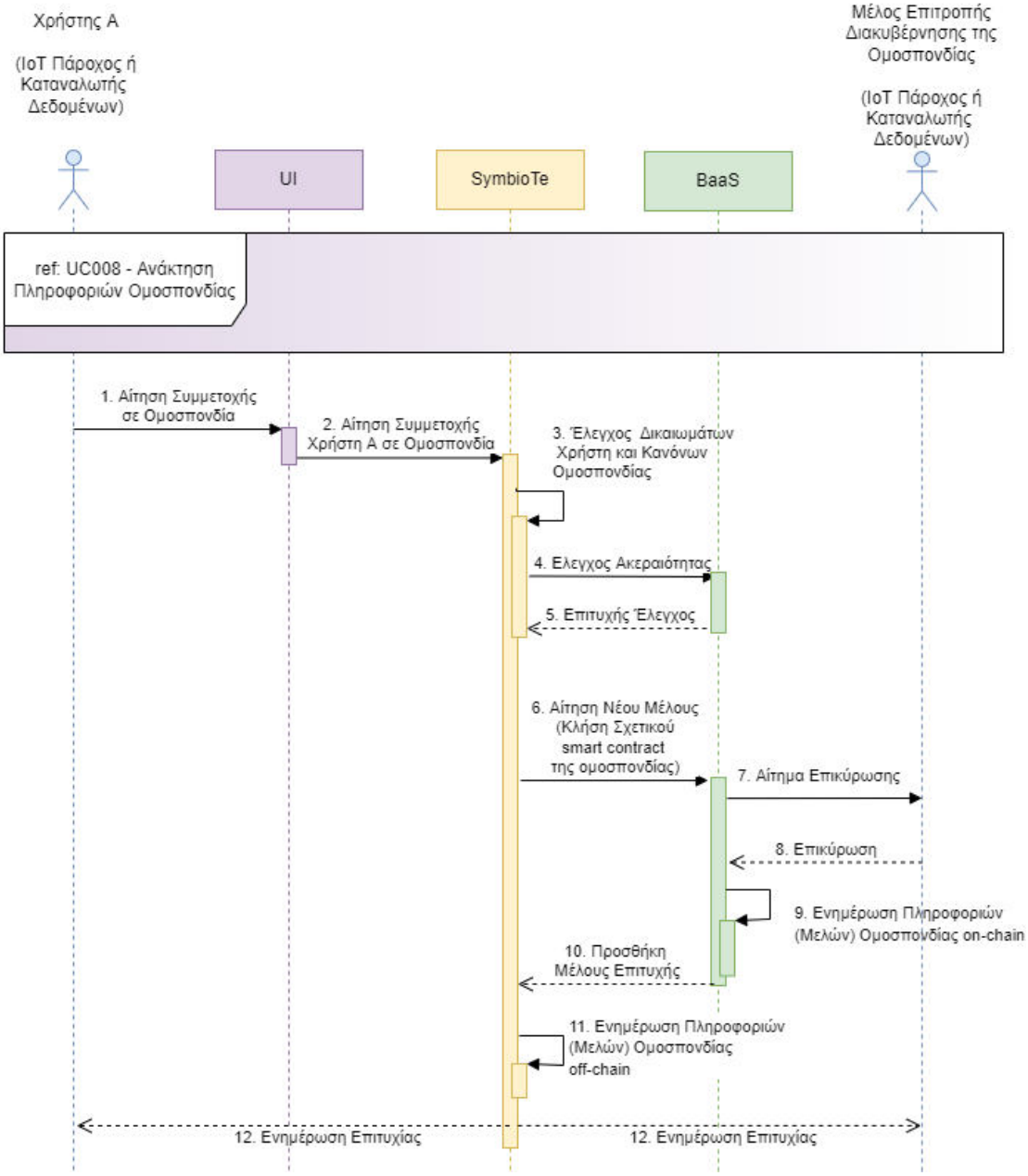
Τεχνικές λεπτομέρειες και διεπαφές του συγκεκριμένου σεναρίου περιγράφονται στο ππαραδοτέο «Π2.1 - Αναφορά Μηχανισμών Διαχείρισης Ομοσπονδιών IoT και Σημασιολογικής Διαλειτουργικότητας».Συμμετοχή Μέλους σε Ομοσπονδία

Η συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης διακρίνεται σε δύο επιμέρους υποπεριπτώσεις, τη συμμετοχή νέου μέλους σε ομοσπονδία (υποενότητα 7.9.1) και την πρόσκληση μέλους σε ομοσπονδία (υποενότητα 7.9.2). Στην πρώτη περίπτωση ο χρήστης αιτείται μόνος του τη

συμμετοχή του, ενώ στη δεύτερη περίπτωση προϋπόθεση είναι ο χρήστης να έχει λάβει πρόσκληση από ήδη υπάρχον μέλος της ομοσπονδίας. Τεχνικές λεπτομέρειες και διεπαφές του συγκεκριμένου σεναρίου περιγράφονται στο παραδοτέο «Π2.1 - Αναφορά Μηχανισμών Διαχείρισης Ομοσπονδιών IoT και Σημασιολογικής Διαλειτουργικότητας».

7.9.1 Συμμετοχή Νέου Μέλους σε Υπάρχουσα Ομοσπονδία

Ένας χρήστης έχει τη δυνατότητα να αιτηθεί τη συμμετοχή του σε μια ομοσπονδία (Εικόνα 42). Το σύνολο των μελών που αξιολογεί μια αίτηση συμμετοχής ορίζεται από τους κανόνες της εκάστοτε ομοσπονδίας και καλείται «Επιτροπή Διακυβέρνησης». Η έννοια της Επιτροπής Διακυβέρνησης και, γενικότερα, η λειτουργία των ομοσπονδιών ως «Αποκεντρικοποιημένοι Αυτόνομοι Οργανισμοί (DAO)» για τη λήψη αποφάσεων αναλύονται στο επόμενο παραδοτέο Π2.1.



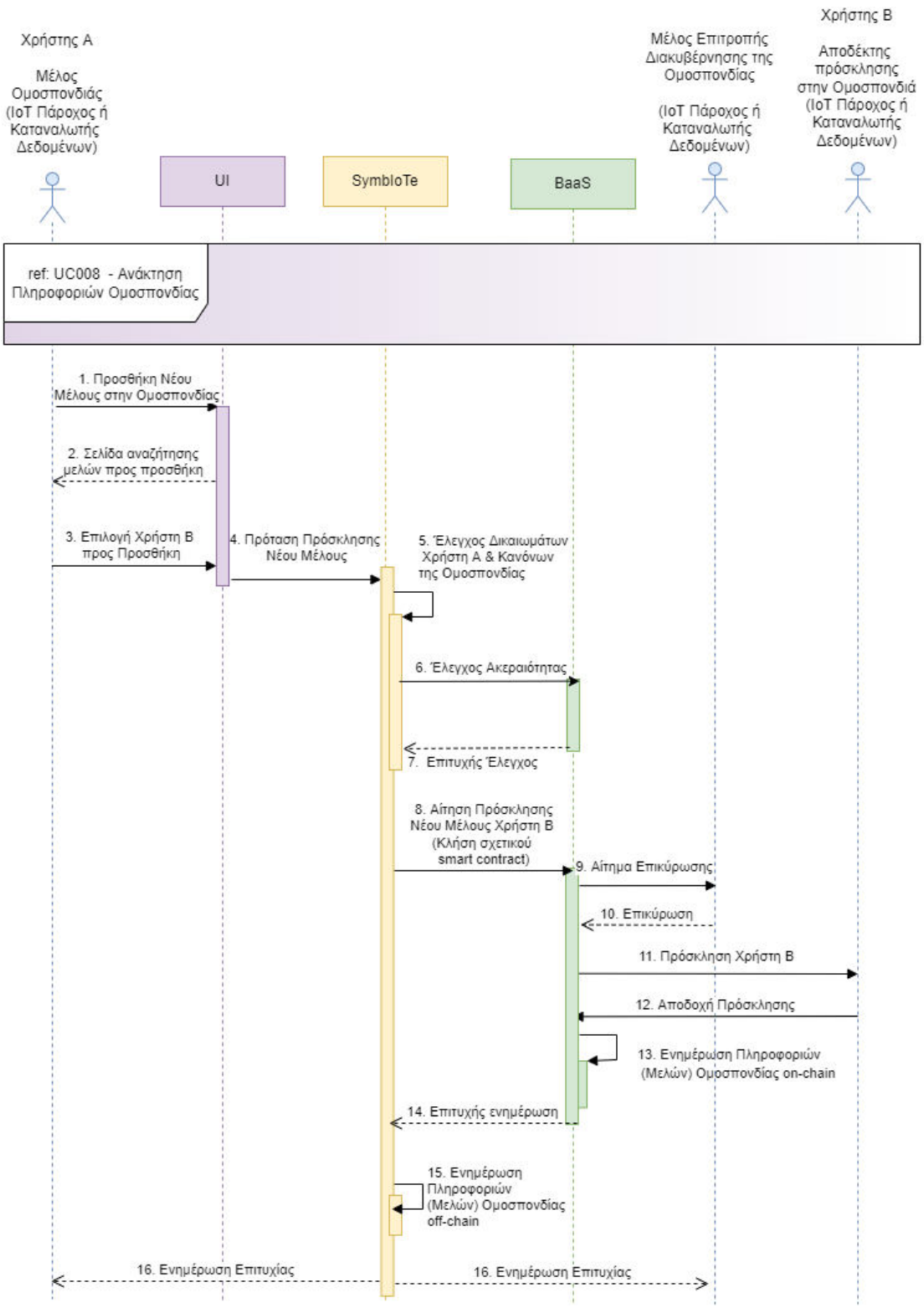
Εικόνα 42: Διάγραμμα ακολουθίας συμμετοχής νέου μέλους σε υπάρχουσα ομοσπονδία (IoTF-SD10a).

Γενικότερα, σε μια ομοσπονδία που λειτουργεί ως DAO, οποιαδήποτε απόφαση της ομοσπονδίας είναι προϊόν ψηφοφορίας από ένα σύνολο μελών (Επιτροπή Διακυβέρνησης) που ορίζονται από τους κανόνες της ομοσπονδίας, ως εξής:

1. Αφού ο χρήστης Α έχει περιηγηθεί στο UI και έχει εντοπίσει την ομοσπονδία στην οποία θέλει να συμμετέχει, αιτείται τη συμμετοχή του σε αυτή.
2. Το αίτημα του χρήστη Α προωθείται από το UI στο symbIoTe.
3. Το symbIoTe διενεργεί έλεγχο των δικαιωμάτων του αιτούμενου χρήστη σε συνδυασμό με τους κανόνες της ομοσπονδίας, δηλαδή αν βάσει του ρόλου του έχει το δικαίωμα αίτησης συμμετοχής σε αυτή. Επίσης, ο χρήστης Α θα πρέπει να έχει το απαραίτητο απόθεμα σε IoTFeds utility tokens για να καλύψει το κόστος που επιφέρει το αίτημα.
4. Το symbIoTe συμβουλεύεται το BaaS για να επιβεβαιώσει την ακεραιότητα της σχετικής πληροφορίας.
5. Το BaaS ενημερώνει το symbIoTe για τον επιτυχή έλεγχο ακεραιότητας.
6. Το αίτημα συμμετοχής του χρήστη προωθείται στο BaaS όπου και εκτελείται σχετικό έξυπνο συμβόλαιο (smart contract) για τη διεξαγωγή ψηφοφορίας από τα μέλη της Επιτροπής Διακυβέρνησης της ομοσπονδίας που ορίζονται από τους κανόνες της συγκεκριμένης ομοσπονδίας και καταγράφονται στο συμβόλαιο. Στην περίπτωση που υπεύθυνο για την απόφαση είναι ένα μέλος που έχει οριστεί ως διαχειριστής, δηλαδή αποτελεί μοναδικό μέλος της Επιτροπής Διακυβέρνησης, τότε πρόκειται για μια ψηφοφορία που λαμβάνει υπόψη μόνο τη συγκεκριμένη ψήφο.
7. Το έξυπνο συμβόλαιο αιτείται την επικύρωση της αίτησης νέου μέλους, ζητώντας την επικύρωση συγκεκριμένων μελών μέσω ψηφοφορίας (υπέρ ή κατά) και θέτοντας ένα χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο μπορεί κάποιος να αποστείλει την ψήφο του.
8. Τα μέλη που έλαβαν το αίτημα ανταποκρίνονται αποστέλλοντας την ψήφο τους.
9. Το σύνολο των ψήφων αξιολογείται από το έξυπνο συμβόλαιο και αποφασίζεται αν εγκρίθηκε η αίτηση βάσει της συνθήκης που έχει τεθεί. Οι κανόνες της ομοσπονδίας, και κατ' επέκταση το έξυπνο συμβόλαιο, ορίζουν τη βαρύτητα της κάθε ψήφου και το απαιτούμενο ποσοστό των «υπέρ» ψήφων (π.χ. >50%) για την έγκριση του αιτήματος. Μετά την έγκριση του αιτήματος, το BaaS ανανεώνει την on-chain πληροφορία για τα μέλη της ομοσπονδίας και ανανεώνει τα δικαιώματα του χρήστη Α.
10. Το BaaS ενημερώνει το symbIoTe για την επιτυχή προσθήκη του μέλους.
11. Το symbIoTe ενημερώνει την off-chain πληροφορία ανάλογα.
12. Το symbIoTe ενημερώνει το χρήστη για την έγκριση της αίτησής του μέσω του UI και τα υπόλοιπα μέλη της ομοσπονδίας για την είσοδο του νέου μέλους.

7.9.2 Πρόσκληση Μέλους σε Ομοσπονδία

Ένας χρήστης-μέλος μιας συγκεκριμένης ομοσπονδίας έχει τη δυνατότητα να προσκαλέσει νέα μέλη. Ανάλογα με τους κανόνες μιας ομοσπονδίας, μια πρόσκληση μπορεί να χρειάζεται έγκριση από την Επιτροπή Διακυβέρνησης ή όχι. Στο διάγραμμα ακολουθίας στην Εικόνα 43 παρουσιάζεται η περίπτωση που η αποστολή πρόσκλησης απαιτεί την έγκριση των μελών της Επιτροπής Διακυβέρνησης της ομοσπονδίας πριν αποσταλεί.



Εικόνα 43: Διάγραμμα ακολουθίας πρόσκλησης μέλους σε ομοσπονδία (IoTF-SD10b).

Αναλυτικά, τα βήματα που ακολουθούνται για τη συγκεκριμένη διαδικασία είναι τα εξής:

1. Ο χρήστης Α περιηγείται στο UI, ανακτά τις πληροφορίες της ομοσπονδίας στην οποία συμμετέχει και επιλέγει να προσθέσει ένα νέο μέλος.
2. Το UI επιστρέφει μία σελίδα όπου ο χρήστης Α δύναται να αναζητήσει το χρήστη που θέλει να προσθέσει στην ομοσπονδία.

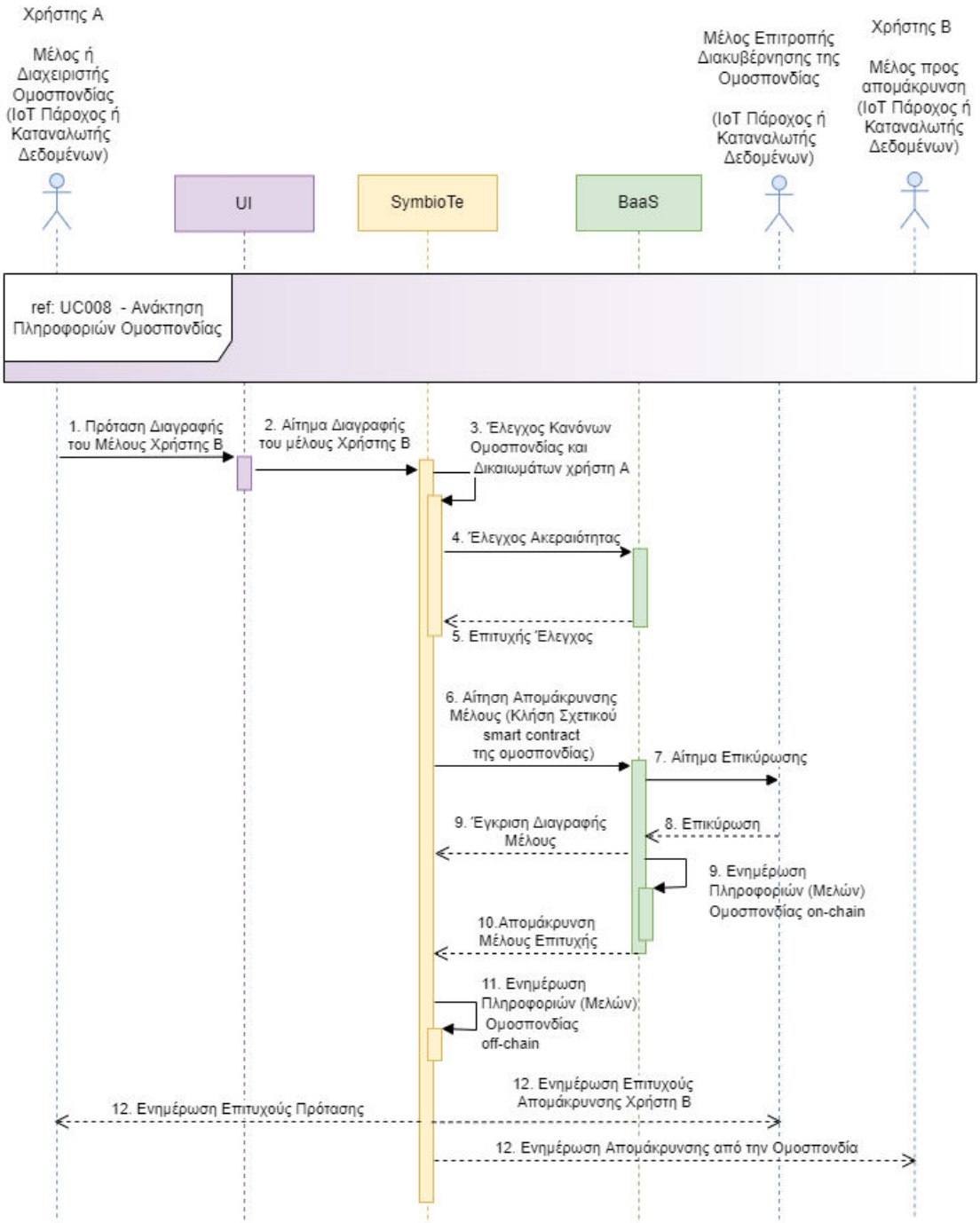
3. Ο χρήστης Α επιλέγει στο UI να προσκαλέσει το χρήστη Β.
4. Το αίτημα για πρόσκληση του χρήστη Β προωθείται στο symbIoTe.
5. Το symbIoTe κάνει έλεγχο αν ο χρήστης έχει το δικαίωμα να αποστείλει πρόσκληση για συμμετοχή τρίτου στη συγκεκριμένη ομοσπονδία. Ο παραπάνω έλεγχος απαιτεί τόσο τον έλεγχο του αν ο χρήστης ανήκει στην ομοσπονδία, όσο και αν οι κανόνες της ομοσπονδίας του το επιτρέπουν. Ο χρήστης Α θα πρέπει να έχει το απαραίτητο απόθεμα σε IoTFeds utility tokens για να καλύψει το κόστος που επιφέρει το αίτημά του.
6. Το symbIoTe συμβουλεύεται το BaaS για την ακεραιότητα της παραπάνω πληροφορίας.
7. Το BaaS ενημερώνει το symbIoTe για τον επιτυχημένο έλεγχο ακεραιότητας.
8. Το αίτημα πρόσκλησης συμμετοχής προωθείται στο BaaS όπου και εκτελείται το σχετικό έξυπνο συμβόλαιο για τη διεξαγωγή ψηφοφορίας από τα μέλη της Επιτροπής Διακυβέρνησης της ομοσπονδίας.
9. Το έξυπνο συμβόλαιο αιτείται την επικύρωση της αίτησης πρόσκλησης του νέου μέλους από τα συγκεκριμένα μέλη μέσω ψηφοφορίας (υπέρ ή κατά).
10. Τα μέλη ανταποκρίνονται στο αίτημα αποστέλλοντας την ψήφο τους.
11. Το BaaS αξιολογεί το αποτέλεσμα της ψηφοφορίας και αφού ικανοποιηθεί η συνθήκη που ορίζεται από το έξυπνο συμβόλαιο, τότε αποστέλλει πρόσκληση συμμετοχής στη χρήστη Β.
12. Ο χρήστης Β αποδέχεται την πρόσκληση.
13. Το BaaS ενημερώνει την on-chain περιγραφή της ομοσπονδίας.
14. Το BaaS ενημερώνει το symbIoTe για την επιτυχή προσθήκη του νέου μέλους.
15. Το symbIoTe ενημερώνει την off-chain πληροφορία.
16. Το symbIoTe ενημερώνει το χρήστη Α για την αποδοχή της πρόσκλησης από το χρήστη Β μέσω του UI, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της ομοσπονδίας για την είσοδο νέου μέλους.

7.10 Απομάκρυνση Μελών από Ομοσπονδία

Η συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης διακρίνεται σε δύο επιμέρους υποπεριπτώσεις, την απομάκρυνση μέλους από ομοσπονδία (υποενότητα 7.10.1) και την αποχώρηση μέλους από ομοσπονδία (υποενότητα 7.10.2). Στην πρώτη περίπτωση, το άτομο αποχωρεί οικειοθελώς από την ομοσπονδία, ενώ αντίθετα στη δεύτερη περίπτωση προτείνεται προς αποχώρηση από κάποιο άλλο μέλος της ίδιας ομοσπονδίας. Τεχνικές λεπτομέρειες και διεπαφές του συγκεκριμένου σεναρίου περιγράφονται στο παραδοτέο «Π2.1 - Αναφορά Μηχανισμών Διαχείρισης Ομοσπονδιών IoT και Σημασιολογικής Διαλειτουργικότητας».

7.10.1 Απομάκρυνση Μέλους από Ομοσπονδία

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 44, ένας χρήστης-μέλος μιας συγκεκριμένης ομοσπονδίας έχει τη δυνατότητα να προτείνει τη διαγραφή κάποιου άλλου μέλους της ομοσπονδίας, π.χ. για παραβίαση κανόνων.



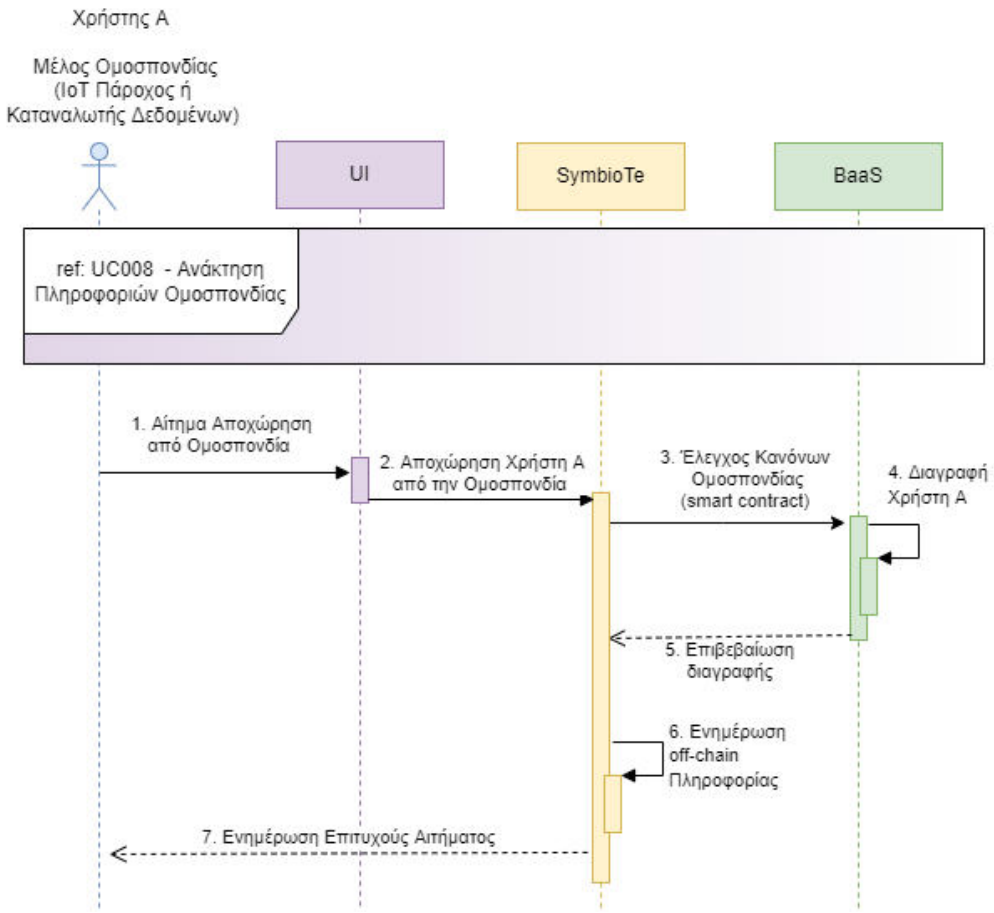
Εικόνα 44: Διάγραμμα ακολουθίας απομάκρυνσης μέλους από ομοσπονδία (IoTF-SD11a).

Τα βήματα της διαδικασίας είναι αρκετά όμοια με αυτά της πρόσκλησης νέου μέλους στο διάγραμμα ακολουθίας IoTF-SD10b (υποενότητα 7.9.2), και έχει ως εξής:

1. Αφού ο χρήστης Α ανακτήσει τις πληροφορίες της ομοσπονδίας που τον ενδιαφέρει, μπορεί μέσω του UI να έχει πρόσβαση στη λίστα των μελών. Στη συνέχεια, μπορεί να επιλέξει το μέλος που επιθυμεί και να το προτείνει προς απομάκρυνση.
2. (έως και 12): Τα υπόλοιπα βήματα εκτελούνται με τη λογική που περιγράφηκε στο διάγραμμα ακολουθίας IoTF-SD10b, στην υποενότητα 7.9.2. Η μόνη διαφορά είναι ότι δεν αποστέλλεται κάποιας μορφής πρόσκληση στο χρήστη Β, αλλά αντίθετα του ανακοινώνεται η απομάκρυνσή του.

7.10.2 Αποχώρηση Μέλους από Ομοσπονδία

Ένας χρήστης έχει το δικαίωμα να αποχωρήσει από την ομοσπονδία οποιαδήποτε στιγμή, αν του το επιτρέπουν οι κανόνες της ομοσπονδίας, δηλαδή αν έχει ολοκληρώσει τις υποχρεώσεις του απέναντι στην ομοσπονδία (Εικόνα 45).



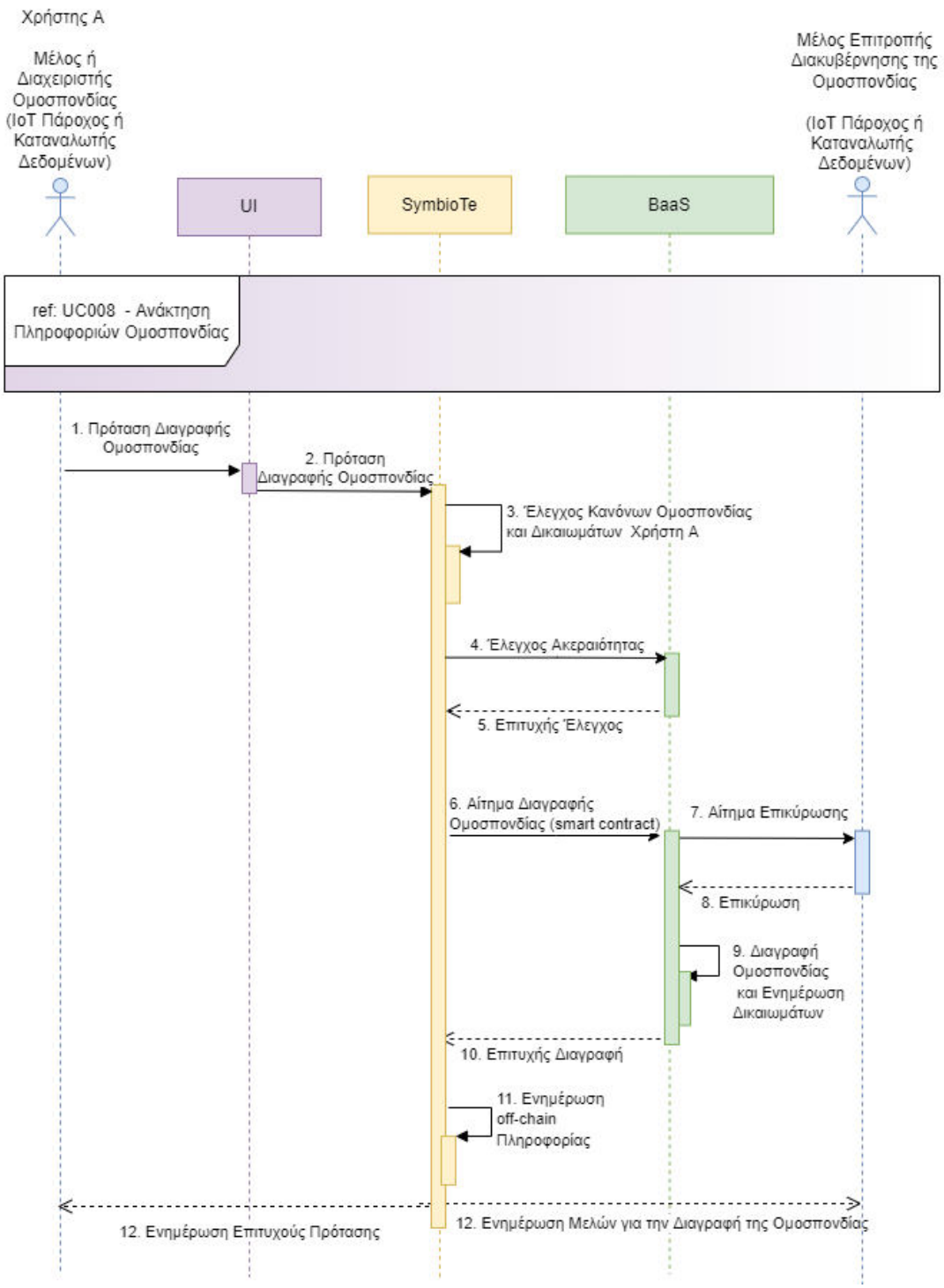
Εικόνα 45: Διάγραμμα ακολουθίας αποχώρησης μέλους από ομοσπονδία (IoTF-SD11b).

Αναλυτικότερα, η διαδικασία έχει ως εξής:

1. Αφού ο χρήστης Α ανακτήσει τις πληροφορίες της ομοσπονδίας που τον ενδιαφέρει, δύναται μέσω του UI να επιλέξει να αποχωρήσει.
2. Το αίτημα αποχώρησης προωθείται στο symbIoTe.
3. Το symbIoTe προωθεί το αίτημα στο BaaS όπου εκτελείται στο σχετικό έξυπνο συμβόλαιο για την αποχώρηση του χρήστη. Το έξυπνο συμβόλαιο διενεργεί έλεγχο αν ο χρήστης έχει εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του απέναντι στην ομοσπονδία, βάσει των κανόνων της.
4. Με την επιτυχή εκτέλεση του έξυπνου συμβολαίου, το BaaS διαγράφει τον χρήστη Α και ανανεώνει την on-chain πληροφορία για τη λίστα των μελών της ομοσπονδίας.
5. Το BaaS ενημερώνει το symbIoTe για την επιτυχή διαγραφή του χρήστη Α.
6. Το symbIoTe ανανεώνει τη σχετική off-chain πληροφορία.
7. Το symbIoTe ενημερώνει μέσω του UI το χρήστη Α για την επιτυχία του αιτήματός του.

7.11 Διαγραφή Ομοσπονδίας και των Μελών της

Ένας χρήστης έχει το δικαίωμα να προτείνει τη διαγραφή μιας ομοσπονδίας στην οποία είναι μέλος, αν οι κανόνες της του το επιτρέπουν. Όπως και σε προηγούμενες περιπτώσεις χρήσης, το αίτημα διαγραφής θα εκκινήσει μια διαδικασία ψηφοφορίας από τα μέλη της Επιτροπής Διακυβέρνησης της (Εικόνα 46).



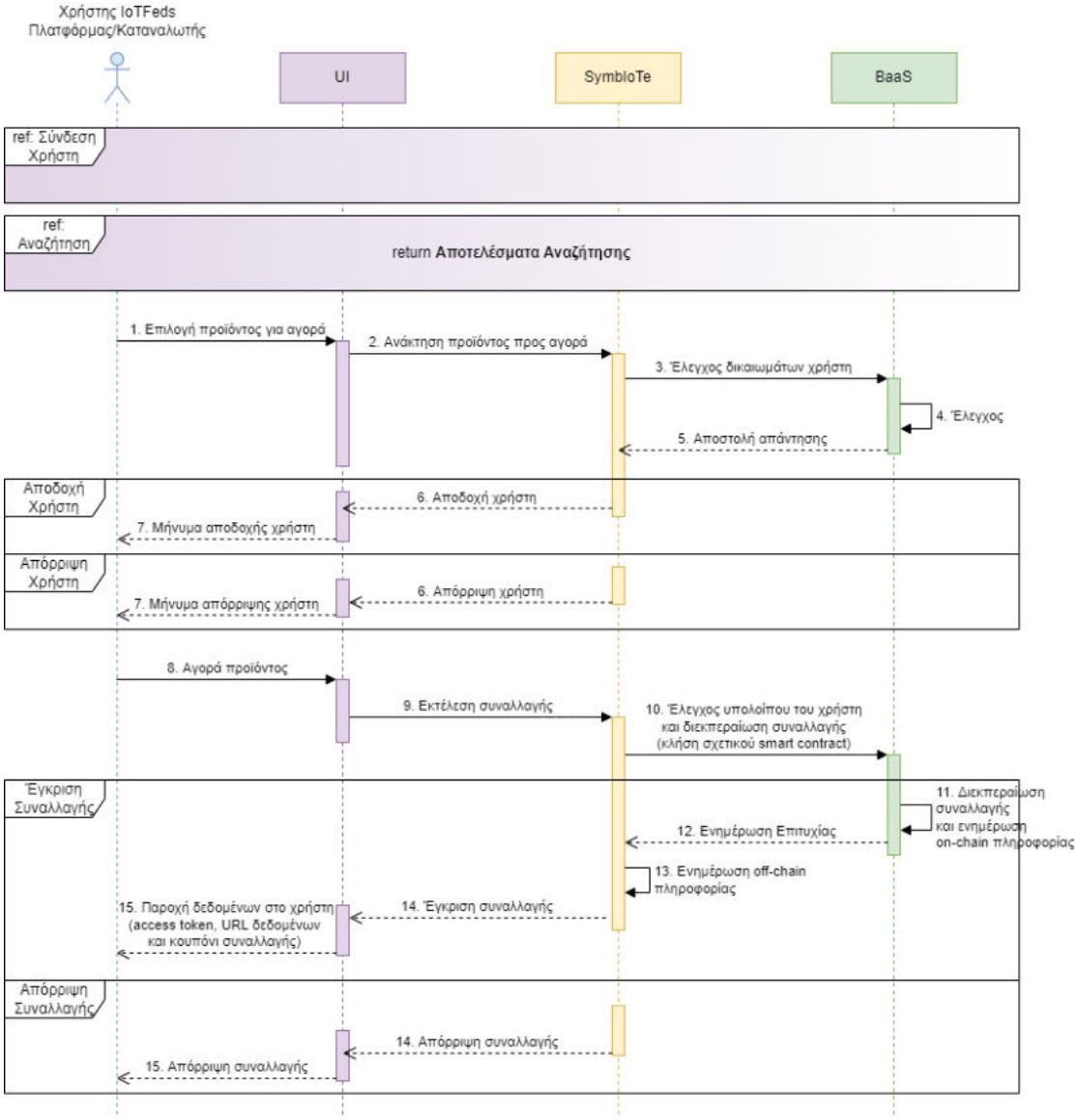
Εικόνα 46: Διάγραμμα ακολουθίας διαγραφής ομοσπονδίας και των μελών της (IoTF-SD12).

Πιο συγκεκριμένα, τα βήματα που ακολουθούνται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας διαγραφής μιας ομοσπονδίας έχουν ως εξής:

1. Αφού ο χρήστης Α ανακτήσει τις πληροφορίες της ομοσπονδίας που τον ενδιαφέρει, επιλέγει μέσω του UI να προτείνει τη διαγραφή αυτής.
2. Το αίτημα διαγραφής προωθείται στο symbIoTe.
3. Το symbIoTe ελέγχει τους κανόνες της ομοσπονδίας σε συνδυασμό με τα δικαιώματα του χρήστη Α, για να αποφασίσει αν ο συγκεκριμένος χρήστης έχει το δικαίωμα να προτείνει της διαγραφή της ομοσπονδίας. Για παράδειγμα, ίσως οι κανόνες της ομοσπονδίας να επιτρέπουν πρόταση διαγραφής μόνο από το δημιουργό της. Επίσης, ο χρήστης Α θα πρέπει να έχει το απαραίτητο απόθεμα σε IoTFeds utility tokens για να καλύψει το κόστος που επιφέρει το αίτημα.
4. Το symbIoTe συμβουλεύεται το BaaS για την ακεραιότητα της πληροφορίας σχετικά με τους κανόνες της ομοσπονδίας και τα δικαιώματα του χρήστη Α.
5. Το BaaS ενημερώνει το symbIoTe για τον επιτυχή έλεγχο.
6. Το symbIoTe, στη συνέχεια, δημιουργεί ένα αίτημα διαγραφής και το αποστέλλει προς το BaaS καλώντας προς εκτέλεση το σχετικό έξυπνο συμβόλαιο.
7. Το έξυπνο συμβόλαιο που εκτελείται στο BaaS εκκινεί τη διαδικασία ψηφοφορίας για την έγκριση του αιτήματος διαγραφής, ζητώντας τα μέλη της Επιτροπής Διακυβέρνησης της ομοσπονδίας να απαντήσουν θετικά ή αρνητικά.
8. Τα μέλη ανταποκρίνονται είτε με θετική, είτε με αρνητική ψήφο.
9. Όταν λάβει το σύνολο των ψήφων ή μετά το πέρας μιας χρονικής διάρκειας, το έξυπνο συμβόλαιο αξιολογεί αν η συνθήκη (π.χ. υπέρ >50%) για τη διαγραφή της ομοσπονδίας ικανοποιείται. Αν ναι, διαγράφει την ομοσπονδία και ενημερώνει την on-chain πληροφορία σχετικά με τις ομοσπονδίες και τα δικαιώματα των χρηστών.
10. Το BaaS ενημερώνει το symbIoTe για την επιτυχημένη διαγραφή.
11. Το symbIoTe ενημερώνει τη σχετική off-chain πληροφορία για τις ομοσπονδίες και τα δικαιώματα των χρηστών.
12. Ο χρήστης Α και όλα τα μέλη της ομοσπονδίας ενημερώνονται για τη διαγραφή της.

7.12 Αγορά Δεδομένων

Οποιοσδήποτε χρήστης που είναι εγγεγραμμένος στην IoTFeds πλατφόρμα μπορεί να προχωρήσει σε αγορά δεδομένων. Για τη συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα ακολουθίας στην Εικόνα 47, ο χρήστης θα πρέπει πρώτα να συνδεθεί στο σύστημα και στη συνέχεια να αναζητήσει τα δεδομένα που επιθυμεί, βάσει των κριτηρίων αναζήτησης που θα εισάγει ο ίδιος στο σύστημα.



Εικόνα 47: Διάγραμμα ακολουθίας αγοράς δεδομένων (IoTF-SD13).

Με την ολοκλήρωση της αναζήτησης των δεδομένων από το χρήστη, η διαδικασία της αγοράς συνεχίζει ως εξής:

1. Ο χρήστης επιλέγει μέσω του UI τα δεδομένα που επιθυμεί να αγοράσει.
2. Γίνεται ανάκτηση των δεδομένων που έχουν επιλεγεί από το symbIoTe.
3. Το symbIoTe αποστέλλει στο BaaS το αναγνωριστικό του αγοραστή (buyer_username), το αναγνωριστικό του παρόχου (seller_id), καθώς και το ID της ομοσπονδίας (fed_id) για έλεγχο.
4. Το BaaS πραγματοποιεί έλεγχο των δικαιωμάτων του χρήστη.
5. Αποστέλλει μήνυμα σχετικά με τα δικαιώματα του χρήστη. Σε περίπτωση απόρριψης, αποστέλλει και το λόγο απόρριψης.
6. Σε περίπτωση αποδοχής του χρήστη, το symbIoTe αποστέλλει μήνυμα αποδοχής στο UI.
7. Το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα αποδοχής των δικαιωμάτων του.

Εναλλακτικά, σε περίπτωση που τα δικαιώματα του χρήστη δεν επαληθεύονται από το BaaS, η διαδικασία αγοράς τερματίζει ως εξής:

6. Το symbIoTe αποστέλλει μήνυμα απόρριψης στο UI.
7. Το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα απόρριψης των δικαιωμάτων του για αγορά των δεδομένων.

Σε περίπτωση που τα δικαιώματα του χρήστη επαληθεύονται από το BaaS, η διαδικασία της αγοράς των δεδομένων συνεχίζει ως εξής:

8. Ο χρήστης επιλέγει στο UI την επιλογή «αγορά δεδομένων».
9. Εκτελείται η συναλλαγή στο symbIoTe.
10. Για την ολοκλήρωση της συναλλαγής, το symbIoTe αποστέλλει στο BaaS το αναγνωριστικό (buyer_username) του χρήστη για έλεγχο του υπολοίπου του λογαριασμού του. Η συναλλαγή διεκπεραιώνεται με κλήση του κατάλληλου smart contract.
11. Το BaaS διεκπεραιώνει τη συναλλαγή και ενημερώνει την on-chain πληροφορία.
12. Αποστέλλει την απάντηση του ελέγχου στο symbIoTe.
13. Το symbioTe ενημερώνει την off-chain πληροφορία.
14. Σε περίπτωση που το υπόλοιπο του λογαριασμού του χρήστη επαρκεί, το symbIoTe αποστέλλει έγκριση συναλλαγής στο UI.
15. Γίνεται ενημέρωση του BaaS με τα στοιχεία της αγοραπωλησίας, δηλαδή τα στοιχεία του αγοραστή (buyer_username), του πωλητή (seller_username), το κόστος της αγοράς (cost), καθώς και το ID της συγκεκριμένης συναλλαγής (token_id).

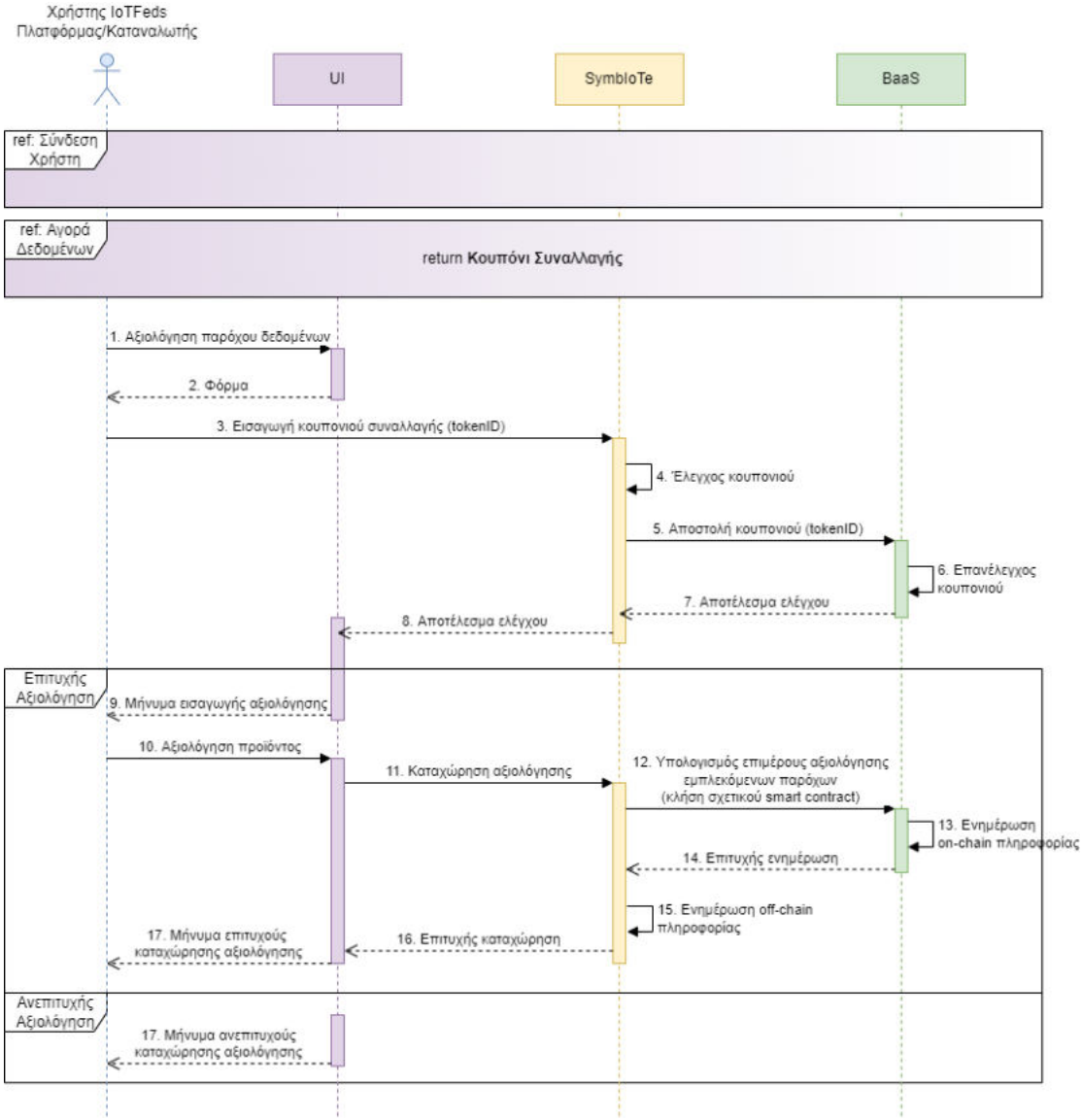
Εναλλακτικά, σε περίπτωση που το υπόλοιπο του χρήστη δεν επαρκεί για την ολοκλήρωση της αγοράς των δεδομένων, η διαδικασία αγοράς τερματίζει ως εξής:

14. Το symbIoTe αποστέλλει απόρριψη συναλλαγής στο UI.
15. Το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα απόρριψης της συναλλαγής λόγω ανεπαρκούς υπολοίπου λογαριασμού.

Οι τέχνικες λεπτομέρειες του σεναρίου αυτού καθώς και οι διεπαφές που αναπτύχθηκαν για την υλοποίηση του περιγράφονται με λεπτομέρειες στο παραδοτέο «Π.3.2 – Αναφορά Μηχανισμών Αγοράς IoT».

7.13 Αξιολόγηση Παρόχου Δεδομένων

Κάθε χρήστης που πραγματοποιεί αγορά δεδομένων μέσω της IoTFeds πλατφόρμας έχει το δικαίωμα να αξιολογεί τον αντίστοιχο πάροχο από τον οποίο αγόρασε τα εν λόγω δεδομένα (Εικόνα 48). Για τη συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα ακολουθίας, βασική προϋπόθεση είναι ο χρήστης να έχει πραγματοποιήσει τη σύνδεσή του στην πλατφόρμα και να έχει ολοκληρώσει επιτυχώς την αγορά των επιθυμητών δεδομένων.



Εικόνα 48: Διάγραμμα ακολουθίας αξιολόγησης παρόχου δεδομένων (IoTF-SD14).

Με την ολοκλήρωση των παραπάνω διαδικασιών, η περίπτωση χρήσης της αξιολόγησης περιγράφεται ως εξής:

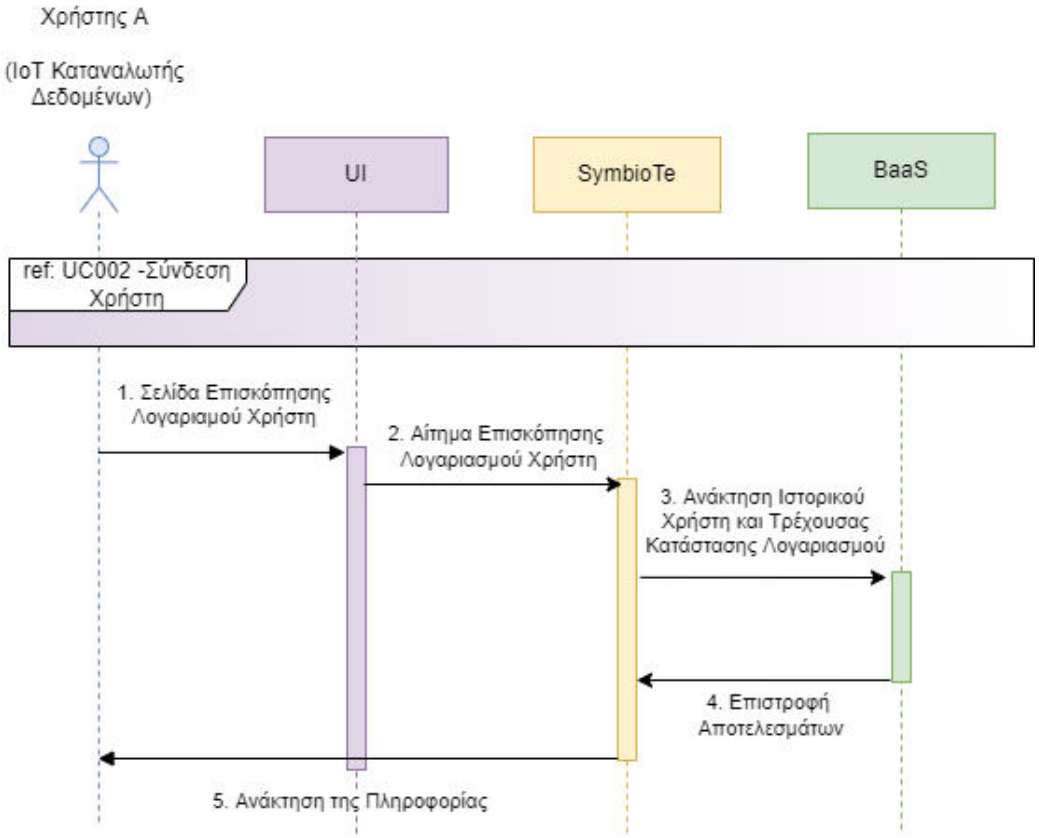
1. Ο χρήστης επιλέγει στο UI την επιλογή «αξιολόγηση παρόχου δεδομένων».
2. Το UI επιστρέφει το χρήστη την αντίστοιχη φόρμα αξιολόγησης.
3. Ο χρήστης εισάγει στο symbIoTe το κουπόνι συναλλαγής που του είχε δοθεί από το σύστημα μαζί με τα δεδομένα, όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο διάγραμμα ακολουθίας IoTF-SD13 (υποενότητα 7.12).
4. Γίνεται έλεγχος του συγκεκριμένου κουπονιού από το symbIoTe.
5. Με την ολοκλήρωση του ελέγχου του κουπονιού από το symbIoTe, αυτό αποστέλλεται και στο BaaS.
6. Το BaaS πραγματοποιεί επανέλεγχο του συγκεκριμένου κουπονιού ως επιβεβαίωση.
7. Το BaaS επιστρέφει στο symbIoTe το αποτέλεσμα του ελέγχου με τα στοιχεία της αγοραπωλησίας, όπως αυτά καταγράφηκαν κατά την αγορά των δεδομένων (υποενότητα 7.12, βήμα 15).
8. Το symbIoTe αποστέλλει στο UI το αποτέλεσμα του ελέγχου.
9. Το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα ώστε αυτός να εισάγει την αξιολόγησή του.

10. Ο χρήστης εισάγει την αξιολόγησή του στο UI.
11. Η αξιολόγηση του χρήστη καταχωρείται στο symbIoTe.
12. Το symbIoTe υπολογίζει τη βαθμολογία του παρόχου βάσει της καταχωρημένης αξιολόγησης του χρήστη, με κλήση του σχετικού smart contract.
13. Το BaaS ενημερώνει την on-chain πληροφορία.
14. Το BaaS ενημερώνει το symbIoTe.
15. Γίνεται ενημέρωση του symbIoTe με την off-chain πληροφορία.
16. Σε περίπτωση επιτυχούς καταχώρησης της αξιολόγησης, το symbIoTe ενημερώνει το UI για την επιτυχή καταχώρηση της αξιολόγησης του χρήστη.
17. Το UI εμφανίζει στο χρήστη μήνυμα επιτυχούς καταχώρησης της αξιολόγησής του στο σύστημα.

Σε περίπτωση που το BaaS δεν καταχωρήσει επιτυχώς την αξιολόγηση του χρήστη, η διαδικασία της αξιολόγησης τερματίζει με την εμφάνιση μηνύματος στο χρήστη από το UI για ανεπιτυχή καταχώρηση της αξιολόγησής του. Τεχνικές λεπτομέρειες, διεπαφές αλλά και αναλυτικότερα διαγράμματα ροής για το συγκεκριμένο σενάριο περιλαμβάνονται στο παραδοτέο «Π.2.3 – Αναφορά Μηχανισμών Φήμης και Εμπιστοσύνης».

7.14 Επισκόπηση Χρήστη

Κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα να ανακτήσει το ιστορικό των συναλλαγών του και την τρέχουσα κατάσταση του λογαριασμού του, δηλαδή το υπόλοιπο του λογαριασμού του σε IoTFeds utility tokens, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα στην Εικόνα 49.



Εικόνα 49: Διάγραμμα ακολουθίας επισκόπησης χρήστη (IoTF-SD15).

Αναλυτικά, η διαδικασία έχει ως εξής:

1. Ο χρήστης Α περιηγείται στο UI και επιλέγει να δει την επισκόπηση του λογαριασμού του.
2. Το αίτημα προωθείται στο symbIoTe.
3. Το symbIoTe αναζητά τη σχετική πληροφορία στο BaaS.
4. Το BaaS επιστρέφει στο symbIoTe το αποτέλεσμα της αναζήτησης.
5. Το symbIoTe επιστρέφει την πληροφορία στο UI όπου και προβάλλεται στο χρήστη Α.

Περαιτέρω τεχνικές λεπτομέρειες, διεπαφές καθώς και πιο αναλυτικά διαγράμματα ακολουθίας για το συγκεκριμένο σενάριο περιγράφονται στο παραδοτέο «Π3.1– Αναφορά Μηχανισμών Καταγραφής και Ελέγχου Συναλλαγών».

8 Κάλυψη Απαιτήσεων Συστήματος

Το συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο καλύπτονται οι λειτουργικές απαιτήσεις του συστήματος από την προτεινόμενη αρχιτεκτονική της πλατφόρμας IoTFeds, οι οποίες παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν στο προηγούμενο παραδοτέο Π1.2. Όπως αναφέρθηκε και στο παραδοτέο Π1.2, οι λειτουργικές απαιτήσεις είναι οι απαιτήσεις του τελικού χρήστη ως προς τις βασικές διευκολύνσεις που θα πρέπει να του προσφέρει το προτεινόμενο σύστημα.

Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 6) περιλαμβάνονται όλες οι λειτουργικές απαιτήσεις που καταγράφηκαν στο παραδοτέο Π1.2, καθώς και το αντίστοιχο σύστημα που τις ικανοποιεί.

Πίνακας 6: Περιγραφή της λειτουργίας των συστημάτων της IoTFeds πλατφόρμας ή των εργαλείων που χρησιμοποιούνται για την εκπλήρωση των λειτουργικών απαιτήσεων του συστήματος.

Α/Α	Απαίτηση	Component(s)	Διάγραμμα Ακολουθίας
1	Οι IoT Platform Providers είναι απαραίτητο να έχουν εγγεγραμμένες τις IoT υπηρεσίες που προσφέρουν στο τελικό σύστημα IoTFeds. Το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να επιτρέπει στους IoT Platform Operators να μπορούν να κάνουν είτε ανανέωση είτε διαγραφή των εγγραφών τους.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD03 IoTF-SD04
2	Το τελικό σύστημα IoTFeds θα πρέπει να προβάλλει τις IoT υπηρεσίες στους application developers και στις άλλες IoT πλατφόρμες. Παράδειγμα αυτών μπορεί να είναι η αναζήτηση υπηρεσιών βάσει κειμένου μέσω της διεπαφής για τους application developers και τους IoT Platform Providers.	Αγορές IoT Δεδομένων	IoTF-SD05
3	Το σύστημα θα πρέπει να παρακολουθεί τη διαθεσιμότητα των IoT υπηρεσιών από τους IoT Platform Operators.	Φήμη & Εμπιστοσύνη	IoTF-SD06
4	Το σύστημα θα μπορεί να παρακολουθεί τον φόρτο των εγγεγραμμένων υπηρεσιών IoT. Η πληροφορία αυτή θα μπορεί να παρέχεται σε καταναλωτές δεδομένων και στα υπόλοιπα μέλη της ομοσπονδίας εσωτερικά.	Φήμη & Εμπιστοσύνη	IoTF-SD06

5	Το σύστημα δεν θα πρέπει να επιτρέπει τον καταμερισμό των IoT υπηρεσιών στις IoT πλατφόρμες αν δεν είναι εγγυημένη η διαθεσιμότητά τους και η ποιότητα των υπηρεσιών αυτών καθαυτών.	Ασφαλής Πρόσβαση, Φήμη & Εμπιστοσύνη	-
6	Το σύστημα θα μπορεί να αποθηκεύσει και να διατηρήσει IoT υπηρεσίες για το μέλλον και για τις IoT πλατφόρμες που υποστηρίζουν τη δυνατότητα αυτή.	Ασφαλής Πρόσβαση, Φήμη & Εμπιστοσύνη	IoTF-SD09 IoTF-SD10a IoTF-SD10b IoTF-SD11a IoTF-SD11b IoTF-SD12
7	Το σύστημα θα πρέπει να υποστηρίζει την αποκλειστική χρήση των IoT υπηρεσιών για τις IoT πλατφόρμες που υποστηρίζουν την συγκεκριμένη δυνατότητα.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD10a IoTF-SD10b
8	Το κοινό πληροφοριακό μοντέλο (CIM) θα πρέπει να υποστηρίζει πληροφορίες γεωεντοπισμού.	Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα	-
9	Το σύστημα θα πρέπει να υποστηρίζει την ιεράρχηση της πρόσβασης στις υπηρεσίες IoT σε περίπτωση που οι IoT πλατφόρμες υποστηρίζουν κάτι τέτοιο. Πιο συγκεκριμένα, οι χρήστες, οι οποίοι έχουν πληρώσει για μια ανώτερη έκδοση παροχής υπηρεσιών θα έχουν περισσότερα δικαιώματα και καλύτερες παροχές σε σχέση με τους χρήστες που έχουν πληρώσει μόνο για μια βασική έκδοση.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD01 IoTF-SD05
10	Το σύστημα θα μπορεί να έχει έλεγχο στις IoT υπηρεσίες που ενδέχεται να εμπίπτουν στις κατά τόπους νομοθεσίες, στην τρέχουσα υπερφόρτωση του συστήματος και σε θέματα ασφαλείας. Αυτό θα συμβαίνει σε περίπτωση που η εκάστοτε διασυνδεδεμένη IoT πλατφόρμα μπορεί να το υποστηρίξει.	Λογιστικά, Ασφαλής Πρόσβαση	IoTF-SD13
11	Το σύστημα θα πρέπει να παρέχει πρακτικές για την ευθυγράμμιση του πληροφοριακού μοντέλου της	Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα	-

	εκάστοτε IoT πλατφόρμας με το πληροφοριακό μοντέλο του συστήματος IoTFeds.		
12	Το σύστημα θα πρέπει να παρέχει μοναδικά αναγνωριστικά για την κάθε διασυνδεδεμένη IoT πλατφόρμα σε αυτό.	Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD03
13	Το σύστημα θα πρέπει να μπορεί να ξεχωρίζει και να αναγνωρίζει τις διασυνδεμένες IoT συσκευές.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD04
14	Το σύστημα θα πρέπει να έχει συγκεκριμένους domain enablers, οι οποίοι θα μπορούν να επιτρέπουν την απόκρυψη συγκεκριμένων πόρων για κάθε domain. Αυτό περιλαμβάνει επίσης και δεδομένα ποιότητας και επίδοσης.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD05
15	Το σύστημα πρέπει να προτείνει IoT υπηρεσίες με βάση τα κριτήρια αναζήτησης από έναν IoT Platform Provider.	Κατανεμημένη Αναζήτηση	IoTF-SD05
16	Το σύστημα θα πρέπει να παρέχει υποστήριξη για την ανταλλαγή δεδομένων και τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών IoT πλατφορμών. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να υπάρχει ένα σύστημα αγοραπωλησίας (auction system) για τους εμπλεκόμενους ρόλους.	Αγορές IoT Δεδομένων, Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD03 IoTF-SD13
17	Το σύστημα θα μπορεί να υποστηρίξει την ιεραρχία των αποτελεσμάτων από την αναζήτηση της εκάστοτε IoT υπηρεσίας με βάση κριτήρια όπως η επίδοση και η διαθεσιμότητα.	Κατανεμημένη Αναζήτηση	IoTF-SD05
18	Το σύστημα IoTFeds θα διαθέτει κατάλληλο GUI και θα επιτρέπει στις εκάστοτε IoT πλατφόρμες να ελέγχουν αν οι υπηρεσίες τους εντοπίζονται στα αποτελέσματα αναζήτησης και αν υπόκεινται σε περιορισμούς πρόσβασης.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD05
19	Το σύστημα θα μπορεί να επιτρέπει στις εκάστοτε IoT πλατφόρμες να θέτουν τα δικά	Αγορές IoT Δεδομένων	IoTF-SD13

	τους κριτήρια πρόσβασης στα δεδομένα και τις υπηρεσίες τους. Τέτοια κριτήρια μπορεί να αφορούν συγκεκριμένο χρονικό διάστημα διαθεσιμότητας των δεδομένων.		
20	Το σύστημα θα παρέχει τη δυνατότητα μέσω των μεταδεδομένων και της προέλευσης των δεδομένων (data provenance) ελέγχου συμμόρφωσης με τη νομοθεσία.	Φήμη & Εμπιστοσύνη, Ασφαλής Πρόσβαση	IoTF-SD13
21	Το σύστημα θα επιτρέπει τις ανανεώσεις εγγραφών. Οι IoT Platform Providers θα μπορούν να ανανεώνουν την διασύνδεση της προσφερόμενης IoT πλατφόρμας με το ενδιάμεσο λογισμικό για την περίπτωση που θέλουν να προχωρήσουν σε αναβάθμιση των IoT υπηρεσιών τους ή των IoT συσκευών τους.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD04 IoTF-SD05
22	Το σύστημα θα μπορεί να υποστηρίξει την ιεραρχική δομή μοναδικών αναγνωριστικών για αναγνωριστικούς, λογιστικούς και εμπορικούς λόγους ή και για λόγους ασφάλειας.	Αγορές IoT Δεδομένων, Λογιστικά, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD01 IoTF-SD02 IoTF-SD03 IoTF-SD04
23	Το σύστημα πρέπει να υποστηρίζει σύνθετα δικαιώματα πρόσβασης σε πολλούς τομείς, πράγμα που σημαίνει ότι μια εφαρμογή που είναι εγγεγραμμένη σε διαφορετικούς IoT τομείς μπορεί να έχει πρόσβαση σε υπηρεσίες IoT που είναι διαθέσιμες σε άλλους τομείς. Συγκεκριμένα, η εφαρμογή πιστοποιείται σε κάθε τομέα IoT όπου έχει καταχωρηθεί, συλλέγοντας έτσι ένα σύνολο «ιδιοτήτων». Στη συνέχεια, η εφαρμογή μπορεί να συνδυάσει χαρακτηριστικά που αποκτήθηκαν σε διαφορετικά περιβάλλοντα και να της παραχωρηθεί πρόσβαση σε άλλη υπηρεσία IoT που εκτίθεται σε έναν νέο τομέα IoT.	Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα	IoTF-SD13 IoTF-SD14

24	Το σύστημα πρέπει να υποστηρίζει μια «λειτουργία αντιστοίχισης χαρακτηριστικών» μέσω της οποίας είναι δυνατή η αντιστοίχιση χαρακτηριστικών που δημιουργούνται/κυκλοφορούν σε έναν IoT τομέα στα ίδια/παρόμοια χαρακτηριστικά που ισχύουν σε διαφορετικούς IoT τομείς.	Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα	IoTF-SD01 IoTF-SD02 IoTF-SD03 IoTF-SD04 IoTF-SD13 IoTF-SD14
25	Το σύστημα πρέπει να επιτρέπει την εγγραφή IoT πλατφορμών, με σκοπό στη συνέχεια την εγγραφή των αντίστοιχων IoT υπηρεσιών. Επίσης, το σύστημα πρέπει να επιτρέπει την κατάργηση της καταχώρισης μιας πλατφόρμας IoT.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD03
26	Η ανταλλαγή και αγοραπωλησία δεδομένων πρέπει να είναι διαθέσιμες για συναλλαγές τύπου B2B και B2C.	Αγορές IoT Δεδομένων, Λογιστικά	-
27	Η προώθηση δημοπρασιών πρέπει να είναι διαθέσιμη.	Λογιστικά	-
28	Η ανάκληση δημοπρασιών πρέπει να είναι διαθέσιμη.	Λογιστικά	-
29	Τα αποτελέσματα αναζήτησης στο σύστημα θα πρέπει να υποδεικνύουν τη δυνατότητα πρόσβασης στους επιλεγμένους πόρους μέσω ανταλλαγής και δημοπρασίας.	Λογιστικά	-
30	Οι συναλλαγές ανταλλαγής και δημοπρασίας θα πρέπει να διασφαλίζουν την ανωνυμία των τελικών χρηστών.	Λογιστικά	-
31	Το σύστημα θα πρέπει να υποστηρίζει τον εντοπισμό και εν συνεχεία την εγγραφή μιας συσκευής IoT.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD04
32	Οποιοσδήποτε εξοπλισμός, ο οποίος πρέπει να διασυνδεθεί με το ενδιάμεσο λογισμικό, απαιτείται να έχει μια πλήρως καταγεγραμμένη ψηφιακή διεπαφή, παρέχοντας είτε ένα	Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα	IoTF-SD03 IoTF-SD04

	προκαθορισμένο είτε ένα καλά περιγραφόμενο πρωτόκολλο, το οποίο υποστηρίζεται από την IoTFeds πλατφόρμα.		
33	Το σύστημα IoTFeds θα πρέπει να ιεραρχεί την πληροφορία που στέλνεται σε κάθε πλατφόρμα με βάση τον βαθμό σημαντικότητάς της. Η πιο σημαντική θα στέλνεται πρώτη και ακολουθούν αντιστοίχως οι υπόλοιπες με τελευταία την λιγότερο σημαντική.	Φήμη & Εμπιστοσύνη	IoTF-SD14
34	Διαφορετικές τοπικές IoT πλατφόρμες θα μπορούν να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν τοπικά, χωρίς την χρήση του κεντρικού ενδιάμεσου λογισμικού.	Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα	IoTF-SD03
35	Διαφορετικές τοπικές IoT πλατφόρμες θα μπορούν να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν τοπικά, με την χρήση του ενδιάμεσου λογισμικού.	Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα	IoTF-SD03
36	Μια IoT συσκευή η οποία είναι διασυνδεδεμένη με το ενδιάμεσο λογισμικό θα μπορεί να είναι προσβάσιμη ακόμη και στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμη κάποια διαδικτυακή σύνδεση. Αρκεί, να είναι γνωστό το url που θα χρησιμοποιηθεί και με προϋπόθεση ότι είναι «ανεβασμένο» το symbIoTe Cloud στην πλατφόρμα IoT του IoT Data Provider.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	-
37	Μια IoT συσκευή η οποία είναι διασυνδεδεμένη με το ενδιάμεσο λογισμικό θα μπορεί να είναι προσβάσιμη από μια άλλη IoT συσκευή ακόμη και στην περίπτωση που δεν είναι διαθέσιμη κάποια διαδικτυακή σύνδεση. Αυτό θα μπορεί να συμβεί εφόσον υπάρχει αντιστοιχία στον ίδιο Smart space.	Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα	-

38	Μια συσκευή θα πρέπει να έχει ένα μοναδικό αναγνωριστικό.	Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD04
39	Το ενδιάμεσο λογισμικό θα πρέπει να αποδέχεται τις συσκευές που προσπαθούν να διασυνδεθούν μαζί του και να τις συγχωνέψει στο Smart space.	Σημασιολογική Διαλειτουργικότητα	IoTF-SD03 IoTF-SD04
40	Το σύστημα θα πρέπει να παρέχει μηχανισμούς για αυθεντικοποίηση όλων των εμπλεκόμενων χρηστών.	Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD02
41	Το σύστημα θα πρέπει να έχει μηχανισμούς για την εδραίωση εμπιστοσύνης. Οι πληροφορίες πρέπει να αποθηκεύονται σε ασφαλή τοποθεσία αποθήκευσης δεδομένων. Θα υπάρχουν είτε online, είτε offline εργαλεία επαλήθευσης.	Ασφαλής Πρόσβαση, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD09 IoTF-SD10a IoTF-SD10b IoTF-SD11a IoTF-SD11b IoTF-SD12
42	Η διαδικασία για την αυθεντικοποίηση στον Smart space θα είναι διαθέσιμη ακόμη και στην περίπτωση που δεν υπάρχει διαδικτυακή σύνδεση.	Ασφαλής Πρόσβαση	-
43	Το σύστημα θα μπορεί να ανακαλέσει τα δικαιώματα πρόσβασης στους χρήστες του.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD11a IoTF-SD11b IoTF-SD12
44	Το σύστημα θα πρέπει ρητώς να εξηγεί τους λόγους τερματισμού των δικαιωμάτων πρόσβασης.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD11a IoTF-SD12
45	Το σύστημα θα υποστηρίζει διαδικασία sign-in.	Ασφαλής Πρόσβαση, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD02
46	Το σύστημα θα πρέπει να συμβαδίζει με τους εκάστοτε κανονισμούς απορρήτου και να διασφαλίζει την μη αποκάλυψη της τοποθεσίας των χρηστών, την ανωνυμία τους καθώς και την μη αποκάλυψη του είδους των δεδομένων που αγοράζονται από αυτούς.	Ασφαλής Πρόσβαση	-
47	Το σύστημα πρέπει να παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα να παραμετροποιούν το απόρρητο και να επιλέγουν πού και από	Ασφαλής Πρόσβαση, Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD03

	ποιόν θα γίνεται επεξεργασία των δεδομένων τους.		
48	Το σύστημα θα πρέπει να υποστηρίζει την αυθεντικοποίηση του χρήστη χωρίς την απαραίτητη προϋπόθεση ότι αυθεντικοποιείται μόνο για συγκεκριμένη χρήση και για δεδομένα από μια συγκεκριμένη IoT πλατφόρμα. Για παράδειγμα, θα πρέπει να μπορεί να γίνει αυθεντικοποίηση για δεδομένα της IoT πλατφόρμας Α, αλλά με ασφαλή τρόπο να μπορεί να έχει πρόσβαση και σε δεδομένα της IoT πλατφόρμας Β, χωρίς να χρειάζεται να γίνει αυθεντικοποίηση εκ νέου.	Ασφαλής Πρόσβαση, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD02
49	Το σύστημα θα υποστηρίζει αυθεντικοποίηση με pin/password για τις IoT πλατφόρμες. Οι πλατφόρμες για να είναι αποδεκτές στο IoTFeds θα πρέπει να το υποστηρίζουν αυτό.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD03
50	Το σύστημα θα υποστηρίζει την αμφίδρομη αυθεντικοποίηση. Αυτό σημαίνει ότι δεν θα υπάρχει μόνο αυθεντικοποίηση από τον χρήστη προς το σύστημα αλλά και από το σύστημα προς τον χρήστη. Με τον τρόπο αυτό θα γίνεται πιο εύκολη η ανίχνευση κακόβουλης κίνησης στο σύστημα.	Ασφαλής Πρόσβαση, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD02
51	Το σύστημα IoTFeds θα επιτρέπει στις εκάστοτε IoT πλατφόρμες να ελέγχουν πότε ο εκάστοτε χρήστης πραγματοποιεί εγγραφή στην εκάστοτε πλατφόρμα.	Αγορές IoT Δεδομένων, Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	-
52	Το σύστημα θα επιτρέπει τη δημιουργία ομοσπονδιών.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών	IoTF-SD07
53	Το σύστημα θα έχει τη δυνατότητα θέσπισης κανόνων μιας δημιουργίας και λειτουργίας ομοσπονδίας.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD07
54	Το σύστημα θα επιτρέπει την αυτοματοποιημένη διαχείριση της εισόδου/εξόδου μελών μιας	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD10a IoTF-SD10b

	ομοσπονδίας με χρήση smart contracts.		IoTF-SD11a IoTF-SD11b
55	Το σύστημα θα έχει μηχανισμούς καταγραφής χρήσης πόρων (accounting) από τα μέλη της ομοσπονδίας.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών, Λογιστικά	-
56	Το σύστημα θα επιτρέπει την ανακάλυψη IoT πόρων και την κατανεμημένη αναζήτηση. Αυτό σημαίνει ότι, κάθε χρήστης θα μπορεί να πραγματοποιεί αναζήτηση σχετικά με δεδομένα και υπηρεσίες που τον ενδιαφέρουν, αφού πρώτα ολοκληρώσει τη σύνδεσή του στο σύστημα. Επίσης, λαμβάνονται υπόψιν οι πολιτικές πρόσβασης.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών, Κατανεμημένη Αναζήτηση	IoTF-SD05
57	Το σύστημα θα επιτρέπει την εισαγωγή νέου μέλους σε ήδη υπάρχουσα ομοσπονδία. Ο χρήστης της ομοσπονδίας πρέπει να είναι εγγεγραμμένος στο symbIoTe ως classified user. Ο έλεγχος των δικαιωμάτων του χρήστη θα γίνεται στην πλατφόρμα Blockchain. Επίσης, η IoT πλατφόρμα που θέλει να συμμετέχει στην ομοσπονδία πρέπει να είναι εγγεγραμμένη στο symbIoTe.	Ασφαλής Πρόσβαση, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD10a IoTF-SD10b
58	Το σύστημα θα επιτρέπει τη διαγραφή της ομοσπονδίας και των μελών της. Προϋπόθεση για να συμβεί αυτό, είναι ότι ο χρήστης θα πρέπει να είναι εγγεγραμμένος στην IoTFeds πλατφόρμα σαν διαχειριστής.	Διαχείριση IoT Ομοσπονδιών, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD12
59	Το σύστημα θα επιτρέπει την αγορά δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, οποιοσδήποτε χρήστης θα είναι σε θέση να προχωρήσει σε αγορά δεδομένων από άλλους χρήστες. Προϋπόθεση για να συμβεί αυτό είναι, η ύπαρξη χρηστών και ομοσπονδιών που είναι διατεθειμένοι να πουλήσουν δεδομένα.	Αγορές IoT Δεδομένων, Λογιστικά	IoTF-SD13

60	Το σύστημα θα έχει λειτουργικότητα που επιτρέπει την αναζήτηση πόρων διαδικτύου των πραγμάτων μέσα από αυτό.	Κατανεμημένη Αναζήτηση	IoTF-SD05
61	Το σύστημα θα προστατεύει τη διεκπεραίωση των αγορών. Πιο συγκεκριμένα, η ύπαρξη του BaaS θα χρησιμοποιείται για την ασφαλή διεκπεραίωση αγορών.	Αγορές IoT Δεδομένων, Δίκτυο Blockchain	IoTF-SD13

9 Συμπεράσματα

Η πρώτη ΕΕ του έργου IoTFeds (ΕΕ1 – «Απαιτήσεις, Αρχιτεκτονική και Ολοκλήρωση Συστήματος») ολοκληρώνεται με την περιγραφή της αρχιτεκτονικής της προτεινόμενης πλατφόρμας IoT δεδομένων και την ανάλυση των επιμέρους βασικών και υποστηρικτικών συστημάτων που συμμετέχουν σε αυτή.

Οι βασικές συνεισφορές του συγκεκριμένου παραδοτέου είναι δύο και επικεντρώνονται στην εξερεύνηση του τεχνολογικού υποβάθρου για παρόμοιες υφιστάμενες λύσεις με την προτεινόμενη IoTFeds πλατφόρμα, καθώς επίσης και στον ορισμό και την περιγραφή της αρχιτεκτονικής της πλατφόρμας. Πιο συγκεκριμένα, η αρχιτεκτονική ορίστηκε βάσει τριών διαδοχικών βημάτων, όπως αναλύθηκαν και στο συγκεκριμένο παραδοτέο, με το πρώτο βήμα να αποτελεί η εξερεύνηση του τεχνολογικού υποβάθρου. Στο δεύτερο βήμα, ή bottom-up διαδικασία όπως είχε οριστεί, προσδιορίστηκαν όλα τα επιμέρους βασικά και πιλοτικά συστήματα που συμμετέχουν στην προτεινόμενη IoTFeds πλατφόρμα, καθώς και οι επιμέρους υπο-μονάδες τους. Συνολικά, προτάθηκαν έξι βασικές δομικές μονάδες, από τις οποίες οι πέντε σχετίζονται με τα δύο βασικά και τα τρία πιλοτικά συστήματα της πλατφόρμας, ενώ η έκτη περιλαμβάνει τις διεπαφές του χρήστη. Κάθε ένα από τα βασικά και τα πιλοτικά συστήματα, καθώς και οι επιμέρους υπο-μονάδες τους και οι διεπαφές τους και με άλλα συστήματα, περιγράφονται αναλυτικά στο παρόν παραδοτέο. Τέλος, τρίτο και τελικό βήμα της διαδικασίας σχεδίασης της αρχιτεκτονικής αποτελεί η top-down διαδικασία, με τη σχεδίαση των διαγραμμάτων ακολουθίας για τις βασικές περιπτώσεις χρήσης, όπως αυτές ορίστηκαν στο προηγούμενο παραδοτέο Π1.2. Η συγκεκριμένη διαδικασία, σε συνδυασμό και με τις προβλεπόμενες λειτουργίες της πλατφόρμας, επιτρέπει την εύρεση καταλληλότερων διεπαφών για τη μεταξύ τους αλληλεπίδραση.

Βιβλιογραφία

Atzei, N., Bartoletti, M., & Cimoli, T. (2017). A survey of attacks on ethereum smart contracts (sok). *International conference on principles of security and trust*, (pp. 164–186).

AWS. (n.d.). What is Hyperledger Fabric? *What is Hyperledger Fabric?* Retrieved from https://aws.amazon.com/blockchain/what-is-hyperledger-fabric/

Badreddine, W., Zhang, K., & Talhi, C. (2020). Monetization using blockchains for IoT data marketplace. *2020 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*, (pp. 1–9).

Dewi, C., & Chen, R.-C. (2019). Integrating Real-Time Weather Forecasts Data Using OpenWeatherMap and Twitter. *International Journal of Information Technology and Business, 1*, 48–52.

Mišura, K., & Žagar, M. (2016). Data marketplace for Internet of Things. *2016 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)*, (pp. 255–260).

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized Business Review*, 21260.

Perera, C. (2017). Sensing as a service (S2aaS): Buying and selling IoT data. *arXiv preprint arXiv:1702.02380*.

Ramachandran, G. S., Radhakrishnan, R., & Krishnamachari, B. (2018). Towards a decentralized data marketplace for smart cities. *2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*, (pp. 1–8).

Skočir, I., Žarko, K., Katsaros, M., Pardi, M., Fraia, G., Kovacs, J., . . . Caldarola. (2017). SymbIoTe D1.4 - Final Report on System Requirements and Architecture. doi:10.5281/zenodo.830156

Wood, G., & others. (2014). Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger. *Ethereum project yellow paper, 151*, 1–32.

Xu, R., & Chen, Y. (2021). Fed-ddm: A federated ledgers based framework for hierarchical decentralized data marketplaces. *2021 International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)*, (pp. 1–8).

Xu, X., Pautasso, C., Zhu, L., Gramoli, V., Ponomarev, A., Tran, A. B., & Chen, S. (2016). The blockchain as a software connector. *2016 13th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA)*, (pp. 182–191).