

Τίτλος έργου: Διασυνδεδεμένες Πόλεις για την Ελλάδα 2.0

Κωδικός: TAEDR-0536642

MIS (ΟΠΣ): 5149305



Παραδοτέο: Π2.2

Τίτλος: Προδιαγραφές, Βασικό Μοντέλο Αρχιτεκτονικής και Προγραμματιστικές Διεπαφές

Σελίδα 1 | 17



Ελλάδα 2.0
ΕΘΝΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΑΚΑΜΨΗΣ
ΚΑΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ



Με τη χρηματοδότηση
της Ευρωπαϊκής Ένωσης
NextGenerationEU

ΓΓΕΚ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

Συμμετέχοντες

Φορέας
Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ)
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ)
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ)
Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας (ΠΔΜ)
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (ΠΘ)
Πανεπιστήμιο Πατρών (ΠΠ)

Περιεχόμενα

Συμμετέχοντες	2
Περιεχόμενα	3
1 Περίληψη	4
2 Εισαγωγή	5
2.1 Σκοπός και στόχοι του παραδοτέου	5
2.2 Συσχέτιση με το έργο	6
2.3 Δομή του παραδοτέου	7
3 Βασικές Αρχές και Απαιτήσεις του Οικοσυστήματος Διαλειτουργικότητας	8
3.1 Προδιαγραφές	8
3.2 Βασικό Μοντέλο Αρχιτεκτονικής	9
3.2.1 Επίπεδο Πόλης (City Layer)	10
3.2.2 Επίπεδο Οικοσυστήματος (Ecosystem Layer)	11
3.2.3 Επίπεδο Εφαρμογών και Υπηρεσιών (Application Layer)	11
3.2.4 Ροή Λειτουργίας	11
3.3 Broker Concept	12
3.4 Bridge Concept Template	14
4 Σύνοψη	17

1 Περίληψη

Το παρόν παραδοτέο παρουσιάζει τις προδιαγραφές και το βασικό αρχιτεκτονικό μοντέλο του Smart Cities Ecosystem (SCE), μιας εθνικής πρωτοβουλίας που αποσκοπεί στη διασύνδεση των υφιστάμενων πλατφορμών έξυπνων πόλεων στην Ελλάδα μέσω ενός ενιαίου πλαισίου διαλειτουργικότητας. Η ανάγκη για την ανάπτυξη του οικοσυστήματος προκύπτει από τον κατακερματισμό των υφιστάμενων συστημάτων, τα οποία έχουν αναπτυχθεί αυτόνομα και λειτουργούν με ετερογενείς τεχνολογίες και δομές δεδομένων.

Η προτεινόμενη προσέγγιση βασίζεται σε ένα αποκεντρωμένο (decentralized) μοντέλο μετα-πλατφόρμας, το οποίο επιτρέπει τη διατήρηση της αυτονομίας των συμμετεχόντων φορέων, ενώ παράλληλα διασφαλίζει τη σημασιολογική και τεχνική συμβατότητα μέσω της υιοθέτησης του προτύπου FIWARE NGSI-LD και των αντίστοιχων Smart Data Models. Κεντρικά δομικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής αποτελούν οι context brokers σε επίπεδο πόλης, ο μηχανισμός broker-of-brokers για την ανακάλυψη συμμετεχόντων και το bridge component για τη χαρτογράφηση ετερογενών τοπικών δεδομένων σε τυποποιημένα μοντέλα.

Το αρχιτεκτονικό μοντέλο που περιγράφεται στο παραδοτέο θέτει τις βάσεις για ένα επεκτάσιμο και ανοιχτό οικοσύστημα, ικανό να υποστηρίξει την ανάπτυξη νέων κεντροποιημένων (centralized) αλλά και τοπικών (local) εφαρμογών και υπηρεσιών, να μειώσει τον τεχνολογικό κατακερματισμό και να αξιοποιήσει αποτελεσματικά τις υφιστάμενες επενδύσεις σε υποδομές έξυπνων πόλεων. Με τον τρόπο αυτό, το SCE συμβάλλει στη διαμόρφωση ενός συνεκτικού εθνικού πλαισίου διαλειτουργικότητας, ευθυγραμμισμένου με τους ευρύτερους στόχους ψηφιακού μετασχηματισμού.

2 Εισαγωγή

2.1 Σκοπός και στόχοι του παραδοτέου

Σκοπός του παρόντος παραδοτέου είναι ο καθορισμός των βασικών προδιαγραφών και του αρχιτεκτονικού μοντέλου του Smart Cities Ecosystem (SCE), το οποίο στοχεύει στη διασύνδεση υφιστάμενων πλατφορμών έξυπνων πόλεων στην Ελλάδα μέσω ενός ενιαίου πλαισίου διαλειτουργικότητας. Το παραδοτέο ορίζει τις θεμελιώδεις αρχές σχεδιασμού, τα βασικά δομικά στοιχεία και τους μηχανισμούς που επιτρέπουν την ασφαλή και επεκτάσιμη ανταλλαγή δεδομένων και υπηρεσιών μεταξύ ετερογενών συστημάτων.

Κεντρικός στόχος είναι η αντιμετώπιση του κατακερματισμού που χαρακτηρίζει το υφιστάμενο οικοσύστημα έξυπνων πόλεων, όπου οι επιμέρους πλατφόρμες έχουν αναπτυχθεί αυτόνομα, με διαφορετικές τεχνολογικές επιλογές και δομές δεδομένων. Το παραδοτέο αποσκοπεί στη διαμόρφωση ενός αποκεντρωμένου μοντέλου διασύνδεσης, το οποίο επιτρέπει τη διατήρηση της αυτονομίας των συμμετεχόντων φορέων, ενώ παράλληλα εξασφαλίζει σημασιολογική και τεχνική συμβατότητα μέσω κοινών προτύπων.

Επιμέρους στόχοι του παραδοτέου περιλαμβάνουν:

- Τον ορισμό των βασικών προδιαγραφών ένταξης μιας πόλης στο οικοσύστημα.
- Την περιγραφή του αρχιτεκτονικού μοντέλου που υποστηρίζει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ αυτόνομων συστημάτων.
- Την τεκμηρίωση των βασικών δομικών στοιχείων της αρχιτεκτονικής, με έμφαση στον ρόλο του context broker και του μηχανισμού προσαρμογής (bridge).
- Τη διαμόρφωση ενός επεκτάσιμου πλαισίου που επιτρέπει την προσθήκη νέων συμμετεχόντων χωρίς τροποποίηση των υφιστάμενων υποδομών.

Μέσω των παραπάνω, το παραδοτέο θέτει τις βάσεις για την υλοποίηση ενός εθνικού οικοσυστήματος έξυπνων πόλεων, το οποίο υποστηρίζει την ανάπτυξη διατοπικών εφαρμογών, τη βέλτιστη αξιοποίηση δημόσιων δεδομένων και τη μείωση του κατακερματισμού των υφιστάμενων τεχνολογικών λύσεων.

2.2 Συσχέτιση με το έργο

Το παρόν παραδοτέο εντάσσεται στο πλαίσιο υλοποίησης του Smart Cities Ecosystem (SCE) και συνεισφέρει στον καθορισμό του τεχνικού πλαισίου διαλειτουργικότητας που διέπει το σύνολο του έργου. Αποτελεί θεμελιώδες βήμα για τη διαμόρφωση της αρχιτεκτονικής βάσης πάνω στην οποία θα αναπτυχθούν οι επιμέρους μηχανισμοί διασύνδεσης, οι υπηρεσίες και οι εφαρμογές του οικοσυστήματος.

Η αρχιτεκτονική που περιγράφεται στο παρόν παραδοτέο ευθυγραμμίζεται άμεσα με το **Παραδοτέο Π2.1**, στο οποίο καθορίζεται το σημασιολογικό μοντέλο μεταδεδομένων και η αντιστοίχιση των αστικών δεδομένων σε οντότητες **NGSI-LD** βάσει των προτύπων FIWARE Smart Data Models. Η υλοποίηση του οικοσυστήματος βασίζεται στη χρήση των επίσημων προδιαγραφών NGSI-LD και των αντίστοιχων GitHub repositories των Smart Data Models, από όπου αντλούνται τα τυποποιημένα JSON-LD contexts (π.χ. context.jsonld) και οι ορισμοί των entity types. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται πλήρης σημασιολογική συμβατότητα μεταξύ των πόλεων και επαναχρησιμοποίηση διεθνώς αναγνωρισμένων προτύπων.

Η συμβολή του παραδοτέου είναι διττή. Αφενός, αποτυπώνει τις αρχές και τις τεχνικές κατευθύνσεις που εξασφαλίζουν τη συνεκτική εξέλιξη των επιμέρους τεχνικών δραστηριοτήτων του έργου, λειτουργώντας ως σημείο αναφοράς για τις ομάδες υλοποίησης. Αφετέρου, θέτει το κοινό πλαίσιο προδιαγραφών που οφείλουν να ακολουθήσουν οι συμμετέχοντες φορείς για την ένταξή τους στο οικοσύστημα.

Το αρχιτεκτονικό μοντέλο και οι προδιαγραφές που παρουσιάζονται στο παρόν παραδοτέο υποστηρίζουν άμεσα τους στρατηγικούς στόχους του έργου, και ειδικότερα:

- Τη διασύνδεση υφιστάμενων συστημάτων έξυπνων πόλεων χωρίς αντικατάσταση ή αναδιάρθρωση των τοπικών υποδομών.
- Την προώθηση της σημασιολογικής και τεχνικής διαλειτουργικότητας μέσω υιοθέτησης κοινών προτύπων.
- Τη διευκόλυνση της ανάπτυξης εφαρμογών και υπηρεσιών που μπορούν να λειτουργούν διατοπικά, αξιοποιώντας δεδομένα από πολλαπλές πόλεις.

- Τη μείωση του κατακερματισμού και της επαναληπτικής ανάπτυξης παρόμοιων λύσεων σε εθνικό επίπεδο.

Παράλληλα, το παραδοτέο λειτουργεί ως βάση για τα επόμενα στάδια του έργου, τα οποία αφορούν την τεχνική υλοποίηση, την παραμετροποίηση των επιμέρους συστατικών και την πιλοτική εφαρμογή του οικοσυστήματος. Με τον τρόπο αυτό, διασφαλίζεται ότι οι επόμενες φάσεις ανάπτυξης θα εδράζονται σε σαφώς ορισμένο και τεκμηριωμένο αρχιτεκτονικό πλαίσιο, συμβάλλοντας στη συνολική συνοχή και βιωσιμότητα της λύσης.

2.3 Δομή του παραδοτέου

Το παρόν παραδοτέο οργανώνεται σε διακριτές ενότητες, οι οποίες παρουσιάζουν με συστηματικό τρόπο τις προδιαγραφές και το βασικό αρχιτεκτονικό μοντέλο του Smart Cities Ecosystem.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται οι τεχνικές προδιαγραφές και η συνολική αρχιτεκτονική του συστήματος. Ειδικότερα, στην Ενότητα 3.1 καθορίζονται οι βασικές αρχές και απαιτήσεις που διέπουν το οικοσύστημα διαλειτουργικότητας. Στην Ενότητα 3.2 περιγράφεται το βασικό μοντέλο αρχιτεκτονικής και η πολυεπίπεδη οργάνωση του συστήματος. Οι Ενότητες 3.3 και 3.4 εξειδικεύουν τα βασικά δομικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής, παρουσιάζοντας αντίστοιχα το μοντέλο λειτουργίας του context broker και τον μηχανισμό προσαρμογής (bridge) που επιτρέπει την ένταξη ετερογενών συστημάτων στο οικοσύστημα.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 4 συνοψίζονται τα βασικά συμπεράσματα του παραδοτέου και αναδεικνύεται η συμβολή του αρχιτεκτονικού μοντέλου στη διαμόρφωση ενός αποκεντρωμένου και επεκτάσιμου πλαισίου διαλειτουργικότητας για τις έξυπνες πόλεις.

3 Βασικές Αρχές και Απαιτήσεις του Οικοσυστήματος Διαλειτουργικότητας

3.1 Προδιαγραφές

Η παρούσα ενότητα καθορίζει τις βασικές προδιαγραφές της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής του Smart Cities Ecosystem (SCE), το οποίο υλοποιείται ως ένα αποκεντρωμένο οικοσύστημα (decentralized ecosystem) με δομή πολυεπίπεδης μετα-πλατφόρμας (layered meta-platform) όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 1. Στόχος του συστήματος είναι η διασύνδεση υφιστάμενων ετερογενών πλατφορμών έξυπνων πόλεων, χωρίς την αντικατάσταση ή αναδιάρθρωση των εσωτερικών τους υποδομών.

Η αρχιτεκτονική βασίζεται στην αρχή της αποκέντρωσης, σύμφωνα με την οποία κάθε συμμετέχων φορέας (π.χ. δήμος, οργανισμός, πόλη) διατηρεί την αυτονομία του, τόσο ως προς την εσωτερική διαχείριση δεδομένων όσο και ως προς την επιχειρησιακή λειτουργία των συστημάτων του. Η διαλειτουργικότητα επιτυγχάνεται μέσω υποχρεωτικής υιοθέτησης του προτύπου FIWARE NGSI-LD για την αναπαράσταση και ανταλλαγή συμφραζομένων δεδομένων, καθώς και μέσω της χρήσης των FIWARE Smart Data Models για τη σημασιολογική εναρμόνιση των πληροφοριών.

Σε λειτουργικό επίπεδο, κάθε συμμετέχων οφείλει να διαθέτει έναν NGSI-LD context broker, ο οποίος λειτουργεί ως το βασικό σημείο έκθεσης των τοπικών δεδομένων προς το οικοσύστημα. Ο broker διαχειρίζεται την αναπαράσταση οντοτήτων, την ενημέρωση των ιδιοτήτων τους και τη διάθεση των σχετικών πληροφοριών σε τρίτα συστήματα, σύμφωνα με το πρότυπο NGSI-LD. Παράλληλα, προβλέπεται η ύπαρξη ενός μηχανισμού προσαρμογής (bridge), ο οποίος αναλαμβάνει τη χαρτογράφηση των εσωτερικών δομών δεδομένων κάθε πόλης προς τα τυποποιημένα σημασιολογικά μοντέλα του οικοσυστήματος.

Σε επίπεδο οικοσυστήματος, εισάγεται ένας κεντρικός μηχανισμός broker-of-brokers, ο οποίος λειτουργεί ως μητρώο (registry) και κατάλογος (catalog) των επιμέρους city-level brokers. Ο μηχανισμός αυτός δεν αποθηκεύει επιχειρησιακά δεδομένα, ούτε παρεμβαίνει στη ροή τους, αλλά διατηρεί πληροφορίες εγγραφής και ανακάλυψης (registration and discovery metadata),

επιτρέποντας την επίλυση αιτημάτων με τρόπο ανάλογο ενός συστήματος DNS. Μέσω αυτού καθίσταται δυνατή η δυναμική ανακάλυψη των κατάλληλων brokers για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων αιτημάτων, χωρίς οι εφαρμογές να απαιτείται να διαθέτουν εκ των προτέρων γνώση της τοπολογίας του οικοσυστήματος.

Η πρόσβαση στα δεδομένα βασίζεται σε πρότυπες λειτουργίες του NGSi-LD, συμπεριλαμβανομένων μηχανισμών ερωτημάτων (query-based access) και συνδρομών (subscription-based notifications), επιτρέποντας τόσο ανάκτηση τρέχουσας κατάστασης όσο και υποστήριξη συμβάντων σε πραγματικό χρόνο. Για λειτουργικότητες που δεν καλύπτονται αποκλειστικά από το μοντέλο διαχείρισης συμφραζομένων, οι συμμετέχοντες δύνανται να εκθέτουν συμπληρωματικές RESTful διεπαφές, διατηρώντας σαφή διάκριση μεταξύ δεδομενοκεντρικών και υπηρεσιοκεντρικών αλληλεπιδράσεων.

Το σύστημα δεν επιβάλλει συγκεκριμένες απαιτήσεις ως προς την εσωτερική αρχιτεκτονική των πόλεων, τις τεχνολογίες αποθήκευσης ή τις επιχειρησιακές διαδικασίες. Κάθε συμμετέχων είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη, λειτουργία και διαθεσιμότητα των δικών του υποδομών, συμπεριλαμβανομένων των brokers και των bridges που ενσωματώνονται στο οικοσύστημα. Η προδιαγραφή επικεντρώνεται αποκλειστικά στο επίπεδο διαλειτουργικότητας και στη διασύνδεση των συστημάτων μέσω κοινών προτύπων και μηχανισμών ανακάλυψης.

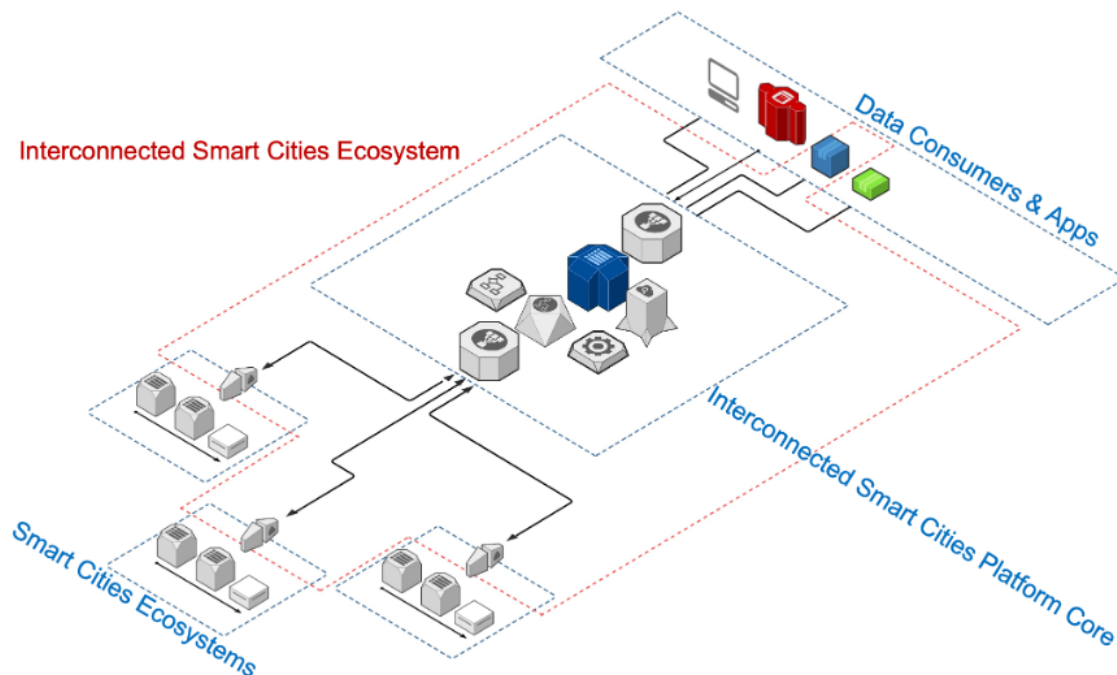
Με τον τρόπο αυτό, το SCE ορίζεται ως ένα επεκτάσιμο και ανοικτό πλαίσιο διασύνδεσης, το οποίο επιτρέπει την ένταξη νέων συμμετεχόντων χωρίς τροποποίηση των υφιστάμενων υποδομών και χωρίς συγκεντρωτική διαχείριση των δεδομένων, θέτοντας τις βάσεις για κλιμακούμενη και σημασιολογικά συνεπή συνεργασία μεταξύ ελληνικών πόλεων.

3.2 Βασικό Μοντέλο Αρχιτεκτονικής

Η αρχιτεκτονική του Smart Cities Ecosystem (SCE) υλοποιείται ως ένα αποκεντρωμένο, πολυεπίπεδο σύστημα μετα-πλατφόρμας, το οποίο επιτρέπει τη διασύνδεση αυτόνομων πλατφορμών έξυπνων πόλεων μέσω τυποποιημένων μηχανισμών διαλειτουργικότητας (Εικόνα 1). Η σχεδίαση διασφαλίζει ότι κάθε συμμετέχουσα πόλη διατηρεί πλήρη έλεγχο της εσωτερικής της

υποδομής, ενώ παράλληλα καθίσταται δυνατή η ενοποιημένη πρόσβαση σε δεδομένα και υπηρεσίες σε επίπεδο οικοσυστήματος.

Η αρχιτεκτονική οργανώνεται σε διακριτά επίπεδα, καθένα από τα οποία επιτελεί συγκεκριμένο ρόλο.



Εικόνα. 1 - Υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονικής SCE μετα-πλατφόρμας (Παραδοτέο Π2.1)

3.2.1 Επίπεδο Πόλης (City Layer)

Στο κατώτερο επίπεδο βρίσκονται οι υφιστάμενες πλατφόρμες των πόλεων, οι οποίες περιλαμβάνουν αισθητήρες, υποσυστήματα συλλογής δεδομένων, εφαρμογές και αποθηκευτικά μέσα. Οι εσωτερικές τεχνολογίες και η δομή αυτών των συστημάτων δεν επηρεάζονται από το οικοσύστημα.

Κάθε πόλη εκθέτει επιλεγμένα δεδομένα μέσω ενός NGSI-LD context broker, ο οποίος λειτουργεί ως το ενιαίο σημείο πρόσβασης προς το οικοσύστημα. Ο broker διαχειρίζεται τις οντότητες συμφραζομένων σύμφωνα με τα FIWARE Smart Data Models και υποστηρίζει τόσο ερωτήματα όσο και μηχανισμούς συνδρομών.

Μεταξύ των εσωτερικών συστημάτων της πόλης και του broker παρεμβάλλεται ένα συστατικό προσαρμογής (bridge), το οποίο αναλαμβάνει τη χαρτογράφηση και μετατροπή των δεδομένων από τα τοπικά σχήματα σε τυποποιημένα σημασιολογικά μοντέλα.

3.2.2 Επίπεδο Οικοσυστήματος (Ecosystem Layer)

Σε ανώτερο επίπεδο λειτουργεί ο μηχανισμός broker-of-brokers, ο οποίος αποτελεί το σημείο συντονισμού και ανακάλυψης των επιμέρους city brokers. Ο μηχανισμός αυτός διατηρεί μεταδεδομένα εγγραφής για κάθε συμμετέχοντα broker και επιτρέπει τη δυναμική ανακάλυψη των κατάλληλων πηγών δεδομένων.

Ο broker-of-brokers δεν λειτουργεί ως συγκεντρωτικό αποθετήριο δεδομένων και δεν αποθηκεύει επιχειρησιακή πληροφορία. Ο ρόλος του περιορίζεται στην παροχή μηχανισμών καταλόγου και επίλυσης αιτημάτων, επιτρέποντας στις εφαρμογές να εντοπίζουν τους κατάλληλους brokers χωρίς στατική διαμόρφωση.

3.2.3 Επίπεδο Εφαρμογών και Υπηρεσιών (Application Layer)

Στο ανώτερο επίπεδο βρίσκονται οι εφαρμογές και οι υπηρεσίες που αξιοποιούν τα δεδομένα του οικοσυστήματος. Οι εφαρμογές δύνανται να αλληλεπιδρούν είτε απευθείας με τους city brokers, αφού προηγουμένως εντοπιστούν μέσω του broker-of-brokers, είτε μέσω του broker-of-brokers που θα ανακαταθέσει στους city brokers.

Η αρχιτεκτονική υποστηρίζει τόσο query-based αλληλεπιδράσεις (ανάκτηση τρέχουσας κατάστασης οντοτήτων) όσο και subscription-based μηχανισμούς για την υποστήριξη συμβάντων σε πραγματικό χρόνο.

3.2.4 Ροή Λειτουργίας

Η ροή λειτουργίας της αρχιτεκτονικής μπορεί να συνοψιστεί ως εξής:

1. Κάθε πόλη εκθέτει τα δεδομένα της μέσω ενός τυποποιημένου broker
2. Ο broker της εκάστοτε πόλης εγγράφεται στο μητρώο του οικοσυστήματος

Σελίδα 11 | 17

3. οι εφαρμογές εντοπίζουν τους κατάλληλους brokers μέσω του broker-of-brokers και αλληλεπιδρούν απευθείας μαζί τους, σύμφωνα με το πρότυπο NGSI-LD.

Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την ένταξη νέων πόλεων στο οικοσύστημα με την προσθήκη ενός broker και ενός bridge, χωρίς ανάγκη τροποποίησης των υφιστάμενων συμμετεχόντων. Παράλληλα, αποφεύγεται η δημιουργία κεντρικού σημείου συγκέντρωσης δεδομένων, διατηρώντας τον αποκεντρωμένο χαρακτήρα του συστήματος.

3.3 Broker Concept

Ο context broker αποτελεί τον θεμελιώδη μηχανισμό διαλειτουργικότητας του Smart Cities Ecosystem, λειτουργώντας ως το τυποποιημένο σημείο έκθεσης και διαχείρισης συμφραζομένων δεδομένων σε επίπεδο πόλης. Κάθε συμμετέχων φορέας ενσωματώνει έναν NGSI-LD broker, ο οποίος αναλαμβάνει την αναπαράσταση, αποθήκευση και διάθεση οντοτήτων σύμφωνα με τα FIWARE Smart Data Models (Εικόνα 2).

Ο broker λειτουργεί ως ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ των εσωτερικών υποδομών της πόλης και του ευρύτερου οικοσυστήματος. Τα τοπικά συστήματα (αισθητήρες, βάσεις δεδομένων, υπολογιστικές υπηρεσίες) δεν εκτίθενται απευθείας προς τα έξω. Αντίθετα, τα δεδομένα τους μετασχηματίζονται σε NGSI-LD οντότητες μέσω του bridge component και δημοσιεύονται στον broker, ο οποίος αποτελεί το μοναδικό εξωτερικό σημείο πρόσβασης.

Η λειτουργία του broker βασίζεται στις ακόλουθες αρχές:

- Τυποποιημένη σημασιολογική αναπαράσταση δεδομένων μέσω NGSI-LD.
- Υποστήριξη ερωτημάτων για ανάκτηση της τρέχουσας κατάστασης οντοτήτων.
- Υποστήριξη μηχανισμών συνδρομής (subscriptions) για ασύγχρονη ειδοποίηση αλλαγών.
- Διαχωρισμός μεταξύ εσωτερικής δομής δεδομένων και εξωτερικής σημασιολογικής έκθεσης.

Κάθε broker εγγράφεται στον μηχανισμό broker-of-brokers του οικοσυστήματος, παρέχοντας μεταδεδομένα που επιτρέπουν την ανακάλυψή του από εφαρμογές ή άλλους brokers. Η εγγραφή αυτή δεν συνεπάγεται μεταφορά δεδομένων σε κεντρικό αποθετήριο. Τα δεδομένα παραμένουν στον εκάστοτε city-level broker, διατηρώντας τον αποκεντρωμένο χαρακτήρα της αρχιτεκτονικής.

Το μοντέλο αυτό επιτρέπει:

- Την αυτόνομη λειτουργία κάθε πόλης.
- Την προσθήκη νέων συμμετεχόντων χωρίς τροποποίηση των υφιστάμενων.
- Τη δυναμική ανακάλυψη πηγών δεδομένων.
- Την ανάπτυξη εφαρμογών που καταναλώνουν δεδομένα από πολλαπλούς brokers με ενιαίο τρόπο.

Σημαντικό χαρακτηριστικό του broker concept είναι ότι δεν επιβάλλει συγκεκριμένες τεχνολογίες αποθήκευσης ή εσωτερικής επεξεργασίας δεδομένων. Το μόνο δεσμευτικό στοιχείο είναι η συμμόρφωση με το NGSI-LD πρότυπο στο επίπεδο διεπαφής. Με τον τρόπο αυτό, διασφαλίζεται η τεχνολογική ουδετερότητα και η δυνατότητα προσαρμογής σε διαφορετικά περιβάλλοντα υλοποίησης. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το broker concept συνιστά τον πυρήνα του μηχανισμού διαλειτουργικότητας του SCE και λειτουργεί ως το βασικό δομικό στοιχείο πάνω στο οποίο οικοδομούνται οι υπηρεσίες και οι εφαρμογές του οικοσυστήματος.

Σε επίπεδο NGSI-LD, η ανακάλυψη και ομοσπονδιοποίηση (federation) των context brokers υλοποιείται μέσω του μηχανισμού **Context Source Registration (βλ. παρακάτω csourceRegistrations)**. Μέσω της εγγραφής αυτής, ένας broker δηλώνει τους τύπους οντοτήτων (entity types) που διαχειρίζεται, τις υποστηριζόμενες λειτουργίες (π.χ. temporal queries) και το endpoint πρόσβασης. Η εγγραφή αυτή επιτρέπει στον κεντρικό broker-of-brokers να ανακαλύπτει δυναμικά τις διαθέσιμες πηγές δεδομένων και να προωθεί ερωτήματα προς τους κατάλληλους παρόχους, υλοποιώντας το αποκεντρωμένο μοντέλο διαλειτουργικότητας του SCE.

```

curl --location 'http://{{broker_ip}}:9090/ngsi-
ld/v1/csourceRegistrations' \
--header 'Accept: application/ld+json' \
--header 'Content-Type: application/ld+json' \
--data-raw '{
  "id": "urn:ngsi-ld:ContextSourceRegistration:test001",
  "type": "ContextSourceRegistration",
  "information": [
    {
      "entities": [
        {
          "type": "WeatherObserved"
        }
      ]
    }
  ],
  "operations": ["retrieveTemporal", "queryTemporal"],
  "endpoint": "http://{{http_server_ip}}:9010",
  "@context": [
    "https://raw.githubusercontent.com/smart-data-
models/dataModel.Weather/master/context.jsonld"
  ]
}'

```

3.4 Bridge Concept Template

Το bridge component αποτελεί τον μηχανισμό προσαρμογής μεταξύ των εσωτερικών υποδομών κάθε πόλης και του τυποποιημένου επιπέδου διαλειτουργικότητας του Smart Cities Ecosystem. Ο ρόλος του είναι να γεφυρώνει την ετερογένεια των τοπικών συστημάτων,

Σελίδα 14 | 17

μετασχηματίζοντας δεδομένα και λειτουργίες σε μορφή συμβατή με το πρότυπο NGSI-LD και τα FIWARE Smart Data Models.

Σε αντίθεση με τον context broker, ο οποίος λειτουργεί ως το τυποποιημένο σημείο έκθεσης δεδομένων, το bridge δεν αποτελεί σημείο κατανάλωσης από τρίτες εφαρμογές. Αντίθετα, λειτουργεί ως εσωτερικό ή ημι-εσωτερικό υποσύστημα της πόλης, αναλαμβάνοντας:

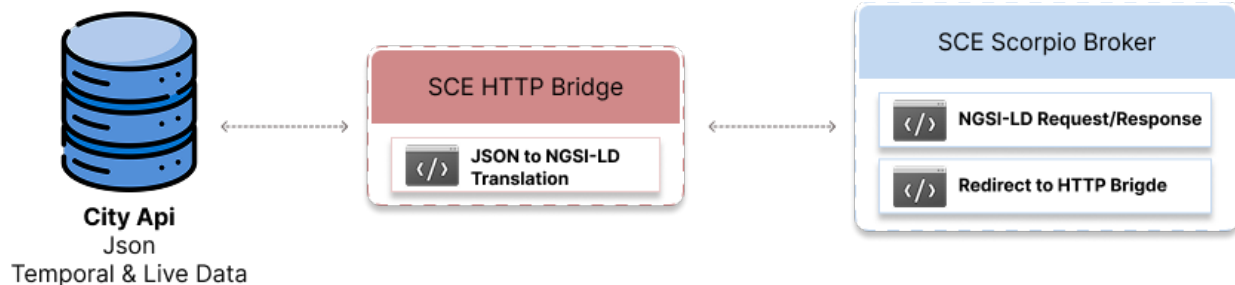
- Τη χαρτογράφηση (mapping) τοπικών σχημάτων δεδομένων σε τυποποιημένα σημασιολογικά μοντέλα.
- Τον μετασχηματισμό μορφών δεδομένων (format transformation).
- Τη διαχείριση διαφορών σε επίπεδο ονοματολογίας, δομής και μονάδων μέτρησης.
- Την προώθηση ενημερώσεων προς τον NGSI-LD broker.

Η ύπαρξη του bridge επιτρέπει στις πόλεις να διατηρούν τις υφιστάμενες εσωτερικές τους δομές χωρίς να απαιτείται ανασχεδιασμός των πληροφοριακών τους συστημάτων. Με τον τρόπο αυτό, η συμμόρφωση με το οικοσύστημα επιτυγχάνεται στο επίπεδο διεπαφής και όχι στο επίπεδο εσωτερικής υλοποίησης.

Αρχιτεκτονικά, το bridge μπορεί να υλοποιηθεί ως ανεξάρτητη υπηρεσία, ως σύνολο μικροϋπηρεσιών ή ως ενσωματωμένο υποσύστημα της υφιστάμενης πλατφόρμας. Η συγκεκριμένη υλοποίηση επαφίεται στον εκάστοτε συμμετέχοντα, υπό την προϋπόθεση ότι το τελικό αποτέλεσμα είναι η δημοσίευση οντοτήτων συμβατών με NGSI-LD στον city-level broker.

Το bridge υποστηρίζει τόσο περιοδική συγχρονισμένη ενημέρωση δεδομένων όσο και μηχανισμούς προώθησης συμβάντων σε πραγματικό χρόνο, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των τοπικών πηγών. Η λογική μετασχηματισμού μπορεί να περιλαμβάνει:

- Εμπλουτισμό δεδομένων με επιπλέον σημασιολογικά χαρακτηριστικά.
- Ενοποίηση πολλαπλών εσωτερικών πηγών σε ενιαία οντότητα.
- Φιλτράρισμα ή ανωνυμοποίηση δεδομένων πριν τη δημοσίευση.



Εικόνα 2 - Βασική αρχιτεκτονική ανά πόλη

Σημαντικό στοιχείο του bridge concept είναι ότι η ευθύνη της ορθότητας, πληρότητας και ποιότητας των δεδομένων παραμένει στην πόλη που τα δημοσιεύει. Το οικοσύστημα δεν επιβάλλει κεντρικό έλεγχο ποιότητας, αλλά βασίζεται στη συμμόρφωση κάθε συμμετέχοντα με τα συμφωνημένα σημασιολογικά πρότυπα.

Το bridge, σε συνδυασμό με τον broker, συγκροτεί το βασικό τεχνικό ζεύγος ένταξης μιας πόλης στο οικοσύστημα. Με την εγκατάσταση και παραμετροποίηση αυτών των δύο συστατικών, ένας νέος συμμετέχων μπορεί να ενταχθεί στο SCE χωρίς τροποποίηση των υπολοίπων μελών, διατηρώντας τον αποκεντρωμένο και επεκτάσιμο χαρακτήρα της αρχιτεκτονικής.

4 Σύνοψη

Το παρόν παραδοτέο καθόρισε το βασικό αρχιτεκτονικό πλαίσιο και τις προδιαγραφές του Smart Cities Ecosystem (SCE), θέτοντας τις θεμελιώδεις αρχές για τη διαλειτουργική διασύνδεση των υφιστάμενων πλατφορμών έξυπνων πόλεων στην Ελλάδα. Η προτεινόμενη προσέγγιση υιοθετεί ένα αποκεντρωμένο μοντέλο οικοσυστήματος, το οποίο επιτρέπει την αυτόνομη λειτουργία των συμμετεχόντων φορέων, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ενοποιημένη πρόσβαση σε δεδομένα και υπηρεσίες μέσω κοινών προτύπων.

Η αρχιτεκτονική βασίζεται στη χρήση του προτύπου FIWARE NGSI-LD ως ενιαίου σημασιολογικού συμβολαίου μεταξύ των συστημάτων, επιτρέποντας την ομοιόμορφη αναπαράσταση και ανταλλαγή συμφραζομένων δεδομένων. Ο context broker ορίζεται ως το βασικό σημείο έκθεσης δεδομένων σε επίπεδο πόλης, ενώ ο μηχανισμός broker-of-brokers λειτουργεί ως υποδομή ανακάλυψης και καταλόγου, χωρίς να εισάγει συγκεντρωτική αποθήκευση ή κεντρικό έλεγχο των δεδομένων. Παράλληλα, το bridge component καθιστά εφικτή την ένταξη ετερογενών τοπικών συστημάτων στο οικοσύστημα, χωρίς την ανάγκη ανασχεδιασμού των εσωτερικών τους υποδομών.

Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική προσφέρει επεκτασιμότητα και ευελιξία, επιτρέποντας την ένταξη νέων συμμετεχόντων με την προσθήκη τυποποιημένων μηχανισμών διασύνδεσης, χωρίς τροποποίηση των υφιστάμενων κόμβων. Με τον τρόπο αυτό, αποφεύγεται η δημιουργία κεντρικού σημείου συγκέντρωσης δεδομένων, διατηρώντας τον αποκεντρωμένο χαρακτήρα του οικοσυστήματος και μειώνοντας τον κίνδυνο εξαρτήσεων από συγκεκριμένες τεχνολογικές υλοποιήσεις.

Συνολικά, το SCE διαμορφώνεται ως ένα εθνικό πλαίσιο διαλειτουργικότητας για τις έξυπνες πόλεις, το οποίο επιτρέπει την αξιοποίηση υφιστάμενων επενδύσεων, περιορίζει τον κατακερματισμό και δημιουργεί τις προϋποθέσεις για ανάπτυξη διατοπικών εφαρμογών και υπηρεσιών. Το αρχιτεκτονικό μοντέλο που παρουσιάστηκε στο παρόν παραδοτέο θέτει τις βάσεις για τα επόμενα στάδια υλοποίησης και επιχειρησιακής αξιοποίησης του οικοσυστήματος, υποστηρίζοντας τη μετάβαση σε ένα περισσότερο συνδεδεμένο και κλιμακούμενο περιβάλλον έξυπνων πόλεων σε εθνικό επίπεδο.