

Σχεδιασμός και Ανάπτυξη των επιμέρους τμημάτων του συστήματος

Παραδοτέο 4.2

30/09/2019



**Η Πράξη συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ)
και από Εθνικούς Πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου**

Πίνακας Περιεχομένων

Πίνακας Περιεχομένων.....	2
1 Εισαγωγή	3
2 Τεχνική Περιγραφή.....	3
2.1 Λόγοι επιλογής τεχνολογιών πλατφόρμας SmartWater2020	3
2.2 Σχεδιασμός και ο τρόπος ανάπτυξης των επιμέρους τμημάτων του συστήματος.....	4
2.2.1 Back-end.....	6
2.2.1.1 Συλλογή δεδομένων	6
2.2.1.1.1 Αυτόματη αποστολή δεδομένων από IoT συσκευές.....	6
2.2.1.1.2 Τηλεμετρικά συστήματα (SCADA).....	6
2.2.1.1.3 LoraServer.....	6
2.2.1.2 Πλατφόρμα Fiware.....	7
2.2.1.2.1 Iot Agent for JSON	8
2.2.1.2.2 IoT Agent for LoRaWan	8
2.2.1.2.3 Orion Context Broker.....	8
2.2.1.2.4 QuantumLeap.....	9
2.2.1.3 Αποθήκευση	10
2.2.1.4 Εγκατάσταση αλγορίθμων	10
2.2.1.4.1 Επικοινωνία αλγορίθμων με την πλατφόρμα Fiware.....	10
2.2.2 Front-end.....	11
3 Σύνοψη.....	11

1 Εισαγωγή

Ο κύριος στόχος του έργου SmartWater2020 είναι η προώθηση καινοτόμων τεχνολογιών για την αποδοτικότερη χρήση των υδάτινων πόρων. Γενικοί στόχοι του έργου είναι η έγκαιρη διάγνωση διαρροών, η μείωση του κόστους επικοινωνίας μεταξύ των αισθητήρων/επενεργητών με το κεντρικό σύστημα, η πιλοτική εγκατάσταση ενός καινοτόμου συστήματος το οποίο να διασυνδέεται με τα υφιστάμενα συστήματα, καθώς και με συστήματα ανάλυσης μεγάλου όγκου δεδομένων από ερευνητικά κέντρα και η βελτίωση της ικανότητας παρακολούθησης της ποιότητας του νερού στο δίκτυο σε πραγματικό χρόνο.

Στο έργο συμμετέχουν τα Συμβούλια Υδατοπρομήθειας Λεμεσού και Λάρνακας, η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης-Αποχέτευσης Μαλεβιζίου, καθώς επίσης και το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος της Κύπρου. Το τεχνικό-επιστημονικό κομμάτι του έργου έχουν αναλάβει το Κέντρο Αριστείας Έρευνας και Καινοτομίας «Κοίος» του Πανεπιστημίου Κύπρου και το Ινστιτούτο Πληροφορικής του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας.

Στον παραδοτέο αυτό περιγράφεται ο σχεδιασμός και ο τρόπος ανάπτυξης των επιμέρους τμημάτων του συστήματος που θα διασυνδέει τα υφιστάμενα συστήματα, θα συλλέγει και θα αποθηκεύει μετρήσεις από συσκευές, θα έχει ενσωματωμένα συστήματα ανάλυσης και θα προσφέρει την δυνατότητα παρακολούθησης διαφόρων μετρήσεων σχετικών με τα δίκτυα, στους τέσσερις προαναφερθέντες οργανισμούς ύδρευσης σε Κύπρο και Κρήτη.

Στο παραδοτέο αυτό δίνεται μια σύντομη περιγραφή που επεξηγεί τους λόγους επιλογής των τεχνολογιών που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του συστήματος και στην συνέχεια περιγράφονται όλες οι τεχνικές πληροφορίες για την κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος.

2 Τεχνική Περιγραφή

2.1 Λόγοι επιλογής τεχνολογιών πλατφόρμας SmartWater2020

Οι τεχνολογίες που επιλέχθηκαν για υλοποίηση του συστήματος είχαν σκοπό να επιτύχουν την εξοικονόμηση κόστους επικοινωνίας μεταξύ των αισθητήρων/επενεργητών με το κεντρικό σύστημα καθώς και την παρακολούθηση των δικτύων σε πραγματικό χρόνο.

Για την υλοποίηση του έργου χρησιμοποιήθηκαν καινοτόμες τεχνολογίες όπως η πλατφόρμα ανοικτού κώδικα Docker, η ανοικτού κώδικα IoT(Internet of Things) πλατφόρμα Fiware, η ψηφιακή ασύρματη τεχνολογία επικοινωνίας IoT δεδομένων LoRa (Long Range), η βάση δεδομένων για χρονοσειρές CrateDB και η πλατφόρμα ανοικτού κώδικα για ανάλυση δεδομένων και παρακολούθηση Grafana.

Με την χρήση της τεχνολογίας Docker προβλήματα όπως ασυμβατότητα μεταξύ τεχνολογιών και υποδομών, σταματούν να μας επηρεάζουν κατά την διάρκεια της ανάπτυξης ενός λογισμικού. Το Docker είναι μία πλατφόρμα λογισμικού ανοικτού κώδικα που αποτελείται από containers(container είναι ένα πακέτο που εμπεριέχει ένα λογισμικό μαζί με ό,τι μπορεί αυτό να χρειάζεται, έτσι ώστε η εφαρμογή να μπορεί να τρέχει εύκολα σε όλα τα περιβάλλοντα υπολογιστών). Με την χρήση Docker σε αυτό το έργο επιτυγχάνεται η εύκολη υλοποίηση και εγκατάσταση λογισμικού σε όλους τους εταίρους του έργου. Συγκεκριμένα από το Dockerχρησιμοποιείται το εργαλείο Docker Compose. Το Docker compose είναι εργαλείο για καθορισμό και εκτέλεση Docker εφαρμογών με πολλαπλά containers. Για τον καθορισμό των Docker εφαρμογών και των απαιτήσεων τους χρησιμοποιείται ένα *.yaml αρχείο, που σημαίνει ότι όλες οι εφαρμογές μπορούν να ξεκινήσουν με μία εντολή (την πρώτη φορά που τρέχει η εντολή «docker-compose up» γίνεται και η εγκατάσταση των εφαρμογών στον υπολογιστή).

Με την χρήση της πλατφόρμας ανοικτού κώδικα IoT(Internet of Things), Fiware, επιτυγχάνουμε την ενεργειακά βέλτιστη ροή πληροφορίας, χωρίς να απαιτεί τεχνολογικές υποδομές. Η πλατφόρμα έχει εγκατασταθεί σε server του το Κέντρου Αριστείας Έρευνας και Καινοτομίας «Κοίος» στο Πανεπιστήμιο Κύπρου. Αποτελείται από components τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους με την χρήση IP διευθύνσεων και ports. Το κύριο component του Fiware αποτελεί ο Orion Context Broker, ο οποίος έχει αποθηκευμένες εικονικές

αναπαραστάσεις με τα χαρακτηριστικά κάθε IoT συσκευής και επιτρέπει την ενημέρωση της τρέχουσας τιμής των συσκευών. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η συλλογή τιμών από συσκευές και η καταχώρησή τους με δομημένη μορφή σε μία βάση, καθώς επίσης και η αλλαγή της κατάστασης των συσκευών. Ο Orion Context Broker έχει τη δυνατότητα να «θυμάται» πολλές εικονικές αναπαραστάσεις από διάφορες συσκευές, οι οποίες μπορεί να βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη και να στέλνουν τιμές με διαφορετική συχνότητα. Με την χρήση της πλατφόρμας Fiware σε αυτό το έργο, γίνεται βέλτιστη συλλογή των δεδομένων από τις συσκευές, αλλά και από τις βάσεις δεδομένων των τηλεμετρικών συστημάτων, χωρίς να επηρεάζει το γεγονός ότι οι συσκευές ανήκουν σε τρεις (3) διαφορετικούς οργανισμούς ύδρευσης. Επίσης, η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται με δομημένο τρόπο (που δίνεται από το Fiware) κατευθείαν στη βάση δεδομένων για χρονοσειρές CrateDB. Με την δημιουργία αυτής της βάσης δεδομένων θα δίνεται η δυνατότητα δοκιμής νέων αλγορίθμων σε πραγματικά δεδομένα και δεδομένα πραγματικού χρόνου.

Η CrateDB είναι ένα καταναμημένο σύστημα διαχείρισης δεδομένων υπό την μορφή χρονοσειρών, σχεδιασμένο για αποθήκευση IoT δεδομένων. Ένας από τους λόγους επιλογής της είναι η συμβατότητα της με την πλατφόρμα Fiware. Επίσης, η CrateDB προσφέρει δυνατότητες, όπως την αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων ανά δευτερόλεπτο και ανάκτηση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Είναι σχεδιασμένη για να εκτελεί πολύπλοκα queries που περιέχουν γεωχωρικά δεδομένα ή χρονοσειρές.¹

Για το γραφικό περιβάλλον διεπαφής χρήστη, θα δημιουργηθούν πίνακες ελέγχου (dashboards), με την χρήση του εργαλείου Grafana. Με τη χρήση dashboards μπορεί να επιτευχθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων από την επεξεργασία των δεδομένων, σε πραγματικό χρόνο στους ενδιαφερόμενους χρήστες του συστήματος. Επίσης, με την χρήση dashboards επιτυγχάνεται η ευκολότερη παρακολούθηση των αποτελεσμάτων οποιαδήποτε στιγμή και από οποιοδήποτε μέρος, όπου υπάρχει πρόσβαση στο διαδίκτυο. Το εργαλείο Grafana επιλέχθηκε μεταξύ άλλων, λόγω της συμβατότητας του με την πλατφόρμα Fiware.

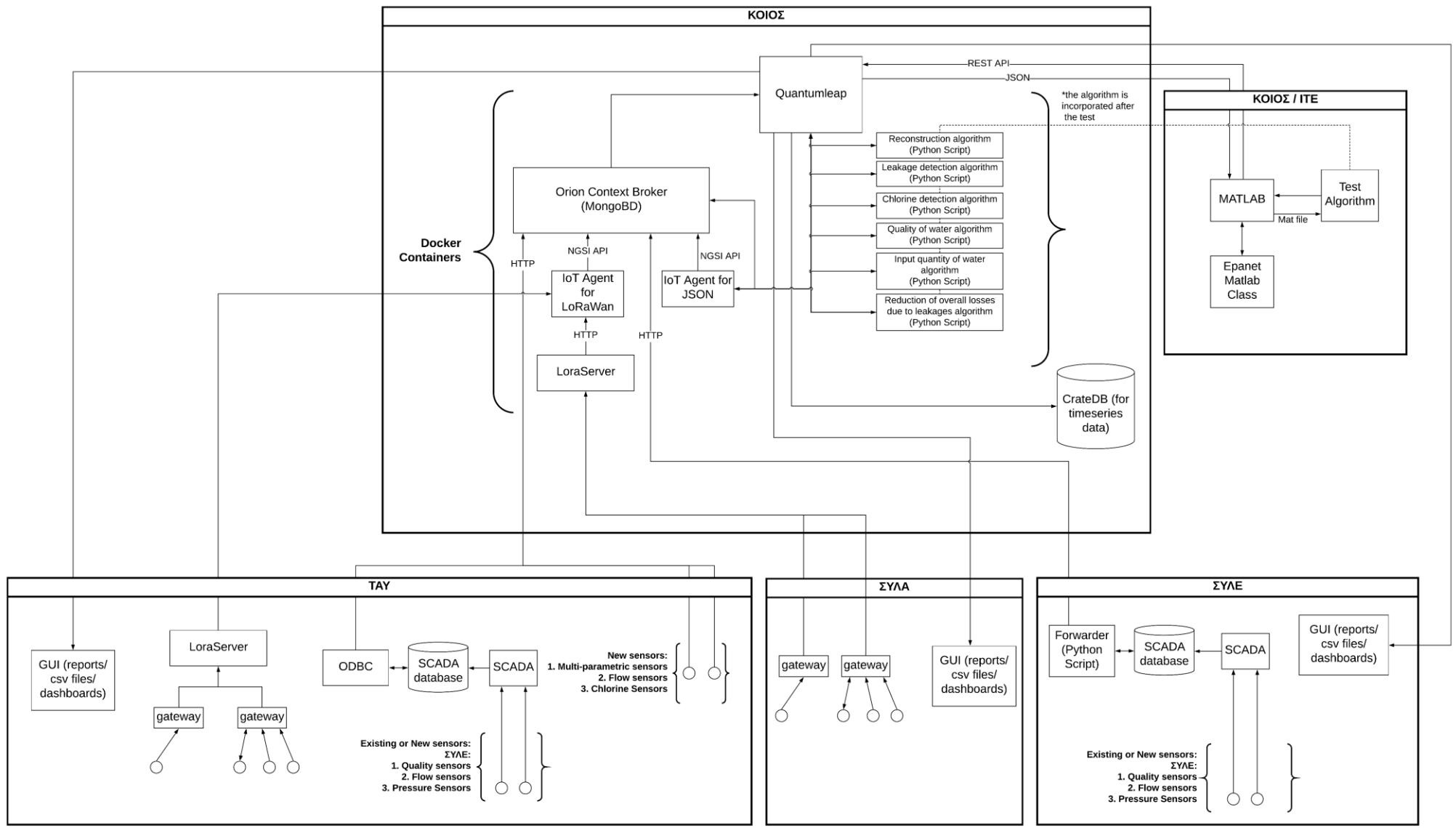
Χρησιμοποιώντας την ψηφιακή ασύρματη τεχνολογία επικοινωνίας IoT δεδομένων LoRa (Long Range), επιτυγχάνουμε επικοινωνία μεταξύ μεγάλων αποστάσεων με χαμηλή ενέργεια. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας LoRa έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε να εξυπηρετεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο IoT συσκευές, οι οποίες έχουν περιορισμένες δυνατότητες ως προς την μπαταρία τους και δεν απαιτούν την αποστολή μεγάλου όγκου δεδομένων, αλλά την αποστολή μικρού όγκου δεδομένων σε τακτά χρονικά διαστήματα.

2.2 Σχεδιασμός και ο τρόπος ανάπτυξης των επιμέρους τμημάτων του συστήματος

Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική ολόκληρου του συστήματος SmartWater2020. Στο διάγραμμα φαίνονται η προέλευση και ο τρόπος αποστολής δεδομένων στην πλατφόρμα Fiware, από τα Συμβούλια Υδατοπρομήθειας Λεμεσού (ΣΥΛΕ) και Λάρνακας (ΣΥΛΑ) και το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων (ΤΑΥ) του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος της Κύπρου. Επίσης, στο διάγραμμα αυτό φαίνονται τα components της πλατφόρμας Fiware, καθώς επίσης και το πως αυτά συνδέονται με το τεχνικό-επιστημονικό κομμάτι του έργου που υλοποιείται από το Κέντρο Αριστείας Έρευνας και Καινοτομίας «Κοίος» του Πανεπιστημίου Κύπρου και το Ινστιτούτο Πληροφορικής του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας. Τέλος, το διάγραμμα παρουσιάζει την διαδικασία αποθήκευσης των δεδομένων τόσο από τις IoT συσκευές, όσο και των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων.

Στην συνέχεια θα επεξηγηθούν αναλυτικά τα επιμέρους τμήματα του συστήματος.

¹ <https://documenter.getpostman.com/view/513743/RWEnkvDc?version=latest>



Διάγραμμα 1: Αρχιτεκτονική Συστήματος SmartWater2020

2.2.1 Back-end

Το back-end μέρος του συστήματος συμπεριλαμβάνει την συλλογή δεδομένων από συσκευές, τηλεμετρικά συστήματα (SCADA) και με LoRa server και την αποστολή τους στην IoT πλατφόρμα Fiware, η οποία είναι υπεύθυνη για την μεταφορά και την αποθήκευση τους στην βάση δεδομένων CrateDB. Επίσης, το back-end περιλαμβάνει την τροφοδότηση αλγορίθμων με τα δεδομένα αυτά, τον συντονισμό της εκτέλεσης τους με την σωστή σειρά και τον σωστό χρόνο εκτέλεσης τους, καθώς και την αποθήκευση των αποτελεσμάτων τους.

2.2.1.1 Συλλογή δεδομένων

2.2.1.1.1 Αυτόματη αποστολή δεδομένων από IoT συσκευές

Το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων (ΤΑΥ) του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος της Κύπρου εγκατέστησε πολυπαραμετρικούς αισθητήρες οι οποίοι λαμβάνουν μετρήσεις χλωρίου, αγωγιμότητας, θερμοκρασίας και pH, καθώς και αισθητήρες χλωρίου και αισθητήρες ροής. Οι αισθητήρες αυτοί θα στέλνουν τις μετρήσεις τους και την χρονική στιγμή που λήφθηκαν, μέσω δικτύου 3G, με την χρήση του πρωτοκόλλου HTTP, στην πλατφόρμα Fiware και πιο συγκεκριμένα στον Generic Enabler, Orion Context Broker.

2.2.1.1.2 Τηλεμετρικά συστήματα (SCADA)

Το Συμβούλιο Υδατοπρομήθειας Λεμεσού εγκατέστησε νέους, αλλά και διαθέτετε αισθητήρες πίεσης, χλωρίου και ροής για το έργο SmartWater2020, των οποίων τις μετρήσεις τους λαμβάνει στα τηλεμετρικά συστήματα που έχει στις εγκαταστάσεις του. Οι μετρήσεις καθώς και οι χρονικές στιγμές που λαμβάνονται αποθηκεύονται σε PostgreSQL βάση δεδομένων. Για την λήψη των μετρήσεων αυτών έχει εγκατασταθεί λογισμικό που προωθεί τις μετρήσεις στην πλατφόρμα Fiware και το οποίο είναι υλοποιημένο σε γλώσσα προγραμματισμού Python. Το λογισμικό αυτό επικοινωνεί με την βάση δεδομένων PostgreSQL ανά πέντε λεπτά και με την χρήση SQL query λαμβάνει τις μετρήσεις και την χρονική στιγμή που έφθασαν (στο χρονικό παράθυρο των πέντε λεπτών) και τις στέλνει με την χρήση HTTP πρωτοκόλλου στον Orion Context Broker της πλατφόρμας Fiware.

Το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων επίσης διαθέτει τηλεμετρικά συστήματα στις εγκαταστάσεις του, τα οποία χρησιμοποιούν για αποθήκευση των δεδομένων Microsoft SQL Server. Για την λήψη των μετρήσεων και την αποστολή τους στην πλατφόρμα Fiware από την βάση αυτή χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ODBC Data Source Administrator της Microsoft.

2.2.1.1.3 LoraServer

Το Συμβούλιο Υδατοπρομήθειας Λάρνακας τοποθέτησε 354 αισθητήρες και 9 gateways, τα οποία επικοινωνούν με το πρωτόκολλο επικοινωνίας LoRa. Το Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων βρίσκεται, επίσης, στην διαδικασία εγκατάστασης πειραματικού δικτύου LoRa.

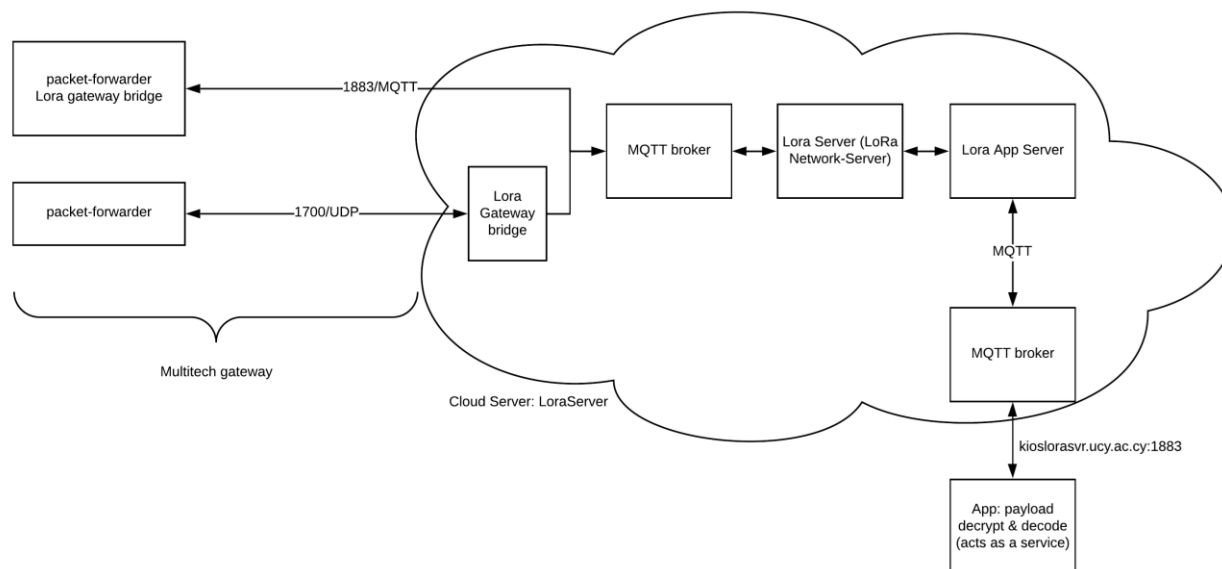
Το πρωτόκολλο επικοινωνίας LoRa αναλαμβάνει την αποστολή πακέτων από κάθε συσκευή προς ένα ή περισσότερα gateways (έτσι ώστε να υπάρχει μειωμένη πιθανότητα να χαθεί η πληροφορία) με χαμηλή ισχύ, σε μικρές και μεγάλες αποστάσεις. Ο LoRaServer είναι ένα σύνολο εφαρμογών ανοιχτού κώδικα, το οποίο περιλαμβάνει το LoRa Gateway Bridge, τον MQTT broker, τον LoRa Network-Server και τον LoRa Application Server. Ο LoraServer λαμβάνει τα μηνύματα από τα gateways -μέσω του MQTT broker- και παρέχει μηχανισμούς για διαχείριση των gateways και των συσκευών στο LoRa δίκτυο, καθώς και διαχείριση των εφαρμογών, όπως ο LoRa App Server.

Τα πακέτα από τα gateways αποστέλλονται στον MQTT broker, μέσω του LoRa Gateway bridge, το οποίο χρησιμοποιεί πρωτόκολλα προώθησης πακέτων. Ο MQTT broker είναι ο server που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο MQTT, για να λαμβάνει τα requests από τους clients -που σε αυτή την περίπτωση είναι τα gateways- και να τα αναμεταδίδει στον Lora Network-Server. Ο Lora Network-Server είναι υπεύθυνος για την αφαίρεση των μετρήσεων που φθάνουν περισσότερο από μία φορές, για την διαχείριση uplink frames καθώς και τον συντονισμό μετάδοσης downlink frames. Ο Lora App Server χειρίζεται την εγγραφή και την παρουσίαση των συσκευών και των gateways ενός ή περισσότερων LoRa δικτύων, την κρυπτογράφηση των payloads τους. Επίσης προσφέρει web-interface από το οποίο γίνεται η εγγραφή των συσκευών και των gateways καθώς και η παρακολούθησή τους. Προσφέρει επίσης την δυνατότητα επικοινωνίας με εξωτερικές υπηρεσίες, μέσω RESTful και gRPC API. Τα δεδομένα που λαμβάνονται στο Lora App Server μπορούν να αποσταλούν μέσω πρωτοκόλλων επικοινωνίας MQTT και HTTP.

Για την λήψη και αποστολή των μετρήσεων στην πλατφόρμα Fiware από τον Lora App Server θα χρησιμοποιηθεί ο Iot Agent for LoRaWan, ο οποίος αποτελεί γέφυρα μεταξύ του LoRaWan πρωτοκόλλου επικοινωνίας και του NGSIv2 πρωτοκόλλου που αναγνωρίζει ο Orion Context Broker του Fiware.

Για το LoRa δίκτυο του Συμβουλίου Υδατοπρομήθειας Λάρνακας έχει εγκατεστηθεί LoRaServer στο Κέντρο Αριστείας Έρευνας και Καινοτομίας «Κοίος». Για το LoRa δίκτυο του Τμήματος Αναπτύξεως Υδάτων έχει εγκατεστηθεί LoRaServer στις εγκαταστάσεις του οργανισμού.

Για την εγκατάσταση και λειτουργία του LoRaServer στο Κέντρο Αριστείας Έρευνας και Καινοτομίας «Κοίος» χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία Docker και συγκεκριμένα το εργαλείο Docker Compose.



Διάγραμμα 2: Αρχιτεκτονική LoRa δικτύου

2.2.1.2 Πλατφόρμα Fiware

Το Fiware είναι μία πλατφόρμα ανοικτού κώδικα, η οποία χειρίζεται «context data», με την βοήθεια παγκοσμίως αποδεκτών standards, έτσι ώστε να συμβάλει στην δημιουργία έξυπνων λύσεων. Η πλατφόρμα Fiware έχει την δυνατότητα να αλληλεπιδρά με άλλες εφαρμογές και άλλες πλατφόρμες, έτσι ώστε να συμβάλει στην δημιουργία ενός διαφορετικού συστήματος κάθε φορά, το οποίο θα ταιριάζει στις ανάγκες του κάθε χρήστη.

Η πλατφόρμα αποτελείται από Generic Enablers(GE), τα οποία είναι building blocks ανοικτού κώδικα, με δυνατότητα να επαναχρησιμοποιούνται. Ο κυριότερος και πάντα απαραίτητος GE είναι ο Orion Context

Broker, ο οποίος αποτελεί τον πυρήνα της πλατφόρμας Fiware. Για την χρήση των GEs του Fiware χρησιμοποιείται το εργαλείο Docker Compose. Οι GEs επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω IPs και ports, τα οποία καθορίζονται στο Docker Compose «*.yaml» αρχείο.

Για την δημιουργία του συστήματος SmartWater2020 χρησιμοποιήθηκαν GEs της πλατφόρμας Fiware που απευθύνονται στην δημιουργία μίας IoT πλατφόρμας. Οι GEs που χρησιμοποιήθηκαν είναι ο IoT Agent for JSON, ο IoT Agent for LoRaWan, ο Orion Context Broker και το QuantumLeap. Πιο κάτω θα επεξηγηθούν πιο αναλυτικά οι λειτουργίες του κάθε GE που χρησιμοποιείται στο σύστημα SmartWater2020.

2.2.1.2.1 Iot Agent for JSON

Ο IoT Agent for JSON συλλέγει δεδομένα από MQTT πρωτόκολλο με JSON payload, και τα μεταφράζει σε NGSIV2 entities, το οποίο είναι το πρωτόκολλο που χρησιμοποιεί η πλατφόρμα Fiware και πιο συγκεκριμένα ο Orion Context Broker. Ο Orion Context Broker επικοινωνεί μόνο με NGSIV2 requests για όλες τις αλληλεπιδράσεις του με άλλα components. Ο IoT Agent for JSON χρησιμοποιείται στο έργο SmartWater2020, σε περιπτώσεις που υπάρχει η ανάγκη «μετάφρασης» των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων σε NGSIV2 entities πριν αποθηκευτούν.

Για την χρήση του IoT Agent for JSON πρέπει αρχικά να δημιουργηθεί IoT Agent service, εγγραφή των entities, με το όνομα τους, τα χαρακτηριστικά τους και τον τύπο των χαρακτηριστικών τους, έτσι ώστε ο IoT Agent να γνωρίζει ποια entities θα περιμένει να λάβει.

2.2.1.2.2 IoT Agent for LoRaWan

Ο IoT Agent for LoRaWan είναι γέφυρα μεταξύ του LoRaWan πρωτοκόλλου επικοινωνίας και του NGSIV2 πρωτοκόλλου. Ο IoT Agent for LoRaWan θα χρησιμοποιηθεί στο έργο SmartWater2020 για την σύνδεση του LoRaServer που διατηρεί τις μετρήσεις του Συμβουλίου Υδατοπρομήθειας Λάρνακας.

Για την χρήση του IoT Agent for LoRaWan πρέπει αρχικά να γίνει εγγραφή των entities, με το όνομα τους, τα χαρακτηριστικά τους και τον τύπο των χαρακτηριστικών τους, έτσι ώστε ο IoT Agent να γνωρίζει ποια entities θα περιμένει να λάβει.

2.2.1.2.3 Orion Context Broker

Ο Orion Context Broker είναι μια εφαρμογή του NGSIV2 REST API που υλοποιήθηκε για να χρησιμοποιείται από την πλατφόρμα FIWARE. Το NGSIV2 είναι πρωτόκολλο το οποίο υλοποιήθηκε για να διαχειρίζεται «context information». Με τον όρο «context information» εννοούμε το γενικό πλαίσιο των δεδομένων μας, δηλαδή της πληροφορίας που απαιτείται να γνωρίζουμε γύρω από τα δεδομένα, έτσι ώστε αυτά τα δεδομένα να είναι χρήσιμα. Οι «context information» αντιπροσωπεύονται από τιμές που αποδίδονται σε χαρακτηριστικά(attributes) των οντοτήτων(entities). Συνοψίζοντας, το NGSIV2 και συνεπώς ο Orion Context Broker, μας επιτρέπουν να διαχειριζόμαστε ολόκληρο τον κύκλο ζωής των «context information». Αυτό σημαίνει ότι μας προσφέρει την δυνατότητα δημιουργίας(register) context στοιχείων, την διαχείριση τους μέσω ερωτημάτων(queries) και ενημερώσεων(updates), καθώς και την δυνατότητα εγγραφής(subscriptions) στα «context information», έτσι ώστε όταν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη κατάσταση να λαμβάνεται ειδοποίηση.

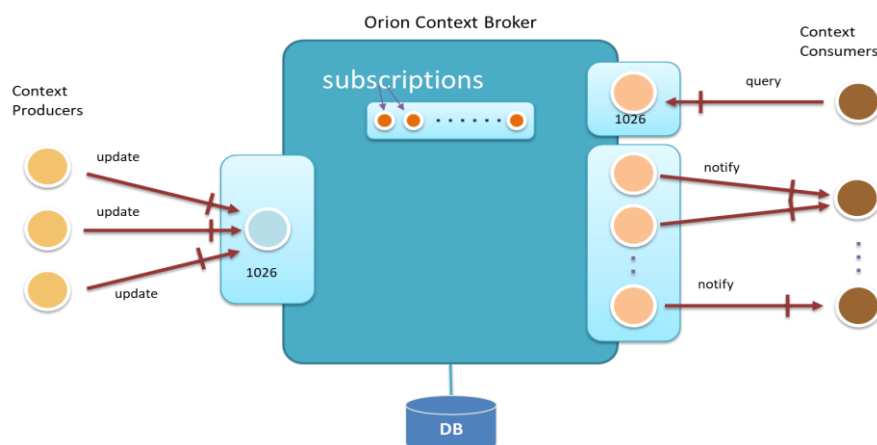
Ο Orion Context Broker λειτουργεί ενδιάμεσα των «context producers(παραγωγών)» και των «context consumers(καταναλωτών)». Οι «context producers» δημοσιεύουν «context data» επικαλούμενοι τις λειτουργίες ενημέρωσης(update) του Orion Context Broker. Οι «context consumers» λαμβάνουν δεδομένα επικαλούμενοι τις λειτουργίες ερωτημάτων(queries) του Orion Context Broker, ενώ μπορούν επίσης να εγγραφούν(subscribe) για να λαμβάνουν «context data» όταν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη κατάσταση. «Context producer» μπορεί να είναι είτε οποιοσδήποτε IoT Agent (IoT Agent for JSON, IoT Agent for

LoraWan, κλπ..) αλλά και οι ίδιες οι συσκευές, αφού δεν αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση η χρήση IoT Agent; Καθώς υπάρχουν συσκευές που μπορούν να στείλουν κατευθείαν στον Orion Context Broker. «Context consumer» στην περίπτωση του έργου SmartWater2020 αποτελεί το QuantumLeap, το πιο θα επεξηγηθεί πιο κάτω.

Στην περίπτωση του συστήματος SmartWater2020, τα context στοιχεία, τα οποία δημιουργούνται(register) στον Orion Context Broker, είναι εικονικές αναπαραστάσεις/οντότητες(entities) με τα χαρακτηριστικά(attributes) κάθε IoT συσκευής, τους οποίους μας επιτρέπει την εμφάνιση της τρέχουσας τιμής(μέσω queries) αφού έχει γίνει εγγραφή(subscription) των συσκευών, αλλά και την ενημέρωση (update) της τρέχουσας τιμή τους. Η επικοινωνία με τις IoT συσκευές επιτυγχάνεται μέσω των εικονικών αυτών αναπαραστάσεων. Ο Orion Context Broker έχει την δυνατότητα να συγκρατεί πολλές εικονικές αναπαραστάσεις από διάφορες συσκευές, οι οποίοι μπορεί να βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη και να στέλνουν τιμές με διαφορετική συχνότητα.

Για κάθε οργανισμό (ΣΥΛΕ, ΣΥΛΑ και ΤΑΥ) από τον οποίο λαμβάνονται και αποθηκεύονται δεδομένα δημιουργήθηκε ένα δικό του Fiware Service, για να εξασφαλίζετε η εμπιστευτικότητα των συσκευών κάθε οργανισμού.

Για την αποθήκευση των εικονικών αναπαραστάσεων των συσκευών, ο Orion Context Broker χρησιμοποιεί την βάση δεδομένων MongoDB, η οποία είναι κατάλληλη για «context data», καθώς είναι μία document-based βάση δεδομένων, δηλαδή αποθηκεύει τα δεδομένα σε μορφή JSON αντικειμένων(objects) όπως δηλαδή είναι δομημένες και οι οντότητες(entities) του NGSIV2.



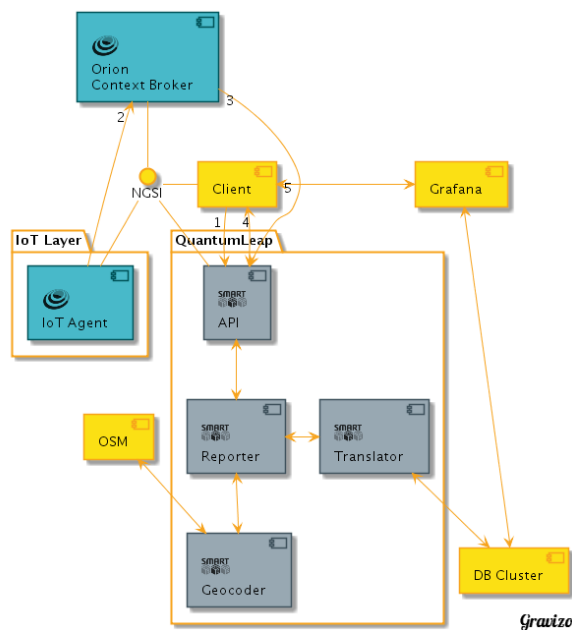
Διάγραμμα 3: Orion Context Broker in a nutshell
(from presentation "Managing Context Information at large scale (Introduction)"
- <https://www.slideshare.net/FI-WARE/201410-2-fiwareorioncontextbroker>)

2.2.1.2.4 QuantumLeap

Το QuantumLeap είναι η πρώτη εφαρμογή που υλοποιεί ένα API το οποίο υποστηρίζει την αποθήκευση NGSIV2 δεδομένων σε βάσεις δεδομένων χρονοσειρών. Είναι ένας σύνδεσμος για μεταφορά των δεδομένων από τον Orion Context Broker σε μία βάση δεδομένων για χρονοσειρές, την CrateDB, με σκοπό την δημιουργία ιστορικών δεδομένων. Με την χρήση του QuantumLeap API δίνεται επίσης η δυνατότητα ανάκτησης και διαγραφής των ιστορικών στοιχείων, χωρίς να χρειάζεται να υπάρχει άμεση πρόσβαση στην βάση δεδομένων.

Για την χρήση του QuantumLeap πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο μηχανισμός ειδοποιήσεων του NGSIV2. Αυτό σημαίνει ότι οι clients θα πρέπει αρχικά να δημιουργήσουν συνδρομή(subscription) στον Orion Context Broker για να ειδοποιείται το QuantumLeap «API /v2/notify endpoint» κάθε φορά που φθάνουν νέες τιμές για μία οντότητα(entity). Στην συνέχεια, η υπομονάδα QuantumLeap Reporter θα επικυρώσει και θα

προωθήσει την νέα τιμή στην υπομονάδα QuantumLeap Translator. Ο Translator θα προωθήσει την νέα τιμή στην βάση δεδομένων χρονοσειρών.



Διάγραμμα 4: Εσωτερική αρχιτεκτονική QuantumLeap
- <https://smartsdk.github.io/ngsi-timeseries-api/>

2.2.1.3 Αποθήκευση

Για την αποθήκευση των τιμών των οντοτήτων(entities) για δημιουργία ιστορικών δεδομένων, καθώς και των αποτελεσμάτων των αλγορίθμων, χρησιμοποιείται η βάση δεδομένων χρονοσειρών CrateDB. Η CrateDB είναι ένα SQL καταναμημένο σύστημα διαχείρισης δεδομένων (SQL DBMS), ειδικά σχεδιασμένο για IoT τεχνολογίες. Επιλέχθηκε από την πλατφόρμα Fiware ανάμεσα στις InfluxDB και RethinkDB, για να χρησιμοποιείται ως η βάση δεδομένων για αποθήκευση χρονοσειρών λόγω της εύκολης ανάκτησης δεδομένων, με γλώσσα προγραμματισμού που μοιάζει κατά πολύ με την SQL, την δυνατότητα της να υποστηρίζει την επικοινωνία με την πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων και παρακολούθησης Grafana και την δυνατότητα χρήσης ερωτημάτων(queries) που περιέχουν γεωγραφική πληροφορία (geo-queries).

Η αποθήκευση των δεδομένων στην CrateDB γίνεται αυτόματα από το GE QuantumLeap.

2.2.1.4 Εγκατάσταση αλγορίθμων

Στο έργο SmartWater2020 θα ενσωματωθούν αλγόριθμοι από το Κέντρο Αριστείας Έρευνας και Καινοτομίας «Κοίος» του Πανεπιστημίου Κύπρου, καθώς και το Ινστιτούτο Πληροφορικής του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας. Οι αλγόριθμοι αυτοί αποτελούν το τεχνικό-επιστημονικό κομμάτι του έργου και επεξηγούνται στο παραδοτέο 3.4.

2.2.1.4.1 Επικοινωνία αλγορίθμων με την πλατφόρμα Fiware

Η επικοινωνία των αλγορίθμων μεταξύ την πλατφόρμας Fiware και των αλγορίθμων, θα επιτυγχάνεται με την χρήση του GE QuantumLeap. Όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω (στο υποκεφάλαιο 2.2.1.2.4) με την χρήση του QuantumLeap API δίνεται η δυνατότητα ανάκτησης και διαγραφής των ιστορικών στοιχείων, χωρίς να χρειάζεται να υπάρχει άμεση πρόσβαση στην βάση δεδομένων.

Για τον συντονισμό των αλγορίθμων έχει δημιουργηθεί λογισμικό, το οποίο τρέχει τον κάθε αλγόριθμο την σωστή χρονική στιγμή και με την σωστή σειρά, καλώντας και ανακτώντας τα απαιτούμενα δεδομένα, μέσω

του GE QuantumLeap. Οι αλγόριθμοι θα ανακτούν δεδομένα από την βάση δεδομένων CrateDB, μέσω του QuantumLeap, με την χρήση RESTFul API requests. Ο GE QuantumLeap επιστρέφει υπό μορφή JSON τα απαιτούμενα δεδομένα.

Τα αποτελέσματα των αλγορίθμων αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων CrateDB και πάλι με την χρήση RESTFul API requests. Τα αποτελέσματα αποστέλλονται είτε στον IoT Agent και στην συνέχεια στον Orion Context Broker και στο QuantumLeap, είτε κατευθείαν στον Orion Context Broker και στην συνέχεια στο QuantumLeap, από όπου αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων CrateDB.

2.2.2 Front-end

Το front-end μέρος του συστήματος εμπεριέχει την ανάκτηση είτε των ακατέργαστων δεδομένων από τις συσκευές, είτε την ανάκτηση αποτελεσμάτων των αλγορίθμων από την βάση δεδομένων CrateDB, με την χρήση SQL queries, έτσι ώστε να παρουσιαστούν στην πλατφόρμα ανοικτού κώδικα για ανάλυση δεδομένων και παρακολούθησης, Grafana. Με την ανάκτηση δεδομένων από την CrateDB, δημιουργούνται datasets. Στην συνέχεια ετοιμάζονται γραφήματα με την χρήση ενός ή και περισσότερων datasets και την χρήση SQL queries.

Η πλατφόρμα Grafana αποτελείται από πίνακες ελέγχου (dashboards), ξεχωριστούς για κάθε οργανισμό, έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες του, αλλά και για λόγους προστασίας των δεδομένων του κάθε οργανισμού. Σε κάθε πίνακα ελέγχου θα έχουν πρόσβαση μόνο εξουσιοδοτημένοι χρήστες του κάθε οργανισμού, οι οποίοι είτε θα έχουν την δυνατότητα να παρακολουθούν τον πίνακα ελέγχου, είτε και να τον τροποποιούν. Οι πίνακες ελέγχου παρουσιάζουν αποτελέσματα σε πραγματικό χρόνο (όπως η ποιότητα νερού (μετρήσεις χλωρίνης), ειδοποιήσεις (alerts) σχετικά με διαρροές, κλπ..).

3 Σύνοψη

Συνοψίζοντας, βλέπουμε ότι με την χρήση των τεχνολογιών που έχουν επεξηγηθεί πιο πάνω, οι στόχοι του έργου επιτυγχάνονται. Υπολογίζεται ότι 50,000 κατοίκοι των περιοχών όπου δραστηριοποιείται το έργο θα έχουν βελτιωμένη ποιότητα υπηρεσιών ύδρευσης.

Στόχοι του έργου όπως η ενεργειακά βέλτιστη ροή δεδομένων, χωρίς την ανάγκη τεχνολογικής υποδομής και συνεπώς η μείωση του κόστους επικοινωνίας μεταξύ των αισθητήρων/επενεργητών με το κεντρικό σύστημα, καθώς και η διασύνδεση με τα υφιστάμενα συστήματα στους οργανισμούς ύδρευσης και με τα συστήματα ανάλυσης μεγάλου όγκου πραγματικών δεδομένων από ερευνητικά κέντρα, επιτυγχάνονται με την χρήση της πλατφόρμας ανοικτού κώδικα Fiware. Επίσης, στόχοι όπως η βελτίωση της ικανότητας παρακολούθησης της ποιότητας του νερού και διαρροών στο δίκτυο σε πραγματικό χρόνο και η παρουσίαση αποτελεσμάτων σε όλους τους εταίρους, αλλά και σε άλλα ενδιαφερόμενα μέρη (πολίτες, ερευνητές, λήπτες αποφάσεων κλπ), ικανοποιούνται τόσο από την χρήση της πλατφόρμας Fiware, όσο και από την χρήση της πλατφόρμας Grafana.