

ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Το Ινστιτούτο Πληροφορικής του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας,
σας προσκαλεί στο ανοικτό εκπαιδευτικό σεμινάριο με θέμα

«Τεχνολογίες Επικοινωνιών και Ανάλυσης Δεδομένων για Ευφυή Δίκτυα Ύδρευσης»



Δευτέρα 30 Νοεμβρίου 2020

09:45 π.μ. – 12:30 μ.μ.



Σύνδεσμος για online παρακολούθηση:

<https://us02web.zoom.us/j/88138640779?pwd=YXg3dk5DQI9EbU5rTjBNUFNZQ3A0Zz09>

SmartWater2020

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΣΕΜΙΝΑΡΙΑ (2.4)

 <https://www.smartwater2020.eu>


ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ

Τεχνολογίες Επικοινωνιών και Ανάλυσης Δεδομένων για Ευφυή Δίκτυα Ύδρευσης

Ηράκλειο, 30 Νοεμβρίου 2020, 09:45 π.μ. – 12:30 μ.μ.

Σύνδεσμος για διαδικτυακή παρακολούθηση μέσω ZOOM

<https://us02web.zoom.us/j/88138640779?pwd=YXg3dk5DQj9EbUxrTjBNUFNlZ0Z3A0Zz09>


Συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς Πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

9:45 – 9:55	Σύνδεση στο Zoom
9:55 – 10:00	Χαιρετισμός από Επιστημονικό Υπεύθυνο έργου για το ΙΤΕ-ΙΠ <i>Παναγιώτης Τσακαλίδης, Καθηγητής, Επικεφαλής Εργαστηρίου Επεξεργασίας Σήματος, ΙΤΕ-ΙΠ</i>
10:00 – 10:30	Δίκτυα Αισθητήρων και Τεχνολογίες Επικοινωνιών στην Εποχή του ΙοΤ <i>Στέφανος Παπαδάκης, Ειδικός Λειτουργικός Επιστήμονας Β', ΙΤΕ-ΙΠ</i>
10:30 – 11:00	Τηλεπικοινωνιακή Υποδομή LoRaWAN, από τη Μελέτη ως την Υλοποίηση <i>Στέφανος Παπαδάκης, Ειδικός Λειτουργικός Επιστήμονας Β', ΙΤΕ-ΙΠ</i>
11:00 – 11:30	Καλές Πρακτικές Ανάλυσης Δεδομένων – Το Μοντέλο CRISP-DM <i>Στέλιος Ρουμπάκης, Μηχ/κός Λογισμικού, ΙΤΕ-ΙΠ</i>
11:30 – 12:00	Συμπύεση Δεδομένων με Χρήση Συμπιεστικής Δειγματοληψίας <i>Γιώργος Τζαγκαράκης, Ερευνητής Β', ΙΤΕ-ΙΠ</i> MATLAB Demo <i>Στέλιος Ρουμπάκης, Μηχ/κός Λογισμικού, ΙΤΕ-ΙΠ</i>
12:00 – 12:30	Θέματα Υψηλού Επιπέδου Ανάλυσης Δεδομένων <i>Γιώργος Τζαγκαράκης, Ερευνητής Β', ΙΤΕ-ΙΠ</i> Χρήση της Πλατφόρμας SmartWater2020 <i>Στέλιος Ρουμπάκης, Μηχ/κός Λογισμικού, ΙΤΕ-ΙΠ</i>
12:30	Λήξη Εκπαιδευτικού Σεμιναρίου



ΔΕΣΜΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Σεμινάριο «Τεχνολογίες Επικοινωνιών και Ανάλυσης Δεδομένων για Ευφυή Δίκτυα Ύδρευσης», 30/11/2020



Δίκτυα Αισθητήρων και Τεχνολογίες Επικοινωνιών στην Εποχή του IoT

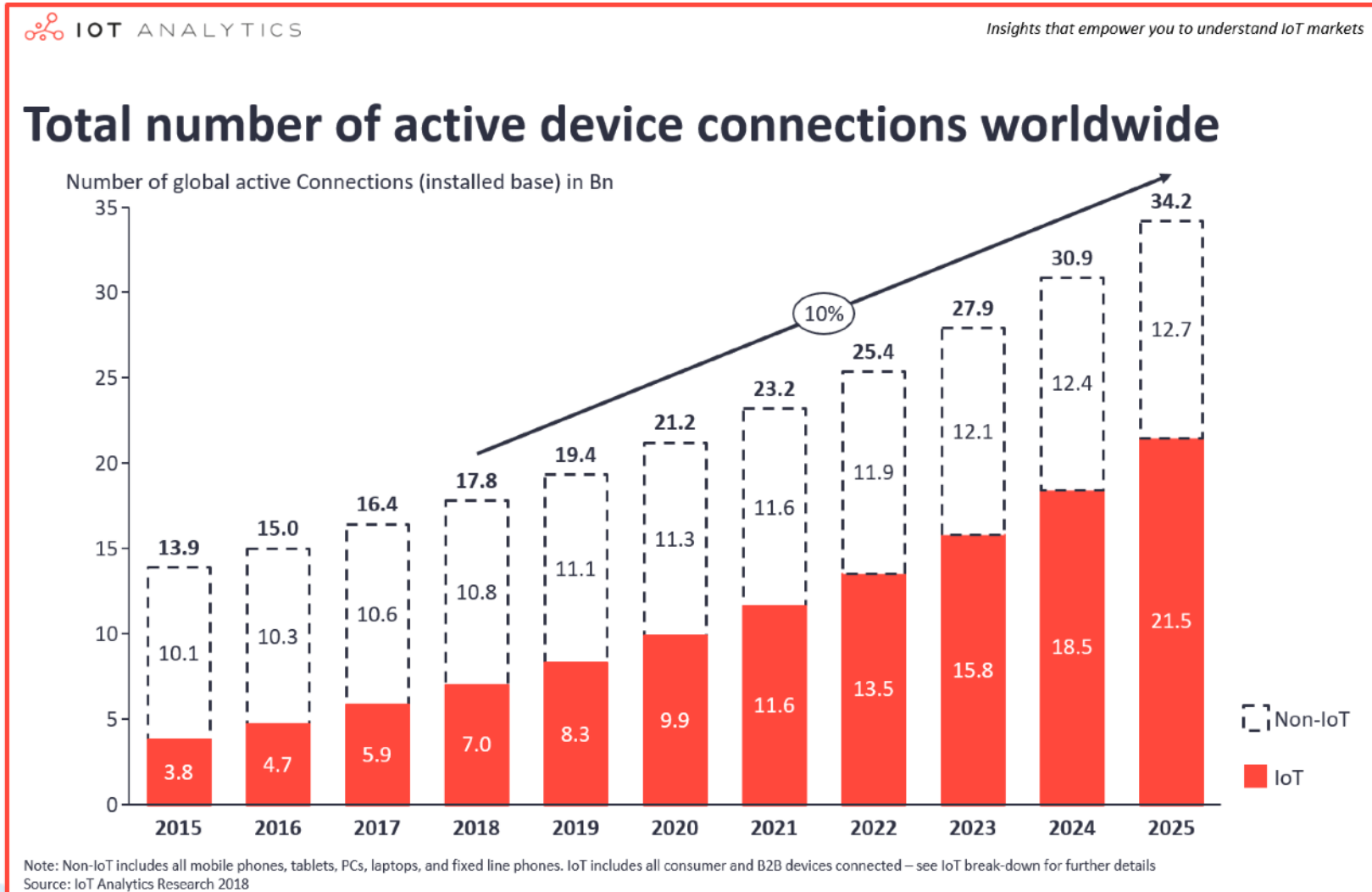


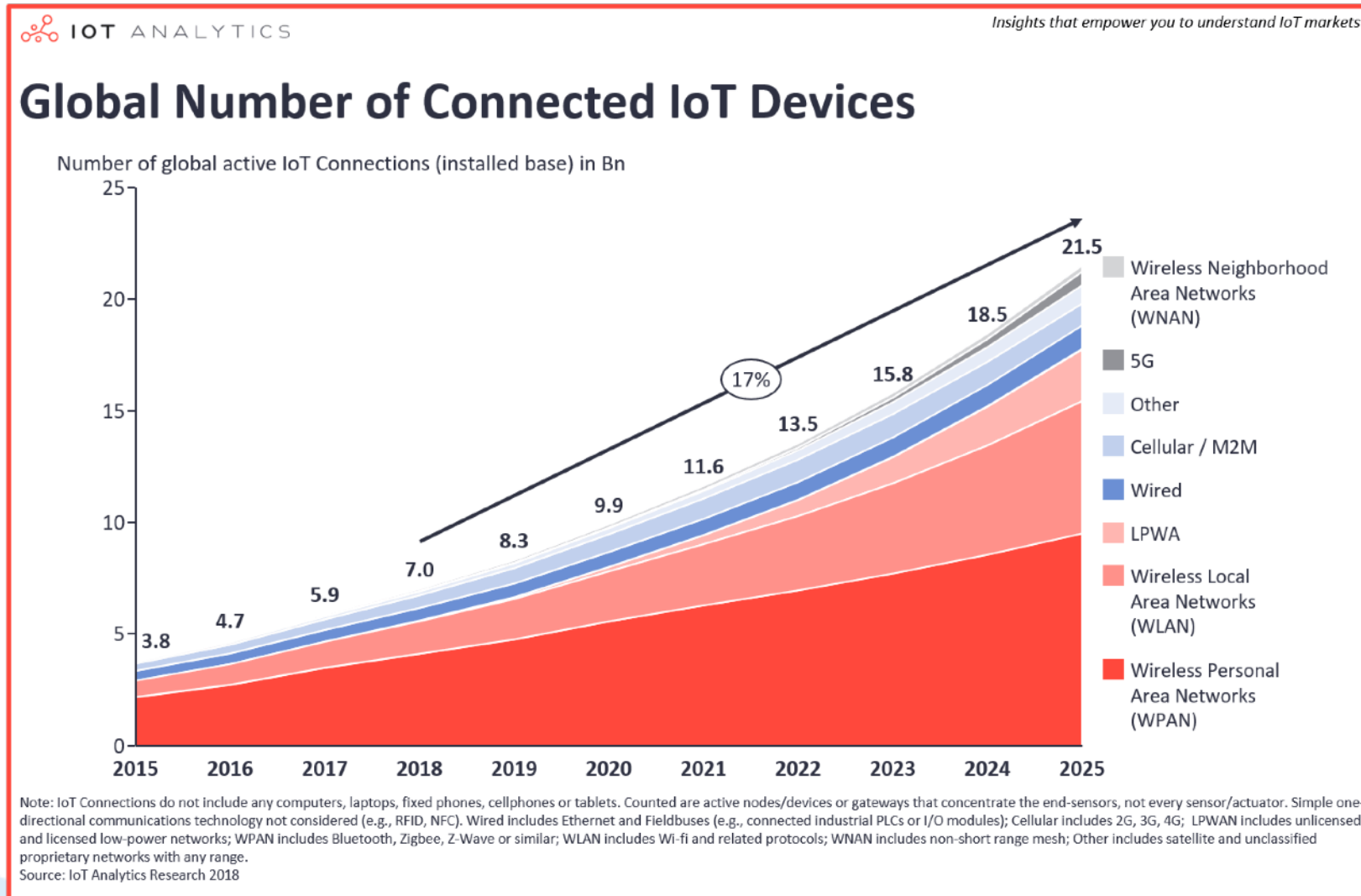
Στέφανος Παπαδάκης, Ειδικός Λειτουργικός Επιστήμονας, ΙΤΕ-ΙΠ

σημερινή κατάσταση

Εισαγωγή

- Smart Home / Building / City / ... / everything
- Τι είναι “έξυπνο”;
- Πώς γίνεται οτιδήποτε έξυπνο;
 - Το πρώτο βήμα σήμερα είναι η διασύνδεση





Τεχνολογίες Επικοινωνιών

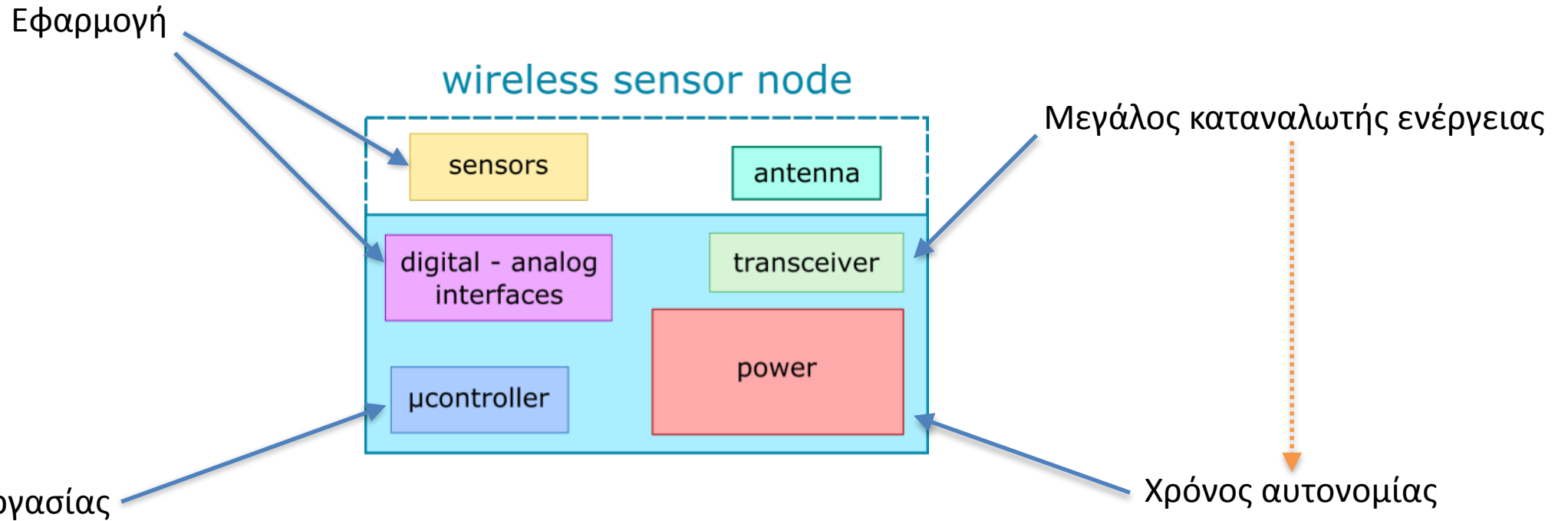
- IEEE 802.15.4
 - ZigBee SE
 - Wi-SUN
 - 6LowPAN
 - Thread
- LoRaWAN
- Sigfox
- 4G/5G
 - NB-IoT
 - Cat-M1
- WiFi (IEEE 802.11)
- Wireless M-BUS

πώς διαλέγω;
Επιλογές

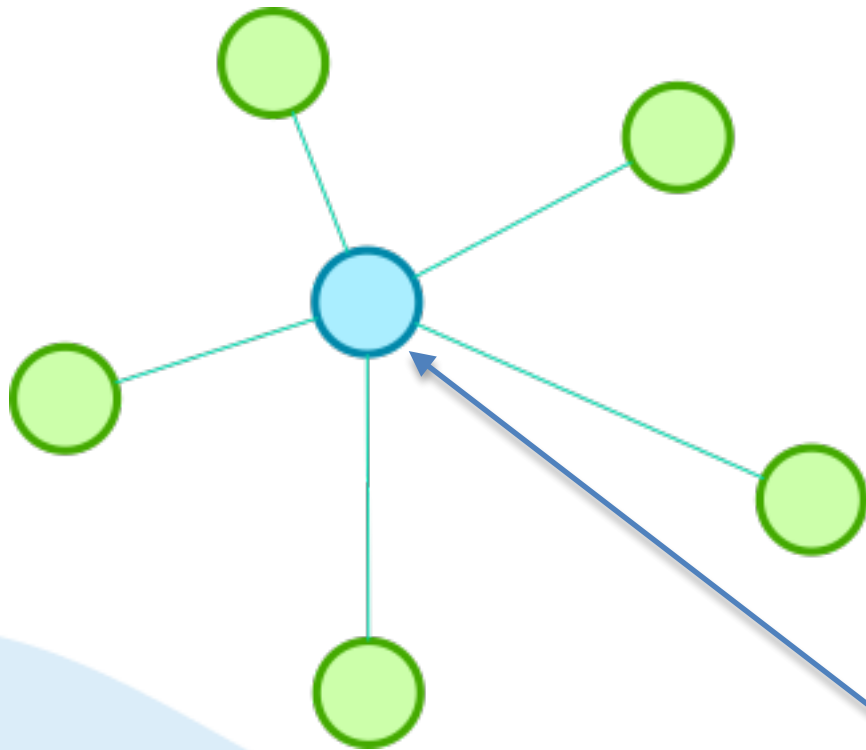
Στόχος ή Στόχοι;

- AMR - Automatic Meter Reading
 - Μέτρηση κατανάλωσης
- Μόνο;
 - Μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών
 - Μέτρηση περιβαλλοντικών παραγόντων
 - Ειδοποιήσεις για κακή χρήση, παρεμβάσεις, προβλήματα
 - Εντοπισμός
- Ενεργοποιητές;
 - Απομακρυσμένος έλεγχος
- WSN - Wireless Sensor Network

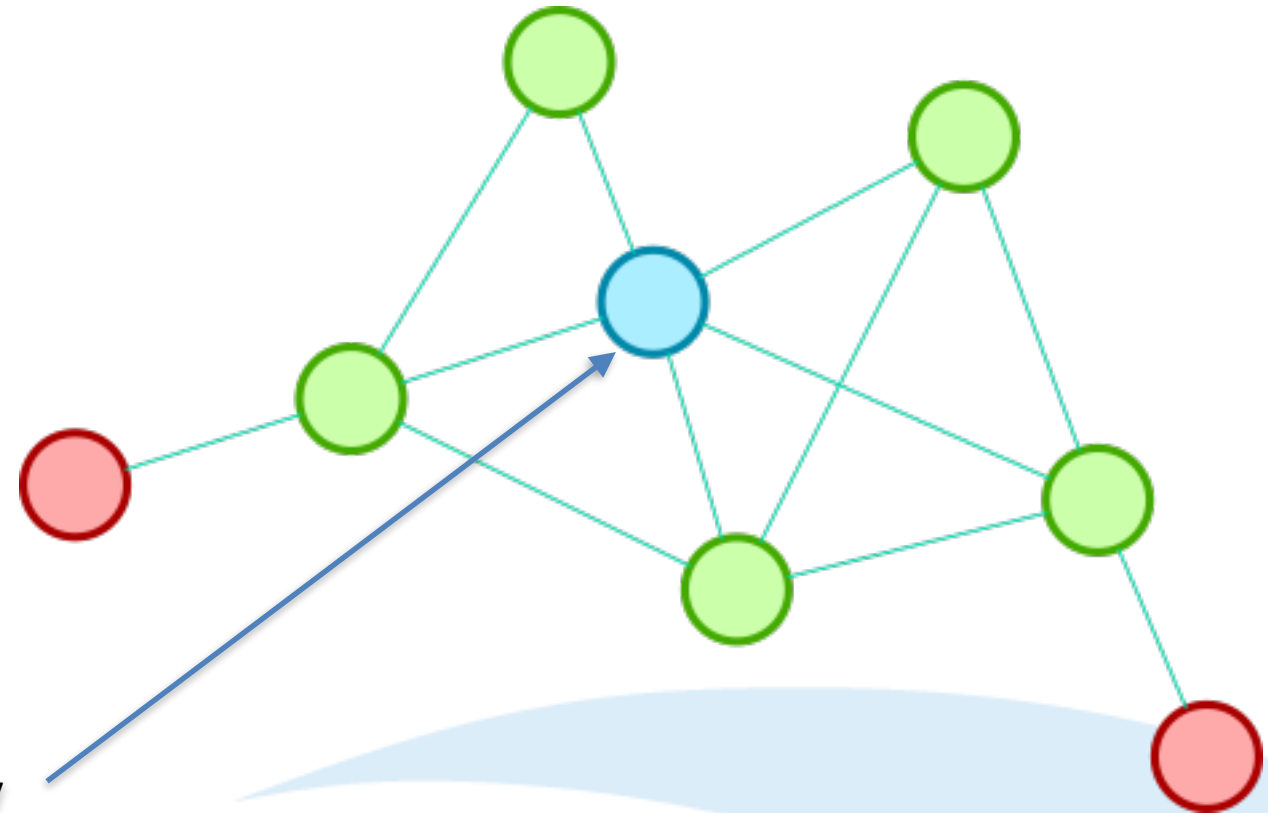
Ασύρματος Κόμβος Αισθητήρων



Star Topology



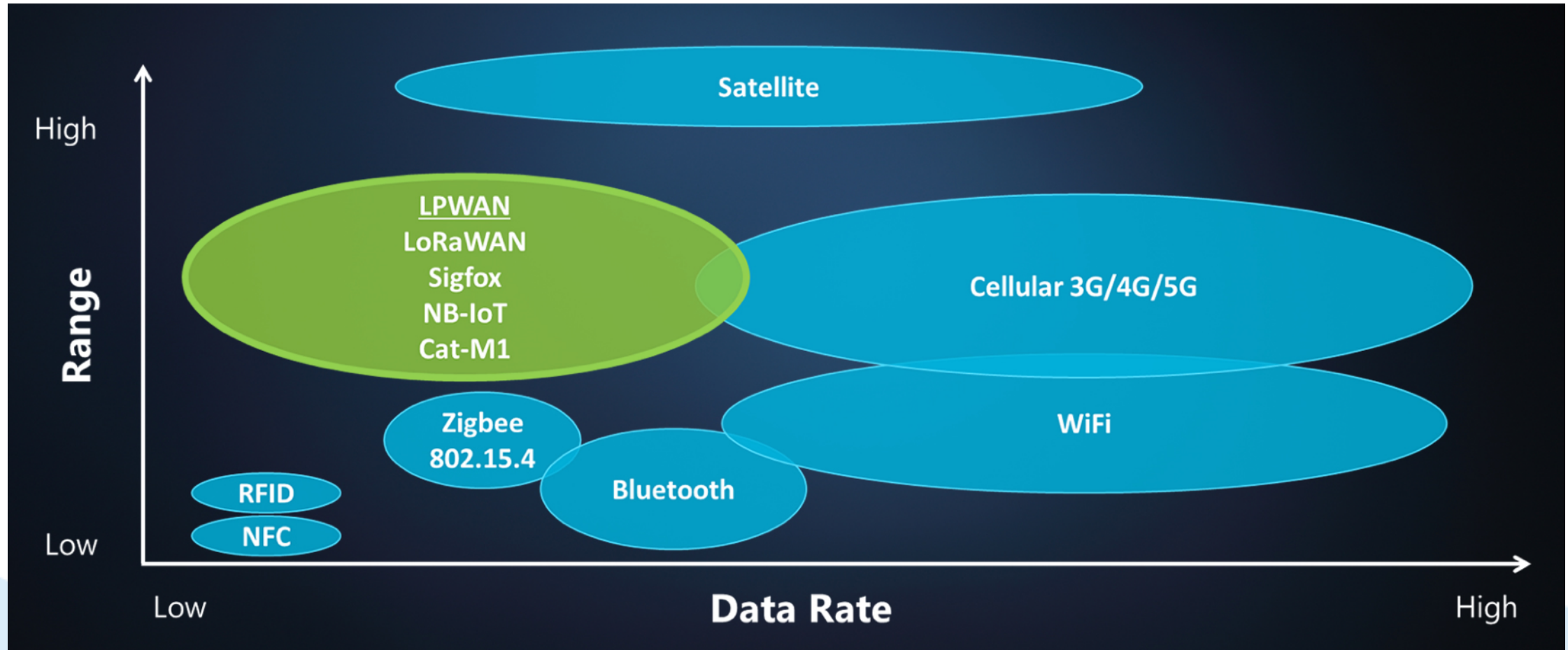
Mesh Topology

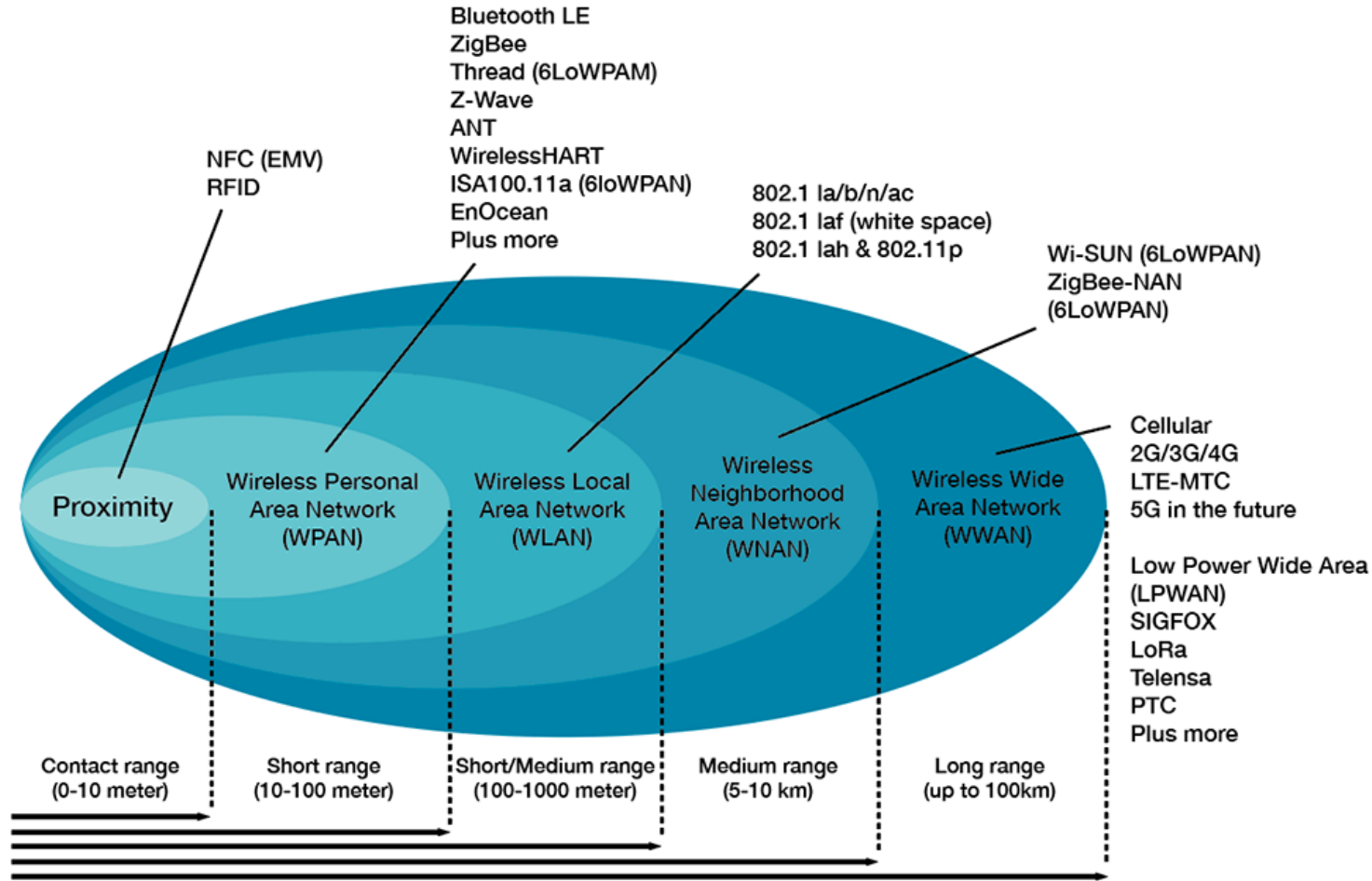


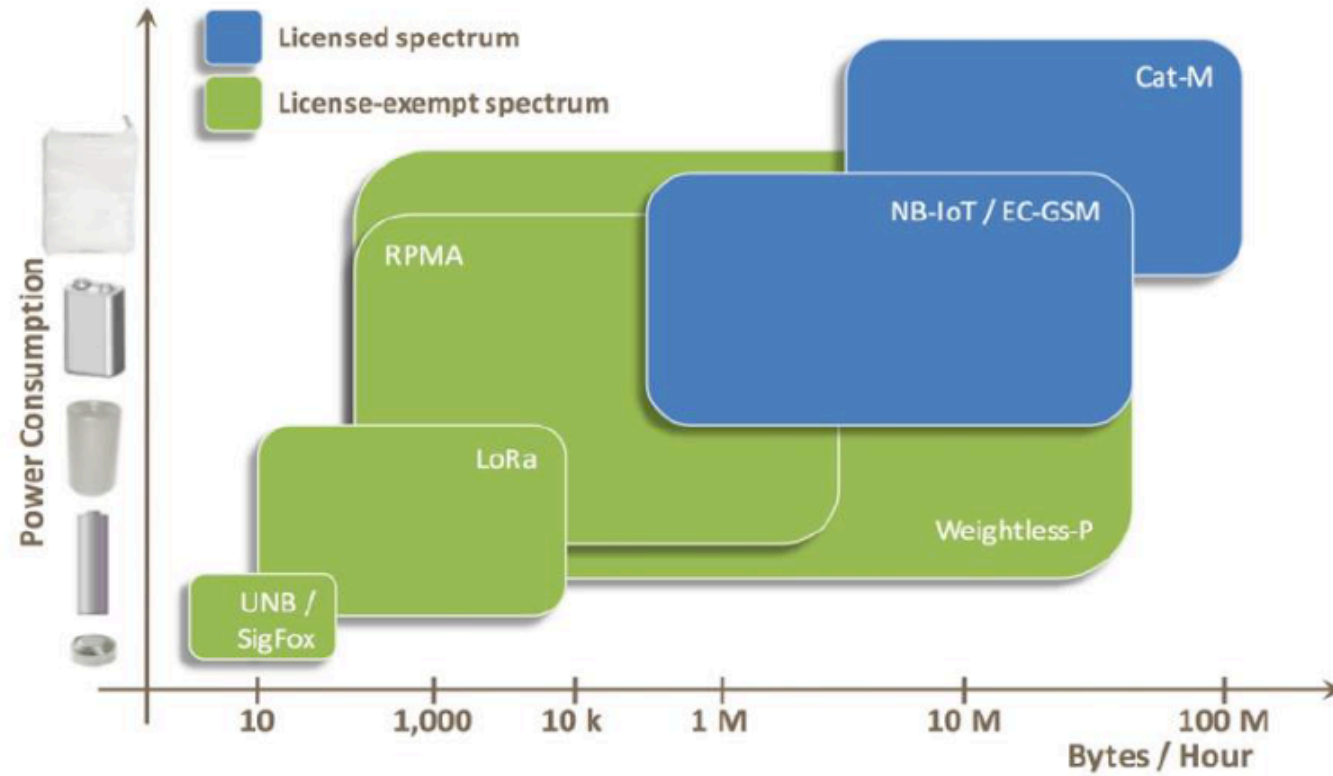
Gateway
(to Internet)

Σημεία Σύγκρισης

- Τοπολογία
- Ενέργεια
- Κόστος κόμβου
- Κόστος δικτύου
- Συντήρηση
- Δυνατότητες
- Κάλυψη
- Ταχύτητα
- Χωρητικότητα
- Συσκευές







	LoRa	Sigfox	NWave	On-Ramp	Telensa	IEEE 802.15.4g
Range (km)	3-8 urban 15-20 suburban 15-45 flat	3-10 urban 30-50 suburban	10	4	Up to 8	Up to 1
Frequency Band	Sub-GHz	Sub-GHz	Sub-GHz	2.4 GHz	Sub-GHz	Sub-GHz
Modulation	Spread Spectrum	Ultra NarrowBand	Ultra NarrowBand	Spread Spectrum	Ultra NarrowBand	FSK
Data rate (Kbps)	0.3-22	0.1-0.6	0.1	19 per MHz	up to 0.5	50-200
OTA upgrades	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes

Table 2.1: Popular LPWAN protocols and their characteristics

Σύγκριση V

	LoRaWAN			DASH7	NB-IoT
	Class A	Class B	Class C		
Frequency Band	433/ 868/ 780/ 915 MHz ISM			433/ 868/ 915 MHz ISM/SRD	Cellular Band
Channel width	500 - 125 kHz			25 or 200 kHz	180 kHz
Spectrum	unlicensed				licensed
Modulation	Chirp spread spectrum (CSS)			GFSK	DL: QPSK UL: QPSK (multi-tone) $\pi/4$ -QPSK, $\pi/2$ -BPSK (Single-tone)
Access Method	Aloha	Slotted Aloha	Aloha	CSMA/CA	DL: OFDMA UL: SCFDMA
Data Rate (DL/UL)	EU: 0.3 - 50 kbps US: 0.9 - 100 kbps			9.6, 55.555 or 166.67 kbps	~50 kbps (DL/ UL multi-tone) ~20 kbps (UL single-tone)
Duplex	Half			Half	Half
Topology	Star			Star, tree, Node-to-Node	Star
Payload Size	51 - 222 bytes			256 bytes (Max)	UL: 125 bytes DL: 85 bytes
Mobility support	High & Simple			High & Simple	High & Complex
Mobility latency	low (Almost Zero)			low (305 ms) [48]	High (1.6 - 10 s)
Transmission Time	Depend on Spreading Factors Payload size = 10-50 bytes SF= 7, 8, 9, 10, 11 ==>T<1 s SF=12 ==>T= 1 - 2 s			Advertising: 1 s Request <50 ms Responses: 1 s	Depend on block size ex. 696 bits = 2.56 s and number of repetitions
Receiving Time	2 s if ON	According to slot time	Always unless Transmitting		Low Using Paging Method
Transmission Power	+14 - +27 dBm			+10 (433 MHz), +27 (868/915 MHz) dBm	20/23 dBm
DL Latency	High	Medium	Low	Low	Medium
Support Real-Time applications	No	No	Yes	No	No
Device per Access point	UL > 1 M DL < 100 k			NA (connectionless communication)	~55 k
Collision	High	Medium	Medium	Low	Low
Range (theoretical values)	2 - 5 Km (urban) 15 Km (rural)			1 Km (node to gateway) 2 Km (using subcontroller)	Several Km depends on the number of repetition 10-15 Km (Rural)
Link budget	up to 157 dB			up to 140 dB	154 dB
Receiver Sensitivity	-124 - (-134) dBm			-97 - (-110) dBm	-141 dBm
Multi-hop support	No			Yes (only 2 hops)	No
Addressing	UL: Broadcast DL: Unicast			Unicast Broadcast Multicast Anycast	UL: Unicast DL: Unicast and Broadcast
Device Addressing	Fixed (As MAC)	Unique 64-bit address		Unique 64-bit address	As LTE
	Dynamic (AS IP)	Unique 32-bit address		Unique 16-bit address	
Standard	LoRa Alliance			DASH7 Alliance	3gpp (release 2015)
Battery life				~10 years	

Annual Unit Shipments of LPWA Modules (in thousands)

	2017	2018	2019	2020	2021	CAGR
Sigfox	8,424	14,538	27,951	52,821	85,042	219.5%
LoRa	32,316	57,298	98,162	161,561	249,724	92.3%
LTE Cat-M1	1,978	8,571	20,284	28,801	52,288	--
NB-IoT	16,166	34,062	84,885	161,628	222,902	--
Other	4,022	6,201	8,714	7,069	8,402	14.7%
Totals	62,905	120,667	239,996	411,881	622,358	95.0%

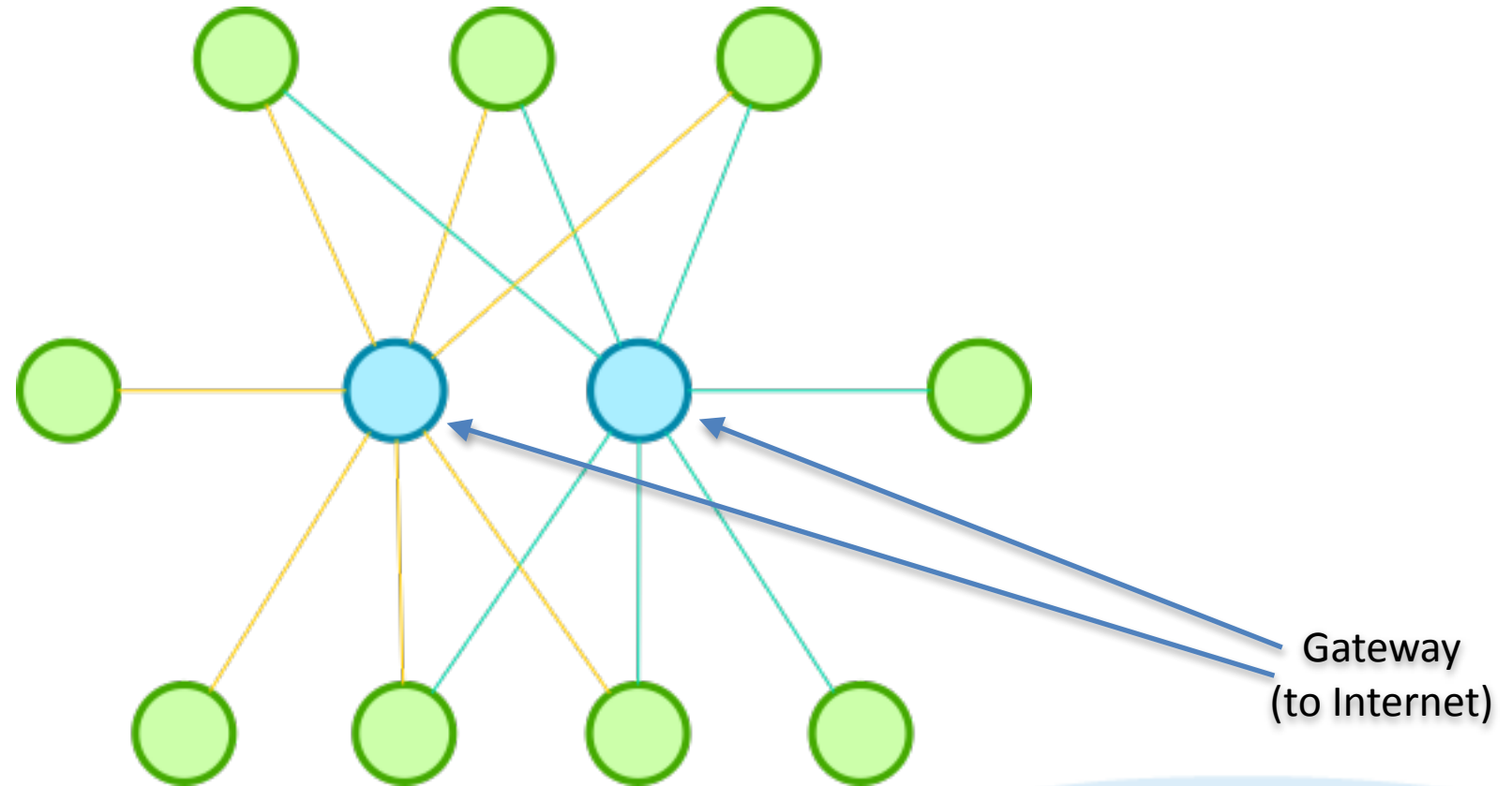
Source: IHS Markit

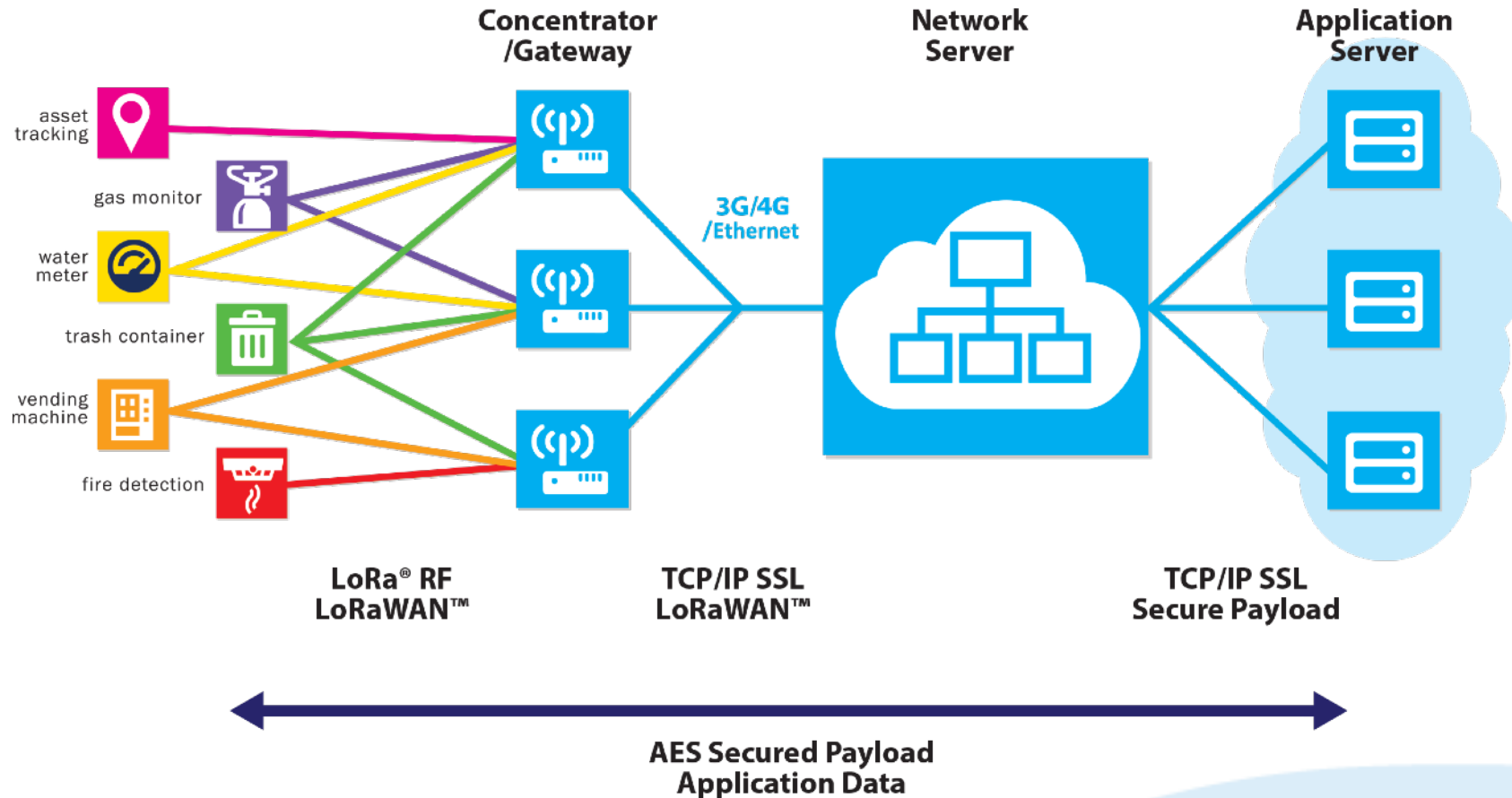
Τι ξεχωρίζει;

Συμπέρασμα

- Τοπολογία αστέρα (star of stars)
- Αμφίδρομη επικοινωνία
- Υψηλή πυκνότητα δικτύου (1000άδες συσκευές)
- Μικρή κατανάλωση ενέργειας (χρόνια με μπαταρία)
- Μεγάλη ακτίνα κάλυψης (15 km με οπτική επαφή)
- Μεγάλη αντοχή στο θόρυβο (-20dB SNR)
- Μεγάλη αξιοπιστία (redundant GWs)
- Ασφάλεια από άκρο σε άκρο (κρυπτογραφία AES 128)
- Σύγχρονο (First LoRaWAN specification - June 2015)
- Μεγάλη εγκατεστημένη βάση συσκευών

Star of Stars Topology





- ✓ Εφεδρεία
 - ✓ Αλληλοεπικάλυψη με τοπολογία star of stars
- ✓ Μεγάλη κάλυψη
 - ✓ 2 - 5 km σε αστικό περιβάλλον, 10+ km σε περιαστικό
- ✓ Μεγάλη χωρητικότητα
 - ✓ υποστήριξη τεράστιου αριθμού συσκευών
- ✓ Μεγάλη αυτονομία
 - ✓ 10 χρόνια+ με μπαταρία
- ✓ Ιδιόκτητη υποδομή
 - ✓ μηδενικό κόστος επικοινωνίας
- ✓ Αντοχή στις παρεμβολές
 - ✓ συνύπαρξη με άλλες τεχνολογίες
- ✓ Πολλαπλές χρήσεις
 - ✓ δυνατότητα παροχής υπηρεσίας
- ✓ Εξασφαλισμένο μέλλον
 - ✓ πολύ μεγάλος αριθμός εμπορικά διαθέσιμων





ΔΕΣΜΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Σεμινάριο «Τεχνολογίες Επικοινωνιών και Ανάλυσης Δεδομένων για Ευφυή Δίκτυα Ύδρευσης», 30/11/2020



Τηλεπικοινωνιακή Υποδομή LoRaWAN, από τη Μελέτη ως την Υλοποίηση



Στέφανος Παπαδάκης, Ειδικός Λειτουργικός Επιστήμονας, ΙΤΕ-ΙΠ

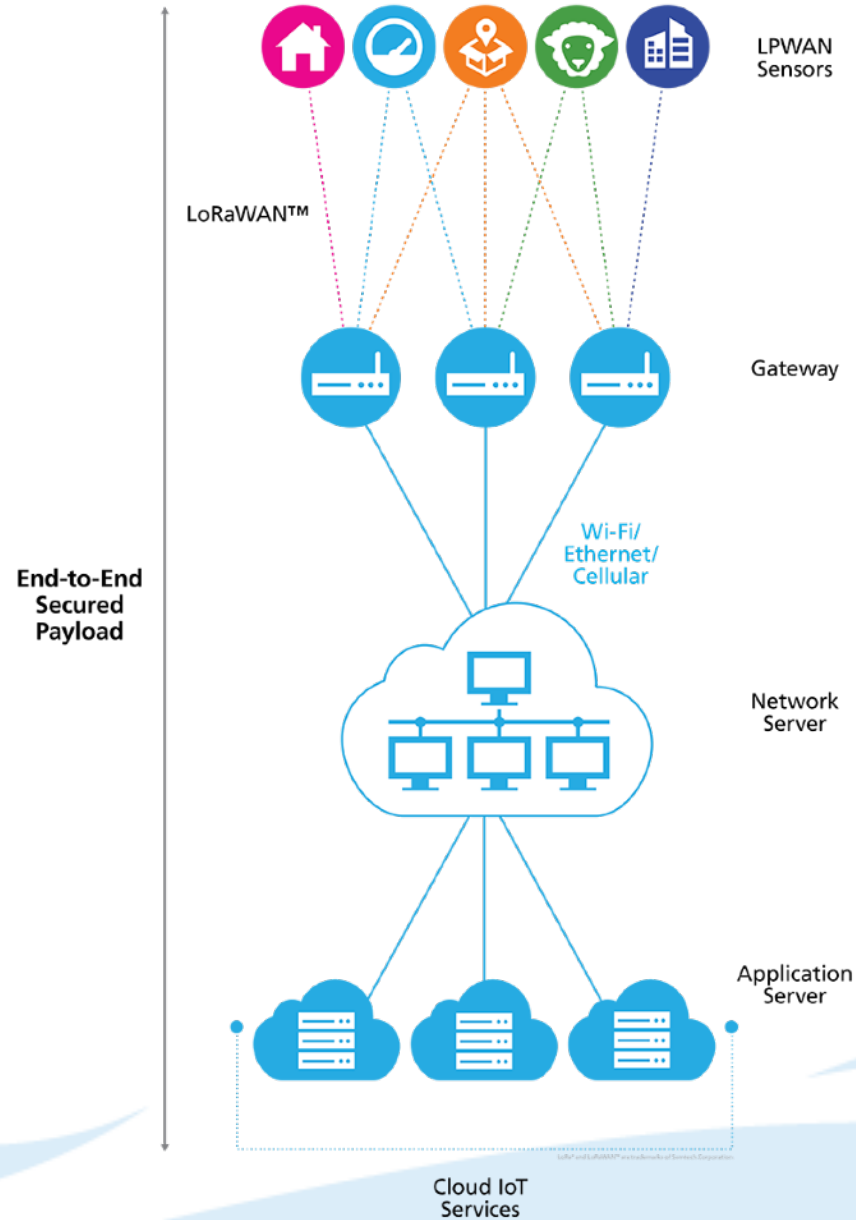


μελέτη για ένα άρτιο αποτέλεσμα

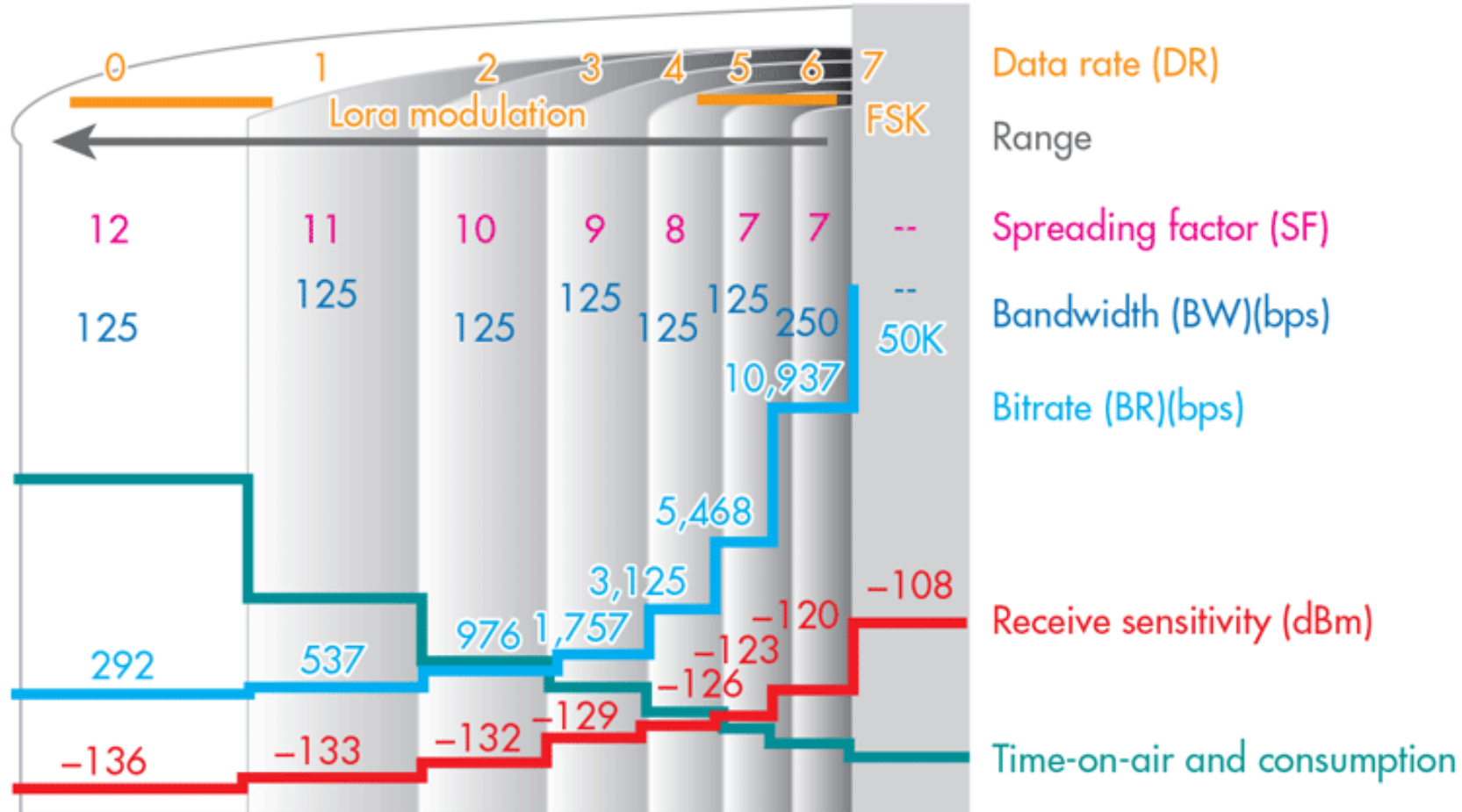
Εισαγωγή

- Συγκέντρωση απαιτήσεων
 - αριθμός συσκευών
 - κατανομή
 - σημεία τοποθέτησης
 - συχνότητα μετρήσεων
- Εφαρμογή μοντέλων διάδοσης H/M κυμάτων στο χώρο
 - πρόβλεψη και προβολή κάλυψης
 - επιλογή βέλτιστων σημείων τοποθέτησης gateways
- Μελέτη αυτονομίας
 - συσκευών
 - gateways
- Προβλήματα και λύσεις
 - Τεχνικοί και εφαρμοστικοί περιορισμοί
- Πρόβλεψη για άλλες χρήσεις

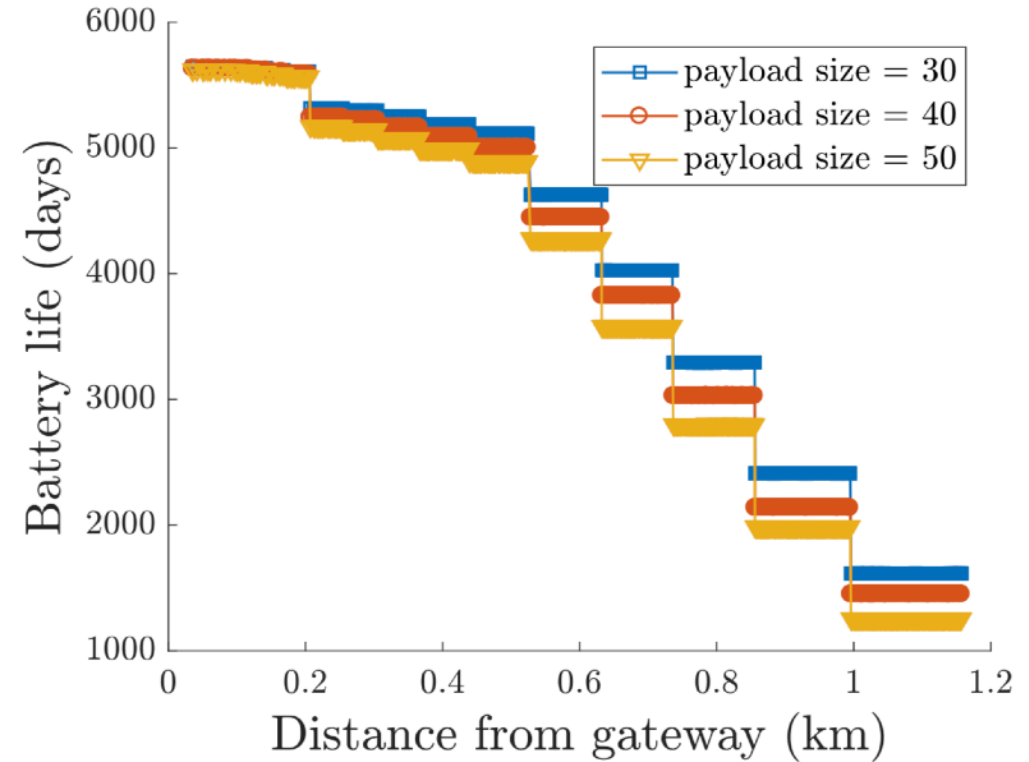
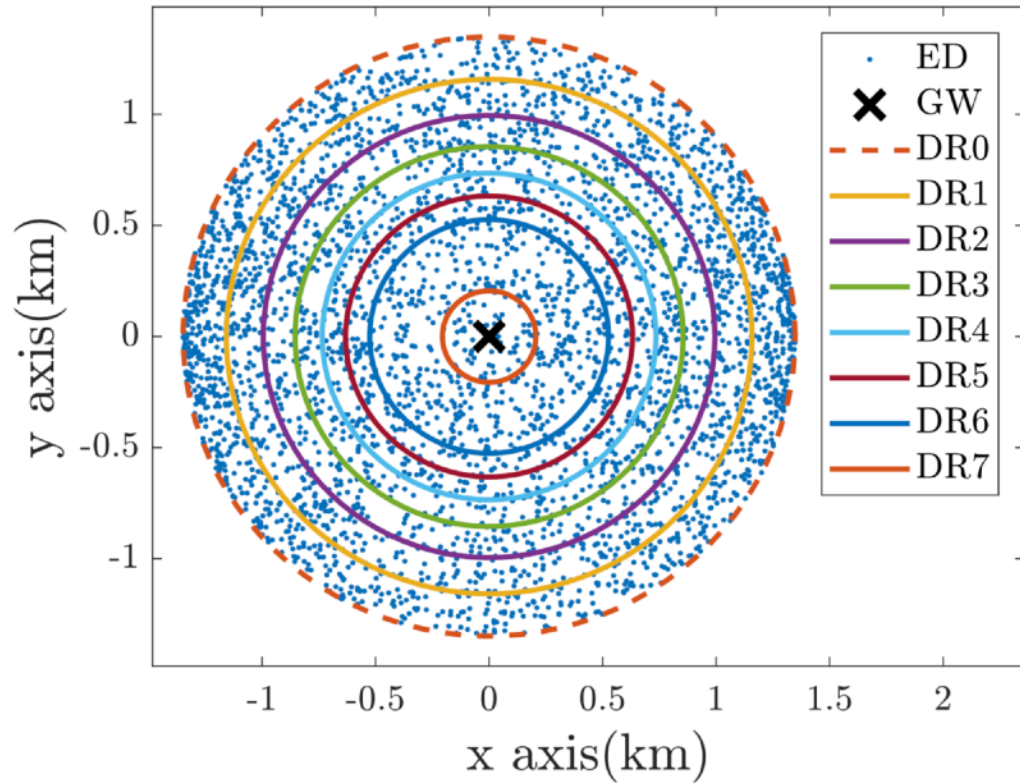
Θεωρητικό Υπόβαθρο



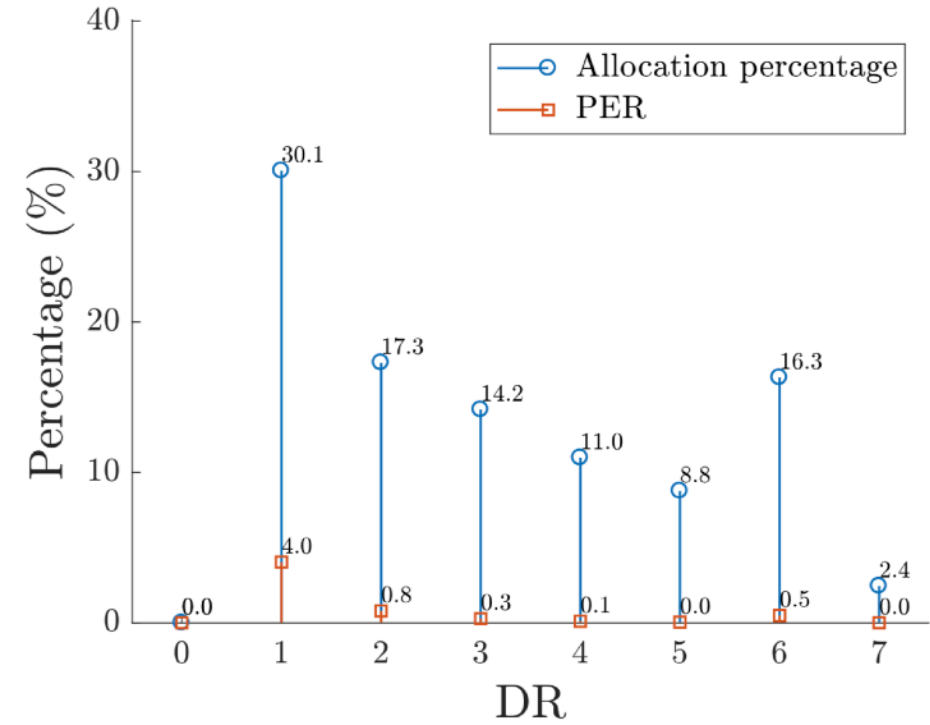
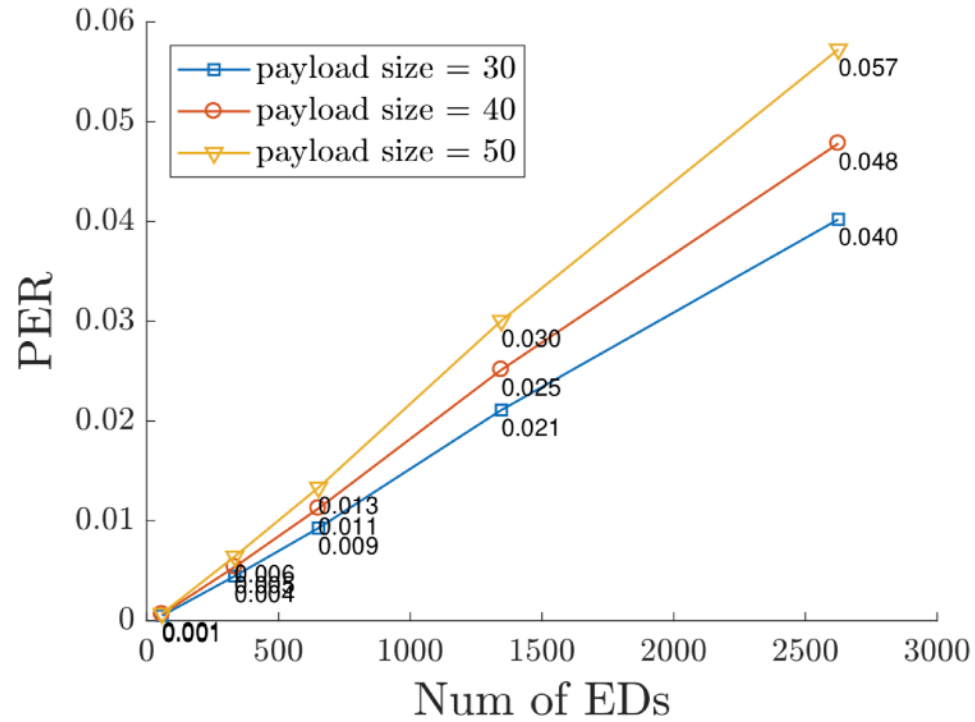
Θεωρητικό Υπόβαθρο



Εργαλεία Προσομοίωσης

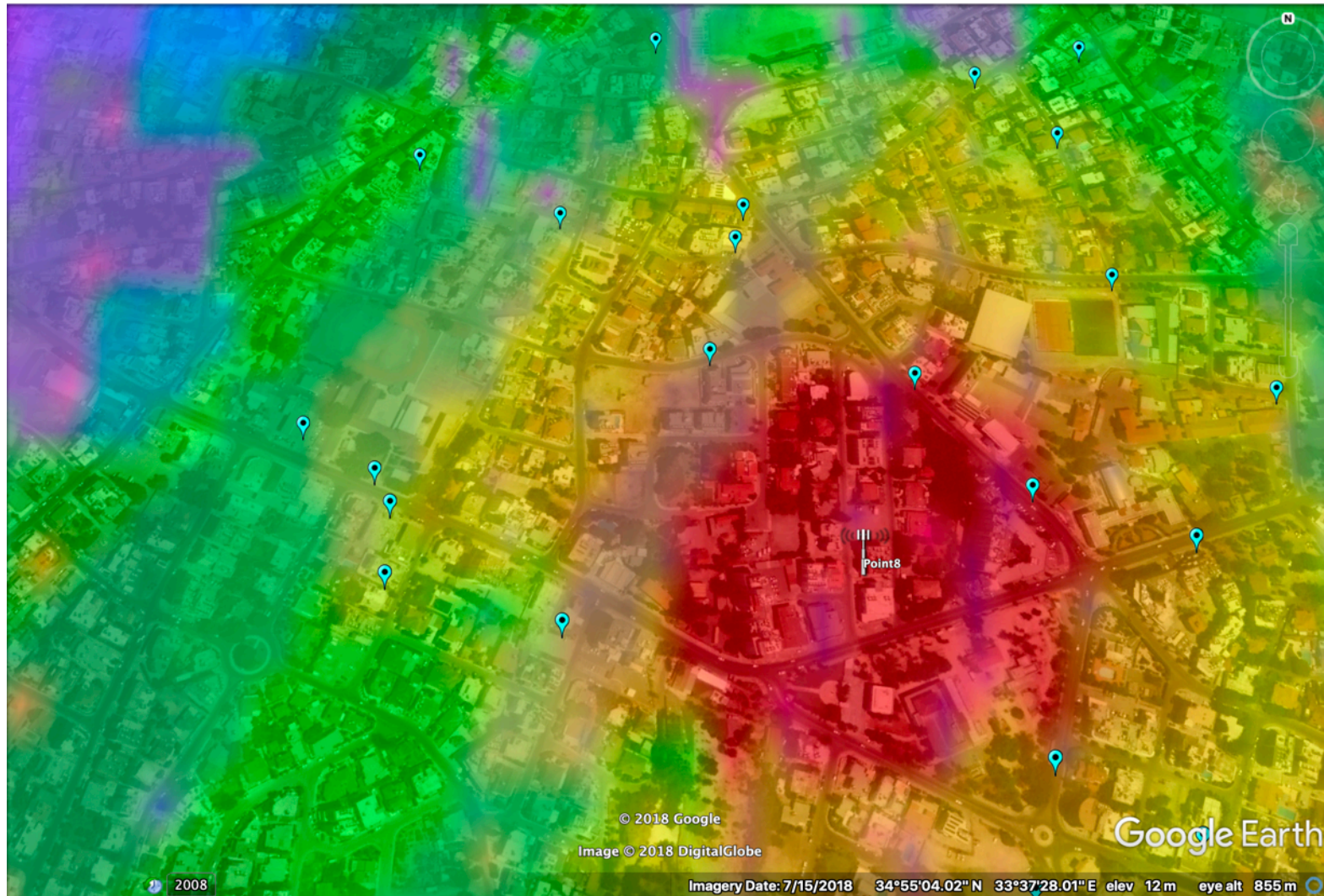


Εργαλεία Προσομοίωσης





Εργαλεία Προσομοίωσης





Λάρνακα - Κύπρος

Πιλοτική δοκιμή LoRaWAN στο Συμβούλιο Υδατοπρομήθειας Λάρνακας

Παράδειγμα

Λάρνακα - Κύπρος

Συγκέντρωση απαιτήσεων

- Κάλυψη της μητροπολιτικής περιοχής της Λάρνακας
- Μελέτη με ρεαλιστικά χαρακτηριστικά
- Χρήση κατάλληλων μοντέλων διάδοσης Η/Μ κυμάτων
- Τεχνικοί και εφαρμοστικοί περιορισμοί

- Αντοχή στο χρόνο (future-proof design)

- Παράμετροι
 - μοντέλο διάδοσης (ρεαλιστικό & συντηρητικό)
 - αστική περιοχή
 - ευαισθησία δέκτη (-120dB)
 - κέρδος κεραιών 2.17/0dBi
- Περιορισμοί
 - ύψος υδρομέτρων 30cm
 - ύψος Gateways - ύψος κτηρίου + 2m
 - ισχύς εκπομπής 25mw
 - χρήση συγκεκριμένων κτηρίων



Θέσεις υδρομέτρων



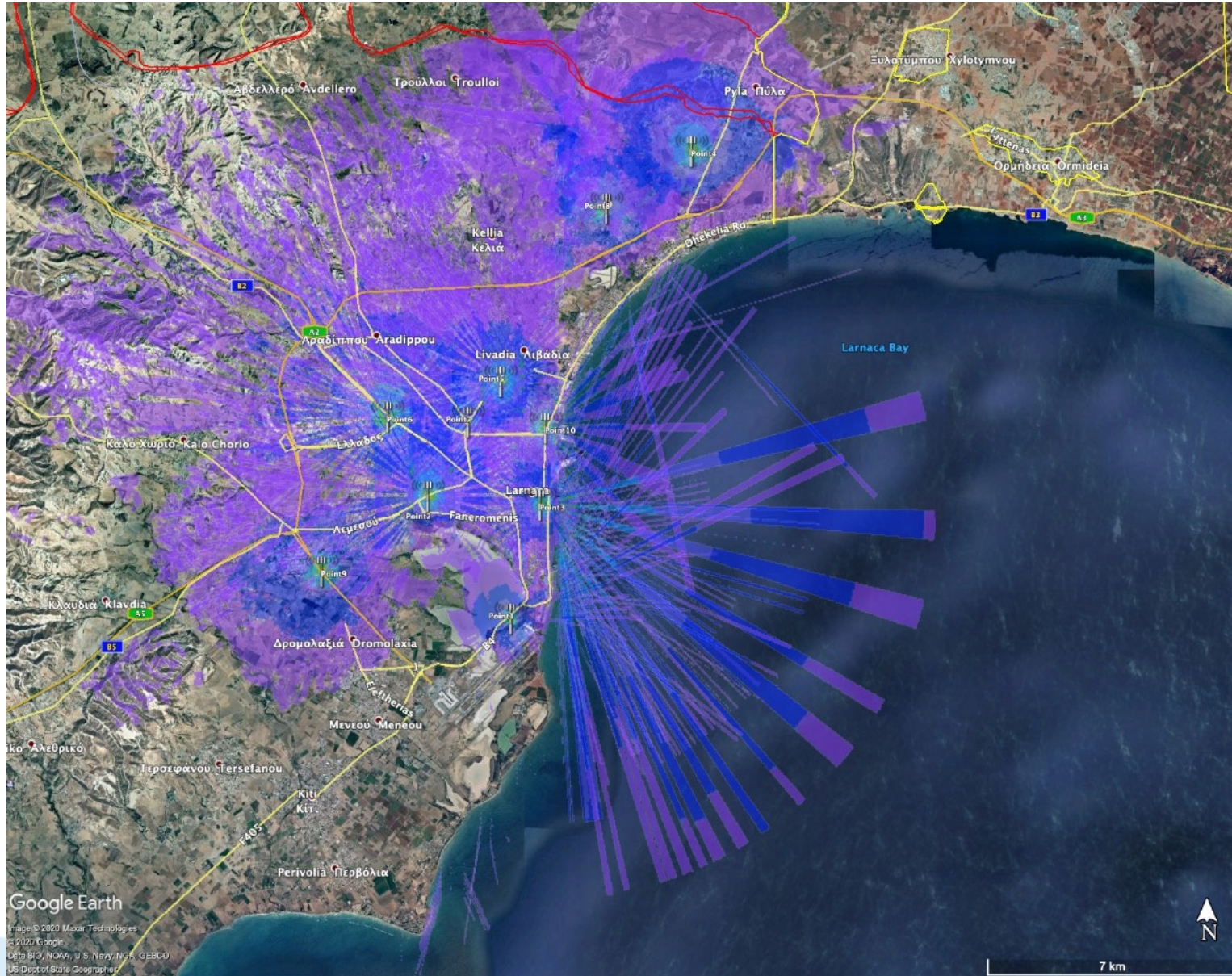
Λάρνακα - Κύπρος

Προσομοίωση

Συντηρητικό μοντέλο κάλυψης



Ρεαλιστικό μοντέλο κάλυψης



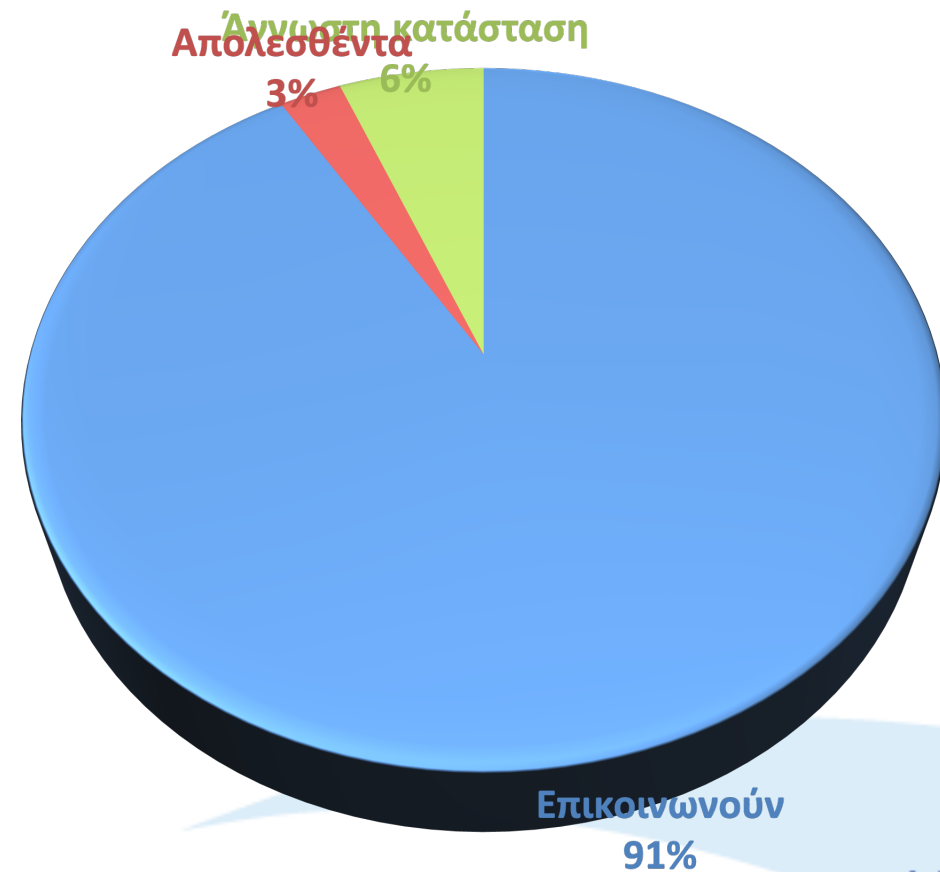
Λάρνακα - Κύπρος
Σχεδιασμός

- Gateways
 - 10 πλήρη συστήματα
 - 16 κανάλια στα 868 MHz ανά σημείο
 - πλήρως αυτόνομα (φωτοβολταϊκό πάνελ, συσσωρευτές)
 - διασύνδεση 4G/3G
- End Nodes
 - 346 εγκατεστημένα υδρόμετρα με LoRaWAN [ενσωματωμένο ή πρόσθετη μονάδα σε υφιστάμενα]
 - ενσωματωμένη μπαταρία [διάρκεια ζωής >5 χρόνια]
 - ρυθμιζόμενη συχνότητα αποστολής μετρήσεων [ρυθμισμένα σε 2 & 24 ανά ημέρα]

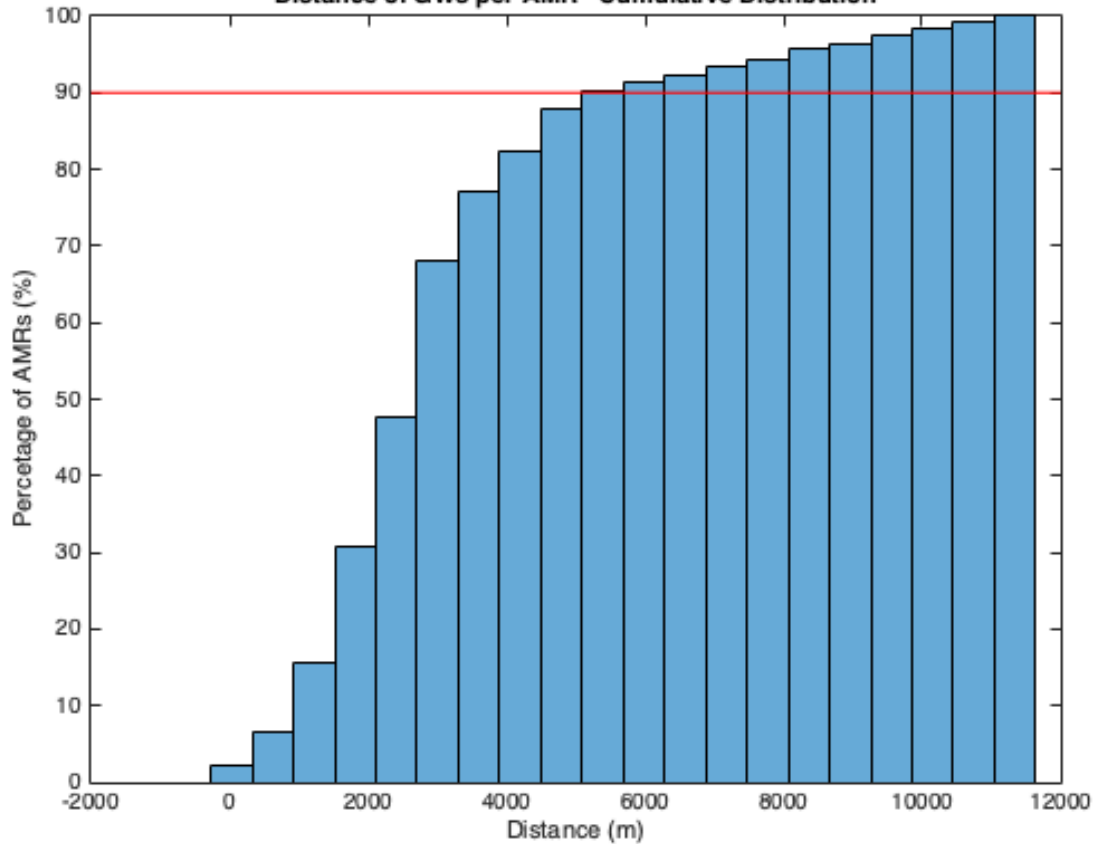
Λάρνακα - Κύπρος
Οκτώβριος 2020

Μελέτη Αποτελεσμάτων

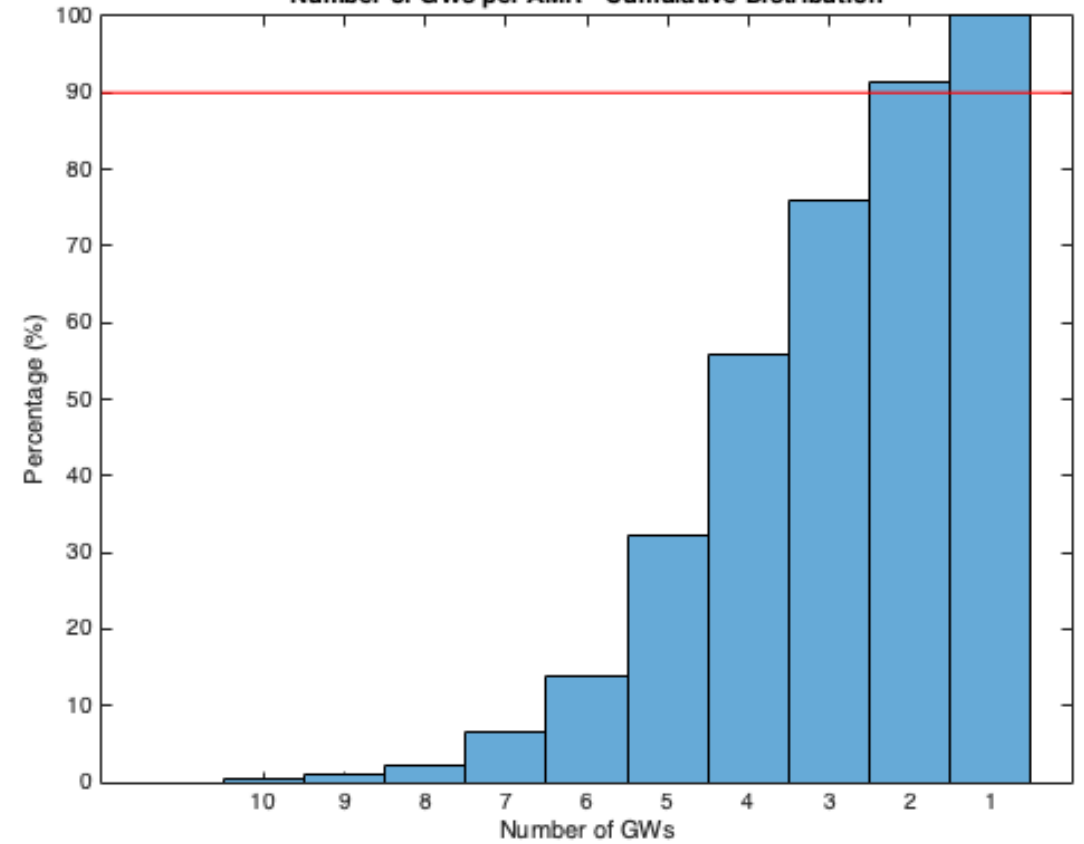
Κατάσταση	Αριθμός Κόμβων
Επικοινωνούν	316
Απολεσθέντα	9
Άγνωστη	21
Σύνολο	346



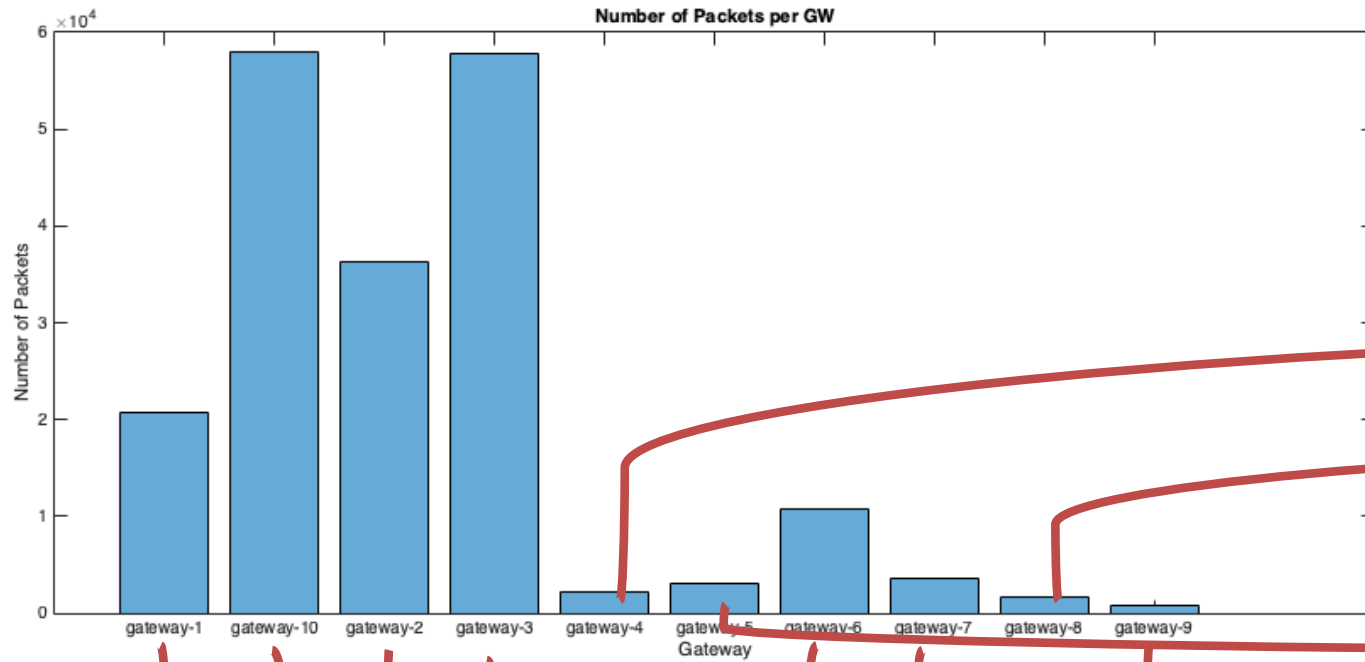
Distance of GWs per AMR - Cumulative Distribution



Number of GWs per AMR - Cumulative Distribution

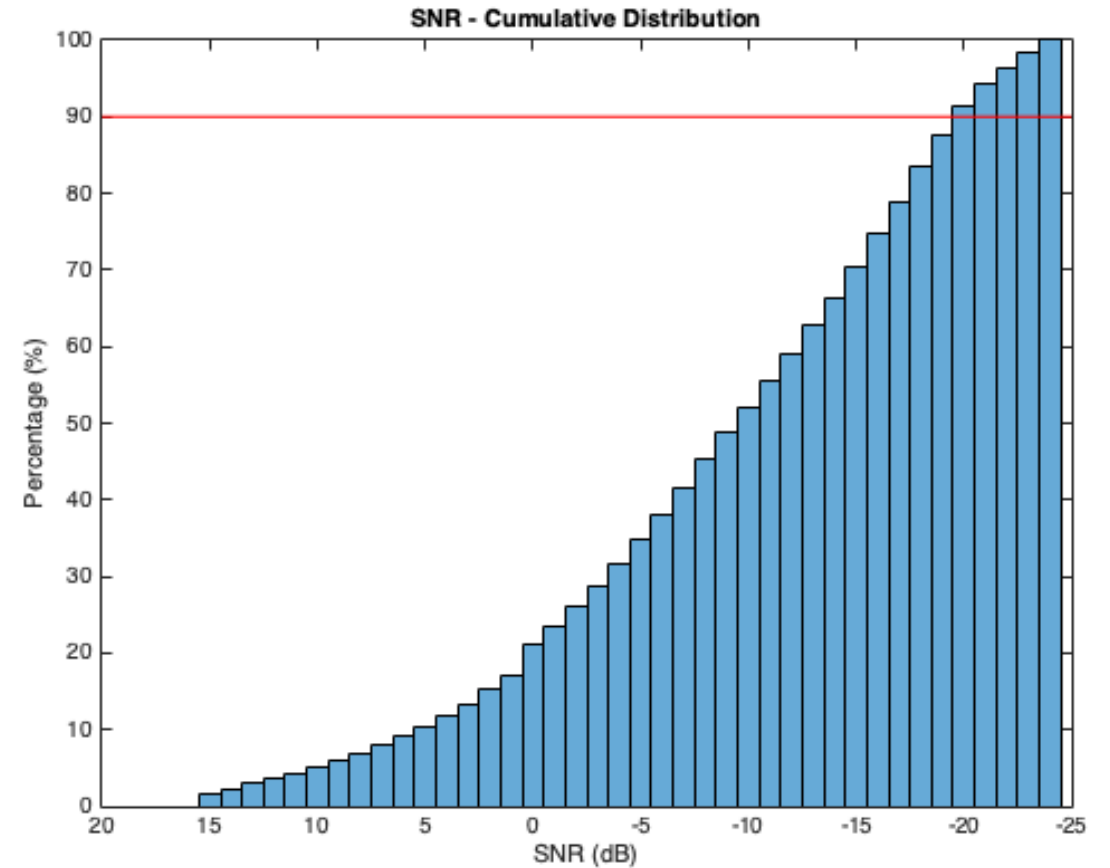
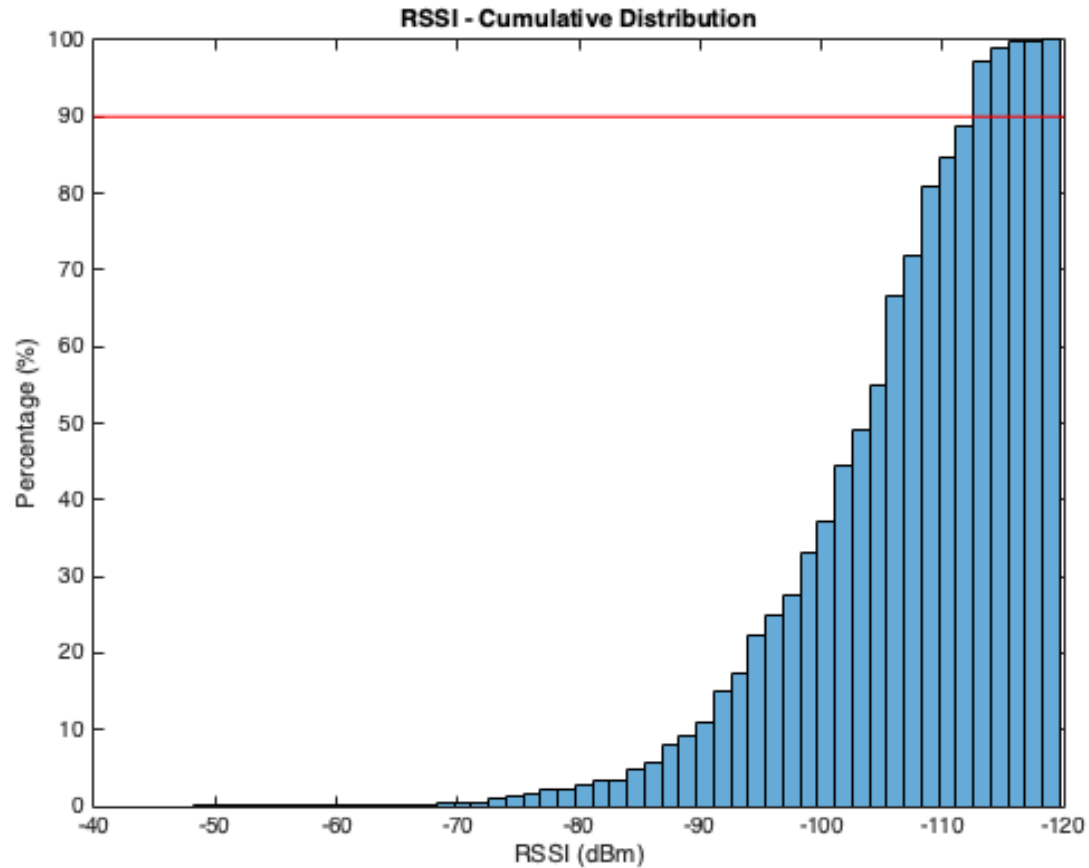


Κίνηση ανά Gateway



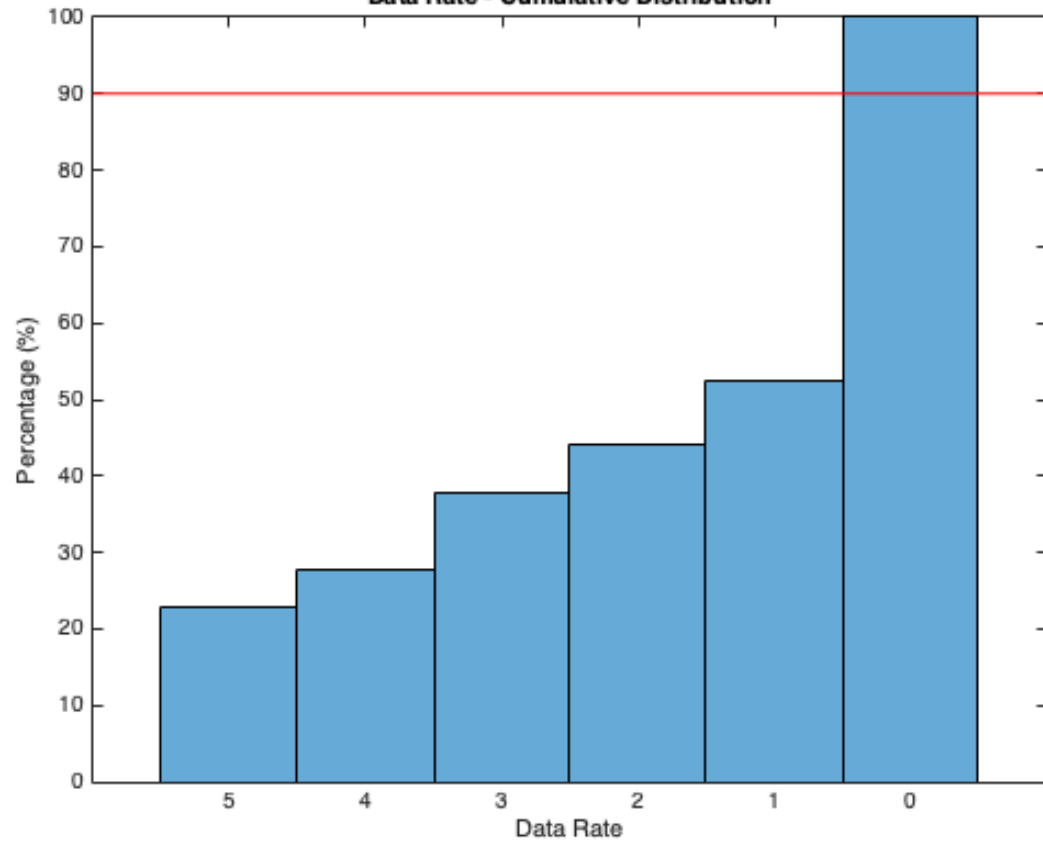


Στατιστικά Στοιχεία

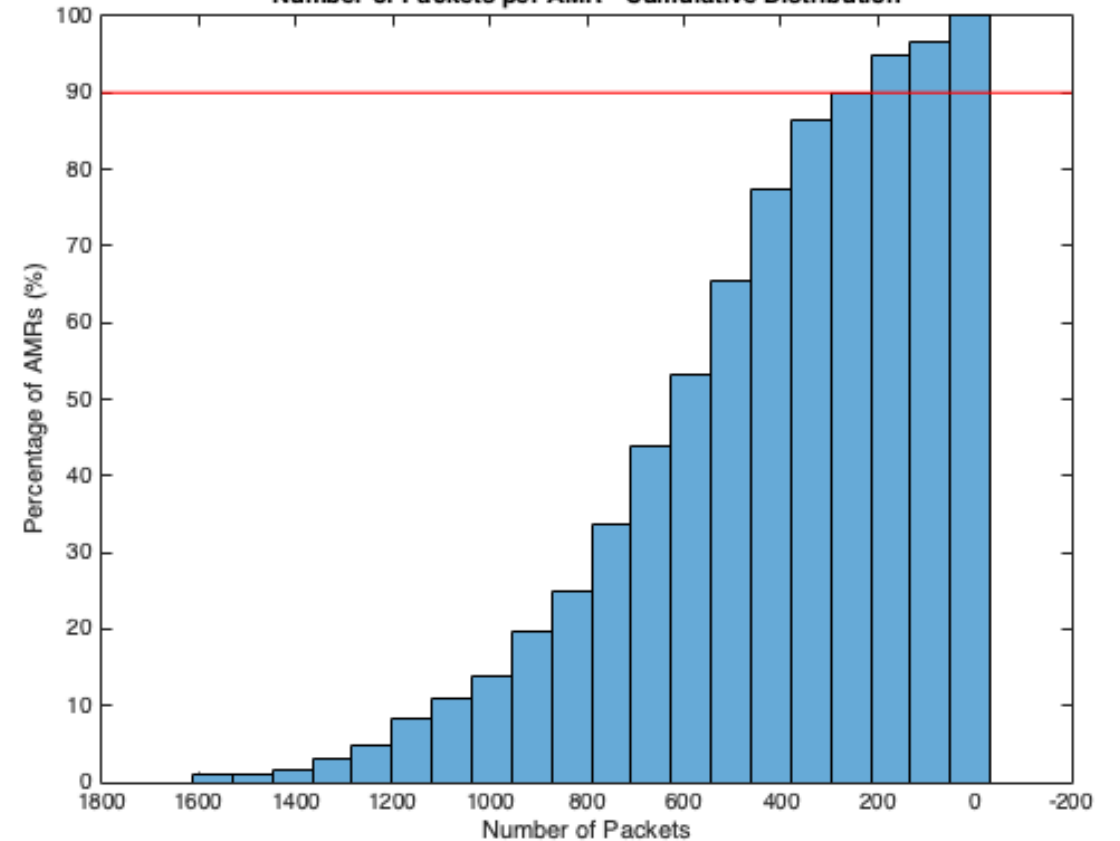


Στατιστικά Στοιχεία

Data Rate - Cumulative Distribution



Number of Packets per AMR - Cumulative Distribution



Λάρνακα - Κύπρος

Συμπεράσματα

- ✓ Κάλυψη της μητροπολιτικής περιοχής της Λάρνακας
 - ✓ Αλληλοεπικάλυψη για εφεδρεία – σε πάνω από το 90%
- ✓ Μελέτη με ρεαλιστικά χαρακτηριστικά
 - ✓ Υποεκτίμηση κάλυψης – προτιμητέα από την υπερεκτίμηση
- ✓ Τεχνικοί και εφαρμοστικοί περιορισμοί
 - ✓ Αυτονομία ενεργειακή και επικοινωνιακή – πλήρης
 - ✓ Σημεία τοποθέτησης υδρομέτρων – ελάχιστα προβλήματα
 - ✓ Αναζήτηση ψηλών σημείων/κτηρίων – το δυσκολότερο
- ✓ Αναμένουμε
 - ✓ Αντοχή στο χρόνο (future-proof)
 - ✓ Πολλαπλές χρήσεις



Επίδειξη Εργαλείου Προβολής Κάλυψης





ΔΕΣΜΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Ηράκλειο, 30/11/2020



Καλές Πρακτικές Ανάλυσης Δεδομένων –Το Μοντέλο
CRISP-DM

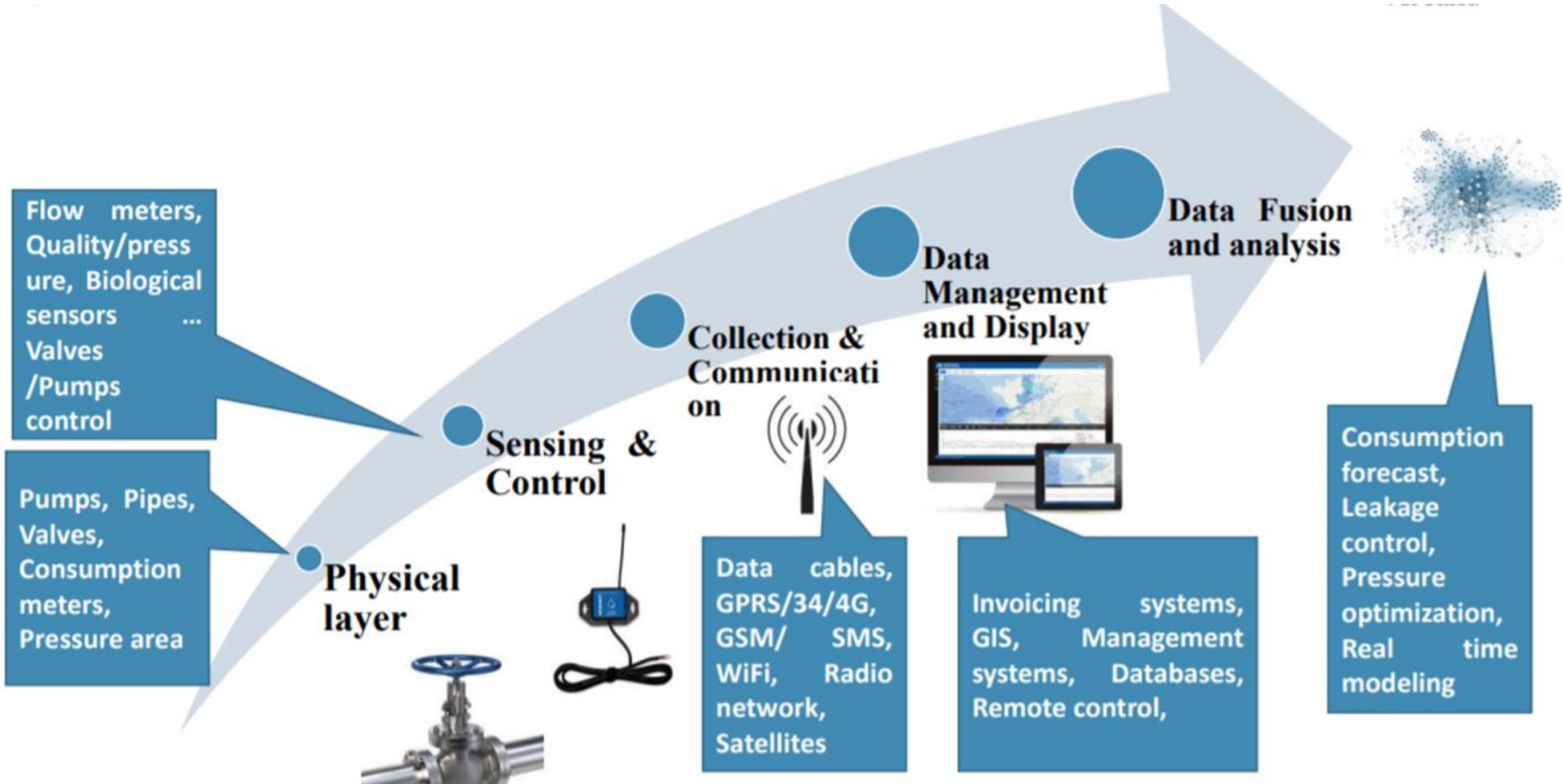


Ρουμπάκης Στέλιος, Μηχανικός Λογισμικού, ΙΤΕ-ΙΠ

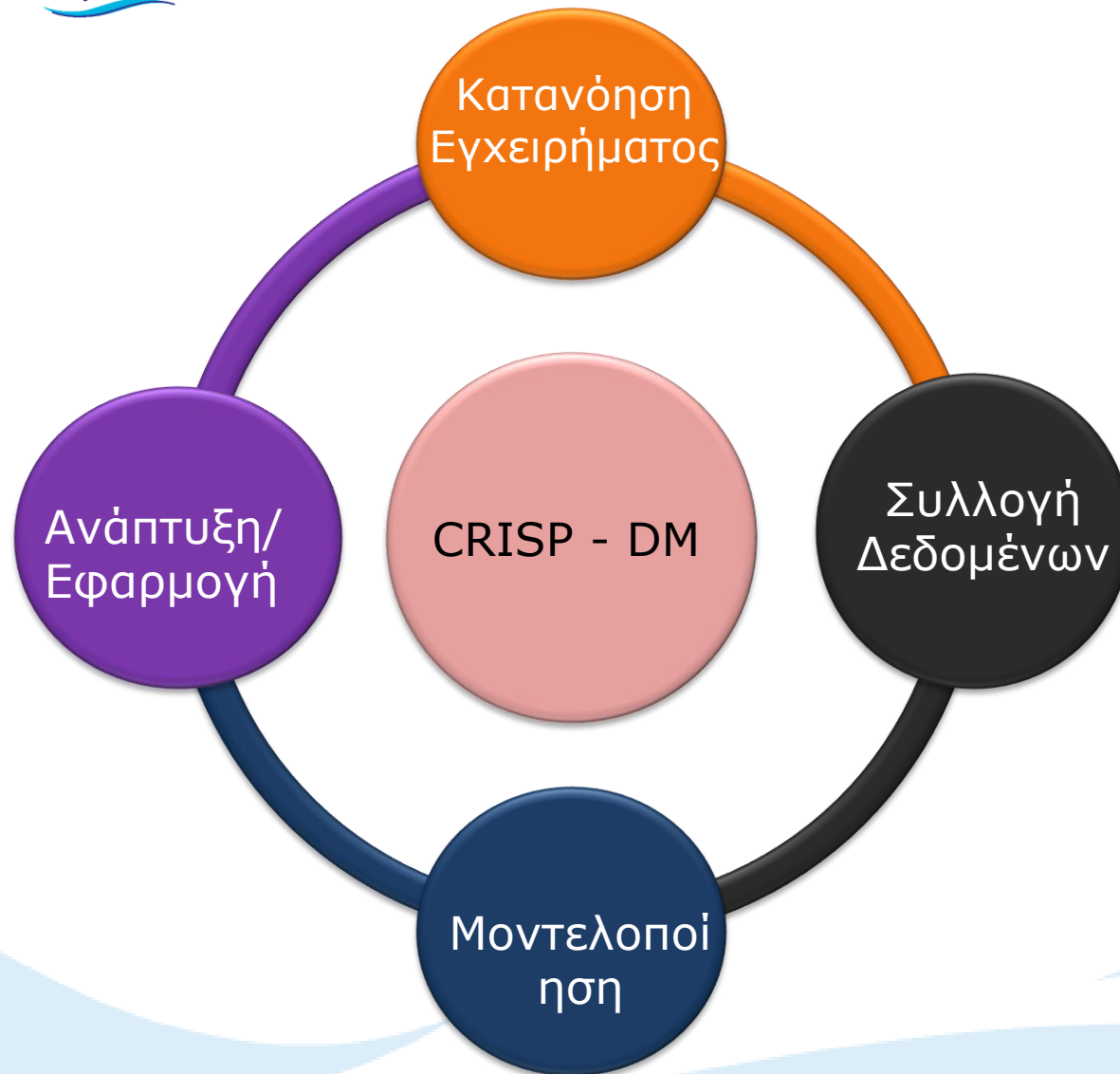
Εισαγωγή σε καλές πρακτικές ανάλυσης δεδομένων: Το μοντέλο CRISP-DM

Ανάλυση Δεδομένων





Κύκλος Ζωής Δεδομένων



Διαδικασία Εξόρυξης Δεδομένων (**CRISP-DM**):

Μια διαδικασία που στοχεύει στην αύξηση της χρήσης δεδομένων σε μια μεγάλη ποικιλία επιχειρηματικών και βιομηχανικών εφαρμογών

Ορισμός Στόχων

Κατανόηση
Εγχειρήματος



- Τι προσπαθούμε να κάνουμε - Ποιος είναι ο στόχος του έργου?
- Οι χορηγοί του εγχειρήματος παίζουν τον πιο κρίσιμο ρόλο
- Πώς ορίζεται η επιτυχία και πώς μπορούμε να τη μετρήσουμε?

Κατανόηση Εγχειρήματος

Κατανόηση Εγχειρήματος

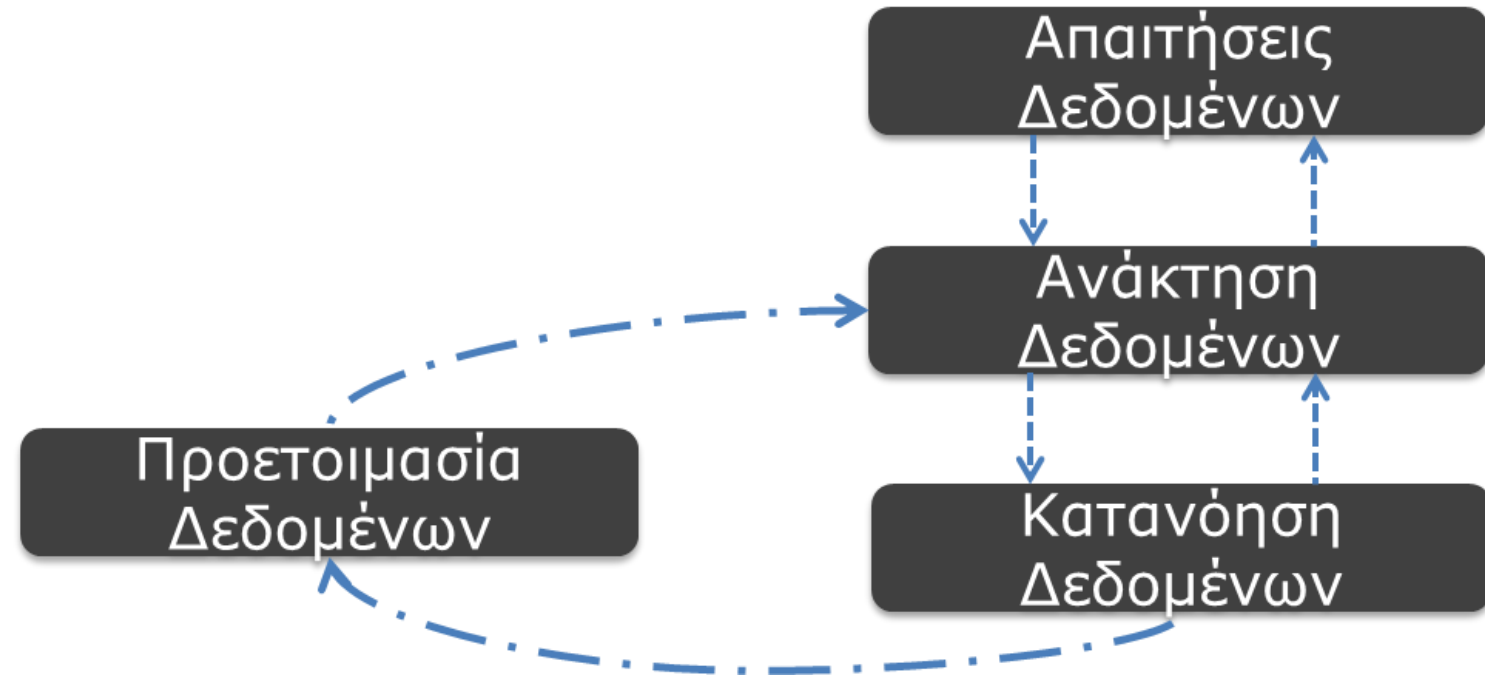


Εκφράζουμε το πρόβλημα στο πλαίσιο των τεχνικών στατιστικής και μηχανικής μάθησης

- **Regression:** “Πρόβλεψη εσόδων το επόμενο τρίμηνο?”
- **Classification:** “Η ποιότητα του νερού είναι κατηγορίας A ή κατηγορίας B?”
- **Clustering:** “Υπάρχουν ομάδες καταναλωτές που έχουν παρόμοια συμπεριφορά?”
- **Recommendation/Personalization:** “Πώς μπορώ να προσφέρω στοχευμένες εκπώσεις σε συγκεκριμένους πελάτες?”
- **Outlier Detection:** “Πώς μπορώ να εντοπίσω μια διαρροή? ”

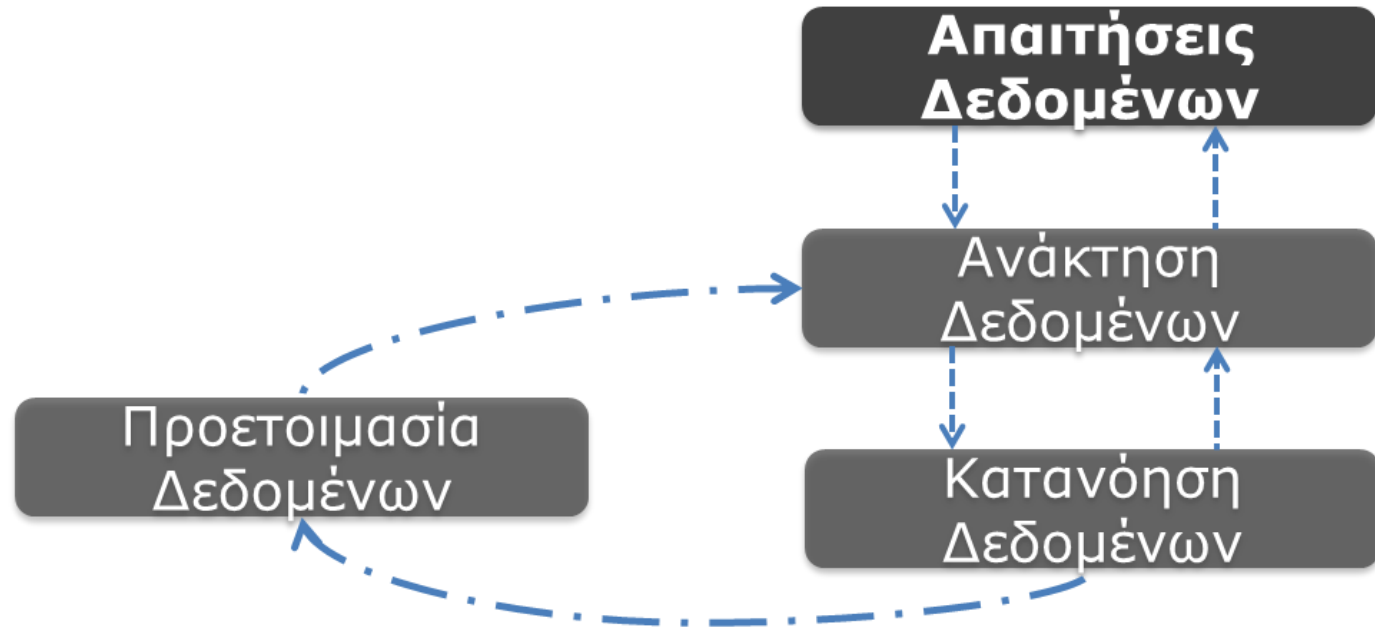
Συλλογή Δεδομένων

Συλλογή Δεδομένων





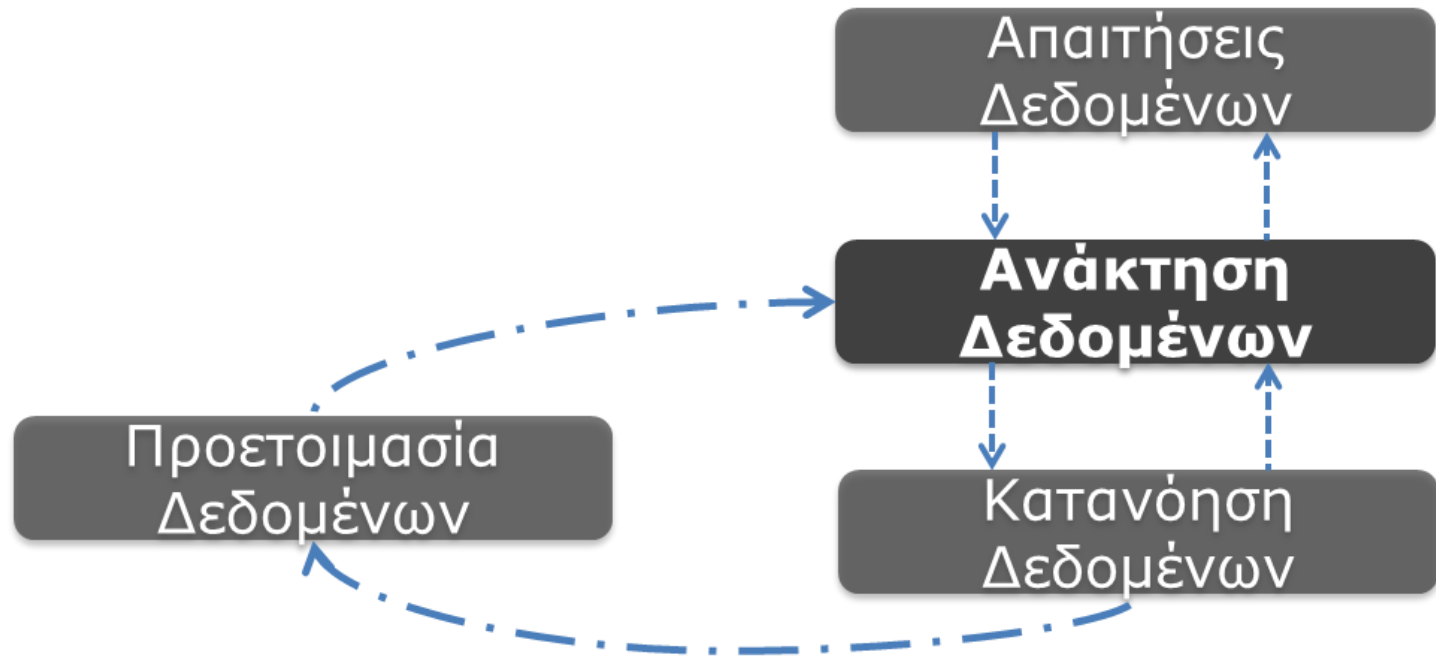
Συλλογή Δεδομένων



Η **Αναλυτική Προσέγγιση** καθορίζει τις **Απαιτήσεις Δεδομένων** και συγκεκριμένα πληροφορίες για:

- Το περιεχόμενο
- Τη δομή
- Και το τρόπο αναπαράστασης

Συλλογή Δεδομένων

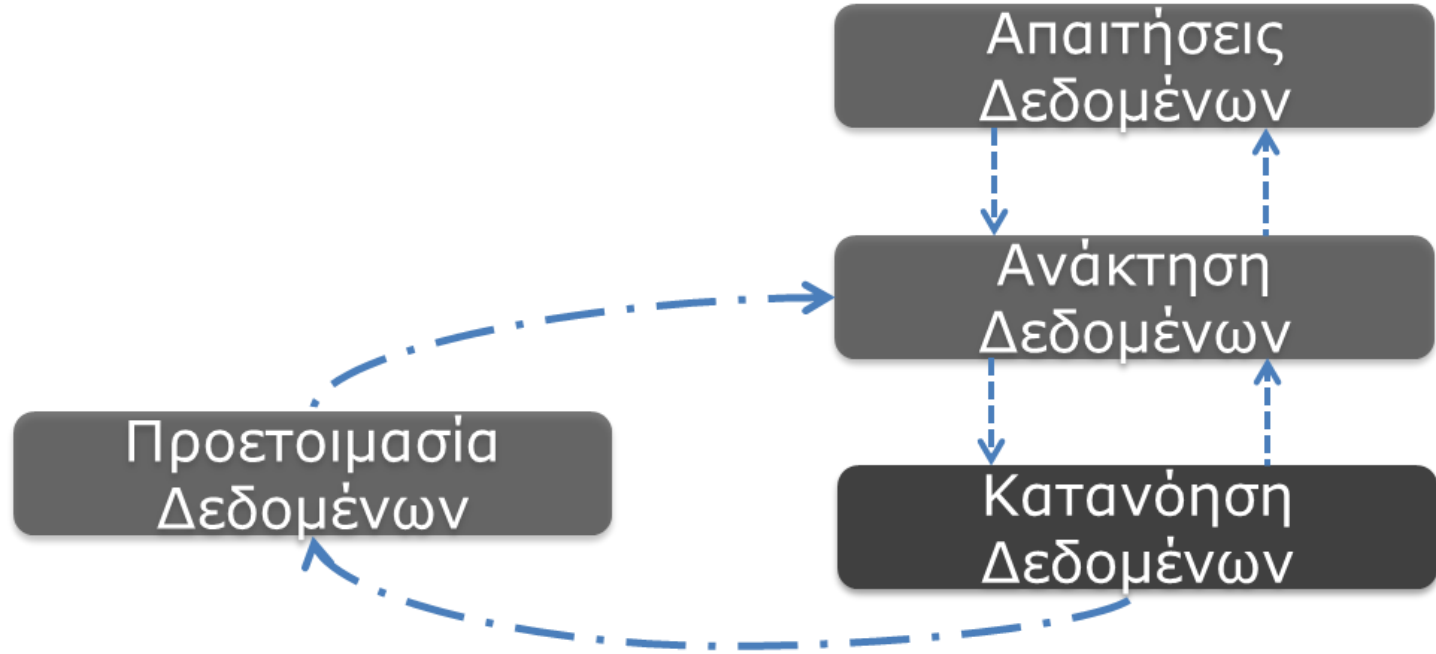


Αρχική **Ανάκτηση Δεδομένων**

- Διαθεσιμότητα Δεδομένων?
- Μέθοδοι ανάκτησης δεδομένων?
- Αναθεώρηση των απαιτήσεων των δεδομένων



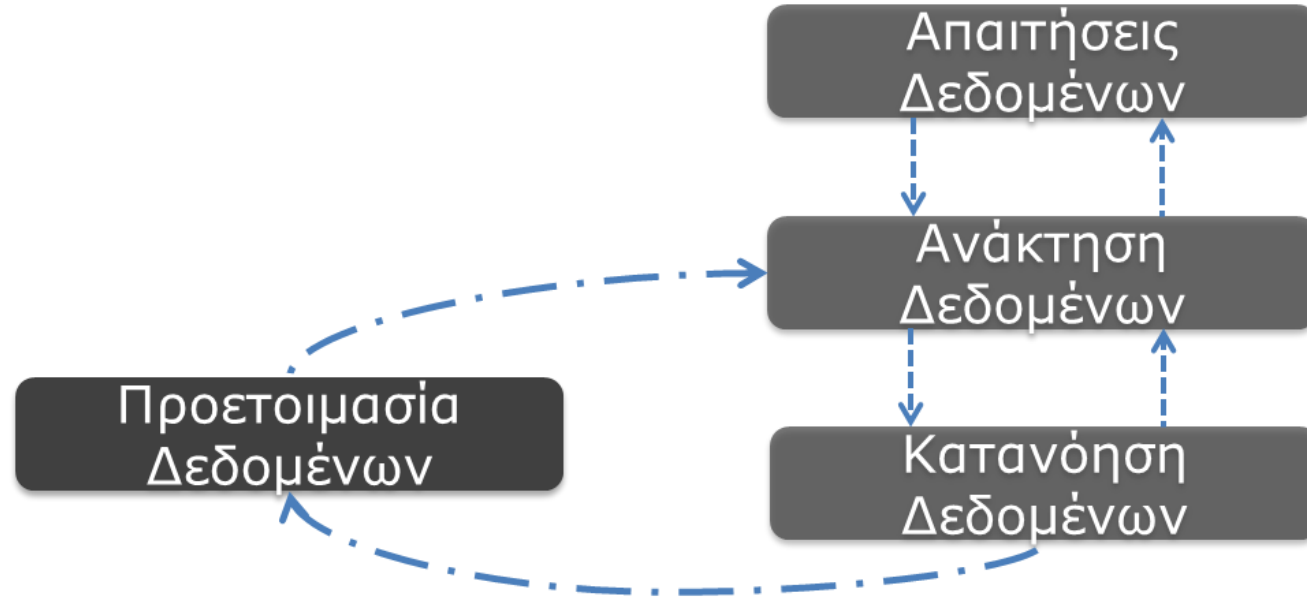
Συλλογή Δεδομένων



Έπειτα η **Κατανόηση Δεδομένων** προσφέρει:

- Αρχική εκτίμηση για τη φύση των δεδομένων
- Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία και οπτικοποίηση
- Πρόσθετη συλλογή δεδομένων για την κάλυψη κενών, εάν χρειάζεται

Συλλογή Δεδομένων



Η Προετοιμασία Δεδομένων περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες καθαρισμού και δόμησης των δεδομένων

Καθαρισμός Δεδομένων

- Χαμένες ή μη έγκυρες μετρήσεις
- Εξάλειψη διπλών σειρών
- Σωστή μορφοποίηση

Συνδυασμός πολλαπλών πηγών δεδομένων

Συλλογή Δεδομένων



- Ανάπτυξη προγνωστικών ή περιγραφικών μοντέλων
- Μπορούν να δοκιμαστούν πολλαπλοί διαφορετικοί αλγόριθμοι
- Συνεχώς επαναληπτική διαδικασία



Μοντελοποίηση



Η **Αξιολόγηση** του μοντέλου πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του και πριν την **Εφαρμογή**

- Κατανόηση της ποιότητας του μοντέλου
- Έλεγχος επίτευξης των λειτουργικών στόχων που έχουν τεθεί
- Διαγνωστικές μετρικές
 - Κατάλληλες για τη τεχνική μοντελοποίησης που χρησιμοποιείται
 - Διαχωρισμός δεδομένων σε Εκπαίδευση/Επαλήθευση
 - Αναπροσαρμογή του μοντέλου βάσει αποτελεσμάτων
- Tests στατιστικής σημασίας

Ανάπτυξη / Εφαρμογή

Ανάπτυξη /
Εφαρμογή



Μόλις οριστικοποιηθεί, το μοντέλο **εφαρμόζεται** σε περιβάλλον παραγωγής

- Παρόλα αυτά ξεκινάει σε ένα περιορισμένο περιβάλλον δοκιμών
- Στην **εφαρμογή** ενδέχεται να συμμετέχουν:
 - *Χορηγοί*
 - *Τμήμα Marketing*
 - *Προγραμματιστές εφαρμογών*
 - *Διαχειριστές των συστημάτων*

Ανάπτυξη / Εφαρμογή

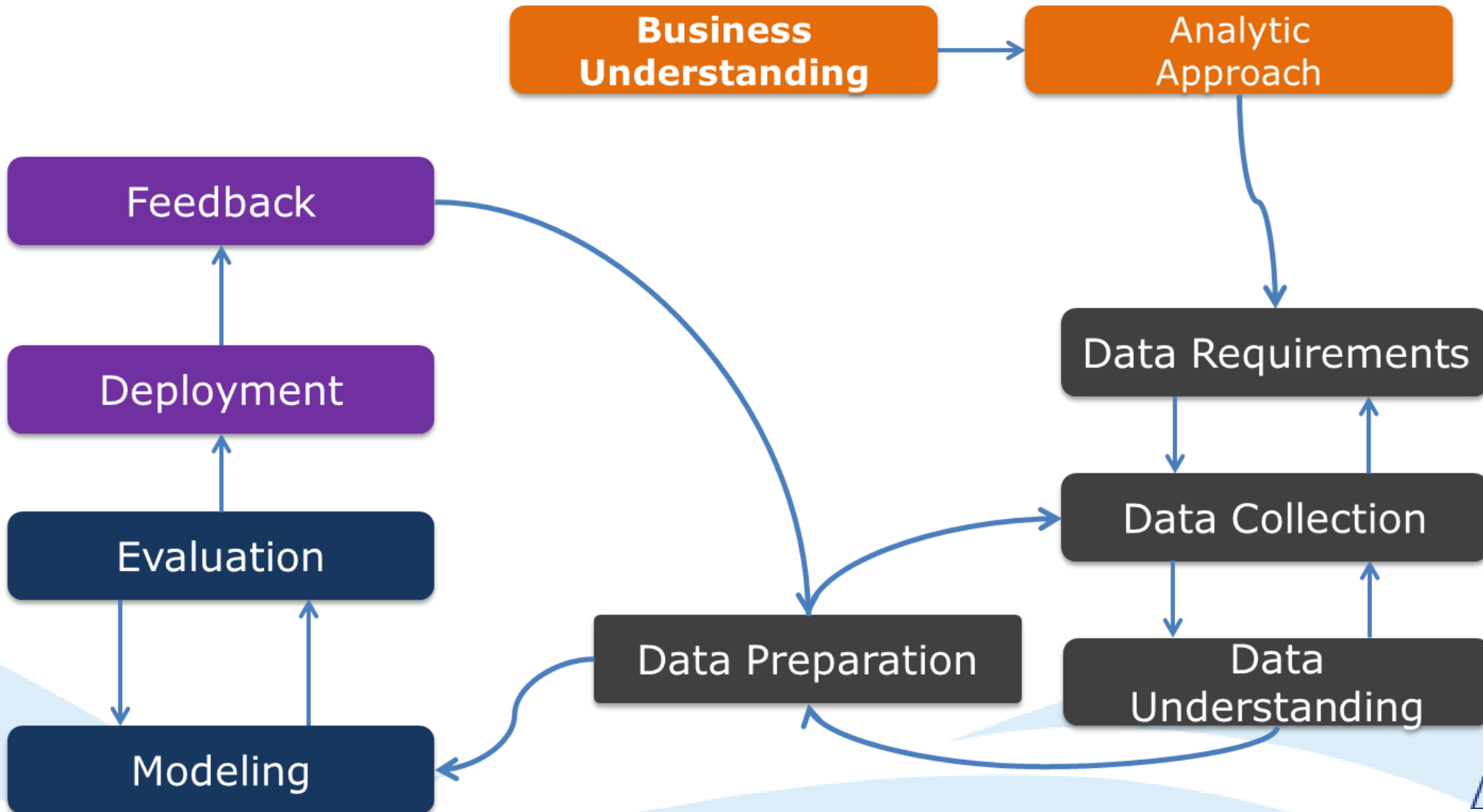
Ανάπτυξη / Εφαρμογή

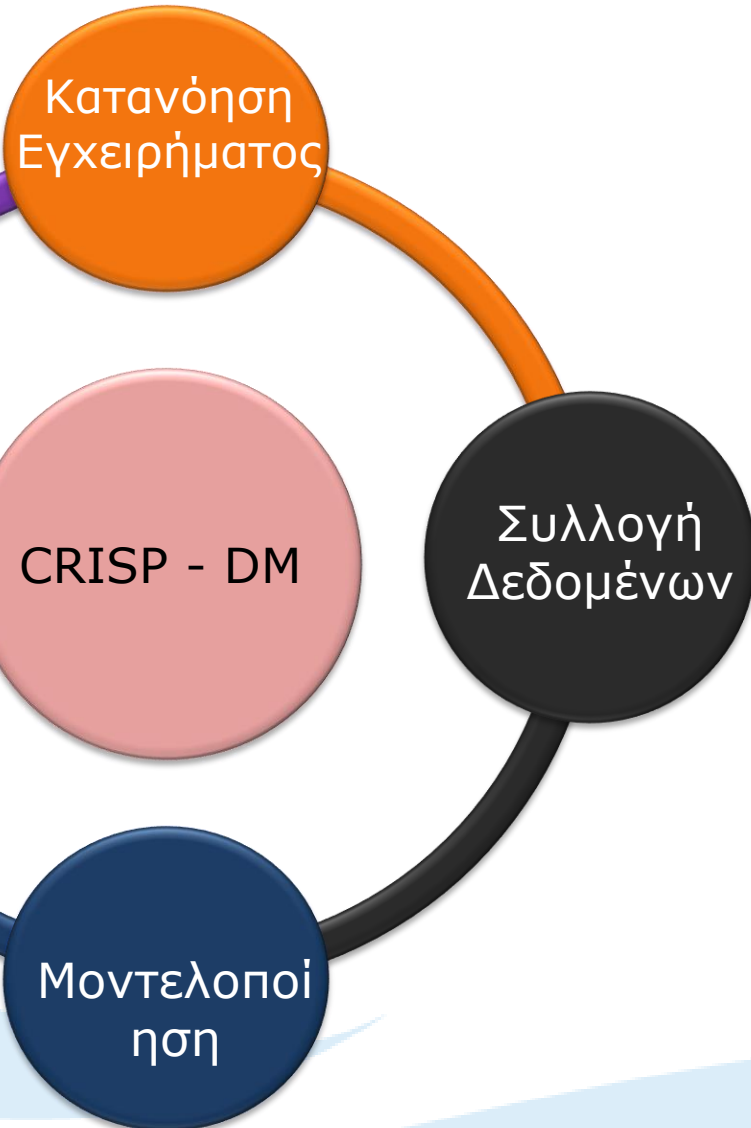


Ανάδραση:

- Πόσο καλή είναι η απόδοση του μοντέλου?
- Επαναληπτική διαδικασία για τη βελτίωση και επανεφαρμογή του μοντέλου
- A/B testing

CRISP-DM





CRISP-DM

❖ **Συμβούλιο:**



❖ **Data Scientist:**

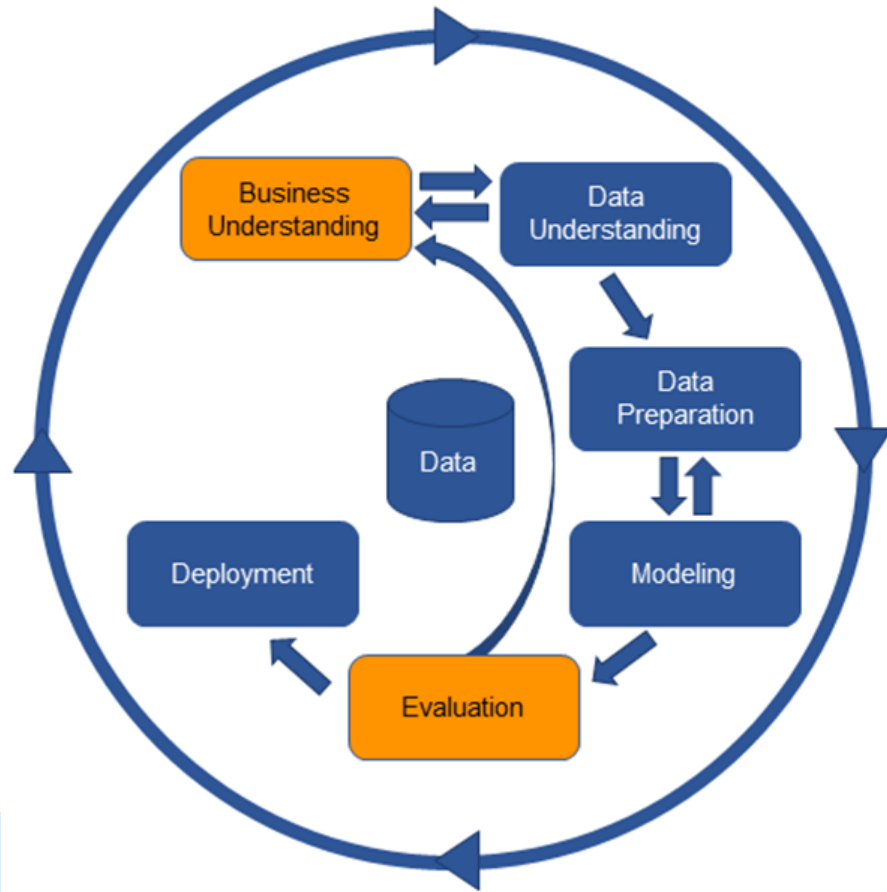


❖ **Μηχανικοί-Τεχνικοί:**



❖ **Τμήμα Οικονομικών:**





Το CRISP-DM είναι ένα εξαιρετικά ευέλικτο και επαναληπτικό μοντέλο

- ✓ **Ευελιξία:** απαιτείται σε κάθε βήμα, σε συνδυασμό με την επικοινωνία ούτως ώστε να διατηρηθεί ο έλεγχος του έργου. Ίσως χρειαστεί να επανεξετάσουμε κάποιο προηγούμενο βήμα και να γίνουν αλλαγές
- ✓ **Επναληψιμότητα:** ακόμα και μετά το πέρας του εγχειρήματος ενδέχεται να αναπροσδιοριστούν οι στόχοι του για την εξασφάλιση της βιωσιμότητας του έργου

Interreg

Ελλάδα-Κύπρος

Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης



SmartWater2020



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ



ΔΕΣΜΟΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ

**Τεχνολογίες Επικοινωνιών και Ανάλυσης Δεδομένων για
Ευφυή Δίκτυα Ύδρευσης**



Ηράκλειο, 30/11/2020



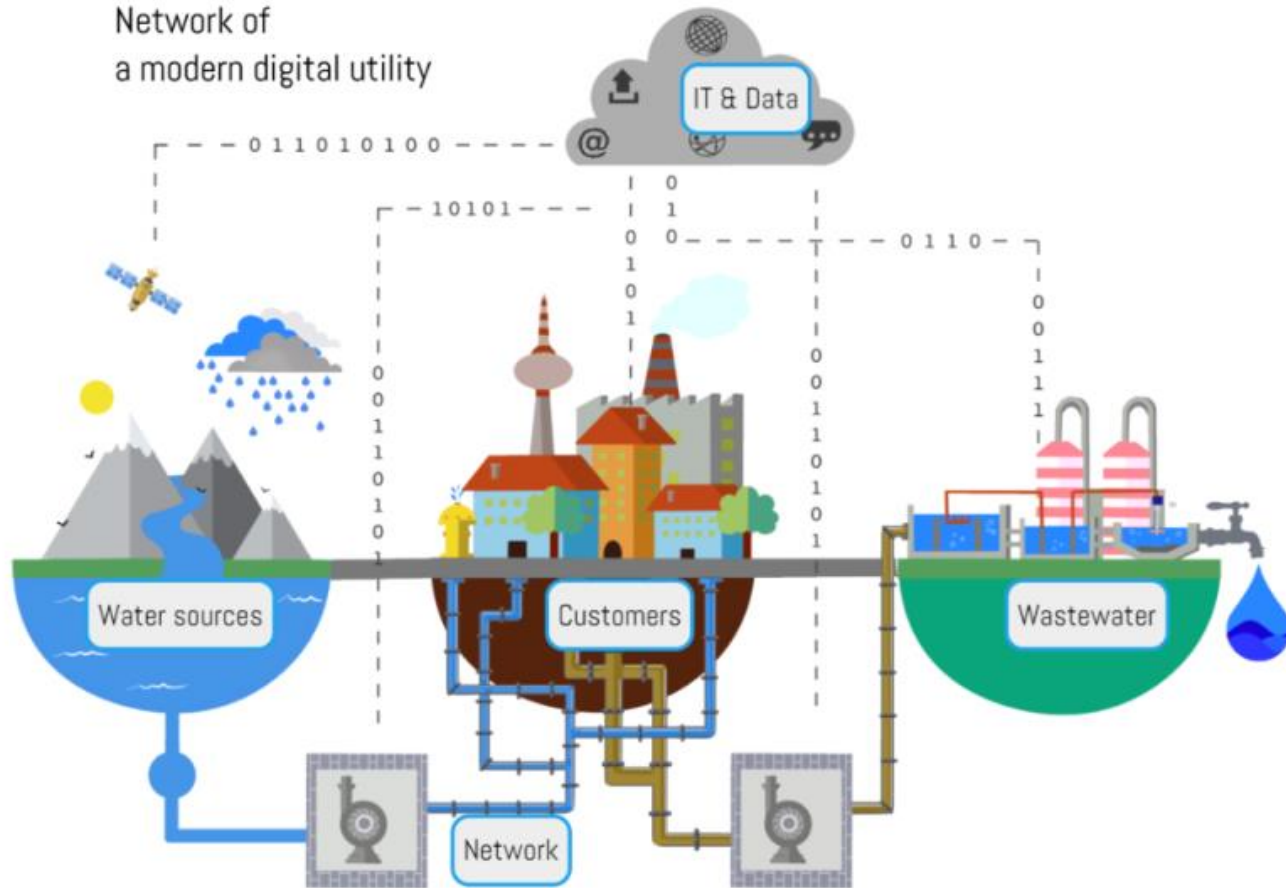
Συμπίεση Δεδομένων με Χρήση Συμπιεστικής Δειγματοληψίας



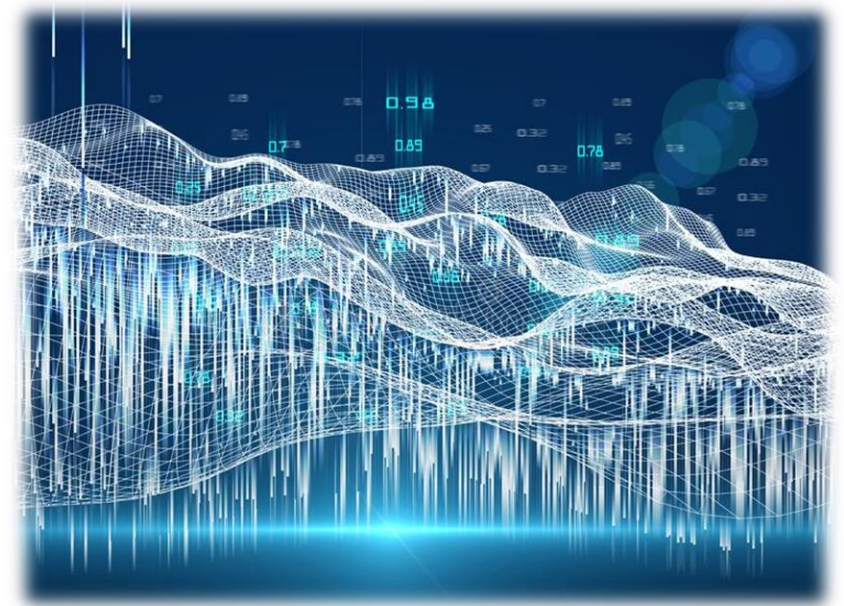
Γιώργος Τζαγκαράκης, Ερευνητής Β', ΙΤΕ-ΙΠ

Συμπύεση Δεδομένων

Ευφυή Δίκτυα Ύδρευσης

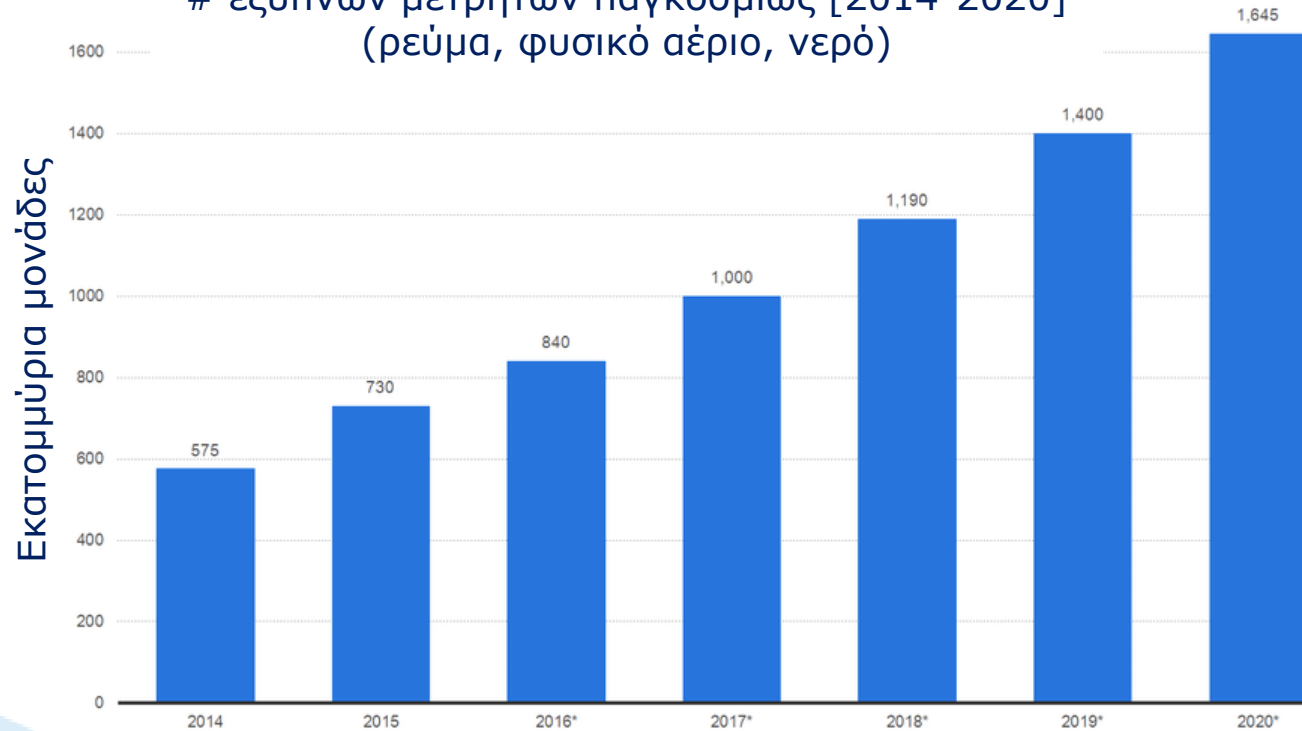


Μεγάλα Δεδομένα
(Big Data)



Μεγάλα Δεδομένα

έξυπνων μετρητών παγκοσμίως [2014-2020]
(ρεύμα, φυσικό αέριο, νερό)



Συμπύεση
Δεδομένων

- Είναι η τέχνη της **αναπαράστασης** της πληροφορίας σε «**συμπαγή**» μορφή
- Αυτές οι αναπαραστάσεις δημιουργούνται αναγνωρίζοντας και αξιοποιώντας τη **δομή** στα δεδομένα μας

Συμπύεση Δεδομένων - Στόχοι



Μείωση Χώρου **Αποθήκευσης**



Μείωση Κόστους **Τηλεμετρίας**



Μείωση Καταναλισκόμενης
Ενέργειας



Συμπύεση Δεδομένων - Στόχοι

- **Αποθήκευση**

Η συμπύεση δεδομένων μειώνει το **μέγεθος** των δεδομένων (π.χ. ενός αρχείου), μειώνοντας τον αποθηκευτικό χώρο που απαιτείται για την αποθήκευσή τους

- **Μετάδοση Δεδομένων**

Μειώνει το **χρόνο** και την **ενέργεια** που απαιτείται για τη μετάδοση της πληροφορίας

Σύστημα Συμπίεσης Δεδομένων

- Ένα σύστημα συμπίεσης δεδομένων αποτελείται από **δύο** βασικά μέρη

Συμπιεστής

Παίρνει τα δεδομένα και παράγει μία συμπιεσμένη αναπαράσταση

Αποσυμπιεστής

Ανακατασκευάζει τα αρχικά δεδομένα ή μία προσέγγισή τους από τη συμπιεσμένη αναπαράσταση

- Οι μέθοδοι συμπίεσης δεδομένων χωρίζονται σε **δύο** βασικές κατηγορίες

Συμπίεση Χωρίς Απώλειες (Lossless)

- Καμία απώλεια πληροφορίας
- Τέλεια ανάκτηση των αρχικών δεδομένων

Συμπίεση Με Απώλειες (Lossy)

- Απώλεια μέρους της αρχικής πληροφορίας
- Επιτυγχάνουν υψηλούς λόγους συμπίεσης

Συμπύεση Χωρίς Απώλειες

- Κωδικοποίηση Τρέχοντος Μήκους (Run Length Encoding – RLE)
π.χ. ΑΑΑΑΑΑΑΑΒΒΒΑΑΓΓΔΔΔΔΔ (20 σύμβολα) ⇒ 8A3B2A2Γ5Δ (10 σύμβολα) ⇒
 $(10-20)/20 = -50\%$
- Κωδικοποίηση Huffman
- Αλγόριθμος Lempel-Ziv (LZ77)

Συμπίεση Με Απώλειες

- JPEG (για εικόνες)
- MPEG (για βίντεο)
- MP3 (για ήχο)

Εφαρμογές Συμπίεσης



Συμπιεστική Δειγματοληψία

Συμπιεστική Δειγματοληψία

Συμπιεστική Δειγματοληψία (Compressive Sensing)

Ταυτόχρονη λήψη και συμπίεση των δεδομένων

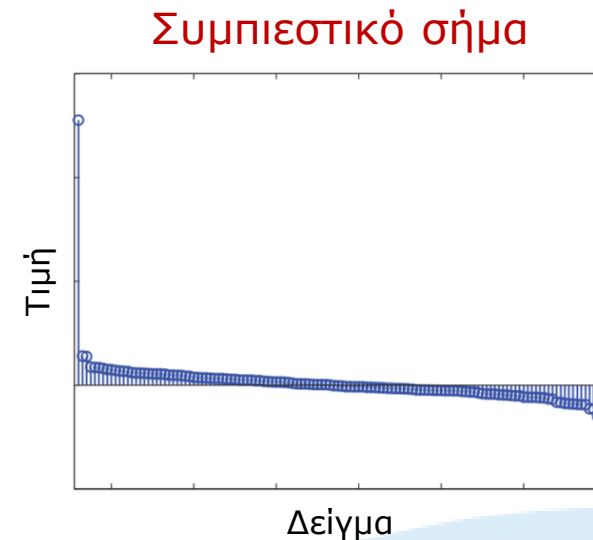
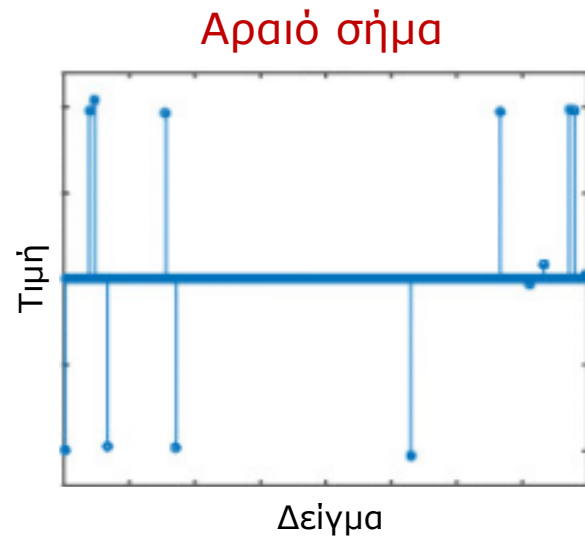
Εξαιρετικά απλή διαδικασία (συμπίεση) στα άκρα του δικτύου

Το υπολογιστικό βάρος (αποσυμπίεση) πέφτει στο κέντρο τηλεελέγχου

Προσφέρει ένα εγγενή μηχανισμό κρυπτογράφησης των δεδομένων

Συμπιεστική Δειγματοληψία

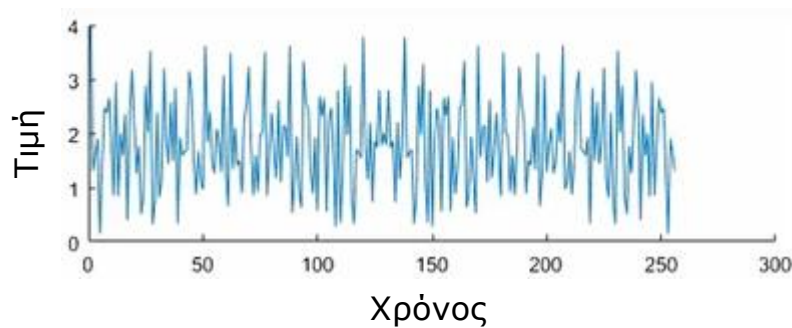
- Είναι μία τεχνική επεξεργασίας σήματος για την ακριβή ανακατασκευή ενός **αραιού** ή **συμπιεστικού** σήματος από ένα μικρό πλήθος **τυχαίων μετρήσεων**



Συμπιεστική Δειγματοληψία

- Ένα σήμα ενδεχομένως να μην είναι από τη φύση του αραιό. Μπορούμε όμως να το αραιοποιήσουμε με ένα κατάλληλο **μετασχηματισμό**

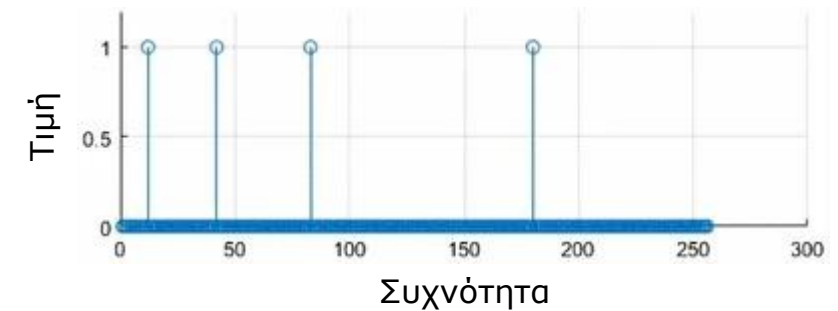
Αρχικό σήμα



Μετασχηματισμός
Fourier

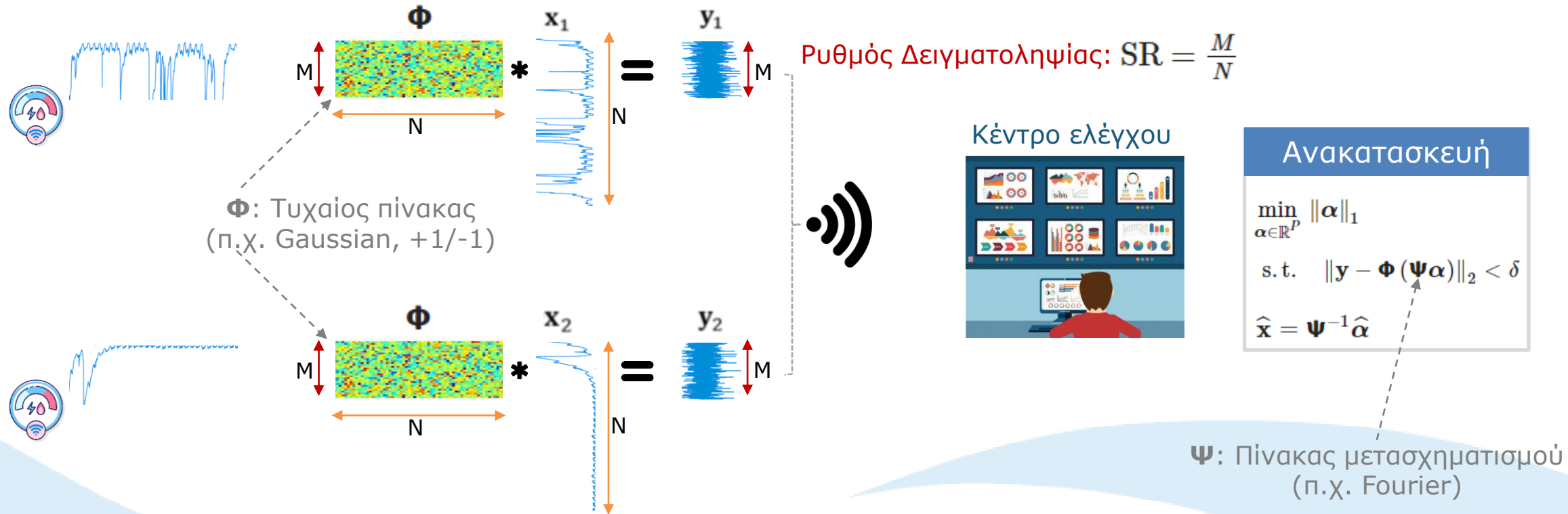


Σήμα στο πεδίο συχνότητας

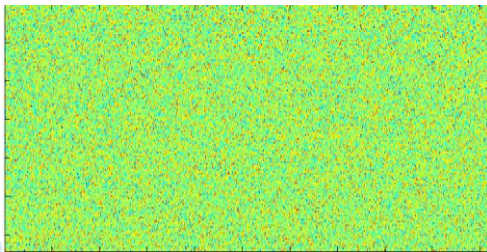


Συμπιεστική Δειγματοληψία

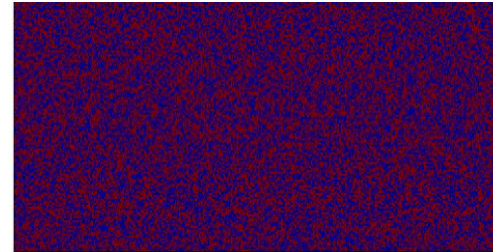
- Η συμπίεση των δεδομένων πραγματοποιείται πάνω στον αισθητήρα ή τον έξυπνο μετρητή, ενώ η αποσυμπίεση στο κέντρο τηλεελέγχου



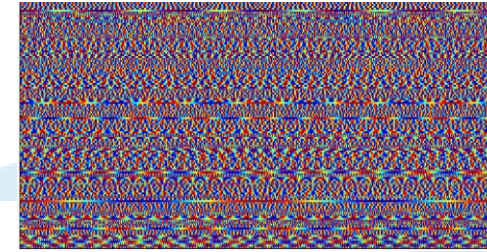
- Ο τυχαίος πίνακας Φ πρέπει να πληροί συγκεκριμένες μαθηματικές ιδιότητες, για να εγγυηθεί την ανακατασκευή του αρχικού σήματος με μεγάλη ακρίβεια
- Παραδείγματα κατάλληλων πινάκων Φ :
(<https://sites.google.com/site/igorcarron2/cs#measurement>)
 - Gaussian κατανομή
 - Bernoulli κατανομή (+1/-1)
 - Συντελεστές Fourier σε M τυχαίες συχνότητες



Gaussian



Bernoulli



Fourier

- Ο πίνακας μετασχηματισμού Ψ πρέπει επίσης να πληροί συγκεκριμένες προϋποθέσεις (π.χ. να είναι ασυνάρτητος με τον Φ), για να εγγυηθεί την ανακατασκευή του αρχικού σήματος με μεγάλη ακρίβεια
- Παραδείγματα κατάλληλων πινάκων μετασχηματισμού Ψ :
(<https://sites.google.com/site/igorcarron2/cs#sparse>)
 - Short-Time Fourier Transform
 - Wavelet Transform
 - Discrete Cosine Transform

Συμπιεστική Δειγματοληψία στην Πράξη

- **Συμπίεση στα άκρα του δικτύου:** Επιλογή παραμέτρων από το χειριστή του συστήματος

Function: `CSEdge(x, seed, PhiType, samplingRatio)`

Inputs:

@x: το αρχικό διάνυσμα με όλες τις μετρήσεις των αισθητήρων μήκους N

@seed: ακέραιος που καθορίζει την ακολουθία που παράγει η γεννήτρια ψευδοτυχαίων αριθμών για τη δημιουργία του πίνακα Φ

@PhiType: ο τύπος του πίνακα δειγματοληψίας Φ

@samplingRatio: το ποσοστό δειγματοληψίας των δεδομένων. Το μήκος του συμπιεσμένου διανύσματος υπολογίζεται ως $M = \text{floor}(\text{samplingRatio} * N)$

Output:

@y: το συμπιεσμένο διάνυσμα δεδομένων μήκους M ($M \ll N$)

Συμπιεστική Δειγματοληψία στην Πράξη

- **Αποσυμπίεση στο κέντρο τηλεελέγχου:** Επιλογή παραμέτρων από το χειριστή του συστήματος

Function: `CSDecompression`(y , $seed$, Φ type, ψ)

Inputs:

@**y**: το συμπιεσμένο διάνυσμα δεδομένων μήκους M

@**seed**: ακέραιος που καθορίζει την ακολουθία που παράγει η γεννήτρια ψευδοτυχαίων αριθμών για τη δημιουργία του πίνακα Φ

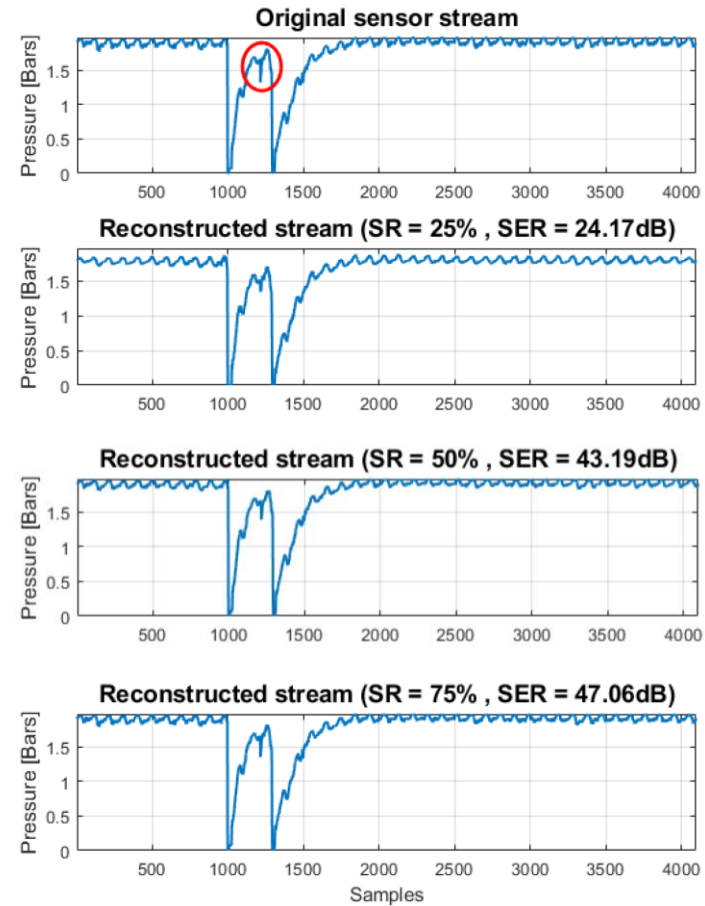
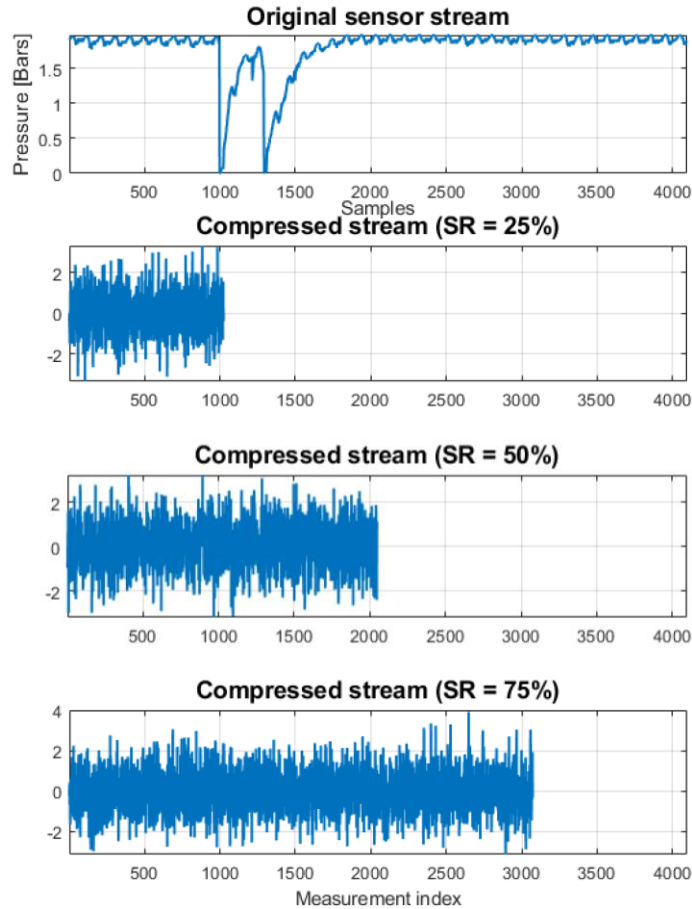
@**PhiType**: ο τύπος του πίνακα δειγματοληψίας Φ

@**psi**: δομή για τη δημιουργία του τελεστή αραιοποίησης

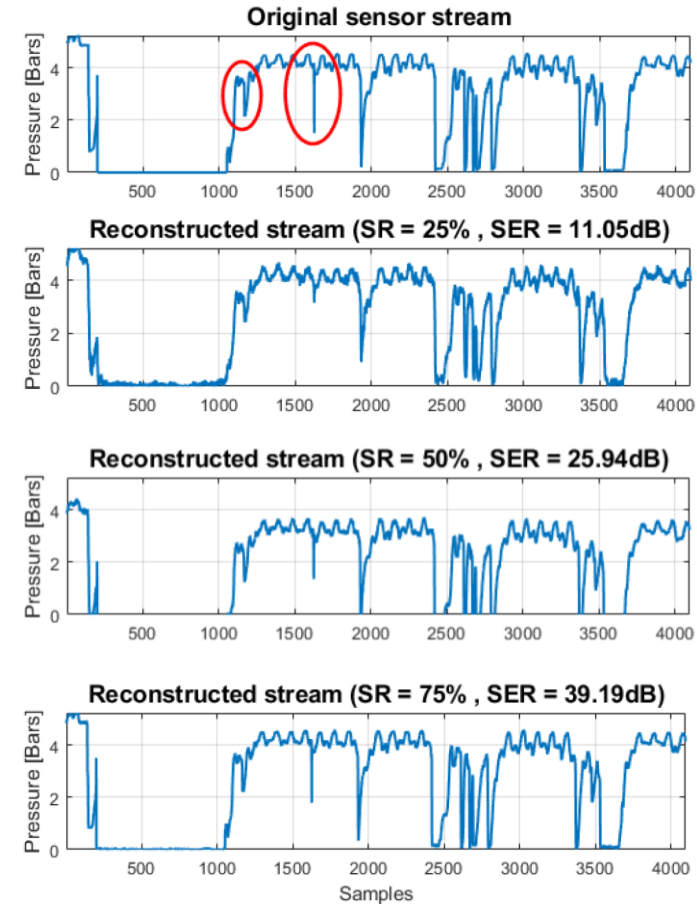
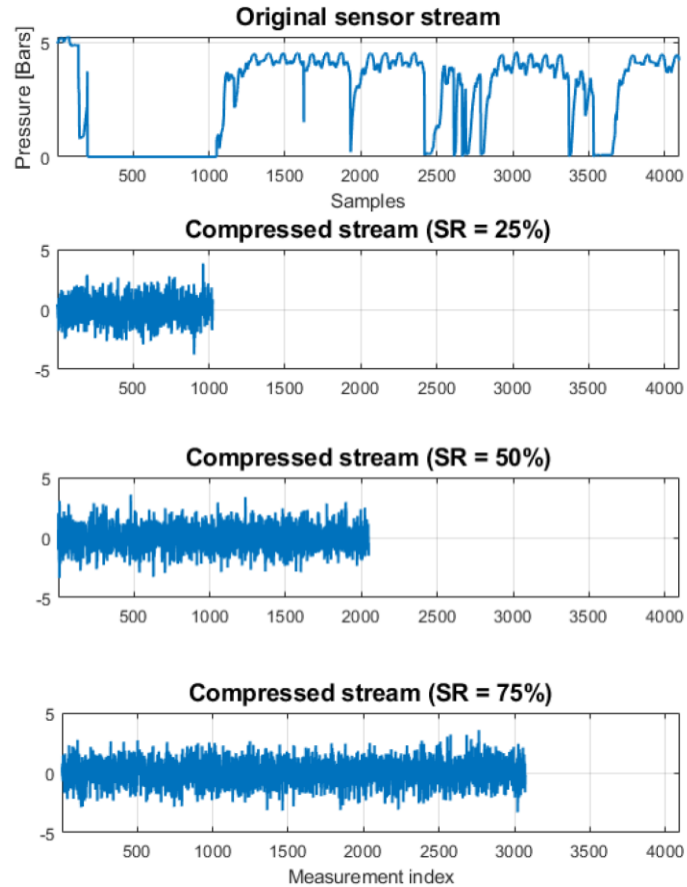
Output:

@**x**: το αποσυμπιεσμένο διάνυσμα δεδομένων μήκους N

Δεδομένα ΔΕΥΑΜ



Δεδομένα ΔΕΥΑΜ



Συμπιεστική Δειγματοληψία κ' Κρυπτογράφηση

Κρυπτογράφηση Δεδομένων

- Η συμπιεστική δειγματοληψία προσφέρει ένα **εγγενή μηχανισμό** (ασθενούς) **κρυπτογράφησης** λόγω του τυχαίου πίνακα Φ
- Δε μπορεί να εγγυηθεί τέλειο απόρρητο, αλλά **υπολογιστικό απόρρητο** των δεδομένων
- Υπολογιστικά ανέφικτο ένας «εισβολέας» να ανακατασκευάσει το αρχικό σήμα χωρίς να γνωρίζει το σύστημα τυχαίας δειγματοληψίας

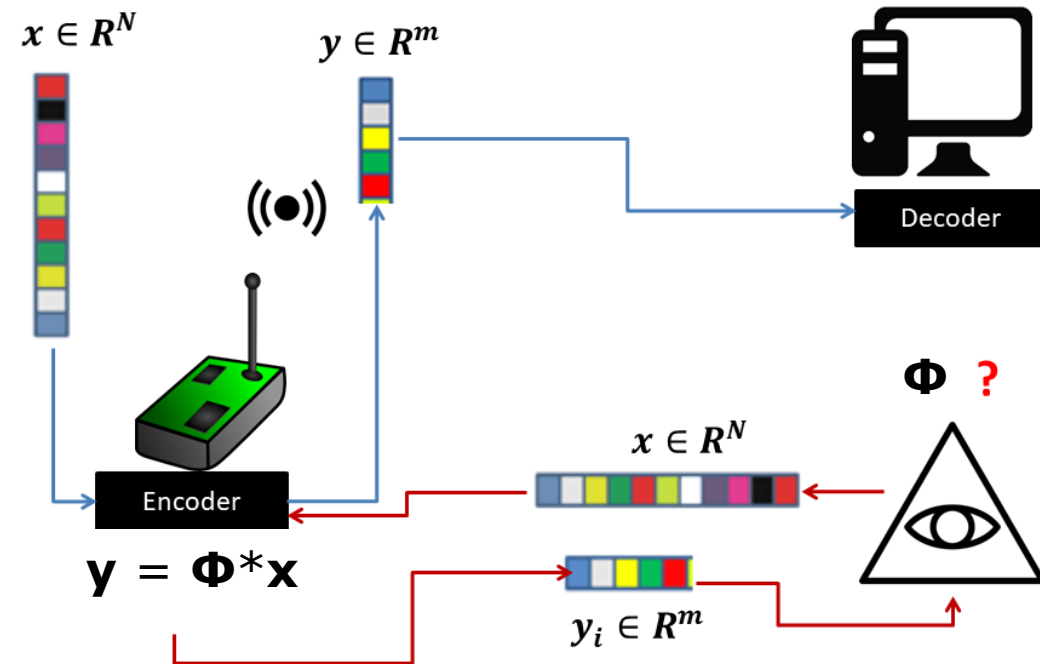
Κρυπτογράφηση Δεδομένων

- Οι μαθηματικές ιδιότητες του τυχαίου πίνακα Φ διασφαλίζουν ότι η ενέργεια των τυχαίων μετρήσεων είναι σχεδόν ίδια με την ενέργεια του αρχικού σήματος
- i** Οι μετρήσεις που παράγονται με τυχαία δειγματοληψία είναι δυσδιάκριτες εάν τα αντίστοιχα αρχικά σήματα είναι κανονικοποιημένα στην ίδια ενέργεια
- i** Οι τυχαίοι πίνακες Bernoulli είναι ασφαλείς μόνο για αρκετά μεγάλο N

* Κανονικοποίηση σήματος $s_n = \frac{s}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N |s_i|^2}{N}}}$

Παράδειγμα Επίθεσης

- Επίθεση επιλεγμένου-απλού κειμένου (CPA)
- Σε μια CPA ο εισβολέας μπορεί (ενδεχομένως προσαρμοστικά) να ζητήσει τα κρυπτογραφημένα μηνύματα αυθαίρετων μηνυμάτων απλού κειμένου
- Αυτό προϋποθέτει αλληλεπίδραση του εισβολέα με το μηχανισμό κρυπτογράφησης



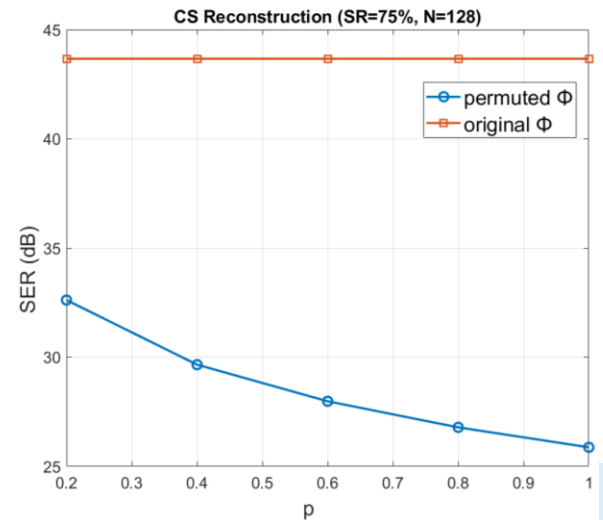
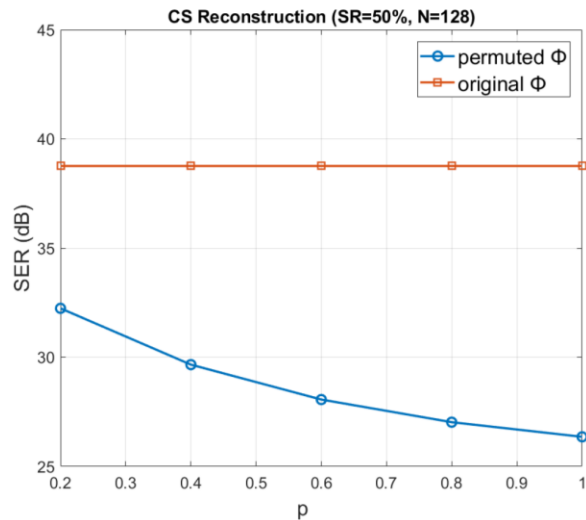
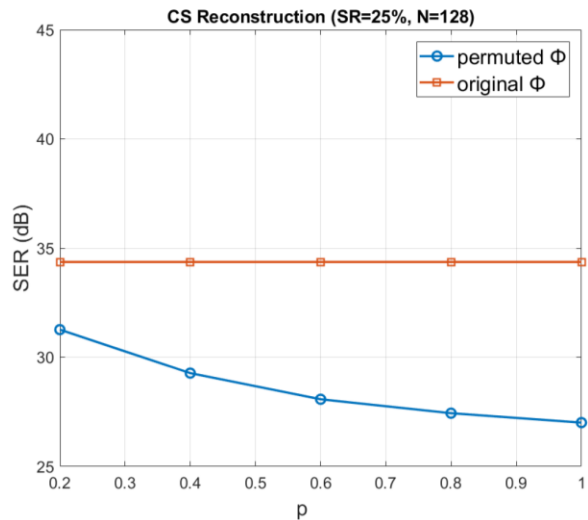
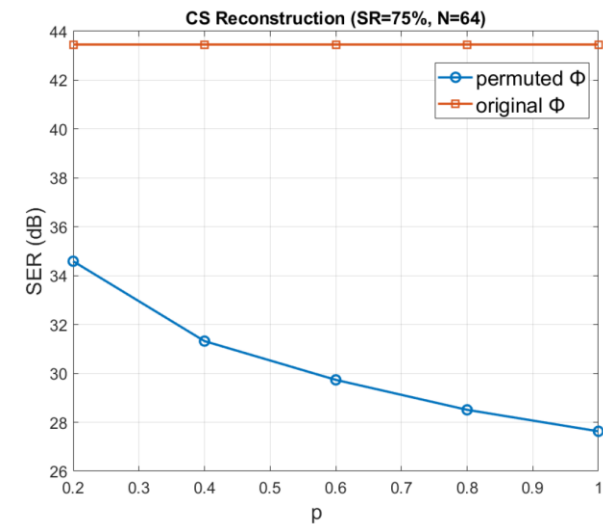
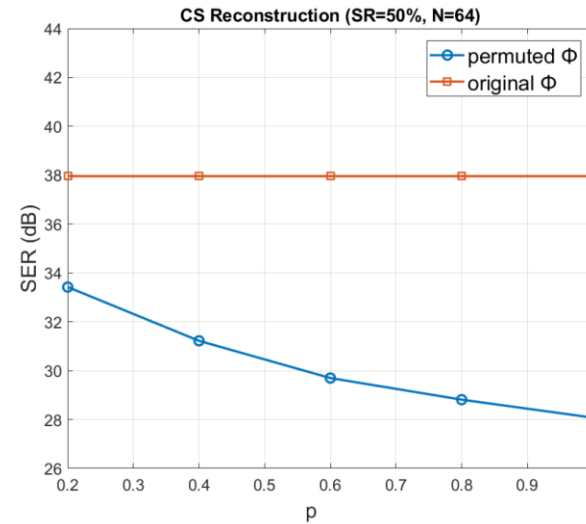
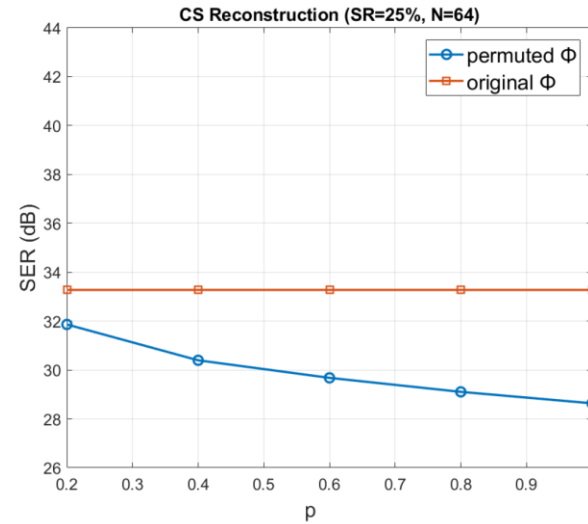
Σχεδιαστικοί Στόχοι Κρυπτογράφησης

- **Αντοχή ενάντια σε επιθέσεις τύπου CPA:** μετατρέπουμε τη ντετερμινιστική συμπεριφορά της συνάρτησης κρυπτογράφησης αφού έχουμε επιλέξει το κλειδί (seed), σε ένα σχήμα πιθανοτικής κρυπτογράφησης
- **Χειρισμός σημάτων με διαφορετική ενέργεια:** τα σήματα πρέπει να κανονικοποιηθούν κατά την κρυπτογράφηση, και η ενέργεια πρέπει να μεταδίδεται εμπιστευτικά μαζί με τις τυχαίες μετρήσεις
- **Ασφάλεια μέσω σχεδιασμού:** είναι σημαντικό να βασιστεί ο τρόπος λειτουργίας σε γνωστά και αξιόπιστα κρυπτογραφικά θεμέλια και μεθόδους κατασκευής κρυπτογραφικών συστημάτων

Δεδομένα ΔΕΥΑΜ

- Ο εισβολέας έχει γνώση του Φ ως προς ένα ποσοστό ($p\%$) μεταθέσεων των γραμμών του

$$SER(\mathbf{x}, \hat{\mathbf{x}}) = 10 \log_{10} \frac{\|\mathbf{x}\|_2^2}{\|\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}}\|_2^2}$$



Σύνοψη

- Οι σύγχρονες εφαρμογές σε ευφυή δίκτυα ύδρευσης καθιστούν απολύτως αναγκαία τη λειτουργία της συμπίεσης δεδομένων (μείωση κόστους τηλεμετρίας, αύξηση διάρκειας ζωής του δικτύου αισθητήρων)
- Η μέθοδος συμπιεστικής δειγματοληψίας προσφέρει ένα ισχυρό, και εύκολα υλοποιήσιμο, μηχανισμό συμπίεσης των παρατηρούμενων δεδομένων
- Η μέθοδος συμπιεστικής δειγματοληψίας παρέχει ένα εγγενή μηχανισμό κρυπτογράφησης (και αποθρομβοποίησης) των δεδομένων, χωρίς να απαιτείται χρήση πρόσθετου εξοπλισμού ή λογισμικού



Συμπιεστική Δειγματοληψία στην Πράξη

- **Αποσυμπίεση στο κέντρο τηλεελέγχου:** Επιλογή παραμέτρων από το χειριστή του συστήματος

Function: `CSDecompression`(γ , seed, PhiType, psi)

Inputs:

...

@psi: δομή για τη δημιουργία του τελεστή αραιοποίησης, η οποία περιλαμβάνει

@psi.gMax: ακέραιος που καθορίζει τη μέγιστη κλίμακα του STFT ($\text{max scale} = \log N + \text{gMax}$)

@psi.gLevels: ακέραιος που καθορίζει την ελάχιστη κλίμακα του STFT ($\text{min scale} = \log N - \text{gLevels}$)

@psi.tRedundancy: ακέραιος που καθορίζει τη μετατόπιση του STFT παραθύρου στο χρόνο

@psi.fRedundancy: ακέραιος που καθορίζει τη μετατόπιση του STFT παραθύρου στη συχνότητα

@psi.gWindow: τύπος παραθύρου (η παρούσα υλοποίηση υποστηρίζει την επιλογή 'iterate sine')

Interreg



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Ελλάδα-Κύπρος

Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης



SmartWater2020



ΔΕΣΜΟΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ

**Τεχνολογίες Επικοινωνιών και Ανάλυσης Δεδομένων για
Ευφυή Δίκτυα Ύδρευσης**



Ηράκλειο, 30/11/2020



Θέματα Υψηλού Επιπέδου Ανάλυσης Δεδομένων



Γιώργος Τζαγκαράκης, Ερευνητής Β', ΙΤΕ-ΙΠ

Υψηλού Επιπέδου Ανάλυση Δεδομένων (High-Level Data Analysis)

ΥΕΑΔ κ' Λήψη Αποφάσεων

Ροές Δεδομένων
(Data Streams)



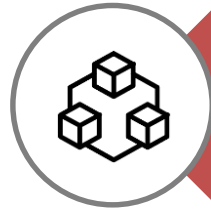
Υψηλού
Επιπέδου
Ανάλυση
Δεδομένων



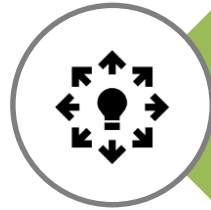
Λήψη Αποφάσεων



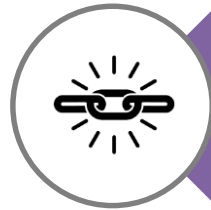
Χαρακτηριστικά Συστήματος



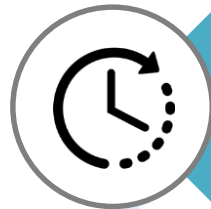
Αρθρωτό



Επεκτάσιμο



Ανθεκτικό



Λειτουργία σε Πραγματικό
Χρόνο

Μονάδα Ανάλυσης Δεδομένων

Κέντρο ελέγχου



Μονάδα Ανάλυσης Δεδομένων



Παρακολούθηση Συσχετίσεων



Ανάκτηση Ελλιπών Δεδομένων



Αύξηση Χρονικής Ανάλυσης



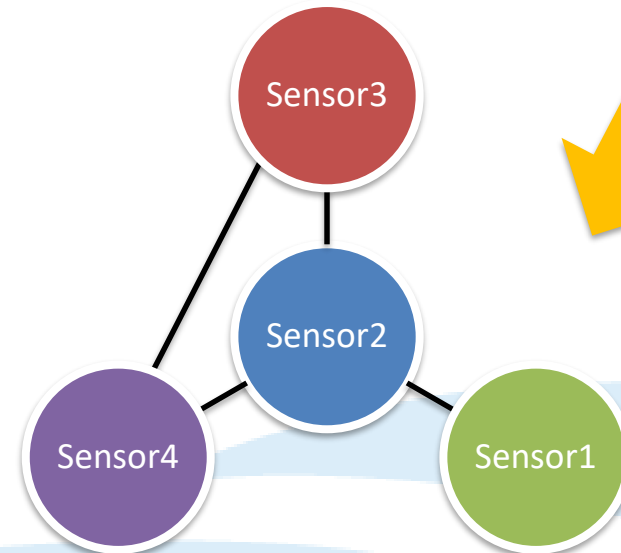
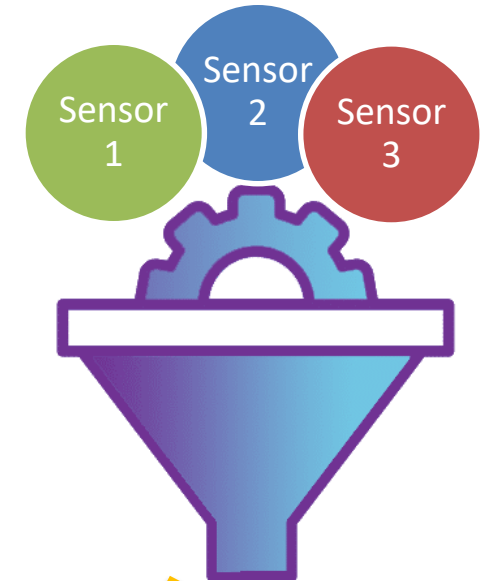
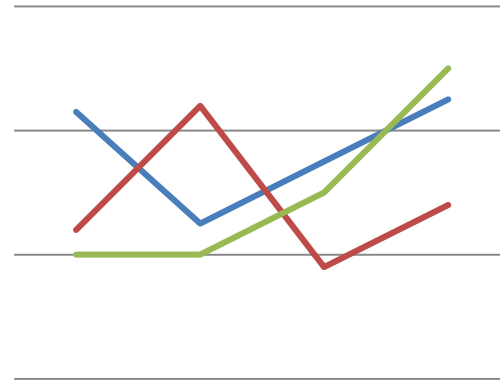
Ανίχνευση Ακραίων Συμβάντων



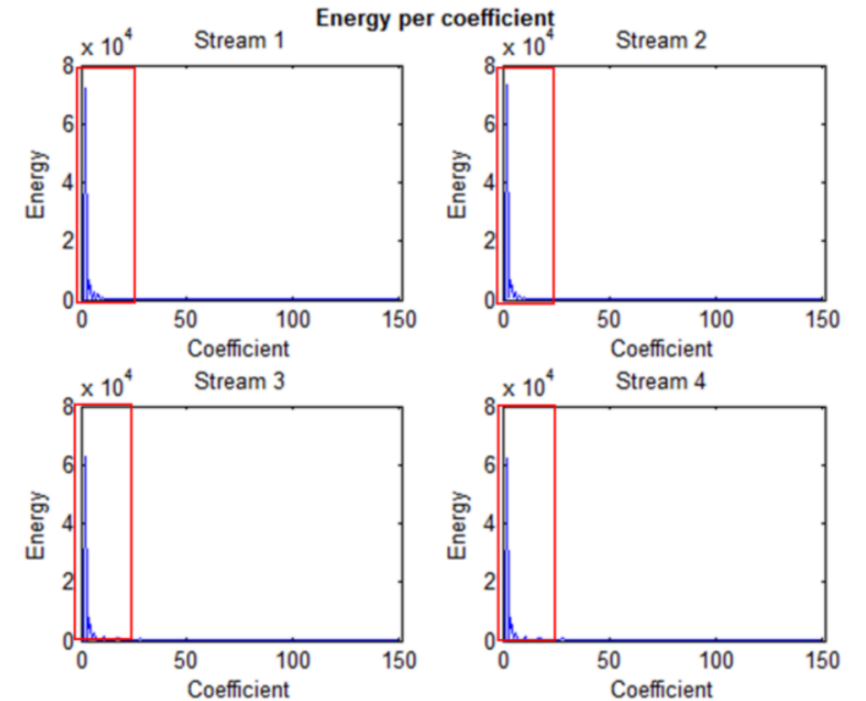
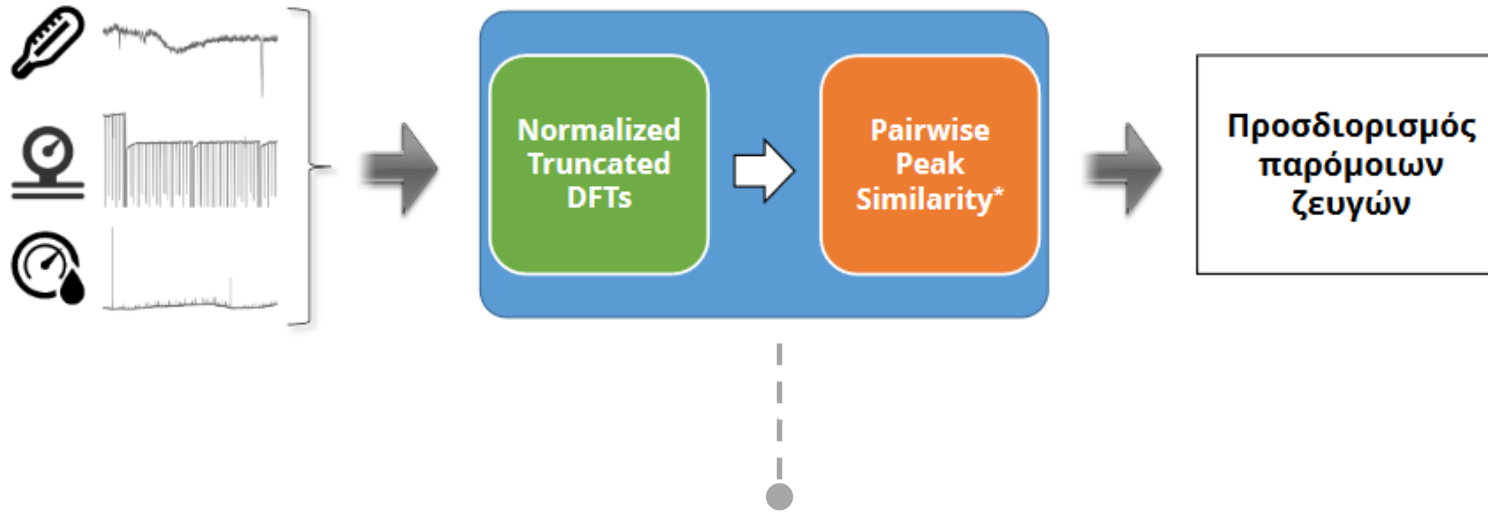
Οπτικοποίηση Δεδομένων

Παρακολούθηση Συσχετίσεων

- Ομαδοποίηση αισθητήρων
- Χρήση συσχετίσεων στην ανακατασκευή δεδομένων
- Αποκάλυψη συσχετίσεων μεταξύ φαινομενικά ανεξάρτητων δεδομένων



Παρακολούθηση Συσχετίσεων



- Προσφέρει καλύτερη χρονική απόδοση εκτέλεσης από άλλες μεθόδους
- Ο χρήστης μπορεί να καθορίσει το όριο «υψηλής συσχέτισης»

$$p_{sim}(\mathbf{s}, \mathbf{y}) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \left[1 - \frac{|S_i - Y_i|}{2 \cdot \max(|S_i|, |Y_i|)} \right]$$

- Υπολογισμός συσχετίσεων σε πραγματικό χρόνο

Function: `CorrelationMonitoring(X, threshold, thresholdCorrection, fourierCutoff, energyCutoff)`

Inputs:

@X: πίνακας με στήλες τα διανύσματα με τις μετρήσεις των αισθητήρων

@threshold: όριο πάνω από το οποίο δύο ροές δεδομένων χαρακτηρίζονται ως υψηλά συσχετισμένες

@thresholdCorrection: τιμή που προστίθεται στην υπολογισμένη συσχέτιση (στο πεδίο της συχνότητας) για τη διόρθωση της συσχέτισης στο πεδίο του χρόνου

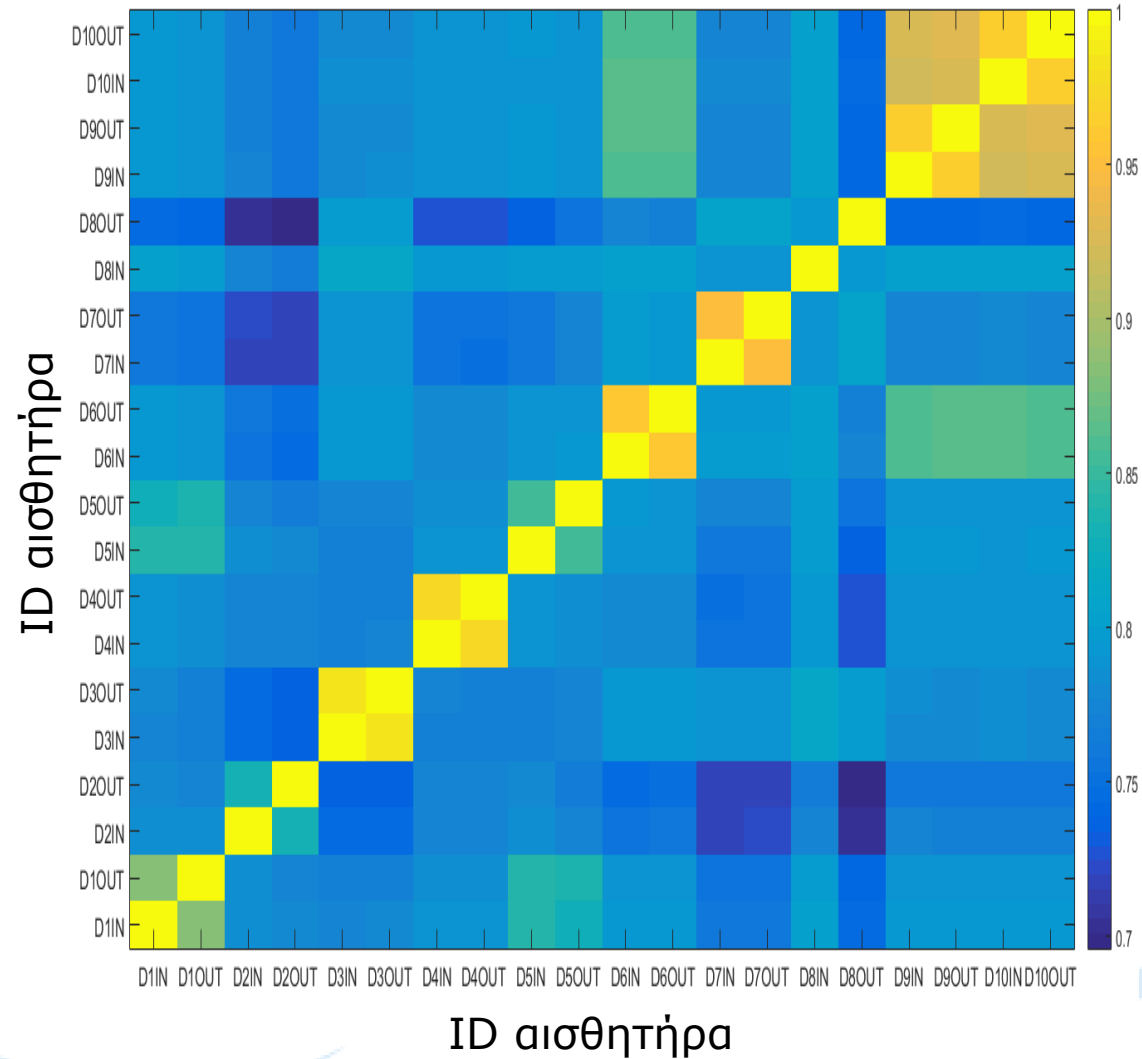
@fourierCutoff: τιμή που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του μήκους των διανυσμάτων, στο πεδίο της συχνότητας, που θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό των συσχετίσεων (π.χ. 2 για περικοπή στο $N/2$ των συχνοτήτων, 4 για $N/4$, κλπ.)

@energyCutoff: ποσοστό της ενέργειας στο πεδίο των συχνοτήτων που καθορίζει το πλήθος των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της συσχέτισης

Output:

@Y: πίνακας με τις υπολογισμένες συσχετίσεις μεταξύ όλων των ζευγών ροών δεδομένων

Συσχετίσεις μεταξύ ζευγών ροών



Έλεγχος Χαμένων Μετρήσεων

- Έλεγχος ύπαρξης χαμένων μετρήσεων με σκοπό την ανακατασκευή τους

Function: `checkMissingData(x, missingID)`

Inputs:

@x: το αρχικό διάνυσμα μετρήσεων

@missingID: συμβολοσειρά που καθορίζει τον τρόπο αναπαράστασης των χαμένων μετρήσεων (π.χ. NaN, NA)

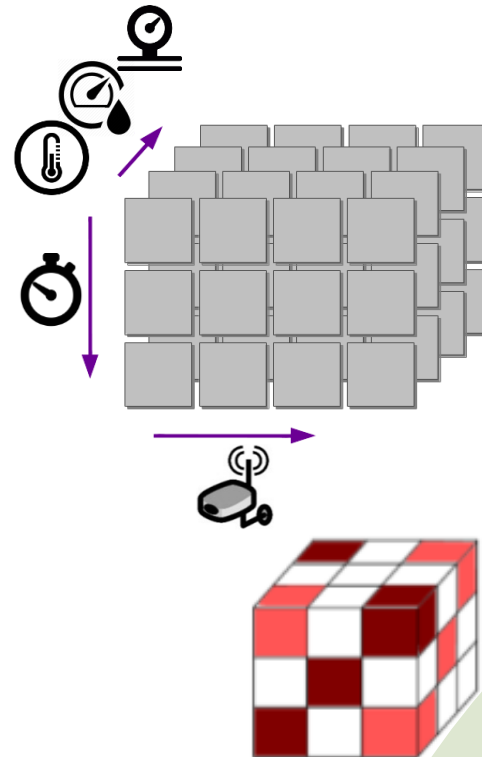
Output:

@y: διάνυσμα με τις θέσεις των χαμένων μετρήσεων

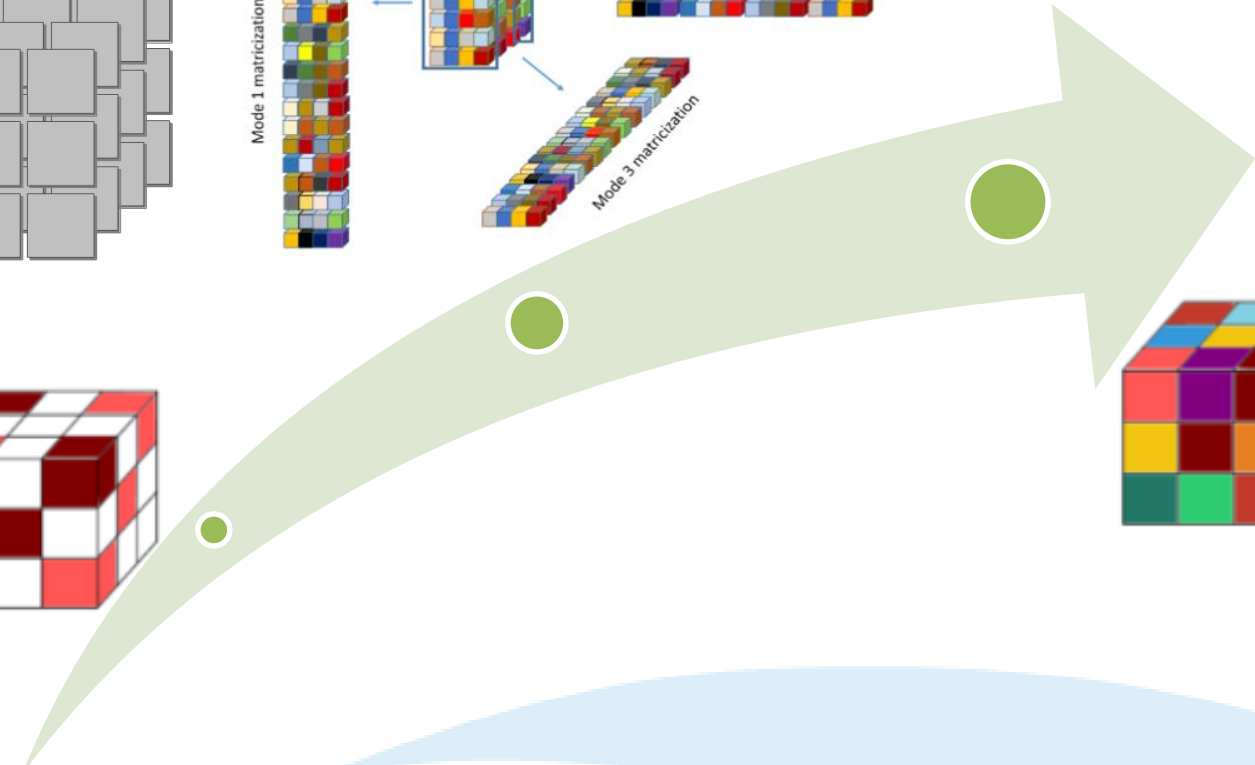
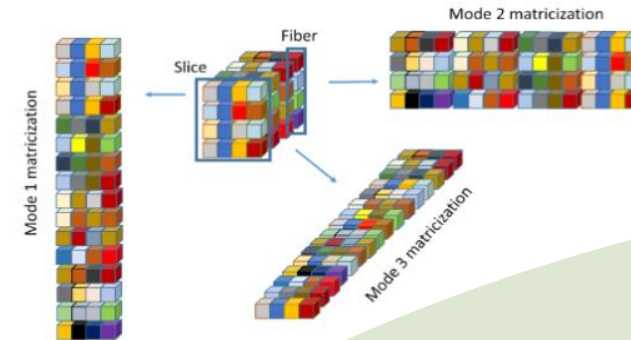
Ανάκτηση Ελλιπών Δεδομένων



Συμπλήρωση χαμένων
 μετρήσεων μεταξύ
 υψηλά συσχετισμένων
 ροών δεδομένων



Μέθοδοι συμπλήρωσης τανυστή



Λόγος Συμπλήρωσης
 (Filling Ratio (FR))

Διαθέσιμων / # Συνόλου δεδομένων

Ανάκτηση Ελλιπών Δεδομένων

- Ο αλγόριθμος που υλοποιήσαμε για τη συμπλήρωση τανυστών βασίζεται στον Tmac (<https://xu-yangyang.github.io/TMac>)

Function: `TCRecovery(X, windowSize, stepSize)`

Inputs:

@X: πίνακας με στήλες τις ροές δεδομένων από υψηλά συσχετισμένους αισθητήρες

@windowSize: μέγεθος παραθύρου που χρησιμοποιείται για το Hankelization των δεδομένων

@stepSize: βήμα για τη μετάβαση στο επόμενο παράθυρο των Hankelized δεδομένων

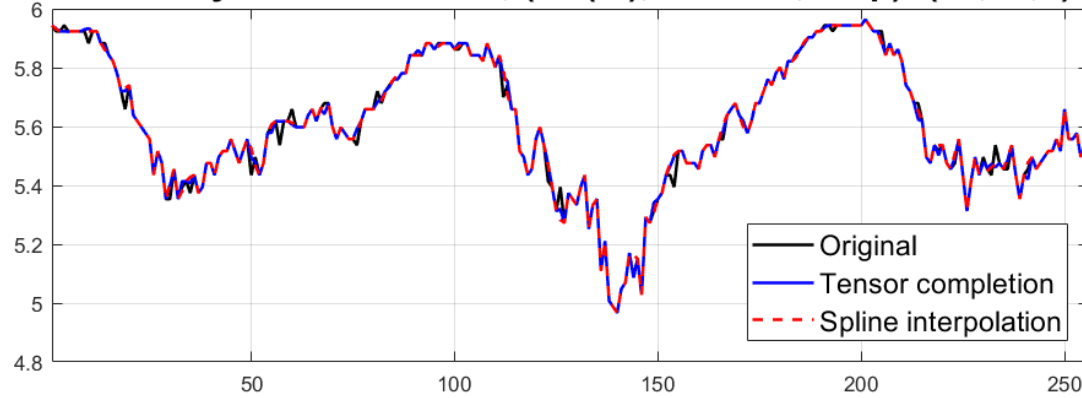
Output:

@Y: πίνακας με στήλες τις ροές με συμπληρωμένες τις χαμένες μετρήσεις

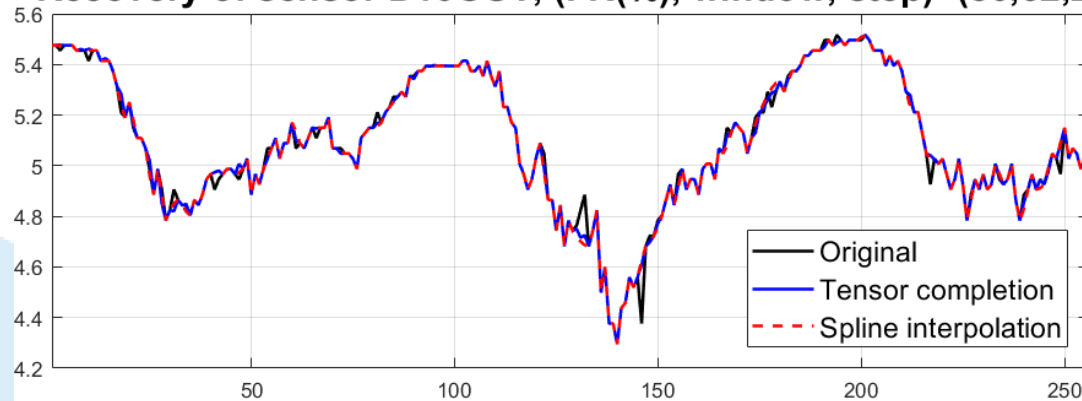


Δεδομένα ΔΕΥΑΜ

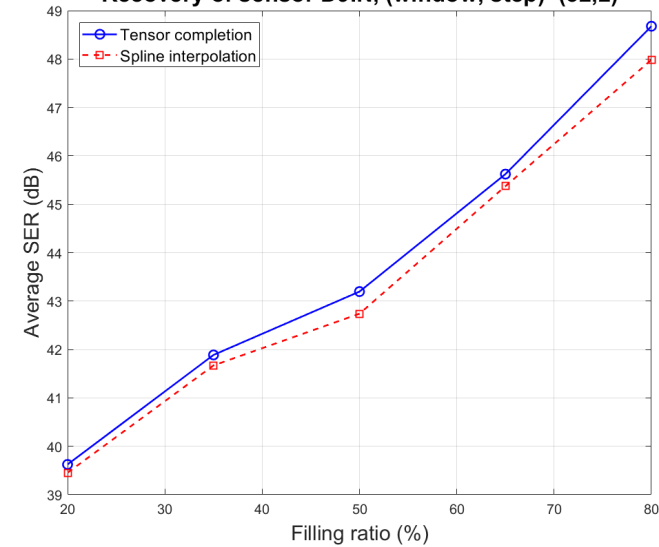
Recovery of sensor D9IN, (FR(%), window, step)=(80,32,2)



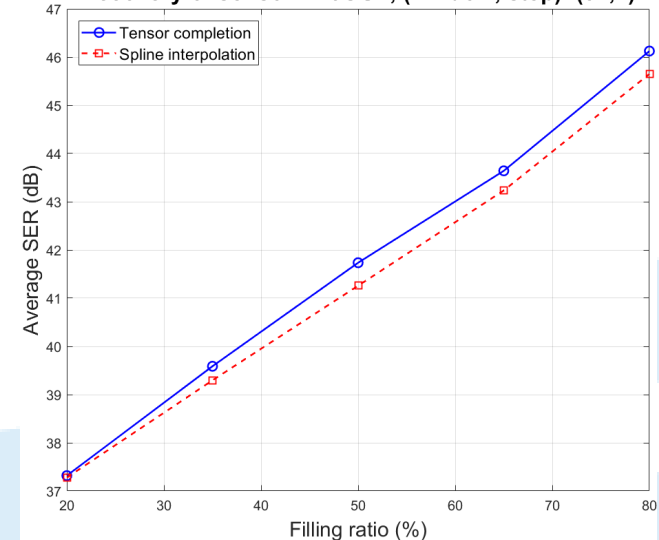
Recovery of sensor D10OUT, (FR(%), window, step)=(80,32,2)



Recovery of sensor D9IN, (window, step)=(32,2)



Recovery of sensor D10OUT, (window, step)=(32,2)



$$SER(\mathbf{x}, \hat{\mathbf{x}}) = 10 \log_{10} \frac{\|\mathbf{x}\|_2^2}{\|\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}}\|_2^2}$$

Αύξηση Χρονικής Ανάλυσης

π.χ. 1 μέτρηση / 15'

Τεχνητή Εισαγωγή
Ενδιάμεσων Μετρήσεων



Αύξηση αυτονομίας
αισθητήρων

π.χ. 1 μέτρηση / 30'



Αρχικό Διάνυσμα
Δεδομένων



Τελικό Διάνυσμα
Δεδομένων

Αύξηση Χρονικής Ανάλυσης

- Η επεξεργασία των δεδομένων σε μεγαλύτερες χρονικές αναλύσεις μπορεί να οδηγήσει στην εξαγωγή ακριβέστερων συμπερασμάτων για την κατάσταση του συστήματος

Function: `SuperResolution(x, delta)`

Inputs:

@x: αρχικό διάνυσμα μετρήσεων μήκους N

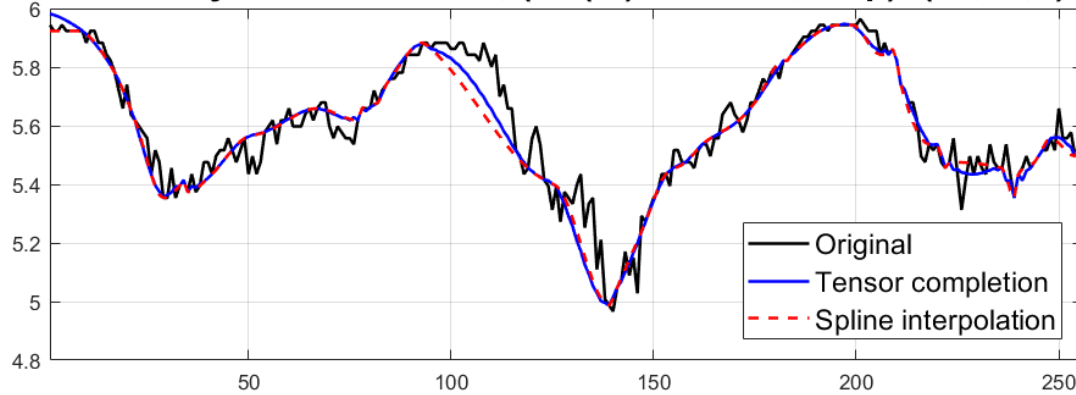
@delta: ακέραιο πολλαπλάσιο της αρχικής συχνότητας δειγματοληψίας των μετρήσεων

Output:

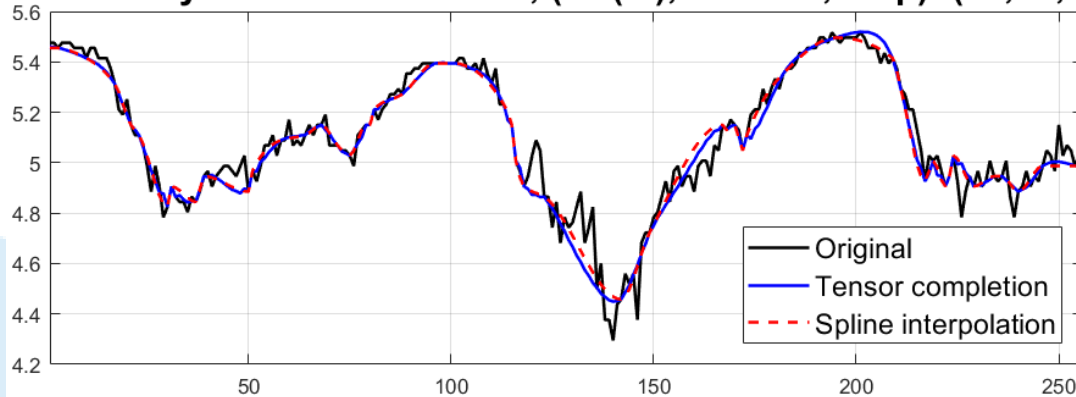
@y: ανακατασκευασμένο διάνυσμα με $\text{delta} \cdot N$ μετρήσεις

Δεδομένα ΔΕΥΑΜ

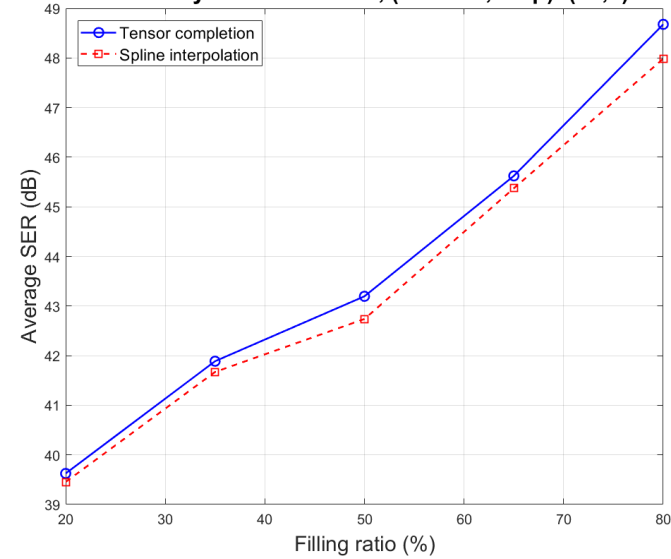
Recovery of sensor D9IN, (FR(%), window, step)=(20,32,2)



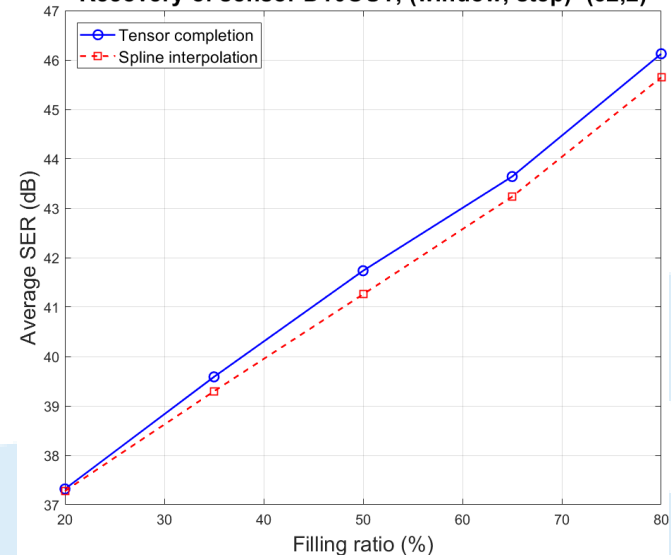
Recovery of sensor D10OUT, (FR(%), window, step)=(20,32,2)



Recovery of sensor D9IN, (window, step)=(32,2)



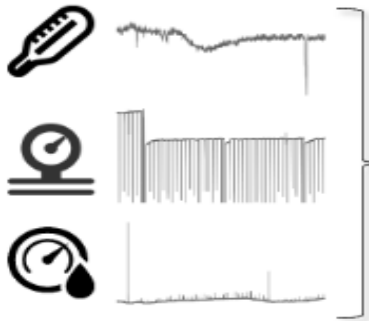
Recovery of sensor D10OUT, (window, step)=(32,2)



$$SER(\mathbf{x}, \hat{\mathbf{x}}) = 10 \log_{10} \frac{\|\mathbf{x}\|_2^2}{\|\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}}\|_2^2}$$

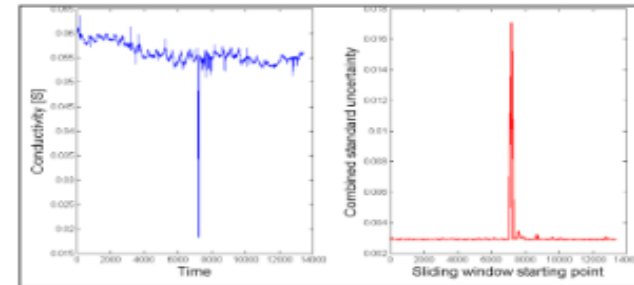
Ανίχνευση Ακραίων Συμβάντων με Αξιοποίηση Αβεβαιότητας

Έγκαιρη προειδοποίηση για σωστή λήψη αποφάσεων



Μέθοδος Spreadsheet (εφαρμόζεται στα πρωτογενή δεδομένα, στιγμιαία αβεβαιότητα)

		Source of uncertainty	Value (\pm)	Probability distribution	Divisor	Standard uncertainty $u(x)$
Type B	Sensor	Calibration	C_1	Normal	2	$C_1 / 2$
		Precision (Resolution)	C_2	Rectangular	$\sqrt{3}$	$C_2 / \sqrt{3}$
		Sensitivity	C_3	Rectangular	$\sqrt{3}$	$C_3 / \sqrt{3}$
	ECA chip	Calibration	C_4	Normal	2	$C_4 / 2$
		Precision (Resolution)	C_5	Rectangular	$\sqrt{3}$	$C_5 / \sqrt{3}$
		Sensitivity	C_6	Rectangular	$\sqrt{3}$	$C_6 / \sqrt{3}$
Type A	Sensor density	C_7	Rectangular	$\sqrt{3}$	$C_7 / \sqrt{3}$	
	Sampling	C_8	Rectangular	$\sqrt{3}$	$C_8 / \sqrt{3}$	
		Combined standard uncertainty $u_{c,1}(y)$				
		Coverage factor k_2				
		Expanded uncertainty U_2				



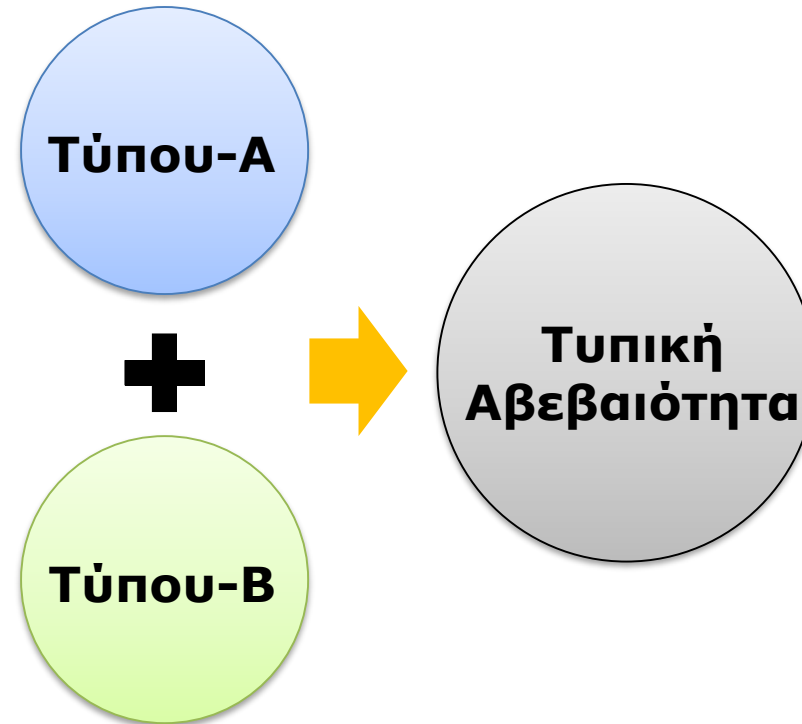
Λίστα πιθανών πηγών αβεβαιότητας και αντίστοιχες κατανομές πιθανότητας

Αβεβαιότητα Τύπου-A

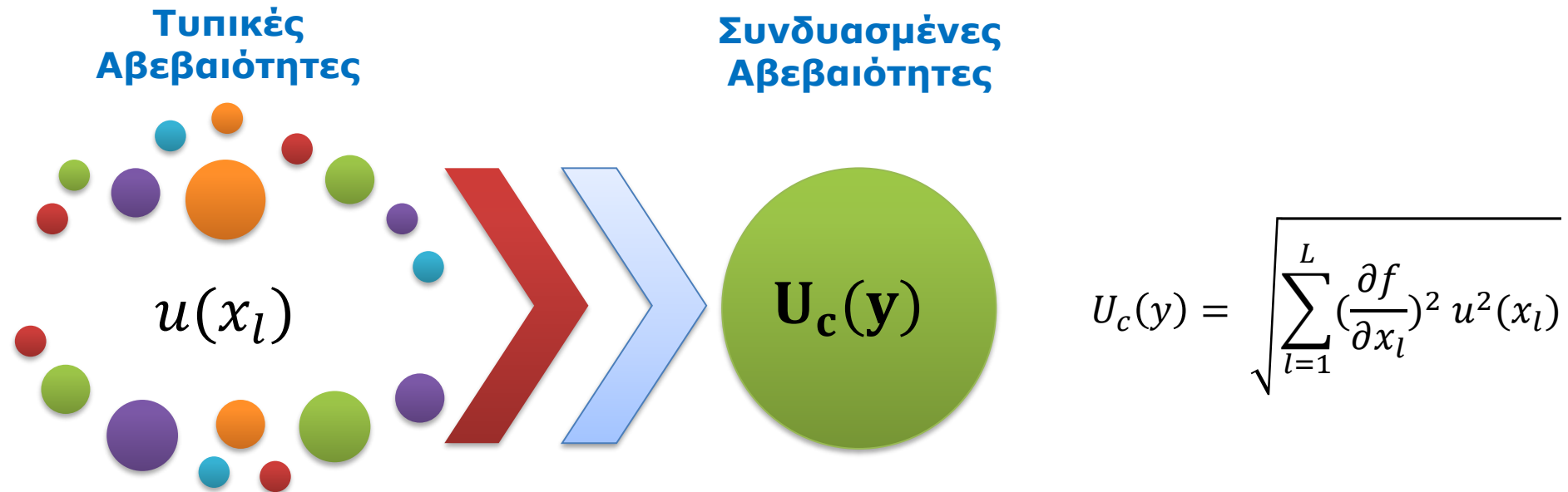
- Στατιστική αβεβαιότητα
- Συνθήκες λειτουργίας εξοπλισμού
- Κατασκευαστική ποιότητα
- ΔΕ μπορεί να ελαττωθεί

Αβεβαιότητα Τύπου-B

- Συστηματική αβεβαιότητα
- Μαθηματικά μοντέλα, μέθοδοι βαθμονόμησης
- ΜΠΟΡΕΙ να μειωθεί βελτιώνοντας τα αντίστοιχα μοντέλα



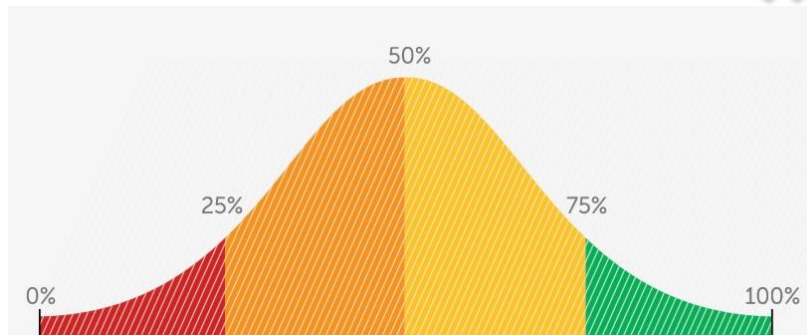
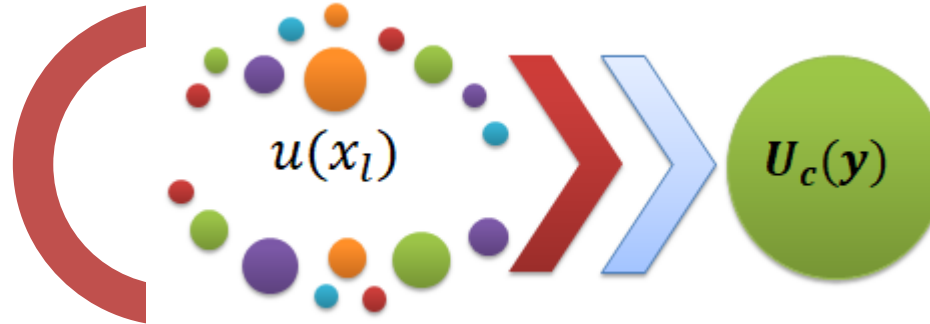
Συνδυασμένη Τυπική Αβεβαιότητα



- Υποθέτουμε ότι οι πηγές αβεβαιότητας είναι ανεξάρτητες
- L ανεξάρτητες τυπικές αβεβαιότητες $u(x_l)$
- Οι επιμέρους αβεβαιότητες πρέπει να εκφράζονται στις ίδιες μονάδες

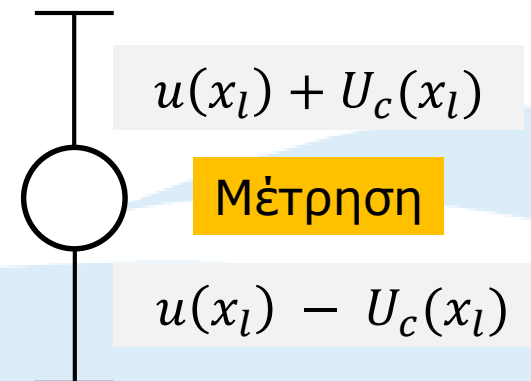
Εκτεταμένη Αβεβαιότητα

□ **Συνδυασμένη Τυπική Αβεβαιότητα**





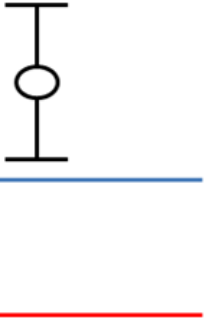
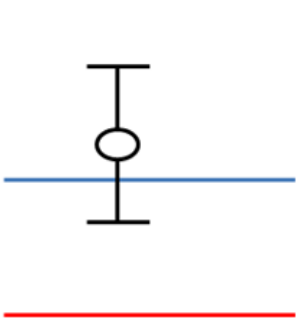
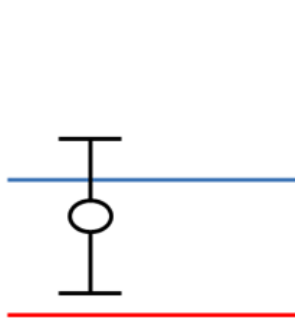
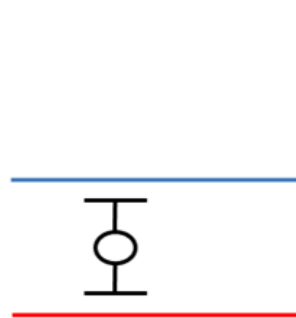




□ **K**: καθορίζεται από το επιθυμητό επίπεδο εμπιστοσύνης της Gaussian κατανομής

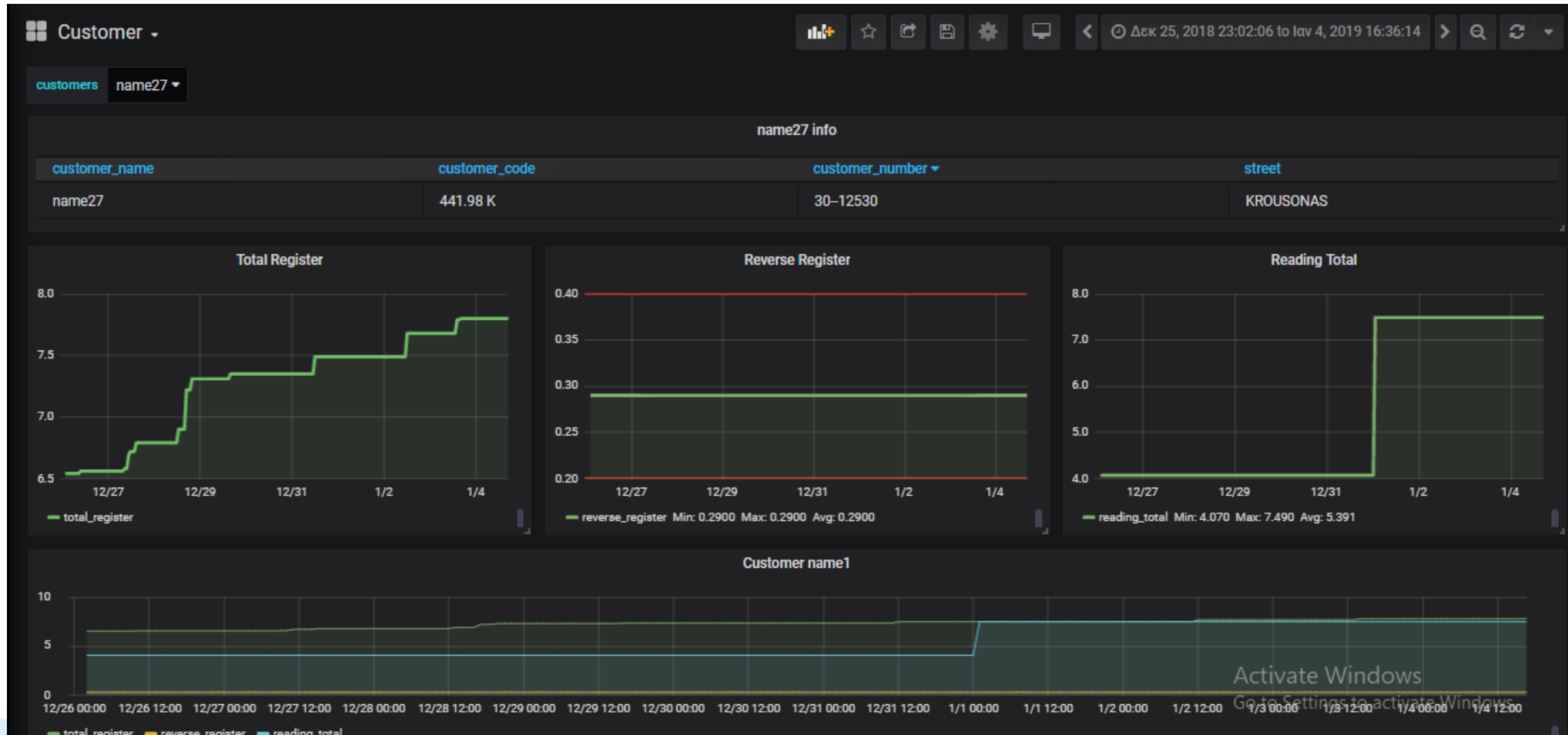
□ Η εκτεταμένη αβεβαιότητα **U** είναι το τελικό αποτέλεσμα της διαδικασίας εκτίμησης αβεβαιότητας



Ειδοποιήσεις Ακραίων Συμβάντων

				
Case				
Description	both the measurement and the expanded uncertainty interval are above the upper limit	the measurement is larger than limit and the expanded uncertainty interval contain	the measurement is lower than Limit and the expanded uncertainty interval contains it	both the measurement and the expanded uncertainty interval are below
Action	triggers clearly an alerting notification for the occurrence of an extreme event	possible divergences from normal operation	possible divergences from normal operation	is the only one that is in compliance with the specifications

Alerts	
	OK
	Warning
	Error



Δεδομένα ΔΕΥΑΜ



Σύνοψη

- Η μονάδα υψηλού επιπέδου ανάλυσης δεδομένων είναι αναπόσπαστο κομμάτι στις σύγχρονες πλατφόρμες ευφυών δικτύων ύδρευσης
- Προσαρμόσιμη στις απαιτήσεις και τις ανάγκες του εκάστοτε οργανισμού
- Ο σωστός σχεδιασμός εγγυάται εύκολη επέκταση με νέες λειτουργίες και αναβάθμιση των υπαρχουσών
- Εγγυάται την ομαλή λειτουργία των ευφυών δικτύων ύδρευσης, λαμβάνοντας υπόψη και την εγγενή αβεβαιότητα των δεδομένων

