

Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Εισαγωγή

Κωνσταντίνος Μαλιάτσος

Επίκουρος Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Στόχοι μαθήματος

2

- Να διερευνήσει τον ορισμό και τη χρήση του όρου «Διαδίκτυο των πραγμάτων» σε διαφορετικά περιβάλλοντα
- Να παρουσιάσει τα βασικά στοιχεία που συνθέτουν ένα σύστημα IoT
- Να παρουσιάσει τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής ενός συστήματος IoT και τις βασικές τεχνολογίες και πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται σε κάθε στρώμα της αρχιτεκτονικής.
- Να παρουσιάσει ζητήματα που ανακύπτουν κατά το σχεδιασμό και την ανάπτυξη εφαρμογών IoT.
- Να εξοικειώσει με θέματα σχεδιασμού και ανάπτυξης εφαρμογών IoT αξιοποιώντας υπηρεσίες από διαθέσιμες πλατφόρμες.

Περιεχόμενο μαθήματος

3

□ Εισαγωγή στο IoT

- ▣ κίνητρα, ορισμοί, βασικές έννοιες, χαρακτηριστικά, enabling technologies, προκλήσεις, εφαρμογές

□ Επίπεδο υλικού

- ▣ smart devices, sensors/actuators, h/w IoT platforms, data digitization

Περιεχόμενο μαθήματος

4

□ Επίπεδο δικτύου

- Μοντέλο Αναφοράς δικτύου IoT, Μοντέλα Επικοινωνίας και Διάδοσης.
- Πρωτόκολλα και αρχιτεκτονικές ασυρμάτων και κινητών επικοινωνιών χαμηλής κατανάλωσης (πρωτόκολλα IEEE 802.11ac/ad/ah/ax/ba, IEEE 802.15.4 και ZigBee, BLE)
- IoT specific communication protocols, M2M / IoT networks (LoRa/LoRaWAN, Sigfox).
- Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και τεχνολογίες IoT

□ Cloud IoT & Fog Computing

- Αρχιτεκτονικές, υλοποίηση, αξιολόγηση

Περιεχόμενο μαθήματος

5

- **Λειτουργικά συστήματα IoT**
 - ▣ Contiki, Android Things, TinyOS
- **IoT πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής**
 - ▣ CoAP, MQTT, XMPP, HTTP RESTFUL Services, AMQP, Websockets
- **IoT πλατφόρμες λογισμικού**
 - ▣ ρόλος, αρχιτεκτονικές, υπηρεσίες, προκλήσεις, case studies (ThingWorx, ThingSpeak, Google Cloud IoT)

Περιεχόμενο μαθήματος

6

□ **Συστατικά στοιχεία εφαρμογών IoT**

- Συλλογή, προεπεξεργασία και αποθήκευση δεδομένων (Big data και επεξεργασία σειριακών δεδομένων από αισθητήρες)
- Ανάλυση και οπτικοποίηση δεδομένων
- Θέματα ανάπτυξης εφαρμογών IoT από τον τελικό χρήστη (End User Development)

□ **Μελέτη περιπτώσεων χρήσης**

- smart home, smart health, precision agriculture
- Smart cities, Industrial IoT

Προτεινόμενη βιβλιογραφία

7

H. Gen. Internet of Things and Data Analytics Handbook [Ηλεκτρονικό Βιβλίο], Εκδόσεις HEAL-Link Wiley ebooks, 2016 (Κωδικός στον Εύδοξο: 80501132)

N. Bouhai, I. Saleh. Internet of Things: Evolutions and Innovations [Ηλεκτρονικό Βιβλίο], Εκδόσεις HEAL-Link Wiley ebooks, 2017. Κωδικός στον Εύδοξο: 91697054

Συναφή επιστημονικά περιοδικά

8

- ACM Transactions on Internet of Things
- Computer Networks
- IEEE Communications
- IEEE Internet of Things Journal
- IEEE Pervasive Computing
- IEEE Wireless Communications
- International Journal of Internet of Things and Cyber-Assurance
- Internet of Things Journal
- Pervasive and Mobile Computing
- Sensors

Συναφή επιστημονικά περιοδικά

9

- ACM Transactions on Internet of Things
- Computer Networks
- IEEE Communications
- IEEE Internet of Things Journal
- IEEE Pervasive Computing
- IEEE Wireless Communications
- International Journal of Internet of Things and Cyber-Assurance
- Internet of Things Journal
- Pervasive and Mobile Computing
- Sensors

Σχετιζόμενα μαθήματα

10

- Δίκτυα Υπολογιστών (μάθημα 5^{ου} εξαμήνου)
- Κατανεμημένα Συστήματα (μάθημα 6^{ου} εξαμήνου)

Logistics

11

- Θεωρία – 13 διαλέξεις που καλύπτουν end-to-end τις περιπτώσεις χρήσεις του IoT.
- Εργαστηριακές ασκήσεις

- Σήμερα δεν θα διεξαχθεί εργαστήριο.
- Ενημέρωση από το e-class



Μέσα

12

- Διαλέξεις
- Εργαστηριακές Ασκήσεις (δεν απαιτείται εργαστηριακός χώρος)
- Όλο το υλικό θα είναι διαθέσιμο στο eclass (Λεπτομέρειες στο επόμενο μάθημα)
- Η παρακολούθηση και η ενεργή συμμετοχή θεωρούνται εξ ορισμού αναγκαία για την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος

Εργαστηριακές ασκήσεις

13

- Οι ασκήσεις είναι ατομικές & ομαδικές κατά περίπτωση.
- Ομαδικό project: Σχεδιασμός και Υλοποίηση IoT Εφαρμογής με IoT πλατφόρμα λογισμικού
- Μελέτη και ανάλυση άρθρων, συγγραφή και παρουσίαση εργασίας (μελέτες περίπτωσης χρήσης)

Δεοντολογία

14

- Γόνιμη ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των φοιτητών σχετικά με τις ασκήσεις και επιτρέπεται και ενθαρρύνεται.
- Η συνεργασία **ΔΕΝ** πρέπει να οδηγεί σε από κοινού επίλυση και συγγραφή της άσκησης.
- Η υποβολή **κοινών απαντήσεων** από **διαφορετικές ομάδες που συνεργάστηκαν** δεν επιτρέπεται και θεωρείται ως **ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ**.
- Η **αντιγραφή** έχει ως αποτέλεσμα το **μηδενισμό** της άσκησης και τη **δυσμενή αξιολόγηση** συνολικά για το μάθημα.

Βαθμολογία

15

- 60% Τελική Εξέταση
- 40% Εργαστήριο
 - ▣ 25% Υλοποίηση Project
 - ▣ 15% μελέτες περίπτωσης χρήσης
- Η συμμετοχή σε όλες τις κατηγορίες είναι **υποχρεωτική** και η βάση είναι το 50% των αντίστοιχων μονάδων.
- Δεν κρατείται βαθμός σε καμιά κατηγορία.

Ερωτήσεις?

16

Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Εισαγωγή στο IoT

Κωνσταντίνος Μαλιάτσος

Επίκουρος Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Περιεχόμενα

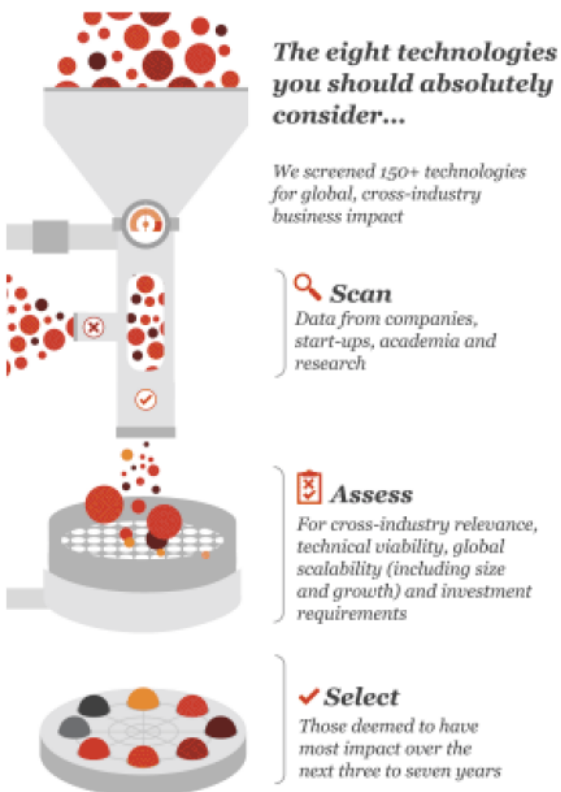
18

- Τεχνολογικές τάσεις
- Τι είναι το IoT
- Έξυπνες πόλεις: Μια μελέτη περίπτωσης εφαρμογής του IoT
 - Τομείς εφαρμογής
 - Απαιτούμενες τεχνολογίες
 - Προκλήσεις

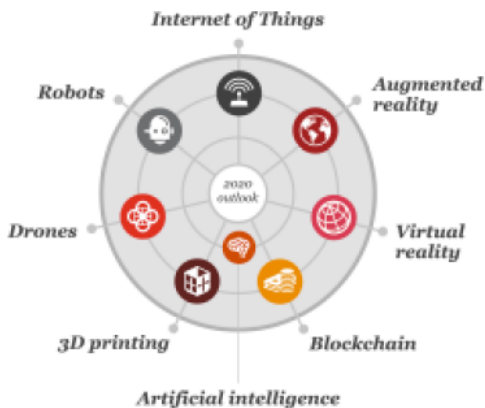
8 Σημαντικές Τεχνολογικές Τάσεις

19

- Επιλογή μέσα από πλήθος αναδυόμενων τεχνολογιών (150+)
- Αξιολόγηση του βαθμού εφαρμογής και υιοθέτησής τους
- Εκτίμηση της επιχειρησιακής επίδρασής τους και της εμπορικής βιωσιμότητάς τους για τα επόμενα 3-7 χρόνια



The essential eight technologies



Source: Tech breakthroughs megatrend: how to prepare for its impact

- ✓ Artificial Intelligence (AI)
- ✓ Augmented Reality (AR)
- ✓ Blockchain
- ✓ Drones
- ✓ Internet of Things (IoT)
- ✓ Robots
- ✓ Virtual Reality (VR)
- ✓ 3D Printing

Τι είναι το ΙοΤ

Η ιστορία του IoT

21

1970	Διάφορες εφαρμογές χρησιμοποιούν συστήματα επιτήρησης με μετρητές (π.χ. μετρήσεις στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω τηλεφωνικών γραμμών)
1990	Τα πρώτα διασυνδεδεμένα αντικείμενα, όπως η τοστιέρα του John Romkey με δυνατότητα ενεργοποίησης μέσω διαδικτύου.
1999	Εισάγεται ο όρος “Internet of Things” από τον Kevin Ashton (για να περιγράψει ένα σύστημα στο οποίο το διαδίκτυο συνδέεται με τον φυσικό κόσμο μέσω αισθητήρων... RFID).
Σήμερα	Δημοφιλής όρος για να περιγράψει σενάρια στα οποία η συνδεσιμότητα στο Internet και η υπολογιστική δυνατότητα έχει επεκταθεί σε μια πληθώρα συσκευών, αισθητήρων και καθημερινών αντικειμένων.

Οι τεχνολογικές τάσεις που οδηγούν το IoT

22

ΠΑΝΤΑΧΟΥ ΠΑΡΟΥΣΑ ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ

(UBIQUITOUS CONNECTIVITY)

Η χαμηλού κόστους, υψηλής ταχύτητας συνδεσιμότητα, ειδικά με ασύρματες μεθόδους κάνει σχεδόν τα πάντα ικανά να συνδεθούν.

ΕΚΤΕΤΑΜΕΝΗ ΥΙΟΘΕΤΗΣΗ ΔΙΚΤΥΩΣΗΣ IP

(WIDESPREAD ADOPTION OF IP NETWORKING)

Το IP έχει γίνει το κύριο πρωτόκολλο δικτύωσης και μπορεί εύκολα και φτηνά να ενσωματωθεί σε μια ευρεία γκάμα συσκευών.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ

(COMPUTING ECONOMICS)

Οι επενδύσεις στην έρευνα και τη βιομηχανία συνεχίζουν να δίνουν ολοένα μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ σε χαμηλές τιμές και με μικρή κατανάλωση.

ΣΥΝΕΧΗΣ ΣΜΙΚΡΥΝΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ

(MINIATURIZATION)

Η εξέλιξη στον τομέα της κατασκευής δίνει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης υψηλών τεχνολογιών επικοινωνιών και υπολογιστικής σε πολύ μικρές και φτηνές συσκευές.

ΠΡΟΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

(DATA ANALYTICS)

Νέοι αλγόριθμοι, αύξηση της υπολογιστικής ισχύος και της αποθήκευσης δεδομένων δίνουν τη δυνατότητα ανάλυσης μεγάλου όγκου δεδομένων και νέες ευκαιρίες απόκτησης πληροφορίας και γνώσης.

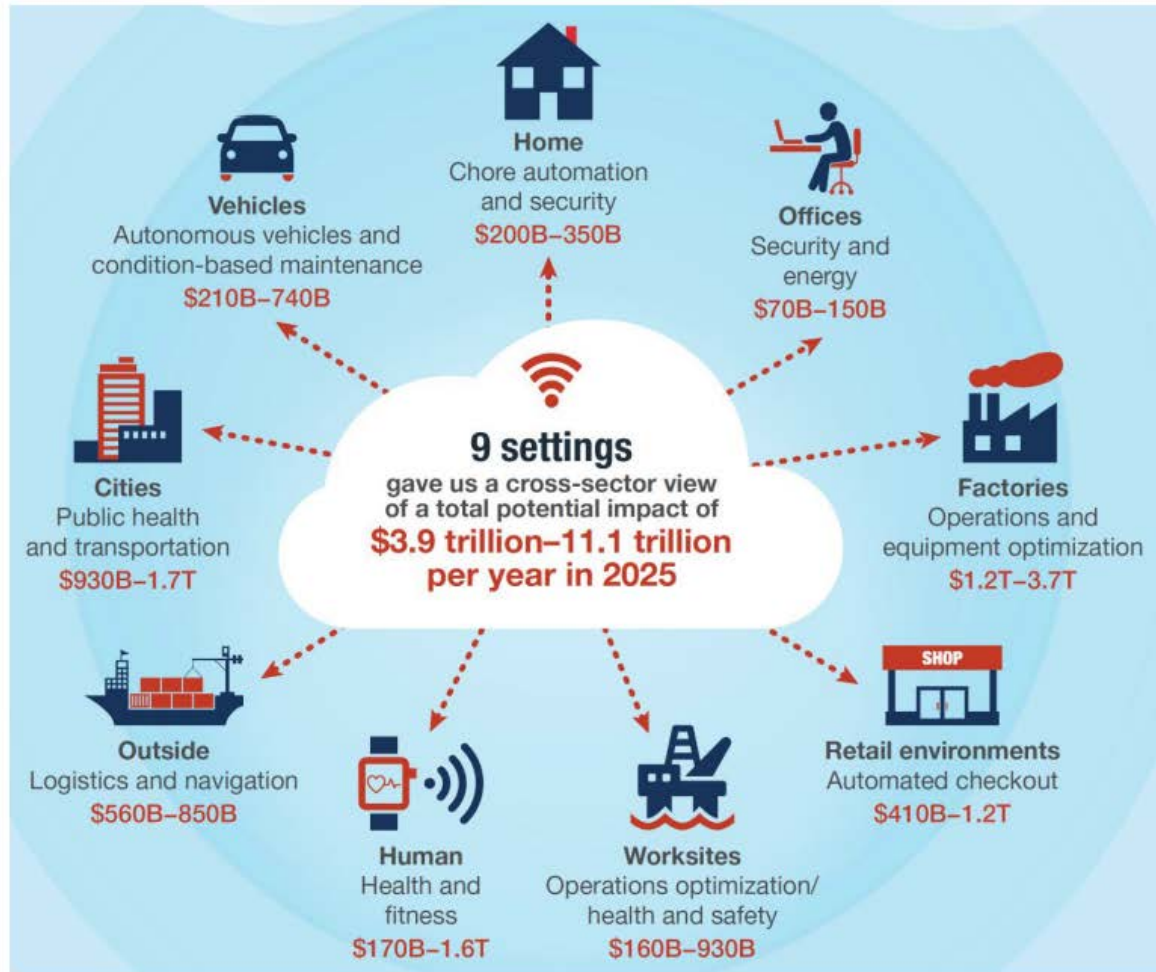
Η ΑΝΘΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΝΕΦΟΥΣ

(CLOUD COMPUTING)

Η υπολογιστική νέφος επιτρέπει σε μικρές και κατανεμημένες συσκευές να αλληλεπιδρούν με ισχυρούς πόρους αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάλυσης και ελέγχου.

Το IoT μπορεί πλέον να υλοποιηθεί σε ευρεία κλίμακα

23

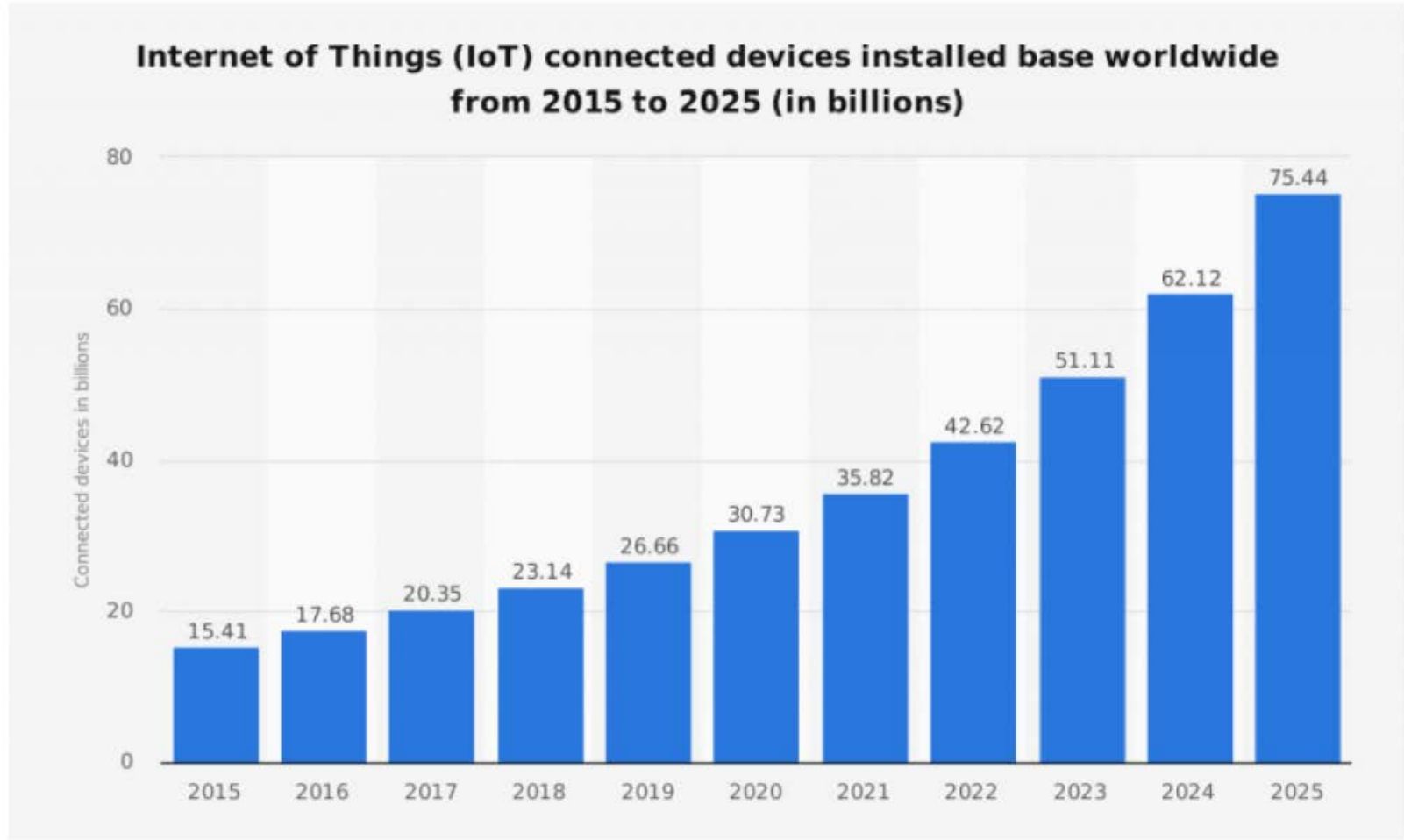


70%

Η Cisco εκτιμά ότι η αναλογία της κίνησης που δημιουργείται στο Internet από συσκευές που δεν είναι Η/Υ, θα ανέλθει έως λίγο κάτω από το 70% μέχρι το 2019.

Το IoT μπορεί πλέον να υλοποιηθεί σε ευρεία κλίμακα

24



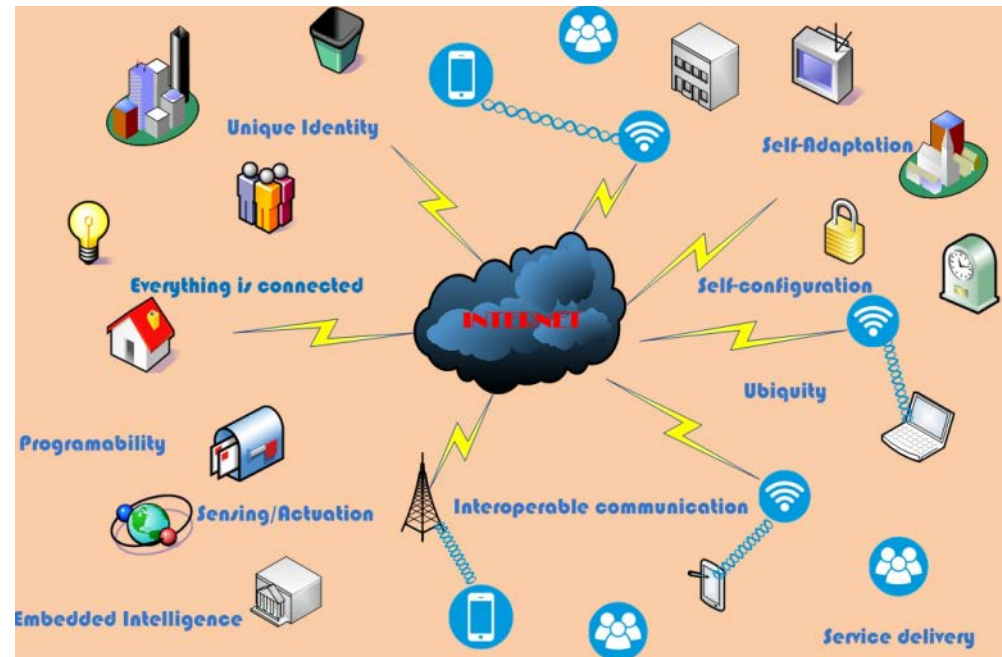
Source: HIS Markit, 2015-2016.

Ορισμοί από την ΙΕΕΕ

25

- Με βάση την ΙΕΕΕ, τα παρακάτω χαρακτηριστικά είναι βασικά για τον ορισμό του IoT:

- ▣ Interconnection of Things
- ▣ Connection of Things to the Internet
- ▣ Uniquely Identifiable Things
- ▣ Ubiquity
- ▣ Sensing/actuation capability
- ▣ Embedded intelligence
- ▣ Interoperable communication capability
- ▣ Self-configurability
- ▣ Programmability



Ορισμοί από την ΙΕΕΕ

26

Definition for **small** environment scenario.

An IoT is a network that connects **uniquely identifiable** “Things” to the Internet. The “Things” have **sensing/actuation** and potential **programmability** capabilities. Through the exploitation of unique identification and sensing, **information** about the “Thing” can be collected and the state of the “Thing” can be changed from **anywhere, anytime, by anything**.

Ορισμοί από την ΙΕΕΕ

27

Definition for **large** environment scenario.

Internet of Things envisions a **self-configuring, adaptive, complex network** that **interconnects 'things' to the Internet** through the use of standard **communication protocols**. The interconnected things have **physical or virtual representation** in the digital world, **sensing/actuation** capability, a **programmability** feature and are **uniquely identifiable**. The representation contains information including the thing's identity, status, location or any other business, social or privately relevant information. The things **offer services**, with or without human intervention, through the exploitation of unique identification, data capture and communication, and actuation capability. The service is exploited through the use of intelligent interfaces and is made available **anywhere, anytime, and for anything** taking **security** into consideration.

Βασικά χαρακτηριστικά ΙοΤ συσκευών

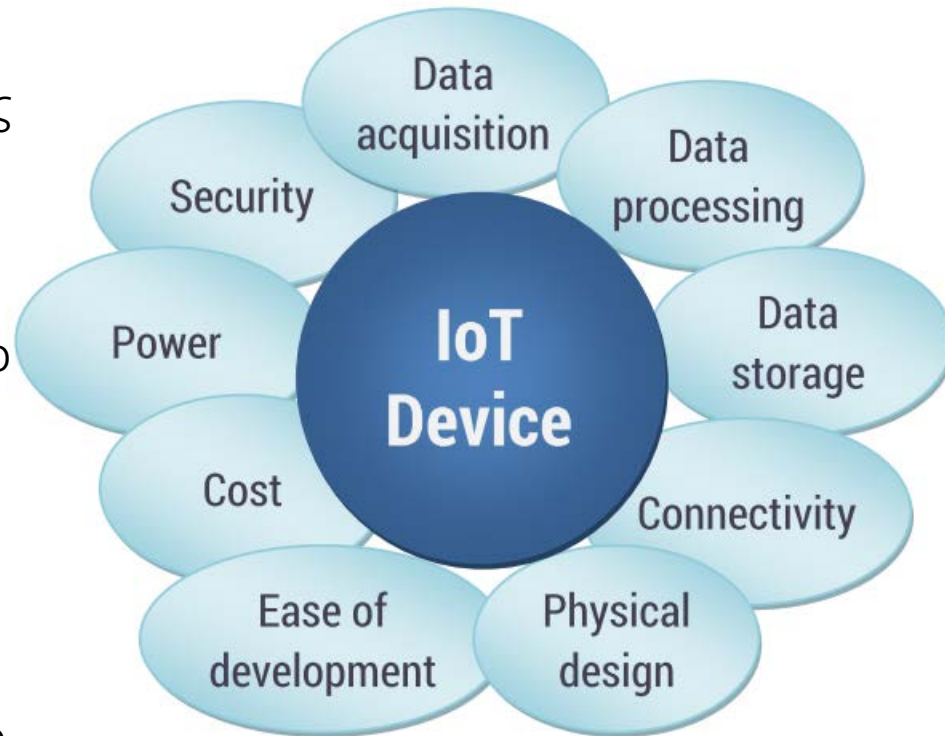
28

- **Λήψη και έλεγχος δεδομένων**
 - Μέτρηση και μετατροπή μετρήσεων σε ψηφιακά δεδομένα με τη χρήση αισθητήρων, χρήση έλεγχος ενεργοποιητών για τη μετατροπή ηλεκτρικών σημάτων σε ένα φυσικό αποτέλεσμα.
- **Επεξεργασία και αποθήκευση δεδομένων**
 - Βασικές διαδικασίες εισερχόμενων δεδομένων αλλά και ανάλυση δεδομένων (edge analytics). Βασικά στοιχεία είναι η επεξεργαστική ισχύς και η μνήμη.
- **Συνδεσιμότητα**
 - Τεχνικές και πρωτόκολλα επικοινωνίας για τη μεταξύ των συσκευών επικοινωνία και την επικοινωνία με το νέφος, ενσύρματα ή ασύρματα.
- **Διαχείριση ισχύος**
 - Η κατανάλωση ισχύος είναι πολύ σημαντική και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη διάρκεια ζωής. Οι τεχνικές επικοινωνίας και η επεξεργαστική ισχύς είναι ρυθμιστικοί παράγοντες.

Υλικό (hardware) IoT συσκευών

29

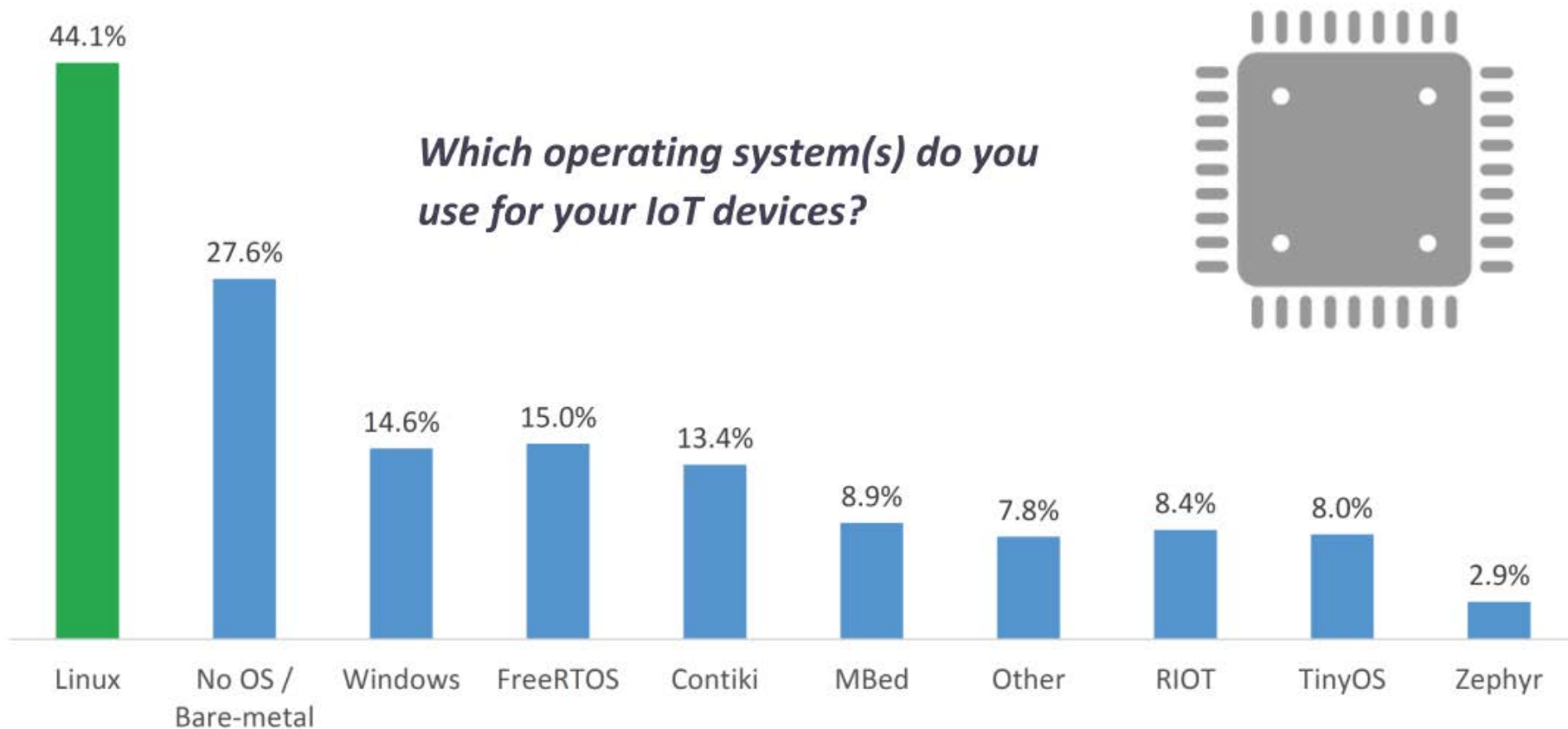
- Το υλικό μπορεί να ποικίλει πολύ από εφαρμογή σε εφαρμογή. Πολλές συσκευές που χρησιμοποιούνται για άλλες λειτουργίες (π.χ. **smart phones**) μπορούν να παίξουν το ρόλο της IoT συσκευής.
- Οι αυτόνομες συσκευές χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:
- **Microcontroller units (MCU)** -
Παραδείγματα: Arduino, Arduino-type, Espressif ESP, Particle Electron, κλπ.
- **Single board computers (SBC)** -
Παραδείγματα: Raspberry Pi, BeagleBone, Qualcomm DragonBoard, UDOO, κλπ.



Κριτήρια επιλογής IoT συσκευών

Λειτουργικά συστήματα IoT συσκευών

30



Source: Eclipse Foundation Inc., "The IoT Developer Survey", Apr. 2017.

Λειτουργικά συστήματα

31

Top device operating systems



dominates
constrained
devices (along
with its Amazon
derivation)

Other **standouts** (75%+) include



Λειτουργικά συστήματα

32

Top Edge / Gateway operating systems



Linux

76% Edge/Gateway



Windows

52% Edge/Gateway

Linux dominates

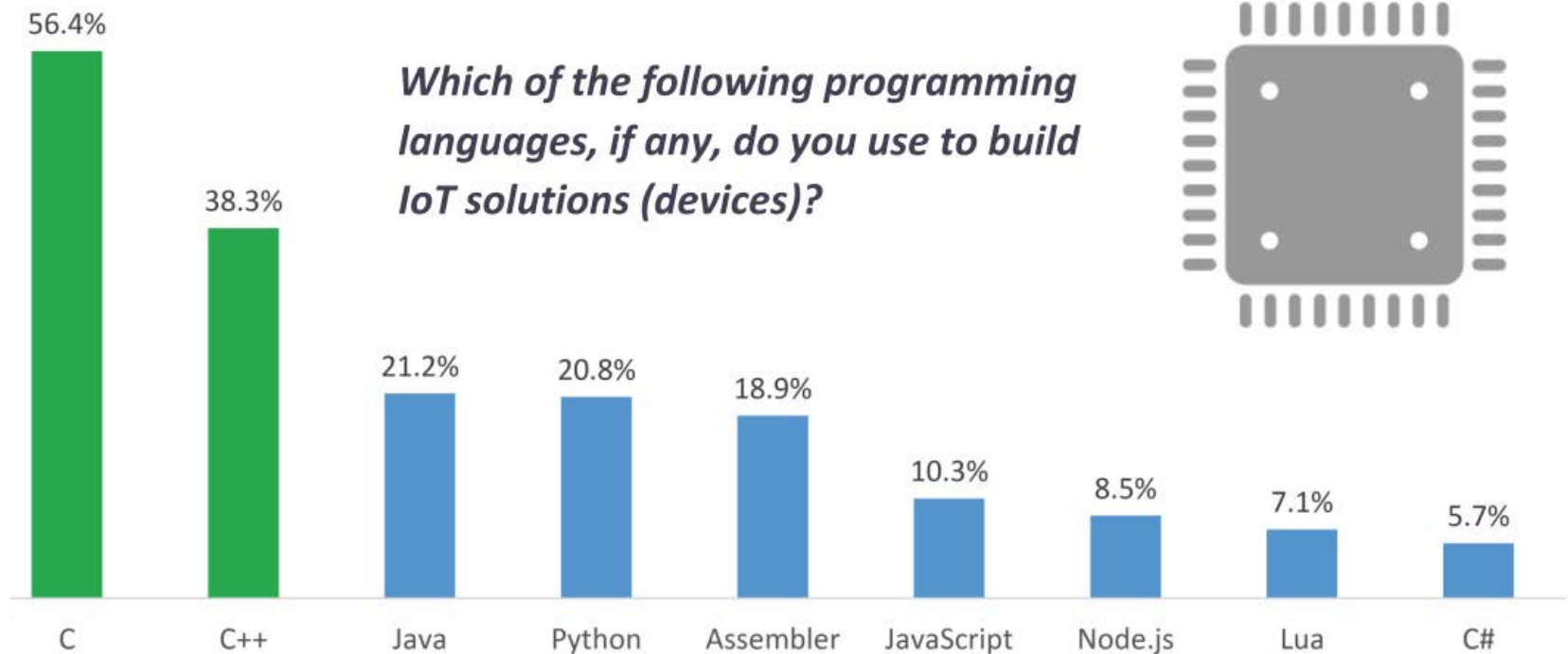
Gateways and
Edge nodes



Source: Eclipse Foundation Inc., "The IoT Developer Survey", Apr. 2020

Γλώσσες προγραμματισμού IoT συσκευών

33



Source: Eclipse Foundation Inc., "The IoT Developer Survey", Apr. 2017.

Γλώσσες προγραμματισμού IoT

34

Top programming languages

Constrained devices	Gateways and edge nodes	IoT Cloud
C	Java	Java
C++	Python	Javascript
Java	C++	Python
Javascript	C	PHP

Source: Eclipse Foundation Inc., "The IoT Developer Survey", Apr. 2020

Στοιίβα πρωτόκολλων IoT

35

OSI Model

Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data Link
Physical

TCP/IP model

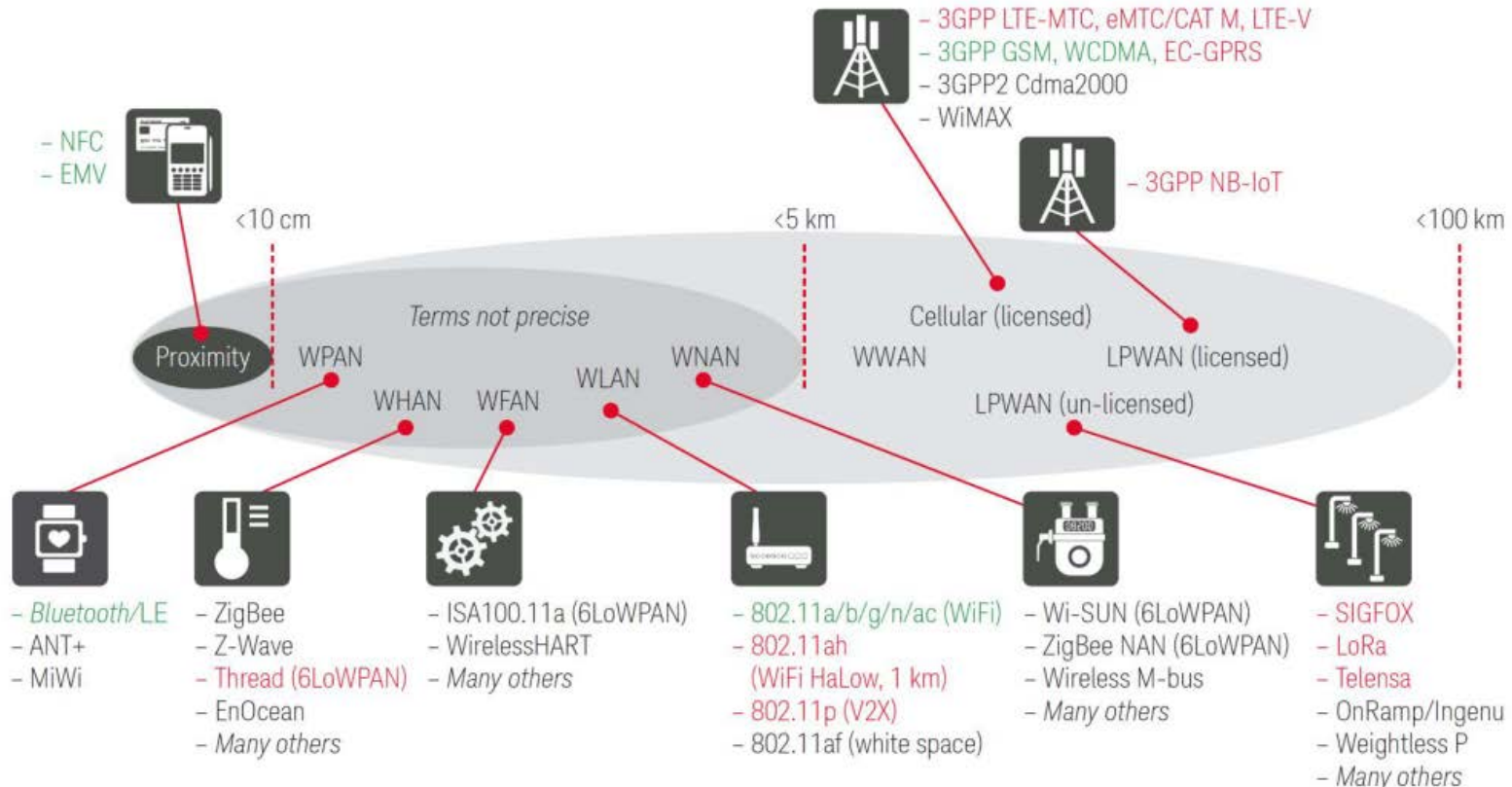
Application
Transport
Internet
Network access & physical

IoT protocols

HTTPS, XMPP, CoAP, MQTT, AMQP
UDP, TCP
IPv6, 6LoWPAN, RPL...
IEEE 802.15.4, 802.11, Ethernet, GSM, CDMA, NB-IoT, LPWAN, Bluetooth...

Τα δύο χαμηλότερα επίπεδα με μια ματιά

36



■ : > Billion units/year now
 ■ : Emerging

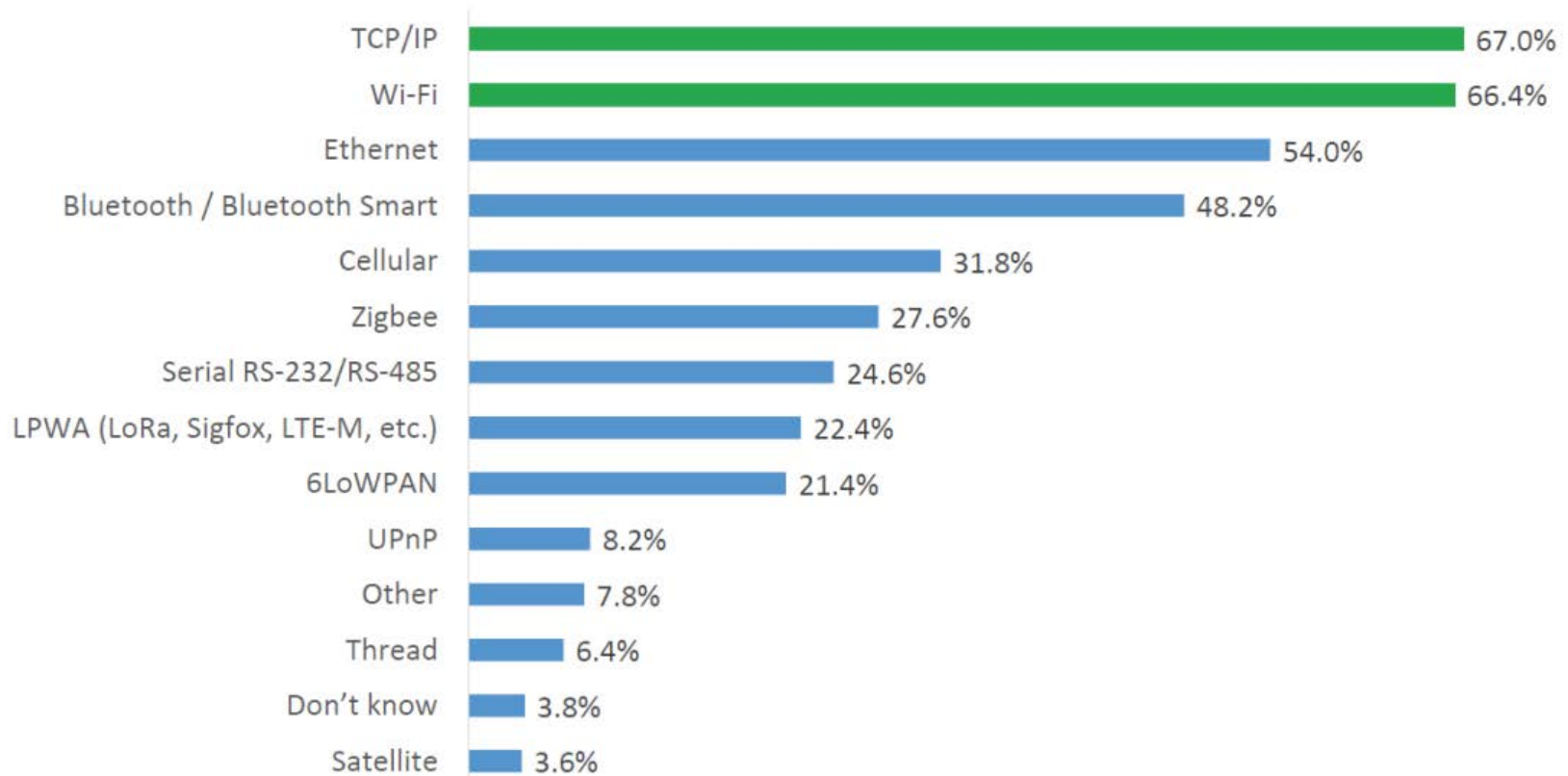
WPAN: Wireless Personal Area Network
 WHAN: Wireless Home Area Network
 WFAN: Wireless Field (or Factory) Area Network
 WLAN: Wireless Local Area Network

WNAN: Wireless Neighborhood Area Network
 WWAN: Wireless Wide Area Network
 LPWAN: Low Power Wide Area Network

Τι χρησιμοποιούν οι «ειδικοί»;

37

What connectivity protocol(s) do you use for your IoT solution?



Source: Eclipse Foundation Inc., "The IoT Developer Survey", Apr. 2017.

Τι χρησιμοποιούν οι «ειδικοί»;

38

Top 3 connectivity protocols



TCP/IP
54.1%



WiFi
48.2%



Ethernet
41.1%

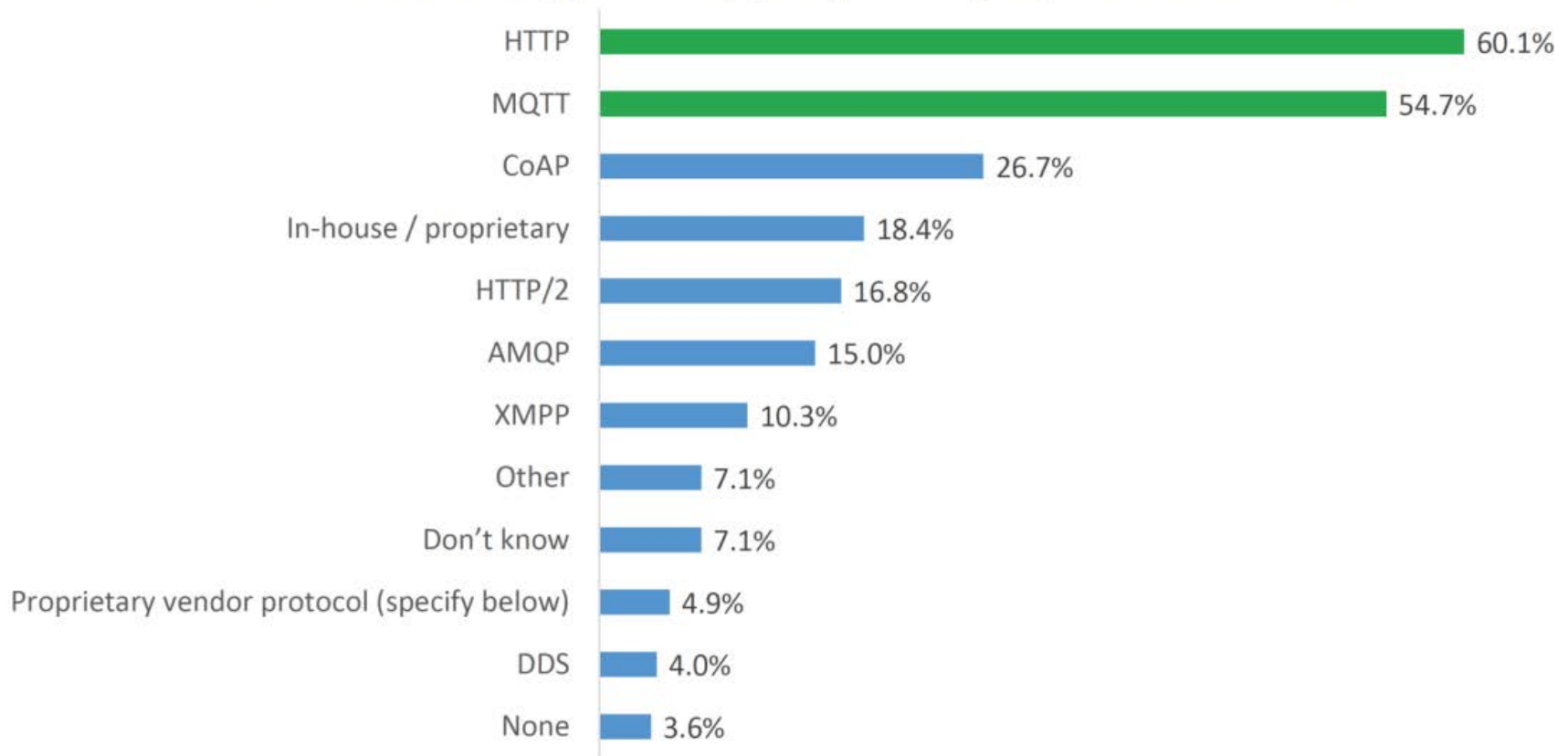
TCP/IP, WiFi and Ethernet dominate usage with **Satellite and Thread more than doubling** year over year

Usage of specialized connectivity solutions (LPWA, Zigbee, 6LoWPAN, Z-Wave, Satellite) hovers between 8 and 15% each

Τι χρησιμοποιούν οι «ειδικοί»;

39

What connectivity protocol(s) do you use for your IoT solution?



Source: Eclipse Foundation Inc., "The IoT Developer Survey", Apr. 2017.

Τι χρησιμοποιούν οι «ειδικοί»;

40

Top 3 communication protocols



HTTP
49%



MQTT
42%



Websockets
26%

Almost 50% of participants use HTTP (likely for RESTful web services) with MQTT strongest of the IoT-specific protocols

Websockets and HTTP/2 are also strong (around 25%) with CoAP usage significantly lower at 15%



Source: Eclipse Foundation Inc., "The IoT Developer Survey", Apr. 2020

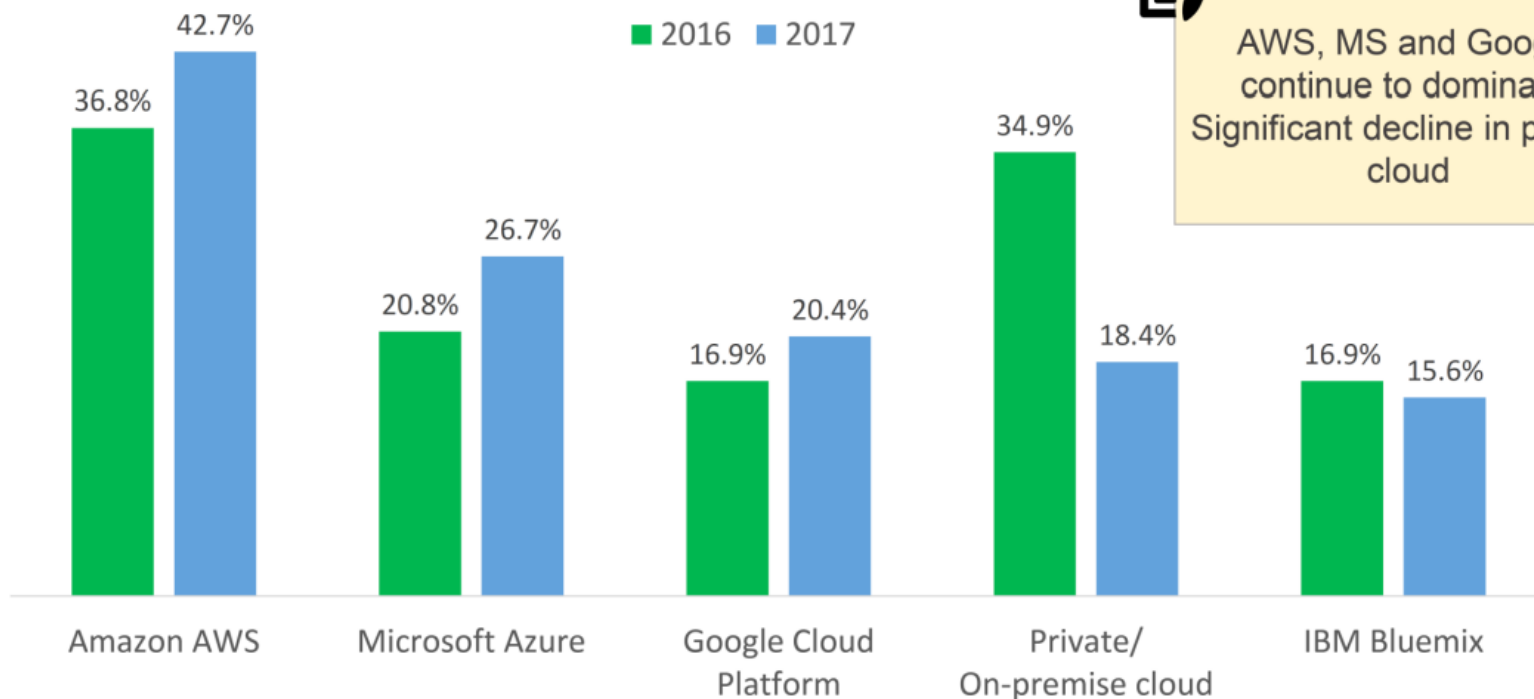
Υπηρεσίες νέφους – τι χρησιμοποιούν οι «ειδικοί»;

41

Do you use or plan to use, any of the following cloud service offerings for implementing your IoT solution?



AWS, MS and Google continue to dominate;
Significant decline in private cloud



Υπηρεσίες νέφους – τι χρησιμοποιούν οι «ειδικοί»;

42

Top 3 IoT cloud platforms



AWS
34%



Azure
23%



GCP
20%

Top three remain the same as last year, this reflects the wider **Cloud market share**

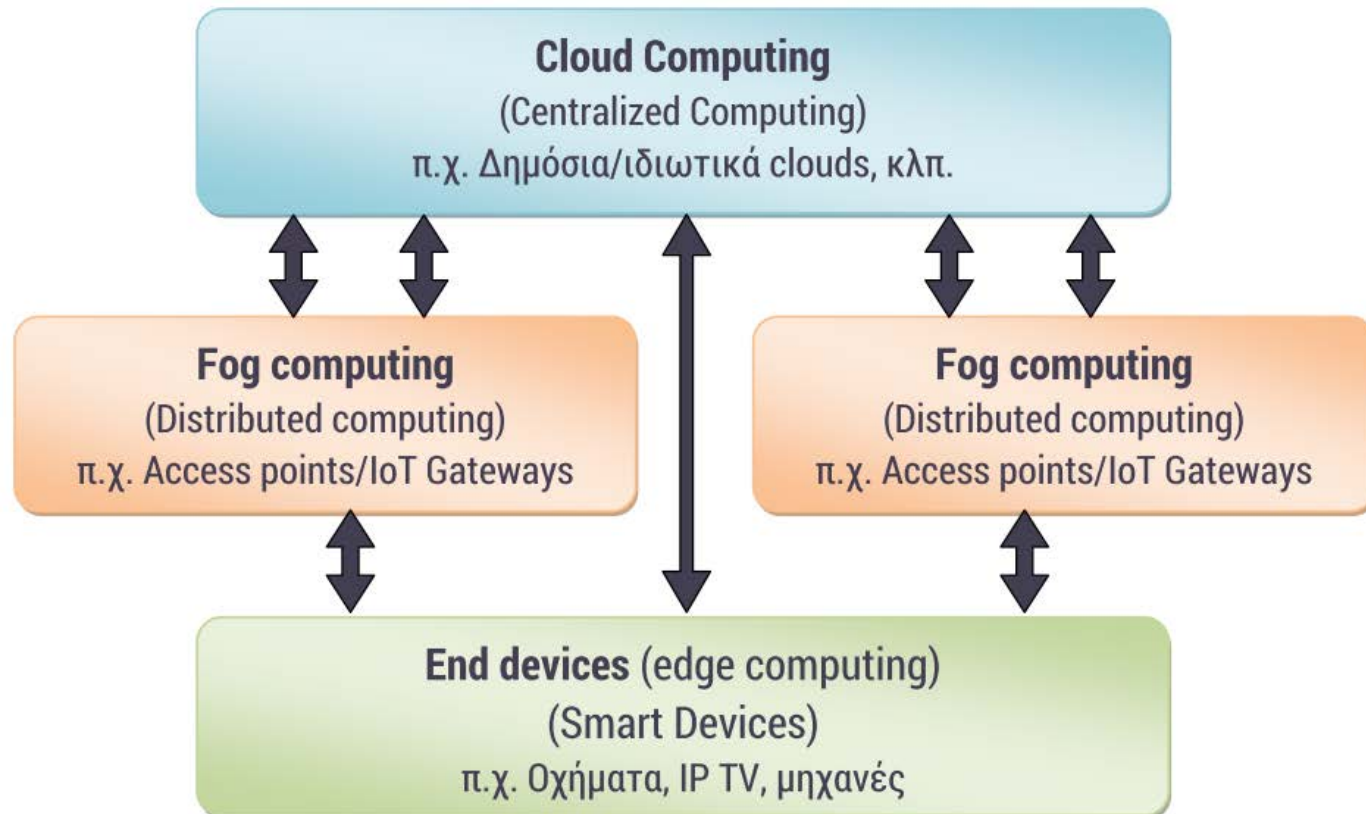
*Public Cloud seems to be making gains at the expense of private Cloud and on-premise deployments of **Openstack, Kubernetes** and **Cloud Foundry***



Source: Eclipse Foundation Inc., "The IoT Developer Survey", Apr. 2020

Το «νέφος» και η «ομίχλη» στα «άκρα»

43



Μεταφορά της υπολογιστικής στα άκρα για αύξηση της ταχύτητας απόκρισης και μείωση του κόστους.

Έξυπνες πόλεις: Μια μελέτη περίπτωσης εφαρμογής του IoT

An application case study of IoT

45

- Smart cities emerge as the result of many smart solutions across all sectors of society



Smart solutions per sector

46

- **Smart Mobility** : Smart Parking, Peer to peer ride services, **Personalized transport information**, Smart traffic control, **Shared self driving cars**.
- **Smart Energy** : Distributed generation with renewable sources, **Smart grids**, **Microgrids**, Smart metering, Lower usage through gamification, Responsive devices, Smart street lighting.
- **Smart Water** : Leakage detection, Pollution detection, Advanced warning for flooding, **Predictive maintenance planning**.
- **Smart Waste** - Just in time waste collection
- **Smart Safety** : Smart street lighting, Drones for risk assessment, **Data-based crime prevention programs**, **Predictive policing**, Emergency apps, **Identifying gunshots**.

Smart solutions per sector

47

- **Smart Buildings** : Match energy use to occupancy, **Dynamic power consumption**, **Smart refilling**, **Usage based cleaning**, Automated garage entry, Renewable energy.
- **Smart Homes** : Appliance control, Security, Intelligent feedback, Match energy use to occupancy, Landscape systems taking care of the optimal environment for plants and pets, Healthcare monitoring.
- **Smart Health** : '**quantified self**' (people gathering data about themselves with four objectives: self-discovery, self-knowledge, self-awareness and self-improvement), Patient empowerment, Personalization of treatments through 'big data', **Artificial intelligence supports the doctor**, **Robotics in 'cure' and 'care'**.

Smart solutions per sector

48

- **Smart Education:** Digitization of education (e.g. MOOCs), Adaptive learning & counseling, Unbundling of education, Personalization of education, Life long learning
- **Smart Finance:** Data based risk analysis, Data-based insurance (e.g. car insurance based on driving behavior), Dynamic pricing (via real-time data about the use of infrastructure), New digital payment systems, Blockchain (e.g. bitcoin)
- **Smart Tourism & Leisure:** Crowd management, Indoor navigation, Smartphone museum guide, Autonomous robotic guides.

Smart solutions per sector

49

- **Smart Retail and Logistics** : Proximity marketing, **Personalized products** (e.g., via 3D printing), Virtual fitting (e.g., visualize how a new piece of furniture looks in the home environments), **Scan and go** (Mobile apps can be used to scan items a person wants to buy), **Personalized delivery** (smart solutions to provide more flexibility in terms of delivery time and place), Robotized order picking (goods are touched by a human for the first time when the customer unpacks his parcel)
- **Smart Government** : **Analysis** (analysis of perceived societal problems, preferably in a fact-based way. The availability of big data combined with advanced data analytics techniques increases the predictive power of these analyses); **Policy-making** (combined with new types of digital democracy and co-creation, results in more effective policies due to relevant feedback and creative alternatives at earlier stages in the process); Distributed government; Online public services.

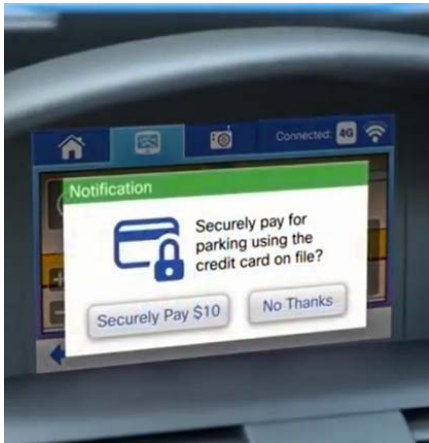
Smart lighting

50



Parking assistance

51



Connected charging stations

52



Accessibility support

53



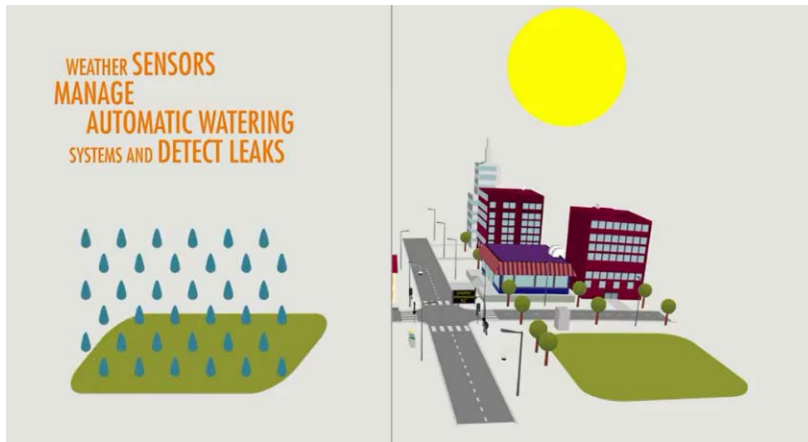
Connected waste containers

54



Environment monitoring

55



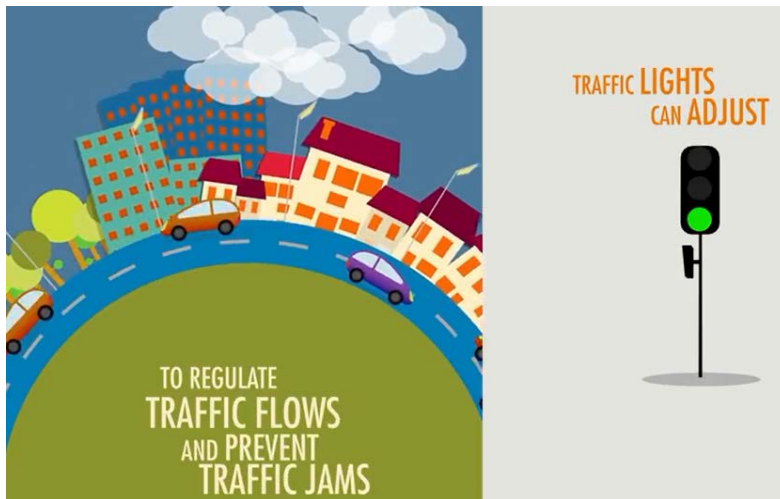
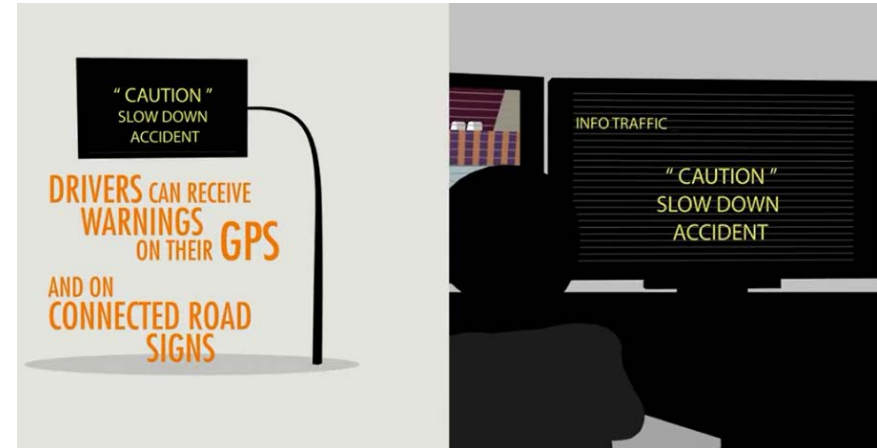
Remote metering

56



Transport and mobility

57



Elderly care

58



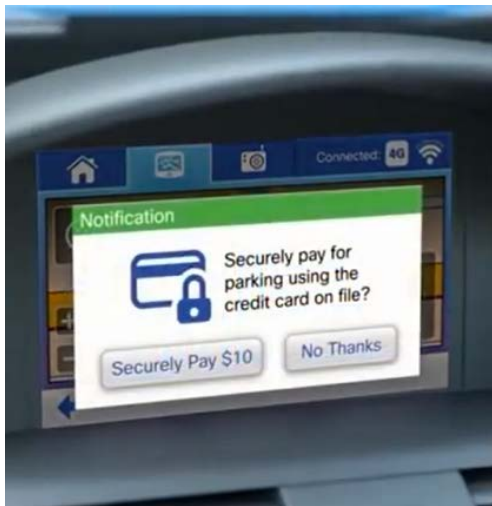
Smart Dubai

59



Smart Barcelona

60



Smart cities in the world



- Smart Parking
- Car Sharing Services
- Traffic
- Public Transport
- Clean Energy
- Smart Building
- Waste Disposal
- Internet Speed
- Wifi Hotspots
- Smartphone Penetration
- Living Standard
- Environment Protection
- Citizen Participation
- Digitalization of Government
- Urban Planning
- Education
- Business Ecosystem
- 4G LTE

Smart Cities Index

easypark

2017 Smart Cities Index

- | | |
|------------------|----------------|
| 1. Copenhagen | 11. Vancouver |
| 2. Singapore | 12. Sydney |
| 3. Stockholm | 13. Berlin |
| 4. Zurich | 14. Hamburg |
| 5. Boston | 15. Gothenburg |
| 6. Tokyo | 16. Montreal |
| 7. San Francisco | 17. London |
| 8. Amsterdam | 18. Tel Aviv |
| 9. Geneva | 19. Paris |
| 10. Melbourne | 20. Toronto |

More than 250 Smart City Projects Exist in 178 Cities Worldwide, According to Navigant Research

The global market for smart city solutions and services is expected to reach nearly \$98 billion in 2026



Foundational Infrastructure

62

- Smart city solutions require digital connectivity on various levels:
 - ▣ fixed broadband (B-ISDN, ATM)
 - ▣ mobile broadband (3G, 4G/LTE, 5G)
 - ▣ M2M / IoT networks (LoRa/LoRaWAN)
 - Long range (several kilometers)
 - Low energy (battery operated)
 - Low bitrate (0.5 kbps to 50 kbps)
 - ▣ Beacons (iBeacons)
 - iBeacons use Bluetooth Low Energy (BLE) to transmit a unique id that can be picked up by mobile devices (50-70 meters)
 - iBeacon protocol standardized by Apple and supported by major vendors
 - supporting location based services and push notifications

Enabling Technologies

63

- Mobile devices
 - ▣ ubiquitous mobile internet, powerful mobile devices and apps with intuitive interfaces act as front end for many innovative solutions
- Social media & Digital platforms
 - ▣ use digital technology to connect people in new and powerful ways forming the basis of new collectives and communities (e.g. Booking.com, Uber and Airbnb)
- Cloud
 - ▣ on-demand access to rich application functionality and computing power allow for exponential scalable solutions in a “pay-per-use” model

Enabling Technologies

64

- Internet of things (IoT)
 - ▣ physical objects equipped with advanced sensors and connectivity transform into smart objects and generate a plethora of data
 - ▣ IoT at home: smart devices (adaptive, responsive and intelligent)
 - ▣ Why now?
 - cost dropping
 - ubiquitous wireless coverage
 - abundant processing and storage
 - IPv6 (128 bit address)

IoT platforms

65

Create

Communicate

Aggregate and Analyse

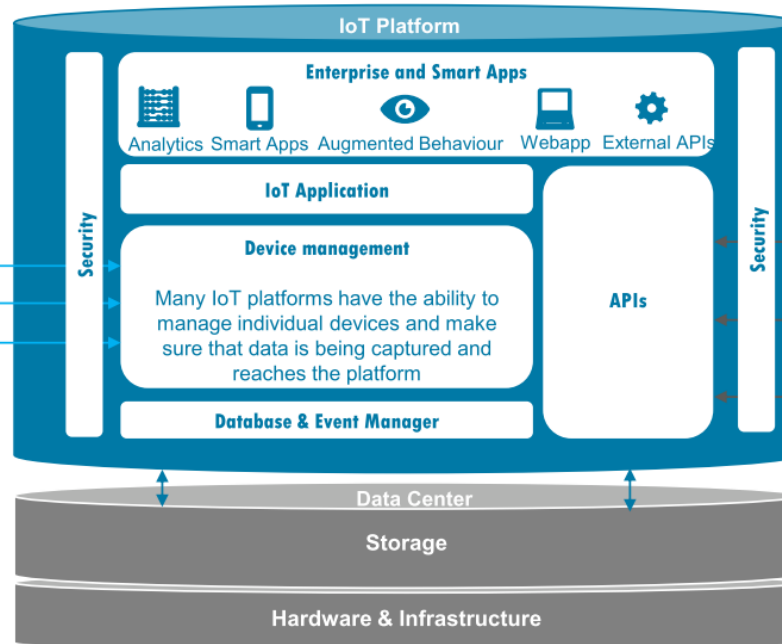
External platforms



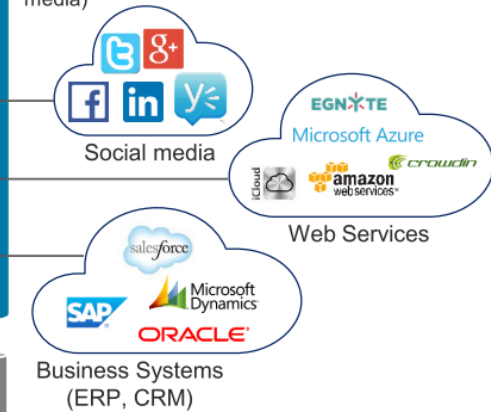
As seen, there are several different types of network protocols and standards. The devices need to be prepared to handle them accordingly so information can be transmitted to the IoT Platforms.

LoRaWAN
3G/ 4G/ 5G
WLAN/LAN

Important: Notice that IoT platforms also need to have compatibility with the communication protocols and standards. There isn't a universal IoT standard and there are discussions for adoption by Standard Associations.



Application Programming Interfaces (API) are very important because they enable interconnectivity and interoperability across different applications and sources of data (e.g.: ERP or CRM applications, public data, data brokers, social media)



Source: (van Dijk, 2015)

Enabling Technologies

66

- Big data
 - ▣ large volumes of highly volatile and rich data (structured data, sensor data, audio, video, social media) form the basis of smart solutions
 - ▣ 3 Vs: Volume, Velocity, Variety
- Open data
 - ▣ machine-readable digital data, freely available for everyone to use and republish
- Artificial intelligence
 - ▣ cognitive systems combine machine learning with the ability to interact via natural language and create insight from data
 - ▣ Replace or empower humans?

Enabling Technologies

67

- Robotics and drones
 - social robots and drones replace human labor on a large scale, not only for routine work but increasingly for providing services
 - Self driving vehicles: transforming the way we transport ourselves, potentially eliminating casualties and traffic jams, while freeing up locations currently used as parking space
- 3D printing
 - additive manufacturing allows for efficient production of unique products where and when they are needed
- Blockchain
 - algorithm that facilitates registering transactions in an indisputable way without the use of an intermediary or a central administration
 - IBM Think Academy: Blockchain, How it works
<https://www.youtube.com/watch?v=ID9KAnkZUjU>

Enabling social innovations

68

- Co-creation
 - an initiative that brings together parties to jointly create a mutual valued outcome. In the context of smart cities, these are (communities of) citizens, private companies, knowledge institutes and public organizations that form an ecosystem to solve societal problems in a creative way
- Crowd sourcing
 - the process of obtaining needed services, ideas, or content by soliciting contributions from a large group of people, and especially from an online community, rather than from traditional employees or suppliers.

Enabling social innovations

69

- Sharing economy
 - ▣ using information technology as an enabler to bring together supply and demand in new ways. Use digital platforms to share and reuse excess capacity in a variety of goods and services.
- Gamification
 - ▣ the use of game thinking and game design elements (competition, levels, leaderboards, badges, etc.) in non-game contexts. The objective of gamification is to stimulate people to change their behavior in a desired way.
- Self organization
 - ▣ a process where overall order and coordination arises out of the local interactions between people in an initially disordered system. It is spontaneous and not necessarily controlled by any auxiliary agent. The resulting organization is wholly distributed and typically robust.

Challenges/Barriers

70

□ Technical

- ▣ Sensing infrastructure and energy power
- ▣ Privacy, security and access control
- ▣ Information and system models
- ▣ Complex data management
- ▣ Standards and interoperability
- ▣ Analytics and optimal system control
- ▣ Human-city interaction

□ Administration

- ▣ Too many stakeholders
- ▣ Policies and decision making across departments and administration boundaries
- ▣ Limited budgeting for smart initiatives in the era of austerity

□ Socioeconomic

- ▣ Citizen engagement
- ▣ Social cohesion and inclusion
- ▣ Privacy and security
- ▣ High investments
- ▣ Business models for rolling out smart technologies
- ▣ Lack of technology-related skills and capacity

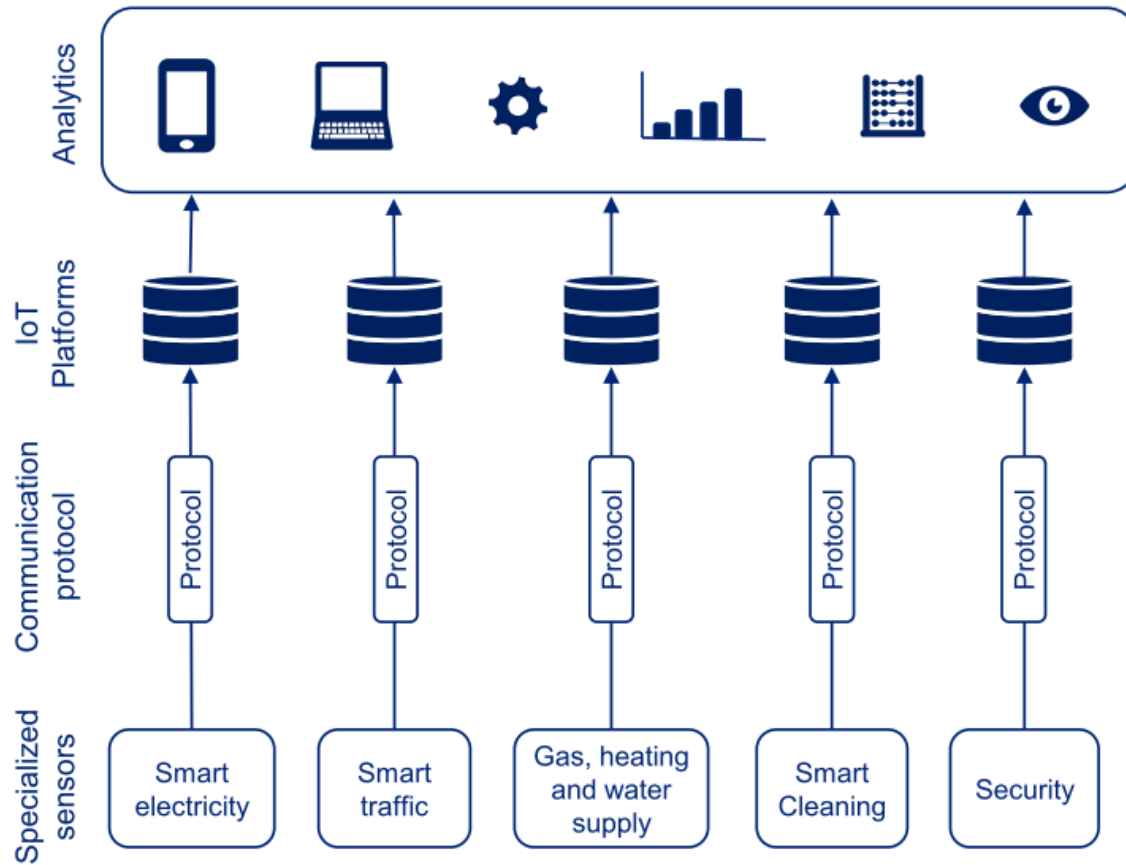
Challenges: Data gathering

71

- The combination of various sources of fine grain data allows a city to develop real insight into societal challenges like sustainability, mobility, health and security.
- This insight can be used to make better, smarter, data-based decisions.
- It is not sufficient to use these data sources in isolation of each other to create islands of smartness.
- A real smart city emerges when data is combined from multiple sources that have traditionally not been used in combination.

IoT Platforms fragmentation

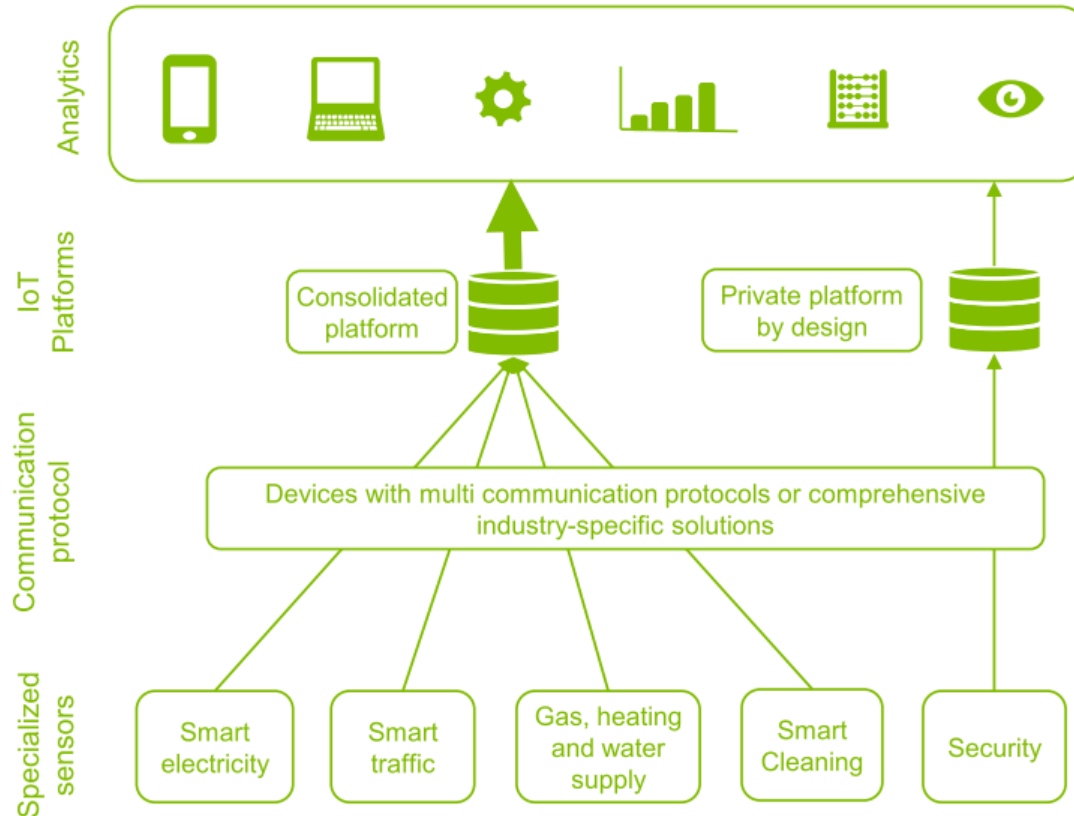
72



Source: (van Dijk, 2015)

IoT Platforms to be

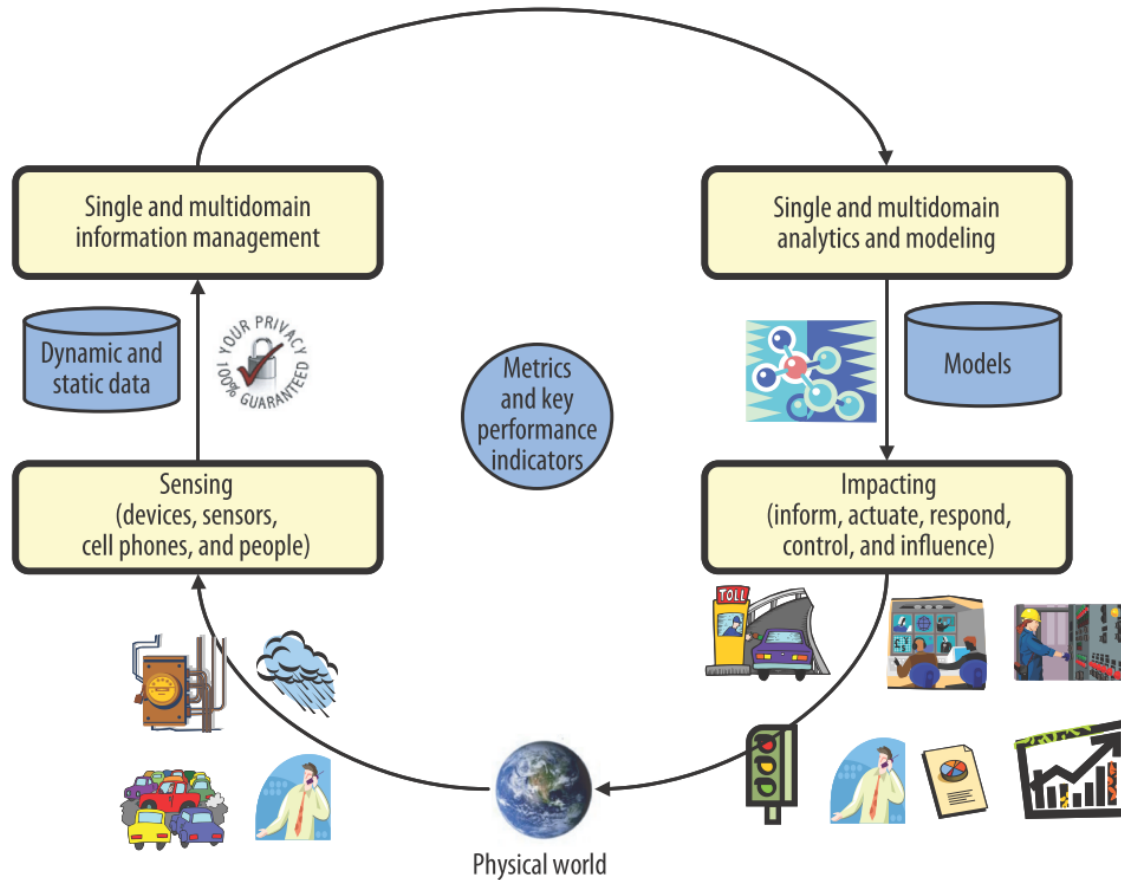
73



Source: (van Dijk, 2015)

Ideal smart city control loop

74



Source: (Naphade et al., 2011)

Challenges: Energy power

75

- How you can sustain the operation of millions of sensors that can retrieve useful, potentially life-saving data?
- If you need to manufacture batteries to power 1 trillion sensors what is the resulting pollution and energy consumption?
- Who would monitor and replace the batteries in 1 million public sensors scattered throughout a large smart city?
- Installing wires is prohibitively expensive.
- What are the consequences of transmitting power wirelessly?

Challenges: Security and Privacy

76

- Privacy violation
 - digital systems can be hacked with unauthorized access to personal data as result
 - data analytics can combine data sets to infer someone's lifestyle, habits and interests
- Hacking of connected objects
 - what happens if one hacks the control system of energy plants, pacemakers, self driving cars and many other connected machines?
- Paradigm shift in crime due to increasing digitization

Challenges: Resilience

77

- The ability to prepare for and adapt to changing conditions, and withstand and recover rapidly from disruptions due to deliberate attacks, accidents or naturally threats
- **Ensuring continuity of critical services.** E.g. electricity, water, communication, transportation, etc.
- **Incident response.** E.g. in case of a traffic accident detecting the incident in real-time, dispatching emergency services automatically and rerouting traffic while it is needed
- **Crisis management.** E.g. support city government by providing detailed and real-time insights in the situation and analysis tools that can help predict the effects of different possible decisions and strategies

Challenges: Social cohesion and inclusion

78

- Is it possible every group in a society to benefit from smart solutions in a smart city?
- What about groups that have a lack of 'digital savviness' or a lack of access to modern digital connections and digital equipment?
- What about smart solutions that can be used by groups to organize themselves and to create 'digital gated communities', which can become a threat to social cohesion and inclusion?

References

- Naphade, M., Banavar, G., Harrison, C., Paraszczak, J., & Morris, R. (2011). Smarter cities and their innovation challenges. *Computer*, 44(6), 32-39.
- van Dijk A. (2015). *Smart Cities, How rapid advances in technology are reshaping our economy and society*, Deloitte The Netherlands.
- IEEE Internet Initiative. (2015). *Towards a definition of the Internet of Things (IoT)*.
- Youtube:
 - <https://www.youtube.com/watch?v=Kqkoghq0G4A&t=107s> (What are Smart Cities?)
 - <https://www.youtube.com/watch?v=m45SshJqOP4> (How we design and build a smart city and nation)
 - <https://www.youtube.com/watch?v=yJVK25wWvbE> (How It Works: Smarter Cities, IBM Think Academy)
 - <https://www.youtube.com/watch?v=nnyRZotnPSU> (Smart Cities: Solving Urban Problems Using Technology)