

**ΔΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ανάλυση και αλληλεπίδραση του 5G,  
IoT και Υπολογιστικό Νέφος**

**Καλούμενος Μ. Αντώνης  
Ραδίτσας Π. Νίκος**

**Εισηγητής: Δρ Γιαννακόπουλος Ηρ. Παναγιώτης, Καθηγητής**

**ΑΘΗΝΑ  
ΜΑΡΤΙΟΣ 2017**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ανάλυση και αλληλεπίδραση του 5G, IoT και cloud computing**

**Καλούμενος Μ. Αντώνης**

**A.M. 43281**

**Ραδίτσας Π. Νίκος**

**A.M. 43358**

**Εισηγητής:**

**Δρ Γιαννακόπουλος Ηρ. Παναγιώτης, Καθηγητής**

**Εξεταστική Επιτροπή:**

.....  
.....  
.....

**Ημερομηνία εξέτασης ...././2017**



## **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Καλούμενος Αντώνης, του Μιχαήλ , με αριθμό μητρώου 43281 και Ραδίτσας Νικόλαος, του Πέτρου, με αριθμό μητρώου 43358 φοιτητές του Τμήματος Μηχανικών Η/Υ Συστημάτων Τ.Ε. του Α.Ε.Ι . Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η πτυχιακή μας εργασία αποτελεί προϊόν συλλογής πληροφοριών από το διαδίκτυο, σε ότι αφορά το διαδίκτυο των πραγμάτων, τα δίκτυα πέμπτης γενιάς, αλλά και του υπολογιστικού νέφους. Συγκεκριμένα γίνεται μια ανάλυση σε πρώτο βαθμό του κάθε μέλους της εργασίας αναλύοντας βασικές έννοιες που είναι ευρέως διαδεδομένες και γνωστές.

Σε αυτή μας τη προσπάθεια, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στον Καθηγητή, κ. Παναγιώτη Ηρ. Γιαννακόπουλο για τη συνεχή του υποστήριξη, με τη καθοδήγηση του η οποία ήταν απαραίτητη για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας που θα ήθελαν να τελειώσουμε τις σπουδές μας σε λιγότερο από οκτώ χρόνια.





## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παρούσα πτυχιακή είναι μια γενική αναφορά στα επιμέρους κομμάτια που προαναφέρθηκαν, δηλαδή το διαδίκτυο των πραγμάτων, τα δίκτυα πέμπτης γενιάς όπως επίσης γίνεται και μια αναδρομή στις προηγούμενες γενιές και τέλος στο υπολογιστικό νέφος. Η εργασία έχει σκοπό να βοηθήσει τον οποιονδήποτε αναγνώστη, να κατανοήσει σε ένα γενικό βαθμό τους συγκεκριμένους όρους. Το βαθμό αλληλεπίδρασης μεταξύ τους και να μπορέσει να καταλάβει την επίδραση που θα έχουν στη ζωή του και γενικότερα στη καθημερινότητα του. Μέσα στην εργασία αναλύονται τόσο σε επιστημονικό επίπεδο οι συγκεκριμένοι όροι όσο και τα οφέλη που θα έχουμε από την τελική εγκαθίδρυση τους στο κόσμο.

## **ABSTRACTION**

Our dissertation is a collection of information from the internet, The Internet of Things, The fifth-generation networks as well as a recursion to previous generations and finally the cloud computing. The project is intended to help any reader understand the terms in general. The degree of interaction between them and to be able to understand the effect they will have on their everyday life. Within the project, each term is analyzed in scientific level as well as their benefits from their final establishment.

## Περιεχόμενα

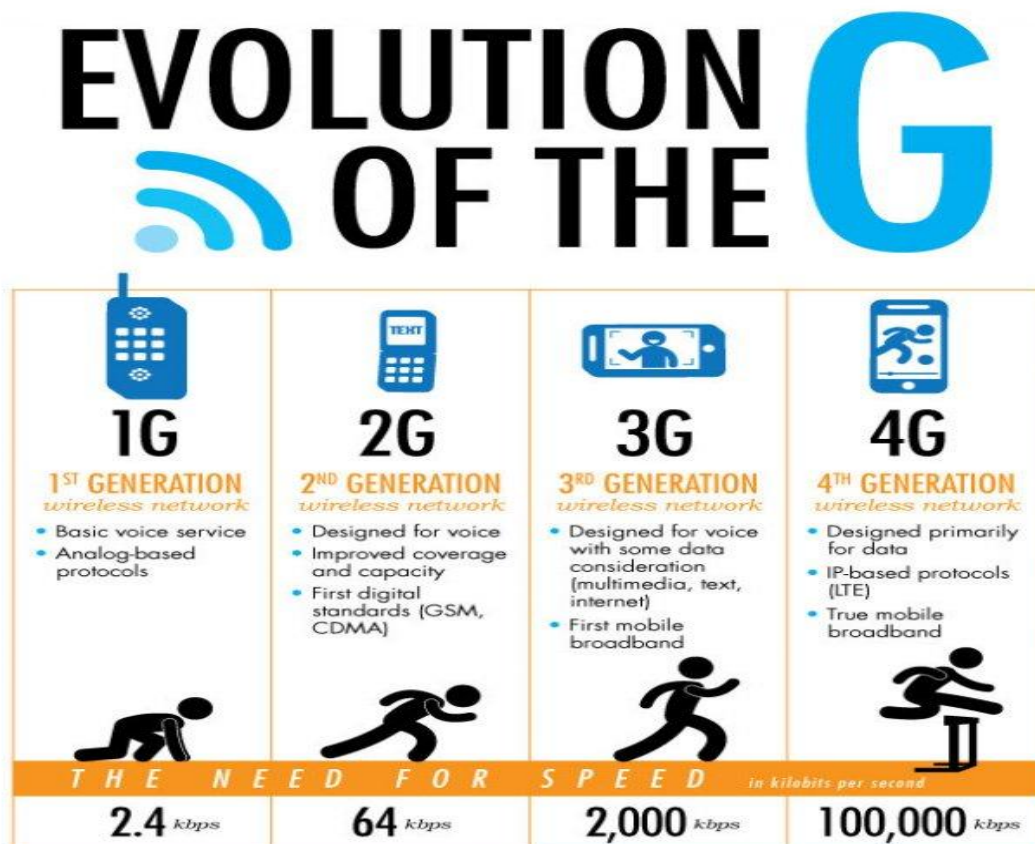
1. Γενιές Δικτύων Κινητής Τηλεφωνίας.....	14
1.1 1η Γενιά (1G).....	16
1.2 2η Γενιά (2G).....	17
1.2.1 GSM (Global System for Mobile) .....	18
1.2.2 IS-136 (Interim Standard 136) .....	19
1.2.3 PDC (Pacific Digital Cellular).....	19
1.2.4 IS-95 (Interim Standard 95).....	19
1.3 3η Γενιά (3G).....	20
1.3.1 UMTS.....	21
1.3.2 CDMA2000 .....	21
1.4 4 <sup>η</sup> γενιά (4G).....	24
1.5 5η γενιά (5G).....	26
1.5.1 Χαρακτηριστικά .....	28
1.5.2 Σύγκριση 5G και 4G τεχνολογιών .....	30
1.5.3 Αλλαγές στα σύγχρονα δίκτυα .....	31
1.5.4 Οι καινοτομίες που θα φέρει το 5G .....	32
2. Τι είναι το cloud computing.....	32
2.1 Η προέλευση του όρου .....	33
2.2 Χαρακτηριστικά .....	34
2.3 Υπηρεσιακά μοντέλα .....	36
2.3.1 Υποδομή ως μια υπηρεσία(IaaS) .....	37
2.3.2 Πλατφόρμα σα μια υπηρεσία(PaaS) .....	39
2.3.3 Λογισμικό σα μια υπηρεσία(SaaS) .....	40
2.4 Αποθήκευση αρχείων στο υπολογιστικό νέφος.....	42
2.5 Υπολογιστικό σέρβερλες.....	42
2.6 Client cloud .....	42
2.7 Ανάπτυξη μοντέλων.....	43
2.7.1 Ιδιωτικό cloud .....	43
2.7.2 Δημόσιο cloud.....	43
2.7.3 Υβριδικό cloud .....	43
2.7.4 Κοινοτικό cloud.....	44
2.8 Το υπολογιστικό νέφος συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος.....	44

## Ανάλυση και αλληλεπίδραση του 5G, IoT και Cloud computing

3. Τι είναι το IoT και τι προοπτικές έχει.....	44
3.1 Εφαρμογές .....	47
3.2 Η ικανότητα να δίνεται μοναδική διεύθυνση σε κάθε αντικείμενο .....	53
3.3 Η αρχιτεκτονική .....	54
3.3.1 Η αρχιτεκτονική του δικτύου .....	55
3.3.2 Πολυπλοκότητα .....	56
3.4 Μελέτη μεγέθους .....	56
3.5 Τομείς.....	57
Βιβλιογραφία-Ιστότοποι.....	58



## 1. Γενιές Δικτύων Κινητής Τηλεφωνίας



Η ανάπτυξη των σύγχρονων δικτυακών συσκευών, όπως για παράδειγμα σταθεροί υπολογιστές, smartphone, ταμπλετών, φορητών υπολογιστών, netbooks, notebooks και πλήθος άλλων συσκευών, που έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο, έχει καταστήσει ιδιαίτερα ζωτικής σημασίας την ανάγκη για επέκταση των δικτύων τηλεπικοινωνιών. Σύντομα, οι δικτυακές διευθύνσεις, που υπάρχουν στο πρωτόκολλο ipv4, δε θα επαρκούν και θα επικρατήσει το ipv6 πρωτόκολλο για τα σύγχρονα δίκτυα. Η χρήση των συσκευών επεκτείνεται όλο και περισσότερο, ενώ οι ανάγκες για επικοινωνία και πρόσβαση στο διαδίκτυο δημιουργούν την ανάγκη για την προέκταση των δικτύων. Στις μέρες μας, οι χρήστες χρησιμοποιούν το διαδίκτυο παντού, για παράδειγμα, πηγαίνοντας στη δουλειά χρησιμοποιούν κινητές συσκευές για ενημέρωση, ψυχαγωγία ή και εργασία. Έπειτα, στη δουλειά του κανείς, χρησιμοποιεί συσκευές που συνδέονται στο διαδίκτυο, αφού σε κάθε τομέα επαγγελματικής και ανθρώπινης δραστηριότητας περιλαμβάνονται οι υπολογιστές και η εργασία μέσω διαδικτύου. Οι υπολογιστές και το διαδίκτυο, γενικότερα, παρέχουν οικονομικές λύσεις επικοινωνίας και εργασίας. Ακόμα, η πληθώρα στο διαδίκτυο μπορεί να βρει κανείς πάρα πολλές πληροφορίες, όπως παρόμοια θέματα με αυτά της ενασχόλησης του ή να εμπνευστεί καινοτόμες ιδέες για τον τομέα τις δραστηριότητας του. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις, που άνθρωποι συνεργάζονται από μακριά, όπως το ηλεκτρονικό εμπόριο, η ηλεκτρονική τραπεζική

ή ηλεκτρονική εκπαίδευση κλπ. Επίσης, δημιουργούνται οικιακά δίκτυα μέσα στα οποία συνδέονται τα κινητά, οι συσκευές, οι υπολογιστές, που απαιτούν πρόσβαση στο διαδίκτυο. Συνεπώς, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη του επιστημονικού κλάδου των κινητών επικοινωνιών για μελέτη, ανάπτυξη και προώθηση της κινητής πέμπτης γενιάς τεχνολογίας (5G).

Η πρώτη γενιά (1G) προέρχεται από τις αρχές του 1980 και έχει αναλογική βάση. Υποστήριζε φωνητική επικοινωνία και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά δεδομένων με μόντεμ. Τα Δεύτερης γενιάς (2G) κυψελωτά δίκτυα εμφανίστηκαν περίπου 10 χρόνια αργότερα με τη χρήση ψηφιακών δικτύων. Τα 2G δίκτυα παρέχουν καλύτερη ποιότητα φωνής και τη δυνατότητα για παγκόσμια περιαγωγή, επίσης μπορούν να υποστηρίξουν απλές υπηρεσίες δεδομένων, όπως τα μηνύματα. Παρά το γεγονός ότι τα συστήματα 2G που χρησιμοποιούνται κυρίως για τη φωνή, μπορούν να υποστηρίξουν τη μετάδοση δεδομένων σε ποσοστά που κυμαίνονται 9,6 έως 14,4 Kbps. Αυτή η ταχύτητα μετάδοσης είναι πολύ αργή για την άνετη πρόσβαση στο Internet.

Τα τρίτης γενιάς (3G) κυψελωτά δίκτυα βασίζονται στην τεχνολογία μεταγωγής πακέτων η οποία επιτυγχάνει μεγαλύτερη αποδοτικότητα και υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης. Τα 3G δίκτυα έχουν ταχύτητες 22 Mbps για uplink και σε 168 Mbps για downlink. Αυτό είναι επαρκής χωρητικότητα για μεταφορά βίντεο, γραφικών και άλλα πλούσια μέσα ενημέρωσης. Αυτό καθιστά κατάλληλα τα δίκτυα 3G για την ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση στο Διαδίκτυο και τη μετάδοση των δεδομένων.

Το 4G δίκτυο έκανε την εμφάνισή του το 2011. Όλες οι γενιές κινητής επικοινωνίας αναφέρονται, συνήθως, σε κυψελοειδές πρότυπο, το οποίο δεν είναι συμβατό προς τα πίσω (Non-backwards compatibility) και οι απαραίτητες απαιτήσεις, που σκιαγραφούνται αναφέρονται από την ITU - R. Παράλληλα με την ανάπτυξη των γενιών κινητής ITU - R, το IEEE και οι άλλοι φορείς τυποποίησης κατέβαλαν σημαντικές προσπάθειες να αναπτύξουν ασύρματες τεχνολογίες επικοινωνίας, με συχνά υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και υψηλότερες συχνότητες, αλλά τις περισσότερες φορές με μικρή εμβέλεια μετάδοσης. Τα επιτεύγματα κάθε γενιάς είναι πολύ σημαντικά και στοχεύουν την προώθηση και εξέλιξη των επικοινωνιών. Είναι πιθανό, η νέα γενιά των προτύπων 5G να εισαχθεί περίπου στις αρχές της δεκαετίας του 2020. Συνεπώς, είναι σημαντικό προτού παρουσιαστεί η πέμπτη γενιά να γίνει μία αναφορά στις προηγούμενες.

Γενιές δικτύων κινητής τηλεφωνίας	Ταχύτητα	Περιγραφή
1G	Χαμηλή	Αναλογικά κυψελωτά δίκτυα για υπηρεσίες φωνής
2G	10-14 kbps	Ψηφιακά ασύρματα δίκτυα, κυρίως για υπηρεσίες φωνής με περιορισμένη δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων
2.5G	50-144 kbps	Ενδιάμεσο βήμα για το 3G στις ΗΠΑ
3G	22 Mbps - 168 Mbps	Υψηλή ταχύτητα, υποστήριξη video, email, περιήγηση στο διαδίκτυο
4G	500Mbps – 1Gbps	Για τα κινούμενα οχήματα η ελάχιστη ταχύτητα αγγίζει τα 100Mbps

## 1.1 Η Γενιά (1G)



Τα πρώτης γενιάς συστήματα κινητής τηλεφωνίας βασίζονται στην αναλογική τεχνολογία. Χρησιμοποιείται τεχνολογία FM (διαμόρφωση συχνότητας), FDD (συχνοδιαιρετική αμφίδρομη επικοινωνία) και FDMA (πολυπλεξία στη συχνότητα). Τα κοινά κανάλια σήματος χρησιμοποιήθηκαν σε κυψελωτά συστήματα πρώτης γενιάς. Λόγω της χρήσης της αναλογικής τεχνολογίας τα αναλογικά σήματα ομιλίας παρέχονται από τα ασύρματα συστήματα πρώτης γενιάς. Η μετάδοση δεδομένων μεταξύ σταθμού βάσης και κινητού χρήστη ήταν ανεπαρκής και το χαμηλό ποσοστό των δεδομένων απαιτεί τα κυψελωτά συστήματα της επόμενης γενιάς. Τα συστήματα πρώτης γενιάς είναι βασισμένα σε αναλογικά συστήματα, ως εκ τούτου,



η μετάδοση δεν είναι ασφαλής. Ενώ τα συστήματα δεύτερης γενιάς χρησιμοποιούν ψηφιακή διαμόρφωση έτσι, παρέχεται ασφαλής μετάδοση των δεδομένων.

Το AMPS (Advanced Mobile Phone System) είναι το πρώτο αμερικάνικο σύστημα κυψελωτής τηλεφωνίας και ονομάζεται προηγμένο σύστημα κινητής τηλεφωνίας. Το σύστημα AMPS χρησιμοποιεί πρότυπο 7 κυψελών με επαναλαμβανόμενο μοτίβο και τις διατάξεις για τη διάτμηση και την διαίρεση των κυψελών έτσι ώστε αυξήσει την χωρητικότητα όπου χρειάζεται. Το AMPS χρησιμοποιεί FM και FDD για τη μετάδοση του σήματος. Χρησιμοποιεί FDMA για πολλαπλή πρόσβαση και το εύρος ζώνης του καναλιού είναι στα 30KHz.

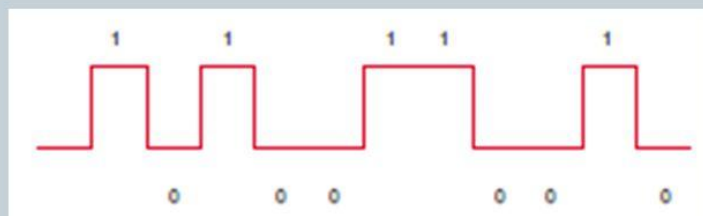
Το ETACS (European Total Access Communication System) αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1980 και είναι σχεδόν πανομοιότυπο με το AMPS, εκτός από το ότι κλιμακώνεται για να χωρέσει σε κανάλια των 25KHz που χρησιμοποιούνται σε όλη την Ευρώπη. Μια άλλη διαφορά μεταξύ AMPS και ETACS είναι το πώς έχει διαμορφωθεί ο αριθμός τηλεφώνου του κάθε συνδρομητή (που ονομάζεται ο αριθμός αναγνώρισης κινητού), λόγω της ανάγκης να φιλοξενήσουν διαφορετικούς κωδικούς ανά χώρα σε ολόκληρη την Ευρώπη, σε αντίθεση με τους κωδικούς περιοχής στις ΗΠΑ.

## 1.2 2η Γενιά (2G)

### Ψηφιακό Σήμα

**Ψηφιακό σήμα**, είναι το σήμα που μπορεί να πάρει συγκεκριμένο αριθμό διακριτών τιμών.

Π.χ.: αναπαράσταση ψηφιακού σήματος

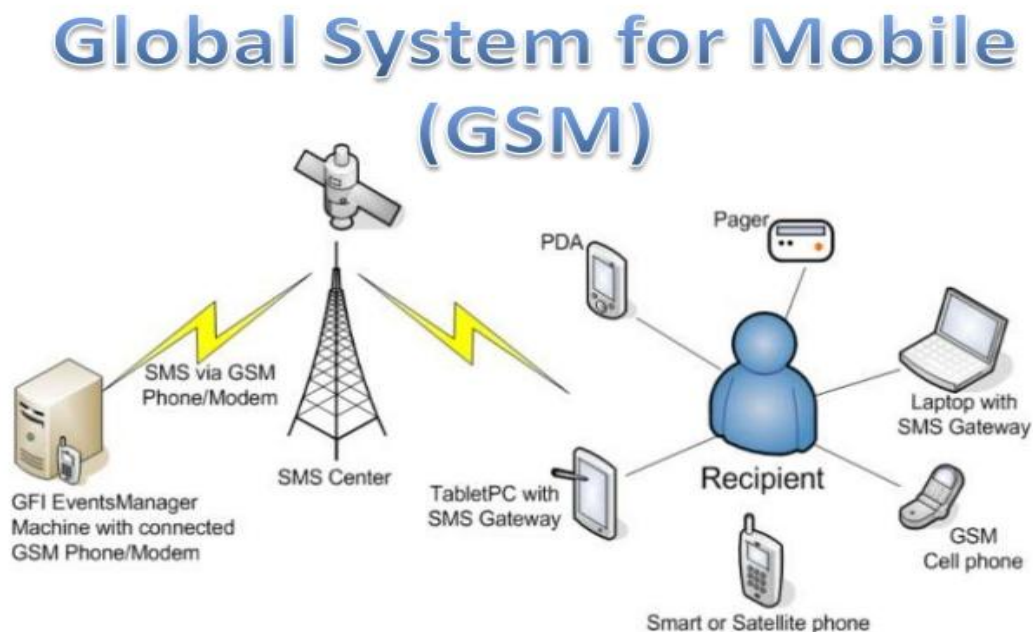


Τα δεύτερης γενιάς συστήματα κινητής τηλεφωνίας είναι ο διάδοχος της πρώτης γενιάς κινητής τεχνολογίας. Λόγω των αναλογικών σημάτων ομιλίας, τον χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και την ανεπαρκή διαβίβαση των δεδομένων, υπάρχει μια αναπτυσσόμενη ζήτηση του ασύρματου συστήματος επόμενης γενιάς που παρέχει επικοινωνία δεδομένων υψηλών ταχυτήτων, καθώς και τη μετάδοση φωνής. Έτσι, η αναλογική τεχνολογία στην πρώτη γενιά αντικαθίσταται από την ψηφιακή τεχνολογία σε ασύρματα συστήματα 2G. Αντί της τεχνικής FM, χρησιμοποιούνται στη δεύτερη γενιά τεχνικές ψηφιακής διαμόρφωσης. Οι τεχνικές πρόσβασης που χρησιμοποιούνται στη δεύτερη γενιά είναι

- TDMA (Time Division Multiple Access)
- CDMA (Code Division Multiple Access)

Με τη χρήση των τεχνολογιών δεύτερης γενιάς η χωρητικότητα του συστήματος είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από ό, τι τα αναλογικά συστήματα πρώτης γενιάς. Λόγω της αύξησης στη φάσμα η αποδοτικότητα αυτής της γενιάς είναι τρεις φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με τα αναλογικά συστήματα πρώτης γενιάς. Τα πρότυπα στην τεχνολογία 2G χαρακτηρίζονται από τους τύπους: GSM, IS-136, PDC, IS-95. Τα οποία αναλύονται στις επόμενες υποενότητες.

### 1.2.1 GSM (Global System for Mobile)



Το Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Συμβούλιο (European Telecommunications Standards Institute) το 1982, άρχισε την μελέτη για την δημιουργία ενός κοινού Ευρωπαϊκού ψηφιακού συστήματος κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G). Αυτό το σύστημα ονομάστηκε αρχικά Group Special Mobile (GSM). Το GSM είναι ένα κυψελοειδές ψηφιακό σύστημα κινητής τηλεφωνίας δεύτερης γενιάς (2G), το οποίο χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά σήματα και την τεχνική πολλαπλής πρόσβασης με διαχωρισμό του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων σε ένα αριθμό καναλιών και την

διαίρεση αυτών σε χρονοθυρίδες για την μετάδοση σημάτων. Το 1989 η ευθύνη του GSM ανατέθηκε στο Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Ινστιτούτο Προτύπων (ETSI) και το 1990 ανακοινώθηκαν επίσημα για πρώτη φορά το πρότυπο και τα χαρακτηριστικά του GSM. Το 1991 άρχισε η εμπορική του διάθεση στην Ευρώπη, ενώ στην Ελλάδα το σύστημα χρησιμοποιήθηκε το 1993 από την WIND Hellas (πρώην TIM ή πρώην TELESTET). Το πρότυπο GSM δεν είναι μόνο Ευρωπαϊκό πρότυπο, αφού υιοθετήθηκε από πολλές άλλες χώρες των άλλων Ηπείρων, εκμεταλλεζόμενο διάφορες ζώνες συχνοτήτων. Υπηρεσίες όπως κλήση, λήψη κλήσεως, αποστολή και λήψη sms, αποστολή και λήψη mms, εκτροπή κλήσεων, φραγή κλήσεων, απόκρυψη κλήσεων, αναμονή και κράτηση κλήσεων, τηλεδιάσκεψη, λειτουργούν χάρη στις τεχνικό υπόβαθρο ενός δικτύου GSM. Το GSM υποστηρίζει 8 χρήστες για κάθε κανάλι 200KHz. Τα δημοφιλή χαρακτηριστικά του GSM είναι υπηρεσία σύντομων μηνυμάτων (SMS). Τα SMS επιτρέπουν στους χρήστες να στέλνουν δεδομένα σε αλφαβητική μορφή στον άλλο χρήστη με απλή κλήση του αριθμού κινητού τηλεφώνου του χρήστη. Η συχνότητα ανοδικής ζεύξης (από το σταθμό βάσης στον κινητό σταθμό) είναι 890-915MHz και συχνότητα καθοδικής ζεύξης (από το κινητό σταθμό προς το σταθμό βάσης) είναι 935-960MHz. Ο διαχωρισμός του φέροντος σήματος για GSM είναι 200KHz και το εύρος ζώνης του GSM είναι 25MHz. Χρησιμοποιεί την TDMA, μαζί με την FDD. Στο GSM η ελάχιστη διαμόρφωση 0,3 GMSK (Gaussian Minimum Shift Key) χρησιμοποιείται στο ρυθμό δεδομένων των 270.833kbrps. Τα κανάλια φωνής ανά φέρον σήμα είναι 8 και η περίοδος του πλαισίου είναι 4.615ms.

Το GSM περιλαμβάνει διάφορα είδη τηλευπηρεσιών και υπηρεσίες δεδομένων. Οι τηλευπηρεσίες περιλαμβάνουν κλήση έκτακτης ανάγκης, φαξ, videotext και teletext. Οι υπηρεσίες δεδομένων που ονομάζονται επίσης ως υπηρεσίες φορέα περιλαμβάνουν επικοινωνία υπολογιστή σε υπολογιστή και τη μεταγωγή πακέτων. Ένα από τα πιο δημοφιλή χαρακτηριστικά του GSM είναι η κάρτα SIM (Subscriber Identity Module), η οποία δίνει μια μοναδική ταυτότητα σε κάθε συνδρομητή.

### 1.2.2 IS-136 (Interim Standard 136)

Επίσης γνωστό ως NADC, Βορειοαμερικανικά ψηφιακά κυψελωτά αυτόματα. Το IS-136 υποστηρίζει 3 χρήστες για κάθε κανάλι στα 30KHz. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί επίσης την TDMA με την FDD. Η εμπρόσθια συχνότητα του καναλιού είναι 1850-1910MHz και η αντίστροφη είναι 1930-1990 MHz. Το εύρος ζώνης καναλιού είναι 60MHz. Χρησιμοποιείται η 45DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying) τεχνική διαμόρφωσης και ο ρυθμός δεδομένων του διαύλου είναι 46.6kbrps.

### 1.2.3 PDC (Pacific Digital Cellular)

Το πρότυπο είναι παρόμοιο με εκείνο του IS-136. Ως εκ τούτου, η εμπρόσθια και αντίστροφη συχνότητας σύνδεση είναι παρόμοια με εκείνη του IS-136. Τεχνική πολλαπλής πρόσβασης είναι η TDMA με τη FDD. Ο ρυθμός δεδομένων του διαύλου είναι κάπως διαφορετικός σε σύγκριση με το IS-136 και είναι 42kbrps και ο διαχωρισμός του φέροντος σήματος είναι στα 25KHz.

### 1.2.4 IS-95 (Interim Standard 95)

Αυτό το πρότυπο 2G είναι πολύ δημοφιλές και είναι επίσης γνωστή ως CDMAone. Αυτό το πρότυπο χρησιμοποιεί CDMA με FDD. Υποστηρίζει 64 κανάλια φωνής ανά φέρον σήμα τα οποία είναι ορθογώνια κωδικοποιημένα. Η εμπρόσθια συχνότητα

καναλιού για το IS-95 είναι 824-849 MHz και η αντίστροφη συχνότητα του καναλιού είναι 869-894 MHz. Τα φέροντα σήματα χωρίζονται από τη συχνότητα των 1.25MHz. Το σήμα διαμορφώνεται BPSK (Binary Phase Shift Keying) και με εξάπλωση τετραγωνικής στο ρυθμό δεδομένων του 1,2288Mchips/sec.

Παρά το γεγονός ότι οι τυποποιημένες τεχνολογίες κινητών επικοινωνιών 2G παρέχουν αποτελεσματική μετάδοση δεδομένων φωνής, οι εφαρμογές περιήγησης στο δια-δίκτυο είναι σε πολύ χαμηλές ταχύτητες. Έτσι, είναι επίσης ανεπαρκείς για την ταχεία μετάδοση e-mail. Επομένως για την παροχή υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης δεδομένων για εφαρμογές περιήγησης στο διαδίκτυο, υπηρεσίες e-mail τα πρότυπα 2G τροποποιήθηκαν και ένα νέο πρότυπο που ονομάζεται 2.5G έχει αναπτυχθεί με την προς τα πίσω συμβατότητα με το πρότυπο 2G. Οι τεχνολογίες 2.5G χρησιμοποιούν WAP (Wireless Application Protocols) με τα οποία οι ιστοσελίδες προβάλλονται στους χρήστες σε μια συμπιεσμένη μορφή. Πρόσφατα, ένας αριθμός άλλων πρωτοκόλλων συμπίεσης ιστού αναπτύσσονται ανάμεσα στα οποία ο Ald00. Η τεχνολογία 2.5G έχει εξελιχθεί από τα πρότυπα (GSM, PDC, IS-95 και IS-136) που χρησιμοποιεί η τεχνολογία 2G. Η Εικόνα 2 δείχνει διάφορα μονοπάτια αναβάθμισης για τις 2G τεχνολογίες, αλλά και για τη 3G. Το πρότυπο 2.5G IS-95B έχει εξελιχθεί από το CDMA one σε 2G το οποίο χρησιμοποιεί κανάλι εύρους ζώνης στα 1,25MHz. Το HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) έχει εξελιχθεί από το πρότυπο GSM, το οποίο επιτρέπει σε μεμονωμένους χρήστες να χρησιμοποιούν διαδοχικές χρονοθυρίδες (time slots) που επιτρέπουν την πρόσβαση σε υψηλότερες ταχύτητες λήψης δεδομένων στα δίκτυα GSM. Χρησιμοποιεί 200KHz εύρος ζώνης καναλιού και παρέχει ρυθμό μετάδοσης έως και 57,6kpbs.

Το GPRS περιλαμβάνει χαρακτηριστικά από τα GSM, IS-136 και PDC. Παρέχει ένα πακέτο δεδομένων πρόσβασης το οποίο είναι κατάλληλο για τη χρήση σε μη-πραγματικό χρόνο (non real time) του διαδικτύου, του φαξ, των e-mail καθώς και την περιήγηση, όπου η ταχύτητα λήψης είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα μεταφόρτωσης (uploading). Ο αυξημένος ρυθμός δεδομένων για το GSM Evolution, το οποίο είναι το προηγμένο πρότυπο GSM βασίζεται στα κοινά χαρακτηριστικά του GSM και του IS-136. Επίσης, αναφέρεται ως enhanced GPRS.

### 1.3 3η Γενιά (3G)



Η τρίτη γενιά (3G) εμφανίστηκε το 2001. Αυτή η γενιά βασίζεται σε ένα σύνολο προτύπων, που χρησιμοποιούνται για κινητές συσκευές και υπηρεσίες κινητής χρήσης και δικτύων, που υπακούνε στις προδιαγραφές των διεθνών κινητών τηλεπικοινωνιών (IMT - 2000). Η τρίτη γενιά (3G) εφαρμόζει την ασύρματη τηλεφωνία, την κινητή πρόσβαση στο διαδίκτυο, την σταθερή ασύρματη πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Τα δίκτυα 3G παρέχουν ταχύτητες πληροφοριών τουλάχιστον 200 kbps. Αργότερα το δίκτυο 3G απελευθερώνεται και μετεξελίσσεται, ενώ συχνά συμβολίζεται με 3.5G και 3.75G, θέλοντας να σηματοδοτηθεί η ανάπτυξη γρηγορότερων και ταχύτερων υπηρεσιών. Επίσης, παρέχεται κινητή ευρυζωνική πρόσβαση πολλών Mbps σε smartphone και σε μόντεμ για φορητούς υπολογιστές. Η επέκταση αυτή είναι δυνατό να εφαρμοστεί στις υπηρεσίες, που εφαρμόζεται και η 3G τεχνολογία. Η πρώτη έκδοση του 3GPP Long Term Evolution ( LTE ) προτύπου δεν πληροί απολύτως τις απαιτήσεις της ITU 4G και ονομάζεται IMT - Advanced. Η πρώτη LTE έκδοση δεν είναι συμβατή με 3G, αλλά είναι μία τεχνολογία με πολύ γρήγορες ταχύτητες ή, όπως αλλιώς λέγεται 3.9G. Ωστόσο, η εξέλιξή του LTE Advanced είναι μια τεχνολογία 4G, ενώ η WiMAX είναι μια άλλη τεχνολογία, που αγγίζει τα όρια του ή διατίθενται στην αγορά ως 4G .

Πολλές εταιρείες τηλεπικοινωνιακών αγορών παρέχουν ασύρματες υπηρεσίες διαδικτύου μέσω κινητού τηλεφώνου, υποδεικνύοντας ότι η διαφημιζόμενη υπηρεσία παρέχεται μέσω ασύρματου δικτύου 3G. Οι υπηρεσίες, που διαφημίζονται ως 3G απαιτούνται για την κάλυψη IMT - 2000 τεχνικών προτύπων , συμπεριλαμβανομένων των προτύπων για την αξιοπιστία και την ταχύτητα (ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων). Για να πληρούνται τα πρότυπα IMT - 2000 , απαιτείται ένα σύστημα για την παροχή αιχμής δεδομένων τουλάχιστον 0,2 Mbps. Ωστόσο, πολλές υπηρεσίες, που διαφημίζονται ως 3G παρέχουν υψηλότερες ταχύτητες από τις ελάχιστες τεχνικές απαιτήσεις για την παροχή υπηρεσιών 3G. Τα 3.5G και 3.75G παρέχουν, επίσης, κινητή ευρυζωνική πρόσβαση πολλών Mbps σε smartphone και σε μόντεμ για φορητούς υπολογιστές.

Τα 3G συστήματα είναι επώνυμα και συνοψίζονται στα πιο κάτω:

### 1.3.1 UMTS

(Universal Mobile Telecommunication System) ,που προσφέρθηκε για πρώτη φορά το 2001, έχει τυποποιηθεί από το 3GPP και χρησιμοποιείται κυρίως στην Ευρώπη,την Κίνα και σε άλλες περιοχές, ενώ κυριάρχησε με βάση την υποδομή του συστήματος GSM 2G. Το πρωτότυπο και η πιο διαδεδομένη διεπαφή ραδιοσυχνοτήτων ονομάζεται W - CDMA. Η διεπαφή των ραδιοσυχνοτήτων TD - SCDMA εμφανίστηκε στο εμπόριο το 2009 και προσφέρεται μόνο στην Κίνα. Η τελευταία έκδοση UMTS , HSPA + , μπορεί να προσφέρει μέγιστη ταχύτητα δεδομένων έως 56 Mbps στην κάθοδο (downlink) θεωρητικά και πρακτικά έως 28 Mbps, που εμφανίζονται στις υπάρχουσες υπηρεσίες και 22 Mbps στην άνοδο (uplink).

### 1.3.2 CDMA2000

εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 2002, το οποίο έχει τυποποιηθεί από 3GPP2 , που χρησιμοποιείται κυρίως στη Βόρεια Αμερική και τη Νότια Κορέα, για την ανταλλαγή των υποδομών με το πρότυπο IS - 95 2G. Τα κινητά τηλέφωνα είναι

συνήθως CDMA2000 και IS - 95 υβρίδια . Η τελευταία έκδοση EVDO (Enhanced Voice-Data Optimized) Rev B προσφέρει μέγιστες ταχύτητες των 14,7 Mbps. Τα παραπάνω συστήματα και οι διεπαφές λειτουργούν με βάση το φάσμα της ασύρματης τεχνολογίας μετάδοσης. Ενώ, το πρότυπο GSM EDGE " 2,9G " ,τα ασύρματα τηλέφωνα DECT και τα πρότυπα Mobile WiMAX επίσημα πληρούν, επίσης, τις απαιτήσεις IMT -2000 και έχουν εγκριθεί ως πρότυπα 3G από την ITU, αυτά συνήθως δεν έχουν την επωνυμία 3G και βασίζονται σε εντελώς διαφορετικές τεχνολογίες.

Τα ακόλουθα κοινά πρότυπα συμμορφώνονται με το πρότυπο IMT2000/3G :

- **EDGE**

Με αναθεώρηση από τον οργανισμό 3GPP με τις παλαιότερες 2G GSM μεθόδους μετάδοσης, χρησιμοποιώντας τους ίδιους κόμβους μεταγωγής, τους ίδιους σταθμούς βάσης και τις ίδιες συχνότητες ,όπως το GPRS , αλλά με νέο σταθμό βάσης και RF κυκλωμάτα. Βασίζεται στο σύστημα αποτελεσματικής διαμόρφωσης 8PSK ως συμπλήρωμα του αρχικού συστήματος διαφοροποίησης. Το EDGE εξακολουθεί να χρησιμοποιείται την αναβάθμιση της υπάρχουσα υποδομή των 2G GSM και των κινητών τηλεφώνων. Το EDGE λειτουργεί, επίσης, στο σύστημα TDMA IS - 135 και έχει σταματήσει σήμερα.

- **EGPRS**

Είναι το EDGE σε συνδυασμό με την τεχνολογία GPRS 2.5G, επιτρέπει ρυθμούς δεδομένων της τάξης των 200 kbps, όπως ακριβώς οι αρχικές εκδόσεις UMTS WCDMA , και επομένως πληροί τις απαιτήσεις τυπικά για το IMT2000 και εντάσσεται σε συστήματα 3G. Όμως το EDGE δεν αναφέρεται στο εμπόριο ως ένα σύστημα 3G, αλλά ως ένα σύστημα 2.9G. Το EDGE είναι ένα σύστημα με καλύτερη φασματική απόδοση από τα πρωτότυπα συστήματα UMTS και CDMA2000 , αλλά δεν επιτυγχάνουν πολύ υψηλότερα ποσοστά δεδομένων λόγω του περιορισμένου φασματικού εύρους ζώνης του GSM, που κυμαίνεται στα 200 KHz και κατά συνέπεια είναι ένα αδιέξοδο.

- **Evolved EDGE**

Φτάνει στο 1 Mbps και 400 kbps και το οποίο δε χρησιμοποιείται για εμπορικούς σκοπούς.

- **UMTS**

Δημιουργήθηκε από το 3GPP. Το σύστημα αυτό είναι πλήρως αναθεωρημένο σε σχέση με το GSM 2G στην κωδικοποίησης και το υλικό, αν και μερικά τμήματα του GSM μπορεί και να μεταδίδονται στο UMTS / format W - CDMA.

- **W-CDMA**

Λειτουργεί στη ζώνη των 2100 MHz. Μερικοί άλλοι χρησιμοποιούν τις 850, 900 και 1900 MHz.

- **HSPA**

Είναι ένας συνδυασμός από διάφορες αναβαθμίσεις για το αρχικό πρότυπο W - CDMA και προσφέρει ταχύτητες 14,4 Mbps στο downlink και 5,76 Mbps στο

uplink. Το HSPA είναι συμβατό και χρησιμοποιεί τις ίδιες συχνότητες με το W - CDMA.

- **HSPA+**

Περιλαμβάνει μια περαιτέρω αναθεώρηση και αναβάθμιση του HSPA και μπορεί να προσφέρει θεωρητικά ποσοστά με κορυφή δεδομένων έως 168 Mbps στο downlink και 22 Mbps στο uplink, χρησιμοποιώντας τις βελτιώσεις της διεπαφής αέρα, καθώς και HSPA multi-carrier και MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output). Τεχνικά όμως, το MIMO και το DC - HSPA μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς τις " + " βελτιώσεις του HSPA +.

- **CDMA2000**

Αλλιώς γνωστό ως IS-2000 , το οποίο είναι αρκετά υψηλής συχνότητας, έχει τυποποιηθεί από 3GPP2, που εξελίσσεται από το αρχικό σύστημα IS- 95 CDMA , χρησιμοποιείται κυρίως στη Βόρεια Αμερική ,στην Κίνα, στην Ινδία , στο Πακιστάν, στην Ιαπωνία ,στη Νότια Κορέα, στη Νοτιοανατολική Ασία, στην Ευρώπη και στην Αφρική. Ακόμα το CDMA2000 διαθέτει μια αυξημένη ικανότητα φωνής και προσφέρει 14,7 Mbps.

Παρόλο, που τα DECT ασύρματα τηλέφωνα και τα πρότυπα Mobile WiMAX επίσημα πληρούν τις απαιτήσεις του IMT - 2000, δε λαμβάνονται υπόψη συνήθως, λόγω της σπανιότητας και της ακαταλληλότητάς τους ως προς τη χρήση με τα κινητά τηλέφωνα.

Η τρίτη γενιά (3G) άργησε να κάνει την εμφάνιση της. Τα δίκτυα 3G δε χρησιμοποιούν τις ίδιες ραδιοσυχνότητες με το 2G, έτσι δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση των κινητών επικοινωνιών 2G και άρα πρέπει να οικοδομηθούν εντελώς νέα δίκτυα και εντελώς νέες συχνότητες, που απαιτούνται για την επίτευξη υψηλών ρυθμών μετάδοσης δεδομένων. Άλλες καθυστερήσεις οφείλονταν, στις δαπάνες αναβάθμισης του εξοπλισμού μετάδοσης, ειδικά για το UMTS, των οποίων η ανάπτυξη απαιτεί την αντικατάσταση των περισσότερων πύργων μετάδοσης. Έτσι, στα τέλη του 2007, υπήρχαν 190 3G δίκτυα, που λειτουργούσαν σε 40 χώρες και 154 HSDPA δίκτυα, που λειτουργούσαν σε 71 χώρες. Στην Ασία, στην Ευρώπη, στον Καναδά και στις ΗΠΑ, χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία W - CDMA.

Το πρότυπο 3G έγινε γνωστό, λόγω της μαζικής επέκτασης της κινητής τηλεφωνίας. Μια σημαντική εξέλιξη κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου είναι το smart phone, και δημιουργεί μεγάλη ζήτηση για κινητή συνδεσιμότητα στο διαδίκτυο. Το 3G είναι η πρώτη γενιά, που εισήγαγε τον όρο « κινητές ευρυζωνικές υπηρεσίες» , επειδή η ταχύτητα του για την περιήγηση και η ευελιξία του το καθιστούν μια βιώσιμη εναλλακτική λύση.

Το ελάχιστο ποσοστό των δεδομένων είναι 2 Mbps για σταθερή χρήση , ενώ 384 kbps για χρήστες μέσα σε ένα κινούμενο όχημα.

Τα δίκτυα 3G είναι ασφαλέστερα από ό,τι οι προκάτοχοί τους. Το εύρος ζώνης, οι πληροφορίες για τη θέση και οι ταχύτητες που προσφέρει το 3G, δημιουργούν εφαρμογές που δεν ήταν προηγουμένως διαθέσιμες για τους χρήστες κινητών τηλεφώνων. Μερικές από τις εφαρμογές είναι: Mobile TV, Video on demand, Video Conferencing, Τηλεϊατρική, Location-based services, Global Positioning System (GPS), που έχουν βοηθήσει σε πολλούς τομείς της σύγχρονης ανθρώπινης

δραστηριότητας. Όμως, η αυξημένη πρόοδος στον τομέα κατέστησε την εν λόγω τεχνολογία σύντομα παροχυμένη και άρχισε να αντικαθίσταται από την επόμενη γενιάς τεχνολογία, τη 4G.

## 1.4 4<sup>η</sup> γενιά (4G)



Η τεχνολογία τέταρτης γενιάς αναπτύχθηκε προκειμένου να βελτιώσει την ποιότητα παροχής υπηρεσιών (QoS - Quality of Service) και να θέσει τα θεμέλια για επερχόμενες τεχνολογικές εφαρμογές, όπως η ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση, MMS (Multimedia Messaging Service), video chat, mobile TV, Digital Video Broadcasting - DVB κ.ά.

Οι στόχοι, που ικανοποιήθηκαν από το πρότυπο του 4G είναι:

- Ένα αποδοτικότερο σύστημα συγκριτικά με το 3G.
- Υψηλότερη χωρητικότητα συστήματος τουλάχιστον δέκα φορές από το 3G.
- Μικρότερο κόστος ανά δυαδικό ψηφίο, έτσι ώστε η χρέωση να γίνει χαμηλότερη. Έτσι η χρήση του διαδικτύου σε κινητές συσκευές πήρε ραγδαία αύξηση.
- Υψηλότερος ρυθμός μετάδοσης. 1 Gbps για ταχύτητα download και 500Mbps για upload ταχύτητες, ενώ για τα κινούμενα οχήματα η ελάχιστη ταχύτητα αγγίζει τα 100Mbps.
- Καλύτερη κάλυψη δικτύου.
- Καθώς οι ταχύτητες μετάδοσης αυξάνονται, το απαιτούμενο σήμα που λαμβάνουμε θα αυξηθεί ανάλογα.
- Ρυθμοί μετάδοσης τουλάχιστον 100Mbps.
- Επίσης, είναι σημαντική η απρόσκοπτη συνδεσιμότητα και δυνατότητα περιαγωγής σε πολλαπλά δίκτυα.
- Δημιουργία ομαλών διασυνδέσεων με συστήματα 3G, ασύρματα δίκτυα υπολογιστών (WLAN – Wireless Local Area Network) και σταθερά δίκτυα.



Έτσι, ο κάθε χρήστης μπορεί να διαλέγει το καλύτερο δίκτυο ανά περίπτωση (ανάλογα με τον χρόνο, χώρο και κόστος).

Κρισιμότερες υπηρεσίες, που κυριάρχησαν στα δίκτυα τέταρτης γενιάς είναι η εξής:

- **Εικονική πλοήγηση** (virtual navigation)

Μια βάση δεδομένων περιέχει γραφική αναπαράσταση δρόμων, κτιρίων και τοπογραφικών γνωρισμάτων. Η βάση αυτή σου επιτρέπει να προβλέπεις τη μελλοντική διαδρομή, να επιλέγεις δρόμους με τη μικρότερη κίνηση, να εντοπίζουν αξιοθέατα, μουσεία, ATM, εστιατόρια και να επιλέγεις εναλλακτικούς δρόμους σε περιπτώσεις ατυχημάτων ή συμφόρησης του οδικού δικτύου(Google maps).

- **Τηλεϊατρική** (telemedicine)

Είναι μια υπηρεσία που επιτρέπει σε πληρώματα ασθενοφόρων που είναι σε απομακρυσμένες περιοχές να έχουν πρόσβαση σε ιατρικά αρχεία και να τηλεδιασκεπτόνται με γιατρούς. Ακόμα να μεταδίδουν την κατάσταση ενός ασθενή σε κεντρικά νοσοκομεία από ένα κέντρο υγείας, που δεν υπάρχουν εξειδικευμένοι γιατροί, αλλά είναι βασικό να γίνει μία κρίσιμη θεραπεία σε κάποιον ασθενή.

- **Σταθμός πληροφορίας** (info-station)

Ένας οδηγός αυτοκινήτου μπορεί να λαμβάνει πληροφορίες από το δίκτυο την ώρα που οδηγεί από και προς το χώρο εργασίας.

- **Εφαρμογές διαχείρισης κρίσεων**

Είναι εφαρμογές σε περιόδους φυσικών καταστροφών, όταν ολόκληρο το δίκτυο έχει καταρρεύσει. Η αυξημένη χωρητικότητα των ασύρματων δικτύων 4G, τα οποία περιλαμβάνουν υπηρεσίες διαδικτύου και video επιτρέπουν την επιδιόρθωση σε διάστημα μόλις λίγων ωρών σε αντίθεση με τα ενσύρματα συστήματα, που θα απαιτούσαν ημέρες ή ακόμα και εβδομάδες για να αποκατασταθούν.

- **Εκπαίδευση μέσω Internet**

Δίνει τη δυνατότητα σε άτομα από όλο τον κόσμο και σε όποιο μέρος της γης και να είναι να παρακολουθούν μαθήματα σε διαδικτυακούς τόπους και ταυτόχρονα, με πολύ χαμηλό κόστος.

- **Κινητά δίκτυα υπολογιστών**

Τα κινητά δίκτυα υπολογιστών διευκολύνουν οικονομικές συναλλαγές, επιχειρηματικές πράξεις και επιστημονική συνεργασία από απόσταση.

## 1.5 5η γενιά (5G)



Τα δίκτυα της πέμπτης γενιάς 5G έχουν τεράστια σημασία, είναι πολύ σημαντικά και αναμένεται να επικρατήσουν στο μέλλον. Οι πολίτες και χρήστες των smart phone των tablets και όλων των σημερινών συσκευών που χρησιμοποιούν τα δίκτυα έχουν αυξημένες απαιτήσεις. Γενικότερα, τα θεμέλια για τα δίκτυα επικοινωνιών, έχουν αρχίσει και δημιουργούνται από τις μέρες μας. Η ευρωπαϊκή βιομηχανία τηλεπικοινωνιών είναι στις πρώτες θέσεις του παγκόσμιου ανταγωνισμού, διότι το 2012 αποτελούσε περίπου το 40 % της παγκόσμιας αγοράς, δηλαδή, 200 δισ. ευρώ. Αυτό που θέλει να πετύχει το 5G είναι να εξασφαλίσει στην ηγεσία της Ευρώπης. Έτσι θα έχει πολλές νέες δυνατότητες όπως, τη δημιουργία νέων αγορών, όπως έξυπνες πόλεις, συστήματα e-health, συστήματα ευφυών μεταφορών, εκπαίδευσης ή ψυχαγωγίας και μέσων ενημέρωσης.

Η γενιά 5G θα φέρει λύσεις σε τεχνολογίες και πρότυπα, για την επόμενη γενιά υποδομών επικοινωνίας της επόμενης δεκαετίας, και θα παρέχει τέτοιου είδους επιτεύγματα. Επιπλέον, η χωρητικότητα των ασύρματων δικτύων εκτοξεύεται στα ύψη, τετραπλασιάζοντας τα άτομα που μπορούν να χρησιμοποιούν το δίκτυο ταυτόχρονα, δηλαδή πάνω από 7 δισεκατομμύρια συσκευές.

Επίσης, η τεχνολογία 5G θα αλλάξει τον τρόπο ύπαρξης των σύγχρονων δικτύων. Τα δίκτυα ραδιοεπικοινωνιών, τα οποία αποτελούνται από «κυψέλες», οι οποίες βρίσκονται σε σταθμούς θα αλλάξουν, και τα 5G δίκτυα θα βρίσκονται σε μία σειρά διαφορετικών ζωνών συχνότητας, έτσι θα μεταφέρουν πληροφορίες με διαφορετικές ταχύτητες και θα έχουν εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά μετάδοσης. Το δίκτυο θα αλλάξει σύμφωνα με τις απαιτήσεις δεδομένων της εκάστοτε συσκευής.

Στο μέλλον, ενισχύεται η άποψη πως θα προκύψουν νέες κλάσεις συσκευών, οι οποίες θα επικοινωνούν με άλλες συσκευές. Τέτοιο παράδειγμα είναι οι αισθητήρες, οι οποίοι αναμένεται να στέλνουν δεδομένα σε κάποιον εξυπηρετητή (server), με τη διαφορά ότι αυτό θα πραγματοποιείται με «συσκευο-κεντρικό τρόπο» και όχι με «κυψελοκεντρικό», που γίνεται σήμερα. Αυτό θα συμβεί, εφόσον, οι νέες συσκευές θα είναι ικανές να «αποφαινούνται» πότε και πως είναι αποτελεσματικότερο να αποσταλούν τα δεδομένα στον εξυπηρετητή.

Επίσης, θα υπάρξουν αλλαγές στη μετάδοση της πληροφορίας. Σήμερα μεταδίδονται μικροκύματα, θα συμπληρωθεί όμως και μελλοντικά η μετάδοση κυμάτων χιλιοστού. Τα μικροκύματα εκτείνονται σε φάσμα 600 MHz, το οποίο έχει απελευθερωθεί μετά την ψηφιακή τηλεόραση (DIGEA), όχι όμως σε μεγάλο βαθμό, αλλά σε μικρό ποσοστό, που μετά βίας έφτασε στα 80 MHz και με υψηλό κόστος. Έτσι, φυσικό επόμενο αυτού, είναι η αναζήτηση λύσεων για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος και για τις υψηλότερες συχνότητες μετάδοσης, οι οποίες κυμαίνονται στις τάξεις των 3 - 300 GHz. Κάτι τέτοιο, εμφανίζει εξίσου διάφορα προβλήματα, εφόσον τα σήματα αυτά είναι δυνατό να δεχτούν μεγάλες παρεμβολές από τα κτίρια, την κακοκαιρία, αλλά και την ανθρώπινη δραστηριότητα μεταξύ πομπού και δέκτη. Τέτοια προβλήματα, αναμένεται να επιλυθούν με τη χρήση κατευθυντικών κεραιών, οι οποίες στρέφονται σε πραγματικό χρόνο την ώρα ,που μπλοκάρονται τα σήματα.

Επόμενο και σημαντικότερο επίτευγμα θα αποτελέσει η τεχνολογία MIMO (Multiple in-Multiple-out). Αυτό σημαίνει πως στους σταθμούς βάσης θα εξοπλιστούν με πολλαπλές κεραιές, που θα μεταδίδουν πολλά σήματα ταυτόχρονα, ενώ τέτοια κεραία θα μπορεί να έχει και μία συσκευή. Επομένως, αντί τα σήματα να δρομολογούνται από τους σταθμούς βάσης, θα είναι εφικτό να δρομολογούνται και από τις ίδιες τις συσκευές. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αποτελεσματικότητα, με την οποία ένα δίκτυο μπορεί να διαχειριστεί τις συχνότητές του.

Ακόμα, μία επαναστατική τεχνολογία θα είναι ότι θα δίνεται η δυνατότητα σε πλήθος συσκευών να επικοινωνούν μεταξύ τους, χωρίς να είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούν το δίκτυο. Για παράδειγμα, ένα δίκτυο αισθητήρων μπορεί να έχει δεκάδες χιλιάδες συσκευές μετάδοσης δεδομένων θερμοκρασίας. Η μετάδοσή τους καθίσταται ευκολότερη αν τα δεδομένα αποσταλούν, χωρίς να παρεμβάλλεται ο σταθμός βάσης, κάτι το οποίο θα συμβεί με χρήση της νέας τεχνολογίας.

Επιπλέον, το 2020 δείχνει να είναι η χρονιά, όπου όλοι οι κατασκευαστές εκτιμούν ότι θα δούμε τις πρώτες υλοποιήσεις 5G. Η προσπάθεια, που ξεκινά η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επιδιώκει να επανακτηθεί το χαμένο έδαφος στο πεδίο των τηλεπικοινωνιών, αφού δεν αναπτύχθηκαν εγκαίρως από τους Ευρωπαίους οι προηγούμενες τεχνολογίες. Η Ευρώπη έμεινε πίσω στο 4G με τους Αμερικανούς και τους Ασιάτες που έχουν πάρει πλέον ξεκάθαρο τεχνολογικό προβάδισμα, τόσο σε υλικό επίπεδο όσο και σε ταχύτητα σύνδεσης, έτσι θέλει να κάνει άλμα απευθείας στο 5G. Το πλάνο περιλαμβάνει την επιτάχυνση της διαδικασίας διαμόρφωσης των προτύπων, αυτό δεν είναι καθόλου εύκολο γιατί μπορεί να υπάρξουν λάθη. Από την άλλη πλευρά, ο τρόπος με τον οποίο αρχίζουν να χρησιμοποιούν οι πολίτες και οι επιχειρήσεις, τα ασύρματα δίκτυα και τις ψηφιακές τεχνολογίες δημιουργεί νέες ανάγκες. Αυτές οι ανάγκες είναι πολύ δύσκολο να καλυφθούν από τα 4G δίκτυα ή ακόμη και από τα δίκτυα οπτικών ινών, που υλοποιούνται σε διάφορα σημεία του

πλανήτη. Η αυξανόμενη απαίτηση για υψηλές ταχύτητες σύνδεσης λόγω της χρήσης του video πολύ υψηλής ευκρίνειας γίνεται ολοένα και πιο συχνή. Τα 100 Mbps, που προσφέρει το 4G δεν είναι αρκετά, ούτε καν τα 200 Mbps των δικτύων οπτικών ινών. Το 1 Gbps είναι το ελάχιστο όριο, που θα απαιτείται και δεν είναι τυχαίο ότι σε εταιρικά περιβάλλοντα γίνεται λόγος για συνδέσεις 10 Gbps με το 5G. Πρόκειται για ταχύτητα 100 φορές υψηλότερη από τα 100 Mbps, που προσφέρεται αυτή τη στιγμή από το 4G. Οι υψηλές ταχύτητες, όμως, δεν είναι το μόνο ζητούμενο. Η απαίτηση των καταναλωτών να λειτουργούν ταυτόχρονα δεκάδες χιλιάδες smart phone και άλλες συσκευές, απαιτεί νέες αρχιτεκτονικές δικτύων προκειμένου να ικανοποιηθεί. Αν προσθέσουμε σε αυτό και το γεγονός ότι σταδιακά θα είναι δικτυωμένο οτιδήποτε μπορεί να φανταστεί κανείς (από πλυντήρια και πόρτες μέχρι αυτοκίνητα και φανάρια) είναι προφανές ότι οι ανάγκες είναι τεράστιες. Όλοι οι αυτοί οι λόγοι, ενισχύουν την ανάγκη για την εξέλιξη, την ανάπτυξη και τη λειτουργία των τεχνολογιών 5G.

### 1.5.1 Χαρακτηριστικά

Τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας πέμπτης γενιάς αποτελούν την επόμενη και επερχόμενη σημαντική φάση στην εξέλιξη της κινητής τεχνολογίας. Θα έχουν πρότυπα τηλεφωνίας πολύ αυστηρότερα, από το 4G. Οι τεχνολογίες για τις κινητές επικοινωνίες αναμένονται μετά το 2020. Ακόμα δεν έχουν βγει στην δημοσιότητα ούτε οι προδιαγραφές της επικοινωνίας αλλά ούτε και τα βασικά πρωτόκολλα, που θα διέπουν τη λειτουργία τους. Αφού χρειάζεται πρώτα μελέτη και ανάπτυξη των προτύπων και των δικτυακών πρωτοκόλλων, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμα για χρήση και εφαρμογή στις νέες συσκευές.

Τα χαρακτηριστικά του 5G θα είναι:

- Μαζικά MIMO συστήματα (γνωστά ως Very Large MIMO ) παρέχουν επιπλέον κεραιές, ώστε να συμβάλουν στην αύξηση της απόδοσης και της εκπεμπόμενης ενέργειας. Άλλα μεγάλα πλεονεκτήματα των μαζικών MIMO περιλαμβάνουν την εκτεταμένη χρήση των φθηνών εξαρτημάτων χαμηλής ισχύος , τη μείωση του διαστήματος , την απλοποίηση του ελέγχου πρόσβασης μέσου (MAC) , και την ευρωστία της εσκεμμένης παρεμβολής. Τα μαζικά MIMO ακυρώνουν τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα, όμως, αποκαλύπτουν εντελώς νέα, που χρειάζονται επίλυση άμεσα, όπως η πρόκληση, που τίθενται ώστε να χρησιμοποιούνται πολύ χαμηλού κόστους εξαρτήματα χαμηλής ακρίβειας, που συνεργάζονται αποτελεσματικά, η απόκτηση και ο συγχρονισμός των πρόσφατα ενταγμένων τερματικών σταθμών , η εκμετάλλευση των επιπλέον βαθμών ελευθερίας, που παρέχεται από τις επιπλέον υπηρεσίες κεραιάς , η μείωση της εσωτερικής κατανάλωσης ρεύματος (για να επιτευχθεί συνολική μείωση της ενεργειακής απόδοσης) , καθώς και η εξεύρεση νέων σεναρίων ανάπτυξης. Κρίσιμο θα είναι, επίσης, να υποστηριχτούν αποτελεσματικά οι συσκευές, για να μπορέσει να λειτουργήσει το διαδίκτυο με αρκετά μεγαλύτερο πλήθος συνδεδεμένων συσκευών, καθώς και πλήθος νέων εφαρμογών, όπως για παράδειγμα, η αποστολή κρίσιμων σημείων ελέγχου ή η ασφάλεια της κυκλοφορίας, που οδηγεί σε μειωμένη καθυστέρηση και υψηλή αξιοπιστία.
- Διάχυτη χρήση των δικτύων, που μπορεί ή όχι να παρέχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο, όπως για παράδειγμα τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και η

πανταχού παρούσα υπολογιστική. Ο εκάστοτε χρήστης θα μπορεί ταυτόχρονα να συνδεθεί με διάφορες τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης και αδιάλειπτη εναλλαγή μεταξύ τους. Αυτές οι τεχνολογίες πρόσβασης μπορεί να είναι κάποιες από τις 2.5G , 3G , 4G , ή κινητά δίκτυα 5G , Wi - Fi , WPAN , ή οποιαδήποτε άλλη μελλοντική τεχνολογία πρόσβασης. Στην 5G τεχνολογία η έννοια της συνεχούς εναλλαγής, μπορεί να αναπτυχθεί περαιτέρω σε πολλαπλές διαδρομές για ταυτόχρονη μεταφορά δεδομένων, που θα εξασφαλίσει πολλαπλάσια ταχύτητα της σημερινής.

- Ένα σημαντικό ζήτημα σε συστήματα πέραν του 4G είναι να καθίστανται διαθέσιμα τα υψηλά ποσοστά δυαδικών ψηφίων σε ένα μεγαλύτερο τμήμα του κυττάρου, ειδικά, για τους χρήστες σε μια δημόσια θέση εκτεθειμένη μεταξύ πολλών σταθμών βάσης.
- Η τεχνολογία smart-radio επιτρέπει σε διαφορετικές ραδιοτεχνολογίες να μοιράζονται με τον ίδιο αποτελεσματικό τρόπο το φάσμα από την εύρεση αχρησιμοποίητου φάσματος και την προσαρμογή του συστήματος μετάδοσης με τις απαιτήσεις των τεχνολογιών, που σήμερα μοιράζονται το φάσμα.
- Τα δυναμικά Adhoc Ασύρματα Δίκτυα ( DAWN ) είναι στην ουσία ταυτόσημα με το κινητό δίκτυο ad hoc ( MANET ) και το ασύρματο δίκτυο πλέγματος ( WMN ) ή τα ασύρματα δίκτυα, που συνδυάζονται με έξυπνες κεραιές σύμφωνα με τη συνεργατική ποικιλομορφία και την ευέλικτη διαμόρφωση.
- Η διαίρεση συχνότητας Vandermonde - υπόχωρος πολυπλεξίας ( VFDM ) είναι ένα σχήμα διαμόρφωσης για να επιτραπεί η συνύπαρξη των μακρο - κυττάρων και μικρών ραδιοκυττάρων σε ένα δίκτυο δύο επιπέδων LTE/4G.
- Το IPv6 πρωτόκολλο διευθύνσεων, όπου εκχωρείται μια διεύθυνση κινητής IP ανάλογα με τη θέση και τις συνδεδεμένες διευθύνσεις στο δίκτυο.
- Το Li - Fi χρησιμοποιεί διόδους εκπομπής φωτός για τη μετάδοση δεδομένων και όχι τα ραδιοκύματα, όπως το Wi - Fi.
- Ο ασύρματος παγκόσμιος ιστός (Wireless World Wide Web-WWWW ) ,είναι ένας τρόπος βασισμένος στην ασύρματη εφαρμογή του δικτύου, που περιλαμβάνει πλήρη δυναμικότητα των πολυμέσων με ταχύτητες μεγαλύτερες από αυτές του 4G.

## 1.5.2 Σύγκριση 5G και 4G τεχνολογιών

The image shows a slide titled "Comparison between 4G and 5G" with a table comparing the two technologies. The table has three columns: Technology, 4G, and 5G. The rows compare Deployment, Bandwidth, Technology, and Service.

Technology	4G	5G
Deployment	2007/2014	2014/2015
Bandwidth	200Mbps	>1Gbps
Technology	Unified IP and seamless combo of LAN/ WAN/WLAN	4G+WWWW
Service	Dynamic Information Access, Variable devices	Dynamic Information Access, Variable devices with AI capabilities

Είναι σημαντικό να συγκριθούν τα 4G και 5G δίκτυα. Επειδή οι χρήστες έχουν αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό δημιουργούνται ολοένα και περισσότερες διακοπές στη ζώνη συχνοτήτων. Το 5G θα χρησιμοποιεί τη ζώνη συχνοτήτων των 5 GHz, που έχει λιγότερο συνωστισμό για λιγότερες παρεμβολές. Όμως οι χρήστες θα χρησιμοποιούν όλο και περισσότερες εφαρμογές, που θα δημιουργούν παράσιτα, όπως βίντεο HD, διαδικτυακές συσκευές, εφαρμογές κοινωνικής δικτύωσης, online ροή ραδιοφώνου κ.λ.π. Αυτά καταναλώνουν περισσότερη χωρητικότητα από ποτέ άλλοτε. Οι βασικές διαφορές που θα έχει το 5G σε σύγκριση με το 4G είναι:

### ➤ Γρηγορότερο

Θα είναι ταχύτερο και θα έχει μεγαλύτερο εύρος από το ασύρματο 4G. Με το 5G θα κατεβαίνει πιο γρήγορα ένα βίντεο, αφού θα υπάρχουν λιγότερες νεκρές ζώνες. Η πλήρης ταχύτητα και τα πλεονεκτήματα του 5G απαιτούν δρομολογητή οικιακού δικτύου, που υποστηρίζει το 5G.

### ➤ Αλλαγή συχνοτήτων

Το 5G θα λειτουργεί στη ζώνη των 5 GHz. Η ζώνη της συχνότητας των 2,4 GHz που είναι το 4G παρουσιάζει ολοένα μεγαλύτερη πολυκοσμία, καθώς, χρησιμοποιείται από πληθώρα συσκευών σε κάθε σπίτι ή γραφείο.

### ➤ Λιγότερες παρεμβολές

Το 5G θα έχει λιγότερες παρεμβολές. Η ζώνη των 5 GHz έχει σημαντικά περισσότερο χώρο για τη μετάδοση δεδομένων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα χρήση υψηλότερης ποιότητας, που ουσιαστικά εξαλείφει τις κακές συνδέσεις. Το 5G αφαιρεί τα νεκρά σημεία, έτσι ώστε να είναι δυνατό να χρησιμοποιείται

το τηλέφωνο σε περιοχές του δικτύου, όπου δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ως τώρα.

### ➤ **Ακριβότερο**

Το κόστος της υποδομής στην Νότια Κορέα αναμένεται να κυμανθεί περίπου στα 1.5 δισεκατομμύρια δολάρια. Άρα, συμπεραίνεται ότι και για τις υπόλοιπες χώρες του κόσμου ανάλογα με το μέγεθός τους και την πληθυσμιακή κάλυψη, που επιδιώκουν να πετύχουν, τα κόστη θα κυμαίνονται σε τέτοιου είδους μεγάλα ποσά, που είναι δύσκολο να βρεθούν και να δαπανηθούν στην περίοδο αυτή, που η οικονομική κρίση μαστίζει μεγάλο μέρος του αναπτυσσόμενου κόσμου.

### ➤ **Τηλεδιασκέψεις χωρίς προβλήματα**

Η ροή βίντεο απαιτεί πολύ μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων. Γι' αυτό, η παρακολούθηση βίντεο στα σημερινά ασύρματα δίκτυα μπορεί να δημιουργεί προβλήματα. Τα παγώματα της εικόνας σημειώνονται, επειδή το ασύρματο δίκτυο μπορεί να μην είναι δυνατό να μεταδώσει με ακρίβεια. Το 5G μειώνει τις προβληματικές εικόνες κατά την αποθήκευση βίντεο στην προσωρινή μνήμη buffer.

### ➤ **Γρηγορότερη δημιουργία αντιγράφου ασφαλείας**

Το 5G μειώνει σημαντικά τον χρόνο, που απαιτείται για τη μεταφορά αρχείων και τον συγχρονισμό δεδομένων. Η δημιουργία αντιγράφου ασφαλείας κινητών συσκευών είναι επίσης ταχύτερη. Από ημερολόγια, κείμενα, φωτογραφίες και βίντεο έως εφαρμογές κι επαφές, η δημιουργία αντιγράφου ασφαλείας δεδομένων θα είναι πλέον θέμα δευτερολέπτων.

## 1.5.3 Αλλαγές στα σύγχρονα δίκτυα

Όσον αφορά την τεχνολογία 5G αναμένεται να αλλάξει τον τρόπο ύπαρξης των σύγχρονων δικτύων, αφού θα έχει σημαντικά οφέλη σε σύγκριση με τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες. Η νέα τεχνολογία θα έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- περισσότερο πράσινη,
- μεγαλύτερου εύρους ζώνης,
- θα επιτρέπει τη σύνδεση πολύ μεγαλύτερου αριθμού συσκευών κινητής επικοινωνίας,
- θα έχει χαμηλό κόστος

Οι περισσότερες εταιρείες κινητών τηλεπικοινωνιών και κινητών δικτύων μελετάνε την αντίστοιχη τεχνολογία, έτσι ώστε να έχουν την πλεονεκτική αυτή τεχνολογία. Οι πολίτες θα καλοδεχτούν τη νέα τεχνολογία, αλλά ταυτόχρονα η εξέλιξη των συσκευών και η γρήγορες ταχύτητες, θα συμβάλουν σε νέες και μεγάλες απαιτήσεις για την ανάπτυξη νέων εφαρμογών.

Το 5G δεν είναι σίγουρο πότε θα κάνει την εμφάνιση του, υπολογίζεται ότι θα εμφανιστεί το 2020, παρόλα αυτά, όμως, επειδή υπάρχει οικονομική κρίση και είναι λογικό ότι ένα τέτοιο έργο είναι πολυδάπανο, και ενδέχεται να καθυστερήσει, ακόμα περισσότερο. Η αναβάθμιση του δικτύου θα έχει τεράστιο κόστος. Έτσι η τεχνολογία που θα χρειάζονται οι συσκευές για να μπορούν να δεχτούν το

καινούριο δίκτυο θα είναι αρκετά ακριβές. Πολλοί χρήστες ίσως να μην έχουν την οικονομική άνεση να τις αγοράσουν όταν εμφανιστεί το 5G.

Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι στα επόμενα χρόνια θα απασχολήσει η τεχνολογία 5G τα κινητά δίκτυα επικοινωνιών, τους πολίτες, τις εταιρείες ανάπτυξης και θα ευνοήσει νέες υπηρεσίες, οι οποίες θα πραγματοποιηθούν με βάση την ταχύτητα της νέας αυτής τεχνολογικής έκρηξης.

### 1.5.4 Οι καινοτομίες που θα φέρει το 5G

Τα δίκτυα πέμπτης γενιάς είναι σχεδιασμένα όπως είπαμε για να υποστηρίξουν το Διαδίκτυο των πραγμάτων. Εκτιμάται ότι θα προσφέρουν στο συνδρομητή τεράστιες ταχύτητες mobile Internet, μεγαλύτερες ακόμη και από 1Gbps, σταθερή ποιότητα υπηρεσιών ακόμα και εν κινήσει με υπερ-υψηλές ταχύτητες και μεγαλύτερη αυτονομία. Αυτό σημαίνει ότι θα φέρει πραγματικά την επανάσταση στην τεχνολογία όπως και στις εφαρμογές. Δυο από τα σημαντικότερα έργα που θα κάνουν την εμφάνιση τους μαζί με το 5G θα είναι το cloud computing και το IoT. Χωρίς την πέμπτη γενιά δεν θα μπορούσαμε καν να φανταστούμε αυτές αυτές τις εφαρμογές γιατί για την υλοποίηση τους θέλουμε τεράστιες ταχύτητες. Στη συνέχεια αναφέρεται ο όρος Υπολογιστικό Νέφος (cloud computing). Με αυτό τον όρο ονομάζεται η κατ' αίτηση διαδικτυακή κεντρική διάθεση υπολογιστικών πόρων (όπως δίκτυο, εξυπηρετητές, εφαρμογές και υπηρεσίες) με υψηλή ευελιξία, ελάχιστη προσπάθεια από τον χρήστη και υψηλή αυτοματοποίηση. Στο Υπολογιστικό Νέφος η αποθήκευση, η επεξεργασία και η χρήση δεδομένων, λογισμικού και υπηρεσιών γίνεται διαδικτυακά, μέσω απομακρυσμένων υπολογιστών σε κεντρικά Datacenter. Υπηρεσίες όπως η κατ' αίτηση παροχή εικονικών μηχανών, το διαδικτυακό ηλεκτρονικό ταχυδρομείο ή τα κοινωνικά δίκτυα συχνά βασίζονται στην τεχνολογία του Υπολογιστικού Νέφους.

## 2. Τι είναι το cloud computing



Το cloud computing είναι ένας τύπος χρήσης υπολογιστή διαδικτυακά βασισμένος που παρέχει διαμοιραζόμενους πόρους επεξεργασίας υπολογιστή και δεδομένα σε



υπολογιστές και άλλες συσκευές προς ζήτηση. Είναι ένα μοντέλο για να καθιστά ικανή την πανταχού παρόν την προς ζήτηση πρόσβαση σε μία διαμοιραζόμενη πησίνα παραμετροποιήσιμων υπολογιστικών πόρων (υπολογιστικά δίκτυα, σέρβερς, εφαρμογές και υπηρεσίες), η οποία μπορεί να τροφοδοτηθεί γρήγορα και να κυκλοφορήσει με την ελάχιστη προσπάθεια διαχείρισης. Το cloud computing και οι λύσεις αποθήκευσης παρέχουν στους χρήστες και τις επιχειρήσεις ποικίλες δυνατότητες να αποθηκεύσουν και να επεξεργαστούν τα δεδομένα τους κέντρα δεδομένων τρίτων που μπορεί να βρίσκονται μακριά από τον χρήστη, μιλώντας για μία απόσταση από μία άκρη της πόλης μέχρι την άλλη άκρη του κόσμου. Το cloud computing βασίζεται στο διαμοιρασμό των πόρων για να επιτευχθεί συνοχή και οικονομία της κλίμακας, παρόμοια με ένα βοηθητικό πρόγραμμα (όπως το ηλεκτρικό δίκτυο) μέσω ενός δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.

Συνήγοροι υποστηρίζουν ότι το cloud computing επιτρέπει στις επιχειρήσεις να αποφύγουν το κόστος των αρχικών υποδομών (π.χ. η αγορά των σέρβερ). Επίσης επιτρέπει στους οργανισμούς να επικεντρώνονται στις βασικές τους δραστηριότητες αντί να χαραμίζουν χρόνο και χρήμα στην υποδομή πληροφορικής. Οι υποστηρικτές ισχυρίζονται επίσης ότι το cloud computing επιτρέπει στις επιχειρήσεις να εγείρουν τις εφαρμογές τους και να τις τρέχουν πιο γρήγορα, με βελτιωμένη διαχειρισσιμότητα και λιγότερη συντήρηση, και να καθιστά ικανή στις ομάδες τεχνολογίας πληροφορίας την ταχύτερη προσαρμογή των πόρων για την κάλυψη διακυμάνσεις και την απρόβλεπτη επιχειρηματική ζήτηση. Οι πάροχοι cloud συνήθως χρησιμοποιούν ένα μοντέλο το «pay as you go». Αυτό θα οδηγήσει σε απροσδόκητα υψηλές χρεώσεις, αν οι διαχειριστές δεν προσαρμοστούν στο μοντέλο τιμολόγησης cloud.

Το 2009, η διαθεσιμότητα δικτύων υψηλής χωρητικότητας, υπολογιστές και συσκευές χαμηλού κόστους όπως επίσης η ευρεία υιοθέτηση του εικονοποιημένου υλικού, της υπηρεσιακά προσανατολιζόμενης αρχιτεκτονικής, και της υπολογιστική αυτονομίας και χρησιμότητας που οδηγεί στην ανάπτυξη του cloud computing. Οι εταιρείες μπορούν να αναβαθμιστούν καθώς αυξάνονται και οι υπολογιστικές ανάγκες και ξαφνικά να υποβιβαστούν καθώς οι απαιτήσεις ελαττώνονται. Το 2013, αναφέρθηκε ότι το cloud computing είχε γίνει μια υπηρεσία μεγάλη ζήτηση, ή ωφελιμότητας λόγω των πλεονεκτημάτων τις υψηλής υπολογιστικής ισχύος, του χαμηλού κόστους υπηρεσιών, της υψηλής απόδοσης, της επεκτασιμότητας, της προσβασιμότητας όπως επίσης και διαθεσιμότητας. Μερικοί προμηθευτές cloud βιώνουν ανάπτυξη ως και 50% ανάπτυξη κάθε χρόνο, μα καθώς είναι σε στάδιο νηπιακό ακόμα, έχει παγίδες που πρέπει να αντιμετωπιστούν για να κάνουν τις υπηρεσίες cloud computing πιο αξιόπιστες και φιλικές προς το χρήστη.

### 2.1 Η προέλευση του όρου

Η προέλευση του όρου cloud computing είναι ασαφής. Η λέξη cloud χρησιμοποιείται συνήθως στην επιστήμη για να περιγράψουμε μια μεγάλη συσσώρευση αντικειμένων που οπτικά εμφανίζονται από μια απόσταση σε ένα cloud και περιγράφει οποιοδήποτε σετ αντικειμένων του οποίου οι λεπτομέρειες δεν είναι περαιτέρω επιτηρούμενες σε ένα δεδομένο πλαίσιο. Άλλη μια εξήγηση είναι πως τα παλιά προγράμματα που ζωγράφιζαν δικτυακά σχήματα περικύκλωναν τα εικονίδια για σέρβερς με ένα κύκλο, και ένα σύμπλεγμα από σέρβερς σε ένα

δικτυακό διάγραμμα είχε πολλούς επικαλυπτόμενους κύκλους, που έμοιαζε με σύννεφο. Κατ' αναλογία με τη παραπάνω χρήση, η λέξη cloud χρησιμοποιούνταν σα μεταφορά για το δίκτυο και ένα τυποποιημένο σε σχήμα σύννεφου χρησιμοποιούνταν για να δείξουν ένα δίκτυο σχηματικά τηλεφωνικά. Αργότερα χρησιμοποιούνταν για την αναπαράσταση του δικτύου σε διαγράμματα δικτύου υπολογιστή. Με αυτή την απλοποίηση, η επίπτωση είναι ότι οι ιδιαιτερότητες του πως τα σημεία τέλους ενός δικτύου που συνδέονται δεν είναι σχετικά με το σκοπό της κατανόησης του διαγράμματος. Το σύμβολο του cloud χρησιμοποιούνταν για την αναπαράσταση δικτύων του υπολογιστικού εξοπλισμού στο κανονικό ARPANET το 1977, και στο CSNET το 1981 και οι δύο προκάτοχοι του ίδιο του δικτύου.

## 2.2 Χαρακτηριστικά

Το cloud computing παρουσιάζει τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

### 1. Ευελιξία

Η οποία μπορεί να βελτιωθεί για τους οργανισμούς, όπως το cloud computing μπορεί να αυξήσει την ευκαμψία των χρηστών με την ανατροφοδότηση, την πρόσθεση, ή την επέκταση των τεχνολογικών πόρων των υποδομών.

### 2. Κόστος

Η μείωση του οποίου θα γίνει από τους παρόχους του cloud. Ένα μοντέλο διανομής του δημόσιου cloud μετατρέπει κεφαλαιουχικές δαπάνες σε λειτουργικές δαπάνες. Αυτό υποτίθεται πως μειώνει τα εμπόδια στην είσοδο, καθώς οι υποδομές συνήθως παρέχονται από τρίτους και δε χρειάζεται να εξαργυρωθεί για μια φορά ή για σπάνια εντατικές υπολογιστικές εργασίες. Η τιμολόγηση με βάση την υπολογιστική χρήση είναι πολύ ακριβής. Με προοπτικές χρέωσης βασιζόμενες στο χειρισμό. Καθώς και λιγότερες ικανότητες πληροφορικής απαιτούνται μέσα στο σπίτι για την υλοποίηση των έργων που χρησιμοποιούν το cloud computing. Το αποθετήριο του υπερσύγχρονου έργου του e-FISCAL περιέχει διάφορα άρθρα που αναζητούν τις περιπτώσεις κόστους πιο λεπτομερώς, οι περισσότερες από αυτές συμπεριλαμβάνοντας την εξοικονόμηση κόστους βασίζονται στον τύπο των δραστηριοτήτων που στηρίζονται και στον τύπο υποδομών διαθέσιμων στο σπίτι.

### 3. Ανεξαρτησία συσκευής και τοποθεσίας

Δίνει την ικανότητα στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε συστήματα χρησιμοποιώντας ένα browser ανεξάρτητα της τοποθεσίας τους ή της συσκευής που χρησιμοποιούν. Σαν υποδομή τυπικά παρέχεται από τρίτους και αποκτάται πρόσβαση μέσω δικτύου, οι χρήστες μπορούν να συνδεθούν από παντού.

### 4. Διατήρηση

Των εφαρμογών του cloud computing είναι ευκολότερη, επειδή δε χρειάζονται να εγκαθίστανται στον υπολογιστή του κάθε χρήστη και μπορεί να αποκτηθεί πρόσβαση από διαφορετικά μέρη.

### 5. Πολυμίσθωση

Καθιστά ικανό το διαμοιρασμό των πόρων και των κοστών σε μια μεγάλη πλειάδα από χρήστες, επιτρέποντας έτσι την:

- κεντροποίηση των υποδομών σε περιοχές με χαμηλότερο κόστος
- αύξηση της χωρητικότητας του φορτίου αιχμής (Οι χρήστες δεν χρειάζεται να κατασκευάσουν και να πληρώσουν για τους πόρους και τον εξοπλισμό για να καλύψουν τις πιθανά υψηλότερα επίπεδα φορτίου)
- βελτίωση της αξιοποίησης και της απόδοσης για συστήματα τα οποία είναι συνήθως μόνο 10 με 20 τα εκατό σε χρήση

## 6. Απόδοση

που παρακολουθείται από ειδήμονες, άτομα καταρτισμένα στη τεχνολογία της πληροφόρησης από τους παρόχους του σέρβις, και οι σταθερά και οι χαλαρά συνδεδεμένες αρχιτεκτονικές κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες του δικτύου σαν το σύστημα διεπαφής.

## 7. Πραγωγικότητα

μπορεί να αυξηθεί όταν πολλαπλοί χρήστες μπορούν να δουλέψουν στα ίδια δεδομένα ταυτόχρονα, από το να περιμένει να σωθεί και να σταλθεί με μήνυμα. Ο χρόνος μπορεί να σωθεί σε πληροφορία και δε χρειάζεται να εισαχθεί πάλι όταν τα πεδία ταιριάζουν, ούτε οι χρήστες χρειάζονται να εγκαταστήσουν λογισμικές αναβαθμίσεις των εφαρμογών στον υπολογιστή τους.

## 8. Αξιοπιστία

βελτιώνεται με τη χρήση από πολλαπλές πλεονάζουσες τοποθεσίες, το οποίο κάνει το καλά σχεδιασμένο cloud computing κατάλληλο για την συνέχιση των επιχειρήσεων και ανάκαμψη από καταστροφές.

## 9. Επεκτασιμότητα και ελαστικότητα

μέσω δυναμικής τροφοδοσίας των πόρων με μεγάλη ακρίβεια, αυτοεξυπηρέτηση σε σχεδόν αληθινό χρόνο, χωρίς οι χρήστες να χρειάζεται να σχεδιάσουν φορτία αιχμής. Αυτό δίνει την ικανότητα να κλιμακώνεται όταν η ανάγκη χρήσης αυξάνεται ή να μειώνεται αν οι πόροι δεν χρησιμοποιούνται.

## 10. Ασφάλεια

μπορεί να βελτιωθεί μέσα από τη κεντροποίηση των δεδομένων, την αύξηση των πόρων που συγκεντρώνονται στην ασφάλεια, και τα λοιπά, αλλά ανησυχίες διεγείρονται όσο αφορά την απώλεια του ελέγχου πάνω σε συγκεκριμένα ευαίσθητα δεδομένα, και η έλλειψη ασφάλειας για καταχωρημένους kernels. Η ασφάλεια συνήθως είναι καλή όσο ή και καλύτερη από άλλα παραδοσιακά συστήματα, εν μέρει επειδή οι πάροχοι υπηρεσιών είναι σε θέση να αφιερώνουν πόρους στην επίλυση θεμάτων ασφάλειας που πολλοί πελάτες δε βρίσκονται στην οικονομική θέση να αντιμετωπίσουν ή δε διαθέτουν τις τεχνικές γνώσεις. Παρ'όλα αυτά, η πολυπλοκότητα της ασφάλειας αυξάνεται ραγδαία όταν διανέμονται δεδομένα πάνω από μία ευρύτερη περιοχή ή πάνω από ένα μεγαλύτερο αριθμό συσκευών, όπως επίσης συστήματα πολλαπλής χρήσης μοιραζόμενα από άσχετους χρήστες. Επιπλέον, η πρόσβαση χρήστη στην ασφάλεια των

αρχείων καταγραφής ελέγχου μπορεί να είναι δύσκολη ως αδύνατη. Ιδιωτικές εγκαταστάσεις cloud θέτονται σε κίνηση εν μέρει από την επιθυμία των χρηστών να διατηρούν τον έλεγχο των υποδομών και να αποφεύγουν να χάσουν τον έλεγχο της ασφάλειας των πληροφοριών.

Ο προσδιορισμός του εθνικού κέντρου προτύπων και τεχνολογιών του cloud computing αναγνωρίζει πέντε σημαντικά χαρακτηριστικά:

- Η αυτοεξυπηρέτηση προς ζήτηση. Ένας καταναλωτής μπορεί μονομερώς να παρέχει τις υπολογιστικές ικανότητες, όπως ο σέρβερ χρόνου και αποθήκευσης δικτύου, όπως είναι αναγκαίο να γίνεται αυτόματα χωρίς να απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση με κάθε πάροχο υπηρεσιών.
- Η ευρεία διαδικτυακή πρόσβαση. Οι ικανότητες είναι διαθέσιμες στο δίκτυο και προσβάσιμες μέσα από σταθερούς μηχανισμούς που προάγουν τη χρήση από ετερογενείς λεπτές ή παχιές client platforms.
- Η συγκέντρωση των πόρων. Οι υπολογιστικοί πόροι του παρόχου συγκεντρώνονται για να εξυπηρετήσουν πολλαπλούς καταναλωτές χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο multi-tenant, με διαφορετικούς φυσικούς και εικονικούς πόρους δυναμικά εκχωρημένες και επανεκχωρημένες με βάση τη ζήτηση του καταναλωτή.
- Άμεση ελαστικότητα. Οι ικανότητες μπορούν να τροφοδοτούνται και να κυκλοφορούν ελαστικά, σε κάποιες περιπτώσεις αυτόματα, ώστε να αναβαθμίζονται γρήγορα προς τα έξω και προς τα μέσα, ανάλογα με τη ζήτηση. Για τον καταναλωτή, οι ικανότητες που είναι διαθέσιμες για τροφοδότηση συχνά εμφανίζονται απεριόριστες και μπορεί να πιστωθεί σε οποιαδήποτε ποσότητα ανά πάσα στιγμή.
- Μετρημένη υπηρεσία. Τα συστήματα cloud αυτομάτου ελέγχου και βελτιστοποίησης χρήσης πόρων μοχλεύοντας μία ικανότητα μέτρησης μέχρι ένα επίπεδο αφαίρεσης κατάλληλο για το τύπο υπηρεσίας. Η χρήση των πόρων μπορεί να παρακολουθείται, να ελέγχεται, και να καταγράφεται, παρέχοντας διαφάνεια και για τον πάροχο και για τον καταναλωτή της χρησιμοποιούμενης υπηρεσίας.

## 2.3 Υπηρεσιακά μοντέλα



Αν και η υπηρεσιακά προσανατολιζόμενη αρχιτεκτονική υποστηρίζει “τα πάντα ως υπηρεσία”, οι cloud computing πάροχοι προσφέρουν τις υπηρεσίες τους σύμφωνα με τα διαφορετικά μοντέλα, από τα οποία τα τρία σταθερά μοντέλα ανά NIST (εθνικό κέντρο προτύπων και τεχνολογίας) είναι η υποδομή ως μια υπηρεσία(IaaS), η πλατφόρμα ως μια υπηρεσία(PaaS), και το λογισμικό ως μια υπηρεσία(SaaS). Αυτά τα μοντέλα προσφέρουν αυξανόμενη αφαίρεση, συχνά απεικονίζονται ως στρώματα μίας στοίβας: υποδομή, πλατφόρμα και λογισμικό σε μια υπηρεσία, μα δε χρειάζεται να σχετίζονται. Για παράδειγμα το ένα μπορεί να παρέχει SaaS εφαρμοσμένο σε φυσικές μηχανές, χωρίς να χρησιμοποιεί ως βασικά στρώματα το PaaS ή το IaaS, και αντιστρόφως ένα μπορεί να τρέχει ένα πρόγραμμα στο IaaS και να έχει πρόσβαση άμεση σε αυτό, χωρίς να το τυλίγει όπως το SaaS.

Ο προσδιορισμός του NIST του cloud computing προσδιορίζει τα μοντέλα υπηρεσίας ως εξής:

1. (SaaS). Η ικανότητα που παρέχεται στο καταναλωτή είναι να χρησιμοποιήσει τις εφαρμογές του παρόχου που τρέχουν σε μία υποδομή cloud. Οι εφαρμογές είναι προσβάσιμες από πολλές client συσκευές μέσα από ένα λεπτό client, όπως ένας browser ή ένα πρόγραμμα αλληλεπίδρασης. Ο καταναλωτής δε μπορεί να διαχειριστεί ή να ελέγξει τη βασική υποδομή cloud συμπεριλαμβανομένου το δίκτυο, τους σέρβερς, τα λειτουργικά συστήματα, τον αποθηκευτικό χώρο ή ακόμη και τις ατομικές δυνατότητες της εφαρμογής, με τη πιθανή εξαίρεση τις περιορισμένες ρυθμίσεις εφαρμογής συγκεκριμένου χρήστη.
2. (PaaS). Η ικανότητα που παρέχεται στο καταναλωτή να αναπτύσσει πάνω στην υποδομή του cloud κατασκευασμένες από καταναλωτή ή επίκτητες εφαρμογές δημιουργημένες χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού, βιβλιοθήκες, υπηρεσίες, και εργαλεία υποστηριζόμενα από το πάροχο. Ο καταναλωτής δε μπορεί να διαχειριστεί ή να ελέγξει τη βασική υποδομή cloud συμπεριλαμβανομένου το δίκτυο, τους σέρβερς, τα λειτουργικά συστήματα ή τον αποθηκευτικό χώρο, μα έχει τον έλεγχο των ανεπτυγμένων εφαρμογών και πιθανών στις ρυθμίσεις διαμόρφωσης για το περιβάλλον εφαρμογών του host.
3. (IaaS). Η ικανότητα που παρέχεται στο καταναλωτή είναι να προβλέπει την επεξεργασία, τον αποθηκευτικό χώρο, τα δίκτυα, και άλλους θεμελιώδη υπολογιστικούς πόρους όπου ο καταναλωτής είναι ικανός να παρατάσσει και να τρέχει αυθαίρετο λογισμικό, το οποίο μπορεί να συμπεριλαμβάνει λειτουργικά συστήματα και εφαρμογές. Ο καταναλωτής δε μπορεί να διαχειριστεί ή να ελέγξει τη βασική υποδομή cloud αλλά έχει τον έλεγχο των λειτουργικών συστημάτων, του αποθηκευτικού χώρου, και των ανεπτυγμένων εφαρμογών, και πιθανών του περιορισμένου ελέγχου στην επιλογή των μερών του δικτύου.

### 2.3.1 Υποδομή ως μια υπηρεσία(IaaS)

Στο μοντέλο της Υποδομής ως Υπηρεσία μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν υπάρχουν περιορισμοί. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τους πόρους που απαιτούνται για τις ανάγκες του και να εγκαταστήσει το λειτουργικό σύστημα που επιθυμεί καθώς και

οποιαδήποτε εφαρμογή ο ίδιος επιθυμεί. Επιπλέον μπορεί να έχει, έστω και με ορισμένους περιορισμούς, τον έλεγχο του δικτυακού μέρους του συστήματος του, όπως τον ορισμό κανόνων τείχους προστασίας (firewall) ή συστήματος εξισορρόπησης φορτίου (load balancer). Σύμφωνα με την Internet Engineering Task Force(IETF), το πιο βασικό μοντέλο υπηρεσίας cloud είναι αυτό που οι πάροχοι προσφέρουν υπολογιστική υποδομή εικονικών μηχανών και άλλων πόρων σαν υπηρεσία στους συνδρομητές. Το IaaS αναφέρεται σε δικτυακές υπηρεσίες που αποσπών τον χρήστη από τις λεπτομέρειες της υποδομής όπως φυσικοί υπολογιστικοί πόροι, τοποθεσία, διαμοιρασμός δεδομένων, κλιμάκωση, ασφάλεια, backup κτλ. Ο χρήστης δε μπορεί να ελέγξει και να διαχειριστεί μόνο την υποδομή στην οποία στηρίζεται το σύστημα του. Στην προκειμένη περίπτωση ως υποδομή εννοούνται οι φυσικοί πόροι του συστήματος, καθώς σε αυτό το μοντέλο ο χρήστης «νοικιάζει» εικονικούς πόρους για επεξεργασία, αποθήκευση δεδομένων και δίκτυο από μία, όπως προαναφέρθηκε, δεξαμενή φυσικών πόρων του παρόχου της υπηρεσίας. Ένας hypervisor(Το hypervisor παρουσιάζει τα guest λειτουργικά συστήματα με μια εικονική πλατφόρμα λειτουργίας και διαχειρίζεται την εκτέλεση των guest λειτουργικών συστημάτων) όπως το Xen, το Oracle VirtualBox, το Oracle VM, KVM, VMware ESX/ESXi, or Hyper-V, τρέχει τις εικονικές μηχανές σα guest. Συγκεντρώσεις από hypervisors μέσα στο λειτουργικό σύστημα του cloud μπορεί να στηρίξει μεγάλα νούμερα εικονικών μηχανών και την ικανότητα να κλιμακώνονται ή να μειώνονται σύμφωνα με τις ποικίλες απαιτήσεις του πελάτη. Τα linux containers λειτουργούν σε απομονωμένα μέρη ενός ενιαίου πυρήνα linux που λειτουργεί απευθείας στο φυσικό υλικό. Τα cgroups και τα namespaces του linux είναι οι υποκείμενες τεχνολογίες πυρήνα linux που χρησιμοποιείται για την απομόνωση, την ασφάλιση και τη διαχείριση των containers. Η containersation προσφέρει μεγαλύτερη απόδοση από την εικονικοποίηση, επειδή δεν υπάρχει hypervisor από πάνω. Επίσης, η χωρητικότητα του container αυτοκλιμακώνεται δυναμικά με υπολογιστικό φορτίο, το οποίο εξαλείφει το πρόβλημα της υπερτροφοδότησης και επιτρέπει τη χρέωση που είναι βασιζόμενη στη χρήση. Τα IaaS clouds συχνά προσφέρουν επιπρόσθετους πόρους όπως η εικονική μηχανή βιβλιοθήκη disk-image, ακατέργαστο αποθηκευτικό μπλοκ, αποθήκευση αρχείων ή αντικειμένων, τοίχοι προστασίας, ισοροπιστές φορτίου, διευθύνσεις IP, εικονική τοπική περιοχή δικτύων, και λογισμικές δέσμες. Όπως και στο μοντέλο της Πλατφόρμας ως Υπηρεσία, έτσι και εδώ έχουμε αρκετά θετικά σημεία σε σύγκριση με προγενέστερες πρακτικές. Καταρχήν δεν απαιτείται η εκ των προτέρων αγορά ή ενοικίαση εξοπλισμού. Απεναντίας εφαρμόζεται και σε αυτή την περίπτωση η διαδικασία της πληρωμής βάσει χρήσης. Με αυτό το δεδομένο επιχειρήσεις ή οργανισμοί με μη σταθερές απαιτήσεις μπορούν να αυξομειώσουν τους πόρους που χρησιμοποιούν αναλόγως με τις ανάγκες τους. Από τη μεριά του παρόχου της υπηρεσίας μπορεί να γίνει μία αρχική εκτίμηση της ζήτησης που μπορεί να υπάρξει και να στηθεί όλη η υποδομή του έτσι ώστε να μπορεί να εξυπηρετήσει όλους τους πελάτες του. Σε περίπτωση δε που παραστεί ανάγκη επέκτασης σε οποιοδήποτε κομμάτι του συστήματος, αυτό είναι κατά τέτοιο τρόπο δομημένο ώστε να είναι δυνατό να προστεθούν οι ανάλογοι πόροι. Παρότι το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ακόμη αρκετά καινούριο έχουν ήδη αναπτυχθεί αρκετές υπηρεσίες, πολλές εκ των οποίων παρέχουν πλέον ιδιαίτερα αξιόπιστες υποδομές και ευελιξία στις παροχές τους. Η πιο διαδεδομένη Υποδομή ως Υπηρεσία αυτή τη στιγμή είναι το Elastic

Compute Cloud της Amazon, το οποίο διατέθηκε αρχικά ως beta έκδοση τον Αύγουστο του 2006 για να προχωρήσει σε παραγωγικό επίπεδο δύο χρόνια αργότερα, τον Οκτώβριο του 2008. Ενδιαφέρον έχει και ο τρόπος με τον οποίο η Amazon παρουσίασε την υπηρεσία της, λέγοντας: «για να είστε σε θέση να αυξήσετε ή να μειώσετε τους πόρους σας εντός λεπτών, όχι ωρών ή ημερών». Αρκετές ακόμη υπηρεσίες αυτού του μοντέλου έκαναν την εμφάνιση τους τα τελευταία χρόνια, κάποιες εκ των οποίων είναι τα GoGrid, FlexiScale, Aneka και Google Compute Engine (GCE).

### 2.3.2 Πλατφόρμα ως μια υπηρεσία(PaaS)

Προκειμένου να είναι εφικτή η ανάπτυξη και διαχείριση εφαρμογών σε πόρους ενός συστήματος νέφους απαιτείται η δημιουργία μίας «πλατφόρμας» η οποία θα παρέχει ένα κατάλληλο περιβάλλον. Η «πλατφόρμα» αυτή βασίζεται σε συγκεκριμένο λειτουργικό σύστημα και υποστηρίζει συγκεκριμένες δυνατότητες, οι οποίες καθορίζονται από τον πάροχο της υπηρεσίας. Οι προμηθευτές του PaaS παρέχουν ένα περιβάλλον ανάπτυξης στους προγραμματιστές εφαρμογών. Ο πάροχος συνήθως αναπτύσσει την εργαλειοθήκη και τα πρότυπα για ανάπτυξη και κανάλια για διανομή και πληρωμή. Στα μοντέλα PaaS, οι πάροχοι cloud παραδίδουν μια υπολογιστική πλατφόρμα, που συνήθως συμπεριλαμβάνει λειτουργικό σύστημα, περιβάλλον εκτέλεσης προγραμματιστικής γλώσσας, δεδομένα, και δικτυακό σέρβερ. Οι προγραμματιστές εφαρμογών είναι σε θέση να αναπτύξουν και να τρέξουν τις λογισμικές λύσεις τους σε μια πλατφόρμα cloud χωρίς το κόστος και τη πολυπλοκότητα του να αγοράζουν και να διαχειρίζονται τα βασικά υλικά και λογισμικά στρώματα. Ουσιαστικά στο συγκεκριμένο μοντέλο υπηρεσιών ο χρήστης αναλαμβάνει τον πλήρη έλεγχο και τη διαχείριση της εφαρμογής, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να αλλάξει και κάποιες παραμέτρους του περιβάλλοντος που την φιλοξενεί. Παρ' όλα αυτά και σε αυτό το μοντέλο δεν έχει κανέναν έλεγχο σε ότι αφορά τη λειτουργία και διαχείριση των υποδομών στις οποίες εγκαθίσταται η εφαρμογή. Αυτός ο περιορισμός μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι θεμιτός, καθώς όλο το βάρος της διαχείρισης του συστήματος πέφτει στον πάροχο της υπηρεσίας κάτι που συνεπάγεται ότι προγραμματιστές ή μικρές επιχειρήσεις χωρίς ιδιαίτερη τεχνογνωσία στον τομέα της διαχείρισης πληροφοριακών συστημάτων είναι ικανοί να υλοποιήσουν και να δημοσιοποιήσουν τις διαδικτυακές εφαρμογές τους σχετικά εύκολα και χωρίς ιδιαίτερο κόστος. Με κάποιες προτάσεις PaaS όπως η Microsoft Azure και η Google App Engine, ο βασικός υπολογιστής και οι πόροι αποθήκευσης κλιμακώνονται αυτόματα ώστε να ταιριάζει η ζήτηση εφαρμογών έτσι ώστε ο χρήστης του cloud να μην έχει να διανέμει πόρους χειροκίνητα. Το αργότερο έχει επίσης προταθεί από μία αρχιτεκτονική που στοχεύει στην επίτευξη πραγματικού χρόνου σε περιβάλλον cloud. Ακόμη πιο συγκεκριμένη τύποι εφαρμογών μπορούν να παρέχονται μέσω PaaS, όπως κωδικοποίηση των μέσων ενημέρωσης που παρέχεται από υπηρεσίες όπως το bitcodin.com ή το media.io. Μία περίπτωση πλατφόρμας ως υπηρεσία που επίσης εμφανίστηκε αρκετά πριν τον ερχομό του υπολογιστικού νέφους, είναι οι εφαρμογές διαχείρισης χώρου φιλοξενίας ιστοσελίδων, στις οποίες έχουν πρόσβαση οι πελάτες των παρόχων ανάλογων υπηρεσιών. Ένα παράδειγμα τέτοιου τύπου εφαρμογής είναι το Plesk. Παρότι βέβαια αυτού του τύπου οι υπηρεσίες μπορούν να συγκαταλέγονται στο μοντέλο της πλατφόρμας ως υπηρεσία δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στο

γενικότερο πλαίσιο του υπολογιστικού νέφους, καθώς δε συμβαδίζουν με τα θεμελιώδη χαρακτηριστικά του. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες, κυρίως από μεγάλες επιχειρήσεις στο χώρο της τεχνολογίας, και έχουν υλοποιηθεί αρκετές πλατφόρμες με διάφορα χαρακτηριστικά, όπως φαίνεται στον πίνακα:

Πίνακας τεσσάρων περιπτώσεων πλατφόρμας ως υπηρεσία.

Επωνυμία	Γλώσσες Προγραμματισμού	Εργαλεία ανάπτυξης	Περιπτώσεις Εφαρμογής
Google App Engine	Java, Python, PHP, Go	Google Plugin for Eclipse	Διαδικτυακές εφαρμογές
Microsoft Azure	.NET, Node.js, Java, PHP, Python, Ruby, iOS, Android	Azure tools for MS Visual Studio, SDKs for various languages/platforms	Δεν υπάρχουν σαφείς περιορισμοί
Salesforce.com's Force.com	Apex	Eclipse Plugin, Web-based IDE	Εφαρμογές Επιχειρήσεων
Heroku	Ruby, Node.js, Python, Java, PHP, Clojure, Scala	Heroku Toolbelt (CLI with Git support)	Διαδικτυακές εφαρμογές

ένα δυνατό μειονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι η έλλειψη διαλειτουργικότητας και φορητότητας μεταξύ των παρόχων. Σε περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο παραστεί η ανάγκη μεταφοράς της εφαρμογής από έναν πάροχο σε άλλο, δε θα υπάρχει αυτή η δυνατότητα εάν για παράδειγμα η νέα πλατφόρμα δεν υποστηρίζει τη γλώσσα προγραμματισμού στην οποία είναι γραμμένη η εφαρμογή.

### 2.3.3 Λογισμικό ως μια υπηρεσία(SaaS)

Η συγκεκριμένη συνεχίζει να είναι ακόμη και σήμερα η πιο αποτελεσματική και διαδεδομένη επιλογή σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Αυτό είναι άλλωστε λογικό αν



αναλογιστεί κανείς πως ουσιαστικά προϋπάρχει του όρου υπολογιστικό νέφος, καθώς αφορά διαδικτυακές εφαρμογές στις οποίες μπορούν να έχουν πρόσβαση χιλιάδες ή εκατομμύρια χρήστες μέσω του περιηγητή διαδικτύου από οποιαδήποτε συσκευή. Στο μοντέλο SaaS, οι χρήστες κερδίζουν την πρόσβαση στο λογισμικό των εφαρμογών και των δεδομένων. Οι πάροχοι cloud διαχειρίζονται την υποδομή και τη πλατφόρμα που τρέχει τις εφαρμογές. Το SaaS κάποιες φορές αποκαλείται ως λογισμικό προς ζήτηση και συνήθως τιμολογείται σε πληρωμή ανά χρήση βάση ή χρησιμοποιώντας ένα αντίτιμο συνδρομής. Συνήθως σε αυτό το μοντέλο υπηρεσιών ο χρήστης δεν αγοράζει εκ των προτέρων κάποιο λογισμικό, αλλά πιο συγκεκριμένα, κατά μία έννοια το «νοικιάζει» με μία μορφή συνδρομής ή πληρωμής βάση χρήσης. Υπάρχουν επίσης και περιπτώσεις που υπηρεσία παρέχεται δωρεάν είτε εξ' ολοκλήρου, είτε με περιορισμένες δυνατότητες. Στο μοντέλο SaaS, οι πάροχοι cloud εγκαθιστούν και λειτουργούν το λογισμικό της εφαρμογής στο cloud και οι χρήστες cloud έχουν πρόσβαση στο λογισμικό από client clouds. Οι χρήστες cloud δε διαχειρίζονται την υποδομή και τη πλατφόρμα του cloud όπου η εφαρμογή τρέχει. Αυτό αποσύρει την ανάγκη να εγκατασταθεί και να τρέξει η εφαρμογή στον υπολογιστή του cloud χρήστη, το οποίο απλοποιεί τη διατήρηση και την υποστήριξη. Οι cloud εφαρμογές διαφέρουν από άλλες εφαρμογές στην επεκτασιμότητα η οποία μπορεί να επιτευχθεί με τη κλινοποίηση καθηκόντων σε πολλαπλές εικονικές μηχανές σε χρόνο λειτουργίας ώστε να ανταποκρίνεται στις μεταβαλλόμενες ζήτησης εργασίας. Οι ισορροπιστές φορτίου διανέμουν τη δουλειά στις εικονικές μηχανές. Αυτή η διαδικασία είναι διάφανη στο χρήστη cloud, που βλέπει μόνο ένα σημείο πρόσβασης. Για να εξυπηρετήσει ένα μεγάλο αριθμό χρηστών cloud, οι εφαρμογές cloud μπορούν να είναι multitenant(Ο όρος " software multitenancy" αναφέρεται σε μια αρχιτεκτονική λογισμικού στην οποία ένα μόνο μέρος του λογισμικού τρέχει σε ένα σέρβερ και να εξυπηρετεί πολλούς ενοικιαστές.) που σημαίνει πως οποιαδήποτε μηχανή μπορεί να εξυπηρετεί περισσότερους από ένα οργανισμούς χρήστες cloud. Το πιο κλασικό παράδειγμα λογισμικού που παρέχεται ως υπηρεσία είναι οι εφαρμογές ηλεκτρονικής αλληλογραφίας μέσω διαδικτύου (web-based email). Σύμφωνα με τον Mark Brownlow: Οι τρεις μεγαλύτερες εφαρμογές του χώρου είναι οι Microsoft Hotmail (πλέον Windows Live Hotmail), Yahoo! Mail και Gmail που αθροιστικά αριθμούν αρκετά πάνω από 1 δισεκατομμύριο χρήστες. Παράλληλα στο ίδιο άρθρο αναφέρεται πως το 92% των ενήλικων Αμερικανών χρηστών του διαδικτύου διαβάζουν ή στέλνουν email, ενώ το 66% εξ' αυτών το πράττουν σε καθημερινή βάση. Επιπλέον σύμφωνα με έρευνα εταιρείας που δραστηριοποιείται στην έρευνα αγοράς της τεχνολογίας: ο αριθμός των λογαριασμών email παγκοσμίως αναμένεται να αυξηθεί από 3.3 δισεκατομμύρια το 2012 σε περισσότερα από 4.3 δισεκατομμύρια μέχρι το τέλος του 2016. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται επίσης και εφαρμογές παροχής αποθηκευτικού χώρου (π.χ. Dropbox, Google Drive κ.ά.), αποθετήρια κώδικα εφαρμογών (π.χ. Github, Bitbucket κ.ά.), ενώ τα τελευταία χρόνια διαδίδονται ολοένα και περισσότερο εφαρμογές γραφείου που παρέχονται ως υπηρεσίες (π.χ. Google Docs, Office 365). Τέλος, έχουν αναπτυχθεί πλέον εφαρμογές που συμπεριλαμβάνουν πολλές από τις προαναφερθείσες σε μία κοινή διεπιφάνεια, όπως για παράδειγμα το iCloud της Apple.

## 2.4 Αποθήκευση αρχείων στο υπολογιστικό νέφος

Διατίθεται η ικανότητα αποθήκευσης αρχείων «στο σύννεφο» δίνοντας τη ικανότητα να χρησιμοποιηθεί το υπολογιστικό νέφος ως αποθηκευτικός χώρος, να διαμοιράζονται αρχεία με άλλους χρήστες και να διατηρούνται συγχρονισμένα αντίγραφα των αρχείων μεταξύ πολλών υπολογιστών. Υπάρχουν σε δωρεάν έκδοση και έκδοση επί πληρωμή.

## 2.5 Υπολογιστικό σέρβερλες

Το υπολογιστικό σέρβερλες είναι ένα μοντέλο εκτέλεσης κωδικού cloud computing στο οποίο ο πάροχος cloud το διαχειρίζεται πλήρως ξεκινώντας ή σταματώντας τις εικονικές μηχανές στην ανάγκη να εξυπηρετηθούν τα αιτήματα, και τα αιτήματα χρεώνονται από ένα μέτρο αφαίρεσης των πόρων που απαιτούνται για να ικανοποιηθεί το αίτημα, αντί για ανά μηχανή, ανά ώρα. Παρά το όνομα, δεν περιλαμβάνει πραγματικά εκτέλεση κώδικα χωρίς σέρβερς. Έχει ονομαστεί έτσι επειδή η επιχείρηση ή το πρόσωπο που του ή της ανήκει το σύστημα δεν έχει να εξαργυρώσει, νοικιάσει ή να προβλέψει σέρβερς ή εικονικές μηχανές για τον back-end (Μια back-end βάση δεδομένων είναι μια βάση που οι χρήστες έχουν πρόσβαση έμμεσα μέσω μίας εξωτερικής εφαρμογής και όχι από προγραμματισμένες εφαρμογές που είναι αποθηκευμένες μέσα στη βάση ή από χαμηλό επίπεδο διαχείρισης δεδομένων) κωδικό να τρέξει.

## 2.6 Client cloud

Οι χρήστες έχουν πρόσβαση στο cloud computing χρησιμοποιώντας συσκευές client δικτυωμένες, όπως υπολογιστές γραφείου, laptops, tablets και smartphones και κάθε συσκευή συνδεδεμένη με Ethernet όπως συσκευές οικιακού αυτοματισμού. Κάποιες από αυτές τις συσκευές cloud client βασίζονται στο cloud computing έτσι ώστε όλες ή η πλειοψηφία των εφαρμογών τους να είναι σε σημαντικό βαθμό άχρηστες χωρίς αυτό. Παραδείγματα είναι οι λεπτοί clients και το βασιζόμενο στο browser chrombook (Ένα chromebook είναι ένα laptop τρέχει το λειτουργικό σύστημα chrome που βασίζεται στο linux σα δικό του λειτουργικό σύστημα) Πολλές cloud εφαρμογές δεν διαθέτουν συγκεκριμένο λογισμικό στον client και αντί αυτού χρησιμοποιούν ένα web browser να αλληλεπιδρά με μία cloud εφαρμογή. Με το Ajax και την HTML5 αυτές δικτυακές διεπαφές χρήστη μπορούν να φτάσουν ένα ίδιο, ή ακόμη καλύτερα, να έρχονται οπτικά και αισθητικά σε επαφή με τις εφαρμογές. Κάποιες cloud εφαρμογές, όπως και να έχει, υποστηρίζουν συγκεκριμένο client λογισμικό αφοσιωμένο σε αυτές τις εφαρμογές. Κάποιες κληρονομικές εφαρμογές παραδίδονται μέσω τεχνολογίας της οθόνης του επιμερισμού.

## **2.7 Ανάπτυξη μοντέλων**

### **2.7.1 Ιδιωτικό cloud**

Το ιδιωτικό cloud είναι υποδομή cloud που λειτουργεί αποκλειστικά και μόνο για ένα οργανισμό, είτε διαχειρίσιμο εσωτερικά ή από τρίτους, και hosted είτε εσωτερικά ή εξωτερικά. Η ανάληψη ενός έργου ιδιωτικού cloud απαιτεί ένα σημαντικό επίπεδο και βαθμός σύμπλεξης ώστε να εικονοποιήσει το επιχειρησιακό περιβάλλον, και απαιτεί ο οργανισμός να επανεκτιμά τις αποφάσεις σχετικά με τους υπάρχοντες πόρους. Όταν γίνει σωστά, μπορεί να βελτιώσει τη δουλειά, μα κάθε βήμα στο έργο αυξάνει τα θέματα περί ασφάλειας που πρέπει να επιλυθούν με σκοπό την αποτροπή σοβαρών τρωτών σημείων. Τα self-run κέντρα δεδομένων απαιτούν γενικά υψηλά κεφάλαια. Έχουν ένα συγκεκριμένο φυσικό αποτύπωμα, που απαιτεί κατανομές χώρου, υλικό υπολογιστών, και έλεγχος περιβάλλοντος. Αυτά τα περιουσιακά στοιχεία θα πρέπει να ανανεώνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, καταλήγοντας στη σπατάλη επιπρόσθετων κεφαλαίων. Έχουν προσελκύσει κριτική επειδή οι χρήστες έχουν ακόμη να τα αγοράσουν, τα χτίσουν και διαχειριστούν και ως εκ τούτου δεν επωφελούνται από λιγότερο διαχείρισιμα χέρια, συγκεκριμένα λείπει το οικονομικό μοντέλο που θα κάνει το cloud computing, μια ελκυστική ιδέα.

### **2.7.2 Δημόσιο cloud**

Ένα cloud αποκαλείται δημόσιο cloud όταν οι υπηρεσίες καθίστανται πάνω σε ένα δίκτυο που είναι ανοιχτό για δημόσια χρήση. Οι υπηρεσίες του δημοσίου cloud μπορεί να είναι δωρεάν. Θεωρητικά μπορεί να μην υπάρχει διαφορά ανάμεσα στο ιδιωτικό και το δημόσιο cloud όσο αφορά την αρχιτεκτονική, παρ'όλα αυτά, η εξέταση της ασφάλειας μπορεί να είναι σημαντικά διαφορετική για τις υπηρεσίες που γίνονται διαθέσιμες από ένα πάροχο υπηρεσιών για το δημόσιο κοινό και όταν η επικοινωνία επηρεάζεται από ένα μη αξιόπιστο δίκτυο. Γενικά οι υπηρεσίες του παρόχου του δημοσίου cloud όπως το Amazon Web Services, η Microsoft και η Google κατέχουν και λειτουργούν την υποδομή στο κέντρο δεδομένων και η πρόσβαση είναι γενικά μέσω δικτύου. Η (AWS) και η Microsoft επίσης προσφέρουν υπηρεσίες άμεσης σύνδεσης αποκαλούμενες AWS Άμεση Σύνδεση και Azure ExpressRoute αντίστοιχα, τέτοιες συνδέσεις απαιτούν πελάτες που εξαργυρώνουν ή νοικιάζουν μια ιδιωτική σύνδεση σε ένα σημείο ανταλλαγής κίνησης προσφερόμενη από το πάροχο cloud.

### **2.7.3 Υβριδικό cloud**

Το υβριδικό cloud είναι ένα αποτέλεσμα δύο ή περισσότερων clouds που παραμένουν ξεχωριστές οντότητες αλλά είναι δεμένες μαζί, προσφέροντας τα οφέλη των πολλαπλών μοντέλων ανάπτυξης. Υβριδικό cloud σημαίνει επίσης η ικανότητα να συνδέεται με τον συνδυασμό, διαχειρίσιμων και/ή αφοσιωμένων υπηρεσιών με τους πόρους cloud. Το Gartner, Inc. (Το Gartner, Inc. είναι μια αμερικανική συμβουλευτική εταιρεία έρευνας που παρέχει πληροφορίες τεχνολογικά σχετιζόμενη διορατικά με τους ειδήμονες στο τομέα της τεχνολογίας και για άλλους διοικητικούς επιχειρηματίες) προσδιορίζει την υπηρεσία του υβριδικού cloud σαν την υπηρεσία υπολογιστικού cloud που αποτελείται από κάποιο συνδυασμό υπηρεσιών ιδιωτικού, δημόσιου και κοινωνικού cloud, από

διαφορετικούς παρόχους υπηρεσιών. Μια υπηρεσία υβριδικού cloud διασταυρώνει την απομόνωση και τα όρια του παρόχου έτσι ώστε να μη μπορεί να μπει σε μια απλή κατηγορία υπηρεσίας ιδιωτικού, δηόσιου, ή κοινωνικού cloud. Θα επιτρέπει σε κάποιον να επεκτείνει την υπηρεσία είτε της χωρητικότητα ή της ικανότητας ενός σύννεφου, με την συγκέντρωση, την ένταξη ή την προσαρμογή με μια άλλη υπηρεσία cloud.

Πολλές περιπτώσεις χρήσης σύνθετου υβριδικού cloud υπάρχουν. Για παράδειγμα, ένας οργανισμός μπορεί να αποθηκεύσει ευαίσθητα δεδομένα client στο σπίτι σε μια ιδιωτική εφαρμογή cloud, αλλά να συνδέει εσωτερικά αυτή την εφαρμογή σε μια εφαρμογή επιχειρηματικά ευφυής που παρέχεται σε ένα δημόσιο cloud σαν υπηρεσία λογισμικού. Αυτό το παράδειγμα υβριδικού cloud επεκτείνει τις ικανότητες της επιχείρησης να διανέμει μια συγκεκριμένη επιχειρησιακή υπηρεσία μέσα από τη πρόσθετη της εξωτερικά διαθέσιμη υπηρεσία του δημόσιου cloud.

### 2.7.4 Κοινοτικό cloud

Κοινοτικά ονομάζονται τα νέφη ονομάζονται τα νέφη που δημιουργούνται συγκεκριμένα από μια κοινότητα χρηστών κάποιων οργανισμών με καθορισμένο και κοινό σκοπό. Οι υποδομές ενός κοινοτικού νέφους μπορούν να βρίσκονται στην κατοχή και διαχείριση ενός ή περισσοτέρων από τους συμμετέχοντες οργανισμούς, σε κάποιο εξωτερικό πάροχο ή ακόμη και σε συνδυασμό αυτών.

## 2.8 Το υπολογιστικό νέφος συμβάλει στην προστασία του περιβάλλοντος

### Υπολογιστικό νέφος και περιβάλλον

- Τα **data centers** και οι **servers** χρειάζονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας για να λειτουργούν όλο το 24ωρο.
- Τα **data centers** ευθύνονται για το 2% της παγκόσμιας ρύπανσης του περιβάλλοντος.

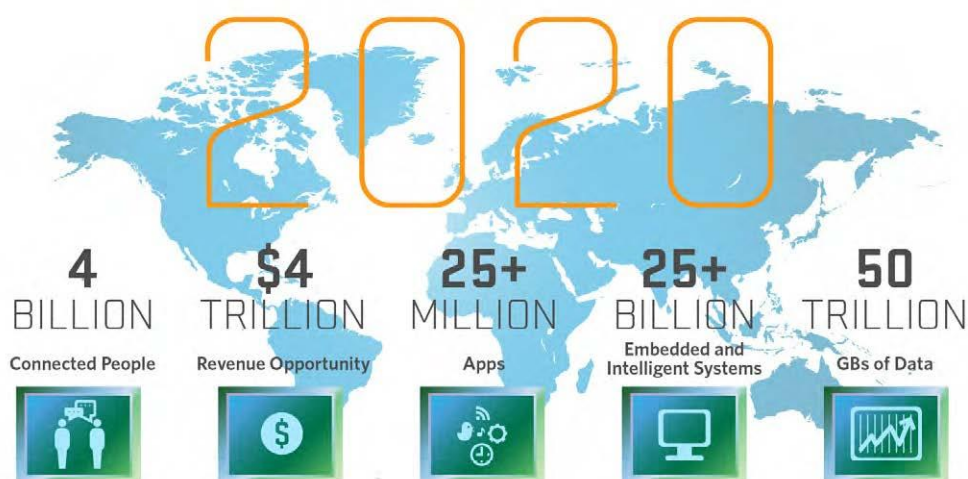


Όπως και στην περίπτωση της αεροπορίας, η ραγδαία ανάπτυξη των υπολογιστών τους έκανε να είναι πιο επιρρεπείς πηγές εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα. Ενώ, το υπολογιστικό νέφος είναι ο βέλτιστος τρόπος για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη μείωση των περιβαλλοντικών μολύνσεων λόγω των εκπομπών άνθρακα στον συγκεκριμένο κλάδο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μεγάλες επενδύσεις που σχετίζονται με το υπολογιστικό νέφος μπορούν να προγραμματιστούν με εξυπηρετητές χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και με βάση πράσινες πηγές ενέργειας, πολύ πιο εύκολα απ' ό,τι να εξασφαλιστεί ότι

εκατοντάδες εκατομμύρια χρήστες ηλεκτρονικών υπολογιστών θα είναι πιο προσεκτικοί με τις φιλικές επιλογές για το περιβάλλον. Επιπλέον, η χρήση του υλικού μπορεί να γίνει καλύτερη μειώνοντας τον αριθμό των φυσικών μηχανών που απαιτούνται για να εκτελεσθεί συγκεκριμένη αλληλουχία εργασιών.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή χρηματοδοτεί το ερευνητικό έργο – Eurocloud server project – του οποίου τα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν ότι θα ήταν δυνατόν να μειωθεί ως και 90% η χρησιμοποιούμενη ενέργεια στα κέντρα δεδομένων του υπολογιστικού νέφους και ότι αυτό θα αποτελέσει επιπλέον βελτίωση πέραν της ήδη επιτευχθείσας εξοικονόμησης, με την στροφή από τις λύσεις τύπου απομονωμένων σταθμών εργασίας και εξυπηρετητών σε λύσεις που να βασίζονται στο υπολογιστικό νέφος.

### 3. Τι είναι το IoT και τι προοπτικές έχει



Source: Mario Morales, IDC.

Το **(IoT)** internet of things ή στα ελληνικά Διαδίκτυο των Πραγμάτων, είναι στην ουσία το δίκτυο των φυσικών αντικειμένων – συσκευών, οχημάτων, κτηρίων και άλλων διαφόρων αντικειμένων με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά, λογισμικό, αισθητήρες και οπωσδήποτε σύνδεση στο δίκτυο που θα επιτρέψει στο αντικείμενο να συλλέγει και να ανταλλάσσει δεδομένα. Το IoT επιτρέπει στα αντικείμενα να γίνονται αντιληπτά και να ελέγχονται χειροκίνητα από όλη την υπάρχουσα υποδομή του δικτύου, δημιουργώντας ευκαιρίες για πιο άμεση ενσωμάτωση του φυσικού κόσμου στα συστήματα που βασίζονται σε υπολογιστή, και οδηγώντας σε βελτιωμένη επάρκεια, ακρίβεια και οικονομικό όφελος. Όταν το IoT ενισχύεται με αισθητήρες και ενεργοποιητές, η τεχνολογία γίνεται ένα παράδειγμα της πιο γενικής τάξης των **(CPS)** cyber - physical systems ή αλλιώς κυβερνοφυσικών – συστημάτων (Τα κυβερνοφυσικά συστήματα είναι αυτά τα οποία αποτελούνται από οντότητες όπως μηχανισμούς οι οποίοι είναι ελεγχόμενοι ή καθοδηγούμενοι από αλγορίθμους. Τα CPS είναι παρόμοια με το IoT καθώς μοιράζονται την ίδια αρχιτεκτονική, παρόλα αυτά τα CPS παρουσιάζουν ένα υψηλότερο συνδυασμό και

συντονισμό φυσικών και υπολογιστικών στοιχείων.), το οποίο επίσης περικλείει τεχνολογίες όπως :

Τα smart grids ή αλλιώς έξυπνα δίκτυα (Ένα έξυπνο δίκτυο είναι ένα ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο περιλαμβάνει μία ποικιλία λειτουργικών και ενεργειακών μέτρων συμπεριλαμβανομένου των έξυπνων μέτρων, των έξυπνων συσκευών, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας επαρκών ενεργειακών πόρων), τα smart homes – έξυπνα σπίτια (Ένα έξυπνο σπίτι είναι ένα σπίτι στο οποίο η χρήση και ο έλεγχος των συσκευών του σπιτιού γίνονται χειροκίνητα ή αυτόματα, κάποια αντικείμενα μπορούν να λειτουργούν αυτόματα χωρίς να επικοινωνούν με το δίκτυο ενώ τα άλλα που είναι μέρος του IoT για χειροκίνητο έλεγχο και μεταφορά δεδομένων, το μέγεθος του ελέγχου μπορεί να κυμαίνεται από απόσταση της συσκευής μέχρι ένα smartphone με τη χρήση του bluetooth μέχρι και από τη συσκευή μέχρι ένα υπολογιστή ο οποίος βρίσκεται στην άλλη άκρη του κόσμου και οι εντολές θα δίνονται μέσω μίας εφαρμογής.), το intelligent transportation system - έξυπνο σύστημα μεταφοράς (Τέτοια συστήματα είναι εξελιγμένες εφαρμογές οι οποίες, χωρίς ενσωματωμένη ευφυΐα, όπως να στοχεύει στο να παρέχει καινοτόμες υπηρεσίες που σχετίζονται σε διαφορετικές καταστάσεις διαχείρισης μεταφοράς και κίνησης, και να επιτρέψει σε διάφορους χρήστες να είναι καλύτερα ενημερωμένοι και να είναι πιο ασφαλείς, πιο συντονισμένοι και εξυπνότερη χρήση των δικτύων μεταφοράς.) και τέλος τις smart cities - έξυπνες πόλεις (Μια έξυπνη πόλη είναι ένα όραμα αστικής ανάπτυξης για την ενσωμάτωση πολλαπλών λύσεων στη πληροφορία και την επικοινωνία της τεχνολογίας (ICT - information and communication technology) με ένα ασφαλές τρόπο για τη διαχείριση των περιουσιακών στοιχείων μιας πόλης - τα στοιχεία της πόλης περιλαμβάνουν τα συστήματα πληροφορίας τοπικών υπηρεσιών, τα σχολεία, τις βιβλιοθήκες, τα συστήματα μεταφοράς, τα νοσοκομεία, τις γεννήτριες παροχής ενέργειας, τα δίκτυα παροχής νερού, η επιβολή του νόμου και άλλες κοινωνικές υπηρεσίες. Ο στόχος της οικοδόμησης μιας έξυπνης πόλης είναι η βελτίωση της ποιότητας ζωής με τη χρήση της τεχνολογίας για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των υπηρεσιών και την κάλυψη των αναγκών των κατοίκων. )Κάθε τι είναι μοναδικά αναγνωρίσιμο μέσα από το ενσωματωμένο του υπολογιστικό σύστημα, αλλά είναι ικανό να συνεργάζεται μέσα από την υπάρχουσα υποδομή του διαδικτύου. Τέλος οι ειδικοί εκτιμούν πως το IoT θα αποτελείται από τουλάχιστον πενήντα δισεκατομμύρια αντικείμενα από το 2020.

Τυπικά, το IoT αναμένεται να προσφέρει προηγμένη επικοινωνία στις συσκευές, τα συστήματα, και τις υπηρεσίες που πηγάζει πιο πέρα από την επικοινωνία μηχανής προς μηχανή και καλύπτει μια ποικιλία πρωτόκολλων, πεδίων, και εφαρμογών. Η ενδοσύνδεση αυτών των ενσωματωμένων συσκευών, αναμένεται να εγκαινιάσει την αυτοματοποίηση σε όλους τους τομείς, ενώ επίσης θα θέτει σε λειτουργία προηγμένες εφαρμογές όπως το smart grid, και θα επεκτείνεται στις περιοχές όπως οι smart cities.

Ο όρος αντικείμενο στο IoT αναφέρεται σε μια ευρεία ποικιλία συσκευών όπως εμφυτεύματα για τη παρακολούθηση της καρδιάς, βιοτσιπ αναμεταδότες σε ζώα φάρμας, κινητά με ενσωματωμένους αισθητήρες, συσκευές ανάλυσης DNA για περιβαλλοντική διατροφική παθολογία παρακολούθηση ή συσκευές λειτουργίας τομέα που βοηθάει τους πυροσβέστες στις επιχειρήσεις αναζήτησης και διάσωσης.

Νόμιμο ερευνητές προτείνουν την όψη των πραγμάτων σε μια αξεμπέρδευτη μίξη του υλικού μέρους, του λογισμικού, των δεδομένων και των υπηρεσιών. Αυτές οι συσκευές συλλέγουν χρήσιμα δεδομένα με τη βοήθεια πολλαπλών υπαρκτών τεχνολογιών και τότε αυτόνομα να ρέουν τα δεδομένα μεταξύ άλλων συσκευών. Επίκαιρα παραδείγματα αγοράς συμπεριλαμβάνουν αυτοματισμό σπιτιού όπως ο έλεγχος και ο αυτοματισμός του φωτισμού, θέρμανσης, αερισμού, συστημάτων κλιματισμού, και συσκευών όπως πλυντηρίων, ρομποτικής σκούπας, καθαριστής αέρα, φούρνων ή ψυγείων/καταψυκτών που χρησιμοποιούν Wi-Fi για χειροκίνητη παρακολούθηση.

Όπως επίσης και η επέκταση του δικτυακά συνδεδεμένου αυτοματισμού σε μια πληθώρα νέων τομέων εφαρμογών, το IoT αναμένεται να παράγει μεγάλα ποσά δεδομένων από πολλαπλές περιοχές, με τη συνακόλουθη ανάγκη για γρήγορη συνάθροιση των δεδομένων, και μια αύξηση στην ανάγκη να δείξει, αποθηκεύσει και επεξεργαστεί τέτοια δεδομένα πιο αποτελεσματικά. Το IoT είναι μια από τις πλατφόρμες της σημερινής Έξυπνης πόλης και των Έξυπνων συστημάτων διαχείρισης ενέργειας.

Η ιδέα του IoT εφευρέθηκε και επινοήθηκε σαν όρος από τον Peter T. Lewis το Σεπτέμβριο του 1985 σε ένα διάλογο που παρέδωσε σε μια υποστηριζόμενη συνεδρία του U.S. Federal Communications Commission στο Congressional Black Caucus στη δέκατη πέμπτη Νομοθετική Διάσκεψη στο τέλος της εβδομάδας.

### 3.1 Εφαρμογές



Σύμφωνα με την Gartner, Inc. το οποίο είναι μια ερευνητική τεχνολογικά και συμβουλευτική εταιρία, θα είναι κοντά στα 20.8 δις συσκευές στο IoT μέχρι το 2020. Εκτιμάται από την ABI Research πως περισσότερες από 30 δις συσκευές θα είναι ασύρματα συνδεδεμένες στο IoT μέχρι το 2020. Με βάση μια έρευνα και μελέτη που έγινε το 2014 από το κέντρο Pew Research ένα δικτυακό προτζεκτ, μια μεγάλη πλειοψηφία των τεχνολογικά ειδικευόμενων και χρήστες απασχολημένους δικτυακά που ανταποκρίθηκαν το 83 τοις εκατό συμφώνησαν με τη σημείωση πως το Internet/Cloud of Things, το εγκατεστημένο και το ενδυματικό computing θα έχει

εξαπλωθεί και επιδράσει κερδοφόρα μέχρι το 2025. Έτσι, είναι ξεκάθαρο πως το IoT θα αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό συσκευών συνδεδεμένων στο δίκτυο. Σε μια ενεργή κίνηση για να δεχτεί νέες και αναδυόμενες τεχνολογικές καινοτομίες, η κυβέρνηση του Ηνωμένου Βασιλείου, στο προϋπολογισμό του 2015, διέθεσε 40.000.000 £ έναντι της έρευνας για το δίκτυο των αντικειμένων. Ο προηγούμενος βρετανός Καγκελάριος του Υπουργείου οικονομικών George Osborn, κατέθεσε πως το IoT είναι το επόμενο βήμα της επανάστασης των πληροφοριών και ανέφερε την ενδοσύνδεση των πάντων από αστική μεταφορά σε ιατρικές συσκευές σε οικιακές συσκευές.

Ενοποίηση με το Διαδίκτυο σημαίνει ότι οι συσκευές θα χρησιμοποιήσουν μια διεύθυνση IP ως μοναδικό αναγνωριστικό. Όμως, επειδή ο χώρος των διευθύνσεων IPv4 είναι περιορισμένος που επιτρέπει μόνο 4.3 δις μοναδικές διευθύνσεις, τα αντικείμενα στο IoT θα πρέπει να χρησιμοποιούν IPv6 για την ύπαρξη αρκετά μεγάλου επαρκούς χώρου διευθύνσεων. Τα αντικείμενα στο IoT δε θα είναι μόνο συσκευές με αισθητήριες ικανότητες, μα επίσης παρέχουν κινητικές ικανότητες. Σε ένα μεγάλο βαθμό, το μέλλον του IoT δε θα είναι ικανό να υπάρξει χωρίς IPv6 στα ερχόμενα χρόνια και συνεπώς η παγκόσμια υιοθέτηση του IPv6 στα ερχόμενα χρόνια θα είναι κρίσιμη για την επιτυχή ανάπτυξη του IoT στο μέλλον.

Η ικανότητα να δικτυώνονται εγκατεστημένες συσκευές με περιορισμένη CPU, μνήμη και πόρους ενέργειας σημαίνει πως το IoT βρίσκει εφαρμογές σχεδόν σε κάθε πεδίο. Τέτοια συστήματα θα μπορούσαν να είναι υπεύθυνα για τη συλλογή πληροφοριών σε ρυθμίσεις που κυμαίνονται από φυσικά οικοσυστήματα σε κτήρια και εργοστάσια, έτσι η εύρεση εφαρμογών σε πεδία περιβαλλοντικής παρακολούθησης και πολεοδομικού σχεδιασμού.

Από την άλλη, τα συστήματα IoT θα μπορούσαν επίσης να είναι υπεύθυνα για την εκτέλεση ενεργειών, όχι μόνο να αισθάνεται πράγματα. Ευφυή συστήματα αγορών, για παράδειγμα, θα μπορούσε να παρακολουθεί συγκεκριμένες αγοραστικές συνήθειες χρηστών σε ένα κατάστημα παρακολουθώντας συγκεκριμένα τα κινητά τους τηλέφωνα. Αυτοί οι χρήστες τότε θα μπορούσαν τους παρέχονται με ειδικές προτάσεις στα αγαπημένα τους προϊόντα, ή ακόμη και η τοποθεσία των αντικειμένων που χρειάζονται, όπου το ψυγείο αυτόματα έχει μεταδώσει στο τηλέφωνο. Πρόσθετα παραδείγματα αίσθησης και ενέργειας ανακλώνται στις εφαρμογές που έχουν να κάνουν με θέρμανση, ηλεκτρισμό, και διαχείριση ενέργειας, όπως επίσης συστήματα μεταφοράς υποστήριξη κρουαζιέρας. Άλλες εφαρμογές που το IoT μπορεί να παρέχει είναι να καθιστά εφαρμόσιμα τα επεκταμένα χαρακτηριστικά ασφαλείας στο σπίτι και οικιακού αυτοματισμού.

### • Στη παρακολούθηση του περιβάλλοντος (Environmental monitoring)

που θα επιτυγχάνεται με εφαρμογές που ουσιαστικά χρησιμοποιούν αισθητήρες βοηθούν στη περιβαλλοντική προστασία παρατηρώντας τον αέρα ή τη ποιότητα του νερού, σε ατμοσφαιρικές ή εδαφολογικές συνθήκες, και μπορεί να συμπεριλάβει και περιοχές που θα παρακολουθεί τη κινητικότητα της άγριας φύσης και του φυσικού περιβάλλοντος της. Ανάπτυξη συσκευών



περιορισμένων πόρων συνδεδεμένες στο διαδίκτυο επίσης σημαίνει ότι άλλες εφαρμογές όπως συστήματα προειδοποίησης σεισμών ή τσουνάμι (earthquake or tsunami early-warning systems) μπορούν να χρησιμοποιηθούν από υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης προκειμένου να προσφέρει πιο αποτελεσματική βοήθεια. Συσκευές IoT σε αυτή την εφαρμογή καλύπτουν ουσιαστικά μία μεγάλη γεωγραφική έκταση και μπορούν επίσης να είναι κινητές. Έχει υποστηριχθεί πως αυτά που θα προσφέρει η τυποποίηση του IoT στην ασύρματη αίσθηση θα κάνουν αυτό το τομέα να επαναστατήσει.

- **Στη διαχείριση των υποδομών (Infrastructure management)**

Παρακολουθώντας και ελέγχοντας λειτουργίες των αστικών και αγροτικών υποδομών, όπως γέφυρες, σιδηροδρομικές γραμμές, εντός και εκτός στεριάς αιολικών πάρκων είναι μια βασική εφαρμογή του IoT. Η υποδομή IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση τυχόν γεγονότων ή αλλαγών στις διαρθρωτικές συνθήκες που μπορεί να κάνουν την ασφάλεια αμφίβολη και να αυξήσουν τον κίνδυνο. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για δραστηριότητες όπως προγραμματισμός επιδιόρθωση και διατήρηση με ένα αποτελεσματικό τρόπο, συγχρονίζοντας τις εργασίες μεταξύ διαφορετικών παροχών υπηρεσιών και χρηστών αυτών των εγκαταστάσεων. Οι συσκευές IoT μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο κρίσιμων υποδομών, όπως γέφυρες για να παρέχει πρόσβαση στα πλοία. Η χρήση των συσκευών IoT για παρακολούθηση και λειτουργία των υποδομών είναι πιθανό να βελτιώσει τη διαχείριση των περιστατικών και τον συντονισμό της ανταπόκρισης στα επείγοντα, και τη ποιότητα των υπηρεσιών, τις ώρες λειτουργίας και τη μείωση του κόστους λειτουργίας όλων των υποδομών των συσχετιζόμενων τομέων. Ακόμη και τομείς όπως η διαχείριση των αποβλήτων μπορούν να επωφεληθούν από την αυτοματοποίηση και βελτιστοποίηση που θα μπορούσε να έρθει από το IoT.

- **Στη βιομηχανοποίηση (manufacturing)**

Ο δικτυακός έλεγχος και η διαχείριση του εξοπλισμού παραγωγής, όπως επίσης και η διαχείριση περιουσιακών στοιχείων και καταστάσεων, ή η διαδικασία παραγωγικού ελέγχου φέρει το IoT μέσα στο βασίλειο των βιομηχανικών εφαρμογών και της έξυπνης παραγωγής. Τα ευφυή IoT συστήματα κάνουν δυνατή τη ταχεία παραγωγή νέων προϊόντων, τη δυναμική ανταπόκριση στις απαιτήσεις των προϊόντων, και βελτιστοποίηση της βιομηχανικής παραγωγής και δίκτυα αλυσίδων εφοδιασμού σε πραγματικό χρόνο.

Ψηφιακά συστήματα ελέγχου για την αυτοματοποιημένη διαδικασία ελέγχου, τα εργαλεία διαχειριστή και των συστημάτων πληροφοριών των υπηρεσιών με σκοπό τη βελτιστοποίηση της ασφάλειας και της προστασίας του εργοστασίου μέσα στα όρια του IoT. Το οποίο επίσης θα επεκτείνεται από μόνο του για τη διαχείριση του κεφαλαίου μέσω της προβλέψιμης διατήρησης, της στατιστικής αξιολόγησης και των μετρήσεων ώστε να μεγιστοποιηθεί η αξιοπιστία. Έξυπνα συστήματα βιομηχανικής παραγωγής μπορούν επίσης να ολοκληρωθούν με το έξυπνο δίκτυο,

έτσι επιτρέποντας τη βελτιστοποίηση της ενέργειας σε πραγματικό χρόνο. Μετρήσεις, αυτόματοι έλεγχοι, βελτιστοποίηση του εργοστασίου, διαχείριση υγείας και ασφάλειας, και άλλες λειτουργίες παρέχονται από ένα μεγάλο αριθμό δικτυακών αισθητήρων.

Το εθνικό ίδρυμα επιστημών(National Science Foundation) καθιέρωσε μία συνεργάσιμη βιομηχανία/πανεπιστήμιο κέντρο έρευνας πάνω στα ευφυή συστήματα διατήρησης (Intelligent Maintenance Systems (IMS)) το 2001 μία έρευνα με επίκεντρο τη χρήση προβλέψιμων αναλυτικών τεχνολογιών βασισμένες στο IoT που θα παρακολουθούν συνδεδεμένες μηχανές και να προβλέπουν τη μηχανική υποβάθμιση, και να αποτρέψουν περαιτέρω αποτυχίες. Το όραμα να επιτύχουν μηδενική κατάρρευση χρησιμοποιώντας βασισμένα σε IoT προβλέψιμες αναλυτικές οδήγησαν τις μελλοντικές σχεδιάσεις των e-manufacturing και e-maintenance δραστηριοτήτων.

Ο όρος IIoT(industrial internet of things) εμφανίζεται συχνά στις παραγωγικές βιομηχανίες, αναφερόμενος στο βιομηχανικό υποσύνολο του IoT. Το IIoT στη κατασκευή πιθανότατα να παράγει τόση πολύ εργασιακή αξία που τελικά να οδηγήσει στη τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, έτσι το αποκαλούμενο industry 4.0(ή αλλιώς η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, είναι ένας συλλεκτικός όρος που ενστερνίζεται ένα αριθμό σύγχρονων αυτοματισμών, ανταλλαγή δεδομένων και κατασκευαστικές τεχνολογίες. Έχει οριστεί σαν ένας συλλεκτικός όρος για τεχνολογίες και έννοιες που έχουν αξία για αλυσίδες οργανισμών που έλκουν μαζί κυβερνοφυσικά συστήματα(Cyber-Physical Systems,), το διαδίκτυο των πραγμάτων(Internet of Things) και το διαδίκτυο των υπηρεσιών (Internet of Services)). Εκτιμάται ότι στο μέλλον, επιτυχημένες εταιρείες θα είναι ικανές να αυξήσουν τα έσοδα τους μέσα από το IoT δημιουργώντας νέα μοντέλα εργασιών και να βελτιωθεί η παραγωγικότητα, εκμεταλλευόμενοι τις αναλυτικές για καινοτομία, και μεταμόρφωση της εργατικής δύναμης. Η δυνατότητα της ανάπτυξης από την δράση του IIoT θα παράγει δώδεκα τρισεκατομμύρια παγκόσμια GDP(ακαθάριστο εθνικό προϊόν) από το 2030.

Ενώ η συνδεσιμότητα και η απόκτηση δεδομένων είναι επιτακτική για το IIoT, θα έπρεπε να είναι το θεμέλιο και μονοπάτι σε κάτι μεγαλύτερο μα όχι ο σκοπός. Ανάμεσα σε όλες τις τεχνολογίες, προβλέψιμη διατήρηση είναι μία σχετικά “ευκολότερη νίκη” από τη στιγμή που είναι εφαρμόσιμη στα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης και περιουσιακά στοιχεία. Ο στόχος των συστημάτων ευφυούς διατήρησης είναι να μειώσει τις απροσδόκητες διακοπές και να αυξήσει τη παραγωγικότητα. Και να φανταστείς πως μόνο του θα παρήγαγε γύρω στο 30% πάνω από το συνολικό κόστος διατήρησης. Οι αναλυτικές μεγάλων βιομηχανικά δεδομένα(ή αλλιώς Industrial Big Data, γενικά αναφέρεται σε ένα μεγάλο μέρος διαφοροποιημένων χρονοσειρών που παράγονται σε υψηλή ταχύτητα από τον βιομηχανικό εξοπλισμό. Ο όρος άρχισε να χρησιμοποιείται μαζί με το σκεπτικό του IIoT και του industry 4.0) θα παίξουν ένα ζωτικό ρόλο στη προληπτική συντήρηση του βιομηχανοποιημένου κεφαλαίου, αν και δεν είναι η μοναδική ικανότητα των μεγάλων βιομηχανικών δεδομένων. Τα CPS είναι η πυρηνική τεχνολογία των μεγάλων βιομηχανικών δεδομένων και θα είναι η διεπαφή μεταξύ ανθρώπου και κυβερνοκόσμου. Τα κυβερνοφυσικά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν ακολουθώντας την 5C(connection,conversion,cyber,cognition,configuration)

αρχιτεκτονική, και θα μετατρέψει τα συλλεγμένα δεδομένα σε πληροφορίες δράσης, και τελικώς παρεμβαίνουν στο φυσικό κεφάλαιο ώστε να βελτιστοποιηθούν οι διαδικασίες.

Ένα ευφυές ικανό IoT σύστημα τέτοιων περιπτώσεων έχει παρουσιαστεί από το NSF βιομηχανία/πανεπιστήμιο, κέντρο συνεργατικής έρευνας για τα IMS στο πανεπιστήμιο του Cincinnati σχετικά με ένα μηχάνημα πριονοκορδέλα στο IMTS(international manufacturing technology show) στο Chicago. Οι μηχανές πριονοκορδέλας δεν είναι απαραίτητα ακριβές, αλλά η ζώνη της πριονοκορδέλας είναι πανάκριβη καθώς φθείρεται πιο γρήγορα. Παρ όλα αυτά, χωρίς αναλυτικές αίσθησης και ευφυίας, και μπορεί μόνο να καθοριστεί από την εμπειρία πότε η ζώνη θα σπάσει. Το σύστημα ανεπτυγμένων προγνωστικών θα είναι ικανό να αναγνωρίζει και να παρακολουθεί την φθορά του μηχανήματος πριονοκορδέλας ακόμη κι αν η κατάσταση αλλάζει, έτσι ώστε οι χρήστες θα γνωρίζουν σε μικρό και πραγματικό χρόνο πότε είναι η καλύτερη στιγμή για να αντικατασταθεί. Αυτό θα βελτιώσει χαρακτηριστικά την εμπειρία του χρήστη και την ασφαλή λειτουργία, και να εξοικονομηθούν χρήματα στο να αντικατασταθούν οι ζώνες πριν καταστραφούν. Οι ανεπτυγμένοι αναλυτικοί αλγόριθμοι αναγνωρίζονταν σε ένα cloud server, και γινόταν προσιτό μέσα από το διαδίκτυο σε συσκευές κινητής τηλεφωνίας.

### • Στη διαχείριση ενέργειας

Η ολοκλήρωση των συστημάτων αίσθησης και ενεργοποίησης, συνδεδεμένα στο διαδίκτυο, είναι πιθανό να βελτιστοποιήσει την ενεργειακή κατανάλωση ως σύνολο. Είναι προσδοκώμενο ότι οι συσκευές IoT θα είναι ολοκληρωμένες σε όλες τις μορφές συσκευών ενεργειακής κατανάλωσης(διακόπτες, τηλεοράσεις, πρίζες, βολβούς, κλπ.) και να είναι ικανές να επικοινωνούν με την εταιρεία παροχής κοινής ωφέλειας έτσι ώστε να εξισορροπήσει αποτελεσματικά τη παραγωγή και χρήση ενέργειας. Τέτοιες συσκευές θα προσέφεραν επίσης ευκαιρίες για τους χρήστες να ελέγχουν χειροκίνητα τις συσκευές τους, ή κεντρικά να τις διαχειρίζονται μέσω διεπαφής βασισμένη σε cloud, και να καθίστανται ικανές οι προχωρημένες λειτουργίες όπως η χρονοδρομολόγηση(π.χ., συστήματα θέρμανσης χειροκίνητης τροφοδοσίας, ελεγχόμενοι φούρνοι, μεταβαλλόμενες συνθήκες φωτισμού, κλπ) Στην ουσία, λίγα συστήματα που επιτρέπουν τον χειροκίνητο έλεγχο των πριζών είναι ήδη διαθέσιμα στο εμπόριο, π.χ., το Belkin's WeMo, ο διακόπτης χειροκίνητης τροφοδοσίας amberly, το Budderfly, το Telkonet's EcoGuard, το WhizNets Inc., κλπ. Εκτός από βασισμένη οικιακά διαχείριση ενέργειας, το IoT είναι ειδικά σχετιζόμενο με το έξυπνο δίκτυο από τη στιγμή που παρέχει συστήματα να συγκεντρώνουν και να δρουν με ενέργεια και πληροφορίες συσχετιζόμενες με τροφοδοσία σε μία αυτοματοποιημένη μόδα με στόχο να βελτιώσει την επάρκεια, την αξιοπιστία, τα οικονομικά, και βιωσιμότητα της παραγωγής και διανομή ηλεκτρικού ρεύματος. Χρησιμοποιώντας συσκευές υποδομές προχωρημένων μετρήσεων(advanced metering infrastructure-AMI) συνδεδεμένες στον διαδικτυακό αγωγό, οι επιχειρήσεις ηλεκτρικού ρεύματος δε μπορούν μόνο να συλλέξουν δεδομένα από τις συνδέσεις του τελικού χρήστη, αλλά και να διαχειρίζονται άλλες συσκευές αυτοματισμού διανομής όπως μετασχηματιστές και διακόπτες επαναφοράς.

- **Στα συστήματα ιατρικής και υγειονομικής περίθαλψης**

Οι συσκευές IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να καθιστούν ικανή τη χειροκίνητη παρακολούθηση της υγείας και συστήματα ειδοποίησης έκτακτης ανάγκης. Αυτές οι συσκευές παρακολούθησης της υγείας μπορούν να ποικίλουν από αρτηριακή πίεση και παρακολούθηση παλμού καρδιάς ως εξελιγμένες συσκευές ικανές να παρακολουθούν ειδικευμένα εμφυτεύματα, όπως βηματοδότες, ηλεκτρονικό περικάρπιο Fitbit (ανιχνευτής κίνησης ικανός να μετρά δεδομένα όπως ο αριθμός των βημάτων που έχουν περπατηθεί, ο παλμός της καρδιάς, η ποιότητα του ύπνου, και άλλες προσωπικές μετρήσεις.)

- **Στον οικιακό και οικοδομικό αυτοματισμό**

Οι συσκευές IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρακολουθούνται και να ελέγχονται τα μηχανικά, τα ηλεκτρικά και τα ηλεκτρονικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στους ποικίλους τύπους των κτηρίων (π.χ., δημοσίων και ιδιωτικών, βιομηχανικών, ιδρυμάτων, ή κατοικημένων) στα συστήματα οικιακού και οικοδομικού αυτοματισμού.

- **Στη μεταφορά**

Το IoT μπορεί να βοηθήσει στην ενσωμάτωση των επικοινωνιών, του ελέγχου, και της επεξεργασίας της πληροφορίας σε διάφορα συστήματα μεταφοράς. Η εφαρμογή του IoT εκτείνεται σε όλες τις πτυχές των συστημάτων μεταφοράς (όπως το όχημα, η υποδομή, και ο οδηγός ή ο χρήστης). Δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των μερών ενός συστήματος μεταφοράς επιτρέπει τη μεταξύ και εντός της επικοινωνίας οχημάτων, τον έξυπνο έλεγχο κίνησης smart traffic control (ένα νέο σύστημα το οποίο συνδυάζει την υπάρχουσα τεχνολογία με τεχνητή νοημοσύνη για τη δημιουργία φώτων που σκέφτονται μόνα τους), το έξυπνο παρκάρισμα, τα τηλεδιόδια (έχει ως στόχο να εξαλειφθεί η καθυστέρηση σε δρόμους διοδίων συλλέγοντας την είσπραξη ηλεκτρονικά), στη τροφοδοσία και τη διαχείριση οχημάτων, έλεγχος οχήματος, και ασφάλεια και βοήθεια στο δρόμο.

- **Στις μεγάλης κλίμακας αναπτύξεις**

Υπάρχουν προγραμματισμένα ή εν εξέλιξη μεγάλης κλίμακας αναπτύξεις του IoT, ώστε να καθίσταται ικανή η καλύτερη διαχείριση των πόλεων και των συστημάτων. Για παράδειγμα, το Songdo, στη νότιο Κορέα, η πρώτη του είδους της πλήρως εξοπλισμένη και καλωδιωμένη έξυπνη πόλη, είναι κοντά στην ολοκλήρωση. Σχεδόν τα πάντα σε αυτή τη πόλη είναι σχεδιασμένα να είναι καλωδιωμένα, συνδεδεμένα και να μετατραπούν σε ένα συνεχές ρέμα δεδομένων το οποίο θα παρακολουθείται και θα αναλύεται από ένα πίνακα υπολογιστών με μία μικρή ή και καθόλου ανθρώπινη παρέμβαση.

Μία άλλη εφαρμογή είναι ένα προσωρινά υποβαλλόμενο έργο στο Santander, στην Ισπανία. Για αυτή την ανάπτυξη, δύο προσεγγίσεις έχουν υιοθετηθεί. Αυτή η πόλη των 180000 κατοίκων, έχει ήδη δει 18000 λήψεις εφαρμογών πόλης για τα smartphone τους. Αυτή η εφαρμογή είναι συνδεδεμένη σε 10000 αισθητήρες που

καθιστούν ικανές υπηρεσίες όπως η αναζήτηση χώρου στάθμευσης, η παρακολούθηση του περιβάλλοντος, η ψηφιακή ατζέντα της πόλης μεταξύ άλλων. Το γενικό πλαίσιο πληροφοριών χρησιμοποιείται σε αυτή την ανάπτυξη ώστε να ωφελήσει τους εμπόρους μέσα από ένα μηχανισμό που αντιμετωπίζει τις σπίθες βασισμένος στη συμπεριφορά της πόλης που στοχεύει στη μεγιστοποίηση τον αντίκτυπου κάθε ειδοποίησης.

Άλλα παραδείγματα μεγάλης κλίμακας ανάπτυξης σε εξέλιξη είναι η πόλη της γνώσης Sino-Singapore Guangzhou, εργάζεται πάνω στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και του νερού, μειώνοντας την ηχορύπανση, και αυξάνοντας την επάρκεια της μεταφοράς στο Σαν Χοσέ, στη Καλιφόρνια και η διαχείριση της έξυπνης κίνησης στη δυτική Σιγκαπούρη. Η Γαλλική εταιρία Sigfox, ξεκίνησε να χτίζει ένα ασύρματο δίκτυο υπέρ - στενής ζώνης(ή αλλιώς narrowband στο ράδιο περιγράφει ένα κανάλι στο οποίο το bandwidth του μηνύματος δεν υπερβαίνει σημαντικά τη συνοχή του bandwidth(coherence bandwidth είναι μια στατιστική μέτρηση του φάσματος των συχνοτήτων στις οποίες το κανάλι μπορεί να θεωρηθεί επίπεδο, ή με άλλα λόγια το μέγιστο εύρος ζώνης ή το διάστημα της συχνότητας κατά το οποίο δύο συχνότητες ενός σήματος είναι πιθανό να παρουσιάσουν παρόμοια ή συσχετιζόμενη εξασθένηση πλάτους.) του καναλιού) δεδομένων στο San Francisco Bay Area το 2014, πρώτη δουλειά που πέτυχε τέτοια ανάπτυξη στις Ηνωμένες Πολιτείες μεταγενέστερα ανακοίνωσε ότι θα έστηνε ένα σύνολο 4000 σταθμούς βάσης ώστε να καλύψει ένα σύνολο 30 πόλεων στις ηνωμένες πολιτείες μέχρι το τέλος του 2016, κάνοντας το, το πιο μεγάλο δίκτυο IoT πάροχος κάλυψης στη χώρα μέχρι στιγμής. Ένα άλλο παράδειγμα μεγάλης ανάπτυξης είναι αυτό που έχει ολοκληρωθεί από τους ποταμούς της Νέας Υόρκης στη Νέα Υόρκη ώστε να συνδέσουν όλους τους σωλήνες και να είναι σε θέση να τους παρακολουθούν ζωντανά εικοσιτέσσερις ώρες το εικοσιτετράωρο. Το δίκτυο σχεδιάστηκε και μηχανικά από τα δίκτυα fluidmesh, μία εταιρία που έχει ως βάση το Σικάγο αναπτύσσοντας ασύρματα δίκτυα για κρίσιμες εφαρμογές. Το NYWW δίκτυο προσωρινά παρέχει κάλυψη στο ποταμό Hudson, τον Ανατολικό και στο Upper New York Bay. Με το ασύρματο δίκτυο σε λειτουργία, ο ποταμός της Νέας Υόρκης είναι ικανός να πάρει τον έλεγχο των οχημάτων και τον επιβατών με τέτοιο τρόπο που πριν δεν ήταν δυνατός. Νέες εφαρμογές μπορούν να συμπεριλάβουν ασφάλεια, ενέργεια και διαχείριση των οχημάτων, ψηφιακή σήμανση, δημόσιο Wi-Fi, επισημείωση χωρίς χαρτί και άλλα.

### 3.2 Η ικανότητα να δίνεται μοναδική διεύθυνση σε κάθε αντικείμενο



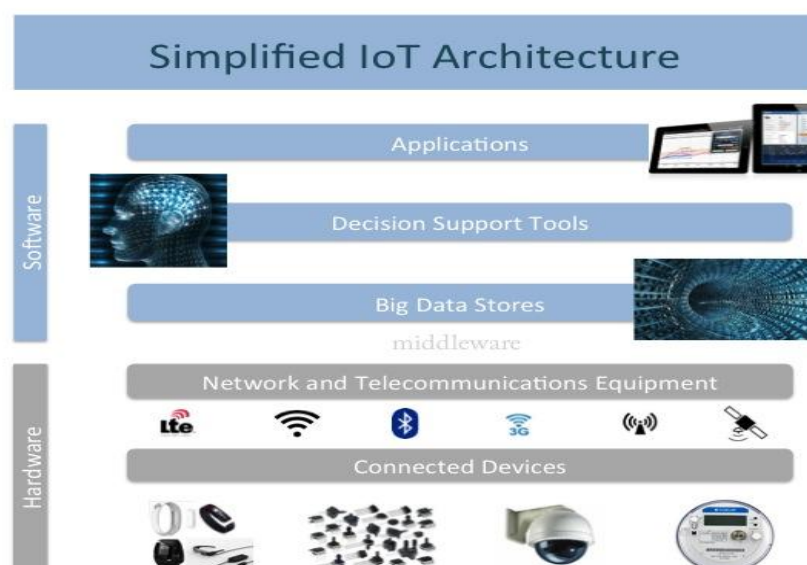
Η πρωτότυπη ιδέα του δικτύου Auto\_ID Labs( είναι μία ερευνητική ομάδα στο χώρο της δικτυωμένης ταυτοποίησης ραδιοσυχνοτήτων(RFID) και αναδυόμενων τεχνολογιών ανίχνευσης) βασίζεται στο RFID μέσα από τον ηλεκτρονικό κωδικό προϊόντος παρόλα αυτά αυτό έχει εξελιχθεί σε αντικείμενα που έχουν μία IP διεύθυνση ή URL.

Μία εναλλακτική οπτική, από τον κόσμο του σημασιολογικού δικτύου( είναι μία προέκταση του δικτύου μέσα από τα πρότυπα από το ευρέως διαδεδομένο δίκτυο κοινοπραξίας ή αλλιώς W3C, ο κύριος οργανισμός πρότυπων για το παγκόσμιο ιστό) επικεντρώνεται στο να κάνει όλα τα αντικείμενα διευθυνσιοδοτούμενα από τα υπάρχοντα ονόματα πρωτοκόλλου, όπως το URL. Τα αντικείμενα από μόνα τους δεν αναστρέφονται, αλλά τώρα μπορούν να παραπέμπουν σε αυτά από άλλους παράγοντες, όπως ισχυροί κεντρικοί servers που δρουν για τους ιδιοκτήτες τους.

Η επόμενη γενιά εφαρμογών δικτύου χρησιμοποιώντας (IPv6) θα τις καθιστά ικανές να επικοινωνούν με τις συσκευές που συνδέονται εικονικά σε όλα τα αντικείμενα που φτιάχτηκαν από τον άνθρωπο εξαιτίας του υπερβολικά μεγάλου χώρου διαθέσιμων διευθύνσεων που θα διαθέτει το πρωτόκολλο του IPv6. Αυτό το σύστημα θα ήταν συνεπώς σε θέση να φτάσει τη κλίμακα του μεγάλου αριθμού των αντικειμένων που προβλέπονται.

Ένας συνδυασμός αυτών των ιδεών μπορεί να βρεθεί στο προσωρινό GS1/EPCglobal EPC Information Services EPCIS. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται για να αναγνωρίζονται αντικείμενα στις βιομηχανίες που κυμαίνονται από την αεροδιαστημική μέχρι ταχύως κινούμενα καταναλωτικά προϊόντα και εφοδιαστικών μεταφορών.

### 3.3 Η αρχιτεκτονική



Το σύστημα πιθανότατα να είναι ένα παράδειγμα event-driven αρχιτεκτονικής, είναι μία αρχιτεκτονική λογισμικού ένα μοτίβο που προωθεί τη παραγωγή, τον εντοπισμό, την κατανάλωση των αντικειμένων και την αντίδραση προς αυτά, με βάση το πλαίσιο των διαδικασιών και λειτουργιών, σε πραγματικό χρόνο και θα εξετάσει κάθε θυγατρικό επίπεδο. Για αυτό το λόγο, οδηγούμενα μοντέλα και λειτουργικές προσεγγίσεις θα συνυπάρχουν με νέες ικανές να αντιμετωπίσουν τις εξαιρέσεις την ασυνήθιστη εξέλιξη των διαδικασιών.

Σε ένα δίκτυο αντικειμένων, το νόημα ενός γεγονότος δε θα είναι βασισμένο οπωσδήποτε σε ένα καθοριστικό ή συντακτικό μοντέλο αλλά να βασίζεται στο πλαίσιο του ίδιου γεγονότος και αυτό επίσης θα είναι ένα σημασιολογικό δίκτυο. Συνεπώς, δε θα χρειαστεί υποχρεωτικά κοινά πρότυπα που δε θα είναι θέση να αντιμετωπίσουν κάθε πλαίσιο ή χρήση, ορισμένοι φορείς ανάλογα θα αναφέρονται στους εαυτούς τους και αν ποτέ χρειαστεί προσαρμόσιμοι, στα ήδη υπάρχοντα κοινά πρότυπα. Κάποιοι ερευνητές πιστεύουν πως τα δίκτυα αισθητήρων είναι τα πιο βασικά συστατικά του δικτύου των αντικειμένων.

Χτίζοντας πάνω στο IoT, το web of things είναι μια αρχιτεκτονική για το στρώμα των εφαρμογών του IoT αποσκοπώντας στη σύγκλιση των δεδομένων από τις συσκευές IoT σε εφαρμογές Web για τη δημιουργία καινοτόμων περιπτώσεων χρήσης. Για να προγραμματίσετε και να ελέγξετε τη ροή των πληροφοριών στο IoT, μία προβλέψιμη αρχιτεκτονική κατεύθυνση που αποκαλείται BPMEverywhere η οποία είναι μια ανάμειξη της παραδοσιακής διαδικασίας διαχείρισης με την διαδικασία εξόρυξης και ειδικών ικανοτήτων να αυτοματοποιούν τον έλεγχο ενός μεγάλου αριθμού συγχρονισμένων συσκευών.

### 3.3.1 Η αρχιτεκτονική του δικτύου

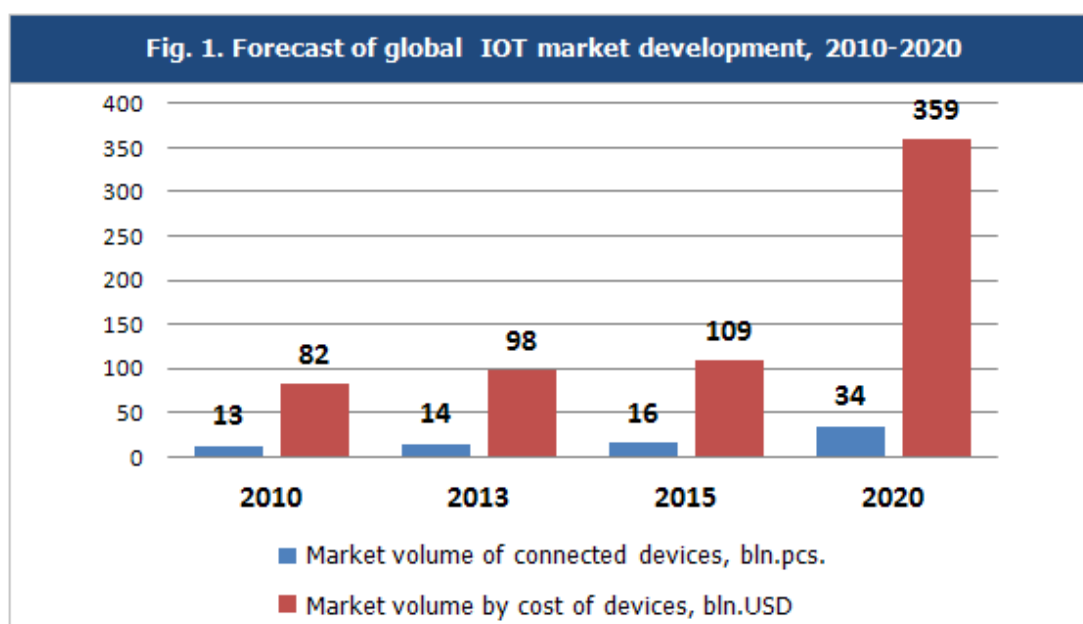
Το IoT απαιτεί μεγάλη κλίμακα διαδικτυακού χώρου για τη διαχείριση του μεγάλου κύματος των συσκευών. Το IETF 6LoWPAN(που είναι ένα ακρώνυμο του IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks που είναι το όνομα μιας συνήθης ομάδας εργασίας στο χώρο του Διαδικτύου της IETF(η Internet Engineering Task Force αναπτύσσει και προωθεί τα εθελοντικά πρότυπα του Διαδικτύου, ιδίως τα πρότυπα που αποτελούν το πρωτόκολλο (TCP / IP))) θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση συσκευών σε IP δίκτυα. Με δισεκατομμύρια συσκευές να είναι προστεθειμένες στο χώρο του Διαδικτύου, το IPv6 θα διαδραματίσει ένα σημαντικό ρόλο στο χειρισμό της κλιμάκωσης του δικτυακού επιπέδου.

Το πρωτόκολλο της IETF περιορισμένων εφαρμογών, το MQTT και το ZeroMQ θα προσφέρει ελαφρύτερη μεταφορά δεδομένων. Fog Computing είναι μια βιώσιμη εναλλακτική λύση για την αποτροπή τέτοιων μεγάλων εκρήξεων ροής δεδομένων μέσω του Διαδικτύου. Η υπολογιστική δύναμη των συσκευών edge (μία συσκευή edge είναι μία συσκευή που παρέχει ένα σημείο εισαγωγής στην επιχείρηση ή την υπηρεσία του πυρήνα παρόχου διαδικτύου π.χ. router, routing switch) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων, παρέχοντας έτσι εύκολη επεκτασιμότητα του πραγματικού χρόνου.

### 3.3.2 Πολυπλοκότητα

Σε ημιανοιχτούς ή κλειστούς βρόχους το IoT συχνά θα θεωρείται και μελετάται σαν ένα πολύπλοκο σύστημα λόγω του τεράστιου αριθμού των διαφορετικών συνδέσεων, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αυτόνομων παραγόντων, και η ικανότητά του να ενσωματώνει νέους ενεργοποιητές. Στο ολικό στάδιο (πλήρης ανοικτός βρόχος) κατά πάσα πιθανότητα θα θεωρηθεί ως ένα χαοτικό περιβάλλον (δεδομένου ότι τα συστήματα είναι πάντα αμετάκλητα). Ως μία πρακτική προσέγγιση, δεν λειτουργούν σε ένα δημόσιο, παγκόσμιο χώρο όλα τα στοιχεία του IoT. Τα υποσυστήματα εφαρμόζονται συχνά για να μετριάσουν τους κινδύνους της ιδιωτικής ζωής, τον έλεγχο και την αξιοπιστία. Για παράδειγμα, η οικιακή Ρομποτική (Domotics) που λειτουργεί μέσα σε ένα έξυπνο σπίτι θα μπορούσε μόνο να μοιράζεται δεδομένα στο εσωτερικό και να είναι διαθέσιμα μέσω ενός τοπικού δικτύου.

## 3.4 Μελέτη μεγέθους



Το IoT θα κωδικοποιήσει 50-100 τρισεκατομμύρια αντικείμενα, και να είναι σε θέση να ακολουθεί την κίνηση αυτών των αντικειμένων. Οι άνθρωποι σε καταμετρημένα αστικά περιβάλλοντα είναι το κάθε ένα από αυτά περιβαλλόμενο από 1000 έως 5000 εντοπίσιμα αντικείμενα.



## 3.5 Τομείς



Υπάρχουν τρεις βασικοί τομείς του IoT: η επιχείρηση, το σπίτι, και η κυβέρνηση, με την Επιχείρηση του IoT (EIoT) να είναι το μεγαλύτερο από τα τρία. Μέχρι το 2019, ο τομέας EIoT εκτιμάται ότι θα αντιπροσωπεύει σχεδόν το 9,1 δισεκατομμύρια συσκευές.

Σύμφωνα με τον διευθύνων σύμβουλο της Cisco, η εμπορική ευκαιρία για «συνδεδεμένα προϊόντα που κυμαίνονται από τα αυτοκίνητα μέχρι τα οικιακά αγαθά» αναμένεται να είναι 19 τρισεκατομμύρια δολάρια. Πολλές συσκευές IoT έχουν τη δυνατότητα να πάρουν ένα κομμάτι αυτής της αγοράς. Ο Jean-Louis Gassée προβλέπει ότι το πιο πιθανό πρόβλημα θα είναι αυτό που ο ίδιος αποκαλεί το «καλάθι των τηλεχειριστηρίων» πρόβλημα, όπου θα έχουμε εκατοντάδες εφαρμογές να αλληλεπιδρούν με εκατοντάδες συσκευές που δεν μοιράζονται πρωτόκολλα για την ομιλία του ενός με του άλλου.

Υπάρχουν πολλές προσεγγίσεις για την επίλυση αυτού του προβλήματος, ένας από αυτούς ονομάζεται προγνωστική αλληλεπίδραση, όπου αυτοί που παίρνουν τις αποφάσεις βασισμένες σε cloud ή fog θα προβλέπει την επόμενη ενέργεια του χρήστη και να κάνει κάποια αντίδραση.

Για την αλληλεπίδραση του χρήστη, οι νέοι ηγέτες της τεχνολογίας ενώνουν τις δυνάμεις τους για να δημιουργήσουν πρότυπα για την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών. Ενώ η AllJoyn alliance αποτελείται από τους 20 κορυφαίους ηγέτες του κόσμου της τεχνολογίας, υπάρχουν και μεγάλες εταιρείες που προωθούν το δικό τους πρωτόκολλο, όπως CCF από την Intel.

Οι κατασκευαστές γίνονται όλο και πιο συνειδητή αυτού του προβλήματος, και πολλές εταιρείες έχουν αρχίσει απελευθερώνοντας τις συσκευές τους με ανοιχτά APIs. Πολλά από αυτά τα API χρησιμοποιούνται από τις μικρότερες επιχειρήσεις που επιθυμούν να επωφεληθούν από την γρήγορη ένταξη.

## Βιβλιογραφία-Ιστότοποι

- Ιστότοπος Enet.gr
- Ιστότοπος Βικιπαιδεία
- Ιστότοπος Wikipedia
- Holma, H., & Toskala, A. (2007) "WCDMA for UMTS: HSPA Evolution and LTE" 4<sup>th</sup> edition, John Wiley & Sons.
- Βαρβαρίγος, Ε., & Μπερμπερίδης, Κ. (2004). Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- UMTS Forum (<http://www.umts-forum.org/>).
- Tektronix. (2003).W-CDMA/UMTS Wireless Networks. Technical Brief.
- Holma, H., & Toskala, A. (2006).HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications. John Wiley & Sons.
- Lescuyer, P., & Lucidarme, T. (2008).Evolved Packet System (EPS): The LTE and SAE Evolution of 3G UMTS. John Wiley & Sons.
- Sesia, S., Toufik, I., & Baker, M. (2009). LTE - The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice. John Wiley & Sons.
- Ευρυζωνικές Τεχνολογίες, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Χρήστος Ι. Μπούρας
- Δίκτυα Δημόσιας χρήσης και διασύνδεση δικτύων, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Χρήστος Ι. Μπούρας
- <http://5g-ppp.eu/>
- <https://www.metis2020.com/>
- [http://www.huawei.com/ilink/en/download/HW\\_314849](http://www.huawei.com/ilink/en/download/HW_314849)
- <http://nsn.com/file/28771/nsn-5g-white-paper?download>
- [http://www.ict-ras.eu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4&Itemid=106&ismallfib=1&dir=JSROOT%5CDocuments/RAS+White+Papers&download\\_file=JSROOT%5CDocuments/RAS+White+Papers/White+Paper+on+5G+Radio+Network+Architecture.pdf](http://www.ict-ras.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=106&ismallfib=1&dir=JSROOT%5CDocuments/RAS+White+Papers&download_file=JSROOT%5CDocuments/RAS+White+Papers/White+Paper+on+5G+Radio+Network+Architecture.pdf)
- <https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/18854/3/KazantzisLazarosMsc2015.pdf>
- [http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-12-713\\_el.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-12-713_el.htm)