



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

<ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ >

**<ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ – Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ
5G >**

<ΠΑΠΑΝΙΚΟΥ ΛΥΔΙΑ>

A.M <5622>

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	I
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	III
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: <ΕΙΣΑΓΩΓΗ>.....	5-7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: <Το 5G>.....	8-14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: <ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ 5G>.....	15-19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: <ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ 5G >.....	20-21
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	22

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: <ΕΙΣΑΓΩΓΗ>

Η συνεχιζόμενη ανάπτυξη της τέταρτης γενιάς (4G) των ασύρματων κινητών συστημάτων ώθησε ορισμένες εταιρείες τηλεπικοινωνιών να εξετάσουν περαιτέρω την ανάπτυξη της πέμπτης γενιάς τεχνολογιών και υπηρεσιών (5G). Από την εμφάνιση του συστήματος της πρώτης (1G), το 1981, νέες γενιές έχουν προκύψει περίπου κάθε 10 χρόνια.

Διάφοροι οργανισμοί τυποποίησης, όπως η IEEE έχουν αναπτύξει τις τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας, συχνά για υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων αν και κυμαίνεται μικρότερη μετάδοση στις περισσότερες περιπτώσεις. Με αυτές τις προδιαγραφές, είναι λογικό ότι τα συστήματα των προκάτοχων βγαίνουν στην αγορά σε λίγα χρόνια πριν από τη νέα γενιά κυψελοειδών κινητών. Για παράδειγμα, τα WiMAX δίκτυα έχουν αναπτυχθεί από το 2006 και θεωρούνται οι προκάτοχοί σε 4G. Αργότερα, τα Long-Term Evolution (LTE) συστήματα πρωτοαπελευθέρωσης στην αγορά ως 4G σε Σκανδιναβία και Ηνωμένες Πολιτείες το 2009 και το 2010, αντίστοιχα. Ωστόσο, αυτά τα δίκτυα δεν ήταν απολύτως συμβατά με τις αρχικές IMTAdvanced τεχνικές απαιτήσεις. Σε αντίθεση, τα τελευταία συστήματα 4G LTE-για προχωρημένους (LTE-A) έχουν συμμορφωθεί πλήρως με τη συγγραφή ITU-R και υποστηρίζουν αιχμής δεδομένων κατερχόμενης ζεύξης 100 Mbps και 1 Gbps για την κινητικότητα οχημάτων και πεζών, αντίστοιχα. Τα συστήματα μέλλον 5G αναμένεται να παράγουν κέρδη πάνω από το 4G, όπως υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, πολύ καλύτερα επίπεδα συνδεσιμότητας, καθώς και βελτίωση της κάλυψης.

Παρ' όλα αυτά, εξακολουθεί να υπάρχει κάποια συζήτηση σχετικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτει το 5G και τις υπηρεσίες που θα παρέχει. Ορισμένοι εκπρόσωποι της βιομηχανίας εξέφρασαν σκεπτικισμό απέναντι στο 5G. Άλλοι, ωστόσο, προβλέπουν την εγκατάσταση των 5G για τις αρχές του 2020. Η ενεργοποίηση των τεχνολογιών για την επόμενη γενιά έχουν αρχίσει να ερευνούνται από κοινοπραξίες που περιλαμβάνουν βασικούς διεθνείς φορείς εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας, κατασκευαστές υποδομών δικτύου και

ακαδημαϊκά ιδρύματα. Για παράδειγμα, τον Οκτώβριο του 2012, το Πανεπιστήμιο του Surrey στο Ηνωμένο Βασίλειο εξασφάλισε £ 35 εκατομμύρια της χρηματοδότησης για το Κέντρο Καινοτομίας 5G, 5GIC (<http://www.surrey.ac.Uk/ccsr/επιχειρήσεων/5GIC/>), το οποίο προσφέρει εγκαταστάσεις δοκιμών στις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας για την ανάπτυξη περισσότερης ενέργειας και ρυθμούς δεδομένων πέρα των δυνατοτήτων του 4G.

Ορισμένες πρόσφατες ερευνητικές εταιρίες με έργα χρηματοδοτούμενα από την ΕΕ που αφορούν την αρχιτεκτονική και τη λειτουργικότητα των δικτύων πέρα 4G παρατίθενται παρακάτω.

Project name	Research area	Website
METIS 2020	Laying the foundation for the future global mobile and wireless communication systems	www.metis2020.com
5GNOW	Development of new PHY and MAC layer concepts better suited for heterogeneous transmissions in 5G	www.5gnow.eu
SOLDER	Design and development of new spectrum overlay technology for efficient aggregation of heterogeneous bands (HetBands)	www.ict-solder.eu
iJOIN	Joint design/optimization of access network and backhaul, integrating small cells, heterogeneous backhaul, and centralized processing	www.ict-ijoin.eu
TROPIC	Distributed computing, storage, and radio resource allocation over cooperative femtocells	www.ict-tropic.eu
MCN	Cloud computing for future mobile network deployment and operation	www.mobile-cloud-networking.eu/site
COMBO	New integrated approaches for fixed/mobile converged broadband access/aggregation networks	www.ict-combo.eu
MOTO	Mobile Internet with terminal-to-terminal offloading technologies	www.fp7-moto.eu
PHYLAWES	Privacy concepts for wireless communications exploiting propagation properties	www.phylaws-ict.org

Από κανονιστικής πλευράς, η ITU-R ομάδα εργασίας 5D (WP 5D) ξεκίνησε δύο αντικείμενα σπουδών, τον Φεβρουάριο του 2013, με στόχο την επίτευξη καλύτερης κατανόησης των μελλοντικών τεχνικών πτυχών για τις κινητές επικοινωνίες προς το de ορισμό της επόμενης γενιάς: (1) μια μελέτη για το όραμα IMT για το 2020 και πέρα, και (2) μια μελέτη σχετικά με τις μελλοντικές τάσεις της τεχνολογίας για επίγεια IMT συστήματα. Αυτό το άρθρο παρέχει μια επισκόπηση αυτών των επιλεγμένων βασικών τεχνολογιών και ο τρόπος με τον οποίο θα διευκολύνει την υλοποίηση του 5G, μαζί με μερικές από τις ερευνητικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά τα προσεχή έτη. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τεχνολογίες που περιγράφονται στο έγγραφο δεν καλύπτουν όλες τις λύσεις που θα μπορούσαν να θεωρηθούν για το μέλλον ασύρματα συστήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: <5G>

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να κάνουμε ένα βήμα προς την αποσαφήνιση τι σημαίνει πραγματικά «5G» από τεχνολογική άποψη, από: τη μείωση 5G στον θεμελιώδη πυρήνα της, την επέκταση σε μερικές από τις περιπτώσεις χρήσης όπως σενάρια ότι το τι θα μπορούσε να επιτρέψει το 5G και να συζητηθούν πιθανές επιπτώσεις για τις επιχειρήσεις από την άποψη των υποδομών δικτύου και τις εμπορικές ευκαιρίες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη διαμόρφωση της συζήτησης γύρω από 5G σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, παράλληλα με τις υπάρχουσες τεχνολογίες δικτύων και εκείνων που επί του παρόντος είναι σε εξέλιξη.

Εν ολίγοις, υπάρχουν τρία βασικά ερωτήματα ότι η έκθεση αυτή θα ρωτήσω:

1. Τι είναι (και τι δεν είναι) 5G;
2. Ποιες είναι οι πραγματικές περιπτώσεις χρήσης 5G;
3. Ποιες είναι οι συνέπειες των 5G για φορείς εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας;

Ο ορισμός των GSMA Πληροφοριών του 4G περιλαμβάνει τις ακόλουθες τεχνολογίες δικτύου: LTE, TD-LTE, AXGP, WiMAX, LTE-A, TD-LTE-A, LTE με VoLTE και WiMAX 2.

Λόγω των ορισμών των φορέων ταξινόμησης LTE και TD-LTE και στις τεχνολογίες 4G, ακολουθούμε αυτή τη σύμβαση. Αυτό διαφέρει από τον αυστηρό ορισμό της μεταβατικής έναντι της αληθινής τεχνολογίας 4G της ITU. Επίσης, όταν χρησιμοποιούμε τον όρο «LTE» σε αυτό το κείμενο, θα ενσωματώνει όλες τις παραλλαγές LTE (LTE, TD-LTE, AXGP, LTE-A και TD-LTE-A). Τέλος, για λόγους απλότητας δεν θα θεωρούμε WiMAX σε αυτήν την ανάλυση, έτσι ώστε όταν ο όρος «4G» χρησιμοποιείται, να ενσωματώνει όλες τις παραλλαγές LTE αλλά όχι της WiMAX (μεταβατική τεχνολογία 4G) ή WiMAX 2 (μια αληθινή τεχνολογία 4G). Ως εκ τούτου, για τους σκοπούς της παρούσας έκθεσης οι όροι «4G» και «LTE» είναι εναλλακτικοί.

- Τί είναι το 5G;

Από την αναλογική έως την LTE, κάθε γενιά κινητής τεχνολογίας έχει ως κίνητρο την ανάγκη να ανταποκριθεί η απαίτηση που εντοπίζονται μεταξύ της τεχνολογίας και του προκατόχου του (Πίνακας 1). Για παράδειγμα, η μετάβαση από 2G σε 3G αναμένονταν να επιτρέψει mobile internet στις συσκευές των καταναλωτών, αλλά ενώ το έκανε πρόσθεσε συνδεσιμότητα δεδομένων, ενώ δεν ήταν αναμενόμενο μέχρι την 3.5G, στην οποία συνέβη ένα γιγαντιαίο άλμα όσον αφορά την καταναλωτική εμπειρία, καθώς ο συνδυασμός των κινητών ευρυζωνικών δικτύων και smartphones επέφερε σημαντικά βελτιωμένη εμπειρία κινητού internet που τελικά οδήγησε στην εφαρμογή-centric interface που βλέπουμε σήμερα. Από το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης μέσα από τη μουσική και video streaming για τον έλεγχο των οικιακών συσκευών σας από οπουδήποτε στον κόσμο, κινητών ευρυζωνικών, έχει φέρει τεράστια οφέλη και έχει αλλάξει ριζικά τις ζωές πολλών ανθρώπων μέσα από υπηρεσίες που παρέχονται τόσο από τους φορείς εκμετάλλευσης.

Generation	Primary services	Key differentiator	Weakness (addressed by subsequent generation)
1G	Analogue phone calls	Mobility	Poor spectral efficiency, major security issues
2G	Digital phone calls and messaging	Secure, mass adoption	Limited data rates - difficult to support demand for internet/e-mail
3G	Phone calls, messaging, data	Better internet experience	Real performance failed to match hype, failure of WAP for internet access
3.5G	Phone calls, messaging, broadband data	Broadband internet, applications	Tied to legacy, mobile specific architecture and protocols
4G	All-IP services (including voice, messaging)	Faster broadband internet, lower latency	?

Table 1: Evolution of technology generations in terms of services and performance
Source: GSMA Intelligence

Πιο πρόσφατα, η μετάβαση από 3.5G στις υπηρεσίες 4G έχει προσφέρει στους χρήστες πρόσβαση σε σημαντικά υψηλότερες ταχύτητες δεδομένων και χαμηλότερα ποσοστά λανθάνουσα κατάσταση, και ως εκ τούτου τον τρόπο που οι άνθρωποι έχουν πρόσβαση και χρησιμοποιούν το διαδίκτυο σε κινητές συσκευές, συνεχίζει να αλλάζει δραματικά. Σε όλο τον κόσμο οι φορείς εκμετάλλευσης είναι συνήθως όπως αναφέρεται ότι οι πελάτες 4G καταναλώνουν περίπου το διπλάσιο του μηνιαίου

ποσού των δεδομένων των χρηστών μη-4G, και σε ορισμένες περιπτώσεις τρεις φορές περισσότερο. Ένα αυξημένο επίπεδο των video streaming από τους πελάτες σχετικά με τα δίκτυα 4G αναφέρεται συχνά από τους επιχειρηματίες ως ένας σημαντικός παράγοντας που συμβάλλει σε αυτό.

Το Internet of Things (IoT) έχει επίσης συζητηθεί ως βασικός παράγοντας διαφοροποίησης για το 4G, αλλά στην πραγματικότητα η πρόκληση της παροχής χαμηλής ισχύος, τα δίκτυα χαμηλής συχνότητας για να ανταποκριθούν στη ζήτηση για ευρεία διάδοση M2M δεν είναι ειδικά για 4G ή ακόμη και για 5G.

- Υπάρχουν δύο οπτικές του 5G σήμερα:

Οπτική 1 - Το όραμα υπερ-σύνδεση: Σε αυτήν την άποψη του 5G, φορείς εκμετάλλευσης κινητής τηλεφωνίας θα μπορούσε να δημιουργήσει ένα μείγμα από προ-υπάρχουσες τεχνολογίες που καλύπτουν 2G, 3G, 4G, Wi-Fi και άλλοι για να επιτρέψει μεγαλύτερη κάλυψη και τη διαθεσιμότητα, καθώς και μεγαλύτερη πυκνότητα δικτύου τους όρους των κυττάρων και των συσκευών, με το κλειδί διαφοροποίησης είναι μεγαλύτερη συνδεσιμότητα ως καταλύτη για Machine-to-Machine (M2M) υπηρεσίες και το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT). Το όραμα αυτό μπορεί να περιλαμβάνει μια νέα ασύρματη τεχνολογία για να ενεργοποιησετε χαμηλής ισχύος, συσκευές χαμηλής πεδίο απόδοση με μακρά κύκλους καθήκον δέκα χρόνια ή περισσότερο.

Οπτική 2 - επόμενης γενιάς τεχνολογία πρόσβασης ραδιοφώνου: Αυτό είναι περισσότερο από το παραδοσιακό «γενιά-καθορισμό» άποψη, με συγκεκριμένους στόχους για τα ποσοστά των δεδομένων και την καθυστέρηση που έχει προσδιοριστεί, όπως ότι οι νέες ραδιοφωνικές διεπαφές μπορούν να αξιολογηθούν με βάση τα κριτήρια αυτά. Αυτό με τη σειρά καθιστά για μια σαφή οριοθέτηση μεταξύ μιας τεχνολογίας που πληροί τα κριτήρια για 5G, και ένα άλλο που δεν το κάνει.

Και οι δύο αυτές προσεγγίσεις είναι σημαντικές για την πρόοδο της βιομηχανίας, αλλά είναι διακριτά σύνολα απαιτήσεων που συνδέονται με συγκεκριμένες νέες υπηρεσίες. Ωστόσο, οι δύο απόψεις που περιγράφονται

λαμβάνονται τακτικά ως ένα ενιαίο σύνολο και ως εκ τούτου οι απαιτήσεις τόσο από την υπερ-συνδεδεμένη προβολή και την επόμενης γενιάς θέα τεχνολογία πρόσβασης ραδιοφώνου που ομαδοποιούνται. Το πρόβλημα αυτό επιδεινώνεται όταν οι συμπληρωματικές απαιτήσεις που περιλαμβάνονται, επίσης, ότι είναι ευρύτερο και ανεξάρτητα από γενιά τεχνολογίας.

- Οι απαιτήσεις της τεχνολογίας 5G

Ως αποτέλεσμα αυτής της ανάμειξης των απαιτήσεων, πολλές από τις πρωτοβουλίες της βιομηχανίας που έχουν προχωρήσει με τις εργασίες για 5G (βλέπε Παράρτημα Α) προσδιορίζει ένα σύνολο οκτώ προϋποθέσεις:

- συνδέσεις 1-10Gbps να τελειώσει σημεία στο χώρο (δηλαδή όχι θεωρητικό μέγιστο)
- 1 χιλιοστό του δευτερολέπτου end-to-end καθυστέρηση μετ 'επιστροφής (latency)
- 1000x εύρος ζώνης ανά μονάδα επιφάνειας
- 10-100x αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών
- (Αντίληψη) 99,999% διαθεσιμότητα
- (Αντίληψη) κάλυψης 100%
- μείωση κατά 90% στη χρήση ενέργειας δικτύου
- έως και διάρκεια ζωής της μπαταρίας δέκα χρόνια για χαμηλής ισχύος, συσκευές μηχανή τύπου

Επειδή οι απαιτήσεις αυτές καθορίζονται από διαφορετικές οπτικές γωνίες, δεν κάνουν μια εντελώς συνεκτική λίστα - είναι δύσκολο να φανταστούμε μια νέα τεχνολογία που θα μπορούσε να καλύψει όλες αυτές τις προϋποθέσεις ταυτόχρονα.

Εξίσου, ενώ αυτές οι οκτώ απαιτήσεις παρουσιάζονται συχνά ως ένα ενιαίο κατάλογο, κανένα κρούσμα χρήση, υπηρεσία ή εφαρμογή έχει identified που απαιτεί από όλα τα οκτώ χαρακτηριστικά απόδοσης σε ένα ολόκληρο δίκτυο ταυτόχρονα. Πράγματι, ορισμένες από τις απαιτήσεις δεν συνδέονται με περιπτώσεις χρήσης ή τις υπηρεσίες, αλλά αντίθετα φιλόδοξες δηλώσεις για το πώς θα πρέπει να κατασκευαστεί δίκτυα, ανεξάρτητα της υπηρεσίας ή της τεχνολογίας - δεν υπάρχει περίπτωση χρήσης χρειάζεται ένα δίκτυο να είναι σημαντικά φθηνότερα, αλλά κάθε φορέας θα ήθελε να πληρώσει λιγότερο για την κατασκευή και λειτουργία του δικτύου τους.

Τέλος, ενώ είναι σημαντικές από μόνες τους, οι έξι από αυτές τις απαιτήσεις δεν είναι χαρακτηριστικές της γενιάς. Τα στοιχεία αυτά θεωρούνται πιο κάτω:

- Αντιληπτή 99,999% διαθεσιμότητα και 100% γεωγραφική κάλυψη:

Αυτά δεν χρησιμοποιούν τους οδηγούς περίπτωση, ούτε τεχνικά θέματα, αλλά οι αποφάσεις της οικονομικής και επιχειρηματικής περίπτωσης. 99,999% διαθεσιμότητα και την κάλυψη 100% είναι εφικτό χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε υπάρχουσα τεχνολογία, και θα μπορούσε να επιτευχθεί με οποιονδήποτε φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου. Οι φορείς εκμετάλλευσης αποφασίζει πού να τοποθετήσει τα κύτταρα με βάση το κόστος για την προετοιμασία του site για να δημιουργήσει ένα κελί για να καλύψει μια συγκεκριμένη περιοχή σταθμίζεται έναντι του οφέλους του κυττάρου που παρέχει κάλυψη για μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Αυτό με τη σειρά του κάνει ορισμένες περιοχές των κυττάρων και περιοχές κάλυψης - όπως οι αγροτικές περιοχές και εσωτερική κάλυψη - το θέμα της δύσκολες επιχειρηματικές αποφάσεις.

Ενώ η νέα γενιά της τεχνολογίας δικτύου κινητής τηλεφωνίας ενδέχεται να μετατοπίσει τις αξίες που πηγαίνουν μέσα στο επιχειρηματικό μοντέλο που καθορίζει τη βιωσιμότητα των κυττάρων, επιτυγχάνοντας 100% κάλυψη και τη διαθεσιμότητα% 99.999 θα παραμείνει μια επιχειρηματική απόφαση και όχι μια τεχνική στόχος. Αντίθετα, αν το 100% κάλυψη και τη διαθεσιμότητα% 99.999 ήταν να είναι «κριτήρια επιλεξιμότητας» ενός 5G, κανένα δίκτυο δεν θα αποκτήσουν την ιδιότητα 5G έως ότου επιτεύχθηκαν 100% κάλυψη και τη διαθεσιμότητα% 99.999.

- Σύνδεση (1000x bandwidth ανά μονάδα επιφάνειας, 10-100x αριθμός των συνδέσεων):

Αυτά ουσιαστικά ισοδυναμούσε με «σωρευτική» απαιτήσεις δηλαδή απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται από τα δίκτυα που περιλαμβάνουν 5G στοιχειώδους τεχνολογίας, αλλά και απαιτούν τη συνεχή υποστήριξη της προϋπάρχουσας γενιές της τεχνολογίας των δικτύων. Η υποστήριξη των 10-100 φορές τον αριθμό των συνδέσεων εξαρτάται από μια σειρά από τεχνολογίες που εργάζονται μαζί, συμπεριλαμβανομένων των 2G, 3G, 4G, Wi-Fi, Bluetooth και άλλες συμπληρωματικές τεχνολογίες. Η προσθήκη 5G στην κορυφή αυτού του οικοσυστήματος δεν θα πρέπει να θεωρηθεί ως ένα άκρο λύση, αλλά μόνο ένα επιπλέον κομμάτι μιας ευρύτερης εξέλιξης να ενεργοποιήσετε τη σύνδεση των

μηχανών. Το Internet of Things (IoT) έχει ήδη αρχίσει να αποκτάει σημαντική δυναμική, ανεξάρτητη από την άφιξη του 5G.

Ομοίως, η απαίτηση για 1.000 φορές το εύρος ζώνης ανά μονάδα επιφάνειας δεν εξαρτάται από 5G, αλλά είναι το σωρευτικό αποτέλεσμα των περισσότερων συσκευών σύνδεση με υψηλότερο εύρος ζώνης για μεγαλύτερες διάρκειες. Ενώ ένα δίκτυο 5G μπορεί επίσης να προσθέσετε μια νέα ώθηση στην πρόοδο σε αυτόν τον τομέα, η εγκατάσταση του LTE έχει ήδη μια μετασχηματιστική επίδραση στο ποσό του εύρους ζώνης που καταναλώνεται σε οποιαδήποτε συγκεκριμένη περιοχή, και αυτό θα αυξήσει τη διάρκεια της περιόδου μέχρι την έλευση του 5G. Η επέκταση του Wi-Fi και την ολοκλήρωση των δικτύων Wi-Fi με το κινητό θα είναι επίσης το κλειδί για την υποστήριξη μεγαλύτερων ρυθμών πυκνότητα δεδομένων.

Συνάντηση δύο αυτές απαιτήσεις θα έχουν σημαντικές συνέπειες για OPEX για backhaul και τη δύναμη, δεδομένου ότι κάθε κύτταρο ή hotspot, πρέπει να κινούνται και όλα τα επιπλέον κίνηση που δημιουργείται πρέπει να backhauled.

- Μείωση της χρήσης ενέργειας δικτύου και τη βελτίωση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας:

Η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από τα δίκτυα και συσκευές είναι θεμελιώδους σημασίας για την οικονομική και οικολογική βιωσιμότητα του κλάδου. Μια γενική αρχή του κλάδου για την ελαχιστοποίηση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας στον εξοπλισμό δικτύου και του τερματικού θα πρέπει να εισχωρούν σε όλες τις γενιές της τεχνολογίας, και αναγνωρίζεται ως ένα οικολογικό στόχο, καθώς έχουν σημαντικό θετικό αντίκτυπο στην OPEX που σχετίζονται με τη λειτουργία ενός δικτύου. Προς το παρόν δεν είναι σαφές πώς μια νέα γενιά της τεχνολογίας με υψηλότερο εύρος ζώνης που έχουν αναπτυχθεί ως επικάλυψη (και όχι αντικατάσταση) στην κορυφή όλων των προϋπάρχον υλικό του δικτύου θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια καθαρή μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Ορισμένες περιπτώσεις χρήσης για M2M απαιτούν τη συνδεδεμένη συσκευή στο πεδίο για να παραμένουν αδρανής για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Είναι σημαντικό ότι η καινοτομία στον τρόπο με τον οποίο τροφοδοτούνται οι συσκευές αυτές και η λιπαρότητα της σηματοδότησης που χρησιμοποιούν όταν γίνει ενεργή και συνδεδεμένη επιδιώκεται. Ωστόσο, η απαίτηση αυτή αντιπαρατίθεται με τίτλο απαιτήσεις 5G σε ρυθμό δεδομένων - ό, τι απαιτείται για τα δίκτυα αισθητήρων

μάζας είναι πολύ περιστασιακή συνδεσιμότητα με ελάχιστη απόδοση και το φορτίο σηματοδοσίας. Εργάζονται για την ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας είναι προγενέστερη τις τρέχουσες απαιτήσεις 5G και ήδη προωθείται σε φορείς τυποποίησης.

Αυτές οι έξι απαιτήσεις θα πρέπει να είναι και να ακολουθεί η βιομηχανία σήμερα χρησιμοποιώντας μια ποικιλία τεχνικών (μερικά από τα οποία καλύπτονται αργότερα στο χαρτί), αλλά αυτά ανέρχονται σε εξέλιξη της υπάρχουσας τεχνολογίας δικτύου και τοπολογία ή ευκαιρίες να ενεργοποιησετε αλλάζοντας τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες του υλικού. Αυτά θα γυρίσει στην ανοιχτή επιχειρηματικές ευκαιρίες για τις επιχειρήσεις και τους τρίτους. Ωστόσο, καμία από αυτές τις επιχειρηματικές ευκαιρίες υπάρχουν σήμερα - που περιορίζονται από τους περιορισμούς που διέπεται σε μεγάλο βαθμό από την οικονομία, και πολλά από αυτά τα έξι απαιτήσεις υποκινούνται από τη βελτίωση της οικονομικής βιωσιμότητας αυτών των ευκαιριών, παρά την πλήρωση της τεχνολογικής κενά που απαγορεύουν ρητά αυτές τις ευκαιρίες, ανεξάρτητα από το ποσό που μπορεί να κοστίζει για να ενεργοποιησετε.

Έτσι, στις αυστηρότερες όρους μετρήσιμων παραδοτέων δικτύου, το οποίο θα μπορούσε να επιτρέψει την επαναστατική νέα σενάρια χρήσης, τα πιθανά χαρακτηριστικά που θα είναι μοναδικό για 5G περιορίζεται σε υπο-1ms latency και 1 Gbps ταχύτητα downlink.

Table 2 Spectrum opportunities for 5G cognitive radios

Spectrum opportunity	Objective	Cognitive radio application
54–698 MHz	TV bands	Deployed under the carrier aggregation concept, i.e., using them as component carriers
2.7–2.9 GHz	Bandwidth scaling from 2.7 to 3.4 GHz for enhanced flexible spectrum usage	Not specified yet
3.4–3.6 GHz Band 43	A smooth exploitation of the Band 43 from WiMAX to LTE	Co-deployment on top of the macro cell layer
3.6–3.8 GHz	Contiguous carrier aggregation provision with the maximum 100 MHz bandwidth	Carrier aggregation application
3.8–4.2 GHz	Macro cell and small cell layers' deployment, i.e., heterogeneous networks (HetNets)	Carrier aggregation within HetNets
60 GHz unlicensed band	Small cell backhaul deployment	Not specified yet

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: <ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ 5G>

Όπως και με κάθε προηγούμενη γενιά, ο ρυθμός υιοθέτησης του 5G και η ικανότητα των φορέων να αποτιμηθούν θα είναι άμεση συνάρτηση των νέων και μοναδικών περιπτώσεων χρήσης. Έτσι, τα βασικά ερωτήματα γύρω από 5G για τους φορείς εκμετάλλευσης είναι κυρίως:

1. Τι θα μπορούσε να κάνει τους χρήστες σε ένα δίκτυο το οποίο πληροί τις απαιτήσεις 5G που αναφέρονται παραπάνω ότι δεν είναι προς το παρόν δυνατόν σε ένα ήδη υπάρχον δίκτυο;
2. Πώς θα μπορούσαν αυτές οι δυνητικές υπηρεσίες είναι κερδοφόρα;

Το Σχήμα 1 απεικονίζει τις απαιτήσεις της λανθάνουσας κατάστασης και το εύρος ζώνης συντελεστή / δεδομένων των διαφόρων περιπτώσεων χρήσης που έχουν συζητηθεί στο πλαίσιο της 5G μέχρι σήμερα. Αυτές οι πιθανές περιπτώσεις χρήσης 5G και τις συναφείς απαιτήσεις του δικτύου τους περιγράφονται παρακάτω.

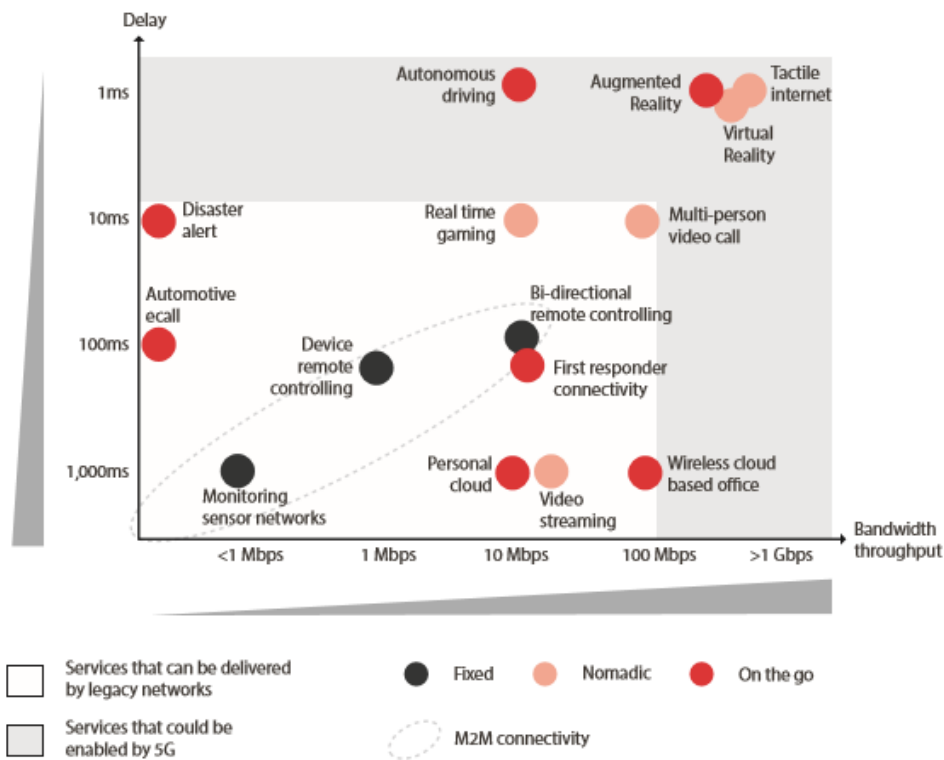


Figure 1: Bandwidth and latency requirements of potential 5G use cases
Source: GSMA Intelligence

Οι τεχνολογίες αυτές έχουν ένα αριθμό πιθανών περιπτώσεων χρήσης τόσο της ψυχαγωγίας (π.χ. παιχνίδια) και επίσης πιο πρακτικά σενάρια, όπως η κατασκευή ή φάρμακα, και θα μπορούσε να επεκταθεί σε πολλούς wearable τεχνολογίες. Για παράδειγμα, μία λειτουργία θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί από ένα ρομπότ που ελέγχεται εξ αποστάσεως από το χειρουργό από την άλλη πλευρά του κόσμου. Αυτό το είδος της εφαρμογής θα απαιτούσε τόσο υψηλό εύρος ζώνης και χαμηλή λανθάνουσα κατάσταση πέρα από τις δυνατότητες της LTE, και ως εκ τούτου έχει τη δυνατότητα να είναι ένα βασικό επιχειρηματικό μοντέλο για δίκτυα 5G.

Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι τα συστήματα / AR VR είναι πολύ στα σπάργανα και η ανάπτυξή τους θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από εξελίξεις σε μια σειρά από άλλες τεχνολογίες, όπως αισθητήρες κίνησης και heads-up οθόνη (HUD). Μένει να δούμε αν αυτές οι εφαρμογές θα μπορούσαν να γίνουν κερδοφόρες επιχειρήσεις για τις επιχειρήσεις στο μέλλον.

- Αυτόνομη οδήγηση / Connected αυτοκίνητα

Ενεργοποίηση οχήματα να επικοινωνούν με τον έξω κόσμο θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντικά αποτελεσματικότερη και ασφαλέστερη χρήση των υφιστάμενων οδικών υποδομών. Αν όλα τα οχήματα σε ένα δρόμο συνδέθηκαν σε ένα δίκτυο που ενσωματώνει ένα σύστημα διαχείρισης της κυκλοφορίας, θα μπορούσαν ενδεχομένως να ταξιδέψουν σε πολύ υψηλότερες ταχύτητες και εντός μεγαλύτερη εγγύτητα μεταξύ τους χωρίς κίνδυνο ατυχήματος - με πλήρως αυτόνομες αυτοκίνητα μειώνοντας περαιτέρω την πιθανότητα για ανθρώπινη λάθος.

Ενώ τέτοια συστήματα δεν θα απαιτούν υψηλό εύρος ζώνης, παρέχοντας στοιχεία με χρόνο commandresponse κοντά στο μηδέν, θα είναι ζωτικής σημασίας για την ασφαλή λειτουργία τους, και έτσι τέτοιες εφαρμογές απαιτούν σαφήνεια το χρόνο καθυστέρησης 1 χιλιοστό του δευτερολέπτου που προβλέπονται στις προδιαγραφές 5G. Επιπλέον ένα πλήρως αυτοκινήτου χωρίς οδηγό »θα πρέπει να Driverless σε όλες τις γεωγραφικές περιοχές, και ως εκ τούτου θα απαιτούσε την πλήρη κάλυψη του οδικού δικτύου με 100% αξιοπιστία να είναι μια βιώσιμη πρόταση.

- Ασύρματο cloud-based γραφείο / Multi-πρόσωπο τηλεδιάσκεψης

δίκτυα δεδομένων υψηλού εύρους ζώνης έχουν τη δυνατότητα να κάνουν την ιδέα ενός ασύρματου γραφείου σύννεφο μια πραγματικότητα, με τεράστιες ποσότητες χωρητικότητα αποθήκευσης δεδομένων αρκεί για να κάνει τέτοια συστήματα πανταχού παρούσα. Ωστόσο, αυτές οι εφαρμογές βρίσκονται ήδη στην ύπαρξη και οι απαιτήσεις τους ικανοποιούνται από τα υπάρχοντα δίκτυα 4G. Ενώ η ζήτηση για τις υπηρεσίες cloud θα αυξηθεί μόνο, όπως και τώρα δεν θα απαιτεί ιδιαίτερα χαμηλές λανθάνουσες και ως εκ τούτου μπορούν να συνεχίσουν να παρέχονται από τις τρέχουσες τεχνολογίες ή εκείνα που έχουν ήδη σε εξέλιξη. Ενώ πολυ-πρόσωπο βίντεο κλήσης - μια άλλη πιθανή εφαρμογή των επιχειρήσεων - έχει μια απαίτηση για χαμηλότερη λανθάνουσα κατάσταση, αυτό μπορεί πιθανόν να καλυφθούν από την υπάρχουσα τεχνολογία 4G.

- Machine-to-machine συνδεσιμότητα (M2M)

M2M έχει ήδη χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, αλλά οι δυνατότητες για τη χρήση του είναι σχεδόν ατελείωτες, και οι προβλέψεις μας προβλέπουν ότι ο αριθμός των συνδέσεων κινητής τηλεφωνίας M2M σε όλο τον κόσμο θα αυξηθεί από 250 εκατομμύρια φέτος μεταξύ 1 δις και 2000000000 μέχρι το 2020, που εξαρτώνται σχετικά με το βαθμό στον οποίο η βιομηχανία και οι ρυθμιστικές αρχές του είναι σε θέση να δημιουργηθούν οι αναγκαίες δομές για να επωφεληθούν πλήρως από την ευκαιρία κυτταρικής M2M.

Τυπικές εφαρμογές M2M μπορεί να βρεθεί στα συστήματα «που συνδέονται στο σπίτι» (π.χ. ευφυείς μετρητές, έξυπνο θερμοστάτες, ανιχνευτές καπνού), συστήματα τηλεμετρίας του οχήματος (ένα πεδίο το οποίο επικαλύπτεται με συνδεδεμένα αυτοκίνητα άνω), ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης και την παρακολούθηση της υγείας. Ωστόσο, η συντριπτική πλειοψηφία των συστημάτων M2M μεταδίδουν πολύ χαμηλά επίπεδα των δεδομένων και τα δεδομένα που διαβιβάζονται είναι σπάνια στιγμής κρίσιμες. Πολλοί σήμερα λειτουργεί σε δίκτυα 2G ή μπορεί να ενσωματωθεί με το IP Multimedia Subsystem (IMS) - έτσι προς το παρόν η περίπτωση των επιχειρήσεων για M2M που μπορεί να συνδεθεί με 5G δεν είναι άμεσα προφανής.

- Μια αληθινή απαίτηση για ένα γενεών στροφή;

Έτσι, πολλές από τις υπηρεσίες που έχουν προταθεί ως πιθανές «εφαρμογές δολοφόνος» για 5G δεν απαιτούν γενεών στροφή στην τεχνολογία, και θα μπορούσε να παρέχεται μέσω των υφιστάμενων τεχνολογιών δικτύου. Μόνο οι αιτήσεις που απαιτούν τουλάχιστον ένα από τα βασικά 5G τεχνικές προδιαγραφές - υπο-1ms latency και > 1 ταχύτητας Gbps downlink - μπορεί να θεωρηθεί αληθινή επόμενη γενιά επιχειρηματικών υποθέσεων.

Από τις δύο αυτές προϋποθέσεις, η μείωση λανθάνουσα κατάσταση σε επίπεδα υπο-1ms μπορεί να παρέχει τη μεγαλύτερη τεχνική πρόκληση (βλέπε σελίδα 12). Εν τω μεταξύ, όπως αναφέρθηκε αναλυτικότερα στο Παράρτημα Β, οι φορείς εκμετάλλευσης έχουν ήδη κάνει ένα σημαντικό ποσό της προόδου στην αύξηση των ταχυτήτων δεδομένων των υφιστάμενων δικτύων τους, υιοθετώντας τεχνολογίες LTE-A (βλέπε Εικόνα 2). Ενώ είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αν και πολλές από τις περιπτώσεις και οι υπηρεσίες που συζητούνται σε αυτό το τμήμα δεν είναι

απολύτως απαιτούν 5G χρήση, θα μπορούσαν να προσφέρουν μια βελτιωμένη εμπειρία του χρήστη σε ένα δίκτυο 5G. Ωστόσο, το ποσό αυτό ανέρχεται σε οριακό όφελος που είναι πιο δύσκολο να αγορά από μια γνήσια νέα υπηρεσία, και όχι μια βασική συνιστώσα της κάθε επιχείρησης περίπτωση 5G.

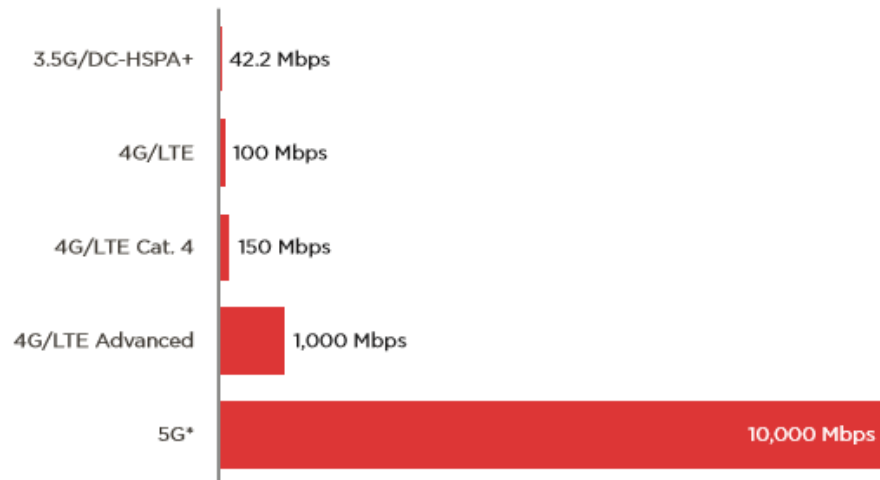


Figure 2: Maximum theoretical downlink speed by technology generation, Mbps
(*10 Gbps is the minimum theoretical upper limit speed specified for 5G)

Source: GSMA Intelligence

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: <ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ 5G>

Ένα κεντρικό θέμα της συζήτησης είναι αυτό που η αρχιτεκτονική των συστημάτων 5G θα μοιάσει. Η εξέλιξη από 1G to 4G χαρακτηρίζεται κυρίως από μια μετατόπιση στη μέθοδο πρόσβασης σε κανάλι, δηλαδή, FDMA! TDMA! CDMA! OFDMA, σε συνδυασμό με τη βελτίωση της διαμόρφωσης και κωδικοποίησης συστήματα. Ωστόσο, είναι πιθανό ότι 5G δεν θα είναι μια ενιαία διεπαφή αέρα βασίζεται σε ένα ενιαίο τεχνολογία ασύρματης πρόσβασης (RAT) κατά το πρότυπο των προηγούμενων γενεών. Όπως σύγχρονα συστήματα επικοινωνίας προσεγγίζει το όριο του Shannon και ένα ευρύτερο φάσμα συσκευών απαιτούν ασύρματη συνδεσιμότητα, ορισμένοι εκπρόσωποι της βιομηχανίας προβλέπουν 5G ως " δίκτυο των δικτύων, " δηλαδή, ένα ετερογενές σύστημα που περιλαμβάνει μια ποικιλία διεπαφών αέρα, τα πρωτόκολλα, ζώνες συχνοτήτων, τάξεις κόμβος πρόσβασης, και τους τύπους του δικτύου. Σε αυτό το πνεύμα, 5G δεν είναι πραγματικά για την ανάπτυξη ενός εντελώς νέα λύση single-τεχνολογία (κάτι που θα αντικαταστήσει LTE, για παράδειγμα), αλλά το πώς υφιστάμενων τεχνολογιών και συστημάτων spectrumusage μπορούν να συνδυαστούν καλύτερα. Αν 5G εκ νέου ECTS fi αυτή πρόγνωση, μία από τις μεγαλύτερες προκλήσεις θα είναι η απρόσκοπτη ολοκλήρωση του εξελίχθηκε εκδόσεις που υπάρχουν σήμερα ασύρματες τεχνολογίες και συμπληρωματικές νέα δίκτυα επικοινωνίας.

Ακολουθούν τα αναμενόμενα χαρακτηριστικά. Ο πολλαπλασιασμός των κινητών ευρυζωνικών υπηρεσιών αναμένεται να αυξηθεί δραματικά τα επόμενα χρόνια. Σύμφωνα με ορισμένες προβλέψεις, δίκτυα τηλεπικοινωνιών το 2020 θα πρέπει να υποστηρίζει περισσότερες από χίλιες φορές σημερινή κινητά όγκο TRAF fi c. Επί του παρόντος, πάνω από έξι δισεκατομμύρια ασύρματα φορητά τερματικά λειτουργούν σε όλο τον κόσμο. Μετά το 2020, ο αριθμός των συσκευών που απαιτούν ασύρματη συνδεσιμότητα μπορεί να φθάσει fi fty δισεκατομμύρια, που

περιλαμβάνει ασύρματους αισθητήρες και επικοινωνίες μηχανής. Τα μελλοντικά κινητά ευρυζωνικά συστήματα αναμένεται να παρέχει στους χρήστες με την εμπειρία της ασύρματης πρόσβασης με απεριόριστη απόδοση, δηλαδή, στιγμιαία παροχή μεγάλων όγκων περιεχομένου πολυμέσων σε μια πολύ σταθερή ασύρματη σύνδεση. Ως εκ τούτου, εκτός από την αύξηση της απόδοσης, συστήματα 5G πρέπει να παρέχει χαμηλότερο latencies, μικρότερη πιθανότητα διακοπής (δηλαδή, καλύτερη κάλυψη), υψηλά ποσοστά λίγο πάνω από μεγαλύτερες περιοχές κάλυψης, υψηλότερες σύστημα φασματική ef fi κότητα (όγκος δεδομένων ανά μονάδα επιφάνειας), υψηλότερη ευελιξία και επεκτασιμότητα, χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης της υποδομής, και μεγαλύτερη αξιοπιστία των συνδέσεων επικοινωνίας. Λόγω των νέων τύπων των συνδεδεμένων συσκευών (π.χ., ασύρματοι αισθητήρες) εκτός από τα τρέχοντα 2-4G κινητά τερματικά, οι απαιτήσεις για ταχύτητα δεδομένων, η λανθάνουσα κατάσταση, την αξιοπιστία, ωφέλιμο φορτίο δεδομένων, και η κατανάλωση ισχύος θα κυμαίνεται λόγω των μυριάδων διαφορετικών εφαρμογών που κυμαίνονται από το Internet πράγματα (IoT) σε νέες ευρυζωνικές υπηρεσίες όπως το εξαιρετικά υψηλής ανάλυσης βίντεο και επαυξημένης πραγματικότητας. Ορισμένες εφαρμογές ενδέχεται να απαιτούν αιχμής δεδομένων διαφόρων gigabits ανά δευτερόλεπτο και από άκρο σε άκρο λανθάνουσες λίγων χιλιοστών του δευτερολέπτου. Για παράδειγμα, την ασύρματη μετάδοση ασυμπιεστού χωρίς απώλειες υψηλής de ορισμό (HD) βίντεο απαιτεί ταχύτητες δεδομένων περίπου 4 Gbps για ανάλυση 1080p, η οποία υπερβαίνει τις δυνατότητες των σημερινών ασύρματων τεχνολογιών.

- Αρχιτεκτονική του δικτύου και τα πρωτόκολλα ικανό τουλάχιστον δεκαπλάσια αύξηση στην επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων.
- Τεχνολογίες για να αποφευχθεί η κρίση του φάσματος που προκαλείται από την ανάπτυξη εκρηκτική TRAF fi c.
- Ef fi cient ευέλικτο υποδομές πρόσβασης ραδιοφώνου που επιτρέπει την απρόσκοπτη σύγκλιση των κινητών και fi XED δίκτυα.
- Σε πραγματικό χρόνο και ευέλικτης κατανομής πόρων ραδιοσυχνοτήτων (RRA) ως συνάρτηση της κατανομής TRAF fi c με την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) διαφοροποίηση για πολλαπλές εφαρμογές.
- Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας δικτύου κατά ένα συντελεστή 10.
- End-to-end λανθάνουσα κατάσταση της τάξεως του 1 ms.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Δημοσιεύσεις:

- 5G: The Convergence of Wireless Communications, Raúl Chávez-Santiago • Michał Szydełko • Adrian Kliks • Fotis Foukalas • Yoram Haddad • Keith E. Nolan • Mark Y. Kelly • Moshe T. Masonta • Ilanko Balasingham
- Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile, GSMA Intelligence
- Emerging Technologies and Research Challenges for 5G Wireless Networks, Woon Hau Chin, Zhong Fan, and Russell Haines
- 5G Ultra-Dense Cellular networks, Xiaohu Ge, Song Tu, Guoqian Mao, Chen-Xian Wang, and Tao Han
- The 5G Channel Code Contenders, Robert G. Maunder
- Waveform contenders for 5G – suitability for short packet and low latency transmissions, Frank Schaich, Thorsten Wild, Yejian Chen