ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά μαθήματα ΠΠ

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 12: Κινητά Δίκτυα 4G – 5G (Μέρος 2)

Καθηγητής Χρήστος Ι. Μπούρας

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πατρών

email: bouras@cti.gr, site: http://ru6.cti.gr/ru6/bouras

Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση των χαρακτηριστικών του LTE-Advanced
- Παρουσίαση της έρευνας πάνω στα δίκτυα πέμπτης γενιάς (5G)

Περιεχόμενα ενότητας

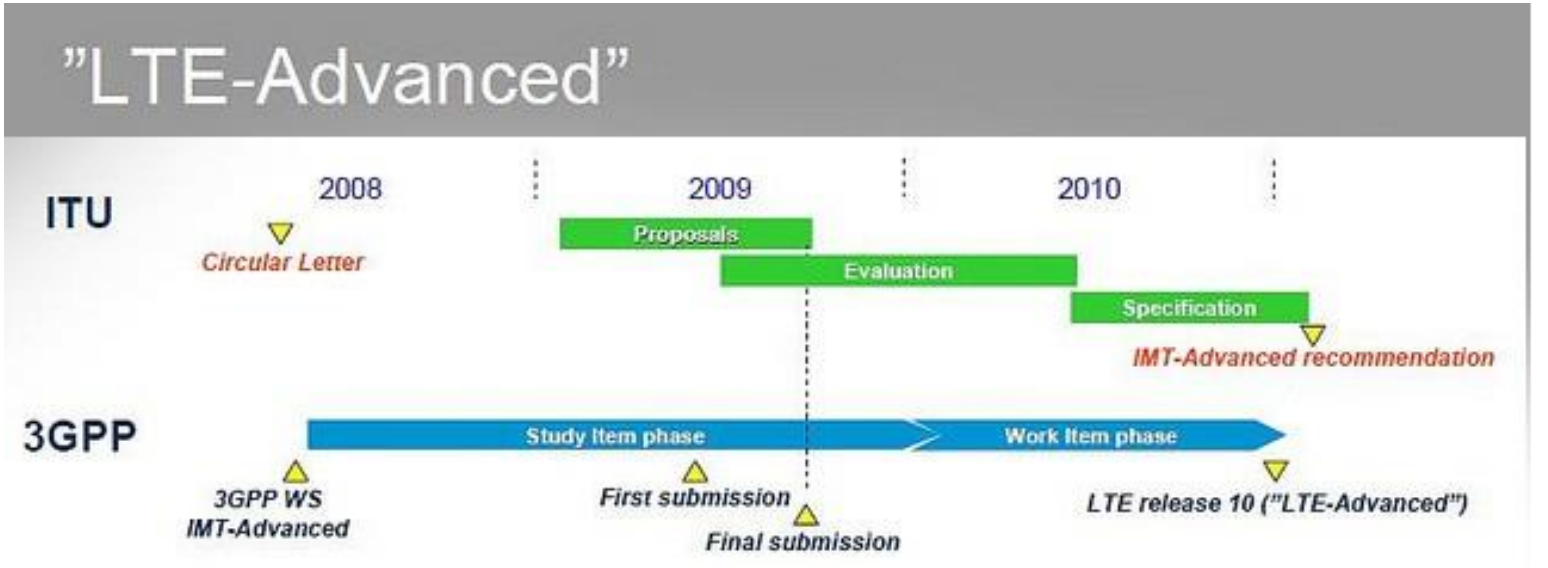
- LTE-Advanced
  - Απαιτήσεις
  - Προδιαγραφές
  - Τεχνολογίες
  - Προτυποποίηση
- 5G
  - Στόχοι
  - Έρευνα
  - Τεχνολογίες

Κινητά Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (Μέρος 2)

LTE-Advanced

- Την εποχή της πρώτης επίσημης έκδοσης (Rel.8) του LTE, ο οργανισμός ITU ανακοίνωσε τις απαιτήσεις International Mobile Telecommunications-Advanced (IMT-Advanced) για τα δίκτυα 4G
- Το LTE Rel.8 αρχικά δεν κάλυπτε πλήρως τις απαιτήσεις
- Αποτέλεσμα ήταν η ανακοίνωση της 10ης έκδοσης (Rel. 10) το 2010 που κάλυπτε τις απαιτήσεις IMT-Advanced και ονομάστηκε LTE-Advanced
- Για τον διαχωρισμό από τις μέχρι τότε υπηρεσίες που προωθούνταν ως 4ης γενιάς αλλά δεν ικανοποιούν πλήρως τις απαιτήσεις, η τεχνολογία χαρακτηρίζεται ως “true” 4G

Χρονοδιάγραμμα εμφάνισης LTE-Advanced



Χρονοδιάγραμμα εμφάνισης LTE-Advanced ως προς τις απαιτήσεις της ITU

(πηγή: https://www.flickr.com/photos/samchurchill/6734177121)

Απαιτήσεις IMT-Advanced (1/2)

- Οι απαιτήσεις υψηλού επιπέδου για το IMT-Advanced όπως ορίστηκαν από την ITU-R είναι:
  - Υποστήριξη σε μεγάλο βαθμό παγκόσμιας κοινής λειτουργίας, διατηρώντας την ευελιξία και υποστήριξη μεγάλου εύρους υπηρεσιών και εφαρμογών
  - Συμβατότητα των υπηρεσιών της IMT και με άλλα δίκτυα
  - Ικανότητα συνεργασίας και με άλλα συστήματα ασύρματης πρόσβασης

Απαιτήσεις IMT-Advanced (2/2)

- Κινητές υπηρεσίες υψηλής ποιότητας
- Κινητές τερματικές συσκευές κατάλληλες για παγκόσμια χρήση
- Φιλικές στο χρήστη εφαρμογές, υπηρεσίες και εξοπλισμός
- Ενισχυμένοι μέγιστοι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων ώστε να υποστηρίζονται προηγμένες υπηρεσίες και εφαρμογές

Επιδόσεις LTE-Advanced (1/2)

- Το LTE-Advanced επιτυγχάνει για το downlink ρυθμό δεδομένων μεγαλύτερο του 1 Gbit/s
- Για χρήστες με υψηλή κινητικότητα η ταχύτητα πέφτει στα 100 Mbit/s
- Στο uplink οι ταχύτητες ξεπερνούν τα 500 Mbps
- Η μέγιστη ταχύτητα χρήστη που υποστηρίζεται φτάνει τα 350 km/h

Επιδόσεις LTE-Advanced (2/2)

- Η ελάχιστη συνολική χωρητικότητα του δικτύου, που εκφράζει τον βαθμό εκμετάλλευσης του φάσματος, ονομάζεται φασματική απόδοση και ορίζεται ως bps/Hz
- Θεωρώντας ιδανικές συνθήκες το σύστημα υποστηρίζει 30 bps/Hz στο downlink, και 15 bps/Hz στο uplink
- Η μέγιστη καθυστέρηση για να διευκολυνθούν διαδραστικές εφαρμογές, ορίστηκε στα 50 ms για μετάβαση από Idle mode σε Connected, και στα 10 ms για μετάβαση από dormant state σε active

Κύριες απαιτήσεις IMT-Advanced

Εύρος φορέα	5–20 MHz, κλιμακωτά
Ρυθμός μετάδοσης (στατικό χρήστη)	1 Gbit/s
Ρυθμός μετάδοσης (κινούμενο χρήστη)	100 Mbit/s
Φασματική απόδοση (downlink)	15 bit/s/Hz
Φασματική απόδοση (uplink)	6.75 bit/s/Hz
Φασματική απόδοση (Συστήματος)	3 bit/s/Hz/cell
Φασματική απόδοση (Συστήματος σε εσωτερικό χώρο)	2.25 bit/s/Hz/cell
Χαρακτηριστικά	• Αποκλειστικά IP δίκτυο μεταγωγής πακέτου • Διασυνδεσιμότητα με υπάρχοντα πρότυπα • Δυναμικός διαμοιρασμός πόρων • Παγκόσμια περιαγωγή μεταξύ πολλαπλών δικτύων με απροβλημάτιστες μεταπομπές

Κύριες απαιτήσεις IMT-Advanced

Αρχιτεκτονική

- Η κύρια αρχιτεκτονική του συστήματος παραμένει η ίδια με την αρχιτεκτονική του LTE
- Αποτελείται από το δίκτυο κορμού (Core Network-CN) EPC και το δίκτυο ασύρματης πρόσβασης (eUTRAN) με τους ίδιους λογικούς κόμβους
- Μικρή αλλαγή στην αρχιτεκτονική επιφέρει η υποστήριξη ετερογενών παρατάξεων όπως smalls cells και relaying

LTE-Advanced vs. LTE

- Το LTE-Advanced βελτιώνει αρκετά στοιχεία των προκατόχων του, μεταξύ άλλων:
  - Επιτρέπει ανώτερες τεχνικές MIMO έως 8x8
  - Εισάγει τη δυνατότητα σύμπραξης των φορέων (carrier aggregation - CA), αυξάνοντας το μέγιστο εύρος ζώνης από 20 MHz σε 100 MHZ
  - Υποστηρίζει τη χρήση relaying και την υιοθέτηση οικιακών κυψελών (femtocells)
  - Εισάγει τη δυνατότητα Coordinated Multipoint (CoMP) μετάδοσης και λήψης

Carrier aggregation (1/3)

- Η πρώτη έκδοση του LTE παρείχε μέγιστο εύρος φάσματος 20 MHz
- Η μέθοδος carrier aggregation διευρύνει το εύρος φάσματος συνδυάζοντας πολλαπλούς φορείς (ήτοι χρησιμοποιούμενα φάσματα από έναν χρήστη) για χρήση για μετάδοση από ένα τερματικό
- Το LTE-A υποστηρίζει τον συνδυασμό μέχρι και 5 φορέων, φτάνοντας το μέγιστο φάσμα που μπορεί να κατανεμηθεί σε έναν χρήστη στα 100 MHz, αυξάνοντας σημαντικά το μέγιστο επιτεύξιμο ρυθμό μετάδοσης

Carrier aggregation (2/3)

- Κάθε τερματικό έκδοσης 8 ή 9 που δεν υποστηρίζει τη λειτουργία αυτή, απλά χρησιμοποιεί έναν από τους φορείς, εξασφαλίζοντας τη συμβατότητα με προηγούμενες εκδόσεις
- Οι φορείς που συνδυάζονται δεν απαιτείται να είναι διαδοχικοί στη πεδίο της συχνότητας, επιτρέποντας την εκμετάλλευση απομονωμένου φάσματος
- Αυτό απαλλάσσει τους παρόχους από την ανάγκη να αποκτήσουν ένα μεγάλο μέρος διαδοχικού φάσματος, συνδυάζοντας απλά τα μέρη του φάσματος που ήδη κατέχουν

Carrier aggregation (3/3)

- Το LTE-A υποστηρίζει τρεις τρόπους συνδυασμού φορέων
  - Συνδυασμός διαδοχικών φορέων στην ίδια ζώνη συχνοτήτων
  - Συνδυασμός μη διαδοχικών φορέων στην ίδια ζώνη συχνοτήτων
  - Συνδυασμός φορέων που βρίσκονται σε διαφορετικές ζώνες
- Αν και παρόμοιας λειτουργίας, η περιπλοκότητα κάθε περίπτωσης είναι σημαντικά διαφορετική με την τρίτη περίπτωση να απαιτεί εξαιρετικά προηγμένα τερματικά

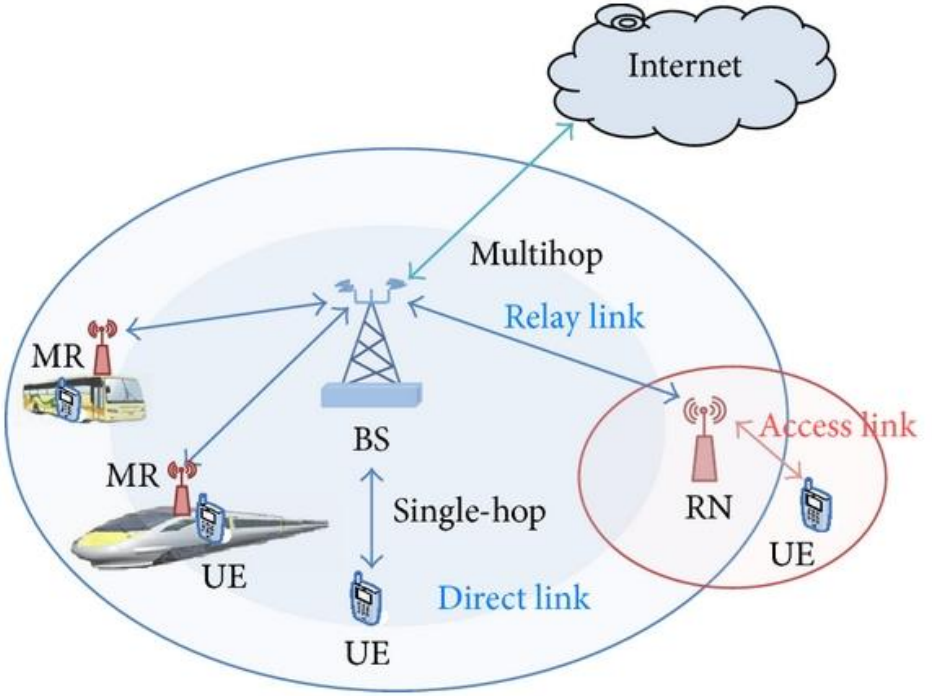
Relaying (1/2)

- Το relaying είναι η προσέγγιση βάση της οποίας ένα τερματικό επικοινωνεί με το κεντρικό δίκτυο μέσω ενός κόμβου αναμετάδοσης
- Ο κόμβος είναι ασύρματα συνδεδεμένος με το βασικό κελί χρησιμοποιώντας την ασύρματη διασύνδεση του LTE
- Από την οπτική του τερματικού, ο ενδιάμεσος κόμβος εμφανίζεται σαν ένα κανονικό κελί

Relaying (2/2)

- Αυτό απλοποιεί την υλοποίηση του τερματικού, και βοηθά την επίτευξη συμβατότητας με τερματικά προηγούμενης έκδοσης
- Το relaying επιτρέπει την βελτίωση της κάλυψης σε μέρη που διαφορετικά το σήμα θα ήταν ασθενές, όπως εσωτερικοί χώροι, απομακρυσμένες περιοχές κλπ.

Βελτίωση της κάλυψης μέσω ενός relay κόμβου



Βελτίωση της κάλυψης μέσω ενός relay κόμβου

(πηγή: http://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/815720/)

Ενισχυμένη μετάδοση πολλαπλών κεραιών (1/2)

- Στην έκδοση 10, η χωρική πολυπλεξία στο downlink επεκτείνεται ώστε να υποστηρίζει οχτώ στρώματα μετάδοσης (8x8)
- Παράλληλα, εισάγεται μια ενισχυμένη δομή για σήματα αναφοράς, ώστε να βελτιωθεί η υποστήριξη των διάφορων προσεγγίσεων beam-forming
- Τα παραπάνω καθιστούν δυνατή τη μετάδοση σε ρυθμούς έως και 3 Gbit/s ενώ η φασματική απόδοση φτάνει τα 30 bit/s/Hz

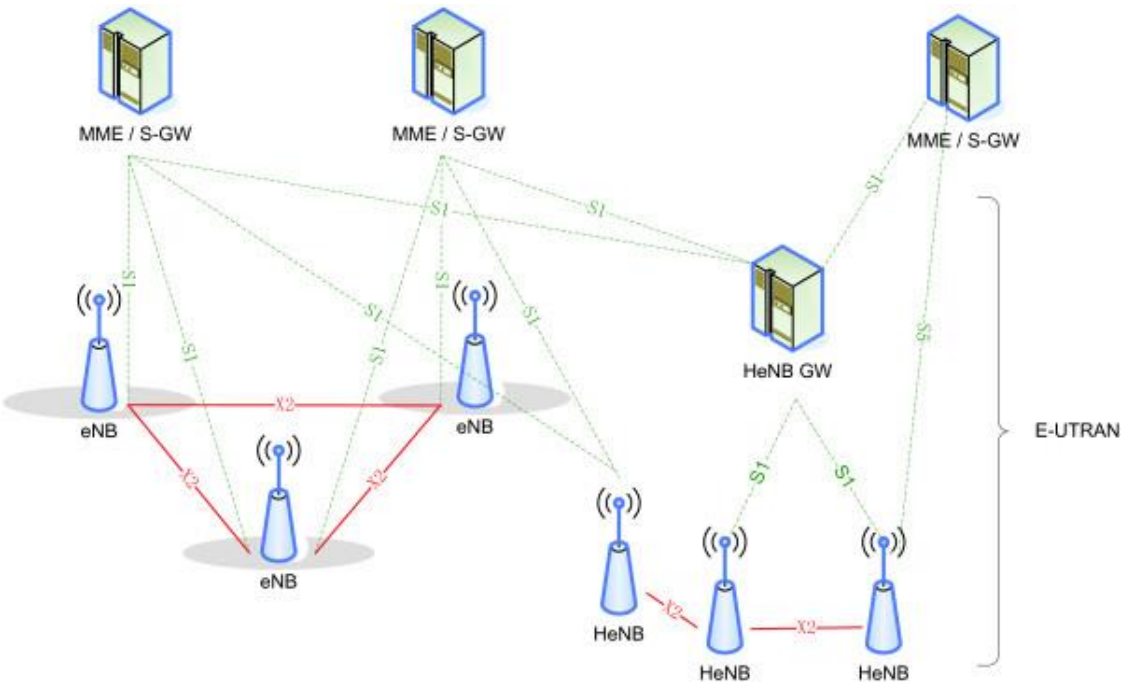
Ενισχυμένη μετάδοση πολλαπλών κεραιών (2/2)

- Στο uplink, υποστηρίχθηκε η πολυπλεξία μέχρι και τεσσάρων στρωμάτων
- Αποτελείται από ένα σύστημα βασισμένο σε κωδικοποίηση/αποκωδικοποίηση υπό τον έλεγχο του σταθμού βάσης, γεγονός που επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί και για μετάδοση beam-forming στο uplink
- Αυτό έχει αποτέλεσμα επιτεύξιμους ρυθμούς μετάδοσης 1.5 Gbit/s και φασματική απόδοση 15 bit/s/Hz

Υποστήριξη ετερογενών παρατάξεων

- Η ετερογενής παράταξη αναφέρεται σε οποιαδήποτε παράταξη περιλαμβάνει ένα σύνολο κελιών με διαφορετικά επίπεδα στην ισχύ μετάδοσης
- Μπορεί να λειτουργεί μερικώς ή συνολικά στο ίδιο σύνολο συχνοτήτων και με επικαλυπτόμενες περιοχές κάλυψης
- Ενδεικτικά παραδείγματα είναι η εναπόθεση small cells (femtocells, picocells) μέσα στην περιοχή κάλυψης ενός κελιού

Ενσωμάτωση small cells



Ενσωμάτωση femtocell (HeNB) στην αρχιτεκτονική του δικτύου

(πηγή: Zheng *et al. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking* 2013 **2013**:27 doi:10.1186/1687-1499-2013-27, http://jwcn.eurasipjournals.com/content/2013/1/27)

Femtocells

- Σταθμοί βάσης μικρής εμβέλειας (<20m) που εγκαθίστανται εντός σπιτιών ή εταιρειών
- Παρέχουν σύνδεση σε συσκευές κινητής στο δίκτυο του παρόχου μέσω DSL, ή άλλης ευρυζωνικής σύνδεσης του χρήστη
- Λειτουργικά, η μονάδα femtocell ενσωματώνει την λειτουργικότητα ενός τυπικού σταθμού βάσης
- Εγκαθίστανται από τους χρήστες και όχι από τους διαχειριστές των δικτύων
- Μπορούν να εξυπηρετήσουν μικρό αριθμό χρηστών (<10)

Femtocells - Πλεονεκτήματα

- Παρέχουν εξαιρετική κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους
- Απαλλάσσουν φόρτο από το στρώμα macrocell βελτιώνοντας την απόδοσή τους
- Βελτιώνει σημαντικά την συνολική χωρητικότητα του δικτύου με την επαναχρησιμοποίηση του φάσματος
- Προσφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας στα τερματικά αφού μειώνονται οι απώλειες μετάδοσης λόγω τοιχωμάτων
- Εφόσον τα femtocells ενεργοποιούνται μόνο όταν οι χρήστες βρίσκονται κοντά, η χρήση τους είναι πιο «πράσινη» από τα macrocells

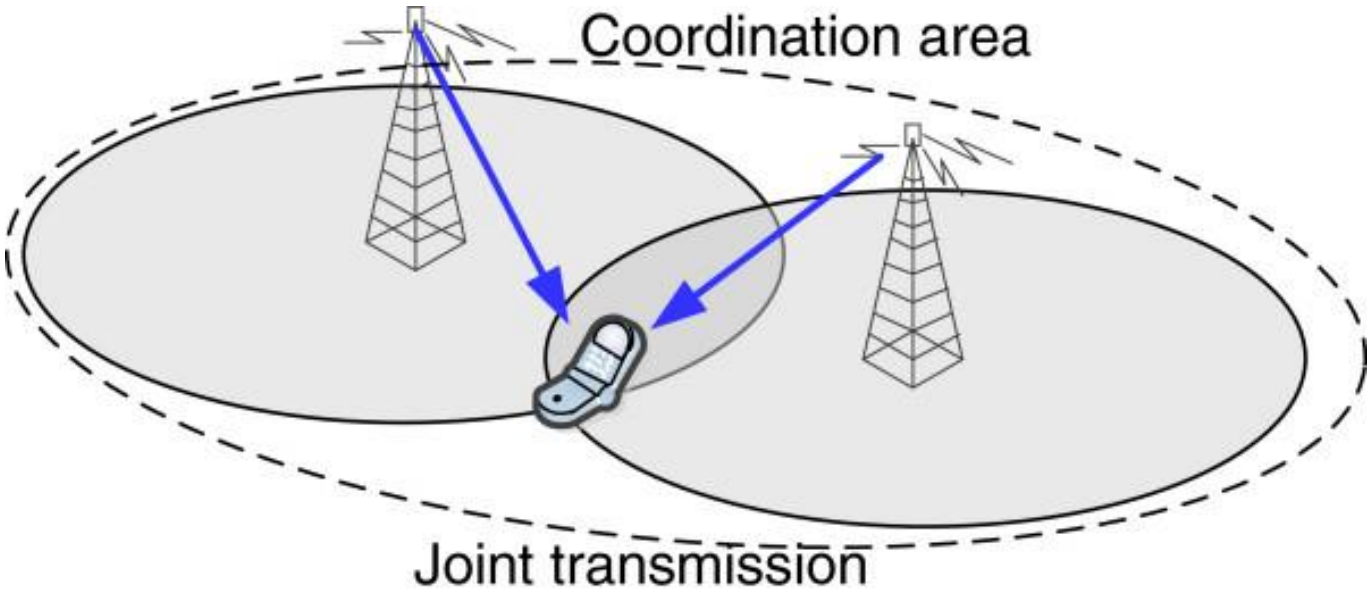
Picocells - Microcells

- Τα picocells είναι σταθμοί βάσης με ενδιάμεσα χαρακτηριστικά σε σχέση με τα femtocells και macrocells
- Η εγκατάστασή τους γίνεται από τον διαχειριστή του δικτύου και η σύνδεσή τους με το δίκτυο κορμού γίνεται συνήθως μέσω οπτικής ίνας
- Η εμβέλειά τους είναι της τάξης των 100m και μπορούν να εξυπηρετούν 10-50 χρήστες
- Τα microcells είναι αντίστοιχοι σταθμοί βάσης που έχουν όμως σχεδιαστεί να έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες
- Η εμβέλειά τους φθάνει τα 2Km και μπορούν να εξυπηρετούν πολύ μεγαλύτερο αριθμό χρηστών

CoMP (1/2)

- Η τεχνολογία Coordinated multipoint (CoMP) χρησιμοποιείται για αποστολή και λήψη δεδομένων προς και από ένα χρήστη, από διαφορετικά σημεία
- Προϋποθέτει τον δυναμικό συντονισμό μετάδοσης των σταθμών βάσης
- Ουσιαστικά, μετατρέπει την παρεμβολή μεταξύ διαφορετικών κυψελών σε ωφέλιμο σήμα
- Πλεονεκτήματα: Καλύτερη χρήση πόρων του συστήματος, βελτιωμένη λήψη, αυξημένη ισχύς σήματος και μείωση παρεμβολών

CoMP (2/2)



Στο CoMP ένας χρήστης μπορεί να εξυπηρετείται ταυτόχρονα από δύο διαφορετικούς συντονισμένους σταθμούς βάσης

(πηγή: Määttänen *et al. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing* 2012 **2012**:247 doi:10.1186/1687-6180-2012-247, http://asp.eurasipjournals.com/content/2012/1/247)

Εξέλιξη LTE-Advanced

- Οι διεργασίες για την εξέλιξη και βελτίωση του LTE-Advanced φυσικά δεν έχει σταματήσει
- Αντίθετα, είναι συνεχής και υποστηρίζεται έντονα από την ισχυρή αποδοχή του ως πρότυπο 4G παγκοσμίως
- Η έκδοση 13 ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 2016, ενώ ομάδες εργασίας δουλεύουν παράλληλα για τις επόμενες εκδόσεις rel. 14 και rel. 15

Προτυποποίηση LTE/LTE-Advanced

- Υπεύθυνος για τον καθορισμό των προδιαγραφών για τα LTE/LTE-A είναι αποκλειστικά ο οργανισμός 3GPP
- Έχει θεσπίσει σαφείς κανονισμούς ως προς τη διαδικασία της προτυποποίησης και αυστηρή δομή στην ανάθεση των αρμοδιοτήτων
- Τα στάδια της διαδικασίας αποτελούνται από:
  - τον αρχικό καθορισμό των απαιτήσεων,
  - την αρχιτεκτονική, όπου αποφασίζονται οι δομικές μονάδες και οι διασυνδέσεις,
  - τον λεπτομερή καθορισμό όλων των στοιχείων, και τέλος
  - τη δοκιμαστική περίοδο και επαλήθευση

Διάστημα προτυποποίησης

- Ο χρόνος που απαιτείται από την ολοκλήρωση του προτύπου μέχρι την εμπορική εκμετάλλευσή του είναι περίπου ένα με δύο χρόνια
- Εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως αν πρόκειται για νέο πρότυπο ή αποτελεί επέκταση προϋπάρχοντος
- Πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις συστάσεις της ITU, καθώς και τους πιθανούς περιορισμούς σε κάποιες τοποθεσίες, όπως λειτουργία σε συγκεκριμένες ζώνες συχνοτήτων ή ειδικές συνθήκες ασφάλειας

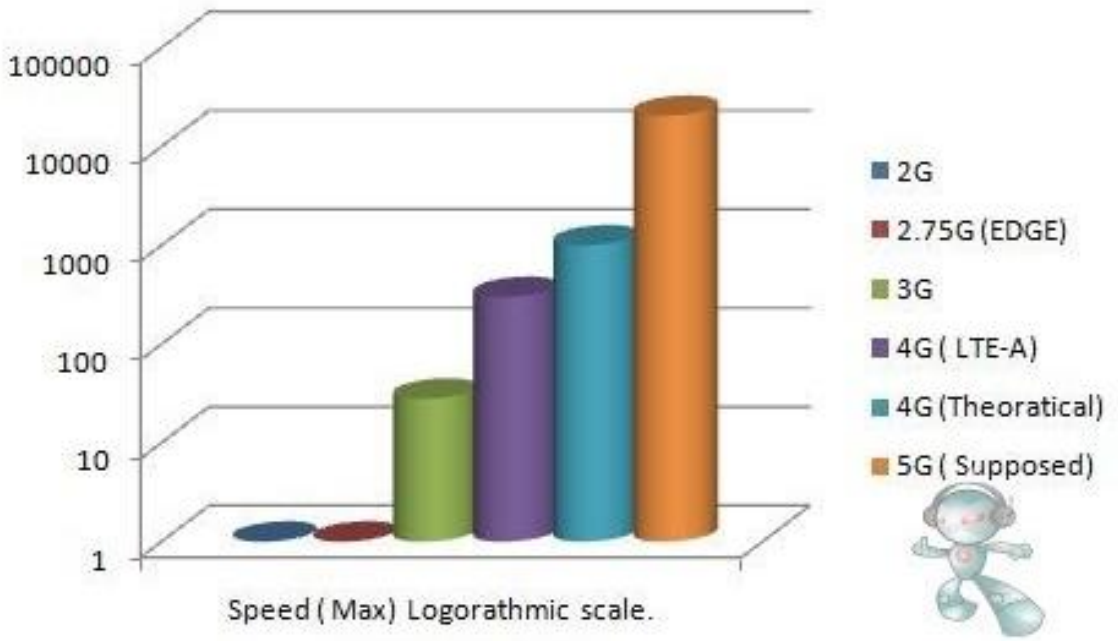
Η οργανωτική δομή του 3GPP

- Το 3GPP αποτελείται από τέσσερις ομάδες τεχνικών προδιαγραφών (Technical Specification Groups - TSGs)
- Το TSG RAN είναι υπεύθυνο για το LTE/LTE-A και χωρίζεται σε πέντε ομάδες εργασίας (Working Groups - WGs):
  - WG1, υπεύθυνο για το φυσικό στρώμα
  - WG2, υπεύθυνο για τα στρώματα 2 και 3
  - WG3, υπεύθυνο για τις διασυνδέσεις κόμβων στο RAN και μεταξύ RAN και CN
  - WG4, υπεύθυνο για την επίδοση των ραδιοσυχνοτήτων και τα πρωτόκολλα
  - WG 5, υπεύθυνο για τη συμμόρφωση των τερματικών

Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών 5ης Γενιάς (5G)

- Ο κύκλος κάθε γενιάς εκτιμάται στα δέκα χρόνια, τοποθετώντας την έλευση της 5ης γενιάς συστημάτων το 2020
- Έντονες προετοιμασίες έχουν ήδη ξεκινήσει για να προλειάνουν την έρευνα για τα χαρακτηριστικά της νέας γενιάς
- Η νέα γενιά αναμένεται
  - να παρέχει 1000 φορές τη σημερινή χωρητικότητα,
  - να εξυπηρετεί 100 δισεκατομμύρια συσκευές και
  - να παρέχει ρυθμούς της τάξης των 10 Gb/s με ελάχιστη καθυστέρηση

Εξέλιξη ταχυτήτων ανά γενιά συστημάτων



Source: http://wccftech.com/the-next-generation-of-mobile-networking-5g/

Εξέλιξη ταχυτήτων ανά γενιά συστημάτων

Στόχοι 5G

- Η έλευση του 5G αναμένεται να συμβάλει στη δημιουργία της παγκόσμιας συνδεδεμένης ψηφιακής κοινωνίας
- Η σύγκλιση των ICT υποδομών ήδη οδηγεί τις καινοτομίες και την ανάπτυξη
- Οι νέες τεχνολογίες πρέπει να είναι ανθρωποκεντρικές διασυνδέοντας τους πάντες με τα πάντα επιτυγχάνοντας το επονομαζόμενο Internet of Things

Απαιτήσεις

- Δυνατότητα για τεράστια χωρητικότητα και μαζική συνδεσιμότητα
- Υποστήριξη διαφορετικών ετερογενών τύπων συσκευών, εφαρμογών και χρηστών
- Ευέλικτη και αποδοτική εκμετάλλευση όλου του διαθέσιμου φάσματος για διαφορετικά σενάρια
- Ικανότητα για υπερ-υψηλής ανάλυσης οπτικές επικοινωνίες και διαδραστικά πολυμέσα

Επιδόσεις

- Οι επιδόσεις και οι προδιαγραφές θα εξαρτώνται άμεσα από τις διαφορετικές υπηρεσίες. Αναμένονται:
  - Τουλάχιστον 1 Gb/s ρυθμός δεδομένων για υψηλής ποιότητας video και εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας
  - Ρυθμοί 10 Gb/s για υποστήριξη υπηρεσιών mobile cloud
  - Καθυστέρηση μικρότερη του 1 ms για εφαρμογές
  - 1000 φορές μικρότερη κατανάλωση ενέργειας ανά bit
- Η σχεδίαση του 5G δεν θα αφορά μόνο την ασύρματη διεπαφή, αλλά όλες τις πιθανές εκφάνσεις του συστήματος

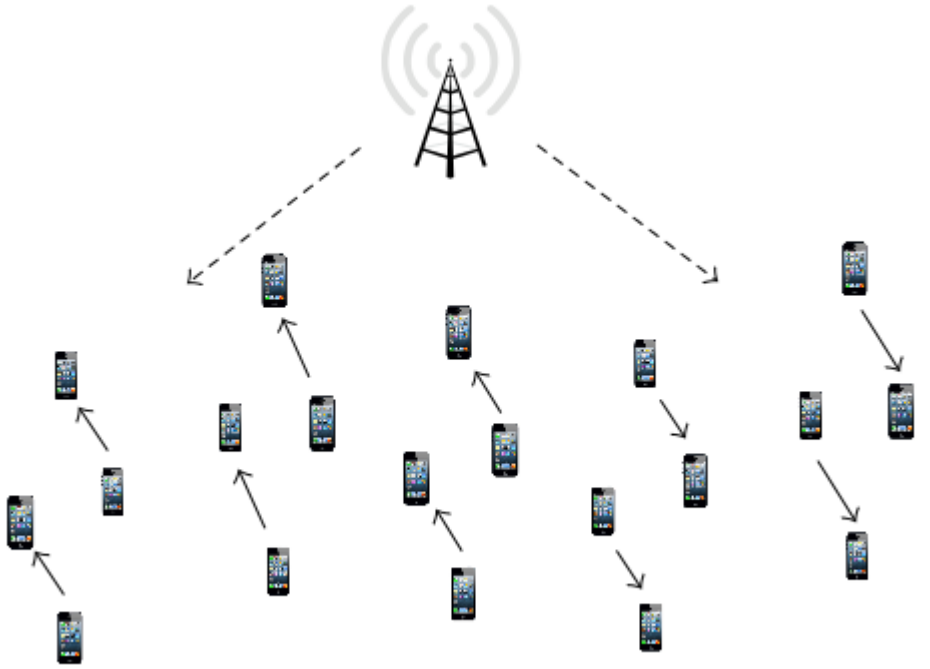
Τεχνολογίες

- Οι τεχνολογίες/έννοιες που έχουν τραβήξει το ενδιαφέρον στα πλαίσια των ερευνών, είναι:
  - Ultra Dense Networks
  - Advanced interference and mobility management
  - Χρήση millimeter wave συχνοτήτων
  - Pervasive networks
  - Multi-hop networks
  - Cognitive radio technology

Ασύρματη διεπαφή - Διαχείριση φάσματος

- Η ασύρματη διεπαφή θα ανταποκρίνεται στη μεγάλη ποικιλία των σεναρίων και εφαρμογών και στις αυξημένες απαιτήσεις εξυπηρέτησης
- Θα διαχειρίζεται τις παρεμβολές και την κινητικότητα συντονίζοντας τη διαχείριση φάσματος και τις δυνατότητες MIMO, αξιοποιώντας τις επιδόσεις της mm-wave διασύνδεσης και της device to device (D2D) επικοινωνίας
- Θα είναι ευέλικτο ώστε να υποστηρίξει το σύνολο των επιπέδων ποιότητας υπηρεσίας και το σύνολο των συσκευών
- Θα χαρακτηρίζεται από επεκτασιμότητα και ενεργειακή απόδοση, ομοιόμορφη κάλυψη, υψηλή χωρητικότητα και υψηλή φασματική απόδοση

Device-to-Device (D2D) επικοινωνία



Device-to-Device (D2D) επικοινωνία

(πηγή:
http://www.hindawi.com/journals/aee/2014/261390/)

M2M technologies– E2E services

- Μέρος της έρευνας θα αφορά την ανάπτυξη συστημάτων για μαζικές επικοινωνίες machine to machine (M2M) σε τομείς όπως η ενέργεια, η δημόσια ασφάλεια κλπ.
- Θα απαιτεί πραγματικού χρόνου σχεδίαση πολλαπλών συνδέσμων, υποστήριξη πλοήγησης σε φορητές συσκευές, υψηλή αξιοπιστία και διαθεσιμότητα
- Θα πρέπει να υποστηρίζει καθολική υποστήριξη των επιχειρηματικών μοντέλων (B2B, B2C, C2C, D2D)
- Θα υποστηρίζει End-to-End υπηρεσίες με μηχανισμούς ταυτοποίησης για ασφάλεια και προσαρμογή της υπηρεσίας βάσει τοποθεσίας και περιεχομένου

Ολιστική αρχιτεκτονική

- Η αρχιτεκτονική θα υποστηρίζει πληθώρα διαφορετικών περιπτώσεων χρήσης, καθώς και εύκολη ενσωμάτωση επεκτάσεων
- Στόχοι είναι η σχεδίαση της σηματοδοσίας και των πρωτοκόλλων κατά μήκος πολλαπλών σημείων, ζωνών και στρωμάτων και η ολοκλήρωση των RAN και CN λειτουργιών με χαμηλό κόστος
- Η έννοια του συστήματος θα είναι ολιστική καλύπτοντας διαφορετικά σενάρια (fixed-mobile)
- Θα καθορίσει ένα συγκλίνον επίπεδο ελέγχου για τα ετερογενή περιβάλλοντα βασιζόμενο σε τρία στοιχεία: Κινητικότητα, QoS και Ασφάλεια

Cognitive network - Unified control

- Η προσέγγιση Cognitive network management θα αναπτύξει αλγόριθμους που θα επιτρέψουν στα δίκτυα 5G να είναι αυτό-διαχειριζόμενα
- Στόχος είναι αυτοματοποιημένες διεργασίες και αρχιτεκτονικές για τη διαχείριση και τη συντήρηση που θα μειώσουν το OPEX και θα βελτιώσουν την ποιότητα των υπηρεσιών και την αξιοπιστία
- Unified control είναι ο επιδιωκόμενος σχεδιασμός τεχνολογιών για ενιαίο έλεγχο των ετερογενών δικτύων και συσκευών (τερματικά, οχήματα, μηχανές) μέσω μηχανισμών ανεξάρτητων από τον τύπο πρόσβασης (ασύρματο, fixed, δορυφορικό)

Network slicing

- Μετάβαση από δίκτυα οντοτήτων σε δίκτυα λειτουργιών
- Network slicing: οι πόροι του δικτύου θα μπορούν να χωρίζονται δυναμικά προκειμένου να δημιουργούν “slices”, ήτοι συλλογές από λειτουργίες που απαιτούνται για μια περίπτωση χρήσης
- Τα slices θα αντιπροσωπεύονται από μια σειρά ρυθμίσεων που θα αντανακλούν συγκεκριμένους πόρους, τεχνολογίες RAT και συνδέσεις στο δίκτυο κορμού

Ασφάλεια και ευρωστία

- Κύριος πυλώνας του 5G δικτύου θα είναι ο υπερκερασμός απειλών για την ασφάλεια μέσω της διασφάλισης των δεδομένων, της αξιοπιστίας και της ακεραιότητας
- Η ασφάλεια δικτύου και η ιδιωτικότητα σε όλα τα εικονικά, Software-defined δίκτυα (SDN) όσο και στα ετερογενή δίκτυα θα εξασφαλίζεται μέσω ευφυών μηχανισμών ασφαλείας και big data αναλύσεων για την ενδυνάμωση του 5G δικτύου
- Η ολοκλήρωση των ετερογενών τεχνολογιών θα είναι διαφανής και «έξυπνη» τόσο σε επίπεδο πρόσβασης όσο και σε επίπεδο backhaul

Έρευνα

- Η έρευνα έχει δρομολογηθεί κυρίως μέσα από κοινοπραξίες δημόσιου και ιδιωτικού τομέα
- Συνεργασίες εταιρειών με ακαδημαϊκούς φορείς και την αρωγή κυβερνήσεων έχουν σχηματιστεί ανά τον κόσμο με στόχο την ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών
- Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει χρηματοδοτήσει και συνεχίζει να χρηματοδοτεί πολλαπλά τέτοια ερευνητικά έργα

Χρονοδιάγραμμα

- Προς το παρόν, η έρευνα βρίσκεται σε προκαταρκτικό στάδιο
- Αναμένεται η εμπορική διάθεση 5G υπηρεσιών να ξεκινήσει μετά το 2020
- Για αυτό και το 5G αναφέρεται συχνά και ως «beyond 2020» τεχνολογία

Σύντομη ανασκόπηση

- LTE-Advanced
  - Απαιτήσεις
  - Προδιαγραφές
  - Τεχνολογίες
  - Προτυποποίηση
- 5G
  - Στόχοι
  - Έρευνα
  - Τεχνολογίες

Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 6)
- Βιβλία:
  - Data and Computer Communications, William Stallings
  - 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, Dahlman E., Parkvall S., Skold J.
  - Long Term Evolution: 3GPP LTE Radio and Cellular Technology, Furht B., Ahson S.

Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
  - http://ru6.cti.gr/ru6/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
  - http://www.3gpp.org/specifications/67-releases (Προδιαγραφές εκδόσεων LTE/LTE-A)
  - https://www.metis2020.com/ (Ο δικτυακός τόπος του ερευνητικού έργου METIS)
  - http://www.huawei.com/ilink/en/download/HW_314849 (Ανάλυση κύριων προβληματισμών πάνω στο 5G από την εταιρεία Huawei)
  - http://5g-ppp.eu/ (Ο δικτυακός τόπος του ερευνητικού έργου 5G-Infrastructure-PPP)

Ερωτήσεις

Τέλος Ενότητας

BY NC ND

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 2.0.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Χρήστος Μπούρας 2017. «Ευρυζωνικές Τεχνολογίες. Κινητά Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (Μέρος 2)». Έκδοση: 2.0. Πάτρα 2017. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1063/

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[1] http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.