



Πανεπιστήμιο Αιγαίου

# Ασύρματα Δίκτυα Επικοινωνιών

Δίκτυο LTE & LTE-Advanced

Δημοσθένης Βουγιούκας (dnougiou@aegean.gr)

Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών Συστημάτων



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Δομή Παρουσίασης

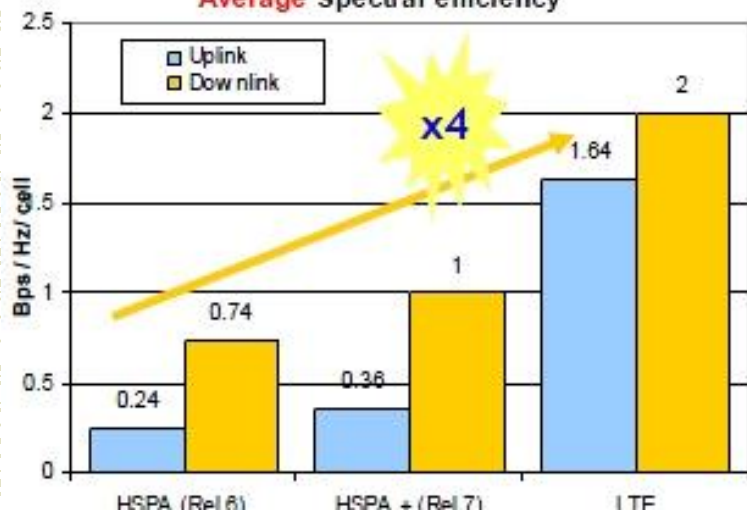
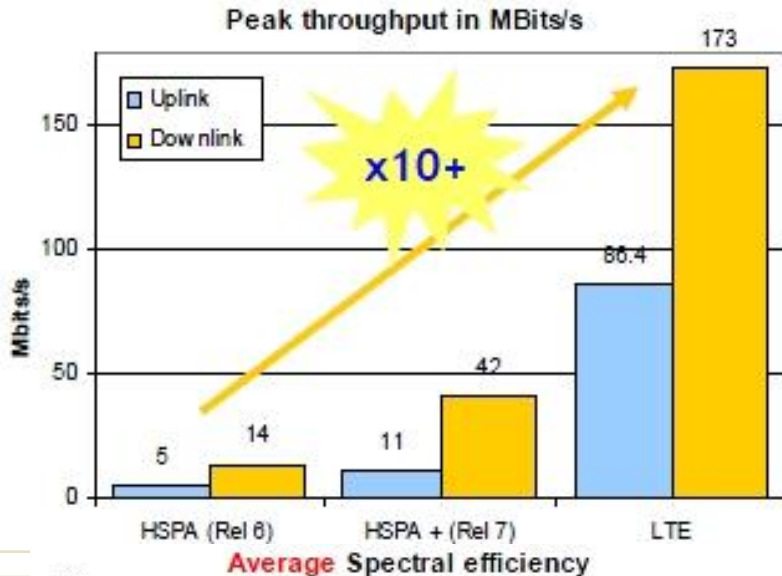
- ◆ LTE
  - Εισαγωγή
  - Αρχιτεκτονική
  - Βασικές τεχνολογίες
  - Σύγκριση με HSPA
  - Συμπεράσματα
- ◆ LTE-Advanced
  - Εισαγωγή
  - Συνάθροιση φορέων
  - Συντονισμένη Πολλαπλή Μετάδοση/Λήψη
  - Τεχνολογία Αναμετάδοσης
  - Συμπεράσματα

# Τι είναι το LTE



[http://www.youtube.com/watch?v=-inU452eqkk&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=-inU452eqkk&feature=player_embedded)

# Σχεδιαστικοί στόχοι – Επιδόσεις LTE



## ◆ Μέγιστο LTE throughput

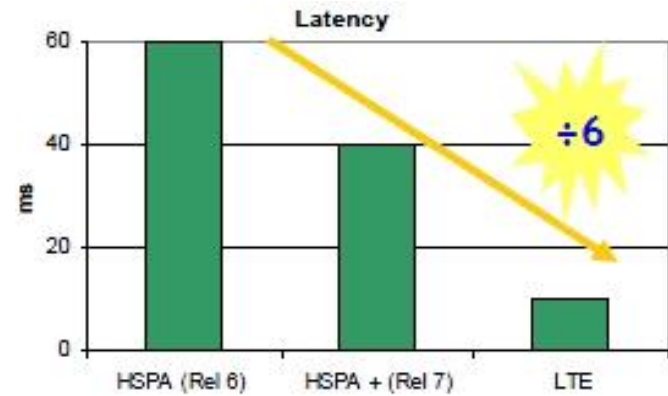
- DL: 100Mb/s SISO; 173Mb/s 2x2 MIMO; 326Mb/s 4x4 MIMO for 20MHz
- UL: 58Mb/s 16QAM / 86Mb/s 64QAM (based on 1TxUE)

## ◆ Φασματική Απόδοση

- DL: 3-4 φορές καλύτερη του HSDPA (για MIMO 2,2)
- UL: 2-3 φορές καλύτερη E-DCH (για MIMO 1,2)

# Σχεδιαστικοί στόχοι – Επιδόσεις LTE

- ◆ Πολύ χαμηλό latency
- ◆ Χωρητικότητα
  - 200 χρήστες σε 5MHz
  - 400 χρήστες σε μεγαλύτερες κατανομές ραδιοφάσματος
- ◆ Ευέλικτη χρήση φάσματος
  - 1,4MHz, 3/3,2MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz
  - Όλες οι συχνότητες του IMT-2000(3G): 450MHz έως 2,5GHz



# Σχεδιαστικοί στόχοι – Επιδόσεις LTE

- ◆ Καθυστέρηση: Σημαντική μείωση της round-trip-time καθυστέρησης από το χρήστη έως το σταθμό βάσης στα 5ms-10ms.
- ◆ Κινητικότητα: Δυνατότητα βέλτιστης λειτουργίας του συστήματος για χαμηλές ταχύτητες κίνησης των χρηστών (0-15 χλμ/ώρα) καθώς και δυνατότητα υποστήριξης χρηστών που κινούνται σε πολύ υψηλές ταχύτητες.
- ◆ Διαλειτουργικότητα: Δυνατότητα ταυτόχρονης λειτουργίας με μη-3GPP πρότυπα επικοινωνιών καθώς και με τα υπάρχοντα UTRAN/GERAN συστήματα κινητών επικοινωνιών.
- ◆ Ποιότητα Υπηρεσίας: Υποστήριξη από άκρο σε άκρο ποιότητας υπηρεσίας (QoS), για την υποστήριξη απαιτητικών σε QoS υπηρεσιών όπως είναι οι VoIP εφαρμογές.

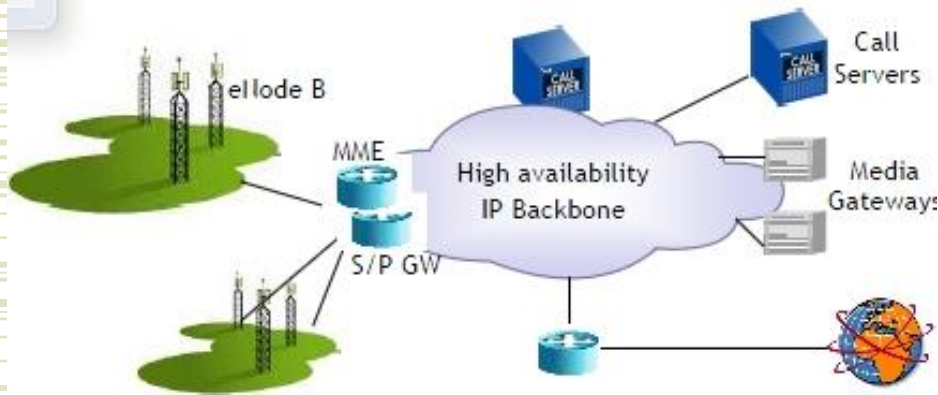


# Σχεδιαστικοί στόχοι – Επιδόσεις LTE

	WCDMA (UMTS)	HSPA HSDPA / HSUPA	HSPA+	LTE	LTE ADVANCED (4G)
Max downlink speed (bps)	384k	14 M	28 M	100 M	1 G
Max uplink speed (bps)	128 k	5.7 M	11 M	50 M	500 M
Latency round trip time (approx.)	150 ms	100 ms	50 ms (max)	~10 ms	Less than 5 ms
3GPP releases	Rel 99/4	Rel 5/6	Rel 7	Rel 8/9	Rel 10
Approx years of initial roll out	2003/4	2005/6 HSDPA 2007/8 HSUPA	2008/9	2009/10	
Access methodology	CDMA	CDMA	CDMA	OFDMA/SC-FDMA	OFDMA/SC-FDMA

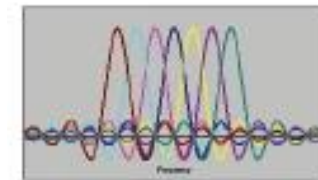
# Βασικά χαρακτηριστικά LTE

- ◆ Επίπεδη Αρχιτεκτονική (All-IP Core)



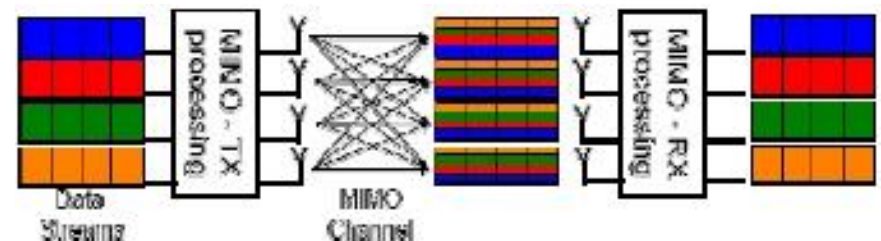
- ◆ OFDMA (DL) / SC-FDMA (

scalable  
↔



DL: OFDMA  
UL: SC-FDMA

- ◆ MIMO: Increased link capacity



Ο Συνδυασμός OFDM / MIMO πετυχαίνει σημαντική αύξηση στη χωρητικότητα, μέγιστους ρυθμούς και στην κάλυψη

# Βασικά χαρακτηριστικά LTE

<b>Frequency Range</b>	<b>UMTS FDD bands and UMTS TDD bands</b>					
<b>Channel bandwidth, 1 Resource Block=180 kHz</b>	<b>1.4 MHz</b>	<b>3 MHz</b>	<b>5 MHz</b>	<b>10 MHz</b>	<b>15 MHz</b>	<b>20 MHz</b>
	<b>6 Resource Blocks</b>	<b>15 Resource Blocks</b>	<b>25 Resource Blocks</b>	<b>50 Resource Blocks</b>	<b>75 Resource Blocks</b>	<b>100 Resource Blocks</b>
<b>Modulation Schemes</b>	<b>Downlink: QPSK, 16QAM, 64QAM Uplink: QPSK, 16QAM, 64QAM (optional for handset)</b>					
<b>Multiple Access</b>	<b>Downlink: OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) Uplink: SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access)</b>					
<b>MIMO technology</b>	<b>Downlink: Wide choice of MIMO configuration options for transmit diversity, spatial multiplexing, and cyclic delay diversity (max. 4 antennas at base station and handset) Uplink: Multi user collaborative MIMO</b>					
<b>Peak Data Rate</b>	<b>Downlink: 150 Mbps (UE category 4, 2x2 MIMO, 20 MHz) 300 Mbps (UE category 5, 4x4 MIMO, 20 MHz) Uplink: 75 Mbps (20 MHz)</b>					

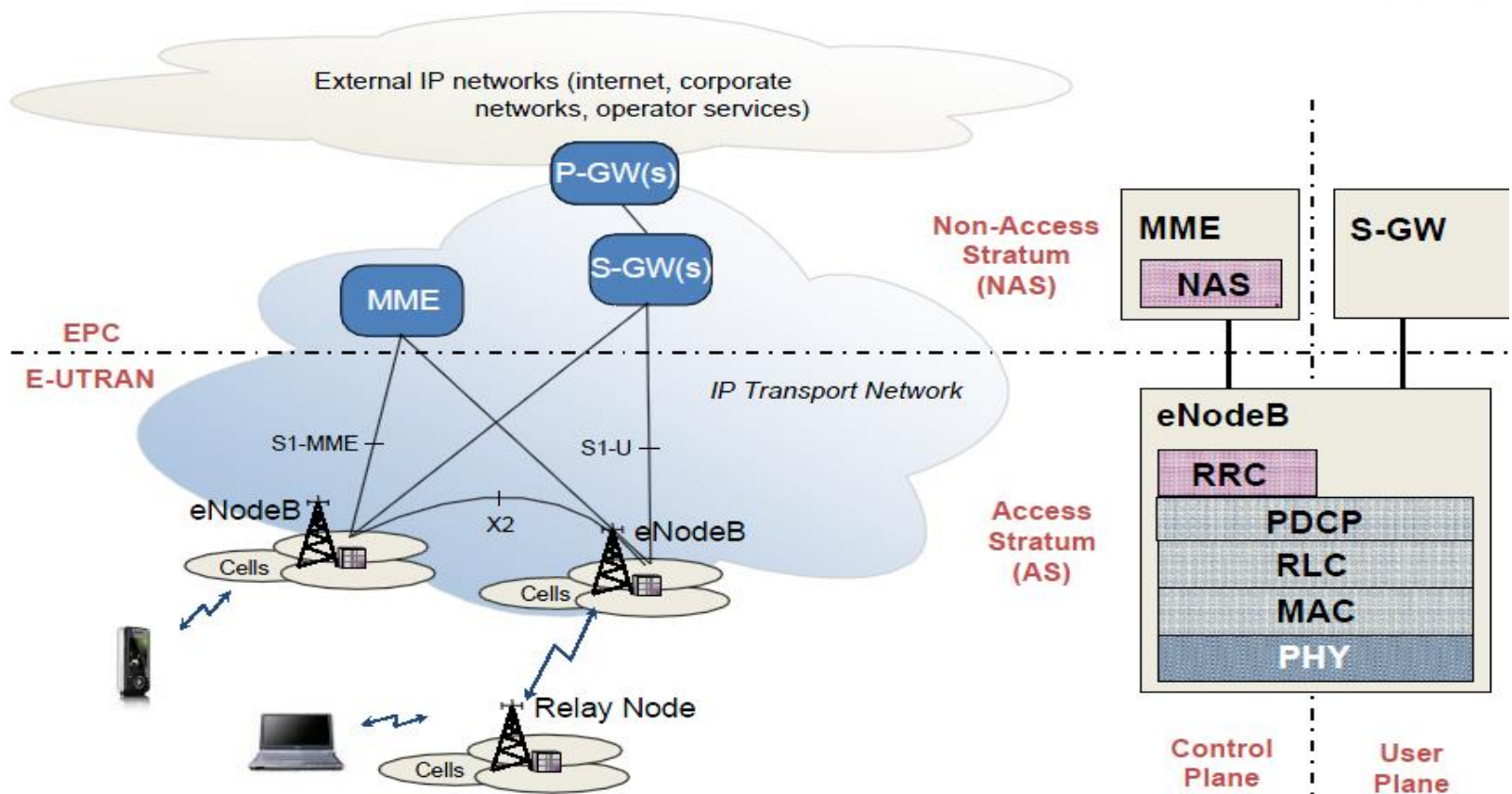
# Αρχιτεκτονική του LTE

- ◆ EPS (Evolved Packet System) – SAE (System Architecture Evolution)
- ◆ EPC (Enhanced Packet Core)
- ◆ E-UTRAN (Evolved-Universal Terrestrial Radio Access)

# Αρχιτεκτονική LTE



## E-UTRAN architecture





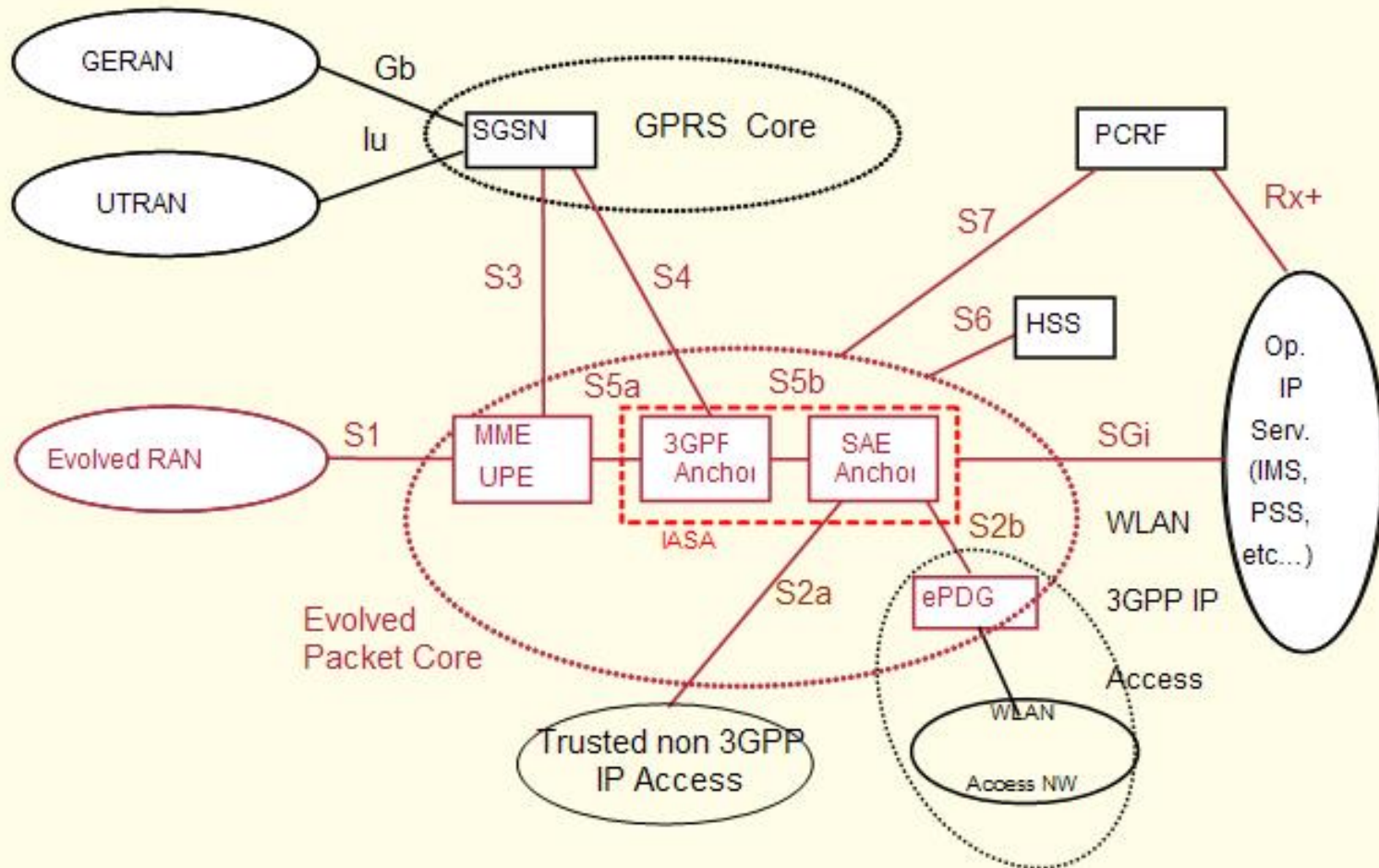
# System Architecture Evolution

- ◆ Είναι ο πυρήνας της αρχιτεκτονικής Δικτύου του LTE
- ◆ Είναι η εξέλιξη του GPRS core network

## Στόχοι

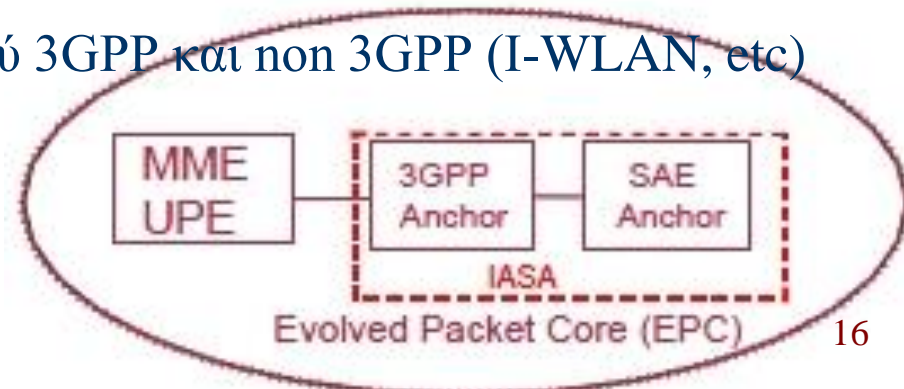
- ◆ Νέα αρχιτεκτονική του πυρήνα του δικτύου που υποστηρίζει υψηλό throughput / χαμηλό latency στο σύστημα πρόσβασης του LTE
  - Απλοποιημένη Αρχιτεκτονική Δικτύου
- ◆ Είναι Δίκτυο IP
  - Όλες οι υπηρεσίες προσφέρονται μέσω PS-domain
- ◆ Υποστηρίζει κινητικότητα πολλαπλών ετερογενών σημείων πρόσβασης
  - 2G/3G, LTE, WLAN, WiMAX
  - Inter-3GPP handover (GPRS  $\leftrightarrow$  E-UTRAN)
  - Inter 3GPP non-3GPP mobility: Evaluation of host based (MIPv4, MIPv6, DSMIPv6) and network based (NetLMM, PMIPv4, PMIPv6) protocols

# System Architecture Evolution: Baseline



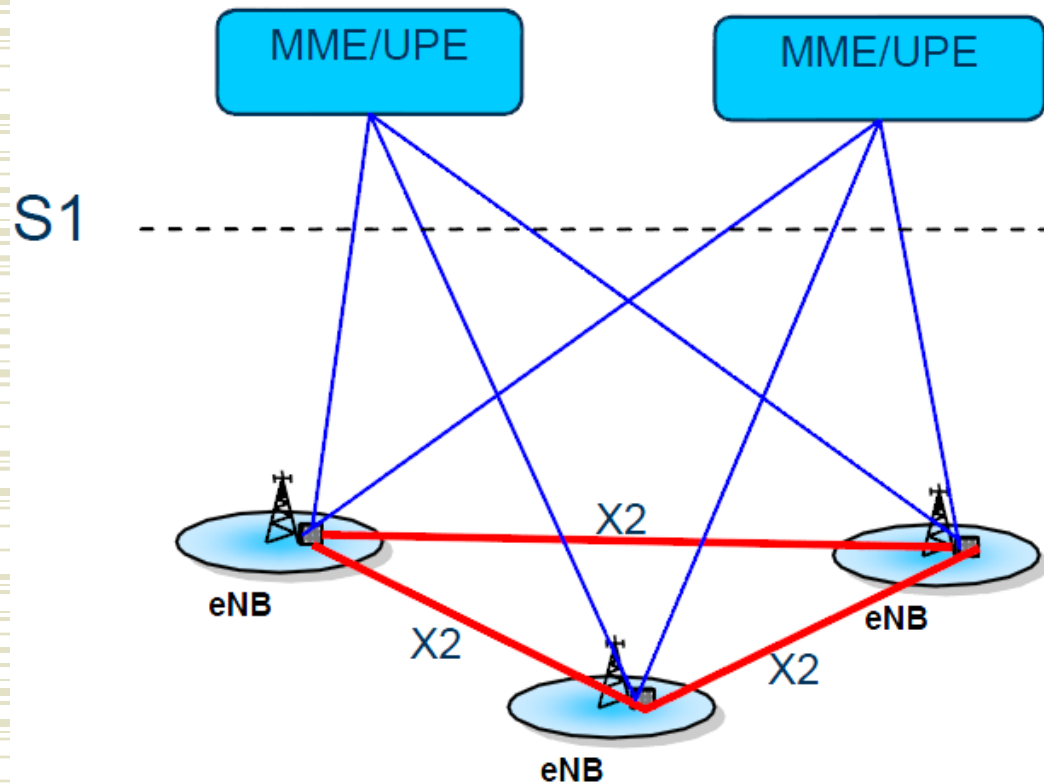
# Evolved Packet Core (EPC)

- ◆ Mobility Management entity (MME):
  - Παρακολούθηση της κατάστασης των τερματικών των χρηστών
- ◆ User Plane Entity (UPE):
  - IP Header Compression and encryption of user data streams;
  - Διαδικασία ενεργοποίησης/απενεργοποίησης ραδιοφορέων
  - Είναι αρμόδιο για την πιστοποίηση των χρηστών.
- ◆ 3GPP anchor
  - Δρομολογεί και προωθεί πακέτα μεταξύ 2G/3G and LTE
- ◆ SAE anchor
  - Παρέχει συνδεσιμότητα μεταξύ 3GPP και non 3GPP (I-WLAN, etc) δικτύων





# eNodeB – EPC Communication



Το eNB είναι υπεύθυνο για:

- Λειτουργίες για το Radio Resource Management
  - Radio Bearer Control,
  - Radio Admission Control,
  - Connection Mobility Control,
  - Dynamic Resource Allocation (scheduling).

# Κόμβοι του EPC

- ◆ **MME (Mobility Management Entity)** : Το MME είναι ο βασικός κόμβος ελέγχου για πρόσβαση στο δίκτυο LTE. Είναι αρμόδιο για την παρακολούθηση της κατάστασης του UE (τεματικά χρηστών).
- ◆ **S-GW (Serving Gateway)**: Η Serving Gateway (S-GW) δρομολογεί και προωθεί τα πακέτα δεδομένων του χρήστη, ενώ επίσης ενεργεί ως σημείο αναφοράς όταν ο χρήστης κινείται μεταξύ των eNodeBs.
- ◆ **P-GW (Packet Data Network Gateway)**: Το PDN GW παρέχει τη συνδετικότητα στο UE προς στα εξωτερικά δίκτυα δηλαδή είναι το σημείο αναφοράς όσον αφορά την κίνηση προς/από το UE.

# Κόμβοι του EPC

- ◆ **Policy and Charging Resource Function:** Το Policy and Charging Resource Function (PCRF) είναι ένα στοιχείο του δικτύου που είναι υπεύθυνο για την Πολιτική και τον Έλεγχο Χρέωσης.
- ◆ **Home Subscription Server:** Ο HSS κρατάει το κύριο αντίγραφο του προφίλ του συνδρομητή, το οποίο περιέχει πληροφορίες σχετικά με τις υπηρεσίες που ισχύουν για το χρήστη.

# Evolved NodeB

- ◆ Ο eNodeB είναι ένας σταθμός βάσης που ελέγχει όλες τις ραδιολειτουργίες που συνδέονται με το σταθερό μέρος του συστήματος.
- ◆ Ο eNodeB εκτελεί κρυπτογράφηση / αποκρυπτογράφηση των δεδομένων του UE, καθώς επίσης συμπίεση / αποσυμπίεση των IP κεφαλίδων, πράγμα που σημαίνει την αποφυγή επανειλημμένης αποστολής των ίδιων ή διαδοχικών δεδομένων στην κεφαλίδα IP.
- ◆ Ο eNodeB έχει σημαντικό ρόλο στη διαχείριση κινητικότητας. Ελέγχει και αναλύει τις μετρήσεις της έντασης του ραδιοσήματος. Όταν ένας νέος UE ενεργοποιείται υπό κάποιον eNodeB και κάνει αίτηση σύνδεσης στο δίκτυο, ο eNodeB είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση αυτού του αιτήματος στην MME.

# E-UTRAN

Τα πρωτόκολλα που εκτελούν τις λειτουργίες στη ραδιο-  
διεπαφή είναι:

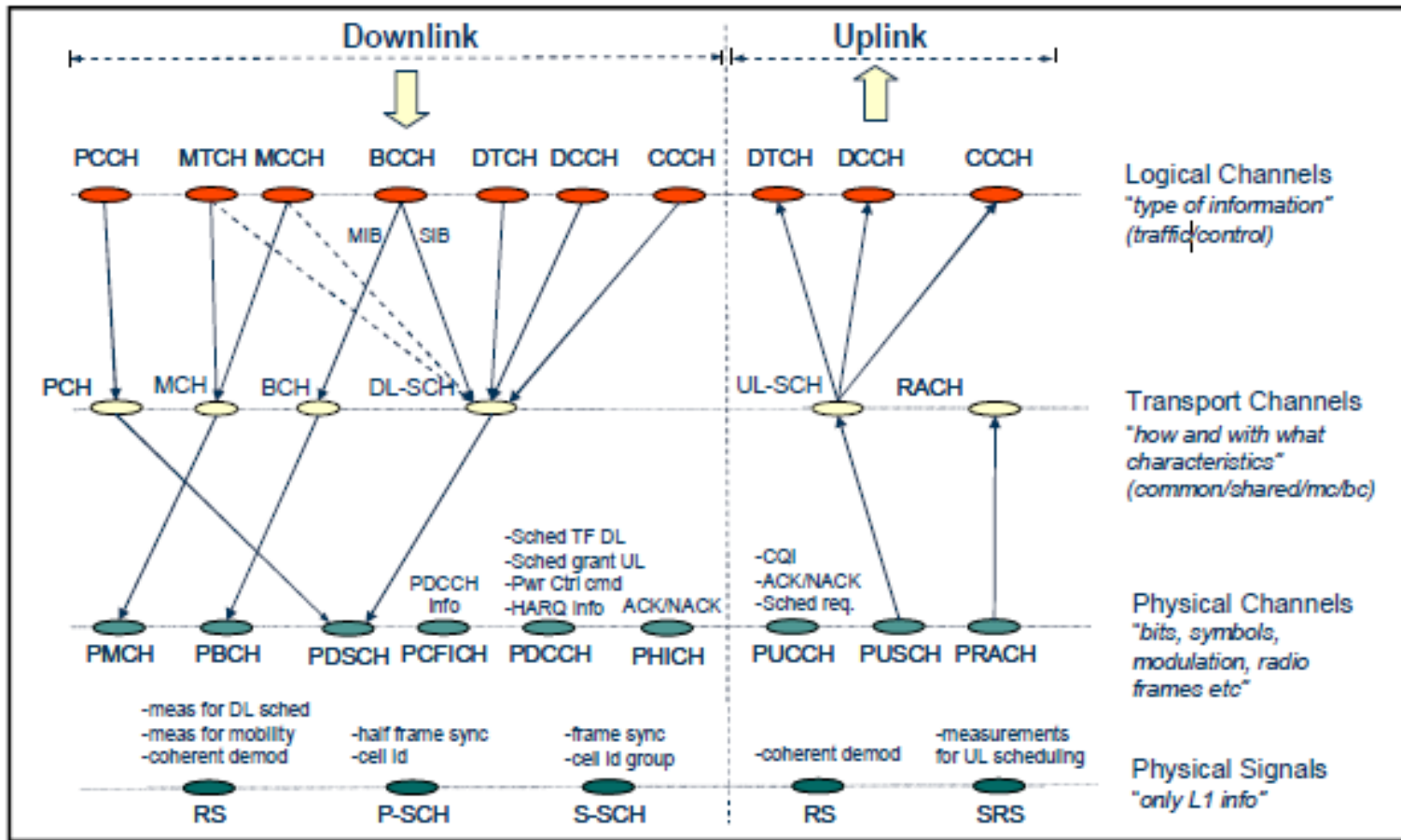
- ♦ το PDCP (Packet Data Convergence Protocol): συμπίεση κεφαλίδων και η εφαρμογή ασφαλείας, όπως η κρυπτογράφηση και η ακεραιότητα
- ♦ το RLC (Radio Link Protocol): Τμηματοποίηση των πακέτων δεδομένων και ARQ (Automatic Repeat Request) ως μηχανισμό διόρθωσης σφαλμάτων
- ♦ το MAC (Medium Access Control): να χαρτογραφήσει και να πολυπλέξει τα λογικά κανάλια στα κανάλια μεταφοράς
- ♦ το φυσικό επίπεδο.

# E-UTRAN

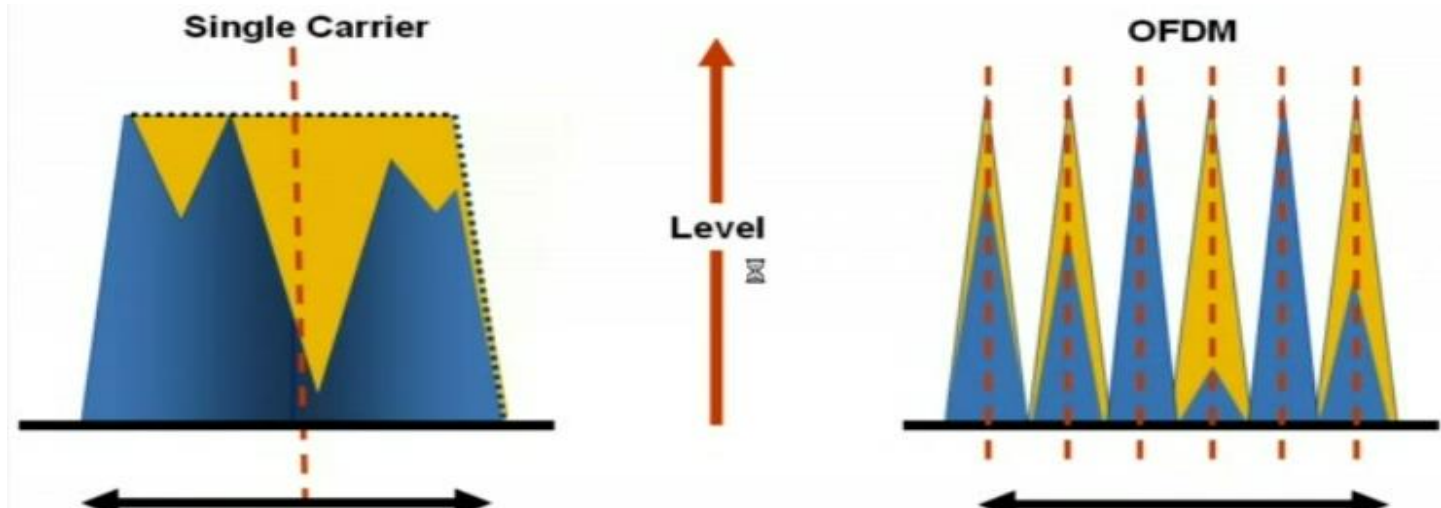
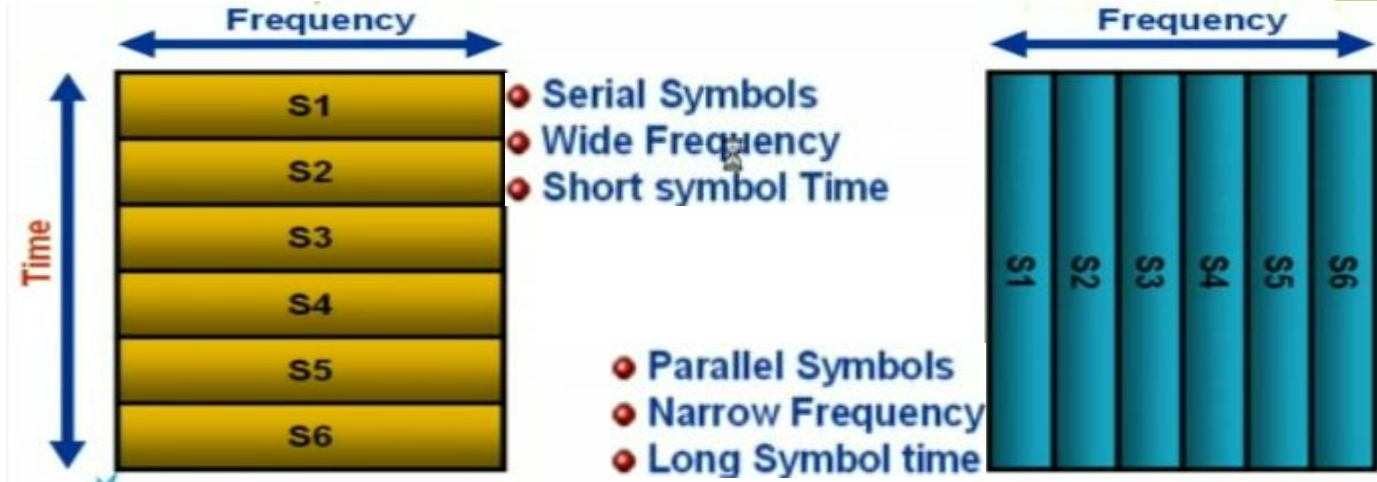
Το E-UTRAN, προκειμένου να είναι ευέλικτο και να επιτρέπει διαφορετικούς τρόπους μετάδοσης δεδομένων, υποστηρίζει τα εξής είδη καναλιών:

- ♦ **λογικά (logical) κανάλια** (περιέχουν το αντικείμενο που μεταδίδεται)  
Ελέγχου (PCCH, BCCH, CCCH, MCCH, DCCH)  
Κίνησης (MTCH, DTCH)
- ♦ **κανάλια μεταφοράς (transport)** (εκφράζουν τον τρόπο που μεταδίδεται)  
Κάτω ζεύξη (PCH, MCH, DL-SCH, BCH)  
Άνω ζεύξη (UL-SCH, RACH)
- ♦ **φυσικά (physical) κανάλια** (η εφαρμογή του καναλιού στη ραδιοεπαφή)  
Κάτω ζεύξη (PDSCH, PDCCH, PBCH, PCFICH, PHICH)  
Άνω ζεύξη (PUCCH, PUSCH, PRACH)

# E-UTRAN



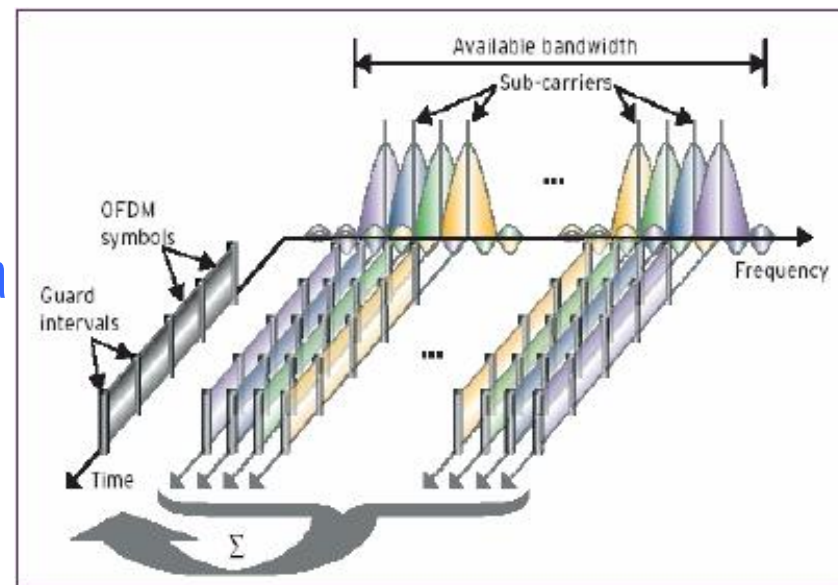
# OFDM





# Κέρδη από OFDMA

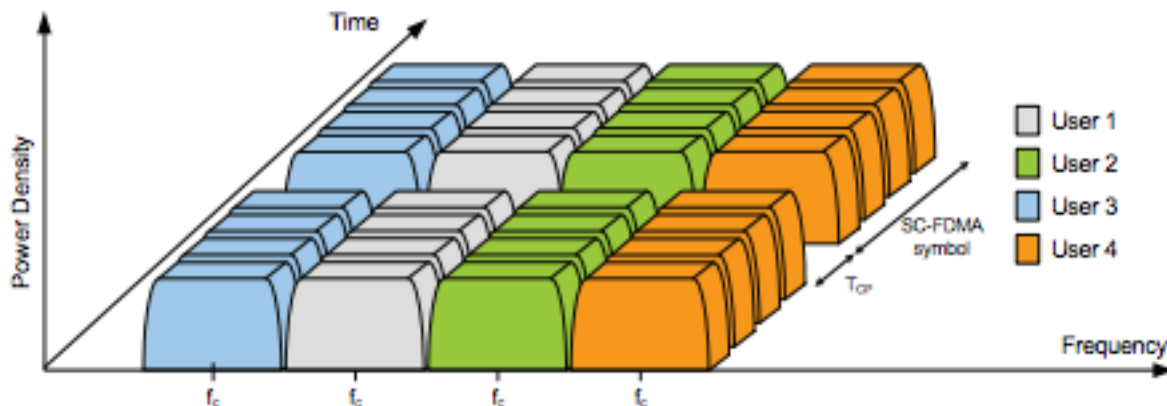
- ◆ Downlink: OFDMA
  - Αποδίδει χρονικά τμήματα subcarriers σε διαφορετικούς χρήστες
  - Ταυτόχρονη μετάδοση δεδομένων
  - Βελτιώνει τη φασματική απόδοση
  - Μειώνει τις παρεμβολές
  - Συνεργάζεται πολύ καλά με το MIMO
  - **Ενεργοβόρο**
  - **Απαιτεί χρονοβόρες διαδικασίες συγχρονισμού**



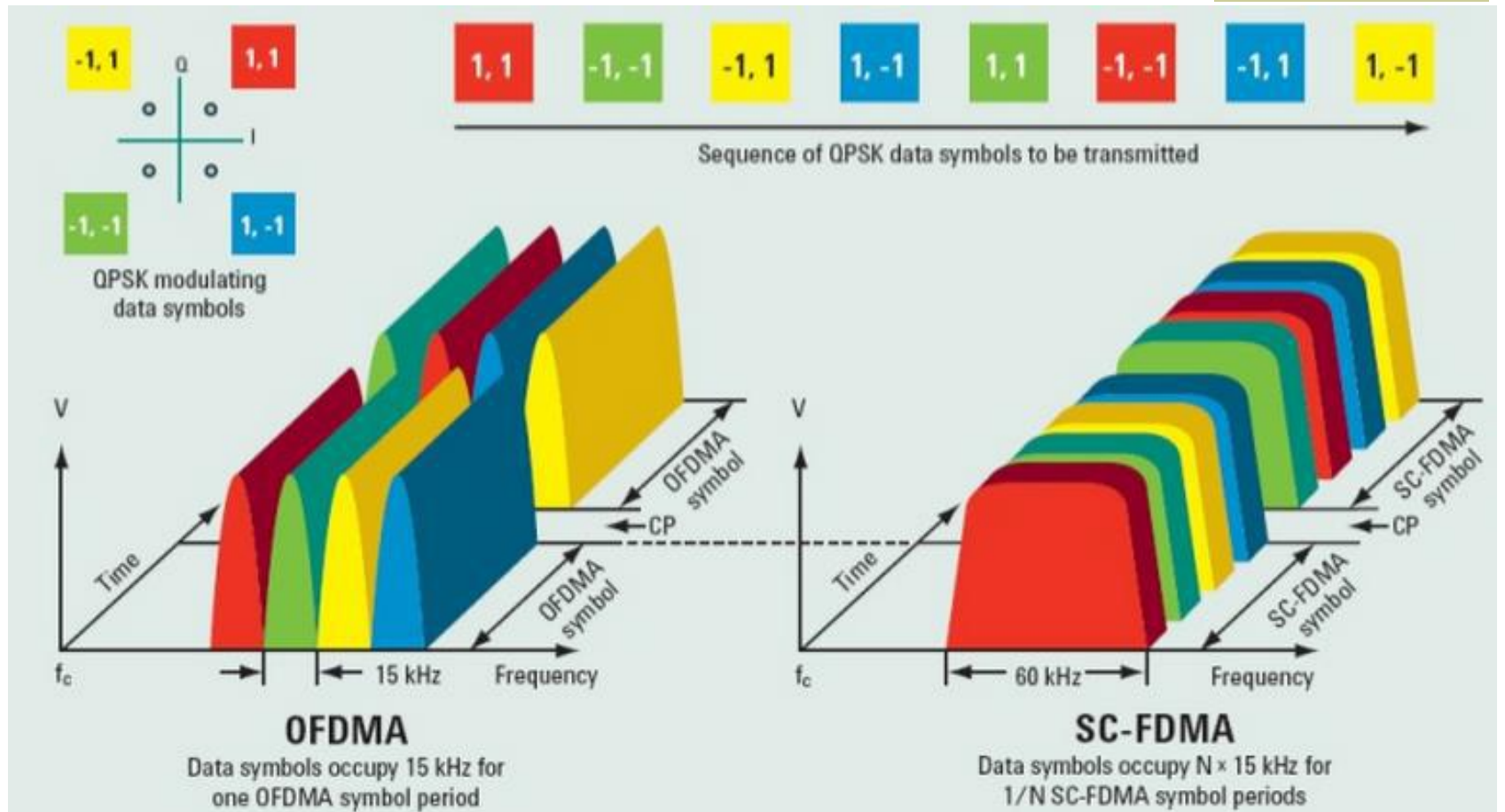
# SC-FDMA

## ◆ Uplink: SC-FDMA

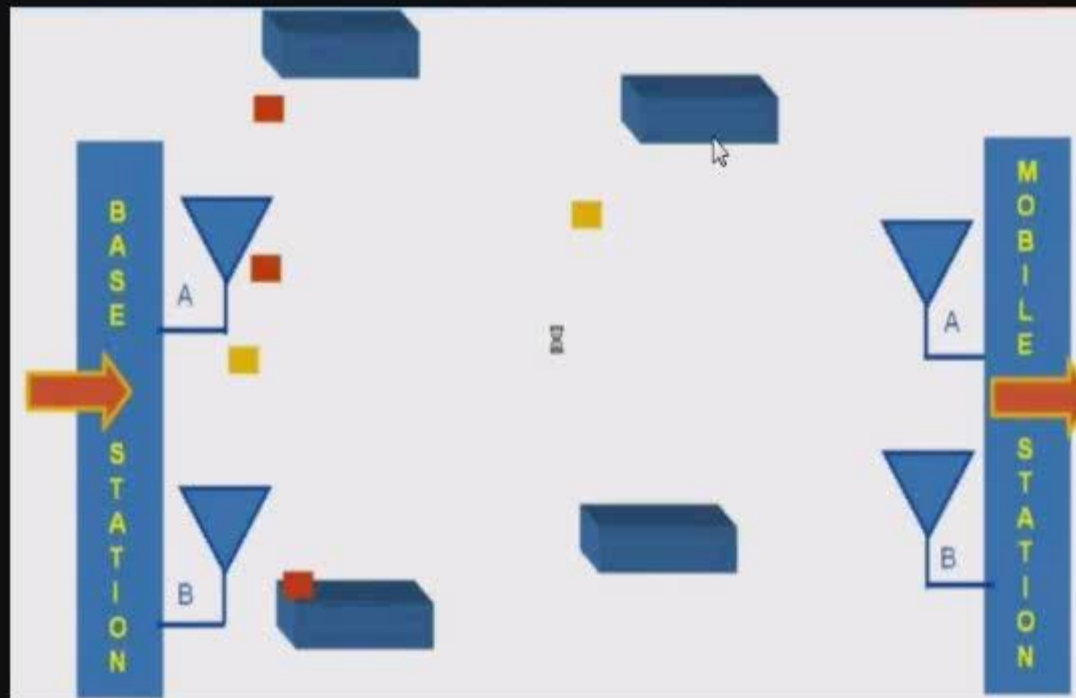
- Αποδοτικότερο ως προς την ενέργεια με αποτέλεσμα την αύξηση της ζωής της μπαταρίας του τερματικού
- Καλύτερο PAPR (peak to average power)
- Βελτιωμένη απόδοση κυψέλης
- Μειώνει την πολυπλοκότητα του τερματικού



# OFDMA vs. SC-FDMA



# Multiple Input – Multiple Output (MIMO)

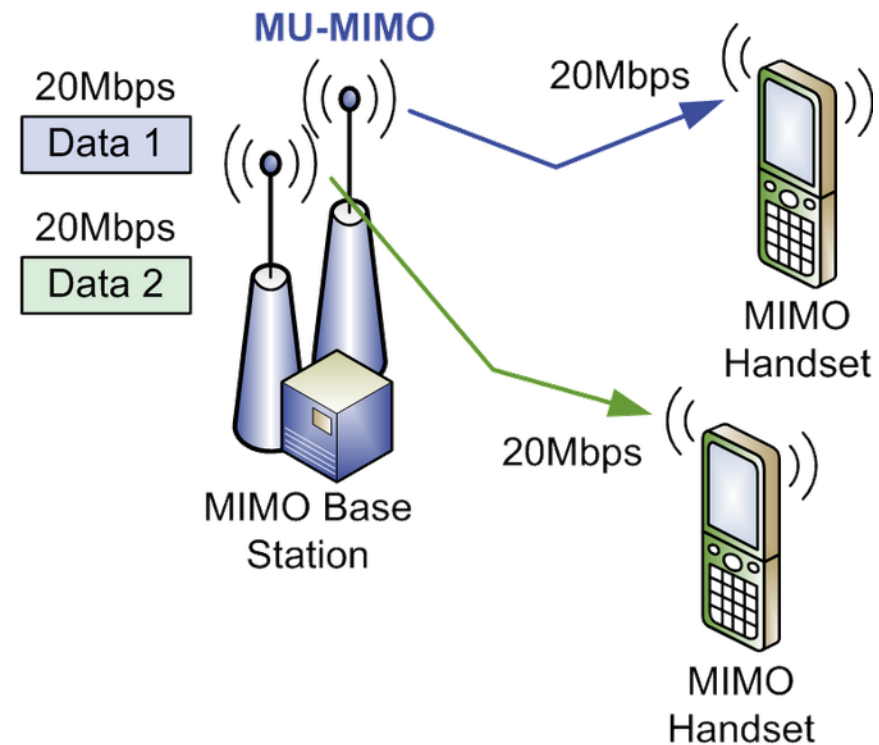
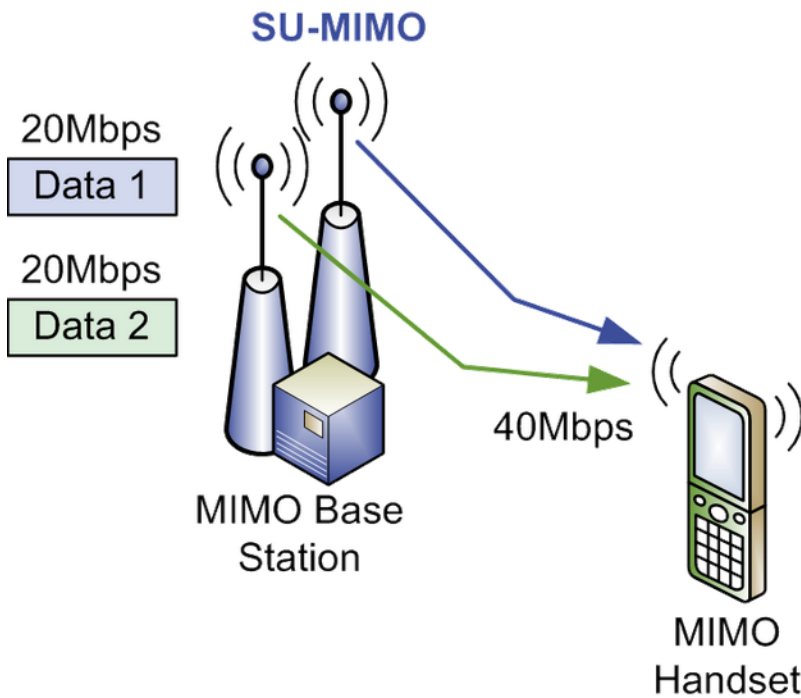


<https://www.youtube.com/watch?v=VLAgyUQCgD8>

# Πλεονεκτήματα MIMO

- ◆ Θεαματική αύξηση του ρυθμού μετάδοσης
- ◆ Αποτελεσματική αντιμετώπιση των διαλείψεων
- ◆ Καταπίεση των ομοδιαυλικών παρεμβολών
- ◆ Μείωση της απαιτούμενης ισχύος
- ◆ Αύξηση της χωρητικότητας των κυψελωτών δικτύων
- ◆ Επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση διαφορετικών ροών (streams)
- ◆ SU-MIMO
- ◆ MU-MIMO
- ◆ Channel quality?

# SU vs. MU MIMO



# Channel State Information (CSI)

- ◆ Από το UE στο eNB
- ◆ Channel Quality Indicator (CQI)
- ◆ Precoding Matrix Indicator (PMI)
- ◆ Precoding Type Indicator (PTI)
- ◆ Rank Indication (RI)

# Channel Quality Indicator (CQI)

- ◆ Ένδειξη για το ποια είναι η παρούσα κατάσταση της ποιότητας του καναλιού
- ◆ Υψηλό CQI → καλύτερη διαμόρφωση QPSK σε 64QAM και υψηλότερο coding rate
- ◆ Περιοδική αναφορά ή μετά από αίτημα του eNB

CQI index	modulation	code rate x 1024	efficiency
0	out of range		
1	QPSK	78	0.1523
2	QPSK	120	0.2344
3	QPSK	193	0.3770
4	QPSK	308	0.6016
5	QPSK	449	0.8770
6	QPSK	602	1.1758
7	16QAM	378	1.4766
8	16QAM	490	1.9141
9	16QAM	616	2.4063
10	64QAM	466	2.7305
11	64QAM	567	3.3223
12	64QAM	666	3.9023
13	64QAM	772	4.5234
14	64QAM	873	5.1152
15	64QAM	948	5.5547



# Precoding Matrix Indicator (PMI)

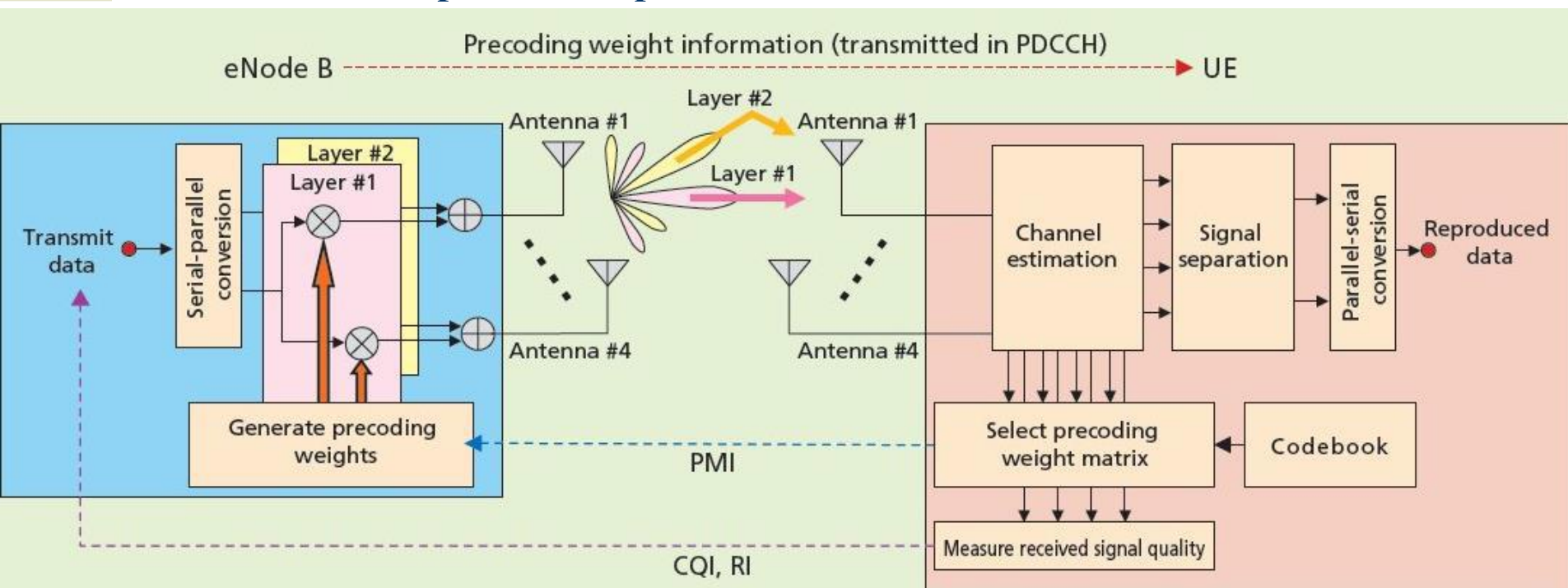
- ◆ Καθορίζει ποιος πίνακας κωδικοποίησης θα χρησιμοποιηθεί
- ◆ SU-MIMO ή MU-MIMO
- ◆ Για  $4 \times 4$  MIMO υπάρχουν 16 διαφορετικά PMIs

# Rank Indicator (RI)

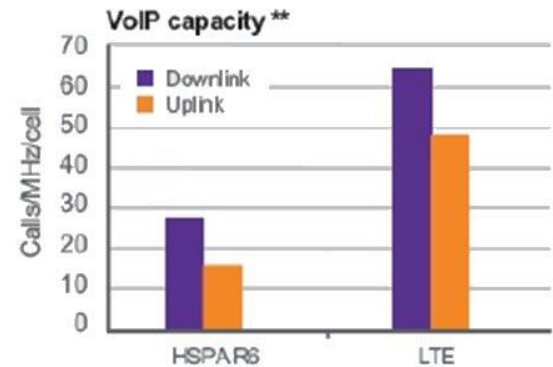
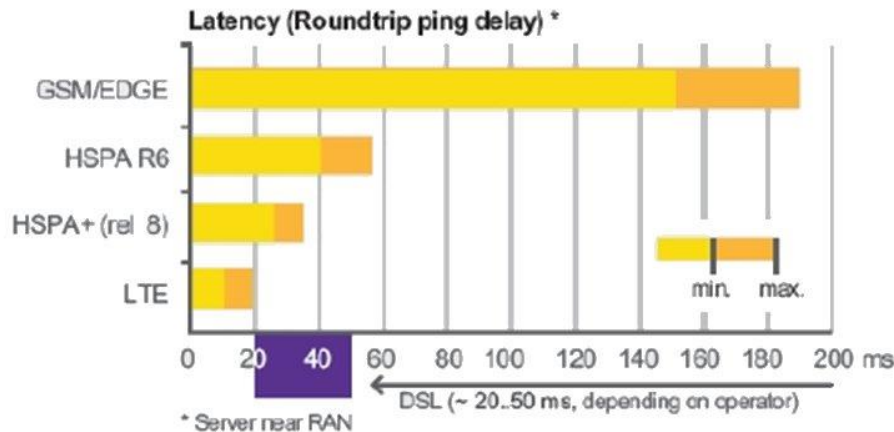
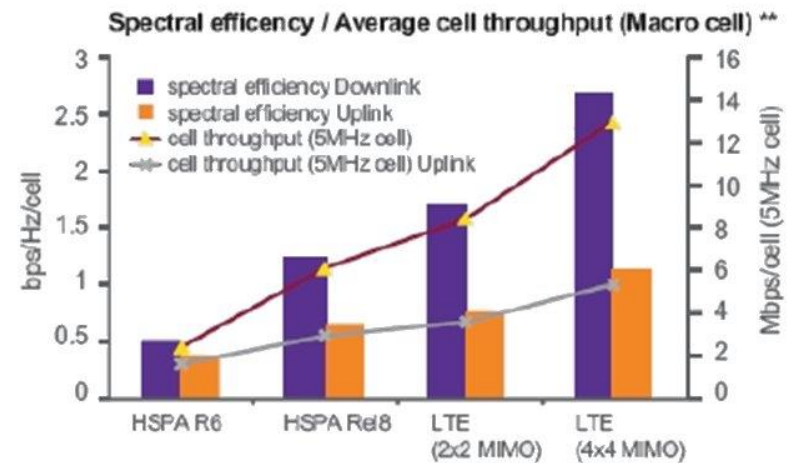
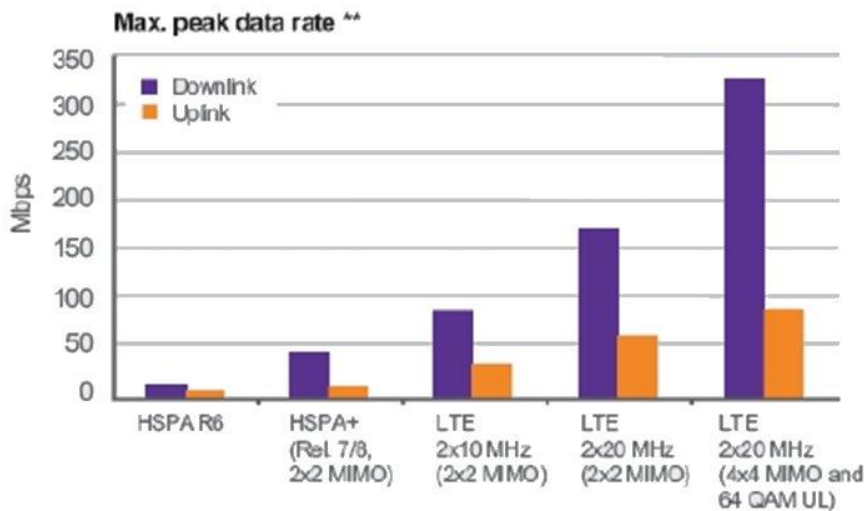
- ◆ Καθορίζει πόσα spatial layers μπορεί το UE να χρησιμοποιήσει
- ◆ Max RI = max antenna number
- ◆ SU-MIMO mode (rank 2, 3, 4)
- ◆ 2x2 MIMO  $\rightarrow$  RI=1, 2
- ◆ Για  $4 \times 4$  MIMO  $\rightarrow$  RI=2, 3, 4,

# Closed-loop SU-MIMO

- ◆ Precoding is applied to the data carried on the Physical Downlink Shared Channel (PDSCH) in order to increase the received Signal to Interference plus Noise power Ratio (SINR).



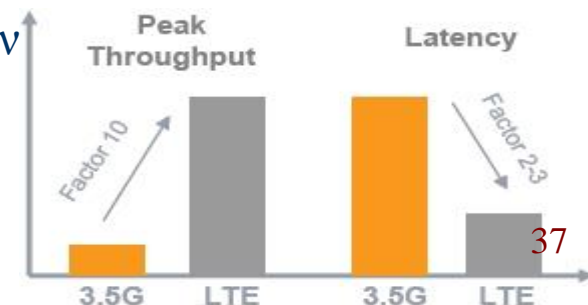
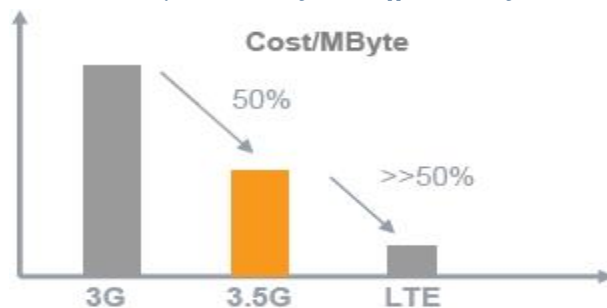
# Σύγκριση HSPA-LTE (Throughput – Latency)



\*\* LTE values acc. to 3GPP R1-072580 case 1 (macro cell, full buffer, 500m ISD)

# Σημαντικά οφέλη και για τους operators και για τους τελικούς χρήστες

- ◆ Μείωση της πολυπλοκότητας με την χρήση επίπεδης αρχιτεκτονικής
- ◆ Επιτρέπει την εισαγωγή οικονομικών συμφερούσών δομών επίπεδης χρέωσης
- ◆ Διαλειτουργικότητα
- ◆ Κλιμακούμενο εύρος ζώνης που επιτρέπει την ευελιξία ανάπτυξης μέσα σε ένα περιορισμένο φάσμα.
- ◆ Σημαντικές βελτιώσεις στη φασματική απόδοση και στη διαμόρφωση δεδομένων για τις πολυμεσικές υπηρεσίες.
- ◆ Μεγαλύτερες δυνατότητες του χρήστη για εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο, διαδραστικές υπηρεσίες και με απρόσκοπτη συνδεσιμότητα.
- ◆ Ευρυζωνικότητα ακόμα και σε υψηλές ταχύτητες.
- ◆ Αυξανόμενο throughput με ταυτόχρονη μείωση του χρόνου απόκρισης
- ◆ Μεγάλη ποικιλία συσκευών και υπηρεσιών



# Το πρότυπο LTE-Advanced

- ◆ Το LTE δεν επιτυγχάνει τους στόχους της ITU-R σχετικά με την οικογένεια προτύπων IMT-Advanced
- ◆ Η ITU-R κυκλοφόρησε ένα κυκλικό γράμμα προσκαλώντας την υποβολή υποψήφιων ράδιο διεπαφών προς ένταξη στην οικογένεια IMT-Advanced
- ◆ Η 3GPP έπειτα πήρε ορισμένες αποφάσεις
  - Το LTE-Advanced θα είναι η εξέλιξη της όγδοης έκδοσης του LTE και συμβατό με αυτό
  - Οι απαιτήσεις του LTE-Advanced πρέπει να συμβαδίζουν ή και να ξεπερνούν αυτές που έχουν τεθεί για την οικογένεια IMT-Advanced
  - Το LTE-Advanced πρέπει να: προσφέρει σημαντική αύξηση στο στιγμιαίο μέγιστο ρυθμό δεδομένων για να συμβαδίζει με τις απαιτήσεις της ITU, δώσει προτεραιότητα στους χρήστες με χαμηλή κινητικότητα, βελτιώσει τους ρυθμούς δεδομένων για χρήστες που βρίσκονται στην άκρη της κυψέλης

# Το πρότυπο LTE-Advanced

- ♦ Στον παρακάτω πίνακα συγκρίνονται οι απαιτήσεις της TR 36.913 της 3GPP και της M.2134 της ITU-R

	M.2134	TR 36.913
Μέγιστος Ρυθμός δεδομένων (Gbps)	1	1-DL 0.5-UL
Λανθάνων χρόνος (Latency)	C-Plane<100ms U-Plane<10ms	C-Plane<50ms U-Plane<5ms
Μέγιστη φασματική απόδοση (bps/Hz)	15 (4X4)-DL 6.75(2X4)-UL	30(8X8)-DL 15(4X4)-UL
Φασματική απόδοση κυψέλης (bps/Hz/cell)	2.2(4X2)-DL 1.4(2X4)-UL	2.4(2X2)-DL 2.6(4X2)-DL 3.7(4X4)-DL 1.2(1X2)-UL 2(2X4)-UL
Φασματική απόδοση κυψέλης για χρήστη στα όρια της (bps/Hz/cell/user)	0.06(4X2)-DL 0.03(2X4)-UL	0.07(2X2)-DL 0.09(4X2)-DL 0.12(4X4)-DL 0.04(1X2)-UL 0.07(2X4)-UL
Κινητικότητα Έυρος Ζώνης	Έως 350km/h >40MHz	Έως 350 km/h Έως 100MHz

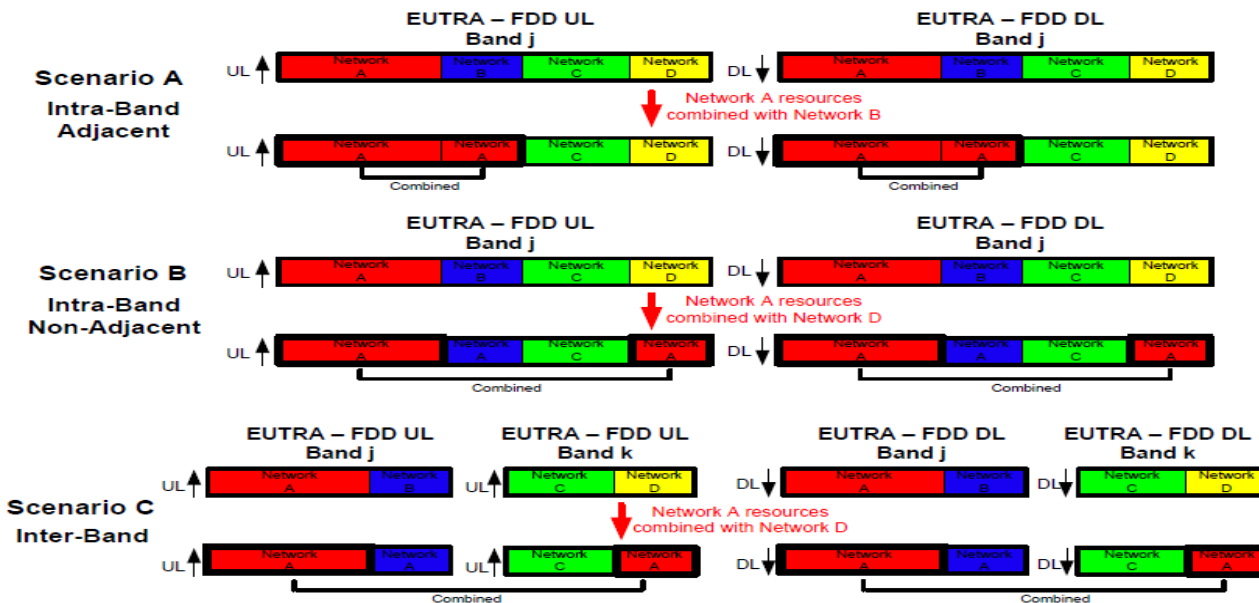
# Το πρότυπο LTE-Advanced

- ◆ Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι έχουν γίνει τεχνικές προτάσεις όπως:
  - Υποστήριξη μεγαλύτερου εύρους ζώνης με συνάθροιση φορέων
  - Βελτιωμένη μετάδοση πολλαπλής-εισόδου, πολλαπλής-εξόδου (eMIMO)
    - Συντονισμένη μετάδοση και λήψη πολλαπλών σημείων
  - Λειτουργία αναμετάδοσης



# Υποστήριξη μεγαλύτερου εύρους ζώνης με συνάθροιση φορέων

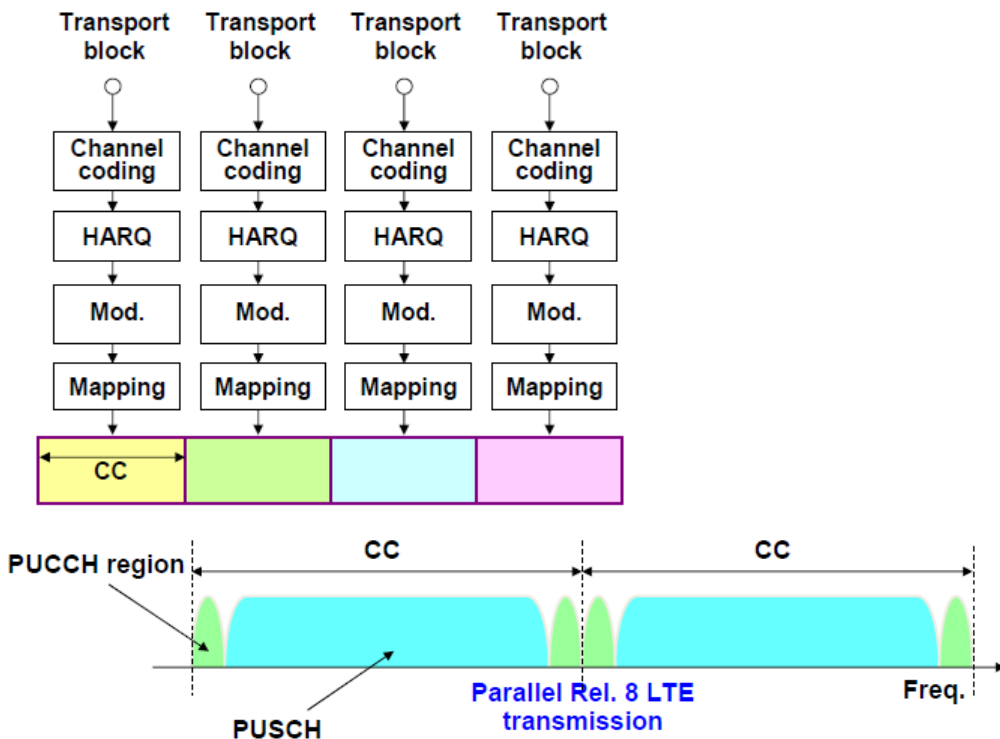
- ◆ Εξαιτίας του μη συνεχούς φάσματος που έχει κρατηθεί για το IMT-Advanced το εύρος ζώνης μετάδοσης μπορεί να είναι και αυτό τεμαχισμένο
- ◆ Οι συσκευές των χρηστών πρέπει να φιλτράρουν, να επεξεργάζονται και να αποκωδικοποιούν αυτό το μεταβλητό εύρος ζώνης



# Υποστήριξη μεγαλύτερου εύρους ζώνης με συνάθροιση φορέων

- ◆ Αναφορικά με τους πόρους του eNB και την συμβατότητα με το LTE, μικρές αλλαγές απαιτούνται αν ο προγραμματισμός, η MIMO, η προσαρμογή της ζεύξης και η HARQ πραγματοποιούνται σε ομάδες φορέων των 20MHz

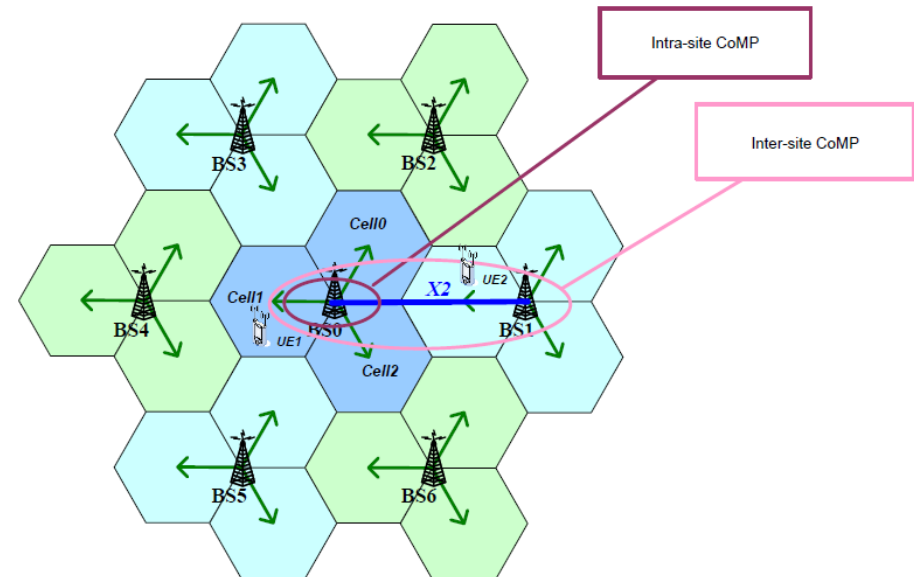
- ◆ Άνω Ζεύξη



- ◆ Κάτω Ζεύξη

# Συντονισμένη μετάδοση και λήψη πολλαπλών σημείων

- ◆ Σημαντική παράμετρος στο LTE-Advanced θεωρείται η βελτίωση της επίδοσης του δικτύου για τους χρήστες που βρίσκονται στα όρια μιας κυψέλης
- ◆ Συστήματα συντονισμένης μετάδοσης και λήψης πολλαπλών σημείων (CoMP)
- ◆ Όταν ένας χρήστης βρίσκεται στα όρια της κυψέλης είναι δυνατό να λάβει σήματα από πολλαπλές τοποθεσίες κυψελών αλλά και να στείλει προς πολλαπλές τοποθεσίες κυψελών ανεξάρτητα από το φορτίο του συστήματος

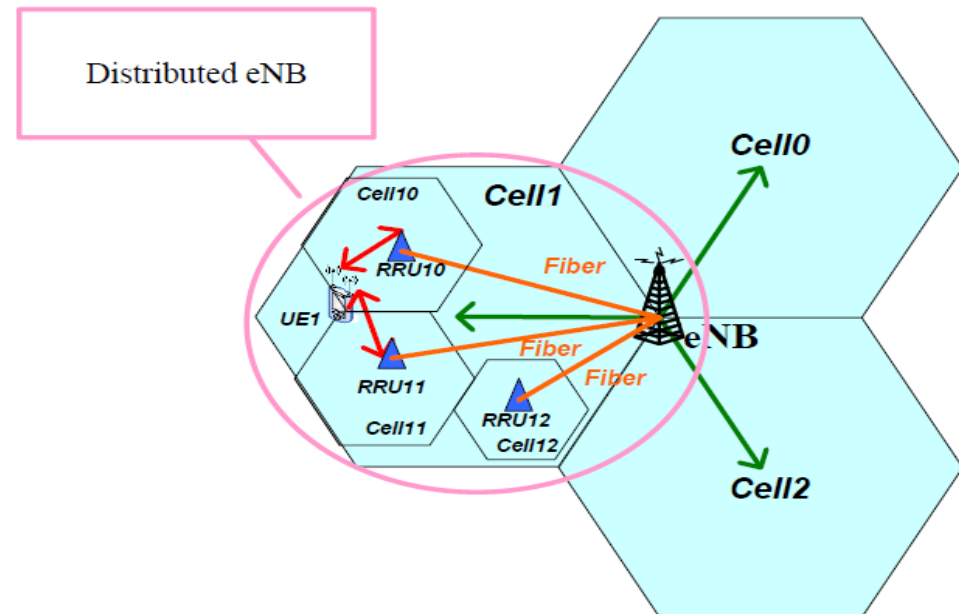


# Η τεχνική CoMP στην κάτω και άνω ζεύξη

- ◆ Στην κάτω ζεύξη δύο διαφορετικές προσεγγίσεις βρίσκονται υπό συζήτηση
  - Συντονισμένη μορφοποίηση ακτινοβολίας ή συντονισμένος προγραμματισμός
    - Συντονισμός μεταξύ πολλαπλών τοποθεσιών προς αποφυγή των μεταξύ τους παρεμβολών
  - Κοινή επεξεργασία/μετάδοση
    - Ο χρήστης λαμβάνει σήματα από περισσότερες τοποθεσίες οι οποίες συντονίζονται μεταξύ τους προσομοιώνοντας μία τοποθεσία με κεραιές τοποθετημένες σε πολλές γεωγραφικά διαφορετικές τοποθεσίες

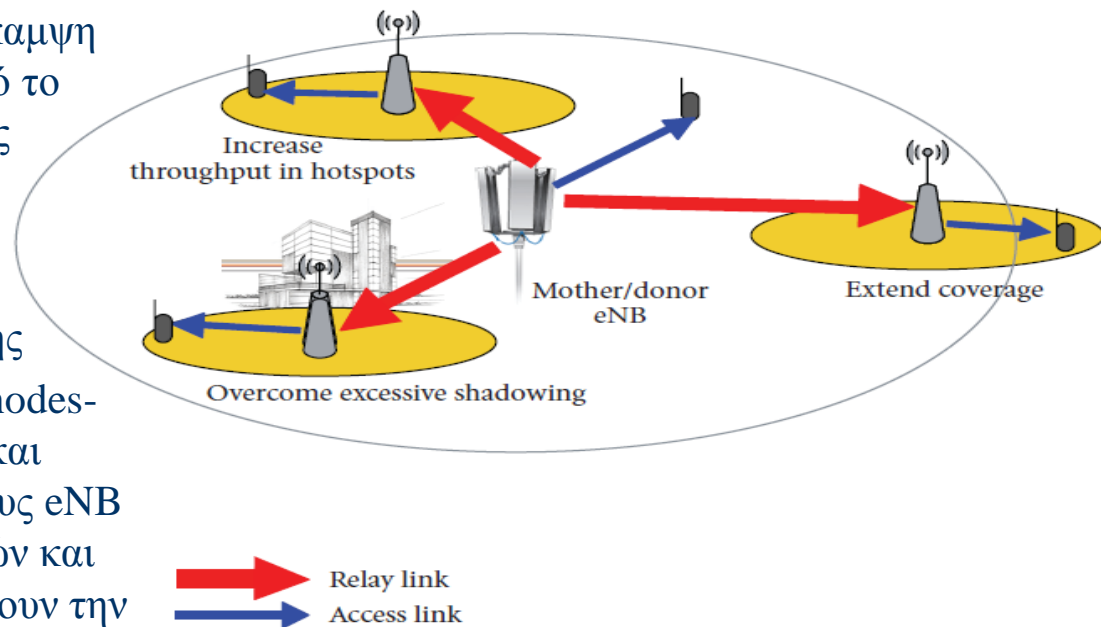
# Η περίπτωση κατανεμημένου eNB

- ◆ Ουσιαστικά έχουμε χωρισμό του eNB σε μία μονάδα βασικής ζώνης (baseband unit-BBU) η οποία συνδέεται με μία ή περισσότερες απομακρυσμένες ραδιο μονάδες (radio remote unit-RRU)
- ◆ Οι RRU τοποθετούνται σε διαφορετικά σημεία στο χώρο και προσφέρουν μια χαμηλού κόστους και αυξημένων προδιαγραφών λύση



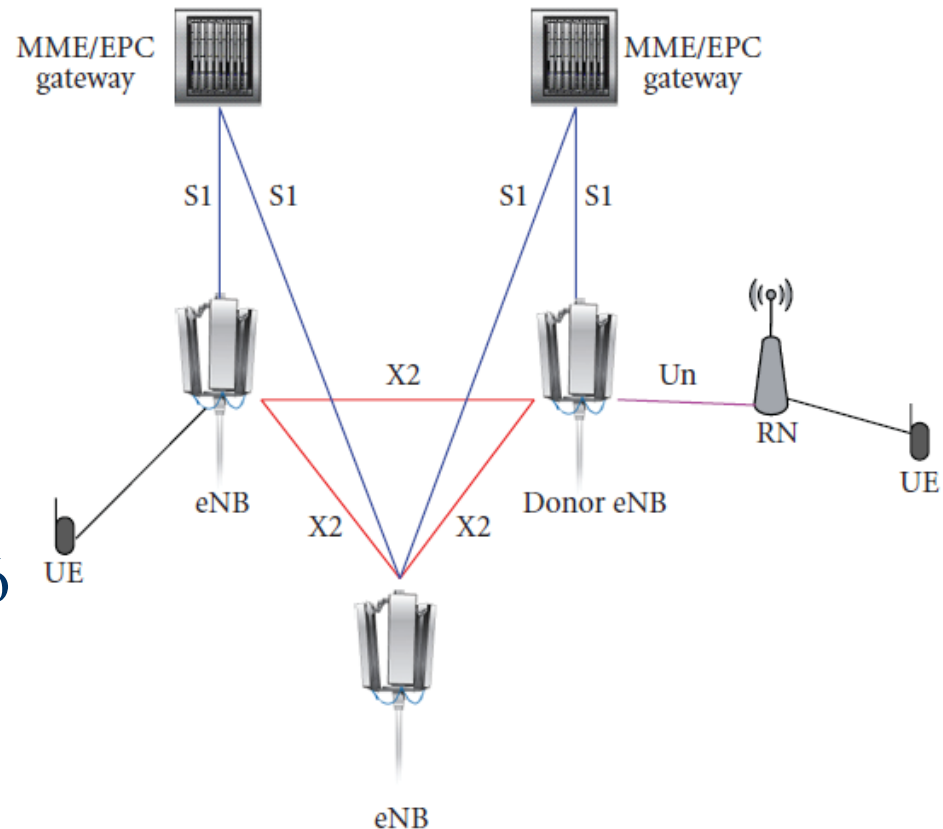
# Λειτουργία αναμετάδοσης

- ♦ Αύξηση ακτίνας κάλυψης, παράκαμψη σημείων στα οποία η κάλυψη από το δίκτυο είναι δύσκολη, μείωση της κατανάλωσης στα τερματικά των χρηστών και αύξηση του ρυθμού μετάδοσης στους χρήστες που βρίσκονται στα όρια μιας κυψέλης
- ♦ Οι κόμβοι αναμετάδοσης (relay nodes-RN) είναι απλούστεροι σε δομή και οικονομικότεροι από τους κόμβους eNB και παρεμβάλλονται μεταξύ αυτών και των χρηστών για να αναμεταδώσουν την ασύρματη πληροφορία
- ♦ Αναμετάδοση σε τρία επίπεδα ανάλογα με δυνατότητες RN
- ♦ Δύο προτεινόμενες αρχιτεκτονικές: δυναμική και στατική



# Στατική αρχιτεκτονική

- ◆ Τοποθέτηση των RN με βάση τις ανάγκες που παρατηρούνται κατά τη λειτουργία του δικτύου
- ◆ Η υλοποίηση έχει στατική φύση καθώς δεν είναι δυνατή η μεταπομπή ενός RN ο οποίος ελέγχεται από ένα συγκεκριμένο eNB σε έναν άλλον eNB

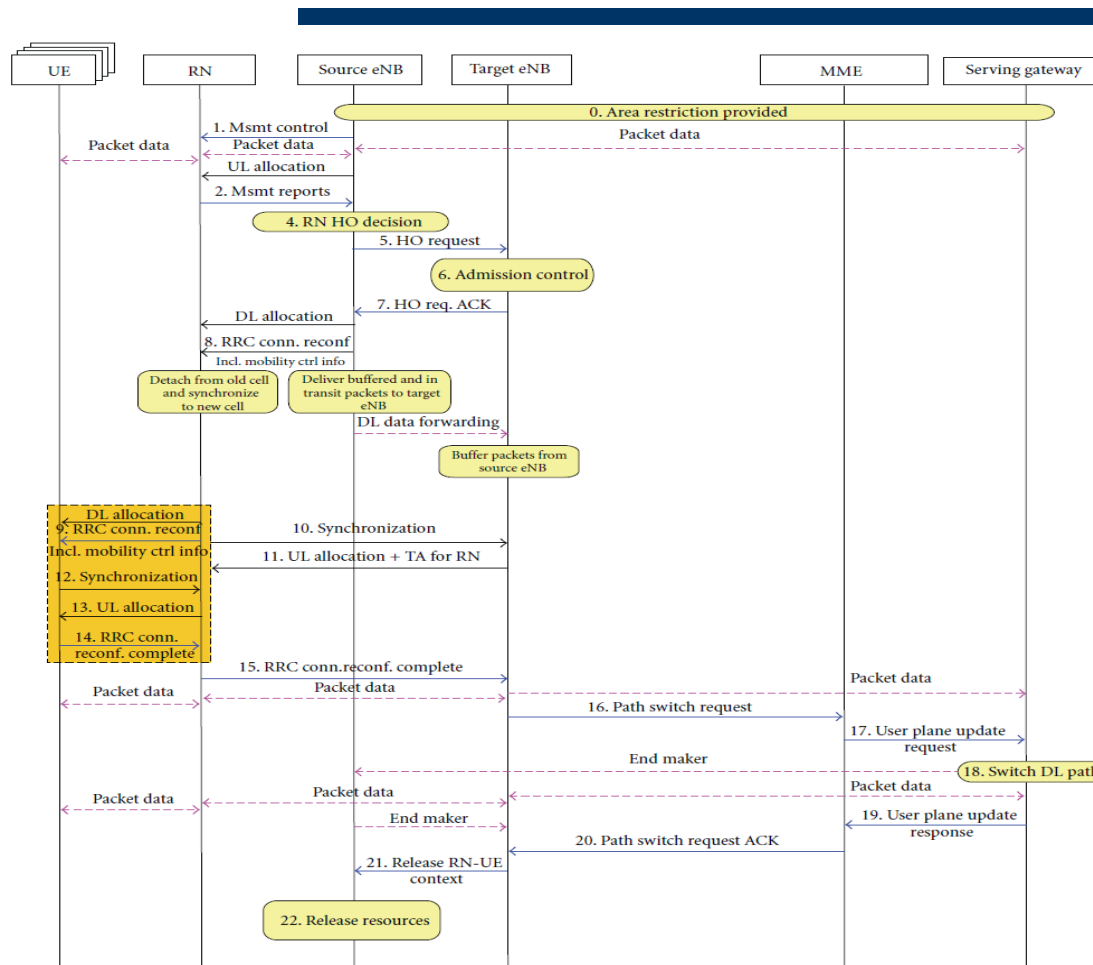


# Δυναμική αρχιτεκτονική

- ◆ Η εισαγωγή της δυναμικότητας σε ένα δίκτυο που χρησιμοποιεί RN είναι απαραίτητη καθώς μπορεί να υποστηρίξει τη λειτουργία ενός αυτο-ρυθμιζόμενου δικτύου (Self-Organized Network, SON)
- ◆ Τα SON θα παίξουν σημαντικό ρόλο στα δίκτυα τέταρτης γενιάς καθώς αναμένεται να ρυθμίζονται με στόχο κάθε φορά την καλύτερη διαχείριση των ραδιοπόρων και την εξοικονόμηση ενέργειας
- ◆ Εισάγονται νέα χαρακτηριστικά στους eNB οι οποίοι θα πρέπει να είναι σε θέση να ενημερώνουν κοντινούς RN για το κατά πόσο υποστηρίζουν λειτουργία αναμετάδοσης, ώστε ένας RN να μπορεί να μεταπεμφθεί σε έναν άλλο eNB



# Παράδειγμα μεταπομπής ενός RN



# Συμπεράσματα

- ◆ Το πρότυπο LTE-A προσφέρει
  - Επίτευξη των στόχων της ITU-R
  - Ευελιξία στο φάσμα συχνοτήτων
  - Βελτίωση στην ποιότητα υπηρεσίας απομακρυσμένων χρηστών
  - Μείωση των παρεμβολών
  - Εξυπνότερο δίκτυο με δυνατότητα αυτοδιαχείρισης
  - Εξοικονόμηση ραδιοπόρων και ενέργειας

# Επιλεγμένη Βιβλιογραφία

- ◆ Ulrich Barth, “3GPP Long-Term Evolution / System Architecture Evolution Overview”, September 2006
- ◆ Stéphane Jacquelin, “Evolution of the Wireless Network to LTE”, February 2008.
- ◆ Αθανάσιος Κανατάς, “Η χρήση πολλαπλών κεραιών και η σημασία του ραδιοδιαύλου: Από το διαφορισμό στη χωρική πολυπλεξία,”
- ◆ Dr. Jürgen Schindler, “(R)evolutionfrom 3G to LTE”, October 2007.
- ◆ Per Beming, Lars Frid, Göran Hall, Peter Malm, Thomas Noren, Magnus Olsson and Göran Rune, “LTE-SAE architecture and performance,” Ericsson 104 Review No. 3, 2007.
- ◆ <http://www.youtube.com/watch?v=-inU452eqkk>
- ◆ <http://www.youtube.com/watch?v=VLAgyUQCgD8>
- ◆ Jim Zyren, “Overview of the 3GPP Long Term Evolution Physical Layer”, 07/2007
- ◆ David Martin-Sacristan, Jose F. Monserrat, Jorge Cabrejas-Penuelas, Daniel Calabuig, Salvador Garrigas and Narcis Cardona, “On the way towards fourth-generation mobile: 3GPP LTE and LTE Advanced” LTE and LTE Advanced, vol. 2009, pp.1–3,7-9, 2009.
- ◆ Matthew Baker, Alcatel-Lucent, “LTE-Advanced Physical Layer” IMT-Advanced Evaluation Workshop pp.40–41, Year 2009.
- ◆ 3G Americas, “3GPP Mobile Broadband Innovation, pp.105–109, 2010.
- ◆ Oumer Teyeb, Vinh Van Phan, Bernard Raaf and Simone Redana, “Dynamic relaying in 3GPP LTE and LTE –Advanced Networks” LTE and LTE Advanced, vol. 2009, pp.2–6, 2009