Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό

Ίδρυμα Κρήτης

Παράρτημα Χανίων

Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών

Πτυχιακή Εργασία

Γενική Επισκόπηση της 4 G τεχνολογίας LTE

Του φοιτητή

Γκιόκα Χρήστου

Α. Μ. 3945

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Κόκκινος Ευάγγελος

Χανιά 2014

Περίληψη

Σε αυτή τη διπλωματική γίνεται επισκόπηση της τεχνολογίας αιχμής LTEκαι των απαιτήσεων του LTE/EPSκαθώς και των βασικών του χαρακτηριστικών. Παρουσιάζεται η εξέλιξη των αρχιτεκτονικών δικτύων και εξηγούνται τα βασικά στοιχεία της διεπαφής αέρακαι η τεχνολογία TDD βασισμένη σε τεχνολογία LTE (TD-LTE). Εξηγούνται οι τυποποιημένες διεπαφές για τα δίκτυα LTE και το πρωτόκολλο στοίβας που χρησιμοποιείται στις παραπάνω διεπαφές καθώς και η λειτουργία με non-3GPPμε CDMA2000 HDRP. Περιγράφεται η διαχείριση ανταλλαγής πληροφοριών Κινητικότητας LTEκαι οι καταστάσεις σύνδεσης, η αρχιτεκτονική του EPSφορέα και ποιες είναι οι διαφορετικέςLTE/EPSδιαδικασίες. Έπειτα παρουσιάζεται η τεχνολογία μετάδοσης OFDMσχεδιάζονται τα κύρια μπλοκ του OFDMπομπού και δέκτη.

<u>ΛΕΞΕΙΣΚΛΕΙΔΙΑ</u>: LTE, LTE-Advanced, 4G,UMTS, OFDMA, MIMO, FDD, TDD, eNB, ΕπεξεργασίαΔιαφορισμού, ΧωρικήΠολύπλεξη, Beamforming.

Summary

This thesis is a review of the state of the art LTE technology and the LTE/EPS main requirements. The TDD technology that is based on the LTE (TD-LTE) and the LTE Air Interface are described and the major steps in the Network Architecture Evolution towards an LTE/EPS key features are identified. Furthermore, are listed the standardlised interfaces for LTE and the protocol stack implantation in each of them. Is explained the interworking with non-3GPP networks, in particular cdma2000 HRPD. Next, there is an introduction to the LTE Mobility and session management and the connection states. There is an explanation of the EPS Bearer Architecture and attributes and an analysis of the LTE/EPS procedures. At the end, are presented the basics of the OFDM transmission technology and are designed the main blocks in the OFDM transmitter and receiver Architecture

KEYWORDS: LTE, LTE-Advanced, 4G, UMTS, OFDMA, MIMO, FDD, TDD, eNB, Diversity Processing, Spatial Multiplexing, Beamforming.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1:

Γιατί τεχνολογία αιχμής LTE; 14

Ενδιαφέρον για την τεχνολογία LTE: Οπτική του πελάτη: καλύτερη εμπειρία ευρυζωνικότητας 15

Έκρηξη στην κίνηση δεδομένων στην κινητή τηλεφωνία 15

Οδηγοί τεχνολογίας LTE 16

Οδηγοί τεχνολογίας δικτύων LTE: 16

Ποιές είναι οι προκλήσεις της τεχνολογίας LTE; 16

Συμπεράσματα 17

Κύριες απαιτήσεις της τεχνολογίας LTE 17

Εξέλιξη στην τεχνολογία LTE 18

Σύγκριση απόδοσης και αδράνειας (1/2) 18

Σύγκριση απόδοσης και αδράνειας (2/2) 19

Επεκτάσιμο Εύρος Ζώνης 20

Αυξημένη Φασματική Απόδοση 20

Απλούστερη Αρχιτεκτονική για μείωση του OPEX (έξοδα λειτουργίας) 21

Περίληψη απαιτήσεων τεχνολογίας LTE 22

Προδιαγραφές τεχνολογίας LTE 22

3GPP και Προδιαγραφές τεχνολογίας LTE 22

3GPP και προδιαγραφές τεχνολογίας LTE και πρόωρη ανάπτυξη 23

NSN Εξέλιξη της αρχιτεκτονικής δικτύου (1/4) 24

NSN Εξέλιξη της αρχιτεκτονικής δικτύου (2/4) 24

NSN Εξέλιξη της αρχιτεκτονικής δικτύου (3/4) 25

NSN Εξέλιξη της αρχιτεκτονικής δικτύου (4/4) 25

Περίληψη – NSN Εξέλιξη Αρχιτεκτονικής Δικτύου 26

Κύρια χαρακτηριστικά Ραδιομετάδοσης τεχνολογίας LTE 26

Βασικά χαρακτηριστικά της διεπαφής EUTRAN 27

Βασικά χαρακτηριστικά της διεπαφής EPC 28

Βασικά στοιχεία διεπαφής αέρα/ ραδιοεπαφής τεχνολογίας LTE 29

Μέθοδοι πολλαπλής πρόσβασης 29

Διεπαφή αέρα τεχνολογίας LTE 30

Διεπαφή αέρα τεχνολογίας LTE 30

Επεκτάσιμο εύρος ζώνης 31

Δίκτυο TD – LTE 31

Τεχνολογία TD-LTE 31
Δυναμικό της αγοράς για την τεχνολογία TD-LTE 31
Φάσμα τεχνολογίας TD-LTE 32
Κύριες προοπτικές τεχνολογίας TD-LTE 32
Προηγμένη τεχνολογία LTE με 3GPP Έκδοση 10 33
Προηγμένη τεχνολογία LTE-Advanced 34
Συντονισμένη Μετάδοση Πολλαπλών Σημείων (CoMP) 36
Περίληψη προηγμένης τεχνολογίας LTE-Advanced 38
Η δυναμική στην αγορά για την τεχνολογία LTE 38
Η σωστή λύση για κάθε τομέα (W-CDMA/HSPA, WiMAX, LTE) 39

Κεφάλαιο 2:
LTE/EPS Αρχιτεκτονική Δικτύων 42
ΕξέλιξηαρχιτεκτονικήςΔικτύων (System Architecture Evolution -SAE) στο 3GPP 42
LTE/EPS Στοιχείαδικτύου 43
Mobility Management Entity (MME) 44
Serving (SAE) Gateway (S-GW) 45
Packet Data Network (PDN) SAE Gateway (p-GW) 46
Policy and Charging Rule Function (PCRF) 46
Home Subscriber Server (HSS) 47
LTE/EPS Διεπαφές δικτύων 47
LTERadio Διεπαφή και X2 Διεπαφή 48
S1-MME & S1-U διεπαφές 49
EUTRAN & EPC συνδεδεμένομε S1-flex 50
S10, S6, S11 Διεπαφές 50
S5/S8(3GPP υποψήφιο βασισμένο στο GTP) 52
Gx(ή S7) &Gxc διεπαφές 54
Rx & SGi Διεπαφές 55
LTE/EPS Roaming Architecture 55
S9 Διεπαφή 57
LTE/EPS Διασυνεργασία με 2G/3G δίκτυα 57
S3 & S4 Διεπαφές 58
LTE/EPS Διασυνεργασία με 2G/3G δίκτυα 58
S12 Διεπαφή 59

LTE/EPS Διασυνεργασία με Non-3GPP τεχνολογίες πρόσβασης 59
LTE/EPS Διασυνεργασία με non-3GPPAccess 60
S2 Διεπαφή 61
SAE/EPS Διασυνεργασία με cdma2000 HRPDAN 62
S101 & S103 Διεπαφές 63
SAE/LTE Διασυνεργασία με δίκτυα CDMA2000 64

Κεφάλαιο 3:

Διαχείριση Ανταλλαγής Πληροφοριών Κινητικότητας* 65
LTE/EPS Mobility Areas 65
Tracking Areas 66
Πολλαπλές καταχωρήσεις περιοχών εντοπισμού 67
Περιοχές εντοπισμού: Χρήση S1-flex Διεπαφή 68
GUTI- Global Unique Temporary Identity 69
UE Επανάληψη ταυτοποιήσεων 70
Ορολογία στα LTE και στις 3G συνδέσεις και στη διαχείριση κινητικότητας 70
LTE Κινητικότητα & κατάσταση σύνδεσης 71
EPS Connection Management(ECM) και LTE Radio Recource Control (RRC) καταστάσεις 72
EPS Connection Management (ECM) 72
EMM& ECM καταστάσεις μεταβάσεων 73
Επανάληψη EMM &ECM καταστάσεων 74
LTE/EPSBearer(φορέας) 74
    LTE/EPS Φορέας: Ταυτότητα & Αρχιτεκτονική 74
    Τομείς LTE/EPS Bearer 75
    Η έννοια του Default Bearer 77
    SAEBearerQoS επίγνωση 77
EPS Bearer QoS χαρακτηριστικά 78
SAE Bearer QoS χαρακτηριστικά 79
Traffic flow Control (ULIDL-TFT): 80
3GvsSAEBearersQoS Σύγκριση Χαρακτηριστικών 81
    QoS Class Identifier (QCI) Πίνακαςσε 3GPP 82
    Παράδειγμα χρήσης SAE Bearer 83
SAEBearer-Δυνατότητα επιλογής GTP στο S5/S8 83
LTE Διαδικασίες 85

Σύνδεση(Attach)(1/2): 85
Σύνδεση(Attach)(2/2): 86
S1 Release 87
Αποσύνδεση(Detach) 88
Service Request 89
Ενημέρωση εντοπισμού περιοχής (TrackingAreaUpdate-TAU) 91
TAU (Tracking Area Update)(1/2) 92
TAU(2/2) 93
Η ιδέα του “Πολλαπλως εντοπισμός εγγραφών περιοχών” (Multi Tracking Area Registration) 94
LTE/EPS Handover (Μεταπομπή) 95
LTE/SAE Handover αρχές 96
Διαδικασία Handover 96
Εναλλαγή Επίπεδου Χρήστη σε Handover 97
Inter eNB Handover μεX2 διεπαφή(1/2) 97
Inter eNB Handover μεX2 διεπαφή(2/2) 98
LTE/SAE Ασφάλεια: EPS ταυτοποίηση και συμφωνία κλειδιού(AuthenticationandKeyAgreement-AKA) 99
EPS διαδικασίαταυτοποίησης (Authentication Procedure) 100
Λειτουργίες Ασφαλείας- Κρυπτογράφηση 100
Ιεραρχία των κλειδιών ασφαλείας του EPS 100
EPS/LTE Κλειδιά Ασφαλείας (1/2) 101
EPS/LTE Κλειδιά Ασφαλείας (2/2) 102
Διαδικασία δημιουργίας κλειδιών 102

Κεφάλαιο 4:

LTEAirInterface 103
Διαμόρφωση παλμών και φάσμα 104
Ο Ορθογώνιος Παλμός 105
ΠολλαπλήδιάδοσηκαιδιασυμβολικήΠαρεμβολή(Multi-path Propagation & inter-Symbol Interference) 106
Πολλαπλών διαδρομών διάδοση & η περίοδος Επιτήρησης (Multi-pathPropagation&theGuardPeriod) 106
Καθυστέρηση διάδοσης που υπερβαίνει τη περίοδο Επιτήρησης (Guard Period) 107
Επαναχρησιμοποίηση της περιόδου Επιτήρησης 108

Το CyclicPrefix (*Κυκλικό πρόθεμα)* 109
Πως η μέθοδος πολλαπλών διαδρομών επηρεάζει το OFDM 109
Περίπτωση 1η: Η Καθυστέρηση Διάδοσης είναι μικρότερη από το CP 110
Περίπτωση 2η: Η Καθυστέρηση Διάδοσης είναι μεγαλύτερη από το CP 111
Περιορισμοί της Διαμόρφωσης μονού φορέα (single-carrier) 111
Πολλαπλού Φορέα Διαμόρφωση(Multi-Carrier Modulation) 112
Ορθογώνια multi-carrier: OFDM 113
Πολλαπλού Φορέα Διαμόρφωση (Multi-CarrierModulation) 113
OFDM: Orthogonal Frequency Division Multi-Carrier (Ορθογώνια multi-carrier διαίρεσηςσυχνότητας) 113
Επικάλυψη φάσματος πολλαπλών OFDM φορέων 114
OFDM: Orthogonal Frequency Division Multi-Carrier (Ορθογώνια multi-carrier διαίρεσηςσυχνότητας) 115
Το σήμα OFDM 116
Επιδράσεις των σφαλμάτων συχνότητας στο OFDM 116
Inter-Carrier Interference (ICI) στο OFDM 116
Η επίδραση Leakage εξαιτίας της Μετατόπισης Συχνότητας: ICI 117
OFDMA CHALLENGE: Peak to Averge Power Ratio 118
Back-off ενισχυτήισχύος 118
SC-FDMA 119
Σύγκριση SC-FDMA & OFDMA 120
Σύγκριση SC-FDMA & OFDMA (2/2) 121
Uplink διεπαφής αέρα(AirInterface) τεχνολογίας SC-FDMA 122
FFT (Fast Fourier Transform) 123
OFDM Πομπός(Transmitter) 123
OFCM Δέκτης 125
OFDM Πολλαπλή Πρόσβαση 126
Απλό OFDM: 126
Time Division Multiple Access μέσω OFDM 127
Time Division Multiple Access μέσω OFDM 128
Διαφορετικές μέθοδοι για OFDM πολλαπλής πρόσβασης 129
Μέθοδοι Ανάθεσης Υποφορέων 129
LTE/UTRAN Διεπαφή του Αέρα 130
LTE/FDD & TDD λειτουργία 131
LTE Radio frame,slots,subframes καιλειτουργία FDD 131

LTE Radio frame,slots,subframes καιλειτουργία TDD 131
LTE Frame Structure 132
LTE σχισμή(slot) 133
OFDM Block πόρωνγια LTE/EUTRAN 133
OFDM πλέγμα πόρων για LTE/EUTRAN 134
OFDM πλέγμα πόρων για LTE/EUTRAN. Εκτίμηση Καναλιού 135
Σχήματα Διαμορφώσεων για LTE/EUTRAN 136
LTE Ζεύγη ζωνών συχνότητας στο 3GPP(FDD) 137
LTE ασύζευκτες ζώνες συχνοτήτων στο 3GPP (TDD) 138
MIMO 138
Χωρική Πολυπλεξία ή Multi-Stream 2x2 MIMO 139
Μετάδοση Πολυμορφίας 2x2 MIMO 140
MIMO και τα σύμβολα αναφοράς της OFDMA 141
Downlink μέγιστος ρυθμός bit 141
Uplink μέγιστος ρυθμός bit 142
LTE UE Κατηγορίες 142
LTE-A Άθροιση φορέων 143
LTE-ADLMIMO 143
LTE-A DM-RS 144
LTE-AMBSFNsubframe 144
LTE/A UL MIMO 145
LTE-ADL Συντονισμένη μετάδοση πολλαπλών σημείων 146
LTE-ADLCoMP κοινή επεξεργασία 146
LTE-A UL CoMP 147
LTE-A CoMP Κέρδος 147
OverHead 148
LTE-A Μετεγκατάστασης 148
LTE-A Πρωτόκολλο Μετεγκατάστασης Στοίβας 149

Κατάλογοςσυντομογραφιών

16-QAM 16	Quadrature Amplitude Modulation
1G	First Generation
1xRTT	1x Radio Transmission Technology
2G	Second Generation
3G	Third Generation
3GPP	Third Generation Partnership Project
3GPP2	Third Generation Partnership Project 2
4G	Fourth Generation
64-QAM	64 Quadrature Amplitude Modulation
AM	Acknowledged Mode
AMBR	Aggregate Maximum Bit Rate
AMR	Adaptive Multi Rate
APN	Access Point Name
APN-AMBR	Per APN Aggregate Maximum Bit Rate
ARQ	Automatic Repeat Request
AuC	Authentication Centre
BCCH	Broadcast Control Channel
BCH	Broadcast Channel
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BSC	Base Station Controller
BSR	Buffer Status Report
BTS	Base Transceiver Station
CBC	Cell Broadcast Centre
CBS	Cell Broadcast Service
CCCH	Common Control Channel
CCE	Control Channel Element
CDMA	Code Division Multiple Access
CFI	Control Format Indicator
CP	Cyclic Prefix
CQI	Channel Quality Indicator
CRC	Cyclic Redundancy Check
C-RNTI	Cell Radio Network Temporary Identifier
CS	Circuit Switched
CSG	Closed Subscriber Group
CSI	Channel State Information
dB	Decibel
dBm	Decibels relative to one milliwatt
DCCH	Dedicated Control Channel
DCI	Downlink Control Information
DFT	Discrete Fourier Transform
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DL	Downlink
DL-SCH	Downlink Shared Channel
DRS	Demodulation Reference Signal
DRX	Discontinuous Reception
DTCH	Dedicated Traffic Channel
ECGI	E-UTRAN Cell Global Identifier
ECI	E-UTRAN Cell Identity
ECM	EPS Connection Management
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution

EIR	Equipment Identity Register
EMM	EPS Mobility Management
eNB	Evolved Node B
EPC	Evolved Packet Core
EPS	Evolved Packet System
E-RAB	Evolved Radio Access Bearer
ESM	EPS Session Management
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
ETWS	Earthquake and Tsunami Warning System
E-UTRAN	Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network
EV-DO	Evolution Data Optimized
FCC	Federal Communications Commission
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FFT	Fast Fourier Transform
FTP	File Transfer Protocol
GBR	Guaranteed Bit Rate
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GP	Guard Period
GPRS	General Packet Radio Service
GRE	Generic Routing Encapsulation
GSM	Global System for Mobile Communications
GTP	GPRS Tunnelling Protocol
GTP-C	GPRS Tunnelling Protocol Control Part
GTP-U	GPRS Tunnelling Protocol User Part
GUMMEI	Globally Unique MME Identifier
GUTI	Globally Unique Temporary Identity HARQ
	Hybrid ARQ
HeNB	Home evolved Node B
HI	Hybrid ARQ Indicator
HLR	Home Location Register
HRPD	High Rate Packet Data
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSS	Home Subscriber Server
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
I	In phase
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMS	IP Multimedia Subsystem
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMT	International Mobile Telecommunications
IP	Internet Protocol
IP-CAN	IP Connectivity Access Network
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
ISI	Inter Symbol Interference
ITU	International Telecommunication Union
LTE	Long Term Evolution

LTE-A	LTE-Advanced
MAC	Medium Access Control
MBMS	Multimedia Broadcast/Multicast Service
MCC	Mobile Country Code
MCCH	Multicast Control Channel
MCH	Multicast Channel
ME	Mobile Equipment
MGW	Media Gateway
MIB	Master Information Block
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MIP	Mobile IP
MM	Mobility Management
MME	Mobility Management Entity
MMEC	MME Code
MMEGI	MME Group Identity
MMEI	MME Identifier
MMSE	Minimum Mean Square Error
MNC	Mobile Network Code
M-RNTI	MBMS Radio Network Temporary Identifier
MSC	Mobile Switching Centre
MT	Mobile Termination
MTCH	Multicast Traffic Channel
M-TMSI	M Temporary Mobile Subscriber Identity
MU-MIMO	Multiple User MIMO
NACK	Negative Acknowledgement
NAS	Non Access Stratum
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OSI	Open Systems Interconnection
PBCH	Physical Broadcast Channel
PBR	Prioritized Bit Rate
PCCH	Paging Control Channel
PCFICH	Physical Control Format Indicator Channel
PCH	Paging Channel
PDCCH	Physical Downlink Control Channel
PDCP	Packet Data Convergence Protocol
PDN	Packet Data Network
PDSCH	Physical Downlink Shared Channel
PDU	Protocol Data Unit
P-GW	Packet Data Network Gateway
PHICH	Physical Hybrid ARQ Indicator Channel
PL	Path Loss/Propagation Loss
PLMN	Public Land Mobile Network
PLMN-ID	Public Land Mobile Network Identity
PMCH	Physical Multicast Channel
PMI	Precoding Matrix Indicator
PMIP	Proxy Mobile IP
PRACH	Physical Random Access Channel
PRB	Physical Resource Block
P-RNTI	Paging Radio Network Temporary Identifier
PS	Packet Switched
PSS	Primary Synchronization Signal

PSTN	Public Switched Telephone Network
PUCCH	Physical Uplink Control Channel
PUSCH	Physical Uplink Shared Channel
Q	Quadrature
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RACH	Random Access Channel
RADIUS	Remote Authentication Dial In User Service
RA-RNTI	Random Access Radio Network Temporary Identifier
RB	Resource Block
RBG	Resource Block Group
RE	Resource Element
REG	Resource Element Group
RF	Radio Frequency
RI	Rank Indication
RLC	Radio Link Control
RNC	Radio Network Controller
RNTI	Radio Network Temporary Identifier
ROHC	Robust Header Compression
R-PDCCH	Relay Physical Downlink Control Channel
RRC	Radio Resource Control
RS	Reference Signal
RSRP	Reference Signal Received Power
RSRQ	Reference Signal Received Quality
RTP	Real Time Protocol
S1-AP	S1 Application Protocol
SAE	System Architecture Evolution
SC-FDMA	Single Carrier Frequency Division Multiple Access
SCTP	Stream Control Transmission Protocol
SDU	Service Data Unit
SFN	System Frame Number
SGSN	Serving GPRS Support Node
S-GW	Serving Gateway
SIB	System Information Block
SIM	Subscriber Identity Module
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio
SI-RNTI	System Info Radio Network Temporary Identifier
SMS	Short Message Service
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SPS	Semi Persistent Scheduling
SR	Scheduling Request
SRB	Signalling Radio Bearer
SRS	Sounding Reference Signal
SSS	Secondary Synchronization Signal
S-TMSI	S temporary Mobile Subscriber Identity
SU-MIMO	Single User MIMO
TA	Timing Advance/Tracking Area
TAC	Tracking Area Code
TAI	Tracking Area Identity
TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time Division Duplex

TDMA	Time Division Multiple Access
TD-SCDMA	Time Division synch code division Multiple Access
TE	Terminal Equipment
TEID	Tunnel Endpoint Identifier
TFT	Traffic Flow Template
TM	Transparent Mode
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
TPC	Transmit Power Control
TTI	Transmission Time Interval
UCI	Uplink Control Information
UDP	User Datagram Protocol
UE	User Equipment
UE-AMBR	Per UE Aggregate Maximum Bit Rate
UICC	Universal Integrated Circuit Card
UL	Uplink
UL-SCH	Uplink Shared Channel
UM	Unacknowledged Mode
UMB	Ultra Mobile Broadband
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USIM	Universal Subscriber Identity Module
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
VLR	Visitor Location Register
VoIP	Voice over IP
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
X2-AP	X2 Application Protocol

Κεφάλαιο 1

LTEEPSΕπισκόπηση

Στο τέλος αυτής της ενότητας ο συμμετέχοντας θα μπορεί να συζητά για τα κίνητρα της τεχνολογίαςδικτύου LTE να απαριθμεί τις κυρίως απαιτήσεις του LTE/EPS και ονοματίζει τους κανονισμούς τυποποίησης σχετικά με το LTE/EPS. Πρέπει να μπορεί να επανεξετάσει τις προδιαγραφές της εργασίας 3GPP σχετικά με την τεχνολογίαLTE/EPS να αναγνωρίζει τα κυρίως βήματα στην Εξελικτική Αρχιτεκτονική Δικτύων προς δίκτυα τεχνολογίαςLTE/EPS, να υπογραμμίζει τα βασικά χαρακτηριστικά του δικτύου LTE/EPS και να εξηγεί σύντομα τα βασικά στοιχεία της διεπαφής αέρα (ραδιοεπαφή)τεχνολογίας δικτύου LTE. Επίσης να αναγνωρίζει την λύση σε τεχνολογία TDDβασισμένο σε τεχνολογία LTE (TD-LTE), να περιγράφει τα κύρια προσδοκώμενα χαρακτηριστικά του προηγμένου δικτύου τεχνολογίας LTE και να συνοψίζει το ενδιαφέρον της βιομηχανίας για την τεχνολογίαLTE παγκοσμίως.

Γιατί τεχνολογία αιχμής LTE;

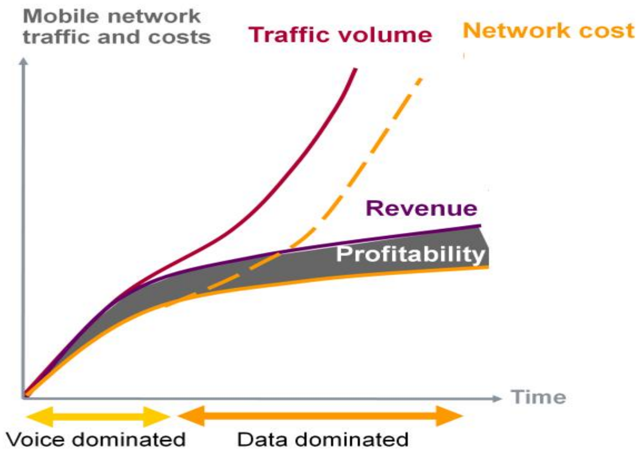
Ο τρόπος επίτευξης τεχνολογίας LTE: 3 κύριοι περιορισμοί 3G

1. Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης είναι συντελεστής σε πάνω από 20 συστήματα ακολουθώντας την τελευταία κατάσταση των συστημάτων 802,11n και 802,16e/m. Ακόμα και η υποστήριξη για επίπεδα υψηλότερης κινητικότητας δεν το δικαιολογεί.

2.Η αδράνεια της ομαλής διάδοσης του χρήστη (UMTS:> 30ms) και των διαδικασιών ανάθεσης πηγής (UMTS:> 100ms) είναι πολύ μεγάλη για να διαχειριστεί αποτελεσματικά κυκλοφορία με διακύμανση υψηλής μετάδοσης δεδομένων.

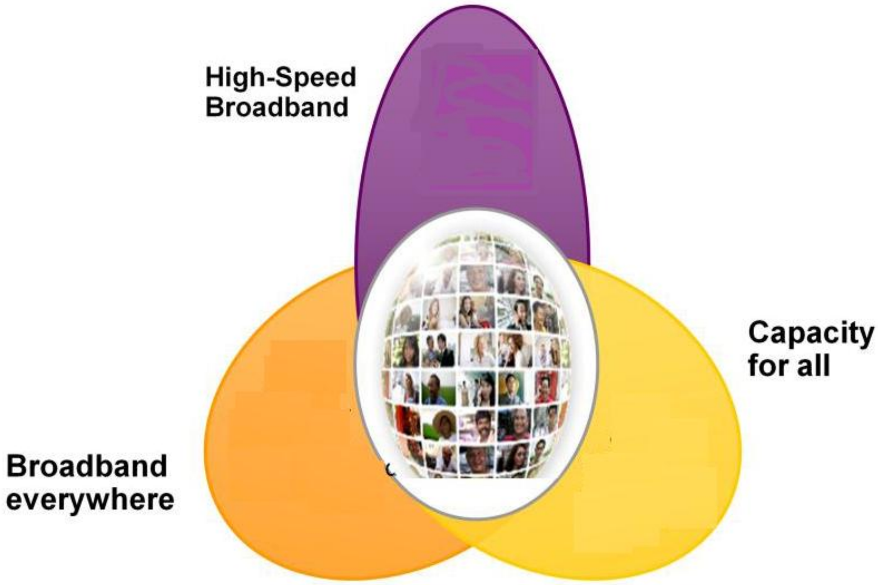
3.Η πολυπλοκότητα του σταθμού για συστήματα WCDMA ή MC-CDMA είναι αρκετά υψηλή, χρήζοντας τον εξοπλισμό ακριβό, έχοντας ως αποτέλεσμα εφαρμογές σε δέκτες με φτωχή απόδοση και εμποδίζοντας την υλοποίηση υπόλοιπων βελτιώσεων απόδοσης.

<u>Ενδιαφέρον για την τεχνολογία LTE: Εξέταση του CSP</u>



Η τεχνολογία LTE μειώνει το κόστος/Mb

Ενδιαφέρον για την τεχνολογία LTE:Οπτική του πελάτη: καλύτερη εμπειρία ευρυζωνικότητας

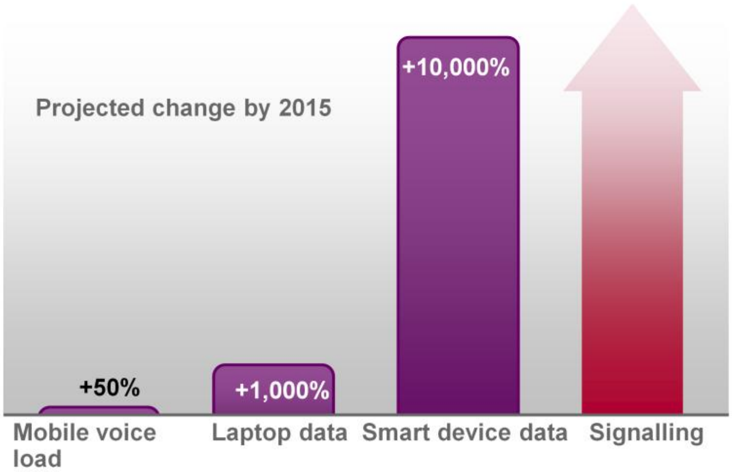


*Ευρεία ζώνη υψηλής ταχύτητας:*10-20ms αδράνεια 173MbpsDL (κατερχόμενη ζεύξη) ανώτατος ρυθμός δεδομένων

*Ευρεία ζώνη οπουδήποτε:*Τεχνολογία LTEγια συχνότητα ζώνες χαμηλού εύρους π.χ. ψηφιακή κέρδος

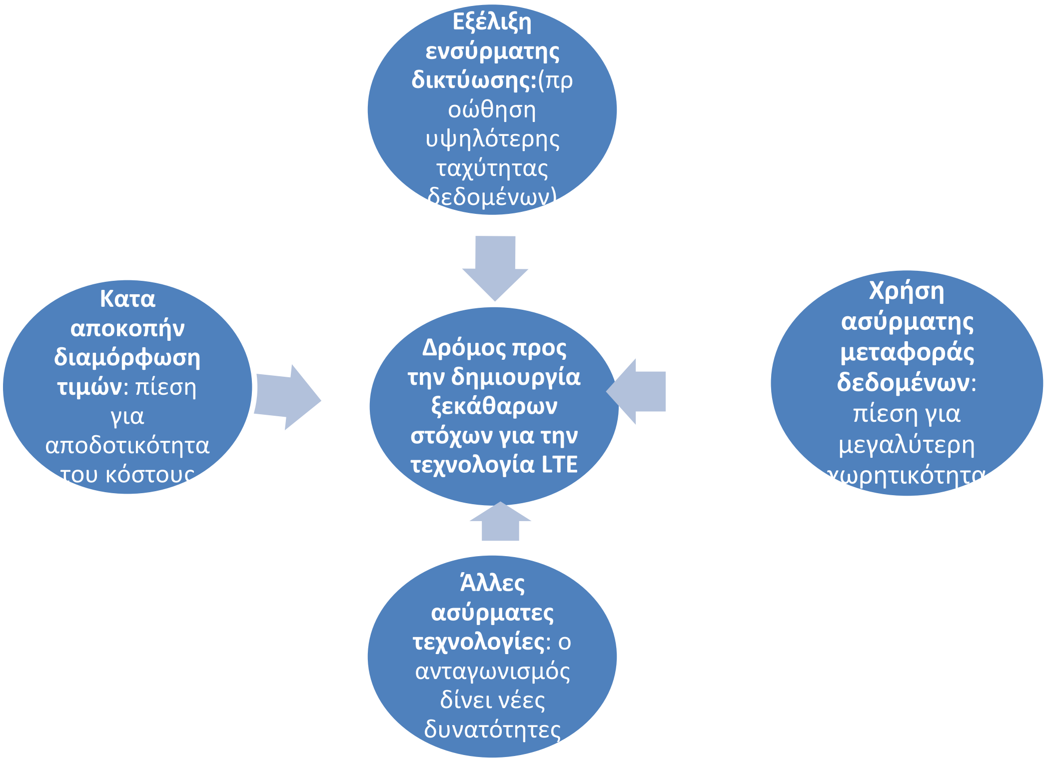
*Χωρητικότητα για όλα:*Τεχνολογία LTE για συχνότητα σε ζώνες μεγάλου εύρους π.χ. 2,6 GHz

Έκρηξη στην κίνηση δεδομένων στην κινητή τηλεφωνία



- 23Exabyte (ή σε κλίμακα Exabyte) / χρόνο = 6.3 δισεκατομμύρια άνθρωποι ο καθένας λαμβάνοντας/κατεβάζοντας/downloading ένα ψηφιακό βιβλίο κάθε μέρα
- 23Exabyte (ή σε κλίμακα Exabyte)/ χρόνο από το 2015
- 23,000,000,000,000,000,000 bytes/ χρόνο

Οδηγοί τεχνολογίας LTE



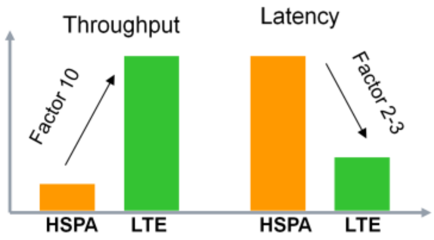
Οδηγοί τεχνολογίας δικτύων LTE:

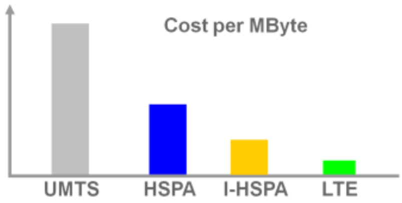
Καθώς η ενσύρματη τεχνολογία συνεχίζει να βελτιώνεται, παρόμοια εξέλιξη απαιτείται και στην ασύρματη τεχνολογία έτσι ώστε να επιβεβαιώνεται η ομαλή λειτουργία των εφαρμογών ανεξάρτητα από το δίκτυο πρόσβασης. Είναιμεγαλύτερη απαιτούμενη χωρητικότητα.Το κόστος χειριστή πρέπει να μειωθεί έτσι ώστε να επιτευχθεί η αποδοτικότητα όταν προσφέρονται υπηρεσίες με πάγιο συντελεστή.Άλλες ασύρματες τεχνολογίες σε συναγωνισμό με την τεχνολογία LTE (π.χ. η ασύρματη τεχνολογία WiMAX υπόσχεται δυνατότητες υψηλής ταχύτητας δεδομένων).

Ποιές είναι οι προκλήσεις της τεχνολογίας LTE;

Οι προσδοκίες του χρήστη είναι: καλύτερη τιμή, διαφανής τιμή με πάγιο συντελεστή, πλήρες δίκτυο internet, ανταπόκριση με χτύπημαενός κλικ.

Οδηγούν σε πρόκληση του διαχειριστή ώστε να μειώνει το κόστος ανά bit, να παρέχει υψηλή ταχύτητα δεδομένων και χαμηλή αδράνεια. Η εμπειρία του χρήστη έχει επίδραση στοARPU(averagerevenueperunit) μέσος όρος απόδοσης ανά μονάδατιμή ανά Mbyte πρέπει να μειωθεί για να παραμείνει επικερδές.





Τεχνολογία LTE: χαμηλότερο κόστος ανά bit και βελτιωμένη εμπειρία χρήστη

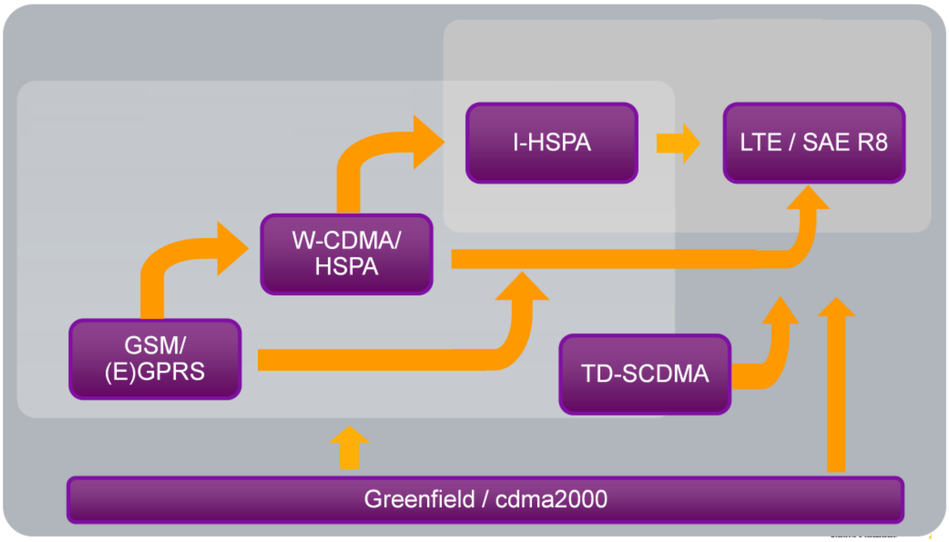
Συμπεράσματα

Πελάτες της υπηρεσίας CSP«Η τεχνολογία LTE είναι 10x πιο γρήγορη».
Προμηθευτές Υπηρεσίας Επικοινωνιών«Ανάμεσα στους πρόσφατους αποδέκτες της τεχνολογίας LTE είναι πολλοί από τους πιο πολύτιμους συνδρομητές»
«Ακόμα και αν είναι σε ένα πρώιμο στάδιο δικτύου, η πλειοψηφία των συνδρομητών 4G δεν σκέφτεται να επιστρέψει στην τεχνολογία 3G»
Το δυναμικό συνεργατών της CSP «Η τεχνολογία δικτύουLTE είναι το κανάλι της κινητής τηλεφωνίας της επιλογής μας παρέχοντας την καλύτερη εμπειρία στα πολυμέσα»

Κύριες απαιτήσεις της τεχνολογίας LTE

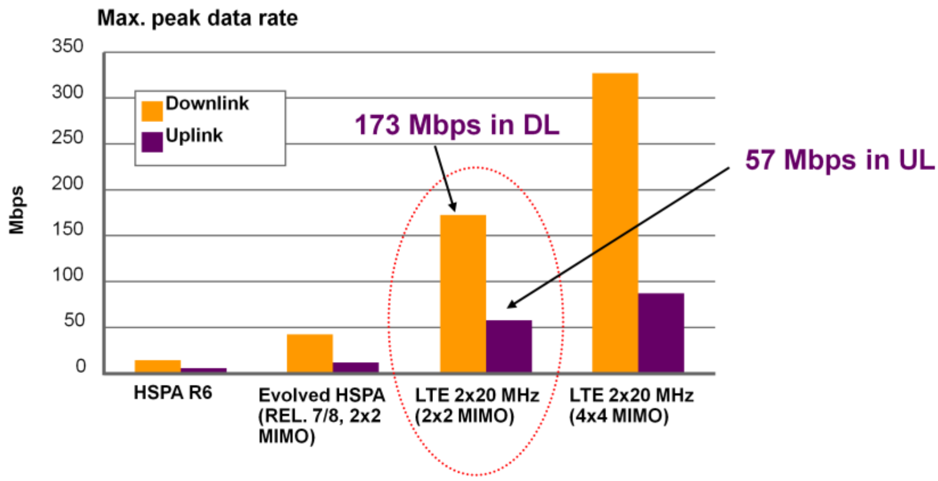
Το επόμενο βήμα είναι για δίκτυα GSM/WCDMA/HSPA αλλά ακόμα και για διαχειριστές cdma 2000: Η μέθοδος FDD & TDD είναι μια αληθινή τεχνολογία παγκόσμιας περιαγωγής. Ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων για υπέρβαση των 100Mbps σε (κατερχόμενη ζεύξη DL/50 Mbps σε UL(ανερχόμενη ζεύξη).Χαμηλή αδράνεια 10-20ms σημαίνει βελτιωμένη εμπειρία χρήστη. Επεκτάσιμο εύρος ζώνης: από 1.4MHz εως 20MHz σημαίνει ότι εύκολα εισάγεται σε οποιαδήποτε ζώνη συχνότητας. Τεχνολογία OFDM οδηγεί σε αυξημένη φασματική απόδοση (2-4 φορές συγκρινόμενη με HSPARel6), επίπεδη αρχιτεκτονική, βελτιστοποιημένο PS και διεπαφές δομημένες με βάση IP άρα σημαίνει και μειωμένο κόστος/GByte

Εξέλιξη στην τεχνολογία LTE



Η τεχνολογία LTEανοίγει καινούριες προοπτικές για μελλοντικές υπηρεσίες για νεοεισερχόμενους και χειριστέςCDMA. Το 90+% της παγκόσμιας ραδιοκάλυψης στην αγορά εισέρχεται στην τεχνολογία LTE ενεργοποιώντας την επίπεδη αρχιτεκτονικής ευρείας ζώνης. Πραγματοποιείται επηρροή βάσης ακουστικού σε σύστημα GSM/WCDMA.

Σύγκριση απόδοσης και αδράνειας (1/2)



Έχουμε μέγιστο ρυθμό δεδομένων για υπέρβαση των 100Mbps σε DL/50 Mbps σε UL.Έτσι έχουμε βελτιωμένη εμπειρία καταναλωτών άρα αύξησης συνδρομητών, λήψη νέων εφαρμογών και παροχή επιπλέον ροών εισόδων.

Οι ακόλουθες ρυθμίσεις και απαιτήσεις που εφαρμόζονται όταν λαμβάνεται ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων bit διασύνδεσης:

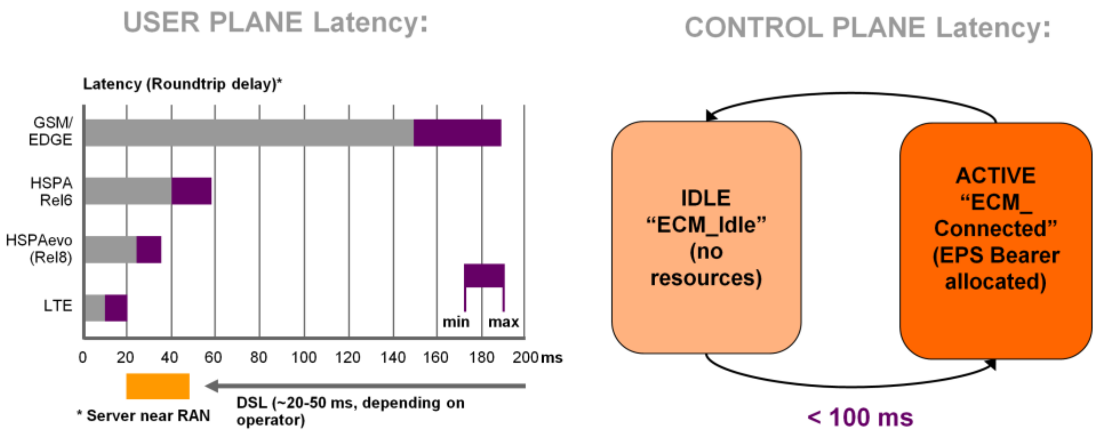
- 173 Mbps στο φυσικό επίπεδο
- FDDme 20 MHz φορέας εύρους ζώνης

- 2x2 MIMO (2 κεραίες για TX, 2 κεραίες για RX)
- Διαμόρφωση 64QAM :Ο ρυθμός δεδομένων αναφέρεται μόνο στο επίπεδο χρήστη και σημαίνει ότι ήδη αποκλείει την σηματοδοσία ελέγχου (7.1%)και τη σηματοδοσία αναφοράς (7.7%)

Ακόλουθες ρυθμίσεις και απαιτήσεις που εφαρμόζονται όταν λαμβάνεται ο μέγιστος ρυθμός δεδομένων bit στην τεχνολογία LTEσε μια ανερχόμενη ζεύξη:

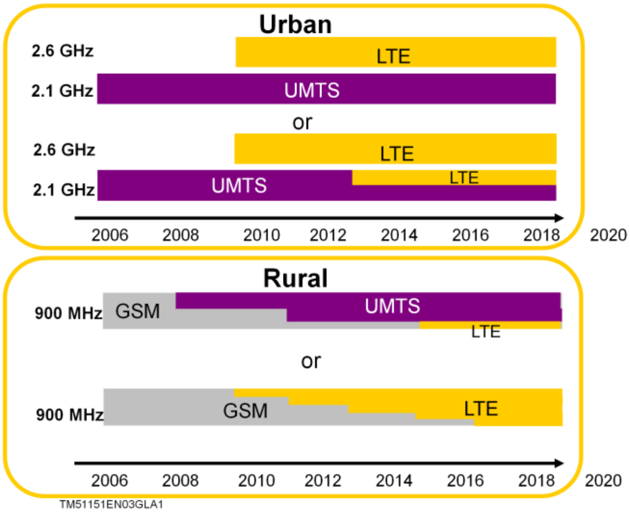
- 57 Mbps στο φυσικό επίπεδο (επίπεδο χρήστη)
- Μονοκαναλική μετάδοση με 64QAM (υποτιθέμενη)
- Σηματοδοσία αναφοράς ήδη αποκλειόμενο (14.3%)
- FDD με με φέρουσα εύρους ζώνης 20 MHz

Σύγκριση απόδοσης και αδράνειας (2/2)



- Μειωμένη αδράνεια: επίπεδο χρήστη 10-20ms, επίπεδο ελέγχου < 100 ms
- Βελτιωμένη εμπειρία καταναλωτή
- Οδηγοί αύξησης συνδρομητών
- Λήψη νέων εφαρμογών
- Παροχή επιπλέον ροών εισόδων

Επεκτάσιμο Εύρος Ζώνης



Επεκτάσιμο εύρος ζώνης από 1.4MHz εως 20MHz= εύκολα εισάγεται σε οποιαδήποτε ζώνη συχνότητας: αναδασμός συχνότητας (ανάπτυξη αποδοτικού κόστους σε ζώνες χαμηλότερης συχνότητας).

Επέκταση εύρους ζώνης-Αστικές περιοχές:

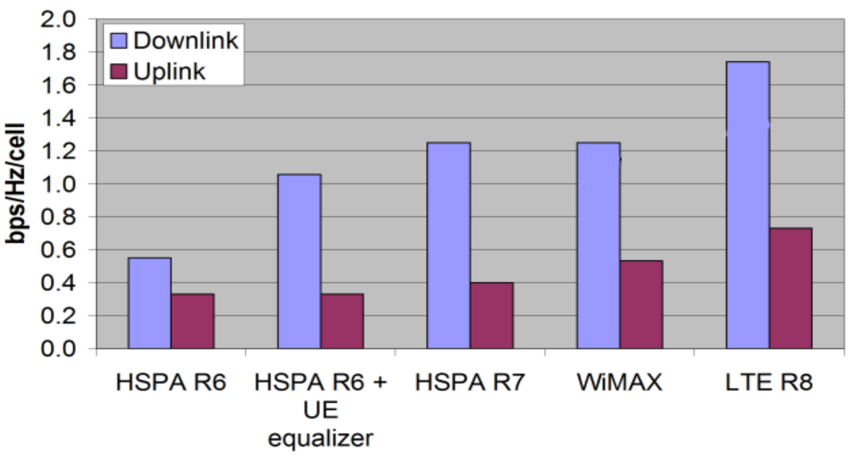
Πολύ πιθανή η ανάπτυξη τεχνολογίας LTE. Σε ένα μετέπειτα στάδιο θα είναι πιθανή η σταδιακή ανάπτυξη σε ζώνη UMTS 2.1

Αγροτικές περιοχές*Επιλογή 1*: ανάπτυξη συστήματος UMTS σε ζώνη συχνοτήτων 900 MHz, πλεονέκτημα είναι ότι η ανάπτυξη μπορεί να αρχίσει τώρα ενώ μειονέκτημα είναι ότι χρειάζεται να βγει από την ζώνη GSM ένα κομμάτι των 5 MHz. Δεν έχουν πολλοί χειριστές την πολυτέλεια να αφαιρέσουν τόσο φάσμα εξαιτίας της φορτωμένης χρήσης της ζώνης.

Επιλογή 2: Εισαγωγή τεχνολογίας LTE σε ζώνη 900 MHz με πλεονέκτημα την επαναχρησιμοποίηση τοποθεσιών GSM 900. Σταδιακή εισαγωγή της τεχνολογίας LTE με μικρότερη διαβάθμιση (1.4 / 3 / 5 / ....MHz).

Αυξημένη Φασματική Απόδοση

Η τεχνολογία OFDM αυξάνει τηνφασματική απόδοση που σημαίνει ότι ο στόχος της τεχνολογίας LTE είναι η αύξηση 2-4 φορές της φασματικής απόδοσης του HSPAR6.Τα πρωτόκολλα HSRAR7 και WiMAX έχουν παρόμοια φασματική απόδοση.



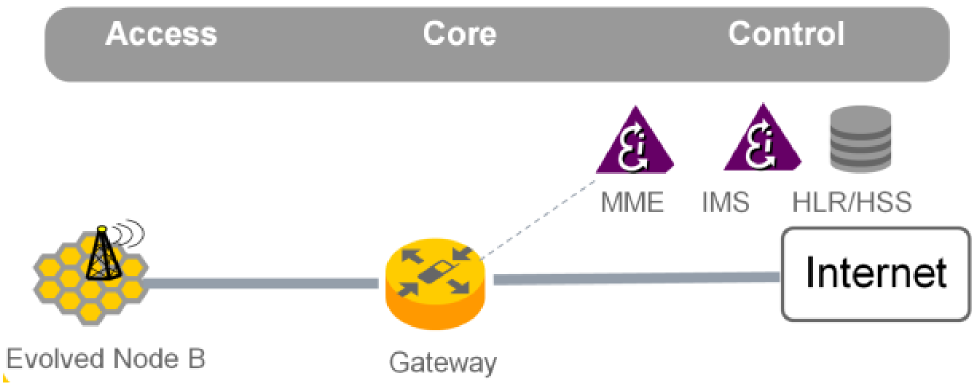
Όλες οι περιπτώσεις υποθέτουν τερματικά λήψης με 2 κεραίες. Τα HSPAR7, WiMAX και LTEπροϋποθέτουν 2 κεραίες μετάδοσης BTS (2x2 MIMO). Η συνεισφορά του ITU από την (τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης) WiMAXδείχνει κατερχόμενη ζεύξη 1.3 και ανερχόμενη ζεύξη 0.8 bps / Hz / cell. Οι προσομοιώσεις δείχνουν ότι η τεχνολογία LTE μπορεί να παρέχει: 3 φορές μεγαλύτερη απόδοση φάσματος HSPAR6 στο DL (κατερχόμενη ζεύξη) και 2 φορές μεγαλύτερη απόδοση φάσματος HSPAR6 στο UL (ανερχόμενη ζεύξη)

Αναφορά:

- HSPAR6 και LTER8 από 3GPPR1-071960
- HSPAR6 εξισωτής από 3GPPR1-063335
- HSPAR7 και WiMAX από προσομοιώσεις NSN/Nokia

Απλούστερη Αρχιτεκτονική για μείωση του OPEX (έξοδα λειτουργίας)

Μείωση του κόστους Δικτύου συνεπάγεταικαι την βελτιστοποίηση μόνο του τομέα PS (τομέας μεταγωγής πακέτου). Χρησιμοποιείται επίπεδη αρχιτεκτονική 2 κόμβων. Οι διεπαφές με βάση πρωτόκολλο IP: το IP χρησιμοποιείται ευρέως όπως το επίπεδο δικτύου στην σωρό πρωτοκόλλων όλων των διεπιφανειών (και για το επίπεδο ελέγχου και για το επίπεδο χρήστη). Συνεργασία με συστήματα αδράνειας είναι αναπόσπαστο μέρος της συνέχειας υπηρεσιών. Επαναχρησιμοποίηση του ήδη υπάρχοντος εξοπλισμού όσο περισσότερο γίνεται



Το κόστος ανά MByte μειώνεται με την εισαγωγή νέων τεχνολογιών.Από την τεχνολογία HSPA στη LTE, το κόστος ανά MByte θα μειωθεί παραπάνω από 70%. Γιατί;

-Επίπεδη αρχιτεκτονική

-Ολική μετάδοση δικτύου IP

-Αυξημένη φασματική απόδοση >bits ανα Hz ανα κελί για τεχνολογία LTE (2x2 MIMO) ~ 1.7

-Επαναχρησιμοποίηση του φάσματος > δυνατότητα αναδασμού της ήδη υπάρχουσας ζώνης των 900 MHz στις αγροτικές περιοχές. Για τις αστικές περιοχές αναμένεται μεγαλύτερο εύρος ζώνης στα 2.6GHz.

Περίληψη απαιτήσεων τεχνολογίας LTE

1. Απλοποίηση της ραδιοπρόσβασης γνωστής ωςRAN (RadioAccessNetwork) :
Μείωση του αριθμού των διαφορετικών τύπων κόμβων RAN, και της πολυπλοκότητάς τους.Ελαχιστοποίηση του αριθμού των τύπων διεπαφών RAM
2. Αύξηση απόδοσης
3. Μείωση αδράνειας (προυπόθεση για αντικατάσταση κυκλώματος CS)
4. Βελτίωση απόδοσης φάσματος
5. Παροχή μεγαλύτερης ευελιξίας αναφορικά με τις ζώνες συχνότητας στις οποίες το σύστημα μπορεί να αναπτυχθεί (αναδασμός συχνότητας)
6. Μετεγκατάσταση σε έναν βελτιστοποιημένο πεδίο πρωτοκόλου PS χωρίς πεδίο αντίστοιχο CS στην καρδιά του δικτύου.
7. Παροχή αποδοτικής υποστήριξης για μια γκάμα διαφορετικών υπηρεσιών. Οι παραδοσιακές υπηρεσίες CS θα υποστηρίζονται μέσω VoIP, κτλ.
8. Ελαχιστοποίηση της παρουσίας μοναδικών σημείων αποτυχίας στο δίκτυο πάνω από τον αναπτυσσόμενο Κόμβο Bs (eNBs).
9. Υποστήριξη συνεργαζόμενων ήδη υπάρχοντων συστημάτων 3G και μη προσδιοριζόμενων συστημάτων 3GPP ώστε να υπάρχει υποστήριξη παράδοσης προς/από αυτά τα συστήματα.
10. Μεταφορά όλων των IP του δικτύου
11. Βελτίωση αποδοτικότητας της ισχύς τερματικού.

Μια πιο λεπτομερής λίστα από τις απαιτήσεις και τους στόχους του εξελιγμένου UTRAN μπορούν να βρεθεί στο TR25.913 από το 3GPP. Το 3GPPTR 36.913 παρέχει τις απαιτήσεις για το EUTRAN μέσω της προηγμένης τεχνολογίας LTE.

Προδιαγραφές τεχνολογίας LTE

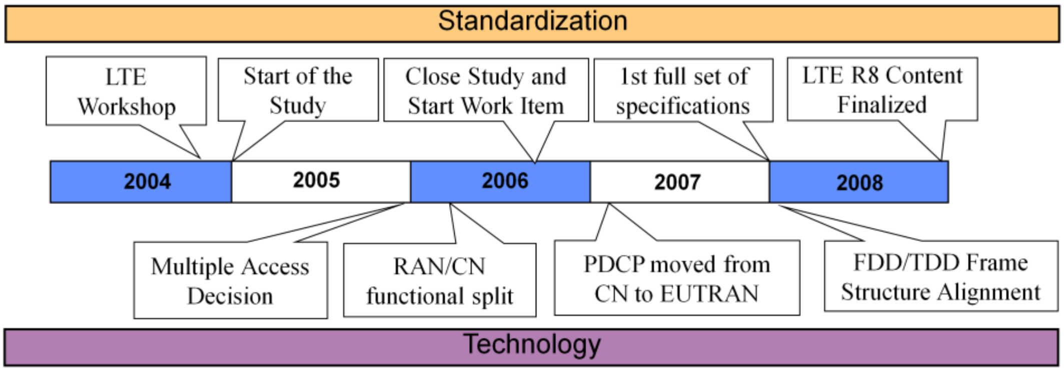
Συμφωνία συνεργασίας που καθιερώθηκε τον Δεκέμβριο του 1998. Η συμφωνία συνεργασίας ενώνει έναν μεγάλο αριθμό από πρότυπα τηλεπικοινωνιακών φορέων: ARIB, CCSA, ETSI, ATIS, και TTC. Περισότερα στην διεύθυνση: www.3gpp.org

Επόμενη γεννιά Δικτύων Κινητής τηλεφωνίας. Είναι ένα σύνολο από χειριστές κινητής τηλεφωνίας, ώστε να παρέχεται μια συνεκτική οπτική για την εξέλιξη της τεχνολογίας πέρα από 3G για την ανταγωνιστική διανομή/υποστήριξη των υπηρεσιών.Περισσότερα στην διεύθυνση: www.ngmn.org

LTE / SAEΠρωτοβουλία Δοκιμής. Ιδρύθηκε τον Μάιο του 2007 από μία ομάδα πρωτοπόρων εταιρειών τηλεπικοινωνίας. Ο στόχος είναι να αποδειχτούν οι δυνατότητες και τα προνόμια που μπορεί να προσφέρει η τεχνολογία LTE. Περισσότερα στην διεύθυνση: http://www.lstiforum.com/

3GPP και Προδιαγραφές τεχνολογίας LTE

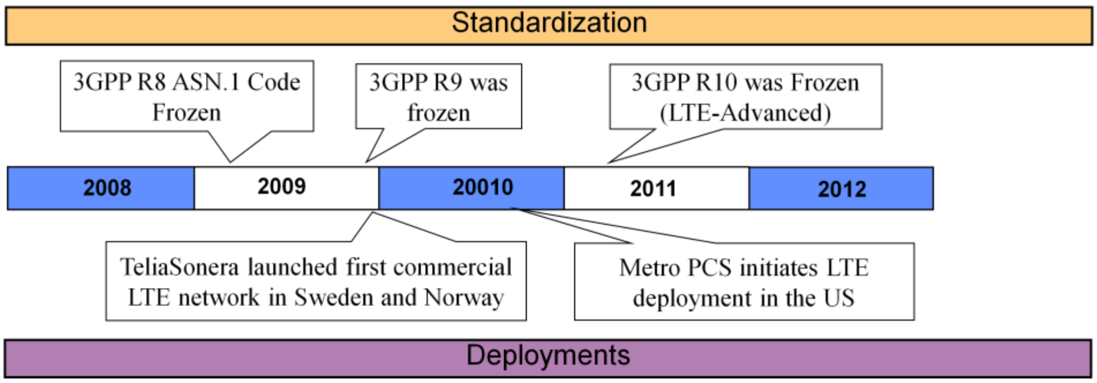
Τέλος 2004 εργαστήριο 3GPPμε μακροπρόθεσμη εξέλιξη UTRAN. Αρχές του 2005 αρχή μελέτης του αντικειμένου. Δεκέμβριος 2005επιλογή πολλαπλής πρόσβασης. Μάρτιος 2006 διαχωρισμός λειτουργικότητας ανάμεσα στη ράδιομετάδοση και στον πυρήνα. Σεπτέμβριος 2006 διεξοδική μελέτη του αντικειμένου και αποδοχή αντικειμένου εργασίας. Δεκέμβριος 2007εγκεκριμένη η 1η έκδοση ασύρματωνπροδιαγραφών. Δεκέμβριος 2008 3GPPREL. 8: οριστικοποίηση περιεχομένου και πάγωμα προδιαγραφών.



Το πρώτο Εργαστήριο τεχνολογίας LTE πραγματοποιήθηκε στον Καναδά τον Νοέμβριο του 2004, στο οποίο η τεχνολογία LTE άρχισε ως μελέτη σε 3GPP. Το πρώτο σετ των απαιτήσεων παρουσιάστηκε, μαζί με προτάσεις πάνω στην τεχνολογία ώστε να γίνει επιλογή. Και οι πωλητές και οι χειριστές συνείσφεραν στο σεμινάριο.Ιούνιος 2005: πρώτη εγκεκριμένη έκδοση των αξιώσεων τεχνολογίας LTE. Η επιλογή πολλαπλής πρόσβασης σε συστήματα OFDMA και SCFDMA για κατερχόμενη και ανερχόμενη ζεύξη αντίστοιχα ήταν στα τέλη του 2005.Το αντικείμενο μελέτης έκλεισε τον Σεπτέμβριο του 2006 και άρχισε λεπτομερής εργασία για να κάνει την τεχνολογία LTE μέρος των προδιαγραφών της συνεργαργασίας 3GPPΈκδοση 8. Τον Δεκέμβριο του 2008 οι προδιαγραφές της έκδοσης 8 πάγωσαν για νέες δυνατότητες, αυτό σημαίνει ότι επιτράπηκαν μόνο ουσιώδης διευκρινίσεις και διορθώσεις.

3GPP και προδιαγραφές τεχνολογίας LTEκαι πρόωρη ανάπτυξη

Μάρτιος 2009 Πάγωμα του πρωτοκόλλου (αρχές συμβατότητας με προηγούμενες εκδόσεις) Δεκέμβριος 2009 πάγωμα του συστήματος με έκδοση 9 3GPPR9. Στις 14 Δεκεμβρίου, το 2009 άνοιξε για το κοινό η πρώτη υπηρεσία τεχνολογίας LTE από την εταιρεία TeliaSonera στις δύο σκανδιναβικές πρωτεύουσες της Στοκχόλμης και του Όσλου.Στις 21 Σεπτεμβρίου, το 2010 η εταιρεία MetroPCS άρχισε την ανάπτυξη της τεχνολογίας LTE στο Λας Βέγκας, Νεβάδα.Μάρτιος 2011 Πάγωσε η έκδοση 10 της 3GPP

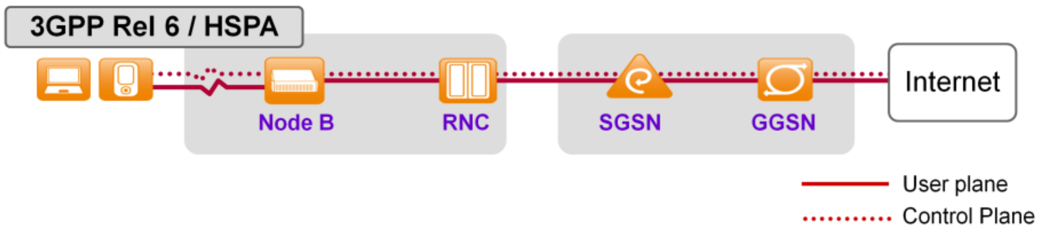


Μάρτιος 2009 = πάγωσε ο κώδικας ASN.1, αρχίζοντας με την συμβατότητα με προηγούμενες εκδόσεις. Ορίζεται πρώτη έκδοση του πρωτοκόλλου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γραμμή βάσης για την ανάπτυξη εμπορικής εφαρμογής. (Το πρότυπο έκδοσης 8 ήταν αρκετά ολοκληρωμένο ώστε οι σχεδιαστές υλικού σχεδίαζαν μικροεπεξεργαστές chipsets, εξοπλισμό δοκιμών και σταθμούς βάσης αρκετό καιρό). Προδιαγραφή «βαθιάς κατάψυξης»: δεν επιτρέπεται οποιαδήποτε αλλαγή στις προδιαγραφές. Τυπικά το σύστημα είναι εμπορικό, λειτουργεί με τις βασικές λειτουργίες. Πιθανές βελτιώσεις θα έρθουν μόνο ως μέρος νέας έκδοσης.Η εξέλιξη των προτύπων τεχνολογίας LTE συνεχίζει με την έκδοση 9 3GPP, η οποία πάγωσε τον Δεκέμβριο του 2009. Μεταξύ άλλων θεμάτων περιλαμβάνονται:

- LTEMBMS (MultimediaBroadcastMulticastSystem -Ευρυζωνικό σύστημα πολυμέσων πολλαπλών διανομών): λειτουργία ενός φορέα μετάδοσης.
- Αυτορυθμιζόμενα δίκτυα για βέλτιστη συμπεριφορά - SelfOptimizedNetworks (SON)
- Κοινή χρήση δικτύου
- Ενισχυμένη υποστήριξη χρήσης VoIP στην τεχνολογία LTE
- Απαιτήσεις για τεχνολογία LTE σε σταθμούς βάσης πολλαπλών ζωνών και πολλαπλών ραδιοβάσεων.

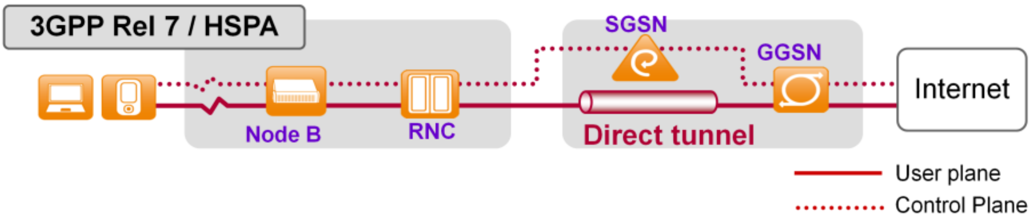
Αναβαθμίσεις για τις προδιαγραφές σε όλα τα 3GPP γίνονται συχνά και μπορούν να βρεθούν στο site της 3GPP.

NSN Εξέλιξη της αρχιτεκτονικής δικτύου (1/4)



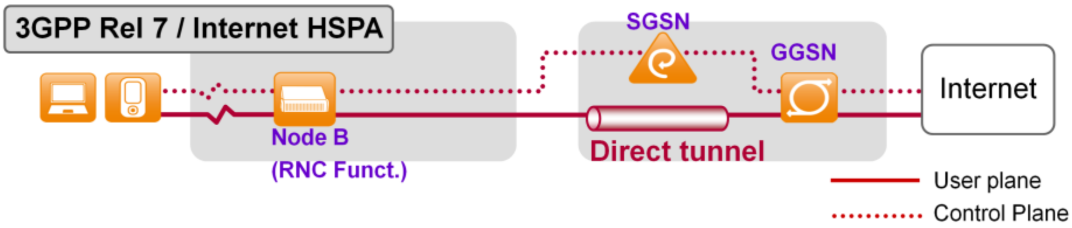
- Πρωτότυπη αρχιτεκτονική 3G
- 2 κόμβοι σε RAN.
- 2 κόμβοι στον πυρήνα του δικτύου του κυκλώματος PS
- Κάθε κόμβος εισάγει επιπλέον καθυστέρηση
- Κοινό μονοπάτι για τα δεδομένα στο επίπεδο χρήστη και στο επίπεδο ελέγχου
- Διεπαφή αέρα βασισμένη σε τεχνολογία WCDMA
- Διεπαφές αέρα RAN βασισμένη σε μέθοδο διάδοσης ATM
- Επιλογή για διεπαφή Iu-PS με βάση IP

NSN Εξέλιξη της αρχιτεκτονικής δικτύου (2/4)



Ξεχωριστήδιαδρομή για τα δεδομένα στο επιπέδο ελέγχου κ στο επίπεδο χρήστη στον πυρήνα του δικτύου κυκλώματος PS.Απ ευθείας κανάλι GTP από GGSN σε RNC για τα δεδομένα στο επίπεδο χρήστη: απλοποιεί το Δίκτυο Πυρήνα και μειώνει την μετάδοση.Πρώτο βήμα προς την αρχιτεκτονική επίπεδου δικτύου.30% δίκτυο πυρήνα OPEX και εξοικονόμησηδαπανών CAPEX με ΆμεσοΚανάλι.Το δίκτυο SGSN ακόμα ελέγχει την μεταφορά και διακίνηση φορτίων, εκτελεί την διαχείριση της διάρκειας και της κινητικότητας και διαχειρίζεται την τηλεειδοποίηση.Ακόμα 2 κόμβοι στο δίκτυο RAN.Ο πυρήνας δικτύου PS βελτιώνεται χωρίζοντας το επίπεδο ελέγχου και το επίπεδο χρήστη.
Το δίκτυο SGSNμετατρέπεται σε οντότητα ελέγχου.Το επίπεδο χρήστη παρακάμπτει το δίκτυο SGSN μεταβαίνοντας απ' ευθείας στο GGSN

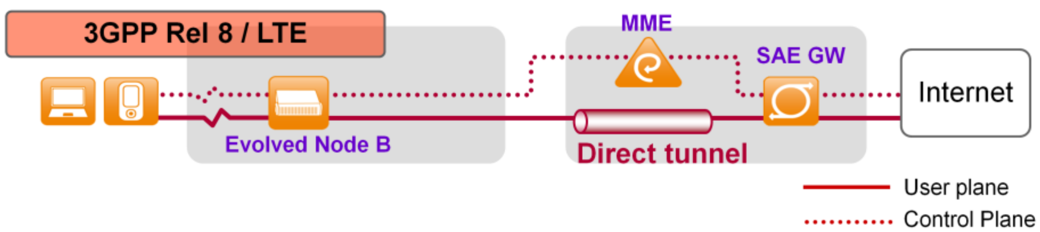
NSN Εξέλιξη της αρχιτεκτονικής δικτύου (3/4)



Το δίκτυο I-HSPA εισαγάγει την πρώτη επίπεδη αρχιτεκτονική στο δίκτυο WCDMA. Τυποποιήθηκε από το 3GPP έκδοση 7 ως: «άμεσο κανάλι με πτώση του RNC». Οι περισσότερες λειτουργίες του RNC έχουν μετακινηθεί στον Κόμβο Β.Άμεσα κανάλια λειτουργούν από το GGSN στον κόμβο Β.Λύση για σχέση κόστους – αποδοτικότητας ευρυζωνικής ασύρματης πρόσβασης. Βελτιώνει την καθυστέρηση απόδοσης (λιγότεροι κόμβοι στο RAN). Αναπτύξιμο με ήδη υπάρχοντες σταθμούς βάσης NSNWCDMA
Εξοικονόμηση μετάδοσης. Λειτουργίες του Κόμβου Β:

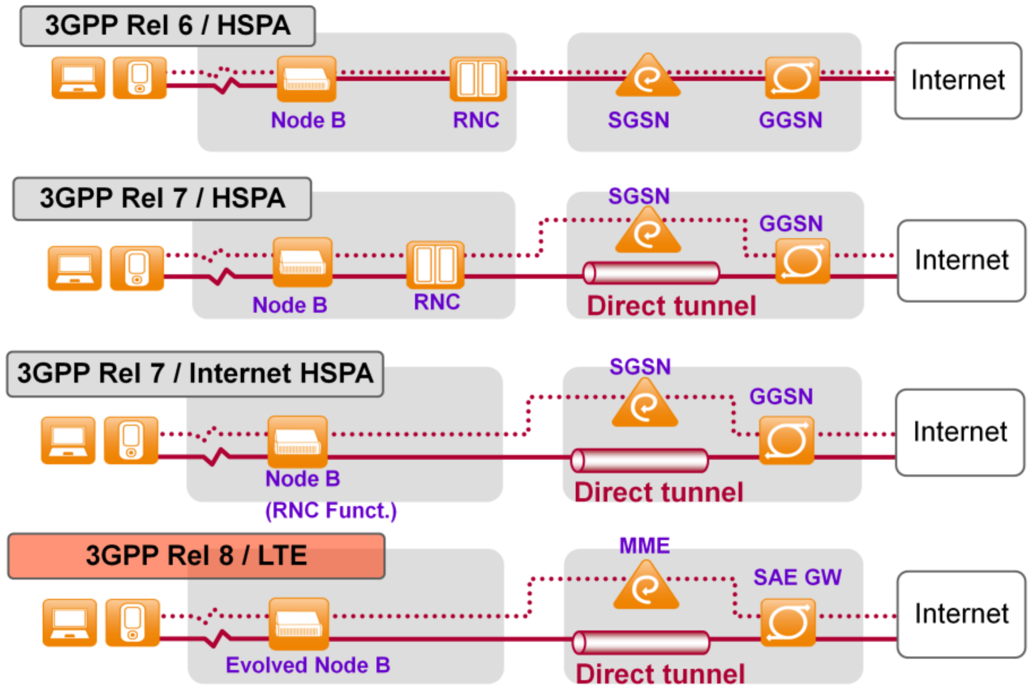
- Όλα τα πρωτόκολλα ραδιομετάδοσης
- Διαχείριση κινητικότητας
- Συμπίεση επικεφαλίδας
- Επαναμετάδοση πακέτου

NSN Εξέλιξη της αρχιτεκτονικής δικτύου (4/4)

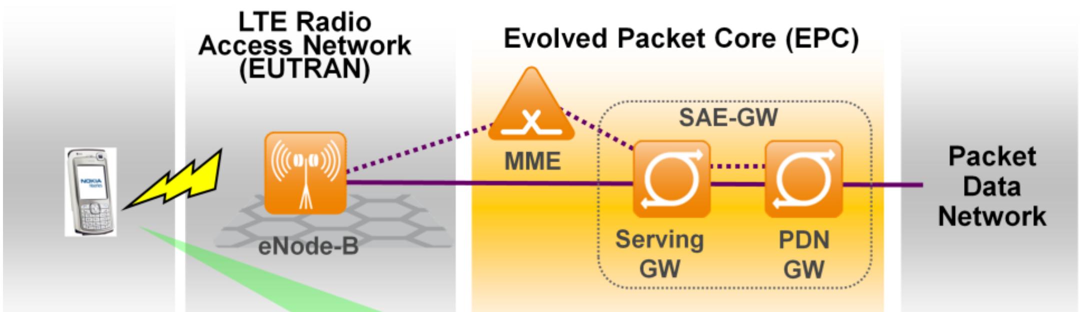


Η τεχνολογία LTE έχει την ίδια επίπεδη αρχιτεκτονική από το Δίκτυο HSPA.Διεπαφή αέρα βασιζόμενη σε τεχνολογία OFDMA. Κατανομή νέου φάσματος (π.χ. σε ζώνη 2600 MHz).Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης φάσματος (π.χ. 900MHz).

Περίληψη – NSN Εξέλιξη Αρχιτεκτονικής Δικτύου



Κύρια χαρακτηριστικά Ραδιομετάδοσης τεχνολογίας LTE

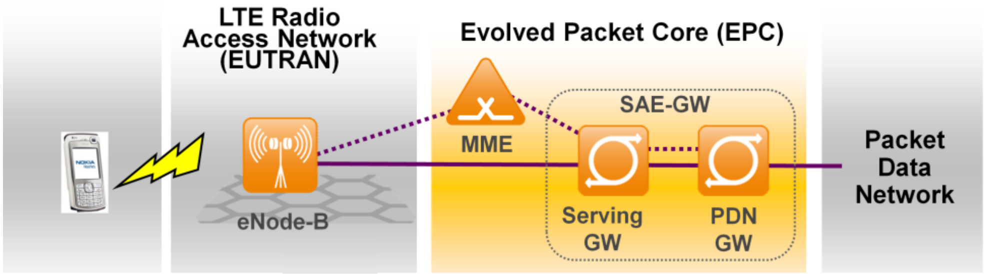


Κύρια χαρακτηριστικά Ραδιομετάδοσης τεχνολογίας LTE:

- Χειρισμός αναμετάδοσης (HARQ/ARQ)
- Ευελιξία φάσματος
- Λειτουργίες FDD και TDD
- Μετάδοση πολλαπλών κεραιών
- Προγραμματισμός συχνότητας και πεδίου χρόνου
- Έλεγχος ισχύος ανερχόμενης ζεύξης (UL)

Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τα κύρια χαρακτηριστικά ραδιομετάδοσης τεχνολογίας παρουσιάζονται στον τομέα «Βασικά στοιχεία διεπαφής αέρα στην τεχνολογία LTE» σε αυτό το κεφάλαιο.

Βασικά χαρακτηριστικά της διεπαφής EUTRAN



Βασικά χαρακτηριστικά της διεπαφής EUTRAN

- Αναπτυσσόμενος Κόμβος Β
- Επίπεδο μεταφοράς IP
- Προγραμματισμός πόρων UL/DL
- ΕπίγνωσηQos
- Αυτο διαμόρφωση

Αναπτυσσόμενος Κόμβος Β

- Δεν παρέχεται πια RNC
- Ο αναπτυσσόμενος Κόμβος Βsαναλαμβάνει κάθε λειτουργία διαχείρισης ραδιομετάδοσης
- Αυτό θα κάνει την διαχείριση ραδιομετάδοσης γρηγορότερη και αισίως θα κάνει απλούστερη την αρχιτεκτονική δικτύου

Επίπεδο Μεταφοράς IP

- Η διεπαφή EUTRAN χρησιμοποιεί αποκλειστικά IP ως επίπεδο μεταφοράς

Προγραμματισμός πόρων UL/DL (ανερχόμενης ζεύξης/κατερχόμενης ζεύξης)

- Στην γεννιά UMTS οι φυσικοί πόροι είτε διαμοιράζονται είτε είναι αποκλειστικοί
- Ο αναπτυσσόμενο κόμβος Β διαχειρίζεται όλες τις φυσικές πηγές μέσω ενός προγραμματισμού και τις αποδίδει δυναμικά σε χρήστες και κανάλια
- Αυτό παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία από το παλιότερο σύστημα

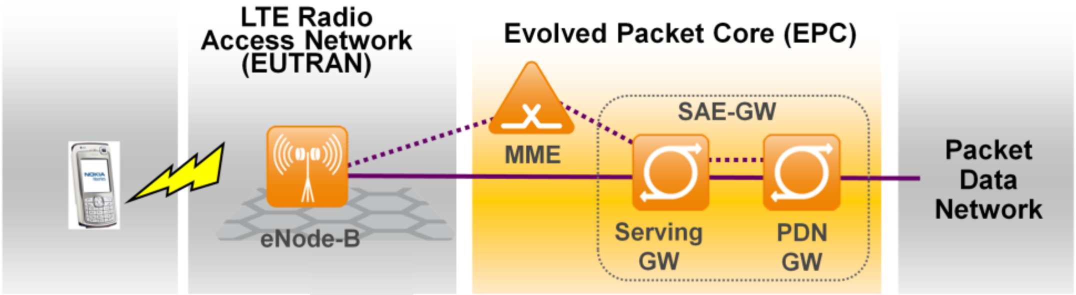
Επίγνωση Qos

- Ο προγραμματισμός θα πρέπει να διαχειρίζεται και να διακρίνει διαφορετικές κατηγορίες ποιότητας υπηρεσιών
- Διαφορετικά οι υπηρεσίες πραγματικού χρόνου δεν θα ήταν δυνατές μέσω EUTRAN
- Το σύστημα παρέχει την δυνατότητα για διαφοροποίηση υπηρεσιών

Αυτό-διαμόρφωση

- Προς στιγμήν υπό έρευνα
- Δυνατότητα να επιτραπεί στον αναπτυσσόμενο Κόμβο Β να διαμορφωθεί μόνος του
- Δεν θα αντικαταστήσει ολικά την χειροκίνητη ρύθμιση παραμέτρων και την βελτιστοποίηση.

Βασικά χαρακτηριστικά της διεπαφής EPC



Βασικά χαρακτηριστικά της διεπαφής EPC:

- Επίπεδο μεταφοράς IP
- Επίγνωση Qos
- Τομέας μεταγωγής πακέτων
- Επιλογή για 3GPP (GTP) ή IETF (MIPv6)
- Έτοιμη για σύνδεση σε δίκτυα πρόσβασης εκτός τεχνολογίας 3GPP

Επίπεδο μεταφοράς IP

- Η διεπαφή EUTRAN χρησιμοποιεί αποκλειστικά επίπεδο μεταφοράς IP

Επίγνωση Qos

- Ο σειριακός έλεγχος πρέπει να διαχειρίζεται και να ξεχωρίζει διαφορετικές κατηγορίες ποιότητας υπηρεσιών
- Διαφορετικά οι υπηρεσίες πραγματικού χρόνου δεν θα ήταν δυνατές μέσω EUTRAN
- Το σύστημα παρέχει την δυνατότητα για διαφοροποίηση υπηρεσιών

Τομέας μεταγωγής πακέτων

- Δεν παρέχεται πεδίο κυκλώματος μεταγωγής
- Εάν απαιτούνται εφαρμογές CS, θα πρέπει να πραγματοποιούνται μέσω IP
- Μόνο μία οντότητα διαχείρισης κινητών για UE στην τεχνολογία LTE

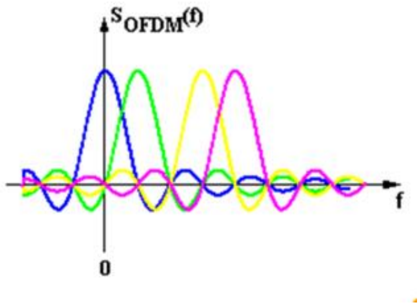
Επιλογή για 3GPP (GTP) ή IETF (MIPv6)

- Η διεπαφή EPC μπορεί να βασιστεί είτε σε πρωτόκολλα 3GPPGTP (παρόμοια με το πεδίο PS στο UMTS/GPRS) είτε σε τεχνολογία IETFIPv6 (MIPv6)

Πρόσβαση εκτός τεχνολογίας 3GPP

- Η διεπαφή EPC θα προετοιμαστεί για να χρησιμοποιηθεί και σε δίκτυα πρόσβασης που δεν υποστηρίζουν το 3GPP (π.χ. LAN, WLAN, WiMAX κτλ.)
- Αυτό θα παράσχει πραγματική σύγκλιση σε σύστημα πακέτου ραδιομετάδοσης.

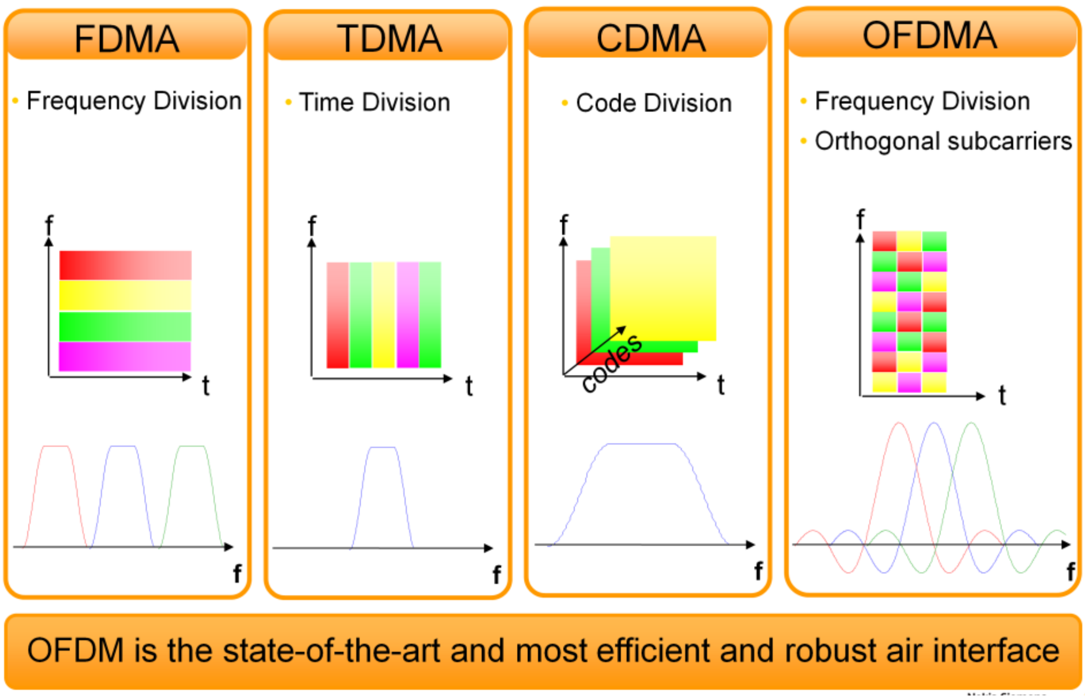
Βασικά στοιχεία διεπαφής αέρα/ ραδιοεπαφής τεχνολογίας LTE



Αρχές της διεπαφής αέρα της τεχνολογίας LTE στις βελτιωμένες αρχές ραδιομετάδοσης:

-Μέγιστος ρυθμός δεδομένων:DL: 173Mbps, UL: 58Mbps
-Επεκτάσιμο BW (bandwidth): 1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHz
-Αυξημένη απόδοση φάσματος
-Λειτουργίες FDD&TDD
-Διαμόρφωση OFDMA στο DL
-Διαμόρφωση SC-FDMA στο UL
-Υποστηρίζει διάφορα συστήματα διαμόρφωσης από BPSK, QPSK, 16QAM
-Μετάδοση πολλαπλών κεραιών (MIMO)
-Χειρισμός αναμετάδοσης (HARQ/ARQ)
-Προγραμματισμός πεδίων συχνότητας και χρόνου

Μέθοδοι πολλαπλής πρόσβασης



FDMA Διαίρεση συχνότητας, TDMA Διαίρεση χρόνου, CDMA Διαίρεση κώδικα, OFDMA Διαίρεση συχνότητας, ορθογώνιο υπο-φέρον σήμα. Η τεχνολογία OFDMA είναι η τελευταία λέξη της τεχνικής, η πιο αποδοτική και ισχυρή διεπαφή αέρα

Διεπαφή αέρα τεχνολογίας LTE

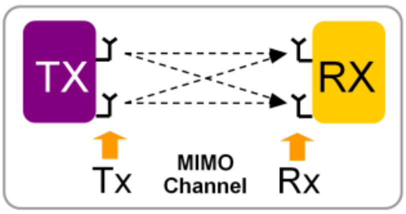
OFDMA

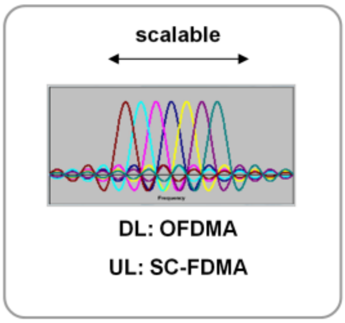
- Πολυπλεξία κατερχόμενης ζεύξης
- Ταρχικά OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Acceess) σημαίνουνΠολλαπλήΠρόσβασηΟρθογώνιαςΔιαίρεσηςΣυχνότητας
- Η πολυπλοκότητα του δέκτη είναι σε λογικό επίπεδο
- Μειωμένη παρεμβολή
- Κατάλληλη για τεχνολογία MIMO

SC-FDMA

- Πολυπλεξία ανερχόμενης ζεύξης
- Ταρχικά SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) σημαίνουνΠολλαπλήπρόσβασηΔιαίρεσηςΣυχνότηταςΜονήςΦέρουσας, παραλλαγήτηςτεχνολογίας OFDMA
- Το πλεονέκτημα έναντι της τεχνολογίας OFDMA είναι μια χαμηλότερη αναλογία μέγιστης κ μέσης ισχύος (PARP: peaktoaveragePowerRatio) κάτι που σημαίνει λιγότερη κατανάλωση ενέργειας και λιγότερο ακριβούς ενισχυτές RF(Ραδιοσυχνότητας) στο τερματικό.
- Αποδοτική ισχύ ανερχόμενης ζεύξης αυξάνει την ζωή μπαταρίας
- Μειώνει την πολυπλοκότητα του τερματικού

Διεπαφή αέρα τεχνολογίας LTE





MIMO

- Πολλαπλές είσοδοι – πολλαπλές έξοδοι
- Η τεχνολογία LTE θα υποστηρίξει την τεχνολογία MIMO ως επιλογή
- Περιγράφει την δυνατότητα ύπαρξης κεραιών πολλαπλών πομπών και δεκτών σε ένα σύστημα
- Ένα μόνο στοιχείο τεχνολογίας LTE μπορεί να υποστηρίξει μέχρι και 4 κεραίες (κέρδος: χωρική πολυπλεξία)
- Η τεχνολογία MIMO θεωρείται ο πυρήνας της τεχνολογίας για την απόδοση της φασματικής αποδοτικότητας

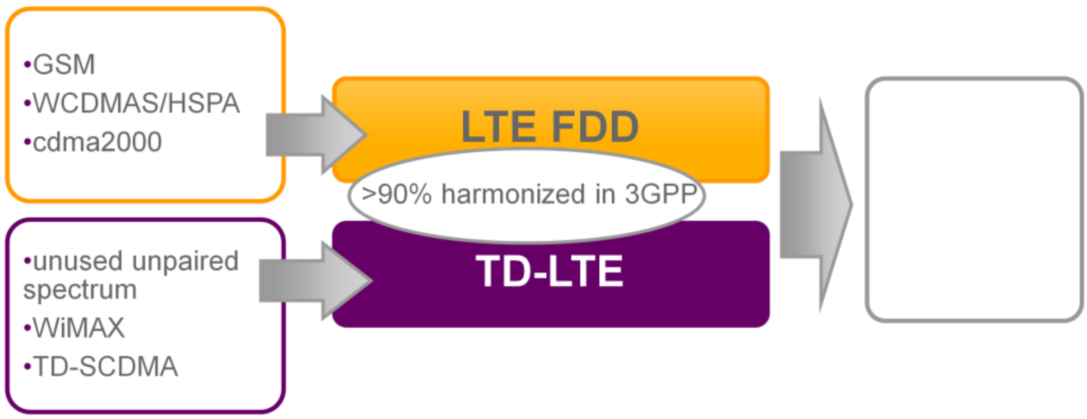
Επεκτάσιμο εύρος ζώνης

- Η τεχνολογία διεπαφής αέρα LTE επιτρέπει να οδηγηθούν κυψέλες με 1,4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz& 20MHz
- Το παραπάνω δίνει την απαιτούμενη ευελιξία για τους χειριστές να χρησιμοποιούν την κατανομή φάσματος που δεν διατίθεται σε ένα μη επεκτάσιμο εύρος ζώνης ή σε ένα σύστημα υπερ ευρείας ζώνης

Δίκτυο TD – LTE

Τεχνολογία TD-LTE

Η πορεία εξέλιξης για ασύζευκτο φάσμα

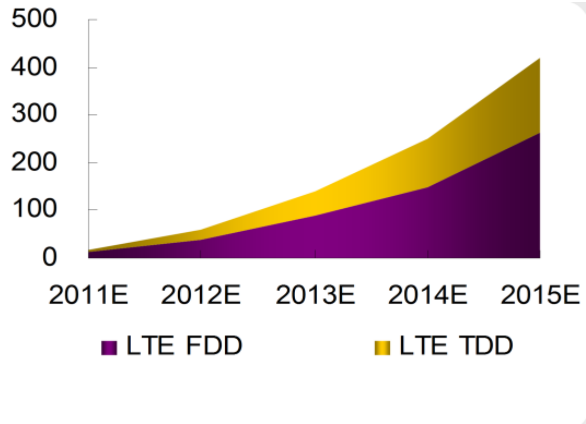


ΕπισημάνσειςTD-SCDMA

- Παρόμοια οικονομία στην κλίμακα της τεχνολογίας FDD
- Αποδοχή περιαγωγής και διαμερισμός κοινών δικτύων
- Κοινό τσιπ για τερματικούς σταθμούς σε FDD/TDD
- Συνεργασία με GSM/TDSCDMA
- Συνύπαρξη στην ίδια ζώνη με WiMAX

Δυναμικό της αγοράς για την τεχνολογία TD-LTE

Ευκαιρία για νέες εισαγωγές στην αγορά, αύξηση συνδρομητών (εκατομμύριο)

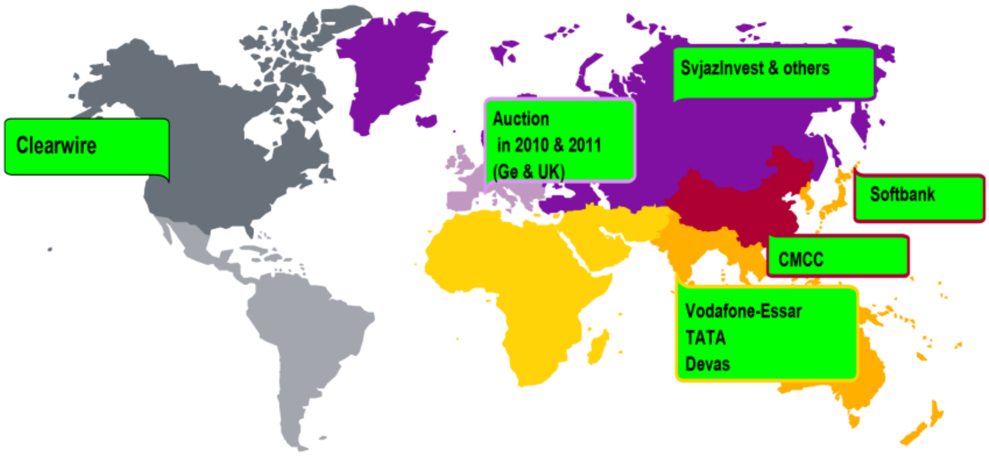


Φάσμα τεχνολογίας TD-LTE

Πάνω από 750MHz ασύζευκτου φάσματος παγκοσμίως για την εισαγωγή τεχνολογίας TD-LTE.

3GPP band	Bandwidth (MHz)	Spectrum (MHz)	Region
33	1x20	1900-1920	China, Asia, Europe
34	1x15	2010-2025	China, Asia
35	1x60	1850-1910	Americas (TDD alternative to FDD)
36	1x60	1930-1990	Americas (TDD alternative to FDD)
37	1x20	1910-1930	Americas
38	1x50	2570-2620	China, Europe
39	1x40	1880-1920	China, Asia
40	1x100	2300-2400	China, APAC, India
41	1x194	2496-2690	US TDD
42	1x200	3400-3600	New
43	1x200	3600-3800	New

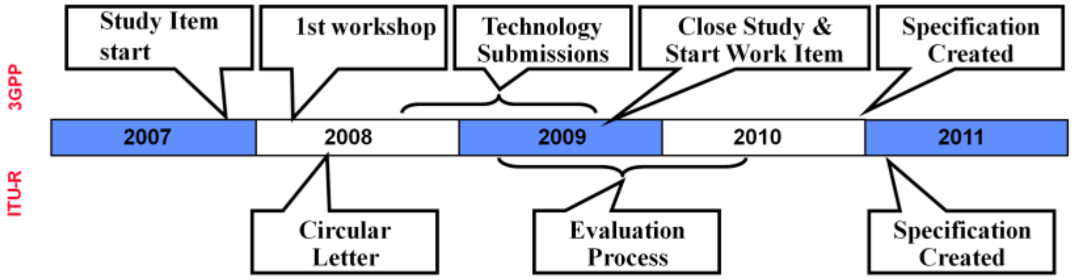
Κύριες προοπτικές τεχνολογίας TD-LTE



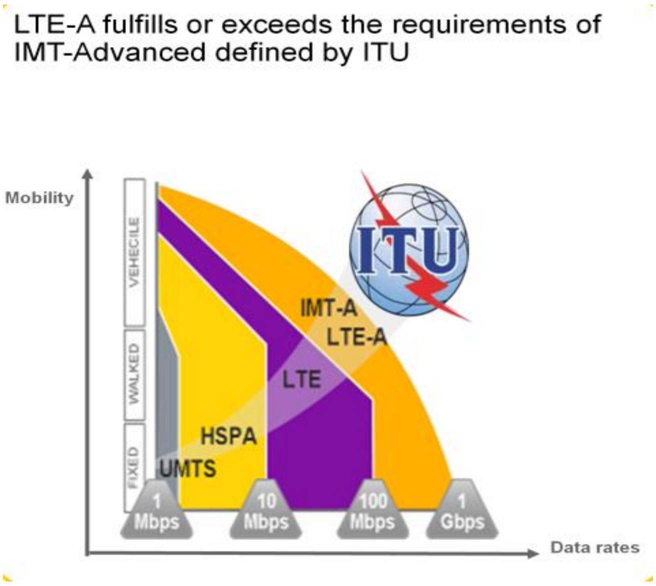
Επιχειρηματικές ευκαιρίες: Ινδία, Η.Π.Α., Μέση Ανατολή και Αφρική,Βορειο Ανατολικό τμήμα, Ιαπωνία. *Τάση*:οι κάτοχοι ασύζευκτου φάσματος παρακολουθούν την τεχνολογία LTE. Οι φορείς Qualcomm&CDMA εντάσσονται στο GSMA (CT, KDDI, Verizon…).
Προμηθευτές των τσιπ: διπλός τρόπος λειτουργίας τεχνολογίας FDDLTE και TD-LTE

Προηγμένη τεχνολογία LTE με 3GPP Έκδοση 10

Γιατί γίνεται λόγος τώρα για την προηγμένη τεχνολογία LTE-A;Κατά την διάρκεια του 2008 η ένωση διεθνών τηλεπικοινωνιών (ITU) υπέβαλλε ένα αίτημα στους υποψήφιους της Τεχνολογίας Διεπαφής Ραδιομετάδοσης (RIT) για το σύστημα IMT-advanced (InternationalMobileTelecomunications). Η διορία των υποβολών ήταν τον Οκτώβριο του 2009.Το σύστημα ITU απαιτεί «ενισχυμένο μέγιστο ρυθμό δεδομένων» για το IMT-advnaced :100 Mbits/s για υψηλή μετάδοση, 1Gbit/s για χαμηλή μετάδοση. Τον Μάρτιο του 2008 η 3GPP άρχισε ένα νέο αντικείμενο μελέτης στην τεχνολογία LTE-Advanced για την ενίσχυση της ίδιας τεχνολογίας ώστε να πραγματοποιήσει όλες τις απαιτήσεις του συστήματος IMT-Advanced και να γίνει υποψήφια IMT-Advanced.Το πρώτο τεχνικό συνέδριο της 3GPP πάνω στην τεχνολογία LTE-Advanced έγινε τον Απρίλιο του 2008. Οι προδιαγραφές της 3GPP για την τεχνολογία LTE-Advanced περιλαμβάνονται στην 3GPP Έκδοση 10



Η τεχνολογία LTE εξελίσσεται σε προηγμένη τεχνολογία LTE-Advanced με συμμετοχή της 3GPP έκδοση 10.

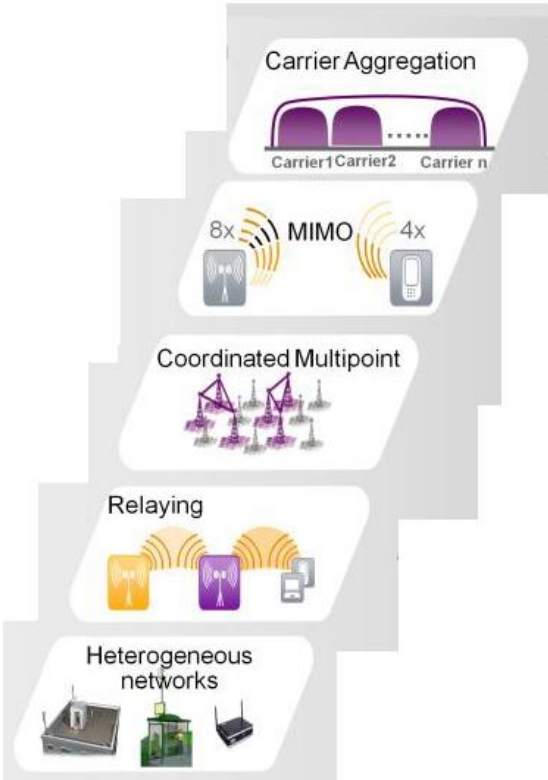


Τεχνολογία LTE- Πραγματοποιεί ή υπερβαίνει τις απαιτήσεις του συστήματος IMT-Advanced που ορίζεται από την ITU. Στόχοι της προηγμένης τεχνολογίας LTE-Advanced:

- Συναντά και υπερβαίνει τις δυνατότητες που απαιτούνται στο σύστημα IMT-Advanced
- Συναντά τις απαιτήσεις των χειριστών της 3GPP για την εξέλιξη της τεχνολογίας LTE
- Βελτίωση μακροσκοπικής απόδοσης δικτύου
- Επιτρέπει επαρκή χρήση μικρών κυψελών
- Είναι διαθέσιμο μεγαλύτερο εύρος ζώνης
- Ικανή να πετύχει υψηλότερο ρυθμό δεδομένων (μέχρι και 1Gbps σε κατερχόμενη ζεύξη για σταθερούς χρήστες
- Ενισχύει την κάλυψη αυξάνοντας τον ρυθμό δεδομένων στις άκρες των κυψελών
- Συμβατότητα με προηγούμενες εκδόσεις

Προηγμένη τεχνολογία LTE-Advanced

<u>Τυποποίηση πρώτων χαρακτηριστικών στα δίκτυα 3GPP έκδοση 10</u>

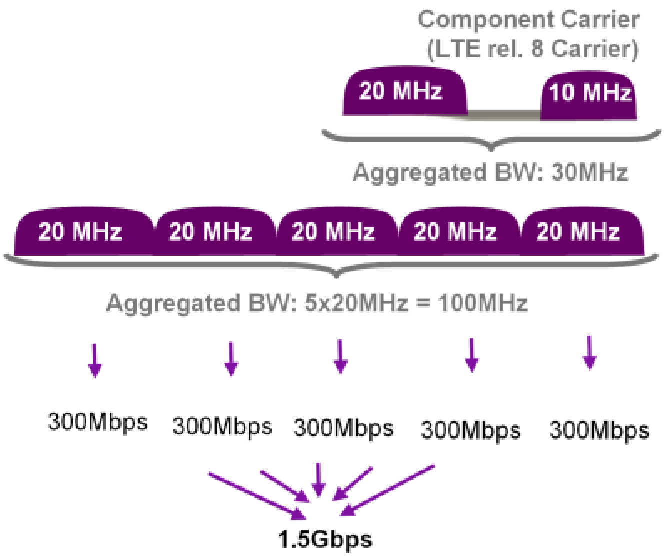


Βασικές πτυχές στο δίκτυο 3GPP έκδοση 10

- Επέκταση εύρους ζώνης μεταφοράς με συνάθροιση φορέα
- Κατερχόμενη ζεύξη: εύρος ζώνης εως 100 MHz με 2 φέροντα σήματα έκδοσης 8 από διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων
- Ανερχόμενη ζεύξη: συνάθροιση φέροντος μιας ζώνης
- Νέο βιβλίο κωδικών για κατερχόμενη ζεύξη (DL) 8TXMIMO

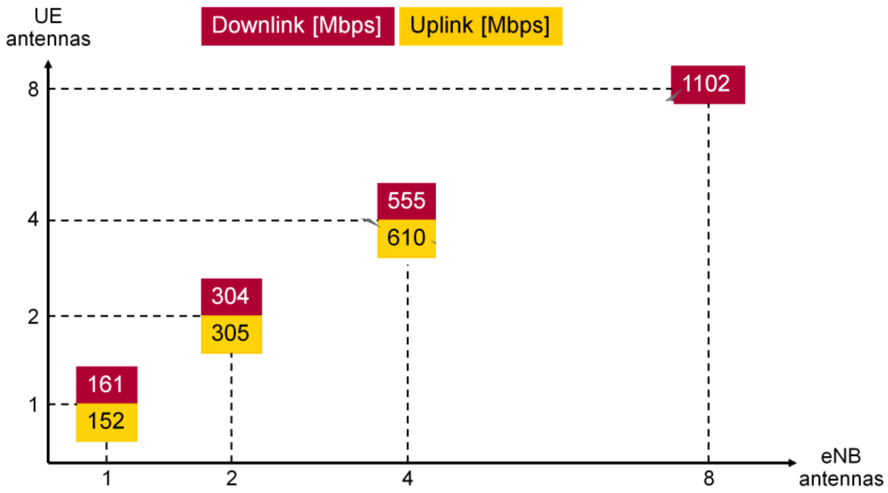
- Ενισχύση ανατροφοδότησης για DL, 2TX/4TX πολλαπλών χρηστών τεχνολογίας MIMO
- Ανερχόμενη ζεύξη 2TX/4TX μονού/πολλών χρηστών τεχνολογίας MIMO
- Συντονισμένη μετάδοση σε πολλά σημεία (CoMP), επίσης γνωστή και ως σύστημα συνεργασίας
- Λήψη μετάδοσης από πολλούς τομείς (όχι απαραίτητα ορατούς για UE)
- Αρχιτεκτονική μονού κόμβου αναμετάδοσης βασισμένη σε οπίσθια ζεύξη eNB
- Απλός συντονισμός διακυψελικής παρεμβολής στο πεδίο χρόνου
- Βελτιώσεις για μεταγωγήFemto σε γραφεία

Επέκταση εύρους ζώνης για συνάθροιση φέροντων: Εως 100MHz με εύκαμπτο υλικό για ένωση φέρουσων, διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων, ασύμμετρο σε ζεύξεις UL/DL (ανερχόμενης ζεύξης/κατερχόμενης ζεύξης)



*Επέκταση συστήματος MIMO,Βασικές πτυχές στα δίκτυα 3GPP έκδοση 10:*Αύξηση χωρικής πολυπλεξίας,DL(κατιούσα ζεύξη): 8x8,UL (ανιούσα ζεύξη): 4x4.

Μέγιστος ρυθμός δεδομένων για την τεχνολογία LTE-A με επέκταση συστήματος MIMO: Ένωση φέροντος με λήψη 2x20 MHZ



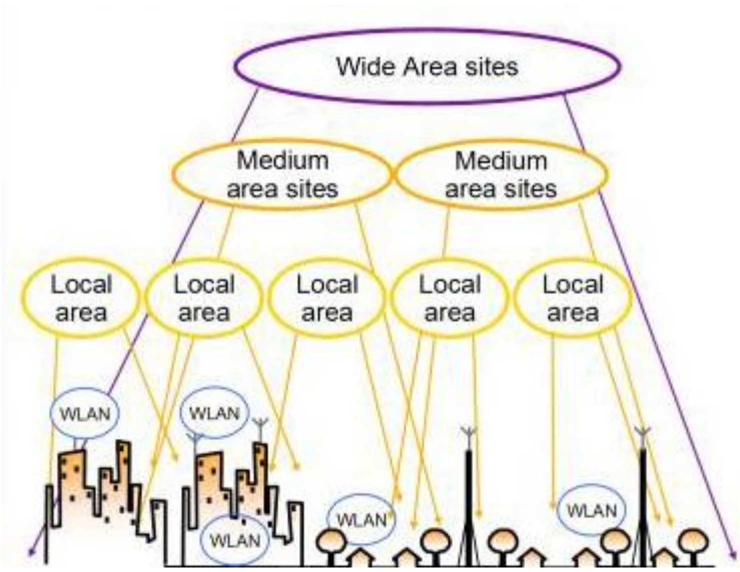
Ο μεγαλύτερος ρυθμός δεδομένων για την ανερχόμενη ζεύξη UL οφείλεται στη λιγότερη επιβάρυνση.Ο στόχος του 1 Gbpsγια την κατερχόμενη ζεύξη υπερβαίνεται με 8x8 και εύρος ζώνης 40 MHz. Ο στόχος των 500 Mbps για την ανερχόμενη ζεύξη υπερβαίνεται με 4x4 και εύρος ζώνης 40 MHz. Υποθέτουμε ότι και για την ανερχόμενη ζεύξη αλλά και για την κατερχόμενη ισχύουν τα 64 QAM με μέγιστο αποδοτικό ρυθμό δεδομένων 9/10.

Συντονισμένη Μετάδοση Πολλαπλών Σημείων (CoMP)

Συνεργασία κεραιών πολλαπλών σημείων, ελεύθερη παρεμβολή με τον συντονισμό του δέκτη μετάδοσης, δυνατότητα ύψιστης απόδοσης

Αναμετάδοση-Βασικές πτυχές στα δίκτυα 3GPP έκδοση 10: Γρήγορη ανάπτυξη, κάλυψη υποδομής χαμηλού κόστους.

Ετερογενή Δίκτυα: Βασικές πτυχές στα δίκτυα 3GPP έκδοση 10: Συνδιασμένο όφελος ευρείας και τοπικής περιοχής



<u>Η προηγμένη τεχνολογία LTE-A βελτιώνει την απόδοση ραδιομετάδοσης</u>

	Peak rate	Average rate (capacity)	Cell edge rate (interference)	Coverage (noise limited)
Carrier aggregation	++	+	++	+
MIMO enhancements[1]	++ (o)	++ (+)	++ (+)	o
CoMP[2]	o	+	+	++
Heterogeneous networks	o	++	++	+
Relays	o	o	+	++

= clear gain   = moderate gain

Περίληψη προηγμένης τεχνολογίας LTE-Advanced

*Απαιτήσεις:*Υπερβαίνει τις απαιτήσεις του ITU-R και συναντά τις απαιτήσεις πραγματικού χρόνου, πληρεί τις απαιτήσεις των δικτύων 3GPP, ομαλή εξέλιξη από την τεχνολογία LTE.

*Τυποποίηση δικτύων 3GPP:*Ξεκινά με την έκδοση 10, αντικείμενο μελέτης σε τελικό στάδιο, υποβολή στον οργανισμό ITU-R, η προηγμένη τεχνολογία LTE-A αποκρίνεται σε όλες τις απαιτήσεις.

*Χρόνος:*2010 ετοιμάζεται η τεχνολογία LTE 3GPP, 2011 ο οργανισμός ITU διαλέγει την RITs, 2011 η έκδοση 10 R10 παγιώνει την θέση της, 2014+ πρώτα δίκτυα με την προηγμένη τεχνολογία LTE-A

*Λειτουργικό υποσύστημα τεχνολογίας:*Μετάδοση με συνεργασία, αναμετάδοση, βελτιωμένο σύστημα MIMO, σχηματισμός ακτίνας, ένωση φέροντος σήματος

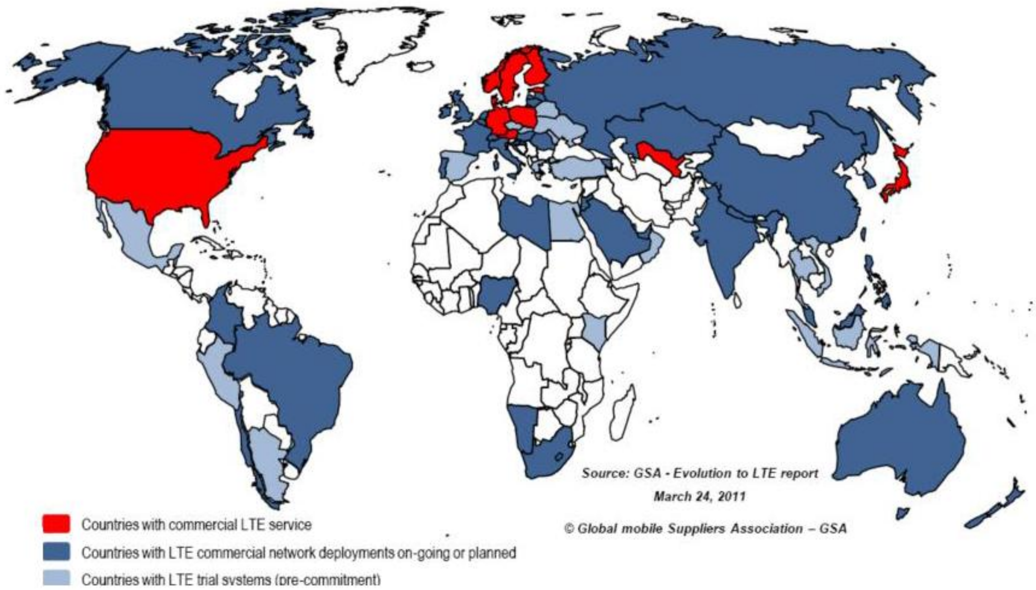
*Οφέλη χειριστή:*Συμβατότητα ολικής οπισθόζευξης, μακροπρόθεσμη εξέλιξη, μεγάλη αποδοτικότητα.

*Πέρα από τα δίκτυα 3GPP έκδοση 10:*Ευμετάβλητη χρήση φάσματος, νέα φασματική περιοχή, επικοινωνία D2D.

Δίκτυα αυτοοργανωμένα: αυτοδιαμόρφωση, αυτοσυντονισμός, αυτοδιόρθωση

*Δίκτυα Nokiaκαι Siemens:*Πρωτοπόροι στην τεχνολογία LTE, έρευνα παγκόσμιας κλίμακας, μία πρόσβαση πολλαπλής ραδιομετάδοσης.

Η δυναμική στην αγορά για την τεχνολογία LTE



Η τεχνολογία LTE παγκοσμίως σε χάρτη όπω διαμορφώθηκε στις 24 Μαρτίου, 2011. Η αναφορά της υπηρεσίας GSAδιατίθεται στην διεύθυνση:
http://www.gsacom.com/

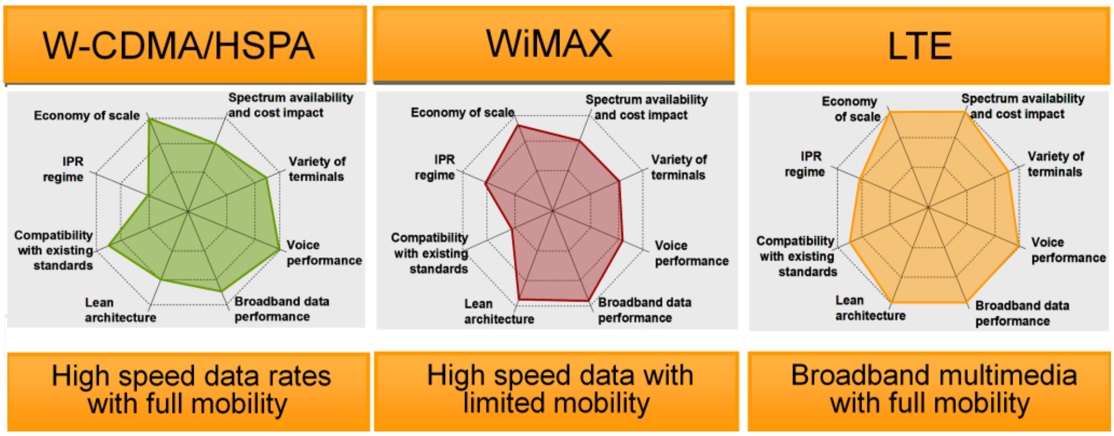
Οι χειριστές που δεσμεύονται με την τεχνολογία LTE (όπως ήταν στις 24 Μαρτίου, 2011)

Το 2010 δρομολογήθηκαν 1.7 εμπορικά δίκτυα.Λειτούργησαν 9 εμπορικά δίκτυα στον εξοπλισμό δικτύων των εταιριών Nokia και Siemens. Εως το τέλος του 2012 αναμένονται να μπούν σε εμπορική λειτουργία τουλάχιστον 73 δίκτυα τεχνολογίας LTE. 56 χώρες έχουν δεσμευτεί για χρήση 140 δικτύων τεχνολογίας LTE. Ο αριθμός υπερδιπλασιάστηκε κατά την διάρκεια του 2010. Κατά το 2015 υπήρξαν 380 εκατομμύρια συνδρομητές. Οι δεσμεύσεις δικτύων όπως διαμορφώθηκαν στις 24 Μαρτίου το 2011. Η αναφορά της υπηρεσίας GSA διατίθενται στην διεύθυνση:http://www.gsacom.com/

Η εταιρία NSN (NokiaSolutionsandNetworks) είναι προμηθευτής σε 9 από 18 χειριστές οι οποίοι λάνσαραν τα δίκτυα τεχνολογίας LTE.

Εμπειρία «σταθερότητας» τελικού χρήστη: Χρόνος σύνδεσης FTP: 40ms.Προσβασιμότητα: 98,6 %.Επιτυχία μεταπομπής ρυθμού 97,6%
Μέγιστος ρυθμός δεδομένων:Κατερχόμενη ζεύξη:102 Mbps.Ανερχόμενη ζεύξη: 40Mbps
*Μέσος όρος δυναμικότητας/διεκπεραίωσης (από δοκιμές):*Κατερχόμενη ζεύξη44 Mbps. Ανερχόμενη ζεύξη 23 Mbps.

Η σωστή λύση για κάθε τομέα (W-CDMA/HSPA, WiMAX, LTE)



- W-CDMA : υψηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων με πλήρη κινητικότητα
- WiMAX: υψηλή ταχύτητα δεδομένων με περιορισμένη κινητικότητα
- LTE: ευρυζωνικές πολυμεσικές υπηρεσίες με πλήρη κινητικότητα

IPR:

UMTS: μεγάλος αριθμός σημαντικών στοιχείων και πολλοί μέτοχοιIPR, αυστηρήπολιτική άδειας (Qualcomm) από κατόχους χωρίς προιόν επιχείρησης, μη υπάρχουσα αποτελεσματική ρύθμιση IPR(σχηματίζοντας ομάδες αδειών (licensepool). LTE/SAE: επίσης πολλές ευρεσιτεχνίες και κάτοχοι IPR. Οι περισσότερες ευρεσιτεχνίες ανήκουν σε προμηθευτές βιομηχανιών και ακροδεκτών, αυξημένη γνώση IPR (μαθήματα από την τεχνολογία 3G), επιπρόσθετες ρυθμίσεις σχεδιασμένες από NGNMN (πρόωρη δήλωση για πρόστιμα στιςάδειες από την IPR, κάνει δυνατόν τις ομάδες αδειών). WiMAX: σχεδόν ο ίδιος αριθμός στις ευρεσιτεχνίες και από την ίδια για την τεχνολογία LTE αλλά πολλοί από αυτούς δεν παρέχουν προιόντα WiMAX, προσδοκία επιθετικής άδειας (Qualcomm, Wi-Lan) ομάδα αδειών, η οποία ξεκίνησε από την INTEL μέχρι τώρα χωρίς επιτυχία, και προσδοκείται ελάχιστα μικρότερος αριθμός βασικών ευρεσιτεχνιών αναμενόμενο στην τεχνολογία LTE.

Οικονομία μεγέθους:

UMTS/HSPA: σχεδιασμένο για την εξέλιξη των δικτύων GSM, επομένως τα νέα τερματικά θα περιέχουν και αυτά, τα συστήματα UMTS/HSPDA, εκμετάλλευση της αποτύπωσηςGSM, το ίδιο ισχύει και για τους σταθμούς βάσης (διαμοιρασμός θέσεων και υλικών) και για τις οντότητες του πυρήνα του δικτύου.WiMAX: κυρίως καθοδηγούμενο από την αγορά σταNotebook (τα τσιπ της INTELενσωματώνουντεχνολογία WiMAX), π.χ. στις κάρτες δεδομένων. Αναμένεται να ακολουθήσουν ειδικά ακουστικά αλλά με ασαφή επέκταση (πιθανώς τεχνικά πιο δύσκολο λόγω της μικρότερης ζωής μπαταρίας). LTE: το αποτύπωμα των δικτύων GSM και LTE μπορεί να γίνει εκμεταλλεύσιμο. Υπάρχει πιθανότητα για υψηλός όγκο τερματικών (GSM/UMTS/LTEπολλαπλοί σταθμοί από την αρχή) καθώς και για πλατφόρμα που διαμοιράζεται σε σταθμούς βάσης.

Διαθεσιμότητα φάσματος και αντίκτυπος κόστους:

UMTS/HSPA: ζεύγος φάσματος στα 2GHZ τοποθετημένο σε πολλές περιοχές, στην Ευρώπη εν μέρει με υψηλό κόστος λόγω των δημοπρασιών, απαιτώντας συνεχόμενο εύρος ζώνης στα 5 MHz.WiMAX: τη στιγμή αυτή ταιριάζει σε ένα φάσμα TDD, σε μία ζώνη συχνοτήτων στα 3.5 GHz και σε μερικές περιοχές πιθανώς και σε ζώνη 2.5 GHz όπως και για τις περιοχές χωρίς άδεια, με πιο έντονο κόστος λόγω της ζώνης συχνοτήτων των 3.5 GHz.LTE: σχεδιασμένο για ζώνη συχνοτήτων στα 2.6 GHz (ζώνες επέκτασης W-Cdma) και με αναδασμό στις ζώνες συχνοτήτων του GSM (επεκτάσιμο εύρος ζώνης)

Ποικιλία τερματικών:

UMTS/HSPA: σχεδιασμένο για την εξέλιξη των δικτύων GSM, επομένως δίνει διαθεσιμότητα σε πολλαπλά τερματικά. WiMAX: αυτή την στιγμή ξεκίνησε μόνο για κάρτες δεδομένων για τα Notebook, αλλά σχεδιάστηκαν τερματικά με αβεβαιότητα όμως πόσοι προμηθευτές θα παράσχουν τερματικά στη WiMAX, ιδίως ποιές πολύτροπες δυνατότητες υπάρχουν. LTE: αποτελεί την εξέλιξη των δικτύων GSM και UMTS και αναμένονται μια μεγάλη ποικιλία τερματικών, οι περισσότερες από αυτές να υποστηρίζουν και τα συστήματα GSM/UMTS.

Απόδοση φωνής:
UMTS/HSPA: το κύκλωμα μεταγωγής ήταν εξίσου καλό όπως η φωνή στο HSPAθα είναι μελλοντικά. WiMAX: δεν υπάρχει κύκλωμα μεταγωγής, μόνο VOIPμε διαχείριση QoS. LTE: μόνο VoIP, αλλά χαμηλή αδράνεια στον αέρα Air-I/F και στο δίκτυο λόγω της επίπεδης αρχιτεκτονικής και του μηχανισμού QoS, αρχικά ήταν δυνατό να κατευθύνεται η κυκλοφορία φωνής σε επικάλυψη δικτύων GSM/UMTS.

Απόδοση δεδομένων ευρυζωνικότητας:
UMTS/HSPA: εως 14 Mbits/sDL, 5,6 UL.WiMAX: υψηλή απόδοση δεδομένων εως 50 Mbits. LTE ύψιστη απόδοση δεδομένων εως 160 Mbits/s (DL) και 50 Mbits/sUL, υψηλή φασματική απόδοση.

Απλή Αρχιτεκτονική:
UMTS/HSPA: αρχιτεκτονική 4 κόμβων (Κόμβος B,, RNC, SGSN, GGSN), WiMAX: αρχιτεκτονική 3 κόμβων (AP, ASN-GW, CSN-GW), LTE: υπερεπίπεδη (ultraflat) αρχιτεκτονική μόνο 2 κόμβων (eNodeB, SAE-GW).

Συμβατότητα με ήδη υπάρχοντα συστήματα:
UMTS/HSPA: internat, περιαγωγή, συστήματα από HO σε GSM, WiMAX: προσωρινά δεν υπάρχει διαμόρφωση IW σε άλλα συστήματα, δύσκολο να εφαρμοστεί/ υλοποιηθεί, LTE: Πλήρες διαμόρφωσηIW με δίκτυα GSM/UMTS που θα οριστούν και θα πραγματοποιηθούν, επίσης σχεδιάζονται διαμορφώσεις IW και σε άλλα συστήματα όπως WiMAX/ CDMA2000.

Κεφάλαιο 2

LTE/EPS Αρχιτεκτονική Δικτύων

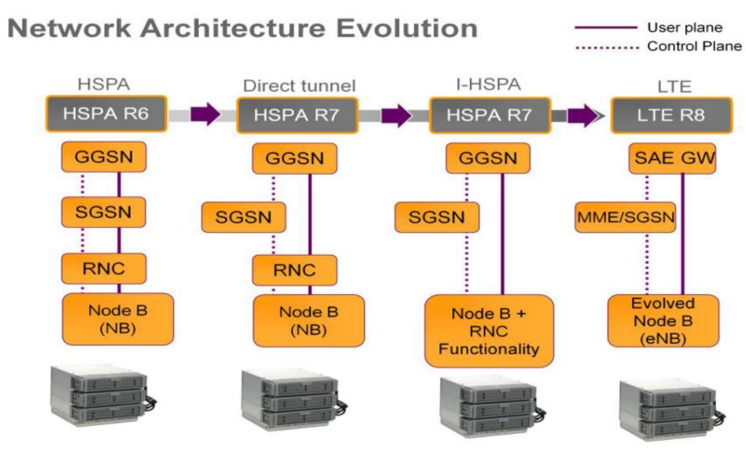
Μετά την ολοκλήρωση αυτής της ενότητας, οι συμμετέχοντες θα πρέπει να είναι σε θέση να εξηγήσουν εν συντομία την εξέλιξη στην Αρχιτεκτονική Δικτύων από HSPA σε LTE. Να προσδιορίσουν τα κύρια υποσυστήματα σε ένα δίκτυο LTE / EPS, να ονομάσουν τα καθορισμένα στοιχεία δικτύου σε ένα δίκτυο LTE. Θα πρέπει να αναφέρουν τις βασικές λειτουργίες για κάθε στοιχείο ενός δικτύου LTE, να ονομάσουν τις τυποποιημένες διεπαφές για LTE δίκτυα και να κατανοήσουν το πρωτόκολλο στοίβας που υλοποιείται σε καθένα από αυτά,να συζητήσουν τις διάφορες περιπτώσεις περιαγωγής σε LTE,να υπογραμμίσουν τις αρχές λειτουργίας των δικτύων LTE με τα δίκτυα 2G/3G, να εξηγήσουν τη λειτουργία με δίκτυα non-3GPP και συγκεκριμένα με cdma2000 HDRP.

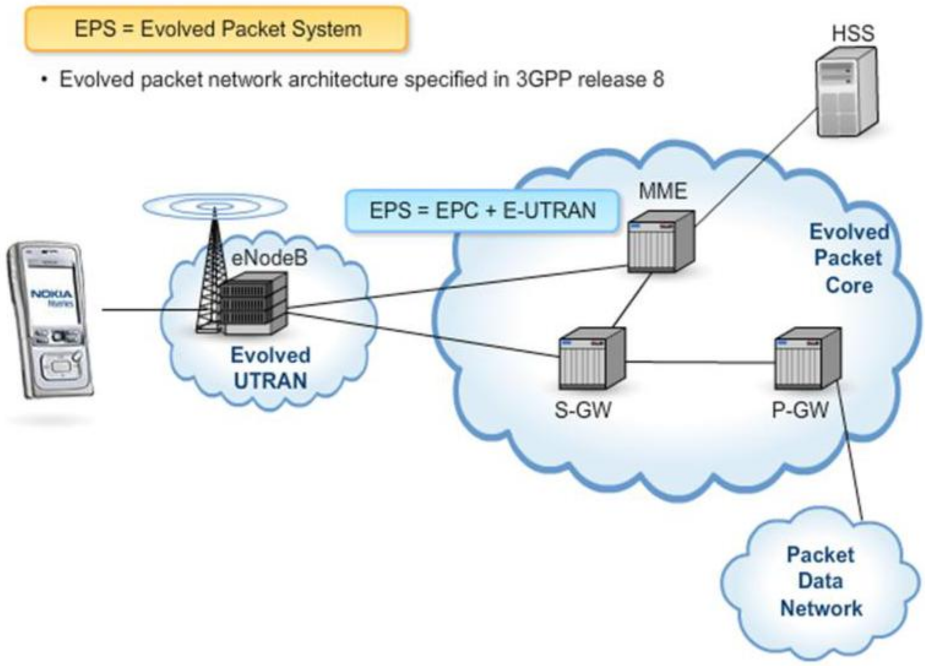
ΕξέλιξηαρχιτεκτονικήςΔικτύων (System Architecture Evolution -SAE) στο 3GPP

Το πλαίσιο εξέλιξης των συστημάτων 3GPP αρχιτεκτονικής ασχολείται με το εξελιγμένο πακέτο αρχιτεκτονικής δικτύου πυρήνα.Στόχοι για την εξέλιξη της αρχιτεκτονικής συστημάτων:

- Βελτιστοποίηση για PSservices, Όχι πλέον CS κεντρικού δικτύου
- Υποστήριξη υψηλότερης απόδοσης (μεγαλύτερη χωρητικότητα, υψηλότερα ποσοστά δεδομένων)
- Μείωση του χρόνου απόκρισης για την ενεργοποίηση και την διατήρηση του set-up (καθυστέρηση επιπέδου ελέγχου).
- Μείωση της καθυστέρησης παράδοσης πακέτου (Επίπεδο καθυστέρησης χρήστη)
- Απλούστευση της αρχιτεκτονικής κατά τη σύγκριση με τα υπάρχοντα (κυψελοειδή) δίκτυα κινητής τηλεφωνίας .
- Αλληλεπίδραση με 3GPP δίκτυα πρόσβασης.
- Αλληλεπίδραση με άλλα ασύρματα δίκτυα πρόσβασης.

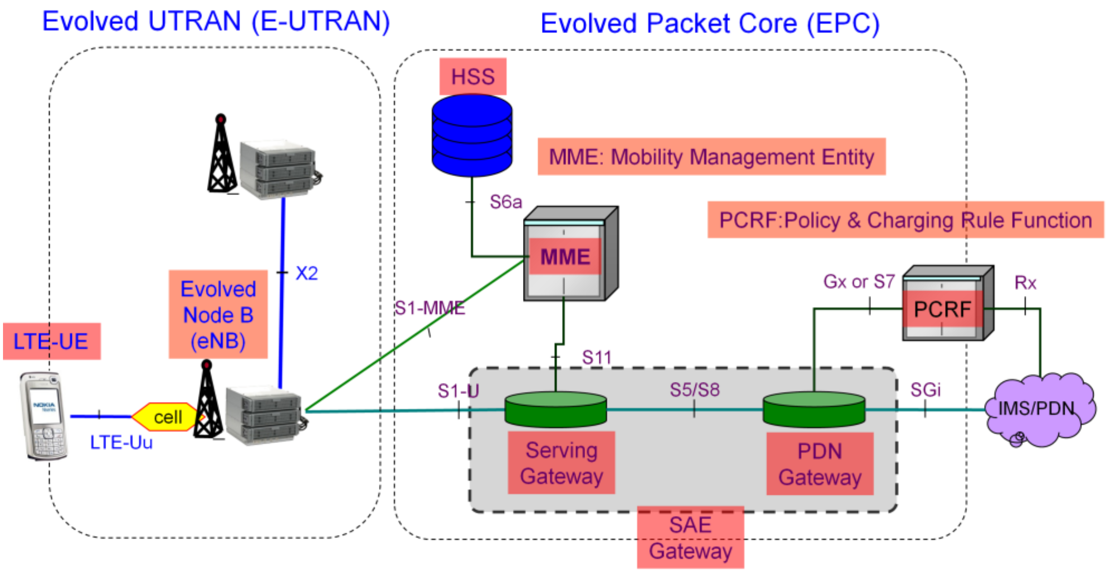
Μερικοί από αυτούς τους στόχους μπορεί να επιτευχθούν με την εφαρμογή επίπεδης αρχιτεκτονική δικτύου, με λιγότερους εμπλεκόμενους κόμβους.





Η αρχιτεκτονική EPS αποτελείται από ένα EPC (PacketCoreNetwork, που αναφέρεται επίσης ως SAE) και ένα eUTRANRadio Access Network (αναφέρεται επίσης ως LTE).Το EPC παρέχει πρόσβαση σε δίκτυα εξωτερικών πακέτων IP και εκτελεί μια σειρά από CN σχετικές λειτουργίες (π.χ. QoS,ασφάλεια, κινητικότητα και διαχείριση τερματικών σταθμών) για idle (αδρανοποιημένα) και ενεργά τερματικά. Το EvolvedPacketCore περιέχει μια οντότητα επιπέδου ελέγχου που ονομάζεται MobilityManagementEntity (MME), και οι δύο οντότητες επιπέδου χρήστη που ονομάζονται ServingGateway (S-GW) και PacketDataNetwork (PDN) Gateway (P-GW).HeUTRAN εκτελεί όλες τις σχετικές λειτουργίες της διεπαφής ραδιοσυχνοτήτων.Στην εξελιγμένη UTRAN, υπάρχει μόνο ένας τύπος στοιχείου δικτύου, που ονομάζεται εξελιγμένος Κόμβος Β (eNodeB ή ENB).

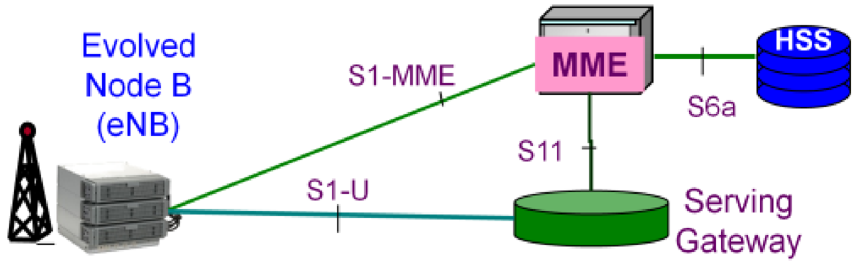
LTE/EPS Στοιχείαδικτύου



EvolvedNodeB (eNB):

Αυτό είναι το μόνο στοιχείο δικτύου που ορίζεται ως μέρος της eUTRAN, αντικαθιστά το παλιό κόμβο B/RNC συνδυασμό από 3G.Τερματίζει την ολοκληρωμένη διεπαφή ραδιοσυχνότητας συμπεριλαμβάνοντας το φυσικό επίπεδο.Παρέχει όλες τις λειτουργίες διαχείρισης ραδιοσυχνοτήτων.Ο eNB μπορεί να χειριστεί διάφορα κελιά.Για να επιτρέψει την αποτελεσματικότερη διαχείριση της διασύνδεσης των κελιών ραδιοσυχνότητας για αυτά που δεν συνδέονται με το ίδιο eNB, υπάρχει μια διεπαφή eNB X2 (προαιρετική). Αυτή θα επιτρέψει τον συντονισμό μεταξύ των μεταπομών (handovers) eNB χωρίς την άμεση συμμετοχή του EPC κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας.Συμπίεση header IP / αποσυμπίεση: ο σκοπός αυτής της τεχνικής είναι να αποφύγει την αποστολή επαναληπτικών ίδιων ή διαδοχικών δεδομένων στην header IP.

Mobility Management Entity (MME)



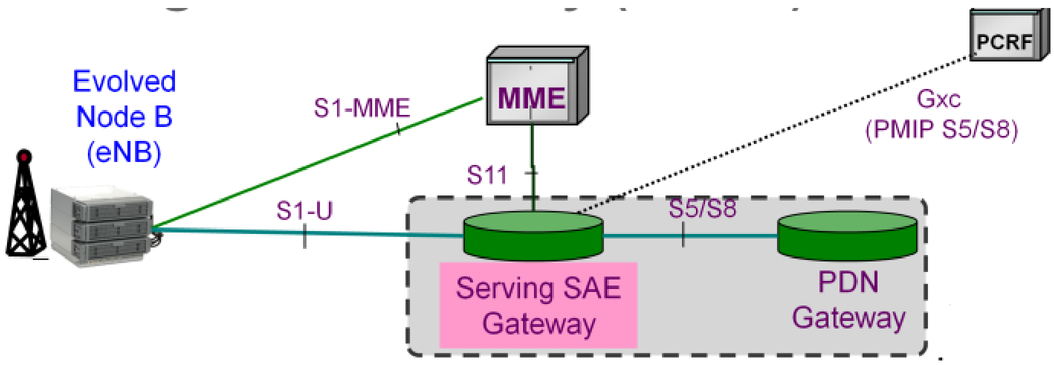
- Είναι μια καθαρή οντότητα σηματοδότησης στο εσωτερικό του EPC.
- Η SAE χρησιμοποιεί περιοχές παρακολούθησης για να εντοπίζει τη θέση των αδρανοποιημένων UEs. Η βασική αρχή είναι ταυτόσημη με 2G/3G LA ή RA.
- Η MME χειρίζεται επισυνάπτει και αποκολλά στο σύστημα EPS, καθώς και εντοπίζει περιοχές ενημερώσεων.
- Ως εκ τούτου, διαθέτει μια διεπαφή προς το HSS (Home Subscriber Server) που αποθηκεύει την σχετικές πληροφορίες εγγραφής και τα τρέχοντα εγγεγραμμένα MME στην μόνιμη βάση δεδομένων τους.
- Μία δεύτερη λειτουργικότητα του MME είναι η σηματοδότηση συντονισμού για την εγκατάσταση φορέων μεταφοράς (SAE bearers) μέσω του EPC για ένα UE.
- Οι MMEs μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους μέσω της διεπαφής S10.
- Παράγουν και διαθέτουν προσωρινές ids για UEs.
- VLR-like λειτουργικότητα.

MME λειτουργίες:

- Επίπεδο ελέγχου NE στο EPC.
- Non-Access-Stratum (ms) σηματοδότηση.
- Χειρισμός κινητικότητας αδρανοποιημένων καταστάσεων.
- Παρακολούθηση περιοχών ενημερώσεων
- Συνδρομητών επισύναψη και αποκόλληση.
- Συντονισμός σηματοδότησης SAE των φορέων εγκατάστασης/αποδέσμευσης & HO.
- Ασφάλεια (ταυτοποίησης, κρυπτογράφησης, προστασίας ακεραιότητας).
- Ενεργοποίηση και διανομή paging μηνυμάτων στο eNB.

- Έλεγχος περιαγωγής (S6a διεπαφή στο HSS).
- Σηματοδοσία CN Κόμβου (s10 διεπαφή), επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό περιοχών ενημερώσεων και handovers.

Serving (SAE) Gateway (S-GW)



- Το S-GW και PDN πύλη παρέχει συνδεσιμότητα στο επίπεδο χρήστη μεταξύ του δικτύου πρόσβασης και του εξωτερικού δίκτυο μεταφοράς πακέτων δεδομένων (PDN).
- Συνδέει το ENB μέσω της διεπαφής S1-U.
- Το S-GW έχει κάποιο είδος διανομής και μια λειτουργία αγκύρωσης πακέτων εντός EPC.
- Αναμεταδίδει τα πακέτα δεδομένων εντός EPC μέσω του S5/S8 διεπαφής προς ή από την πύλη PDN.
- Ένας S-GW ελέγχεται από έναν ή περισσότερους MMEs μέσω S11 διεπαφής.
- Μια δεδομένη χρονική στιγμή, η UE είναι συνδεδεμένη με το EPC μέσω μια απλής Serving-GW.

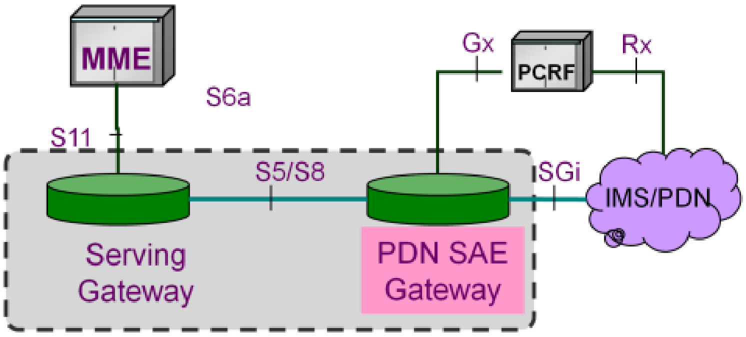
S-GW λειτουργίες:

- Τοπική κινητικότητα Anchor Point: Αλλαγή του επιπέδου χρήστη σε ένα νέο eNB σε περίπτωση handover.
- Αγκύρωση Κινητικότητας για 3GPP κινητικότητα. Αυτό μερικές φορές αναφέρεται ως συνάρτηση 3GPP Anchor.
- Αποθήκευση πακέτων και ειδοποίηση MME για UEs σε κατάσταση αδράνειας .
- Δρομολόγηση πακέτων και προώθηση μεταξύ eN B, PDN GW και SGSN.
- Υποστηρίζει νόμιμη παρακολούθηση και λειτουργίες φόρτισης.

Προχωρημένη ανάγνωση:

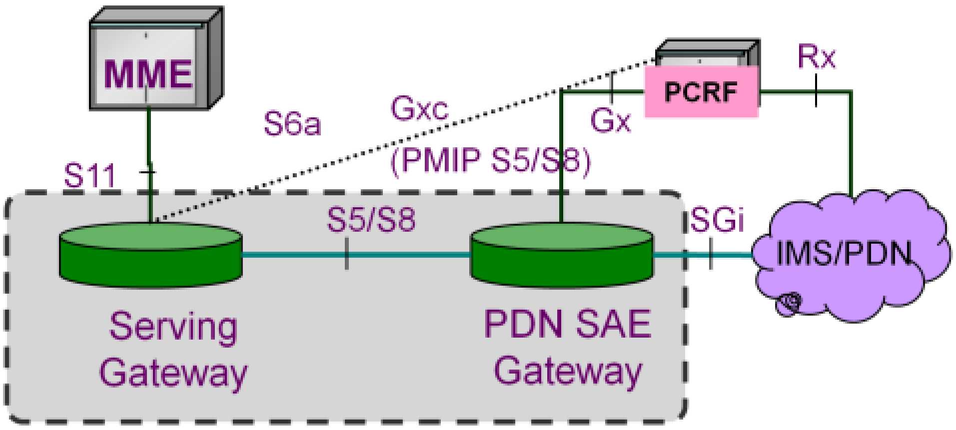
Όταν Η διασύνδεση S5 / S8 βασίζεται σε GTPtunnel (3GPP σύσταση) η Serving-GW, δεν χρειάζεται να συνδεθεί με το PCRF (η χαρτογράφηση μεταξύ των ροών IPservice και GTPtunnels γίνεται από το PDN-πύλη (ή P-GW).Όταν η διεπαφή S5 / S8 βασίζεται σε PMIP (IETF σύσταση) η χαρτογράφηση μεταξύ της ροής παροχής IPservice στην S5 / S8 και στα GTPtunnels στην S1-U διεπαφή έχει γίνει από την S-GW και για αυτό θα συνδεθεί με το PCRF για να λάβει τις πληροφορίες χαρτογράφησης(interfaceGXC). Νόμιμη παρακολούθηση λειτουργικότητας: δυνατότητα να παραδώσει τα δεδομένα από χρήστες που παρακολουθούνται στις αρχές για περαιτέρω έλεγχο. Η S-GW εξυπηρετεί μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή στο δίκτυο, ενώ η P-GW εξυπηρετεί το σύνολο των δικτύων για την πρόσβαση σε συγκεκριμένες υπηρεσίες / δίκτυα PDN. Ως εκ τούτου, κάθε ενιαία S-GW θα πρέπει να συνδεθεί με όλα τα P-GW στο δίκτυο.

Packet Data Network (PDN) SAE Gateway (p-GW)



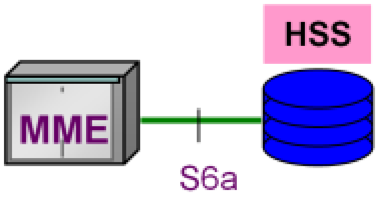
Τα PDNGateway (ή P-GWorPDN-GW) παρέχουν τη σύνδεση μεταξύ του EPC και ενός αριθμού από εξωτερικά δίκτυα δεδομένων.Είναι συγκρίσιμα με το GGSN στα 2G/3G δίκτυα.Μια βασική λειτουργικότητα η οποία παρέχεται από ένα PDNgateway είναι ο QoS συντονισμός μεταξύ των εξωτερικών PDN και EPC. Για αυτό το PDNGateway πρέπει να είναι συνδεδεμένο με S7 στο PCRF(Policy&ChargingRuleFunction). Αν ένα UE είναι συνδεδεμένο ταυτοχρόνως σε διάφορα PDNs αυτό μπορεί να επιτρέπει συνδέσεις σε περισσότερα από ένα PDN-GW. Η κατανομή διεύθυνση IP γίνεται όταν το UE συνάπτεται στο δίκτυο και αργότερα κάθε φορά που το UE ζητά μια σύνδεση σε ένα νέο δίκτυο PDN. Ως εκ τούτου, η P-GW έχει τη DHCP λειτουργικότητα ή είναι σε θέση να αναζητά και εξωτερικό DHCP διακομιστή. Το αίτημα για τη μεταφορά του set-up μπορεί να φθάσει στο P-GW, είτε μέσω της PCRF (προερχόμενο από εξωτερικό δίκτυο δεδομένων) ή μέσω του S-GW (προερχόμενο από MME ή UE).

Policy and Charging Rule Function (PCRF)



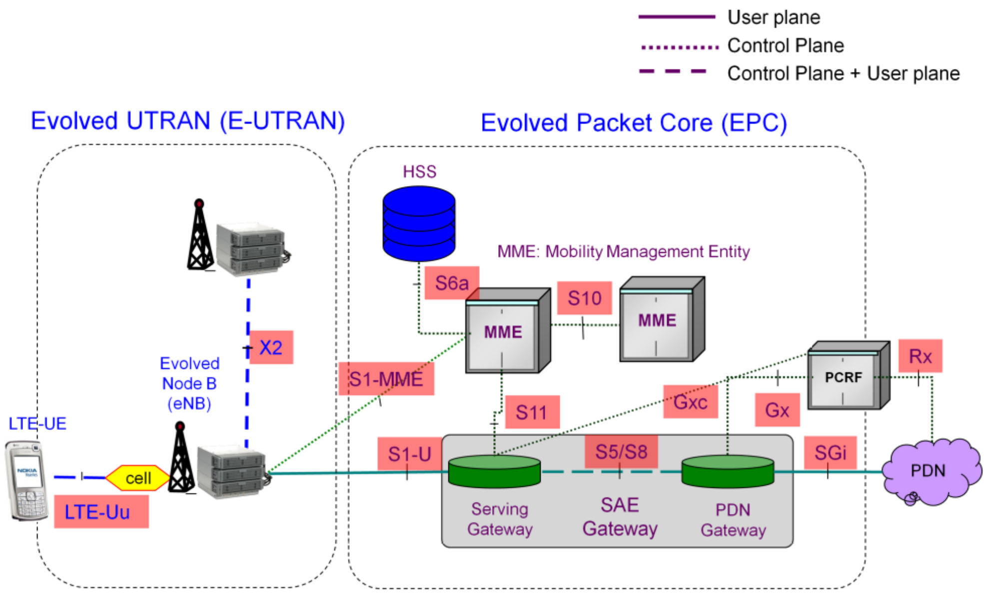
Η βασική λειτουργικότητα του PCRF είναι ο QoS συντονισμός μεταξύ των εξωτερικών PDN και EPC.Για αυτό το PCRF είναι συνδεδεμένο με Rx+ διεπαφή στο εξωτερικό δίκτυο δεδομένων(PDN). Αυτή η λειτουργία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγχει και να τροποποιεί το QoS σε συσχέτιση με SAE φορέα setup από SAE ή να ζητήσει setup από SAE φορέα από το PDN.Αυτό η QoS διαχείριση διασφαλίζει την πολιτική και το προτεινόμενο πλαίσιο ελέγχου χρέωσης για τηnIMS από το UMTSrelease 6.

Home Subscriber Server (HSS)

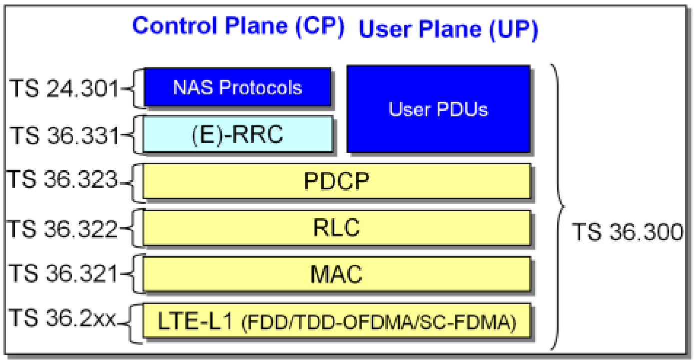


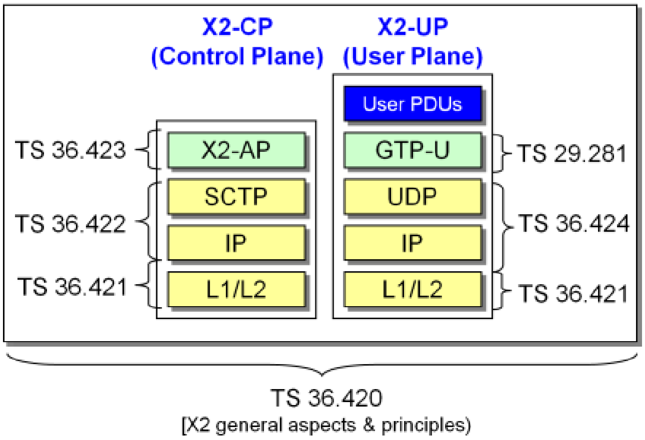
Η HSS λειτουργικότητα έχει ήδη χρησιμοποιηθεί από το UTMSrelease 5.Με το LTE/EPS το HSS θα πάρει επιπρόσθετα δεδομένα για κάθε συνδρομητή για την κινητικότητα και το χειρισμό υπηρεσιών.Μερικές αλλαγές στην βάση δεδομένων όπως και στο HSS πρωτόκολλο (DIAMETER) θα είναι απαραίτητες για την ενεργοποίηση του HSS για το LTE/EPS.Το MME μπορεί να έχει πρόσβαση στο HSS με την διεπαφή S6a.Το HSS γνωρίζει πού οι επισυναπτόμενοι συνδρομητές βρίσκονται (MME ακρίβεια). Για κάθε UE το οποίο υπάρχει στο δίκτυο, οι HSS εγγραφές δείχνουν σε ένα μόνο ServingMME τη φορά. Αν το UE μετακινηθεί σε ένα νέο MME, το HSS θα ακυρώσει αυτόματα την πληροφορία από το προηγούμενο MME.

LTE/EPS Διεπαφές δικτύων



LTERadio Διεπαφή και X2 Διεπαφή





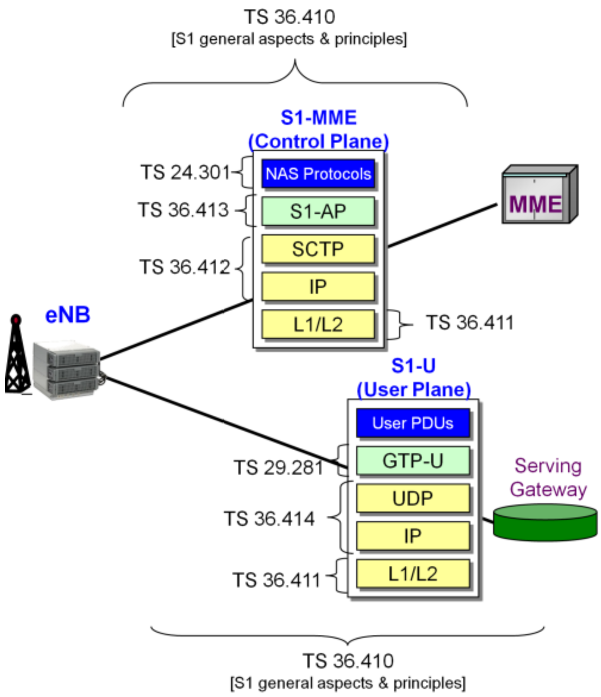
LTE -Uu

- NAS σημαίνει Non-Access Stratum (3GPP TS 24.301)
- Τα μηνύματα σηματοδότησης που έχουν αντιμετωπιστεί σε αυτό το επίπεδο είναι διαφανή για το eNB.
- Το πρωτόκολλο NAS επιπλέον χωρίζεται σε 2 υπο-πρωτόκολλα:
  - EPS Mobility Management(EMM)
  - EPS Session Management (ESM).
- RRC: RadioControlResource: διαχειρίζεται UE σηματοδότησης και σύνδεσης δεδομένων. Περιλαμβάνει λειτουργίες handovers.
- PDCP,PacketDataConvergenceProtocol : υπεύθυνο για συμπίεση IPheader (UserPlane, UP), κρυπτογράφηση και προστασία ακεραιότητας (controlplane, CP).
- RLC, RadioLinkControl : υπεύθυνο για την κατάτμηση και την αλληλουχία του PDCP-PDUs για τη μετάδοση ραδιοφωνικών διεπαφών. Εκτελεί επίσης διόρθωση σφαλμάτων με AutomaticRepeatRequest (ARQ).
- MAC: Medium Access Control:
  - Προγραμματισμός των δεδομένων ανάλογα με τις προτεραιότητες.
  - Πολυπλέκει τα δεδομένα σε Layer 1 μπλοκ μεταφοράς.
  - Διόρθωση σφάλματος με υβριδικό ARQ.
- LTE-Uu φυσικό Layer: OFDMA / SC-FDMA

X2 Διεπαφή:

- X2AP είναι το ControlPlane(CP) πρωτόκολλο εφαρμογών.
- Περιλαμβάνει λειτουργίες για την προετοιμασία handovers και τη διατήρηση της σχέσης μεταξύ γειτονικών eNBs.
- SCTP /IP σηματοδότησης μεταφοράς: StreamControlTransmissionProtocol (SCTP) και το InternetProtocol (IP) αποτελούν πρότυπο μεταφοράς IP κατάλληλο για μηνύματα σηματοδότησης. SCTP παρέχει την αξιόπιστη μεταφορά και αλληλουχία λειτουργιών παράδοσης. Το IP μπορεί να τρέχει σε μια ποικιλία από συνδέσεις δεδομένων (L2) και φυσικές (L1) τεχνολογίες.
- Το UP στην διεπαφή X2 επιτρέπει να μετακινήσετε τα πακέτα DL από την πηγή eNB στο στόχο eNB, όταν το τμήμα μεταφοράς S1-U δεν έχει διατεθεί ακόμη.

S1-MME & S1-U διεπαφές



S1-MME:

- Διεπαφή ελέγχου μεταξύ eNB και MME.
- MME και UE θα ανταλλάξουν non-accessstratum σηματοδότηση με eNB μέσα από αυτή τη διεπαφή.
- π.χ: Αν ένα UE πραγματοποιεί μια ενημέρωση εντοπισμού περιοχής, το μήνυμα ζήτησης της ενημέρωσης εντοπισμού περιοχής θα σταλεί από UE σε eNB και το eNB θα προωθήσει το μήνυμα μέσω S1-MME στο MME.
- S1AP:S1 ApplicationProtocol. Χειρίζεται τα CP&UP μεταξύ του eUTRAN και του EPC, συμπεριλαμβανομένων handovers σχετικών μηνυμάτων όταν το EPC εμπλέκεται.
- SCTP /IP σηματοδότησης μεταφοράς: StreamControlTransmissionProtocol (SCTP) και το InternetProtocol (IP) αποτελούν πρότυπο μεταφοράς IP κατάλληλο για μηνύματα σηματοδότησης. Το SCTP παρέχει αξιόπιστη μεταφορά και αλληλουχία

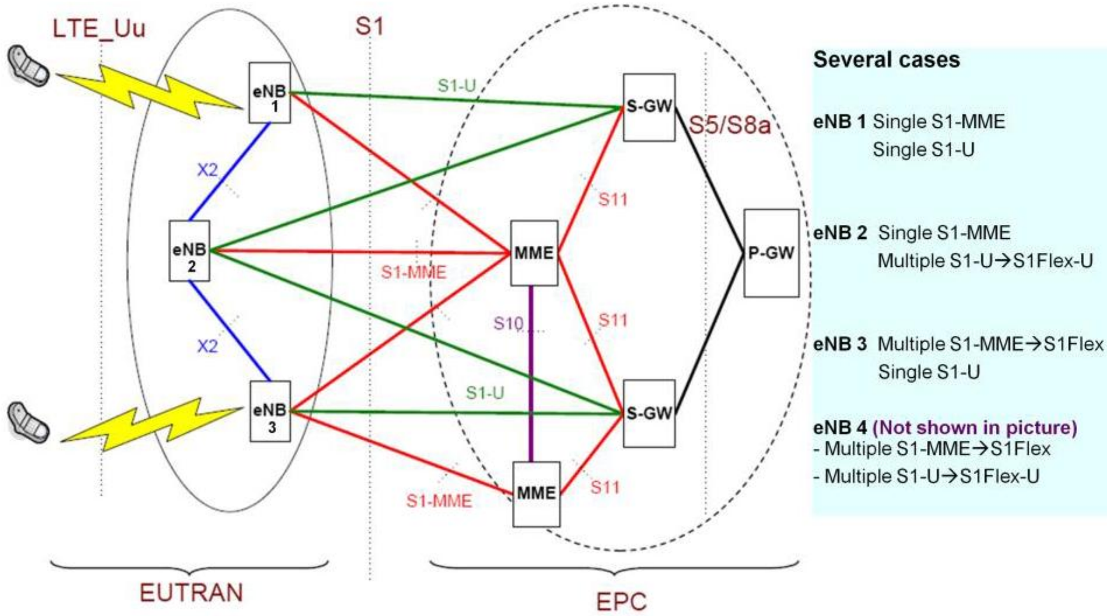
λειτουργιών παράδοσης. Το IP μπορεί να τρέχει σε μια ποικιλία από συνδέσεις δεδομένων (L2) και φυσικές (L1) τεχνολογίες.

- Τα μηνύματα NAS πρωτοκόλλου είναι διαφανή στο eNB και είναι κατασκευασμένα για απευθείας επικοινωνία με το LTEUE

S1-U

- Το επίπεδο χρήστη μεταξύ eNB και ServingGateway
- Είναι μία απλή διεπαφή δεδομένων χρήστη.

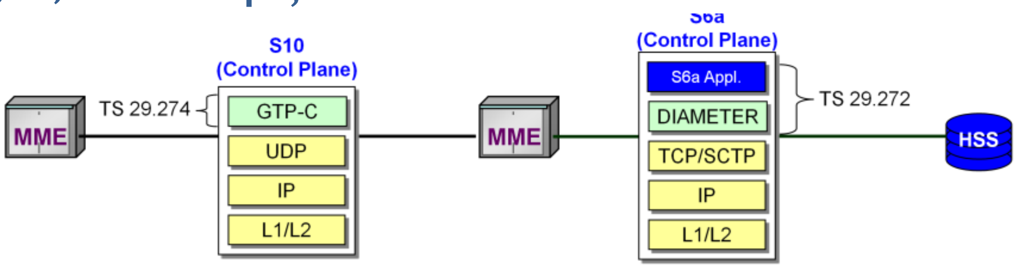
EUTRAN & EPC συνδεδεμένομε S1-flex



-S1-flex -> 1 eNB μπορεί να συνδεθεί με διάφορα MME

-S1-flex-U υποστηρίζεται επίσης: ένα απλό eNB μπορεί να συνδεθεί με διάφορα ServingGWs.

S10, S6, S11Διεπαφές



S10:

- Διεπαφή μεταξύ διαφορετικών MMES
- Χρησιμοποιούνται στις inter-MME κατά τη διάρκεια ενημερώσεων περιοχής εντοπισμού (TrackingAreaUpdates- TAU) και handovers.
- Inter-MMETAU: Η νέα MME μπορεί να επικοινωνήσει με το παλιό MME όπου χρήστης είχε καταχωρηθεί πριν να ανακτήσει τα δεδομένα σχετικά με την

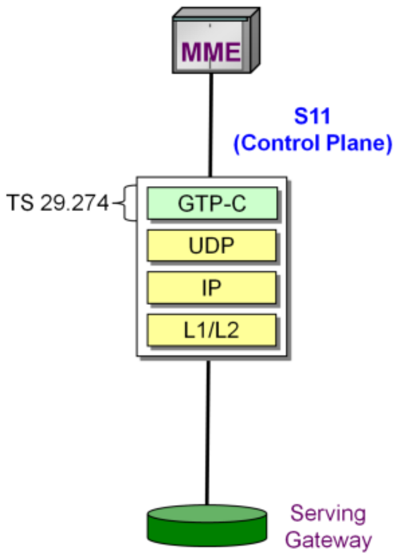
ταυτότητα (IMSI), πληροφορίες για την ασφάλεια (πλαίσιο ασφαλείας, φορείς πιστοποίησης) και ενεργοί φορείς SAE (PDNgateways για να επικοινωνήσουν, QoS, κλπ)

- Προφανώς η S10 είναι μια καθαρή διεπαφή σηματοδότησης, όπου δεν τρέχουν δεδομένα χρήστη σε αυτή.
- GTP-C, GPRS Tunneling Protocol – ControlPlane: στην περίπτωση αυτή χειρίζεται τις λειτουργίες που σχετίζονται με την κινητικότητα (Inter-MME TAU και handover)

S6a:

- Διεπαφή μεταξύ των MME και του HSS.
- Το MME την χρησιμοποιεί για να ανακτήσει την εγγραφή και τις πληροφορίες ελέγχου ταυτότητας από HSS (handovers/ περιορισμούς εντοπισμού περιοχής, εξωτερικών επιτρεπόμενων PDN, QoS, κλπ) κατά τη διάρκεια επισύναψης και ενημερώσεων.
- Το HSS μπορεί κατά τη διάρκεια αυτών των διαδικασιών επίσης να αποθηκεύσει την τρέχουσα διεύθυνση MME του χρήστη στη βάση δεδομένων του.
- SCTP /IP σηματοδότησης μεταφοράς: StreamControlTransmissionProtocol (SCTP) και το InternetProtocol (IP) αποτελούν πρότυπο μεταφοράς IP κατάλληλο για μηνύματα σηματοδότησης. Το SCTP παρέχει αξιόπιστη μεταφορά και αλληλουχία λειτουργιών παράδοσης. Το IP μπορεί να τρέχει σε μια ποικιλία από συνδέσεις δεδομένων (L2) και φυσικές (L1) τεχνολογίες.
- Το πρωτόκολλο εφαρμογών στη S6a είναι DIAMETER όπως ορίζεται στο RFC 3588. Σημειώστε ότι η DIAMETER γίνεται μέσω TCP ή StreamControlTransimssion (SCTP) αντί του UDP.

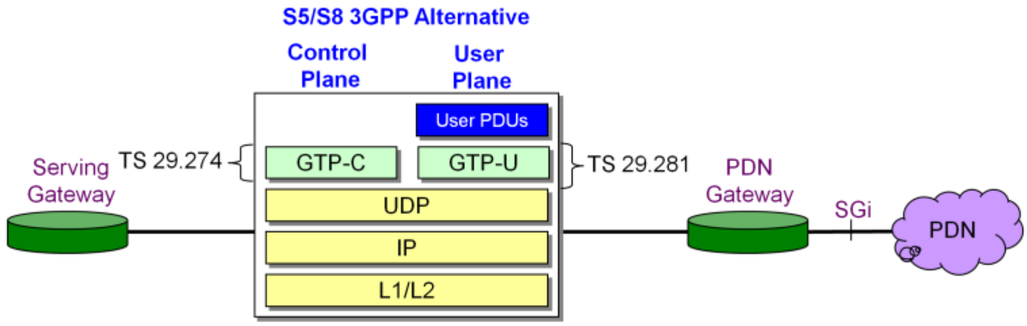
S11:



- Διεπαφή μεταξύ MME και S-GW.
- Μια απλή MME μπορεί να χειριστεί πολλαπλά S-GW καθένα με τη δικιά του S11 διεπαφή.

- Χρησιμοποιείται για να συντονίζει την εγκαθίδρυση των φορέων SAE μέσα σε ένα EPC.
- SAEBearersSetup μπορούν να αρχίσουν από MME (defaultSAEbearer) ή από PDNGateway.

S5/S8(3GPP υποψήφιο βασισμένο στο GTP)



- Διεπαφή μεταξύ S-GW και PDNGW
- S5: Αν το S-GW και το PDNGW ανήκουν στο ίδιο δίκτυο (no-roaming περίπτωση)
- S8: Αν δεν είναι η παραπάνω περίπτωση (roaming περίπτωση).
- S8 = S5 + inter-operator λειτουργίες ασφαλείας
- Κυρίως Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά πακέτων δεδομένων χρηστών μεταξύ PDNGW και S-GW
- Η σηματοδότηση στα S5/S8 χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει τους συναφείς bearer πόρους.
- S5/S8: Μπορούν να υλοποιηθούν είτε με την επαναχρησιμοποίηση του πρωτοκόλλου GTP από 2G/3G ή με τη χρήση MobileIPv6 με ορισμένες IETF βελτιώσεις.

<u>S5 / S8 Διεπαφή (υποψήφιο GTP)</u>

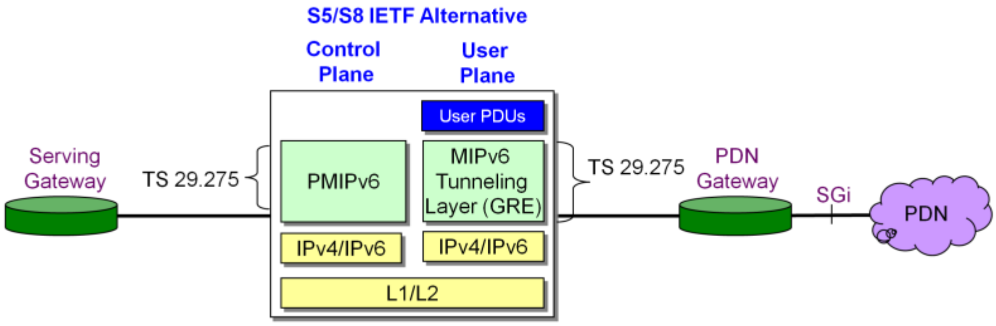
Control Plane

- GTP-C, GPRS Tunneling Protocol, Control Plane: Διαχειρίζεταιτησύνδεση UP στο EPC: συμπεριλαμβανομένωντων QoS παραμέτρωνκαιτου setup, τησυντήρησηκαιτηναποδέσμευσητου GTP-U Tunnel.
- GTP-C εκτελεί επίσης τις λειτουργίες διαχείρισης κινητικότητας εντός της EPC (UE μετακινείται από το ένα S-GW σε ένα άλλο κατά τη διάρκεια ενός handover, αλλά η σύνδεση παραμένει σταθερά στην ίδια P-GW)
- UDP / IP: το Unit Datagram, Protocol (UDP) και το IP χρησιμοποιούνται ως το βασικό επίπεδο μεταφοράς.
- UDP χρησιμοποιείται αντί του transmissionControlProtocol (TCP), διότι τα ανώτερα επίπεδα ήδη παρέχουν αξιόπιστη μεταφορά με ανάκτηση σφαλμάτων και αναμετάδοση.
- Τα πακέτα IP στο EPC μπορούν να μεταφερθούν από μια ποικιλία L2 και L1 τεχνολογιών (π.χ. ATM, Ethernet, ...)

UserPlane

- GTP-U, GPRS Tunneling πρωτόκολλο, UserPlane: αποτελεί το GTP-U Tunnel που θα χρησιμοποιηθεί για την αποστολή των πακέτων IP που ανήκουν σε ένα EPS bearer.
- Ο ίδιος χρήστης μπορεί να ζητήσει διαφορετικά EPS bearer, το καθένα θα χρησιμοποιήσει το δικό του GTP-U Tunnel.

S5/S8(3GPP υποψήφιο βασισμένο στο PMIPPv6)



S5/S8 (IETF Candidate)

- Διεπαφή μεταξύ S-GW και PDNGW.
- Αν το S-GW και toPDNGW ανήκουν στο ίδιο δίκτυο(non-roamingcase)
- S8: Αν δεν είναι η παραπάνω περίπτωση (roaming περίπτωση).
- S8 = S5 + inter-operator λειτουργίες ασφαλείας
- Κυρίως Χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά πακέτων δεδομένων χρηστών μεταξύ PDNGW και S-GW
- Η σηματοδότηση στα S5/S8 χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει τους συναφείς bearer πόρους.
- S5/S8: Μπορούν να υλοποιηθούν είτε με την επαναχρησιμοποίηση του πρωτοκόλλου GTP από 2G/3G ή με τη χρήση MobileIPv6 με ορισμένες IETF βελτιώσεις.

S5 / S8 Διεπαφή (IETF υποψήφιο)
Control Plane

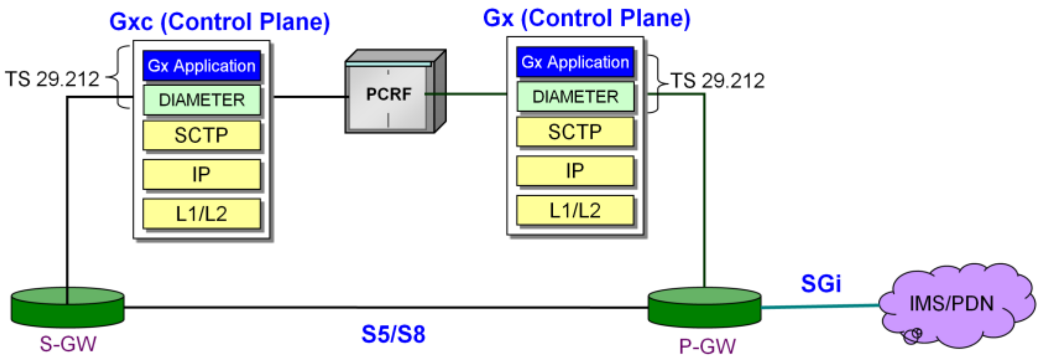
- PMIP, ProxyMobileIP είναι η εναλλακτική αντί του IETF. (3GPPTS 29.275, PMIP Βασισμένη κινητικότητα και Tunneling πρωτόκολλα (Release 8)
- Φροντίζει για τη διαχείριση κινητικότητας, αλλά δεν περιλαμβάνει bearer διαχείριση.
- Όλη η κίνηση που ανήκει σε μια σύνδεση UE σε ένα συγκεκριμένο PDN χειρίζεται μαζί.
- ToPMIP τρέχει κατευθείαν στην κορυφή του IP, το οποίο χρησιμοποιείται ως επίπεδο μεταφοράς.

UserPlane

- GRE, GenericRoutingEncapsulation: χρησιμοποιείται στη διεπαφή S5 / S8 σε συνδυασμό με PMIP (3GPPTS 29.275, PMIP Βασισμένη κινητικότητα και Tunneling πρωτόκολλα (Release 8).

- Διαμορφώνει και IPtunnel για τη μεταφορά όλων των δεδομένων που ανήκουν σε μία σύνδεση UE ενός συγκεκριμένου PDN.
- Το GRE είναι άμεσα πάνω από το IP και το UDP δεν χρησιμοποιείται.

Gx(ή S7) &Gxc διεπαφές



Gxc:

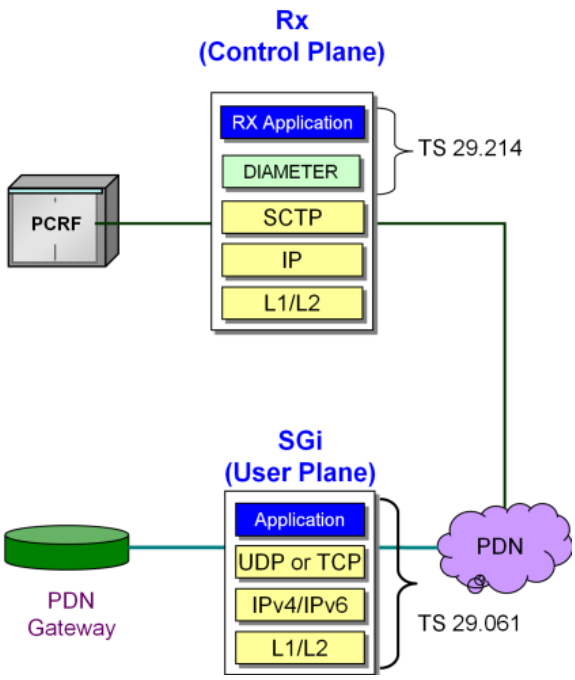
- Διεπαφήμεταξύ S-GW και PCRF(Policy and Charging Rule Function)
- Χρειάζεται μόνο στη περίπτωση όπου η διεπαφή S5/S8 βασίζεται στο PMIP (IETF υποψήφιο)
- Ο λόγος είναι διότι μόνο σε αυτή τη περίπτωση το S-GW θα πραγματοποιήσει την χαρτογράφηση μεταξύ των ροών IPservice στο S5/S8 και των GTPTunnels στην διεπαφή S1. Οι πληροφορίες για την πραγματοποίηση της χαρτογράφησης προέρχεται απευθείας από το PCRF.

<u>GX(αναφέρεται και ως S7)</u>

- Διεπαφήμεταξύ S-GW και PCRF(Policy and Charging Rule Function)
- Επιτρέπει:
    - Το PCRF να ζητήσει το setup ενός SAEBearer με το κατάλληλο QoS.
    - Το PDNGW να ζητήσει το QoS για τη ρύθμιση ενός SAEBearer.
    - Να υποδείξει τις αλλαγές στη κατάσταση του EPC στο PCRF για να αιτηθεί μια καινούρια πολιτική.

Και το Gx και το Gxc είναι τυποποιημένα στο 3GPPTS 29.212: Πολιτική και έλεγχος Χρεώσεων πάνω στο σημείο αναφοράς του Gx.(Release 8).

Rx & SGi Διεπαφές



Rx

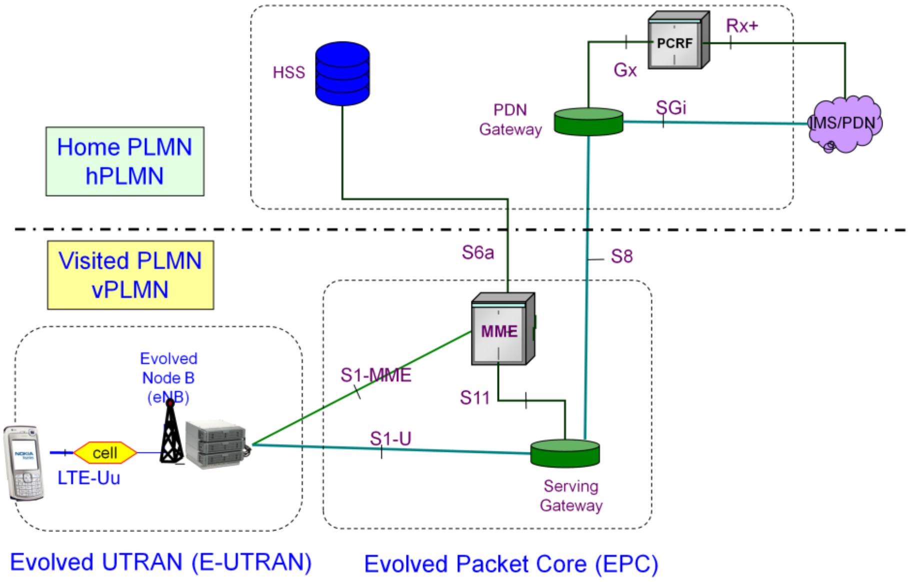
- Διεπαφή μεταξύ PCRF και του εξωτερικού δικτύου PDN/ τελεστών IMS.
- Τυποποιημένα στο 3GPP TS 29.214: «Πολιτική και έλεγχος Χρεώσεων πάνω στο σημείο αναφοράς του Rx. (release 8)

SGi

- Διεπαφή που χρησιμοποιείται από το PDN GW για την αποστολή και τη λήψη δεδομένων προς και από την εξωτερικό δίκτυο δεδομένων ή την ServicePlatform.
- Είναι είτε IPv4 ή βασισμένη στο IPv6
- Αυτή η διεπαφή αντιστοιχεί στη Gi διεπαφή σε δίκτυα 2G/3G
- Τυποποιημένα στο 3GPP TS 29.061:" Interworking between the Public Land Mobile Network (PLMN) υποστηρίζοντας υπηρεσίες βασισμένες στα πακέτα και PacketDataNetworks (PDN)".

LTE/EPS Roaming Architecture

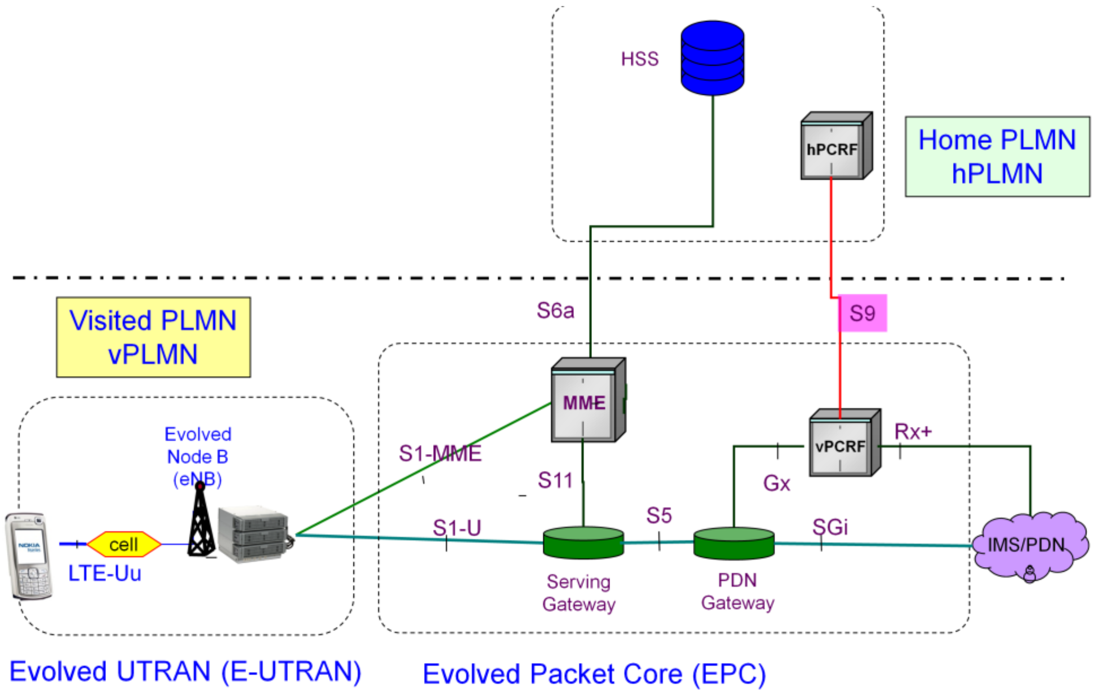
Περίπτωση 1:



Home Routed Traffic:

- Συνδέοντας S-GW μέσα στο vPLMN και από το PDNGW μέσα στο hPLMN
- GTP Tunnel και MIPv6 options πάνωστη S8 διεπαφή.
- Επίσης αναφέρεται "Remote Breakout"

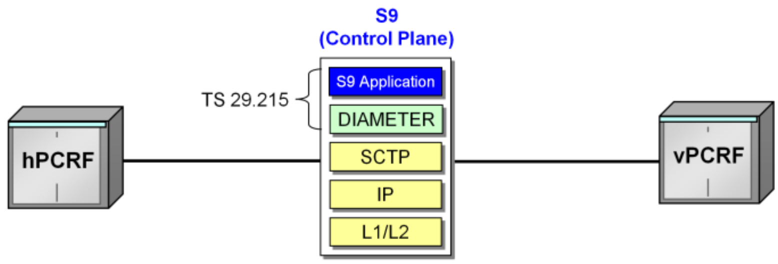
Περίπτωση 2:



Local Breakout

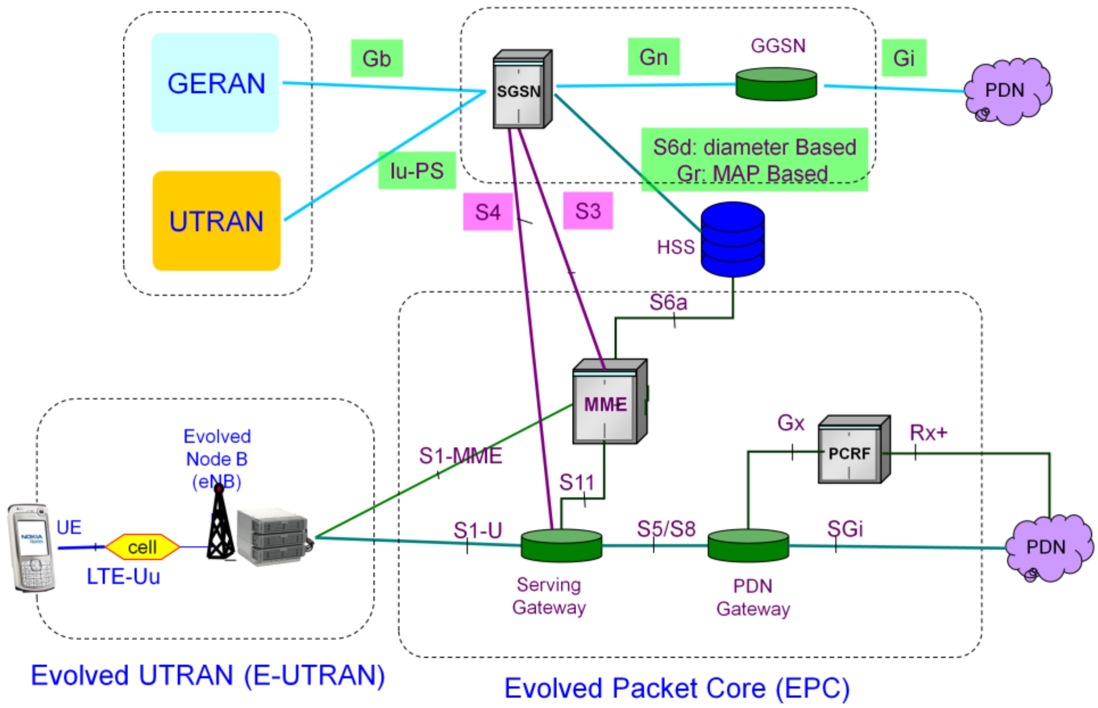
- UE έχει πρόσβαση στο PDN δίκτυο απευθείας από το vPLMN καλύτερα από το να δρομολογηθεί μέσα από το hPLMN.
- Το Breakout πρέπει να εξαρτάται από την υπηρεσία.
  Π.χ. Πρόσβαση Internet -> Local Breakout
  Π.χ.Πρόσβαση στο εταιρικό VPN ->RemoteBreakout
- S9: PCRFtoPCRF διεπαφή: roaming ελεγχόμενο από hPLMN πολιτικές.

S9 Διεπαφή



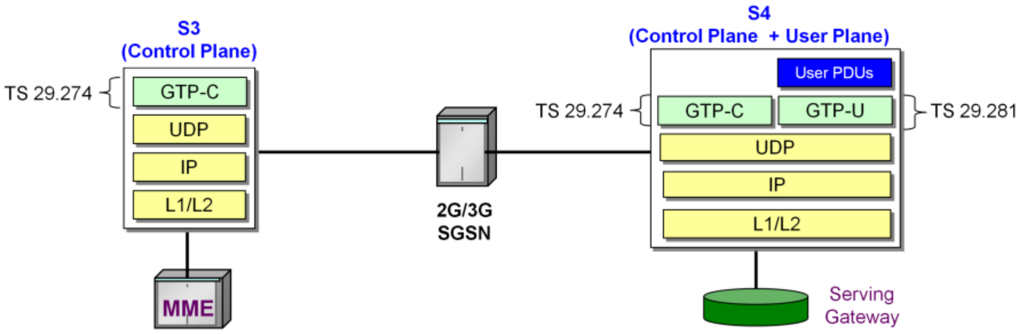
Διεπαφή μεταξύ του hPCRF και του vPCRF η οποία χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις roaming.Χρησιμοποιείται στο vPLMN για ενδυνάμωση των πολιτικών δυναμικού ελέγχου από το hPLMN.Είναι τυποποιημένο στο 3GPPTS 29.215: PolicyandChargingControl πάνω στο σημείο αναφοράς της S9 (release 8).

LTE/EPS Διασυνεργασία με 2G/3G δίκτυα



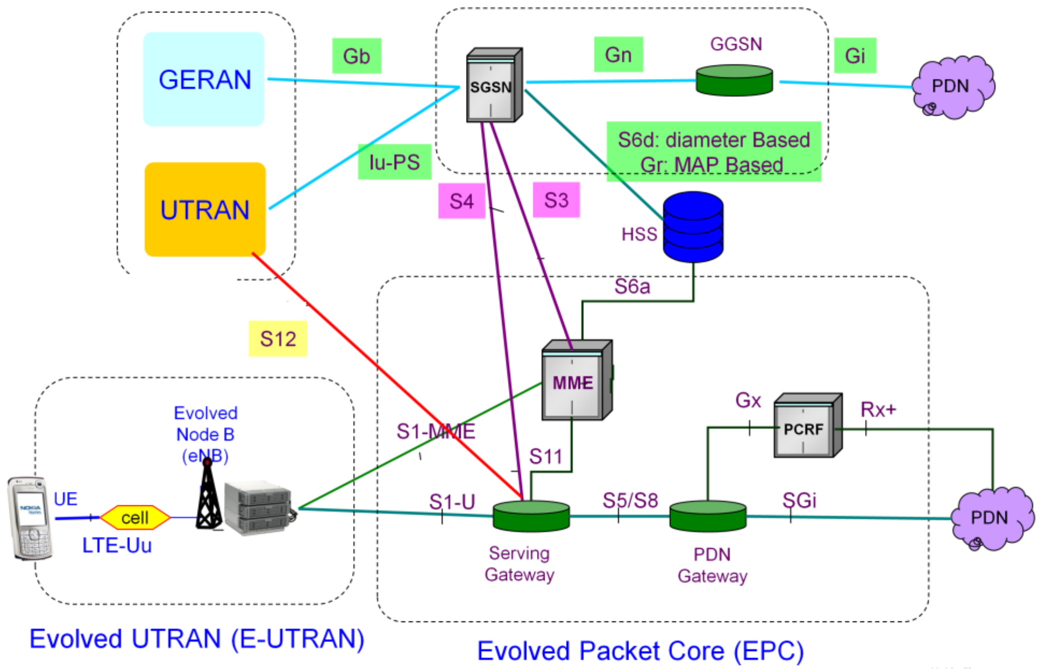
Όταν ψάχνετε από τη σκοπιά του χρήστη, E-UTRAN, UTRAN και GERAN, όλα παρέχουν παρόμοιες υπηρεσίες συνδεσιμότητας. Η διαφορά μπορεί να εκτιμηθεί από το χρήστη σύμφωνα με το ρυθμό δεδομένων ο οποίος επιτυγχάνεται και τη βελτιωμένη απόδοση γενικότερα.Όμως, από τη σκοπιά της αρχιτεκτονικής, αυτά τα δίκτυα πρόσβασης (Accessnetworks-ANS) είναι αρκετά διαφορετικά και πολλά πράγματα γίνονται με διαφορετικό τρόπο.Ένα παράδειγμα είναι ο τρόπος για το πώς ένας bearer αντιμετωπίζεται στο δίκτυο EPS σε σύγκριση με τα GERAN και UTRAN.Το EPC χρειάζεται μερικές νέες διεπαφές και λειτουργίες για τη διασύνδεση με το UTRAN και το GERAN.Οι νέες διασυνδέσεις είναι S3, S4 και S12.Η διασύνδεση από το SGSN στο HSS μπορεί να ενημερωθεί σε S6d εισάγοντας το πρωτόκολλο Diameter, αλλά η χρησιμοποίηση από την κληρονομιά της διεπαφής Gr με βάση το MAP είναι ακόμα δυνατή.Ακόμα και αν η διασυνεργασία των διεπαφών δεν τρέχει απευθείας μεταξύ των δικτύων πρόσβασης, από το EPC σε διαφορετικό AN, κάποιες νέες λειτουργίες θα πρέπει να εφαρμοστούν στο ραδιοφωνικό δίκτυο: δηλαδή το UE να μετρά και να αναφέρει διαφορετικά AN κελιά και το AN να αποφασίζει για τις μεταπομπές μεταξύ των συστημάτων. Στο GSM / WCDMA σύστημα μεταπομπών σε LTE, το σημείο αγκύρωσης είναι το SGSN.Στο LTE σύστημα μεταπομπών σε GSM / WCDMA, το σημείο αγκύρωσης είναι το S-GW.

S3 & S4 Διεπαφές

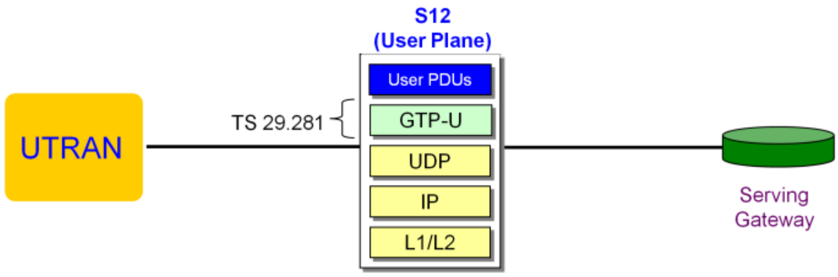


Διεπαφέςμεταξύ EPC και 2G/ 3G packed switched core network domain. Θα επιτρέψει αλλαγές μεταξύ συστημάτων EPS και 2G/3G. Το S3 είναι ένα καθαρό διεπαφή σηματοδότησης που χρησιμοποιείται για να συντονίσει την αλλαγή μεταξύ συστημάτων MME και SGSN. Το S4 περιέχει UserPlane και ControlPlane διεπαφή και βρίσκεται μεταξύ του SGSNκαιτουServingSAE-GW.Αυτές οι 2 διεπαφές βασίζονται στη διεπαφή Gn μεταξύ του SGSN και του GGSN. Αυτό θα επιτρέψει είτε να προωθεί το πακέτο δεδομένων από το EUTRAN μέσω ServingSAE GW έως toSGSN (και στη συνέχεια στο GGSN) ή από το 2G/3G RAN στο SGSN ServingSAE-GW έως το PDN GW.

LTE/EPS Διασυνεργασία με 2G/3G δίκτυα



S12 Διεπαφή



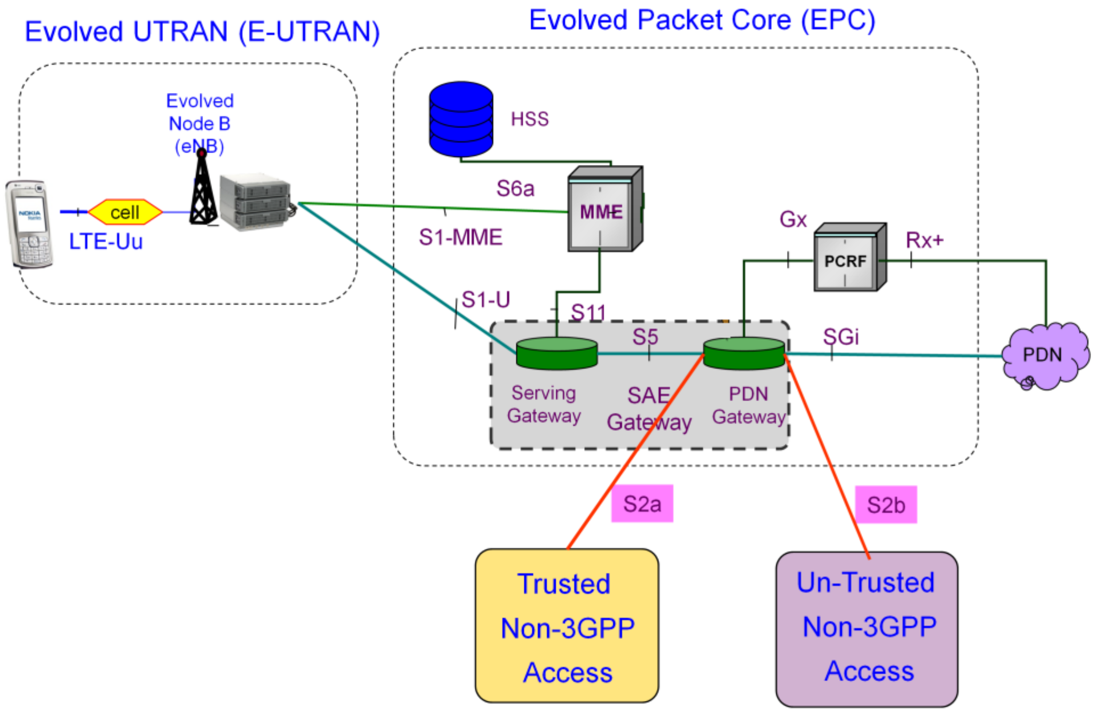
Διεπαφές μεταξύ του EPC και του 3G Radio AccessNetwork.Θα επιτρέπει αλλαγές μεταξύ συστημάτων LTE και 3G.Το S12 είναι η UserPlane διεπαφή που χρησιμοποιείται για τη συραγγοποίηση των δεδομένων χρηστών απευθείας μεταξύ των ServingGW και του UTRAN.Αυτό Θα επιτρέψει να προωθούνται τα πακέτα δεδομένων από το 3G RAN στο Serving GW έως PDN GW.Βασίζεται στη διεπαφή Gn μεταξύ του SGSN και του GGSN και ως εκ τούτου χρησιμοποιεί το GTF'-U πρωτόκολλο.

Protocol-wise, η διεπαφή S12 είναι παρόμοια με τη διεπαφή Iu-PS μεταξύ του SGSN και του UTRAN, ή τη διεπαφή Gn μεταξύ του SGSN και του PDN GW. Με άλλα λόγια, η GPRS Tunneling Πρωτόκολλο για το UserPlane (GTP-U) ενθυλακώνει τα δεδομένα του χρήστη (δηλαδή, τα πακέτα IP του τελευταίου χρήστη) που πρόκειται να μεταφερθούν από το απευθείας τούνελ.

LTE/EPS Διασυνεργασία με Non-3GPP τεχνολογίες πρόσβασης

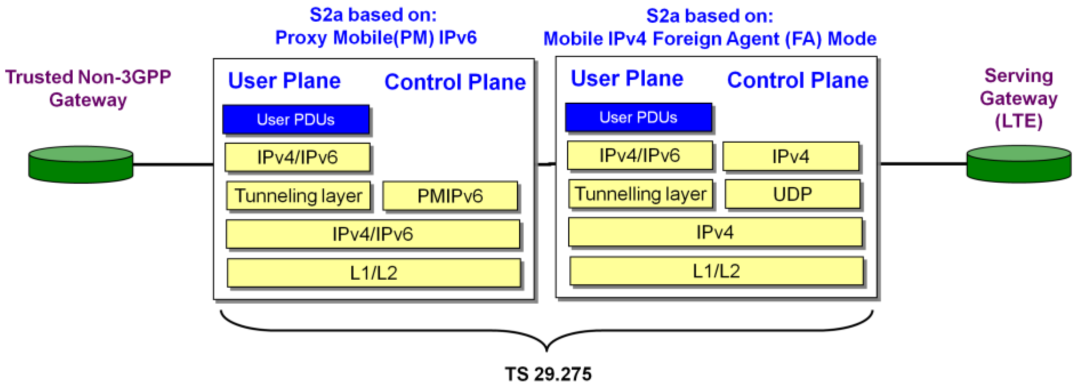
Η LTE/EPS Διασυνεργασία με Non-3GPP τεχνολογίες πρόσβασης ήταν ένας από τους σχεδιαστικούς στόχους κλειδί για την LTE.Υπάρχει μια διαφορετική αρχιτεκτονική προδιαγραφή (3GPPTS 23.402: “Architectureenhancementsfornon-3GPPAccessnetwork(Release 8) ” για να επιτύχει το σκοπό αυτό.Υπάρχουν 2 σετ από LTE/EPS αρχές διασυνεργασίας: 1. Γενική και χαλαρή λύση για κάθε non-3GPPAccessNetwork(AN). 2.Συγκεκριμένη και αυστηρότερη λύση για CDMA2000 HRPD. Για να αναπτυχθεί LTE στις χώρες που χρησιμοποιούν συστήματα cdma2000 (κυρίως οι Ηνωμένες Πολιτείες), απαιτείται κάποια δυνατότητα για handover μεταξύ LTE και δικτύων cdma2000. Για την ικανοποίηση της απαίτησης αυτής, το 3GPP έχει υιοθετήσει ρητά μια σειρά από προϋποθέσεις για να υποστηρίξει τη συνεργασία μεταξύ των E-UTRAN και 3GPP2 τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης. Οι απαιτήσεις αυτές έχουν ως εξής:Θα πρέπει να υποστηρίζεται αμφίδρομη διασυνεργασία υπηρεσιών δεδομένων μεταξύ cdma2000 1xRTTRevisionA και LTE. Θα πρέπει να υποστηρίζεται αδιάκοπη φωνητική υπηρεσία από και προς το LTECDMA2000 1xRTTRevisionA.Θα πρέπει να υποστηρίζεται αμφίδρομη αδιάκοπη υπηρεσία για τις δύο καλύτερες εφαρμογές (καλύτερη προσπάθεια καθώς και καλύτερη σε πραγματικό χρόνο) μεταξύ cdma2000 HRPDRevisionA και LTE.Αμφίδρομη αδιάκοπη υπηρεσία θα πρέπει να υποστηρίζεται μεταξύ cdma2000 HRPDRelease 0 και LTE μόνο για τις καλύτερες προσπάθειες εφαρμογών.

LTE/EPS Διασυνεργασία με non-3GPPAccess



Η γενική λύση διασυνεργασίας βασίζεται στην διεπαφή S2. Υπάρχουν σήμερα αρκετές παραλλαγές αυτής της διεπαφής. Δεν υπάρχουν διεπαφές μεταξύ των AccessNetworks (ANS). Trustednon-3GPPAN: το δίκτυο μπορεί να τρέξει τη καθορισμένη 3GPP διαδικασία ελέγχου ταυτότητας (AKA: AuthenticationandkeyAgreement). Σε αντίθετη περίπτωση, θεωρείται μια non-Trustednon-3GPP AN.H Trustednon-3GPPAN συνδέεται με το EPC χρησιμοποιώντας S2a διεπαφή. Παράδειγμα Trusted non-3GPP AN: cdma2000. ToUn-trustednon-3GPPAN συνδέεται με το EPC χρησιμοποιώντας S2b διεπαφή. Παράδειγμα της non - Trusted non-3GPP AN: WLAN (IEEE 802.11). Τόσο η S2a & η S2b χρησιμοποιούν ελεγχόμενο δίκτυο IPLayerMobility με το πρωτόκολλο PMIP.Για τα δίκτυα που δεν υποστηρίζουν PMIP, client MIPv4 Foreign Agent Mode είναι διαθέσιμο ως προαιρετική επιλογή για την S2a. Εκτός από τις λειτουργίες κινητικότητας, η αρχιτεκτονική περιλαμβάνει διεπαφές για την επικύρωση της UE, αλλά και λειτουργίες για PolicyandChargingControl (PCC), μέσω των GXa και GXb διεπαφών προς το PCRF (GXb δεν έχει καθοριστεί στο Release 8).

S2 Διεπαφή



- Παρέχει το UserPlane με σχετικό έλεγχο και υποστήριξη κινητικότητας μεταξύ trustednon- 3GPP IP access και PDN Gateway.
- HS2a βασίζεται σε Mobile IP διακομιστή μεσολάβησης.
- Για να καταστεί δυνατή η πρόσβαση μέσω trustednon-3GPP IP προσβάσεις οι οποίες δεν υποστηρίζουν PMIP, η S2α υποστηρίζει ClientMobileIPv4 FAmode.
- Η S2a είναιτυποποιημένηστο 3GPP TS 29.275: "PMIP based Mobility and Tunneling Protocols (Release 8).

S2a

- Η διεπαφή συνδέει το EPC με μια Trustednon-3GPP δίκτυο πρόσβασης IP.
- Στο επίπεδο ελέγχου το applicationlayer είναι είτε Mobile IP version 4 (MIPv4) ή Proxy Mobile IP (PMIP).
- Στο επίπεδο του χρήστη, στην περίπτωση της διασύνδεσης ενός δικτύου δεδομένων 3GPP2, ένα PMIP Tunnel είναι εγκατεστημένο.

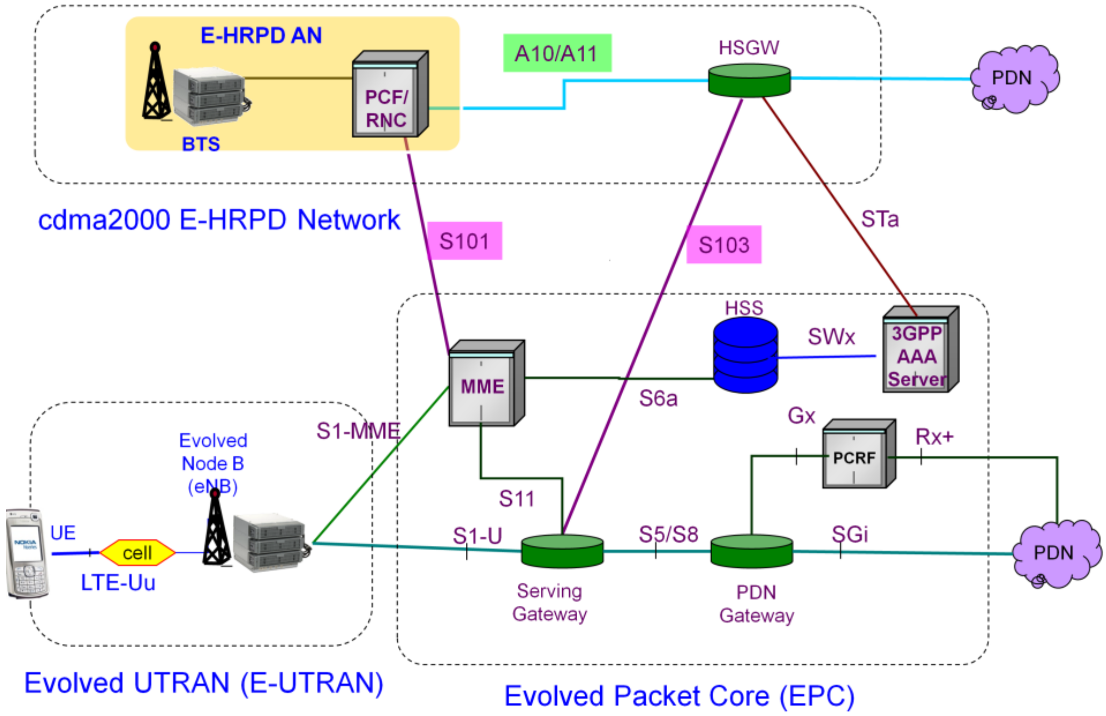
S2b

- Διασύνδεσημέσω untrusted non-3GPP access network
- Ένανέοστοιχείοτουδικτύου, το Evolver Packet Data Gateway (ePDG) ενεργείωςπύλημεταξύτου EPC καιτου untrusted non-3GPP data network.

S2C

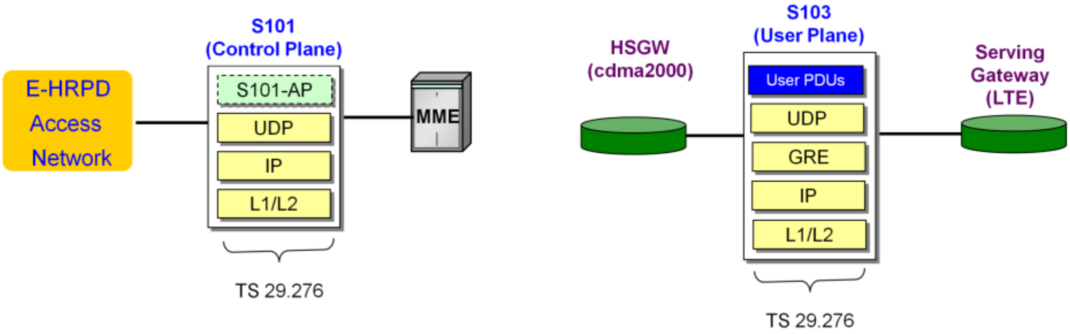
- Το επίπεδο χρήστη παρέχει με σχετικό έλεγχο και την υποστήριξη κινητικότητας μεταξύ των UE και την PDN GW.
- Αυτό το σημείο αναφοράς εφαρμόζεται πάνω από trusted και/ή untrustednon-3GPPAccess και/ή 3GPPaccess.

SAE/EPS Διασυνεργασία με cdma2000 HRPDAN



Η καλύτερη επίδοση διασυνεργασίας όσον αφορά το κενό χρόνο παράδοσης επιτυγχάνεται με τον καθορισμό των δικτύων σε αυστηρή λειτουργία για την ανταλλαγή κρίσιμων πληροφοριών. Αυτό θα δημιουργήσει μια ειδική λύση, η οποία είναι έγκυρη μόνο για έναν τύπο AN. Η αυστηρή διασυνεργασία δεν απαιτεί μόνο εργασία από την πλευρά του LTE, αλλά και από το άλλο AN, το οποίο είναι εξ ορισμού έξω από τον έλεγχο του 3GPP. E-HRPD σημαίνει EvolvedHighRatePacketData: αναφέρεται στο δίκτυο HRPDcdma200 που έχει αναβαθμιστεί με νέες λειτουργίες, ώστε να είναι κατάλληλο για τη σύνδεση με το EPC. S101 διεπαφή υλοποιεί ένα σηματοδοτημένο tunnel από το MME στον Ελεγκτή Radio στο E-HRPDAN. Η διεπαφή S103 σε ένα UPtunnel χρησιμοποιείται για τη διαβίβαση στην κατεύθυνση DL τα δεδομένα κατά τη διάρκεια του χρόνου εκτέλεσης της παράδοσης. Η διαφορά είναι το tunnel στη διεπαφή S103 είναι ένα GREtunnel, στο οποίο υπάρχει μόνο ένα tunnel ανά UE. Είναι, επομένως, ένα έργο του S-GW να δεσμεύει όλα GTPtunnels που ανήκουν σε ένα UE στη S1-U διεπαφή σε ένα ενιαίο GREtunnel προς τη διεπαφή S103. STa είναι η διεπαφή μεταξύ του διακομιστή 3GPPAAA και του HSGW. Χρησιμοποιείται για την εξακρίβωση της ταυτότητας του UE και για να λαμβάνει προφίλ υπηρεσίας.
Οι πτυχές της CN του E-HRPD ορίζονται στο 3GPP2 Spec. X.P0057 και στο 3GPP2 Spec. X.P0022.

S101 & S103 Διεπαφές



- Διεπαφές μεταξύ EPC και cdma20D0 HRPD
- Επιτρέπουνι αλλαγές μεταξύ συστημάτων LTE και cdma2000
- Το S101 είναι μια καθαρή διεπαφή σηματοδότησης που χρησιμοποιείται για να συντονίσει την αλλαγή συστημάτων μεταξύ του MME και του PCF/RNC
- Το S103 είναι η διεπαφή επιπέδου χρήστη και βρίσκεται μεταξύ της Serving-GW και της HSGW.
- Καιταδύοαπόαυτάείναιτυποποιημένασε 3GPP TS 29.276: " Optimized handover Procedures and Protocols between EUTRAN and cdma2000 HRPA (Release 8).

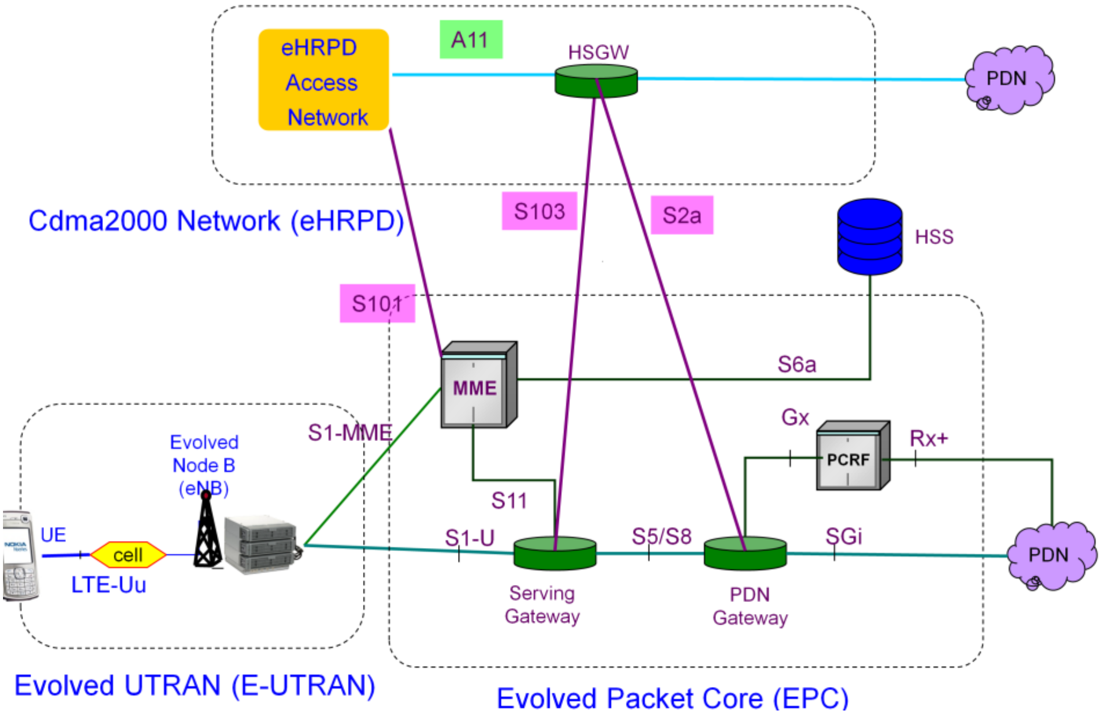
S101

- Το S101 είναι μια διεπαφή CP που σχηματίζει ένα τούνελ σηματοδότησης μεταξύ του MME στο EPC και του AN στο δίκτυο cdma2000.
- Η κύρια λειτουργία του είναι να μεταφέρει τα μηνύματα σηματοδοσίας που σχετίζονται με το handover μεταξύ συστημάτων, με το IMSI ως σημείο αναφοράς για το UE.
- Χρησιμοποιείται για να συντονίσει τη δημιουργία του tunnel προώθησης των δεδομένων (S103).

S103

- Είναι ένα απλό GREtunnel για την προώθηση των UP δεδομένων κατά το handover.
- Όλοι οι έλεγχοι πληροφοριών πραγματοποιούνται στο S101.

SAE/LTE Διασυνεργασία με δίκτυα CDMA2000



Για να αναπτυχθεί LTE στις χώρες που χρησιμοποιούν συστήματα cdma2000 (κυρίως οι Ηνωμένες Πολιτείες), απαιτείται κάποια δυνατότητα για handover μεταξύ LTE και δικτύων cdma2000. Για την ικανοποίηση της απαίτησης αυτής, το 3GPP έχει υιοθετήσει ρητά μια σειρά από προϋποθέσεις για να υποστηρίξει τη συνεργασία μεταξύ των E-UTRAN και 3GPP2 τεχνολογίες ασύρματης πρόσβασης.

Οι απαιτήσεις αυτές έχουν ως εξής:Θα πρέπει να υποστηρίζεται αμφίδρομη διασυνεργασία υπηρεσιών δεδομένων μεταξύ cdma2000 1xRTTRevisionA και LTE. Θα πρέπει να υποστηρίζεται αδιάκοπη φωνητική υπηρεσία από και προς το LTECDMA2000 1xRTTRevisionA.Θα πρέπει να υποστηρίζεται αμφίδρομη αδιάκοπη υπηρεσία για τις δύο καλύτερες εφαρμογές (καλύτερη προσπάθεια καθώς και καλύτερη σε πραγματικό χρόνο) μεταξύ cdma2000 HRPDRevisionA και LTE.Αμφίδρομη αδιάκοπη υπηρεσία θα πρέπει να υποστηρίζεται μεταξύ cdma2000 HRPDRelease 0 και LTE μόνο για τις καλύτερες προσπάθειες εφαρμογών. Σημείωση: Από LTE σε cdma2000 υπάρχει υψηλότερη προτεραιότητα με τους τελεστές και αυτό αντικατοπτρίζεται στα πρότυπα,ο ορισμός από το cdma2000 στο LTE μπορεί να μην ολοκληρωθεί στη Release 8 του 3GPP.

Κεφάλαιο 3:

Διαχείριση Ανταλλαγής Πληροφοριών Κινητικότητας*

*Κινητικότητα:η κίνηση χρηστών κινητών τηλεφώνων και ασύρματων δικτύων.

Μετά την ολοκλήρωση αυτής της ενότητας , ο συμμετέχων θα πρέπει να μπορεί να παρουσιάσει τις LTEMobilityAreas να ονομάσει τις διαφορετικές LTE-UEταυτοποιήσεις, να συγκρίνει την ορολογία που χρησιμοποιήθηκε στη 3Gκαι LTEσχετικά με MobilityandSessionManagement. Πρέπει να μπορεί να περιγράψει την LTEMobility&τις καταστάσεις σύνδεσης, να εξηγήσει του EPSΦορέατην αρχιτεκτονικήκαι τα χαρακτηριστικά, να αναλύσει διαφορετικές LTE/EPSδιαδικασίες: Attach, S1 Release,Detach, Αίτηση υπηρεσίας, ενημέρωση εντοπισμού περιοχής, DeticatedSAEΦορέαActivatonκαι inter-eNBμεταπομπών(handovers). Να επανεξετάσει την διαδικασία ταυτοποίησης ταυτότητας στο LTE/EPS και την δημιουργία κλειδιών ασφαλείας.

LTE/EPS Mobility Areas

Το κινητό

- Είναι η μικρότερη οντότητα όσον αφορά την κινητικότητα
- Όταν το UE είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο, το MME θα γνωρίζει τη θέση τουUEσε επίπεδο κινητού.
- Τα κινητά που προσδιορίζονταιαπό το CellIdentification (CI) και από τοPhysicalCellIdentification (PCI)

ΠεριοχήΕντοπισμού-Trackingarea (TA)

- Είναι ο διάδοχος της περιοχής τοποθεσίας και δρομολόγησης από 2G / 3G.
- Όταν έναUE συνδέεται με το δίκτυο, ο MME θα γνωρίζει τη θέση τουUEσε επίπεδοεντοπισμού περιοχής.
- Σε περίπτωση που η UE πρέπει να είναι σελιδοποιημένη, αυτό θα γίνει σε όλη την περιοχή εντοπισμού.
- Οι περιοχές Παρακολούθηση αναγνωρίζονται από τοTrackingAreaIdentity (TAI).

<u>Αναγνωρίσεις LTE κινητών</u>

CellIdentify (CI ή CellID)

- Χρησιμοποιείται για να προσδιορίσειμοναδικά το κινητό μέσα στο PLMN.
- Μήκος 28-bits
- Μεταδίδεται στο Σύστημα Πληροφοριών Block Type 1

- Το CI μαζί με την ταυτότητα PLMN αποτελούν το EvolvedCellGlobalIdentify(ECGI), που χρησιμοποιείται για τη διαφοροποίηση των κινητών EUTRAN σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Περισσότερα για το CI και ECGI στηνπροδιαγραφή 36.331 RRC

Physical Cell Identity (PCI ή PhyCellID)

- Χρησιμοποιείται στο downlink για να κωδικοποιήσει τα δεδομένα που μεταδίδονται από το κινητό.
- Βοηθά την UE να διακρίνει τις πληροφορίες που προέρχονται από διαφορετικούς πομπούς.
- Παρόμοιο με τους κώδικες κρυπτογράφησης στο UMTS
- Εύρος: 0-503
- Δεδομένου ότι υπάρχουν μόνο 504 PhyCellDs, πρέπει να επαναλαμβάνονται
- Περισσότερα για το PCI στηπροδιαγραφή 36.211 Physical Layer

➢ Η CellId είναι System Level Parameter

➢ ΚαιηPhyCellIDείναιSystem Level Parameter

➢ Το UE παίρνειτην PhyCellID απόταπρωτοβάθμιακαιδευτεροβάθμιασήματασυγχρονισμού (Primary and Secondary Synchronization Signals - PSS and SSS)
  - PSS: παρέχειτοPhyCellID στο τομέα: 0..2
  - SSS: παρέχειτοPhyCellIDομάδα: 0 ... 167

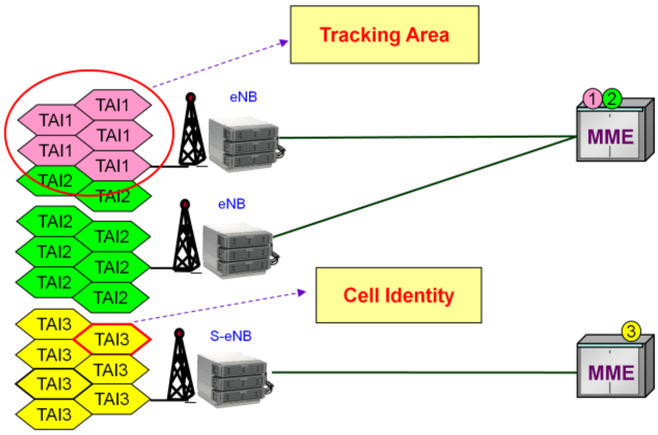
Παράδειγμα:

Ας πούμε ότι πρόκειται για την ανάπτυξη ενός δικτύου LTE σε μια πόλη και ότι η πόλη χρειάζεται 1000 κινητά.Κάθε ένα από τα 1000 κινητά θα έχουν τη δική τους ταυτότητα CellID, αλλά, δεδομένου ότι υπάρχουν μόνο 504 φυσικές ταυτότητες των κυττάρων, θα πρέπει να επαναληφθούν οι φυσικές ταυτότητες των κινητών δύο φορές. Το κλειδί είναι ότι τα δύο κινητά που μοιράζονται μια φυσική CellID δεν μπορεί να είναι γεωγραφικά κοντά το ένα στο άλλο αλλιώς θα παρεμβαίνει το ένα στο άλλο.

Tracking Areas

Tracking Area Identify(TAI) vs Tracking Area Code(TAC)

TAI=MMC+MNC+TAC



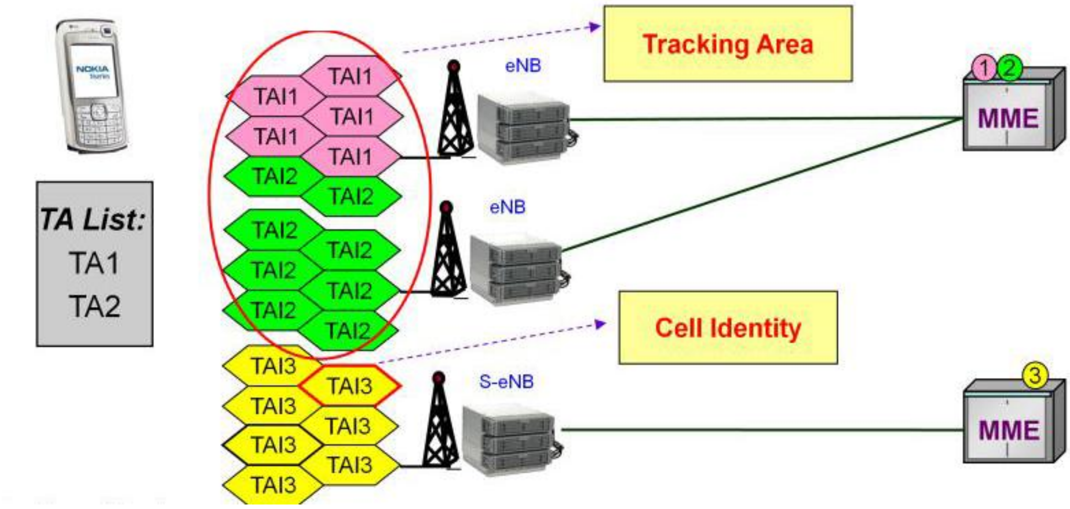
*TrackingAreaUpdate- Ενημέρωση περιοχής εντοπισμού:*Είναι η διαδικασία η οποία ενεργοποιείται από το LTE-UEόταν κινείται σε ένα νέο TA. Το TAUεφαρμόζεται από το LTE-UEόταν είναι είτε σε αδράνεια είτε σε κατάσταση σύνδεσης. (GSM/UMTSdifference)

Γιατί το TAU είναι απαραίτητο για τη κατάσταση σύνδεσης;

Η απάντηση στο ερώτημα αυτό μπορεί να βρεθεί στα διαγράμματα ακολουθίας μηνυμάτων για μεταπομπές(handovers). Για παράδειγμα: κατά τη διάρκεια ενός μιας X2 μεταπομπής , η οποία είναι σε άμεση διαπραγμάτευση μεταξύ των δύο σταθμών βάσης, την οντότητα διαχείρισης κινητικότητας (MobilityManagementEntity-MME), στο κεντρικό δίκτυο, ενημερώνεται μόνο όταν λάβει χώρα μια μεταπομπή. Επίσης, δεν υπάρχει άμεση επικοινωνία μεταξύ των MME και της κινητής συσκευής κατά τη διάρκεια της διαδικασίας μεταπομπής. Αυτό σημαίνει ότι στην περίπτωση όπου ένα κινητό είναι σε μια νέα περιοχή εντοπισμού, το κινητό πρέπει να ενημερώσει τη λίστα εντοπισμού περιοχής του εφόσον οι αυτές πληροφορίες δεν περιλαμβάνονται στην μεταπομπή των μηνυμάτων. Από τη λογική πλευρά. Οι περιοχές παρακολούθησης διαχειρίζονται από τον πυρήνα του δικτύου (από το NOAccessStratum), ενώοι μεταπομπές εκτελούνται από το δίκτυο πρόσβασης. Επίσης, η σηματοδότηση δεν διακόπτει τη μεταφορά των δεδομένων του χρήστη, έτσι δεν υπάρχουν παρενέργειες από την εκτέλεση αυτής της διαδικασίας σε κατάσταση σύνδεσης και κατά τη μεταφορά δεδομένων.

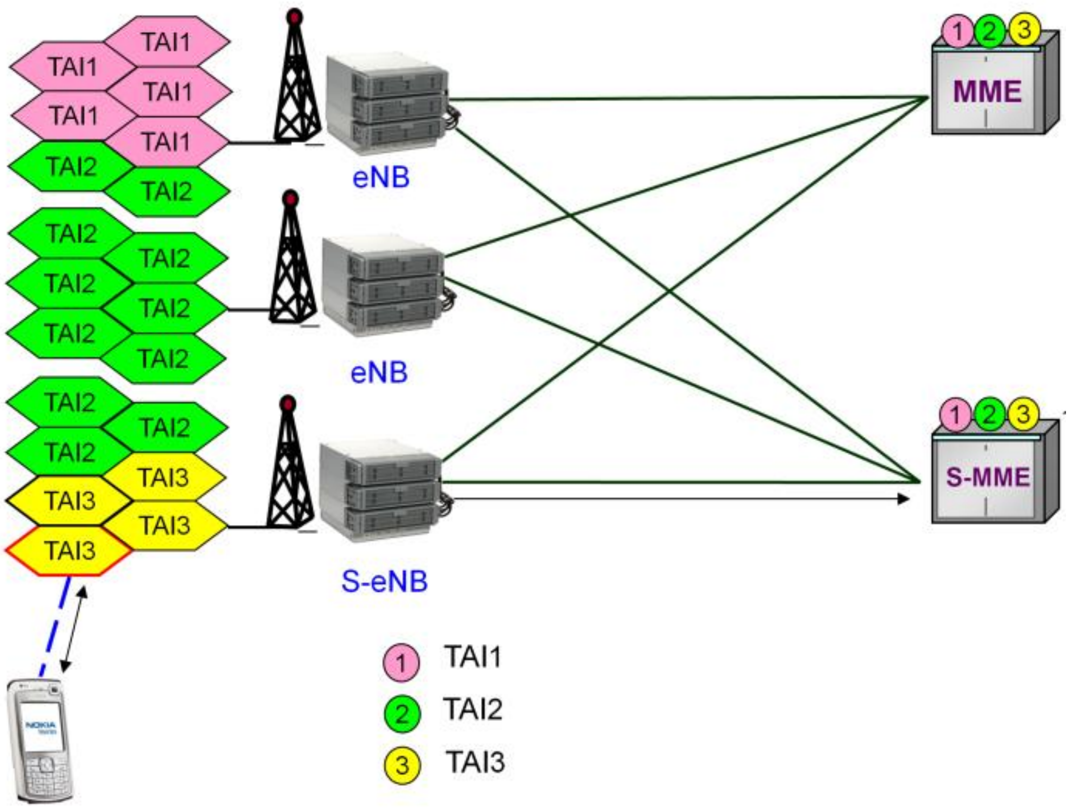
Πολλαπλές καταχωρήσεις περιοχών εντοπισμού

ΤοUEμπορεί να πάρει εντολή από το δίκτυο να καταχωρηθεί σε διάφορες περιοχές εντοπισμού ταυτοχρόνως.Κέρδος: Όταν το UE τοποθετείται σε ένα νέο κινητό, ελέγχει σε ποιες περιοχές εντοπισμού το νέο κινητό είναι ήδη καταχωρημένο. Αν αυτό το TA είναι στη TA λίστα του UE, τότε δεν απαιτείται καμία ενημέρωση της περιοχής εντοπισμού.



Μια άλλη διαφορά μεταξύ του TAU και του LAU/RAU του UMTS είναι ότι το κινητό μπορεί να έχει μια λίστα από πολλές έγκυρες περιοχές εντοπισμού και ενημέρωση πρέπει να γίνει μόνο αν το κινητό είναι σε μια περιοχή εντοπισμού που δεν είναι μέρος της εν λόγω λίστας. Με αυτή τη λύση θα αποφευχθούν περιττές ενημερώσεις στα σύνορα περιοχών εντοπισμού όταν το UE ταλαντεύεται μεταξύ κινητών που ανήκουν σε διαφορετικές TB.

Περιοχές εντοπισμού: Χρήση S1-flex Διεπαφή

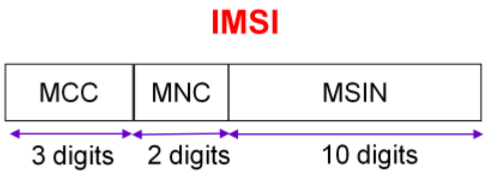


Εξαιτίας του S1-Flexn εφαρμογή και των δύο MME πρέπει να γνωρίζει πως το ασύρματο δίκτυο είναι οργανωμένο σε TAs.

UE ταυτοποιήσεις

1. IMSI- International Mobile Subscriber Identity
2. GUTI- Global Unique Temporary Identity
3. CRNTI -Cell Radio Network Temporary Identity
4. S1-AP UE ID - S1 Application Protocol User Equipment Identity

IMSI-International Mobile Subscriber identity



Χρησιμοποιείται σε έναLTE για να προσδιορίσει μοναδικά σε όλο τον κόσμο ένα συνδρομητή. Ηδομήτουείναιστημορφή: MCC + TMX + MSlN:MCC: mobile country code,MNC: mobile network code, MSIN: mobile subscriber identification number. Ο συνδρομητής μπορεί να χρησιμοποιήσει το ίδιο IMSI για 2G, 3G και LTE πρόσβαση.ΤοMME χρησιμοποιεί το IMSI για να εντοπίσει το HSSτο οποίο διατηρεί τα μόνιμα στοιχεία εγγραφής των συνδρομητών για της ενημερώσεις περιοχής εντοπισμού.Η κάρτα USIM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόσβαση σε δίκτυα 2G (εκτός από 3G και LTE δίκτυα). Η κάρτα SIM (αρχική κάρτα 2G SIM) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόσβαση σε δίκτυα LTE.

GUTI- Global Unique Temporary Identity

- Είναι δυναμικά τοποθετημένη από το serving-MME
- Ο κύριος σκοπός του είναι να αποφεύγεται η χρήση του IMSI στον αέρα
- Εσωτερικά το MME μπορεί να μεταφράσειτο Guti σε IMSI και αντίστροφα.
- Το Guti αποτελείται από 2 μέρη: το GUMMEI και το M-TMSI

GUMMEI-GlobalUniqueMMEidentity: ΑναγνωρίζειτοMMEστο οποίο είναι τοποθετημένο το GUTIκαι περιέχει MMC+MNC+MMEgroupID (MMEGI) +MMECode(MMEC)

M-TMSI-Temporary identify of the UE within and specific MME.

Περαιτέρω ανάγνωση:

- ΤοGUMMEI με τη σειρά του αποτελείται από τα ακόλουθα:
  - PLMNId: MCC, MNC
  - MME Identifier (MMEI): MME Ομάδα Id (MMEGI) και MMECode (MMEC)
- ΤοMMEC παρέχει μια μοναδική ταυτότητα σε έναMME μέσα στηνMMEpool, ενώ τοMMEGI χρησιμοποιείται για τη διάκριση μεταξύ των διαφόρων MMEpools.

CRNTI -Cell Radio Network Temporary Identity

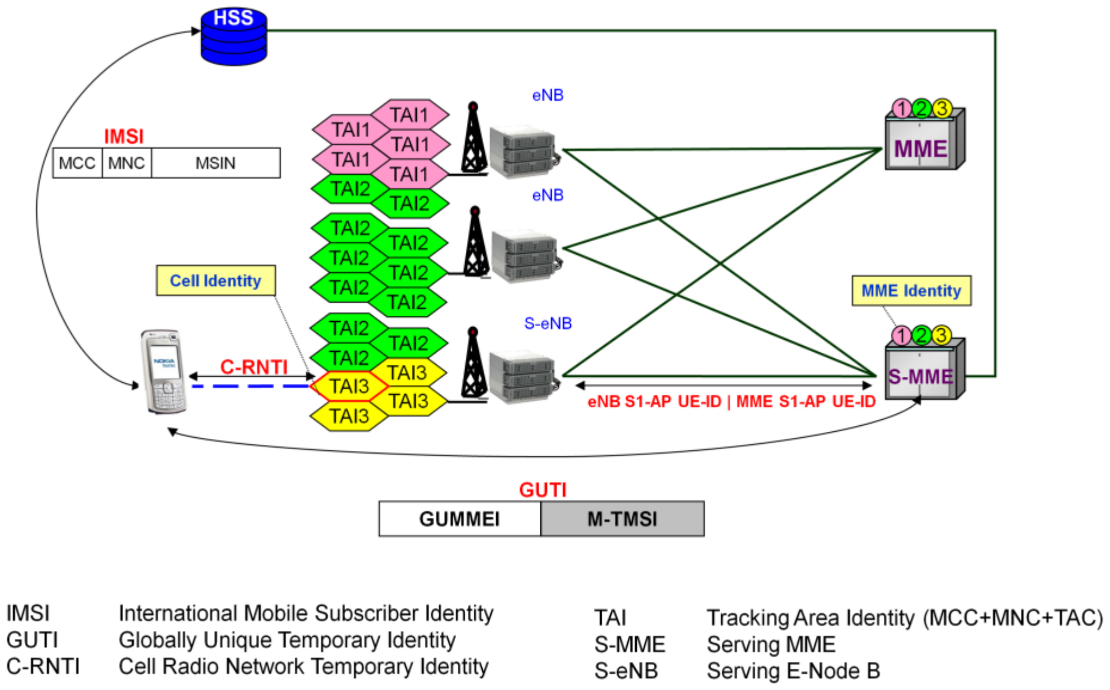
- CRNTI- κατανέμεται από ένα Enb όταν εξυπηρετεί ένα UE όταν είναι σε ενεργή κατάσταση (RRC_CONNECTED)
- Αυτή είναι μια προσωρινή ταυτότητα για τον χρήστη και ισχύει μόνο εντός του εξυπηρετούμενου κινητού του UE.
- Ενεργοποιείταιτο μόλις το UE βρεθεί σε κατάσταση ηρεμίας (RRC_IDLE)
- Χρησιμοποιείται αποκλειστικά για διαδικασίες διαχείρισης ασύρματων δικτύων.

S1-AP UE ID - S1 Application Protocol User Equipment Identity

- Δύο επιπλέον προσωρινοί ταυτοποιητές διατίθενται από το Enb και το MME:
    - Enb S1-AP UE ID
    - MME S1-AP IE ID
- Ο σκοπός τους είναι να καταστεί δυνατή η αποτελεσματική εφαρμογή του S1 ελέγχου σηματοδότησης. (S1AP = S1 Application Protocol)
- Θα πρέπει να επιτρέπουν την εύκολη διανομή των S1 μηνυμάτων σηματοδοσίας μέσαστο MME και στο ENB.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Αυτή η έννοια είναι παρόμοια με τις τοπικές αναφορέςSCCP γνωστές από το Iu ή την A διεπαφή σε 3G / 2G.

UE Επανάληψη ταυτοποιήσεων



Ορολογία στα LTE και στις 3G συνδέσεις και στη διαχείριση κινητικότητας

3G	LTE
Διαχείριση Κινητικότητας	
GPRS attached	EMM εγγεγραμμένο
Θέση Περιοχής	Όχι κεντρικό CS

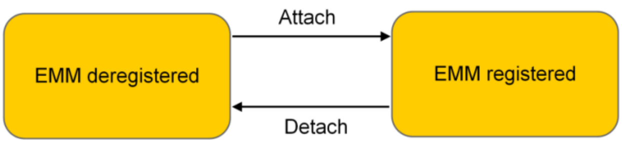
Περιοχή Δρομολόγησης	Περιοχή Εντοπισμού
Διαχείριση σύνδεσης	
PDP πλαίσιο	EPS φορέας
Φορέας Ασύρματης Πρόσβασης	Ασύρματος Φορέας+ S1 Φορέας
Handovers (DCH) όταντο RRC είναι συνδεδεμένο	Handoversόταντο RRC είναι συνδεδεμένο
Το RNC κρύβει την κινητικότητα από το κεντρικό δίκτυο	Το κεντρικό δίκτυο βλέπει κάθε Handover

LTEΚινητικότητα & κατάσταση σύνδεσης

Αυτά είναι δύο σετ καταστάσεων που ορίζονται για το UE βασιζόμενα στις πληροφορίες που διαθέτει το MME.

1. EPS* Mobility Management (EMM) καταστάσεις
2. EPS* Connection Management (ECM) καταστάσεις

EMM καταστάσεις:



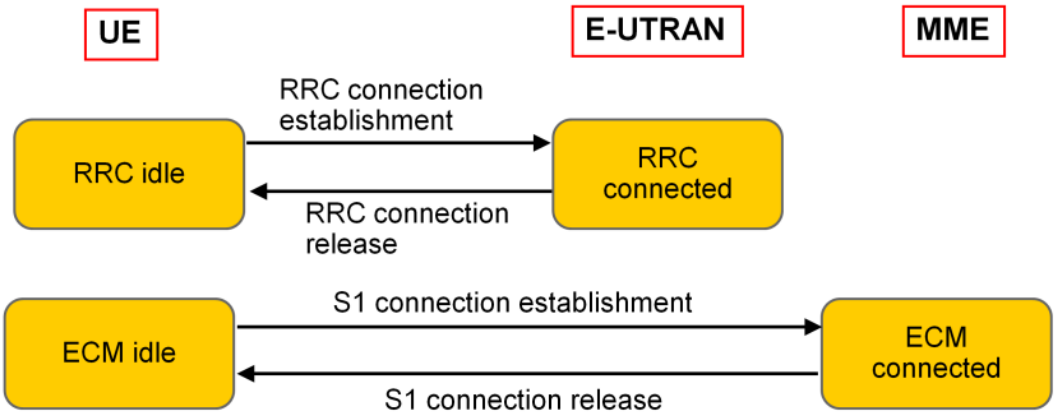
EMM-Deregistered:

- Σε αυτή την κατάσταση το MME δεν κατέχει έγκυρες πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία του UE
- MME μπορεί να κρατήσει κάποιο πλαίσιο UE όταν το UE κινείται σε αυτή την κατάσταση (π.χ. αποφεύγεται η ανάγκη για AuthenticationandKeyAgreement-AKA) κατά τη διάρκεια κάθε διαδικασίας προσκόλλησης).
- Επιτυχής σύνδεση και διαδικασίες TrackingAreaUpdate(TAU) οδηγούν σε μετάβαση στην EMM-Registered

EMM-Registered:

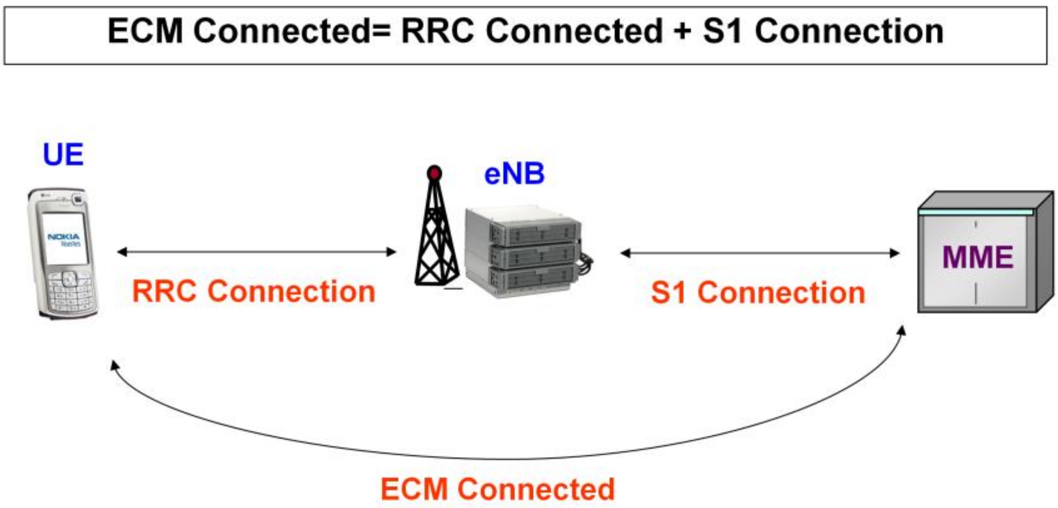
- Σε αυτή την κατάσταση η MME κατέχει πληροφορίες τοποθεσίας για τοUE, τουλάχιστον για την ακρίβεια μιας περιοχής εντοπισμού.
- Σε αυτή την κατάσταση η UE εκτελεί διαδικασίες TAU, ανταποκρίνεται σε μηνύματα σελιδοποίησης και εκτελεί τη διαδικασία αίτησης υπηρεσίας, εάν υπάρχουν uplinkδεδομένα να σταλούν.

EPS Connection Management(ECM) και LTE Radio Recource Control (RRC) καταστάσεις



UEκαιMME εισάγουν την κατάσταση ECM-Connected όταν η σηματοδότηση σύνδεσης είναι εγκατεστημένη μεταξύ UEκαι MME.UEκαι E-UTRANεισάγουν την κατάσταση RCC-Connectedόταν η σηματοδότηση σύνδεσης είναι εγκατεστημένη μεταξύ UEκαι E-UTRAN.

EPS Connection Management (ECM)



ECM

ECM-IDLE:

- Σε αυτή ητ κατάσταση δεν υπάρχει σύνδεση σηματοδότηση NAS μεταξύ του UE και του δικτύου και δεν υπάρχει πλαίσιο για το UEτο οποίο υπάρχει στο E-UTRAN.
- Η τοποθεσία του UE είναι γνωστή με την ακρίβεια μιας περιοχής εντοπισμού.
- Ηκινητικότητα διαχειρίζεται από τις ενημερώσειςεντοπισμού περιοχής.

ECM-CONNECTED:

- Σε αυτή την κατάσταση υπάρχει μια σύνδεση σηματοδοσίας μεταξύ του UE και MMEη οποία παρέχεται υπό τη μορφή μιας RadioResourceControl(RRC) σύνδεσης μεταξύ του UE και του E-UTRAN και μιαS1σύνδεση για το UEμεταξύ του E-UTRAN και τουMME.

- Η τοποθεσία του UE είναι γνωστή με ακρίβεια ενός κινητού
- Η κινητικότητα διαχειρίζεται από τις μεταπομπές.

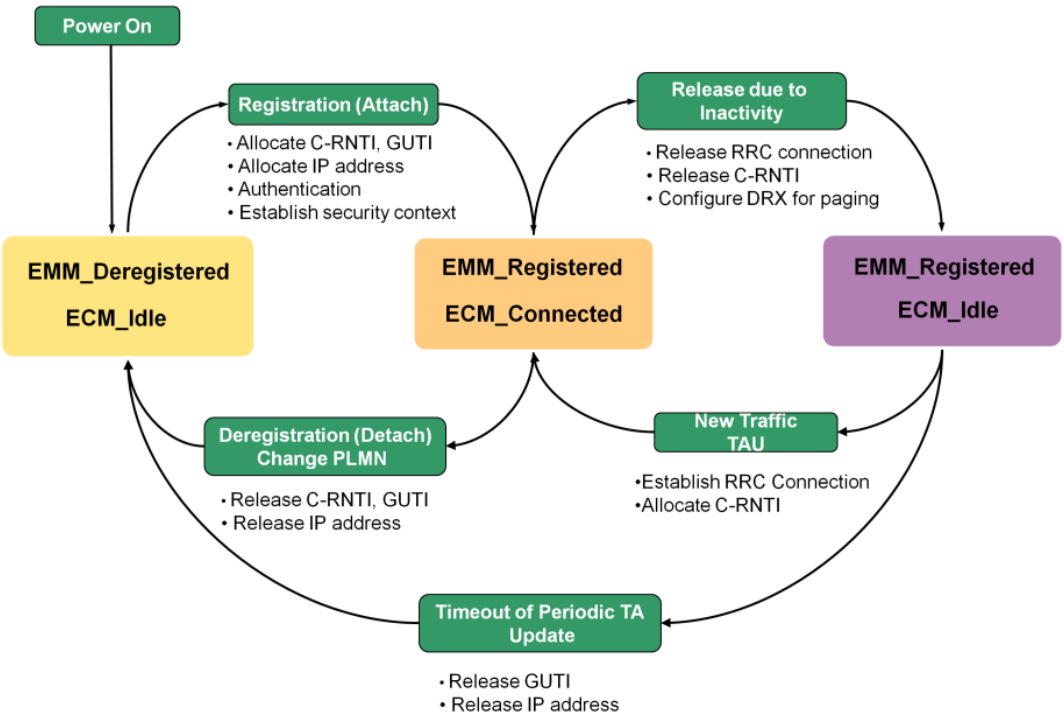
<u>RRC Καταστάσεις</u>
RRC-IDLE:

- Δεν υπάρχει σύνδεση σηματοδοσίας μεταξύ του UE και του E-UTRAN
- Π.χ.: επιλογή PLMN
- Το UE λαμβάνει τις πληροφορίες του συστήματος και ακούει για paging.
- ΗΚινητικότητα με βάση το Cell Re-selection πραγματοποιείται απότο UE.
- Δεν αποθηκεύεται RRCContext στο Enb (No C-RNTI).
- Διαδικασία RACH χρησιμοποιείται για δημιουργία RRC σύνδεσης.

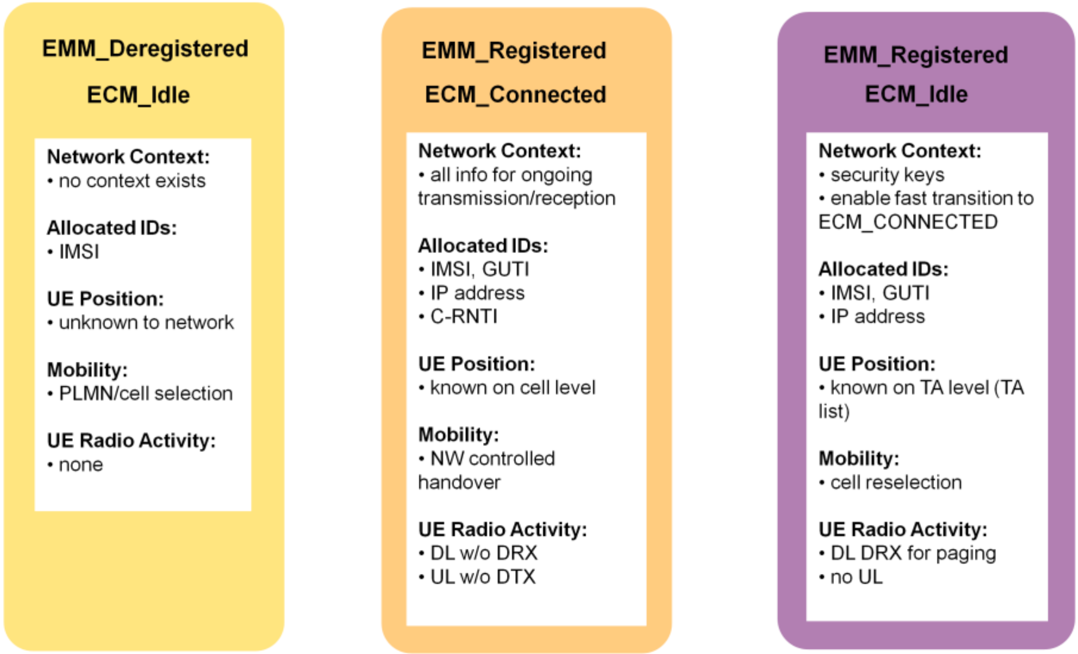
RRC-CONNECTED:

- Το UE έχει μια σύνδεση E-UTRAN RRC.
- Το UE έχει πλαίσιο στο E-UTRAN (C-RNTI allocated).
- ΤοE-UTRAN γνωρίζει το κινητό στο οποίο η UE ανήκει.
- Το δίκτυο μπορεί να μεταδώσει και / ή να λάβει δεδομένα από/προς το UE.
- Η Κινητικότητα βασίζεται στις μεταπομπές
- Το UE αναφέρει τις μετρήσεις γειτονικών κινητών

EMM& ECM καταστάσεις μεταβάσεων



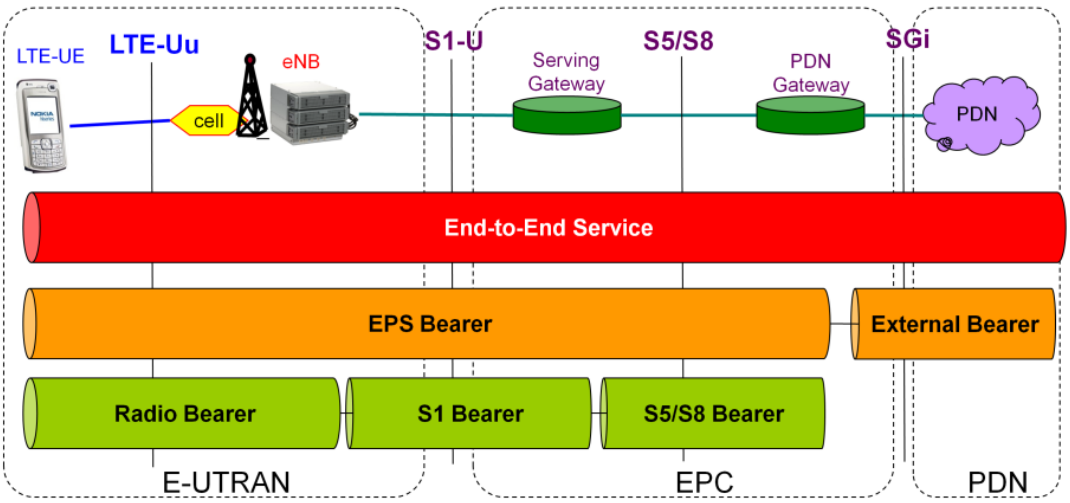
Επανάληψη EMM &ECM καταστάσεων



LTE/EPSBearer(φορέας)

Η κύρια λειτουργία του κάθε κινητού τηλεπικοινωνιακού δικτύου είναι η παροχή στους συνδρομητές με φορείς μεταφοράς (transportbearers) για τα δεδομένα τους.Στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος στους χρήστες ανατίθεται ένα σταθερό τμήμα του εύρους ζώνης του δικτύου. Σε δίκτυα πακέτων οι χρήστεςπαίρνουν μια ορισμένη ποιότητα της υπηρεσίας (QualityofService - Q0S)οι οποία κυμαίνεται από σταθερό εγγυημένο εύρος ζώνης μέχρι για τις καλύτερες προσπάθειες υπηρεσίας(BestEffortServices) χωρίς καμία εγγύηση. LTE / EPS είναι ένα σύστημα το οποίο βασίζεται στα πακέτα.

LTE/EPS Φορέας: Ταυτότητα & Αρχιτεκτονική



Μία ταυτότητα EPS Φορέαπροσδιορίζει μοναδικά έναν φορέα EPS για ένα UE. Μία ταυτότητα EPS Φορέακατανέμεται από το MME.ToLTE/EPS Φορέα καλύπτει το πλήρες δίκτυο, από την UE μέσω EUTRAN και από το EPC μέχρι το βύσμα του εξωτερικού PDN.O SAEφορέας σχετίζεται με την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS)και εκφράζεται συνήθως με μια ετικέτα ή με το QoS ClassIdentifier {QCI).Υπάρχει μία προς μία χαρτογράφηση μεταξύ EPS Radio Bearer (RB) και EPS Bearer, και η χαρτογράφηση αυτή ανάμεσα στη ταυτότητα του EPS RB και την ταυτότητα του EPS Bearer γίνεται με το E-UTRAN. Η τιμή της E-RAB ID που χρησιμοποιείται στις S1 και X2 διεπαφές για τον εντοπισμό ενός E-RAB είναι η ίδια με την τιμή του EPS φορέα ID το οποίο χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει το σχετικό EPS φορέα.

Τομείς LTE/EPS Bearer

S5/S8 Bearer

- ΜεταξύτουP-GWκαιS-GW.
- Αυτό είναι συνήθως ένα GTP ή MIP (MobileIP) tunnel μεταξύ των δύο στοιχείων του δικτύου.

S1 Bearer

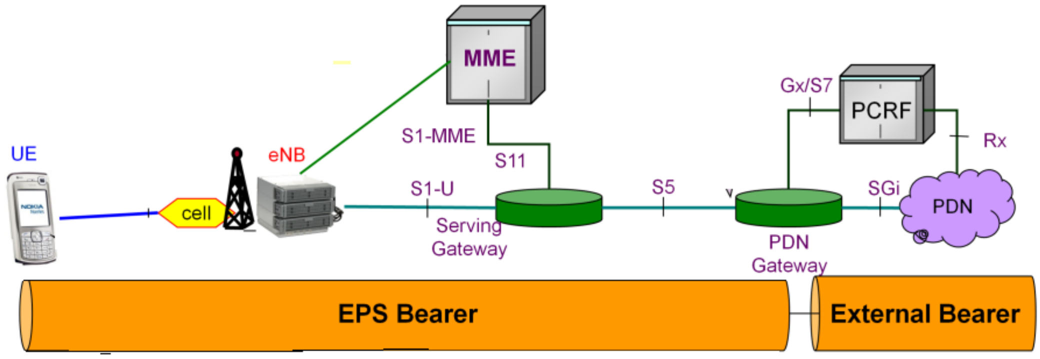
- ΜεταξύτουeNB και S-GW.
- Το S1 Bearer υλοποιείταιχρησιμοποιώντας το 2G / 3GGTP (GPRSTunnelingProtocol) πρωτόκολλο, το οποίο χτίζει ένaGTPtunnel μεταξύ eNB και S-GW.
- Η ρύθμιση του φορέα S1 διαχειρίζεται από το MME. Το S-GW και τοeNB δεν ανταλλάσουν απευθείας σηματοδοσία για να το δημιουργήσουν.

RadioBearer

- Μεταξύ του UE και eNB.
- Το eNB συνδέει ένα RadioBearerεσωτερικά με τους συνδεδεμένουςS1 φορείςγια την διεπαφή S1-U.
- Ηχαρτογράφηση τωνRadioBearers σε φυσικούς πόρους για τη διεπαφή στον αέρα, είναι το κύριο αντικείμενο του eNBscheduler.

Το E-RAB (E-UTRAN Radio Access Bearer) αναφέρεται στην αλληλουχία του S1 bearer και στο αντίστοιχο radio bearer, όπως ορίζεται στο TS 36.300

<u>Ηεγκατάσταση ενός EPSBearer μπορεί να ενεργοποιηθεί από….</u>



MME:

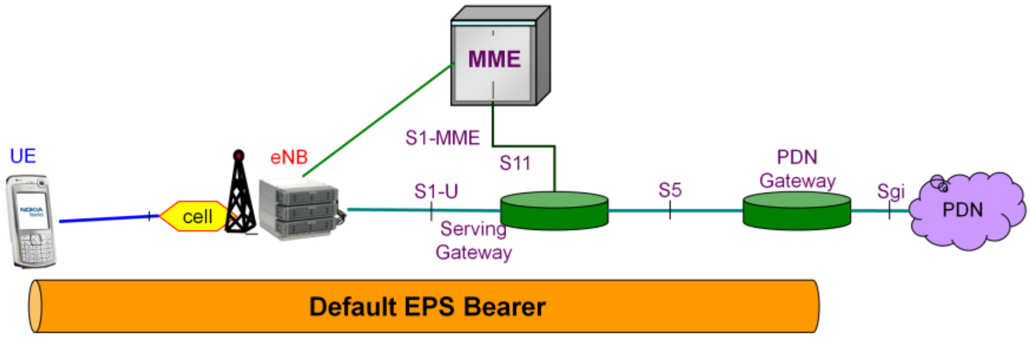
Αυτό συμβαίνει συνήθως κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σύνδεσης ενός UE. Ανάλογα με την πληροφορία που προέρχεται από το HSS, το MME θα συγκροτήσει ένα αρχικό bearer, επίσηςγνωστό ως *Default EPS bearer*. Αυτότο EPSbearer παρέχειτην αρχική συνδεσιμότητα του UE με το εξωτερικό δίκτυο δεδομένων ή με την Πλατφόρμα IMS.

PDN Πύλη:

Τα εξωτερικά δεδομένα δικτύου μπορούν να ζητήσουν τη ρύθμιση ενός EPSBearer εκδίδοντας αυτό το αίτημα μέσω PCRF στην πύλη PDN. Αυτό το αίτημα θαπεριλαμβάνει την ποιότητα της υπηρεσίας(QoS) που χορηγείται στο νέο bearer. Αυτά αναφέρονται ως *DedicatedEPSBearers*.

Το Defaultbearer ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια της φάσης σύνδεσης. Οι Defaultbearers καθορίζονται με βάση τις υπηρεσίες που εκτελούνται μεταξύ του UE και του PDN/IMS.Η σύγκριση μπορεί να γίνει μεταξύ του DedicatedBearers στο EPS και του δευτεροβάθμιου PDP πλαίσιο στο UMTS. Το TS 29.274 ορίζει το μήνυμα CreateRequestBearer. Το αίτημα αυτό χρησιμοποιείται για ναενεργοποιήσει ένα DedicatedBearer, αλλά όχι ένα DefaultBearer. Η ανάγνωση από τα specs, μπορεί να οδηγήσει στη σύγχηση της ακόλουθης φράσης: «Τα dedicatedbearersείναι αρχικοποιημένα από το δίκτυο». Επειδή το LTE / EPS είναι όλο σε IP και εάν λαμβάνεις μια κλήση, στη συνέχεια, το δίκτυο μπορεί να ξεκινήσει dedicatedBearer για να διαβιβάσει την εν λόγω κλήση. Αυτό δεν σημαίνει ότι το UE δεν μπορεί να ζητήσει dedicatedbearer.Το UE μπορεί να ζητήσει dedicatedbearer στέλνοντας την εντολή τροποποίησης bearer αλλάτο UE δεν μπορεί να στείλει ένα CreateBearerRequest.Bearer modification command θακάνειτο PDN ναπροκαλέσειένα dedicated bearer.

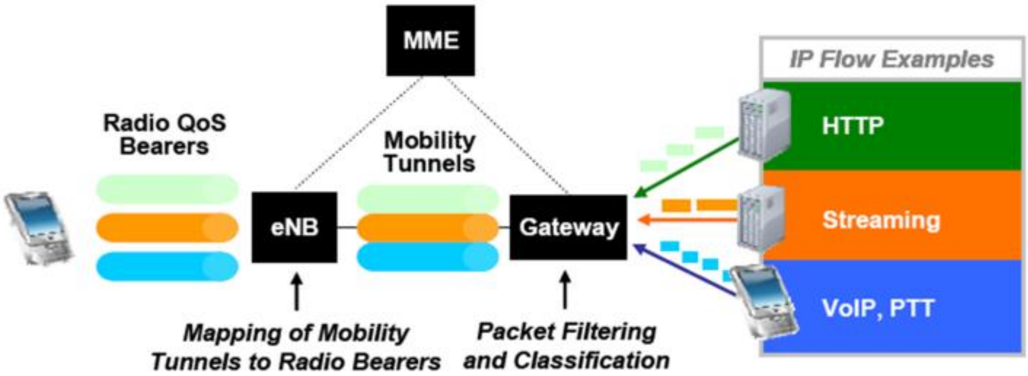
Η έννοια του Default Bearer



Κάθε UE που συνδέεται με το δίκτυο LTE έχει τουλάχιστον έναν bearerδιαθέσιμο, που ονομάζεται defaultbearer. Ο στόχος του είναι να παρέχει συνεχήIPσυνδεσιμότητα προς το EPC (η ιδέα του "always-on"). Όσο αναφορά το QoS , το defaultbearerείναι συνήθως πολύ βασικό. Αν η συγκεκριμένη υπηρεσία απαιτεί αυστηρότερα χαρακτηριστικά QoS, τότε θα πρέπει να συσταθεί ένα dedicatedbearer.Ένα Default Evolved Packet System (EPS) bearer είναι obearer που ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σύνδεσης. Θα δώσει το UE μια διεύθυνση IP και τους πόρους πακέτων δεδομένων, έτσι ώστε το UE να μπορεί να κάνει περιορισμένες υπηρεσίες πακέτων. Ένα από τα καλύτερα παραδείγματα μιας υπηρεσίας που θα ήταν καλό για το defaultEPSbearer είναι μια καταχώρηση IMS.Τα χαρακτηριστικά του default EPSbearer θα ορίζονται από την συνδρομή και ενεργοποιούνται από τον Διαχειριστικό φορέα Κινητικότητας (MobilitymanagementEntity-MME) μετά τη λήψη του μηνύματος σύνδεσης με βάση το προφίλ του συνδρομητή στο Home Subscriber Server (HSS). Τα DefaultBearers δημιουργούνταιτο καθένα με βάση ένα PDN. Έτσι, αν ένα UE συνδέεται με δύο PDNs θα πρέπει να δημιουργήσει δύο DefaultBearers.

SAEBearerQoSεπίγνωση

Μία από τις σημαντικότερες προϋποθέσεις για τοEUTRAN και τοEPC που πρέπει να εκπληρώσει είναι κάθε SAEBearerνα έχει γνώση του QoS.Όλα τα στοιχείαπου διαβιβάζονται εντός ενός bearerSAE θα πάρουν τον ίδιο χειρισμό QoS (προγραμματισμός, καθορισμός προτεραιοτήτων, πιθανότητα απόρριψης, κλπ).Διαφορετικές εφαρμογές (για παράδειγμα, να λάβει μια υπηρεσία συνεχούς ροής πακέτων βίντεο και ένα ftp μια λήψη) έχουν διαφορετική ρύθμιση QoS και δεν μπορούν να μοιράζονται το ίδιο SAEBearer.Άλλες εφαρμογές μεπαρόμοια χαρακτηριστικά κυκλοφορίας θα είναι σε θέση να τοποθετηθούν μέσα στον ίδιοSAEbearer υπό την προϋπόθεση ότι το εύρος ζώνης του bearer κλιμακώνεται αναλόγως.Λόγω αυτού του γεγονότος, το πρότυπο θα επιτρέψει σε ένα UE να έχει αρκετά SAEbearer, ο καθέναςμε μια διαφορετική ρύθμιση QoS.



Οι χρονοπρογραμματιστές σε ENB, SAE GW και PDN GW πρέπει να σέβονται το QoS του κάθε SAE bearer. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα όρια που προέρχονται από τη εγγραφή ενός χρήστη, όταν ένα νέο SAE bearer έχει συσταθεί ή έχει τροποποιηθεί. Αυτό είναι ένα από τα καθήκοντα του MME. *Βασική κατευθυντήρια γραμμή:* Το LTE / EPS bearer καιη διαχείριση του QoS πρέπει να βελτιωθούν σε σχέση με τον τρόπο που γίνεται στο υφιστάμενο σύστημα 3GPP. Ο κύριος λόγος είναι ότι δεν ήταν εύκολο για τους τελεστές να εφαρμόσουν τα χαρακτηριστικά QoS σε δίκτυα GSM / WCDMA, όπως είχαν κατά κάποιο τρόπο αποσυνδεθεί από το επίπεδο εφαρμογών. Αυτό το πρόβλημα επιδεινώνεται από το γεγονός ότι η UE ήταν υπεύθυνη για τη ρύθμιση των χαρακτηριστικών QoS για ένα bearer. Ως εκ τούτου συμφωνήθηκε ότι μόνο ένας περιορισμένος αριθμός παραμέτρων QoS και τυποποιημένα χαρακτηριστικά θα πρέπει να καθορίζονται για το EPS Bearer.

EPS Bearer QoS χαρακτηριστικά

EPS Bearer QoS Parameters (To be defined per **Bearer**)	Default Bearer/Dedicated Bearer
	GBR/N-GBR
	MBR
	UL/DL-TFT
	QCI
	ARP
EPS Bearer QoS Parameters (To be defined per **User)**	AMBR

Για κάθε EPS bearer οι ακόλουθοι παράμετροι QoS είναι διαθέσιμοι:

- dedicated ή default EPS bearer
- Guaranteed Bit Rate (GBR) ή Non-Guaranteed Bit Rate (N-GBR)
- Μέγιστη Bit Rate (MBR)
- Έλεγχος ροήςκυκλοφορίας (UL / DL-TFT):

- Ακέραιος αριθμός που δείχνει την κατηγορίαQoS: Label ή QoS Class Identifier (QCI)
- Κατανομή / ΔιατήρησηΠροτεραιότητας (Allocation Retention Priority-ARP)

SAE Bearer QoS χαρακτηριστικά

Dedicated ή Default bearer:

- -ToDefaultbearer κατανέμεται κατά τη διάρκεια της σύνδεσης ενός UE στο σύστημα.
- Τα Dedicatedbearersαπό την άλλη πλευρά δημιουργούνται όταν ζήτηθεί από το εξωτερικό PDN δίκτυο.
- ΜόνοDedicatedbearersμπορείναείναιτύπουGuaranteed Bit Rate (GBR).

GBR (Guaranteed Bit Rate) or NGBR (Non Guaranteed Bit Rate):

- Τα GBRbearers διατηρούν κάποια (φυσικήήεικονική) χωρητικότητακατάτη διάρκειατηςμετάδοσης και έτσι μπορούν να εγγυηθούν κάποιο επίπεδο bit rate.
- Είναι απαραίτητο για τη ροήτων δεδομένων και τις υπηρεσίες ομιλίας με lowupper καθυστέρηση καικαθυστέρηση ορίου jitter .
- Για τις υπηρεσίες που δεν έχουν τόσο ισχυρές απαιτήσεις σχετικά με τις τιμές αυτές συνήθως χρησιμοποιούνται NGBR bearers.
- Η τεχνική διαφορά μεταξύ του GBR και NGBR θα φανείστις λειτουργίες ελέγχου εισαγωγής του ENB, SAE GW και PDN GW.
- Το GBR Bearer θα μπλοκάρει συνήθωςτους πιο εικονικούς πόρους για την ίδια απόδοσηδιαβίβασης δεδομένων και τη μέγιστη ταχύτητα bit παρά τους NGBRbearers.
- Το GBR προσδιορίζει το ρυθμό bit που διασφαλίζεται με τονbearer.

MaximumBitRate(MBR):

- Προσδιορίζει το μέγιστο ρυθμό Bit για το SAEBearer.
- Μπορεί να καθορίζεται μόνο για GBR SAEBearers.
- Δεν περιλαμβάνεται στο 3GPP Rel .8: στο Rel. 8 το MBR είναι πάνταρυθμισμένο ώστε να ισούται με το GBR.

Traffic flowControl (ULIDL-TFT):

- Επειδή ένα απλό UE μπορεί να έχει πολλαπλά SAEbearers, το σύστημα απαιτεί κάποιο είδος φίλτρο πακέτων ώστε να αποφασίσει ποια IP datagrams πρέπει να πάνε σε ποια SAEBearers.
- Αυτά τα φίλτρα πακέτων σχηματίζονται από το uplink και downlink TFT (TrafficFlowTemplate).
- Κάθε Dedicated SAEbearer πρέπει να έχει ένα UL και έναDL TFT.
- Ορισμένα κριτήρια όπως η πηγή και ηδιεύθυνση IP προορισμοού, ετικέτες ροής, αριθμούς θυρών, επίπεδο μεταφοράς τύπου πρωτόκολλου, κλπ, διευκρινίζεται ποια IP datagrams πρέπει να αποσταλούν στο σχετικό SAEbearer.
- Αυτή τη στιγμή, η συγκεκριμένη δομή του TFT είναι για περαιτέρω μελέτη, ιδιαίτερα αν οι πρόσθετες παράμετροι QoSείναι μέσα ή όχι.

Label ή QCI:

- Το label είναι απλά ένας ακέραιος αριθμός ο οποίος ορίζεται στο SAEBearer.
- Αυτή οαριθμός δηλώνει την κατηγορία QoSπουτο bearer ανήκει από την αναγνώριση ενός συνόλου τιμών που έχουν ρυθμιστεί τοπικά για 3 QoSχαρακτηριστικά : Προτεραιότητα, Delay και LossRate.
- Εξαρτάται από τον τελεστή να ορίσει αυτές τις ετικέτες, αν και κάποιες στάνταρ ετικέτες παρέχονται από τις 3GPP.
- Αυτή η ετικέτα μπορεί να μεταφραστεί σε ένα DiffServ-tagπου χρησιμοποιείται στηνS1-U και στηνS5/S8 στο IPheader για να εφαρμόσει διαφοροποιημένηυπηρεσία δρομολόγησηςIPστις σχετικές στοίβες πρωτοκόλλωνIP.

Allocation/Retention Προτεραιότητας (ARP):

- Υποδεικνύει την προτεραιότητα του bearer σε σύγκριση με άλλουςbearers.
- Αυτό παρέχει τις βασικές πληροφορίες για τον έλεγχο αποδοχής για toset-up ενός Bearer και για τη κατάργηση ενός bearer (στην περίπτωση της κατάστασης συμφόρησης).

Συγκεντρωτικά μέγιστη BitRate (AMBR):

- Ορίζει ένα μέγιστο εύρος ζώνης ανά χρήστη (UE) λαμβάνοντας υπόψη όλες τις ταυτόχρονες υπηρεσίες που έχουν καθοριστεί από τον χρήστη.

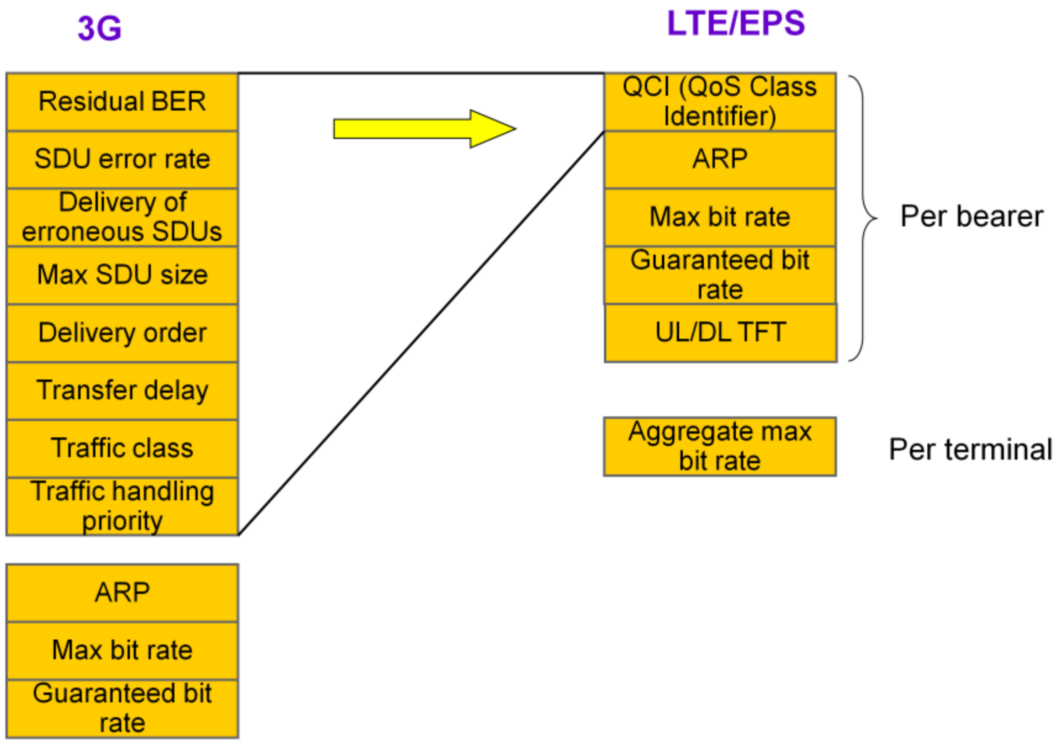
APR παράμετρος:

- Το ARP θα πρέπει να νοείται ως «Προτεραιότητα της κατανομής και της διατήρησης» και όχι ως «Διάθεση, Διατήρηση και Προτεραιότητα».
- Η Video τηλεφωνία είναι μία περίπτωση όπου η χρήση μπορεί να είναι ευεργετικό να χρησιμοποιηθούν EPSbearers με διαφορετικές τιμές γ ARP για το ίδιο UE. Σε αυτή την περίπτωση ένας χειριστής μπορεί να χαρτογραφήσει τη φωνή σε έναbearer με υψηλότερο ARP, και το βίντεο σε άλλο bearer με χαμηλότερο ARP. Σε μια κατάσταση συμφόρησης (π.χ. celledge) το eNBμπορεί στη συνέχεια να αποσυνδέσει tovideobearer χωρίς να επηρεάζεται tovoivebearer. Αυτό θα βελτιώσει την αδιάκοπτη παροχή των υπηρεσιών.

UE-AMBR:

- Το UE-AMBR περιορίζει το συνολικό ρυθμό bit που μπορεί να αναμένεται να παρέχεται σε όλα τα Non-GBR Bearers ενός UE (π.χ. υπερβολική κίνηση μπορεί να απορρίπτεται από μια Λειτουργία διαμόρφωσης ρυθμού).
- Κάθε ένα από αυτά ταNon-GBRBearers θα μπορούσε ενδεχομένως να χρησιμοποιήσει ολόκληρο το UE-AMBR, π.χ. όταν οι άλλοιNon-GBRbearers δεν φέρουν καμία κίνηση.
- Τα GBR bearers βρίσκονται εκτός του πεδίου εφαρμογής του UE AMBR.
- Το E-UTRAN επιβάλλει το UE-AMBR στο uplink και downlink.

3GvsSAEBearersQoS Σύγκριση Χαρακτηριστικών



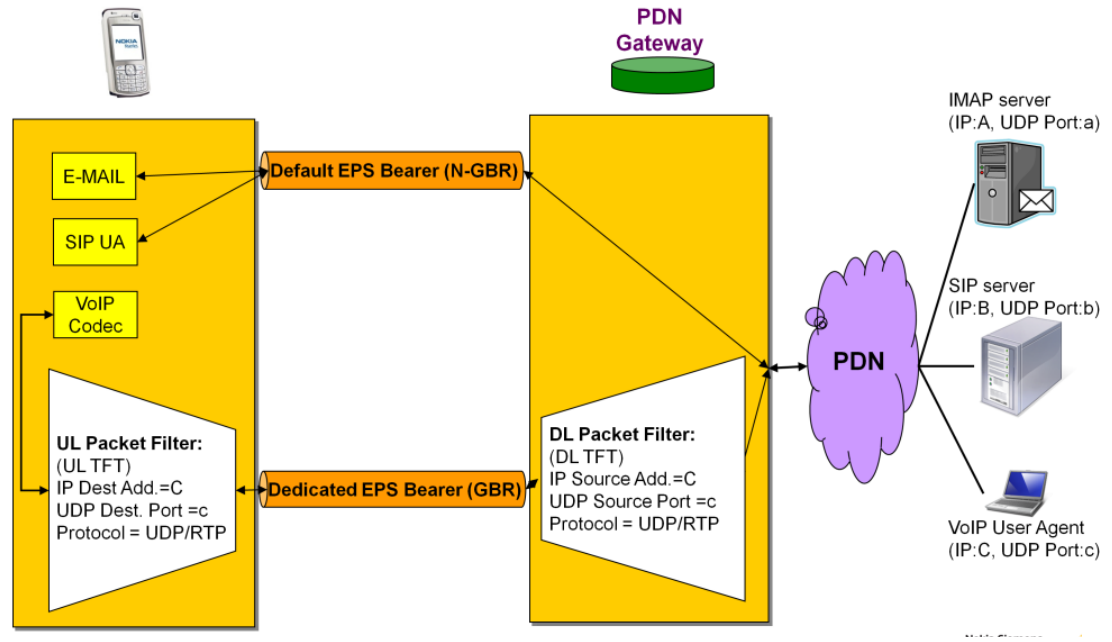
Μια μοναδική παράμετρο scalar (QoS Class Identifier = QCI) είναι ένας δείκτης σε ένα σύνολο παραμέτρων QoS.Το QCI ονομάζεται επίσης Label στο LTE.Πραγματοποιείται απλοποιημένη προσέγγιση σε σύγκριση με το 2G / 3G, όταν κάθε παράμετρος αναφέρεται χωριστά.

QoS Class Identifier (QCI) Πίνακαςσε 3GPP

QCI	Guarantee	Priority	Delay budget	Loss rate	Application
1	GBR	2	100 ms	1e-2	VoIP
2	GBR	4	150 ms	1e-3	Video call
3	GBR	5	300 ms	1e-6	Streaming
4	GBR	3	50 ms	1e-3	Real time gaming
5	Non-GBR	1	100 ms	1e-6	IMS signalling
6	Non-GBR	7	100 ms	1e-3	Interactive gaming
7	Non-GBR	6	300 ms	1e-6	TCP protocols : browsing, email, file download
8	Non-GBR	8	300 ms	1e-6	
9	Non-GBR	9	300 ms	1e-6	

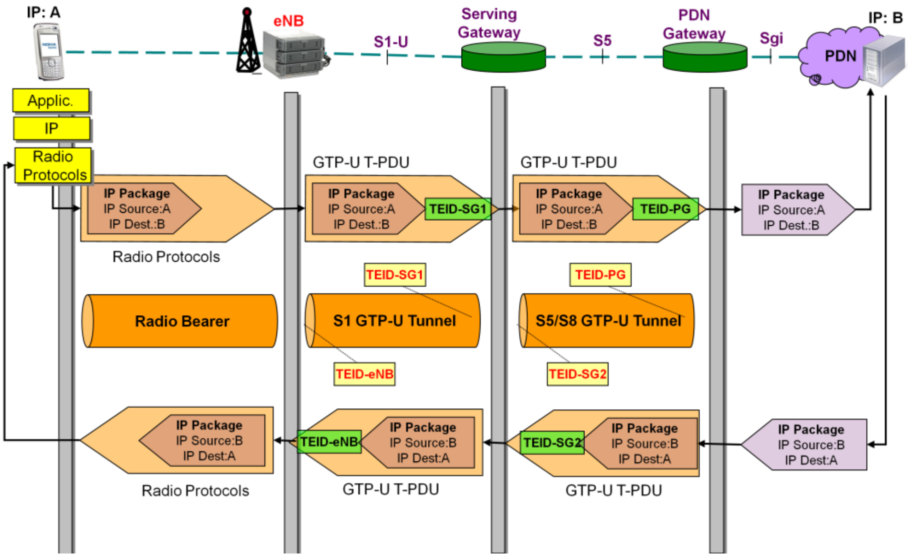
- Εννέα προ-ρυθμισμένες τάξεις έχουν καθοριστεί σε 2 κατηγορίες φορέων: GBR και N-GBR.
- Επιπλέον, οι bearers εκμετάλλευσης μπορούν να δημιουργήσουν τα δικά τους αναγνωριστικά (Identifiers) κατηγορίας QoS (QCI).
- Το QoS χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την παράμετρο QCI είναι:
    - Προτεραιότητα: χρησιμοποιείται για να καθορίσει την προτεραιότητα για την λειτουργία PacketScheduler στο Enb
    - Καθυστέρηση Προϋπολογισμού: βοηθά το χρονοδιάγραμμα πακέτων για να εξασφαλίσει ότι οι χρήστες έχουν προγραμματιστεί αρκετά συχνά για να εξασφαλίζουν τις απαιτήσεις καθυστέρησης του bearer.
    - Ανοχή σε LossRate προορίζεται κυρίως για τον καθορισμό των ρυθμίσεων του πρωτοκόλλου RLC (π.χ. αριθμός RLC αναμεταδόσεων). Η ετικέτα πιθανότατα θα περιλαμβάνει επίσης μια παράμετρο προτεραιότητας, την οποία μπορεί να τη χρησιμοποιήσει ο προγραμματιστής πακέτων για διαφοροποίηση.

Παράδειγμα χρήσης SAE Bearer



Η εικόνα δείχνει ένα UE με τρεις εφαρμογές να τρέχουν: e-mail, SIP UserAgent και VoIP call. Η κλήση voice over IP(VoIP) ξεκίνησεμέσωτου SIP User Agent. Σε αυτό το παράδειγμα έχουμε τρεις εφαρμογές που εκτελούνται, αν και για τον χρήστη το SIP UA και η κλήση VoIP είναι μια κατηγορία και αποτελούν μια συνιστώσα υπηρεσιών. Πρώτον, ας αναλύσουμε πόσες διαφορετικές απαιτήσεις QoS έχουμε. Μπορούμε να πούμε, ότι η σηματοδότηση SIP και e-mail δεν είναι τόσο ευαίσθητοι χρονικά. Έτσι και οι δύο θα μπορούσαν να μοιραστούν ένα ενιαίο SAE bearer με NGBR συμπεριφορά και αυτό θα μπορούσε να είναι ένα default EPS bearer το οποίο δημιουργείται όταν ο χρήστης συνδέεται στο σύστημα. Από την άλλη πλευρά, η κλήση VoIP είναι προφανώς ευαίσθητη χρονικά, όπως τα codecs ομιλίας δεν ανέχονται μεγάλη καθυστέρηση ή καθυστέρηση jitter. Έτσι, για την κλήση ομιλίας θα πρέπει να στήσετε έναν SAEφορέα που να παρέχει ένα ελάχιστο ρυθμό μετάδοσης bit ίσο με το ελάχιστο χρήσιμο ρυθμό bit που κωδικοποιητής απαιτεί. Έτσι καταλήγουμε με δύο SAEφορείς, το defaultγια την την εφαρμογή e-mail και το SIP userAgent. Ο δεύτερος SAEφορέας είναι έναdedicated και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των πακέτων ομιλίας VoIP (συνήθως IP / UDP / RTP datagrams). Για τον dedicatedbearer θα πρέπει να καθοριστεί ένα DL και UL TFT για να στηρίξει το σύστημα στην απόφασή για ποιά IP datagrams θα μεταφερθούν μέσω ποιών SAEBearers. Στην απλούστερη μορφή από την TFT μπορούν να καθοριστούν οι διευθύνσεις IP του UE και ο αντίθετος πελάτης VoIP και οι δικοί του αριθμοί θύρας UDP για την κλήση VoIP.

SAEBearer-Δυνατότητα επιλογής GTP στο S5/S8



Ένα SAE Bearer αποτελείταιαπότρίατμήματα: το radio Bearer, S1-U Bearer και S5 / S8 Bearer.

Για τον Bearer S5 / S8 μεταξύ SAE GW και PDN GW υπάρχουν δύο επιλογές που αναφέρονται. Η πρώτηβασίζεται στο πρωτόκολλο GTP 2G/3G το οποίο χρησιμοποιείται επίσης για την S1-U. Η δεύτερη επιλογή για S5 / S8 βασίζεται στο Mobile IPv6 (MIPv6). Δεδομένου ότι η τελευταία δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί, θα συζητηθεί εδώ μόνο η GTP based διεπαφή S5 / S8.

Στην radio διεπαφήτοSAE Bearer συνδέεται μοναδικά με ένα Radio Bearer (RB). ToRadio Bearer είναι από τονscheduler δυναμικά χαρτογραφημένα με τους διαθέσιμους φυσικούεπιπέδου πόρους , αυτό σημαίνει, ότι ένα RB δεν κατανέμει τους πόρους με ένα σταθερό τρόπο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό παρέχει την απαιτούμενη ευελιξία για τον πόρο επανακαθορισμού που εισήγαγε το WCDMA με το HSDPA.
Μεταξύ eNB και SAE GW τοSAE Bearer είναι δεμένο σε ένα ενιαίο GTP-Utunnel. Ένα GTP-Utunnel ταυτίζεται μεένα TEID (Tunnel Endpoint Identifier) που διατίθενται από τα δύο τελικά σημεία - σε αυτή την περίπτωση ένα από το eNB TEID-eNB και ένα από το SAE GW TEID-SG1. Είναι ένα έργο του MME για να ανταλλάσει δύο TEIDs μεταξύ Enb και SAE GW κατά την εγκατάσταση του tunnel. Τα πακέτα στο downlink θα σταλούν σε GTP-Uframes (T-PDU) και θα φέρουν το TEID-ENB στην κεφαλίδα του. Το Enb πρέπει να συνδέει τους TEID-Enb εσωτερικά με το RadioBearer. Αυτό λειτουργεί επίσης για uplink, όπου όλα τα δεδομένα από το αντίστοιχο radiobearer θα πρέπει να σταλούν σε S1-U με το TEID-SG1 στην κεφαλίδα του GTP-U.

Εάν η διεπαφή S5 / S8 βασίζεται στην επιλογή GTP, τότε εδώ θα βρίσκεταιένα tunnelGTP-U για τοSAE Bearer. Πάλι ακριβώς ένα tunnelθα παρέχεται για τοSAEBearer. Η εγκατάσταση τουtunnel απαιτεί δύο νέα TEIDένα απότο SAE GW TEID-SG2 (συνήθως διαφορετικό από το TEID-SG1) και ένα από το PDN GW TEID-PG. Η αρχή της επικοινωνίας είναι η ίδια όπως στην S1-U διεπαφή. Αλλά αυτή τη φορά τοSAE GW και PDN GW χειρίζονται την ανταλλαγή των TEIDs τους για τον εαυτό τους. Ως εκ τούτου, θα χρησιμοποιήσουν το τμήμα ελέγχου του πρωτοκόλλου GTP που παρέχει τα μηνύματα για την εγκατάσταση αυτών των tunnels. [ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Ποιες αλλαγέςαπαιτούνται για το σκοπό αυτό στο GTP είναι υπό έρευνα.]

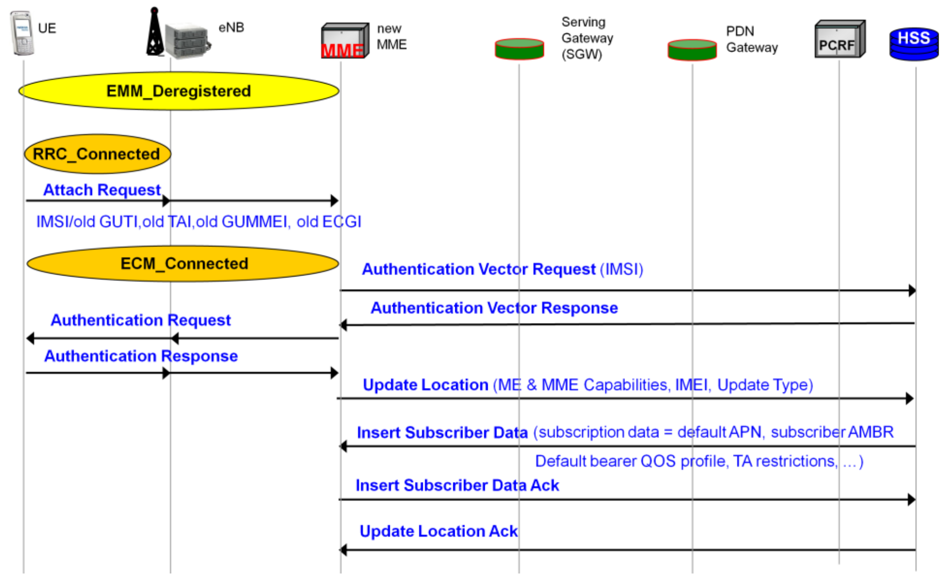
ToSAEGW είναι υπεύθυνο για τη σύνδεση του S1 GTP-Utunnel και του S5/S8 GTP-Utunnel με το άλλο για να καταστεί δυνατή την αποτελεσματική διαβίβαση των δεδομένων μεταξύ PDN GW και eNB. Το PDN GW, από την άλλη πλευρά πρέπει να συνδέσει το tunneltou με το εξωτερικό δίκτυο και την διεύθυνση IP του UE μέσα σε αυτό το δίκτυο. Τα φίλτρα πακέτων DL TFT υποστηρίζουν τοPDN GW στο έργο για να επιλέξει το σωστό GPT-Utunnel ενός UE για ένα εισερχόμενο IP datagram. Η UL TFT από την άλλη πλευρά χρησιμοποιείται στο UE για την ίδια εργασία.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πότεκαιπώς αυτά τα tunnelκαι ταBearer τμήματα είναι διαθέσιμα. Όταν ένα νέοSAE Bearer δημιουργείται συνήθως ένα RadioBearer,τότεένα S1 GTP-Utunnel και ένα S5 / S8 GTP-Utunnel δημιουργούνται. Το τελευταίο θα κυκλοφορήσει μόνο, όταν τοSAEBearerθα κυκλοφορήσει. ToRadio bearer και το S1 GTP-U tunnel από την άλλη πλευρά θα κυκλοφορήσει όταν το UE βρεθεί σε κατάσταση αδράνειας. Αυτή η κατάσταση μπορεί να προκληθεί λόγω έλλειψης δραστηριότητας. Όταν συμβεί αυτό, το RadioBearer αφαιρείται και το ENB θα καθαρίσει και τα TEIDs από τη μνήμη του για το UE (το Enb θα διαγράψει τα πάντα). Το SAE GW, επομένως, πρέπει να διαγράψει το TEID-ENB, αλλά συνήθως κρατάει το δικό του TEID-SG1. Εάν πρέπει να υπάρχουν στοιχεία που πρέπει να σταλούν αργότερα, το UE πρέπει να στείλει ένα ServiceRequest προς το MMEγια να απαιτήσει την αποκατάσταση του S1 GTP-Utunnel και τουRadioBearer. Με λίγα λόγια, το S5 / S8tunnel είναι μάλλον μόνιμο, εκτιμώντας ότι το RadioBearer καιτο S1tunnel είναι δυναμικά σε σχέση με το χρόνο ζωής ενός SAEBearer.

LTE Διαδικασίες

- Σύνδεση(Attach)
- Ελευθέρωση S1
- Αποσύνδεση(Detach)
- Service Request
- Tracking Area Updates(TAU)
- Ενεργοποίηση Dedicated Bearer
- Μεταπομπή (handover)

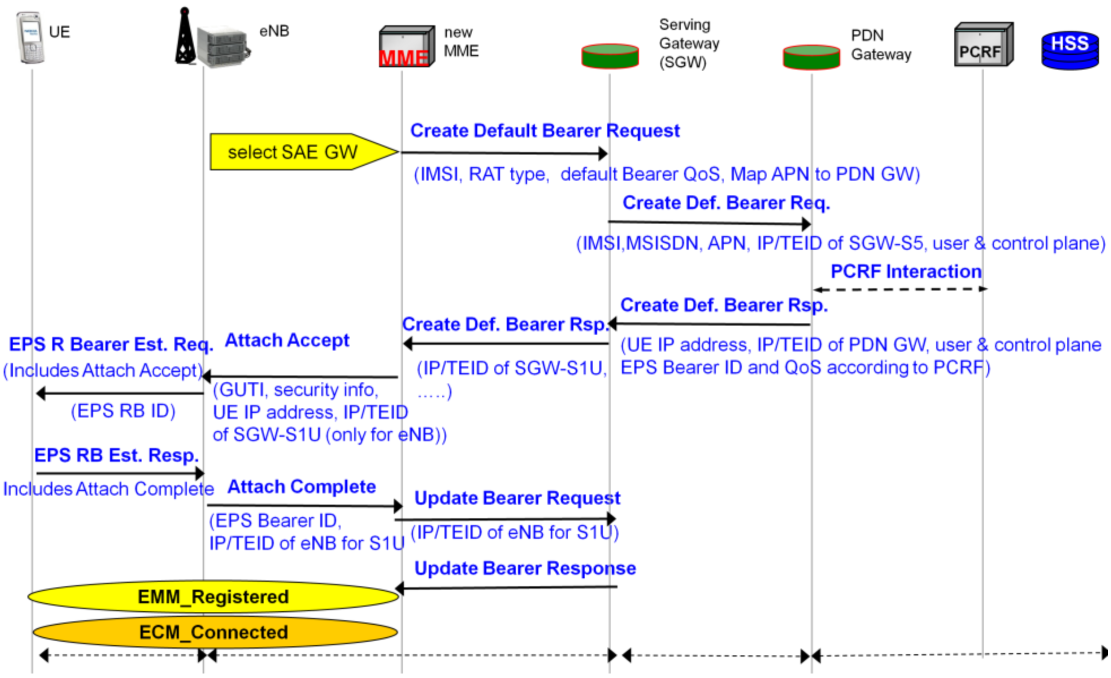
Σύνδεση(Attach)(1/2):



Η διαδικασία σύνδεσης σε LTE / EPS είναι αρκετά παρόμοια με τη σύνδεση του GPRS σε 2G/3G. Φέρνει το UE από την κατάσταση EMM_DEREGISTERED στην EMM_REGISTERED κατάσταση. Επιπρόσθετα η διαδικασία προβλέπει το defaultSAEbearer για το UE και ως εκ τούτου διαθέτει τις απαιτούμενες διευθύνσεις IP για το συνδρομητή στο εξωτερικό δίκτυο μεταφοράς πακέτων δεδομένων.

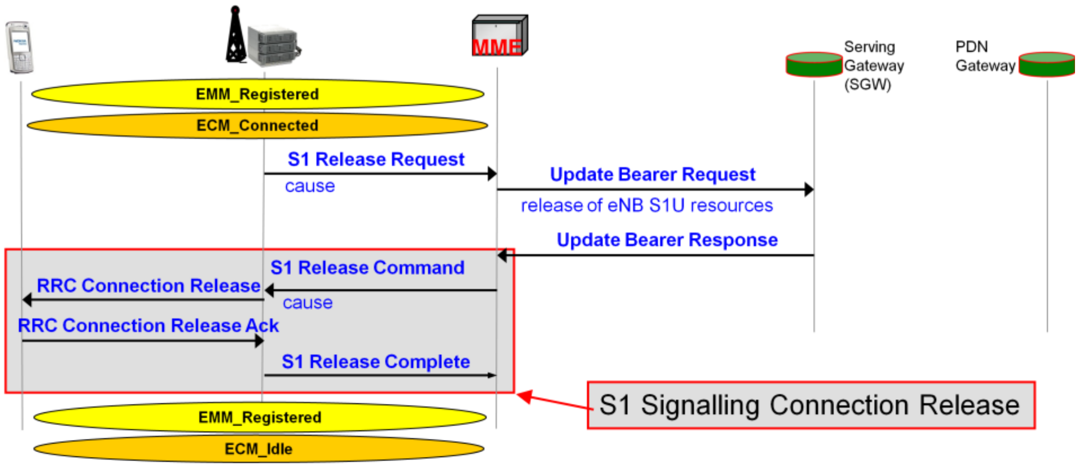
1. Το UE συνδέεται με το servingcell και τοαντίστοιχο eNB. Το UE στέλνει το μήνυμα Attachrequest (NAS), συμπεριλαμβανομένων IMSI / oldGuti, oldTAI, oldGUMMEI και oldECGI. Το eNB επιλέγει ένα διαθέσιμο MME και προωθεί το μήνυμα σε αυτό.
2. Το πρώτο καθήκον του MME είναι να εντοπίσει και να επικυρώσει τον συνδρομητή. Έτσι, έρχεται σε επαφή με το HSS (στην περίπτωση που χρησιμοποιείται IMSI για την ταυτοποίηση) ή το old MMK (στην περίπτωση που το UE ταυτοποιείται μέσωτουoldGuti) με IdentificationRequest (GTP-C). Η απάντηση θα πρέπει να περιέχει το IMSI (όταν επικοινωνεί με παλιά MME) και μερικούς φορείς πιστοποίησης για το συνδρομητή. (Τα διάγραμμα ροής παρουσιάζουν άμεση επαφή με τοHSS).
3. Με τη χρήση φορέων πιστοποίησης από τα παλιά MME / HSS τα νέα MME μπορούν να ξεκινήσουν μια διαδικασία ελέγχου ταυτότητας (NAS). Ο μηχανισμός ελέγχου ταυτότητας είναι η ίδιος όπως στο 3G.
4. Μετά την επιτυχή επικύρωση του νέουMME μπορεί να αρχίσει η ενημέρωση τουHSS και να κατεβάσει τα δεδομένα εγγραφής από εκεί. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των διαδικασιών Diameter,UPDATELOCATION και INSERTSUBSCRIBERDATA. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας το HSS θα αναγκάσει επίσης το παλιό MME να διαγράψει τα αποθηκευμένα δεδομένα για το συνδρομητή χρησιμοποιώντας τη DIAMETERλειτουργία CANCELLOCATION.

Σύνδεση(Attach)(2/2):



5. Με βάση τα στοιχεία εγγραφής του νέου MME πρέπει να αποφασίσει αν ένα defaultbearer πρέπει να δημιουργηθεί ή όχι. Το defaultaccesspointname(default APN) βοηθά το MME στην επιλογή του κατάλληλου SAE GW. Σε αυτό SGWτο μήνυμαCREATEDEFAULT BEARERREQUEST (GTP-C) αποστέλλεται. Το SAE GW θα δημιουργήσει τώρα το S5 / S8tunnel. Αυτό γίνεται με το ίδιο μήνυμα, αλλά αποστέλλονται στο PDN GW.
6. Όταν οι πόροι EPC για τοDefaultbearer ετοιμάζονται, το νέο MME μπορεί να δώσει το μήνυμαATTACHACCEPTστο eNB. Το μήνυμα S1-AP που θα περιέχει είναι το αίτημα αρχικής ρύθμισης Πλαισίου και θα κρατήσει επίσης το αναγνωριστικό τελικό σημείο του tunnelπου διατίθεται από τοS GW γιατην διεπαφή S1-U interface. Το ENB δημιουργεί το RadioBearer για τοDefault SAEbearer και επιστρέφει ATTACHCOMPLETE στο MME. Το μήνυμα S1-AP είναιαυτό που θα κρατήσει το TEID διαθέσιμο από το ENB για τη διεπαφή S1-U. Μέσω μιας διαδικασίας UPDATE BEARER το MME θα δώσει αυτήν την παράμετρο στο S-GW.
7. Τώρα τοDefaultSAEbearer είναι ολοκληρωμένο και το UE είναι σε κατάσταση EMM_REGISTERED και ECM_CONNECTED.

S1 Release



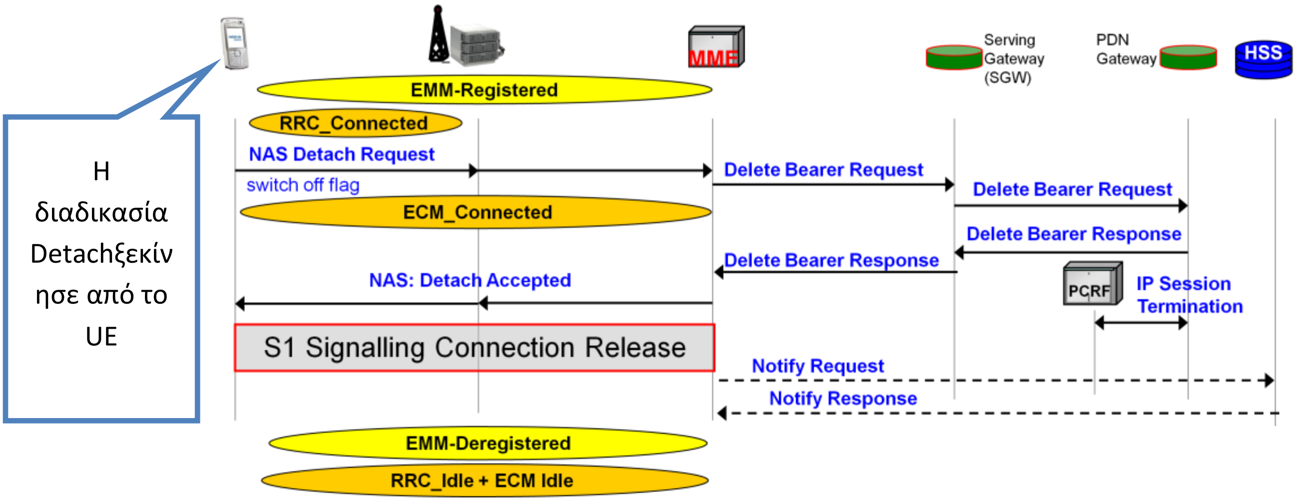
- Μετά τη σύνδεση το UE είναι σε κατάσταση EMM_Registered.
- Todefaultbearerέχεικατανεμηθεί (RRC_Connected + ECM_Connected) ακόμα και αν δεν μεταδίδει ή λαμβάνει δεδομένα.
- Αν υπάρχειμια μεγάλη περίοδος αδράνειας από το UE, το AdmissionControl πρέπει να ελευθερώσει τους πόρους. (RRC_Idle + ECM_Idle)

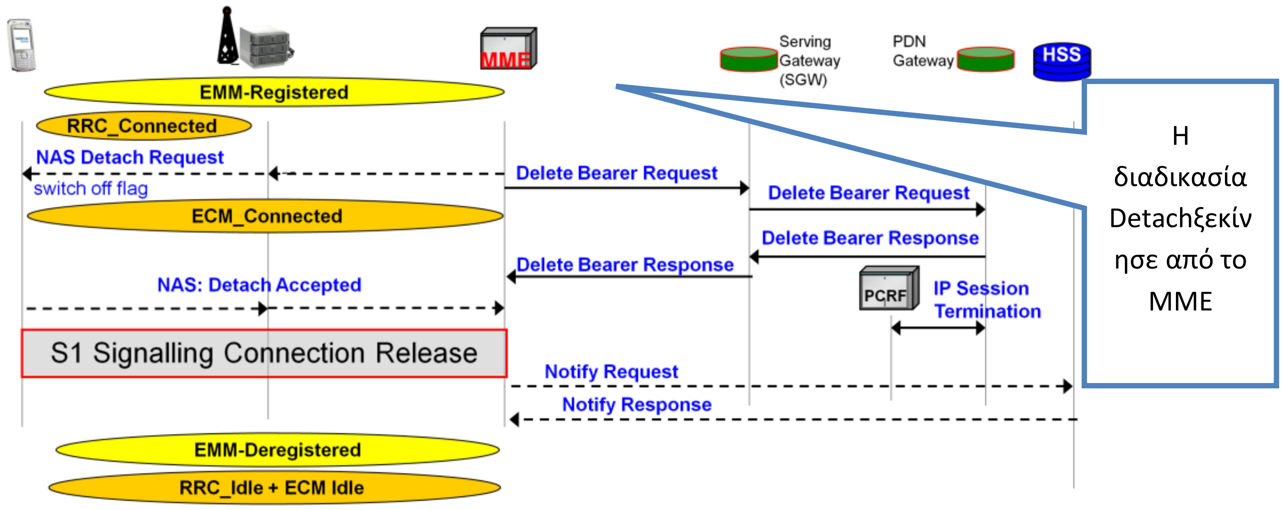
1. Το ENB μπορεί να στείλει το μήνυμα S1 Releaserequest (S1-AP) στο MME για να ζητήσει την απελευθέρωση όλων των πόρων EUTRAN για ένα UE. Το μήνυμα μπορεί για παράδειγμα να προκληθεί από την ανίχνευση μιας πολύ μακράς περιόδου αδράνειας.
2. Όταν το MME παίρνει μια ειδοποίηση για να απελευθερώσει το UE από το EUTRAN, θα απελευθερώσει το S1 tunnel που διατίθεται για τους SAEBeares του UE. Αυτό γίνεται με την αποστολή ενός μηνύματος UPDATEBEARERREQUEST (GTP-C) στο SERVING GW. Στο μήνυμαπεριέχεται η ένδειξη της αποδέσμευσης των πόρων S1.

3. Παράλληλα με το προηγούμενο βήμα, το MME θα στείλει το S1-AP μήνυμα S1 RELEASECOMMAND στο eNB. Θα προκαλέσει την απελευθέρωση του UE για την δειπαφή στον αέρα με το μήνυμα RRC CONNECTIONRELEASE (RRC). Αυτό θα φέρει το UE σε κατάσταση RRC_IDLE και με αυτό και στη κατάσταση ECM_IDLE. Το UE λαμβάνει γώση με την εντολή RELEASE RRC CONNECTION ACK.

Αποσύνδεση(Detach)

- Μπορεί να ενεργοποιηθεί από το UEή από το δίκτυο (MME,SGSNήHSS)
- Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας Detachόλα τα SAEBearersμε τα αντίστοιχα tunnelsκαι Radiobearersθα διαγράφονται.
- Το LTE-UEθα χάνει όλα τα προσωρινά IDs ()GUTI,C-RNTI,καιIPADDRESS)



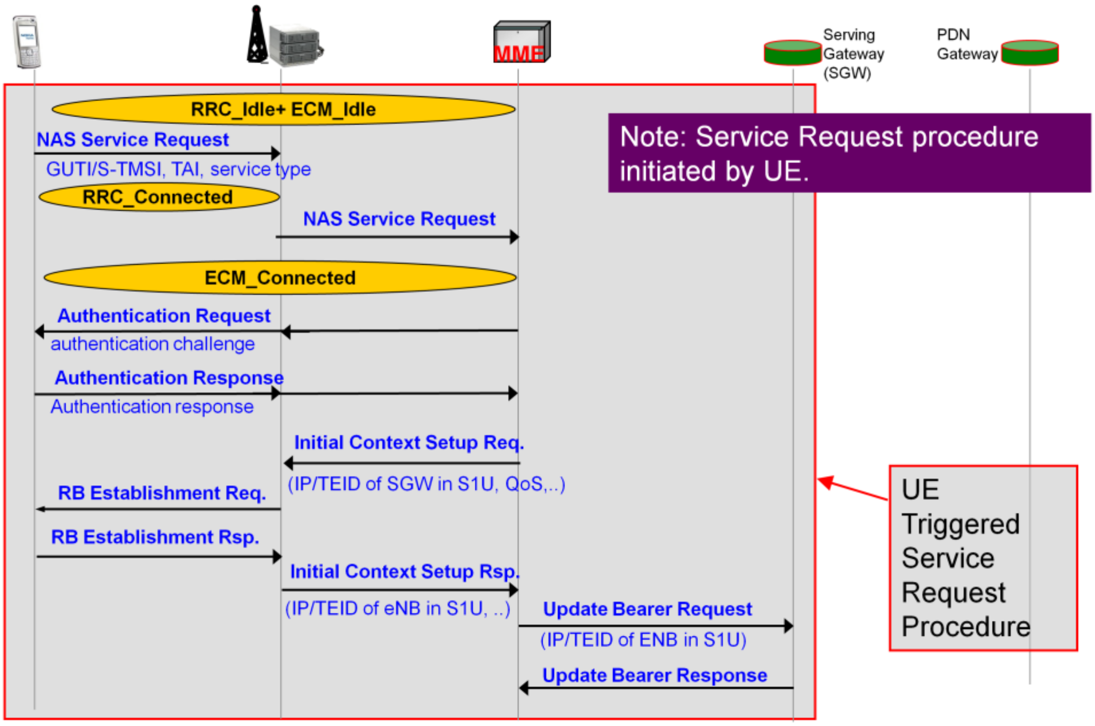


Η μετάβαση σε κατάσταση EMM_DEREGISTERED επιτυγχάνεται με την NASDetachδιαδικασία.Η διαδικασία Detachεπιτρέπει :

- Το UE να πληροφορεί το δίκτυο ότι δε χρειάζεται άλλο να έχει πρόσβαση στο EPS.

- Το δίκτυο να πληροφορεί τοUE ότι δε χρειάζεται άλλο να έχει πρόσβαση στο EPS.
- ΤοUEαποσυνδέετεείτεάμεσα(explicitly) είτεέμμεσα(implicitly): Explicit αποσύνδεση: Το δίκτυο ή το UE ζητά ρητά να αποσυνδεθεί. Implicit αποσύνδεση: Το δίκτυο αποσυνδέει το UE, χωρίς να το ενημερώσει. Αυτό συνήθως είναι η περίπτωση όταν το δίκτυο προϋποθέτει ότι δεν είναι σε θέση να επικοινωνήσει με το UE, π.χ. λόγω των Radio συνθηκών.
- Η διαδικασία αποτελείται από τηDETACH REQUEST / DETACH ACCEPT διαδικασία μεταξύ UE και MME και τη διαδικασία DELETE BEARER μεταξύ MME και S GW και PDN GW. Επιπλέον, στο τέλος της διαδικασίας S1RELEASE μεταξύ MME και ENB διαγράφονται οι Radio πόροι.

Service Request



Κάποιες φορές ένα UE πρέπει να αλλάζει κατάσταση από ECM_Idle σε ECM_connected Οι λόγοι για αυτό μπορεί να είναι ότι τα δεδομέναUL είναι διαθέσιμα ή η σηματοδότησηUL εκκρεμεί (π.χ. ενημέρωση περιοχής εντοπισμού,detach) ή τηλεειδοποίηση από το δίκτυοόπου ελήφθη.

Το UE στέλνει το NAS μήνυμα SERVICEREQUEST προς το MMEκωδικοποιημένο σε ένα μήνυμα RRC στο eNodeB. Εάν υπάρχουν πολλαπλάMME συνδεδεμένα με τοEnb πρέπει το ENB να επιλέξει το σωστό MME (αυτό όπου τοUE είναι εγγεγραμμένο) από την S-TMSI / Guti και TAI. Η παράμετρος τύπου υπηρεσίας υποδεικνύει την προαναφερθείσα αιτία για την αίτηση υπηρεσίας.

ToeNodeB προωθεί έναNAS μήνυμα στοMME. Το NAS μήνυμα είναι κωδικοποιημένο σε ένα S1-AP: Αρχικό μήνυμα UE (NAS μήνυμα, TAI + ECGIτου servingcell, S-TMSI, CSGID,CSGAccessMode).Μπορούν να εκτελούνται διαδικασίες ελέγχου ταυτότηταςNAS.

ToMMEστέλνειS1-APInitialContextsetupRequest (SGW, S1-TEID (s) (UL), EPSBearerQoS (s), ΠλαίσιοΑσφαλείας, MMESignallingConnectionId, HandoverRestrictionList,...) μήνυμαστοκόμβοeNodeB. Αυτό το βήμα ενεργοποιεί το Radio και S1 bearer για όλα ταενεργά EPSbearers. ToeNodeBαποθηκεύει: Πλαίσιο Ασφαλείας, IdMMESignallingConnection, EPSBearerQoS (ες) και S1-TEID (s) στο UERAN πλαίσιο.

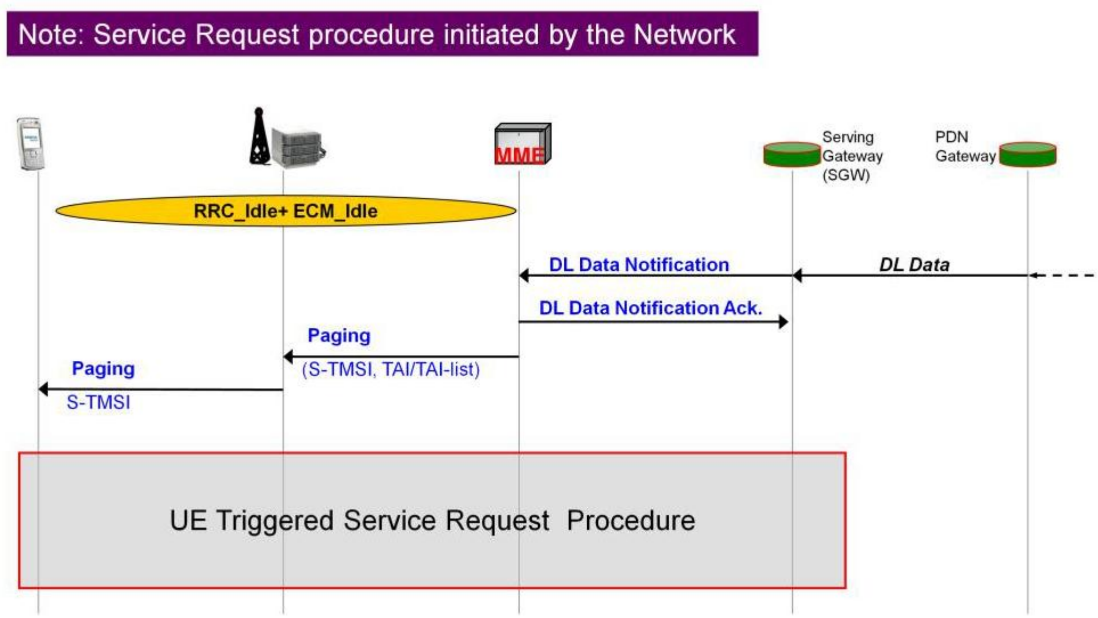
ToeNB εκτελεί τη διαδικασία εγκατάστασης των Radiobearerς. Η ασφάλεια επιπέδου χρήστη είναι εγκατεστημένη σε αυτό το βήμα. Όταν του επιπέδου χρήστη τα Radiobearersείναι ρυθμισμένα η ServiceRequest έχει ολοκληρωθεί καιη κατάσταση του EPSBearer είναι συγχρονισμένη μεταξύ του UE και του δικτύου.

Τα δεδομένα uplink από το UE μπορούν τώρα να διαβιβαστούν από το eNodeBστο SGW. ToeNodeB στέλνει τα δεδομένα uplink στην διεύθυνση SGW. Η SGW προωθεί τα δεδομένα uplink στο PDNGW.

ToeNodeB στέλνει ένα μήνυμα S1-APInitialContextSetupComplete(διεύθυνση eNodeB, κατάλογος των αποδεκτών EPSbearer, Κατάλογος απορριφθέντωνEPSbearers, S1 TEID (s) (DL)) για τοMME.

ToMME στέλνει ένα μήνυμα Αίτησης Τροποποίησης bearer (διεύθυνση eNodeB, TEID (s) (DL) για τα αποδεκτάEPSBearers, DelayDownlinkPacketNotificationRequest, RATType) στοSGW. ToSGW είναι πλέον σε θέση να μεταδώσει downlinkδεδομένα προς το UE.

Το SGW στέλνει μια απάντηση Τροποποίηση Bearer για τοMME.



1.Όταν η S GW λάβει έναdownlink πακέτο δεδομένων για ένα UE γνωστή ως “όχι επίπεδο χρήστη συνδεδεμένο”(π.χ. το πλαίσιο δεδομένων του S-GW δείχνει ότι δεν υπάρχειdownlink σε επίπεδο χρήστη TEID),αποθηκεύει το downlinkπακέτο δεδομένωνκαι προσδιορίζει ποια MME εξυπηρετεί το UE .

2.Το S GW στέλνει ένα μήνυμα ειδοποίησης downlink δεδομένων για το MME για το οποίο έχει τον έλεγχο επιπέδου συνδεσιμότητας για το συγκεκριμένο UE. Το MME ανταποκρίνεται στο S-GW με μήνυμα Downlink DataNotification Ack.Εάν το S GW λαμβάνει πρόσθετα downlink πακέτα δεδομένων για αυτό το UE, το S GW αποθηκεύει προσωρινά αυτές τα downlink πακέτα δεδομένων και το S GW δεν αποστέλλει ένα νέο Downlink DataNotification.

3.Το MME στέλνει ένα μήνυμα ειδοποίησης (NAS ID για σελιδοποίηση, TAI (s), UE identitybased DRXindex, μήκους σελιδοποίησης DRX, κατάλογος CSG IDs για σελιδοποίηση) σε κάθε eNodeB που ανήκουν στην περιοχή (ες) εντοπισμού στο οποίο είναι το UE .

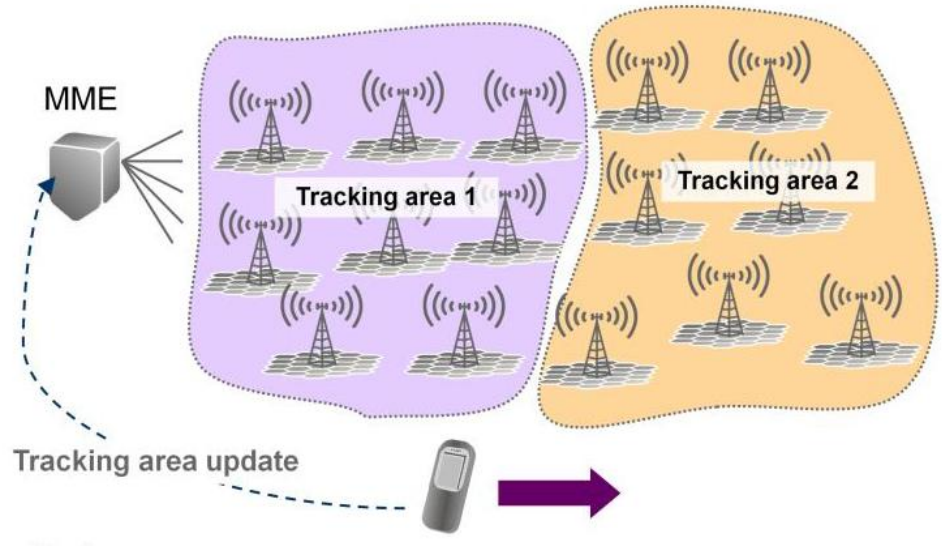
4.Σε περίπτωση πουτο eNodeBλάβει μηνύματα ειδοποίησης από το MME, η UE σελιδοποιείται από τα eNodeBs.

Τα βήματα 3-4 παραλείπονται αν το MME έχει ήδη μια σύνδεση σηματοδότησης πάνω στο S1-MME προς το UE.

5.Όταν το UE είναι στηνκατάσταση ECM-IDLE, μετά τη λήψη της ένδειξης σελιδοποίησης στη E-UTRAN Access, το UE ξεκινά τη διαδικασία UE TriggeredServiceRequest.

Ενημέρωση εντοπισμού περιοχής (TrackingAreaUpdate-TAU)

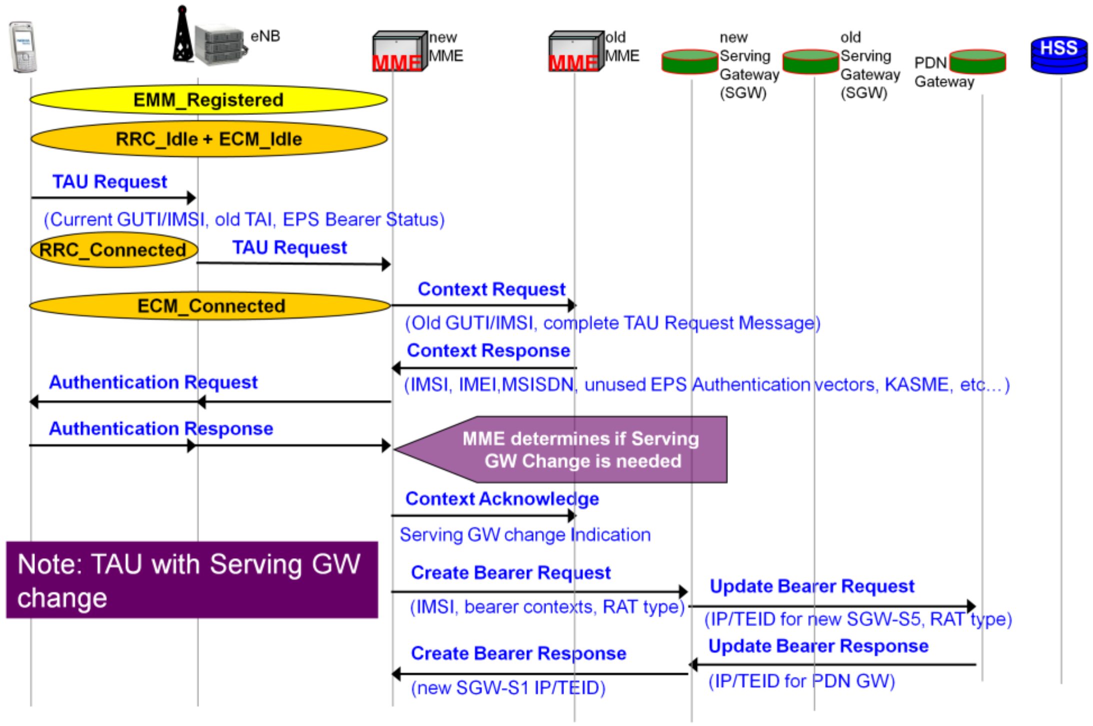
Η περιοχή εντοπισμού είναι παρόμοι με το Location/Routingπεριοχή στο 2G/3G.TAI (Tracking Area Identity)=MCC(Mobile Country Code) + MNC (Mobile Network Code) + TAC (Tracking Area Code). Όταν το UEείναι ECM-Idle, το MME γνωρίζει τη τοποθεσία του UEμε ακρίβεια περιοχής εντοπισμού.



Μια Περιοχή Εντοπισμού συμβαίνει αν:

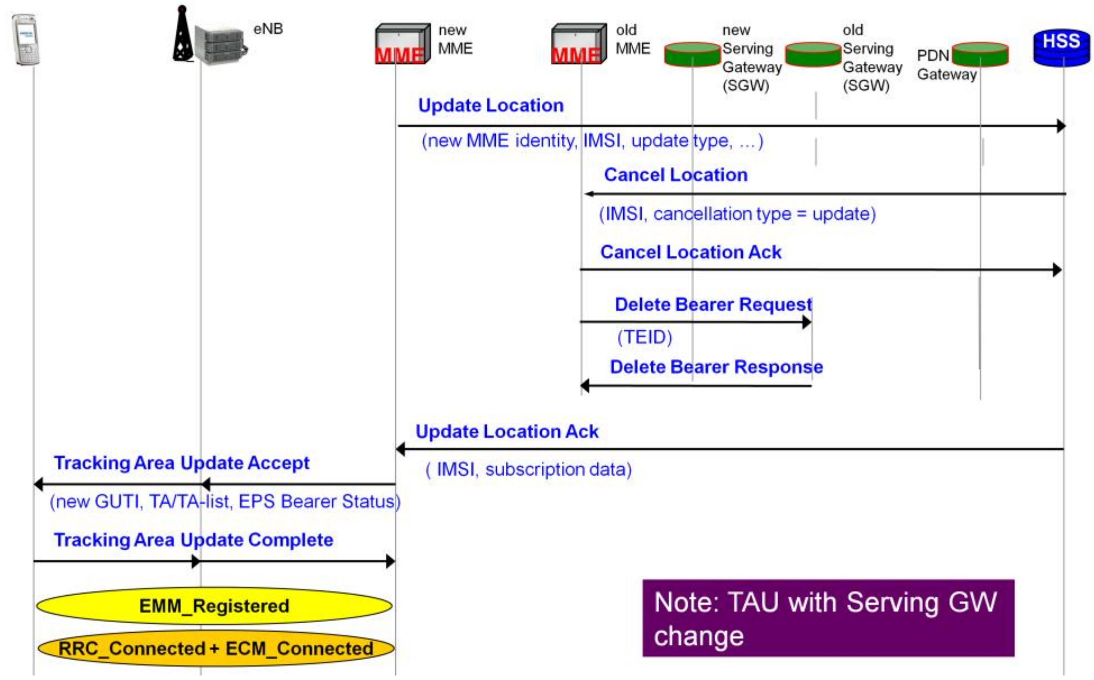
- Το UEεντοπίσει ότι έχει μπει μια καινούρια Περιοχή Εντοπισμού η οποία δεν είναι στη λίστα των TAIs του δικτύου.
- Ο χρόνος περιοδικής ενημέρωσης εντοπισμού περιοχής έχει λήξει.

TAU (Tracking Area Update)(1/2)



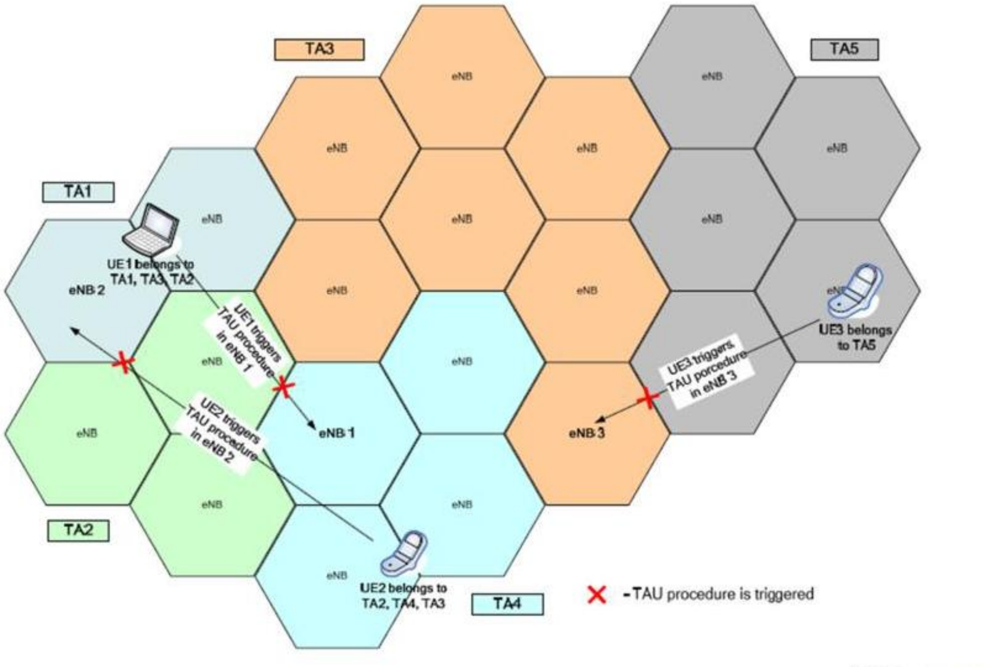
1. Το UE στέλνειTRACKINGAREA UPDATE REQUESTμετοτρέχον guti ή IMSI, old TAI καιπληροφορίεςκατάστασης EPS Bearer γιατοeNB. Το ένα πρέπει να προωθήσει το μήνυμα στοMME. Εάν δεν μπορεί να επιλεγεί το παλιόMME, τότε ένα νέοMME πρέπει να επιλεγεί από τον ENB.
2. Το νέοMME πρέπει πρώτα από όλα να πάρει την ταυτότητα (IMSI) του συνδρομητή και να τον ταυτοποιήσει. Ως εκ τούτου, τα νέα MME σε επαφή με το παλιό μέσω GTP-CCONTEXTREQUEST H CONTEXTRESPONSE περιέχει IMSI, φορείς πιστοποίησης, αλλά και όλες τις πληροφορίες σχετικά με τα τρέχοντα ενεργά SAEBearers αυτού του χρήστη.
3. Με έναν από τους φορείς ταυτοποίησης το νέοMME μπορεί να ξεκινήσει την ταυτοποίηση.
4. Μετά την επιτυχή ταυτοποίηση,το νέοMME αναλύει εάν είναι αναγκαία μια αλλαγή στο SGW.
5. ΤοΝέοMME ενημερώνει το παλιό που είναι έτοιμο να αναλάβει τον έλεγχο του UE (ContextAcknowledgemessage). Το παλιό MME θα ξεκινήσει τώρα ένα χρονόμετρο και θα περιμένει για την ακύρωση της εγγραφής του συνδρομητή.
6. Παράλληλα με το προηγούμενο βήμα το νέοMME στέλνει GTP-CCREATEBEARERREQUEST στοSGWπου έχει επιλεγεί. Το μήνυμα θα προκαλέσει την εγκατάσταση των νέων S1tunnels και την ενεργοποιήσουν μια ενημέρωση προς τοPDNGW. Αυτό θα αλλάξει την πορεία της κυκλοφορίας από τοPDNGW σε νέοSGWκαι έπειτα σε νέοeNB.

TAU(2/2)



7. Επίσης παράλληλα με τα προηγούμενα βήματα το MME θα ενημερώνει το HSS. Κατά τη διάρκεια αυτή το HSS θα ακυρώνει την την εγγραφή του συνδρομητή στο παλιό MME. Το παλιό MME επίσης διαγράφει τα παλιά tunnelsστο παλιό SGW.
8. Τέλος το UE λαμβάνει ένα NASμήνυμα TRACKINGAREAUPDATEACCEPT. Σε αυτό θα περιέχεται ένα νέο GUTIκαι μιανέα περιοχή εντοπισμού (ή λίστα περιοχών εντοπισμού). Το UEπρέπει να το επιβεβαιώσει στέλνοντας την TRACKINGAREUPDATECOMPLETE.

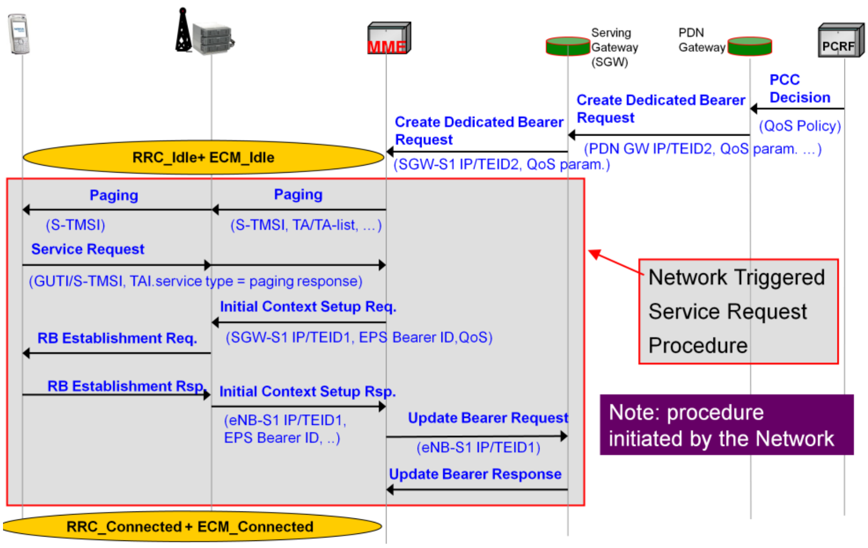
Η ιδέα του "Πολλαπλως εντοπισμός εγγραφών περιοχών" (Multi Tracking Area Registration)



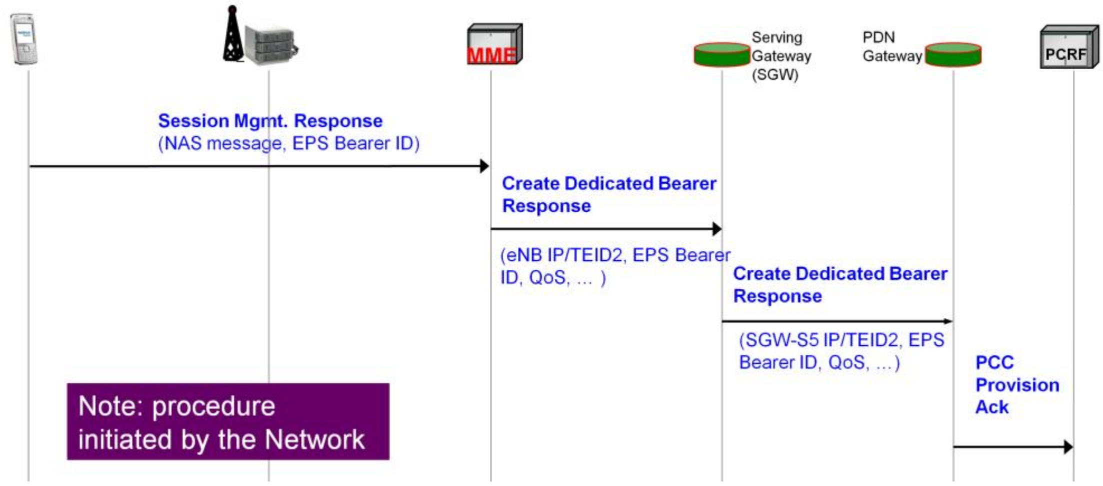
Το UEενεργοποιεί το TAUόταν κινείται σε έναcellπου ανήκει σε ένα TA, που δεν είναι στη λίστα TA για αυτό το UE.

<u>Ενεργοποίηση Dedicated Bearer</u>

- ToDefaultSAEbearerδημιουργείται όταν το UEπραγματοποιεί την σύνδεση.
- ~~Ακόλουθα~~SAE Bearers είναιγνωστάωςDedicated SAE bearers.
- Αναμένονται να κατανεμηθούν με βάση τις εφαρμογές, με τη παράμετρο ότι είναι εξαρτημένα από τις εφαρμογές.
- Τα DedicatedSAEBearersμπορούν να ενεργοποιηθούν από το δίκτυο, όχι μόνο από το χρήστη, όπως τα PDPContextστο GPRS.



1. Το εξωτερικό δίκτυο δεδομένων ενεργοποιεί το αίτημα για ένα νέο bearerIP συνδεσιμότητας (SAEBearer), μέσω τουPCRF συνδέεται με την πύλη PDN που κατέχει την DefaultSAEBearer αυτού του χρήστη. Αυτό στέλνεται σε μορφή μιας PolicyandChargingControl (PCC) απόφασης (πολιτική QoS) από PCRFστοPDNGW.
2. Το PDNGW πρώτα από όλα χρησιμοποιεί τοGTP-CCREATEDEDICATEDBEARERREQUEST για να ρυθμίσει totunnel μεταξύ PDNGW και SGW.
3. ToSGW διαθέτει τους πόρους για τοS5 / S8tunnel και προωθεί ένα σχετικό αίτημα στο MME για τοS1tunnel.
4. Εάν το UE είναι κάποια στιγμήECM_IDLE πρέπει να είναι paged. Έτσι, τοMME στέλνει μηνύματα PAGINGτου πρωτοκόλλου S1-AP σε όλα Enb που κατέχουν κελιά της τρέχουσας περιοχής εντοπισμού του UE (ή περιοχές εντοπισμού). Εάν το UE λαμβάνει ένα τέτοιο Paging θα απαντήσει με τη διαδικασία SERVICEREQUEST. Έπειτα το DefaultSAEBearer θα αποκατασταθεί.



5. ToUENASεπίπεδοδημιουργείμιαSessionManagementResponseπουπεριλαμβάνειEPS BearerIdentity. Το UE στησυνέχειαστέλνειέναDirectTransfer (Session Management Response) μήνυμαστο MME.
6. ΜετάτηλήψητουμηνύματοςBearerSetupResponseκαιτομήνυμα Session ManagementResponseτουβήματος 5, το MME επιβεβαιώνειτηνενεργοποίησητουbearerστο S GW στέλνονταςέναCreate Bearer Response (EPS Bearer identity, S1-TEID) μήνυμα.
7. ToS GW επιβεβαιώνειτηνενεργοποίησητουbearerστο PDN GW στέλνονταςέναCreate Bearer Response (EPSBearer Identity, S5 / S8-TEID) μήνυμα.
8. Εάν η διαδικασία ενεργοποίησηςbearer ενεργοποιήθηκε από ένα μήνυμα PCC DecisionProvision από το PCRF, η PDN GW δηλώνει στην PCRF αν η ζητούμενη PCCdecision (πολιτική QoS) θα μπορούσε να εφαρμοστεί ή όχι, επιτρέποντας την ολοκλήρωση τηςδιαδικασίας PCRF- Initiated Session Modication.

LTE/EPS Handover (Μεταπομπή)

- Όταν το UE είναι σε ECM_Connected κατάσταση, ο χειρισμός της κινητικότητα πραγματοποιείται μέσω ελεγχόμενων δικτυακάhandovers με τη βοήθεια τουUE.

- Η βοήθεια του UE σημαίνει ότι το UE στέλνειμετρήσεις και εκθέσεις στοEnb για να βοηθήσει στηναπόφαση για Handover.
- Επί του παρόντος προβλέπεται ότι γειτονικά κελιάβασίζονται στουUE την δυνατότητα ανίχνευσης κελιών παρά σε ένα δίκτυο που παρέχεται κατάλογος γειτονικών κελιών.

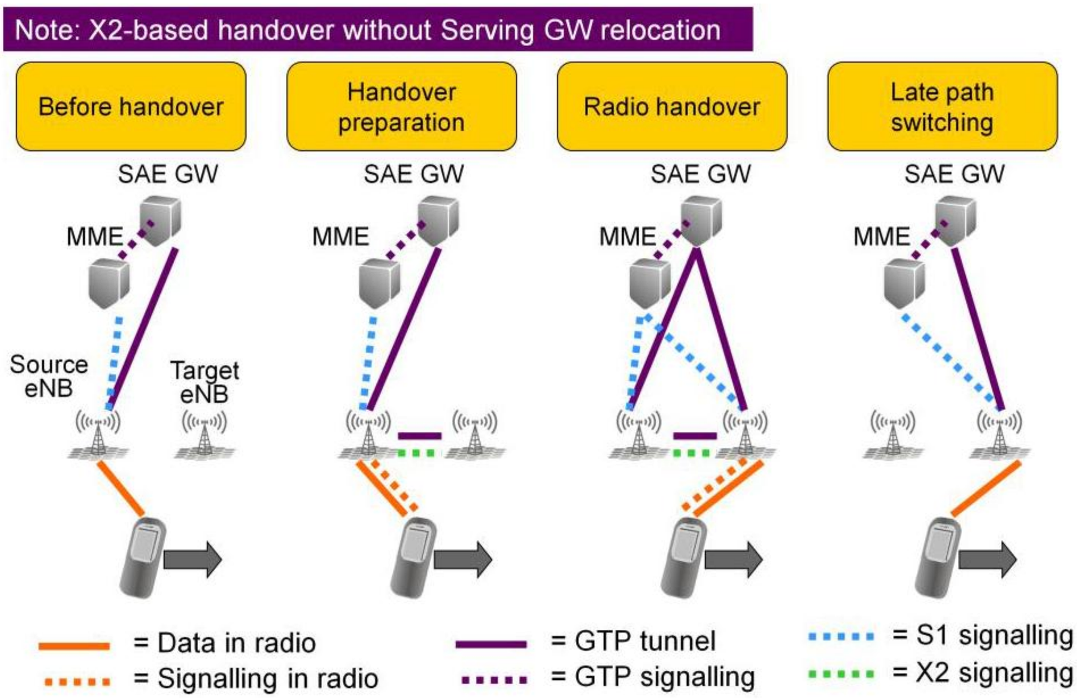
InterLTEIEPSΤύποι Δικτυακών handover:

a. IntereNBhandover.
b. IntereNBhandover με διασύνδεση X2 (με ή χωρίς να εξυπηρετούν SGW επανατοποθέτηση)
c. Inter eNBhandover χωρίς διεπαφή X2 (S1-based handover)

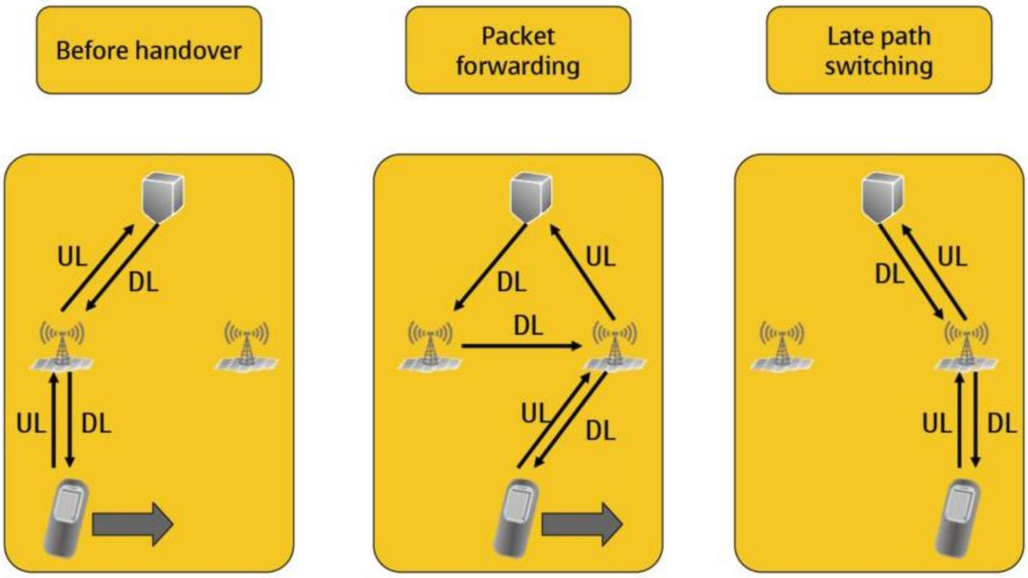
LTE/SAE Handover αρχές

1. Lossless (χωρίς απώλεια): Downlink πακέτα προωθούνται από το κελί προέλευσης στο κελί στόχο.
2. Ελεγχόμενο Δικτυακά:
    a. Το κελί στόχος επιλέγεται από το δίκτυο, όχι από το UE.
    b. Έλεγχο -Handover στο E-UTRAN (όχι στο πυρήνα των πακέτων)
3. UE-βοήθεια: Οι -μετρήσεις συλλέγονται από το UE και αναφέρονται στο δίκτυο.
4. Διακόπτη καθυστερημένης διαδρομής: Μόνο μια φορά το handover είναι επιτυχές,όταν ο πυρήνας του πακέτουσυμμετέχει.

Διαδικασία Handover



Εναλλαγή Επίπεδου Χρήστη σε Handover



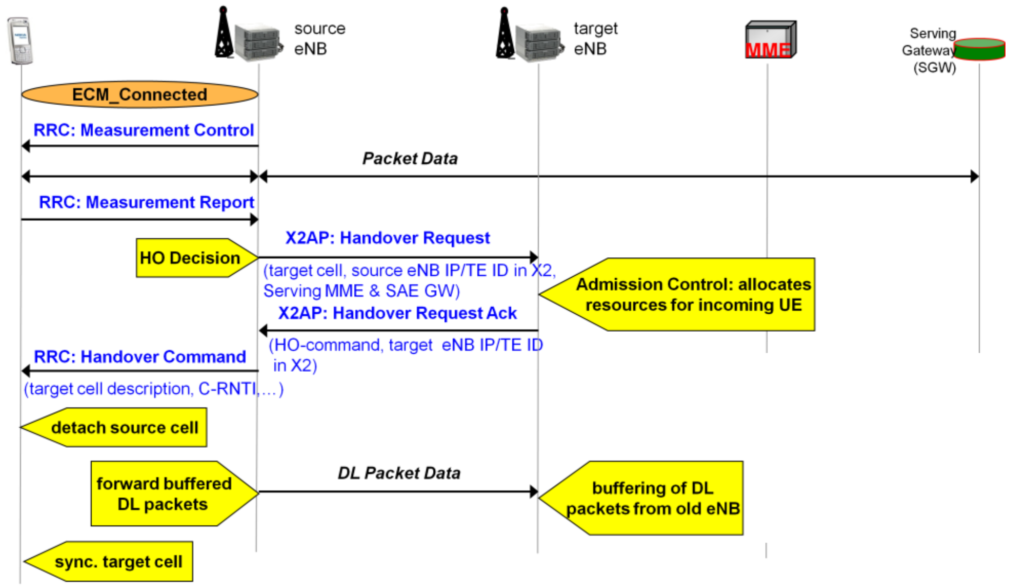
Διαβίβαση Δεδομένων:
downlink

- Το πηγαίοEnbπροωθεί όλα tadownlinkRLCSDUs που δεν έχουν αναγνωριστεί από τοUE στο Enb στόχο.
- ToEnb στόχοςεπαναμεταδίδει και να θέτει προτεραιότητα σε όλα RLCCDUsdownlink που προωθήθηκαν από την πηγή Enb μόλις τα απόκτησε.
- Αναδιάταξη και αποφυγή επικάλυψης τουUE.

Uplink

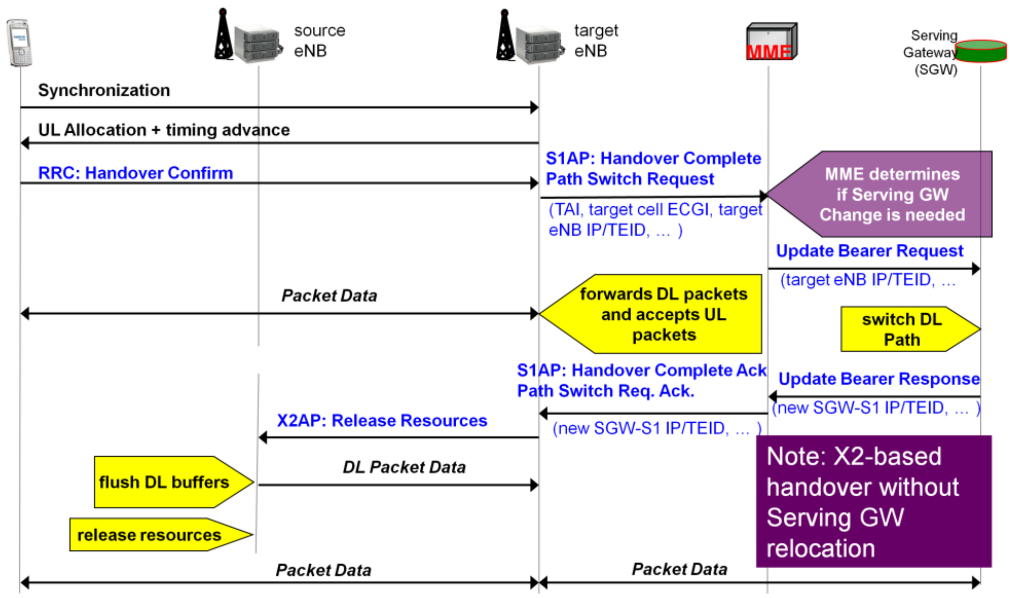
- Η πηγή Enbπροωθεί όλα τα επιτυχώς ληφθένταuplinkRLCSDUs στο EPC.
- ΤοUEεπαναμεταδίδει το uplinkRLCSDUs που δεν έχουν ληφθεί επιτυχώς από την πηγή eNB.
- Αναδιάταξη και αποφυγή επικάλυψης τουEPC

Inter eNB Handover μεX2 διεπαφή(1/2)



1. Η πηγή ENB ρυθμίζει τις διαδικασίες μέτρησης UE με MEASUREMENTCONTROL
2. ΤοUE ενεργοποιείται για να στείλει MEASUTEMENTREPORT στην πηγή eNB. Μπορεί να είναι συμβάν που πυροδοτείται ή περιοδικό.
3. Η πηγή ENB καθιστά την απόφασηγια handover με βάση την έκθεση του UE + τις πληροφορίες φόρτωσης και υπηρεσιών.
4. Όταν η πηγή (τρέχον serving) Enb αποφασίζει να ξεκινήσει ένα Handover ενός UE σε ένα γειτονικό κελί σε ένα νέο Enb (στόχος) θα επικοινωνήσει με αυτό το Enb στόχο. Αυτό γίνεται μέσω του μηνύματος X2-AP HANDOVERREQUEST. Το μήνυμα θα περιέχει το κελί-στόχο για το UE, το τρέχον serving MME καιτο SAE GW. Είναι καθήκον του eNB στόχου να διαθέσει εικονική χωριτικότητα στο κελί-στόχο μέσω της λειτουργίας ελέγχου αποδοχής του.
5. Αν γίνει αυτό, το ENB στόχος επιστρέφει μέρος του μηνύματος handover για το UE εντός του X2-AP μηνύματος HANDOVERREQUESTACKNOWLEDGE. Σε αυτό το μήνυμα, επίσης, ένα tunnelδιαβίβασης δεδομένων (TEID από το ENBστόχο) ενδείκνυται. Επιτρέπει στην πηγή eNB να διαβιβάσει ένα αποθηκευμένο ή ακόμα και κάποιο που εξακολουθεί να καταφθάνειπακέτο στο στόχο eNB.
6. Η πηγή eNB μπορεί να δώσει τώρα την εντολή HANDOVER (RRC) για το UE. Η εντολή περιέχει τη ρύθμιση για το UE στο νέο κελί και ενδεχομένως ήδη μια κατανομήUL/DL πόρων. Η UE θα αποσυνδεθεί από το παλιό κελί και θα συγχρονιστεί με το νέο κελί. Εν τω μεταξύ η πηγή eNB μπορεί να ξεκινήσει downlink προώθηση πακέτων μέσω της διεπαφής X2.

Inter eNB Handover μεX2 διεπαφή(2/2)



7. Το UE εκτελεί το τελικό συγχρονισμό με το eNB στόχο και εισέρχεται στο κελί μέσω της διαδικασίας RACH (επιτυγχάνεται DL προ-συγχρονισμός κατά την διάρκεια ταυτοποίησης των κελιών και των μετρήσεων).
8. Το ENB στόχος δίνει την uplink κατανομή και προχωρημένου χρόνου πληροφορίες.
9. Μετά τον επιτυχημένο συγχρονισμό μεταξύ του UE και το νέου κελιού, η UE επιβεβαιώνει το Handoverμε το RRC μήνυμα HANDOVERCONFIRM. Αυτό θα

προκαλέσει ένα μήνυμαHANDOVERCOMPLETE του S1-AP για να αποσταλεί στο MME. Απλώς ενημερώνει το MME που τώρα ένα νέο ENB είναι υπεύθυνο για το UE. Έτσι, αυτό το μήνυμα θα περιέχει τις διευθύνσεις IP και TEIDs του ENB στόχου για τα S1 tunnels. Επιπροσθέτως περιέχει το TAI και το κελί-στόχο ECGI.

10. Το έργο του MME είναι να στείλει αυτές τις πληροφορίες μέσω του GTP-C UPDATEBEARERREQUEST στην S GW. Αυτό θα αλλάξει την πορεία της κυκλοφορίας εντελώς από SGW στο eNB στόχο.
11. Το SGW αλλάζει τη διαδρομήdownlink δεδομένων προς την πλευρά του στόχου.
12. ΤοSGWστέλνειέναμήνυμα UPDATE BEARER RESPONSEπροςτο MME.
13. Το MME επιβεβαιώνει την εκτέλεση του Handover με το μήνυμαHANDOVERCOMPLETE ACK.
14. Με την αποστολή RELEASERESOURCE ο στόχος eNB ενημερώνει την επιτυχία του handoverστην πηγή eNB και ενεργοποιεί την απελευθέρωση των πόρων.
15. Με τη λήψη του μηνύματος RELEASERESOURCE, η πηγή eNB μπορεί να απελευθερώσει Radio και C-επιπέδουσχετικούς πόρους που αντιστοιχούν στο UE Context.

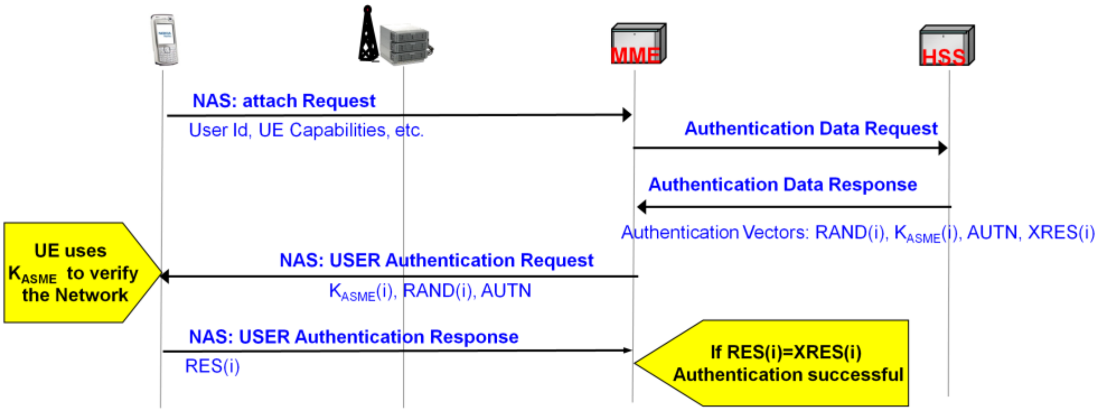
LTE/SAE Ασφάλεια: EPS ταυτοποίηση και συμφωνία κλειδιού(AuthenticationandKeyAgreement-AKA)

- EPS Authentication and Key Agreement (EPS AKA) θαπρέπειναβασίζεταιστο UMTS AKA.
- UMTSAuthenticationandKeyAgreement-AKA είναι ένα πρωτόκολλο σχεδιασμένο για να υποστηρίζει την περιαγωγή και την γρήγορη εκ νέου ταυτοποίηση.
- Αρχικά είχε σχεδιαστεί για να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατήσυμβατότητα με τους 2G μηχανισμούς ασφαλείας.

Οι απαιτήσεις του EPSAKA είναι:

- ΟEPSAKA θα πρέπει να βασίζεται στοUSIM και σε επεκτάσεις UMTSAKA
- Δεν πρέπει να χορηγείται πρόσβαση στο E-UTRAN με 2GSIM. Οι R99 USIMs θα γίνονται δεκτές.
- ΤοEPSAKA θα παράγει τα κλειδιά που αποτελούν τη βάση τουC-επιπέδου και την προστασία του επιπέδου U.
- Το UMTSAKA επιτυγχάνει αμοιβαίο έλεγχο ταυτότητας μεταξύ του χρήστη και του δικτύου " αποδεικνύοντας τη γνώση του για ένα προ-κοινόχρηστο μυστικό κλειδί K το οποίο είναι γνωστό μόνο στο USIM και τοAuC στο HSS του χρήστη.

EPS διαδικασίαταυτοποίησης (Authentication Procedure)



- RAND είναι μια τυχαία τιμή.
- KASME είναι μια παράμετρος ταυτοποίησης ,που χρησιμοποιείται μαζί με άλλα καθήκοντα, για ταυτοποίησης δικτύου.
- AUTNείναι το σύμβολο ταυτοποίησης δικτύου
- XRESείναι το UEαναμενόμενο αποτέλεσμα του υπολογισμού ταυτοποίησης.

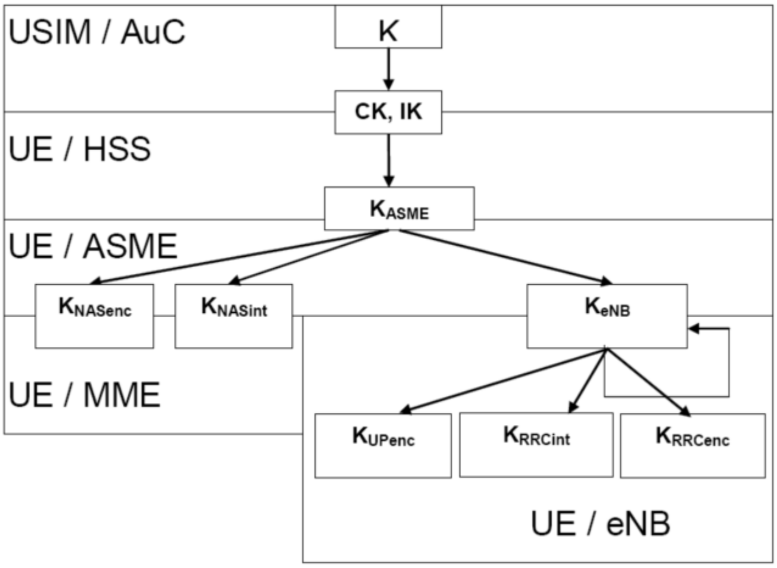
Λειτουργίες Ασφαλείας- Κρυπτογράφηση

Ασφάλεια σηματοδοσίας

- Για το κεντρικό δίκτυο(NAS) σηματοδοσίας,ακεραιότητα και προστασία απορρήτου ορίζονται στο MME
- Για το Radioδίκτυο (RRC)σηματοδοσίας,ακεραιότητα και προστασία απορρήτου ορίζονται στο eNodeB.

Ιεραρχία των κλειδιών ασφαλείας του EPS

(3GPPTS 33.401, section 6.2)



- *Όλα τα κλειδιά που χρησιμοποιούνται για ασφάλεια είναι 128 bits*
- *Υπάρχει πιθανότητα να χρησιμοποιηθούν και 256 bits κλειδιά αργότερα.*

Η δημιουργία των κλειδιών ενεργοποιείται από τις διαδικασίες Authentication andKeyAggreement (AKA). Στο LTE το MME ενεργείως Access Security ManagementEntity (ASME). Αυτή είναι η οντότητα του δικτύου πρόσβασης που δέχεται toplevel κλειδιά από το HSS. ToUMTS AKA είναι σε θέση να συμφωνούν τα τα δύο κλειδιά, CK και IK, στο USIM και στο AuC. Στο LTE ποτέ αυτά τα πλήκτρα δεν αφήνουν το HSS. Αντιθέτως, χρησιμοποιούνται για να αντλούν Kasme, το οποίο μεταφέρεται από το HSS στο MME ως μέρος του AuthenticationVector. Τα κλειδιά που χρησιμοποιούνται για τα UP, NAS και AS προστασίας πρέπει να εξαρτώνται από τον αλγόριθμο με τον οποίο χρησιμοποιούνται. Τα κλειδιά που χρησιμοποιούνται για UP, NAS και RRC (AS) προστασία, πρέπει να εξαρτάται από τον αλγόριθμο με τον οποίο χρησιμοποιούνται.

EPS/LTE Κλειδιά Ασφαλείας (1/2)

Κλειδιά μοιράζονται μεταξύ του UE και HSS:

- K -> Αυτό είναι ένα μόνιμο κλειδί αποθηκευμένο στηUSIM και στο εξουσιοδοτημένο κέντρο (AUC). Η AuC βρίσκεται στο HSS.
- CK, IK -> είναι ένα ζεύγος κλειδιών που προέρχονται από το AUC και την USIM κατά τη διάρκεια μιας λειτουργίας AKA.

Ενδιάμεσα Βασικά Κοινοποιημένα από το UE και τον Access SecurityManagementEntity: (ASME=MME)

- KASME->Αυτό το κλειδί προέρχεται από το CK,IK και εξυπηρετούντην ταυτότητα του PLMN από το UE και το HSSκατά τη διάρκεια ενόςAKA. Μεταφέρεται στο ASME (MME) από το HSSως μέρος της απάντησης του φορέα ταυτοποίησης. Το ServingPLMN'sidentity γίνεται γνωστό στο UE ως μέρος τη διαδικασία σύνδεσης.

Ενδιάμεσα κλειδιά για Δίκτυα Πρόσβασης

- KeNB Το κλειδί προέρχεται απότο Kasme από την UE και το MME. Εξαρτάται από τη ταυτότητα του eNB. Αυτό το κλειδί μεταφέρεται στο eNB.

EPS/LTEΚλειδιάΑσφαλείας (2/2)

KeysγιαNASσηματοδοσία

K_{NASint} ->Αυτότοκλειδίπροέρχεται από τοKasmeαπότηνUEκαιτοMME.Χρησιμοποιείταιγιαπροστασίαακεραιότητας της κυκλοφορίας NAS.

K_{NASenc} ->Αυτότοκλειδί προέρχεται από τοKasmeαπότηνUEκαιτοMME.Χρησιμοποιείταιγιακωδικοποίηση της κυκλοφορίας NAS.

ΚλειδιάγιαU-planeκυκλοφορία

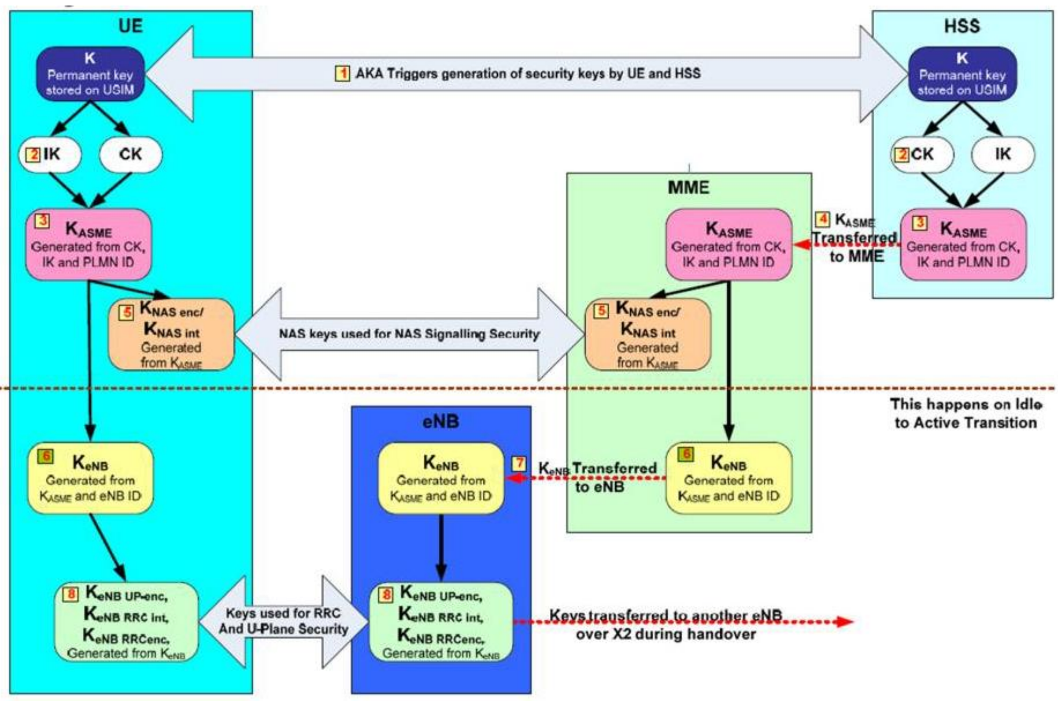
K_{UPenc} ->ΑυτότοκλειδίπροέρχεταιαπότοKeNBγιατοUEκαιτοeNBκαιχρησιμοποιείταιγιακρυπτογράφησητωνδεδομένωνU-planeπάνωστηδιεπαφήLTE-Uu. Για να πάρουμε αυτό το κλειδί, ένας ταυτοποιητής για τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης κοινοποιείται μεταξύ του eNBκαι του UE.

Κλειδιά για RRCσηματοδότηση

K_{RRCint} ->Αυτό το κλειδί προέρχεται από το KeNBγια τοUEκαιτοeNBκαιχρησιμοποιείταιγιαπροστασίαακεραιότητας της κυκλοφορίας NAS. Για να πάρουμε αυτό το κλειδί, ένας ταυτοποιητής για τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης κοινοποιείται μεταξύ του eNBκαι του UE.

$K_{RRC-enc}$ ->Αυτό το κλειδί προέρχεται από το KeNBγια τοUEκαιτοeNBκαιχρησιμοποιείταιγιακρυπτογράφηση της κυκλοφορίας NAS. Για να πάρουμε αυτό το κλειδί, ένας, ένας ταυτοποιητής για τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης κοινοποιείται μεταξύ του eNBκαι του UE.

Διαδικασία δημιουργίας κλειδιών



1. Όταν ένα UE συνδέεται αρχικά με το δίκτυο το MME θα ταυτοποιήσει τον συνδρομητή χρησιμοποιώντας UMTS4. AKA. Αυτό ενεργοποιεί την παραγωγή των κλειδιών ασφαλείας από το UE και το HSS. Σε αυτό το σημείο το UE και το HSS γνωρίζουν το PLMN ID που χρησιμοποιείται στην παραγωγή του Kasme.
2. Το UE καιτο HSS παράγουν CK και IK από K και την RAND τιμή που χρησιμοποιείται στο UMTS-AKA.
3. Το UE και το HSS λαμβάνουν Kasme από CK, IK και PLMN-ID.
4. Το HSS μεταφέρει Kasme στο MME ως μέρος του φορέα ελέγχου ταυτότητας που χρησιμοποιείται στο EPS AKA.
5. Μόλις το UE έχει επιτυχώς ταυτοποιηθεί το MME και το UE παράγουν τα κλειδιά για NAS ασφάλεια σηματοδότησης - KNAS int και KNAS enc
6. Το MME και το UE παράγει το κλειδί KeNB από το Kasme και το ENB-ID.
7. Το MME μεταφέρει KeNB στο ENB σε όλο το S1-MME. Αυτό το κλειδί μεταφέρεται ως μέρος του μηνύματος InitialContextSetupRequest για το Enb.
8. Το ENB καιτο UE παράγει τα κλειδιά που χρησιμοποιούνται για την προστασία της RRC σηματοδότησης (KeNB RRC-int και KeNB RRC-enc) και U-planeκυκλοφορίας (KeNB UP-enc), χρησιμοποιώντας KeNB.

Κεφάλαιο 4:

LTEAirInterface

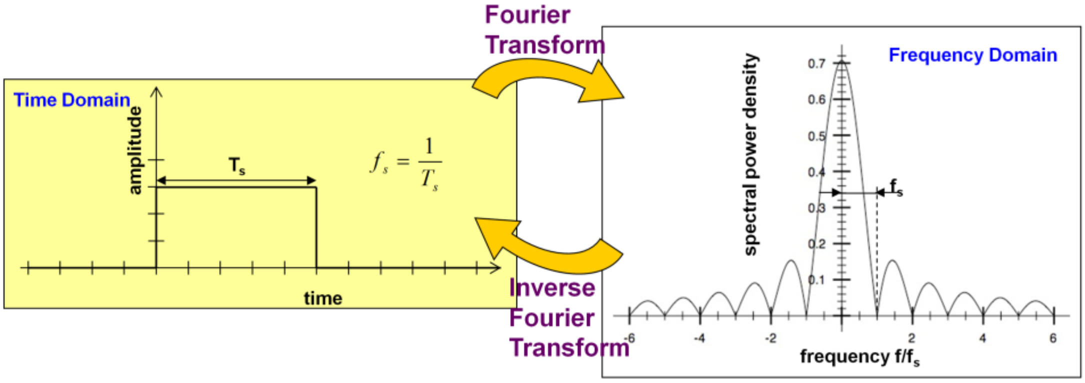
Μετά την ολοκλήρωση αυτής της ενότητας, οι συμμετέχοντες θα πρέπει να είναι σε θέση να κατανοούν τα βασικά της τεχνολογίας μετάδοσης OFDM να εξηγήσουν με διαφορετικές μεθόδους την Πολυπλεξία πρόσβασης με OFDM να αναλύσουν τους λόγους για την επιλογή SC-FDMA στο UL να προσδιορίσουν τα κύρια μπλοκ στην Αρχιτεκτονική του OFDM πομπού και δέκτη. Πρέπει να μπορούν να συζητήσουνγιαταLTE/EUTRANsubcarriers, toFrameStructure, Resource Block και τις επιλογές διαμόρφωσης να αναφέρουν τις εναλλακτικές λύσεις κατανομής συχνοτήτων για LTE να περιγράψουν τα βασικά του MIMO, να προσδιορίσουν μέγιστο ρυθμό bit για LTE και να διακρίνουν διαφορετικές κατηγορίες LTE UE.

Διαμόρφωση παλμών και φάσμα

Για ένα σήμα είναι σημαντικά 2 χαρακτηριστικά:

- Η παρουσίαση του χρονικού πεδίου: βοηθάει να αναγνωρίσεις πόσο πολύ κρατάει το σήμα στον αέρα.
- Η παρουσίαση του πεδίου συχνότητας: βοηθάει να καταλάβεις το απαιτούμενο φάσμα σε όρους εύρους ζώνης.

Ο Ορθογώνιος Παλμός



- -Είναι ένας από τους πιο απλούς παλμούς στο πεδίου του χρόνου.
- Απλά κάνει άλματα στο χρόνο t = 0 έως το μέγιστο πλάτος του και μετά την διάρκεια Ts του παλμού πηγαίνει ακριβώς πίσω στο 0.

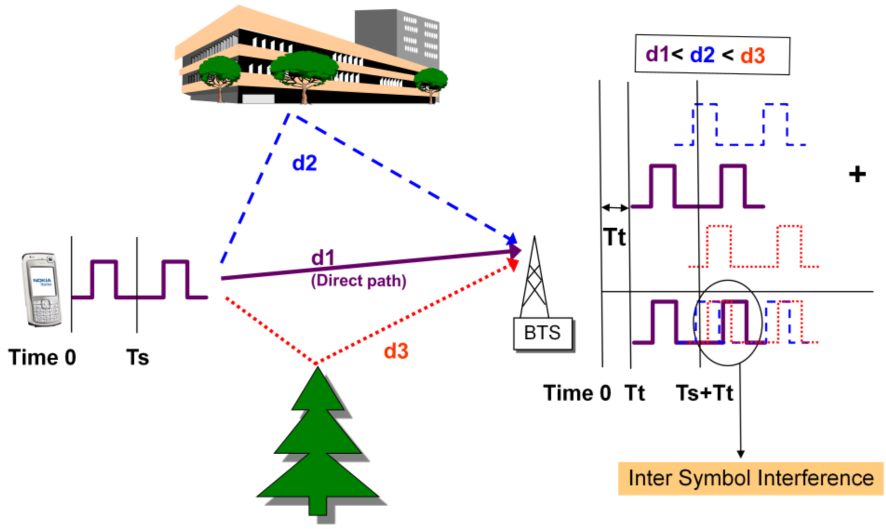
Πλεονεκτήματα:

- Απλός στην εφαρμογή: δεν υπάρχει τίποτα περίπλοκο. Απαιτείται σύστημα φίλτρου για την ανίχνευση τέτοιων παλμών και για τη δημιουργία τους.
- Ο παλμός έχει μια σαφώς ορισμένη διάρκεια. Αυτό είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα σε περίπτωσηπεριβαλλόντων multipathδιάδοσης καθώς απλοποιεί το χειρισμό τηςδιασυμβολικής παρεμβολής .

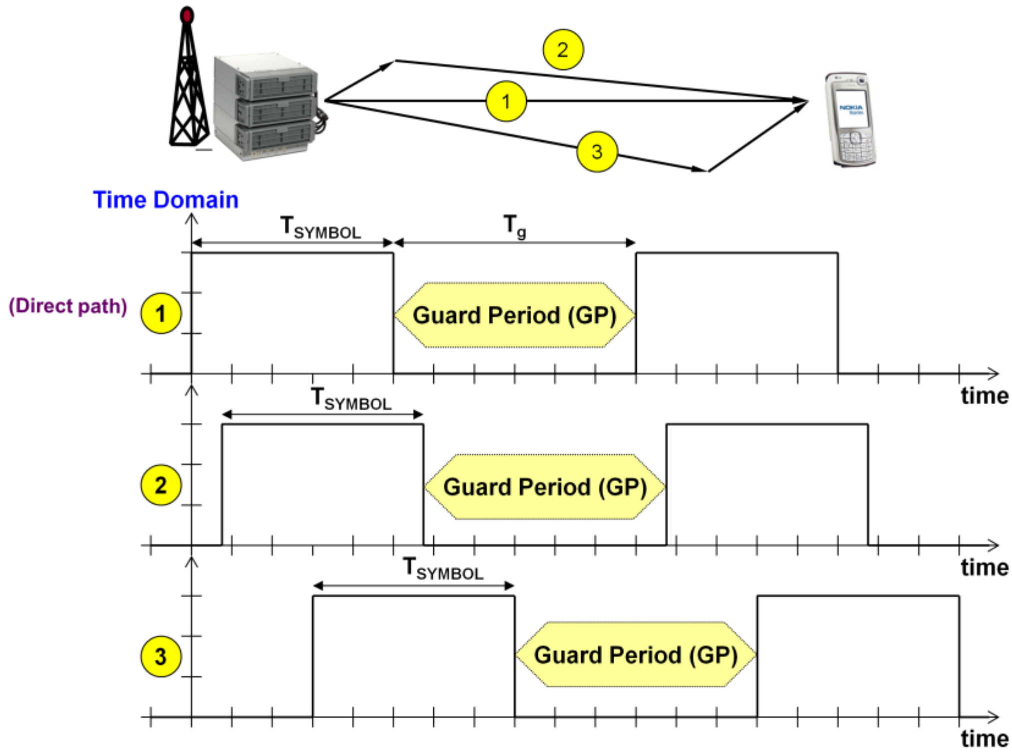
Μειονεκτήματα:

- Κατανέμει ένα αρκετά τεράστιο φάσμα. Ωστόσο η φασματική πυκνότητα ισχύος έχει μηδενικούς πόντους ακριβώς στα πολλαπλάσια της συχνότητας fs=1/Ts. Αυτό θα είναι σημαντικό στο OFDM.

ΠολλαπλήδιάδοσηκαιδιασυμβολικήΠαρεμβολή(Multi-path Propagation & inter-Symbol Interference)



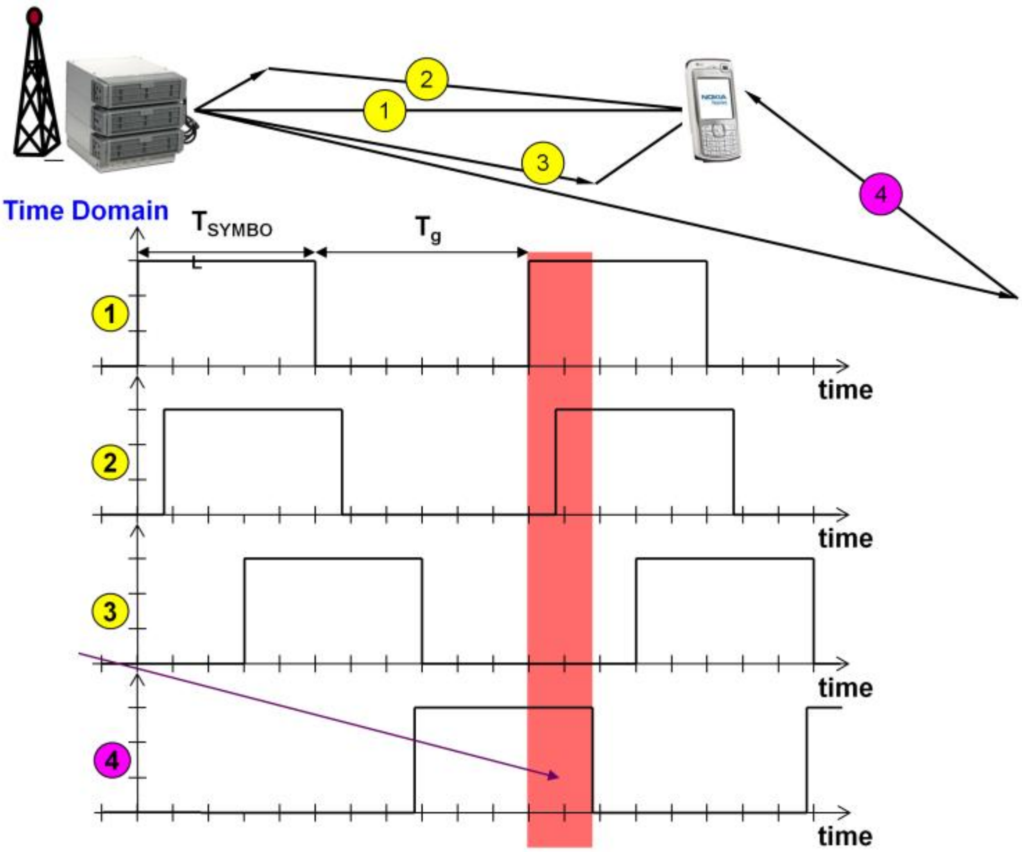
Πολλαπλών διαδρομώνδιάδοση&ηπερίοδοςΕπιτήρησης (Multi-pathPropagation&theGuardPeriod)



Η ακύρωση των παρεμβολών μεταξύ των συμβόλων κάνει πιο περίπλοκο το σχεδιασμό του υλικού των δεκτών. Ένας από τους στόχους των μελλοντικών συστημάτων ραδιοεπικοινωνίας είναι να απλοποιήσει το σχεδιασμό του δέκτη και έτσι ο ορθογώνιος παλμός είναι η πρώτη επιλογή.Διασυμβολικές Παρεμβολές που προέρχονται από την ίδια τη μορφή του παλμού είναι απλό να αποφευχθεί με την έναρξη του επόμενου παλμού μόνο αφού ο προηγούμενος έχει τελειώσει εντελώς, ως εκ τούτου, την εισαγάγουμε μια Περίοδο

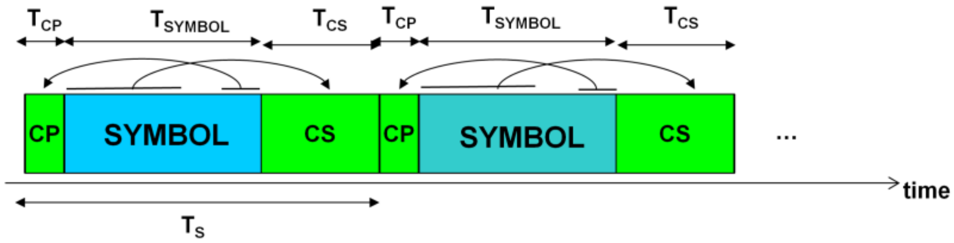
Επιτήρησης (Tg), μετά τον παλμό.Δεν υπάρχει καμία παρεμβολή μεταξύ συμβόλων όσο εξάπλωση της multi-path καθυστέρησης (π.χ. διαφορά καθυστέρησης μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας ανιχνεύσιμης διαδρομής) είναι μικρότερη από τη διάρκεια της περιόδου φρουράς Tg.

Καθυστέρηση διάδοσης που υπερβαίνει τη περίοδο Επιτήρησης (Guard Period)



Προφανώς όταν η καθυστέρηση διάδοσης σε περιβάλλον πολλαπλών διαδρομών είναι μεγαλύτερη από την περίοδο επιτήρησης (Tg), τότε αντιμετωπίζουμε διασυμβολική παρεμβολή.Η περίοδος επιτήρησης θα πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την εξάπλωση καθυστέρησης πολλαπλών διαδρομών, προκειμένου να αποφευχθεί η παρεμβολή μεταξύ συμβόλων μεταξύ διαδοχικών OFDM συμβόλων. Σημειώστε ότι στο παράδειγμα αυτής της διαφάνειας, η Περίοδος Επιτήρησηςείναι πολύ μικρή, οπότε θα υπάρξουν παρεμβολές μεταξύ-συμβόλων.

Επαναχρησιμοποίηση της περιόδου Επιτήρησης

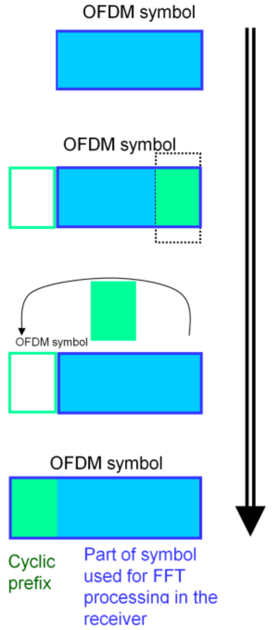


Υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ο χαμένος χρόνος μετάδοσης κατά τη διάρκεια της Περιόδου επιτήρησης επαναλαμβάνοντας μέρος του συμβόλου κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.Αυτό επιτυγχάνεται με τη πλήρωση της περιόδου επιτήρησης με είτε τη μία ή και τις δύο από τις ακόλουθες λύσεις: CyclicPrefix (CP), CyclicSufix(CS)CyclicPrefix(CP): Το CyclicPrefix συμπληρώνει το τελικό μέρος της περιόδου επιτήρησης. Συνίσταται απλώς ως το τελευταίο μέρος του ακόλουθου συμβόλου. ToCyclicPrefix χρησιμοποιείται από όλα τα σύγχρονα συστήματα OFDM και τα μεγέθη τους κυμαίνονται από 1/4 έως 1/32 μιας περιόδου συμβόλου. CyclicSufix (CS): ToCyclicSufix γεμίζει το αρχικό τμήμα της περιόδου επιτήρησης και απλά καταλαμβάνεται από το αρχικό τμήμα του προηγούμενου συμβόλου. Σήμερα κανένα από τα μεγάλα συστήματα OFDM δεν χρησιμοποιεί CyclicSufix.

Κυκλικό πρόθεμα και επίθεμα (CyclicPrefix , CyclicSufix): επιπτώσεις στις επιδόσεις του:

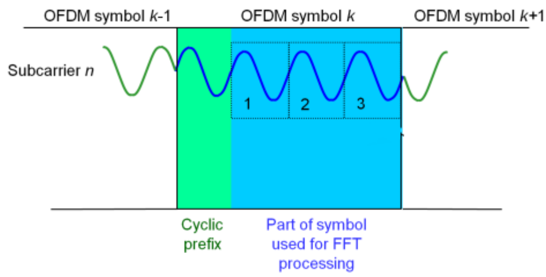
Τα CyclicPrefix και CyclicSufix μειώνουν τον αριθμό των συμβόλων που μπορούν να μεταδοθούν κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος. Αυτή η μέθοδος για την αντιμετώπιση των παρεμβολών μεταξύ των συμβόλων στην διάδοση πολλαπλών διαδρομών είναι θεωρητικά υπο-βέλτιστη. Ένας CDMA με δέκτη RAKE για παράδειγμα, παρέχει μια πολύ καλύτερη απόδοση. Από την άλλη πλευρά, μη-ιδανικές υλοποιήσεις των δεκτών RAKE υποβαθμίζουν την απόδοση του συστήματος δραστικά, αλλά εξακολουθεί να απαιτεί μεγάλη χωρητικότητα υλικού για την βασική εφαρμογή. Ο ορθογώνιος παλμός με κυκλικό πρόθεμα απαιτεί λιγότερο υλικό, έτσι ώστε η ελεύθερη χωρητικότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί τώρα για την εφαρμογή άλλων τεχνικών βελτιστοποίησης της απόδοσης (π.χ. MIMO).

Το CyclicPrefix (*Κυκλικό πρόθεμα)*



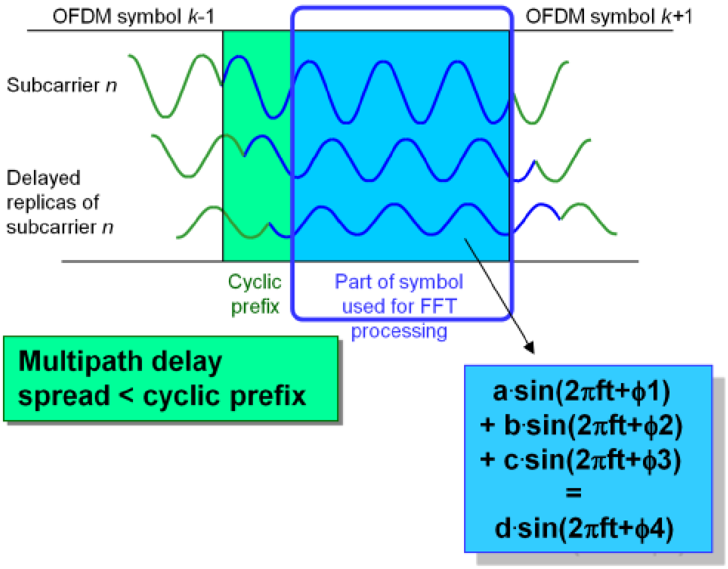
Σε όλες τις σημαντικές εφαρμογές της OFDMA τεχνολογίας (LTE, WiMAX) η Περίοδος Φρουράς είναι ισοδύναμη με το κυκλικό πρόθεμα (CP).Η τεχνική αυτή συνίσταται στην αντιγραφή του τελευταίουμέρους ενός σχήματος συμβόλου για μία διάρκεια χρόνου-επιτήρησης και συνδέοντας το μπροστά από τοσύμβολο.Το CP πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το κανάλικαθυστέρησης εξάπλωσης πολλαπλών διαδρομών.Ένας δέκτης χρησιμοποιεί συνήθως υψηλή συσχέτιση μεταξύ των Κυκλικώνπροθεμάτων (CP) και το τελευταίο μέρος του ακόλουθου συμβόλου για να εντοπίσει την αρχήτου συμβόλου και να αρχίσει στη συνέχεια την αποκωδικοποίηση.

Πως η μέθοδος πολλαπλών διαδρομών επηρεάζει το OFDM



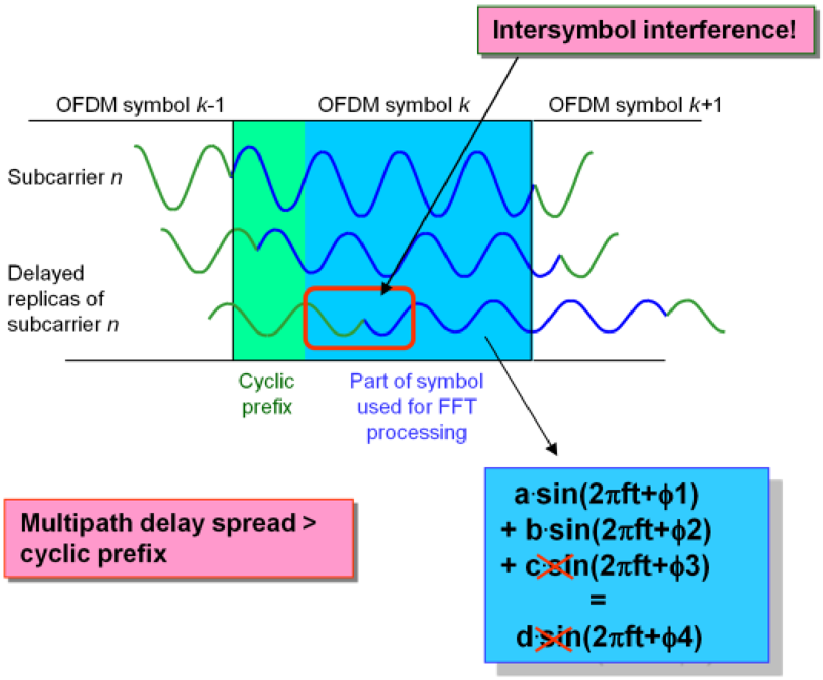
Κάθε subcarrier(υποφορέας) έχει έναν ακέραιο αριθμό κύκλων σε FFTεπεξεργασία. Τα Subcarriers είναι ορθογώνια σε επεξεργασίαFFT.Το σχήμα δείχνει μια ακολουθία συμβόλων OFDM με το Subcarriern να εμφανίζεται.Κάθε Subcarrier έχει έναν ακέραιο αριθμό 0 κύκλων στην επεξεργασίας FFT, στο παράδειγμα παραπάνω έχει τρεις κύκλους. (Ως αποτέλεσμα, όλοι οι Subcarriers είναι αμοιβαίως ορθογώνια εντός του διαστήματος επεξεργασίας FFT).Επίσης, παρατηρήστε ότι το πλάτος και η φάση του κάθε Subcarrier αλλάζει από το έναOFDM σύμβολο στο άλλο.

Περίπτωση 1η: Η Καθυστέρηση Διάδοσης είναι μικρότερη από το CP



Σε ένα περιβάλλον πολλών διαδρομών, καθυστερημένα αντίγραφα ενός υπομεταφορέα προστίθενται στον δέκτη. Αν η εξάπλωση καθυστέρησης πολλαπλών διαδρομών είναι μικρότερη από τη διάρκεια του cyclicprefix, η κατάσταση δεν είναι κρίσιμη.Παρά το γεγονός ότι ο προκύπτων υπομεταφορέας έχει παραμορφωμένο πλάτος και φάση εντός του διαστήματος επεξεργασίας FFT, αυτή η παραμόρφωση μπορεί να διορθωθεί στο με ένα ισοσταθμιστή.Εντός του διαστήματος επεξεργασίας FFT, ο προκύπτον υπομεταφορέας είναι ένα καθαρό ημίτονο, δεδομένου ότι το άθροισμα ημιτονοειδών συναρτήσεων με μια ορισμένη συχνότητα εξακολουθεί να είναι ημιτονοειδής συνάρτηση με την ίδια συχνότητα.

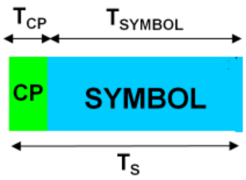
Περίπτωση 2η: Η Καθυστέρηση Διάδοσης είναι μεγαλύτερη από το CP



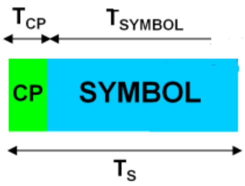
Ωστόσο, εάν η εξάπλωση καθυστέρησης πολλαπλών διαδρομών είναι μεγαλύτερη από τη διάρκεια της κυκλικού προθέματος, το προκύπτον υποφέρον εντός του διαστήματος επεξεργασίας FFT δεν είναι ένα καθαρό ημίτονο πλέον. Αυτό προκαλεί Inter Symbol Interference (ISI) που δεν μπορεί να αφαιρεθεί στον ισοσταθμιστή. Δηλαδή, οι υποφορείς δεν είναι αμοιβαία ορθογώνια πια εντός του διαστήματος επεξεργασίας FFT.

Περιορισμοί της Διαμόρφωσης μονού φορέα (single-carrier)

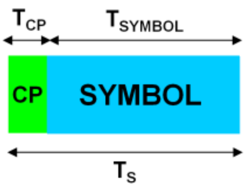
$$T_{CP} \geq delay\_spread_{\max}$$



$$baudrate \rightarrow f_S = \frac{1}{T_S} = \frac{1}{T_{SYMBOL} + T_{CP}}$$



$$E = \frac{T_{SYMBOL}}{T_{SYMBOL} + T_{CP}}$$



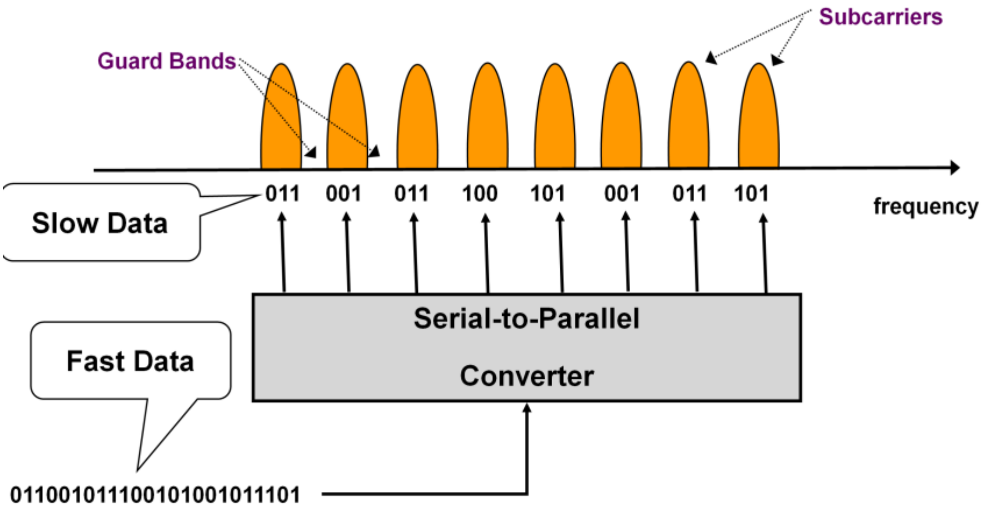
Χρησιμοποιώντας ένα ενιαίο φορέα με ορθογώνια διαμόρφωση παλμού και κυκλικό πρόθεμα έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα:

- Η διάρκεια του Κυκλικού προθέματος είναι καθορισμένη από το μέγιστη αναμενόμενη καθυστέρηση εξάπλωσης σε μοντέλα διάδοσης πολλαπλών διαδρομών για το σύστημα.
- Το μικρότερο σύμβολο σε διάρκεια σημαίνει υψηλότερος ρυθμός μετάδοσης, αλλά επίσης και ευρύτερο εύρος φάσματος (FS) που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για ένα φορέα.
- Για να αυξηθεί η αποδοτικότητα, η διάρκεια συμβόλων πρέπει να γίνει μεγαλύτερη.
- Η διάρκεια σύμβολο μπορεί να γίνει τόσο μικρή όσο το μέγεθος του κυκλικού προθέματος, αλλά τότε μόνο το ήμισυ του χρόνου χρησιμοποιείται για μετάδοση δεδομένων, το άλλο μισό είναι για το κυκλικό πρόθεμα, παρέχοντας μια πολύ χαμηλή απόδοση (E).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Μια ενιαίουφορέα διαμόρφωση με κυκλικό πρόθεμα χρησιμοποιείται για να αποφευχθεί η ISI, έτσι έχει υψηλή απόδοση όταν η TSYMBOL είναι σχετικά υψηλή, ή αυτό που είναι ισοδύναμο, όταν το εύρος ζώνης του φορέα, δηλαδή η fs είναι σχετικά μικρή.Ένας φορέας μικρού Εύρους Ζώνης δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά δεδομένων με υψηλόρυθμό.

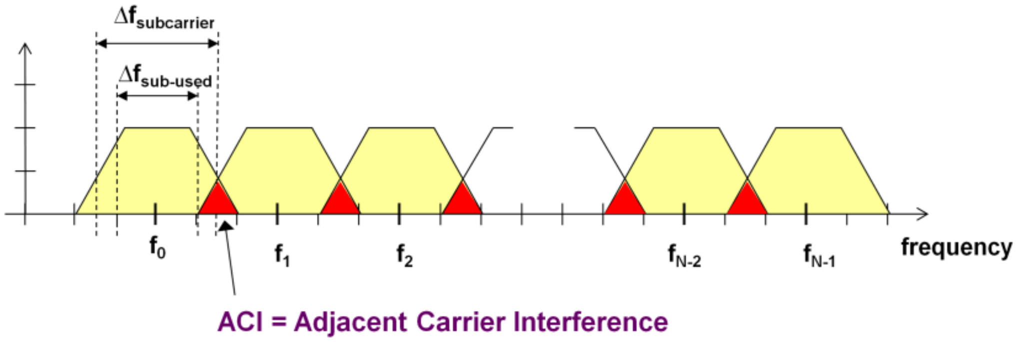
Πολλαπλού Φορέα Διαμόρφωση(Multi-Carrier Modulation)



Μια λύση είναι να χρησιμοποιηθούν πολλαπλοί φορείς παράλληλα(υποφορείς).Αυτό επιτρέπει να αυξηθεί ο ρυθμός bit, κρατώντας τα πλεονεκτήματα των μικρότερων φορέων με την ενιαία διασυμβολική παρεμβολή να αντιμετωπίζεται με τη χρήση cyclicprefixκαι/ή cyclicsuffix.Ησυμβατική λειτουργία multi-carrier (όπως χρησιμοποιείται για FDMA ή MC-CDMA) λειτουργεί απλά με την επιλογή ενός αριθμού συχνοτήτων κέντρου - ένα για κάθε φορέα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Dual Carrier WCDMA (Dual Cell HSPA) είναι ένα παράδειγμα της διαμόρφωσης multi-carrier: δύο φορείς WCDMA χρησιμοποιούνται παράλληλα για τον ίδιο χρήστη.

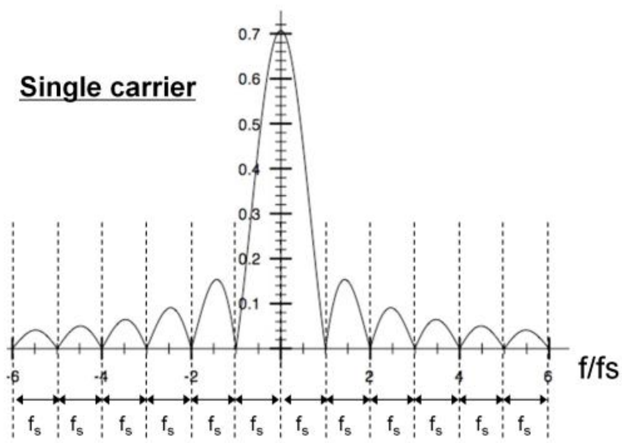
Ορθογώνιαmulti-carrier: OFDM

ΠολλαπλούΦορέαΔιαμόρφωση (Multi-CarrierModulation)

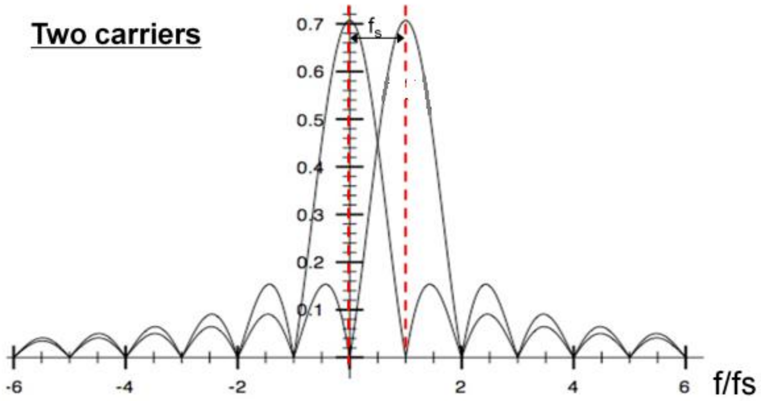


Οι κεντρικές συχνότητες πρέπει να απέχουν μεταξύ τους έτσι ώστε η παρεμβολή μεταξύδιαφορετικώνφορέων, γνωστή ως AdjacentCarrierInterferenceACI, να ελαχιστοποιείται, αλλά να μην απέχουν πάρα πολύ ώστε το συνολικό εύρος ζώνης να μη πάει χαμένο. Κάθε φορέας χρησιμοποιεί μια άνω και κάτω ζώνη προστασίας για να προστατεύσει τον εαυτό του από τους γειτονικούς φορείς. Παρ 'όλα αυτά, θα υπάρχει πάντα κάποια παρεμβολή μεταξύ των γειτονικών φορέων.Ειδικά για ορθογώνιους παλμούς οι ζώνες προστασίας πρέπει να είναι αρκετά μεγάλες, καθώς ο ορθογώνιος παλμός έχει τεράστιο φάσμα. Διαφορετικά, θα πρέπει να εφαρμοστεί ένα φίλτρο διαμόρφωσης παλμού, αλλά αυτό θα καταστρέψει την ορθογωνιότητα του παλμού μας και έτσι περιπλέκεται ο χειρισμός της διασυμβολικής παρεμβολής.

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multi-Carrier (Ορθογώνιαmulti-carrierδιαίρεσηςσυχνότητας)



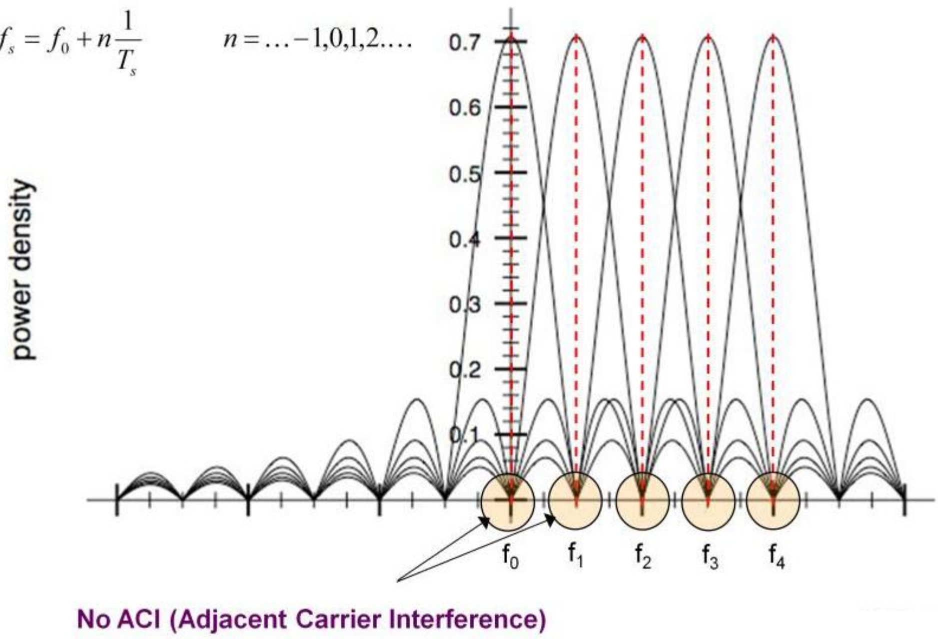
Για τον ορθογώνιο παλμό υπάρχει μια καλύτερη επιλογή που είναι και πιο εύκολη να υλοποιηθεί.Να σημειώσουμε ότι το φάσμα ενός ορθογώνιου παλμού δείχνει 0 ακριβώς σε ακέραια πολλαπλάσια της δοσμένης συχνότητας από τη διάρκεια του συμβόλου(Ts).Ημόνη εξαίρεση είναι η κεντρική συχνότητα (peakpower).



Ορθογώνιοι υποφορείς: σημαίνει ότι οι υποφορείς κεντρικών συχνοτήτων δεν έχουν γειτονικών φορέων παρεμβολή (ACI).Έτσι ο OFDM τοποθετεί απλά τον επόμενο φορέα ακριβώς στο πρώτο σημείο μηδέν του προηγούμενου φορέα. Με αυτό δεν χρειαζόμαστε καμία διαμόρφωση παλμού. Μεταξύ των φορέων OFDM αν χρησιμοποιηθεί η ίδια διάρκεια συμβόλου Ts, δεν απαιτούνται ζώνες επιτήρησης στο πεδίο της συχνότητας.

Επικάλυψη φάσματος πολλαπλών OFDM φορέων

$$f_n = f_0 + nf_s = f_0 + n\frac{1}{T_s} \qquad n = \ldots -1,0,1,2\ldots$$



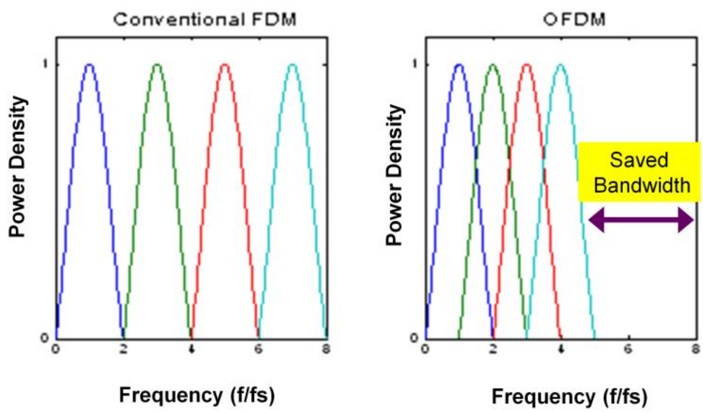
OFDM οφέλη:

- Καλές επιδόσεις στα κανάλια επιλεκτικών διαλείψεων συχνότητας

- Χαμηλή πολυπλοκότητα τουbase-band δέκτη
- Καλές φασματικές ιδιότητες και χειρισμό πολλαπλών bandwidths
- προσαρμογή σύνδεσης και προγραμματισμός συχνότητας
- Συμβατότητα με προηγμένες τεχνολογίες δέκτη και κεραιών

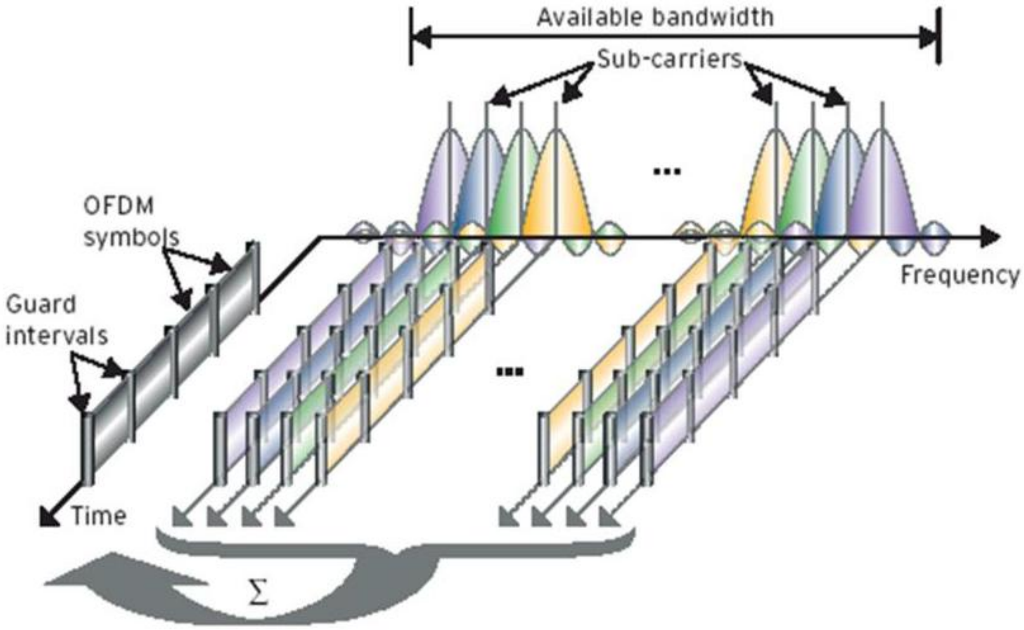
OFDM Προκλήσεις
• Ανοχή σεoffset συχνότητας
• ΥψηλήPeak-to-AveragePowerRatio (PAPR) απότοσήματουπομπού. Απαιτεί πομπό με γραμμική απόκριση σε ένα μεγάλο εύρος. Ηυψηλή γραμμική απόκριση ενισχυτή έχει χαμηλή απόδοση μετατροπής ενέργειας και ως εκ τούτου δεν είναι ιδανικό για κινητούς σταθμούς. Στο LTE το πρόβλημα λύθηκε με την έκδοση SC-FDMA για Uplink, η οποία έχει την καλύτερη απόδοση ενισχυτή ισχύος.

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multi-Carrier (Ορθογώνιαmulti-carrierδιαίρεσηςσυχνότητας)



- OFDM: επιτρέπει ένασφιχτό πακετάρισμα των μικρών φορέων - που ονομάζονται υποφορείς - σε ένα καθορισμένο εύρος συχνοτήτων.
- Στα άκρα της ζώνης αυτής μπορεί να υπάρχουν κάποιες ζώνες προστασίας που απαιτούνται για την προστασία των συστημάτων σε γειτονικές ζώνες από την εκτός-φάσματος εκπομπές του συστήματος OFDM.

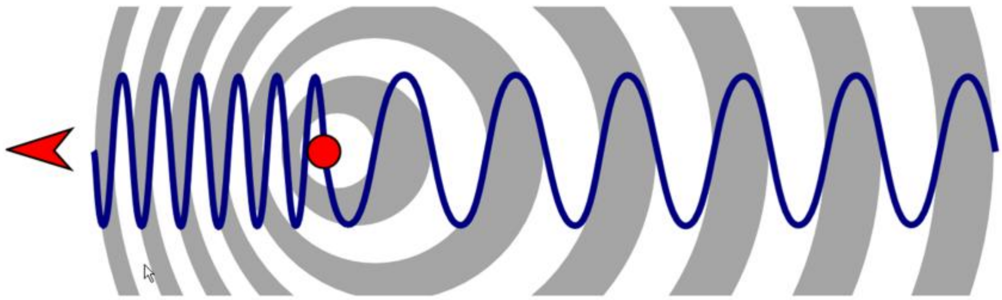
Το σήμα OFDM



Το σήμα OFDM αποτελείται από πολλαπλούς υποφορεί. Η απόσταση μεταξύ των κεντρικών συχνοτήτων των υποφορέων είναι ακριβώς το αντίστροφο της περιόδου συμβόλου (Ts). ΜεγαλύτερηTs σημαίνει οι υποφορείς θα βρίσκονται πιο κοντά και πιο πολλοί υποφορείς θα μπορούσαν να διατεθούν σε ένα δεδομένο εύρος ζώνης. Ένα OFDM σύμβολο είναι ο συνδυασμός "n" υποφερόντων συμβόλων που παράγονται παράλληλα την ίδια στιγμή.

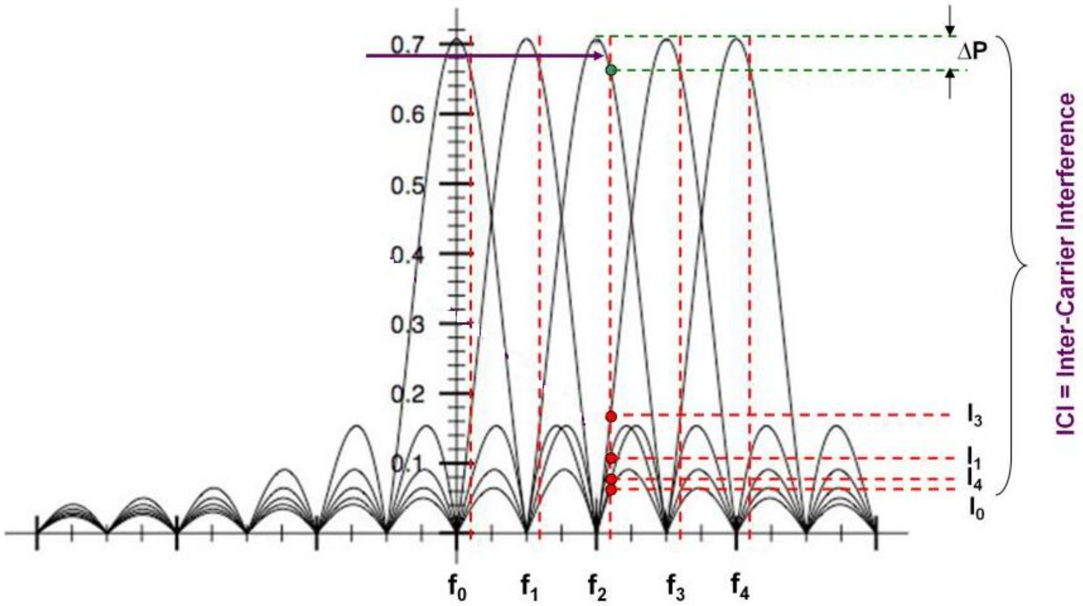
Επιδράσεις των σφαλμάτων συχνότητας στο OFDM

Inter-Carrier Interference (ICI) στοOFDM



Η τιμή για τη βέλτιστη απόσταση των υποφορέων είναι η ευαισθησία του OFDM σε σφάλματα συχνότητας. Αν η συχνότητα του δέκτη ξεφεύγει μερικά κλάσματα από τις κεντρικές συχνότητες υποφορέων, τότε δεν αντιμετωπίζουν μόνο παρεμβολή μεταξύ γειτονικών φορέων, αλλά μεταξύ όλων των φορέων. Αυτό είναι γνωστό ως Inter-CarrierInterference (ICI) και μερικές φορές επίσης αναφέρεται ως LeakageEffect στη θεωρία του διακριτού μετασχηματισμού Fourier. Μια πιθανή αιτία που εισάγει σφάλματα συχνότητας είναι μια γρήγορη κίνηση Πομπού ή δέκτη (φαινόμενο Doppler).Η επίδραση Doppler (μετατόπιση): Μεταβολή σε συχνότητα ενός κύματος λόγω της σχετικής κίνησης της πηγής και του δέκτη.

Η επίδραση Leakageεξαιτίας της Μετατόπισης Συχνότητας: ICI

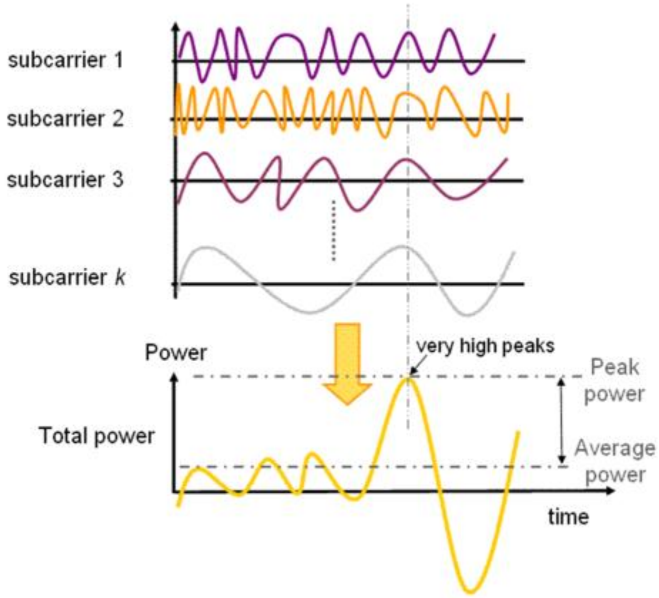


Δύο επιδράσεις:

1. Ο υποφορέας 2 δεν είναι πλέον μέγιστη την πυκνότητα ισχύος εδώ έτσι χάνουμε κάποια ενέργεια σήματος.
2. Το υπόλοιπο των υποφορέων (0, 1, 3 και 4) δεν έχουν πλέον μηδενική τιμή εδώ. Έτσι έχουμε κάποιο θόρυβο από τον άλλο υποφορέα.

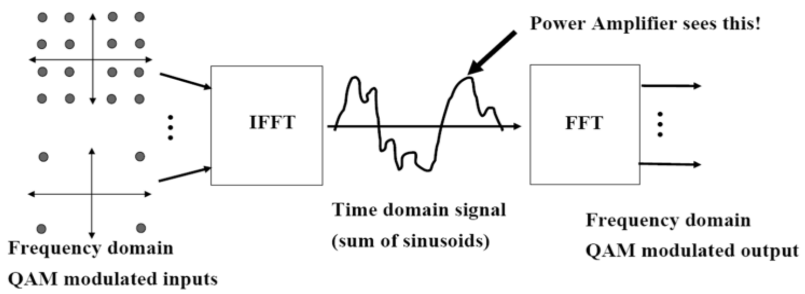
Αν έχουμε μια μικρή μετατόπιση συχνότητας μεταξύ πομπού και δέκτη, τότε θα αποκωδικοποιήσει το σύμβολο του υποφορέα 2, συγκεκριμένα, λίγο μετατοπισμένη από τηνπραγματική κεντρική συχνότητα του. Το αποτέλεσμα είναι ένα χαμηλότερο λόγο σήματος προς θόρυβο(SNR) από ένα μειωμένο επίπεδο σήματος και ένα αυξημένο επίπεδο θορύβου. Αυτή είναι η επίδραση Inter-Carrier παρεμβολών για OFDM. Για να περιοριστεί η επιρροή της ICI στα συστήματα OFDM με αλλαγέσμόνο στο υλικό, θα πρέπει οι δέκτες και οι πομποί να έχουν σταθερότητα συχνότητας μικρότερη του 0.1 ppm. Αυτό θα αυξήσει δραστικά το κόστος και την πολυπλοκότητα του υλικού. Έτσι ένα αρκετά μεγάλο μέρος του λογισμικού OFDM στο δέκτη ασχολείται με τη διόρθωση της συχνότητας, χρησιμοποιώντας το κυκλικό πρόθεμα, αλλά επίσης πιλοτικάσήματα ή αναφορές αποστέλλονται με το σήμα.

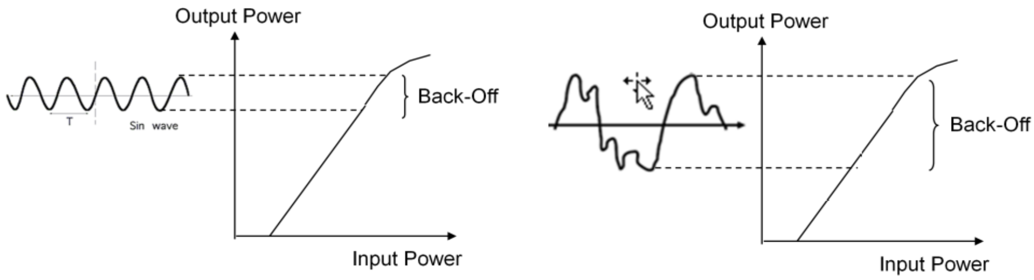
OFDMA CHALLENGE: Peak to Averge Power Ratio



Η εκπεμπόμενη ισχύς είναι το άθροισμα των δυνάμεων όλων των υποφορέων. Λόγω του μεγάλου αριθμού των υποφορέων, ο λόγος ανώτατης προς μέση ισχύς (PAPR) τείνει να έχει ένα μεγάλο εύρος. Όσο υψηλότερες είναι οι κορυφές, τόσο μεγαλύτερη είναι η διακύμανση των επιπέδων ισχύος κατά την οποία ο πομπός είναι υποχρεωμένος να δουλεύει.ΥψηλόPeak-to-AveragePowerRatio (PAPR) του εκπεμπόμενου σήματος: αυτό οδηγεί σε απαιτήσεις για τους ακριβούς μη-γραμμικούς ενισχυτές ισχύος με χαμηλή απόδοση μετατροπής ισχύος (ειδικά για UE).

Back-off ενισχυτήισχύος





Το κάτω δεξιά διάγραμμα δείχνει πώς ένα σήμα με υψηλή διακύμανση φακέλου απαιτεί τον ενισχυτή για να χρησιμοποιήσει ένα υψηλότερο back-off σε σύγκριση με ένα κανονικό ενιαίο σήμα φορέα (διάγραμμα κάτω αριστερά). Και στις δύο περιπτώσεις, ο ενισχυτής πρέπει να παραμείνει στη γραμμική κατάσταση προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα με την ισχύ των εξόδων τους. Αυτό είναι πιο δύσκολο να επιτευχθεί με το σήμα OFDMA. Μεγαλύτερο back-off σημαίνει επίσης ότι απαιτείται περισσότερη ενέργεια. Αυτό είναι ένα πρόβλημα γιασυσκευές που βασίζονται στην μπαταρία, όπως το UE. Αυτό ήτανο βασικό λόγος για τον οποίο το 3GPP αποφάσισε να χρησιμοποιήσει OFDMA σε dowlink κατεύθυνση, αλλά να χρησιμοποιεί το πιο ενεργειακά αποδοτικό SC-FDMA στην uplink κατεύθυνση.

SC-FDMA

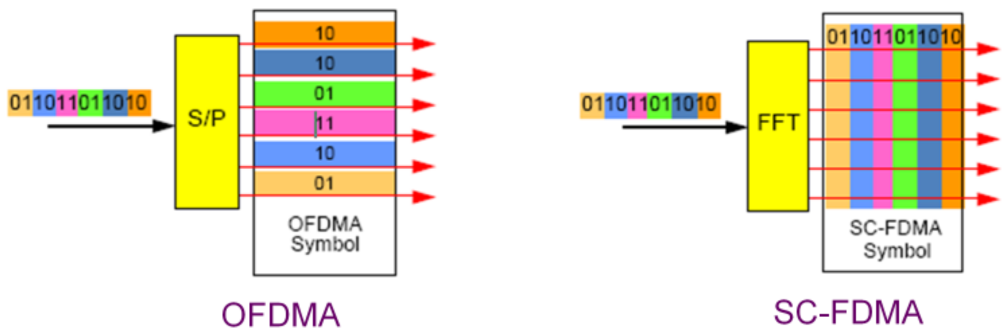
Μια άλλη παραλλαγή της OFDMA χρησιμοποιείται για να μειώσει το PAPR για χαμηλότερες απαιτήσεις υλικού RF. ΛέγεταιSC-FDMA (SingleCarrierFrequencyDivisionMultipleAccess).
Το SC-FDMA είναι ένανέουβριδικό σύστημα διαμόρφωσης το οποίο έξυπνα συνδυάζει το χαμηλό PAR των συστημάτων μονής φέρουσας με την multipath αντίσταση καιτην ευέλικτης υποφέρουσας κατανομή συχνοτήτων που προσφέρεται από το OFDM. Αυτός ο μηχανισμός μπορεί να μειώσει την PAPR κατά 6..9 dB σε σύγκριση με την κανονική OFDMA.
SC-FDMA είναι μια επιλογή σε WiMAX (802.16d) και είναι η επιλεγμένη μέθοδος για EUTRAN στην κατεύθυνση uplink. Για ένα πιο επίσημο ορισμό της SC-FDMA, παρακαλούμε ανατρέξτε στο TS 36.201 και 36.211, το οποίο δίνει την μαθηματική περιγραφή της παραστάσεως στο πεδίο του χρόνου ενός SC-FDMA σύμβολο.

Κινητός ενισχυτής φιλικό προς uplink με SC-FDMA:

- Μία από τις κύριες προκλήσεις στο OFDMA είναι η υψηλή αναλογία κορυφής-με-μέσης τιμής του εκπεμπόμενου σήματος που απαιτεί γραμμικότητα στον πομπό. Οι γραμμικοί ενισχυτές έχουν χαμηλή απόδοση και ως εκ τούτου, OFDM δεν είναι βέλτιστη λύση για το κινητό uplink.

- Το LTE uplink χρησιμοποιεί Single Carrier FDMA (SC-FDMA), το οποίο επιτρέπει σαφώς καλύτερη απόδοση ισχύος ενισχυτή. Η τεχνολογία SC-FDMA δεν ήταν διαθέσιμη όταν έγινε η επιλογή πολλαπλής πρόσβασης UMTS, τα πρώτα άρθρα δημοσιεύτηκαν γύρω στο 1997).

Σύγκριση SC-FDMA & OFDMA

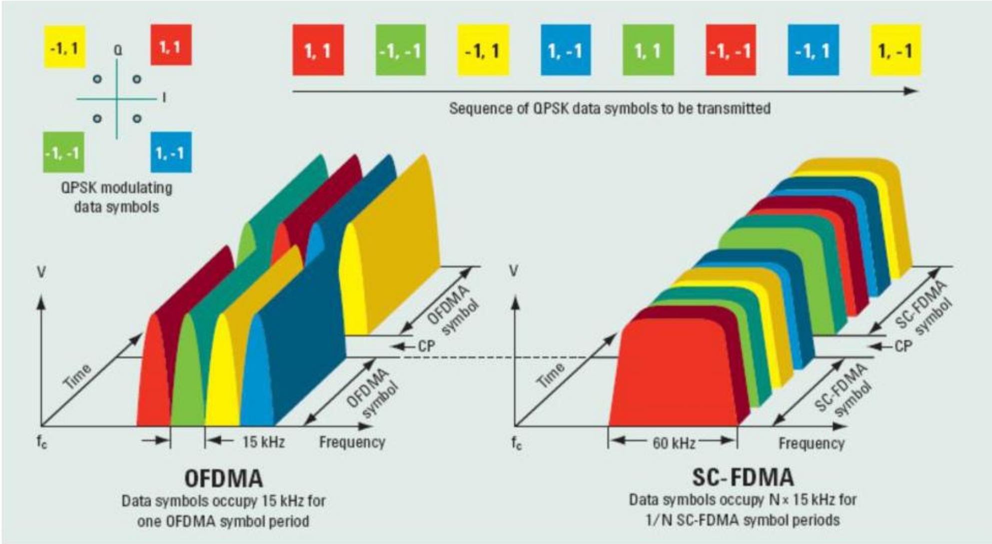


Το OFDMA μεταδίδει δεδομένα παράλληλα σε πολλαπλάsubcarriers.Το SC-FDMA μεταδίδει τα δεδομένα σε σειρά χρησιμοποιώντας πολλαπλάsubcarriers. Στο παράδειγμα:

- OFDMA: 6 σύμβολα διαμόρφωσης (01,10,11,01,10 και 10) μεταδίδονται ανάOFDMA σύμβολο, ένα σε κάθε υποφορέα
- SC-FDIVIA: 6 σύμβολα διαμόρφωσης μεταδίδονται ανά έναSC-FDMA σύμβολο χρησιμοποιώντας όλους τους υποφορείς ανά σύμβολο διαμόρφωσης. Η διάρκεια του κάθε συμβόλου διαμόρφωσης είναι το 1/6ºαπό το σύμβολο διαμόρφωσης στοOFDMA.

Όσο το εύρος ζώνης αυξάνεται τόσο η διάρκεια του συμβόλου μειώνεται.

Σύγκριση SC-FDMA & OFDMA (2/2)



Το σχήμα δείχνει πώς μια σειρά συμβόλων QPSK αντιστοιχίζονται σε χρόνο και συχνότητα από τα δύο διαφορετικά συστήματα διαμόρφωσης.

Για λόγους σαφήνειας, το παράδειγμα εδώ χρησιμοποιεί μόνο τέσσερις (N) υποφορείς για δύο περιόδους συμβόλου με τα δεδομένα ωφέλιμου φορτίου που αντιπροσωπεύονται από τη QPSK διαμόρφωση.

Στην αριστερή πλευρά του Σχήματος 2, N γειτονικά 15 kHz υποφορείς - έχουν ήδη τοποθετηθεί στην επιθυμητή θέση

στο εύρος ζώνης του καναλιού - το καθέ σύμβολο για την περίοδο OFDMA 66,7 μs διαμορφώνεται από ένα σύμβολο δεδομένων QPSK.

Σε αυτό το απλό παράδειγμα τεσσάρων υποφορέων, τέσσερα σύμβολα λαμβάνονται παράλληλα. Αυτά είναι QPSK σύμβολα δεδομένων έτσι ώστε μόνο η φάση του κάθε υποφορέα διαμορφώνεται και η ισχύς του υποφέρον παραμένει σταθερή μεταξύ των συμβόλων. Αφού έχει παρέλθει χρονικό διάστημα ενός συμβόλου OFDMA, η CP εισάγεται και τα επόμενα τέσσερα σύμβολα μεταδίδονται παράλληλα. Για οπτική σαφήνεια, το CP εμφανίζεται ως ένα διάκενο.

Η δημιουργία σήματος SC-FDMA αρχίζει με μια ειδική διαδικασία προκωδικοποίησης αλλά συνεχίζει και με OFDMA. Προτού να δείξουμε τη διαδικασία παραγωγής είναι χρήσιμο να περιγράψουμε πρώτα το τελικό αποτέλεσμα, όπως φαίνεται στη δεξιά πλευρά του σχήματος.

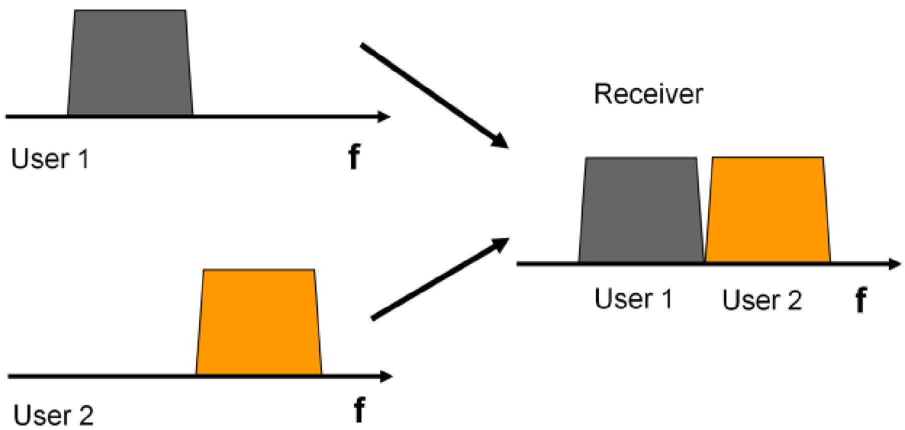
Η πιο προφανής διαφορά μεταξύ των δύο συστημάτων είναι ότι OFDMA μεταδίδει τα τέσσερα σύμβολα δεδομένων QPSK παράλληλα, μία ανά υποφέρον, ενώ SC-FDMA μεταδίδει τα τέσσερα σύμβολα δεδομένων QPSK σε σειρά κατά τέσσερις φορές το ρυθμό, με κάθε σύμβολο δεδομένων καταλαμβάνει Nx 15 kHz εύρος.

Οπτικά, το σήμα OFDMA είναι σαφώς multi-carrier και το σήμα SC-FDMA μοιάζει περισσότερο single-carrier, το οποίο εξηγεί το "SC" στο όνομά του. Σημειώστε ότι τα OFDMA και SC-FDMA μήκη συμβόλων είναι τα ίδια στα 66,7 μs. Ωστόσο, το σύμβολο SC-FDMA περιέχει N "υπο-σύμβολα» που αντιπροσωπεύουν τα δεδομένα διαμόρφωσης.

Είναι η παράλληλη μετάδοση πολλαπλών συμβόλων που δημιουργεί το ανεπιθύμητο υψηλό PAR του OFDMA. Με την μετάδοση των συμβόλων δεδομένων N σε σειρά με N φορές το ρυθμό, το SC-FDMA καταλαμβάνει εύρος ζώνης ίδιο όπως το multicarrier OFDMA αλλά πολύ σημαντικό, το PAR είναι ίδιο με εκείνο που χρησιμοποιήθηκε για τα αρχικά σύμβολα δεδομένων.

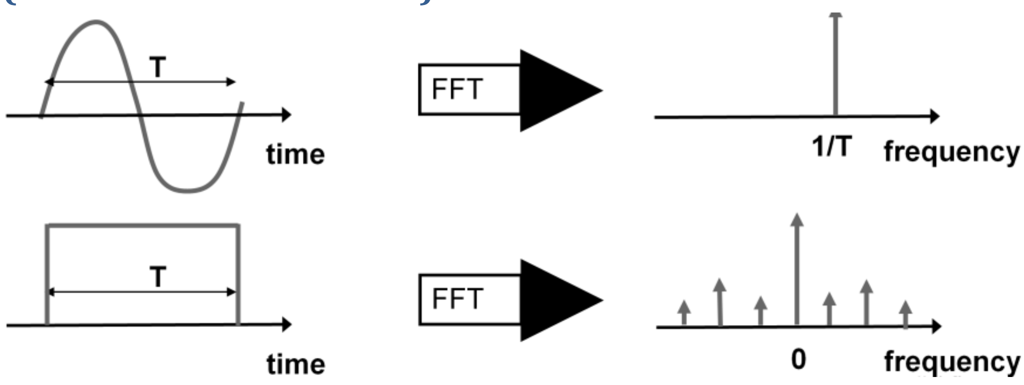
Στο SC-FDMA, το CP εισάγεται μόνο μετά από μια ομάδα συμβόλων, και όχι μετά από κάθε σύμβολο, όπως στο OFDMA. Αυτό θα φέρει πρόσθετη πολυπλοκότητα στο δέκτη.

Uplinkδιεπαφήςαέρα(AirInterface) τεχνολογίαςSC-FDMA



Η πολυπλεξία χρηστών στο πεδίο της συχνότητας (στοOFDMA η δυνατότητα πολυπλεξίας χρήστη γίνεται στο τομέα του υποφορέα.).Ένας χρήστης είναι πάντα σε συνεχή συχνότητα.Το μικρότερο εύρος ζώνης uplink, 12 υποφορείς: 180 kHz (ίδιο για OFDMA σε downlink). Μεγαλύτερο uplink εύρος ζώνης: 20 MHz (ίδιο για OFDMA στο uplink). Τα τερματικά απαιτούνται να είναι σε θέση να λαμβάνουν και να διαβιβάζουν έως 20 MHz.Διαφορετικοί χρήστες μπορούν να μοιράζονται τους πόρους, τόσο στο πεδίο του χρόνου όσο και της συχνότητας. Στο πεδίο του χρόνου η διακριτότητα για την κατανομή των πόρων είναι 1 ms. Στο πεδίο των συχνοτήτων, είναι 180 KHz. Ο σταθμός βάσης πρέπει να ελέγχει κάθε αποστολή, ώστε οι διαφορετικοί χρήστες να μην επικαλύπτονται στους πόρους. Δεδομένου ότι οι πόροι που διατίθενται από τα προγράμματα eNB, ο σταθμός βάσης γνωρίζει πάντα ποιον χρήστη να περιμένει σε ποιο πόρο.

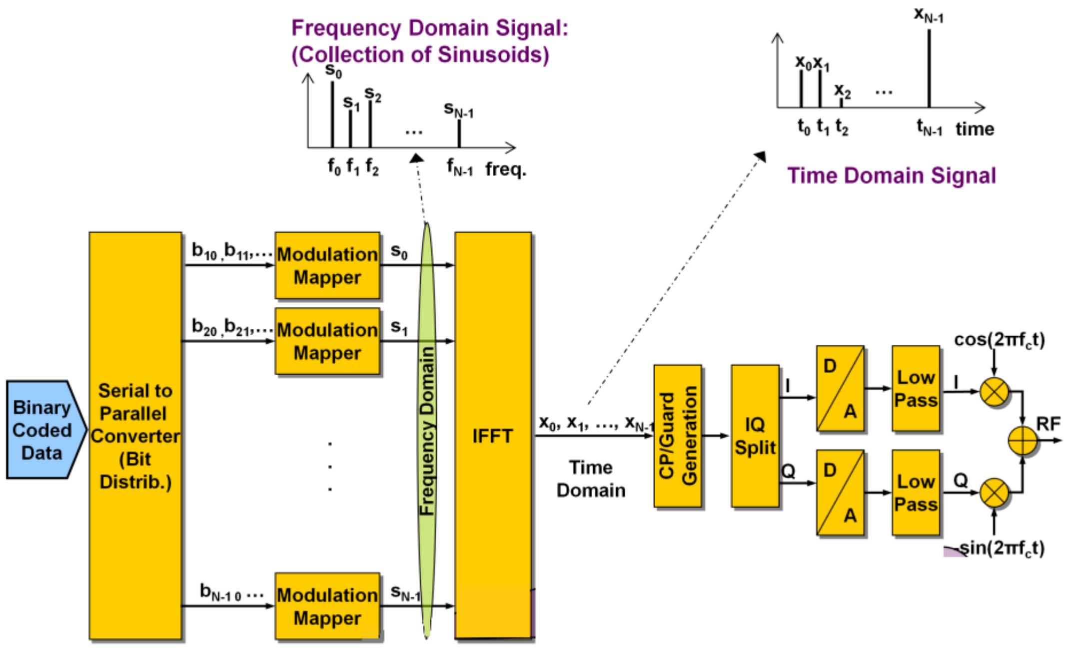
FFT (Fast Fourier Transform)



Η πρακτική εφαρμογή ενός συστήματος OFDM βασίζεται στην ψηφιακή τεχνολογία και περισσότερο με τη χρήση του Διακριτού Μετασχηματισμού Fourier (DFT), και της αντίστροφης λειτουργία (IDFT) για εναλλαγή μεταξύ του πεδίου του χρόνου και του πεδίου των συχνοτήτων.Ο γρήγορος μετασχηματισμός Fourier (FFT) είναι μια μέθοδος για τον υπολογισμό του διακριτού μετασχηματισμούFourier(DFT) και είναι θεμελιώδες στοιχείο τουOFDM.

- IFFT = InverseFFT.
- FFT&IFFT είναι στοιχεία που περιλαμβάνονται σε ένα σύστημα OFDMA:
  - FFT στο δέκτη
  - IFFT στον πομπό

OFDM Πομπός(Transmitter)



Ένα τυπικόςOFDM πομπός παρουσιάζεται στο σχήμα. Για να μειωθεί η ποσότητα του υλικού που απαιτείται για στο OFDMη διαδικασία διαμόρφωσης χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος χρησιμοποιεί τον αντίστροφο διακριτό μετασχηματισμόFourier (IDFT) ή μία πιο αποτελεσματική αλλά ισοδύναμη υλοποίηση η οποία είναι γνωστή ως αντίστροφος ταχύς μετασχηματισμός FourierTransformγια να διαμορφώσει όλουςτους υποφορείς OFDM βασικής ζώνης γύρω από την κεντρική συχνότητα 0. Στο δεύτερο στάδιο το σήμα τότε διαμορφώνεται σε υψηλότερες συχνότητες για τη μετάδοση στον αέρα.

Η δυαδική ακολουθία δεδομένων τίθεται στη κατανομή τωνbit (μετατροπέας από σειριακό σε παράλληλο), όπου κάθε bit εκχωρείται σε ένα υποφορέα. Αυτή η λειτουργία είναι εξαιρετικά εξειδικευμένη για το σύστημα OFDM. ΣτοEUTRAN για παράδειγμα το χρονοδιάγραμμα έχει μεγάλη επιρροή σε αυτό το βήμα. Για κάθε υποφέρον έναςχάρτης διαμόρφωσης παίρνει μια σειρά από bits από τη καθορισμένη ροή και τη χαρτογραφεί σε ένα ενιαίο μιγαδικώνσυμβόλων δεδομένων. Πόσα bits θα χαρτογραφηθούν σε μία περίοδο συμβόλου εξαρτάται από το επιλεγμένο σχήμα διαμόρφωσης (π.χ. 1 bit της BPSK? 2 bits για QPSK, 4 bits για 16QAM και 6 bits για 64QAM). Σημειώστε ότι κάθε υποφορέας μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα διαφορετικό σχήμα διαμόρφωσης ταυτόχρονα.

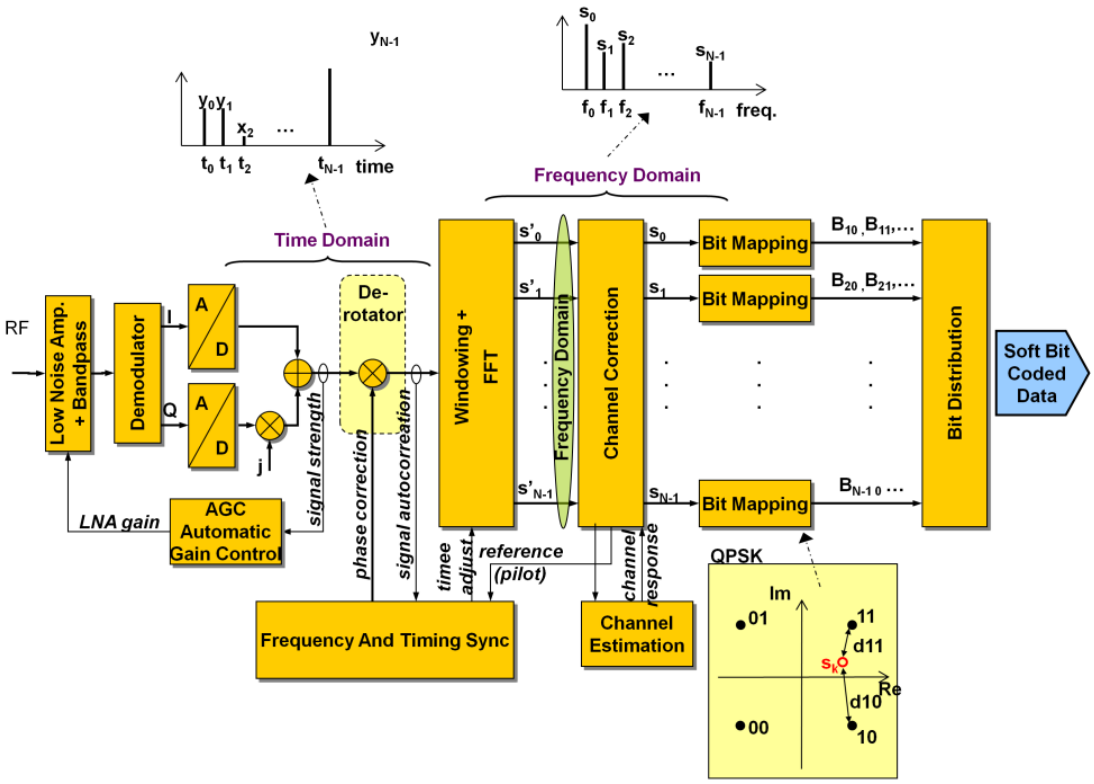
Στη συνέχεια, τα μιγαδικά σύμβολα δεδομένων από τους χάρτες διαμόρφωσης ερμηνεύεται ως σήμα στο πεδίο της συχνότητας για μία περίοδο συμβόλου. Αυτά τροφοδοτούνται στον αλγόριθμο IFFT που μετασχηματίζει το διάνυσμα από το πεδίο συχνοτήτων στο πεδίο του χρόνου. Ο αριθμός των μιγαδικών συμβόλων χρόνου είναι τυπικά ισάριθμος των φορέων.

Η χρονική ακολουθία του μιγαδικών δειγμάτων οδηγήθηκε στη γεννήτρια OFDM συμβόλων, η οποία εισάγει κυκλικό πρόθεμα. Αυτό γίνεται απλά με το να παρουμε μερικά bits από το τέλος του συμβόλου και να τα τοποθετήσουμε ως κυκλικό πρόθεμα μπροστά από το σύμβολο.

ΤοDACμεταφράζει το σήμα σε αναλογική κυματομορφή, έτσι ώστε οι ψηφιακές τιμές δειγματοληψίας να αντιστοιχούν μετέπειτα στην τάση ή στο ρεύμα. Επειδή η DACπαράγει ένα σήμα που περιέχει το αρχικό φάσμα και σε mirrorμορφή σε υψηλότερες ζώνες φάσματος, ένα φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων (φίλτρο anti-aliasing) είναι απαραίτητο για να καταστείλει το ανεπιθύμητο φάσμα.

Το τελευταίο βήμα είναι να διαμορφωθεί το σήμα στον radio φορέα . Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας ένα κλασικό διαμορφωτή I/Q, όπου το πραγματικό μέρος των μιγαδικών δειγμάτων πηγαίνει προς το συνημίτονο και το φανταστικό μέρος των μιγαδικών δειγμάτων πηγαίνει στο ημίτονο της συχνότητας φέροντος. Τότε το σήμα οδηγείται σε κάποιο φασματικό φίλτρο (για να καταστείλει τις εκπομπές εκτός εύρους) και στον ενισχυτή RF.

OFCM Δέκτης



Ο δέκτης είναι, όπως και σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα το πιο περίπλοκο μέρος. Στα συστήματα ραδιοεπικοινωνίας και φυσικά OFDM υπάρχουν δύο ειδικά σημείαστα οποία ένας δέκτης θα πρέπει να δώσει προσοχή: το χρόνο/φάση και το συγχρονισμό της συχνότητας. Και οι δύο είναι ζωτικής σημασίας για την απόδοση του δέκτη.

Ένας δέκτης παίρνει την είσοδό του από την κεραία (ή κεραίες) και τον συνδεδεμένο ενισχυτή χαμηλού θορύβου. Ένα ζωνοπερατό φίλτρο καταστέλλει τα σήματα έξω από το φάσμα. Ο αποδιαμορφωτής μετατρέπει το σήμα πίσω σε βασικής ζώνης και με αυτό ανακτά το μιγαδικό σήμα δεδομένων. Σε αυτό το στάδιο έχουμε την παράστασητου σήματος στο πεδίο του χρόνου.

Το σήμα δίνεται τώρα στο «De-Rotator», που εφαρμόζει για κάθε σήμα χρόνου μια μετατόπιση φάσης για να αντισταθμίσει ολισθήσεις συχνότητας και μετατοπίσεις φάσης. Μια ειδική μονάδα στο δέκτη είναι υπεύθυνη για τον προσδιορισμό και την παρακολούθηση των μετατοπίσεων συχνότητας και φάσης και υπολογίζει τη σχετική τιμή διόρθωσης για κάθε δείγμα. Αυτό είναι ένα πολύ κρίσιμο έργο, καθώς τα λάθη που γίνονται εδώ, προσθέτουν (intrinsicδέκτης) θόρυβο σε όλα τα σύμβολα δεδομένων. Η μονάδα συγχρονισμού συχνότητος και χρόνου χρησιμοποιεί συνήθως σαν είσοδο την αυτοσυσχέτιση της αλληλουχίας χρόνου εισόδου (ιδιαίτερα κυκλικό πρόθεμα) και αναφορά των παρεμβαλλόμενων συμβόλων με τα δεδομένα σε προκαθορισμένες θέσεις.

Το διορθωμένο σήμα οδηγείται εντός του Fast Fourier Transform (FFT), ο οποίος υλοποιεί ένα γρήγορο και αποτελεσματικό αλγόριθμο για το διακριτό μετασχηματισμό Fourier για να φέρει το σήμα πίσω στην παράσταση στο πεδίο των συχνοτήτων. Με άλλα λόγια ο FFT αποκωδικοποιεί τα μιγαδικά σύμβολα δεδομένων για κάθε υποφορέα. Φυσικά πριν εφαρμοστεί ο FFT, το κυκλικό πρόθεμα πρέπει να αφαιρεθεί.

Τα ανακτηθέντα σύμβολα δεδομένων υποφορέα δεν είναι χρήσιμα ακόμη, διότι θα μπορούσε να υπάρχει ακόμη παραμόρφωση από μετατοπίσεις φάσεως και από τον πολλαπλασιασμό του καναλιού (διάδοση πολλαπλών διαδρομών) σε αυτό. Έτσι, το επόμενο βήμα είναι να διορθώσει τα δεδομένα σύμφωνα με την γνωστή απόκριση καναλιού. Η εκτίμηση καναλιού χρησιμοποιεί τον πιλότο και σήματα αναφοράς που διαπλέκονται με τα κανονικά δεδομένα σε προκαθορισμένες θέσεις για την εκτίμηση και μόνιμη αποκατάσταση του καναλιού πληροφοριών. Ένα ωραίο πράγμα από την αναπαράσταση στο πεδίο συχνοτήτων είναι, ότι η στρέβλωση που προέρχεται από τον πολλαπλασιασμό του καναλιού και τη χρονική μετάθεση είναι στην πρώτη σειρά απλών διορθωτικών συντελεστών για κάθε υποφορέα, έτσι ώστε να μηναπαιτείται εδώ σύνθετο φιλτράρισμα.

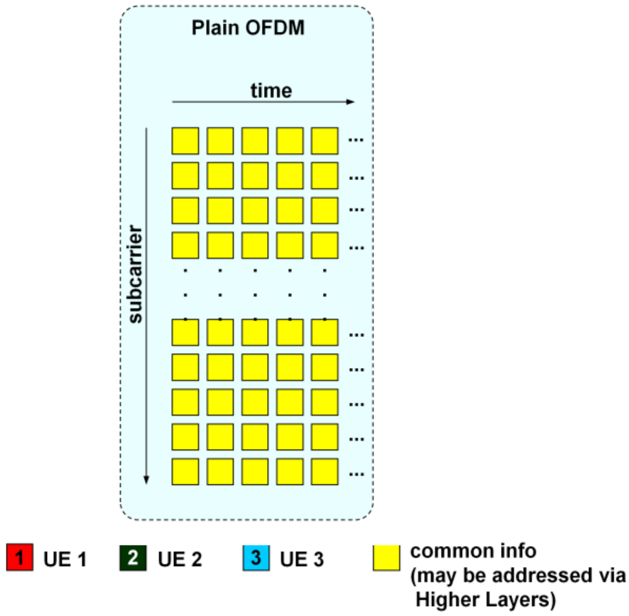
Αφού έχουμε διορθωθεί σύμβολα δεδομένων μας για κάθε υποφορέα, το σύμβολο αποχαρτογράφησης μπορεί να εφαρμοστεί. Εδώ έχουμε ανακτήσει την αρχική ακολουθία bit.

OFDM Πολλαπλή Πρόσβαση

Μέχρι εδώ συζητήσαμε μόνο απλό σημείο προς σημείο ή μετάδοσης OFDM.Τώρα θα πρέπει να αναλύσουμε πώς να χειριζόμαστε την πρόσβαση από πολλαπλούς χρήστες ταυτοχρόνως στο σύστημα, όπου ο καθένας χρησιμοποιεί OFDM.ToOFDM μπορεί να συνδυαστεί με πολλές διαφορετικές μεθόδους για να χειριστεί πολλαπλών χρηστών συστήματα.

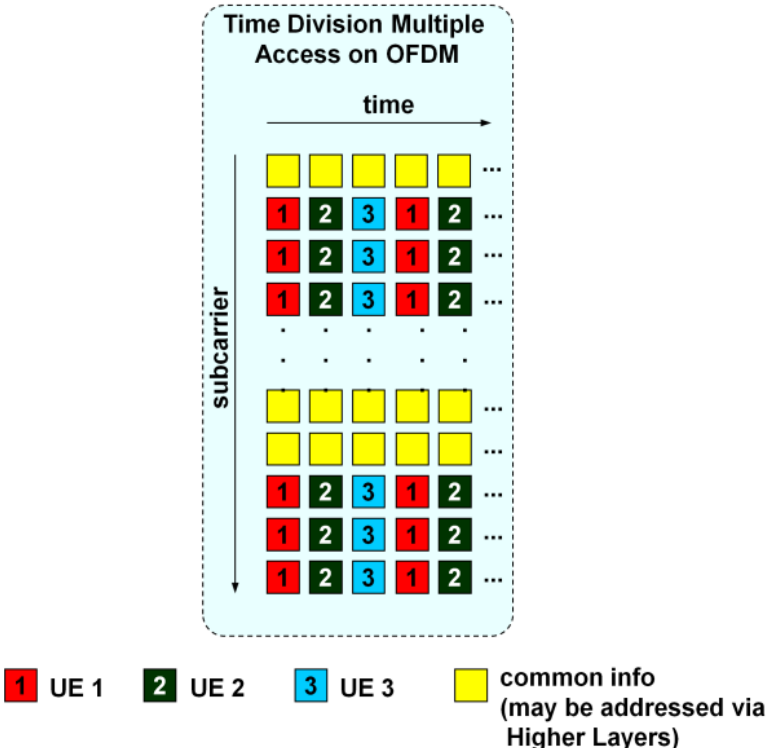
1. Απλό OFDM
2. TimeDivisionMultipleAccessμέσωOFDM
3. Orthogonal Frequency Multiple Access

Απλό OFDM:



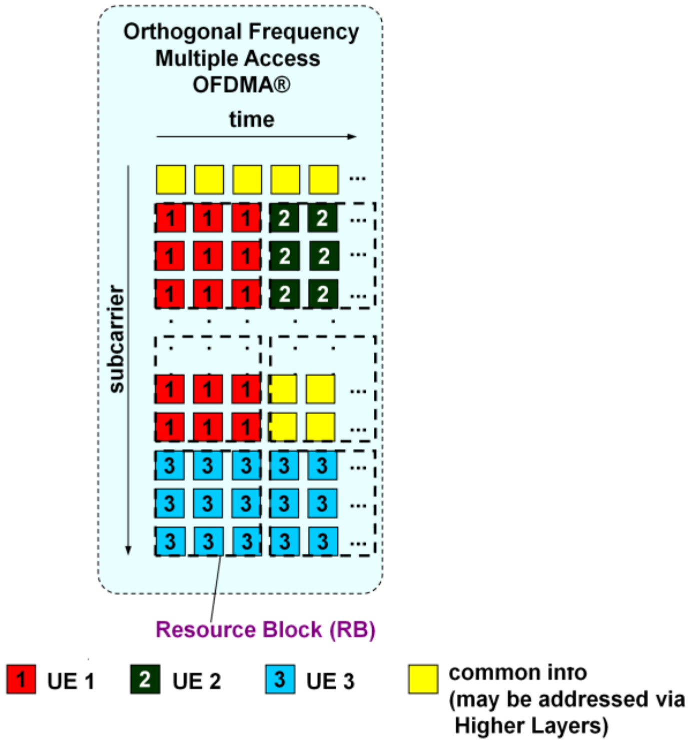
- Απλό OFDM: Το κανονικό OFDM δεν έχει ενσωματωμένο μηχανισμό πολλαπλής πρόσβασης.
- Αυτό είναι κατάλληλο για συστήματα μετάδοσης, όπως DVB/TH που μεταδίδουν μόνο broadcast και multicast σήματα και δεν χρειάζεται ουσιαστικά ένα uplink κανάλι (υπάρχουν τέτοια συστήματα).

Time Division Multiple Access μέσω OFDM



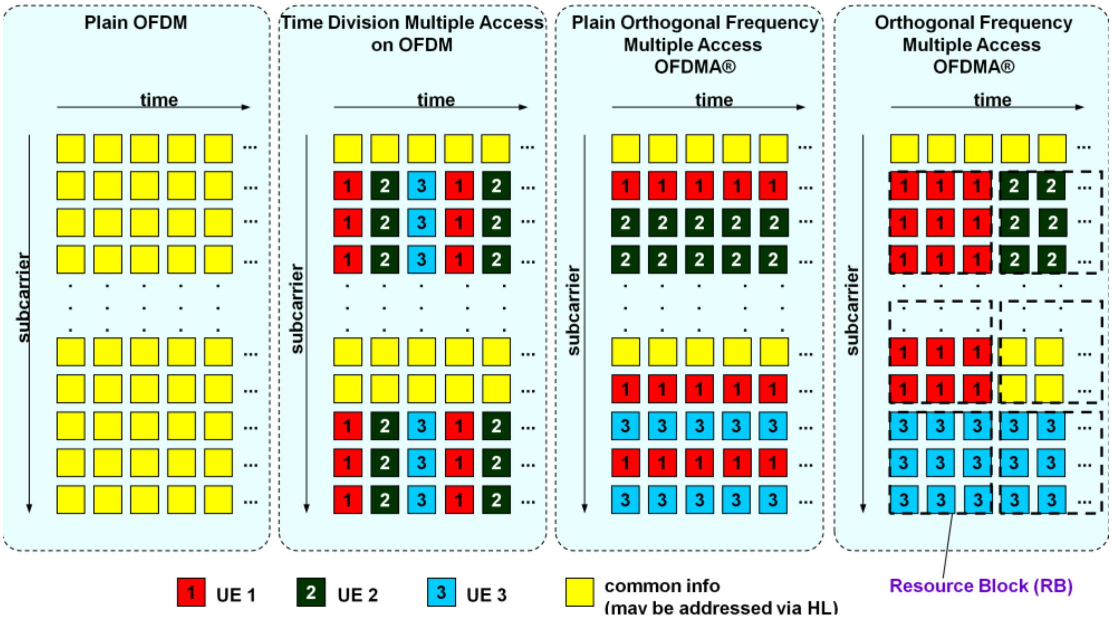
TimeDivisionMultipleAccess μέσω OFDM: Το απλούστερο μοντέλο για το χειρισμό της εφαρμογή πολλαπλής πρόσβασης είναι με την τοποθέτηση πολυπλεξίας χρόνου στην κορυφή του OFDM. Το μειονέκτημα αυτού του μηχανισμού είναι απλό, ότι κάθε χρήστης παίρνει τον ίδιο χώρο (υποφορέα) και είναι ως εκ τούτου μάλλον δύσκολο να εφαρμοστούν εύκαμπτου (υψηλού και χαμηλού) ρυθμού bit υπηρεσίες.Επιπλέον, είναι σχεδόν αδύνατο να χειριστεί την κυκλοφορία υψηλής μεταβλητότητας (π.χ. web κυκλοφορία) αποτελεσματικά χωρίς πάρα πολύ υψηλότερου επιπέδου σηματοδότηση και την προκύπτουσα καθυστέρηση.Εκτός από κάποιο ειδικό σύστημα πληροφοριών, όλοι οι υποφορείς πηγαίνουν στο χρήστη 1 στην πρώτη περίοδο συμβόλου, έπειτα οδηγούνταιστον χρήστη 2, στον χρήστη 3 και ούτω καθεξής, αυτό το σύστημα κατανομής επαναλαμβάνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Time Division Multiple Access μέσω OFDM

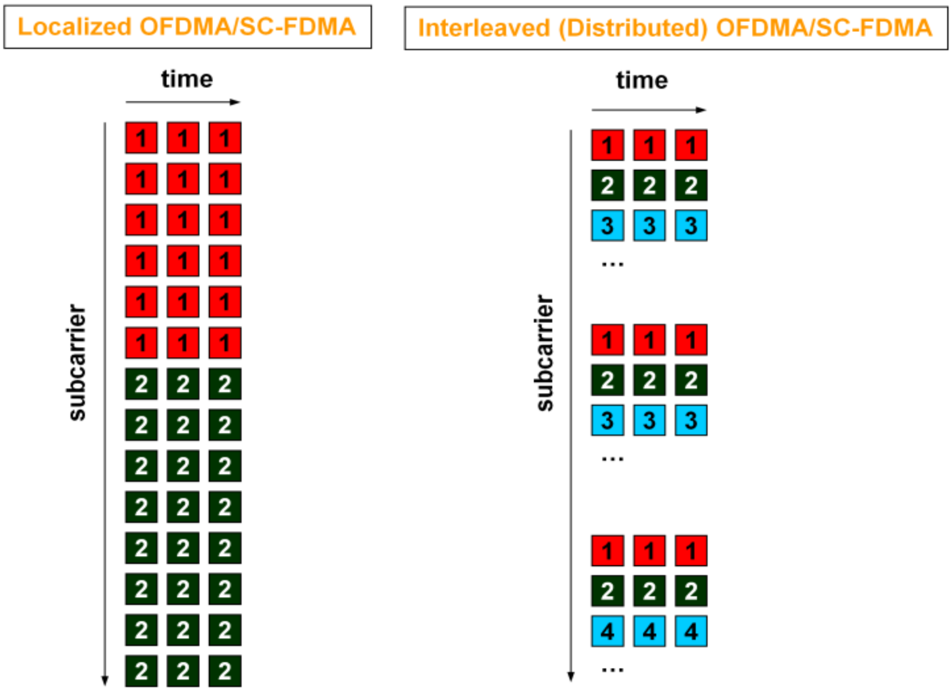


Ορθογώνια πολλαπλής πρόσβασης διαίρεσης συχνότηταςOFDMA®: είναι ένα σήμα κατατεθέν του RunncomLtd. Η βασική ιδέα είναι να εκχωρηθούν οι υποφορείς στους χρήστες με βάση το ρυθμό bit των υπηρεσιών τους. Με αυτή την προσέγγιση, είναι αρκετά εύκολο να χειριστείς υψηλού και χαμηλού ρυθμού bitχρήστες ταυτόχρονα σε ένα ενιαίο σύστημα. Ωστόσο είναι δύσκολο να τρέξειαποτελεσματικά μια εξαιρετικά μεταβλητή κυκλοφορία. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να ορίσειςσε καθένα χρήστη ένα μπλοκ τα οποία ονομάζονται resourceblocks ή schedulingblocks. Τέτοια μπλοκ είναι απλώς ένα σύνολο μερικών υποφορέων για κάποιοχρονικό διάστημα. Ένας χρήστης μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει ένα ή περισσότερα resourceblocks.OFDMA εισήχθη με το 802.16 (WiMAX) WirelessMAN-OFDMA για το downlink. Το 802.16d χρησιμοποιεί έναν τέτοιο μηχανισμό με μεταβλητά μεγέθη μπλοκ. Τα πρώτα OFDM σύμβολα σε κάθε πλαίσιο χρησιμοποιούνται για να υποδείξουν ποιός χρήστης παίρνει ποια μπλοκ με ποιό μέγεθος. Το EUTRAN θα χρησιμοποιεί ένα παρόμοιο σύστημα, αλλά με σταθερό μέγεθος Resource Block. Το πρόγραμμα eNB ελέγχει τον μηχανισμό ανάθεσης.

Διαφορετικές μέθοδοι για OFDM πολλαπλής πρόσβασης



Μέθοδοι Ανάθεσης Υποφορέων



Localized OFDMA/SC-FDMA:

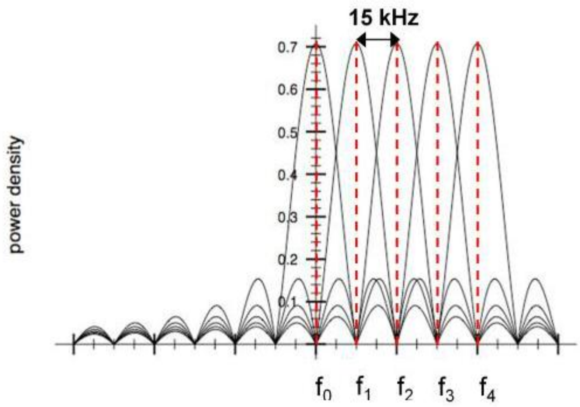
- Οι συνθήκες των Καναλιών για κάθε υποφορέα θα είναι σχετικά ίσες λόγω κοντινών αποστάσεων στο φάσμα.
- Αυτό απλοποιεί την εκτίμηση καναλιού άρα και την πολυπλοκότητα του δέκτη.

- Ένας μικρός αριθμός μετρήσεων είναι επαρκής για να αποφασιστείη ποιότητα όλων των υποφορέων που έχουν ανατεθεί σε ένα χρήστη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα υψηλή απόδοση throughput όταν χρησιμοποιείται προγραμματισμός που να εξαρτάται από το κανάλι.

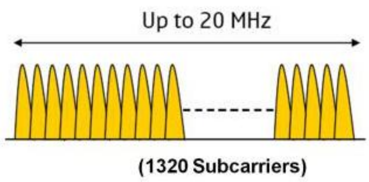
Interleaved(Κατανεμημένη)OFDMA/SC-FDMA

- 4..7 dBχαμηλότερη από τοPicktoAverageRatio(PAPR) σε σχέση με την Localized έκδοση.
- Οι υποφορείς έχουν εντελώς διαφορετική απόκριση καναλιού.
- Αυτό απαιτεί περισσότερη δουλειά για την εκτίμηση καναλιού και ο προγραμματισμός ο οποίος εξαρτάται από το κανάλι θα χρειαστεί πληροφορίες σχετικά με κάθε υποφορέα
- Έτσι η απόδοσηthroughput δεν είναι συνήθως τόσο μεγάλη όσο στηνLocalizedπερίπτωση.

LTE/UTRANΔιεπαφή του Αέρα

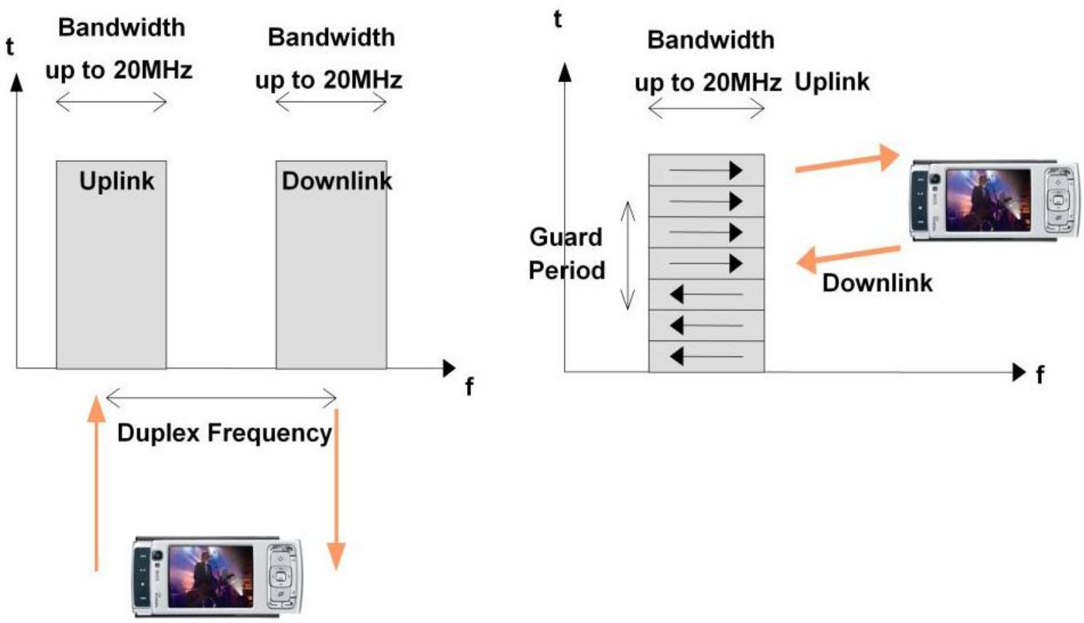


Carrier Bandwidth (MHz)	Number of Sub-Carriers
1.4	72
3	198
5	330
10	660
15	990
20	1320

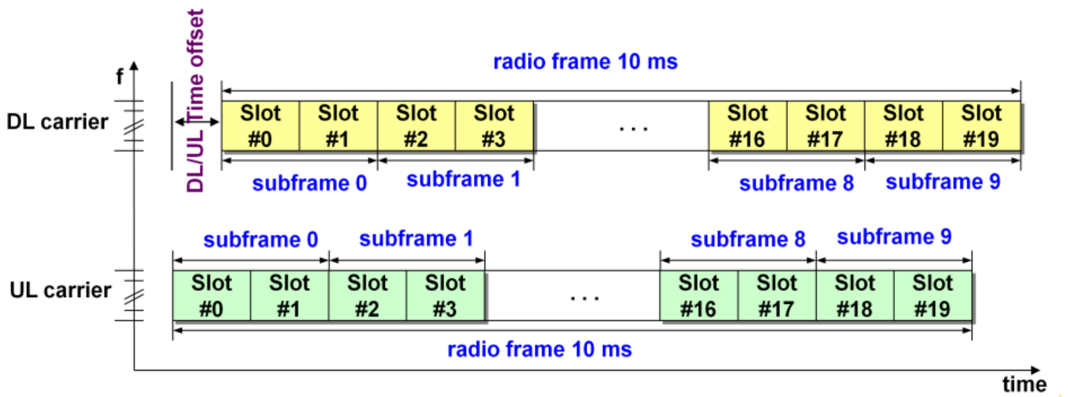


Στο LTE, ηDL διεπαφή του αέρα βασίζεται σε OFDMA. Το LTE χρησιμοποιεί ένα υποφορέα απόστασης 15 kHz (fs). Ως εκ τούτου, η διάρκεια συμβόλου (Ts) είναι 66,67 ps. Ένα μόνο κελίEUTRAN χρησιμοποιεί τουλάχιστον 72 υποφορείς και με μέγιστο αριθμό 1320 υποφορείς.15 KHz -> Αυτό το μέγεθος απόστασης υπομεταφορέα αυξάνει την αποτελεσματικότητα του ίδιου του radio συστήματος και του προγραμματιστή(scheduler).ΤοEUTRAN χρησιμοποιεί OFDM με 2048 υποφορείς (FFT). Δεν είναι όλοι οι 2048 υποφορείς για χρήση, οι υποφορείς στα άκρα πρέπει να αφήνονται ελεύθεροι, ως ζώνες προστασίας έναντι παρεμβολών από άλλα συστήματα. Είναι επιλογή τελεστή το πόσους υποφορείς (bandwidth) ένα κελί θα πρέπει να πάρει. ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Για MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service) το EUTRAN ορίζει επίσης μία απόσταση υποφορέα των 7,5 kHz.

LTE/FDD & TDD λειτουργία



LTERadioframe,slots,subframesκαιλειτουργίαFDD



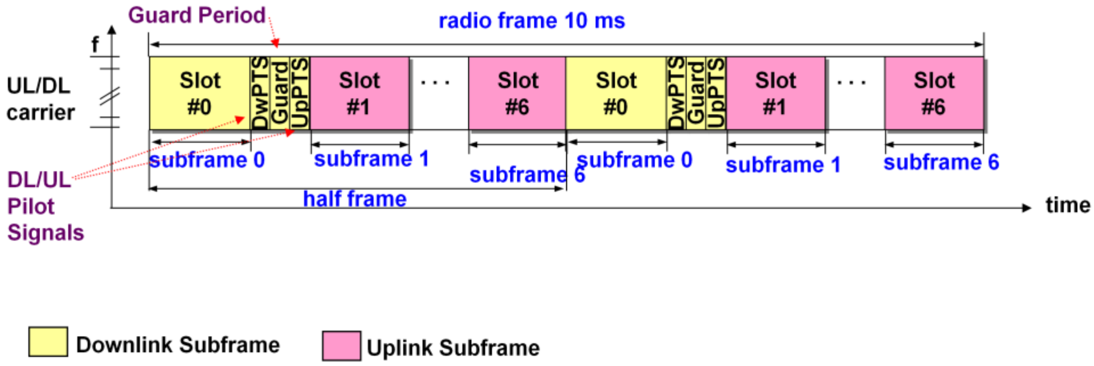
Το βασικόEUTRANRadioFrame είναι μήκους 10 ms. Το EUTRANRadioFrame χωρίζεται σε 20 υποδοχές, το καθένα μήκους 0,5 ms. Πάντοτε δύο σχισμές(slots) μαζί σχηματίζουν ένα υποπλαίσιο (Subframe). Το υποπλαίσιο (1 ms) είναι η μικρότερη μονάδα του χρόνουπου ο προγραμματιστής εκχωρεί σε φυσικά κανάλια. Σε περίπτωση του FDD υπάρχει μια μετατόπισηχρόνου μεταξύμετάδοσης άνω ζεύξης (uplink) και κάτω ζεύξης(downlink).

LTE Radio frame,slots,subframes καιλειτουργίαTDD

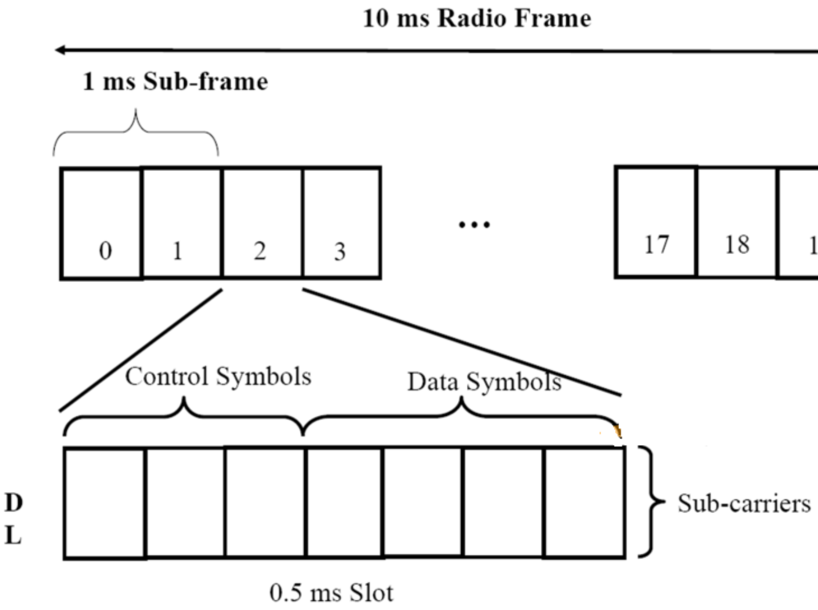
- Το EUTRANορίζειέναradioframeστοTDD

• Συμβατότητα με TD-SCDMA(lowchippρυθμός TDDλειτουργίας) του WCDMA

ΤύποςTDD Frame

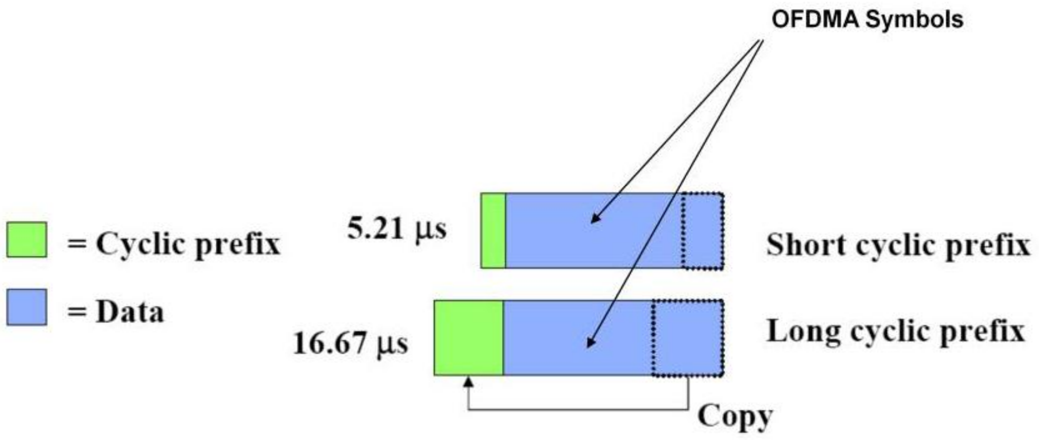


LTEFrameStructure



Ο αριθμός των συμβόλων ανά σχισμή (0,5 ms) μπορεί να είναι 6 ή 7 ανάλογαμε το μήκος του κυκλικού προθέματος.

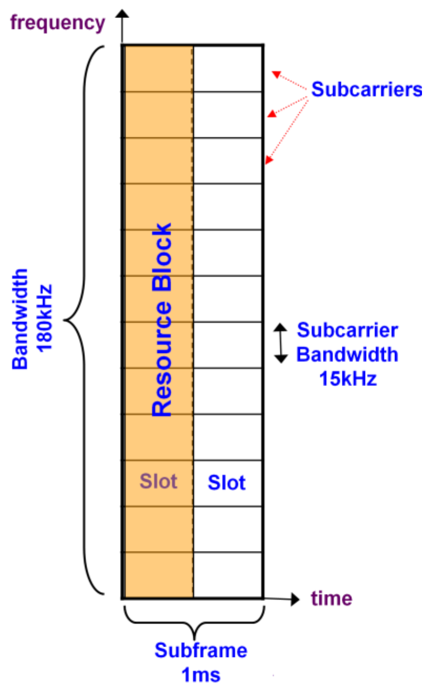
LTE σχισμή(slot)



Το LTE slot περιέχει:

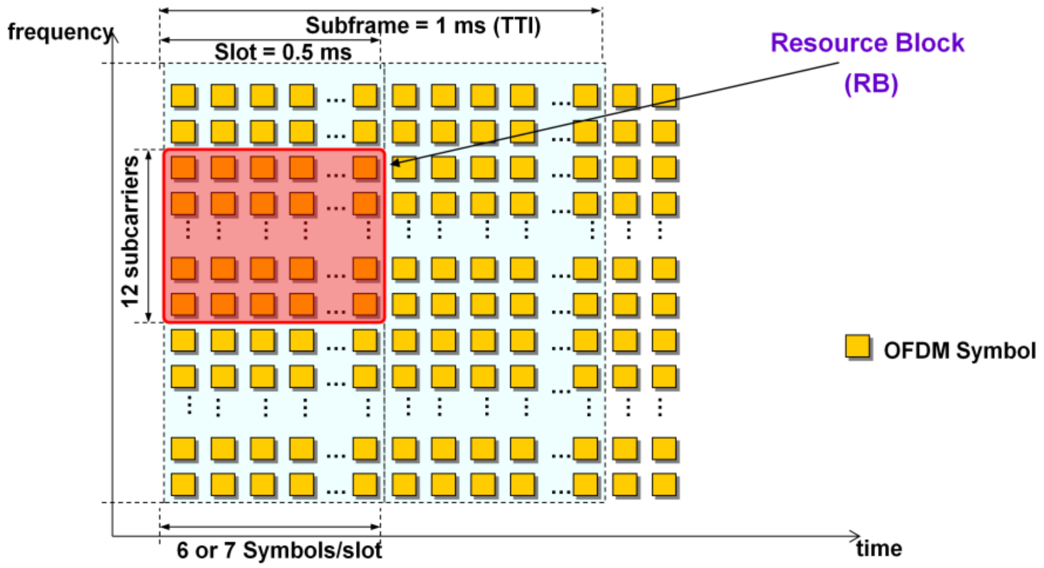
- 7 σύμβολα με κοντό κυκλικό πρόθεμα
- 6 σύμβολα με μακρύ κυκλικό πρόθεμα

OFDM Block πόρωνγια LTE/EUTRAN



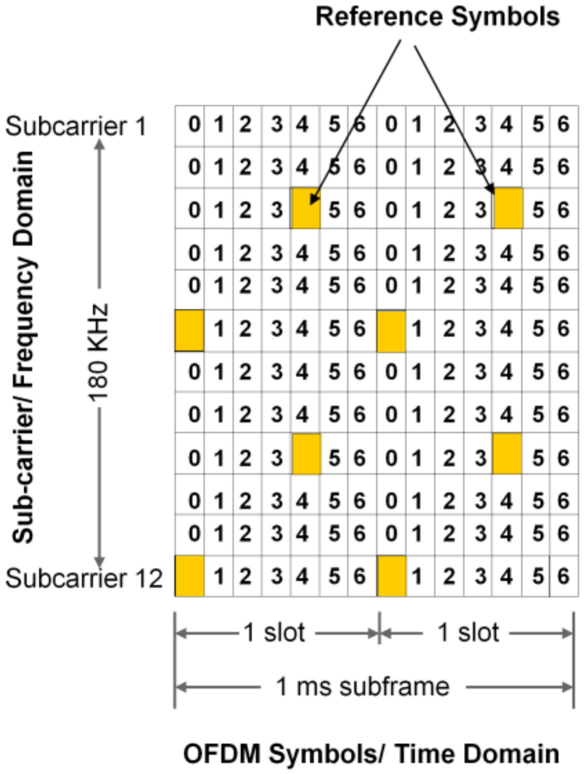
ΤοEUTRAN συνδυάζει τα σύμβολα OFDMστα λεγόμενα μπλοκ πόρων (ResourceBlock - RB). Ένα ResourceBlockέχει πάντα 12 συνεχόμενους υποφορείς κατά τη διάρκεια μιας σχισμής (0,5 ms): 12 υποφορείς * 15 kHz = 180 kHz.Πρόκειται για αρμοδιότητα του προγραμματιστή να εκχωρήσει ResourceBlocks σε φυσικά κανάλια που ανήκουν σε διαφορετικούς χρήστες ή για τις γενικές εργασίες του συστήματος. Ο προγραμματιστής διαθέτει πάντα τουλάχιστον 2 συνεχόμενες RB για ένα χρήστη: 2 slot -> 1 subcarrier-> 1 ms. Αυτή είναι η TransmissionTimeInterval (TTI) στοLTE. Ένα μόνο κελί πρέπει να έχει τουλάχιστον 6 ResourceBlocks(72 υποφορείς) καιείναι δυνατόν μέχρι 110 (1320 υποφορείς).Το LTE / EUTRAN πρέπει να έχει ένα μηχανισμό για να ορίσει το χρόνο και τους υποφορείς σε έναν μόνο χρήστη: ο προγραμματιστής χρόνου (scheduler). Η διαμόρφωση συστήματος δεν έχει επιλεγεί ανά υποφορέα, αλλά ανά Resourceblock (12 συνεχόμενοι υποφορείς) οι λόγοι είναι οι εξής: Θα ήταν πολύ αναποτελεσματικό να συγκεντρωθούν οι αξιολογήσεις σχετικά με έναν υποφορέα για να επιλέχτεί το βέλτιστο σχήμα διαμόρφωσης που θα χρησιμοποιηθεί. Ως υποφορείς διατίθενται διαδοχικά στο τομέα των συχνοτήτων, η αξιολόγηση από ένα από αυτό δίνει μια καλή εικόνα της απόκρισης συχνότητας για όλα τα άλλα.

OFDM πλέγμα πόρων για LTE/EUTRAN



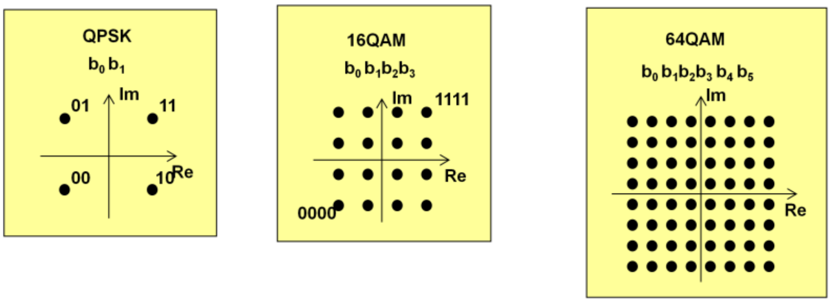
Τα OFDM σύμβολα διατάσσονται σε ένα πίνακα 2διαστάσεων ο οποίοςονομάζεται το πλέγμα των πόρων:Ένας άξονας του πλέγματος είναι ο δείκτης υποφορέα.Ο άλλος άξονας είναι ο χρόνος. Κάθε σύμβολο OFDM έχει τη θέση της στο πλέγμα των πόρων(ResourceGrid).

OFDM πλέγμα πόρων για LTE/EUTRAN. Εκτίμηση Καναλιού



Η εκτίμηση καναλιού βασίζεται στα σύμβολα αναφοράς (Pilot Σύμβολα). Παρεμβολή σε στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας. Τα σύμβολα αναφοράς βοηθούν το UE να κρατήσει το συγχρονισμό με το δίκτυο μέσω της διεπαφής του αέρα, τόσο στη διάρκεια του χρόνου όσο και στο συγχρονισμό της συχνότητας. Στο WCDMA το κοινό πιλοτικό κανάλι (CommonPilotchannel - CPICH) χρησιμοποιήθηκε για αυτό (μαζί μεσύμβολα αναφοράςστο DCH).Αν ο δέκτης δεν ασχολείται με την διασυμβολική παρεμβολή (έχει προληφθεί με την εισαγωγή του CP), θα πρέπει όμως να ασχοληθεί με την επίδραση του καναλιού των επιμέρους υποφορέων που έχουν υποστεί εξαρτώμενες από τη συχνότητα αλλαγές φάσης και πλάτους. Η εκτίμηση καναλιού διευκολύνεται από την εισαγωγή του συμβόλου αναφοράς (που αναφέρεται επίσης πιλοτικό σύμβολο). Τα σύμβολα είναι σωστά κατανεμημένα σε όλη την συχνότητα και στο πεδίο του χρόνου.Ο δέκτης μπορεί να υπολογίσει την επίδραση του καναλιού αναλύοντας τι συμβαίνει στο πλέγμα σύμβολων αναφοράς (στις διαστάσεις του χρόνου και της συχνότητας).

Σχήματα Διαμορφώσεων για LTE/EUTRAN



ΤοLTEκαθορίζειτιςακόλουθεςεπιλογέςδιαμόρφωσης: Quadrature Phase Shift Keying, QPSK,16 Quadrature Amplitude Modulation 16QAM, 64QAM.ΌλααυτάείναιδιαθέσιμασεDownlink.ΣεUplink, μόνοταπρώτα 2 είναιυποχρεωτικά. Η 64QAM υλοποιείται στο UE ως προαιρετικό χαρακτηριστικό. Δεν επιτρέπεται κάθε φυσικό κανάλι να χρησιμοποιεί οποιοδήποτε σύστημα διαμόρφωσης: Τα κανάλια ελέγχου χρησιμοποιούν κυρίως QPSK. Σε γενικές γραμμές αυτό είναι ο προγραμματιστής του χρόνου που αποφασίζει ποια μορφή θα χρησιμοποιηθεί, ανάλογα με την αξιολόγηση της ποιότηταςτου φορέα από το UE.Η χρήση της QPSK διαμόρφωσης επιτρέπει την εξοικονόμηση ενέργειας στον πομπό όταν λειτουργεί σε πλήρη ισχύ μετάδοσης. Στη θεωρία ένα σύστημα OFDMA μπορεί να χρησιμοποιήσει διαφορετικά συστήματα διαμόρφωσης για κάθε υποφορέα. Το να έχει το κανάλι πληροφοριών ποιότητας μια τέτοια αναλυτικότητα οδηγεί σε υπερβολική επιβάρυνση. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο επιλέγεται η διαμόρφωση ανά resourceblock. Επίσης, η BipolarPhase Shift Keying (BPSK) έχει καθοριστεί, μόνο για τα κανάλια ελέγχου.

LTE Ζεύγη ζωνών συχνότητας στο 3GPP(FDD)

Band	Total [MHz]	Uplink [MHz]	Downlink [MHz]	Europe	Japan	Americas	
1	2x60	1920-1980	2110-2170	●	●		UMTS core
2	2x60	1850-1910	1930-1990			●	US PCS
3	2x75	1710-1785	1805-1880	●			1800
4	2x45	1710-1755	2110-2155			●	US AWS
5	2x25	824-849	869-894			●	US 850
6	2x10	830-840	875-885		●		Japan 800
7	2x70	2500-2570	2620-2690	●			2600
8	2x35	880-915	925-960	●			900
9	2x35	1750-1785	1845-1880		●		Japan 1700
10	2x60	1710-1770	2110-2170			●	Extended AWS
11	2x25	1427.9-1452.9	1475.9-1500.9		●		Japan 1500
12	2x18	698-716	728-746			●	US700
13	2x10	777-787	746-756			●	US700
14	2x10	788-798	758-768			●	US700
17	2x12	704-716	734-746			●	US700
18	2x15	815-830	860-875		●		Japan 800
19	2x15	830-845	875-890		●		Japan 800

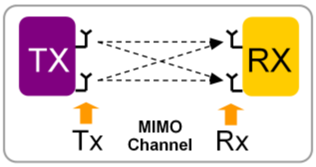
LTE ζώνες συχνοτήτων:

- 17 ζεύγη ζωνών συχνοτήτων (για FDD)
- 8 (όχι σε ζεύγη) ζώνες συχνοτήτων (για TDD)
- Περισσότερες ζώνες θα προστεθούν στο μέλλον
- Ορισμένες ζώνες που χρησιμοποιούνται σήμερα για άλλες τεχνολογίες ->Επανακαταμερισμός συχνοτήτων
- Στην Ευρώπη, οι επεκτάσεις τουLTE θα ξεκινήσουν πιθανότατα στην ζώνη 2600MHz και θα συνεχιστούν με τον επανακαταμερισμό στα 900 και 1800 MHz.
- Στις ΗΠΑ, LTE οι επεκτάσεις θα πρέπει να τοποθετηθούν στις ζώνες 700 και 1700/2100 MHZ, και αργότερα θα γίνει επανακαταμερισμό στις υφιστάμενες ζώνες για GSM / WCDMA
- Στην Ιαπωνία, LTE θα αρχίσουν να χρησιμοποιούν τη ζώνη 2100 MHz, που και στη συνέχεια τις ζώνες 800, 1500 και 1700 MHz.

LTE ασύζευκτες ζώνες συχνοτήτων στο 3GPP (TDD)

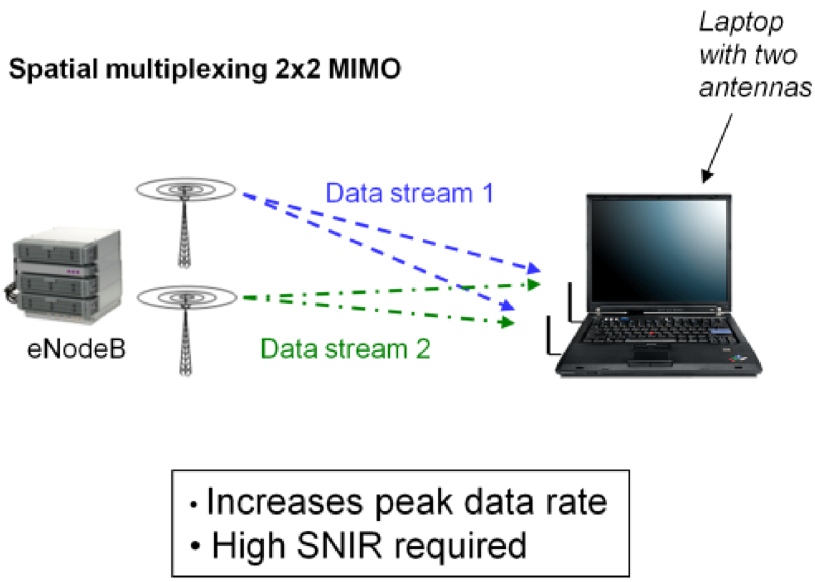
Band	Total [MHz]	Uplink and downlink [MHz]	3GPP Name
33	1x20	1900-1920	UMTS TDD1
34	1x15	2010-2025	UMTS TDD2
35	1x60	1850-1910	US 1900 UL
36	1x60	1930-1960	US 1900 DL
37	1x20	1910-1930	US 1900
38	1x50	2570-2620	2600
39	1x40	1880-1920	UMTS TDD
40	1x100	2300-2400	2300

MIMO



MIMO σημαίνει Πολλαπλές είσοδοι Πολλαπλές Έξοδοι(MultipleInputsMultipleOutputs). Είναι μια βασική τεχνολογία για να αυξήσουν την χωρητικότητα ενός καναλιού με τη χρήση πολλαπλών κεραιών πομπών και δέκτών. Οι βασικές ιδέες πίσω από το MIMO έχουν συσταθεί ήδη το 1970 αλλά δεν έχουν χρησιμοποιηθεί σε ραδιοεπικοινωνία μέχρι το 1990. Το MIMO χρησιμοποιείται σήμερα στο 802.11n, 802.16d/e για να αυξήσει την χωρητικότητα του καναλιού. Το LTE υποστηρίζει 2x2 και 4x4 MIMO υλοποιήσεις.Δύο είδη των τεχνικών MIMO: μετάδοση Multistream (επίσης γνωστό ως χωρική πολυπλεξία) , μετάδοση πολυμορφίας (χώρου-χρόνου κωδικοποίηση) MIMO.Το κανάλι διάδοσης είναι η διεπαφή του αέρα, έτσι οι κεραίες μετάδοσης αντιμετωπίζονται ως είσοδο στο κανάλι, ενώ οικεραίες λήψης είναι η έξοδος από αυτό.

ΧωρικήΠολυπλεξίαήMulti-Stream 2x2 MIMO



MultiStream ή Χωρική Περίπτωση πολυπλεξίας MIMO:

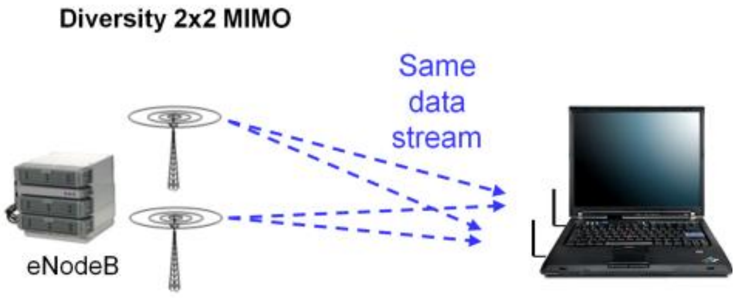
1. Κάθε κεραία εκπομπής μεταδίδει μια διαφορετική ροή δεδομένων(datastream).
2. Αυτή η τεχνική αυξάνεισημαντικά τομέγιστο ρυθμό δεδομένων στη radioσύνδεση. (Για παράδειγμα, 4x4 MIMO αυξάνει αποτελεσματικά το μέγιστο ρυθμό δεδομένων κατά ένα συντελεστή τέσσερα.)
3. Απαιτεί υψηλόSignaltoNoiseplusInterferenceRatio(SNIR) σεradioσυνθήκες, προκειμένου να είναι αποτελεσματική.

Το 2x2 MIMO χρησιμοποιεί δύο κεραίες μεταδόσεως στην πλευρά τουeNodeB και δύο κεραίες λήψης στην κινητή τερματική πλευρά της σύνδεσης μετάδοσης.

ΧΩΡΙΚΗ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ

Παρά το γεγονός ότι οι ροές δεδομένων μεταδίδονται ταυτόχρονα με την ίδια συχνότητα, ο δέκτης μπορεί, ωστόσο, να ανιχνεύσει τις διαφορετικές ροές που λαμβάνονται μέσω διαφορετικών κεραιών – εξ ου και το όνομα της χωρικής πολυπλεξίας.

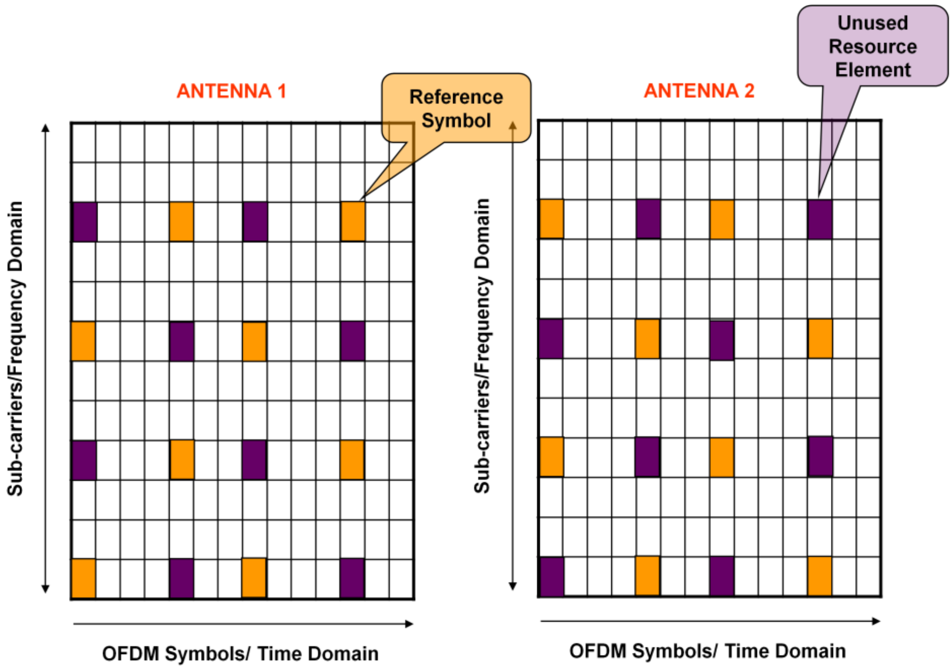
ΜετάδοσηΠολυμορφίας 2x2 MIMO



Μετάδοση περίπτωση πολυμορφίας MIMO:

1. Κάθε κεραία εκπομπής μεταδίδει την ίδια ροή δεδομένων.
2. Αυτό το είδος της εφαρμογής MIMO δεν αυξάνει το μέγιστο ρυθμό δεδομένων στη ραδιοζεύξη, αλλά είναι αποδοτική σε συνθήκες χαμηλού SNIR.
3. BeamForming: ειδική περίπτωση MIMO πολυμορφίας, όπου η ίδια ροή δεδομένων μεταδίδεται, αλλά με μία διαφορετική μετατόπιση φάσης σε κάθε κεραία μετάδοσης, έτσι γίνεται αποτελεσματικά η αποστολή του σήματος μετάδοσης σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

MIMO και τα σύμβολα αναφοράς της OFDMA



Τα σύμβολα αναφοράς επιτρέπουν στο δέκτη να διαχωρίσει τις διαφορετικές κεραίες μεταξύ τους. Για να διαχωριστούνοι ροέςMIMO που μεταδίδονται ταυτόχρονα με τους ίδιους πόρους συχνότητας, κάθε κεραία πρέπει να μεταδώσει τα δικά της σύμβολα αναφοράς, ενώ η άλλη κεραία πρέπει να αφήσει κενό το αντίστοιχο στοιχείο των πόρων. Η ίδια αρχή ισχύει και για περισσότερο από 2 κεραίες, έτσι ώστε όταν ο αριθμός των κεραιών αυξάνει επίσης αυξάνονται και τα σύμβολα αναφοράς.

Downlink μέγιστος ρυθμός bit

	Resource bloc	6	15	25	50	100
	Subcarriers	72	180	300	600	1200
Modulation coding		**1.4 MHz**	**3.0 MHz**	**5.0 MHz**	**10 MHz**	**20 MHz**
QPSK 1/2	Single stream	0.9	2.2	3.6	7.2	14.4
16QAM 1/2	Single stream	1.7	4.3	7.2	14.4	28.8
16QAM 3/4	Single stream	2.6	6.5	10.8	21.6	43.2
64QAM 3/4	Single stream	3.9	9.7	16.2	32.4	64.8
64QAM 4/4	Single stream	5.2	13.0	21.6	43.2	86.4
64QAM 3/4	2x2 MIMO	7.8	19.4	32.4	64.8	129.6
64QAM 1/1	2x2 MIMO	10.4	25.9	43.2	86.4	172.8
64QAM 1/1	4x4 MIMO	20.7	51.8	86.4	172.8	345.6

- 2x2 MIMO (2 κεραίες για TX, 2 κεραίες για RX)
- 64QAM
- Επιβάρυνση ελέγχου 7,1%
- Επιβάρυνση συμβόλων αναφοράς 7,7%
- 172 Mbps στα 20 MHz και 86 Mbps στα 10 MHz

Uplink μέγιστος ρυθμός bit

	Resource bloc	5	14	24	49	99
	Subcarriers	60	168	288	588	1188
Modulation coding		**1.4 MHz**	**3.0 MHz**	**5.0 MHz**	**10 MHz**	**20 MHz**
QPSK 1/2	Single stream	0.7	2.0	3.5	7.1	14.3
16QAM 1/2	Single stream	1.4	4.0	6.9	14.1	28.5
16QAM 3/4	Single stream	2.2	6.0	10.4	21.2	42.8
16QAM 1/1	Single stream	2.9	8.1	13.8	28.2	57.0
64QAM 3/4	Single stream	3.2	9.1	15.6	31.8	64.2
64QAM 1/1	Single stream	4.3	12.1	20.7	42.3	85.5
64QAM 1/1	V-MIMO (cell)	8.6	24.2	41.5	84.7	171.1

- Ενιαία μετάδοση ροής μεθεωρητική 16QAM
- Επιβάρυνση του συμβόλου αναφοράς 14.3%
- Ένα Resourceblock για το Φυσικό Κανάλι Ελέγχουuplink (PUCCH)
- 57 Mbps στα 20 MHz και 28 Mbps στα 10 MHz

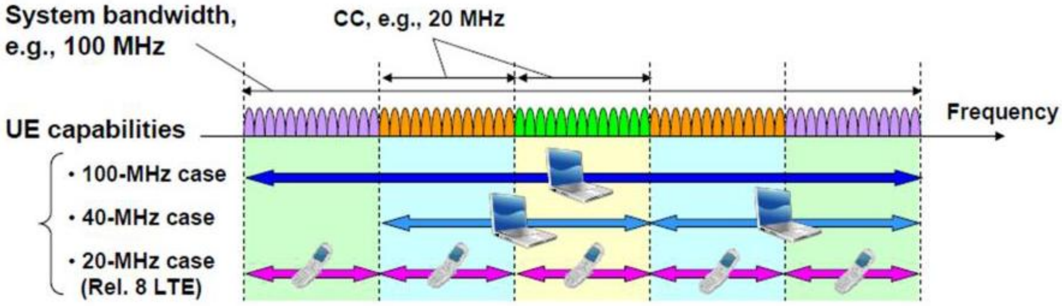
LTE UE Κατηγορίες

	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
Peak rate DL/UL	10/5 Mbps	50/25 Mbps	100/50 Mbps	150/50 Mbps	300/75 Mbps
RF bandwidth	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz
Modulation DL	64QAM	64QAM	64QAM	64QAM	64QAM
Modulation UL	16QAM	16QAM	16QAM	16QAM	64QAM
Rx diversity	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
BTS tx diversity	1-4 tx	1-4 tx	1-4 tx	1-4 tx	1-4 tx
MIMO DL	Optional	2x2	2x2	2x2	4x4

Qualcomm first chipset has 50 Mbps downlink and 25 Mbps uplink

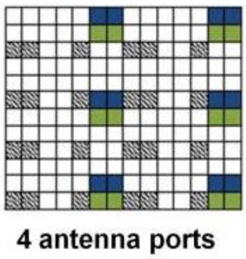
- Όλες οι κατηγορίες υποστηρίζουν 20 MHz
- 64QAM υποχρεωτικά στοdownlink, αλλά όχι στο uplink (εκτόςτης κατηγορίας 5)
- 2x2 MIMO υποχρεωτικά σεόλες τις κατηγορίες εκτός της κατηγορίας 1.

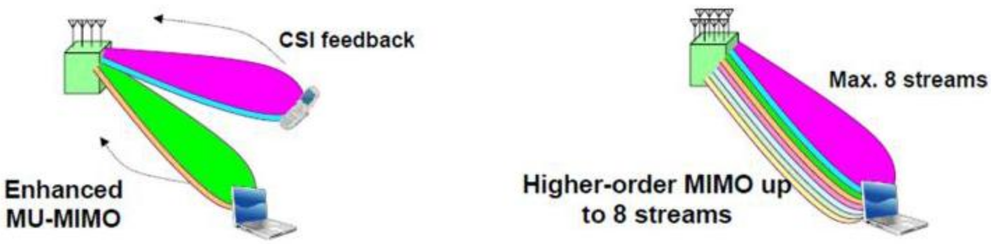
LTE-A Άθροιση φορέων



- Μετάδοση εύρους ζώνης χρησιμοποιώντας συνάθροιση φορέων μέχρι, π.χ. 100 MHz (μπλοκ συχνοτήτων που ονομάζονται componentcarriers (CCs))
- Συμβατό με το Rel. 8 του LTE
- Συνεχόμενακαι μη, φάσματα και ασύμμετρο εύρος ζώνης για FDD

LTE-ADLMIMO





- Έως 8-ροών (8-stream) μετάδοση (8x2 MIMO)
- Μονός χρήστης (SingleUser - SU) -MIMO έως μετάδοσης 4-ροών
- Πρόσθετα σήματα αναφοράς (ReferenceSignal - RS):
    - Πληροφορίες κατάστασης καναλιού RS (Channel State Information - CSIRS)
    - UE-ειδική αποδιαμόρφωση RS (DM-RS)

CSI – Για κανάλι downlink / Αραιή, χαμηλή επιβάρυνση (ρυθμιζόμενο)

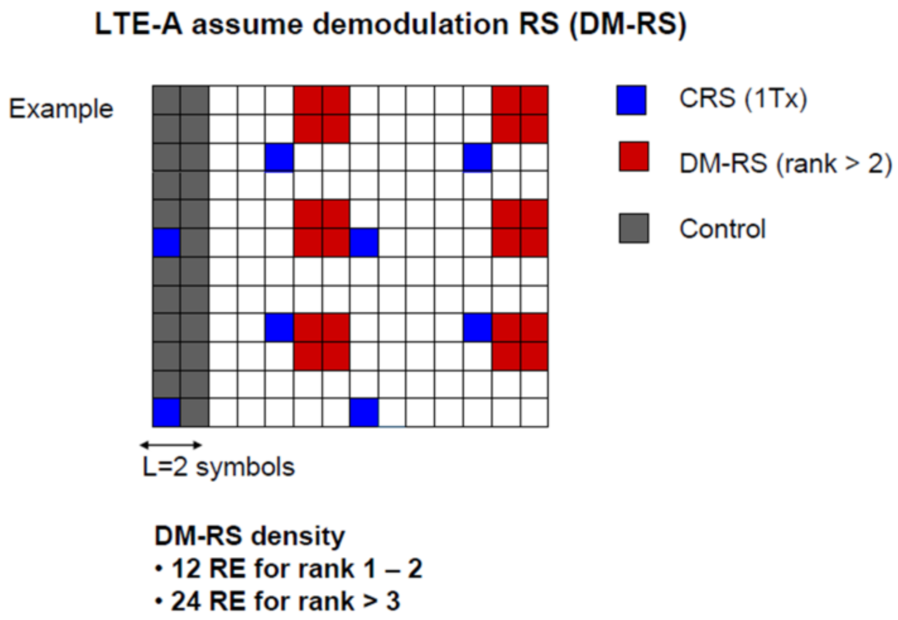
CSI = PMI (πίνακας δείκτη προκωδικοποίησης) + RI (δείκτης κατάταξης) + CQI (δείκτης ποιότητας καναλιού)

DM - UE-ειδικόDM-RS, το οποίοείναι προκωδικοποιημένο, καθιστά δυνατή την εφαρμογή προκωδικοποίησης που δεν βασίζεται στο βιβλίο κωδίκων (προκωδικοποίηση βάση της αξιολόγησηςCSIκαι / ή ULsounding)

- UE-ειδικόDM-RS θα επιτρέψει την εφαρμογή της ενισχυμένης beamformingπολλαπλών χρηστώνόπως ZeroForcing (ZF) για, π.χ., 4-από-2 MIMO

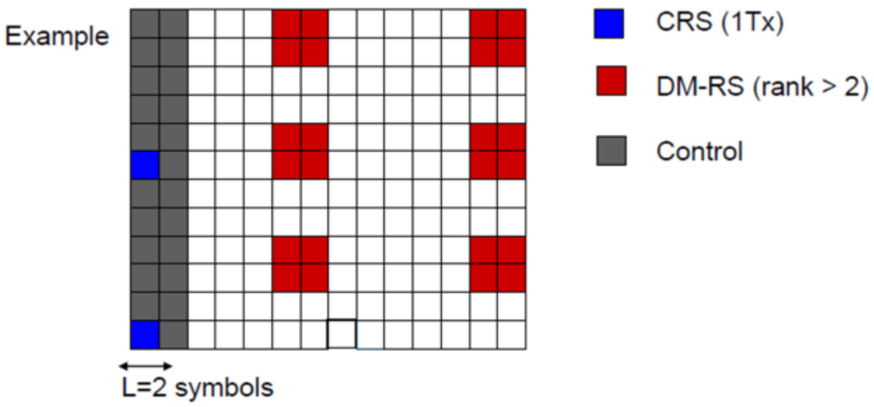
- Τοπρότυπο RSDM για την αύξηση του αριθμού των επιπέδων επεκτείνεται 2 επιπεδα για τον τρόπο μετάδοσης 8 στο Rel. 9 // CDM μεταξύ RSδύο επιπέδων // Π.χ. για 4 θύρες της κεραίας:

LTE-A DM-RS



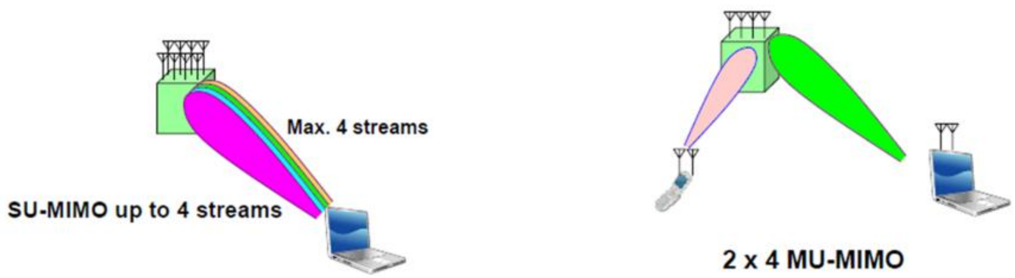
LTE-AMBSFNsubframe

Ηπεριοχή δεδομένων των υποπλαισίωνMBSFN δεν συμβατή με τηνrel-8 ->Δεν χρειάζεταιCR8.



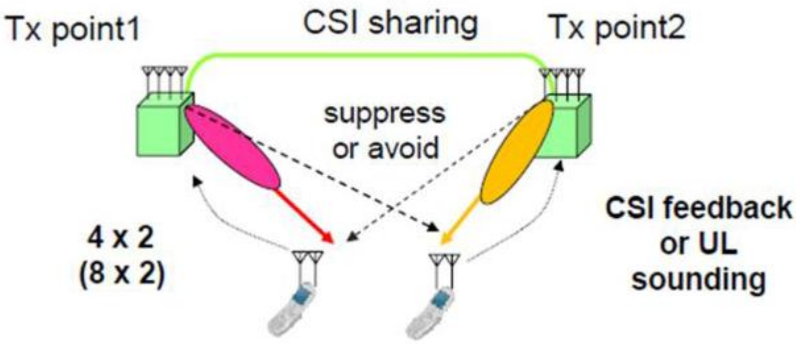
Το LTE-A μπορεί να διαμορφώσει MBSFN υποπλαίσια για να προγραμματίσει χρονικά μη MBSFN δεδομένα (PDSCH). ToPhysicalMulticastChannel (PMCH) χρησιμοποιείταιαντίτουPDSCH. Ειδικό σχέδιο RS με μεγαλύτερη πυκνότητα στην περιοχή συχνοτήτων υποστηρίζει μεγαλύτερη ”εξάπλωση καθυστέρησης" από τη μετάδοση multi-cell.OMultimedia Broadcast Network Single Frequency (MBSFN) τρόπος λειτουργίας υποστηρίζεται από το E-UTRAN για να επιτρέψει την αποτελεσματική μετάδοση πολλαπλών κελιών E-MBMSυπηρεσιών.

LTE/A UL MIMO



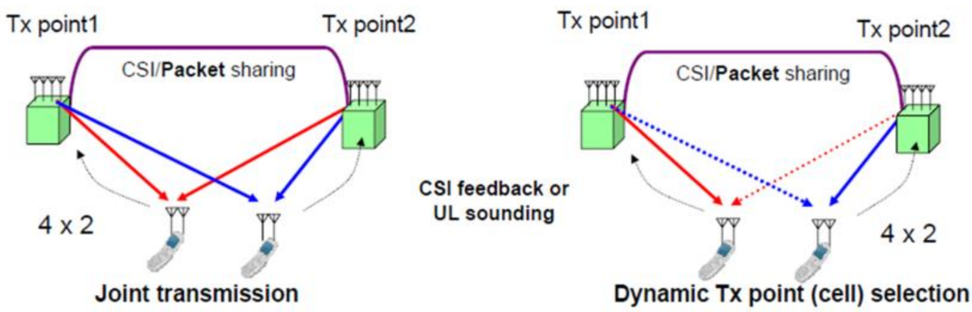
- Το UL μεταδίδει με πολυμορφία για τοPUCCH
- Single User (SU) -MIMO έως 4-ροών μετάδοση (2x4)
- MU - MIMO υποστηρίζονται.

LTE-ADL Συντονισμένη μετάδοση πολλαπλών σημείων



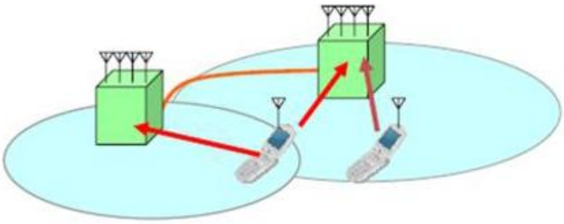
- Ο συντονισμός μεταξύ πολλαπλών σημείων Tx μέσω CSI κοινοποίηση.
- Χρήση των δια-κελιών CSI για το συντονισμό.
- Αποδιαμόρφωση με βάση UE-ειδικό RS.
- Συντονισμένο beamforming και χρονικός προγραμματισμός (CS / CB).
- PDSCH μεταδίδεται μόνο από 1 κελί
- χρονικός προγραμματισμός / beamforming συντονίζεται μεταξύ των κελιών

LTE-ADLCoMP κοινή επεξεργασία



Κοινή μετάδοση (JT): τοPDSCH μεταδίδεται από πολλαπλά κελιά με τη χρήση προκωδικοποίησης DMRS μεταξύ συντονισμένων κελιών. Δυναμική επιλογή κελιών: τοPDSCH μεταδίδεται από ένα κελί, τα οποία έχουν επιλεγεί δυναμικά.

LTE-A UL CoMP



1 x 4 CoMP
(2 x 4 CoMP)

Φυσικόuplink κοινόχρηστου καναλιού (PUSCH) περιήλθε στο πολλαπλών κελιών. Ο χρονικός προγραμματισμός συντονίζεται μεταξύ των κελιών. Συνδυασμός πακέτων από πολλαπλά σημεία. Συντονισμένος χρονικός προγραμματισμός μεταξύ πολλαπλών σημείων.

LTE-A CoMP Κέρδος

	Downlink		Uplink		
CoMP Category	Intra-site 2TX (4TX)	Intra & Inter-site	Intra-site joint reception	Inter-site macro diversity	Inter-site joint reception
Cell Avg.	5% (10%)	20%	5%	6%	15%
Cell Edge	12% (20%)	21%	5%	8%	25%

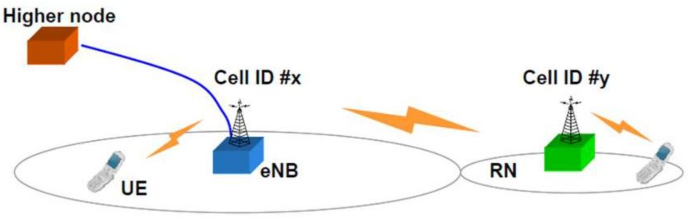
	Downlink		Uplink
CoMP Category	Intra-site CS/CB	Inter-site CS/CB	Inter-site CS
Cell Avg.	13%	14%	-
Cell Edge	13%	13%	15%

- JP / JT CoMPαύξηση της απόδοσης του συστήματος σε ένα αστικό περιβάλλον με ιδανικό CSIfeedback και ρεαλιστικού συστήματος και δέκτη εφαρμογή.
- Παρομοίως για CS / CB CoMP

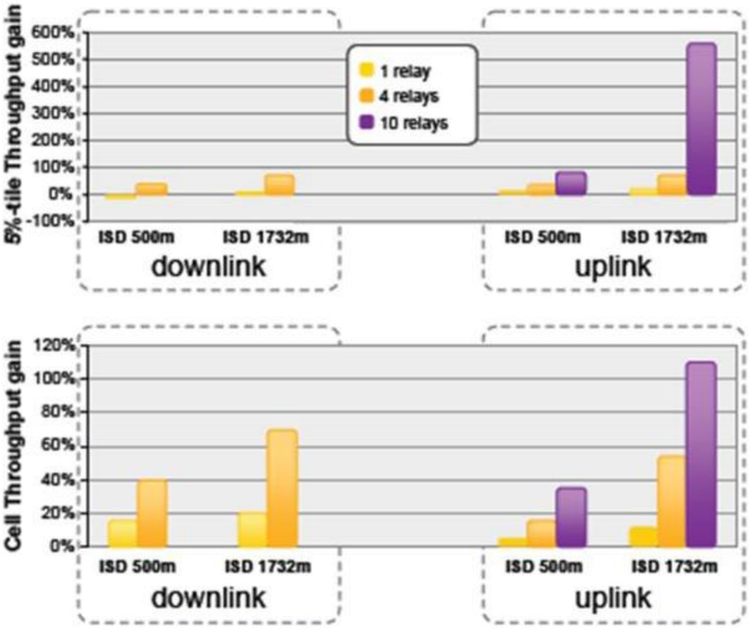
OverHead

Parameter	Values used for evaluation
Rel-8 overhead	• Guard band (10%), Guard interval (6.67%), (DL and UL) Downlink • PBCH and Sync. signal • DL control channel L OFDM symbols (=1,2,3) • CRS (4 ports for SU-MIMO, 1 port for single layer BF) • DM-RS (for single layer BF) Uplink • UL CCH according to CQI/PMI reporting mode • SRS • RACH
LTE-A overhead	•Guard band (10%), Guard interval (6.67%), (DL and UL) Downlink: • 6 MBSFN subframes per DL radio frame (FDD), 2 MBSFN subframes per DL radio frame (TDD) • PBCH and Sync. signal • DL control channel L OFDM symbols (=1,2,3) • CRS (1 port) • DM-RS • CSI-RS Uplink • UL CCH according to CQI/PMI reporting mode • SRS • RACH

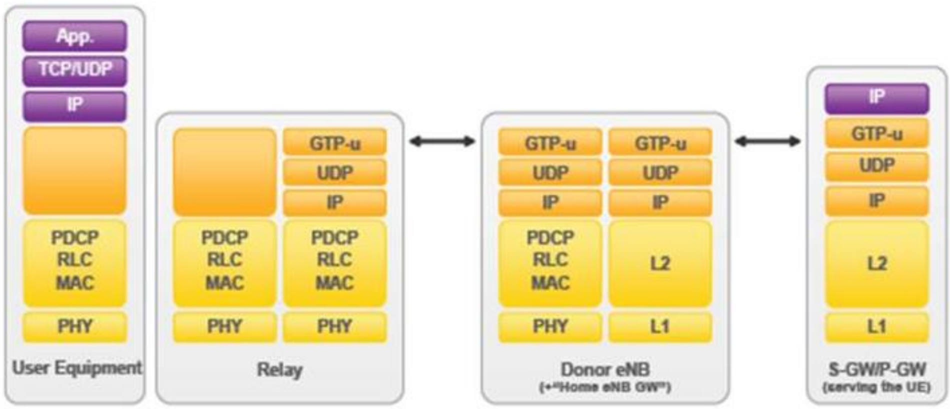
LTE-A Μετεγκατάστασης



RelayNode (RN) δημιουργεί ένα ξεχωριστό κελί το οποίο διακρίνεται από todonorcell.ToUE λαμβάνει / μεταδίδει σήματα ελέγχου για τονχρονικό προγραμματισμό και HARQ από / προς RN. Ανάπτυξη κελιών στις περιοχές όπου η ενσύρματη backhaul δεν είναι διαθέσιμη ή πολύ ακριβή.



LTE-A ΠρωτόκολλοΜετεγκατάστασης Στοίβας



Αναφορές

1. http://www.3gpp.org/ The Mobile Broadband Standard
2. http://www.ngmn.org/ Next Generation Mobile Networks
3. Ch. Cox, An Introduction to LTE, LTE-Advanced, SAE and 4G Mobile Communications, John Wiley & Sons Ltd, 2012.