

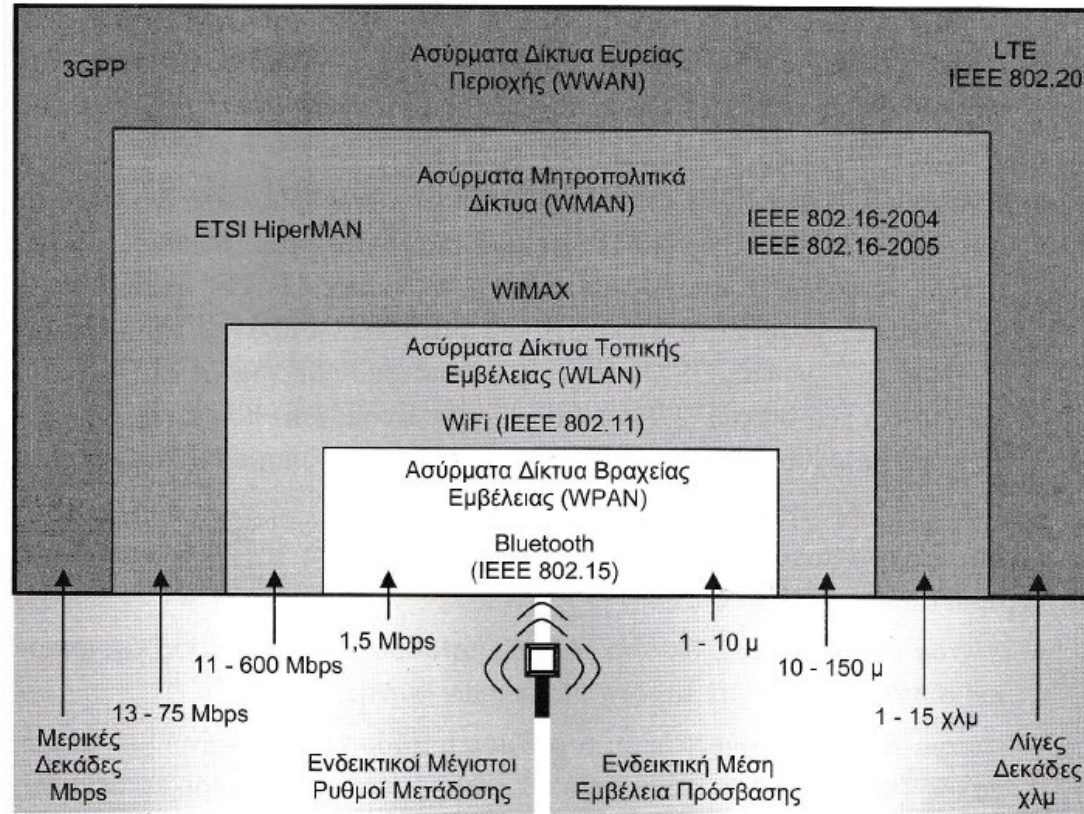
WiMAX

Δρ. Σαρηγιαννίδης Αντώνης

Δρ. Βίτσας Βασίλειος

Κατηγοριοποίηση Δικτύων Πρόσβασης

Σύμφωνα με την εμβέλειά τους



Σχήμα 2.33 Ενδεικτική Κατηγοριοποίηση Ασύρματων Δικτύων Πρόσβασης.

Κατηγοριοποίηση Δικτύων Πρόσβασης

Σύμφωνα με την εμβέλειά τους

- WPAN (Wireless Personal Area Networks)
 - Εμβέλεια από λίγα μέτρα έως λίγες δεκάδες μέτρα
 - Υπηρεσίες στον προσωπικό χώρο του χρήστη (εκτυπωτές, κινητά τηλέφωνα, ασύρματα ακουστικά, ποντίκια, κλπ)
 - Η πιο διαδεδομένη τεχνολογία είναι το Bluetooth
- WLAN (Wireless Local Area Networks)
 - Εμβέλεια από λίγες δεκάδες μέτρα έως λίγες εκατοντάδες μέτρα
 - Υπηρεσίες σε τοπική περιοχή, δηλαδή σε hotspot
 - Σύνδεση smartphones, φορητοί υπολογιστές, ασύρματες κάμερες, κλπ
 - Η πιο διαδεδομένη τεχνολογία είναι το Wi-Fi (IEEE 802.11)

Κατηγοριοποίηση Δικτύων Πρόσβασης

Σύμφωνα με την εμβέλειά τους

- WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks)
 - Εμβέλεια από μερικά χιλιόμετρα έως λίγες δεκάδες χιλιόμετρα
 - Υπηρεσίες σε μητροπολιτική περιοχή, δηλαδή σε hotzone
 - Η πιο διαδεδομένη τεχνολογία είναι το σταθερό WiMAX (IEEE 802.16-2004) και το κινητό WiMAX (IEEE 802.16-2005)
- WWAN (Wireless Wide Area Networks)
 - Πανεθνική εμβέλεια
 - Κάθε σταθμός βάσης καλύπτει από λίγες έως πολλές δεκάδες χιλιόμετρα
 - Οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες είναι το GSM, LTE, 4G, 5G, TETRA

Κατηγοριοποίηση Δικτύων Πρόσβασης

Σύμφωνα με την κινητικότητα του τερματικού

- Δίκτυα Σταθερής Ασύρματης Πρόσβασης
 - Το τερματικό πρέπει να παραμένει σε σταθερή θέση προκειμένου να είναι εφικτή η παροχή της υπηρεσίας
- Δίκτυα Κινητής Ασύρματης Πρόσβασης
 - Το τερματικό μπορεί να ακόμη και με μεγάλες ταχύτητες (πχ. 120 km/h) και να είναι εφικτή η παροχή της υπηρεσίας

Κατηγοριοποίηση Δικτύων Πρόσβασης

- Δίκτυα Κινητής Ασύρματης Πρόσβασης
- Νομαδικότητα
 - Ο χρήστης μπορεί να μετακινήσει το τερματικό του σε νέα θέση και να λάβει πάλι σταθερή υπηρεσία
 - Κατά την διάρκεια της μετακίνησης διακόπτεται η παροχή της υπηρεσίας και η σύνδεση με το δίκτυο
- Φορητότητα
 - Ο χρήστης μπορεί να μετακινήσει το τερματικό του σε νέα θέση και να λάβει πάλι σταθερή υπηρεσία
 - Κατά την διάρκεια της μετακίνησης διακόπτεται η παροχή της υπηρεσίας και αλλά διατηρείται η σύνδεση

Κατηγοριοποίηση Δικτύων Πρόσβασης

- Δίκτυα Κινητής Ασύρματης Πρόσβασης
- Απλή Κινητότητα
 - Ο χρήστης μπορεί να μετακινείται με το τερματικό του σε νέες θέσεις και να λαμβάνει υπηρεσία συνεχώς
 - Η ταχύτητα μετακίνησης πρέπει να είναι μικρή (ταχύτητα βάρδισης)
 - Η μεταπομπή σε άλλον σταθμό βάσης γίνεται με μικρή διακοπή
- Πλήρης Κινητότητα
 - Ο χρήστης μπορεί να μετακινείται με το τερματικό του σε νέες θέσεις και να λαμβάνει υπηρεσία συνεχώς
 - Η ταχύτητα μετακίνησης μπορεί να είναι μεγάλη (πχ 120 km/h)
 - Η μεταπομπή σε άλλον σταθμό βάσης γίνεται ομαλά με απρόσκοπτη λήψη της υπηρεσίας

Τα πρότυπα IEEE 802.16 και ETSI HiperMAN

- Ανάπτυξη WMAN
- Ανάπτυξη IEEE 802.16
- Ανάπτυξη ETSI HiperMAN
- Τελικά δημιουργήθηκε το WiMAX βασισμένο κυρίως στο IEEE 802.16 με ενσωμάτωση όμως και χαρακτηριστικών του ETSI HiperMAN
- Τελικά
 - Αναπτύχθηκε το IEEE 802.16-2004(d) ή **Fixed** WiMAX για την παροχή υπηρεσιών **ΣΤΑΘΕΡΗΣ** Ασύρματης Ευρυζωνικής Πρόσβασης
 - Αναπτύχθηκε το IEEE 802.16-2005(e) ή **Mobile** WiMAX για την παροχή υπηρεσιών **ΚΙΝΗΤΗΣ** Ασύρματης Ευρυζωνικής Πρόσβασης

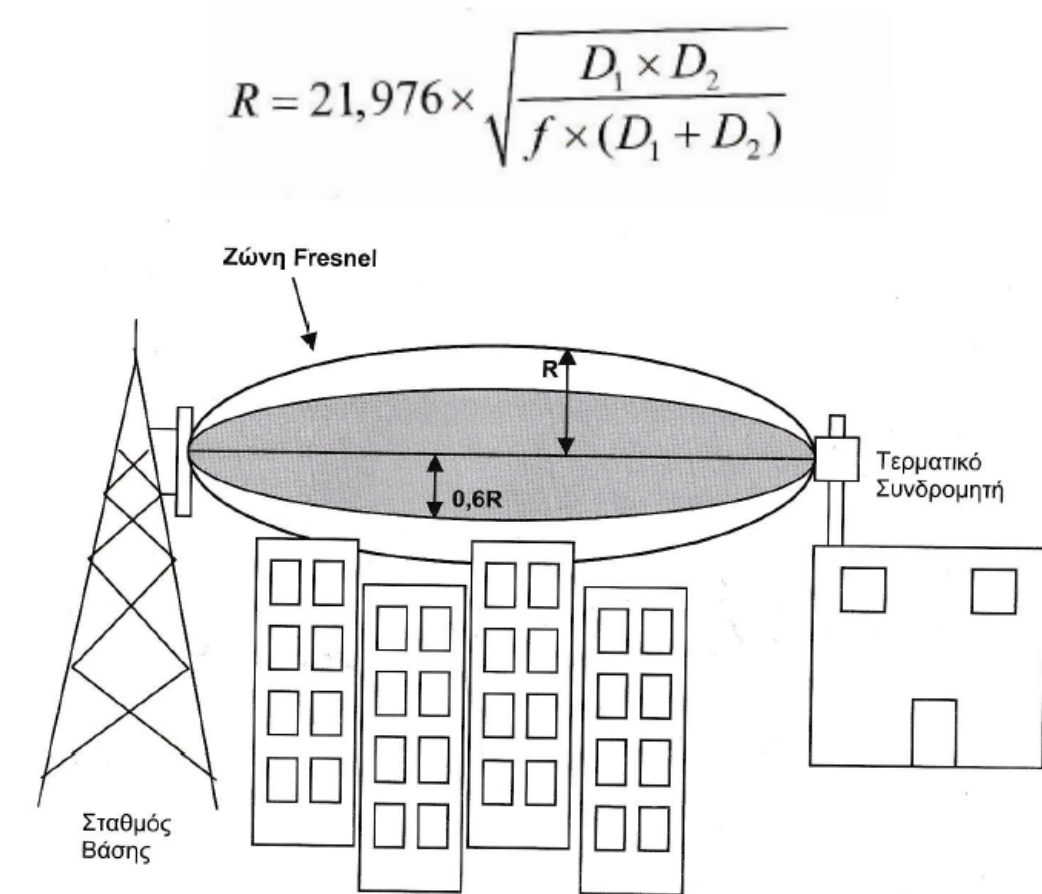
IEEE 802.16

Πίνακας 2.13 Ενδεικτική Περίληψη της Εξέλιξης του Προτύπου IEEE 802.16.

Πρότυπο IEEE	Περιγραφή	Έτος Κυκλοφ.	Προδιαγραφόμενη Συχνотική Περιοχή
802.16	Αρχική Έκδοση Προτύπου	2002	10 GHz – 66 GHz
802.16a	Επέκταση / τροποποίηση του 802.16	2003	2 GHz – 11 GHz
802.16b	Wireless High-Speed Unlicensed MAN	2003	5 GHz – 6 GHz
802.16c	Wireless MAN Single Carrier	2003	10 GHz – 66 GHz
802.16d	Σταθερή Πρόσβαση	2003	2 GHz – 11 GHz
802.16-2004	Σταθερή Πρόσβαση (Συνολικό)	2004	2 GHz – 66 GHz
802.16e-2005	Σταθερή και Κινητή Πρόσβαση	2005	2 GHz – 11 GHz
802.16-2009	Αναθεώρηση του 802.16-2004	2009	2 GHz – 66 GHz
802.16m	Εξέλιξη του 802.16e-2005	Αναμένεται	Πιθανόν < 6 GHz

Διάδοση σήματος

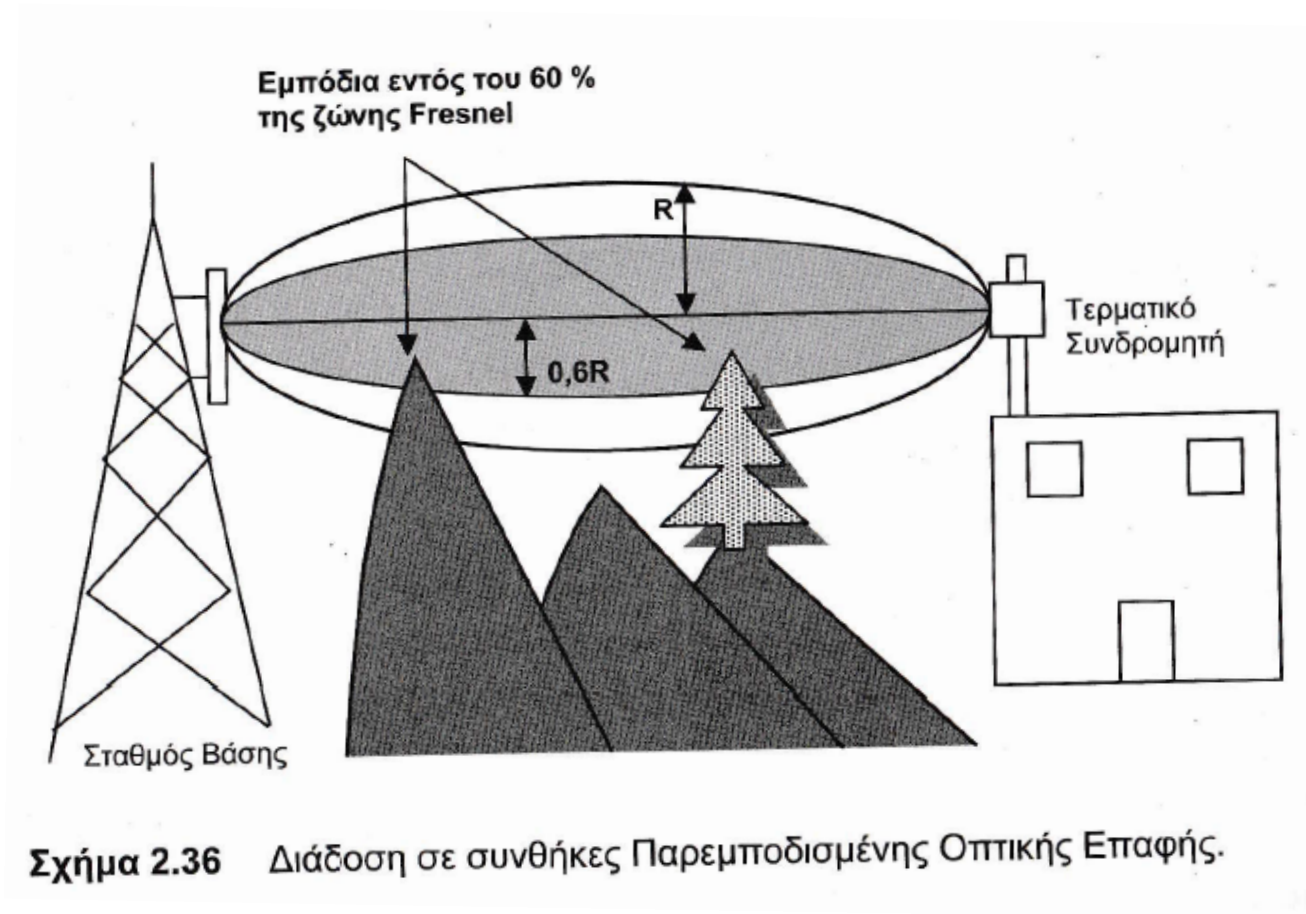
- Διάδοση με οπτική επαφή (Line Of Sight – LOS)
- Ζώνη Fresnel
-
- Αν υπάρχει δεν εμπόδιο σε απόσταση μικρότερη από το 60% της ζώνης Fresnel, τότε έχουμε LOS
- Οι απώλειες διάδοσης είναι ίσες με τις απώλειες διάδοσης ελεύθερου χώρου (Free Space Loss – FSL) αθροίζοντας επιπρόσθετα τις απώλειες λόγω ατμοσφαιρικών συνθηκών (π.χ. βροχή, χιόνι, ομίχλη), οι οποίες εξαρτώνται από τη συχνότητα λειτουργίας



Σχήμα 2.35 Διάδοση σε συνθήκες Οπτικής Επαφής.

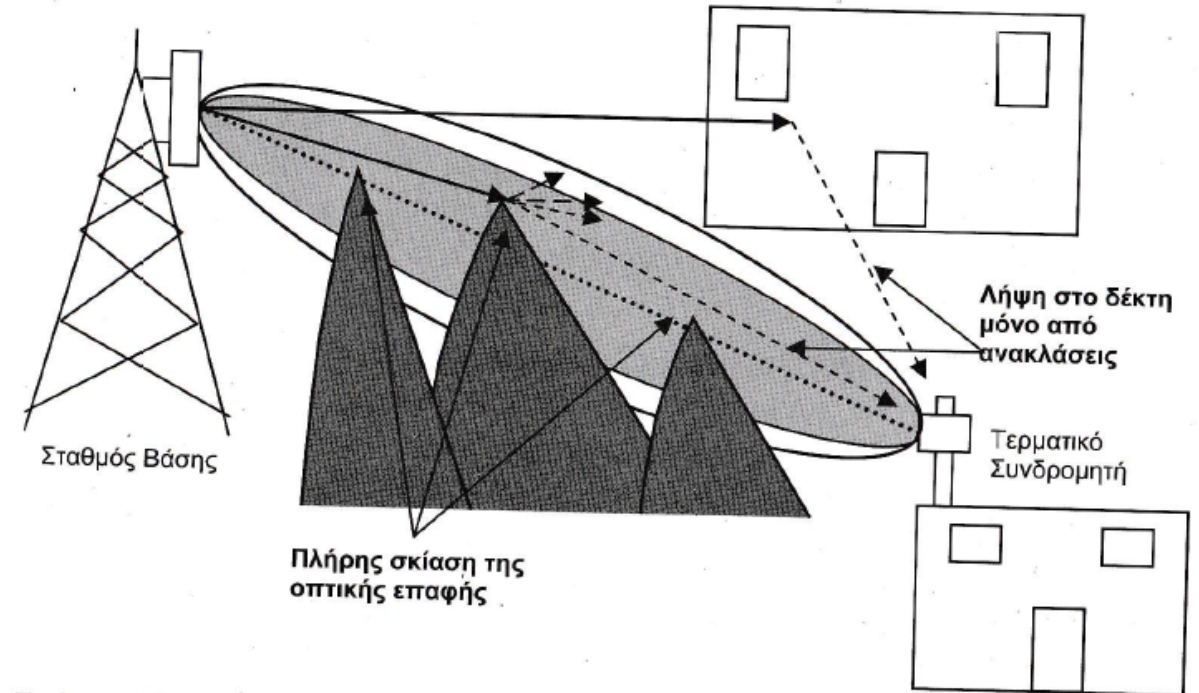
Διάδοση σήματος

- Διάδοση με παρεμποδισμένη οπτική επαφή (Obstructed Line Of Sight – OLOS)
-
- Αν υπάρχει εμπόδιο εντός της ζώνης Fresnel, σε κάθετη απόσταση μικρότερη από το 60% της ακτίνας της σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο μεταξύ πομπού και δέκτη, αλλά η ευθεία που ενώνει πομπό και δέκτη δεν έχει εμπόδιο, τότε έχουμε Obstruted LOS
- Σε περίπτωση που έχουμε παρεμποδισμένη οπτική επαφή έχουμε απώλειες διάδοσης που υπερβαίνουν τις απώλειες διάδοσης ελεύθερου χώρου, ενώ είναι αναμενόμενη μία διακύμανση ισχύος στο δέκτη με ταυτόχρονη μεταβολή και άλλων ποιοτικών χαρακτηριστικών (π.χ. αυξημένος ρυθμός σφαλμάτων)



Διάδοση σήματος

- Διάδοση χωρίς οπτική επαφή (Non Line Of Sight – NLOS)
-
- Αν υπάρχει εμπόδιο εντός της ζώνης Fresnel, αλλά αποκόπτεται και η ευθεία οπτική επαφή μεταξύ πομπού και δέκτη, τότε έχουμε Non LOS
- Σε περίπτωση που έχουμε NLOS, έχουμε σημαντικές αποσβέσεις λόγω του multipath effect, δηλαδή λόγω πολλαπλών ανακλάσεων σε διάφορους τύπους επιφανειών και υλικών
- Παροχή υπηρεσίας σε μικρές αποστάσεις ($< 2 \text{ km}$)



Σχήμα 2.37 Διάδοση σε συνθήκες μη οπτικής επαφής.

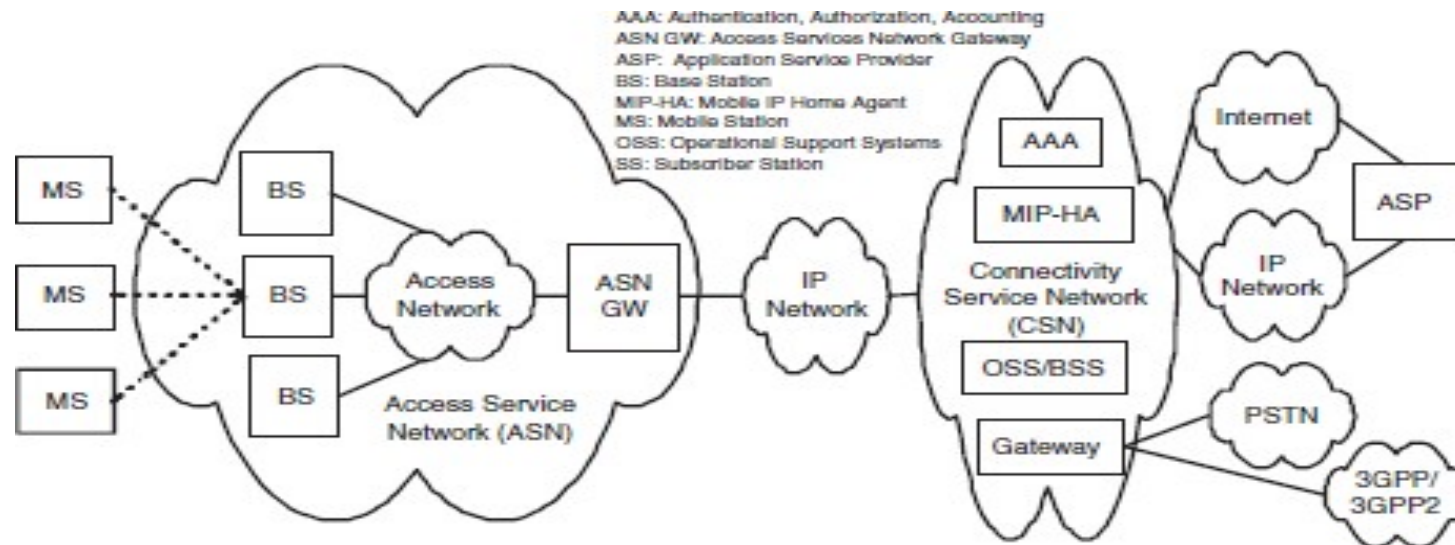
WiMAX: Reference Network Architecture

Αρχιτεκτονική Αναφοράς

- Βασίζεται στο IP.
- Χωρίζεται σε 3 μέρη
 - MS, τα οποία χρησιμοποιούνται από τους τελικούς χρήστες για να αποκτήσουν πρόσβαση στο δίκτυο.
 - Access Service Network (ASN), το σύνολο των λειτουργιών του δικτύου που χρειάζονται για την ραδιοπρόσβαση στους MS του WiMAX
 - Connectivity Service Network (CSN), το οποίο παρέχει συνδεσιμότητα IP.

WiMAX: Reference Network Architecture

Αρχιτεκτονική Αναφοράς



WiMAX: Βασικά Χαρακτηριστικά

Πρότυπο IEEE το 2001 (IEEE 802.16)

- Ενσωμάτωσε και κάποια χαρακτηριστικά του προτύπου ETSI HiperMAN

Λειτουργεί σε μια ευρεία μπάνα συχνοτήτων (2 - 66 GHz)

- Περιορίστηκε και λειτουργεί σε τρεις κυρίως φασματικές περιοχές
 - Φασματική περιοχή 2,5 GHz (εκδίδονται άδειες αποκλειστικής χρήσης)
 - Φασματική περιοχή 3,5 GHz (εκδίδονται άδειες αποκλειστικής χρήσης)
 - Φασματική περιοχή 5,8 GHz (δεν απαιτείται άδεια χρήσης)

Παρέχει δυνατότητα επικοινωνίας σημείου προς σημείο (Point to Point) και σημείου προς πολλαπλά σημεία (Point to Multipoint).

WiMAX: Βασικά Χαρακτηριστικά

- Παρέχει ρυθμούς μετάδοσης που αγγίζουν τα 70 Mbps.
- Παρέχει κάλυψη που μπορεί να φτάσει τα 50Km στην περίπτωση επικοινωνίας σημείου προς σημείο.
- Παρέχει συνδέσεις σημείων σε συνθήκες οπτικής επαφής (Line of Sight, LOS), σε συνθήκες περιορισμένης οπτικής επαφής (Obstructed Line of Site – OLOS) και σε συνθήκες μη οπτικής επαφής (Non-Line of Sight, NLOS)
- Fixed WiMAX (IEEE 802.16d) για την παροχή σταθερής ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης και Mobile WiMAX (IEEE 802.16e) για την υποστήριξη κινητικότητας χρηστών

WiMAX: Requirements, Challenges, Solutions

Service Requirements	Technical Challenge	Potential Solution
Non-line-of-sight coverage	Mitigation of multipath fading and interference	Diversity, channel coding, etc.
High data rate and capacity	Achieving high spectral efficiency	Cellular architecture, adaptive modulation and coding, spatial multiplexing, etc.
	Overcoming intersymbol interference	OFDM, equalization, etc.
	Interference mitigation	Adaptive antennas, sectorization, dynamic channel allocation, CDMA, etc.
Quality of service	Supporting voice, data, video, etc. on a single access network	Complex MAC layer
	Radio resource management	Efficient scheduling algorithms
	End-to-end quality of service	IP QoS: DiffServ, IntServ, MPLS, etc.
Mobility	Ability to be reached regardless of location	Roaming database, location update, paging
	Session continuity while moving from the coverage area of one base station to another	Seamless handover
	Session continuity across diverse networks	IP-based mobility: mobile IP
Portability	Reduce battery power consumption on portable subscriber terminals	Power-efficient modulation; sleep, idle modes and fast switching between modes; low-power circuit; efficient signal-processing algorithms
Security	Protect privacy and integrity of user data	Encryption
	Prevent unauthorized access to network	Authentication and access control
Low cost	Provide efficient and reliable communication using IP architecture and protocols	Adaptation of IP-based protocols for wireless; adapt layer 2 protocols for IP

Broadband Access Technologies – Technical Specifications

Parameter	Fixed WIMAX	Mobile WIMAX	HSPA	1x EV-DO Rev A	Wi-Fi
Standards	IEEE 802.16-2004	IEEE 802.16e-2005	3GPP Release 6	3GPP2	IEEE 802.11a/g/n
Peak down link data rate	9.4Mbps in 3.5MHz with 3:1 DL-to-UL ratio TDD; 6.1Mbps with 1:1	46Mbps ^a with 3:1 DL-to-UL ratio TDD; 32Mbps with 1:1	14.4Mbps using all 15 codes; 7.2Mbps with 10 codes	3.1Mbps; Rev. B will support 4.9Mbps	54 Mbps ^b shared using 802.11a/g; more than 100Mbps peak layer 2 throughput using 802.11n
Peak uplink data rate	3.3Mbps in 3.5MHz using 3:1 DL-to-UL ratio; 6.5Mbps with 1:1	7Mbps in 10MHz using 3:1 DL-to-UL ratio; 4Mbps using 1:1	1.4Mbps initially; 5.8Mbps later	1.8Mbps	
Bandwidth	3.5MHz and 7MHz in 3.5GHz band; 10MHz in 5.8GHz band	3.5MHz, 7MHz, 5MHz, 10MHz, and 8.75MHz initially	5MHz	1.25MHz	20MHz for 802.11a/g; 20/40MHz for 802.11n
Modulation	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	QPSK, 16 QAM	QPSK, 8 PSK, 16 QAM	BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Multiplexing	TDM	TDM/OFDMA	TDM/CDMA	TDM/CDMA	CSMA
Duplexing	TDD, FDD	TDD initially	FDD	FDD	TDD
Frequency	3.5GHz and 5.8GHz initially	2.3GHz, 2.5GHz, and 3.5GHz initially	800/900/1,800/1,900/2,100MHz	800/900/1,800/1,900MHz	2.4GHz, 5GHz
Coverage (typical)	3–5 miles	< 2 miles	1–3 miles	1–3 miles	< 100 ft indoors; < 1000 ft outdoors
Mobility	Not applicable	Mid	High	High	Low

a. Assumes 2×2 MIMO and a 10MHz channel.

WiMAX Standards

IEEE 802.16 (December 2001)

- Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System MAC and PHY Specifications for 10 – 66 GHz (LoS)
- One PHY: Single Carrier
 - Modulation Techniques: 16-QAM, 64-QAM and QPSK
- Connection-oriented, TDM/TDMA MAC
 - Differential QoS techniques, Privacy
- TDD, FDD as duplexing techniques

IEEE 802.16a (January 2003)

- Amendment to 802.16, MAC Modifications and Additional PHY Specifications for 2 – 11 GHz (NLoS communication is possible)
- Three PHYs: OFDM, OFDMA, Single Carrier
- Additional MAC functions: OFDM and OFDMA PHY support, Mesh topology support, ARQ
- Features of the Privacy Layer are mandatory

IEEE 802.16c

- Provided details for 10-66 GHz frequency band
- Corrected the inconsistencies introduced in the previous standard

WiMAX Standards

IEEE 802.16d (July 2004) – Fixed WiMAX

- Combines both IEEE 802.16 and 802.16a
- Some modifications to the MAC and PHY
- OFDM
- Support for advance antenna systems and adaptive modulation and coding techniques
- Up to 75 Mbps

IEEE 802.16e (Dec 2005) – Mobile WiMAX

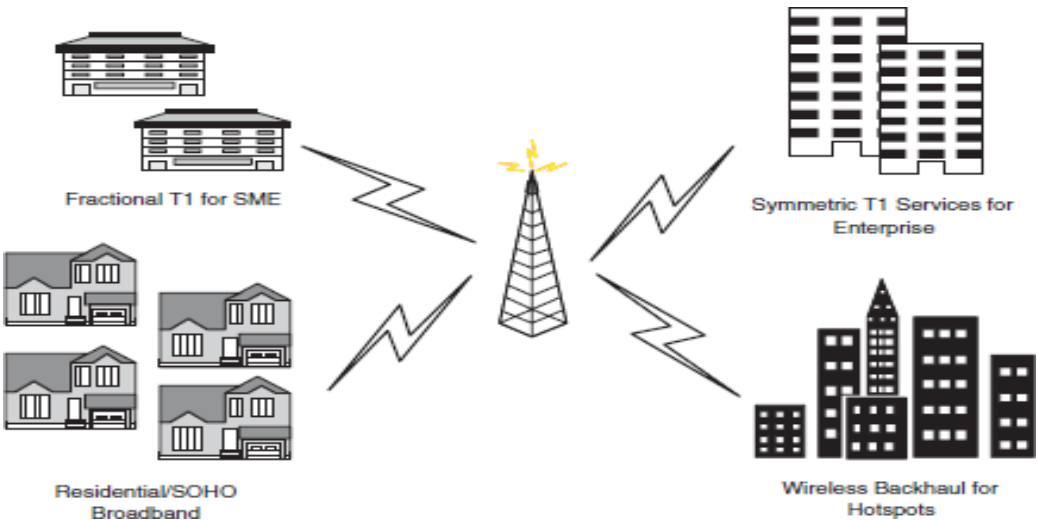
- Amendment to 802.16d-2004
- MAC Modifications for mobility support
- Adaptive Antenna Systems and MIMO
- Up to 30 Mbps.

IEEE 802.16m

WiMAX: Τοπολογίες

Βασικές τοπολογίες:

- Σημείο προς Σημείο (Point to Point)
 - Δίκτυο κορμού - επέκταση ασύρματου δικτύου
- Σημείο προς Πολλαπλά Σημεία (Point to Multipoint)
 - Δίκτυο πρόσβασης



WiMAX: Τοπολογίες

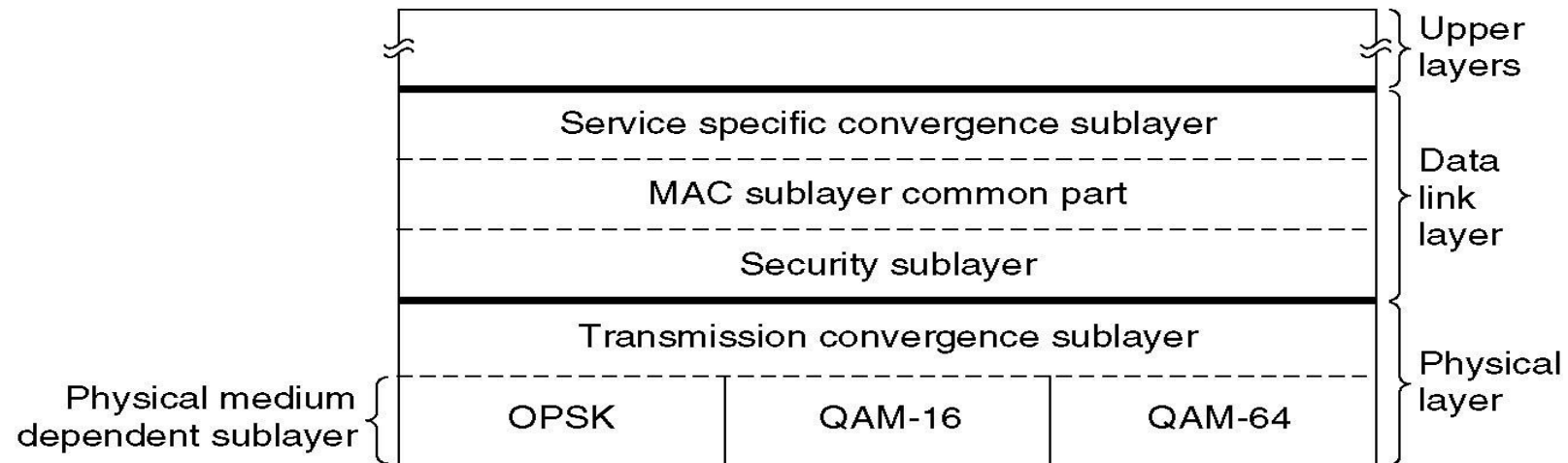
Σημείο προς Σημείο (Point to Point)

Average Ethernet Data Rate (Mbps)	Distance (km)
8	50
17	45
33	33
48	13

Σημείο προς Πολλαπλά Σημεία (Point to Multipoint)

Average Ethernet Data Rate (Mbps)	Distance (km)
8	28
17	24
33	15
48	4

WiMAX: Στοιβά Πρωτοκόλλων



WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

Υπάρχει διακύμανση στο λόγο σήματος προς θόρυβο προς διαφορετικούς σταθμούς, οπότε υπάρχει απαίτηση για πολλαπλές μεθόδους διαμόρφωσης.

Προσαρμοστική διαμόρφωση (Adaptive Modulation)

- Μέθοδοι Διαμόρφωσης: QPSK, QAM-16, QAM-64

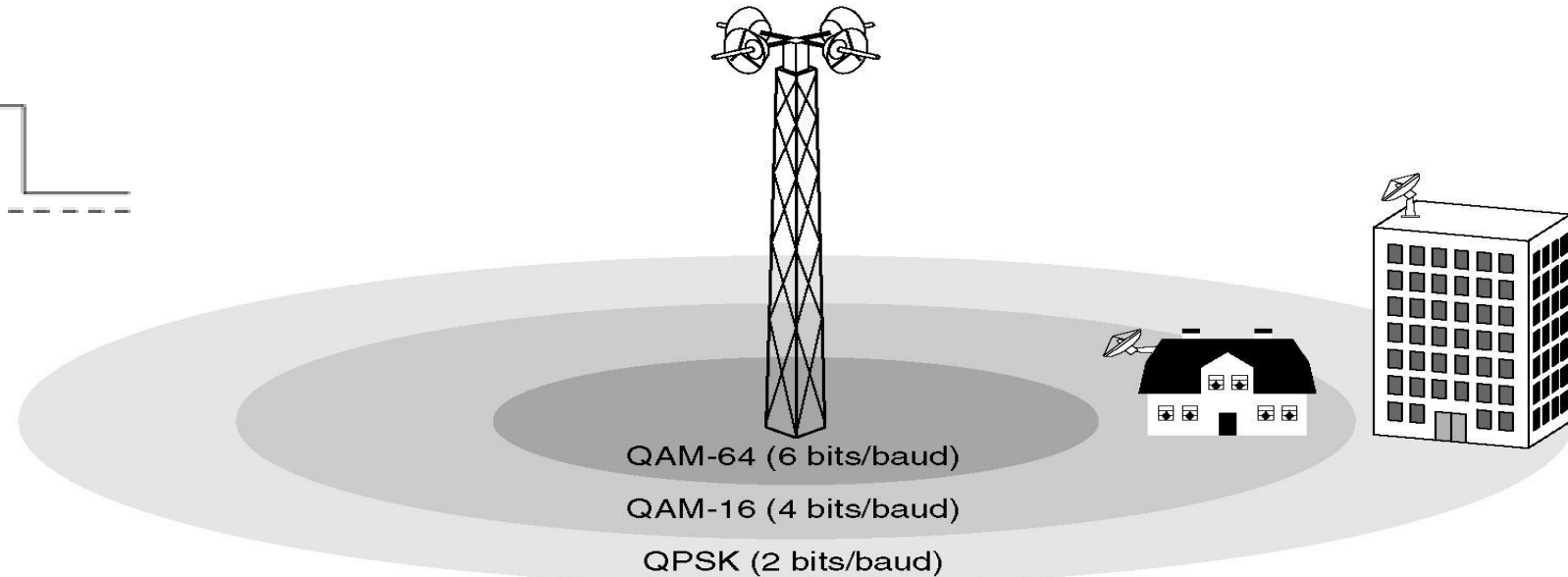
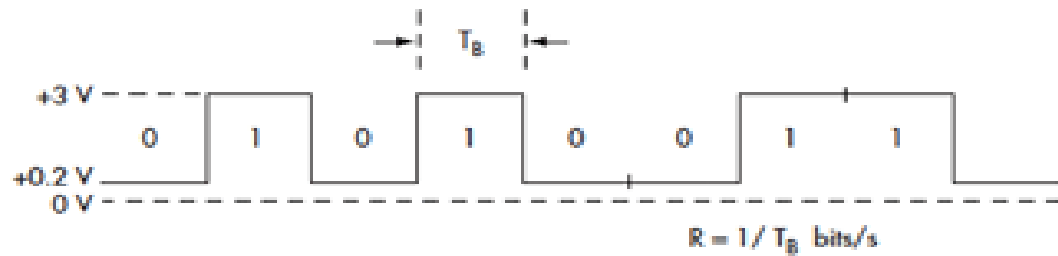
(<http://www.youtube.com/watch?v=eYyKRkJLD0>)

- Για κοντινούς προς το σταθμό βάσης χρήστες χρησιμοποιείται η QAM-64. Κάθε στοιχείο σήματος μεταφέρει 6 bit και για μία τυπική τιμή 25 MHz εύρους φάσματος επιτυγχάνει 150 Mbps ρυθμό μετάδοσης.
- Για συνδρομητές σε μεσαία απόσταση από το σταθμό βάσης χρησιμοποιείται η QAM-16. Κάθε στοιχείο σήματος μεταφέρει 4 bit και επιτυγχάνει ρυθμό μετάδοσης 100 Mbps.
- Για συνδρομητές σε μεγάλη απόσταση από το σταθμό βάσης χρησιμοποιείται η QPSK. Κάθε στοιχείο σήματος μεταφέρει 2 bit και επιτυγχάνει ρυθμό μετάδοσης 50 Mbps.

WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

WiMAX Προσαρμοστική Διαμόρφωση

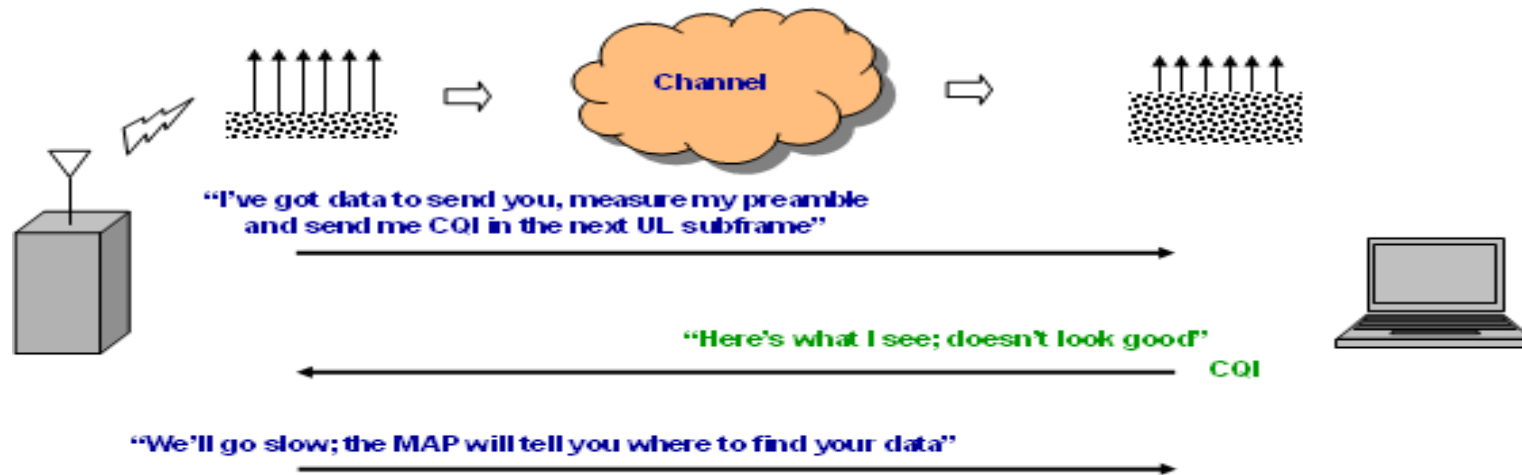
(<http://electronicdesign.com/communications/what-s-difference-between-bit-rate-and-baud-rate>)



WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

Προσαρμοστική διαμόρφωση (Adaptive Modulation)

- Ένδειξη Ποιότητας Καναλιού (Channel Quality Indicator)
- Μέτρηση της ποιότητας του καναλιού που εκτελεί το τερματικό του χρήστη στην κατερχόμενη ζεύξη



WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

Τεχνική Πολυπλεξίας OFDM και Πολλαπλής Πρόσβασης OFDMA

- Η τεχνική Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDM) αφορά στην ταυτόχρονη, παράλληλη μετάδοση πολλαπλών υποφερόντων (subcarriers) μέσα σε ένα δίαυλο (<http://www.youtube.com/watch?v=kqkYUzYiLF4>).
- Ανήκει στην οικογένεια τεχνικών μετάδοσης που ονομάζεται διαμόρφωση πολλαπλών φερόντων (multi-carrier modulation), η βασική ιδέα της οποίας είναι η διαμοίραση μίας υψηλού ρυθμού ροής δεδομένων σε πολλές παράλληλες μικρότερου ρυθμού ροές δεδομένων και η διαμόρφωση κάθε ροής χρησιμοποιώντας ξεχωριστά φέροντα (υποφέροντα).

Αποτελεί βελτιστοποίηση της τεχνικής FDM

- Στην FDM χρησιμοποιείται ένας μικρός αριθμός υποφερόντων που μεταδίδονται εντός του εύρους ζώνης του διαθέσιμου διαύλου επικοινωνίας σε ξεχωριστή συχνότητα και σε συγκεκριμένη φασματική απόσταση από τα γειτονικά του
- Στην OFDM τα υποφέροντα εκπέμπονται ορθογωνικά μεταξύ τους, χωρίς να μεσολαβεί φασματική ζώνη φύλαξης

WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

Τεχνική Πολυπλεξίας OFDM και Πολλαπλής Πρόσβασης OFDMA

OFDM

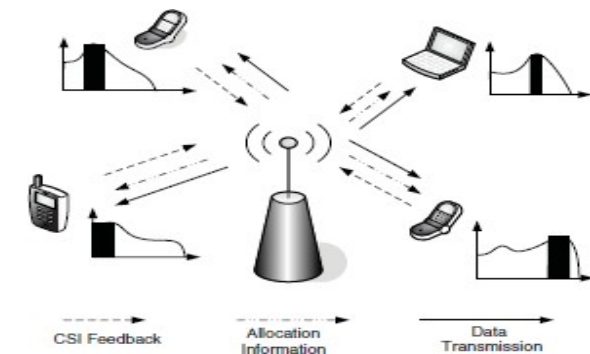
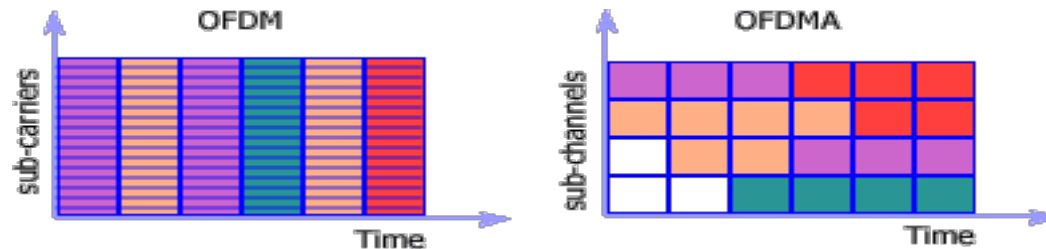
- Στα τερματικά των συνδρομητών αποδίδονται χρονοθυρίδες (timeslots).
- Στο σταθερό WiMAX μόνο μία τερματική συσκευή μπορεί να είναι ενεργή κατά τη διάρκεια κάθε χρονοθυρίδας
- Κατά τη διάρκεια αυτής της εκάστοτε χρονοθυρίδας το τερματικό καταλαμβάνει όλα τα υποφέροντα του διαύλου ακόμη και εάν απαιτείται μόνο ένα μικρό υποσύνολό τους για την εκπομπή ή τη λήψη της πληροφορίας
- Ο σταθμός βάσης αποδίδει περιοδικά στα ενεργά τερματικά των χρηστών χρονοθυρίδες, συνεχόμενες ή μη, ανάλογα με τον όγκο και την προτεραιότητα των προς μετάδοση δεδομένων
- Στο σταθερό WiMAX χρησιμοποιούνται 256 υποφέροντα σε δίαυλο 3,5 MHz ή 7 MHz
- Στο κινητό WiMAX χρησιμοποιούνται 512 ή 1024 ή 2048 υποφέροντα σε δίαυλο 5 MHz ή 10 MHz

WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

Τεχνική Πολυπλεξίας OFDM και Πολλαπλής Πρόσβασης OFDMA

OFDMA

- Ο Σταθμός Βάσης ομαδοποιεί τα υποφέροντα σε διαφορετικές ομάδες μετάδοσης (υποδιαυλοι).
- Μέσω της υποδιαυλοποίησης, κατά τη διάρκεια κάθε χρονοθυρίδας, παρέχεται η δυνατότητα για εκπομπή πολλαπλών τερματικών.
- Η απόδοση υποφερόντων σε χρήστες και υπηρεσίες γίνεται δυναμικά ανάλογα με τους διαθέσιμους πόρους, τη ζήτηση υπηρεσιών και τις τρέχουσες συνθήκες του καναλιού.



WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

Τεχνικές Αμφίδρομης Μετάδοσης

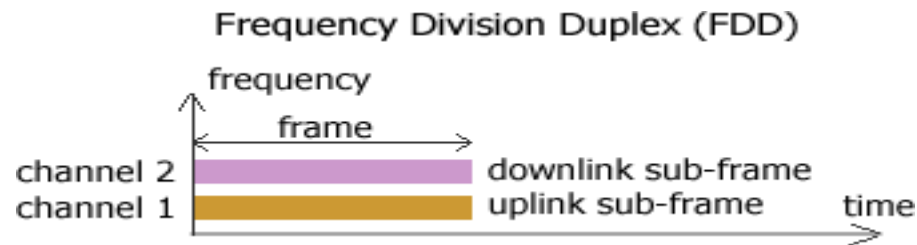
- Η διμερής πολυπλεξία συχνότητας (Frequency Division Duplex – FDD) και η διμερής πολυπλεξία χρόνου (Time Division Duplex – TDD) είναι οι δύο κυρίαρχες τεχνικές για την παροχή πρόσβασης στο ασύρματο πρότυπο WiMAX (<http://www.youtube.com/watch?v=qZm8N1HDAVg>).
- Ο στόχος των τεχνικών αυτών είναι ο διαχωρισμός του εύρους ζώνης σε ροή ανόδου (uplink – UL) και καθόδου (downlink – DL).
- Η βασική τους διαφορά εντοπίζεται στον τρόπο αξιοποίησης των διαθέσιμων συχνοτήτων.

WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

Τεχνικές Αμφίδρομης Μετάδοσης

Frequency Division Duplexing - FDD

- Η τεχνική FDD αποδίδει στις ροές ανόδου και καθόδου διαφορετικές συχνότητες (κανάλια) χωρίς παρεμβολές.
- Με αυτόν τον τρόπο η ροή των δεδομένων στη ροή ανόδου μεταδίδεται ταυτόχρονα με την ροή δεδομένων στη ροή καθόδου σε διαφορετικές συχνότητες.
- Βέβαια, για λόγους συμμετρίας τα κανάλια ανόδου και καθόδου είναι του ίδιου μεγέθους, οπότε η τεχνική FDD είναι προσανατολισμένη σε εφαρμογές που απαιτούν ισότιμο εύρος ζώνης στις ροές ανόδου και καθόδου.

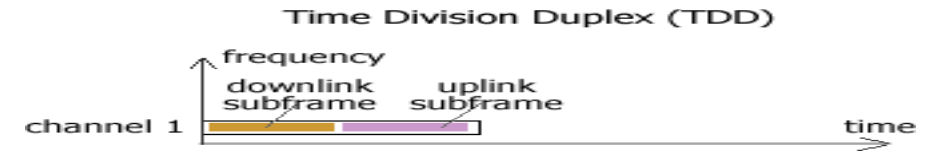


WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

Τεχνικές Αμφίδρομης Μετάδοσης

Time Division Duplexing - TDD

- Η τεχνική TDD χρησιμοποιεί ένα και μόνο κανάλι για την μετάδοση του σήματος τόσο στο ρεύμα ανόδου όσο και στο ρεύμα καθόδου.
- Οι ροές των δεδομένων καταλαμβάνουν το ίδιο κανάλι επικοινωνίας από και προς τον BS σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.
- Επιπλέον, η τεχνική TDD διαχωρίζει το χρόνο σε πλαίσια (frames) και τα πλαίσια σε χρονοθυρίδες.
- Οι πρώτες υποδοχές προορίζονται για την κατερχόμενη κίνηση.
- Στη συνέχεια έχουμε ένα χρόνο προστασίας που χρησιμοποιείται από τους σταθμούς προκειμένου να αλλάξουν την κατεύθυνση μετάδοσης (Receive-to-transmit Transition Gap – RTG).
- Τέλος, έχουμε τις υποδοχές για την ανερχόμενη κίνηση, τις οποίες ακολουθεί ο χρόνος προστασίας Transmit to-receive Transition Gap - TRG.



WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

Preamble: περίοδος συγχρονισμού

Preamble:

Συγχρονισμός και αρχική εκτίμηση κατάστασης καναλιού

Frame Control Header :

περιλαμβάνει πληροφορίες καθορισμού του πλαισίου, όπως μήκος πληροφορίας μηνύματος MAP, σχήμα διαμόρφωσης - κωδικοποίησης και υποφέροντα που χρησιμοποιούνται

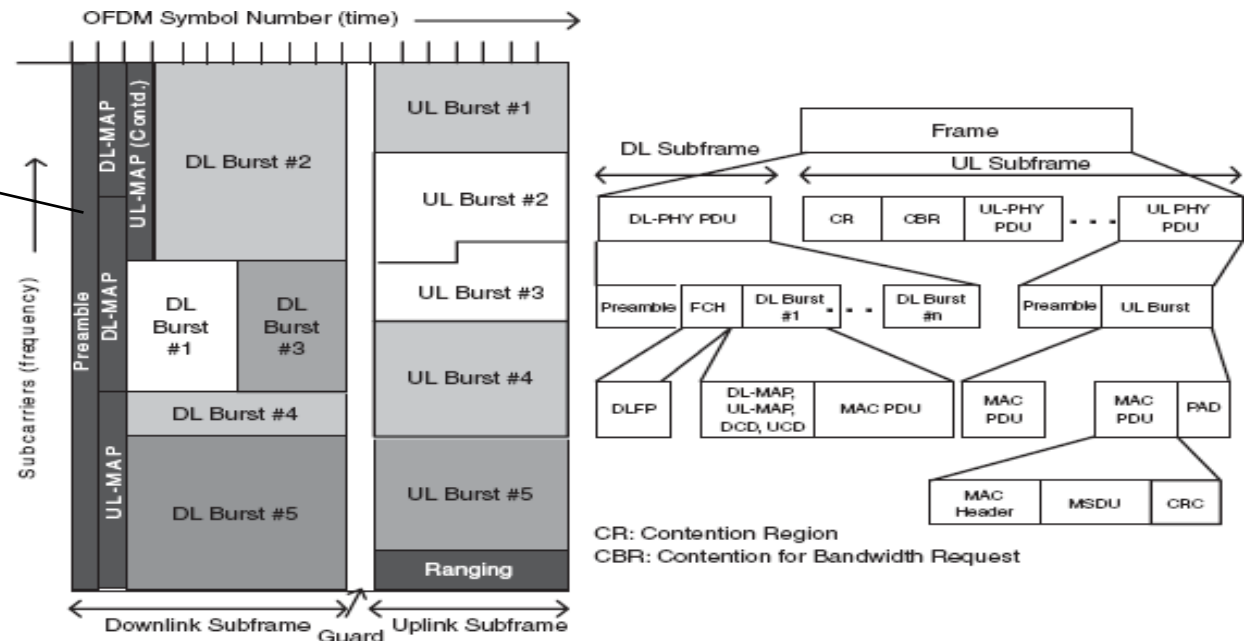


Figure 2.1 A sample TDD frame structure for mobile WiMAX

WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

DL-MAP, UL-MAP:

πληροφορίες ελέγχου για τις ριπές απήσεων
(διάρκεια, διαμόρφωση και έλεγχος λαθών)

MAP messages: Περιλαμβάνουν πληροφορίες για την ανάθεση πόρων του OFDMA πλαισίου σε διαφορετικούς χρήστες. Ουσιαστικά καθορίζονται οι περιοχές δεδομένων (data regions) του κάθε χρήστη. Περιλαμβάνονται επιπρόσθετα πληροφορίες για το σχήμα διαμόρφωσης και κωδικοποίησης που χρησιμοποιείται σε κάθε ζεύξη. Τα μηνύματα αυτά αποστέλλονται σε όλους τους χρήστες (broadcasting)

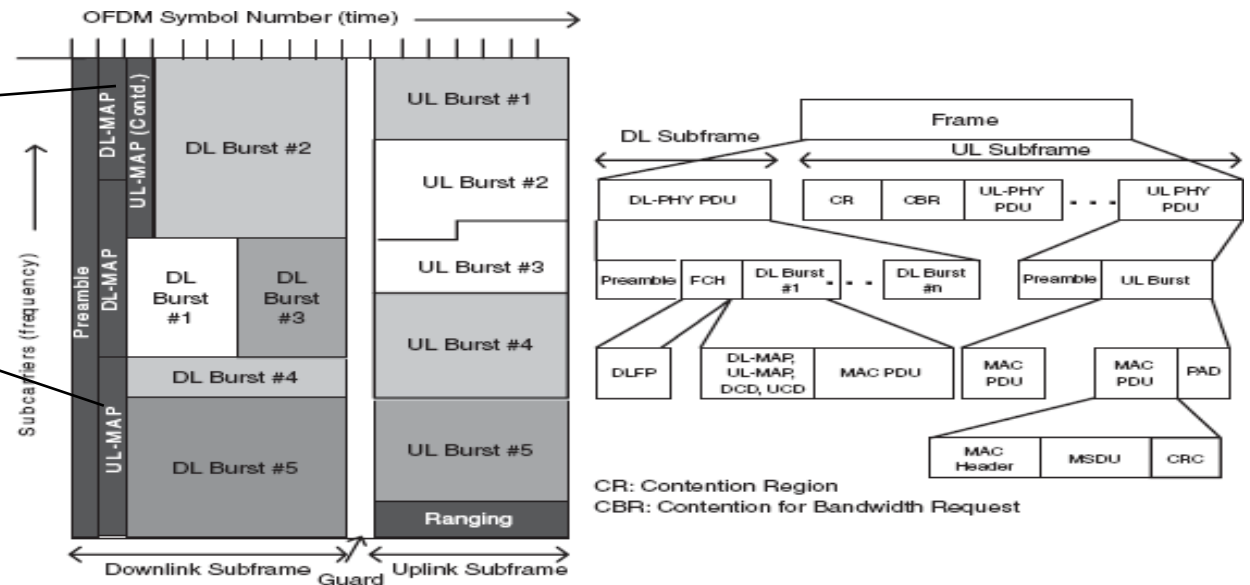


Figure 2.1 A sample TDD frame structure for mobile WiMAX

WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

**Ριπές αιτήσεων καθόδου
(αιτήσεις με κοινά φυσικά
χαρακτηριστικά)**

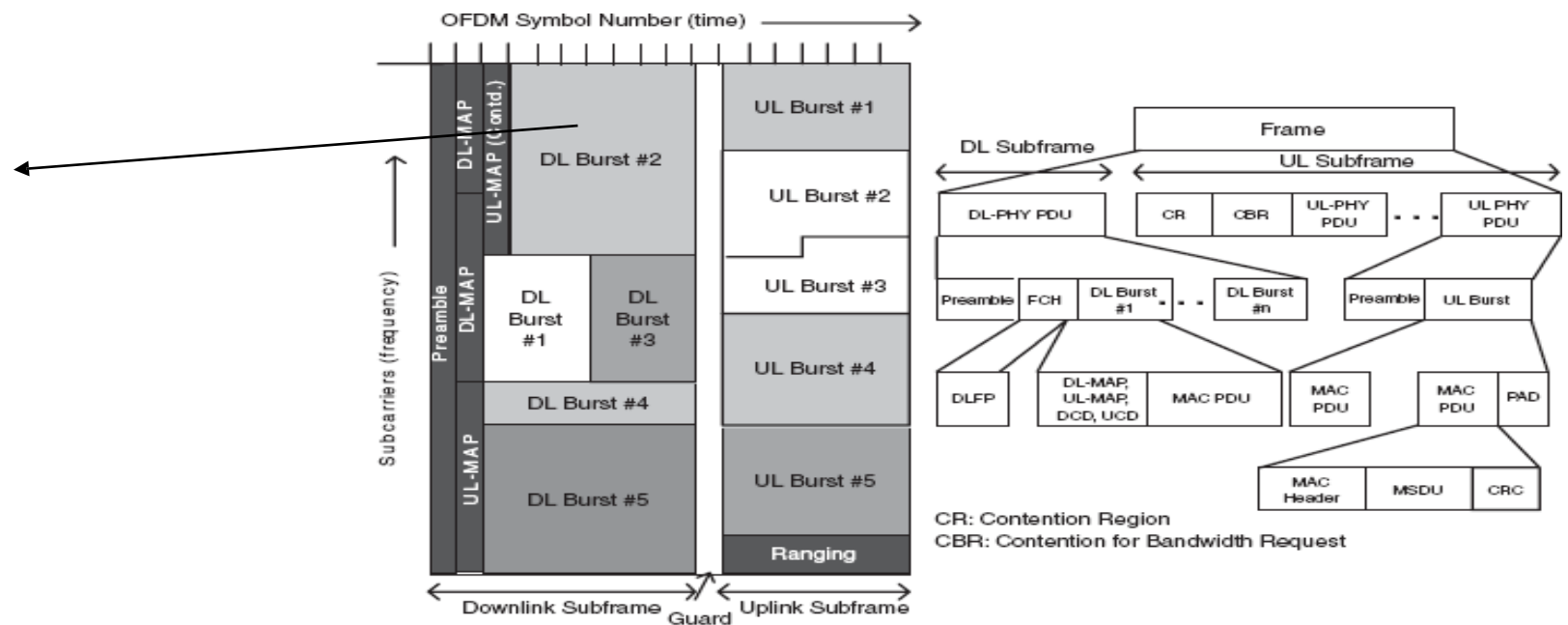


Figure 2.1 A sample TDD frame structure for mobile WiMAX

WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

**Ριπές αιτήσεων ανόδου
(αιτήσεις με κοινά φυσικά
χαρακτηριστικά)**

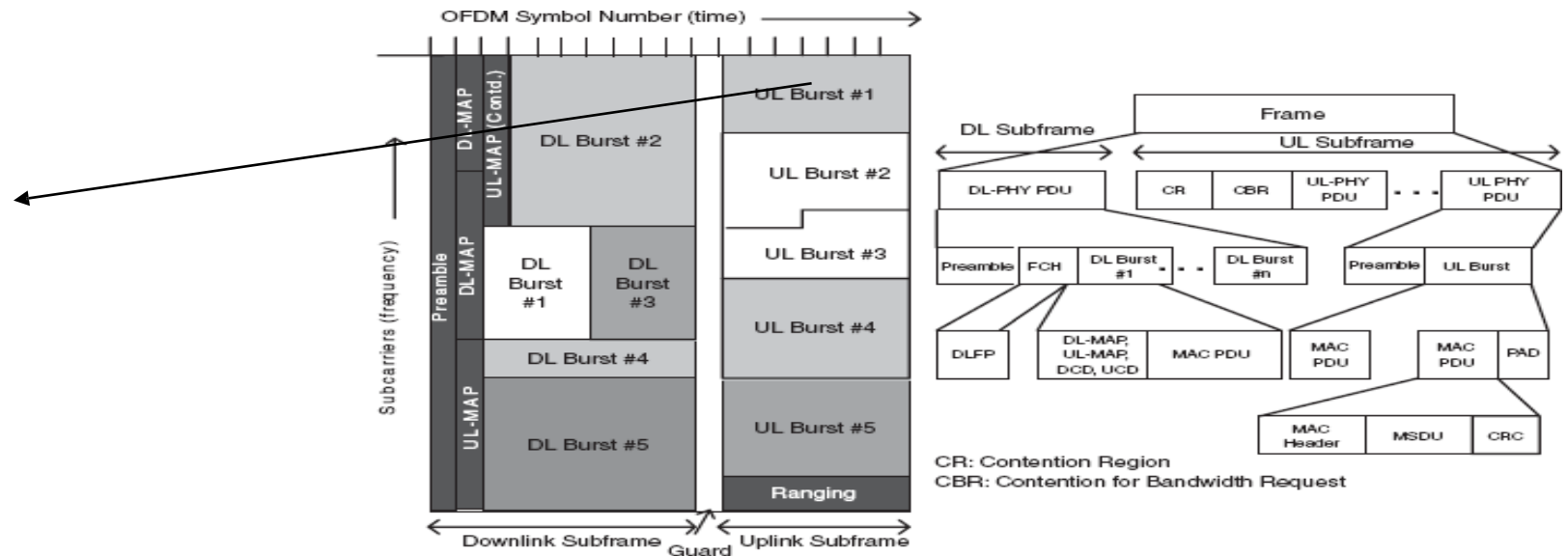


Figure 2.1 A sample TDD frame structure for mobile WiMAX

WiMAX: Φυσικό Επίπεδο

**Ranging: Εκτίμηση ποιότητας
υπο-καναλιών**

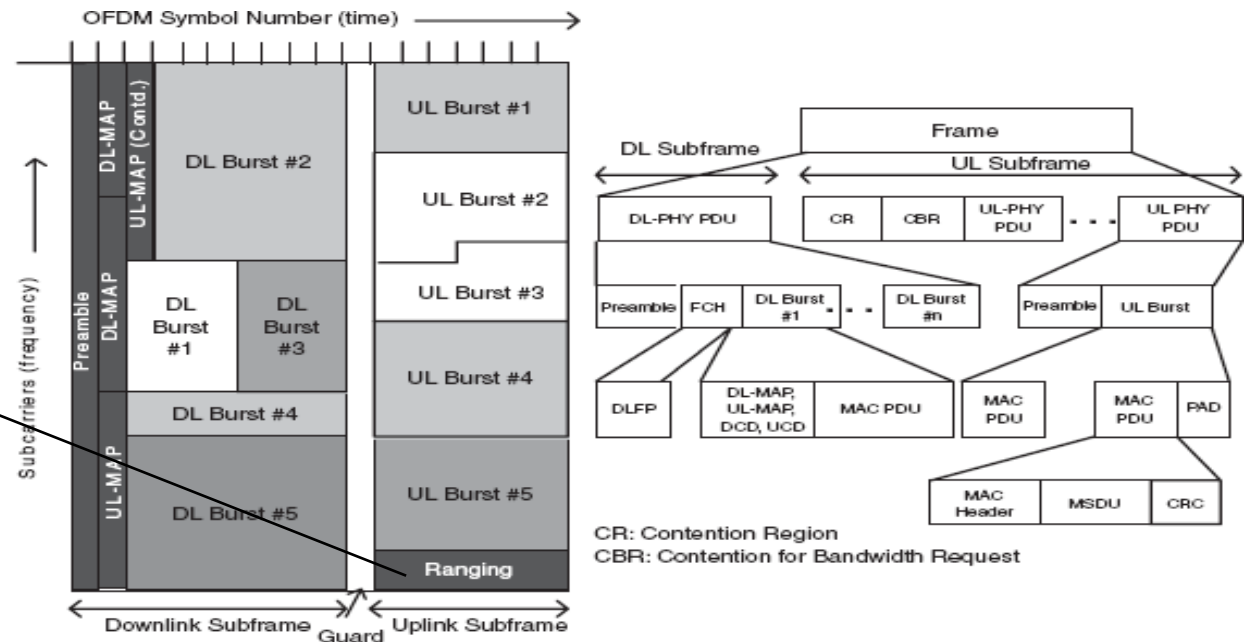


Figure 2.1 A sample TDD frame structure for mobile WiMAX

WiMAX: MAC Layer

Στόχοι του MAC:

- Έλεγχος συνδέσεων.
- Πολύπλεξη συνδέσεων.
- Διόρθωση σφαλμάτων - Αναμετάδοση Πλαισίων
- Παροχή ποιότητας υπηρεσιών.
- Ασφάλεια.
- Συνένωση και ταξινόμηση ανώτερων μονάδων πακέτων.

WiMAX: MAC Layer

Βασικές Ιδιότητες του επιπέδου πρόσβασης στο μέσο:

- Πρόσβαση στο μέσο σε τοπολογία πλέγματος (mesh) - επικοινωνία σημείου προς σημείο και σε τοπολογία πρόσβασης (access) - επικοινωνία σημείου προς πολλαπλά σημεία (point to multipoint) - πολυσημειακή επικοινωνία.
- Πρόσβαση προσανατολισμένη στη σύνδεση. Όλες οι συνδέσεις (uplink και downlink) διαχειρίζονται από το σταθμό βάσης.
- Πρόσβαση ανεξαρτήτως πρωτοκόλλου (ταυτόχρονη εξυπηρέτηση Ethernet πρωτοκόλλου, ATM, IP-based κλπ).
- Παροχή ποιότητας υπηρεσιών (5 βασικές κλάσεις υπηρεσίας).
- Ασφάλεια στο MAC.
- Αποκοπή κεφαλίδας ωφέλιμου φορτίου (Payload Header Suppression-PHS)
- Δυνατότητα ένωσης πολλών πλασίων MAC το ένα πίσω από το άλλο σε μία φυσική μετάδοση. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η φασματική απόδοση, καθώς μειώνεται το πλήθος των κεφαλίδων (overhead).

WiMAX: MAC Layer

Εκχώρηση εύρους ζώνης και μηχανισμοί αίτησης.

- Στο κατερχόμενο κανάλι, ο BS αποφασίζει τι θα τοποθετηθεί και σε ποια χρονική υποδοχή.
- Όσον αφορά το ανερχόμενο κανάλι, υπάρχουν διαφορετικοί μηχανισμοί που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους MS προκειμένου να αιτηθούν εύρος ζώνης από το BS. Ένας ή περισσότεροι μηχανισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν λαμβάνοντας υπόψη την αιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας και την κίνηση.

WiMAX: MAC Layer

Εκχώρηση εύρους ζώνης και μηχανισμοί αίτησης.

- Ρεύμα καθόδου.
 - Τα MAC-PDUs συγκεντρώνονται για την αποστολή τους με βάση το CID.
 - Ο χρονο-προγραμματιστής του BS τους αποδίδει φυσικούς πόρους (εύρος ζώνης).
- Ρεύμα ανόδου.
 - Περίοδευση (polling)
 - Ο σταθμός βάσης αποδίδει περιοδικά σε κάθε MS πόρους (είτε αφιερωμένους, είτε διαμοιρασμένους) για να αιτηθούν εύρος ζώνης
 - Ατομική (individual)
 - Ομαδική (multicast)- όταν δεν υπάρχουν αρκετοί διαθέσιμοι πόροι
 - Στην περίπτωση της ομαδικής περιόδευσης όπου οι πόροι είναι διαμοιρασμένοι καθορίζονται περίοδοι Ανταγωνισμού (Contention periods), μηχανισμοί πρόσβασης των MS και διαχείρισης πιθανών συγκρούσεων.

WiMAX: MAC Layer

Ποιότητα Υπηρεσίας:

- Πέντε κύριες κλάσεις υπηρεσιών:
 - η αυτόκλητη (ή αυθαίρετη) υπηρεσία (unsolicited granted service)
 - η εκτεταμένη υπηρεσία περιόδευσης πραγματικού χρόνου (extended real-time polling service)
 - η υπηρεσία περιόδευσης πραγματικού χρόνου (real-time polling service)
 - η υπηρεσία περιόδευσης μη πραγματικού χρόνου (non real-time polling service)
 - η υπηρεσία βέλτιστης προσπάθειας (best effort service).

WiMAX: MAC Layer

UGS

- Υποστηρίζει συμμετρικές ροές δεδομένων πραγματικού χρόνου που αποτελούνται από πακέτα σταθερού μήκους τα οποία αποστέλλονται περιοδικά σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα
 - CBR, T1/E1, VoIP
- Η υπηρεσία παρέχει :
 - Εγγύηση συγκεκριμένου ρυθμού μετάδοσης (μέγιστος και ελάχιστος ρυθμός μετάδοσης ταυτίζονται)
 - Δέσμευση για μέγιστη πιθανή χρονική καθυστέρηση
 - Εγγύηση για μέγιστη τιμή της διακύμανσης της χρονικής καθυστέρησης
- Για τους χρήστες δεσμεύονται πόροι του σταθμού βάσης, χωρίς να εξετάζεται περιοδικά η ύπαρξη σχετικού αιτήματος σύνδεσης
- Ο χρονο-προγραμματιστής του BS αποδίδει σταθερού μήκους αναθέσεις εύρους ζώνης (grants) σε πραγματικό χρόνο.
- Ο MS δε χρειάζεται να αποστείλει ειδική αίτηση αποστολής.
- Δεν χρησιμοποιούνται περίοδοι ανταγωνισμού (contention periods).

WiMAX: MAC Layer

ErtPS

- Προσανατολισμένη σε rt-VBR υπηρεσίες π.χ. VoIP with silence suppression.
- Η υπηρεσία παρέχει :
 - Εγγύηση ελάχιστου ρυθμού μετάδοσης
 - Εγγύηση μέγιστης πιθανής χρονικής καθυστέρησης
 - Καθορίζεται μέγιστος χρόνος ζωής των πακέτων
 - Τα τερματικά των συνδρομητών εξετάζονται περιοδικά σχετικά με την ύπαρξη αιτημάτων χρήσης της υπηρεσίας
 - Εγγύηση μέγιστης τιμής διακύμανσης χρονικής καθυστέρησης
- Ορίζεται ο μέγιστος επιτρεπτός ρυθμός και ο ελάχιστος εγγυημένος ρυθμός μετάδοσης, ενώ παρέχεται δυνατότητα ορισμού προτεραιότητας μεταξύ των χρηστών της υπηρεσίας

WiMAX: MAC Layer

ErtPS

- Ο χρονο-προγραμματιστής του BS αποδίδει σε πραγματικό χρόνο περιοδικά UL ευκαιρίες αιτήσεων
- Ο MS στους χρόνους αιτήσεων που του αναλογούν απαντάει με την επιθυμητή αίτηση για ανάθεση
- Δεν χρησιμοποιούνται περίοδοι ανταγωνισμού (contention periods)
- Ο χρονο-προγραμματιστής του BS αποδίδει περιοδικά αναθέσεις εύρους ζώνης μεταβλητού μεγέθους στους MS

WiMAX: MAC Layer

rtPS

- Προσανατολισμένη σε rt-VBR υπηρεσίες π.χ. Streaming audio and video MPEG encoded
- Η υπηρεσία παρέχει :
 - Εγγύηση ελάχιστου ρυθμού μετάδοσης
 - Εγγύηση μέγιστης πιθανής χρονικής καθυστέρησης
 - Καθορίζεται μέγιστος χρόνος ζωής των πακέτων
 - Τα τερματικά των συνδρομητών εξετάζονται περιοδικά σχετικά με την ύπαρξη αιτημάτων χρήσης της υπηρεσίας
- Ορίζεται ο μέγιστος επιτρεπτός ρυθμός και ο ελάχιστος εγγυημένος ρυθμός μετάδοσης, ενώ παρέχεται δυνατότητα ορισμού προτεραιότητας μεταξύ των χρηστών της υπηρεσίας

WiMAX: MAC Layer

rtPS

- Ο χρονο-προγραμματιστής του BS αποδίδει σε πραγματικό χρόνο περιοδικά UL ευκαιρίες αιτήσεων
- Ο MS στους χρόνους αιτήσεων που του αναλογούν απαντάει με την επιθυμητή αίτηση για ανάθεση
- Δεν χρησιμοποιούνται περίοδοι ανταγωνισμού (contention periods)
- Ο χρονο-προγραμματιστής του BS αποδίδει περιοδικά αναθέσεις εύρους ζώνης μεταβλητού μεγέθους στους SS

WiMAX: MAC Layer

nrtPS

- Προσανατολισμένη σε nrt-VBR υπηρεσίες π.χ. FTP.
- Η υπηρεσία παρέχει:
 - Εγγύηση ελάχιστου ρυθμού μετάδοσης χρήστη
- Συνήθως ορίζεται και ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης που μπορεί να επιτύχει ένας χρήστης, εφόσον υπάρχουν διαθέσιμοι πόροι
- Υπάρχει η δυνατότητα ορισμού προτεραιοτήτων μεταξύ των χρηστών της υπηρεσίας
- Ο χρονο-προγραμματιστής του BS αποδίδει σε πραγματικό χρόνο περιοδικά UL ευκαιρίες αιτήσεων.
- Χρησιμοποιούνται περίοδοι ανταγωνισμού (contention periods).
- Ο χρονο-προγραμματιστής του BS αποδίδει αναθέσεις εύρους ζώνης στους MS βάσει των αιτημάτων τους

WiMAX: MAC Layer

BE

- Προσανατολισμένη σε κίνηση καλύτερης προσπάθειας π.χ. HTTP, SMTP.
- Ορίζεται μόνο το άνω όριο του ρυθμού μετάδοσης που μπορεί να διατεθεί στο χρήστη, χωρίς να υπάρχει καμία εγγύηση για τη καθυστέρηση και για τη διακύμανσή της
- Χρησιμοποιούνται μόνο περίοδοι ανταγωνισμού (contention periods)

WiMAX: MAC Layer

Η κατηγοριοποίηση των πακέτων σε κλάσεις υπηρεσίας γίνεται στον κατηγοριοποιητή (classifier)

- Η κατηγοριοποίηση γίνεται βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων
 - ToS, VLAN ID, IP Address & MAC Address

Στη συνέχεια ο χρονο-προγραμματιστής του σταθμού αποστέλλει τα προς εκπομπή MAC πακέτα με σειρά καθορισμένη από τη σειρά προτεραιότητας των υπηρεσιών (UGS, ertPS, rtPS, nrtPS, BE)

- Ο αντιστοιχιστής/σχεδιαστής (mapper) αναλαμβάνει να αντιστοιχήσει τα MAC-PDUs στη ζώνη του OFDMA.