ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά μαθήματα ΠΠ

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Ενότητα # 10: WiMAX

Καθηγητής Χρήστος Ι. Μπούρας
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πατρών
email: bouras@cti.gr, site: http://ru6.cti.gr/ru6/bouras

Σκοποί ενότητας

- Εξοικείωση με το ασύρματο πρότυπο WiMAX
- Παρουσίαση κύριων χαρακτηριστικών του προτύπου
- Κατανόηση των βασικών τεχνολογιών του
- Ανάλυση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων του
- Παρουσίαση του mobile WiMAX

Περιεχόμενα ενότητας

- Βασικές Έννοιες και Ορισμοί
- Αρχιτεκτονική - Τοπολογίες
- Ρυθμοί Μετάδοσης
- Βασικές Τεχνολογίες
- Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα
- Υποστηριζόμενες Υπηρεσίες
- Mobile WiMAX

WiMAX

Εισαγωγή

- Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο (Wireless Local Area Network-WLAN) είναι ένα επικοινωνιακό σύστημα που χρησιμοποιείται ως επέκταση ή εναλλακτική λύση ενός κοινού ενσύρματου δικτύου (Ethernet) και επιτρέπει στον κινητό χρήστη την ασύρματη μετάδοση και λήψη δεδομένων
- Προσφέρουν ασύρματη πρόσβαση ανάμεσα σε PCs, φορητούς υπολογιστές αλλά και άλλες προσωπικές συσκευές όπως Palmtops και PDAs

Εφαρμογές WLANs

- Μικρές ομάδες εργασίας με διαμοιραζόμενες πληροφορίες
- Εργαστήρια πανεπιστημίων
- Ιστορικά κτήρια όπου η εγκατάσταση καλωδίων είναι δύσκολη ή αδύνατη
- Μεγάλες βιομηχανικές μονάδες με τεράστιες ανάγκες καλωδίωσης

IEEE 802.16
κύρια χαρακτηριστικά (1/2)

- Υιοθετήθηκε από την IEEE το 2003 με την ονομασία IEEE 802.16 (WirelessMAN)
- Η εμπορική του εκμετάλλευση γίνεται υπό την ονομασία WiMAX και πλέον οι όροι IEEE 802.16 και WiMAX χρησιμοποιούνται πανομοιότυπα
- Λειτουργεί σε μια ευρεία μπάντα συχνοτήτων η οποία εκτείνεται από 2 ως 66 GHz
- Αρχικά παρείχε ρυθμούς μετάδοσης έως και 72 Mbps στον αέρα, αλλά οι σύγχρονες εκδόσεις με χρήση πολλαπλών κεραιών και καναλιών αγγίζουν το 1 Gbps σε στατικούς χρήστες

IEEE 802.16
κύρια χαρακτηριστικά (2/2)

- Παρέχει κάλυψη που αγγίζει τα 50Km στην περίπτωση επικοινωνίας σημείου προς σημείο
- Παρέχει συνδέσεις σημείων τα οποία βρίσκονται ακόμη και σε συνθήκες μη οπτικής επαφής
- Δυνατότητα επικοινωνίας σημείου προς σημείο (PTP) και σημείου προς πολλά σημεία (PTM)

Τοπολογίες

- Point to Point – PTP (Σημείο προς σημείο)
- Point to Multipoint - PTM (Σημείο προς πολλαπλά σημεία)

Χρήσεις WiMAX

- Δίκτυο κορμού στα κυψελωτά συστήματα κινητής τηλεφωνίας
- Broadband on Demand
- Παροχή κάλυψης σε περιοχές που είναι αδύνατο τα καλυφθούν με χρήση χαλκού ή οπτικής ίνας

Χαρακτηρισμός Καναλιού (1/4)

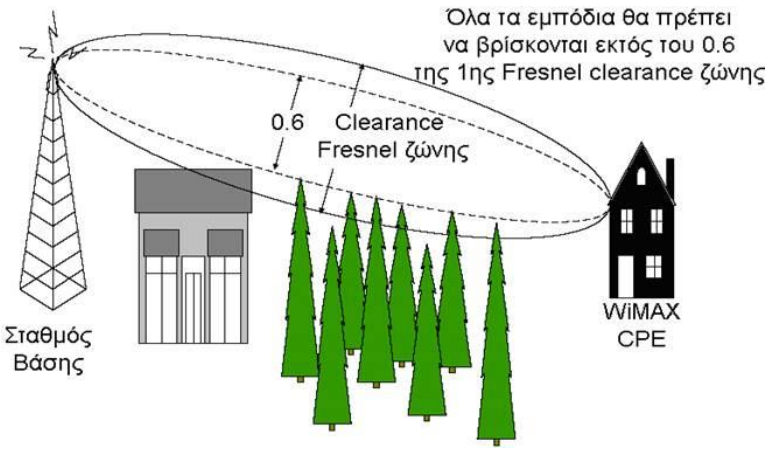
- Ζεύξη με οπτική επαφή (Line of Site - LOS)
- Ζεύξη με οπτική επαφή αλλά χωρίς fresnel zone clearance (Optical Line of Site - OLOS)
- Ζεύξη χωρίς οπτική επαφή (Non Line of Site - NLOS)

Χαρακτηρισμός Καναλιού (2/4)

- Line of Site - LOS:
  - Σε μια ζεύξη σημείων που βρίσκονται σε οπτική επαφή, το ηλεκτρομαγνητικό κύμα κατευθύνεται απευθείας από την κεραία του πομπού στην κεραία του δέκτη χωρίς να υποστεί κάποια ανάκλαση από γειτονικά εμπόδια
  - Αυτό συμβαίνει όταν είναι ελεύθερη από εμπόδια μια περιοχή του ασύρματου καναλιού μεταξύ των δύο σημείων προς επικοινωνία που ονομάζεται ελλειψοειδές του Fresnel (Fresnel Zone)

Χαρακτηρισμός Καναλιού (3/4)

- Η ζώνη Fresnel υπολογίζεται από τον τύπο: $F_N = \sqrt{\frac{N * \lambda * D_1 * D_2}{D_1 + D_2}}$
  - N είναι ο αριθμός της ζώνης (π.χ. για N=1 έχουμε την 1η ζώνη Fresnel)
  - λ είναι το μήκος κύματος
  - D1 , D2 είναι οι αποστάσεις των δύο κεραιών από το εμπόδιο



Χαρακτηρισμός Καναλιού (4/4)

- Optical Line of Site - OLOS:
  - Το πρότυπο IEEE 802.16 μπορεί να παρέχει επικοινωνία και σε σημεία τα οποία βρίσκονται σε συνθήκες OLOS
- Non Line of Site - NLOS:
  - Η χρήση της διαμόρφωσης OFDM επιτρέπει στο πρότυπο να εξασφαλίζει σταθερές και αξιόπιστες συνδέσεις ακόμα και σε συνθήκες μη οπτικής επαφής

Ρυθμοί Μετάδοσης

PTP

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

PTM

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

Ρυθμοί μετάδοσης και κάλυψη για συνδέσεις PTP και PTM με οπτική επαφή

Βασικές Τεχνολογίες του WiMAX (1/3)

- Δυναμικό TDMA MAC
  - Προσφέρει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης στους σταθμούς των συνδρομητών
- Ποιότητα υπηρεσιών
  - Υποστήριξη ακόμα πιο απαιτητικών υπηρεσιών (π.χ. VoD)
- Ευέλικτο εύρος ζώνης καναλιών
  - Διευκολύνουν τη μετάδοση σε μεγαλύτερες αποστάσεις

Βασικές Τεχνολογίες του WiMAX (2/3)

- Προσαρμογή συνδέσμων (Link Adaptation)
  - Παρέχει υψηλή αξιοπιστία στο σύστημα
  - Υποστήριξη NLOS
  - Λύνει προβλήματα από καταστάσεις μη οπτικής επαφής
  - Αποδοτική χρησιμοποίηση φάσματος
  - Αποδοτικότερη χρήση φάσματος συστήματος πρόσβασης

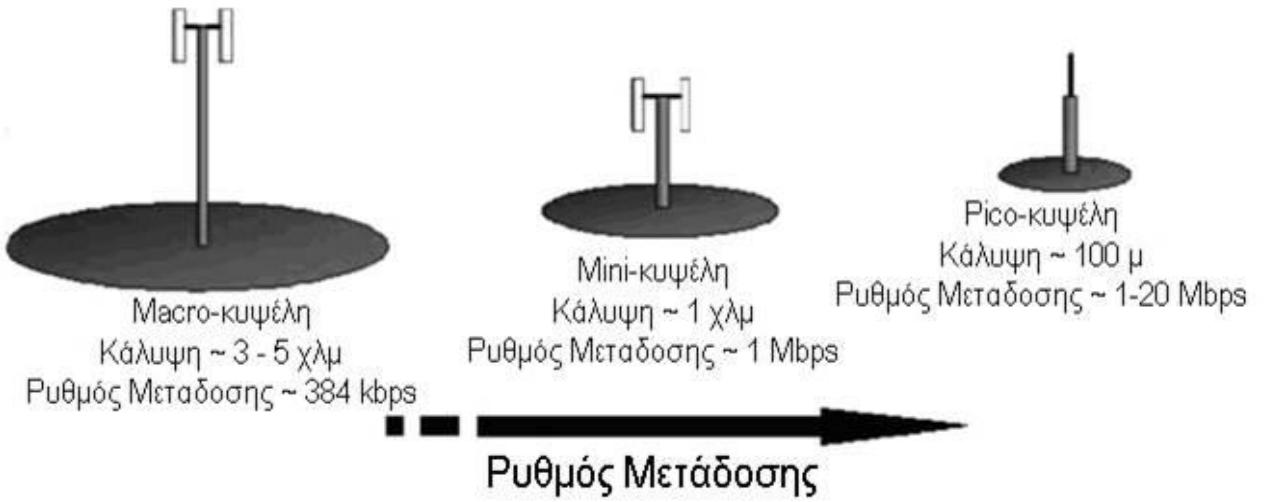
Βασικές Τεχνολογίες του WiMAX (3/3)

- Τεχνικές διόρθωσης σφαλμάτων (Error correction techniques)
  - Μειώνουν τις απαιτήσεις του λόγου σήματος/θόρυβο
  - Βελτιώνουν σημαντικά το bit error rate
- Έλεγχος ισχύος
  - Μειώνει την κατανάλωση ισχύος στις συσκευές των συνδρομητών και την πιθανότητα παρεμβολής με άλλους σταθμούς βάσης
- Ασφάλεια
  - Εξασφαλίζει την ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων

Πλεονεκτήματα του WiMAX (1/4)

- Καλύπτει ευρείες γεωγραφικές περιοχές με μεγάλο αριθμό χρηστών κρατώντας χαμηλό το κόστος
- Θεωρείται από τις καλύτερες λύσεις για το τηλεπικοινωνιακό last mile
- Η δυναμική προσαρμοστική διαμόρφωση (Dynamic Adaptive Modulation) επιτρέπει στο σταθμό βάσης να επιλέξει το ρυθμό μετάδοσης ανάλογα με την απόσταση

Πλεονεκτήματα του WiMAX (2/4)



Παράδειγμα προσαρμογής του ρυθμού μετάδοσης ανάλογα με την απόσταση

Πλεονεκτήματα του WiMAX (3/4)

- Ευελιξία και επεκτασιμότητα
  - Επαναχρησιμοποίηση των καναλιών συχνότητας με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συνολική ικανότητα των δικτύων
  - Υποστηρίζει έλεγχο ισχύος και επιτρέπει ποιοτικές μετρήσεις καναλιών ως εργαλεία για την αποδοτική χρήση του φάσματος
  - Ευκολία προσθήκης νέων τομέων (sectors) για μεγιστοποίηση της ικανότητας των κελιών
  - Ιδανικό για επιχειρήσεις που υποχρεωτικά μετακινούνται συχνά

Πλεονεκτήματα του WiMAX (4/4)

- Μείωση εξόδων εγκατάστασης
  - Επιτρέπει στους φορείς παροχής υπηρεσιών να αποφύγουν έξοδα που συνδέονται με την ανάπτυξη καλωδιακών υποδομών
  - Σε πολύ λιγότερο χρόνο και με πολύ μικρότερο κόστος μπορεί να πραγματοποιηθεί μία ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση

Μειονεκτήματα του WiMAX

- Παρεμβολή ραδιοσυχνοτήτων (interference)
  - Μπορεί να σταματήσει μια μετάδοση ή να μειώσει την απόδοσή της
  - Μπορεί να μειωθεί με χρήση προσαρμοστικής διαμόρφωσης, με κατάλληλο σχεδιασμό του δικτύου, φιλτράρισμα, συγχρονισμό των σημάτων καθώς και με χρήση ενισχυτών ισχύος
- Τοποθέτηση υποδομής
  - Αφορά τη φυσική θέση των στοιχείων υποδομής (κεραίες κλπ.)
  - Δυσκολία στην εύρεση κατάλληλης τοποθεσίας για αποφυγή εμποδίων (δέντρα, κτίρια)

WiMAX – Φυσικό επίπεδο (1/7)

- Χρήση OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- Χρήση FEC (Forward Error Correction)
- Χρήση Προσαρμοστικής Διαμόρφωσης (Adaptive Modulation)
- Χρήση CRC (Cyclic Redundancy Check)

WiMAX – Φυσικό επίπεδο (2/7)

- OFDM:
  - Σε ένα κλασικό σύστημα παράλληλης μετάδοσης δεδομένων, η διαθέσιμη μπάντα συχνοτήτων διαιρείται σε N μη επικαλυπτόμενα υποκανάλια
  - Στο OFDM τα κανάλια είναι επικαλυπτόμενα αλλά ορθογώνια

WiMAX – Φυσικό επίπεδο (3/7)

- Πλεονεκτήματα OFDM:
  - Το OFDM αντιμετωπίζει αποτελεσματικά το φαινόμενο της πολυδιόδευσης (multipath)
  - Εξοικονομεί εύρος ζώνης σε σχέση με τα συστήματα μονής φέρουσας
  - Υποστηρίζει NLOS συνδέσεις
  - Είναι εξαιρετικά ανθεκτικό στην παρεμβολή στενού φάσματος διότι τέτοιου είδους παρεμβολή επηρεάζει μόνο ένα μικρό ποσοστό των υποφερουσών

WiMAX – Φυσικό επίπεδο (4/7)

- Adaptive Modulation:
  - Προσαρμόζει την ποιότητα διαβάθμισης της ζεύξης ενώ προσφέρει το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης για δεδομένα σενάρια ανάπτυξης
  - Χρησιμοποιεί 8 διαφορετικούς τύπους διαμόρφωσης

WiMAX – Φυσικό επίπεδο (5/7)

Διαμόρφωση	FEC Coding Rate	Uncoded Burst Rate (Mbps)	Από άκρο σε άκρο Ethernet Throughput (Mbps)
BPSK	1/2	6	5,7
BPSK	3/4	9	8,6
QPSK	1/2	12	11,4
QPSK	3/4	18	17
16QAM	1/2	24	22,4
16QAM	3/4	36	33
64QAM	2/3	48	43,2
64QAM	3/4	54	48,1

Οι 8 τύποι διαμόρφωσης

WiMAX – Φυσικό επίπεδο (6/7)

- FEC, CRC :
  - η χρήση κωδίκων διόρθωσης σφαλμάτων όπως οι FEC (Forward Error Correction) και CRC (Cyclic Redundancy Check) προσδίδει στο πρότυπο τη δυνατότητα αξιόπιστης μετάδοσης κρατώντας σε χαμηλά επίπεδα την ισχύ εκπομπής και λήψης

WiMAX – Φυσικό επίπεδο (7/7)

Χαρακτηριστικά	Πλεονεκτήματα
Χρήση OFDM με 256 φέρουσες	Επικοινωνία LOS και NLOS
Χρήση προσαρμοστικής διαμόρφωσης και κωδίκων διόρθωσης σφαλμάτων	Αποτελεσματικές ζεύξεις με μέγιστο αριθμό bits/sec σε κάθε χρήστη
Υποστήριξη TDD και FDD	Ικανοποιεί τις συνθήκες διαχείρισης φάσματος κάθε χώρας
Μεταβλητό εύρος ζώνης καναλιού (3,5 MHz , 5MHz , 10MHz)	Δυνατότητα λειτουργίας σε πολλές ζώνες συχνοτήτων ανάλογα με τον κανονισμό κάθε χώρας
Υποστήριξη έξυπνων κεραιών	Εξασφαλίζεται υψηλό κέρδος ισχύος

Σύνοψη χαρακτηριστικών και πλεονεκτημάτων

WiMAX – Υπο-επίπεδο πρόσβασης στο μέσο (1/2)

- Το επίπεδο MAC σχεδιάστηκε ώστε:
  - Να παρέχει υπηρεσίες υψηλών ταχυτήτων με δεδομένο SLA (Service Level Agreement)
  - Να παρέχει υπηρεσίες πραγματικού χρόνου, οι οποίες, όπως είναι γνωστό είναι ευαίσθητες στην καθυστέρηση

WiMAX – Υπο-επίπεδο πρόσβασης στο μέσο (2/2)

Χαρακτηριστικά	Πλεονεκτήματα
Χρήση TDM/TDMA	Αποδοτικότητα εύρους ζώνης (Bandwidth efficiency)
Υποστήριξη μέχρι και 100 χρηστών ανά Base Station	Ικανότητα να καλύπτουν αξιόπιστα αστικές περιοχές
Υποστήριξη QoS	- Μικρή καθυστέρηση για υπηρεσίες όπως TDM Voice, VoIP - Αποδοτική μετάδοση VBR κίνησης
Υποστήριξη ARQ	Βελτίωση της από άκρο σε άκρο απόδοσης του συστήματος
Χρήση προσαρμοστικής διαμόρφωσης και κωδίκων διόρθωσης σφαλμάτων	Αποτελεσματικές ζεύξεις με μέγιστο αριθμό bits/sec σε κάθε χρήστη
Χρήση Triple DES για ασφάλεια	Προστασία δεδομένων
Automatic Power Control	Δυνατότητα για δημιουργία κυψελοειδών αρχιτεκτονικών

Χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα σχεδίασης
MAC Layer

WiMax – Επίπεδο Σύγκλισης

- Πάνω από το επίπεδο MAC υπάρχει ένα επίπεδο σύγκλισης. Ένα πρωτόκολλο επιπέδου σύγκλισης μπορεί:
  - Να ενσωματώνει την PDU (protocol data unit) πλαισιοποίηση των ανώτερων επιπέδων στα τοπικά MAC/PHY πλαίσια
  - Να χαρτογραφεί τις διευθύνσεις των ανώτερων επιπέδων με 802.16 διευθύνσεις
  - Να μεταφράζει τις παραμέτρους ποιότητας υπηρεσίας των ανώτερων επιπέδων σε 802.16 MAC τυποποίηση
  - Να προσαρμόζει τις χρονικές εξαρτήσεις της κίνησης των ανώτερων επιπέδων στην αντίστοιχη MAC υπηρεσία

QoS και WiMAX

- Το πρότυπο IEEE 802.16 έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να παρέχει στους χρήστες, όταν οι ίδιοι το επιθυμούν, εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης και ταυτόχρονα κίνηση best effort
- Δηλαδή, αν δύο χρήστες καλύπτονται από το ίδιο Base Station, είναι δυνατό ο ένας χρήστης να έχει εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας και ο δεύτερος χρήστης να δέχεται και να στέλνει απλή IP κίνηση best effort
- Κάτι τέτοιο με το πρότυπο 802.11 δεν ήταν δυνατό

Υπηρεσίες Χρονοπρογραμματισμού (Scheduling Services) (1/3)

- Αναπαριστούν τους μηχανισμούς μεταχείρισης δεδομένων, που υποστηρίζεται από το MAC, για τη μετάδοση δεδομένων σε μία σύνδεση
- Κάθε σύνδεση συσχετίζεται με μια υπηρεσία δεδομένων και η υπηρεσία συσχετίζεται με ένα σύνολο QoS παραμέτρων που προσδιορίζουν την συμπεριφορά της. Υποστηρίζονται τέσσερις υπηρεσίες:
- UGS (Unsolicited Grant Service)
  - Η υπηρεσία UGS έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίξει service flow πραγματικού χρόνου που δημιουργούν σε περιοδική βάση πακέτα δεδομένων σταθερού μεγέθους

Υπηρεσίες Χρονοπρογραμματισμού (Scheduling Services) (2/3)

- rTPS
  - Η υπηρεσία rTPS έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίξει service flows πραγματικού χρόνου που δημιουργούν πακέτα δεδομένων διαφόρων μεγεθών σε περιοδική βάση
- nrTPS
  - Η υπηρεσία nrTPS υποστηρίζει υπηρεσίες μη-πραγματικού χρόνου που απαιτούν μεταβλητό μέγεθος πακέτων και ένα ελάχιστο ρυθμό μετάδοσης
- BE
  - Υποστηρίζει μετάδοση κίνησης που δεν απαιτεί ένα ελάχιστο εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης, δηλαδή best effort κίνησης

Υπηρεσίες Χρονοπρογραμματισμού (Scheduling Services) (3/3)

Application	Service Class
Tl/El (over IP)	UGS
VoIP	UGS
MPEG	rtPS
FTP	nrtPS
TFTP	nrtPS
HTTP	nrtPS
Email	BE

Υπηρεσίες χρονοπρογραμματισμού

Ασφάλεια και WiMAX

- Την ασφαλή μετάδοση των δεδομένων στο WiMAX αναλαμβάνει ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης DES (Data Encryption Standard, Πρότυπο Κωδικοποίησης Δεδομένων)
- Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται μια παραλλαγή του αλγορίθμου, ο Triple DES
- Με τη μέθοδο Triple-DES, το μήνυμα κωδικοποιείται τρεις φορές, με τρία διαφορετικά κλειδιά

Υποστηριζόμενες Υπηρεσίες (1/2)

- Ασύρματο VoIP
  - Απλή και οικονομική υπηρεσία που επιτρέπει σε χρήστες να χρησιμοποιούν VoIP υπηρεσίες ενώ κινούνται
- Virtual Private LAN Services (VPLS)
  - Το WiMAX παρέχει μια άριστη λύση για VPLS, λόγω του QoS και της ασφάλειας που παρέχει
- Video on Demand (VoD)
  - Το WiMAX με τους υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης μπορεί να εξυπηρετήσει πολλούς συνδρομητές παρέχοντας VoD
- ATM Τραπεζών
  - Εγκατάσταση ATM σε αγροτικές και προαστιακές περιοχές

Υποστηριζόμενες Υπηρεσίες (2/2)

- Εφαρμογές ασφάλειας και επιτήρησης
  - Κάμερες ασφαλείας για την επιτήρηση απομακρυσμένων περιοχών
  - Μπορεί να διαβιβάζει βίντεο υψηλής ευκρίνειας σε πραγματικό χρόνο από τις κάμερες ασφάλειας στο κέντρο ασφάλειας
- Άλλες υπηρεσίες
  - Απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης
  - Άμεση αποστολή και λήψη χαρτών, σχεδιαγραμμάτων και αρχιτεκτονικών σχεδίων σε μονάδες διάσωσης που συμμετέχουν σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης

IEEE 802.16 vs IEEE 802.11

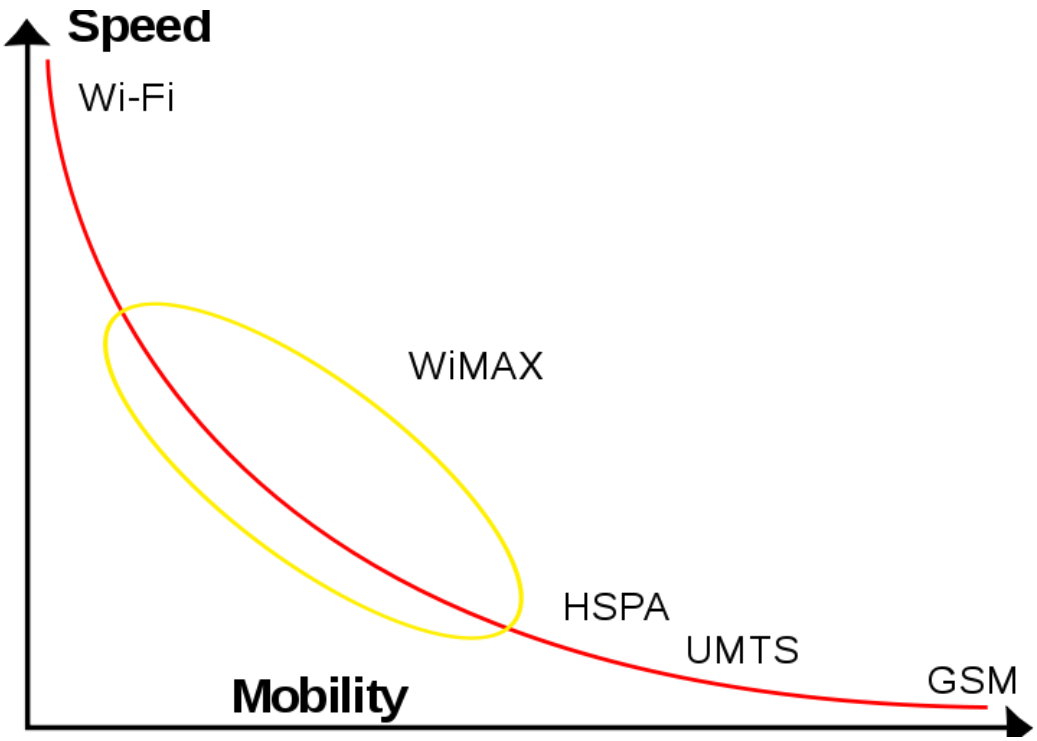
- Καλύπτει μεγάλες αποστάσεις
- Κάνει γεγονός την αξιόπιστη ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση
- Παρέχει επικοινωνία σημείων τα οποία δεν έχουν οπτική επαφή
- Χρησιμοποιείται και σαν δίκτυο κορμού και σαν δίκτυο πρόσβασης

Σύγκριση Ασύρματων Τεχνολογιών (1/2)

	Ταχύτητα (Mbps)	Εμβέλεια	Συχνότητα	Διασύνδεση	Κατάσταση
HomeRF	2 Mbps	50 m	2,4 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο
HiperLAN Type 1	24 Mbps	50 m	5 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο
HiperLAN Type 2	54 Mbps	<150m	5 GHz	Ethernet, ATM, IP, UMTS, Firewire, PPP	
IEEE					
802.11	2 Mbps	100m-2Km	2,4 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο
802.11b	11 Mbps	100m-2Km	2,4 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο
802.11a	54 Mbps	100m-2Km	5 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο
802.11g	54 Mbps	100m-2Km	2,4 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο
Wi-Max	70 Mbps	70 Km	2-11 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο
Wi-Max Rel. 2 (mobile WiMax)	1 Gbps	70 Km	2-11 GHz	Ethernet	Διαθέσιμο

Σύγκριση Ασύρματων Τεχνολογιών

Σύγκριση Ασύρματων Τεχνολογιών (2/2)



Ρυθμαπόδοση vs. Κινητικότητα ασύρματων τεχνολογιών

(πηγή: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wimax-speed.jpg)

Mobile WiMAX

- Αποτελεί το υπο-πρότυπο 802.16m που έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ευρυζωνική πρόσβαση σε κινητά δίκτυα
- Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης φθάνει το 1 Gbps
- Επικεντρώνεται:
  - στην PTM ευρυζωνική πρόσβαση
  - στην λύση του προβλήματος του last mile
  - στην εξυπηρέτηση κινητών χρηστών

Χαρακτηριστικά Mobile WiMAX

- Βασίζεται στο πρωτόκολλο Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)
- Επιτρέπει την εξυπηρέτηση πολλών χρηστών σε διάφορες φέρουσες του ίδιου καναλιού ταυτόχρονα
- Υποστηρίζει Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ) μειώνοντας την καθυστέρηση
- Υποστηρίζει Multiple Input Multiple Output (MIMO) στις κεραίες, αυξάνοντας τους ρυθμούς μετάδοσης και μειώνοντας τον αριθμό σφαλμάτων

Σύντομη ανασκόπηση

- Βασικές Έννοιες και Ορισμοί
- Αρχιτεκτονική - Τοπολογίες
- Ρυθμοί Μετάδοσης
- Βασικές Τεχνολογίες
- Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα
- Υποστηριζόμενες Υπηρεσίες
- Mobile WiMAX

Βιβλιογραφία (1/2)

- Σημειώσεις μαθήματος (Κεφάλαιο 6)
- Βιβλία:
  - Data and Computer Communications, William Stallings
  - WiMAX Network Planning and Optimization, Yan Zhang
  - WiMAX: Technology for Broadband Wireless Access, Nuaymi L.

Βιβλιογραφία (2/2)

- Links:
  - http://ru6.cti.gr/ru6/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-texnologies?language=el (Δικτυακός τόπος μαθήματος)
  - http://www.ieee.org/index.html (Δικτυακός τόπος του οργανισμού IEEE)
  - http://grouper.ieee.org/groups/802/16/ (The IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards)
  - http://www.wimaxforum.org/ (WiMAX forum)

Ερωτήσεις

Τέλος Ενότητας

BY NC ND

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

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

ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Χρηματοδότηση

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

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

Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 2.0.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Χρήστος Μπούρας 2017. «Ευρυζωνικές Τεχνολογίες. IEEE 802.16». Έκδοση: 2.0. Πάτρα 2017. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1063/

Σημείωμα Αδειοδότησης

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

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

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

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

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