

# Wireless LANs, Wi-Fi, WiMax



## Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

**ΠΜΣ στα Πληροφοριακά Συστήματα**

**Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων**

**Καθηγητής: Αναστάσιος Οικονομίδης**



# Περιεχόμενα

---

- Εισαγωγή
- Ασύρματες Τεχνολογίες
- Τοπολογίες
- Ασύρματα LAN
- Ασφάλεια Ασύρματων LAN
- Ασύρματα WAN (WiMAX)
- Οργανισμοί Πιστοποίησης
  - Wi-Fi Alliance
  - WiMAX Forum
- Ελληνική Πραγματικότητα
- Συμπεράσματα
- Βιβλιογραφία



# Εισαγωγή

---

- Μετά την επικράτηση των Η/Υ στους χώρους εργασίας, ακολούθησε η δικτύωσή τους, ώστε να καταστεί εφικτός ο διαμοιρασμός πληροφοριών και πόρων.
- Η αλματώδης εξέλιξη των ασύρματων δικτύων επιτρέπει την αντικατάσταση των παραδοσιακών καλωδιώσεων, με ασύρματες συνδέσεις υψηλών ταχυτήτων, για εταιρική και οικιακή χρήση.
- Νέες τεχνολογίες όπως το WiMax και το Wi-Fi θα αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούμε, παροπλίζοντας τις παραδοσιακές τεχνολογίες.



# Εισαγωγή

---

- Εξετάστηκαν οι τεχνικές παράμετροι κάθε τεχνολογίας, δίνοντας σημαντικό βάρος σε θέματα ασφάλειας και γίνεται μια σύντομη αναφορά για το σημερινό Ελληνικό τοπίο. Έγινε προσπάθεια να επεξηγηθούν τεχνικές λεπτομέρειες, με έναν κατανοητό τρόπο ώστε ο μη εξοικειωμένος χρήστης να αντιληφθεί κάθε παράμετρο.
- Για την εκπόνηση της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν αποκλειστικά πηγές που είναι προσβάσιμες μέσω διαδικτύου.



# Ασύρματες Τεχνολογίες

---

- Οι διαθέσιμες ασύρματες τεχνολογίες δικτύων είναι μεταξύ των άλλων:
  - Υπέρυθρες ακτίνες ή Bluetooth.
  - Narrowband (Χρήση συγκεκριμένης ραδιοφωνικής συχνότητας για μετάδοση δεδομένων)
  - Spread spectrum (Ασύρματη μετάδοση με τεχνικές διεύρυνσης φάσματος, δηλαδή με συνεχή αλλαγή της συχνότητας του μεταδιδόμενου σήματος εξαπλώνοντας έτσι τη μετάδοση σε πολλαπλές συχνότητες). Έτσι αυξάνεται η ασφάλεια και η αξιοπιστία [1]



# Ασύρματες Τεχνολογίες

---

## Spread Spectrum

- Διαμορφώνουμε με το σήμα πληροφορίας μία φέρουσα και στη συνέχεια εξαπλώνουμε την ισχύ του σήματος σε μία ευρεία περιοχή συχνοτήτων. Καταναλώνουμε περισσότερο φάσμα, όμως το σήμα μας αποκτά εξαιρετική ανοσία σε παρεμβολές, θόρυβο και φαινόμενα διάδοσης, όπως ανακλάσεις.
- Στην ασύρματη μετάδοση με διεύρυνση φάσματος (Spread spectrum) χρησιμοποιούνται δύο τεχνικές
  - Η απευθείας διεύρυνση φάσματος DSSS (direct sequence spread spectrum)
  - Η αναπήδηση συχνότητας FHSS (frequency hopping spread spectrum) [2]



# Ασύρματες Τεχνολογίες

---

## **DSSS**

- Με την τεχνική μετάδοσης Direct Sequence Spread Spectrum τα προς μετάδοση δεδομένα τεμαχίζονται σε μικρά κομμάτια.
- Για κάθε bit πληροφορίας και με τη χρήση ενός προτύπου δημιουργείται μία σειρά μονού αριθμού bits που ονομάζεται spreading code (κώδικας εξάπλωσης).
- Το DSSS απαιτεί μεγαλύτερο εύρος φάσματος για τη μετάδοση από το FHSS αλλά θεωρείται περισσότερο αξιόπιστο.
- Όσο μεγαλύτερος είναι ο κώδικας εξάπλωσης τόσο πιο σίγουρη είναι η ορθή λήψη του σήματος από το δέκτη [1]



# Ασύρματες Τεχνολογίες

---

## FHSS

- Κατά την αναπήδηση συχνότητας, μεταβάλλεται συνεχώς η συχνότητα αποστολής. Κάθε φορά αποστέλλεται ένας όγκος δεδομένων και στη συνέχεια μεταβάλλεται εκ νέου η συχνότητα. Αυτό μπορεί να γίνεται πολλές φορές στη διάρκεια ενός λεπτού
- Η σειρά με την οποία γίνεται η επιλογή των συχνοτήτων είναι προκαθορισμένη και συμφωνημένη στον πομπό και τον δέκτη. Με τον κατάλληλο συγχρονισμό το αποτέλεσμα η διατήρηση ενός σταθερού λογικού καναλιού. Σε κάποιον κοινό δέκτη το σήμα FHSS μοιάζει με κρουστικό θόρυβο μικρής διάρκειας. [3]





# Ασύρματες Τεχνολογίες

---

## **FHSS**

- Κάθε συνομιλία μεταξύ των σταθμών, δηλαδή κάθε λογικό κανάλι, συμβαίνει πάνω σε διαφορετική αλληλουχία συχνοτήτων και έτσι η πιθανότητα σύγκρουσης γίνεται ελάχιστη [3]
- Ο συγχρονισμός του πομπού και του δέκτη επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός σταθερού καναλιού [1]

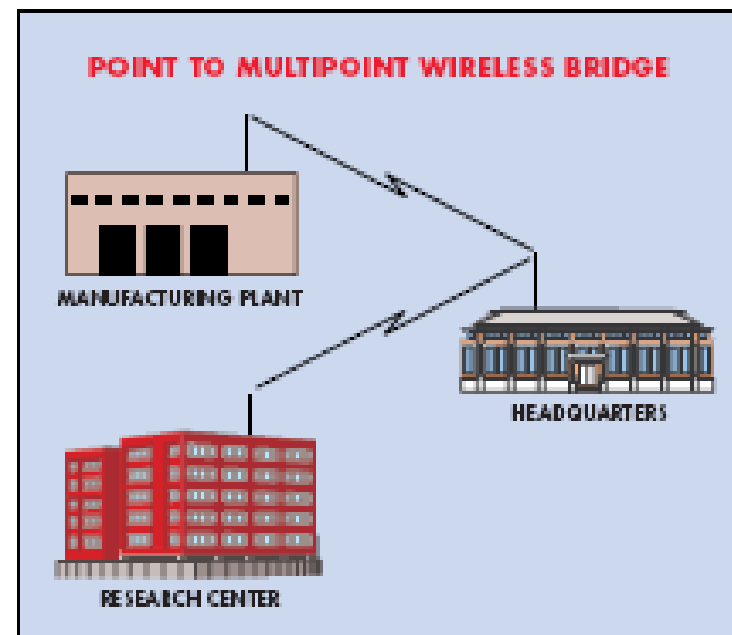
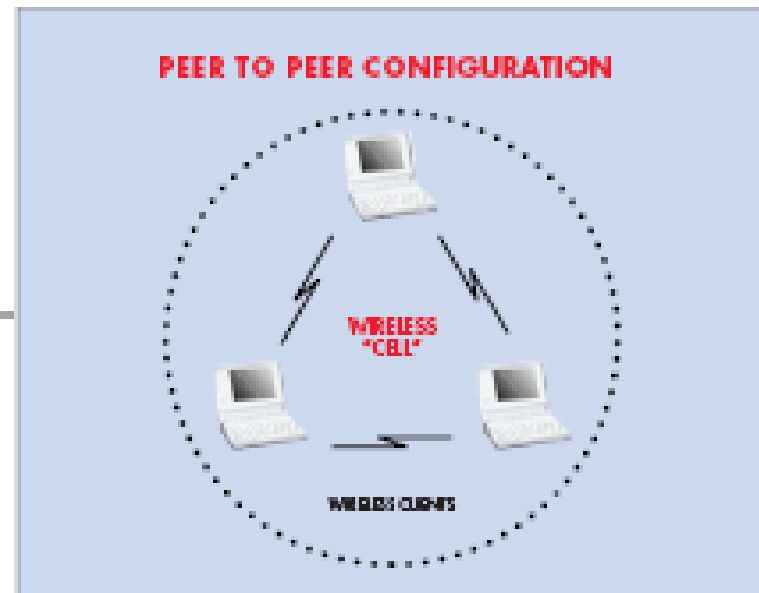
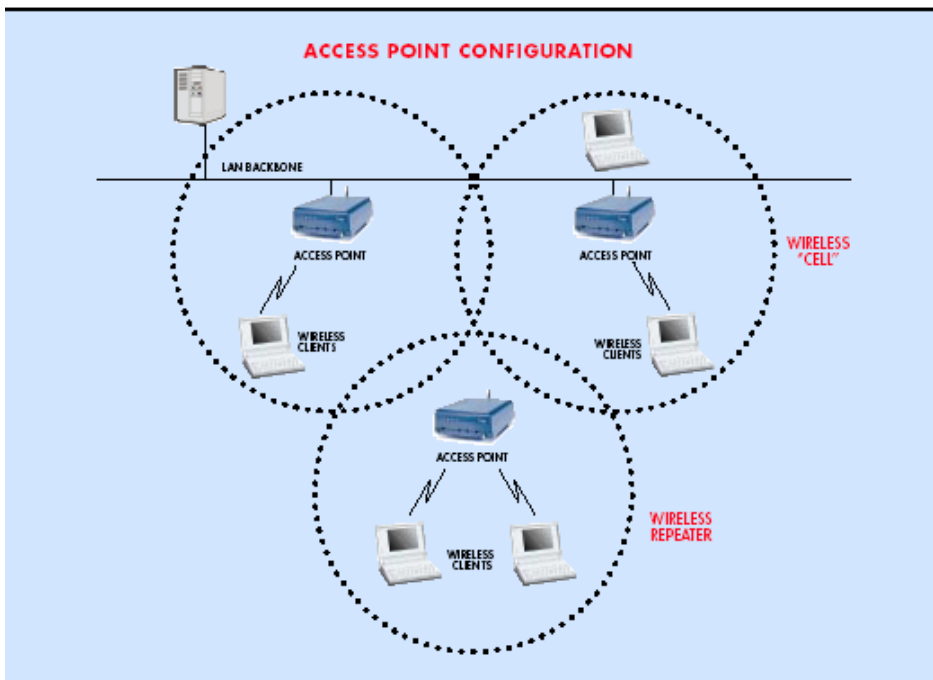


# Τοπολογίες

---

- Στα ασύρματα δίκτυα υπάρχουν οι παρακάτω τοπολογίες:
  - **Peer to Peer** τοπολογία, όπου οι σταθμοί επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους, όντας μέσα στα όρια του ασύρματου χωρίου που δημιουργείται.
  - Τοπολογία με **Access Point**, όπου υπάρχει μια γέφυρα (access point) για να γεφυρώνει τους σταθμούς με το ενσύρματο δίκτυο.
  - **Point to Point** ή **Point to multipoint** τοπολογία, όπου συνδέονται διαφορετικά δίκτυα με ασύρματη ζεύξη ακόμη και σε μεγάλη απόσταση.

# Τοπολογίες



Peer to Peer, Access Point, Point to Point – Multipoint configurations [2]



# Ασύρματα LAN

---

- Τα ασύρματα πρότυπα ορίστηκαν στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη από τις IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) και ETSI (European Telecommunications Standards Institute) αντίστοιχα.
- Τα βασικότερα πρότυπα της IEEE είναι:
  - IEEE 802.11
  - IEEE 802.11a
  - IEEE 802.11b
  - IEEE 802.11g
  - IEEE 802.11n
- Τα βασικότερα πρότυπα της ETSI είναι:
  - Hiperlan 1
  - Hiperlan 2



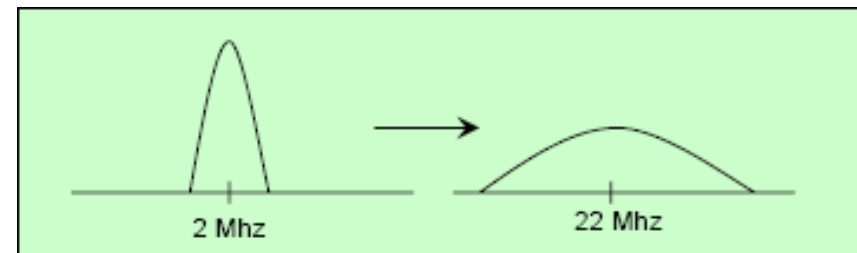
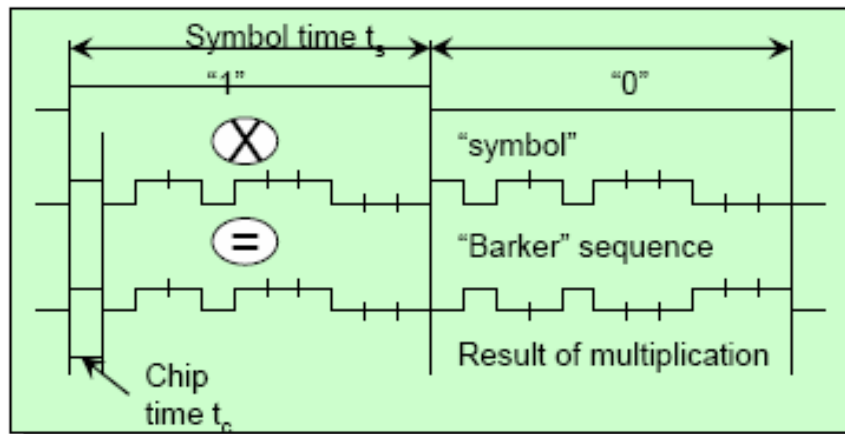
# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11**

- Η IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) όρισε τις προδιαγραφές για αυτό το πρότυπο αυτό τον Ιούλιο του 1997 [7]
- Χρησιμοποιεί συχνότητες εύρους 2,4 GHz
- Ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων 1-2 Mbps
- Διαμόρφωση Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) ή Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS).
- Στο 802.11 ορίστηκε spreading code μία λέξη Barker των 11 bits (10110111000) και τα δεδομένα συνδυάζονται με τον κώδικα Barker με χρήση XOR [4]

# Ασύρματα LAN



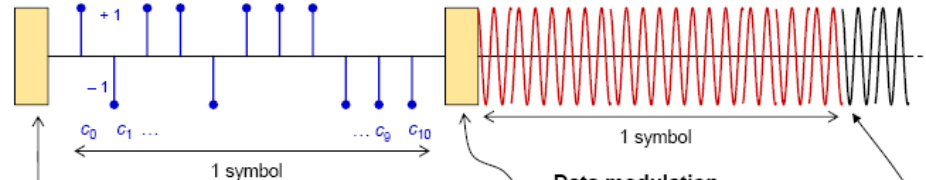
Διαμόρφωση του 802.11 (DSSS). Χρησιμοποιείται ο κώδικας Barker σε κάθε bit πληροφορίας. Το εύρος ζώνης γίνεται 11 φορές μεγαλύτερο [5]

# Ασύρματα LAN

## DSSS: Barker Code

11 chips Barker code is used in IEEE 802.11b for 1 Mb/s and 2 Mb/s

Transmitting principle



### Coding

- 1 symbol = 11 binary chips (Barker Code)
- chiprate = 11 Mc/s
- code used for spreading only

### Data modulation

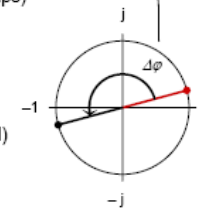
databits  $d_0 d_1 \dots$  control symbol rotation  $\Delta\varphi$  (11 chips)

DBPSK (1 bit = 1 symbol)

$$\Delta\varphi = \begin{cases} 0^\circ & \text{if } d_x = 0 \\ 180^\circ & \text{if } d_x = 1 \end{cases}$$

DQPSK (2 bits = 1 symbol)

$$\Delta\varphi = \begin{cases} 0^\circ & \text{if } d_0 d_1 = 00 \\ 90^\circ & \text{if } d_0 d_1 = 01 \\ 180^\circ & \text{if } d_0 d_1 = 11 \\ -90^\circ & \text{if } d_0 d_1 = 10 \end{cases}$$



The different  $\Delta\varphi$  above are just examples, e.g. instead of  $0^\circ/180^\circ$  you might use  $\pm 90^\circ$ .

DBPSK  $\Rightarrow$  1 Mb/s  
DQPSK  $\Rightarrow$  2 Mb/s

KTH/ICT/2IT - 6B2052.H02  
Göran Andersson  
goeran@kth.se

DBPSK Differential Binary Phase Shift Keying  
DQPSK Differential Quadrature Phase Shift Keying  
DSSS Direct Sequence Spread Spectrum

IEEE the Institute of Electrical and Electronics Engineers  
Mc/s Mega chips per second  
Mb/s Mega bits per second



# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11b (Wi-Fi)**

- Οι προδιαγραφές του προτύπου επικυρώθηκαν το Σεπτέμβριο του 1999
- Τα πρώτα προϊόντα λανσαρίστηκαν το 2000 [7]
- Χρησιμοποιεί συχνότητες εύρους 2,4 ως 2,483 GHz και ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων 5,5 ή 11 Mbps





# Ασύρματα LAN

---

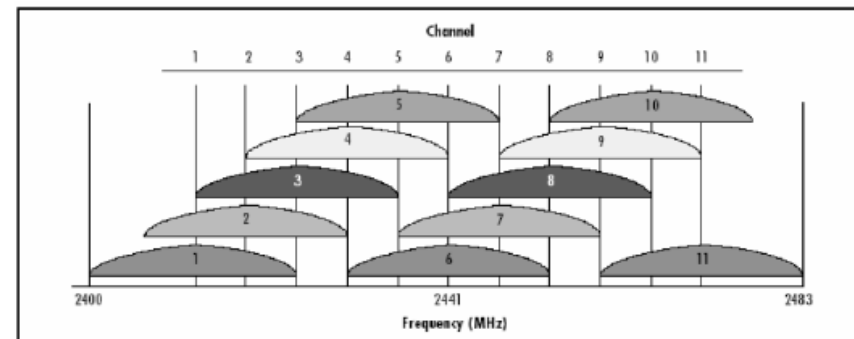
## **IEEE 802.11b (Wi-Fi)**

- Χρησιμοποιείται διαμόρφωση DSSS (Direct-Sequence Spread Spectrum) με χρήση της κωδικοποίησης 64 CCK (Complementary Code Keying).
- Χρησιμοποιούνται 64 μοναδικές κωδικές λέξεις ώστε κάθε 6 bit πληροφορίας να αντιστοιχούν σε μία από αυτές με αποτέλεσμα να είναι 6 φορές γρηγορότερο από το 802.11 [8]

# Ασύρματα LAN

## IEEE 802.11b (Wi-Fi)

- Ζώνη συχνοτήτων 2.4GHz - 2.483 GHz με 14 επικαλυπτόμενα κανάλια με εύρος 22 MHz και 5 MHz απόσταση μεταξύ της κεντρικής συχνότητας κάθε καναλιού
- Στην Αμερική είναι διαθέσιμα 11 κανάλια και στην Ευρώπη 13.
- Απαιτείται απόσταση τουλάχιστον 5 καναλιών για να αποφύγουμε τις παρεμβολές μεταξύ γειτονικών καναλιών [9]





# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11b (Wi-Fi)**

- Λόγω της αλληλοεπικάλυψης των καναλιών, σε ένα περιβάλλον με πολλά access points θα πρέπει να επιλέγονται τα κανάλια 1,6,11.
- Εάν υπάρχουν πάνω από τρία access points αυτά θα πρέπει να τοποθετηθούν στα παραπάνω κανάλια, όπου και θα το μοιραστούν με τα προηγούμενα.



# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11b (Wi-Fi)**

- Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν κανάλια που επικαλύπτονται, τότε όταν γίνεται αποστολή από ένα σταθμό στο ένα κανάλι οι συσκευές του άλλου καναλιού δεν μπορούν να αναγνωρίσουν ότι γίνεται αποστολή πακέτων και μπορεί να στείλουν τα δικά τους με αποτέλεσμα την απώλεια δεδομένων, και τις επανειλημμένες συγκρούσεις [10]



# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11b (Wi-Fi)**

- Το πρότυπο υποστηρίζει προαιρετικά τη χρήση κωδικοποίησης HR/DSSS/PBCC (Packet binary convolutional coding)
- Το PBCC ή αλλιώς γνωστό και ως 802.11+ είναι μια τεχνική διαμόρφωσης και κωδικοποίησης με την οποία μπορεί να διπλασιαστεί η ταχύτητα αποστολής στα 22 Mbps ενώ ταυτόχρονα διατηρείται η συμβατότητα με τον συνηθισμένο εξοπλισμό του 802.11b
- Στην απλούστερή του μορφή το PBCC μειώνει το overhead [11]



# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11a**

- Επικυρώθηκαν οι προδιαγραφές του το Σεπτέμβριο του 1999 και τα πρώτα προϊόντα λανσαρίστηκαν το 2002 [7]
- Χρησιμοποιεί τις συχνότητες 5,15 – 5,825 GHz
- Το φάσμα συχνοτήτων χωρίζεται σε τρεις περιοχές και σε κάθε περιοχή ορίζεται μέγιστη ισχύ εκπομπής
  - 5.150-5.250 GHz, για χρήση σε εσωτερικούς χώρους με μέγιστη ισχύ ως 50 mW
  - 5.250-5.350 GHz, για χρήση σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους με μέγιστη ισχύ ως 250 mW
  - 5.470-5.725 GHz, για χρήση σε εξωτερικούς χώρους με μέγιστη ισχύ ως 1W [12]



# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11a**

- Το επίπεδο MAC είναι ίδιο με τα πρότυπα 802.11 και 802.11b αλλά δε χρησιμοποιεί τεχνικές εξάπλωσης φάσματος (spread spectrum) στο φυσικό επίπεδο, αλλά διαμόρφωση OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) [12]
- Χρησιμοποιούνται 52 κανάλια φορείς, εκ των οποίων τα 48 για την παράλληλη μετάδοση της πληροφορίας
- Κάθε κανάλι διαμορφώνεται με χρήση τεχνικών δυαδικής ή ορθογωνικής μεταλλαγής μετατόπισης φάσης (BPSK/QPSK) ή διαμόρφωση εύρους τετραγωνισμού 16 QAM ή 64 QAM [4]



# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11g**

- Οι προδιαγραφές του 802.11g ορίστηκαν τον Ιούνιο του 2003
- Το πρότυπο χρησιμοποιεί συχνότητες εύρους 2,4 GHz και επιτυγχάνει ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων ως 54 Mbps
- Συμβατό με το 802.11b. Όταν υπάρχει μια συσκευή 802.11b στο δίκτυο η ταχύτητα του δικτύου δεν πέφτει στα επίπεδα του 802.11b, αλλά στο 60%-75% του μέγιστου [10]
- Σήμερα, λόγω μείωσης κόστους τα chipset υποστηρίζουν ταυτόχρονα τα 802.11a και 802.11g [13]
- Διαμόρφωση OFDM και CCK (Complementary Code Keying) [14]





# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11n**

- Είναι το νέο πρότυπο στο Wi-Fi που θα αντικαταστήσει τα προηγούμενα
- Η βιομηχανία κατέληξε σε κάποια συμφωνία για τις προδιαγραφές του προτύπου στις αρχές του 2006 [13]
- Το Μάρτιο του 2007 έγινε αποδεκτό ή πειραματική έκδοση 2.0 (Draft 2.0) [15]
- Η τελική έκδοση αναμένεται να οριστικοποιηθεί το δεύτερο μισό του 2008
- Το πρότυπο αυτό θα υποστηρίζει multimedia εφαρμογές, θα έχει τη δυνατότητα διακίνησης High Definition video streams, θα υποστηρίζει υψηλή ποιότητα υπηρεσιών QoS, VoIP [16]



# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11n**

- Χρησιμοποιεί κανάλια μετάδοσης 20 ή 40 MHz σε αντίθεση με τους προκάτοχούς του που χρησιμοποιούν κανάλια εύρους 20 MHz.
- Στα 5 GHz και με ταυτόχρονη χρήση τεσσάρων καναλιών εύρους 40 MHz, επιτυγχάνεται μέγιστος ρυθμός μετάδοσης 600 Mbps. [16]
- Μια βασική διαφορά με τα προηγούμενα πρότυπα, είναι ότι υποστηρίζει πλήθος επιλογών, οι οποίες δεν είναι απαραίτητο να υλοποιηθούν από κάθε κατασκευαστή. Π.χ η μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων είναι 600 Mbps, ενώ το 2006 τα προϊόντα που κυκλοφόρησαν υποστήριζαν ως 300 Mbps [13]



# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11n**

- Τα προϊόντα που βασίζονται σε αυτό το πρότυπο μπορούν να λειτουργήσουν τόσο στις συχνότητες των 2.4 GHz αλλά και στις συχνότητες των 5 GHz, και είναι έτσι συμβατά με τα υφιστάμενα προϊόντα (πρότυπα 802.11a στα 5 GHz, 802.11b και 802.11g στα 2.4 GHz) Χρησιμοποιώντας κανάλι εύρους 20 MHz στη ζώνη συχνοτήτων των 2.4 GHz είναι συμβατό με το 802.11b με διαμόρφωση CCK και με το 802.11g με διαμόρφωση OFDM.
- Χρησιμοποιώντας κανάλι εύρους 20 ή 40 MHz στη ζώνη συχνοτήτων των 5 GHz είναι συμβατό με το 802.11a με διαμόρφωση OFDM. [15]

# Ασύρματα LAN

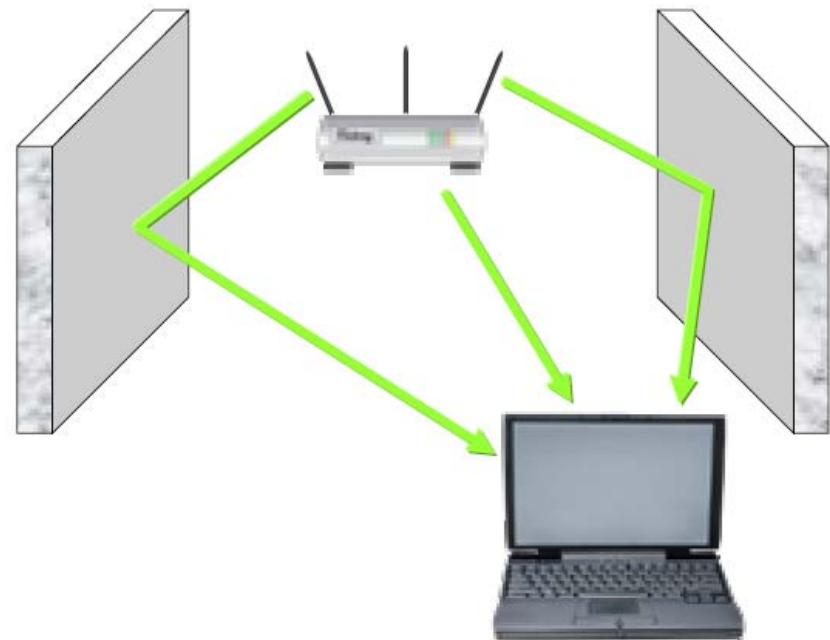
	20 MHz Channel		40 MHz Channel	
	1 stream	2 streams	1 stream	2 streams
	Data Rate, in Mbps			
802.11b 2.4 GHz	1, 2, 5.5, 11			
802.11a 5 GHz	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54			
802.11g 2.4 GHz	1, 2, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54			
802.11n GI <sup>1</sup> =800ns 2.4 GHz	6.5, 13, 19.5, 26, 39, 52, 58.5, 65	13, 26, 39, 52, 78, 104, 117, 130		
802.11n GI <sup>2</sup> =800ns 5 GHz	6.5, 13, 19.5, 26, 39, 52, 58.5, 65	13, 26, 39, 52, 78, 104, 117, 130	13.5, 27, 40.5, 54, 81, 108, 121.5, 135	27, 54, 81, 108, 162, 216, 243, 270
802.11n, GI=400ns 2.4 and 5 GHz	7.2, 14.4, 21.7, 28.9, 43.3, 57.8, 65, 72.2	14.4, 28.9, 43.3, 57.8, 86.7, 115.6, 130, 144.4	15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150	30, 60, 90, 120, 180, 240, 270, 300

802.11 a/b/b/n data rates, Mbps. 600 Mbps data rate is achievable in a 40 MHz channel using GI of 400 ns and 4 streams. [16]

# Ασύρματα LAN

## IEEE 802.11n

- Μια από τις βασικότερες καινοτομίες του προτύπου είναι η υποστήριξη του MIMO (Multiple Input – Multiple Output). Εκμεταλλεύεται το φαινόμενο του multipath, δηλαδή η μεταδιδόμενη πληροφορία ανακλάται στα διάφορα εμπόδια και καταλήγει στην κεραία του δέκτη πολλές φορές από διαφορετικές οδούς και σε διαφορετικό χρονικό κλάσμα. [13]



*Το σήμα από διαφορετικές κεραίες καταλήγει με διαφορετικές διαδρομές στο δέκτη [16]*



# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11n**

- Γίνεται εκμετάλλευση του φαινομένου του multipath με μια τεχνική που ονομάζεται space – division multiplexing
- Ο πομπός τεμαχίζει το μήνυμα σε κομμάτια που ονομάζονται χωρικά ρεύματα (spatial streams) και στέλνει κάθε κομμάτι μέσω ξεχωριστής κεραίας στις αντίστοιχες κεραίες του δέκτη.



# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11n**

- Διπλασιάζοντας τον αριθμό των χωρικών ρευμάτων, διπλασιάζεται και ο ρυθμός μετάδοσης. Το 802.11n υποστηρίζει ως τέσσερα διαφορετικά χωρικά ρεύματα
- Αντιστάθμισμα είναι η αυξημένη κατανάλωση ρεύματος, υπάρχει όμως power-save mode που μετριάξει την κατανάλωση χρησιμοποιώντας τα multiple path μόνο όταν θα υπάρξει όφελος στην επικοινωνία. [13]



# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11n**

- Μια άλλη βασική διαφορά είναι ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η επιβεβαίωση λήψης.
- Στα προγενέστερα πρότυπα στέλνεται ένα ACK από τον παραλήπτη για κάθε frame που παραλαμβάνει. Εάν ο πομπός δε λάβει επιβεβαίωση ξαναστέλνει το μήνυμα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την επιβάρυνση του δικτύου.





# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11n**

- Το 802.11n υιοθετεί ένα μηχανισμό ομαδικής επιβεβαίωσης των frames (block acknowledgement mechanism). Ο μηχανισμός αυτός σχεδιάστηκε για τα προηγούμενα πρότυπα αλλά δεν υιοθετήθηκε εκτεταμένα.
- Επίσης το μέγεθος του block ACK frame μειώθηκε στο 802.11n σε 8 bytes από 128 bytes που ήταν στα προηγούμενα πρότυπα [16]



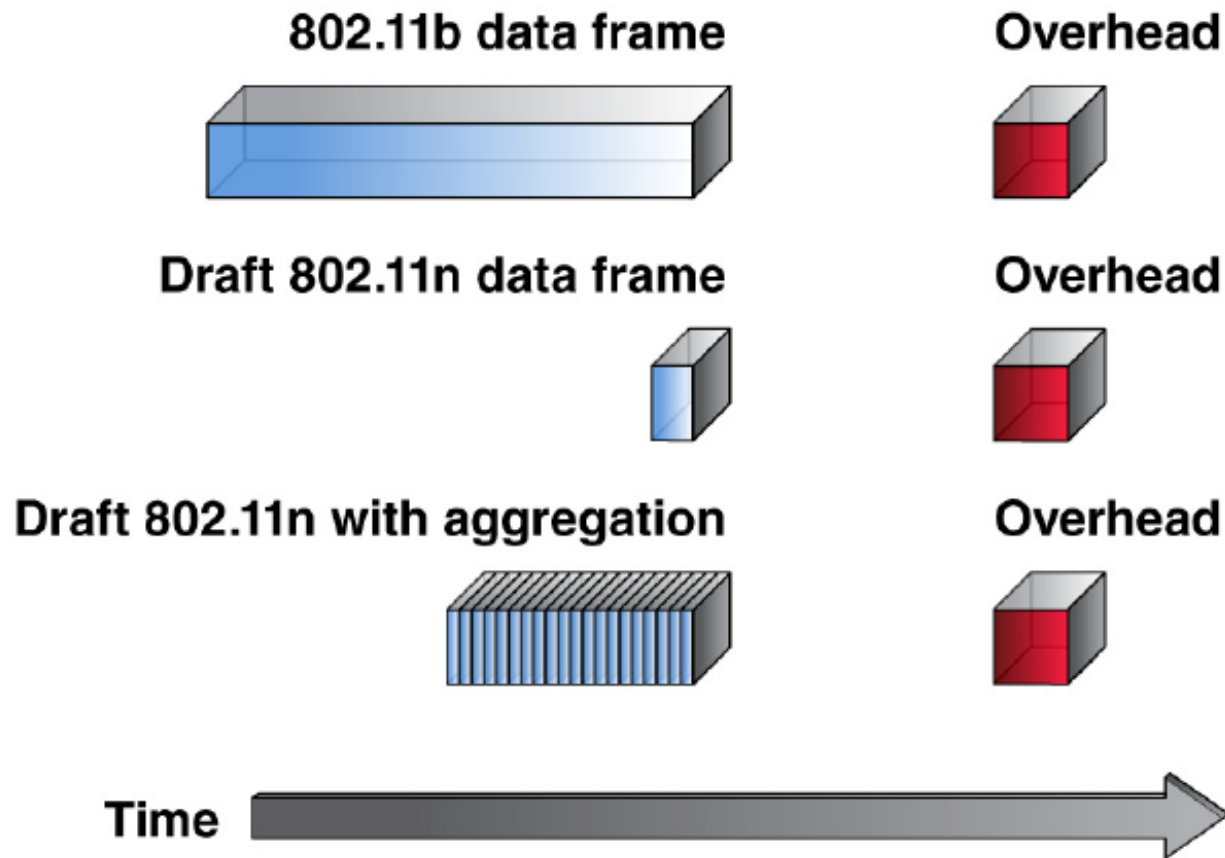
# Ασύρματα LAN

---

## **IEEE 802.11n**

- Ένα άλλο σημείο βελτίωσης είναι στο MAC επίπεδο, όπου μειώθηκε το overhead του πρωτοκόλλου χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο συσσωρευμένων frame (frame aggregation protocol).
- Ο μηχανισμός του Aggregated MAC Protocol Data Unit (A-MPDU) αυξάνει το μέγιστο μήκος των frame που μεταδίδονται από τα 2.304 bytes στα 64 Kb [16]

# Ασύρματα LAN



*Βελτίωση της αποδοτικότητας με τη χρήση του Aggregated MAC Protocol Data Unit. Στέλνονται πολλά frame μαζί χρησιμοποιώντας ένα overhead [13]*



# Ασύρματα LAN

---

	<b>802.11a</b>	<b>802.11b</b>	<b>802.11g</b>	<b>802.11n</b>
<b>Standard Approved</b>	July 1999	July 1999	June 2003	Not yet ratified
<b>Maximum Data Rate</b>	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	600 Mbps
<b>Modulation</b>	OFDM	DSSS or CCK	DSSS or CCK or OFDM	DSSS or CCK or OFDM
<b>RF Band</b>	5 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz or 5 GHz
<b>Number of Spatial Streams</b>	1	1	1	1, 2, 3, or 4
<b>Channel Width</b>	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz or 40 MHz

Σύγκριση προτύπων IEEE 802.11 [13]



# Ασύρματα LAN

---

## **HiperLAN 1**

- Οριστικοποιήθηκε το 1996 με στόχο να καλύψει τις ανάγκες για ad-hoc δίκτυα, δηλαδή χωρίς να απαιτείται κάποιος κεντρικός εξυπηρετητής ή κάποια ήδη διαμορφωμένη υποδομή
- Χρησιμοποιεί τις συχνότητες από 5.1 ως 5.3 GHz που είναι ελεύθερες στην Ευρώπη και δε χρειάζεται να ενσωματωθούν τεχνολογίες spread spectrum.
- Προσφέρει ρυθμό μετάδοσης δεδομένων ως 23.3 Mbps με 5 προκαθορισμένα κανάλια. [12]



# Ασύρματα LAN

---

## HiperLAN 2

- Σχεδιάστηκε για χρήση με διαχείριση από κεντρικό εξυπηρετητή και για τη υποστήριξη πρόσβασης σε δίκτυα ATM, δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 3G, IP δίκτυα.
- Χρησιμοποιεί τις συχνότητες από 5.470 ως 5.725 GHz
- Προσφέρει ρυθμό μετάδοσης δεδομένων ως 54 Mbps
- Χρησιμοποιεί διαμόρφωση OFDM [12]

# Ασύρματα LAN



Wi-Fi products



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

- Για την ασφάλεια σε ένα ασύρματο δίκτυο IEEE 802.11 χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι:
  - SSID (Service Set Identifier)
  - User Authentication (Πιστοποίηση χρήστη)
  - Έλεγχος των διευθύνσεων MAC
  - Κρυπτογράφηση δεδομένων





# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

- Η ασφάλεια σε ένα ασύρματο δίκτυο είναι καίριας σημασίας, γιατί οποιοσδήποτε μπορεί να υποκλέψει τα πακέτα δεδομένων εάν έχει τον κατάλληλο εξοπλισμό.
- Το WEP (Wireless Equivalent Privacy) ήταν ο αρχικός μηχανισμός ασφάλειας που ενσωματώθηκε στο πρότυπο IEEE 802.11, το 1997.
- Το 2001 κοινοποιήθηκαν εγγενείς αδυναμίες του που καθιστούσαν δυνατή την παραβίασή του. Όμως παρά την ακαταλληλότητά του για εταιρική χρήση, είναι ικανοποιητικό σε οικιακό περιβάλλον.
- Το WEP αντικαταστάθηκε από το WPA που είναι υποσύνολο του WPA2. [17]



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## **SSID**

- Το SSID (Secure Set Identifier) είναι το χαρακτηριστικό όνομα ενός ασύρματου δικτύου, το οποίο επιτρέπει τους συνδρομητές να επικοινωνούν με το AP (Access Point). Στην ουσία λειτουργεί σαν ένα μοναδικό password μεταξύ των συνδρομητών και των AP.
- Οι οι συσκευές ασύρματης σύνδεσης έχουν μια προκαθορισμένη τιμή του SSID, τυπική για κάθε μοντέλο. Εάν δεν αλλάξει τότε είναι εύκολο να παραβιαστεί [18]



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## SSID

- Μερικά από τα συνηθισμένα SSID ανά κατασκευαστή είναι:
  - *tsunami* (Cisco)
  - *101* (3Com)
  - *RoamAbout Default Network Name* (Lucent/Cabletron)
  - *Compaq* (Compaq)
  - *WLAN* (Addtron)
  - *intel* (Intel)
  - *linksys* (Linksys)
  - *Default SSID, Wireless* (Other manufacturers) [18]



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## **SSID**

- Κάθε συσκευή εκπέμπει ανά τακτά χρονικά διαστήματα το SSID της. Έτσι, όταν δύο συσκευές βρεθούν μέσα στα όρια εμβέλειάς τους, αυτομάτως αναγνωρίζουν η μια την άλλη, και στη συνέχεια μπορούν, εφόσον έχουν το ίδιο SSID, να συνδεθούν. [19]



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## **SSID**

- Ο μηχανισμός του SSID εγκυμονεί κινδύνους, διότι βοηθά πιθανούς εισβολείς να εντοπίσουν το εν λόγω δίκτυο.
- Ο μόνος τρόπος με τον οποίο μπορεί να περιοριστεί ο παραπάνω κίνδυνος, είναι να αποτραπεί η αυτόματη εκπομπή του SSID, μια δυνατότητα που προσφέρεται μόνο από τα Σημεία Πρόσβασης.



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## **SSID**

- Όταν χρησιμοποιείται ένα Σημείο Πρόσβασης, ένα πρώτο μέτρο ασφάλειας που μπορεί κανείς να πάρει είναι να απενεργοποιήσει την εκπομπή του SSID και να αλλάξει το όνομα του δικτύου με κάποιο δύσκολα προβλεπόμενο [19]



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## Authentication

- Το πρότυπο 802.11 χρησιμοποιεί δύο μεθόδους πιστοποίησης:
  - Open System Authentication.
  - Shared Key Authentication. [12]
- Όμως καμία από τις παραπάνω μεθόδους δεν είναι ασφαλής (Η Open System δε χρησιμοποιεί κωδικοποίηση και η Shared Key χρησιμοποιεί το WEP που είναι παραβιάσιμο) [20]



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## Open System Authentication

- Η πιστοποίηση του χρήστη γίνεται με χρήση:
  - **SSID.** Το SSID αποστέλλεται σε απλό κείμενο (μη κρυπτογραφημένο) άρα είναι εύκολο να ανιχνευτεί
  - **Media Access Control (MAC) address.** Η διεύθυνση MAC είναι ένας μοναδικός συνδυασμός 48-bit που έχει αποδοθεί στην κάρτα δικτύου. Οι διαχειριστές του δικτύου έχουν τη δυνατότητα να κάνουν ένα κατάλογο με τις επιτρεπόμενες διευθύνσεις MAC. Το Access Point θα επιτρέψει τη χρήση του δικτύου μόνο από τους σταθμούς που έχουν κατάλληλη MAC. Όμως επειδή η διεύθυνση MAC δεν είναι κωδικοποιημένη είναι εύκολο να ανιχνευτούν οι επιτρεπόμενες MAC και να αλλαχθεί η MAC του εισβολέα.





# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## Shared Key Authentication

- Βασίζεται στη χρήση ενός κρυπτογραφημένου κλειδιού του Wired Equivalent Privacy (WEP) που μοιράζεται μεταξύ των συνδρομητών και των access points. Για να αποκτήσει πρόσβαση ο συνδρομητής πρέπει να γνωρίζει το WEP key.



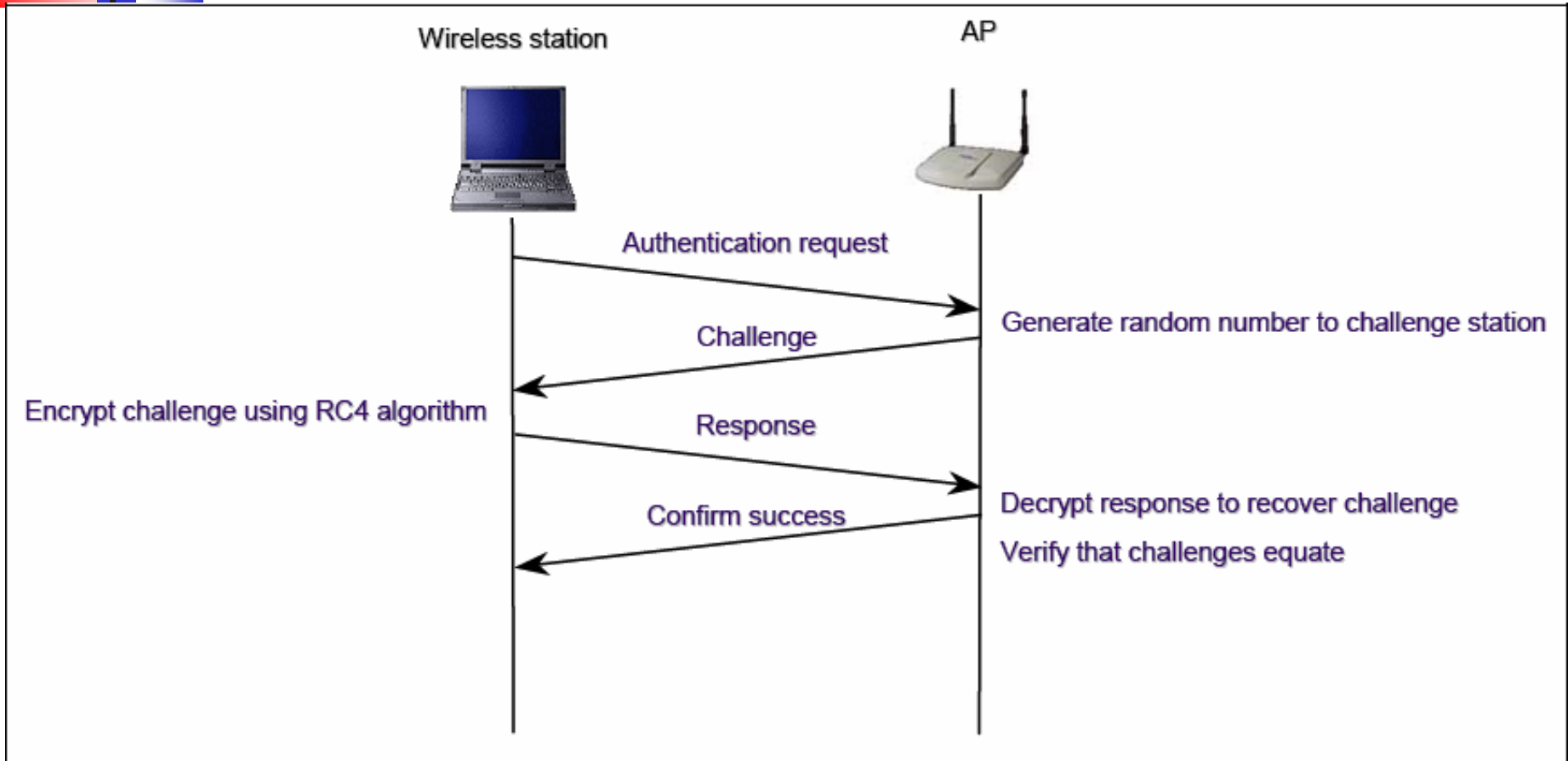
# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## Shared Key Authentication

- Ο συνδρομητής ξεκινάει την πιστοποίηση στέλνοντας Authentication request
- Το AP παράγει μια τυχαία σειρά από bit αναγνώρισης και τα στέλνει στο συνδρομητή ο οποίος τα κωδικοποιεί με τη χρήση του WEP key και επιστρέφει το αποτέλεσμα στο AP.
- Το AP αποκωδικοποιεί το αποτέλεσμα με τη χρήση του ίδιου WEP key και το συγκρίνει με την αρχική τιμή [20]

# Ασφάλεια Ασύρματων LAN



Διαδικασία πιστοποίησης στο Shared Key Authentication [20]



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## WEP

- Το WEP (Wireless Equivalent Privacy) βασίζεται στον αλγόριθμο κρυπτογράφησης RC4
- Στη βασική έκδοση του WEP, χρησιμοποιείται ένα κλειδί μεγέθους 40 bit (διάφοροι κατασκευαστές προσφέρουν μεγαλύτερο μήκος κλειδιού ως 256 bit). [20]



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## WEP

- Χρησιμοποιείται επίσης μια ακολουθία 24 bit που ονομάζεται Initialization Vector και χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση της ακολουθίας παραγωγής RC4 κλειδιών ώστε να χρησιμοποιείται διαφορετικό κλειδί σε κάθε πακέτο. Το IV αποστέλλεται μαζί με το πακέτο, μη κωδικοποιημένο. [21]
- Επειδή το Initialization Vector δεν είναι κωδικοποιημένο είναι εφικτό ο εισβολέας με τη συλλογή ικανοποιητικού αριθμού πακέτων να βρει το κλειδί.



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## WPA

- Το Wi-Fi Alliance παρουσίασε το Wi-Fi Protected Access (WPA) στις αρχές του 2003 για να αντιμετωπιστούν οι εγγενείς αδυναμίες του WEP το οποίο ήταν η μόνη διαθέσιμη μέθοδος ασφάλειας εκείνη τη στιγμή.
- Το WPA καλύπτει ένα υποσύνολο του IEEE 802.11i που παρέχει τη λύση στα προβλήματα που ανέκυψαν με το WEP [20]



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## WPA

- Το WPA υιοθετεί Πρωτόκολλο Ακεραιότητας του Προσωρινού Κλειδιού (Temporal key integrity protocol - TKIP) και υλοποιεί το 802.1X και το Extensible Authentication Protocol (EAP)
- Υπάρχει ένας authentication server που αφού δεχθεί τα πιστοποιητικά του χρήστη χρησιμοποιεί το 802.1X για την παραγωγή ενός μοναδικού κλειδιού για την τρέχουσα συνεδρία.
- Το TKIP διανέμει το κλειδί στο συνδρομητή και στο AP και εγκαθιστά μια δυναμική διαδικασία παραγωγής μοναδικών κλειδιών για την κωδικοποίηση των δεδομένων κατά τη διάρκεια της συνεδρίας. Μπορούν να παραχθούν 500 τρις διαφορετικά κλειδιά [17]



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

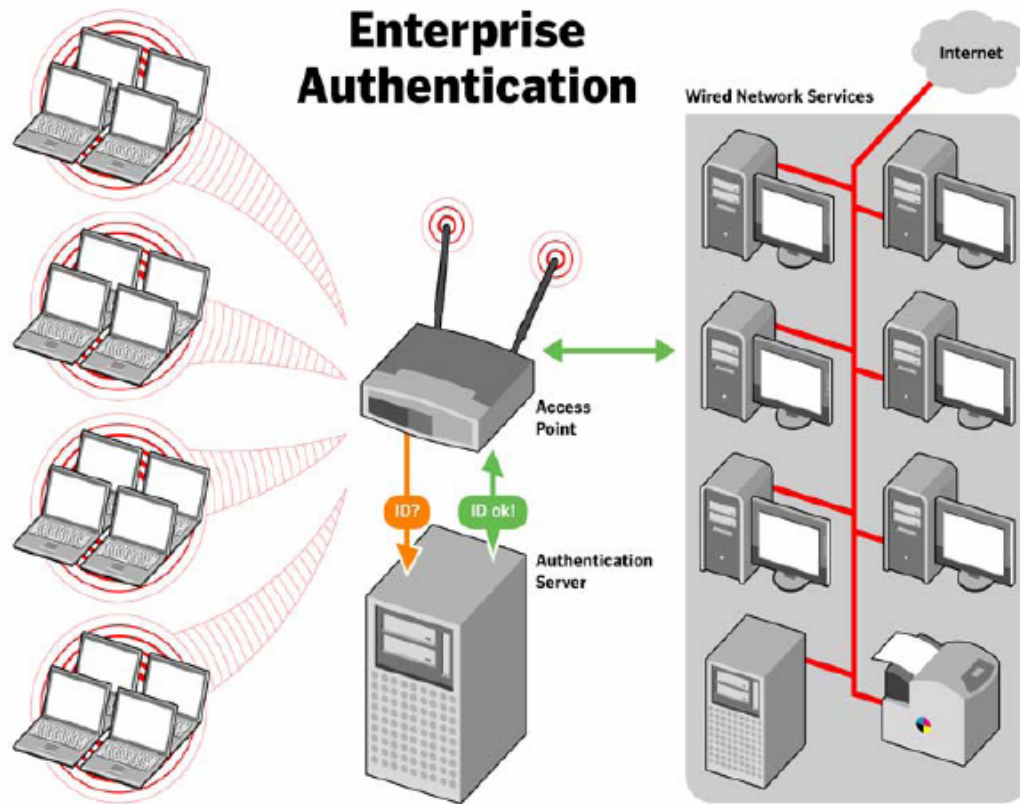
---

## WPA

- Με τη χρήση του Message Integrity Check (MIC) αντιμετωπίζεται η αλλαγή ενός πακέτου από κάποιον εισβολέα.
- Το MIC παρέχει ισχυρές μαθηματικές συναρτήσεις σε αντίθεση με το WEP με τις οποίες ελέγχεται η ορθότητα του πακέτου.
- Το WPA χρησιμοποιεί την 802.11X authentication με τη χρήση ενός από τους διαθέσιμους τύπους του Extensible Authentication Protocol (EAP)
- Υπάρχει ένα μεγάλο πλήθος υλοποιήσεων EAP διαθέσιμων για χρήση [17]



# Ασφάλεια Ασύρματων LAN



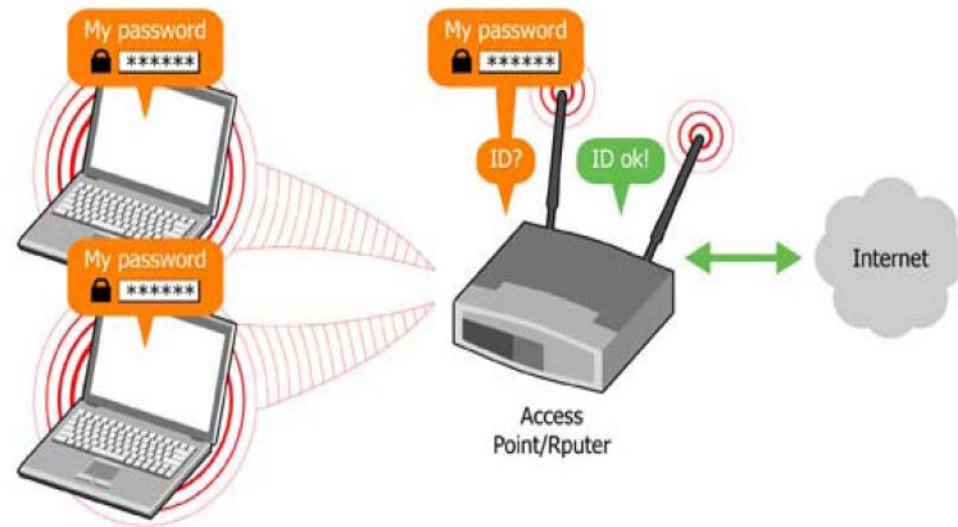
Authentication στο WPA. [17]

# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

## WPA

- Σε μικρότερου μεγέθους περιβάλλοντα, όπου δεν είναι δυνατή η χρήση ενός authentication server, το WPA δίνει τη δυνατότητα της χειροκίνητης εισαγωγής ενός του κλειδιού (pre-shared key) [17]

## SOHO Authentication





# Ασφάλεια Ασύρματων LAN

---

## WPA2

- Το WPA2 Ανακοινώθηκε το Σεπτέμβριο του 2004, καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις του IEEE 802.11i και είναι το πλήρες πρότυπο ασφάλειας που αντικαθιστά το WEP [20]
- Χρησιμοποιεί κωδικοποίηση CCMP (Counter Mode CBV-MAC Protocol)



# WiMAX

---

- Το IEEE 802.16 ή αλλιώς WiMAX δημοσιεύτηκε το Απρίλιο του 2002 και όριζε προδιαγραφές για Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα.
- Το αρχικό πρότυπο (IEEE 802.16) προέβλεπε χρήση των συχνοτήτων 10 – 66 GHz, οι οποίες ήταν ελεύθερες. Το βραχύ μήκος κύματος αυτών των συχνοτήτων απαιτεί οπτική επαφή [22]
- Το IEEE 802.16a δημοσιεύτηκε τον Απρίλιο του 2003 και προσθέτει το εύρος συχνοτήτων 2-11 GHz χωρίς προϋπόθεση οπτικής επαφής. [23]

The logo graphic consists of a vertical black line on the left, with a yellow square above a red square, and a blue square below the red square. To the right of this graphic, the word "WiMAX" is written in a blue, sans-serif font.

# WiMAX

---

- Με το IEEE 802.16d ενσωματώθηκε η υποστήριξη της εγγύησης ποιότητας υπηρεσίας
- Με το IEEE 802.16e εισάγεται η έννοια της κινητικότητας (mobile) των χρηστών μεταξύ των σταθμών βάσης [24]
- Έως σήμερα έχουν δημοσιευτεί αρκετές τροποποιήσεις και το τελευταίο δημοσιευμένο πρότυπο είναι το IEEE 802.16g [25]



# WiMAX

---

- Το WiMAX υποστηρίζει μια ποικιλία ασύρματων ευρυζωνικών συνδέσεων:
  - Υψηλής Ταχύτητας Μητροπολιτικά δίκτυα για οικιακούς πελάτες και μικρές επιχειρήσεις.
  - Backhaul δίκτυα (δίκτυα που συνδέουν αποκεντρωμένους με κεντρικούς σταθμούς), παρακάμπτοντας το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο.
  - Σύνδεση με το Internet σε WiFi hotspots.

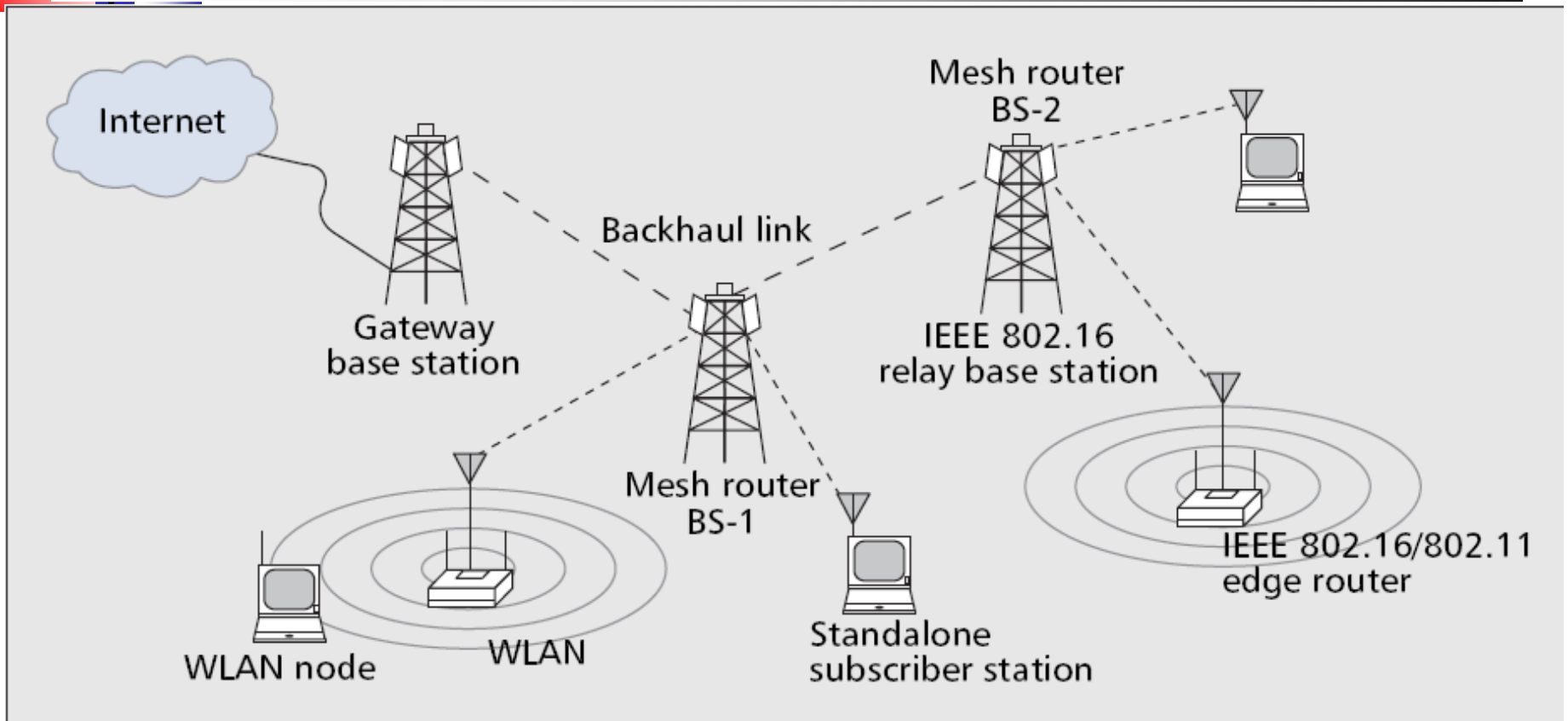


# WiMAX

---

- Διακρίνονται δύο έννοιες, ο Σταθμός Βάσης (Base Station) και ο συνδρομητής (Subscriber Station)
- Υποστηρίζει δύο τοπολογίες
  - Point to multipoint (PMP). Ο συνδρομητής επικοινωνεί μόνο διαμέσου του σταθμού βάσης
  - Mesh. Ο συνδρομητής μπορεί να επικοινωνήσει απ' ευθείας με άλλους συνδρομητές χωρίς τη μεσολάβηση του σταθμού βάσης [26]

# WiMAX



Συνδυασμός Ασύρματων LAN με WiMAX Σταθμούς Βάσης [27]



The logo graphic consists of a vertical black line on the left. To its right are several overlapping squares: a yellow one at the top, a red one below it, and a blue one at the bottom. The word "WiMAX" is written in a blue, sans-serif font to the right of these squares.

# WiMAX

---

- Οι ταχύτητες που υποστηρίζονται είναι της τάξης των 32-130 Mbps ανάλογα με το εύρος μετάδοσης (20,25 ή 28 MHz) και των μεθόδων διαμόρφωσης και κωδικοποίησης.
- Στην περιοχή 10-66 GHz απαιτείται οπτική επαφή και χρησιμοποιείται ένας μοναδικός φορέας μετάδοσης (Wireless Single Carrier).



# WiMAX

---

- Στην περιοχή 2-11 GHz δεν απαιτείται οπτική επαφή και αρχικά μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν τρεις τρόποι μετάδοσης (πρότυπο 802.11d):
  - Wireless MAN-SCa (Wireless Single Carrier) για διαμόρφωση με μια φέρουσα
  - Wireless MAN-OFDM για διαμόρφωση OFDM με 256 φέρουσες
  - Wireless MAN-OFDMA για διαμόρφωση με 2048 φέρουσες
- Προκειμένου να εξασφαλιστεί η συμβατότητα με το πρότυπο HiperMAN, που αναπτύχθηκε από την ETSI, επιλέχθηκε τελικά να υποστηρίζεται μόνο η διαμόρφωση OFDM 256 φερουσών [26]

The logo graphic consists of a vertical black line on the left. To its right are several overlapping squares: a yellow one at the top, a red one on the left, and two blue ones at the bottom. The word "WiMAX" is written in a blue, sans-serif font to the right of these squares.

# WiMAX

---

- Ένα βασικό χαρακτηριστικό του προτύπου είναι ότι είναι connection oriented. Για εγκατάσταση σύνδεσης χρησιμοποιείται ένα αναγνωριστικό μήκους 16 bit με το οποίο ο συνδρομητής αναφέρεται στο σταθμό βάσης. [27]
- Η ασφάλεια των δεδομένων διασφαλίζεται με χρήση του κρυπτογραφικού αλγόριθμου DES (Data Encryption Standard) για τα δεδομένα και του Triple DES για το κλειδί κρυπτογράφησης [26]



# WiMAX

---

- Το WiMAX εγγυάται την ποιότητα των υπηρεσιών QoS(Quality of Service). Οι αλγόριθμοι απόδοσης bandwidth στους συνδρομητές έχουν σχεδιαστεί ώστε να εξυπηρετούν εκατοντάδες συνδέσεις κατά κανάλι με διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας.
- Σε κάθε σύνδεση ανατίθεται ένα μοναδικό Connection ID (CID) και ένα Service Flow ID (SFID) που συσχετίζεται με μια κατηγορία ποιότητας υπηρεσιών. [28]



# WiMAX

---

## WiMAX QoS

- Στο WiMAX ορίζονται οι παρακάτω κατηγορίες QoS (Quality of Service):
  - **Unsolicited grant service (UGS).** Υποστηρίζει εφαρμογές που παράγουν περιοδικά δεδομένα σταθερού μήκους. Παρέχει σταθερό ρυθμό μετάδοσης σταθερό εύρος ζώνης.
  - **Real time polling service (rtPS).** Υποστηρίζει real time εφαρμογές με μεταβλητού μεγέθους πακέτα, όπως π.χ. MPEG video. Οι εφαρμογές αυτές έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις εύρους ζώνης και ορίζεται η μέγιστη καθυστέρηση. Τα πακέτα που θα ξεπεράσουν τη μέγιστη καθυστέρηση απορρίπτονται.

## WiMAX QoS

- **Non real time polling service (nrtPS).** Για εφαρμογές που δεν είναι real time αλλά χρειάζονται επίπεδο υπηρεσίας καλύτερο από best effort. Οι εφαρμογές είναι μη ευαίσθητες σε σχέση με το χρόνο και απαιτούν ελάχιστο εύρος ζώνης (π.χ. FTP).
- **Best of effort service (BE).** Δεν παρέχεται εγγύηση ποιότητας. Οι εφαρμογές αυτής της κατηγορίας παίρνουν το εύρος ζώνης που περισσεύει αφού εξυπηρετηθούν οι προηγούμενες κατηγορίες (π.χ. Web Surfing) [29]



# WiMAX

---

- Το επίπεδο MAC του προτύπου είναι σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε ένας σταθμός βάσης να παρέχει ταυτόχρονα σε διαφορετικούς χρήστες διαφορετικού επιπέδου ποιότητα υπηρεσίας (π.χ. στον ένα best effort και στον άλλο εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης) [19]
- Η κατανομή του εύρους ζώνης, η αποδοχή και ο προγραμματισμός των upload & download ελέγχεται από το σταθμό βάσης (όταν πρόκειται για Point to Multipoint). [30]



# WiMAX

---

- Το πρότυπο ορίζει δύο τρόπους για την απόδοση bandwidth, Grand Per Connection (GPC) και Grant Per Subscriber Station (GPSS). Ο σταθμός βάσης μπορεί να χρησιμοποιήσει και τους δύο τρόπους για την απόδοση bandwidth.
  - **GPC.** Ο σταθμός βάσης αποδίδει bandwidth αποκλειστικά για μια σύνδεση και ο συνδρομητής το χρησιμοποιεί αποκλειστικά για αυτήν τη σύνδεση.
  - **GPSS.** Ο σταθμός βάσης αποδίδει ένα συνολικό bandwidth στο συνδρομητή σε σχέση με το σύνολο των αιτήσεων για συνδέσεις που έχει καταθέσει. Ο συνδρομητής από την πλευρά του μπορεί να το ανακατανείμει στις συνδέσεις του, ώστε να διατηρήσει το επίπεδο ποιότητας υπηρεσίας που επιθυμεί [28]



## Χρήσεις του WiMAX

- ***Δίκτυο κορμού στα κυψελωτά συστήματα κινητής τηλεφωνίας.***  
Η εισαγωγή του προτύπου σε πλήρη εμπορική εφαρμογή αυτού αναμένεται να μειώσει σημαντικά το κόστος εξάπλωσης των δικτύων κινητής τηλεφωνίας μιας και αποτελεί μια οικονομικότερη πρόταση, αν συγκριθεί με την οπτική ίνα, για τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας για τη διασύνδεσης των επίγειων σταθμών. Εξασφαλίζει ταυτόχρονα αξιοπιστία και υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης που απαιτούν τα δίκτυα κορμού των κινητών δικτύων επικοινωνιών. [19]



# WiMAX

---

## Χρήσεις του WiMAX

- ***Broadband on Demand.*** Λόγω της παροχής υπηρεσιών σε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης είναι εφικτή η χρήση της τεχνολογίας για εφαρμογές πραγματικού χρόνου κάτι που με το πρότυπο IEEE 802.11 δεν ήταν εφικτό σε μεγάλες αποστάσεις [19]

## Χρήσεις του WiMAX

- **Κάλυψη σε περιοχές που είναι αδύνατο να καλυφθούν με χρήση χαλκού ή οπτικής ίνας.** Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συμπλήρωμα δικτύων οπτικών ινών σε τμήματα του εδάφους στα οποία το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης δικτύων οπτικών ινών είναι απαγορευτικό [19]



# WiMAX

---

## WiMAX vs Wi-Fi

- Σημαντικά υψηλότερη εμβέλεια από το WiFi.
- Ένας κύριος σταθμός WiMAX μπορεί να εξυπηρετήσει εκατοντάδες χρήστες.
- Τα τερματικά σημεία εγκαθίστανται εντός ημερών αντί των εβδομάδων που απαιτούνται για τις συνδεδεμένες με καλώδιο συνδέσεις.



# WiMAX

---

## WiMAX vs Wi-fi

- Η οπτική επαφή απαιτείται για τις μεγάλης απόστασης (5-30 μίλια) συνδέσεις.
- Οι δυνατές βροχές μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην απόδοση.
- Άλλη ασύρματη ζεύξη στην περιοχή μπορεί να δημιουργήσει παρεμβολές και να προκαλέσει μια μείωση της απόδοσης. [19]



# Wi-Fi Alliance

- Η Wi-Fi Alliance είναι ένας μη κερδοσκοπικός διεθνής οργανισμός που ιδρύθηκε το 1999 για την πιστοποίηση της διαλειτουργικότητας των ασύρματων δικτυακών προϊόντων που στηρίζονται στις προδιαγραφές IEEE 802.11
- <http://www.wi-fi.org>
- Τα πρώτα προγράμματα πιστοποίησης προϊόντων ξεκίνησαν το 2000 [31]
- Μέχρι στιγμής περισσότερα από 3000 προϊόντα έχουν πιστοποιηθεί



# Wi-Fi Alliance








---



- Αρχικά η τεχνολογία Wi-Fi κυριάρχησε στα pc (σταθερά ή φορητά), στα σημεία πρόσβασης (access points) και τους ασύρματους δρομολογητές.
- Στην πορεία προστεθήκαν οι εκτυπωτές, τα τηλέφωνα, τα PDAs και άλλα καταναλωτικά προϊόντα.
- Πρόσφατα άρχισε η πιστοποίηση των Wi-Fi Multimedia (WMM®) και WMM Power Save, ιδανικών για κινητά τηλέφωνα, καταναλωτικά προϊόντα και εφαρμογές πραγματικού χρόνου [31]



# Wi-Fi Alliance

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Access points, external cards, internal cards	USB clients, embedded clients, compact flash clients, printers and printer servers	PDA's	Handheld computers, vehicle-mounted devices, storage devices	Cellular and Wi-Fi phones	3G and Wi-Fi external cards, fixed phones, music adapters, cameras, video telephones	UMA cellular phones, tablet, voice-over-Wi-Fi phones
						

Συσκευές με εφαρμογές Wi-Fi [32]





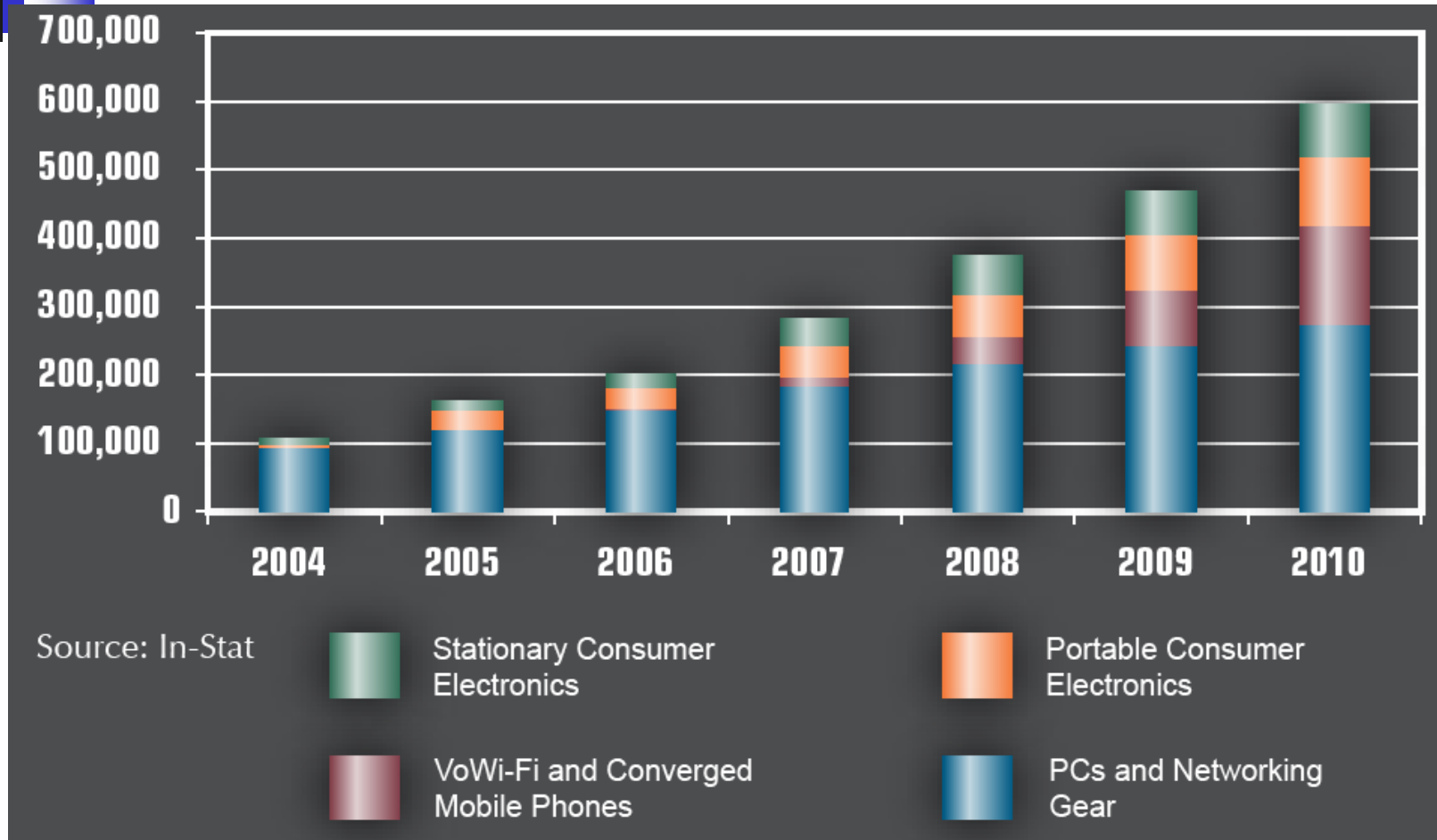
# Wi-Fi Alliance

---

## Ρυθμοί Ανάπτυξης

- Οι παραδόσεις WLAN chipsets το 2005 ξεπέρασαν τα 100 εκατομμύρια, δηλαδή 10 φορές περισσότερα από τα 10 εκατομμύρια του 2001 [13]
- Οι παραδόσεις Wi-Fi εξοπλισμού το 2006 ήταν αυξημένες κατά 255 ξεπερνώντας τα 200.000 τεμάχια.
- Μεγάλο μέρος της ανάπτυξης οφείλεται στη ζήτηση Wi-Fi υπηρεσιών από τις καταναλωτικές συσκευές (παιχνίδια, ηχοσυστήματα κλπ) [33]

# Wi-Fi Alliance



Πωλήσεις Wi-Fi προϊόντων ως το 2010 [33]



# WiMAX Forum

---

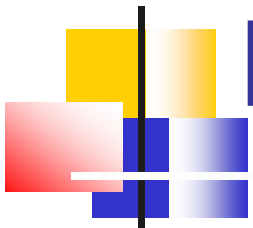
- Το WiMAX Forum είναι ένας μη κερδοσκοπικός διεθνής οργανισμός που ιδρύθηκε τον Ιούνιο του 2001 για την πιστοποίηση της διαλειτουργικότητας των ασύρματων δικτυακών προϊόντων που στηρίζονται στις προδιαγραφές IEEE 802.16/ETSI HiperMAN
- Σήμερα αριθμεί σε περισσότερα από 522 μέλη
- <http://www.wimaxforum.org>



# WiMAX Forum

---

- Πραγματοποιεί δοκιμές με σκοπό να εξασφαλίσει ότι τα συστήματα διαφορετικών προμηθευτών συνεργάζονται μεταξύ τους. Τα προϊόντα που επιτυγχάνουν στις δοκιμές, δέχονται τον χαρακτηρισμό “WiMAX Forum Certified” [34]
- Στις 19 Δεκεμβρίου ανακοινώθηκε ότι θα αρχίσει η επίσημη πιστοποίηση Mobile WiMAX προϊόντων
- Τα προϊόντα αναμένονται να είναι διαθέσιμα στις αρχές του 2008 [35]



# Ελληνική Πραγματικότητα

---

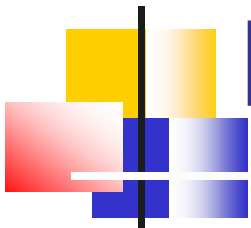
- Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή  
Ραδιοεπικοινωνιών έχει  
δεσμεύσει τρεις φασματικές  
περιοχές για συστήματα  
ασύρματων τοπικών δικτύων.



# Ελληνική Πραγματικότητα

---

- Για μεγαλύτερες εγκαταστάσεις, όπου χρησιμοποιείται πλήθος σταθμών βάσης δεν απαιτείται (μέχρι στιγμής) αδειοδότηση από την Εθνική Επιτροπή Επικοινωνιών και Ταχυδρομείων.
- Χρειάζεται άδεια προκειμένου να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία Wi-Fi για παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. [37]



# Ελληνική Πραγματικότητα

---

- Για την αδειοδότηση προκειμένου να εγκατασταθούν τεχνολογίες WiMAX έγινε διαγωνισμός και το 2006.



# Ελληνική Πραγματικότητα

---

- Η Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος Κοινωνία της Πληροφορίας χρηματοδοτεί δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς για ανάπτυξη ασύρματων υποδομών.
- Χρηματοδοτούνται ασύρματα ευρυζωνικά δίκτυα σε 120 δήμους και 20 Τοπικές Ενώσεις Δήμων και Κοινοτήτων με 42 εκατομμύρια ευρώ.
- Μέσω της δράσης, δίνεται η δυνατότητα σε μικρούς πληθυσμιακά δήμους να παράσχουν ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση (π.χ. με τεχνολογίες Wi-Fi) σε τουλάχιστον 10 σημεία δημόσιου ενδιαφέροντος όπως κτίρια δήμων, μουσεία, δημοτικές βιβλιοθήκες, περιφερειακά ιατρεία κλπ. [38]





# Ελληνική Πραγματικότητα

---

- Χρηματοδοτεί με 21 εκατομμύρια ευρώ για τη δημιουργία σημείων ασύρματης πρόσβασης σε ιδιωτικές επιχειρήσεις και σε χώρους προσβάσιμους από το κοινό.
- Ήδη αναπτύσσονται περισσότερα από 770 σημεία ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης σε σχεδόν 400 επιχειρήσεις σε όλη την Ελλάδα.
- Τα περισσότερα σημεία αναπτύσσονται από επιχειρήσεις του τουριστικού κλάδου και του κλάδου εστίασης.



# Ελληνική Πραγματικότητα

---

- Τα ασύρματα δίκτυα αποτελούν μία νέα τάση για τη χώρα μας και έχουν αναπτυχθεί σε όλες τις μεγάλες πόλεις της Ελλάδας.
- Πρόκειται για προσπάθειες δημόσιων φορέων ή ιδιωτών, που εκμεταλλευόμενοι το γεγονός της ελευθερίας στη συχνότητα των 2,4GHz δημιουργούν ασύρματα δίκτυα.



# Ελληνική Πραγματικότητα

---

## **Ασύρματα Δίκτυα στην Ελλάδα**

- Athenswifi: Δημόσιο Ασύρματο Δίκτυο στο κέντρο της Αθήνας
- Ασύρματο Μητροπολιτικό Δίκτυο Αθήνας
- Ασύρματο Μητροπολιτικό Δίκτυο Θεσσαλονίκης
- Ασύρματο Δίκτυο Θεσσαλονίκης (Wireless Network of Thessaloniki)
- Ασύρματο Δίκτυο Θεσσαλονίκης (Salonika Wireless Network)
- "γουάιρλες" / Θεσσαλονίκης
- Ασύρματο δίκτυο Τρικάλων



# Ελληνική Πραγματικότητα

---

## **Ασύρματα Δίκτυα στην Ελλάδα**

- Ασύρματο Δίκτυο Πάτρας
- Ασύρματο Δίκτυο Ξάνθης
- Ασύρματο Δίκτυο Λάρισας
- Ασύρματο Δίκτυο Ιωαννίνων
- Ασύρματο Δίκτυο Κοζάνης
- Ασύρματο Δίκτυο Βόλου
- Ασύρματο Δίκτυο Καβάλας
- Ασύρματο Δίκτυο Σερρών [39]



# Ελληνική Πραγματικότητα

---

## **Athenswifi**

- Στο κέντρο τις Αθήνας και συγκεκριμένα στις περιοχές της Πλατείας Συντάγματος, του Θησείου και της Πλατείας Κοτζιά, λειτουργεί το Δημόσιο Ασύρματο Δίκτυο πρόσβασης στο Διαδίκτυο (athenswifi). Το δίκτυο athenswifi προσφέρει πιλοτικά δωρεάν ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση στο διαδίκτυο για όλους

## **Athens Wireless Metropolitan Network**

- Το Ασύρματο Μητροπολιτικό Δίκτυο Αθηνών είναι μία μη κερδοσκοπική ασύρματη κοινότητα που έχει σκοπό την ανάπτυξη, χρήση και προώθηση ασύρματου ευρυζωνικού δικτύου στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών.



# Συμπεράσματα

---

- Οι ασύρματες τεχνολογίες εξελίσσονται ραγδαία. Μέσα σε μία δεκαετία περάσαμε από ταχύτητες 1 Mbps σε ταχύτητες της τάξης των 300 Mbps (με δυνατότητα για διπλάσια ταχύτητα)
- Νέα πρότυπα εμφανίστηκαν, υπήρξε ευρεία υιοθέτηση από τους χρήστες και σιγά-σιγά ενσωματώνονται σε πλήθος καταναλωτικών προϊόντων.
- Το επόμενο στοίχημα είναι το mobility (φορητότητα), όπου συγκρούονται οι τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας (G3 – G4), με τις τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης (Wi-Fi, WiMax).



# Βιβλιογραφία

---

- [1] U.S.Robotics, *Wireless LAN Networking White Paper*, available on web as of 23/11/2007 at <http://www.usr.com/download/whitepapers/wireless-wp.pdf>, p 2
- [2] Intermec Technologies Corporations, *Guide to Wireless LAN Technologies*, available on web as of 21/12/2007 at [http://www.utdallas.edu/ir/wlans/whitepapers/wlan\\_wp.pdf](http://www.utdallas.edu/ir/wlans/whitepapers/wlan_wp.pdf), pp 3-4
- [3] info.awmn.net, *FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum*, available on web as of 21/12/2007 at <http://info.awmn.net/users/images/stories/Tutorials/IEEE802.11/FHSS.html>, p 6
- [4] VOCAL Technologies, Ltd., *IEEE 802.11a standard White Paper*, available on web as of 23/11/2007 at [http://www.vocal.com/white\\_paper/ieee\\_802.11a\\_standard\\_wp1.pdf](http://www.vocal.com/white_paper/ieee_802.11a_standard_wp1.pdf), p 3
- [5] Luciano Valente Franz , *Wireless LAN*, available on web as of 21/12/2007 at <http://www.usp.edu.pe/~l.lenin/u.pdf>, p 3
- [6] Göran Andersson – Lessons for the Royal Institute of Technology School of Information and Communication Technology, *IEEE 802.11 - PHY*, available on web as of 23/12/2007 at [http://www.isk.kth.se/kursinfo/6b2052/detaljplan/6B2052\\_H02.pdf](http://www.isk.kth.se/kursinfo/6b2052/detaljplan/6B2052_H02.pdf), p 2
- [7] The Wireless LAN Association, *Wireless Networking Standards and Organizations*, available on web as of 23/11/2007 at [http://www.wlana.org/pdf/wlan\\_standards\\_orgs.pdf](http://www.wlana.org/pdf/wlan_standards_orgs.pdf), p 1
- [8] VOCAL Technologies, Ltd., *IEEE 802.11b standard White Paper*, available on web as of 23/11/2007 at [http://www.vocal.com/white\\_paper/ieee\\_802.11b\\_wp1pdf.pdf](http://www.vocal.com/white_paper/ieee_802.11b_wp1pdf.pdf), pp 5,6
- [9] Γ. Αλεξίου, *Ανάθεση Συχνοτήτων και κατανομή φόρτου στα IEEE 802.11B WLAN*. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανικών και Πληροφορικής available on web as of 20/12/2007 at [http://www.ceid.upatras.gr/faculty/alexiou/ahts/presentations/16\\_doukas.pdf](http://www.ceid.upatras.gr/faculty/alexiou/ahts/presentations/16_doukas.pdf), p7
- [10] Benjamin Miller, Gene T. Hill, *Eleven Myths about 802.11 Wi-Fi Networks*, 2006 Global Knowledge, , available on web as of 23/12/2007 at [www.globalknowledge.com](http://www.globalknowledge.com), pp 3-10



# Βιβλιογραφία

---

- [11] U.S.Robotics, *802.11g Wireless Turbo White Paper*, available on web as of 21/12/2007 at [www.usr.com/download/whitepapers/80211g-wp.pdf](http://www.usr.com/download/whitepapers/80211g-wp.pdf), pp 2-3
- [12] Zahed Iqbal , *Wireless LAN Technology: Current State and Future Trends*, Helsinki University of Technology, Telecommunications Software and Multimedia Laboratory also available on web as of 23/11/2007 at [http://www.tml.tkk.fi/Studies/T-110.557/2002/papers/zahed\\_iqbal.pdf](http://www.tml.tkk.fi/Studies/T-110.557/2002/papers/zahed_iqbal.pdf), pp 4-5
- [13] BROADCOM CORPORATION, *802,11n : Next – Generation Wireless LAN Technology*, available on web as of 23/11/2007 at [http://www.broadcom.com/docs/WLAN/802\\_11n-WP100-R.pdf](http://www.broadcom.com/docs/WLAN/802_11n-WP100-R.pdf), pp 2-8
- [14] Vijay Chandramouli, *A Detailed Study on Wireless LAN Technologies* Department of Computer Science and Engineering, The University of Texas, also available on web as of 23/11/2007 at [http://crystal.uta.edu/~kumar/cse6392/termpapers/Vijay\\_paper.pdf](http://crystal.uta.edu/~kumar/cse6392/termpapers/Vijay_paper.pdf) , p 10
- [15] Ann R Thryft Contributing Technical Editor -- EDN, *The 802.11n standard: grown up at last*, available on web as of 24/12/2007 at <http://www.edn.com/article/CA6470826.html> , pp 1-3
- [16] Wi-Fi Alliance, *Wi-Fi CERTIFIED™ 802.11n draft 2.0: Longer-Range, Faster-Throughput, Multimedia-Grade Wi-Fi® Networks* , available on web as of 24/12/2007 at [http://www.wi-fi.org/files/kc/WFA\\_802\\_11n\\_Industry\\_June07.pdf](http://www.wi-fi.org/files/kc/WFA_802_11n_Industry_June07.pdf), pp 2-6
- [17] Wi Fi Alliance, *Wi-Fi Protected Access: Strong, standards-based, interoperable security for today's Wi-Fi networks* , April 2003 available on web as of 26/12/2007 at [http://www.wi-fi.org/files/wp\\_8\\_WPA%20Security\\_4-29-03.pdf](http://www.wi-fi.org/files/wp_8_WPA%20Security_4-29-03.pdf), pp 2-6
- [18] Internet Security Systems, *Wireless LAN Security 802.11b and Corporate Networks*, 2001 available on web as of 26/12/2007 at [http://www.iss.net/documents/whitepapers/wireless\\_LAN\\_security.pdf](http://www.iss.net/documents/whitepapers/wireless_LAN_security.pdf), pp 2-10
- [19] Δήμος Φερών, *Τεχνική μελέτη Φερών*, available on web as of 21/12/2007 at [www.feres.gr/diak105/Feres\\_Paradoteo\\_ver9.doc](http://www.feres.gr/diak105/Feres_Paradoteo_ver9.doc), pp 22-25





# Βιβλιογραφία

---

- [20] Sheila Frankel, Bernard Eydt, Les Owens, Karen Scarfone , *Establishing Wireless Robust Security Networks: A Guide to IEEE 802.11i*, National Institute of Standards and Technology – Technology Administration U.S. Department of Commerce , available on web as of 23/12/2007 at <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-97/SP800-97.pdf> , p 30,99
- [21] Internet Security, Applications, Authentication and Cryptography, *Security of the WEP algorithm*, Computer Science Division at the University of California Berkeley, available on web as of 23/12/2007 at <http://www.isaac.cs.berkeley.edu/isaac/wep-faq.html>
- [22] Carl Eklund, Roger B. Marks, Kenneth L. Stanwood, Stanley Wang, *IEEE Standard 802.16 A Technical Overview of the WirelessMAN™ Air Interface for Broadband Wireless Access*, IEEE Communications Magazine June 2002,available online at [http://wirelessman.org/docs/02/C80216-02\\_05.pdf](http://wirelessman.org/docs/02/C80216-02_05.pdf) as of 26/12/2007, pp 1-2
- [23] [www.ieee802.org](http://www.ieee802.org), *IEEE 802.16 Task Group a*, available online at <http://www.ieee802.org/16/tga/>, as of 26/12/2007
- [24] Μπούρας Χρήστος, *IEEE 802.16, Διαλέξεις για τα Δίκτυα υψηλών Ταχυτήτων στο Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Πατρών*, available on web as of 23/12/2007 at <http://ru6.cti.gr/bouras/dialekseis/3/WiMAX.ppt>, pp 26
- [25] [www.ieee802.org](http://www.ieee802.org), *IEEE 802.16 Published Standards and Drafts*, available online at <http://www.ieee802.org/16/published.html>, as of 26/12/2007
- [26] Alexander Sayeknko, Olli Alanen, Timo Hamalainen, *Scheduling solution for the IEEE 802.16 base station*, Telecommunication Laboratory, MIT Department University of Jyvaskyla Finland, ScienceDirect Computer Networks 52 (2008) 96-115,available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) as of 1/10/200, pp 1-2



# Βιβλιογραφία

---

- [27] Dusit Niyato, Ekram Hossain, *Integration of IEEE 802.11 WLANs with IEEE 802.16-Based Multihop Infrastructure Mesh/Relay Networks: A Game-Theoretic Approach to Radio Resource Management*, IEEE Network May/June 2007, available online at <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/65/4211207/04211212.pdf?isnumber=4211207&prod=JNL&arnumber=4211212&arSt=6&ared=14&arAuthor=Niyato%2C+D.%3B+Hossain%2C+E>, as of 26/12/2007, pp 1-2
- [28] Mark C. Wood, *An Analysis of the Design and Implementation of QoS over IEEE 802.16*, April 2006, available on web as of 23/12/2007 at [http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/wimax\\_qos.pdf](http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/wimax_qos.pdf), pp 2-11
- [29] Kittu Wongthavarawat, Aura Ganz, *Packet scheduling for QoS support in IEEE 802.16 broadband wireless access systems*, International Journal of Communications Systems, 2003;16:81-96, available on web as of 26/12/2007 at <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/103019965/PDFSTART>, pp 2-4
- [30] Osama Aboul-Magd Nortel, *802 QoS Architectures*, available on web as of 23/12/2007 at [www.ieee802.org/1/files/public/802\\_architecture\\_group/presentations/802-QoS.ppt](http://www.ieee802.org/1/files/public/802_architecture_group/presentations/802-QoS.ppt), p 17
- [31] Wi Fi Alliance, *Get to Know the Alliance*, available on web as of 19/12/2007 at [http://www.wi-fi.org/about\\_overview.php](http://www.wi-fi.org/about_overview.php)
- [32] Wi-Fi Alliance, *Wi-Fi Certified™ MAKES IT Wi-Fi – An Overview of the Wi-Fi Alliance Approach to Certification*, September 2006, available on web as of 21/12/2007 at <http://www.techonline.com/learning/techpaper/201802228>, pp 8
- [33] WiMAX Forum, *WFA\_2006\_Annual\_Report\_public*. available on web as of 20/12/2007 at [http://www.wi-fi.org/register.php?file=WFA\\_2006\\_Annual\\_Report\\_public.pdf](http://www.wi-fi.org/register.php?file=WFA_2006_Annual_Report_public.pdf)



# Βιβλιογραφία

---

- [34] WiMAX Forum, *WiMAX Forum Certification Program*, available on web as of 28/12/2007 at [http://www.wimaxforum.org/certification/certification\\_program](http://www.wimaxforum.org/certification/certification_program)
- [35] WiMAX Forum, *WiMAX Forum® Begins Certification Testing for Mobile WiMAX(TM) Products*, available on web as of 28/12/2007 at [http://www.wimaxforum.org/news/pr/view?item\\_key=8d1130738624c45b0c0f7ca7956d0349178cc185](http://www.wimaxforum.org/news/pr/view?item_key=8d1130738624c45b0c0f7ca7956d0349178cc185)
- [36] Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, *Ανακοίνωση Κατακύρωσης Δημοπρασίας για τη χορήγηση δικαιώματος χρήσης ραδιοσυχνοτήτων σταθερής ασύρματης πρόσβασης στην ζώνη των 3,5 GHz*, available on web as of 28/12/2007 at <http://www.eett.gr/opencms/sites/EETT/NewsReleases/Announcements/FWAResultAnnoun.html>
- [37] Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, *Κείμενο δημόσιας διαβούλευσης για ασύρματα τοπικά δίκτυα WLAN*, available on web as of 28/12/2007 at [http://www.eett.gr/export/sites/default/sites/EETT/Consultations/telecoms/adeiodotisi/Public\\_Consultation\\_WLAN.pdf](http://www.eett.gr/export/sites/default/sites/EETT/Consultations/telecoms/adeiodotisi/Public_Consultation_WLAN.pdf)
- [38] Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος Κοινωνία της Πληροφορίας, *Δράσεις για την Ανάπτυξη Ευρυζωνικών Υποδομών*, available on web as of 28/12/2007 at [http://www.infosoc.gr/infosoc/el-GR/epktp/Parakoloythish\\_ajiologish/EthsiaEktheshEkteleshs/year2005/good\\_practices/broadband.htm#t3](http://www.infosoc.gr/infosoc/el-GR/epktp/Parakoloythish_ajiologish/EthsiaEktheshEkteleshs/year2005/good_practices/broadband.htm#t3)
- [39] Προώθηση της Ευρυζωνικότητας στην Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, *Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα στην Ελλάδα*, available on web as of 28/12/2007 at [http://ru6.cti.gr/broadband/el/map\\_wlan.php](http://ru6.cti.gr/broadband/el/map_wlan.php)