



ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (Θ)

Ενότητα 1: ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Ευσταθίου Δημήτριος

Διδάκτορας Κινητών τηλεπικοινωνιών

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΤΕ





Άδειες Χρήσης

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





Χρηματοδότηση

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





Ενότητα 1

ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

**ΕΥΣΤΑΘΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΔΙΔΑΚΤΟΡΑΣ ΚΙΝΗΤΩΝ
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**



Περιεχόμενα ενότητας

1. Ευρυζωνική Πρόσβαση
2. Ασύρματη Ευρυζωνική Πρόσβαση
3. Ευρυζωνικά Ασύρματα Δίκτυα
4. Ανάπτυξη της Ευρυζωνικότητας
5. Τεχνικές Προκλήσεις Ευρυζωνική Πρόσβαση
6. Τεχνικές Προκλήσεις- Ασύρματο ραδιοκυματικό κανάλι
7. Τεχνικές Προκλήσεις- Παρεμπόδιση λόγω μεγάλων εμποδίων – Διακύμανση περιβάλλουσας
8. Τεχνικές Προκλήσεις- Διασυμβολική Παρεμβολή
9. Τεχνικές Προκλήσεις-Διασπορά συχνότητας λόγω κίνησης
10. Τεχνικές Προκλήσεις- Παρεμβολή



Ευρυζωνική Πρόσβαση

- Η ευρυζωνική πρόσβαση δεν παρέχει μόνο ταχύτερη περιήγηση στο Web και γρήγορες λήψεις αρχείων αλλά δίνει την ευκαιρία για την υλοποίηση αρκετών εφαρμογών πολυμέσων, όπως αναπαραγωγή ήχου και βίντεο σε πραγματικό χρόνο, τηλεδιασκέψεις με πολυμέσα και διαδραστικά παιχνίδια.
- Οι ευρυζωνικές συνδέσεις χρησιμοποιούνται επίσης για τηλεφωνία μετάδοσης φωνής υιοθετώντας την τεχνολογία φωνής μέσω του πρωτοκόλλου Internet (VoIP).



Ευρυζωνική Πρόσβαση

- Πιο προηγμένα συστήματα ευρυζωνικής πρόσβασης, όπως οι οπτικές ίνες (FFTH) και ο ψηφιακός βρόγχος συνδρομητών πολύ υψηλής ταχύτητας για μετάδοση δεδομένων (VDSL), προσφέρουν εφαρμογές βίντεο υψηλής ποιότητας, όπως τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας (HDTV) και βίντεο κατ' απαίτηση (VoD).



Ασύρματη Ευρυζωνική Πρόσβαση

- Η ασύρματη ευρυζωνικότητα είναι η μεταφορά της ευρυζωνικής εμπειρίας σε ασύρματο πλαίσιο, το οποίο προσφέρει στους χρήστες κάποια μοναδικά πλεονεκτήματα και ευκολίες.
- Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι υπηρεσιών ασύρματης ευρυζωνικότητας. Ο πρώτος τύπος επιχειρεί να παρέχει ένα σύνολο υπηρεσιών παρόμοιες μ' αυτές της παραδοσιακής ευρυζωνικής σταθερής γραμμής, χρησιμοποιώντας όμως ασύρματα μέσα για την μετάδοση.



Ασύρματη Ευρυζωνική Πρόσβαση

- Αυτός ο τύπος, ο οποίος ονομάζεται **σταθερή ασύρματη ευρυζωνικότητα**, μπορεί να θεωρηθεί ως μία ανταγωνιστική εναλλακτική πρόταση για το DSL ή το καλωδιακό διαμορφωτή/αποδιαμορφωτή.
- Η τεχνολογία IEEE 802.11 (Wi-fi) έχει σχεδιαστεί ώστε να εξυπηρετεί την σταθερή ευρυζωνικές ασύρματη πρόσβαση.

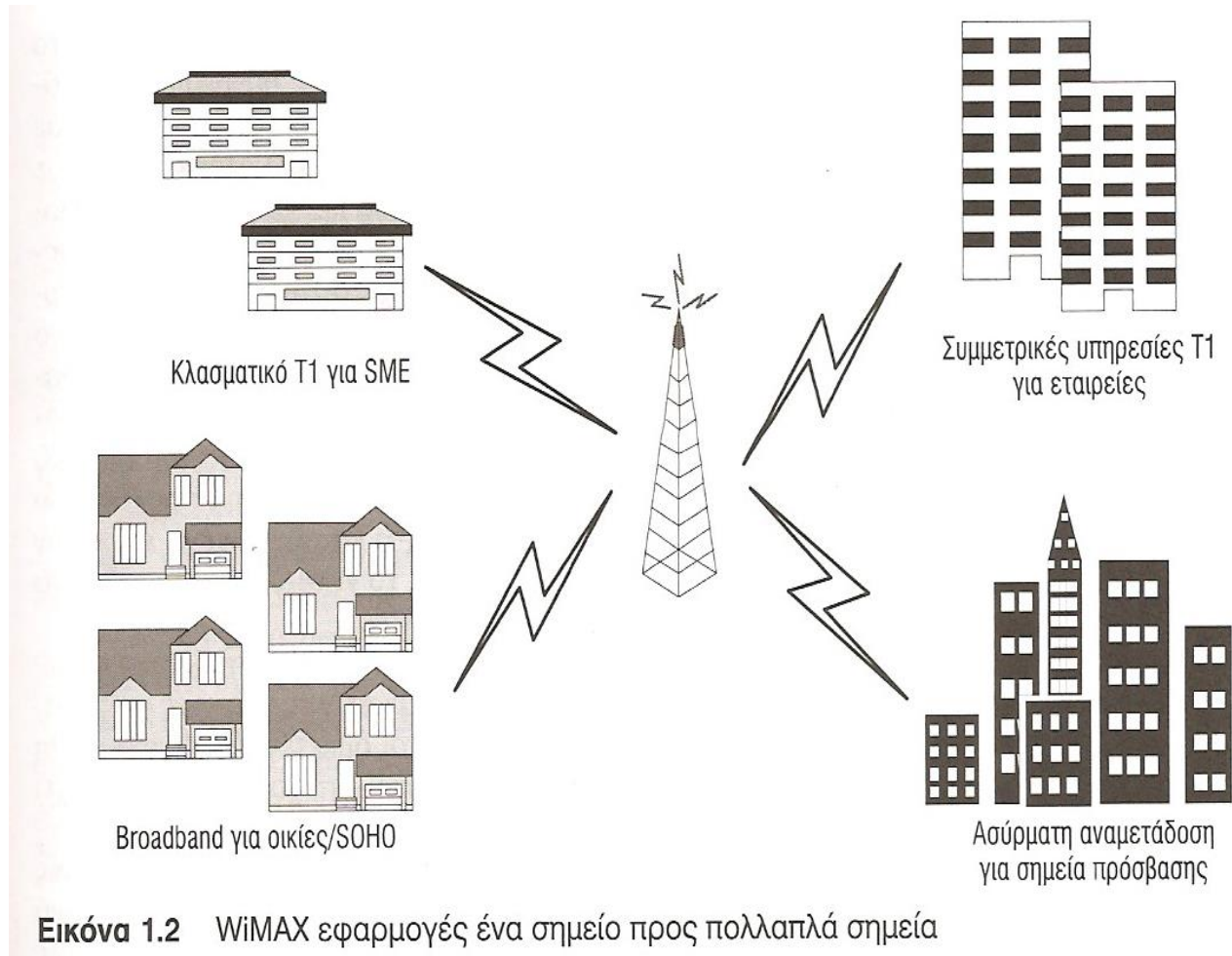


Ασύρματη Ευρυζωνική Πρόσβαση

- Ο δεύτερος τύπος ασύρματης ευρυζωνικότητας, η επονομαζόμενη **κινητή ευρυζωνικότητα**, προσφέρει τις επιπλέον λειτουργίες της φορητότητας, της νομαδικότητας' και της κινητικότητας.
- Η κινητή ευρυζωνικότητα επιχειρεί να οδηγήσει τις ευρυζωνικές εφαρμογές σε νέες εμπειρίες για τους χρήστες, προσφέροντας μία πολύ διαφορετική ποιοτικά πρόταση.
- Οι τεχνολογίες WiMAX (worldwide interoperability for microwave access) και LTE έχουν σχεδιαστεί ώστε να εξυπηρετούν τόσο τις σταθερές όσο και τις κινητές ευρυζωνικές εφαρμογές.



Ευρυζωνικά Ασύρματα Δίκτυα





Ανάπτυξη της Ευρυζωνικότητας

Πίνακας 1.1 Σημαντικές ημερομηνίες στην ανάπτυξη της ασύρματης ευρυζωνικότητας

Ημερομηνία	Συμβάν
Φεβρουάριος 1997	Η AT&T ανακοινώνει την ανάπτυξη κώδικα σταθερής ασύρματης τεχνολογίας με το όνομα "Project Angel"
Φεβρουάριος 1997	Η FCC δημοπρατεί το φάσμα των 30MHz στην ζώνη συχνοτήτων των 2.3GHz για τις υπηρεσίες ασύρματων επικοινωνιών (WCS)
Σεπτέμβριος 1997	Η American Telecasting (η οποία αργότερα εξαγοράστηκε από την Sprint) ανακοινώνει υπηρεσίες ασύρματης πρόσβασης στο Internet στην ζώνη συχνοτήτων MMDS, προσφέροντας ταχύτητα λήψης δεδομένων 750kbps με αποστολή δεδομένων μέσω συμβατικής τηλεφωνικής γραμμής
Σεπτέμβριος 1998	Η FCC χαλαρώνει τους κανονισμούς για την ζώνη συχνοτήτων MMDS ώστε να επιτραπούν οι αμφίδρομες επικοινωνίες
Απρίλιος 1999	Οι MCI και Sprint αποκτούν αρκετούς χειριστές ασύρματης καλωδιακής επικοινωνίας ώστε να έχουν πρόσβαση στη ζώνη MMDS
Ιούλιος 1999	Πρώτη συνάντηση της ομάδας εργασίας IEEE 802.16
Μάρτιος 2000	Η AT&T ξεκινά την πρώτη εμπορική υπηρεσία σταθερής ασύρματης πρόσβασης υψηλής ταχύτητας μετά από πολλά χρόνια δοκιμών
Μάιος 2000	Η Sprint ξεκινά την πρώτη υλοποίηση MMDS στο Φοίνις της Αριζόνα, χρησιμοποιώντας τεχνολογία πρώτης γενιάς LOS



Ανάπτυξη της Ευρυζωνικότητας

Ιούνιος 2001	Ιδρύεται το WiMAX Forum
Οκτώβριος 2001	Η Sprint παύει τις δραστηριότητες της σχετικά με το MMDS
Δεκέμβριος 2001	Η AT&T παύει τις δραστηριότητες της σχετικά με σταθερές ασύρματες υπηρεσίες
Δεκέμβριος 2001	Ολοκληρώνονται τα πρότυπα IEEE 802.16 για ζώνες > 11GHz.
Φεβρουάριος 2002	Η Κορέα κατανέμει φάσμα στη ζώνη των 2.3GHz για την ασύρματη ευρυζωνικότητα (WiBro)
Ιανουάριος 2003	Ολοκληρώνεται το πρότυπο IEEE 802.16a
Ιούνιος 2004	Ολοκληρώνεται και εγκρίνεται το πρότυπο IEEE 802.16-2004
Σεπτέμβριος 2004	Η Intel ξεκινά την αποστολή του πρώτου chipset WiMAX, το οποίο ονόμασε Rosedale
Δεκέμβριος 2005	Ολοκληρώνεται και εγκρίνεται το πρότυπο IEEE 802.16e
Ιανουάριος 2006	Ανακοινώνεται η κυκλοφορία του πρώτου προϊόντος με πιστοποίηση από το WiMAX Forum για σταθερές εφαρμογές
Ιούνιος 2006	Ξεκινά η παροχή εμπορικών υπηρεσιών WiBro στην Κορέα
Αύγουστος 2006	Η Sprint Nextel ανακοινώνει ότι σχεδιάζει να υλοποιήσει κινητό WiMAX στις Ηνωμένες Πολιτείες



Τεχνικές Προκλήσεις Ευρυζωνική Πρόσβαση

- Τα ασύρματα ευρυζωνικά συστήματα πρέπει να προσφέρουν στους τελικούς χρήστες:
- **ρυθμοαπόδοση** πολλών megabit ανά δευτερόλεπτο.
- **στιβαρή ποιότητα** που θα υποστηρίζει διάφορες υπηρεσίες, όπως φωνή, δεδομένα και πολυμέσα.
- Είναι κρίσιμο τα ασύρματα ευρυζωνικά συστήματα να κατασκευάζονται έτσι, ώστε να **υποστηρίζουν αποτελεσματικά όλες τις εφαρμογές** και υπηρεσίες που βασίζονται στο IP.



Τεχνικές Προκλήσεις Ευρυζωνική Πρόσβαση

- Η κάλυψη αυτών των **αυστηρών απαιτήσεων υπηρεσιών**, ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν **πολλοί περιορισμοί** που θέτει από τη φύση της η ασύρματη τεχνολογία, καθιστά τη σχεδίαση ασύρματων ευρυζωνικών συστημάτων μία απίστευτη τεχνική πρόκληση.
- Μερικές από τις πιο σημαντικές τεχνικές προκλήσεις της σχεδίασης είναι οι εξής:
- Ανάπτυξη **αξιόπιστων συστημάτων μετάδοσης και λήψης** που θα ωθεί τα δεδομένα ευρυζωνικότητας προς ένα αφιλόξενο ασύρματο κανάλι.
- Επίτευξη **υψηλής φασματικής απόδοσης και κάλυψης** προκειμένου να παρέχονται ευρυζωνικές υπηρεσίες σε πολλούς χρήστες, χρησιμοποιώντας περιορισμένο φάσμα.



Τεχνικές Προκλήσεις Ευρυζωνική Πρόσβαση

- Υποστήριξη και αποτελεσματική **πολύπλεξη υπηρεσιών** με διάφορες απαιτήσεις για την ποιότητα υπηρεσιών (απόδοση, καθυστέρηση, κ.λπ.)
- **Υποστήριξη κινητικότητας** μέσω απρόσκοπτης μεταπομπής και περιαγωγής.
- Επίτευξη **χαμηλής κατανάλωσης ισχύος**, προκειμένου να υποστηρίζονται οι συσκευές χειρός που λειτουργούν με μπαταρία.
- Παροχή **υψηλής ασφάλειας**.
- Προσαρμογή πρωτοκόλλων IP και αρχιτεκτονικών για το ασύρματο περιβάλλον ώστε να επιτευχθεί η **σύγκλιση με τα ενσύρματα δίκτυα** με χαμηλότερο κόστος.



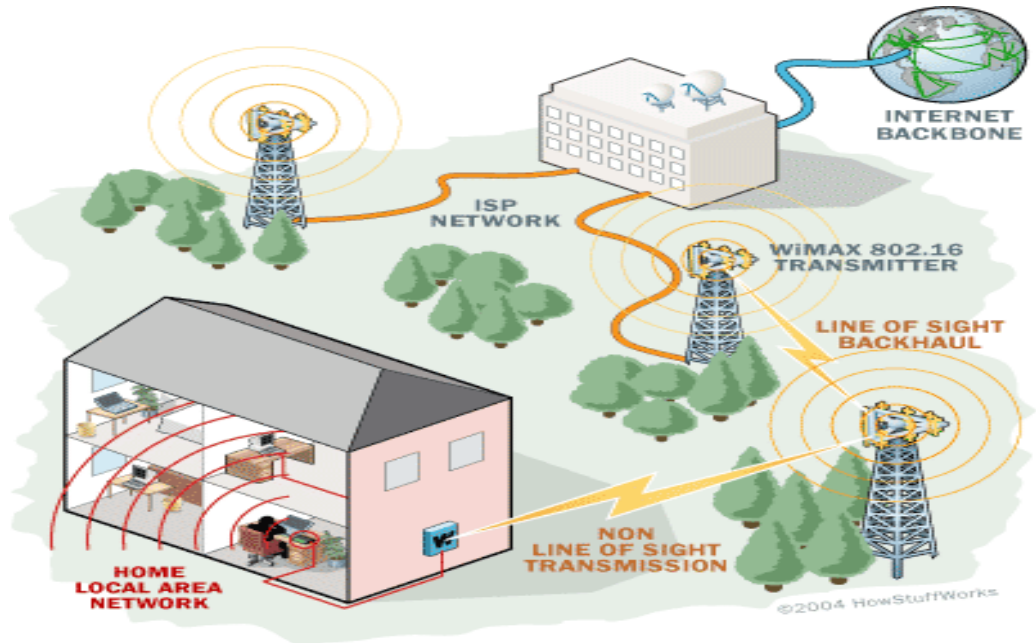
Τεχνικές Προκλήσεις Ευρυζωνική Πρόσβαση

- Υποστήριξη και αποτελεσματική **πολύπλεξη υπηρεσιών** με διάφορες απαιτήσεις για την ποιότητα υπηρεσιών (απόδοση, καθυστέρηση, κ.λπ.)
- **Υποστήριξη κινητικότητας** μέσω απρόσκοπτης μεταπομπής και περιαγωγής.
- Επίτευξη **χαμηλής κατανάλωσης ισχύος**, προκειμένου να υποστηρίζονται οι συσκευές χειρός που λειτουργούν με μπαταρία.
- Παροχή **υψηλής ασφάλειας**.
- Προσαρμογή πρωτοκόλλων IP και αρχιτεκτονικών για το ασύρματο περιβάλλον ώστε να επιτευχθεί η **σύγκλιση με τα ενσύρματα δίκτυα** με χαμηλότερο κόστος.

Τεχνικές Προκλήσεις- Ασύρματο ραδιοκυματικό κανάλι

Το ασύρματο κανάλι για ευρυζωνική επικοινωνία εισάγει πολλές σημαντικές αδυναμίες.

- Εξασθένιση της ισχύος του σήματος ανάλογη της απόστασης:
Σε περιβάλλοντα μη άμεσης οπτικής επαφής (NLOS) το λαμβανόμενο σήμα τυπικά εξασθενεί όσο μεγαλώνει η απόσταση, με ρυθμό πολύ ταχύτερο σε σχέση με τις συνθήκες άμεσης οπτικής επαφής.



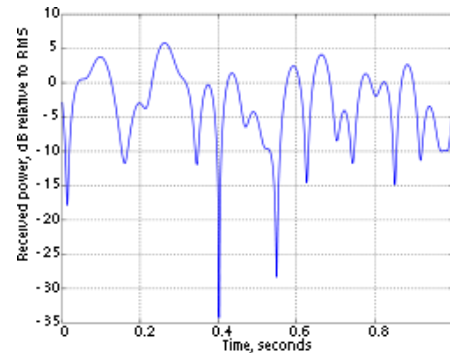


Τεχνικές Προκλήσεις- Ασύρματο ραδιοκυματικό κανάλι

- Αυτή η απώλεια της ισχύος που εξαρτάται από την απόσταση ονομάζεται pathloss (**απώλεια διαδρομής**), εξαρτάται από πολλές μεταβλητές, όπως το έδαφος, τα δέντρα, τα εμπόδια και το ύψος της κεραιάς.
- Ο παράγοντας απώλεια διαδρομής έχει μία σχέση **αντίστροφου τετραγώνου με τη συχνότητα του φορέα**.
- Δεδομένου ότι πολλά ασύρματα ευρυζωνικά συστήματα θα υλοποιούνται σε συχνότητες άνω των 2GHz σε συνθήκες μη άμεσης οπτικής επαφής, **τα συστήματα θα πρέπει να ξεπεράσουν σημαντικά επίπεδα pathloss**.

Τεχνικές Προκλήσεις- Παρεμπόδιση λόγω μεγάλων εμποδίων – Διακύμανση περιβάλλουσας

- Αυτό οδηγεί στο φαινόμενο της **διάλειψης πολλαπλών διαδρομών**, η οποία χαρακτηρίζεται από μεγάλες (δεκάδες dB) μεταβολές στο πλάτος του λαμβανόμενου ραδιοσήματος σε πολύ μικρές αποστάσεις ή με μικρή διάρκεια.
- Τα ασύρματα ευρυζωνικά συστήματα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι, ώστε να ανταπεξέρχονται σε αυτές τις μεγάλες και γρήγορες μεταβολές στη ληφθείσα δύναμη σήματος.



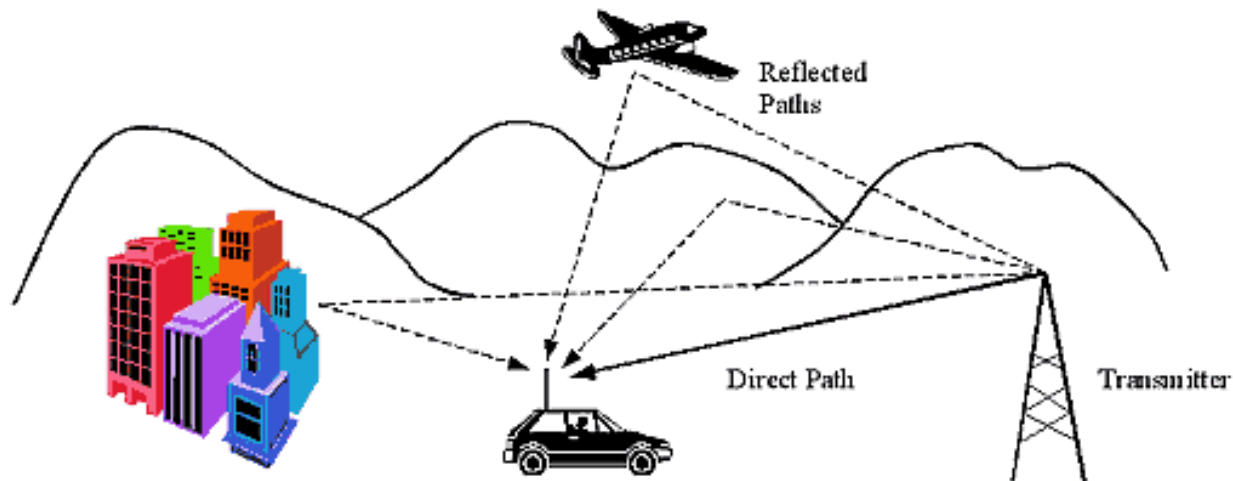
Τεχνικές Προκλήσεις- Παρεμπόδιση λόγω μεγάλων εμποδίων – Διακύμανση περιβάλλουσας

- Μεγάλα εμπόδια, όπως κτίρια, προκαλούν τοπική εμπλοκή σημάτων. Τα ραδιοκύματα μεταδίδονται γύρω από τέτοια εμπόδια **μέσω διάθλασης** αλλά κατά τη διαδικασία παρατηρείται σοβαρή απώλεια ισχύος. Αυτή η απώλεια, η οποία είναι γνωστή ως **σκίαση (shadowing)**.
- **Μεταβολές διακύμανσης στην ληφθείσα περιβάλλουσα σήματος:** Η παρουσία αρκετών ανακλαστικών και σκεδαστικών αντικειμένων στο κανάλι αναγκάζει το μεταδιδόμενο σήμα να μεταδίδεται στον δέκτη μέσω πολλαπλών διαδρομών.
- Αυτό οδηγεί στο φαινόμενο της **διάλειψης πολλαπλών διαδρομών**, η οποία χαρακτηρίζεται από μεγάλες (δεκάδες dB) μεταβολές στο πλάτος του λαμβανόμενου ραδιοσήματος σε πολύ μικρές αποστάσεις ή με μικρή διάρκεια.



Τεχνικές Προκλήσεις- Διασυμβολική Παρεμβολή

- Διασυμβολική επικάλυψη λόγω της **διασποράς χρόνου**: Σε ένα περιβάλλον πολλαπλών διαδρομών, όταν η χρονική καθυστέρηση μεταξύ των διαφόρων διαδρομών που ακολουθεί το σήμα αποτελεί σημαντικό μέρος της περιόδου συμβόλου του μεταδιδόμενου σήματος, ένα μεταδιδόμενο σύμβολο μπορεί να φτάσει στον δέκτη κατά την περίοδο του **επόμενου συμβόλου** και να προκαλέσει **διασυμβολική παρεμβολή (ISI, InterSymbol Interference)**.





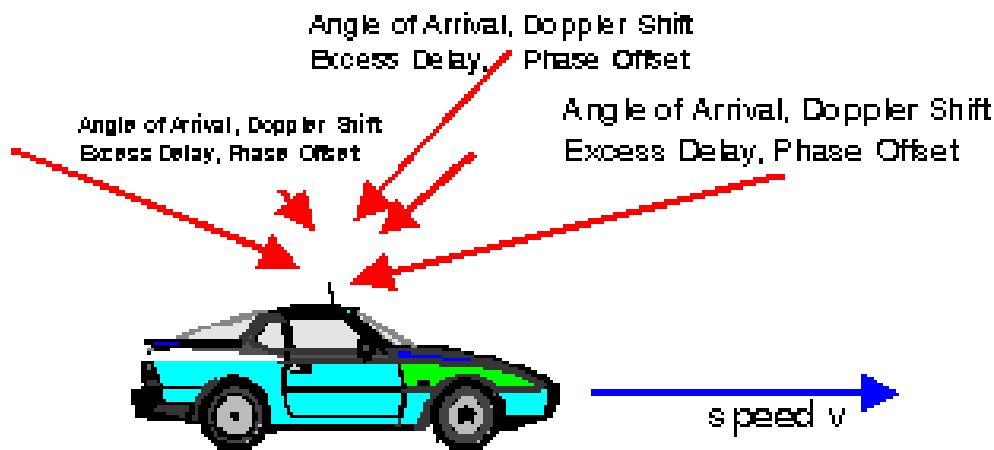
Τεχνικές Προκλήσεις- Διασυμβολική Παρεμβολή

- Σε **υψηλότερους ρυθμούς** μετάδοσης δεδομένων, ο **χρόνος συμβόλου είναι μικρότερος** και έτσι, αρκεί μικρότερη καθυστέρηση για να προκληθεί το φαινόμενο. Αυτό κάνει το ISI ακόμα πιο μεγάλο πρόβλημα για την ασύρματη μετάδοση δεδομένων.
- Ευρυζωνική σύνδεση και η αντιμετώπισή του ISI γίνεται πιο σοβαρή πρόκληση.
- Η ισοστάθμιση είναι η συμβατική μέθοδος για την αντιμετώπιση του φαινομένου ISI, αλλά σε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων απαιτεί υπερβολικά μεγάλη επεξεργαστική ισχύ.



Τεχνικές Προκλήσεις-Διασπορά συχνότητας λόγω κίνησης

- Η σχετική κίνηση μεταξύ του πομπού και του δέκτη προκαλεί διασπορά συχνότητας στο φορέα, η οποία ονομάζεται **διασπορά Doppler**. Η διασπορά Doppler σχετίζεται απευθείας με την κίνηση του οχήματος και τη συχνότητα του φορέα.
- Για τα ευρυζωνικά συστήματα, η διασπορά Doppler συνήθως οδηγεί σε μείωση σηματοθρομβικού λόγου (SNR) και μπορεί να δυσκολέψει την ανάκτηση και τον συγχρονισμό του φορέα.
- Η διασπορά Doppler αφορά ιδιαίτερα τα συστήματα OFDM, επειδή μπορεί να αλλοιώσει την ορθογωνιότητα των υπο-φερόντων OFDM.





Τεχνικές Προκλήσεις-Διασπορά συχνότητας λόγω κίνησης

- Ο προσθετικός λευκός θόρυβος Gaussian (AWGN) είναι το πιο βασικό πρόβλημα που υπάρχει στα κανάλια επικοινωνίας.
- Επειδή η ποσότητα **θερμικού θορύβου** που λαμβάνει ο δέκτης είναι **ανάλογη του εύρους ζώνης**, το επίπεδο θορύβου που αντιλαμβάνονται οι ευρυζωνικοί δέκτες είναι πολύ υψηλότερο από αυτό που αντιλαμβάνονται τα παραδοσιακά συστήματα μικρού εύρους.
- Το υψηλότερο επίπεδο θορύβου, σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη απώλεια διαδρομής, μειώνουν το εύρος κάλυψης των ευρυζωνικών συστημάτων.



Τεχνικές Προκλήσεις-Διασπορά συχνότητας λόγω κίνησης

- Ο προσθετικός λευκός θόρυβος Gaussian (AWGN) είναι το πιο βασικό πρόβλημα που υπάρχει στα κανάλια επικοινωνίας.
- Επειδή η ποσότητα **θερμικού θορύβου** που λαμβάνει ο δέκτης είναι **ανάλογη του εύρους ζώνης**, το επίπεδο θορύβου που αντιλαμβάνονται οι ευρυζωνικοί δέκτες είναι πολύ υψηλότερο από αυτό που αντιλαμβάνονται τα παραδοσιακά συστήματα μικρού εύρους.
- Το υψηλότερο επίπεδο θορύβου, σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη απώλεια διαδρομής, μειώνουν το εύρος κάλυψης των ευρυζωνικών συστημάτων.



Τεχνικές Προκλήσεις- Παρεμβολή

- Οι περιορισμοί στην ποσότητα του διαθέσιμου φάσματος υπαγορεύουν την κοινή χρήση του διαθέσιμου εύρους ζώνης από τους χρήστες.
- Αυτή η κοινή χρήση μπορεί να προκαλέσει την παρεμβολή των σημάτων που εκπέμπουν διαφορετικοί χρήστες. Σε δίκτυα που βασίζονται στο εύρος της χωρητικότητας, η **παρεμβολή** συνήθως επιβάλλει ένα μεγαλύτερο εμπόδιο σε σχέση με το θόρυβο και κατά συνέπεια, πρέπει να αντιμετωπιστεί αναλόγως.



Τέλος Ενότητας

