

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΘΗΝΩΝ**



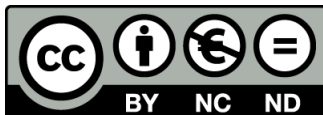
**ATHENS UNIVERSITY  
OF ECONOMICS  
AND BUSINESS**

# Κινητά και Διάχυτα Συστήματα

Ενότητα # 11: Κινητά και ασύρματα συστήματα

Διδάσκων: Γεώργιος Ξυλωμένος

Τμήμα: Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών**» 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



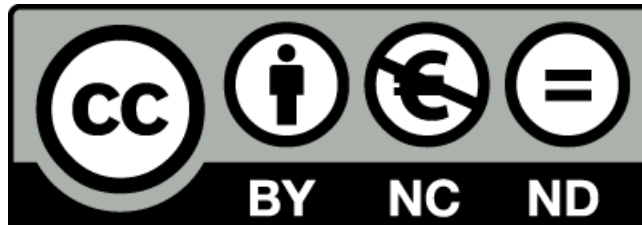
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Οι εικόνες προέρχονται από το βιβλίο «Κατανεμημένα Συστήματα με Java», Ι. Κάβουρας, Ι. Μήλης, Γ. Ξυλωμένος, Α. Ρουκουνάκη, 3<sup>η</sup> έκδοση, 2011, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.



# Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση της διάκρισης ανάμεσα στα κινητά και τα ασύρματα συστήματα.
- Εισαγωγή στα βασικά χαρακτηριστικά των κινητών και ασύρματων συστημάτων.
- Κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του TCP και των προβλημάτων που αντιμετωπίζει στα κινητά και ασύρματα συστήματα.
- Εισαγωγή στις μεθόδους βελτίωσης του TCP.

# Περιεχόμενα ενότητας

- Εισαγωγή
- Κινητά συστήματα
- Ασύρματα συστήματα
- Έλεγχος προσπέλασης
- Λειτουργία του TCP
- Επίδοση του TCP
- Βελτιώσεις του TCP

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY  
OF ECONOMICS  
AND BUSINESS**

# Εισαγωγή

**Μάθημα:** Κινητά και Διάχυτα Συστήματα,

**Ενότητα # 11:** Κινητά και ασύρματα συστήματα

**Διδάσκων:** Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Κινητά ή ασύρματα;

- Κινητά <> ασύρματα
  - Κινητά: οι οντότητες αλλάζουν θέση
  - Ασύρματα: οι οντότητες έχουν ασύρματη ζεύξη
  - Τα κινητά συνήθως είναι και ασύρματα
    - Η κίνηση επιτρέπεται λόγω ασύρματης ζεύξης
  - Τα ασύρματα δεν είναι πάντα και κινητά
    - Μικροκυματικές ζεύξεις, WiMAX, τηλεόραση

# Προβλήματα

- Προβλήματα στα κινητά συστήματα
  - Αλλαγή συνθηκών μετάδοσης
    - Λόγω αλλαγής θέσης στην ασύρματη ζεύξη
  - Αλλαγή σημείου σύνδεσης
- Προβλήματα στα ασύρματα συστήματα
  - Απρόβλεπτο περιβάλλον μετάδοσης
    - Ακόμη και χωρίς κίνηση
  - Αυξημένα σφάλματα λόγω παρεμβολών



**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΘΗΝΩΝ**

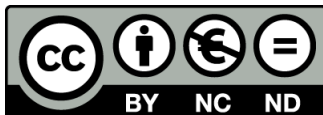


**ATHENS UNIVERSITY  
OF ECONOMICS  
AND BUSINESS**

# Κινητά συστήματα

**Μάθημα:** Κινητά και Διάχυτα Συστήματα, **Ενότητα # 11:** Κινητά και ασύρματα συστήματα

**Διδάσκων:** Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Αλλαγή συνθηκών μετάδοσης

- Προβλήματα που οφείλονται στην κίνηση
  - Έχουν νόημα σε ασύρματες ζεύξεις
  - Αλλαγή απόστασης από σημείο σύνδεσης
  - Αλλαγή περιβάλλοντος ως το σημείο σύνδεσης
  - Φαινόμενα μετατόπισης συχνοτήτων (doppler)
  - Αντιμετωπίζονται κυρίως στο φυσικό επίπεδο

# Αλλαγή σημείου σύνδεσης

- Σε συστήματα με κυψελωτή λειτουργία
  - Κάθε κυψέλη είναι διαφορετικό σημείο σύνδεσης
- Αλλάζουμε σημείο σύνδεσης λόγω κίνησης
  - Μεταβίβαση κλήσης (handover ή handoff)
- Παρόμοια με σύνδεση σε άλλα πριζάκια
  - Σημασία έχει η αλλαγή του σημείου σύνδεσης
- Βασικό πρόβλημα στο επίπεδο δικτύου

# IP και κίνηση (1 από 2)

- Το IP βασίζεται σε ομαδοποίηση διευθύνσεων
  - Στον κορμό δεν παρακολουθούμε συσκευές
  - Βλέπουμε μόνο διευθύνσεις (μεγάλων) δικτύων
  - Η υπόλοιπη διεύθυνση φαίνεται στα άκρα
- Ο εντοπισμός βασίζεται στις διευθύνσεις IP
  - Κάθε διεύθυνση εντάσσεται σε ένα δίκτυο
  - Το δίκτυο εντάσσεται σε μεγαλύτερο δίκτυο
  - Η διεύθυνση IP ανήκει στο κατάλληλο δίκτυο

# IP και κίνηση (2 από 2)

- Πώς αντιμετωπίζει την κίνηση το IP;
  - Οι διευθύνσεις IP είναι και αναγνωριστικά
  - Θέλουμε συνέχεια την ίδια διεύθυνση
    - Είναι αναγνωριστικό της συσκευής
  - Πρέπει όμως να ανήκει στο τρέχον δίκτυο
    - Άρα τελικά κωδικοποιεί κάποια θέση
  - Έχουμε δέσιμο αναγνωριστικού-τοποθεσίας
  - Συνεπώς η συσκευή δεν μπορεί να κινηθεί!

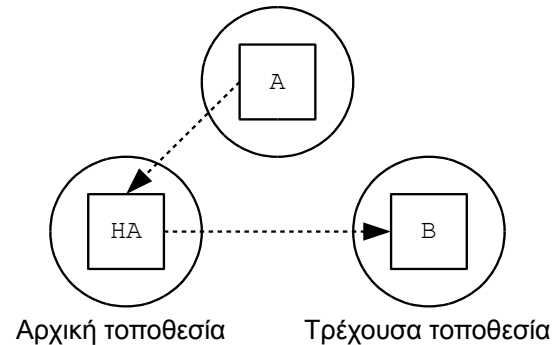
# Mobile IP (1 από 4)

- Επέκταση του IP για κινητές μηχανές
  - Βασίζεται στο αρχικό δίκτυο (home network)
  - Μόνιμη αρχική διεύθυνση (home address)
  - Στο αρχικό δίκτυο υπάρχει αρχικός πράκτορας
    - Παρακολουθεί την θέση της κινητής μηχανής
  - Στο νέο δίκτυο υπάρχει ξένος πράκτορας
    - Παρέχει τοπική διεύθυνση στην κινητή μηχανή
    - Εξυπηρετεί την κυκλοφορία της κινητής μηχανής

# Mobile IP (2 από 4)

- Επικοινωνία με την αρχική διεύθυνση
  - Τα πακέτα φτάνουν στο αρχικό δίκτυο
    - Ο πράκτορας απαντάει σε αιτήσεις ARP
    - Μόνο όταν η μηχανή λείπει από το δίκτυο
  - Ο αρχικός πράκτορας τα προωθεί στον ξένο
    - Χρήση σήραγγας για μεταφορά πακέτων
  - Ο ξένος πράκτορας τα δίνει στην κινητή μηχανή
  - Αντίστροφα για εξερχόμενα μηνύματα

# Mobile IP (3 από 4)



- Μειονεκτήματα Mobile IP
  - Τριγωνική δρομολόγηση πακέτων
    - Μέσω του αρχικού πράκτορα
    - Και προς τις δύο κατευθύνσεις
  - Επιβάρυνση προώθησης
    - Τα μηνύματα ενθυλακώνονται σε άλλα



# Mobile IP (4 από 4)

- Βελτιώσεις Mobile IP
  - Απευθείας αποστολή εξερχόμενων μηνυμάτων
    - Δεν πάμε μέσω του αρχικού πράκτορα
    - Πιθανόν να απορριφθούν για λόγους ασφάλειας
    - Έρχονται από το «λάθος» δίκτυο
  - Απευθείας αποστολή εισερχόμενων μηνυμάτων
    - Το άλλο άκρο ξέρει τη διεύθυνση της κινητής μηχανής
    - Απαιτεί το άλλο άκρο να γνωρίζει για την κίνηση

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY  
OF ECONOMICS  
AND BUSINESS**

# Ασύρματα συστήματα

**Μάθημα:** Κινητά και Διάχυτα Συστήματα, **Ενότητα # 11:** Κινητά και ασύρματα συστήματα

**Διδάσκων:** Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Ασύρματα σφάλματα

- Σφάλματα λόγω παρεμβολών
  - Θόρυβος από άλλες μεταδόσεις
  - Το περιβάλλον μεταβάλλεται απρόβλεπτα
    - Οι συνθήκες αλλάζουν χωρίς να κινηθούμε
    - Η κίνηση οδηγεί σε πρόσθετες μεταβολές
  - Αντιμετωπίζονται κυρίως στο φυσικό επίπεδο
  - Έχουν αντίκτυπο όμως στο επίπεδο μεταφοράς

# Τύποι ασύρματων συστημάτων

- Δορυφορικά συστήματα
  - Μεγάλη καθυστέρηση
  - Υψηλός ρυθμός σφαλμάτων
- Επίγεια συστήματα
  - Κυψελωτά συστήματα
  - Ασύρματα τοπικά δίκτυα
  - Μέτρια καθυστέρηση
  - Υψηλός ρυθμός σφαλμάτων

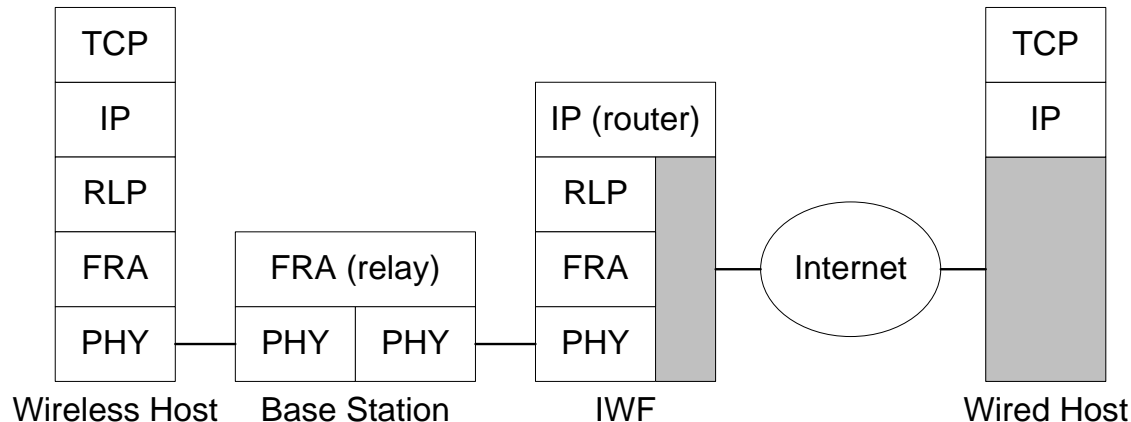
# Επίγεια συστήματα

- Σε σχέση με δορυφορικά
  - Χαμηλή καθυστέρηση διάδοσης
    - Μικρές αποστάσεις
  - Μέση καθυστέρηση μετάδοσης
    - Μέσοι ρυθμοί μετάδοσης
    - Υψηλοί σε πιο πρόσφατα συστήματα
  - Υψηλός ρυθμός σφαλμάτων
    - Ασύρματο περιβάλλον

# Κυψελωτά συστήματα (1 από 3)

- Μέση/υψηλή καθυστέρηση μετάδοσης
  - Ανταγωνισμός για φάσμα με τηλεφωνία
- Υψηλός ρυθμός σφαλμάτων
  - Εξασθένηση λόγω απόστασης
  - Παρεμβολές από εξωτερικές πηγές
  - Σύγκρουση πολλαπλών σημάτων
- Υπηρεσία μεταγωγής πακέτων
  - Παλιότερα, υπηρεσία μεταγωγής κυκλωμάτων

# Κυψελωτά συστήματα (2 από 3)



- Διασύνδεση με Διαδίκτυο
  - Ειδικοί κόμβοι μετατροπής πρωτοκόλλων
  - Διαφορετικά πρωτόκολλα ζεύξης
    - Διόρθωση σφαλμάτων
    - Συνύπαρξη υπηρεσιών (φωνή και δεδομένα)

# Κυψελωτά συστήματα (3 από 3)

- Διόρθωση σφαλμάτων
  - Πρόσθια διόρθωση σφαλμάτων στη φωνή
    - Δεν υπάρχει χρόνος για αναμεταδόσεις
  - Εναλλαγή (interleaving) των πλαισίων
    - Αυξάνει την αντοχή στα σφάλματα
    - Αυξάνει όμως σημαντικά την καθυστέρηση
  - Αναμεταδόσεις ή τίποτα στα δεδομένα
    - Απλούστερη ή καθόλου κωδικοποίηση



# Ασύρματα LAN (1 από 2)

- Χαμηλή καθυστέρηση μετάδοσης
  - Πολύ μικρές αποστάσεις
- Χαμηλός ρυθμός σφαλμάτων
  - Συγκρούσεις ανάμεσα στους σταθμούς
  - Παρεμβολές (πολύ λιγότερο)
- Υπηρεσία μεταγωγής πακέτων
  - Χρησιμοποιεί πλαίσια τύπου Ethernet

# Ασύρματα LAN (2 από 2)

- Διόρθωση σφαλμάτων
  - Γενικά αφήνεται σε παραπάνω επίπεδα
    - Αντίστοιχα με Ethernet
  - Δυνατότητα αποστολής επιβεβαιώσεων
    - Σε περίπτωση αποτυχίας, αναμετάδοση
  - Προαιρετική σε πολλά συστήματα
    - Έχει νόημα σε πολύ θορυβώδες περιβάλλον
    - Αλλιώς απλά επιβαρύνει όλες τις μεταδόσεις

# Κυψελωτά ή LAN (1 από 2)

- Παλαιότερα οι διαφορές ήταν πολύ μεγάλες
  - Τα κυψελωτά δίκτυα υποστήριζαν κυρίως φωνή
  - Τα ασύρματα LAN δεν υποστήριζαν κυψέλες
- Σταδιακά οι διαφορές εξαφανίζονται
  - Η φωνή σταδιακά κινείται προς το VoIP
  - Τα κυψελωτά συστήματα υιοθετούν το IP
  - Οι κυψέλες μικραίνουν συνεχώς
  - Οι ρυθμοί μετάδοσης αυξάνονται
  - Πιθανή διασύνδεση των δύο τύπων δικτύων

# Κυψελωτά ή LAN (2 από 2)

- Υπάρχουν όμως ακόμη διαφορές
  - Διαφορετικά πρωτόκολλα πρόσβασης
    - Πιο συγκεντρωτικά στα κυψελωτά συστήματα
  - Διαφορετικοί τρόποι χρήσης του φάσματος
    - Πιο οργανωμένοι στα κυψελωτά
  - Διαφορετικοί ρυθμοί σφαλμάτων
    - Πιο υψηλοί στα κυψελωτά

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY  
OF ECONOMICS  
AND BUSINESS**

# Έλεγχος προσπέλασης

**Μάθημα:** Κινητά και Διάχυτα Συστήματα, **Ενότητα # 11:** Κινητά και ασύρματα συστήματα

**Διδάσκων:** Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# Ποιος θα μεταδώσει πότε;

- Έλεγχος προσπέλασης στο μέσο (MAC)
  - Κλασσικό πρόβλημα καταμεριζόμενων μέσων
    - Τα ασύρματα μέσα είναι καταμεριζόμενα
    - Πολλές μεταδόσεις μοιράζονται το ίδιο μέσο
    - Πώς μπορούμε να αποφύγουμε τις συγκρούσεις;
  - Πιο δύσκολο στα ασύρματα μέσα
    - Το εύρος ζώνης είναι περιορισμένο
    - Οι μεταδόσεις καλύπτουν η μία την άλλη

# CSMA/CA (1 από 2)

- Στο Ethernet έχουμε CSMA/CD
  - Μεταδίδουμε σε ελεύθερο μέσο
  - Διακόπτουμε αν ανιχνεύσουμε σύγκρουση
- Στα ασύρματα δεν ανιχνεύουμε συγκρούσεις
  - Οι μεταδόσεις μας καλύπτουν τους άλλους
- Αν συμβεί σύγκρουση έχουμε κόστος
  - Συνήθως δεν την καταλαβαίνουμε καν
  - Χάνεται όλο το πακέτο (δεν έχουμε CD)

# CSMA/CA (2 από 2)

- Στα ασύρματα LAN έχουμε CSMA/CA
  - Αν το μέσο είναι κατειλημμένο περιμένουμε
  - Όταν ελευθερωθεί περιμένουμε τυχαίο διάστημα
    - Δεν στέλνουμε άμεσα όπως στο CSMA/CD!
  - Μετράμε όποτε ελευθερώνεται το μέσο
    - Τελικά θα έρθει η σειρά μας
  - Στόχος: μείωση πιθανότητας συγκρούσεων



# RTS/CTS

- Δέσμευση πριν τη μετάδοση
  - Στέλνουμε RTS αναφέροντας τον προορισμό
  - Ο προορισμός στέλνει CTS ως επιβεβαίωση
  - Όλοι περιμένουν να γίνει η μετάδοση
    - Το RTS ακούγεται κοντά στον αποστολέα
    - Το CTS ακούγεται κοντά στον παραλήπτη
  - Οι συγκρούσεις επηρεάζουν μόνο τα RTS/CTS
  - Αν δεν έχουμε κίνηση, απλά επιβαρύνουν!

# Επιβεβαιώσεις

- Μετά τη μετάδοση στέλνεται ACK
- Το ACK στέλνεται με προτεραιότητα
  - Όλοι περιμένουν μήπως σταλεί ACK
- Άμεσος εντοπισμός σφαλμάτων
  - Και συγκρούσεων!
  - Πιθανή αναμετάδοση στη συνέχεια
- Αν το μέσο δεν έχει κίνηση;
  - Επιβαρύνει πάλι το ρυθμό μετάδοσης

# Πολύπλεξη (1 από 5)

- Κυψελωτά συστήματα
  - Διακρίνουμε μεταδόσεις σε κάθε κατεύθυνση
    - Downlink: από σημείο σύνδεσης
    - Uplink: προς σημείο σύνδεσης
  - Σε πολλά συστήματα γίνεται σαφής διάκριση
    - Διαφορετικό λογικό κανάλι ανά κατεύθυνση
    - Διαίρεση χρόνου (TDD)
    - Διαίρεση συχνοτήτων (FDD)

# Πολύπλεξη (2 από 5)

- Downlink: πιθανόν απλός καταμερισμός
  - Με διαφορετικά κανάλια downlink/uplink
  - Ο μόνος που στέλνει είναι το σημείο σύνδεσης
  - Αποφασίζει ελεύθερα τι να μεταδώσει σε ποιον
- Αν δεν έχουμε χωριστά κανάλια όμως;
  - Παρόμοια κατάσταση με ασύρματα LAN
  - Όλοι ανταγωνίζονται για ευκαιρίες μετάδοσης!

# Πολύπλεξη (3 από 5)

- Uplink: δύσκολος καταμερισμός
  - Πρέπει να συντονιστούν όλοι οι χρήστες
  - Πιθανόν να καθοδηγούνται από τη βάση
  - Πώς όμως μιλάνε αρχικά στη βάση;
- Μικρό πρόβλημα στην τηλεφωνία
  - Χρειάζεται όταν ξεκινάμε μία κλήση
  - Μετά δεσμεύεται στατικά ένα λογικό κανάλι

# Πολύπλεξη (4 από 5)

- Μεγάλο πρόβλημα στα δεδομένα
  - Δυναμική δέσμευση (στατιστική πολύπλεξη)
  - Επηρεάζει και το VoIP
- Παρόμοια λύση με ασύρματα LAN
  - Στέλνουμε πακέτα δέσμευσης σε κοινό κανάλι
  - Τα πακέτα δέσμευσης μπορεί να συγκρουστούν
  - Αν επιβιώσουν δεσμεύουν θέσεις μετάδοσης

# Πολύπλεξη (5 από 5)

- Πόσο καλά δουλεύει αυτό;
  - Τα κανάλια τυχαίας προσπέλασης είναι μικρά
    - Είναι επιβάρυνση για το σύστημα
  - Αρκούν για σπάνιες αιτήσεις
    - Για παράδειγμα, για τηλεφωνήματα
  - Δεν αρκούν για συνεχείς αιτήσεις
    - Για παράδειγμα, για TCP/IP
    - Μεγάλο πρόβλημα για τα smartphones

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY  
OF ECONOMICS  
AND BUSINESS**

# Λειτουργία του TCP

**Μάθημα:** Κινητά και Διάχυτα Συστήματα, **Ενότητα # 11:** Κινητά και ασύρματα συστήματα

**Διδάσκων:** Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





# Στόχος του TCP

- Αποστολή αμφίδρομης ροής δεδομένων
  - Έλεγχος σφαλμάτων
    - Απώλειες, αναδιατάξεις, πολλαπλασιασμός
  - Έλεγχος ροής
    - Ο αποστολέας δεν υπερχειλίζει τον παραλήπτη
  - Έλεγχος συμφόρησης
    - Ο αποστολέας δεν υπερχειλίζει το δίκτυο
    - Πολύ πιο δύσκολο από έλεγχο ροής!

# Βασικά του TCP

- Οι ροές τεμαχίζονται σε πακέτα IP
  - Η ροή είναι μια ακολουθία byte
  - Τεμαχίζεται σε πακέτα αυθαίρετου μήκους
  - Συναρμολόγηση στον παραλήπτη
  - Πάντα με τη σωστή σειρά
  - Αναμεταδόσεις αν λείπουν πακέτα
- Αθροιστικές επιβεβαιώσεις δεδομένων
  - Αναφέρονται σε byte και όχι σε πακέτα

# Εντοπισμός απωλειών

- Πολλές επιβεβαιώσεις για ίδια δεδομένα
  - Κάποιο πακέτο έφτασε εκτός σειράς
  - Στις 3 επιβεβαιώσεις συνάγεται απώλεια
    - Λιγότερες μπορεί να οφείλονται σε αναδιάταξη
- Εκπνοή χρονομέτρου αναμετάδοσης
  - Όταν δεν λαμβάνονται επιβεβαιώσεις
  - Χρήση προσαρμοζόμενης εκτίμησης του RTT
    - Για να αποφασίσουμε πόσο θα περιμένουμε

# Αντίδραση στις απώλειες

- Απώλεια πακέτων σημαίνει συμφόρηση
  - Η πιο συνηθισμένη αιτία σε ενσύρματα δίκτυα
  - Αρχικά αναμεταδίδεται το χαμένο πακέτο
    - Για να πετύχουμε την αξιόπιστη μετάδοση
  - Στη συνέχεια μειώνεται ο ρυθμός μετάδοσης
    - Για να αδειάσουν οι ουρές των δρομολογητών
    - Η μείωση εξαρτάται από τον εντοπισμό της απώλειας

# Παράθυρα του TCP

- Παράθυρο συμφόρησης
  - Εκτιμά πόσα byte «χωράει» το δίκτυο
  - Αυξομειώνεται ανάλογα με τις απώλειες
- Παράθυρο παραλήπτη
  - Δείχνει πόσα byte δέχεται ο παραλήπτης
  - Χρησιμοποιείται για έλεγχο ροής
- Πολιτική μετάδοσης του TCP
  - Τα παράθυρα περιορίζουν τα εκκρεμή byte

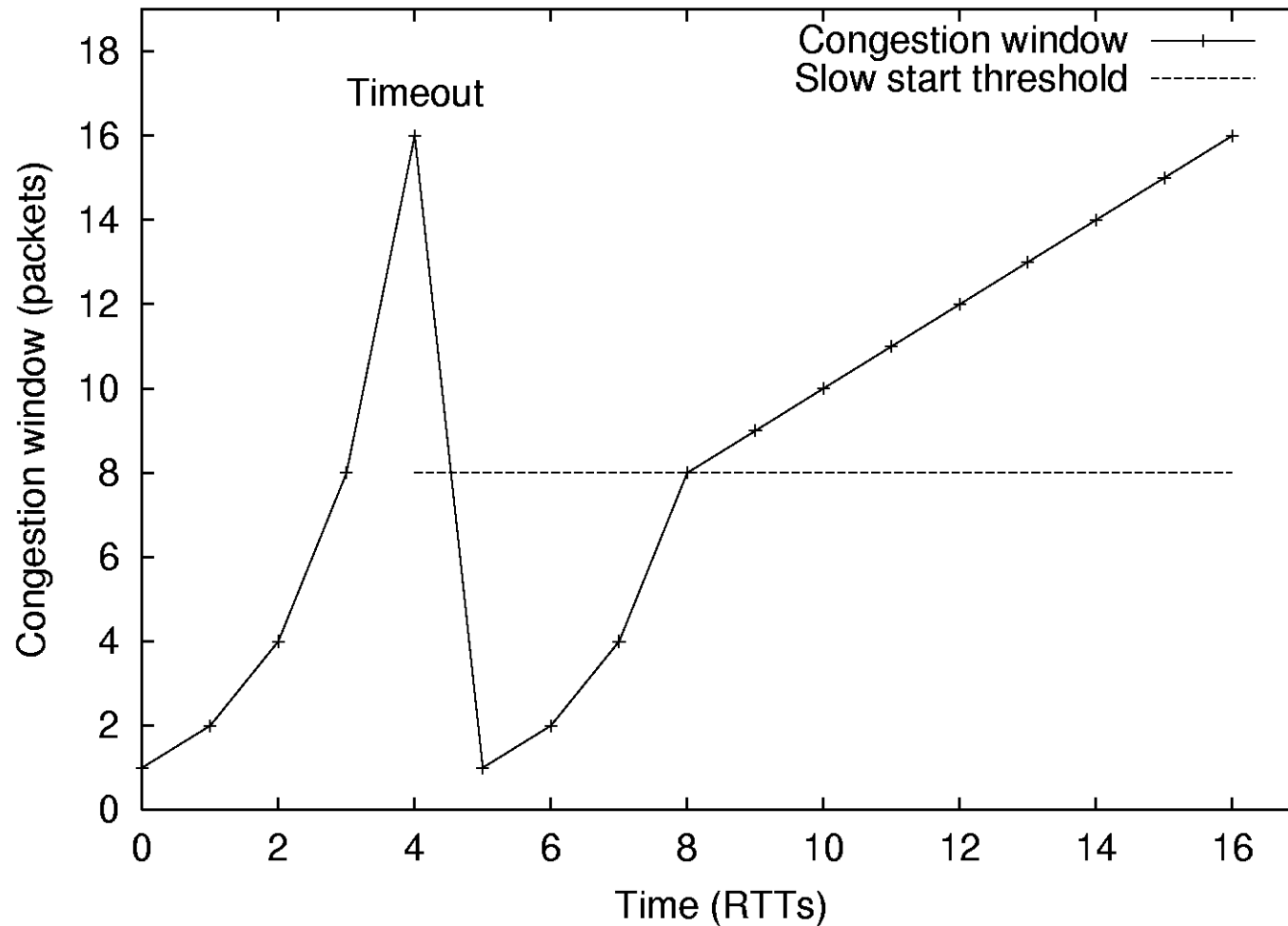
# Παράθυρο συμφόρησης (1 από 3)

- Ξεκινά από το 1 πακέτο
- Κάθε νέα επιβεβαίωση το αυξάνει κατά 1
  - Διπλασιάζεται σε κάθε «γύρο»
  - Εκθετική αύξηση του παραθύρου
- Εκπνοή χρονομέτρου: μείωση στο 1 πακέτο
  - Θέτουμε όριο το μισό του τρέχοντος παραθύρου
  - Ξεκινάμε πάλι από το 1 πακέτο
  - Αυξάνουμε εκθετικά μέχρι το όριο
  - Μετά αυξάνουμε κατά 1 σε κάθε «γύρο»

# Παράθυρο συμφόρησης (2 από 3)

- Πολλαπλές επιβεβαιώσεις: φάση ανάκαμψης
  - Το δίκτυο δεν είναι τόσο φορτωμένο
    - Αλλιώς δεν θα πέρναγαν νέα πακέτα
  - Άρα δεν κλείνουμε εντελώς το παράθυρο
  - Το παράθυρο τίθεται στο μισό του τρέχοντος
  - Περιμένουμε να φτάσει μια νέα επιβεβαίωση
  - Μετά αυξάνουμε κατά 1 σε κάθε «γύρο»

# Παράθυρο συμφόρησης (3 από 3)





**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΘΗΝΩΝ**

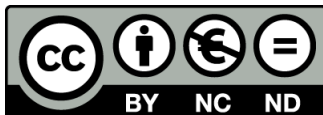


**ATHENS UNIVERSITY  
OF ECONOMICS  
AND BUSINESS**

# Επίδοση του TCP

**Μάθημα:** Κινητά και Διάχυτα Συστήματα, **Ενότητα # 11:** Κινητά και ασύρματα συστήματα

**Διδάσκων:** Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Το πρόβλημα του TCP

- Ασύρματες ζεύξεις: απώλεια <> συμφόρηση
  - Μη αμελητέος ρυθμός απωλειών
  - Κυψελωτά: κυρίως σφάλματα μετάδοσης
    - Ακόμη και με εναλλαγή και διόρθωση σφαλμάτων
  - Ασύρματα LAN: κυρίως συγκρούσεις
- Οι ομαδικές απώλειες είναι χειρότερες
  - Διαδοχικά κλεισίματα παραθύρου συμφόρησης
  - Συμφέρει οι απώλειες να είναι διάσπαρτες!

# Μείωση μεγέθους πακέτων

- Μείωση πιθανότητας σφάλματος
  - Και μείωση του κόστους του σφάλματος
    - Γενικά χάνεται όλο το πακέτο
    - Αντίστοιχα και για συγκρούσεις
  - Αυξάνεται η επιβάρυνση λόγω επικεφαλίδων
  - Οι επικεφαλίδες μένουν σταθερές
    - Δυσκολία εφαρμογής συμπίεσης κεφαλίδων
    - Αν χαθεί ένα πακέτο, χάνεται ο συγχρονισμός

# Αναμεταδόσεις επίπεδου ζεύξης

- Συνηθισμένες στα κυψελωτά δίκτυα
  - Αυξάνουν την καθυστέρηση (RTT)
  - Το παράθυρο δυσκολεύεται να μεγαλώσει
- Αυξάνουν τη διαταραχή της καθυστέρησης
  - Οι εκτιμήσεις του RTT είναι αναξιόπιστες
  - Οι αναμεταδόσεις μπορεί να αργούν πολύ
- Συγκρουόμενες αναμεταδόσεις
  - Αναμετάδοση από TCP και επίπεδο ζεύξης

# Πολλαπλές ασύρματες ζεύξεις

- Και τα δύο άκρα είναι ασύρματα
  - Οι απώλειες πολλαπλασιάζονται
    - Γενικά υποθέτουμε ανεξάρτητα άκρα
    - Συνήθως βρίσκονται μακριά το ένα από το άλλο
  - Πιο δύσκολο να τα αντιμετωπίσει το TCP
    - Τα πακέτα χάνονται σε δύο σημεία
  - Μπορεί να έχουμε και σειρά ασύρματων
    - Δίκτυα πολλαπλών αλμάτων
    - Πιθανότητα μη ανεξάρτητων σφαλμάτων

# Απώλειες λόγω κίνησης (1 από 2)

- Κυρίως στα κυψελωτά δίκτυα
- Οφείλονται σε καθυστέρηση μετάβασης
  - Μετάβαση σε διαφορετική κυψέλη
  - Στο ίδιο δίκτυο (οριζόντια)
  - Σε διαφορετικό δίκτυο (κατακόρυφη)
  - Εν μέρει προβλέψιμες
    - Στο φυσικό επίπεδο παρακολουθούμε το σήμα

# Απώλειες λόγω κίνησης (2 από 2)

- Προσωρινή διακοπή επικοινωνίας
  - Απώλειες μέχρι να αρχίζει η επικοινωνία
    - Το TCP θεωρεί ότι υπάρχει σημαντική συμφόρηση
    - Μπορεί να κλείσει εντελώς το παράθυρο
    - Μεγάλη καθυστέρηση μέχρι να επανέλθει
  - Πιθανόν διαφορετικό μονοπάτι στη συνέχεια
    - Το TCP προσαρμόζεται εύκολα στις νέες συνθήκες
    - Νέα ισορροπία στο κατάλληλο σημείο λειτουργίας

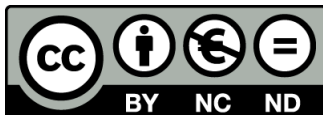


ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ATHENS UNIVERSITY OF ECONOMICS AND BUSINESS  
ΑΘΗΝΩΝ AND BUSINESS

# Βελτιώσεις του TCP

**Μάθημα:** Κινητά και Διάχυτα Συστήματα, **Ενότητα # 11:** Κινητά και ασύρματα συστήματα

**Διδάσκων:** Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





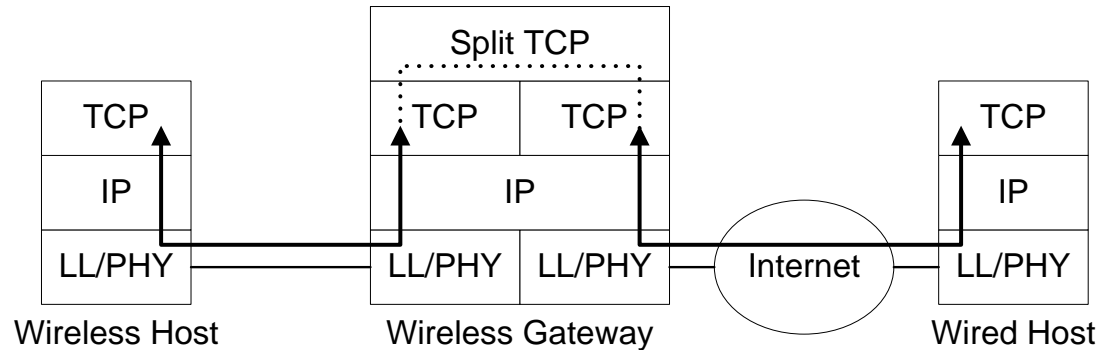
# Διάκριση απωλειών (1 από 2)

- Γιατί δεν αποδίδει καλά το TCP;
  - Οι απώλειες μειώνουν το ρυθμό μετάδοσης
    - Αντιμετωπίζονται ως δείγματα συμφόρησης
    - Περιττό όταν δεν έχουμε συμφόρηση
    - Αργή ανάκαμψη άρα χαμηλή επίδοση
- Διάκριση των ασύρματων απωλειών
  - Μόνο αναμετάδοση πακέτων
  - Διατήρηση του παραθύρου συμφόρησης

# Διάκριση απωλειών (2 από 2)

- Πώς να διακρίνουμε τις απώλειες;
  - Σήματα απώλειας από χαμηλότερα επίπεδα
  - Σήματα κίνησης από χαμηλότερα επίπεδα
  - Οι απώλειες αυτές δεν σημαίνουν συμφόρηση
  - Υπάρχουν μόνο στο ασύρματο άκρο
    - Το άλλο άκρο δεν μπορεί να λάβει τέτοια σήματα
    - Άρα η βελτίωση είναι μόνο προς μία κατεύθυνση

# Τεμαχισμένο TCP



- Σπάσιμο σύνδεσης σε δύο μέρη
  - Γεφύρωση των συνδέσεων στην ασύρματη πύλη
  - Ειδική μεταχείριση της ασύρματης σύνδεσης
    - Αντικατάσταση ακόμη και του TCP
- Παραβιάζει τη σημασιολογία του TCP
  - Οι επιβεβαιώσεις δεν είναι από άκρο σε άκρο
- Απαιτεί διατήρηση κατάστασης στο δίκτυο

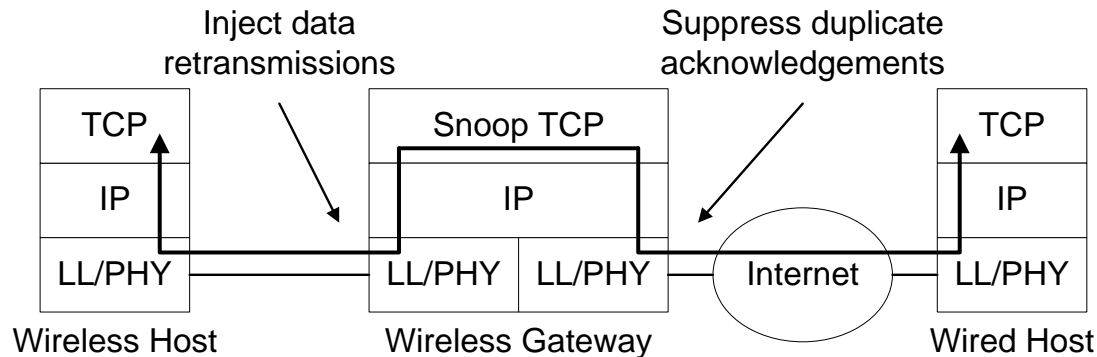
# Επιλεκτικές επιβεβαιώσεις

- Επιλογή του TCP, αρκετά διαδεδομένη πια
  - Το TCP ανακάμπτει από μία απώλεια ανά «γύρο»
  - Κάθε επιβεβαίωση δείχνει που σταματήσαμε
- Το SACK επιτρέπει πολλαπλή ανάκαμψη
  - Η επιβεβαίωση δείχνει μέχρι τρία «κενά»
  - Αναμετάδοση όλων των απωλειών
- Ιδιαίτερα χρήσιμο στις ομαδικές απώλειες
  - Τυπική κατάσταση στα ασύρματα δίκτυα

# Λύσεις επιπέδου μεταφοράς

- Πλεονεκτήματα
  - Δεν αλλάζουν τα ενδιάμεσα συστήματα
  - Το TCP είναι στο μηχάνημα του χρήστη
- Μειονεκτήματα
  - Στην πράξη απαιτούν λογισμικό στο δίκτυο
    - Και διατήρηση κατάστασης
    - Σε σημεία που δεν ελέγχει ο χρήστης
    - Παράδειγμα: οι πύλες σύνδεσης των δικτύων

# Παρεμβαλλόμενο TCP (1 από 2)



- Εγκαθίσταται στην ασύρματη πύλη
- Παρακολουθεί την κίνηση του TCP
- Αναμεταδίδει τα χαμένα πακέτα
- Αποκρύπτει τις πολλαπλές επιβεβαιώσεις
  - Αποτρέπει τις συγκρουόμενες αναμεταδόσεις
- Δεν παραβιάζει τη σημασιολογία του TCP

# Παρεμβαλλόμενο TCP (2 από 2)

- Μόνο η μία κατεύθυνση βελτιώνεται
  - Προς το ασύρματο άκρο
  - Η άλλη αργεί να επιστρέψει επιβεβαιώσεις
  - Οι απώλειες μπορεί είναι και από συμφόρηση
- Χρειάζεται πρόσβαση σε επικεφαλίδες TCP
  - Δεν λειτουργεί με κρυπτογραφημένες συνδέσεις
- Απαιτείται διατήρηση κατάστασης στην πύλη
  - Για κάθε σύνδεση που διέρχεται

# Ρητή σήμανση απωλειών

- Ειδικό δυφίο στις επικεφαλίδες του TCP
  - Υποδεικνύει ότι ένα πακέτο χάθηκε τοπικά
  - Σημειώνεται από την ασύρματη πύλη
  - Προστίθεται στα πακέτα προς ενσύρματο άκρο
  - Αντανακλάται στις επιβεβαιώσεις
- Χρήσιμο για το παρεμβαλλόμενο TCP
  - Βελτιώνει την κατεύθυνση προς ενσύρματο άκρο
  - Απαιτεί αλλαγές στο TCP στο ενσύρματο άκρο



# Αντιμετώπιση κίνησης (1 από 2)

- Το επίπεδο ζεύξης αλλάζει στη μεταγωγή
  - Υποθέτουμε ότι η διεύθυνση IP διατηρείται
  - Αλλάζει όμως το σημείο σύνδεσης
  - Πρόβλημα για το τεμαχισμένο TCP
    - Θεωρητικά μπορεί να μεταφερθεί σε άλλη πύλη
    - Στην πράξη το κόστος είναι υπερβολικό
- Η μεταγωγή είναι απρόβλεπτη κατάσταση
  - Χάνονται πακέτα και αλλάζει το περιβάλλον

# Αντιμετώπιση κίνησης (2 από 2)

- Πώς καταλαβαίνουμε ότι γίνεται μεταγωγή;
  - Ρητό σήμα μεταγωγής από την πύλη
  - Ανίχνευση μεταγωγής με ευρετικό τρόπο
- «Πάγωμα» όσο διαρκεί η μεταγωγή
  - Δεν στέλνονται ούτε αναμεταδίδονται πακέτα
  - Δεν αλλάζει το παράθυρο συμφόρησης
- Συνεχίζουμε όταν τελειώσει η μεταγωγή
  - Προσαρμογή στις νέες συνθήκες λειτουργίας

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY  
OF ECONOMICS  
AND BUSINESS**

# Τέλος Ενότητας #11

**Μάθημα:** Κινητά και Διάχυτα Συστήματα, **Ενότητα # 11:** Κινητά και ασύρματα συστήματα

**Διδάσκων:** Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

