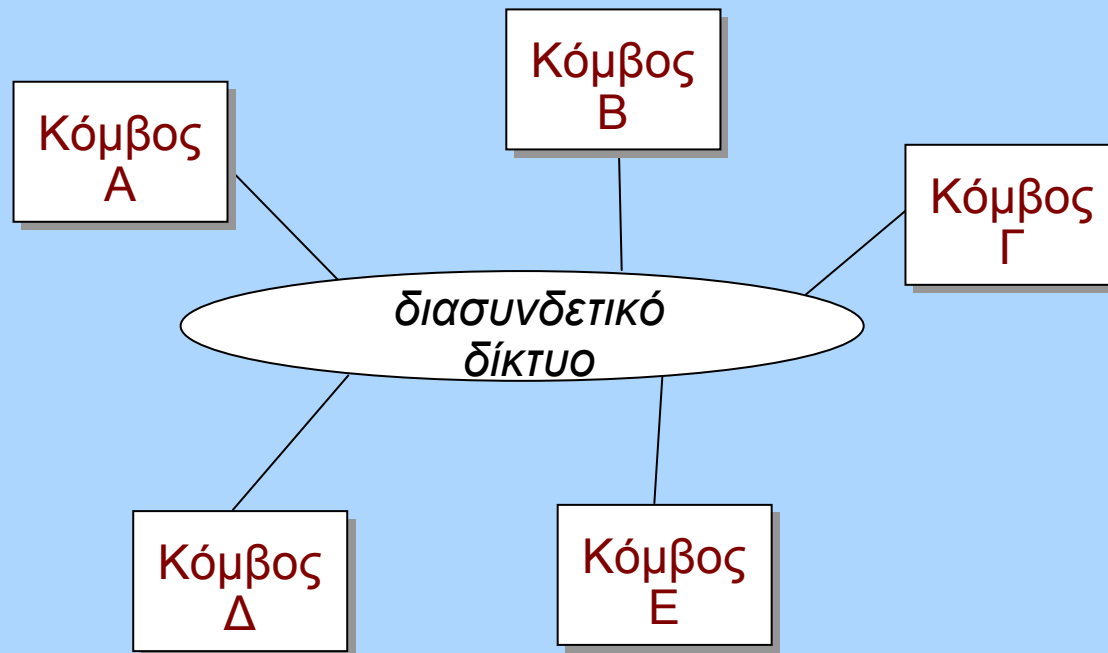


**Λειτουργικά Συστήματα Πραγματικού Χρόνου  
2006-07**

**Κατανεμημένα συστήματα**  
και Επικοινωνία Πραγματικού Χρόνου

**Μ.Στεφανιδάκης**

# Κατανεμημένα συστήματα ελέγχου



- π.χ. οι επιμέρους μικροελεγκτές ενός αυτοκινήτου

# Γιατί καταναεμημένα συστήματα;

- **Επεκτασιμότητα**
  - Εύκολη αλλαγή – προσθήκη λειτουργιών
  - Πολλαπλά επιμέρους τμήματα
- **Δυνατότητα σύνθεσης**
  - Κληρονόμηση ιδιοτήτων υποσυστημάτων
- **Αξιοπιστία**
  - Αποφυγή μεγάλων λειτουργικών τμημάτων
    - Μια απλή βλάβη αχρηστεύει το όλο σύστημα
  - Πολλαπλοί κόμβοι για την ίδια λειτουργία
- **Πολυπλοκότητα**
  - “Καθαρά” interfaces

# Σύνθεση συστημάτων

- **Δυνατότητα σύνθεσης (composability)**
  - Ως προς ιδιότητα  $X$ : όταν το σύστημα διατηρεί την (αποδειγμένη) ιδιότητα  $X$  των υποσυστημάτων του.
- **Ενδιαφέρουσες ιδιότητες:**
  - Ορθή χρονική λειτουργία
  - Δυνατότητα ελέγχου (testability)

# ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ: Event & Time Triggered

- **Event Triggered**
  - Μεταφορά μηνυμάτων γεγονότων (event messages)
  - Χρονικός έλεγχος ανεξάρτητος του δικτύου
    - Εξαρτάται από επιμέρους κόμβους
  - Διαιτησία κοινού διαύλου
    - Τυχαία προσπέλαση, tokens και προτεραιότητα μηνυμάτων
    - Δυνατότητα επικοινωνίας, όχι κατ'ανάγκη ορθής
- **Time Triggered**
  - Μεταφορά μηνυμάτων σε καθορισμένο χρόνο
  - Χρονικός έλεγχος ενσωματωμένος στο σύστημα επικοινωνίας
  - Απομόνωση κόμβων από δίαυλο
    - Τα σφάλματα των κόμβων δεν επηρεάζουν το σύστημα επικοινωνίας

# Ενσωματωμένες συσκευές και δίκτυα

- **Δικτυακή σύνδεση σε ενσωματωμένα συστήματα:**
  - Κατανεμημένα συστήματα ελέγχου
    - π.χ. σε οχήματα
  - Απομακρυσμένη διαχείριση συσκευών
  - Ανάκτηση και επεξεργασία δεδομένων
  - Συστήματα μετρήσεων και ελέγχου

# Τι και προς τα που μεταφέρεται;

- **Τι μεταφέρεται**
  - σήματα
  - εντολές
  - κατάσταση
  - άλλα δεδομένα
- **Αποστολέας και παραλήπτης**
  - ένας προς έναν
  - διάταξη client-server
  - broadcasting

# Χαρακτηριστικά μεταφοράς

- Ποιότητα μετάδοσης
  - εγγυημένη μετάδοση;
  - ...ή μετάδοση σε εγγυημένο χρόνο;
- Μεταφορά δεδομένων
  - πιο σημαντική η λήψη των πιο πρόσφατων δεδομένων;
  - ...ή η λήψη όλων των δεδομένων;



# Πρωτόκολλα τύπου TCP/IP

- **Πόσο κατάλληλα για επικοινωνία πραγματικού χρόνου;**
  - αναπτύχθηκαν για μεταφορά αρχείων μεταξύ υπολογιστών
  - Μέθοδος πρόσβασης στο φυσικό μέσο (π.χ. ethernet) προκαλεί μη προβλέψιμη απόκριση
  - Μη προβλέψιμοι χρόνοι μεταφοράς δεδομένων
  - Δεν είναι ιδιαίτερος κατάλληλα για εφαρμογές πραγματικού χρόνου

# Παράδειγμα: Ethernet

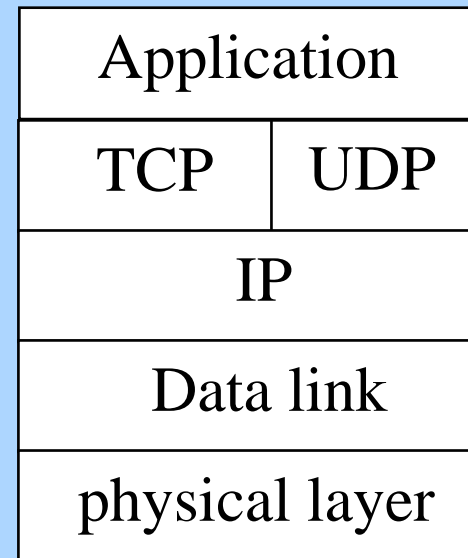
- **Ethernet: non-deterministic σε s/w και h/w**
- **Προσπέλαση δικτύου**
  - **CSMA**
    - έλεγχος δικτύου πριν τη μετάδοση
    - αναμονή εάν είναι κατειλημμένο
  - **CD**
    - σε περίπτωση σύγκρουσης, νέα προσπάθεια μετά από κάποιο (τυχαίο) χρονικό διάστημα
    - διπλασιασμός μέγιστου χρόνου
  - **η καθυστέρηση δεν μπορεί να προβλεφθεί!**

# Πλεονεκτήματα TCP/IP

- Δοκιμασμένη (“ώριμη”) τεχνολογία 20+ ετών
- Συμβατότητα με υπάρχοντα δίκτυα και κάρτες
  - εύκολη διασύνδεση συσκευών πραγματικού χρόνου με κοινά υπολογιστικά συστήματα
- Αύξηση ταχύτητας δικτύων
  - μειώνει την καθυστέρηση απόκρισης
- Χρήση switches
  - μείωση συγκρούσεων για πρόσβαση στο δίκτυο
- Αποφυγή ειδικών λύσεων
- Ίσως κατάλληλα για **soft-real time**;

# TCP/IP stack

- **Encapsulation**
- **buffers**
  - δυναμικού χαρακτήρα
- **TCP/UDP**
  - τοποθέτηση σε buffers
  - έλεγχος μετάδοσης
- **IP**
  - routing, addresses
  - MTU (maximum transport unit)



# Λογισμικό IP και ΛΣΠΧ

- Πρόσθετες απαιτήσεις από λογισμικό IP σε συστήματα πραγματικού χρόνου:
  - Διαχείριση προτεραιοτήτων
  - Αυστηρός έλεγχος χρήσης μνήμης
  - Έλεγχος στους πόρους του συστήματος
  - Event driven (όχι polling)
  - Re-entrant κώδικας
  - Αντίληψη του χρόνου

# Χρήση μνήμης

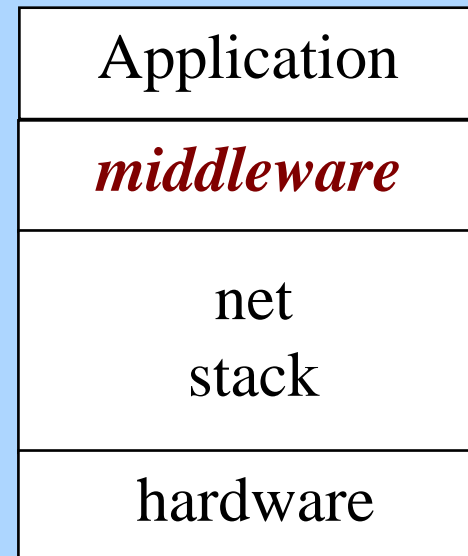
- **Δυνατότητα χρήσης προ-δεσμευμένης μνήμης για buffers**
- **Αποφυγή χρήσης ρουτινών τύπου malloc κατά την εκτέλεση της εφαρμογής**
  - εισαγωγή καθυστέρησης
- **Μείωση αντιγραφής δεδομένων κατά τη διάσχιση του TCP/IP stack**
  - αν είναι δυνατόν, συναρμολόγηση των πακέτων σε όλα τα επίπεδα στον ίδιο χώρο

# Συγχρονισμός

- Έλεγχος ταυτόχρονης προσπέλασης buffers
  - χρήση semaphores
- Timers
  - για διαχείριση σύνδεσης, έλεγχο timeouts και επανάληψης μετάδοσης
  - πρέπει να διαχειρίζονται από το ΛΣΠΧ κι όχι ξεχωριστά
  - αλλιώς:
    - προβλήματα συγχρονισμού

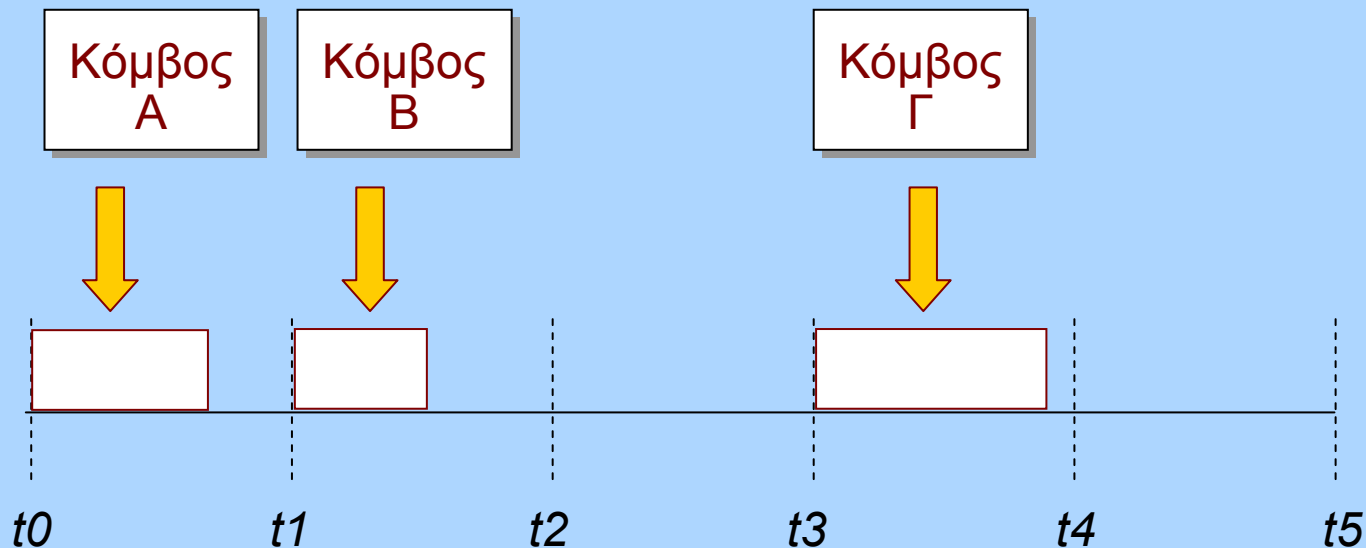
# Networking Middleware

- Ενδιάμεσο επίπεδο μεταξύ εφαρμογής και network stack
- Ελέγχει τη μετάδοση των δεδομένων στους παραλήπτες
  - π.χ. μοντέλο publisher-subscriber
- ρύθμιση παραμέτρων
  - φορτίο δικτύου
  - χρονικά περιθώρια
  - επαναλήψεις



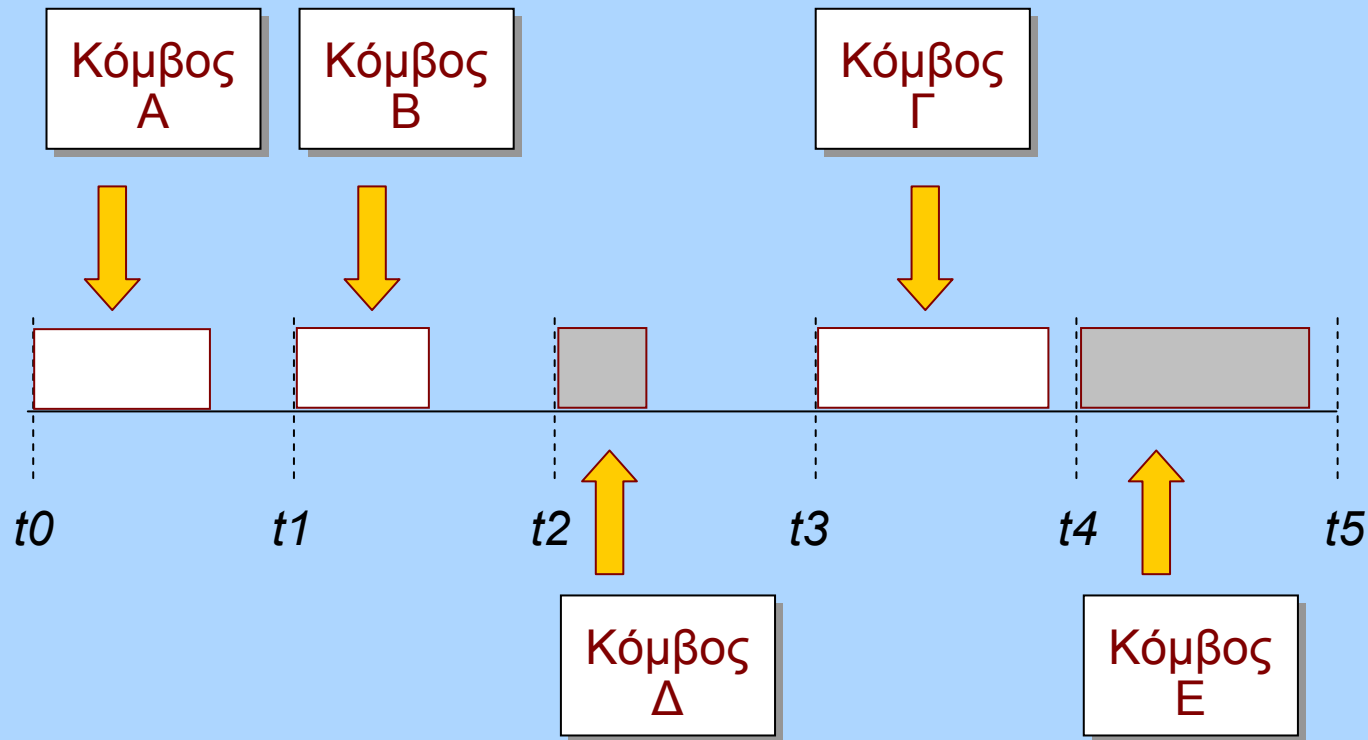


# Αρχιτεκτονικές επικοινωνίας time-triggered



- Κάθε κόμβος επικοινωνεί σε συγκεκριμένο διάστημα (slot)
  - Ειδικό υλικό ανά κόμβο αποτρέπει την προσπέλαση σε άλλες χρονικές στιγμές
  - Τα διαστήματα έχουν υπολογιστεί εκ των προτέρων

# Δυνατότητα σύνθεσης



- Διατήρηση χρονικών ιδιοτήτων υποσυστημάτων
  - Αρκεί ο επιμέρους έλεγχος των υποσυστημάτων

# Συγχρονισμός (κοινό ρολόι)

- **Αναγκαιότητα διατήρησης σφαιρικού χρόνου**
  - Για την επιτυχή διάταξη των γεγονότων
  - Σε κάθε κόμβο
  - Υπολογισμός από τα τοπικά ρολόγια όλων των άλλων κόμβων
  - Διάφοροι αλγόριθμοι συγχρονισμού
- **Πληροφορία ρολογιών**
  - Ειδικά μηνύματα συγχρονισμού
  - Αρχιτεκτονικές time-triggered
    - Εκ των προτέρων πληροφορία
    - Πότε πρέπει να ληφθεί μήνυμα από κάθε κόμβο
    - Δεν χρειάζονται μηνύματα συγχρονισμού