

# Δίκτυα Υπολογιστών I

Δίκτυα άμεσου συνδέσμου: Μέρος Γ'



Ευάγγελος Παπαπέτρου

Τμ. Μηχ. Η/Υ & Πληροφορικής, Παν. Ιωαννίνων

- 1 Δίκτυα με κουπόνι
  - Token Bus
  - Token Ring
  - FDDI



# Διάρθρωση

## 1 Δίκτυα με κουπόνι

- Token Bus
- Token Ring
- FDDI



# Εισαγωγή

- Τα πρωτόκολλα με ανταγωνισμό παρουσιάζουν *μειωμένη απόδοση σε συνθήκες υψηλού φόρτου*
  - ▶ η ρυθμαπόδοση που επιτυγχάνει ένας υπολογιστής υπηρεσίας μειώνεται δραματικά
  - ▶ η καθυστέρηση πρόσβασης στο μέσο αυξάνεται σημαντικά
- Εναλλακτική πρόταση: *εκ περιτροπής (round robin) πρόσβαση των υπολογιστών στον κοινό σύνδεσμο*
- Ο έλεγχος της πρόσβασης γίνεται με τη χρήση ενός *πλαισίου ελέγχου (control frame)* που ονομάζεται *κουπόνι ή σκυτάλη (token)*
  - ▶ τα δίκτυα που χρησιμοποιούν την τεχνική αυτή ονομάζονται *δίκτυα με κουπόνι (token networks)*
- Τα δίκτυα με κουπόνι ανήκουν στην κατηγορία δικτύων *χωρίς ανταγωνισμό*



## Βασικές αρχές λειτουργίας (1/2)

- Η διακίνηση του κουπονιού γίνεται μεταξύ των υπολογιστών υπηρεσίας με *συγκεκριμένη κυκλική σειρά* που καλείται *λογικός δακτύλιος*
  - ▶ για έναν υπολογιστή υπηρεσίας, ο υπολογιστής που προηγείται στο λογικό δακτύλιο ονομάζεται *προηγούμενος κόμβος (upstream node)*
  - ▶ αντίθετα, ο υπολογιστής που ακολουθεί ονομάζεται *επόμενος κόμβος (downstream node)*
- Κάθε υπολογιστής υπηρεσίας μπορεί να *μεταδώσει δεδομένα (δηλαδή να λάβει το δικαίωμα εκπομπής)* αφού πρώτα λάβει το κουπόνι
  - ▶ στην περίπτωση αυτή ο υπολογιστής *αφαιρεί (ή δεσμεύει) το κουπόνι*, δηλαδή *το κουπόνι σταματά να μεταδίδεται στο δίκτυο*
  - ▶ το κουπόνι δεσμεύεται μόνο αν υπάρχουν πλαίσια προς μετάδοση, διαφορετικά το κουπόνι προωθείται στον επόμενο κόμβο



## Βασικές αρχές λειτουργίας (2/2)

- Κάθε υπολογιστής υπηρεσίας μπορεί να μεταδώσει δεδομένα (ή να δεσμεύσει το κουπόνι) για **περιορισμένο χρονικό διάστημα**
- Ο υπολογιστής υπηρεσίας **επιστρέφει (ή αποδεσμεύει) το κουπόνι** αφού ολοκληρώσει τη μετάδοση δεδομένων
  - ▶ επιστροφή του κουπονιού σημαίνει ότι το κουπόνι μεταδίδεται ξανά στο δίκτυο
- Το κουπόνι διακινείται **συνεχώς** στο δίκτυο ακόμα και αν κανένας υπολογιστής υπηρεσίας δεν διαθέτει πλαίσια προς αποστολή



# Αξιολόγηση

- Πλεονεκτήματα:
  - ▶ καλή αξιοποίηση του καναλιού εξαιτίας της **εξάλειψης των συγκρούσεων**
  - ▶ **όλοι οι κόμβοι** λαμβάνουν το δικαίωμα εκπομπής ανά τακτά χρονικά διαστήματα
- Μειονεκτήματα:
  - ▶ μέρος του εύρους ζώνης του συνδέσμου **καταναλώνεται για τη μετάδοση του κουπονιού**
  - ▶ η διατήρηση του λογικού δακτυλίου απαιτεί **πολύπλοκες διαδικασίες** όπως:
    - πρόσθεση ενός υπολογιστή υπηρεσίας στο λογικό δακτύλιο
    - αφαίρεση υπολογιστή υπηρεσίας από το λογικό δακτύλιο
    - ανάκτηση του κουπονιού (token recovery) σε περιπτώσεις καταστροφής του κουπονιού



## Είδη πρωτοκόλλων με κουπόνι

- Υπάρχουν διαφορετικά πρωτόκολλα πρόσβασης που χρησιμοποιούν την ιδέα του κουπονιού ανάλογα με:
  - ▶ την τοπολογία του δικτύου
  - ▶ τις ιδιότητες του φυσικού μέσου
- Σημαντικότερα πρότυπα:
  - ▶ Token Bus (IEEE 802.4)
  - ▶ Token Ring (IEEE 802.5)
  - ▶ Fiber Distributed Data Interface (FDDI)





# Διάρθρωση

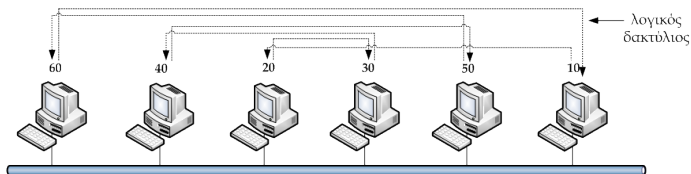
## 1 Δίκτυα με κουπόνι

- Token Bus
- Token Ring
- FDDI



## Αλγόριθμος πρόσβασης (1/2)

- Οι υπολογιστές υπηρεσίας είναι συνδεδεμένοι σε *τοπολογία αρτηρίας* (*bus topology*)
- Ο λογικός δακτύλιος καθορίζεται από τις διευθύνσεις των υπολογιστών υπηρεσίας του δικτύου
  - ▶ οι υπολογιστές υπηρεσίας διατάσσονται στο λογικό δακτύλιο με βάση τη διεύθυνσή τους και σε αύξουσα σειρά
  - ▶ κάθε υπολογιστής υπηρεσίας γνωρίζει τον προηγούμενο και τον επόμενο στον λογικό δακτύλιο

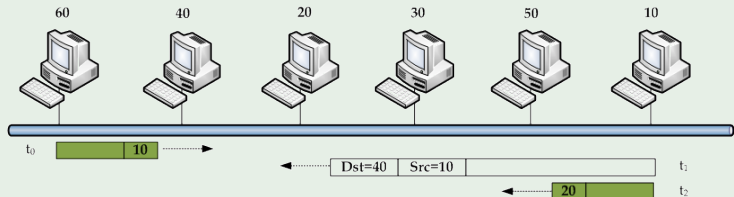


☞ Τα δίκτυα Token Bus προδιαγράφονται στο πρότυπο IEEE 802.4

## Αλγόριθμος πρόσβασης (2/2)

- Ένας υπολογιστής υπηρεσίας που λαμβάνει το κουπόνι μπορεί να μεταδώσει δεδομένα για περιορισμένο χρόνο
  - ▶ μετά την ολοκλήρωση της μετάδοσης των δεδομένων, μεταδίδει το κουπόνι προς τον επόμενο (στο λογικό δακτύλιο) υπολογιστή υπηρεσίας

### Example



# Διάρθρωση

- 1 Δίκτυα με κουπόνι
  - Token Bus
  - Token Ring
  - FDDI



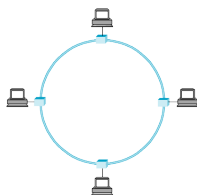
# Εισαγωγή

- Το Token Ring αποτέλεσε σημαντικό πρότυπο για την υλοποίηση τοπικών δικτύων χωρίς ανταγωνισμό
  - ▶ το πρότυπο προτάθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1980 από την IBM (IBM Token Ring)
- Η IEEE έχει εκδώσει το πρότυπο IEEE 802.5 για δίκτυα δακτυλίου με κουπόνι
  - ▶ το πρότυπο είναι σχεδόν πανομοιότυπο με αυτό της IBM
- Το πρότυπο Token Ring δεν χρησιμοποιείται πλέον ευρέως για την κατασκευή δικτύων με δακτύλιο
  - ▶ υπάρχουν νέα και αποδοτικότερα πρότυπα π.χ., το πρότυπο Resilient Packet Ring (RPR) ή IEEE 802.17
  - ▶ ωστόσο, η βασική ιδέα της περιοδικής πρόσβασης των κόμβων εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε πολλά πρότυπα



## Διασύνδεση και διάδοση σήματος (1/2)

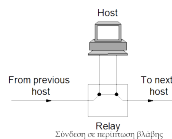
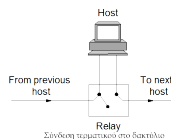
- Οι υπολογιστές υπηρεσίας είναι συνδεδεμένοι σε **τοπολογία δακτυλίου**
  - ▶ ένας **κοινόχρηστος σύνδεσμος** υλοποιεί το δακτύλιο, ενώ οι υπολογιστές συνδέονται πάνω στο δακτύλιο
- Η διάδοση του σήματος γίνεται πάντα **προς μια κατεύθυνση**
  - ▶ όλοι οι υπολογιστές λαμβάνουν τα σήματα που μεταδίδονται στον κοινόχρηστο σύνδεσμο
  - ▶ τα δεδομένα κωδικοποιούνται με **διαφορική κωδικοποίηση Manchester (differential Manchester)**
- Ο **λογικός δακτύλιος** καθορίζεται από τη **σειρά σύνδεσης των τερματικών** πάνω στο σύνδεσμο
  - ▶ οι υπολογιστές μπορούν να δεσμεύσουν το κουπόνι αμέσως μόλις το εντοπίσουν



## Διασύνδεση και διάδοση σήματος (2/2)

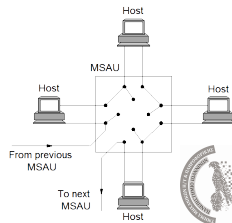
- Ένας υπολογιστής συνδέεται στο σύνδεσμο με τη χρήση ενός ηλεκτρομηχανικού ηλεκτρονόμου (relay)

- η συνδεσμολογία επιτρέπει τη λειτουργία του δακτυλίου σε περίπτωση βλάβης ενός υπολογιστή
- η χρήση ηλεκτρονόμου δεν είναι εφικτή σε οπτικές ίνες



- Μονάδα πρόσβασης πολυσταθμού (multi-station access unit, MSAU)

- επιτρέπει τη σύνδεση περισσότερων υπολογιστών στο ίδιο σημείο του συνδέσμου
- σε περιπτώσεις βλάβης η επικοινωνία αποκαθίσταται και πάλι με τη χρήση relays
- η MSAU διευκολύνει τη σύνδεση και αποσύνδεση νέων υπολογιστών χωρίς τη μεταβολή του μήκους του συνδέσμου



## Μηχανισμός πρόσβασης (1/2)

- Ένας υπολογιστής υπηρεσίας που λαμβάνει το κουπόνι **μπορεί να το δεσμεύσει** και να μεταδώσει πλαίσια δεδομένων
  - ▶ κάθε πλαίσιο περιέχει τη διεύθυνση του υπολογιστή που πρέπει να το παραλάβει (διεύθυνση παραλήπτη)
  - ▶ είναι δυνατή η χρήση διευθύνσεων **πολυεκπομπής (multicast)** ή **ευρείας εκπομπής (broadcast)**
- Η μετάδοση πλαισίων δεδομένων γίνεται για περιορισμένο χρόνο που ονομάζεται **χρόνος κατοχής κουπονιού (Token Holding Time, THT)**
  - ▶ συνολικά μπορούν να μεταδοθούν  $k = \lfloor \frac{THT}{t_{fr}} \rfloor$  πλαίσια,  $t_{fr}$ : ο χρόνος μετάδοσης ενός πλαισίου

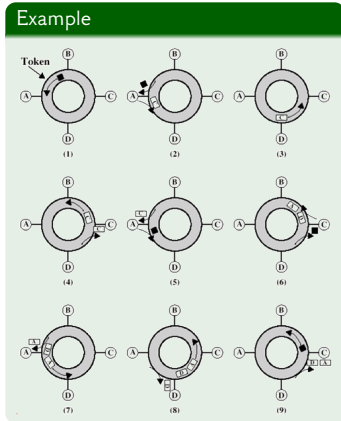
⇒ Οι διευθύνσεις που χρησιμοποιούνται είναι της ίδιας μορφής όπως και στα δίκτυα IEEE 802.3 (έχουν μέγεθος 48 bit)





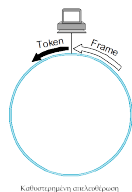
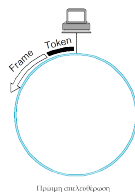
## Μηχανισμός πρόσβασης (2/2)

- Κάθε υπολογιστής, καθώς λαμβάνει όλα τα πλαίσια που μεταδίδονται στο δακτύλιο:
  - ▶ αντιγράφει κάθε πλαίσιο για το οποίο είναι παραλήπτης αλλά **δεν το αποσύρει** από το δακτύλιο
  - ▶ δεν επεμβαίνει στα πλαίσια για τα οποία δεν είναι παραλήπτης
- Ο αποστολέας ενός πλαισίου **είναι υπεύθυνος για να αποσύρει το πλαίσιο από το δακτύλιο** όταν αυτό επιστρέφει μετά την περιστροφή στον δακτύλιο



## Πρώιμη vs καθυστερημένη απελευθέρωση

- Υπάρχουν δύο επιλογές για την επιστροφή του κουπονιού στο δακτύλιο από έναν υπολογιστή υπηρεσίας
- Καθυστερημένη απελευθέρωση (delayed release) ή Release After Receipt, RAR
  - ο κόμβος επαναφέρει το κουπόνι αμέσως μετά τη λήψη του(ων) πλαισίου(ων) δεδομένων που μετέδωσε
  - η τεχνική επιτρέπει την μετάδοση των πλαισίων με την ορθή σειρά
- Πρώιμη απελευθέρωση (early release) ή Release After Transmit, RAT
  - ο κόμβος επαναφέρει το κουπόνι αμέσως μετά τη μετάδοση του(ων) πλαισίου(ων) δεδομένων
  - η τεχνική αυξάνει τη ρυθμαπόδοση στο δίκτυο



➤ Στο IEEE 802.5 ως προεπιλογή χρησιμοποιείται η *καθυστερημένη απελευθέρωση*

## Αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων

- Το πρωτόκολλο μπορεί να υποστηρίξει την αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων
- Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται δύο bit (A και C bits) στο επίμετρο ενός πλαισίου
  - ▶ αρχικά και τα δύο bit έχουν την τιμή 0
- Ο υπολογιστής παραλήπτης θέτει το bit A στην τιμή 1 αν ανιχνεύσει το πλαίσιο και το bit C στην τιμή 1 αν καταφέρει να αντιγράψει το πλαίσιο
- Ο αποστολέας μπορεί ανάλογα με τις τιμές των bit A και C να:
  - ▶ καταλάβει ότι ο παραλήπτης δεν είναι ενεργός (A=0)
  - ▶ επαναλάβει τη μετάδοση του πλαισίου καθώς ο παραλήπτης δεν μπόρεσε να το αντιγράψει (A=1,C=0)



# Απόδοση (1/2)

## Παράμετροι

- ❑  $t_{fr}$ : χρόνος μετάδοσης ενός πλαισίου
- ❑  $l_{fr}$ : μέγεθος ενός πλαισίου σε bit
- ❑  $t_{token}$ : χρόνος μετάδοσης του κουπονιού
- ❑  $t_{ring}^{pr}$ : χρόνος διάδοσης στο δακτύλιο
- ❑  $N$ : πλήθος κόμβων στο δακτύλιο
- ❑  $k$ : πλήθος πλαισίου που μπορούν να μεταδοθούν σε χρόνο THT,  $k = \lfloor \frac{THT}{t_{fr}} \rfloor$

- Μέγιστη ρυθμαπόδοση:

$$R_{RAT} = \frac{N \cdot k \cdot l_{fr}}{N \cdot (k \cdot t_{fr} + t_{token}) + t_{ring}^{pr}}$$

$$R_{RAR} = \frac{N \cdot k \cdot l_{fr}}{N \cdot (k \cdot t_{fr} + t_{token} + t_{ring}^{pr}) + t_{ring}^{pr}}$$

- Μέγιστη καθυστέρηση μεταξύ διαδοχικών λήψεων του κουπονιού:

$$d_{RAT}^{max} = N(k t_{fr} + t_{token}) + t_{ring}^{pr}$$

$$d_{RAR}^{max} = N(k t_{fr} + t_{token} + t_{ring}^{pr}) + t_{ring}^{pr}$$



## Απόδοση (2/2)

- Η πρώιμη απελευθέρωση είναι πιο αποδοτική από την καθυστερημένη απελευθέρωση:

$$R_{RAT} > R_{RAR}$$

- Η ρυθμαπόδοση αυξάνεται για μεγάλο ΤΗΤ ( $k \cdot t_{fr} \gg t_{ring}^{pr}$ )

$$R_{RAT} \approx R_{RAR} \stackrel{k \cdot t_{fr} \gg t_{ring}^{pr}}{\approx} \frac{N \cdot k \cdot l_{fr}}{N \cdot (k \cdot t_{fr} + t_{token})}$$

- ▶ ωστόσο, η καθυστέρηση για τη λήψη του δικαιώματος εκπομπής αυξάνεται
- Αντίθετα, η ρυθμαπόδοση μειώνεται όταν η καθυστέρηση διάδοσης δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα:
  - ▶ όταν κάθε κόμβος δεν μπορεί να μεταδώσει πολλά πλαίσια κάθε φορά που λαμβάνει το κουπόνι
  - ▶ όταν ο δακτύλιος είναι μεγάλος
  - ▶ όταν το εύρος ζώνης του συνδέσμου είναι μεγάλο



## Συντήρηση δακτυλίου (1/2)

- Για τη συνεπή λειτουργία του δικτύου είναι απαραίτητο ένας από τους κόμβους να λειτουργεί ως **ελεγκτής (monitor)**
- Η εκλογή του ελεγκτή γίνεται με **κατανεμημένο τρόπο**
  - ▶ κάθε ελεγκτής μεταδίδει περιοδικά ένα ειδικό **μήνυμα ελέγχου** που πιστοποιεί την ύπαρξή του
  - ▶ κάθε κόμβος που δεν θα λάβει για **αρκετό χρονικό διάστημα** το μήνυμα ελέγχου μπορεί να ζητήσει να γίνει ο νέος ελεγκτής με την αποστολή ενός πλαισίου που ονομάζεται **"αίτημα κουπονιού"**
    - αν ο κόμβος λάβει το "αίτημα κουπονιού" που απέστειλε τότε μπορεί να γίνει ο νέος ελεγκτής
    - αν λάβει ένα "αίτημα κουπονιού" από άλλο κόμβο τότε νέος ελεγκτής γίνεται ο κόμβος με τη μεγαλύτερη διεύθυνση



## Συντήρηση δακτυλίου (2/2)

- Οι περιπτώσεις δυσλειτουργίας που αντιμετωπίζει ένας ελεγκτής είναι:
  - ▶ **απώλεια κουπονιού**: αλλοίωση του κουπονιού από σφάλματα ή καταστροφή του κόμβου που το είχε δεσμεύσει
  - ▶ **δημιουργία ορφανών πλαισίων**: πλαίσια τα οποία δεν αποσύρθηκαν από το δακτύλιο γιατί κατέρρευσε ο κόμβος που τα μετέδωσε
- Απώλεια κουπονιού:
  - ▶ αν ο ελεγκτής δεν εντοπίσει το κουπόνι για χρόνο  $d_{RAR}^{max}$  (ή  $d_{RAT}^{max}$ ), επαναφέρει το κουπόνι στο δίκτυο
- Ορφανά πλαίσια:
  - ▶ κάθε πλαίσιο περιέχει ένα bit ( $M$ ) στην κεφαλίδα του, το οποίο αρχικά έχει τιμή 0
  - ▶ την πρώτη φορά που το πλαίσιο περνά από τον ελεγκτή, το πεδίο  $M$  λαμβάνει την τιμή 1
  - ▶ αν ο ελεγκτής εντοπίσει ένα πλαίσιο με  $M = 1$  τότε αποσύρει το πλαίσιο από το δακτύλιο



## Πλαισίωση (1/2)

- Κάθε πλαίσιο αποτελείται από:
  - τους οριοθέτες αρχής (Start Delimiter, SD) και τέλους (End Delimiter, ED), 1 byte έκαστος: δηλώνουν την έναρξη και τη λήξη του πλαισίου και περιλαμβάνουν χαρακτήρες που δεν χρησιμοποιούνται από την κωδικοποίηση του φυσικού επιπέδου
  - το πεδίο ελέγχου πρόσβασης (Access Control, AC), 1 byte: περιέχει τα bit προτεραιότητας  $P$  και  $R$ , το bit  $M$  καθώς και ένα bit ( $T$ ) που έχει την τιμή 1 σε ένα κουπόνι και την τιμή 0 σε ένα πλαίσιο δεδομένων
  - το πεδίο ελέγχου πλαισίου (Frame Control, FC), 1 byte: χρησιμοποιείται ως κλειδί αποπολύπλεξης αλλά και για να δηλώσει αν το παρόν πλαίσιο μεταφέρει δεδομένα ή είναι πλαίσιο ελέγχου (*control frame*)

8	8	8	48	48	Variable	32	8	8
Start Deimiter	Access Control	Frame Control	Dst address	Src address	Payload or Body	Checksum	End Delimiter	Frame Status





## Πλαισίωση (2/2)

- Κάθε πλαίσιο αποτελείται από:
  - ▶ δύο πεδία διευθύνσεων, 6 bytes: χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της διεύθυνσης του παραλήπτη και του αποστολέα
  - ▶ το ωφέλιμο φορτίο (payload ή body), μεταβλητού μεγέθους: περιέχει τα δεδομένα
  - ▶ το πεδίο Checksum, 4 bytes: χρησιμοποιείται για την ανίχνευση σφαλμάτων
  - ▶ το πεδίο κατάστασης ελέγχου (Frame Status, FS), 1 byte: περιέχει τα bit A και C που χρησιμοποιούνται για την αξιόπιστη μετάδοση των πλαισίων



# Διάρθρωση

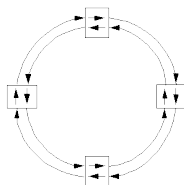
- 1 Δίκτυα με κουπόνι
  - Token Bus
  - Token Ring
  - FDDI



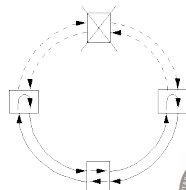
# Εισαγωγή

- Το πρότυπο FDDI προδιαγράφει τη λειτουργία δακτυλίων με κουπόνι με τη χρήση **οπτικών ινών**
  - ▶ έχει κοινά στοιχεία αλλά και σημαντικές διαφορές με το πρότυπο IEEE 802.5
- Το εύρος ζώνης του δικτύου είναι 100 Mbps
- Τα τερματικά συνδέονται σε δύο δακτύλιους
  - ▶ το σήμα μεταδίδεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις στους δύο δακτύλιους

- ▶ σε κανονική λειτουργία μόνο ο ένας δακτύλιος χρησιμοποιείται
- ▶ σε περίπτωση κατάρρευσης ενός κόμβου οι δύο δακτύλιοι σχηματίζουν ένα νέο



Σύνδεση σε κανονική λειτουργία



Σύνδεση σε περίπτωση οφάλματος



## Χρόνος περιστροφής του κουπονιού (1/2)

- Το πρότυπο ορίζει ένα χρόνο περιστροφής του κουπονιού (Token Rotation Time, TRT)
  - ▶ αντιπροσωπεύει το χρόνο στον οποίο είναι επιθυμητό κάθε κόμβος του δικτύου να λαμβάνει το δικαίωμα εκπομπής
- Κάθε κόμβος  $v$  διατηρεί μια εκτίμηση του χρόνου  $TRT$ 
  - ▶ Αν ένας κόμβος  $v$  δεν λάβει το κουπόνι σε χρόνο  $TRT$  καταλαβαίνει ότι το κουπόνι έχει χαθεί
- Οι κόμβοι συμφωνούν με καταναμημένο τρόπο για τον χρόνο  $TRT$



## Χρόνος περιστροφής του κουπονιού (2/2)

- Κάθε κόμβος  $v$  έχει μια επιθυμητή τιμή  $TRT_v$
- Κατά την έναρξη λειτουργίας ή όταν ανιχνευθεί απώλεια του κουπονιού ένας κόμβος  $v$  μπορεί να στείλει ένα "αίτημα κουπονιού" που περιέχει το  $TRT_v$
- Κάθε κόμβους  $u$  που λαμβάνει ένα "αίτημα κουπονιού"
  - ▶ αντικαθιστά το αίτημα αν ο χρόνος  $TRT_u$  είναι μικρότερος από αυτόν που υπάρχει στο αίτημα
  - ▶ σε αντίθετη περίπτωση ανανεώνει την τοπική τιμή που διατηρεί για το  $TRT$  με την τιμή που υπάρχει στο αίτημα
- Ο κόμβος που θα λάβει το αίτημα το οποίο δημιούργησε μπορεί να επαναφέρει το κουπόνι στο δίκτυο



## Μηχανισμός πρόσβασης (1/2)

- Ο μηχανισμός πρόσβασης του FDDI είναι παρόμοιος με τον μηχανισμό του IEEE 802.5
- Το πρότυπο διακρίνει δύο είδη πλαισίων
  - ▶ **σύγχρονα (synchronous)**: πλαίσια που μεταφέρουν δεδομένα ευαίσθητα στην καθυστέρηση ή την παραμόρφωση χρονισμού (*jitter*)
  - ▶ **ασύγχρονα (asynchronous)**: πλαίσια που μεταφέρουν δεδομένα χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις
- Κάθε κόμβος  $v$  μπορεί να μεταδίδει σύγχρονα δεδομένα για χρόνο  $THT_v$ 
  - ▶ ο χρόνος  $THT_v$  μπορεί να είναι διαφορετικός σε κάθε κόμβο
  - ▶ οι χρόνοι  $THT_v$ ,  $\forall v$  πρέπει να είναι τέτοιοι ώστε να μην ξεπερνιέται ο χρόνος  $TRT$



## Μηχανισμός πρόσβασης (2/2)

- Το πρότυπο επιτρέπει τη **δυναμική ανάθεση** ενός τμήματος του εύρους ζώνης
- Ένας κόμβος  $v$  μπορεί να μεταδίδει ασύγχρονα δεδομένα για χρόνο  $TRT - mTRT_v$  αν  $mTRT_v < TRT$ 
  - ▶  $mTRT_v$ : ο χρόνος που μεσολάβησε από την προηγούμενη λήψη του κουπονιού
- Για την επιστροφή του κουπονιού στο δακτύλιο ακολουθείται η τεχνική RAT (πρώιμη απελευθέρωση)
  - ▶ η τεχνική RAR υποβαθμίζει σημαντικά τη ρυθμαπόδοση εξαιτίας του μεγάλου εύρους ζώνης
  - ▶ η πιθανότητα αλλοίωσης των πλαισίων είναι μικρή και επομένως η πιθανότητα παράδοσης των πλαισίων "εν σειρά" είναι μεγάλη

