

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΜΟΝΗΣ (Queuing Systems)

Εισαγωγή

Καθηγητής Συμεών Παπαβασιλείου

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής & Συστημάτων Πληροφορικής

(E-mail: papavass@mail.ntua.gr Τηλ: 210 772-2550
Γραφείο: B.3.15 Νέο Κτίριο Ηλεκτρολόγων)

Γενικά στοιχεία του μαθήματος

Προγραμματισμός Διαλέξεων & Εργαστηρίων

Διαλέξεις: κάθε Πέμπτη, 08:45-10:30, Αμφ. 5.

Έναρξη: Πέμπτη, 3 Μαρτίου 2022

Εργαστήριο: Μετά τις 2-3 πρώτες εβδομάδες μαθήματος, κάθε Δευτέρα, 10:45-12:30 ή/και 12:45-14:30

Μέθοδοι αξιολόγησης:

Ο βαθμός μαθήματος θα προκύψει από το βαθμό του εργαστηρίου (30%) και το βαθμό της εξέτασης στο «θεωρητικό» μέρος του μαθήματος (70%).

Βιβλιογραφία

- [1] Α.-Γ. Σταφυλοπάτης και Γ. Σιόλας, "Ανάλυση Επίδοσης Υπολογιστικών Συστημάτων: Αναλυτικά Μοντέλα, Προσομοίωση, Μετρήσεις", Kallipos Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα & Βοηθήματα, 2015

<https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/6055/4/master-%CE%9A%CE%9F%CE%A5.pdf>

- [2] Thomas G. Robertazzi, "Computer Networks and Systems: Queuing Theory and Performance Evaluation", Springer-Verlag, 2012.

http://mycourses.ntua.gr/course_description/index.php?cidReq=ECE1045

ΘΕΜΑΤΟΛΟΓΙΑ-ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ (1/2)

1. Εισαγωγή

- Περιεχόμενα
- Γενική Περιγραφή Συστημάτων Αναμονής
- Τεχνικές Μελέτης & Αξιολόγησης Επίδοσης Συστημάτων Αναμονής
- Μοντέλα Τηλεπικοινωνιακών & Υπολογιστικών Συστημάτων

2. Εισαγωγή στη Θεωρία Ουρών.

- Χαρακτηριστικά & Παράμετροι Συστημάτων Αναμονής
- Μήκος Ουράς, Χρόνος Καθυστέρησης
- Νόμος Little

3. Γνώσεις από Θεωρία Πιθανοτήτων

- Εκθετική Κατανομή
- Κατανομή Poisson
- Ιδιότητα Απώλειας Μνήμης (Markov)
- Στοχαστικές Ανεξίξεις

4. Μοντέλο Γεννήσεων - Θανάτων (Birth - Death Processes)

5. Συστήματα Markov και Εξισώσεις Ισορροπίας

- Ανάλυση απλών ουρών M/M/1

ΘΕΜΑΤΟΛΟΓΙΑ-ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ (2/2)

6. Άλλες ουρές Markov

- Μεταβάσεις Εξαρτώμενες από την Κατάσταση
- Ουρές με Απώλειες (M/M/1/N)
- Ουρές με Πολλαπλούς Εξυπηρετητές: M/M/m, M/M/m/K, M/M/m/m (Erlang – B)

7. Προσομοίωση Απλών Συστημάτων Αναμονής

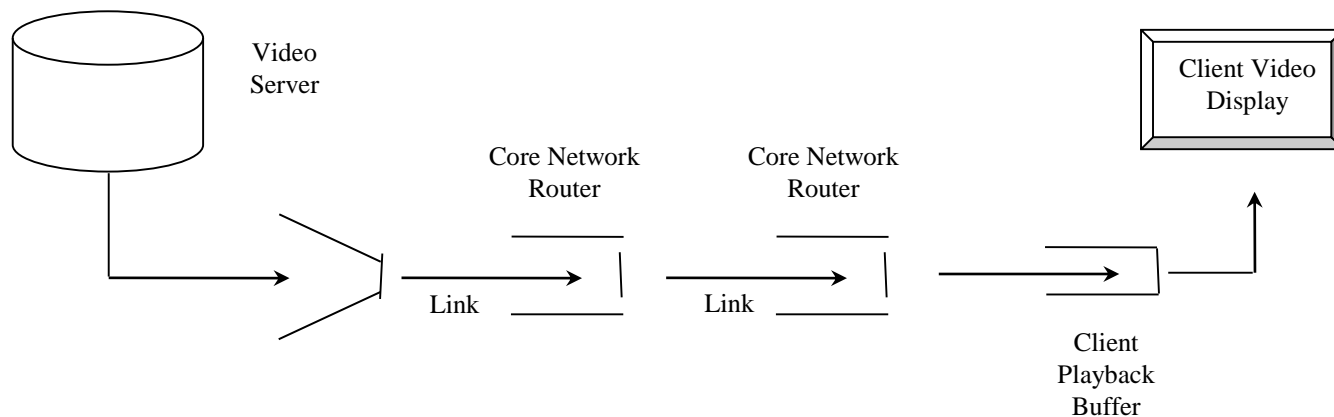
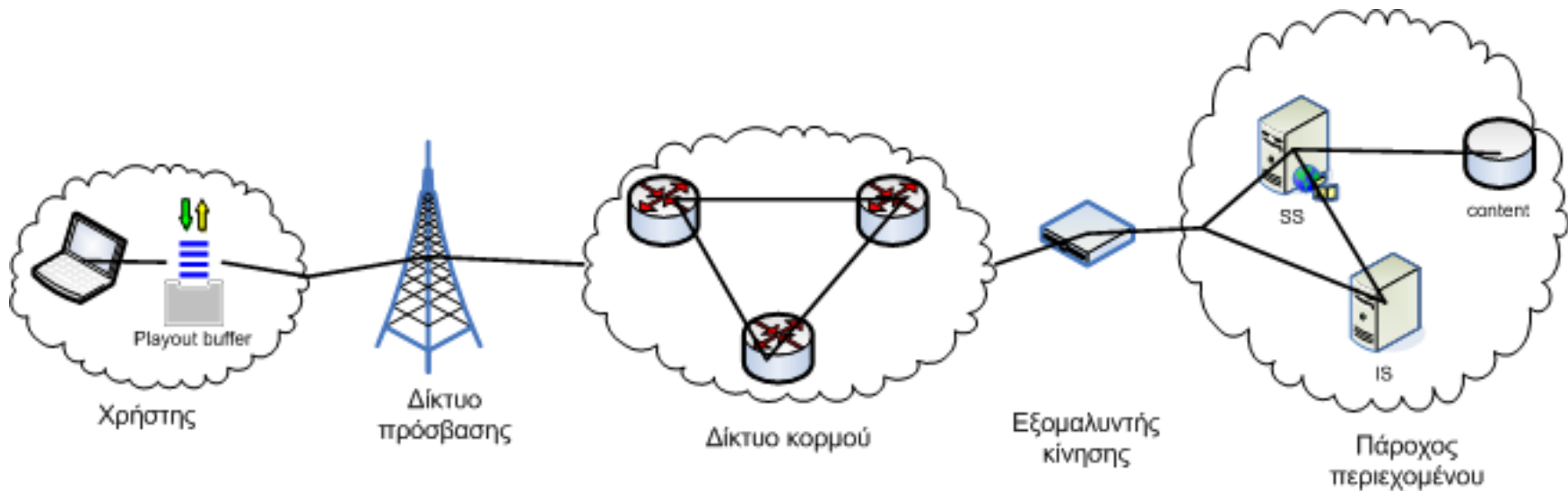
8. Ανοικτά και Κλειστά Δίκτυα Ουρών

9. Ουρές με μη Εκθετική Εξυπηρέτηση – M/G/1

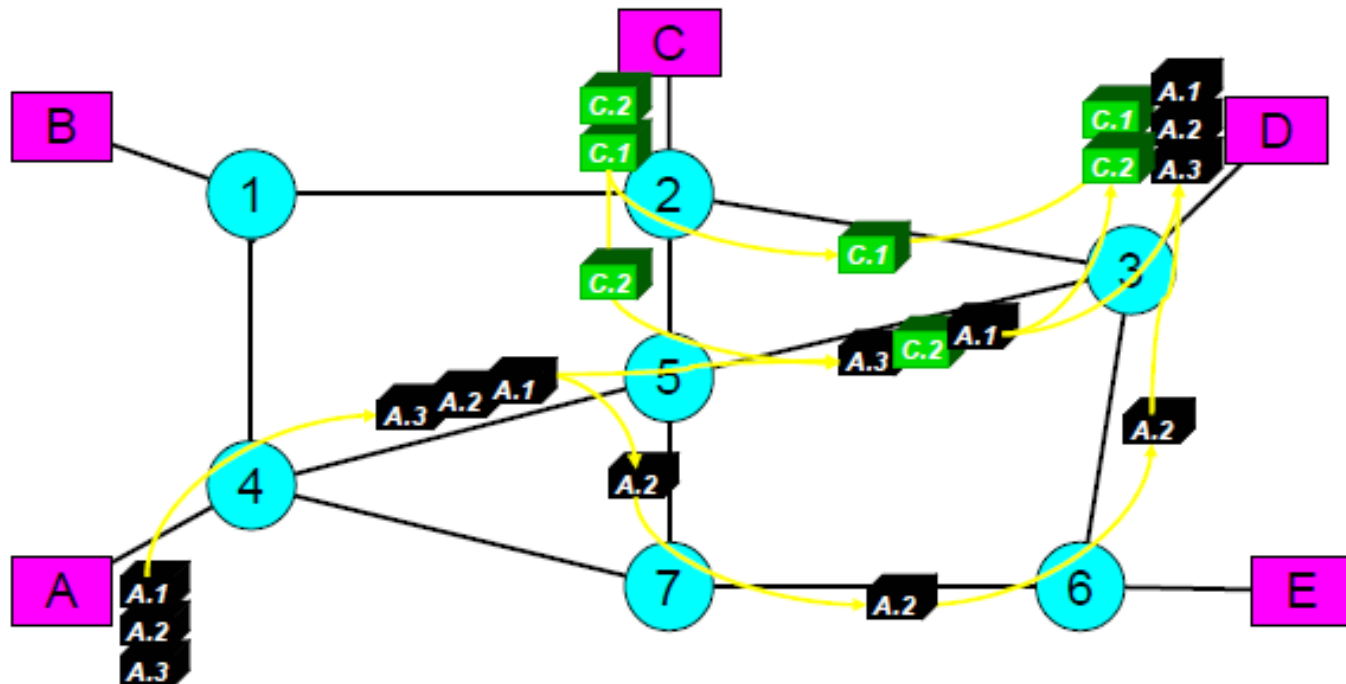
10. Παραδείγματα & Εφαρμογές

- Ανάλυση Υπολογιστικών Συστημάτων
- Ανάλυση & Σχεδίαση Τηλεφωνικών Κέντρων
- Ανάλυση Δικτύων Internet & Ανάλυση Συστημάτων Πολυμέσων

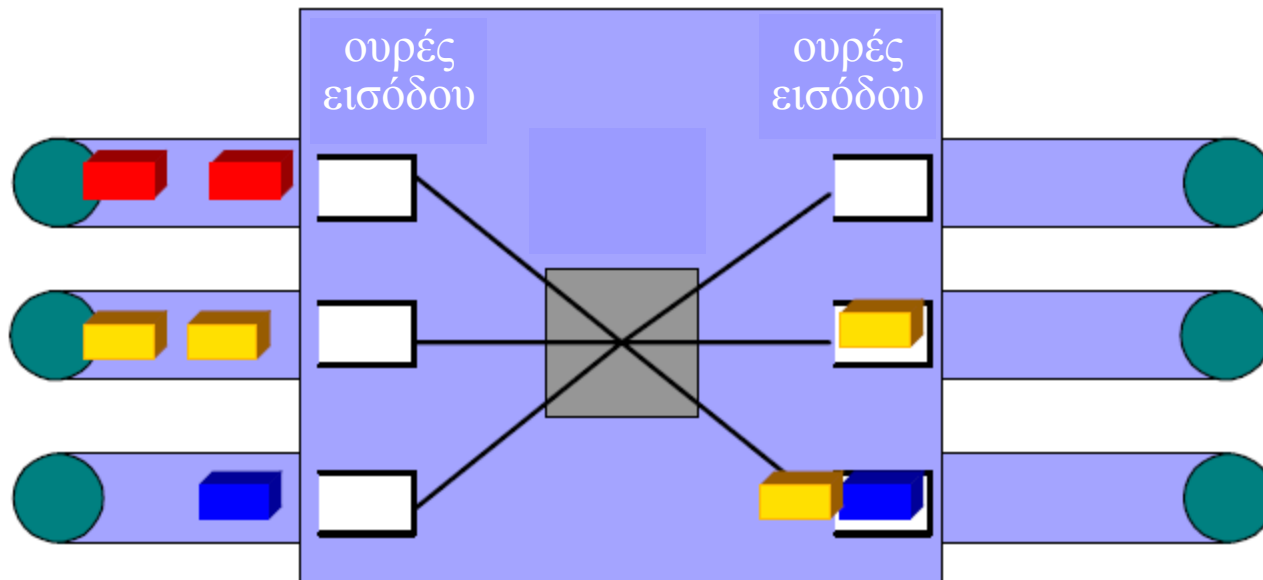
Δομή συστήματος παροχής υπηρεσιών πολυμέσων



Μεταγωγή αυτοδύναμων πακέτων



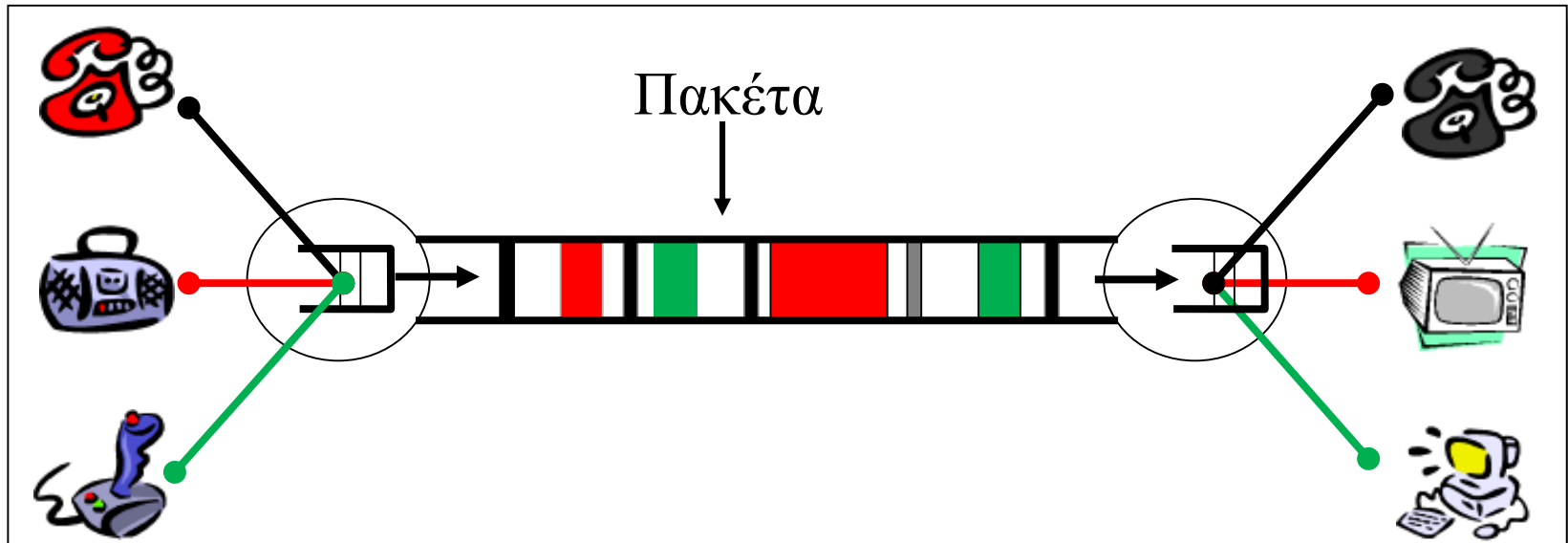
Μεταγωγέας πακέτου



Μεταγωγέας πακέτου

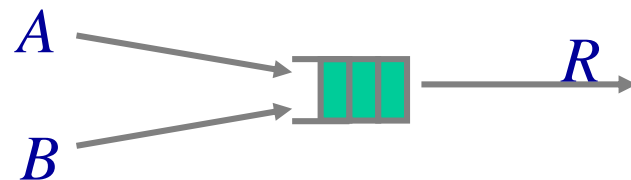
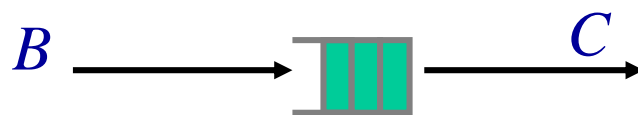
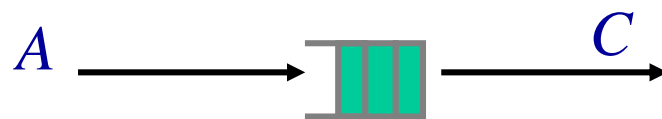
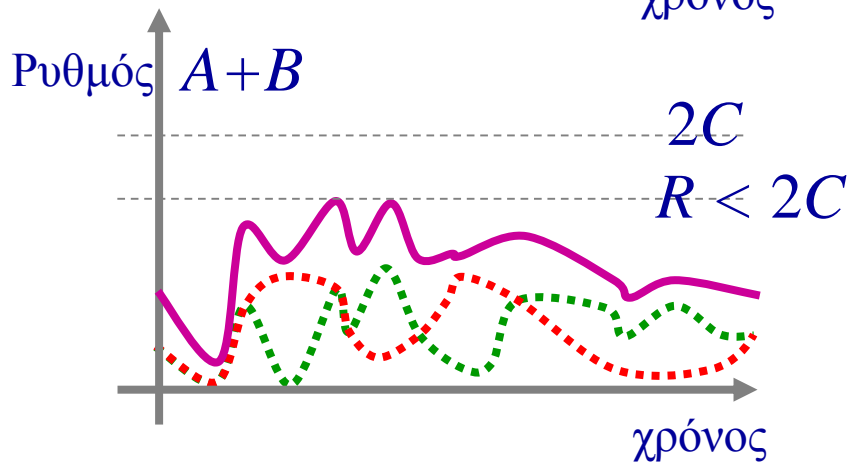
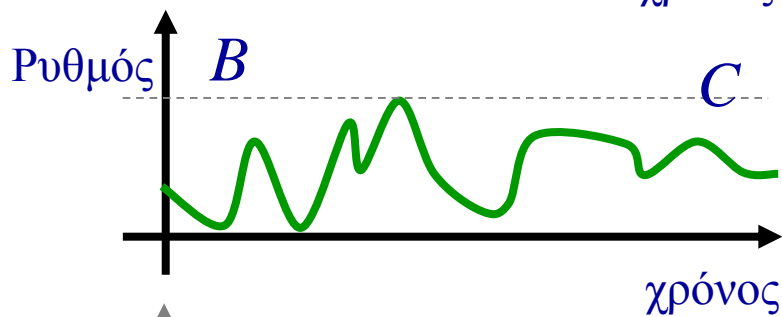
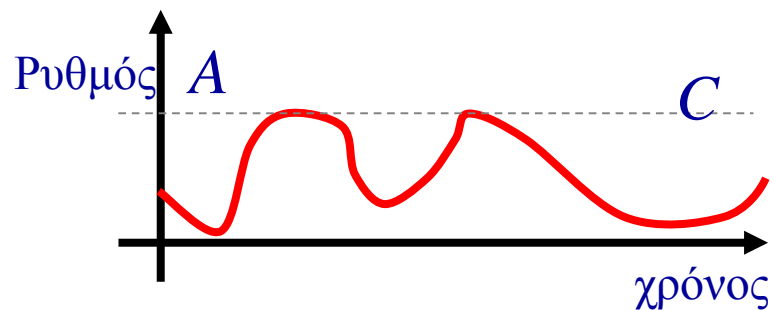
- Μεταφέρει πακέτα από τις ζεύξεις εισόδου στις ζεύξεις εξόδου.
- Υπάρχουν καθυστερήσεις αναμονής.

Μεταγωγή πακέτου – στατιστική πολυπλεξία



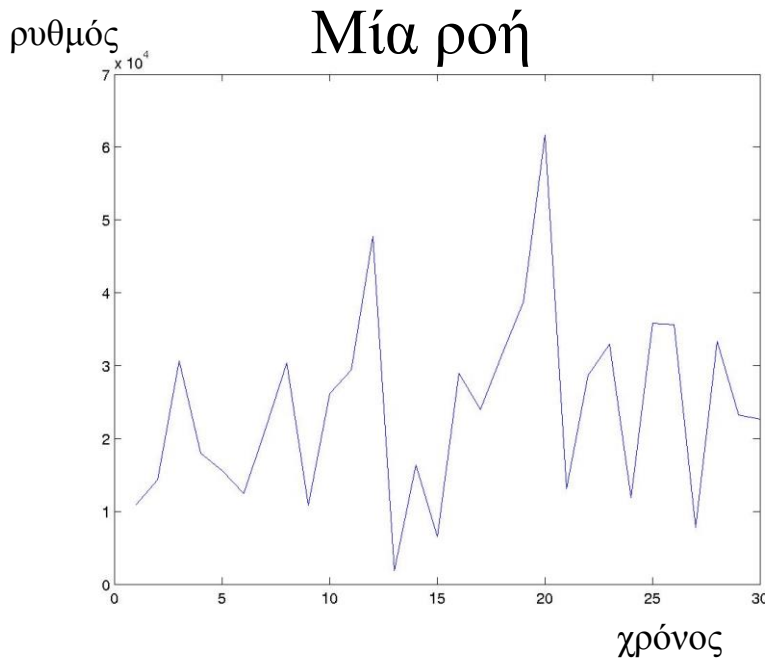
- Όταν εισέρχονται πολλές ροές στην ίδια ζεύξη, ο κόμβος μεταγωγής κρίνει ποια είσοδος θα εξυπηρετηθεί.
- Κάθε πακέτο οδεύει ανεξάρτητα στη ζεύξη.
- Δεν δεσμεύονται πόροι στη ζεύξη εκ των προτέρων. Η μεταγωγή πακέτου εκμεταλλεύεται τη στατιστική πολυπλεξία.

Στατιστική πολυπλεξία (1/3)

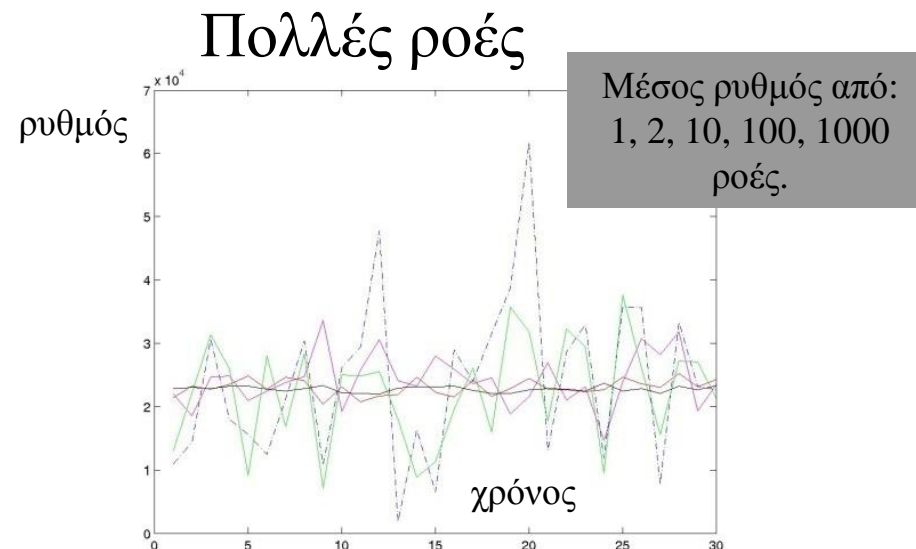
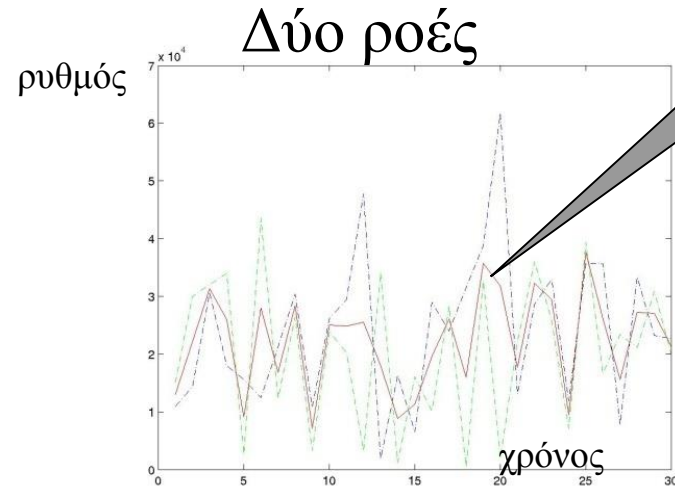


Κέρδος στατιστικής
πολυπλεξίας = $2C/R$

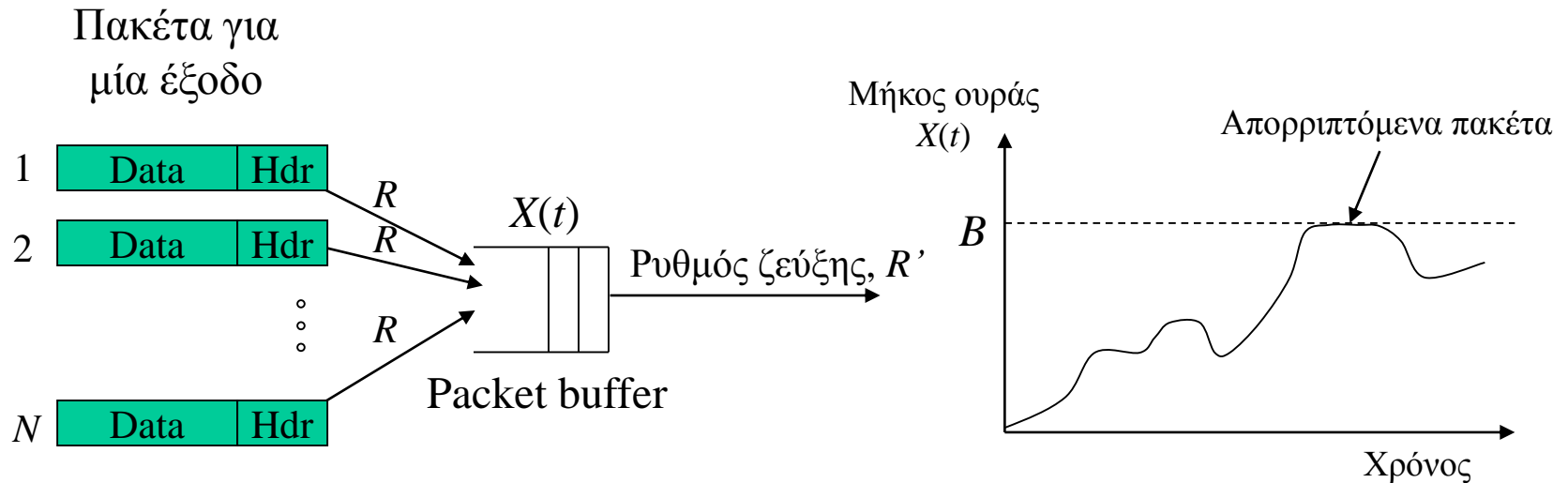
Στατιστική πολυπλεξία (2/3)



- ❖ Όταν η κίνηση είναι εκρηκτική, ο ρυθμός αλλάζει συχνά.
- ❖ Τα μέγιστα από διαφορετικές ροές εμφανίζονται γενικά ετεροχρονισμένα.
- ❖ Αποτέλεσμα: οι πολλές ροές έχουν ομαλότερη κίνηση.



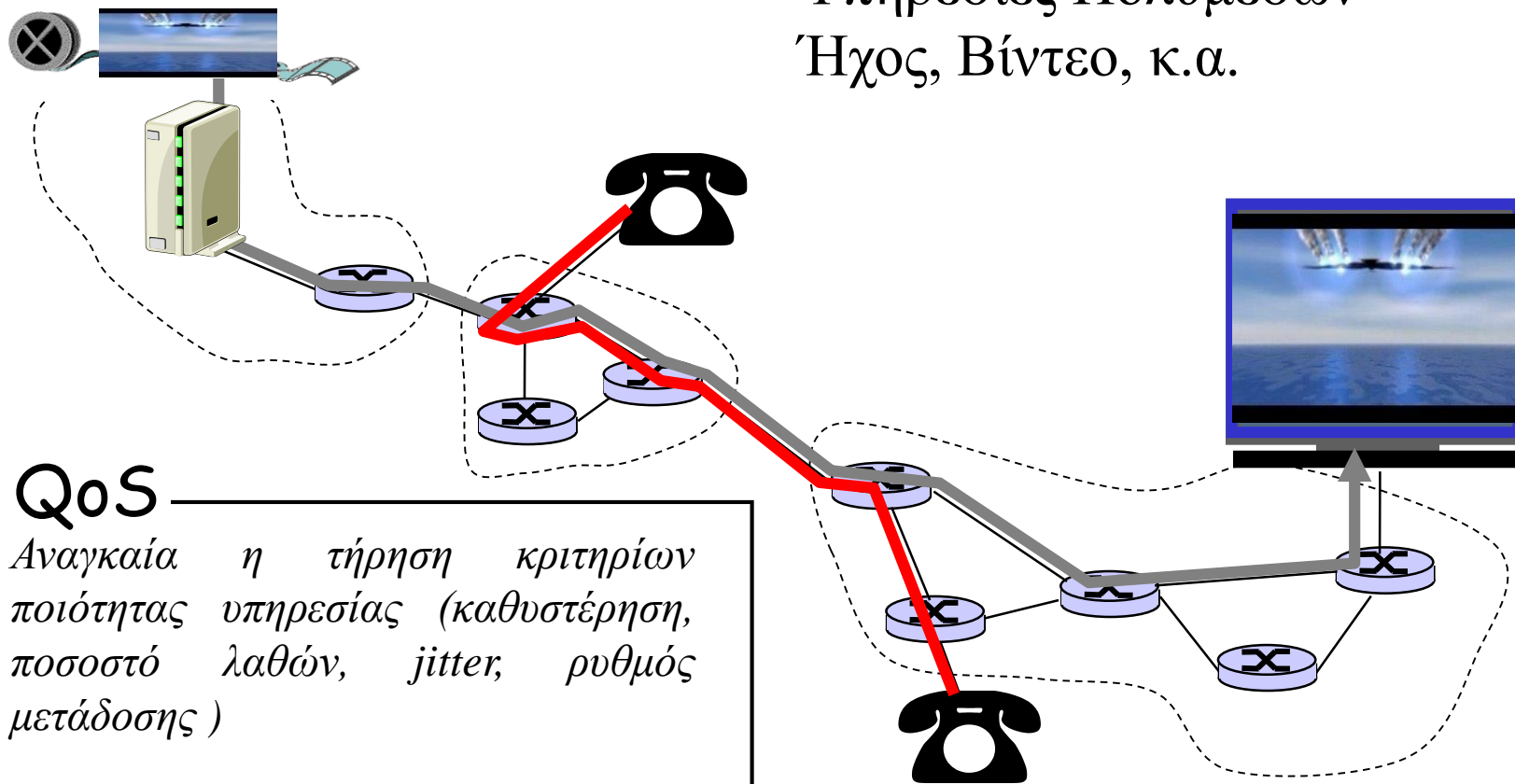
Στατιστική πολυπλεξία (3/3)



- Επειδή το buffer απορροφά τις εκρήξεις, η ζεύξη εξόδου δεν χρειάζεται να λειτουργεί με ρυθμό $N \times R$.
- Αλλά το buffer έχει πεπερασμένο μήκος B , οπότε θα υπάρχουν απώλειες.

Ποιότητα Υπηρεσίας (Quality of Service - QoS)

Υπηρεσίες Πολυμέσων
Ήχος, Βίντεο, κ.α.



QoS

Αναγκαία η τήρηση κριτηρίων ποιότητας υπηρεσίας (καθυστέρηση, ποσοστό λαθών, jitter, ρυθμός μετάδοσης)

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ

(End-to-End User QoS Requirements for Real-time Services)

Medium	Application	Degree of symmetry	Key performance parameters and values		
			One-way Delay	Delay variation	Information loss
Audio	Conversational voice	Two-way	<150 msec preferred <400 msec limit	< 1 msec	< 3% PLR †
Audio	Voice messaging	Primarily one-way	< 1 sec for playback < 2 sec for record	< 1 msec‡	< 3% PLR
Audio	High quality streaming audio	Primarily one-way	< 10 sec	< 1 msec‡	< 1% PLR
Video	Videophone	Two-way	< 150 msec preferred <400 msec		< 1% PLR
Video	One-way	One-way	< 10 sec		< 1% PLR
Data	Telemetry - two-way control	Two-way	< 250 msec	N.A	Zero

Typical QoS parameters

- ✓ Bandwidth: the data rate
- ✓ Delay: the latency of transmission
- ✓ Delay jitter: the variation in delay
- ✓ Loss ratio

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ

(End-to-End User QoS Requirements for Non Real-time Services)

Medium	Application	Degree of symmetry	Customer Demand *	Key Performance parameters		
				One-way delay	Delay variation	Information loss
Data	Fax (real-time)	Primarily one-way	Med	< 30 sec /page	N.A	<10-6 BER
Data	Fax (store & forward)	Primarily one-way	Med	Can be several minutes	N.A.	<10-6 BER
Data	Email (server to server transfer)	One-way	High	Can be several minutes	N.A	Zero
Data	Transaction services – lower priority	Primarily one-way? Two-way?	Med	< 30sec	N.A	Zero

Typical QoS parameters

- ✓ Bandwidth: the data rate
- ✓ Delay: the latency of transmission
- ✓ Delay jitter: the variation in delay
- ✓ Loss ratio

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ

