



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Θεωρία Τηλεπικοινωνιακής Κίνησης & Συστήματα Αναμονής

Ενότητα 1: Εισαγωγή

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Σκοποί ενότητας

- Περιγραφή των σκοπών της Θεωρίας Τηλεπικοινωνιακής Κινήσεως
- Περιγραφή της φύσης της τηλεπικοινωνιακής κινήσεως
- Επεξήγηση των εννοιών «συμφόρηση της τηλεπικοινωνιακής κινήσεως» και «βαθμός εξυπηρέτησης»
- Επεξήγηση του βασικού προβλήματος διαστασιολόγησης ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος
- Επεξήγηση της έννοιας του φορτίου κίνησης και των ιδιοτήτων αυτού



Περιεχόμενα ενότητας

- Σκοποί της Θεωρίας Τηλεπικοινωνιακής Κινήσεως (ΘΤΚ)
- Παραδείγματα εφαρμογής της ΘΤΚ
- Η φύση της τηλεπικοινωνιακής κινήσεως
- Συμφόρηση της τηλεπικοινωνιακής κινήσεως
- Βαθμός εξυπηρέτησης
- Το βασικό πρόβλημα των Τηλεπικοινωνιών
- Ορισμός φορτίου κίνησης και ιδιότητες αυτού
- Παραδείγματα



Θεωρίας Τηλεπικοινωνιακής Κινήσεως & Συστήματα Αναμονής

- Θεωρία συμφόρησης – **Congestion Theory**
- Θεωρία στοχαστικών συστημάτων εξυπηρέτησης – **Theory of stochastic service systems**
- Θεωρία ουρών – **Queuing Theory**
- Θεωρία μαζικής εξυπηρέτησης – **Mass service Theory**
- Επιχειρησιακή Έρευνα – **Operation Research**
- Εφαρμοσμένη πιθανοθεωρία – **Applied Probability Theory**
- Θεωρία Τηλεπικοινωνιακής Κινήσεως – **Teletraffic Theory**



Σκοποί της Θεωρίας Τηλεπικοινωνιακής Κινήσεως (ΘΤΚ) (1)

Η ΘΤΚ αποτελεί την μαθηματική βάση για:

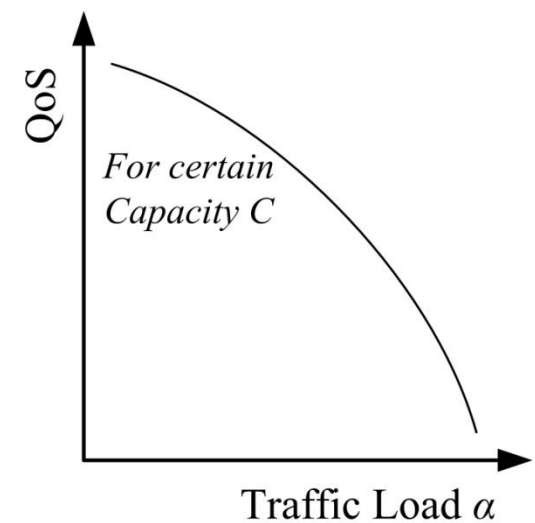
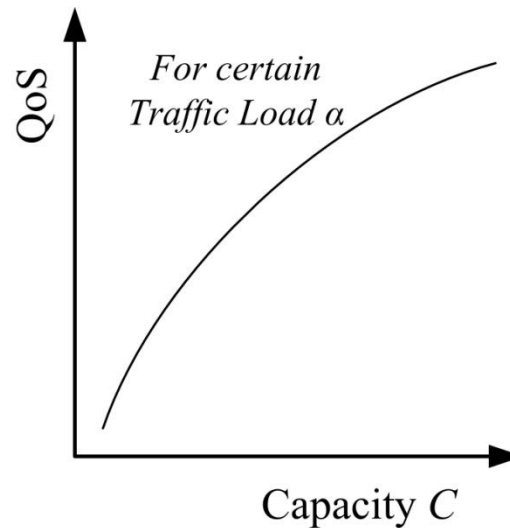
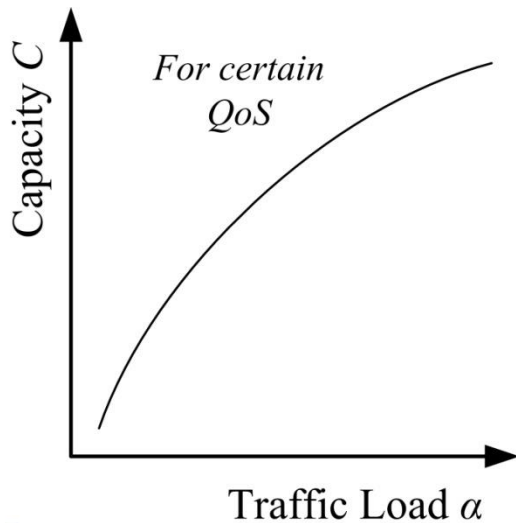
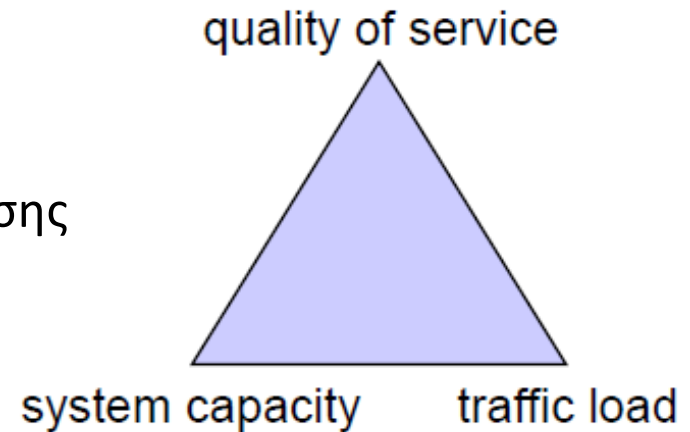
- 1) τον βέλτιστο σχεδιασμό τηλεπικοινωνιακών δικτύων ώστε να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές ποιότητας εξυπηρέτησης (Quality of Service – QoS).
- 2) την αξιολόγηση της λειτουργίας του δικτύου.



Σκοποί της Θεωρίας Τηλεπικοινωνιακής Κινήσεως (ΘΤΚ) (2)

Εύρεση σχέσεων που συνδέουν:

- Την χωρητικότητα του συστήματος (**system capacity**)
- Την προσφερομένη ποιότητα εξυπηρέτησης (**quality of service - QoS**)
- Το φορτίο κίνησης (**traffic load**)



Ανθρώπινο ανάλογο μοντέλου τηλεπικοινωνιακής κίνησης

Κατάστημα πωλήσεων (π.χ. supermarket)

- Το μέγεθος του καταστήματος (χωρητικότητα συστήματος), που εκφράζεται από τον αριθμό των ταμείων, το κατάστημα, τον χώρο στάθμευσης κ.λπ., είναι καθοριστικός παράγοντας του αριθμού των προϊόντων που διατίθενται προς πώληση κάθε ημέρα (QoS).

Τηλεπικοινωνιακό σύστημα

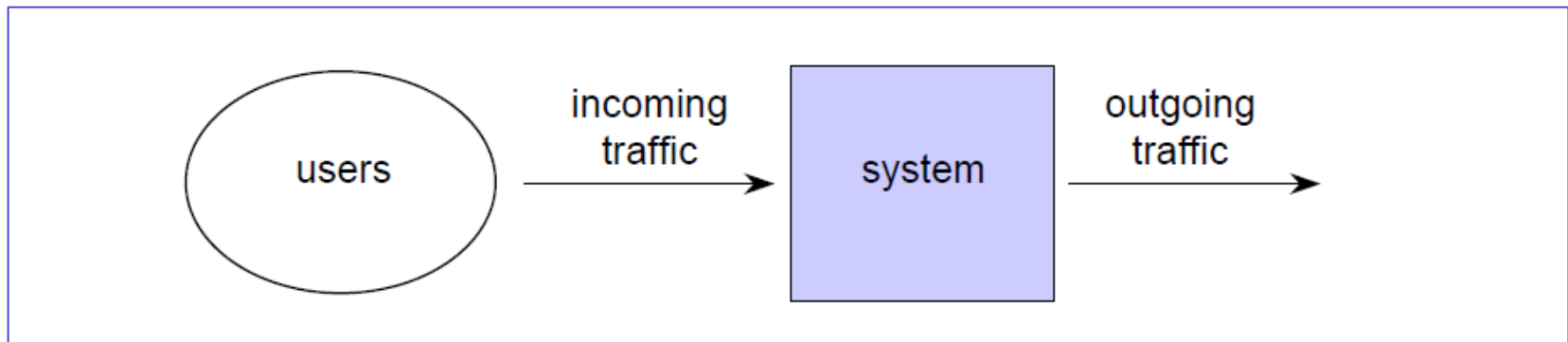
- Η προσφερόμενη κίνηση είναι καθοριστικός παράγοντας της χωρητικότητας του συστήματος και η χωρητικότητά του καθοριστικός παράγοντας της προσφερομένης ποιότητας υπηρεσίας (QoS) στους χρήστες του τηλεπικοινωνιακού συστήματος.

Το παράδειγμα του καταστήματος πωλήσεων είναι ακόμη πιο σημαντικό από ό,τι για λόγους κατανόησης, αφού το **ίδιο** μοντέλο τηλεπικοινωνιακής κινήσεως μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σε κατάστημα πωλήσεων είτε σε σύστημα επικοινωνίας (π.χ. σε έξυπνα ενεργειακά δίκτυα ή σε τραπεζικές συναλλαγές).



Τηλεπικοινωνιακό Σύστημα από την σκοπιά της ΘΤΚ

- Κίνηση (**traffic**) δημιουργείται από τους χρήστες (**users**) του συστήματος (**system**).
- Το σύστημα εξυπηρετεί την εισερχόμενη κίνηση.
- *Ποια η προσφερομένη ποιότητα εξυπηρέτησης (QoS) για ένα συγκεκριμένο σύστημα;*
- *Δεδομένου του φορτίου κίνησης και προδιαγράφοντας την ποιότητα εξυπηρέτησής του, ποια πρέπει να είναι η χωρητικότητα του συστήματος;*
- *Δεδομένης της χωρητικότητας του συστήματος και της παρεχομένης ποιότητας εξυπηρέτησης, ποιο είναι το μέγιστο φορτίο κίνησης που μπορεί να εξυπηρετεί;*

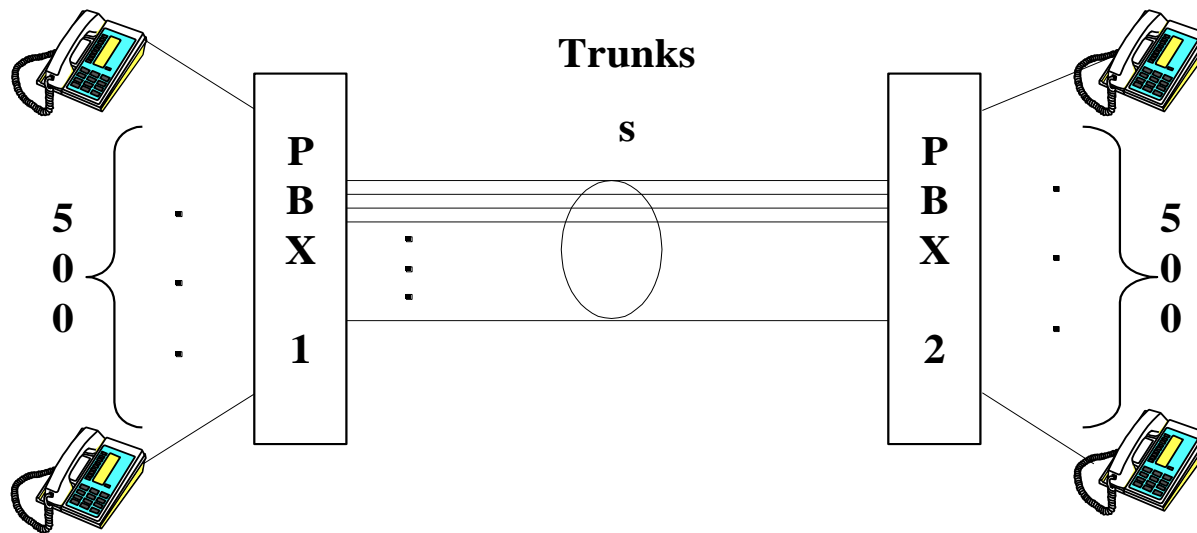


Διαφάνεια J. Virtamo, Helsinki University of Technology (HUT), Finland

Παραδείγματα εφαρμογής της ΘΤΚ (1)

- **Βέλτιστος υπολογισμός των διαστάσεων μιας ζεύξης**

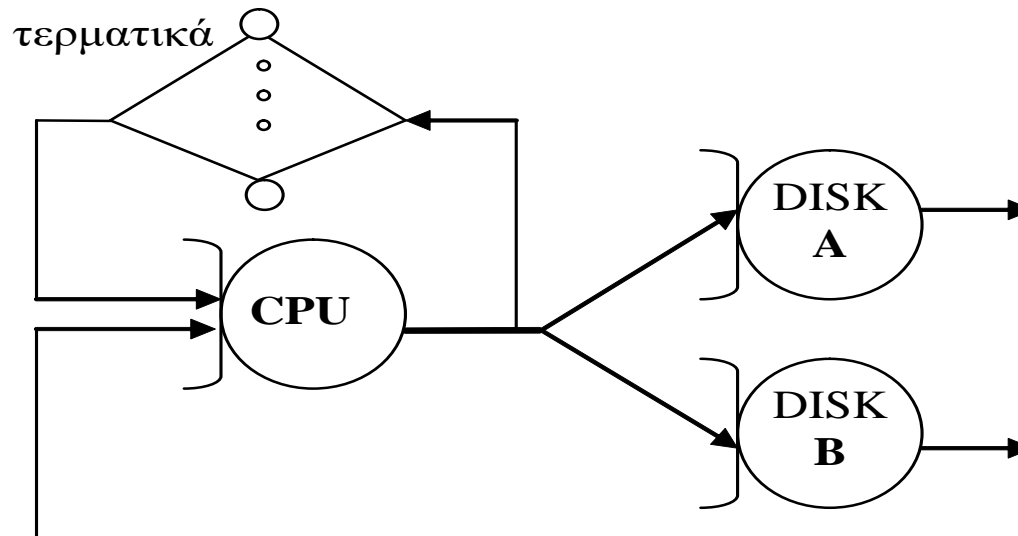
Ζητείται να υπολογίσουμε τον αριθμό s των γραμμών μεταξύ δύο ιδιωτικών συνδρομητικών κέντρων (PBX – Private Branch Exchange), κάθε ένα από τα οποία έχει 500 συνδρομητές.



Παραδείγματα εφαρμογής της ΘΤΚ (2)

- **Αξιοποίηση υποσυστημάτων συστήματος χρονομερισμού**

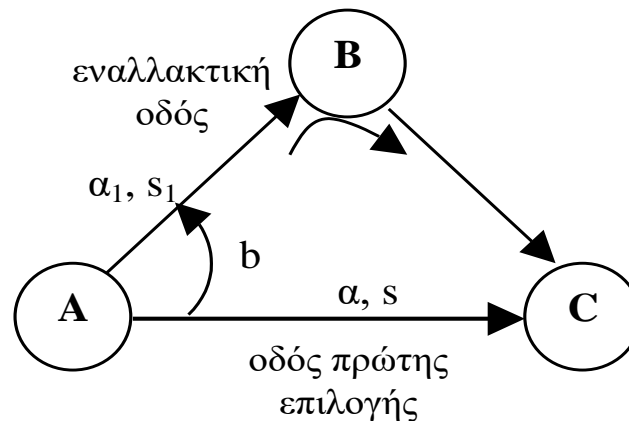
Ζητείται να υπολογίσουμε την αξιοποίηση των δίσκων A, B σε ένα σύστημα χρονομερισμού (timesharing) με μία CPU, 17 τερματικά και δύο δίσκους (A, B) στο οποίο η CPU σχεδιάζει τις επισκέψεις που θα κάνουν οι κλήσεις στους δύο δίσκους.



Παραδείγματα εφαρμογής της ΘΤΚ (3)

- **Βέλτιστος σχεδιασμός εναλλακτικής δρομολόγησης**

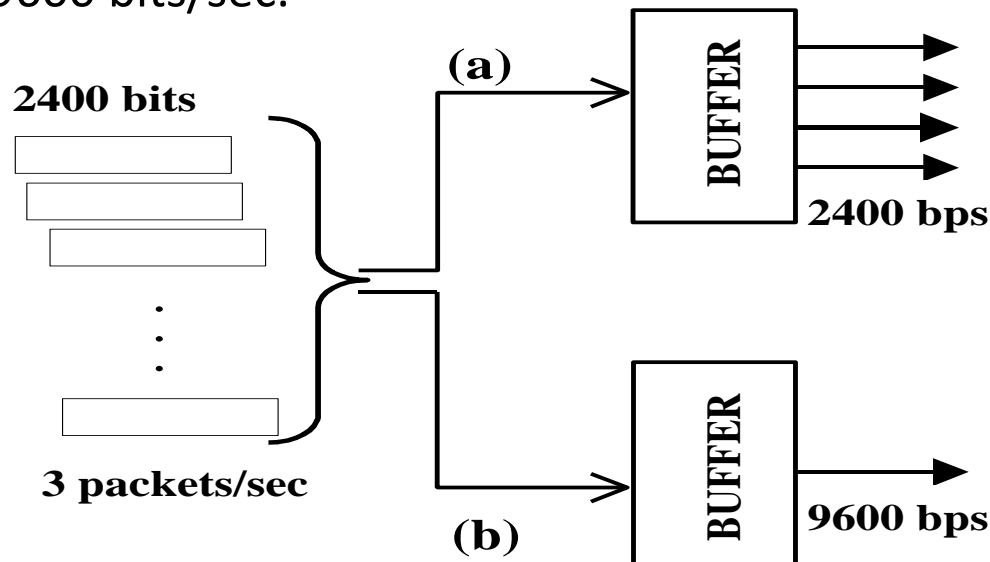
Ζητείται να υπολογίσουμε τις χωρητικότητες των ζεύξεων του δικτύου κατά τον οικονομικότερο τρόπο, προδιαγράφοντας επίσης τις απώλειες κίνησης στην τελική εναλλακτική οδό, γνωρίζοντας το ποσόν της κίνησης σε κάθε ζεύξη του δικτύου, το σχέδιο εναλλακτικής δρομολόγησης που μπορούμε να εφαρμόσουμε καθώς και το κόστος διεκπεραίωσης της κίνησης από την οδό πρώτης επιλογής ή την εναλλακτική διαδρομή.



Παραδείγματα εφαρμογής της ΘΤΚ (4)

- **Αξιολόγηση «καλής» λειτουργίας**

Στο παρακάτω σύστημα, που εξυπηρετεί πακέτα σταθερού μεγέθους τα οποία φθάνουν τυχαία στον προσωρινό καταχωρητή, ζητείται να αποφασίσουμε αν είναι καλύτερο να έχουμε 4 γραμμές μετάδοσης με ταχύτητα 2400 bits/sec σε κάθε μία, ή, να έχουμε 1 μόνο γραμμή μετάδοσης με ταχύτητα 9600 bits/sec.



Παραδείγματα εφαρμογής της ΘΤΚ (4) - συνέχεια

- Η διεκπεραιωτική ικανότητα δύο συστημάτων για δύο διαφορετικά φορτία κίνησης είναι:

| ΣΥΣΤΗΜΑ | ΦΟΡΤΙΟ #1 | ΦΟΡΤΙΟ #2 | ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| A | 100% | 50% | 75% |
| B | 50% | 100% | 75% |

- Τα δύο συστήματα αξιολογούνται ως ισοδύναμα. Ένας αναλυτής θα μπορούσε να παρουσιάσει ως καλύτερο το σύστημα A, λαμβάνοντας ως βάση το σύστημα B, και τους λόγους ΦορτίοA/ΦορτίοB:

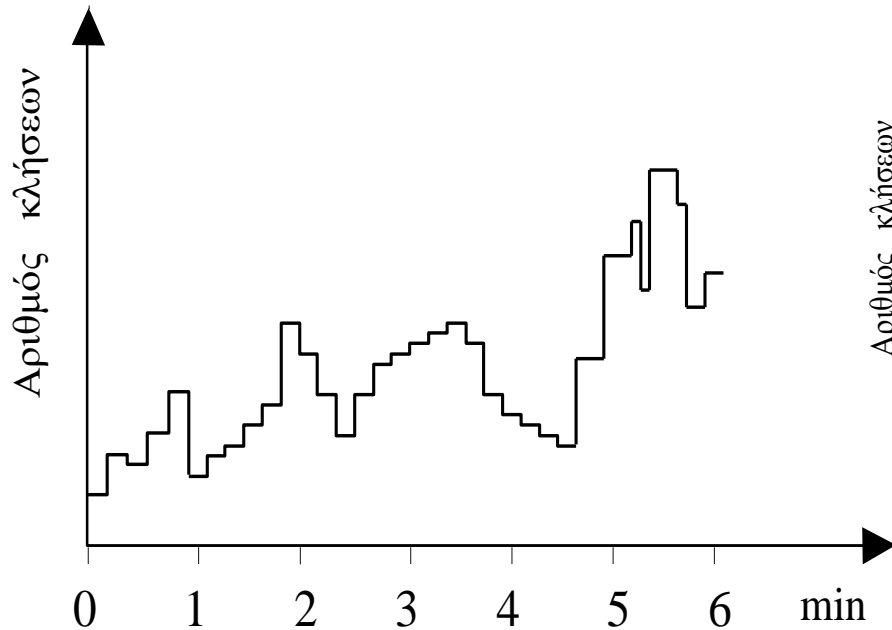
| ΣΥΣΤΗΜΑ | ΦΟΡΤΙΟ #1 | ΦΟΡΤΙΟ #2 | ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| A | 2 | 0.5 | 1.25 |
| B | 1 | 1 | 1 |

- Με βάση την μέση τιμή των λόγων, το σύστημα A είναι καλύτερο. Ένας άλλος αναλυτής, λαμβάνοντας ως βάση το σύστημα A, παρουσιάζει καλύτερο το B:

| ΣΥΣΤΗΜΑ | ΦΟΡΤΙΟ #1 | ΦΟΡΤΙΟ #2 | ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| A | 1 | 1 | 1 |
| B | 0,5 | 2 | 1.25 |

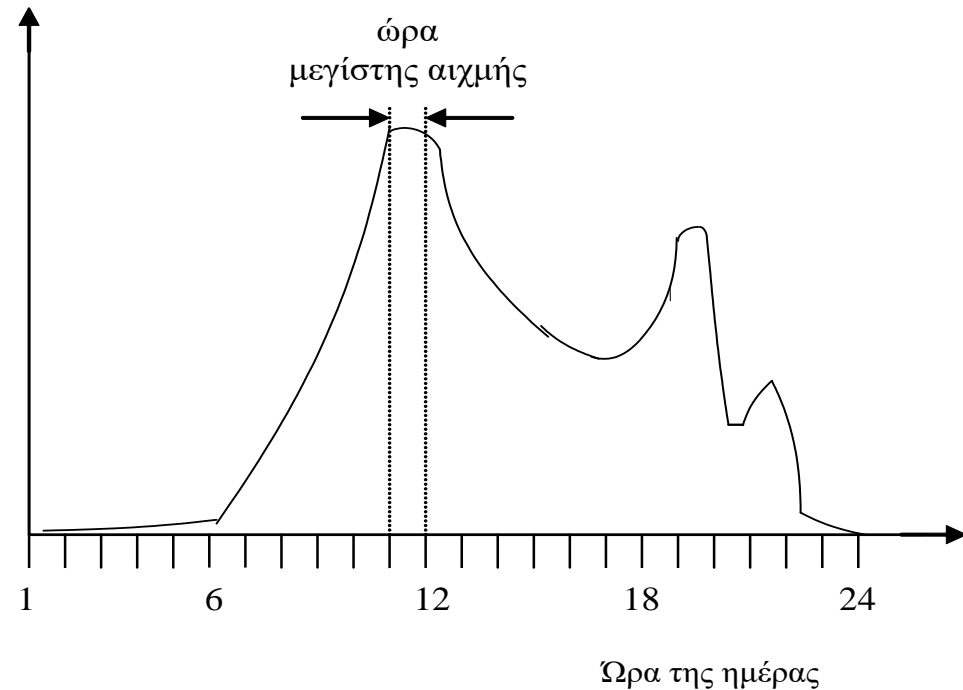


Η φύση της τηλεπικοινωνιακής κινήσεως (1)



Λεπτομερής μεταβολή της τηλεφωνικής κίνησης

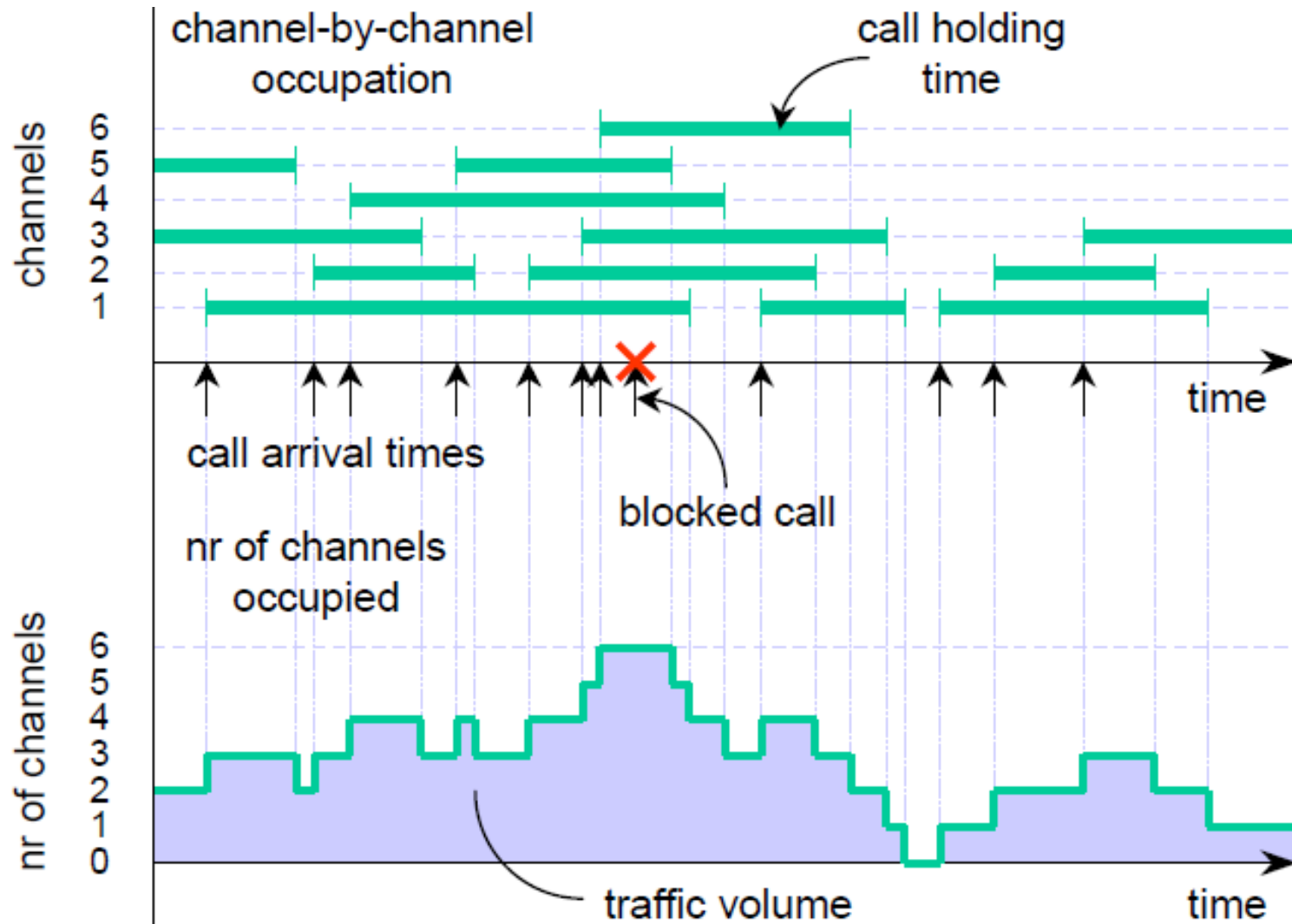
(ο αριθμός των κλήσεων μεταβάλλεται τυχαία, καθώς κλήσεις αρχίζουν και τελειώνουν τυχαία)



Μεταβολή της κίνησης κατά την διάρκεια μιας ημέρας (εικοσιτετραώρου)

(Ώρα μεγίστης αιχμής: η ώρα που αντιστοιχεί στην αιχμή των κλήσεων (κίνησης))

Η φύση της τηλεπικοινωνιακής κινήσεως (2)



Διαφάνεια J. Virtamo, Helsinki University of Technology (HUT), Finland



Συμφόρηση της τηλεπικοινωνιακής κινήσεως

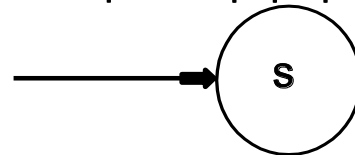
- **Συμφόρηση (congestion):** Καλείται η κατάσταση όπου όλες οι γραμμές (trunks) μιας δέσμης είναι κατειλημμένες και επομένως η δέσμη δεν μπορεί να δεχθεί άλλες κλήσεις.
- ✓ **Trunk:** Κάθε ποσότητα (π.χ., ένα διεθνές κύκλωμα μήκους χιλιάδων χιλιομέτρων ή ένα σύρμα ολίγων μέτρων) που μπορεί να εξυπηρετήσει μια κλήση.
- Στην κατάσταση συμφόρησης πολύ συχνά χάνονται κλήσεις και γι' αυτό η **διεκπεραιουμένη κίνηση (carried traffic)** είναι λιγότερη από την **προσφερομένη κίνηση (offered traffic)**, κατά το ποσό της κίνησης που χάνεται (**απώλειες - traffic lost**). Δηλαδή, ισχύει ότι:

Διεκπεραιουμένη κίνηση = Προσφερομένη κίνηση - Απώλειες



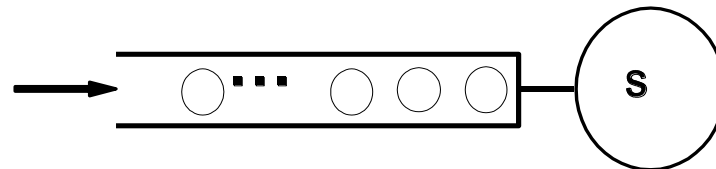
Βαθμός εξυπηρέτησης (1)

- **Σύστημα απωλειών (loss system):** Η εισερχόμενη κλήση μπλοκάρεται και εγκαταλείπει το σύστημα λόγω συμφόρησης.



Σύστημα Απωλειών

- **Σύστημα αναμονής (waiting or delay system):** Η εισερχόμενη κλήση περιμένει, λόγω συμφόρησης, για να συνδεθεί στο σύστημα.



Σύστημα αναμονής

- **Βαθμός εξυπηρέτησης (Grade Of Service – GOS):** Το ποσοστό των κλήσεων που χάνονται ή καθυστερούν να διεκπεραιωθούν λόγω συμφόρησης.

Βαθμός εξυπηρέτησης (2)

- Για ένα σύστημα απωλειών ο βαθμός εξυπηρέτησης B ορίζεται ως:

$$B = \frac{\text{Συνολικός αριθμός χαμένων κλήσεων}}{\text{Συνολικός αριθμός προσφερθεισών κλήσεων}}$$

Από την σχέση αυτή, προκύπτει επίσης:

$$B = \frac{\text{Κίνηση που χάθηκε}}{\text{Κίνηση που προσφέρθηκε}} \quad \text{ή}$$

$B =$ Ποσοστό χρόνου όπου υπάρχει συμφόρηση, ή

$B =$ Πιθανότητα συμφόρησης, ή

$B =$ Πιθανότητα ότι μία κλήση θα χαθεί λόγω συμφόρησης

- ✓ Επομένως, αν φορτίο κίνησης α προσφερθεί σε ζεύξη με $\mathbf{GOS=B}$, η κίνηση που θα χαθεί είναι $\alpha \cdot B$ και η κίνηση που θα διεκπεραιωθεί είναι $\alpha \cdot (1-B)$.



Βαθμός εξυπηρέτησης (3)

Ο βαθμός εξυπηρέτησης:

1. Καθορίζεται για την κίνηση κατά την ώρα αιχμής.
2. Είναι μικρότερος ή ίσος της μονάδος (εξ ορισμού).
3. Όσο μεγαλύτερος είναι, τόσο χειρότερο είναι το σύστημα.
4. Δεν είναι ενιαίος για ολόκληρο το τηλεπικοινωνιακό σύστημα αλλά μεταβάλλεται στα διάφορα μέρη του (π.χ. διαφορετικό GOS στις αστικές ζεύξεις απ' ότι στις διεθνείς ζεύξεις).



Το βασικό πρόβλημα των Τηλεπικοινωνιών

- Γνωστό και ως πρόβλημα διαστασιολόγησης/διαστασιοποίησης (dimensioning problem), είναι ο υπολογισμός του μεγέθους ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος.
- ✓ Το πρόβλημα τίθεται ως:
*Δεδομένης της προσφερόμενης κινήσεως α και ενός επιθυμητού βαθμού εξυπηρέτησης B να ευρεθεί ο αριθμός των απαιτούμενων *trunks* N (χωρητικότητα, αριθμός εξυπηρετητών).*
- ✓ Το πρόβλημα αυτό είναι σύνθετο στην σημερινή εποχή, καθόσον τίθεται για δίκτυα που εξυπηρετούν διαφορετικά είδη κίνησης με διαφορετικό GOS.



Φορτίο κίνησης

- **Βασικοί ορισμοί**

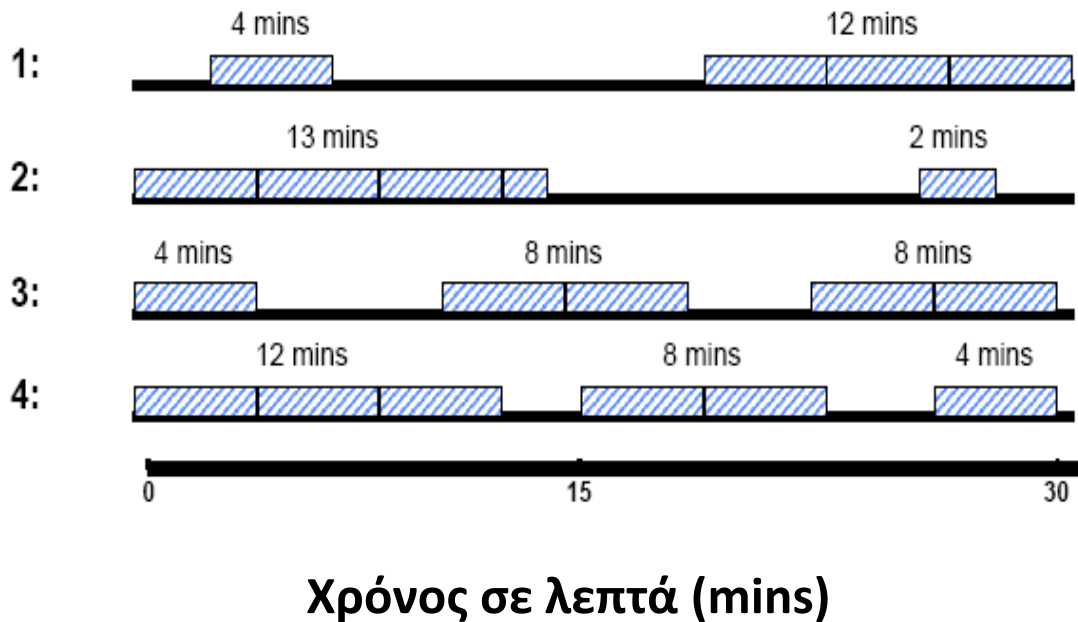
- α) Κλήση (call) - Η απαίτηση για σύνδεση σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα.
 - β) Διάρκεια κλήσης (holding time), h - Το χρονικό διάστημα που διαρκεί μια κλήση, γνωστό και ως χρόνος εξυπηρέτησης (*service time*).
 - γ) Φορτίο κίνησης (traffic load), α - Η συνολική διάρκεια όλων των κλήσεων εντός ενός χρονικού διαστήματος που λαμβάνεται ως μονάδα.
- ✓ Από τον ορισμό, η τηλεπικοινωνιακή κίνηση είναι αδιάστατο μέγεθος!
Προς τιμήν του Δανού μαθηματικού και μηχανικού *Agner Krarup Erlang*, χρησιμοποιούμε ως μονάδα φορτίου κίνησης το **Erlang (erl)**.



Παράδειγμα Φορτίου κίνησης

- Σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα 4 γραμμών υπάρχουν 10 κλήσεις με χρόνους εξυπηρέτησης όπως φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί. Το φορτίο κίνησης, α , υπολογίζεται ως:

$$\alpha = (4 + 12 + 13 + 2 + 4 + 8 + 8 + 12 + 8 + 4) \text{ mins} / 30 \text{ mins} = 2.5 \text{ erl}$$



- ✓ Με βάση τον ορισμό του φορτίου κίνησης, μια γραμμή μεταφέρει 1 erl, αν είναι πλήρως κατειλημμένη για όλο το διάστημα παρατήρησης.
- ✓ Το σύστημα των 4 γραμμών μπορεί να μεταφέρει οποιοδήποτε φορτίο κίνησης μεταξύ των τιμών 0 και 4 erl.



Φορτίο κίνησης σε CCS

- Εκτός από την μονάδα Erlang για το φορτίο κίνησης χρησιμοποιούμε (συνήθως στην Αμερική) ως μονάδα μέτρησης και το **CCS (Centum Call Seconds)**. Στην περίπτωση αυτή ως χρόνο παρατήρησης θεωρούμε τα εκατό δευτερόλεπτα (100 sec). Με CCS, δηλαδή, μετρούμε πόσες εκατοντάδες δευτερόλεπτα ήταν κατειλημμένο ένα trunk.
- ✓ Traffic Load (**erl**) = (total holding time in sec) / 3600
- ✓ Traffic Load (**CCS**) = (total holding time in sec) / 100
- ✓ Επομένως, **1 erl = 36 CCS**

Παράδειγμα: Μετατρέψτε 500 erl σε CCS και 1500 CCS σε erl

ΕΠΙΛΥΣΗ ΜΕΣΩ INTERNET: *convert erlang to CCS* (google search)

Π.χ. <https://owenduffy.net/traffic/erlangccs.htm>

Erlangs (E): 500 \Leftrightarrow CCS: 18000 και CCS: 1500 \Leftrightarrow Erlangs (E): 41.66



Ιδιότητες του φορτίου κίνησης

1. Αν c είναι ο αριθμός των κλήσεων που φθάνουν σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα και h είναι η μέση διάρκειά τους, τότε το φορτίο κίνησης α δίδεται από την σχέση: $\alpha = c h$
2. Το φορτίο κίνησης ισούται προς τον αριθμό των κλήσεων που φθάνουν σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα εντός χρονικού διαστήματος ίσου προς την μέση τιμή της διάρκειάς των.
3. Το φορτίο κίνησης που διεκπεραιώνεται από μία γραμμή μόνο, είναι ισοδύναμο με την πιθανότητα ότι η γραμμή χρησιμοποιείται (ποσοστό του χρόνου που η γραμμή είναι κατειλημμένη). Επομένως μία γραμμή δεν μπορεί να μεταφέρει παρά μόνον 1 erl, το πολύ (αφού η μεγίστη τιμή πιθανότητας είναι 1).
4. Το φορτίο κίνησης που διεκπεραιώνεται από μία δέσμη γραμμών είναι ισοδύναμο με τον μέσο αριθμό κατειλημμένων γραμμών της δέσμης.



1^η ιδιότητα του φορτίου κίνησης

Αν c είναι ο αριθμός των κλήσεων που φθάνουν σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα και h είναι η μέση διάρκειά τους, τότε το φορτίο κίνησης α δίδεται από την σχέση: $\alpha = c h$

Απόδειξη

$$\text{Συνολική διάρκεια κλήσεων} = (\text{Μέση διάρκεια κλήσεων}) \times (\# \text{ κλήσεων}) \quad (1)$$

Από τον ορισμό του φορτίου κίνησης:

$$\text{Φορτίο κίνησης} = (\text{Συνολική διάρκεια κλήσεων}) / (\text{χρόνος παρατήρησης})$$

ή

$$\text{Συνολική διάρκεια κλήσεων} = (\text{Φορτίο κίνησης}) \times (\text{χρόνος παρατήρησης}) \quad (2)$$

Από (1), (2):

$$(\text{Φορτίο κίνησης}) (\text{χρόνος παρατήρησης}) = (\text{Μέση διάρκεια κλήσεων}) \times (\# \text{ κλήσεων})$$

ή

$$\text{Φορτίο κίνησης} = ((\# \text{ κλήσεων}) / (\text{χρόνος παρατήρησης})) \times (\text{Μέση διάρκεια κλήσεων})$$

ή

$$\alpha = ch$$

όπου: $c = (\# \text{ κλήσεων}) / (\text{χρόνος παρατήρησης})$



2^η ιδιότητα του φορτίου κίνησης

- *Το φορτίο κίνησης ισούται προς τον αριθμό των κλήσεων που φθάνουν σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα εντός χρονικού διαστήματος ίσου προς την μέση τιμή της διάρκειάς των.*

✓ Απόδειξη μέσω του παραδείγματος 1

Σε χρόνο 30 min μετρήσαμε 10 κλήσεις. Σε χρόνο ίσο με την μέση διάρκεια των κλήσεων, δηλαδή $75/10 = 7.5$ min. Αφού στα 30 min ο αριθμός των κλήσεων 10, στα 7.5 min θα είναι 2.5 ($= 10 \cdot 7.5/30$), που ισούται με τα 2.5 erl του φορτίου κίνησης.

✓ Απόδειξη μέσω της 1^{ης} ιδιότητας, $\alpha = c h$

Για $h = 1$ έχουμε $\alpha = c$



3^η ιδιότητα του φορτίου κίνησης

- Το φορτίο κίνησης που διεκπεραιώνεται από μία γραμμή μόνο, είναι ισοδύναμο με την πιθανότητα ότι η γραμμή χρησιμοποιείται (ποσοστό του χρόνου που η γραμμή είναι κατειλημμένη).
- Επομένως μία γραμμή δεν μπορεί να μεταφέρει παρά μόνον 1 erl, το πολύ (αφού η μέγιστη τιμή πιθανότητας είναι 1).

✓ Απόδειξη μέσω του Παραδείγματος 1

Η 1^η γραμμή είναι κατειλημμένη 16 από τα 30 λεπτά, άρα το ποσοστό του χρόνου που η γραμμή είναι κατειλημμένη είναι $16/30 = 0.533$

Ομοίως για την 2^η, 3^η και 4^η γραμμή τα ποσοστά είναι $15/30 = 0.5$, $20/30 = 0.667$ και $24/30 = 0.8$, αντιστοίχως.



4^η ιδιότητα του φορτίου κίνησης

- Το φορτίο κίνησης που διεκπεραιώνεται από μία δέσμη γραμμών είναι ισοδύναμο με τον μέσο αριθμό κατειλημμένων γραμμών της δέσμης.

Απόδειξη

Η 4^η ιδιότητα αποδεικνύεται ως εξής (**δεδομένου ότι 1 κλήση ζητεί 1 trunk για εξυπηρέτηση**): Ας υποθέσουμε ότι μια δέσμη από s γραμμές διεκπεραιώνει φορτίο κίνησης α erl. Τότε, το φορτίο που θα μεταφέρεται από κάθε μία γραμμή, κατά μέσον όρον, είναι $\alpha_1 = (\alpha/s)$ erl, το οποίο είναι ισοδύναμο με την πιθανότητα η γραμμή αυτή να είναι κατειλημμένη, βάσει της 3^{ης} ιδιότητας.

Άρα, ο μέσος αριθμός των κατειλημμένων γραμμών προκύπτει με τον πολλαπλασιασμό του αριθμού των γραμμών, s , επί την πιθανότητα μία γραμμή να είναι κατειλημμένη, δηλ. $s \alpha_1 = \alpha$.



Ιδιότητες του φορτίου κίνησης

4^η ιδιότητα

Παράδειγμα 2

Έστω ότι έχουμε τις εξής μετρήσεις σε διαστήματα των 5 λεπτών, κατά την διάρκεια της ώρας αιχμής, που αφορούν τις κατειλημμένες γραμμές ενός συστήματος:

11, 13, 8, 10, 14, 12, 7, 9, 15, 17, 16, 12

Υπολογίζουμε τότε ότι η διεκπεραιουμένη κίνηση θα ισούται με:

$$\frac{11+13+8+10+14+12+7+9+15+17+16+12}{12} = 12 \text{erl}$$



Παράδειγμα – Φορτίο Κίνησης (1)

Κατά την ώρα αιχμής, μια εταιρεία έχει 240 εξερχόμενες τηλεφωνικές κλήσεις κατά μέσο όρο, με μέση διάρκεια 2 min. Δέχεται δε 200 εισερχόμενες κλήσεις με μέση διάρκεια 90 sec. Να υπολογισθεί:

- (a) Η εξερχομένη κίνηση σε erlang.
- (b) Η εισερχομένη κίνηση σε erlang.
- (c) Η συνολική κίνηση.



Παράδειγμα – Φορτίο Κίνησης (2)

Λύση

Βάσει της 1ης ιδιότητας του φορτίου κίνησης:

(a) Για την εξερχόμενη κίνηση $\alpha_{\text{εξε.}}$

$c = 240$ κλήσεις/ώρα και $h = 2$ min. Επομένως

$$\alpha_{\text{εξε.}} = (240/60) \text{ κλήσεις/min} * 2 \text{ min} = \mathbf{8 \text{ erl}}$$

(b) Για την εισερχόμενη κίνηση $\alpha_{\text{εισ.}}$

$c = 200$ κλήσεις/ώρα και $h = 90 \text{ sec} = 1.5$ min. Επομένως

$$\alpha_{\text{εισ.}} = (200/60) \text{ κλήσεις/min} * 1.5 \text{ min} = \mathbf{5 \text{ erl}}$$

(c) Η συνολική κίνηση $\alpha_{\text{ολική}}$ είναι:

$$\alpha_{\text{ολική}} = \alpha_{\text{εξε.}} + \alpha_{\text{εισ.}} = \mathbf{13 \text{ erl.}}$$

Μπορούμε να λέμε δηλαδή ότι η συνολική τηλεφωνική κίνηση της εταιρείας είναι 13 erl, αθροίζοντας ομοειδή πράγματα...



Παράδειγμα – Βαθμός εξυπηρέτησης (1)

Σε μια τηλεπικοινωνιακή ζεύξη (σύστημα απωλειών), κατά την ώρα αιχμής προσφέρθηκαν 1200 κλήσεις και χάθηκαν (δεν διεκπεραιώθηκαν) 12 απ' αυτές. Αν η μέση διάρκεια των κλήσεων ήταν 60 sec:

- (a) Πόσο φορτίο κίνησης προσφέρθηκε στην ζεύξη;
- (b) Πόση κίνηση διεκπεραιώθηκε από την ζεύξη;
- (c) Πόση κίνηση χάθηκε;
- (d) Ποιος ο βαθμός εξυπηρέτησης της ζεύξης;



Παράδειγμα – Βαθμός εξυπηρέτησης (2)

Λύση

(a) Το προσφερόμενο φορτίο α στην ζεύξη, υπολογίζεται βάσει της σχέσης $\alpha = \lambda h$:

$$\alpha = (1200/60) \text{ κλήσεις/min} * 1 \text{ min} = \mathbf{20 \text{ erl}}$$

(b) Η διεκπεραιωμένη κίνηση α_c υπολογίζεται από την 1^η ιδιότητα του φορτίου κίνησης:

$$\alpha_c = ch = (1200 - 12)/60 \text{ κλήσεις/min} * 1 \text{ min} = \mathbf{19.8 \text{ erl}}$$

(c) Η κίνηση που χάθηκε α_{loss} υπολογίζεται ως:

$$\alpha_{\text{loss}} = \alpha - \alpha_c = 20 - 19.8 \text{ erl} = \mathbf{0.2 \text{ erl}}$$

Ή, από τον αριθμό των κλήσεων που δεν εξυπηρετήθηκαν εντός του χρονικού διαστήματος παρατήρησης του συστήματος, επί την μέση διάρκεια που θα είχαν αν εξυπηρετούντο:

$$\alpha_{\text{loss}} = (12/60) \text{ κλήσεις/min} * 1 \text{ min} = \mathbf{0.2 \text{ erl}}$$

(d) Ο βαθμός εξυπηρέτησης, B , της ζεύξης υπολογίζεται ως το ποσοστό των κλήσεων που χάθηκαν:

$$B = (\text{κλήσεις που χάθηκαν}) / (\text{συνολικές κλήσεις}) = 12/1200 = 0.01 = \mathbf{1.0 \%}.$$



Παράδειγμα – Τηλεφωνική κίνηση (1)

Σε μια τηλεφωνική ζεύξη με 4 trunks μετρούμε τον αριθμό των κλήσεων κάθε λεπτό της ώρας (min) επί 10 ώρες. Οι μετρήσεις είναι:

| Αριθμός Κλήσεων | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------|----|-----|-----|-----|----|
| Αριθμός Συμβάντων | 89 | 164 | 173 | 114 | 60 |

Επίσης, εμετρήθησαν 34 απωλεσθείσες κλήσεις. Να υπολογισθούν:

- (a) Η διεκπεραιουμένη κίνηση.
- (b) Ο βαθμός εξυπηρέτησης της ζεύξης.
- (c) Το προσφερόμενο φορτίο κίνησης στην ζεύξη.
- (d) Η μέση τιμή του χρόνου εξυπηρέτησης των κλήσεων.



Παράδειγμα – Τηλεφωνική κίνηση (2)

Λύση

(a) Εντός 10 ωρών, παίρνοντας μία μέτρηση κάθε ένα min, πήραμε 600 μετρήσεις (πράγματι, $89+164+173+114+60 = 600$).

Βάσει της 4^{ης} ιδιότητας του φορτίου κινήσεως, η διεκπεραιουμένη κίνηση α_c ισούται με την μέση τιμή των κατειλημμένων trunks. Άρα:

$$\alpha_c = (0 \cdot 89 + 1 \cdot 164 + 2 \cdot 273 + 3 \cdot 114 + 4 \cdot 60) / 600 = 1092 / 600 = \mathbf{1.82 \text{ erl}}$$

(b) Ο βαθμός εξυπηρέτησης, B, της ζεύξης ισούται με την πιθανότητα η ζεύξη να είναι πλήρως κατειλημμένη. Επομένως αυτό θα προκύψει από την σχετική συχνότητα με την οποία οι μετρήσεις δείχνουν ότι η ζεύξη είναι πλήρως κατειλημμένη: $B = 60 / 600 = 0.1 = \mathbf{10\%}$.



Παράδειγμα – Τηλεφωνική κίνηση (3)

(c) Το προσφερόμενο φορτίο κίνησης α υπολογίζεται από την σχέση
 $\alpha_c = \alpha (1-B) \Rightarrow \alpha = \alpha_c / (1-B) = 1.82 / (1-0.1) = 1.82 / 0.9 = \mathbf{2.02 \text{ erl}}$

(d) Η μέση τιμή h του χρόνου εξυπηρέτησης των κλήσεων θα προκύψει από την 1^η ιδιότητα του φορτίου κίνησης:

$\alpha_c = c h$, όπου c ο αριθμός των κλήσεων που εξυπηρετήθηκαν, εντός $t = 10$ ωρών.

Εντός του χρονικού διαστήματος των 10 ωρών, μετρήσαμε 34 κλήσεις που δεν εξυπηρετήθηκαν και υπολογίσαμε ότι $B = 0.1$. Άρα, αφού:

$B = (\text{κλήσεις που χάθηκαν}) / (\text{συνολικές } N)$,

ο συνολικός αριθμός N των προσφερθεισών κλήσεων στην τηλεφωνική ζεύξη είναι:

$N = (\text{κλήσεις που χάθηκαν}) / B = 34 / 0.1 = 340$ κλήσεις.

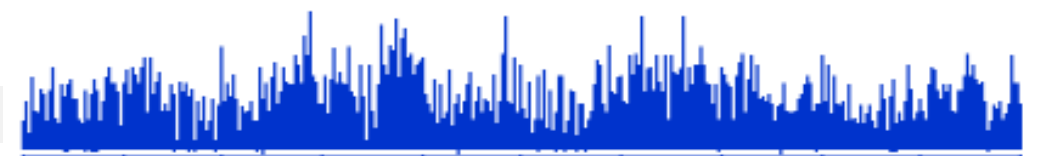
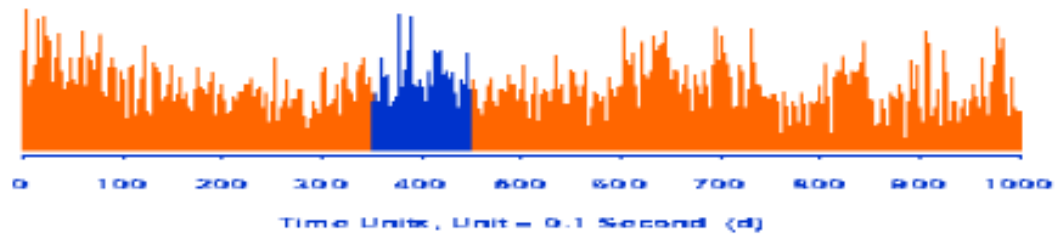
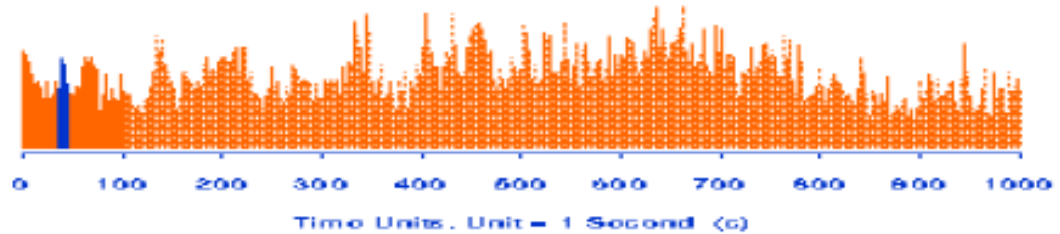
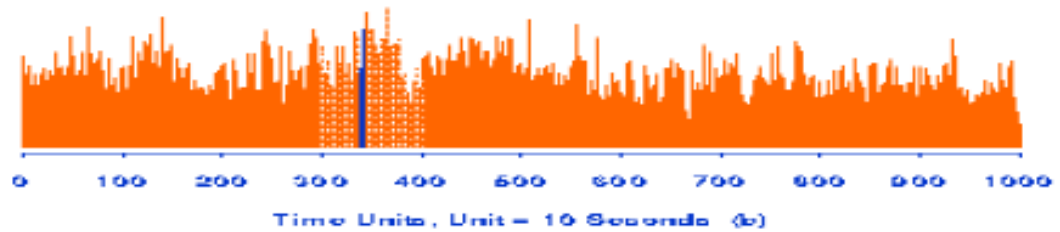
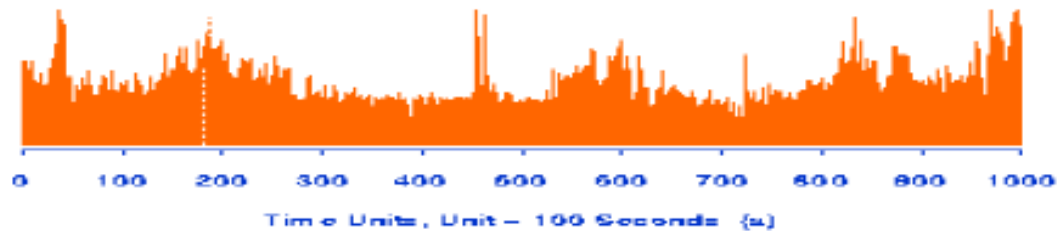
Άρα $c = N - 34 = 340 - 34 = 306$ κλήσεις. Επομένως

$\alpha_c = (c h) / t \Rightarrow 1.82 = (306 / 10) * h \Rightarrow$

$h = 1.82 / 30.6 \text{ ώρες} = 0.0595 \text{ ώρες} = \mathbf{3.57 \text{ min} = 3 \text{ min} + 34 \text{ sec.}}$



Self-similar Internet traffic (multi-fractals)



Τέλος Ενότητας