

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση (συνέχεια)

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Μεταφερόμενη κίνηση

C : ο συνολικός αριθμός των διαύλων.

t_n : το άθροισμα των χρονικών διαστημάτων (**slots**), όπου οι n από τους C διαύλους είναι κατειλημμένοι κατά τη διάρκεια μιας μακράς χρονικής περιόδου T .

$$T = \sum_{n=0}^C t_n$$

Όγκος κίνησης = $\sum_{n=0}^C n \cdot t_n$ **άθροισμα όλων των χρόνων κατάληψης**

Μεταφερόμενη κίνηση ή ένταση της κίνησης = $\frac{1}{T} \sum_{n=0}^C n \cdot t_n = \sum_{n=0}^C n \cdot (t_n / T)$

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Μεταφερόμενη κίνηση

- Αν οι ποσότητες t_n και T εκφράζονται με τις ίδιες μονάδες, η μεταφερόμενη κίνηση είναι **αδιάστατη** ποσότητα και εκφράζεται σε **erlang**.
- Στην πράξη, λαμβάνεται συνήθως $T = 1 \text{ h}$.
- Η ποσότητα t_n / T είναι το κλάσμα της χρονικής περιόδου T κατά τη διάρκεια του οποίου είναι κατειλημμένοι n δίαυλοι.
- Συνεπώς, **μεταφερόμενη κίνηση** είναι **ο μέσος αριθμός των διαύλων** που είναι κατειλημμένοι κατά τη διάρκεια μιας καθορισμένης χρονικής περιόδου T .

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Μεταφερόμενη κίνηση

- **1 erlang** αντιπροσωπεύει την κίνηση που μεταφέρεται από έναν δίαυλο, ο οποίος είναι **πλήρως κατειλημμένος** (π.χ. 1 ώρα κατάληψης του διαύλου ανά ώρα ή 1 λεπτό κατάληψης ανά λεπτό).
- Το erlang είναι αδιάστατη μονάδα.
- Ένας ραδιοδίαυλος, ο οποίος π.χ. είναι κατειλημμένος 30 λεπτά κατά τη διάρκεια μιας ώρας, μεταφέρει **0.5 erlang κίνησης**.

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Προσφερόμενη κίνηση

- Οι υπολογισμοί που γίνονται στη θεωρία τηλεπικοινωνιακής κίνησης βασίζονται στη γνώση της προσφερόμενης κίνησης.
- Η *προσφερόμενη κίνηση (offered traffic)* δημιουργείται από τις κλήσεις που φθάνουν στο σύστημα, άσχετα από τη μετέπειτα τύχη τους.
- Η *προσφερόμενη κίνηση* ορίζεται ως ο μέσος αριθμός αφίξεων στο σύστημα κατά τη διάρκεια του μέσου χρόνου κατάληψης.

Προσφερόμενη κίνηση $A = \lambda H$

λ : μέσος ρυθμός αφίξεων κλήσεων H : μέση διάρκεια κλήσεων

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Προσφερόμενη κίνηση

Παράδειγμα 3.2

Τα παρακάτω στοιχεία αντιπροσωπεύουν έρευνα αγοράς και αφορούν τη διάρκεια των κλήσεων την ώρα αιχμής και το ποσοστό των χρηστών στο οποίο αντιστοιχεί η διάρκεια αυτή. Υπολογίστε την προσφερόμενη κίνηση ανά χρήστη, αν κατά μέσο όρο κάθε χρήστης κάνει μία κλήση/ώρα.

- 0 - 1 min, 40% των χρηστών
- 1 - 2 min, 35% των χρηστών
- 2 - 3 min, 20% των χρηστών
- 3 - 10 min, 5% των χρηστών.

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Προσφερόμενη κίνηση

Παράδειγμα 3.3

Η έρευνα αγοράς για ένα κυψελωτό σύστημα έδωσε την παρακάτω κατανομή του αριθμού κλήσεων την ώρα αιχμής συναρτήσει του ποσοστού των χρηστών που πραγματοποιούν αυτές τις κλήσεις. Βρείτε τον αριθμό των κλήσεων ανά χρήστη.

- 0 - 1 κλήσεις την ώρα αιχμής , 50% των χρηστών
- 1 - 2 κλήσεις την ώρα αιχμής , 40% των χρηστών
- 2 - 10 κλήσεις την ώρα αιχμής , 7% των χρηστών
- πάνω από 10 κλήσεις την ώρα αιχμής, 3% των χρηστών.

Βαθμός εξυπηρέτησης

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Συγκέντρωση

- Ιδανικά θα έπρεπε κάθε κυψέλη να μπορεί να καλύψει όλους τους ενεργούς χρήστες του δικτύου (worst case – αδύνατο).
- Τα κυψελωτά συστήματα βασίζονται στη **συγκέντρωση (trunking)**, για να είναι δυνατό να εξυπηρετείται μεγάλος αριθμός χρηστών με το περιορισμένο φάσμα ραδιοσυχνοτήτων που διατίθεται σε κάθε σύστημα.
- Η συγκέντρωση εκμεταλλεύεται τη στατιστική συμπεριφορά των χρηστών, γεγονός που έχει ως συνέπεια ένας σταθερός αριθμός διαύλων ή κυκλωμάτων να μπορεί να εξυπηρετεί έναν μεγάλο αριθμό συνδρομητών με τυχαία συμπεριφορά.

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Συγκέντρωση

- **Ωρα αιχμής** ή ώρα μέγιστης απασχόλησης: Καλείται η περίοδος μιας ώρας που αντιστοιχεί στην αιχμή του φόρτου κίνησης
- Το πλήθος των αναγκαίων καναλιών εξαρτάται από τη μεταφερόμενη κίνηση και πρέπει να είναι επαρκές για να καλύψει τις ανάγκες που προκύπτουν κατά την ώρα αιχμής
- Σε ώρες μη αιχμής το μεγαλύτερο ποσοστό του εξοπλισμού παραμένει αδρανές
- Οι τηλεπικοινωνιακοί οργανισμοί με σκοπό την ανακατανομή της κίνησης και κατ' επέκταση τη μείωση των δαπανών δίνουν κίνητρα στους πελάτες τους (π.χ. φθηνότερες κλήσεις τις βραδινές ώρες)

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Βαθμός εξυπηρέτησης

- Ο **βαθμός εξυπηρέτησης (Grade of Service, GOS)** είναι ένα μέτρο της πιθανότητας ανεπιτυχούς πρόσβασης κάποιου χρήστη στο σύστημα κατά την ώρα αιχμής, και ορίζεται ως ο λόγος του αριθμού των ανεπιτυχών κλήσεων προς τον συνολικό αριθμό κλήσεων την ώρα αιχμής.
- Στην ουσία, υποδηλώνει την πιθανότητα φραγής (πιθανότητα να μην εξυπηρετηθεί ένας χρήστης). Με άλλα λόγια, θα ήταν περισσότερο δόκιμο ίσως να ονομάζεται «βαθμός μη εξυπηρέτησης».
- Ο βαθμός εξυπηρέτησης είναι ένας δείκτης επίδοσης ενός συγκεκριμένου συστήματος.
- Στόχος των μηχανικών: υπολογισμός των καναλιών που πρέπει να διαθέσουν, έτσι ώστε ο GOS να είναι σε ένα προκαθορισμένο επιθυμητό επίπεδο (τυπική τιμή του GOS: 2%)

Την ώρα αιχμής

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Βαθμός εξυπηρέτησης

$$\frac{\text{Αριθμός των κλήσεων που χάνονται}}{\text{Αριθμός των κλήσεων που προσφέρονται}} = \frac{\text{Απωλεσθείσα κίνηση}}{\text{Προσφερόμενη κίνηση}}$$

- ποσοστό του χρόνου κατά τη διάρκεια του οποίου υπάρχει συμφόρηση
- πιθανότητα συμφόρησης
- πιθανότητα απώλειας κλήσεως λόγω συμφόρησης

• Όπου συμφόρηση (η οποία προκαλεί φραγή) είναι η κατάσταση κατά την οποία όλα τα κυκλώματα μιας ζευκτικής ομάδας είναι απασχολημένα και επομένως δεν μπορούν να δεχθούν άλλες κλήσεις.

■ Αν προσφέρονται A erlangs κίνησης σε μία ομάδα ζευκτικών κυκλωμάτων, που έχουν βαθμό εξυπηρέτησης GOS , τότε η απώλεια κίνησης είναι $A \cdot GOS$, και η μεταφερόμενη κίνηση είναι $A(1 - GOS)$ erlangs.

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Βαθμός εξυπηρέτησης

- Η μέγιστη μεταφερόμενη κίνηση είναι ίση με τον αριθμό των διαύλων C , σε erlangs.
- Υπάρχουν δύο κατηγορίες συστημάτων με συγκέντρωση, που χρησιμοποιούνται στην πράξη.
- Όχι αναμονή στις κλήσεις που αποκλείονται.
 - GOS = η πιθανότητα να αποκλειστεί μια κλήση.
- Ουρά αναμονής για τις κλήσεις που αποκλείονται.
 - GOS = η πιθανότητα να αποκλειστεί μια κλήση, αφού παραμείνει στη ουρά για ένα προκαθορισμένο διάστημα.

Υπολογισμός βαθμού εξυπηρέτησης

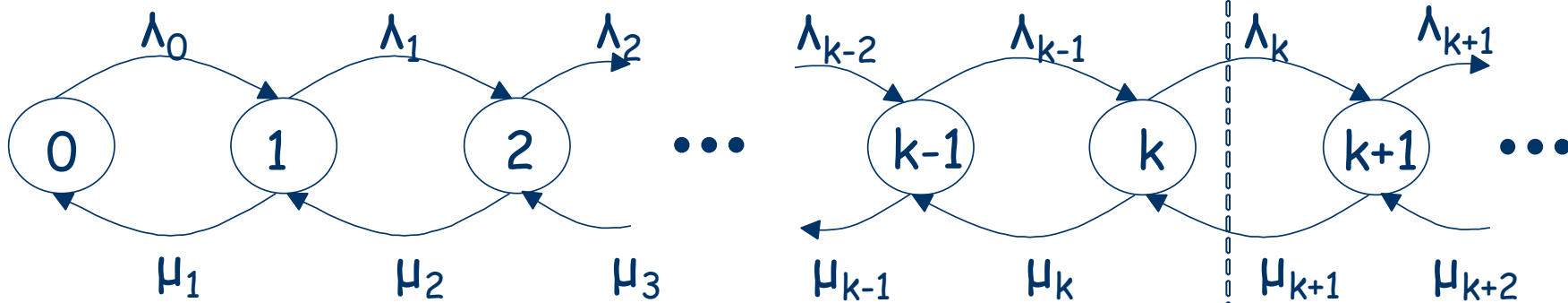
- Ανάλογα με τον τρόπο που το κάθε σύστημα θεωρείται ότι αντιμετωπίζει τις κλήσεις που βρίσκουν κατειλημμένους όλους τους διαύλους, προκύπτουν και διαφορετικοί μαθηματικοί τύποι.
- Η μαθηματική ανάλυση διευκολύνεται πολύ με την εφαρμογή της διαδικασίας γεννήσεων - θανάτων.
- Η διαδικασία γεννήσεων - θανάτων περιγράφει τη μεταβολή του αριθμού των κατειλημμένων διαύλων συναρτήσει του χρόνου.

Μαρκοβιανές αλυσίδες

- Η αλυσίδα Μαρκόφ, ή Μαρκοβιανή αλυσίδα, που πήρε το όνομα της από τον Αντρέι Μαρκόφ, είναι ένα μαθηματικό σύστημα που μεταβάλλεται από μια κατάσταση σε μια άλλη, ανάμεσα σε ένα πεπερασμένο αριθμό καταστάσεων.
- Δε διατηρεί μνήμη: Η επόμενη κατάσταση εξαρτάται μόνο από την τωρινή κατάσταση και σε καμιά περίπτωση από αυτές που προηγήθηκαν. Αυτό το συγκεκριμένο είδος "αμνησίας" ονομάζεται μαρκοβιανή ιδιότητα.
- Οι Μαρκοβιανές Αλυσίδες έχουν πολλές εφαρμογές ως στατιστικά μοντέλα καθημερινών διαδικασιών.
- Μεγάλη εφαρμογή στις ουρές αναμονής

Υπολογισμός βαθμού εξυπηρέτησης

Το διάγραμμα ρυθμού μετάβασης καταστάσεων της διαδικασίας γεννήσεων-θανάτων.



Στη μόνιμη κατάσταση, δηλαδή, στατιστική ισορροπία, οι ροές μεταξύ των καταστάσεων πρέπει να είναι ίσες.

$$\lambda_k P_k = \mu_{k+1} P_{k+1}, \quad \text{για } 0 \leq k \leq C-1$$

$$P_{k+1} = \frac{\lambda_k}{\mu_{k+1}} P_k \quad \longrightarrow \quad P_{k+1} = \frac{\lambda_k \lambda_{k-1} \dots \lambda_0}{\mu_{k+1} \mu_k \dots \mu_1} P_0$$

Υπολογισμός βαθμού εξυπηρέτησης

Erlang B

- Υποθέσεις:
 - Είναι διαθέσιμοι C δίαυλοι.
 - Η κατανομή άφιξης των κλήσεων είναι Poisson με ρυθμό λ .
 - Οι κλήσεις που βρίσκουν ελεύθερο δίαυλο εξυπηρετούνται αμέσως. Οι κλήσεις που βρίσκουν όλους τους διαύλους κατειλημμένους αποκλείονται και εγκαταλείπουν το σύστημα.
 - Οι χρόνοι κατάληψης των διαύλων είναι ανεξάρτητοι με εκθετική κατανομή και μέση διάρκεια $H = 1/\mu$.
 - Το σύστημα είναι σε στατιστική ισορροπία.