

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

- Βασικός παράγοντας στη σχεδίαση των κυψελωτών συστημάτων είναι η δυνατότητα εξυπηρέτησης της τηλεπικοινωνιακής κίνησης.
- Μετά τη διαστασιολόγηση του συστήματος, οι ραδιοδίαυλοι κατανέμονται στις κυψέλες λαμβάνοντας υπόψη:
 - την πυκνότητα των χρηστών σε κάθε κυψέλη,
 - την απόσταση επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων,
 - το διαθέσιμο φάσμα.

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

- **Τηλεπικοινωνιακή κίνηση** ή απλά **κίνηση** στα κυψελωτά συστήματα, ορίζεται **το σύνολο**, όσο αφορά το πλήθος, το είδος και τη διάρκεια, **των κλήσεων από και προς τα κινητά τερματικά**, οι οποίες πραγματοποιούνται μέσω ενός αριθμού διαύλων.
- Η θεωρία της τηλεπικοινωνιακής κίνησης είναι ένα θέμα που έχει μελετηθεί εκτενώς στα **τηλεφωνικά συστήματα**, όπου χρησιμοποιείται η **μεταγωγή κυκλώματος**.
- Ονομάζουμε **ρυθμό κλήσεων** το σύνολο των τηλεφωνικών κλήσεων ή κλήσεων μετάδοσης δεδομένων με μεταγωγή κυκλώματος προς και από κάποιον σταθμό βάσης στη μονάδα του χρόνου.

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

- Θεωρούμε έναν σταθμό βάσης που διαθέτει συγκεκριμένο αριθμό διαύλων για εξυπηρέτηση μεγάλου αριθμού χρηστών.
- Η φορά της πρόσβασης δεν επηρεάζει την ανάλυση της κίνησης με βάση τη θεωρία αναμονής.
- Η θεώρηση της κίνησης δεν εξαρτάται από τον τύπο της ασύρματης πρόσβασης ή τον τύπο της πολυπλεξίας που χρησιμοποιείται στον δίαυλο.

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Οι σημαντικότεροι παράγοντες για την εξυπηρέτηση της κίνησης είναι:

- Ο ρυθμός άφιξης κλήσεων (ποικίλει ανά ώρα, περιοχή, κτλ).
- Οι διάρκειες κατάληψης των διαύλων για τις επιτυχείς κλήσεις (πιθανοτική διάρκεια).
- Ο συνολικός αριθμός των διαθέσιμων διαύλων (μπορεί να ποικίλει αν έχουμε δυναμική αναδιάταξή τους).
- Η πιθανότητα αποκλεισμού (μη διαθέσιμοι δίαυλοι).
- Ο τρόπος αντιμετώπισης των αποκλεισμένων κλήσεων:
 - Απόρριψη και επανα-προσπάθεια
 - Αναμονή σε ουρά

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

- Η θεωρία της τηλεπικοινωνιακής κίνησης ασχολείται με τα προβλήματα αναμονής ή/και απωλειών κλήσεων στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα.
- Η ανάλυση των προβλημάτων αυτών εξαρτάται τόσο από τις διαδικασίες εισόδου και εξόδου, όσο και από τη δομή του συστήματος.
- Οι απαντήσεις στα προβλήματα δεν μπορεί να είναι ακριβείς. Μπορεί να βρεθούν μόνο πιθανότητες ή μέσες τιμές για τα εξεταζόμενα μεγέθη.

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση στα κυψελωτά συστήματα

Μεταφερόμενη κίνηση

Υποθέτουμε ότι:

- Ο αριθμός των χρηστών είναι πολύ μεγάλος και ο ρυθμός κλήσεων από κάθε χρήστη είναι μικρός, οπότε οι αφίξεις κλήσεων μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι *τυχαίες* και *ανεξάρτητες* και μπορεί να περιγραφούν ως διαδικασίες *Poisson*.
- Οι διάρκειες κατάληψης των διαύλων είναι *τυχαίες* και *ανεξάρτητες*.

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 $T = 1$ 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**.

Agner Krarup Erlang

Agner Krarup Erlang



Born 1 January 1878
Lønborg, Denmark

Died 3 February 1929
Copenhagen, Denmark

Occupation Mathematician, statistician, and
engineer

Agner Krarup Erlang (1 January 1878 – 3 February 1929) was a Danish mathematician, statistician and engineer, who invented the fields of traffic engineering and queueing theory.

By the time of his relatively early death at the age of 51, Erlang created the field of telephone networks analysis. His early work in scrutinizing the use of local, exchange and trunk telephone line usage in a small community to understand the Theoretical requirements of an efficient network led to the creation of the Erlang formula, which became a foundational element of present day telecommunication network studies.

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

- **Ώρα 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.