

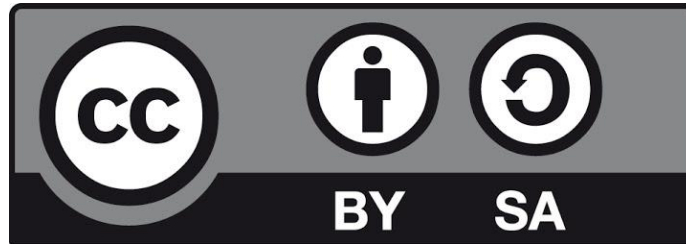
Βασικές αρχές κυψελωτών δικτύων

Εισηγητής: Χρήστος Δαλαμάγκας

cdalamagkas@gmail.com

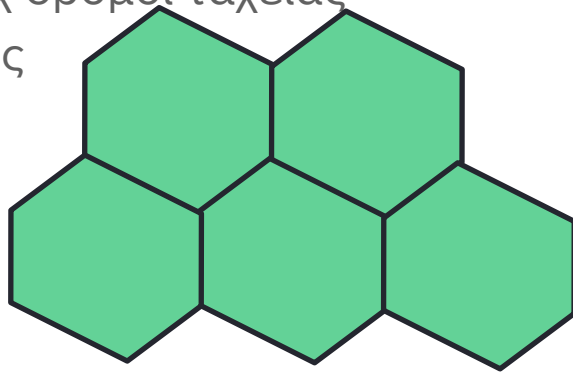
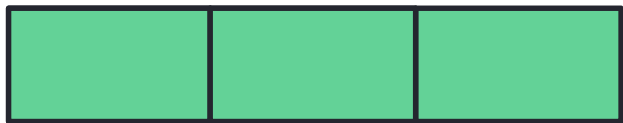
Άδεια χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται στη διεθνή άδεια χρήσης Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).



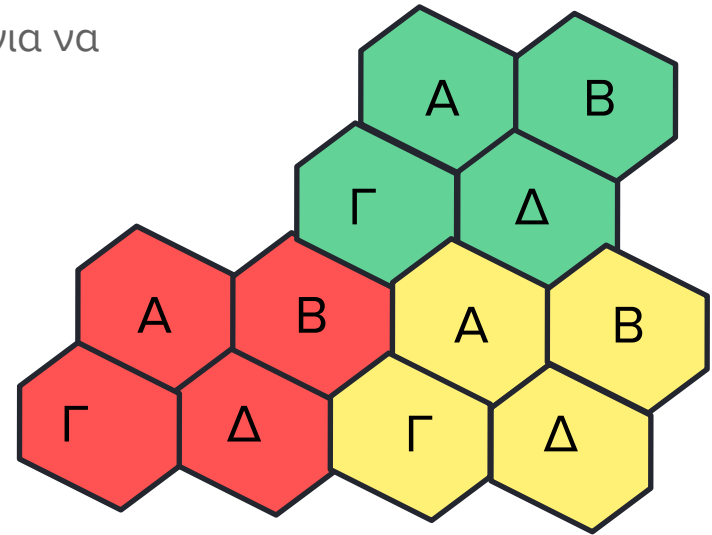
Χαρακτηριστικά κινητών δικτύων

- Ιδανικά, οι σταθμοί βάσης εκπέμπουν «κυκλικά»
- Οι σταθμοί βάσης τοποθετούνται ώστε να σχηματίζουν εξάγωνα μεταξύ τους
- Στο πλαίσιο των ασκήσεων, θεωρούμε ότι οι κυψέλες εκπέμπουν «εξαγωνικά»
- Για κάλυψη κτηρίων ή ιδιόμορφων περιοχών (πχ δρόμοι ταχείας κυκλοφορίας) είναι πιο βολικές οι μονοδιάστατες



Επαναχρησιμοποίηση κυψελών

- Με ένα δεδομένο εύρος ζώνης, οι χρήστες που μπορούμε να καλύψουμε είναι λίγοι
- Η ιδέα είναι να **χωρίζουμε τις κυψέλες του συστήματος σε ομάδες** και να **επαναχρησιμοποιούμε το ίδιο εύρος ζώνης**
- Έστω μας έχει ανατεθεί εύρος ζώνης (BW) 33 MHz για να καλύψουμε 12 κυψέλες
- Οι 12 κυψέλες του παραδείγματος χωρίστηκαν σε ομάδες των 4
- Κάθε ομάδα χρησιμοποιεί όλο το BW
- Οι κυψέλες με το ίδιο γράμμα χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες
- Τα 33 MHz επαναχρησιμοποιούνται 3 φορές, άρα τριπλασιάζεται η χωρητικότητα!



Επαναχρησιμοποίηση κυψελών

- Μια ομάδα που χρησιμοποιεί όλο το φάσμα ονομάζεται **ομάδα επαναχρησιμοποίησης**
- Μεταξύ των ομάδων επαναχρησιμοποίησης παρουσιάζονται παρεμβολές
- Η παρεμβολή που παρουσιάζεται από κυψέλες που χρησιμοποιούν τις ίδιες συχνότητες, ονομάζεται **ομοδιαυλική παρεμβολή**

K: Το πλήθος των κυψελών που αποτελεί μια ομάδα επαναχρησιμοποίησης

J: Το πλήθος των ομάδων επαναχρησιμοποίησης στο σύστημα

D: Απόσταση ομοδιαυλικών κυψελών

Επαναχρησιμοποίηση κυψελών

- Η ομοδιαυλική παρεμβολή εξαρτάται από την απόσταση των ομοδιαυλικών κυψελών (D)
- Όσο μεγαλύτερη η απόσταση D , τόσο μικρότερη η παρεμβολή
- Ωστόσο, για μεγαλύτερη απόσταση D θέλουμε περισσότερες κυψέλες ανά ομάδα επαναχρησιμοποίησης, δηλαδή μεγαλύτερο K .
- Μεγαλύτερο K σημαίνει λιγότερες ομάδες επαναχρησιμοποίησης, δηλαδή μικρότερο J
- Μικρότερο J σημαίνει λιγότερες φορές που επαναχρησιμοποιείται το φάσμα, άρα μικρότερη χωρητικότητα του συστήματος

Θέλουμε συμβιβασμό μεταξύ K και ομοδιαυλικών παρεμβολών

Επαναχρησιμοποίηση κυψελών

K Το πλήθος των κυψελών που αποτελεί μια ομάδα επαναχρησιμοποίησης

J Το πλήθος των ομάδων επαναχρησιμοποίησης στο σύστημα

D Απόσταση ομοδιαυλικών κυψελών

BW Συνολικο εύρος ζώνης που ανατίθεται στο σύστημα

W Εύρος ζώνης ραδιοδιαύλου

M Πλήθος (ραδιο)διαύλων πριν την επαναχρησιμοποίηση

C Πλήθος (ραδιο)διαύλων μετά την επαναχρησιμοποίηση

C_c Πλήθος (ραδιο)διαύλων ανά κυψέλη μετά την επαναχρησιμοποίηση

N_{cell} Πλήθος κυψελών στο σύστημα

Επαναχρησιμοποίηση κυψελών

Αριθμός ραδιοδιαύλων σε μια ομάδα επαναχρησιμοποίησης:

$$M = BW / W$$

Αριθμός ραδιοδιαύλων σε μια κυψέλη μιας ομάδας επαναχρησιμοποίησης:

$$C_c = M / K$$

Πλήθος διαύλων συστήματος, αφού έγινε επαναχρησιμοποίηση:

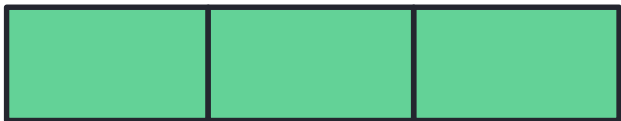
$$C = J * M$$

Το D εξαρτάται από τη
γεωμετρία των κυψελών!

Τετραγωνικές κυψέλες μιας διάστασης

- Μονοδιάστατα συστήματα / Κίνηση μόνο κατά μήκος

$$K = D / 2R$$



Τετραγωνικές κυψέλες δυο διαστάσεων

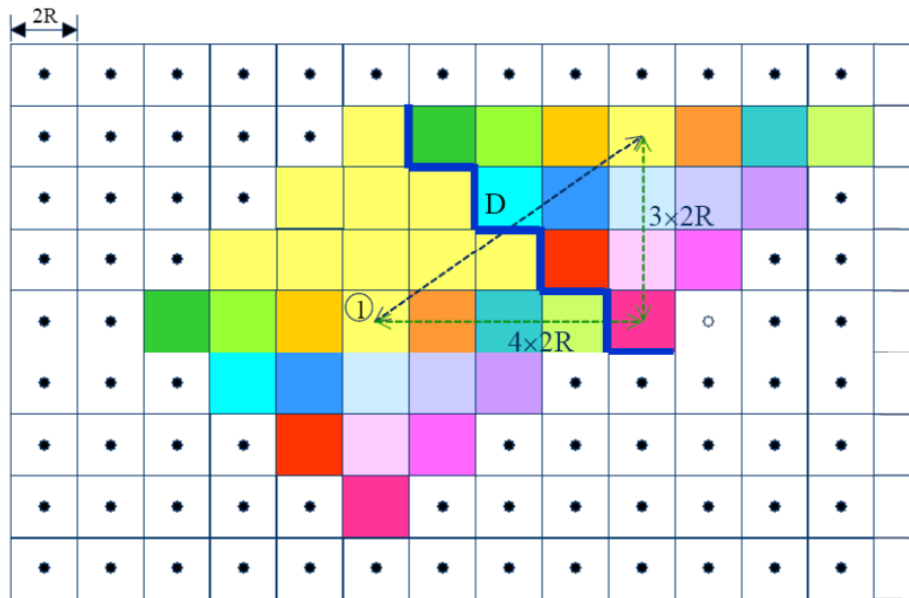
- Κίνηση κατά μήκος και κατά πλάτος

Το K για να είναι έγκυρο θα πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη σχέση

$$K = i^2 + j^2$$

Όπου i και j οι κινήσεις που πρέπει να κάνουμε κατά μήκος και κατά πλάτος για να φτάσουμε μια ομοδιαυλική κυψέλη

$$D = 2R\sqrt{K}$$



Εξαγωνικές κυψέλες

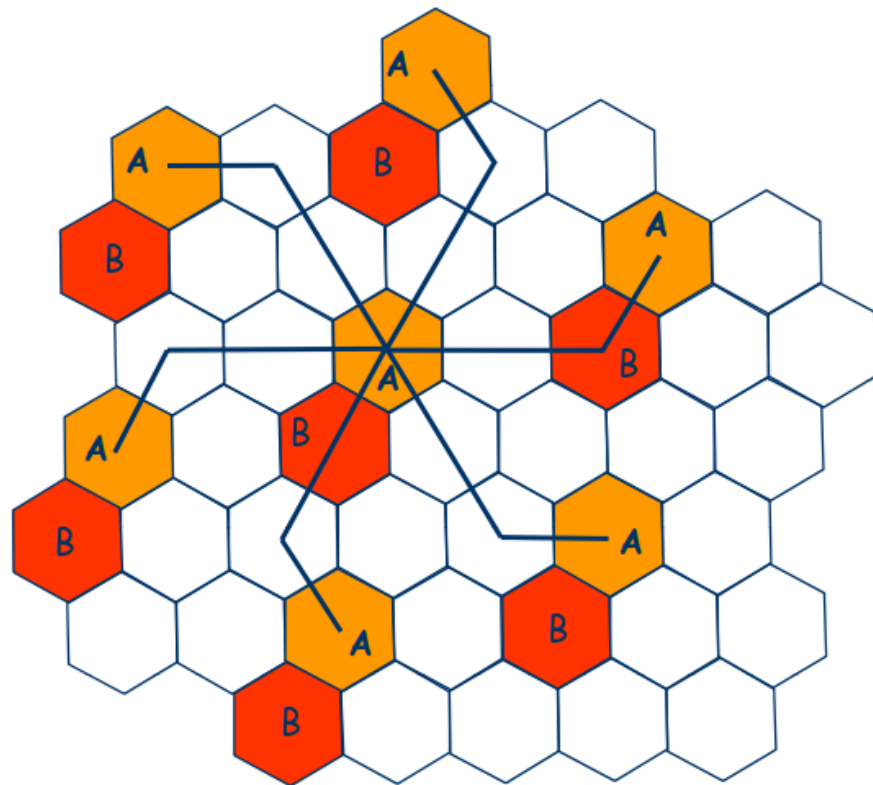
- Κίνηση κατά μήκος και κατά πλάτος

Το K για να είναι έγκυρο θα πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη σχέση

$$K = i^2 + ij + j^2$$

Όπου i και j οι κινήσεις που πρέπει να κάνουμε κατά μήκος και κατά πλάτος για να φτάσουμε μια ομοδιαυλική κυψέλη

$$D = R\sqrt{3K}$$



$$K=7 \quad i=2, j=1$$

Παράδειγμα

Εύρος ζώνης 33MHz, ραδιοδιαύλοι εύρους 25 khz ανά κατεύθυνση. Ερωτήματα:

- Να βρεθεί ο αριθμός ραδιοδιαύλων ανά κυψέλη (C_c), αν $K=4$, $K=7$, $K=12$

$$M = BW/W = 33 \cdot 10^6 / 25 \cdot 2 \cdot 10^3 = 660 \text{ δίαυλοι}$$

$$\text{Για } K=4: \quad C_c = M/K = 660/4 = 165 \text{ δίαυλοι}$$

$$\text{Για } K=7: \quad C_c = M/K = 660/7 = 94 \text{ δίαυλοι}$$

$$\text{Για } K=12: \quad C_c = M/K = 660/12 = 55 \text{ δίαυλοι}$$

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση

- Τηλεπικοινωνιακή κίνηση: Το σύνολο των κλήσεων που πραγματοποιούνται από τα κινητά τερματικά, όσον αφορά το πλήθος και τη διάρκεια.
- Οι κλήσεις δημιουργούνται τυχαία
- Το μεσοδιάστημα μεταξύ δυο διαδοχικών κλήσεων είναι τυχαίο
- Η διάρκεια της κάθε κλήσης είναι επίσης τυχαία
- Θεωρία τηλεπικοινωνιακής κίνησης: Εξετάζει την στατιστική πίσω από τα προαναφερθέντα γεγονότα και εκτιμά να κάνει πιθανολογικές εκτιμήσεις για αυτά.

Είδη τηλεπικοινωνιακής κίνησης

- Για να μελετήσουμε την τηλεπικοινωνιακή κίνηση, πρέπει να γνωρίζουμε την στατιστική της συμπεριφορά
- Θεωρούμε ότι όλα τα τυχαία γεγονότα ακολουθούν κατανομή Poisson
- Τα μεσοδιαστήματα ακολουθούν εκθετική κατανομή
- Κίνηση γενικά ορίζουμε κλήσεις που κάνουν τα κινητά τερματικά.
- **Μεταφερόμενη κίνηση:** Ο μέσος αριθμός των κατειλημμένων διαύλων στη μονάδα του χρόνου
- **Προσφερόμενη κίνηση:** Η κίνηση που δημιουργείται από τα κινητά τερματικά και φτάνει στο σύστημα, άσχετα από τη μετέπειτα τύχη της (αν δηλαδή απορριφθεί ή όχι)

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση

- Την κίνηση την μετράμε σε erlang
- 1 erlang αντιπροσωπεύει την κίνηση που μεταφέρεται από έναν δίαυλο που είναι πλήρως κατειλημμένος
 - Πχ ένας δίαυλος που είναι κατειλημμένος 30 λεπτά σε διάστημα μιας ώρας, μεταφέρει 0.5 erlang
- Προσφερόμενη κίνηση ενός χρήστη:

$$A_u = \lambda * H$$

A_u : (Προσφερόμενη) Κίνηση που παράγει ένας χρήστης

λ : Μέσος ρυθμός διεξαγωγής κλήσεων σε μια ώρα

H : Η μέση διάρκεια των κλήσεων σε μια ώρα

Τηλεπικοινωνιακή κίνηση

- Ολική προσφερόμενη κίνηση συστήματος:

$$A = A_u * N_u$$

Βαθμός εξυπηρέτησης

- Βαθμός εξυπηρέτησης (Graduate of Service – GoS): Ο λόγος του αριθμού των ανεπιτυχών κλήσεων προς τον συνολικό αριθμό κλήσεων στην ώρα αιχμής
- Το GoS είναι ένας δείκτης επίδοσης ενός δικτύου
- Συστήματα Erlang B: Αν φτάσει μια κλήση και δεν υπάρχουν διαθέσιμοι δίαυλοι, τότε η κλήση απορρίπτεται → Το GoS σημαίνει πιθανότητα απόρριψης
- Συστήματα Erlang C: Αν φτάσει μια κλήση και δεν υπάρχουν διαθέσιμοι δίαυλοι, τότε η κλήση μπαίνει σε ουρά αναμονής → Το GoS σημαίνει πιθανότητα απόρριψης μιας κλήσης, αφού έχει πρώτα καθυστερήσει στην ουρά αναμονής

Ομαδοποίηση καναλιών (trunking)

- Απόδοση συγκέντρωσης (trunking efficiency): Το πόσοι χρήστες μπορούν να εξυπηρετηθούν, αν τους προσφερθεί ένα συγκεκριμένο πλήθος διαύλων και GoS.
- Η ομαδοποίηση των διαύλων (trunking) αλλάζει αισθητά τον αριθμό των χρηστών που μπορούν να εξυπηρετηθούν
- Την απόδοση συγκέντρωσης μας δίνουν οι πίνακες Erlang B, Erlang C

Με GoS = 1% μια κυψέλη 10 διαύλων εξυπηρετεί 4.461 erlang

Αν χωρίζαμε τους διαύλους σε δυο κυψέλες (5+5), τότε η κίνηση της κάθε κυψέλης θα ήταν αθροιστικά $2 \cdot 1.36 = 2.72$ erlang. 40% λιγότερη κίνηση !!

Πίνακες erlang

- Γνωρίζοντας το σύστημα erlang που χρησιμοποιεί ένα σύστημα, μπορούμε να συνδέσουμε τις εξής πληροφορίες για μια κυψέλη
 - GoS
 - Cc (αριθμός διαύλων ανά κυψέλη)
 - Ac (προσφερόμενη κίνηση μιας κυψέλης → χρήστες)
- Γνωρίζοντας δυο από τα παραπάνω, μπορούμε να βρούμε το τρίτο