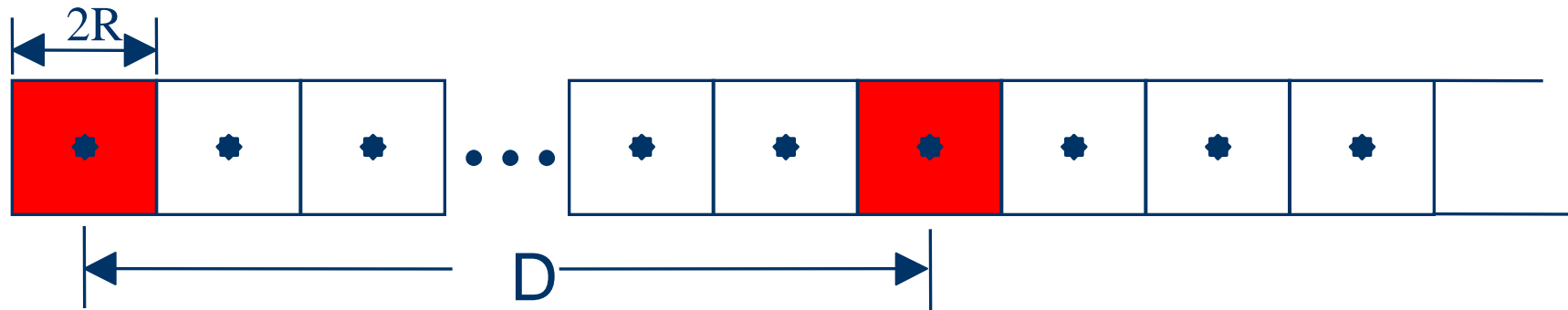


**Κυψελωτή δομή και
επαναχρησιμοποίηση
συχνοτήτων
(συνέχεια)**

Μονοδιάστατα συστήματα



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

$$K = \frac{D \times (2R)}{(2R)^2} = \frac{S_K}{S_c}$$

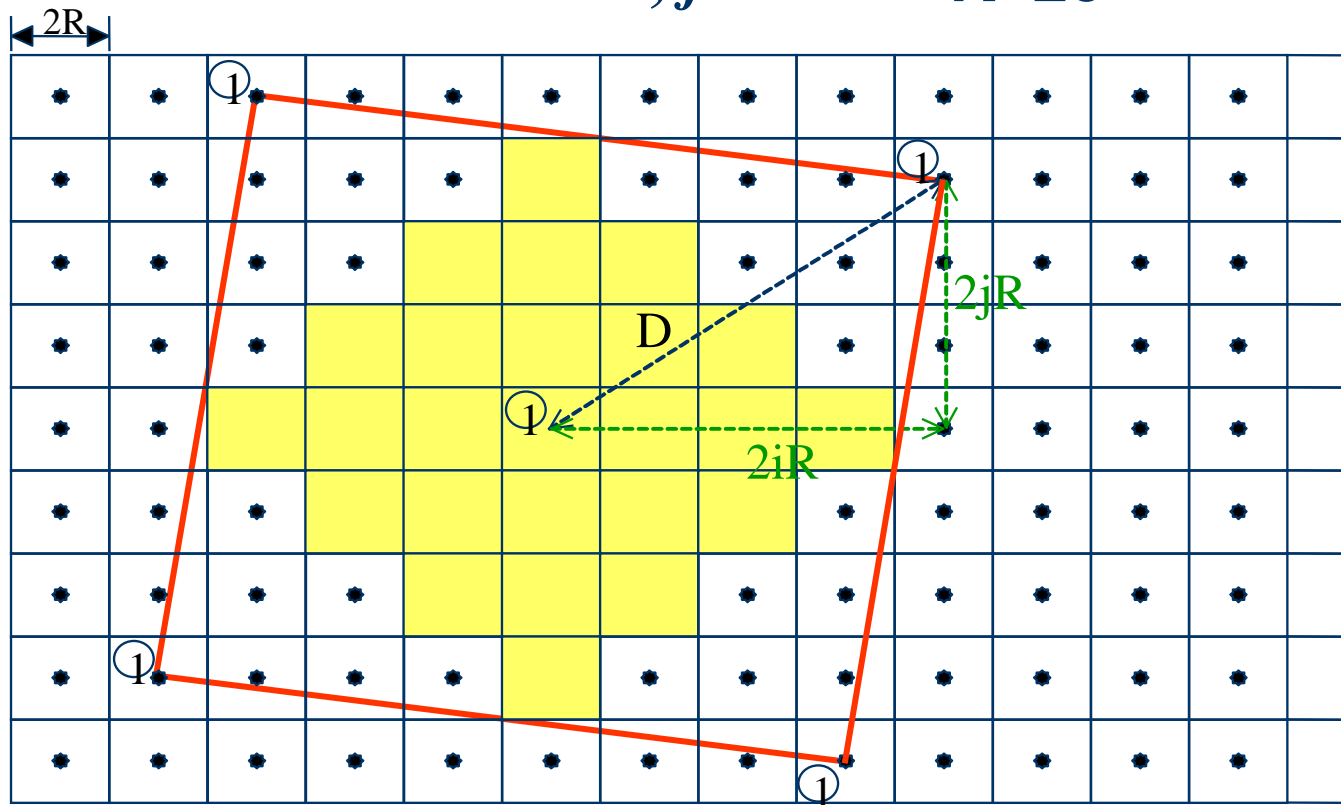
Συστήματα δύο διαστάσεων

Τετραγωνικές κυψέλες

$$D^2 = (2Ri)^2 + (2Rj)^2 \quad D = 2R \times \sqrt{i^2 + j^2}$$

$i=4, j=3$

$K=25$



Συστήματα δύο διαστάσεων

Τετραγωνικές κυψέλες

Κυψέλες τετραγώνου: $K + 4(K / 4) = 2K$

Πλευρά τετραγώνου: $\sqrt{D^2 + D^2} = \sqrt{2D^2} = D\sqrt{2}$

Εμβαδόν τετραγώνου: $D\sqrt{2} \times D\sqrt{2} = 2D^2$

Συστήματα δύο διαστάσεων

Τετραγωνικές κυψέλες

$$2K = \frac{S_{D\sqrt{2}}}{S_c} = \frac{2D^2}{(2R)^2} = \frac{2(i^2 + j^2) \times (2R)^2}{(2R)^2} = 2(i^2 + j^2)$$

$$K = i^2 + j^2 \quad i, j \text{ ακέραιες τιμές, άρα}$$

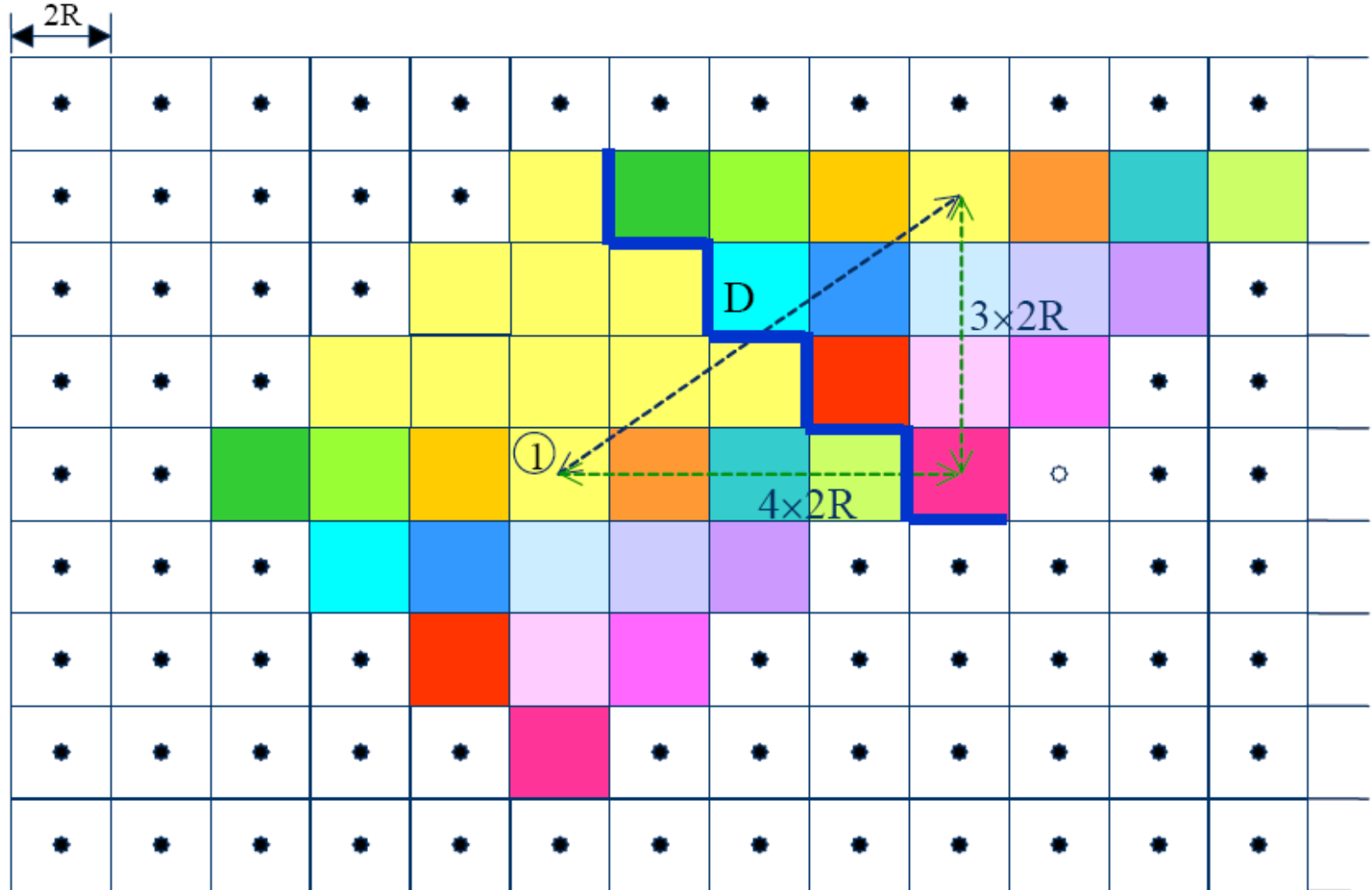
$K : 1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 13, 16, 17, 18, 20, 25, \dots$

$$D = 2R \times \sqrt{i^2 + j^2} \quad \longrightarrow \quad D = 2R\sqrt{K}$$

Όπως δείξαμε

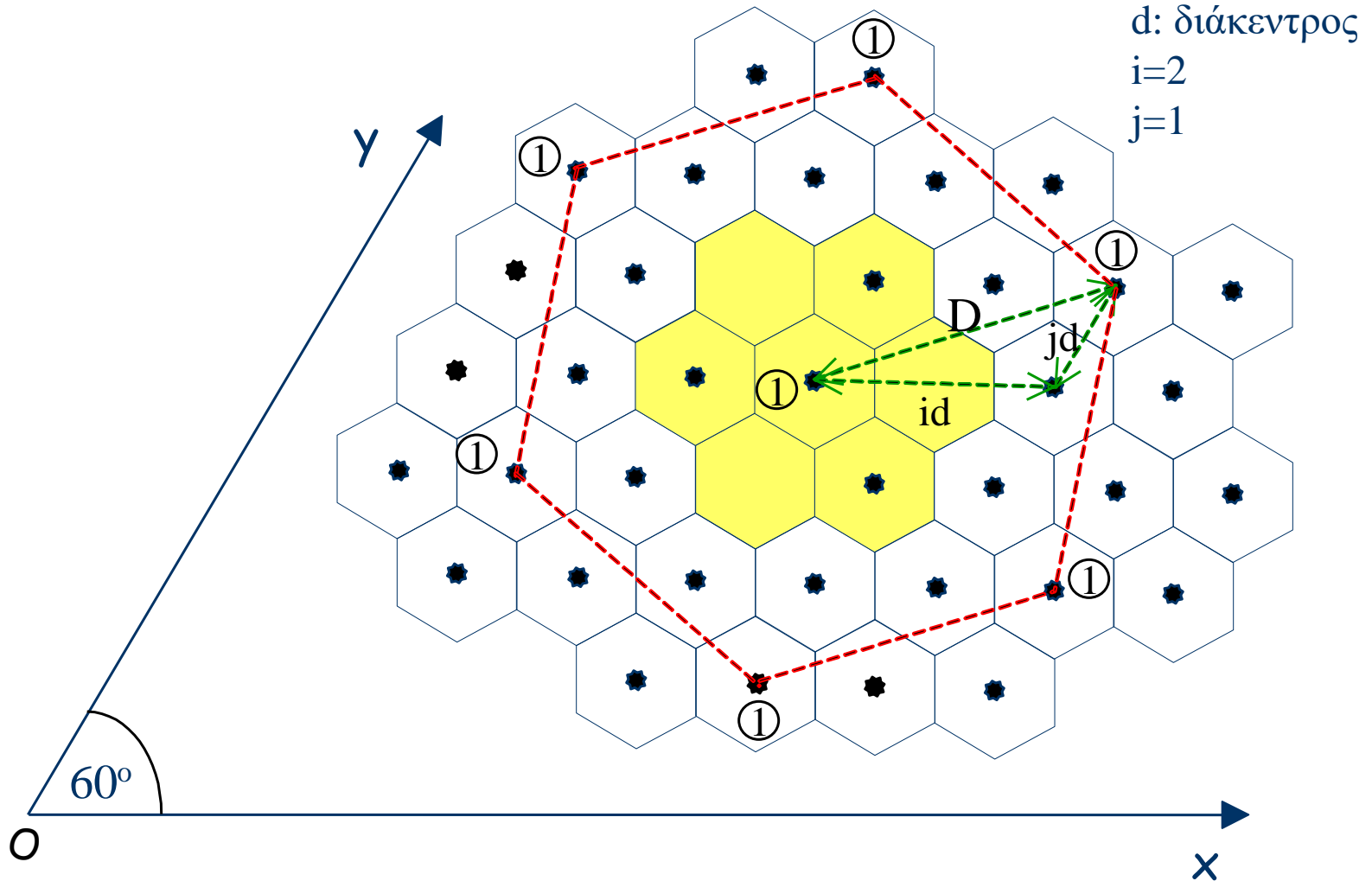
Συστήματα δύο διαστάσεων

Τετραγωνικές κυψέλες: $K = 25$ ($i=4, j=3$)



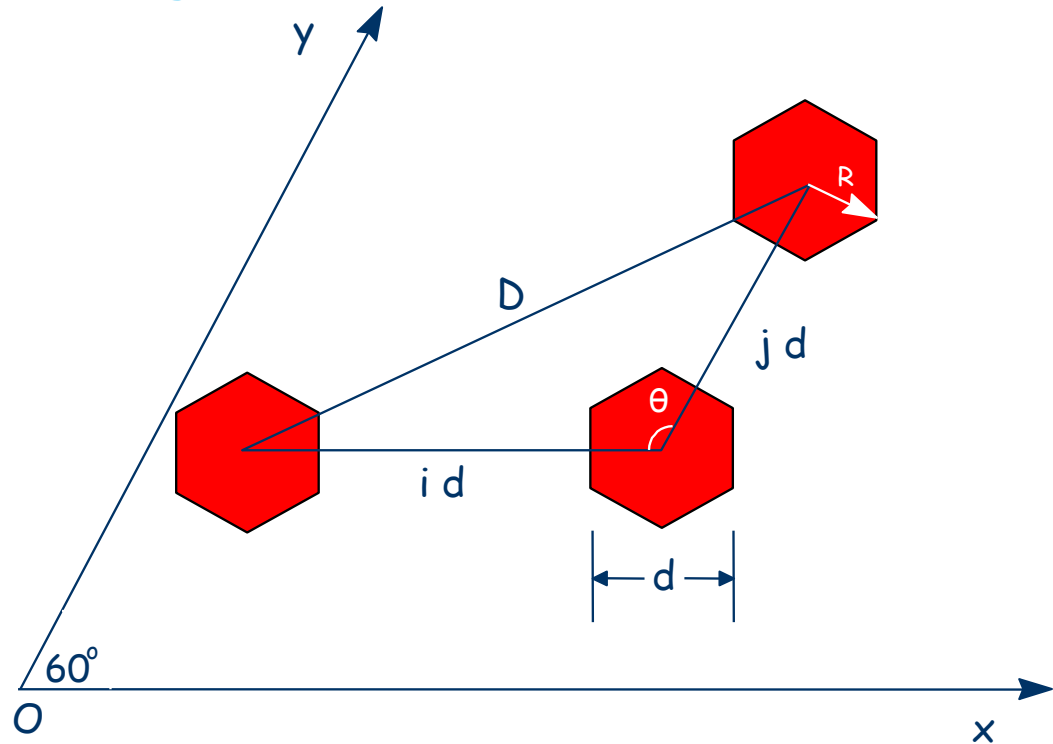
Συστήματα δύο διαστάσεων

Εξαγωνικές κυψέλες



Συστήματα δύο διαστάσεων

Εξαγωνικές κυψέλες



$$D^2 = (i \cdot d)^2 + (j \cdot d)^2 - 2 \cdot (i \cdot d) \cdot (j \cdot d) \cdot \cos \theta$$

$$\text{Για } \theta = 120^\circ \cos \theta = -1/2 \quad D^2 = (i^2 + j^2 + i \cdot j) \cdot d^2$$

Συστήματα δύο διαστάσεων

Εξαγωνικές κυψέλες

$$K + 6(K / 3) = 3K$$

$$D^2 = (i^2 + i \cdot j + j^2) \cdot d^2$$

$$3K = \frac{S_D}{S_c} = \frac{\frac{3\sqrt{3}}{2} D^2}{\frac{3\sqrt{3}}{2} R^2} = \frac{D^2}{R^2}$$

$$d = \sqrt{3} \cdot R \Rightarrow R = \frac{d}{\sqrt{3}}$$

$$K = (i^2 + i \cdot j + j^2)$$

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

Συστήματα δύο διαστάσεων

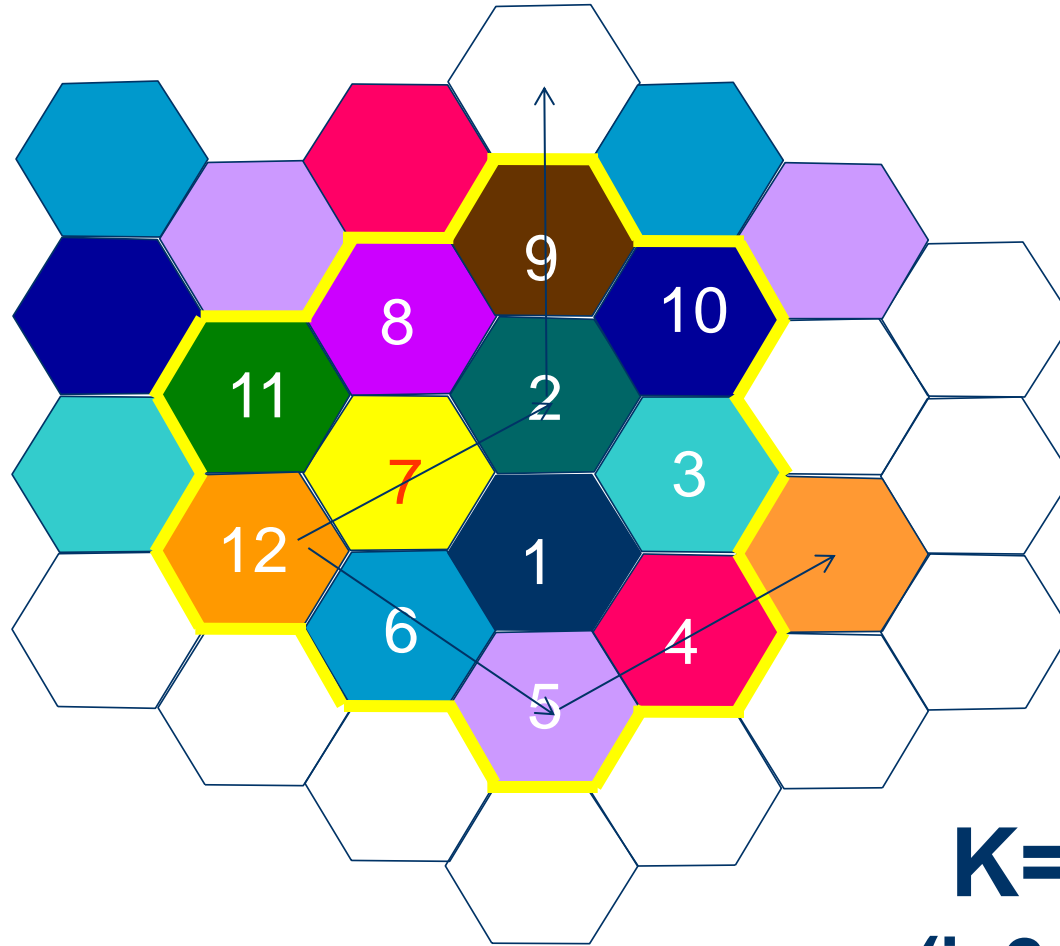
Εξαγωνικές κυψέλες



$$K=4$$
$$(i=2, j=0)$$

Συστήματα δύο διαστάσεων

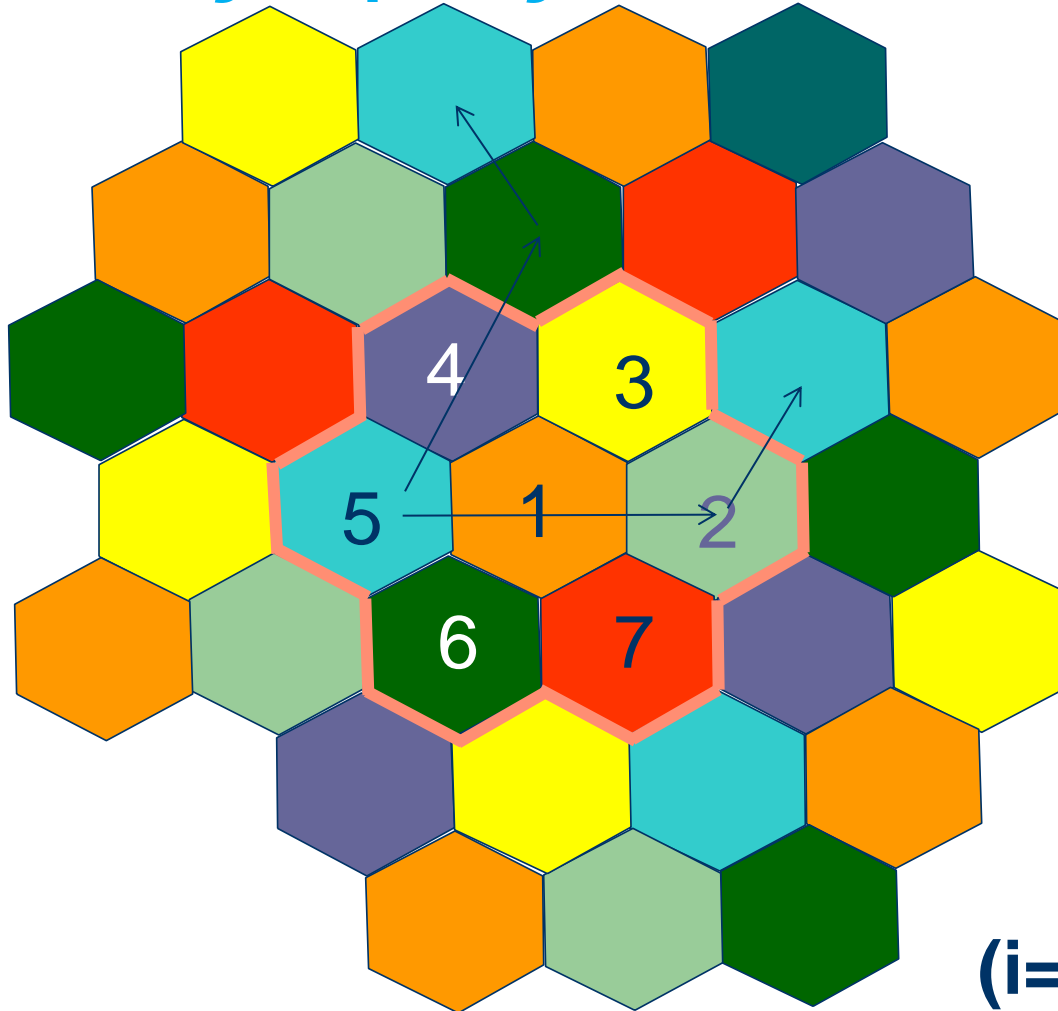
Εξαγωνικές κυψέλες



$K=12$
 $(i=2, j=2)$

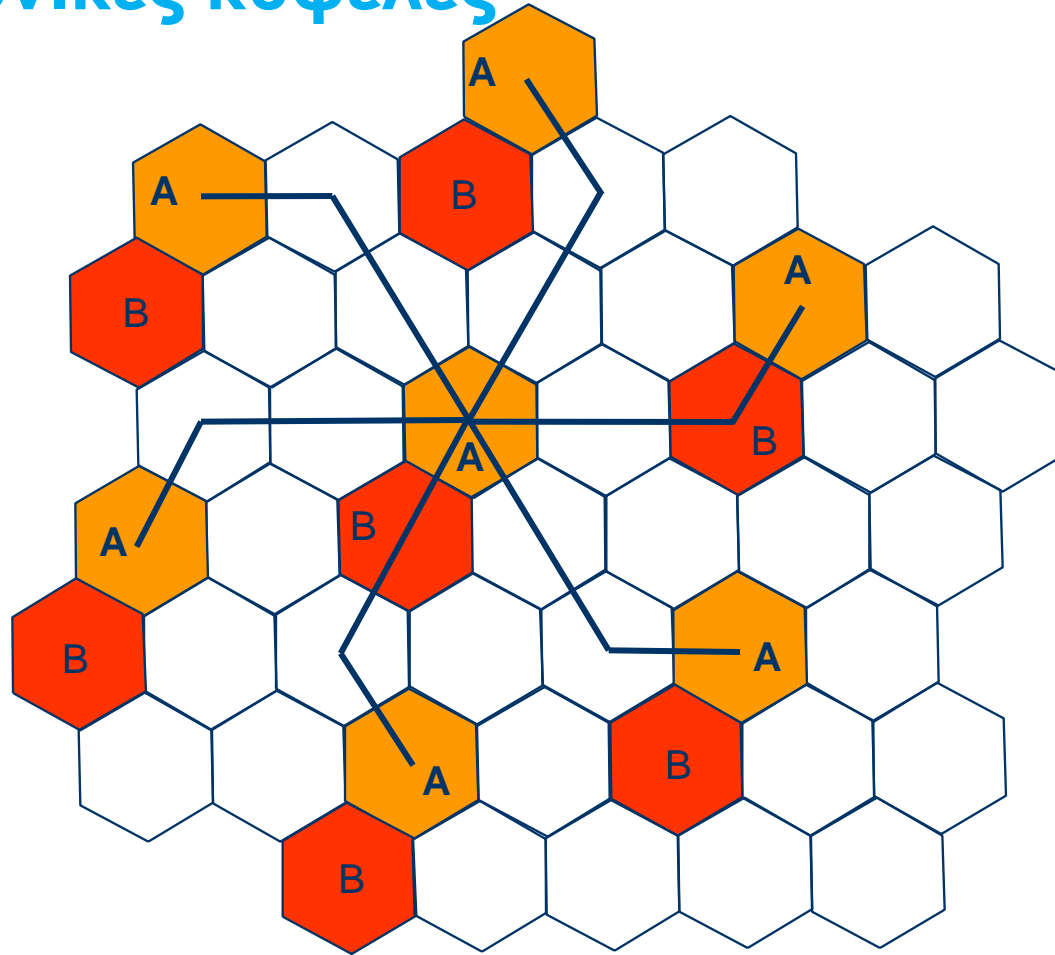
Συστήματα δύο διαστάσεων

Εξαγωνικές κυψέλες



Συστήματα δύο διαστάσεων

Εξαγωνικές κυψέλες



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

Συστήματα δύο διαστάσεων

Παράδειγμα 3.1

Εύρος ζώνης 33MHz διατίθεται σε κυψελωτό σύστημα. Κάθε διάυλος έχει $W = 25\text{kHz}$ ανά κατεύθυνση και χρησιμοποιείται για τηλεφωνία και έλεγχο.

Να υπολογιστεί ο αριθμός των διαύλων που θα κατανεμηθούν ανά κυψέλη, αν το σύστημα χρησιμοποιεί $K = 7$ και $K=12$.

Αν διατίθεται 1MHz από το φάσμα για διαύλους ελέγχου, καθορίστε μια όσο το δυνατόν ομοιόμορφη κατανομή των διαύλων ελέγχου και φωνής.

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 = $\frac{1}{T} \sum_{n=0}^C n \cdot t_n = \sum_{n=0}^C n \cdot (t_n / T)$