

Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

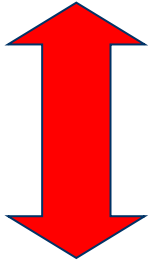
**Κατανομή και εκχώρηση
ασύρματων πόρων
(κεφ 5)**

Περίληψη

- Σχήματα κατανομής διαύλων ανά κυψέλη
 - Σταθερή κατανομή
 - Δυναμική κατανομή
 - Υβριδική κατανομή
- Δανεισμός διαύλων
- Τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης
 - FDMA
 - TDMA
 - CDMA
- Ασύρματη χωρητικότητα κυψελωτών συστημάτων

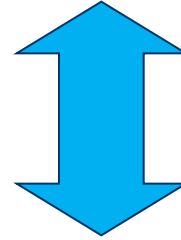
Εισαγωγή

Κατανομή διαύλων



Απόδοση φάσματος

Πολλαπλή πρόσβαση
Εκχώρηση



Αποτελεσματική
χρησιμοποίηση του φάσματος
(βελτίωση χωρητικότητας)

Στόχοι: Ευελιξία, ποιότητα, χωρητικότητα

Κατανομή διαύλων

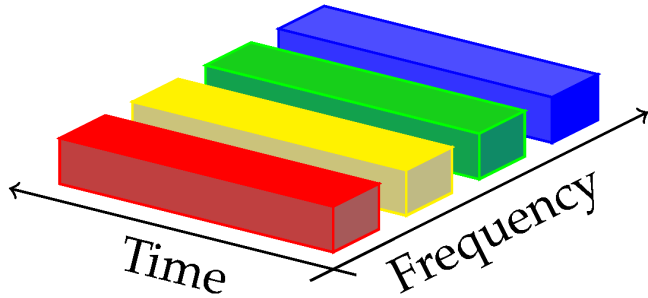
Διαίρεση φάσματος σε διαύλους

- Διαίρεση συχνότητας (FD)
- Διαίρεση χρόνου (TD)
- Διαίρεση κώδικα (CD)
- Συνδυασμός TD, FD, CD

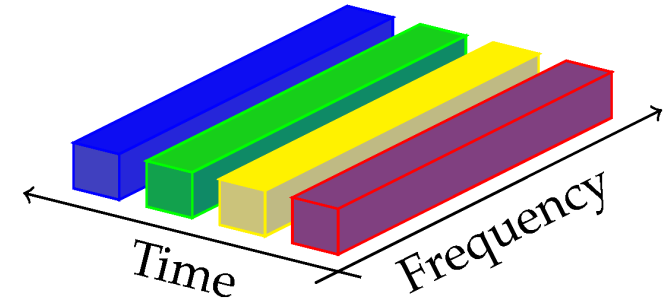
Κατανομή διαύλων

Διαίρεση φάσματος σε διαύλους

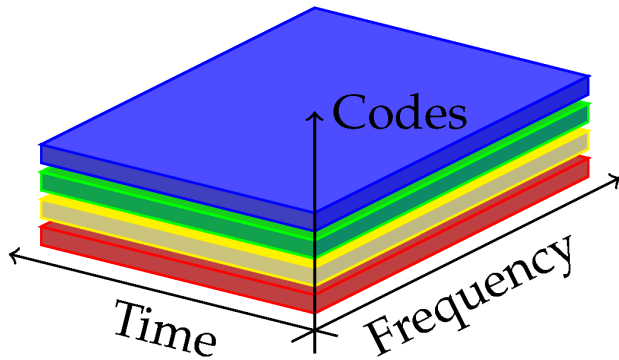
FDMA



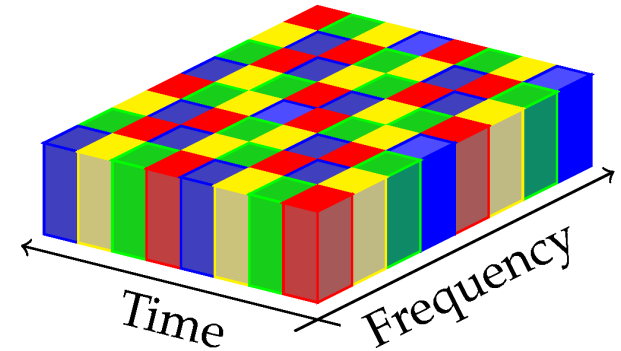
TDMA



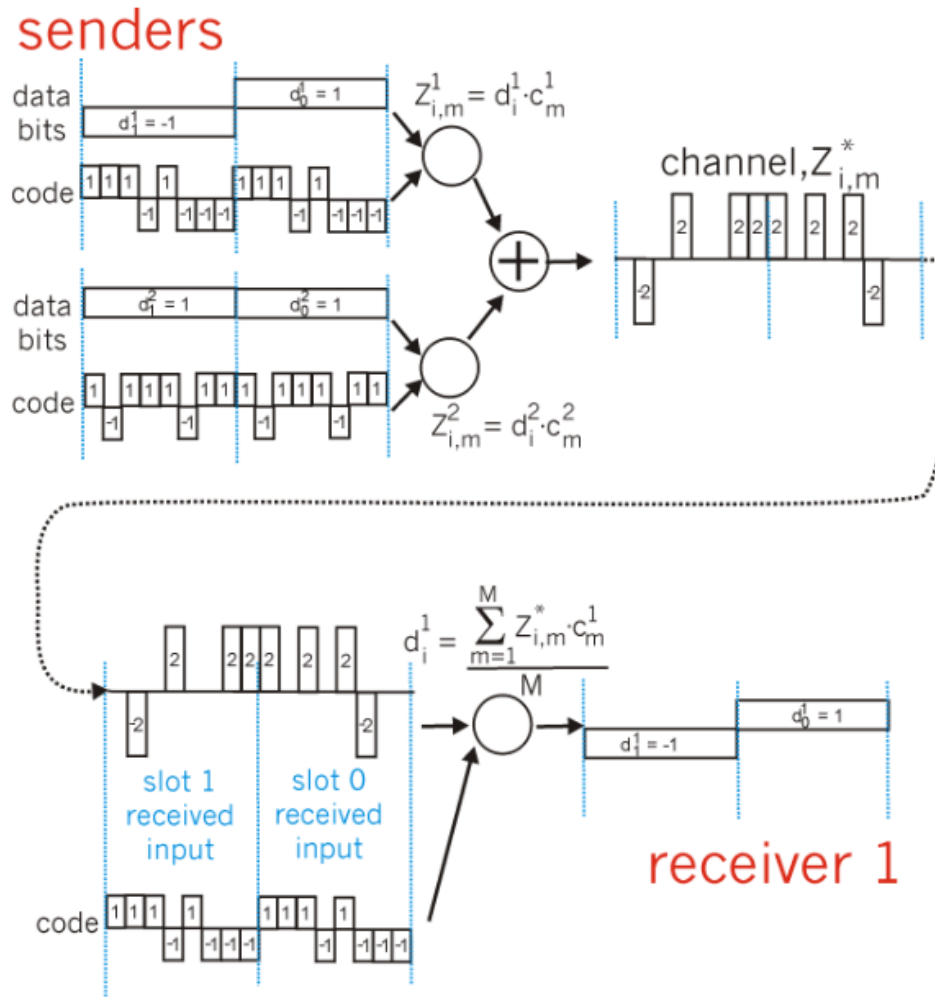
CDMA



OFDMA



Code Division Multiple Access (CDMA)



Κατανομή διαύλων

Σχήματα κατανομής διαύλων ανά κυψέλη

- Σταθερή κατανομή (Fixed Channel Allocation, FCA)
- Δυναμική κατανομή (Dynamic Channel Allocation, DCA)
- Υβριδική κατανομή (Hybrid Channel Allocation, HCA)

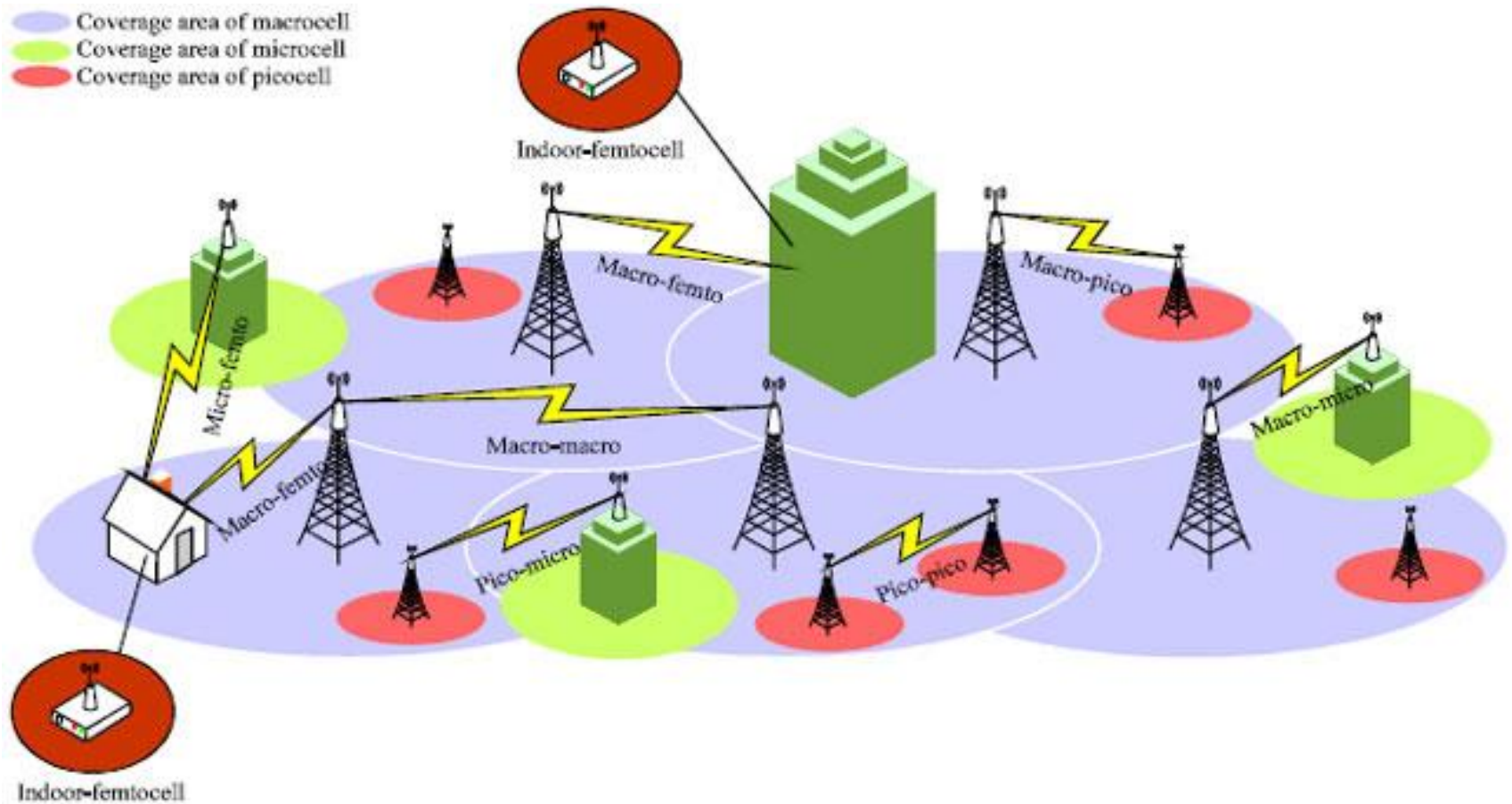
Κατανομή διαύλων

FCA

- Ο ίδιος αριθμός διαύλων σε κάθε κυψέλη.
- Ομοιόμορφη κίνηση:
 - Πολύ καλή απόδοση
 - Ολική πιθανότητα αποκλεισμού = πιθανότητα ανά κυψέλη
- Μη ομοιόμορφη κίνηση:
 - Υψηλή πιθανότητα αποκλεισμού σε μερικές κυψέλες
 - Υποχρησιμοποίηση διαύλων σε άλλες κυψέλες
- Ακατάλληλη για μοντέρνα συστήματα μικροκυψελών (απρόβλεπτη κίνηση, πολλές μεταπομπές)
- Καλύτερη σε μεγάλες κυψέλες

Κατανομή διαύλων

FCA – Ακατάλληλη στα σύγχρονα δίκτυα



Κατανομή διαύλων

FCA

- Με μικροκυψέλες και πικοκυψέλες η FCA καταλήγει να είναι ακατάλληλη:
 - Δύσκολος προγραμματισμός
 - Δεν υπάρχει ευελιξία για αναδιάταξη
 - Δεν μπορεί να χειρίζεται απρόβλεπτη κίνηση
 - Δεν παρέχει εύρος ζώνης σύμφωνα με τη ζήτηση (πολυμέσα)

Κατανομή διαύλων

DCA

- Όχι σταθερή σχέση μεταξύ διαύλων και κυψελών.
- Ένας δίαυλος μπορεί να επιλεγεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε κυψέλη, εφόσον ικανοποιούνται οι περιορισμοί των παρεμβολών.
- Μεγαλύτερο κόστος και μεγαλύτερη πολυπλοκότητα.
- Επειδή μπορεί να υπάρχουν περισσότεροι του ενός ελεύθεροι δίαυλοι ⇒ εφαρμογή κάποιας στρατηγικής για την επιλογή του διαύλου που θα εκχωρηθεί.

Κατανομή διαύλων

DCA

- Κύρια ιδέα στα σχήματα DCA
 - Ο υπολογισμός του κόστους χρησιμοποίησης κάθε υποψήφιου διαύλου και η επιλογή εκείνου με το μικρότερο κόστος, εφόσον ικανοποιούνται οι περιορισμοί για τις παρεμβολές.
- Η επιλογή της συνάρτησης κόστους είναι εκείνη που διαφοροποιεί τα διάφορα σχήματα DCA
 - Πιθανότητα αποκλεισμού επόμενων κλήσεων
 - Χρησιμοποίηση διαύλου
 - Απόσταση επαναχρησιμοποίησης

Κατανομή διαύλων

DCA

- Ανάλογα με τον βαθμό προγραμματισμού και την επικοινωνία μεταξύ των σταθμών βάσης, διακρίνουμε:
- **Κεντρική DCA**
 - Απαιτείται κεντρικός έλεγχος με πληροφορίες που φθάνουν από όλο το σύστημα.
 - Αποδοτική αλλά ανέφικτη πρακτικά (σηματοδοσία, επεξεργασία)
- **Αποκεντρωμένη DCA**
 - Δεν απαιτείται προγραμματισμός ή επικοινωνία με όλους τους σταθμούς βάσης.
 - Μειονεκτήματα: διακοπή εξυπηρέτησης, αδιέξοδα, αστάθεια.

Κατανομή διαύλων

Κεντρική DCA

Μέγιστη ομαδοποίηση (Maximum Packing)

Μια κλήση αποκλείεται μόνο όταν δεν μπορεί να γίνει ανακατανομή των κλήσεων σε όλους τους διαύλους του συστήματος, ώστε να εξυπηρετηθεί.

Κατανομή διαύλων

Κεντρική DCA

Αλγόριθμος MAXMIN

Εκχωρείται στο κινητό τερματικό ο δίαυλος που μεγιστοποιεί τον ελάχιστο λόγο S/I , ο οποίος εμφανίζεται σε οποιοδήποτε κινητό τερματικό του συστήματος που χρησιμοποιεί τον υπόψη δίαυλο την ώρα της εκχώρησης.

$$\max_{j \in C} \min_{i \in S} \left\{ \frac{S}{I} (d_{ij}) \right\}$$

i τερματικά
 j δίαυλοι

Κατανομή διαύλων

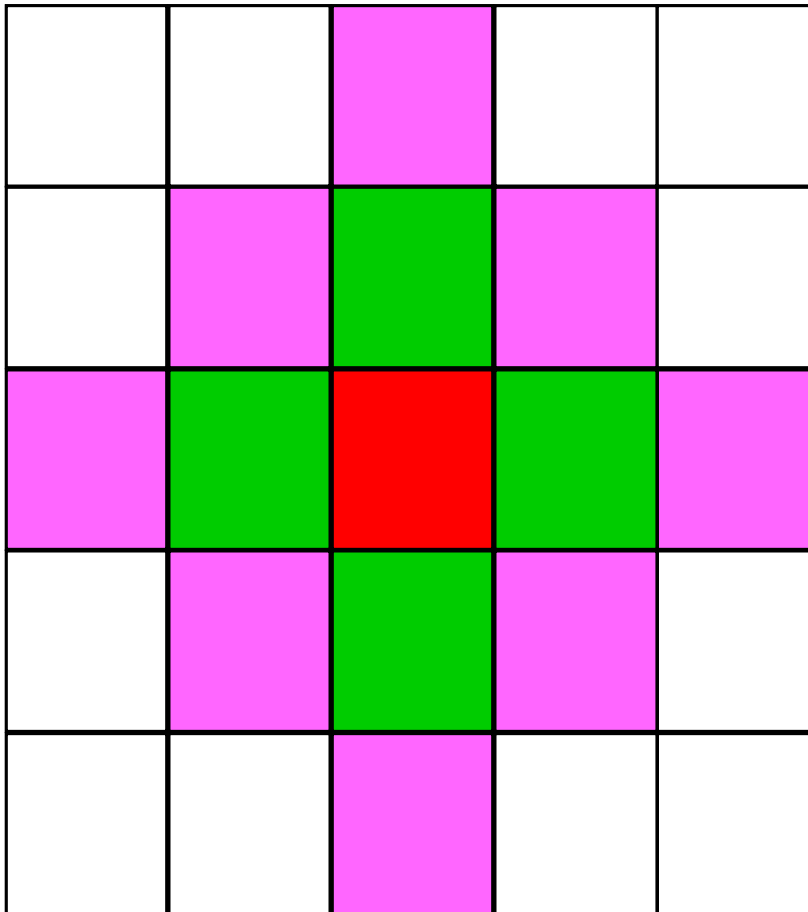
Αποκεντρωμένη DCA

- Ανταλλαγή πληροφοριών στη γειτονιά παρεμβολής κάθε σταθμού βάσης.
- Επιτρέπεται σε κάποιον σταθμό βάσης να χρησιμοποιήσει κάποιον δίαυλο που είναι διαθέσιμος και δημιουργεί «το μικρότερο πρόβλημα παρεμβολής» στη γειτονιά του σταθμού βάσης.
- Με βάση μια συνάρτηση κόστους/ανταμοιβής

Κατανομή διαύλων




Αποκεντρωμένη DCA

Δυναμική απόκτηση πόρων (*Dynamic Resource Acquisition - DRA*)



Δέσμευση διαύλου μέσω συνάρτησης κόστους:

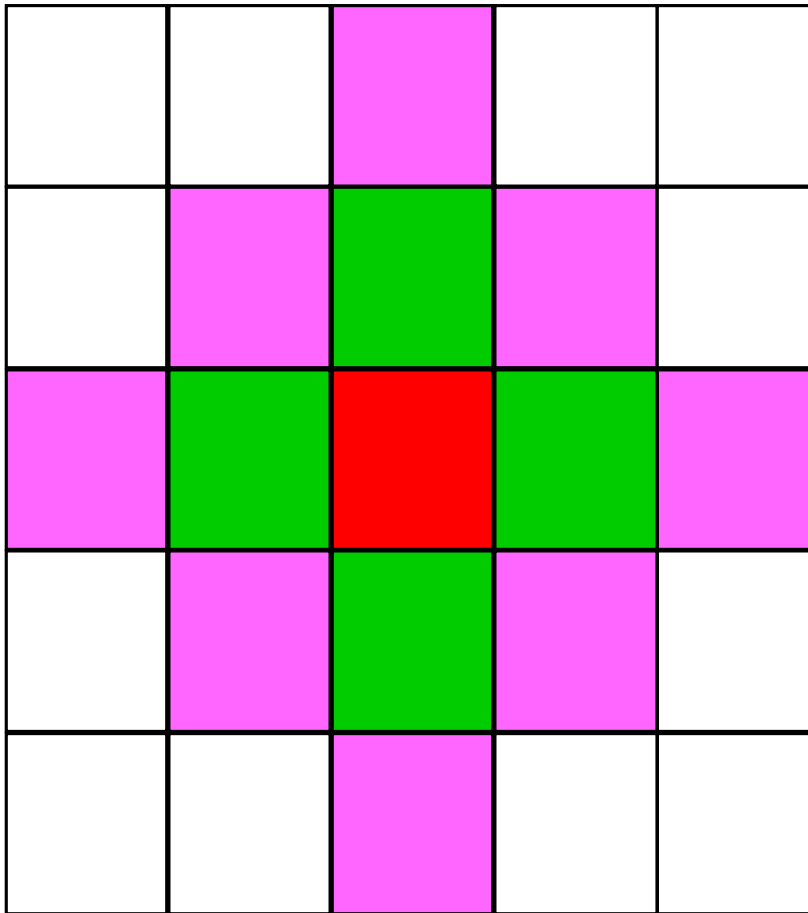
- Οι δίαυλοι της γειτονιάς παρεμβολής **αποκλείονται**
- Επιλέγεται ο δίαυλος που χρησιμοποιείται **λιγότερο** στη γειτονιά DRA

-  Δοθείσα κυψέλη
-  Γειτονιά παρεμβολής
-  Γειτονιά DRA

Κατανομή διαύλων

Αποκεντρωμένη DCA

Δυναμική απόκτηση πόρων (*Dynamic Resource Acquisition - DRA*)



Απελευθέρωση διαύλου:

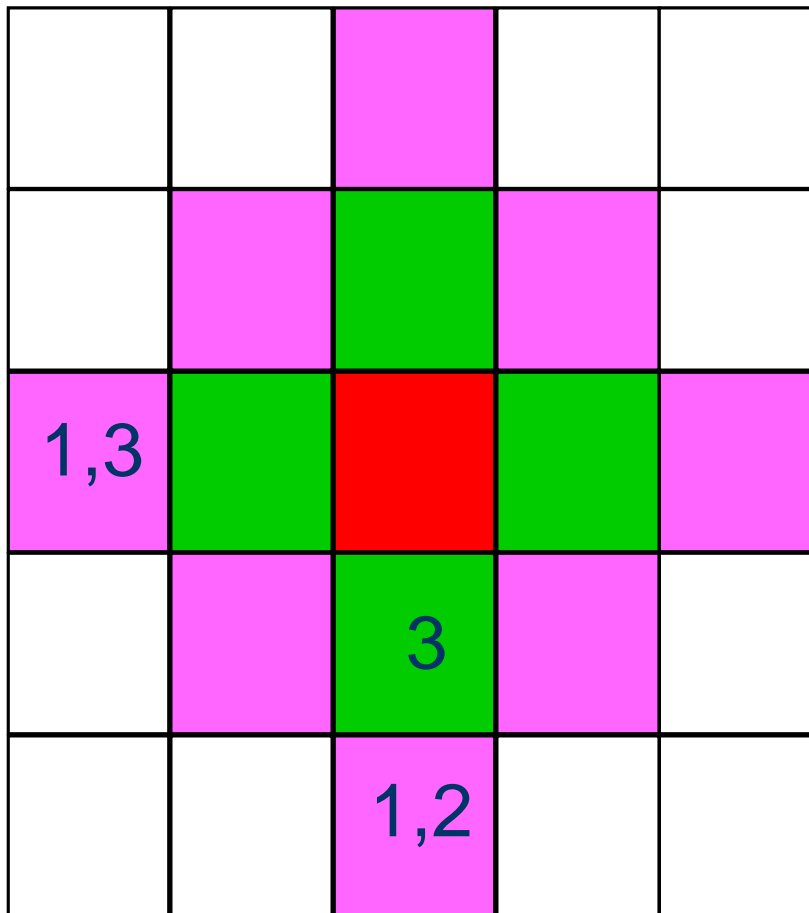
- Οι δίαυλοι της γειτονιάς παρεμβολής **δεν έχουν δεσμευθεί.**
- Επιλέγεται ο δίαυλος που χρησιμοποιείται **περισσότερο** στη γειτονιά DRA

- Δοθείσα κυψέλη
- Γειτονιά παρεμβολής
- Γειτονιά DRA

Κατανομή διαύλων

Αποκεντρωμένη DCA

Δυναμική απόκτηση πόρων (DRA)






Δέσμευση διαύλου

Συνάρτηση κόστους

Ραδιοδίαυλος 1: 2

Ραδιοδίαυλος 2: 1

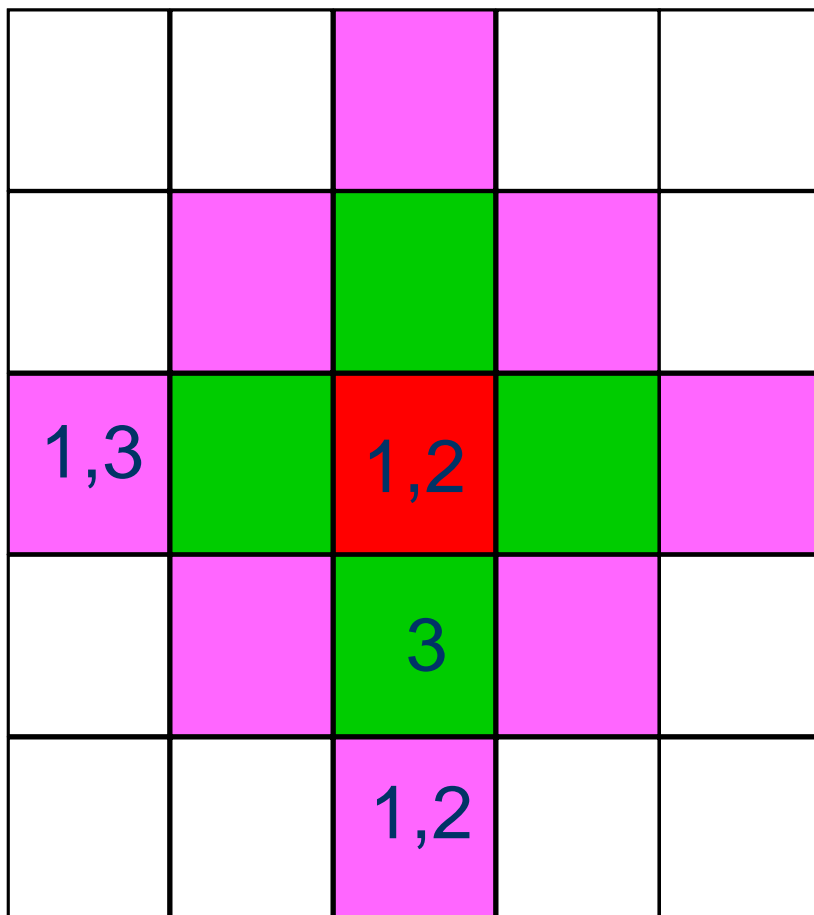
Ραδιοδίαυλος 3: αποκλείεται

-  Δοθείσα κυψέλη
-  Γειτονιά παρεμβολής
-  Γειτονιά DRA

Κατανομή διαύλων

Αποκεντρωμένη DCA

Δυναμική απόκτηση πόρων (DRA)






Απελευθέρωση διαύλου

Συνάρτηση ανταμοιβής

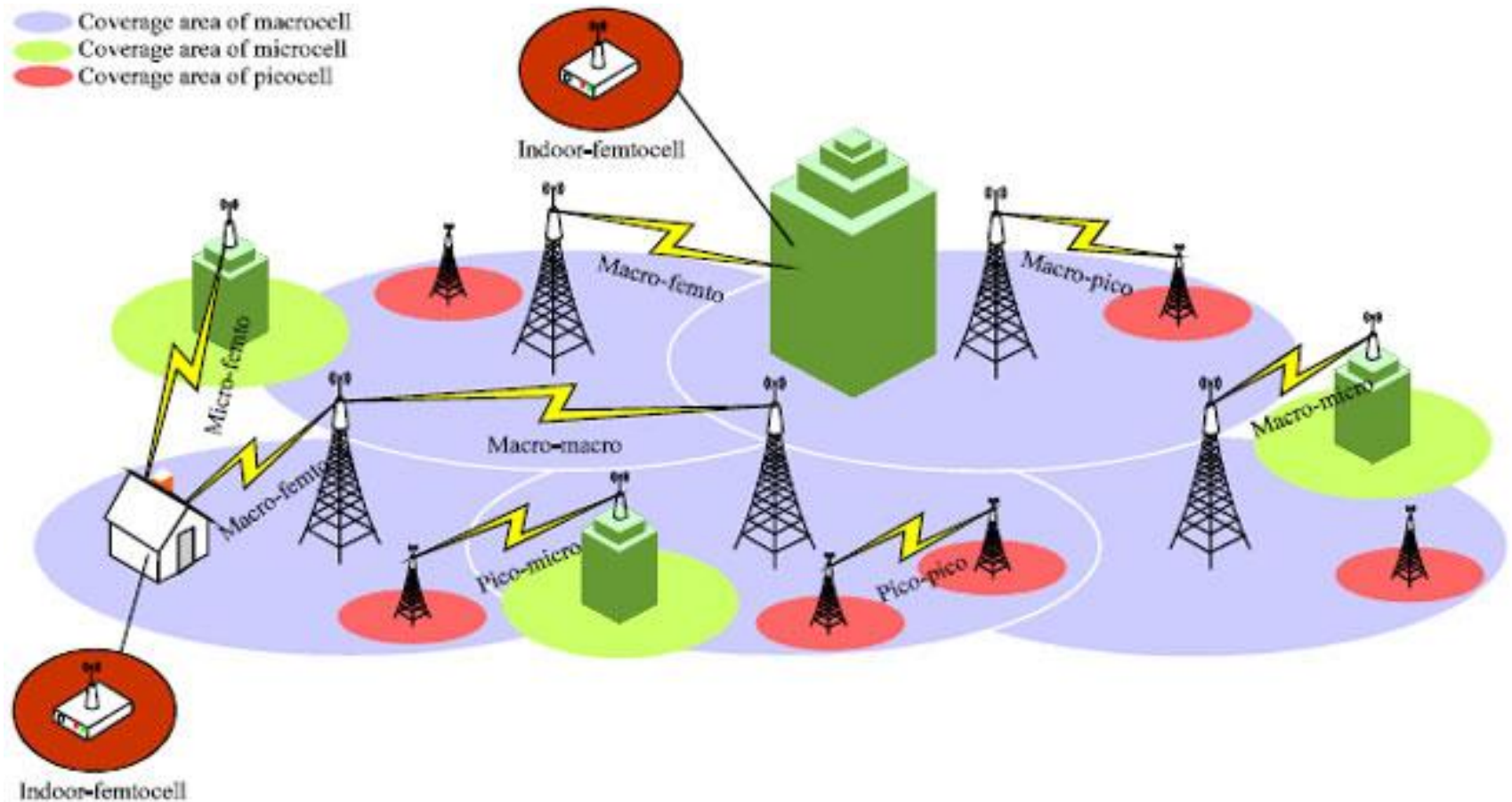
Ραδιοδιάυλος 1: 2

Ραδιοδιάυλος 2: 1

-  Δοθείσα κυψέλη
-  Γειτονιά παρεμβολής
-  Γειτονιά DRA

Κατανομή διαύλων

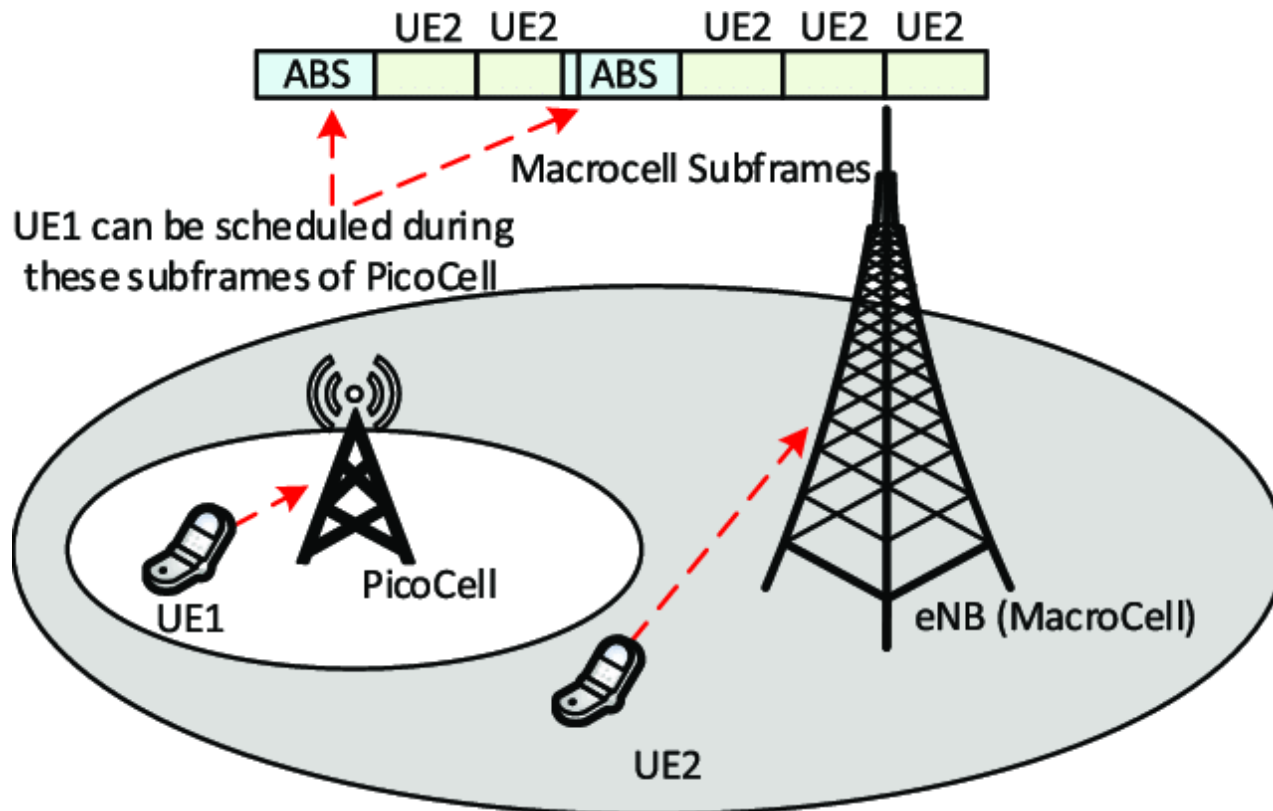
Αποκεντρωμένη DCA σε δίκτυα 4G



Κατανομή διαύλων

Αποκεντρωμένη DCA σε δίκτυα 4G

Almost Blank Subframes



Κατανομή διαύλων

Πλήρως αποκεντρωμένη DCA

- Αυτοπροσαρμοζόμενη κατανομή διαύλων σε κάθε κυψέλη
- Ο αλγόριθμος εκχώρησης εκτελείται κλήση προς κλήση.
- Παρακολουύθηση παρεμβολών σε συνεχή βάση σε όλους τους διαύλους
- Επιλογή διαύλου με τις λιγότερες παρεμβολές για κάθε νέα κλήση
- Απαιτούνται εξελιγμένοι μηχανισμοί ελέγχου ισχύος για μείωση των ομοδιαυλικών παρεμβολών

Κατανομή διαύλων

Πλήρως αποκεντρωμένη DCA

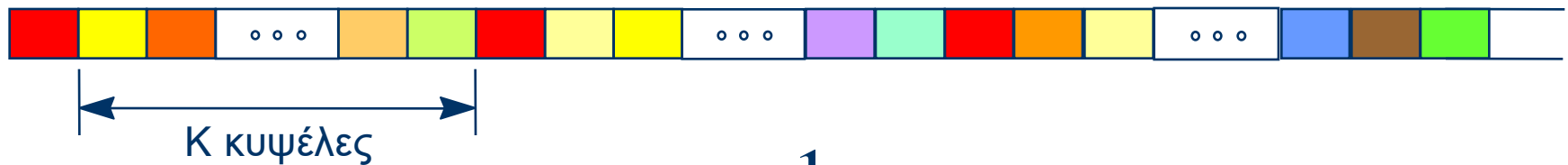
Παράδειγμα 5.2

Σε γραμμικό κυψελωτό σύστημα με πλήρως αποκεντρωμένη DCA, ο δίαυλος που χρησιμοποιείται σε μια κυψέλη δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε K διαδοχικές κυψέλες εκατέρωθεν της υπόψη κυψέλης. Υπάρχει κορεσμός για κάποιον δίαυλο, όταν δεν υπάρχουν επιπλέον κυψέλες που μπορούν να τον χρησιμοποιήσουν χωρίς να καταστρατηγείται ο περιορισμός της ομοδιαυλικής παρεμβολής. Να βρεθεί η μέγιστη και ελάχιστη πυκνότητα κορεσμού των χρησιμοποιούμενων διαύλων.

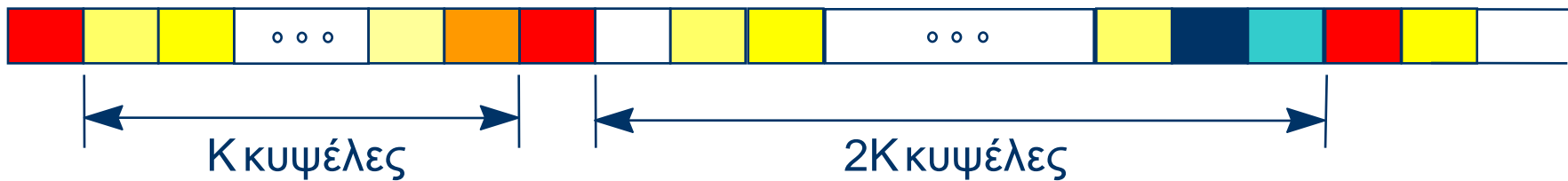
Κατανομή διαύλων

Πλήρως αποκεντρωμένη DCA

Παράδειγμα 5.2



$$\rho_{\max} = \frac{1}{K+1}$$



$$\rho_{\min} = \frac{1}{2K+1}$$

Κατανομή διαύλων

Υβριδική κατανομή διαύλων

- Μίγμα FCA και DCA.
- Ο συνολικός αριθμός διαύλων διαιρείται σε σταθερό και σε δυναμικό σύνολο.
- Η εκχώρηση διαύλου από το δυναμικό σύνολο ακολουθεί οποιαδήποτε από τις στρατηγικές DCA.
- Παράμετρος επίδοσης είναι ο λόγος σταθερών προς τους δυναμικούς διαύλους.
 - Βέλτιστος λόγος για μεγιστοποίηση απόδοσης.
 - Εξαρτάται από τη μεταβλητότητα της αναμενόμενης κίνησης.

Δανεισμός διαύλων

- **Βασική ιδέα:** η κυψέλη που εμφανίζει συμφόρηση μπορεί να δανειστεί ελεύθερους διαύλους από τις γειτονικές κυψέλες, με την προϋπόθεση ότι ο δανεισμός θα επιφέρει την ελάχιστη ζημιά στις γειτονικές κυψέλες.
- Ποιο εύκολη και οικονομική λύση από το DCA.
- **Αλγόριθμοι**
 - Απλού δανεισμού
 - Υβριδική εκχώρηση
 - Δανεισμού με διάταξη διαύλων
 - Διάταξη διαύλων και επανεκχώρηση
 - Δανεισμού με κατευθυντικό κλείδωμα

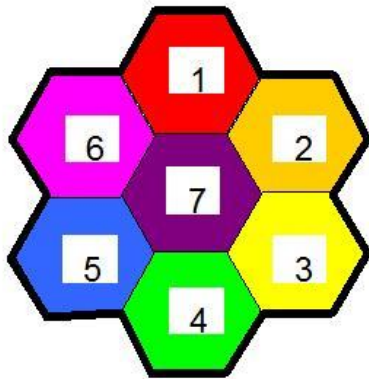
Δανεισμός διαύλων

Απλός δανεισμός

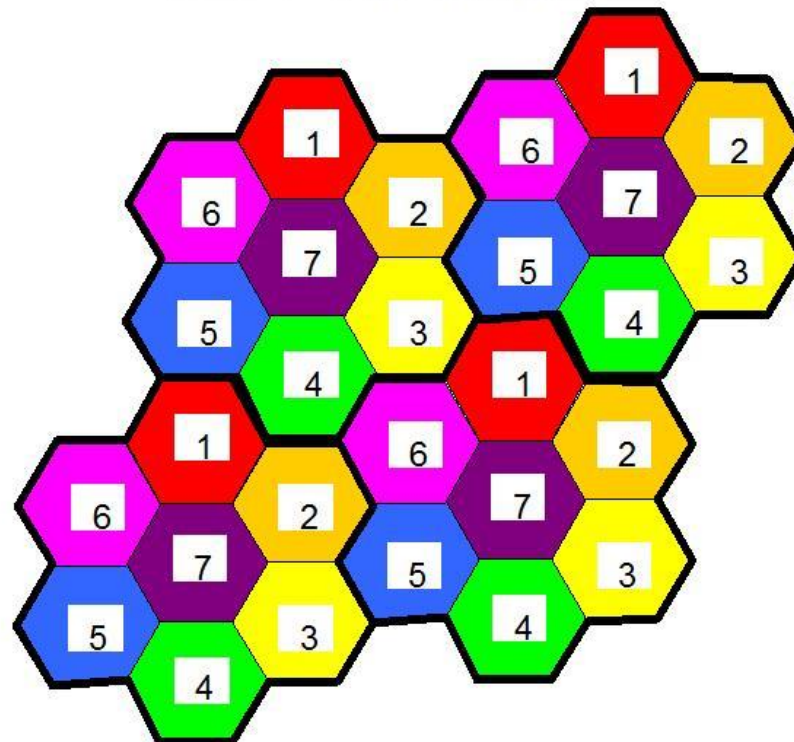
- Η κυψέλη που εμφανίζει συμφόρηση δανείζεται ένα δίαυλο από τις γειτονικές κυψέλες, δημιουργώντας ελάχιστη παρεμβολή στις εξυπηρετούμενες κλήσεις.
- Ο δίαυλος «κλειδώνεται» και δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε απόσταση μικρότερη από την απόσταση ομοδιαυλικής παρεμβολής.
- Αποδοτικό σε συνθήκες μέτριας ανομοιόμορφης κίνησης
- Σε υψηλή κίνηση λιγότερο αποδοτικό από την FCA λόγω μεγαλύτερης απόστασης ομοδιαυλικής παρεμβολής.
- Υβριδική εκχώρηση: Περιορισμός δανειζόμενων διαύλων.

Ιδανική κυψελωτή δομή

7-cell cluster



Coverage area 'tiled' with 7-cell clusters



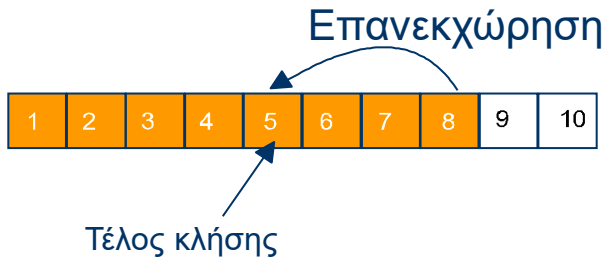
Δανεισμός διαύλων

Δανεισμός με διάταξη διαύλων

- Οι δίαυλοι κάθε κυψέλης είναι διατεταγμένοι με βάση την πιθανότητα δανεισμού τους.
- Μια τοπική κλήση λαμβάνει το δίαυλο με την μικρότερη πιθανότητα δανεισμού
- Εάν σε μια κυψέλη δεν υπάρχει διαθέσιμος δίαυλος, δανειζεται από τις γειτονικές το δίαυλο με τη μεγαλύτερη πιθανότητα δανεισμού.
- Οι πιθανότητες μπορούν να προσδιορίζονται με διάφορες τεχνικές (π.χ. ομοδιαυλικής παρεμβολής).
- Όμοια με τον άπλό δανεισμό κάθε δίαυλος που δανείζεται κλειδώνεται.

Δανεισμός διαύλων

Δανεισμός με διάταξη διαύλων και επανεκχώρηση



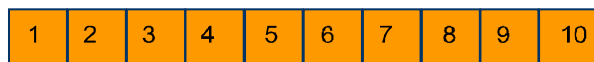
Δίαυλοι της θεωρούμενης κυψέλης



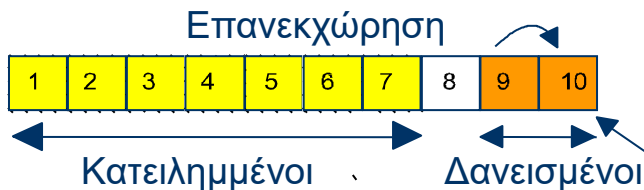
Κατειλημμένοι δίαυλοι της θεωρούμενης κυψέλης



Δίαυλοι γειτονικής κυψέλης



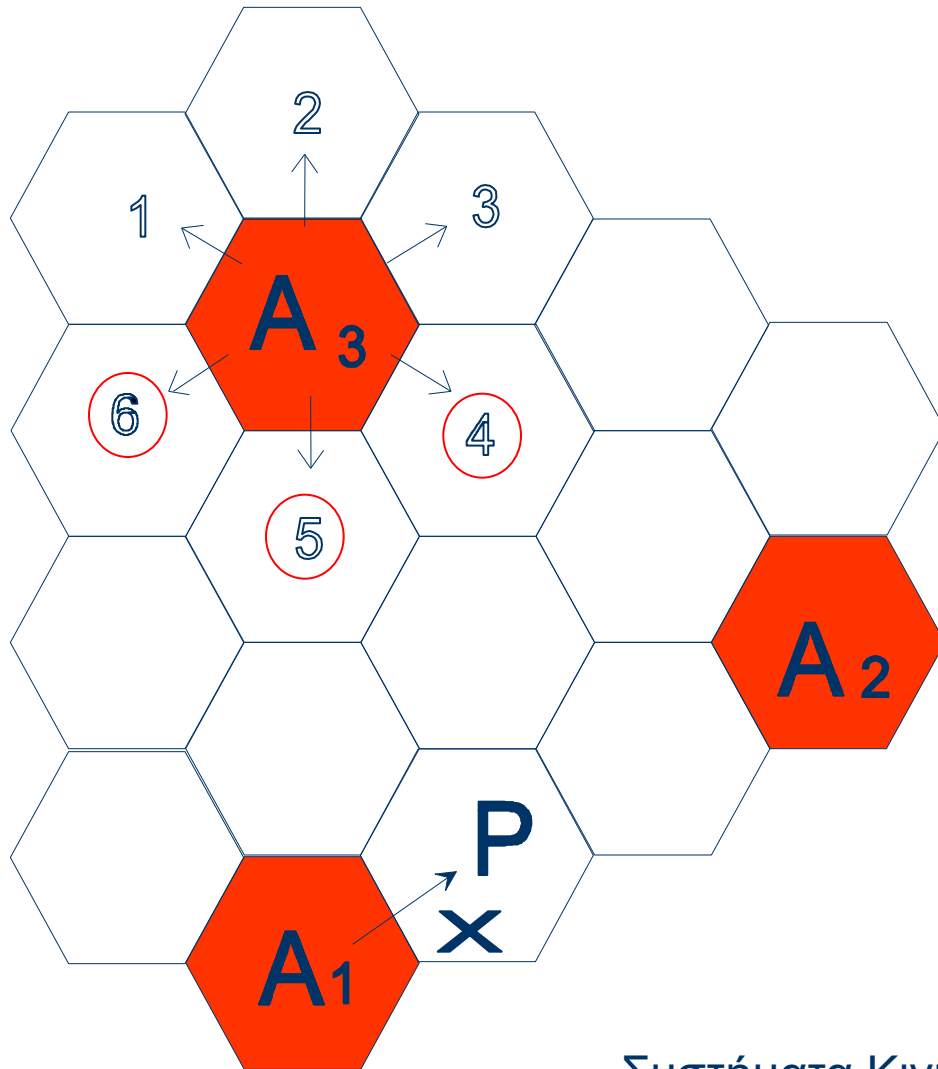
Κατειλημμένοι δίαυλοι της θεωρούμενης κυψέλης



Δίαυλοι γειτονικής κυψέλης

Δανεισμός διαύλων

Δανεισμός με κατευθυντικό κλείδωμα



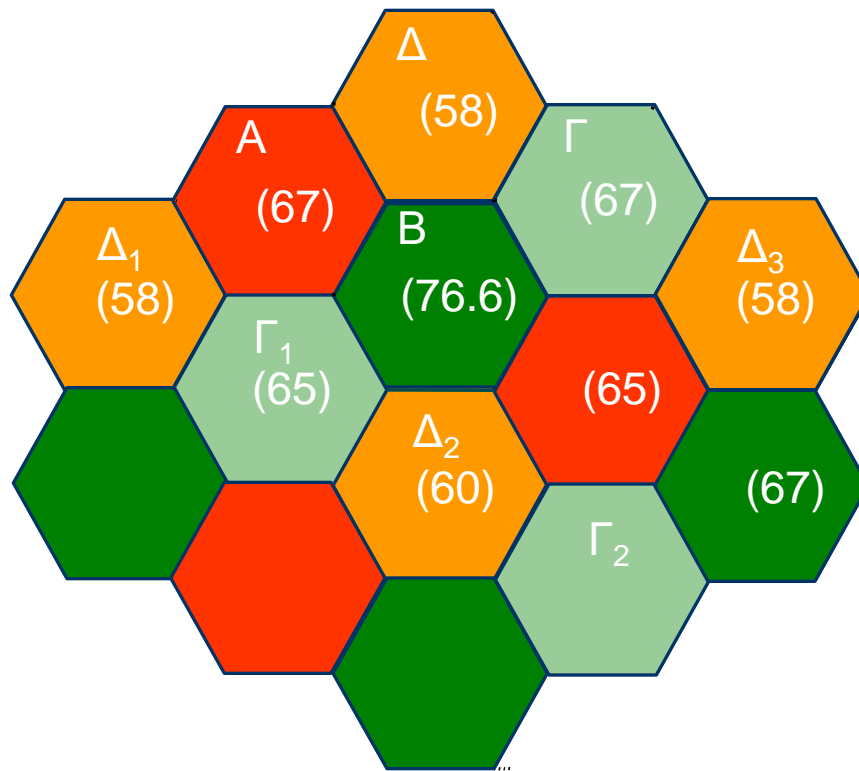
Ο δίαυλος x δε μπορεί να εκχωρηθεί στις κυψέλες 4,5,6

Μπορεί να εκχωρηθεί στις 1,2,3

Δανεισμός διαύλων

Αλγόριθμοι δανεισμού

Παράδειγμα 5.3



$$C_{ολ} = 332$$

$$K = 4$$

$$GOS \leq 1\%$$

Δανεισμός με κλείδωμα
A) Πόσοι δίαυλοι $\Delta \rightarrow B$
B) Ποιες ομοδιαυλικές της Δ
επηρεάζονται

Σε κάθε κυψέλη ένας δίαυλος
ελέγχου

Υπολογισμός βαθμού εξυπηρέτησης

Erlang B

C	Προσφερόμενη κίνηση A (erlang)											
	Πιθανότητα αποκλεισμού B (%)											
	0.01	0.05	0.1	0.5	1	2	5	10	15	20	30	40
51	29.63	32.09	33.33	36.85	38.80	41.19	45.53	50.64	55.19	59.75	69.88	82.65
52	30.40	32.90	34.15	37.72	39.70	42.12	46.53	51.73	56.35	60.99	71.31	84.32
53	31.17	33.70	34.98	38.60	40.60	43.06	47.53	52.81	57.50	62.22	72.73	85.98
54	31.94	34.51	35.80	39.47	41.51	44.00	48.54	53.89	58.66	63.46	74.15	87.65
55	32.72	35.32	36.63	40.35	42.41	44.94	49.54	54.98	59.82	64.70	75.58	89.31
56	33.49	36.13	37.46	41.23	43.32	45.88	50.54	56.06	60.98	65.94	77.00	90.97
57	34.27	36.95	38.29	42.11	44.22	46.82	51.55	57.14	62.14	67.18	78.43	92.64
58	35.05	37.76	39.12	42.99	45.13	47.76	52.55	58.23	63.31	68.42	79.85	94.30
59	35.84	38.58	39.96	43.87	46.04	48.70	53.56	59.32	64.47	69.66	81.27	95.97
60	36.62	39.40	40.80	44.76	46.95	49.64	54.57	60.40	65.63	70.90	82.70	97.63
61	37.41	40.22	41.63	45.64	47.86	50.59	55.57	61.49	66.79	72.14	84.12	99.30
62	38.20	41.05	42.47	46.53	48.77	51.53	56.58	62.58	67.95	73.38	85.55	101.0
63	38.99	41.87	43.31	47.42	49.69	52.48	57.59	63.66	69.11	74.63	86.97	102.6
64	39.78	42.70	44.16	48.31	50.60	53.43	58.60	64.75	70.28	75.87	88.40	104.3
65	40.58	43.52	45.00	49.20	51.52	54.38	59.61	65.84	71.44	77.11	89.82	106.0
66	41.38	44.35	45.85	50.09	52.44	55.33	60.62	66.93	72.60	78.35	91.25	107.6
67	42.17	45.18	46.69	50.98	53.35	56.28	61.63	68.02	73.77	79.59	92.67	109.3
68	42.97	46.02	47.54	51.87	54.27	57.23	62.64	69.11	74.93	80.83	94.10	111.0
69	43.77	46.85	48.39	52.77	55.19	58.18	63.65	70.20	76.09	82.08	95.52	112.6
70	44.58	47.68	49.24	53.66	56.11	59.13	64.67	71.29	77.26	83.32	96.95	114.3
71	45.38	48.52	50.09	54.56	57.03	60.08	65.68	72.38	78.42	84.56	98.37	116.0
72	46.19	49.36	50.94	55.46	57.96	61.04	66.69	73.47	79.59	85.80	99.80	117.6
73	47.00	50.20	51.80	56.35	58.88	61.99	67.71	74.56	80.75	87.05	101.2	119.3
74	47.81	51.04	52.65	57.25	59.80	62.95	68.72	75.65	81.92	88.29	102.7	120.9
75	48.62	51.88	53.51	58.15	60.73	63.90	69.74	76.74	83.08	89.53	104.1	122.6
76	49.43	52.72	54.37	59.05	61.65	64.86	70.75	77.83	84.25	90.78	105.5	124.3
77	50.24	53.56	55.23	59.96	62.58	65.81	71.77	78.93	85.41	92.02	106.9	125.9
78	51.05	54.41	56.09	60.86	63.51	66.77	72.79	80.02	86.58	93.26	108.4	127.6
79	51.87	55.25	56.95	61.76	64.43	67.73	73.80	81.11	87.74	94.51	109.8	129.3
80	52.69	56.10	57.81	62.67	65.36	68.69	74.82	82.20	88.91	95.75	111.2	130.9
81	53.51	56.95	58.67	63.57	66.29	69.65	75.84	83.30	90.08	96.99	112.6	132.6
82	54.33	57.80	59.54	64.48	67.22	70.61	76.86	84.39	91.24	98.24	114.1	134.3
83	55.15	58.65	60.40	65.39	68.15	71.57	77.87	85.48	92.41	99.48	115.5	135.9
84	55.97	59.50	61.27	66.29	69.08	72.53	78.89	86.58	93.58	100.7	116.9	137.6
85	56.79	60.35	62.14	67.20	70.02	73.49	79.91	87.67	94.74	102.0	118.3	139.3
86	57.62	61.21	63.00	68.11	70.95	74.45	80.93	88.77	95.91	103.2	119.8	140.9
87	58.44	62.06	63.87	69.02	71.88	75.42	81.95	89.86	97.08	104.5	121.2	142.6
88	59.27	62.92	64.74	69.93	72.82	76.38	82.97	90.96	98.25	105.7	122.6	144.3
89	60.10	63.77	65.61	70.84	73.75	77.34	83.99	92.05	99.41	107.0	124.0	145.9
90	60.92	64.63	66.48	71.76	74.68	78.31	85.01	93.15	100.6	108.2	125.5	147.6
91	61.75	65.49	67.36	72.67	75.62	79.27	86.04	94.24	101.8	109.4	126.9	149.3
92	62.58	66.35	68.23	73.58	76.56	80.24	87.06	95.34	102.9	110.7	128.3	150.9

Συστήματα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών

Δανεισμός διαύλων

Αλγόριθμοι δανεισμού

- Πολύπλοκη διαχείριση του συστήματος.
 - Απαιτείται κατανεμημένη διαχείριση του συστήματος.
- Αυξημένο φορτίο σηματοδοσίας.
- Διάδοση του δανεισμού.

Ανακεφαλαίωση κατανομής διαύλων

