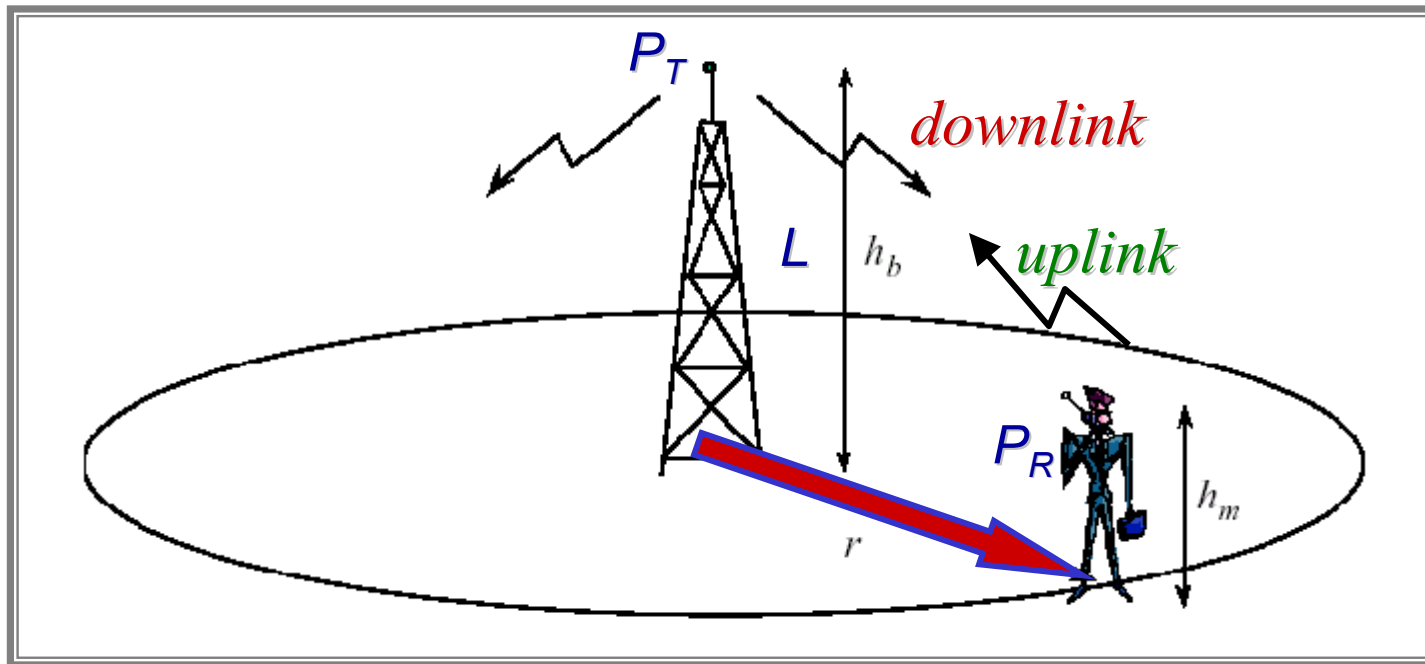
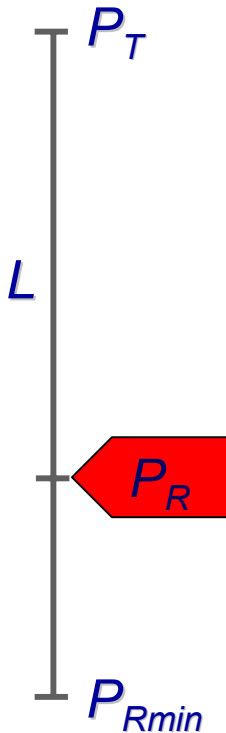


Κυψέλη-Σταθμός Βάσης-Εμβέλεια



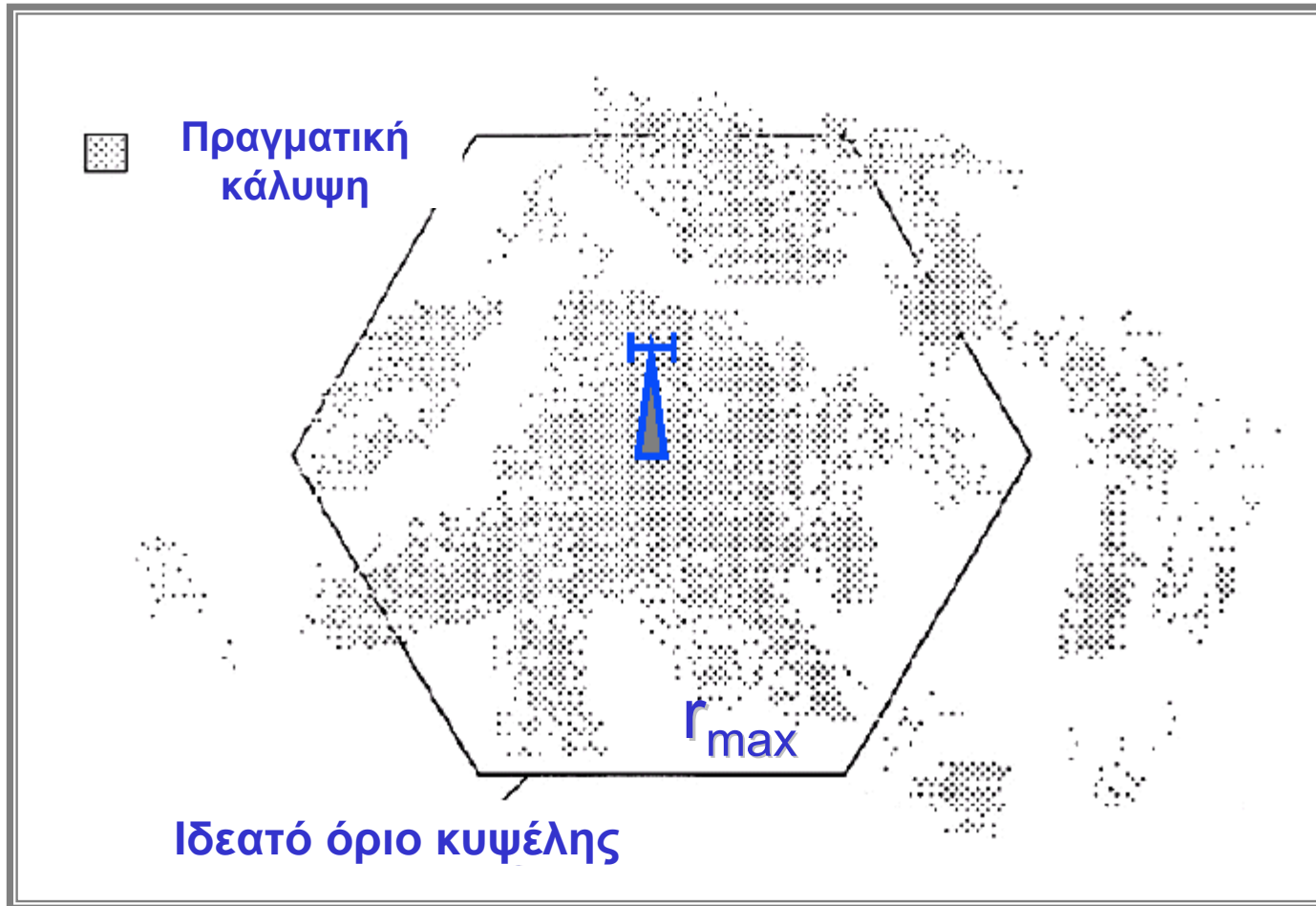
Uplink ή
downlink

Προσεγγιστικό μοντέλο απωλειών (L): $\frac{P_R}{P_T} = \frac{1}{L} = k \frac{h_m h_b^2}{r^4 f_c}$



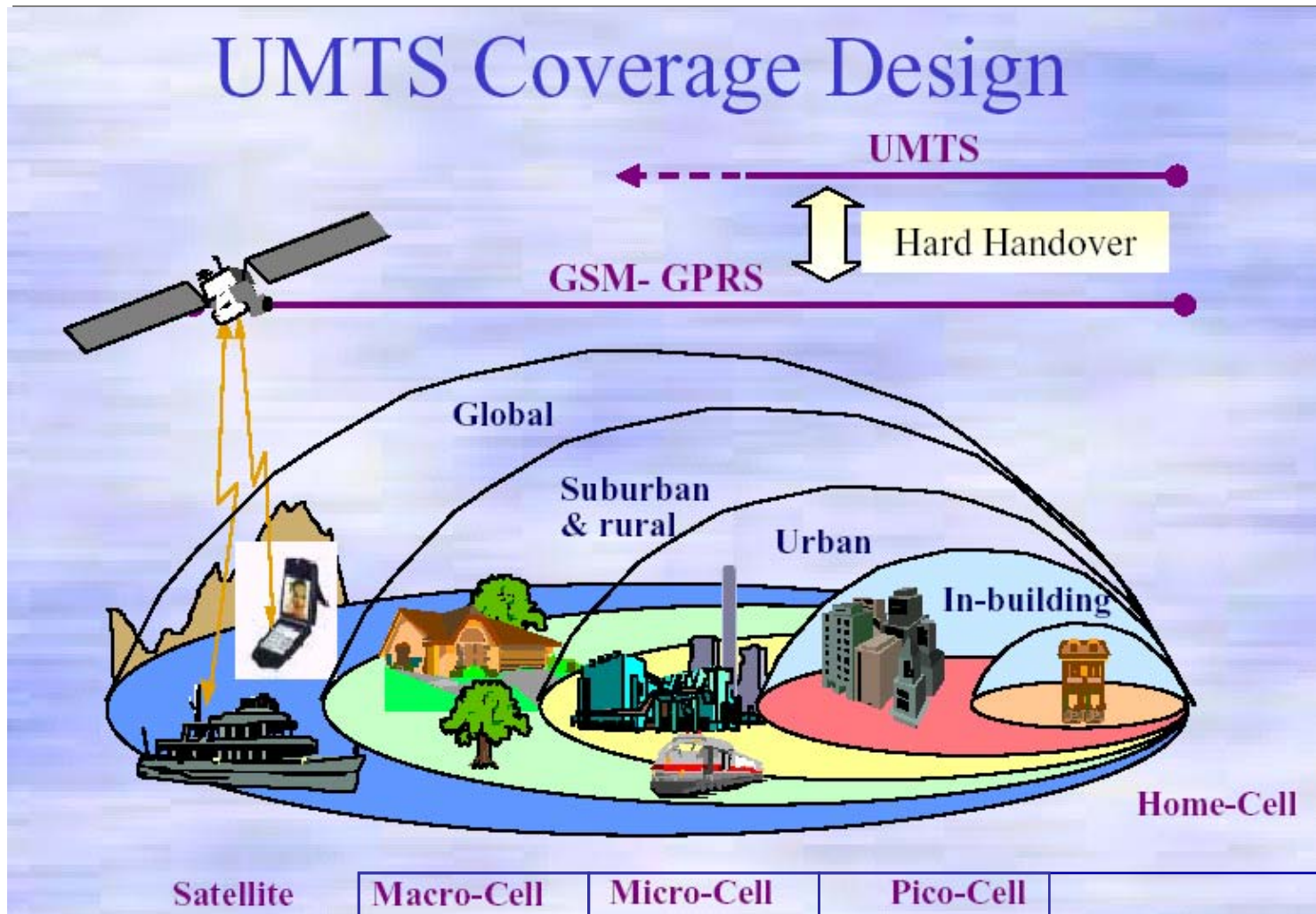
$$L_{max} = P_T / P_{Rmin} \text{ και } L=f(r^y) \text{ άρα } r_{max}=f(L_{max})$$

Πραγματική κάλυψη - Διαστασιοποίηση



$$A_{cell} = \text{Εμβαδόν Κυψέλης} = 2,6 * r_{max}^2$$
$$\# \text{ κυψελών} = A_{\text{περιοχής}} / A_{cell}$$

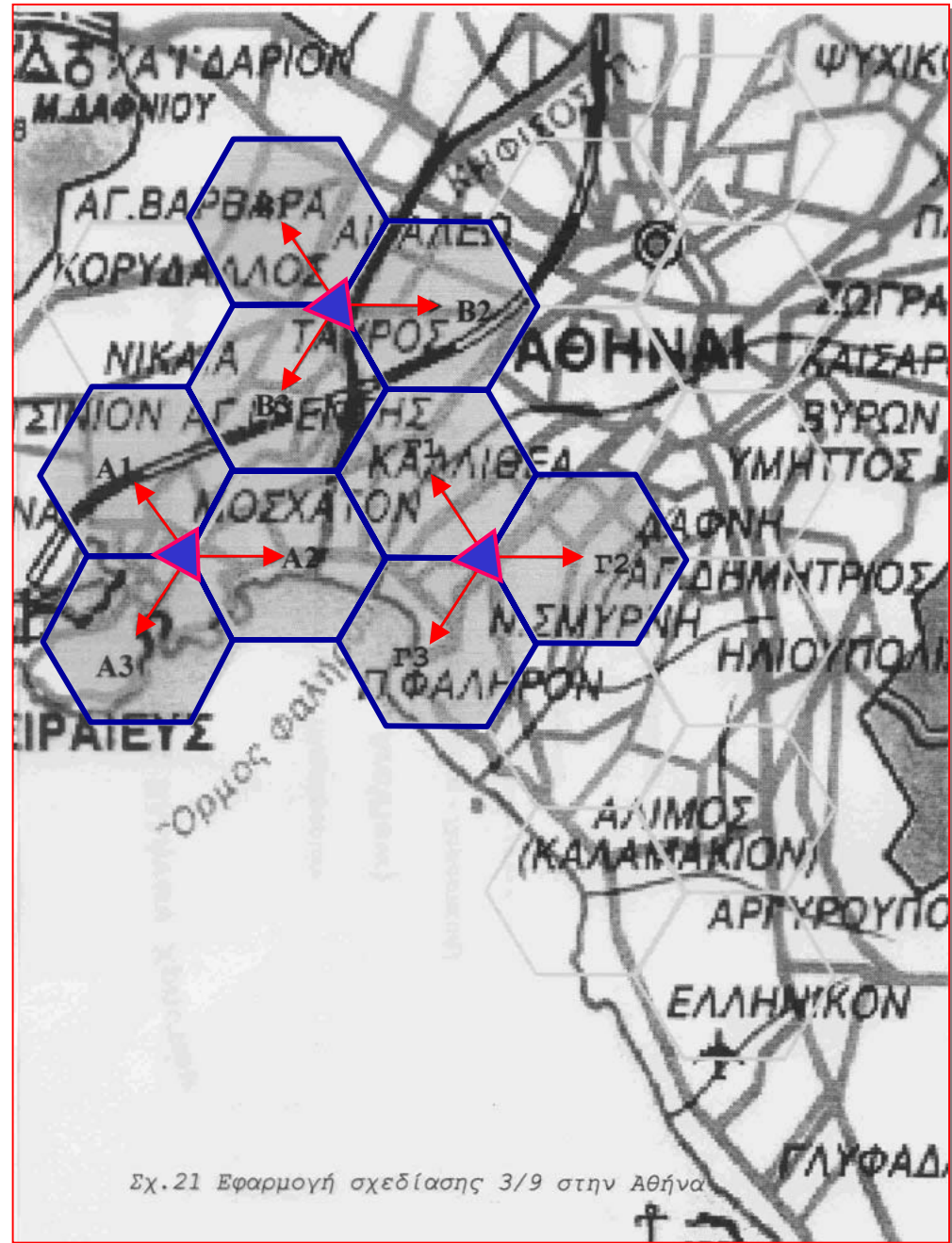
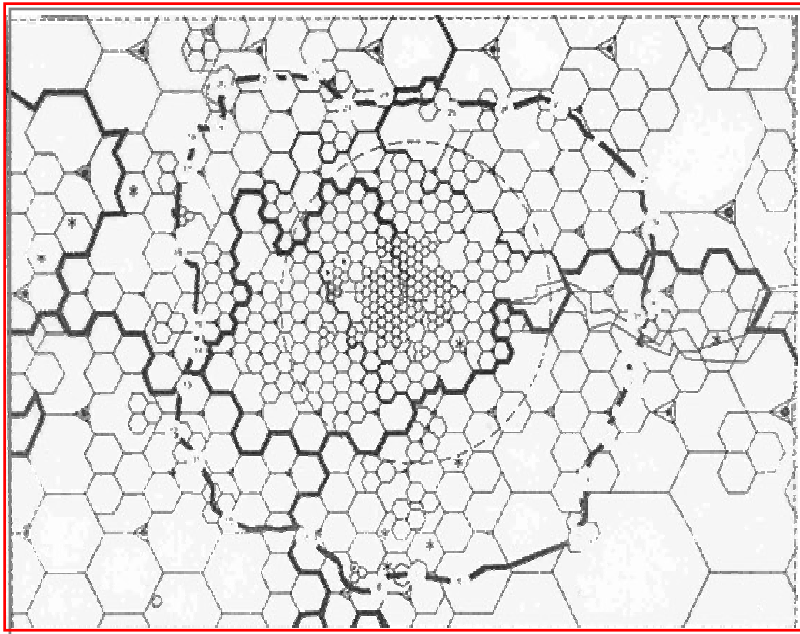
Είδη – Μεγέθη Κυψελών



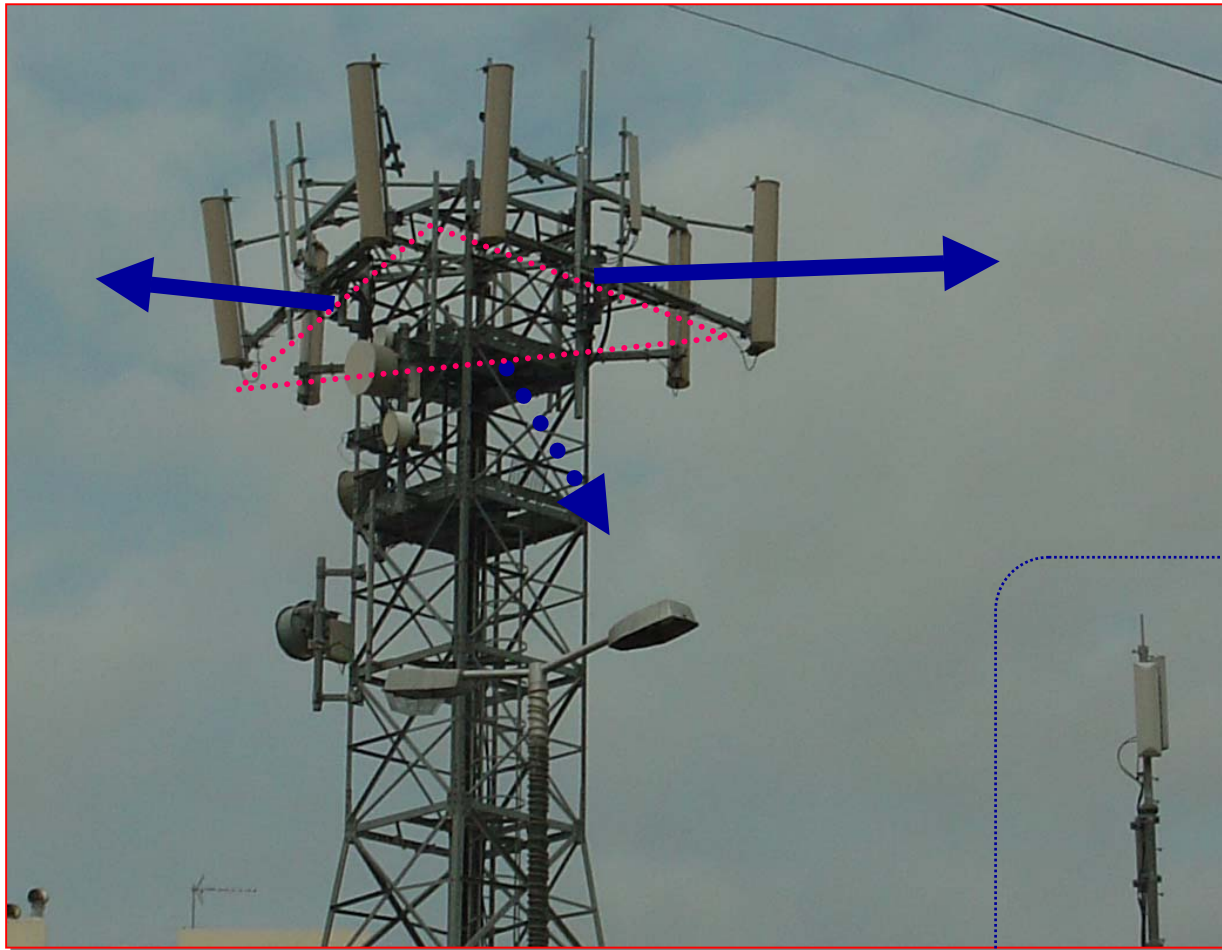
Satellite	Macro-Cell	Micro-Cell	Pico-Cell	
	1-30 km	-1 km	- 0,5 km	Ακτίνα
	1-10 W	0,1-1W		Ισχύς εκπομπής ΣΒ

COST 231 final Report

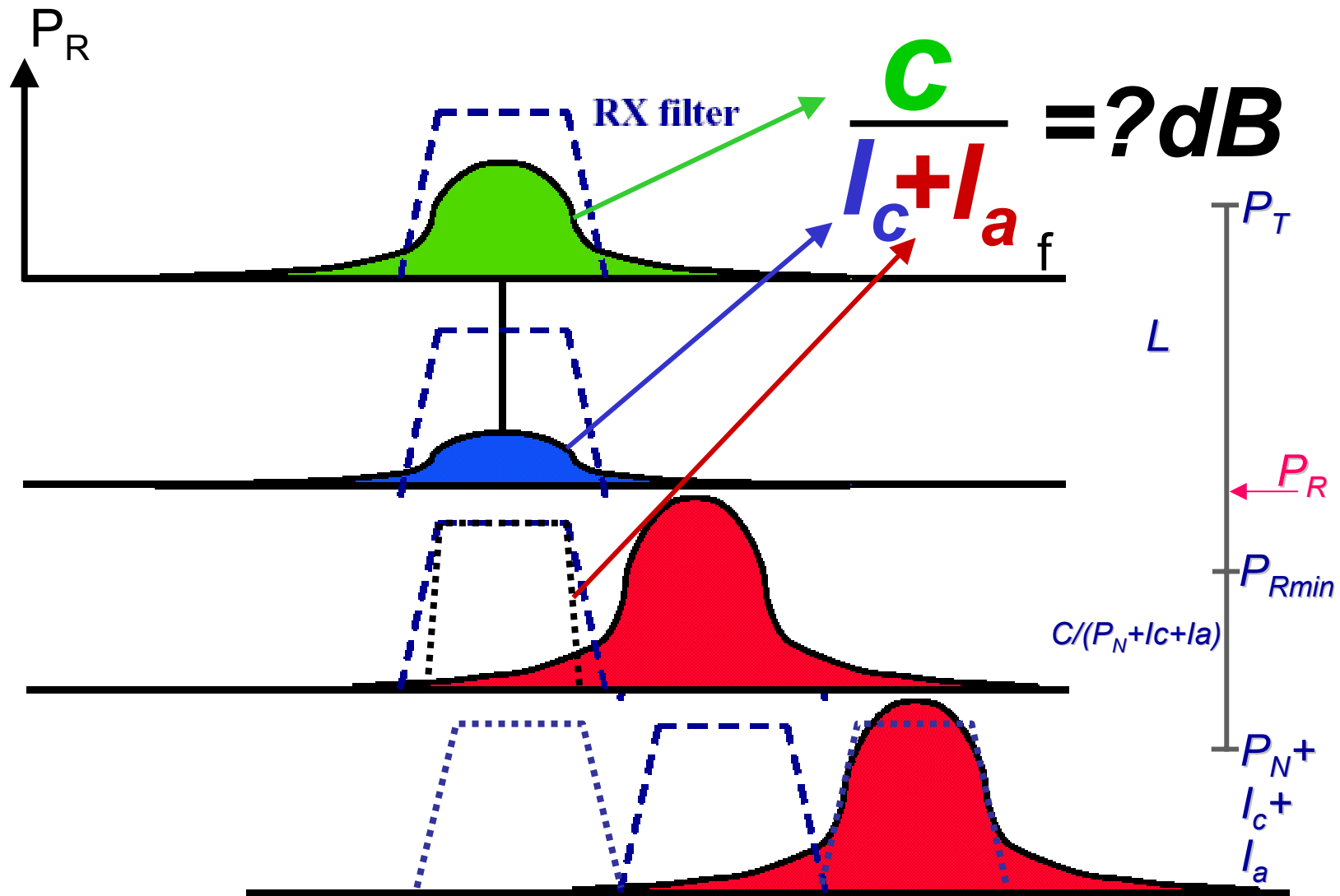
Κυψελοποιημένη περιοχή



Κεραίες Σταθμών Βάσης

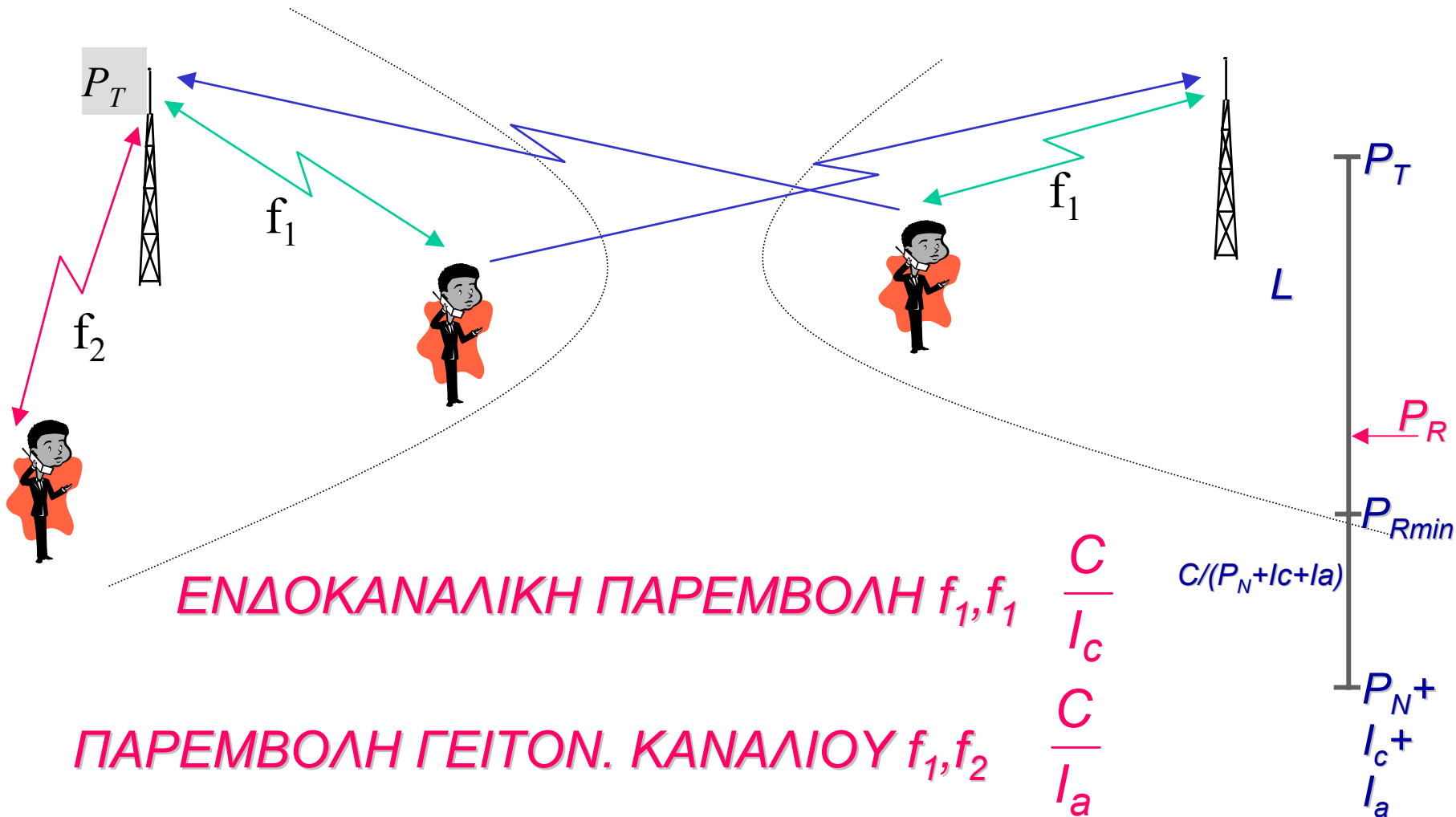


ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ

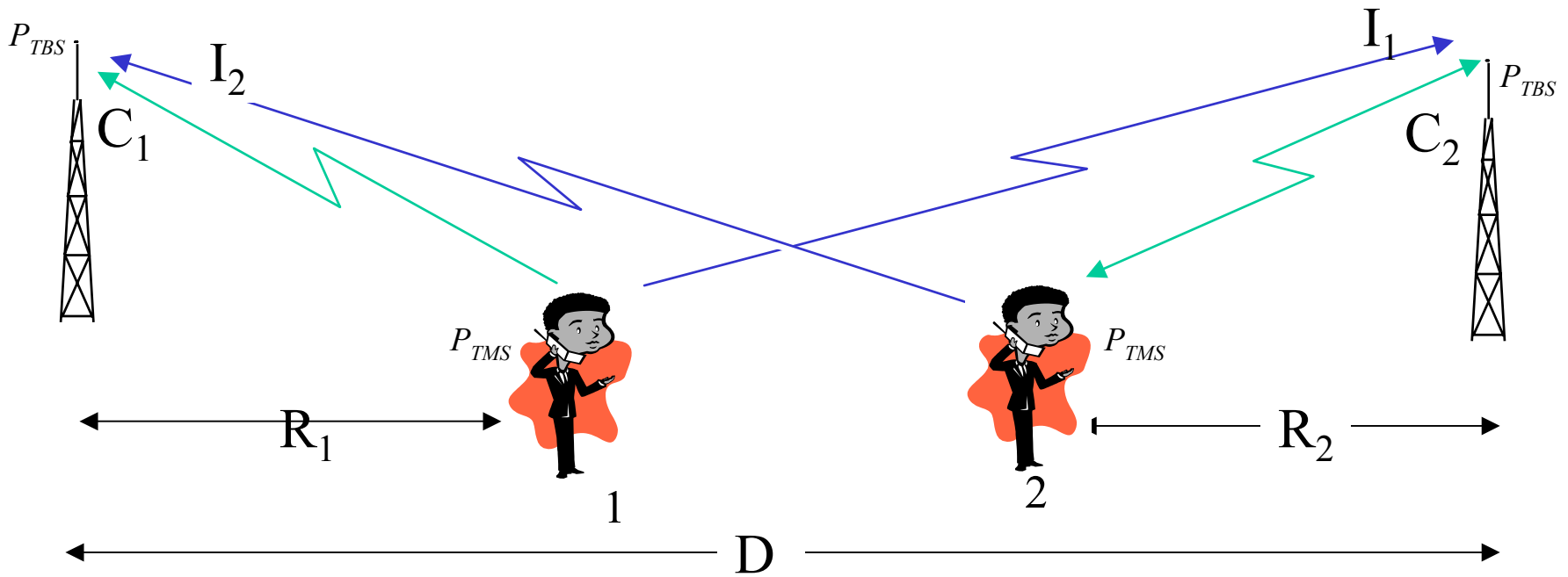


ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ

Co-Channel and Adjacent ch. Interference



ΕΝΔΟΚΑΝΑΛΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ



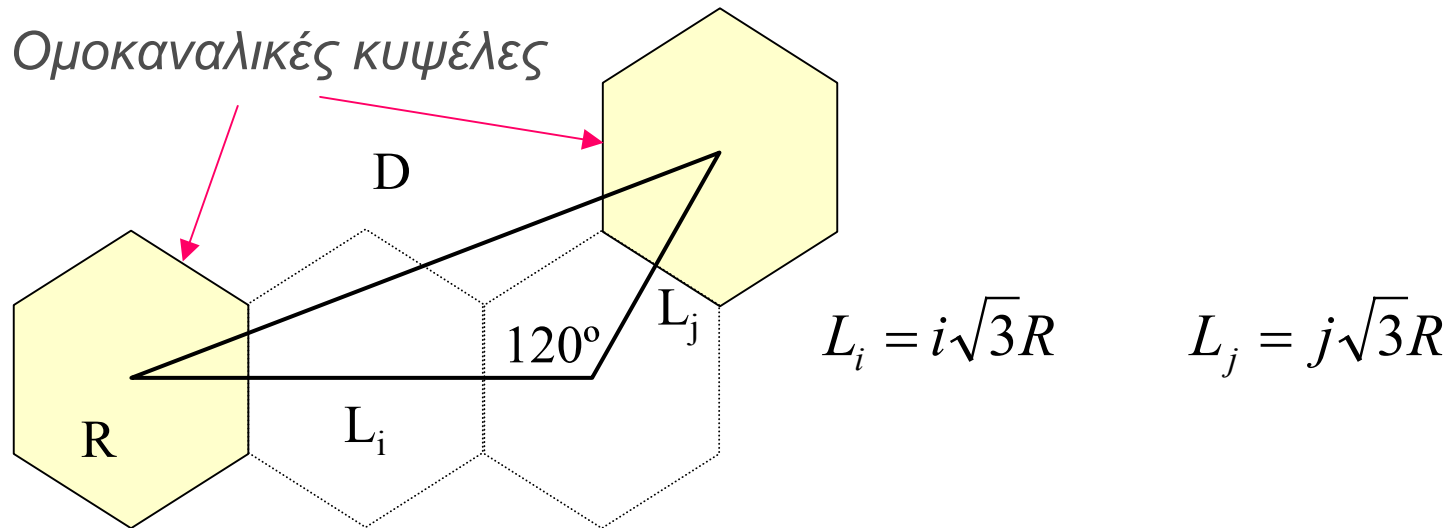
$$\frac{C_1}{N + I_2} = \frac{P_T \cdot R_1^{-\gamma}}{N_0 \cdot Bw + P_T \cdot (D - R_2)^{-\gamma}}$$

$$\frac{C_2}{N + I_1} = \frac{P_T \cdot R_2^{-\gamma}}{N_0 \cdot Bw + P_T \cdot (D - R_1)^{-\gamma}}$$

$$\frac{C}{N + I} \cong \frac{C}{\sum_{i=1}^n I_i} = f(D/R, \gamma)$$

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Frequency re-use ratio (D/R), Frequency re-use factor N



$$D^2 = \left(L_i + \frac{L_j}{2} \right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}L_j}{2} \right)^2 = L_i^2 + L_i \cdot L_j + L_j^2 =$$
$$= 3(i^2 + i \cdot j + j^2) \cdot R^2 = 3N \cdot R^2 \Rightarrow$$

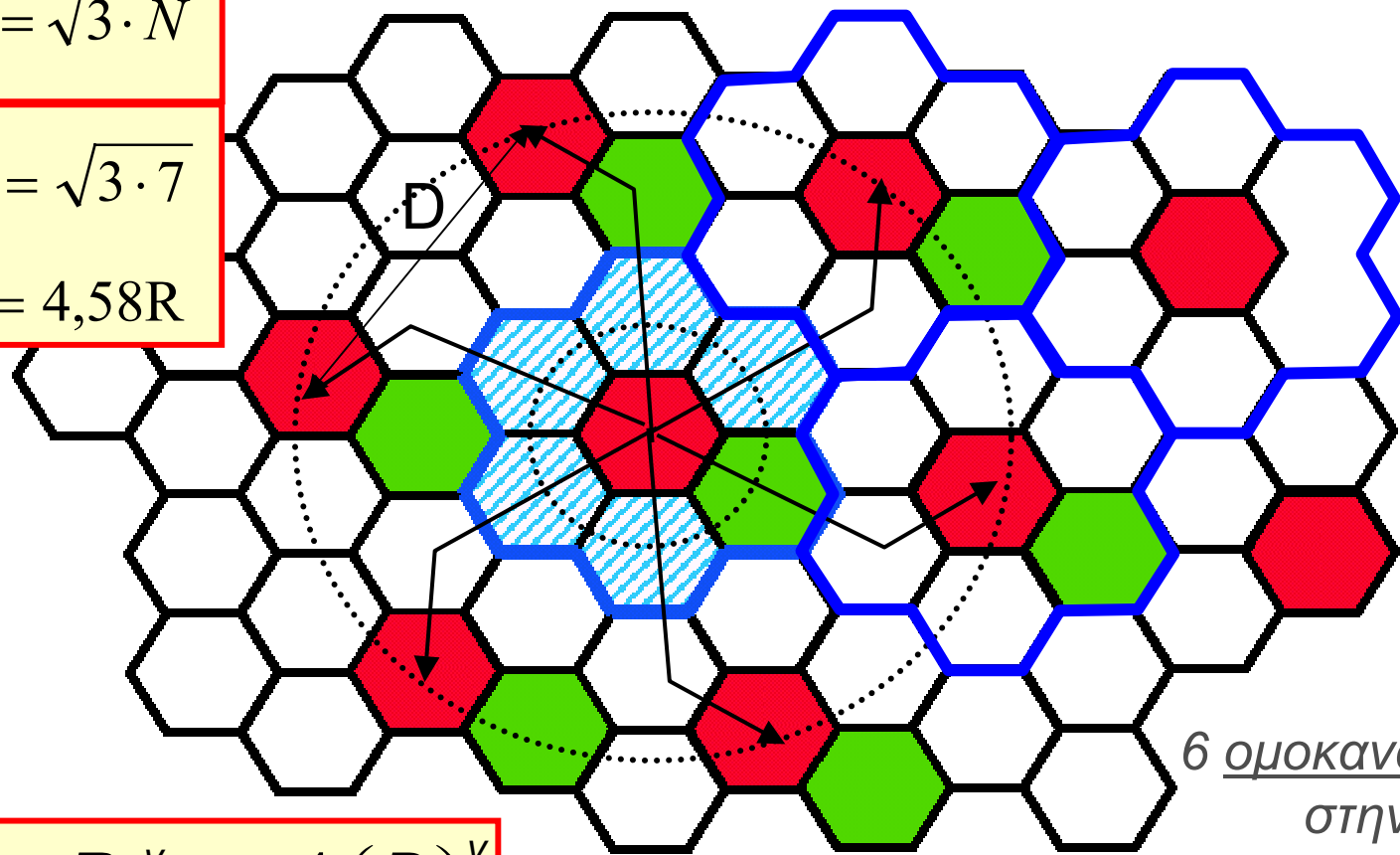
$$\frac{D}{R} = \sqrt{3 \cdot N} \text{ με } N = i^2 + ij + j^2$$

Επαναχρησιμοποίηση Συχνοτήτων Ομάδες Κυψελών

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3 \cdot N}$$

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3 \cdot 7}$$

$$D = 4,58R$$



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

i	j	N
0	1	1
1	1	3
0	2	4
1	2	7
0	3	9
2	2	12

6 ομοκαναλικές κυψέλες στην 1η ζώνη

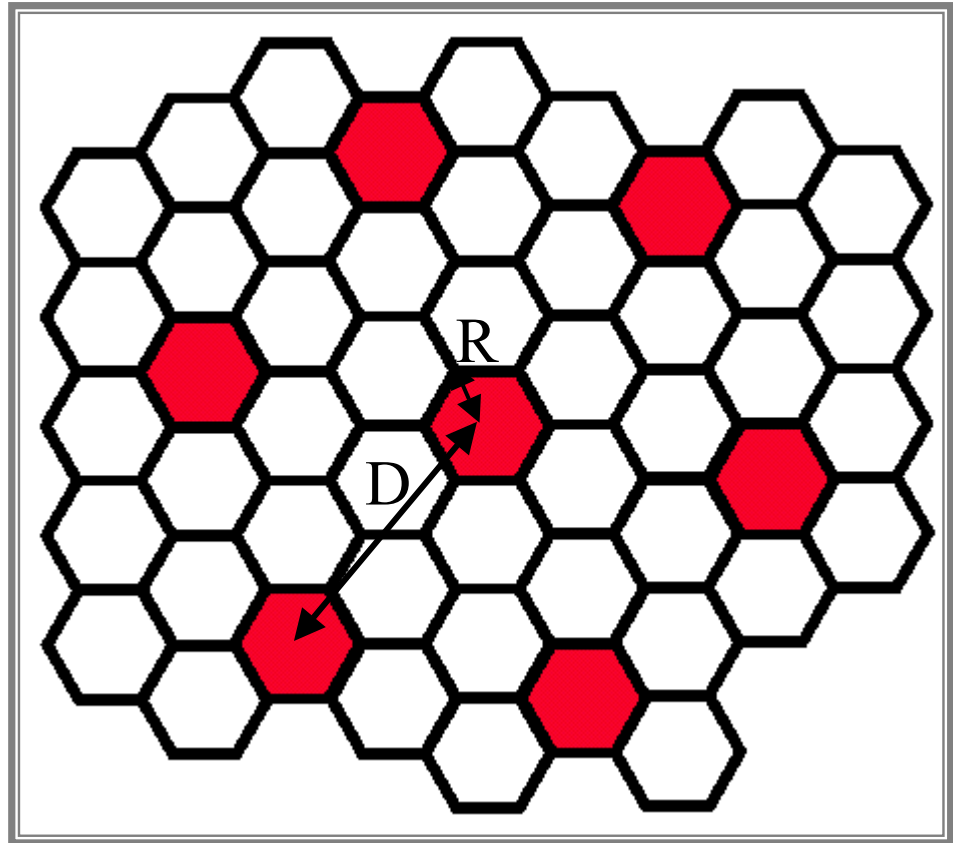
$$\frac{C}{I_c} \approx \frac{R^{-\gamma}}{\sum_{k=1}^6 \frac{1}{D^{-\gamma}}} = \frac{1}{6} \left(\frac{D}{R} \right)^{\gamma}$$

Ενδοκαναλική Παρεμβολή

$$\frac{C}{I} \approx \frac{R^{-\gamma}}{\sum_{k=1}^6 \frac{1}{D^{-\gamma}}} = \frac{1}{6} \left(\frac{D}{R} \right)^{\gamma}$$

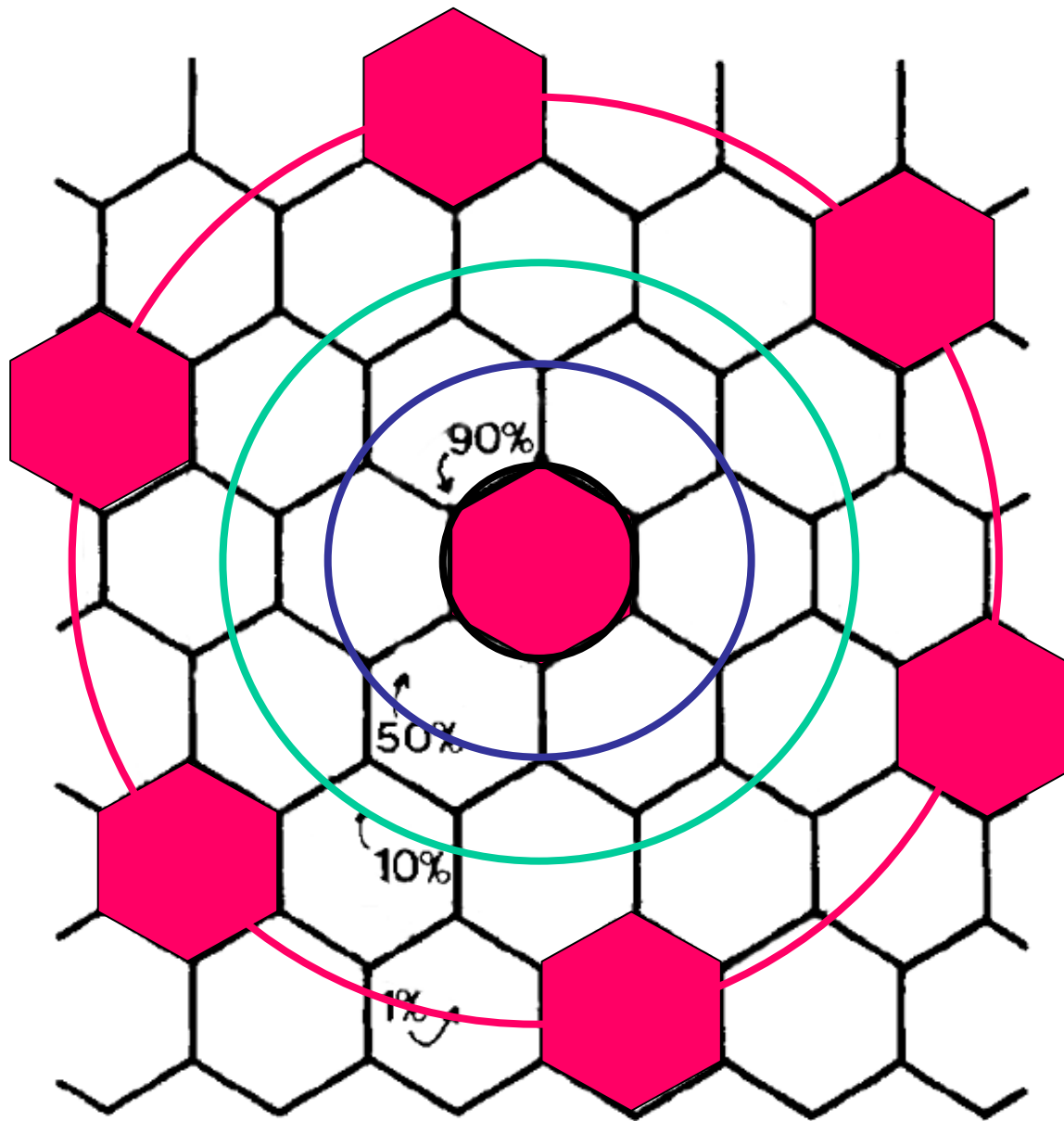
$$\text{αλλά } \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

$$\Rightarrow \frac{C}{I} = \frac{1}{6} (3N)^{\frac{\gamma}{2}}$$



$C \propto R^{-\gamma}$ και $\gamma=2$ (free space) -5,5 (πυκνό αστικό περιβάλλον)

Αν π.χ. $\gamma=4$ τότε $C/I=19\text{dB}$ για $N=7$
 $C/I=14\text{dB}$ για $N=4$
 $C/I=12\text{dB}$ για $N=3$



90%	1R
50%	2R
10%	3R
1%	4,6R

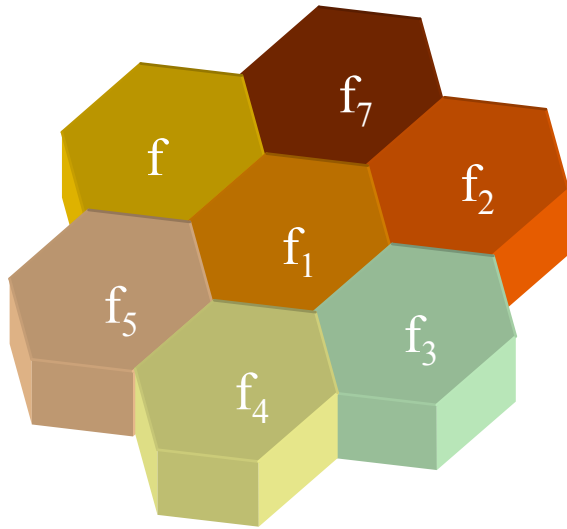
Figure 9.20 The probability of coverage at various distances from a cell in which 90% of locations at the cell edge are covered, i.e. have an adequate 'wanted' signal strength.

Εκχώρηση Καναλιών Frequency Planning

$$\frac{D}{R} = \sqrt{3 \cdot 7}$$

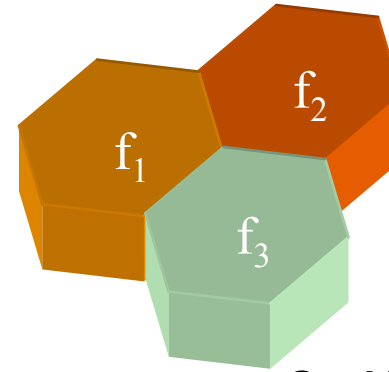
$$D = 4,58R$$

$$\frac{C}{I} = 19dB$$



Π.χ. Ομάδα 7 κυψελών

		Κυψέλες						
		f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	f ₆	f ₇
Carriers	1	2	3	4	5	6	7	
	8	9	10	11	12	13	14	
	15	16	17	18	19	20	21	
	
	



$$\frac{D}{R} = \sqrt{3 \cdot 3}$$

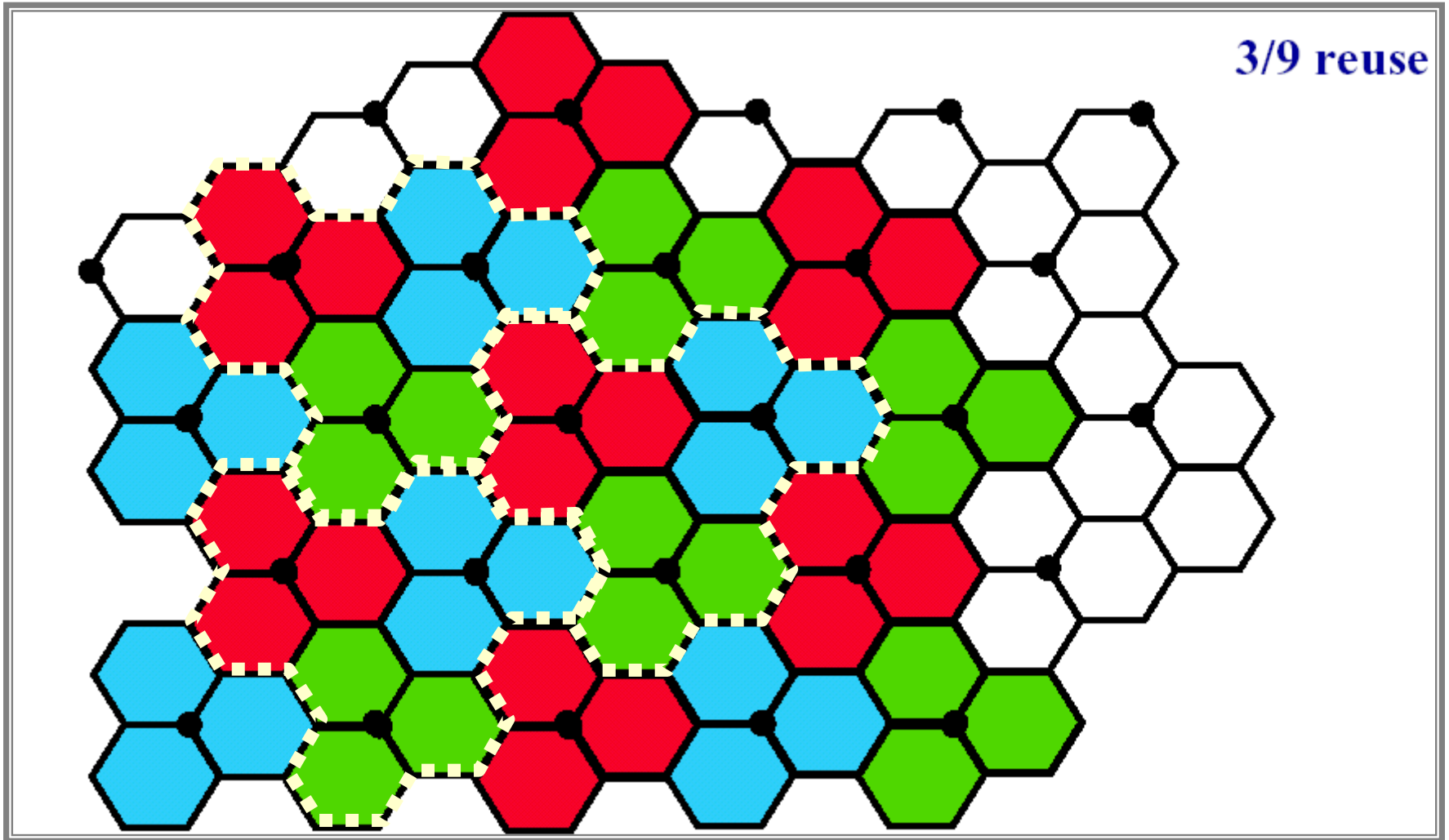
$$D = 3R$$

$$\frac{C}{I} = 12dB$$

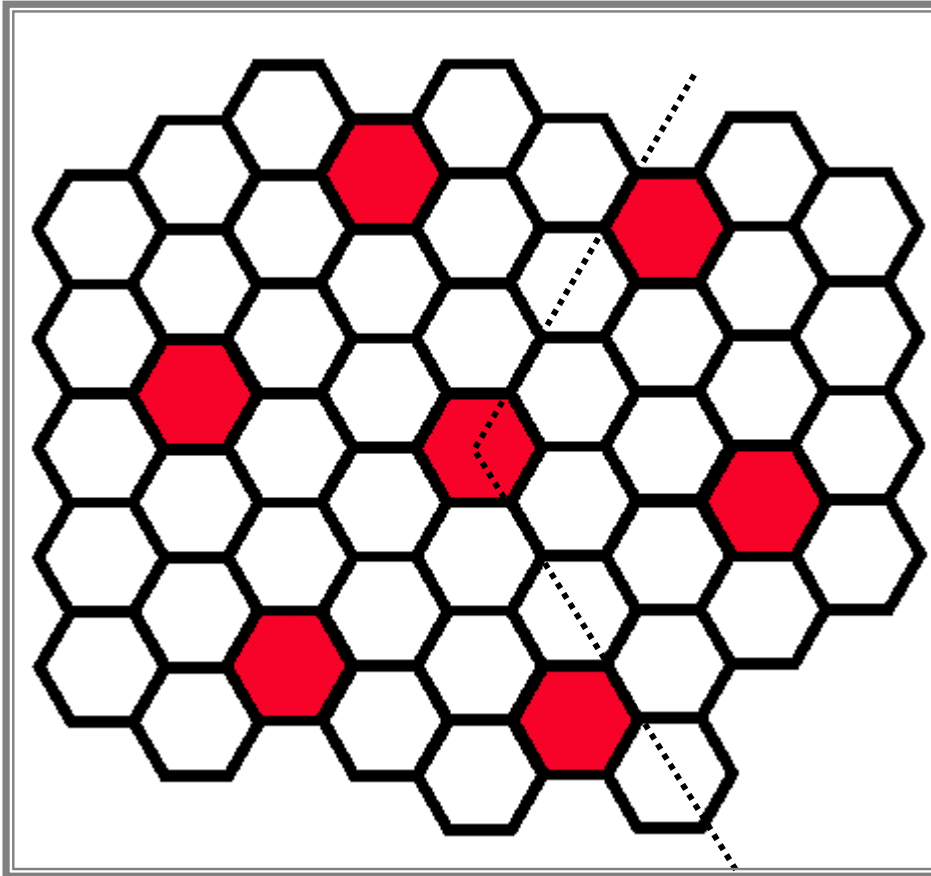
Ομάδα 3 κυψελών

		Κυψέλες		
		f ₁	f ₂	f ₃
Carriers	1	2	3	
	4	5	6	
	7	8	9	
	10	11	12	
	13	14	15	
	16	17	18	
	19	20	21	
	.	.	.	

Τομεοποίηση 2



Τομεοποίηση 3



$$\frac{C}{I} \approx \frac{R^{-\gamma}}{\sum_{k=1}^2 \frac{1}{D^{-\gamma}}} = \frac{1}{2} \left(\frac{D}{R} \right)^{\gamma}$$

$$\Rightarrow \frac{C}{I} = \frac{1}{2} (3N)^{\frac{\gamma}{2}}$$

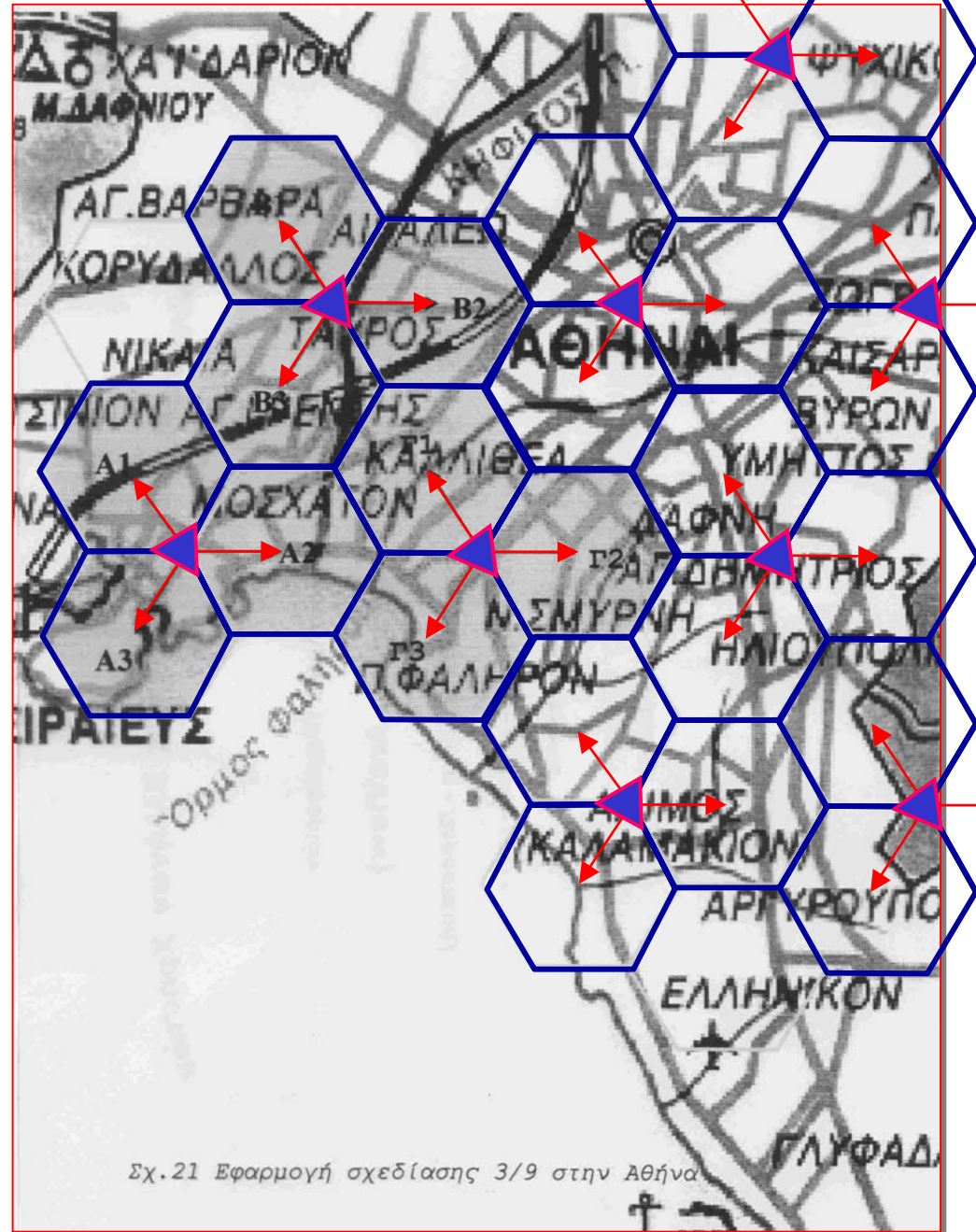
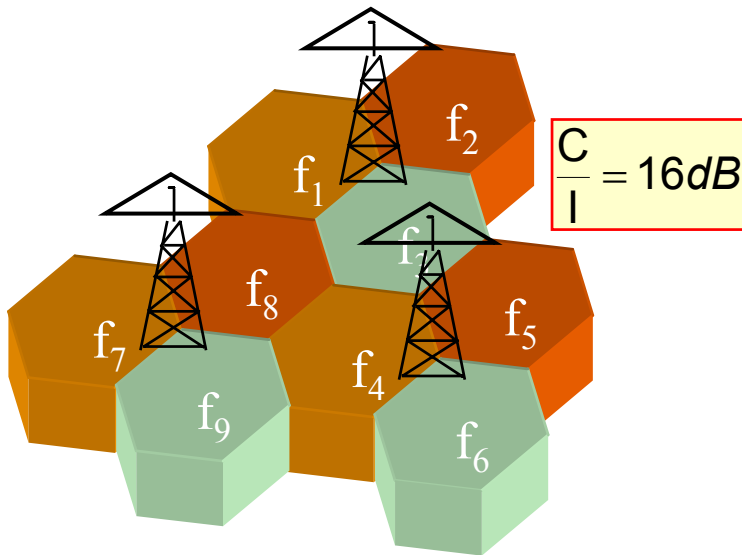
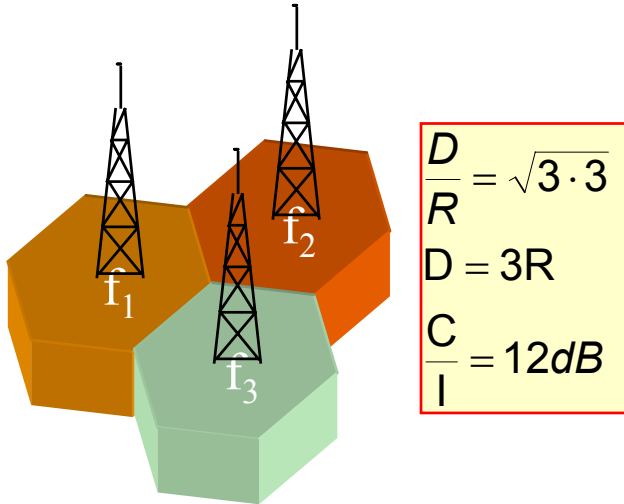
Αν π.χ. $\gamma=4$ τότε:

για $N=7$, $C/I=19\text{dB}$ και για $N=7/21$, $C/I=23\text{dB}$

για $N=4$, $C/I=14\text{dB}$ και για $N=4/12$, $C/I=18\text{dB}$

για $N=3$, $C/I=12\text{dB}$ και για $N=3/9$, $C/I=16\text{dB}$

Κυψελοποιημένη περιοχή



Χωρητικότητα Συστήματος

Αν χρησιμοποιηθούν M ομάδες κυψελών (clusters) σε δοσμένη περιοχή, η χωρητικότητα X του συστήματος που θα αναπτυχθεί θα είναι:

$$X = M_{clusters} \cdot S_{κανάλια/cluster} = M \cdot k_{κανάλια/κυψέλη} \cdot N_{κυψέλες}$$

Με σταθερή έκταση κυψελών (ακτίνα) όσο αυξάνει το N (αυξάνει το εμβαδόν της ομάδας) θα μικραίνει το πλήθος των ομάδων M της περιοχής ενώ το S θα είναι σταθερό, άρα μικραίνει το X αλλά βελτιώνεται η ποιότητα γιατί αυξάνει η απόσταση των ομοκαναλικών κυψελών.

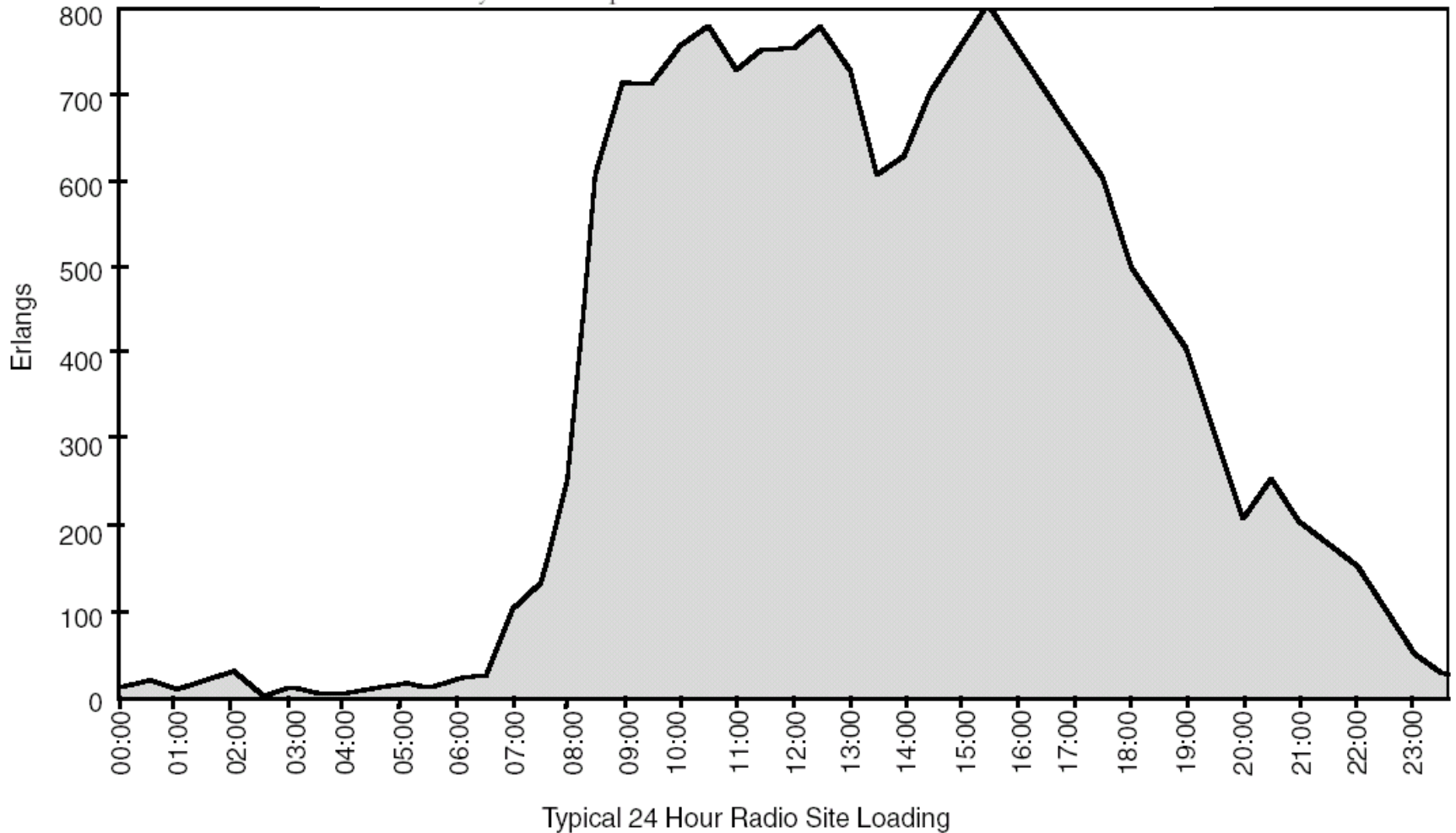
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αν η ακτίνα της κυψέλης και το φάσμα ανά ομάδα κυψελών είναι σταθερά:

- Περισσότερες κυψέλες/ομάδα σημαίνει:
 - Λιγότερα κανάλια ανά κυψέλη
 - Μικρότερη χωρητικότητα συστήματος
 - Λιγότερη ενδοκαναλική παρεμβολή
- Λιγότερες κυψέλες/ομάδα σημαίνει:
 - Περισσότερα κανάλια ανά κυψέλη
 - Μεγαλύτερη χωρητικότητα συστήματος
 - Μεγαλύτερη ενδοκαναλική παρεμβολή

Επιλέγουμε τον παράγοντα επαναχρησιμοποίησης N για να επιτύχουμε μέγιστη χωρητικότητα βασιζόμενοι στους περιορισμούς του λόγου C/I.

What we really need most are applications that increase offered traffic loading in the off-peak hours in a network. Figure 14.7 shows a 24-hour loading of a cell site in Biggleswade, a rather sleepy suburban town in the United Kingdom (with the lowest divorce rate in Britain). The vertical axis is Erlangs (voice traffic loading) and the horizontal axis is time. Between midnight and six in the morning, Biggleswade sleeps (probably why the divorce rate is so low), and so does the network. It is virtually unloaded. At 8:00 A.M. Biggleswade wakes up and goes to work. At 1:00 P.M. Biggleswade stops for lunch. Biggleswade starts going to sleep again as the afternoon progresses. A small evening peak happens just about 8:00 P.M. as Biggleswade arranges the traditional daily visit to the pub.



ΕΝΤΑΣΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

$$A_{user} = \mu_{ave} \cdot H_{ave}$$

A_{user} : φορτίο συνδρομητή (Erl)

μ_{ave} : μέσος αριθμός κλήσεων/h

H_{ave} : μέση διάρκεια κλήσης (h)

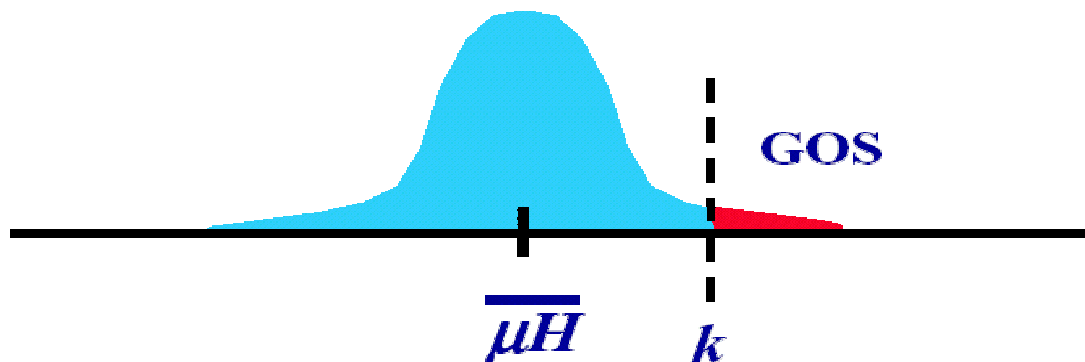
$$A_{offered} = U \cdot A_{user}$$

$A_{offered}$: προσφερόμενο φορτίο από
U το πλήθος συνδρομητές

$$A_{carried} \leq k$$

$A_{carried}$: μέγιστο φορτίο που
διεκπεραιώνεται με k κανάλια

$$\text{Αν } A_{offered} > A_{carried}$$



Τύπος Erlang B

Πίνακας Erlang B

GOS=2%

$$GOS = \frac{A_{offered}^k}{k!} \sum_{i=0}^k \frac{A_{offered}^i}{i!}$$

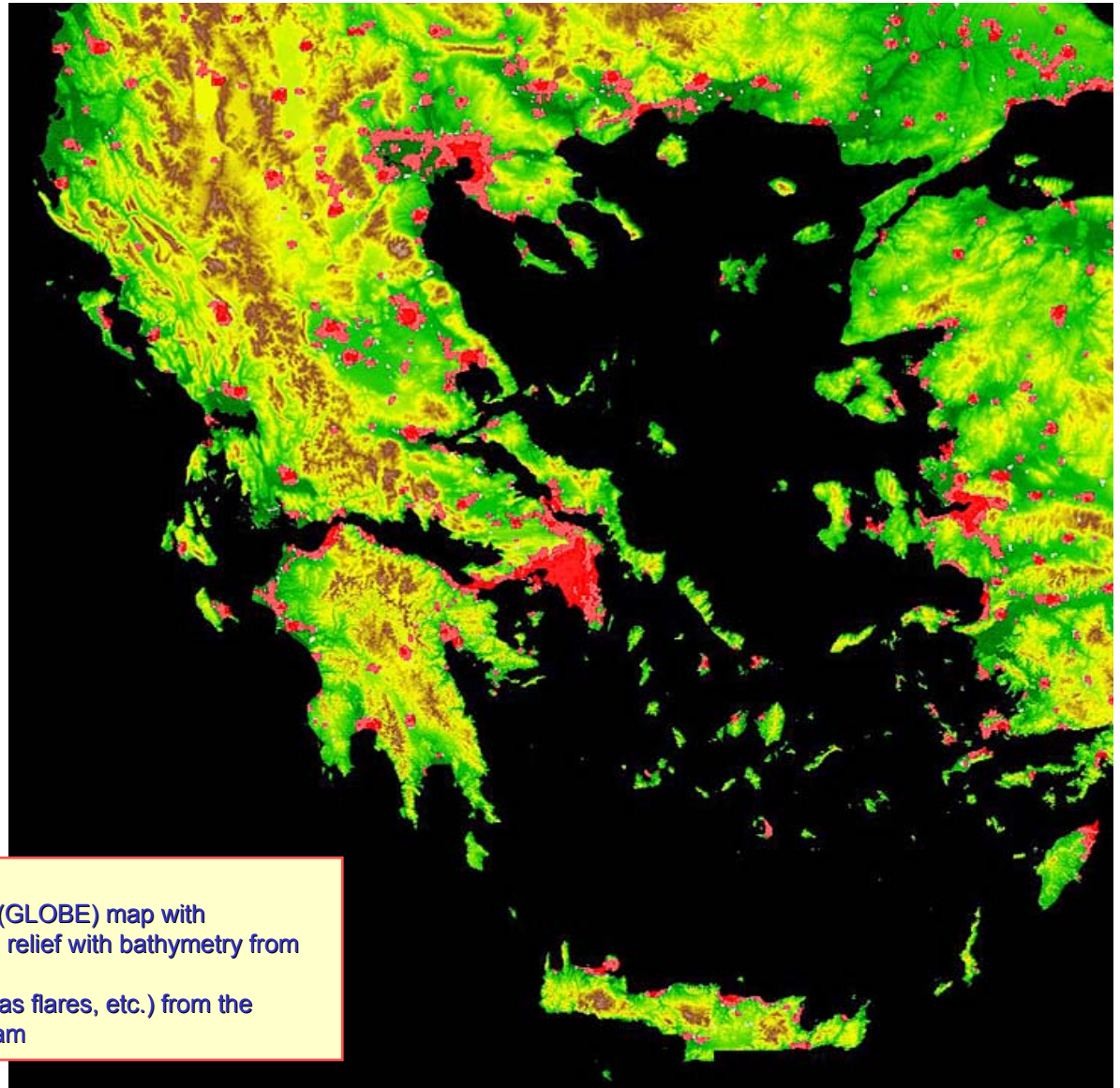
k	A(Erl)	k	A(Erl)	k	A(Erl)	k	A(Erl)	k	A(Erl)
1	0,02	21	14,04	41	31,92	61	50,59	81	69,65
2	0,22	22	14,90	42	32,84	62	51,53	82	70,61
3	0,60	23	15,76	43	33,76	63	52,48	83	71,57
4	1,09	24	16,63	44	34,68	64	53,43	84	72,53
5	1,66	25	17,50	45	35,61	65	54,38	85	73,49
6	2,28	26	18,38	46	36,53	66	55,33	86	74,45
7	2,94	27	19,26	47	37,46	67	56,27	87	75,42
8	3,63	28	20,15	48	38,39	68	57,23	88	76,38
9	4,34	29	21,04	49	39,32	69	58,18	89	77,34
10	5,08	30	21,93	50	40,26	70	59,13	90	78,31
11	5,84	31	22,83	51	41,19	71	60,08	91	79,27
12	6,61	32	23,72	52	42,12	72	61,04	92	80,24
13	7,40	33	24,63	53	43,06	73	61,99	93	81,20
14	8,20	34	25,53	54	44,00	74	62,94	94	82,17
15	9,01	35	26,43	55	44,94	75	63,90	95	83,13
16	9,83	36	27,34	56	45,88	76	64,86	96	84,10
17	10,66	37	28,25	57	46,82	77	65,81	97	85,07
18	11,49	38	29,17	58	47,76	78	66,77	98	86,04
19	12,33	39	30,08	59	48,70	79	67,73	99	87,00
20	13,18	40	31,00	60	49,64	80	68,69	100	87,96

$$A_{offered} = U \cdot A_{user} = U \cdot \mu_{ave} \cdot H_{ave}$$

Διαστασιολόγηση Δικτύου

- Πυκνότητα συνδρομητών κυψέλης
 - Εμβαδόν κυψέλης (L_{max} , r_{max})
 - Πυκνότητα συνδρομητών ($\#/km^2$)
 - Πυκνότητα χρηστών ($\#/km^2$)
 - Πυκνότητα κατοίκων ($\#/km^2$)
 - Βαθμός Διείσδυσης Υπηρεσίας ($\#/1000$)
 - Μερίδιο Παρόχου (%)
- Προφίλ συνδρομητή (π.χ. A_{user}, μ, H)
- Πλήθος καναλιών k

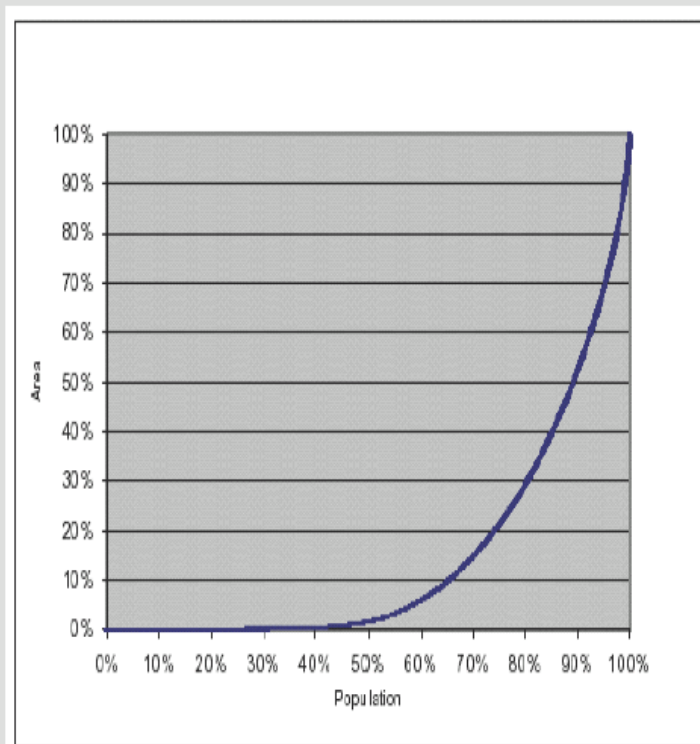
**Greece's population density:
a digital elevation model (DEM) with overlay of stable night lights**



This map is a combination of two maps:

- (1) a Global Land One-km Base Elevation (GLOBE) map with topographic color and shaded elevation relief with bathymetry from Smith and Sandwell; And
- (2) a map of stable lights (cities, villages, gas flares, etc.) from the Defense Meteorological Satellite Program

This map illustrates the fact that the population in Greece is highly concentrated in the metropolitan area of Athens.



Πληθυσμός

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	
Αττική	3.450.890	33%
Στερεά Ελλάδα και Εύβοια	662.802	6%
Πελοπόννησος	670.284	6%
Δυτική Ελλάδα	737.117	7%
Ιόνιο	202.000	2%
Ήπειρος	371.690	4%
Θεσσαλία	743.075	7%
Δυτική Μακεδονία	302.892	3%
Κεντρική Μακεδονία	1.792.304	17%
Ανατολική Μακεδονία και Θράκη	561.838	5%
Βόρειο Αιγαίο	183.682	2%
Νοτιο Αιγαίο	270.115	3%
Κρήτη	562.276	5%
ΣΥΝΟΛΟ	10.510.965	100%

Παράδειγμα

Να υπολογισθούν οι διαστάσεις του δικτύου κινητών επικοινωνιών GSM900 (GOS=2%) που θα καλύψει έκταση $50 \times 50 \text{ km}^2$ με τις ακόλουθες παραδοχές:

1. Ισχύς $\Sigma B = 1 \text{ W}$, Ευαισθησία δέκτη $K\Sigma = -104 \text{ dBm}$, μοντ. Απωλειών $L = -10 + 40 \log r_{\text{km}}$
2. Πυκνότητα κατοίκων $1000/\text{km}^2$, Βαθμός Διείσδυσης Υπηρεσίας 50%
3. Επιδιωκόμενο μερίδιο παρόχου στην αγορά 60%
4. Ένας στους δύο συνδρομητές κάνει 1 κλήση 1,5 min την ώρα αιχμής

Υπολογισμός πλήθους ΣB

$P_t = 1 \text{ W} = 30 \text{ dBm}$, $P_{th} = -104 \text{ dBm}$ άρα $L_{\text{max}} = P_t - P_{th} = 30 - (-104) = 134 \text{ dBm}$

$L_{\text{max}} = -10 + 40 \log r_{\text{max}}$ άρα: $r_{\text{max}} = 10^{\frac{L_{\text{max}} + 10}{40}} = 10^{3,6} = 3,981 \text{ km}$

Και $A_{\text{cell}} = 2,6 * r_{\text{max}}^2 = 41,19 \text{ km}^2$ άρα $\# \text{cell} = 2500 / 41,19 = 61 \text{ cells}$

Υπολογισμός πλήθους καναλιών/ ΣB

Από τα 2 και 3 έχουμε για τον πάροχο: 300 συνδρομητές/ km^2

Από το 4 έχουμε προφίλ συνδρομητή: $A_{\text{user}} = (0,5 * 1,5) / 60 = 12,5 \text{ mErl}$

$A_{\text{offered}/\text{km}^2} = 12,5 \text{ mErl} * 300 \text{ συνδρομητές}/ \text{km}^2 = 3,75 \text{ Erl} / \text{km}^2$

$A_{\text{cell}} = 3,75 \text{ Erl} / \text{km}^2 * 41,19 \text{ km}^2 = 155 \text{ Erl} / \text{cell}$

Με GOS=2% απαιτούνται
168 κανάλια/cell

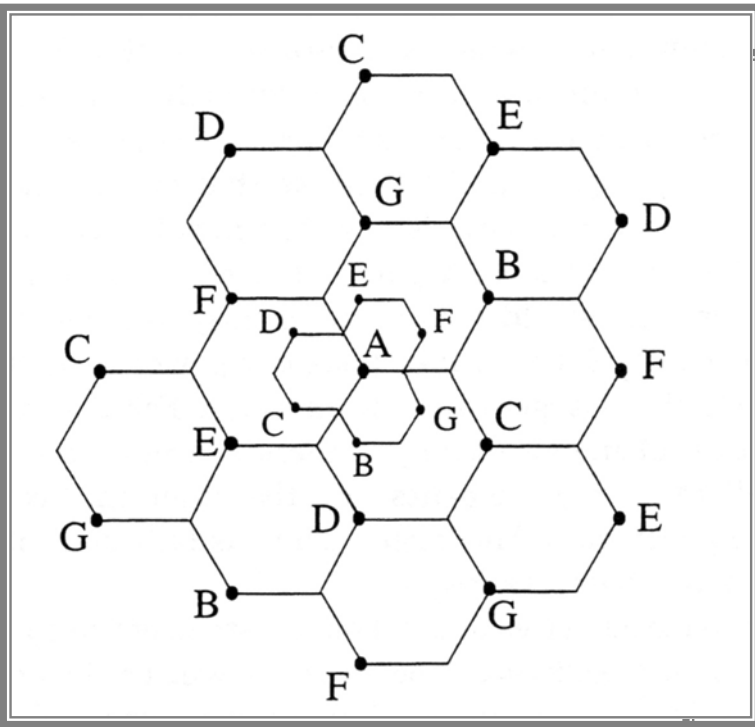
ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

- Αύξηση του πλήθους των καναλιών
- Έλεγχος Ισχύων
- Δυναμική Εκχώρηση καναλιών
- Διαίρεση κυψελών
- Τομεοποίηση

Δυναμική Εκχώρηση καναλιών

Τεχνικές εκχώρησης καναλιών:

- **Σταθερή εκχώρηση**
(κάθε κυψέλη διαθέτει ένα προκαθορισμένο σύνολο καναλιών)
- **Δυναμική εκχώρηση**
(όλα τα κανάλια είναι διαθέσιμα σε όλους τους ΣΒ, δηλ. δεν υπάρχει μόνιμο προκαθορισμένο πλήθος καναλιών)



$$\frac{A_{new}}{A} = \sqrt{\frac{R_{new}}{R}}$$

$$\frac{P_{Rnew}}{P_R} \cong \frac{P_{Tnew}}{P_T} \cdot \left(\frac{R}{R_{new}}\right)^{-\gamma}$$

Άρα αν $R_{new} = R/2$
 $A_{new} = A/4$
 $P_{Tnew} = P_T/16$

