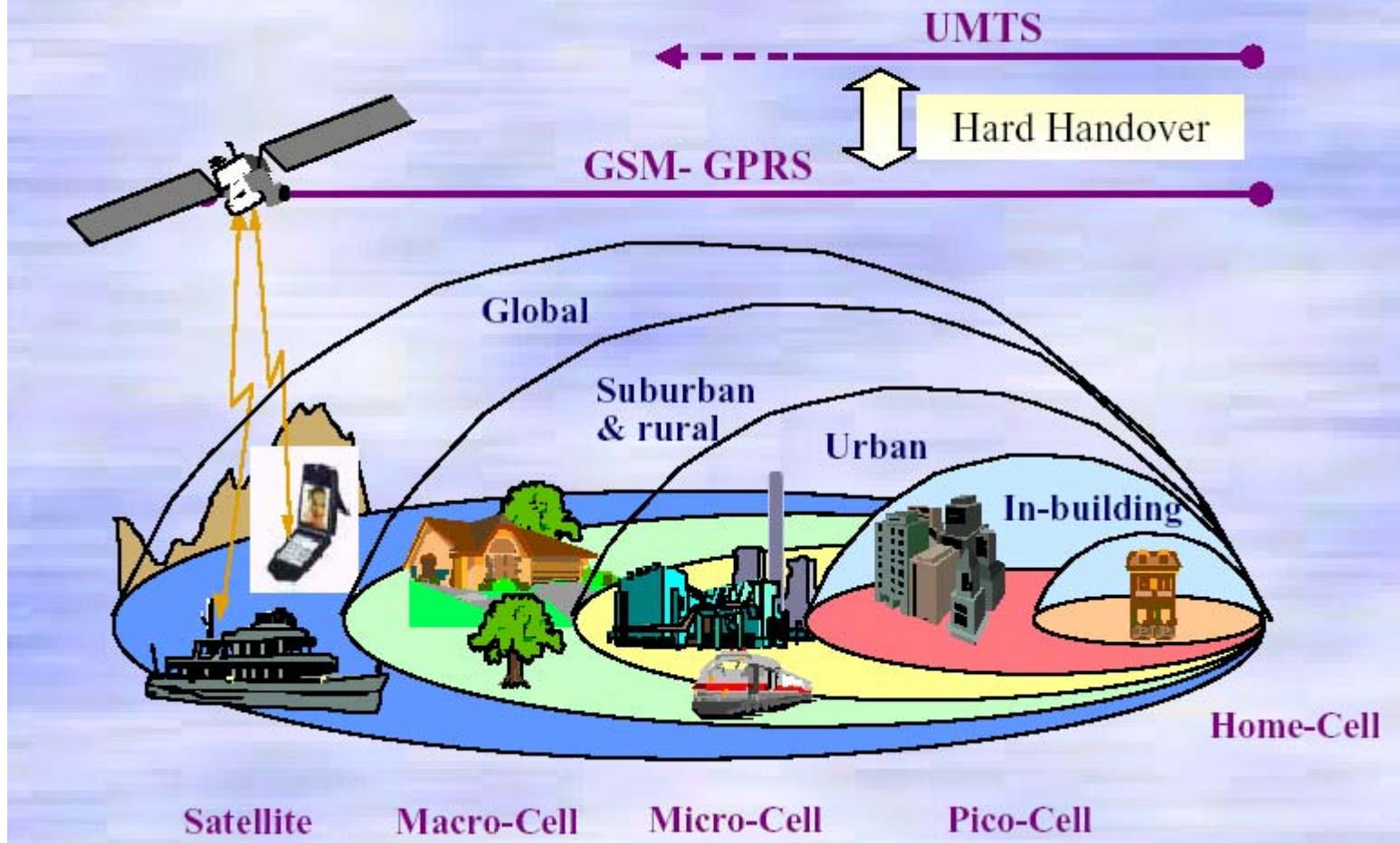


ΣΤΟΧΟΙ ΚΥΨΕΛΩΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

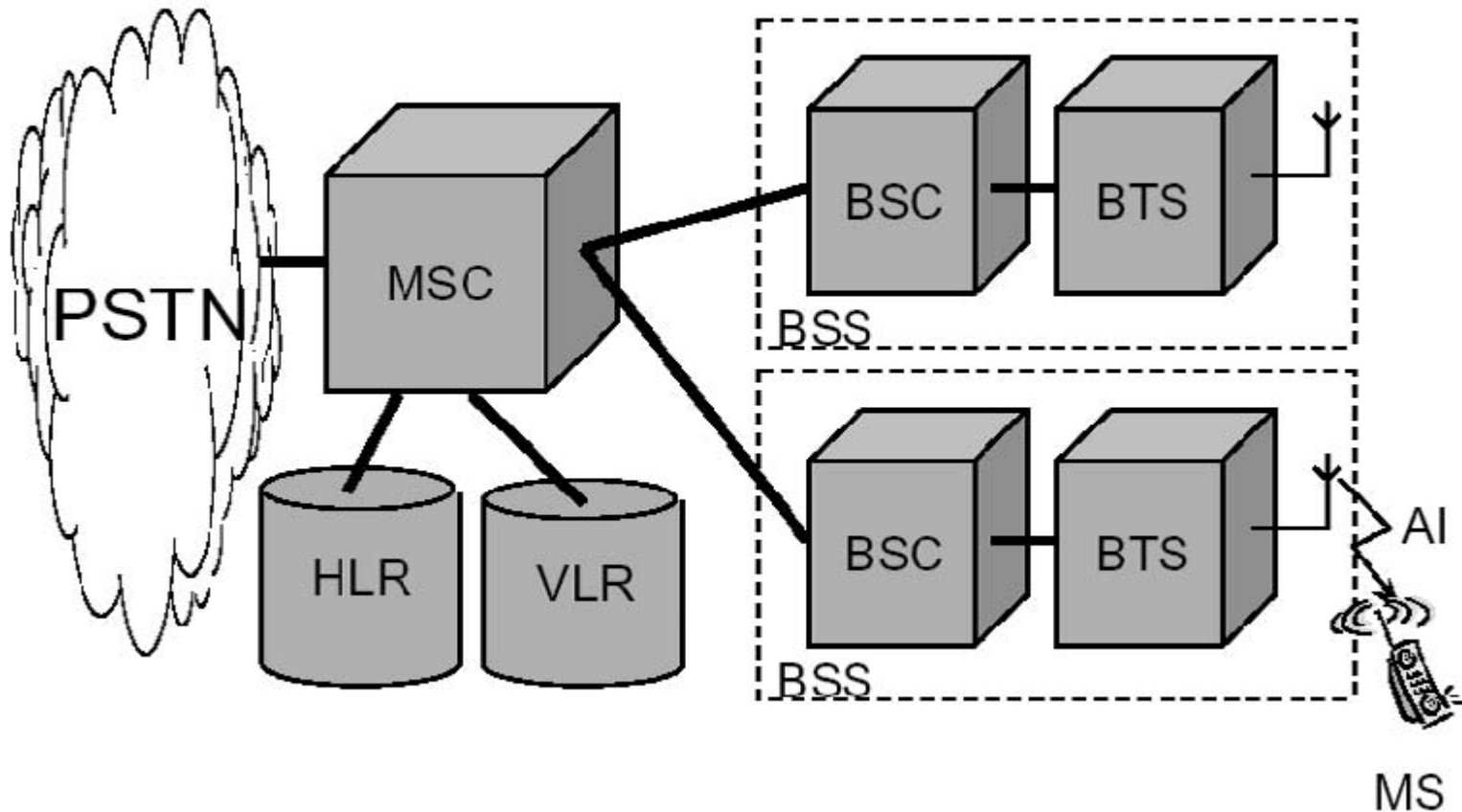
- **ΡΑΔΙΟΚΑΛΥΨΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ**
 - Ευρεία Ραδιοκάλυψη Εξωτερικών χώρων
 - Βάθος Ραδιοκάλυψης
 - Διαλειτουργικότητα μεταξύ συστημάτων
- **ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ**
 - Μεγάλος αριθμός συνδρομητών
 - Μικρή απόρριψη κλήσεων
- **ΠΟΙΟΤΗΤΑ**
 - Ποιότητα ομιλίας
 - Ρυθμός σφαλμάτων (δεδομένων)

UMTS Coverage Design



ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΥΨΕΛΩΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το Ασύρματο κανάλι





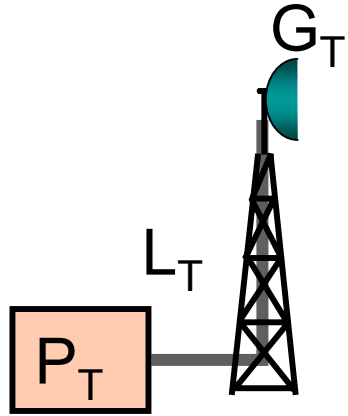
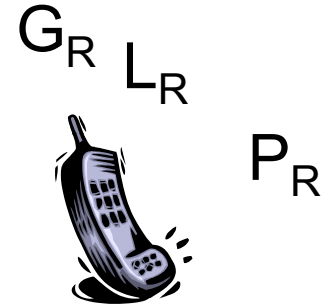
ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Βήμα 1: Κατασκευή Ισοζυγίου Ισχύων (Link Budget)

Βήμα 2: Χρήση μοντέλων διάδοσης για την εκτίμηση της εμβέλειας (ακτίνας κυψέλης)

ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΙΣΧΥΩΝ (Power budget)

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ
 $L_{path} (dB) = f(r, t, \dots)$



Μέγιστη Ισχύς ανά κανάλι $P_T (dBm)$

T_x EIRP ανά κανάλι $P_{EIRP} (dBm)$

L_T Απώλειες γραμμών κ.λ.π

$G_T (dBi)$ Απολαβή κεραίας

Απώλειες γραμμών, κ.λ.π

$G_R (dBi)$ Απολαβή κεραίας

Ισχύς εισόδου δέκτη $P_R (dBm)$ Στάθμη λήψης

$$P_R \geq P_{th}$$

$$P_R = P_T + G_T + G_R - L_{path} (dB)$$

$$P_R = P_{th} + FM$$

$$P_{th} + FM = P_T + G_T + G_R - L_{path} (dB)$$

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{C}{N + I} \cdot \frac{W}{R}$$

Περιθώριο Ισχύος $FM = \text{Fade Margin}$

CNR

Ευαισθία Δέκτη $P_{th} (dBm)$

Ενεργή φασματική πυκνότητα ισχύος $N (dBm/Hz) = N_{floor} + NF$

$NF (dB)$
 $N_{floor} (dBm/Hz)$

EXAMPLE LINK BUDGET SPREADSHEET

INITIAL PARAMETERS	System: GSM1800 (blue indicates user definable parameters)	
	Frequency: 1710 MHz (1710-1785 MHz)	
	Channel Bandwidth: 200 kHz	
	Coverage Probability - Cell edge: ▼ 95 %	
	Cell loading: ▼ 80 %	

Label	LINK BUDGET (Uplink)	Urban Microcell *****	Urban Macrocell *****
a	Tx Power (dBm)	21,00 ▼	21,00
b	Tx Antenna Gain (dBi)	0,00	0,00
c	Cable and combiner losses (dB)	0,00	0,00
d = a + b + c	EIRP Tx Power (dBm) ▼	21,00	21,00
j	Thermal Noise density (dBm/Hz) ▼	-174,00	-174,00
q	Bandwidth factor	53,01	53,01
k	Noise Figure (dB) ▼	4,00 ▼	4,00
m	Interference to thermal noise (dB) ▼	6,99	6,99
n = j + k + m + q	Interference Noise density N (dBm/Hz) ▼	-110,00	-110,00
r	Average Eb/No (dB) ▼	2,20	3,80
t = n + r	Rx Sensitivity (dBm) ▼	-107,80	-106,20
e	Rx Antenna Gain (dBi)	10,00	17,00
f	Cable/Feeder Loss (dB)	-2,00	-2,00
g	Diversity Gain (dB)	0,00 ▼	0,00
u	Fading Margin - cell edge (dB) ▼	-1,64	-1,64
w	Building/Car Penetration Loss (dB)	-15,00	-15,00
x = d+t+e+f+g+u+v+w	Max Path Loss (dB) ▼	120,16	125,56

EXAMPLE LINK BUDGET SPREADSHEET

INITIAL PARAMETERS	System:	GSM1800 (blue indicates user definable parameters)	
	Frequency:	1710 MHz	(1710-1785 MHz)
	Channel Bandwidth	200 kHz	
	Coverage Probability - Cell edge:	95 %	
	Cell loading:	80 %	

		Urban Microcell *****	Urban Macrocell *****
y = Prop(x)	COST 231 Cell Radius (km)	0,35	1,05

	SHADOW FADING MARGIN (calculation)		Urban Microcell *****	Urban Macrocell *****
	Decay Law (n)		3,57	3,57
	Std dev of Fading Margin (dB)		1,00	1,00
	Std Dev / n		0,28	0,28
	Coverage Probability - cell edge	95,00 %		
u	Fading Margin - cell edge (dB)		1,64	1,64
	Coverage Probability - whole cell		1,00	1,00
	Fade Margin - whole cell (dB)		14,46 dB	14,46

	CELL RADIUS FROM COST 231 FORMULA (calculation)	
	UE Height:	1,5 m
	Antenna Correction factor	0,04 dB
	Urban Correction	0,00 dB
	Suburban correction	11,78 dB
	Open Country Correction	31,64 dB

		Urban Microcell *****	Urban Macrocell *****
	BS Height (m)	25,00	25,00
	Path Loss (dB)	120,16	125,56
	Distance (km)	0,35	1,05

EXAMPLE LINK BUDGET SPREADSHEET

INITIAL PARAMETERS	System:	GSM1800 (blue indicates user definable parameters)		
	Frequency:	1710 MHz	(1710-1785 MHz)	
	Channel Bandwidth	200 kHz		
	Coverage Probability - Cell edge:	95 %		
	Cell loading:	80 %		

Label	LINK BUDGET (Uplink)	Urban Microcell *****	Urban Macrocell *****	Suburban *****	Rural *****
a	Tx Power (dBm)	21,00	21,00	21,00	21,00
b	Tx Antenna Gain (dBi)	0,00	0,00	0,00	0,00
c	Cable and combiner losses (dB)	0,00	0,00	0,00	0,00
d = a + b + c	EIRP Tx Power (dBm)	21,00	21,00	21,00	21,00
j	Thermal Noise density (dBm/Hz)	-174,00	-174,00	-174,00	-174,00
q	Bandwidth factor	53,01	53,01	53,01	53,01
k	Noise Figure (dB)	4,00	4,00	4,00	4,00
m	Interference to thermal noise (dB)	6,99	6,99	6,99	6,99
n = j + k + m + q	Interference Noise density N (dBm/Hz)	-110,00	-110,00	-110,00	-110,00
r	Average Eb/No (dB)	2,20	3,80	3,80	3,80
t = n + r	Rx Sensitivity (dBm)	-107,80	-106,20	-106,20	-106,20
e	Rx Antenna Gain (dBi)	10,00	17,00	17,00	17,00
f	Cable/Feeder Loss (dB)	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00
g	Diversity Gain (dB)	0,00	0,00	0,00	0,00
u	Fading Margin - cell edge (dB)	-1,64	-1,64	-1,64	-1,64
w	Building/Car Penetration Loss (dB)	-15,00	-15,00	-12,00	-6,00
x = d+t+e+f+g+u+v+w	Max Path Loss (dB)	120,16	125,56	128,56	128,56
y = Prop(x)	COST 231 Cell Radius (km)	0,35	1,05	4,59	6,76

SHADOW FADING MARGIN (calculation)		Urban Microcell *****	Urban Macrocell *****	Suburban *****	Rural *****
	Decay Law (n)	3,57	3,57	3,57	3,57
	Std dev of Fading Margin (dB)	1,00	1,00	1,00	1,00
	Std Dev / n	0,28	0,28	0,28	0,28
	Coverage Probability - cell edge	95,00 %			
u	Fading Margin - cell edge (dB)	1,64	1,64	1,64	1,64
	Coverage Probability - whole cell	1,00	1,00	1,00	1,00
	Fade Margin - whole cell (dB)	14,46 dB	14,46	14,46	14,46

CELL RADIUS FROM COST 231 FORMULA (calculation)		Urban Microcell *****	Urban Macrocell *****	Suburban *****	Rural *****
	UE Height:	1,5 m			
	Antenna Correction factor	0,04 dB			
	Urban Correction	0,00 dB			
	Suburban correction	11,78 dB			
	Open Country Correction	31,64 dB			

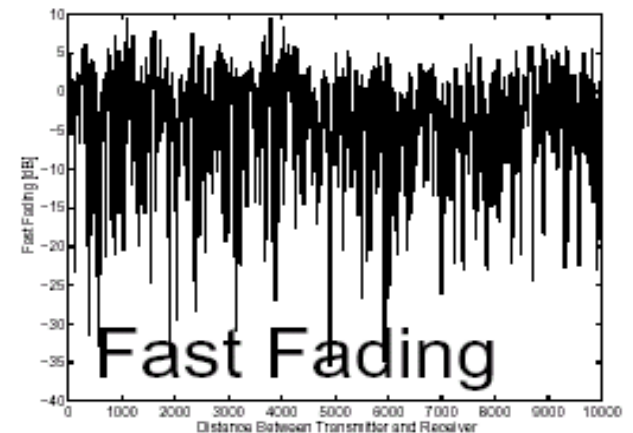
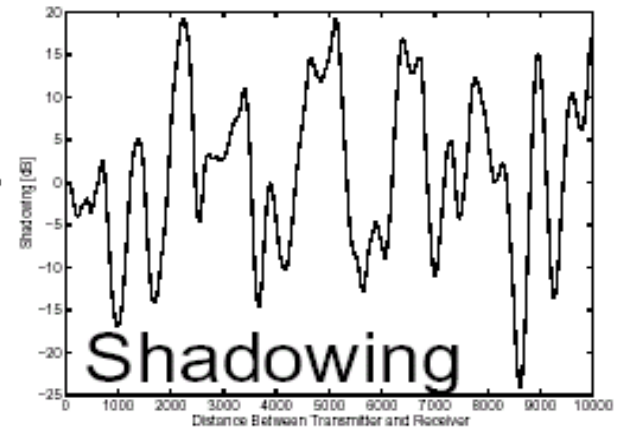
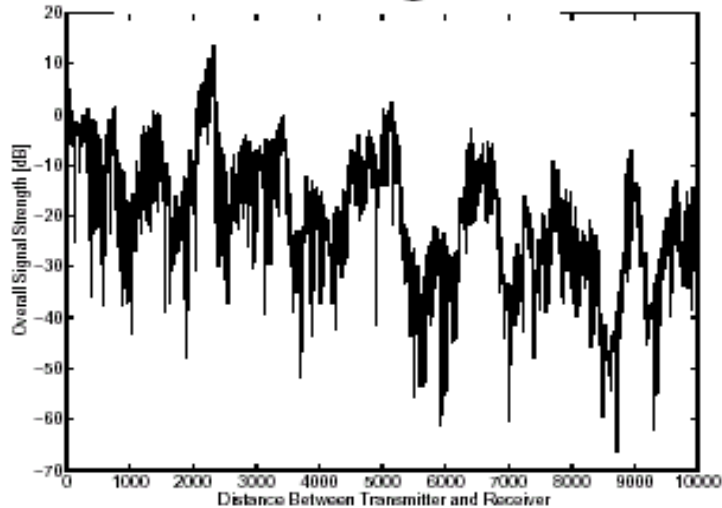
	Urban Microcell *****	Urban Macrocell *****	Suburban *****	Rural *****
BS Height (m)	25,00	25,00	25,00	25,00
Path Loss (dB)	120,16	125,56	128,56	134,56
Distance (km)	0,35	1,05	4,59	6,76

Map-03

F.I. Zhelev

ΤΡΕΙΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΗΜΑΤΟΣ

Total Signal



Small scale ή Short-term :
 $dr \approx \lambda$ $dt \approx T_s$

Large scale ή Long-term : μέση εξασθένιση
 $dr \gg \lambda$ $dt \gg T_s$

$$p(L_s) = \frac{1}{\sigma_L \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{L_s^2}{2\sigma_L^2}\right]$$

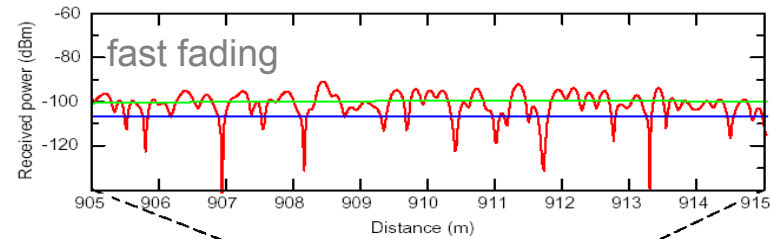
$$L = L_{50} + L_s \quad [\text{dB}]$$

Γενικά ένα μοντέλο απωλειών μπορεί να γραφεί και σαν:

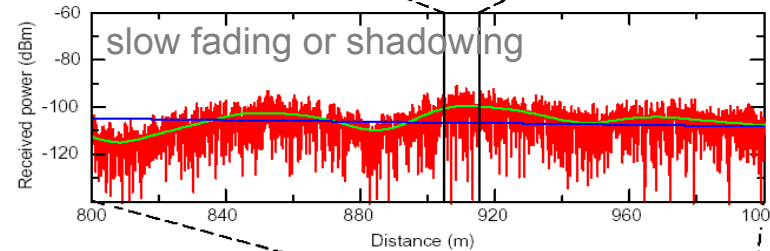
$$\frac{P_R}{P_T} = \frac{1}{L_{50}} = \frac{k}{r^n}$$

η σε dB: $L_{50} = 10 n \log r + K$

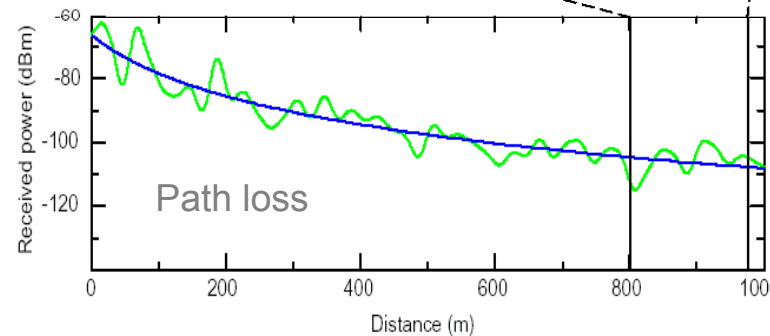
Τα n και K εξαρτώνται από:
Την συχνότητα
Το περιβάλλον διάδοσης
Τα ύψη των κεραιών



(a) Short term variation



(b) Medium term variation



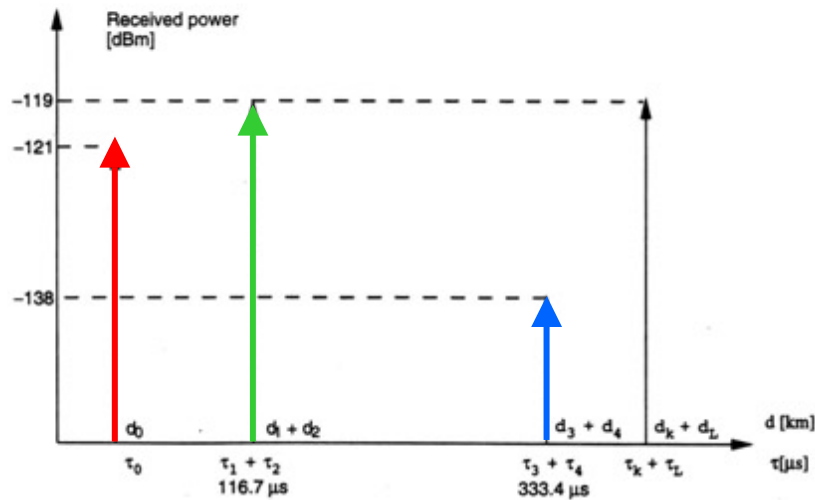
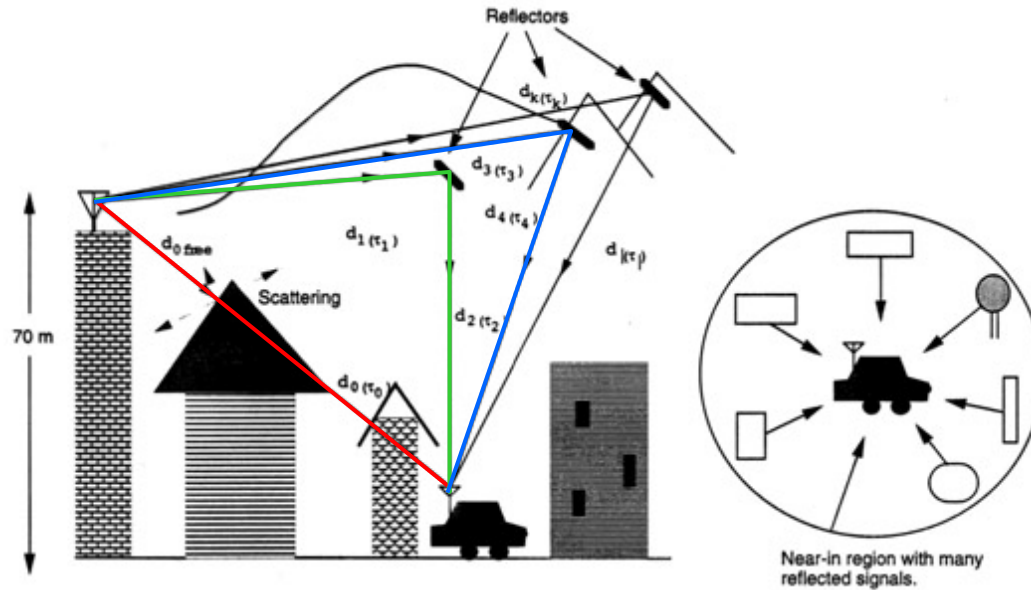


Figure 3.2.1 Propagation environment of a land-mobile line-of-sight (LOS) and non-line-of-sight (NLOS) radio system. The base station antenna in this illustrative example is at a height of 70 m, i.e., top of tallest building. The direct LOS free space path " $d_{0\text{free}}$ " is between the base antenna and the first building. Afterwards the direct d_0 path is attenuated. The distant mountains reflect the signals. The reflected delayed signals could be received at a comparable power level to the attenuated direct path signals.

Tower-distorted azimuth antenna pattern

Local multipath wave interference

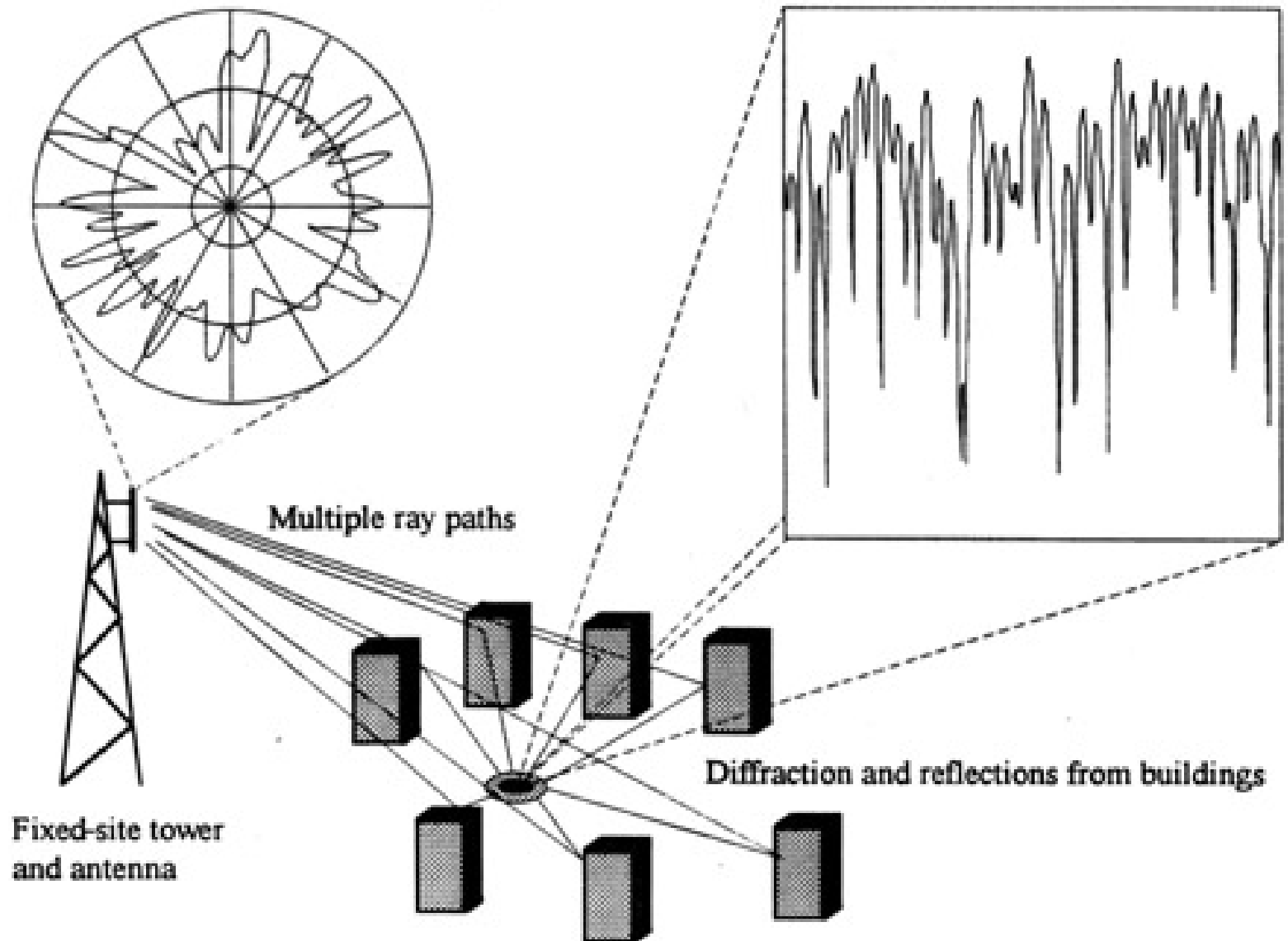


Figure 1.3 The radiowave propagation and antenna problem.

ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΔΙΑΔΟΣΗΣ (Path Loss Models)

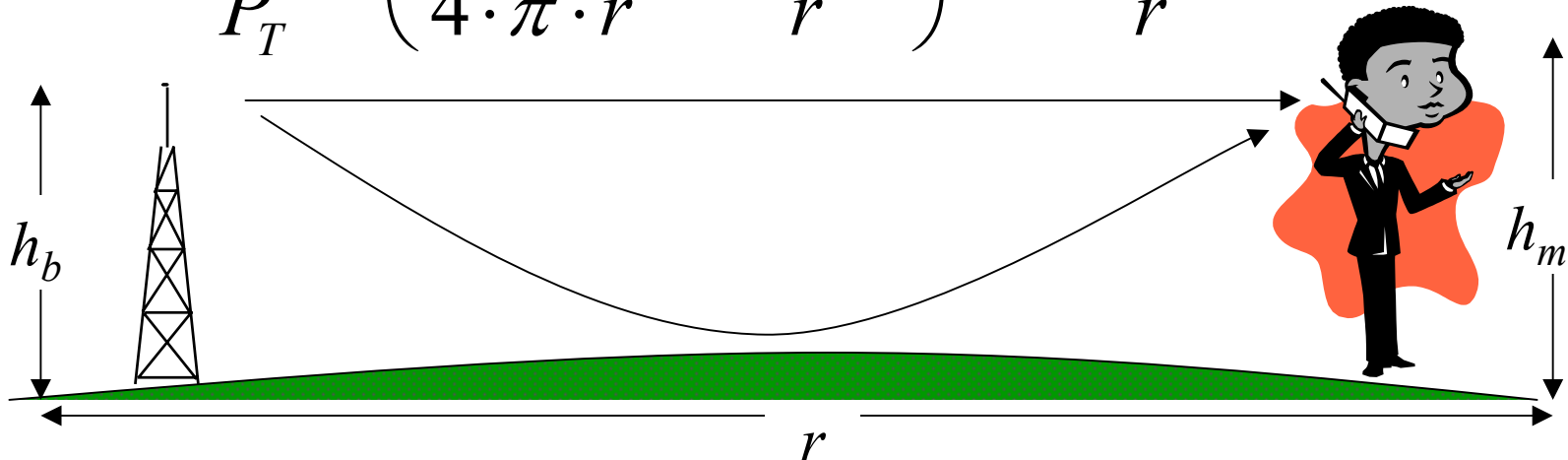
ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Διάδοση στο Κενό

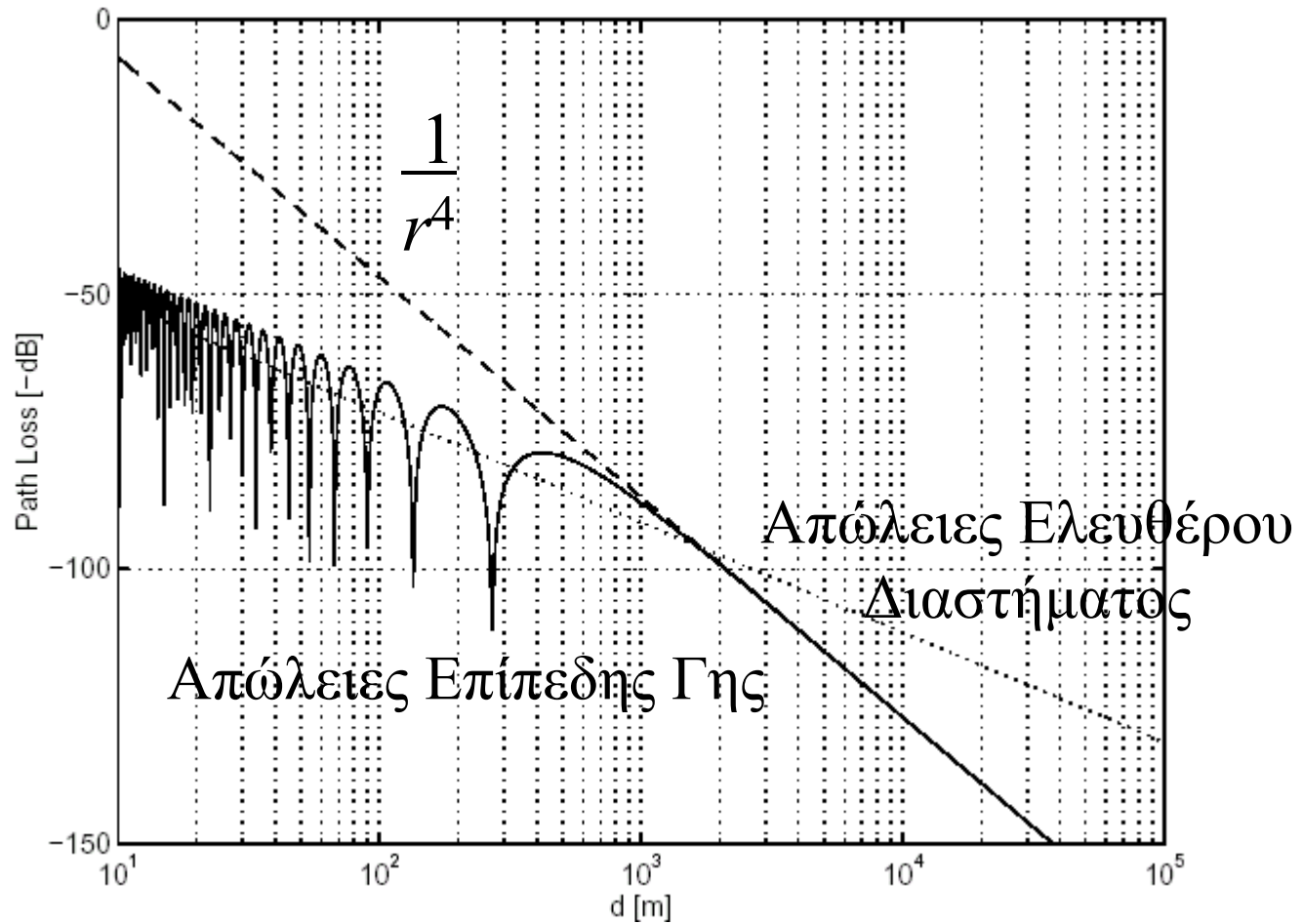
$$L_{dB} = 10 \cdot \log \left(\frac{P_T}{P_R} \right) = 32,5 + 20 \cdot \log r_{km} + 20 \cdot \log f_{MHz}$$

Επίπεδη Γη

$$\frac{P_R}{P_T} \approx \left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot r} k \frac{h_m \cdot h_b}{r} \right)^2 \approx \frac{h_m^2 \cdot h_b^2}{r^4}$$



$$L_{50} = 40 \log r - 20 \log h_m - 20 \log h_b$$



$$L = 40 \log r - 20 \log h_m - 20 \log h_b$$

cell type	typical cell radius	typical position of base station antenna
macro-cell (large cell)	1km to 30 km	outdoor; mounted above medium roof-top level, heights of all surrounding buildings are below base station antenna height
small macro-cell	0.5 km to 3 km	outdoor; mounted above medium roof-top level, heights of some surrounding buildings are above base station antenna height
micro-cell	up to 1 km	outdoor; mounted below medium roof top level
pico-cell / in-house	up to 500 m	indoor or outdoor (mounted below roof-top level)

COST 231 Final Report

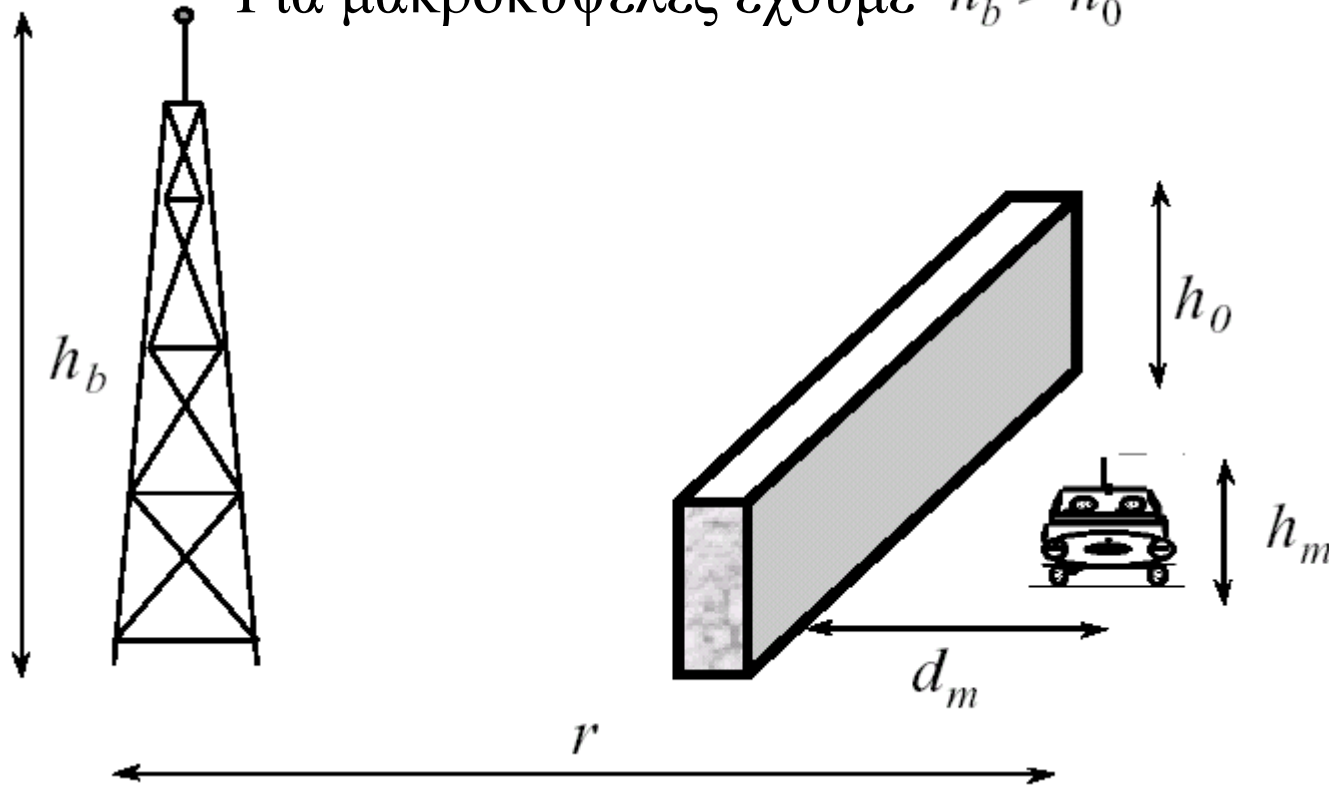
	Macrocell	Microcell
Cell radius	1-20km	0.1-1 km
Tx Power	1-10 W	0.1-1 W
Fading	Rayleigh	Ricean
Delay spread	0.1-10 μ s	10-100 ns
Max bit rate	0.3M bps	1M bps

ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

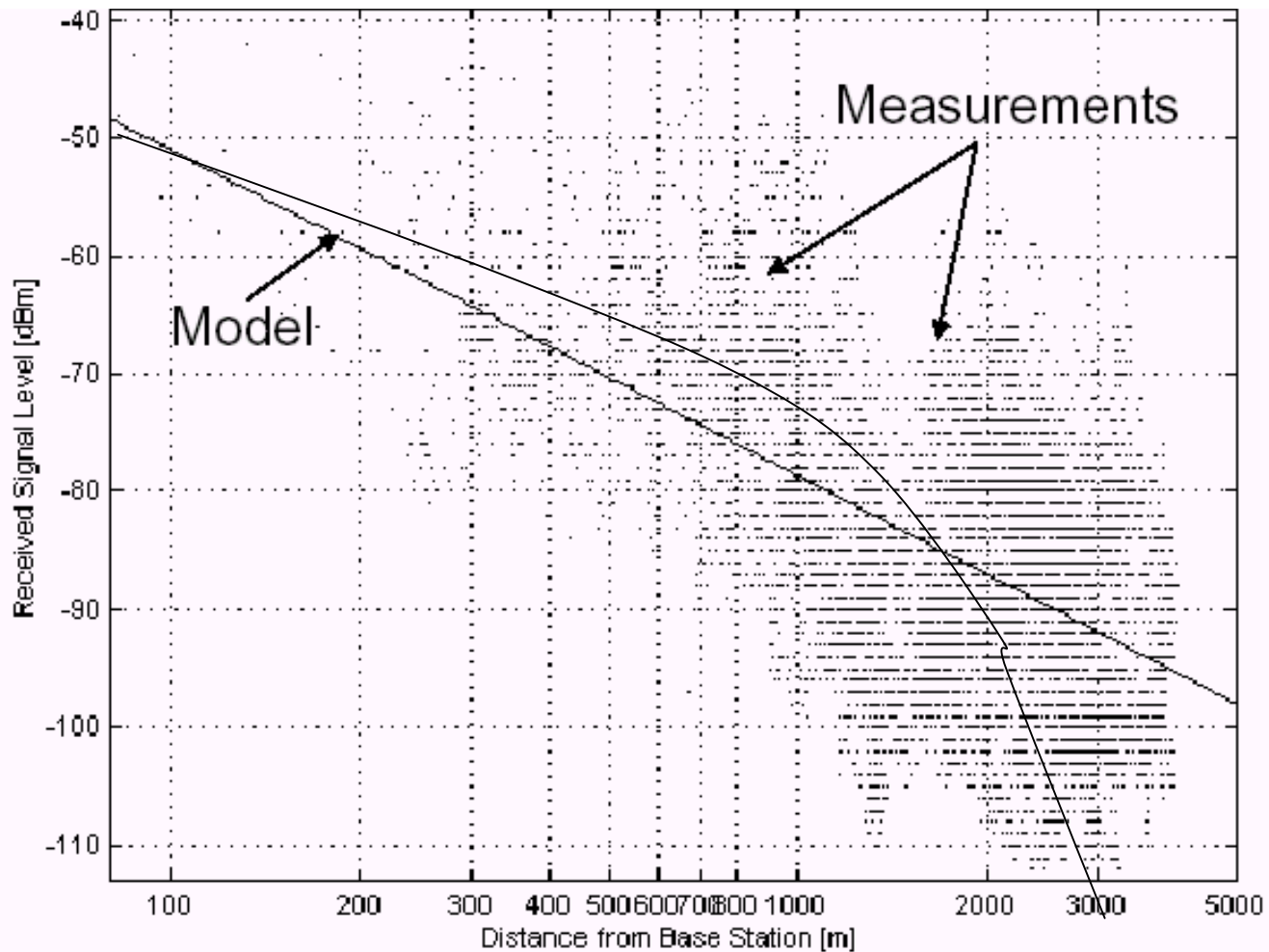
1. Μακροκυψέλες

ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Για μακροκυψέλες έχουμε $h_b > h_0$



ΕΜΠΕΙΡΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ



ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΚΘΕΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

$$\frac{P_R}{P_T} \approx \left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot r} k \frac{h_m \cdot h_b}{r} \right)^2 \approx \frac{h_m^2 \cdot h_b^2}{r^4}$$

Γενικά ένα μοντέλο μπορεί να γραφεί και σαν: $\frac{P_R}{P_T} = \frac{1}{L} = \frac{k}{r^n}$

η σε dB: $L = 10 n \log r + K$

Τα n και K εξαρτώνται από: *Την συχνότητα*
Το περιβάλλον διάδοσης
Τα ύψη των κεραιών

Okumura-Hata Model

$$150 \text{ MHz} < f < 1500 \text{ MHz}$$
$$30 \text{ m} < h_b < 200 \text{ m}$$
$$d > 1 \text{ km}$$

$$L_{dB} = A + B \log d_{km} - E$$

$$L_{dB} = A + B \log d_{km} - E - C$$

$$L_{dB} = A + B \log d_{km} - E - D$$

Urban area

Suburban area

Open area

$$A = 69,55 + 26,16 \log f_{\text{MHz}} - 13,82 \log h_b$$

$$B = 44,9 - 6,55 \log h_b$$

$$E = 3,2 (\log(11,75 h_m))^2 - 4,97$$

$$E = 8,29 (\log(1,54 h_m))^2 - 1,1$$

$$E = (1,11 \log f_{\text{MHz}} - 0,7) h_m - (1,56 \log f_{\text{MHz}} - 0,8)$$

μεγάλες πόλεις, $f \geq 300 \text{ MHz}$

μεγάλες πόλεις, $f < 300 \text{ MHz}$

μεσαίες και μικρές πόλεις

$$C = 5,4 + 2 (\log (f_{\text{MHz}}/28))^2$$

$$D = 40,94 + 4,78 (\log f_{\text{MHz}})^2 - 18,33 \log f_{\text{MHz}}$$

$$PL = 69,55 + 26,16 \cdot \text{LOG}_{10}(f_c) - 13,82 \cdot \text{LOG}_{10}(h_b) + (44,9 - 6,55 \cdot \text{LOG}_{10}(h_b)) \cdot \text{LOG}_{10}(d) - E$$

$$PL = 69,55 + 26,16 \cdot \text{LOG}_{10}(\$C\$8) - 13,82 \cdot \text{LOG}_{10}(\$C\$10) + (44,9 - 6,55 \cdot \text{LOG}_{10}(\$C\$10)) \cdot \text{LOG}_{10}(B13) - \$C\$5$$

$$E = 3,2 \cdot (\text{LOG}_{10}(11,75 \cdot C9))^2 - 4,97$$

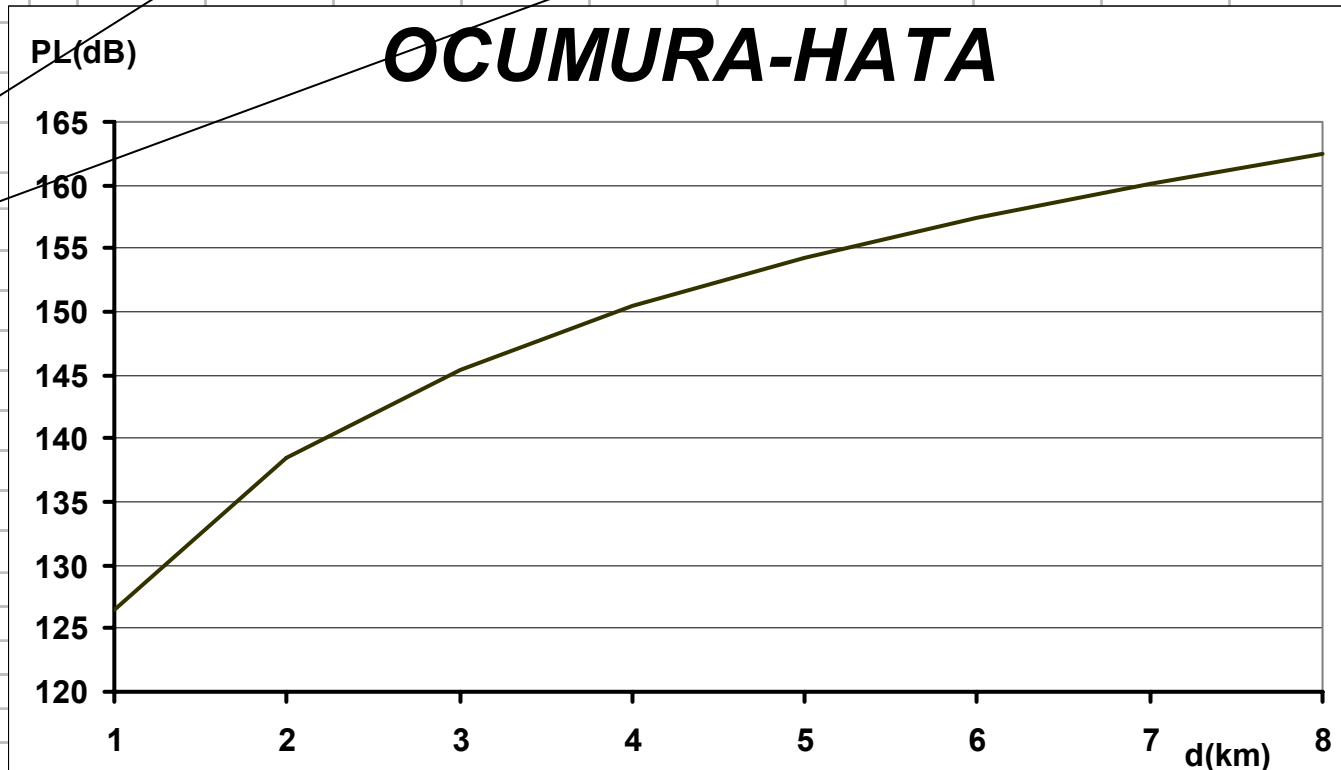
$$E = -0,00092$$

για $f_c > 300\text{MHz}$

Large cities

f_c	905
h_m	1,5
h_b	30

d	$PL(\text{dB})$
1	126,48
2	138,47
3	145,49
4	150,46
5	154,32
6	157,47
7	160,14
8	162,45



COST231-Hata Model

$$1500 \text{ MHz} < f < 2000 \text{ MHz}$$
$$30 \text{ m} < h_b < 200 \text{ m}$$
$$1 \text{ m} < h_m < 10 \text{ m}$$
$$1 \text{ km} < d < 20 \text{ km}$$

$$L_{dB} = F + B \log d_{km} - E + G$$

Όπου:

$$F = 46,3 + 33,9 \log f_{\text{MHz}} - 13,82 \log h_b$$

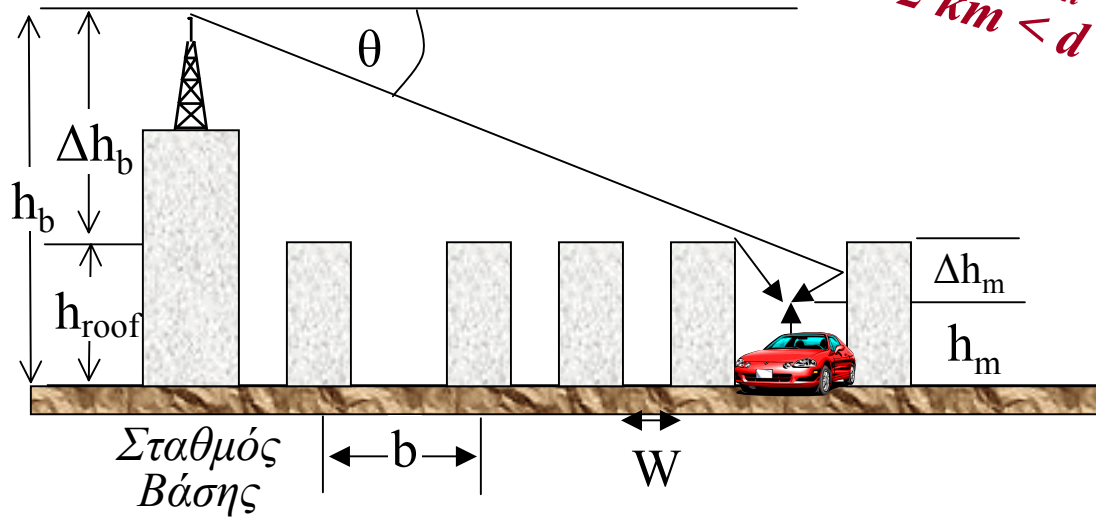
$$B = 44,9 - 6,55 \log h_b$$

$$E = (1,11 \log f_{\text{MHz}} - 0,7) h_m - (1,56 \log f_{\text{MHz}} - 0,8)$$

$$G = \begin{cases} 0 \text{ dB} & \text{για μεσαίες και μικρές πόλεις και προαστιακές περιοχές} \\ 3 \text{ dB} & \text{για μητροπολιτικές περιοχές} \end{cases}$$

COST231-Walfish/Ikegami

$$\begin{aligned} 800 \text{ MHz} < f < 2000 \text{ MHz} \\ 4 \text{ m} < h_b < 50 \text{ m} \\ 1 \text{ m} < h_m < 3 \text{ m} \\ 0,02 \text{ km} < d < 5 \text{ km} \end{aligned}$$



Για συνθήκες NLOS:
$$L_{50} = L_f + L_{rts} + L_{msd}$$

όπου: L_f απώλειες ελευθέρου διαστήματος

L_{rts} απώλειες περίθλασης και σκέδασης στέγης-δρόμου

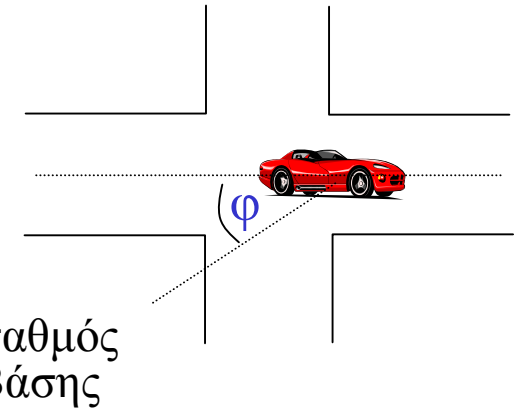
L_{msd} απώλειες πολλαπλής περίθλασης

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log W + 10 \log f_c + 20 \log \Delta h_m + L(\varphi)$$

$$L(\varphi) = -10 + 0,354\varphi \quad \text{για } 0^\circ < \varphi < 35^\circ$$

$$L(\varphi) = 2,5 + 0,075(\varphi - 35^\circ) \quad \text{για } 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ$$

$$L(\varphi) = 4,0 - 0,114(\varphi - 55^\circ) \quad \text{για } 55^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$



$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \log d + k_f \log f_c - 9 \log h_b$$

$$L_{bsh} = -18 \log(1 + \Delta h_b) \quad \text{για } h_b > h_{roof}$$

$$= 0 \quad \text{για } h_b \leq h_{roof}$$

$$k_a = 54 \quad \text{για } h_b > h_{roof}$$

$$= 54 - 0,8 \Delta h_b \quad \text{για } d \geq 0,5 \text{ km και } h_b \leq h_{roof}$$

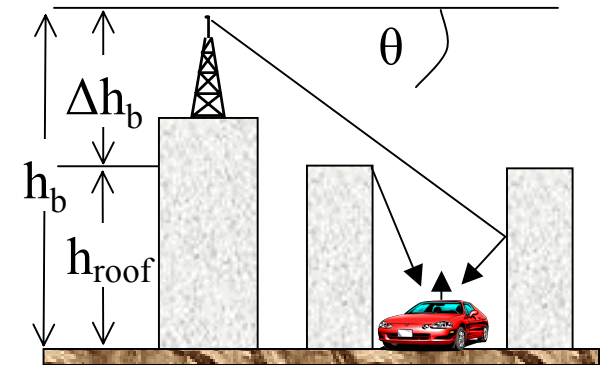
$$= 54 - 0,8 \Delta h_b * (d/0,5) \quad \text{για } d < 0,5 \text{ km και } h_b \leq h_{roof}$$

$$k_d = 18 \quad \text{για } h_b > h_{roof}$$

$$= 18 - 15 \Delta h_b / h_{roof} \quad \text{για } h_b \leq h_{roof}$$

$$k_f = -4 + 0,7 * (f_c / 925 - 1) \quad \text{για μικρές πόλεις και μέτρια βλάστηση}$$

$$= -4 + 1,5 * (f_c / 925 - 1) \quad \text{για μητροπολιτικά κέντρα}$$



COST231-Walfish/Ikegami

Ενδεικτικές τιμές μοντέλου:

$$b = 20-50m$$

$$W = b/2$$

$$\varphi = 90^\circ$$

*Ύψος Κτιρίων = 3 * πλήθος ορόφων + στέγη*

όπου στέγη = 3 m για σπίτια με κεραμίδια

0 m για επίπεδες ταράτσες

Για συνθήκες LOS:

$$L_{50} = 42,6 + 26 \log d + 20 \log f_c$$

για μικροκυψέλες με $d \geq 0,02km$ και $h_b < h_{roof}$

The following default values can be used for the model:

$$\begin{aligned}
 b &= 20 - 50 \text{ m,} \\
 W &= b/2, \\
 \phi &= 90 \text{ degree,} \\
 \text{Roof} &= 3 \text{ m for pitched roof and 0 m for flat roof,} \\
 h_r &= 3 \text{ (number of floors) + Roof.}
 \end{aligned}$$

Using the following data, a comparison of the path loss from the Hata and Walfisch-Ikegami models is made in table 9.1.

$$\begin{aligned}
 f_c &= 880 \text{ MHz,} \\
 h_m &= 1.5 \text{ m,} \\
 h_b &= 30 \text{ m,} \\
 \text{Roof} &= 0 \text{ m,} \\
 h_r &= 30 \text{ m,} \\
 \phi &= 90 \text{ degree,} \\
 b &= 30 \text{ m,} \\
 W &= 15 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Table 9.1 A Comparison of Path Loss from Hata and Walfisch-Ikegami Model

Distance, km	Path Loss, dB	
	Hata's Model	Walfisch-Ikegami Model
1	126.16	139.45
2	136.77	150.89
3	142.97	157.58
4	147.37	162.33
5	150.79	166.01

The path losses predicted by Hata's model are 13–16 dB lower than those predicted by the Walfisch-Ikegami model. Hata's model ignores effects from street width, street diffraction, and scatter losses, which the Walfisch-Ikegami model includes.

Correction Factor for Attenuation Due to Trees. Weissberger [13] has developed a modified exponential delay model that can be used where a radio path is blocked by dense, dry, in-leaf trees found in temperate climates. The additional path loss can be calculated from the following expression:

$$L_f = 1.33(f_c)^{0.284}(d_f)^{0.588} \text{ dB} \quad \text{for } 14 \leq d_f \text{ m}$$

$$= 0.45(f_c)^{0.284}d_f \text{ dB} \quad \text{for } 0 \leq d_f \leq 14 \text{ m}$$

where L_f = loss in dB,
 f_c = frequency in GHz,
 d_f = tree height in meters.

The difference in path loss for trees with and without leaves has been found to be about 3-5 dB. For a frequency of 900 MHz, equation (9.13) is reduced to

$$L_f = 1.291(d_f)^{0.588} \text{ dB} \quad \text{for } 14 \leq d_f \leq 400 \text{ m}$$

$$= 0.437d_f \text{ dB} \quad \text{for } 0 \leq d_f \leq 14 \text{ m}$$

Building Penetration Loss: 10-15 dB εξωτερικό μέρος
 μέχρι 30dB εσωτερικός χώρος

για Ομίχλα : 3-6 dB (ακόμα μεγαλύτερος αριθμητής
 σε δέντρα ή ηλιοσπίτια)

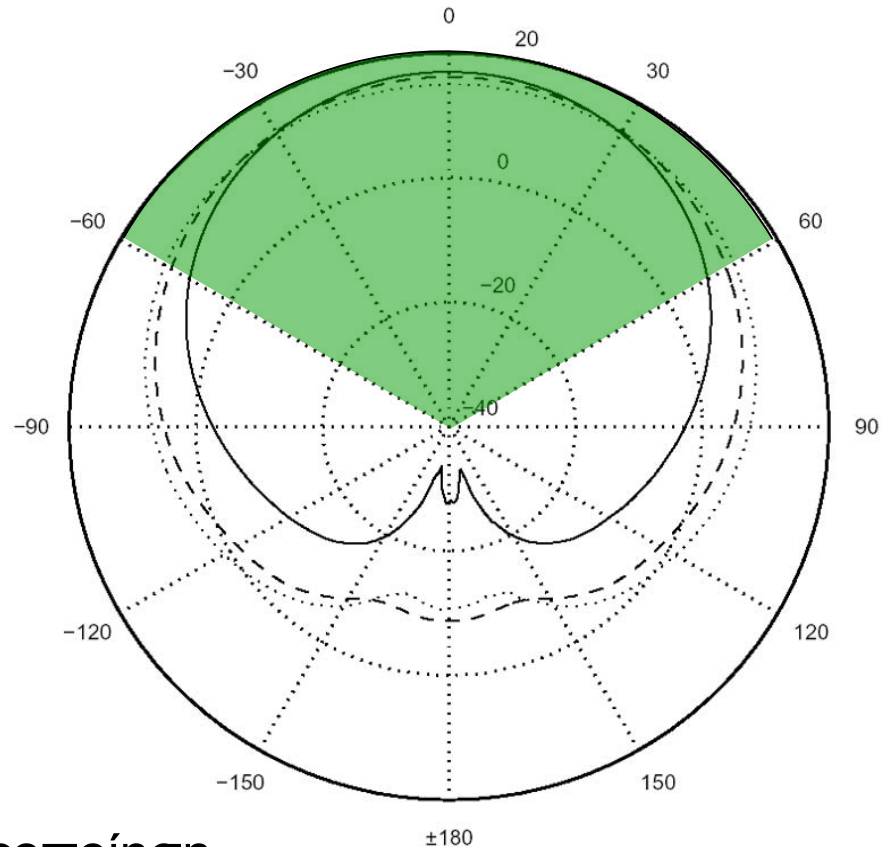
Λογισμικό Σχεδίασης

- Υπάρχουν αρκετά εργαλεία λογισμικού για την σχεδίαση των συστημάτων
- Επιτρέπουν :
 - την πρόβλεψη της περιοχής κάλυψης
 - την πρόβλεψη των παρεμβολών
 - την αυτοματοποίηση των σχεδίων συχνοτήτων
 - την επίλυση θεμάτων διαχείρισης των δικτύων
- Βασίζονται κυρίως σε εμπειρικά μοντέλα απωλειών και απώλειες περίθλασης από το ανάγλυφο

Κεραίες Μακροκυψελών

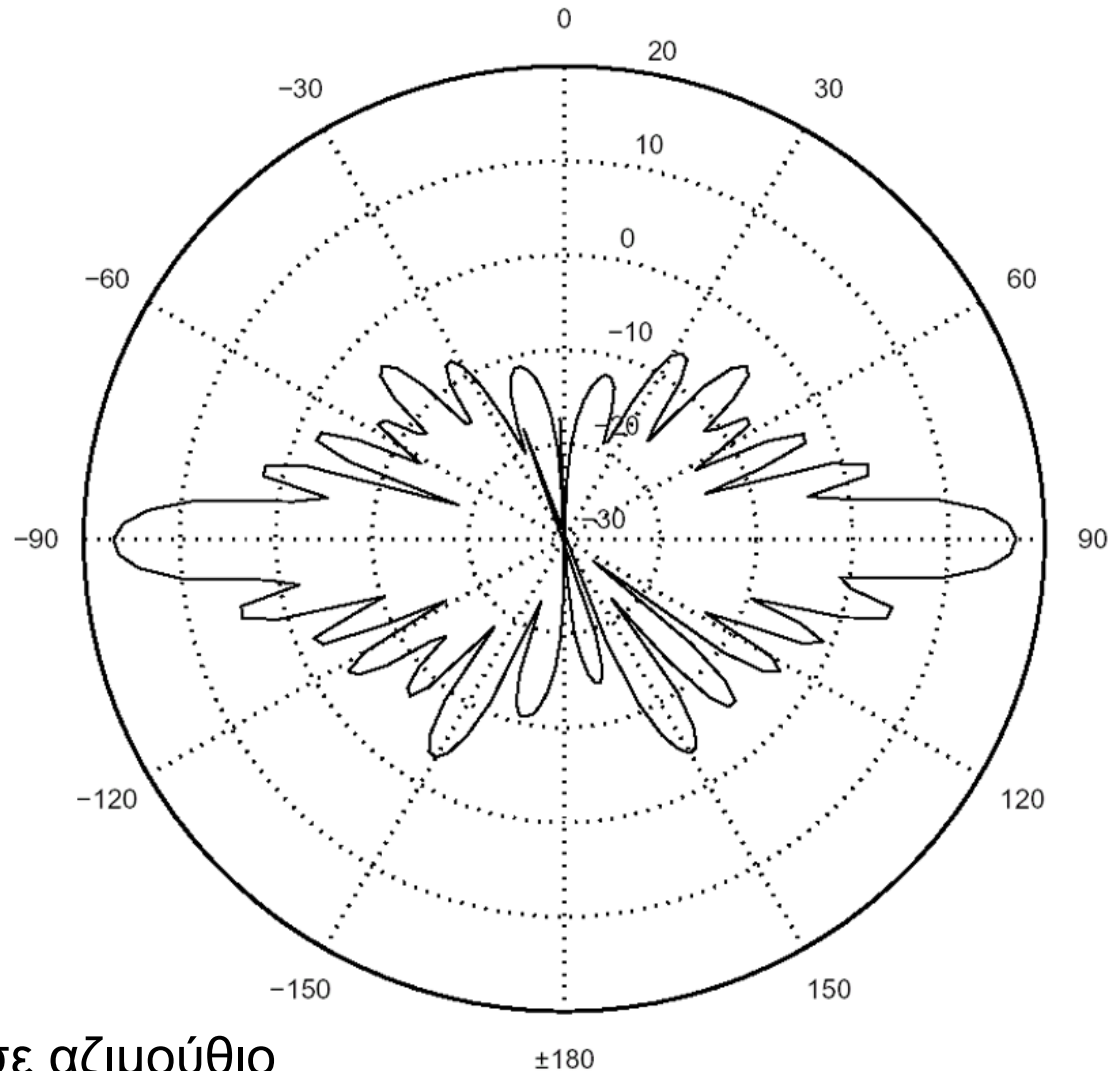
- Πανκατευθυντικές στο αζιμούθιο ή κατευθυντικές σε περίπτωση τομεοποίησης (για ελαχιστοποίηση των ενδοκυψελικών παρεμβολών)
- Κατευθυντικότητα στο κατακόρυφο επίπεδο για απολαβή ισχύος και ρύθμιση της κάλυψης

Κεραία τύπου PANEL



- Κατευθυντικότητα 120° για τομεοποίηση
- Εύρος ημισείας ισχύος 85° - 90° (συμβιβασμός μεταξύ κάλυψης και παρεμβολής)
- Στοιχειοκεραία κατακόρυφων και οριζόντιων στοιχείων (διπόλων)

Κατακόρυφο διάγραμμα ακτινοβολίας στοιχειοκεραίας (σε dBi)



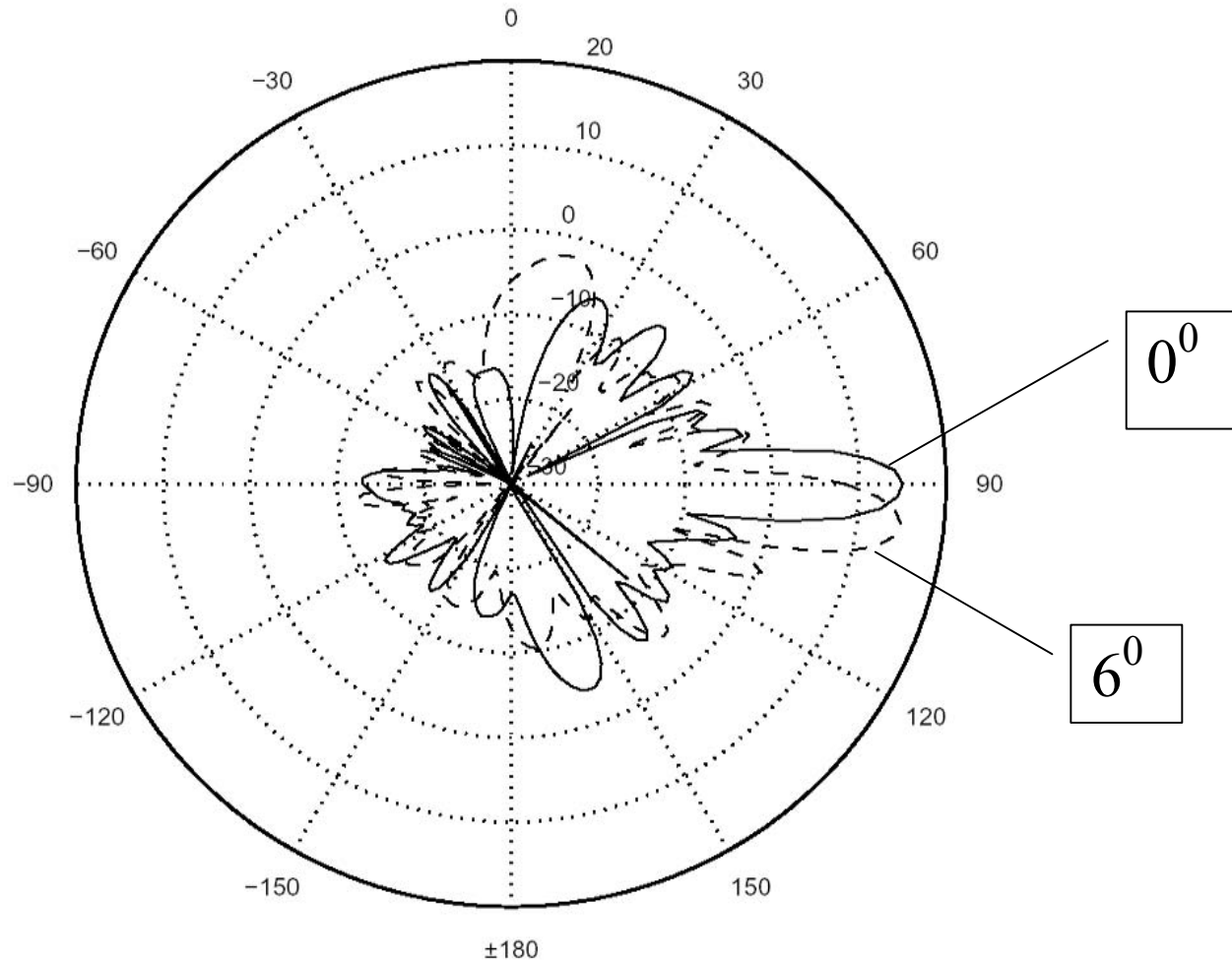
Πανκατευθυντική σε αζιμούθιο

Μαρ-03

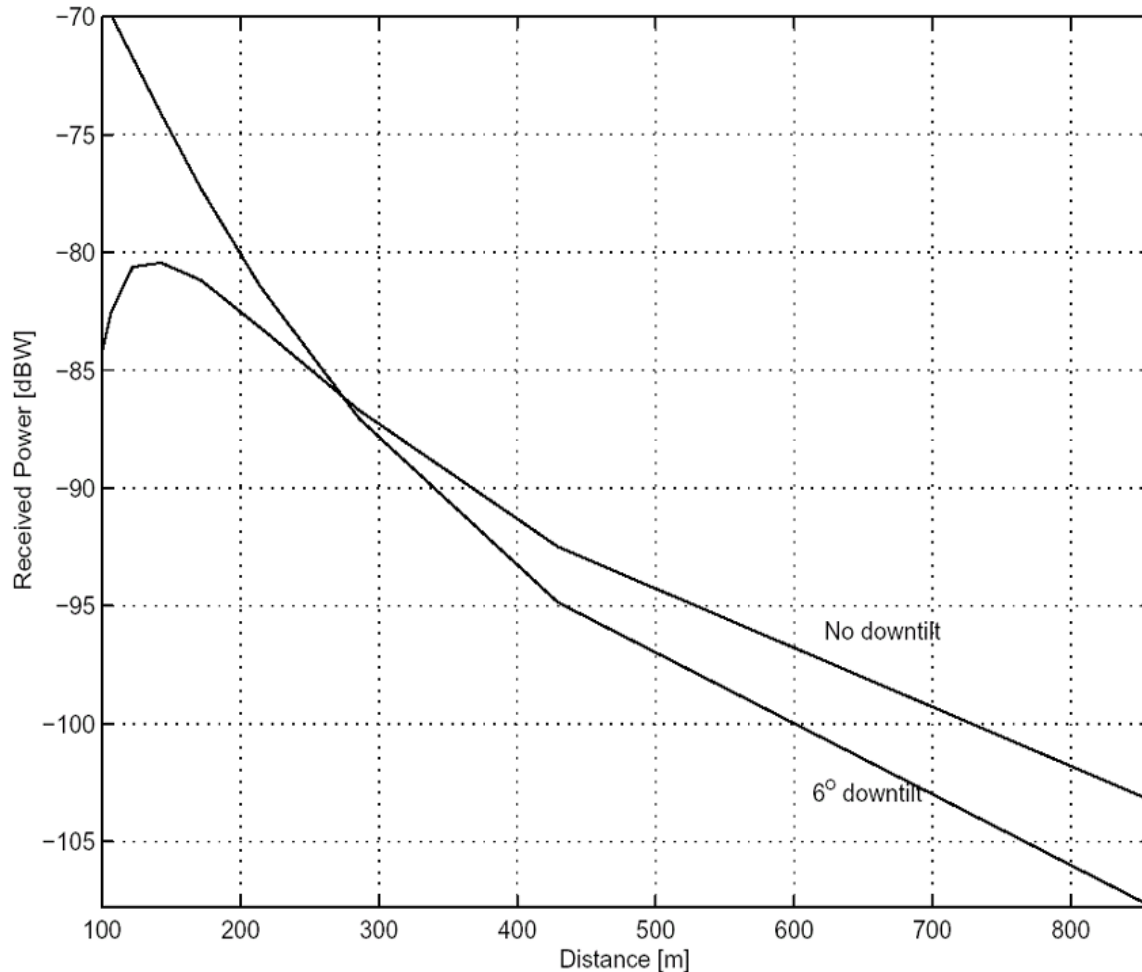
Γ.Ι.Στεφάνου

33

Ηλεκτρονική Στροφή Λοβού)



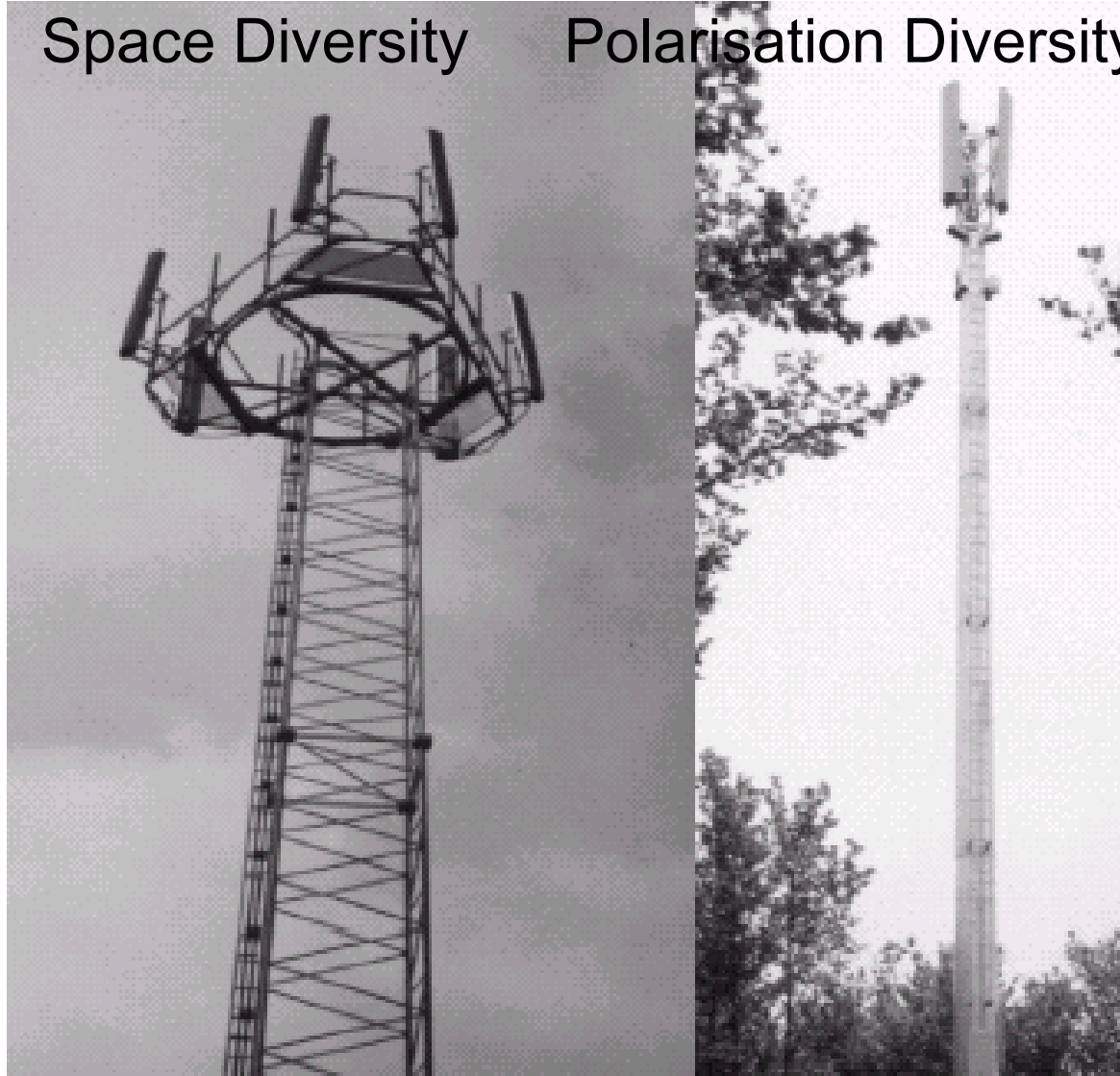
Επίπτωση της στροφής στην κάλυψη



- Μοντέλο Okumura-Hata path loss και διάγραμμα κεραίας
- Ισοδυναμεί με ενεργό αύξηση του n (εκθέτης απωλειών)

Space Diversity

Polarisation Diversity

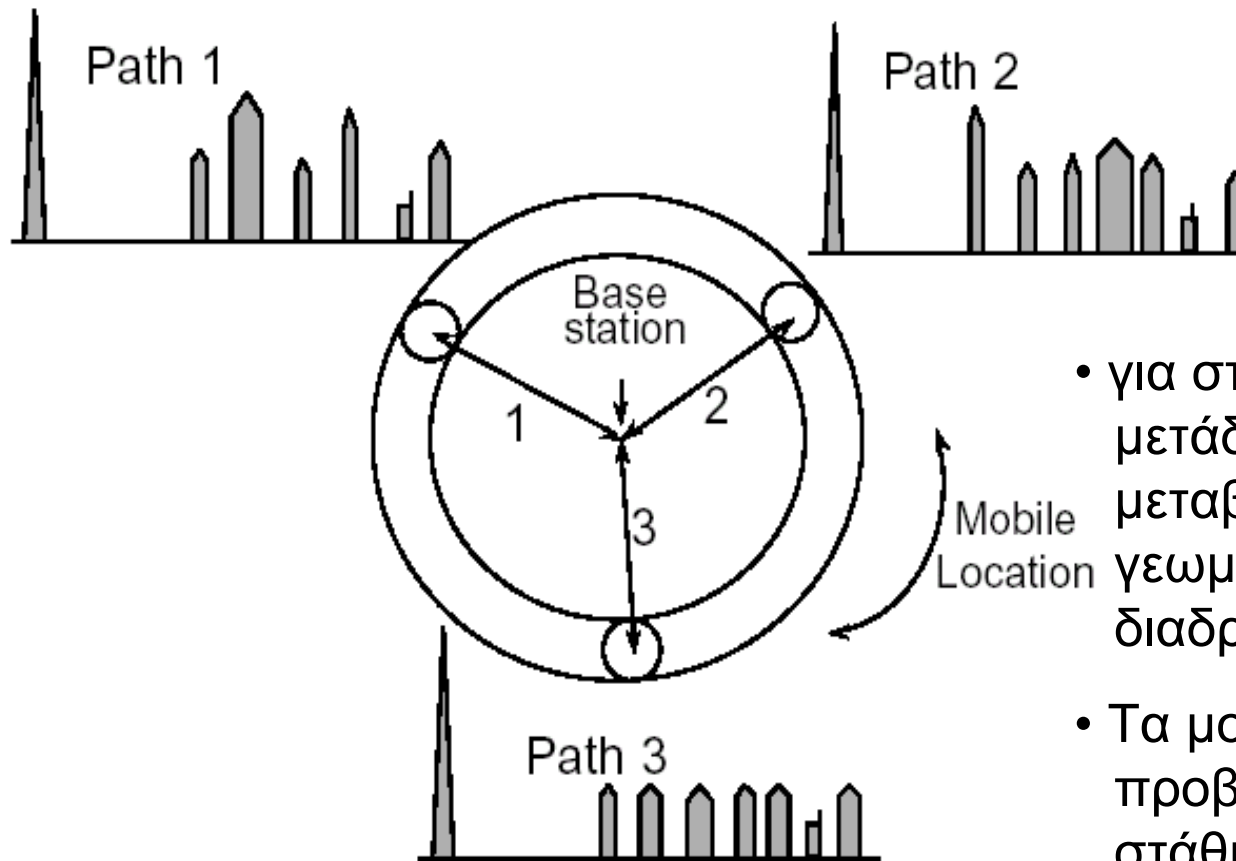


ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Τα μοντέλα απωλειών διαδρομής χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της κάλυψης των μακροκυψελών
- Τα εμπειρικά μοντέλα δίνουν εύκολα (γρήγορα) μια πρώτη πρόβλεψη
- Τα φυσικά μοντέλα (που περιλαμβάνουν πολλαπλή περίθλαση σε στέγες) δίνουν μεγαλύτερη ακρίβεια
- Η κάλυψη και οι παρεμβολές μπορούν να ρυθμίζονται και με την βοήθεια του διαγράμματος ακτινοβολίας της κεραίας εκπομπής του ΒΣ.

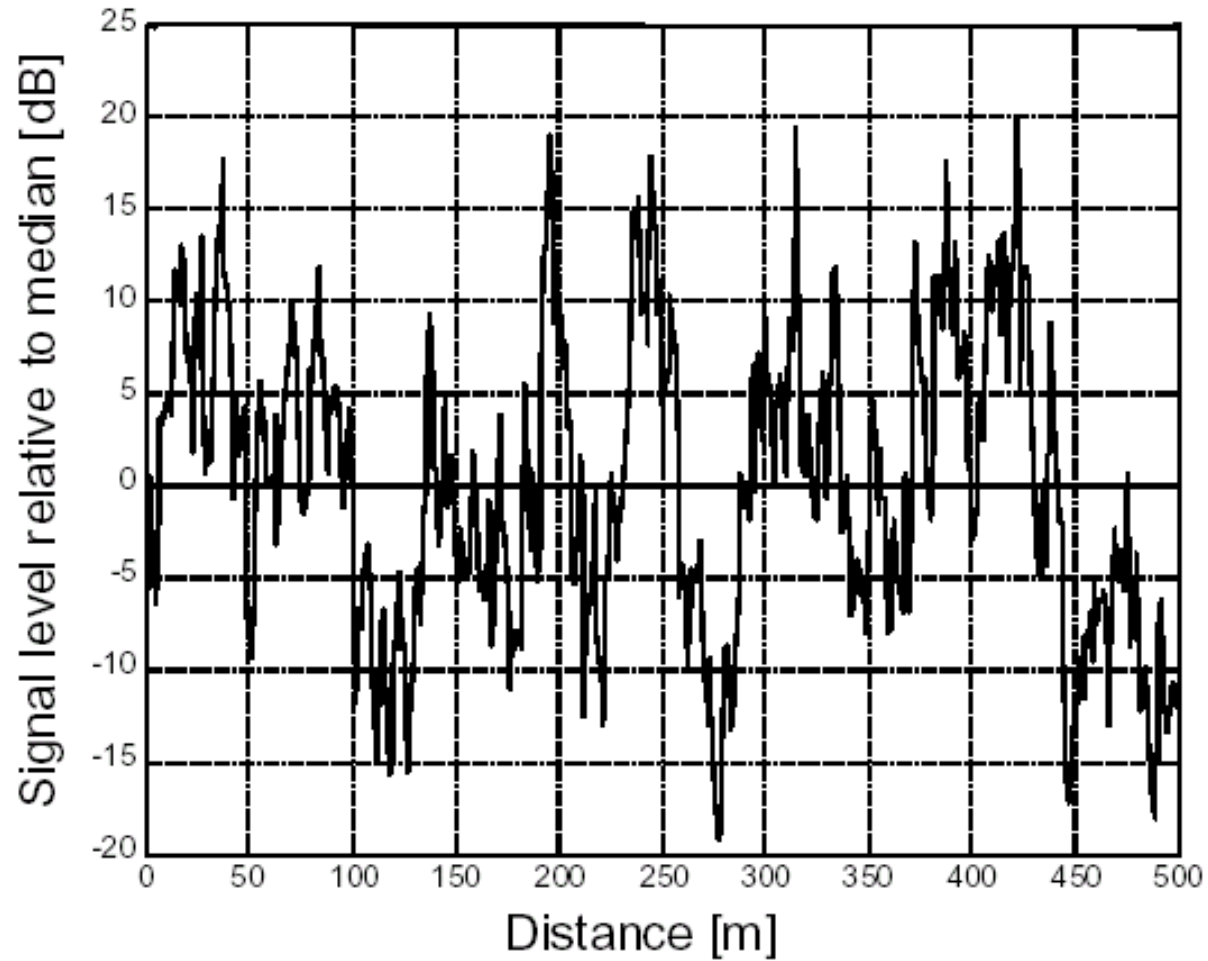
Μοντέλο Απωλειών Σκίασης (*Shadow Loss or Slow fading*)

Μηχανισμός Σκίασης σε Μακροκυψέλες

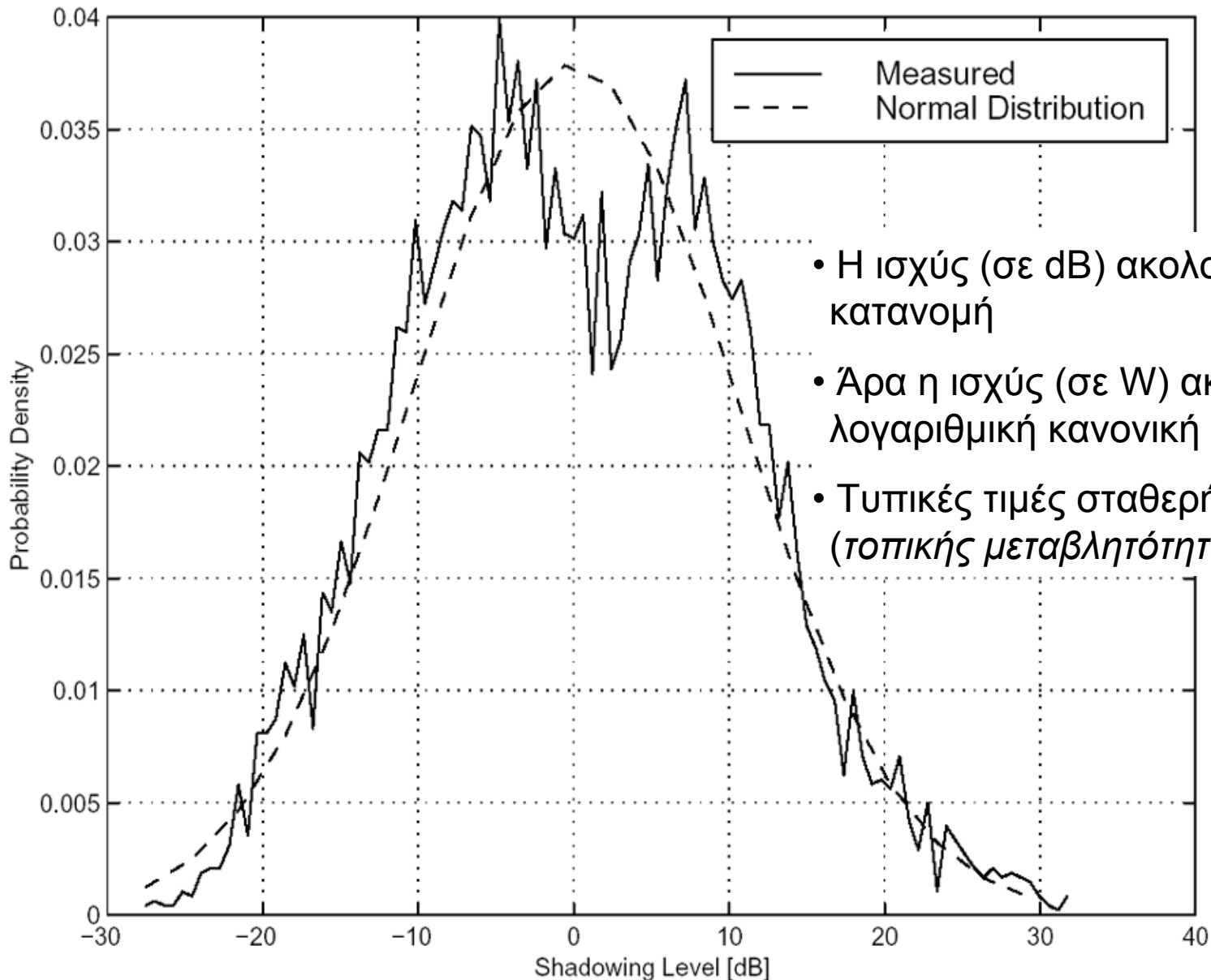


- για σταθερή απόσταση μετάδοσης έχουμε μεταβολές της γεωμετρίας κάθε διαδρομής
- Τα μοντέλα απωλειών προβλέπουν την μεσαία στάθμη, αυτήν δηλ. που υπερβαίνεται στο 50% των θέσεων

Τυπικές μεταβολές Σκίασης



Συνάρτηση Πυκνότητας Πιθανότητας



- Η ισχύς (σε dB) ακολουθεί κανονική κατανομή
- Άρα η ισχύς (σε W) ακολουθεί λογαριθμική κανονική κατανομή
- Τυπικές τιμές σταθερής απόκλισης (τοπικής μεταβλητότητας) 5-12 dB

Πυκνότητα Πιθανότητας Σκίασης

Συνάρτηση πυκνότητας
πιθανότητας
(κανονική με μέση τιμή 0)

$$p(L_S) = \frac{1}{\sigma_L \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{L_S^2}{2\sigma_L^2}\right]$$

σ_L είναι η
μεταβλητότητα
θέσης

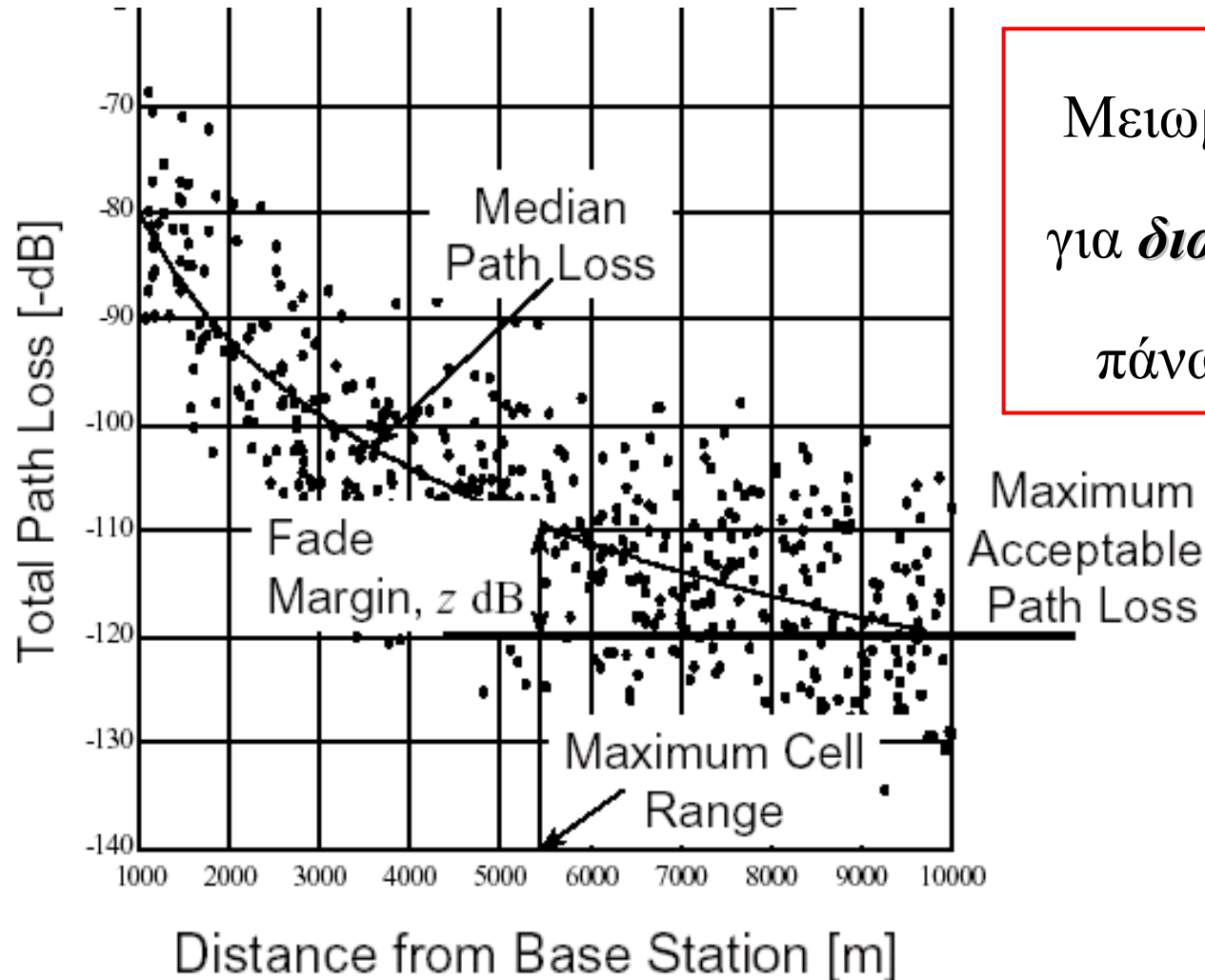
$$L = L_{50} + L_S \quad [\text{dB}]$$

Ολική απώλεια διαδρομής
Τυχαία μεταβλητή πλέον

Μεσαία απώλεια διαδρομής
Από μοντέλα απωλειών

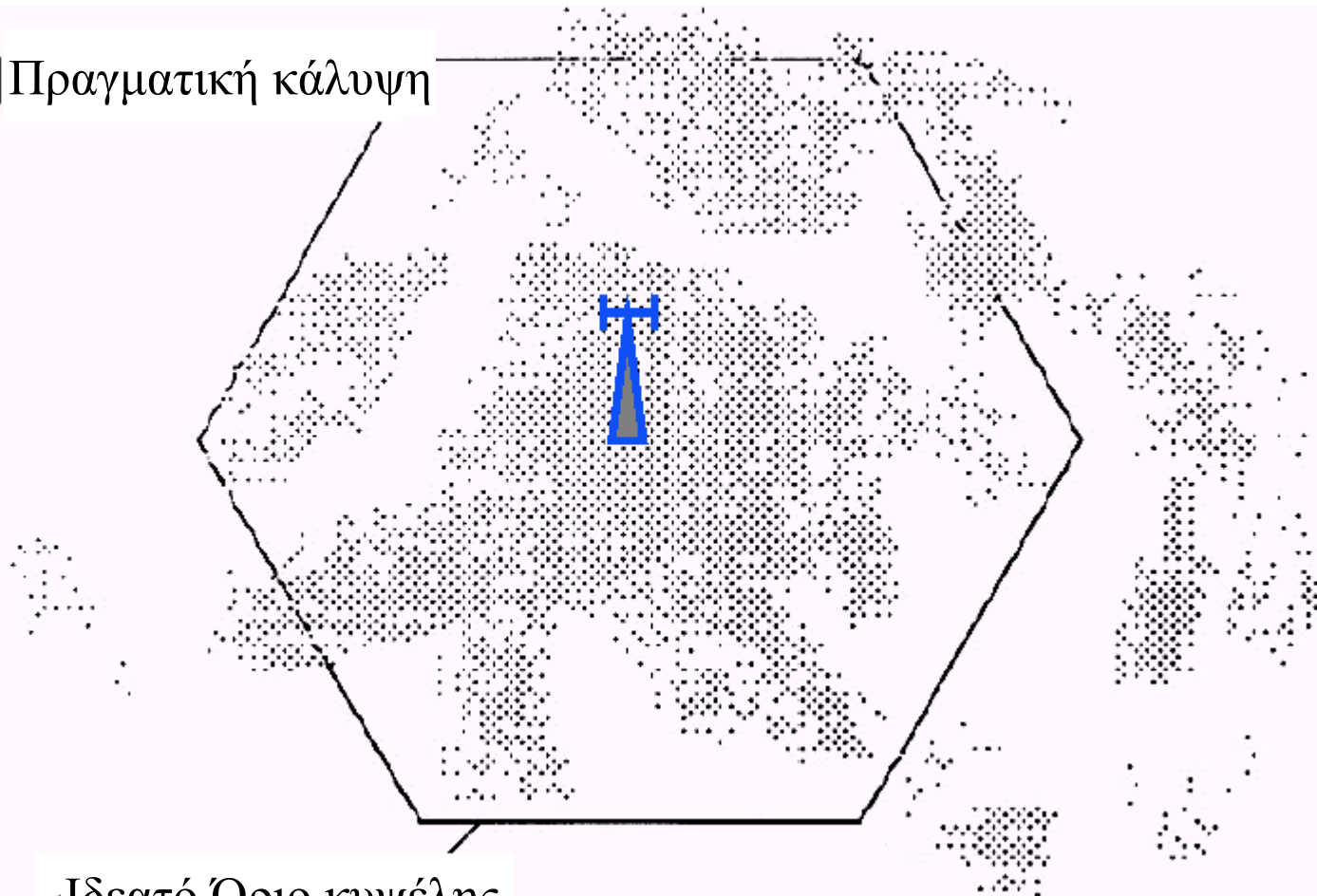
Απώλειες σκίασης
Τυχαία μεταβλητή

Επίδραση της σκίασης στην ακτίνα της κυψέλης



Μειωμένη ακτίνα
για *διαθεσιμότητα*
πάνω από 50%

▣ Πραγματική κάλυψη



Ιδεατό Όριο κυψέλης

Πρόβλεψη (Εκτίμηση) της Διαθεσιμότητας

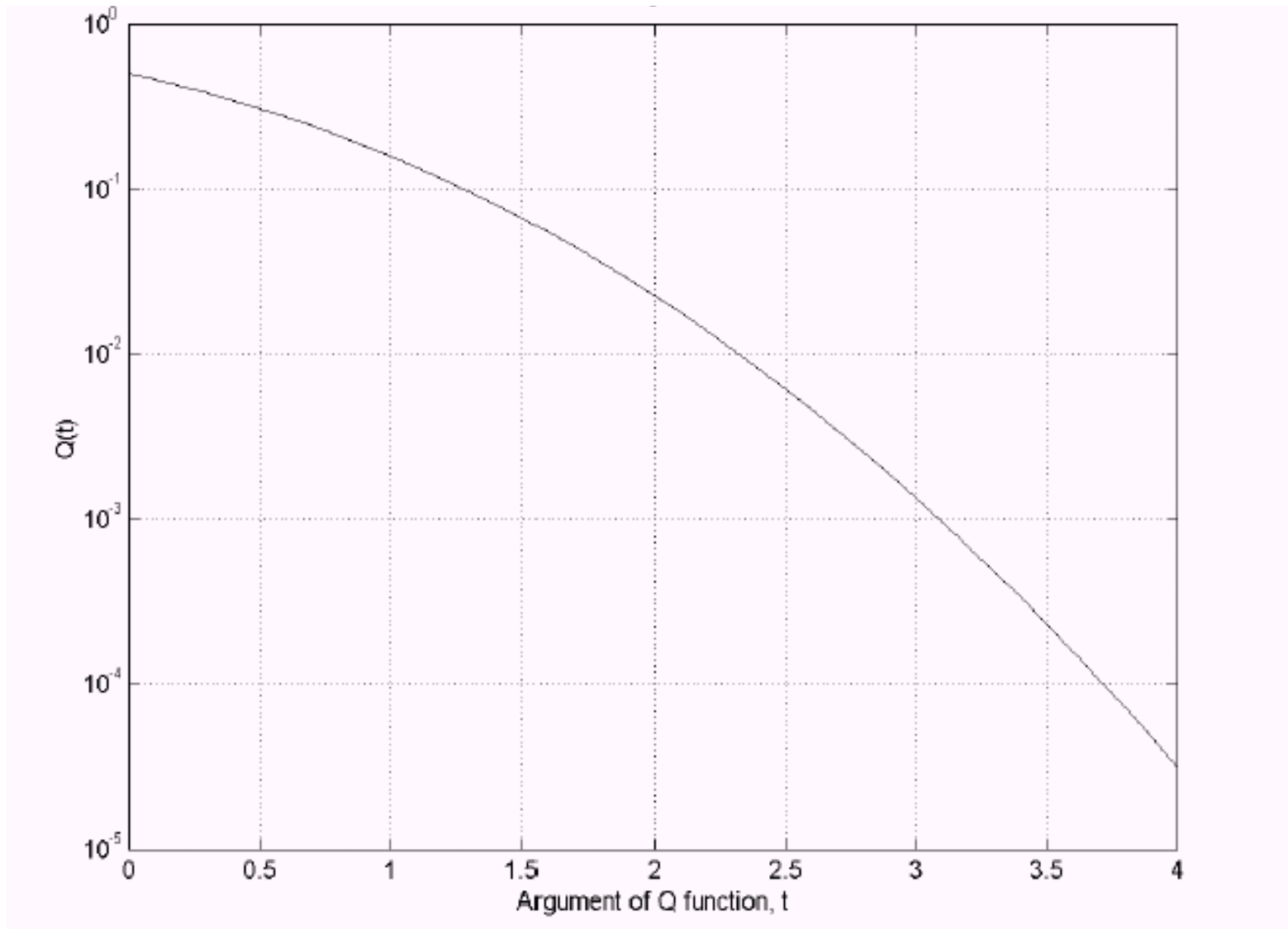
Πιθανότητα η σκίαση να επαυξάνει τις απώλειες διαδρομής κατά z (dB)

$$\Pr[L_S > z] = \int_{x=\frac{z}{\sigma_L}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{x^2}{2}\right] dx = Q\left(\frac{z}{\sigma_L}\right)$$

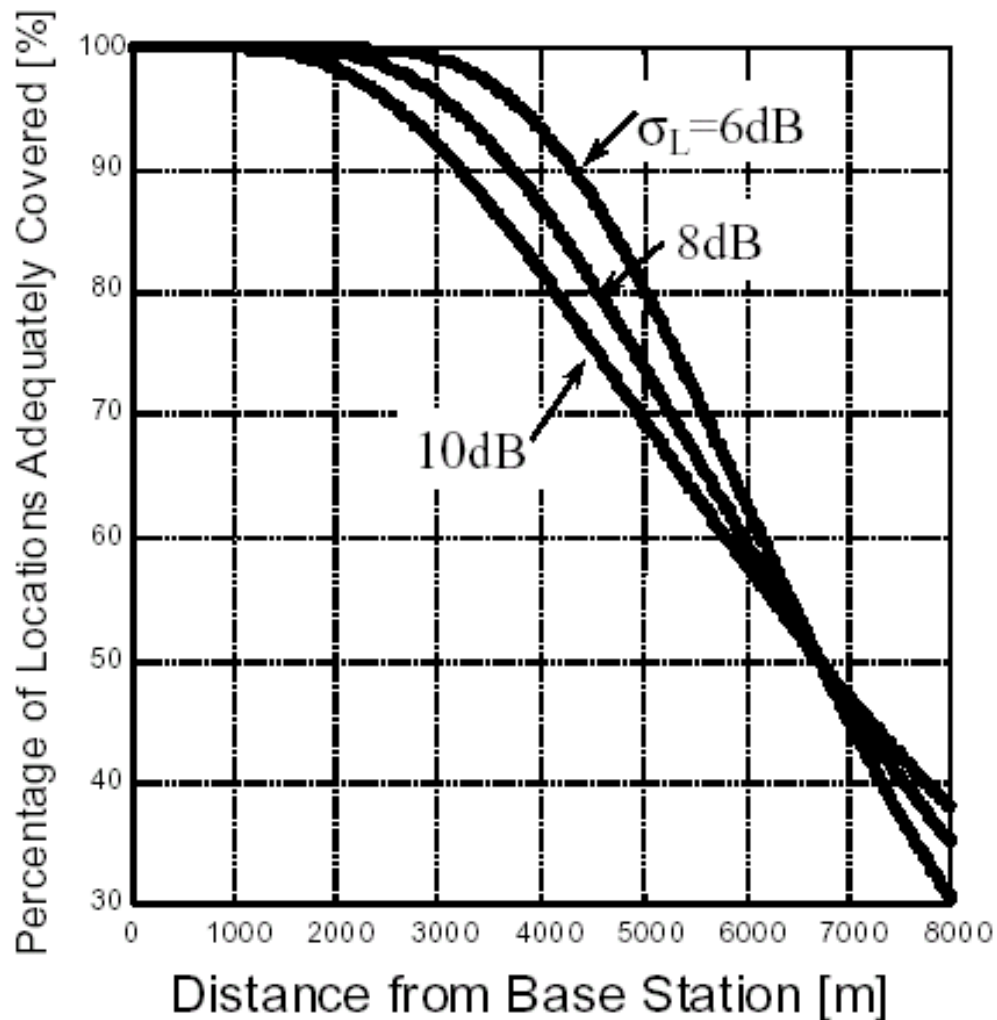
Όπου $Q(\cdot)$ η συμπληρωματική σωρευτική κανονική κατανομή:

$$Q(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x=t}^{\infty} \exp\left[-\frac{x^2}{2}\right] dx = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{t}{\sqrt{2}}\right)$$

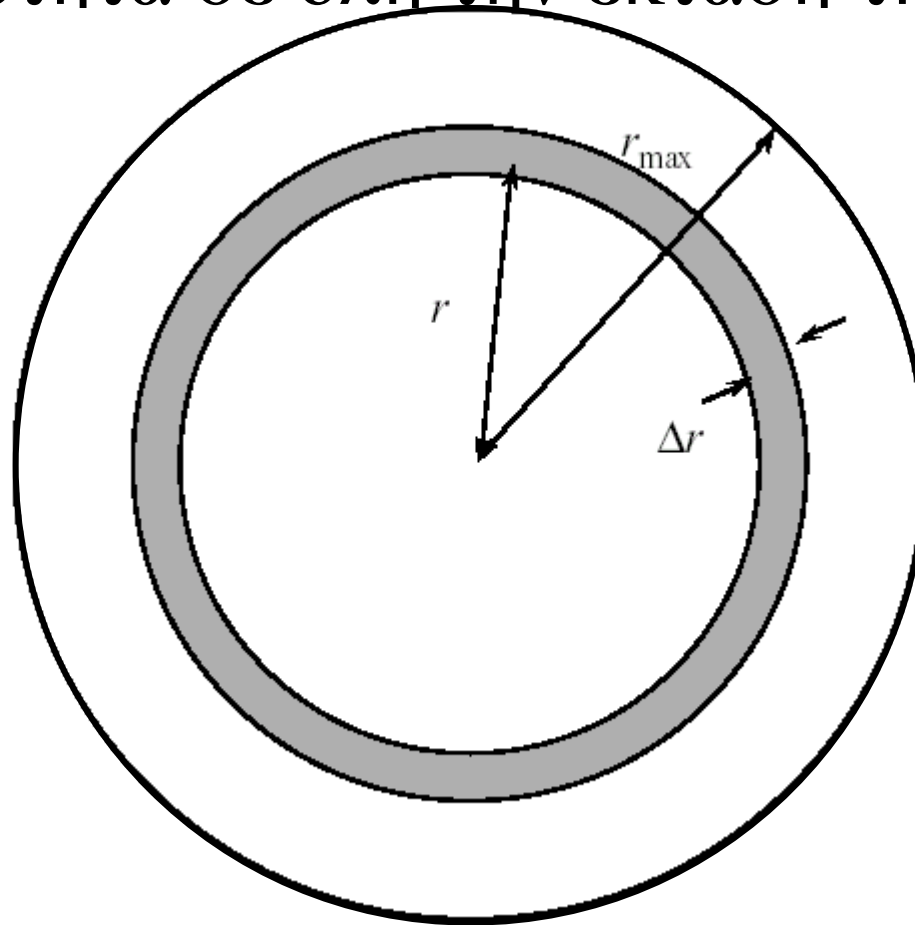
Η συνάρτηση Q



Μεταβολή της Διαθεσιμότητας με την Απόσταση

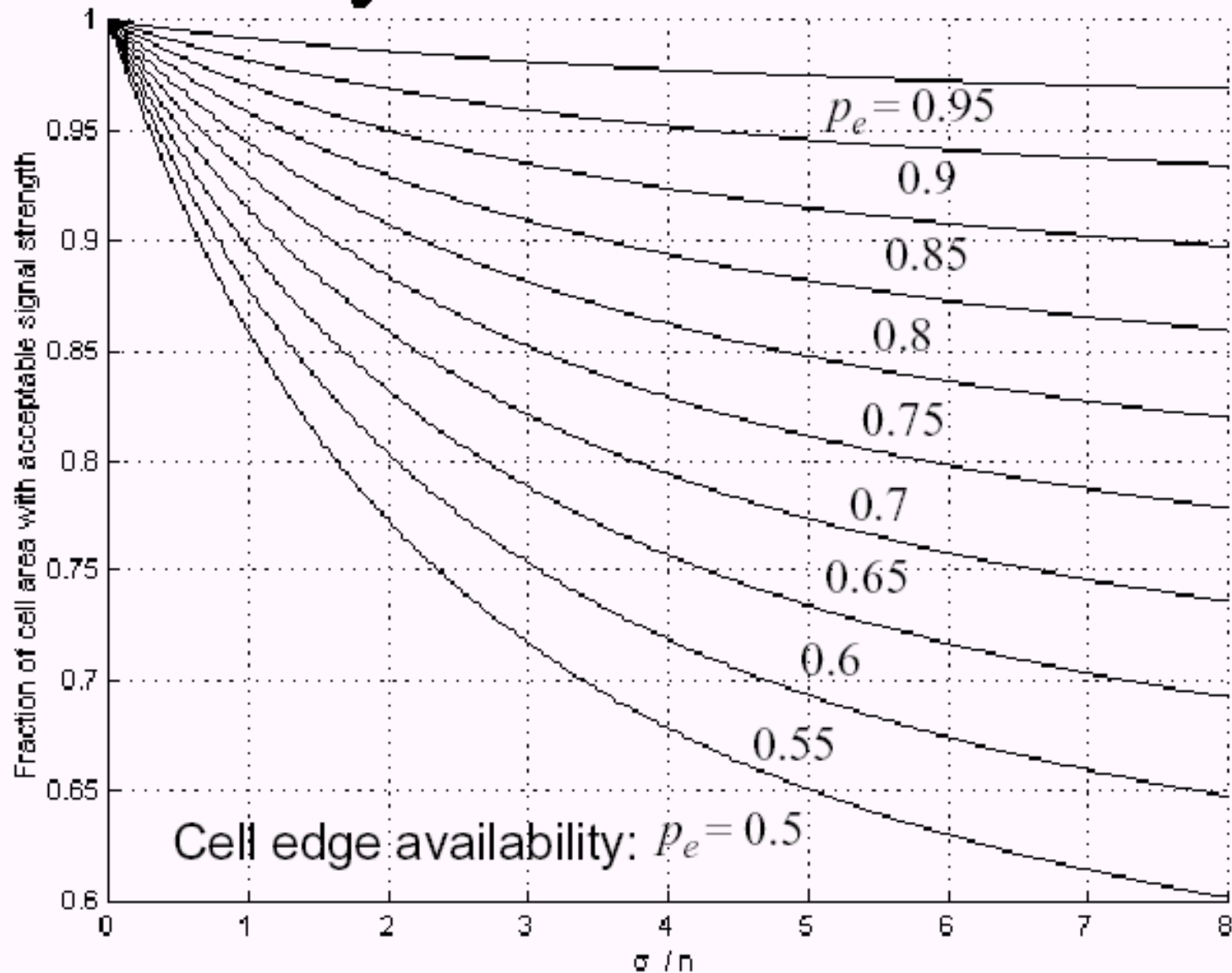


Διαθεσιμότητα σε όλη την έκταση της κυψέλης



- Η διαθεσιμότητα μειώνεται με την αύξηση της απόστασης
- Υπολογίζουμε (την διαθεσιμότητα) για κάθε δακτύλιο ($r, \Delta r$) και αθροίζουμε

Διαθεσιμότητα συναρτήσει μεταβλητότητας θέσης



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

η Σκίαση:

1. καθιστά την πρόβλεψη της ραδιοκάλυψης στατιστική (*προβλέπεται δηλ. η διαθεσιμότητα μάλλον παρά η στάθμη σήματος*)
2. επηρεάζει και την ραδιοκάλυψη και την χωρητικότητα