



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών

Ενότητα 2: Δίαυλος Κινητής Επικοινωνίας

Καθ. Κώστας Μπερμπερίδης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Μηχανικών Η/Υ & Πληροφορικής

Σκοποί ενότητας

- Η εξοικείωση του φοιτητή με τις υποβαθμίσεις που εισάγει ο ασύρματος δίαυλος (κανάλι) στις κινητές επικοινωνίες



Περιεχόμενα ενότητας

Μοντέλα Διαύλου Πολυδιόδευσης

Μηχανισμοί Διάδοσης Ηλεκτρομαγνητικών
Τηλεπικοινωνιακών Σημάτων

Εξασθένηση Μεγάλης Κλίμακας

Εξασθένηση Μικρής Κλίμακας

Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού



Μοντέλα Διαύλου Πολυδιόδευσης

Παραμετρικό Μοντέλο & Μοντέλο Διακριτού
Χρονικά Μεταβαλλόμενου Συστήματος

Παραμετρικό μοντέλο διαύλου πολυδιόδευσης

- Το κινητό κανάλι περιγράφεται συχνά συναρτήσει των παραμέτρων των διαφόρων μονοπατιών, με τον ακόλουθο τρόπο:

Λαμβανόμενο σήμα:

$$r(t) = s(t) * h(\tau; t) + n(t)$$

Κρουστική απόκριση:

$$h(\tau; t) = \sum_{k=1:L} a_k(t) \delta(t - \tau_k(t))$$

Άρα:

$$r(t) = \sum_{k=1:L} a_k(t) s(t - \tau_k(t)) + n(t)$$

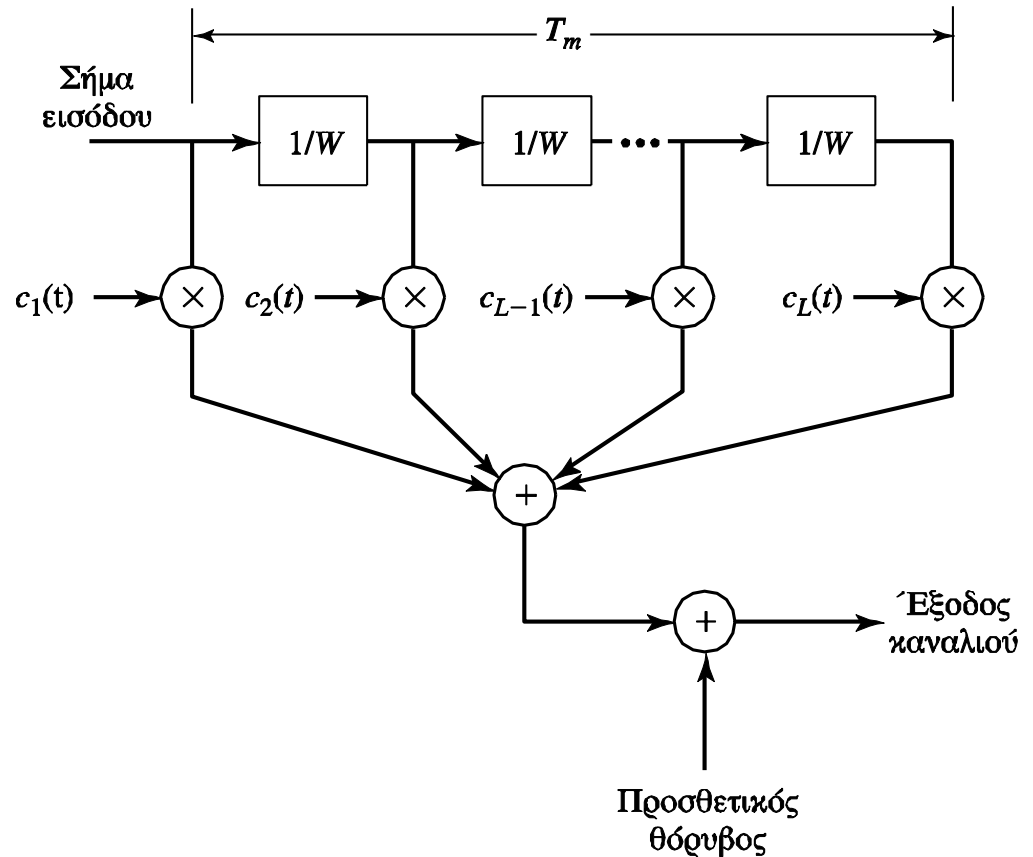


Διακριτό Μοντέλο ΓΧΜ διαύλου πολυδιόδευσης

Επίσης μπορεί να περιγραφεί ως **γραμμικό χρονικά μεταβαλλόμενο** σύστημα πεπερασμένης κρουστικής απόκρισης (FIR)

Οι συντελεστές του φίλτρου είναι χρονικά μεταβαλλόμενοι

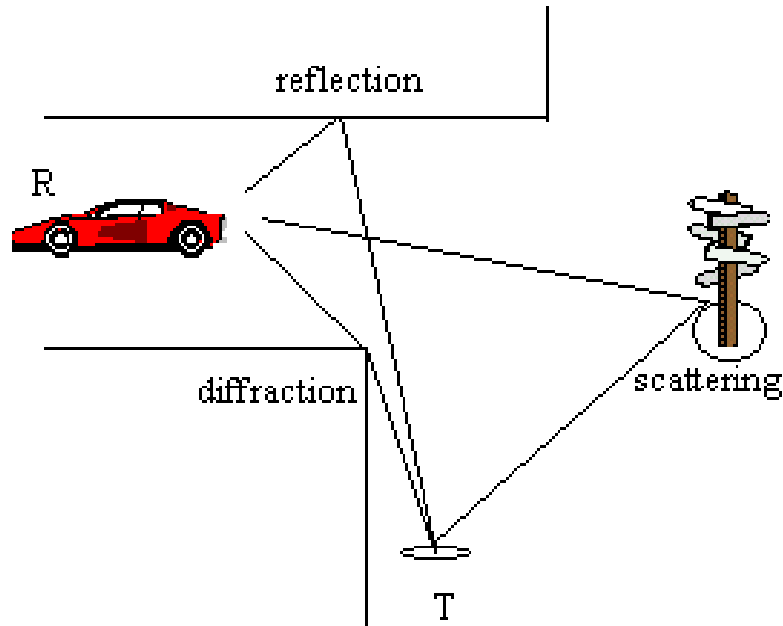
Θεωρούμε πως το κανάλι ορίζεται στο:
[-W/2, W/2]



Μηχανισμοί Διάδοσης

Ανάκλαση, Περίθλαση και Σκέδαση

Μηχανισμοί Διάδοσης (1/4)



- ανάκλαση (reflection)
- περίθλαση (diffraction)
- σκέδαση (scattering)

Μηχανισμοί Διάδοσης (2/4)

Ανάκλαση

- Πρόσπτωση του κύματος σε αντικείμενα **μεγάλα σε σχέση με το λ**
- Μερική ανάκλαση σε επιφάνειες που διαχωρίζουν περιοχές με διαφορετική διηλεκτρική σταθερά
- Σε τέλειο αγωγό όλη η ποσότητα της προσπίπτουσας ενέργειας ανακλάται
- **Απόσβεση και αλλαγή φάσης**
- Εδαφική ανάκλαση (γεωμετρικό μοντέλο δύο ακτίνων): Χρήσιμο σε εκτιμήσεις παραμέτρων μεγάλης κλίμακας



Μηχανισμοί Διάδοσης (3/4)

Περίθλαση

- Πρόσπτωση του κύματος σε αντικείμενα με ακμές (της τάξης του λ) που βρίσκονται ανάμεσα στον πομπό και το δέκτη
- Σύμφωνα με την αρχή του **Huygen** όλα τα σημεία του σφαιρικού μετώπου του κύματος μπορούν να θεωρηθούν ως δευτερεύουσες σημειακές πηγές
- Κάμψη του κύματος και διάδοσή του ακόμη και στις περιοχές «σκιάς» του αντικειμένου.
- Στις υψηλές συχνότητες υπάρχει εξάρτηση του φαινομένου από: γεωμετρία και μορφολογία του αντικειμένου, πλάτος και φάση του προσπίπτοντος κύματος, είδος πόλωσης.



Μηχανισμοί Διάδοσης (4/4)

Σκέδαση

- Πρόσπτωση του κύματος σε αντικείμενα (ή επιφάνειες με προεξοχές) με διαστάσεις **μικρότερες από το λ**
- Ο αριθμός των αντικειμένων ή/και προεξοχών ανά μονάδα όγκου πρέπει να είναι αρκούντως μεγάλος.
- Για να θεωρείται ανώμαλη η επιφάνεια πρέπει

$$(\min(h)/\max(h)) > h_c$$

όπου $h_c = \lambda / (8 \sin\theta_i)$ το κρίσιμο ύψος προεξοχής και θ_i η γωνία πρόσπτωσης



Εξασθένιση Μεγάλης Κλίμακας

(Large Scale Fading)

Εξασθένηση Μεγάλης Κλίμακας (1/7)

- Καθώς το κινητό απομακρύνεται από το B.S. (10m, 100m, 1000m) η τοπική μέση τιμή της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος θα μειώνεται βαθμιαία αφού τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα εξασθενούν καθώς διαδίδονται στον χώρο (**path loss**)
- Το φαινόμενο της εξασθένησης επηρεάζεται επιπλέον από το ανάγλυφο του εδάφους: λόφοι, βλάστηση, κτίρια κ.λπ. (**επισκίαση (shadowing)**)

P_t μεταδιδόμενη ισχύς

$P_r(d)$ τοπική μέση τιμή της λαμβανόμενης ισχύος σε απόσταση d

$$PL(d) = \frac{P_t}{P_r(d)} \quad \text{path loss}$$

$$PL(d) = 10 \log \frac{P_t}{P_r(d)} [dB] \quad \text{path loss σε dB}$$

αντιμετωπίζεται με αύξηση της μεταδιδόμενης ισχύος (και καλύτερη επιλογή θέσης πομπού και δέκτη, αν γίνεται)



Εξασθένιση Μεγάλης Κλίμακας (2/7)

- Απαιτείται η **μοντελοποίηση των φαινομένων μεγάλης κλίμακας** ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη της μέσης λαμβανόμενης ισχύος σε κάποιο σημείο της κυψέλης και ο προσδιορισμός βασικών ποσοτήτων όπως:
 - ισχύς μετάδοσης,
 - περιοχές κάλυψης,
 - κατανάλωση ενέργειας από το κινητό τερματικό κλπ.



Εξασθένιση Μεγάλης Κλίμακας (3/7)

Friis free space equation

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L}$$

- G_t : Κέρδος κεραίας πομπού
- G_r : Κέρδος κεραίας δέκτη
- λ : Μήκος κύματος
- L : παράγοντας άλλων απωλειών (γραμμών μεταφοράς, κεραίας, φίλτρων κ.λπ.)

- **Κέρδος Κεραίας:** Είναι ο λόγος της ακτινοβολούμενης ενέργειας της κεραίας κατά τη συγκεκριμένη κατεύθυνση προς την αντίστοιχη ενέργεια εκπομπής μιας ισότροπης κεραίας με ίδια ισχύ εισόδου.

Εξασθένιση Μεγάλης Κλίμακας (4/7)

Ideal propagation model

$$P_r(d) = P_r(d_0) \frac{d_0^2}{d^2}$$

Λαμβανόμενη ισχύς σε σχέση με την ισχύ σε κάποια απόσταση αναφοράς

d_0 : reference distance

Inverse n -th power propagation model

$$\overline{PL}(d) = \overline{PL}(d_0) \frac{d^n}{d_0^n}$$

PL: path loss, $\{\bar{PL}\}$: measured PL

$$\overline{PL}(d) = \overline{PL}(d_0) + 10n \log \frac{d}{d_0} [dB]$$

Log-distance PL model

$$PL(d) = \overline{PL}(d) + X_\sigma [dB]$$

Log-normal shadowing με αργά μεταβαλλόμενα στατιστικά χαρακτηριστικά



Εξασθένιση Μεγάλης Κλίμακας (5/7)

- Τα μοντέλα διάδοσης σε εξωτερικό χώρο (outdoor) διακρίνονται σε **στατιστικά** (ή εμπειρικά, όπως αυτό που περιγράφεται παρακάτω) και σε **ντετερμινιστικά**
- **Okamura**: Κατάλληλο για αστικές περιοχές περιοχές (150MHz - ~2GHz, 1Km-100Km)

$$L_{50} = L_F + A_{mu}(f, d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{AREA}$$

L_{50} : median (50%) value of propagation loss (η μεσαία τιμή της δυναμικής περιοχής του L)

L_F : free space propagation loss

A_{mu} : median attenuation relative to free space

$G(h_{te})$: BS antenna height gain factor

$G(h_{re})$: MS antenna height gain factor

G_{AREA} : Gain due to the type of environment



Εξασθένιση Μεγάλης Κλίμακας (6/7)

- ***Hata model for Urban areas: PCS (EURO-COST)***

$$P(d)[dB] = 46.36 + 33.9 \cdot \log(f_c) - 13.82 \cdot \log(h_t) - a(h_r) + (44.9 - 6.55 \cdot \log(h_t)) \cdot \log(d) + C_M$$

- $P(d)$ = Path loss in Urban Areas

- h_t = Height of base station Antenna. Unit: meter (m)

- h_r = Height of mobile station Antenna. Unit: meter (m)

- f_c = Frequency of transmitted carrier. Unit: MHz

- C_M = Antenna height correction factor

- Μοντέλα διάδοσης σε εσωτερικό χώρο (indoor)



Εξασθένιση Μεγάλης Κλίμακας (7/7)

- Γενικά η εξασθένιση μεγάλης κλίμακας χρησιμεύει στο να υπολογίσουμε:
 - Την πραγματική περιοχή κάλυψης
 - Την απαιτούμενη ισχύ εκπομπής/λήψης σε σταθμό βάσης και κινητό
 - Τις απαιτήσεις σε κατανάλωση ισχύος
 - Το βαθμό παρεμβολής μεταξύ γειτονικών κελιών

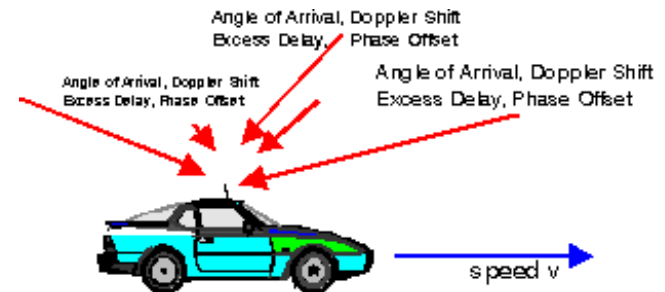
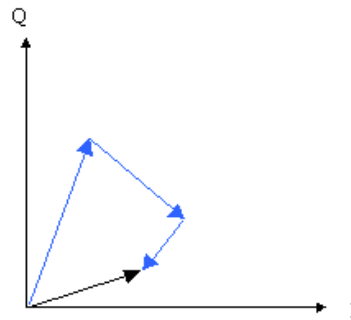
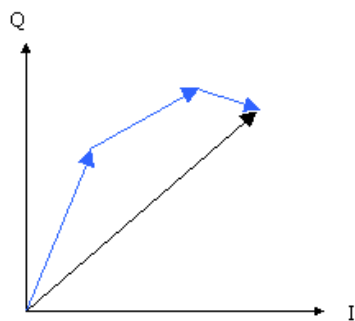


Εξασθένιση Μικρής Κλίμακας

Small Scale Fading

Εξασθένιση Μικρής Κλίμακας (1/5)

- Ακόμα και αν το κινητό μετακινείται ελάχιστα (10cm, 20cm, 30cm) η **στιγμιαία τιμή της ισχύος** του λαμβανόμενου σήματος θα αυξομειώνεται δραματικά (**30-40dB**)
- Αυτό οφείλεται στο ότι το λαμβανόμενο πεδίο είναι το άθροισμα πολλών συνιστωσών (ηχών) που προέρχονται από διαφορετικές κατευθύνσεις με τυχαίες φάσεις



– αντιμετωπίζεται με επεξεργασία σήματος και όχι με αύξηση ισχύος

Εξασθένιση Μικρής Κλίμακας (2/5)

Κατανομές για την **περιβάλλουσα** του λαμβανόμενου σήματος:

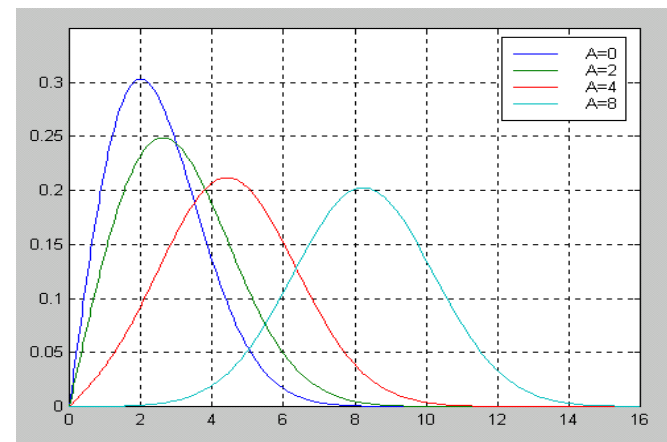
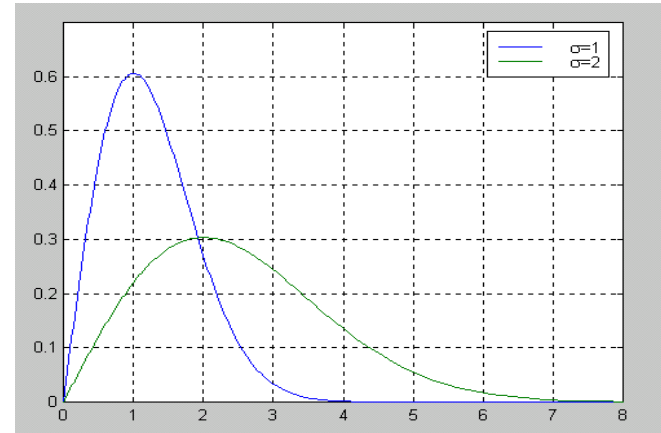
- Κατανομή Rayleigh (NLOS)

$$f_R(r) = \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$$

- Κατανομή Rice (LOS)

$$f_R(r) = \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{r^2+A^2}{2\sigma^2}} I_0\left(\frac{Ar}{\sigma^2}\right)$$

A: Μέγιστο πλάτος κύριας συνιστώσας
 $I_0(\cdot)$: Bessel function of the first kind and zero-order



Εξασθένιση Μικρής Κλίμακας (3/5)

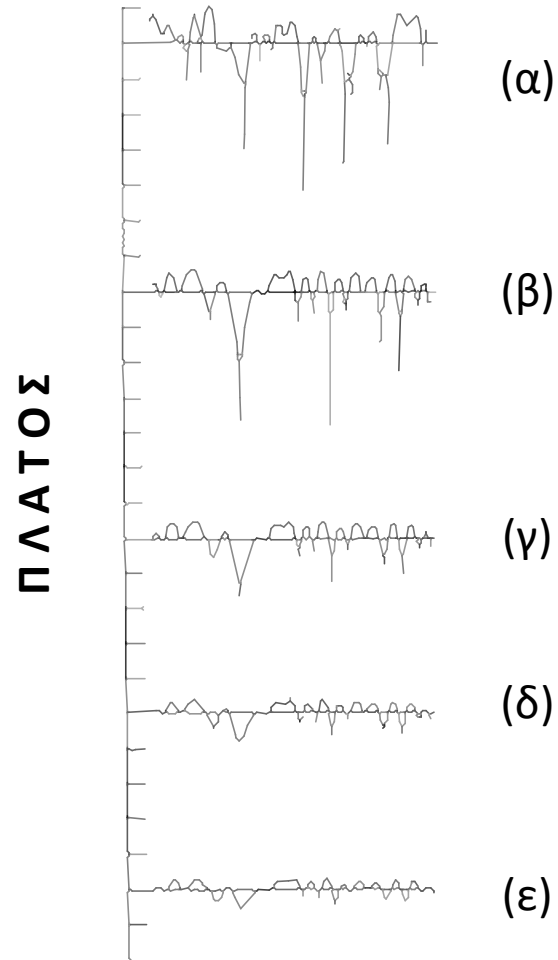
Κατανομές

Ο παράγοντας K

$$K = \frac{\text{power in the dominant path}}{\text{power in the scattered paths}}$$

$$K = 10 \log_{10} \frac{A^2}{2\sigma^2}$$

Προφίλ Ricean εξασθένισης για
σταθμό κινούμενο με 50km/h,
K=0,4,8,16 και 32 dB



Εξασθένιση Μικρής Κλίμακας (4/5)

Φαινόμενο Doppler

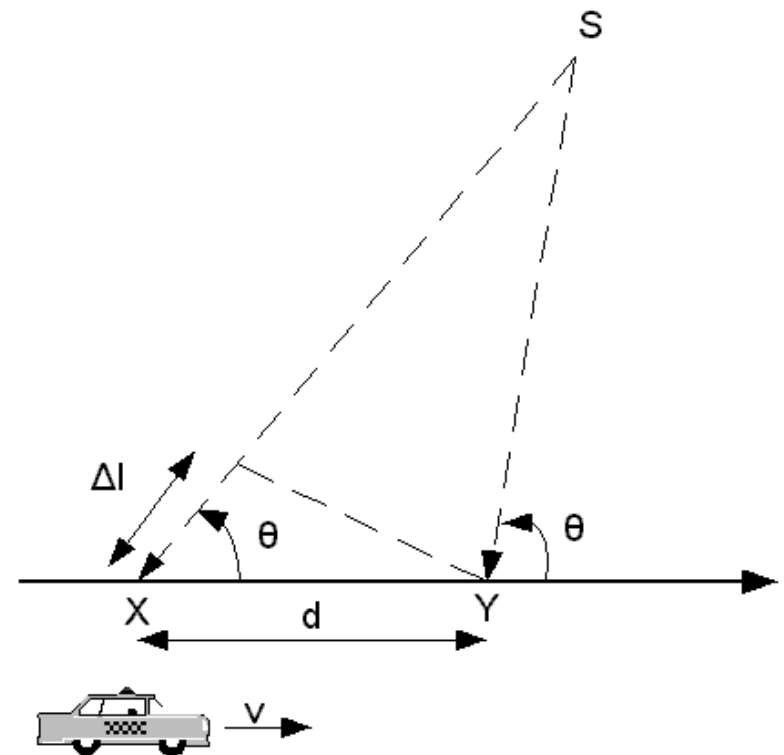
- Εμφανίζεται όταν υπάρχει σχετική κίνηση ανάμεσα στον πομπό και τον δέκτη.
- Αποτέλεσμα: μετατοπίζεται η ονομαστική τιμή της φέρουσας συχνότητας κατά f_d (δηλαδή γίνεται $f_c + f_d$)

$$f_d = \frac{v}{\lambda} \cdot \cos(\theta) = f_m \cos(\theta)$$

f_m είναι η **μέγιστη μετατόπιση Doppler**

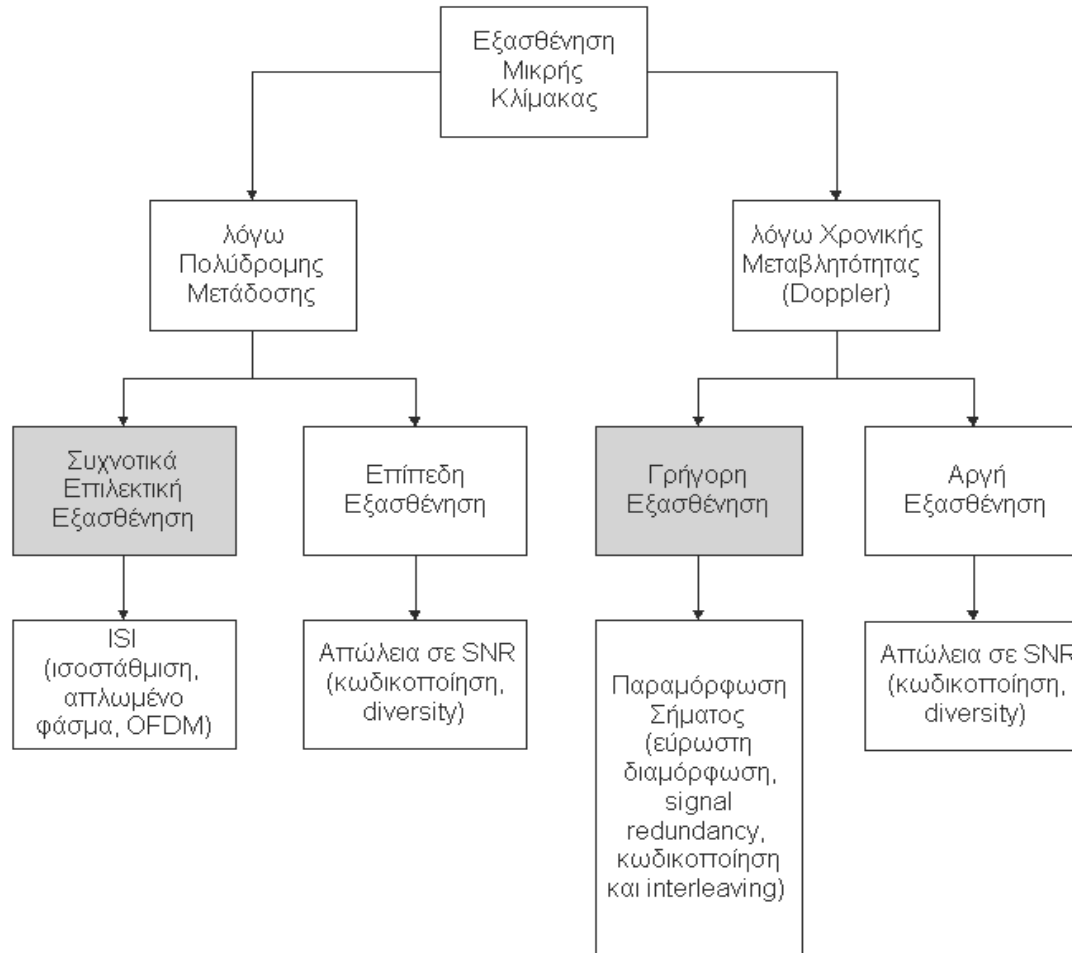
Το φαινόμενο σχετίζεται με τη χρονική μεταβλητότητα του καναλιού

Πέρα από πομπό και δέκτη, μπορεί να υπάρχουν κινούμενοι ανακλαστές με διαφορετικές ταχύτητες



Εξασθένηση Μικρής Κλίμακας (5/5)

Τύποι εξασθένησης μικρής κλίμακας



Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού

Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (1/12)

- ας θεωρήσουμε τη μετάδοση ενός φέροντος σήματος στα f_c Hz

$$\begin{aligned}\bar{s}(t) &= a_o(t) \cos(2\pi f_c t + \phi_o(t)) \\ &= \operatorname{Re}\{a_o(t)e^{j(2\pi f_c t + \phi_o(t))}\} \\ &= \operatorname{Re}\{s(t)e^{j2\pi f_c t}\}\end{aligned}$$

όπου $s(t) = a_o(t)e^{j\phi_o(t)}$

το ισοδύναμο (μιγαδικό) σήμα χαμηλών συχνοτήτων

- θεωρούμε πολύδρομη διάδοση
- και οριζόντια κίνηση με ταχύτητα v
 - το n -οστό κύμα που λαμβάνεται υπό γωνία $\theta_n(t)$ έχει μετατοπισμένη την ονομαστική συχνότητα εκπομπής (**μετατόπιση Doppler**) κατά:

$$f_n(t) = f_m \cos \theta_n(t), \text{ όπου } f_m = v/\lambda_c$$

Σημείωση: σε κάποια σημεία η f_m συμβολίζεται και ως f_D



Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (2/12)

- επιπλέον, το η-οστό κύμα υπόκειται σε
 - εξασθένηση $a_n(t)$
 - καθυστέρηση $\tau_n(t)$
 - αλλαγή φάσης από ανακλάσεις $\varphi_n(t)$

- Λαμβανόμενο σήμα:

$$\begin{aligned}\tilde{r}(t) &= \sum_n a_n(t) a_o(t - \tau_n(t)) \cos(2\pi(f_c + f_n(t))(t - \tau_n(t)) + \phi_o(t - \tau_n(t)) + \varphi_n(t)) \\ &= \operatorname{Re}\left\{ \sum_n a_n(t) a_o(t - \tau_n(t)) e^{j(2\pi(f_c + f_n(t))(t - \tau_n(t)) + \phi_o(t - \tau_n(t)) + \varphi_n(t))} \right\} \\ &= \operatorname{Re}\left\{ \sum_n a_n(t) s(t - \tau_n(t)) e^{j(-2\pi(f_c + f_n(t))\tau_n(t) + \varphi_n(t))} e^{j2\pi f_n(t)t} e^{j2\pi f_c t} \right\} \\ &= \operatorname{Re}\{r(t) e^{j2\pi f_c t}\}\end{aligned}$$

όπου $r(t) = \sum_n a_n(t) s(t - \tau_n(t)) e^{-j\{2\pi[(f_c + f_n(t))\tau_n(t) - f_n(t)t] - \varphi_n(t)\}}$ το
ισοδύναμο (μιγαδικό) σήμα χαμηλών συχνοτήτων



Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (3/12)

- ο όρος της φάσης αναπαρίσταται απλώς από μια μεταβλητή
$$\theta_n(t) = 2\pi[(f_c + f_n(t))\tau_n(t) - f_n(t)t] - \varphi_n(t)$$
- άρα η κρουστική απόκριση του μοντέλου βασικής ζώνης θα είναι:

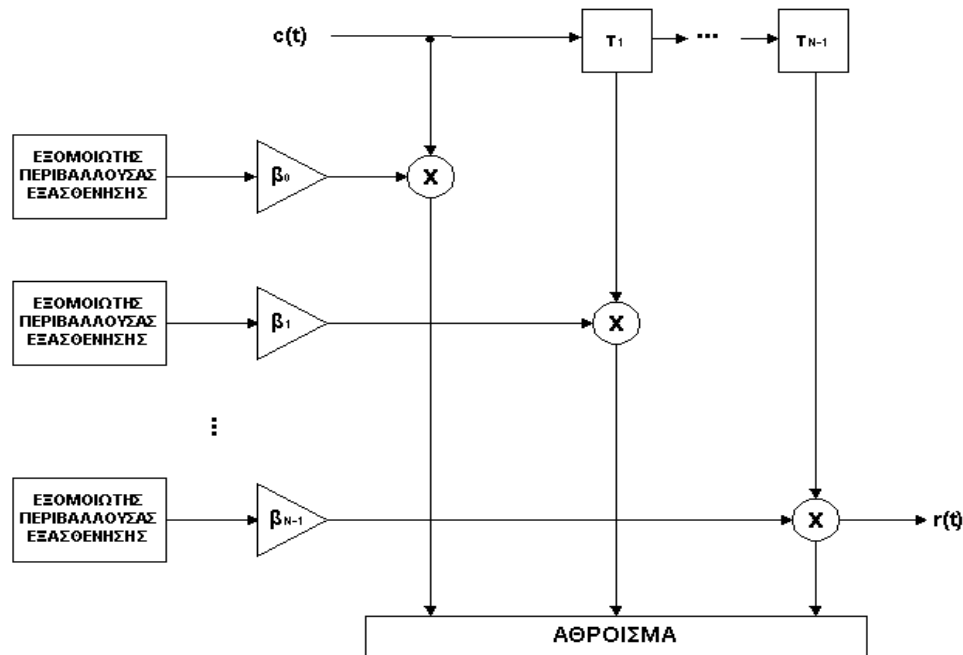
$$h(\tau, t) = \sum_n a_n(t) e^{-j\theta_n(t)} \delta(\tau - \tau_n(t))$$

- γενικά τα (μιγαδικά) πλάτη μεταβάλλονται **γρηγορότερα** από τις χρονικές καθυστερήσεις



Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (4/12)

$$h(\tau, t) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n(t) e^{-j\theta_n(t)} \delta(\tau - \tau_n(t))$$
$$r(t) = \sum_{n=0}^{N-1} \beta_n h_n(t) s(t - \tau_n(t))$$



Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (5/12)

Προσομοίωση κατά Jakes

- N_S διασκορπιστές ομοιόμορφα τοποθετημένοι αζιμουθιακά γύρω από το κινητό (σε αυθαίρετη απόσταση)
- Όλα τα διασκορπισμένα σήματα έχουν το ίδιο μέτρο αλλά τυχαίες φάσεις φ_i . Το n -οστό τερ της κρουστικής απόκρισης γράφεται ως:

$$\begin{aligned} h_n(t) &= \frac{1}{\sqrt{N_S}} \sum_{i=0}^{N_S-1} e^{j(\varphi_i + 2\pi f_D t \cos(a_i))} \\ &= \frac{1}{\sqrt{N_S}} \sum_{i=0}^{N_S-1} e^{j(\varphi_i + \omega_i t)} \end{aligned}$$

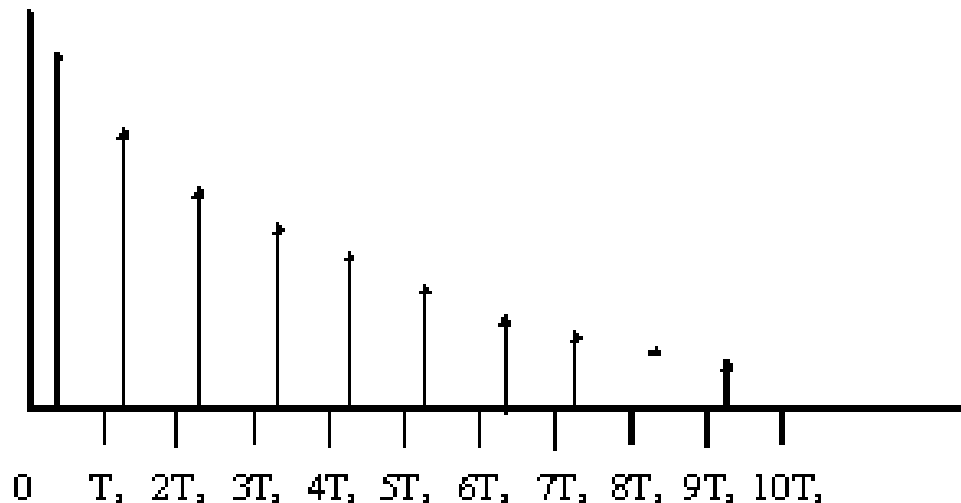
- Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης $\frac{1}{N_S} \sum_{i=0}^{N_S-1} e^{j2\pi f_m \tau \cos(a_i)}$ μοιάζει με τη συνάρτηση Bessel και η προσέγγισή πρακτικά είναι αρκετά καλή



Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (6/12)

Προφίλ Κατανομής Ισχύος

- Για έναν εκπεμπόμενο κρουστικό παλμό, πώς μεταβάλλεται η μέση λαμβανόμενη ισχύς ως συνάρτηση της χρονικής καθυστέρησης



Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (7/12)

Βασικές παράμετροι της πολυδιόδευσης

- Μέγιστη επιπλέον καθυστέρηση T_m
- **Εύρος καθυστερήσεων RMS:** η τυπική απόκλιση από τη μέση επιπλέον καθυστέρηση (όπου κάθε τ_n είναι «ζυγισμένη» με την αντίστοιχη ισχύ)

$$\sigma_\tau = \sqrt{\overline{\tau^2} - \bar{\tau}^2} \qquad \bar{\tau^p} = \frac{\sum_n S(\tau_n)\tau_n^p}{\sum_n S(\tau_n)}$$

- **Συνθήκη για αμελητέο ISI:** $T \gg \sigma_\tau$, όπου T η περίοδος συμβόλου
- **Rule of thumb:** Αν $T > 10\sigma_\tau$, τότε δεν χρειάζεται ισοστάθμιση για BER τουλάχιστον 10^{-3}
- **Τυπικές τιμές:**
 - Μακροκυψέλη: 0.1 – 10 μs (<25 μs)
 - Μικροκυψέλη: 10 – 100 nS (<3 μs)
 - Indoor, μεγάλο κτίριο με πολλά μεταλλικά τμήματα και ανοίγματα: (<400 nS)
 - Indoor, μικρό κτίριο: 30 – 60 nS (<250 nS)

Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (8/12)

Βασικές παράμετροι της πολυδιόδευσης

- Συνάρτηση αυτοσυσχέτισης στον χώρο των συχνοτήτων:
συσχέτιση μεταξύ δύο συχνοτικών συνιστωσών απόστασης Δf

$$S(\tau) \leftrightarrow R(\Delta f) \quad \text{σχέση του προφίλ κατανομής ισχύος με την } R(\Delta f)$$

- **Εύρος ζώνης συνοχής:** μέτρο του εύρους συχνοτήτων κατά το οποίο το κανάλι περνά όλες τις φασματικές συνιστώσες με περίπου ίσο κέρδος και γραμμική φάση

$$B_c \approx \frac{1}{50\sigma_\tau}, \text{ σταθερό μέτρο στο 90\% (αριστερά) και στο 50\% (δεξιά) του εύρους}$$

$$B_c \approx \frac{1}{5\sigma_\tau}, \text{ εύρος ζώνης συνοχής } B_c, \text{ εύρος ζώνης σήματος } B$$

- Έχουμε frequency-nonselective (flat) fading όταν $B \ll B_c$
- Διαφορετικά έχουμε frequency selective fading \Rightarrow ISI

Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (9/12)

Η χρονικά μεταβαλλόμενη φύση του διαύλου πολυδιόδευσης

- συνάρτηση αυτοσυσχέτισης στο πεδίο του χρόνου: συσχέτιση της απόκρισης του καναλιού σε δύο ίδια ημίτονα με χρονική διαφορά Δt

$$R(\Delta t) = J_0(2\pi f_m \Delta t) \quad J_0(2\pi f_m \Delta t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} e^{j2\pi f_m \tau \cos(a)} da$$

- **Χρόνος Συνοχής:** μέτρο του αναμενόμενου χρόνου κατά τον οποίο η απόκριση του καναλιού είναι ουσιαστικά αμετάβλητη

$$T_c \approx \frac{0.423}{f_m}, \text{ όπου } f_m \text{ η μέγιστη μετατόπιση Doppler}$$

- **Doppler power spectrum:** Το φάσμα ισχύος του λαμβανόμενου σήματος όταν μεταδίδεται ένα «καθαρό» ημίτονο με συχνότητα f_c

$$R(\Delta t) \leftrightarrow S(\nu) \quad S(\nu) = \frac{1}{\pi f_m \sqrt{1 - \left(\frac{\nu - f_c}{f_m}\right)^2}}$$

Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (10/12)

Η χρονικά μεταβαλλόμενη φύση του διαύλου πολυδιάθρονης

- **Doppler spread:** το εύρος του Doppler power spectrum

$$B_d \approx \frac{1}{T_c}$$

- Διακρίνουμε τις περιπτώσεις:

- **Slow fading,** όταν:

$$T \ll T_c \Leftrightarrow B \gg B_d$$

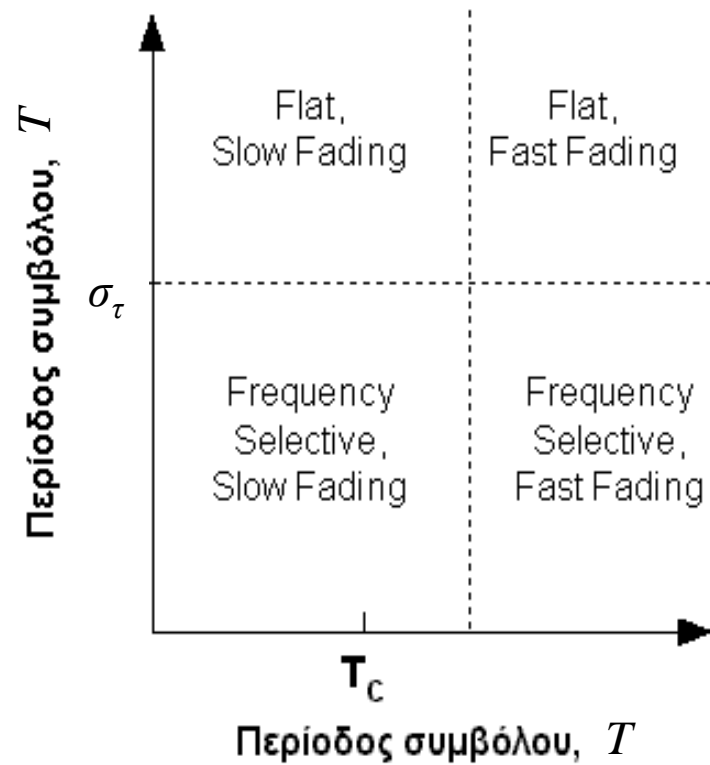
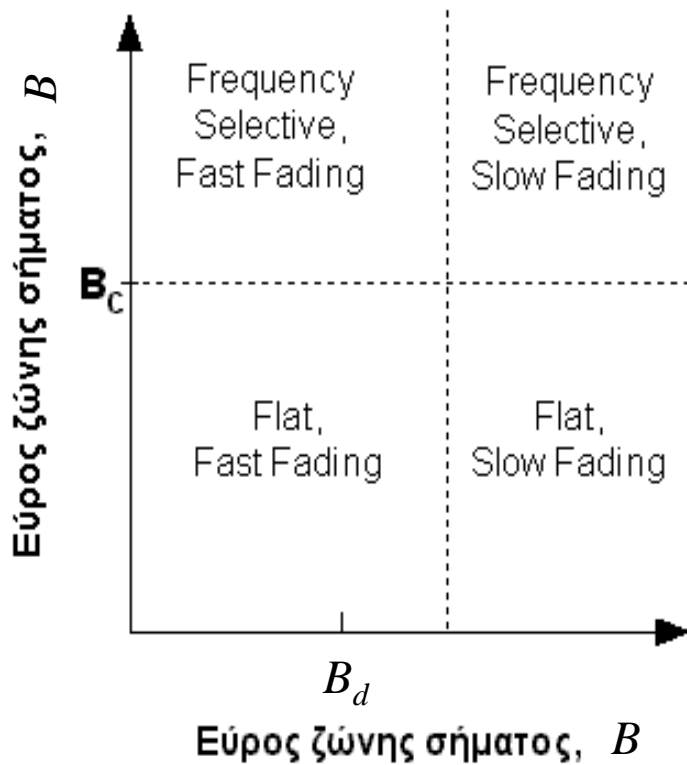
- **Fast fading,** όταν:

$$T > T_c \Leftrightarrow B < B_d$$



Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (11/12)

Είδος εξασθένισης σε σχέση με T και B



Η Κρουστική Απόκριση του Καναλιού (12/12)

Πρακτικά παραδείγματα

- **Παράδειγμα 1**

Flat fading + slow fading condition:

$$\sigma_{\tau} \ll T \ll T_c \quad B_c \gg B \gg B_d$$

$$v = 100 \text{ km/h}, f_c = 1800 \text{ MHz} \Rightarrow \lambda = 17 \text{ cm}$$

$$B_d = 163 \text{ Hz (GSM: } B = 200 \text{ kHz)}, B_d = (27.7 \text{ m/s})/0.17 \text{ m}$$

$$\sigma_{\tau} = 1.5 \mu\text{s} \Rightarrow B_c = 1/(5 \cdot 1.5 \mu\text{s}) = 133 \text{ kHz}$$

$\Rightarrow B \gg B_d$ (slow fading) and $B_c \approx B$ (tends to be frequency selective)

Rule of thumb για αμελητέο ISI $T > 10\sigma_{\tau}$

- **Παράδειγμα 2**

$$2 \text{ Mbits/s} \Rightarrow T_{bit} = 500 \text{ ns}$$

$$1 \text{ symbol} = 4 \text{ bits} \Rightarrow T = 2000 \text{ ns} \Rightarrow \text{πρέπει } \sigma_{\tau} < 200 \text{ ns}$$



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.00



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Καθ. Κώστας Μπερμπερίδης 2014.

Κώστας Μπερμπερίδης. «Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών. Δίαυλος Κινητής Επικοινωνίας».

Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1109/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Η εικόνα στη σελίδα 6, έχει δημιουργηθεί με βάση αντίστοιχη εικόνα του βιβλίου: «Συστήματα Επικοινωνιών» των J. G. Proakis και M. Salehi, μετάφραση στα ελληνικά από τους Κ. Καρούμπαλο, Ε. Ζέρβα, Σ. Καραμπογιά και Ε. Σαγκριώτη, εκδόσεις Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Οι εικόνες στις σελίδες: 30 και 37 έχουν δημιουργηθεί με βάση αντίστοιχες εικόνες του βιβλίου: “Wireless Communications: Principles and Practice”, T. S. Rappaport, Prentice Hall

