

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧ. Η/Υ, ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ**  
**ΜΑΘΗΜΑ: ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ**  
**Εαρινό εξάμηνο 2011-12**

**2η σειρά ασκήσεων**

**1.**

Δύο σταθμοί βάσης A και B βρίσκονται πάνω σε ευθεία γραμμή και σε απόσταση  $d=2$  km μεταξύ τους. Ένα κινητό κινείται προς την κατεύθυνση του B με ταχύτητα  $v = 22.2$  m/sec. Για απλότητα στους υπολογισμούς, υποθέτουμε ότι οι διαλείψεις είναι αμελητέες και η λαμβανόμενη ισχύς (σε dBm) σε απόσταση  $d_i$  m από το σταθμό βάσης i δίνεται από τη σχέση

$$P_{r,i}(d_i) = P_0 - 10n \log_{10}(d_i / d_0) \text{ (dBm) για } i = 1,2.$$

όπου  $P_0 = 0$  dBm είναι η λαμβανόμενη ισχύς σε απόσταση  $d_0 = 1$  m και η παράμετρος  $n$  είναι 2.9. Έστω ότι η ελάχιστη λαμβανόμενη ισχύς για αποδεκτή ποιότητα είναι  $P_{r,\min} = -88$  dBm και το κατώφλι ισχύος που σηματοδοτεί την μεταγωγή (handoff) από τον ένα σταθμό βάσης στον άλλο είναι  $P_{r,HO}$ . Θεωρήστε ότι το κινητό για την ώρα είναι συνδεδεμένο στο σταθμό βάσης A και προχωρά προς τον B, ώστε σε κάποιο σημείο θα πραγματοποιηθεί η μεταγωγή. Επίσης, θεωρήστε ότι ο απαιτούμενος χρόνος για να ολοκληρωθεί η μετάβαση αφότου η ισχύς του σήματος φτάσει το επίπεδο  $P_{r,HO}$  είναι  $\Delta t = 4.5$  sec.

- (α) Να υπολογιστεί το ελάχιστο απαιτούμενο περιθώριο ισχύος  $\Delta = P_{r,HO} - P_{r,\min}$  το οποίο να εγγυάται ότι κλήσεις δεν χάνονται λόγω ασθενούς σήματος κατά τη διάρκεια της μετάβασης.  
(β) Περιγράψτε και σχολιάστε τις επιπτώσεις της τιμής του περιθωρίου ισχύος  $\Delta = P_{r,HO} - P_{r,\min}$  στην απόδοση του συστήματος.

**2.**

Δύο κινητά K1 και K2 επικοινωνούν αντίστοιχα με δύο σταθμούς βάσης B1 και B2. Οι δύο σταθμοί βάσης απέχουν μεταξύ τους 5Km. Υποθέστε ότι οι σταθμοί και τα κινητά έχουν ιστροπικές κεραιές. Θεωρήστε τους διαύλους από τους σταθμούς προς τα κινητά (οι δέκτες στα κινητά). Αγνοήστε το θερμικό θόρυβο στο δέκτη και υποθέστε ότι κάθε κινητό λαμβάνει σήματα από όλους τους σταθμούς βάσης. Υποθέστε ότι η ισχύς σήματος  $P_r$  που λαμβάνεται σε ένα κινητό από κάποιο σταθμό βάσης που εκπέμπει ισχύ  $P$  είναι  $P_r = GP$  όπου  $G$  είναι ο συντελεστής απώλειας ισχύος ο οποίος εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των δύο κόμβων μόνο και είναι  $G = c/d^r$ , όπου  $d$  είναι η απόσταση μεταξύ των κόμβων και  $c$  είναι μία σταθερά. Η λήψη είναι εφικτή όταν ο σηματοθορυβικός λόγος στο δέκτη είναι  $\geq 14$ db.

- (α) Υποθέστε ότι οι δύο σταθμοί βάσης εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα και με την ίδια ισχύ. Περιγράψτε την περιοχή όπου είναι εφικτή η λήψη γύρω από τους σταθμούς βάσης B1 και B2 όταν  $r = 2$  και  $r = 4$ .  
(β) Υποθέστε ότι έχουμε 4 σταθμούς B1,B2,B3,B4, σε ευθεία γραμμή και η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σταθμών είναι 5Km. Περιγράψτε την περιοχή όπου είναι εφικτή η λήψη γύρω από τους σταθμούς βάσης B2 και B3 όταν  $r = 2$  και  $r = 4$ . Κάντε προσεγγίσεις όπου χρειάζονται.

### 3.

Θεωρήστε δυο κινητά K1, K2 που συνδέονται αντίστοιχα με τους σταθμούς βάσης (Σ.Β) B1 και B2 και λειτουργούν στο ίδιο κανάλι, up-link. Οι αποστάσεις κινητών - Σ.Β είναι:

$$d(K1,B1) = 1\text{km}$$

$$d(K2,B1) = 4\text{km}$$

$$d(K1,B2) = 3\text{km}$$

$$d(K2,B2) = 2\text{km}$$

Το μοντέλο για τα κέρδη ζεύξης μεταξύ των κινητών  $i$  και των σταθμών βάσης  $j$  είναι σύμφωνα με τον κανόνα  $1/d_{ij}^2$ , όπου  $d_{ij}$  η απόσταση μεταξύ κινητού  $i$  και του σταθμού βάσης  $j$  και η σταθερά εξασθένησης λόγω απόστασης είναι 2.

(α) Αγνοείτε την ύπαρξη θορύβου στους δέκτες των κινητών. Βρείτε τους λόγους σήματος-προς παρεμβολή  $SIR_1$  και  $SIR_2$  (σε dB) στους δέκτες των σταθμών βάσης B1 και B2 αν τα κινητά εκπέμπουν με την ίδια ισχύ. (Δίνεται ότι  $\log 16 \cong 1.2$ ,  $\log 9 \cong 0.95$  και  $\log 4 \cong 0.6$ ).

(β) Θεωρήστε την κλασική μέθοδο ελέγχου ισχύος.

(i) Δώστε τις δυο ανισότητες των  $SIR_1$  και  $SIR_2$  που πρέπει να πληρούνται για να ικανοποιείται στους δέκτες το SIR κατώφλι  $\gamma$ .

(ii) Βρείτε το μέγιστο κοινό λόγο  $SIR$  που μπορεί να επιτευχθεί στους δέκτες με έλεγχο ισχύος. (Δίνεται ότι  $\log 6 = 0.77$ )

(iii) Βρείτε και σχεδιάστε την περιοχή των εφικτών κατωφλίων  $(\gamma_1, \gamma_2)$ , δηλαδή το σύνολο των κατωφλίων SIR που μπορούν να υποστηριχθούν στους δέκτες με έλεγχο ισχύος. (Θα βρείτε μια έκφραση της μορφής  $\gamma_1(dB) + \gamma_2(dB) \leq A$ .)

(iv) Στις περιπτώσεις που εξετάσατε παραπάνω, κάθε κινητό μιλά με ένα σταθμό βάσης. Περιγράψτε (χωρίς ανάλυση) την διαδικασία που θα ακολουθήσετε για να απαντήσετε την ερώτηση (ii) σε περίπτωση που επιτρέπονται διαφορετικές αναθέσεις των 2 κινητών στους 2 ΣΒ.

### 4.

Θεωρήστε δυο κινητά K1, K2 που συνδέονται αντίστοιχα με τους σταθμούς βάσης B1 και B2 και λειτουργούν στο ίδιο κανάλι.

Υποθέστε ότι τα κέρδη ζεύξης είναι  $G_{12} = 1/21$  και  $G_{21} = 1/20$ , ενώ τα  $G_{11}$  και  $G_{22}$  παραμένουν τα ίδια. Ο κοινός λόγος  $T = 6$  dB πρέπει να επιτευχθεί σε κάθε δέκτη και η μέγιστη ισχύς εκπομπής για κάθε σταθμό βάσης είναι  $P_{\max} = 2$  W. Θεωρήστε τον καταναεμημένο αλγόριθμο ελέγχου ισχύος, όπου η ισχύς εκπομπής σε κάθε σταθμό βάσης  $i$  μεταβάλλεται σε κάθε χρονική στιγμή  $n$  σύμφωνα με τη σχέση

$$P_i(n+1) = \min \left\{ \frac{T}{SIR_i(n)} P_i(n), P_{\max} \right\}$$

(i) Μπορούμε να ισχυριστούμε εκ των προτέρων αν ο παραπάνω αλγόριθμος συγκλίνει ή όχι πριν τον εκτελέσουμε; (Δίνεται ότι  $10^{0.6} \cong 4$ )

(ii) Θεωρήστε ισχύ θορύβου  $N = 0.1W$  σε κάθε δέκτη. Ξεκινώντας από το διάνυσμα ισχύος  $\underline{P}(0) = (1,0)$  εκτελέστε τον αλγόριθμο για 2 αναδρομές και δείξτε ότι συγκλίνει. Ποιές οι ισχύεις στο τέλος του αλγορίθμου και ποια η συνολική κατανάλωση ισχύος ;

### 5.

Δύο κινητά K1 και K2 επικοινωνούν αντίστοιχα με δύο σταθμούς βάσης B1 και B2. Θεωρήστε τους διαύλους από τους σταθμούς προς τα κινητά (οι δέκτες στα κινητά). Αγνοήστε το θερμικό θόρυβο στο δέκτη και υποθέστε ότι κάθε κινητό λαμβάνει σήματα από τους δύο σταθμούς βάσης μόνο. Υποθέστε ότι η ισχύς σήματος  $P_i^j$  που λαμβάνεται στο κινητό  $i$  από το σταθμό βάσης  $j$  που εκπέμπει ισχύ  $P_j$  είναι  $P_i^j = G_{ji}P_j$ , όπου  $G_{ji}$  είναι ο συντελεστής απώλειας ισχύος από το σημείο  $j$  στο σημείο  $i$ . Η λήψη είναι εφικτή όταν ο σηματοθορυβικός λόγος στο δέκτη είναι  $\geq T$ . Υποθέστε ότι οι δύο σταθμοί βάσης εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα και με ισχύ  $P_1$  και  $P_2$  αντίστοιχα, τις οποίες μπορούν να μεταβάλλουν.

(α) Ποιά είναι η αναγκαία συνθήκη για τις ισχύεις εκπομπής ώστε να έχουμε εφικτή λήψη στο σταθμό 1; Το ίδιο για τον σταθμό 2.

(β) Ποιά είναι η αναγκαία συνθήκη ώστε να υπάρχουν ισχύεις εκπομπής  $P_1, P_2$ , για τις οποίες η λήψη και στους δύο διαύλους να είναι εφικτή;

(γ) Υποθέστε ότι ο δέκτης κάθε κινητού έχει θερμικό θόρυβο  $N$ . Ποιά είναι σ αυτήν την περίπτωση η αναγκαία συνθήκη ώστε να υπάρχουν ισχύεις εκπομπής  $P_1$  και  $P_2$ , για τις οποίες η λήψη και στους δύο διαύλους να είναι εφικτή;