



ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Ασκήσεις για τη διαχείριση ραδιοδιαύλων

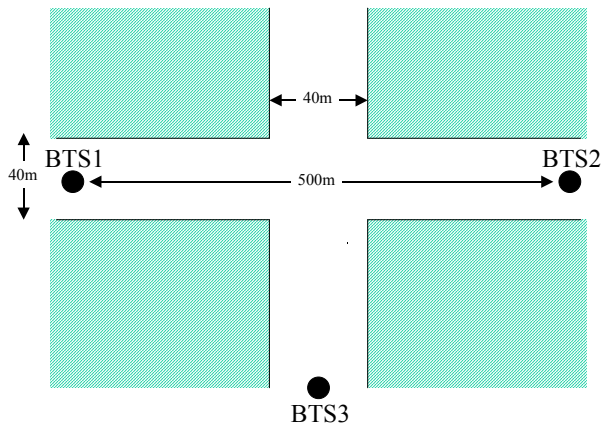
9.1 Αυτοκινητόδρομος ταχείας κυκλοφορίας (90 km/h) διέρχεται από το κέντρο μεγάλης πόλης. Αν η μέση διάρκεια των κλήσεων είναι 3 min, πόσες διαπομπές ανά κλήση κατά μέσον όρο κάνουν τα κινητά τερματικά που κινούνται στον αυτοκινητόδρομο

(α) Αν το κυψελωτό σύστημα έχει κυψέλες ακτίνας 12 km με ιστροπικές κεραίες;

(β) Αν οι κυψέλες έχουν ακτίνα 1.5 km είναι χωρισμένες σε τρεις τομείς;

[Απάντηση: (α) 0.19 διαπομπές, (β) 3 διαπομπές]

9.2 Σε σύστημα κινητών επικοινωνιών που εξυπηρετεί το κέντρο μιας μεγαλούπολης, η διάταξη των σταθμών βάσης είναι όπως στο Σχ. Π9.2. Η απόφαση για διαπομπή βασίζεται στη στάθμη του σήματος T (σε dBm), που λαμβάνεται από το τερματικό και η διαπομπή εκτελείται σύμφωνα με τον παρακάτω αλγόριθμο: Αν $T \leq T_1$ dBm, το σύστημα προσπαθεί να κάνει διαπομπή σε σταθμό βάσης, για τον οποίο η στάθμη του λαμβανόμενου σήματος από το κινητό είναι μεγαλύτερη της τρέχουσας κατά H dB. Αν $T \leq T_2$ dBm, το σύστημα διαπέμπει την κλήση σε οποιονδήποτε σταθμό βάσης παρέχει στο κινητό τερματικό στάθμη $> T$. Δίδεται επίσης ότι η στάθμη λήψης σε απόσταση 1.5 m από τον σταθμό βάσης είναι -10 dBm, ο εκθέτης απωλειών διαδρομής $n = 4$ και αμελείται η σκίαση.



Σχήμα Π9.2

Να προσδιοριστούν τα T_1 , H και T_2 , ώστε αφενός για τα κινητά που κινούνται προς τον BTS2 να μη γίνεται άσκοπη διαπομπή στον BTS3, αφετέρου, για τα κινητά που στρίβουν στη γωνία και κατευθύνονται προς τον BTS3, να μη γίνεται διακοπή κλήσης μέχρι και ταχύτητα 50 km/h.

Σημειώστε ότι, λόγω του φαινομένου γωνίας δρόμου, η στάθμη λήψεως από τον BTS1 μειώνεται με ρυθμό 0.15 dB/m, ο απαιτούμενος χρόνος προετοιμασίας διαπομπής είναι 1 sec και η ευαισθησία του δέκτη του κινητού τερματικού είναι -103 dBm.

[Απάντηση: $T_1 = -97.4$ dBm, $H = 2.8$ dB, $T_2 = -100.9$ dBm]

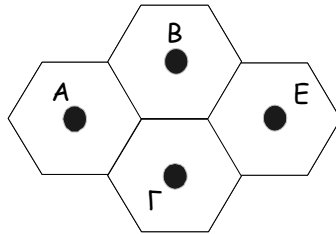
9.3 Σε κυψελωτό σύστημα κινητών επικοινωνιών με εξαγωνικές κυψέλες που λειτουργεί στα 1800 MHz, η ακτίνα των κυψελών είναι $R = 1.2$ km, η ισχύς εκπομπής των σταθμών βάσης $P_t = 741$ mW, ο εκθέτης απωλειών διαδρομής $n = 3.5$ και η απόσταση για την οποία ισχύει διάδοση οπτικής επαφής $d_0 = 100$ m. Αμελείται η σκίαση.

Η ευαισθησία δεκτών είναι -100 dBm, και είναι επιθυμητό να μην έχουμε περισσότερες από 60 υπερβάσεις της ανωτέρω στάθμης ανά sec στα όρια των κυψελών, για μέση ταχύτητα κινητών τερματικών $v = 45$ km/h. Ο αλγόριθμος διαπομπής που χρησιμοποιείται στο σύστημα βασίζεται στη στάθμη του σήματος T (σε dBm) που λαμβάνεται από το τερματικό. Αν $T \leq T_1$ dBm, το σύστημα

προσπαθεί να κάνει διαπομπή σε σταθμό βάσης, για τον οποίο η στάθμη του λαμβανόμενου σήματος από το κινητό είναι μεγαλύτερη κατά H dB. Αν T_1 είναι η μέση στάθμη στα όρια της κυψέλης και είναι επιθυμητή η μέγιστη δυνατή διείσδυση στην άλλη κυψέλη χωρίς να παραβιάζεται η συνθήκη που αφορά τις υπερβάσεις στάθμης, ποιο κατώφλι H πρέπει να τεθεί; Πραγματοποιήστε τους υπολογισμούς στην ευθεία που ενώνει τα κέντρα δύο κυψελών.

[Απάντηση: $H = 7.76$ dB]

- 9.4 Στο κυψελωτό σύστημα του Σχ. Π9.4, οι κυψέλες έχουν ακτίνα $R = 5$ km και ο εκθέτης απωλειών διαδρομής είναι $n = 4$.



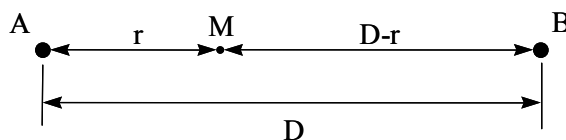
Σχήμα Π9.4

Η απόφαση για διαπομπή βασίζεται στη στάθμη του σήματος T (σε dBm), που λαμβάνεται από το τερματικό και η διαπομπή εκτελείται σύμφωνα με τον παρακάτω αλγόριθμο: Αν $T \leq T_1$ dBm, το σύστημα προσπαθεί να κάνει διαπομπή σε σταθμό βάσης, για τον οποίο η στάθμη του λαμβανόμενου σήματος από το κινητό είναι $T \geq T_2$ dBm. Αν $T \leq T_3$ dBm, το σύστημα διαπέμπει την κλήση σε οποιονδήποτε σταθμό βάσης παρέχει στο κινητό τερματικό στάθμη $> T$.

Κατά μήκος της ευθείας που ενώνει τους σταθμούς βάσης A και E διέρχεται αυτοκινητόδρομος ταχείας κυκλοφορίας και θεωρείται σκόπιο να αποφεύγονται οι διαπομπές προς τις κυψέλες B και Γ από τα κινητά που κινούνται στον αυτοκινητόδρομο. Να προσδιοριστούν οι στάθμες T_1 , T_2 και T_3 για τις οποίες επιτυγχάνεται η ανωτέρω συνθήκη, λαμβάνοντας υπόψη ότι η στάθμη λήψης σε απόσταση 3 km από τον σταθμό βάσης A είναι -80 dBm και η ελάχιστη στάθμη λειτουργίας του κινητού είναι -103 dBm. Αμελείται η σκίαση.

[Απάντηση: $T_1 = -88.8$ dBm, $T_2 = -86$ dBm, $T_3 = -101$ dBm]

- 9.5 Υποθέστε ότι ένα κινητό τερματικό κινείται κατά μήκος ευθείας διαδρομής από τον σταθμό βάσης A προς τον B, όπως φαίνεται στο Σχ. Π9.5. Η απόσταση μεταξύ των σταθμών βάσης είναι D και το κινητό απέχει r από τον A. Αγνοήστε το φαινόμενο των διαλείψεων και υποθέστε ότι τα λαμβανόμενα σήματα από τους δύο σταθμούς βάσης εμφανίζουν, ανεξάρτητα μεταξύ τους, σκίαση με λογαριθμική-κανονική κατανομή μηδενικής μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης σ (dB). Η απόσταση αναφοράς για την οποία ισχύει διάδοση οπτικής επαφής είναι a_0 και ο δείκτης απωλειών διαδρομής είναι n .



Σχήμα Π9.5

- Διαπομπή από τον σταθμό βάσης A στον B ή αντίστροφα δεν συμβαίνει ποτέ, όταν $|P_{rA}(dB) - P_{rB}(dB)| < H$, αλλά μπορεί να συμβεί ή να μη συμβεί σε άλλη περίπτωση.
 - Όταν το κινητό είναι συνδεδεμένο στον σταθμό βάσης A, θα γίνει διαπομπή από τον A στον B όταν $P_{rB}(dB) \geq P_{rA}(dB) + H$.
- (α) Γράψτε μια έκφραση για την πιθανότητα να μην γίνει ποτέ διαπομπή από τον A στον B ή αντίστροφα.

(β) Δεδομένου ότι το κινητό είναι συνδεδεμένο στον A, ποια είναι η πιθανότητα να γίνει διαπομπή από τον A στον B;

[Απάντηση: (α) $Q\left(\frac{-H - \bar{P}_r}{\sqrt{2}\sigma}\right) - Q\left(\frac{H - \bar{P}_r}{\sqrt{2}\sigma}\right)$, (β) $Q\left(\frac{H + \bar{P}_r}{\sqrt{2}\sigma}\right)$]

9.6 Σε κυψελωτό σύστημα κινητών επικοινωνιών εκτελούνται διαπομπές με βάση τον λόγο S/I . Όταν ο υπόψη λόγος γίνει μικρότερος από ένα κατώφλι γ dB, γίνεται διαπομπή σε άλλον σταθμό βάσης για τον οποίο ο λόγος S/I είναι μεγαλύτερος από το κατώφλι. Επειδή λαμβάνεται υπόψη η σκίαση, η μέση στάθμη του λαμβανόμενου σήματος μπορεί να προσεγγισθεί με λογαριθμική-κανονική κατανομή με τυπική απόκλιση σ_1 , όπως επίσης και η μέση στάθμη των παρεμβολών με παρόμοια κατανομή αλλά με διαφορετική τυπική απόκλιση σ_2 . Η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος είναι S watt, της παρεμβολής I watt και τα μεγέθη S και I είναι ανεξάρτητα. Αν η απόλυτη μέση τιμή της στάθμης του σήματος και της στάθμης της παρεμβολής, μετρούμενες σε dB, είναι αντίστοιχα \hat{s} και \hat{i} , να υπολογισθεί η πιθανότητα διαπομπής.

[Απάντηση: $p = 1 - Q\left(\frac{\gamma - (\hat{s} - \hat{i})}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}\right)$]

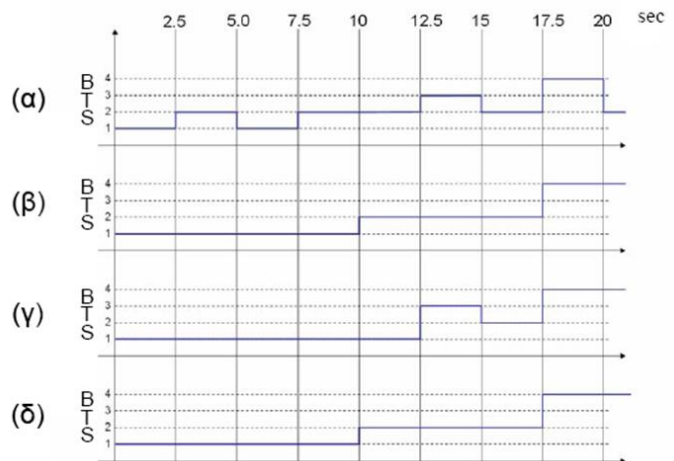
9.7 Ένα κινητό τερματικό λαμβάνει δείγματα των εκπεμπομένων σημάτων από τους σταθμούς βάσεις σε τακτά χρονικά διαστήματα. Οι χρονικές στιγμές και οι στάθμες ισχύος (σε dBm) των δειγμάτων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Χρόνοι (sec)	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20
BTS1	-47	-57	-52	-55	-60	-62	-60	-65	-64
BTS2	-59	-56	-55	-54	-52	-51	-49	-60.5	-52
BTS3	-70	-72	-75	-70	-58	-50	-60.5	-62	-75
BTS4	-72	-71	-65	-60	-55	-53	-50	-49	-56

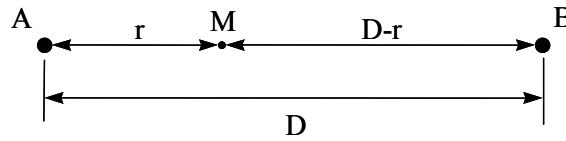
Υποθέστε ότι το κινητό τερματικό είναι αρχικά συνδεδεμένο στον σταθμό βάσης BTS1. Το κινητό τερματικό πραγματοποιεί διαπομπές συγκρίνοντας τις στάθμες των λαμβανόμενων σημάτων κάθε στιγμή δειγματοληψίας. Δείξτε σε ένα διάγραμμα τις μεταβάσεις σύνδεσης του κινητού τερματικού μεταξύ των σταθμών βάσης συναρτήσει του χρόνου, για κάθε έναν από τους παρακάτω αλγορίθμους. Αν κάποια συνθήκη ισχύει για περισσότερους από έναν σταθμούς βάσης, θεωρήστε ότι επιλέγεται ο σταθμός με το ισχυρότερο σήμα.

- (α) Στάθμη λήψης
- (β) Στάθμη λήψης και κατώφλι - 60 dBm
- (γ) Στάθμη λήψης και υστέρηση 10 dB
- (δ) Στάθμη λήψης και υστέρηση 5 dB και κατώφλι - 55 dBm.

[Απάντηση]



- 9.8 Κατά μήκος της ευθείας που ενώνει τους σταθμούς βάσης A και B (Σχ. Π9.8) διέρχεται αυτοκινητόδρομος ταχείας κυκλοφορίας, όπου η γραμμική πυκνότητα των τερματικών είναι $\rho = 200$ τερματικά ανά km, η μέση ταχύτητά τους 90 km/h και το προσφερόμενο φορτίο ανά τερματικό $A_u = 0.1 \text{ erlang}$. Η απόσταση μεταξύ των σταθμών βάσης είναι $D = 2 \text{ km}$ και τα λαμβανόμενα σήματα από τους δύο σταθμούς βάσης εμφανίζουν, ανεξάρτητα μεταξύ τους, σκίαση με λογαριθμική-κανονική κατανομή μηδενικής μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης $\sigma = 8 \text{ dB}$. Ο δείκτης απωλειών διαδρομής είναι $n = 4$.



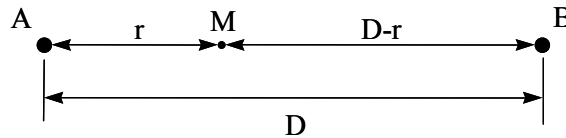
Σχήμα Π9.8

Σε οποιοδήποτε σημείο της διαδρομής AB η στάθμη λήψης από τον σταθμό A είναι $H \text{ dB}$ μικρότερη ή ίση από εκείνη του B, γίνεται έναρξη της διαδικασίας διαπομπής από τον A στον B.

- (α) Να βρεθεί ο ρυθμός των διαπομπών σε απόσταση $r = 1.2 \text{ km}$ από τον σταθμό βάσης A.
 (β) Αν στην ανωτέρω απόσταση, η πιθανότητα να είναι η στάθμη του λαμβανόμενου σήματος από τον σταθμό A μικρότερη από την ελάχιστη επιτρεπτή είναι 0.2 και απαιτούνται 4 sec για να ολοκληρωθεί η διαπομπή, να βρεθεί πόσες από τις ανωτέρω διαπομπές απορρίπτονται από το γεγονός ότι η στάθμη λήψεως από τον σταθμό B είναι μικρότερη της ελάχιστης επιτρεπτής.

[Απάντηση: (α) 1088 HO/h, (β) 6 HO/h απορρίπτονται]

- 9.9 Κατά μήκος της ευθείας που ενώνει τους σταθμούς βάσης A και B (Σχ. Π9.9) διέρχεται αυτοκινητόδρομος ταχείας κυκλοφορίας, όπου η γραμμική πυκνότητα των τερματικών ανά κατεύθυνση είναι $\rho = 200$ τερματικά ανά km, η μέση ταχύτητά τους 80 km/h και το προσφερόμενο φορτίο ανά τερματικό $A_u = 0.1 \text{ erlang}$. Η απόσταση μεταξύ των σταθμών βάσης είναι $D = 2 \text{ km}$ και τα λαμβανόμενα σήματα από τους δύο σταθμούς βάσης εμφανίζουν, ανεξάρτητα μεταξύ τους, σκίαση με λογαριθμική-κανονική κατανομή μηδενικής μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης $\sigma = 8 \text{ dB}$. Ο δείκτης απωλειών διαδρομής είναι $n = 4$.



Σχήμα Π9.9

Σε οποιοδήποτε σημείο της διαδρομής AB η στάθμη λήψης από τον σταθμό A είναι $H \text{ dB}$ μικρότερη ή ίση από εκείνη του B, γίνεται έναρξη της διαδικασίας διαπομπής από τον A στον B.

Ο διαχειριστής του συστήματος διαπίστωσε ότι το 80% των τερματικών που διέρχονται από το μέσο της απόστασης μεταξύ των A και B και έχουν κλήση σε εξέλιξη περατώνουν την κλήση αφού διανύσουν απόσταση 200 μέτρων. Για τον σκοπό αυτό έθεσε τέτοια τιμή του H, ώστε η πιθανότητα διαπομπής κατά την διέλευση από το μέσο της απόστασης AB να είναι ίση με 0.1. Δεδομένου ότι οι κλήσεις των κινητών που δεν περατώνονται μέχρι τα 1200 m απορρίπτονται, να υπολογιστεί το ποσοστό των απορριπτόμενων κλήσεων;

[Απάντηση: 4.5%]

- 9.10 Δίκτυο κινητών επικοινωνιών με 640 διαύλους καλύπτει τις ανάγκες επικοινωνίας σε αυτοκινητόδρομο. Οι σταθμοί βάσης απέχουν μεταξύ τους 5 km και, για λόγους ομοδιαυλικής παρεμβολής, οι ίδιες συχνότητες επαναλαμβάνονται κάθε 7 κυψέλες. Η πυκνότητα των κινουμένων χρηστών στον αυτοκινητόδρομο είναι 160 χρήστες / km, η μέση ταχύτητά τους 50 km/h , ενώ κάθε χρήστης πραγματοποιεί κατά μέσο όρο 2 κλήσεις / ώρα μέσης διάρκειας 3 min.

Κάθε κυψέλη εξυπηρετεί σταθερό φορτίο 50 erlang από εισερχόμενες και απερχόμενες κλήσεις των χρηστών που βρίσκονται σ' αυτήν καθώς και επιπρόσθετο φορτίο από τις διαπεμπόμενες κλήσεις. Για να μειωθεί το φορτίο από τις διαπομπές, αποφασίζεται να επαναλαμβάνονται οι ίδιες συχνότητες κάθε 8 κυψέλες και να επιτρέπεται η μετάβαση των συνδιαλεγόμενων χρηστών στη γε-

ιτονική κυψέλη χωρίς να γίνεται διαπομπή, αφού δεν καταστρατηγούνται οι απαιτήσεις της ομοδιαυλικής παρεμβολής. Οι δίαυλοι βέβαια κάθε κυψέλης χωρίζονται σε δύο ίσες ομάδες, μία για κάθε κατεύθυνση. Να υπολογιστεί η πιθανότητα αποκλεισμού κλήσεων για τους δύο αυτούς τρόπους λειτουργίας του συστήματος.

Η πιθανότητα να περατωθεί μια κλήση σε γειτονική κυψέλη δίνεται από τη σχέση

$$p = \frac{t_{cross}}{t_{cross} + t_{call}}$$

όπου t_{cross} είναι ο μέσος χρόνος να διανύσει το ΜΤ τη γειτονική κυψέλη και t_{call} είναι η μέση διάρκεια των κλήσεων;

[Απάντηση: GOS: 7% → 2.5%]