



ΔΙΚΤΥΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Ασκήσεις για τη διαχείριση επικοινωνίας

- 1 Κινητό τερματικό συνδρομητή του δικτύου  $A$  πραγματοποιεί κλήση σε κινητό τερματικό συνδρομητή του δικτύου  $B$ . Να αναφερθούν οι διαδικασίες που θα μεσολαβήσουν μέχρι να αποκατασταθεί η σύνδεση μεταξύ των δύο τερματικών καθώς και στοιχεία δικτύου μέσω των οποίων δύο θα διέλθει κατ' ελάχιστον η σύνδεση.
- 2 Χρήστης κινητής τηλεφωνίας, συνδρομητής του δικτύου  $A$  πραγματοποιεί κλήση προς χρήστη που είναι συνδρομητής του δικτύου  $B$ . Το δίκτυο  $B$  παρέχει προσωπικές επικοινωνίες, οι συνδρομητές του καλούνται με τον προσωπικό τους αριθμό και μπορεί να χρησιμοποιούν είτε σταθερό δίκτυο είτε δίκτυο κινητών επικοινωνιών φορέων που συνεργάζονται με το  $B$ . Το δίκτυο  $B$  διαθέτει διαβιβαστικά κέντρα μεταγωγής ( $GMSC$ ) μέσω των οποίων γίνεται η διασύνδεση του δικτύου προσωπικών επικοινωνιών με τα άλλα δίκτυα καθώς και βάση δεδομένων για την καταχώρηση θέσης των οικείων χρηστών. Να περιγραφεί με τη βοήθεια απλού δομικού διαγράμματος η εγκατάσταση κλήσης μεταξύ των δύο χρηστών, για την περίπτωση που ο καλούμενος χρησιμοποιεί (α) το σταθερό δίκτυο  $\Gamma$  και (β) το δίκτυο κινητών επικοινωνιών  $\Delta$ .

Στο δομικό διάγραμμα να αναφέρονται οι οντότητες που εμπλέκονται κατ' ελάχιστο και οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα.

- 3 Χρήστης κινητής τηλεφωνίας, συνδρομητής του δικτύου  $A$  στέλνει σύντομο μήνυμα προς χρήστη που είναι συνδρομητής του δικτύου  $B$ . Αν οι δύο πάροχοι εξυπηρετούνται μέσω του ίδιου κέντρου μεταγωγής μηνυμάτων ( $SMSC$ ) να περιγραφεί με τη βοήθεια δομικού διαγράμματος η διαδικασία αποστολής του μηνύματος μέχρι τη στιγμή που αυτό λαμβάνεται από τον αποδέκτη του.

Στο δομικό διάγραμμα να αναφέρονται οι οντότητες που εμπλέκονται κατ' ελάχιστο και να αναφερθούν οι επιμέρους διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα.

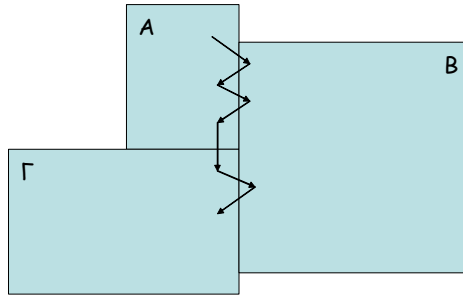
- 4 Κυψελωτό σύστημα κινητών επικοινωνιών καλύπτει αστική περιοχή με 98 εξαγωνικές κυψέλες και συντελεστή επαναχρησιμοποίησης  $K=7$ . Οι κεραιές των σταθμών βάσης είναι ισοτροπικές και η ακτίνα των κυψελών είναι  $R=1$  km. Η πυκνότητα των χρηστών είναι ομοιόμορφη και ίση με 100 χρήστες/km<sup>2</sup>, από τους οποίους το 30% είναι χρήστες μετακινούμενοι με αυτοκίνητα και μέση ταχύτητα 40 km/h, ενώ το υπόλοιπο 70% είναι πεζοί με μέση ταχύτητα 5 km/h. Ο μέσος όρος κλήσεων ανά χρήστη είναι  $\lambda=2$  κλήσεις την ώρα και η μέση διάρκεια κλήσεων  $H=3$  min.

Για τη μείωση του αριθμού των διαπομπών αποφασίστηκε να εξυπηρετούνται οι χρήστες μεγάλης ταχύτητας από υπερκείμενες κυψέλες με τον ίδιο συντελεστή επαναχρησιμοποίησης, η κάθε μια από τις οποίες θα καλύπτει μια περιοχή επαναχρησιμοποίησης των κάτω κυψελών.

- (α) Να βρεθεί ο αριθμός των διαπομπών πριν και μετά την εισαγωγή των υπερκείμενων κυψελών.
- (β) Αν η συνολική αστική περιοχή αποτελεί μια περιοχή εντοπισμού, να βρεθεί ο ρυθμός των ενημερώσεων θέσης. Για την απάντησή σας προσεγγίστε την συνολική περιοχή με κανονικό εξαγωνο και θεωρείστε ότι όλα τα κινητά τερματικά είναι ενεργοποιημένα.
- (γ) Αν ο βαθμός εξυπηρέτησης στο αρχικό σύστημα είναι 2%, πόσοι επιπλέον δίαυλοι θα χρειαστούν για να παραμείνει ίδιος και με την νέα διάταξη; Θεωρείστε ότι το σύστημα είναι Erlang B.
- (δ) Αν  $P_t$  είναι η ισχύς εκπομπής των σταθμών βάσης των κάτω κυψελών, να καθοριστεί η ισχύς εκπομπής στις υπερκείμενες κυψέλες, ώστε να έχουμε την ίδια μέση ισχύ στα όρια των ακραίων κάτω κυψελών και της υπερκείμενης κυψέλης.

[Απάντηση: (α) 29012 HO/h και 15040 HO/h, (β) 26367 LU/h, (γ) 292 δίαυλοι, (δ)  $P_t' = 7^{n/2} P_t$ ]

- 5 Το διάγραμμα του Σχ. Π.5 δείχνει τη διαδρομή ενός κινητού με κλήση σε εξέλιξη. Οι περιοχές  $A$ ,  $B$ ,  $\Gamma$  είναι περιοχές εντοπισμού και κάθε μία εξυπηρετείται από διαφορετικό MSC.

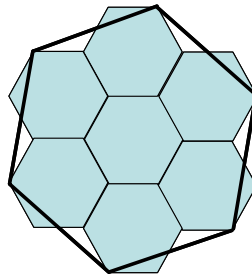


Σχήμα Π.5

- (α) Ποιοι είναι οι ρόλοι των τριών MSC και σε ποια πολλαπλότητα;  
 (β) Αν η σύνδεση μεταξύ δύο οιδωδήποτε MSC προκαλεί εξασθένηση του σήματος κατά 0.5 dB, ποια είναι η σχετική στάθμη του λαμβανόμενου σήματος στην τελική θέση του κινητού ως προς εκείνη της αρχικής θέσης;

[Απάντηση: (β) 3.5 dB]

- 6 Κυψελωτό σύστημα κινητών επικοινωνιών με εξαγωνικές κυψέλες, χρησιμοποιεί στρωματωμένη αρχιτεκτονική με 2 στρώματα κυψελών, όπως φαίνεται στο Σχ. Π.6. Οι σταθμοί βάσης των κυψελών του ανωτέρου στρώματος καλύπτουν περιοχή 7 κυψελών του κατωτέρου στρώματος και έχουν τον ίδιο συντελεστή επαναχρησιμοποίησης  $K = 7$ . Οι άνω κυψέλες καλύπτουν τα τερματικά που κινούνται με μεγάλες ταχύτητες καθώς και εκείνα του κάτω στρώματος που δεν έχουν ραδιοκάλυψη από τους σταθμούς βάσης του κάτω στρώματος. Εμφανίζεται βλάβη και πομπός κυψέλης του κάτω στρώματος τίθεται εκτός λειτουργίας. Να βρεθεί ο ρυθμός διαπομπών μεταξύ των δύο στρωμάτων από τα τερματικά χαμηλής ταχύτητας καθώς και ο βαθμός εξυπηρέτησης στην άνω κυψέλη μετά την εμφάνιση της βλάβης. Υποδείξτε τρόπο για την άμβλυνση του προβλήματος αποκλεισμού των κλήσεων μέχρι να αποκατασταθεί η λειτουργία του σταθμού βάσης.



Σχήμα Π.6

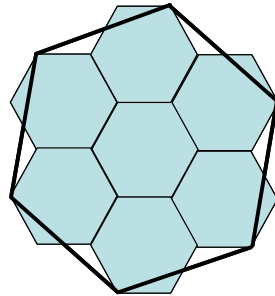
Η μέση ωριαία ταχύτητα των τερματικών των κάτω κυψελών είναι  $v_1 = 5$  km/h και η πυκνότητά τους  $\sigma_1 = 140$  MT/km<sup>2</sup>, ενώ για τα κινητά των άνω κυψελών τα αντίστοιχα μεγέθη είναι  $v_2 = 40$  km/h και  $\sigma_2 = 12.5$  MT/km<sup>2</sup>. Η ακτίνα των κάτω κυψελών είναι  $R = 1$  km. Το σύστημα είναι GSM, το προσφερόμενο φορτίο ανά χρήστη είναι  $A_u = 0.1$  erlang, ο βαθμός εξυπηρέτησης είναι  $GOS = 2\%$  και στα δύο στρώματα, ενώ δύο δίαυλοι σε κάθε μικρή κυψέλη και ένας σε κάθε μεγάλη κυψέλη χρησιμοποιούνται για σηματοδосία.

[Απάντηση: 133.7 HO/h, GOS = 0.5]

- 7 Θεωρήστε γεωγραφική περιοχή με 10000 κατοίκους ανά km<sup>2</sup> από τους οποίους 20% είναι χρήστες κινητών επικοινωνιών που ανήκουν σε έναν πάροχο. Η μέση ταχύτητά τους είναι  $v = 20$  km/h και το σύστημα έχει κυψέλες ακτίνας  $R = 2$  km. Το προσφερόμενο φορτίο ανά χρήστη είναι  $A_u = 0.1$  erlang.
- (α) Βρείτε τον αριθμό των διαπομπών ανά ώρα.  
 (β) Αν κάθε κυψέλη διασπάται σε 4 ενώ ο αριθμός των χρηστών διατηρείται σταθερός, κατά πόσο μεταβάλλεται ο αριθμός των διαπομπών ανά ώρα;  
 (γ) Επαναλάβετε το ερώτημα (β) για την περίπτωση που η διάσπαση των κυψελών γίνεται για να αντιμετωπισθεί τετραπλασιασμός του αριθμού των χρηστών.

[Απάντηση: (α)  $HO_{rate} = 15279N_c$  HO/h, (β)  $HO'_{rate} = 2 HO_{rate}$ , (γ)  $HO''_{rate} = 8 HO_{rate}$ ]

- 8 Κυψελωτό σύστημα κινητών επικοινωνιών με εξαγωνικές κυψέλες, χρησιμοποιεί στρωματωμένη αρχιτεκτονική με 2 στρώματα κυψελών, όπως φαίνεται στο Σχ. Π.8. Οι σταθμοί βάσης των κυψελών του ανωτέρου στρώματος καλύπτουν περιοχή 7 κυψελών του κατωτέρου στρώματος και έχουν τον ίδιο συντελεστή επαναχρησιμοποίησης  $K = 7$ . Οι άνω κυψέλες καλύπτουν τα τερματικά που κινούνται με μεγάλες ταχύτητες καθώς και εκείνα του κάτω στρώματος που δεν έχουν ραδιοκάλυψη από τους σταθμούς βάσης του κάτω στρώματος. Εμφανίζεται βλάβη και πομπός κυψέλης του άνω στρώματος τίθεται εκτός λειτουργίας. Να βρεθεί η μεταβολή του ρυθμού διαπομπών στις κάτω κυψέλες καθώς και ο βαθμός εξυπηρέτησης σε κάθε μια από αυτές μετά την εμφάνιση της βλάβης, αν δεχθούμε ότι τα τερματικά που εξυπηρετούνται από την άνω κυψέλη είναι ομοιόμορφα καταναμημένα σε όλη την έκταση που καλύπτει η υπόψη κυψέλη. Υποδείξτε τρόπο για την αποκατάσταση του βαθμού εξυπηρέτησης μέχρι να αποκατασταθεί η λειτουργία του σταθμού βάσης με όποιες τυχόν περαιτέρω επιπτώσεις.

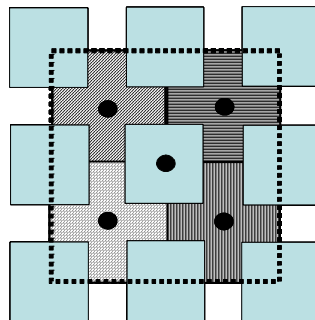


Σχήμα Π.8

Η μέση ωριαία ταχύτητα των τερματικών των κάτω κυψελών είναι  $u_1 = 5$  km/h και η πυκνότητά τους  $\sigma_1 = 140$  ΜΤ/km<sup>2</sup>, ενώ για τα κινητά των άνω κυψελών τα αντίστοιχα μεγέθη είναι  $u_2 = 40$  km/h και  $\sigma_2 = 12.5$  ΜΤ/km<sup>2</sup>. Η ακτίνα των κάτω κυψελών είναι  $R = 1$  km. Το σύστημα είναι GSM, το προσφερόμενο φορτίο ανά χρήστη είναι  $A_u = 0.1$  erlang, ο βαθμός εξυπηρέτησης είναι  $GOS = 2\%$  και στα δύο στρώματα, ενώ δύο δίαυλοι σε κάθε μικρή κυψέλη και ένας σε κάθε μεγάλη κυψέλη χρησιμοποιούνται για σηματοδότηση.

[Απάντηση: 71.42 %,  $GOS = 0.05$ ]

- 9 Στο κυψελωτό σύστημα με τετραγωνικές κυψέλες του Σχ. Π.9, η πλευρά του οικοδομικού τετραγώνου συμπεριλαμβανομένων και των πεζοδρομίων είναι 450 m και το πλάτος των δρόμων 50 m. Η πυκνότητα των πεζών χρηστών είναι  $\sigma_1 = 270$  χρήστες / km<sup>2</sup> και η γραμμική πυκνότητα των χρηστών που κινούνται με ιδιωτικά και δημόσια μέσα μεταφοράς είναι  $\rho_2 = 87$  χρήστες / km. Η μέση ταχύτητα των πρώτων είναι  $u_1 = 5$  km/h και ακολουθούν τυχαία κατεύθυνση ομοιόμορφα καταναμημένη, ενώ των άλλων είναι  $u_2 = 40$  km/h. Το σύστημα χρησιμοποιεί στρωματωμένη αρχιτεκτονική. Το κάτω στρώμα αφορά τους χρήστες μεγάλης ταχύτητας και χρησιμοποιεί μικροκυψέλες με τους σταθμούς βάσης τοποθετημένους στις διασταυρώσεις των οδών και το άνω στρώμα αφορά τους αργά μετακινούμενους χρήστες και χρησιμοποιεί τετραγωνικές κυψέλες που επικαλύπτουν τέσσερις από τις κάτω κυψέλες. Και τα δύο στρώματα έχουν τον ίδιο συντελεστή επαναχρησιμοποίησης.



Σχήμα Π.9

Το σύστημα είναι GSM, το προσφερόμενο φορτίο ανά χρήστη είναι 0.1 erlang και ο βαθμός εξυπηρέτησης  $GOS = 2\%$ . Δύο από τους διαύλους σε κάθε κυψέλη χρησιμοποιούνται για σηματοδότηση.

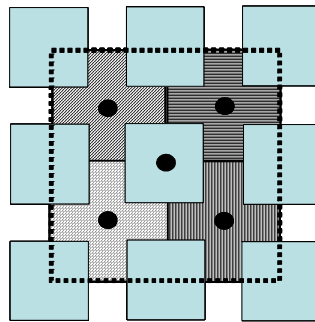
Εμφανίζεται βλάβη σε κυψέλη του κάτω στρώματος και η κίνηση εξυπηρετείται πλέον από την υπερκείμενη κυψέλη. Να βρεθεί:

- (α) Ο ρυθμός των διαπομπών από τις κάτω κυψέλες προς την υπερκείμενη κυψέλη μετά τη βλάβη.
- (β) Ο βαθμός εξυπηρέτησης στην υπερκείμενη κυψέλη μετά τη βλάβη, λαμβάνοντας υπόψη ότι, λόγω αύξησης του ρυθμού των διαπομπών, χρησιμοποιείται ένας επιπρόσθετος δίαυλος σηματοδοσίας.
- (γ) Υποδείξτε τρόπο για τη βελτίωση του βαθμού εξυπηρέτησης μέχρι να διορθωθεί η βλάβη και βρείτε τη νέα τιμή του.

[Απάντηση: (α) 688 HO/h, (β) GOS = 0.15, (γ) δανεισμός 1 RCH από γειτονική μακροκυψέλη, GOS = 0.03]

- 10 Στο κυψελωτό σύστημα με τετραγωνικές κυψέλες του Σχ. Π.10, η πλευρά του οικοδομικού τετραγώνου συμπεριλαμβανομένων και των πεζοδρομίων είναι 450 m και το πλάτος των δρόμων 50 m. Η πυκνότητα των πεζών χρηστών είναι  $\sigma_1 = 270$  χρήστες/ km<sup>2</sup> και η γραμμική πυκνότητα των χρηστών που κινούνται με ιδιωτικά και δημόσια μέσα μεταφοράς είναι  $\rho_2 = 87$  χρήστες / km. Η μέση ταχύτητα των πρώτων είναι  $v_1 = 5$  km/h και ακολουθούν τυχαία κατεύθυνση ομοιόμορφα κατανεμημένη, ενώ των άλλων είναι  $v_2 = 40$  km/h. Το σύστημα χρησιμοποιεί στρωματωμένη αρχιτεκτονική. Το κάτω στρώμα αφορά τους χρήστες μεγάλης ταχύτητας και χρησιμοποιεί μικροκυψέλες με τους σταθμούς βάσης τοποθετημένους στις διασταυρώσεις των οδών και το άνω στρώμα αφορά τους αργά μετακινούμενους χρήστες και χρησιμοποιεί τετραγωνικές κυψέλες που επικαλύπτουν τέσσερις από τις κάτω κυψέλες. Και τα δύο στρώματα έχουν τον ίδιο συντελεστή επαναχρησιμοποίησης.

Το σύστημα είναι GSM, το προσφερόμενο φορτίο ανά χρήστη είναι 0.1 erlang και ο βαθμός εξυπηρέτησης GOS = 2%. Δύο από τους διαύλους σε κάθε κυψέλη χρησιμοποιούνται για σηματοδότηση.



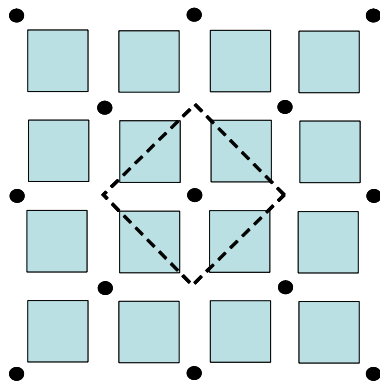
Σχήμα Π.10

Εμφανίζεται βλάβη σε κυψέλη του άνω στρώματος και η κίνηση εξυπηρετείται πλέον από τις μικροκυψέλες. Να βρεθεί:

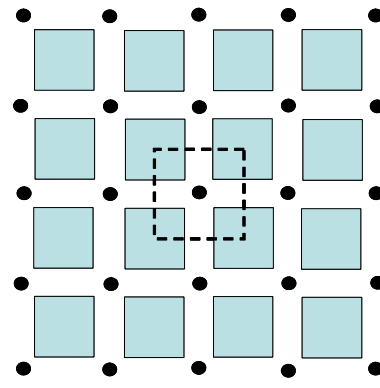
- (α) Ο ρυθμός των διαπομπών προς κάθε μικροκυψέλη από τις υπερκείμενες κυψέλες μετά τη βλάβη.
- (β) Ο βαθμός εξυπηρέτησης στις μικροκυψέλες μετά τη βλάβη, λαμβάνοντας υπόψη ότι, λόγω αύξησης της κίνησης, χρησιμοποιείται ένας επιπρόσθετος δίαυλος σηματοδοσίας.
- (γ) Υποδείξτε τρόπο για τη βελτίωση του βαθμού εξυπηρέτησης μέχρι να διορθωθεί η βλάβη και βρείτε τη νέα τιμή του.

[Απάντηση: (α) 77.35 HO/h, (β) GOS = 0.18, (γ) δανεισμός 1 RCH από γειτονική μικροκυψέλη, GOS = 0.01]

- 11 Στο κυψελωτό σύστημα με τετραγωνικές κυψέλες του Σχ. Π.11 (α), η πλευρά του οικοδομικού τετραγώνου μαζί με τα πεζοδρόμια είναι 450 m και το πλάτος των δρόμων 50 m. Η πυκνότητα των πεζών χρηστών είναι  $\sigma_1 = 220$  χρήστες/ km<sup>2</sup> και των χρηστών που κινούνται με ιδιωτικά και δημόσια μέσα μεταφοράς είναι  $\rho_2 = 87$  χρήστες / km. Η μέση ταχύτητα των πρώτων είναι  $v_1 = 5$  km/h και ακολουθούν τυχαία κατεύθυνση ομοιόμορφα κατανεμημένη, ενώ των άλλων είναι  $v_2 = 40$  km/h, η δε μέση προσφερόμενη κίνηση ανά χρήστη είναι 0.1 erlang. Το σύστημα χρησιμοποιεί στρωματωμένη αρχιτεκτονική. Το κάτω στρώμα αφορά τους χρήστες μεγάλης ταχύτητας και χρησιμοποιεί σταυροειδείς κυψέλες και το άνω στρώμα αφορά τους αργά μετακινούμενους χρήστες και χρησιμοποιεί τετραγωνικές κυψέλες που επικαλύπτουν μία σταυροειδή κυψέλη. Και τα δύο στρώματα έχουν τον ίδιο συντελεστή επαναχρησιμοποίησης.



(α)



(β)

Σχήμα Π.11

- (α) Βρείτε τον αριθμό των διαπομπών ανά ώρα.
- (β) Αν διπλασιαστεί ο αριθμός των σταθμών βάσης με σχετική μείωση της εκπεμπόμενης ισχύος, όπως στο Σχ. Π.11 (β), ενώ ο αριθμός χρηστών διατηρείται σταθερός, κατά πόσο μεταβάλλεται ο αριθμός των διαπομπών ανά ώρα;
- (γ) Επαναλάβετε το ερώτημα (β) για την περίπτωση που διπλασιάζεται και ο αριθμός των χρηστών.

[Απάντηση: (α)  $785.13N_c \text{ HO/h}$ , (β)  $1518.05N_c \text{ HO/h}$ , (γ)  $3036.1N_c \text{ HO/h}$ ]