

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ GSM ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΟΛΥΜΠΙΑΚΟΥ ΣΤΑΔΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΟΛΥΜΠΙΑΚΩΝ ΑΓΩΝΩΝ ΤΟΥ 2004

Αντώνης Γ. Δημητρίου, Θεόδωρος Γ. Βασιλειάδης, Γεώργιος Δ. Σεργιάδης
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχ/κών & Μηχ/κών Η/Υ, Τομέας Τηλεπικοινωνιών,
54006, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα
Τηλ. +302310996314, email: sergiadi@eng.auth.gr

Περίληψη - Στόχος αυτής της ανάλυσης είναι ο προσδιορισμός της αναμενόμενης τηλεπικοινωνιακής κίνησης δικτύου επικοινωνιών τεχνολογίας GSM εντός του Ολυμπιακού Σταδίου κατά τη διεξαγωγή των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004. Πρόκειται για μια περίπτωση μεγάλης συγκέντρωσης συνδρομητών σε έναν χώρο, γεγονός που οδηγεί σε υψηλή αναμενόμενη κίνηση. Εξετάζονται εκείνες οι περιπτώσεις που αναμένεται να οδηγήσουν στο μεγαλύτερο φορτίο. Παρουσιάζεται η μεθοδολογία για την διαμόρφωση των κατάλληλων αναμενόμενων «τηλεπικοινωνιακών» χαρακτηριστικών των συνδρομητών στο στάδιο (φορτίο ανά συνδρομητή) και τον υπολογισμό των αναγκαίων φυσικών πόρων για την παροχή κινητών επικοινωνιών υψηλής ποιότητας στο στάδιο. Τέλος παρατίθενται μετρήσεις της πιθανότητας μπλοκαρίσματος κατά τις ώρες αιχμής στο στάδιο που επιβεβαιώνουν την επιτυχία της σχεδιαστικής προσέγγισης.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο άρθρο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της αναμενόμενης τηλεπικοινωνιακής κίνησης δικτύου επικοινωνιών τεχνολογίας GSM εντός του Ολυμπιακού Σταδίου κατά τη διεξαγωγή των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004. Το συγκεκριμένο πρόβλημα παρουσιάζει ορισμένες ιδιαιτερότητες σε σχέση με την τυπική λειτουργία ενός κυψελικού δικτύου αυτής της τεχνολογίας.

Πρόκειται για μία περίπτωση υψηλής συγκέντρωσης συνδρομητών σε έναν ιδιαίτερα περιορισμένο γεωγραφικά χώρο. Ως φυσικό επακόλουθο οι συνολικοί διαθέσιμοι φυσικοί πόροι δεν επαρκούν για την εξυπηρέτηση του αναμενόμενου υψηλού φορτίου και κρίνεται αναγκαία η πολλαπλή επαναχρησιμοποίησή τους. Σε αντίθεση με την τυπική λειτουργία ενός κυψελικού συστήματος κινητών επικοινωνιών, οι συνδρομητές στο στάδιο θα βρίσκονται καθισμένοι κατά την διάρκεια εξυπηρέτησής τους από το δίκτυο. Συνεπώς, το προφίλ της ζεύξης κάθε κινητού δέκτη με τον αντίστοιχο πομπό που τον εξυπηρετεί αναμένεται να διατηρείται σχετικά σταθερό. Έτσι, κατά τη λειτουργία του δικτύου, δεν αναμένονται πολλές μεταπομπές κλήσεων, εξομοιώνοντας τη συμπεριφορά του δικτύου με ένα αντίστοιχο σταθερής τηλεφωνίας. Το αναμενόμενο τηλεπικοινωνιακό προφίλ των συνδρομητών αποτελεί ακόμη μία άγνωστη μεταβλητή στο σχηματισμό του προβλήματος, εξαιτίας της απουσίας παλιότερων δεδομένων από αντίστοιχες περιπτώσεις. Επιπροσθέτως, κάποιο συμβάν εντός του αγωνιστικού χώρου (π.χ. νίκη Έλληνα αθλητή), μπορεί να πυροδοτήσει την εκκίνηση ενός μεγάλου αριθμού κλήσεων σε σύντομο χρονικό διάστημα, οι οποίες μπορεί να επιβαρύνουν την ομαλή λειτουργία του δικτύου, εφόσον δεν έχουν προβλεφθεί.

Το σύνολο των παραπάνω παραγόντων και ιδιαίτερα η αποτυχία αντίστοιχων δικτύων σε παλιότερους Ολυμπιακούς Αγώνες χαρακτηρίζουν τη σημασία αυτής της μελέτης.

2. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ ΚΙΝΗΣΗΣ

Αρχικά, πρέπει να σχηματίσουμε το κατάλληλο τηλεπικοινωνιακό προφίλ για κάθε συνδρομητή. Με δεδομένη την απουσία σχετικού ιστορικού, ξεκινούμε την προσέγγιση πραγματοποιώντας ένα σύνολο από λογικές υποθέσεις. Αναμένουμε διαφορετική συμπεριφορά των συνδρομητών σε σχέση με το κοινωνικό-οικονομικό τους προφίλ. Έτσι διαχωρίζουμε το σύνολο των συνδρομητών σε δύο ομάδες. Η 1^η ομάδα αναμένεται να παράγει υψηλότερο φορτίο ανά συνδρομητή από την 2^η και στο εξής θα αποκαλείται «ομάδα υψηλής κίνησης». Αυτή περιλαμβάνει την Ολυμπιακή Οικογένεια, τους διακεκριμένους προσκεκλημένους της Οργανωτικής Επιτροπής κ.α.. Η 2^η ομάδα αναμένεται να παράγει χαμηλότερο φορτίο σε σχέση με την 1^η και στο εξής θα αποκαλείται «ομάδα χαμηλής κίνησης».

Η δημιουργία του σχετικού προφίλ ανά συνδρομητή πραγματοποιήθηκε ως εξής. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα της COSMOTE από μετρήσεις του δικτύου της την ώρα αιχμής τον Αύγουστο του 2002. Το μετρημένο φορτίο καθόρισε την αναμενόμενη συμπεριφορά ενός συνδρομητή χαμηλής κίνησης στο στάδιο. Για τον συνδρομητή υψηλής κίνησης θεωρήθηκε το διπλάσιο. Όπως αναφέραμε, αναμένουμε την ύπαρξη «εκρηκτικών» διαστημάτων, κατά τα οποία όλοι οι συνδρομητές, ανεξάρτητα από τον προηγούμενο διαχωρισμό εμφανίζουν την ίδια τηλεπικοινωνιακή συμπεριφορά ανεβάζοντας το παραγόμενο φορτίο. Για το σχηματισμό του συγκεκριμένου τηλεπικοινωνιακού προφίλ, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από μετρήσεις της εταιρίας από παλιότερες αθλητικές συναντήσεις. Τα στοιχεία αυτά περιλάμβαναν το ημίχρονο ποδοσφαιρικών αναμετρήσεων, κατά το οποίο το φαινόμενο που εκδηλώνεται είναι αντίστοιχο (δηλαδή πολλοί συνδρομητές πραγματοποιούν κλήσεις σε σύντομο χρονικό διάστημα). Στη μελέτη, το παραπάνω φαινόμενο θεωρήθηκε ότι θα διαρκέσει συνολικό χρόνο ίσο με 10 λεπτά.

Στη συνέχεια αποδομούμε ακόμη περισσότερο το πρόβλημα κατανέμοντας τοπολογικά τις δύο παραπάνω ομάδες συνδρομητών εντός του σταδίου. Για την χωρική κατανομή χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα στοιχεία από την οργανωτική επιτροπή του Αθήνα 2004 σχετικά με την διαχείριση των καθισμάτων/θυρών στο εσωτερικό του Σταδίου. Με βάση αυτά τα στοιχεία δημιουργήθηκαν δύο χαρακτηριστικές περιοχές. Η μία περιλαμβάνει συνδρομητές και από τις δύο ομάδες κίνησης, ενώ η άλλη περιλαμβάνει μόνο συνδρομητές χαμηλής κίνησης. Η αναλογία των συνδρομητών υψηλής και χαμηλής κίνησης στις μικτές περιοχές καθορίζεται από το πλήθος των καθισμάτων που αντιστοιχούν στην κάθε ομάδα στις συγκεκριμένες ζώνες.

3. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

3.1 Μεθοδολογία

Στόχος είναι ο προσδιορισμός των ελάχιστων δυνατών απαιτούμενων καναλιών σε μια περιοχή έτσι, ώστε να εξασφαλίζεται ικανοποιητική ποιότητα επικοινωνίας. Όπως εξηγήθηκε στην εισαγωγή, το δίκτυο μελετήθηκε σαν δίκτυο σταθερής τηλεφωνίας (για μελέτη δικτύου με κινούμενους συνδρομητές βλ. [1]). Επίσης, δεν λήφθηκε υπόψη καθόλου η ύπαρξη ουράς – άρα όποια κλήση δεν βρήκε ελεύθερο κανάλι τερματίστηκε. Επιλέγεται η σχεδίαση του δικτύου να μην βασιστεί στην ύπαρξη ουράς, καθώς η συμπεριφορά ενός συνδρομητή που μπαίνει σε ουρά είναι σχετικά απρόβλεπτη (άγνωστο πόσες προσπάθειες θα κάνει να ξαναπάρει κτλ.). Μοναδικό κριτήριο για την εξασφάλιση υψηλής ποιότητας επικοινωνίας θεωρείται η πιθανότητα μπλοκαρίσματος μιας νέας κλήσης. Ζητείται επομένως

ο προσδιορισμός των ελάχιστων δυνατών καναλιών ώστε να εξασφαλίζεται πιθανότητα μπλοκαρίσματος μικρότερη από 1%.

Το παραπάνω μοντέλο, όπως περιγράφηκε, είναι ένα τυπικό Erlang B μοντέλο σταθερής τηλεφωνίας. Οι εισερχόμενες κλήσεις ακολουθούν κατανομή Poisson και η διάρκεια κάθε κλήσης περιγράφεται από εκθετική κατανομή [2]. Το πρόβλημα μελετήθηκε με 2 τρόπους:

1. Υλοποιήθηκε πρόγραμμα σε Visual C++ 6.0 που προσομοιώνει επακριβώς την κίνηση στο δίκτυο (υπάρχουν αφίξεις κατά Poisson, δέχονται χρόνους σύμφωνα με την εκθετική κτλ.).

2. Υλοποιήθηκε πρόγραμμα σε Visual C++ 6.0 που υπολογίζει τον κλειστό τύπο της πιθανότητας μπλοκαρίσματος της Erlang B κατανομής.

Εκ πρώτης όψεως φαίνεται σαν τα δύο προγράμματα να αναμένεται να δώσουν τα ίδια αποτελέσματα, μια που η Erlang B φόρμουλα περιγράφει ακριβώς το σενάριο της προσομοίωσης της κίνησης του δικτύου (δηλαδή αφίξεις κατά Poisson, χρόνος μεταξύ αφίξεων σύμφωνα με την εκθετική και ανυπαρξία ουράς). Ωστόσο, η Erlang B φόρμουλα αδυνατεί να περιγράψει τη συμπεριφορά του δικτύου κατά την ώρα που περιλαμβάνει το εκρηκτικό δεκάλεπτο πυροδότησης κλήσεων. Αυτό, διότι η συγκεκριμένη φόρμουλα δέχεται σαν είσοδο έναν ρυθμό κατάληψης του δικτύου (λ/μ), όπου λ είναι ο ρυθμός άφιξης κλήσεων και $1/\mu$ είναι η μέση διάρκεια κάθε κλήσης. Αν λοιπόν υποθέταμε ότι για 50 λεπτά υπάρχει ρυθμός $\kappa_1=\lambda_1/\mu_1$ και για 10 λεπτά ρυθμός $\kappa_2=\lambda_2/\mu_2$, ο μέσος ρυθμός που θα απαιτούνταν στο Erlang B μοντέλο θα ήταν:

$$K = \kappa_1 \times (5/6) + \kappa_2 \times (1/6) \quad (1)$$

Έτσι θα προέκυπτε ένας ιδιαίτερα χαμηλός ρυθμός και θα οδηγούσε σε λανθασμένα συμπεράσματα. Το σφάλμα έγκειται στο γεγονός ότι εφαρμόζοντας την παραπάνω σχέση είναι σαν να απλώνουμε την εκρηκτικότητα των 10 λεπτών σε διάστημα μιας ώρας (οπότε χάνουμε το φαινόμενο που μας ενδιαφέρει).

Αντίθετα, σύμφωνα με το σενάριο της προσομοίωσης, αρχικά ξεκινάει η λειτουργία του δικτύου μέχρι να φτάσει σε μια ισορροπία. Στη συνέχεια αρχίζει η μελέτη. Το εκρηκτικό φαινόμενο προσομοιώνεται με μια Poisson υψηλότερου ρυθμού λ , όπως αναφέρθηκε νωρίτερα. Ουσιαστικά δρα προσθετικά στην προϋπάρχουσα κίνηση του δικτύου, επιτρέποντας την ξαφνική μετάβαση από την μία κατάσταση στην άλλη (χωρίς να αποδεσμευτούν οι φυσικοί πόροι του δικτύου).

3.2 Υπόδειγμα εφαρμογής

Ας θεωρήσουμε το ακόλουθο υπόδειγμα εφαρμογής για τυχαίες τιμές κίνησης ανά συνδρομητή, όπως περιγράφονται στον πίνακα 1. Το φορτίο ανά συνδρομητή Q ορίζεται από την σχέση (2) (μετριέται σε Erlangs) [2]:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Αναμενόμενο φορτίο ανά συνδρομητή

Κατηγορίες Συνδρομητών	Φυσιολογική λειτουργία	Εκρηκτικό Φαινόμενο
Τυπικός θεατής	15 mErl	45 mErl
Θεατής υψηλής κίνησης	30 mErl	45 mErl

$$Q = \frac{\text{Μέσος αριθμός κλήσεων κατά το συνολικό χρόνο παρατήρησης} \times \text{Διάρκεια κάθε κλήσης}}{\text{Συνολικό χρόνο παρατήρησης}} \quad (2)$$

Ας υποθέσουμε ότι εξετάζουμε δύο περιοχές, καθεμία εκ των οποίων περιλαμβάνει $A=3000$ καθίσματα, και η μία φιλοξενεί μόνον συνδρομητές χαμηλής κίνησης, ενώ η άλλη κατά $y=60\%$ συνδρομητές υψηλής κίνησης και κατά $(1-y)=40\%$ θεατές χαμηλής κίνησης. Επιπλέον, έστω ότι από το σύνολο των θεατών ένα ποσοστό $p=90\%$ είναι κάτοχοι κινητών τηλεφώνων και απ' αυτούς ένα ποσοστό $x=30\%$ είναι συνδρομητές της εταιρίας. Έτσι στην περιοχή με τους τυπικούς θεατές, το σύνολο των συνδρομητών είναι:

$$N_1 = A \times p \times x = 3000 \times 0.9 \times 0.3 = 810 \text{ συνδρομητές}$$

Στην μικτή περιοχή κάθε το πλήθος των συνδρομητών για κάθε ομάδα είναι:

$$M_1 = A \times p \times x \times y = 3000 \times 0.9 \times 0.3 \times 0.6 = 486 \text{ συνδρομητές υψηλής κίνησης}$$

$$M_2 = A \times p \times x \times (1-y) = 3000 \times 0.9 \times 0.3 \times 0.4 = 324 \text{ συνδρομητές χαμηλής κίνησης}$$

Για τη μελέτη της μικτής περιοχής με την Erlang B φόρμουλα σημειώνεται ότι το άθροισμα των Poisson αφίξεων με διαφορετικά χαρακτηριστικά είναι επίσης Poisson με ρυθμό άφιξης [2]:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \times p_i \quad (3)$$

Στην περίπτωση μας έχουμε $\lambda = (\lambda_1 \times 486 + \lambda_2 \times 324) / 810$.

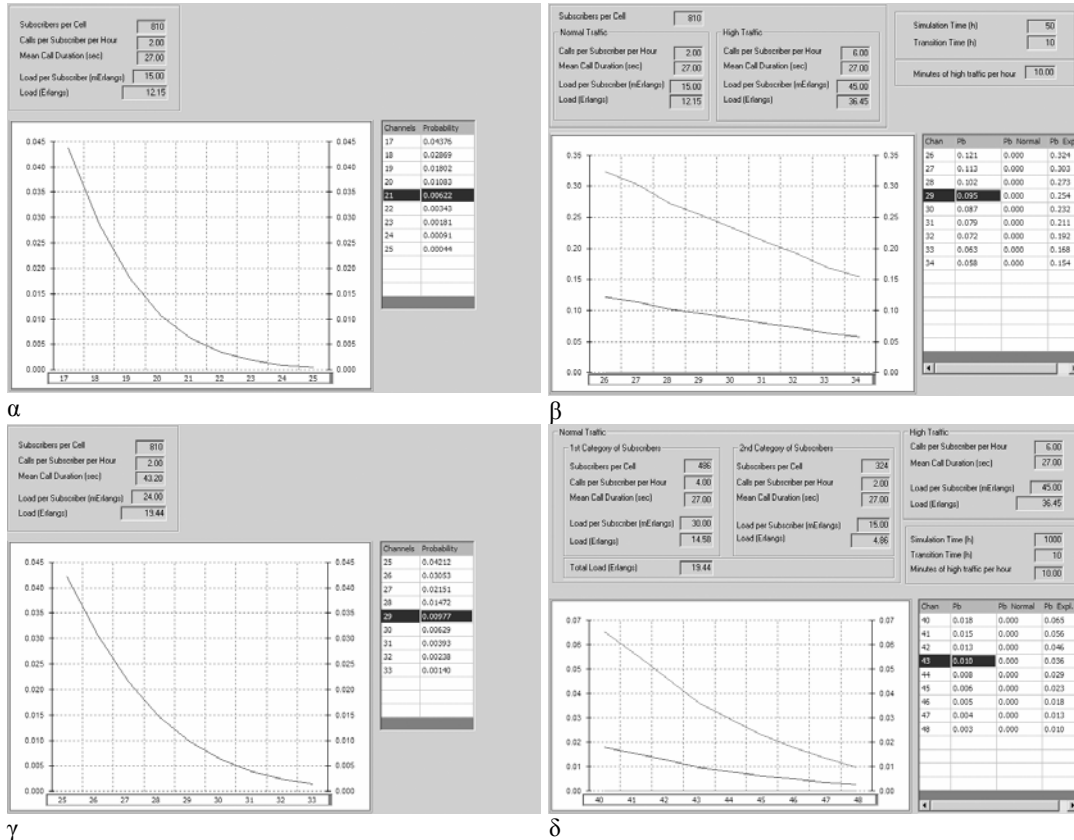
Στα γραφήματα του σχήματος 1, παρατίθενται τα σχετικά αποτελέσματα από το λογισμικό που αναπτύχθηκε. Χρησιμοποιήθηκε η Erlang B φόρμουλα για τη μελέτη κατά την ομαλή λειτουργία του δικτύου και η προσομοίωση κατά την ώρα που περιλάμβανε το εκρηκτικό 10λεπτο.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στα διαγράμματα του σχήματος 1 παρατηρούμε την μεταβολή της πιθανότητας μπλοκαρίσματος για τις 4 περιπτώσεις λειτουργίας που παρουσιάστηκαν νωρίτερα (δύο διακριτές περιοχές με και χωρίς εκρηκτικό 10λεπτο πυροδότησης κλήσεων). Πάνω στους σχετικούς πίνακες (δίπλα στα διαγράμματα) έχει μαρκαριστεί η τιμή των καναλιών που εξασφαλίζουν την επιθυμητή πιθανότητα μπλοκαρίσματος. Στα παρακάτω γραφήματα που αφορούν το εκρηκτικό φαινόμενο παριστάνονται δύο καμπύλες, μία με έντονο μαύρο χρώμα και μία με γκρι (που βρίσκεται πάντα ψηλότερα από την άλλη). Η 1^η αναπαριστά την πιθανότητα μπλοκαρίσματος σε διάρκεια μιας ώρας, ενώ η 2^η μόνον κατά τη διάρκεια του εκρηκτικού 10λέπτου. Παρατηρούμε ότι το εκρηκτικό 10λεπτο καθορίζει το αναγκαίο πλήθος των φυσικών καναλιών για την ποιοτική λειτουργία του δικτύου. Στην περίπτωση μιας περιοχής χαμηλής κίνησης εκτοξεύει το πλήθος των απαραίτητων φυσικών καναλιών από 21 σε 29 και στην περίπτωση μικτής περιοχής από 29 σε 43. Σύμφωνα με το GSM, κάθε φέρον μπορεί να μεταφέρει 8 (πολυπλεγμένες στο χρόνο – σε χρονοθυρίδες) ταυτόχρονες συνομιλίες. Επομένως στις δύο παραπάνω περιοχές απαιτούνται 3-4 πομποδέκτες και 5-6 πομποδέκτες αντίστοιχα.

Η παραπάνω μελέτη αφορούσε μια μικρή περιοχή (υποθέσαμε 3000 καθίσματα σε σύνολο περίπου 70000). Όταν το δίκτυο λειτουργεί ενιαία, οι γειτονικοί σταθμοί συνεργάζονται παραλαμβάνοντας την τυχαιότητα των κλήσεων και εξασφαλίζουν υψηλή ποιότητα επικοινωνίας με λιγότερα φυσικά κανάλια σε σχέση με την ανεξάρτητη λειτουργία. Επιπλέον, στην παραπάνω προσέγγιση θεωρήθηκε ότι όλοι οι συνδρομητές συμμετέχουν στο

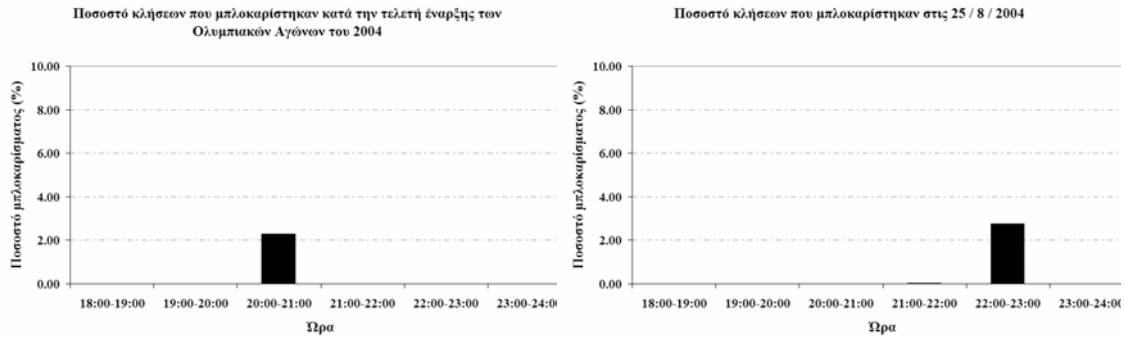
10λεπτο υψηλής κίνησης, κάτι που δεν είναι απαραίτητο να συμβεί, μια που το γεγονός που θα προκαλέσει την αυξημένη κίνηση ενδέχεται να ενδιαφέρει μια μερίδα συνδρομητών (π.χ. τους Έλληνες). Ωστόσο, στην παρούσα ανάλυση έπρεπε να μελετηθούν τα «χειρότερα» σενάρια ώστε να βγουν ασφαλή συμπεράσματα για τα όρια ικανοποιητικής λειτουργίας του δικτύου.



Σχήμα 1. Μεταβολή της πιθανότητας μπλοκαρίσματος συναρτήσει του πλήθους των διαθέσιμων καναλιών (α) για την περιοχή χαμηλής κίνησης κατά την ομαλή λειτουργία του δικτύου, (β) συμπεριλαμβανομένου του εκρηκτικού 10λέπτου, (γ) για την περιοχή με τις δύο ομάδες συνδρομητών κατά την ομαλή λειτουργία και (δ) συμπεριλαμβανομένου του εκρηκτικού 10λέπτου.

5. ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΑΓΩΝΩΝ

Με βάση την προσέγγιση που παρουσιάστηκε, καθορίστηκαν τα απαραίτητα φυσικά κανάλια εντός του Ολυμπιακού Σταδίου κατά την διεξαγωγή των Ολυμπιακών Αγώνων. Το δίκτυο λειτούργησε με απόλυτη επιτυχία, παραλαμβάνοντας το ζητούμενο φορτίο εμφανίζοντας πιθανότητα μπλοκαρίσματος εντός των ορίων που είχαν τεθεί. Χαρακτηριστικά παρατίθενται δύο διαγράμματα που αναπαριστούν την συνολική πιθανότητα μπλοκαρίσματος στο στάδιο, όπως μετρήθηκε την ημέρα της τελετής έναρξης (οπότε και το ζητούμενο φορτίο ήταν μέγιστο) και μία ημέρα στίβου κατά την οποία το στάδιο ήταν γεμάτο (τελικός 200μ).



α β
Σχήμα 2. Πιθανότητα μπλοκαρίσματος στο στάδιο κατά την τελετή έναρξης και μια ημέρα στίβου

Στα παραπάνω δύο διαγράμματα φαίνεται ότι κατά την ώρα αιχμής του δικτύου, η πιθανότητα μπλοκαρίσματος ανέβηκε στο 2.5% και φανερώνει την επιτυχία της σχεδιαστικής προσέγγισης.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο άρθρο αυτό παρουσιάστηκε καταρχήν η μεθοδολογία για τον προσδιορισμό της αναμενόμενης τηλεπικοινωνιακής κίνησης στο Ολυμπιακό Στάδιο κατά την διεξαγωγή των Ολυμπιακών Αγώνων του 2004 και στη συνέχεια ο τρόπος προσδιορισμού των αναγκαίων φυσικών καναλιών. Τα κρίσιμα σημεία υπήρξαν η προσεκτική διαμόρφωση των τηλεπικοινωνιακών χαρακτηριστικών των συνδρομητών, με δεδομένη την απουσία ανάλογου ιστορικού και η κατάλληλη μοντελοποίηση του δικτύου με σκοπό τον προσδιορισμό των αναγκαίων φυσικών πόρων για την παροχή τηλεπικοινωνιακών εφαρμογών υψηλής ποιότητας σε αυτούς τους συνδρομητές. Η επιτυχία των υποθέσεων και της προσέγγισης καθρεπτίζεται στην χαμηλή πιθανότητα μπλοκαρίσματος που σημειώθηκε εντός του σταδίου καθ' όλη τη διάρκεια των Ολυμπιακών Αγώνων. Η ίδια προσέγγιση μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλες περιπτώσεις δικτύων κινητών τηλεπικοινωνιών που χαρακτηρίζονται από υψηλό αναμενόμενο φορτίο και σχετική στατικότητα των συμμετεχόντων, όπως είναι διάφορες αθλητικές συγκεντρώσεις ή πολιτικές συγκεντρώσεις. Στην περίπτωση κινητικότητας των συνδρομητών, πρέπει να εξεταστεί επιπροσθέτως ο μηχανισμός των μεταπομπών, λόγω της διαρκούς μεταβολής των χαρακτηριστικών μιας ραδιοζεύξης και η σχετική σηματοδοσία που αυτός επιφέρει.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να εκφράσουν τις ευχαριστίες τους προς την COSMOTE ΑΕ για την άριστη συνεργασία κατά την πραγματοποίηση αυτής της μελέτης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Dimitriou, A.G., T.G. Vasiliadis and G.D. Sergiadis, "Traffic behavior simulation of a DECT technology network", 3rd Generation International Symposium, Athens 2001.
2. Wolf, R.W., Stochastic Modeling and the Theory of Queues, Prentice-Hall, 1989.