

ΗΥ 440: ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ
Εαρινού εξαμήνου 2002-2003

ΕΡΓΑΣΙΕΣ (PROJECTS)

1. Μελέτη μετάδοσης OFDM

Η μέθοδος OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) είναι μια από τις πλέον επικρατούσες μεθόδους μετάδοσης πληροφορίας, η οποία έχει προταθεί για αρκετά μελλοντικά συστήματα ασύρματων επικοινωνιών, όπως το πρότυπο σύστημα IEEE 802.11a για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLANs) και και το πρότυπο IEEE 802.16 για σταθερή ασύρματη πρόσβαση (Fixed Broadband Wireless Access, FBWA). Στην μέθοδο μετάδοσης OFDM, το διαθέσιμο φάσμα χωρίζεται σε N υπο-κανάλια (sub-channels, sub-carriers) και κάθε σύμβολο προς μετάδοση μεταδίδεται τμηματικά σε περισσότερα από ένα υπο-κανάλια. Π.χ το IEEE 802.11a έχει $N=52$ υποκανάλια. Θα υποθέσουμε ότι ο πομπός έχει τη δυνατότητα να κάνει έλεγχο της ισχύος σε κάθε χρησιμοποιούμενο υπο-κανάλι, και η μέγιστη συνολική ισχύς μετάδοσης σε όλα τα υποκανάλια είναι P .

Στην εργασία αυτή, απαιτείται: (α) η μελέτη, σχεδίαση και προσομοίωση ενός πομπού OFDM για ένα χρήστη. Ο πομπός αποτελείται από συγκεκριμένα τμήματα και θέλουμε να μελετήσουμε την πορεία του σήματος του χρήστη, αρχίζοντας από την πληροφορία (bits) προς μετάδοση του χρήστη και καταλήγοντας στο τελικό σήμα στην έξοδο του πομπού, το οποίο μεταδίδεται στο ασύρματο κανάλι. Το πλέον σημαντικό τμήμα του πομπού είναι αυτό στο οποίο πραγματοποιείται αντίστροφος διακριτός μετασχηματισμός Fourier (Inverse Discrete Fourier transform, IDFT). Απαιτείται η προσομοίωση του συστήματος με κατάλληλο εργαλείο προσομοίωσης. (β) Ο ταχύς μετασχηματισμός Fourier (Fast Fourier Transform, FFT) και πως αυτός χρησιμοποιείται στην μετάδοση OFDM. Προσομοίωση. (γ) Ο εντοπισμός και η μελέτη συγκεκριμένων παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την ποιότητα του μεταδιδόμενου OFDM σήματος. Από αυτές, ειδικότερα θα χρειαστεί ο υπολογισμός του λόγου μέγιστης-προς-μέση ισχύ (Peak-to-Average Power Ratio, PAPR), ο οποίος χρειάζεται να πληρεί συγκεκριμένες προδιαγραφές. Ο λόγος αυτός θα χρειάζεται να υπολογίζεται στο προς μετάδοση σήμα και θα ελέγχεται αν πληρεί τις προδιαγραφές. Θα εντοπιστούν οι λόγοι για τους οποίους απαιτείται η τήρηση τέτοιων προδιαγραφών. (δ) Θα μελετηθεί η εξάρτηση του λόγου PAPR από την ισχύ σε κάθε υπο-κανάλι. Το κομμάτι της προσομοίωσης θα προσδιορίζει επακριβώς την εξάρτηση αυτή. (ε) Στο OFDM, που είναι σύστημα μετάδοσης ευρείας ζώνης, η ποιότητα του κάθε υπο-καναλιού αλλάζει για το χρήστη. Κάποια υποκανάλια είναι προτιμότερα από κάποια άλλα. Θα μελετηθεί η εξάρτηση του λόγου PAPR από το σύνολο των υποκαναλιών που χρησιμοποιεί κάθε χρήστης. (στ) Θα μελετήσουμε την μετάδοση σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα $[0, T]$, το οποίο αποτελείται από ορισμένες χρονο-σχισμές (time-slots). Σε κάθε χρονο-σχισμή η ποιότητα του κάθε υπο-καναλιού θα αλλάζει τυχαία. Θα προταθούν αλγόριθμοι οι οποίοι θα έχουν ως σκοπό τον έλεγχο σε κάθε χρονο-σχισμή της ισχύος μετάδοσης και της ανάθεσης καναλιών

2. Συστήματα Επόμενης γενιάς βασισμένα σε DS-CDMA και σχεδιασμός κωδίκων σε συστήματα DS-CDMA (Code Design in CDMA)

Στο μάθημα μελετήσαμε την μέθοδο πολλαπλής πρόσβασης CDMA. Είδαμε ότι πρωταρχικό ρόλο στην μετάδοση δεδομένων του χρήστη παίζει ο κώδικας (code, signature sequence) του χρήστη. Είδαμε ότι οι κώδικες μπορούν να παραχθούν είτε με ψευδο-τυχαίο τρόπο ή να κατασκευαστούν με ντετερμινιστικό τρόπο (είδαμε διεξοδικά την πρώτη προσέγγιση). Επίσης είχαμε ορίσει τον αριθμό των chips ανά bit ως κέρδος επεξεργασίας του κώδικα και είχαμε δει εκφράσεις του λόγου σήματος-προς-παρεμβολή και θόρυβο στο δέκτη που αντιστοιχεί σε ένα χρήστη, παρουσία πολλαπλών χρηστών, καθένας από τους οποίους χρησιμοποιεί ένα κώδικα.

Η μέθοδος πολλαπλής πρόσβασης σε κώδικα Code Division Multiple Access, CDMA) χρησιμοποιείται ήδη σε συστήματα κινητών επικοινωνιών στην Αμερική και θα χρησιμοποιηθεί σε συστήματα 3^{ης} γενιάς που θα τεθούν σε λειτουργία στο προσεχές μέλλον. Τέτοιες τεχνολογίες είναι τα συστήματα UMTS και cdma2000 που έχουν ως βασική καινοτομία την δυνατότητα παροχής αυξημένων και διαφορετικών ρυθμών μετάδοσης. Το βασικό χαρακτηριστικό τέτοιων συστημάτων είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης κωδίκων με διαφορετικό κέρδος επεξεργασίας, καθώς και η δυνατότητα κάθε χρήστη να χρησιμοποιεί περισσότερους από έναν κώδικα. Ας υποθέσουμε ότι οι κώδικες είναι δυαδικοί, δηλαδή τα chips είναι +1 ή -1 αποκλειστικά. Επίσης, ότι τα πιθανά κέρδη επεξεργασίας είναι δυνάμεις του 2, δηλαδή 2,4,8,16, κ.ο.κ.

Η εργασία αυτή έχει τις εξής απαιτήσεις. (α) Αναλυτική περιγραφή των συστημάτων UMTS και cdma2000 σχετικά με τον τρόπο που λαμβάνει χώρα η μετάδοση. Εντοπισμός των παραμέτρων που μπορούν να προσαρμοστούν για κάθε χρήστη. Επιτεύξιμοι ρυθμοί μετάδοσης. Εντοπισμός πιθανών προβλημάτων και σχόλια στο αν υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης των συστημάτων. (β) Προσομοίωση ενός απλού συστήματος σε ότι αφορά την μετάδοση με συγκεκριμένο αριθμό χρηστών και κωδίκων. Διαφοροποίηση σε ό,τι αφορά την κατεύθυνση καθόδου (από το σταθμό βάσης προς τους χρήστες) και την κατεύθυνση ανόδου (από τους χρήστες προς το σταθμό βάσης). Για αυτό το κομμάτι, υποθέστε ότι δίνονται οι κώδικες, δηλαδή οι δυαδικές ακολουθίες από +1 ή -1. Θεωρήστε ότι οι κώδικες είναι ήδη εκχωρημένοι στους χρήστες. Υποθέστε γενικά διαφορετικά κέρδη επεξεργασίας. Υπολογισμός και ερμηνεία διαφόρων μεγεθών (SINR, ρυθμός μετάδοσης. Θυμηθείτε από το μάθημα το ρόλο της δια-συσχέτισης (cross-correlation) των κωδίκων. (γ) Υποθέστε ότι έχουμε ένα συγκεκριμένο αριθμό χρηστών. Κάθε χρήστης χρησιμοποιεί ένα και μόνο κώδικα, και όλοι οι κώδικες έχουν το ίδιο κέρδος επεξεργασίας. Προτείνετε τρόπους σχεδιασμού επιθυμητών κωδίκων. Να ληφθεί υπόψη η παρεμβολή που προκαλείται μεταξύ χρηστών. (δ) Υποθέστε τώρα ότι χρειάζεται να σχεδιαστεί κάποιος αριθμός κωδίκων, όχι όλοι αναγκαστικά με το ίδιο κέρδος επεξεργασίας. Ποια ζητήματα δημιουργούνται σε αυτή την περίπτωση. (ε) Ο ρόλος του ελέγχου ισχύος στο CDMA. Πως γίνεται στα παραπάνω συστήματα 3^{ης} γενιάς.

3. Αναλυτική μελέτη του συστήματος IEEE 802.11b για ασύρματα τοπικά δίκτυα

Το πρότυπο IEEE 802.11b χρησιμοποιείται ήδη για την μετάδοση πληροφορίας σε χρήστες σε ασύρματα τοπικά δίκτυα. Αυτό το πρότυπο βασίζεται σε τεχνολογία DS-CDMA (Direct-Sequence CDMA), η οποία μελετήθηκε μερικώς στο μάθημα.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η διεξοδική μελέτη του προτύπου. Πιο συγκεκριμένα, χρειάζεται να δοθούν απαντήσεις στα εξής θέματα. (α) Περιγραφή της μετάδοσης δεδομένων με την τεχνολογία DS-CDMA στο πρότυπο IEEE 802.11b. Κώδικες και τρόπος παραγωγής τους. Εκπομπή και λήψη. (β) Μηχανισμός προσδιορισμού (αν υπάρχει) της ποιότητας του ασύρματου καναλιού και τρόποι αναπροσαρμογής της μετάδοσης. Μηχανισμοί εκτίμησης του BER και SINR. (γ) Διαμόρφωση και κωδικοποίηση. (δ) Περιγραφή μηχανισμού ελέγχου ισχύος (αν υπάρχει). Αν δεν υπάρχει, περιγραφή του τρόπου με τον οποίο θα μπορεί να ενσωματωθεί στο σύστημα. (ε) Διαφορετικές μέθοδοι πρόσβασης. (στ) Προβλήματα μεταγωγής (handoff, handover) στο 802.11b

4. Θέματα ασφάλειας πληροφορίας σε ασύρματα δίκτυα ad-hoc: Ανίχνευση επίθεσης (Intrusion Detection)

Στην εποχή μας, όπου ο ρόλος των δικτύων υπολογιστών και της επικοινωνίας μεταξύ τους γίνεται όλο και πιο σημαντικός, είναι επιτακτική η ανάγκη προστασίας τέτοιων συστημάτων από επιθέσεις κακόβουλων χρηστών. Έτσι, υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί πρόληψης επίθεσης (intrusion prevention) (π.χ. ύπαρξη passwords) που παρεμποδίζουν την πρόσβαση σε ευαίσθητες πληροφορίες χωρίς εξουσιοδότηση σε ενσύρματα δίκτυα. Πολύ συχνά όμως, πρόληψη δεν είναι αρκετή από μόνη της. Είναι γενικά αποδεκτό ότι απαιτείται η ύπαρξη μηχανισμών ανίχνευσης επίθεσης (intrusion detection, ID) που θα προστατεύει περισσότερο τέτοια συστήματα. Με τα συστήματα ID, το σύστημα μπορεί να ειδοποιεί σε περίπτωση κακόβουλης επίθεσης, να συλλέγει δεδομένα της επίθεσης, να λαμβάνει αυτόματα ενέργειες προστασίας ή ακόμα και θα αρχίζει ενέργειες αντεπίθεσης.

Η βασική προϋπόθεση για να λειτουργεί ένα σύστημα ανίχνευσης επίθεσης (Intrusion Detection System, IDS) είναι να μπορεί να παρατηρεί την δραστηριότητα χρηστών και προγραμμάτων. Με βάση κάποια δοθέντα (καταμετρημένα) πρότυπα για την ομαλή λειτουργία δραστηριοτήτων τα συστήματα IDS προσπαθούν να εντοπίσουν κάποια ανώμαλη δραστηριότητα. Το αποτέλεσμα τέτοιων δραστηριοτήτων καταμέτρησης είναι η συλλογή δεδομένων για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Για το σκοπό της μελέτης μας, θα υποθέσουμε την ύπαρξη τέτοιων δεδομένων Ένα σοβαρό ανοικτό πρόβλημα σε αυτόν τον τομέα είναι ο εντοπισμός της επίθεσης στο ελάχιστο δυνατό χρονικό διάστημα. Θα υποθέσουμε ότι υπάρχουν δεδομένα ομαλής λειτουργίας του συστήματος, τα οποία μπορεί να παρασταθούν σαν μεγάλα διανύσματα. Αυτά τα διανύσματα αποτελούνται από διάφορα system calls και διαδικασίες που καλούνται σε ένα σύστημα. Στην περίπτωση επίθεσης, αλλάζει η σχετική συχνότητα κάποιων (γνωστών) system calls (δηλαδή στοιχείων των διανυσμάτων) που καλούνται περισσότερο συχνά από το κανονικό.

Τα ασύρματα δίκτυα, και πιο συγκεκριμένα τα ad-hoc δίκτυα, αποτελούνται από ένα σύνολο κόμβων που επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς την αρωγή ενός κεντρικού σημείου, αντίστοιχου του σταθμού βάσης, που πιθανότατα θα εκτελούσε περίπλοκους μηχανισμούς ID. Παράλληλα, οι κόμβοι είναι δυνατό να μην έχουν αποδεκτή ζεύξη με κάποιους άλλους κόμβους. Κόμβοι είναι εισέρχονται και εξέρχονται από το δίκτυο συνεχώς. Επίσης, οι κόμβοι επιτρέπεται να συνεργάζονται απευθείας μεταξύ τους, ανταλλάσσοντας πακέτα. Οι κόμβοι χαρακτηρίζονται από περιορισμένη κατανάλωση ισχύος, λόγω πεπερασμένης ενέργειας των μπαταριών και συνεπώς δεν μπορούν να ενεργοποιήσουν μηχανισμούς ID που απαιτούν σημαντική υπολογιστική ισχύ. Επομένως, υπάρχουν πολλοί λόγοι που εμποδίζουν την εφαρμογή μεθόδων ID ενσύρματων δικτύων σε ασύρματα δίκτυα. Τέλος, στα ασύρματα δίκτυα, οι ζεύξεις μπορεί να υπάρχουν ή όχι, ανάλογα με την κατάσταση του ασύρματου καναλιού. Άλλο θέμα που δημιουργείται, είναι αυτό της έγκαιρης ειδοποίησης όλων των κόμβων σε περίπτωση που ένας κόμβος δεχθεί κακόβουλη επίθεση.

Οι στόχοι αυτής της εργασίας είναι οι εξής: (α) Περιγραφή και συγκριτική μελέτη μεθόδων IDS σε ενσύρματα δίκτυα. Κατηγοριοποίηση. Αρχιτεκτονική συστημάτων IDS.

(β) Ποιες είναι τυχόν αδυναμίες των προταθέντων μεθόδων για ενσύρματα συστήματα. Ποια είναι πιθανόν νέα προβλήματα στην ανίχνευση (σημείωση: επειδή πρόκειται για ανίχνευση σημάτων, θα βοηθούσε και ο αντίστοιχος τομέας από τις τηλεπικοινωνίες). (γ) Υπάρχει η δυνατότητα για διατύπωση αρκετών προβλημάτων. Διατυπώστε μαθηματικά το πρόβλημα εντοπισμού της επίθεσης στον ελάχιστο δυνατό χρόνο ή με την ελάχιστη δυνατή πιθανότητα «λάθος συναγερμού» (false alarm probability). (γ) Πώς μπορούν να βοηθήσουν αλγόριθμοι από τα δίκτυα και τις τηλεπικοινωνίες στην επίλυση ID προβλημάτων. Ως παράδειγμα, διερευνήστε τη χρήση του αλγορίθμου Viterbi από τον τομέα της κωδικοποίησης σε ψηφιακά δίκτυα. (δ) Ποια επιπλέον προβλήματα υπάρχουν στα ασύρματα δίκτυα, τα οποία εμποδίζουν την απευθείας εφαρμογή μεθόδων των ενσύρματων δικτύων. Αναπτύξτε εκτενώς τα νέα χαρακτηριστικά και τις αλλαγές που πρέπει να γίνουν. (ε) Επικέντρωση σε 2 τέτοια προβλήματα, μαθηματική μοντελοποίηση και μελέτη. Ανοικτό ενδεχόμενο για χρήση θεωρίας πιθανοτήτων και στοχαστικών διαδικασιών.

5. Μελέτη χωρικής διαμόρφωσης ισχύος (beam-forming) με έξυπνες κεραιές

Το επόμενο μεγάλο βήμα στα ασύρματα δίκτυα είναι οι λεγόμενες έξυπνες κεραιές. Με τις έξυπνες κεραιές, επιτυγχάνεται κατευθυντική μετάδοση ισχύος προς τον χρήστη που μας ενδιαφέρει, και έτσι η ισχύς μετάδοσης επικεντρώνεται σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Ας σημειωθεί ότι στα συμβατικά χρησιμοποιούμενα συστήματα μετάδοσης, έχουμε ομοιοκατευθυντική εκπομπή ισχύος. Η έξυπνη κεραία αποτελείται από μια σειρά από συμβατικές κεραιές. Το συνολικό διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας μπορεί να μεταβάλλεται δυναμικά. Σε μια έξυπνη κεραία, αποτελούμενη από μια σειρά από συμβατικές ομοιοκατευθυντικές στοιχειοκεραίες, τοποθετημένες κατά μήκος μιας γραμμής, το συνολικό διάγραμμα ακτινοβολίας μπορεί να μεταβάλλεται δυναμικά, αν τα πλάτη και οι φάσεις των ρευμάτων διέγερσης των στοιχειοκεραιών μεταβάλλονται κατάλληλα. Κάθε διάγραμμα ακτινοβολίας μπορεί να αντιστοιχιστεί σε ένα διάνυσμα χωρικής διαμόρφωσης και το διάνυσμα χωρικής διαμόρφωσης μπορεί να είναι τέτοιο, ώστε να στρέφει τον κύριο κατευθυντικό λοβό προς ένα συγκεκριμένο χρήστη. Με αυτή τη μέθοδο χωρικής διαμόρφωσης της ισχύος εκπομπής ανάλογα με τη στιγμιαία θέση των χρηστών, όλη η ισχύς επικεντρώνεται προς τις κατευθύνσεις των χρηστών.

Η δυνατότητα των έξυπνων κεραιών να κατευθύνουν την μετάδοση προς την κατευθυνση κάθε χρήστη οδηγεί στη δημιουργία "χωρικών" καναλιών, δίνοντας έτσι υπόσταση στην ιδέα της πολλαπλής πρόσβασης στο χώρο (Space Division Multiple Access, SDMA). Η μέθοδος SDMA μπορεί να συνδυαστεί με οποιαδήποτε άλλη μέθοδο πολλαπλής πρόσβασης και να επιφέρει τεράστια οφέλη στην χωρητικότητα του συστήματος. Για παράδειγμα, αν συνδυαστεί με TDMA, η ίδια χρονο-θυρίδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ταυτόχρονη μετάδοση σε αρκετούς χρήστες στο ίδιο κελί.

Η θέση, το εύρος και το σχετικό μέγεθος των λοβών είναι συνάρτηση των πλατών και φάσεων των ρευμάτων που διεγείρουν κάθε κεραία. Έτσι, κάθε διάγραμμα εκπομπής αντιστοιχίζεται σε ένα διάνυσμα διαστάσεων $M \times 1$, $\underline{u} = (u_1, u_2, \dots, u_M)^T$, όπου τα $\{u_i\}_{i=1}^M$ είναι μιγαδικοί αριθμοί και $u_i^H u_i = 1$, ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή ισχύς εκπομπής. Οι συμβολισμοί $(\cdot)^T$ και $(\cdot)^H$ ορίζουν το ανάστροφο και αναστροφο-συζυγές ενός διανύσματος. Η θέση κάθε χρήστη σε σχέση με το σημείο πρόσβασης και η ποιότητα του καναλιού του προσδιορίζεται από το $M \times 1$ χωρικό διάνυσμα θέσης του, $\underline{\alpha}$. Αν το σήμα μεταδίδεται μόνο με μια απευθείας (Line-of-sight, LOS) διαδρομή, το χωρικό διάνυσμα θέσης ταυτίζεται με την φυσική θέση του χρήστη. Συνήθως όμως, το σήμα ακολουθεί πολλαπλές διαδρομές λόγω ανακλάσεων και περιθλάσεων, οπότε εμφανίζεται στο δέκτη σε πολλαπλές εκδοχές με διαφορετική χρονική καθυστέρηση μεταξύ τους και με διαφορετική ισχύ. Σε αυτήν την περίπτωση η συνάρτηση μεταφοράς του καναλιού από την κεραία m στο χρήστη είναι $h_m = \sum_{\ell=1}^L \beta_\ell \delta(t - \tau_\ell + \tau_\ell^m)$, όπου L είναι ο αριθμός των μονοπατιών, β_ℓ είναι το πλάτος της ℓ συνιστώσας, τ_ℓ είναι η χρονική καθυστέρηση του ℓ μονοπατιού σχετικά με μια στοιχειοκεραία που θεωρείται ως σημείο αναφοράς και $\delta(t)$ είναι η κρουστική συνάρτηση. Ο παράγοντας

$\tau_\ell^m = \frac{\delta}{c}(m-1)\cos\theta_\ell$ παριστάνει τη χρονική καθυστέρηση μεταξύ της m κεραίας και του σημείου αναφοράς, όπου δ είναι η απόσταση μεταξύ δυο κεραιών, θ_ℓ είναι η γωνία του ℓ μονοπατιού και c είναι η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Τότε, το χωρικό διάνυσμα θέσης υπολογίζεται ως υπέρθεση πολλών συνιστωσών, καθεμία από τις οποίες αντιστοιχεί σε μια διαδρομή. Η m -συνιστώσα του διανύσματος δίνεται ως

$$a_m = \sum_{\ell=1}^L \beta_\ell^* \exp(-j2\pi f_c (-\tau_\ell + \tau_\ell^m))$$

όπου f_c είναι η συχνότητα φέροντος. Ας υποθέσουμε ότι προς στιγμήν ότι στο κανάλι υπάρχει ένας χρήστης στο κανάλι και \underline{a} είναι το διάνυσμα θέσης ενός χρήστη, \underline{u} είναι το διάνυσμα χωρικής διαμόρφωσής του και p είναι η ισχύς μετάδοσης. Εάν d είναι το μεταδιδόμενο σύμβολο για αυτόν τον χρήστη, τότε το λαμβανόμενο σήμα στο δέκτη του χρήστη μπορεί να εκφραστεί ως

$$r = \sqrt{p}(\underline{a}^H \underline{u})d + z,$$

όπου z είναι ο θόρυβος, η διασπορά του οποίου είναι σ^2 . Έστω ότι τα χαρακτηριστικά των L μονοπατιών (γωνίες, εξασθενήσεις, χρονικές καθυστερήσεις) είναι γνωστά στο Σ.Π. Τότε, ο σηματοθορυβικός λόγος στο δέκτη είναι

$$SNR = \frac{p(\underline{u}^H H \underline{u})}{\sigma^2}$$

όπου ο $M \times M$ πίνακας H ορίζεται ως

$$H = \sum_{\ell_1=1}^L \sum_{\ell_2=1}^L \xi_{\ell_1} \xi_{\ell_2}^* \underline{v}(\theta_{\ell_1}) \underline{v}^H(\theta_{\ell_2}),$$

με $\xi_\ell = \beta_\ell \exp(-j2\pi f_c \tau_\ell)$ και $\underline{v}(\cdot)$ το $M \times 1$ διάνυσμα οδήγησης της κεραίας, του οποίου η m συνιστώσα είναι $v^m(\theta_\ell) = \exp(-j2\pi f_c \tau_\ell^m)$.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη ενός πολυ-κυψελωτού συστήματος με πολλά σημεία πρόσβασης (Σ.Π), όπου κάθε Σ.Π έχει δυνατότητες χωρικής διαμόρφωσης. (α) Αναλυτική περιγραφή ενός συστήματος με έξυπνη κεραία και οφέλη από την λειτουργία της. (β) Υποθέστε την ύπαρξη ενός καναλιού, έτσι ώστε οι χρήστες να προκαλούν παρεμβολή ο ένας στον άλλον. Προσομοιώστε το παραπάνω σύστημα με τις έξυπνες κεραιές και όλα τα μεγέθη που αναφέρθηκαν. Προσέξτε ότι κάθε χρήστης έχει διαφορετικό διάνυσμα θέσης σε σχέση με κάθε Σ.Π. Θεωρήστε ένα ασύρματο κανάλι με 2 διαδρομές. (γ) Θεωρήστε ένα γραμμικό δίκτυο, όπου τα Σ.Π είναι τοποθετημένα σε ευθεία γραμμή και οι χρήστες είναι τυχαία κατανομημένοι στο χώρο. Διατυπώστε το πρόβλημα επιλογής Σ.Π από κάθε χρήστη. Εντοπίστε τα κριτήρια που πρέπει να πληρούνται και τον αντικειμενικό στόχο για το παραπάνω πρόβλημα και εξηγήστε. Για παράδειγμα, ένας πρώτος αντικειμενικός στόχος είναι η μεγιστοποίηση του αριθμού των χρηστών που έχουν επιλέξει κάποιο Σ.Π, και το SINR τους υπερβαίνει κάποιο κατώφλι γ . (δ) Προτείνετε αποδοτικούς αλγορίθμους για επίλυση του προβλήματος. Προσομοιώστε. (ε) Διερευνήστε την βιβλιογραφία και προτείνετε νέες κατεθύνσεις διερεύνησης. (στ) Διερευνήστε το πώς μπορούν τα αποτελέσματα να αποτελέσουν μέρος των προτύπων γιατο πρακτικά δίκτυα (π.χ. WLANs). Υπάρχει πρόβλεψη για έξυπνες κεραιές σε υπάρχοντα πρότυπα (802.11a, 802.11b)

6. Δρομολόγηση, Χρονοδρομολόγηση και έλεγχος ισχύος σε ασύρματα ad-hoc δίκτυα για ελαχιστοποίηση ισχύος

Τα ασύρματα ad-hoc δίκτυα είναι ένα είδος δικτύων διαφορετικό από τα κυψελωτά, στα οποία οι κόμβοι μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους χωρίς την υποστήριξη κάποιου σταθμού βάσης. Σε τέτοια δίκτυα, είναι πολύ σημαντικοί οι εξής μηχανισμοί. Στο επίπεδο δικτύου, είναι πολύ σημαντική η δρομολόγηση (routing) πακέτων από τους κόμβους-πηγές προς τους κόμβους-προορισμούς. Η δρομολόγηση γίνεται μέσω άλλων κόμβων. Στο επίπεδο πολλαπλής πρόσβασης μέσου (Medium Access Control, MAC) σημαντική είναι η χρονοδρομολόγηση (scheduling). Ας υποθέσουμε ένα συγκεκριμένο σύστημα πολλαπλής πρόσβασης στο χρόνο (Time Division Multiple Access, TDMA) με N χρονο-σχισμές. Το πρόβλημα που τίθεται είναι ποια ζευγάρια κόμβων (A,B) (τα οποία συνιστούν την ζεύξη (A-> B) θα τοποθετηθούν σε κάθε χρονο-σχισμή. Υποτίθεται ότι στην ζεύξη (A->B) ο πομπός είναι ο A και ο δέκτης είναι ο B. Μπορεί να τοποθετηθούν παραπάνω από ένα τέτοια ζευγάρια, εάν τα κέρδη των αντίστοιχων ζεύξεων είναι τέτοια ώστε ο λόγος σήματος-προς παρεμβολή και θόρυβο (SINR) υπερβαίνει ένα κατώφλι σε κάθε δέκτη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλο έλεγχο ισχύος (power control) των πομπών. Στο μάθημα είχαμε αναφερθεί διεξοδικά στο πρόβλημα του ελέγχου ισχύος για ένα συγκεκριμένο σύνολο ζεύξεων σε ένα κανάλι. Όπως καθίσταται προφανές, είναι απαραίτητο να χρονοδρομολογηθούν όλες οι ζεύξεις που συνιστούν μονοπάτια από τους πομπούς στους δέκτες.

Τα ζητούμενα αυτής της εργασίας είναι. (α) Έκθεση των υπαρχόντων πρωτοκόλλων δρομολόγησης σε ασύρματα ad-hoc δίκτυα. (β) Υποθέτουμε ότι τα μονοπάτια από τις πηγές στους προορισμούς είναι δοσμένα. Διατυπώστε μαθηματικά το πρόβλημα της χρονοδρομολόγησης και έλεγχου ισχύος για ελαχιστοποίηση του συνολικού ποσού παραγόμενης ισχύος. (γ) Προσομοιώστε ένα απλό σύστημα με δεδομένο αριθμό κόμβων, δεδομένα κέρδη (τα οποία προφανώς να μεταβάλλονται τυχαία από σχισμή σε σχισμή) (δ) Προτείνετε 2-3 αλγορίθμους για αποδοτική μετάδοση σε ότι αφορά την καταναλισκόμενη ισχύ. Μελετήστε τις επιδόσεις των αλγορίθμων με αναλυτικό τρόπο και με προσομοίωση. (ε) Υποθέστε ότι τα μονοπάτια από τις πηγές στους προορισμούς δεν είναι προκαθορισμένα. Διατυπώστε το αντίστοιχο πρόβλημα. (στ) Προτείνετε αλγορίθμους για αποδοτική μετάδοση πληροφορίας από την πηγή στον προορισμό. Δεν χρειάζεται εφαρμογή κάποιου υπάρχοντος πρωτοκόλλου δρομολόγησης, μπορούν να προταθούν και άλλες μέθοδοι προώθησης πακέτων.

7. Μελέτη Πρωτοκόλλου Ελέγχου Μεταφοράς (Transport Control Protocol) για ασύρματη ζεύξη

Το επίπεδο TCP βρίσκεται πάνω από το φυσικό και το επίπεδο ελέγχου ζεύξης (Link Layer Control, LLC). Στο επίπεδο LLC, γίνεται η μερική αποκατάσταση λαθών σε πακέτα. Συγκεκριμένα, αν το μεταδιδόμενο πακέτο ληφθεί σωστά από τον πομπό, τότε αυτός στέλνει πίσω στον δέκτη ένα μήνυμα παραδοχής λήψης (acknowledgement, ACK). Σε περίπτωση εσφαλμένης λήψης, στέλνεται αρνητική επιβεβαίωση λήψης (negative acknowledge, NACK) με τον αριθμό του λαθμενούς πακέτου και το πακέτο χρειάζεται να ξαναμεταδοθεί. Τέτοια συστήματα επαναμετάδοσης είναι γνωστά με τον όρο Automatic Repeat Request (ARQ) πρωτόκολλα.

Από την άλλη πλευρά, το επίπεδο TCP έχει τις εξής αρμοδιότητες. Καταρχήν, χρησιμοποιεί το έλεγχο που γίνεται στη διόρθωση λαθών στο επίπεδο LLC με τα πρωτόκολλα ARQ. Επίσης, επιτελεί έλεγχο ροής πακέτων (έτσι ώστε να μην «πλημμυρίσουν» οι καταχωρητές πακέτων στο δέκτη. Σε περίπτωση πολλών κόμβων στο δίκτυο, επιτελεί και έλεγχο συμφόρησης κυκλοφορίας πακέτων, για να μην υπερφορτώνονται οι δρομολογητές σε διάφορα σημεία του δικτύου. Έχουν προταθεί αρκετές εκδοχές του πρωτοκόλλου TCP για ενσύρματα δίκτυα στην βιβλιογραφία. Το πρωτόκολλο TCP εμπεριέχει επίσης αρκετούς μηχανισμούς ελέγχου που ρυθμίζουν τη μετάδοση, ανάλογα με το αποτέλεσμα. Παρόλα αυτά, η εφαρμογή του TCP σε ασύρματες ζεύξεις εμπεριέχει αρκετά προβλήματα. Για παράδειγμα, λόγω των αναπόφευκτων λαθών μετάδοσης στο ασύρματο κανάλι, το πρωτόκολλο TCP συχνά ερμηνεύει τέτοια λάθη ως ενδείξεις συμφόρησης και υπερχειλίσης καταχωρητών, και έτσι αντιδρά μειώνοντας το ρυθμό μετάδοσης, κάτι που έχει ως συνέπεια την χωρίς λόγο ελάττωση της απόδοσης του συστήματος. Είναι προφανές ότι η χρήση TCP ασύρματα δίκτυα χρειάζεται κατάλληλη επικοινωνία μεταξύ των επιπέδων TCP και LLC. Στο ασύρματο κανάλι, ας υποθεθεί ότι τα πακέτα μπορεί να λαμβάνονται σωστά ή λάθος με βάση μια τυχαία μεταβλητή Bernoulli.

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα αυτής της εργασίας είναι τα εξής. (α) Μελέτη και περιγραφή των βασικών ειδών πρωτοκόλλων ARQ που υπάρχουν. Προσομοίωση 2 από αυτών. (β) Αναλυτική περιγραφή και μελέτη του πρωτοκόλλου TCP. Μηχανισμοί ελέγχου και πότε αυτοί ενεργοποιούνται. Παράθυρο προσαρμογής (adaptation window), Round-Trip Time (RTT). (γ) Προσομοίωση πρωτοκόλλου σε ασύρματο κανάλι, όπου θα λαμβάνονται υπόψη αυτά τα χαρακτηριστικά ελέγχου που εντοπίστηκαν, καθώς και η σχέση μεταξύ των δύο επιπέδων (TCP και LLC). (δ) Διεξοδική μελέτη του πρωτοκόλλου TCP/IP. Περιγραφή του πρωτοκόλλου IP (Internet Protocol). (ε) Περιθώρια για βελτίωση του πρωτοκόλλου TCP. Περίπτωση συνεργασίας περισσότερων από ένα επιπέδων για πιο αποδοτική επικοινωνία. Μέτρα απόδοσης του πρωτοκόλλου TCP. (στ) Μαθηματική διατύπωση προβλημάτων ροής (flow control) σε ένα κόμβο. Θεωρήστε το πρόβλημα απλά σε μια ουρά από πακέτα (καταχωρητής).

8. Κώδικες Χώρου-Χρόνου (Space-Time Codes)

Οι κώδικες Χώρου-Χρόνου (X-X) είναι ένας ακόμα τρόπος με τον οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί η ύπαρξη πολλαπλών κεραιών μετάδοσης στον πομπό. Σε αντίθεση με την μέθοδο χωρικής διαμόρφωσης, στους κώδικες Χώρου-Χρόνου δεν απαιτείται η γνώση του καναλιού στον πομπό. Τα τελευταία 3-4 χρόνια έχει γίνει σημαντική πρόοδος σε αυτόν τον τομέα. Συνοπτικά, στους κώδικες Χώρου-Χρόνου ένα σύμβολο προς μετάδοση απεικονίζεται σε ένα διάνυσμα, ο αριθμός των στοιχείων του οποίου ισούται με τον αριθμό των κεραιών που υπάρχουν στον πομπό. Δηλαδή, από διαφορετική κεραία μεταδίδεται (διαφορετικό) σύμβολο του χρήστη. Όταν η ποιότητα των καναλιών από κάθε κεραία στον χρήστη διαφέρει, η μετάδοση με κώδικες Χώρου-Χρόνου οδηγεί σε σημαντικά καλύτερες επιδόσεις.

Σε αυτήν την εργασία θα μελετηθούν τα βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των κωδίκων Χώρου-Χρόνου. Τα αναμενόμενα αποτελέσματα αυτής της εργασίας εντοπίζονται στα εξής: (α) Διευκρίνιση του τρόπου λειτουργίας των κωδίκων Χώρου-Χρόνου και επεξήγηση των ελέγχιμων παραμέτρων που βελτιώνουν την επίδοση του συστήματος. Εξακρίβωση πλεονεκτημάτων των κωδίκων X-X. (β) Μελέτη βιβλιογραφίας και περιγραφή διαφορετικών προσεγγίσεων. (β) Τεχνικές σχεδιασμού Κωδίκων Χώρου-Χρόνου για ένα χρήστη, $M=2$ κεραιές στον πομπό και μια απλή συμβατική κεραία στο χρήστη. Προσομοίωση αυτού του απλού συστήματος. (γ) Διαμόρφωση κριτηρίων για τον βέλτιστο σχεδιασμό κωδίκων στην γενική περίπτωση των $M>2$ κεραιών. (δ) Περαιτέρω διερεύνηση βιβλιογραφίας. (ε) Πιθανές μελλοντικές κατευθύνσεις. (στ) Ζητήματα που προκύπτουν όταν υπάρχουν περισσότεροι από ένας χρήστες.

9. Ασύρματα δίκτυα ad-hoc με έξυπνες κεραίες

Επεξήγηση για τις έξυπνες κεραίες εμπεριέχεται στο κείμενο στην εκφώνηση της εργασίας 5. Επεξήγηση για τα ασύρματα δίκτυα ad-hoc περιέχεται στα κείμενα των εκφωνήσεων των εργασιών 3 και 6. Ουσιαστικά, το βασικό χαρακτηριστικό των έξυπνων κεραιών είναι η δημιουργία ενός κατευθυντικού λοβού προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Στην εργασία αυτή θα ασχοληθούμε με χρήση έξυπνων κεραιών σε ασύρματα δίκτυα ad-hoc. Θα υποθέσουμε τώρα ότι ο κάθε κόμβος έχει δυνατότητα χωρικής διαμόρφωσης κατά την εκπομπή (όπως αναφέρθηκε ήδη στην εκφώνηση της εργασίας 5) αλλά στη λήψη. (με ένα αντίστοιχο διάνυσμα χωρικής διαμόρφωσης $\underline{w} = (w_1, w_2, \dots, w_M)^T$). Η έκφραση του λόγου SINR δίνεται στην βιβλιογραφία. Θα θεωρήσουμε έναν συγκεκριμένο αριθμό κόμβων, καθένας από τους οποίους είναι εφοδιασμένος με M κεραίες. Μια ζεύξη μεταξύ δύο κόμβων υπάρχει αν υπάρχουν χωρικά διανύσματα εκπομπής και λήψης, ώστε να ικανοποιείται το κριτήριο ελαχίστου SINR. Σε αυτήν την εργασία θα μελετήσουμε επίσης θεμελιώδη στοιχεία για την κινητικότητα (mobility) των κόμβων. Υποθέτουμε την ύπαρξη TDMA.

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα από αυτή την εργασία θα είναι: (α) μελέτη μαθηματικών μοντέλων για την κινητικότητα (mobility) των κόμβων. Διερεύνηση της βιβλιογραφίας και χαρακτηρισμός κινητικότητας κόμβων που μπορεί γενικά να κινούνται τυχαία σε διαφορετικές κατευθύνσεις στο επίπεδο. Προσομοίωση του συστήματος. (β) Διερεύνηση του συστήματος με ένα συγκεκριμένο αριθμό κόμβων, καθένας από τους οποίους έχει M κεραίες που μπορεί να χρησιμοποιεί για λήψη ή εκπομπή (αλλά όχι και τα δύο ταυτόχρονα). Διατύπωση συνθηκών για ύπαρξη ενός υποσυνόλου ζευξέων (ζευγαριών πομπού-δέκτη). (γ) Θα μελετηθεί η δρομολόγηση πακέτων και οι τρόποι με τους οποίους επηρεάζονται τα επίπεδα δικτύου και πολλαπλής πρόσβασης μέσου από την ύπαρξη των κεραιών στο φυσικό επίπεδο. (δ) Θα προταθούν αλγόριθμοι που μπορούν να επιτυγχάνουν καλές επιδόσεις σε ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω επίπεδα.

10. Ασφάλεια σε ασύρματα δίκτυα

Η εργασία αυτή είναι διαφορετική από την εργασία 4, με την έννοια ότι θα χρειαστεί μια γενική θεώρηση της έννοιας της ασφάλειας για ασύρματα δίκτυα (στα οποία το μέσο διάδοσης ευνοεί το κρυφάκουσμα (eavesdropping) και τις διάφορες είδους επιθέσεις.

Ενδεικτικά αναμενόμενα αποτελέσματα αυτής της εργασίας μπορεί να είναι (α) διαχωριστικά χαρακτηριστικά της έννοιας της ασφάλειας σε ασύρματα και ενσύρματα δίκτυα. Πως μπορεί πιθανό να αλλάζουν έννοιες κρυπτογραφίας σε ασύρματο μέσο διάδοσης. Τι επιπλέον προβλήματα δημιουργούνται από τα ζητήματα του κρυμμένου/εκτεθειμένου κόμβου (hidden/exposed node) στα ασύρματα δίκτυα. (β) Τι υπάρχοντα συστήματα ασφάλειας υλοποιούνται σήμερα σε ασύρματα περιβάλλοντα (για παράδειγμα στα WLANs). Αναλυτική περιγραφή. (γ) Πρόβλεψη για τυχόν ασφάλεια που υπάρχει στο IEEE 802.11 και στο 802.11b (Wi-Fi). (δ) Περιγραφή του πρωτοκόλλου WEP (Wireless Equivalent Privacy). (ε) Αλλαγές που απαιτούνται ανάλογα με το αν υπάρχει ή όχι κεντρική μονάδα (π.χ. σημείο πρόσβασης) ή όχι. (στ) Τελευταία υπάρχουν διστάμενες απόψεις ότι η ασφάλεια στα ασύρματα δίκτυα πρέπει να λειτουργεί ενσωματωμένη με πρωτόκολλα στο επίπεδο πολλαπλής πρόσβασης μέσου (Media Access Control, MAC) ή σε άλλο ανώτερο επίπεδο. Ανάπτυξη επιχειρηματολογίας για τον τρόπο υλοποίησης ασφάλειας σε διάφορα επίπεδα και έκθεση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων της κάθε προσέγγισης.

11. Γρήγορη προσομοίωση μοντέλων τηλεπικοινωνιακής κίνησης

Στο κοντινό μέλλον τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα θα υποστηρίζουν ποικιλία εφαρμογών, με διαφορετικές απαιτήσεις για ποιότητα υπηρεσίας (QoS) που συχνά είναι πολύ αυστηρές. Για παράδειγμα ένας αλγόριθμος αποδοχής κλήσεων αντιμετωπίζει το σχετικό πρόβλημα αποδοχής ή όχι νέων συνδέσεων, δεδομένου ότι η πιθανότητα απώλειας πακέτων μιας εφαρμογής πρέπει να παραμείνει σε (πολύ χαμηλά) ανεκτά επίπεδα, π.χ. μικρότερη από 10^{-9} . Σε ένα μεταγωγέα (switch) ενδιαφερόμαστε να προσδιορίσουμε το μέγεθος των ενταμιευτών έτσι ώστε η πιθανότητα απώλειας πακέτων να είναι πολύ μικρή, π.χ. της τάξης 10^{-9} . Συχνά, η μελέτη προβλημάτων παροχής στατιστικών εγγυήσεων για ποιότητα υπηρεσίας μπορεί να γίνει μόνο μέσω προσομοίωσης. Όμως, πόσο εφικτή είναι η χρήση προσομοίωσης για την εκτίμηση τόσο μικρών πιθανοτήτων; Καθώς η πιθανότητα του σπάνιου γεγονότος που ενδιαφέρει ελαττώνεται, ο απαιτούμενος χρόνος προσομοίωσης αυξάνεται, και γίνεται πολλές φορές τόσο μεγάλος, που καθιστά την απευθείας προσομοίωση του συστήματος απαγορευτική. Η εξαγωγή συμπερασμάτων μέσω προσομοίωσης είναι τότε αδύνατη. Υπάρχουν τεχνικές για «γρήγορη» προσομοίωση (fast simulation) και εκτίμηση πολύ μικρών πιθανοτήτων σε εύλογο χρονικό διάστημα; Ναι, και μια κατηγορία τεχνικών που επιτρέπουν την γρήγορη εκτίμηση μικρών πιθανοτήτων με μεγάλη ακρίβεια είναι γνωστή με το γενικό όρο importance sampling (IS).

Η εργασία αφορά στην ανασκόπηση τεχνικών IS, και στην εφαρμογή τους στη γρήγορη προσομοίωση συστημάτων αναμονής. Τεχνικές γρήγορης προσομοίωσης μπορούν να αναπτυχθούν, π.χ., για:

1. Σύστημα αναμονής M/M/1.
2. Σύστημα αναμονής M/G/1.
3. Σύστημα αναμονής GI/GI/1.
4. Σύστημα αναμονής G/G/1.

Περισσότερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν εφαρμογές τεχνικών IS σε συστήματα με «εκρηκτικές» (bursty) διαδικασίες αφίξεων. Τέτοιες τυχαίες διαδικασίες αναπαριστούν ικανοποιητικά την μακρά μνήμη και αυτοόμοια (self-similar) υφή που παρουσιάζει η κίνηση σε τηλεπικοινωνιακά δίκτυα. Το αναμονητικό σύστημα χρησιμεύει ως στοιχειώδες μοντέλο ενός δικτυακού πολυπλέκτη. Η ανάλυση του συστήματος χρησιμοποιεί στοιχεία από τη θεωρία μεγάλων αποκλίσεων (large deviations). Στις περισσότερες περιπτώσεις προσδιορίζεται η εκθετική σταθερά απόσβεσης της πιθανότητας υπερχειλίσης του ενταμιευτή, καθώς το μέγεθος του ενταμιευτή αυξάνεται (και η πιθανότητα υπερχειλίσης ελαττώνεται). Επιπλέον, η ανάλυση συχνά υποδεικνύει και τον τρόπο με τον οποίο οι τεχνικές IS πρέπει να εφαρμοστούν, ώστε να οδηγήσουν σε βέλτιστη γρήγορη προσομοίωση του αναμονητικού συστήματος. Επιδίωξη της εργασίας είναι να υλοποιηθούν αλγόριθμοι γρήγορης προσομοίωσης, και να συγκριθούν τα αποτελέσματα της γρήγορης προσομοίωσης με αυτά της απευθείας προσομοίωσης (όποτε τέτοια αποτελέσματα είναι διαθέσιμα). Θα επιβεβαιωθεί η ακρίβεια των τεχνικών IS, και θα καταδειχθούν τα οφέλη (τάξη μεγέθους εξοικονόμησης υπολογιστικού χρόνου) από την εφαρμογή τους.

12. Μελέτη κίνησης δικτύου Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Θα παρουσιαστεί η τοπολογία του δικτύου του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, (δρομολογητές, σύνδεσμοι, χωρητικότητες, κτλ) και θα συλλεγούν στατιστικά στοιχεία που αφορούν στη δικτυακή κίνηση από το Κέντρο Δικτύου. Με βάση αυτά ενδιαφερόμαστε να κατανοήσουμε τα κύρια χαρακτηριστικά της κίνησης, και το φόρτο που επιβάλλει στο δίκτυο. Τι εργαλεία υπάρχουν για την καταγραφή και παρακολούθηση της κίνησης, τι πληροφορίες και τι λεπτομέρεια ανάλυσης προσφέρουν; Σε ποιους συνδέσμους παρουσιάζεται η περισσότερη κίνηση; Θα ήταν σκόπιμο να αναβαθμιστούν κάποιες γραμμές; Υπάρχουν περιοδικότητες στη δικτυακή κίνηση, και σε ποιες συχνότητες; Υπάρχουν μακρόχρονες τάσεις (αύξησης, μείωσης) της κίνησης στους συνδέσμους; Παρουσιάζει η κίνηση συσχετίσεις; Τι επιμέρους συνεισφορά έχουν διάφορα πρωτόκολλα (όπως HTTP) στην συνολική κίνηση; Υπάρχει περιεχόμενο στο δίκτυο που είναι δημοφιλές και διακινείται περισσότερο; Μπορεί να μοντελοποιηθεί ικανοποιητικά η κίνηση; Μπορεί να προβλεφθεί αξιόπιστα η κίνηση στο προσεχές μέλλον;

Ενδεικτικά στατιστικά στοιχεία σχετικά με τη δικτυακή κίνηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας είναι διαθέσιμα στην ιστοσελίδα
<http://www.noc.uth.gr/main/mrtg/index.html>

13. Χρονοδρομολόγηση για κοινή χρήση του καναλιού σε ασύρματα τοπικά δίκτυα

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (πρωτοκόλλου 802.11) πρόκειται να υποστηρίξουν, εκτός από μεταφορά δεδομένων, και μεταφορά φωνής και κινούμενης εικόνας. Είναι τότε απαραίτητο να προσφέρονται εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσίας (QoS) σχετικές με το ρυθμό μετάδοσης, το ρυθμό λαθών, ή την καθυστέρηση, ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση εφαρμογών πολυμέσων στους τελικούς χρήστες.

Ειδικότερα, ένα πρόβλημα που αφορά στην παροχή QoS είναι αυτό της κοινής χρήσης ενός ασύρματου καναλιού από πολλούς χρήστες, ή κλάσεις χρηστών, με διαφορετικές απαιτήσεις για ρυθμό μετάδοσης (ή για μέγιστη καθυστέρηση) των πακέτων. Σε ενσύρματα δίκτυα έχουν προταθεί αλγόριθμοι για «δίκαια» κοινή χρήση ενός συνδέσμου μεταξύ πολλαπλών κλάσεων χρηστών, συχνά παραλλάσσοντας τη χρονοδρομολόγηση GPS (generalised processor sharing). Τέτοιοι αλγόριθμοι έχουν ήδη έχουν υλοποιηθεί σε εμπορικούς μεταγωγείς (switches). Σε ασύρματα δίκτυα παρουσιάζονται επιπρόσθετα προβλήματα, λόγω της φύσης του ασύρματου καναλιού. Σκοπός της εργασίας είναι να γίνει ανασκόπηση των υπαρχόντων αλγορίθμων για ενσύρματα και ασύρματα δίκτυα. Πχ, τι είναι GPS, WRR, WFQ, W²FQ, IWFQ, CIFO; Πως εννοείται το «δίκαιο» μεριδίο εύρους ζώνης; Στη συνέχεια θα αξιολογηθεί ποιοι αλγόριθμοι (ή παραλλαγές τους) θα ήταν κατάλληλοι να χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο κοινής χρήσης ενός καναλιού με βάση το πρότυπο 802.11.

14. Τιμολόγηση υπηρεσιών και πόρων στο διαδίκτυο (Pricing)

Το βασικό χαρακτηριστικό των επόμενων γενεών στις τηλεπικοινωνίες είναι η δυνατότητα για μετάδοση διαφορετικού είδους πληροφορίας μεταξύ χρηστών ή μεταξύ χρήστη και δικτύου. Ένα επίσης βασικό χαρακτηριστικό στην αγορά των τηλεπικοινωνιών είναι η πολυφωνία που παρατηρείται πρόσφατα σε ότι αφορά την παροχή υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών. Λόγω της κατάστασης που διαμορφώνεται, ένα θέμα το οποίο απασχολεί τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς και παροχείς δικτυακών υπηρεσιών είναι το θέμα της τιμολόγησης. Η τιμολόγηση, μέσω των κινήτρων που παρέχει στους χρήστες του δικτύου, αποτελεί αφ'ενός μεν μέθοδο είσπραξης του κόστους λειτουργίας του δικτύου, αφ'ετέρου δε, βασικό παράγοντα ευστάθειας και μηχανισμό ελέγχου της συμφόρησης κίνησης. Σωστά διαμορφωμένες ταρίφες και μηχανισμοί χρέωσης συντελούν στην βέλτιστη κατανομή των δικτυακών πόρων από οικονομικής σκοπιάς, και αυξάνουν την συνολική ευημερία του δικτύου και των χρηστών του, συντελώντας στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας του παροχέα της υπηρεσίας.

Μια απλή πρώτη σκέψη σχετικά με την τιμολόγηση είναι ότι απαιτείται διαφορετική αντιμετώπιση και κοστολόγηση διαφορετικών υπηρεσιών προς το χρήστη εφ' όσον θα υπάρχει σχετική ποικιλία παρεχόμενων υπηρεσιών. Το διαδίκτυο αποτελεί ένα πρώτο παράδειγμα. Οι χρήστες μπορεί να χρεώνονται για μια υπηρεσία ανάλογα με την διάρκεια που την χρησιμοποιούν, ανάλογα με το μέγεθος που σχετίζεται με τη χρήση της υπηρεσίας (π.χ. για να 'κατεβάσουν' μια εικόνα από το διαδίκτυο θα χρεώνονται περισσότερο από το να κατεβάζουν ένα απλό αρχείο δεδομένων). Το σύστημα κοστολόγησης με τον παροχέα υπηρεσιών και τους χρήστες είναι δυναμικό με την έννοια ότι οι χρήστες εκφράζουν τις προτιμήσεις τους σε διάφορους παροχείς και υπηρεσίες και αυτοί με τη σειρά τους αναδιαμορφώνουν την ταρίφα τιμολόγησης. Υπάρχουν διάφορα μοντέλα κοστολόγησης, το βασικότερο από τα οποία είναι αυτό της επίπεδης κοστολόγησης (flat pricing), σύμφωνα με το οποίο όλες οι υπηρεσίες χρεώνονται το ίδιο για όλους τους χρήστες. Όμως, διάφορα άλλα μοντέλα τιμολόγησης είναι διαφορετικά ως προς τις υπηρεσίες που καταναλώνουν περισσότερο εύρος ζώνης ή χρεώνουν περισσότερο χρήστες που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν περισσότερο για κάποιες υπηρεσίες. Ο απώτερος σκοπός από την πλευρά του παροχέα υπηρεσιών είναι η μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους.

Μερικά από τα ζητούμενα σε αυτήν την εργασία μπορεί να είναι: (α) Αναγνώριση των διαφορετικών μεθόδων τιμολόγησης υπηρεσιών και πλεονεκτήματα/μεινεκτήματα καθεμιάς. Πώς διαφέρει ο τρόπος τιμολόγησης τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών από αυτόν άλλων αγαθών. (β) Ποιες είναι οι παράμετροι που επηρεάζουν την τιμολόγηση σε μια (ενσύρματη καταρχήν) ζεύξη. Τι μπορεί να είναι διαφορετικό σε ασύρματη ζεύξη. (γ) Πως υπεισέρχεται το θέμα της ανάθεσης διαθέσιμων πόρων (π.χ φάσμα για μετάδοση) στους χρήστες και πως συσχετίζεται με το πρόβλημα της τιμολόγησης. (δ) Υπάρχοντα και προτεινόμενα μοντέλα για τιμολόγηση στο διαδίκτυο. Προτεινόμενες μέθοδοι τιμολόγησης σε ασύρματα δίκτυα επόμενης γενιάς. (ε) Διερεύνηση της σχέσης τιμολόγησης με διάφορα οικονομικά μοντέλα (π.χ προσφοράς-ζήτησης κλπ). (στ) Προβλήματα βελτιστοποίησης που εμφανίζονται. (ζ) Πως η τιμολόγηση μπορεί να επηρεάσει τον έλεγχο συμφόρησης (congestion) τηλεπικοινωνιακής κίνησης στο δίκτυο.

15. Software radios: αλγόριθμοι και εφαρμογές

Το βασικό χαρακτηριστικό του σύγχρονου τοπίου των τηλεπικοινωνιών είναι η ύπαρξη πολλών και διαφορετικών standards που καθιστά δύσκολη την κατασκευή συσκευών που να υποστηρίζουν πολλαπλές υπάρχουσες τεχνολογίες. Η πρόοδος στον τομέα της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος προσφέρει τη δυνατότητα για σχεδίαση ευέλικτων radios. Με αυτόν τον τρόπο, αρκετές από τις υπάρχουσες λειτουργίες ενός πομπού ή δέκτη που ως τώρα σχεδιάζονται σε υλικό (hardware) είναι πλέον δυνατό να σχεδιαστούν με ενοποιημένο τρόπο σε λογισμικό (software), απ' όπου και ο όρος software radios. Μια από τις βασικές ιδέες των software radios είναι επίσης η επέκταση της ψηφιακής επεξεργασίας σήματος προς το μέρος της κεραίας σε σημεία όπου ως τώρα χρησιμοποιείται αναλογική επεξεργασία.

Μερικά από τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας είναι τα εξής: (α) Πλήρης μελέτη των διαφόρων σταδίων από τις οποίες περνάει το ψηφιακό σήμα από της σταγμή παραγωγής του ως τη μετάδοσή του από την κεραία σε έναν κλασικό ψηφιακό πομπό. Δηλαδή κωδικοποίηση, διαμόρφωση, ανέμβαση σε συχνότητα, μίξη, D/A μετατροπή, RF/IF κομμάτια, κλπ. Ανάλογη μελέτη της πορείας του σήματος για ένα ψηφιακό δέκτη (LNA, ισοστάθμιση, αποκωδικοποίηση, αποδιαμόρφωση, ταλαντωτές, A/D μετατροπή, κλπ). (β) Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των software radios. Συνοπτική περιγραφή. Περιγραφή των digital front-ends, του πομπού και δέκτη. Λειτουργία με ελάχιστο μέρος αναλογικής επεξεργασίας. (γ) Περιγραφή των γλώσσων προγραμματισμού για hardware HDL (Hardware Description Language), VHDL, Unified Modelling Language (UML). (δ) Ο ρόλος της γλώσσας προγραμματισμού Java στο σχεδιασμό software radios. Παραδείγματα και εφαρμογές. (ε) Το ζήτημα της κατανάλωσης ισχύος σε συστήματα υλικού. Σχεδίαση κυκλωμάτων VLSI με χαμηλή κατανάλωση ισχύος (low power consumption). (στ) Μελέτη και σύγκριση υπαρχόντων συστημάτων που χρησιμοποιούν software radios και έρευνα αγοράς. Συστήματα software radio (SPEAKeasy, En Via, Wireless Information Transfer System (WITS), SpectrumWare, CHARLOT, κλπ). (ζ) Έννοια του επαναδιαμορφούμενου (reconfigurable) radio. Σχέση με το software radio. (η) ενδεχόμενα ζητήματα προς λύση που εγείρονται σε συστήματα software radios.