

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής

Διπλωματικές Εργασίες 2013-2014

Εμμανουήλ Βαρβαρίγος, Καθηγητής

Θέμα 1: Μελέτη σε αρχιτεκτονικές κινητών δικτύων 4^{ης} και ύστερης γενιάς με έμφαση στη διαχείριση πόρων σε επικοινωνίες μεταξύ μηχανών (M2M)

Keywords: radio resource management (RRM), QoS, machine-to-machine (M2M) communications, human-to-human (H2H) communications, scheduling, Internet of Things (IoT)

Στο διαδίκτυο του μέλλοντος (Future Internet) αναμένεται να συνδέεται ένας τεράστιος αριθμός υπολογιστικών συσκευών και μηχανών, πολλές τάξεις μεγέθους μεγαλύτερος σε σχέση με τις υπάρχουσες δικτυακές τεχνολογίες. Αυτό το επονομάζόμενο και ως Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) αναμένεται να διαχειρίζεται πολύ μεγαλύτερες σε όγκο και ασύμβατες σε φύση ροές πληροφοριών και δεδομένων. Ο τομέας των επικοινωνιών μεταξύ μηχανών (machine-to-machine communications) θα παίξει καθοριστικό ρόλο σε αυτές τις εξελίξεις και έτσι γίνεται ολοένα και περισσότερο προφανής η ανάγκη για βελτιώσεις σε υπάρχουσες λύσεις τόσο σε επίπεδο αρχιτεκτονικής όσο και προτεινόμενων αλγορίθμων.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής θα μελετηθούν καινοτόμες αρχιτεκτονικές για τη σταδιακή μετάβαση της χρήσης των δικτύων κινητής τηλεφωνίας από άνθρωπο-σε-άνθρωπο (human-to-human) εφαρμογές σε ένα συνδυασμό H2H/M2M και θα εξεταστούν αλγόριθμοι αποτελεσματικής διαχείρισης των πόρων (resource management) του συστήματος ώστε να ικανοποιείται η ζητούμενη ποιότητα εξυπηρέτησης (Quality of Service). Τέλος, θα αξιολογηθούν αλγόριθμοι χρονοπρογραμματισμού (scheduling) σε LTE δίκτυα κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιώντας τεχνικές προσομοίωσης σε περιβάλλον C/C++ ή σε κάποιο παρεμφερές κατ' επιλογήν του φοιτητή.

Γενικά: Βασικές γνώσεις κινητών δικτύων επικοινωνιών. Εμπειρία σε περιβάλλοντα προσομοίωσης δικτύων.

Μαθήματα: Δίκτυα Υπολογιστών, Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών, Προχωρημένα θέματα Δικτύων, Δίκτυα Δημόσιας Χρήσης και Διασύνδεση Δικτύων.

Προγραμματισμός: C/C++

Σχετική βιβλιογραφία:

- M. Dohler, T. Watteyne, and J. Alonso, "Machine-to-Machine: An Emerging Communication Paradigm," Tutorial, PIMRC 2010, 26 Sept. 2010, Istanbul, Turkey; also at Globecom 2010, Miami 2010, USA.

- A. G. Gotsis, A. S. Lioumpas and A. Alexiou, "M2M Scheduling over LTE: Challenges and new Perspectives," IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 7, no. 3, pp. 34-39, Sept. 2012.

- 3GPP TS 22.368 v12.1.0, "Service requirements for Machine-Type Communications (MTC) Stage 1", Release 12, Dec. 2012

Θέμα 2: Τεχνο-οικονομική μελέτη σε καινοτόμες αρχιτεκτονικές για έξυπνα ενεργειακά δίκτυα του μέλλοντος με έμφαση σε αλγορίθμους και μοντέλα τιμολόγησης.

Keywords: smart grid, micro-grids, pricing model, auction-based market, renewable energy sources, distributed electricity market, demand response, decision making.

Τα ενεργειακά θέματα αναδεικνύονται σε προβλήματα μείζονος σημασίας για την αιφόρο/βιώσιμη ανάπτυξη του πλανήτη και την προστασία του περιβάλλοντος. Οι υπάρχουσες και εφαρμοζόμενες

πολιτικές απόδοσης κινητήρων σε παραγωγούς ενέργειας για χρησιμοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (renewable energy resources) μέσω επιχορηγήσεων (subsidy feed-in tariff policies) δεν έχει αποφέρει τα προσδοκώμενα αποτελέσματα μέχρι στιγμής. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω του υψηλού ενεργειακού κόστους ιδιαίτερα στις περιπτώσεις σχετικά υψηλής χρησιμοποίησης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που είναι και το ζητούμενο για τη μελλοντική βιωσιμότητα των ενεργειακών συστημάτων. Επιπρόσθετα, η υπάρχουσα κεντροποιημένη αγορά ενέργειας εμποδίζει τους μικρούς και πολύ μικρούς παραγωγούς ενέργειας να συμμετέχουν στην αγορά.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής θα μελετηθούν καινοτόμες αποκεντρωμένες (distributed) αρχιτεκτονικές για έξυπνα ενεργειακά δίκτυα (smart grids), όπως εικονικά μικροδίκτυα ενέργειας (virtual power plants, virtual microgrids, κλπ). Σε αυτές τις αρχιτεκτονικές, παρέχεται η δυνατότητα σε μικρούς παραγωγούς ενέργειας να συμμετέχουν στην ελεύθερη αγορά ενέργειας σχηματίζοντας δυναμικές ομάδες παραγωγών με αποτέλεσμα να πετυχαίνεται μεγαλύτερη συνολική εξοικονόμηση ενέργειας, μείωση των λογαριασμών ρεύματος των χρηστών, εξισορρόπηση του ηλεκτρικού φορτίου αφού η κατανάλωση γίνεται με βάση την τρέχουσα ζήτηση, κλπ. Επίσης, θα εξεταστούν αλγόριθμοι λήψης απόφασης (decision making) προκειμένου να αποφασίζεται δυναμικά και αποδοτικά η συμμετοχή ενός παραγωγού στην αγορά ενέργειας με βάσει το προφίλ του και τις διάφορες επιλογές που έχει ανά δεδομένη χρονική στιγμή.

Γενικά: Βασικές γνώσεις κινητών δικτύων επικοινωνιών και θεωρίας παιγνίων. Εμπειρία σε περιβάλλοντα προσομοίωσης δικτύων.

Μαθήματα: Δίκτυα Υπολογιστών, Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών, Οικονομική θεωρία & αλγόριθμοι, Προχωρημένα θέματα Δικτύων.

Προγραμματισμός: C/C++, Matlab

Σχετική βιβλιογραφία:

- X. Fang, S. Misra, G. Xue, D. Yang, "Smart Grid - The New and Improved Power Grid: A Survey," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 14(4), pp.944-980, 2012.

- W. Saad, Z. Han, H.V. Poor, and T. Basar, "Game Theoretic Methods for the Smart Grid", In Proceedings of CoRR. 2012.

Θέμα 3: Βιβλιογραφική μελέτη σε αρχιτεκτονικές κινητών υπολογιστικών νεφών (mobile clouds) με έμφαση στη διαχείριση εικονικών δικτυακών και υπολογιστικών πόρων.

Keywords: mobile cloud computing, virtualization, virtual resources management, cloudlet, virtual machine migration, heterogeneous wireless networks, QoS

Οι σύγχρονες κινητές και ασύρματες δικτυακές τεχνολογίες έχουν γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς μας και αναπτύσσονται συνεχώς με αυξανόμενους ρυθμούς τα τελευταία χρόνια. Επίσης πρόσφατα, οι τεχνολογίες των υπολογιστικών νεφών (cloud computing) βρίσκουν πολλές εφαρμογές στη βιομηχανία τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών και έχουν επιφέρει αντίστοιχη τεχνολογική επανάσταση. Με βάση τα παραπάνω, πιστεύεται ότι ένας συνδυασμός αυτών των δύο τεχνολογικών επαναστάσεων που συνοψίζεται στον όρο «κινητά υπολογιστικά νέφη» (mobile cloud computing) μπορεί να ωθήσει ακόμα περισσότερο την τεχνολογική ανάπτυξη με βάση τη λογική της συνεχούς τάσης για ενοποίηση των υπάρχοντων δικτυακών και υπολογιστικών συστημάτων. Για να γίνει αυτό το όραμα πραγματικότητα, είναι αναγκαία η βελτίωση των υπάρχουσών λύσεων τόσο σε επίπεδο αρχιτεκτονικής όσο και προτεινόμενων αλγορίθμων διαχείρισης πόρων.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής θα μελετηθούν καινοτόμες αρχιτεκτονικές κινητών υπολογιστικών νεφών και θα εξεταστούν αλγόριθμοι συνδυαστικής διαχείρισης τόσο των διαθέσιμων δικτυακών όσο και των υπολογιστικών εικονικών πόρων (virtual resource management) του συστήματος ώστε να ικανοποιείται η ζητούμενη ποιότητα εξυπηρέτησης (Quality of Service). Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων θα χρησιμοποιηθούν τεχνικές προσομοίωσης σε περιβάλλον C/C++ ή σε κάποιο παρεμφερές κατ' επιλογήν του φοιτητή.

Γενικά: Βασικές γνώσεις κινητών δικτύων επικοινωνιών Εμπειρία σε περιβάλλοντα προσομοίωσης δικτύων.

Μαθήματα: Δίκτυα Υπολογιστών, Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών, Προχωρημένα θέματα Δικτύων, Δίκτυα Δημόσιας Χρήσης και Διασύνδεση Δικτύων.

Προγραμματισμός: C/C++

Σχετική βιβλιογραφία:

- H. T. Dinh, C. Lee, D. Niyato and P. Wang, "A Survey of Mobile Cloud Computing: Architecture, Applications, and Approaches", Wiley Wireless Communications and Mobile Computing (WCWC), doi: 10.1002/wcm.1203.

- M. Satyanarayanan, P. Bahl, R. Caceres and N. Davies, "The Case for VM-based Cloudlets in Mobile Computing", IEEE Pervasive Computing Journal, vol. 8, no. 4, pp. 14-23, 2009.

- P. Makris, D. N. Skoutas and C. Skianis, "On Networking and Computing Environments' Integration: A Novel Mobile Cloud Resources Provisioning Approach", IEEE International Conference on Telecommunications and Multimedia (TEMU 2012), 30/07-01/08, Crete, Greece.

Θέμα 4: Υλοποίηση μαθηματο-εвриστικού (math-heuristic) αλγορίθμου δρομολόγησης και ανάθεσης φάσματος (routing and spectrum allocation) για ελαστικά δίκτυα οπτικών ινών

Keywords: optical networks, routing and spectrum allocation, NP-complete, mathematical programming, integer linear programming, heuristic

Τα ελαστικά δίκτυα οπτικών ινών (flexible or elastic optical network) προσφέρουν ευελιξία στον τρόπο ανάθεσης χωρητικότητας στις συνδέσεις και θεωρούνται ως η επικρατέστερη λύση για τα δίκτυα κορμού (core/backbone) επόμενης γενιάς. Για την εγκατάσταση μιας σύνδεσης σε ένα ελαστικό οπτικό δίκτυο πρέπει να βρεθεί ένα μονοπάτι και να ανατεθούν σχισμές συχνοτήτων (spectrum slots) σε όλους τους συνδέσμους του μονοπατιού αυτού. Το πρόβλημα εγκατάστασης πολλαπλών συνδέσεων σε ελαστικά οπτικά δίκτυα ονομάζεται πρόβλημα στατικής δρομολόγησης και ανάθεσης φάσματος (offline routing and spectrum allocation) και αποτελεί πρόβλημα συνδυαστικής βελτιστοποίησης και είναι υπολογιστικά δύσκολο (NP-complete). Αλγόριθμοι που βασίζονται στην μέθοδο του ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού (integer linear programming – ILP), καθώς και ευριστικοί και μετα-ευριστικοί αλγόριθμοι έχουν χρησιμοποιηθεί στην βιβλιογραφία. Μια σχετικά νέα κλάση αλγορίθμων που ονομάζονται μαθηματο-εвриστικοί (math-heuristic) αλγόριθμοι έχει εφαρμοστεί με επιτυχία στην επίλυση δύσκολων προβλημάτων. Σκοπός της εργασίας είναι η υλοποίηση ενός μαθηματο-εвриστικού αλγορίθμου για την επίλυση του στατικού προβλήματος δρομολόγησης και ανάθεσης φάσματος σε ελαστικά οπτικά δίκτυα.

Επιθυμητές Γνώσεις: Matlab, δίκτυα, αλγόριθμοι

Βιβλιογραφικές αναφορές:

- K. Christodouloupoulos, I. Tomkos, E.A. Varvarigos, "Elastic Bandwidth Allocation in Flexible OFDM-Based Optical Networks", IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology, 29 (9), pp.1354-1366, May, 2011.

- J. Puchinger, G. R. Raidl, S. Pirkwieser, "MetaBoosting: Enhancing Integer Programming Techniques by Metaheuristics", Mathheuristics, Annals of Information Systems Volume 10, pp 71-102, 2010.

Θέμα 5: Προσομοίωση δικτύου κέντρου δεδομένων (Data Center)

Keywords: Data centers, Interconnection networks, simulation, scalability

Τα κέντρα δεδομένων είναι κτίρια που στεγάζουν έναν μεγάλο (έως τεράστιο) αριθμό υπολογιστών. Οι υπολογιστές αυτοί χρησιμοποιούνται είτε για συγκεκριμένες εφαρμογές από εταιρίες, είτε προσφέρονται σαν υπηρεσίες υπολογιστικού σύννεφου (Cloud computing) δηλαδή σαν υπηρεσίες υποδομής, πλατφόρμας ή εφαρμογής (infrastructure, platform, application as a service) σε χρήστες πάνω από το διαδίκτυο. Εταιρίες όπως η Google, Yahoo, Facebook, Amazon, Microsoft διαχειρίζονται πολλά και τεράστια κέντρα δεδομένων. Οι υπολογιστές σε ένα κέντρο δεδομένων συνδέονται συνήθως σε μια δενδρική τοπολογία δικτύου που δημιουργείται χρησιμοποιώντας Ethernet switches που

βρίσκονται ευρέως διαθέσιμα στο εμπόριο (commodity). Λόγω του μεγάλου μεγέθους των κέντρων δεδομένων, η προσομοίωση του δικτύου του είναι αρκετά δύσκολη. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανεύρεση προσομοιωτών για δίκτυα κέντρου δεδομένων, η αξιολόγηση τους και ο πειραματισμός/επέκτασή τους ώστε να είναι δυνατή η προσομοίωση όσο το δυνατόν μεγαλύτερων δικτύων.

Αναφορές:

<http://www.cloudbus.org/cloudsim/>

D. Meisner, Wu Junjie, T. F. Wenisch, “BigHouse: A simulation infrastructure for data center systems”, ISPASS 2012

S-H. Lim, B. Sharma, G. Nam, E. K. Kim, C. R. Das, “MDCSim: A Multi-tier Data Center Simulation Platform”, CLUSTER 2009

Θέμα 6: Ανάπτυξη ελεγκτή δικτύου προσδιοριζόμενο από λογισμικό (Software Defined Network Controller) προώθησης αποφάσεων δρομολόγησης σε δίκτυο υπολογιστικού κέντρου (Data Center)

Keywords: Software Defined Networking, Openflow, Static Flow Pusher, Data Centers,

Παραδοσιακά οι δικτυακές συσκευές χρησιμοποιούν κατανεμημένα πρωτόκολλα για την δρομολόγηση της ροής των δεδομένων και δεν υπάρχει μια κεντρική οντότητα που παίρνει τις αποφάσεις. Η τεχνολογία δικτύου προσδιοριζόμενο από λογισμικό (Software Defined Networking - SDN) διαχωρίζει το σύστημα που παίρνει τις αποφάσεις δρομολόγησης από τις δικτυακές συσκευές. Μια κεντρική οντότητα που ονομάζεται ελεγκτής δικτύου διαχειρίζεται τις δικτυακές συσκευές παίρνει τις αποφάσεις και τις προωθεί στις δικτυακές συσκευές. Τα κέντρα δεδομένων είναι κτίρια που στεγάζουν έναν τεράστιο αριθμό υπολογιστών που συνδέονται πάνω από ένα τοπικό δίκτυο που συνήθως βασίζεται σε Ethernet switches. Τα Ethernet switches χρησιμοποιούν το Spanning tree πρωτόκολλο που θεωρείται μη αποδοτικό, γιατί δεν επιτρέπει την δημιουργία πολλαπλών μονοπατιών και δεν μπορεί να υλοποιήσει κατανομή του φορτίου κίνησης. Για αυτόν το λόγο πολλοί ερευνητές έχουν αρχίσει να εξετάζουν την εφαρμογή των δικτύων ελεγχόμενο από λογισμικό (SDN) σε υπολογιστικά κέντρα. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η υλοποίηση ενός απλού ελεγκτή που προωθεί αποφάσεις δρομολόγησης στα switches ενός υπολογιστικού κέντρου ώστε να επιτυγχάνεται μια αποδοτική χρησιμοποίηση των πόρων του δικτύου.

Επιθυμητές Γνώσεις: C++ ή Java, δίκτυα υπολογιστών. Περιβάλλον εργασίας: Mininet, OpenFlow controller (Floodlight or other)

Αναφορές:

<http://archive.openflow.org/wp/learnmore/>

<http://mininet.org/>

M. AL-FARES, A. LOUKISSAS, A. VAHDAT, A Scalable, Commodity Data Center Network Architecture. In Proceedings of ACM SIGCOMM, 2008

Θέμα 7: Εξομοίωση δικτύου οπτικών ινών και ενός δικτύου προσδιοριζόμενο από λογισμικό

Keywords: Software Defined Networking, Openflow, Optical WDM networks, GMPLS

Παραδοσιακά τα δίκτυα οπτικών ινών κορμού ελέγχονται μέσω του πρωτοκόλλου IP-GMPLS και μιας κεντροποιημένης οντότητας της Path Computation Element (PCE) και υποθέτουν ότι στις άκρες του δικτύου την ύπαρξη ηλεκτρονικών δρομολογητών (routers). Από την άλλη μεριά στα ηλεκτρονικά δίκτυα το τελευταίο διάστημα έχει αναπτυχθεί η τεχνολογία δικτύου προσδιοριζόμενο από λογισμικό (Software Defined Networking - SDN) που ορίζει τον κεντροποιημένο έλεγχο ενός ηλεκτρονικού δικτύου. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη και εξομοίωση της συνύπαρξης ενός δικτύου οπτικών ινών κορμού και ενός ηλεκτρονικού δικτύου στα άκρα του οπτικού δικτύου που ελέγχεται από λογισμικό.

Επιθυμητές Γνώσεις: C++ ή Java, δίκτυα υπολογιστών. Περιβάλλον εργασίας: Mininet, OpenFlow controller (Floodlight or other)

Αναφορές:

http://archive.openflow.org/wk/index.php/Aggregation_on_a_Converged_Packet-Circuit_Network

S. Das, G. Parulkar, N. McKeown, P. Singh, D. Getachew, and L. Ong, "Packet and circuit network convergence with OpenFlow," OFC 2010

M. Channegowda, R. Nejabati, M. Rashidi Fard, S. Peng, N. Amaya, G. Zervas, D. Simeonidou, R. Vilalta, R. Casellas, R. Martínez, R. Muñoz, L. Liu, T. Tsuritani, I. Morita, A. Autenrieth, J.P. Elbers, P. Kosteki, and P. Kaczmarek, "Experimental demonstration of an OpenFlow based software-defined optical network employing packet, fixed and flexible DWDM grid technologies on an international multi-domain testbed", *ptics Express*, Vol. 21, Issue 5, pp. 5487-5498 (2013)

Θέμα 8: Μελέτη μοντέλων σχεδίασης οπτικών κυκλωμάτων σε πλακέτες

Keywords: VLSI interconnection Layouts, printed circuits, optical waveguides

Η κατανάλωση ισχύος και το μέγεθος είναι τα κυριότερα εμπόδια για τα υπολογιστικά κέντρα (Data Centers) και τα περιβάλλοντα υψηλών υπολογιστικών επιδόσεων (High-Performance Computing) επόμενης γενιάς. Οι περιορισμοί των ηλεκτρονικών διασυνδέσεων σε όλα τα ιεραρχικά επίπεδα των επικοινωνιών (rack-to-rack, board-to-board, chip-to-chip ακόμη και on-chip) και η αύξηση της ποσότητας της κίνησης που χρειάζεται να ανταλλάσσεται μεταξύ των κόμβων σε αυτά τα περιβάλλοντα, οδήγησε στη χρήση οπτικής τεχνολογίας για την επικοινωνία μεταξύ racks. Ωστόσο, για τη βελτίωση της αποδοτικότητας του δικτύου και την αποφυγή της ραγδαίας αύξησης της κατανάλωσης ισχύος, χρειάζεται να εισχωρήσουν και σε μικρότερες αποστάσεις (board-to-board, chip-to-chip και intra-chip) τεχνολογίες οπτικών κυκλωμάτων. Στις νέες αυτές τεχνολογίες, οι οπτικοί σύνδεσμοι βρίσκονται ενσωματωμένοι στις πλακέτες (κυματοδηγοί - waveguides). Σκοπός αυτής της διπλωματικής είναι η βιβλιογραφική μελέτη των κλασικών VLSI layouts κυκλωμάτων σε πλακέτες, η βιβλιογραφική μελέτη των VLSI layouts οπτικών κυκλωμάτων και ο εντοπισμός των διαφορών μεταξύ των δυο μοντέλων.

Αναφορές:

- Yeh, C.-H., E.A. Varvarigos, and B. Parhami, "Multilayer VLSI layout for interconnection networks," *Proc. Int'l Conf. Parallel Processing*, 2000, pp. 33-40.

- Shishikura, M., et al. "A high-coupling-efficiency multilayer optical printed wiring board with a cube-core structure for high-density optical interconnections." *Electronic Components and Technology Conference*, 2007. ECTC'07. Proceedings. 57th. IEEE, 2007.