



## **ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

[www.cslab.ece.ntua.gr](http://www.cslab.ece.ntua.gr)

**Διπλωματικές Εργασίες**

**Ακ. έτος 2014-2015**

### **Βελτιστοποίηση και δυναμική χρονοδρομολόγηση για τον αλγόριθμο Block-LU στο σύστημα Intel Xeon Phi**

Τα πολυ-πύρρηνα συστήματα με μεγάλο πλήθος πυρήνων (πάνω από 100) που έχουν αρχίσει να εισάγονται στην αγορά έχουν πολύπλοκες αρχιτεκτονικές που βασίζονται σε “νησίδες” υπολογιστικών πόρων και περιοχών μνήμης. Συνέπεια αυτού είναι αιτήσεις διαφόρων επεξεργαστών για χρήση των πόρων και της μνήμης να απαιτούν διαφορετικό χρόνο για την εξυπηρέτησή τους. Στο επίπεδο των εφαρμογών, αυτό μπορεί να έχει σημαντικές συνέπειες. Αλγόριθμοι που ισοκατανέμουν στατικά τον φόρτο εργασίας μπορεί τελικά να απαιτούν πολύ διαφορετικούς χρόνους εκτέλεσης μεταξύ επεξεργαστικών στοιχείων, με συνέπεια την μη βέλτιστη επίτευξη απόδοσης. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας ζητείται η μετατροπή της Block-LU και αναδρομικών αλγορίθμων επίλυσης ώστε τα μεγέθη των block να προσαρμοστούν κατάλληλα στην αρχιτεκτονική του συστήματος Intel Xeon Phi και η χρονοδρομολόγηση εκτέλεσης των block να γίνεται με δυναμικό τρόπο, ώστε τελικά ο φόρτος εργασίας να είναι ισοκατανεμημένος, ανεξάρτητα από τις διαφοροποιήσεις που επιφέρει η αρχιτεκτονική του συστήματος.

**Σχετικά μαθήματα:** Συστήματα Παράλληλης Επεξεργασίας

**Επικοινωνία:** Γιάννης Βενέτης, [venetis@ceid.upatras.gr](mailto:venetis@ceid.upatras.gr)

Γιώργος Γκούμας, [goumas@cslab.ece.ntua.gr](mailto:goumas@cslab.ece.ntua.gr), 210-7722402

### **Μεταφορά προγραμματιστικού μοντέλου στο σύστημα Intel Xeon Phi**

Το σύστημα Intel Xeon Phi είναι ένας πολυ-πύρρηνος επιταχυντής (accelerator). Σκοπός του είναι η

επιτάχυνση τμημάτων υπολογισμών σε εφαρμογές, όπως εξάλλου είναι και των καρτών γραφικών (GPUs). Ωστόσο, τόσο η αρχιτεκτονική (σύστημα κοινής μνήμης), όσο και το προγραμματιστικό μοντέλο που χρησιμοποιείται τώρα στο σύστημα αυτό (OpenMP) είναι διαφορετικά σε σχέση με αυτά των GPUs. Στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η μεταφορά μιας υπάρχουσας βιβλιοθήκης χρόνου εκτέλεσης (run-time library) για την δημιουργία και διαχείριση νημάτων επιπέδου χρήστη (user-level threads) στο σύστημα Intel Xeon Phi, η προσαρμογή της ώστε να προσομοιάζει το μοντέλο προγραμματισμού CUDA, η αξιολόγηση της απόδοσης εφαρμογών με χρήση της συγκεκριμένης βιβλιοθήκης και η σύγκριση της απόδοσης όταν για τις εφαρμογές αυτές χρησιμοποιηθεί OpenMP. Κατά συνέπεια, στόχος είναι να διευκρινιστεί κατά πόσο ένα προγραμματιστικό μοντέλο όπως η CUDA μπορεί να υλοποιηθεί αποδοτικά σε συστήματα επιταχυντών διαφορετικής αρχιτεκτονικής.

**Σχετικά μαθήματα:** Συστήματα Παράλληλης Επεξεργασίας

**Επικοινωνία:** Γιάννης Βενέτης, [venetis@ceid.upatras.gr](mailto:venetis@ceid.upatras.gr)

Γιώργος Γκούμας, [goumas@cslab.ece.ntua.gr](mailto:goumas@cslab.ece.ntua.gr), 210-7722402

## **Παραλληλοποίηση unbalanced εφαρμογών με προγραμματιστικό μοντέλο μαζικού παραλληλισμού**

Ένα πλήθος σημαντικών εφαρμογών παρουσιάζει ανομοιομορφία ως προς τον χρόνο επεξεργασίας κάθε στοιχείου δεδομένων (unbalanced applications). Η αποδοτική παραλληλοποίηση τέτοιων εφαρμογών μπορεί να αποτελεί πρόκληση για τα ευρέως χρησιμοποιούμενα, σύγχρονα προγραμματιστικά μοντέλα, όπως το OpenMP. Για αυτές τις εφαρμογές, για κάθε στοιχείο που πρέπει να επεξεργαστεί η ιδανική λύση θα ήταν η δημιουργία ενός ξεχωριστού νήματος. Με την ολοκλήρωση της εκτέλεσης κάθε νήματος ο αντίστοιχος επεξεργαστής αναλαμβάνει άμεσα την εκτέλεση του επόμενου νήματος. Αυτό οδηγεί στην αυτόματη εξισορρόπηση του φόρτου εργασίας μεταξύ επεξεργαστών. Ωστόσο, η διαχείριση ενός τέτοιου πλήθους νημάτων επιφέρει πολύ μεγάλες επιβαρύνσεις στην διαχείριση του παραλληλισμού και τελικά σε μεγαλύτερο χρόνο εκτέλεσης. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας θα χρησιμοποιηθεί μια υπάρχουσα βιβλιοθήκη χρόνου εκτέλεσης (run-time library), στην οποία έχουν υλοποιηθεί πρωτοπόρες τεχνικές μείωσης του χρόνου διαχείρισης του παραλληλισμού για το συγκεκριμένο είδος εφαρμογών. Σκοπός είναι η επιλογή ενός πλήθους κατάλληλων εφαρμογών, η παραλληλοποίηση τους με χρήση της προαναφερθείσας βιβλιοθήκης, η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της βιβλιοθήκης και ο προσδιορισμός επιπλέον βελτιστοποιήσεων για αυτήν.

**Σχετικά μαθήματα:** Συστήματα Παράλληλης Επεξεργασίας

**Επικοινωνία:** Γιάννης Βενέτης, [venetis@ceid.upatras.gr](mailto:venetis@ceid.upatras.gr)

Γιώργος Γκούμας, [goumas@cslab.ece.ntua.gr](mailto:goumas@cslab.ece.ntua.gr), 210-7722402

## **Τεχνικές βελτιστοποίησης του πυρήνα SpMV και του κόστους προεπεξεργασίας**

## **του αραιού πίνακα σε πολυπύρηνες αρχιτεκτονικές**

Η δομή αποθήκευσης αραιών πινάκων CSX έχει προταθεί από μέλη του εργαστηρίου με στόχο την επιτάχυνση της εκτέλεσης του υπολογιστικού πυρήνα SpMV σε πολυπύρηνες αρχιτεκτονικές. Η δομή CSX εφαρμόζει δραστικές τεχνικές συμπίεσης δεδομένων στην τοπολογική πληροφορία των στοιχείων του πίνακα με στόχο τη μείωση του memory footprint του πίνακα και, κατ'επέκταση, την βελτίωση επίδοσης του πυρήνα. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής θα μελετηθούν δυνατότητες περαιτέρω βελτίωσης της επίδοσης του πυρήνα εφαρμόζοντας τεχνικές συμπίεσης στις τιμές του πίνακα (value compression), vectorization σε δομές block και βελτιστοποίησης του βήματος προεπεξεργασίας του πίνακα. Τα αποτελέσματα της εργασίας θα ενσωματωθούν στη βιβλιοθήκη SparseX (<http://research.cslab.ece.ntua.gr/sparsex>).

**Σχετικά μαθήματα:** Συστήματα Παράλληλης Επεξεργασίας

**Επικοινωνία:** Αθηνά Ελαφρού, [athena@cslab.ece.ntua.gr](mailto:athena@cslab.ece.ntua.gr)

## **Διαχείριση πόρων σε συστήματα μεγάλης κλίμακας με πρόβλεψη επίδοσης παράλληλων εφαρμογών**

Ένα συνηθισμένο πρόβλημα σε πολυεπεξεργαστικά συστήματα μεγάλης κλίμακας είναι η μη αποτελεσματική διαχείριση των υπολογιστικών πόρων. Λόγω της δυσκολίας να προβλεφθεί η παράλληλη επίδοση των παράλληλων εφαρμογών, οι χρήστες συχνά ζητούν περισσότερους υπολογιστικούς πόρους απ' όσους μπορεί αποδοτικά να αξιοποιήσει η εφαρμογή τους, με αποτέλεσμα να προκαλούν κακή κατανομή των πόρων του συστήματος και να υφίστανται μεγάλους χρόνους αναμονής. Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας θα μελετηθεί η δυνατότητα εξαγωγής προβλέψεων για την επίδοση παράλληλων εφαρμογών από το ίχνος εκτέλεσής τους, με χρήση profiling εργαλείων, και η αξιοποίηση αυτής της πληροφορίας για αποδοτική δέσμευση και ανάθεση των διαθέσιμων πόρων.

**Σχετικά μαθήματα:** Συστήματα Παράλληλης Επεξεργασίας

**Επικοινωνία:** Νικέλα Παπαδοπούλου, [nikela@cslab.ece.ntua.gr](mailto:nikela@cslab.ece.ntua.gr), 210-7722495

Γιώργος Γκούμας, [goumas@cslab.ece.ntua.gr](mailto:goumas@cslab.ece.ntua.gr), 210-7722402

## **Μελέτη κλιμάκωσης και επίδοσης παράλληλων δομών δεδομένων**

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την επίδοση των εφαρμογών σε πολυπύρηντα συστήματα είναι ο συγχρονισμός των προσβάσεων σε κοινή μνήμη από πολλαπλούς επεξεργαστές. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη, υλοποίηση και αξιολόγηση διαφορετικών τεχνικών υλοποίησης δομών δεδομένων, που προορίζονται για αποδοτική ταυτόχρονη πρόσβαση από πολλαπλές διεργασίες. Θα μελετηθεί ένα σύνολο τεχνικών και αλγορίθμων που έχουν προταθεί στη σχετική βιβλιογραφία. Παραδείγματα δομών δεδομένων οι οποίες μας ενδιαφέρουν είναι ουρά, στοίβα, πίνακας κατακερματισμού.

**Σχετικά μαθήματα:** Συστήματα Παράλληλης Επεξεργασίας

**Επικοινωνία:** Σιακαβάρας Δημήτρης, [jimsiak@cslab.ece.ntua.gr](mailto:jimsiak@cslab.ece.ntua.gr), 210-7722495  
Γιώργος Γκούμας, [goumas@cslab.ece.ntua.gr](mailto:goumas@cslab.ece.ntua.gr), 210-7722402

## **Σχεδιασμός και Υλοποίηση προγράμματος παρακολούθησης και επιδιόρθωσης μέσω χρονοδρομολόγησης της επίδοσης συστήματος**

Οι πολυπύρηνες αρχιτεκτονικές αποτελούν σήμερα σχεδόν την αποκλειστική επιλογή σχεδιασμού για κάθε σύγχρονο υπολογιστικό σύστημα. Καθώς γίνεται κοινή χρήση πόρων, όπως ο δίαυλος στην κύρια μνήμη ή οι κρυφές μνήμες, δημιουργείται ανταγωνισμός για την χρήση τους, με αποτέλεσμα σημαντικές καθυστερήσεις στον χρόνο εκτέλεσης των προγραμμάτων. Σύγχρονοι χρονοδρομολογητές, όπως ο CFS του LINUX, δεν αντιμετωπίζουν με κάποιο τρόπο τέτοια προβλήματα, αφού στον σχεδιασμό τους δεν υπάρχει η έννοια του ανταγωνισμού για κοινούς πόρους. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η κατασκευή ενός προγράμματος, σε επίπεδο χρήστη, που θα παρακολουθεί την χρήση των κοινών πόρων και κατόπιν εντολής του χρήστη, θα εφαρμόζει μια άλλη πολιτική χρονοδρομολόγησης, από αυτήν του LINUX, για να ελαττωθούν οι κακές επιδράσεις από την κοινή χρήση των πόρων.

**Σχετικά μαθήματα:** Λειτουργικά Συστήματα, Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

**Επικοινωνία:** Αλέξανδρος Χαριτάτος, [aharit@cslab.ece.ntua.gr](mailto:aharit@cslab.ece.ntua.gr)

## **Εξαγωγή των δυνατοτήτων παραλληλισμού προγραμμάτων μέσω μετρήσεων των επιδόσεων τους σε πραγματικό χρόνο**

Ο ανταγωνισμός για κοινούς πόρους, όπως ο δίαυλος στην κύρια μνήμη ή οι κρυφές μνήμες, μεταξύ διεργασιών και νημάτων στις πολυπύρηνες αρχιτεκτονικές αποτελεί έναν σημαντικό λόγο που οριοθετεί την επιτάχυνση σε παράλληλα προγράμματα. Ειδικότερα όταν τέτοια προγράμματα εκτελούνται ταυτόχρονα τα αποτελέσματα του ανταγωνισμού μπορεί να γίνουν δραματικά για τις εκτελούμενες εφαρμογές. Όλοι οι σύγχρονοι επεξεργαστές δίνουν εργαλεία με τα οποία μπορεί να γίνει κατανοητός ο τρόπος εκτέλεσης κάποιου προγράμματος (performance counters). Στην διπλωματική εργασία αυτή θα εξετασθεί πως μέσα από τους performance counters μπορούν να προβλεφθούν τα όρια του παραλληλισμού κάθε προγράμματος, η καλύτερη δυνατή δρομολόγηση νημάτων σε πυρήνες αλλά και το πως δύο προγράμματα θα επηρεαστούν αν δρομολογηθούν ταυτόχρονα.

**Σχετικά μαθήματα:** Λειτουργικά Συστήματα, Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

**Επικοινωνία:** Αλέξανδρος Χαριτάτος, [aharit@cslab.ece.ntua.gr](mailto:aharit@cslab.ece.ntua.gr)

## **Εικονικοποίηση Μονάδων Επεξεργασίας Γραφικών (GPUs) και διαμοιρασμός τους σε εικονικές μηχανές**

Τα τελευταία χρόνια οι μονάδες επεξεργασίας γραφικών (GPUs) γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλείς

στο πεδίο των παράλληλων εφαρμογών. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ανάπτυξη των τεχνικών virtualization έχει δημιουργήσει την ανάγκη για χρήση GPUs από διαφορετικές εικονικές μηχανές, ένα δύσκολο πρόβλημα εξαιτίας των εγγενών χαρακτηριστικών των συσκευών αυτών. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και η αξιολόγηση των υπάρχουσών προσεγγίσεων σε αυτό το πρόβλημα και πιθανώς η σχεδίαση και υλοποίηση/τροποποίηση μηχανισμού που θα εκμεταλλεύεται τα τρέχοντα συστήματα για να μοιράσει μια GPU αποδοτικά σε διαφορετικές εικονικές μηχανές.

**Σχετικά μαθήματα:** Λειτουργικά Συστήματα Υπολογιστών

**Επικοινωνία:** Στέφανος Γεράγγελος, [sgerag@cslab.ece.ntua.gr](mailto:sgerag@cslab.ece.ntua.gr), 210-7721532

## **Αποδοτική επικοινωνία εικονικών μηχανών που βρίσκονται στο ίδιο φυσικό μηχάνημα**

Η ανάπτυξη και χρήση τεχνικών virtualization παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας εικονικών συστοιχιών (clusters) με  $N$  εικονικές μηχανές, δεδομένων  $M < N$  φυσικών μηχανημάτων. Αυτό συνεπάγεται την ύπαρξη δύο ή περισσότερων εικονικών μηχανών στο ίδιο φυσικό μηχάνημα. Η παρούσα εργασία έχει στόχο τη βελτίωση της δικτυακής επικοινωνίας ανάμεσα σε τέτοιες εικονικές μηχανές. Θα μελετηθούν υπάρχουσες λύσεις σε διάφορες πλατφόρμες εικονικοποίησης και θα σχεδιαστεί και υλοποιηθεί/τροποποιηθεί μηχανισμός αποδοτικής επικοινωνίας σε σχετικές καταστάσεις. Ενδεικτικά επιθυμητά χαρακτηριστικά του μηχανισμού είναι η επικοινωνία μεταξύ των εικονικών μηχανών με αδιαφανή τρόπο (οι εφαρμογές δε χρειάζεται να γνωρίζουν ότι επικοινωνούν με εικονική μηχανή που βρίσκεται στο ίδιο μηχάνημα) και η αποφυγή επεξεργασίας ανώτερων δικτυακών πρωτοκόλλων (TCP/IP) από τον επεξεργαστή.

**Σχετικά μαθήματα:** Λειτουργικά Συστήματα Υπολογιστών

**Επικοινωνία:** Στέφανος Γεράγγελος, [sgerag@cslab.ece.ntua.gr](mailto:sgerag@cslab.ece.ntua.gr), 210-7721532