

Μελέτη προγραμματιστικών μοντέλων για τον επεξεργαστή Cell

Διπλωματική εργασία

Καθηγητής: Νεκτάριος Κοζύρης (nkoziris@cslab.ece.ntua.gr)
Επικοινωνία: Γεωργία Κουβέλη (gkoun@cslab.ece.ntua.gr)

Εισαγωγή

Ο Cell είναι ένας επεξεργαστής, ο οποίος δημιουργήθηκε από τις Sony, Toshiba και IBM και αποτελεί την καρδιά του Playstation 3. Ο Cell (Σχήμα 1) είναι ένας ετερογενής πολυνηματικός επεξεργαστής και αποτελείται από έναν κεντρικό επεξεργαστή (PPE – Power Processign Element) και 8 Εξειδικευμένους Συνεπεξεργαστές (SPEs – Synergistic Processing Elements). Οι επεξεργαστικές μονάδες, η μνήμη και οι συσκευές E/E επικοινωνούν μέσω μιας συνεκτικής (coherent) μονάδας διαύλου (bus), η οποία ονομάζεται EIB – Element Interconnect Bus.

Η κεντρική επεξεργαστική μονάδα PPE, χρησιμοποιείται για την εκτέλεση του λειτουργικού συστήματος και έχει τον ρόλο του συντονισμού των συνεπεξεργαστών. Το PPE, αποτελείται από το PPU – Power Processing Unit, το οποίο είναι ένας dual-issue, in-order επεξεργαστής που υποστηρίζει 128bit εντολές SIMD.

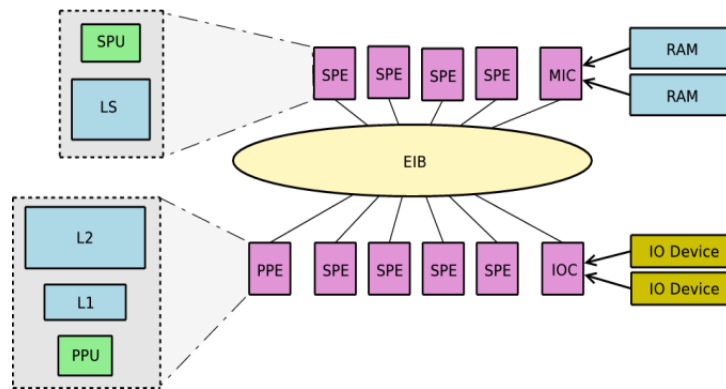
Τα SPEs αποτελούνται από τη μονάδα επεξεργασίας (SPU – Synergistic Processing Unit) και έναν ελεγκτή για την πρόσβαση στη μνήμη. Το κάθε SPE λειτουργεί σε μία τοπική μνήμη (Local Store), στην οποία αποθηκεύει τόσο εντολές, όσο και δεδομένα. Τα SPEs περιλαμβάνουν και έναν ελεγκτή DMA για την μεταφορά δεδομένων από και προς την τοπική μνήμη. Τα SPUs υποστηρίζουν 128bit εντολές SIMD και έχουν 128 registers των 128bit για εντολές ακεραίων και μεταβλητής υποδιαστολής.

Τα χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής επηρεάζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό τον τρόπο προγραμματισμού εφαρμογών. Παρότι το PPE υποστηρίζει την εκτέλεση εφαρμογών για PowerPC χωρίς κάποια τροποποίηση, για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του Cell ο προγραμματιστής πρέπει να έχει εξοικειωθεί με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Συνεπώς, η προγραμματιστική παραγωγικότητα μειώνεται σημαντικά, αποτρέποντας σε πολλές περιπτώσεις την προσπάθεια μεταφοράς μιας εφαρμογής στον Cell.

Προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία προγραμματισμού του επεξεργαστή Cell έχουν αναπτυχθεί εργαλεία και προγραμματιστικά μοντέλα. Το πιο διαδεδομένο είναι το Cell SDK. Η βιβλιοθήκη SPE Runtime Management Library που περιέχεται σε αυτό υλοποιεί το προγραμματιστικό μοντέλο των ασύμμετρων νημάτων εκτέλεσης (Asymmetric-Thread Runtime Model). Στο μοντέλο αυτό ο προγραμματιστής δημιουργεί νήματα διαχωρίζοντας ποιά θα εκτελεστούν στο PPE ή στα SPEs, ανάλογα με τη λειτουργία που υλοποιούν. Το κλασικό μοντέλο των νημάτων έχει επεκταθεί ώστε να υποστηρίζονται και τα δύο διαφορετικά σύνολα εντολών του Cell. Πρόκειται για ένα αρκετά ευέλικτο μοντέλο που λειτουργεί σε χαμηλό επίπεδο και μπορεί να συνδυαστεί με άλλα προγραμματιστικά μοντέλα.

Άλλα εργαλεία στοχεύουν στην αύξηση της προγραμματιστικής παραγωγικότητας. Ένα παράδειγμα είναι το προγραμματιστικό μοντέλο CellSS, που αυτοματοποιεί την εξαγωγή παραλληλισμού από ένα πρόγραμμα, καθώς επίσης και η βιβλιοθήκη ALF (Accelerated Library Framework) που υποστηρίζει το μοντέλο function-offload. Στο μοντέλο αυτό, το μεγαλύτερο μέρος της εφαρμογής εκτελείται στο PPE, και επιλεγμένες συναρτήσεις, απαιτητικές σε υπολογισμούς, μεταφέρονται και εκτελούνται στα SPEs. Επίσης ο μεταγλωττιστής Single Source xlc της IBM υλοποιεί το OpenMP, ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο προγραμματιστικό μοντέλο διαμοιραζόμενης μνήμης, για τον Cell.

Από τα εργαλεία αυτά, η SPE Runtime Management Library και οι επεκτάσεις των μεταγλωττιστών που περιέχονται στο Cell SDK παρέχουν στον προγραμματιστή δυνατότητες για προγραμματισμό σε σχετικά χαμηλό επίπεδο. Έτσι είναι δυνατή η αύξηση της επίδοσης, καθώς ο προγραμματιστής αξιοποιεί καλύτερα τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά. Η αυξημένη, όμως, δυσκολία στην εκμάθηση και τη χρήση αυτών των εργαλείων μειώνει την προγραμματιστική παραγωγικότητα. Αντίθετα, τα υπόλοιπα εργαλεία διευκολύνουν τον χρήστη καθώς λειτουργούν σε πιο υψηλό επίπεδο. Με τη χρήση τους η ανάπτυξη παράλληλων εφαρμογών για τον Cell αυτοματοποιείται ως κάποιο βαθμό, όμως οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται δεν είναι αντίστοιχες εκείνων του βελτιστοποιημένου κώδικα χαμηλού επιπέδου.



Σχήμα 1: Η αρχιτεκτονική του επεξεργαστή Cell

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η συγκριτική μελέτη διαφόρων υαρχόντων προγραμματιστικών μοντέλων και εργαλείων για τον επεξεργαστή Cell, με σκοπό την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σχετικά με τη βελτίωση της εξισορρόπησης μεταξύ παραγωγικότητας και επιδόσεων.

Στάδια υλοποίησης

- Μελέτη σχετικής βιβλιογραφίας και επιλογή εργαλείων που θα μελετηθούν
- Εξοικείωση με τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν και ανάπτυξη απλών παραδειγμάτων
- Επιλογή αλγορίθμων για τη συγκριτική μελέτη των εργαλείων και προγραμματιστικών μοντέλων
- Υλοποίηση αλγορίθμων / μετρήσεις

Προαπαιτούμενες γνώσεις

- Καλή γνώση της γλώσσας προγραμματισμού C
- Γνώση και εμπειρία στο προγραμματιστικό περιβάλλον του Linux (μαθήματα: Λειτουργικά Συστήματα και Εργαστήριο Λειτουργικών Συστημάτων).
- Γνώση βασικών αρχών και τεχνικών παράλληλου προγραμματισμού (μάθημα: Παράλληλη Επεξεργασία).
- Γνώση βασικών αρχών της σύγχρονης αρχιτεκτονικής υπολογιστών (μάθημα: Προηγμένα Θέματα Οργάνωσης Υπολογιστών).

Αναφορές

- Άρθρο για τον Cell στην wikipedia:
http://en.wikipedia.org/wiki/Cell_microprocessor
- CellSs: a programming model for the cell BE architecture, Pieter Bellens, Josep M. Perez, Rosa M. Badia and Jesus Labarta, SC'2006 Conference CD, IEEE/ACM SIGARCH, November 2006.
- MapReduce for the Cell B.E. architecture, Marc de Kruijf and Karthikeyan Sankaralingam, IBM Journal of Research and Development, 53(5), 2009.
- Programming Multiprocessors with Explicitly Managed Memory Hierarchies, Scott Schneider, Jaeseung Yeom and Dimitrios S. Nikolopoulos, IEEE Computer, 2010.
- Cell Broadband Engine Resource Center @ IBM:
<http://www.ibm.com/developerworks/power/cell/documents.html>