



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
www.cslab.ece.ntua.gr

ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ **Ακ. έτος 2007-2008, 8ο εξάμηνο, Σχολή ΗΜ&ΜΥ**

2η ΕΡΓΑΣΙΑ

Τελική Ημερομηνία Παράδοσης: 18 Μαΐου 2008 (δεν θα δοθεί παράταση)

Αντικείμενο της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης διαφόρων παραμέτρων του συστήματος πρόβλεψης διακλαδώσεων στην απόδοση των εφαρμογών, και η αξιολόγηση διαφορετικών επιλογών για την υλοποίηση του μηχανισμού πρόβλεψης δεδομένου συγκεκριμένου διαθέσιμου χώρου πάνω στο τσιπ γι' αυτόν το σκοπό.

Θα χρησιμοποιήσετε τον προσομοιωτή SESC με τον ίδιο τρόπο όπως και στην 1η άσκηση. Επιπλέον, θα χρησιμοποιήσετε τα ίδια benchmarks όπως και στην 1η άσκηση (crafty και mcf).

Θα παραμετροποιηθούν τα διάφορα χαρακτηριστικά του συστήματος πρόβλεψης διακλαδώσεων, το οποίο απαρτίζεται από τον προβλέπτη διακλάδωσης, τον Branch Target Buffer (BTB), και το Return Address Stack (RAS). Οι παράμετροι που καθορίζουν τα χαρακτηριστικά αυτών των μονάδων προδιαγράφονται στο configuration αρχείο shared.conf, στο section [BPredIssueX].

Οι βασικότερες παράμετροι που καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του συστήματος πρόβλεψης διακλαδώσεων είναι οι εξής:

- **type:** ο τύπος του προβλέπτη της κατεύθυνσης της εντολής διακλάδωσης (υπό συνθήκη). Για τους σκοπούς της άσκησης θα χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθοι τύποι προβλεπτών:
 - **Oracle:** τέλεια πρόβλεψη διακλάδωσης
 - **NotTaken:** προβλέπει όλες τις εντολές διακλάδωσης σαν "NOT TAKEN"
 - **2bit:** 2-bit προβλέπτης διακλάδωσης (στην πραγματικότητα, ο συγκεκριμένος τύπος προβλέπτη μπορεί να υλοποιήσει έναν γενικότερο N-bit προβλέπτη, όπου $N=1...7$)
 - **2Level:** 2-level correlating προβλέπτης με 2-bit μετρητές
 - **hybrid:** υβριδικός προβλέπτης με μετα-προβλέπτη 16K entries, όπου κάθε entry είναι ένας 2-bit μετρητής. Ο μετα-προβλέπτης επιλέγει ανάμεσα σε 1) έναν καθολικό προβλέπτη με 11-bits history και 16K 1-bit entries, και 2) έναν "κανονικό" προβλέπτη με 16K 2-bit entries.
- **btbSize:** ο αριθμός των entries του BTB (αν $btbSize=0$, τότε το BTB θεωρείται ιδανικό, με "άπειρο" αριθμό entries)
- **btbAssoc:** το associativity του BTB
- **rasSize:** ο αριθμός των entries του RAS (αν $rasSize=0$, τότε το RAS θεωρείται ιδανικό, με "άπειρο" αριθμό entries)

Ένα παράδειγμα από τις πληροφορίες που επιστρέφει το gerort.pl και οι οποίες αφορούν τον μηχανισμό πρόβλεψης διακλαδώσεων, είναι αυτό που φαίνεται στη συνέχεια:

Proc	Avg.Time	BPTYPE	Total	RAS	BPred	BTB
0	53.368	oracle	92.17%	(100.00% of 6.82%)	91.60%	(86.48% of 57.90%)

Από τα μεγέθη αυτά, εκείνα που μας ενδιαφέρουν για τους σκοπούς της άσκησης είναι τα εξής:

- RAS: η ακρίβεια πρόβλεψης (100%) και το ποσοστό των διακλαδώσεων που ήταν return calls (6.82%)
- BPred: η ακρίβεια πρόβλεψης του predictor (91.6%), η οποία όμως εμπεριέχει και τα misses του BTB
- BTB: η ακρίβεια πρόβλεψης του BTB (86.48%) και το ποσοστό των διακλαδώσεων για τις οποίες χρειάζεται να προσπελαστεί το BTB (57.9%), το οποίο συμβαίνει όταν η διακλάδωση δεν είναι return call και ο predictor έχει προβλέψει ότι το branch θα είναι TAKEN
- Total: η συνολική ακρίβεια πρόβλεψης (BPred και RAS)

A. Μελέτη N-bit predictor

A.1) Στο κομμάτι αυτό θα μελετηθεί η απόδοση του N-bit predictor. Προκειμένου να απομονώσουμε την επίδραση του predictor, πρέπει να εξαλείψουμε τις επιδράσεις του RAS και του BTB στα στατιστικά της προσομοίωσης. Γι' αυτό το λόγο, στο κομμάτι αυτό χρησιμοποιούμε **btbSize=0**. Για το RAS απαιτείται αλλαγή στον κώδικα του simulator. Συγκεκριμένα, θα επεξεργαστείτε το αρχείο BPred.cpp που βρίσκεται στο φάκελο src/libcore. Η αλλαγή που απαιτείται είναι η εξής (από τη γραμμή 111):

```
PredType BPRas::predict(const Instruction *inst, InstID oracleID, bool doUpdate)
{
    // RAS is a little bit different than other predictors because it can update
    // the state without knowing the oracleID. All the other predictors update the
    // statistics when the branch is resolved. RAS automatically updates the
    // tables when predict is called. The update only actualizes the statistics.

    if(inst->isFuncRet()) {
        rasEnergy->inc();
        if(stack == 0)
            return CorrectPrediction MissPrediction;
        ...
    }
}
```

Υπενθυμίζουμε ότι μετά από κάθε αλλαγή στον κώδικα του simulator απαιτείται πάλι μεταγλώττιση (εκτέλεση make), όπως αναφέρουν και οι σχετικές οδηγίες.

Για να εκτελέσετε τις προσομοιώσεις απαιτούνται οι παρακάτω παράμετροι στο αντίστοιχο τμήμα του configuration file (οι υπόλοιπες παράμετροι του section BPredIssueX μένουν ως έχουν) :

```
type="2bit"
size=16*1024 #ο αριθμός των entries του Branch History Table
bits=N
rasSize=0
btbSize=0
```

όπου N κάθε φορά είναι τα bits του N-bit predictor που προσομοιώνουμε.

Προσομοιώστε για N=1...7 και για τα 2 benchmarks, και παρατηρήστε τις μεταβολές στο IPC και στην ακρίβεια της πρόβλεψης. Δώστε τα κατάλληλα διαγράμματα και εξηγήστε τις μεταβολές της ακρίβειας του συστήματος με βάση όσα έχουν συζητηθεί στο μάθημα.

A.2) Στο προηγούμενο ερώτημα η αύξηση του αριθμού των bits ισοδυναμούσε με αύξηση του απαιτούμενου hardware, αφού κρατούσαμε σταθερό τον αριθμό των entries του BHT. Διατηρώντας τώρα σταθερό το hardware και ίσο με 16K bits, να επαναλάβετε τις προσομοιώσεις για τα 2 benchmarks, θέτοντας N=1,2,4 και το κατάλληλο size. Δώστε όπως πριν τα κατάλληλα διαγράμματα και εξηγήστε τις μεταβολές που παρατηρείτε. Ποιον predictor θα διαλέγατε ως την βέλτιστη επιλογή;

B. Μελέτη του RAS

Επαναφέρετε το BPred.cpp όπως ήταν αρχικά, και ξανα-μεταγλωττίστε τον κώδικα. Χρησιμοποιώντας τον predictor που διαλέξατε στο A2 προσομοιώστε για διαφορετικές τιμές του rasSize, και για τα 2 benchmarks. Οι δυνατές τιμές είναι από 1...128 (δυνάμεις του 2). Παρατηρήστε και πάλι τις μεταβολές στο IPC και στην ακρίβεια πρόβλεψης. Δώστε τα κατάλληλα διαγράμματα. Ποια είναι η πιο cost-effective επιλογή για το μέγεθος του RAS;

Γ. Μελέτη του BTB

Χρησιμοποιώντας τον predictor του A.2 και το rasSize για το RAS που βρήκατε στο B, μελετήστε την επίδραση του BTB στο σύστημα για τις ακόλουθες περιπτώσεις:

btbSize	btbAssoc
1024	1
512	2
256	4

Προσομοιώστε και για τα 2 benchmarks και δώστε όπως και πριν τα κατάλληλα διαγράμματα. Πώς θα εξηγούσατε τη διαφορά επίδοσης ανάμεσα στις διαφορετικές οργανώσεις; Διαλέξτε την καλύτερη οργάνωση για το BTB.

Δ. Σύγκριση διαφορετικών predictors

Στο κομμάτι αυτό θα συγκρίνετε μεταξύ τους τους εξής predictors:

- **Not-Taken**: για να τον προσομοιώσετε, πρέπει να θέσετε τις εξής παραμέτρους:
 - type="NotTaken"
 - rasSize: η τιμή που έχετε υπολογίσει στο B
 - btbSize, btbAssoc: οι τιμές που έχετε υπολογίσει στο Γ
- αυτός που προέκυψε από τις προηγούμενες προσομοιώσεις, δηλαδή αυτός που βρήκατε στο A2 χρησιμοποιώντας τις τιμές για το RAS και το BTB που βρήκατε στα B και Γ
- **Local-History two-level predictor** (βλ. διαφάνειες μαθήματος): για να τον προσομοιώσετε, πρέπει να θέσετε τις εξής παραμέτρους:
 - type="2Level"
 - l2Size=1024
 - l2Bits=2

- I1Size=X (X=0...32768)
- historySize=Z (Z=1...63)
- rasSize: η τιμή που έχετε υπολογίσει στο B
- btbSize, btbAssoc: οι τιμές που έχετε υπολογίσει στο Γ

Με βάση το σχήμα στις διαφάνειες (όπου το PHT αποτελεί το I2 στο configuration του simulator και το BHT το I1) υπολογίστε το Z ώστε το απαιτούμενο hardware να είναι σταθερό και ίσο με 16K, για X=1024 και 2048 .

- **Tournament:** για να τον προσομοιώσετε, πρέπει να θέσετε τις εξής παραμέτρους (έχουν υπολογιστεί ώστε το hardware να είναι σταθερό και ίσο με 16K):
 - type="hybrid"
 - I2size = 4*1024
 - I2Bits = 1
 - historySize = 12
 - Metasize = 4*1024
 - MetaBits = 2
 - localSize = 2*1024
 - localBits = 2
 - rasSize: η τιμή που έχετε υπολογίσει στο B
 - btbSize, btbAssoc: οι τιμές που έχετε υπολογίσει στο Γ

- **Ιδανικός:** για να τον προσομοιώσετε, πρέπει να θέσετε τις εξής παραμέτρους:
 - type="Oracle"
 - rasSize=0
 - btbSize=0

Προσομοιώστε και για τα 2 benchmarks και συγκρίνετε το IPC και την ακρίβεια πρόβλεψης του συστήματος για τις παραπάνω 6 περιπτώσεις. Δώστε τα κατάλληλα διαγράμματα. Ποιον predictor θα διαλέγατε να υλοποιήσετε;

Παραδοτέο της άσκησης θα είναι ένα ηλεκτρονικό κείμενο (pdf, doc ή odt). Στο ηλεκτρονικό κείμενο να αναφέρετε στην αρχή τα στοιχεία σας (Όνομα, Επώνυμο, ΑΜ).

Η άσκηση θα παραδοθεί μόνο ηλεκτρονικά στην ιστοσελίδα:
<http://www.cslab.ece.ntua.gr/courses/advcomparch/submit>.

Δουλέψτε ατομικά. Έχει ιδιαίτερη αξία για την κατανόηση του μαθήματος να κάνετε μόνοι σας την εργασία. Μην προσπαθήσετε να την αντιγράψετε απλά από άλλους συμφοιτητές σας.

Μην αφήσετε την εργασία για το τελευταίο Σαββατοκύριακο, απαιτεί αρκετό χρόνο για την εκτέλεση των benchmarks, ξεκινήστε αμέσως!