

## テストランを用いた分岐予測

大橋 輝†                      孟 林‡                      小柳 滋†  
 †立命館大学情報理工学部                      ‡立命館大学理工学部

### 1 はじめに

近年, 組み込みシステムが急速に普及しており, 高速化が望まれている. そこで分岐命令予測の精度を向上させることで組み込みシステムのパイプライン処理の性能を向上させることにする.

組み込みシステムでは同じプログラムが何度も実行されることに注目し, 予めプログラムをテスト的に実行し, 分岐結果を取得しておくことで, 次回以降の分岐結果を予測する.

### 2 既存研究

分岐予測の方法として代表的なものに以下のような方法がある.

- n ビット飽和カウンタ  
 連続で成功しているなら次も成功すると予測, 失敗し続けているなら次も失敗すると予測する方法.
- ローカル履歴 2 レベル適応型分岐予測  
 分岐のパターンを分岐命令ごとに記録しておき, 過去に同じパターンがあった時に参照して予測する方法である.
- gshare  
 分岐命令を区別せずに 1 つのレジスタに履歴を記録する方法である. これにより分岐命令間の相関を利用することができる.

### 3 提案方式

対象とするプログラムをあらかじめテスト動作をさせ, 分岐結果の履歴を記録する. その記録テーブルを用いて次回以降の実行時に分岐結果を予測するという方法である. 図 1, 図 2 はある同一プログラムに対して入力の変えたものである.

図 1, 2 の○は分岐命令が成功したことを, ×は失敗したことを表す. 囲った部分は同一の動きをしていることがわかる. この一致した部分を使えば予測が可能である.

ほかの部分が一致してない原因として, 入力の違いにより, ループを抜け出すタイミングが異なるために, テ

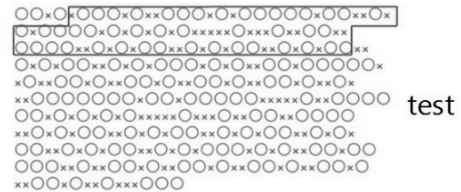


図 1: test 入力

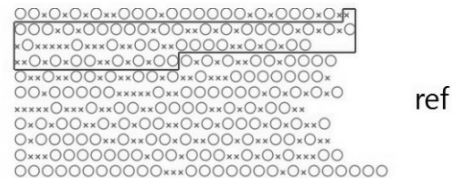


図 2: ref 入力

ストデータと実際の実行時の予測がずれてしまうことがあげられる. このずれを改善するために予測テーブルのループを抜け出すタイミングと実際に実行中のプログラムがループを抜け出すタイミングを合わせることを試みる.

この時予測テーブル側がループを抜け出しているのか, 実行中のプログラムがループを抜け出しているのか区別するために, 1 つ前の予測テーブル側の同じ分岐命令の結果を参照し, 同じ分岐結果なら予測テーブルがループ中, 違う結果であるなら実行中のプログラムの方がループ中であると考え. ただし同じ分岐命令か否かを区別するためには命令のプログラムカウンタを参照することとする. 以上のことを踏まえ, 以下のような動作を提案する.

1. 実行中の分岐結果と予測テーブルの結果が誤るまで実行する.
2. 予測テーブルの間違った分岐命令と同じ分岐命令が過去に実行されているか探す. みつかった場合 4 に飛ぶ
3. 2 ビット飽和カウンタを使い予測する. 分岐命令と結果が 3 連続一致するところで 1 に戻る
4. 間違えた分岐命令の結果と 1 つ前の同じ分岐命令の分岐結果が同じなら予測テーブルをずらす. (図 3 参照) その後 1 に戻る. 違うなら実行中の方が

Branch prediction with test run  
 Teru Ohashi Meng Lin Shigeru Oyanagi  
 †College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University  
 ‡College of Science and Engineering, Ritsumeikan University

一致するまでテーブルの使用を停止する。(図4参照) この項目については下記でさらに詳しく解説する。

- ずれがなくなるするまでは2ビット飽和カウンタ方式を利用して予測し、一致したら1に戻る。

### 3.1 動作4の詳細

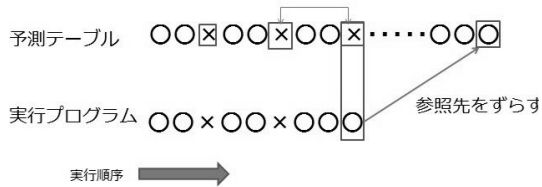


図3: 分岐結果一致

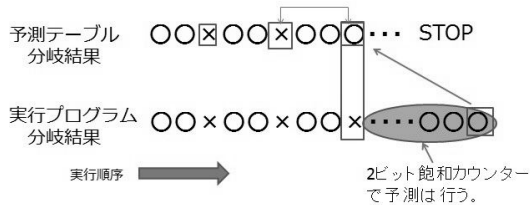


図4: 分岐結果不一致

図3, 図4では○が分岐成立, ×が分岐失敗したという分岐結果を表す。四角で囲まれた○や×は同一分岐命令である。縦長の四角で囲まれた部分が予測テーブルと実行プログラムでずれが発生した箇所である。

この時予測テーブルの1つ前の四角で囲まれた部分と結果が同じ時予測テーブル側がループを抜け出していないのでずれたと考える(図3の状態)。この時予測テーブルの参照先をループ脱出した場所まで移動させる。ここでループ脱出判定は実行プログラムの結果がずれた同一分岐命令と同じ分岐結果と同じになった時とする。

次に予測テーブルの1つ前の四角で囲まれた部分と結果が違う時, 実行側がループを抜け出していないのでずれたと考える(図4の状態)。この時実行中のプログラムがループを抜け出すまでは予測テーブルを使用せず, 2bit 飽和カウンタ方式を利用する。実行中のプログラムと予測テーブルの同一分岐命令の結果が一致した時, 実行中プログラムはループを抜け出したと考え, テーブルを使った予測を再開する。

## 4 評価

実験には SimpleScalar というシミュレータを用いた。ベンチマークには SPECint2000 から vortex, parser, gzip

を用いた。プロセッサの構成は表1に示す。また最大命令数は100万命令である。

Pipeline	5stage:fetch,decode,excute,writeback,commit
Fetch,Decode	4instructions
Bimodal PHT	2048 entry
lsq ruu	32-entry

表1: プロセッサの構成

実際の予測精度の比較を図2に示す。

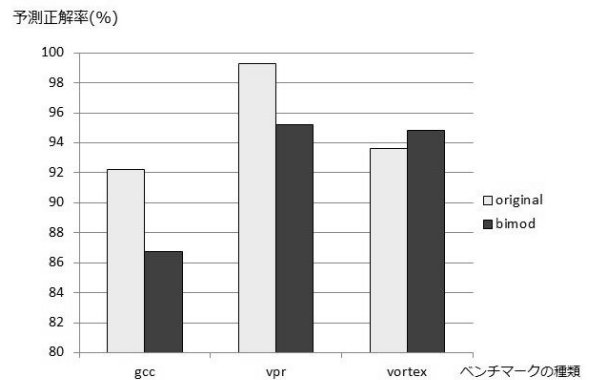


図5: 比較結果

### 4.1 既存研究との比較

2ビット飽和カウンタと比べ gcc ベンチマークでは5.67%, vpr では4.73% 予測精度が向上した。vortex においては-0.89%であった。

### 4.2 原因

ループではなく, ただ分岐結果が違うときに異なる動作をしてしまった時にミスが発生してしまう。また, 入力によりまったく異なる動きをするプログラムに対してはこの予測器はうまく働かない。

### 4.3 今後の課題

本研究ではループでのずれは対応しているので分岐結果が違うときに, プログラムが同じ動きに戻る地点を合わせる必要がある。

## 参考文献

- [1] 孟 林, 小柳 滋: 分岐予測ミスの偏りを利用した分岐予測器の提案, 情報処理学会論文誌: コンピューティングシステム, 4/3, pp.85-95, 2011