

7J-3 HITAC M-880 開発における 論理シミュレーションを用いた性能検証手法

井上 潔 新谷 洋一
(株)日立製作所 中央研究所

久保 完次 廣瀬 善太郎
(株)日立製作所 神奈川工場

1. はじめに

これまで汎用大型計算機においては、性能向上の目的で数々の新しい論理方式が取り入れられてきている。これに伴い、実際の論理は益々複雑になる傾向にある。論理検証では、装置が論理仕様に従って正常に動作することを検証するとともに、処理性能に関しても設計値通りとなっているか、十分に検証を行う必要がある。近年の論理の複雑化にともなって、これらの検証に要する時間は次第に増加する傾向にある。今回M-880の開発にあたっては、実機組立て前の早期のフェーズにおける性能検証手法を開発・適用し、効果を上げている。本論文では論理シミュレーションを用いた性能検証手法の概要について述べる。

2. 論理シミュレーションの概要

M-880開発における論理シミュレーションは、図1に示すような構成で行われた。機能論理レベルで書かれた設計ファイルをコンパイルして、スーパーコンピュータS-820をベースとした論理シミュレータVELVET2に入力する。このときメモリ等の一様な論理は設計ファイルを用いず、プロシジャとして記述する。こうすることで、命令処理装置と階層記憶のすべての論理を一度にシミュレーションすることが可能になっている。マイクロプログラムや通常命令の動作も忠実にシミュレーションすることが可能である。

3. 性能測定用命令

現在、実機上での命令性能は図2に示すような方法で測定することが一般的である。すなわち、実行時間が一様な命令を多数並べ(これを環境命令列と呼ぶ)、この中に被測定命令(命令列)を置いた場合と置かなかつた場合の実行時間をそれぞれ内蔵タイマ(ストア

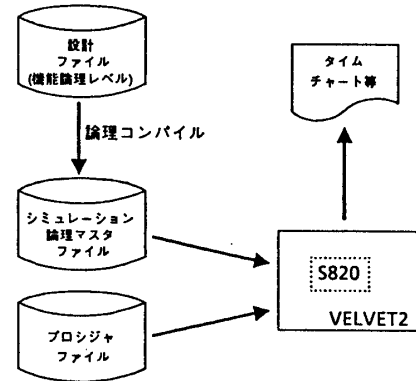


図1 論理シミュレーションシステムの構成概要

クロック命令)によって計測し、その差分の時間をもって被測定命令(命令列)の実行時間とする。このとき、命令実行時間はタイマの測定可能最小時間に比較して非常に短いため、分岐命令によるループを組んで多数回実行し、測定された時間をループ回数で割る、という操作を行う。こうして所望の命令(命令列)の平均的な実行時間が求められる。

ところが、シミュレーションにおいて性能を測定する場合には、上記の方法では実時間における実機の動作に比較し数百万倍以上の時間がかかるため、これは現実的でない。そこで、繰り返し実行の必要が無く、しかもできるだけ正確に性能を測定する方法が必要となる。このためには、実行に要したマシンサイクル数が正確に測定できれば良い。この目的のために、Read and Reset Performance Counter命令(以下RRPC命令と略記)を新規に設けた。この動作を図3に示す。本命令は、毎サイクル+1されるマシンサイクルカウンタを読み出し、その値をオペランドアドレスに書き込み、メモリ動作等による影響を抑えるためのシリアライズを行った上で、マシンサイクルカウンタをゼロクリアする。この命令を用いて、図4に示すような命令構成とす

ることで、所望の命令(命令列)の実行サイクル数を得ることができる。ここで、図3に示すように、RRPC命令のカウンタの読み出しまでの処理時間とカウンタのゼロクリア以降の処理時間(サイクル数)は固定的である。このため、図4に示すようにRRPC命令自身の実行時間(サイクル数)は完全に打ち消され、正確な実行時間(サイクル数)を得ることができる。こうして、被測定命令(命令列)を繰り返し実行することなく、正確な実行時間(サイクル数)を測定することが可能となった。

ここで、シミュレーションにおいては、マシンサイクルカウンタは、マイクロプログラムからアクセス可能なローカルメモリと、その値を毎サイクル+1するプロシジャによって実現されている。

なお、本命令を用いることで実機上での実行サイクル数を測定することは可能であるが、現在は、他機種との互換性を保持するために、シミュレーション上でのみ動作するインプリメントとなっている。

4. シミュレーションを用いた性能測定

M-880開発における性能検証の手段として、以下の2種の方法で性能測定を行った。

(1) 性能測定プログラムによる測定

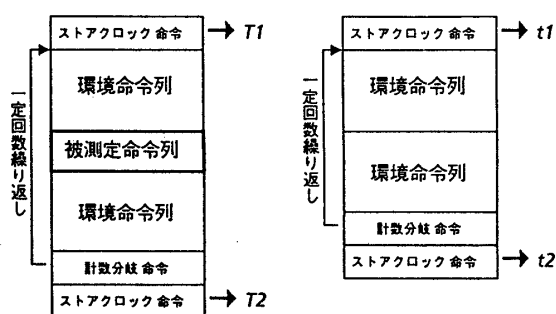
従来実機用に開発されていたプログラムに、スタックロック命令を前述のRRPC命令に置き換え、また繰り返し実行を行わないよう変更を加えて使用。命令単体の性能等、比較的単純に測定できる項目につき自動計測できる。

(2) ショートプログラム[1]による測定

分岐命令によるオーバヘッド等、複雑な論理動作を伴う測定項目に対し適用。設計者自ら環境を設定し、所望の論理動作を再現することが可能。ショートプログラム内に前述のRRPC命令を挿入することによって、サイクル数の測定が可能。ただし、図4で説明した測定方法はオーバヘッド等の測定にはそのまま適用できない場合もあり、このときはシミュレータから出力されたタイムチャートを設計者が眺めてサイクル数を数えることになる。

5. おわりに

命令性能を正確に測定する手法を開発し、新設命令としてインプリメントした。論理シミュレーションを用いて性能測定を行うこと



$$\text{命令性能(時間)} = ((T2 - T1) - (t2 - t1)) / (\text{繰り返し回数})$$

図2 命令性能測定方法

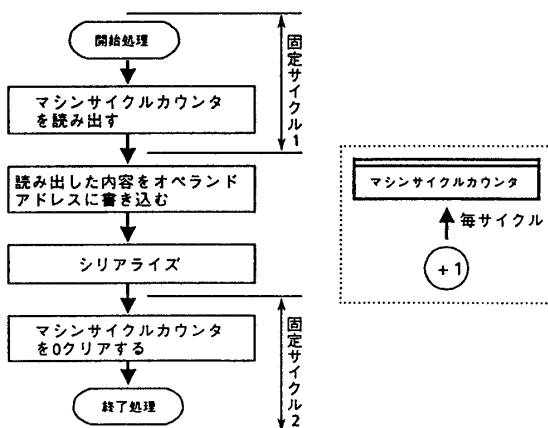


図3 Read and Reset Performance Counter (RRPC) 命令の動作

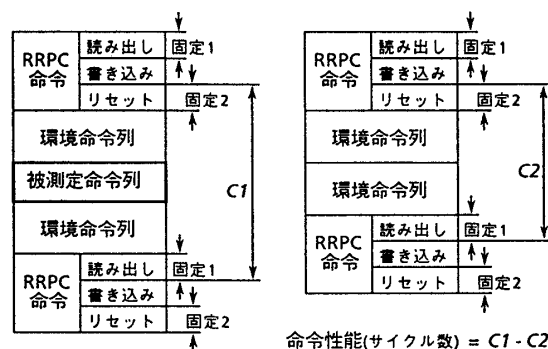


図4 命令性能測定方法

を可能にした。性能検証を実機開発に並行して行い、ハードウェア組立て前に設計性能を検証することが可能となった。これをM-880の開発にも適用し、効果を上げている。

現在は一部項目の測定を人手にて行っているが、これをすべて自動化することが今後の課題である。

参考文献

[1] 鈴木, 他: 論理設計検証に対する一手法, 情報秋季大会, 3X-5, 1989