

汎用方式論理シミュレータPASIM
高位レベル記述の検討

2V-2

長坂 充 小池 都子 栗山 和則 和田 健一
日立製作所 中央研究所

1. はじめに

計算機の処理速度を向上させる手段として、命令のパイプライン処理がよく用いられている。しかし、パイプラインの処理を乱す要因は複数存在し、パイプラインの乱れを減少させて高性能な計算機を設計するには、多くの工数が必要である。我々は、記述レベルの向上を目的として、パイプラインの構成などの指定からRTレベルの計算機モデル記述の生成を行い、生成されたモデル記述を汎用方式論理シミュレータPASIMに適用して評価を行っている。

本稿では、パイプライン計算機の構成の指定方法(以下ステージフロー記述と称する)と、生成した計算機モデルのシミュレータへの適用例について報告する。

2. 高位レベル記述の検討

2.1 課題

従来のRTレベルでのモデル記述では、記述量が多くなるだけでなく、記述言語の制約や方式未決定部分に捕らわれ、記述が煩雑になるという問題点があった。高位レベル記述には、計算機モデルの構成をパラメタによって指定したり、制御やデータの流れなど処理のアルゴリズムを記述する等のモデル記述方法がある。これらの記述によって、評価対象モデルの記述を容易にして、幅広い方式の評価を行うことが課題である。

高位レベル記述の検討の一例として、パイプライン計算機の構成の指定を記述して、この記述をもとに計算機モデルの評価を行う、アルゴリズムレベルシミュレーションシステムの検討を行った。

2.2 システムの構成

アルゴリズムレベルシミュレーションシステムの構成を図1に示す。

従来、PASIMでは計算機モデルの構成や動作をRTレベルで記述していた。ステージフロー記述は、パイプライン計算機モデルの構成と、モデルの構成

や高速化方式に依存して決定する命令の属性を指定する。RTレベルトランスレータは、ステージフロー記述をもとに、知識ベースを参照してシミュレーションの入力となる計算機モデル記述を生成する。生成される計算機モデル記述では、ステージ遷移や抑止の条件をルールで表現している。

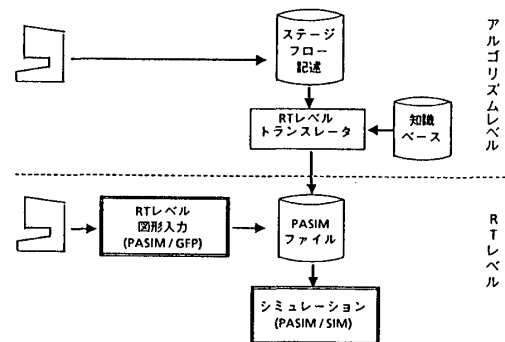


図1 アルゴリズムレベルシミュレーションシステムの構成

2.3 ステージフロー記述

モデルの構成を、以下について指定する。

- (1) パイプラインの段数
- (2) 各ステージの名前
- (3) デコード処理を行うステージ
- (4) アドレス変換処理を行うステージ
- (5) アドレス変換ステージのキューの数
- (6) オペランドフェッチを行なうステージ
- (7) 命令を実行するステージ

また、モデルの構成や高速化方式に依存して決まる各命令ごとの属性として、以下について指定する。

- (1) デコードピッチ
- (2) 演算に要するサイクル数
- (3) GPR, FPR, メモリの書き込み, 読みだしステージ

モデル構成指定の記述例を図2に示す。パイプライン処理の高速化方式は、RTレベルトランスレータが参照する知識ベース中に記述されている。

(STAGE-NUMBER 14)
 (STAGE-NAME 'S1 'S2 'S3 'S4 'S5 'S6 'S7
 'S8 'S9 'S10 'S11 'S12 'S13 'S14)
 (DECODE-STAGE S1)
 (ADDRESS-TRANSFER-STAGE S3)
 (QUEUE-ENTRY (S3 6))
 (OFETCH-STAGE S5)
 (OPERATION-STAGE S7)

図2 記述例

2.4 シミュレーションの出力

図2の記述例から生成された計算機モデルについて、シミュレーションを実行した。

シミュレーションの出力は以下の通り。

(1) ステージフロー

命令が各々のステージを時間の経過と共に遷移していく様子を、端末画面上に出力する。出力例を図3に示す。横軸は時刻(クロック)、各時刻でのステージ中の数字は、各々のステージで処理している命令番号を示す。

画面上では、分岐命令やオペランドコンフリクトなどのオーバーヘッド要因が起きて、次ステージに遷移できずに待っている命令の番号をカラーで表示する。この例では時刻81から86までS4ステージ中の命令30番が、前命令のメモリへの書き込み終了を待っていて、その間をオーバーヘッドとして表示している。

(2) 性能値、オーバーヘッド内訳

シミュレーション終了時に、平均命令実行サイクル数(MIEC)と、パイプラインを乱す要因ごと(実行に1サイクル以上要する命令の実行、レジスタオペランドコンフリクト、メモリコンフリクト、分岐、アドレスコンフリクト)のオーバーヘッド内訳を表示する。出力例を図4に示す。オーバーヘッド内訳は、データ収集機能を利用して求めている。

他に必要なデータがあれば、データ収集を指定して求めることができる。

設計者は、以上の出力結果をもとに、モデルの構成を検討し直して評価をするという作業を繰り返す。

3. 結論

高位レベル記述の例題として、パイプライン計算機をとりあげた。パイプラインの構成などの指定から、RTレベルトランスレータにより計算機モデル記述の生成を行い、生成されたモデル記述を汎用方式論理シミュレータPASIMに適用した。

(1) この記述例では、RTレベルトランスレータの入力となるステージフロー記述は40行、知識ベースを参照してRTレベルトランスレータが生成した計算

機モデルの記述は約1.7k行であった。入力となるモデル記述量が、約42.5分の1となった。

(2) アルゴリズムレベルでステージフロー記述を行い、アルゴリズムレベルでオーバーヘッドの要因別内訳などの評価結果を出力する。得られた結果をもとにして、モデル構成の評価や変更が容易になった。

RTレベルトランスレータが参照する知識ベースについては、対話的に構築する手段を用意して、新しい方式を容易に取り入れモデルを生成することができるようにしていく。

本稿で報告した例題では、ステージフロー記述からRTレベルトランスレータを用いてパイプライン計算機モデル記述を生成し、シミュレーションを実行している。今後は、計算機の動作をアルゴリズムレベルで図形記述を行い、そのアルゴリズムをシミュレーションすることに関する検討を行う。

CK 80 85 90 95

	S	D	L	R	R	S	S	E	E	E	E	E	E	E	E
S1	34	.	35	.	36	.	37	37	38	.	39	39	39	39	39
S2	.	34	.	35	.	36	.	37	38	.	39	39	39	39	39
S3	31	31	31	31	31	31	31	32	33	33	34	34	35	35	36
S4	30	30	30	30	30	30	30	31	32	33	33	34	34	35	36
S5	.	.	.	.	.	.	30	31	32	32	33	34	34	35	36
S6	29	.	.	.	.	.	30	31	32	32	33	34	34	35	36
S7	29	29	.	.	.	.	30	31	31	32	33	33	34	34	35
S8	28	29	.	.	.	.	30	31	31	32	33	33	34	34	35
S9	28	29	29	.	.	.	30	30	31	31	32	33	33	34	34
S10	27	28	29	.	.	.	.	30	31	31	32	32	33	33	34
S11	.	27	28	29	.	.	.	.	30	30	31	31	32	32	33
S12	26	27	28	29	.	.	.	.	.	30	31	31	32	32	33
S13	26	27	27	28	29	.	.	.	.	.	30	30	31	31	32
S14	25	26	27	28	29	.	.	.	.	.	.	30	31	31	32

図3 ステージフロー 出力例1

CK 160 165 170 175

	S	R	D	E	A	S	D	S	R	L	E				
S1	.	.	.	.	61	62	63	64	65	66	67				
S2	.	.	.	.	61	62	63	64	65	66	67				
S3	60	60	.	.	61	62	63	63	64	64	65	66	66		
S4	59	60	.	.	61	62	63	63	63	64	64	65	65	65	
S5	59	59	60	.	.	61	62	63	63	63	64	64	65		
S6	58	59	60	.	.	61	61	62	62	63	63	64	64		
S7	58	58	59	60	.	.	61	62	62	63	63	64	64		
S8	57	58	59	60	.	.	61	61	62	62	63	63	64		
S9	57	57	58	59	60	.	.	61	61	62	62	63	63		
S10	56	57	58	59	60	.	.	60	61	61	62	62	63		
S11	56	56	57	58	59	60	.	.	60	61	61	62	62		
S12	.	56	57	58	59	60	.	.	60	60	61	61	62		
S13	.	56	57	58	59	60	.	.	60	60	60	61	61		
S14	.	56	57	58	59	60	.	.	60	60	60	60	61		

MIEC = 1.35
 basic = 1
 E-OH = 0.03333
 R-OPconf = 0.01667
 MEMconf = 0.18333
 Branch = 0.025
 Aconf = 0.09167

図4 ステージフロー 出力例2

[参考文献]

“IEEE Standard 1076-1988,VHDL Language Manual”
 IEEE 1988.

小池, 他 : 情報処理学会第39回全国大会

「汎用方式論理シミュレータPASIM : PASIMの概要」