

解説



素朴な疑問

Superscalar と Very Long Instruction

Word: どこが super, なぜ very long?†

竹内 陽一郎††

多くのコンピュータでは命令の処理時間を短縮する手法として、パイプライン処理が行われています。パイプライン処理では、命令の解釈、計算、結果の保存など、一つの命令を実行するのに必要な各ステップを流れ作業で処理することによって、命令を連続して実行する際の1命令あたりに必要な実行サイクル数を短縮しています。パイプライン処理では、1サイクル/1命令が性能上の限界になりますが、命令の処理に必要なハードウェアを複数用意し、これを並列動作させて、1サイクルに多数の命令を処理することで、もっと性能を上げることができます。このような処理方式は細粒度並列処理と呼ばれていて、Superscalar も Very Long Instruction Word (VLIW) もこの考え方に基づいています。

Superscalar 方式では、命令を取り出し解釈するハードウェアが、1サイクルに複数の命令を取り出し、並列動作できる複数の演算器にこれらを提供していきます。取り込んだ命令列中の実行順序関係をハードウェアで解析し、なるべく多くの演算器が並列に動作し、しかも命令を逐次実行した場合と結果が異ならないよう、演算器への投入順や、演算結果の書き込みなどを制御します。つまり、命令語上（プログラミング上）は従来の逐次実行型の演算方式（スカラ演算）による場合と何も変わるところがないのに、実際の命令実行は細粒度並列処理が行われて、高速に処理されるわけです。このように、見かけはスカラ演算を行っていないながら、内部的には並列処理であることから、超スカラ方式という意味で、Superscalar と呼ばれているわけです。

Superscalar では、結果を保証するため命令の実行順序の制御が大変複雑になるという欠点があります。もともとこの複雑さは、逐次実行型のプログラムを命令実行時に並べ変えて並列処理しようとしているところに原因があるわけです。そこで、命令語自体をあらかじめ並列処理しやすいように定義しておいてはどうかという発想がでてきました。これが VLIW というアーキテクチャです。一本の長い命令の各部分をそのまま対応する演算器に投入してしまおうというのがこの方式の基本的な考え方です。各命令語が、各サイクルごとに並列実行される処理の集合体になるように命令語を決めているわけです。このため、並列動作可能な演算器の数に対応して、一つの命令が256ビットや1024ビットといった非常に長い命令になるわけです。

VLIW では、ハードウェアが命令の並列実行に関する制御を行わなくていい代わりに、なるべく多数の処理を並列に実行できるように各命令語がうまくプログラミングされていなければなりません。これは、最適化コンパイラの仕事になります。Superscalar が実行時に行う逐次実行型命令の並列化という作業が、VLIW ではコンパイル時にシフトされているわけです。このため、VLIW では、ハードウェアが単純になるかわりに、最適化コンパイラの負担が増えるというのが問題でした。しかし、近年の最適化技術の進歩で、この問題はかなり解消されてきています。

Superscalar 方式は、命令語の仕様を従来と互換に保てるため、最先端の多くのマイクロプロセッサですでに採用され、成功をおさめています。一方、このような Superscalar 方式のチップの性能を最大限に引き出すために利用されている最適化コンパイラ技術は、VLIW 用コンパイラの研究と深く結びついています。Superscalar 方式の成功

† Superscalar and Very Long Instruction Word Architectures: What is "Super"? Why is the Instruction Word "Very Long"? by Yoichiro TAKEUCHI (Information and Communication Systems Laboratory, Toshiba Corporation).

†† (株)東芝 情報通信システム技術研究所

の陰に隠れて、VLIW アーキテクチャそのものは、いままでのところあまり注目されてきませんでした。しかし、Superscalar 方式が、回路の複雑さによる限界に近づきつつあるため、ハードウェアを簡単にして、より高い並列処理能力を実現するための技術として、VLIW にも関心が集まり始めています。

(平成 6 年 8 月 31 日受付)



竹内陽一郎 (正会員)

1960 年生。1985 年京都大学大学院理学研究科物理第二専攻修士課程修了。1986 年(株)東芝入社。産業用ミニコンピュータの開発に従事。

