

ハードウェアトランザクショナルメモリにおける 実行パス履歴に基づくトランザクションスケジューリング

廣田 杏珠*, 間下 恵介, 津邑 公暁 (名古屋工業大学)

A Transaction Scheduling for Hardware Transactional Memory based on Execution Path Patterns

Anju Hirota, Keisuke Mashita, Tomoaki Tsumura (Nagoya Institute of Technology)

1. ハードウェアトランザクショナルメモリ

マルチコア環境における共有リソースへのアクセス調停にはロックが広く用いられているが、並列性の低下やデッドロックの発生などの問題があることが知られている。そこで、ロックを用いない並行性制御機構としてトランザクショナルメモリ(TM)⁽¹⁾が提案されている。このTMにおけるトランザクションの投機実行では、共有リソースに対するデータ更新の際に、更新前のデータを保持しておく必要がある(バージョン管理)。また、トランザクションを実行するスレッド間において、アクセス競合が発生していないかを常に検査する必要がある(競合検出)。TMのハードウェア実装である**Hardware Transactional Memory (HTM)**では、バージョン管理および競合検出の処理を高速に行うことができる。

2. 提案

HTMでは、一度競合したトランザクション同士が再度並列に実行される場合、再び競合する可能性が高い。この特徴を利用し、トランザクションの実行時間に基づいてスケジューリングを行うことで、競合を回避できると考えられる。しかし、分岐命令によりトランザクション内の実行パスが変化する場合、同一のトランザクションでも実行時間が変化するため、スケジューリングによる効果が十分に得られない可能性がある。そこで本稿では、トランザクション開始時に実行パスを予測することで、より正確に実行時間を見積もり、それに基づいて競合を回避するスケジューリング手法を提案する。

3. 実装

提案手法を実現するために、各スレッドはトランザクションの実行開始直近のロードおよびストアの出現パターンごとにトランザクションの実行時間を記憶する。そして、再び同じトランザクションを実行する際に、実行開始直近のロードおよびストア出現パターンと関連づけて記憶した値を元にして、他のスレッドで実行中のトランザクションがコミットするまでの残り時間 $T1$ と、自身のトランザクションが競合相手トランザクションとの競合を引き起こすメモリアクセスまでの時間 $T2$ を比較する。 $T1 < T2$ の場合には競合が発生しないと予測してトランザクションを実行開始し、 $T1 > T2$ の場合には競合が発生すると予測して $T1 < T2$ となるまで実行開始を待機することで競合を回避する。このように、トランザクションを実行する際にロー

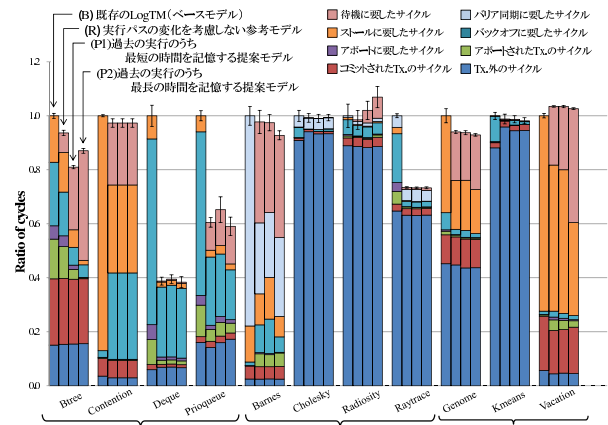


Fig.1 Execution cycle

ドおよびストア出現パターンを参照することで、分岐命令によりトランザクション内の実行パスが変化したとしても、実行パスの変化に応じた実行時間を予測できる。

4. 評価

提案手法の評価には GEMS microbench, SPLASH-2 および STAMP ベンチマークを使用し、16 スレッドで実行した際の既存モデル(B), 実行パスの変化を考慮しない参考モデル(R), 過去の実行時間のうち最短の時間を記憶する提案モデル(P1), 最長の時間を記憶する提案モデル(P2)の実行サイクル数を比較した。その結果を Fig.1 に示す。評価の結果、本提案手法により最大 61.6%, 平均 13.8% の実行サイクル数を削減し、競合の発生を抑制することで多くのプログラムにおいて性能が向上することを確認した。

5. おわりに

トランザクション開始時に、実行パスを考慮してトランザクションの実行時間を予測し、その予測結果を用いることで競合の発生を回避する手法を提案した。今後の課題として、ロードおよびストアが実行される際にアクセスされるアドレスも記憶し、より詳細に実行パスを区別することで競合を予測する手法の考案があげられる。

文献

(1) Maurice Herlihy and J. Eliot B. Moss: Transactional Memory: Architectural Support for Lock-Free Data Structures, *Proc. 20th Annual Int'l Symp. on Computer Architecture*, pp.289-300 (1993)