

大容量サイクルベースバストレーサを用いた 6 Z B - 0 1 Web コンピューティングアプリケーションの特性解析*

保田淑子 樋口達雄 濱中直樹
(株) 日立製作所 中央研究所

1. はじめに

インターネットの爆発的な普及により企業情報システムの整備が進み、Linux ベースの PC サーバを中核にした Web システムの需要が急速に増大している。コストパフォーマンスのよい Web システムを構築するためには、サーバ上で稼動する様々な Web コンピューティングアプリケーションの挙動を解析することが重要である。

一般に Web アプリケーションの挙動は机上予測が困難であるため、その解析手段として実機上で CPU バスの信号を取得するバストレーサ[1-2]が利用される。ところが Web アプリケーションは大規模かつ複雑である上、ネットワークからの入力に応じてサーバが動作するため、従来型バストレーサよりも長時間にわたって、サーバと I/O の挙動をリアルタイムに解析することが課題となる。

本稿では、上述の課題を解決するために開発した、CPU バスおよび I/O バストレーサをリアルタイムに長時間取得可能な大容量サイクルベースバストレーサについて述べる。次に、階層型 Web システムを構成する Web 層、ビジネスロジック層、データベース層アプリケーションの、上記バストレーサを利用した特性解析結果について述べる。

2. 大容量サイクルベースバストレーサ

2.1 開発の狙い

命令トレースが CPU の実行した命令列であるのに対してバストレーサはメモリアクセス情報であるため、サーバ内 CPU の詳細な挙動解析には不十分である。しかしながら、大規模な Web アプリケーションでは、CPU の内部処理よりもメモリアクセスが性能支配要因である。また、CPU キャッシュを“disable”にすることにより多数のメモリアクセス情報を取得可能である。以上の理由により、Web アプリケーションの挙動解析では、命令トレースの代わりにバストレーサを利用できると考えた。

そこで、大規模かつ複雑な Web アプリケーションの CPU バストレーサをリアルタイムに長時間取得でき、かつ LAN カードや I/O 装置を接続する I/O バスのトレースをも同時に取得可能な大容量サイ

クルベースバストレーサを開発した。その概略構成を図 1 に示す。

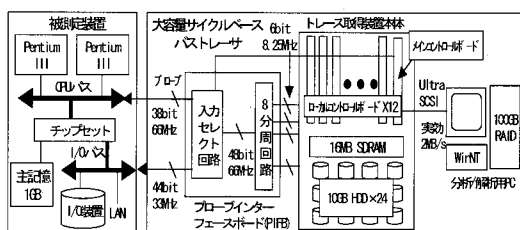


図 1: 大容量サイクルベースバストレーサの構成

2.2 特長

大容量サイクルベースバストレーサは、以下の機能により大規模かつ複雑な Web アプリケーションの挙動解析を強力に支援する。

- (1) CPU と I/O の挙動を同時に解析可能な CPU バス及び I/O バス情報混在の 48 信号同時取得機能
- (2) アプリケーションやサーバの時間推移による挙動変化の解析を可能にする 66MHz サイクルベースリアルタイムトレース機能
- (3) 大規模かつ複雑な Web アプリケーションの解析を可能にする 180 秒間超トレース機能

3. Web コンピューティングアプリケーションの挙動解析

3.1 バストレーサ解析手法

CPU バスは CPU の特権状態を示す信号を含まない。そのため、バストレーサを利用した Web アプリケーションの挙動解析では、プログラムの実行モード (OS あるいはアプリケーション) を判別できず、ボトルネックを特定することが難しい。そこで、Web システムで多用されている Linux がオープンソースであることを活かして、OS カーネルのアドレス空間レイアウトを調査し、カーネルが割り当てられる物理アドレスを特定した。この手法により、バストレーサの各メモリアクセスが OS カーネルのリクエストかアプリケーションによるリクエストかを分別可能にした。

3.2 評価プログラム

階層型 Web システムの Web 層、ビジネスロジック層、データベース層の挙動を解析する評価プログラムとして、以下の 3 種を用いた。

- (1) Apache : オープンソース Web サーバ
- (2) SPEC JBB2000 (JBB): サーバサイド Java
- (3) SPEC CPU2000 Vortex (Vortex) : データベース

*Analysis of Web Computing Applications by Using a Large-capacity Cycle-based Bus Tracer
Yoshiko Yasuda, Tatsuo Higuchi, Naoki Hamanaka
Hitachi, Ltd., Central Research Laboratory
1-280, Higashi-koigakubo, Kokubunji, Tokyo 185-8601, Japan

3.3 評価

1章で述べた課題に対し、評価プログラムのトレースを大容量サイクルベースバストレーサにより取得し、Webアプリケーションの挙動及びネットワークアクセスによるサーバの挙動変化を解析した。

(1)カーネルリクエスト比率の変動

Webアプリケーションのボトルネックを特定するため、3.1で述べた解析手法によりバストレースをカーネルとアプリケーションリクエストに分離し、カーネルリクエストの挙動を解析した。図2に各プログラムのカーネルリクエスト比率の変動を示す。Apache ではカーネルリクエスト比率が定常的に40%程度であるのに対し、Vortex では特異点が存在することがわかる。バスリクエスト種およびアクセスアドレス解析により、特異点においてプロセススイッチが発生したことが判明した。JBB では約1秒毎にカーネルリクエスト比率が20%以上になるが、アドレス解析結果から1秒毎に起動するガベージコレクションスレッドの影響であると判明した。

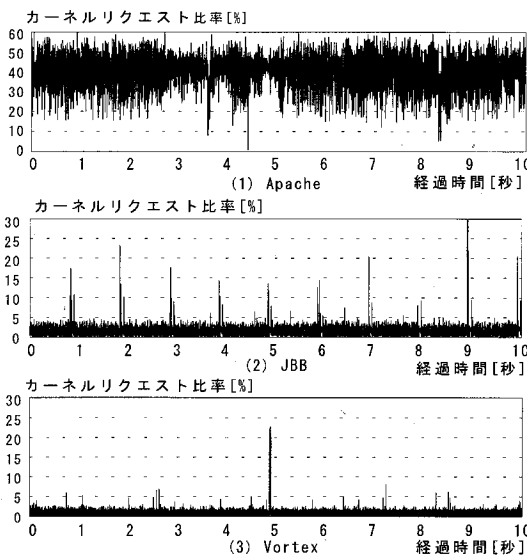


図2: カーネルリクエスト比率の時間推移

Apache では定常的にカーネルリクエスト比率が高く、OS がボトルネックになる。一方、JBB では秒単位で発生するガベージコレクションがボトルネックである。このようにリアルタイムに長時間取得したバストレースを用いることで、数秒単位で変化する Web アプリケーションの挙動を解析しボトルネック箇所を特定できる。

(2)ネットワークアクセスによるサーバの挙動変化

Web クライアントとサーバ間で通信が発生する Apache を用いて、ネットワークアクセスによるサ

ーバの挙動を解析した。図3に、Apache における1秒毎の CPU バスおよび I/O バスのリクエスト数を示す。図3より I/O バスリクエストが5秒毎に通常の1.6倍に増加することがわかる。アクセスアドレスの解析により、この増分が5秒毎に発生する Apache のログ書き込み処理であることが判明した。I/O リクエストが多発する間は CPU バスへのリクエスト送出は抑制されるため、CPU バスに出現するリクエスト数が減少する。しかし、CPU バスに対する I/O バスリクエスト比率は3%程度であるためシステム性能への影響は小さく、ネットワークアクセスによるサーバへの影響は無視できることがわかった。このように、Web アプリケーション実行時のネットワークアクセスによるサーバへの影響を評価結果に反映できるため、評価精度を向上できる。

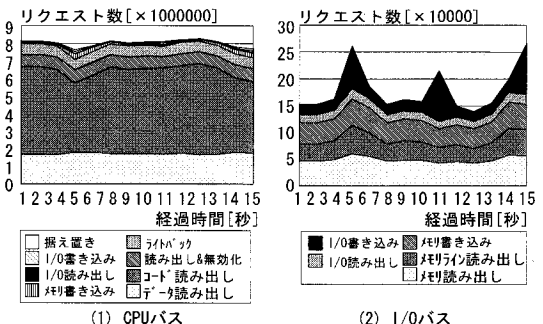


図3: Apacheにおける1秒毎のCPU/I/Oバスリクエスト内訳

4. おわりに

CPU バス及び I/O バストレースをリアルタイムに180秒間以上取得可能な大容量サイクルベースバストレーサを開発した。このバストレーサにより、大規模かつ複雑な処理を行う Web コンピューティングアプリケーションの数秒単位での挙動変化やネットワークアクセスによるサーバの挙動変化を解析できた。これらの解析結果を用いることにより、Web システム全体のコストパフォーマンスを改善できる。

参考文献

[1] 佐藤 他2: メモリバストレースを用いた共有バス型並列計算機のキャッシュ評価: 情報処理学会 計算機アーキテクチャ研報 139-1 (2000)

[2] P.A.Sandon: NStrace A bus-driven instruction trace tool for PowerPC microprocessors: <http://www.research.ibm.com/journal/rd/413/sandon.html>