

B-010

## Mini-OS を用いた仮想計算機システム Xen の性能評価 Performance evaluation of Xen using Mini-OS

江藤 幹典†  
Mikinori Eto

岩元 祐太†  
Yuta Iwamoto

梅野英典†  
Hidenori Umeno

### 1. はじめに

近年の計算機の性能向上は、今までメインフレームで培われてきた仮想計算機(Virtual Machine:VM)の技術をパーソナルコンピュータ上で適用可能とした。それは OS の開発、デバッグ等のシステム開発の効率化や、サーバー統合による運用コスト削減など、様々な利点をもたらす。

だが、この際に問題となるのが、仮想計算機自身のオーバーヘッドである。仮想計算機の導入に対し、ユーザーは仮想計算機の性能を知り、どれほどのオーバーヘッドが生じ、またどれほどの利益を得ることができるかを検討した上で運用していかねばならない。一方、開発者は仮想化によるオーバーヘッドを最小限に抑える設計を行い、より効率の良い仮想計算機システムを開発していく必要がある。このように、仮想計算機システムにおいて、その性能は非常に重要な要素である。

そこで、現在の仮想計算機システムの性能を評価・分析することは、より高性能な仮想計算機の開発・改良のために非常に有意義であるといえる。

本研究では、オープンソースであり、準仮想化という独自の仮想化手法を採用していることなどから近年注目されている仮想計算機システム Xen を対象とした。Xen の準仮想化 VM は実計算機と同等の性能といわれているが、それが正しいかどうかを調査する必要がある。

性能評価には、I/O やネットワークなど、さまざまな種類の評価があるが、本研究は上位の OS に依存しない、仮想計算機としての基本性能面での評価を行った。具体的には単一命令ごとの実行時間を中心に測定した。

### 2. Xen の概要

Xen は英国ケンブリッジ大学コンピュータ研究所で 2002 年に開発された比較的新しい VMM である。2005 年に Xen をベースとしたエンタープライズ・ソリューションを提供する XenSource 社が発足し、現在では様々な企業が Xen に対する支持を表明しており、数多くある仮想化技術・製品の中でも特に注目を集めている。

Xen が注目を浴びている理由としてはまず、オープンソースソフトウェアであるということが挙げられる。オープンソースである強みとしては、ソースを誰でも入手可能であるためコミュニティを中心に世界中で開発がされ、日々技術が更新されていることが挙げられる。また、性能面においても注目されている。Xen は前節で説明した VMM タイプの仮想計算機システムであるが、その中でも

準仮想化(para-virtualization) という独特の手法を用いることによって、仮想化のオーバーヘッドを軽減するためのアプローチをとっている。Xen 環境では、ゲスト OS はハイパーコールを用いて Xen の機能呼び出し、デバイスへのアクセスなどを行う。

### 3. Mini-OS

Mini-OS は Xen における準仮想化手法の参考のために付属されているサンプル OS である。メモリ管理やスケジューラなどの OS としての最低限の機能が実装されているだけで、起動後はアイドル状態となり、一切仕事を行わない。

以上の特徴から、この Mini-OS に性能評価の機能を実装することで、OS の影響をほとんど受けることのないベンチマークツールとして用いることが可能である。また、構造がシンプルなため、改良しやすいというメリットがある。

### 4. 性能評価

#### 4.1 システム構成

今回測定したシステムの構成を図 1 に示す。

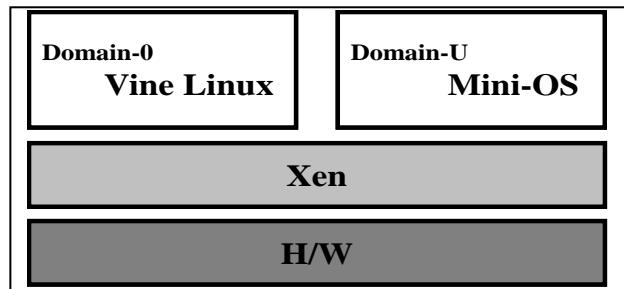


図 1: システム構成

Xen では Domain-0 とよばれる管理 OS が必要である。そこで、Domain-0 に Linux を導入している。Domain-0 はゲスト OS である Domain-U (Mini-OS) の起動・終了を制御する。測定は Mini-OS でのみ行われる。Xen のバージョンは 3.0.2-2、プロセッサは Intel Xeon 2.66GHz、メモリは 2GB である。

† 熊本大学大学院自然科学研究科

## 4.2 測定方法

今回は単一命令の実行時間を測定するためにタイムスタンプカウンタ(TSC)を用いた。測定したい命令の前後でTSCの値を参照し、その差分から実行サイクル数を算出する方法である。1命令の実行時間が短いものは正確にクロック数を割り出せないため、すべての測定において、単一命令を100回実行させ、その実行時間から1命令あたりの実行時間を算出するように取り決めた。それぞれの測定は20回行い、その平均を結果とした。

また、本研究室で別途作成されたベンチマークツールを用い、同様の手法で実計算機でも測定を行い比較した。

本研究では、IA-32命令セットリファレンス[1]に記される命令のなかで測定可能なほぼすべての命令セットおよび準仮想化環境においてある命令に相当する部分を測定した。

## 4.3 測定結果

以下に測定結果の抜粋を示す。Xen・実機での実行時間は1命令あたりの平均クロックサイクル数である。

## 一般命令

## ・算術演算命令 (抜粋)

| 命令   | Xen [clock] | 実機 [clock] | Xen / 実機 |
|------|-------------|------------|----------|
| ADD  | 0.36        | 0.36       | 1.000    |
| INC  | 0.80        | 0.72       | 1.111    |
| SBB  | 6.72        | 6.68       | 0.994    |
| CMP  | 0.72        | 0.68       | 1.060    |
| IDIV | 56.56       | 56.64      | 0.999    |
| DAA  | 136.56      | 110.60     | 1.234    |

## ・論理演算命令 (抜粋)

| 命令   | Xen [clock] | 実機 [clock] | Xen / 実機 |
|------|-------------|------------|----------|
| AND  | 0.42        | 0.36       | 1.167    |
| OR   | 0.36        | 0.36       | 1.000    |
| NOT  | 0.42        | 0.36       | 1.167    |
| TEST | 0.42        | 0.36       | 1.167    |

## ・ストリング命令 (抜粋)

| 命令    | Xen [clock] | 実機 [clock] | Xen / 実機 |
|-------|-------------|------------|----------|
| CMPD  | 7.60        | 8.38       | 0.906    |
| LODSD | 5.60        | 5.64       | 0.993    |

## ・データ転送命令 (抜粋)

| 命令   | Xen [clock] | 実機 [clock] | Xen / 実機 |
|------|-------------|------------|----------|
| MOV  | 0.56        | 0.52       | 1.333    |
| XCHG | 1.36        | 1.36       | 1.000    |
| PUSH | 1.88        | 1.80       | 1.044    |
| POP  | 0.88        | 1.08       | 0.814    |

## ・浮動小数点演算命令 (抜粋)

| 命令   | Xen [clock] | 実機 [clock] | Xen / 実機 |
|------|-------------|------------|----------|
| FADD | 970.40      | 964.76     | 1.006    |
| FSIN | 920.60      | 914.03     | 1.007    |

## ・特権命令 (非ハイパーコール)

| 命令                | Xen [clock] | 実機 [clock] | Xen / 実機 |
|-------------------|-------------|------------|----------|
| MOV CR0-4<br>読み出し | 1714.50     | 5.84       | 293.579  |
| MOV CR0-4<br>書き込み | 3410.45     | 278.27     | 12.256   |
| CLTS              | 3388.26     | 278.00     | 12.118   |

## 5. まとめ

本研究では、OSの影響を最小限に抑えるためにMini-OSを用いてXenの準仮想化環境における計算機基本性能の評価として単一命令実行時間について測定した。

今後の準仮想化の計算機基本性能評価として、以下の方向で進める予定である。

- ・各ハイパーコール命令の性能
- ・ページテーブル更新のオーバーヘッド
- ・I/O命令のオーバーヘッド

さらに、システム性能、データベース性能についても評価を進める。これにより、準仮想化VMが他のプロダクションシステムへの適応性を評価することができる。

## 6. 参考文献

[1] 「Pentium ファミリー ディベロッパーズマニュアル 下巻」 インテルジャパン株式会社

[2] XenSource Xen Summit

<http://www.xensource.com/xen/xensummit.html>