

仮想マシン環境における 並列ベンチマークを用いた性能評価

部坂 有希子 (指導教員：小口 正人)

1 はじめに

近年、コンピュータシステムはCPUのマルチコア化により性能が大幅に向上し、性能向上を活かしたアプリケーションとして仮想化技術に注目が集まってきた。本研究では仮想マシンXenを用いた高性能なネットワークコンピューティング環境の実現を目的として、並列ベンチマークを用いた性能評価を行う。

2 Xen

仮想化技術の一手法である仮想マシンの実現システムとして、VMwareやVirtual PCなどがあげられる。これらはホストOS上にゲストOSと呼ばれるOSのインストールを可能にするソフトウェアであり、既存OS上で動かすため処理性能が実機よりも低下するといった特徴がある。一方、Xenは複数のOSを動かすための基盤となるプラットフォームのみ提供する仮想マシンモニタで、実ハードウェア上でほぼ直接動作するため、仮想化による処理性能の低下が小さい。Xen上で動作する仮想マシンは「ドメイン」と呼ばれる単位で管理され、ドメインの中でOSが動作する。ドメインにはDomain0とDomainUの2種類のドメインがあり、Domain0が他のドメインを管理するホストOSの役割を担い、Domain0からのみ他のドメインの起動及び停止を制御することができる。1つのDomain0以外はすべてDomainUとなり、各ドメインでゲストOSが動作する。

3 研究内容

3.1 基礎実験

図1に示すようにシングルコアマシン2台とデュアルコアマシン2台にそれぞれXenを導入後、Domain0を起動し、DomainUの環境構築を行った。シングルコアマシンはCPUがIntel Celeron D 2.5GHz、OSがLinux 2.6.15-1、NICがIntel 82562 EZ10/100 Fast Ethernet、Intel PRO/1000 MT Gigabit Ethernetのものをを用いた。デュアルコアマシンはCPUがIntel Core 2 Duo 1.8GHz、OSがLinux 2.6.18-1、NICがIntel PRO/1000 MT Gigabit Ethernetのものをを用いた。この実験環境において、シングルコアマシン間、デュアルコアマシン間及びxenでないノーマル環境のスループットを測定する。なおデュアルコアマシンにおいてはCPUコアとDomainを1対1で対応するように設定を行った。すなわち2台のマシンそれぞれの各コア上で1つずつの仮想マシンが動作している。

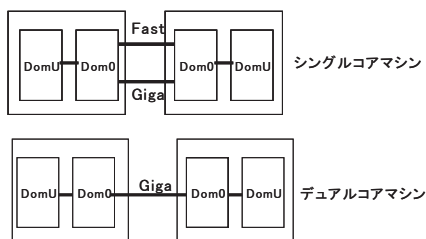


図1 実験環境

3.2 スループット測定結果

スループットの測定結果を図2~4に示す。シングルコアマシンのFast Ethernet上においては、図2より異なるマシン間のスループットは約80Mbpsとノーマル環境に近い値となった。次にシングルコアマシンのGigabit Ethernet上においては、図3よりDomain0からDomain0へのスループットのみ約700Mbpsとノーマル環境に近い結果となった。一方、デュアルコアマシンのGigabit Ethernet上においては、図4より異なるマシン間のスループットはDomainUからDomainU以外約600Mbpsとノーマル環境に近いスループットとなった。同マシン内のDomain0からDomainUへのスループットはブロックサイズが14KByte以上になると急激に低下しており、これはマシン内においてソフトウェア的な資源が枯渇してしまったためではないかと考えられる。

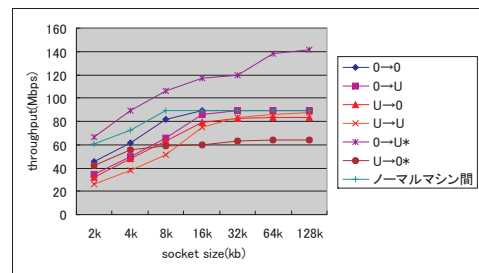


図2 シングルコア (Fast Ethernet) スループット

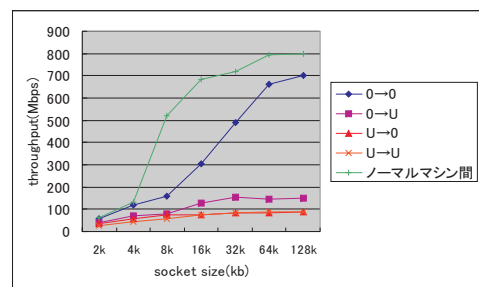


図3 シングルコア (Gigabit Ethernet) スループット

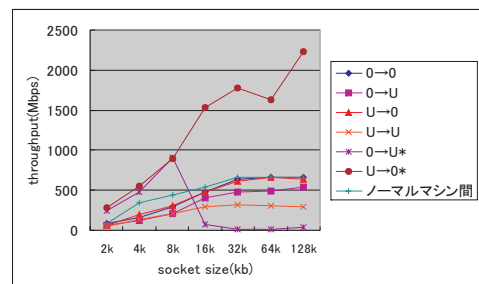


図4 デュアルコア (Gigabit Ethernet) スループット

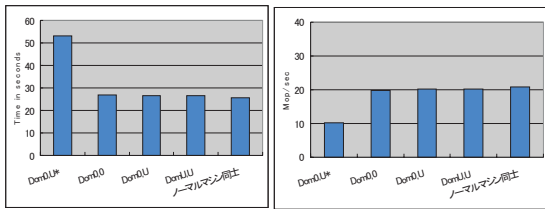


図5 シングルコア (Fast Ethernet):EP

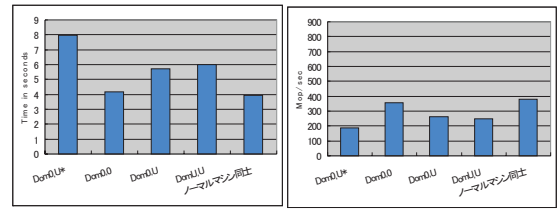


図8 シングルコア (Fast Ethernet):CG

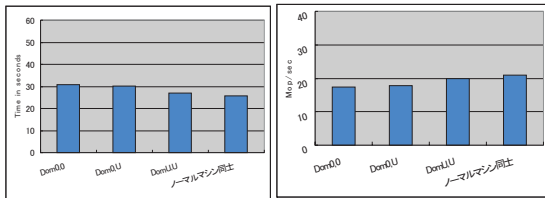


図6 シングルコア (Gigabit Ethernet):EP

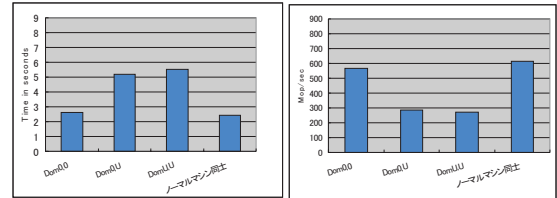


図9 シングルコア (Gigabit Ethernet):CG

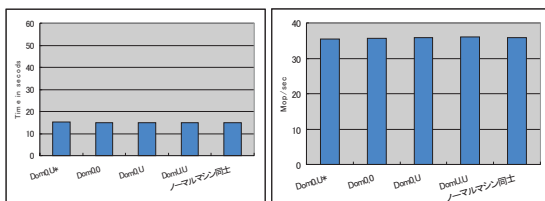


図7 デュアルコア (Gigabit Ethernet):EP

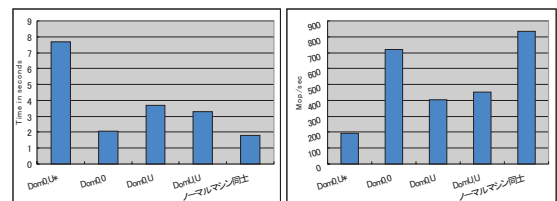


図10 デュアルコア (Gigabit Ethernet):CG

3.3 並列ベンチマークにおける評価実験

次に並列コンピュータのためのベンチマークソフトウェアである NAS Parallel Benchmark (NPB) を使用し、基本的な並列演算性能の測定を行った。シングルコアマシン、デュアルコアマシンそれぞれにおいてノーマルマシン 2 台の場合と 2 つの仮想マシンを組み合わせただけの場合とで比較を行った。使用した対象問題は EP と CG である。以下において左側の図は全体の実行時間をグラフにしたものであり、高いほど実行時間がかかっているため性能が悪いということになる。右側の図は Mops 値をグラフにしたものであり、Mops 値とは 1 秒間に何百万回の演算処理の命令を実行したか表したもので、高いほど性能が良いということになる。*印は同マシン内の 2 つの仮想マシンの組み合わせである。

3.4 評価実験の考察

まず対象問題 EP の実験結果を考察する。シングルコアの Fast Ethernet 上においては図 5 より、同マシン内の組み合わせの場合のみ他と比較して性能が悪い。これは、1 台のマシンで 2 つの仮想マシンを使用しているため、その CPU の負荷によると考えられる。デュアルコアマシンにおいては図 7 より、同マシン内の組み合わせは他の組み合わせと同じ値となり、CPU コアと Domain が 1 対 1 でしっかり対応していることが示された。また EP は並列効果の出やすいベンチマークであるため、同マシン内の組み合わせの場合を除き、各組み合わせの通信性能の差がトータルの結果に殆ど影響しなかったと考えられる。次に対象問題 CG の実験結果を考察する。シングルコア、デュアルコアのどの条件下においても Domain0,0 の組み合わせの場合、他の組み合わせと比較してノーマルマシン 2 台の組み合わせに近い値が得られている。性能の良さが顕著に現れ、CG は通信のスループットが全体の実行性能に大きく影響するベンチマークであるため、これは通信の性能差が結果に現れたと言える。次にシングルコア

上の Fast Ethernet(図 8) と Gigabit Ethernet(図 9) を比較すると、Domain0,U と DomainU,U はほぼ値が変わっておらず、基礎実験と同じ傾向となった。またシングルコアの Gigabit Ethernet(図 9) とデュアルコアの Gigabit Ethernet(図 10) を比較すると、Domain0,0 の組み合わせだけでなく他の組み合わせも一段と性能が良くなっており、Xen がデュアルコアに適しているといえる。

4 まとめと今後の課題

本研究では、まず基礎実験としてシングルコアマシン、デュアルコアマシンにおいてスループットの測定を行った。その結果、Domain0,0 の組み合わせの性能が良く、また状況下に依りて異なった結果が得られた。次にベンチマークを用いて並列処理性能の測定を行ったところ、Domain0,0 の組み合わせがどの状況下でもノーマルの状態に近く、もっとも性能が良いことが顕著に現れ、基礎実験に沿った結果となった。またデュアルコアマシンにおいては他の Domain の組み合わせにおいても、ノーマル状態には及ばないものの、高い性能が発揮された。

参考文献

- [1] 實田健: Xen による仮想環境のネットワーク構築, <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/>
- [2] 山本雅也: Xen3.0 による仮想化サーバの構築, 秀和システム, 2006 年 8 月
- [3] 部坂有希子, 小口正人: "仮想マシン環境における並列ベンチマークを用いた性能評価", 情報処理学会第 69 回全国大会, 5K-2, 2007 年 3 月