

PC サーバ用 Linux のリアルタイム性能評価

Real-Time Performance Evaluation of PC Server Linux

金城 聖† Akira Kanashiro 鶴 薫† Kaoru Tsuru 飯塚 剛† Tsuyoshi Iizuka

1. はじめに

近年、サーバプラットフォーム市場において、Linux と PC サーバを利用したリアルタイムシステム構築の要求が高まっている。特に監視制御分野や金融分野のディーリング・トレーディングなどのデリバティブ業務において利用されるサーバでは、リアルタイム性能が要求される。これらのようなシステムは、従来、UNIX や専用機を利用して構築されていたが、近年の IA32 アーキテクチャ CPU の高性能化、低価格化に伴い、PCサーバと Linux によるリアルタイムシステムへの移行要求が高まっている。

上記の要求を受け、Red Hat [1]や Novell [2] などの Linux ベンダは、リアルタイム Linux の提供を行っている。また、Linux 開発コミュニティにおいても、Linux のリアルタイム性能を強化する機能の開発が活発化しており、その開発成果を Linux ベンダが取り入れるといったケースも見られる。

Linux のリアルタイム性能強化機能には、カーネルの応答性を高めるオプション、タイマの精度を高めるオプション、スケジューリング性能を向上させるオプションがある[3]。

リアルタイム性を評価するための指標として、①割り込み応答性能と②プロセス実行時間遅延がある。本稿では、上記のリアルタイム性能強化機能を適用した Linux カーネル (RT カーネル) と標準の Linux カーネル (デフォルトカーネル) を用いて、①に対してタイマ性能測定を、②に対してスレッド実行時間測定を実施し、リアルタイム性能評価を行った。

以下、2章で Linux のリアルタイム性能強化機能の各オプションの概要について述べ、3章で、実施した性能測定の概要について述べる。4章で測定結果について述べ、5章で測定結果を考察し、6章でまとめる。

2. Linux のリアルタイム性能強化オプション

Linux のリアルタイム性能を強化するカーネル生成オプションについて以下に概要を示す。

(1) プリエンプトカーネルオプション

カーネル内部でのプリエンプションを有効とするオプション。標準設定の Linux では、ユーザモードでのみプリエンプションを許可しており、カーネルモードでのプリエンプションを禁止している。本オプションを適用することで、カーネルモード中のプリエンプションが可能となり、応答性が向上する。

(2) 高精度タイマオプション

タイマやスリープなどのシステムコールの時間管理の精度が向上するオプション。標準設定の Linux では、スケジューリングなどで利用するタイマの精度が

10msec となっている。本オプションを有効にすることで、ハードウェアタイマの精度と同等のものとなる。

(3) グループスケジューラオプション

Linux 2.6.23 より実装されたグループスケジューリング機能を有効にするオプション。グループスケジューリングでは、タスクをグループ化し、グループに対してリソースを割り当てる。また、Linux 2.6.25 からリアルタイムタスク用のスケジューリングポリシーとスケジューリングモジュールが導入されている。

3. 性能測定概要

3.1 タイマ性能測定

割り込み応答性能の評価を行うために、タイマ性能測定を実施した。測定の概要を図 1 に示す。

タイマ性能測定では、固定周期で発生するタイマシグナル (SIGALARM) の処理を行うシグナルハンドラの起動周期を測定することで、応答性能の評価を実施する。

測定プロセスはリアルタイムプライオリティで動作させた。タイマシグナルの周期は、1ms に設定し、試行回数を 10000 回として測定を実施した。

3.2 スレッド実行時間測定

プロセス実行時間遅延の評価を行うために、スレッド実行時間測定を実施した。測定の概要を図 2 に示す。

スレッド実行時間測定では、複数のメモリコピーを行うスレッドを生成し、各スレッドを同時に実行した際のスレッドの実行時間を測定することで、プロセス実行時間遅延の評価を実施する。

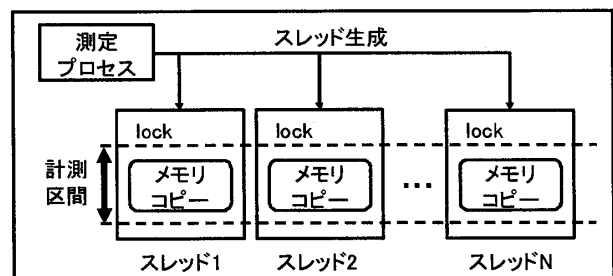
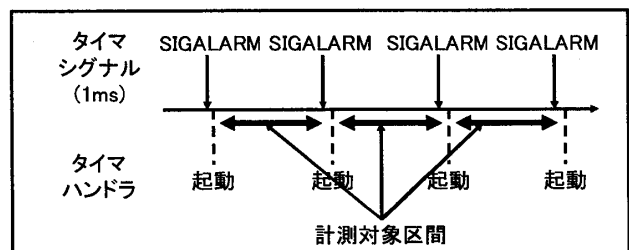


図 2 スレッド実行時間測定

表1 測定環境

項目	諸元
CPU	Intel Core 2 Duo E8300 2.83 GHz
メモリ	DDR2-667 SDRAM 2GB
OS	CentOS 5.3 32bit 版 + Linux 2.6.29.5

測定プロセスおよび測定プロセスによって生成されるスレッドは、全てリアルタイムプライオリティで動作させ、各スレッドでは、2MBのメモリコピーを行った。

両測定ともにデフォルトカーネルとRTカーネルに対して測定を実施し、測定環境として表1に示すPCサーバを利用した。

4. 測定結果

タイマ性能測定の結果を図3、図4に、スレッド実行時間測定の結果を図5、図6に示す。

タイマ性能に関して、デフォルトカーネルでは、1ms周期のタイマシグナルに対して、2ms周期で応答しているケースが多数見受けられる。これは、デフォルトカーネルのタイマ処理の分解能が設定周期の1msより低いことが原因である。RTカーネルでは、上記の現象が解消されており、全てのシグナル応答は1ms周期で行われている。また、周期の揺らぎは、2 μ s以内に収まっている。

スレッド実行時間に関して、デフォルトカーネルの測定結果から、平均実行時間と最良実行時間はスレッド数に関わらず、約7msとなっている。しかし、平均実行時間と最悪実行時間の差が50ms以上となるスレッドが存在していることがわかる。RTカーネルでは、50msの実行時間遅延が発生するスレッドが存在せず、平均実行時間、最良実行時間、最悪実行時間ともに約7msとなっている。

5. 考察

上記の測定結果から、割り込み応答性能の面では、タイマの分解能が高精度なものになることで、応答周期の揺らぎが2 μ sまで低減し、ほぼ一定の時間以内に割り込み応答可能であることが分かる。

また、プロセス実行時間遅延の面では、50msの遅延が解消され、全てのスレッドがほぼ同じ実行時間で処理を完了させることが可能となることが分かる。

従って、Linuxに実装されているリアルタイム性能強化機能は、リアルタイムプライオリティで動作させているプロセスの割り込み応答性能とプロセス実行時間遅延を改善する上で有用であるといえる。

6. おわりに

本稿では、Linuxのリアルタイム性能強化機能を適用したLinuxカーネルと上記の機能を適用していないLinuxカーネルを用いて、タイマ性能測定とスレッド実行時間測定を実施した。

その結果、リアルタイム性能強化機能を適用することで、割り込み応答性能とプロセス実行時間遅延の改善が見られることが確認できた。

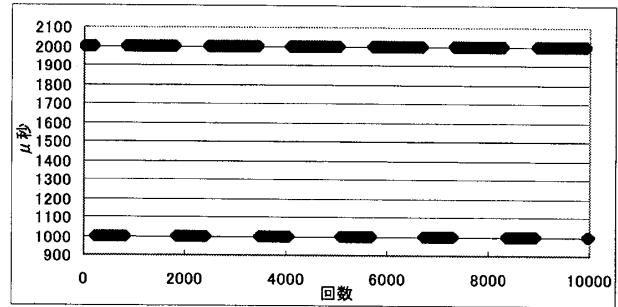


図3 タイマ性能測定 (デフォルトカーネル)

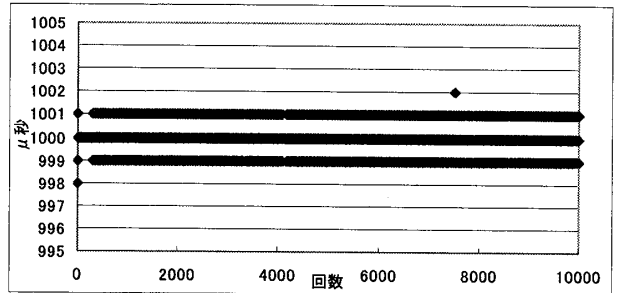


図4 タイマ性能測定 (RTカーネル)

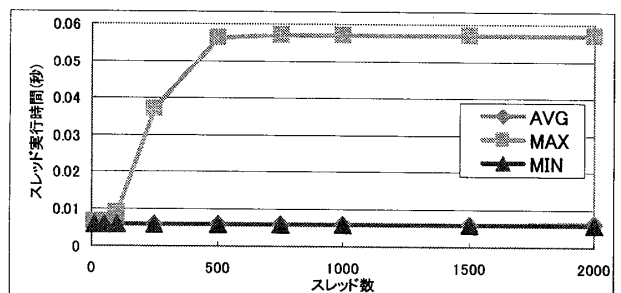


図5 スレッド実行時間測定 (デフォルトカーネル)

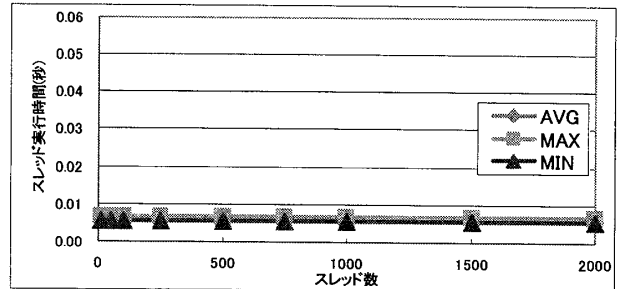


図6 スレッド実行時間測定 (RTカーネル)

参考文献

- [1] Red Hat Enterprise MRG Realtime, Red Hat, Inc.
<http://www.jp.redhat.com/mrg/realtime/>
- [2] SUSE Linux Enterprise RealTime Extension, Novell, Inc.
<http://www.novell.com/products/realtime/>
- [3] Linux, The Linux Kernel Archive,
<http://www.kernel.org/>