

資料 1

Latency on preemptible Real-Time Linux on **DCP-SH7780**

Contents

1.1	Getting Started	1
1.2	rrttc ドライバ	2
1.3	レイテンシ測定プロセス	2
1.4	hackbench ベンチマーク	2
1.5	ジッタ測定によるリアルタイム応答性能評価	7
1.6	まとめ	9

1.1 Getting Started

DCP-SH7780¹上で動作する [linux-2.6.25.4](#) (標準 Linux) のリアルタイム応答性能を測定し、Ingo Molnar 氏が公開している Real-Time Preemption Patch²を適用した場合の応答性能と比較します。

リアルタイム応答性能の測定は、CPU 内蔵タイマユニットの未使用チャンネルを使用し定期的に割り込みを発生するドライバ (以下 rrttc ドライバと呼びます) と、割り込みに同期して起床するレイテンシ測定プロセスを使用します。

rrttc ドライバの割り込みハンドラにより起床するレイテンシ測定プロセスは、時間情報を rrttc ドライバから取得し、各割り込み毎のレイテンシをファイルに書き出します。更にレイテンシの最大値を記録します。

¹400MHz 動作の SH-4A、実装メモリ 128M バイト

²http://source.mvista.com/linux_2.6_RT.html 参照

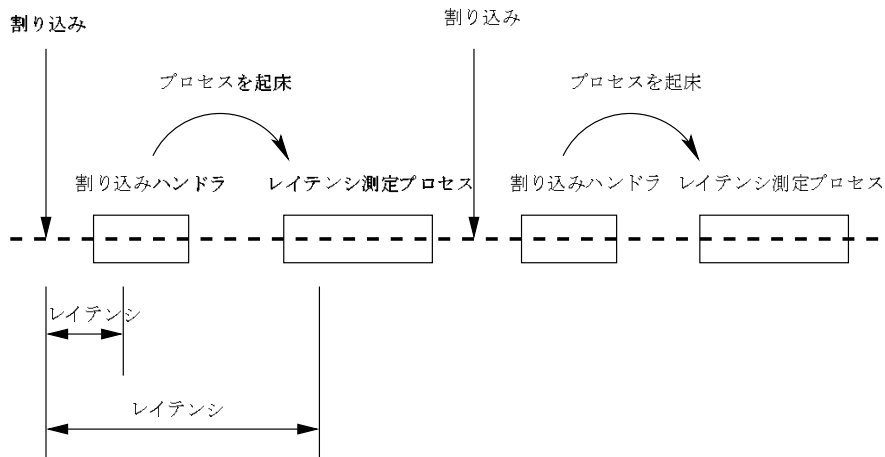


図 1: レイテンシ測定

1.2 rtrtc ドライバ

CPU 内蔵タイマユニットの未使用チャンネルを 2 チャンネル使用します。1 チャンネルで定期的に割り込みを発生し、もう 1 チャンネルを時計として使用することにより割り込みハンドラはレイテンシを計測します (図 1 参照)。

1.3 レイテンシ測定プロセス

リアルタイムタスクとしてスケジュール (SCHED_FIFO) されます。更に `mlockall` 関数によりメモリに常駐します。

最小 1 ミリ秒からのタイマ割り込み発生を指定します。出力データは以下の形式を持ちます。

```
0.000000 23.600000 2.400000
0.010000 13.679999 1.760000
0.020000 11.599999 1.520000
```

第一カラムは時間 (秒) を、第二カラムはレイテンシ測定プロセスの起床レイテンシ (マイクロ秒) を、第三カラムは割り込みハンドラのレイテンシ (マイクロ秒) を表します。

出力ファイルを指定しない場合、各割り込み毎のレイテンシは記録されませんが最大値を測定します。出力ファイルを指定する場合、ファイルシステム参照時のカーネルにかかる負荷を少なくする為にメモリディスクに書き出すこととします。

1.4 hackbench ベンチマーク

各レイテンシ測定に使用した負荷テストはオープンソース `hackbench` です。`hackbench` に与える引数の値が大きくなる程負荷が増えます。

テストでは 1, 2, 4, 6, 10, 15, 20, 30, 40 の引数を与え、その時 hackbench が表示する実行時間 Time: の値 (単位は秒) を図 2 に示します。

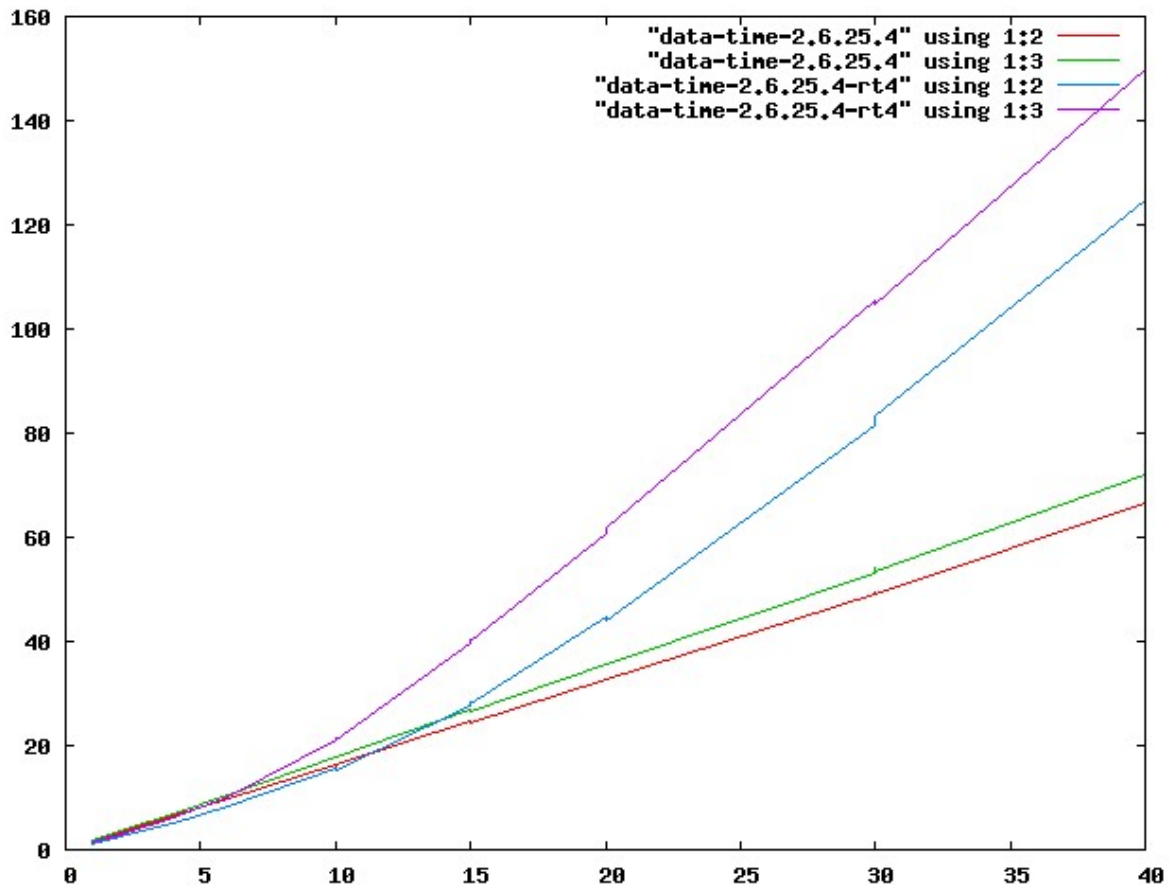


図 2: hackbench ベンチマーク

図 2 では、以下の 4 種類のデータをプロットします。

”data-time-2.6.25.4” using 1:2 RT パッチ無し、rtrtc ドライバで計測無し

”data-time-2.6.25.4” using 1:3 RT パッチ無し、rtrtc ドライバで計測有り

”data-time-2.6.25.4-rt4” using 1:2 RT パッチ有り、rtrtc ドライバで計測無し

”data-time-2.6.25.4-rt4” using 1:3 RT パッチ有り、rtrtc ドライバで計測有り

RT パッチを適用した場合としない場合、および rtrtc ドライバでレイテンシを計測した場合としない場合の負荷の変化を見ます。レイテンシを計測する場合、割り込み間隔は 1 ミリ秒で、計測データはファイルに出力しません。

図 3は、図 2の横軸が 0 から 20 までを表示しています。RT パッチを適用した場合、hackbench の引数が 10 を越えると負荷が増える傾向にあることが分かります。また、RT パッチを適用した場合の方がレイテンシ測定プロセスの起床にかかわるスケジューリングの影響をより大きく受けていることが分かります。

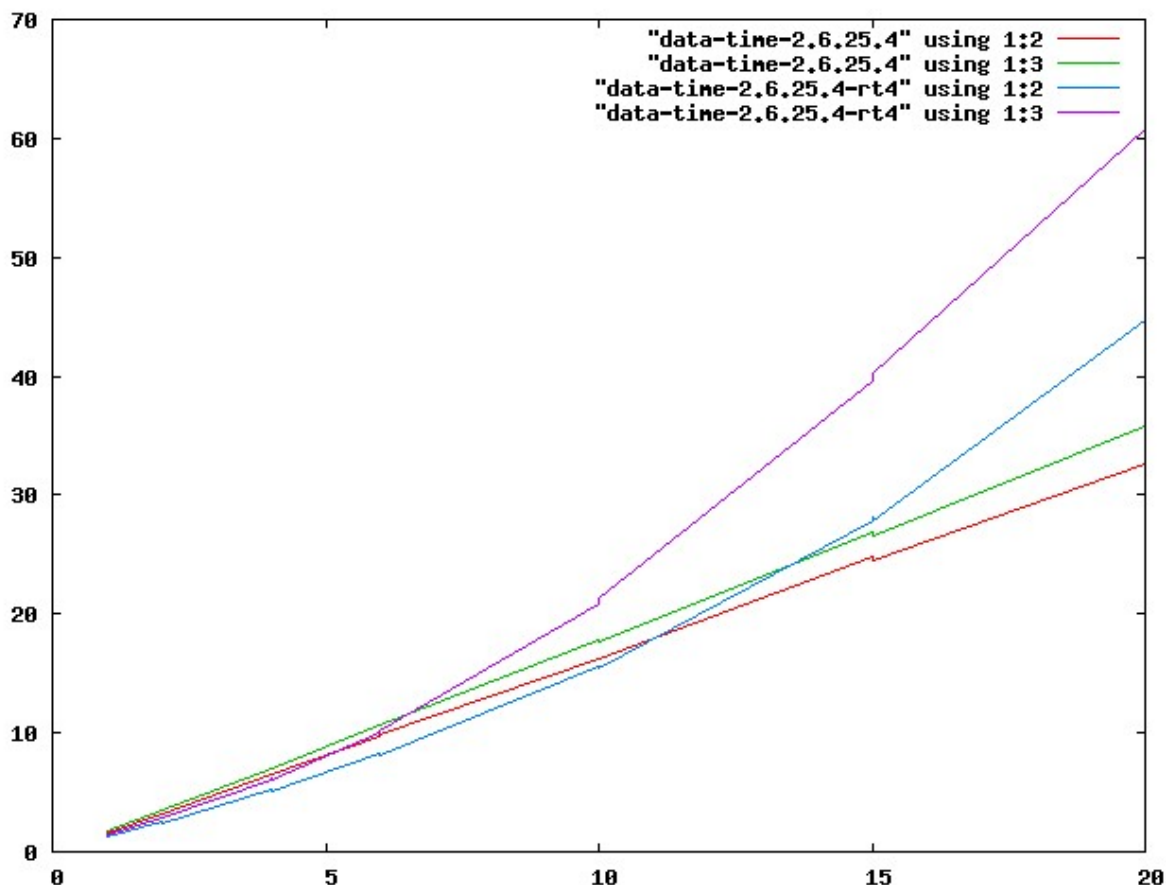


図 3: hackbench ベンチマーク

"data-time-2.6.25.4" using 1:2 RT パッチ無し、rtrtc ドライバで計測無し

"data-time-2.6.25.4" using 1:3 RT パッチ無し、rtrtc ドライバで計測有り

"data-time-2.6.25.4-rt4" using 1:2 RT パッチ有り、rtrtc ドライバで計測無し

"data-time-2.6.25.4-rt4" using 1:3 RT パッチ有り、rtrtc ドライバで計測有り

図 4は、レイテンシの最大値（縦軸で単位はマイクロ秒）について以下の4種類のデータをプロットします。割り込み間隔は1ミリ秒で、計測データはファイルに出力しません。

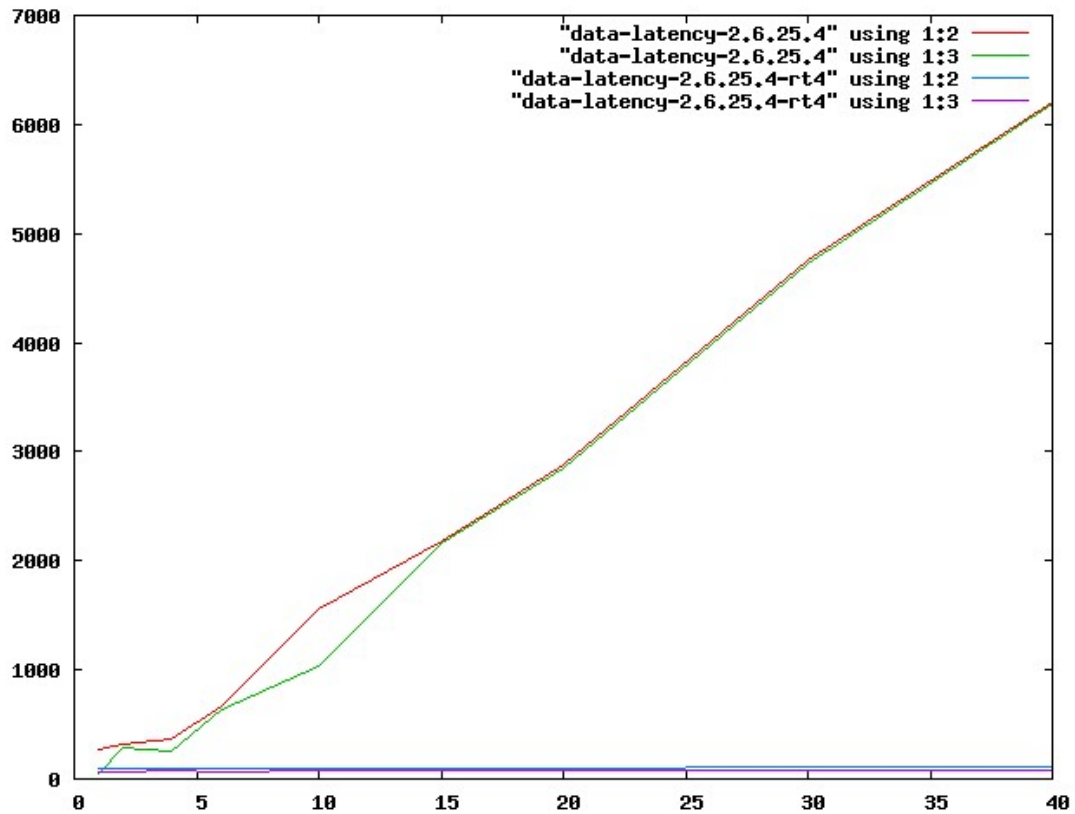


図 4: レイテンシの最大値

”data-latency-2.6.25.4” using 1:2 RT パッチ無し、レイテンシ測定プロセス

”data-latency-2.6.25.4” using 1:3 RT パッチ無し、割り込みハンドラ

”data-latency-2.6.25.4-rt4” using 1:2 RT パッチ有り、レイテンシ測定プロセス

”data-latency-2.6.25.4-rt4” using 1:3 RT パッチ有り、割り込みハンドラ

RT パッチを適用していない場合、負荷が重くなるほど割り込み禁止時間が長くなり、割り込みハンドラが割り込みを待たされています。

図 5は、図 4の RT パッチ有りの場合についてのみ表示しています。

RT パッチを適用すると、レイテンシは小さな値に収まっていることが分かります。また、RT パッチを適用していない場合に比べて hackbench による負荷の影響が小さいことが分かります。

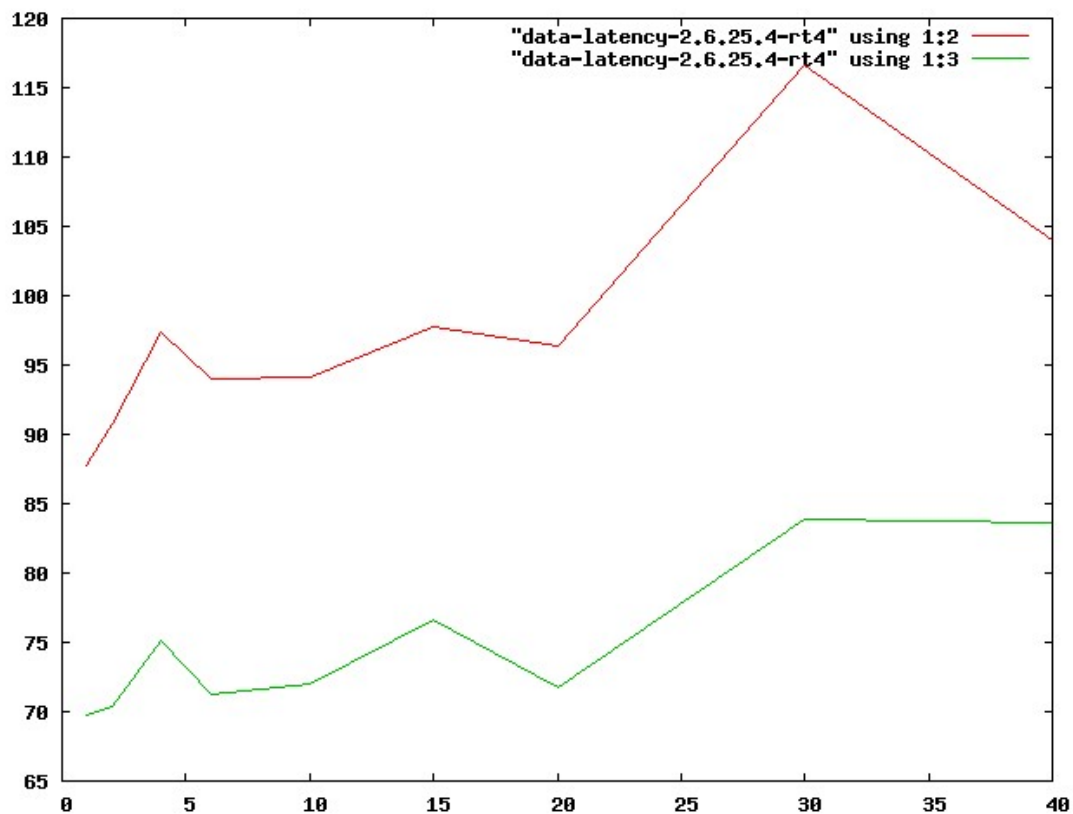


図 5: RT パッチを適用した場合のレイテンシの最大値

”data-latency-2.6.25.4-rt4” using 1:2 RT パッチ有り、レイテンシ測定プロセス

”data-latency-2.6.25.4-rt4” using 1:3 RT パッチ有り、割り込みハンドラ

1.5 ジッタ測定によるリアルタイム応答性能評価

各レイテンシの値をグラフ表示することにより、リアルタイム応答性能を評価します。ジッタは、レイテンシのばらつきを示し、このばらつきが小さいことがリアルタイム応答性能に求められます。

図 6は、hackbench の引数を 30、割り込み間隔を 10 ミリ秒とし、計測データをメモリディスクにファイル出力した場合のレイテンシ（縦軸で単位はマイクロ秒）について、次の二種類をプロットしています。横軸は測定時間（単位は秒）です。

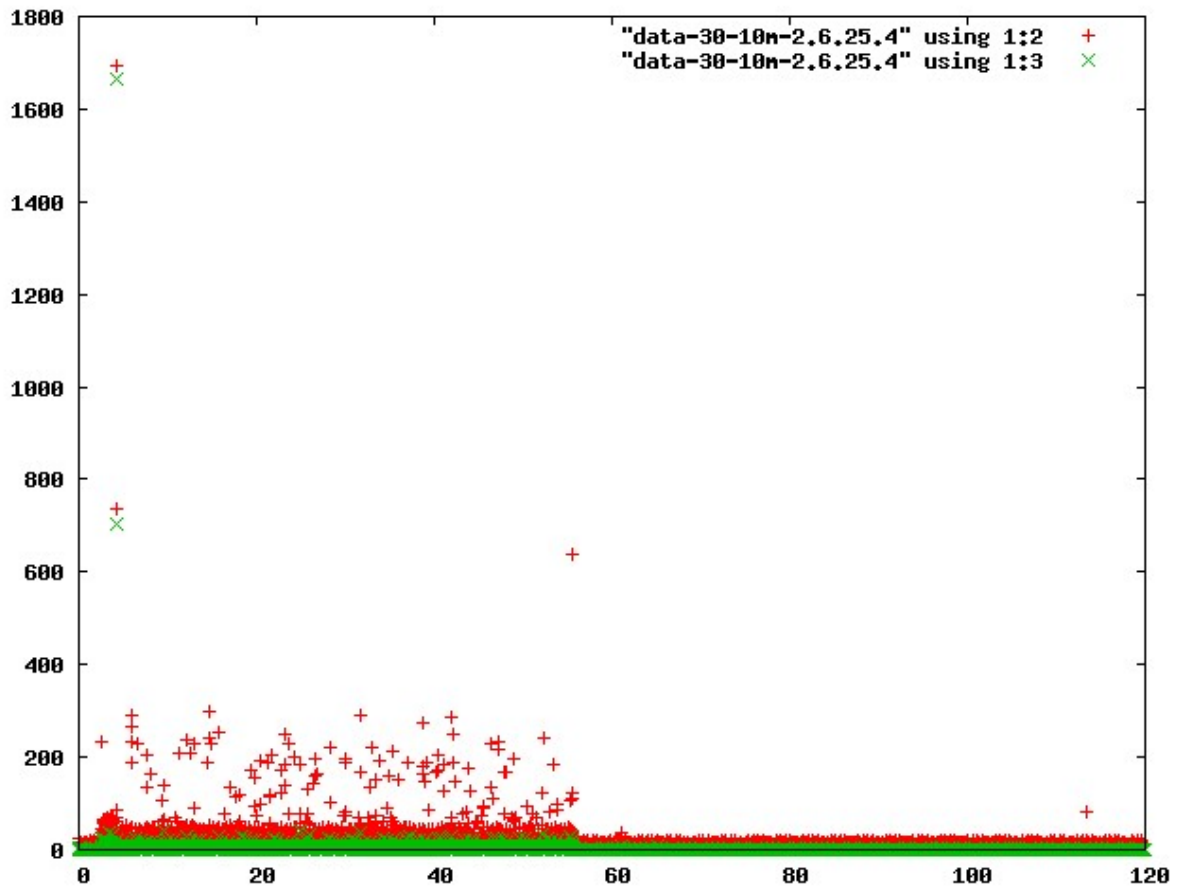


図 6: 標準 linux のレイテンシ

"data-30-10m-2.6.25.4" using 1:2 RT パッチ無し、レイテンシ測定プロセス

"data-30-10m-2.6.25.4" using 1:3 RT パッチ無し、割り込みハンドラ

図 7は、図 6の縦軸の 300 マイクロ秒までを表示しています。

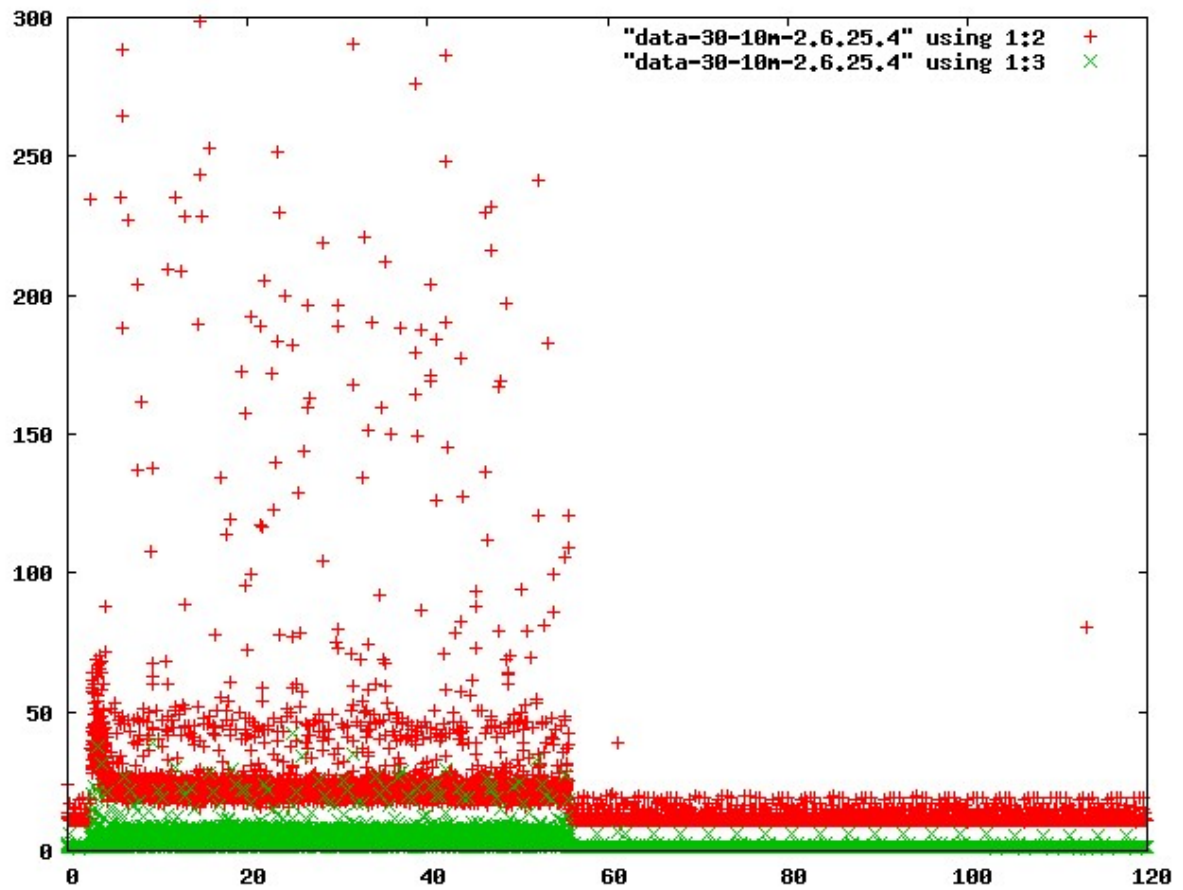


図 7: 標準 linux のレイテンシ

"data-30-10m-2.6.25.4" using 1:2 RT パッチ無し、レイテンシ測定プロセス

"data-30-10m-2.6.25.4" using 1:3 RT パッチ無し、割り込みハンドラ

図 8は、hackbench の引数を 30、割り込み間隔を 10 ミリ秒とし、計測データをメモリディスクにファイル出力した場合のレイテンシ（縦軸で単位はマイクロ秒）について、次の二種類をプロットしています。横軸は測定時間（単位は秒）です。

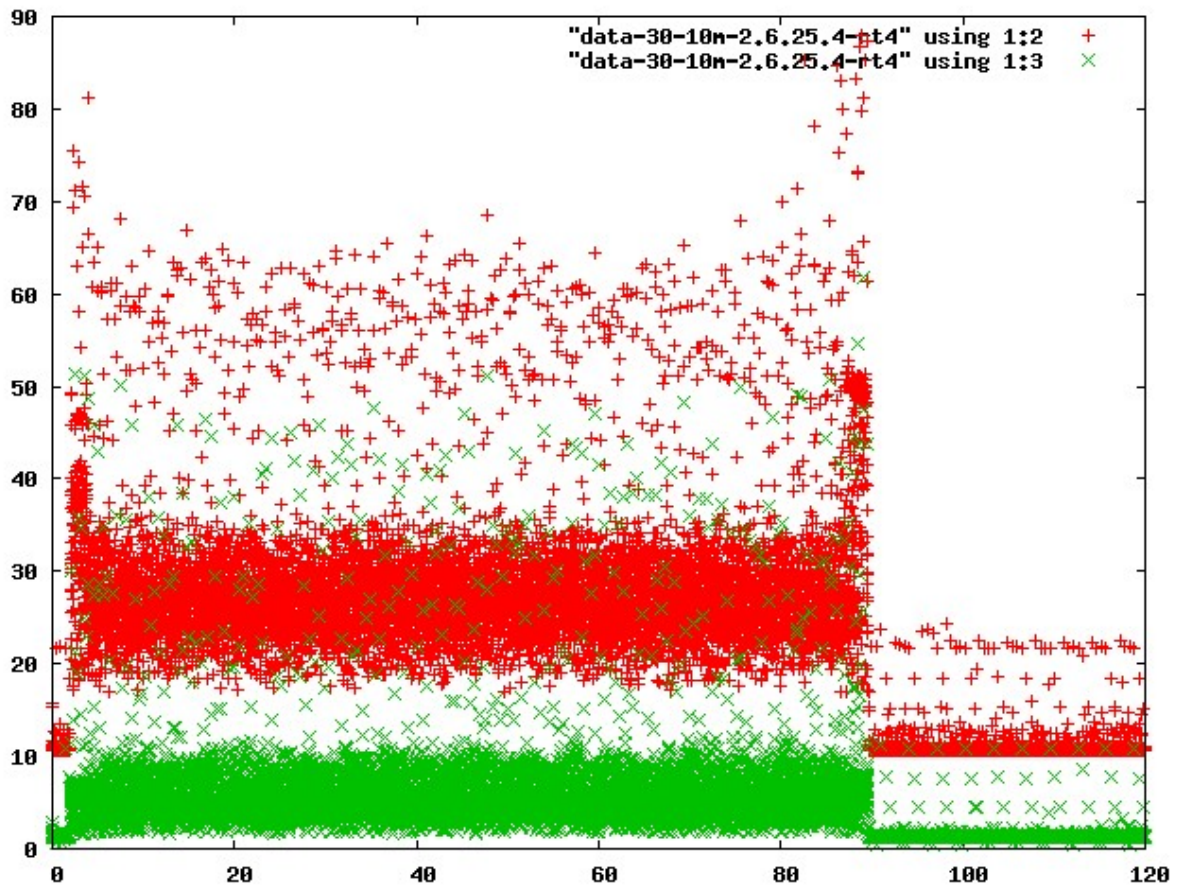


図 8: RT パッチを適用した場合のレイテンシ

”data-30-10m-2.6.25.4-rt4” using 1:2 RT パッチ有り、レイテンシ測定プロセス

”data-30-10m-2.6.25.4-rt4” using 1:3 RT パッチ有り、割り込みハンドラ

1.6 まとめ

hackbench による負荷をかけたテストでは、RT パッチを適用した場合のジッタはかなり小さく、しかし、スケジューリングの負荷が処理速度に影響を与えていることが推測できます。

リアルタイム性能向上と処理速度の低下は現時点では避けられない問題であり、どちらをより優先させるか（つまり、Linux にリアルタイム性能向上を求めるか求めないか）はアプリケーションしだいと言えますが、実測によって結果を測定することにより、現状の性能を確認する必要があります。

Jul-02-2008