

環境計測に用いられる OS のリアルタイム性の比較

-RTLinux の導入-

(環境計測) 八木英二

1. はじめに

現在、放射線計測における計測装置といえば、高価な専用のハードウェアや表示機能の乏しい MS-DOS 系が主流である。しかし、それらの汎用性は低く、研究上必要とされる変更が出来ない場合が多い。そこで昨年、研究室では計測装置を制御する OS として Windows を用いた多入力パルス波高分析システムの開発を行った。その結果、このシステムでは十分な計測速度を確保するために 2 台のコンピュータが必要であることや、メモリンクという特殊な装置が必要であるなど、装置が複雑なものになった。また、Windows では割り込み処理、及び I/O 処理が遅いだろうという結論に至った。

そこでマルチタスク OS でありながらリアルタイムな I/O 処理が可能である RTLinux を用いることを考えた。RTLinux とは Linux を元にリアルタイム性を拡張した OS である。本研究の目的は、RTLinux が計測においてリアルタイム処理が可能であるか、また Linux や MS-DOS と比べてどれほど割り込み処理や I/O 処理が優れているか、RTLinux が放射線計測システムに利用可能であるかを確認することである。

割り込み信号に対する割り込み反応速度(速さ、ばらつき)、周波数を高くしたときに起こる割り込みの数え落としを各 OS のリアルタイム性を比較する為の判断要素とした。

また、実際の放射線計測でコンピュータを用いる場合、測定データの画面表示が必要であることや表示用データの加工、ネットワークを利用したデータ転送などといった機能が必要となる。これらの機能は割り込み処理にとっては負荷となりうるものである。本研究ではこれらを割り込みの負荷として与えたとき、実際に割り込み処理及び I/O 処理において割り込み反応速度および割り込みの数え落としがどれほど変化するのかに注目した。

2. 実験概要

測定を行う OS として、Linux(kernel 2.4.18)、RTLinux(ver.3.1(Linux2.4.4系))、Windows(Windows 98 SE)上で動く DOS(以下 Win-DOS とする)、MS-DOS(ver.6.2/v)を全て同一のパソコンにインストールした。これにより、OS のみの純粋な性能比較が可能となる。また、プログラムも全ての OS で統一した動きをするように C 言語で作成した。使用したコンピュータのスペックは CPU Celeron 466 MHz、メモリ 64 MB、ハードディスク 80 GB である。性能比較の為の実験方法を以下に示す。

2.1 割り込み応答速度

割り込み信号が入ってから割り込み処理を実行するまでにかかる時間を割り込み応答速度とし、この時間差を各 OS で比較した。比較は割り込み応答速度の速さとばらつきの 2 点である。割り込み応答速度が速く、ばらつきがないものほど放射線計測に利用できる。負荷をかけずに 2000 Hz の割り込みを同じ時間、各 OS で測定した結果を図 1 に示す。グラフは横軸に割り込み信号を認識してから割り込み処理を行うまでにかかる時間、縦軸は各応答時間の測定数である。

図 1 から MS-DOS 系の割り込み応答時間は非常に速いがばらつきがあるのがわかる。Linux も同様にばらつきが目立つ。一方、RTLinux は割り込み応答速度は MS-DOS 及び Win-DOS に比べて約 2 倍の時間がかかっているが、ばらつきは非常に小さく、安定していることがわかる。

次に割り込み処理を行う間、負荷をコンピュータに加え、割り込み応答時間がどのように変化するかを測定した。与えた負荷は割り込みに同期しているもの、非同期のものという 2 つに分類できる。

割り込みが入ったときのデータをメモリに取り込むといった割り込みと同期している負荷として以下のものを用意した。

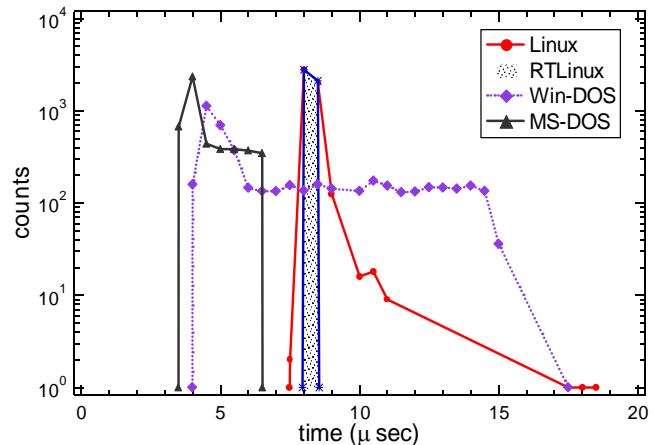


図 1 負荷をかけないときの各 OS の割り込み応答速度

割り込みが入ったときのデータをメモリ上の配列に取り込み、それをユーザー空間に転送する。

また、放射線計測システムを作る場合、取得データを表示させる機能やデータの加工、ネットワークを用いたデータ転送などといった割り込み処理とは非同期の負荷も重要となる。

そこで、割り込み処理と非同期の負荷として以下のものを用意した。

ユーザー空間に転送されたデータを 10 ms ごとに画面表示させる（表示負荷）。

無限ループの計算を実行させておき、ユーザー空間に転送されたデータを 1 秒おきに画面表示させる（CPU 負荷）。

NFS を用いてあらかじめ用意しておいた 1 GB のデータを他のコンピュータに転送させながら、ユーザー空間に転送されたデータを 1 秒おきに画面表示させる（ネットワーク負荷）。

しかし、MS-DOS はシングルタスクの OS なので割り込み処理と同時にグラフィック表示できないことや、OS 側でネットワークの利用がサポートされていないため、Linux、RTLinux と同様の負荷を与えることは難しい。したがって、上記の負荷を与えたときの測定は Linux、RTLinux の 2 つの OS に限定した。

表 1 割り込み応答速度の測定結果

割り込み応答速度の測定結果を表 1 に示す。測定は 2000 Hz の割り込み信号を用いて行った。

	RTLinux			Linux		
	負荷なし			負荷なし		
平均値(μs)	8.22	10.1	10.4	8.26	10.3	14.0
最大値(μs)	18.5	28.0	35.5	21.0	74.5	86.5
最小値(μs)	8.00	8.50	8.50	7.50	8.50	8.50
標準偏差(μs)	0.147	0.601	1.71	0.305	2.36	3.47

負荷、については負荷のないときと比べて変化はなかった。表 1 の標準偏差の値からわかるように、Linux は、の負荷をかけたとき割り込み反応速度のばらつきが負荷なしのときに比べて大きくなる。一方、RTLinux は、の負荷で標準偏差の値が大きくなるが、Linux と比較すると、ばらつきの少ない安定した割り込み反応を示している。

2.2 割り込み信号の数え落とし

パルサーからの周波数を 10 kHz ~ 80 kHz まで増加させ、割り込み信号を高周波にしても数え落としがないかを計測した。割り込み応答速度の測定と同様に負荷をかけたときも数え落としを測定した。

測定結果を表 2 に示す。表 2 周波数と負荷による割り込み信号の数え落としの割合（単位 %）

割り込み信号の周波数	RTLinux					Linux				
	負荷なし					負荷なし				
50 kHz	0	0	0	0	0	0	0.08	0.13	0.16	1.70
70 kHz	0	0	0.13	0.09	0.80	0.07	0.13	0.67	0.28	6.88
80 kHz	0.22	0.11	0.15	0.16	2.40	0.13	0.14	0.71	0.35	4.93

表の数値は各周波数での数え落としの割合(%)で表わしたものである。

50 kHz より周波数が低い場合、Linux、RTLinux とともに割り込み信号の数え落としはなかった。表 2 からわかるように、Linux では 50 kHz から負荷を与えることにより数え落としが発生する。一方 RTLinux は負荷に関係なく 50 kHz でも割り込み信号を数え落とすことがなく、信頼性がある。また、50 kHz 以上の高周波でも RTLinux の数え落としは Linux に比べると少ない。負荷の中ではネットワーク負荷が一番割り込み処理に影響を与えている。

3. 結果

コンピュータに負荷を与えたとき、RTLinux の割り込み処理、I/O 処理は Linux や MS-DOS、Win-DOS に比べて割り込み応答速度のばらつき、割り込み信号の数え落としで安定していることがわかった。実験結果から MS-DOS および Win-DOS は割り込み反応速度は非常に速いが、シングルタスクであることからマルチタスク処理を必要とする放射線計測では様々な不備が生じると考えられる。また、Linux は負荷を与えると安定性を失うことが確認できた。RTLinux は割り込みを処理しながら画面への表示やデータの処理、コンピュータ間の通信といった機能を十分利用できることがわかった。このことから、放射線計測システムに RTLinux を利用すると 1 台のコンピュータで最小限のハードウェアを用いた放射線計測システムが作製可能になることを確認できた。