

仮想計算機システムにおける I/O 直接実行方式の提案

7N-5

梅野英典, 井上太郎, 田中俊治, 池ヶ谷直子
(株)日立製作所システム開発研究所

1. はじめに

仮想計算機システムの利用範囲を拡大するためには、その仮想計算機(Virtual Machine: VM)自身の性能向上が必須である。そのためには、CPU、メモリ及びI/O系(チャンネルから装置まで全て)を多重化するためのオーバーヘッドを削減することが必要であるが、前者の二つについては文献(1),(2)に述べられている。I/O系についてはその処理が複雑であることから高速化が比較的困難であるが、今までにVMのI/O命令や割込みのソフトウェア擬似を速くする方法や、ハードウェアで直接実行する方式が提案されている。本報告はこの後者のひとつとして、VMのリソース利用方式を制限し、処理方式を単純化することによるI/O直接実行方式を提案する。

2. I/O 直接実行方式の概要

ここに提案するI/O直接実行方式は、VMのI/O命令、割込みを実行するハードウェア機構(以後IOAという)と、その動作環境を設定し、IOAの機能を補うソフトウェアからなる。該ソフトウェアは、IOAのハードウェアをできるだけ減らす意味を持ち、仮想計算機システムの制御プログラムであるVirtual Machine Monitor (VMM)の一部を構成する。

3. I/O 直接実行機構 IOA の機能

3.1 I/O 命令の直接実行

IOAが、VM上のOSが発行したI/O命令をハードウェアで実行するには少なくとも、以下の二条件が満足されていることが必要である。

- (1) 指定された装置がI/O命令を発行したVMの専用装置であること
- (2) チャンネルが当該VMが指定したChannel Command Word (CCW) を実行できること

条件(1)の理由は以下の通り。VM間の共用装置はVM間のスケジュールを必要とする。従って、共用装置に対するI/O命令をハードウェアで行うことは、ハードウェアを複雑にするので好ましくない。

条件(2)の理由は以下の通り。一般にVM上のOSが作成したCCW(以後仮想CCWという)は、VMにとっての実アドレスで書かれており、これは実計算機システムにおける実アドレスで書かれたCCW(実CCW)とは異なる。実計算機のチャンネルは、一般には、仮想CCWを実行することができない。このためVMMが仮想CCWを実CCWに変換する方法があるが、それでは性能が低下する。これを防止するためチャンネルが仮想CCWをそのまま実行できることが望ましい。この機能をユーザの多い常駐VM(図1.に示すようにその主記憶領域全体が常駐化されているVM)に対してだけ適用可能とする方式を提案する。これはチャンネル側で常駐VMのアドレス変位 α を加算する機能である(文献1)。

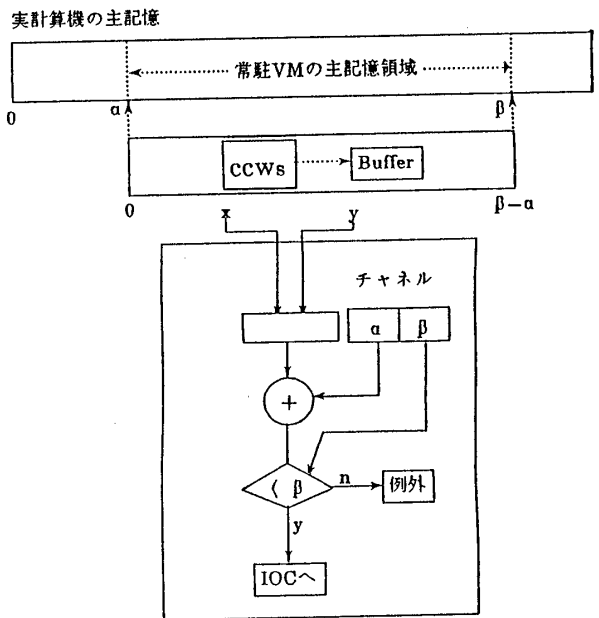


図1. チャンネルでの定数加算機構

3.2 I/O 割込みの直接実行

I/O命令が直接実行されるため、対応するI/O割込みも直接実行される方が望ましい。

Proposal of direct I/O execution method of virtual machine system

Hidenori UMENO, Taro INOUE, Shunji TANAKA, Naoko IKEGAYA

HITACHI, Ltd.

実計算機における I/O 割込み機構は以下のプライオリティを持つ。

- (1) I/O 命令を発行するとき装置に対してプライオリティ 0, 1, ..., N を指定する。
- (2) プライオリティは I/O 割込みの優先順位を表し(番号が小さいほど優先度大)、装置からの I/O 割込み要求は、プライオリティ毎にキューイングされる。

これに対して、VM の I/O 割込みの直接実行用にハードウェアに要求される機能は、

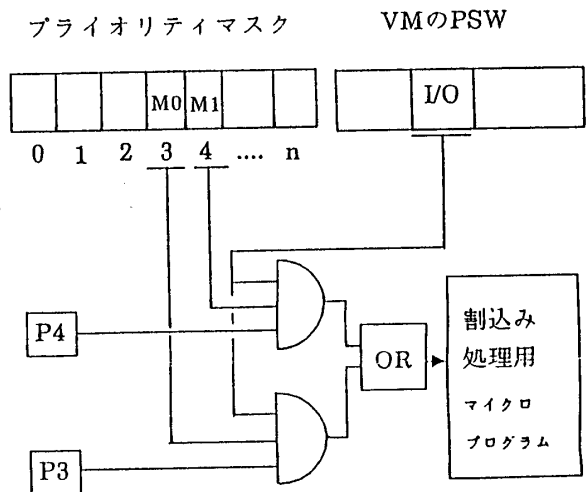
- (1) VM の I/O 割込み可能性を判断し、
- (2) 可能のときは VM の主記憶上の割込反映領域に直接割込みを反映し、
- (3) 不可能のときは、保留するか又は、VMM に割り込む

ことである。これを実現するハードウェアとしては、以下の 2 つの方式が考えられる。

- (1) VM 毎に実計算機と同等のプライオリティと割込要求キュー及び割込制御論理を持つ。又
- (2) プライオリティは 0, 1, ..., N の 1 組とし、その中を各 VM で割当てて使用する。例えば、プライオリティ 1, 2 は VM 1 用、プライオリティ 3, 4 は VM 2 用に割当てて使用する方法である。

これらのうち、(1) はハードウェアの改造量が大きくなりすぎるので適切ではない。(2) は、

ハードウェアの改造量が少なく、VM 上の OS が実効的に使用できるプライオリティの数が減るが、性能上の影響はほとんどないことから、(2) の方式を提案する。この方式において、走行中の VM に割当てられたプライオリティが 3, 4 のときの VM の I/O 割込み制御用のハードウェア論理を図 2. に示す。図 2. に示すように、割当てられたプライオリティ 3, 4 のマスクの値は、それを使用する VM 自身のプライオリティのマスク値 (M0, M1) と等しく設定される。これにより、走行中の VM のプライオリティのマスクと同 VM の Program Status Word (PSW) の I/O マスクがハードウェアにより正しく判断され、I/O 割込みを直接実行することができる。



P3: プライオリティ 3 の装置の割込み要求
P4: プライオリティ 4 の装置の割込み要求

図2. VMのI/O割込み制御論理

4. I/O 直接実行機構をサポートする

ソフトウェアの機能

4. 1 I/O A の動作環境の設定

当該ソフトウェアは、I/O 直接実行用の専用装置を指定したり、図 1. の常駐 VM のアドレス変位 α をチャンネルへ設定したり、図 2. に示すように、VM に専有させるべきプライオリティを決定しなければならない。

4. 2 I/O A の機能の補完

使用頻度の低い I/O 命令(例えば I/O をクリアする命令)はハードウェア量を減らすためにハードウェアでは処理せずソフトウェアへ処理を委ねるほうが賢明である。また、異常 I/O 割込みの場合は、処理が複雑であることから同じ理由でソフトウェアへ制御を渡す方が良い。このようにすると、同一の装置の I/O に対して、ハードウェアで処理される部分とソフトウェアで処理される部分が存在することになる。したがって、当該ソフトウェアは、全体として当該装置に対して処理が正しく行われるように I/O A の機能を補わなければならない。

5. おわりに

仮想計算機システムの I/O 系多重化オーバーヘッドを極小化する方式として、リソース利用方を制限する I/O 直接実行方式を提案した。これにより、VMM の主要オーバーヘッドである I/O シュミレーションオーバーヘッドが大幅に削減されることが期待できる。

[参考文献]

- 1) 田中勉; 拡張チャンネルシステムを有する仮想計算機システムの実現方式 第35回情報処理学会全国大会論文集(1986)
- 2) 葛ヶ谷勉; M シリーズ仮想計算機機構 (VM/E X) の開発—処理方式 第36回情報処理学会全国大会論文集(1987)