

6N-2

# ブロードキャストメモリ方式による分散処理コンピュータシステム

榎田 寛朗<sup>\*1</sup>、 齊藤 忠夫<sup>\*1</sup>、 後藤久司<sup>\*2</sup>

( \* 1 東京大学 工学部 ) ( \* 2 東京電力システム研究室 )

## 1) はじめに

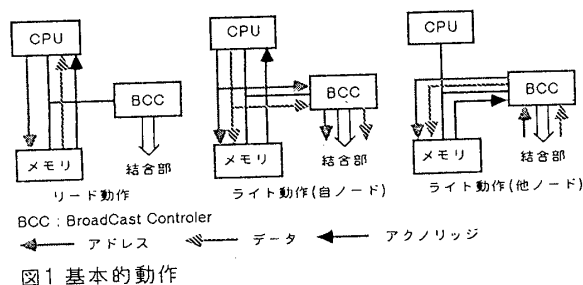
分散処理において必要なことに情報の共有がある。その実現には、メモリの実体を共有する方法(密結合)と、内容を通信により伝達する方法(粗結合)の二通りが従来から一般的である。前者はハードウェアに対する制約が多く、特にプロセッサの数と配置距離が制限される。後者では通信手続きとデータの変換、転送によるオーバーヘッドがあり、情報を参照できるプロセッサが特定のものに限られるという欠点がある。そこで情報の更新がプロセッサを介さずに自動的に実行され、メモリイメージが共通化されるブロードキャストメモリを考案した。

本稿では、ブロードキャストメモリの基本形式と分類、セマフォの実現について述べる。

## 2) 基本方式

メモリの内容はそのメモリに対する書き込みによってきまる。従って各メモリに対して実行された書き込みを他のメモリに対しても実行することで内容が共通化できるというのが本方式の基本概念です。

具体的には以下の様に実現される。それぞれの計算機のメモリに対し、イメージを共有すべき領域を定め、その領域に対する書き込みを監視するハードウェアを設ける。書き込みが起きたならば、そのアドレスとデータを、他の計算機に送り直接メモリを書き換える。(図1)



従来の密結合あるいは、疎結合の分散処理と比較して、この方式の利点を考えると、第一に、各計算機上での動作の独立性が高く、速度の低下がおきにくいことがあげられる。第二に、書き込みだけを分離することで結合部の速度

の要求が減少する。この二点については、ブロードキャストの対象領域を限定し、一時的なデータを領域内におかないことで、さらに有効となる。第三は、プロセッサの負担が少ないこと、第四点としては、情報の参照が、自計算機のメモリの読み出しだけですむことがあげられる。

欠点としては、第一に、情報の更新が伝わるのに、必ず遅れること。従って、共有されるデータが、頻繁に更新されるような応用には向かない。第二に、内部バスと等価なバスを引き回すことと、送達確認が困難なことから、ノイズなどによる影響が大きくなることがあげられる。

## 3) 分類

ブロードキャストメモリは使用形態から以下の三通りに分類される。(図2~図4)

### a) 一方向システム

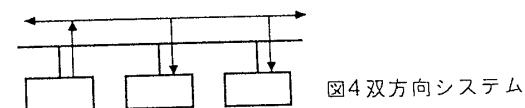
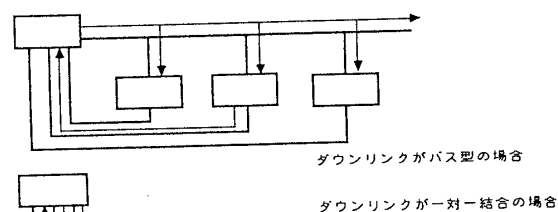
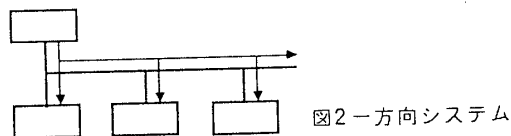
ある計算機の持つデータを各計算機に分配するだけ。

### b) 限定双方向システム

特定の計算機に集積・再分配の機能が集中する。

### c) 双方向システム

各計算機は基本的に同等。



cが基本であるが、バス形式の結合が必要となる。現在の光ファイバーの様に一对一の結合リンクを使用する場合、bの様にならざるを得ない。またbのシステムは機能の集中が起きているという点で利点と欠点を併せ持つ。

#### 4) セマフォの実現

メモリエージを共通にするシステムであるから、アクセス権の制御については、通常の共有メモリと同じ問題がある。一般的にはセマフォを使用することになる。ただし、2節で述べたように、書き込みから全体の更新までに遅れがあることから、不可分命令を使用したとしても不当なアクセスが発生しうる。またアクセス権限の授受と内容変更の順序を保存しなければならない。通常の書き込みは各所でバッファを通ることになるからセマフォも同じ経路をとる必要が生じる。

セマフォに対するアクセスの正当性の判定と内容変更は不可分とならなければならないが、これは先着判定ができるレジスタを設けることによっても可能となる。<sup>[1]</sup>

上記の要求から以下のような構成が考えられる。イメージの共有領域と別に、セマフォとして使用する領域を定め、対応するセマフォレジスタを設ける。セマフォの参照は、通常の読み出しで行う。変更は、プロセッサからの変更要求と変更確認、レジスタからの変更確定に分解する。変更要求は、プロセッサと変更の種類を識別子をデータとした、通常の書き込みとして実行し、これをブロードキャストする。レジスタでは、現在のレジスタ内容と、変更要求とを比較して、正当な要求ならばレジスタを変更し、変更確認としてブロードキャストする。プロセッサの方は、セマフォを読み、応答を確認する。各計算機上では、通常のブロードキャスト領域の読み書きと同じ動作をする。(図3)

ただし、変更要求を、他の計算機のメモリに書き込むと、ブロックされる恐れがあるので、タグを設けてレジスタだけが取り込むようにする必要がある。

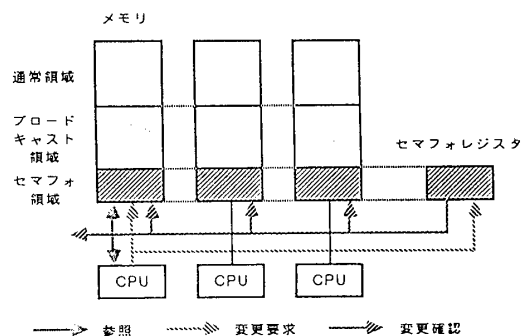


図5 セマフォの動作

#### 5) 予想される問題点

- ・キャッシュへの対応

- ・仮想記憶への対応

この二点が問題となることが予想される。

まずキャッシュについてはバッファの無効化が必要になる。さらには Copy-back 方式にどの様に対応するかが、問題となる。この場合はキャッシュバッファのサイズをブロードキャストの単位とすることが考えられる。これに伴い以下の点が問題となる。

- ・バッファの掃き出しの際にトラヒックが集中する。  
(遅延の増加を招く)
- ・バッファの大きさだけ転送がおき、変更されなかった分が無効トラヒックとなる。
- ・少数アドレスに(同一のバッファに対応)書き込みが集中する場合には更新トラヒックが減少する。

トラヒックの集中による遅延の増大を除いては通常のシステムにおけるキャッシュと同一の効果を持つと考えられる。

仮想記憶についてはさらに以下の二点に分かれる。

- ・アドレス変換
- ・メモリスワップ

まずアドレス変換についてはポインタ変数のことを考えると同一の論理アドレスに配置される必要がある。従って固定アドレスとするか、変換テーブルを共通化するか、もしくは論理アドレスをブロードキャストするかということが考えられる。

メモリスワップについてはもし対象とするならばアドレス変換ユニットの状態をも共通化することになる。

#### 6) 実験予定

性能評価、特にアプリケーションに対する適性に重点をおいて実験を予定している。構成は2節のcの双方向システムで行う。5節での問題点については第一段階として固定アドレスでスワップの対象外とする。

#### 7) まとめ

本方式によってオーバーヘッドの増大と、構成に対する制限の増加の二点で有利に、情報の共有が可能になると考えられる。

#### [参考文献]

- [1] BALANCE 8000 Technical Summary, Sequent Computer Systems, Inc., 1986.