

マルチPSI第2版の PE間アドレス管理方式

3C-4

六沢 一昭 市吉 伸行 宮崎 敏彦 近山 隆 瀧 和男

(財)新世代コンピュータ技術開発機構

1. はじめに

マルチPSI[1]は、最大64台のPSI(以下、PEと呼ぶ)をネットワークで疎結合した構成をとる。共有メモリは持たない。このため、プログラムの実行において、自PE内のデータを他PEから参照可能にしたり、他PE内のデータを参照したりすることがある。また、PE間に渡るGCも必要である。

マルチPSIでは、PE内のアドレス系とは別に、PE間に渡るアドレス系があり、上記の処理はこのPE間アドレスを用いて行なう。本稿では、このマルチPSI第2版におけるPE間アドレスの管理方式について述べる。

2. PE間アドレス

ゴール投げ出しなどに伴って自PEのセルを他PEから参照可能にすることがある(これを「セルを輸出する」と呼ぶ)。この時セルのアドレスをそのまま輸出先に知らせる方式を用いると、PE内GCを行ないセルのアドレスが変わった際、輸出先へその旨を伝える必要が生じ、PEごとに独立したGCが不可能になってしまう。

以上のことから、図1のように輸出表を設け、セルを輸出する際、直接セルのアドレスは伝えず、間接的なアドレスを伝える方式をとった。セルを輸出する際、輸出表へ登録し、他PEへはPE#と、登録した輸出表のエントリのオフセット(これを輸出表IDと呼ぶ)を知らせる。セルを輸入した側では図に示すようにEXREF(external-reference)セルと輸入表エントリをallocateする。輸入表エントリとEXREFセルは1対1に対応する。

PE#と輸出表IDの組を「PE間アドレス」と呼び、他PEのセルは、このPE間アドレスで間接的に参照する。輸出表は、独立したPE内GCを行なうのに必須である。また他PEから指される可能性のあるセルを集めた表でもあり、PE内GCのマーキングルートにもなる。

輸入表は、他PEを指しているセルを集めた表であり、独立したPE内GCに必須ではないが、後述する輸出表GCに用いる。



図1. セルの輸出

3. 輸出入表間のReference

既に輸出しているセルを輸出する、あるいは輸入したセルをさらに輸出する場合、以下の2方式が考えられる。

- 輸出表に再び登録し、別のPE間アドレスを送る。
- 以前のPE間アドレスを使用する。

a)は輸出入表間をSingle Referenceに保つ方式、b)はMultiple Referenceを認める方式である。(図2参照)

マルチPSI第2版では両方式の併用を考えているが、本稿ではa)についてのみ述べる。

unboundセルの輸出 新たに輸出表に登録し、新しいPE間アドレスを送る。

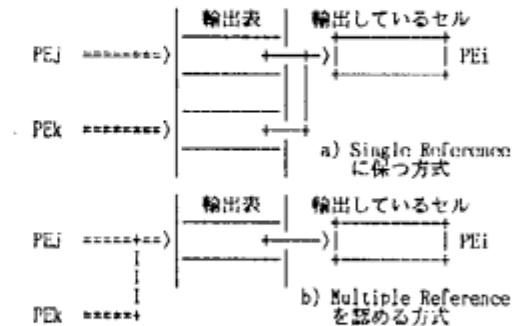


図2. 輸出入表間のReference

EXREFセルの輸出 セルへのポインタのMRB[2]がOFFの場合は、EXREFセル、輸入表エントリを解放し、PE間アドレスをそのまま送る。ONの場合は新たに輸出表に登録し、新しいPE間アドレスを送る。(図3参照)

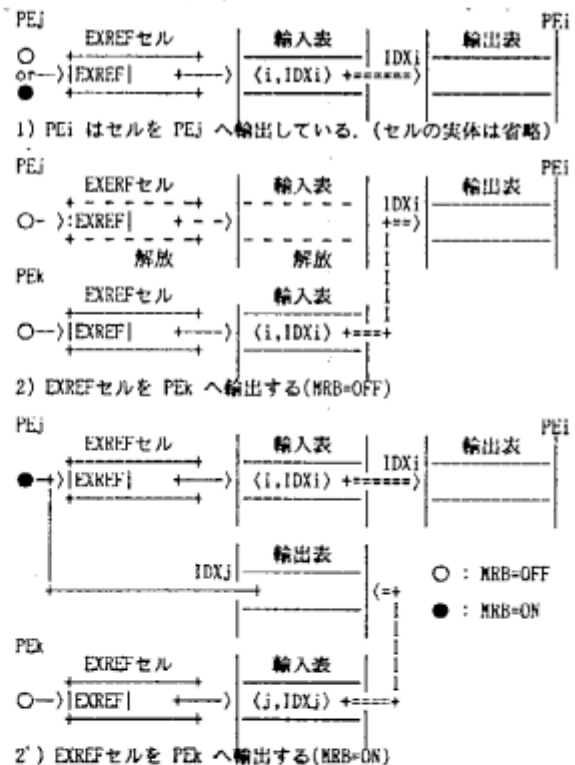


図3. EXREFセルの輸出

4. passive-unification

EXREFセルに対する passive-unificationは、感覚的には「値を読んできて、こちらのPEで unify(チェック)する」形式で行なう。具体的な処理を以下に示す。(図4参照)

- ① 2ワードセルを allocate してゴールを hook し、返信先(輸出表エントリ、マーキングルートになる)を用意して read メッセージをEXREFセルが指すPEへ送る(既に read メッセージを送出している場合は新たに送せず、ゴールの hookのみを行なう)。
- ② read メッセージを受信したPEは、値を answerメッセージで返す。
- ③ answer メッセージを受信すると、値を EXREFセルへ書き込み、suspend していたゴールを resume し、2ワードセル、輸入表エントリを解放する。
- ④ read メッセージを送ったPEへ releaseメッセージを送る。このメッセージは輸入表エントリの解放を示し、受信PEでは対応する輸出表エントリを解放する。

5. active-unification

EXREFセルに対する active-unification は、感覚的には「相手PEに unify を依頼する」形式で行なう。具体的には unify メッセージを EXREFセルが指すPEへ送ることによって行なう。unify の依頼はゴール投げ出しと同じ扱いをし、unify メッセージを送出する際はゴール送しと同じ処理を行なう。

6. 輸出入表のGC

unification 及びPE内GCに伴う輸出入表のGCについて述べる。

6-1. 輸入表のGC

輸入表エントリは、それが指すセルの実体をアクセスする可能性がなくなった時解放できる。

セルの実体のあるPEへ値を読みに行き(read メッセージを送出し)、その応えを受取った(answer メッセージを受信した)ならば、EXREFセルへの参照が幾つある(EXREFセルへのポインタのMRBのON/OFFに依らず)セルの実体をアクセスすることはない。従って輸入表エントリを解放できる。またPE内GCでも当然解放できる。

このことから、以下の時、輸入表エントリを解放できる。

- 1) answer メッセージ受信時

- 2) PE内GC時

1),2)の場合ともエントリ解放時に release メッセージを送出する。2)の場合、必要なエントリがわかり、残り即ち不必要なエントリを解放し、release メッセージを送出する形になる。他PEを指しているセルを輸入表という領域にまとめたのは、このようにPE内GCを行なった結果消滅した他PEへの参照を検出し、release メッセージを送出するためである。他PEを指しているセルを輸入表にまとめないと、PE内GCを行なった際、不要になった他PEを指すセルを検出し release メッセージを送出することは非常に困難になる。

EXREFセルへのポインタのMRBがOFFの場合、さらに次のことがいえる。

EXREFセルへの参照パスは1つだけなので、EXREFセルに対して active-unify を行なった(unify メッセージを送出した)ならば、セルの実体をアクセスすることはない。

passive-unification の場合、read メッセージの応答(answer メッセージ)を受信する前にゴールが resume されると(ゴールがmultiple-wait している場合、この可能性がある)、既に送出した read メッセージの宛先セルに対して active-unify を行なう可能性がある。しかしゴールがsingle-wait している場合は、suspended ゴールの resume は answer メッセージ受信後になるため、readメッセージ送信後にセルの実体をアクセスすることはない。

以上のことから、EXREFセルへのポインタのMRBがOFFの場合、以下の時も輸入表エントリを解放できる。

- 3) unify メッセージ送信時

- 4) ゴールがsingle-wait の場合の read メッセージ送信時(release メッセージは不要)

6-2. 輸出表のGC

輸出入表間は Single Reference であるので、輸入表エントリを解放した際、輸出表エントリを解放することができる。前述したことから、以下の時、輸出表エントリを解放できる。

- 1) release メッセージ受信時
- 2) 6-1. 3) の unify メッセージ受信時
- 3) 6-1. 4) の read メッセージ受信時

7. おわりに

マルチPSI第2版におけるPE間にかかるデータについて、輸出入表を用いたアドレス系を導入し、unification、GCについて述べた。

(参考文献)

- (1) 瀧 和男 他, "Multi-PSI システムの概要," 情報処理学会第32回全国大会予稿集 5Q-8, 1986
- (2) T.Chikayama, Y.Kimura, "Multiple Reference Management in Flat GC," Proc. of ICLP'87
- (3) N.Ichihoshi, T.Miyazaki, K.Taki, "A Distributed Implementation of Flat GC on the Multi-PSI," Proc. of ICLP'87

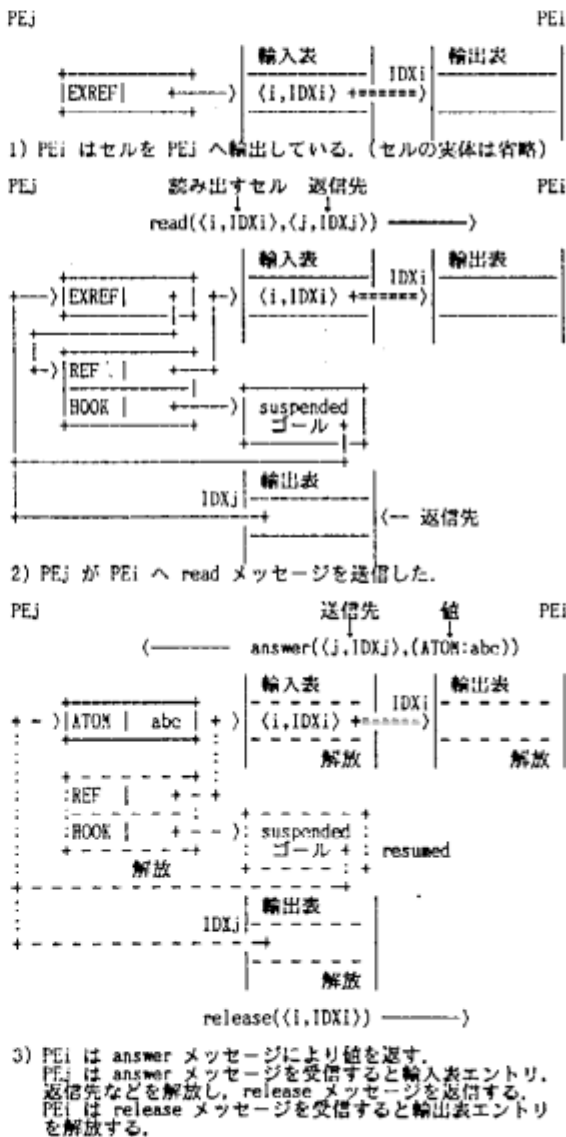


図4. 他PEのセルの読み出しと輸出入表の解放