

## 移動オブジェクトに対する分散ガーベージコレクション方式の提案

6 E - 3

五味秀仁、藤田悟、山之内徹

NEC C&amp;Cメディア研究所

e-mail: {gomi, satoru, yamanouchi}@ccm.cl.nec.co.jp

## 1 はじめに

近年、ネットワークを移動するオブジェクトシステムが多く提案されている。そのようなシステムが安定した状態で稼働し続けるためには、移動オブジェクトに対応した自動メモリ管理技術、分散ガーベージコレクション方式の考案が必要となっている。

そこで本稿では、オブジェクトがネットワーク上の計算機を移動することを前提にし、重み付き参照カウント方式 [1] に拡張を加えた分散メモリ管理方式を提案する。本方式により、分散システム上のオブジェクトのメモリ領域を、効率的に回収することが可能となる。

## 2 重み付き参照カウント方式

重み付き参照カウント方式 [1] は、各リモート参照に対して重みを導入し、誤回収を防止した方式として知られる。リモート参照を持つオブジェクトに部分参照重み、リモート参照されるオブジェクトに総参照重みを付加し、リモート参照の生成、分配、削除という基本動作の際に、参照重みの受け渡しを行った。

**生成** リモート参照されるオブジェクトは、既定の重みの初期値を自らの総参照重みに持ち、参照するオブジェクトに部分参照重みを与える。

**分配** 参照オブジェクトが参照先のオブジェクト情報を他のオブジェクトに与える場合、所有している部分参照重みを分割して与える。

**削除** リモート参照が不要となったオブジェクトの部分参照重みを参照されるオブジェクトに返還してオブジェクト領域を回収し、参照されるオブジェクトは総参照重みから返還された重みを減じる。

これらにより、各オブジェクトの総参照重みは、それをリモート参照している他のオブジェクトの部分参照重みと、ネットワーク上のメッセージ中に存在するそのオブジェクトに関する参照重みの総和に等しく保たれ、矛盾のないオブジェクトの管理を実現した。

例えば、図 1(a) において、オブジェクト p が部分参照重み 8 で、オブジェクト q へのリモート参照を所有している。図 1(a) の状態から p が、他の環境 A に q の情報を送信する時 (図 1(b)参照)、環境 A のオブジェクト r への参照の分配が行われる (図 1(c)参照)。

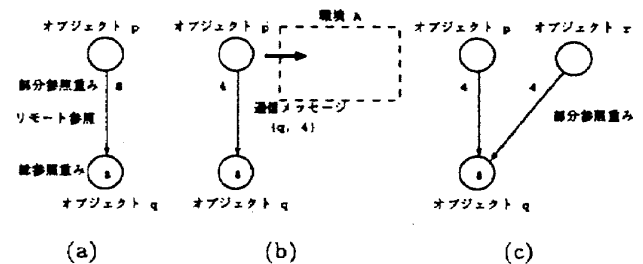


図 1: リモート参照の重みによる管理

この際に、p あるいは r から、q に対して新たな参照が生成した旨の通信を発生させる必要がなく、また、r が q へのリモート参照を生成させる前に p から q への参照削除の通信が送られても、一瞬、q の総参照重みが 0 になることはなく、q の誤回収の可能性が発生し得えないという点に長所があった。

## 3 移動オブジェクトモデル

本章では、オブジェクトの移動の際にも矛盾なくオブジェクトを管理するために、新たに移動オブジェクトモデルを導入する。

**移動** オブジェクトの移動とは、オブジェクトの実行環境の変化を意味する。オブジェクト移動後、移動前のオブジェクトは中継オブジェクトとして、その環境に残り、移動先のオブジェクトへのリモート参照を生成する。そして、他のオブジェクトから参照要求を受けると、プロキシの役割を担い、その参照要求を移動先のオブジェクトへ転送する。

図 2 は、オブジェクト p が環境 A から環境 B へと移動してオブジェクト q となり、p は q に対して部分参照重み 8 でリモート参照する中継オブジェクトとなる場合を示している。

## 4 拡張重み付き参照カウント方式

3章のモデルに重み付き参照カウント方式を適用すると、オブジェクトが頻繁に移動するシステムでは、多段階の中継オブジェクトを生成し易く、アクセス効率が悪化し得る。そこで、参照重み量の調整機能と中継オブジェクトを経由するオブジェクト参照の最適化機能を加えて拡張した、重み付き参照カウント方式を提案する。

## 4.1 参照重みの補充と返却

重み付き参照カウント法では、管理している参照重みの枯渇や余剰が発生し得る。枯渇した場合、参照の分配

A Distributed Garbage Collection Algorithm for Mobile Objects

Hidehito Gomi, Satoru Fujita, Toru Yamanouchi

C&C Media Research Laboratories, NEC Corporation

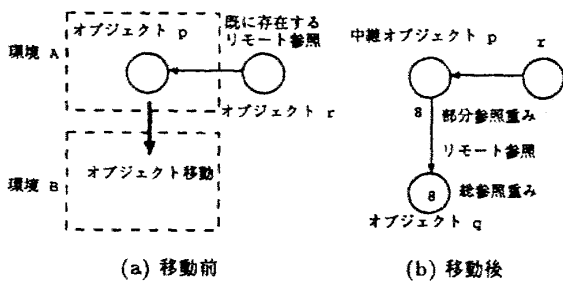


図2: オブジェクト移動

が不可能となり、余剰の際には、既定値以上の重みを格納できなくなる。この枯渇や余剰を未然に防止するために、次の基本動作を導入した。

- 補充 参照先オブジェクトへの参照重みの追加要求。
- 返却 参照先オブジェクトへの余剰の参照重みの返還。

これら参照重みの補充や返却要求は、単独のメッセージとして送受信されるだけでなく、オブジェクトの参照要求やメソッド実行メッセージの必須パラメータとして参照重みの添付することで、通信頻度に影響を与えない実装機能にする。

#### 4.2 中継オブジェクトの参照最適化

##### (i) 多段階のリモート参照の参照先の更新

中継オブジェクトによる中継段数を極小化する目的で、リモート参照メッセージ中の参照重み補充パラメータを以下のように操作する。すなわち、中継オブジェクトが参照メッセージを転送する時には、後に参照元オブジェクトに戻すための参照重み確保分として、補充パラメータを一定量増加して転送する。逆に、返信時には、自らのオブジェクト参照先の更新手続きの後に、参照元オブジェクトに対して、新しい参照先情報と先に確保した参照重みを合わせて返信する。この方法により、多段の中継オブジェクトが存在する場合でも、途中で参照重みが枯渇することなく、確実に、全ての参照先を更新することができる。

##### (ii) 中継オブジェクトのメモリ領域の管理

オブジェクトが、自らの中継オブジェクトを持つ環境に移動してきた場合には、環状の中継オブジェクト列が生じる。この際に、不要な中継オブジェクトを回収するために、移動してきたオブジェクトと中継オブジェクトの統合を行う。ここで、両者の参照重みは足し合わされ、中継オブジェクトが所有していたリモート参照に対しては、削除メッセージを送信する。例えば、他から全く参照のない環状の中継オブジェクト列の場合、削除メッセージが順に伝播することで、全中継オブジェクトを回収できる。

#### 4.3 メモリ管理の実施例

図3を用いて、4.1節と4.2節の(i)を実現するシナリオを説明する。(1) 図3(a)のように、オブジェクトpが中継オブジェクトqをリモート参照し、さらにqはオ

ブジェクトrをリモート参照している状態から、pはqに対して参照要求を送信すると仮定する。pは自らの部分参照重みの大きさに応じて、メッセージ中のqに重みの初期値(ここでは、0と仮定)を付加する。(2) 中継オブジェクトqはpから受信したメッセージを、参照先のrに転送する。その際に、重みを既定値(ここでは10と仮定)分だけ増加させ、重みの補充要求を同時に行う(図3(b)参照)。(3) rは、総参照重みに要求された重み分を増加させ、返り値と同時にその重み増加分をqに返信する(図3(c)参照)。(4) qは参照先rの情報が更新されていないことを確認し、pに対して返り値と重み10を持ったrへのリンク情報を転送する(図3(d)参照)。(5) pは、参照先を更新し、受信メッセージ中の重みを新たな部分参照重みとする。さらに、元の参照先であったqに対して、参照削除メッセージを送信する(図3(e)参照)。(6) qは、総参照重みから受信メッセージの重み分だけ減じ、その後、環境内で不要となれば、rに対して参照削除メッセージを送信する。rは、その参照を削除する(図3(f)参照)。

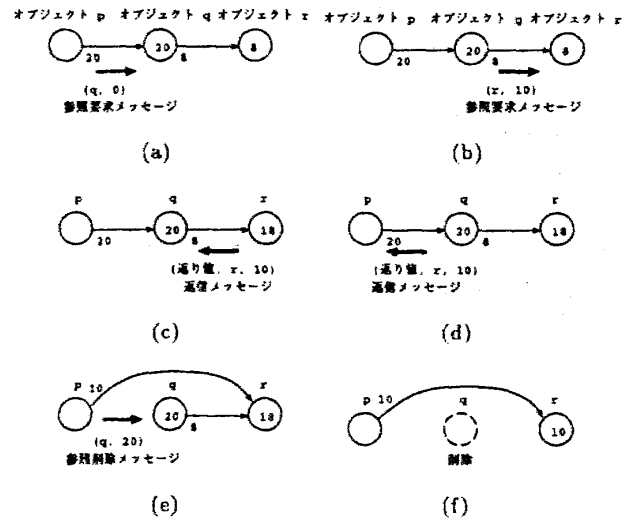


図3: 参照要求メッセージの送受信と参照先の更新

以上、図3では、参照要求メッセージを受信した中継オブジェクトqが転送する際に重みを補充することで、pは参照先をqから実オブジェクトrに更新し、不要なリモート参照を削除することができた。

## 5 考察

本稿では、オブジェクト移動を前提とした分散メモリ管理方式を提案した。本方式により、参照重みの受け渡しに伴う通信頻度が削減されると期待できるが、さらにフォールトトレランスなシステムを実現するための機構の考案が必要である。

## 参考文献

[1] D. I. Bevan. Distributed garbage collection using reference counting. In *Lecture Notes in Computing Science*, Vol. 259, pp. 176-187. Springer-Verlag, 1987.