

## 電子メールによる分散オブジェクトメッセージ交換機構

藤崎智宏 浜田 雅樹

◎ NTT ソフトウェア研究所 広域コンピューティング研究部

今日、分散アプリケーションを作成するため、分散オブジェクト指向環境が利用できる。インターネット上で動作する分散オブジェクト指向環境は、下位のプロトコルに TCP/IP を用いている。このため、IP の直接通信が可能なホスト間でのみ分散オブジェクト通信機構によるメッセージ交換を可能とするが、現在の広域ネットワークでは、ホスト間で直接 IP 通信が可能であるとは限らない。一方、直接 IP 通信が許可されていないホスト間でも、電子メールのやりとりをすることは可能な場合が多い。本稿では、分散オブジェクト通信機構によるメッセージ交換を電子メール上で行うことに関する特徴、実装手法を提案する。さらに、プロトタイプシステムを作成してその通信時間を測定した結果から、従来のアプリケーションをそのままに、通信を隠蔽して電子メール上の分散オブジェクトメッセージ交換を実現することは難しいことを示した。

## Distributed Object Message Passing over E-mail

Tomohiro Fujisaki Masaki Hamada

NTT Software Laboratories, Global Computing Laboratory

This paper discusses the mechanism of the distributed object message passing over electronic mail. In the wide area network environment, it is usually difficult to establish direct IP connections between two hosts because almost organizations have firewalls to protect their internal networks, while it is possible to exchange electronic mails between such hosts. The distributed object message passing over electronic mail has possibility to widen the range of distributed object communication. From an experiment of the prototype system, we clarify problems for realizing such as long delay and message ordering. At last, we show the communication speed of the prototype system and the limitation of this mechanism.

### 1 はじめに

今日、ネットワークが発達し、複数のプログラムが通信し合いながら動作する分散システムが数多く構築されている。従来は、このような分散システムを開発するために、socket プログラミングやリモート手続き呼び出しなどにより通信が記述されていた。最近では、オブジェクト指向技術によるソフトウェア開発が行われるようになり、オブジェクト指向に適したネットワーク通信手法として、分散オブジェクト指向環境が使われるようになった。このような環境を使うことで、socket のような比較

的低レベルの通信機構を使わずに、通信の記述が可能となっている。分散オブジェクト指向環境の標準として The Common Object Request Broker: Architecture and Specification (CORBA)[OMG] が規定されており、この標準に従って分散オブジェクト指向環境を実現するシステムが増えている。また、パーソナルコンピュータのソフトウェアでは、Microsoft の OLE をネットワーク環境に拡張した分散 OLE などにも広く使われている。

分散オブジェクト指向環境は高レベルな通信機構を提供するが、実際のメッセージ転送に用いられる下位のプロトコルは様々であ

る。インターネット上で分散オブジェクト指向環境を利用するには、下位プロトコルとしてTCP/IPを用いる場合が多い。この場合、IPで直接通信が可能なホスト間でのみ分散オブジェクトメッセージ交換が可能であるが、今日の広域ネットワークでは、ホスト間で直接IPでの通信が可能であるとは限らない。

本稿では下位プロトコルに電子メールを用い、分散オブジェクトメッセージ交換をする手法について提案し、試験的に実装したシステムの評価から、電子メール上の分散オブジェクト通信機構を使用する際の制限について述べる。

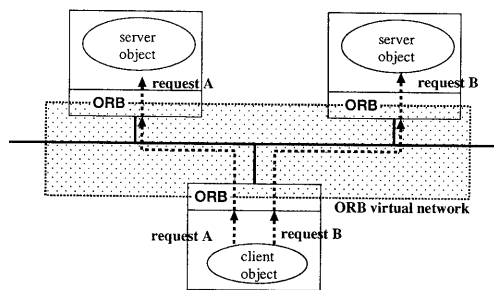


図 1: CORBA の動作概念

## 2 分散アプリケーションと広域網

### 2.1 分散オブジェクト指向環境

今日では、分散アプリケーションを開発する際、CORBA に代表される分散オブジェクト指向環境を利用することができる。分散オブジェクト指向技術の核となっている分散オブジェクト間の通信機構は、抽象的なメッセージ交換である。また、通信相手に指示を出す、といった概念で通信を記述し、受け渡しデータの処理などのプロトコルの詳細について利用者が気にする必要がなく、通信を行う分散アプリケーションの記述が容易である。メッセージ交換は、通信相手の“名前”とそのオブジェクトに対し動作を指示する“メソッド”を指定することにより行われ、通信相手のオブジェクトを“名前”で区別するので、相手のネットワーク上の位置を気にしなくてよい(オブジェクトの位置透過性)。

#### 分散オブジェクト指向環境の例: CORBA

分散オブジェクト指向環境の例としてCORBAについて説明する。分散オブジェクト指向の通信環境においては、それぞれのオブジェクトがどこかのマシンで動作しているかが管理されており、オブジェクトの位置透過性が実現されている。図1にCORBAの概念図を示す。

分散オブジェクト指向の通信機構を使うため、オブジェクトリクエストブローカ(ORB)がネットワーク中のそれぞれのマシン上で動作している。ORBは、ネットワーク中のオブジェクトの名前と位置を記録するディレクトリサービスを提供する。

クライアントオブジェクトからの要求は同一ホスト上のORBが受け取る。その後、ORBはサーバオブジェクトがどこにいるかを検

索し、サーバオブジェクトが動作するホストのORBに要求を転送する。サーバオブジェクトが動作するホスト上のORBはその要求をサーバオブジェクトに伝える。このようにしてクライアントオブジェクトの要求はサーバオブジェクトに到達する。

#### CORBAでのメッセージの引数の扱い

CORBA環境を用いて、リモートオブジェクトにメッセージを送る際には、ローカルオブジェクトにメッセージを送るのと同様に、引数を指定することができる。リモートオブジェクトへの引数として、オブジェクトを指定することも可能であり、この場合には、オブジェクトへの参照を渡すことになる。一部の分散オブジェクト指向環境では、オブジェクトをコピーして渡すか、オブジェクトへの参照を渡すか、といった指定をすることも可能である。また、多くの分散オブジェクト指向環境では、戻り値を期待しない一方方向の呼び出し(CORBAではonewayメッセージ)を実装している。

### 2.2 広域網でのオブジェクト間通信

インターネットで利用できる分散オブジェクト指向環境では、メッセージ交換機構はTCP/IPを利用して構築されているものが多い。この場合、直接TCP/IPを用いて通信できる相手とのみ分散オブジェクト通信機構によるメッセージ交換を行うことが可能である。

しかしながら、今日の広域網では、多くの組織は組織外からの不正なアクセスを防止するため、ファイアウォール[William]を設けており、直接通信を許していない場合がほとんどである。このため、WWW、ftp、telnetなどの直接

通信が必要なアプリケーションでは、ファイアウォールセグメントに通信を中継するプログラムを置き、この問題を解決している。

このような通信の中継による解決では、使用するプロトコル単位での対応が必要となるため、分散オブジェクト通信を行うには、専用の中継を行うプログラムが必要となる。このプログラムを導入した組織間でのみ分散オブジェクト機構による通信が可能となるが、ファイアウォールに新規に中継プログラムを置くことは管理者の権限が必要であり、また、セキュリティの観点からも新たに中継するプロトコルを増やすのは問題が大きい。

これらの問題は、既存のプロトコルと其中継プログラムを利用することで解決できる。本稿では、分散オブジェクト通信の下位プロトコルとして、特別な権限を必要とせず一般的に利用できる電子メールを用い、従来の直接通信を行うプロトコルと併用することで通信の範囲を広げる機構の実装について述べる。

### 3 電子メールによる分散オブジェクトアクセス

#### 3.1 電子メールへのプロトコル変換

IP を用いたサービスを電子メールを用いることにより拡張した例としては、ftp mail や mail archie がある。これらは、TCP/IP もしくは UDP/IP 上に実装されているプロトコルを、電子メールという別プロトコルに変換してユーザにサービスしているもの、と捕らえることができる。これらは、片方向のプロトコル変換である。ftp、archie などの本来 IP ネットワーク上でのサービスを電子メールを用いて使用するの、組織内から直接組織外へのアクセスが許されていない、回線帯域を有効に使用したい、などの理由からである。

下位プロトコルとして、本来想定されたものと別プロトコルを用いている他の例としては、電話回線などのシリアル回線上で使用される UUCP を IP 上に実装したもの、OSI のプロトコルを IP プロトコル上に実装したもの [Rose86] などがある。

#### 3.2 分散オブジェクト over 電子メール

電子メール上で分散オブジェクトメッセージ交換を行うことには、以下のような利点が考

えられる。

1. IP による直接通信ができなくてもメッセージ交換が可能  
ファイアウォールを設けている組織でも電子メールの交換は可能なことが多いため、間にファイアウォールがあってもメッセージ交換が可能である。また、途中 TCP/IP でない別プロトコルの網があっても、電子メールが通過できればメッセージを交換することができる。
2. 同報通信が容易  
電子メールでは、同報通信が可能なので、一対多の通信が容易に実現できる。
3. 保存が容易  
電子メールはファイルとして扱われるので、保存が容易である。そのため、通信の経過などを逐次保存することで、オブジェクト間通信を再現することができる。
4. 通信相手の状態に依存しない (非同期型)  
通信相手が多忙なときにもメッセージを送ることができる。
5. メッセージの変更が容易  
電子メールは通常可読なため、メッセージの変更などが容易に行える。このため、通信のデバッグなどが容易に行える。
6. 経路の二重化が可能  
通常の TCP/IP によるメッセージ転送経路と電子メールの経路を両方使用することで、転送経路の二重化が図れる。

電子メール上の分散オブジェクト通信機構を用いる際の問題点として、TCP/IP による直接通信に比べ、メッセージの到達時間が長いことがある。このため、実時間を要求するメッセージ交換には使えず、関数的な返却値を求める呼び出し法に適用することは難しい。このメッセージの到達時間の長さから、電子メール上で分散オブジェクトメッセージ交換を行うアプリケーションを構築する場合に、以下の点について考慮しなければならない。

1. メッセージの到達順序  
順序関係のあるメッセージの場合、到達順序が保存されない。

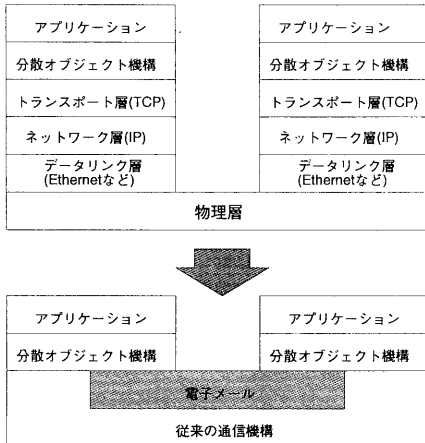


図 2: 分散オブジェクトとプロトコル

### 2. 配達の保証

送ったメッセージが相手のオブジェクトに本当に受理されたのかどうかを判断するのは困難である。また、送る相手が存在するかどうかを判断する必要がある場合には適用が難しい。

### 3. 分散オブジェクト指向環境の名前空間の維持

一般に、分散オブジェクト指向環境は名前空間を維持管理しているが、電子メールによる分散オブジェクトメッセージ交換を行うホスト間では、名前空間の整合性をとることは難しい。このため、相手の名前を指定する方法が問題となる。

## 3.3 分散オブジェクト通信とプロトコル

図 2 に分散オブジェクトメッセージ交換のプロトコル構成図と、下位プロトコルとして電子メールを併用した例を示す。

図 2 上図において、アプリケーションは分散オブジェクト機構を用いて通信しているが、分散オブジェクト機構以下のプロトコルについては意識していない。そのため、トランスポート層以下を図 2 下図のように変更しても、アプリケーションには影響を与えないはずである。分散オブジェクト機構の下位プロトコルとして電子メールを使用するための機構について、次章で述べる。

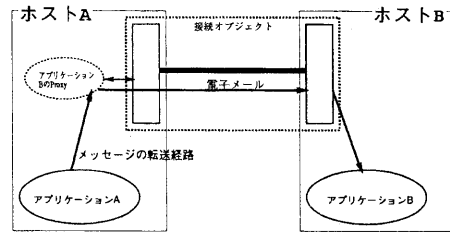


図 3: 電子メールでの分散オブジェクトメッセージ交換

## 3.4 電子メール上の分散オブジェクト通信の実装案

電子メールを用いた分散オブジェクトメッセージ交換の実装イメージを図 3 に示す。分散オブジェクトメッセージ交換を行うホスト上には、TCP/IP などを用いて直接的なメッセージ交換を行う CORBA の ORB オブジェクト (図 1 参照) に相当するものと同時に、メールによる接続を行うためのオブジェクト (接続オブジェクト) が動作している。アプリケーションはその接続オブジェクトの作成する proxy オブジェクトに対してメッセージを送ることで、目的のオブジェクトに対して要求を行う。メッセージは、ホスト間を電子メールで結ぶ接続オブジェクトによってアプリケーション B に転送される。分散オブジェクト通信機構がメッセージが送られる相手オブジェクトの存在位置によって自動的に下位プロトコルを選択することで、アプリケーション A では、メッセージ交換が行われる下位プロトコルについては気にせずに良い。

実際には、電子メールを用いた場合にはメッセージの転送に時間がかかり、迅速な返答が必要な場合の使用、例えば、関数的な使い方をすることはほぼ不可能である。アプリケーションが下位のプロトコルによって提供される応答速度をを判断してメッセージを送らねばならない。このため、アプリケーションから完全に透過的に電子メール上の分散オブジェクトメッセージ交換を実装することは難しい。次章では、このメッセージ交換にかかる時間の評価について述べる。

### 3.5 メッセージ転送時間の評価

3.2節で問題点として述べた、電子メール上の分散オブジェクト通信に関する時間制約について評価するために、電子メールを用いてオブジェクトを転送する機構を試作し、転送時間の評価を行った。構築したシステムは図3とほぼ同等の構成である。使用した分散オブジェクト指向環境は、筆者らがネットワーク管理システムネットキーパー [Arano95, 藤崎 95] を構築するために使用しているものであり、NeXT STEP 上に実現されている。CORBA に準拠したシステムではないが、CORBA と同様の構成を取っている。このシステム上で、オブジェクトの転送にかかる時間を以下の条件で測定した。

1. 同一マシン内で、直接通信による分散オブジェクト通信機構を用いた場合
2. 同一セグメント内の2マシン間で、通常の分散オブジェクト通信機構を用いた場合
3. 同一マシン内で、電子メール経由のオブジェクト転送を行った場合
4. 直接 IP 通信ができない二つのネットワーク間で電子メールを用いてオブジェクト転送を行った場合

各マシンは、イーサネットを介して接続されている。

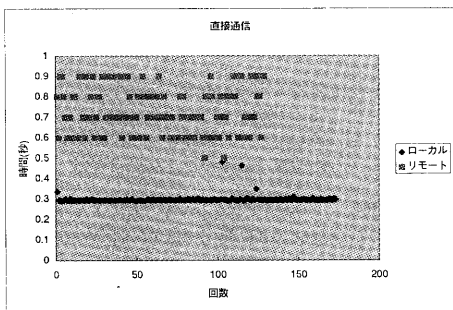


図4: 通常の分散オブジェクトメッセージ交換の所要時間

同一マシン上にある2プロセス間(ローカル)と、同一セグメント上にある2マシン間(リ

モート)での直接通信による分散オブジェクト通信にかかる時間の測定結果を図4に示す。それぞれ、整数値を戻り値として受け取る分散オブジェクトメッセージ交換を10回行うのにかかった時間である。ローカルの場合、10回の分散オブジェクトメッセージ交換の平均時間は0.30秒であり、一定した応答時間が得られている。リモートの場合には、平均時間は0.72秒ローカル呼び出しの2倍強の時間がかかり、ローカル呼び出しに比べて値のばらつきが大きくなっている。これは、イーサネットのコリジョンや、プロセスのスケジューリングに起因するものと思われるが、それほど大きなばらつきではない。

同一マシン内で電子メール経由のオブジェクト転送を行った場合にかかる時間の測定結果を図5に示す。測定時間は同一マシン上にある2プロセス間で、オブジェクトを引数に持ったメッセージ交換を電子メール経由で行う場合にかかる時間であり、あるオブジェクトから別のオブジェクトにメッセージが到達するまでの片道の時間である。平均は1.01秒であり、通常の同一マシン上のメッセージ交換の600倍ほどの時間がかかっているが、値のばらつきはそれほど大きくはない。

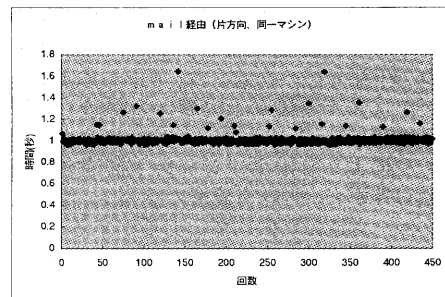


図5: 電子メールを用いた分散オブジェクトメッセージ交換の所要時間(ローカル)

図6に、直接 IP 通信ができない二つのネットワーク間で電子メールを用いてオブジェクト転送を行った場合の測定結果を示す。転送メッセージは同一マシン内で電子メール経由のオブジェクト転送を行った場合と同様の条件で、メールをやり取りするのに途中6個のホストを経由する(自ホストを含む)。この場合、メッセージ交換にかかる時間の平均は17.9秒であり、値のばらつきが非常に大きい。

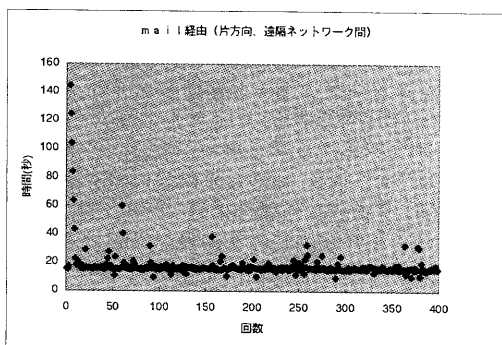


図 6: 電子メールを用いた分散オブジェクトメッセージ交換の所要時間(リモート)

以上の測定結果より、メールを用いた分散オブジェクトメッセージ交換はメッセージの転送時間だけでなく、転送時間のばらつきが非常に大きいことがわかった。メッセージの到達確認を行うには、タイムアウトを使った再送制御を行うが、転送時間のばらつきが非常に大きいので、従来のタイムアウトを用いたメッセージの転送確認などの処理を行うことは難しい。よって、単純に下位のプロトコルの変更といった手法のみで従来の分散オブジェクトメッセージ交換を代用することは困難であるため、3.3節で述べたような、メールによる分散オブジェクト通信を上位層から隠蔽して行うことは難しい。アプリケーションプログラマがメールによる分散オブジェクト通信の存在を認識しながら、実時間要求の少ない、片方向のメッセージ送信に使用する必要がある。

測定中にはメッセージの喪失、すなわち、電子メールの喪失は起こらなかった。実際のところ、現状では、転送中の電子メールの喪失はかなり確立の低いものと仮定しても問題はないと思われる。

到着順序に関しては、測定場所がそれほど離れていないネットワークだったこともあり、メールの到着順序の逆転、といった現象は見られなかったが、広域網ではメールの到着順序の逆転は頻繁に起こっている。電子メール上で分散オブジェクト通信を行う場合には、順序の逆転を考慮に入れる必要がある。しかしながら、分散オブジェクトメッセージ交換では、メッセージの単位が大きいこと、メッセージの分割が起るわけではないことから、重要な解決課

題ではないと思われる。

電子メールを用いた分散オブジェクトメッセージ交換を利用するアプリケーションとしては、ネットワーク管理システムなどで、一日の管理項目の集計結果を特定のマシンに転送する場合や、受け取ったアラーム等の告知メッセージを一マシンに集める場合、処理時間が長い作業をサーバに依頼し、返答を待つ間に別な作業を行う場合等が考えられる。

#### 4 まとめ

本稿では、分散オブジェクトメッセージ交換を電子メール上で行うことに関する特徴、実装手法を検討し、更にプロトタイプシステムによる実験を通して通信時間に関する課題について分析した。時間に関する測定から、従来のアプリケーションをそのままに、通信を隠蔽して電子メール上の分散オブジェクトメッセージ交換を実現することは難しいことを示した。分散オブジェクトメッセージ交換を電子メール上で行うことには多くの利点があるが、これを利用する場合には、通信時間、メッセージの到着順序などを考慮することが必要である。今後は、本機構を利用するアプリケーションの開発を行っていく予定である。

#### 参考文献

- [OMG] “共通オブジェクト・リクエスト・ブローカ仕様と構造” オブジェクト・マネージメントグループ。
- [William] “Firewalls and Internet Security”, William R. Cheswick and Steven M. Bellovin, ADDISON-WESLEY PUBLISHING.
- [Rose86] “OSI Transport Services on top of the TCP”, Marshall T. Rose and Dwight E. Cass, Computer Networks and ISDN Systems, 12(3), 1986
- [Arano95] Takashi Arano et al. “A Computer Network Management System Platform based on Distributed Objects”, Sixth IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems: Operations & Management, Oct 1995.
- [藤崎 95] “分散オブジェクト指向ネットワーク管理システムにおけるオブジェクト管理手法”, 藤崎・荒野, 分散システム運用技術研究グループ研究報告 No.2 資料番号 DSM-951153.