

M-55

シームレスネットワークにおけるマルチキャスト通信の実現  
Technology for Multicasting on the Seamless Network小林正史† 高杉耕一‡ 梅村恭司†  
Masashi Kobayashi Koichi Takasugi Kyouji Umemura

## 1. はじめに

将来のユビキタスなネットワーク環境ではいたるところに端末が配置され、それらが動的にネットワークを構築していくことが期待されている。また、時間や環境と共に変化するエンドユーザの要求に速やかに適応可能なネットワークサービス必要性が高まっている。しかしながら、既存の技術は安定的なネットワーク環境を前提としており、動的なネットワーク環境で発生する通信路の切断、再開に対して、シームレスにサービスを提供・享受することは困難である。本研究はこのような環境において、シームレスなマルチキャスト通信を行う仕組みを提案する。

## 2. 要求条件

本研究における要求条件を以下に示す。

- (1) ネットワーク層のマルチキャスト機能に依存することなくマルチキャスト通信を行う。
- (2) マルチキャストの一部の経路が切れた場合、他の通信手段または他の経路に変更し再接続する。
- (3) マルチキャストの一部の経路が切れた場合、切れていないマルチキャストツリー内ではデータが適切に送受信され、再接続時に切断中に送受信すべきデータを欠損なく送受信する。
- (4) 通信中に端末の変更をする。

マルチキャスト通信は通信帯域の確保、データやプロトコル変換、適切なツリーを構築方法等、サービスやアプリケーションに依存した部分が多い。IP マルチキャストでこれらの機能をすべて盛り込むことは現実的ではない。そこで、ネットワーク層上位で実現することにより、サービスに応じたマルチキャスト通信が可能である。また、マルチキャスト対応ルータをネットワーク全体に配置する必要もない。(→要求条件 1)

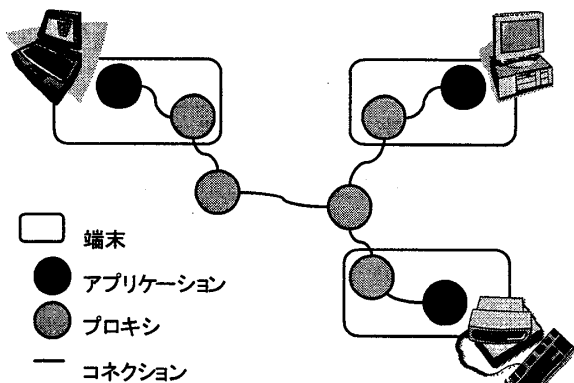


図1. プロキシによるネットワークの構築

† 豊橋技術科学大学, Toyohashi University of Technology

‡ 日本電信電話(株)NTT 未来ねっと研究所, NTT Network Innovation Laboratories, NTT Corporation

動的なネットワークにおいては、ネットワークの分割や統合、通信媒体の変化、端末の移動が頻繁に生じる。そのため、経路の一部が切れた場合に他の通信手段を用い再接続するなど、経路を再生する仕組みが必要である。また、切断経路が回復できない場合にはマルチキャストの経路を変更し、再接続する必要がある。(→要求条件 2)

経路の切断によって、マルチキャスト通信全体が止まることは好ましくない。また、切断から回復した際には本来、送受信されるべきデータは正しく送受信されなくてはならない。(→要求条件 3)

操作性から PDA からデスクトップに端末を切り替えるといったように、ユーザは周辺環境に応じて利用端末を変更することが考えられる。この場合においても、以前利用していた端末の状態を継承し、シームレスな使用感を実現する必要がある。(→要求条件 4)

## 3. 既存のマルチキャストの問題点

ネットワーク層上位のオーバーレイネットワークを用いたマルチキャストも提案されている[1]。これらは IP マルチキャストのようなルータの設置を不要としているが、有線の高速ネットワークのような信頼性の高い通信環境を前提にしており、リンクが切断される等、通信環境が変化した場合に通信を継続することができない。

P2P のサービスとして groove のようなアプリケーションがある。このようなアプリケーションでは通信の接続、再開を自律的な発見により行うため、再接続先の情報は不要であるが、通信の再開は同一サブネットで 10 秒、それ以外は数分から数時間の時間がかかるという問題がある。またリレーサービスを安定したネットワーク上に置く必要がある。

## 4. 提案方式

## 4.1 プロキシを用いたネットワークの構築

本研究では、アプリケーション間の通信を中継するためにプロキシを用いる[2]。そして、プロキシ間においてデータの複製やルーティングを行う。マルチキャストはプロキシで通信を分岐中継することにより実現する。これはネットワーク層に依存しない、アプリケーションレベルのオーバーレイネットワークである(図 1)(要求条件 1 を満たす)。プロキシ間の接続関係をコネクションと呼ぶ。

## 4.2 動的なコネクションの修復

プロキシ間のコネクションが切断されたとき、まずそのコネクションを構成している両端のプロキシ間で修復を行う。この処理は両方のプロキシが同時に始めるのを防ぐため、そのコネクションを初めて構築した際、接続要求を送信した側のプロキシが修復する。

プロキシ間のコネクションの切断中に切断路の両端の各プロキシにデータが送られてくることが考えられる。この場合、各プロキシは送信すべきデータをコネクションが修復されるまでキャッシュしておく。修復完了時にプロキシ

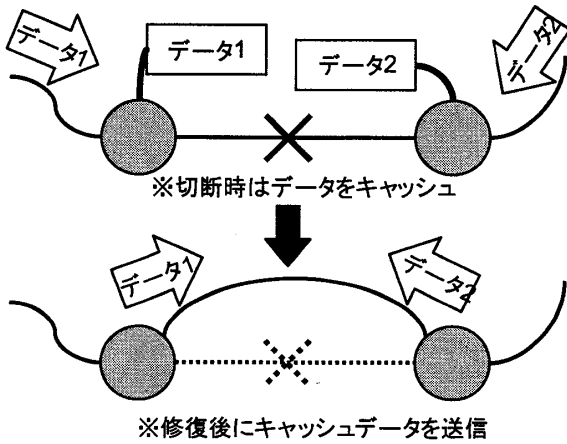


図2. 切断時データの回復

間で新たな通信路を用いてキャッシュしたデータを送受信する(図2)。

また、両端のプロキシ間で再接続することが不可能な場合もある。この場合でも、別のプロキシ間で新たな接続を構築することで自律的に回復する。そのため、各プロキシは全体のマルチキャストツリーを把握しておく必要がある。そこで、接続の追加・削除の情報を、他のプロキシから通知してもらい、最新のツリー情報を獲得する。接続が切断されたとき、プロキシはこのツリー情報をもとに新たな接続候補リストを作成する。このリストの順番は切断接続から近い順で、接続元は切断先以下のノードを省いたツリーの前順走査、接続先は切断先のノード以下の幅優先順とする。リスト順にしたがって接続を試み、接続を回復する。

接続の成功時における接続が元の接続と異なる場合は、元の接続を構成していたプロキシにキャッシュを要求し、このキャッシュ情報をもとに、新しい接続で送受信を開始する。図3はこのような修復の一例である。

このように、マルチキャストの一部の接続が切れた場合でも接続を再開することができる(要求条件2を満たす)。また、切断中でも他の未切断接続ではデータは送受信される。さらに、切断接続が回復した場合、キャッシュ情報をもとに切断中に送受信すべきデータを再生し、新たな接続で欠損なく送受信することができる(要求条件3を満たす)。

#### 4.4 通信中における端末の変更

変更元端末のプロキシでキャッシュされた通信の履歴を変更先端末のプロキシに転送し、プロキシ間の接続関係をマッピングしなすことで、変更先の端末に変更される。このように、利用端末を変更しても、サービスが継続する機能を実現できる(要求条件4を満たす)。

### 5. チャットプログラムの実装と評価

プロトタイプとしてチャットプログラムと対応するプロキシをJavaで実装し、その効果を検証した。

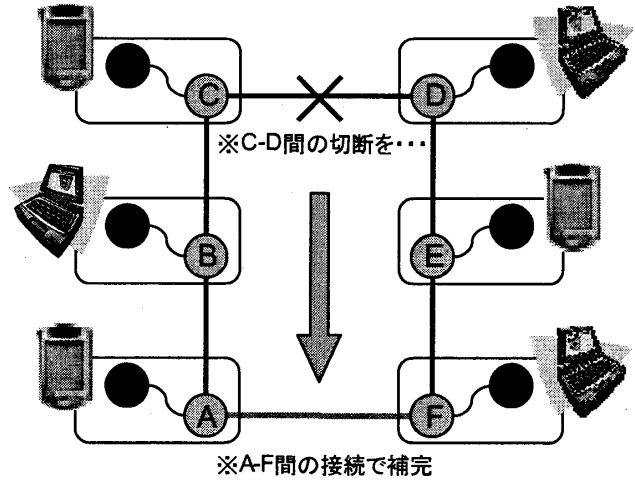


図3. 動的な接続の修復例

#### 5.1 実装

チャットアプリケーションは一般的なチャットクライアントと同様にテキスト入力及びメッセージや参加者の表示等を行う。

チャットアプリケーション(AP)からプロキシに送られたメッセージは、他のプロキシに中継される。他のプロキシから受け取ったメッセージは、接続しているAPや他の接続プロキシに中継送信される。このとき、プロキシの構築するマルチキャストツリーは開路であり、任意の2プロキシ間を行き来する経路は唯一とする。

また、これらユーザやプロキシ間の情報のやり取りはテキスト形式のメッセージを用いる。ただし、ユーザ間の会話メッセージと、プロキシ同士で情報交換するための内部メッセージは区別される。接続の修復を行うなどの際には、この内部メッセージを送受信することで接続している他のプロキシと連携をとる。

#### 5.2 評価

実装の確認として、図3のようなネットワークを構築して接続の切断・修復を行った。手順は、まずプロキシC-D間を切断し、メッセージを送り、A-F間の接続で回復させるものである。これにより、キャッシュによるデータ転送の保障、プロキシ間の連携による動的な接続接続の発見、及び修復を確認した。

### 6. まとめ

動的なネットワークにおいて、シームレスにマルチキャスト通信を利用するサービスを提供・享受する仕組みを提案した。また、プロトタイプにより切断された接続の修復が動的に行われることを確認した。

[参考文献]

- [1] Y. Chu, S. G. Rao, S. Seshan and H. Zhang, "Enabling Conferencing Applications on the Internet using an Overlay Multicast Architecture," ACM SIGCOMM, CA, Aug. 2001.
- [2] 高杉, 中村, 田中, 久保田, "動的なネットワーク環境上でユーザに追従するシームレスサービスプラットフォーム," DICO MO 2002, pp.297-300, 2002.