4S-4

信頼性マルチキャストプロトコル eTRAM の実装

高橋　健輔[†]　　松澤　智史[‡]　　武田　正之[‡]

[†]東京理科大学理工学研究科情報科学専攻 [‡]東京理科大学理工学部情報科学科

1. 背景

IP マルチキャストを用いれば，送信者は１度のデータ送信でマルチキャストグループに参加しているすべての受信者に対してデータ送信を行うことができる．これを利用することで，送信者は効率よくデータ送信を行うことができるが，送信したデータが確実に受信者に届くと保証されていないと言う問題がある．そのため，信頼性マルチキャストプロトコルが提案，実装されており，その中の 1 つに TRAM(A Tree-based Reliable Multicast Protocol)[1]があり，本研究ではこれを扱う．

2. 信頼性マルチキャスト

TCP/IP では送信者と受信者の間でデータの到達確認を行い，欠損データの検出と修復を行っている．この方式をそのままマルチキャストに適用するならば，1 対多の通信であるために送信者に莫大な負荷が発生する(ACK Implosion)．この問題を回避しつつ，通信の信頼性を確保しているプロトコルには以下のようなものがある．

- SRM, PGM (NACK-based)
- TRAM, RMTP-II (Tree-based)

3. TRAM

3.1 概要と特徴

TRAM は 1998 年に Sun が JRMS（Java Reliable Multicast Service）の一環として開発した信頼性マルチキャストプロトコルである．１つの送信者から受信者に対し一方向にのみデータを配信する形式のため，TRAM の利用目的は単方向メディア配信やファイル配信などが考えられる．このプロトコルの特徴としては，通常のデータ配信には従来のマルチキャストを用い，パケットの修復等は修復木と呼ばれる木を用いたローカルグループ内でのユニキャストで行うことが挙げられる．TRAM の修復木は動的であり，パケットの修復における情報伝達がより効率的になるよう随時組み替えが可能である．通信の信頼性保証の根幹となるパケットの送達確認には SACK(Selective ACK) 方式が用いられ，ACK 等の情報はローカルグループの代表者で集約される．その他の機能としてはフロー制御・輻輳制御の機能も実装している．実装言語は JRMS の名の通り Java であり，ソースファイルも公開されている．

3.2 TRAM の問題点

TRAM を用いることですべての受信者に確実にデータ配信を行うという目標は達成できるが，欠点も存在する．以下にその２つの問題点を挙げる．

1. 近隣端末の決定法

TRAM では TTL が小さいことを近隣端末とする条件としている．しかし，TTL が小さいことと最適な接続先であることとは必ずしも一致しない．

2. 受信者の回線速度に関係せず一様な転送レートを用いる

TRAM には輻輳制御が実装されており，すべての受信者が正常に受信できるよう転送レートが調整される．このことにより，転送レートは受信能力の一番低い受信者が受信できる転送レートまで低下するため，受信能力の高い受信者はその能力を最大限に生かすことができない．

4. eTRAM

前述の問題を解決するため，平田氏(東京理科大学, 2002)[2]によって提案された改良型 TRAM が，eTRAM である．以下に前述の問題点に対する eTRAM での改善法を挙げる．

1. 近隣端末の RTT による決定

TRAM では TTL を用いて近隣端末を決定するが，eTRAM では RTT(Round Trip Time)を用いて近隣端末探索を行い，接続先を決定する．

2. 配送グループの導入

TRAM は１つのマルチキャストグループのみを用い，すべての受信者に対して一様な転送レートで配送を行うが，eTRAM は ALC を基にした多層化の概念で配送グループを導入し，複数の転送レートでデータ配信を行う．受信者は受信状況に応じて配送グループ間を自動的に移動する．輻輳が検出されると下位のグループへ，一定数のパケットを連続受信すると昇格プロセスへと移り，これに成功すると上位のグループへと移動する．(図 1)

Implementation of Reliable Multicast Protocol eTRAM
†Kensuke Takahashi, Dept. of Information Science, Tokyo University of Science
‡Tomofumi Matsuzawa, Masayuki Takeda, Dept. of Information Science, Tokyo University of Science

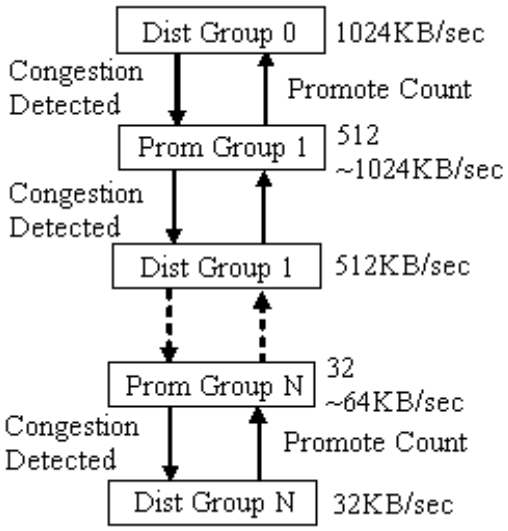

図 1. 配送グループの移動例

5. 実装方針

TRAM はソースコードが公開されているため，これを改造することで eTRAM の実装を行う．ここで，平田氏の設計に加えて新たに２つの要素を追加する．

1. 最大転送レートの自己申告制

平田氏の提案では，データをある一定数連続して欠落無く受信するごとに昇格プロセスへと移るが，設定値より高い転送レートを用いている配送グループへの移動を行わないようにし，無駄な昇格プロセスの発生を避ける．

2. データキャッシュをファイル化

eTRAM では転送レートの異なる配送グループを用いるため，配送グループ間でセッションのずれが発生する．これにより，セッション開始後の時間が経過すればするほど，下位の配送グループに属している受信者の再送要求に対して上位グループの受信者(Repair Head)が応じるために必要となるデータキャッシュのサイズは大きくなる．メモリ上にキャッシュを置く方が高速であるが，キャッシュとして必要な領域を確保し続けることは困難であるため，ファイルを用いることとする．

また，TRAM では修復木に接続する際にマルチキャストされる Head Advitisement(HA)には送信タイミングが複数定義されているが，eTRAM では HA を用いて RTT の計測を行うため，時刻情報を含む Member Solicitation(MS)の応答としてのみ HA を送信するものとする(Member Triggered HA).

6. 評価方法

平田氏，黒澤氏[3]は TRAM と eTRAM をネットワークシミュレータ上で実装し，比較実験を行った．本研究ではシミュレータではなく実機を用いて評価実験を行う．実験は LAN で接続された複数台のマシンと外部の VPN サーバ，帯域制御ソフト NEGiES[4]を利用する．

評価項目は TRAM と eTRAM の比較を基本とし，受信者ごとの接続速度，送信するファイルのサイズを変化させ，eTRAM が TRAM と比べて送信完了までにかかる時間が短くなり優位となることを確認する．eTRAM が TRAM に劣ることがあれば，その条件を探り，理由を考察する．また，一時的なネットワークエラーやネットワーク速度低下を想定した実験も行い，配送グループの移動が正しく行われるかどうかを確認する．

配送グループの導入により，グループ間移動が発生し，セッションのずれが起きるため，そこでの再送要求の数を調べ，通常のデータ配信に対する影響を調べる．同時にキャッシュサイズの変化を観察し，キャッシュをメモリに置くことができるかどうか検討する．

7. まとめと今後の課題

eTRAM は複数の帯域を含むマルチキャストグループに対し，端末それぞれに合った転送レートでデータ配信を行うことから，通信の多様性に対応することができる．また，他の通信との競合によって一時的な輻輳が起きた場合，その受信者のみが自動的に下位の配送グループへと移動し，全体への影響を防ぐことができる．帯域制限が解除されれば再び上位グループへと自動で戻ることで，適切な転送レートで受信を続けることができる．

eTRAM で配送グループ間の転送レート設定アルゴリズムについては今後考察する必要がある．

参考文献

[1] INTERNET DRAFT, Tree-based Reliable Multicast(TRAM)
http://www.experimentalstuff.com/Technologies/JRMS/draft-kadansky-tram.txt

[2] 平田 誠 : 平成 14 年度修士論文
ネットワーク特性を考慮した信頼性マルチキャストプロトコルの提案
東京理科大学理工学研究科情報科学専攻, 2003

[3] 黒澤 彰 : 平成 15 年度修士論文
信頼性マルチキャスト eTRAM のシミュレーションによる評価
東京理科大学理工学研究科情報科学専攻, 2004

[4] 近江 芳昭 : 平成 15 年度卒業論文
信頼性マルチキャスト eTRAM の設計と実装について
東京理科大学理工学部情報科学科, 2004

[5] NEGiES :
http://hp.vector.co.jp/authors/VA036210/