

# スケーラビリティを考慮した高信頼性マルチキャストにおける再送制御方式 A Study of Scalable Retransmission Control on Reliable Multicast Protocol

M-051

三原 龍<sup>†</sup>  
Ryou Mihara

藤田 茂<sup>‡</sup>  
Shigeru Fujita

菅原 研次<sup>§</sup>  
Kenji Sugawara

## 1. はじめに

近年、動画像や音声によるブロードバンドストリーミングコンテンツが多数提供され [1], これを利用するクライアントが増加している。これに伴い、現在のユニキャスト通信では対応できなくなることが予測されることから、マルチキャスト通信を用いることにより、冗長なトラフィックの発生を抑えることができ、効率の良い通信が可能となると期待できる。

これまで、信頼性のある通信を行うために、高信頼性マルチキャストプロトコルが多数提案されている [2][3][4]。これらは、エラーの通知やパケットの再送、受信者間での欠落パケットの補完等の再送制御により信頼性を確保している。しかし、現在提案されているプロトコルにおける再送制御手法では、受信者数が限定されてしまうという問題がある。この問題を解決するため、本研究では、ネットワーク帯域への負荷を考慮して再送制御を行うことにより、実時間性とスケーラビリティの高い通信を実現する。

## 2. 高信頼性マルチキャストプロトコル

### 2.1 現行プロトコルの特徴

これまでに提案されて来た高信頼性マルチキャストプロトコルとしては、AFDP [2], SRM [3], RMTMP [4] などがある。AFDP はファイル分配, SRM はマルチメディア, RMTMP はファイル転送用に開発されたプロトコルで、ベースとしているトポロジがそれぞれことなる。再送制御においては、信頼性機構と修復要求、再伝送の組合せによりことなる方式を実現している。

### 2.2 現行プロトコルの問題点

- (1) 修復要求をマルチキャストで送出し、なおかつその要求への再送をマルチキャストで行う場合 (SRM), 大量のトラフィックが発生してしまい、ネットワーク全体の処理能力が低下する。
- (2) 信頼性メカニズムに ACK を使用している場合 (RMTMP), ACK が大量に送信元もしくは代表受信者に

送られることにより、ACK を受け取る端末に大きな負担が生じる。

- (3) マルチキャスト配信は、多数の受信者に対して同一のデータを送信するための技術だが、現段階では AFDP で 10 から 1000 台, SRM では 1000 台以下, RMTMP では 10000 台前後という制限がある。このため、ネットワークの規模によってプロトコルを選択したり、受信者数の増減により動的にプロトコルを使い分ける必要がある。
- (4) マルチキャストは主なターゲットアプリケーションがファイル分配やマルチメディアであり、全てのアプリケーションに対して使用するという意味では汎用性が低い。ただし、それ以前に現行のプロトコルには上記 (1), (2), (3) の様に問題点や条件があり、利用することが可能なネットワークの規模や処理能力が限定されてしまう。信頼性の保証をアプリケーションから切り離し、トランスポート層で実装する [5] 場合、アプリケーションに対する汎用性は確保できても、現行のプロトコルを動的に切替えながら使用するに留まり、規模や処理能力に関する問題解決はできない。

## 3. 再送制御手法の提案

本提案手法を実装したプロトコル (SREP: Scalable Retransmission control Protocol) は、ネットワークトポロジにおいて下流からのフィードバックが集中しなければトラフィックが混雑することを防げると考え、下流において主に実装されているツリーベースによって構築する。

### 3.1 SREP の概要

- (1) 信頼性機構: パケット受信に対する ACK 応答は受信者の台数と同じ数だけ送られることになる。これに対し NACK を使用した場合、ネットワーク内の NACK の数は、データをロスした受信者数に留まるため、信頼性機構には NACK を用いる。
- (2) 修復要求: 修復要求をユニキャストで行い、これをグループの代表が集約して一つの要求を送信元へと返すことでフィードバックのトラフィックを最低限におさえる。マルチキャストを用いた場合、代表受信者を設置していても送信元への要求が送られてしまうため、要求はユニキャストで行う。
- (3) 再伝送: ユニキャストでの再伝送は、再送データを必要としない受信端末にはデータが送信されないため、データの受信が完了している受信端末には負荷をかけない。しかし、ネットワークの規模が大きい場合には送信元への負荷が増加し、加えて受信者への再伝送による多くのトラフィックが発生してしまうため、マルチキャストでの再送を行う。
- (4) 制御の位置: マルチキャストグループの中で、いくつかの受信端末を一つのローカルグループとしてサブマルチキャストツリーを形成する。このサブマルチキャストツリーの中に、RMTMP 同様に代表受信者 (DR) を設置

表: 現行プロトコルの特徴

	SRM	AFDP	RMTMP
信頼性メカニズム	NACK	NACK	ACK
修復要求	マルチキャスト	ユニキャスト	マルチキャスト
フィードバック制御	タイムベース		構造ベース
再伝送	マルチキャスト	ユニキャスト マルチキャスト	ユニキャスト マルチキャスト

<sup>†</sup>千葉工業大学大学院工学研究科情報工学専攻

<sup>‡</sup>千葉工業大学情報科学部情報工学科

<sup>§</sup>千葉工業大学情報科学部情報ネットワーク学科

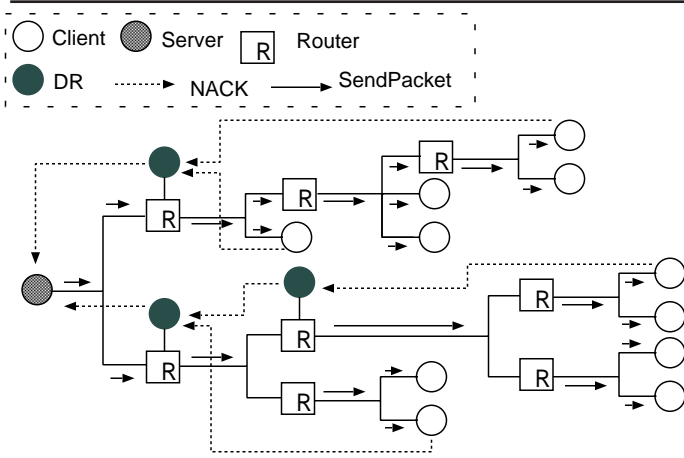


図 1: SREP の概要モデル図

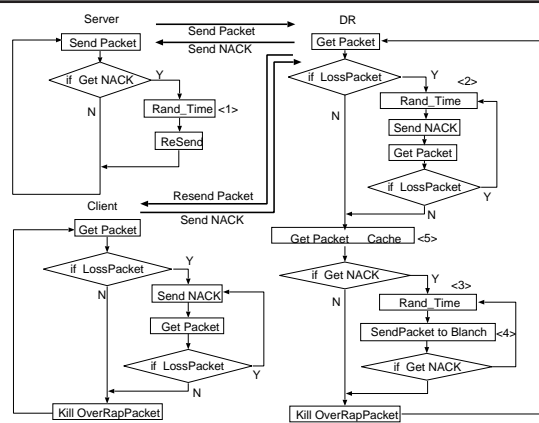


図 2: 送受信フローチャート

する．これにより，送信元に制御パケットの処理の負荷が集中してしまうのを防ぐと共に，受信者間で補完をすることによって処理を分散させる．

### 3.2 SREP の実装

送信者 (Server), 受信者 (Client) 及び受信者グループの代表受信者 (DR) の3つのノードをネットワークを構成するノードとする．

Server

- (1) パケットを送信する前の段階として，ホストの確認を行い送信パケットを作成する．パケットを作成したら，パケットの送信を行う．
- (2) パケットをマルチキャストによって送信する．
- (3) 受信者から受け取った制御メッセージを読み取る．再送要求を受け取った場合，タイマによりランダムタイム再送をせずに，他の受信者からの要求が集まりきるまで待つ (図2中<1>)．全要求を受信したら，再送パケットをマルチキャストにより伝送する．

DR

- (1) Server から送信されたマルチキャストパケットを受信する．この時，パケットが欠落していた場合にはランダムな待ち時間待った後 (図2中<2>)NACKをServerもしくは上流のDRに対し送信する．
- (2) ブランチ下のClientからの修復要求へ対応するために，受信したパケットを自らのキャッシュに保持する (図2中<5>)．
- (3) ブランチ下のClientからの制御メッセージを読み取る．再送要求を受け取った場合，タイマによりランダムタイム再送をせずに (図2中<3>)，他のClientからの要求が集まり切るまで待つ．全要求を受信したら，キャッシュに保持しているマルチキャストパケットを再送データとしてマルチキャストもしくはユニキャストで送信する (図2中<4>)．
- (4) 要求していない再送データが送信されてきたときはこれを受信せずに無視する．

Client

- (1) DRの(1)に同じ．
- (2) 要求していないが，再送データが送信されてきたときはこれを受信せずに無視する．

## 4. シミュレーションによる評価

ネットワークポロジはツリーベースとし，Server, Client, Routerの3つのノードから構成したネットワークを仮定し，ノード間のパケット欠損はネットワーク内で起こる偶発的な欠落だけを考える．このとき，SRM, AFDP, RMTTPとSREPとの比較を，Client台数を变化させたときのServerが送信するバイナリファイルの平均受信時間を用いて比較する．

## 5. おわりに

本研究では実時間性とスケーラビリティの高い通信を実現するために，欠落パケットの再送要求とそれに対するデータ再送をネットワーク帯域への負荷を考慮して行う再送制御手法を提案した．本手法により，従来の高信頼性マルチキャストプロトコルに比べ，再送データ送受信完了時間が短縮でき，それに伴いグループに参加できる受信者数が増大することが期待できる．

## 参考文献

- [1] Dave Kosiur 著，マスタリング TCP/IP IP マルチキャスト編，オーム社，1999
- [2] Cooperstock, J. and Kotsopoulos, S.: An Adaptive Multicast Data Distribution Protocol, Usenix'96, 1996
- [3] Floyd, S., Jacobson, V., Liu, C., McCanne, S., and Zhang, L., A Reliable Multicast Framework for Light-weight Sessions and Application Level Framing, IEEE/ACM Transactions on Networking, December 1997, Vol 5, No 6, pp.784-803.
- [4] Authors: S. Paul, K. K. Sabnani, J. C. Lin, S. Bhattacharyya IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.15 No.3, April 1997, Pages 407-421
- [5] 園田 雅崇 他：汎用性のある高信頼性マルチキャストに関する研究，情報処理学会シンポジウム，DI-COMO2000，pp223-228