

IP オプションを用いたユニキャストアドレスによる マルチキャスト通信方式の提案と評価*

丸上澄哉[†]森田啓義[‡]電気通信大学大学院情報システム学研究科[§]

1 はじめに

近年のネットワーク技術の目覚ましい発展により、動画像や音声といった、いわゆるマルチメディアデータの送受信に対する需要が高まってきている。マルチキャスト通信はライブ中継などのように同じデータを同時に複数の受信者に効率よく配送するために有効な手段である。

マルチキャスト通信を行うにはTCP/IPのアプリケーション層で実現する方法と、ネットワーク層で実現する方法がある。アプリケーション層でマルチキャスト通信を行う利点はネットワーク上のルータが必ずしもマルチキャストに対応していなくてよいところにある。反面、パケットの冗長な配送経路が発生するという問題やエンドホスト間での遅延が大きくなるという欠点があり、マルチキャスト通信本来の同時通達性を実現することは難しい。

一方ネットワーク層でマルチキャストを実現する方法には、さらに、マルチキャストアドレスを使用する方法とユニキャストアドレスを使用する方法がある。マルチキャストアドレスを用いた経路制御プロトコルとしてすでにDVMRP [1] やCBT [2] が提案されている。しかしこれらのプロトコルはグループごとに配送木を作成する必要があることから実現することが難しく、現在普及するまでに至っていない。ユニキャストアドレスを用いた経路制御プロトコルとしては最近、XCAST [3] が注目されている。この方法では既存のユニキャスト経路テーブルを利用することで配送することができるため、マルチキャストアドレスを用いる場合に比べ、配送処理を簡略化できるという特長がある。しかし、XCASTは受信者すべてのアドレスをヘッダに記すことによつて全受信者への配信を行うので、受信者が増加するにつれパケットが肥大化するなど受信者数の規模適応性を備えていない点の問題となっている。

本稿ではこの問題点に対応できるユニキャストアドレスを使用したマルチキャスト通信方式 (Multicast Datagram Transfer Protocol: MDTP) を提案し、シミュレーション実験による性能評価について報告する。

2 MDTP

2.1 基本動作

MDTP は始点と受信者の間に存在する中間ルータが、始点ごとのインターフェース情報 (以下 MDTP if 情報と呼ぶ) を保持している。中間ルータはこの情報を用いることで、始点からの重複している MDTP パケットを検出し、始点に向けて送信停止要求を行い、重複していた MDTP パケットを複製し送信する。これにより始点-受信者間は従来のユニキャスト通信を使用するだけでマルチキャスト通信を行うことができる。従つて MDTP では、受信開始直後のみユニキャストによる通信が行われ、その後マルチキャスト通信になる。この受信開始直後とは、始点が受信者に始めて MDTP パケットを送信してから、中間ルータがそのパケットに対する送信停止要求を始点に送信し、始点が送信を停止するまでの間のことを指す。

2.2 MDTP パケット

ルータは通常、IP ヘッダの宛先アドレスが自分のアドレスと異なっていた場合、そのパケットの内容を調査することなくその宛先へ向けて転送を行う。MDTP では、MDTP if 情報の作成や重複しているパケットを検出しなければならない。このためパケットを調査する必要がある。そこで IP オプションを用いる。IP オプションが記されたパケットは、受信したすべての中間ルータと宛先アドレスに記されている最終宛先のホストにおいてそのオプションの内容についての処理を行う。MDTP パケットは、IP オプションを含んだ IP ヘッダの上位に MDTP ヘッダを付加したものとなる。MDTP ヘッダには MDTP パケットタイプ、始点のユニキャストアドレスなどが記されている。

2.3 MDTP if 情報

MDTP if 情報には、現在のインターフェースの状態が保持されている。その主要要素である state には source, active, NULL のいずれかを記す。これらはある始点に対する MDTP パケットのそれぞれ入力、出力、停止インターフェースであることを示す。この active の数などからパケットの複製等を判断する。

*Unicast-Based Multicast Communication with IP options

[†]Sumiya Marugami (maru@math-sys.is.uec.ac.jp)

[‡]Hiro Yoshi Moirta (morita@is.uec.ac.jp)

[§]Grad. School of Inform. Sys., Univ. of Electro-Communications

3 MDTP の評価

MDTP の評価を XCAST と CBT との比較シミュレーションによって行った。シミュレーションではルータを 10 × 10 の格子状に配置する。その中央に始点を置き、受信者の生起数と生起する場所をランダムに発生させる。また受信者に対する規模適応性を調べるため、受信者の単位時間あたりの生起数を 0~100, 0~1000, 0~10000 の 3 通りに対して行った。XCAST ではトラフィック量を調べるため、マルチキャスト配送に必要な情報量の比較をした。

MDTP で必要な情報量には、IP オプションと MDTP ヘッダに加え、送信開始時に一時的に発生する余分なユニキャストパケットと、ルータからの送信停止要求パケットが含まれる。また XCAST では、受信者全てのユニキャストアドレスが記されている XCAST ヘッダが必要な情報量となる。一方、CBT に関しては、プロトコルの複雑さを調べるため、ルータが送信する制御情報量 (メッセージ数) の比較を行った。結果を図 1, 図 2 に示す。

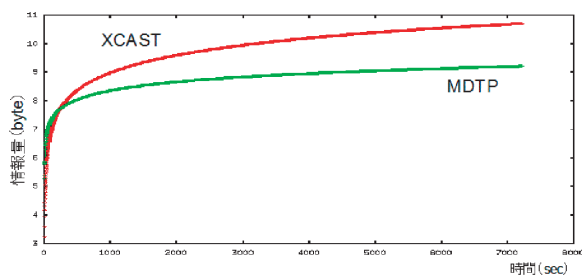


図 1: MDTP と XCAST の比較 (0~ 1000)

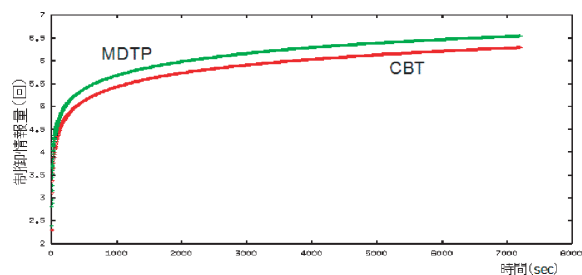


図 2: MDTP と CBT の比較 (0~ 1000)

XCAST との比較では、受信者生起数を 100 から 10000 までそのいずれにおいても MDTP の情報量のほうが大幅に少ないことが観測された。一方、CBT との比較では、CBT のほうが、生起数 1000 以降では制御情報量が少ないことが確認された。

4 MDTPv2

MDTP では受信開始時に受信者が始点に対して通常の IP パケットで送信要求を行っていたのに対して、MDTPv2 においては、受信者の始点に対する送信要求パケットを通常の IP パケットから MDTP パケットに変更する。これにより中間ルータが送信要求パケットを調査することが可能になる。すなわち、目的の始点に達するまでに送信要求パケットが、その始点からのデータを受信しているルータに届いた場合、ルータは送信要求パ

ケットを受信し、複製を開始する。すると、始点からの送信が必要なくなり、完全なマルチキャスト通信を行うことができる。但し、MDTPv2 では、複数の受信者から送信要求パケットが連続的に発生した場合、中間ルータは最初に受信したパケット以外すべて破棄するものと定める。したがって、受信者は送信要求を数回試みる必要が生じうるが、この点に関しては、各アプリケーション層で対応するものとする。

5 MDTPv2 の評価

MDTPv2 の評価を MDTP と同様の方法で行った。その結果を図 3 と図 4 に示す。

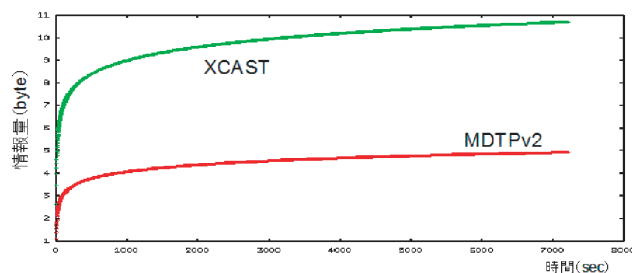


図 3: MDTPv2 と XCAST の比較 (0~ 1000)

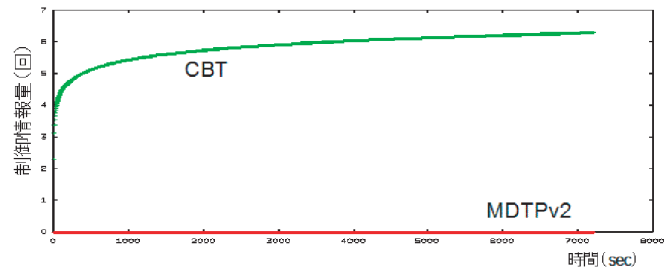


図 4: MDTPv2 と CBT の比較 (0~ 1000)

MDTPv2 は受信者生起数に関係なく XCAST, CBT よりも情報量, 制御情報量が少なくなることが観測された。

6 まとめ

MDTP は受信者の生起数が少ない場合の受信者規模適応性を備えたプロトコルであることが分かった。一方 MDTPv2 は受信者数, 受信者生起数の規模適応性を備えていることが分かった。しかし MDTPv2 では、MDTP 送信要求パケットが必ずしも一度で受理されるかは分からない。従って MDTP と MDTPv2 を受信者の生起数により使い分けることでより効果的にネットワークを利用できる。

参考文献

- [1] D. Waitzman, C. Partidge, DVMRP, *RFC1075*, Nov. 1988.
- [2] A. Ballardie, CBT, *RFC2189*, Sep. 1997.
- [3] R. Boivie, "draft-ooms-xcast-basic-spec-04," Jan. 2003.