

M-075

# 消防活動のためのアドホックネットワークを指向した マルチキャストルーティングプロトコルに関する一検討 A Study on Multicast Routing Protocol in Ad hoc Network for Fire Fighting

加藤 聡彦†  
Toshihiko Kato

高梨 健一‡  
Kenichi Takanashi

伊藤 秀一†  
Shuichi Itoh

浦野 義頼§  
Yoshiyori Urano

## 1. はじめに

消防活動を支援するためのネットワークの IP 化により、音声通信に加えて、位置情報などのデータ通信や映像通信など、様々な通信機能を導入することが可能となる。このためには、既存の通信設備が倒壊したまたは存在しない環境で、独自の機能によりネットワークを構築できる必要がある。このような背景から、IETFなどで検討されているアドホックルーティング技術を用いて、消防活動支援ネットワークを構築するための研究開発が行われている。

しかしこれまでの検討では、消防活動における音声通信や映像通信の同報機能の必要性があまり認識されていない。消防活動では、消防車両一台に乗り込む小隊を単位に行動する。小隊内では、隊員の音声通信を他の隊員すべてが受信する必要がある場合が多い。さらに通常はこのような同報通信が並行して行われる。またこの他に、小隊間・指揮所・本部の間で音声や映像情報を交換する同報通信も必要となる。

このような同報通信を IP ベースで行うためには、消防活動支援ネットワークにおいてマルチキャスト通信を実現する必要がある。このためには、アドホックネットワークとして構築される消防活動支援ネットワークのためのマルチキャストルーティングプロトコルに関する検討が必要となる。現行のアドホックルーティング技術の研究はユニキャスト通信に主眼が置かれ、マルチキャスト通信に関する検討は少ない。研究例としては、AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector) [1]をベースとした MAODV (Multicast AODV) [2]が代表的である。MAODV ではマルチキャストグループに共通的なマルチキャストツリーを用いる方法を採用しているが、これは消防活動支援ネットワークに相当であるとはいえない。このため、新たなマルチキャストルーティングプロトコルを考案する必要がある。本論文では、消防活動支援ネットワークのためのマルチキャストルーティングの実現に対する検討結果について述べる。

## 2. 消防活動におけるマルチキャスト通信

図1に消防活動においてマルチキャスト通信をどのように利用するか具体的なイメージを示す。

上述のように、消防活動は5名程度の隊員から構成される小隊をベースに行われる。ここでは、ある隊員からの音声通信は他のすべての隊員に伝えられる必要があり、このような音声通信を各隊員が独立に行う。会話の衝突や緊急の音声通信については、隊員間の会話の中または高位の対話制御により実現することになる。

† 電気通信大学, University of Electro-Communications

‡ 消防研究所, National Research Institute of Fire and Disaster

§ 早稲田大学, Waseda University

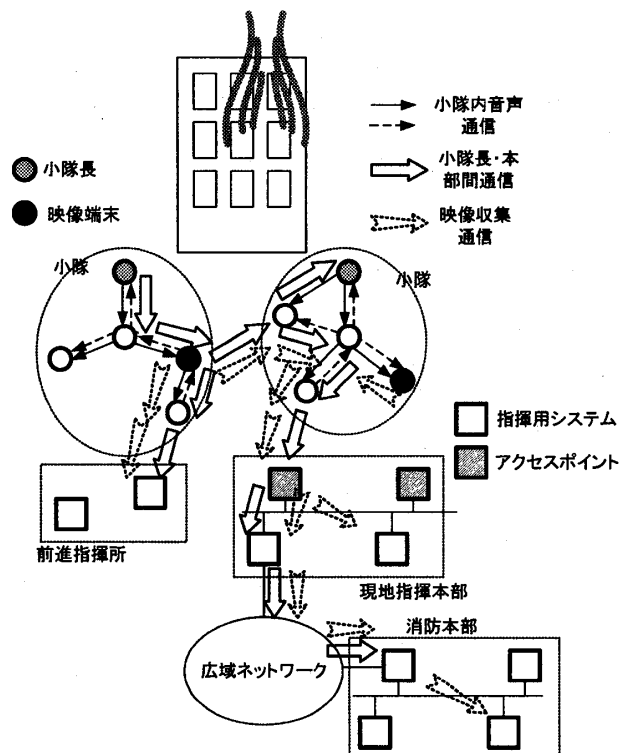


図1 消防活動におけるマルチキャスト通信の例

また各小隊の隊長、前進指揮所、現地指揮本部、さらには消防本部との間において、情報交換や消火活動の指示の伝達を行うための音声通信も必要であり、この場合もすべての参加者間でのマルチキャスト通信となる。さらにこの通信においては、消防活動を行う隊員間のネットワークは、無線アドホックネットワークとなるが、現地指揮本部および消防本部のネットワークは、インターネットなどの広域ネットワークを用いて接続された、有線ネットワークとなる場合があることに注意する必要がある。

以上の音声マルチキャスト通信の他に、火災現場の映像などを指揮所や消防本部に通知するための通信も必要となる。この通信も同一の情報を複数箇所に通信するためにマルチキャスト通信を使用するのが適当であると考えられる。

このように消防活動を支援するためのネットワークにおいては、その多くの通信がマルチキャスト通信を基本とすることになると考えられる。

## 3. マルチキャストルーティングに対する要求条件

上記のような消防活動支援のためのマルチキャスト通信を実現するためのルーティングプロトコルには、以下のような要求条件が考えられる。

### (1) Shared Tree vs. Shortest Path Tree

マルチキャストルーティングには、マルチキャストツリーをグループごとに作成するものと、送信者ごとに作成するものがある。広域ネットワークを対象とした PIM-SM (Protocol Independent Multicast - Sparse Mode) [3]では、マルチキャストグループごとに、ランデブーポイント(RP)と呼ばれるルータを根とするマルチキャストツリーを共有して使用することを基本としている。このため送信からのデータは RP まで転送しその後共有ツリーに従ってマルチキャストグループのメンバが存在するルータまで転送される。また前述の MAODV では、あるグループのデータの送信者または受信者は、そのマルチキャストアドレスを指定した RREQ (Route Request)メッセージをフラッディングさせ、そのグループに参加するノードがそれを対応して RREP (Route Reply)メッセージを返し、マルチキャストツリーまでの経路を確立するという方法を用いる。このため明示的に RP は使用しないものの、グループに共通のツリーが構成されることになる。これに対し、DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol) [4]では、隣接ルータが経路情報を交換する手順を定義し、それにより送信者ごとのマルチキャストツリーを使用している。

消防活動における通信では、現場の隊員すべてがデータの送信者かつ受信者となる。また使用する無線周波数によっては回線の伝送帯域が制限される場合がある。このため、各送信者に対して最適な経路を提供する必要があること、通信資源を有効に利用する必要があることなどから、送信者ごとにマルチキャストツリーを構築するアプローチが必要であると考えられる。

### (2) Sparse Mode vs. Dense Mode

マルチキャストルーティングのもう 1 つの観点、マルチキャストデータの転送に、明示的な Join 要求のみで転送する Sparse Mode を用いるか、Broadcast & Prune による Dense Mode を用いるかの選択である。広域ネットワークを対象とした PIM-SM は Sparse Mode であり、DVMRP は Dense Mode を用いている。

消防活動における通信では、通常のインターネットのマルチキャストとは異なり、送受信者の数は膨大ではない。しかし、上記のように通信資源の有効利用を考慮する必要があるため、無駄なトラフィックが定期的な流れのような Dense Mode は避けたほうがよいと考えられる。

### (3) On Demand vs. Proactive

PIM-SM や DVMRP などのインターネットを対象とするマルチキャストルーティングでは、設定されているユニキャスト用のルーティング情報を用いるか、固有のルーティングメッセージを事前に交換しマルチキャストツリーを構築するかの方法で、前もってマルチキャスト用のルーティング情報を交換する。ここでもマルチキャストグループへの Join/Prune は動的に行われるが、そのメッセージは設定済みのルーティング情報を用いて転送される。一方 MAODV では送信者または受信者が必要となった時点で、オンデマンドにルーティング情報の交換を行う。このため、受信者によるマルチキャストグループへの Join 時には、経路の確立と Join 情報の転送が同時に行われることになる。

消防活動のためのネットワークにおいても、定期的にマルチキャストルーティングのための制御メッセージが転送さ

れることを避ける必要があり、オンデマンド型の方式を採用する必要がある。

### (4) Sender Initiate vs. Receiver Initiate

インターネットのマルチキャストルーティングでは、Dense Mode においても、データの受信者が Join メッセージを転送することにより配信が開始されることを基本としている。しかし、消防活動のためのマルチキャスト通信では、データの送信者がグループの受信者に送信開始を通知し、マルチキャスト転送のためのツリーを構築する場合と、通常のマルチキャストのように受信者が転送中のマルチキャスト情報の受信を要求することによりツリーを構築する場合の双方があると考えられる。そこで、この 2 つの契機でマルチキャストツリーの構築する機能を実現する必要があると考えられる。

## 4. 基本アプローチ

以上のような要求条件を考慮し、次のアプローチを採用することとした。

- ▶ 送信者ごとのツリーを構成するために、送信者はマルチキャスト要求(MREQ)メッセージをフラッディングする。このメッセージには送信者が送出する可能性のあるマルチキャストアドレスを含んでおり、各ノードは送信者からのツリーの上流ノードのアドレスと、対応するマルチキャストアドレスを保持する。MREQ メッセージにより下流となったノードは上流ノードに、経路情報と Join の有無を通知する。
- ▶ MREQ メッセージは定期的にフラッディングする。これが Broadcast & Prune に対応する。
- ▶ 動的な Join に対応する経路要求(RREQ)メッセージを用意する。これに対しては MAODV と同様に、応答と最短経路のアクティベーション機能を実現する[2]。
- ▶ 経路の動的変更は AODV などのアドホックルーティングプロトコルに対応させる。具体的には RERR メッセージなどで経路の切断が通知されると MREQ や RREQ メッセージで再度ツリーを確立する。

## 5. おわりに

本稿では、消防活動を支援するためのアドホックネットワークにおいて、音声通信や映像通信などが本質的にマルチキャスト通信となる必要があることを指摘するとともに、消防活動支援ネットワークに適したマルチキャストルーティングプロトコルの要求条件と基本アプローチについて検討した結果について述べた。

## 参考文献

- [1]: C. Perkins, et al., "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," RFC 3561, Jul. 2003.
- [2]: E. M. Royer, et al., "Multicast Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," available at draft-ietf-manet-maodv-00.txt, Jul. 2000.
- [3]: D. Estrin, et al., "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification," RFC 2362, Jun. 1998.
- [4]: T. Pusateri, "Distance Vector Multicast Routing Protocol," available at draft-ietf-idmr-dvmrp-v3-11.txt, Oct. 2003.