

Advanced Join によるマルチキャストグループ管理方式の提案

撫中 達司†, 井上 淳‡, 黒田 正博‡, 水野 忠則§, 渡辺 尚§

†通信・放送機構 横須賀 ITSリサーチセンター,

‡三菱電機 情報技術総合研究所, §静岡大学 情報学部 情報科学科

ITS ネットワークモデルなどのワイヤレスモバイル環境において、ユーザは端末の移動によるネットワークの接続状態に依存せず、継続したデータ通信が可能であることを期待しており、モバイル環境からのデータアクセスの継続性、効率的な情報の提供が課題となる。ITS ネットワークモデルにおいては、事故、あるいは何らかのイベント等の要因により、あるエリアに移動端末が集中して存在するため、これら情報の提供を、共通リンクを用いて同時に複数移動端末に対してデータ配信を行うマルチキャスト配信が有効な手段となると考えられる。本論文では、複数移動端末に対する継続的、かつ、効率的なデータ転送を目的として、移動端末に対応した固定ネットワークにおける代理ノードの集合である基地局マルチキャストグループを定義し、そのグループ管理方式として Advanced Join 方式を提案する。

A study of multicast group management using Advanced Join mechanism

Tatsuji Munaka†, Jun Inoue‡, Masahiro Kuroda‡, Tadanori Mizuno §, Takashi Watanabe §

† Yokosuka ITS Research Center, Telecommunications Advancement Organization of Japan,

‡ Information and System R & D Center, Mitsubishi Electric Corporation,

§ Faculty of Computer Science, Shizuoka University.

In ITS networks, users in mobile environment hope that they are able to communicate with various types of information closely related to their life from anywhere and at anytime, even if they change their location. It will be very effective to provide such information by using common communication channel. In this paper, we newly introduce a BS multicast group for management of mobile hosts belonging to a multicast group. By controlling the members of the group according to the movement of mobile hosts, it is expected to reduce message traffic for multicast group management, and to eliminate packet loss during mobile hosts' movement between base stations.

1. はじめに

近年、モバイルワイヤレス環境において、ノート PC、あるいは携帯端末等を使用したインターネットへのデータアクセスが一般的なものとなりつつある。また、ITS(Intelligent Transport Systems)においても、DSRC[1]を使用した自動料金収受システム(ETC)、ビーコンを利用した VICS、カーナビなど、車載端末を使用した情報通信アクセスが急速に発展しつつあり、また、これら情報の多様化、高度化に対応すべく、ITS における新たな情報通信システム[2]についての検討も進められてい

る。これら移動環境においては、ユーザの移動により使用するネットワーク環境が変化するため、無線通信の信頼性、あるいは、転送速度等、ネットワークの接続性が問題となる。

しかし、ユーザは、移動端末の移動、あるいは、ネットワークの状態に依存せず、継続したデータ通信が可能であることを期待している。これらデータアクセスの継続性は、ホストモビリティと呼ばれ、Bruce[3]、佐藤[4]らによってアプリケーションレイヤでの解決方法について報告されている。また、ネットワークレイヤでのホスト

モビリティを解決するメカニズムとして Mobile IP[5]があり、比較的通信領域の狭いセル間的高速、かつ頻繁な移動におけるパケットロス、データ遅延などの問題解決のために、HAWAII[6]、Cellular-IP[7]など、マイクロ移動管理のためのプロトコルが提案されている。ホストモビリティの問題は、ユニキャスト、マルチキャストに共通した課題であるにも関わらず、現状では、これらのユニキャストについての取組みが多く行われている。しかし、インターネット等の普及に伴う通信トラフィックの増大により、固定ネットワークにおける通信トラフィック削減が望まれており、また、限られた無線ネットワーク資源の有効活用手段としても、マルチキャストが注目されつつある。

マルチキャストは、基本的にはコネクションレスの一方方向通信であり、それぞれの情報に対して固有のアドレスを割り当て、このアドレスに対応して、情報を受信する端末の集合をマルチキャストグループとして管理する。送信元サーバはそのマルチキャストグループに属する受信者を認識せず、そのアドレスに対してデータ送信を行う。固定ネットワークにおけるマルチキャスト技術としては、IP マルチキャストが知られており、受信ホストマルチキャストルータ(以後、MR)間のマルチキャストグループ管理を行うプロトコルと、MR 間における経路設定プロトコルにつき、多くの研究が行われている[8]。しかし、IP マルチキャストは、固定ネットワークであるインターネット等を通信インフラとして考慮しているため、情報を受信する端末が“位置固定”であることを前提としており、マルチキャストグループ管理に、端末の移動を扱う概念はない。Acharya[9]らは、マルチキャストセッション途中でマルチキャストグループメンバーの変更が起きないことを前提とした上で、移動する個々の端末への信頼性あるデータ転送のためのプロトコルを提案しているが、マルチキャストグループへの経路制御については言及していない。

ITS ネットワークにおいては、マルチキャストグループに属する端末が移動するため、移動先でアクセスする基地局を通じてそのサブネットの上の MR に対して、マルチキャストグループへの参加(join)をリクエストすることになる。しかし、移動端末からすれば、データを受信するために、マルチキャストグループへの参加リクエスト(join)を一度行えば、移動によりアクセスする基地局

が変化しても継続してデータを受取れること(マルチキャストにおけるホストモビリティ)を期待する。

本論文では、IP マルチキャストにおけるマルチキャストグループ管理を基本とし、ある特定地域内の同一マルチキャストグループに属する移動端末がアクセスする基地局を、基地局マルチキャストグループと呼ぶ仮想的なグループとして扱うことにより、移動端末の基地局間の移動を、基地局マルチキャストグループ単位の移動として捉える事を提案する。これにより、移動端末に対して、マルチキャストグループへの参加要求、データ配信要求を位置透過的に扱うことを可能とし、これらの要求を、基地局マルチキャストグループ単位で、事前に、代理処理する。この基地局によるマルチキャストグループ管理メッセージ処理方式を Advanced Join 方式と呼び、端末の移動に応じて基地局マルチキャストグループを構成する基地局を管理することにより、移動端末への効率的なデータ配信を実現する。

2. ネットワークモデル

(1) ネットワーク構成

本論文にて対象とする ITS ネットワークは、固定ネットワークと無線ネットワークから構成される。固定ネットワークの終端に位置する基地局は、セルと呼ばれる通信領域を管理する。個々の基地局の通信領域は比較的狭く、特定地点での通信を目的とする”スポット型”と、連続的な通信を提供するために複数のセルを連続的に並べた”区間連続型”[10]からなるネットワーク構成とする。区間連続を構成する基地局からなるネットワークをサブネットと呼び、MR にて管理される単位とする。また、サブネット中に1つの代表基地局を想定し、他サブネットとの情報交換等を行う。区間連続の領域は、離散的に配置されており、結果として移動端末はその移動とともに、あるサブネットから別のサブネットへと移動を行いながら、固定ネットワーク上のサーバに断続的にアクセスを行う。

(2) ネットワークアーキテクチャ

固定ネットワークと無線ネットワークからなる異種ネットワークにおいては、それぞれのネットワーク特性の違い(信頼性、転送性能等)により、固定サーバから移動端末までを単一の通信でコミュニケーションを行うこと

が難しい。このため、無線ネットワークでの通信におけるパケットロスを固定ネットワークの終端である基地局のデータキャッシュによりエラーリカバリを行うことで、送信側から受信側へのデータ再送処理の効率化を図り、システム全体としてのトラフィックの増加を抑える。

本アーキテクチャを、Indirect Multicast Architecture と呼び、以下の二つのネットワークインフラストラクチャを仮定する。

- (a) 固定ネットワークにおいては、IP マルチキャストインフラストラクチャを仮定し、RMTP[11]等のリアルタイムマルチキャスト通信が可能であること。
- (b) 無線ネットワークにおいては、ネットワークレイヤ以上のプロトコルを特定せず、各無線通信メディアに応じたリンクレベルでのマルチキャスト通信が可能であること。例えば、DSRC の場合には、ARIB STD-T55[1]において、リンクレイヤでのグループ同報通信が定義されている。

(3) マルチキャストグループ管理

- (a) IP マルチキャストのグループ管理の考えに基づき、グループによって間接的に受信者を管理し、送信者はグループに対してマルチキャストを行う。
- (b) 既に開始されているマルチキャストデータ転送のセッションに途中から参加することができる。

3. ITS ネットワークにおけるマルチキャストの有用性と端末の移動に伴うマルチキャストの課題

ITS ネットワークは、『事故、あるいは何らかのイベント等の要因により、あるエリアに移動端末が集中して存在し、そのエリアに依存した情報を複数移動端末が同時に必要とする』という特徴を持つ。これら移動端末が、比較的低速で移動を行う場合、共通リンクを用いて、同時に複数移動端末に対してデータ配信を可能とするマルチキャスト配信が有効な手段となると考えられる。このようなワイヤレスモバイル環境におけるマルチキャストの課題としては、以下のものがあげられる。

(1) 移動中のマルチキャストデータ喪失

移動端末を対象としたマルチキャストにおいては、マルチキャストグループの固定ネットワークにおける代理受信者となる基地局によって移動端末へのデー

タ転送が行われるが、移動期間中の非接続期間のマルチキャストセッションで処理されるデータはすべて喪失することになる。

(2) 移動に伴う経路切り替えによるデータ遅延

個々の端末からのマルチキャストグループへのリクエストを基地局にて個別に処理した場合、基地局から MR への経路制御メッセージ(接ぎ木(graft)/刈込み(prune))が無駄に発生し、データ転送の遅延、あるいは、逆に不要なデータ転送の継続など、ネットワーク上の通信トラフィック増を招く。また、隣接する基地局間の移動である場合にも、ネットワーク構成によっては複数の MR に跨る経路の切り替えが発生し、この間の経路制御処理のオーバーヘッドにより、基地局へのデータ転送遅延を招く。

これらの問題解決を目的として、新たに基地局マルチキャストグループを定義し、端末の移動に応じたグループ管理の制御方式である Advanced Join 方式について以下に記述する。

4. 移動を考慮したマルチキャストグループ管理

4.1 基地局マルチキャストグループ

基地局マルチキャストグループは、移動端末からのマルチキャストグループへの参加リクエスト(join message)を、その端末に代わり MR に対して発行し、かつ、MR からマルチキャストデータを受信し、移動端末へのデータ転送を行う基地局の集合である。この時基地局が MR に対して発行する join リクエストを proxy join と呼ぶ(図 1)。

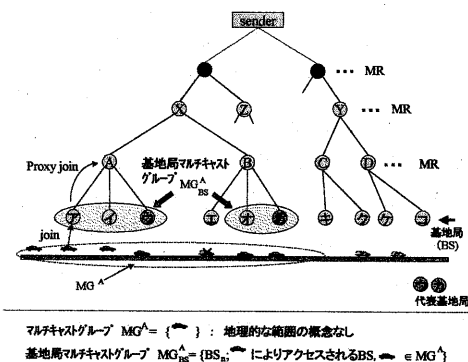


図1 基地局マルチキャストグループ

また、各サブネット内に存在する代表基地局により、サブネット間で基地局マルチキャストグループについて情報を交換し、これを介して移動端末のサブネット間移動に伴う基地局マルチキャストグループのメンバ更新を行う。

4.2 基地局マルチキャストグループ管理メッセージ

固定ネットワークにおけるマルチキャストグループ管理プロトコルである IGMP[12]を基本として、端末の移動に伴うアクセス先基地局の変化に対応するためのマルチキャストグループ管理メッセージを定義する。

- (1) 端末から基地局へのマルチキャストグループ参加、データ配信要求メッセージ

(a) join message

移動端末から基地局に対してリクエストされるマルチキャストグループ参加要求メッセージであり、アプリケーションからは、一度だけ明示的にグループ参加のリクエストが行われる。尚、join message は、あくまでグループへの参加要求だけであり、実際のデータ転送要求は、基地局にアクセスする度に通知される MH location message により行われる。

(b) MH location message

移動端末から移動先基地局に対して送付される位置通知メッセージ。各端末は、基地局に進入する度に、本メッセージによりマルチキャストグループへの継続参加の意思を通知するとともに、マルチキャストデータの配信要求を行う。ただし、セル内でのデータ転送の開始は、同一マルチキャストグループに属し、セル内に最初に進入した端末からの MH location message によって開始され、すでにデータ転送が開始されている場合には、後からそのセルに移動してきた端末からの MH location message による配信要求は無視される。

(c) advanced join message

区間連続形セル配置構成における移動先基地局への事前 join メッセージ。端末は、隣接するセルが重なる区間にて、次に移動する基地局に対して移動前に、直接 join message を発行することが可能である。本メッセージを受信した基地局は、MR に対して advanced proxy join を発行することにより、マルチキャストデータの受信を開始する。

- (2) 基地局から MR へのマルチキャストグループ参加要求メッセージ

(a) proxy join message

MH location message を受信した基地局が、移動端末の代理としてマルチキャストグループに参加し、MR に対してデータ配信を要求するためのメッセージ。

(b) advanced proxy join message

移動端末の移動先基地局が、代理に、かつ、事前にマルチキャストグループに参加し、MR に対してデータ配信を要求するためのメッセージ。

- (3) 基地局間のマルチキャストグループ管理メッセージ

(a) advanced pseudo join message

代表基地局が、移動端末からの MH location message を受信することにより、サブネット間の移動を検知した際に、移動予測先サブネットにおけるマルチキャストグループへの参加を要求するためのメッセージ。このメッセージは、移動先基地局の属するサブネット内の代表基地局に対して送付され、その代表基地局から移動先基地局へ pseudo join message を送付することで、移動先基地局から advanced proxy join が発行される。

(b) pseudo join message

代表基地局から、サブネット内基地局に対する advanced proxy join の発行要求メッセージ。

4.3 Advanced Proxy Join 処理方式

図2において、car#1 は初めに1度だけ join message (a)を通知し、以後、基地局を移動する際には advanced join message{(d), (g)}とMH location message {(f), (i), (o)}を通知している。各基地局が発行する advanced proxy join message は、セルの構成に依存して以下の2種類のタイミングが存在する。

- (1) サブネット内の連続したセル間移動の際の端末からの advanced join message 受信時

区間連続型サブネット内セル間の移動を行う際、端末は次に通信する基地局に対して、移動前に直接 advanced join message{(d), (g)}を発行することができる。このメッセージを受信した基地局は、まず、対応するマルチキャストグループへの join 状況を確認し、join していない場合には、基地局は MR に対して advanced proxy join message{(e), (h)}を発行する。既にマルチキ

キャストグループへjoinしている場合には、一定時間内に移動端末からの advanced join message を受けている限り、advanced proxy join message を継続して発行する。基地局は MH location message を受け取ると、セルの中に移動端末が進入してきたことを認識し、無線リンクへのマルチキャストデータ送信を始める。

(2) サブネット間移動時における代表基地局からの pseudo join message 受信時

図 2 において、代表基地局(ウ), (カ)はサブネット内の進行方向の最後に配置されており、代表基地局(ウ)が移動端末から MH location message を受け取った場合には、その端末は別のサブネットへ移動すると認識され、移動先を予測してその移動先のサブネット内の代表基地局(カ)へ仮(pseudo)の join message である advanced pseudo join message(j)を発行する。advanced pseudo join message を受けた代表基地局は、advanced join message 受信時と同様の処理を行い、同時にサブネット内の移動予測先に該当する基地局(エ)へ pseudo join message(m)を発行する。pseudo join message を受けた基地局は、advanced join 受信時と同様の処理を行う。

4.4 複数端末の移動を考慮した Advanced-Grouped Proxy Join 方式

MR におけるマルチキャスト経路制御は、自らが管理するサブネット上ノード(基地局, 移動端末)に対してマルチキャストデータを転送するかどうか、即ち、上位 MR に対する graft/prune の発行を、一定時間内のサブネット内のいずれかのノード(基地局, 移動端末)からの join message の有無により判断しており、そのリクエストを発行した個々の移動端末を識別して管理しているわけではない。このため、各 MR に対する proxy join message, あるいは基地局間への advanced pseudo join message は、一定期間内に発行される message を統合して処理することが可能である。基地局, 代表基地局による統合された advanced proxy join 発行方式を、advanced- grouped proxy join 方式と呼ぶ。(図 3)

(1) 同一マルチキャストグループメンバである端末からの MH location message を各基地局が統合して処理する。

(advanced-grouped pseudo join, 図 3 中 AGPsJ)

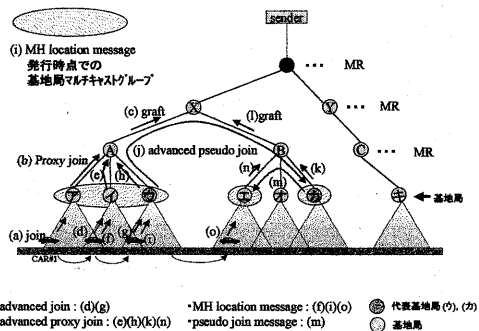


図 2 Proxy Join, Advanced Proxy Join 処理手順

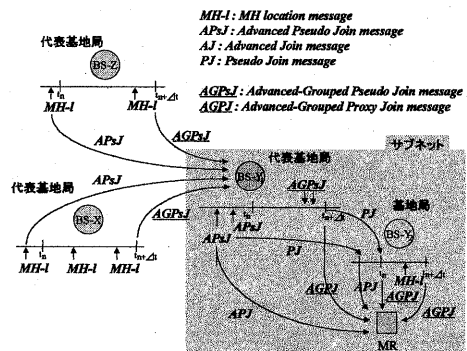


図 3 Advanced-Grouped Proxy Join 方式 概要

(2) サブネット間移動の際の移動元代表基地局からの advanced pseudo join message を移動先サブネット内代表基地局が統合して処理する。

(advanced-grouped proxy join, 図 3 中 AGPJ)

このように、同一マルチキャストグループに属する端末の移動に応じて、基地局にて代理にマルチキャストグループへの join による事前処理を行うことによって、移動に伴うマルチキャストデータ配信経路切り替えによるデータ遅延を軽減し、移動中の非接続状態におけるマルチキャストデータ喪失を防ぐことができる。

4.5 代表基地局の配置

代表基地局は、移動端末のサブネット間移動に伴う基地局マルチキャストグループのメンバ更新を行うサブネット内の基地局であり、固定ネットワークにおける IP マルチキャストの終端として機能する。代表基地局の配置イメージとしては、例えば、高速道路等、直線的に複

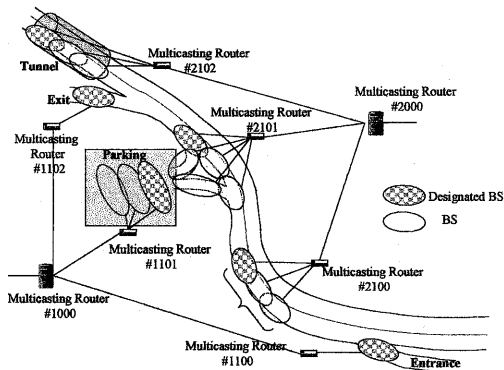


図4 代表基地局配置例 高速道

数の基地局が配置されている場合には、移動端末が最初に、あるいは、最後にアクセスする基地局を代表基地局とする。また、一般道の場合には、交差点等複数路線の交差エリアを管理する基地局への配置が考えられる。代表基地局の配置方法については、今後の検討課題である。

5. 今後の予定

基地局マルチキャストグループに含まれる各基地局は、端末からの join リクエストにより、既に開始されているマルチキャストセッションに途中から参加し、データ受信することになるため、喪失データの再送処理が必要となる。再送要求には、ACK ベース、NACK ベース、その組合せなどのいくつかの方法があるが、同期性、順序性を要求されないバルク転送においては、データをまとめて転送した後で失われたパケットだけを選択的に再送する方法(NACK ベース)は、無駄な再送を防ぎ転送効率を向上させることが知られている[13]。しかし、NACK により、ACK implosion 等の問題を回避したとしても、移動する端末からの再送要求を、その要求を受信した基地局で個々に処理したのでは、再送リクエスト時と受信時のアクセス先基地局が異なるため、意図した端末へのデータ転送が行われず、基地局間での無駄な転送が増加することが予想される。これらの解決のために、基地局マルチキャストグループのメンバーである基地局へのアクセス履歴を利用した再送アルゴリズムにつき検討を行い、提案した方式の有効性の検証をシミュレーションを使用して評価する予定である。

謝辞

本論文にあたり貴重な時間を割いてコメントいただいた通信・放送機構 横須賀 ITS リサーチセンター 久保田グループリーダー、三菱電機 情報技術総合研究所 岡田研究員に感謝いたします。

参考文献

- [1] 電波産業会(ARIB), "有料道路自動料金収受システム ARIB STD-T55 1.1 版", 1998 年 2 月
- [2] <http://www.itsforum.gr.jp/>
- [3] Bruce Zenel, et al, A General Purpose Proxy Filtering Mechanism Applied to the Mobile Environment, MOBICOM '97, P.248-259.
- [4] 佐藤健哉, 最所圭三, 福田晃: STRAP-移動を考慮した空間的・時間的資源割当てプロトコル, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.1, 1999
- [5] Charles E. Perkins, David B. Johnson, "Mobility Support in Ipv6", MobiCom'96, Nov. 1996
- [6] R. Ramjee, T. La Porta, S. Thuel, K. Varadhan, and S. Wang, "HAWAII: A Domain-based Approach for Supporting Mobility in Wide-area Wireless networks", ICNP'99, Nov. 1999
- [7] A. T. Campbell, J. Gomez, C-Y. Wan, Z. Turanyi, A. Valko, "Cellular-IP", internet-draft, Oct., 1999
- [8] Bob Quinn, et al. "IP Multicast Applications: Challenges and Solutions", <draft-ietf-mboned-mcast-apps-01.txt>, Jun. 1999
- [9] A. Acharya, et al, A Framework for delivering multicast messages in networks with mobile hosts, In ACM/Baltzer Journal of Mobile Networks and Applications, 1(II): pp.199-219, 1996
- [10] 原田博司, 他: ミリ波帯無線信号を用いた ROF 路車間通信システムにおけるシステム構成方法に関する一検討, 信学技報, ITS2000-10
- [11] J.C. Lin and S. Paul, "RMTP: A Reliable Multicast Transport Protocol", IEEE INFOCOM '96, pp. 1414-1424. RMTP
- [12] Deering, S, "Host Extensions for IP Multicasting", RFC1112, Aug.1989
- [13] 山内長承, 城下輝治, 佐野哲央, 高橋修: 高信頼同報バルク転送機構, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.6, Jun. 1998