

モバイルイーサネット上のリアルタイム映像配信サービスの検討

宮本 剛¹ 石津 健太郎^{1,2} 齊藤 義仰^{1,3} 井上 大介¹ 石原 進⁴

水野 忠則⁵ 黒田 正博¹

要約：携帯端末の高機能化により、映像音声ネットワーク配信サービスが現実味を帯びてきている。一方、無線 LAN や第 3 世代移動通信網など様々な無線ネットワークが利用可能となってきた。これら種々の無線ネットワークを統合し、携帯端末の移動に際して途切れのない安定した無線アクセスの提供を可能にする、異種無線ネットワーク環境の研究開発が進められており、モバイルイーサネットはその実現手法の 1 つである。このような背景の下、著者は、モバイルイーサネット上での、携帯端末から携帯端末へのリアルタイム映像配信サービスの検討を行っている。本稿では、このようなリアルタイム映像配信サービスを実現するためのアーキテクチャを示す。また、必要となるセキュリティ技術についても議論する。

A Real-Time Video Distribution Service on Mobile Ethernet

Goh Miyamoto¹, Kentaro Ishizu^{1,2}, Yoshia Saito^{1,3}, Daisuke Inoue¹, Susumu Ishihara⁴,

Tadanori Mizuno⁵ and Masahiro¹ Kuroda¹

Abstract: Highly-developed mobile devices make real-time video distribution services feasible. Various wireless networks, such as wireless LANs and 3G cellular networks, will be accommodated to provide a seamless and stable communication when the mobile devices roam from network to network without needing any complicated setup procedure. "Mobile Ethernet" is a way to realize the heterogeneous wireless network. We are studying a real-time video distribution service in which a mobile device sends video data to one or more mobile devices on the Mobile Ethernet. In this paper, we illustrate an architecture for the service and discuss some security issues.

1. はじめに

PDA をはじめとする小型携帯端末の映像音声に関する品質が向上し、携帯端末を用いた映像音声配信サービスが急速に普及してきた。今後、いつでもどこでも手軽に利用できる携帯端末の特性を活かし、本格的な映像音声を扱えるリアルタイム映像配信サ

ービスに対する需要が高まるであろう。

一方、無線 LAN や第 3 世代移動通信網などの様々な無線ネットワークが普及し、今後も無線の多様化が進むと考えることができる。このような環境下では、携帯端末の異種無線ネットワーク間の移動に伴いハンドオーバーが必要となる。しかし、このハンドオーバー処理に Mobile IP のような端末主導型のプロトコルを用いた場合、リアルタイム映像音声配信サービスを行おうとすると、ハンドオーバー処理時の遅延やパケットロスから、映像や音声の途切れが発生するという問題がある。

そこで本稿では、異種無線ネットワーク間的高速なハンドオーバーを実現するモバイルイーサネットに注目し、この上でのリアルタイム映像配信サービスの実現について検討する。

¹ 独立行政法人通信総合研究所 横須賀無線通信研究センター
Yokosuka Radio Communications Research Center,
Communications Research Laboratory

² 九州大学大学院 システム情報科学府
Graduate School of Information Science and Communication
Engineering, Kyushu University

³ 静岡大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

⁴ 静岡大学 工学部
Faculty of Engineering, Shizuoka University

⁵ 静岡大学 情報学部
Faculty of Information, Shizuoka University

以下、2章ではモバイルイーサネットの概要について述べる。3章では、本サービスのアーキテクチャについて検討し、4章で本サービスの実現に必要なセキュリティについて考察する。5章では、関連サービスについて述べ、6章でまとめと今後の研究課題を示す。

2. モバイルイーサネット

第3世代移動通信方式(3G)は、数百 kbps 以上の高速なデータ通信を可能にする技術であり、近年の携帯電話はこの方式による通信を採用し始めている。3G を用いれば、音声だけではなく映像を配信することも可能となるため、幅広いサービスへ応用することができる。さらに、複数の異種無線ネットワークを統合して高速で透過的なネットワークを提供する Beyond 3G[1]と呼ぶ方式が検討され、ネットワーク構成や共通なインターフェイスの議論が行われている。

この Beyond 3G を実現するための1つの手法として、モバイルイーサネットが提案されている[2]。従来のネットワーク間移動の機動性(モビリティ)の実現は、レイヤ3における Mobile IP[3]が一般的であった。しかしながら、Mobile IP によるネットワーク間ハンドオーバーは複数のルータを介して処理を行うため、通信の途切れや通信の遅延が生じてしまうという欠点がある。モバイルイーサネットは、イーサネットを非常に広域に展開することにより、高速で透過的なネットワーク間ハンドオーバーや低遅延な通信を実現する機構である。例えば、東京都一円に同一のサブネットを展開することが可能となれば、その地域内のどこへ移動してもあらゆる無線アクセスポイント間でモビリティを実現することができ、無線ネットワークサービスを場所やネットワークの種類に依存せずに利用することが可能となる。

以下に、モバイルイーサネットを構成する主な技術として、レイヤ2セグメント、マルチキャスト制御、モビリティ制御を挙げる。

2.1 レイヤ2セグメント

従来のIPネットワークでは、ルータが複数のIPサブネットを接続することにより、パケットがブロードキャストされる範囲を制限することができた。しかし、モバイルイーサネットでは、IPサブネットを広域に展開しているため、ブロードキャストパケットがその広域なIPサブネット全体に流れるという問題がある。そこで、モバイルイーサネットでは、単一のIPサブネットをレイヤ2セグメントと呼ぶ複数のネットワークに分割し、特定のブロードキャストパケットを抑制する。

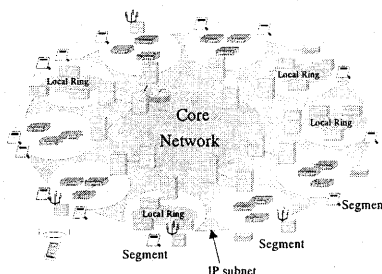


図1 モバイルイーサネットの構成

モバイルイーサネットの構成を図1に示す。モバイルイーサネットは、高速なコアネットワークに複数のレイヤ2セグメントが接続しているネットワークである。各レイヤ2セグメントはそれぞれ独立に管理することが可能であり、ツリー型やリング型などの様々なネットワークの形態があり得る。

2.2 マルチキャスト制御

単一のIPサブネットでは、IPマルチキャストパケットはブロードキャストパケットと同様にネットワーク全体に流れる。IPサブネットが非常に広域であると、各ノードが送出するマルチキャストパケットによりネットワーク全体の帯域を消費してしまうという問題が発生する。

モバイルイーサネットでは、IPv6における近隣探索[4]や機器の自動設定に使用するICMPのマルチキャストパケットなどをユニキャストに変換して必要な機器に直接送信する。それ以外のマルチキャストパケットについても、スケーラビリティに優れた手法が検討されている。

2.3 モビリティ制御

モバイルイーサネットでは、モビリティ制御を行うため、主に以下の2つの手法を採用している。

2.3.1 MACアドレス学習

既存のレイヤ2スイッチは、各ポートとそれに接続するネットワークインターフェイスのMACアドレスを対応付けることにより、宛先MACアドレスに基づいたパケットの振り分けを実現している。スイッチはMACアドレスとポートの対応を対応表として管理し、受信したパケットの宛先MACアドレスが対応表に存在しない場合、スイッチはそれを対応表へ追加する。また、対応表に記録されたMACアドレス宛

の通信が一定時間行われぬ場合、その機器は無くなったとみなして対応表から削除する。これをスイッチの MAC アドレス学習という。

モバイルイーサネットは広域な IP サブネットを実現するための手法であるため、スケーラビリティに優れた MAC アドレス学習を行う必要がある。特に、端末がスイッチ間を移動するという状況が頻繁に発生することを想定しているため、対応表を効率的に更新する機構も必要となる。そこで、モバイルイーサネットでは、独自の MAC アドレス学習機構を用いてこれを解決している。

2.3.2 ネットワーク主導のハンドオーバー

Beyond 3G では端末が異種無線ネットワークを過渡的に使用することを想定している。無線アクセスポイントの仕様は様々であるため、これらの操作をネットワークが共通して行うことができない。

モバイルイーサネットでは、各種無線アクセスポイントに対して共通のインターフェイスを定義し、無線アクセスポイント同士が端末の移動情報を通信する機構を提供している。端末が移動を行う場合には、端末が移動する前に移動元のアクセスポイントが移動先のアクセスポイントに通知ができるため、あらかじめスイッチの対応表を設定することが可能となり、端末が新しいネットワークに接続した後により短い時間で通信の使用が可能となる。

3. パーソナル放送局

本章では、モバイルイーサネット上で動作するリアルタイム映像配信サービス“パーソナル放送局”の検討を行う。パーソナル放送局では、以下のようなサービスを想定している。

- (1) 送信者と複数の受信者が 1 対 N のグループを形成する。送信者は他のグループに参加することで、受信者ともなり得る。
- (2) 送信者はグループに対してリアルタイムで映像音声と同報配信する。
- (3) 送・受信者ともに異種無線ネットワーク上でのモビリティを有する無線携帯端末を使用する。
- (4) 送・受信者が移動した際には、シームレスなハンドオーバーを実現する。

3.1 サービスの概要

以下にパーソナル放送局の概要を記す。

- (1) **グループ生成フェイズ**：映像配信を行いたい利用者がグループを生成し、そのグループにおける送信者となる（グループの形態については 4.4 章で議論する）。
- (2) **配信フェイズ**：送信者は携帯端末で撮影した映像音声のリアルタイム配信を開始する。配信開始と同時にグループのメンバーの携帯端末に配信開始通知が届く。配信開始通知を受け取ったメンバーは、携帯端末で配信データを受信する。メンバーは配信を拒否することも可能である。配信開始時点で通信が不可能であったメンバーは、通信が可能となり次第、配信を受けることができる。
- (3) **終了フェイズ**：送信者が配信を終了すると同時に、配信終了通知が各メンバーに届く。

3.2 システムの検討とデザイン

パーソナル放送局を実現するため、スケーラビリティとメンバー管理、マルチキャストアドレス割り当て、マルチレート対応配信の各項目について検討し、システムデザインの方向性を示す。

3.2.1 スケーラビリティとメンバー管理

映像や音声の通信を行う場合、非常に多数の利用者が存在すると、特定のホストへのトラフィックの集中がネットワークの輻輳を引き起こす。その結果、パケットの損失や遅延が発生し、通信品質の低下を招く。これを防ぐため、特に映像のような帯域を消費する通信については、サーバを経由せずに端末間で通信を行う手法が適している。一方、グループに所属するメンバーの管理などは、サーバを用いて集中的に情報を管理する必要がある。

映像の配信に必要なトラフィックは、受信者数が増えるにつれて増加する。非常に多数の受信者が存在する場合、配信にユニキャストを用いると送信者が接続するネットワークが輻輳し、十分な品質の映像を配信することができなくなる。例えば、10 人の受信者が存在するグループ 100 組において、それぞれの受信者がビットレート 1Mbps の映像を受信する場合、1Gbps 以上の帯域が必要となる。グループ数がさらに増加すると、リアルタイム映像配信サービスの実現は非常に困難となる。そこで、パーソナル放送局は、送信者による映像音声の配信に、モバイルイーサネット上での IP マルチキャストを使用する。IP マルチキャストを使用すれば、受信者数にかかわらず、送信者が送信するトラフィックは一定となる。モバイルイーサネットでは、広域な単一サブネット

における IP マルチキャスト技術が現在検討されている。

スケーラビリティを持つパーソナル放送局を実現するため、利用者の情報のみを管理するサーバを設置し、これをグループ管理サーバと呼ぶことにする。グループ管理サーバは、サービスの利用者と、その利用者が生成したグループの構成メンバを管理する。グループ管理サーバは、メンバ登録表と呼ぶ表を持ち、利用者 ID、IP アドレス、配信フラグ、及びメンバ ID のリストを管理する。表 1 にメンバ登録表の例を示す。この表では、A という ID を持つ利用者が 192.168.0.1 という IP アドレスを使用し、B、C、D がそのグループのメンバであることを示している。配信フラグは、そのメンバが配信中であることを示すものであり、値が 1 であれば映像を配信していることを示す。利用者はメンバ ID のリストを複数持つことができる。例えば、D は {A,B} と {A,C} というメンバ ID のリストを持ち、配信を開始する際に配信先のグループを選択することが可能であるとする。

表 1 メンバ登録表の例

| ID | IP Address | Sending Flag | Group Members' IDs |
|----|-------------|--------------|--------------------|
| A | 192.168.0.1 | 0 | {B,C,D} |
| B | 192.168.0.2 | 1 | {A,C} |
| C | 192.168.0.3 | 0 | {A,B,D} |
| D | 192.168.0.4 | 1 | {A,B}{A,C} |

送信者が新たに映像を配信する場合、後述する手法により、送信者がマルチキャストアドレスを、その割り当てを管理するサーバから動的に取得する。そして、グループ管理サーバに依頼してメンバ登録表の配信フラグの更新とグループのメンバ ID のリストを取得する。

利用者はネットワークへの接続を行うと同時に、グループ管理サーバへログインを行う。このときに、メンバ登録表の IP アドレスを更新する。そして、この利用者をメンバとして持ち、かつ、配信中である利用者に対して、メンバ接続通知と呼ぶ通知を行う。これにより、送信者は映像音声の配信中にグループのメンバが新たに接続してきたことを知り、このメンバへ自分が配信中であることを通知する。

利用者がネットワークから切断する場合、グループ管理サーバからログアウトを行う。このとき、ログイン時と同様に、この利用者をメンバとして持ち、かつ、配信中である利用者に対して、メンバ切断通知と呼ぶ通知を行う。利用者がログアウトを行わずにネットワークから切断した場合に対処するためは、

サーバが定期的に利用者へ確認を行うなどの手法が必要となる。

3.2.2 マルチキャストアドレス割り当て

携帯端末で撮影した映像をマルチキャストで配信する場合、送信者は利用可能なマルチキャストアドレスを静的に予約、または動的に取得し、映像を送信したいメンバに利用するマルチキャストアドレスを通知する必要がある。

静的にマルチキャストアドレスを予約するためには Internet Assigned Numbers Authority (IANA) に登録することが必要である。

動的にマルチキャストアドレスを取得する方法については IETF Multicast Address Allocation (MALLOC) Working Group によって検討されている。ここでは、クライアントは Multicast Address Allocation Server (MAAS)[5] から Multicast Address Dynamic Client Allocation Protocol (MADCAP)[6]を用いることにより、一時的にマルチキャストアドレスが割り当てられる。割り当てられたマルチキャストアドレスが有効な間は、そのアドレススコープ内で再利用されないことが保証される。

静的なマルチキャストアドレスを用いる場合は登録作業が必要であり、手軽な利用を想定したパーソナル放送局には不向きである。そのため、ユニキャストアドレスを DHCP から取得する感覚で、マルチキャストアドレスを動的に取得できるほうが好ましいため、パーソナル放送局ではマルチキャストアドレス管理サーバを導入する。

3.2.3 マルチレート対応配信

パーソナル放送局では、異種無線ネットワーク上で動画を送受信するため、受信者が接続している無線ネットワークによって利用可能な帯域が異なる。このため、映像音声の品質を無線ネットワークの帯域に適応して変化させる機構が必要となる。そこで、同一内容の映像音声を送信者が異なるレートで受信可能とする手法が利用できる。この手法をマルチレート対応配信と呼ぶ。

マルチキャストを用いたマルチレート対応配信には、次のように分類される[7]。

- (1) Stream replication
- (2) Cumulative layering
- (3) Noncumulative layering

Stream replication は、ビットレートの異なる独立のストリームにそれぞれマルチキャストアドレスを割り当て、受信者およびそれに至るネットワーク機器

がそれらの中から帯域に応じて適切なストリームを選択する。それぞれのストリームが独立しているため、符号化効率は高い。したがって、送信者が接続するネットワークの帯域が十分確保されている場合には有効な手法である。

Cumulative layering は、映像音声を階層符号化し、受信者あるいはそれに至るネットワーク機器が帯域に合わせて重要な階層から順に受信可能な分だけ受信する手法である。

Noncumulative layering は、映像音声をほぼ同じ重要度の複数の階層に符号化し、受信者およびそれに至るネットワーク機器が帯域に合わせて任意の階層を受信し復号する手法である。

マルチキャストを用いたマルチレート対応配信を用いる場合、受信するストリームの選択をどこで判断するのが問題となる。まず、端末がパケットロスの増加により帯域の不足を判断し、受信するストリームを変更する手法がある。これを受信者駆動型レート制御手法と呼ぶ[8]。この手法では既存のネットワーク上でレート制御が可能となるので、ネットワーク機器を置き換える必要がないという利点がある。一方、ネットワーク機器が、各階層の優先度に基づいて廃棄し、レート制御を行う手法がある。これをネットワーク支援型レート制御手法と呼ぶ[9]。この手法は、帯域の変化に対するレート制御の追従が早く、映像音声の途切れを抑制できる。さらに、受信端末の負荷が小さいため、携帯端末を用いるパーソナル放送局に適している。パーソナル放送局をモバイルイーサネット上で実現するにあたり、今後、モバイルイーサネットの検討はネットワーク支援型レート制御手法を視野に入れるべきである。

マルチレート対応配信において、階層化を行うための尺度として、空間スケーラビリティ、時間スケーラビリティ、SNR スケーラビリティ、Region of Interest (ROI) などがある。マルチレート対応配信を実現する映像符号化方式は、主に蓄積型を対象とする MPEG1、放送などを対象とする MPEG2 を経て、モバイル環境を考慮した方式へと発展してきている。モバイル環境を考慮した符号化方式の代表的なものを以下に示す。

- **MPEG4** : MPEG4 では、任意形状オブジェクトでシーンを構成するオブジェクトベースの概念が取り入れられており、ROI による階層符号化が実現可能である。例えば人物が注目領域である映像において、人物と背景を分離し、帯域が不足した場合には、背景領域の伝送を省略する
- **Motion JPEG2000** : 圧縮の原理に Wavelet による多重解像度解析を用いているため、解像度を考慮せずに送信しても各受信端末にて最適に近い解像度が得られる。また、フレームごとに独立して圧縮しているため、符号化効率の観点からは不利となるが、同期速度の点では有利となる。さらに、時間スケーラビリティを適用して noncumulative layering が実現できる。

今後、他の符号化方式も含め、パーソナル放送局に適した符号化方式を検討する。

3.3 基本アーキテクチャ

3.2章における検討を基にしたパーソナル放送局の基本的なシステムアーキテクチャを図2に示す。

まず、送信者は映像音声の送信を開始する前に、マルチキャストアドレス管理サーバから利用可能なマルチキャストアドレスを動的に取得する (①, ②)。

次に、受信者にマルチキャストアドレスを知らせるため、グループ管理サーバにメンバの IP アドレスを問い合わせ、取得する (③, ④)。そして、送信者はその IP アドレス宛てに、自身の ID と放送内容についての情報、マルチキャストアドレスを通知し、同時にマルチキャストアドレス宛てに配信を開始する (⑤)。受信者はそのマルチキャストグループに参加することにより、送信者が配信している映像音声を受信することができる (⑥)。

途中からオンラインになったメンバが現れた場合、グループ管理サーバは送信者にメンバ接続通知を送信し、送信者はそのメンバにマルチキャストアドレスの通知を行う。

映像音声はマルチレート対応配信され、受信者の回線状況などから、ネットワーク支援型レート制御により自動的に品質が制御される。また、送・受信者が移動してもモバイルイーサネットによって実現されるシームレスな高速ハンドオーバーにより、途切れることなく映像音声配信が可能である。

最後に、配信を終了するときには、受信者に配信終了通知を送信して (⑦)、マルチキャストアドレス管理サーバにマルチキャストアドレスを開放する (⑧)。

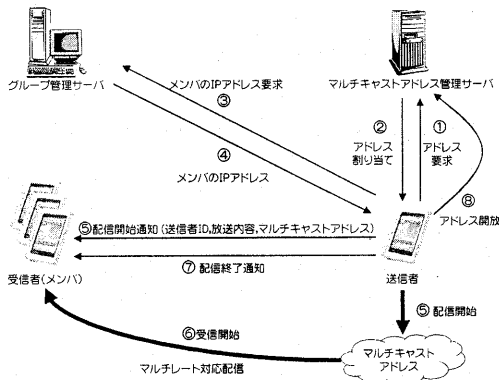


図2 パーソナル放送局のシステムアーキテクチャ

4. パーソナル放送局に必要なセキュリティ

グループへのメンバの加入・脱退を安全に管理することや、グループに参加しているメンバに対してのみ映像音声を配信し、それ以外のエンティティには放送内容を秘密にするなどの要件を満たすためには、セキュリティ技術の導入が必要となる。ここでは、セキュアなりアルタイム映像配信サービスの実現に必要と考えられるセキュリティ技術を整理する。

4.1 配信データの守秘

配信データの内容をグループのメンバ以外のエンティティに対して守秘する必要がある場合、送信者とグループのメンバとの間で共有した鍵（グループ鍵）で配信データを暗号化して送信する。ここで用いる暗号方式は、高速で大容量なデータ配信に適した共通鍵暗号方式が望ましく、かつ携帯端末という限られたリソース上で高速実装が可能な暗号アルゴリズムを選択する必要がある。

4.2 配信データの完全性検証と送信元の認証

配信データが意図した送信者から送信され、かつ送信経路上で改変がなされていないことを、受信者であるグループのメンバが検証する必要がある場合、配信データに対して送信者が電子署名を行い、各メンバが署名検証を行うという方法がとれる。ただし、放送のようなストリームメディアに公開鍵暗号系で生成された電子署名を付加し、携帯端末側で逐次的に署名検証することは、現状の端末環境では現実的ではない。そこで、共通鍵暗号系で生成されたメッ

セージ認証子と緩やかな時間同期を組み合わせることによって、配信データの完全性検証と送信元の認証を可能とする TESLA[10][11][12]等の使用が適している。

4.3 グループ認証

送信者が配信データに、グループ鍵によって生成されたメッセージ認証子を付加することで、グループ認証の機能を提供できる。この機能は、配信データがグループのメンバ以外のエンティティによって改変されていないことを保証する。各受信者が、前述した配信データの完全性検証と送信元の認証、および配信データの復号処理に先立ってグループ認証を行うことで、不正な配信データを比較的軽い処理で破棄することが可能となる。これは、グループに割り当てられたマルチキャストアドレスに宛てて、不正な配信データを大量に送信し、グループのメンバの計算力を浪費させるような DoS 攻撃への耐性向上に有効である。

4.4 グループメンバ管理

セキュアなグループメンバ管理には、メンバの認証が必要となる。グループの構成方法は以下の3つに分類でき、それぞれに必要なとされる認証方式は異なる。

- (1) 開放型 (Open Unlimited Group) : グループへの参加に制限を設けず、任意のエンティティが配信データを視聴できるグループ構成である。故に特別なメンバ認証を必要とせず、配信データを視聴するためには、マルチキャストグループに参加するだけでよい。
- (2) 半開放型 (Open Limited Group) : グループへのメンバの動的な加入・脱退を認めるが、グループ管理サーバへの登録を必要とする。登録の際のクライアント認証と、グループ鍵の配布には公開鍵認証基盤を用いる。また、登録の際にグループ管理サーバは送信者に登録の可否についての問い合わせを行う。
- (3) 閉鎖型 (Closed Group) : 固定的なメンバからなるグループ構成。送信者によるグループの生成時に、グループ管理サーバと各メンバとの間で個別の鍵（個別鍵）を共有すれば、その後の管理サーバによるクライアント認証は共通鍵暗号系の Challenge & Response で実現できる。

4.5 鍵管理

グループへのメンバの加入・脱退が起こった際、新規加入のメンバに対しては、加入以前の配信データに、脱退するメンバに対しては、脱退以降の配信データにアクセスできないようグループ鍵を更新する必要がある。今、鍵情報を集中管理する鍵管理サーバを仮定し（グループ管理サーバがその機能を果たしてもよい）、鍵管理サーバと各メンバ間で個別鍵が共有されているとする。メンバの加入・脱退が起こると、鍵管理サーバは新たに生成したグループ鍵を、各メンバの個別鍵を用いて暗号化し、それぞれ対応するメンバに送信する（もしくはグループにマルチキャストする）。このとき、鍵の更新のために鍵管理サーバが送信するメッセージ数はメンバ数に対して線形に増加し、スケーラビリティに欠ける。そこで、鍵を論理的な木構造で管理し、鍵更新時のメッセージ数をメンバ数の対数オーダーに抑える LKH (Logical Key Hierarchy)[13][14]等の鍵管理技術を用いることが望ましい。

5. 関連サービス

IP ネットワークを用いてリアルタイムに映像を配信する場合、ネットワーク構成としてサーバクライアント型と端末相互型の2種類に分類できる。

サーバクライアント型の場合、映像の配信はサーバから各端末に行われる。利用者の管理と映像の配信を同時に管理することが可能であるため、課金やセキュリティが必要な映像配信ではサーバクライアント型の配信が有利である。しかし、端末間の通信がサーバを経由するため、利用者が多数になった場合に、サーバが接続するネットワークが輻輳するなどの欠点がある。そのため、サーバは広い帯域を持ったネットワークに接続されることが多い。Windows Media Encoder[15]や Helix Universal Server[16]は、リアルタイムな映像を様々な符号化方式で圧縮してクライアントに配信するアプリケーションである。映像を受信したい利用者は、これらのサーバに直接接続して映像の配信を要求する。Yahoo! Messenger[17]は、送信者が撮影する映像を掲示板に公開するような方法により一般に公開する機能を持つ。送信者はいったんサーバへ映像を送信し、受信者はサーバから映像の配信を受けることができる。携帯電話においては、NTT DoCoMo の FOMA を用いて、お互いの映像を送受信しながら通話を可能とするテレビ電話サービスが存在する。サーバクライアント型の場合、サーバが端末に直接配信する方法と、別の端末が撮影する映像をサーバが代行して

配信する場合があります。Windows Media Encoder は前者、Yahoo! Messenger は後者の例である。

端末相互型の場合、通信を行う端末同士が直接通信を行う。この構成では、端末間の通信がサーバを経由しないため、サーバクライアント型におけるトラフィック集中の問題を解決できる。しかしながら、通信相手を管理する別の枠組みが必要となるなどの欠点がある。MSN Messenger[18]は SIP (Session Initiation Protocol)[19]を用いた1対1の映像通信が可能なアプリケーションである。この方式の場合、利用者の管理にはサーバが必要であるが、映像や音声のトラフィックは端末間で直接通信を行うことが可能である。Netmeeting、Gnomemeeting[20]や CuSeeMe[21]は、H.323 を用いて映像と音声の通信を行うアプリケーションである。SIP や H.323 を用いた通信は1対1の通話しか想定しておらず、複数の利用者が同時に通信することはできない。多人数による通信の場合、送信者が各受信者に個別に配送を行うと送信者の狭い通信帯域を使い果たしてしまうので、どのようにして映像を受信者に配送するのかが重要な問題となる。VIC (Video Conferencing Tool)[22]は、送信者が IP マルチキャストを用いて各受信者に配信することが可能なアプリケーションである。IP マルチキャストを用いれば、送信者が複数の受信者に配信を行う場合でも、トラフィックは増加しない。トラフィックが集中するという問題は、サーバクライアント型の場合にも同様に生じるが、サーバはあらかじめ高速なネットワークに接続することが可能なので、端末相互型の場合ほど問題が深刻ではない。

6. まとめと今後の課題

モバイルインターネット上で携帯端末を用いたりリアルタイム映像配信サービスであるパーソナル放送局を提案し、サービスの実現に必要なアーキテクチャを検討した。またそのセキュリティについて考察を行った。

今後の課題として、パーソナル放送局の基本アーキテクチャでは、送信者が特定の相手のみを対象に送信を行う方式を示したが、不特定多数の利用者に向けて送信することも可能である。この場合、1つの映像音声配信を非常に多数のメンバが視聴することも想定されるため、スケーラビリティの確保がさらに重要となる。また、配信を受けるメンバに対しての課金も想定され、その方法について検討が必要である。

さらに、パーソナル放送局は、送受信に限られた容量の電池で駆動する携帯端末を使用するため、端末の省電力化が重要である。消費電力は CPU の稼働

率に大きく依存するため、画質を落とさずに CPU 負荷が抑制できる符号化方式を検討すべきである。

謝辞

本稿をまとめるにあたり有益なご助言を頂いた九州大学情報基盤センターの岡村耕二助教授、静岡大学情報学部の峰野博史助手に深謝します。

参考文献

- [1] H. Harri, P. Kari, N. Markku and L. Anne, "WCDMA and WLAN for 3G and Beyond," IEEE Wireless Communications Magazine, Apr 2002.
- [2] 黒田 正博, 大久保 晃, 撫中 達司, 清水 桂一, "レイヤ2 モビリティネットワークの検討," 情報処理学会研究報告, MBL26-3, Sep 2003.
- [3] C. Perkins, "IP Mobility Support," RFC2002, Oct 1996.
- [4] T. Narten, E. Nordmark and W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP Version 6," RFC2461, Dec 1998.
- [5] D. Thaler et al., "The Internet Multicast Address Allocation Architecture," RFC2908, Sep 2000.
- [6] S. Hanna et al., "Multicast Address Dynamic Client Allocation Protocol (MADCAP)," RFC 2730, Dec 1999.
- [7] B. Li and J. Liu, "Multirate Video Multicast over the Internet: An Overview", IEEE Network, Volume: 17 Issue: 1, pp. 2-7, Jan/Feb 2003.
- [8] S. McCanne, V. Jacobson and M. Vetterli, "Received-driven Layered Multicast," Proc. of ACM SIGCOMM'96, Aug 1996.
- [9] 中内 清秀, 森川 博之, 青山 友紀, "階層化マルチキャストのためのネットワーク支援型レート制御手法," 電子情報通信学会論文誌, Vol. J84-B, No. 3, pp. 365-379, Mar 2001.
- [10] Perrig, R. Canetti, J. D. Tygar and D. Song, "Efficient Authentication and Signing of Multicast Streams over Lossy Channels," Proc. IEEE Symposium on Security and Privacy, pp. 56-73, May 2000.
- [11] Perrig, R. Canetti, D. Song, D. Tygar and B. Briscoe, "TESLA: Multicast Source Authentication Transform Introduction," Internet Draft, draft-ietf-msec-tesla-intro-01.txt, Oct 2002.
- [12] Perrig, R. Canetti and B. Whillock, "TESLA: Multicast Source Authentication Transform Specification," Internet Draft, draft-ietf-msec-tesla-spec-00.txt, Oct 2002.
- [13] K. Wong, M. Gouda and S. Lam, "Secure Group Communication Using Key Graphs," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 8, No. 1, Feb 2000.
- [14] Wallner, E. Harder, R. Agee, "Key Management for Multicast: Issues and Architectures," RFC 2627, Jun 1999.
- [15] Windows Media Encoder, <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/default.aspx>
- [16] Helix Universal Server, <http://realnetworks.co.jp/>
- [17] Yahoo! Messenger, <http://messenger.yahoo.com/>
- [18] Microsoft MSN Messenger, <http://messenger.msn.co.jp/>
- [19] J. Rosenberg et al., "SIP: Session Initiation Protocol," RFC3261, Jun 2002.
- [20] Gnomemeeting, <http://www.gnomemeeting.com/>
- [21] CuSeeMe, <http://www.cuseeme.com/>
- [22] Video Conference Tool, <http://www-nrg.ee.lbl.gov/vic/>