

ホームネットワークと連携したP2Pストリーミング

ホームネットワークとモバイルネットワークの連携サービスの実現に向け、ビデオで録画したマルチメディアコンテンツを、移動端末で視聴するアプリケーションを試作した。本試作では、既存のホームネットワーク技術と連携した情報家電の遠隔制御や、P2Pストリーミング技術を用いることにより、2つの異なったネットワークをまたがったストリーミング配信を実現している。なお、本研究は京都大学 学術情報メディアセンター 美濃研究室（美濃 導彦教授）および大学院 情報学研究科 中村研究室（中村 行宏教授）との共同研究により実施した。

おまた えいじ いしかわ のりひろ
小俣 栄治 石川 憲洋

1. まえがき

これまでにネットワーク化されているパソコンや移動端末に加え、近年急速にさまざまなデバイス（AV機器、白物家電、デジタルカメラなど）がネットワーク化されつつある。これらのデバイスは、インターネットやモバイルネットワーク、ホームネットワークなどのさまざまなネットワーク上に存在している。現状では、各々のネットワークごとにプロトコルや帯域などのネットワーク特性が異なっていることから、シームレスな通信を実現することが困難な状況にある。しかし最近、これらの異なったネットワークをまたがって相互に通信するといった環境が求められてきている。

さらに、さまざまなネットワークの中でも、ホームネットワークは、現在多くの注目を集めているネットワークの1つである。ホームネットワーク内には、多種多様な情報家電が数多く存在し、その多くはネットワークに接続可能な機能を備えつつある。これらの情報家電が備えるネットワーク機能を用いてホームネットワークは構成されるが、その接続手段も多岐にわたっている。具体的には、無線LAN、赤外線、Bluetooth^{TM*1}などのほか、AV機器のような広帯域マルチメディアデータの送受信には、IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 1394^{*2}が用いられることが多い。IEEE1394は、FireWire^{*3}やi.LINK^{*4}

として、広く知られている伝送規格である。

このようなホームネットワークとモバイルネットワークの連携サービスを実現するためには、情報家電と移動端末との間で、双方向の通信環境を実現する必要がある。具体的な例としては、ユーザが帰宅する際に、移動端末を用いて自宅のエアコンや照明の電源を入れるなどの家電操作サービス、ユーザの不在時に、来訪者の訪問をユーザの移動端末に対して通知するサービス、ビデオで録画した番組を外出時に移動端末で視聴するサービスなどを想定している。図1に、ホームネットワークと連携したサービスイメージを示す。

本稿では、上記のようなサービスを実現するための技術である、サーバを介さずに、情報家電と移動端末間で直接データの送受信を行うP2P (Peer-to-Peer) ストリーミング技術について紹介する。さらに、自宅のビデオから移動端末などに、マルチメディアコンテンツを配信する情報家電連携アプリケーション試作とその評価結果について示す。

2. ホームネットワークとモバイルネットワークの連携サービス

1章で述べたサービスの中から、移動端末からのビデオの遠隔制御サービス、ビデオに録画した番組を移動端末で視聴するサービスを実現するための技術を紹介する。これらのサービスを実現するためには、以下の3つの技術が必要となる。

- (1) 移動端末からビデオをモバイルネットワーク、インターネットを介して遠隔制御するための技術
- (2) 移動端末とビデオとの間で双方向の通信環境を実現するための技術
- (3) ビデオから移動端末にコンテンツを配信するためのストリーミング技術

*1 BluetoothTM：米国Bluetooth SIG, Inc.の登録商標。

*2 IEEE1394：1995年にIEEEが標準化した高速シリアルバスの規格。

*3 FireWire：元々IEEE1394はApple社が開発した転送方式であり、FireWireはその開発コードネームである。現在は、IEEE1394の愛称となっている。

*4 i.LINK：IEEE1394につけられた別名。ソニーが自社製品に対して用いている名称。

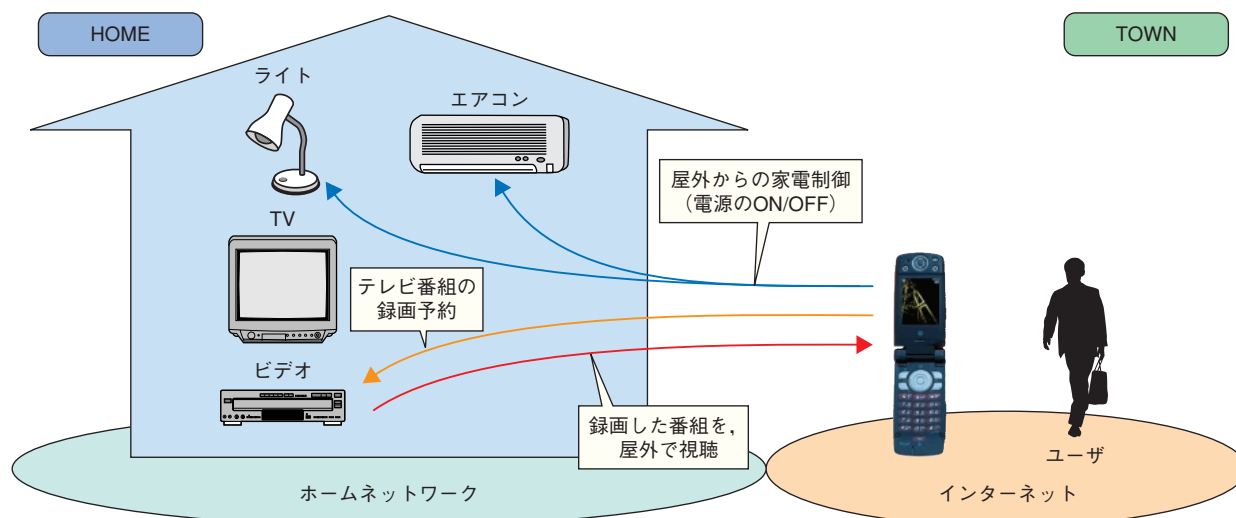


図1 ホームネットワークと連携したサービスイメージ

(1)は、既存のホームネットワーク技術との連携が必要となる。ビデオなどの多くのAV機器は、取り扱うデータが大容量であることから、ネットワークとして高速広帯域な通信が可能なIEEE1394を利用していることが多い。IEEE1394の通信方式には、アシンクロナス通信方式^{*5}と、アイソクロナス通信方式^{*6}の2種類が存在する。さらに、アシンクロナス通信方式を用いたIEEE1394のアプリケーションプロトコルとしてAV/C (Audio/Visual Control digital interface command set)がある。AV/Cは、IEEE1394ネットワークに接続されたAV機器を制御するために開発されたコマンドセットである。このコマンドセットをインターネット経由で制御することにより、ビデオの遠隔制御が可能となる。

(2)は、異なるネットワークをまたがって通信可能なP2P技術を用いる。これまでにわれわれは、異種ネットワーク環境(インターネット、IEEE1394、BluetoothTMなどが混在した環境)上に分散しているデバイス(PC、情報家電、移動端末など)をシームレスに接続し、さまざまなアプリケーションを実行するためのP2Pプラットフォーム[1]の研究開発を進めてきた。本P2Pプラットフォームは、アプリケーション層でネットワークを構築するオーバーレイネットワークであり、P2Pプラットフォームが提供する通信機能を利用することにより、移動端末とビデオをシームレスに接続することが可能となる。前述のIEEE1394 AV/Cが持つ機能をP2Pネットワーク上で利用可能にするために、

*5 アシンクロナス通信方式：確実にパケットを送信することを保証し、主に制御系メッセージの送受信に利用される方式。

*6 アイソクロナス通信方式：確実なパケット送信は保証しないが帯域、遅延時間などのサービス品質(QoS: Quality of Service)を保証し、主にストリーミングデータの送受信に利用される方式。

IEEE1394 AV/Cと同様の機能を持つAVアプリケーションプロトコルをP2Pプラットフォームのアプリケーションプロトコルとして設計した。

(3)は、P2Pプラットフォーム上のストリーミング技術を利用する。P2Pストリーミング技術の概要については、3章で述べる。

3. P2Pストリーミング技術

P2Pストリーミング技術とは、ストリーミングデータをP2Pネットワーク上で転送する仕組みである。P2Pネットワーク上の各ノードは、配信・中継・受信の役割を担う。各ノードが中継の役割を分担することにより、大規模なサーバが不要になるなどの利点に加え、アプリケーション層で制御することにより下位ネットワークに依存しないストリーミングが実現できるため、ユビキタス環境で想定されるような異種ネットワークが混在した通信環境においても、ストリーミングを実現することが可能となる。

一般的にストリーミングは、ストリーミングデータの転送経路を管理するための機能とその転送経路に沿ってストリーミングデータを転送する機能から構成される。これらの機能を実現する方式としては、同一プロトコルによる方式と独立したプロトコルによる方式の2つが考えられる。われわれが提案するP2Pストリーミングでは後者の方式を採用し、転送経路を管理するための制御メッセージはP2Pプロトコルを用いて転送し、ストリーミングデータは既存のマルチメディア通信プロトコルを用いて転送する。本方式を採用した理由は以下のとおりである。

- ・制御メッセージとストリーミングデータをP2Pプロトコルのみを用いて転送した場合、P2Pプロトコルが

XML (eXtensible Markup Language) により定義されていることから、ストリーミングデータをXMLで符号化する必要がある、オーバーヘッドが大きくなる。

- ・ストリーミングデータを、P2Pプロトコルを用いて転送した場合、各ネットワークに特化して最適化されている RTP (Real-time Transport Protocol) やIEEE1394 アイソクロナス通信方式などの既存のマルチメディア通信プロトコルが利用できなくなる。

P2Pプラットフォーム上でストリーミングデータの転送経路を管理するプロトコルとして、転送経路の設定、維持、開放の制御を行う P2P ストリーミングコントロールプロトコルを新たに定義した。P2Pストリーミングプロトコルスタックを図2に示す。ビデオと移動端末との間での転送経路の管理には、P2Pストリーミングコントロールプロトコルを利用する。

4. 動画配信アプリケーションの試作と性能評価

提案方式の有効性を確認するために、IEEE1394 ネットワーク上のビデオとインターネット上の移動端末間で動画配信を実現するアプリケーションを試作した。本アプリケー

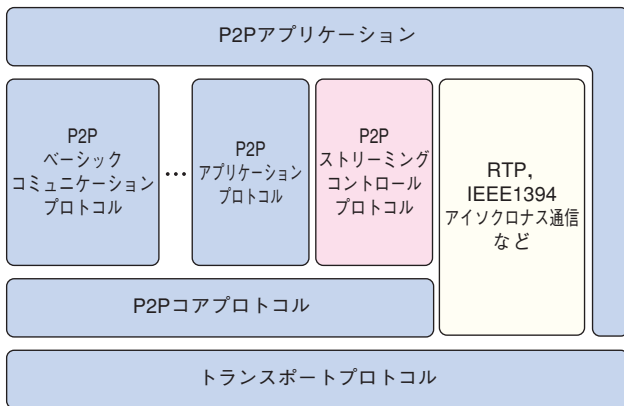


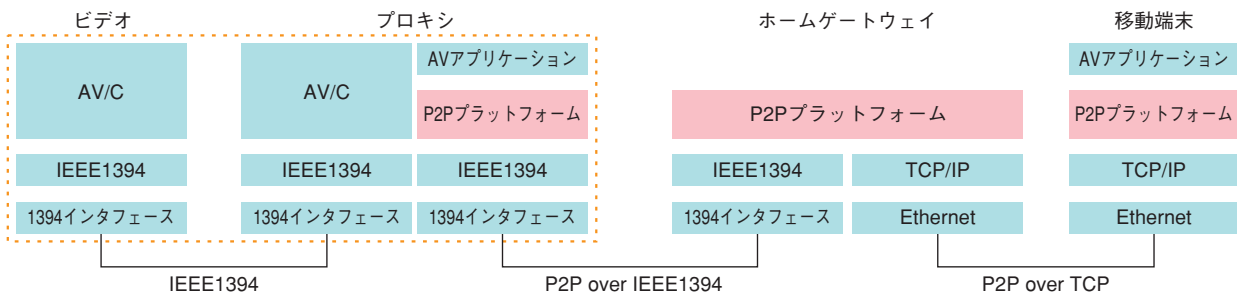
図2 P2Pストリーミングプロトコルスタック

ションは図3に示すように、ビデオ、プロキシ、ホームゲートウェイ、移動端末から構成される。移動端末とホームゲートウェイはインターネットで、ホームゲートウェイとビデオはIEEE1394ネットワークで接続される。P2P通信技術を用いて、異なる2つのネットワークをシームレスに接続する。

ホームゲートウェイは、インターネットからホームネットワーク上に存在するビデオなどのAV機器へのアクセスを制限することにより、セキュリティを向上させるとともに、ネットワークごとに異なる特性の違いを吸収する機能を提供する。また、現状ではビデオがP2Pプロトコルをサポートしていないことから、本アプリケーションではプロキシモデルを採用した。プロキシは、P2PメッセージとIEEE1394 AV/Cの間のプロトコル変換機能、ビデオからIEEE1394ネットワークを介して受信した映像データおよび音声データを、インターネットの通信帯域や移動端末の再生環境に適した形式に変換して配信する機能などを提供している。

本アプリケーションのメッセージシーケンスを図4に示す。まず、移動端末がP2Pプロトコルを用いてホームネットワーク上のビデオを発見した後に、ビデオに対して再生コマンドを送信する。再生コマンドを受信したプロキシは、AVアプリケーションプロトコルの再生コマンドを、IEEE1394 AV/Cの再生コマンドに変換し、ビデオに送信する。さらに、再生要求を契機として、移動端末までのストリーミング経路の設定を行う。プロキシは、経路設定終了後にビデオから受信したMPEG (Moving Picture Experts Group) 2-TS (Transport Stream) 形式の映像データを、MPEG4形式に変換する。最後に、変換したMPEG4形式のデータを、ホームゲートウェイを介して、移動端末に送信する。移動端末上でのMPEG4の再生には、現在広く利用されているWindows Media Playerを用いた。

さらに、試作したアプリケーションの性能評価を行った。まず、ビデオと移動端末との間で動画配信実験を行い、動



TCP/IP : Transmission Control Protocol/Internet Protocol

図3 動画配信アプリケーション

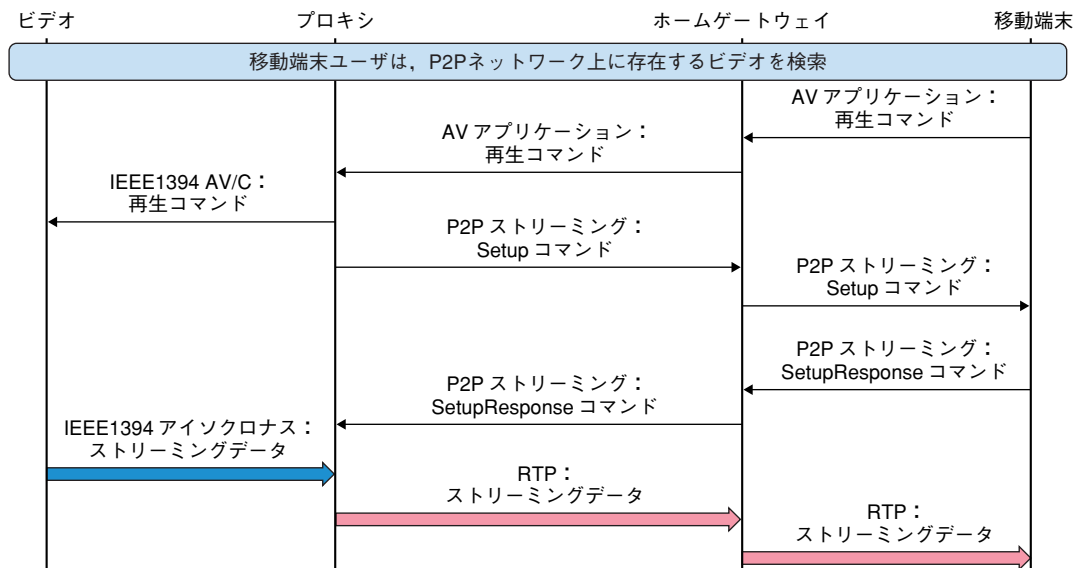


図4 メッセージシーケンス

画配信は問題なく動作することを確認した。ビデオがストリーミングデータの送信を開始した時点から、移動端末が受信するまでの遅延時間は、約20sだった。遅延が発生した原因を調査したところ、本試作で用いたMPEG2からMPEG4へ変換するトランスコーダ (ffmpeg) のキャッシュにほぼ同等の時間がかかっていることが分かった。この遅延は、トランスコーダを変更することにより改善可能である。次に、移動端末からプロキシまでのネットワーク遅延を測定したところ、5ms以下であったことから、ネットワーク遅延はほぼないものと考えられる。このようなネットワーク遅延がない環境で経路設定に要する時間を測定したところ、移動端末がホームゲートウェイを介してプロキシまでの経路設定を行う時間（5回試行の平均時間）は、1266msであった。この測定結果から、ストリーミング配信を行ううえで問題のない性能であることが分かる。

5. あとがき

本稿では、ホームネットワークとモバイルネットワークをシームレスに接続し、ストリーミング配信を実現するP2Pストリーミング技術について述べた。さらに、P2Pストリーミング技術を用いて、ホームネットワークとモバイルネットワークを連携し、移動端末からホームネットワーク内のビデオを遠隔制御するアプリケーションを試作し、提案方式の有効性を示した。

今後は、移動端末とプロキシ間の利用可能帯域を測定し、

その帯域に応じてトランスコーダで動的に転送帯域を調整するなどのQoS制御について検討を進める予定である。

文 献

- [1] 石川, ほか: “P2Pネットワークングプラットフォーム,” 本誌, Vol. 12, No. 3, pp. 17-24, Oct. 2004.

用 語 一 覧

AV/C : Audio/Visual Control digital interface command set
 IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers
 MPEG : Moving Picture Experts Group
 P2P : Peer-to-Peer
 QoS : Quality of Service (サービス品質)
 RTP : Real-time Transport Protocol
 TCP/IP : Transmission Control Protocol/Internet Protocol
 TS : Transport Stream
 XML : eXtensible Markup Language