

## 情報家電ネットワークと携帯端末ネットワークをつなぐ P2P 動画配信システムの構築

劉載勲<sup>‡</sup> 木全哲也<sup>†</sup> 越智直紀<sup>†</sup> 泉知論<sup>†</sup> 越智裕之<sup>†</sup> 中村行宏<sup>†</sup> 小俣栄治<sup>\*</sup> 石川憲洋<sup>\*</sup>

<sup>†</sup> 京都大学 大学院 情報学研究所 通信情報システム専攻

<sup>‡</sup> 京都大学 工学部 電気電子工学科

<sup>\*</sup> NTT DoCoMo マルチメディア研究所

### A Prototype of P2P Movie Streaming System Connecting AV Networks and Mobile Networks

Jaehoon Yu<sup>‡</sup> Tetsuya Kimata<sup>†</sup> Naoki Ochi<sup>†</sup> Tomonori Izumi<sup>†</sup>

Hiroyuki Ochi<sup>†</sup> Yukihiro Nakamura<sup>†</sup> Eiji Omata<sup>\*</sup> Norihiro Ishikawa<sup>\*</sup>

<sup>†</sup> Department of Communications and Computer Engineering, Kyoto University

<sup>‡</sup> School of Electrical and Electronic Engineering, Kyoto University

<sup>\*</sup> Multimedia Laboratories, NTT DoCoMo, Inc.

## 1 はじめに

インターネットの商用利用の開始以降、コンピュータ・ネットワークの利用が急速に拡大し、現在では、家庭からの常時ブロードバンド接続が一般的なものとなり、また、コンピュータだけではなく携帯電話や情報家電などさまざまな機器がネットワークに接続するようになってきている。このような技術の発展ならびにインフラの整備に伴い、動画などのマルチメディア・コンテンツへの要望が高まり、コンピュータを用いたサーバ・クライアント型の動画配信システムなどが既に実用化され、家庭外から情報家電を制御するための仕組みも提案されている。

それに対して、本稿では、peer-to-peer(P2P)技術に基づく家庭外からの情報家電の制御と家庭からの動画配信システムの実現を目指し、システム構成を検討し、プロトタイプの実装を行う。P2Pをベースとすることで、特定のサーバ(個別の機器)のみに依存することなくサービスが提供でき、また、グループウェアや分散検索システムなどのP2Pの応用技術を利用して、例えば、子供の成長記録を親戚と共有する、旅行の思い出を友人達と共有する、訪問先でそれらを視聴する、などの利便性向上が期待できる。

想定する環境は家庭内の情報家電とそれらを接続するネットワーク、そのような情報家電ネットワークと家庭外のネットワークを繋ぐゲートウェイ、出先の携帯端末(あるいは別の家庭の情報家電)とする。ここでは、家庭内ネットワークとして高性能シリアルバス規格 IEEE1394、ならびに IEEE1394 上の機器を制御するためのコマンドセット 1394AVC を、

P2P プラットホームとして Jupiter [3, 4] を、家庭外のネットワークとしては TCP/IP ネットワークを用いる。

我々は、これまで、出先の携帯端末からの予約録画など、P2P をベースとした AV アプリケーションのシステム構成ならびにレイヤ構成を検討、情報家電制御システム構築し [1]、また P2P を用いたストリーミング(ユニキャスト、マルチキャスト、ブロードキャスト)技術について検討を進めてきた [2]。各、P2P ノードは P2P コアプロトコル層、P2P ストリーミングマネージャ、AV アプリケーションからなる。理想的にはそれぞれの情報家電が P2P ノードとしての機能を持ち、P2P ネットワークに参加する。しかし、既存の情報家電はそのような機能を持たないため、ゲートウェイ機器内に P2P ノードとしての機能を代行するプロキシを置き、実際の情報家電の制御とストリーミングの転送を行う。そのため、情報家電の参加・離脱にあわせてプロキシを起動・終了させるプロキシマネージャを置く。本システムでは、自ら P2P ノードとしての機能を持つ(理想的な)情報家電と、プロキシにより制御される従来の情報家電が共存可能となるように配慮する。また、情報家電およびそのためのネットワークは高品質な動画を扱うように設計されているが、必ずしも安定して十分な帯域が取れない外部ネットワークに動画ストリームを配信するため、プロキシ内の AV アプリケーションにて高画質だが広い帯域を消費する動画像符号化規格(MPEG2-TS)から狭帯域向けの規格(MPEG4)に変換(トランスコード)を行う。

以下、準備として第2節で開発システムに用いる Universal P2P, IEEE1394, 1394AV/C を紹介する。第3節では提案システムの構成について述べ、第4節で提案システムにおける動画配信手法について述べる。第5節でプロトタイプの実装について述べ、第6節で結論を述べる。

## 2 準備

### 2.1 Universal P2P

P2P ネットワークはネットワークに参加する各端末同士が直接通信を行うネットワークである。P2P ネットワークは各端末にサービスが分散しているため、クライアント・サーバー型ネットワークに比べ、特定の端末にアクセスが集中しにくい。また、クライアント・サーバー型はサーバーへの依存性が高いため、サーバーに不具合が生じるとネットワーク全体に影響が及ぶが、P2P ネットワークでは特定の端末の不具合によるネットワーク全体への影響が少ない。

Universal P2P は、携帯端末をはじめとする様々な機器で動作するアプリケーションに、P2P ネットワーク環境を提供するためのプロトコルである。現在、NTT DoCoMo により開発が進められている。

Universal P2P は、OSI (Open System Interconnection) 参照モデルのアプリケーション層に該当するプロトコルである。その構成を図1に示す。P2P Core Protocol から上の層が Universal P2P により構成される層である。Universal P2P を用いて動作するアプリケーションは、図1に示すプロトコル群の中で最上層のプロトコル群を使って通信を行う。P2P Core Protocol が下位ネットワークの差異を吸収するため、アプリケーションは、下位ネットワークに依存せずに動作することが可能である。

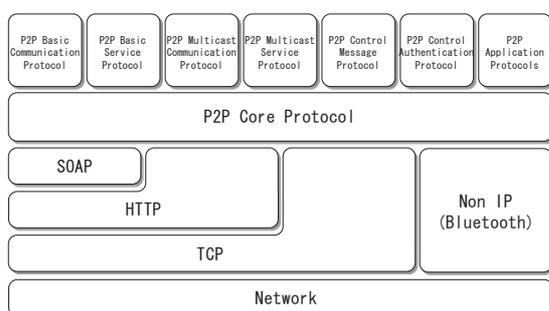


図1: Universal P2P のプロトコルスタック

Universal P2P はユニキャスト、マルチキャスト、ブロードキャストの3つの通信をサポートしている。

ユニキャストは他のノードと1対1で通信する方法である。ユニキャストでは、Universal P2P に参加する各ノードが持っている128ビット長のノードIDにより、相手を識別してメッセージを転送する。マルチキャストは他のノード集合と1対多で通信する方法である。Universal P2P はマルチキャストグループと呼ばれるノード集合に対してメッセージを送ることでグループに属する全てのノードに対してメッセージを転送する。ブロードキャストは自ノードの以外の全てのノードと1対多で通信する方法である。

Universal P2P で通信に使われるプロトコルとしては、制御プロトコルとストリーミング転送プロトコルの2種類がある。制御プロトコルはAV機器を制御するためのものであり、ストリーミング転送プロトコルは映像や音声データの配信に用いられる。ストリーミング転送プロトコルではUDPで転送が用いられる。

### 2.2 IEEE1394 と 1394AV/C

IEEE1394 は、コンピュータやAV機器接続するための高性能なマルチメディアインターフェースである。1995年に最初の規格であるIEEE1394-1995が策定され、2000年にIEEE1394a-2000の規格が策定された。現在利用されているAV機器はこれを拡張したものを装備していることが多い。

IEEE1394 は転送帯域が保証されており、最高800-Mbpsまでのデータ転送が可能である。そのため、高画質な映像データの送受信が可能である。また、IEEE1394上にはサーバーが存在せず、自律的にネットワークを構成する。

IEEE1394の通信方式には、制御命令などに使われるアシンクロナス転送と、ストリーミングなどに使われるアイソクロナス転送の2つが存在する。前者は非同期的にデータの通信を行う際に用いられ、相手ノードに確実にパケットを送信することを保証するが送信の遅延時間は保証しない。後者はバス上に1台存在するサイクルマスターのサイクルスタート・パケットに同期してデータの通信を行うものであり、確実なパケット送信は保証しないが送信帯域と遅延時間が保証されている。アイソクロナス転送のデータの送信は特定のノードではなく、チャンネルと呼ばれる仮想の伝送路に対して行われ、同時に複数のノードと通信を行うことが可能である。

IEEE1394の階層構造は、トランザクション層、リンク層、物理層の3つの層と、各層を制御するためのシリアルバス管理部からなる。トランザクション層は、アプリケーション層から非同期的読み込み命令や書き込み命令、データを受け付ける。また、レジ

スタの設定などに利用できるロック・トランザクションも扱う。同期のデータ転送を行うアイソクロナス転送は、この層での処理は必要としない。リンク層は、トランザクション層からの非同期命令やデータの通信を受け付ける。また、アプリケーション層からのアイソクロナスやシリアル管理部からのリンクオン要求なども受け付ける。受け付けた命令やデータなどはパケットに入れて物理層に渡される。その際、受信確認のためのアクノリッジの送信などを行う。物理層は、リンク層から渡されたデータを電気信号に変換して相手のノードに転送する。また、バスの初期化や、各ノードがシリアルバスを使用する権利を得るためのアービトレーションも行う。シリアルバス管理部は、バスマネージャ、アイソクロナス・リソースマネージャ、ノードコントローラの3つの部分からなり、アプリケーション層からの要求を各層に送る役割を果たす。

AV/C (Audio/Visual Control) Digital Interface Command Set(以下 AV/C) は、IEEE1394 で接続された情報家電を制御するために開発されたコマンドセットである。1995年にデジタルビデオカセットレコーダの制御を IEEE1394で行うために開発され、その後、IEEE1394端子を持つ様々な AV 機器を制御するために開発が進められた。

AV/C では機器をユニット、機器のチューナーやテープレコーダなどの論理的な機能単位をサブユニットと呼ぶ。制御はユニットやサブユニットに対してコマンドを発行することで行う。

コマンドの送受信には、アシンクロナス転送が用いられる。コマンドで制御する側をコントローラ、制御される側をターゲットと呼ぶ。コントローラがコマンドを送信し、ターゲットがそれに対してレスポンスを返す一連の処理を AV/C トランザクションと呼ぶ。

主なコマンドは以下の3種類である。CONTROL コマンドは、コントローラからターゲットの機能を制御する。STATUS コマンドは、ターゲットの現在の状態を取得する。NOTIFY コマンドは、ターゲットの状態が変化したら知らせよう要求する。

IEEE1394には AV/Cとは別に、ストリーミングの制御を行うための IEC61883-1 と呼ばれる規格が存在する。AV/Cによる機器の制御と IEC61883-1によるストリーミングの制御を組み合わせることで、AV機器間で動画データなどの送受信を行うことが可能である。

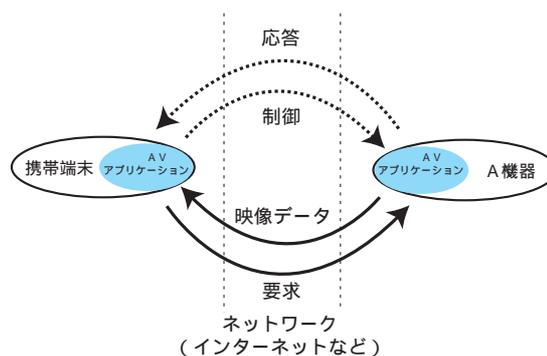


図 2: 利用形態

### 3 提案システム

#### 3.1 概要

本研究では、家電ネットワーク上の AV 機器とインターネット上の携帯端末間の動画配信を行うためのシステムの開発を目的としている。提案システムでは、携帯端末と AV 機器を P2P ネットワークに参加させた上で、図 2 のように携帯端末で動いている AV アプリケーションと AV 機器で動いている AV アプリケーションが通信を行うことで動画配信を実現する。

提案システムは多様なネットワーク環境で使用できることを目指しており、通信には Universal P2P プロトコルを用いる。また、家庭内の家電ネットワークは既存の AV 機器を制御できる IEEE1394 を用いる。

#### 3.2 ネットワーク構成

提案システムのネットワーク構成を図 3 に示す。システムのネットワークは AV 機器、携帯端末、ホームゲートウェイ (以下「ゲートウェイ」) から構成される。家庭内の AV 機器は家電ネットワークに接続しており、家庭外の携帯端末はインターネットに接続している。二つのネットワークの間にはゲートウェイが存在する。ゲートウェイは、外部から AV 機器へ直接アクセスを制限することでネットワークのセキュリティを向上させるとともに、携帯端末と家電の物理的なネットワーク方式の違いを吸収する。AV 機器と携帯端末が通信を行う時には必ず、このノードを経由する。ただし、このノードは前節で述べた (ピア型とハイブリッド型をつなぐ) ゲートウェイノードとは異なり、単なるピアノードである。本稿で提案するシステム内ではそのようなゲートウェイノードは用いないので、以下ではゲートウェイ内のノードのことを「ゲートウェイノード」と呼ぶこと

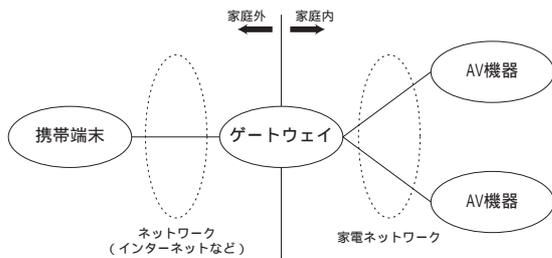


図 3: 提案システムのネットワーク構成

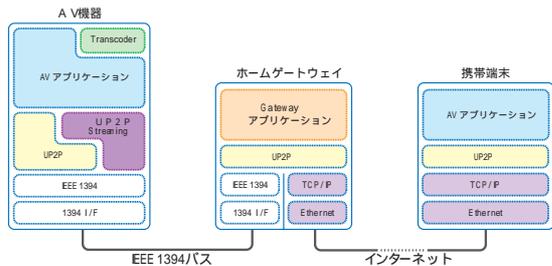


図 4: 提案システムのレイヤ構成

にする。

### 3.3 レイヤ構成

提案システムのレイヤ構成を図 4 に示す。携帯端末とゲートウェイは TCP/IP ネットワークでつながっており、AV 機器とゲートウェイは IEEE1394 でつながっている。携帯端末側とゲートウェイ側の異なる 2 つのネットワークをゲートウェイの最上層にある Universal P2P 層を用いてシームレスに接続している。また、携帯端末と AV 機器も Universal P2P プロトコルに対応しており、それぞれの機器で動作する AV アプリケーション同士が Universal P2P プロトコルを用いて通信を行う。このようなレイヤ構成により、AV 機器や携帯端末などの各ノードは P2P ネットワークのピアノードとして互いに直接通信することができる。さらに、Universal P2P プロトコルを使うことで下位ネットワークによらず、AV 機器の制御や動画の配信などを実現することができる。

今回実装する基本的なレイヤ構造は上に述べた通りであるが、Universal P2P は現在開発が進められている段階であり、これに対応した既存の AV 機器は存在しない。このため、現時点で図 4 に示すようなレイヤ構成のシステムを構築することは不可能である。

本研究では、システム構築において AV 機器を仮想的に Universal P2P に対応させることで、既存 AV

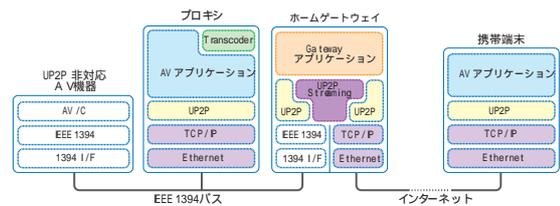


図 5: プロキシを用いた提案システムのレイヤ構成

機器のシステムへの参加を可能にした。AV 機器を仮想的に Universal P2P に対応させるためにプロキシを導入する。プロキシを用いたシステムのレイヤ構成は図 5 のようになる。図 4 の構成においては、AV 機器で動いている AV アプリケーションが Universal P2P プロトコルを用いた通信で送られたメッセージに基づいて AV 機器の制御や動画の配信を行っている。しかし、今回のシステム構築では、プロキシで動いている AV アプリケーションがこの動作を行う。プロキシの AV アプリケーションは AV/C を用いて AV 機器を制御し、AV 機器から出力される映像データや音声データを IEEE1394 から受信する。受信されたデータは携帯端末側の通信帯域や再生環境に適した形式に変換し、Universal P2P プロトコルを用いた通信で携帯端末に配信する。こうすることで、Universal P2P に対応していない既存の AV 機器で Universal P2P 通信を用いた動画配信システムを構築することができる。

ただし、こうしたシステム構成はシステムに接続する AV 機器ごとにプロキシが必要となってしまう。Universal P2P プロトコルは、通信をノード単位で行っており、ノードは 1 つの機器中で複数存在させることができる。そこで、本研究では、プロキシの中に AV 機器と同じ数のノードを立ち上げ、それらのノードで AV アプリケーションを動かすことで、複数の AV 機器に対しても 1 つのプロキシで対応する。プロキシの中に立ち上げるノードをプロキシノードと呼ぶことにする。

### 3.4 システム構成

提案システムの構成を図 6 に示す。本研究ではゲートウェイとプロキシの機能を 1 つの機器で実現することで、システムをシンプルにする。以下の説明ではゲートウェイとプロキシを兼ねた機器を、単に「ゲートウェイ」と呼ぶことにする。ゲートウェイには Universal P2P 通信を行うためのゲートウェイノードとプロキシノードがあり、これを用いて AV 機器と携帯端末間の動画配信を実現する。次に、システムを

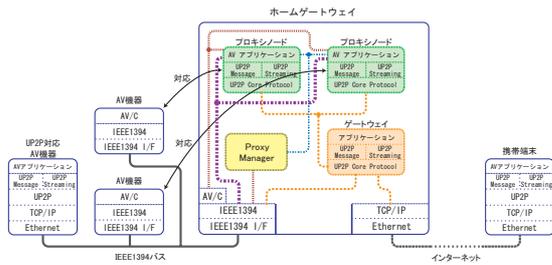


図 6: システム構成

構成する各要素の詳細を述べる。

プロキシノード前節で述べたように、プロキシノードは既存の AV 機器を Universal P2P ネットワークに参加させるためのものである。プロキシノードはゲートウェイの中で動作しているが、論理的には AV 機器と 1 対 1 の関係にあるノードである。プロキシノードは主に次の 3 つの機能を果たす。

- AV 機器の代理となって Universal P2P 通信を行う。
- 送られてきた AV 機器への制御メッセージに基づいて AV/C コマンドを発行し、AV 機器の制御を行う。
- AV 機器から受信した映像や音声データを適切な形式に変換し、携帯端末に送信する。

この 3 つの機能により、システムの Universal P2P より上の層からは既存の AV 機器を Universal P2P に対応したものと扱うことができる。よって、Universal P2P の対応の有無に関係なく、携帯端末から AV 機器を制御し、動画を受信することが可能になる。

なお、以下では Universal P2P の層で AV 機器に対応するノードを「AV 機器ノード」と呼び、そのうち、ゲートウェイ上で動作しているものを特に「プロキシノード」と呼ぶことにする。また、携帯端末に対応するノードを、「携帯端末ノード」と呼ぶことにする。

#### ゲートウェイノード

ゲートウェイノードは、ゲートウェイ上で動作する Universal P2P ノードであり、異なるネットワークを接続するとともにセキュリティ上の問題を解決するものである。家庭内のノードに対する通信はすべてゲートウェイノードを経由するため、ゲートウェイノードがそれらの通信をフィルタリングすることで、外部のノードからの不正なアクセスを排除できる。

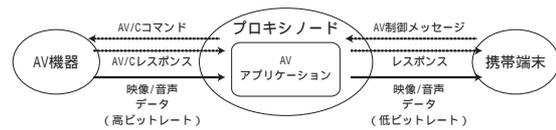


図 7: AV アプリケーションの動作

また、本システムでは、ゲートウェイノードと AV 機器ノードをスター型に接続する。これにより、携帯端末はゲートウェイノードに対して、2 ホップのブロードキャストを行うことにより、すべての AV 機器のノードと通信できる。

#### AV アプリケーション

プロキシノードで動いている AV アプリケーションは、そのうち AV/C コマンドを発行して AV 機器を制御する機能と AV 機器から受信した映像や音声データを変換して携帯ノードに送信する機能を担う。AV アプリケーションの動作を図 7 に示す。携帯ノードから動画の再生メッセージを受け取ると、それに対応した AV/C コマンドを発行する。AV/C コマンドによって AV 機器が再生され、その出力としてアイソクロナス転送により動画のデータが送信される。AV アプリケーションはそのデータをパケット単位で受信し、AV アプリケーションの中でトランスコードを行う。トランスコードは、動画のビットレートを携帯ノードの通信帯域に合わせて落とすことと携帯ノード側で再生可能な形式にするために必要となる。

#### プロキシマネージャ

プロキシマネージャは、既存の AV 機器が IEEE1394 バスに接続されたときに、その機器に対応するプロキシノードを自動的に立ち上げる機能を果たす。これにより、ユーザーは、AV 機器が Universal P2P に対応しているか否かを気にすることなく、システムを利用することが可能になる。

プロキシマネージャは次の 2 つの処理を行う。

- IEEE1394 バスを監視し、AV 機器の接続に連動してプロキシノードを起動または停止させる。
- AV 機器の IEEE1394 ノード ID が変更された場合、プロキシノードにそれを通知する。

Universal P2P ネットワークでは各ノードは Universal P2P ノード ID によって識別され、IEEE1394 バスでは各機器は IEEE1394 ノード ID で識別される。Universal P2P ノード ID は不変であるが、IEEE1394 ノード ID は他の機器がバスに接続された場合などに变化する。そのため、プロキシマネージャは IEEE1394 ノード ID が変更されるとプロキシノードにそれを通知する必要がある。

IEEE1394 ノード ID が変化した場合、プロキシマネージャは各機器の EUI-64 を問い合わせる。EUI-64 は各機器を一意に識別するための 64 ビット長の ID である。それによって、プロキシマネージャは変化した IEEE1394 ノード ID と不変の Universal P2P ノード ID との対応関係を再構成し、各ノードの接続を維持する。

## 4 提案システムにおけるストリーミング

### 4.1 AV 機器制御プロトコル

本研究では、IEEE1394 バスに接続した AV 機器を制御するために、AV/C プロトコルを用いた。AV/C はシステム環境に合わせて修正することが可能な体系となっている。そのため、これを Universal P2P プロトコルの制御メッセージと対応付け、提案システムに接続される AV 機器の制御を行った。

Universal P2P 制御プロトコルでは AV 機器の制御メッセージを送信するノードをコントローラと呼び、コマンドを受信するノードをターゲットと呼ぶ。この両者の間でメッセージをやり取りすることにより、AV 機器の制御を実現する。

AV 機器の制御メッセージには、Control、Status、Notify というリクエストメッセージと、それらに対する Control Response、Status Response、Notify Response というレスポンスメッセージが存在する。

Control メッセージは AV 機器の動作を制御するための、Status メッセージは AV 機器の状態を問い合わせるためのメッセージである。Notify メッセージは、AV 機器の状態が変化した場合に通知するように依頼するメッセージである。これらのリクエストメッセージを受信したターゲットはそのメッセージに基づき、AV/C を用いて所定の処理を行った後、対応するレスポンスメッセージを使ってコントローラに結果を通知する。

### 4.2 ストリーミング

提案システムの Universal P2P ストリーミングの概念図を図 8 に示す。本システムでは、ストリーミングのプロトコルとして Universal P2P ストリーミング転送プロトコルを使用する。この転送プロトコルは狭い通信帯域にも対応可能な UDP プロトコルであり、携帯端末などで使っている無線通信でも用いることができる。ただし、UDP プロトコルであるため、確実な転送は保証されない。

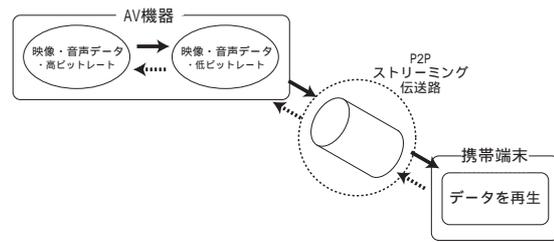


図 8: P2P ストリーミングの概要

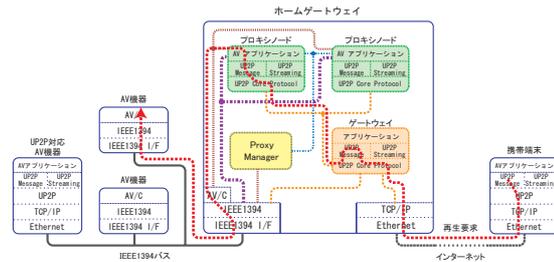


図 9: 提案システム上の制御メッセージの流れ

図 8 中の AV 機器において高解像度かつ高ビットレートの映像データはトランスコードされ、携帯端末との通信に適した低解像度かつ低ビットレートの映像データに変換されてから P2P ネットワークを通して携帯端末に転送されることとしている。しかし、既存の AV 機器は映像データの低ビットレート出力や P2P ネットワークを介したストリーミングに対応していない。そのため本研究では、プロキシノードで AV 機器から出力される映像データのトランスコードと、Universal P2P ストリーミングプロトコルを用いた配信を行う。提案システムでは、AV 機器の映像データ出力形式として MPEG2-TS を想定し、携帯端末との通信では MPEG4 形式を用いることとした。配信の全体的な流れを図 9、10 に示す。前者は再生要求のメッセージの流れを、後者はストリーミングデータの流れを示す。

本システムにおける P2P ストリーミング機構の構

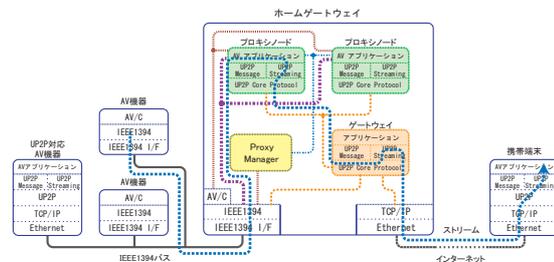


図 10: 提案システム上のストリームの流れ

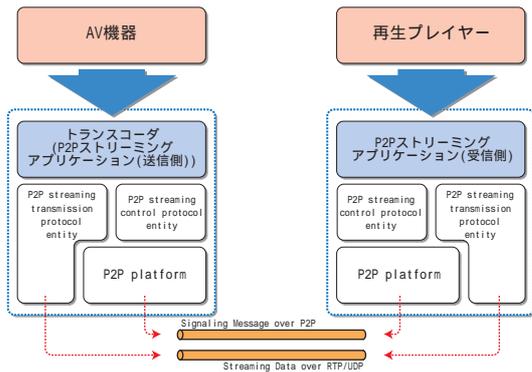


図 11: P2P ストリーミングの構成

成を図 11 に示す。この図に示されている P2P ストリーミングアプリケーションは、ストリーミングの送信側とストリーミングの受信側間のデータの送受信を、P2P プロトコルを介して実現するためのアプリケーションである。送信側は AV 機器が接続されている IEEE1394 バスから映像データを受信してアプリケーション層でトランスコードを行った後、変換された映像データを送信する。受信側は映像データを受信し、再生アプリケーションに渡して動画再生を行う。

Universal P2P ストリーミングのデータ配信方式には、送信側主導型と受信側主導型がある。前者はユニキャストのストリーミングを行うためのものであり、後者はマルチキャストのストリーミングを行うためのものである。本研究では受信側として用いられる携帯端末の通信帯域が狭いため、比較的ネットワークの負荷が少ない送信側主導型のストリーミングを用いた。

## 5 実装と動作検証

### 5.1 実装

図 5 に示した提案システム上でプロキシの AV アプリケーションと携帯端末の AV アプリケーションの実装を行い、AV 機器と携帯端末間の動画配信システムを構築した。本研究における実装を図 12 に示す。システムの実装はプロキシの AV アプリケーション内のアイソクロナス・パケット受信部、トランスコーダ、Universal P2P ストリーミング送信部と、携帯端末内の Universal P2P ストリーミング受信部と動画再生部からなる。アイソクロナス・パケット受信部は AV 機器から出力される MPEG2-TS 形式の映像データを IEEE1394 バスから受信し、トランスコーダに渡す。トランスコーダは受信した MPEG2-TS

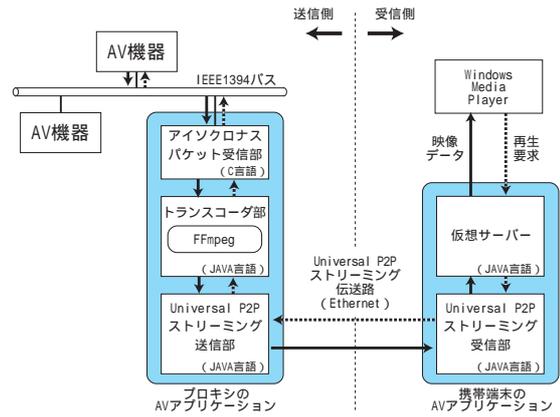


図 12: Universal P2P ストリーミングの実装

形式の映像データを MPEG4 形式に変換する。変換後、映像データは P2P ネットワークを介して、携帯端末側に送信され、受信部側で再生が行われる。

AV 機器は、IEEE1394 端子が装備されており、AV/C の制御が行えるビデオレコーダーとして、松下電器産業株式会社の NV-DHE20 を使用した。ゲートウェイとプロキシは、同一のコンピュータ上に実装した。コンピュータには市販の IBM PC/AT 互換機を用い、OS としては IEEE1394 バスを読み書きするためのライブラリのソースが公開されている Linux を用いた。プロキシの AV アプリケーションの実装は、Universal P2P プロトコルの API (Application Programming Interface) が提供されている JAVA 言語を用いて行った。ただし、JAVA 言語には IEEE1394 バスを読み書きするためのライブラリがないため、IEEE1394 を読み書きする部分に関しては C 言語を用いて実装を行い、JNI(Java Native Interface) を用いて Java 言語からこれを呼び出すことにした。プロキシの AV アプリケーションの実装詳細は以下のとおりである。

#### アイソクロナス・パケット受信部

IEEE1394 を読み書きするためのライブラリである libraw1394、libavc1394、libplug1394、librom1394 を用いて C 言語で作成した。各パケットには 4 バイトのアイソクロナス・パケットヘッダ、8 バイトの CIP (Common Isochronous Packet) ヘッダ、4 バイトのソースパケットヘッダが存在しており、MPEG2-TS の受信時にはこれらの部分を除去する必要がある。アイソクロナス・パケット受信部ではこれらのパケットから MPEG2-TS 形式のデータを読み取り、Linux の標準出力モードを使ってトランスコーダ部に対してデータの送信を行う。

#### トランスコーダ部

コーデックは FFmpeg を使用した。FFmpeg は様々

な映像形式のデコードとエンコードに対応している。今回の実装では MPEG2-TS のデコーダと MPEG4 へのエンコーダとして用いた。トランスコーダ部では受信した MPEG2-TS 形式のデータを一度デコードし、ASF (Advanced System Format) 形式の MPEG4 データに再エンコードする。

#### Universal P2P ストリーミング送信部

Universal P2P プロトコルを利用するために JAVA 言語で作成した。Universal P2P ストリーミング送信部はストリーミングに必要な情報の設定を行い、受信部からの再生要求を受信する。トランスコーダによりエンコードされた ASF 形式の MPEG4 データを、一定長のパケット単位で P2P ネットワーク上の受信部に対して送信する。MPEG4 の送信には Universal P2P ストリーミング転送プロトコルを用いた。

携帯端末は IBM PC/AT 互換機で代用した。携帯端末の AV アプリケーションの作成には、Universal P2P プロトコルの API が使えることからプロキシと同じく JAVA 言語を用いた。携帯端末の AV アプリケーションは、Universal P2P ストリーミング受信部と動画再生部に分けられる。前者は受け取った MPEG4 データを動画再生部に渡すものであり、送信部と同じく、JAVA 言語で作成した。後者は MPEG4 の再生アプリケーションとして一般的に使われている Microsoft 社の Windows Media Player を使用したが、これに直接 ASF 形式の MPEG4 データを入力するためには複雑な機構を必要とするため、受信部中に MPEG4 を配信するための仮想サーバーを設け、映像データのリクエストとレスポンスの処理を代行するようにした。

本研究で実装したシステムの動作確認のため、各実装部を接続し、ビデオレコーダーと携帯端末間で動画配信をする実験を行った。この結果、動画の配信は問題なく行うことができた。但し、トランスコーダとして用いる FFmpeg が AV 機器からのパケット受信開始後、約 20 秒間のバッファリングを必要とするため、AV 機器と受信側間の動画配信に遅延が発生する。この問題に関してはトランスコーダを別のものにすることで改善できると考えている。

## 6 おわりに

本稿では、P2P 技術に基づき、家庭の内外を結ぶ動画配信システムの検討と構築を行った。今回の実装では Universal P2P プロトコルを用いた動画配信システムの構築を行い、リアルタイムのストリーミングを実現した。これによって、様々なネットワークから家庭内の情報家電に接続し、利用することが

可能となる。今後はこのプロトタイプ実装の評価を進め、システムの完成度を高めるとともに、具体的なアプリケーション、サービスまで視野に入れた試作と実証実験に取り組んでいきたい。

## 謝辞

本研究をすすめるにあたって京都大学大学院 情報学研究所 美濃教授、京都大学 学術情報メディアセンター 沢田助教授に貴重なご議論、ご助言を頂いた。また、本研究の一部は「研究拠点形成費補助金(21世紀COEプログラム)課題番号 14213201」の支援を受けている。

## 参考文献

- [1] 木全哲也, 越智直紀, 泉知論, 小俣栄治, 石川憲洋, 中村行宏. モバイル P2P ネットワークにおける AV 機器制御システムの構築. マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2004) 資料集, pp. 449-452, July 2004.
- [2] 小俣栄治, 石川憲洋, ヨハン・ジェレム, 村上慎吾, 泉知論, 中村行宏. P2P マルチキャストストリーミングに関する検討. マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO2004) 資料集, pp. 445-448, July 2004.
- [3] T. Kato, N. Ishikawa, H. Sumino, J. Hjelm, Y. Yu, and S. Murakami. A platform and applications for mobile peer-to-peer communications. In *Proc. of The Workshop on Emerging Applications for Wireless and Mobile Access (MobEA)*, May 2003.
- [4] 加藤剛志, 石川憲洋, 角野宏光, ヨハンジェレム, 宮津和弘, 村上慎吾. Jupiter: コピキタス通信に向けた peer-to-peer ネットワーキングプラットフォーム. Technical Report 2003-UBI-2, 情報処理学会, November 2003.