

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検討

越智 直紀 † 木全 哲也 †† 鳴谷 篤人 †
泉 知論 † 小俣 栄治 †††
石川 憲洋 ††† 中村 行宏 †

様々なユーザー、機器が参加する次世代のネットワークとしてピア・ツー・ピア・ネットワークが注目されている。特にいつでもどこでも利用可能な携帯端末をサポートするネットワークとして、Mobile P2P が提案されている。本稿では、きたるべきユビキタス社会におけるアプリケーションとして、携帯端末と情報家電を連携したサービスの実現をめざし、その制御方式ならびにシステム構成を提案する。提案システムは外部ネットワークとのゲートウェイ、Mobile P2P ノードとしての機能を実現するプロキシ、プロキシマネージャからなる。情報家電としては標準的なインターフェース、制御方式である IEEE1394 AV/C を装備した AV 機器をターゲットとし、Mobile P2P を介したメッセージ通信により情報機器の遠隔操作、予約操作などの機能を実現する。

A Control System for AV Appliances over Mobile P2P Network

NAOKI OCHI,† TETSUO YAMAZAKI,†† KATSUHIKO SHIGIYA,
TOMONORI IZUMI,††† EIJI OMATA,††† NORIHIRO ISHIKAWA,
and YUKIHIRO NAKAMURA †

Recently, peer-to-peer network is in the limelight for every user and every appliance to be involved. Mobile P2P is proposed as peer-to-peer network especially for mobile terminals. In this paper, a system architecture to control AV appliances over Mobile P2P is proposed for cooperation of AV appliances at home and mobile terminals. The proposed system consists of a gateway to connect home network and global network, proxies to serve as P2P nodes for AV appliances, and a proxy manager, and adopts widely-used IEEE1394 AV/C standard as the interface and protocol for AV appliances. Services as remote control of AV appliances and booking are realized by message passing through Mobile P2P.

1. はじめに

前世紀末よりインターネットが急速に普及し、特に近年は ADSL や FTTH の低価格化から常時接続ブロードバンドネットワークが一般家庭のユーザーにも広く普及してきている。また、本来通話が主な機能である携帯電話においても、メールやウェブなどのインターネット利用が拡大しており、現在では W-CDMA

や cdma2000 など高速データ通信可能な第3世代携帯電話が普及しはじめている。このようなネットワークの発展を受けて、特に近年急速にデジタル化、高機能化が進んでいる AV 機器を中心とした情報家電もネットワークに接続されつつある。

「いつでも」「どこからでも」「様々な機器に」アクセスするために、異なる通信方式を採る、あるいは異なるネットワークに属す様々な機器、移動等によって接続状態が変化する携帯機器の相互接続技術、また、より高度なサービス提供方式が必要となる。これを実現する技術として、ピア・ツー・ピア (Peer to Peer、以下 P2P) ネットワークに期待が寄せられている。P2P ネットワークでは、機器 (ノード) は自由にネットワークに参加・離脱でき、また、個人の携帯電話や PDA と家庭内の情報家電などいちノード同士で情報やサービスのやりとりをすることができる。

本稿では、携帯端末と情報家電を連携したサービス

† 京都大学大学院 情報学研究所 通信情報システム専攻
Department of Communications and Computer Engineering, Graduate School of Informatics, Kyoto University

†† 京都大学 工学部 電気電子工学科
School of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Kyoto University

††† NTT DoCoMo マルチメディア研究所 モバイルインターネット研究室
NTT DoCoMo, Inc. Multimedia Laboratories

の実現をめざし、P2P ネットワーク上での情報家電の制御方式ならびにそのシステム構成を提案する。P2P ネットワークとしては、特に携帯電話などの携帯機器の参加を狙って NTT DoCoMo により開発されている Mobile P2P¹⁾ を用いる。Mobile P2P は OSI リファレンスモデルにおけるアプリケーション層における疎結合ネットワークであり、トランスポート層以下が異なるネットワーク間であっても「アドホックな 1 対 1 通信」「分散リソースの利用」「シームレスな相互認証」を可能とする。情報家電としては、現在広く普及している IEEE1394 ならびに 1394 AV/C (以下、AV/C) 通信・制御方式を装備した AV 機器を対象とする。IEEE1394 は FireWire や i.Link とも呼ばれ、プラグ・アンド・プレイ、帯域保証転送、ホスト不要、高速などの特長をもつシリアルバス規格であり、1394 AV/C は AV 機器の IEEE1394 による相互接続のための統一的な制御方式の規格である。提案システムは外部ネットワークとのゲートウェイ、Mobile P2P ノードとしての機能を実現するプロキシ、プロキシマネージャからなり、Mobile P2P を介したメッセージ通信により情報機器の遠隔操作、予約操作などの機能を実現する。本稿では、そのノード構成、システム構成、レイヤ構成、制御方式、アプリケーションについて議論する。

以下、第 2 章では Mobile P2P を、第 3 章では IEEE1394 ならびに 1394 AV/C を紹介し、第 4 章にて提案システムの構成と制御手法について述べ、第 5 章でまとめと展望を述べる。

2. Mobile P2P

2.1 概要

現在インターネットでは、情報を提供する比較的少数のサーバーに多数のクライアントが接続する、クライアント・サーバー型のネットワーク形態が主流である。このネットワーク形態では、クライアントがサーバーに要求を出し、それに対してサーバーがサービスを提供するという形態をとる。そのため、クライアントの数が増大してくると、サーバーにはより多くの計算資源が必要となる。また、扱うデータ量が大きくなっていくと、サーバーの計算資源だけでなくネットワークの容量も問題になってくる。

P2P は、これらの問題を緩和可能なネットワーク形態として注目を集めている。P2P ネットワークでは、ネットワークに参加する各端末同士が直接通信することでネットワークを形成する。そのため、特定の端末

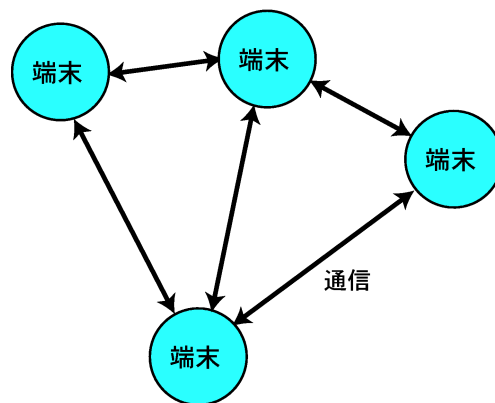


図 1 ピア型 P2P ネットワーク

にアクセスが集中するような事態が起こりにくい。また、クライアント・サーバー型ネットワークでは、サーバがネットワークから切断されると、最悪ネットワークが停止してしまうおそれがあるが、P2P ネットワークでは各端末同士で通信するため、そのようなことは起こりにくい。

P2P ネットワークには、大きく分けてピア型 (図 1) とハイブリッド型 (図 2) の 2 種類が存在する。いずれも、各端末同士が直接通信を行うことでネットワークを形成する点については同じであるが、通信を行う相手を探るための仕組みが異なる。ピア型では、端末は自分の求めているサービスを提供してくれる端末を他の端末に問い合わせる。ハイブリッド型では、各端末が持つサービスを把握するサーバーが存在しており、各端末はサーバーにその情報を問い合わせる。ハイブリッド型ではサービス検索などが容易になる反面、ネットワークからサーバが切り離されるとネットワーク機能が停止するおそれがある、という欠点を持つ。

Mobile P2P は、携帯電話や PDA などの携帯端末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、NTT DoCoMo によって開発が進められているプロトコルであり、以下に述べるような、「アプリケーションレイヤのプロトコル」「アドホック的な 1 対 1 通信」「分散されたリソースの利用」「シームレスな相互認証」といった特徴を持っている。

2.2 ネットワーク形態

Mobile P2P は、OSI リファレンスモデルにおけるアプリケーションレイヤのプロトコルであり、図 3 のような構成になっている。Mobile P2P 上で動作するアプリケーションは、最上位レイヤのプロトコル群を使って通信を行う。Mobile P2P Core Protocol 部が

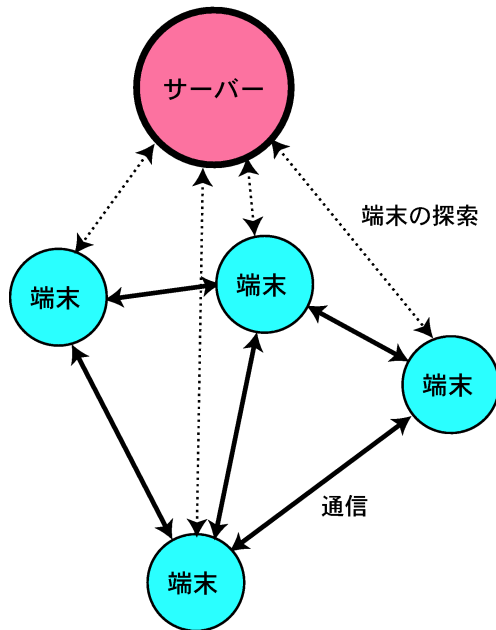


図 2 ハイブリッド型 P2P ネットワーク

下位レイヤの相違を吸収するため、Mobile P2P 上のアプリケーションは下位レイヤの種類に依存せず動作可能である。

ネットワークに参加する機器はノードと呼ばれ、ピアノード、コントロールノード、ゲートウェイノードの 3 つに分類される。各ノードはそれぞれ 128 ビット長のユニークなノード ID を必ず 1 つ持っており、通信の際はこのノード ID を用いて通信相手を指定する。ピアノードは Mobile P2P ネットワークに参加する通常のノードであり、コントロールノードはハイブリッド型ピアツーピアネットワークにおけるサーバーに相当するものである。ゲートウェイノードは、ピア型とハイブリッド型を接続するためのノードである。Mobile P2P ネットワーク形態の概念を図 4 に示す。

通信様式には、ユニキャスト、マルチキャスト、ブ

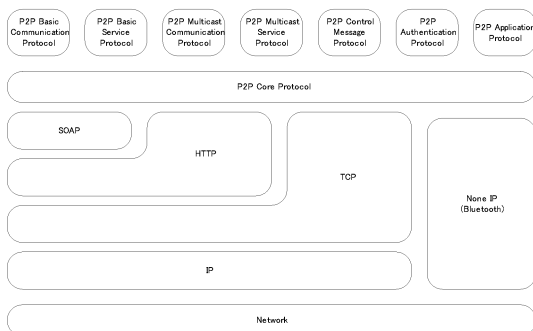


図 3 Mobile P2P プロトコルスタック

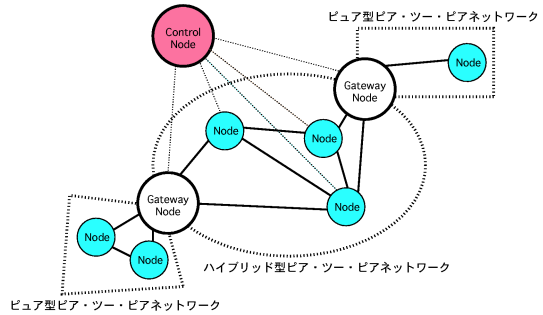


図 4 Mobile P2P ネットワーク形態

ロードキャストの 3 種類がある。ユニキャストは、特定の 1 つのノードと 1 対 1 で通信する様式である。マルチキャストは、マルチキャストグループと呼ばれる特定のノード集合と通信する様式である。マルチキャストグループに対してメッセージを送ると、そのグループに属する全てのノードに対してメッセージが転送される。ブロードキャストは他の全てのノードと通信する様式であり、各ノードが受け取ったメッセージを次々と他のノードへ転送することで実現される。

2.3 通信フォーマット

Mobile P2P は、通信のフォーマットとして XML (eXtensible Markup Language) ☆を用いる。XML は文書構造を記述する為の言語の 1 つであり、文書に対して独自の論理構造を定義する事が可能である。このため Mobile P2P を使用する各アプリケーションは、それぞれの用途に合った論理構造もつ文書を定義し、それを用いて通信することが可能となる。また XML を用いた通信の他にも、動画データなどのストリーミングを行うための仕組みについて現在検討が進められている。

3. IEEE1394

3.1 IEEE1394 概要

IEEE1394 は高性能でユーザビリティに優れたシリアルバスとして、1394 Trade Association (以下、1394 TA) ☆☆によって規格化が進められている。一般には、i.Link や FireWire と呼ばれることが多い。

IEEE1394 ネットワーク上には、ホストやサーバなどは存在しない。また、プラグアンドプレイ (以下 PnP) やホットスワップにも対応しているので、利用

☆ www.w3.org/XML

☆☆ www.1394ta.org

者は何時でも即座に、設定することなく利用することができる。また、機器に応じて AV/C や SBP-2 などの標準化されたアプリケーションレイヤプロトコルが用意されており、IEEE1394 を利用するデバイスの多くはこれらを用いているので、ユーザは機器の製造メーカを意識する必要はない。

現在の IEEE1394 デバイスの大半は、400Mbps、200Mbps、100Mbps の 3 つの異なる転送速度に対応している。また、800 Mbps の転送速度を持つ IEEE1394b (FireWire800) * 製品も市場に登場している。

通信方式には大きく分けて、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用いられるアイソクロナス転送の 2 種類がある。アシンクロナス転送は、非同期的にデータの通信をする際に用いられる。相手ノードに確実にパケットを送信することを保証し、送受信の遅延時間は保証しない。送信ノードはヘッダー情報と実データを指定先のノードに送信し、受信ノードはアックノリッジパケットを返信することでパケットを受け取ったことを知らせる。アイソクロナス転送は、同期的にデータの通信をする際に用いられる。一定時間内に一定量のデータ送信を保証するが、相手にパケットが確実に届くことは保証しない。データは特定のノードに送られるのではなく、チャネルと呼ばれる仮想の伝送路に対して送られる。

IEEE1394 は図 5 のように、機器に応じて用意さ

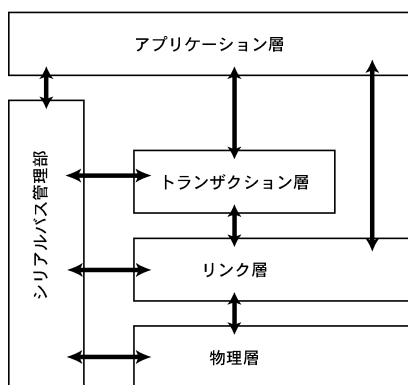


図 5 IEEE1394 レイヤ構成

れる AV/C などのアプリケーションプロトコルを処理するアプリケーションレイヤ、非同期の書き込み命令と読み込み命令および、それに伴うデータを受け付けるトランザクションレイヤ、トランザクションレイ

ヤからの命令やデータを受け付け、それらをパケットに入れて物理レイヤに渡すリンクレイヤ、論理シンボルを電気信号に変換したり、バスの初期化やアービトレーションを行う物理レイヤの 3 つのレイヤと、それらを制御するシリアルバス管理部からなる。

3.2 AV/C

AV/C の正式名称は Audio Visual Control Digital Interface Command Set²⁾ であり、IEEE1394 などのネットワークでつながった AV 機器を制御するための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 (Digital VCR) の制御を IEEE1394 で行うために開発され、その後 IEEE1394 端子を持つさまざまな AV 機器を制御するために開発が進められた。シンプルな AV 機器にも実装できるように、必要最小限の手順で機能が実現するようになっている。AV 機器そのものをユニット (Unit) と呼び、その中に機能を実現するための単数または複数のサブユニット (Subunit) がある。たとえば、ビデオカメラならば図 6 の様に、カメラサブユニットとテープレコーダサブユニットによって構成される。

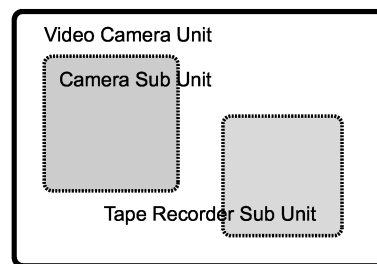


図 6 ユニットとサブユニット

AV/C におけるコマンドやデータのやりとりを、AV/C トランザクション (AV/C Transaction) と呼ぶ。これは、コマンドを発行する側をコントローラ、実行する側をターゲットとする、アシンクロナス転送を用いる 1 対 1 通信である (図 7)。

それぞれのユニット、サブユニットに対しては、必ず実装すべきコマンドと、それぞれの機能を対象に作成されたコマンドが用意されている。使用できるコマンドは、ユニットやサブユニット毎に仕様で決められている。単純にターゲットに動作を行わせるコマンドだけではなく、ターゲットの情報を取得するためのコマンドが豊富にあるので、機器から離れた場所からでも比較的容易に AV/C を使って機器の操作を行うことが可能である。

* www.1394ta.org/Technology/About/1394b.htm

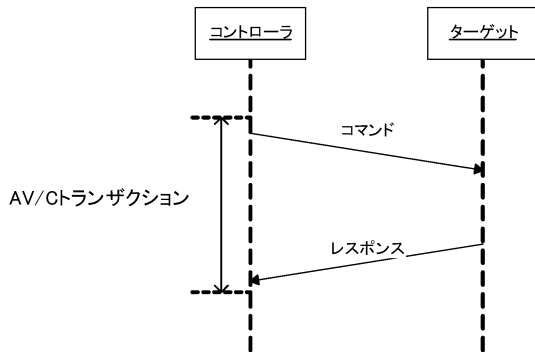


図 7 IEEE1394 AV/C のユニット・サブユニット構成

4. 提案システム

4.1 システム概要

本章では、携帯端末からの AV 機器の制御を実現のためのシステムについて検討し、提案する。携帯端末と AV 機器との間の通信プロトコルは Mobile P2P を用い、制御用プロトコルとして Mobile P2P AV 機器制御プロトコルを用いる。このシステムを実現するためには、独自の Mobile P2P レイヤと AV アプリケーションレイヤを持ち何らかのネットワークに接続された AV 機器ノードが必要である。また、セキュリティ対策およびネットワークの明瞭な区分のため、外部ネットワークと内部ネットワークの接続および、下位ネットワークレイヤの接続を行うゲートウェイを用いる (図 8)。

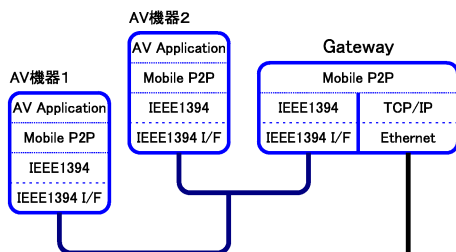
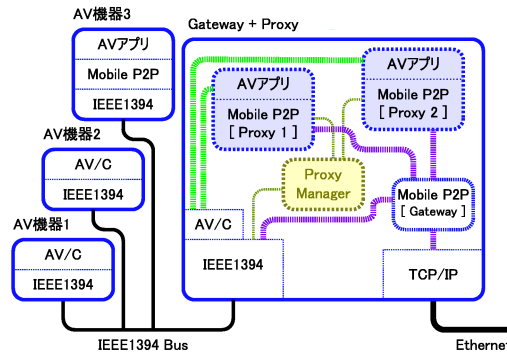


図 8 ネットワーク構造

ただし、この構成を実現するには、Mobile P2P レイヤおよび AV アプリケーションレイヤを持っている AV 機器が必要となるが、現在このような機器はない。そこで本研究では、Mobile P2P 通信を代行して AV 機器の制御を行うノードをプロキシと呼び、このプロキシについても検討、提案する (図 9)。このようなシステムを構成することで、直接 Mobile P2P ネットワークに参加できる機器のみならず、既存の AV 機



AV機器1を[Proxy 1]で、AV機器2を[Proxy 2]で、それぞれMobile P2P通信を代行。AV機器3は直接Mobile P2PおよびAVアプリケーションで通信。

図 9

器を Mobile P2P ネットワークに参加させることが可能になり、利便性と柔軟性の向上が可能であると考えられる。今回の研究では、IEEE1394 に接続可能で AV/C を用いた制御が可能な AV 機器を用いることを想定する。プロキシは、通信には Mobile P2P プロトコルを用い、受信した AV アプリケーションのデータを基に AV/C を用いて AV 機器を制御する。

4.2 レイヤ構成

Mobile P2P ネットワークに直接参加できる AV 機器のレイヤ構成は図 10 のようになる。AV 機器には何

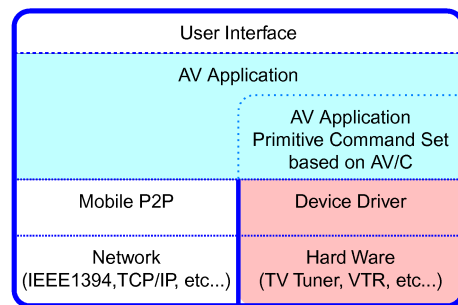


図 10 レイヤ構成 : AV 機器

らかのネットワーク端子が付いているものとし、その端子を使ってモバイル P2P による通信を行う。モバイル P2P による通信には AV アプリケーションレイヤが応答し、通信内容に基づいてデバイスドライバを用いて機器の制御を行う。携帯端末についても、AV 機器と同様に何らかのネットワーク接続手段を持っているものとし、それを使用して Mobile P2P による通信を行う。また端末上では AV 機器を制御するためのアプリケーションが動いており、ユーザーはこのアプリケーションを操作し、アプリケーションは入力され

た情報に基づいて AV 機器の制御メッセージをモバイル P2P で送信する。

プロキシを用いたシステムのレイヤ構成は、図 11 のようになる。プロキシは一般的なパーソナルコン

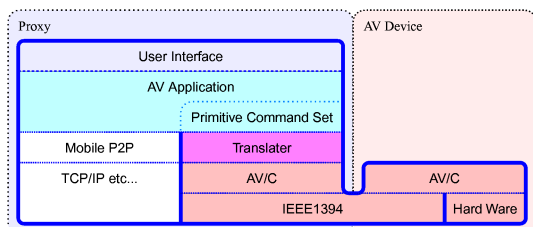


図 11 レイヤ構成：プロキシ

ピュータを用いて実装する。なお、Mobile P2P は現在開発中であり、ストリーミングに関する実装はまだ成されていないが、例えば IEEE1394 アイソクロナス伝送のような Mobile P2P より下位のレイヤに存在するストリーミングチャンネルを、Mobile P2P で制御する、という方式を採る予定である。

4.3 ノード構成

本節で述べるノードは、全て Mobile P2P ネットワークにおけるピアノードである。

プロキシが外部ノードと通信を行う際に窓口となり、下位ネットワークレイヤの接続などを行うノードがゲートウェイである。ただしこれは、ハイブリッド型とピュア型の間に設置されるゲートウェイノードとは異なるものである。本節で述べるゲートウェイは、Mobile P2P に必須というわけではない。しかし、外部ノードがこのようなノードを経由せずに直接 AV 機器やプロキシと通信を行えるのは、セキュリティ的に好ましくない。ゲートウェイの設置によって、ネットワークを適切に区分でき、外部ノードと内部ノード間の不適切な通信を遮断することができる。また、外部とのアクセスを一手に担うことで、プロキシの設計が明瞭なものになる。

AV 機器ノードはそれ自身が Mobile P2P のピアノードとして振る舞う。既存の AV 機器を代理するプロキシは、前節で述べた通り Mobile P2P を用いた通信を行い、受信したメッセージを基に AV/C を用いて AV 機器の制御を行う。また、即時的な動作の制御だけではなく、録画予約などの様な制御を行うため、タイマ機能を搭載する。ゲートウェイとプロキシは、図 12 の様にゲートウェイを中心とするスター型のネットワークトポロジを採る。

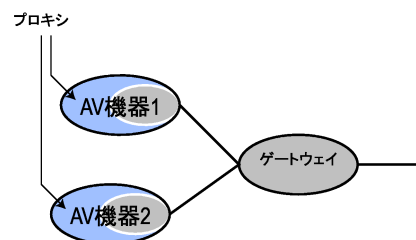


図 12 トポロジ

このプロキシや IEEE1394 ネットワークなどを適切に管理するために、プロキシマネージャを用意する。プロキシマネージャはプロキシおよび IEEE1394 バスの管理を行うため、次の 2 つの作業を行う。

- プロキシの起動と停止

IEEE1394 バスに新たに AV 機器が接続されたとき、その機器に対応するプロキシを立ち上げる。また、その機器がバスから切り離されたときにプロキシを停止させる。

- プロキシへの IEEE1394 ノード ID の通知

各ノードは、モバイル P2P ネットワークではモバイル P2P ノード ID によって識別され、IEEE1394 バス上では IEEE1394 ノード ID で識別される。AV/C を使って AV 機器を制御する場合は IEEE1394 ノード ID が必要なので、プロキシは起動中この情報を保持する必要がある。また、IEEE1394 バス上で機器の参加や離脱が起これると、バス上の全てのノード ID が変化するバスリセット (Bus Reset) が発生するので、その際に変化した IEEE1394 ノード ID を再度プロキシに通知する必要もある。プロキシマネージャは、GUID と P2P ノード ID の対応表および IEEE1394 ノード ID と P2P ノード ID の対応表を管理する。なお、GUID は IEEE1394 端子に割り当てられるユニークな 64bit の ID であり、IEEE1394 ノード ID とは異なるものである。バスリセットを検出すると、プロキシマネージャはバス上の機器に対して GUID と IEEE1394 ノード ID を問い合わせる。得られた結果を用いて、IEEE1394 ノード ID と P2P ノード ID の対応表の更新する。そして、各プロキシに対して IEEE1394 ノード ID と P2P ノード ID の対応表の通知を行う。

4.4 システム構成

本節では、これまでに述べたシステムの実装に向けた詳細について述べる。

AV 機器は、前述の通り IEEE1394 および AV/C が利用できる機器とし、プロキシを介して制御する。プロキシおよびゲートウェイは一般のパーソナルコンピュータを用いて実装する。このようにして構成されるネットワークを、図 13 に示す。PC には、Ethernet および IEEE1394 インターフェースを用意し、AV/C を用いた AV 機器の制御および Mobile P2P の動作が可能な環境にする。

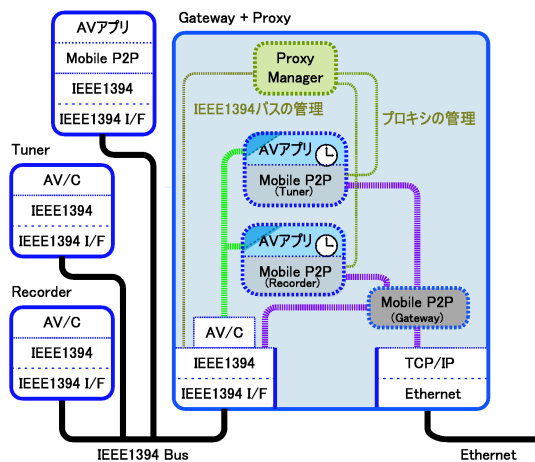


図 13 ネットワーク構成

4.5 AV 機器の制御

本研究がターゲットにするのは Mobile P2P より上位のレイヤであり、環境に依存しない AV 制御のためのフレームワークを構築することである。一方、第 3.2 節に示したように、AV/C は IEEE1394 バス上の AV 機器を制御するためのプロトコルとして策定された。このプロトコルは適度な抽象化が施されており、1 通りの AV 機器制御が可能になっている。この AV/C を参考に、Mobile P2P および XML の長所を生かす体系となるように修正を加えることで、Mobile P2P 用 AV アプリケーション用のプロトコルを作成した。通信の体系としては、AV/C と同様にコントローラとターゲットに分け、それらが 1 対 1 通信をする体系を考える。基本的には図 14 の様に、コントローラはユーザの持つ制御用端末、ターゲットは AV 機器であり、後に述べる複数ノードが連動する場合、AV 機器もコントローラになりうる。

制御手法に関しては、まず、電源の ON/OFF やビ

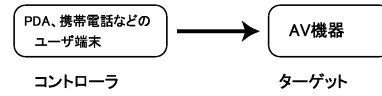


図 14 コントローラとターゲット

デオ録画、再生など、プリミティブなコマンドセットを作成する。図 14 の様に、制御用端末がコントローラ、AV 機器がターゲットになる。例として電源 ON/OFF のコマンドについて説明する。作成したプロトコルは、図 15 に示すフォーマットとした。

```
<PowerControl
  xmlns = "http://www.mml.yrp.nttdocomo.co.jp/KED/2004/03/p2p_av_ctr1"
  subunitType= "Tape Recorder/Player"
  subunitID = "1"
  <PowerStatus>On</PowerStatus>
</PowerControl>
```

図 15

次に、複数の機器を連携させて実行する場合について説明する。このような例としては、TV チューナ⁴⁾とビデオデッキ³⁾を用いて録画することが考えられる。図 16 制御用端末がコントローラ、TV チューナとビデオデッキがターゲットになる。この場合、制御を行う機器と連携して動作を行う AV 機器は、全て Mobile P2P ネットワークに接続されているので、必要なノード全てに対して制御コマンドを送信することで制御する。データのストリーミングなど AV 機器同士で連

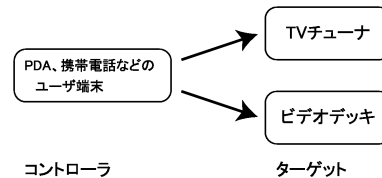


図 16 録画動作時のコントローラとターゲット

携する場合は、原則的にソースデータを持つ機器をコントローラとする (図 17)。この録画の場合は、TV チューナが動作主体となるコントローラである。

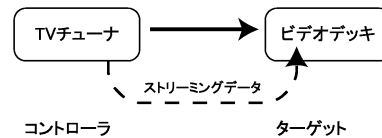


図 17 AV 機器同士で連携する場合

さらに、以上のような即時的な制御だけではなく、録画予約のような実行時間を指定する動作のフレームワークも検討する。録画予約をする時点では、コント

ローラは制御用端末、TV チューナとビデオデッキがターゲットとなる(図 16)。各ノードにはタイマを用意しているため、予約された時刻には制御用端末が無くても録画動作を行うことが可能である。よって録画を実行する際には、図 17 の様にソースとなる TV チューナをコントローラ、ビデオデッキがターゲットとする。即時的な制御では、AV 機器への制御メッセージ送信後すぐに実行されるため、必要なノードがそろっていない場合は制御メッセージ自体が送信できず、実行は行われない。しかし、時間指定を伴う制御の場合、制御メッセージを送信した段階で必要なノードが全てそろっていても、指定された時刻にノードがそろっていない場合が考えられる。よって、この検討にあたっては連携ノードが存在しない状況を検討する必要がある。この状況に対処するために、予約に対して一意に識別可能な ID を付与する。録画予約情報を持ったコントロールノードは、予約時刻になると、保持している予約 ID を持つ他のノードを探すために、ゲートウェイ内部のノードに対して問い合わせメッセージをブロードキャストする。このときに返信があったノードはネットワーク上に存在するので、これらのノードと連携して動作する。

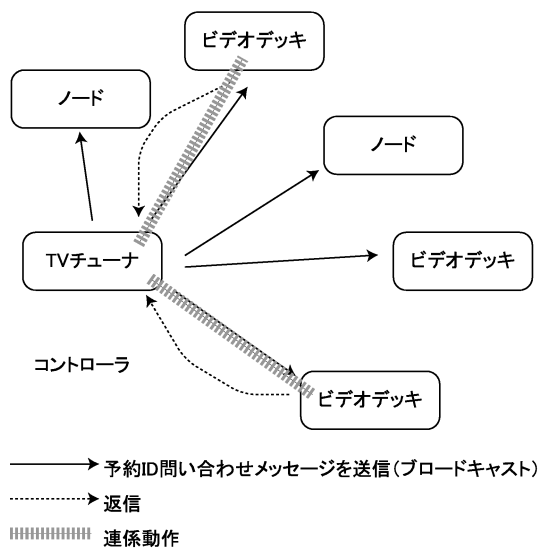


図 18 録画予約の実行

このように、一部のノードが存在しない場合でも動作に支障が生じないようにした。

5. ま と め

本稿では、携帯電話や PDA などの携帯端末を用い

て家庭内の AV 機器にアクセスするためのシステム構成を提案した。Mobile P2P 上により相互の通信を実現し、IEEE1394 ネットワークと外部のネットワークを接続するゲートウェイノード、仮想的に AV 機器に Mobile P2P ノードとしての機能を与えるプロキシノード、それらを管理するプロキシマネージャによりシステムを実現する。ノード相互の通信は Mobile P2P の XML メッセージとして実現し、Mobile P2P 上に実装されたアプリケーション層から 1394 AV/C を用いて AV 機器を制御する。アプリケーション層では、チューナーとレコーダーを用いた録画など複数機器の連動のための制御やストリームのとりあつかい、予約録画を実現するためのタイマーや予約実行などを実装する。提案システムは、1394 AV/C に限らず、それぞれの制御方式に応じてアプリケーション層からの機器制御を実装することで、さまざまな方式に対応することができる。今後は、提案システムの実装を進め、また Mobile P2P 向けストリーミング方式の検討と実装を進めていく。

謝辞 本研究におきましては、京都大学 学術情報メディアセンター 美濃導彦教授、沢田篤史助教授に貴重な御議論を頂きました。また、本研究は「研究拠点形成費補助金(21世紀 COE プログラム) 課題番号 14213201」の支援を受けております。

参 考 文 献

- 1) 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: ユビ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, 情報処理学会, ユビキタスコンピューティングシステム (UBI) 研究会報告, 2003-UBI-2 (15) (2003.11).
- 2) 1394Trade Association: AV/C Digital Interface Command Set General Specification Version 4.1, 2001.12.11
- 3) 1394Trade Association: AV/C Tape Recorder/Player Subunit Specification Version 2.2, 2001.12.11
- 4) 1394Trade Association: AV/C Tuner Subunit Model and Command Set, 2000.10.24