

Mobile-Wormhole Device: DLNA 情報家電の相互遠隔接続支援機構の携帯端末への応用

小山 卓視† 吳 敬源† 武藤 大悟† 吉永 努†

† 電気通信大学 情報システム学研究科

我々は、DLNA 情報家電を宅外から遠隔利用するためのソフトウェア開発に関する研究を行っている。本稿では、我々の開発した DLNA 遠隔通信支援ソフトウェア「モバイルワームホールデバイス: M-WD」の携帯端末への実装について報告する。M-WD を搭載した携帯端末を宅外の公衆無線 LAN や他のホームネットワークに接続することで、自宅の DLNA 情報家電との通信・コンテンツ共有を可能とする。実験的に複数のホームネットワークを構築し、一方のホームネットワークに参加した携帯端末上で遠隔ホームネットワーク上の DMS コンテンツの再生ができることを確認した。

Mobile-Wormhole Device: An application that implements a mechanism called assisted remote communication for a mobile device

TAKUMI KOYAMA† JING-YUAN WU† DAIGO MUTO† TSUTOMU YOSHINAGA†

† Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications

This paper reports a software application that implements a mechanism called assisted remote communication for a mobile device. We developed the software which we call Mobile Wormhole Device, this was installed on a cell phone. Previously we developed software-assisted remote communication mechanism which we called Wormhole Device on the PC. It worked on the PC, but the result of our research has produced WD that works also on the cell phone. Mobile Wormhole Device is also able to play multimedia contents. We carried out experiments that confirm that our software can access DLNA-based devices on home networks and play multimedia contents on the cell phone.

1. はじめに

近年、デジタル技術を組み込んだテレビ、HDD/DVD レコーダ、カメラ等の家電製品が広く普及しつつある。また、それらの中にはコンピュータネットワークに接続し、互いに協調動作を行うことも可能な機器も存在する。そのような機器同士の家庭内ネットワークは、ホームネットワークと呼ばれる。なかでも DLNA(Digital Living Network Alliance)ガイドライン[1]に準拠した AV 機器を中心とする情報家電とそのホームネットワークは相互接続性の良さから注目を浴びている。一方で、PC によるインターネット利用の普及とともにインターネット接続環境を持つ家庭が増加し、その多くは FTTH や ADSL などのブロードバンド回線を利用している。また、近年爆発的に普及した携帯電話などの携帯端末のおかげで、我々は屋内外問わずインターネットに接続、利用することができる環境を手にした。

現在、DLNA ガイドラインに準拠した機器を用いて構成されるホームネットワークは、その範囲を同一の家庭内に限定している。しかし、これら機器の利用範囲を屋外にまで拡張することは、ホームネットワークにおけるアプリケーションの応用の可能性を大きく広

げると考えられる。例えば、携帯端末から自由に自宅の HDD/DVD レコーダ等の DLNA 情報家電にアクセスし、いつでもどこでも機器内に蓄えられたマルチメディアコンテンツを再生する等のユビキタスコンピューティングシーンが想定されている。こうした背景の中で、我々は複数の家庭間や屋外からもホームネットワーク内のデジタル機器を制御、利用することができるコネクテッドホームに関する研究を行っている。

コネクテッドホームの研究において、我々は、ワームホールデバイス[2](以降 WD)と呼ばれるソフトウェアを提案している。WD は DLNA ガイドラインに準拠した機器同士を異なるホームネットワーク間で相互接続するための遠隔通信支援機構を提供する。本稿では、WD を持ち運び可能な携帯端末に応用し、屋外のネットワークからもホームネットワークに参加することができる仕組みを提案する。すなわち、先に述べたユビキタスコンピューティングシーンを実現するために DLNA 機器で構成されるホームネットワークの利用範囲を屋内のみにとどめず、屋外にまで広げる。

我々は携帯端末にて動作するモバイルワームホールデバイス(以降 M-WD)と呼ぶソフトウェアのプロトタイプを開発した。このソフトウェアを導入した携帯端

末を用いることにより、高い携帯性を持った DLNA 情報家電の相互遠隔通信支援機構を実現する。また、携帯端末にて遠隔の DLNA 情報家電に蓄えられたマルチメディアコンテンツの再生を実現し、屋外においてもコンテンツを自由に視聴することを可能とする。

2. コネクテッドホーム

コネクテッドホームは様々な家電や携帯機器を結ぶネットワークを実現するための構想である。DLNA 情報家電のほかに各種センサー・カメラや、屋外に持ち出し可能な通信機能を有する携帯端末などの相互接続を実現する(図 1)。

デジタル TV や HDD/DVD レコーダなどの AV 家電やセンサをホームネットワークに結合し、さらにそのホームネットワークを家庭間や宅外の携帯デバイスに接続することで、AV コンテンツの家庭間、または携帯デバイスとの共有やテレビ電話などの機能を実現する。これにより、例えば、離れた親族宅間においてメディアサーバとメディアプレーヤを接続し、コンテンツの共有・再生等を行うことができる。また、IP ベースのホームネットワークにセンサゲートウェイを接続することで、センサデータの家庭間、または携帯デバイスとの共有、遠隔カメラによる監視、TV 電話等の機能を提供する。

3. ワームホールデバイス

3.1. システム概要

ワームホールデバイス(WD)は、従来同一のホームネットワーク上のみで行われる DMS(Digital Media Server), DMP(Digital Media Player)間の通信を、異なるホームネットワーク間においても実現するシステムである。DMS, DMP 間の通信手順は同一ホームネットワークにある時のそれと変わらないため、既存の DMS, DMP に実装変更を加える必要はない。図 2 は WD と接続する SIP サーバを用いた相互接続網を示す。

3.2. ワームホールデバイス

WD(図 2:①)は IPv4 環境下でプライベートアドレスを付与された機器上で動作し、ユーザ認証、NAT ルータへのポートマッピング、同一ネットワーク上にある DLNA 機器情報の管理、DMS/DMP 間の UPnP 通信の中継などの相互接続に必要な機能を一括提供する。

WD の操作は WD コントロールポイント(以降 WDCP、図 2:③)で行う。WD と WDCP は、それぞれ UPnP Device と UPnP Control Point として動作する。

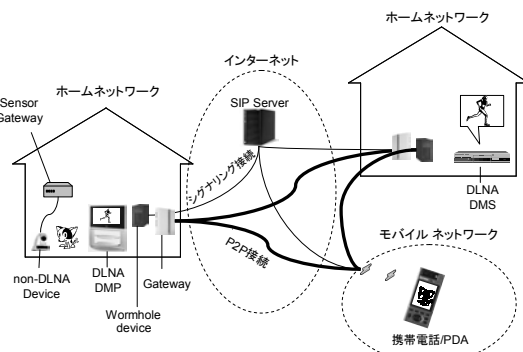


図 1 コネクテッドホームの概観

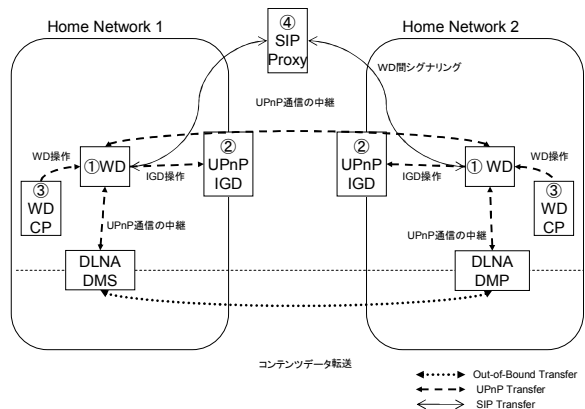


図 2 ワームホールデバイスの概念

WD の操作インタフェースを UPnP によって WD 本体から分離し、DLNA ガイドラインにある 3 Box System Usage モデルに WD を参加させ、統合的なインタフェースをユーザに提供する。WDCP はユーザの操作に応じて、接続先となるホームネットワークに所属する共有可能な機器の一覧を表示する。ユーザはその中から接続する機器を選択し、遠隔接続の開始・終了を行う。

3.3. UPnP-IGD(図 2:②)

DLNA 情報家電が導入される IPv4 環境下のホームネットワークの多くは、プライベートアドレスの割り当てられたネットワークである。そのため、プライベートアドレスの割り振られた DLNA 機器同士にインターネットを介した通信を行わせるためにプライベートアドレスとグローバルアドレスの変換を行う必要がある。そこで WD は、既に広く一般家庭に普及している UPnP-IGD(UPnP 対応 NAT ルータ)[3]を利用して IGD へのポートマップとその削除を自動的に実行することにより NAT トラバースルを行う。これにより、プライベートアドレスが割り振られた DLNA 機器同士のインターネットを介した相互遠隔接続が可能となり、既存のホームネットワークの設定に変更を加える必要がない。

3.4. SIP サーバ(図 2:④)

WD を UA(User Agent)としてもつ SIP サーバを、セキュリティとロケーション解決のために導入する。SIP サーバは、SIP の REGISTER リクエストによってこのサーバに登録された UA(WD)の間で交わされる SIP リクエストを中継する。登録する UA はダイジェスト認証方式を用いて SIP サーバの認証を通過しなければならないものとし、中継される SIP リクエストの発信者の身元に一定の信頼性を確保する。

3.5. 異なるドメインの UPnP 機器検出

UPnP では UPnP Control Point が同じネットワークドメインにある UPnP Device を検出する方法として SSDP(Simple Service Discovery Protocol)を用いる[4]。SSDP はその通信の一部に UDP マルチキャストを利用するが、マルチキャスト packets を異なるネットワークに転送するには、経由するルータの対応が必要である。そのため、SSDP を使った機器検出をなんらかの方法で代替する必要がある。これに対して WD は、以下に示す方法を使って対応する。まず、それぞ

れのドメインの WD は同じドメイン内の Device を SSDP によって検出する。WD は検出したこれら同一ドメインにある機器についての要約(Summary)を作成し、通信先の WD と交換する。ユーザが要約の中にある機器を公開することを選択すると、WD は通信先の WD に指定された機器の公開を要求し、公開の対象となる機器の動作を模す UPnP Proxy プロセスが開始される。このプロセスは実際の公開先にある機器と同様の動作で SSDP のリクエストを処理する。これにより、DMP は従来どおりの SSDP の処理に従いながら異なるドメインの機器を検出することができる。

3.6. UPnP AV 通信の中継

DMS と DMP 間のコンテンツの授受には Out-of-Bound Transfer Protocol[5](HTTP-GET, RTP 等)が使用される。これらの通信を適切な方法で接続・中継する仕組みが必要であり、WD は HTTP-GET 通信の中継を行う HTTP Proxy を用いてコンテンツの転送を行う。

3.7. セキュリティ

WD が備えるセキュリティ機能について説明する。

3.7.1. SIP サーバへの接続認証

WD は初期動作として SIP サーバへの登録を行う。SIP サーバへの登録時には、WD 自身の持つ SIP URI とそれに対応した認証 ID、パスワードによるダイジェスト認証が行われる。また、MESSAGE メソッドを利用した RPC も SIP サーバに中継を行わせるたびに認証を必要とする。中継させないメッセージは受け付けられない。これにより、SIP サーバから認証を受けた WD 以外からの不正なアクセスを防止する。

3.7.2. Friend List

全ての WD は一意な SIP URI を持つ。また、WD は接続を許可する WD の SIP URI リストを持ち、これを Friend List と呼ぶ。Friend List に登録されている WD からの接続は許可するが、登録されていない WD からの接続は拒否する。これにより、SIP サーバから認証を受けた WD 同士においてもアクセスの可否を設定することができる。

3.7.3. IPSec

WD を用いて異なるホームネットワーク間のコンテンツ授受を行う場合、コンテンツはインターネットを経由する。しかし、授受されるコンテンツにはホームビデオ等の個人情報が含まれるものも存在する。そのため、WD は IPSec のトンネルモードにより他方の WD との間に VPN を張り、コンテンツを ESP(Encapsulating Security Payload)によって暗号化して送信する。

3.7.4. コンテンツのアクセス制御

コンテンツの共有を開始したとき、コンテンツの受信者は送信側の DMS 内のコンテンツに制限無くアクセスすることができる。しかし、送信側から DMS 内にあるコンテンツの一部に視聴制限をかけたい、もしくは全コンテンツの一部に視聴許可を与えたいという場合があり得る。我々は前者を accept-based コンテンツアクセス制御、後者を deny-based コンテンツアクセス制御と呼ぶ。WD では、UPnP Proxy が DMP か

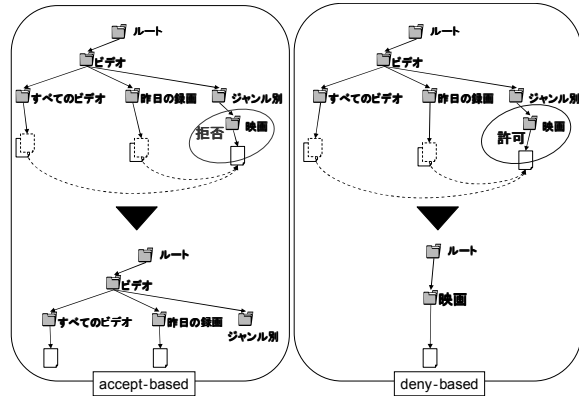


図3 コンテンツのアクセス制御

らの Browse 要求に対する DMS の応答内容を書き換えることで、両方のコンテンツアクセス制御に対応している (図3)。

3.8. 柔軟性と親和性

WD は、IPv4 のホームネットワークにプライベートアドレスの割り当てられた機器として参加することで DLNA 情報家電同士の相互遠隔接続を支援する。そのため、TV や PC、DMS、DMP など実装対象の選択に柔軟性がある。また、WD が遠隔の DLNA 機器同士との接続時に行う NAT トラバースには UPnP-IGD を利用するため、既に UPnP-IGD を内蔵しているブロードバンドルータ等がホームネットワーク内にあれば置き換える必要も無い。つまり、WD は既存のホームネットワークの設定変更を要求せず、導入時における既存のホームネットワークへの親和性が高い。

4. モバイルワームホールデバイス

4.1. 概要

WD はプライベートアドレスの割り当てられた機器としてホームネットワークに参加するよう設計されており、そのプロトタイプはデスクトップ PC に実装されているが、WD は家庭のみならず屋外の利用シーンにおいても有用であると考えられる。しかし、デスクトップ PC は手軽に持ち運ぶことができない。それに対し、一般に広く普及している携帯端末は、その操作も PC に比べて易しく、携帯性にも優れている。そのため、我々は携帯端末で動作するよう WD に改良を加え、手軽に使用できるよう GUI による操作インタフェースを与えることで M-WD を開発した。

4.2. 特徴1：携帯型 WD

WD を用いて家庭間でコンテンツを授受する場合、両家庭には WD が不可欠である。しかし、例えば WD の無い友人宅に遊びに行き、その場で自宅の DMS 内

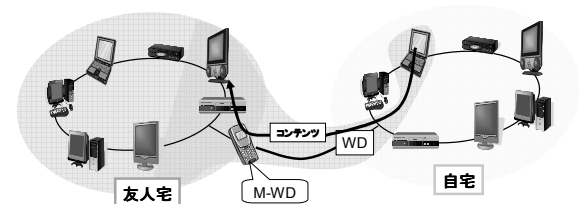


図4 携帯型 WD

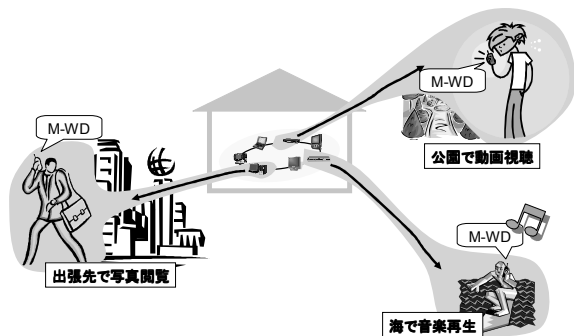


図5 携帯型ホームネットワーク

のコンテンツを友人と視聴したいという状況が起こり得る。そのような場合でも、M-WD 搭載の携帯端末を所持していれば友人宅のホームネットワークに参加することで、自宅の DMS 内のコンテンツを友人宅の DMP を用いて視聴することができる。すなわち、図 4 に示すように WD を持たない家庭においても、M-WD を持ち込むことで WD を持つ他の家庭と手軽に相互遠隔接続を行うことができる。

4.3. 特徴 2 : 携帯型ホームネットワーク

M-WD は無線 LAN 搭載の携帯端末にて動作するため、無線 LAN に接続できる環境であれば駅のホームやオープンカフェなど、場所を問わず WD の動作しているホームネットワークと相互遠隔接続することができる(図 5)。更に、我々は M-WD にコンテンツブラウザ機能、およびメディアプレーヤとの連携機能を搭載した。M-WD から直接 DMS 内のコンテンツをブラウザし、そのコンテンツを携帯端末に搭載したメディアプレーヤを用いて再生することが可能である。これにより、携帯端末上には DMS と DMP が仮想的に存在することになり、ホームネットワークを仮想的に携帯している状態になる。つまり、携帯端末からホームネットワークにある DLNA 機器内のコンテンツを新たに特殊な手順を覚えることなく視聴することができる。この応用例として、持ち運べる音楽の最大数が内蔵ストレージの容量に左右されないポータブルミュージックプレーヤの実現を期待することができる。

5. M-WD プロトタイプの実装

我々は M-WD のプロトタイプを開発した。M-WD のプロトタイプは CeLinux 2.4.20 搭載の携帯端末



図6 i.MX21-2 と操作インタフェース

i.MX21-2(図 7)上で動作するアプリケーションであり、C 言語を用いて実装した。また、ライブラリに Portable UPnP SDK, The GNU oSIP library, The eXtended osip library を利用した。i.MX21-2 に搭載されている液晶モニタはタッチパネルに対応しており、M-WD を操作するための GUI は Trolltech 社の Qt2[6]を用いて開発した。

M-WD は SIP MESSAGE の送受信を行う UA と、UPnP Proxy, 及び XML で記述された設定ファイルからなる。設定ファイルには必須の設定項目に

- WD に割り当てる SIP URI
- 利用する SIP サーバのアドレス
- SIP URI に対応した Authentication Name
- SIP URI に対応した Authentication Password
- 他の WD の SIP URI(Friend Name)

がある。これらの項目はユーザが初回起動時に設定する方法のほかに、出荷時に契約者情報としてあらかじめ設定しておく方法が考えられる。プロトタイプではあらかじめ設定した状態を想定している。

M-WD は図 7 に示す操作インタフェースを提供する。M-WD 本体の操作は「M-WD」タブで行う。「GDS」は Get Device Summary の略であり、遠隔の機器情報の要約を取得するボタンである。「OD」は Open Device の略であり、遠隔の DLNA 機器との通信を開始するボタンである。「CD」は Close Device の略であり、機器との通信を終了するボタンである。また、最上段はメッセージボックスであり、操作やレスポンス、エラーなどのメッセージを表示する。2 段目はリストボックスであり、設定ファイルで指定した他の WD の SIP URI(Friend List)が表示される。つまり、このリストボックスに表示されている SIP URI を持つ WD と相互遠隔接続が可能である。最下段は同じくリストボックスであり、Get Device Summary 後検出された機器の名称が、Friend List の SIP URI にタッチすることで SIP URI 毎に表示される。

5.1. M-WD 起動時の初期動作

M-WD は、起動するとまず SIP サーバに REGISTER リクエストを発行する。この際、M-WD は SIP サーバからの着信を受け取るために、UPnP-IGD に対してポートマッピングを行う。また、REGISTER リクエストの Contact ヘッダに含める外部 IP アドレスを UPnP-IGD から取得する。SIP サーバは接続してきた M-WD の発行した REGISTER リクエストや SIP Message リクエストに対して認証を要求する。認証は設定ファイルに記述された Authentication Name や Authentication Password に基づいて行われる。

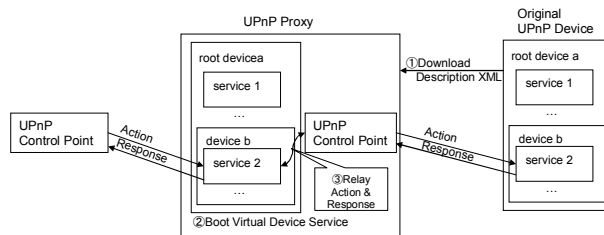


図7 UPnP Proxy

5.2. M-WD, WD 間のシグナリング

M-WD は、それら同士のシグナリングに SIP の MESSAGE メソッドを利用し、SIP リクエスト[7]を SIP URI を指定した上で SIP サーバへ送付する。リクエストの message-body には XML に整形された RPC(Remote Procedure Call)メッセージを挿入し、これを受け取った WD は message-body の RPC に対する戻り値を設定した「200 OK」応答を返信する。RPC メッセージにはコマンド名と引数が、応答には戻り値、エラーコード、エラーメッセージが格納される。

5.3. Get Device Summary

ユーザは M-WD の起動後、「GDS」ボタンにタッチすることで他のホームネットワーク上にある機器情報の要約を取得する。この通信は SIP サーバによって中継される。要約には、

- 機器の UDN
- Friend Name
- Device Type

がそれぞれ列挙されている。

5.4. Open Device

Get Device Summary により取得した機器情報は、M-WD のインタフェースにおける最下段のリストボックスに表示される。ユーザは通信を開始したい DLNA 機器の名称にタッチし、「OD」ボタンを押すと、機器との通信を開始することができる。M-WD では、機器との通信が開始されると UPnP Proxy プロセスが起動する。このプロセスは、起動時に通信する機器の Service Description XML, アイコンファイルなどを全てダウンロードし(図 7:①)、それを元に UPnP Device サービスを起動する(図 7:②)。このことで、通信を開始する機器とまったく同じサービス内容の機器が M-WD の中に起動されたことになる。UPnP Proxy は他の UPnP Control Point から Browse 等の Action を受け付けると、その内容をそのまま通信している機器に転送し、機器から応答があった場合それをそのまま UPnP Control Point に転送する(図 7:③)。

5.5. M-WD のコンテンツブラウザ

M-WD にはコンテンツブラウザを搭載した。コンテンツブラウザには、図 6 に示す操作インタフェースの「Player」タブで切り替えることができる。Open Device 後、図 8 に示すコンテンツブラウザの操作インタフェースの最上段のリストボックスには通信している

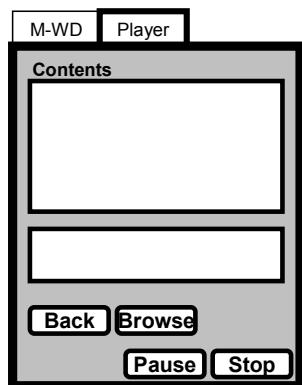


図 8 コンテンツブラウザ

機器内のディレクトリやコンテンツのリストが表示される。また、コンテンツを選択し、「Browse」ボタンを押すと、コンテンツが携帯端末に搭載されたメディアプレーヤにより再生される。ディレクトリを選択し、「Browse」ボタンを押した場合、ディレクトリ階層を一つ掘り下げることができ、「Back」はディレクトリ階層を一つ上げるこ

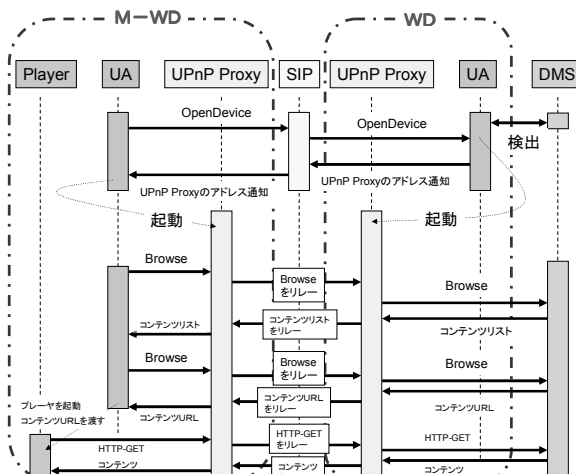


図 9 M-WD のシーケンス

とができる。今回作成した M-WD のプロトタイプには、メディアプレーヤとして mp3 プレーヤである mpg123[8]を搭載した。「Stop」、「Pause」ボタンは mp3 プレーヤの操作ボタンである。以上のシーケンスを図 9 に示す。

5.6. コンテンツの転送

M-WD では、コンテンツの転送に Out-of-Bound Transfer Protocol の HTTP-GET メソッドを使用する。これは DLNA ガイドラインで対応が必須とされている。UPnP Proxy プロセスは HTTP-GET メソッドを中継するために、HTTP Proxy を起動する(図 10)。これは、DMS の一部に外部ネットワークからの不正なアクセスを防止する機能が搭載されている場合があるためである。HTTP 通信の接続先 URL などの情報は UPnP 通信を経由して DMS/DMP 間で交換されるが、この UPnP 通信を中継する UPnP Proxy プロセスが UPnP 通信の内容に操作を加えることで、HTTP-GET の経路を変えることができる。

6. 実験

6.1. 実験環境

我々は実証実験を行うために、図 11 に示す独立したホームネットワークを 2 つ構築した。各ホームネッ

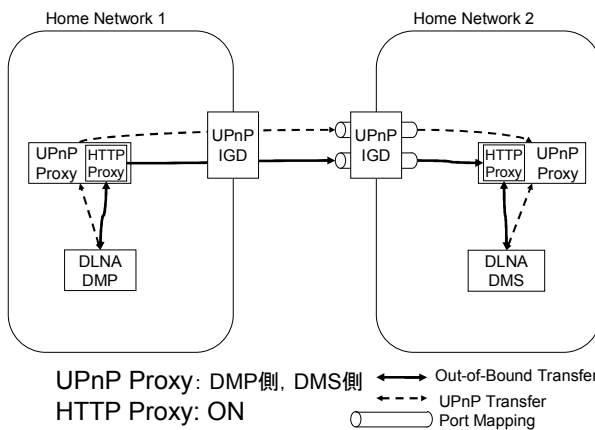


図 10 HTTP-Proxy

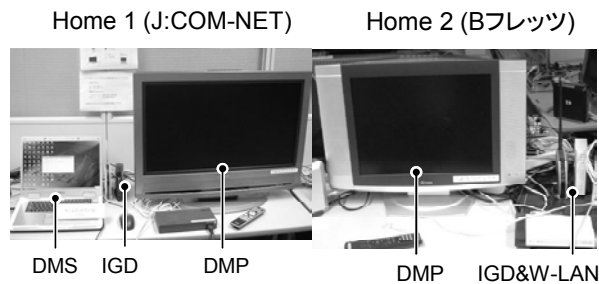


図 11 自宅と外出先

トワークは家庭向けインターネット接続サービスを導入しており、それぞれ左から J:COM が提供する CATV 回線の J:COM-NET，NTT 東日本が提供する FTTH 回線の B フレッツに加入している。それぞれ接続する ISP からはグローバル IP アドレスを 1 つ供与されている。また各ホームネットワークには市販されている DLNA 対応 DMS，DMP が配置されており，UPnP-IGD として家庭用 NAT ルータも配置されている。この環境において実験を行った。

6.2. 実験

シーン 1：携帯型 WD 「友人宅の DMP で自宅の DMS 内の動画を視聴する」

J:COM-NET に加入しているホームネットワーク(図 11:左)を自宅に見立てる。また，B フレッツに加入しており，無線 LAN アクセスポイントを設置したホームネットワーク(図 11:右)を友人宅に見立てる。但し，自宅には WD があり，友人宅には WD は無いものとする。

友人宅に M-WD 搭載の携帯端末を持参し，そのホームネットワークに接続した。但し，携帯端末は IEEE802.11g 規格によってそのホームネットワークに接続する。ユーザの行う操作手順を以下に示す。

- 1 GDS ボタンにタッチし，自宅にある DLNA 機器を検出する。すると DLNA 準拠の DMS である「DixiM Media Server」(以降 DixiM)が検出された。(図 12:①～②)
- 2 DixiM には友人と一緒に視聴したい動画が入っているので，次にデバイスリストから DixiM を選択し，OD にタッチする。まもなく，メッセージボックスには Open Device が成功したとのメッセージが表示される。(図 12:③～④)

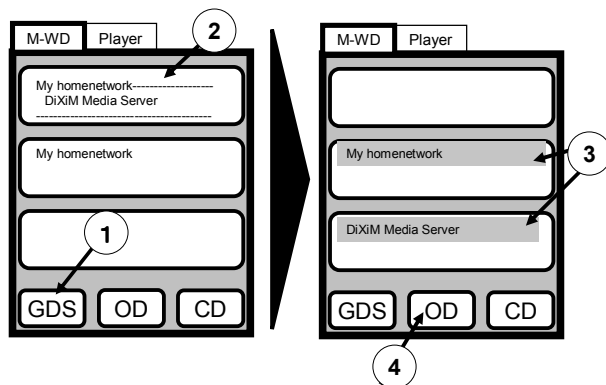


図 12 M-WD の操作手順

- 3 このとき，自宅の DixiM を模す UPnP Proxy が携帯端末内に起動しており，仮想的に友人宅のホームネットワークに自宅の DixiM が参加したことになる。
- 4 友人宅の DMP のサーバリストには DixiM が表示されるので，DixiM を選択し，視聴したい動画を選び，再生を開始する。
- 5 動画の再生が始まり WD を持たない友人宅において，自宅の DMS 内に存在するコンテンツの再生に成功した。

シーン 2：携帯型ホームネットワーク 「ホットスポットで自宅の DMS に蓄えられた音楽を聴く」

シーン 1 と同じく J:COM-NET に加入しているホームネットワークを自宅に見立てる(図 11:左)。また，B フレッツに加入しているホームネットワーク(図 11:右)に設置した無線 LAN アクセスポイントをシーン 2 ではホットスポットに見立てる。また，自宅では WD が稼働しているものとする。

M-WD が搭載されている携帯端末を持って外出したが，自宅 DMS 内に蓄えられた音楽を聴きたくなったと仮定して，ホットスポットに IEEE802.11g 規格によって携帯端末を無線 LAN 接続した。ユーザの行う操作手順を以下に示す。

- 1 シーン 1 における 1~3 の手順と同様にして自宅の DixiM を模す UPnP Proxy を起動させ，仮想的に DixiM を携帯端末上に得る。
- 2 操作インターフェースの Player タブを選択する。すると，コンテンツリストには既に DixiM の最上位ディレクトリの内容が表示されている。(図 13:①)
- 3 今回は音楽を聴くことが目的であるため，「Music」を選択し，Browse ボタンを押す。この手順は DMP によってコンテンツをブラウズすることと同様である。(図 13:②～③)
- 4 聴きたい音楽を選択し，更にもう一度 Browse ボタンにタッチする。(図 13:③～④)
- 5 自動的に携帯端末に搭載された mp3 プレーヤが起動し，選択した音楽の再生を開始し，屋外のホットスポットにおいて，自宅の DMS 内に存在するコンテンツの再生に成功した。

バッファリングの効果

コンテンツのスムーズな再生は DMS と M-WD 間

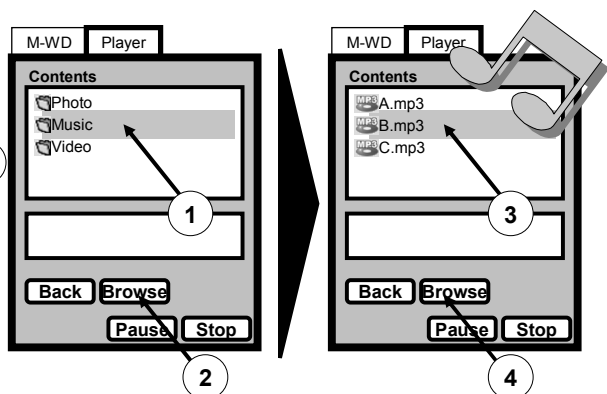


図 13 コンテンツブラウザの操作手順

のスループットに依存する。M-WD は携帯端末に実装されており、コンテンツの伝送は無線 LAN によって行うが、DMS と WD 間のスループットは不安定になることがあり、本実験において平均スループットは 2 Mbps 程度であったが、突発的なスループットの低下も見られた。伝送するコンテンツが表 1 の音楽であるとき、シーン 1, 2 の場合ともに一度も再生が停止することなく、スムーズな再生が行われた。これは、平均スループットがコンテンツのビットレートに対して十分に大きく、突発的なスループット低下が影響しなかったためであると考えられる。しかし、コンテンツが表 1 の動画であるとき、携帯端末の平均スループットがコンテンツのビットレートに対して十分に大きくないため、突発的なスループットの低下が発生するたびに再生は影響を受け、頻繁に映像が停止してしまう。この問題を解決するため、M-WD の UPnP Proxy はバッファを搭載し、再生開始時に一定量コンテンツのバッファリングを行い、バッファが満たされると再生を開始する。これにより、安定した動画の再生を支援する。一方、バッファリングを行うことによりコンテンツが再生されるまでに多少の時間を要することになる。そのため、バッファが満たされるまでの時間をなるべく短く、かつ再生途中で停止しにくいサイズのバッファを用意する必要がある。そこでバッファサイズを、300KB, 500KB, 1MB と変え、表 1 に示す動画を再生した場合のバッファリング時間と再生が終わるまでに停止した回数を測定した。その結果を表 2, 3 に示す。但し、測定は実験におけるシーン 1 の条件で行った。

表 2 より、動画のビットレートが 1000Kbps のときバッファのサイズがいずれの場合でも途中で停止することなく動画の再生を行うことができた。これは動画のビットレートに比べて平均スループットが十分に大きく、少量のバッファでも安定した再生が行われたものと考えられる。表 3 においてバッファのサイズが 300KB の場合、2 回再生が停止した。また、500KB の場合においても 1 回停止した。しかし、バッファが 1000KB の場合、一度も停止することなく再生が行われた。また、バッファが 1000KB のときのバッファリング時間は 4 秒強であることから、再生時にストレスを感じない程度のバッファリング時間である。そのため、M-WD ではバッファサイズを 1000KB としている。しかし、バッファサイズは平均スループットとコンテンツのビットレートによって適切に設定する必要がある。

また、ビットレートが 1800Kbps のコンテンツの場合の実験も行ったが、ビットレートが平均スループットに非常に近い値であることから、バッファリングを行っても映像の停止が頻発した。

7. 関連研究

参考文献[9]では、既存の DLNA 通信を異なるホームネットワーク間において相互に実現するために、W-DLNA ゲートウェイと呼ばれるデバイスを互いのホームネットワーク内に導入している。W-DLNA ゲートウェイ同士は SIP を介して通信する。ユーザはコンテンツホルダ側の W-DLNA ゲートウェイから特定のコンテンツを選んで他の W-DLNA ゲートウェイに INVITE メッセージを発信し、視聴者側の W-DLNA ゲートウェイが着信を受け取るとコンテンツの視聴を行うことが可能になる。視聴者側の W-DLNA ゲートウェイ内には仮想 DMS があり、DMP からのコンテン

表1 コンテンツ

	動画	音楽
フォーマット	mpeg2	mp3
再生時間	24分35秒	4分41秒
ビットレート	1000Kbps, 1500Kbps	192Kbps

表2 動画(1000Kbps)

バッファ(KB)	300	500	1000
バッファリング時間(sec)	1.3	2.2	4.2
停止した回数(回)	0	0	0

表3 動画(1500Kbps)

バッファ(KB)	300	500	1000
バッファリング時間(sec)	1.3	2.2	4.8
停止した回数(回)	2	1	0

ツ視聴要求をコンテンツホルダ側の W-DLNA ゲートウェイにある仮想 DMP に中継する。仮想 DMP は視聴要求をローカルの DMS に中継し、DMS 内のコンテンツは仮想 DMP、仮想 DMS を通じて視聴側の DMP に中継される。文献中では、コンテンツホルダ側からコンテンツを選択して視聴者側に視聴させるという方式を中心に述べられているが、視聴者側からコンテンツホルダ側のコンテンツを視聴するというシナリオについても実現可能であり、コンテンツに対してアクセス制御も行うと述べられている。それに対し、M-WD 及び WD では視聴側がコンテンツホルダ側にあるコンテンツを選択して視聴するというシナリオに基づいたシステムを構築しており、視聴側が連続して自由に複数のコンテンツを視聴することができるという視聴側のコンテンツ選択における自由度の高いシステムを提供している。また、コンテンツのアクセス制御機能についても提供しているため、視聴側から見られたくないコンテンツにはコンテンツホルダ側からアクセス拒否を施すことが可能である。さらに WD ではコンテンツ転送において IPSec によるパケットの暗号化や VPN に対応しており、コンテンツ転送時のセキュリティにも配慮している。

参考文献[10]では、VoIP のセッション管理において広く用いられている SIP を用いてホームネットワーク内外の機器同士がシームレスに通信を行うことができるようホームネットワークシステムを再構築するという提案がなされている。具体的には、ホームネットワークにおける機器の通知や発見のフレームワークである UPnP の Notify や Discovery メッセージを、それぞれ SIP における REGISTER メッセージ、INVITE メッセージに変換し、UPnP と SIP がスムーズに通信できるよう各メッセージの拡張を行っている。それに対し、WD 及び M-WD では既存の SIP や UPnP の仕様は一切の変更を加えずにホームネットワーク内外における機器同士の通信を実現しているため、既存のホームネットワークの設定変更を要求せず、導入が容易であるという利点がある。

参考文献[11]では、ホームネットワークにゲートウェイ機能と SIP UA を持つホームサーバ(DLNA-ALG)

を導入し、ホームネットワークの外側にある PDA やノートパソコンからインターネット経由でホームネットワークの内側にある DLNA 機器のコンテンツを視聴する手法が提案されている。PDA 等には SIP UA 機能と DMP の機能を持つ DLNA-Agent が導入されており、インターネットを経由して DLNA-ALG に直接接続する。DLNA-ALG は予め取得したホームネットワーク内の DLNA 機器に関する情報を SIP MESSAGE により DLNA-Agent に伝え、DLNA-Agent はその情報を元に HTTP-GET メソッドによりコンテンツを取得して表示する。これに対し、M-WD では双方向のコンテンツ転送が可能のほか、SIP サーバを介して相互接続を行うため、ロケーションの解決やセキュリティにも配慮している。さらに、M-WD では内蔵のメディアプレーヤのみならず、接続したホームネットワーク内にある DMP でもコンテンツを再生することが可能である。

参考文献[12]は Digital Home Community(DHC)と呼ばれる複数のホームネットワークによる P2P オーバーレイネットワークの実現手法を提案している。具体的には、各ホームネットワークのゲートウェイを拡張して SHARE と呼ばれるモジュールを追加導入している。SHARE は、DHC に参加しているホームネットワークに他の複数のホームネットワークを仮想的な一つのサーバとして認識させるシステムである。つまり、複数のホームネットワーク全体でコンテンツの共有を可能としている。文献中では、ホームネットワークのゲートウェイに拡張を加え、複数のホームネットワーク間におけるコンテンツ共有が想定されているが、それに対し、WD は 1 対 1 のホームネットワーク間コンテンツ共有を想定しており、その実装はホームネットワーク内のいずれかの DLNA 機器に対して行う設計である。そのため、WD は既存のホームネットワークへの導入が容易であり、また、携帯端末をプラットフォームとする実装を行うこともできるため、屋外においてもホームネットワーク内の DLNA 機器と相互接続してコンテンツの授受を行うことができるという利点を持つ。

ところで、DLNA ガイドライン 1.5 において DMC(Digital Media Controller)、DMR(Digital Media Renderer)が採用された。参考文献[13]では DMC と DMR を使い、携帯端末の画面の小ささや処理速度の遅さをカバーするために、それに蓄えられたコンテンツをホームネットワーク内の他の DLNA 機器に転送して活用するという手法が提案されている。具体的には携帯端末に Digital Media Controller を実装し、Digital Media Renderer にコンテンツに対する HTTP-GET を行わせ、携帯端末より画面サイズの大きなテレビでコンテンツを視聴するというシナリオを実現している。これに対し、我々は同様の機能を持つ DMC を携帯端末に実装し、M-WD と DMC 機能を連携させる研究を行っている。例えば、自宅にしながら他のホームネットワーク上の DMR に自宅 DMS のコンテンツを表示させたり、自宅と他宅間でコンテンツの同期再生を行う等を想定している。

おわりに

本稿では、DLNA ガイドラインに準拠した機器同士を異なるホームネットワーク間で相互接続するための遠隔通信支援機構であるワームホールデバイスを携帯端末に応用したモバイルワームホールデバイスを提案

し、モバイルシーンにおける WD の有用性について報告した。また、実際にホームネットワークを構築し、実証実験を行うことにより、その有効性について確認した。また、我々は今後 M-WD に DMC 機能を実装し、自宅にしながら他のホームネットワーク上の DMR に自宅 DMS のコンテンツを表示させることや、自宅と他宅の DMP にてコンテンツを同期再生させることの実現を目指す。

謝辞

本研究の一部は、電気通信大学と船井電機㈱の情報家電に関する共同研究(FUN-X プロジェクト)の援助を受けて行われた。

参考文献

- [1] DLNA, <http://www.dlna.org/en/consumer/home>.
- [2] 武藤 大悟, 吉永 努: “ワームホールデバイス: DLNA 情報家電の遠隔相互接続支援機構”, DICOMO2007, (2007).
- [3] UPnP Forum: “InternetGatewayDevice:1”, Ver.1.0, pp.15, (2001).
- [4] UPnP Forum: “UPnP Device Architecture 1.0”, Ver.1.0.1, pp76, (2003).
- [5] UPnP Forum: “UPnP AV Architecture 1”, Ver.1.0, pp22, (2002).
- [6] Qt2, <http://trolltech.com/products/qt>.
- [7] J.Rosenberg, dynamicsoft, H.Schulzrinne, Columbia University, C.Huitema, D.Gurle, Microsoft Corporation: “Session Initiation Protocol (SIP) Extension for Instant Messaging”, RFC3428, (2002).
- [8] mpg123, <http://www.mpg123.de>.
- [9] 茂木 信二, 田坂 和之, テーブウィロージャナボン ニワット, 堀内 浩規: “情報家電の広域 DLNA 通信方式の提案”, 電子情報通信学会 信学技報, (2007-4).
- [10] Yukikazu Nakamoto, Naoko Kuri: “Siphnos-Redesigning a Home Networking System with SIP”, IEEE CIT'06, (2006).
- [11] Yeon-Joo Oh, Hoon-Ki Lee, Jung-Tae Kim, Eui-Hyun Paik, Kwang-Roh Park: “Design of an Extended Architecture for Sharing DLNA Compliant Home Media from Outside the Home”, IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol. 53, No. 2, (MAY 2007).
- [12] HyunRyong Lee, JongWon Kim: “A Proxy-Based Distributed Approach for Reliable Content Sharing Among UPnP Enabled Home Networks”, PCM 2005, Part I, LNCS 3767, pp. 443-454, (2005).
- [13] Wei-Shun Liao, Yen-Ju Huang, Chih-Lin Hu: “Mobile Media Content Sharing in UPnP Based Home Network Environment”, IEEE SAINTW'07, (2007).