

# 移動透過性に対応した遠隔DLNA通信システム

清水 皓平<sup>1</sup> 鈴木 秀和<sup>1</sup> 内藤 克浩<sup>2</sup> 渡邊 晃<sup>1</sup>

**概要:** DLNA (Digital Living Network Alliance) に準拠した情報家電が普及し、ホームネットワーク内におけるコンテンツの共有が簡易に行えるようになった。一方、スマートフォンをはじめとする高性能な携帯端末の普及や、LTE, WiMAX といった高速無線通信技術の発展に伴い、モバイルインターネットが注目を浴びている。これらの背景から、外出時においても同様に簡易なコンテンツ共有を行いたいという要求がある。本稿では、移動透過性と NAT 越えを同時に実現する NTMobile (Network Traversal with Mobility) を拡張することにより、外出先ネットワークとホームネットワーク間でコンテンツ共有可能な遠隔 DLNA 通信システムを提案する。

**キーワード:** DLNA, ホームネットワーク, モバイルインターネット, マルチメディアシステム

## Remote DLNA Communication System with Mobility

KOHEI SHIMIZU<sup>1</sup> HIDEKAZU SUZUKI<sup>1</sup> KATSUHIRO NAITO<sup>2</sup> AKIRA WATANABE<sup>1</sup>

**Abstract:** With the spread of Digital Living Network Alliance (DLNA) certified consumer electronic devices, it has become easy to share digital contents in a home network. On the other hand, mobile internet has been getting much attention according to the popularization of high-performance mobile devices including smartphones, and growth of high-speed wireless communication technologies such as LTE and WiMAX. From these backgrounds, Easy digital contents share mechanisms from foreign networks are required. In this paper, we propose a remote DLNA communication system with extending NTMobile (Network Traversal with Mobility) that can realize mobility and NAT traversal between foreign networks and a home network.

**Keywords:** DLNA, Home Network, Mobile Internet, Multimedia System

### 1. はじめに

テレビや HDD レコーダ、パソコンをはじめとし、多くの情報家電が普及している。これらはネットワークを利用して相互に接続することにより、音楽や写真、動画といったデジタルコンテンツを共有できるようになった。中でも、DLNA (Digital Living Network Alliance) [1] に準拠した情報家電は、特別な設定をすることなく、また、メーカーや製品の違いを意識せずホームネットワーク (以下、HNW) 内におけるコンテンツ共有を実現できる。このように、簡

便なコンテンツ共有を行えることから、宅内のみならず、宅外においても簡便なコンテンツ共有を行いたいという要求がある。また、スマートフォンなどの高性能な携帯端末の普及や、高速無線通信技術の発達により、モバイルインターネットの要求も高まっており、上記の要求と併せて移動中においてもコンテンツの視聴を行いたいという要求へと変化している。

しかし、DLNA ではデバイスを探査するために SSDP (Simple Service Discovery Protocol) を利用しており、インターネットを介したデバイス探査を行うことができない。また、DLNA デバイスは同一ネットワークからのアクセスのみを許可する仕様であるため、HNW 外からのアクセスに対して応答することがない。加えて、IPv4 ネットワークでは一般的に NAT が導入されているため、HNW 外から

<sup>1</sup> 名城大学大学院理工学研究科  
Graduate School of Science and Technology, Meijo University

<sup>2</sup> 三重大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Mie University

HNW 内へ通信を開始することができないという、いわゆる NAT 越え問題が存在する。

これらの課題を解決して遠隔 DLNA 通信を実現する既存技術として、SIP (Session Initiation Protocol) を用いてホームネットワークを相互に接続する方式 [2-4] や、VPN (Virtual Private Network) を用いてホームネットワークを相互に接続する方式 [5, 6]、ホームゲートウェイを改造し、HTTP (HyperText Transfer Protocol) ブラウザにより DLNA 機器のコンテンツへアクセスを行う方式 [7] 等が挙げられる。しかし、各技術にはいずれも一長一短があり、訪問先ネットワークのゲートウェイを改造する必要があったり、将来、ISP が IPv4 アドレスの枯渇対策として LSN (Large Scale NAT) を導入した場合に、IP ヘッダとペイロードのアドレス情報との不整合が発生して利用が困難になる等の問題がある。また、モバイル機器をサポートしている技術はあるものの、モバイル機器に対して移動透過性をサポートしておらず、移動や無線通信インタフェースの切り替えにより IP アドレスが変化した場合に、通信が切断されコンテンツの視聴を継続することができない。

本稿では、IPv4/IPv6 ネットワークにおいて確実な通信継続性と移動透過性を同時に実現する NTMobile(Network Traversal with Mobility) [8, 9] の一部を拡張することにより、上記の課題を解決し、異なるネットワークにおいても HNW 内の DLNA デバイスが保持するコンテンツの共有を可能とする遠隔 DLNA 通信システムを提案する。提案方式では、コンテンツの再生を行う端末である DMP (Digital Media Player) を NTMobile に対応させる。また、拡張した NTMobile に対応した DLNA Agent と呼ぶ機器を HNW に設置し、この機器が HNW 外に存在する DMP と HNW 内に存在するコンテンツを保持するデバイス DMS (Digital Media Server) 間の通信を中継する。これにより DMP は DLNA Agent を介した DMS へのアクセスを実現することが可能になり、遠隔 DLNA 通信を実現する。また、DMP は NTMobile に対応しているため、コンテンツ視聴中に移動しても通信は切断されずに視聴を継続することができる。

2 章で DLNA の概要と遠隔通信に適用させた場合の技術課題を示す。3 章で要素技術である NTMobile について概説し、4 章で提案方式を示す。5 章でプロトタイプの動作検証結果を示し、6 章でまとめとする。

## 2. DLNA

### 2.1 概要

DLNA は異なるメーカーの情報家電間の相互接続を容易にするために結成された業界団体である。DLNA では機器を接続するためのガイドラインが定められており、通信プロトコルや、ファイルのフォーマット等が規定されている。また、DLNA では独自の技術を利用せず、デバイス探索や制御には UPnP [10]、データの転送には HTTP と

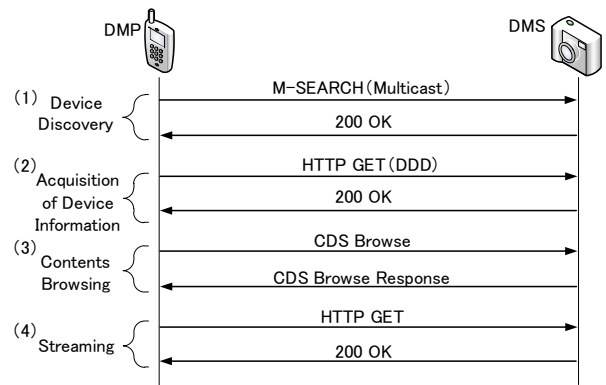


図 1 DLNA の通信シーケンス

Fig. 1 Sequence of DLNA communication.

いったように標準技術を用いて通信を行う。

図 1 に DLNA におけるデバイス探索からコンテンツ再生までのシーケンスを示す。

#### (1) デバイスの探索

DMP は起動するとネットワーク上に SSDP で定義されている M-SEARCH メッセージをマルチキャストで送信する。このメッセージを受信した DMS は自身の詳細情報の URL (IP アドレスやポート番号) 等を 200 OK メッセージに乗せて応答する。DMP はこの応答を受信することにより、HNW 内に存在する DMS を発見する。

#### (2) デバイス情報の取得

DMP は取得した URL に対して HTTP リクエスト (GET メソッド) を送信し、DMS の機器情報やサービス情報が記載された DDD (Device Description Document) を取得する。上記の処理により、DMP のアプリケーション画面に DMS が表示される。

#### (3) コンテンツリストの取得

ユーザが表示された DMS を選択すると、DDD に記載されている CDS (Content Directory Service) の URL に対して、SOAP (Simple Object Access Protocol) により Browse コマンドを発行する。DMS はコマンドを受信すると、コンテンツのリストを XML ベースのドキュメントとして返す。これにより、DMP の画面上には DMS が保持するコンテンツ一覧が表示される。

#### (4) コンテンツのストリーム配信

ユーザが再生したいコンテンツを選択すると、DMP は HTTP により指定された URL のコンテンツを DMS から取得し、コンテンツのストリーム配信が開始される。以上の処理により、DMP は DMS のコンテンツを視聴することができる。

### 2.2 遠隔利用における技術課題

DLNA は同一 HNW 上での利用を想定しており、HNW に存在する DMS に対して異なるネットワークに存在する

DMP からアクセスする場合、次のような課題がある。

#### 課題 1: M-SEARCH メッセージの利用範囲

M-SEARCH メッセージは限定スコープアドレスを用いてマルチキャストされるため、NAT を越えてルーティングされることはない [11]。従って、HNW 外に存在する DMP は HNW 内の DMS を探索をすることができない。

#### 課題 2: NAT 越え問題

200 OK メッセージに記載されている DMP のアドレスはプライベートアドレスである。そのため、課題 1 を解決して DMS の探索ができて、以後のシーケンスにおいて HNW 外に存在する DMP から HNW 内に存在する DMS へ通信を開始することができない。

#### 課題 3: DMS による送信元 IP アドレスのチェック

DMS は異なるサブネットからのアクセスを無視する。そのため、課題 2 を解決して DMP から DMS への通信を開始しても、DMS は 200 OK メッセージ等の応答を返さない。

### 3. NTMobile

提案方式では、著者らが提案している独自の移動透過性技術である NTMobile を拡張し実現する。そのため、本章では NTMobile の概要とシステム特有の処理であるトンネル構築について説明する。本稿では、ノード N の実 IP アドレスを  $RIP_N$ 、仮想 IP アドレスを  $VIP_N$  と定義する。

#### 3.1 システム概要

NTMobile は仮想 IP アドレスと UDP トンネルを用いて、IPv4 ネットワークにおける NAT 越えと移動透過性を同時に実現する技術である。図 2 に NTMobile の概要を示す。NTMobile のシステムは NTMobile に対応した端末（以下、NTM ノード）と NTM ノードのアドレス管理やトンネル構築の指示を行う DC (Direction Coordinator)、異なる NAT 配下に存在する NTM ノード間の通信や、NTM ノードと NTM に対応していない一般端末の通信を中継する RS (Relay Server) から構成される。

NTM ノードはネットワーク接続時に、自身の情報を管理する DC へ IP アドレスの登録を行う。このとき、NTM ノードが NAT 配下に存在する場合は、NAT 外側のグローバル IP アドレスも併せて NTMobile 専用レコード（以下 NTM レコード）に登録される。さらに、NTM ノードには DC から移動によって変化しない一意な仮想 IP アドレスが割り当てられる。この仮想 IP アドレスを上位レイヤに認識させることにより、仮想的な接続をエンドエンドで確立する。また、この接続によるパケットを実際のネットワークで転送するために、NTM ノード間で UDP トンネルを構築する。

通信相手が一般端末の場合は、NTM ノードは RS との

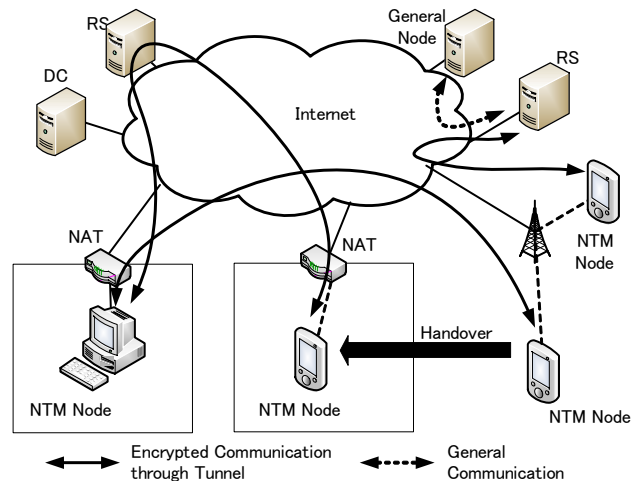


図 2 NTMobile の概要

Fig. 2 Overview of NTMobile.

間にトンネルを構築する。RS は受信パケットをデカプセル化後、送信元および宛先仮想 IP アドレスを RS と一般端末の実 IP アドレスに変換してパケットを転送する。NTM ノードが移動し実 IP アドレスが変化すると、NTM ノードは自身の情報を管理する DC に対して実 IP アドレスの変化を知らせ、自身の情報の更新を行う。このとき、NTM ノードが他端末と通信中であればエンドノード間で再度トンネルを構築する。エンドノードの上位レイヤは仮想 IP アドレスによる接続が確立されているため、実 IP アドレスの変化に影響されず通信を継続することができる。

NTM ノードと自身のアドレスを管理する DC との間には、制御メッセージを交換する UDP セッションが維持されている。このセッションにより、インターネット上に存在する DC から NAT 配下に存在する NTM ノードに対して、制御メッセージを送信することができる。

NTMobile ではトンネル構築に用いる制御メッセージ交換を行うデーモンプログラムをユーザランドに実装し、カーネルにカプセル化/デカプセル化処理やパケットのフックを行うカーネルモジュールを実装する。カプセル化/デカプセル化処理をカーネルで行うことにより、トンネル通信によるオーバーヘッドを抑制し、高スループットを実現する。

#### 3.2 トンネル構築処理

NTM ノードは通信開始時の通信相手の名前解決をトリガとしてトンネル構築を行う。図 3 に NTM ノード間および NTM ノードと一般端末間におけるトンネル構築シーケンスを示す。ここでは、移動端末を MN (Mobile Node)、通信相手を CN (Correspondent Node) および GN (General Node) と定義する。MN と CN は NTM ノードであり、GN は NTMobile に非対応である一般端末を示す。

MN は通信開始時に、DNS により CN の名前解決を行い、A レコードを取得する。ここで、MN は A レコードの

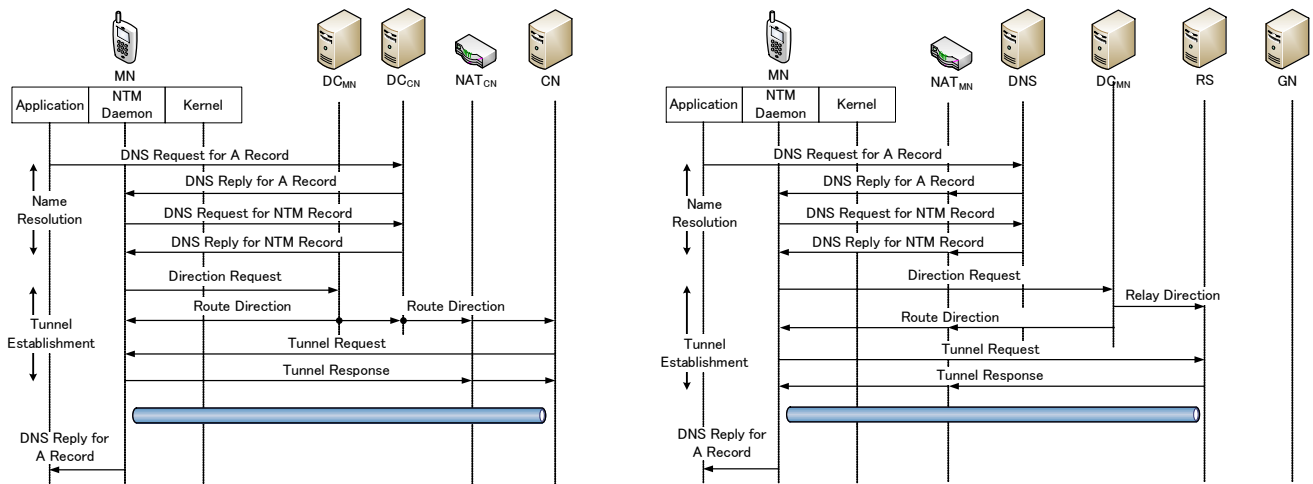


図 3 トンネル構築処理 (左: CN が NTM ノードの場合, 右: CN が一般端末の場合)

Fig. 3 Tunnel establishment procedure (Left: for NTM Node, Right: for General Node).

応答をカーネルで一時待機させ、CN の NTM レコードを問い合わせる。NTM レコードには CN の仮想 IP アドレスや実 IP アドレスといったアドレス情報が記載されており、これらの情報を用いて MN と CN の間でトンネル構築を行う。

MN は通信相手の NTM レコードを取得後、自身のアドレスを管理する  $DC_{MN}$  へトンネル構築の指示を要求するメッセージ Direction Request を送信する。このメッセージには MN と CN の NTM レコード情報が含まれている。

$DC_{MN}$  は Direction Request を受信すると、MN と CN のアドレス情報から最適なトンネル経路を決定し、NTM ノードにトンネル構築を指示するメッセージ Route Direction を送信する。このとき、CN への指示は  $NAT_{CN}$  を越える必要があるため、 $DC_{CN}$  経由で行う。Route Direction には MN と CN 間での暗号化通信に用いる共通鍵が含まれており、この鍵は  $DC_{MN}$  が生成する。

Route Direction を受信した MN と CN は指示に従い、トンネル構築メッセージ Tunnel Request/Response を交換することにより、エンドエンドでのトンネルを構築する。図 3 の場合では、CN が NAT 配下に存在するため、CN から MN に対して Tunnel Request を送信し、MN が Tunnel Response を応答することになる。

トンネル構築後、待避していた DNS の応答メッセージ内に記載されている CN の実 IP アドレス  $RIP_{CN}$  を、NTM レコードの問い合わせによって取得した仮想 IP アドレス  $VIP_{CN}$  に書き換え、DNS リゾルバに渡す。これにより、上位レイヤは CN の IP アドレスを実 IP アドレスではなく仮想 IP アドレスで認識し、実 IP アドレスが変化してもその変化を隠蔽することが可能である。

通信相手が一般端末 GN の場合は NTM レコードを取得することができず、エンドノード間でトンネルを構築する

ことができないため、MN は RS との間にトンネルを構築し、RS を経由して GN と通信を行う。MN が移動すると RS との間のトンネル経路が更新されるが、RS と GN 間の通信に影響を与えることはない。そのため、一般端末との通信においても移動透過性を実現することができる。なお、GN の仮想 IP アドレス  $VIP_{GN}$  はトンネル構築時に  $DC_{MN}$  によって仮想 IP アドレスプールから割り当てられ、MN と RS へ通知される。MN はこの仮想 IP アドレスを用いて GN 宛の packets を生成し、トンネルを用いて RS へ送信する。

## 4. 提案方式

NTMobile による NAT 越え通信を応用し、異なるネットワーク間において DLNA による通信が可能な遠隔 DLNA 通信システムを提案する。

### 4.1 提案方式の構成

図 4 に本提案のネットワーク構成を示す。DMP とする端末に NTMobile を実装し、また、HNW 内に DLNA Agent (DA) と呼ぶ NTM ノードを設置する。DA は NTMobile における RS の役割を担う端末である。すなわち、NTM ノードである DMP と一般の端末である DMS との通信を中継する役割を持ち、DMP は HNW 内の DMS と通信するために DA との間にトンネルを構築する。

通常の RS はインターネット上に設置されるため、プライベートネットワークに設置してもトンネルを構築することができない。そこで、RS の役割を担う DA に NTM ノードのトンネル構築機能を併せ持つよう拡張する。これにより、HNW 外に存在する DMP から DA に対して通信を開始でき、かつ一般端末である DMS へのアクセスを実現する。

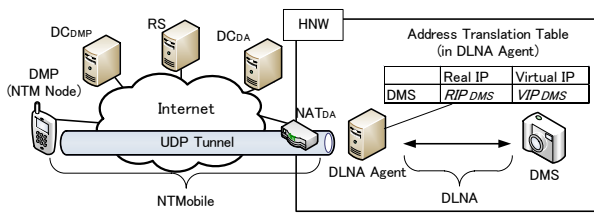


図 4 提案方式のシステム構成

Fig. 4 System configuration of proposed method.

ここで、前提条件として DA は自身の情報を管理する DC<sub>DA</sub> にアドレス情報を登録しており、DMP は DA の FQDN を予め知っているものとする。また、NAT<sub>DA</sub> は一般のブロードバンドルータを想定し、特別な改造を行っていないものとする。

#### 4.2 課題解決の方法

2章で挙げた DLNA の課題の解決方法について示す。課題 1 は既存の NTM Mobile では対応できないため、DA が DMP の代理で DMS を探索する仕組みを新たに定義することにより解決する。課題 2, 課題 3 は RS 経路による一般端末との通信シーケンスを応用できる。すなわち、HNw 内の DMS に対して DA が仮想 IP アドレスを割り当てる。この仮想 IP アドレスにより DMP は DMS を仮想的に認識し、NTM Mobile による NAT 越え通信を実現する。また、DMS は DA を通信相手と認識するため、DMS に対して同一サブネットからのアクセスと見せかけることができ、課題 3 を解決できる。

#### 4.3 NTM ノードの拡張機能

NTM Mobile に拡張する機能を以下に示す。DMP と DA はそれぞれ異なる拡張を行っている。

- DMP
    - M-SEARCH メッセージによるトンネル構築  
 M-SEARCH メッセージの送信をトンネル構築のトリガとして追加する。これにより、名前解決が行われない DLNA シーケンスにおいても DA との間にトンネルを構築する。
  - DA
    - 仮想 IP アドレスプール・アドレス変換  
 DA は DMS に対応付けるための複数の仮想 IP アドレスを保持する。DA は HNw 内 DMS の実 IP アドレスとプールしている仮想 IP アドレスを関連付け、この関連付け情報に従ってアドレスの変換と転送を行う。DLNA による通信パケットはペイロード内に DLNA 機器のアドレス情報が記載されているため、IP ヘッダの変換に加え、ペイロード内の IP アドレスを書き換える機能を追加する。
- また、共通の拡張機能として、HNw 内の探索を要求す

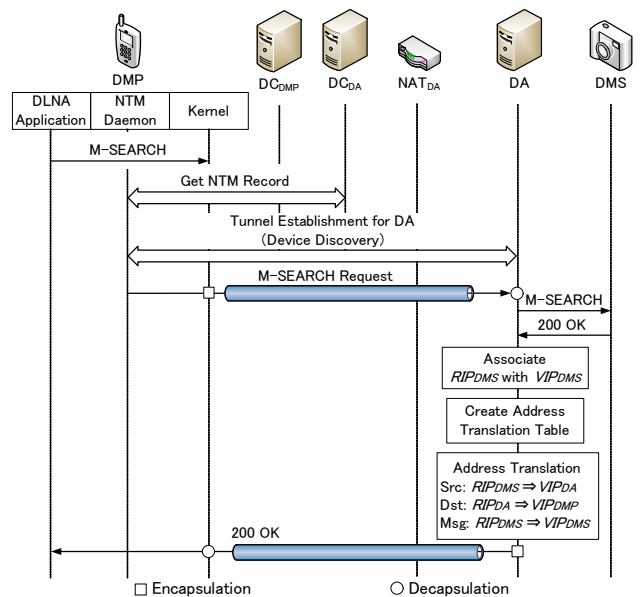


図 5 デバイス探索シーケンス

Fig. 5 Sequence of Device Discovery.

るメッセージ M-SEARCH Request を新たに定義する。

#### 4.4 通信シーケンス

##### 4.4.1 デバイス探索

図 5 にデバイス探索シーケンスを示す。DMP はアプリケーションが送信する M-SEARCH メッセージをカーネルモジュールでフックする。その後、トンネル構築に必要な情報である DA の NTM レコードを DC に問い合わせ、HNw 内の DA との間にトンネルを構築する。DMP はこのトンネルを用いて、DA に対して M-SEARCH Request メッセージを送信する。DA はこのメッセージを受信すると、DMP の代理として HNw 内に M-SEARCH メッセージを送信し、DMS を探索する。DMS から 200 OK メッセージの応答があった場合、DA はプールしている仮想 IP アドレスから任意の仮想 IP アドレスを選択する。この仮想 IP アドレス  $VIP_{DMS}$  と DMS の実 IP アドレス  $RIP_{DMS}$  との関連付けを行い、対応関係をアドレス変換テーブルに記録する。

その後、200 OK メッセージの宛先を DMP の仮想 IP アドレス  $VIP_{DMP}$  に、送信元を DA の仮想 IP アドレス  $VIP_{DA}$  に変換する。また、ペイロード内の DMS の実 IP アドレス  $RIP_{DMS}$  を関連付けた DMS の仮想 IP アドレス  $VIP_{DMS}$  に書き換え、トンネルを用いて DMP へ送信する。これにより、DMP は HNw 内の DMS を仮想的に認識することができ、トンネルを用いて DMS 宛のパケットを送信することができる。

ここで、NTM Mobile は仮想 IP アドレスにより認識した通信相手ごとにトンネルが構築される。M-SEARCH Request を送信する際に用いたトンネルは DA の仮想 IP アドレス

に対して構築したものであるため、以後のシーケンスにおいて仮想的に認識した DMS へパケットを送信するには、新たに DMS の仮想 IP アドレス  $VIP_{DMS}$  に対してトンネルを構築する必要がある。

#### 4.4.2 デバイス情報の取得

図 6 にデバイス情報取得シーケンスを示す。DMP は 200 OK メッセージに記載されている DMS の仮想 IP アドレス  $VIP_{DMS}$  に対して HTTP GET メソッド (DDD) を送信する。ここで、DMS は一般端末であるため、RS の役割を担う DA との間にトンネルを構築する。M-SEARCH メッセージをトリガとしてトンネル構築を行った際に DA のアドレス情報等を取得しているため、NTM レコードの問い合わせを省略し、保持している情報から DA との間に DMS へのデータ転送用トンネルを構築する。

DMP は DMS 宛のパケットをデータ転送用のトンネルを用いて DA へ送信する。このとき、元パケットの宛先とペイロード内の DMS のアドレスは仮想 IP アドレス  $VIP_{DMS}$  である。そのため、DA は受信したパケットをデカプセル化後、送信元を自身の実 IP アドレス  $RIP_{DA}$  に変換する。また、宛先とペイロード内の DMS の仮想 IP アドレス  $VIP_{DMS}$  を、アドレス変換テーブルに従って実 IP アドレス  $RIP_{DMS}$  へ変換し、DMS へ転送する。以上の処理により、DMS は通信相手を DA と認識し、DMP は DA を介することによる DMS へのアクセスを実現する。

DMS からの応答は上記と逆の変換が行われる。すなわち、送信元とペイロードの DMS の実 IP アドレス  $RIP_{DMS}$  を仮想 IP アドレス  $VIP_{DMS}$  に変換し、宛先を DMP の仮想 IP アドレス  $VIP_{DMP}$  に変換して転送する。

#### 4.4.3 コンテンツリストの取得とストリーム配信

デバイス情報の取得後に行われるコンテンツリストの取得やコンテンツのストリーム配信に関するパケットは、デバイス情報取得時に構築されたデータ転送用トンネルを用いて転送され、DMP は同様に DA を介した DMS へのアクセスを行う。

DMP-DA 間は NTMobile による通信のため、NAT 越えを行うことが可能となり、同時に移動透過性も実現できる。DMP が移動し、実 IP アドレスが変化すると再度トンネルを構築する必要があるが、保持している情報から Direction Request を生成できるため、名前解決処理が不要である。また、仮想 IP アドレスは変化しないため、エンドノード間で確立した仮想的なコネクションは維持され、通信が継続される。

## 5. 実装・動作検証

提案方式に基づき、プロトタイプシステムの実装を行った。以下に実装概要ならびに検証結果を示す。

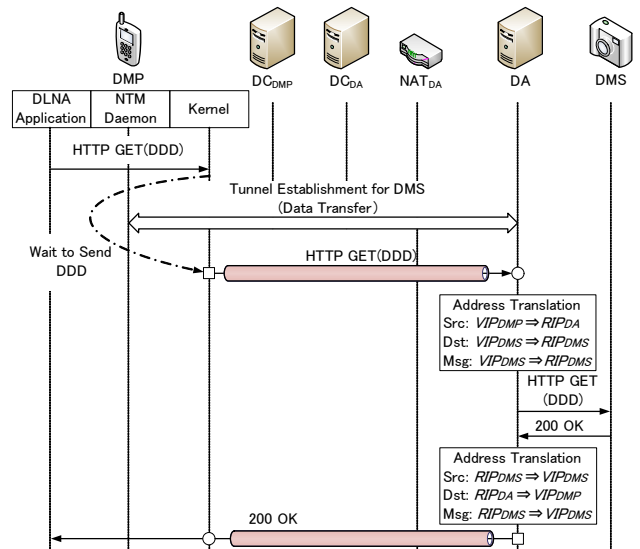


図 6 デバイス情報の取得シーケンス  
Fig. 6 Acquisition sequence of device information.

## 5.1 実装

図 7 に DMP と DA のモジュール構成図を示す。提案方式では DMP と DA に実装する NTMobile に異なる拡張を行っているため、それぞれの実装について説明する。

### 5.1.1 DMP

DMP に実装される NTMobile カーネルモジュールに対して、アプリケーションから送信される M-SEARCH メッセージを、Netfilter によりフックするよう拡張する。

ユーザランドには M-SEARCH メッセージをトリガとしてトンネル構築ができるように、トンネルモジュールを拡張する。また、M-SEARCH Request の送信を行うモジュールを追加する。このモジュールはカーネルによりフックされた M-SEARCH メッセージを受信すると、NTMobile のデーモンプログラムに対し、NTM レコードの問い合わせとトンネル構築を行うよう命令を送信し、予め登録されている DA との間にトンネルを構築する。トンネル構築後に M-SEARCH Request を生成し、DA に対して送信する。

### 5.1.2 DA

DA は DMP からの M-SEARCH Request を受信し、ネットワークに M-SEARCH メッセージを送信するモジュールをユーザランドに追加する。Netfilter を用いて受信した DLNA シーケンスに関するパケットをフックできるように、カーネルモジュールを拡張する。また、フックしたパケットをアドレス変換し、DMP または DMS に転送するモジュールを追加する。提案方式ではアドレス変換テーブルを参照し、関連付け情報に基づいて変換を行うが、プロトタイプシステムでは転送モジュール内に関連付け情報が静的に設定されており、この情報に基づいてアドレス変換と転送を行った。

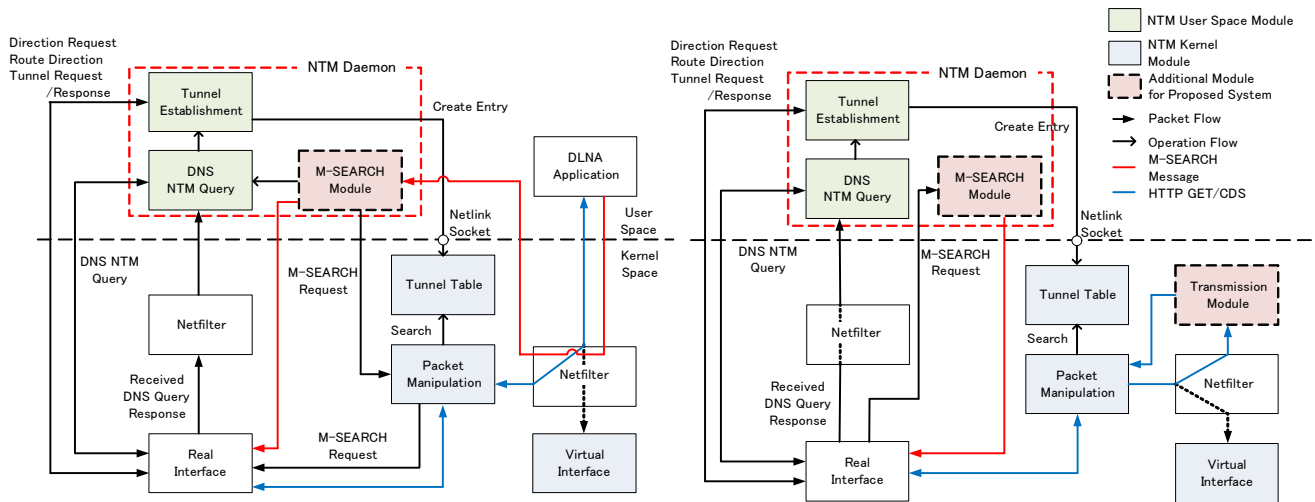


図 7 エンドノードのモジュール構成図 (左 : DMP, 右 : DA)  
 Fig. 7 Module configuration of end nodes (Left: DMP, Right: DA).

## 5.2 動作検証・評価

仮想ネットワーク上においてプロトタイプによる動作検証を行った。図 8 に動作検証を行ったネットワーク構成を示す。Host PC の VMware Player 上で各装置を動作させ、Host PC は DA と DMS の NAT として動作させることにより、疑似的な HNW を形成する。また、各 DC と DMP は Host PC に対してブリッジ接続することにより、疑似 HNW の外に存在する端末として動作する。DMP はアプリケーションとしてオープンソースである VLC media player 1.0.6 [12] を使用し、DMS の探索を実行する。DMS はオープンソースである uShare [13] を ubuntu 上で起動させて実現した。

動作検証の結果、DMP のアプリケーション上で HNW 内の DMS を認識し、コンテンツリストの取得やコンテンツの再生を行えることを確認した。

提案方式ではトンネル構築による遅延の増加が想定されることから、トンネル構築やデバイス探索、デバイス情報の取得に要する処理時間の計測を行った。表 1 に計測結果を示す。M-SEARCH メッセージによるトンネル構築には 25.62 ms を要し、トンネル構築後から 200 OK メッセージの受信までに 5.74 ms を要した。また、DMS に対するデータ転送用のトンネル構築には 16.30 ms、その後のデバイス情報の取得完了までに 3.72 ms を要した。

今回の計測結果は仮想ネットワーク上でのものであるため、RTT による所要時間への影響は少なく、ほとんどが処理時間に費やされているものと考えられる。そのため、実ネットワークにおいては上記計測結果に加えて装置間の RTT が発生するが、その遅延を考慮してもデバイス情報の取得までは数十 ms から数百 ms 程度の時間で収まると考えられる。そのため、ユーザの待機時間はほぼなく、実用上の問題はない。

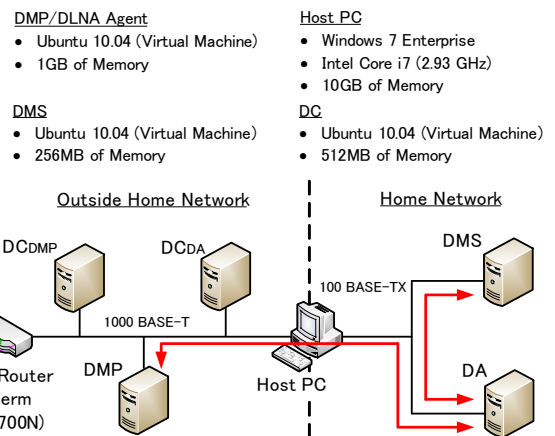


図 8 動作検証のネットワーク構成  
 Fig. 8 Network configuration for validation.

表 1 提案方式に基づく処理時間  
 Table 1 Processing time of the proposed method.

	Time (ms)
Tunnel Establishment for Device Discovery	25.62
Device Discovery	5.74
Tunnel Establishment for Data Transfer	16.30
Acquisition of Device Information	3.72

移動時にはトンネルを再構築する必要があるが、DA の NTM レコードの取得は不要であるため、通信開始時に発生する遅延より小さくなる。DLNA では一般にアプリケーションがバッファリングを行うことが想定されるため、コンテンツの再生などに大きな影響を与えることはないと考えられる。

## 5.3 関連研究との比較

W-DLNA [2] は W-DLNA ゲートウェイと呼ばれる機器

をHNWや訪問先ネットワークに設置し、W-DLNAゲートウェイ間で相互に連携することにより、異なるHNW間を広域接続する方式である。この方式では訪問先ネットワークのゲートウェイをW-DLNAに置き換える必要があるため、特定のネットワーク間でしか利用ができない。また、コンテンツ伝送時の暗号化を考慮していないため、パケットの盗聴や改ざんによる情報の漏洩等の危険がある。

WD (Wormhole Device) [3] は各ホームネットワークにWDと呼ばれる機器を設置し、HNWのWDと訪問先ネットワークのWDが相互に接続することにより、異なるHNW間を広域接続する方式である。そのため、W-DLNAと同様に利用できるネットワークに制限がありユーザの移動が制限される。M-WD [4] ではWDの機能をモバイル機器に実装し、訪問先ネットワークにおけるWDとして動作させることにより、利用できる訪問先ネットワークの制限はなくなった。しかし、WDではコンテンツの転送時にIPSecを用いてVPNを構築して暗号化通信を行うため、NATを越えることができない場合がある。

モバイルGW [7] はHNWのゲートウェイを改造し、DMSが送信するXMLデータをHTMLデータに変換する。HNW外の再生端末はHTTPブラウザを用いてモバイルGWにアクセスすることにより、変換されたHTMLデータを取得し、コンテンツへのアクセスを行う。モバイルGWはHNWのゲートウェイを改造するだけで導入できるため、訪問先ネットワークの制限はない。しかし、今後IPv4アドレスの枯渇対策としてLSNが導入された場合、ネットワークが多段のNAT構成になり、HNW外の再生端末からモバイルGWに対して通信を開始することが困難になる。

また、W-DLNAやWD、M-WDのように機器の相互接続にSIPを用いている方式では、LSNのNAT処理によりIPヘッダのアドレス情報とペイロード内のアドレス情報に不整合が生じ、相互接続ができなかったりNATを越えることができない可能性がある。

提案方式は訪問先ネットワークに変更を加えることなく、NTMobileによる移動透過性を実現し、ユーザの自由な移動を可能にする。DMPとDC<sub>DMP</sub>間、DAとDC<sub>DA</sub>には常に制御メッセージの交換のためのUDPセッションが維持されている。そのため、DMPおよびDAに対してLSNの外部から制御メッセージを送信することができ、多段のNAT配下にDMPおよびDAが存在してもトンネルの構築が可能である。また、DMPとDA間のパケットはカプセル化されているため、アドレス変換の影響を受けることなく通信相手に到達する。これにより、IPヘッダとペイロードの整合性が保証され、LSNが導入されているネットワークにおいても遠隔DLNA通信が可能である。加えて、DMPとDA間の通信ではAES-CBC方式により暗号化されているため、セキュアな通信路が確保される。

## 6. おわりに

本稿では移動透過性とNAT越えを同時に実現する技術であるNTMobileを拡張、実装し、HNW外のNTMobileに対応したDMPから、HNW内の一般のDMSへのアクセスを実現する遠隔DLNA通信システムを提案した。

提案方式ではDMPにNTMobileを実装し、また、HNW内にDMPの代理としてDMSとの通信を行うDAを設置することにより、DMPからの要求に応じたHNW内の探索と、DLNAの仕様である異なるネットワークからのアクセス無視という問題を解決した。DMP-DA間ではNTMobileによる通信が行われるため、移動時にも仮想的なコネクションが継続され、移動透過性を実現できる。

また、提案方式のプロトタイプを実装して動作検証を行い、実用上問題のない遅延で利用可能であることを示した。今後は実ネットワーク上での動作検証および移動時の遅延によるシステムへの影響についての検討と評価を行う。

## 参考文献

- [1] Consumer Home. <http://www.dlna.org/>.
- [2] Motege, S., Tasaka, K., Idoue, A. and Horiuchi, H.: Proposal on Wide Area DLNA Communication System, *Proc. of IEEE CCNC2008*, pp. 233-237 (2008).
- [3] 武藤大悟, 吉永 努: ルールベースアクセス制御機能を持つDLNA情報家電の遠隔共有支援機構, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, pp. 3985-3996 (2008).
- [4] 小山卓視, 呉 敬源, 武藤大悟, 吉永 努: 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, 情報処理学会研究報告, Vol. 2008-MBL-044, No. 1, pp. 1-8 (2008).
- [5] Haruyama, T., Mizuno, S., Kawashima, M. and Mizuno, O.: Dial-to-Connect VPN System for Remote DLNA Communication, *Proc. of IEEE CCNC2008*, pp. 1224-1225 (2008).
- [6] 春山敬宏, 水野伸太郎, 山田孝二, 水野 修: VPNを介した情報家電サービス利用方式の提案, 情報処理学会研究報告, Vol. 2006-UBI-12, No. 1, pp. 1-6 (2006).
- [7] 吉川 貴, 三宅基治, Nakatsuchi, M., 竹下 敦: モバイル連携ホームゲートウェイシステム, 情報処理学会研究報告, Vol. 2006-MBL-039, No. 14, pp. 97-102 (2006).
- [8] 鈴木秀和, 水谷智大, 西尾拓也, 内藤克浩, 渡邊 晃: NTMobileにおける相互接続性の確立手法と実装, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM2011) シンポジウム論文集, Vol. 2011, No. 1, pp. 1339-1348 (2011).
- [9] 内藤克浩, 西尾拓也, 水谷智大, 鈴木秀和, 渡邊 晃, 森香津夫, 小林英雄: NTMobileにおける移動透過性の実現と実装, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM2011) シンポジウム論文集, Vol. 2011, No. 1, pp. 1394-1359 (2011).
- [10] UPnP Forum. <http://www.upnp.org>.
- [11] Wing, D. and Eckert, T.: IP Multicast Requirements for a Network Address Translator (NAT) and a Network Address Port Translator (NAPT), RFC 5135, IETF (2008).
- [12] VideoLAN - VLC: Official site - Free multimedia solutions for all OS! <http://www.videolan.org/>.
- [13] GeeXbox uShare UPnP A/V Media Server HomePage. <http://ushare.geebox.org/>.