

# NTMobileによる一般端末向け 遠隔DLNA通信システムの実装

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：筆者らは IPv4 ネットワークにおいて確実な通信接続性と移動透過性を同時に実現する通信アーキテクチャ NTMobile (Network Traversal with Mobility) を拡張することにより、移動透過性を有した遠隔 DLNA (Digital Living Network Alliance) 通信システムを提案してきた。しかし、このシステムでは DMP (Digital Media Player) に NTMobile を実装する必要があるため、DMP が Linux カーネルを搭載した端末であることが前提になっている。そのため、iPhone や市販の Android スマートフォンをはじめとする多くの一般端末では、システムを利用することができないという課題があった。本稿では、従来のシステムに対して、新たに NTMobile の機能を実装したモバイルルータを導入することにより、一般の DMP においても移動透過性を満たす遠隔 DLNA 通信を実現するシステムを提案する。

## Implementation of NTMobile-based Remote DLNA Communication System for General Devices

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

### 1. はじめに

テレビや HDD レコーダ, PC をはじめとして多くの情報家電が普及している。特に 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に影響されずホームネットワーク (以下 HNW) 内においてコンテンツの共有を実現する。このように、利便性の高いコンテンツ共有が行えることから、宅内のみでなく宅外においても簡便なコンテンツ共有を行えることが期待されている。

しかし、DLNA は HNW 内でのコンテンツ共有のみを想定していることや、IPv4 ネットワークにおいては一般的に NAT が導入されていることから、宅外のネットワークに存在する DMP (Digital Media Player) から HNW でコンテンツを保持する端末 DMS (Digital Media Server) にアクセスすることができない。

DLNA の宅外利用における問題を解決し、異なるネットワーク間での遠隔 DLNA 通信を実現する関連研究として、SIP (Session Initiation Protocol) [2] を用いて HNW を相互に接続する方式 [3], [4], [5] や、ホームゲートウェイを改造し、Web ブラウザにより DMS が保持するコンテンツへアクセスする方式 [6], VPN (Virtual Private Network) により HNW を相互に接続する方式 [7], [8] などがある。しかし、これらの方式には一長一短があり、訪問先ネットワークに機器を追加、もしくは機器に改造を加える必要があり、利用場所が制限されてしまったり、コンテンツの伝送時にセキュリティが確保されていない等の課題がある。さらに、近年の IPv4 アドレス枯渇対策のために、ISP が CGN (Carrier-Grade NAT) [9] を導入しているネットワークにおいては、CGN の NAT 越え問題が生じるため、SIP を用いた方式やホームゲートウェイにアクセスを行う方式では利用が困難になることが考えられる。

一方で、スマートフォンやタブレットなど携帯端末の高性能化や LTE, WiMAX といった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環境が急激に普及し、ユーザが通信中にネットワークを移動する場合は考えられ

<sup>1</sup> 名城大学大学院理工学研究科  
Graduate School of Science and Technology, Meijo University, Nagoya, Aichi 468-8502, Japan

<sup>2</sup> 三重大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Mie University, Tsu, Mie 514-8507, Japan

る。そのため、宅外での簡便なコンテンツ共有という要求に加えて、移動中においてもこれを実現したいという要求が新たに出てきた。しかし、前述した関連研究においては、モバイル機器をサポートしている技術は存在するものの、機器の移動透過性をサポートしている技術はない。そのため、ネットワークの移動や無線インタフェースの切り替えによって IP アドレスが変化した場合に、通信が切斷されてしまい、コンテンツの視聴を継続することができない。

筆者らは IPv4 ネットワークにおいて確実な通信接続性と移動透過性を同時に実現する通信アーキテクチャ NT-Mobile (Network Traversal with Mobility) [10], [11] を拡張することにより、ネットワークの制限なく、また移動しながらでもコンテンツの視聴が可能となる遠隔 DLNA 通信システムを提案してきた [12]。このシステムでは、DMP に NTMobile を実装し、また、ホームネットワーク内に NTMobile に対応した DLNA Agent と呼ぶ機器を設置する。DMP は、DLNA Agent と NTMobile の機能を用いて連携することにより、ホームネットワーク内の DMS へアクセスすることができる。さらに、DMP がコンテンツ視聴中にネットワークを移動しても、通信が切斷されることなく視聴を継続することができる。このように、提案システムは移動透過性を満たした遠隔 DLNA 通信が可能であり、利用者の利便性が高いことが特徴である。しかし、DMP に NTMobile を実装する必要があるため、DMP が Linux カーネルを搭載した端末であること、さらに root 権限を取得していることが前提となっていた。そのため、iPhone や市販の Android スマートフォンをはじめとする多くの一般端末では、システムを利用することができないという課題があった。

本稿では、従来の提案システム (以下、DMP 改造方式) に対して、新たに NTMobile の機能を実装したモバイルルータ (以下、MR: Mobile Router) を導入することにより、従来のシステムで課題となっていた利用端末の制限を解決し、一般端末においても移動透過性を実現する遠隔 DLNA 通信システムを提案する。提案システムは、基本的に DMP 改造方式と同様のシステム構成であるが、DMP 改造方式における NTMobile を実装した DMP を、一般の DMP と MR に分離する点異なる。MR が、配下の DMP の代理として NTMobile によるトンネル構築を代行することにより、DMP が一般端末の場合においても、移動透過性を満たした遠隔 DLNA 通信システムが実現できる。

以下、2 章で DMP 改造方式について概説し、3 章で DMP 改造方式の課題を解決した提案システムについて述べる。4 章で提案システムの設計方針を示し、5 章でまとめる。

## 2. DMP 改造方式

ここでは、NTMobile を拡張して遠隔 DLNA 通信を実現した、従来システムについて概説する。

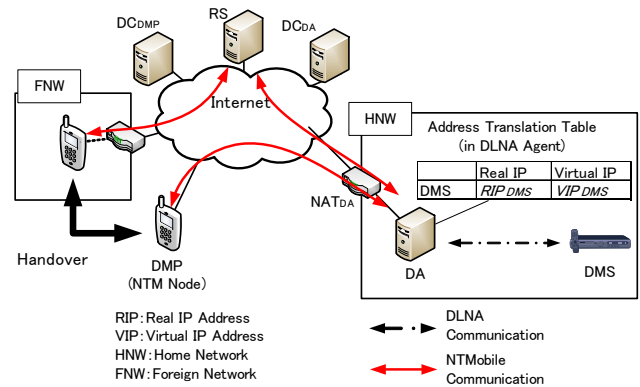


図 1 DMP 改造方式のシステム構成

Fig. 1 System configuration of DMP modification method.

### 2.1 概要

DLNA の遠隔利用を実現するためには、デバイス探索時に用いられる M-SEARCH メッセージがプライベートネットワークでしか利用できないこと [13]、DMS が異なるネットワークからのアクセスを無視すること、IPv4 ネットワークにおける NAT 越えの 3 つの課題を解決する必要がある。DMP 改造方式では、これらの問題を解決するために、NAT 越えと移動透過性を同時に実現する NTMobile を応用する。

図 1 に DMP 改造方式のシステム構成を示す。この方式では、DMP となる端末に NTMobile を実装する。また、HNW 内に DLNA Agent (以下、DA) と呼ぶ、NTMobile を実装した装置を設置する。この DA が、DMP の代理として DMS の探索やアクセスを行うことにより、M-SEARCH メッセージの利用範囲や、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する。また、DMP と DA 間で NTMobile に基づく通信を行うことにより、NAT 越えを実現するとともに、移動透過性を満たした通信が行える。

NTMobile では、NTMobile に対応した端末 (以下、NTM 端末) が仮想 IP アドレスと UDP トンネルを用いた通信を行う。NTM 端末は、自身のアドレス情報を管理する DC (Direction Coordinator) から割り当てられる、移動によって変化しない仮想 IP アドレスを用いることにより、ネットワークの切り替えによる IP アドレスの変化を隠蔽し、移動透過性を実現する。また、NTM 端末は、仮想 IP アドレスのコネクション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、DC と連携し、通信相手との間に UDP トンネルを構築する。この UDP トンネルは、エンド端末の種類や保持する IP アドレスの種類のリ組み合わせに応じて、常に最適な経路で構築される。

### 2.2 動作概要

DMP はアプリケーションが送信する M-SEARCH メッセージをトリガとして、予め登録している DA との間に NT-

Mobile の機能を用いて UDP トンネルを構築する。DMP は構築した UDP トンネルを用いて、DA に HNW 内のデバイス探索の要求メッセージ M-SEARCH Request や、HTTP GET (DDD : Device Description Document) などの DLNA に関わるパケットを送信する。DA は、DMP からのパケットを受信すると、その内容に応じて、HNW 内に存在する DMS の探索や、パケットを中継して DMS への転送を行う。この際、パケットの送信元アドレスを DA 自身の IP アドレスへ変換することにより、異なるネットワークからのアクセスを無視するという問題を解決できる。ここで、NTMobile による通信を行うためには、DMP が DMS を仮想 IP アドレスを用いて認識する必要がある。そのため、DA はデバイス探索時に、DMS から応答される 200 OK メッセージに含まれる DMS の実 IP アドレスに対して、任意の仮想 IP アドレスを関連付ける。DA がこの仮想 IP アドレスを DMP に通知することにより、DMP は DMS を仮想的に認識し、DMS へ送信するパケットはこの仮想 IP アドレスを宛先として送信する。この際、DMP から DA に送信された DMS の仮想 IP アドレス宛のパケットは、宛先が DMS の実 IP アドレスに変換された後、DMS へ転送される。

上記の処理により、遠隔 DLNA 通信の課題を解決するとともに、NTMobile によって通信中の移動が可能となった。しかし、現在の NTMobile は Linux カーネルを搭載した端末での実装を前提としており、iPhone をはじめとする Linux ベースでないスマートフォンでは利用することができない。また、Android スマートフォンのような Linux ベースの端末であっても、独自のカーネルモジュールを追加するために、root 権限が必要となる。そのため、市販の Android スマートフォンにおいても、一部の端末を除き、DMP 改造方式を適用するのは容易ではなく、汎用性の面で課題があった。

### 3. 提案方式

DMP 改造方式の課題であった利用端末の制限をなくし、一般端末においても移動透過性を満たす遠隔 DLNA 通信システムを提案する。提案方式では、DMP 改造方式における DMP に実装していた NTMobile の機能を、新たに導入する MR に実装する。この MR が配下に接続される一般端末の代理として、DA との間で NTMobile に基づく処理を代行する。

#### 3.1 システム構成

図 2 に提案方式のシステム構成を示す。基本的には DMP 改造方式と同様であるが、利用者は一般端末の DMP と、NTMobile を実装した MR を保持する。MR は 3G/LTE や WiMAX、公衆無線 LAN などによりインターネットに接続し、DMP は Wi-Fi により MR と接続する。

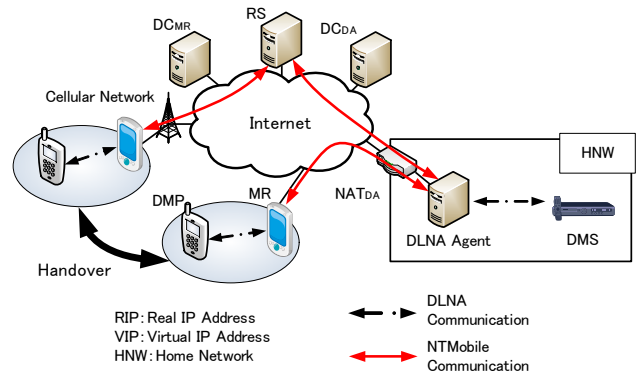


図 2 提案方式のシステム構成

Fig. 2 System configuration of proposed method.

前提条件として、MR は DA の FQDN を予め知っているものとする。また、 $NAT_{DA}$  は一般のブロードバンドルータを想定し、特殊な改造を行わないものとする。

#### 3.2 各機器の拡張機能

DMP 改造方式の通信シーケンスをそのまま適用すると、MR が複数存在する場合において、ホームネットワーク内の DMS からの応答を受信した DA が、どの MR に転送すべきか判断できない。また、同一の MR に複数台の DMP が接続している場合に MR がどの DMP へ応答パケットを転送すべきか判断できない。そこで、上記の課題を解決するために、MR と DA に下記の機能を追加する。

- **DMP を識別するアドレス情報の付加：**  
MR と DA 間で交換されるカプセル化パケットに、DMP の実 IP アドレスの情報を付加する。これにより、MR は、DA から転送されるパケットをどの DMP に転送すべきかを判別することができる。
- **MR を識別するポート番号の割り当て：**  
MR からのパケットを受信した DA は応答パケットの転送先 MR を判別するために、MR の送信元アドレス・ポート番号の組に対して未使用のポート番号を動的に割り当てる。このポートを用いて DMS と通信を行うことにより、DA はどの MR にパケットを転送すべきかを判別することができる。

#### 3.3 通信シーケンス

##### 3.3.1 デバイス探索

図 3 にデバイス探索シーケンスを示す。また、表 1 にデバイス探索時のパケットのアドレス遷移を示す。MR は配下の DMP から M-SEARCH メッセージを受信すると、NTMobile の機能を用いて予め登録してある DA との間に UDP トンネルを構築し、M-SEARCH Request を送信する。この際、MR は M-SEARCH Request に、M-SEARCH メッセージの送信元である DMP の実 IP アドレス  $RIP_{DMP}$  を付加して送信する。

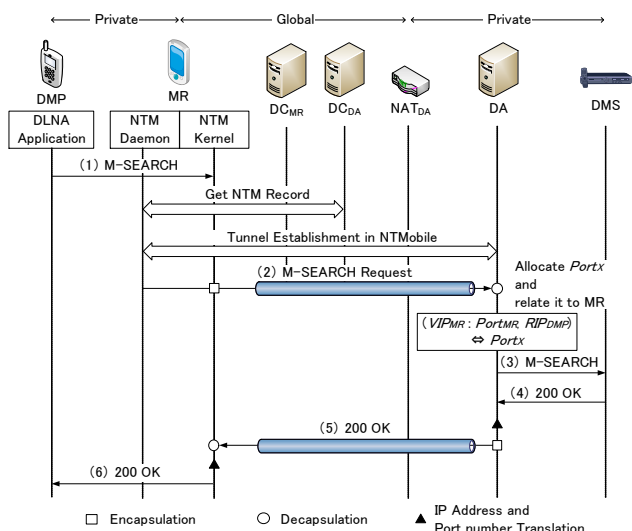


図 3 デバイス探索シーケンス

Fig. 3 Sequence of device discovery.

表 1 デバイス探索時のパケットのアドレス遷移

Table 1 Address translation of the packet in the device discovery phase.

	Source	Destination	Payload
(1) M-SEARCH	$RIP_{DMP}$	Multicast <sup>*1</sup>	-
(2) M-SEARCH Request	$VIP_{MR}$	$VIP_{DA}$	-
(3) M-SEARCH	$RIP_{DA}$	Multicast <sup>*1</sup>	-
(4) 200 OK	$RIP_{DMS}$	$RIP_{DA}$	$RIP_{DMS}$
(5) 200 OK	$VIP_{DA}$	$VIP_{MR}$	$VIP_{DMS}$
(6) 200 OK	$VIP_{DMS}$	$RIP_{DMP}$	$VIP_{DMS}$

\*1 Multicast Address: 239.255.255.250

DAはM-SEARCH Requestを受信すると、MRを識別するための未使用ポート番号  $Port_X$  を動的に割り当て、デカプセル化したメッセージの送信元情報の組  $VIP_{MR} : Port_{MR}$  と、メッセージに付与されている DMP の実 IP アドレス  $RIP_{DMP}$  との関係性を保存する。その後、 $Port_X$  を送信元ポートとして、M-SEARCH メッセージを HNW 内にマルチキャストする。

DAはDMSからの200 OKメッセージを受信後、ペイロード内のDMSの実IPアドレス  $RIP_{DMS}$  を、仮想IPアドレス  $VIP_{DMS}$  へ変換する。その後、この200 OKメッセージの宛先ポート番号  $Port_X$  をキーとして、M-SEARCH Request 受信時に保存したMRの送信元情報と、DMPの実IPアドレス  $RIP_{DMP}$  との関係性を調べる。これにより、DAは転送先MRの仮想IPアドレスとポート番号を一意に特定でき、宛先IPアドレスとポート番号を  $VIP_{MR} : Port_{MR}$  に変換する。さらに、200 OKメッセージをカプセル化後、DMPの実IPアドレスを付加してMRへ転送する。

MRはDAからの200 OKを受信すると、メッセージに付加されているDMPの実IPアドレス  $RIP_{DMP}$  から転送先DMPを判別し、宛先をDMPの実IPアドレス  $RIP_{DMP}$  に変換して200 OKメッセージを転送する。

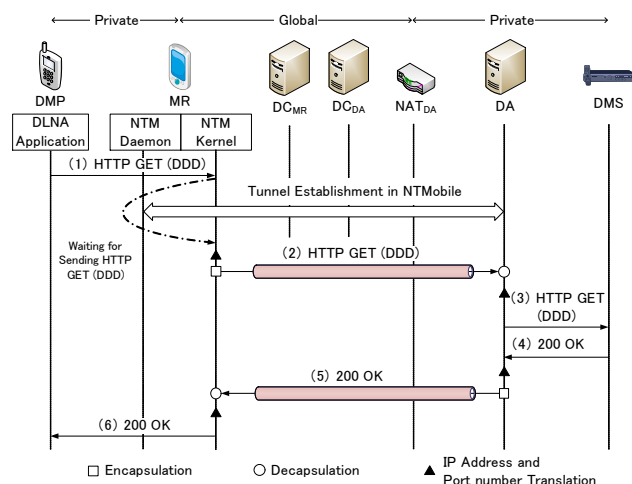


図 4 デバイス情報取得シーケンス

Fig. 4 Sequence of device information acquisition.

表 2 デバイス情報取得時のパケットのアドレス遷移

Table 2 Address translation of the packet in the device information acquisition phase.

	Source	Destination	Payload
(1) HTTP GET (DDD)	$RIP_{DMP}$	$VIP_{DMS}$	-
(2) HTTP GET (DDD)	$VIP_{MR}$	$VIP_{DMS}$	-
(3) HTTP GET (DDD)	$RIP_{DA}$	$RIP_{DMS}$	-
(4) 200 OK	$RIP_{DMS}$	$RIP_{DA}$	$RIP_{DMS}$
(5) 200 OK	$VIP_{DMS}$	$VIP_{MR}$	$VIP_{DMS}$
(6) 200 OK	$VIP_{DMS}$	$RIP_{DMP}$	$VIP_{DMS}$

### 3.3.2 デバイス情報の取得

図 4 にデバイス情報の取得シーケンスを示す。また、表 2 にデバイス情報の取得時のパケットのアドレス遷移を示す。DMPはデバイス探索の結果から、 $VIP_{DMS}$  宛に HTTP GET (DDD) を送信する。ここで、仮想 IP アドレス  $VIP_{DMS}$  は DMP が接続している MR のサブネットとはアドレススコープが異なるため、HTTP GET (DDD) をデフォルトゲートウェイである MR へ送信する。

MRはこのパケットを受信すると、デバイス探索時と同様にDMPの実IPアドレス  $RIP_{DMP}$  を付加してDAへ送信する。

DAはMRからのメッセージを受信すると、アドレス変換を行い転送するが、MRの送信元ポート番号  $Port_{MR}$  がM-SEARCH Request 送信時と異なる場合がある。そのため、DAは新たに  $Port_Y$  を割り当て、M-SEARCH Request 受信時と同様にMRの送信元情報  $VIP_{MR} : Port_{MR}$  と、メッセージに付与されているDMPの実IPアドレス  $RIP_{DMP}$  との関係性を保存する。その後、メッセージの送信元IPアドレスと送信元ポート番号を、それぞれDAの実IPアドレス  $RIP_{DA}$  と  $Port_Y$  に変換する。また、宛先IPアドレスをDMSの仮想IPアドレス  $VIP_{DMS}$  からDMSの実IPアドレス  $RIP_{DMS}$  へ変換し、対象のDMSへ転送する。



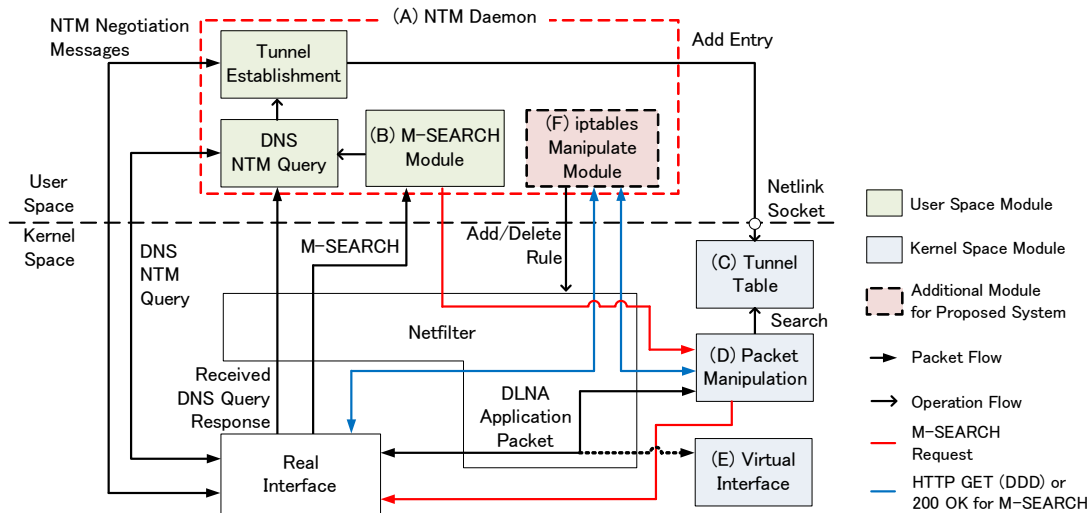


図 5 MR のモジュール構成  
 Fig. 5 Module configuration of MR.

DA は、DMS からの 200 OK メッセージを受信すると、デバイス探索時と同様にペイロード内の DMS の実 IP アドレス  $RIP_{DMS}$  を、仮想 IP アドレス  $VIP_{DMS}$  へ変換する。その後、パケットの宛先ポート番号  $Port_Y$  をキーとして、転送先 MR の情報を判別し、ヘッダのアドレス・ポート変換を行う。また、メッセージに DMP の実 IP アドレス  $RIP_{DMP}$  を付加して MR へ転送する。

以上の処理により、一般端末である DMP は HNW 内の DMS と遠隔 DLNA 通信を行うことができる。

#### 4. 設計方針

##### 4.1 MR

図 5 に MR のモジュール構成を示す。DMP 改造方式では、ユーザ空間にトンネル構築処理などを行う (A) NTM デーモンプログラム、M-SEARCH メッセージをトリガとしてトンネル構築や M-SEARCH Request の送信を行う (B) M-SEARCH モジュールが実装されている。また、カーネル空間においては (C) トンネルテーブル、(D) パケット操作モジュール、(E) 仮想インタフェースが実装されている。

提案方式では、上記モジュールに加えて、iptables のルール追加や削除を行う (F) iptables 操作モジュールをユーザ空間に新たに実装する。MR は遠隔 DLNA 通信の実現だけでなく、通常のモバイルルータとして動作することも想定しているため、NAT 機能を持つ必要がある。NAT 機能は、Linux において標準搭載されている iptables を利用する。また、iptables を適切に操作することにより、提案方式で必要となるヘッダ部分のアドレス・ポート変換処理を同時に実現する。iptables 操作モジュールは、DA からの 200 OK メッセージおよび配下端末からの HTTP GET (DDD) を受信すると、パケット内の送信元と宛先の情報から iptables のルールを生成、追加する。モジュールが受

信したパケットは iptables のルール追加後に送信され、追加されたチェーンを通過してアドレス変換された後、実インタフェースまたはカーネル空間のパケット操作モジュールへ渡される。パケット操作モジュールには、カプセル化パケットに DMP の実 IP アドレスを付与する処理を追加する。また、DA からパケットを受信した場合、パケット操作モジュールから iptables 操作モジュールへパケットが渡され、DMP の実 IP アドレス情報から iptables のルールが追加される。その後、パケットは追加したチェーンを通過し、アドレス変換後に DMP へ転送される。

##### 4.2 DA

DA のモジュール構成は、DMP 改造方式の構成と基本的には同様である。ただし、iptables を利用してアドレス・ポート変換を行うよう実装を変更し、NTM デーモンプログラムに iptables 操作モジュールを追加する。このモジュールは、MR のモジュールと同じく、HTTP GET (DDD) の受信時や、DMS からの 200 OK メッセージの受信時に、iptables のルールを追加する。加えて、本提案で追加した、MR の情報と DMP の実 IP アドレス、DA が割り当てたポート番号の関係を保存する機能を拡張する。また、DMP の実 IP アドレスを付与するために、パケット操作モジュールを拡張し、DMP の実 IP アドレスを付与するよう変更する。

##### 4.3 考察

提案方式は、NTMobile の機能を実装した MR を導入したことにより、一般端末においても移動透過性を満たす遠隔 DLNA 通信が行えるため、DMP 改造方式と比較して、汎用性が高く、利便性に優れたシステムになったと言える。また、提案方式のシステム構成は、DMP 改造方式

における DMP を一般端末と専用の MR に分離した点を除き、DMP 改造方式のシステム構成を踏襲したものである。そのため、各種サーバ等の機器構成は同様の構成である。CGN への対応についても、DA が DC<sub>DA</sub> との間で制御メッセージの交換のためのセッションを維持しているため、CGN が経路上に存在しても、MR は DC を経由することにより DA との間にトンネルを構築できる。文献 [14] によると、NTT ドコモが提供する sp モードでは既に CGN が導入されており、今後、他の ISP や通信キャリアにおいても、CGN を導入することが十分に考えられる。このようなネットワーク環境の変化に対しても、提案方式は柔軟に対応することが可能である。

一方で、DMP 改造方式において DMP が各々で行っていたカプセル化/デカプセル化処理、暗号化処理等を、提案方式では MR が配下端末の代理として一手に行う必要がある。そのため、配下端末が増加した場合には、MR における処理時間の増加に伴い、トンネル構築時間の増加やスループットの低下などが懸念される。しかし、MR 配下に多くの端末が接続することは通常考えにくく、また、トンネル構築の処理自体は非常に高速であるため、このオーバヘッドの増加がユーザにストレスを感じさせるまでには至らない。

MR は NTMobile を実装する必要があるため、Linux ベースで動作している必要がある。例えば、パツファロー社より発売されているモバイルルータ DWR-PG<sup>\*1</sup> は Android で動作しており、かつ root 権限が取得できることが分かっている。そのため、提案方式のモジュールを実装し、システムを利用できると考えられる。また、MR のモジュールを Android スマートフォンに実装し、テザリングすることでも、提案方式の利用は可能である。HTC をはじめ一部の企業では、自社製 Android スマートフォンのブートローダアンロックツールを提供するなどしており、root 権限の取得が容易な端末も存在する。このような端末を用いることにより、提案方式の MR を実現することができる。

市販のモバイルルータは、インターネットへ接続するインタフェースが 3G や LTE であることが多い。このような移動体通信網では、ユーザが移動しても IP アドレスが変化しないため、NTMobile の移動透過性の機能が発揮されない。しかし、近年では 3G/LTE に加えて、WiMAX や公衆無線 LAN にも接続できるよう、複数の通信インタフェースを搭載したモバイルルータも登場している。このようなモバイルルータは、インターネットへ接続する通信インタフェースを切り替えると IP アドレスが変化してしまうため、提案方式の移動透過性機能が必要となる。

## 5. まとめ

本稿では、NTMobile を拡張し、一般端末においても移動透過性を実現する遠隔 DLNA 通信システムを提案した。提案方式では、筆者らが従来提案してきたシステムに対して、新たに NTMobile を実装したモバイルルータを導入する。このモバイルルータが配下に存在する一般端末に代わり、トンネル構築やカプセル化などの NTMobile に関わる処理を行う。これにより、モバイルルータは配下端末に対して移動透過性を満たした遠隔 DLNA 通信を提供し、従来方式で問題となっていた一般端末での利用ができないという課題を解決できる。

今後は、提案方式の実装および性能評価を行う。また、モバイルルータに複数台の DMP を接続し、同時に通信する場合での性能測定を行う。

謝辞 本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) の支援を受けて実施された。

## 参考文献

- [1] Consumer Home. <http://www.dlna.org/>.
- [2] Rosenberg, J., Schulzrinne, H., Camarillo, G., Johnston, A., Peterson, J., Sparks, R., Handley, M. and Schooler, E.: SIP: Session Initiation Protocol, RFC 3261, IETF (2002).
- [3] Moteqi, S., Tasaka, K., Idoue, A. and Horiuchi, H.: Proposal on Wide Area DLNA Communication System, *Proc. of IEEE CCNC2008*, pp. 233–237 (2008).
- [4] 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, No. 12, pp. 3985–3996 (2008).
- [5] 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).
- [6] 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).
- [7] 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).
- [8] 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).
- [9] Perreault, S., Yamagata, I., Miyakawa, S., Nakagawa, A. and Ashida, H.: Common Requirements for Carrier-Grade NATs (CGNs), RFC 6888, IETF (2013).
- [10] 鈴木秀和, 上醉尾一真, 水谷智大, 西尾拓也, 内藤克浩, 渡邊 晃: NTMobile における通信接続性の確立手法と実装, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 1, pp. 367–379 (2013).
- [11] 内藤克浩, 上醉尾一真, 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, 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 1, pp. 380–393 (2013).
- [12] 清水皓平, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊 晃: NTMobile を応用した遠隔 DLNA 通信システムの実装手法, DI-

<sup>\*1</sup> <http://buffalo.jp/product/wireless-lan/ap/mobile/dwr-pg/>

COMO2012 シンポジウム論文集, Vol. 2012, No. 1, pp. 366-375 (2012).

- [13] Goland, Y. Y., Cai, T., Leach, P., GU, Y. and Albright, S.: Simple Service Discovery Protocol/1.0 Operating without an Arbiter, Internet draft, IETF (1999) (online), available from <http://tools.ietf.org/html/draft-cai-ssdp-v1-03>.
- [14] 西村雅樹, 宮坂俊成: 2010年スマートフォン新サービス・機能 -スマートフォン向けサービス提供基盤-, NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, Vol. 18, No. 3, pp. 38-44 (2010).