

## IPv6 ホームネットワーク接続システムの性能評価

穴田 一博、高 大民、石原 清輝、久保 孝弘\*、能戸 智也、丸田 徹

KDDI 株式会社

〒102-8460 東京都千代田区飯田橋 3-10-10

TEL: 03-6678-0798, e-mail: {anada, koh, ki-ishihara, ta-kubo, noto, to-maruta}@kddi.com

あらまし IPv6 に基づくユビキタスネットワーク・サービスに向けて、固定網・移動体網を問わずネットワークのどこからでもホームネットワークにアクセスできる仕組みが有望視されている。また、IPv6 技術の普及過程では、現在のインターネットプロトコルである IPv4 との相互接続技術や相互運用技術の確立が重要となる。筆者らは IPv6 に対応したホームネットワークに外部の IPv4 のネットワークから簡単に接続する機能を実現するホームネットワーク接続システムを開発した。本システムは、IPv4 から IPv6 へ相互接続するトランスレーション機能と、各 IPv6 ホームネットワークへの接続を簡便に行うためのポータル機能を有する。本稿では本システムの構成と性能評価、ならびにフィールド試験の結果を報告する。

キーワード IPv6、ホームネットワーク、トランスレーション、ポータル、DNS

## Performance Analysis of an IPv6 homenet portal system

Kazuhiro ANADA, Daemin KO, Kiyoteru ISHIHARA, Takahiro KUBO\*, Tomoya NOTO, Toru MARUTA

KDDI CORPORATION

3-10-10, Iidabashi, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8460 Japan

TEL: 03-6678-0798, e-mail: {anada, koh, ki-ishihara, ta-kubo, noto, to-maruta}@kddi.com

### Abstract

Accessibility from either fixed or mobile networks to home networks is considered to be essential for IPv6 based ubiquitous network services. Interconnectivity and interoperability of IPv4 and IPv6 networks will be key technologies for IPv6 network deployment. The authors have developed a system which provides connectivity from IPv4 networks to IPv6 home networks. This system provides translation between IPv4 and IPv6 networks, and a portal site function for home network users to easily connect to their IPv6 home network. A performance analysis and results of a field trial are described in this paper.

### Key Words

IPv6, home network, translation, portal, DNS

### 1. はじめに

IPv6 に基づくユビキタスネットワーク・サービスに向けて、固定網・移動体網を問わずネットワークのどこからでもホームネットワークにアクセスできる仕組みが有望視されている。これから開発・実用化が進む家庭内ネットワークは IPv6 ベースとなるものと想定されるが、そこにアクセスする固定・移動体網は IPv4 と IPv6 が混在する。

そこで、このようなネットワーク環境においてもホームネットワークへの円滑な接続を実現するために、IPv4/IPv6 から家庭内 IPv6 機器への接続を可能とする IPv6 ホームネットワーク接続システムを開発した。本システムにより、外部のインターネット環境やブラウザフォンなどから IPv6 ホームネットワークへ簡単に接続することが可能となる。本システムでは、ユーザの利便性向上を目的に、ホームネットワーク毎にポータルページを用意し、同ページに表示される家庭内の IPv6 機器を選択することにより、IPv4/IPv6 の HTML ブラウザが

\*株式会社KDDI研究所、上福岡市  
KDDI R&D Laboratories Inc., Kamifukuoka-shi, 356-8502 Japan

らホームネットワークにある IPv6 の HTTP サーバへ接続する機能を提供する。また、家庭内の IPv6 機器を DNS 登録する機能を提供し、外部の IPv4/IPv6 ネットワークから家庭内の IPv6 機器へ接続することも可能としている。

開発したシステムを IPv4/IPv6 デュアルスタック接続が可能な ADSL ユーザ約 1,000 名に試験提供し、2003 年 6 月から 8 月までの 3 ヶ月間、フィールド試験を実施した [1]。

本稿では、2 章で今回開発したホームネット接続システムの構成と接続形態・動作方式について説明する。3 章では本システムの性能評価結果を、4 章ではフィールド試験の結果を紹介する。最後に 5 章では、まとめと今後の課題を述べる。

## 2. システムの設計と構成

### 2.1 ホームネット接続システムの構成

ホームネット接続システムは、家庭内に設置した IPv6 機器へ簡単に接続するためのポータル機能を提供するシステムである。本システムに家庭内 IPv6 機器の IPv6 アドレスやユーザ任意の名前を登録することで、接続元のインターネット環境や、接続先の IPv6 アドレスを意識することなく、家庭内機器へアクセスできることを目的とする。家庭内 IPv6 機器への接続は、IPv6 インターネット環境からだけでなく、IPv4 インターネット環境からも、ブラウザフォンからも可能とする。本システムのユーザの利用シーンとしては、ポータル画面から機器を選択する利用と、直接機器を指定する利用が想定される。そこで、機器への接続方法として、次の 2 つを用意することとした。

- (1) 登録した機器の一覧画面（ポータル画面）から機器を選択することで接続する
  - (2) システムで設定される FQDN を使用して接続する
- 詳細については、2.2、2.3 項で述べる。

以上の基本方針に基づき開発した本システムの構成を図 1 に示す。各機能ブロックの役割は以下の通りである。

- ・ ユーザに対して接続のインタフェース及び登録設定のインタフェースを提供するポータルサーバ
- ・ IPv6 機器への接続を中継するプロキシゲートウェイ
- ・ ユーザ情報を管理する LDAP サーバ
- ・ 機器接続時にホスト名を解決する DDNS(Dynamic DNS)サーバ [2]

- ・ プロトコル変換をおこなうトランスレータ及びトランスレータの変換テーブルを生成する DNS プロキシ

本システムは将来的な容量増設を考慮し、機能ブロックごとに容量増設が可能なモジュラー構成とした。今回は初期構成のため LDAP サーバ、DDNS サーバ、ポータルサーバを同一マシンに実装している。

IPv4-IPv6 トランスレーションとしては、主として高速性を考慮し、ハードウェアによりトランスレーションを実現する NAT-PT 方式 [3] のトランスレータを採用した。NAT-PT 方式のトランスレータは一般に接続するコネクションの数だけ IPv4 アドレスを必要とするが、本システムではシステムの前段にプロキシゲートウェイを配備し、プロキシゲートウェイとトランスレータの間にプライベートアドレスを用いることにより、IPv4 アドレスの消費を抑えている。後述するように、接続する IPv6 機器はアクセスの都度トランスレータに登録することから、ホームネットワークに接続される機器の情報をディレクトリサーバにより管理し、ディレクトリサーバから読み上げた機器情報を都度 DNS に登録する方式としている。そのため、DNS への都度登録は DDNS により実現し、ディレクトリサーバはフリーで入手可能な Open LDAP を採用した。

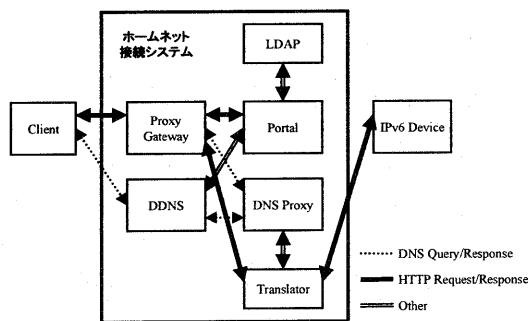


図 1：ホームネット接続システムの構成

### 2.2 ポータル画面経由の接続方法について（使い捨てホスト名による接続）

携帯電話またはパソコンのブラウザからポータルサーバの URL を指定することで、ユーザ認証を経てシステムに登録した機器一覧画面にアクセスする。表示された登録機器が HTTP サーバ機能を有していれば、機器名を選択することで

接続することができる。その際の接続先ホスト名として、一時的に利用可能とするランダムな文字列「使い捨てホスト名」が与えられる。この「使い捨てホスト名」は、アカウント認証後、その都度 LDAP サーバにより生成、動的に DDNS サーバに登録され、一定時間の経過後に削除される。これにより、正規の認証手続きを経していない第三者からの不正アクセスを困難とすることができる。

また、使い捨てホスト名を DDNS サーバに登録する際に対応する IPv4/IPv6 アドレスを両方登録することにより、接続元のネットワーク環境が IPv4/IPv6 のどちらであってもアクセス可能となる。なお、本接続形態においては、通信可能なプロトコルは HTTP だけである。

ユーザから接続要求があったときの動作概要を記す (IPv4 から IPv6 機器へ接続の場合 図 2)。

- ① 認証フェーズ：ユーザはブラウザからポータルサーバの URL を指定する。表示された認証画面にて、ID / パスワードによる個人認証を行う。システムは認証したユーザの登録機器情報を検索し、一覧を表示するとともに、システム内部で使い捨てホスト名を生成する。
- ② 変換テーブルエントリフェーズ：ユーザは機器一覧から接続希望機器を指定する。トランスレータと連携動作する DNS プロキシは、選択された機器の使い捨てホスト名に対する IPv6 アドレスを DDNS サーバに問い合わせる。トランスレータに解決した IPv6 アドレスをエントリするとともに、対応する IPv4 アドレス (仮想) を設定する。(ユーザには仮想 IPv4 アドレスを応答)
- ③ 接続フェーズ：トランスレータ経由で機器に接続する。

### 2.3 ユーザ任意設定のホスト名による接続について

次に、ユーザ自身で任意に設定できるホスト名による接続方法について説明する。システムの機器登録画面にて、「DNS 登録する」を選択することで、登録している機器名とアカウントをキーとした FQDN が設定され、ユーザ自身で設定解除するまで DDNS サーバに永続的に登録される。機器に接続する際は、名前解決要求に対し DDNS サーバに登録された IPv6 アドレスとトランスレータの IPv4 アドレスを返す。これにより、接続元のネットワーク環境が IPv4/IPv6 のどちらであっても、IPv6 機器への接続が可能となる。この接続方

法は、接続時に認証処理を必要としない自由度の高い接続を可能とする。

ユーザから接続要求があったときの動作概要を記す (IPv4 から IPv6 機器へ接続の場合 図 3)。

- ① 変換テーブルエントリフェーズ：ユーザは設定された FQDN にて機器への接続要求を行う。DDNS サーバに登録されている IPv6 機器の IP アドレスを検索し、仮想 IPv4 アドレスとともに変換テーブルがトランスレータにエントリされる。(ユーザには仮想 IPv4 アドレスを応答)
- ② 接続フェーズ：トランスレータ経由で機器に接続

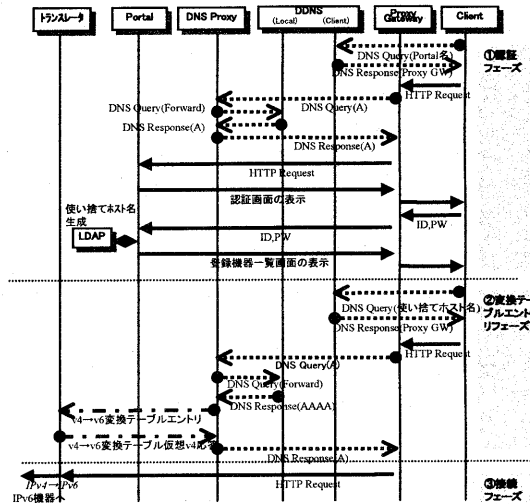


図 2：使い捨てホスト名による接続シーケンス (IPv4 から IPv6 へ)

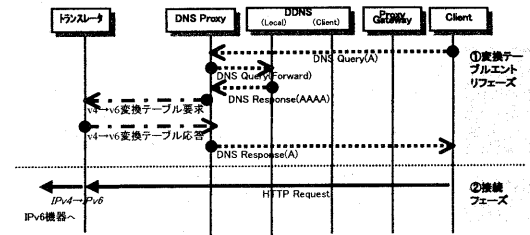


図 3：ユーザ任意設定のホスト名による接続シーケンス (IPv4 から IPv6 へ)

### 3. 性能評価

今回、ユーザ任意設定ホスト名による接続を想定した評価試験を行った。以下にその評価試験構成、試験結果、及び考察を示す。

#### 3.1 試験構成

試験構成としては、ホームネット接続システム、接続対象機器 (IPv6 HTTP サーバ)、負荷発生機器の3つが主な装置となる。図4に試験構成図、表1に各装置のスペックを示す。

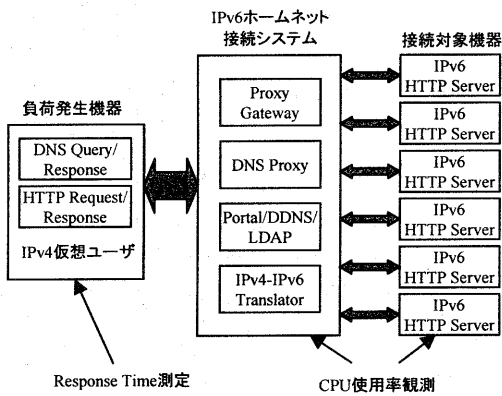


図4：試験構成図

表1：各機器の諸元等

機器名	CPU(MHz)	Memory (Mbyte)	OS
1.ホームネット接続システム			
Proxy Gateway	Pentium III (1260)	(1024)	Redhat-Linux7.2
Portal/DDNS/LDAP	Pentium III (1260)	(1024)	Redhat-Linux7.2
DNS Proxy	Pentium III (1260)	(1024)	Redhat-Linux7.2
2.IPv6 HTTP Server			
	Pentium III (1000)	(512)	Redhat-Linux8.0

#### 3.2 試験方法

試験方法としては、負荷発生機器からホームネット接続システム経由で接続対象機器に対し DNS Query、及び HTTP Request を送り、その Response 状況を測定する。合わせて各サーバにおける CPU 使用率も観測する。試験パターンとしては以下のパターンを用意した。

- ・試験パターン：ユーザ任意設定ホスト名による接続 (IPv4→IPv6)
- ・負荷発生機器からの接続可能 URL 数：6,667 件 (HTTP サーバ 6 台に均等に割り付け)

- ・接続対象機器数：IPv6 対応 HTTP サーバ 6 台
- ・負荷発生機器：要求トランザクション数を 0-150transaction/s まで段階的に増加

#### 3.3 試験結果及び考察

本試験においては、システム全体として 100transaction/s 付近が処理能力限界となっている (図5)。

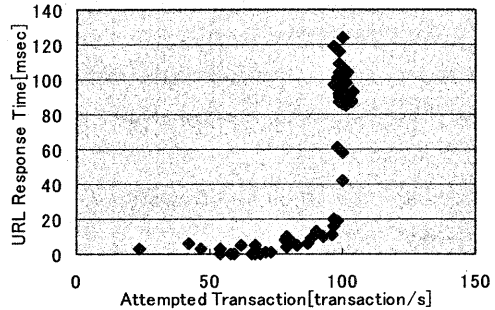


図5：負荷試験結果 (ユーザ任意ホスト名による接続 (IPv4→IPv6))

別途実施した変換テーブルエントリフェーズなしの接続処理 (図3②部分) の予備試験では、少なくとも 10 倍以上の transaction 処理能力を確認している (図6)。なお、一部見られる性能劣化は HTTP サーバのレスポンス変動によるものと考えられる。

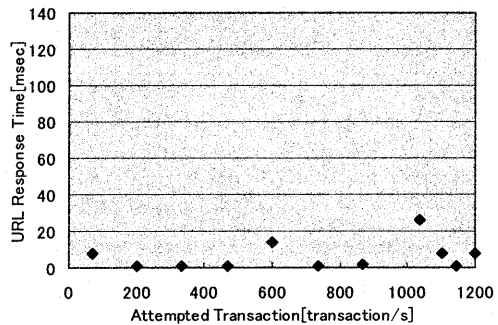


図6：負荷試験結果 (ユーザ任意ホスト名による接続 (IPv4→IPv6)、変換テーブルエントリフェーズなし)

また、DNS Proxy、DDNS、トランスレータそれぞれの CPU 使用率の観測から、DNS Proxy - トランスレータ間の変換テーブルエントリ処理 (図3①の v4→v6 変換テーブル要求/応

答)がボトルネックになっていることが確認された。従って、本システムでは、ユーザ数増加等に対応して処理能力を向上させるには、トランスレータの並列運用による負荷分散や高性能サーバの採用が効果的と考えられる。

#### 4. フィールド試験

##### 4.1 概要

本章ではホームネット接続システムを利用した、フィールド試験について報告する。

今回のフィールド試験にて、ユーザに配布した IPv6 対応機器及びアプリケーション [4] を表 2 で示す。

表 2 : IPv6 対応アプリケーション及び機器

分類	機器名	機能	配布数
着信系 777 アプリケーション	ネットワークカメラ	IPv6対応Webサーバ機能内蔵	90
	ネットワーキングボックス	家庭用VTRのリモコン操作、電灯のOn/Off制御	20
	リモート操作ソフト	IPv6対応のPC遠隔操作ソフト	1000
P2P系 777 アプリケーション	テレビ電話ソフト	IPv6対応サーバレステレビ電話ソフト	770
	メッセージソフト	IPv6対応メッセージャー	1000
		IPv6対応通信機能付きのせん紙 IPv6対応音声メーラー	

##### 4.2 構成

図 7 で示すように IPv4 網から宅内 IPv6 アプリケーションへのアクセスをホームネット接続システムが中継する。

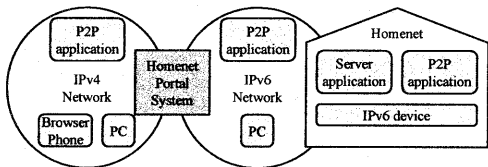


図 7 : ホームネット接続システムのフィールド試験構成

##### 4.3 トラフィック測定ポイントと収集方法

今回の測定においては、tcpdump を利用している。測定点では、IPv4/IPv6 データが混在して流れているが、ここでは IPv6 トラフィックだけをキャプチャしている。収集したデータは、1 日を単位としたキャプチャファイルを作成し、アプリケーション毎に解析した。

##### 4.4 トラフィック分析結果及び考察

試験期間中の全体トラフィックは実験開始当初から比べ、

若干減少傾向にはあるものの、IPv6 トラフィックが継続的に発生していることが観測された (図 8)。トラフィック傾向としては、平日の利用が比較的多くなっている。時間帯としては、夕方と夜間に 2 回のピークが存在しており (図 9)、外出先からパソコンや携帯電話でアクセスしていることや、帰宅後に自宅のパソコンからアクセスしているなどの利用シーンを反映していると考えられる。

今回測定した IPv6 トラフィックは、通常の IPv4 トラフィックの特性とは異なり、ホームネットから網側へのトラフィックが、網からホームネットへのトラフィックより大きいことが観測された (図 10、11)。これは、今回提供しているアプリケーションのうち主にネットワークカメラの特性が反映された結果による。

また、大容量の通信が断続的に発生していることから、ネットワークカメラやテレビ電話ソフトが多量のトラフィックを発生させていることがわかる (図 10、11)。

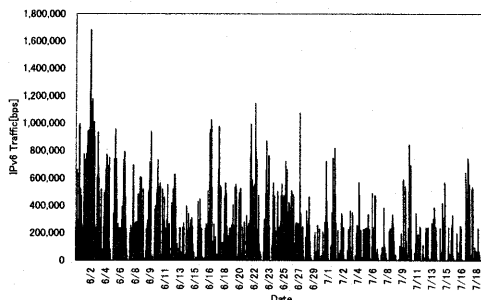


図 8 : IPv6 トラフィック (日推移)

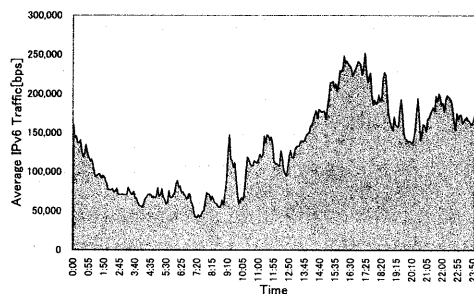


図 9 : IPv6 時間帯別トラフィック (6/1-7/19 日平均)

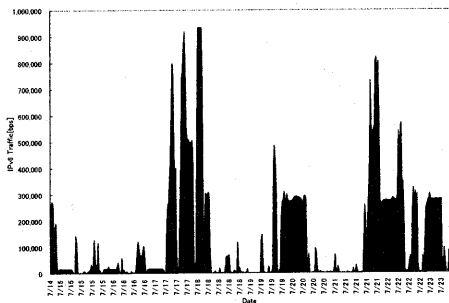


図 10 : 大容量の断続的トラフィック (IPv6→IPv4)

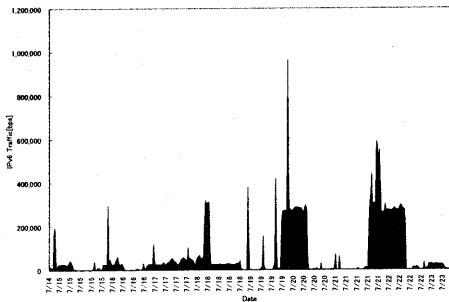


図 11 : 大容量の断続的トラフィック (IPv4→IPv6)

#### 4.5 利用動向の考察

ネットワークカメラを代表例として、今回のフィールド試験の利用動向についてユーザアンケートを基に考察する。

ネットワークカメラをどこから見ているかの質問について、16%のユーザが携帯電話を挙げており (図 1 2)、ユビキタス的サービスに対する一定のニーズを予感させる結果と言える。また、ネットワークカメラの利用目的については、利用開始前後ともに留守宅を外出先から見るニーズが圧倒的に高く (図 1 3)、セキュリティへの関心の高さが確認された。

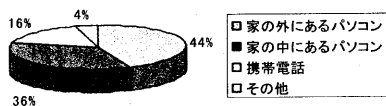


図 1 2 : ユーザアンケート結果①

(質問: ネットワークカメラをどこから見るか?)

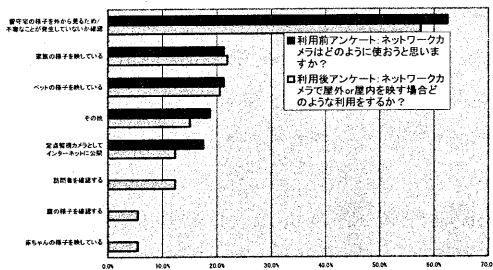


図 1 3 : ユーザアンケート結果②

(質問: ネットワークカメラの利用目的について (複数回答))

#### 5. おわりに

本稿では、IPv4 と IPv6 を同時に利用することや、IPv4 網と IPv6 網の相互接続を円滑に行うための手段として開発したホームネット接続システムの構成や接続方法について述べ、さらに負荷試験による性能評価を行った。これにより本システムのボトルネックの明確化や拡張性についての一定の指針を得た。また、フィールド試験の実施結果より、IPv4 とは異なったアプリケーション利用動向やそれに伴うトラフィック変化について確認した。

今回開発したシステムでは IPv4-IPv6 トランスレーション機能の前段となる変換テーブルエントリ処理の性能向上が課題であることが明らかになった。今後、本システムの実用化に向けてトランスレータの並列化やサーバの機能分散等の性能向上策を検討する予定である。

#### 参考文献

- [1] DION ADSL IPv6 実証実験 ; *IPv6 magazine*, No.5, pp.90-91, Spring 2003.
- [2] IETF RFC 2136. *Dynamic Updates in the Domain Name System (DNS UPDATE)*, April 1997.
- [3] IETF RFC 2766. *Network Address Translation - Protocol Translation (NAT-PT)*, February 2000.
- [4] ネットワークカメラ ; *IPv6 magazine*, No.1, pp.41, Spring 2002.