

ホームネットワークのマルチホーミングに関する検討

藤崎 智宏^{†1}

インターネットの普及・発展に伴い、一般家庭においても、さまざまなインターネットアクセス手段が利用可能となってきた。今後のホームネットワークは複数の回線によってインターネットに接続されるマルチホーム IPv4/IPv6 デュアルスタックネットワークになると考えられる。このような形態のネットワークを有効に活用するためには、従来の家庭向けインターネットサービス提供に使用されている木構造ネットワークをベースとした IP アドレスの付与方法、経路制御手法等を利用することは困難である。本稿では、マルチホームデュアルスタックネットワークを構成する上で考慮すべき要件を整理し、その実現手法について考察する。

Discussion about multi-homing of home networks

TOMOHIRO FUJISAKI^{†1}

The Internet has become popular, and many devices are connected to the Internet. In consumer users' home, home networks are developed to share the Internet access line with those devices. There are many Internet access methods available, such as fiber, DSL, Wi-Fi, cellular, cable TV and so on. In near future, a home network will be connected to the Internet with multiple access methods, and become an IPv4/IPv6 dual stack network. In such networks, existing tree-structure based access technologies will not work well. This paper describes requirements for constructing a multi-homed IPv4/IPv6 dual stack home network, and how to implement that network.

1. はじめに

インターネットの普及に伴い、インターネットへのアクセスに利用可能な回線も多様化し、一般家庭においても複数の接続性回線から用途に合った回線を選択できる状況になっている。インターネットの接続を前提とする機器も増加し、インターネットへのアクセス回線を家庭内に設置された複数の IP 機器により共有、また、それらの機器が相互に家庭内で通信するために、ホームネットワークが構築されることも一般的になって来ている。また、携帯端末の普及に伴い、ホームネットワークと、携帯キャリア接続の両方が利用可能である等、個々の機器が複数のアップリンクでインターネットに接続される環境も増えてきている。

また、インターネットの普及による IPv4 アドレスの在庫枯渇対応等から IPv6 の普及が世界的に進んでいる。日本国内においても、インターネットサービスプロバイダにおける IPv6 対応のみならず、一般家庭における IPv6 導入が進展しており、ホームネットワーク内の IP 機器も、IPv6 に対応しているものが増加している。

このような状況から、今後のホームネットワークは、複数のインターネット接続回線によってインターネットに接続される IPv4/IPv6 デュアルスタックネットワークになると考えられる。本稿では、このようなホームネットワークを構成する上での課題、及び、ネットワークを構築する手

法について述べる。

2. 今後のホームネットワークの構成と発生する課題

2.1 今後のホームネットワークの構成

インターネットの普及に伴い、インターネット接続手法も多様化しており、光ファイバ、ケーブルテレビ、DSL、無線アクセス（Wi-Fi, WiMax, 3G/LTE 等）等のサービスが一般家庭においても利用可能である。更に昨今、家庭内にネットワークが構成されることも一般的になって来っており、パーソナルコンピュータ、プリンタ、スキャナのような OA 機器のみならず、テレビ、ビデオ等の AV 機器やゲーム機等がホームネットワークに接続されている。

また、IPv4 のアドレス在庫枯渇に伴い導入が始まった IPv6 について、世界的に急速に普及が進んでいる。日本国内においても、多くのサービスプロバイダは IPv4/IPv6 双方によるインターネットアクセスを提供しており、既存 IPv4 ユーザの IPv4/IPv6 デュアル環境への移行も進み始めている。また、家庭内ネットワークに接続される機器についても、IPv6 にも対応したものが多くなっている。

これらの状況から、今後の家庭ネットワークは、複数のインターネット接続性を持った IPv4/IPv6 デュアルスタックネットワーク（マルチホームデュアルスタックネットワーク）形態になることが想定される（図1）。

^{†1} 日本電信電話(株)
Nippon Telegraph and Telephone Corp.

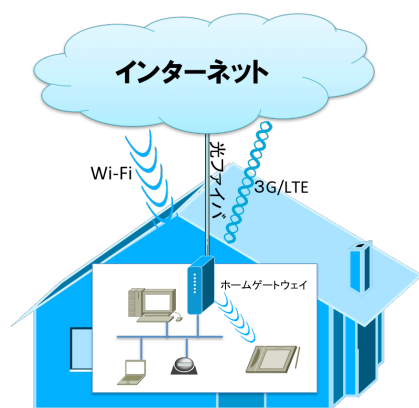


図 1 今後のホームネットワークの構成
Figure 1 Home network in near future.

2.2 マルチホームデュアルスタックネットワーク構成の特徴

2.2.1 マルチホームデュアルスタック構成の利点

マルチホームデュアルスタックネットワークは以下のような利点を持つ。

- インターネットアクセス回線の冗長化が可能

インターネットは日常生活に必須のインフラストラクチャの一部となっている。インターネットへのアクセスに必要な回線が冗長化されることにより、可用性が向上する。

- インターネットアクセス回線を効率的に利用可能

複数の回線の回線を同時に利用することにより、ロードバランシングが可能となり、全体的なアクセス帯域を向上させることができる。また、アプリケーションによって回線を使い分ける等により、効率的な回線の利用が可能となる。

2.2.2 マルチホームデュアルスタック構成の課題

現在の家庭向けインターネットサービス上でマルチホームデュアルスタックネットワークを構築する際には、以下の観点について検討が必要である。

(1) アドレス付与方法

IPv4・IPv6 それぞれの場合に、アドレスの付与方法を検討する必要がある。インターネットサービスプロバイダが提供する家庭向けサービスにおいては、インターネットサービスプロバイダが管理する IP アドレス(PA(Provider Aggregatable) Address:プロバイダ集成可能アドレス)が付与される。この場合、ユーザのホームネットワークに対しては、アドレスが回線にひも付いており、複数の回線で複数のプロバイダに接続される場合には、アドレスも回線ごとに複数付与される。また、利用する回線に対しては、その回線にひも付いたアドレスを利用する必要がある。更に、IPv4 と IPv6 で付与されるアドレス数が異なる。IPv4 では、回線ごとにそれぞれ一つのアドレスが付与され、ホ

ームネットワークでは、そのアドレスを共有して利用する形態が一般的であるが、IPv6 では、ホームネットワークが構築できるように複数アドレスが付与され、ホームネットワーク内の機器それぞれに個別のアドレスが付与される形態が一般的である。図 2 に、IPv4 利用時のアドレス割り当ての例を示す。対外接続ルータ（ホームゲートウェイ）のプロバイダ側インタフェースにそれぞれのプロバイダから割り当てられたアドレスが付与され、ホームネットワーク内では IPv4 プライベートアドレスを利用してネットワークを構築する。通信の際には、ホームゲートウェイによりプライベートアドレスからプロバイダから取得したアドレスへのアドレス変換（NAT）が実施される。

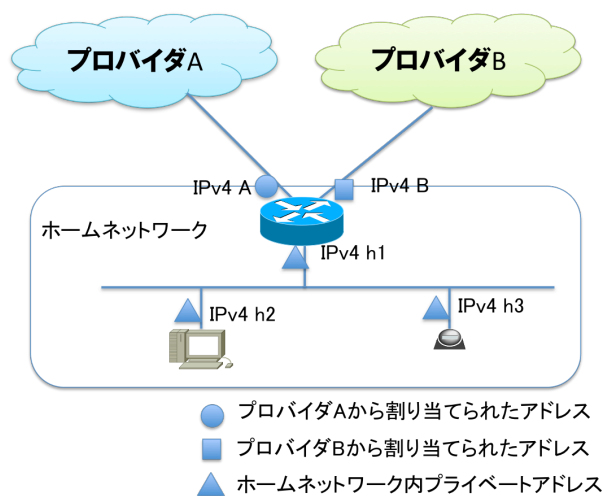


図 2 IPv4 ホームネットワークの例
Fig 2 IPv4 home network structure

図 3 に、IPv6 利用時の一般的なアドレス割り当ての例を示す。IPv4 とは異なり、プロバイダから、ホームネットワーク向けのアドレスブロックが割り当てられる。ホームネットワーク内の機器には、割り当てられたアドレスブロック中の一アドレスが付与される。複数のインターネットアクセス回線がある場合には、個々の機器に、それぞれのプロバイダから割り当てられたアドレスが付与される形態が一般的である。この場合、利用するアドレスの選択は個々の機器が実施することになり、IPv6 の仕様に従う場合、送信先アドレスに対応したアドレスが利用される[1]。この対応付けは仕様上、制御可能であるが、ネットワーク上に存在するすべての機器において、制御手法が実装されていることを想定することは困難である。

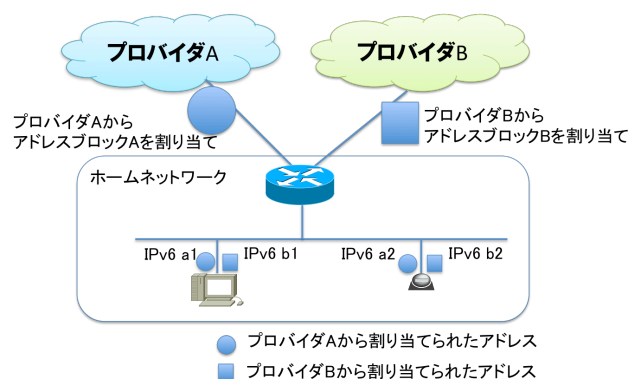


図 3 IPv6 ホームネットワークの構成例

Fig 3 Example of IPv6 home network structure

(2) 経路制御

割り当てられた IP アドレスに基づいた経路制御が必要となる。IPv4 の場合、ホームゲートウェイにより NAT が実施されるため、ホームネットワークから外部向けの通信に対しては、プロバイダ選択や、回線冗長化の実現はホームゲートウェイにて実施可能である。しかしながら、外部からホームネットワーク向けに実施された通信に対する冗長化機能の摘要は困難である。IPv6 の場合には、図 3 のような構成の場合、個々の機器が付与された IPv6 アドレスの中から実際に利用するアドレスを選択するため、ホームゲートウェイでは、個々の機器により選択された送信元アドレスに基づいたプロバイダ選択を実施する必要がある。例えば、プロバイダ A から割り当てられたアドレスが送信元となっている場合には、その通信はプロバイダ A 向けの回線に送る必要がある。このため、回線の冗長化を実現するためには、個々の機器のアドレス選択を制御する等の機構が必要となる。

2.2.3 マルチホームデュアルスタックネットワーク構成の要件

以上の観点から、複数のインターネットアクセス回線を有効活用するマルチホームデュアルスタックネットワークを構築するための方式には、以下の要件についての検討が必要と考えられる。

● 回線冗長化対応

複数アクセス回線を利用してホームネットワークのインターネット接続冗長化を実現するために、ホームネットワークから外部への通信、及び、外部からホームネットワーク内機器むけに実施された通信の両方に対応した手法が重要となる。

● 端末非依存

今後のホームネットワークには、センサ等、機能が限定された機器を含んだ多くの機器が接続されることが想定される。このため、接続される機器が特定の機能（複数 IP ア

ドレスの選択機能等）を具備していることを想定することは困難である。また、新たに機能を定義し、個々の機器にその機能を実装することは、普及に時間がかかる、未対応機器の扱いが必要といった問題が発生する。

● アクセス回線の最適選択

個々のサービスや、アプリケーションが、最適なアクセス回線を利用できることが望ましい。例えば、特定のプロバイダが提供するサービスを利用する場合、遅延や帯域等の品質が必要なアプリケーションが、特定の回線を使用する場合等が考えられる。

● 現サービス方式との互換性

個々の機器での場合と同様、ホームゲートウェイやプロバイダ内の機器に新規の機構を導入する場合、実装、普及が課題の一つとなる。普及の観点からは、現状の家庭向けサービス提供方式を利用可能な方式が望ましい。

次章では、これらの要件に基づき、マルチホームデュアルスタックネットワーク構成を実現する方式について検討する。各方式において、IPv4 ネットワークの構成方法は、プロバイダから割り振られたアドレスを NAT して利用する形態が主であり、構成的には図 2 と同等になることが多いため、今後のネットワーク構成にて主となる IPv6 の構成に主眼を置く。

3. マルチホームデュアルスタック構成の実現手法

3.1 トンネル方式

インターネット上に設置された接続点(トンネル終端点)とホームネットワークを、IP トンネル等の論理回線で接続する手法である。トンネル接続用に、現在の家庭向けサービスをそのまま利用できる。図 4 に、トンネル方式の例を示す。

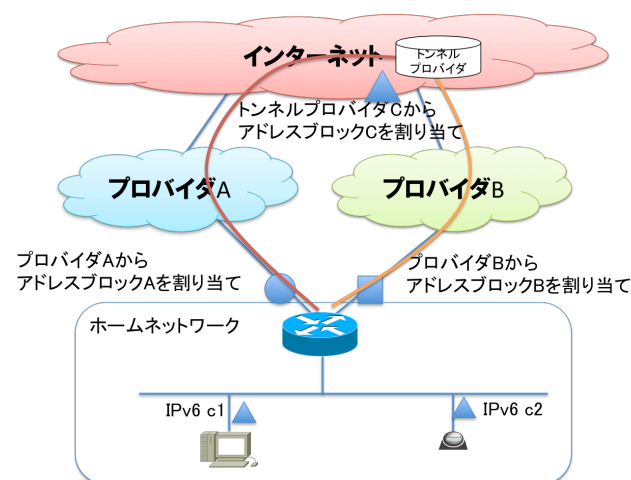


図 4 トンネル方式によるホームネットワークの構成

Fig 4 Home network structure using IP tunnel

IPv6 アドレスは、トンネルプロバイダが付与したアドレスをホームネットワーク内で利用するため、個々の機器に付与されるアドレスは、トンネルプロバイダのアドレス種類となり、端末にアドレス選択機能等を付与する必要はない。また、インターネットアクセス回線の冗長化を実現することはできるが、トンネル終端点が単一障害点となる。ホームネットワークから外部に対して、利用するアクセス回線の選択は可能であるが、トンネル終端点までの前経路において、遅延等の品質を担保することは困難であり、また、トンネル終端点の位置によっては、通信が非効率になる可能性がある。

3.2 NAT 方式

図2に示した、IPv4 NAT と同等の機能を IPv6 でも実現する方式である。IPv6 においては、ホームネットワーク内のアドレスは、どちらかのインターネットプロバイダより提供されたアドレスか、IPv4 のプライベートアドレスに相当する IPv6 ユニークローカルユニキャストアドレス[2]が利用可能である。IPv4 の NAT 環境と同等の機能が提供可能であり、外部向け通信の冗長化、端末非依存、アクセス回線の最適選択、現方式との互換性をそれぞれある程度担保できるが、IPv6 では NAT の利用は推奨されていないため、本方式の利用には注意する必要がある。

3.3 Homenet 方式

インターネット標準化組織である IETF の homenet WG において、ホームネットワークのマルチホーミング手法が検討されている[3]。IETF homenet 方式では、図3の IPv6 ホームネットワーク構成をそのまま踏襲する。個々の端末には、インターネット接続回線数と同数以上の IPv6 アドレスが付与され、端末が独自に送信元アドレスを選択する。出口のホームゲートウェイにて、発信元アドレスに基づいた経路制御により、アドレスを割り当てたプロバイダへの出口回線が選択される。本方式では、端末非依存性、アプリケーションに応じた回線選択、現方式とのある程度の互換性は達成できるが、回線冗長化を実現することは困難である。

3.4 アドレス選択ポリシー配布方式

複数アドレスを持つ IPv6 機器において、利用するアドレスを選択する機構が定義されており[1]、選択ポリシーは外部から提供が可能である[4]。図5に、アドレス選択ポリシー配布機構を用いたホームネットワーク構築方式の例を示す。プロバイダとの接続回線の状態により、ホームゲートウェイが利用すべき IPv6 アドレスをアドレス選択ポリシー配布機構により指示することで、回線の冗長化を実現できる。アドレス選択ポリシーは、各機器の通信相手ごとに

記述可能なため、サービスに応じた回線選択も実現可能である。しかしながら、前述のように、すべての構成機器がアドレス選択ポリシー機構を実現しているとは限らない。

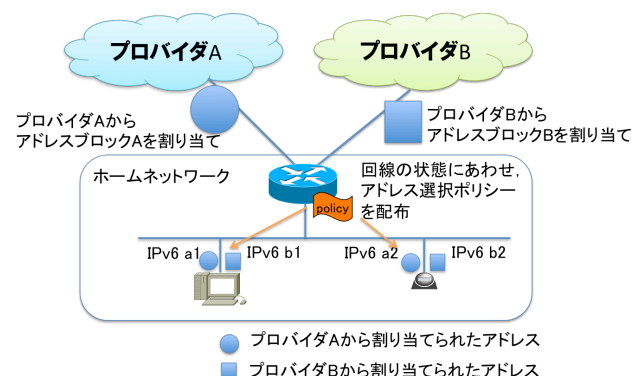


図 5 アドレス選択ポリシー配布機構の例

Fig 5 Multi-homing with address selection policy distribution.

3.5 プロバイダ非依存アドレス利用方式 (PI 方式)

プロバイダ非依存アドレスを利用し、ホームネットワークを自律システム (Autonomous System: AS) と見立て、ネットワークを構成する方式である。ホームネットワークで利用されるアドレスは一つとなり、端末に依存しないネットワーク構成が可能である。また、インターネットアクセス回線の冗長構成をとることも容易であり、サービスごとに利用する回線を選択することも可能である。本方式はインターネットサービスプロバイダ間や、独自の経路制御ポリシーを持つ企業ネットワークなどで利用されている方式であり、機構は一般的であるが、家庭用ネットワークに対しての接続方式としては利用されていないため、プロバイダネットワークのエッジにおける接続方式の見直しが必要となる。また、現在の PI アドレスによる方式では、家庭ごとに AS 番号が必要となる、各家庭に割り当てた PI アドレスがグローバルインターネットに広報されるといった、インターネット資源の利用側面での課題が発生する。

3.6 各方式の比較

表1に、各方式の比較評価を示す。各方式ともに、互換性の項目については、現在利用されている技術が摘要できる場合には高い評価とした。アドレス選択ポリシー配布方式では、ホームゲートウェイ及び各端末にアドレスポリシー配布、取得機能の実装が必要なこと、PI 方式では方式自体は広く利用されているものであるが、インターネットサービスプロバイダの家庭向けサービスの構成を変更する必要があるため、互換性の評価を下げている。

NAT 方式と PI 方式の評価が高い。しかしながら、NAT 方式は、現状、IPv6 において NAT の利用が推奨されていないことから、この構成をとることは適切ではないと考えら

れる。また、PI 方式は、前章で述べたように、インターネット資源利用の側面からの課題があり、スケーラビリティに問題があるため、家庭用ネットワークといったマス向けの接続に利用することは難しい。

	冗長化	端末非依存	回線選択	互換性
トンネル	○	○	×	○
NAT	△	○	○	○
Homenet	×	○	×	○
選択ポリシー	○	×	○	△
PI	○	○	○	△

表 1 各方式の比較

Table 1 Comparison of each mechanism

4. おわりに

本稿では、今後のホームネットワークの形態と考えられるマルチホームデュアルスタックネットワークの実現手法について評価・検討を実施した。PI 方式が IPv6 ネットワークに親和性が高く、定義した要件に対して評価が高いが、コンシューマ向けサービスに利用するにはスケーラビリティに課題がある。今後、PI 方式において、インターネット資源の利用を抑える方式について検討を実施する。

参考文献

- 1) D. Thaler, Ed., R. Draves, A. Matsumoto, T. Chown, "Request for comments 6724: Default Address Selection for Internet Protocol Version 6 (IPv6).", IETF, <http://www.ietf.org/rfc/rfc6724.txt>, September 2012.
- 2) R. Hinden, B. Haberman, "Request for comments 4193: Unique Local IPv6 Unicast Addresses.", IETF, <http://www.ietf.org/rfc/rfc4193.txt>, October 2009.
- 3) T. Chown et al, "Interntet Draft: IPv6 Home Networking Architecture Principles.", IETF, <http://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-homenet-arch/>, March 2014.
- 4) A. Matsumoto, T. Fujisaki, T. Chown, "Request for comments 7078: Distributing Address Selection Policy Using DHCPv6.", IETF, <http://www.ietf.org/rfc/rfc7078.txt>, January 2014.
<http://office.microsoft.com/ja-jp/word-help/CH010097020.aspx>