

## IPv6 とマルチホーミング

「マルチホーミング」とは、インターネット接続の冗長化や、サービスプロバイダの使い分けを目的として、複数の上流と接続することをいう。IPv4インターネットでは、従来は、インターネットへの依存度が高い企業や大学などで利用されていたが、最近是一般ユーザーの利用も多い。

マルチホームを実現する技術はいくつかあるが、一般的には、ある程度大規模な組織ではBGP（Border Gateway Protocol）を用いたマルチホームが、一般ユーザーでは、NAT（Network Address Translation）を用いたマルチホームが利用されている。

### BGPを用いたマルチホーム

BGPを用いたマルチホームを実施する場合、インターネット資源として、AS（Autonomous System）番号、PI（Provider Independent）アドレスが必要となる。マルチホーム組織は複数の上位ISP（Internet Service Provider）と接続し、それぞれのISPに対してBGPを用いて自分のAS番号とアドレスを広告する。情報を受け取ったISPは、さらに他のISPに対してAS番号、アドレスを広告する。これにより、インターネット上の他

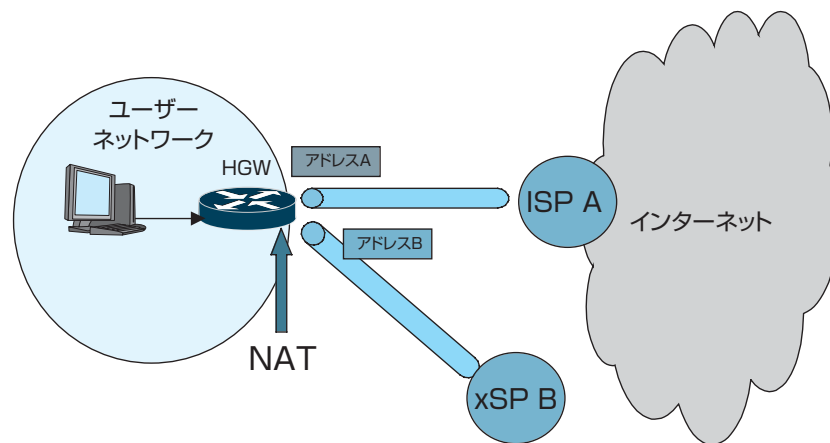


図1 NATによるマルチホーム

の組織との通信が可能となる。故障などで上位ISPへの接続が一部なくなった場合にも、残りのISP接続を通して外部への通信／外部からの通信への応答が可能である。

### NATを利用したマルチホーム

マルチホームは、ユーザーのインターネット環境でも一般的に利用されている。たとえば、NTT地域会社が提供するフレッツサービスではPPPoE（PPP over Ethernet）を利用することで、複数の外部接続が同時に利用できる（マルチセッション）。一般ユーザーは、このマルチセッション機能を用いて、ISPアクセスと、フレッツスクエアと呼ばれるNTT地

域会社の提供するコンテンツサービスを同時に利用している。

この形態のマルチホームでは、上位サービスプロバイダがそれぞれ個別のIPv4アドレスをユーザーネットワークに割り当て、通信の際に、ユーザーネットワークの出口にあるNAT機器が割り当てられたアドレスへの変換を実施する（図1）。図1は、片方のサービスプロバイダがフレッツスクエアのような専用サービスを実施している例であるが、複数のISPと接続することも可能である。

IPv4インターネットでは現状、上記のようなマルチホーム手法が一般的に利用されている。では、IPv6ではどのような状況であろうか。

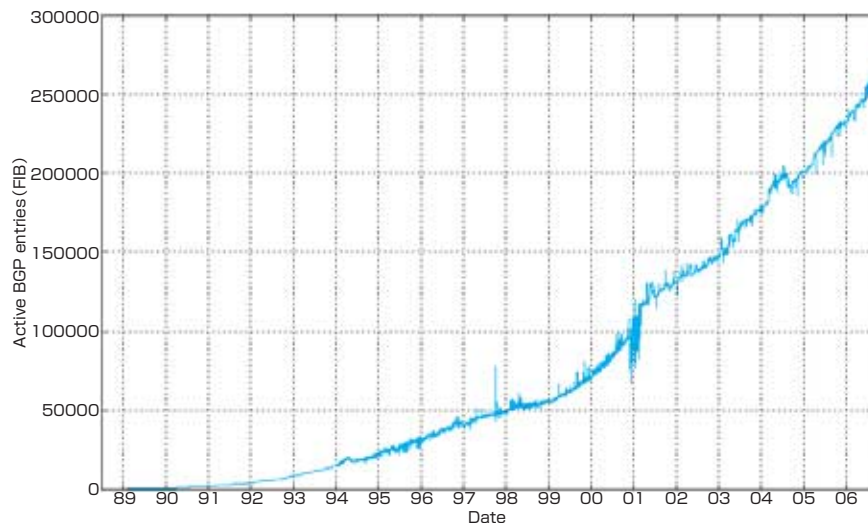
## IPv6 における マルチホームの現状

前述のようなマルチホーム手法は現状、IPv6では利用できない。BGPを利用したマルチホームにおいてはPIアドレスが必要であるが、IPv6にはIPv4のPIアドレスに相当するものは定義されていない。また、IPv6は端末間のEnd-to-End通信が前提のため、NATの利用は推奨されていない。このため、図2のようなネットワーク環境では、ユーザネットワークの出口の機器だけでなく、ユーザネットワーク内部に設置される機器すべてに外部接続数分のIPv6アドレスが付与されることになる。

これらは、IPv6の設計思想に係る問題が大きい。そもそも、IPv4の次のプロトコルとしてIPv6が開発された大きな理由は、IPv4インターネットで問題になっているアドレス数の不足の解消、および経路情報の肥大化の解決、である。

IPv4では、使用するアドレス数を少なくするためにNATの利用を推奨し、結果として従来のインターネットにあった、端末同士がシームレスにEnd-to-End通信を実施する、という概念を壊してしまった。IPv6では、この端末同士のEnd-to-End通信環境を復活させることが一つの目標となっている。

また、IPv6では経路表の肥大化を防ぐため、小規模な組織にはPIアドレスを与えず、階層的にPA (Provider Aggregatable) アドレスを割り当てることを強く意識している。



グラフ1 IPv4の経路数の変遷  
<http://bgp.potaroo.net/as1221>より転載

グラフ1に示すように、現在のIPv4インターネットにおける経路数は増加の一途をたどっており、基幹ルータの負荷増によるインターネットの不安定化が懸念されている。このため、階層を壊し、経路増につながるPIアドレスは定義されなかった。

## IPv6 マルチホームの 実現に向けて

インターネット技術の標準化団体であるIETF (Internet Engineering Task Force) においても、IPv6標準化の際、マルチホームが一つの大きな問題になると想定されていた。そのため、multi6 ワーキンググループ (以下wg) にて、IPv6に特化したマルチホーム手法の標準化を実施してきた。multi6 wg では多くのマルチホーム手法の提案が実施されたが、標準化は難航した。約5年に渡る議論の結果、エンドホスト同士の

連携によりマルチホームを行うshimアーキテクチャと呼ばれる方式が選択され、プロトコルの策定のためにshim6 wgが2005年6月に作られ、現在標準化が進んでいる。

また、shimアーキテクチャではカバーできない問題があることなどから、近年、IPv6においてもPIアドレスを定義しようという動きが起こっている。

## IPv6 マルチホーム技術

### IPv6 PIアドレスの定義

経路数増大の懸念はあるものの、IPv4のBGPを利用したマルチホーム技術は、PIアドレスさえ定義されれば、IPv6でも同様に利用可能である。IPv6普及には、IPv4と同等の冗長化技術が欠かせない、という意見もあり、IPv6におけるPIアドレスの定義に関する提案が世界各地で実施されている。

IPアドレスの割り当てポリシーのようなインターネット資源管理は、アドレス管理組織であるRIR (Regional Internet Registry) の管轄である。RIRは、地域ごとに、APNIC (アジア太平洋)、ARIN (北アメリカ)、RIPE-NCC (ヨーロッパ)、LACNIC (南アメリカ)、AfriNIC (アフリカ) の5つが存在する。PIアドレス定義のような提案は、地域ごとに議論されることになるが、2006年9月現在、ARINにてIPv6 PIアドレスの配布が決定しており、APNICでは2006年9月上旬に開催されるミーティングにて議論される。他のRIRでも議論中のところが多く、流れとしてIPv6のPIアドレスを定義し、配布する方向に進んでいる。

### shimアーキテクチャ

図2に示すように、IPv6では複数の上位ISPにマルチホームしているユーザーは複数のアドレスを付与されることになる。shimアーキテクチャではこのように複数の上流回線から割り振られた複数のアドレスをホストが持つことを想定し、通信障害が発生した場合には通信に用いるアドレスを別のアドレスに切り替える

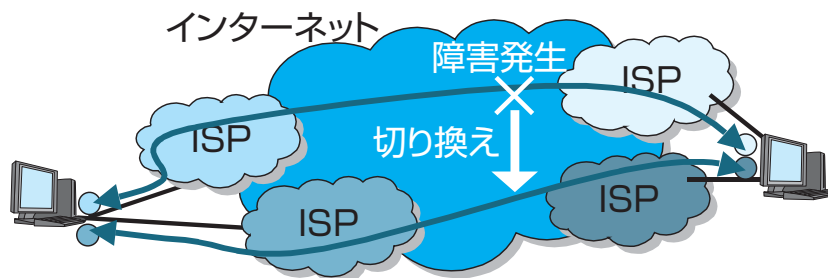


図2 shim アーキテクチャ

ことで、上流ネットワークにおける経路の切り換えを行い、障害を回避するという、エンドホストによるマルチホームの実現を目指している。

shimアーキテクチャでは、IPレイヤーにshimレイヤーと呼ばれるサブレイヤーを新しく定義し、ここでIPレイヤーの持つ複数のアドレスと上位レイヤー (トランスポート) のセッションとのマッピングを行うことになっている (図3)。このレイヤーがアドレスの切り換えをトランスポート層等の上位レイヤーに対して隠蔽し、アプリケーションに何ら変更を加えることなくエンドホストによるマルチホームを実現する。

基本的な仕様の策定はほぼ完了しているが、ここに来ていくつかの問題が浮上している。1つはオペレーターグループから寄せられたコメントとして、現在のBGPによるマルチホームで可能だったトラフィックエンジニアリングができなくなる、という問題点の指摘である。これまでは、ネットワークオペレーターが一元的に出口のル

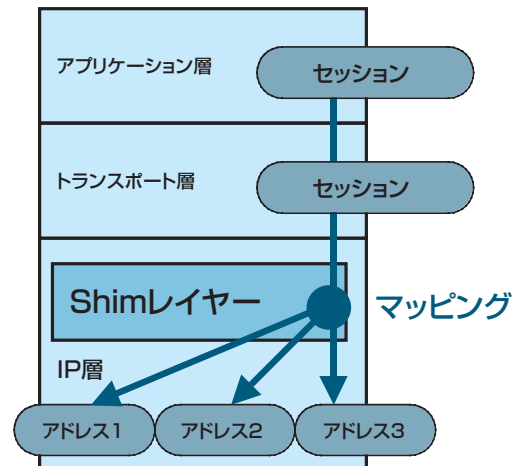


図3 shimの概要

ータ等においてトラフィックを制御することができていたが、アドレスの切り換え、即ち使用する上流回線の切り換えが端末サイドの裁量となることで、本質的にネットワークオペレーターによる制御が難しくなってしまう。

また、もう1つの問題として、shimプロトコルが依存しているHBA (Hash Based Addresses) というセッションハイジャック防止のための機能が、ある企業の所有する特許に類似しているということが指摘されている。特許が取得されている技術を標準として使用することに対しては根強い抵抗があり、特許を回避する方向が模索されている。

### まとめ

インターネットを社会基盤として利用するために、マルチホームは不可欠な技術の一つである。IPv6においても、IPv4と同等以上のマルチホーム環境がそろいつつある。