

■3 群 (コンピュータ -ソフトウェア) - 3 編 ネットワーク層

4 章 BGP (Border Gateway Protocol)

(執筆者: 永見健一) [2009 年 12 月 受領]

■3 群 - 3 編 - 4 章

4-1 BGP の概要

インターネットで使われている経路制御プロトコルは、EGP (Exterior Gateway Protocol) と IGP (Interior Gateway Protocol) の二つに分類されます。EGP は、「AS (Autonomous System)」間で経路情報を交換するためのプロトコルであり、IGP は、「AS」内で経路情報を交換するためのプロトコルです。AS とは、一つの管理ポリシーで統一されたネットワークの集合を指す。具体的には、インターネットサービスプロバイダ (ISP) や企業・大学などの組織です。この節では、インターネットで利用されている EGP の代表的なプロトコルとして BGP を説明する。

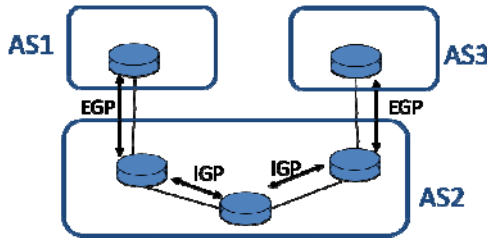


図 4・1 EGP と IGP

インターネットでは、各ホストを識別するための識別子として IP アドレスを使用している。BGP では、各 AS を識別するための識別子として AS 番号を使用する。現在主に使われている AS 番号は、2 バイトの空間であり、65535 個の AS 番号が存在している。インターネットの拡大とともに AS 番号の空間が足りなくなり、2 バイトの空間から 4 バイトの空間に拡張されている。

BGP は、AS 番号とその AS が保有する IP アドレスの集合のペアを経路情報として交換する。これにより、データ通信で使われる IP パケットをどの AS を経由して届けることができるかを定めることができる。

BGP は大きく分けて二つに分類される。一つは、AS 間で経路情報を交換するための eBGP (External BGP) であり、もう一つは、eBGP で交換した BGP の情報を別の隣接 AS と交換するために、同一 AS のルータ間で交換するための iBGP (Internal BGP) である。

BGP の基本プロトコルは、IETF (Internet Engineering Task Force) からインターネットの標準として発行されている RFC4271 (A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4) : 2006 年 1 月改訂旧 RFC1771) で規定されている。この基本プロトコルは、IPv4 ユニキャストのためのプロトコルです。この基本プロトコルを IPv6 やマルチキャストなどの IPv4 ユニキャスト以外の目的に使うためのマルチプロトコル拡張が作られている。このマルチプロトコル拡張は、RFC4760 (Multiprotocol Extensions for BGP-4) として、規定されている。この規定は、複数の用途で使えるように BGP を拡張したものであり、具体的な拡張方法はそれぞれの用途によ

って定義されている。例えば、IPv6 の経路情報を交換するものとしては、RFC2545 (Use of BGP-4 Multiprotocol Extensions for IPv6 Inter-Domain Routing) で規定されている。

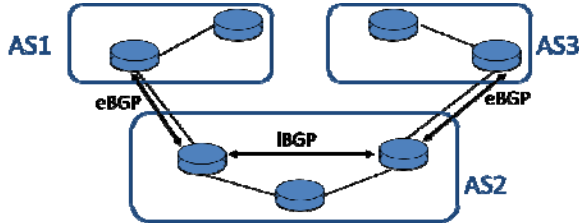


図 4・2 eBGP と iBGP

次に、BGP の基本的な経路情報の交換について説明する。BGP は、パスベクタ型の経路制御プロトコルである。パスベクタ型の経路プロトコルは、経路情報に加えて、この経路情報が通過した AS 番号を追加する。

以下の図を用いてパスベクトル型の動作を説明します。図では、AS1,AS2,AS3 の 3 つの AS が接続している。AS1 の左側に 10.0.0.0/8 のネットワークが接続している。AS1 から AS2 には、この 10.0.0.0/8 の経路を広告すると同時に、AS パス属性として自分の AS 番号である AS1 を追加する。この経路情報を受信した AS2 は、隣の AS である AS3 に経路情報を広告するが、この時に AS パス属性として自分の AS 番号である AS2 を追加して、AS パス属性を「AS2, AS1」として AS3 に広告する。AS3 がこの経路を広告する場合には、AS パス属性を「AS3, AS2, AS1」として広告する。



図 4・3 パスベクトル型

上記で説明した AS パス属性は経路決定に使われる。大きく分けて 2 つの役割がある。1 つの役割は、複数経路がある場合にどの経路があるかを選択するため、もう 1 つは、経路のループを発生しないためである。それぞれ順番に説明する。

4-1-1 AS パス属性を経路選択に利用する場合

まず、一つめの複数経路がある場合の経路選択に利用される場合を説明する。

下の図では、AS1 の左に 10.0.0.0/8 のネットワークがある。AS5 は、10.0.0.0/8 の経路情報を 2 つ受信する。具体的には、AS2,AS3 経由の経路情報と AS4 経由の経路情報を受信する。

このとき、AS5 が 10.0.0.0/8 のパケットを送信する場合には、AS5→AS3→AS2→AS1 の経路と AS5→AS4→AS1 の経路の 2 通りがある。AS5 は、自分のポリシーによりどちらかの経路を選ぶことができる。

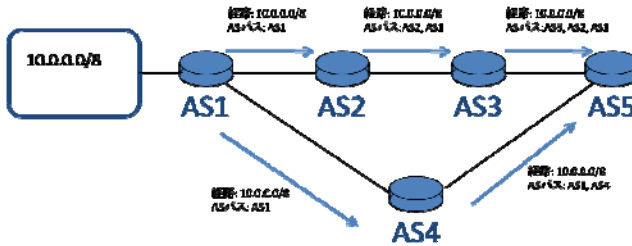


図 4・4 経路選択

選択の方法としては、例えば、以下の方法が考えられる。

- ① AS パス長が短い経路を優先する方法
- ② 特定の AS を経由する経路を優先する方法

①を選んだ場合には、AS5 からは、AS5→AS4→AS1 の経路でパケットが転送される。この経路を選択する理由は、AS パス長が短い経路が近い経路であると推定されるためである。

②を選んだ場合には、例えば、AS3 を通る経路を優先するポリシーがある場合は、AS5→AS3→AS2→AS1 の経路でパケットが転送されます。AS3 を選ぶ理由としては、例えば、費用が安いなどがある。

このように、AS パス属性を見ることで AS パス長が短い経路や特定の AS を優先する様なポリシーを自分自身で選択することができる。

4-1-2 AS パス属性を経路のループ検出に用いる場合

経路のループを検出する役割であるが、AS パス属性に自身の AS 番号が記載されている場合には、経路がループしているものとみなして、その経路情報を利用しない。経路のループが発生する場合には、BGP で交換する経路情報の AS パス属性に自身の AS 番号が記載されているためである。

具体的に、図 4・5 を用いて説明する。図では、AS1 から 10.0.0.0/8 の経路を広告していますが、その経路が AS1→AS2→AS3→AS5→AS4→AS1 の順で広告される。AS1 では、AS4 から受信した AS パス属性を見て自分と同一の AS 番号 (AS1) があるので経路ループが発生していることがわかり、その経路を採用しない。

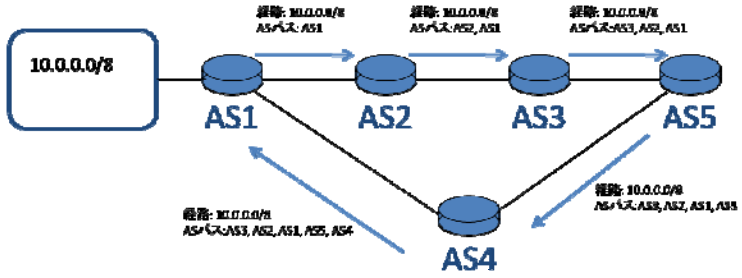


図 4・5 AS パス属性によるループ検出

■3群 - 3編 - 4章

4-2 BGP の拡張機能 (コミュニティ属性)

上記で説明してきたように、BGP の基本機能では、経路情報と AS パス属性を交換している。この経路情報や AS パス属性によって経路選択のポリシーを決定することができる。

しかし、すべてのルータにこのポリシーを設定するのは、設定管理の手間がかかり大変である。そこでより容易に設定できるように考え出されたのがコミュニティ属性です。コミュニティ属性は 4 バイトの値で表される。

このコミュニティ属性は、AS パス属性と同じようにある経路情報に対して付けられる。コミュニティ属性には、あらかじめ決められた (well known な) 番号と AS 内で任意に割り当てられる番号に分けられる。あらかじめ決められた番号には、例えば、以下のような番号が定義されている。

- ・ AS 境界から経路を外に出さないという番号である NO_EXPORT (0xfffff01)
- ・ 他の BGP ピアに経路を広告しない番号である NO_ADVERTISE (0xfffff02)

上記のコミュニティ属性をもつ経路情報は、AS 外に広告されなかったり (NO_EXPORT)、他の BGP ピアに広告されなかったりする (NO_ADVERTISE)。

コミュニティ属性を用いずに、AS パス属性のみで同様の制御をするためには、すべてのルータに AS 外に広告しない AS 番号や経路情報を設定する必要がありますが、コミュニティ属性を利用できる場合には、あるルータでコミュニティ属性を設定するだけでよく、ほかのルータには、細かな設定を投入する必要はありません。このため、ルータの設定が簡単になる。

コミュニティ属性には、あらかじめ決められた番号のほかに AS 番号をもつ組織が自由に使えるコミュニティの値も定義されている。コミュニティ値の 4 バイトのうち上位の 2 バイトを AS 番号とし、下位 2 バイトをその AS 番号の AS 内で自由に決めることができる。このコミュニティ値は 10 進法で、「(AS 番号):(識別子)」と表現される。例えば、AS 番号 65535 が使えるコミュニティ値は、「65535:1」のように表現する。このコミュニティ値の意味は、それぞれの AS によって独自に定義することができる。

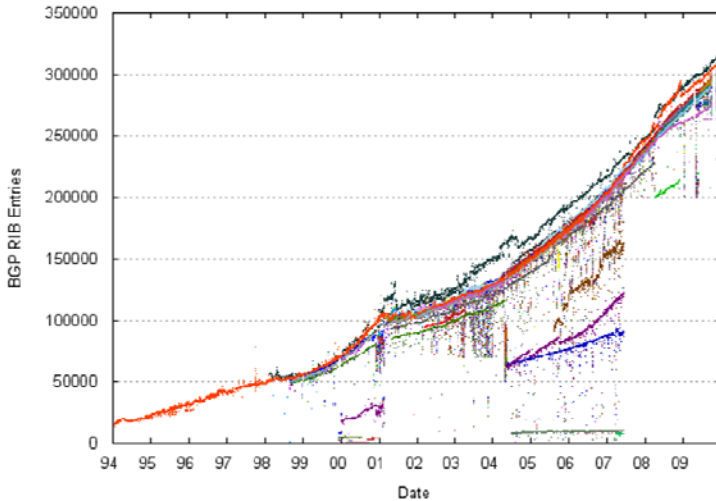
■3 群 - 3 編 - 4 章

4-3 インターネットの統計情報

この節では、BGP を用いて接続されているインターネットの統計情報を説明する。

4-3-1 インターネットの経路数

インターネットは BGP を用いて複数の AS が接続されて運用されている。この BGP で交換されている IPv4 の経路数は、2009 年には、約 30 万経路にも達している。10 年前の 1999 年からは、約 6 倍の経路数になっている。

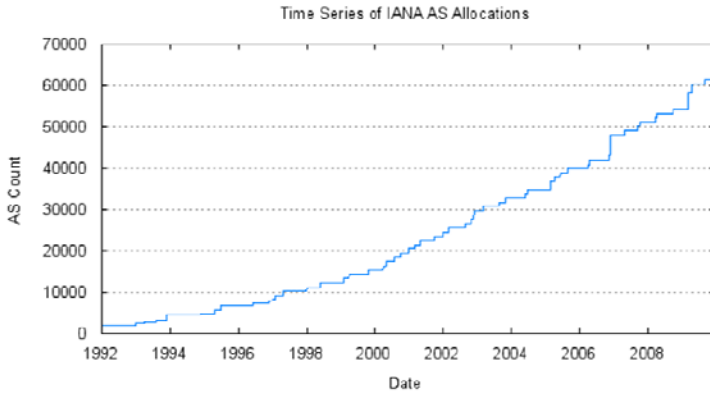


※<http://bgp.potaroo.net/>より引用

図 4・6 BGP 経路数

4-3-2 インターネットの AS 数

インターネットの経路制御プロトコルである BGP は、AS 番号を識別子として動作している。この AS 番号は、2 バイトの空間 (0~65535) である。図 4・7 は、1992 年からの AS 番号の割当てを示している。2009 年での割当てでは、6 万を超えており、2 バイト AS 番号は残り少なくなってきた。AS 番号は、2 バイトから 4 バイトの空間に拡張されており、今後は、拡張された空間が使われることになる。



※<http://www.potaroo.net/tools/asn32/> より引用

図 4・7 インターネットの割当て AS 数