

BGP 経路の不安定性に関する一考察

5Q-7

上水流 由香

NTT ソフトウェア研究所

1 はじめに

インターネットにおける AS(Autonomous System) の間の経路制御には、主に BGP-4(Border Gateway Protocol 4)[1] が用いられている。BGP における経路情報の更新はネットワークの変化に応じて行われる。本稿では、BGP 経路における不安定経路の問題を取りあげ、経路の変動履歴から、変動源である可能性の高い AS の推定と、多くの経路変動の原因となった AS を示す指標を提案する。

2 不安定経路の問題

BGP 経路制御における問題の1つとして、経路フラップとも呼ばれる頻繁な経路変動の問題がある。頻繁な経路変動により、ルータの経路更新による負荷の増大、不安定化した経路による通信品質の低下などの影響が生じる。

経路が不安定化する原因としては、ネットワーク機器の不調などの障害が挙げられるが、その他にもルーティングソフトウェアの動作不良や設定の不備などにより、必要のない経路の更新が行われている場合もある。

不安定経路の影響を回避する手法として、BGP Route Flap Dampening と呼ばれる方法がある [2]。これは頻繁に登録と削除を繰り返す経路を経路表から削除するという方法である。この方法により、経路更新によるルータの負荷をある程度抑制できるが、不安定化の原因を取り除くことにはならない。根本的な解決のためには、経路変動の発生源を特定し、その変動の原因を解決する必要がある [3]。

3 BGP 経路の変動監視

不安定経路の根本的な解決のため、BGP ルータにおいて経路変動を記録する BGP 経路の変動監視システムを開発した [4]。本システムは、経路エントリの追加、削除、AS パスなどの属性の変化といった BGP 経路制御における経路の変動を、経路エントリごとに記録する。この経路変動監視システムを用いて、インターネットの基幹プロバイダ間で交換される経路(フルルート)の変動監視を行っている。監視対象ルータでは BGP Flap Dampening が設定されているため、非常に短い間隔の経路変動は記録されない。

4 経路変動パターンによる変動源の推定

BGP 経路の変動パターンによっては、変動履歴に現れる AS パスの比較により、変動原因である可能性の高い AS を推定することができる。変動原因の推定方法と、それが可能または不可能な場合について述べる。

4.1 変動源の AS が推定可能な場合

BGP では、経路情報が通過した AS を AS パス属性として伝える。あるネットワークへ至る経路が削除 (withdrawn) される場合、削除情報 (withdraw message) が送り出されるが、それが複数の経路を通して他のネットワークに伝えられる場合に、伝播時間のわずかな違いなどにより、様々な代替経路がごく短い時間現れる例が多く観測されている。

継続時間 (sec)	AS パス / 経路の状態
76	A B C D E F
826	Withdrawn
22	A B E F
38	A B F E F
2819	Withdrawn
21	A B F E F
853	Withdrawn

表 1: 経路の変動例

表 1 は変動回数の多い経路 $route_1$ の変動例であり、表の上から時間順に経路の属性の変化とその属性の継続時間を示している。この中でも複数の AS パスが現れている。このような経路の不安定な状態が継続したある 1 日分の変動履歴について、各状態 (属性) の現れた回数やのべ時間などを表 2 に、表 2 に現れた AS パスグラフを図 1 に示す。

この例では、変動サイクルの中に経路が削除された状態が含まれる。そこで、変動の発生源は履歴の中に現れた AS パスすべてに共通な AS であると考えられる。また監視ポイントに近い B から A のパスに変動原因がある場合には、B より遠い AS パスの変動が現れる可能性は低い。そこで、経路の不安定源の AS は、全ての AS パスに共通し監視ポイントから遠い、AS-E もしくは AS-G であると考えられる。つまり、経路変動履歴が 1) 経路が削除された状態を含み、2) 異なる AS パスへの切り替わりが発生する、という 2 つの条件を満たす場合には、変動原因は、全ての AS パス

のべ時間 (sec)	変動 回数	平均継続 時間(sec)	AS パス/ 経路の状態
80475	73	1102.40	Withdrawn
3890	69	56.38	A B E G
1225	22	55.68	A B F E G
76	1	76.00	A B C D E G
67	2	33.50	A B C E G
24	1	24.00	A B C H E G

表 2: route₁ の 1 日の変動特徴

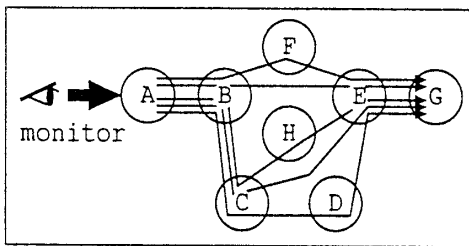


図 1: route₁ の変動履歴に現れた AS パスグラフ

スに共通する AS で、かつ観測ポイントに近い側の AS を除く（経路の発信元に近い側の）AS であるという推定が可能になる。

別の例として、経路が削除されない経路変動を考える。表 3 は、削除された状態を含まない（AS パスのみが変わる）経路 route₂ の 1 日の変動特徴を示している。経路が削除されない場合には、

のべ時間 (sec)	変動 回数	平均継続 時間(sec)	AS パス/ 経路の状態
50985	33	1545.00	A B E J K
33881	34	996.50	A B F J K

表 3: route₂ の 1 日の変動特徴

経路の伝播途中で経路が不安定になり、代替のパスが選択されたと考えられる。そこでこのような経路の削除を含まない変動の場合には、両方の AS パスの異なる部分である AS-E、AS-F に変動の原因があると考えられる。

変動履歴から変動源 AS を推定する方法は、以下のようにまとめられる。

- 経路の削除を含む変動の場合
→ すべての AS パスに共通する AS
- 経路の削除を含まない経路変動の場合
→ AS パスに含まれる AS のうち、すべての AS パスに共通する AS を除く AS

4.2 変動源が推定が困難な場合

変動源 AS の特定が難しい場合として、変動ボタンの中に削除が含まれるが、AS パスの変動が観測されていない場合が挙げられる。例えば表 4 は、1 日の変動回数が多い経路 route₃ の 1 日の変動特徴を示している。この場合経路が選択する AS

のべ時間 (sec)	変動 回数	平均継続 時間(sec)	AS パス/ 経路の状態
49702	57	871.96	A I
36415	58	627.84	Withdrawn

表 4: route₃ の 1 日の変動特徴

パスは 1 種類しかないため、経路変動の原因としては AS-A、AS-I のどちらのケースも考えることができる。このように、異なる AS パスが観測されない変動履歴の場合、履歴情報だけで変動源の特定をすることは難しい。

5 AS の経路変動への関与率

多くの不安定経路の発生源となっている AS を特定することができれば、その AS にその情報をフィードバックすることで、変動抑制のための対処が可能になる。そこで、多くの経路を不安定化するような影響力の大きい変動源 AS を優先的に発見するため、経路変動への関与率 (Cause Probability(CP)) という指標を提案する。各 AS の CP は、前に述べた方法で経路の変動源に推定された数に応じて加算することによって求める。

推定の結果、複数の AS が変動源 AS の候補として挙げられた場合には、その確からしさに応じて重みづけをし、加算する。

6 おわりに

経路の変動ボタンから、変動源を推定する方法について検討した。また、AS の変動への関与率を計算する方法を提案した。今後はこれらの手法を実際の変動履歴データに適用し、その正当性について検証し、改良を行っていきたい。また、分散配置された複数の BGP モニタによる方法 [4] と組みあわせて、効果的に経路の不安定源を特定する手法について検討していきたいと考えている。

参考文献

- [1] Y. Rekhter, T. Li, "A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)", RFC1771, March, 1995.
- [2] C. Villamizarm, R. Chandra, R. Govindan, "BGP Route Flap Damping", RFC2439, November, 1998.
- [3] Yuka Kamizuru, Yoshiji Amagai, "Distributed Inter-AS Route Monitor" ICPADS'98, 1998.
- [4] 上水流 由香, 天海 良治 "BGP 経路の変動監視システム", 情報処理学会研究会 (DPS), Vol.97, No.104, 1997.