

3S-02 インターネットにおける障害検知のための経路変更監視方式

横田 英俊 新保 宏之 井戸上 彰 加藤 聰彦
株式会社 KDD 研究所

1. はじめに

近年インターネットの可用性を保証するニーズが高まっており、ネットワーク障害の迅速な検知とその発生箇所の特定が重要な課題となっている。筆者等は、通信回線などの状態監視と障害のあった通信の再試行を組み合わせる障害検知方式を検討している^[1]。特に経路制御に起因する障害において、経路情報は障害の発生により分散的かつ動的に変更され、障害の特定を困難にさせる要因になっている。SNMP を利用したネットワーク機器のモニタリングによる障害検知も行なわれているが、管理対象の増大によるスケーラビリティの問題や、複数のルータを経由する経路に関連した事象の解析が困難である等必ずしも十分ではない。本稿では、経路制御プロトコルとして OSPF を用いたネットワークの経路情報およびその変更履歴を収集・解析し、網状態の監視を行なう手法について提案する。

2. 経路変更監視による障害検知

2.1 OSPF を利用した経路制御

AS (Autonomous System) 内で利用される経路制御プロトコルの中で、大規模ネットワークに対するスケーラビリティを提供するものとして OSPF (Open Shortest Path First)^[2]が広く実装されている。経路情報の転送量を低減させるために、OSPF では図 1 に示すように AS 内のネットワークをバックボーンエリアを含む複数のエリアに分けて構成することができる。

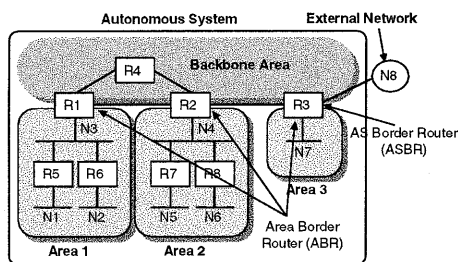


図 1: 複数のエリアに分割された OSPF ネットワーク

2.2 ルータ障害による経路変更と障害検知

経路変更によるルータの障害を検出するために、OSPF による経路制御の動作を図 2 に示す。同図左側のようなネットワーク構成でルータ RT_C から RT_D へ低速リンクを介して接続されているときの SPF (Shortest Path First) ツリーは同図右側のような構成となり、ルータ RT_A においてネットワーク $N1$ および $N2$ へはインターフェース Ia へ転送するような経路テーブルとなる。

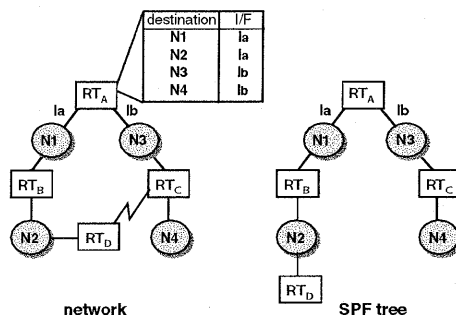


図 2: 経路変更前のネットワークおよび SPF ツリー

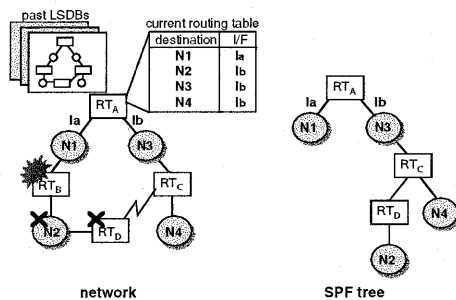


図 3: 経路変更後のネットワークおよび SPF ツリー

ここでルータ RT_B に障害が発生すると (図 3 左側)、その配下のネットワーク $N2$ およびルータ RT_D は到達不能となる。一定時間後、隣接ルータ間でトポロジの変化を交換すると図 3 右側のような SPF ツリーとなり、ネットワーク $N2$ へはルータ RT_A から見てインターフェース Ib を経由する事により再び到達可能となる。

このようにルータに障害が発生しても他のルータを経由することにより再び到達可能となるネットワークがあるため、変更後の経路テーブルからだけでは障害箇所が見えにくくなる。さらに断続的に障害を繰り返すルータの場合にも経路が不安定になるが、このような障害の検出も同様である。また、 $N1$ から $N2$ 宛のトラヒックも RT_A 、 RT_C および RT_D を経由することにより到達可能になるが、これらのルータへのトラヒック増および RT_C 、 RT_D 間の低速リンクを通ることによる遅延の増加等の現象も、変更前の経路と比較することができれば障害箇所の特定が容易になる。

3. OSPF における経路変更監視方式

経路変更による障害検知を行なうために、OSPF のリンク状態データベースの変更履歴を維持・管理する方式について検討する。例として、図 1 のエリア 1 では図 4 に示すような SPF ツリーが構成され (簡単のため、全てのコストを 1 としている)、このエリア内の各ルータはこれをもとに経路テーブルを生成する。

“Route Alteration Surveillance for Failure Detection on the Internet”, Hidetoshi YOKOTA, Hiroyuki SHINBO, Akira IDOUE and Toshihiko KATO, KDD R&D Laboratories, Inc.

同様にバックボーンエリアにおいても ABR (Area Border Router) から得られる情報をもとにリンク状態データベースを生成するが、各エリアに関しては summary LSA (Link State Advertisement) によるネットワークの情報のみが得られる。この情報をもとに得られるバックボーンエリアにおける SPF ツリーを図 5 に示す。このように AS を複数のエリアに分けた場合には、各エリアの ABR が summary LSA をバックボーンエリアに流すため、他のエリアからこのエリア内のルータに関する情報を取得する事が困難になる。

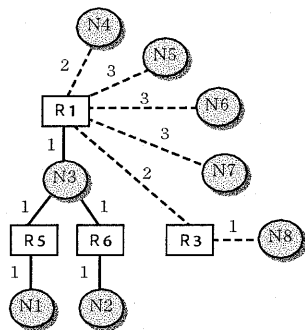


図 4: エリア 1 の SPF ツリー

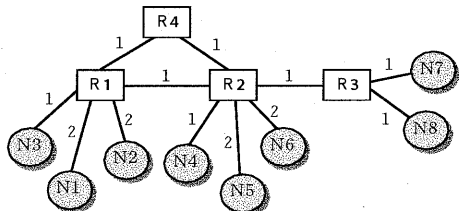


図 5: バックボーンエリアの SPF ツリー

3.1 経路変更監視システムの構成

上記の問題に対処するために、各エリア毎に経路を監視するためのエージェントを置き、自分のエリア内のリンク状態データベースを構成する。また AS 内に一つの経路監視マネージャを配置し、各経路監視エージェントが持つ経路情報を収集する。経路監視の対象となるネットワークの構成を図 6 に示す。各経路監視エージェントは管理エリアの経路情報を経路監視マネージャに転送し、経路監視マネージャが AS 内の完全なトポロジを構成できるようにする。

エリア 1 に関するリンク状態データベースから生成された SPF ツリーと、バックボーンエリアに関するリンク状態データベースから得られた SPF ツリーをマージしたものを図 7 に示す。このようにしてバックボーンエリアに配置された経路監視マネージャにおいても AS 内の全てのトポロジを把握する。

3.1.1 経路監視エージェント

自分が属するエリア内で転送される Database Description および Link State Update パケットのうち、router LSA、network LSA および external LSA も持つものを収集し、更新された経路情報を経路監視マネージャに転送する。各エージェントはエリア内の OSPF

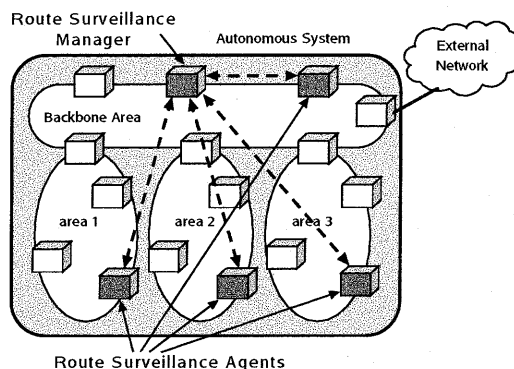


図 6: OSPF ネットワーク上の経路変更監視システム

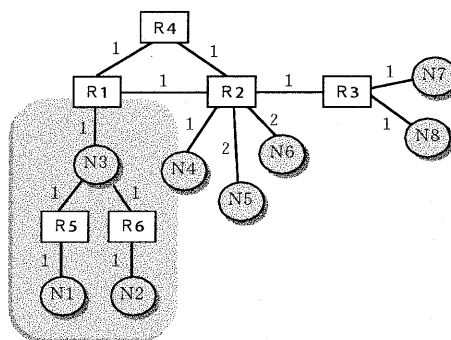


図 7: マージされた SPF ツリー

ルータとデータベースの同期および経路情報の受信を行なうが、パケットのフォワーディングは行なわない受動的なノードとして振舞う。

3.1.2 経路監視マネージャ

経路監視マネージャは、複数の経路監視エージェントから各エリアのリンク状態データベースを収集・保持する。AS 内のネットワークが複数のエリアに分かれている場合、各エリアに配置された経路監視エージェントから取得した経路情報をもとにそのエリアの完全なトポロジを再構成し、リンク状態データベースの変更履歴を格納する。また、必要に応じて AS 内の任意のルータをルートとするパスツリーを構成し、任意のルータが持つべき経路テーブルを生成する。これにより経路情報が頻繁に変更される不安定な経路や特定宛先への経路情報の欠如などを検査することが容易になる。

4. おわりに

本稿では、OSPF により複数のエリアに分割された経路情報からネットワークの完全なトポロジを生成し、その変更履歴を解析することにより障害の検知を行なう手法について示した。なお本研究は、通信・放送機構からの委託研究「ネットワーク障害検知技術の研究開発」に基づき行なわれたものである。日頃御指導頂く KDD 研究所秋葉所長に感謝する。

参考文献

- [1] 加藤、井戸上 “網状態の監視と通信再試行を用いたインターネット障害検知方式。” 信学技報、SSE2000-126, pp.67~72, Sept 2000.
- [2] J. Moy “OSPF Version 2,” RFC2328, April 1998.