

4P-3

災害時に耐障害性を有する ネットワークのためのルーティング

荒木 孝子
京都大学工学部

岡部 寿男
京都大学大学院情報学研究科

1 はじめに

インターネットは大きく成長し、必須の通信手段と言っても過言ではない。インターネットプロトコル(IP)は、災害時などにおいてネットワークの大部分が機能しなくなっても、残存部分で「接続性」が保たれるよう設計されており、災害など非常時の通信手段としても期待されている。

しかし、今のインターネットは非常時の通信手段として必要な特性を満たしているとは言い難い。例えば、被災地へは緊急情報以外に安否情報等も殺到すると考えられる。災害により使用可能な回線帯域が通常の何分の一かになっていたとすると、現状では緊急通信と通常通信を区別する手段がないため、残った細い回線が緊急性の低い通信で埋めつくされ、パケットロスが頻発して、接続性は保たれているにも関わらず通信不可能な状況に陥る可能性がある。現在ドメイン内ルーティングプロトコルとして広く用いられている OSPF (Open Shortest Path First) version. 2 [Moy98] では、静的なコスト値(インタフェースコスト値)による流量制御はできるものの動的な帯域占有率などは反映できない。将来的には IPv6 の QoS (Quality of Service) 制御による優先度付けが有効であろうが、普及には時間がかかると考えられる。

本研究は、そのような状況においても、通常時と緊急時のルーティングを切り替えることにより、警察や消防等への「緊急情報」を優先して通信する仕組みを与えようとするものである。具体的には、緊急時用の特別モードを持つルーティングプロセス(以下 erouted (emergency routing daemon) と呼ぶ)をネットワーク中の少数台のルータに搭載することにより、他の大多数のルータのハードウェア

やソフトウェアを更新することなく、ルーティングモードの切り替えを実現する。

erouted は gated (gateway routing daemon) [Gat97] を改良することで実現することを考えているが、今回はプロトタイプとして、設定ファイルである gated.conf を切り替えにより gated を制御する daemon を実装した。

2 動作環境

ここで扱うネットワークはルータが数十台規模(地域レベル)の大きさである。通常時は、OSPFによりルーティングテーブルを形成する。また、緊急通信を行う必要のあるホストは、当該ホストの IP アドレスで指定し、識別する。

通常時は、erouted 搭載ルータ(erouted ノード)は通信状況(パケットの流量など)を測定しておく。災害により、数台の erouted ノードで通信状況に大きな変化が生じると、設定に従って erouted ノード単体で異常状態を検知する。そして、単体ノードの情報からネットワーク全体の状況を解析して緊急通信路を決定し、緊急通信を優先して流す。

本稿では主に、ネットワーク状況の解析から緊急通信路を決定し、それによって各ルータにルーティングに関する指示を出すことについて考える。

3 緊急通信路の決定

erouted ノードは正常時のネットワーク構造について必要な情報を持つ。また、自分以外の erouted ノードを知っていて、かつ、erouted ノード間では適当な point-to-point のリンクがメッシュ状に張られている。(これを erouted グラフ と呼ぶ)緊急通信路の決定は以下のように行う。

- i) どれか一台の erouted ノードで異常を検出すると、erouted ノード間で異常検出情報を交換し、ネットワーク全体の異常を判定する。
- ii) 各 erouted ノードは erouted ノード間のリンク情報を基に、erouted グラフのサブグラフ

An Internet routing algorithm with selective
resiliency in emergencies

Takako Araki, Yasuo Okabe
Kyoto University

を導き、その上で Minimum Spanning Tree アルゴリズム [Nor85] を働かせる。

Minimum Spanning Tree アルゴリズムとは、あるグラフについて枝のコストの和が最小となる木を見つけるものである。ここでは最小コスト経路、つまり緊急通信路を見つけることに対応する。

得られた Tree から、今度は他のノードとの最大コストが最小となるノードをリーダーに選ぶ。各 erouted ノードでのリーダーが全て一致するとき、得られた緊急通信路は正しいとする。一致しなければ緊急通信路を再計算する。

4 緊急通信路の確保

4.1 OSPF による緊急通信路の確保

3 節で決定した緊急通信路を実際に使用するために通常通信を緊急通信路上から迂回させる。これは OSPF プロトコルで OSPF のコスト値を変更することで実現する。

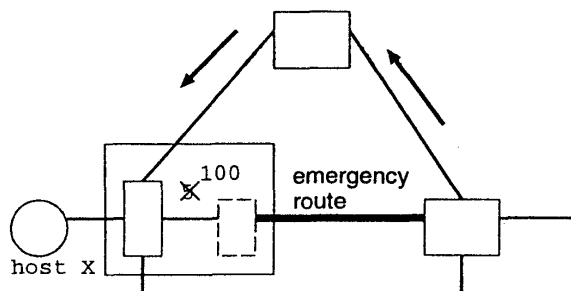


図 1: OSPF による緊急通信路の確保 (矢印: 迂回情報, 数字: コスト)

図 1 の状態を考える。物理的なルータの中に 2 つの仮想的なルータを考える。このルータ間のコスト値を変更して通常通信を迂回させ、緊急通信路を確保する。

4.2 erouted プロトタイプの実装

erouted プロトタイプは、本来 gated に付加する「通常時と緊急時のルーティングを区別する機能」を試験的に実装したものである。これは gated に直接手を加えず、緊急時に gated を制御することによりルーティングを変えようとするものである。仕様は以下の通りである。

- i) 3 節の方法で得られた緊急通信路情報を基に、各 erouted ノードで新しく緊急用 gated.conf を作り、使用中の gated.conf と入れ換える。

- ii) gated にシグナル SIGHUP を送信し、gated.conf を reload させる。

このうち、元の gated.conf と予め用意した別の gated.conf を入れ換えて、ii) の動作を行うところまで実装した。

4.3 erouted プロトタイプによる緊急通信路の確保

erouted プロトタイプにおいて gated.conf の入れ換えで緊急通信路を確保するために、緊急通信路上は RIP2 (Routing Information Protocol version.2) [Mal93] でルーティングを行い、それ以外の経路は OSPF でルーティングを行う。erouted ノードでは緊急通信の経路情報を通常通信の経路情報より優先する。通常通信と緊急通信は送信先の IP アドレスで区別するようにする。(図 2)

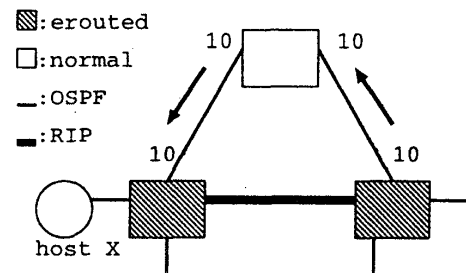


図 2: erouted プロトタイプによる緊急通信路の確保 (矢印: 迂回情報, 数字: コスト)

5 おわりに

本稿で提案した、経路制御により通常通信を迂回させて緊急通信路を確保する方法は、迂回路がない場合は効果がないので、次の段階として、パケットの種別に応じた流量制御と組み合わせることを考えている。例えば、送信元 / 送信先 IP アドレス、TCP/UDP の区別及びポート番号でパケットを区別し、それぞれの流量を予め指定した値を越えないよう制御することにより、迂回路がない場合でも緊急通信を優先させることができる。

参考文献

- [Moy98] J. Moy, "OSPF Version 2," RFC2328, April 1998.
- [Nor85] Norman L. Biggs, "Discrete Mathematics," pp.189-193, 1985.
- [Gat97] "Gated R3.5 Documentation," July 1997.
- [Mal93] G. Malkin, "RIP Version 2," RFC1388, January 1993.