

経路制御におけるもとのり問題の定義

村山 優子
WIDE プロジェクト

中村 素典
京都大学

相川 秀幸
富士通研究所

従来の経路制御では、一つのコストを最適にするような経路を各ノードで計算する分散アルゴリズムが考えられていた。政策的経路制御では、ひとつの運用方針に従う網の集合をひとつのノードと考え、それぞれのノードの様々な方針を調整することを目的としている。本論文は、その政策的経路制御の中で、最も素朴な方針と思われる発信ノードと宛先ノードの好き嫌いを考慮した経路制御の問題を定義する。

THE DEFINITION OF THE MOTONORI PROBLEM

Yuko Murayama Motonori Nakamura Hideyuki Aikawa
WIDE Project Kyoto University Fujitsu Laboratories Ltd.

This paper presents a specific policy routing problem, namely how to enable the originator and the receiver to choose their preferred paths. Firstly we describe a problem in which the originator wishes to enforce its policy. Secondly we show another problem in which the receiver wishes to enforce its policy. We explore the problems in the inter-autonomous systems (AS) environment and discuss the requirements for solution.

1 まえがき

現在米国を中心とするインターネット網において注目されている政策的経路制御は、従来のように単純にひとつのコストについての最適経路を計算するものではなく、各ノードの異なる主張や方針を考慮に入れて経路を決定するものである。各ノードは運用方針を同じくする物理的に連続な網の集合である [1]。ここで、「物理的に連続」とは、その網集合内では、内部経路だけで、ある地点から任意の地点まで到達できる範囲という意味である。この網集合を域と呼ぶと、政策的経路制御は、域間経路制御において、それぞれの域内の網資源についての使用方針を反映させることである。

この政策的経路制御の背景には2つの流れがあり、それぞれの流れから2つの種類のプロトコルが作成された [6]。ひとつは、インターネット網の増大問題であり、その規模の拡大と網の相互接続の複雑化から、Border Gateway Protocol [3] が生まれた。もうひとつは、使用制御 (access control) の観点から生まれた Inter-Domain Policy Routing [4] である。日本のインターネット網では、現在ノードの増大問題に対処するため、米国で広く使われている BGP を使用する方向にある。

WIDE ポリシー・ルーティングの研究グループでは、昨春来、「日本における各域の政策とは?」ということについて、議論していたが、日本のインターネット網の現状では、「先ず、つながれば良い。」という以外に具体的な方針を見い出すことができなかった。しかし、網制御の諸問題を検討していく内に、ある基本的な要求が存在することを発見した。それは、「宛先迄行くのに、なるべく速い網を通して行きたい。」ということである。これは、筆者の一人である、京都大学の中村素典が解説したので、「もとのり問題」と呼ばれていた。同時に、2つの国に網を持ち、それらが内部の国際リンクでつながっている組織では、「自分宛のトラヒックはなるべく速く自分の域のに入ってほしい。」という要求があることが判明した。この2つの要求は、インターネット網上の経路制御における興味深い問題を生み出した。これを本論文では、改めて「もとのり問題」と呼び、域間経路制御問題として定義する。

以下、2. では「速い網を通りたい。」という元祖もとのり問題を論じ、3. では内部国際リンクを持つ組織の要求を解説し、4. では2. と3. を合わせ、一般化した形で「もとのり問題」を再定義する。5. では解決の条件を議

論し、6. はこれらの議論のまとめをおこなう。

2 元祖もとのり問題

2つの網を接続するリンクが複数ある場合、2つの網間を流れるトラヒックについて、複数存在するリンクをそれぞれどのように利用するかということに関して何らかの政策的要求が発生する。リンクが複数あると、それに伴って経路も複数できるため、経路の性質の違いによる得失を考慮した経路設定が望まれる訳である。例えば、両方の網を接続するそれぞれのリンクの特性 (回線速度の違いなど) およびその位置付け (バックアップ的利用が目的であるなど)、さらに各網自身の持つ特性 (一方の網を構成しているバックボーン回線速度が非常に遅い、あるいはパケット交換に非常に時間がかかる) 等が経路の性質の違いとなる。

ここでは、網を接続する各リンクの性質はほぼ等しいものと考え、一方の網の遅延が他方に比べて大きい場合について考えてみる。この状況下で考えられる要求としては、まず会話的処理が快適に行なえるようにするというものがある。

例えば、図1のようにL1, L2の2本のリンクによって接続された2つの網A, Bがあり、A, Bを結ぶ2本のリンクL1, L2の性質は同じものであるとする。図中のA1, A2は網Aのゲートウェイであり、B1, B2は網Bのゲートウェイである。さらに、網AとBでは遅延が大きく異なるものとし、網Aの方がBより遅延が少なくと仮定する。

ここで、網Aに属するサイトXと網Bに属するサイトYの2つのホストの間の通信を考えた場合、図1のようにサイトXがゲートウェイA2よりA1に時間的に近い位置にあり、サイトYがゲートウェイB1よりA2に時間的に近い位置にある場合、遅延を少なくするためには、一般に網Bを通過する時間を極力小さくするような経路が選択されることが要求される。具体的には、以下のような要求が満たされることが必要となる。

1. 網Aに属するサイトXから出たパケットは、サイトYに最も近いリンクL2を経由して網Bに移りサイトYに到達する。
2. 網Bに属するサイトYから出たパケットは、最も近い網AへのリンクL2を経由して網Aに移りサイトXに到達する。

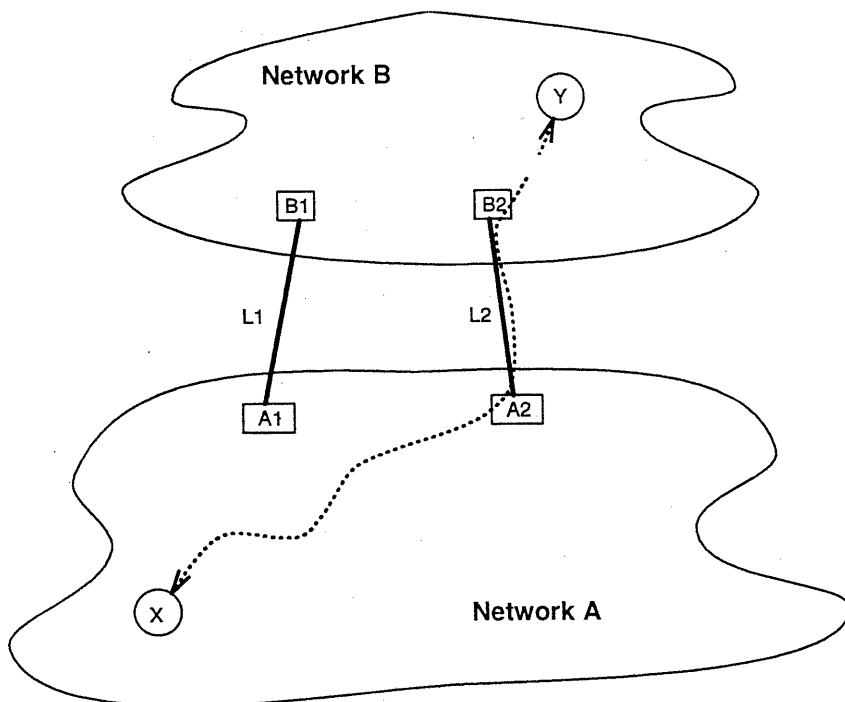


Figure 1: 元祖もとのり問題

明示的に通信チャネルを設定するような経路制御を用いない限りは、上記1と2の要求は個別に実装する必要がある。研究グループでは、この要求をRIP(Routing Information Protocol) [2]を用いて経路情報を交換し、最小コストにより経路決定を行なっている網において実装することを考えたが、いずれかのリンクに障害が発生した場合にも最適な経路制御が行なわれるような一般的な制御は容易ではないという結論に達した [5]。

ゲートウェイを A2、インターネット側のゲートウェイを C1、B と C との間のリンクを L3、リンク L3 の日本側のゲートウェイを B2、海外側のゲートウェイを C2、A1 と A2 との間のリンクを L4 とする。

このとき企業 A は、インターネットの国際リンク L3 のトラフィックを軽減するため、自分宛や自分からのトラフィックを、できるだけリンク L4 を通したいと考える。この方針は具体的には以下ようになる。

3 組織内リンク活用問題

海外にオフィスを持つ企業などでは、それらのサイトとの間で企業内リンクを持っていて、その企業が図 2 のように二ヶ所でインターネット網に接続している場合がある。このとき、この企業の全体の網を A、A の日本側部分を A1、海外部分を A2、A1 と接続しているインターネットの部分を B、そのときのリンクを L1、リンク L1 の企業側のゲートウェイを A1、インターネット側のゲートウェイを B1、A2 と接続しているインターネットの部分を C、そのときのリンクを L2、リンク L2 の企業側の

1. A1 中のサイト X からインターネット網の C 中のサイト Y へ情報を転送する場合は、トラフィックはなるべく長く企業 A の網を通りたいので、リンク L4、L2 を通って送られる。
2. C 中のサイト Y から A1 中のサイト X へ情報を送る場合には、トラフィックはなるべく早く A2 に入りたいので、リンク L2、L4 を通って送られる。
3. A2 中のサイトからインターネットの B 中のサイトへのトラフィックはなるべく長く企業 A の網を通りたいので、リンク L4、L1 を通って送られる。

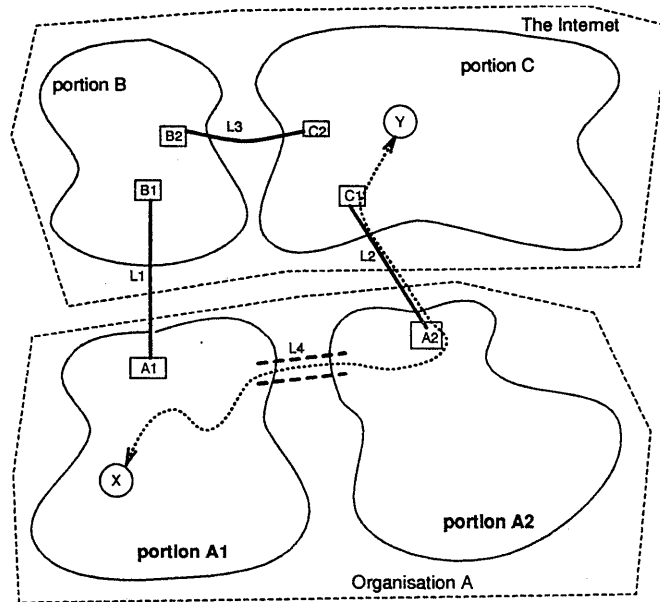


Figure 2: 組織内リンク活用問題

4. B 中のサイトから A2 中のサイトへのトラフィックはなるべく早く A2 に入りたいので、リンク L1, L4 を通って送られる。

3 と 4 は 1 と 2 にそれぞれ同等である。1 と 2 は前節で述べた元祖もとのり問題と同じである。従って、海外との内部リンクを持つサイトのメールの経路問題は、元祖もとのり問題とほぼ同じであるように見える。しかし、2. の元祖もとのり問題は、発信元の意向による問題であったのに対し、ここで解説した内部リンク活用問題は、宛先の意志による問題も含んでいる。

4 もとのり問題

ここでは、2. の「速い網をできるだけ通って宛先に行きたい。」という問題と、3. の「できるだけ組織内の国際リンクを使いたい。」という要求をまとめ、域間 (inter-domain) における経路制御の問題として定義を行なう。以下、この問題をもとのり問題と呼ぶ。

問題を域間環境に適用させるため、まず、発信元と宛先を独立した域 — Autonomous System (AS) に属し、その途中に様々な域が介在すると仮定する。事実、複雑な相互接続のインターネット網環境では、発信元や宛先

が主要網などの通過のための中間網とは別である方が一般的であろう。図 3 のように、発信元は X という名の域 (AS) に属し、宛先は AS Y という域に属する。

問題は次のようになる。X と Y が通信する際、2 つの域、AS A と AS B を通過しなければならないとする。ここで、2 つの域の通過コストが異なる場合、すなわち、A は B よりも速くパケットを通すとすると、問題は次の 2 つの方針を実現することである：

1. X に属する X0 から Y に属する Y0 に情報を送る時は、なるべく A を通り、B における滞在コストはなるべく少なくする。
2. 逆に、Y から X へ行く時は、B を出来るだけ早く抜け出て A に入る。

もう少し一般化すると、問題は発信元がどのようにして宛先までの経路を構成する n 個の AS の内、自分が望む m 個の AS がある場合、望まない AS ではできるだけコストを低く通り抜けたいという方針を、いかに実現できるかということである。もとのり問題における発信元の要求は、嫌いな AS ではできるだけ通過コストを抑えることで、達成されるのである。すなわち、好きな AS ではどんなにコストがかかっても気にしないが、嫌いな

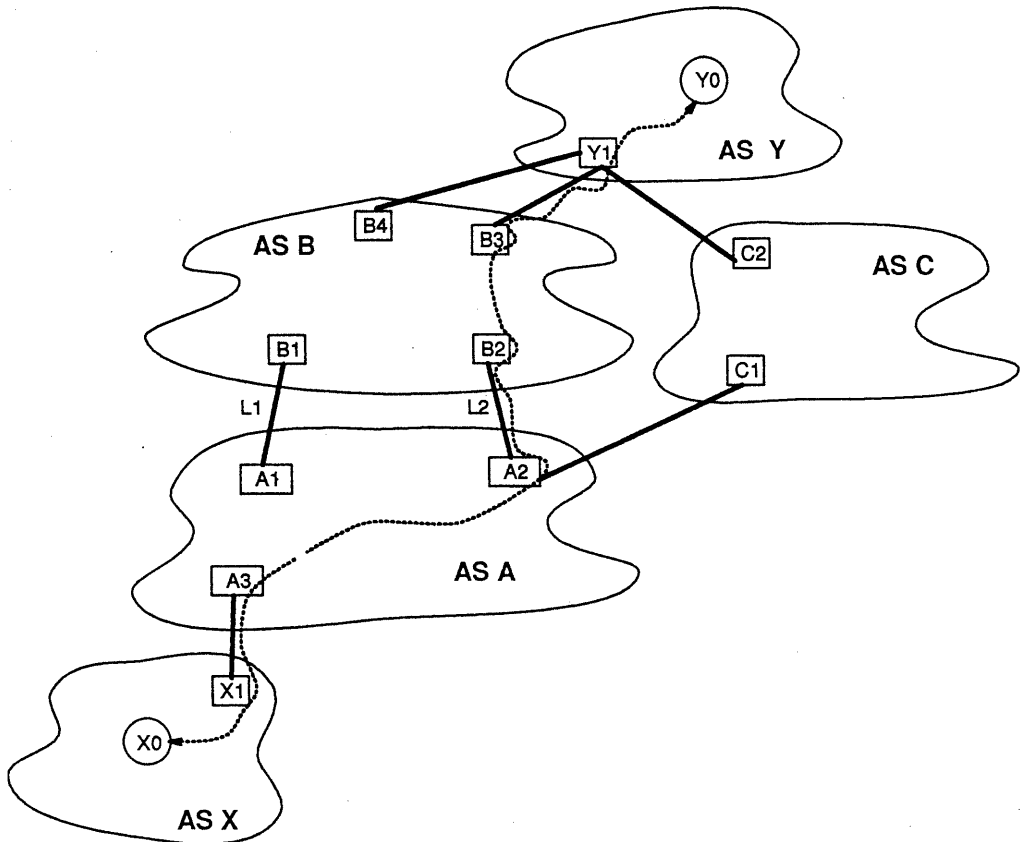


Figure 3: もとのり問題

ASではあるコスト面での最短経路を通りたいという要求である。が決定されなければならない。

これに対し、3.の「できるだけ組織内の国際リンクを使いたい。」という要求は、宛先ASの受け入れトラヒックに対する要望である。AS X方向から宛先Yへ2つ以上の経路があった場合に、ある特定の経路からトラヒックを受けたいという要求である。図3では、X方向からYには、B4、B3、C2からの経路があるが、例えば、Yは、XからのトラヒックはB4を受けたいとする。これは、一般化すると、宛先がトラフィックの属性に応じて、受けとり経路を指定したいという要求である。

これら発信元の意志からの経路選択および宛先からの経路要求の問題を統合してもとのり問題と呼び、その解決策をRouting by Preferenceと呼ぶ。

Routing by Preferenceでは、発信元、宛先、そして中間域、それぞれの意志あるいは方針の調整によって経路

5 解決の条件

問題の解決のためには、Routing by Preferenceに必要な情報と、その情報がいつ誰により提供されるか、また実際にいつ使われるかを考えなければならない。これらは、今後の研究課題であるが、ここでは、現在考えられる可能性を論じる。5.1では、必要な情報を考え、5.2では、その情報がどのように流れ、使用去れて行くかを述べる。

5.1 必要な情報

中間ASの通過パケットに対する諸条件は、経路制御情報として何らかの形で関係ASに配布されるが、これに加えて、Routing by Preferenceでは、次のような情報が

必要となる。

発信元の要求は2つのパラメータで表される。それは、「避けたいAS」と「そこで低く抑えたいコスト」である。

避けたいASは、ASレベルの属性やそのASの網レベルのサービスの質(Quality of Service(QoS))で指定することができる。例えば次のようなもので指定できる：

- ASレベル属性, 例) 特定のプロジェクトのメンバーである／ないAS, 学術系AS, 研究系AS, 商業系ASなど。
- 網レベル属性, 例) AS内の網の最大パケット長(Maximum Transmission Unit (MTU))
- 網レベルQoS基準, 例) 遅延時間, 速度, 安全性の度合い, 課金コストなど。

低く抑えたいコストは、距離に比例するものと、独立なものに分けられる。もとのり問題では、距離関係のコストの方が分かり易いが、独立なものでも論じることは可能である。発信元は、避けたいASで低くしたいパフォーマンスや、安全性のレベルや、課金のコストを指定する。

これに対し、宛先ASの受け入れパケットに対する要求は、「パケットの指定」と「自ASへの経路指定」で表すことができる。パケットの指定は、その発信元や、パケットの運んでいるアプリケーションの種類などの属性を指定することである。自ASへの経路指定は、全経路指定も可能であるが、もっとも有用なのは、自ASの入口(ゲートウェイ)指定あるいは隣接ASとのリンクで指定できる。

5.2 必要情報の流れと使われ方

発信元要求は、経路決定の際に使われる。域間経路決定では、AS単位での全体経路(route)とルータ単位での部分経路(path)の決定を行なう。これらは、hop-by-hopなどの方式のように同時に同じ場所で決定される場合や、それぞれ異なる時に異なるところで決定されることもできる。例えば、hop-by-hopを基盤とするインターネット網において発信元指定のAS単位の経路を用いれば、AS単位の経路は発信元で決められるが、それぞれのAS内での経路は、各ルータごとに決定される。

従って、発信元の要求情報、「避けたいAS」と「低く抑えたいコスト」は、hop-by-hopの場合、各関係ルータに知らせなければならない。この場合は、おそらく、各

パケットに発信元の要求を付加情報として挿入した形で運ばれて行くと思われる。発信元指経路定の場合は、その発信元AS内の経路決定者(例：経路サーバ)に経路要求情報を内部で伝えるであろう。

また、「低く抑えたいコスト」要求を満たすために、部分経路決定者は、関係ASにおける通過コスト情報を知る必要がある。これは経路情報の配布の問題である。

宛先ASの受け入れパケットに対する要望は、当該ASが経路情報を他に流す際に制御できると考える。さらに、この宛先ASの要望の背景には、公的な主要網の一部のリンクの使用軽減につながることもあるので、他のASも協力した形での経路情報制御が可能であろう。

最後に、これら発信元、宛先、中間域のそれぞれの意向は調整が必要である。それぞれが、どの程度意志を通じたいかの度合により、経路が決定される。これらの方針や意志の承認手続きも必要で、これらは今後の重要な研究課題である。

6 むすび

本論文では、経路制御を使用制御の観点から考えた政策的経路制御において実施されたい具体的な方針のひとつを定義した。それは、「ある点でより好ましい域をできるだけ通って宛先に行きたい。」という発信元の要求と、「入ってくるトラフィックに対する経路を指定したい。」という宛先の要求を満たすような経路制御である。この問題を「もとのり問題」と呼び、解決のための経路制御をRouting by Preferenceと呼んだ。

解決のためには、発信元、宛先の要求を関係域に伝えるなければならない。これは、パケット転送時や経路情報配布時に行なわれるであろう。

WIDEプロジェクトのポリシー・ルーティングのグループでは、現在、Routing by Preferenceのサブ・グループにおいて、この研究を進めている。

謝辞

WIDEプロジェクトのポリシー・ルーティングおよびPreferenceのグループのメンバーの諸氏に感謝します。

References

- [1] D. Estrin. Policy requirements for inter-administrative domain routing. *Computer Networks and ISDN Systems*, No. 22, pp. 179–191, 1991.
- [2] C.L. Hedrick. Routing information protocol. RFC 1058, June 1988.
- [3] K. Lougheed and Y. Rekhter. Border gateway protocol (bgp). RFC 1163, June 1990.
- [4] M. Steenstrup. Inter-domain policy routing protocol specification: Version 1. Internet draft, May 1992.
- [5] 中村素典, 出水法俊. Rip における最適経路選択のための preference の導入. 本報告書.
- [6] 村山優子, 曾根文樹. 政策的経路制御とその動向. 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会報告書, May 1993.