

# Internet における OSPF による経路制御

串田高幸 川副博

日本アイ・ビー・エム株式会社東京基礎研究所

右手正道 後藤幸功

東京理科大学情報処理センター

## 概要

実際に運用を行なっているパケット交換型のネットワークにおいて、各ノード間の接続の数が多くなり複雑になってくると、そのネットワークに流れているパケットを経路制御するためのプロトコルが重要になってくる。TCP/IP プロトコル群では、経路制御プロトコルは、AS(自律システム)を境界としてEGP(外部ゲートウェイプロトコル)とIGP(内部ゲートウェイプロトコル)の2つに分かれている。本稿では、IGPとしてインターネットワークの環境に採用され始めてきているOSPF(Open Short Path First)に関して報告する。OSPFは、RFC1247[1]によりそのプロトコルの記述が詳細に述べられており、またRFC1253[2]において、OSPFが持つべきMIB(管理情報ベース)が定義されている。本稿の構成として、まずOSPFのプロトコルの特徴とプロトコルの機能を述べ、さらにTCP/IPプロトコルでのネットワークの構築について述べる。そしてTCP/IPネットワークにおいてOSPFプロトコルを経路制御プロトコルとしての採用に関する考慮点についても述べる。さらにOSPFを経路制御プロトコルとして採用している広域ネットワークであるJOIN(Japan Organized InterNetwork)に関して、OSPFからみた設計および経路制御の概要を述べる。またそのJOINを設計し、運用しているときのOSPFにおける問題点について議論する。

## Experiment of OSPF on Internet environment

Takayuki Kushida, Hiroshi Kawazoe

IBM Research, Tokyo Research Laboratory

Masamichi Ute, Yukinori Goto

Science University of Tokyo, Information Processing Center

## Abstract

This paper describes the experiment of OSPF on Internet environment. It is important to design and implement the network configuration with the routing control protocol when there are many nodes and links on the network. In the TCP/IP protocol suite, there are two kinds of routing protocols, such as Interior Routing Protocol (IGP) and Exterior Routing Protocol (EGP) on the boundary of Autonomous System. This paper describes OSPF (Open Short Path First) protocol which are defined by RFC1247, and the experiment of using protocol. OSPF are installed and running JOIN (Japan Organized InterNetwork) which are one of wide area Internets in Japan. This paper also reports the network design and implementation with OSPF.

TCP	UDP	OSPF
IP		
Network Device		
Physical		

図 1: OSPF と TCP/IP のプロトコル群

## OSPF 経路制御プロトコルの概要

OSPF は、TCP/IP プロトコル群の IGP の一つとして定義されている IP データグラムの経路制御のためのプロトコルである。IGP は、AS 内で運用されている経路制御プロトコルであり、OSPF 以外にも RIP や Hello などがある。

OSPF は、IETF(Internet Engineering Task Force) の OSPF 作業グループにおいてインターネットワークの環境へ適用するために開発された。OSPF の技術は、SPF(Short Path First) を基本としたプロトコルであり、この SPF は、またリンク状態プロトコルあるいは、分散データベースプロトコルと呼ばれる。SPF を基本としたプロトコルは、ARPANET で使用されていて、OSPF は、この SPF をベースとして、経路情報トラフィックを減少させること、リンク状態の広告にチェックサムを加えること、あるいはマルチキャストの利用などを付加して作られた。

OSPF は、図 1 のように経路制御プロトコルとして IP 層の上に直接、TCP や UDP と並列して IP のプロトコル番号の 89 番 (X'59') で使用されており、同じネットワーク内で他の OSPF ルーターを発見し、関係を維持するために IP マルチキャストの *All-SPFRouters(224.0.0.5)* と *AllDRouters(224.0.0.6)* のアドレスを使用している。OSPF では、ネットワーク上において経路の変化をリンク更新パケットによりすばやくとらえ、その変化を計算して、最小の時間で新しい経路を使用できるようにしている。

### SPF を基本とした経路制御

OSPF に限らず、SPF を基本としている経路制御プロトコルでは、それぞれのルーターがデータベー

スを持っており、それらは、経路情報に関して基本的に同一のトポロジーデータベースを持っている必要がある。またルーターは、自分の持っているインターフェイスとすべての隣接ルーターへのリンク状態をネットワーク上にいる他のルーターへ知らせる必要がある。このようなことから、各ルーターは同じアルゴリズムの経路制御プロトコルが並列に動作している必要がある。それぞれのルーターは、トポロジーデータベースを利用して、自分をルートとして、木を構築して最小のパスでそれぞれの目的ネットワークに到達できる経路を計算する。この経路情報を利用して、パケットの経路制御を行なう。

### TOS を基本とした経路制御

OSPF においては、TOS(Type Of Service) を基本とした経路制御が可能である。これは、OSPF がそれぞれの TOS 別に経路情報を持つことを許しているからである。OSPF では、コストとよばれる方法で経路の優先順位を決めている。OSPF では、また複数の同じ目的ネットワークへの経路情報を持つことができるので、同じコストで複数の経路があった場合、それらの間でトラフィックの分散を可能にする。

### OSPF のエリア

OSPF においてエリアという概念は、IP のサブネットワークの後に定義された。そのために OSPF では、エリアによりサブネットワークをさらに一般化している。OSPF は、エリアとよばれるあるネットワーク群を一つの集合として作る事ができる。エリア内部のトポロジーは、そのエリアに入っていないルーターからは見えなくなる。エリアのトポロジーが隠されることにより、経路情報の計算量を著しく減少させることができる。エリアは、トポロジーデータベースをそれぞれの領域において分割し管理していることを意味している。またエリアは、ネットワークの多くが、サブネットワーク化されたことにより、分割されたサブネットワークで構成されるようになり、それを単一のサブネットワークとしてエリアの外へ経路情報を広告することができる。この方法は、ネットワークレンジと呼ばれ、IP アドレスとネットワークマスクにより、ネットワークをまとめて広告することにより実現している。

AS内の経路情報においてトポロジーデータベース内の経路情報のほとんどは、ASの外部からの経路情報である。さらにOSPFのAS外部の経路情報は、AS全体に行き渡っている。このASの外部の経路情報をエリアの中に広告しないようにするためにOSPFでは、スタブエリアというエリアを設定することができる。スタブエリアにすると、OSPFの外部経路情報は、スタブエリアの中に入らなくなる。このスタブエリアを設定すると外部の経路情報は、スタブエリアの中に行き渡らないことになり、スタブエリアの中は、default経路のみになる。これは、トポロジーデータベースのサイズを著しく減少させることに役立つ。スタブエリアは、そのためにプロトコル規約上に幾つかの制限がある。バーチャルリンクは、スタブエリアを介して構成することができない。またAS境界ルーターをスタブエリアの内部に置くことができないということである。

#### 可変長サブネットワーク

OSPFの経路情報は、必ず目的のIPアドレスとネットワークマスクとの対により記述されるので、可変長サブネットワークをサポートすることが可能である。そのためIPデータグラムの経路制御では、目的のIPアドレスと経路制御情報のテーブルにある一対(IPアドレス、ネットワークマスク)が、最適に合致するところのホストのIPアドレスにIPデータグラムが配送されることになる。

#### 認証

OSPFには、認証(Authentication)を使用可能な機能を持っている。正しい認証を持った経路情報だけが、そのエリア内において経路情報の交換をして、データベースを同期させることが可能になる。最も単純な認証は、OSPFのパケットの中に入っているパスワードを利用して行なう方法である。

#### 外部からの経路情報

ASの外部から入ってくる経路情報は、OSPFの経路制御を通して透過してASの外へパスすることができる。この外部から入ってくる経路情報は、AS境界にあるルーターにおいて付加的な情報を入れるためにタグを付けることができる。OSPFにおいては、外部からの経路情報を流すためにタイプ1と

タイプ2の2つの経路情報を使用することができる。タイプ1の経路情報のメトリックは、内部経路情報であるリンク状態に付加されたコストと同じように加算されて、経路情報として使用される。タイプ2は、外部からの変換されたときコストをそのまま利用し、内部でのコストの加算を行わない。これは、外部情報は、内部でコストとの変換を行わず常に別個な情報として維持していることを意味している。

#### バーチャルリンク

OSPFには、バックボーンエリアとして、エリアの識別子として0.0.0.0をつけている。そのバックボーンエリアの連続性を維持することができないネットワークにおいて、システム管理者は、バックボーンを維持するためにバーチャルリンクを使用することができる。バーチャルリンクは、共通のバックボーンエリアではない別のエリアのインターフェイスを持っている2つのバックボーンのルーターの間に構成することができる。OSPFにおいては、このバーチャルリンクをIPアドレスがない端点間のリンクとして2つのルーターを取り扱っている。

## ネットワークの設計

この章では、ネットワークの設計を行なう時に必要な注意点とOSPFを経路制御プロトコルとして使用するときについて述べる。

#### TCP/IP ネットワーク

TCP/IPプロトコル群を使用したネットワークを設計する場合、経路制御を簡単にするためネットワークを構築する際において、単純な経路をとることができるように設計することが、重要である。経路制御を簡単にするということは、例えばdefault経路を使用して、TCP/IPプロトコル群が動作しているコンピューターの直接インターフェイスに接続されたネットワーク以外のネットワークには、ただ一つの経路によって行くことができるようにすることである。このようにすることにより、ネットワークの終端にあるコンピュータは、経路制御として静的な経路制御でよいことになり、結果として経路制御の管理が必要なくなり、また経路制御テーブルに入る経路情報の増大を防ぐことができる。そのために

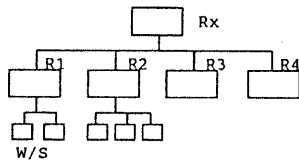


図 2: TCP/IP の LAN における木構造

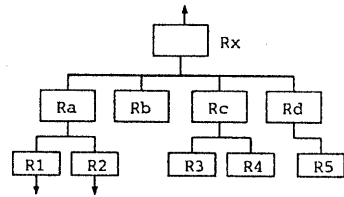


図 4: 地域ネットワークの木構造

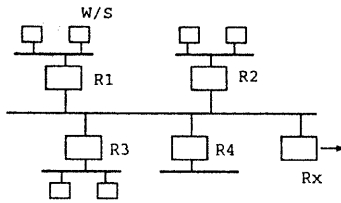


図 3: TCP/IP の LAN の実装

は、ネットワークの構成を静的な経路に合わせる必要がある。

#### ローカルエリアネットワーク

例えば、学内 LAN や企業内のビルの LAN のように同じ管理で経路制御を行なうことが可能な LAN においては、図 2 のように単純な木構造を持つように設計する。この時の各ノードに当たるのがルーターであり、そしてワークステーションがリーフとなる。木構造は、外へ出ていくルーターをルートとして、各ワークステーションには、そこから 1 ホップで到達できるようにすることが重要である。このように木構造を持つように LAN を実装するには図 3 のように LAN 間のパケット交換と外部への出口を持つパケット交換専用の Ethernet とそれにルーターを介して接続されている LAN から構成されているようにする。パケット交換専用の Ethernet には、ワークステーションを接続せず、ルーター間の経路情報の交換は、この Ethernet においてのみ行なうことにする。さらにワークステーションが接続されている Ethernet では、経路情報の交換は行なわず、静的経路制御を行なうと経路制御の管理は、より簡単になる。

#### 広域ネットワーク

地域ネットワークや組織間を接続したネットワークあるいは企業のサイト間を接続したネットワークの場合、専用線を利用して各サイトの間に冗長な経路を設けて、バックボーンを形成するように構築する。この例としては、バックボーンをループ状に接続を行ない、そのある箇所より、上位の他のネットワークと接続するようにする。図 4 が、地域ネットワークの木構造である。外側との接続に使用されるルーター  $R_x$  が、ここではルートとなり、それに対して各サイトにあるルーター  $R_a$ 、 $R_b$ 、 $R_c$ 、 $R_d$  がループで接続されている。このようなネットワークでは、ループ状に接続されていることと動的な経路制御を行なうことにより回線が切れたことに対して自動的に対応が可能になる。さらにサイト間を接続しているルーターを 2 つにしてそれぞれから専用線を引き出すようにするとルーターのトラブルやダウンのときでさえ、ネットワークが分断されることを防ぐことが可能である。各サイト間を接続しているルーターに対して各組織のルーターとして  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、そして  $R_4$  がサイトのパケット交換用の Ethernet を介して接続している。図 5 木構造をみればわかるように、各組織からみて必ず上位のノードは、一箇所となっており、それぞれのルーター間におけるパケットを交換するためのネットワークが用意されている。 $R_a$  のサイトには、外側との接続のために  $R_x$  があるが、このルーターは、実質的には、 $R_1$  から  $R_4$  のどのサイトに接続されてもよい。上位のネットワークへの出口が一箇所であるならば、このネットワーク内での経路情報は、ネットワーク内にある経路情報とそれに接続された組織のネットワークの経路情報のみとなる。

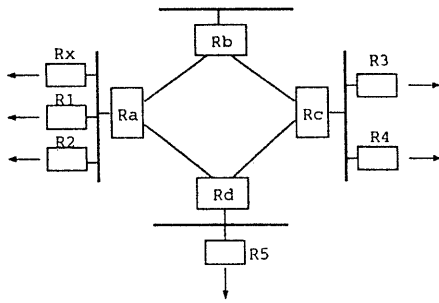


図 5: 地域ネットワークの実装例

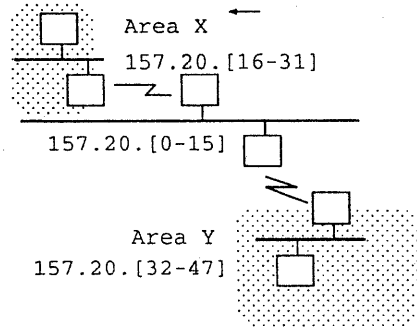


図 6: エリア及びネットワークレンジ

### ネットワークの構築と OSPF

ネットワークを設計構築し、それを運用する場合において、ネットワーク層のプロトコルとして何を利用し、また経路制御にどのようなプロトコルを使用するかが重要になる。現在、ネットワークにおいては、ネットワークのアーキテクチャやそこでの経路制御技術が不完全であるため、ネットワークを設計構築する際に、問題点を知って、回避するように行なう必要がある。TCP/IP ネットワーク群の IP プロトコルをネットワーク層に使用する場合、経路制御のプロトコルとネットワークの構造には、密接な関連がある。つまり経路制御を行なうプロトコルを選択することにより、ネットワークの構造をその経路制御プロトコルにあった形にした方がよいということである。OSPF においては、エリア、コスト、外部リンク、RIP との相互作用、及びバーチャルリンクを考慮点としてネットワークを設計する必要がある。

#### エリアの導入

OSPF におけるエリアの導入は、大きく分けて 2 つの場合がある。一つは、プロトコルを設計したときの本来の目的であるトポロジーデータベースの分割による経路情報の計算量の減少である。もう一つは、ネットワークレンジによってサブネットワークをまとめて経路情報として一つでエリア外に広告することを行なうことである。ネットワーク内のノードの数が少ない場合は、ネットワーク内のデータベースの分割よりも、どちらかという後者の方法を利用することが多くなる。ネットワークレンジでまとめることにより結果、OSPF バックボーンエリアに

広告されている経路情報も減らすことができる。うまく経路情報を減らすの条件として、エリアを構成しているネットワークへの IP アドレスの割り当てに関して、サブネットワークのネットワークマスクでまとめられるように割り当てる必要がある。例として図 6 のようなネットワークの構成のとき、そのアドレスがクラス B の 157.20.x.x である場合、157.20.[0-15].0 は、バックボーンへ割り当て、157.20.[16-31].0 は、エリア X へ割り当て、そして 157.20.[32-47].0 は、エリア Y へ割り当てるようにする。こうすることにより、エリア X とエリア Y からのネットワークは、エリア X が (157.20.16.0,255.255.240.0) としてまたエリア Y が (157.20.32.0,255.255.240.0) という一対で広告することが可能である。

またエリアの定義において例えば、一箇所の広域ネットワークにだけしか接続していない学内ネットワークでは、スタブエリアとして学内を定義して、そのエリア内は、デフォルト経路のみを広告するように設定を行なう。そうすることにより OSPF 経路制御の計算や管理を簡単にできる。

エリアを構成した場合、エリアの間を接続する特別なエリアとしてバックボーンエリア (0.0.0.0) があり、エリアをどのようにして構築するかによりバックボーンエリアの構成も決まってくる。

#### コストの計算

OSPF では、そのリンクに対してコストという値でそれぞれのリンクが評価され、同じ経路があった場合、コストの低い値の方が優先されることになる。つ

まり AS の中で OSPF を経路制御プロトコルとして採用した場合、コストとして同じ方法でそれぞれのリンクに適用する必要がある。通常コストは、100Mbps の FDDI を 1 として、10Mbps の Ethernet ならば、10 としてメディアの速度に反比例して設定される。ある経路を何らかの理由で優先的に利用したい場合、コストを下げることで対処する場合、必ずしも一つのリンクのコストを単純に下げただけでは、経路を選択するようなことにはならない。OSPF で経路制御を行なうネットワークを設計する場合、経路におけるコストを入れたリンクのグラフを作り、各ルーターでの経路制御テーブルをコストと共に作り、設計時のデータとして持ち、経路の解析を行なってネットワーク全体として正しいコストの設定を行なう必要がある。

### 外部リンク

OSPF には、内部リンクの経路情報と外部リンクからの経路情報がある。この外部経路情報は、例えば静的な経路情報、EGP、あるいは RIP からの経路情報である。この外部リンクの経路情報には、タイプ 1 とタイプ 2 の 2 つの種類がある。

タイプ 1 は、基本的に内部経路情報と同じである。タイプ 2 は、必ず AS への内部パスのコストよりも大きくなっている。タイプ 2 は、AS 間の経路のコストが、重要である場合に使用され、経路の選択に内部のコストが使用されない。タイプ 1 が、常にタイプ 2 より先行される。タイプ 2 は、内部のコストに関係せずに常に AS 境界ルーターで設定したコストの低い値の経路情報が優先される。そのため図 7 のように R1、R2、R3、R4、R5 が OSPF ルーターであり、そのうち R1 と R5 が AS 境界ルーターであるときに、R1 にはネットワーク N1 がコスト 8 で入ってきて、R5 にはネットワーク N1 がコスト 10 で入ってきていることとする。そのときこれらが外部経路情報としてタイプ 2 で広告されたこととすると、 $8 < 10$  であるために途中のコストに関わらず R1 の経路が優先される。

### OSPF と RIP

OSPF と RIP は、どちらも IGP として定義され使用されている。OSPF と RIP は、しばしば OSPF の AS 境界ルーターにおいて経路情報の交換を行なっ

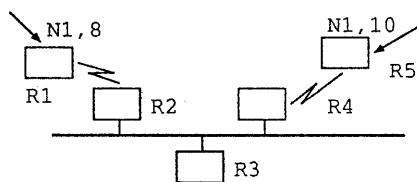


図 7: タイプ 2 外部リンク情報

たり、OSPF と同じルーターで AS 内で並列して経路情報を交換する必要がある。RIP では、ホップ数を基準に経路制御の優先順位を決めており、OSPF では、リンクの持っているコストにおいて経路制御の優先順位を決めている。この OSPF と RIP の両者においては、経路におけるホップ数とコストに何らの変換規約がないため実装もまちまちである。

例として、図 8 の OSPF と RIP が、OSPF の AS 境界ルーターにおいて変換されているネットワークを例として考えてみる。

この例で RIP から OSPF への変換を考えてみる。R1 では、N1 メトリック 1 を OSPF のコスト 100 へ、N2 メトリック 2 を OSPF のコスト 200 へ変換する。しかしここで定義のないネットワーク N3 がメトリック 2 で RIP の経路情報として来たときは、規定値 1000 を使い OSPF のコスト 1000 へ変換することになる。RIP も OSPF と同様に動的な経路制御であるためにすべてのネットワークの経路情報の変換テーブルを事前用意して、それを利用してメトリックからコストへ変換を行なうことは無理である。こ

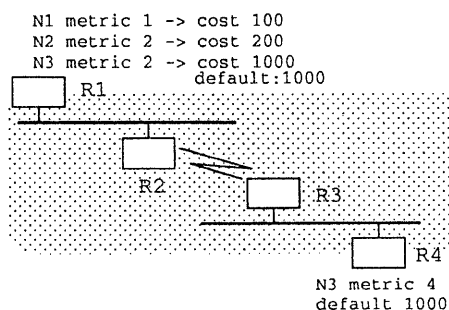


図 8: OSPF と RIP の変換 (1)

のように RIP から OSPF への変換の場合、変換の定義が定義されていないために新たなネットワークの経路情報が RIP から来た場合、OSPF への変換は必ず規定値になってしまい、RIP メトリックを正しく OSPF コストに反映できない。R4 において、ネットワーク N3 が、メトリック 4 で RIP の経路情報として来た時にも規定値 1000 を使った場合、OSPF 内部においては、R1 と R4 の両方からきた OSPF の AS 外部の経路情報は、タイプ 2 であったとすると同じコストで広告されるために結果的に差がなくなることになる。

次に OSPF から RIP に関して考えてみる。前の例と同様に OSPF のコストを RIP のメトリックに正しく変換するための規約が存在しない。そのため OSPF から RIP への変換の場合、RIP から OSPF と同様にネットワークの構成を調べておいて、変換するときネットワーク番号ごとに RIP の正しいメトリック値を入れて変換を行なうように設定するか、あるいは規定値を使って、異なったコストであっても同じ RIP のメトリック値で変換を行なってしまうようにする。そうすると RIP での動的な制御で最小のホップでの経路選択が行なわれなくなる。図 9 は、RIP から OSPF へ変換した後の値を示している。R1 では、ネットワーク N1 が OSPF のコスト 1000 となっており、それを RIP のメトリック 1 で広告する。R4 では、OSPF のコストが 10 となっており、それを RIP のメトリック 1 で広告する。R3 では、R1 からきた N1 の RIP のメトリックが 4 であり、R4 からきた N1 の RIP のメトリックが 5 となっている。そのため R3 では、N1 への経路は R1 からの経路をとる。しかし実際の経路は、R4 からの経路の方が N1 の方が近い。このように OSPF から RIP への変換により評価値が保存されていないために遠回りの経路を通ってしまうことが起こる。

### バーチャルリンク

OSPF では、バックボーンエリアの連続性を確保するために、他のエリアの中にバーチャルリンクを作ることが可能である。バーチャルリンクは、ネットワークの構成上の制約のためエリアにより、バックボーンエリアが分割されてしまっているが、しかしそれをバックボーンエリアを分断したエリアの向こうまで接続したいということから利用する。図 10

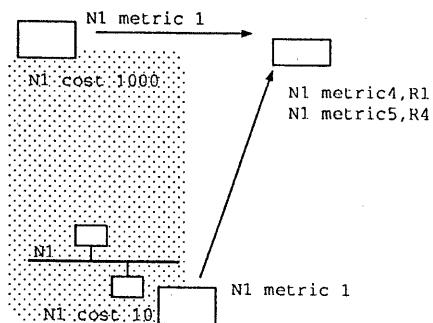


図 9: OSPF と RIP の変換 (2)

は、E1 および E2 においてバックボーンを形成している。E3 は、エリア X である。図 10 において Ra および Rb がエリア境界ルーターであり、それぞれバックボーンエリアとエリア X を分けている。この図では、バックボーンエリアを構成している E1 および E2 がエリア X により分断されているので、Ra と Rb の間でバーチャルリンクをはり、バックボーンの連続性を保証する。バーチャルリンクを設定することにより E2 のさらに先に別に新たなエリアを設定することが可能となる。

## JOIN と OSPF の利用

JOIN (Japan Organized InterNetwork) は、日本 BITNET 協会で行なっているネットワークである。図 11 が JOIN の構成図である。この図に表示されている各ルーターは、OSPF のルーターとして設定されている。それらのルーターのうち 157.20 の

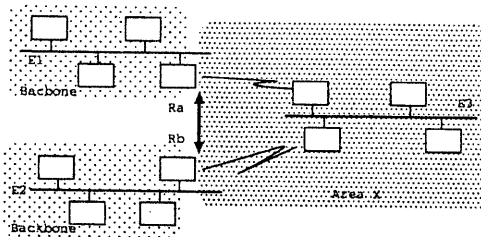


図 10: バーチャルリンク

アドレスが割り振られているインターフェイスの部分のネットワークが OSPF のバックボーンエリア (0.0.0.0) として設定されている。つまり 157.20.1、157.20.49、157.20.17、157.20.25 の Ethernet に接続されたルーターがバックボーンエリアを形成し、さらにバーチャルリンクにより 157.20.184 の Ethernet までバックボーンエリアを伸ばしている。これは、157.20.1.5 と 157.20.184.1 のルーターの間が 133.31.0.0 エリアとして定義されているためである。OSPF のエリアは、161.10.0.0 (CAREN エリア)、192.50.89 (BITNETJP エリア)、133.31.0.0 (SUT エリア)、163.54.0.0 (NEBUTA エリア) を設定している。このエリアの設定は、データベースの計算量を減少される目的よりもネットワークレンジで OSPF バックボーンへの経路情報を class B および class C で広告するようにするためである。JIX および WIDE からは、RIP で国内の経路情報が来ている。その経路情報を OSPF のタイプ 1 ヘコスト 1562 でタグをつけて変換している。この JIX および WIDE からは、国内の経路情報がすべて OSPF となってバックボーン内へ広告されている。JvNC からは、CISCO の IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) により、default 経路情報がきており、それを OSPF タイプ 1 でコストを 1785 でタグをつけて、CAREN エリアへ広告され、その経路情報が、OSPF バックボーンへ広告されている。また CAREN エリアからは、ネットワークレンジで 161.10.0.0 が広告されている。BITNETJP のエリアは、192.50.89 が内部経路として OSPF バックボーンへ広告される。SUT エリアは、OSPF バックボーン側に対して 133.31.0.0 を広告している。金沢工業大学は、現在クラス C のアドレスが 4 つあり、それを外部リンクのタイプ 1 として広告している。また東北大学は、ただ一つのホスト経路情報のみを外部リンクのタイプ 1 として広告している。NEBUTA エリアからは、163.54.0.0 が内部経路情報としてネットワークレンジでまとめて広告されている。図 12 は、JOIN の OSPF バックボーンのグラフである。ネットワークと各 OSPF ルーターがそれぞれノードとなっている。OSPF ルーターの表示は、ルーター ID であり、各 OSPF ルーターの識別に使用される。各 OSPF ルーターは、このようなリンクを状態をもっており、自分をルートとして、木を最適なコストの経路を選択できるように計算している。JOIN においては、各ルーターや

ネットワークへの経路をただ一つしか持っていないために、目的のネットワークへの経路情報は、それぞれ一つずつしかない。しかし東北大学への経路の場合、ネットワークアドレスは JIX および WIDE 側からアナウンスされるが、東北大学の 1 ホストだけの経路が 157.20.17.2 から JOIN 側へ広告されている。OSPF 場合には、IP アドレスとネットワークマスクの一致になって経路情報としてでているので、該当するホストの IP アドレスのみ (130.34.132.7) の経路が 157.20.17.2 をとおり、その他は、JIX あるいは WIDE 経由ということになる。

### JOIN の OSPF 経路情報

現在、JOIN で扱っている経路情報は、下のような種類になっている。この経路情報のうち大半は、JIX および WIDE から RIP により広告されている国内のサイトのネットワーク番号であり、これはまだ増えつつけている。また default 経路情報は、JvNC から IGRP を変換して、それが JOIN 内に外部経路リンクとして広告されている。

内部経路	15 個
外部経路 Type 1	232 個
外部経路 Type 2	0 個

バックボーンにおいては、単純な認証としてパスワードをいれている。また 157.20.1 の Ethernet において、DR は、157.20.1.1 であり、バックアップの DR は、161.10.1.1 である。

### バーチャルリンクの利用

JOIN では、157.20.184 の Ethernet までネットワークオペレーションセンター (NOC) として管理するために同じ経路情報を使用した OSPF バックボーンエリアとして利用することが必要である。しかし SUT エリアとして 157.20.1 と 157.20.184 のシリアルリンクを管理する必要があるために、157.20.1.5 と 157.20.184.1 のルーターの間にバーチャルリンクを設定した。これらのルーターは、エリア境界ルーターとしても設定されている。バーチャルリンクを設定することにより 157.20.184 のネットワークさらに先にもエリアを設定することが可能になる。



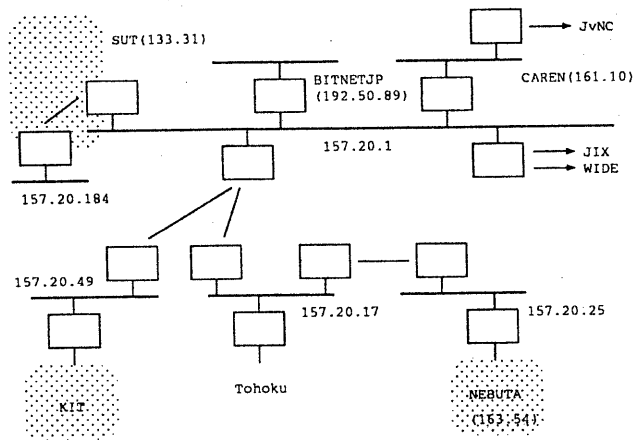


図 11: JOIN のネットワーク構成図

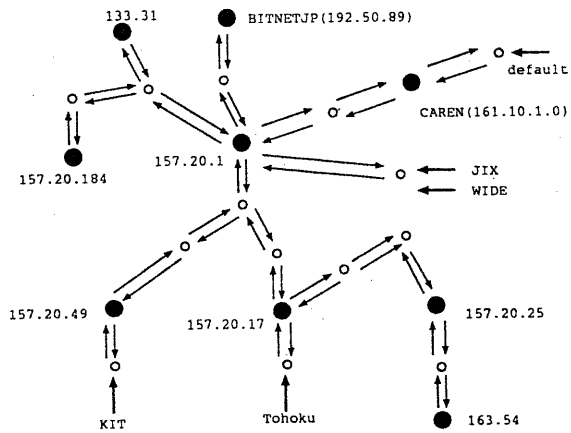


図 12: JOIN の OSPF グラフ

JOIN においては、各組織の経路情報を OSPF のエリアとして定義し、ネットワークレンジでまとめて広告しているので OSPF バックボーンエリアを拡張できるように OSPF のバーチャルリンクを利用している。

## 考慮点と今後の課題

ここでは、OSPF プロトコルを実際のインターネットワークの環境へ適用する際における考慮点と現在の実装上の問題点について述べる。

### データベースの同期と経路情報の制御

OSPF においては、経路情報のデータベースがすべてのルーターにおいて同期していることが重要な点である。そのため同じ OSPF プロトコルにおいて、経路制御を行なっているときに、内部において特別な経路制御をすることができない。これは、データベースの同期を原則しているためにプロトコル規約において何らかの制限を設けるような記述がないことが原因である。また実装においても、そのような設定は現在のところできない。AS 内で利用されるということを前提とするために OSPF の認証により経路情報の授受や経路情報の広告が自由にできるようになっている。経路情報の安全性からみれば、この認証に関する新しい方式を定義して、OSPF へすることが可能になっている。しかし経路を一部制御するという機能に関しては、未定義のままである。

エリア境界ルーターでのネットワークレンジして OSPF を広告するようにエリア境界でのなんらかの経路情報の制御が付加的にあるべきである。

### 経路情報の付加情報

OSPF では、外部のリンクからの経路情報の広告として、タイプ 1 とタイプ 2 の方法があるが、どのようなプロトコルから OSPF へ入ってきているかに関しての情報が欠落している。例えば RIP であるが、国内の主要な経路情報が、RIP で行なわれているためにそのメトリック値を OSPF の経路情報として正しく反映することができないでいる。OSPF と RIP とともに IGP であるためにこのような変換は、本来的に難しいが、LAN 側との接続においても RIP は使用されているために OSPF と RIP との変換の

規則が必要である。また RIP から OSPF への変換は、タイプ 2 で OSPF の経路情報で広告し、そのコストは、RIP のメトリックをそのまま使用するというようなことである。しかし OSPF 内においては、その経路情報の優先順位をコストで計算するために両方の経路制御プロトコルの変換は、同じ基準に合うようにしなければならない。注意深く行なわなければならない。逆に OSPF から RIP への変換に関しても変換規則が必要である。

## 終りに

OSPF は、RFC1370 [3] において IAB より、IGP として「経路制御プロトコルを実装する IP ルーターは、OSPF と OSPF MIB を実装することが必要である。」、というように経路制御として実装することが望まれている。さらにその記述では OSPF の TOS 経路は、付加的に実装されていればよいことになっている。

今後、OSPF は、IGP の主流となり多くのサイトで経路制御プロトコルで使用されていくことになるであろう。

## 参考文献

- [1] J. Moy *OSPF Version 2* (RFC1247), 1991 July, SRI International.
- [2] F. Baker, R. Coltun *OSPF Version 2 Management Information Base* (RFC1253), 1991 August, SRI International.
- [3] L. Chapin *Applicability Statement for OSPF* (RFC1370), 1992 October, SRI International.