

IPv6 ネットワークの構築とルーティングヘッダを用いた経路制御アプリケーションの実現

Operation of an IPv6 network and a development of an application with an active routing function using routing headers.

発表者 大谷 誠 (98SM48)

指導教官 近藤 弘樹 教授 渡辺 健次 助教授

Abstract: The popularization of the Internet surfaced the problems of the IPv4. In order to solve these problems, IPv6 which is the IPng is proposed. It is expected that this protocol not only solves several problems of the IPv4 but also enables new functions. We have constructed an experimental IPv6 network and developed applications. This network is connected with the 6bone which is the world-wide experimental IPv6 network. We confirmed that usual applications on the network we constructed. We have implemented an active routing function to the ftp command. The application can specify the packet route to a destination explicitly by using routing headers of IPv6.

1 はじめに

近年のインターネットの急激な普及により、現在のインターネットプロトコル IPv4 の問題点が表面化してきた。この問題点を解決し、新たな機能を付加するために次世代インターネットプロトコル IPv6 (Internet Protocol version 6) が提案され、現在は実運用に向けての研究が進められている。本研究ではまず、実際に IPv6 ネットワークを構築し、世界的規模の実験ネットワークにも接続を行った。

これからのインターネットは、様々な品質やサービスを持つ回線が混在したネットワーク環境や、負荷分散を目的としたマルチホームなネットワーク環境になると考えられる。このような環境では、性質の異なる通信経路が複数存在するため、ユーザやアプリケーションがデータの通信経路を能動的に選択できるメカニズムが必要となってくる。そこで本研究では、IPv6 の拡張ヘッダとして定義されている“ルーティングヘッダ”を用いて、それが行えるアプリケーションを作成しその検証を行った。

2 IPv6 ネットワークの構築と運用

本研究において構築したネットワークは、KAME Project が提供している実装をもとに、AT 互換機上で FreeBSD により実現している。このネットワークを 6bone と呼ばれるネットワークへ接続した。この 6bone は、国際的な IPv6 相互接続実験ネットワークで、42ヶ国、500 組織以上 (2000 年 1 月現在) が参加している。外部ネットワークへの接続には、IPv6 over IPv4 技術によるトンネル接続を行っている。この技術は、現在の IPv4 ネットワーク構成によらず、IPv6 ネットワークを構築するものである。

構築したネットワークは、NTT 情報流通プラットフォーム研究所より、実験用アドレスを取得し、6bone へ接続している。またマルチホーム環境における経路制御の研究・実験を目的として、INTEC システム研究所よりアドレスを取得しマルチホーム環境を実現している。

さらに外部組織へのアドレスの割り当てを行うために、同じく NTT 情報流通プラットフォーム研究所より、上記のアドレス空間とは独立したアドレス空間を取得し、外部組織の 6bone ネットワークへの接続要求の受け入れを行っている (図 1)。[1]

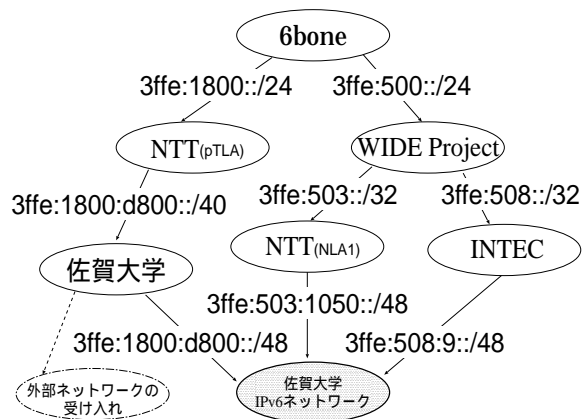


図 1: IPv6 ネットワーク構成図

3 ルーティングヘッダを用いた経路制御

次に、構築したネットワークにおいて、ルーティングヘッダを用いた能動的な経路制御が可能なアプリケーションを開発した。IPv6 の拡張ヘッダとして定義されているこのルーティングヘッダは、IPv6 において必須の機能となっているため、すべてのアプリケーションにおいてこのヘッダを使用することができる。よってアプリケーションがこのヘッダを用いて経路するルータを指定することで、経路選択機能が実現できる。

我々は、構築したネットワーク上において RFC2292 [2] 及び RFC2292bis-01 [3] によって公開されている API に従って、FTP 上へルーティングヘッダによる経路選択機能を実装した。

経路指定の方法としては、コントロール及びデータコネクションの送受信経路を、

- 内部コマンドによる指定
- コマンドの引数による指定

の2通りの方法において、“@”を用いて経由ルータを順に記述することで指定する。また、設定した経路の参照や、一時的なルーティングヘッダの使用・不使用にも対応している。

図2は、データコネクションにおけるデータ受信の経路を指定した場合のFTPの出力例である。この例では、データの受信時における経路のみをv6router1及びv6router2を経由するように指定している。

```
% ftp v6host1
Connected to v6host1
220 v6host1 FTP server (Version 6.00) ready.
Name (otani):
331 Password required for user
Password:
230 User otani logged in.
Remote system type is UNIX.
Using binary mode to transfer files.
ftp> getroute data @v6router1@v6router2
200 DRROUTE set data route ->
      'v6router1@v6router2' command ok.
ftp>
```

図 2: FTP の経路指定例

4 検証実験

我々は作成したアプリケーションが正確に経路の指定が実現できている事を、以下の方法により確認した。

まず帯域の異なる経路 (10Mbps、100Mbps) が存在するネットワークを構築した。次にこの通信経路をアプリケーションから指定し、それぞれの通信においてデータ転送時間の計測と、プロトコルアナライザによるパケットのモニタリングを行った。

10Mbps および 100Mbps の経路を指定した場合のスループットは、それぞれ 平均 802.5 KB/s、2.389 MB/s となった。またプロトコルアナライザによってヘッダ上に指定した経路を示すルーティングヘッダが付加されていることも確認できた。以上により作成したアプリケーションが正確に経路指定を行えることが確認できた。

次にルーティングヘッダが通信に与える影響を検証した。

経路を指定してデータを送信する場合、ルーティングヘッダが拡張ヘッダとして IPv6 ヘッダに付加され、各ルータやエンドノードで処理される。このため、ルーティングヘッダを用いない場合と比べ、若干のオーバーヘッドが生じる可能性が考えられる。

そこで、今回作成したアプリケーションを用いて、

- 通信帯域
- 経路指定数
- ルーティングヘッダの有無
- FTP におけるデータの送信、受信における経路指定のパターン (コントロールコネクションのみの経路指定 など)

などの違いによる送信経路、転送時間、パケット数等の計測を行った。

計測結果の例として図3に、100Mbps イーサネットのネットワークにおいて、50MB のデータを受信経路のみ経路制御を行って受信した際の、経路指定数の違いによる転送時間を示す。

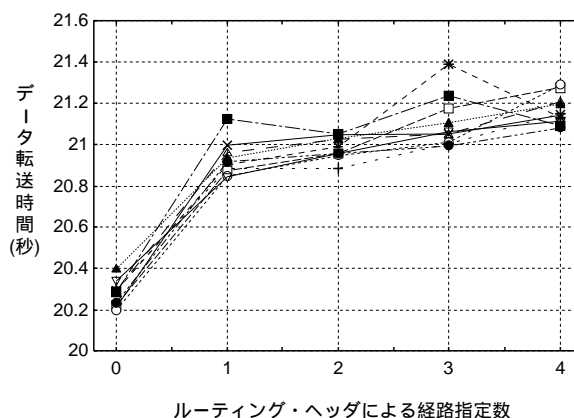


図 3: 経路指定数の違いにおける転送時間

この計測結果から、ルーティングヘッダの有無が、転送時間に平均 0.65 秒、経由するルータが1つ増加するごとに平均 0.08 秒程度の影響を与えることが分かる。しかしながら、この値はデータの転送時間と比べ、十分許容範囲内であるといえる。

以上のような検証実験により、アプリケーションからの能動的な経路制御の方法において、ルーティングヘッダを用いることは有効な手法であると考えられる。[4]

5 まとめ

IPv6 の研究を目的として実際にネットワークを構築し、6bone への接続を行った。またこのネットワーク上において、ユーザがアプリケーションに対して要求する通信品質に応じた能動的な経路選択を可能にするため、ルーティングヘッダに着目し、FTP 上に実装をおよび検証を行った。今後は、他のアプリケーションへのルーティングヘッダの実装を行う予定である。

参考文献

- [1] 大谷誠, 田中久治, 渡辺健次, 近藤弘樹: “IPv6 のネットワーク構築とその運用”, 情報処理学会九州支部研究会報告, pp. 109 - 116, (Mar. 1999)
- [2] W. Stevens and M. Thomas, Advanced Sockets API for IPv6, Request for Comments 2292, (Feb. 1998)
- [3] W. Stevens and M. Thomas, Advanced Sockets API for IPv6, draft-ietf-ipngwg-2292bis-01.txt, (Dec. 1999)
- [4] 大谷誠, 津田伸秀, 渡辺健次, 近藤弘樹: “IPv6 におけるルーティングヘッダを用いたアプリケーションの実現とその検証”, 情報処理学会第 60 回全国大会, (Mar. 2000)