

IPv6におけるルーティングヘッダを用いた能動的な経路制御アプリケーションの実現

大谷 誠† 津田 伸秀‡ 渡辺 健次‡ 近藤 弘樹‡

†佐賀大学大学院工学系研究科 ‡佐賀大学理工学部

1 はじめに

近年の急速なインターネットの普及により、これからのインターネットは様々な品質やサービスの回線が入り組んだネットワーク環境となることが予想される。また利用者側からの、インターネットのマルチメディア通信の利用、セキュリティなどといったネットワークに対する品質の要求も、多様化し始めている。

このように、品質の異なる通信経路が複数存在する状況下では、アプリケーションを使用するユーザが通信に要求する品質に応じた通信経路を、能動的に選択可能なメカニズムが必要になると考えられる。

次世代インターネットプロトコルである IPv6 (Internet Protocol version 6) では、アプリケーションからデータの経路を選択可能にする、ルーティングヘッダと呼ばれる拡張ヘッダが定義されている。

本稿では我々の作成した IPv6 におけるルーティングヘッダを用いた、能動的に経路選択の可能なアプリケーションについて述べる。またユーザが品質に応じた経路情報の取得を容易にするために作成した“ルーティングサーバ”についても述べる。

2 IPv6 ネットワーク

我々は、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 IPv6 ネットワークを構築している。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、47ヶ国、593 組織以上 (2000 年 7 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、インテック・ウェブ・アンド・ゲノム・インフォマティクス株式会社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 [1]。

3 経路制御アプリケーションの実現

IPv6 にはルーティングヘッダと呼ばれる拡張ヘッダが定義されている。このヘッダは、ネットワーク上のノ

ドのアドレスを記述することにより、データの経路するルータを指定することが可能となる。よってこのヘッダを使用することにより、ユーザが通信品質やサービスに応じて、有効な通信経路を能動的に選択することが可能になると考えられる。

そこで、上記の IPv6 ネットワークにおいて、FTP アプリケーション上へルーティングヘッダを用いた経路選択機構を実装した [2]。

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 1 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 DROUTE set data route ->
      'v6router1@v6router2' command ok.
ftp>
```

図 1: 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 2 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。

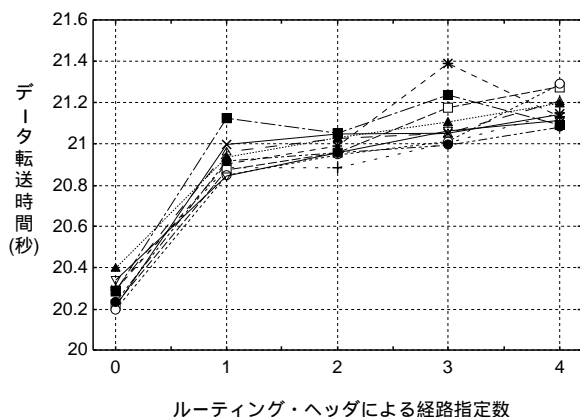


図 2: 経路指定数の違いにおける転送時間

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 つ増加すると平均 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。

5 ルーティングサーバ

作成した FTP アプリケーションは、ユーザが経由させるべきノードを明示的に指定することにより、能動的に経路が選択可能となる。しかしながらネットワークの構成や性質を十分に把握していない場合や、広域なネッ

トワークを考えた場合に、ユーザが明示的に経路を決定することは容易ではない。

そこで、ユーザが通信経路に要求する品質に応じた経路情報の取得を容易にする“ルーティングサーバ”を作成した。図 3 にルーティングサーバを用いて通信する場合のモデルを示す。

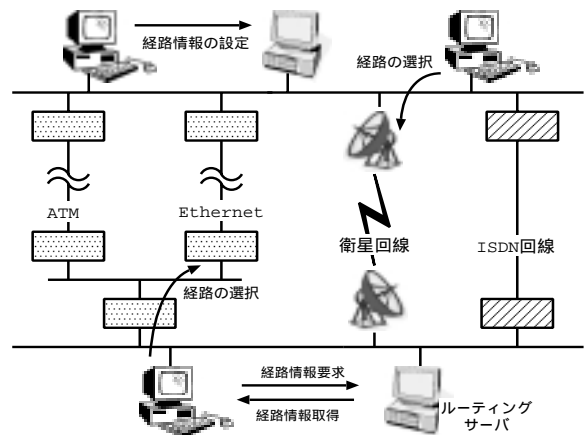


図 3: ルーティングサーバを用いた通信モデル

このルーティングサーバは、アプリケーションが存在するゾーンに存在し、送信・受信ノードのアドレスと通信品質やアプリケーション特性ごとに、経路情報を保持している。これらの経路情報は、各ゾーンごとに個別に管理される。

ユーザがルーティングサーバからの経路情報を用いて通信を行う場合、アプリケーションは、ユーザからの通信品質の要求と共にアプリケーション特性、送信・受信ノードのアドレスを自動的にルーティングサーバに送信する。ルーティングサーバは、アプリケーションから渡された情報をもとに経路を決定し、その情報をアプリケーションに渡す。これによりアプリケーションは、経路情報をルーティングヘッダに付加し通信を行うことにより経路選択が可能となる。

現在は上記の FTP アプリケーションにこの機構を実装し、ルーティングサーバからの経路情報をもとに通信が可能である。

6 まとめ

IPv6 におけるルーティングヘッダに着目し、ユーザが通信品質やサービスに応じて能動的に経路制御を行うことが可能な FTP アプリケーションの作成・検証を行った。

またユーザが品質に応じた経路情報の取得を容易にするためにルーティングサーバの作成を行った。今後は、広域ネットワーク上での検証実験などを行う予定である。

参考文献

- [1] 大谷誠, 田中久治, 渡辺健次, 近藤弘樹, “IPv6 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, (Mar. 1999)
- [2] 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)