

# 35-01 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

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

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になると考えられる。またユーザからのインターネットに対するセキュリティやマルチメディア、ローコストなどといった新たな要求も生じ始めている。

このような状況下では、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。そこで我々は、次世代インターネットプロトコルであるIPv6 (Internet Protocol version 6) 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た。

本稿では、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について述べる。

## 2 IPv6におけるルーティング・ヘッダ

急速なインターネットの普及によって生じたアドレス空間の枯渇、ルーティング情報の爆発、高機能サービスへの要求に対応するために、IPv6が提案された。現在IPv6は、基本部分の仕様がほぼ確定し、実装や運用といった段階へ移っている [1]。

このIPv6の仕様の中には、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 (図1)。この拡張ヘッダは、IPv4のソースルーティング・オプション (Source routing option) とほぼ同等の機能を提供しているが、このオプションはIPv4の必須の機能ではないことも影響し、実際にはあまり使用されていない。しかしながら、ルーティング・ヘッダはIPv6の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。

アプリケーションがこのヘッダを用いて経由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。

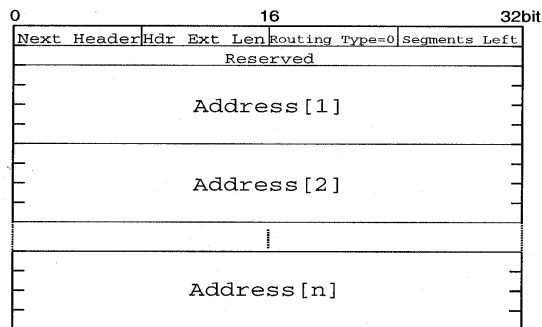


図1: ルーティング・ヘッダのフォーマット

## 3 アプリケーションの実現

我々の研究室では世界で42ヶ国・500組織以上 (2000年1月現在) が参加しているIPv6実験ネットワークである6boneへ、IPv6の運用研究や経路制御の研究を目的としてマルチホーム環境の接続を行っている [2]。

このネットワーク上においてRFC2292 [3] 及びRFC2292bis-01 [4] 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 DROUTE set data route ->
      '@v6router1@v6router2' command ok.
ftp>

```

図 2: FTP の経路指定例

## 4 アプリケーションの検証実験

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行えていること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 2 つ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 802.5KB/s、2.389MB/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
- 送受信データサイズ
- 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、ホップ数 4 のネットワークで、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。

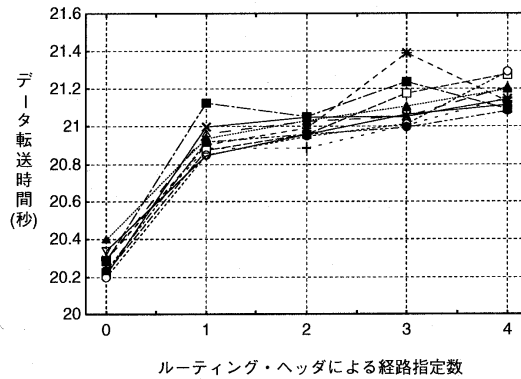


図 3: 経路指定数の違いにおける転送時間

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 つ増加することに平均 0.08 秒程度の影響を与えることが分かる。しかしながら、この値は十分許容範囲内であるといえる。

以上の検証実験により、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 まとめ

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、次世代インターネットプロトコル IPv6 におけるルーティング・ヘッダに着目し、実験ネットワーク環境下で 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] Robert M. Hinden and Stephen E. Deering, Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification, Request for Comments 2460, (Dec. 1998)
- [2] 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)
- [3] W. Stevens and M. Thomas, Advanced Sockets API for IPv6, Request for Comments 2292, (Feb. 1998)
- [4] W. Stevens and M. Thomas, Advanced Sockets API for IPv6, draft-ietf-ipngwg-2292bis-01.txt, (Dec. 1999)