

Linux カーネルにおける IPv6 の実装と改善

関谷 勇司*

宮澤 和紀†

2001 年 9 月 28 日

1 USAGI プロジェクトとは

本章では、USAGI プロジェクトの成立と、現在の構成について説明する。

1.1 USAGI プロジェクトの発足

USAGI プロジェクトは、Linux における IPv6 環境を向上させるために、2000 年 10 月に発足されたプロジェクトである。また、IPv6 とは、IETF において制定が進められている次世代インターネットプロトコルである。現在、数多くの OS や商用ルータに IPv6 スタックが実装されている。ところが、Linux における IPv6 に関する状況は、他の OS に比べて劣っている。従っている仕様も古く、正確に動かない機能や、実装されていない機能が存在する。そこで、USAGI プロジェクトによる改善が開始され、現在も引き続き行なわれている。

1.2 USAGI プロジェクトの目標

USAGI プロジェクトは、以下の項目を目的として活動を行なう。

- Linux kernel の IPv6 に関する改善を行なう
- Linux の IPv6 に関連する library に関して改善を行なう
- 基本的な IPv6 アプリケーションを提供する
- 成果物は GPL2 のもとに無償にて配布する
- 特定のディストリビューションに特化しない開発を行なう

1.3 USAGI プロジェクトの構成

USAGI プロジェクトは、コアメンバーとサポートメンバーから成り立っている。コアメンバーは現在 8 名であり、週 3 日体制で、東京大学を拠点として活動を行なっている。また、サポートメンバーは、現在 30 名程度であり、メーリングリストを中心に活動を行なっている。

*慶應義塾大学 政策・メディア研究科

†横河電機 (株) R&D IT プロジェクトセンター

USAGI プロジェクトは 10 組織の企業、大学ならびに研究団体からの支援を受けており、BSD 系の IPv6 スタックを実装している KAME プロジェクト¹ や、IPv6 仕様適合試験を実施している TAHI プロジェクト² とともに親密な協力関係にある。

2 Linux における IPv6

本章では、Linux における IPv6 の現状と、Linux カーネルの IPv6 仕様適合試験の結果を示す。

2.1 Linux における IPv6 の現状

Linux における IPv6 の歴史は古く、linux-2.1.8 から IPv6 スタックが実装されている。これは他の OS に比べても早い時期に実装されており、Linux はいち早く IPv6 が利用できる OS であった。しかし、それ以来 IPv6 のコードはメンテナンスされておらず、現状では他の OS と比べ、かなり遅れた実装となっている。

Linux の IPv6 スタックは、Pedro Roque という人物が、IPv6 の制定初期段階に実装したものである。この実装をもとに、A.N.Kuznetsov や Andi Kleen といったネットワークコードの管理者が改良やバグフィックスを行なっている。現行のカーネルである、linux-2.2.19 や linux-2.4.9 にも IPv6 スタックが組み込まれている。linux-2.4 系のカーネルには、USAGI プロジェクトによる改良がいくつか取り込まれている。しかし、最新のカーネルでも現行の RFC に追従しておらず、他の OS との相互接続性問題や機能の欠落といった問題が存在している。

2.2 IPv6 仕様適合試験

TAHI プロジェクトは、IPv6 の仕様適合試験を行なうために組織されたプロジェクトである。IPv6 の実装に関して、RFC に沿った実装になっているかどうかを試験するためのツールを提供している。また、相互接続試験のためのイベントを開催し、様々な OS における IPv6 実装の試験を行なっている。そこで、USAGI プロジェクトでは、TAHI プロジェクトの協力のもと Linux カーネルの IPv6 仕様適合試験を行なった。以下にその結果を示す。数値は試験に合格した項目数を示す。

表 1: TAHI IPv6 仕様適合試験結果

テスト項目	2.2.15	2.2.18	2.4.7	usagi22 (2001/08/18)	usagi24 (2001/08/20)
基本的な仕様 (51 項目)	35	50	51	51	51
ICMPv6 に関する仕様 (16 項目)	16	16	16	16	16
近隣探索に関する仕様 (58 項目)	20	19	28	32	42
アドレス自動設定に関する仕様 (54 項目)	2	2	41	45	52
Path MTU 探索に関する仕様 (4 項目)	2	2	2	2	2
トンネルに関する仕様 (4 項目)	4	3	2	4	4

2.2.15、2.2.18 および 2.4.7 はそれぞれカーネルのバージョン番号であり、それらのバージョンに

¹ <http://www.kame.net/>

² <http://www.tahi.org>

おける試験結果を示す。usagi22 は 2001 年 8 月 18 日時点での usagi-2.2 カーネルであり、usagi24 は 2001 年 8 月 20 日時点での usagi-2.4 カーネルの試験結果を示す。

試験結果が示す通り、近隣探索に関する仕様や、アドレス自動設定に関する仕様の試験にて多くの仕様を満たしていないことがわかる。近隣探索 (NDP) は、IPv4 における ARP(Address Resolution Protocol) の役割を担う機能であり、通信を行なう際に必ず利用する機能である。また、アドレス自動設定は IPv6 ホストにとって必須となる機能であり、これが動作しなければ IPv6 アドレスが設定されず、通信を行なうことが不可能となる。すなわち、Linux カーネルにおける IPv6 スタックは、古い仕様に従っている、もしくは間違っていて実装されているため、基本通信においても相互接続性に問題が生じる実装となっている。

2.3 実装されていない機能

現状の Linux カーネルでは、実装されていない機能もあり、それらの機能は前述の TAHI 仕様適合試験では試験されていない。Linux カーネルにて未実装となっている主な機能を以下にあげる。

- MobileIPv6
- IPsec
- Anycast
- RouterRenumbering
- Source Address Selection

中でも、IPsec は IPv6 にとって必須の機能であり、注目される新機能の一つである。また、MobileIPv6 は、移動体通信をサポートする技術であり、携帯電話等の新たな機器への適用に注目されている技術である。これらの注目される新技術が未実装であることは、次世代インターネットを構築する上での、大きな障害となる。

3 USAGI プロジェクトの成果

本章では、前章の分析結果を踏まえ、USAGI プロジェクトによる改善や、成果物に関して述べる。

3.1 USAGI プロジェクトによる改善

前述の試験結果や未実装の機能を踏まえ、USAGI プロジェクトでは、いままでに数多くの改善を行なってきた。その改善を加えた試験結果は、表??に示した通りである。USAGI カーネルでは、近隣探索やアドレス自動設定に関する機能において、かなりの改善が行なわれている。また、IPsec や MobileIPv6 に関しても実装に着手しており、一部の機能は動作し始めている。

以下に、USAGI プロジェクトが行なった主な改善についてまとめる。

- ICMP Node Information Query の実装

- Privacy Extension の実装
- IPsec for IPv6 の実装
- IPv6 と IPv4 における bind(2) の挙動の修正
- longest prefix match による Source Address Selection の実装
- SNMPv6 の改善
- 近隣探索プロトコルの改善
- アドレス自動設定機能の改善
- IPv6 over ATM の実装
- IPv6 over ARCnet の実装
- HUT MobileIPv6³ の統合
- IPv6 API に関する library の提供
- 基本的な IPv6 アプリケーションの提供

これ以外にも、多くの改善を行なってきた。詳しくは、配布物に含まれる README ファイルを参照してほしい。

3.2 USAGI プロジェクトの成果物

USAGI プロジェクトでは、USAGI stable と USAGI snap という形で定期的に配布している。以下に、それぞれの配布物について説明を加える。

USAGI stable USAGI stable とは、ある程度改善がまとまった時点で、安定していると思われる機能のみを含んで配布される成果物である。現在までに、2000年11月1日と2001年2月5日の、計2回の配布が行なわれている。stable の配布時には、ソースに対するパッチと、いくつかの Linux distribution に対するバイナリパッケージの配布も行なわれる。現在までにバイナリパッケージが配布された distribution は、RedHat、debian、TurboLinux、Kondara MNU/Linux、VineLinux の6種類である。ftp://ftp.linux-ipv6.org/ から入手可能である。

USAGI snap USAGI snap とは、2週間に1回配布される、開発途中のコードが含まれた成果物である。開発中の最新のコードであるため、新機能や改善点がいち早く利用できる一方、動作自体が不安定な場合もある。当初はソースに対するパッチの配布であったが、現在は

- usagi22 もしくは usagi24 カーネルソース
- libinet6 ライブラリ
- 基本的な IPv6 アプリケーション

³ <http://www.mipl.mediapoli.com/>

が固められたパッケージとして配布されている。ftp://ftp.linux-ipv6.org/ から入手可能である。

また、これらの定期的なパッケージとしての配布の他に、daily-snap や CVS による最新のソースの配布も行なっている。

daily-snap Linux のオリジナルカーネルに対する usagi22 もしくは usagi24 カーネルの差分を、パッチファイルとして毎日提供している。カーネルのみの差分であり、ライブラリやアプリケーションは含まれない。ftp://ftp.linux-ipv6.org/ から入手可能である。

anonymous CVS 誰でも最新のコードを入手できる仕組みとして、anonymous CVS サーバを提供している。この CVS サーバから、最新の usagi22 カーネル、usagi24 カーネル、ライブラリ、アプリケーションのソースを常に入手することが可能である。詳しくは <http://www.linux-ipv6.org/> を参照してほしい。

3.3 USAGI プロジェクトの予定

USAGI プロジェクトは、これからも Linux の IPv6 環境を改善するために、活動を継続する予定である。現在実装中の項目は、以下の通りである。

- Generic Tunnel Device の実装
- IPsec
- Anycast
- MobileIPv6
- より高度な Source Address Selection
- トランスレータ

USAGI プロジェクトの成果物を利用したい方、開発に参加したい方は、メーリングリストにて議論に参加してほしい。以下にあげるメーリングリストが用意されている。

usagi-users usagi を利用しているユーザ、開発者のためのメーリングリスト。言語は英語である。

usagi-announce usagi stable や usagi snap の配布開始アナウンスのためのメーリングリスト。

usagi-cvs 開発者によるコードの変更点が出るメーリングリスト。

各メーリングリストの詳細については <http://www.linux-ipv6.org/ml/> を参照してほしい。