

---

# IPv6の研究と製品開発への反映

## Research and Deployment of IPv6 Technology for Products

大平 浩貴\*

Kohki OHHIRA

---

### 要 旨

IPv4ではグローバルアドレスが不足してきた。この課題を解決するためにIPv6が提案された。IPv6を利用すれば、他にも従来インターネット接続できなかったデバイスが通信できるようになり、ネットワーク機器同士が透過的に通信できるようになることが見込まれている。IPv6は、今まで実現できなかった新たなソリューションを生む基盤になると考えられる。我々は、OSやアプリケーションプログラムのIPv6化、自動設定機能の付与を行い、デジタル複合機やレーザープリンタをIPv6化した。本報ではデジタル複合機やレーザープリンタのIPv6化について報告する。

### ABSTRACT

Using IPv4, the pool of available Global address is exhausting. IPv6 has been proposed to overcome this problem. IPv6 also makes internet communication possible to devices that couldn't in the past. Additionally, we expect that it will allow transparent communication among network devices. Thereby, we consider IPv6 as a platform for brand new solutions unachievable so far.

We enabled IPv6 for OS and applications program, implemented automatic configuration features, and thereby successfully launched IPv6 capable digital photocopiers and laser printers.

This document describes the activity of enabling IPv6 for digital photocopiers and laser printers.

---

\* ソフトウェア研究開発本部 システム研究所  
Systems Lab, Software R&D Group

## 1. 背景と目的

### 1-1 IPv6の発生

IP (Internet Protocol) はThe Internet (以下インターネット) の基盤をなす通信技術であり、現在のIPはIPv4 (IP version 4) と呼ばれる。IPの通信ではIPアドレスという固定長の数値を基にしてデータの受け渡しを行う。このため、インターネットに接続する機器にはかならずユニークなIPアドレスが割り当てられなければならない。

しかし、昨今インターネットに接続する機器が増え、ネットワーク機器に配布するIPアドレスが不足してきた。

現在アドレスが枯渇してきたIPv4の代替技術として、IPv6 (IP version 6) が標準化され、実用を目指して実装や活用が日々進められている。近年は特にIPv4アドレスの枯渇が進んでおり、IPv6への移行が強く意識されるようになってきた [1] 。

### 1-2 IPv6の効果

IPアドレスの総数が、インターネットに直接接続可能な機器数の上限を決める。たとえば32bitのIPv4アドレスは42億9496万7296個あるが、このうち管理機器や特殊用途に使われる分を除いた約42億がインターネットに接続する機器で利用される。つまりIPv4では約42億が接続可能な機器数の上限となる。

対して、128bitのIPv6アドレスが示す値は $3.4 \times 10^{38}$ にもなる。IPv6アドレスを地球の表面積にひとつずつ並べた場合、地表面1平方ミリメートルあたり、6.6兆個の10万倍ものアドレスが配置されることになる。

このように、IPv6環境には潤沢なIPアドレスがあるため、従来ネットワーク化されることがなかった機器もIPv6に接続することも可能となる。

携帯電話や自動車のIPv6化は特に有力だが、ほかにも家電製品、電灯等のスイッチ、リモコンなどもありうる。これらがIP化されると、相互に連携可能となり、何らかの新しい使い方が発生すると考えられている。たとえば前述の家電製品に世界中のあらゆる場所から

の接続を可能にしたり、世界中の家電製品同士が通信することによりその規模を活かした何らかのサービスをユーザに提供することが考えられる。

加えて、IPアドレスが豊富であるため、現在はプライベートアドレスを使用している環境にもグローバルアドレスを割り振ることができるようになり、ネットワークの透過性が高まる。

特に構内網のすみずみまでグローバルアドレスを割り振り、選択的にグローバルルーティング可能にすることで、インターネット上のホストから直接通信できるようになる。これによる新たなソリューションも考えられる。たとえば前述の家電製品に世界中のあらゆる場所から接続できるようになったり、世界中の家電製品同士が通信することによりその規模を活かした何らかのサービスをユーザに提供することも考えられる。

### 1-3 IPv6対応活動

我々は新たな通信環境に対応するため、また新たなソリューションの開発や、これまででないモデルのビジネスを実現するため、主力製品であるデジタル複合機やレーザープリンタをIPv6に対応させた。

本報では、リコーで行ったデジタル複合機やレーザープリンタのIPv6化について説明する。

## 2. 技術

### 2-1 IPv6対応ネットワーク機器の姿

現状のIPv6環境の情勢から、IPv6対応ネットワーク機器はIPv6だけでなくIPv4にも対応していることが要求されていることが多い。デバイスがIPv6だけに対応していればよいケースは稀である。

なぜなら、既にIPv4は十分に浸透しており、IPv4ホストを突然すべてIPv6対応機器にシステムに置換することはほとんど不可能だからである。IPv4はレガシープロトコルとして将来も長らく存在し続けると考えられる。

またIPv6対応プロトコルであってもしばらくはIPv4と併用することを考慮しているものもある。DNS [2]

はその最たる例であり、IPv6アドレスの名前引き(AAAAおよびPTRレコード)を扱うことのできる環境は既にかなり普及しているが、IPv6の通信を使って名前引きを行う環境の浸透はまだ十分とはいえず、IPv4通信を使ってIPv6アドレスの名前引きを行うことも考慮されている。

このように、現在のような過渡期においてはIPv4とIPv6の両方に対応しなければならない。つまり、一般にIPv6対応ネットワーク機器は、IPv6という単一プロトコルにのみ対応しているだけではない。現代のIPv6対応ネットワーク機器とは、IPv4とIPv6の両方に対応した、マルチプロトコル対応ネットワーク機器でなければならない。

なお、IPv4とIPv6の両方に対応する場合でも、データリンク層以下は同じ機器が利用できる。つまり既存のネットワークインターフェースやケーブルにIPv4とIPv6の両方のパケットを流すことができる。IPv6とIPv4は互換性がなく、両者が同じ物理層を通ることになるが、それによって両者が混乱することはなく、それぞれのプロトコルは同時にかつ独立して動作する。

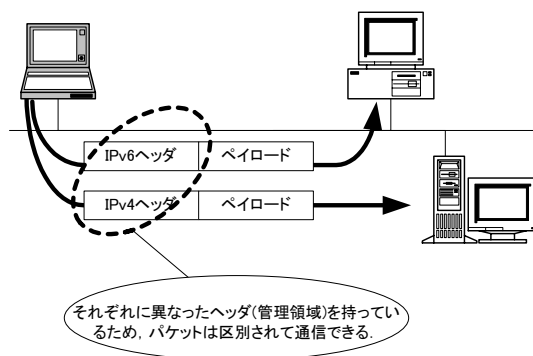


Fig.1 IPv4 and IPv6 can co-exist on one single physical network.

現在の運用では、IPv6とIPv4の両方に対応する機器はIPv4のネットワークインターフェースとIPv6のネットワークインターフェースを別々に持つことをしていない。ひとつのネットワークインターフェースで両方のプロトコルを扱う設計となっている。

## 2-2 マルチプロトコル対応Socketプログラミング

ネットワークプリンタはユーザからの印刷要求を待ち受けて、印刷要求が届いたらそれを受け取り、印刷を行う。つまりネットワークプリンタはサーバの一種である。

従来のサーバ機器・サーバソフトウェアはIPv4というひとつのプロトコルでサービスの要求を受け付けていけばよかった。しかし、これからのシステムは、IPv4とIPv6に両方対応しなければならない。このため、IPv6時代のサーバプログラムは、ひとつのサービスをマルチプロトコルで提供できるように設計しなければならない。

従来のIPv4通信のみを前提としたシングルプロトコルのサーバプログラムで、特にシーケンシャルに手続きが流れるモデルでは、1個のソケットをオープンし、ポートなどの詳細をそのソケットに設定して、あとは待ち受けるだけであった。クライアントからの要求が到着すれば、それをハンドリングして、終了後元に戻ってさらに待ち合わせるだけである。ハンドリングは平行ないしは並列処理するケースも多いが、基本的に接続を受け付けるsocketは1種類だけである。

対して、複数のプロトコルによる接続を前提としたサーバプログラミングでは、待ち受けなければならないプロトコルを調べ、その数だけソケットをオープンする。そして、オープンしたソケットそれぞれに待ち受けプロトコルやポートなどを設定して、待ち受けを開始する。接続があれば、ソケット群のなかから到着したものを選び出し、そのソケットに対して通信処理を行う形式となる [3]。このため、従来のように1個のソケットをブロッキング呼び出ししているだけではなく、複数のソケットを同時に待たなければならない。たとえばC言語の環境下ではselectなどを使うことになる。

このようにしてサーバプログラムをマルチプロトコル化する。これはデジタル複合機やレーザープリンタであっても、同様の手順となる。

## 2-3 デジタル複合機やプリンタのIPv6化

### 2-3-1 IPv6機能の付加

現在リコーで設計している多くのデジタル複合機やレーザープリンタは、NetBSDを制御部のOSとして採用している [4]。このBSD系OSはWIDEのKAMEプロジェクトによって古くからIPv6化されてきた。早い時期にIPv6に対応したNetBSDを採用していたため、リコーのデジタル複写機やレーザープリンタも早期にIPv6化できた。

また、IPv6機器は利便性を考慮して、またリナンバリングを考慮して、アドレス自動設定機能を通常持つが、これもNetBSD環境でサポートされている機能であり、デジタル複合機などへの実装も早期に実施できた。

印刷時の通信をIPv6に対応させるには、OSの対応に加えて、アプリケーションプロトコルを実現しているソフトウェアをマルチプロトコル化しなければならない。

リコー製デジタル複合機やプリンタの内部機構 [4]のうち、主な通信機能はNCS (Network Control System) と呼ばれる部分で実現しており、IPにかかわるアプリケーションプロトコルもここで実装している。

NCSの内部では、デジタル複写機やプリンタが扱うネットワークプロトコルに応じたdaemonを用意している。具体的には、LPRによる印刷を受け付けるlpd、telnetによる制御を受け付けるtelnetd、SNMPを扱うsnmpdなどがある。これらdaemonそれぞれのsocketハンドリングコードを、マルチプロトコル対応コードに改良した。

また、ユーザーインターフェース (以下UI) についても、IPv6とIPv4の違いは可能な限りNCSの内部で吸収するように実装している。このため、NCSより上位にある、ページ記述言語処理などのプログラム群にはIPv6化の影響が波及しない。

こうして、現在のリコー製プリンタは、印刷データの通信プロトコルとしてIPP, LPR, FTP, Standard TCP/IPのRAW印刷をIPv6に対応させることができている。

### 2-3-2 操作パネル表示のIPv6対応検討

IPv6に対応したオフィス向けデジタル複合機の例をFig.2に示す。この図のように潤沢な表示域を持つ操作パネルであれば、Fig.3に示すとおり、IPv6アドレスの表示を行うことができる。

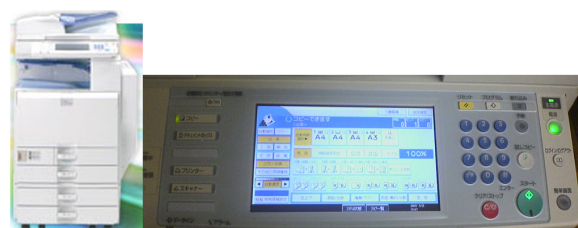


Fig.2 Operation Panel of Digital Multifunction Printer.

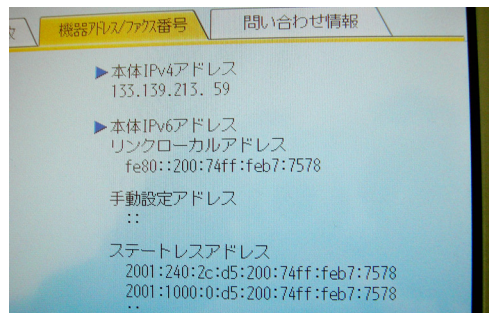


Fig.3 IPv6 Addresses Displayed.

しかし、このような表示機構を持たない機種もある。例えば、Fig.4は小型レーザープリンタの操作パネル例である。この機種の表示部は横方向に16文字、縦方向に2列の数字・アルファベットとカタカナを表示する機能しかない。IPv6アドレスを表現するには、最大で39文字必要になり、このような16×2のLCDではIPv6アドレスの表示すらままならない。

また、入力も数個のボタンしかなく、Fig.2のような、動的表示にあわせて操作できるタッチパネルなどはない。このため128bitにもおよぶ長大なIPv6アドレスをこのキーで入力することは事実上不可能である。



Fig.4 Example of Operation Panel for Small Printers.

特にIPv6アドレスの設定入力についてはアドレス自動設定があるため不要という考え方もある。安易に手作業による設定が行われるとリナンバリングに対して脆弱なシステムになりかねないという問題もある。しかし、現在はまだIPv6の標準的な運用則がないため、IPv6アドレスを手作業で設定する機能が必要であると我々は判断した。

このIPv6アドレス設定機能は従来からあるWeb機能を使って解決した。デジタル複写機やレーザープリンタはWebサーバの機能を持っており、WebページからIPv6アドレスの設定も含めた機器の制御や設定が可能となっている。このほか、現行機種ではtelnetによるキャラクタベースの対話型UIも用意しており、リッチなブラウザ環境を持たない状況でも操作可能にしている。

#### 2-4 通信を行う相手側環境の調査・検証

IPv6はまだこなれた技術とはいえない。IPv6対応デジタル複合機やレーザープリンタを作成しても、それを利用するクライアントPCと十分な相互運用性がない可能性もあり、その場合不具合が発生することになる。これを回避するためにリコーは新しいIPv6端末OSの機能を常に調査し、相互運用できるかどうかを検討してきた。

2007年1月に発売されたWindows Vistaは、それまでのWindowsに比べて大幅に書き換えられた。この機能を評価し、デジタル複合機やレーザープリンタの実装に活かすため、我々はIPv6普及と高度化推進協議会 [5] に参加した。協議会内に設置されたIPv6端末OS

評価SWGにおいて、Windows Vistaを中心とする最新IPv6端末OSの評価を共同で行ったところ、IPv6フォールバックの挙動や、DNSの名前引きの挙動、Firewallの状況など、運用に関する実装情報を得ることができた。この結果については、共同で提出した評価結果文書 [6] に結果がある。

こうして接続するOS側の実装を得て、OSと通信するデジタル複合機やレーザープリンタの実装に大きな問題がないことを確認した。

### 3. 結論

我々は将来起こりえるIPv4枯渇への対策を進め、また将来の新たなネットワークソリューションに対応するために、またそれを開発する基盤となるために、IPv6対応デジタル複合機やIPv6対応レーザープリンタを作成した。

### 4. 今後の展開

IPv6の運用技術はまだ固まっておらず、これからも進歩・変化していくと思われる。これらの調査を継続し、必要に応じて対応していく。

また、一般的なデバイスディスカバリ技術については、近年標準となりうる高機能な技術が出ているためそれらへの対応も必要であると考えている。

当初の目的である、IPv6特有のソリューションや新ビジネスへの対応も継続し、将来のインターネット環境への対応を進めていく。我々の製品が将来のインターネットを形作るひとつになることを目指していく。

#### 参考文献

- 1) <http://www.jpnic.jp/ja/topics/2007/20070619-01.html>
- 2) P. V. Mockapetris, RFC1035 : DOMAIN NAMES - IMPLEMENTATION AND SPECIFICATION, (1987)
- 3) R. Gilligan, S. Thomson, J. Bound, J. McCann, W. Stevens, RFC3493 : Basic Socket Interface Extensions for IPv6, (2003).
- 4) 森田, 入野, 小倉, 田中, 松島, 坂田 : オープン

ソース Unix と PCI 技術を搭載した新世紀アーキテクチャ, リコーテクニカルレポート No.27 (2001), pp.117-121.

5) <http://www.v6pc.jp/>

6) [http://www.v6pc.jp/pdf/v6TermOs\\_Guideline\\_1.pdf](http://www.v6pc.jp/pdf/v6TermOs_Guideline_1.pdf)

注 1) Windows および Windows 95, Windows 2000, Windows XP, Windows Vista は米国 Microsoft Corporation の米国及びその他の国における登録商標です.

注 2) NetBSD は米国 NetBSD Foundation の登録商標です.