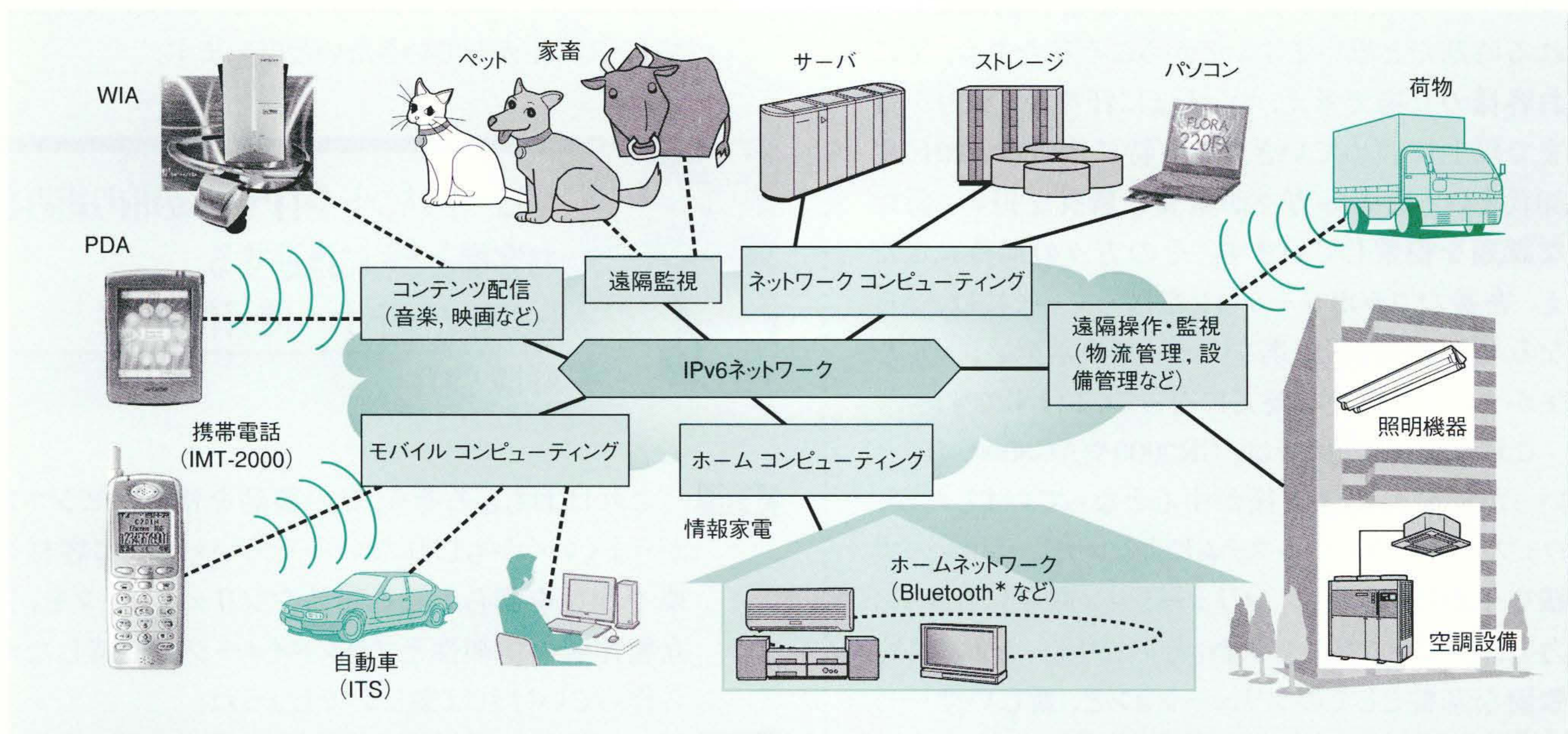


ブロードバンドIPv6ネットワークシステムへの 日立製作所の取り組み

Hitachi's Activity on Broadband IPv6 Network Systems

武居 徹 Tôru Takesue 岩城慎一 Shin'ichi Iwaki
田辺史朗 Shirô Tanabe



注1：—— (有線), - - - - (無線)

注2：略語説明ほか WIA (Wearable Internet Appliance), PDA (Personal Digital Assistant), IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000), ITS (Intelligent Transport Systems), IPv6 (Internet Protocol Version 6)

*Bluetoothは、米国Bluetooth SIG, Inc.の登録商標である。

IPv6ネットワークが実現する将来の姿

将来は、IPv6ネットワークにより、さまざまな機器がネットワークに接続され、いつでも、どこからでもアクセスできる社会基盤が構築される。

IPv4を用いたインターネットは、1980年代に標準化されて以来、急速な発展を遂げ、今や、社会に不可欠な通信インフラストラクチャーになっている。インターネットに代表されるIPネットワークは、高速化と高機能化の両軸で成長を続けている。高速化については、特にアクセスネットワークの領域で顕著に成長しており、メタル、無線、光の各メディアでブロードバンド化が進んでいる。高機能化に関しては、通信品質の保証、モビリティ、サーバ連携機能など、高付加価値サービスの提供がネットワークに望まれている。

しかし、IPv4をベースとしたインターネットには、拡張性、品質保証、および管理容易性の面で限界がある。これは、IPv4が研究者間のネットワーク向けに開発され、現在のような社会インフラストラクチャーとしての使い方を想定したプロトコルではないことに起因している。IPv6は、単にアドレスを拡張するIPv4の改良版ではなく、これらの限界を打ち破るキーテクノロジーである。

日立製作所は、さまざまな分野で、このIPv6の利用と技術の開発に取り組んでいる。

1 はじめに

わが国のインターネット利用者数は急速な増加を続けており、平成13年度版情報通信白書によると、2000年度末には4,700万人を突破すると推定されている。2001年はブロードバンド元年と呼ばれ、非対象デジタル加入者線 (ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line),

CATV, FTTH (Fiber to the Home) などの高速アクセス回線サービスにより、急速に利用者数が伸びている。

このような状況の中で、インターネットに代表されるIP (Internet Protocol) ネットワークは、通信インフラストラクチャーから社会インフラストラクチャーへと移行しつつある。しかし、アドレス数の不足など、幾つかの課題も明らかになっている。これを解決するキーテクノ

ロジーとして、IPv6(Internet Protocol Version 6)が注目を浴びており、さまざまな実験^{1),2)}や、IPv6商用サービス³⁾、企業ネットワーク⁴⁾への採用が始まっている。

日立製作所は、このIPv6に早くから注目し、さまざまな分野で活動している。また、次世代のネットワーク製品でも、いち早くIPv6を実装している。

ここでは、IPv6ネットワークのコンセプトと、日立製作所のIPv6への取り組みについて述べる。

2 現状インターネットの課題

IPv4(Internet Protocol Version 4)を用いたインターネットは、1980年代に標準化されると急速な発展を遂げ、今や社会にとって不可欠な通信インフラストラクチャーになっている。インターネットに代表されるIPネットワークは、高速化と高機能化の両軸で成長を続けている。高速化については、特にアクセスネットワークの領域で、メタル、無線、光の各メディアでブロードバンド(高速・大容量)化が進んでいる。また、高機能化に関しては、通信品質の保証、モビリティ、サーバ連携機能といった高付加価値サービスの提供がネットワークに望まれている。

しかし、IPv4をベースとしたインターネットでは、技術面や運用面で限界がある。これは、IPv4がもともと研究者間のネットワーク向けに開発されたものであり、今のように社会基盤としての使い方を想定したプロトコルではないことに起因している。現状のインターネットの課題は以下のとおりである。

(1) 拡張性の限界

IPv4をベースとするインターネットはフラットな網構成であり、大規模化を想定した階層型ネットワークになっていない。そのため、全世界をカバーするだけのアドレス機能を持っていない。

(2) 品質保証の限界

音声や映像などのようなリアルタイム性が要求されるアプリケーションに対し、現状のインターネットでは、帯域を確保することや遅延を一定時間内に抑えることができない。また、IPv4の規格にはセキュリティ機能がないので、認証や暗号を必要とするサービスに関しては個別に対応せざるをえない。

(3) 管理容易性の限界

ネットワークへの接続は基本的に手動で行われている。そのため、大規模になるにしたがってネットワーク管理のコストが膨大なものになる。

3 IPv6のネットワークのコンセプト

3.1 IPv6の特徴

インターネットに求められる要件と、これに対応するIPv6機能を図1に示す。IPv6機能には、アドレス機能の拡張のほか、網の高機能化などがある。

(1) アドレス機能の拡張

IPアドレスに関する階層の概念は合理的なものであるが、トータル32ビットという限られたIPv4アドレス空間では、世界をカバーするには非効率すぎた。

しかし、アドレス長が128ビットに拡大されたIPv6の導入により、絶対アドレス数の不足は解消され、アドレスを階層的に付与することができ、スケーラブルな網構築と高速の経路検索が可能となった。

(2) 網の高機能化

IPv4のIP層(レイヤ)では情報の転送に特化していたが、IPv6では、多くの機能をIPレイヤに取り込んでいる。例えば、管理者の負担を軽減するプラグ アンド プレイ・アドレス自動設定機能や、IPsecを標準装備するセキュリティ機能、クラスとフローラベルの明示的表示によるQoS制御、ホームエージェントを経由することなく端末間で通信できるモバイルIPv6などである。従来のインターネットでは、これらの機能をネットワークの外付け装置で実行し、アドレス管理を行う動的ホスト構成プロトコル(DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol)サー

インターネットに求められる要件	IPv6機能*	
ホストとインターネットの直接接続	アドレス空間の拡大 (32ビット→128ビット)	アドレス機能 の拡張
フレキシブル化・スケーラブル化	階層化アドレス (1階層→3階層以上)	
経路情報削減:安定化		
保守・運用の効率化, 容易化	アドレス自動設定 プラグ アンド プレイ	網の高機能化
通信セキュリティのリアルタイム確保	セキュリティ(IPsec装備)	
ユーザー個々の要求への対応	QoS制御 (8ビット→24ビット)	
脱「ベストエフォート」ネットワーク		
インターネットアプリケーションのモバイル化	モバイル化(位置管理など)	

注：略語説明ほか IPsec(Internet Protocol-Security)

QoS(Quality of Service)

* ()内は機能の概要を示す。

図1 インターネットに求められる要件とIPv6機能

IPv6機能は、「アドレス機能」と「網の高機能化」に大別される。アドレス機能には、アドレス空間の拡大と階層化アドレス機能が、網の高機能化に関しては、アドレス自動設定、セキュリティ、QoS制御、モバイル機能がそれぞれ含まれる。

バや、QoSを管理するポリシーサーバ、またはセキュリティを確保するVPN(Virtual Private Network)装置で対応していた。しかし、IPv6では、ネットワークの基本機能を取り込むことにより、高付加価値のネットワーク構築ができる。

3.2 IPv6サービス

IPv6の特徴を生かしたIPv6サービスの例を表1に示す。同表では、ネットワークサービスと、上位サービスに対するIPv6の特徴を明示している。

IPv6導入時に重要な、IPv4からのマイグレーション(移行)サービス,IPv6の有力サービスであるモバイルサービス,およびVoIP(Voice over Internet Protocol)サービスの概要について以下に述べる。

(1) マイグレーションサービス

IPv4からIPv6へ移行する際に必要な機能を取りそろえ、IPv4とIPv6が混在するネットワークを提供する。トランスレーション、トンネリング、およびデュアルスタック機能の適用により、段階的にIPv6へ移行させる。

(2) モバイルサービス

移動体端末からの音声を含むすべての情報を、IPネットワーク上で転送するサービスである。これを応用したサービスには、無線LANを利用したホットスポットサービスのモビリティサービスがある。

(3) VoIPサービス

ブロードバンド常時接続とIPv6を活用し、VoIP端末(パソコン)によって実現する「エンド ツー エンド」VoIPサービスである。これには、番号計画、電話網接続方式、

表1 IPv6サービス

IPv6の主なサービスと、サービスを実現するうえで重要なIPv6機能の関係を示す。

	サービス名称	IPv6機能との関係				
		アドレス	P&P	セキュリティ	モバイル	QoS
ネットワークサービス	ネイティブIPv6サービス	○	○	○		
	IPv4⇒IPv6マイグレーションサービス	○		○		
	モバイルIPv6サービス	○	○	○	○	
	IPv6マルチキャストベアラ サービス	○	○			
共通ネットワークサービス	IPv6 VPNサービス	○		○		
	IMサービス	○	○	○		
	VoIPサービス	○	○			○
アプリケーションサービス	VoDサービス	○	○			○
	放送サービス	○	○			○
	双方向映像サービス	○	○			○

注1：○(必須の機能)
注2：略語説明 P&P(Plug and Play), IM(Instant Messaging)
VoD(Video on Demand), AP(Application)

制御信号網の構築などの技術的課題がある。
以上のサービスを実現するIPv6ネットワーク構成例を図2に示す。

4 日立製作所のIPv6への取り組み

日立製作所のIPv6への取り組み状況の概要を図3に示す。

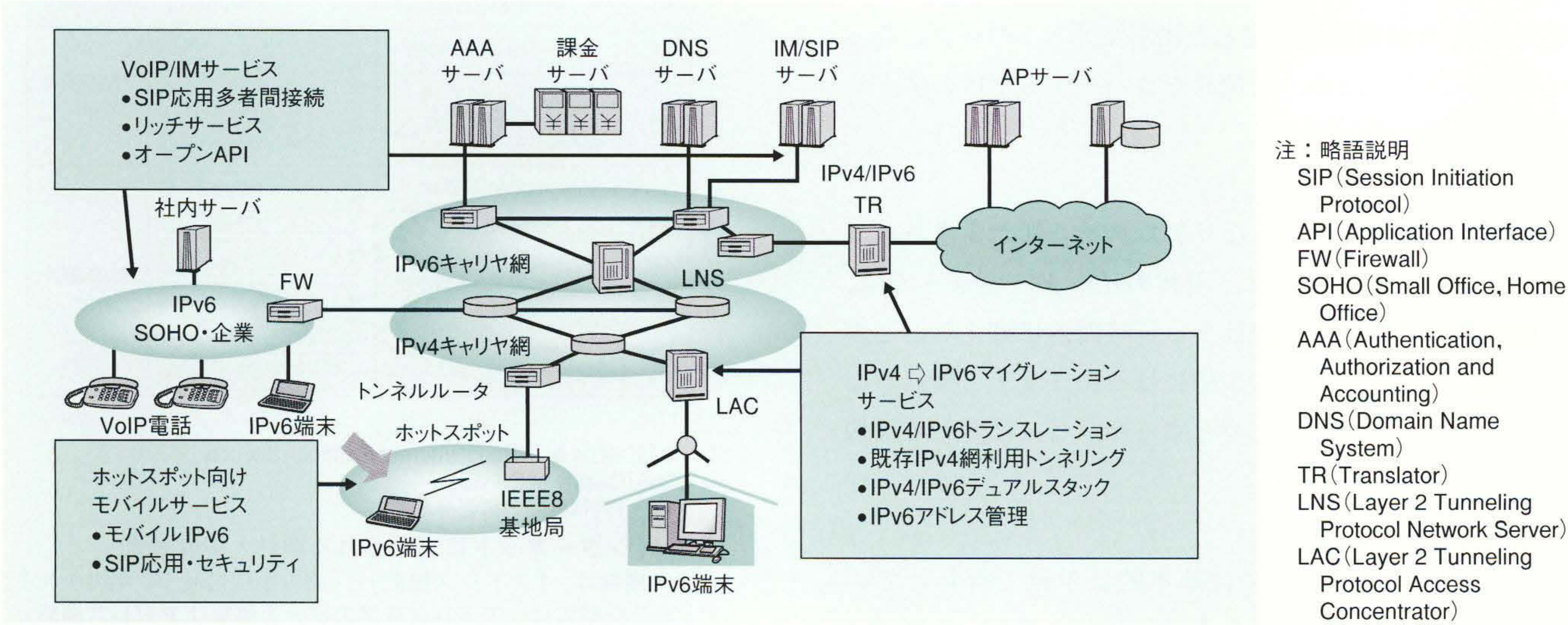


図2 IPv6ネットワーク構成例

IPv4からIPv6へのマイグレーション、モバイル、VoIPの各サービスを含むIPv6ネットワークをモデル化したものを示す。

西暦年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
製品化			▲ NR60	▲ Toolnet6	▲ GR2000	▲ IPv6ネットワーク ソリューション	▲ AG8000	
標準化活動	▲ IPng ドラフト	▲ 第1版			▲ 第2版	▲ トランスレーション 技術の標準化		
国内研究 プロジェクト	WIDE	IPv6分科会参画		▲ KAME参画		▲ USAGI参画		
相互接続検証		▲ IOL (以降毎年)	▲ N+I (以降毎年)	▲ 6Bone (以降毎年)	▲ TAHI (以降毎年)		▲ ETSI	
普及活動				▲ IPv6 Forum (設立メンバー)	▲ インターネット フォーラム	▲ IPv6普及・高度化 推進協議会		

注：略語説明

IPng (Internet Protocol, Next Generation)

N+I (NetWorld+Interop)

6Bone (IPv6 Backbone)

IOL (Internet Operability Laboratory)

ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

図3 日立製作所のIPv6への取り組み状況

1995年のIPngドラフト制定以来、さまざまな分野で積極的に取り組んでいる。

4.1 製品の提供

1997年、日立製作所は、世界に先駆けてIPv6準拠ルータ“NR60”を開発した。これはIPv6を研究するユーザーに用いられ、使用上のノウハウが蓄積されてきた。また、端末側のIPv6化も必須と考え、Windows 95^{※1)}などのOS (Operating System)で動作する“Toolnet6”というIPv4・IPv6変換ソフトウェアを開発し、無償で提供してきた。この“Toolnet6”が、一般パソコンのIPv6ネットワークへの接続を可能としている。

2000年以降、日立製作所は、ギガビットルータ“GR2000”やアクセスゲートウェイ“AG8000”などの次世代ネットワーク製品へのIPv6の実装を開始している。

4.2 標準化活動

IPv6仕様の標準化は、IETF (Internet Engineering Task Force)が行っている。日立製作所は、標準化活動にも貢献しており、1997年にはIPv4-IPv6トランスレーション方式を提案している。また、2000年には、IPv6関係ではわが国で初めて、“Toolnet6”のIPv4-IPv6トランスレーション技術が、RFC (Request for Comments) (RFC 2767)に採用されている。

4.3 国内の研究プロジェクトでの活動

わが国では、WIDEプロジェクト⁵⁾が、IPv6の実用化に向けた世界最先端の活動を行っている。日立製作所は、これを支援するために、設立当初からIPv6分科会に参画し、以下のプロジェクトで開発に貢献している。

(1) KAMEプロジェクト⁶⁾：BSD (Berkeley Software Distribution)系OS上で動作するIPv6プロトコルスタックの開発

(2) USAGIプロジェクト⁷⁾：Linux^{※2)}系OS上で動作するIPv6プロトコルスタックの開発

(3) TAHIプロジェクト⁸⁾：相互接続技術の検証

4.4 相互接続検証

IPv6が普及するためには、IPv6を実装した機器が相互に接続できることが不可欠である。当初、この検証は米国ニューハンプシャー大学のIOL (Internet Operability Laboratory)で実施された。日立製作所は、ここでの検証に1996年から参加し、標準仕様準拠確認テスト (Conformance Test)と相互接続通信テスト (Interoperability Test)を行い、ノウハウの蓄積を図った。

また、NetWorld + Interopでも1996年から試演展示に参加しており、相互接続実証を行っている。特に2000年からは、ギガビットルータ“GR2000”を出展し、製品としての安定化を実証している。

一方、国内でも相互接続検証の場として、WIDEプロジェクトの下にTAHIプロジェクトが設立され、相互接続検証の実証実験を進めている。日立製作所は、このプロジェクトにも参加し、相互接続検証技術の確立に貢献している。

さらに、2001年には欧州でのIPv6推進活動の高まりに対応し、フランスで行われたETSI (European Telecommunications Standards Institute)の相互接続テストに参加した。

4.5 普及活動

日立製作所は、仕様の標準化や技術開発、製品開発のほかにも、IPv6を広く普及させるための活動も重要と認識しており、国内外のIPv6普及団体の設立や活動に積極的に参画している。

IPv6 Forum⁹⁾は、1999年に設立されたIPv6の普及を目

※1) Windowsは、米国およびその他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標である。

※2) Linuxは、Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標あるいは商標である。

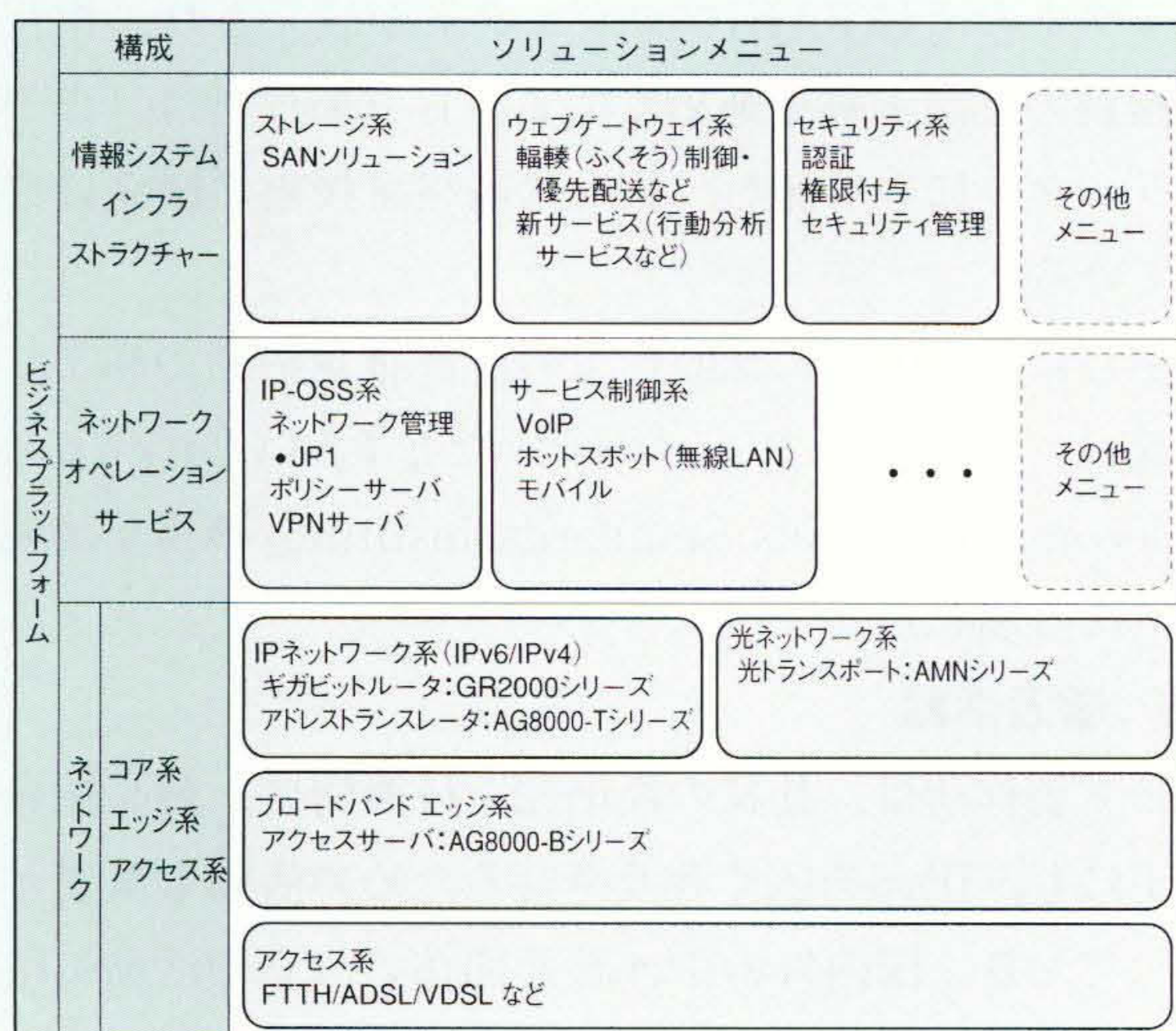
的とした世界規模のコンソーシアムであり、日立製作所は、その設立メンバーとして参画している。また、同フォーラムが主催するIPv6サミットにも参加している。

国内では、民間会社5社とともに、2000年6月にインターネットフォーラム¹⁰⁾を設立し、普及活動に努めている。さらに、国内のIPv6普及・高度化推進協議会¹¹⁾にも参加して、2001年に横浜で開催された“Netliferium2001”など、国内でのIPv6普及活動を行っている。

5 IPv6関連ソリューション

日立製作所は、ビジネスのスピード化・グローバル化を支えるシステムの共通的機能要素をビジネスプラットフォームと定義し、この構成要素と構造を明確化することにより、ビジネスの環境の変化に適用できるシステムの構築を提唱している¹²⁾。

日立製作所は、このビジネスプラットフォームに基づき、各構成要素の製品化、IPv6化を進めている。具体的には、上述したビジネスプラットフォームの下位のレイヤに属するネットワークを構成する製品のほか、上位レイヤのネットワークオペレーション、情報システムインフラストラクチャーの構成要素、そのソリューションメニューなどである(図4参照)。



注：略語説明 VDSL (Very High-Bit Rate Digital Subscriber Line)

図4 IPv6関連ソリューションメニュー

日立製作所のビジネスプラットフォームのコンセプトに基づいた、IPv6関連メニューを提供している。

6 おわりに

ここでは、IPv6に対する日立製作所の考え方と取り組みについて述べた。

日立製作所は、今後も、IPv6ネットワークの早期実現に向けた関連技術の開発と、IPv6ネットワークの普及に積極的に取り組んでいく考えである。

参考文献など

- 1) 江間，外：IPv6ネットワーク構築支援ソリューション，日立評論，84，5，339～342(2002.5)
- 2) 神牧，外：日立製作所のIPv6情報家電への取り組み，日立評論，84，5，343～346(2002.5)
- 3) 江坂，外：最新のIPv6コネクティビティサービス，日立評論，84，5，347～350(2002.5)
- 4) 長砂，外：ギガビットルータによるIPv6対応システムインテグレーションー独立行政法人通信総合研究所および株式会社電通国際情報サービスでの事例ー，日立評論，84，5，351～354(2002.5)
- 5) <http://www.v6.wide.ad.jp/>
- 6) <http://www.kame.net/>
- 7) <http://www.linux-ipv6.org/>
- 8) <http://www.tahi.org/>
- 9) <http://www.ipv6forum.com/>
- 10) <http://www.internetforum.gr.jp/>
- 11) <http://www.v6pc.jp/>
- 12) 高瀬，外：日立製作所のビジネス プラットフォーム アーキテクチャ，日立評論，82，12，730～734(2000.12)

執筆者紹介



武居 徹

1978年日立製作所入社，情報・通信グループ ネットワークソリューション事業部 キャリアソリューション本部 所属
現在，通信事業者用ネットワークシステムの事業取りまとめに従事
電子情報通信学会会員
E-mail：ttakesue@itg.hitachi.co.jp



田辺史朗

1978年日立製作所入社，中央研究所 IPネットワーク研究センタ ネットワークアーキテクチャ研究部 所属
現在，IPネットワークアーキテクチャの研究・開発に従事
工学博士
電子情報通信学会会員，IEEE会員
E-mail：tanabe@crl.hitachi.co.jp



岩城慎一

1979年日立製作所入社，情報・通信グループ ネットワークソリューション事業部 キャリアシステム推進センタ 所属
現在，通信事業者用ネットワークシステムのエンジニアリング取りまとめに従事
電子情報通信学会会員
E-mail：s-iwaki@itg.hitachi.co.jp