

シリーズ

シリーズ「電子政府を支える情報通信基盤技術」第3回

ネットワークとハブシステム（後編）

KDDI株式会社 執行役員技術開発副本部長 村上 仁己

後編では、次世代インターネットプロトコルであるIPv6技術、さらに情報の効率的な経路制御を行うネットワークハブとしてのインターネットIXを解説する。最後に、通信会社であるKDDIを例にとり、ネットワークとハブシステムの今後の展開について紹介し、本稿を終える。

5 次世代インターネット技術（IPv6）

5.1 次世代インターネット

インターネットの爆発的な普及により、現在のインターネットプロトコルIPv4では、IPアドレスの枯渇やセキュリティなどが顕在しつつある。このため、これらの問題を解決策として、次世代インターネットプロトコルの一つであるIPv6が脚光を浴びている。

日本政府が主催しているIT戦略会議においても、そのIT基本戦略の中で、「IPv6を備えたインターネット網への移行」、「無線アクセス網からインターネット網（IPv6）への効率が高く高速なインターネット接続環境を実現し、シームレスな移動体通信を実現する」等々が重点政策分野の目標として位置付けている。電子政府実現においても、重要な技術テーマとなっている。

固定インターネット網においては、すでにIPv6公開接続実験が行われており、IPv6網構築ならびに運用技術の蓄積を図っている。モバイル・イン

ターネットが固定インターネット網に先行してIPv6を導入し、IPv6導入に向けた動きが今後一層加速されると想定される。

5.2 IPv6とは

(1) IPv6の特徴とIPv4の問題点

・アドレス空間の枯渇

IPv4のアドレス空間は、32ビット（約43億個）であり、世界の総人口よりも少ない。近年の急速な移動体通信市場の成長や情報家電の普及等により、IPアドレスの需要は爆発的に増大しており、1人に1個で程度では到底足りない。一方、IPv6では、アドレス空間を128ビット（ 34×10^{38} 個）まで拡張した。仮に世界人口が60億と仮定しても、1人あたり 5.7×10^{28} 個となり、これによりアドレス枯渇の問題は解決可能となる。

・管理問題

情報通信機器の普及に伴って、インターネットに接続される機器の数が増大し、アドレス追加の手間やルータ設定における経路情報の増大など、ネットワーク管理に問題が発生してきている。IPv6では、IPv4のヘッダを見直して、簡略化を図った。この結果、ルータでの負荷が軽くなり、ルータでの処理の高速化が期待できる。

・セキュリティ

IPv4では、IPヘッダのオプション領域にデー

タ認証や暗号化機能が盛り込まれていたが、実際はアプリケーションレベルで実現している。IPレベルでのセキュリティ機能の実装が必要である。IPv6では、標準でIPレベルでのセキュリティ(IPSec)が利用可能である。

・実時間通信と資源予約

IPv4ではリアルタイム性のあるアプリケーションを想定していないため、動画伝送やVoIPサービスを提供する場合、遅延が発生しないように大容量の回線設置が必要であった。IPv6では、フローラベル及び優先制御を実現するための領域が確保されているので、QoS制御の必要なリアルタイム系サービスの提供が可能となった。

・Plug & Play

IPv4では、IPアドレスの自動割当機能であるDHCPサービスはオプションであったが、IPv6ではこの機能の実装が必須となった。

(2) IPv6のモバイル通信への適用

IPv6では、アドレス空間が増大するため、モバイル機1台毎にグローバルアドレスの割当てが可能

になるため、IPv4では困難であったPush型サービスやピア・トゥ・ピア通信の提供が容易になる。また、IP網内のQoSは設計次第で実現可能である。ただし、End-to-EndのQoSを確保するためには無線区間のQoSとの連携が必要である。具体的なモバイルサービスとしては、図16に示すようなサービスへの応用が考えられる。

・ビデオチャット、TV電話

モバイル端末相互間での直接的な映像伝送やテレビ電話、また、ビデオチャットが考えられる。

・Push型情報配信

情報配信元から各モバイル端末を個別に識別してメッセージを通知する。ユーザの好みに応じて各モバイル端末へ異なる種類の広告、ニュース等を配信するpush型情報配信サービスを提供が可能である。

・モバイルオフィス

車内LANへ、携帯電話等の外部通信機器、ナビ、PC等の各種情報機器を接続し、家庭やオフィスのネットワーク環境に接続された情報サーバへダ

- ・ビデオチャット、TV電話
モバイルサーバ
- ・Push型情報配信
- ・モバイルオフィス
- ・プローブカー
- ・テレメタリング

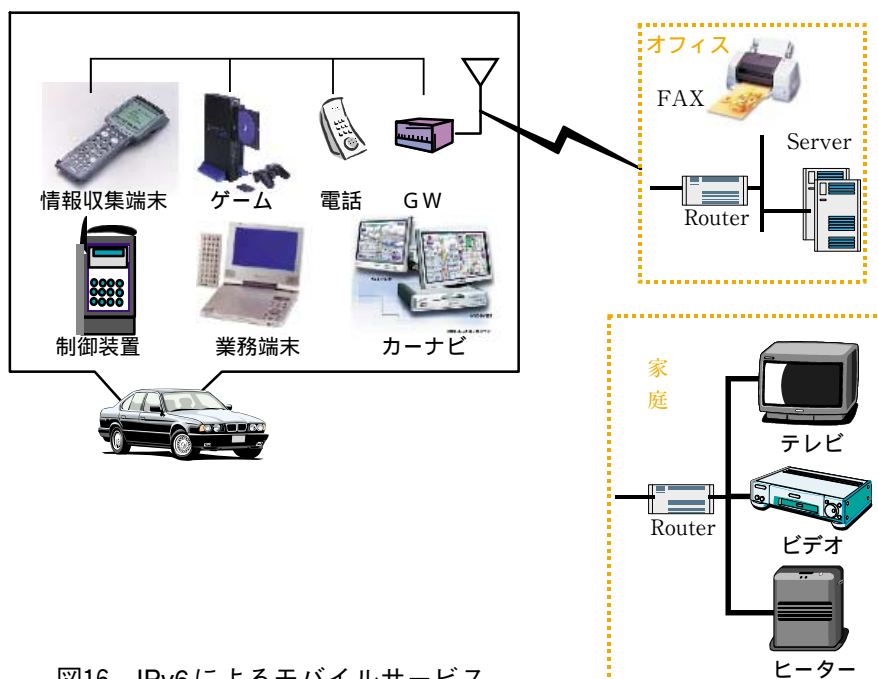


図16 IPv6によるモバイルサービス

イレクトにアクセス可能なIP通信環境を実現することにより、モバイルオフィスを実現する。

- ・プローブカー

車両の各種センサ情報（位置、速度、温度、CO2、花粉等）を収集する。

- ・テレメタリング

機器や家電の遠隔監視・制御を行う。自販機の在庫情報収集、留守中の家電の状況を把握、制御することにより、テレメタリングが可能である。

5.3 IPv6 インターネットプロトコル

(1) ヘッダフォーマット

図17にIPv6プロトコルにおける基本ヘッダフォーマットをIPv4のそれと比較して示す。先に説明したようにIPv6ヘッダフォーマットは、IPv4に比べてかなり簡略されており、ルータでの処理を高速化できる。また、基本ヘッダへの追加として、6つの拡張ヘッダが定義されている。中継点オプションヘッダ、経路制御ヘッダ、断片ヘッダ、認証ヘッダ、暗号ペイロード、終点オプションヘッダが定義されている。図18にIPv6のヘッダにおけるフィールドの意味を示す。

(2) アドレス体系

アドレスタイプとしては、ユニキャスト、マルチキャスト、エニーキャスト、ブロードキャストがある。ブロードキャストはマルチキャストの一部として定義される。表記方法は、128ビットを16ビットごとに区切り、各部分を16進数で表記する。部分の区切りはコロン（:）とする。例えば、501:1828:0:0:0:49:7891である。なお、連続した16ビットの0は一回だけ省略表記できる（例えば、3ffe:501:1828::49:7891）。

IPv6の正式なアドレス（sTLA, Small Top Level Aggregator）割り当てについては、世界各地に配置された地域インターネットレジストリが担当している。南北米ではARIN、欧州・アフリカではRIPE NCC、アジア・オセアニアではAPNICがそれぞれ担当する。2001年4月現在、全世界で74組織で取得している。sTLAの下位であるNLA（Next Level Aggregator）については、各sTLAが割り当てる。日本では、例えば、WIDE-Project等が行う。このようにアドレスの割り当てに対しては、階層的にアドレスが割り当てられ

IPv4				IPv6					
0	4	8	16	0	4	12	16	24	31
バージョン	ヘッダ長	TOS	パケット長	バージョン	トラフィッククラス	フローラベル			
識別子			フラグ	フラグメントオフセット	ペイロード長	次ヘッダ番号	ホップリミット		
TTL	プロトコル	ヘッダチェックサム			送信元IPアドレス				
送信元IPアドレス									
宛先IPアドレス				宛先IPアドレス					
オプション			パディング						

図17 IPv6基本ヘッダフォーマット

ていく。図19と図20にsTLAアドレスフォーマットとアドレス階層化をそれぞれ示す。

5.4 実験ネットワーク

(1) IPv6 への移行

IPv6については、IPv6の研究開発のための世界的なIPv6実験網である6boneが設立されてい

る。1999年12月現在、約40カ国・500組織が接続されている。6boneで利用するアドレス(pTLA、3ffe::/16)は、実験目的のみ利用可となっている。6boneへの接続に関しては、6bone(<http://www.6bone.net>)から直接アドレスを取得(pTLA組織)するか、既に6boneに接続している組織からアドレスを取得すればよい。

IPv4		IPv6	
バージョン	4	バージョン	6
ヘッダ長	IPヘッダの長さ		
TOS	サービス品質	トラヒッククラス	パケット優先度等
			フローラベル
パケット長	IPパケット全体の長さ	ペイロード長	データ部分の長さ
識別子、フラグ、フラグメントオフセット	フラグメント情報		
TTL	パケット生存時間	ホップリミットルータ	通過で-1
プロトコル	上位層プロトコル	次ヘッダ番号	IPヘッダの次にくるヘッダタイプ
ヘッダチェックサム	ヘッダの完全性をチェックするためのデータ		

図18 IPv6における各フィールドの意味

3	13	13	6	13	16	64 (bits)
FP	TLA ID	sub-TLA	Res	NLA ID	SLA ID	Interface ID

図19 sTLAアドレスフォーマット

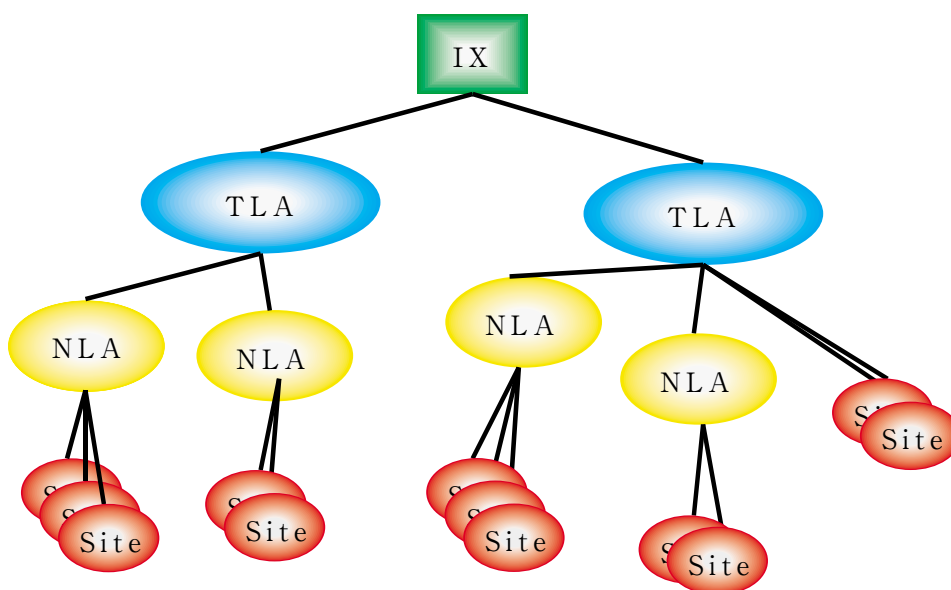


図20 アドレスの階層的割り当て

(2) 日本におけるIPv6実験網

日本においては、6BoneからWIDEProject pTLAアドレスを取得して、APNICから取得したsTLAアドレスを用いて、IPv6ネットワークを構築・運用実験を行っている。

pTLAアドレスフォーマットを図21に示す。また、DION（KDDI）やBiglobeなど複数のIPSがsTLAを取得して試験サービスを行っている。

図22に日本にける6boneネットワークを示す。

5.5 KDDIの取り組み

KDDI研究所を例に取り、IPv6ネットワークの構成を具体的に説明する。図23にKDDI研究所におけるIPv6の現状を示す。

所内全サブネット（有線LAN、無線LAN）でIPv6利用可能である。タグ付きVLAN（Virtual LAN）技術を利用している。IPv6ルータには、複数のVLANサブネットが仮想VLANインタ

フェースを通じて直接接続されているように見える。実験用IPv6ネットである6Boneに接続し、対外機関との接続実験を重ねている。

対外的な共同研究パートナーとしては、CRL、東京大学、日立、沖通信ネットワーク、TTNet、WIDEProject、ITRC（九州インターネットプロジェクト）、ITRC（日本学術振興会インターネット技術委員会）、TAO（通信放送機構）、ENESISプロジェクトなどである。

実験の一環として、上述の機関とIPv6テストベッドを構築した。図24に構築したテストベッドを示す。GbE / 10GbEをベースとする次世代IPネットワーク（IPv6）に関する広域テストベッドの構築ファイバーや無線のメディア技術とIPv6上のアプリケーション技術の実験・評価などを目的としている。

3	13	8	8	16	16	64 (bits)
FP	TLA	pTLA	NLA1	NLA2	SLA	Interface ID

図21 pTLAアドレスフォーマット

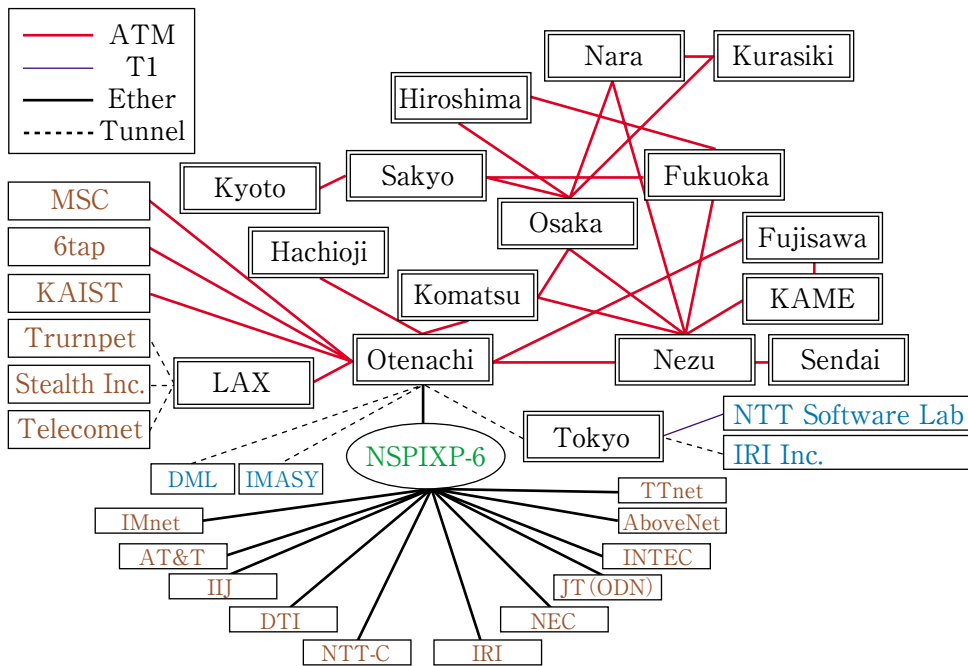


図22 日本におけるIPv6ネットワーク（6-boneを中心に）

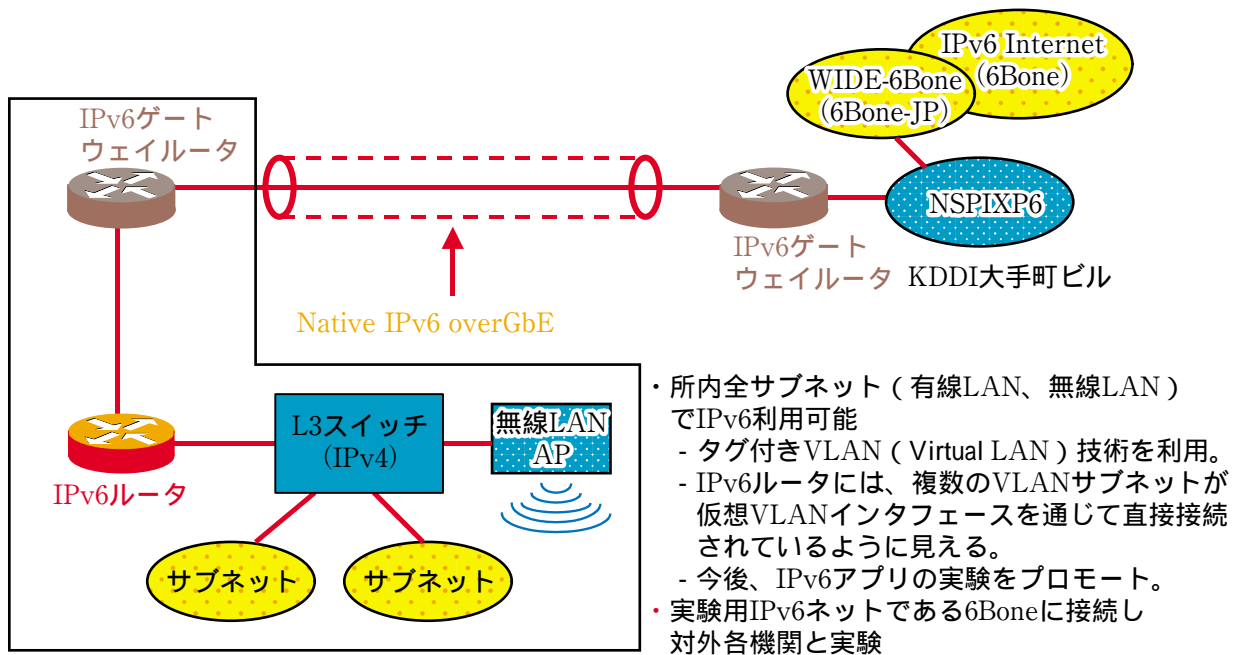


図23 KDDI研究所におけるIPv6ネットワーク

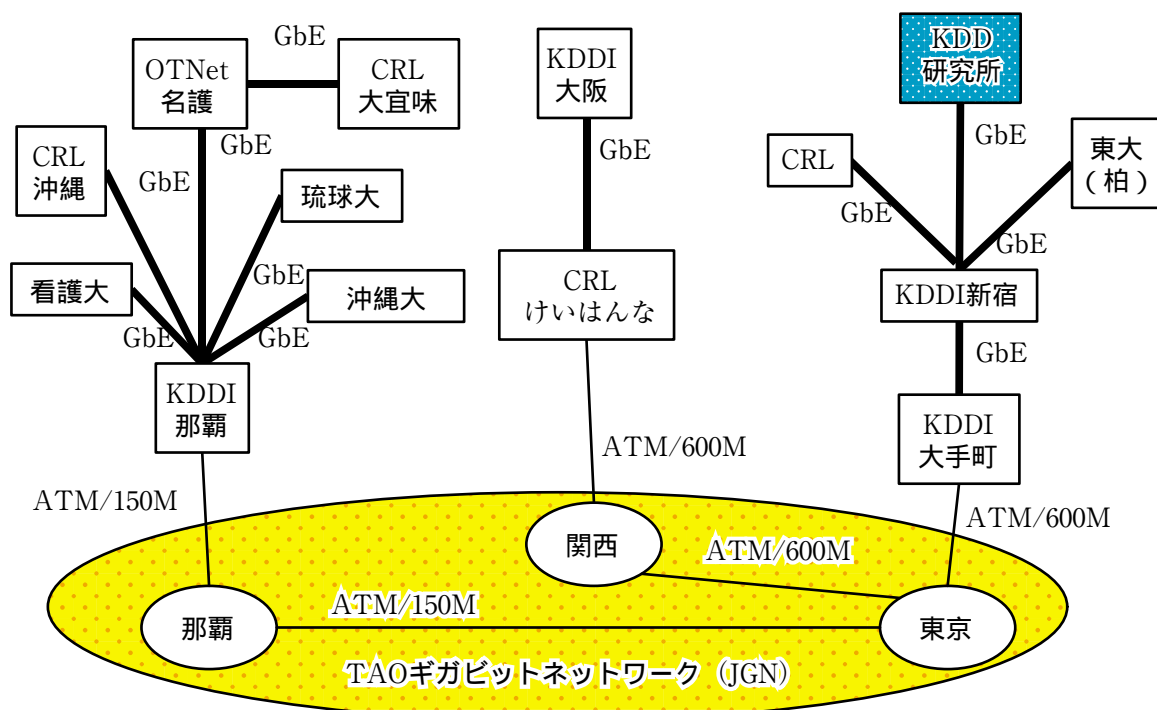


図24 IPv6テストヘッド構成

6 インターネットエクスチェンジ (IX) 技術

6.1 インターネットエクスチェンジ (IX) とは

インターネットとは、文字が示すように独立したそれぞれのネットワークが相互に接続されたネットワークの集合体といえる(図25)[4.7]。最近の急速なIT化から、eビジネス、eコマース、ネット取引などの企業におけるIT化やそれに伴うインターネットデータセンタの急増、iモードやEZwebなどのモバイルインターネットの急速な普及などからコンテンツプロバイダなどが急増しており、この結果インターネットトラフィックが多様化・大容量化してきている。

また、これを受けてCATVやxDSLを用いたブロードバンドインターネットサービスプロバイ

ダの成長、光ファイバの開放やコストの低減化などネットワークインフラが急激に高速化しつつ低減化してきている。これらの流れを受けて、インターネットトラフィックはこれまでの東京一極集中から地方へ分散していくとともに、光ファイバの本格的な普及によりFTTHなど更なる高速化・ブロードバンド化が進むものと考えられる。インターネットエクスチェンジ (IX) とは、このように急速に増大してきているインターネットトラフィックを効率よくそして無駄なく中継し、経済的に相互接続することを目的とした中継点といえる。技術的にはまったく異なるが、形態としては、いわゆる電話網における階層的な交換局の設置と類似している。

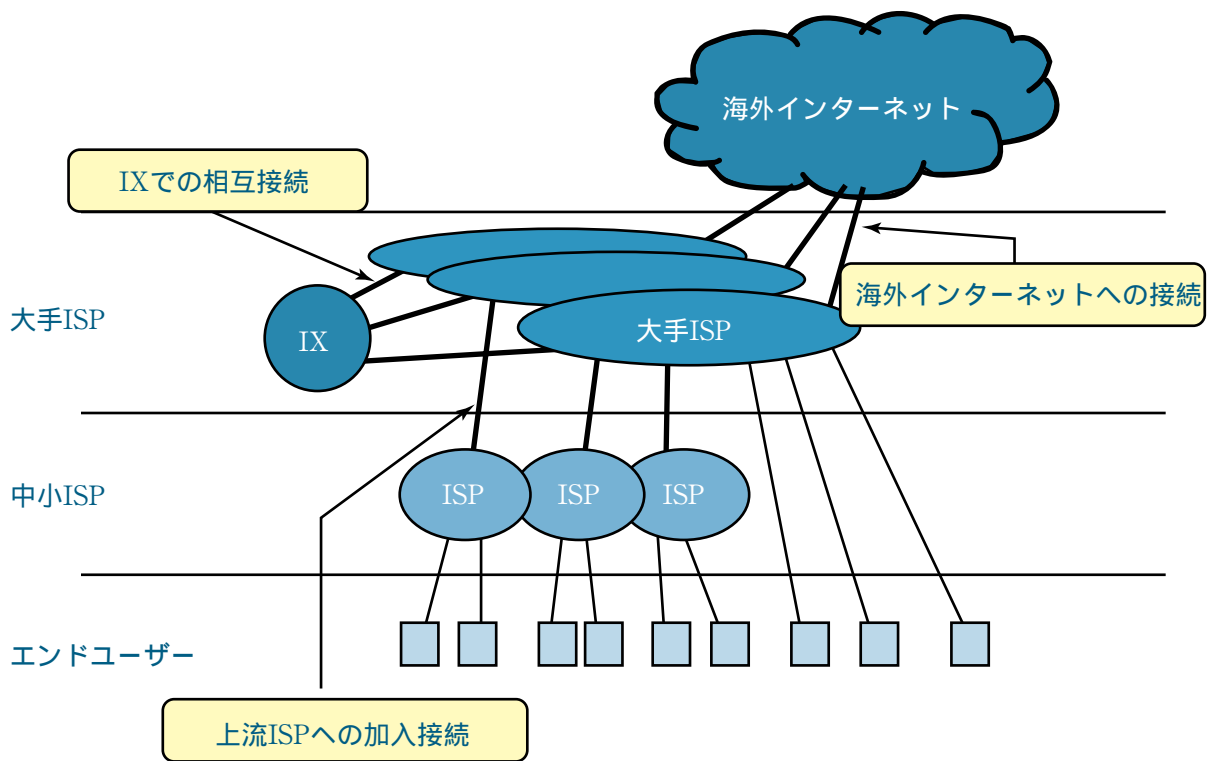


図25 インターネットの構造

6.2 ネットワークの接続形態

インターネットは、インターネットを構成するネットワーク（企業ネットワーク、学術ネットワーク、ISPネットワーク）などが相互に接続されたものである。ネットワーク間相互の効率的なトラフィック制御のほかにも、IXの役割としては、ISPの寡占化を抑制しISP間の適正な競争環境の維持、接続ホップ数の削減によるネットワークQoSの向上等も担っている。

接続の形態としては、隣接するネットワーク同士が順次接続する形態（リング状接続）、インターネットを構成するすべてのネットワークが他のネットワークすべてと直接接続する形態（メッシュ状接続）とに分類できるが、実際のネットワーク構成では、それほど単純ではなく両者を混合したような複雑なネットワーク構成となっている。図26に代表的なネットワークの接続の形態を示す。

(1) Transit接続

個々のネットワークやISPが上位の階層のネットワークのみに接続されている。経路制御はシンプルであるが、ISPが直接海外に接続されているような場合においては、送るべき相手によっては、国内のトラフィックであっても海外（米国）経由になってしまうことがある。

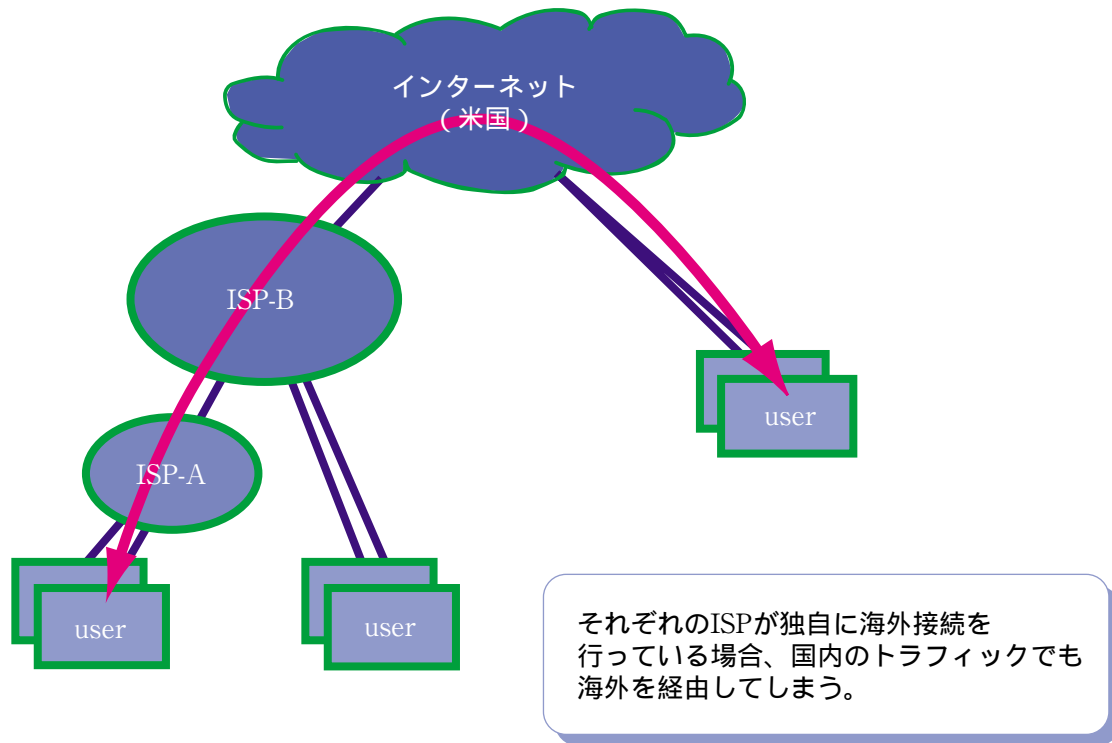
(2) Private Peering接続

ネットワーク同士を個別に必要に応じて相互に接続をする。トラフィックが大きなネットワーク間を別途専用線で個別に接続することに相当する。個別に接続したネットワーク間のトラフィックは、無駄な中継はせずに効率よく伝送することができるが、すべてのネットワークと接続することは不可能である。

(3) Public Peering 接続

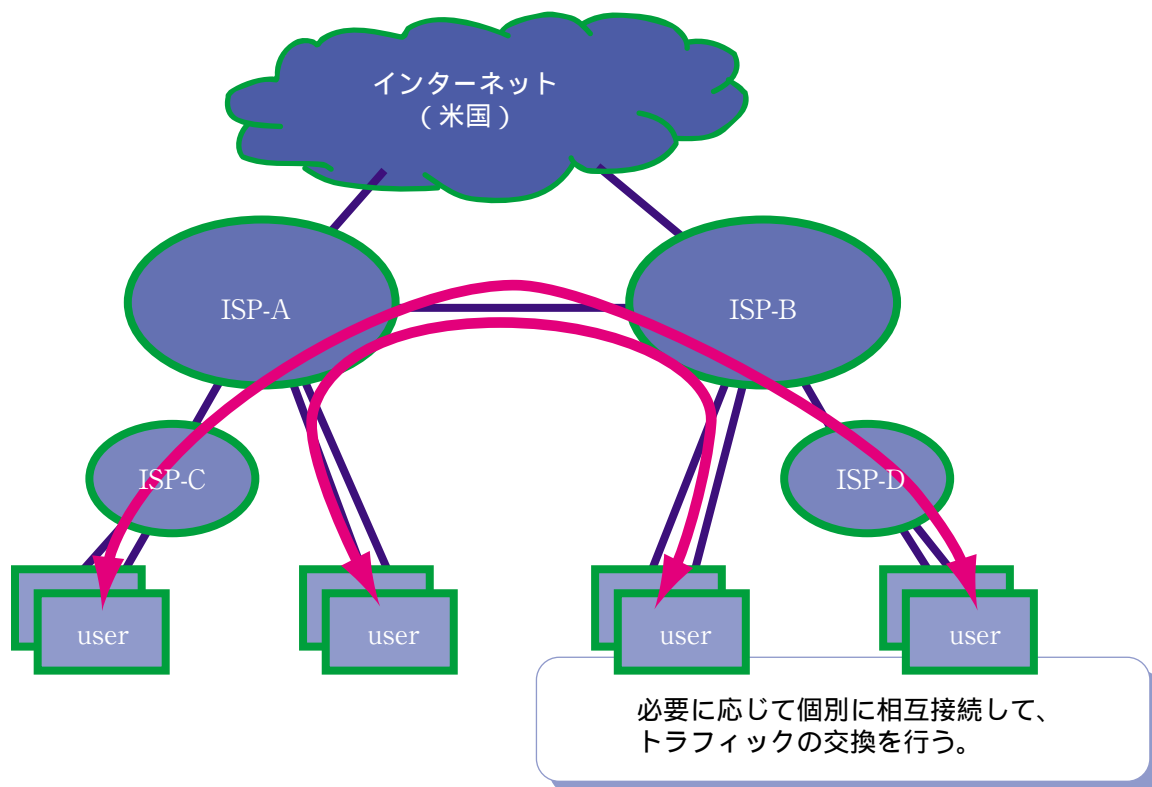
(2)のように個々のネットワークを個別に接続することはせずに、ネットワーク間のトラフィックを制御する中継点 (IX) を設置する。個々のネッ

トワークは、IX に接続することにより、効率的なトラフィック制御が可能となる。国外への無駄なトラフィックは、IX 設置することにより減少することになる。



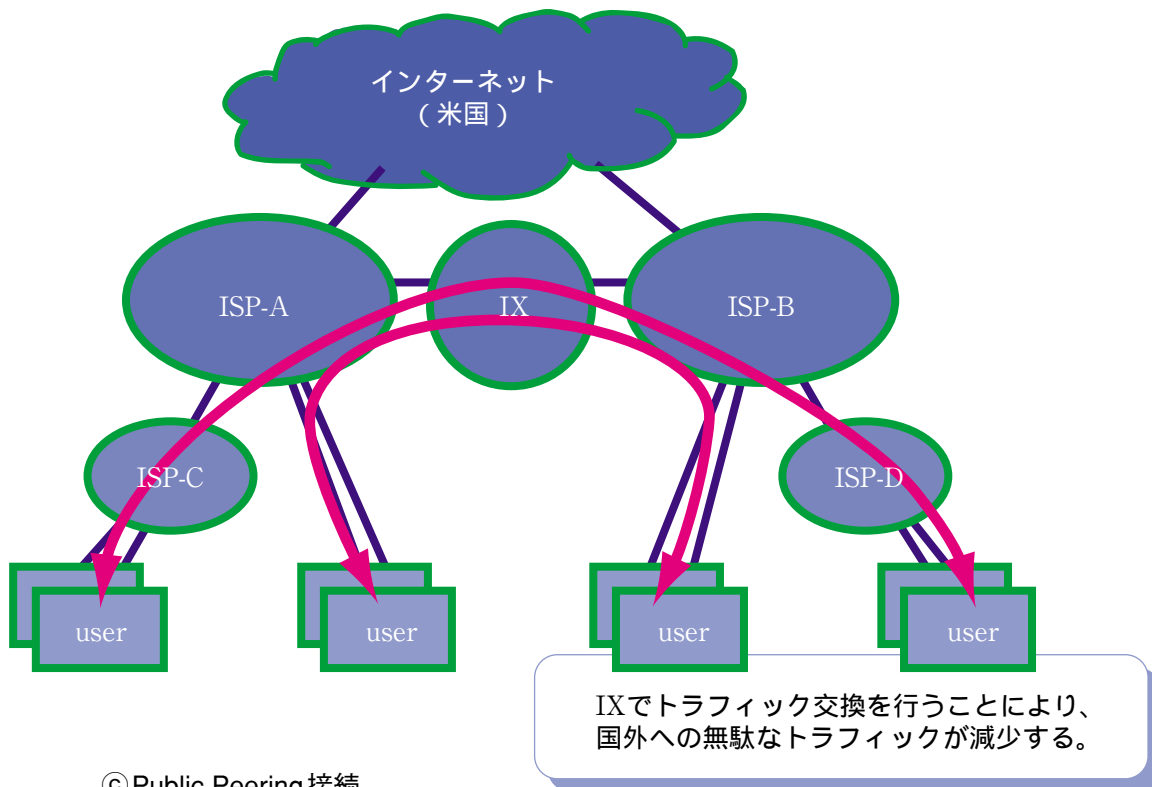
(a) Transit 接続

図26-1 ネットワーク接続意形態



(b) Private Peering 接続

図26-2 ネットワーク接続意形態



© Public Peering 接続

図26-3 ネットワーク接続意形態

6.3 IXの現状

日本におけるインターネットの相互接続ポイント（IX）としては、WIDEプロジェクトが運営するNSPIXP（Network Service Provider Internet eXchange Point）がある。これは、非営利・学術目的IXで、商用インターネットと学術インターネット、商用インターネット間の実験上の相互接続ポイントとして運用されている。最近では、ISP間の接続を基本的な目的とした商用IX（JPIXなど）や東京経由の必要のないトラフィックの低減を目的とした地域IXなどが設置され、NSPIXP以外のIXが運用され始めている。

商用IXは、WIDEプロジェクトが運営するNSPIXPが基本的にはネットワーク間の相互接続実験を目的としたIXであったことから、急速に増加するインターネットトラフィックに確実に対応するとともに信頼性の高い相互接続環境を提供し、日本におけるインターネットを安定的にかつ効率的に発展を図ることを目的としたものである。これに対して、地域IXは、無駄なトラフィックを東京経由にさせないことやインターネットトラフィックの東京一極集中を避けることによりレスポンスの向上、NSPIXPでの災害や事故発生による運用停止時のネットワーク制御、そして、今後増加が予測される地域内トラフィックの円滑化、等々を目的として、地方におけるトラフィックの地域分散化・階層化の実験とし設置が進められている。

IXはインターネットの効率的・安定的な相互接続に欠かせないものである。今後は、各IX間での役割分担や地域IXとの関係、及びIXとISP間のコネクティビティ等の連携の確保が重要になってくる。IXそのものは、インターネットユーザとは直接関係ないが、IXで提供されるサービスや機能はそれに接続するISPやインターネットユーザの満足度に大きく影響することから、インターネット全体に与える影響は大きい。

6.4 JPIX

JPIXは、激増するインターネットトラフィックに対処するため、情報通信関連社のコンソシアムの共同出資で設立された日本を代表する商用IXである。国内だけでなく海外ISPへの接続も可能である、信頼性の高い高機能なサービスを提供している。24時間・365日のサポート体制を敷いており、コロケーションも行っている。トラフィックの統計情報の提供、経路サーバやレジストリ、TPサーバの設置と公共データベースの接続などの付加価値サービスも行っている。図27にJPIXの設備構成を示す。すでにサービスを開始して、4年が過ぎたが、今後の課題としては、分散IX構想による全国均質なインターネット接続環境（図28参照）の提供、より安定した運用と高信頼性の追及、更なる高速化への対応、目的別IXへの対応などがあげられる。

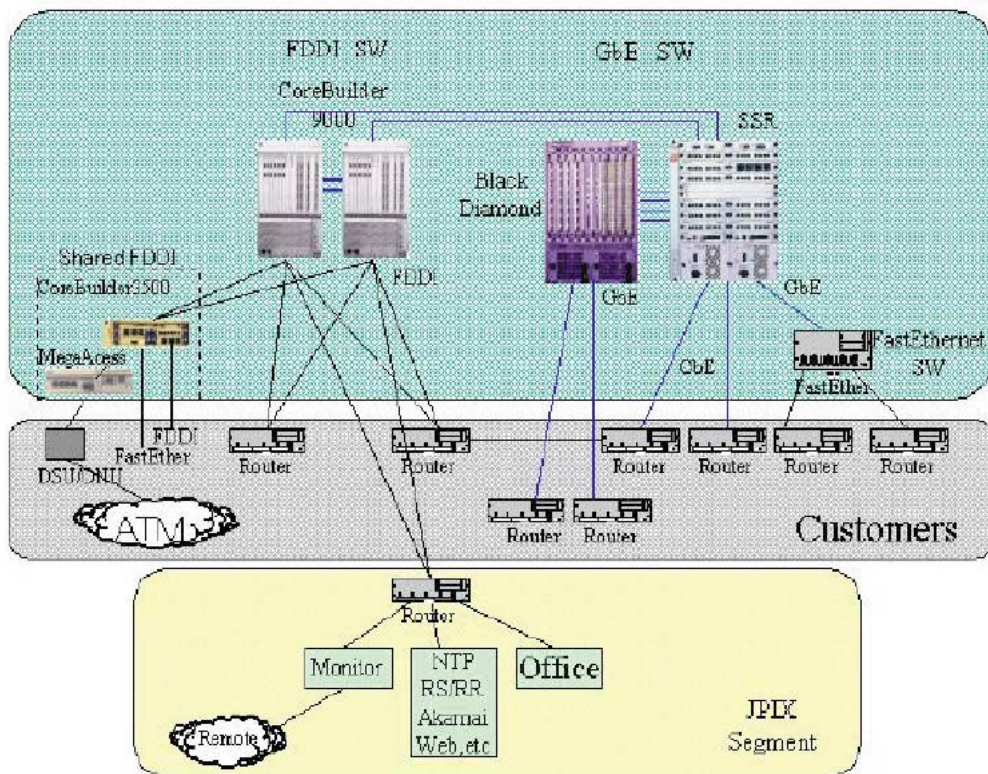
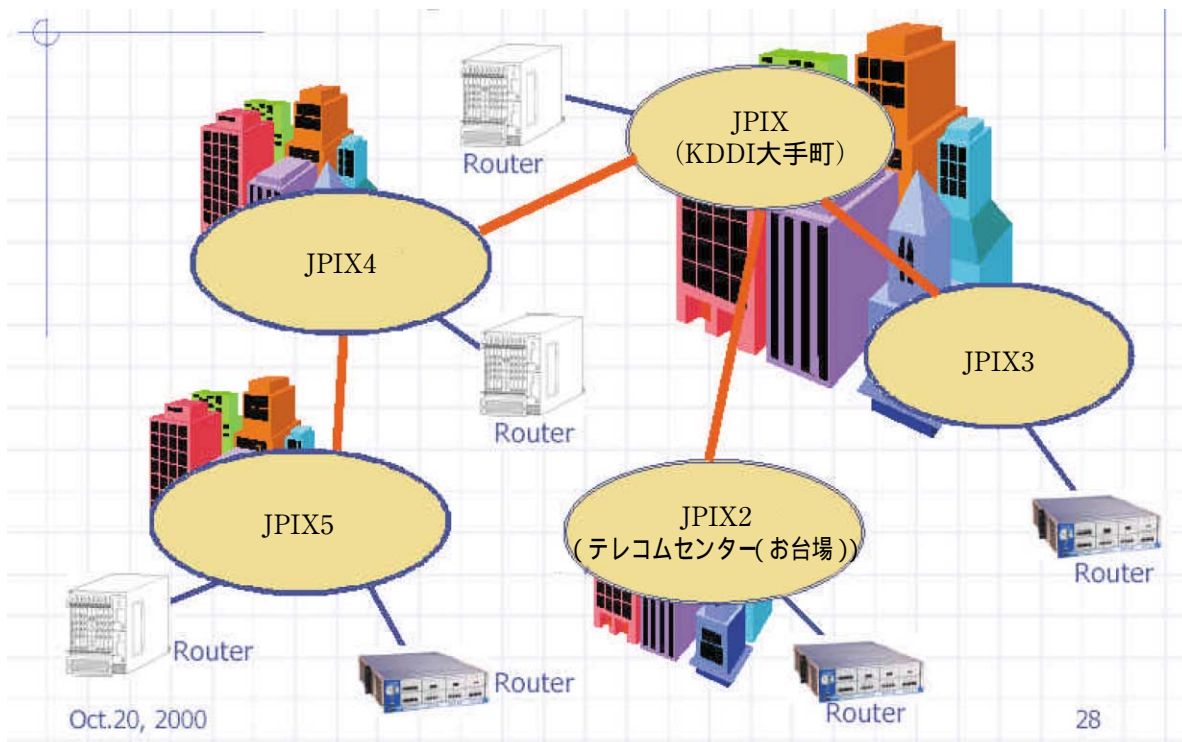


図27 JPIXの設備構成



(a) 東京メトロポリタンJPIX

図28-1 分散IX構想による全国均質なインターネット接続