

IPプラットフォーム上の通信新技術の動向

Trends in New Communication Technologies over IP Communication Platform

白川 雅一

■ SHIRAKAWA Masakazu

IP (Internet Protocol) はコンピュータ相互通信の仕様であったが、最近では、音声やデータ通信だけでなくマルチメディア通信にも応用できる、高速で低価格な通信ネットワーク実現の鍵として期待が高まっている。そのため、IP技術の革新はとどまるところを知らず、従来は通信ネットワークの品質設計の点から採用に慎重であった公衆通信事業者までが、次世代通信インフラストラクチャ構築の不可欠な要素として、IP技術の利用を真剣に考慮するようになった。今後は、家電製品を含むあらゆる場面に応用できるように、IPアドレスの拡張や通信ネットワークの信頼性向上に向けた努力が行われるであろう。

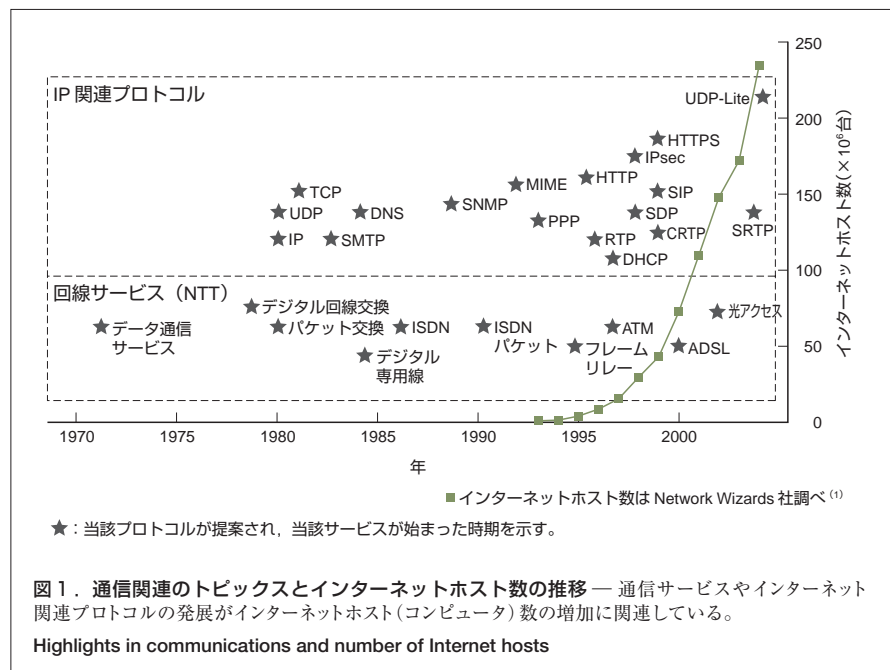
The Internet Protocol (IP), which was developed as a protocol for communication between computers, has recently come to be regarded as a key for realizing a high-speed, low-cost network that is applicable not only to voice and data but also multimedia communication. The revolution related to IP technologies seems to be never-ending, and even public telecommunication network operators, which place emphasis on overall network quality design, are now giving serious consideration to such technologies as an essential factor in the next-generation communication infrastructure. Efforts will be made to expand IP addresses and increase the reliability of the communication network in order to realize the application of IP technologies to various spheres including home electronic appliances.

通信ネットワークとIPの歴史

古くて新しい技術

IP (Internet Protocol) 技術の歴史は古く、ルーツである米国国防総省の実験システムの構築は1960年代にさかのぼる。1970年代以降の半導体技術の急速な発展による処理の高速化並びに機能の高集積化、更にオペレーティングシステム(OS)や各種ソフトウェア設計技術の進展を経て、1981年にホストコンピュータ間のオープンなデータ通信のための標準仕様である“Internet Protocol”という概念が初めて提唱された。

当時は、電話などの電気通信ネットワークとコンピュータ用のパケット通信ネットワークは独立していたが、前者のデジタル化により音声とデータ通信を統一的に扱い、更に、マルチメディア情報を高速かつ低価格で提供する通信ネットワークへの期待から、近年は両者を統合する気運が高まっている。特に1990年代後半からIP関連技術は



広く支持を集め、現在は情報通信の多くの分野で隆盛を誇っている(図1)。

■ マルチメディアへの対応

グラフィカルなユーザーインターフェースを装備したパソコンは、豊富なCPU

パワーの使い道としてマルチメディア機能を強化した。歴史的に通信品質を重視する電気通信事業者と異なり、データ通信事業者は“ベストエフォート”サービスと称して実験的な試みを続けてきたが、ADSL (Asymmetric Digital

Subscriber Line)や光アクセス回線の価格破壊と、スイッチやルータなどネットワーク設備の高速化により、少なくとも音声については、十分な通信品質が低料金で実現できるようになった。

一方、電気通信事業者は安定した音声通話収入を前提に、デジタル化によるデータ通信、パケット交換の提供、ISDNによる音声とデータ通信の統合

やATM(非同期転送モード)技術によるブロードバンド化を推進してきた。しかし、品質重視により高価な交換設備が事業者の重荷となったため、次世代ネットワークアーキテクチャの確立が急がれている。このような構造改革は、市場動向でも読み取ることができる(囲み記事参照)。

■ 確固たるアーキテクチャ

電気通信ネットワークがデジタルの同期多重伝送技術からATM技術に大きく転向したのに対して、IP通信技術は、イーサネットと共に30年以上も同一のアーキテクチャで発展を続けている。

柔軟性と品質という相反する要素を

“通信機器中期需要予測”(CIAJ, 2003年度版)に見る市場のトレンド

2003年度の情報・通信ネットワーク産業協会(CIAJ)の通信機器中期需要予測によれば、固定網から移動通信へ、機器やサービスのIP化、価格競争による投資・収益構造の変化により、2001～2003年度にかけて、通信機器市場はコストの安価なIPネットワーク設備やIP端末・装置を中心としたIP対応型へと大きな変化を遂げてきた。

図Aのように、2003年度の市場は3年ぶりに対前年度プラスになる見通しだが、従来型の非IP関連機器の大幅減少が一段落し、IP関連の接続機器と端末装置の増加に期待する構造になっている。“ブロードバンド”、“モバイル”、“IP”という大きな流れが今後も継続するのは確実であり、IP関連機器の需要は強いと思われるが、従来型の需要は漸減傾向にあるため、中長期予測では新たなビジネスモデルの開拓に

よる通信トラフィック増加を誘引し、その結果としてIP関連機器の成長が継続すると予想している。

なお、同予測の2004年度版⁽²⁾によれば、2003年度の受注・出荷実績は対見込差2,040億円の大幅増で、2004年度以降の予測値も対前年比3,000億円以上の増加を見込んでいる。

■ ブロードバンド化の進展

(1) アクセス回線の高速化

当面はADSL、CATVがアクセス回線の中心だが、2004年度以降は光ファイバによる超高速アクセス需要が本格化

(2) バックボーンの大容量化

加入者拡大、アクセス網の高速・大容量化に伴うトラフィックの増加及び質の変化により、基幹系を含む通信事業者の設備増強

■ IP化の進展

(1) 企業のIPネットワーク化とVoIP導入の本格化(図B)

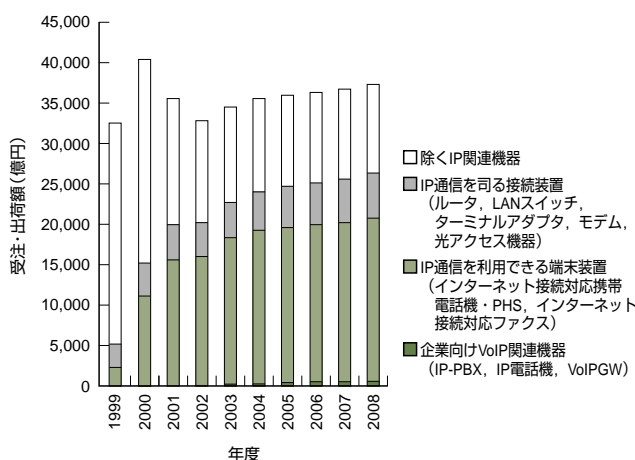
- ・大企業を中心に企業ネットワークのIP化が進展(IP-VPN(Virtual Private Network)、広域イーサネット、インターネットVPNなど)
- ・ネットワークのIP化とともにVoIP導入が進展(IP-PBX、IP電話機、VoIPGW(ゲートウェイ)など)

(2) コンシューマ市場のIP化の進展

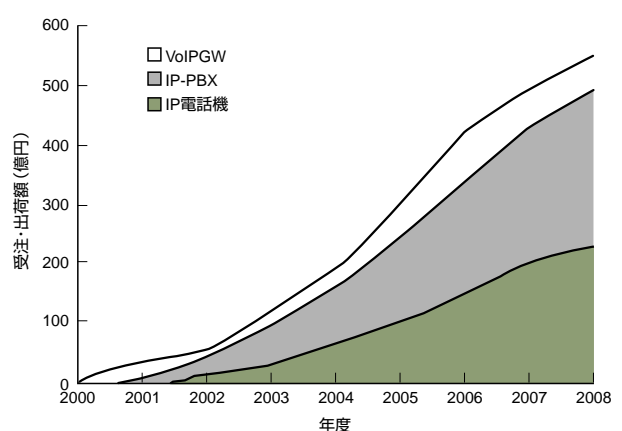
- ・IP電話サービスの本格普及、インターネット接続対応ファクス(Lモードなど)の増加

(3) IPv6によるネットワークインフラの構築

- ・ルータ、LANスイッチの需要増(局用・データ交換機市場は縮小)



図A. 国内IP関連機器市場の推移



図B. 一般企業のVoIP関連機器市場の推移

実現するのは容易ではないが、研究者も増えているので課題は着実に解決されるものと期待される。

IP通信技術とは

IPは、可変長のIPパケットをIPアドレスで指定したあて先に届ける機能を提供する一つの通信プロトコルであるが、ほかの通信プロトコル群から共通に使用されるため、この通信プロトコル群を利用する技術を総称して“IP通信技術”と呼ぶ。

以下に、IP通信プラットフォームの発展を支える新技術の動向を紹介する。

TCP・UDPとその拡張

コンピュータ間でデータを授受する際に、実時間性は劣るが信頼性の高いTCP (Transmission Control Protocol) と、実時間性に優れるが信頼性の低いUDP (User Datagram Protocol) の2種類が、目的に応じて使い分けられる。ファイルや電子メールのようなコンテンツを誤りなく確実に届けるならTCPが、伝送遅延を少なくしたり、アプリケーションで誤り訂正が可能ならUDPが採用される。

最近では、伝送誤りで情報が破棄されると上位アプリケーションの動作に悪影響の出る場合があるため、UDP-Liteという拡張方式が提案されている。この機能は、音声やビデオ信号のIP伝送の際に、ビット誤りが増幅されてパースト誤りになることを防ぐ効果がある。

同様にTCPについても、トランザクション処理、高速通信ネットワーク、携帯電話ネットワークへの応用に適した各種の機能拡張が提案されている。

リアルタイム通信の実現

リアルタイム性が要求される各種のメディア情報をUDPの上で伝送するプロトコルであるRTP (Real-time Transport Protocol) が、1996年に提案された。パケットヘッダに送受信者識別子と、符号

形式や属性を示し、1対1以外に1対n通信も可能である。電気通信ネットワークで使用するPCM (Pulse Code Modulation) 音声符号から、携帯電話の各種圧縮符号やテレビ会議装置の動画像符号まで、多様な符号種別をサポートする。

経済的な機能追加のために

多様な製品で構成される広域通信ネットワークを運営する場合、新たな技術が開発されてもネットワーク内のすべての装置に適用できないことが多い。また、別のネットワークを経由して目的のネットワークにアクセスする場合に、途中のネットワークの条件に左右されたくない場合もある。このような場合には、データリンク層やネットワーク層のトンネリング技術が有効である。図2は、L2TP (Layer2 Tunneling Protocol) によるデータリンク層のトンネリングの例を示している。

ユーザーがネットワークに端末を接続すると、第1のIPアドレスがアクセス回線事業者又はインターネットサービス事業者から割り当てられるので、端末はこのIPアドレスを利用して、企業内ネットワークのアクセスポイントとの間でL2TPによる通信路を確立する(トンネリングパス)。

次に、上記通信路上でPPP (Point to Point Protocol) による端末のログイン認証が成功すると、端末のアプリケー

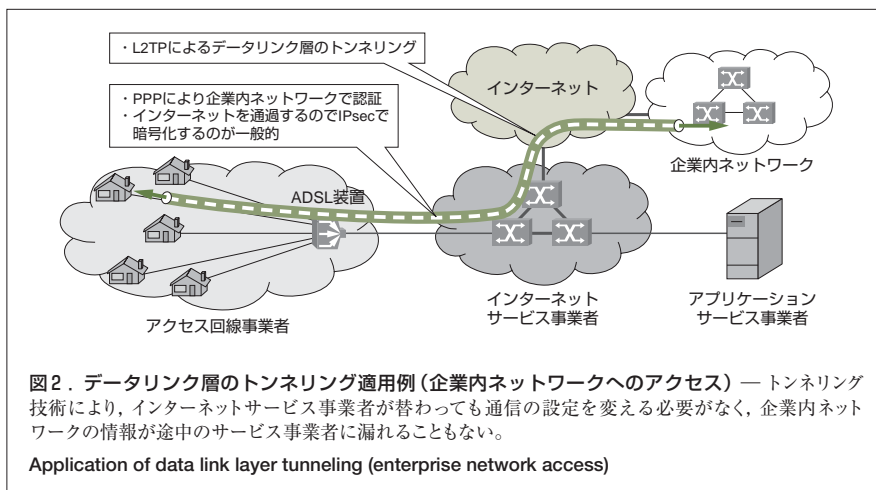
ションソフトウェアが利用する第2のIPアドレスが企業内ネットワークから割り当てられ、以後は端末があたかも企業内ネットワークに直接接続されているように見える。このときアクセス回線事業者、インターネットサービス事業者、及びインターネットにとっては第1のIPアドレスだけが解釈され、第2のIPアドレスを含めたユーザーのメッセージはすべてアプリケーションデータと同様に内容を関知しないことになる。

また、IP通信でネットワークの特定区間だけを暗号化したい場合や、後述するモバイルIPは、ネットワーク層のトンネリングが行われる。

通信品質の向上

IP通信技術の更なる普及のためには、通信品質が重要である。情報を一定量まとめてパケット化するため、符号・復号・パケット化の遅延や通信ネットワークの遅延時間変動、パケットの集中や紛失が品質を決定する重要な要素となる。

ネットワークの資源を有効利用するには情報量を圧縮して多数のユーザーが利用できるようにし、遅延を少なくするにはパケット化の周期を短くすべきである。しかし、少量のパケットが頻繁に送信されるとルータの処理能力が低下するおそれがある。そこでRTP, UDP, IPの各ヘッダの差分だけ送信し



て情報を圧縮するCRTP(Compressed RTP)を更に拡張したTCRTP(Tunneled CRTP)は、同一方向へのRTPパケットを連結多重した後で、トンネリングにより両端のノードだけが多重・分離や圧縮・伸張を行うことで、通信帯域の節約と処理能力低下の防止が両立できるという提案である。

■ 新たな制御パラダイム

インターネットを大きく飛躍させたWWW(World Wide Web)の概念は、英国のティムバーナズリー博士により1989年に考案され、HTML(HyperText Markup Language)言語によるハイパーテキスト文書とURL(Uniform Resource Locator)によって、クリックするだけで世界中の任意の場所に置かれた情報にアクセスできる手段を与えた。また、それまでの通信プロトコルは制御コードをビット列で表現しており、内容の解釈に手間取ったが、HTTP(HyperText Transfer Protocol)は、人間が理解しやすい簡単なテキスト形式で要求を表現できることから、コンピュータの遠隔制御手法として新たなパラダイムとなった。冒頭に触れたIP通信の急速な普及は、HTTPの開発時期と符合する。

IP技術をリアルタイム通信に適用するには、既に述べたRTPと組み合わせる新たな交換プロトコルが必要となる。この領域でも従来の電気通信ネットワークの慣習を破って、HTTPと同様にテキストベースで要求を表現するSIP(Session Initiation Protocol)が採用された。“セッションを開始する”という名称のとおり、コンピュータどうしが相手と通信を開始するための基本的な手続きを定めた、単純でわかりやすいプロトコルである。一方、メディア種別や転送プロトコル及び送受信者の情報など、セッション自体の内容に関する情報はSDP(Session Description Protocol)で規定する。相手の呼出しなどの交換接続制御と通信経路の制御を独立さ

せることにより、テレビ会議などの1対n通信サービスも柔軟に制御することができる。

また、ストリーミング技術に関しては、ビューア内でマルチメディアコンテンツの画面レイアウトを自由に変えられる言語としてSMIL(Synchronized Multimedia Integration Language)がある。

■ セキュリティの実現

SSL(Secure Sockets Layer)技術で送受信データを暗号化するHTTPS(HTTP Security)プロトコルは、オンラインショッピングやネットバンキングに不可欠なプライバシーや口座に関する情報を安全にやり取りできることで、IP通信技術のビジネス応用に大きく寄与した。セキュリティ機能はいろいろな分野で強化されており、インターネットを流れるIPパケットを暗号化するIPsec(IP security)や、ユーザー認証、情報の暗号化、繰返し利用の拒否が可能なSRTP(Secure RTP)が提案されている。

IPにまつわる最近のトピックス

■ ユビキタス化とシームレス化

携帯電話を利用したデータ通信や無線LANの普及により、どこにいても通信ができる(ユビキタス通信)、どのネットワークでも同じように使える(シームレスサービス)というユーザーニーズの実現が求められている。本来位置するホームネットワークと異なるネットワークに移動した端末あてのパケット着信をホームネットワークが転送したり、移動先でもホームネットワークと同等のサービスを受けられるようにするためのモバイルIP技術では、位置管理とパケットのトンネリング機構が鍵となる。

また、本格的なモバイルIPの実現には、現在のIPv4(IP version4)アドレスからIPv6アドレスに移行して、端末ごとにIPアドレスを割り当てる必要がある。

■ 次世代のIPネットワークに向けて

IPv4は32ビットで約43億(2の32乗)個のアドレスが表現できるが実際に利用できるのは数億個にすぎない。図1のとおり、既に2億台以上のインターネットホストが存在し、携帯電話の台数も2002年に10億台を超えていることからまったく十分といえない。現在は特定のネットワーク内でのみ有効なローカルアドレスの利用と、CIDR(Classless Inter-Domain Routing)・可変長サブネットマスクという機能拡張によって何とか破たんせずに済んでいるのが実情である。

一方、IPv6は128ビットで2の128乗のアドレスを表現できる。これは天文学的な数量でありアドレス不足を一気に解決することができるが、既存のネットワーク設備はIPv6に対応していないケースがほとんどである。

そこで、IPv4からIPv6への移行シナリオが研究されており、徐々にIPv6の空間が広がっていくことになる。

ネットワークやビジネスへの応用

■ 電気通信事業者ネットワークのIP化

新興の通信事業者と異なり、既に固定あるいは移動通信サービスを提供中の電気通信ネットワーク事業者は、業務を継続しながらスムーズにネットワークをIP化しなければならない。そのため、サービスに影響の少ない長距離伝送部分から始め、徐々に対象を加入者側に拡大するアプローチが望ましい。事業者のつごうだけでユーザーにインタフェースの変更を強制できないため、加入者交換機の上位ネットワーク向け、あるいは無線基地局の無線交換機向けインタフェースまでのIP化を実施し、加入者インタフェースの変更は次世代サービスの提供を待つであろう。

このようにネットワーク内だけをIP化する場合は交換機の制御信号をSIP-T

(SIP for Telephones)で転送し、音声やデータはSDPとRTPで処理するのが望ましい。この方式なら既存システムの資産を有効利用できるため移行も容易で、将来の拡張性も問題ないと思われる。

なお、第3世代移動通信ネットワークはデータ通信に限ってATM上でIP転送を実現するとともに、将来データ通信が増加しても、基地局とインターネットゲートウェイ間の通信チャネルが不足しないよう、トンネリング技術を適用して改良する予定である。

■ 企業内ネットワークのIP化

企業が通信設備を導入する目的は、通信コストの削減と業務効率の向上であるが、近年は資産の圧縮や保守費の削減のため、設備を購入せずにリースや通信事業者の内線電話サービスを導入する例もある。

企業が社内ネットワークのIP化を推進するとき、大企業であれば、通信事業者と同様に専用線のIP化から徐々に範囲を拡大するであろう。事業者と違って、企業はみずからの判断でユーザーインタフェースを変更できるので、PBX(構内交換機)を交換処理用サーバとIP電話機で置き換える形態が一般的であるが、電話機までIP化しても通信コスト低減に影響しないため、レイアウト変更工事費用の低減や、プレゼンス(会議、通話中、出張などの状態表示)機能及び業務パッケージソフトウェアとの連動などによる生産性の向上に効果を求めることになる。

数種類のVoIP(Voice over IP)プロトコルのうち最近ではSIPが主流になってきたが、どのプロトコルを採用しても、ビジネス用の多機能IP電話とサーバ間のインタフェースはベンダー独自仕様になる。

■ 映像配信のIP化

監視カメラの映像を収集・分配したり、カメラを遠隔操作するシステムをIPネットワークで実現するには、1対nのマルチキャスト通信技術、画像の再生やポーズなどが行えるストリーミング制御技術、及びRTP上の複数のセッションを扱うSDPが採用される。また、各種の映像コンテンツをDVR(Digital Video Recorder)に配信するVOD(Video On Demand)システムでも、同様の技術が適用可能である。そのほかにコンテンツのコピー保護、暗号化、ユーザー認証や課金などのセキュリティ技術が重要である。

映像はブロードバンド時代のキラーアプリケーションの一つで、蓄積されたメディア以外に、リアルタイム放送への応用も期待される。

■ ネットワークと技術の将来

移動通信事業者は、携帯電話までを“全IP化”するための検討を、既に業界として開始した。一方、既存や新興を問わず、固定通信事業者は激しい競争により、今後は電話に加えて、ゲームやビデオの配信、インターネットによる双方向通信などの魅力的なサービスを

“All in One”パッケージで提供する必要があるだろう。その際、加入者インタフェースは100 Mbps以上のイーサネット、通信ネットワークは全IP化され、テレビやDVRなどの家電製品もネットワークに接続されると予想する。

そのような環境を実現するにはIPv6アドレスが定着し、セキュリティや通信帯域制御技術の進歩で、インターネットがもっと堅固(Robust)な特性を持つネットワークに変身する必要があると専門家も認識している。IP通信技術の着実な発展を期待する。

文 献

- (1) Internet Systems Consortium. "Internet Domain Survey Host Count." ISC Internet Domain Survey. <<http://www.isc.org/index.pl?/ops/ds/>>, (accessed 2004-12-22).
- (2) 情報通信ネットワーク産業協会. "2004年度版「通信機器中期需要予測」". <<http://www.ciaj.or.jp/content/plessrelease04/041201.html>>, (参照2004-12-22).



白川 雅一
SHIRAKAWA Masakazu

社会ネットワークインフラ社 放送・ネットワークシステム事業部参事。IPネットワークシステムの開発に従事。電子情報通信学会会員。
Broadcasting & Network Systems Div.

用語説明

用語 (正式表記又は対応英語)	説明
ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)	電話線で高速なデータ通信を行う技術で、送受信の通信速度が異なることから非対称 (asymmetric) と呼ばれる。
ATM (Asynchronous Transfer Mode)	データを53バイトの固定長データ (セル) に分割して伝送する方式で、伝送時間が一定でないため非同期転送モードと呼ばれる。
CRTP (Compressed RTP)	RTP, UDP, IP の各ヘッダサイズ (合計40バイト) を2~4バイトに圧縮するプロトコル。
DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)	コンピュータにIPアドレス、ゲートウェイやDNSサーバのIPアドレス、サブネットマスクなどの情報を自動的に割り当てるプロトコル。
DNS (Domain Name System)	インターネット上のホスト名からIPアドレスを求めたり、その逆を求めたりするシステム。
DVR (Digital Video Recorder)	ビデオテープの代わりにハードディスクに映像コンテンツを録画する装置。
HTML (HyperText Markup Language)	タグによる構造定義とハイパーリンクで他文書が参照できる WWW 用文書形式で、マルチメディアや高度なレイアウトにも対応。
HTTP (HyperText Transfer Protocol)	端末が WWW サーバとデータを授受するプロトコル。HTTPS は SSL/TLS で HTTP 情報の暗号化、認証、署名を行う。
IP (Internet Protocol)	上位層からのデータを適切なサイズに分割 (フラグメント) したり、パケットをあて先に運ぶためのネットワーク層プロトコル。
IPsec (IP Security)	IP 層で認証と暗号化を行うプロトコル。全体を暗号化するトンネルモードとデータ部だけのトランスポートモードがある。
IP アドレス (IP Address)	IP パケットの送受信先を示す情報。32ビットのIPv4アドレスと128ビットのIPv6アドレスがあり、現在は主に前者が利用されている。
IP 電話機 (IP Phone)	VoIP に対応した電話機で、通常の電話の形状やパソコン・PDA (携帯情報端末) のソフトウェアで提供される。
ISDN (Integrated Services Digital Network)	音声、オーディオ、デジタルデータを統合して扱う交換網で、回線交換モードとパケット交換モードがある。
MIME (Multipurpose Internet Mail Extension)	電子メールで各国語や画像、音声、動画などを表現する方法を規定。情報を暗号化する S/MIME などの拡張仕様もある。
PBX (Private Branch eXchange)	企業の内線電話や公衆回線への接続を行う構内交換機。専用線で PBX を接続して広域の企業内電話網が構築できる。
PCM (Pulse Code Modulation)	音声をデジタルデータに変換する方式で、一定時間ごとにサンプリングして記録する。電話は8,000回×8ビット/sの64kbpsとなる。
PPP (Point to Point Protocol)	対向する装置が種々のプロトコルを利用できるようにデータリンクの設定を行う。ユーザー認証やヘッダ圧縮機能も提供する。
RTP (Real-time Transport Protocol)	UDP の上位プロトコルとして映像や音声をリアルタイムに適した形で転送するため、定時間ごとに時間情報を付加してパケット化する。
SDP (Session Description Protocol)	SIP の制御するセッションの参加者にメディア種別や転送プロトコル、送受信者情報などのセッション情報を提供するプロトコル。
SIP (Session Initiation Protocol)	IP 電話やビデオ通信などに用いられるアプリケーション層プロトコルで、二つ以上のノード間のセッションを設定する。
SIP-T (SIP for Telephones)	電話網どうしを SIP で接続する際に必要な信号のカプセル化と、翻訳を行うためのフレームワークを規定したプロトコル。
SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language)	動画、音声など様々な形式のデータの再生を同期させる言語。位置、タイミング、表示時間などのレイアウトが制御できる。
SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)	クライアントから、文字によるコマンドでサーバに電子メールを送信するプロトコル。
SNMP (Simple Network Management Protocol)	IP ネットワーク上の通信機器を監視、制御するプロトコル。管理装置は対象の管理情報データベース (MIB) に基づいて設定を行う。
SRTP (Secure Real-time Transport Protocol)	RTP で送受される情報の暗号化やメッセージの認証を行うプロトコル。
SSL (Secure Sockets Layer)	Netscape 社の開発した HTTP 通信の暗号化用セキュリティ・プロトコルで、Ver.4 で TLS (Transport Layer Security) に統合された。
TCP (Transmission Control Protocol)	確認応答による再送機能とウィンドウによるフロー制御で、信頼性の高い通信を提供するためのトランスポート層プロトコル。
UDP (User Datagram Protocol)	信頼性は低いが効率の良い、コネクションレス型のトランスポート層プロトコル。データグラム通信とも呼ぶ。
URL (Universal Resource Locator)	ネットワーク内のリソース (コンピュータで扱う情報資源) のアドレスとアクセスプロトコルを特定する書式。
VOD (Video On Demand)	見たいときに見たいビデオが見られるサービスで、再生、停止、巻き戻しなども可能。
VoIP (Voice over IP)	社内 LAN での内線電話や、インターネット電話などで利用される、TCP/IP ネットワークで音声データを送受信する技術。
WWW (World Wide Web)	HTTP, URL, HTML の各技術により、インターネットで情報を公開し参照できるシステムの名称。単にウェブとも言う。
アクセス回線事業者 (Access Circuit Provider)	ケーブルテレビ、ADSL, FTTH (Fiber To The Home)、無線 LAN など、ブロードバンドのアクセス回線を提供する事業者。
アプリケーションサービス事業者 (Application Service Provider)	ビジネス用のアプリケーションをインターネット経由で提供する事業者。ユーザーは ASP のサーバにアクセスしてソフトウェアを利用する。
アプリケーション層 (Application Layer)	各種アプリケーション (メール、ファイル転送、WWW など) が動作するレイヤ。IP システムではトランスポート層の上位を総称する。
イーサネット (Ethernet)	米ゼロック社ほかが開案した LAN 規格で、後に IEEE802.3 委員会が標準化された。最大伝送距離や通信速度などで複数の規格がある。
インターネットサービス事業者 (Internet Services Provider)	顧客のコンピュータをインターネットに接続する事業者。メールアドレス、ホームページ用スペースの貸出しやコンテンツの提供も行う。
ゲートウェイ (Gateway)	異なるネットワーク間を相互接続するプロトコル変換器のこと。例えば、独自プロトコルの移動通信網とインターネットをつなぐ装置。
ストリーミング (Streaming)	ネットワークを通じて映像や音声などのマルチメディアデータを視聴する際に、データを受信しながら同時に再生を行う方式。
データリンク層 (Data Link Layer)	隣接するコンピュータ間でデータを送受信するためのフォーマットや、通信の誤り検出・訂正などを行うレイヤ。
トランスポート層 (Transport Layer)	ネットワーク上のコンピュータ間で誤りのないデータ通信を行うために、パケットを再送したり転送速度を制御するレイヤ。
トンネリング (Tunneling)	プロトコルパケット A を別のプロトコル B でカプセル化して通信を行うことで、A の通信を外側から隠ぺいすること。
ネットワーク層 (Network Layer)	ネットワーク上のコンピュータ間が相互に通信できるように、データの中継やルーティング (経路制御) 機能を提供するレイヤ。
パケット (Packet)	ネットワーク層で扱う単位データの呼称 (正式にはデータグラム) で、送受信者のアドレスを伴う。
フレームリレー (Frame Relay)	データをフレームと呼ばれる単位ごとに送受信する通信方式の一つで、誤り訂正を省略して高速化した専用線サービスで使用される。
ベストエフォート (Best Effort)	サービス品質 (QoS) の保証がないこと。品質としては最低・平均通信速度や中断時間、データロスの有無や遅延時間、などがある。
マルチキャスト (Multicast)	映像配信などで複数の指定先に同じデータを送信すること。不特定多数はブロードキャスト、単一指定先ならユニキャストという。
帯域制御 (Bandwidth Control)	パケット種類ごとに回線容量 (速度) を制限すること。優先パケットをスムーズに送受信したり、パケット喪失の防止に使う。
第3世代移動通信 (3G) (The Third Generation Mobile Communications)	IMT-2000 標準に準拠したデジタル携帯電話システムで、高速なデータ通信や各種のマルチメディアサービスが提供される。