

特集

# 新・IPネット技術 A-Z

これからのITビジネスは「モノ志向 ネットワーク志向」。  
PC、デジタル家電、ケータイ、何でもつながる時代の基礎知識。

今や、インターネットにつながるのはパソコンだけではなくなった。IP電話やテレビもつながり始めている。近い将来、あらゆるデバイスがインターネットに接続され、あらゆるコンテンツが流れる世界が実現しそうだ。その世界のビジネスでは、従来とは異なりデバイス(モノ)の構造を理解することより、ネットワーク構造を理解することのほうがより重要である。本特集では、何でもブロードバンドでつながる時代のインターネットワーキングのからくりを解説する。

## C O N T E N T S

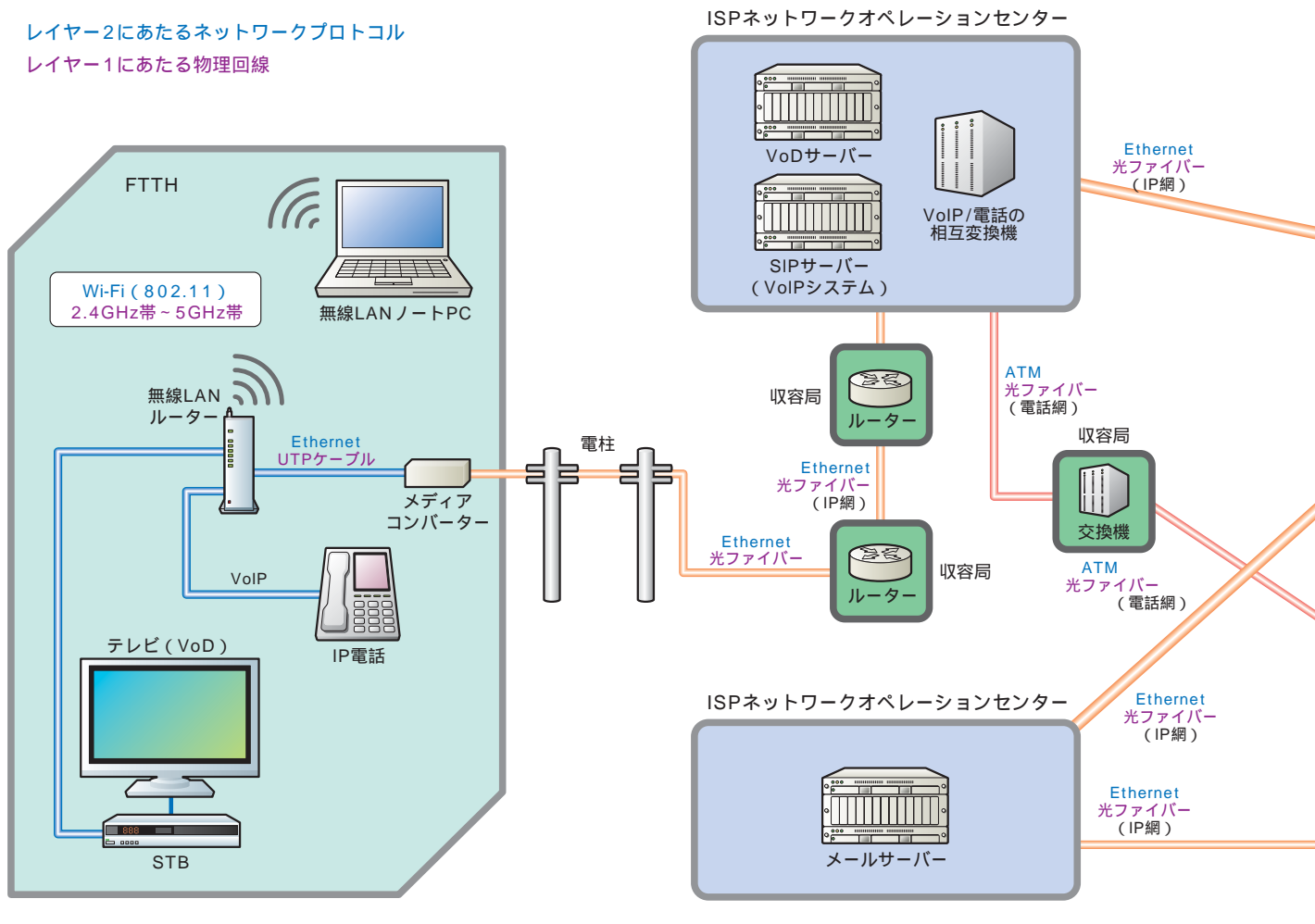
- IP ネットワーク接続鳥瞰図 36**  
パソコン、テレビ、電話、ケータイもすべてインターネットにつながっている
- インターネットはなぜ何でもつなげられるのか? 38**  
プロトコルとネットワークレイヤーは必須知識
- 電波でデジタルデータが送れる仕組み 44**
- 距離別に理解する無線ネットワーク規格 48**
- 速度別に理解するネットワーク規格 52**
- シーン別に理解する動作の仕組み 54**  
パソコンでウェブを見る  
ケータイで通話する / メールを送る  
IP電話で通話する  
音楽 / 映像配信サービスを利用する  
ピアツーピア(P2P)の仕組み

# IPネットワーク接続鳥瞰図

パソコン、テレビ、電話、ケータイもすべてインターネットにつながっている

編集部

レイヤー2にあたるネットワークプロトコル  
レイヤー1にあたる物理回線



よく見かけるインターネットの解説図では、インターネットは“雲”のようなイラストで表現されていることが多い。ユーザーの自宅にあるモジュラージャックや会社の床から生えているLANケーブルの先がどうなっているか、実はよく知らない人も多いだろう。

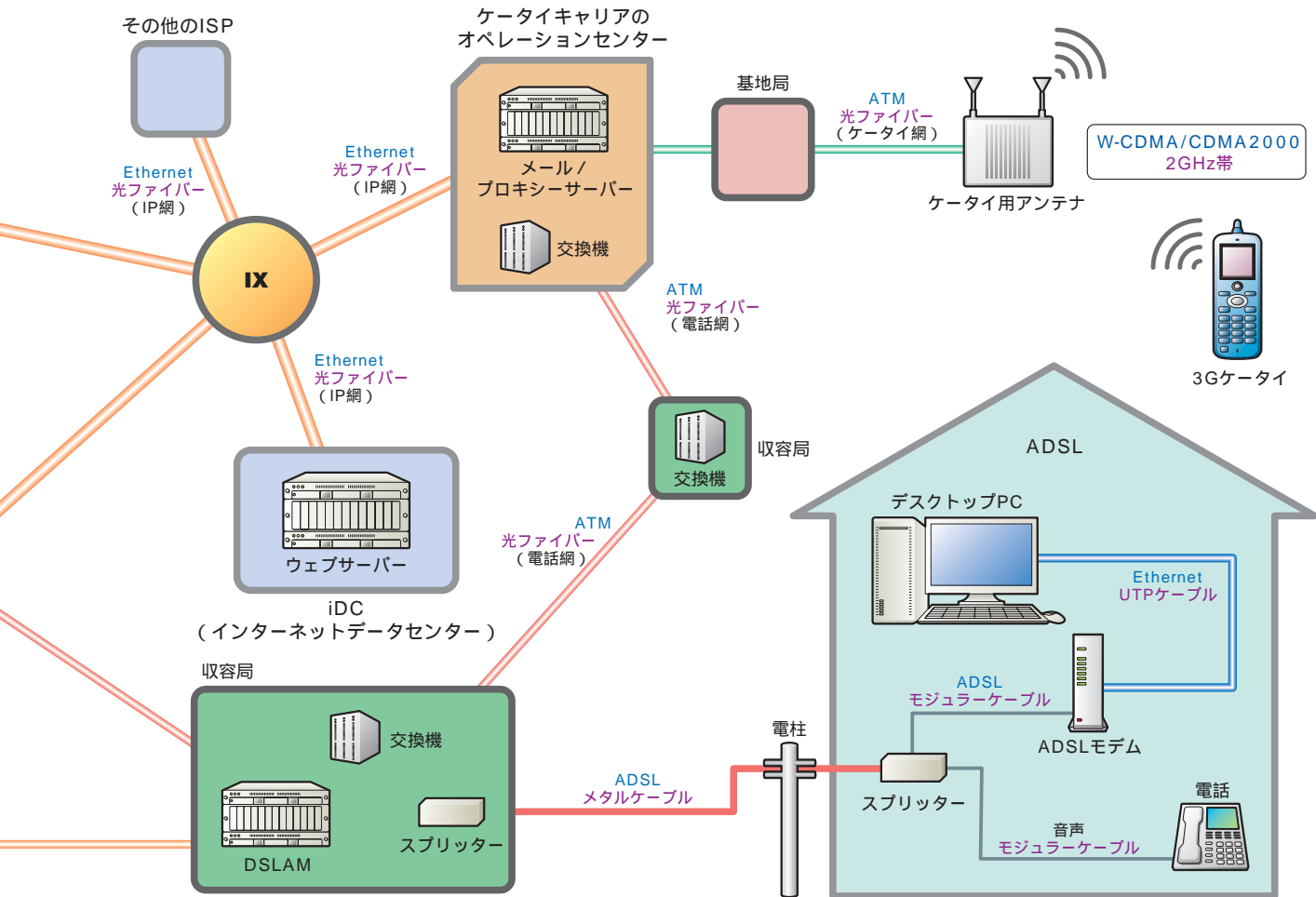
この「IPネットワーク接続鳥瞰図」では、その壁の中にあるケーブルや、ケータイから出ている電波の先がどういう経路になっていて、どこで相互につながっているのかを表している。

この図はあくまでも全体的な概観であり、細かい部分は省略・単純化している。したがって、実際のケータイ網、電話網、インターネットバックボーンを忠実に表してはいないが、こういった経路でデータの送受信が行われるのか、こういった経路でデータの送受信が行われるのか、各ネットワークが相互に接続するポイント、伝送媒体に何が使われているのかといったことについてはイメージできるようにしている。

例えば、IP電話からケータイへ電話をかける場

この図では、自宅や会社にあるパソコン、テレビ、電話、ケータイが、インターネットを介して相互につながっていることを表している。これはまた、それぞれのデータがどこかでIPプロトコルを使ってやり取りされているということでもある。

この図に描かれているモノが、IPネットワークの中でどのような仕組みによってつながっているのか、本特集で解説していく。



合、話し声は、

IP 電話機( VoIP に変換 )  
 部屋の中の LAN ケーブル  
 屋外や収容局間の光ファイバー( IP 網 )  
 ISP のネットワークオペレーションセンター  
 IX( Internet eXchange )  
 ケータイキャリアのオペレーションセンター( ここで IP からケータイ網独自のデータに変わる )  
 再び光ファイバー( ケータイ網 )  
 ケータイ用アンテナ( 電波に変わる )

ケータイ端末

と流れて、再び音声になる( 詳細は 56、58 ページを参照 )。

また、図を見ると分かるように、このネットワークを実際につなげている媒体は、電話線、光ファイバー、電波とさまざま。これらの上で相互にやり取りできる共通のデータを送受信できるのは、ネットワークレイヤーとプロトコルの存在があるからだ。これらが媒体の違いを吸収し、多様なネットワークをつなげている( 詳細は 38、44 ページを参照 )。

# インターネットはなぜ何でもつなげられるのか？

## プロトコルとネットワークレイヤーは必須知識

村上 健一郎

法政大学ビジネススクール イノベーション・マネジメント研究科 教授

ここでは、ネットワークレイヤーという概念を中心に、どのようにインターネットのプロトコル(通信手順)が設計され、動作し、さまざまなネットワークが接続できるのかを解説する

### 身近なインターフェイスとモジュール

#### 〔1〕インターフェイスの役割

家電を買ってきたとき、まず電源ソケットを探し、そこへプラグを差し込む。その際に電流や電圧を考えたことがあるだろうか？ 考えずとも、スイッチを入れれば何ごともなく家電は動く。それはなぜか？ 商用電源の標準の仕様、たとえば、プラグの形や電圧が決まっていて、それに基づいて家電製品が製造してあるからだ。つまり、ソケットから先のことを何も考えなくても良いし、ソケットに接続する家電の内部も考えなくても良い。

現実には、ソケットから先には、電柱、送電されてきた高電圧の電気を100Vに変換する柱上トランス、送電システム、原子力/火力/水力などの発電機から構成されるシステムがある。我々は、こ

のような電源のインターフェイス(ソケットとプラグの接続点)の向こう側を、単なる電源を供給してくれる1つのブラックボックスと考えている(図1)。

#### 〔2〕便利なモジュール(要素)という考え方

一方、このインターフェイスの手前にも、複雑なシステムが接続される。たとえば、電気炊飯器に組み込まれたマイコン。これも、その仕組みを知る必要がなく、炊飯器という単一のブラックボックスと考えている。つまり、ご飯を炊くためのシステムは、インターフェイスを介した2つの特定の機能を果たすモジュール(要素)から構成されているわけだ(図2)。

このモジュールという考えは便利である。たとえば、商用電源の標準仕様に従いさえすれば、電力会社の提供する電源でなくとも、炊飯器は動作する。ガソリンで動く発電機と互換性のあるソ

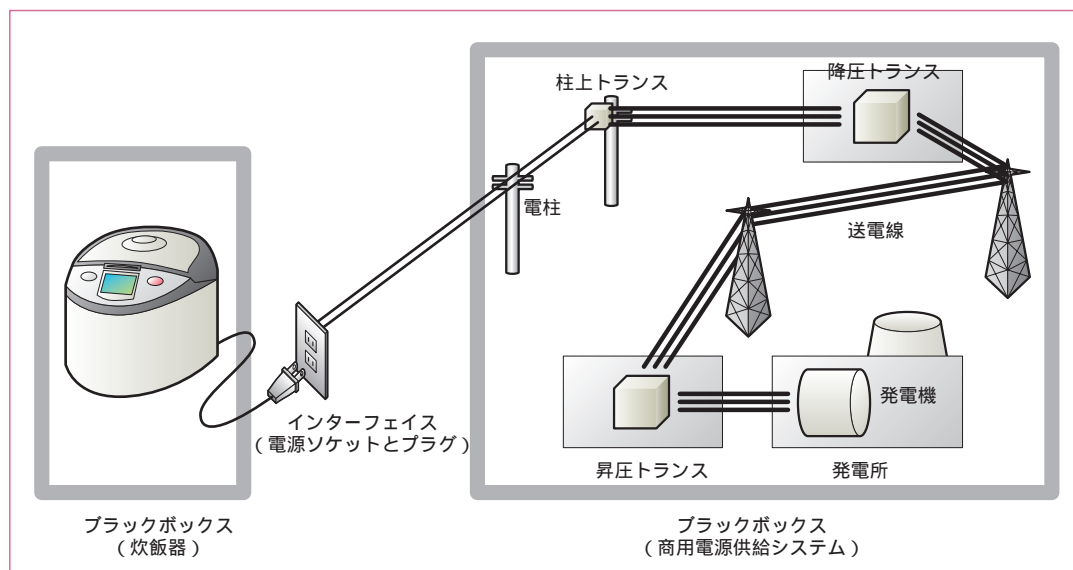


図1 ブラックボックスの例

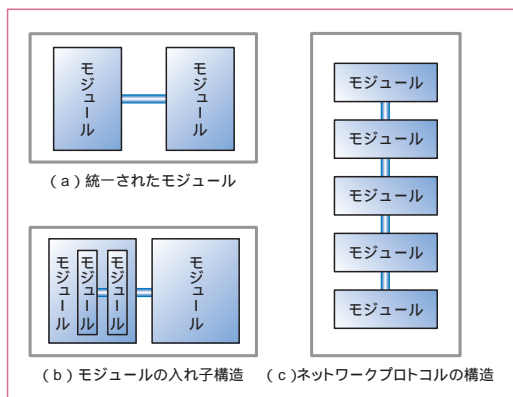


図2 さまざまなモジュール(要素)間の関係

ケットが用意されていればそれに接続すれば良い。つまり、インターフェイスの仕様さえ同じならば、交換可能である。インターフェイスの向こう側だけでなく、手前側についても同じで、日本の電源の仕様に合わせてさえいれば、炊飯器でもラジオでも何でも接続できる。

実は、この「モジュール」の概念は、工学の誕生とほとんど同じほど古い歴史をもっている。今やこの概念は心理学や経営学まで非常に広い分野で使われている。たとえば、人間の認知機構や会社などのシステムを内部で機能単位に分割して、モジュールから構成されるように考える。インターネットも例外ではない。そこで、次に、インターネットのシステムを実現しているプロトコルのモジュールとインターフェイスについて説明する。

## ネットワークプロトコルのモジュール思考

モジュールの重要な点は、それが特定の機能を実行するという点である。これを設計あるいは製造する人は当然その内部を知らなければならない。しかし、利用者はそれを単なるブラックボックスとして扱えばよい。利用者の関心は、そのブラックボックスに何をすれば、どのような結果が起こるかという機能だけにある。モジュールのもう一つの重要な点は、他のモジュールと組み合わせることで全体を一つの統一されたシステムに構成できることである(図2(a))。前述した商用電源と炊飯器はその例である。

なお、モジュール間の関係には、このような対等に接続された構成要素としての関係だけな

く、モジュールの内部がさらに複数のモジュールから構成されている入れ子構造の場合もある(図2(b))。別の形態として、モジュール間が階層的な上下関係を持つこともある(図2(c))。実はこれがネットワークプロトコルの構造なのである。

## インターネットのレイヤーとプロトコル

インターネットのプロトコル群は、機能別に複数の階層(レイヤー)に分けられて設計されている。それぞれのレイヤーに複数のプロトコルがある場合もある(図3)。レイヤーは上下関係を持っており、通信を行う場合には、下位レイヤーは、上位レイヤーに対してサービスを提供する。そのレイヤーは、さらに上位レイヤーに対してサービスを提供する。上位のレイヤーから見れば、すぐ下のレイヤーしか見えない。さらに下のレイヤーは隠蔽されている。各レイヤーの機能は、それぞれのプロトコルによって実現される。それらは、やり取りする情報の単位であるパケットを上位または下位のレイヤーから受信すると、規定された処理を行う。

最も上位にあるのは、アプリケーションのレイヤーであり、たとえば、ウェブブラウザや電子メールのソフトウェアのようにユーザーと接するプログラムが使用するプロトコルがある。最も下位にあるのは、物理レイヤーであって、これは、たとえば、イーサネットケーブルやソケットの形状、電気的特性などを規定している。

図3で注意しなければならないのは、各レイヤーにあるプロトコルが1つだけではないということである。同一のレイヤーに、機能は似ているものの、通信手順の異なるプロトコルが複数存在する場合がある。これらのプロトコルは、それらを使用する上位レイヤーのプロトコルによって目的に応じて選択される。以下では、各レイヤーの名前と機能概要を説明し、さらに、各プロトコルがどのようなもので、どのように使用されるのかを明らかにする。

## インターネットの各レイヤーの機能

ここでは、インターネットプロトコルの各レイヤー

IEEE : Institute of Electrical and Electronic Engineers、米国電気電子技術者学会。実際には、この学会内のIEEE802という委員会、無線LANやイーサネットなどの標準仕様が決められている。

フレーム : 通常、レイヤー2(リンクレイヤー)で扱う情報の単位を「フレーム」と呼び、レイヤー3(ネットワークレイヤー)で扱う情報の単位を「データグラム」と呼ぶことが多い。これらは総称して「パケット」と呼ばれる。

FTTH : Fiber To The Home、家庭まで光ファイバを敷設するアクセス回線。

ADSL : Asynchronous Digital Subscriber Line、非対称デジタル加入者回線。

RFC : Request for Comments、インターネットの標準技術文書。

について詳しく機能を説明する。

〔1〕レイヤー1 : 物理レイヤー

物理レイヤーは、レイヤー1とも呼ばれ、プラグの形状やケーブルなどの通信伝送媒体を規定する。要するに、目で見える物理的な形状や電氣的、あるいは、光の特性を規定しているのがこのレイヤーである。これが規定されているおかげで、イーサネットケーブルをどこで買ってきても、その両端に付いているプラグの形状は同じであり、ルーター(後述するデータグラムを中継する装置)やパソコンのイーサネットインターフェイスのソケットへ簡単に差し込むことができる。

インターネットでは、さまざまな伝送媒体、つまり物理レイヤーを使用するものの、その仕様はそれぞれの規格の標準化を担当している別の団体が行っている。単にそれを利用しているだけである。たとえば、無線LANの仕様を規定しているのは、IEEEという団体である。読み方はアイトリプリーである。これは、電気電子分野の学会であり、イーサネットを始め、さまざまなネットワークの標準仕様を決めている。なお、図3に示したように、物理レイヤーとリンクレイヤーは強く結びついており、レイヤーとして分けるものの、実際にはリンクレイヤーのプロトコルが決まると物理レイヤーのプロトコルもほぼ決まってしまう。

〔2〕レイヤー2 : リンクレイヤー

リンクレイヤーでは、イーサネットなどで接続さ

れた同一ネットワークセグメント上の装置(パソコンやルーターなど)間で、リンクレイヤーのパケット、すなわち「フレーム」をやりとりする機能を規定している。これはレイヤー2とも呼ばれる。ただし、インターネットのリンクレイヤーでは、すでに述べたようにIEEEなどの他の団体が決めたプロトコル、たとえば、イーサネットや無線LANを利用するだけで、仕様そのものは規定しない。規定しているのは、それをどう利用するかだけである。

インターネットの最も便利な特徴として、何でもリンクレイヤーとして利用できることが挙げられる。専用線、FTTH、ADSL、無線LANなどである。これについては、後述の〔3〕レイヤー3で理由を説明する。

ここでネットワークセグメントとは、ルーターを介さずに直接アクセスできる範囲のネットワークことで、たとえば、ハブで接続されたコンピュータは同一セグメント上にある。また、同一のアクセスポイントに無線LANで接続されているパソコンは同一セグメント上にある。

〔3〕レイヤー3 : ネットワークレイヤー

ネットワークレイヤーは、レイヤー3とも呼ばれる。インターネットの仕様書であるRFC(アールエフシー)で規定されているのは、このネットワークレイヤー以上のプロトコルがほとんどである。これは、すでに説明したように、インターネットでは他の団体が仕様を決めた既存の、あるいは、新規

レイヤー	レイヤー名	インターネット上で使用されているプロトコル例				
レイヤー5	アプリケーションレイヤー	HTTP	SMTP	...	RTP	...
レイヤー4	トランスポートレイヤー	TCP		UDP		
レイヤー3	ネットワークレイヤー	IP				
レイヤー2	リンクレイヤー	イーサネット	無線LAN	ADSL	FTTH	専用線
レイヤー1	物理レイヤー					

図3 インターネットプロトコルのレイヤー構造

のリンクレイヤーや物理レイヤーの protocols を利用するからである。このレイヤーにあるのが IP ( Internet Protocol ) である。

ネットワークレイヤーの役割は、その下のリンクレイヤーの機能(隣接したパソコンやルーター間のパケットの転送サービス)を利用して、隣接したルーター間で徐々にパケットリレーのように IP データグラム(レイヤー3のパケット)を転送し、全世界のパソコンやサーバー間でデータグラムの交換ができるようにすることである。つまり、エンドツーエンド(端末間)のデータグラム転送サービスを提供する。なお、IP プロトコルでは、転送中にデータグラムの損失や誤りが発生しても、その回復を行わない。

① エンキャプシュレーション

インターネットでは、イーサネットであろうと、無線 LAN であろうと、ADSL であろうと、何でもリンクレイヤーとして使うことができる。

その第1の理由は、エンキャプシュレーション(カプセル化)という方法のおかげである。エンキャプシュレーションでは、IP データグラムを、リンクレイヤーのフレームのデータ部分に入れて転送する(図4)。これを受信したルーターやコンピュータでは、フレームからデータを取り出す。これは、送信側で入れた IP データグラムそのものである。この方式のおかげで、フレームの形式や方式が異なる別のリンクレイヤーの protocols でも利用できる。

② アドレスの変換

第2の理由は、アドレスの変換という仕組みのおかげである。インターネットでは、インターネット上に接続されている各ルーターやコンピュータを識別するために、IP アドレスを付与している。これとは別に、各ルーターやコンピュータはリンクレイヤー固有のアドレスを持っている。たとえば、イーサネットの場合は、イーサネットアドレス(MAC アドレス)である。

エンキャプシュレーションのときには、その IP アドレスに対応する MAC アドレスを知る必要がある。なぜならば、イーサネットフレームのヘッダー部(先頭部分)には、IP アドレスではなく、MAC アドレスを指定しておかなければならないからだ。各ルーターやコンピュータのイーサネットインターフェイスでは、その MAC アドレスを見て自分宛てかどうかを判断する。これに対応するため、インターネットプロトコル群には、ARP(アープ)というプロトコルがある。ARP では、IP アドレスを同一セグメント上のすべてのノード(ルーターやコンピュータ)にブロードキャスト(全ノードに問い合わせ)し、その IP アドレスを持つノードが自分の MAC アドレスを入れたパケットで返事をする。これによって、IP アドレスと MAC アドレスとの対応がわかる。ARP は、それぞれのリンクレイヤーのプロトコルごとに規定されており、これがあれば、どのような特有のアドレス体系を持つリンクレイヤーのプロトコルでも使用可能となっている。

以上の2つの理由により、以前はなかった ADSL や無線 LAN というリンクレイヤーの新技术

IP データグラム:レイヤー3のパケットのこと。

エンキャプシュレーション:薬のカプセルのように、パケットを下位レイヤーのパケットのデータ部分に入れてカプセル化すること。

MAC: Media Access Control, 媒体アクセス制御。MAC アドレスとは、個々のパソコンなどを識別する住所(アドレス)のようなもの。

ARP: Address Resolution Protocol, アドレス解決プロトコル。わかっている IP アドレス情報に基づいて、未知の MAC アドレスを取得する(解決する)プロトコル。

バーチャルサーキット:仮想回線。パケット通信の場合は、パケット(データ)を送るときだけ回線を使用するため、送信しない場合はほかの人が使用できる。しかし、パケット通信では、各ユーザーが1本の回線を専有して使用しているように見える。これを仮想回線(バーチャルサーキット)と呼ぶ。

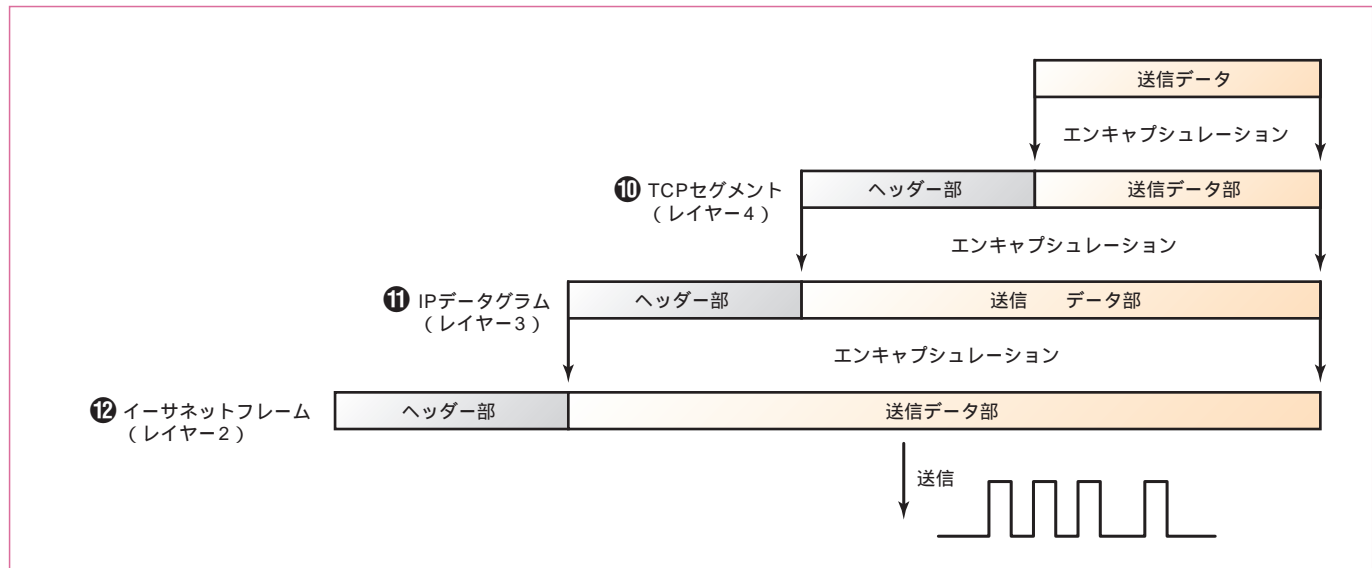


図4 各レイヤーでのエンキャプシュレーション(カプセル化)



が出現しても、すぐにインターネットで利用できるようになる。前述のモジュール化の本領が発揮され、IP プロトコル自身に手を加える必要はない。

### ③ エンドツーエンド通信の例

ここで、図5に、コンピュータC1からC3までのエンドツーエンド通信の例を示す。ルーターやコンピュータは、回線を接続するインターフェイスごとにIPアドレスをもっている。転送元のコンピュータC1は、転送先のコンピュータC3に割り当てられたIPアドレスを転送先アドレスとしてIPデータグラムに埋め込む。そして、エンキャプシュレーション後に回線に送り出して隣接するルーターR1に渡す。ルーターR1には複数のリンク(この場合3つ)が接続されている。あるリンクからフレームを受信すると、その中のIPデータグラムを取り出し、その転送先IPアドレスをもとに、次に渡すべき隣接したコンピュータあるいはルーターを決定する。ここでは、ルーターR3である。そして、そこへ接続されているリンク固有のフレームにIPデータグラムをエンキャプシュレーションし転送する。このようにいくつものルーターによって中継されたIPデータグラムは、最終的に転送先のコンピュータC3に到着する。

注意しなければならないのは、ルーターには、ネットワークレイヤー(レイヤー3)までしか実装されていないことである。実際には、ルーター自身の管理のために、トランスポートレイヤー(レイヤー4)から上も実装されているのであるが、これらは、ルーターにおけるIPデータグラムの中継に関与しない。

## 〔4〕レイヤー4：トランスポートレイヤー

### ① パケットの再転送で誤り回復

トランスポートレイヤーの役割は、パソコンやサーバー間のように通信を行う2つのコンピュータ間に誤りのない通信路を提供することである。このトランスポートレイヤーの packets は「セグメント」と呼ばれる。セグメントは、下位のIPプロトコルが提供するエンドツーエンドの通信機能を使って相手まで送られる。ただし、IPプロトコルは転送中に誤りが発生しても回復を行わない。そこで、トランスポートレイヤーにあるTCP(Transmission Control Protocol)では、受信側でセグメントを受信したときには、それを送信側に通知する。これを応答確認と呼ぶ。ある時間以内に応答確認がなければ、送信側はパケットが転送中に失なわれたり誤りが発生したものと考えて、同一のパケットを再転送する。TCPは、このようにして誤りからの回復を行う。

### ② パーチャルサーキットの提供

同一のコンピュータ間に複数の独立したパーチャルサーキットを提供することもトランスポートレイヤーの役割だ(図6)。もし、パーチャルサーキットが1つしか提供されなければ、あるウェブサーバーを一度に1人しか利用できなかつたり、同じコンピュータを使用している別の人が同じウェブサーバーを同時に利用できないなどの不都合が発生する。そこで、各TCPのセグメントには、それぞれのパーチャルサーキットを区別する識別番号を入れて同時に複数のサーキットを提供でき

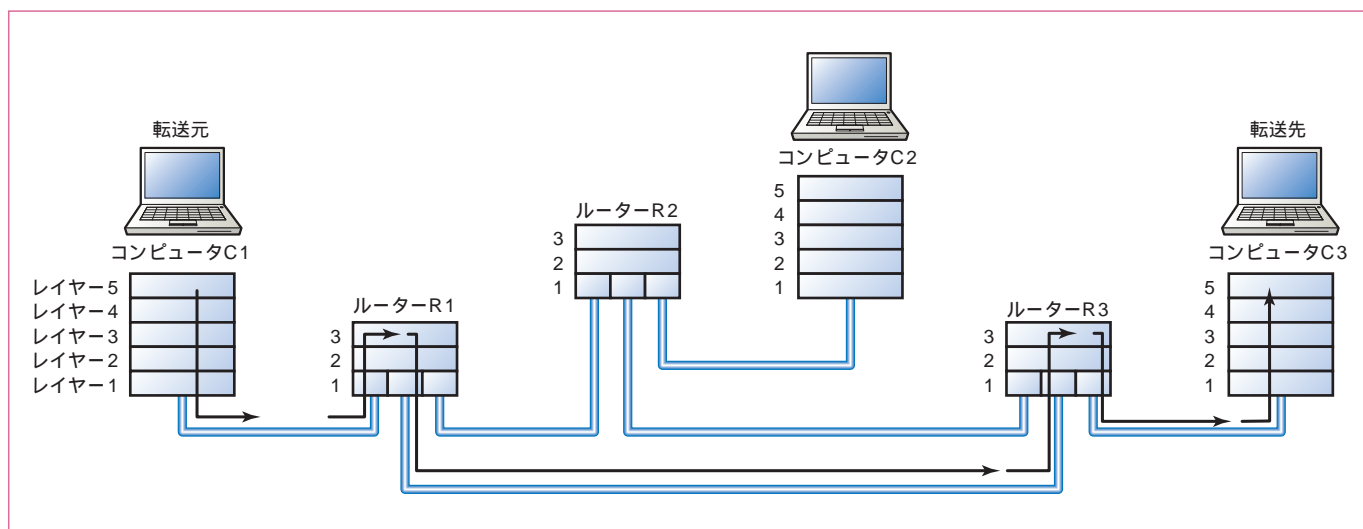


図5 エンドツーエンド通信の様子

るようにする。これをポート番号と呼ぶ。

### ③ フロー制御

3つ目のTCPの役割は、フロー制御である。送信側のTCPでは、受信側のコンピュータの負荷やインターネットの混み具合を観測し、受信側の処理に余裕がない場合やインターネットが混んでいる場合には、送るパケットの量を抑制する。このおかげで、無駄なパケットの転送が抑制される。というのは、ルーターやコンピュータでは、ネットワークが混雑するとIPパケットを捨ててしまうからだ。また、インターネットが過度に混雑することを防止することは、ネットワーク全体の効率を保つ上で非常に重要だ。過度な負荷は、結局パケットの破棄につながり、自分だけでなく、他のユーザーの通信速度まで劣化させてしまう。

なお、トランスポートレイヤーには、上記のTCPのほか、UDP(User Datagram Protocol)というのもある。これは、TCPと異なり、誤りからの回復を行わない。それを行うのは、UDPのサービスを利用する上位のアプリケーションレイヤーの役割である。逆に、誤りからの回復を行わないので、UDPのオーバーヘッドは非常に軽い。このため、音声や映像の配信にはUDPが使用される。

### [ 5 ] レイヤー 5 : アプリケーションレイヤー

アプリケーションレイヤーの役割は、これまで説明してきたトランスポートレイヤーが提供するサービスを利用し、利用者に特定のサービスを提供することである。その代表的なプロトコルが、ウェブブラウザの使用するHTTPである。ブラウザは、利

用者がURL、たとえば、http://www.impress.co.jpを指定すると、指定されたサーバーに対してHTTPで画面の要求を行う。これにサーバーは答えて、ブラウザに描画するテキストやグラフィックを送ってくる。

電子メールを転送するプロトコルSMTP(Simple Mail Transfer Protocol)もアプリケーションレイヤーのプロトコルである。HTTPもSMTPも下位のプロトコルとしてTCPを利用する。

一方、UDPを使用するアプリケーションレイヤーのプロトコルもある。たとえば、インターネット電話や映像を配信するためのRTPは、UDPを使用している。

本稿では、ネットワークレイヤーという概念を中心として、どのようにインターネットのプロトコル(通信手順)が設計されているのか、そして、どうしてさまざまなネットワークが接続できるのかを説明してきた。

インターネットはすでに電気や水道のようにインフラとして生活にかかせないものとなっている。この偉大な発明をした米国のビント・サーフ氏とロバート・カーン氏が2005年のチューリング賞を受賞した。

この賞は、英国の数学者アランチューリング氏にちなんで設けられたもので、コンピュータ分野のノーベル賞として有名である。次は、情報技術輸入大国であり、補助金大国である日本から、彼らのような独創的技術を開発した人物が出てくることを、期待したい。

オーバーヘッド: 本来の目的を実現するために必要な付加的処理のこと。

HTTP: HyperText Transfer Protocol、ハイパーテキスト転送プロトコル。ブラウザとサーバー間でデータを転送する際に使用するプロトコル。

SMTP: Simple Mail Transefer Protocol、メール転送プロトコル。

RTP: Real-time Transport Protocol、リアルタイム・データ転送プロトコル。

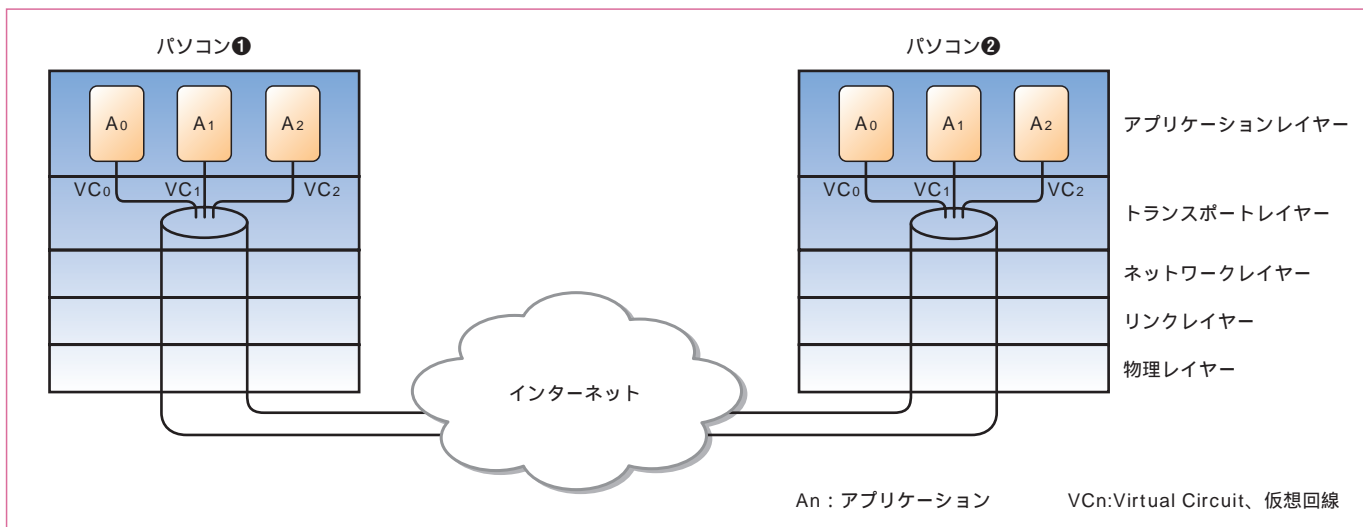


図6 パーチャルサーキット

# 電波でデジタルデータが送れる仕組み

中尾 亨、道方 孝志  
総務省 総合通信基盤局 電波部

ここでは、電波によってデジタルデータがどのように伝送されるかを、無線LANを中心に解説し、その実例として、無線LANによるIP携帯電話の仕組みを解説する。

## デジタル通信のメリット

### 〔1〕アナログ信号とデジタル信号

通信を行う場合、文字、音声、画像などの情報はアナログ信号かデジタル信号に変換されて伝送される。両者の違いは、アナログ信号が任意の値を自由にとりながら連続的に変化する波形で表される信号であるのに対し、デジタル信号は、「0」と

「1」のような一定の値だけをとりながら不連続に変化する波形で表される信号だということである（図1）。

デジタル信号は、あらゆる種類の情報を「0」と「1」の2種類の数値の羅列に置き換えることができ、また信号を加工したり、データ量の圧縮が容易であり、単純な信号波形で伝送されるためノイズなどの障害に強いなど、通信における多くのメリットをもっている。このため、パソコンや携帯電話など、多くの情報通信機器で扱われる情報はデジタル信号で処理されている。

### 〔2〕無線通信で重要な変調と復調

このようなデジタル信号を無線で相手に伝送する際には、伝送路に適した搬送波にデジタル信号

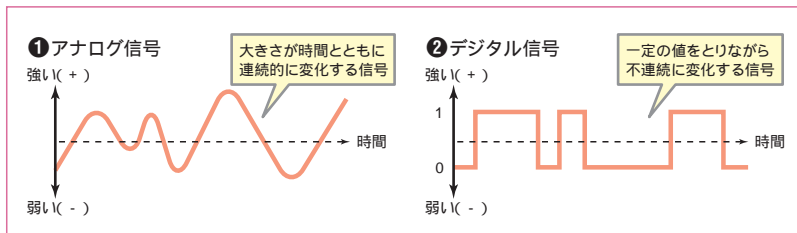


図1 アナログ信号とデジタル信号の違い

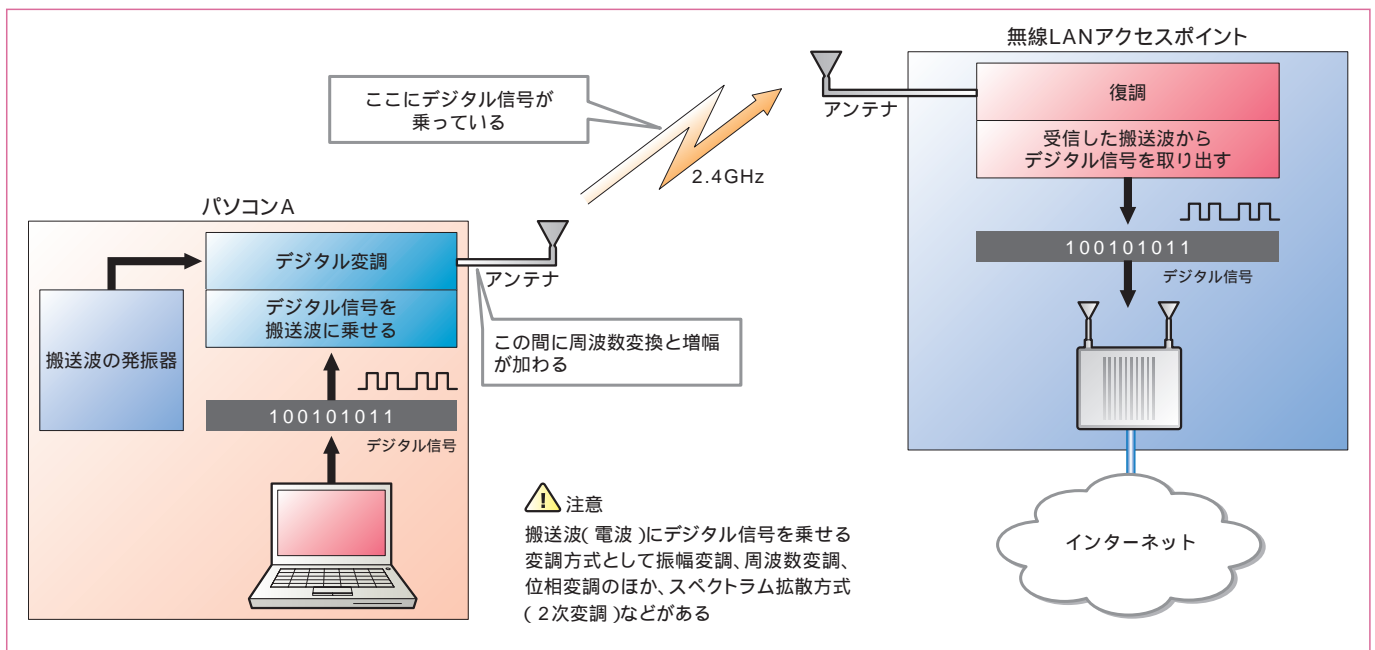


図2 無線通信における変調と復調の関係

(情報) を乗せて伝送路に送り出す仕組みが必要だ。この仕組みを「変調( Modulation )」と呼ぶ。特に、デジタル信号に関する仕組みを「デジタル変調」と区別して呼ぶことがある。

一方、受信側で、受信した搬送波から元の情報( デジタル信号 ) を取り出し復元する仕組みを復調( Demodulation ) と呼ぶ( 図2 )。ちなみに、変調と復調の双方の機能を持つ機器は、その合成語をもちいてモデム( MODEM ) と呼ばれている。

## 無線通信の基本的な仕組み

### [ 1 ] 電波とは

無線通信では、ADSL で使われる電話線( 銅線 ) や FTTH で使われる光ファイバなどに代わる情報の伝送媒体として、特定の周波数の電磁波( 電界と磁界を持つ波 ) である電波が使用される。電波は、光と同様に直進・反射・屈折などの「波」としての性質を持ち、周波数によってその性質を大きく変えるため、周波数特性に応じてさまざまな用途の無線通信に利用されている。

### [ 2 ] 電波にデジタル情報を乗せる

無線 LAN などの無線機の中には電波の発振器が内蔵されており、ここで電波のもととなる搬送波と呼ばれる高周波電流が作られる。搬送波は、伝送情報を変換したデジタル信号とともに変調器に送り込まれて合成され、情報に乗せた高周波電流が作り出される。これがデジタル変調であり、図3に示すように、波形や振幅が一定の波( 正弦波 ) である搬送波の振幅、周波数、位相を変化させることで、「0」もしくは「1」のデジタル信号に乗せることができる。なお、変調器で作られた高周波電流は、送信する周波数( 例 : 2.4GHz ) に変換され増幅されたうえでアンテナから電波として空間に送出される。

また、図3に示すように、基本的な変調方式としては、搬送波の振幅を変化させる振幅変調( AM )、搬送波の周波数( 振動数 ) を変化させる周波数変調( FM )、搬送波の位相を変化させる位相変調( PM ) の3つがある。

変調方式は、文字、音声、画像などのデータをどの程度忠実にまたは効率的に伝送するかなどの目的によって選択されるが、デジタル信号を電

波に乗せるデジタル変調の場合は、位相偏移変調( PSK ) や直交振幅変調( QAM ) など、位相変調をもとにした変調方式が多く使用されている。

### [ 3 ] 無線 LAN におけるスペクトラム拡散

無線通信を行う場合、他の電波との混信やノイズの影響を回避して安定した伝送品質を保ちながら、伝送する情報のセキュリティを確保する必要があるが、これらの要求条件を満たす変調方式の1つとして、スペクトラム拡散( Spread Spectrum ) 方式がある。

スペクトラム拡散とは、すでに変調を行い情報に乗せた搬送波の周波数成分の分布( スペクトラム ) を、さらに拡散して伝送する変調方式である。広い周波数帯幅を必要とするが、ノイズの影響を受けにくい、秘匿性が高い、同一周波数の多重利用が可能などのメリットがあり、無線 LAN の基本的な変調方式の1つとなっている。なお、搬送波に情報に乗せる変調を1次変調、その後のスペクトラム拡散を2次変調と呼ぶことがある。

スペクトラム拡散方式には、直接拡散( DS-SS )

搬送波 : アナログ信号やアナログ信号のせるための、持続する一定の振幅と周波数を持った波のこと。情報を運ぶ( Carry ) 波なのでキャリア Carrier ともいう。

MODEM : MOdulation + DEModulation の合成語、変復調装置。

周波数 : ある一定の時間中に現象などが反復されるときの数回をいい、単位はヘルツ( Hz ) で表す。たとえば、1秒間に50回反復するとき、周波数は50Hzであるという。波動現象においては、波の周波数( 振動数 ) は周期の逆数となる。

PSK : Phase Shift Keying、位相偏移変調

QAM : Quadrature Amplitude Modulation、直交振幅変調

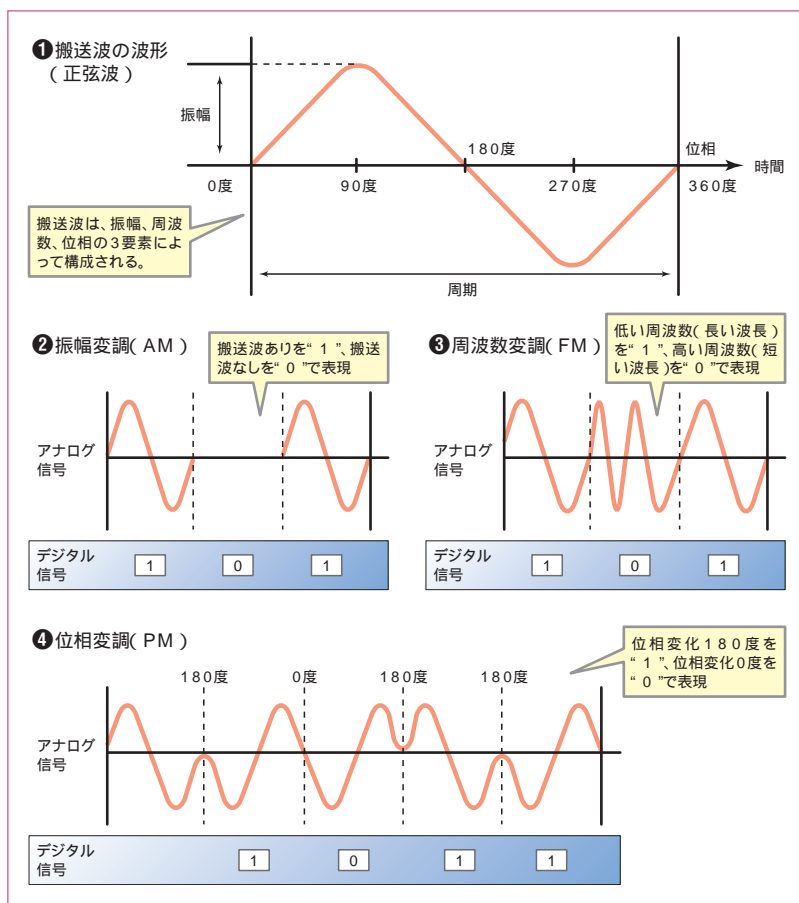


図3 電波にデジタル情報を乗せる変調の仕組み

DS-SS : Direct Sequence-Spread Spectrum、直接スペクトラム拡散方式

FH-SS : Frequency Hopping-Spread Spectrum、周波数ホッピング方式

IEEE : Institute of Electrical and Electronic Engineers、米国電気電子技術者学会。世界130カ国、32万人以上の会員を集めるエレクトロニクス関係で世界最大の学会。

Wi-Fiアライアンス : IEEEによって標準化された高速無線LAN規格のIEEE 802.11規格群を推進し、相互運用性を保証するための業界団体。なお、「Wi-Fi」はIEEE 802.11標準の無線LAN規格の愛称である。

IEEE 802委員会 : IEEEにおいて、LAN/MAN規格を審議している委員会の名称。

マルチパス : 電波が、複数(マルチ)の異なる伝搬経路(パス)を通過して相手に伝わる際に起きる自己電波干渉のこと。

方式と周波数ホッピング(FH-SS)方式という2つの方式があり、両者を混合したハイブリット方式もある。

## 無線LANの普及の背景と新しい技術動向

### 〔1〕無線LANが普及した背景

無線LANが急速に普及したのは、世界共通の周波数帯2.4GHz帯(2,400 ~ 2,483.5MHz)が、1999年(平成11年)に使用可能となったこと、IEEE 802.11で無線LAN規格が標準化されたこと、Wi-Fiアライアンスによる世界規模の相互接続性を保証する組織できたこと、製品の急速なコストダウンが図られたことなどが、ほぼ同時期に行われたためだ。

無線LANの使用形態としては、インターネット接続の回線引き込み口に親機(アクセスポイント)である無線ルーターを設置し、各部屋で子機となるパソコンが使用される1対多方向方式が主体であるが、図4に示すように、コーヒESHOPやホテルなどにおける公衆無線LANサービスも急激に増加している。

### 〔2〕無線LAN(802.11標準規格)の種類と新しい変調方式

次に、無線LANの規格として広く普及しているIEEE 802.11の標準規格の無線LANを簡単に説明しよう。

無線LANは、主に2.4GHz帯と5GHz帯の周波数帯を使用するものがあるが、現在は2.4GHz帯の802.11b/g標準が広く普及している。2.4GHz帯無線LANは、現在実質4チャンネルが使用可能であるが、無線LANのほか電子レンジ、医療機器などにも使用されているため、利用が制限される場合がある。

一方、5GHz帯の無線LANは、2002年(平成14年)からIEEE 802.11a準拠機器として販売されており、市場では数パーセントのシェアであったが、2004年(平成16年)以降は、2.4GHz帯との切り替え方式を中心に普及し始めている。

5GHz帯の無線LANは、2.4GHz帯の無線LANと異なり、4チャンネルが「無線LAN専用の周波数」として使用可能であるため、利用の制限が少なく、また、表1に示すように間もなく利用可能な周波数が現在の4チャンネルから8チャンネルへ増える予定となっている。このため、今後の無線LANは、5GHz帯を使用するものにシフトしていくと予想されている。

また、無線LANの変調方式は、これまで最大で11Mbpsの伝送速度を持つDS-SS方式が主流として使用されてきたが、最近では、より大きい伝送速度を持つOFDM方式が使用されるようになってきた。OFDM変調方式は、データ伝送効率が高く、さらにマルチパスによる影響にも強いため、地上デジタルテレビ放送などにも使用されており、今後のデジタルデータ伝送の主流となる変調方式である。

## 無線LANによるIP携帯電話の仕組み

以上、無線LANについて解説してきたが、次に、最近普及しはじめている無線LANによるIP携帯電話の仕組みを紹介しよう。

最近、家庭や企業などで、通信コストの安いIP電話が普及し始めているが、無線LANを利用して、無線LANの電波が届く範囲でIP電話をワイヤレス化して、企業内のIP携帯電話として利用され始めている。

IP携帯電話の基本的な仕組みは、図5のとおりである。携帯端末の送話器に入力された音声は、前述した方法でデジタル情報として信号化され、

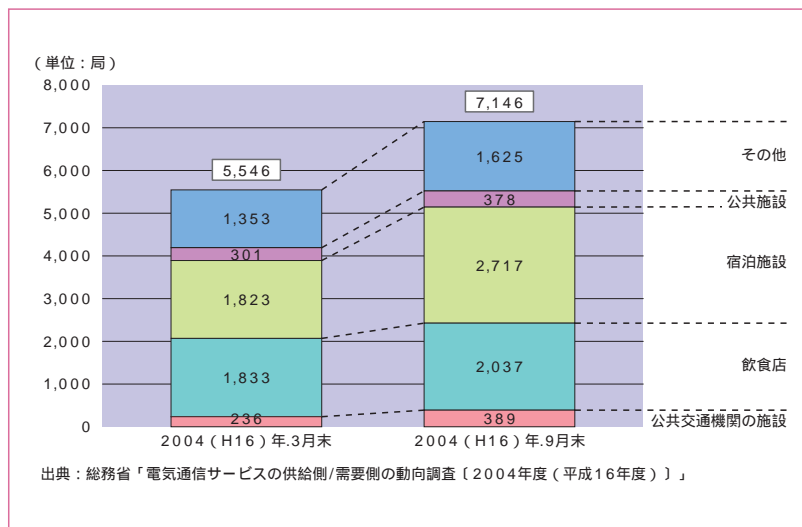


図4 公衆無線LANの設置数の推移

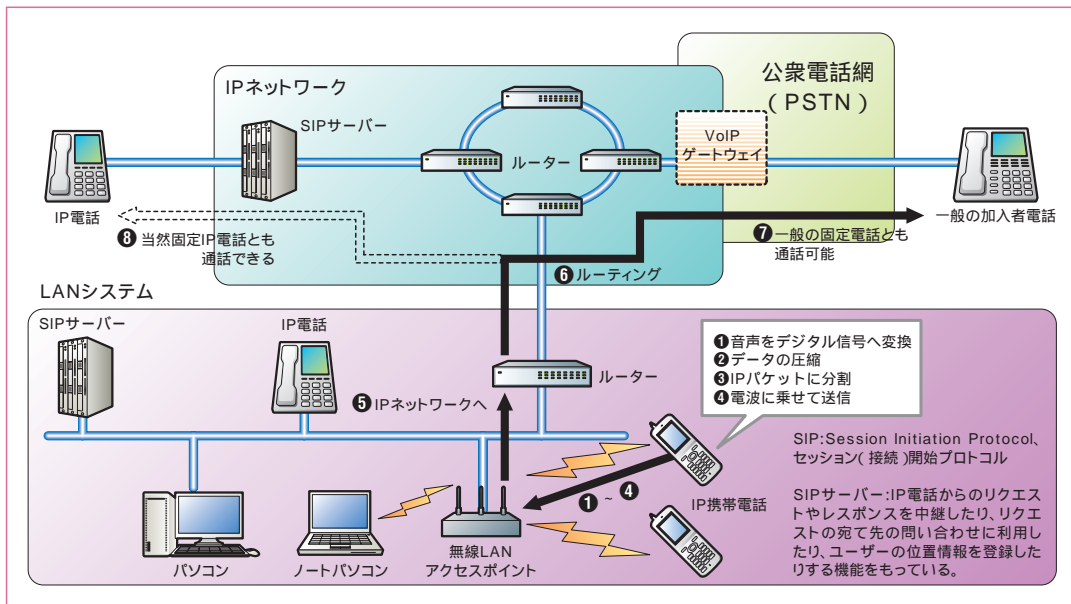


図5 IP携帯電話と一般加入者電話が通話する仕組み

圧縮化される(①、②)。次に、IPパケットに分割されたうえで電波に乗せられて送出され(③、④)、無線LANのアクセスポイントに到達する。その後は、伝送路に応じた信号に変換され、ルーターなどを経由してIPネットワークに送出される(⑤)。送出されたパケットは、IPネットワーク内のルーターを経由(ルーティング、⑥)して、相手方の電話機に到達する。なお、IPネットワークは、VoIPゲートウェイを介して公衆電話網とも接続されているので、IP電話同士だけでなく、一般の固定加入者電話間の通話を行うことも可能である(⑦、⑧)。

現在、IP携帯電話として市場に出ている製品は、建物内や敷地内での利用を想定したものが多く、通話できる範囲はおのずと限られている。しかし今後は、一部の店舗などに設置された公衆スポットの利用によって外出先でもIP携帯電話による通話が可能となるなど、使用できる範囲が拡大する予定であり、普及が進んでいくものと予想されている。

### 今後注目されるMIMO

現在、IEEE 802.11では、伝送速度が100Mbpsを超える802.11nという無線LANの標準規格の標準化が進められている。特に注目されている技術としてMIMO(マイモ)がある。これは、従来ま

で伝送の障害とみなされてきたマルチパスによる電波の干渉を、逆転の発想で利用しようという技術である(本誌2005年5月号70ページ参照)。

MIMOでは、送信側と受信側で複数のアンテナを用意する。送信側では、複数のアンテナから同じ周波数で異なるデータを伝送し、それを受信側でも複数のアンテナで受信する。

従来の技術であれば、お互いの電波が干渉し合い、正確な受信ができないが、MIMOでは、送受信アンテナの位置関係から、それぞれのアンテナに受信される電波の違いが生じ、それにより送信された電波を分離する。理論的には、データ伝送量を従来の2倍とすることが可能となる。

すでに、標準化を先取りして、802.11a/gの規格に対してMIMOを適用した無線LAN製品が登場している。

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplex、直交周波数分割多重。マルチパス環境でも伝送速度を高速化できる伝送方式。

マルチパス: 電波が、複数(マルチ)の異なる伝搬経路(パス)を通して相手に伝わる際に起きる電波の干渉のこと。

IP電話: IP(Internet Protocol)というプロトコルにより通信を行うIPネットワーク上で音声流す、VoIP(Voice over IP)という音声通信技術をもちいて通話する電話サービス。

パケット: 送信先のアドレスなどの情報を付加したデータの小さなまとまりのこと。

ルーター: ネットワーク上を流れるデータを他のネットワークに中継する機器で、公衆電話網における交換機に相当する。到達したデータをチェックし、最適な経路に振り分ける機能(ルーティング機能)を持つ。

ゲートウェイ: ネットワーク上で、プロトコルが異なるデータを相互に変換して通信を可能にする装置。

MIMO: Multiple Input Multiple Output、複数のアンテナで送信し、複数のアンテナで受信することによって、伝送速度を高速化する方式。

規格	802.11b	802.11g	802.11a
周波数帯	2.4GHz帯 (2400~2483.5MHz)	2.4GHz帯 (2400~2483.5MHz)	5GHz帯 <sup>1</sup> (5150~5350MHz)
チャンネル数	4ch	4ch	8ch <sup>2</sup>
データ伝送速度 (ベストエフォート)	11Mbps	54Mbps	54Mbps
変調方式	DS-SS	OFDM	OFDM

1 5250~5350MHzについては2005年(平成17年)5月以降の使用  
 2 5250~5350MHzを含めた場合のチャンネル数

表1 無線LANの種類

# 距離別に理解する無線ネットワーク規格

阪田 史郎

千葉大学大学院 教授

高速化してきた無線ネットワーク「ワイヤレスブロードバンド」への関心が急速に高まっている。

ここでは、無線ネットワークを通信距離別に分類し、それらの最新技術を解説する。

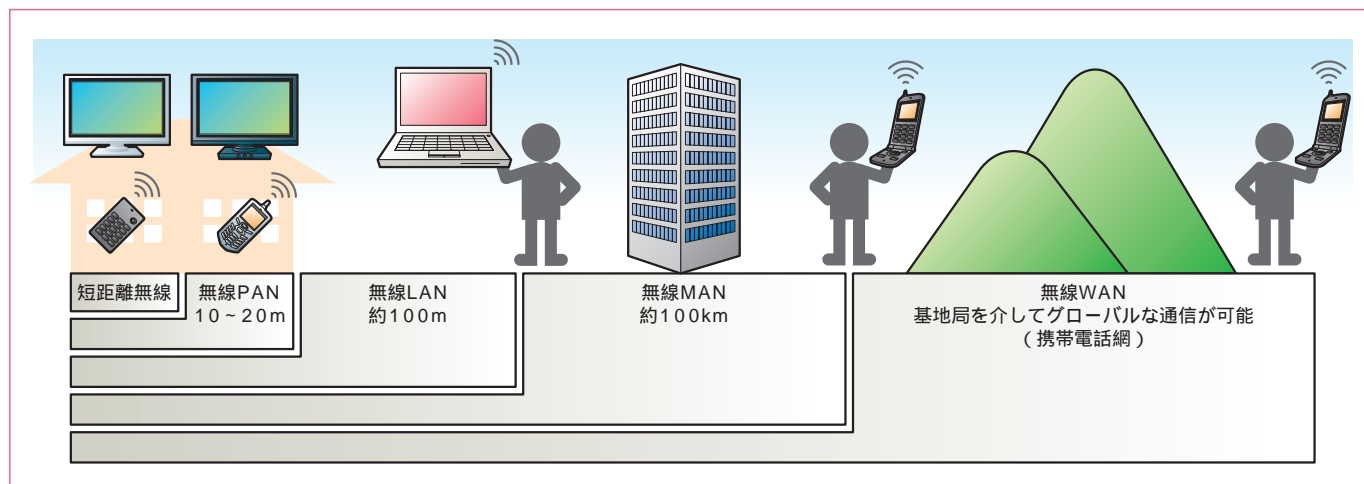


図1 通信距離から見たネットワークの位置づけ

WAN : Wide Area Network、広域通信網。

MAN : Metropolitan Area Network、都市域通信網。

LAN : Local Area Network、構内通信網。

PAN : Personal Area Network、パーソナル通信網。

アドホックネットワーク：基地局を介さずに、通信しあいたいときに随意に(アドホックに)端末同士がピアツーピア通信を行えるネットワーク。

## 無線ネットワークの距離による分類

無線ネットワークは、その通信距離に応じて図1に示すように全国をカバーする広域網「無線WAN」、数百km四方をカバーする「無線MAN」、従来有線では構内網と呼ばれてきた「無線LAN」、人間1人が自分の直接的な活動を行う範囲といわれる数十m四方をカバーする「無線PAN」、さらにそれ以下の「短距離無線」に分けることができる。表1に、各ネットワークの位置づけと主なネットワークを示す。

無線PANと短距離無線とは、通信距離だけでは分けにくいので、ここではIEEE802.15委員会で標準化の議論が進展しているネットワークを無線PAN、それ以外の数十m範囲内の通信が可能なネットワークを短距離無線と呼ぶ。

ユビキタスシステム環境において重要な役割を果たす、アドホックネットワークやセンサーネット

ワークなどの無線ネットワーク、今後無線が主体となる家庭を対象としたホームネットワーク/情報家電ネットワークなどは、通信距離で分けた分類ではないが、通信距離との対応では、無線LAN～短距離無線に位置づけられる。

2005年現在、広く普及している無線ネットワークは無線WAN(携帯電話)と無線LANであるが、今後各種の新しい短距離無線(DSRC、NFCなど)、無線PAN(UWB、ZigBee)、無線MAN(WiMAX)が続々と実用化されようとしている。

## 通信距離別にみる各無線ネットワーク

### 〔1〕短距離無線

① 微弱無線と特定小電力無線：これらは、1970年代から主に業務用短距離無線として、商品タグなどに広く利用されてきた。通信速度、通信距離

についてはそれぞれ、微弱無線(無線局免許が不要な微弱電波の無線局)では2kbpsで30m、特定小電力無線(トランシーバーなどで使われている無線)では2.4kbpsで30~300mである。

② DSRC : ITS(高度道路交通システム)におけるETC(有料道路における自動料金徴収)で使用されている専用狭域通信である。日本では5.8GHz帯をもちい、通信速度は1Mbpsないし4Mbps、通信距離は数十~数百mである。

③ NFC : 2003年にソニーとフィリップスがISOに提案し規格化されたフェリカ(FeliCa)の技術を利用した非接触ICカードの標準である。JR東日本のSuica、JR西日本のICOCAなどで利用されている。13.56MHzの周波数帯を利用し、通信距離は半径10cm(双方向通信)、通信速度は106~424kbpsである。

④ 赤外線(IrDA) : 1990年代半ばに標準化が進展したが、遮蔽物があると通信できないためリモコンなどの利用に限定されている。通信速度は最大4Mbpsである。

⑤ RF-ID : 1970年代から研究がなされ、1980年代には国内においても工場内での部品管理の自動化ツールとして活用されてきた。2001年以降ユビキタスネットワーク技術の代名詞として急速に

注目を集めるようになった。農作物、家畜、食品、衣料、家具、薬品、書籍、文房具など一般の店頭と並ぶさまざまな商品のタグ(非接触センサー)として急速に実用化が進んでいる。RF-IDの周波数別の特性を表2に示す。

国際的には、米国MITのAuto IDセンターでの研究を経てEPC(Electronic Product Code)グローバルとして標準化された。国内では、ユビキタスネットワーク研究所によりユビキタスIDが提案されている。

[2]無線PAN

IEEE 802.15において、Bluetooth(802.15.1)、UWB(802.15.3a)、ZigBee(802.15.4)の3種類のネットワークについて標準化が行われている。

① Bluetooth : 1999年にBluetooth SIG(Special Interest Group)が発足し、検討を開始した。2.4GHz帯、周波数ホッピング - 周波数拡散(FH-SS)、接続ノード数が最大8(2005年に最大256に拡張予定)、データと音声の通信に絞った無線PANである。通信速度は2.1Mbps(2004年11月の第2版から。現在の速度の3倍)、通信距離は10m(2006年に100mへ拡張予定)となっている。

② UWB(Ultra Wide Band) : 2002年に

センサーネットワーク: いろいろなセンサー群で構成される無線のアドホックネットワークを通信基盤として、多様な情報を発信するネットワーク。

DSRC : Dedicated Short Range Communication、専用狭域通信。

ITS : Intelligent Transport System、高度道路交通システム。

ETC : Electronic Toll Collection、有料道路における自動料金徴収。

NFC : Near Field Communication、近距離無線通信技術。

IrDA : Infrared Data Association、赤外線を使用して近距離のデータ通信仕様を策定する組織。

RFID : Radio Frequency Identification、小さな無線チップで、人やモノなどを識別したり管理する技術。

ネットワーク	標準化組織	例	備考(周波数帯、消費電力、用途、標準化時期など)
短距離無線	通信方式ごとに個別 (特定小電力無線はARIB-STD-T67、センサー間のデバイスインターフェイスはIEEE 1451.2)	特定小電力無線、微弱無線、DSRC、NFC、赤外線(IrDA)、RF-ID	IEEE 802.15標準以外の短距離通信ネットワーク
無線PAN (10~20m)	IEEE 802.15	Bluetooth (IEEE 802.15.1) UWB (IEEE 802.15.3a) ZigBee (IEEE 802.15.4)	2.4GHz、120mW/4.2mW、2004.11 (V2.0) 3.1-10.6GHz、100mW以下、USB2.0の無線版を、標準化中(2005.5予定) 2.4GHz/868MHz/915MHz、60mW以下、ホームオートメーション、センサー制御、2003
無線LAN (約100m)	IEEE 802.11	IEEE 802.11a IEEE 802.11b IEEE 802.11g IEEE 802.11n	5GHz、1999.9 2.4GHz、1999.9 2.4GHz、2003.5 2.4GHz/5GHz標準化中(2007予定)
無線MAN (約100km)	IEEE 802.16 (BWA) IEEE 802.20 (MBWA、高速移動体対応)	802.16、802.16-2004、802.16e Flash-OFDM、iBurst	802.16eは標準化中(2005.9予定) 標準化中
無線WAN (全国)	3GPP、3GPP2	第2世代(PDC、GSMなど) 第3世代(W-CDMA、CDMA2000) 第3.5世代(HSDPA、EV-DO/EV-DV)	現在は第2世代と第3世代が利用されている。 2010年から第4世代開始予定。

センサーネットワーク  
アドホックネットワーク

表1 通信距離から区分した無線ネットワーク



FCC : Federal Communication Commission、米国連邦通信委員会。

USB : Universal Serial Bus、最大480Mbpsを実現する短距離通信規格。

ETSI-BRAN : European Telecommunications Standards Institute-Broadband Radio Access Network、欧州の電気通信規格協会のなかに設けられた広帯域の無線アクセス・ネットワークのプロジェクト。

MAC : Media Access Control、媒体アクセス制御。送信信号をどのようなタイミングで媒体(無線の場合は空中)へ送出するかの制御。

FCCが民間に開放した米軍のレーダ技術をもとにした高速PANである。パソコンの周辺機器を接続するワイヤレスUSB(標準化時期:2005年5月)、AV機器間での高速映像通信によるホームシアター、屋外の高速ホットスポットサービス(音楽や映像コンテンツの高速ダウンロードなど)、車車間通信による衝突防止などの応用が期待されているが、使用する周波数帯が、気象天文、第4世代携帯電話(4G)、デジタル放送、リモートセンシング、地球探査衛星などと一部重なるため、国内では屋外での利用のめどが立っていない。

③ ZigBee : ホームオートメーション、ファクトリオートメーション用の省電力通信インターフェイスとして2000頃より検討されてきたが、低消費電力に加え、条件のよい環境では最大75mの通信が可能、接続できるノード(センサーなど)の数が65535、最大250kbpsの通信速度をもつ、メッシュネットワーク(網の目状のネットワーク)構成が可能などの利点によって、2003年以降センサーネットワークとしての実用可能性が浮上し、急速に注目を集めている(詳細は本誌2005年4月号p70参照)。

### [3]無線LAN

1990年代初頭に、米国のIEEE 802.11(以下802.11と表記)とヨーロッパのETSI-BRANにおいて標準化が開始された。1999年に802.11bと802.11aが標準化されているが、その後の急速な普及によって、802.11の無線LANが事実上の国際標準になっている。データ通信向けの無線通信の基盤として、無線LANの物理層およびMAC層の仕様は、無線PANや無線MANにも影響を与

えている。

インフラ(物理層の規格)としては、すでにIEEE 802.11b、a、gが実用化されているが、100Mbps以上の高速版であるIEEE 802.11nが2007年に標準化される予定であり、2008年の実用化めざして研究が進められている。

### [4]無線MAN

無線MANは、1990年代に米国を中心に研究が進められたFWA(固定無線アクセス)を起源とし、2002年以降、IEEE 802.16(以降802.16と表記)とIEEE 802.20において新しい標準化の検討が活発化している。

802.16(WiMAX)における検討はBWA(ブロードバンド無線アクセス)と呼ばれ、現在最も注目を集めている標準だ。802.16(WiMAX)ファミリーとして、見通しが可能な環境のLOS(Line Of Site)を対象とした802.16、見通しができない環境のNLOS(Non-LOS)を対象とした802.16-2004、IEEE 802.16-2004に時速約120km/h程度の自動車の移動通信を含めたIEEE 802.16eがある。802.16の通信速度は最大135Mbps、使用する無線周波数は10~66GHz、通信距離は3~5km(セル半径)である。802.16-2004の通信速度は最大75Mbps(20MHz幅)、11GHz以下、通信距離は10km以下であり、アンテナの高さや送信出力によって最大50km程度までの通信が可能である。802.16eの通信速度は120km/hの移動時に最大75Mbps(条件の悪い場合は5MHz幅の運用時に15Mbps)、6GHz以下、通信距離は2~3km(セル半径)である。

また、IEEE 802.20での検討はMBWA(モバ

	135kHz未満	13.56MHz	2.45GHz	UHF (900MHz付近の帯域)
通信方式	電磁誘導	電磁誘導	電波	電波
通信距離	~1m	~1m	~2m	~7m
指向性	広い	広い	狭い	狭い

表2 RF-IDの周波数別特性

イルブロードバンド無線アクセス)と呼ばれ時速250km/hまでの高速鉄道(新幹線など)を対象とした移動通信の規格で、最大1Mbpsを目指している。

[5]無線WAN

携帯電話網は、2001年の日本におけるW-CDMAのサービス開始により、第3世代(IMT-2000)に突入した。第4世代では、100Mbps以上の通信速度を目指し、2010年のサービス開始に向けて研究開発が進められている。

第3世代と第4世代の間を埋める第3.5世代の高速パケット通信に関しては、第3世代でW-CDMAを採用した3GPPが推進するHSDPA(High-Speed Downlink Packet Access)と、第3世代でCDMA2000を採用した3GPP2が推進するEV-DO(データ専用)/EV-DV(データと音声)があり、2005年~2006初頭頃までに当面3Mbps~4Mbps程度の通信速度によるサービスが開始される予定である。

無線ネットワークの今後の動向

全体的な動向としては、携帯電話の普及とそれに続く無線LANの定着を経て、携帯電話網と無線LANでは埋め尽くせない短距離無線、無線PAN、無線MAN(WiMAX)が2007年頃には出揃う。このうち短距離無線と無線PANは、センサーとも結びついてユビキタスネットワークの主役として今後ますます進化していく。無線MAN(WiMAX)は、携帯電話網と無線LANの間に挟まれながら、高速移動に対応する制御機能を次

世代の第4世代携帯電話網(4G)との共存へ発展する可能性がある。

今後各無線ネットワークは、図2に示すように、おのおのの通信特性を活かして適切にすみ分けながら、相互に連携して利用されていく。無線ネットワークの技術は、今後ブロードバンド化、ネットワーク間の相互連携(802.21)、ユビキタス化、の3つを主軸として進展していくことになる。

ブロードバンドについては、2010年には距離に関係なく100Mbpsのワイヤレスブロードバンド時代へと突入することが予想される。

ネットワーク間の相互連携については、すでに携帯電話網(3G)と無線LANの両方の通信インタフェースを搭載したデュアルモードの端末の利用が開始されている。また、一つの端末を持って無線LAN間を移動しても、高速ハンドオーバー(802.11r)によって高品質ストリームを切れ目なく受信できるようになり、802.21では無線LAN、PAN、MANの異なる無線ネットワーク間、さらにEthernetなどの有線ネットワークを含めた連携の検討が開始されている。

ユビキタス化については、アドホックネットワークの構成、センサーの收容、移動制御が主要な機能である。アドホックネットワークの構成については、無線LANにおけるメッシュネットワーク802.11sの検討とそのIETFのMANET WGとの連携、センサーの收容については、ZigBeeに加えUWBを利用した高速版のセンサーネットワーク(802.15.4a)の研究、移動制御については、端末モビリティを実現するモバイルIPに対し、ネットワークモビリティを実現するNEMO(Network Mobility)の標準化などが主要な課題となる。

W-CDMA : Wideband-Code Division Multiple Access.

IMT-2000 : International Mobile Telecommunications-2000.

3GPP : Third Generation Partnership Project, W-CDMA関連の標準化組織。

3GPP2 : Third Generation Partnership Project 2, CDMA2000関連の標準化組織。

HSDPA : High-Speed Downlink Packet Access, W-CDMAの3.5世代規格。

EV-DO/EV-DV : Evolution-Data and Voice/Evolution-Data Optimized, CDMA2000の3.5世代規格。

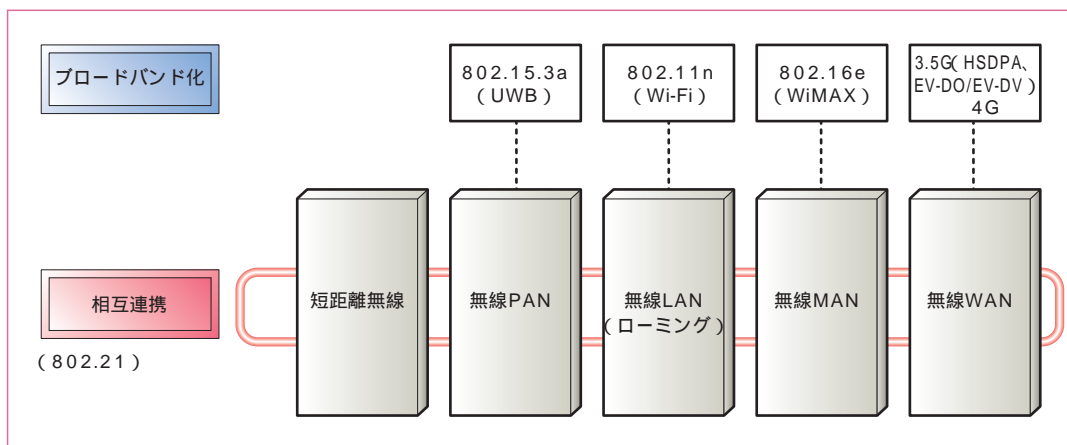


図2 無線ネットワークの相互の連携

# 速度別に理解するネットワーク規格

阪田 史郎  
千葉大学大学院 教授

ブロードバンド加入者数は約1800万人に達し(総務省2004年9月末)最近では100MbpsのFTTHの伸びも著しい。ここでは、通信速度に焦点を当てて各ネットワーク規格の特徴について解説する。

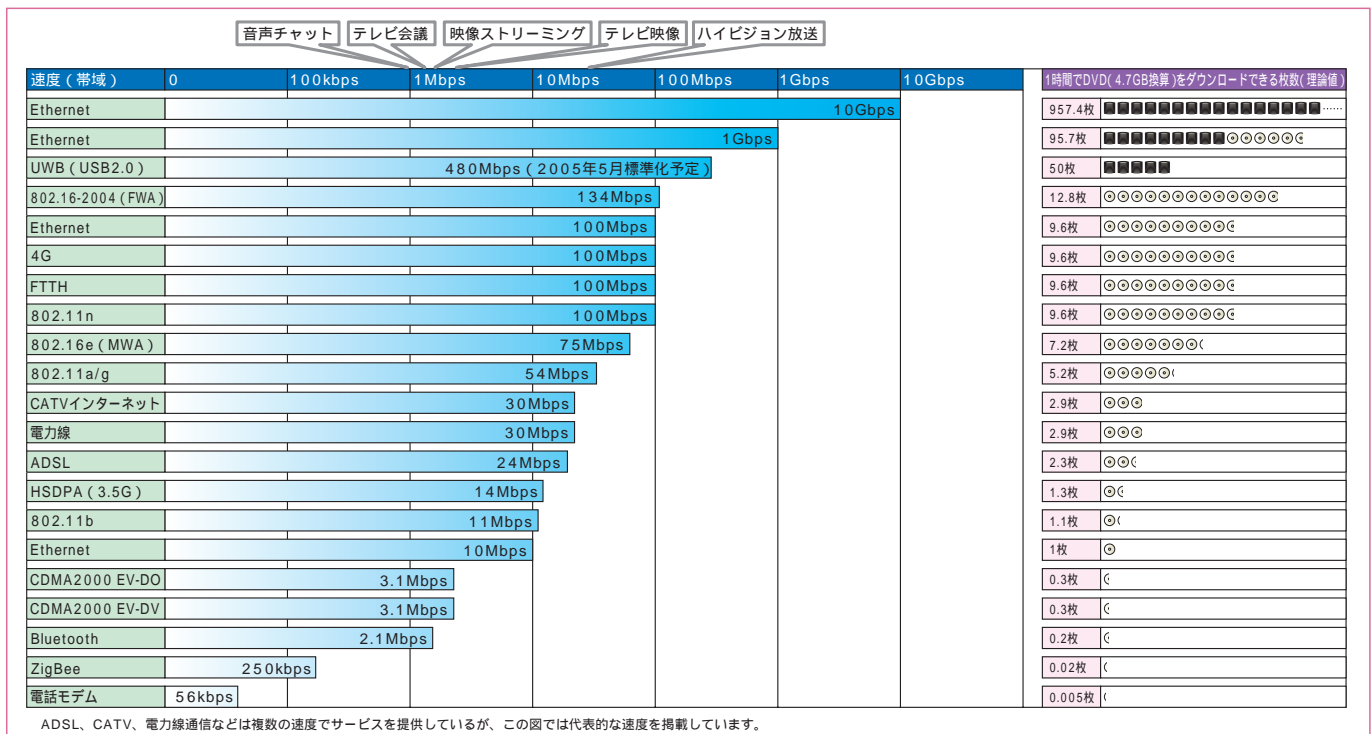


図1 主なブロードバンドアクセス回線の速度(帯域)/アプリケーション/ダウンロード時間

ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line、非対称型デジタル加入者回線。

## 通信速度によるネットワークの分類

前述したインターネットへの接続回線(アクセス回線)であるxDSL、CATVインターネット、FTTHは一般にブロードバンド(広帯域)ネットワークと呼ばれ、これに対し、それまで主流であったアナログ電話回線(モデムを利用)やISDNはナローバンド(狭帯域)ネットワークと呼ばれる。ブロードバンドとナローバンドの明確な境界は規定されていないが、一般には1Mbps辺りが両者の境界の通信速度とされている。

図1に、主なブロードバンドアクセス回線の速度と利用可能なアプリケーション、ダウンロードに

要する時間の比較を示す。

通信速度は2005年3月現在のサービスを基本としており、いずれも今後の技術開発により高速化される可能性がある。また、各ネットワークともベストエフォートな通信であり、特に数十~数百の加入者で共有される場合、各加入者レベルで常に最大通信速度が保証されるわけではない。

## 各ブロードバンド回線の特徴(表1)

[1]xDSL

既存の電話回線を利用し、電話で使用している周波数よりも高い周波数の信号を重ねて使用す

ることによって高速通信を行う技術をDSLと呼ぶ。その代表はADSLで、一般家庭に普及している9割以上はADSLである。ADSLは、下り(50Mbps)と上り(3Mbps)にもちいる周波数帯幅が異なり、下りのほうが速いという非対称の特性をもつ。新たに必要となるのは、電話音声の電気信号とデータ伝送の電気信号を分離するスプリッタと、アナログ信号とデジタル信号の間の変換を行うADSLモデムのみである。ADSLの他に、最大速度を抑える代わりに、上りと下りを同一速度にするSDSL、上りと下りが同じ速度でデータ伝送に特化したHDSL、伝送距離を短くする代わりにより高速な通信を行うVDSLなどがある。

[ 2 ] CATV インターネット

ケーブル(CATV)放送の利用者に、ケーブルテレビの設備をそのまま利用して高速な(最大30Mbps)インターネット接続サービスを提供する。CATVインターネットの利用者が新たに必要とするのは、テレビ番組用の信号とインターネット通信の信号を分離する分配器と、コンピュータのデジタルデータとケーブルテレビ信号の間の変換を行うケーブルモデムのみである。

[ 3 ] FTTH

FTTH(現在100Mbpsが主)のサービスを利用するには、その地域にすでに光ファイバ・ケーブルが敷設され、その上で利用者の宅内に光ファイバ・ケーブルを引込む必要がある。さらに、宅内にFTTHで使用される光信号と銅線で使われる電気信号の間の変換を行う回線終端装置(メ

ディアコンバータ)を設置する必要がある。

[ 4 ] 高速電力線通信(PLC)

電力線、すなわちAC100Vの電線を伝送ケーブルとして利用する。利用者は電気の引込み線(電線)で電力会社に接続し、電力会社がインターネットに接続する。現在、2006年からの実サービスを目指して実証実験中で、速度はADSLとほぼ同程度の最大30Mbpsとされている。

[ 5 ] LAN(Ethernet)

家庭で使われる有線のEthernetは10~100Mbps、オフィスでは1~10Gbpsが主流になりつつある。

[ 6 ] ワイヤレス(無線)ブロードバンド

現在、携帯電話網は第3世代で数百kbpsが上限であるが、2005年末から2006年にかけてサービスが予定されている3.5世代(HSDPA、EV-DO/EV-DV)では3Mbps程度の通信が可能(HSDPAは最大14Mbps)になり、2010年にサービスの開始が予定されている第4世代では、100Mbpsが目標とされている。無線LANは現在IEEE 802.11a/gによる54Mbpsが最大速度であるが、この802.11a/gにMIMO技術などを適用して、108Mbpsの無線LANも登場している。さらに2008年の実用化を目指して実効100Mbps以上のIEEE 802.11nの標準化が活発化している。

一方、2005年9月を目指してWiMAXのIEEE 802.16eが標準化され、2005年~2006年にかけてサービスが開始される予定となっている。

SDSL : Symmetric Digital Subscriber Line、対称型デジタル加入者回線。

HDSL : High-Bit-Rate Digital Subscriber Line、高速デジタル加入者回線。

VDSL : Very High-Bit Rate Digital Subscriber Line、超高速デジタル加入者回線。

FTTH : Fiber To The Home、光ファイバを家庭まで敷設する加入者回線。

PLC : Power Line Communication、高速電力線通信。

HSDPA : High Speed Downlink Packet Access、第3世代(3G)方式「W-CDMA」のデータ通信を高速化した規格で、3.5Gともいわれる。伝送速度は3.6Mbps~14Mbps。

MIMO : Multiple Input Multiple Output、複数のアンテナをもちいて複数入力し、複数出力して高速化する技術。

WiMAX : Worldwide Interoperability for Microwave Access、無線MANともいわれるアクセス方式でIEEE 802.16標準の規格を使用。

xDSL	<ul style="list-style-type: none"> <li>・固定電話の回線(銅線ケーブル)を用いる</li> <li>・ADSLが最も普及し、他にSDSL、HDSL、VDSLなどの種類がある</li> </ul>
FTTH	<ul style="list-style-type: none"> <li>・光ファイバーを用いる最も高速なネットワーク</li> <li>・利用者宅まで光ファイバケーブルを敷設する必要がある</li> </ul>
CATVインターネット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ケーブルテレビ放送用のケーブルを利用する</li> </ul>
電力線(PLC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電線を伝送ケーブルとして利用する</li> </ul>
LAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オフィス向けの高速度Ethernetが主体</li> </ul>
高速無線アクセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無線の高い周波数帯を利用する</li> <li>・当面WAN(携帯電話網)や無線LANが主体だが、2006年以降、無線MANや無線PANも出現して多様化する</li> </ul>

表1 ブロードバンドネットワークの特徴

# シーン別に理解する動作の仕組み

## パソコンでウェブを見る

宇都宮 努

ネットワークシステムズ 応用技術本部 第二技術部

ウェブサイトの情報は、どのような仕組みでパソコン画面に表示されるのか。

ここでは、ウェブサイトからどのような仕組みで情報を得て、パソコン画面に表示されるのかを解説する。

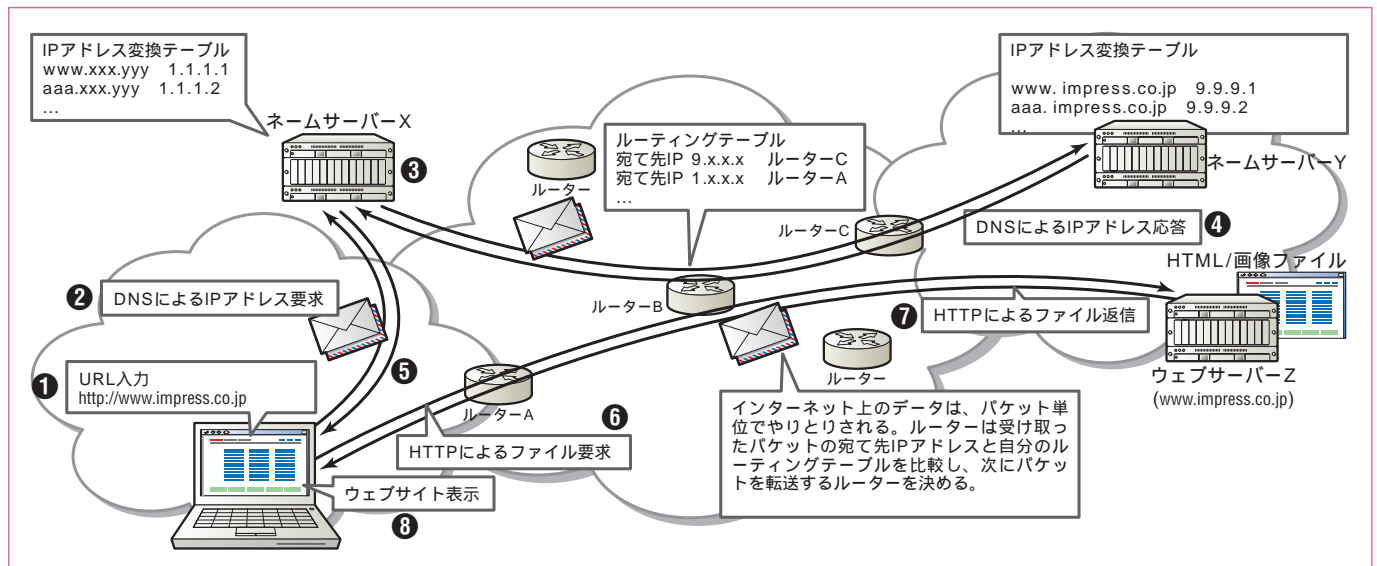


図1 パソコンにウェブサイトの画面が表示される仕組み

URL : Uniform Resource Locators、インターネット上に存在する情報の場所を特定できるようにするための記述様式。URLは、例：  
http://www.impress.co.jp/というURLは、インターネット上のウェブ情報を取得するためにhttpというプロトコルを使用して、www.impress.co.jpというウェブサーバーZの「/」という情報(リソース)を取得することを意味する。

プロトコル: ネットワーク上の機器が情報をやりとりする際のとりきめ(通信規約ともいう)

### 第1の仕組み： URLの入力と解析

まず、ネットサーフィンでウェブサイトへのアクセスはURLの入力から始まる。

日常的に行われているように、URLの入力はブラウザのアドレスバーに手動で入力することもある。閲覧先の広告や検索エンジンの検索結果をクリックすることによって行われる場合もある。入力されたURLを解析したブラウザは、「どのようなプロトコル」で「どこのサーバー」に接続し、「どの情報を取得」するかを理解する。

たとえば、図1-①に設定されたURLを解析すると、ブラウザはHTTPを使用して、www.impress.co.jpというウェブサーバーZに接続し、「/」という情報を取得しようとしていること

がわかる。URLの解析を終了したブラウザは、その後、ウェブサーバーZにHTTPで接続する。

### 第2の仕組み： DNSによるIPアドレスの解決

次に、DNSによって、ウェブサーバー名のIPアドレスを探し出す。これは、ユーザーから見えない仕組みであるが、なぜ、このようなことが必要なのかを簡単に説明しておこう。

DNS(Domain Name System)とは、ドメイン名解決システムと訳される。たとえば、あるパソコンが「www.impress.co.jp」という名前を持つウェブサーバーZ(ホスト)に接続し、通信するためには、ウェブサーバーのIPアドレスを知る必要がある。なぜなら、インターネットではすべての通信

を、IP アドレスを基本に行っているからだ。

DNS の役割は、このウェブサーバー名 ( www.impress.co.jp ) に対応した IP アドレス ( 「9.9.9.1」 ) をインターネット上から見つけ出し、パソコンに知らせる仕組みのことである。

IP アドレスとは、インターネット上のパソコンやルーターなどに付けられたアドレスのことで、これらの機器が情報交換を行うために必要とする固有のアドレス情報である ( ホスト名を住所に例えると IP アドレスは住所に対応した電話番号のようなものである )。

前述したように、ウェブサーバー名を IP アドレスに変換する処理には DNS が使用されるが、この DNS のアドレス変換に使用される変換データベースは、図 1 に示すように、インターネット上に点在するネームサーバー ( X、Y など ) によって管理されている。パソコンは、DNS を使用してネームサーバーに問い合わせ、ウェブサーバー名の IP アドレスを確認することになる。

図 1 の例で、DNS の仕組みを見てみよう。

まず、パソコンは URL を入力する ( 図 1-① ) と、自分のパソコンに設定されているプロバイダーのネームサーバー X 宛てにアドレス解決の問い合わせを送信する ( 図 1-② )。

ここで、問い合わせを受け取ったプロバイダーのネームサーバー X がウェブサーバー Z のアドレス解決ができない場合は、他のネームサーバー Y に問い合わせる ( 図 1-③ )。

ウェブサーバー Z のアドレス情報を持つネームサーバー Y は、ウェブサーバー Z の IP アドレスをネームサーバー X へ送信する ( 図 1-④ )。プロバイダーのネームサーバー X が受け取った IP アドレスはパソコンに返信され、パソコンはウェブサーバー名とともに対応する IP アドレスを手に入れる ( 図 1-⑤ )。

### 第 3 の仕組み： HTTP による HTML ファイルの取得

次に、取得した IP アドレス宛てに、HTTP で接続し HTML ファイルを取得する。

パソコンは、DNS によって解決された ( 発見し、取得した ) ウェブサーバー Z ( www.impress.co.jp ) の IP アドレス宛てに HTTP で接続し、その後、

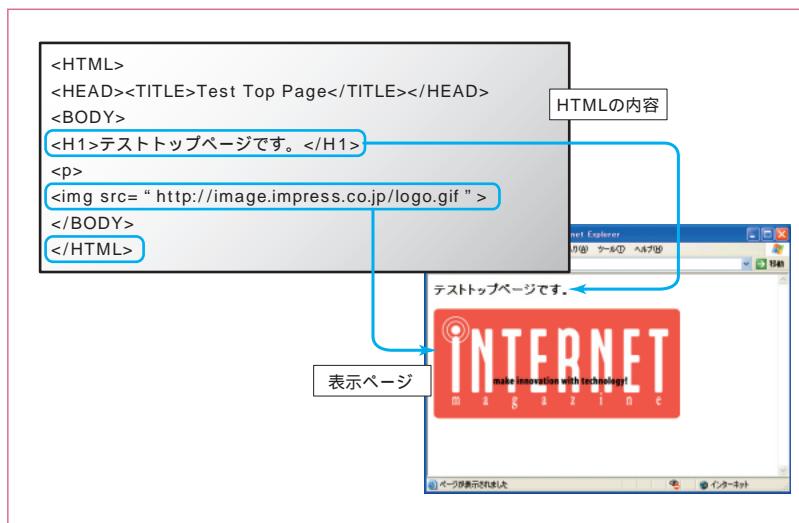


図 2 トップページの HTML 内容と表示結果

URL で指定されたウェブサイトのトップページとなる HTML ファイル ( 「 / 」 は HTML ファイルではないが、ウェブサーバー Z 側でトップページの HTML ファイルが要求されているものと理解し応答する ) を要求する ( 図 1-⑥ )。要求を受けたウェブサーバー Z は、該当する HTML ファイルをパソコンに返信する ( 図 1-⑦ )。

### 第 4 の仕組み： HTML ファイルの解析と表示

ブラウザは、取得した HTML ファイルを解析しパソコンの画面に表示する ( 図 1-⑧ )。

通常、ウェブサイトは、複数の HTML ファイルや画像データで構成されている ( 図 2 )。パソコンが取得したトップページの HTML ファイルには、その他の HTML ファイルや画像データの URL やファイルパスが記述されている。ブラウザが取得したトップページの HTML が図 2 のような記述内容であった場合、解析したブラウザは、ウェブサイトを表示するために必要なファイル ( http://image.impress.co.jp/logo.gif ) が存在することを知らず。

ブラウザは URL を解析し、同様の手順 ( IP アドレスの解決、HTTP によるファイルの取得 ) を繰り返す。この作業がすべてのファイルを取得するまで繰り返される。取得したファイル ( 今回の場合は画像データ ) は表示画面に組み込まれ、ウェブサイトの画面 ( ページ ) が完成する。

HTTP : HyperText Transfer Protocol、ホームページのダウンロードやアップロードに使う通信の仕組み ( プロトコル )。具体的には、ブラウザとサーバー間で通信する場合に使用されるプロトコル。

ホスト : 一般に、インターネット上に接続され IP アドレスを持つパソコンやウェブサーバー、ルーターなどを「ホスト」と呼ぶ。

IP アドレス : Internet Protocol アドレス。インターネット上の機器はそれぞれ固有のアドレス ( 他の機器と重ならない ) を持つ。

DNS : Domain Name System、ホスト名と IP アドレスの検索・変換に関する仕組み。

パケット : インターネット通信で使用される、伝送するデータの基本単位。ネットワーク上の通信は小包を目的地に届ける郵便配達に例えられることも多い。

HTML : HyperText Mark-up Language、ホームページ作成用の言語。

# シーン別に理解する動作の仕組み

## ケータイで通話する / メールを送る

仲田 和彦

日本エリクソン コアネットワーク技術部ソリューションマネージャー

ここでは、日ごろポケットやバッグに入れ、便利に使っている携帯電話が、どのような仕組みで音声通話や電子メールができるようになっているのか、その特徴を挙げながら解説する。

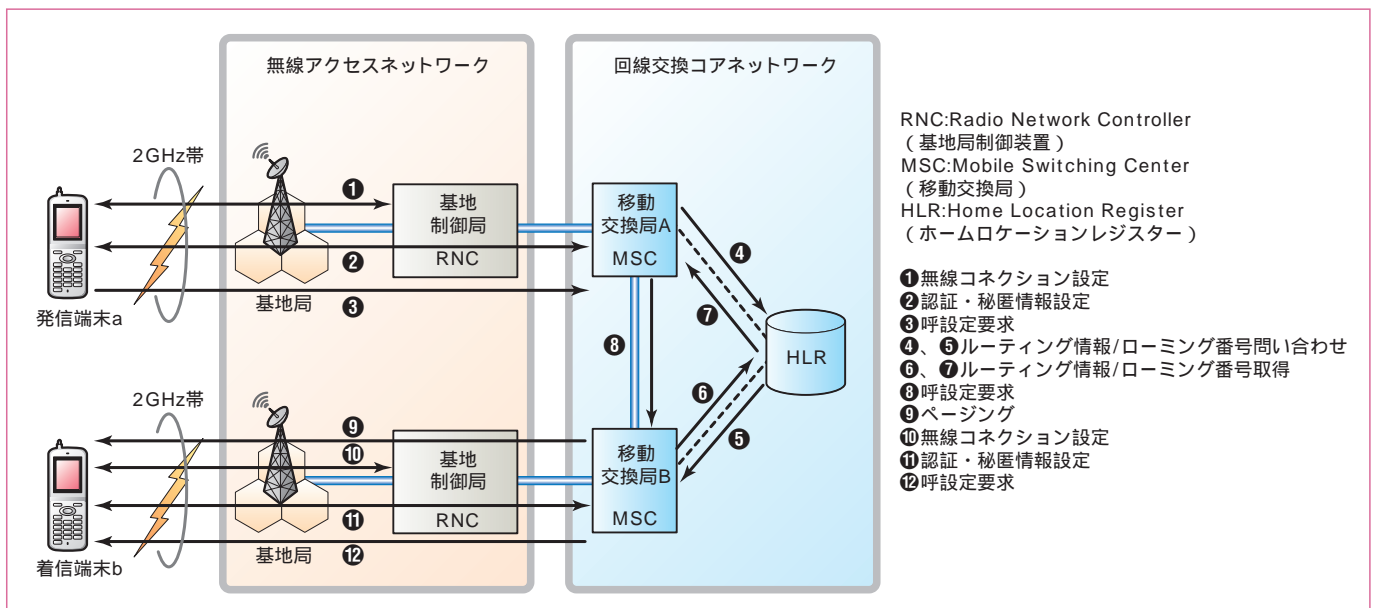


図1 携帯電話のつながる仕組み(回線交換サービス)

### 携帯電話ネットワークの特徴

現在、NTTドコモ、KDDI、ボーダフォンなどから800MHz帯や2GHz帯などの周波数帯を使用しサービスされている携帯電話は、従来の固定電話と異なり、次のような2つの特徴を持っている。

- (1)ワイヤレス: 無線アクセスであること
- (2)モビリティ: どこにいても、また動きながらも通信が可能であること

この2つの特徴的な機能を実現するために、携帯電話サービスは固定電話のネットワークとは異なる独自のネットワークによって実現されているが、これを携帯電話ネットワークと呼ぶ。

この携帯電話ネットワークは、基本的にワイヤレ

ス(無線)機能を実現し、ユーザーに近い「無線アクセスネットワーク」と、モビリティ(移動)機能を実現する中核的な「コアネットワーク」から構成されている。この無線アクセスネットワークは、ユーザーからの電波を処理する基地局と、複数の基地局を制御する基地局制御装置から構成される。一方、コアネットワークは、通話やテレビ電話のような音声サービスを実現するための回線交換コアネットワーク(図1)と、電子メールやウェブアクセスのようなパケットサービスを実現するパケット交換コアネットワークから構成されている(図2)。

次に、NTTドコモやボーダフォンで採用されている第3世代のW-CDMA方式を例にして、携帯による通話や電子メールの仕組みを解説する。

## 携帯電話のつながる仕組み

これから相手と携帯で電話しようとしてケータイの通話ボタンを押すと、まず発信端末 a は、3G に割り当てられている 2GHz 帯の電波を利用して、ケータイ電話事業者の基地局に対して電波を送る。すると、無線アクセスネットワークは、まず発信端末 a との間で無線コネクション( 接続 ) の設定 ① を行う。次に、ユーザー( 発信端末 a ) が不正なユーザーでないかどうかを認証し、第三者に盗聴されないように秘匿情報の設定などのセキュリティ機能 ② が働いた後、通話ができるようにするための「呼設定要求( 回線接続要求 )」③ が回線交換コアネットワークへと送られる。

この回線交換コアネットワークは、音声通信を接続する移動交換局( MSC ) と、ユーザーの契約情報や位置情報を管理しているホームロケーションレジスタ( HLR ) で構成されている。発信側にある移動交換局 A は、HLR を介して着信側の移動交換局 B とやり取りをして、着信側の移動交換局 B へとルーティングするための情報を取得し( ④ ~ ⑦ )、音声通信を行うための接続 ⑧ を行う。

着信側の移動交換局 B は、ページング ⑨ といういわゆる一斉通報呼び出し( どの端末向けかという情報を含む ) を行い、応答した着信端末 b との間で発信側と同様な着信処理( ⑩ ~ ⑫ ) を行う。

固定電話ネットワークの場合は、単純に回線経

路が接続されていくのに対し、携帯電話ネットワークでは、ワイヤレス特有のセキュリティー処理や、モビリティ( 移動体 ) 特有のルーティング情報の取得処理が行われることが特徴となっている。

## 電子メールやウェブにつながる仕組み

次に、図 2 に、電子メールやウェブなどのパケットサービスのつながる手順を示す。

パケット通信の場合も音声通信と同様に、まず発信端末と基地局の間に無線コネクション( 無線接続 ) を設定 ① し、加入者の認証、秘匿情報の設定などのセキュリティ手順 ② を行うが、電子メールやウェブアクセスなどの IP アプリケーションサーバーとの通信 ④ を行う前に、モビリティのためのセッション( 接続 ) 情報を各装置( SGSN、GGSN ) に設定する手順 ③ が行われること、これがインターネットにおける IP 通信と大きく異なる点である。この各装置に設定されるセッション情報には、モビリティに必要なルーティング情報や QoS( サービス品質 ) 情報などが含まれている。

このセッション情報の設定には、携帯電話独自の IP プロトコルをサポートする必要があるため、パケット交換コアネットワークには、SGSN や GGSN などの特別な装置が必要になってくる。

MSC : Mobile Switching Center、移動交換局。

HLR : Home Location Register、ホームロケーションレジスタ。

SGSN : Serving GPRS Support Node、パケットアクセス制御ノード。無線アクセスネットワークとの接続や加入者の認証などを行う装置。

GGSN : Gateway GPRS Support Node、パケットゲートウェイノード。外部の IP ネットワークとのゲートウェイ( 相互接続装置 )。

GPRS : General Packet Radio Service、W-CDMA/GSM ネットワークのパケット交換サービスを提供する標準技術。

IMS : IP Multimedia Subsystem、IP マルチメディアサブシステム。

SIP : Session Initiation Protocol、セッション開始プロトコル( 呼制御プロトコルともいわれる )。

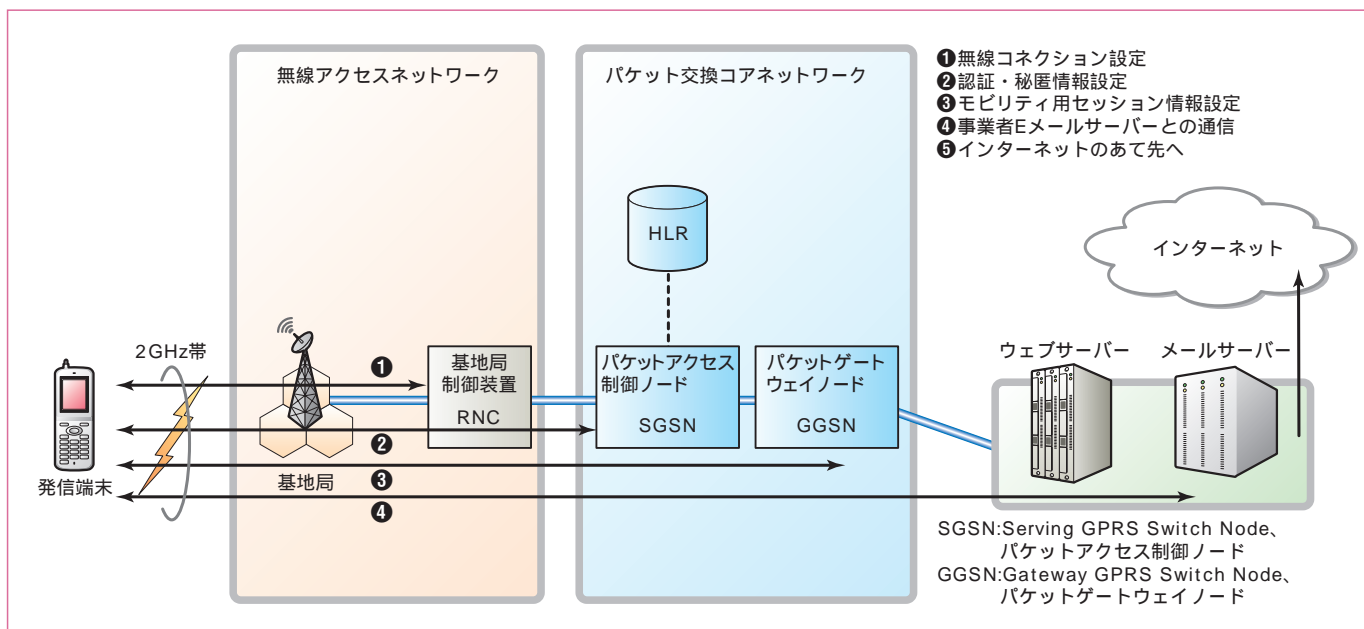


図 2 携帯電話でメール/ウェブにつながる仕組み(パケット交換サービス)



# シーン別に理解する動作の仕組み

## IP電話で通話する

小山 雅也

ネットワンシステムズ 応用技術本部 第五技術部

ここでは、ブロードバンド時代のキー・アプリケーションの1つとして急速に普及し始めているIP電話について、既存の電話との仕組みの違いと使われている技術について解説する。

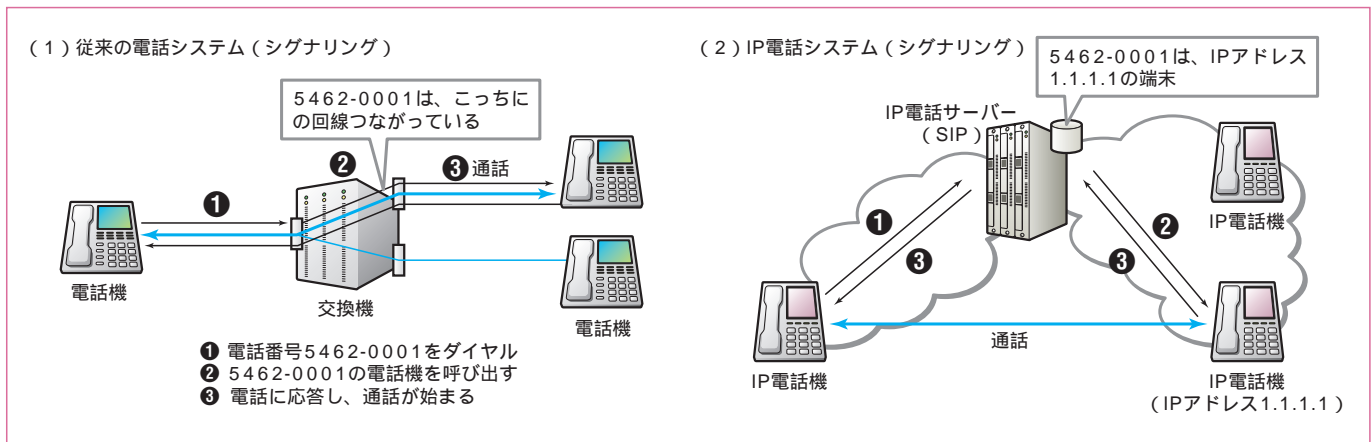


図1 従来の電話システムとIP電話の基本的な仕組みの違い

IP: Internet Protocol, インターネットプロトコル。インターネット上で、音声や映像なども含むさまざまな情報をやり取りするための中心的なプロトコル(通信手順)。

交換: 電話をする際に、相手と接続したり、切断したりすることを「交換」という。この交換を行うために回線の切り替えを行う装置が必要であるが、これを交換機という。「切り替える」ことを英語でスイッチというため、電話交換機を単にスイッチという場合もある。

### IP電話とは

通信料金が安い、プロバイダーによっては会員に無料サービスしている、さらにブロードバンドの普及を背景に音声品質も改善されてきたところから、2004年以降、IP電話の利用者が急増し始めている。

このように、市場を拡大しているIP電話とは、名前のとおりIP網上で音声通話を行うサービスのことを指す。しかし、IP網にもさまざまな形態があり、大きく、オープンなもの、クローズドなものに分けることができる。

全世界の人が共用するインターネットはオープンなIP網であり、通信事業者が企業向けに提供しているIP網は、一定の通信品質が保証されているクローズドなIP網である。このため一般的には、前者のIP網を使用する場合をインターネット電話、後者の場合をIP電話と区別して使用することが多い。

### 既存の電話網の仕組み

ここで、IP電話の仕組みを説明する前に、既存の電話網の仕組みについて簡単に説明しておこう。

既存の電話網は、回線交換という方式が用いられている。回線交換方式とは、電話で通話している間は、電話機間の回線(通信路)を確保する、つまり通話中はその回線が独占的に使用される状態となり、通話が終了すると、その回線を解放する方式である。その交換作業を行う機器は交換機と呼ばれている。

この交換機は基本的に、家庭(加入者)から電話線を束ねて集めている加入者線交換機(ユーザーの近くの通信事業者内に設置)、加入者線交換機間を結ぶ中継交換機(例:東京都と千葉県を結ぶ交換機)、他の通信事業者との接続する交換機、の3つに分類されている。加入者線交換機では、自身に接続されている電話回線と電話番号と

の対応表を持っているため、受信した電話番号を見て、自身の担当範囲の地域に接続されている電話番号か、それ以外かを調べ、中継交換機に渡すかどうかの判断を行っている。このように中継交換機は、加入者線交換機間の仲介役として動作している。

電話がつながるまでは、大きく分けて、電話をかける(ダイヤルする)、相手の電話機を呼出す、相手が応答する、の3つのやり取りが行われている。このやり取りは、通常、シグナリングと呼ばれている(図1)。

## 普及し始めたIP電話の仕組み

IP電話網も、基本的には従来の電話網と同じ仕組みといえる。電話網では、回線交換によって音声通話を実現しているが、IP電話では、IP(パケット交換)網で音声通話を実現する。また、IP電話の場合は、IP電話サーバーがIP電話端末(電話機、ソフトフォン)のIPアドレスと電話番号の対応表を持っており、IP電話端末間の通話ができるように、橋渡しの役割を果たしている。

## IP電話の技術は?

IP電話の技術を理解するには、IP電話の基礎となっているVoIP(Voice over IP)について理解することが重要である。VoIPとは、インターネットプロトコル(IP)を使って、音声を送ったり、受信したりする仕組みのことだ。前述した電話網と同じように、VoIPにおいても、IP網上で電話がつながるまでのやり取り、すなわちシグナリングプロトコルが取り決められている。ここでは、標準化され一般的に普及している代表的なシグナリングプロトコルであるH.323、SIP(Session Initiation

Protocol、接続開始プロトコル)について説明する。

### [1] H.323

H.323とは、1996年11月に、ITU-Tがパケット網上でマルチメディア通信の実現を標準化した最初のVoIPプロトコルである。H.323は、複数プロトコルを総称した名称であり、電話網のシグナリング(ISDNのQ.931)をもとに考えられているプロトコルである。3、4年前までは、VoIPの標準として使用されていた技術である。

### [2] SIP

SIPは1999年3月、IETFがインターネット上でマルチメディア通信の実現を標準化したプロトコルである(RFC 2543)。他のプロトコルとは違い、セッション(通信の接続)の開始・確立・切断のみを定義し、既存のプロトコルを利用することでマルチメディア通信を実現している。そのため、IP網との親和性が最も高いプロトコルであり、H.323に取って代わり現在の主流となっている。2002年6月にSIP第2版であるRFC 3261が発行され、現在、IP電話システム(無線IP電話端末も含む)に広く使用されている。

## 音声をデジタル化するコーデック

VoIPのもう1つの重要な技術としては、音声をIP網に伝送する技術がある。まず、音声をIP網で流せるようにパケット化する前に、音声のアナログ信号をデジタル信号に変換している。この信号の変換を行う機器は、コーデック(CODEC)と呼ばれる。その後、音声をパケット化し、リアルタイム通信用のプロトコルとして、UDPの上位に位置するRTPを使用し、IP網で音声を含むリアルタイム通信を実現している。

加入者線交換機: ユーザーの近くの通信事業者の建物内に設置されている。

中継交換機: たとえば、東京都と千葉県を結ぶ交換機のこと。

シグナリング: 通信を行う前に、相手と通信路を設定したり、あるいは終了したら切断したりするための手順のこと。呼び御あるいは信号手順ともいわれる。

パケット交換: 前述した回線交換方式と異なり、通信を行う場合に相手との接続を確立しない(占有しない)で情報(IPパケット)を送る方式(身近な例では、電子メールがわかりやすい)。情報を送っていないときは、他の人がその回線利用できるので通信回線を効率よく利用できる。

ソフトフォン: パソコンにインストールし、IP電話を実現するソフト

ITU-T: International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector、国際電気通信連合の電気通信標準化部門

IETF: Internet Engineering Task Force、インターネット技術標準化委員会。

RTP: Real-time Transport Protocol、音声や映像などのマルチメディアをリアルタイムに送受信する場合に使用されるプロトコル。

## Skype(スカイプ)

本文で解説したVoIP以外の仕組みでも、IP電話を実現することは可能である。最近注目されているSkype(スカイプ。詳細は本誌2005年3月号参照)がその典型的な例である。Skypeは、前述したH.323やSIPのようなクライアント・サーバー型のVoIPのシグナリングプロトコルを使用せず、P2P(ピアツーピア)型の技術を利用した新しいIP電話サービスとして話題となり、多くの人に利用されている。Skypeが話題となった背景は、電話の面から見れば、今までのインターネット電話サービスと比べ格段に音質が良いことがあげられる。また、P2Pであるためユーザー数に応じた設備の投資も必要ない点も、新しいIP電話サービスのモデルといえる。

# シーン別に理解する動作の仕組み

## 音楽 / 映像配信サービスを利用する

大澤 能丈 井上 直也

ネットワンシステムズ 応用技術本部 第五技術部

ここでは、デジタル携帯音楽プレーヤーの普及で注目を集める音楽配信と、FTTHサービスのコンテンツとして注目される映像配信の基本的な仕組みについて解説する。

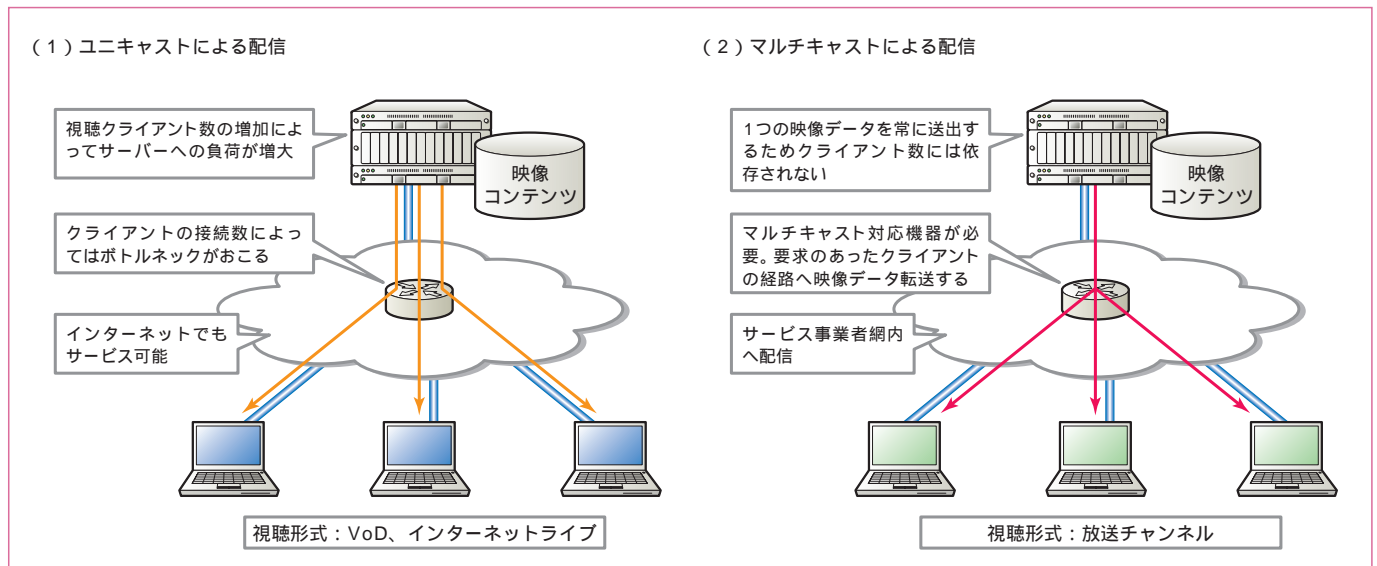


図1 映像配信:ユニキャスト配信とマルチキャスト配信の比較

DRM: Digital Rights Management、デジタルコンテンツの著作権を保護する技術。コンテンツを暗号化・流通させ、別経路で入手するライセンスによって復号化し、再生を可能とする。実装はさまざまな種類があり、広くはDVDで採用される暗号化方式CSSも含まれる。Apple社のFairPlay、Microsoft社のWindows-Media DRM、ソニー社のOpenMGなどがある。また、携帯電話に採用されている、OMA DRMもある。

### 音楽配信: iPodは1曲99セントだが.....

インターネットを利用した音楽配信というと、ファイル交換ソフトを利用し音楽ファイル(MP3など)を違法コピーするものなど、あまり良いイメージがなかった。

ところが、米アップルコンピュータが2003年に開始した「iTunes Music Store」では、提供楽曲数が100万曲を超え、1曲あたり99セントで購入できる。さらに、購入した楽曲はCD-Rへの書き込みができ、「iPod」への転送回数は無制限という、比較的ゆるいDRMを採用するなど、ユーザーの利便性を考慮したサービスが成功へ結びついている。

国内では、マイクロソフトの「MSNミュージック」

やレーベルゲート社の「Mora」などの音楽配信サービスが展開されている(脚注参照)。楽曲によって販売価格は変わるが、1曲あたり大体150円~300円弱程度で購入できる。ただし、サービス毎に提供可能な楽曲数は少なく、CD-Rへの書き込みは禁止、携帯音楽プレーヤーへの転送は3回までというような、DRMによる制限を設けているサービスが多い。

ユーザーの利便性を考慮して、最近では、CD-Rへの書き込みを許可するサービスが出てくるなど、音楽配信サービスが広く普及していく土壌ができつつある。

### 対応するDRM方式に注意

国内のサービスのほとんどが、音楽配信ファイ

ル形式として「ATRAC3」と「WMA」のどちらかを採用している。

また DRM は、それぞれ「ATRAC3」ではソニーの「OpenMG」を採用し、「WMA」ではマイクロソフトの「Windows Media DRM」を採用している。つまり、サービスによって DRM への対応が違って来るため、ユーザーは、利用したい音楽配信サービスから携帯音楽プレーヤーを選択するか、もしくは自分の持っている携帯音楽プレーヤーが対応する配信サービスを選択しなければならない。

## 音楽配信サービスの課題

今後の課題は、ユーザーの利便性と著作権保護とのバランスといえる。ユーザーにとって使いやすく魅力あるサービスを提供する一方で、ファイル交換による違法コピーなどに対しては、強く対抗していかなければいけない。

また、今後は携帯電話での音楽配信サービスも普及していくと見られるが、携帯電話上での DRM の組み込みなど技術的な課題も多い。携帯音楽プレーヤーや携帯電話など、ユーザーの多様な音楽の楽しみ方を実現する音楽配信サービスは、CD 購入やレンタルなどのような、これまでの音楽の楽しみ方に加わる新しいサービスとして定着していくと思われる。

## 映像配信はストリーミングが主流

一方、放送と通信の融合が注目される中で、ブロードバンドによる映像配信が注目されている。映像配信では、「ストリーミング」技術が広く使われている。

ストリーミングとは映像、音声データを蓄積せずに、受信しながら再生する方式だ。その際、端末上にはデータが保存されないため、受信開始と同時に再生が始まるため受信完了まで待つ必要がない、ハードディスクを使用しなくてすむ、データが保存されないため不正な2次利用を防止でき著作権が保護される、などのメリットがあげられる。

## ユニキャストか、マルチキャストか

また、映像配信は視聴形態やネットワーク環境によって、ユニキャスト方式で配信するか、マルチキャスト方式で配信するか、の2つに分かれる。VoDのように見たいときに視聴する形式、あるいはインターネットのような誰もが利用できるネットワーク上で配信する場合は、ユニキャストで配信される。

これはクライアントとサーバーが1対1で通信する形式であるため、クライアント数が増えるほどサーバーとネットワークへの負荷がかかるという点に、注意が必要である。

一方、サービス事業者網内に限定した放送のように、決められた時間に多数の視聴者に配信する場合はマルチキャストによる配信が有効である。マルチキャストは1対多の通信形式であり、クライアント数が増えてもサーバーへの負荷は変わらない利点がある。ただし、配信経路のネットワーク機器がマルチキャスト配信に対応している必要がある。

## 映像データの 圧縮とトリプルプレイサービス

映像配信は、使用するデータ量が多いためデータを圧縮して配信を行っている。さまざまな種類の動画圧縮技術が利用されているが、現在広く MPEG-2 やマイクロソフトの Windows Media Video が使われている。圧縮技術も年々進歩しており、H.264/AVC のような高画像圧縮技術も登場している。

また、現在、ブロードバンドサービスにおいて、「トリプルプレイサービス(3大サービス)」が注目されているが、この3つサービスのうち「高速ネット接続」と「IP電話」はすでに普及段階に入っており、現在、サービス事業者は「映像配信」の普及に向けての展開が活発化している。

今後の「映像配信」の普及の鍵を握るのはコンテンツであり、よりユーザーを引き付けるコンテンツを配信できるかが重要である。そのためには、著作権問題、放送番組との差別化、そして収益性の高いビジネスモデルを明確にする必要がある。

国内で開始されている音楽配信サービス:

MSN ミュージック  
(<http://music.msn.co.jp/>)や  
Mora(<http://mora.jp/>)のほか OnGen  
(<http://www.ongen.net/>)や  
@ミュージック  
(<http://atmusic.avexnet.or.jp/>)  
オリコン・ミュージック・ダウンロード  
(<http://www.oricondd.com/>)  
Yahoo!ミュージックダウンロード  
(<http://music.yahoo.co.jp/download/>)などがある。

ATRAC3 : Adaptive Transform Acoustic Coding 3、ソニーが開発した音声圧縮技術。圧縮後のデータ量は、CD並みの音質で1/10程度になるとされている。最大で1/20程度まで圧縮可能。

WMA : Windows Media Audio、Microsoftが開発した音声圧縮方式。CD並みの音質で約1/22まで圧縮することが可能。

OpenMG : ソニーが開発したデジタルコンテンツ著作権管理・保護・配信技術。Hi-MDフォーマットや、コピーコントロールCDのレーベルゲートCD2方式にも採用されている。

# シーン別に理解する動作の仕組み

## ピアツーピア(P2P)の仕組み

内藤 正規

ネットワンシステムズ 応用技術本部 第一技術部

ここでは、従来の「クライアントサーバー」モデルとはまったく異なったネットワークモデルとして注目される「P2P」(ピアツーピア)の技術的な特徴や可能性について解説する。

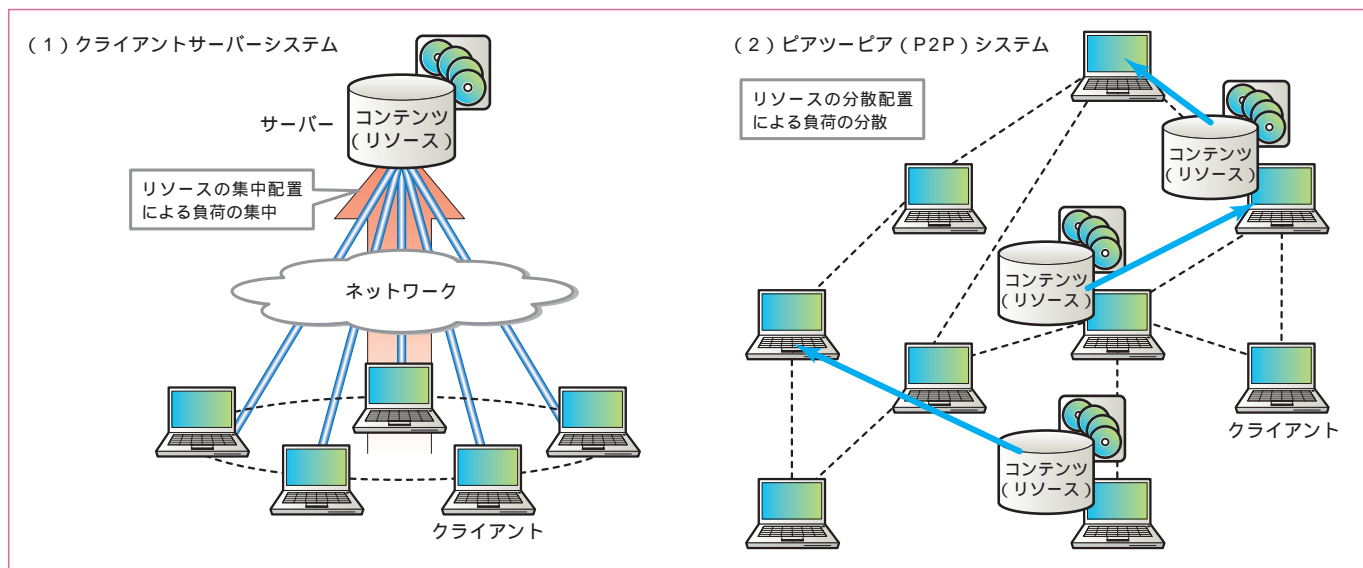


図 1 クライアントサーバーシステムとピアツーピアシステムの比較

**リソース**：資源を表す言葉。この場合は、サーバーが提供しているサービス(コンテンツ)を中心として、サーバーの回線、容量まで、サーバーが提供できるものすべてをリソースとして表す。

**クラスタ**：群を意味する言葉で、P2PではそのP2Pシステムに属する端末の集団を指す。

### 1台のマシンがサーバーにもクライアントにもなる

これまでのネットワークのサービス提供形態で最も多いクライアントサーバーモデルは、その名前のとおり、サービス(処理など)を要求する複数のクライアント(パソコン)側と、クライアントの要求に応じてサービス(処理結果など)を提供するサーバー側で構成され、両者はともに固定された関係である。しかし、このサーバーへの中央集中型システムの場合は、リソースがサーバーに集中するために、ユーザー(クライアント)からのリクエストやトラフィックも集中することとなり、場合によってはサービスを拡大するうえで障害となる場合もあった。

そこで、リソースと負荷の分散のために、サー

バーとクライアントの関係を動的に変化(1つのマシンがクライアントになったり、サーバーになったり)できるようにし、サービス全体をクラスタとして捉え、リソースの分散をはかったのがP2Pという概念である(図1)。

この背景には、パソコンが急速に高機能化しており、ノートパソコンでも、CPUの処理速度が高速化(2.4GHzなど)し、内蔵するハードディスク容量も50Gバイト以上となり、かつてのサーバーマシンを上回る処理性能を備えてきていることもある。

### P2Pでは巨大なシステムが可能

P2Pのサービスの領域では、固定的なサーバーというマシンは存在せず、P2P端末(例：パソコン

ン)は、クライアントでもあり、サーバーでもあり、中継基地にもなりうる性質を持っている。このため、あるリソース(例:音楽コンテンツ)を利用しようとするノード(クライアントに相当する)は、インデックスサービス(そのノードの持っている情報一覧)を利用して、リソースを保持しているノード(サーバーに相当する)を探し出し、そのノードのリソースを利用できる。

この場合のクライアント、サーバーという概念はその場限りのものであり、次の瞬間には、クライアントであったノードが、サーバーのノードとして機能することもある。

これは、P2P環境では、それぞれのノードが必要となるときに必要な役割を行うからである。P2Pシステムでは、クライアントサーバーシステムのように、サーバーに固定的に機能が集約されていないために、ノードを増やすことが簡単であり、またノードの追加はそのままキャパシティ(システムの処理能力)の増加につながる。

このため、これらのノードの集団(ここではクラスタと呼ぶ)のキャパシティは、クライアントサーバーモデルでは得られないような巨大なものとなりうるのだ。

## P2P が適している 可能性のあるサービス

### [ 1 ] マルチメディアコンテンツサービス

前述したような特徴を備えているため、P2Pはトラフィックが多く発生するコンテンツを取り扱うサービスに適している。たとえば、映像や音楽を扱うマルチメディアコンテンツがその代表だ。ただし、コンテンツの分散配置については、本来はデジタルデータの著作権を管理する DRM が必須である。

この DRM なしに実装されているものが、いわゆるファイル交換ツールと呼ばれるものであり、場合によってはモラルのない利用者によって、著作権侵害の温床となってしまう。このことが「P2P」というキーワードのイメージ低下を招いたことも否定できない。

しかし、コンテンツ配布においてネットワーク上での配送方式には懸案事項となることが多いため、P2Pを利用してもっとも「近い」リソースに手

が届くということになれば、この問題は解消される可能性がある。

### [ 2 ] メッセージングサービス

また、P2Pはメッセージングサービスにおいても非常に有利となる。いくつかのメッセージングサービスが、固定されたサーバーを経由してユーザー間のコミュニケーションの橋渡しを行っているが、これは大半のコンシューマが動的 IP アドレスで NAT 環境(外部に出て行く通信ができない)を利用しているという理由に他ならない。相手のアドレスがわからず、しかも外部からの通信を受け入れないからだ。

この2者間をどう結ぶかという部分において、たとえば Skype は P2P の概念を利用して、スーパーノード、リレーサーバーをノード内から選抜することによって、実現させている。もしもこの2つの概念を持つノードをネットワーク内に固定配置したとすれば、サービスへの多額な設備投資が必要となっていたらう。

ただし、これらのメリットには、目的のインデックス(一覧情報)を探し出せるかどうかという点において「運まかせ」的な面があり、リソースへの確実なコンタクトをとれない可能性があることに注意が必要である。また、インデックスを探すためにクラスタ内を探し回る必要がある。この場合、集中が発生しないため、ほぼ無制限に P2P システムを拡大できるが、代わりに総合的なトラフィックの効率は決してよくない。実装によっては、匿名性の確保のために、リソースやインデックスの転送を意図的に他のノードを経由させるものもあり、この場合には、さらに効率は悪くなることを留意しておく必要がある。

### [ 3 ] ブレークスルーの可能性をもつ P2P

以上のように、リソースの分散とスケラビリティ(システムの拡張性)こそが P2P のメリットである。もちろんリソースの集中管理が必要なサービスもあるため、すべてにおいて P2P が適しているということはないが、特定の用途・分野においては、P2P のメリットがサービス拡大のブレークスルーとなる可能性を持っているのだ。

ノード: クラスタ内に位置する端末を指す。P2P 端末は「サーバーでも、クライアントでもあり、中継基地でもあり」と用途が限定できないため、特定せずにノードという言葉を利用する。

インデックス: どのような種類のリソースをどのノードが持っているか、という情報一覧。このインデックスを参照すれば、クラスタ内のどのノードが何のリソースを持っているかがわかるようになっている。

DRM: Digital Rights Management、デジタルデータの著作権を管理するための技術。コピー回数の制限がもっとも目につくが、それだけではなく透かしによるトレサビリティ(追跡可能性)の確保なども含まれる。

ファイル交換ツール: P2P を利用してファイル交換を行うことができるツール。このツール自体に違法性はないが、ツールを利用して著作権を侵害することが多い。日本国内では WinMX や Winny が有名。

メッセージングサービス: ネットワーク上のメッセージングサービスから、電話まで広範囲に意思伝達サービスを指すが、ここではネットワーク上でのメッセージ送信サービスを指す。

NAT: Network Address Port Translation、インターネットに接続された企業などで、1つのグローバルな IP アドレスを複数のコンピュータで共有する技術。



## [インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ] ご利用上の注意

このPDFファイルは、株式会社インプレスR&D(株式会社インプレスから分割)が1994年～2006年まで発行した月刊誌『インターネットマガジン』の誌面をPDF化し、「インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ」として以下のウェブサイト「All-in-One INTERNET magazine 2.0」で公開しているものです。

<http://i.impressRD.jp/bn>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、URL、団体・企業名、商品名、価格、プレゼント募集、アンケートなど)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真の撮影者、イラストの作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は収録されていない場合があります。
- このファイルやその内容を改変したり、商用を目的として再利用することはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用する際は、出典として媒体名および月号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレス R&D)、コピーライトなどの情報をご明記ください。
- オリジナルの雑誌の発行時点では、株式会社インプレス R&D(当時は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めましたが、すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

このファイルに関するお問い合わせ先

**株式会社インプレスR&D**

All-in-One INTERNET magazine 編集部

[im-info@impress.co.jp](mailto:im-info@impress.co.jp)