

■3群 (コンピュータネットワーク) - 6編 (ネットワークコンピューティング)

2章 コミュニケーションツール

(執筆者：江崎 浩) [2010年1月 受領]

■概要■

コミュニケーションツールは、人と人とが情報の交換や共有、あるいは加工を支援するために開発され利用されなければならない。コミュニケーションツールには、実時間での情報の交換を行う同期系アプリケーションと、実時間での情報の交換を要求しない非同期系アプリケーションが存在する。特に、コンピュータネットワークは、データ処理能力と通信回線速度の制約から、当初から最近まで基本的には非同期系のコミュニケーションツールしか存在しなかった。一部、テキストベースの同期系ツールが存在していたが、基本的には非同期系ツールが大部分であった。

サービスの実現には、クライアント・サーバ型と、ピア・ツー・ピア型とが存在し、これらが混在しながら発展・進化を遂げてきた。コミュニケーションツールも同様であり、二つのサービスアーキテクチャが混在しながら発展と遂げてきた。

また、デジタルコミュニケーションの重要な特徴であるメディアへの非依存性を用いた、電子メールシステムにおける多言語対応とバイナリファイルの転送は、多様なメディアを一つのトランスポート (伝送) システムを用いて実現するようなコミュニケーションツールの典型例である。近年は、SIP や IMS を用いたユニファイドメッセージシステムへと進展している。

【本章の構成】

本章では、コミュニケーションアーキテクチャの概要 (2-1 節)、電子メールシステム (2-2 節)、その他のコミュニケーションツール (2-3 節) に関して、システムアーキテクチャの整理、各アプリケーションのシステム概要とその技術要素と技術的な特徴を述べる。

■3群 - 6編 - 2章

2-1 コミュニケーションシステムアーキテクチャの概要

(執筆者：江崎 浩) [2009年2月 受領]

コミュニケーションツールは、人と人が情報の交換や共有を行うことであり、コンピュータネットワークの発展とともに、その形態は大きく変化してきた。1対1（ポイント・ポイント）型のコミュニケーションは、急速に多対多（マルチポイント・マルチポイント）へと進化しているし、ユニファイドメッセージングシステムに代表されるように、複数のメディアを利用した高機能デジタルコミュニケーション、更にリアルタイム性への要求と、モバイルへの対応に対する要求は、急激に高まりつつあり、コミュニケーションツールという単体のアプリケーションではなく、コミュニケーションシステムのアーキテクチャへの本質的な変革を要求しつつあるととらえることもできよう。

以下では、基本的に『現在の』コミュニケーションツールの概観を行う。インターネットの登場以来、現在においても継続的に利用されているのが次節で解説する電子メールシステムであるが、電子メールシステムも計算機システムの進化とともに、そのシステムアーキテクチャは変化を遂げている。計算機の一般化に伴って発生した電子メールシステムへのクライアント・サーバモデルの導入（当初は、電子メールシステムは、ピア・ツー・ピア型のシステムであった）が行われた。次に、計算機の小型化に伴い、計算機がパーソナル化、携帯化し、更にモバイル化したことにより、ピア・ツー・ピア型のコミュニケーションへの要求が急速に高まり、SIPやIMSを用いたインターネット電話システムに代表されるようなシグナリング手順としてのディレクトリサービス基盤の変革が進みつつある。一方で、電子メールシステムにおけるWebメールに代表されるようなクライアント・サーバ型のシステムへのコミュニケーションシステムの進化が進んでいる。

これは、エンドユーザが利用する計算機の移動性（モビリティ）の向上に伴って、システムアーキテクチャが、クライアント・サーバ型アーキテクチャの導入へと傾倒し、一方で、ディレクトリサービスプラットフォームの充実によるピア・ツー・ピア型への傾倒という、ある意味矛盾するシステム展開が同時に進行しているのととらえるべきであろう。前者はインバンドシグナリング的アプローチ、後者は（仮想的な）アウトバンドシグナリング的アプローチであると解釈することができる。

二つ以上のエンティティがコミュニケーションを行うためには、まず、通信相手にデジタル情報を転送するために必要な「転送先情報」の取得を行わなければならない。モバイル環境及び宛先が常時接続でない環境においては、宛先の計算機の転送先情報（= 宛先 IP アドレス）が、恒常的に固有の値ではなく、時間とともに変化してしまう。このような環境に対応するために、これまでいくつかのアーキテクチャフレームワークが開発されて実システムに導入され利用されてきた。

インターネットの初期のようにすべての計算機が、移動することなく、かつ恒常的にネットワークに接続した環境においては、コミュニケーションを行うべきエンティティにアクセスするために必要な情報の変化は少なく、結果的に大規模ではあるが、静的データベースシステムの構築が行われれば、コミュニケーションシステムが必要とするディレクトリサービスシステムとして動作することが可能である。グローバル規模で、この静的データベース

を分散的に実現した代表的例が DNS である。

ところが、モバイル環境及び宛先が常時接続でない環境においては、コミュニケーションを行う計算機同士がランデブー (rendezvous, 待合せ) するポイントが必然的に必要となる。小規模なシステムで、かつコミュニケーションを行う計算機が移動しない環境においては、このようなランデブーするポイントは存在しなくても動作することが可能であるが、大規模システムにおいて任意の計算機が任意の計算機との間でコミュニケーションを行うような環境を実現するためには、「何らかの形で」ランデブーポイントが提供されなければならない。クライアント・サーバシステムにおいては、「サーバ」がランデブーポイントの役割を果たしている。一方、ディレクトリサービスを用いたピア・ツー・ピア型のシステムにおいては、ディレクトリシステムがランデブーポイントとしての役割を果たしている。すなわち、両システムは、異なる形で、移動する計算機に対してランデブーポイントの提供を行っていることになる。また、クライアント・サーバ型システムはインバンドシグナリングシステム、ディレクトリサービスシステムを用いたピア・ツー・ピア型システムは(仮想的な)アウトバンドシグナリングシステムと整理することができる。

また、コミュニケーションシステムは、実時間性という点から、同期型のコミュニケーションツールと、非同期型のコミュニケーションツールが存在する。また、後者の非同期型コミュニケーションシステムにおいては、コミュニケーションコンテンツの配信という観点から接続型システムと非接続型システムとが存在する。インターネットに代表されるコンピュータネットワークは、コンピュータシステム自身の処理能力の不足と、リアルタイム処理機能の不足との理由から、近年まで人の実時間でコミュニケーション、特に音声や画像を用いたコミュニケーションを双方向でリアルタイムに提供することができなかった。なお、音声は画像と比較して、テキスト情報の情報量は、2桁から3桁小さく、インターネットの導入当初から、talk に代表されるようにテキストを用いた同期型のコミュニケーションツールは存在していた。

非同期型のコミュニケーションツールは、非接続型のコミュニケーションツールと接続型のコミュニケーションツールが、システムの発展とともに交錯しながら発展してきた。これは、主に計算機の利用法が、計算機の物理的な大きさとその接続性を提供するインフラストラクチャの整備状況とともに変化したことに起因する。

コミュニケーションコンテンツの転送モデルの変化も計算機の利用法の変化とともに発生している。当初のメインフレーム型システムにおいては、ユーザは常時接続することはなかったが、一つの常時接続された状態(相互接続されるべき計算機が1の場合に相当するので、常に接続されているのと等価)であったため、常時接続型の非同期コミュニケーション型のコミュニケーションであった。次に、インターネットの導入に伴い、複数のメインフレーム型計算機が専用線を用いて相互接続された。この時点においても、計算機は常時接続の形態であり、常時接続型の非同期コミュニケーション型のコミュニケーションであった。ワークステーションやパソコンの出現とダイヤルアップ接続環境の出現は、非接続型のコミュニケーションを実現するために、クライアント・サーバ型のコミュニケーションツールを出現させた。電子メールシステムは、この時点から、ピア・ツー・ピア型から、クライアント・サーバ型に変化を遂げた。

その後、計算機の携帯化と無線接続能力の向上は、アドホックネットワーク環境を提供し

つつあり、異なったコミュニケーションモデルに基づいた、非接続型の非同期コミュニケーションサービスを提供するアーキテクチャの研究開発を加速させている。DTN (Delay Tolerant Network) アーキテクチャモデルが、その代表例としてあげられる。

■3群 - 6編 - 2章

2-2 電子メールシステム

(執筆者：江崎 浩) [2009年2月 受領]

電子メールは E-Mail (Electronic Mail) とも呼ばれているもので、インターネットを通じてデータやメッセージを指定されたユーザの間でやり取りするシステムである。電子メールは、インターネットの創生期から現在に至るまで広く利用されているコミュニケーションツールの代表例である。

電子メールを送信するためには、普通の郵便物と同様に宛先（電子メールアドレス）を指定しなければならない。電子メールは、SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) と呼ばれるプロトコルを用いて、電子メールアドレスで示されるユーザの電子メールを受信保存するメールサーバの中の所定のメールボックスに転送される。ユーザは、自身のメールボックスにアクセスして、保存されている電子メールを読むことができる。メールサーバに保存されている電子メールを別のコンピュータ（クライアントまたはサーバ）にダウンロードする仕組みとして POP (Post Office Protocol) あるいは IMAP (Internet Message Access Protocol) というプロトコルが定義されている。なお、電子メールが郵便メール (Postal Mail) に比べて非常に速くメールを配送することができるので、郵便メールを Snail Mail と呼ぶこともある。

ユーザがメールを読み書きするプログラムを MUA (Mail User Agent) と呼ぶ。電子メールソフトと呼ばれるもので、OutLook や Eudora あるいは Thunderbirds などがある。電子メールの配信処理を行うプログラムを MTA (Mail Transfer Agent) と呼ぶ。MTA は DNS を用いて宛先ユーザの電子メールサーバの IP アドレス (DNS レコード種別の中には電子メール用に MX レコードが定義されている) を解決し、電子メールを適切なメールサーバに配信する。ISC 社が提供している sendmail などが MTA の代表的なソフトウェアである。

SMTP はユーザの認証を行わないが、POP では第三者に電子メールが読まれないようにパスワードによるユーザの認証を行うことになっている。この運用ポリシーは、Snail Mail におけるルールをそのまま適用しているととらえることができる。なお、POP ではパスワードがそのままインターネット上を送信されてしまうので、インターネットを介してメールのアクセスを行う場合には、使い捨てパスワード方式 (ワンタイムパスワードともいう) を用いる APOP (Authenticate POP) などが広く適用されている。

図 2・1 に、(ポイント・ポイント) 電子メールの送信時の動作概要を示した。

- (1) 送信者 (taro@ieice.or.jp) は、自社のメールサーバ (SMTP サーバ: IP アドレス = “130.112.16.20”) に、john@ieice.org 宛のメールを SMTP にて転送する。
- (2) 電子メールを受け取ったドメイン ieice.or.jp の SMTP サーバは、DNS サーバにドメイン ieice.org のメールサーバの IP アドレスを問い合わせ、POP/IMAP サーバのアドレスである “202.249.10.122” を解決 (resolve) する。
- (3) ドメイン ieice.or.jp の SMTP サーバは、受信したメールをドメイン ieice.org の POP/IMAP サーバに SMTP にて転送する。ドメイン ieice.org の POP/IMAP サーバは、ユーザ “john” のメールスプールに受信したメールを保存する。
- (4) ユーザ john@ieice.org は、メールを POP あるいは IMAP でダウンロードする。

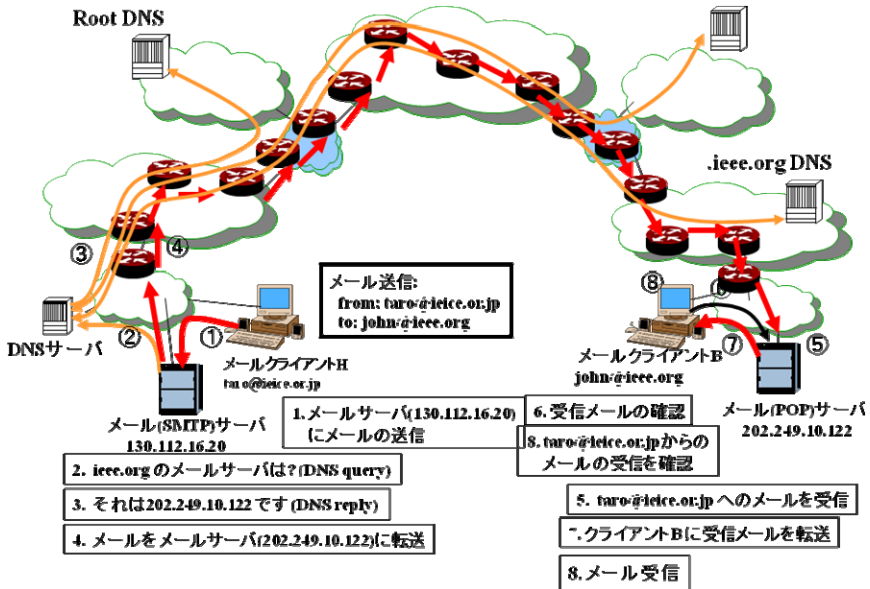


図 2・1 ポイント・ポイント電子メールの送信

もともと、電子メールシステムは1対1のメッセージ交換を基本としていたが、一度に複数のユーザに電子メールを送信することによって多対多のメッセージ交換も行うことができるように、メーリングリスト (mailing-list) が用意された。複数のユーザに対して同じメールを送信するための電子メールアドレスを別途定義し、この電子メールアドレスにメールを送信すると、メールサーバはリストアップされているユーザに対し同じメールを複製・配送する。メーリングリストの管理をより容易にするために、メーリングリストへの登録削除をユーザからの電子メールの送信により自動的に実行する機能や、メーリングリストへの参加者のリストを提供する機能などが提供されている。図 2・2 は、メーリングリスト users@wide.com に対して、ドメイン “newyork.edu” のユーザが電子メールを送信する場合を示している。

- (1) 電子メールは、ドメイン “newyork.edu” の SMTP サーバ (MX レコード) から、ドメイン “ieice.or.jp” の SMTP サーバ (133.196.16.10) に転送される。
- (2) ドメイン “ieice.or.jp” の SMTP サーバは、ユーザ名 “users” がメーリングリストであることを予め知っており、メーリングリストに参加しているメンバーそれぞれのメールアドレスに対応する POP/IMAP サーバの IP アドレス (MX レコード) すべてを DNS サーバに問い合わせる。
- (3) SMTP サーバは DNS サーバへの問合せ結果に基づいて、各々の POP/IMAP サーバに電子メールが SMTP にて再転送される。各 POP/IMAP サーバ (130.112.16.20) は該当するユーザアカウントのメールスプールにメールを保存する。
- (4) 各メーリングリストのメンバーは、POP/IMAP を用いて自分のメールスプールに保存

されているメーリングリスト宛のメールをダウンロードすることができる。

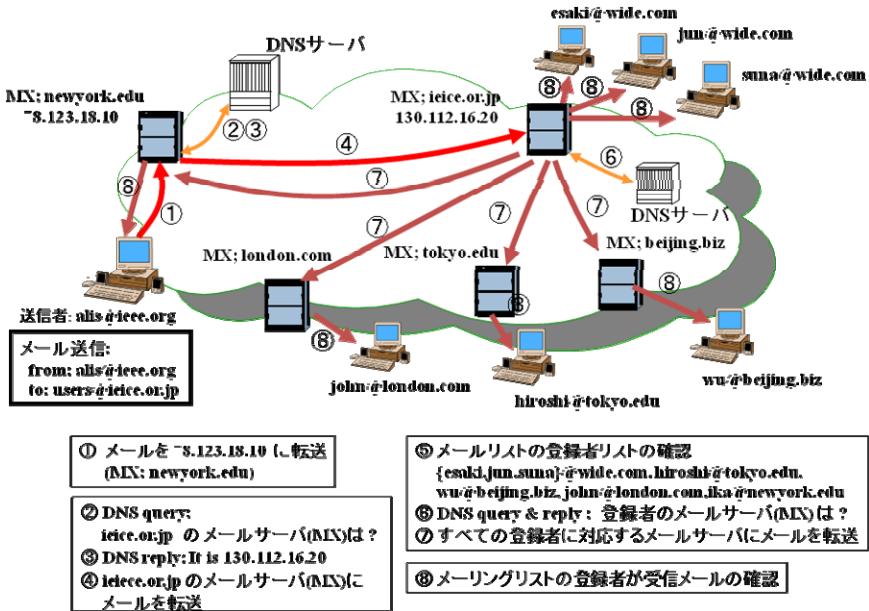


図 2・2 メーリングリストへの電子メールの配信メカニズム

電子メールシステムは当初 ASCII 形式のみを扱っていたが、インターネットの国際化とマルチメディア化に伴って ASCII 形式以外のデータファイルの送受信もできるように機能拡張が行われた。MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) がそれで、以下の二つの機能を提供している。

- (1) 多言語対応
- (2) バイナリファイルの添付転送

(1) 多言語対応

多言語に対応するために、文字コードを示すことができるような拡張が行われた。図 2・3 に、「ISO-2022-JP」の文字コードを示した例を示した。日本語を使った電子メールでは、ISO-2022-JP (JIS コード) を利用することがデフォルトのルールとなっている。これは JUNET コードあるいは 7 ビット JIS コードと呼ばれている。なお、コンピュータ内部で使われている日本語文字コードは、UNIX 系では EUC (Extended UNIX Code) コード、マイクロソフト Windows 系では Shift-JIS (JIS X 0208-1990 の変形) コードが一般的である。

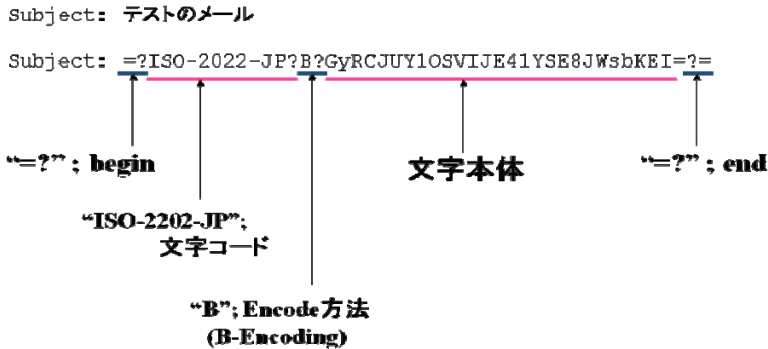


図 2・3 ISO-2022-JP 文字コードの例

最近では、すべての国の言語体系に対応するためにユニコード (Unicode) が MUA において適用されるようになってきた。ユニコード (Unicode) とはコンピュータ上で多言語の文字を一つの文字コードで取り扱うために 1980 年代に提唱された文字コードで、すべての文字を 16 ビット (2 バイト) で表現し、一つの文字コード体系で多国語処理を可能にするコード体系であり、世界の主要な言語のほとんどを表現することができる。ASCII 文字コードに対して上位互換となっており、文字の境界を明確に表現することができる。

(2) バイナリファイルの添付転送

バイナリファイルの転送を効率的に行うために、バイナリファイルの属性を示すことができる。更に、バイナリファイルを転送するために、BASE 64 などの符号化方式を用いてバイナリファイルをテキストファイルとして転送することができる。図 2・4 は、BASE 64 符号化の方法を示している。バイナリファイルをそのまま送ってしまうと、バイナリファイル中に存在している制御コードにより、メールが途中で切れたりしてしまうため、添付ファイルはすべてテキストファイルに変換して転送される。

・BASE64: 6 bits 分割 → 10進表記 → 文字化

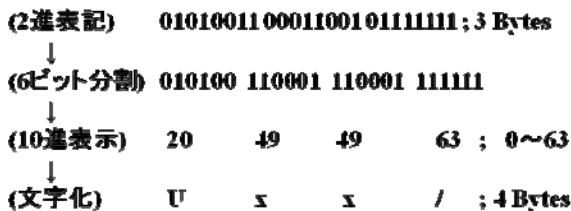


図 2・4 バイナリファイルのテキスト転送のための符号化例 (BASE 64)

2-2-1 Web メール

MUA が、ユーザが利用するコンピュータのアプリケーションソフトウェアとして動作し、ユー

が宛ての電子メールの受信箱をインターネットに対して広告している電子メールサーバとの間で、SMTPやPOPのような電子メールの送受信に必要な通信プロトコルを用いて電子メールの送受信を行うアーキテクチャではなく、エンドユーザの計算機は、Webインタフェースを介して、Webサーバが提供する電子メールの送受信サービスを用いて電子メールの送受信を行うシステムをWebメールと呼ぶ。

ユーザが利用するクライアント計算機には、Webブラウザ以外のMUAソフトウェアのインストールが不要であり、HTTPやHTTPSを用いた電子メールサービスを提供可能となり、特にセキュリティの観点からSMTP通信を遮断するようなファイアウォールルータが存在する場合でも、良好に電子メールサービスを受けることができる。また、ユーザの電子メールをすべて、Webサーバ側で管理することが可能となり、ユーザ側に電子メールコンテンツをダウンロードさせないといった運用方法も適用可能となり、組織における情報漏洩対策の実現解としている。更に、迷惑メールやウィルスメールの削除などを一括してWebサーバ側で適用することによる電子メールに関するセキュリティ対策を、エンドユーザでの対応ではなく、システム運用管理部門側で一括管理する環境構築の実現解とされている。すなわち、組織における情報管理ツール・セキュリティツールの効果的な実施を実現するサービスアーキテクチャとしてとらえられている。

■3群 - 6編 - 2章

2-3 その他のコミュニケーションツール

(執筆者：江崎 浩) [2009年2月 受領]

2-3-1 ネットニュース

不特定多数の人々に対するコミュニケーション手段であり、インターネット上の特定多数のメンバーの間にニュースが配信される。ニュースグループが開設され、メンバーに登録すると、記事の投稿とニュースの読み込みを行うことができる。後述するBBS（電子掲示板）が、1台のホストコンピュータ上に参加者が記事を投稿するのとは異なり、ネットニュースシステムでは、ネットニュースを配信・中継するサーバがインターネット上に多数存在し、それぞれが隣接サーバとバケツリレーのようにニュースデータの配信を行うことでサービスが実現されている。ニュースは、中継ノードにおいて、投稿記事が付加されながら順次リレーされていく。なお、ニュースファイルの伝達には、NNTP（Network News Transfer Protocol）が使われている。

2-3-2 BBS

インターネット上の電子掲示板である。インターネット上のあるノードが、メンバーが自由にメッセージを書き込むことのできる共有のメッセージボードを提供する。各メンバーは、共通のBBSサーバにアクセスし、BBSメッセージの書き込み・削除を行うことができる。

2-3-3 IRC

IRCは、Jarkko Oikarinenが1988年にフィンランドで開発した分散型マルチユーザチャットシステムである。IRCクライアントソフトを用いることで、インターネット上の複数のユーザと双方向テキストメッセージの交換をリアルタイムに行うことができる。IRCシステムでは、インターネット上のIRCサーバが相互に接続され、どのIRCサーバに接続しても他のIRCサーバにいるユーザとチャンネル識別子を指定することで会話をすることができる。

“AOL Instant Messenger”などがその適用例である。複数のユーザが同じ情報をリアルタイムに共有することが可能なアプリケーションであり、インターネット上で広く利用されている。基本的には、クライアント・サーバ型のシステムであり、ビジネス展開がやりやすい半面、サーバ側のシステム障害がユーザ全体への障害として観測されてしまう。

2-3-4 インターネット電話

インターネットを介して行うリアルタイムの音声通信を行うシステムサービスで、VoIP（Voice over IP、IP電話）とも呼ばれる。通信プロトコルとしては、H.323及びSIP（Session Initiation Protocol）を利用するのが一般的である。通常状態では一般の電話通信と同程度（あるいはそれ以上）の通信品質を提供することができるが、ネットワークが輻輳状態になると音切れなどが起こりやすくなる場合がある。しかしながら、データ回線の高速化と通信品質保証技術の開発と適用により、既にバックボーン部における音声通話は急速にインターネット電話に置き換わりつつある。NGN構想に見られるように、この傾向は今後もますます加速し、音声通信の大部分はインターネット電話に置き換わることが予想されている。

インターネット電話は、これまで議論してきたクライアント・サーバ型のコミュニケーションシステムとは異なるピア・ツー・ピア（Peer-to-Peer）型のサービスシステムである。ピア・ツー・ピア型のサービスでは、すべてのノードがサーバとなり、またクライアントとなる。また、ピア・ツー・ピア型のシステムでは、ピアとなるノードと出会う場（ランデブーポイント）やピアを検索する機能（＝ディレクトリサービス）が必要となる。

VoIPシステムの場合、ピアを検索する機能を提供するサーバとして“ゲートキーパ”と呼ばれるサーバが用意される。ゲートキーパは、通話相手の電話番号（電話網での電話番号）から、適切なVoIPゲートウェイを通知する機能をもつ。電話網とインターネットは、VoIPゲートウェイを介して相互接続される。VoIPゲートウェイは、インターネット上に複数存在し、通話相手に近いVoIPゲートウェイが選択されることが望ましい。なお、VoIP通信を行うコンピュータとVoIPゲートウェイの間のパケット通信では、H.323やSIPが用いられる。

また、電話網上同士の通話を、インターネットバックボーンを通して行うサービス（PSTNサービスのトンネリングサービス）も既に商用化されている。電話機－電話網－VoIPゲートウェイ－インターネット－VoIPゲートウェイ－電話網－電話機という経路でのデータ通信が既に実現されている。特に、長距離電話会社の電話サービスのうち、かなりの通話がこのようなVoIPシステムを既にバックボーンとして利用している。

2-3-5 動画通信

インターネットを用いた動画のリアルタイム通信も可能となった。H.261やH.263を用いたISDNによる低速動画通信はもとより、MPEG-1、MPEG-2、DV（Digital Video）、更に近年では高精細ビデオ（HDTV）技術を用いた高精細の動画通信も可能となった。また、一方ではMPEG-4を用いた携帯情報端末（PDA：Personal Digital Assistance）や次世代携帯電話でのリアルタイム動画通信も実現されつつある。更に、既にスタジオ品質の動画データであるD1フォーマットや非圧縮の高精細動画情報などを、インターネットを介しての転送も既に放送局間やスタジオ間での適用の段階を終了し、一般利用者への配信サービスの展開が推進されるようになってきている。

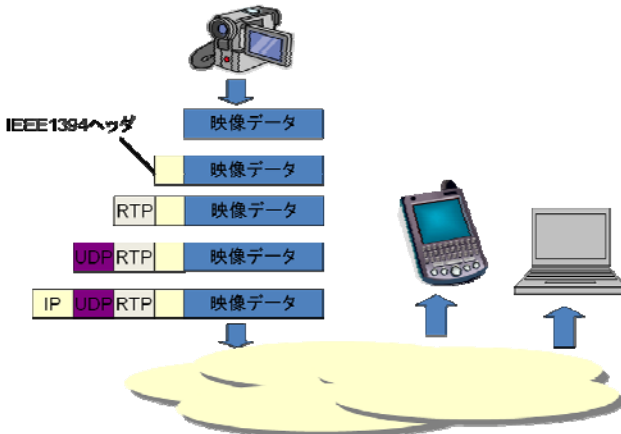


図 2・5 RTPを用いた動画情報のインターネット伝送

図 2・5 は、MPEG-4 を用いたインターネットによる動画のリアルタイム転送システムの概要を示している。ビデオ信号は、MPEG-4 のデータ圧縮フォーマットに帯域圧縮されたデータとしてコンピュータや PDA に取り込まれる。同図に示されているように、アプリケーションヘッダとして RTP が付加され、映像情報は UDP を用いて宛先のコンピュータに転送される。受信側のコンピュータでは、MPEG-4 データが RTP により再生タイミングが調整され、ビデオ信号が再生される。

2-3-6 SNS (Social Networking Service)

人と人との繋がりを促進・サポートするコミュニティ型の Web サイトの総称である。友人・知人間のコミュニケーションを円滑にする手段や場を提供したり、趣味や嗜好、居住地域、出身校、あるいは「友人の友人」といった繋がりを通じて新たな人間関係を構築する場を提供したりする、会員制のサービスである。本質的には、BBS と同様のシステム／サービスであるが、人の繋がりを重視して「既存の参加者からの招待がないと参加できない」という点が BBS との違いとして強調されている。

具体的な機能はサービス／サイトによって異なるが、参加者間でプロフィールや日記、ブログを公開する機能、「友人」を登録・管理する機能、「友人」をほかの参加者に紹介する機能、「友人」の「友人」を辿っていく機能、「友人」同士でのコミュニケーションのためのショートメッセージ交換／IM／電子掲示板／カレンダーなどの機能、あるいはメールやショートメッセージを誰にどのくらいの頻度で送ったか、誰のページに訪問したかといった参加者の活動から、ソーシャルネットワーク情報（人間関係の密度など）を常時更新するサービスも提供されている。

SNS が提供するサービスは既存のものであって、特に新しいコミュニケーションツールというわけではない。すなわち、Web 2.0 と同様に、既存のコミュニケーションツールを統合化し、よりユーザの要望に応じたコミュニケーションサービスを提供するサービスプラットフォームの総称を SNS と呼んでいるととらえることができよう。