

インターネットで個人放送局を開くには (1)

正会員 甲藤二郎

早稲田大学理工学部 電子・情報通信学科

“How to open personal broadcasting system on the Internet (1)”

by Jiro Katto (Department of Electronics, Information and Communication Engineering, School of Science and Engineering, WASEDA University)

インターネット上で個人放送局を開設するための技術解説を行う。第1回はストリーミング技術の基礎について説明する。第2回はストリーミング技術の後半部と、実際のストリーミングソフトウェアの構成方法について説明する。

キーワード: インターネット放送、ストリーミング、TCP/IP、デジタル圧縮、同期再生、パケット廃棄対策、制御プロトコル

1. まえがき

インターネット上で音声、映像情報を配信する技術、すなわちストリーミング技術が注目されている [1]。ストリーミング技術を簡潔に述べれば、「マルチメディアデータを転送しながら再生する技術」である。これによって、通常データをダウンロードしてから再生する手法に比べ、アクセスから再生開始までの時間をはるかに短縮できる。ま

た、ストリーミングでは、再生を途中で止めた場合に無駄なデータ転送が行われないため、トラフィック削減の効果もある。

このストリーミング技術を用いて、誰もがインターネット上に放送局を開設することができる。具体的な実現手段としては以下の二つの方法が考えられる。

- (1) 既存のサーバソフトウェアを購入する。
- (2) 自前でストリーミングソフトウェアを作成する。

第1の方法はきわめて容易である。PC と必要な周辺機器(カメラ、マイク、ネットワーク機器)を購入し、インターネットに常時接続できる環境を整える。そして、購入したソフトウェアをインストールすれば、基本的な作業は完了である。これに対して、第2の方法は明らかに工数を要する。システムとしての完成度、既存ソフトウェアとの互換性も保証されない。しかしながら、インターネット放送の原理を深く理解することができる。また、自作の経験は、将来的な他のアプリケーションの開発にも役に立つ。

個々の事情に応じて、即座に開局したい場合、技術を習得したい場合、それぞれであろう。そこで本稿では、両者の立場からインターネット放送に関する技術解説を行う。2回をかけてストリーミング技術の説明を行い、第2回はソフトウェア開発を目的とした実装例についても説明を行う。

2. インターネット放送の仕組み

2.1 概要

インターネットとは、TCP/IP プロトコルをベースとするパケット通信網の総称である [2][3]。よってインターネット放送とは、TCP/IP プロトコルの上でマルチメディアデータをストリーミングする技術である。ただし、インターネットの通信容量は有限であり、デジタル圧縮を用いて帯域の有効利用を図る必要がある。また、インターネットでは、本質的に転送時間の変動 (ジッタ) やパケット廃棄の発生は避けられない。そこで、受信側において、何らかのジッタ・パケット廃棄対策を講じる必要がある。まとめると、インターネット放送は、TCP/IP、デジタル圧縮、同期再生・誤り対策、を基盤技術として構成される。

ただし、システムとしての完成度を高めるためには、制御プロトコルの充実が重要である。送信者と受信者の間に適切なコネクションを設定する手段、使用する圧縮アルゴリズムを決定する手段、受信状況に応じて送信レートを制御する手段、視聴者からのリクエストに応じて放送の中断や再開、スキップを行う手段、などである。これらの手順を正しく運用することで、インターネット放送がより使いやすいものになる。

あるいは、コンテンツ面の機能拡張として、インターネット放送に Web ページと同様のインターフェースをかぶせたり、AV 以外のデータ (テキストやグラフィックス) をストリーミング転送する仕組みも重要である。これらによ

り、インターネット放送がよりインタラクティブなものになる。

以上のように、インターネット放送はさまざまな技術の集合体である。以下、それぞれの技術について詳細な説明を行う。

2.2 TCP/IP [2][3]

図 1 にインターネットのプロトコル階層を示す。TCP/IP は、どのようなネットワークでも動作するように設計されている。このため、利用者は電話、ISDN、携帯電話、イーサネットほか、多種多様な接続手段を用いてインターネットにアクセスすることができる。

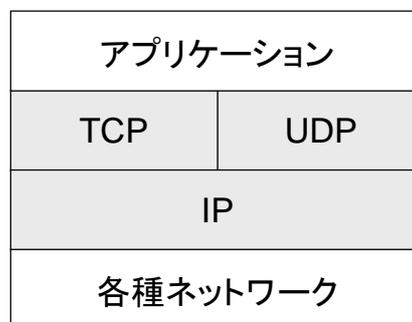


図 1: インターネットのプロトコル階層

TCP/IP プロトコルは、より詳細には OSI 参照モデルのネットワーク層に対応する IP (Internet Protocol) と、トランスポート層に対応する TCP (Transmission Control Protocol) から構成される。トランスポート層ではまた、TCP の機能を簡略化した UDP (User Datagram Protocol) を使用することもできる。

IP (Internet Protocol)

IP (インターネットプロトコル) は、主に以下の機能を提供する。

- IP アドレスによる経路制御

IP アドレスは、4 バイトの整数値によって表される識別子である (IP バージョン 4 の場合。実験段階の IP バージョン 6 では 16 バイト)。プライベートアドレス等の特殊な場合を除いて、各端末 (ホスト) や中継機器 (ルータ) にインターネット全体を通じて一意の値が割り当てられている (グローバルアドレス)。

IP アドレスは、さらに一つの組織を表すネットワークアドレスと個々の端末を表すホストアドレスに階層化されている。これはさらに A、B、C、D、E と呼ばれる 5 つのクラスに分類される。ただし、一般的に使用されるのはクラス A、B、C であり、クラス D は後述するマルチキャストアドレス、クラス E は将来の予約用である。例えば筆者が属する組織の場合、クラス C アドレス 133.9.m.n が割り当てられている。

送信端末は、目的地 (受信端末) の IP アドレスと自身の IP アドレスを IP ヘッダに入れて、パケットを送信する。これを受け取ったルータは、受信端末の IP アドレスを見て転送先 (隣接ルータ) を決定し、パケットを転送する (経路制御)。各ルータが適切な経路制御を行うことで、パケットは最終的に正しく受信端末まで届けられる。

経路制御を行うために、各ルータは経路表 (ルーティングテーブル) を管理している。比較的小規模の組織であれば管理者がマニュアルで経路表を設定してもよいが、大規模なネットワークでは経路表を自動的に管理・更新するルーティングプロトコルが使われる。これはルータ間で定期的に経路情報を交換し、ホップ数やリンクの状態を尺度として経路情報を動的に更新するプロトコルであり、RIP、OSPF 等が用いられる。

このほか、IP 層では、パケットの分割と再構成 (フラグメンテーション)、ループの防止 (TTL: Time To Live)、などの機能が提供される。また最近では、IP 層で品質保証 (QoS 保証) するための仕組みとして、Differentiated Services が注目されている [4]。

TCP と UDP

トランスポート層は、TCP と UDP の二者択一になる。両者に共通する機能は、

- ポート番号によるアプリケーションの識別

である。ポート番号は 2 バイトの整数値として与えられ、パケットを受信したトランスポート層は対応するアプリケーションにデータを渡す。特に Telnet や FTP のように頻繁に使用されるアプリケーションに対しては固有のポート番号が割り当てられており、これらはウェルノウンポート (well-known port) と呼ばれている [5]。一方、1024 番以降のポート番号、特に 49152 番以降は、ユーザが自由に使う

ことが許されている。よって、インターネット放送のようなアプリケーションでは、これらのポート番号を使用することになる。

TCP 固有の機能としては、

- 信頼性のあるデータ転送を実現する誤り制御
- 帯域を有効活用するフロー制御

が重要である。TCP は、基本的に受信端末からの確認応答に従ってデータ転送を行う。よって、不連続なシーケンス番号が検出されたり、タイムアウト時間を過ぎても確認応答が返ってこない場合には、パケットが廃棄されたものとしてパケットを再送する（誤り制御）。さらには、転送レートの加法的増加 (additive increase) とパケット廃棄時の乗算的減少 (multiplicative decrease) を繰り返し、統計的に転送レートを安定させる仕組みを備えている（フロー制御）[6]。結果として、TCP はそれなりの転送速度を保ちながら信頼性のある接続を提供し、上位のアプリケーションはデータの欠落に注意を払う必要がない。

一方、UDP は TCP の機能を大幅に簡略化したものである。

UDP 自体はパケットの再送もフロー制御も何も行わない。

よって、UDP の利点は

- 処理の簡略化によるパケット転送遅延の減少

である。ただし、信頼性のある通信は保証されず、誤り対策やフロー制御はアプリケーション自身が対応しなければならない。

インターネット放送において、TCP、UDP のどちらを使うかは、信頼性と低遅延のトレードオフの問題である。一般的に、ライブ放送や双方向アプリケーションなど低遅延性を優先する場合は UDP、蓄積型 VOD (ビデオ・オン・デマンド) 等でデータ転送の信頼性を優先する場合は TCP が使用される。また、企業では、ファイアウォール対策として外部アクセス手段をプロキシ経由の HTTP に限定している場合が多い。この場合は、TCP 接続上で HTTP ストリーミングを行うことになる。実際、多くの商用ソフトウェアでは、視聴者の接続環境を調査し、それに応じて TCP と UDP を動的に切り替える実装が行われている。

2.3 デジタル圧縮

ビデオ信号やオーディオ信号のデータサイズは莫大である。インターネットの広帯域化が進んでいるとはいえ、これらが無圧縮転送できる環境は極めて限られる。このため、インターネット放送でも、なんらかのデータ圧縮を施して帯域の有効利用を図る必要がある。

データ圧縮の基本は冗長性・相関の除去である。ビデオの場合を例に取れば、1 枚の静止画像としての空間方向、動画像シーケンスとしての時間方向、それぞれに冗長性が含まれる（相関が高い）。以下、多くの国際標準方式で採用されている動き補償・離散コサイン変換ハイブリッド方式 (MC+DCT 方式) の概要を説明する。

空間方向では、画像をブロックに分割し、ブロック毎に離散コサイン変換 (DCT: discrete cosine transform) を施す。これによって特定の変換係数にエネルギーが集中し、量子化の結果、ほとんどの係数がゼロになる。これらをエントロピー符号化すると、空間方向のデータ圧縮が実現される。

時間方向では、やはり画像をブロック分割し、ブロック毎に動き補償 (motion compensation) を施す。これは過去のフレーム中の類似したブロックを探索する操作である。探索が的中するほど予測誤差がゼロに近づき、これに離散コサイン変換と量子化を適用すれば、ほとんどの係数がゼロになる。よって、これらと探索ベクトルをエントロピー符号化することで、時間方向のデータ圧縮が実現される。

オーディオ信号の場合も同様である。オーディオ圧縮の国際標準方式として知られる MPEG では、オーディオ信号をブロックに区切り、これに対して DCT を拡張した MDCT (modified DCT) と呼ばれる直交変換を適用し量子化する。

ビデオ符号化と同じく多くの変換係数がゼロとなり、これらをエントロピー符号化する。多チャンネル対応の場合はチャンネル間の相関除去も行い、圧縮効率の改善を試みている。

表 1、表 2 は、それぞれビデオ符号化とオーディオ符号化の国際標準方式を示したものである。標準化団体、名称、標準化の時期、典型的な符号化レート、標準化当初の利用用途を列挙している。表 2 には、音声符号化の標準方式も

示す [7]。オーディオ圧縮では MDCT 等の変換符号化ベースの手法が主流であるが、特に低ビットレートの音声圧縮では CELP (code excited linear prediction) と呼ばれる分析合成手法を用い、圧縮効率を高めている。

どの符号化方式を使うかは、圧縮効率、拡張機能、画質・音質、アルゴリズムの複雑さ、などに依存するが、特に最近注目されているのが MPEG-4 ビデオである [8]。MPEG-4 ビデオは ISO/IEC で標準化が終了したばかりの新しい規格で、圧縮効率の改善に加えて、形状符号化、スプライト符号化、誤り耐性機能などの機能拡張も充実している。一方、ITU-T において勧告化された H.263+ [9] の使用も考えられる。H.263+と MPEG-4 ビデオは標準化時期が重なったこともあり、機能的にオーバーラップする部分が多い。このため、両者の部分的な互換性が保証されている。一方、オーディオの場合は、現時点では MP3 (MPEG-1 Layer III) が席巻している。ただし、今後は MPEG-4 オーディオ [10] に含まれる AAC、あるいは TwinVQ が主流になるものと予測されている。

ただし、国際標準化にこだわらず、独自の符号化アルゴリズムを開発することは自由である。実際、リアルネットワークス社、マイクロソフト社、アップル社すべてが独自の符号化アルゴリズムを採用している。あるいはまた、ライセンスフリーの OggVorbis [11] のように、オープンプロジェクトの動きも注目されている。

表 1: ビデオ符号化の国際標準

団体	名称	時期	符号化レート	当初の用途
ITU-T	H.261	1990年	64kb/s~2Mb/s	ISDN用テレビ電話
	H.263	1996年	数十kb/s~	アナログ回線用テレビ電話
	H.263+	1998年	数十kb/s~	インターネット、移動体
ISO	MPEG-1	1992年	~1.5Mb/s	CD-ROM
	MPEG-2*	1995年	数Mb/s~数十Mb/s	デジタル放送
	MPEG-4	1999年	数十kb/s~	インターネット、移動体

* MPEG-2/H.262はISOとITU-Tのジョイント規格

表 2: オーディオ符号化・音声符号化の国際標準

団体	名称	時期	符号化レート	当初の用途
ISO	MPEG-1	1992年	96kb/s (1ch)	CD-ROM
	MPEG-2	1995年	64kb/s (1ch)	デジタル放送
	MPEG-4	1999年	48kb/s (1ch)	移動体、インターネット
ITU-T	G.711	1972年	64kb/s	基幹伝送
	G.726	1990年	32kb/s	多重化、PHS
	G.728	1992年	16kb/s	テレビ電話・会議
	G.723.1	1996年	6.3, 5.3kb/s	インターネット電話
	G.729	1996年	8kb/s	移動体、インターネット
	G.722.1	1999年	24, 36kb/s	テレビ会議 (広帯域音声)
ETSI	GSM	1988年	8.0, 12.2, 13.0kb/s	移動体
	AMR	1999年	4.75~12.2kb/s	移動体
ARIB	PDC	1993年	3.45kb/s	移動体

2.4 同期再生とパケット廃棄対策

インターネットの本質として、パケット転送時間の揺らぎ (ジッタ) や廃棄の発生は避けられない。トランスポート

層プロトコルとして TCP を使用すれば廃棄は発生しないが、転送遅延とジッタは増加する。反面、UDP を用いれば、転送遅延とジッタは減少するが、アプリケーション側

で廃棄対策を講じなければならない。このようなトレードオフの下で、インターネット放送では何らかの同期再生とパケット廃棄対策の仕組みが必要になる。

同期再生メカニズム

同期再生は、受信側における十分なバッファリングと送信側におけるタイムスタンプの付加によって実現される。まずバッファリングは、主にジッタの吸収が目的である。一般的にインターネット放送は片方向であるため、数十秒のバッファリングを行っても（送信開始から再生まで数十秒の遅延があっても）視聴者が不快に思うことはない。そこで、アプリケーションの起動時に大量なバッファ空間を確保しておき、受信パケットを順次バッファに書き込んでいく。一方、圧縮データの読み出しは、バッファに十分なパケットがたまってから実行する。通常はバッファが1周する場合を考慮して、リングバッファ構成とする。

さらに送信側では、各パケットにタイムスタンプを付加しておく。受信側では、パケットをバッファに書き込むたびに各パケットのタイムスタンプを記録する。圧縮データの読み出し、復号、再生は、タイムスタンプ間の時間差を保持するように行われる。タイムスタンプは絶対時間である必要はなく、相対的な時間差を保っていればよい。これは一定時間モデル (constant delay model) と呼ばれ、多くの同期再生システムの基礎になっている。

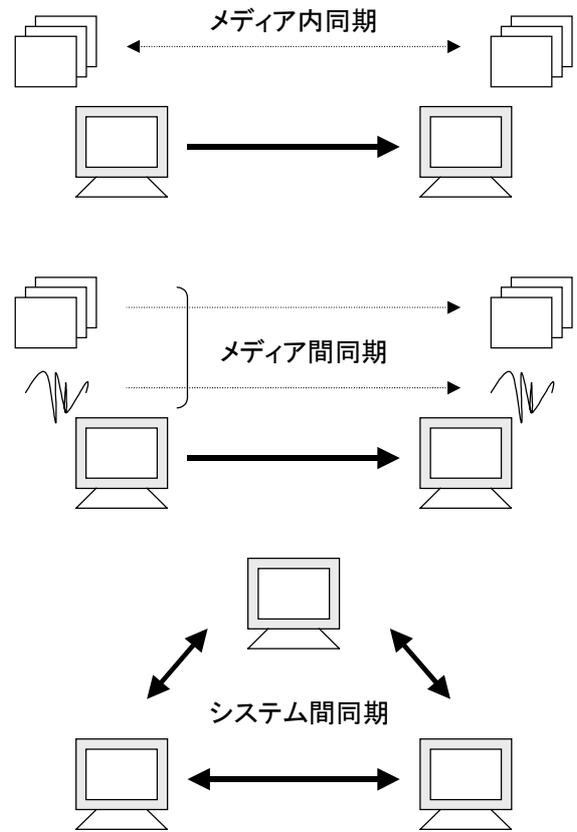


図2: 三階層のメディア同期

より詳細には、図2に示すように、インターネットにおけるメディア同期は、(1) メディア内同期、(2) メディア間同期、(3) システム間同期、の三階層から実現される。前述のメカニズムは一本のストリームの同期再生、すなわちメディア内同期をサポートするに過ぎない。リップシンクと呼ばれるビデオ・オーディオ間の同期、すなわちメディア間同期を実現するためには、ビデオとオーディオのタイムスタンプ間の対応付けが必要になる。また、複数人が参加するインタラクティブな会議、すなわちインターネット会議では、すべての参加者のビデオ、オーディオの時間軸をそろえて合成、再生することが望ましい。これはシステ

ム間同期と呼ばれ、セッション中のすべてのタイムスタンプを共通の時間軸上で対応付ける仕組みが必要になる。

後述する RTP/RTCP では、この問題を RTP (Real-time Transport Protocol)、RTCP (Real-time Transport Control Protocol)、NTP (Network Time Protocol) の三つのプロトコルの組合せによって解決している [12]。すなわち、RTP がメディア内同期、RTCP がメディア間同期、NTP がシステム間同期を提供する。

パケット廃棄対策 (UDP 転送の場合)

パケット廃棄対策は再同期 (re-synchronization) を基本とする。再同期とは、若干の冗長性の追加によって、誤りの影響を局所化するための技術である。例えばビデオ符号化の場合、圧縮はフレーム、スライス、マクロブロックを単位として階層的に行われる。そこで、たとえばスライスを再同期ポイントとし、図 3 に示すように、スライスの先頭にユニークワードと再同期情報 (スライス位置、動きベクトル、量子化ステップサイズ等) を挿入する。パケット廃棄発生時には、後続パケットからユニークワード (つまりスライスの先頭) を探索する。復号再開のために必要な情報はすべて再同期情報に記載されており、そこから即座に復号動作を再開することができる。

廃棄発生時に、送信端末に誤り通知を行う方式も検討されている [13]。ただし、TCP のように廃棄パケットを再送するのではなく、後続するフレームに廃棄の影響が残らな

いことを目的としている。つまり、複数枚の参照画像を用意しておき、廃棄の影響のない参照画像 (正しく受信されたフレーム) を用いて次フレームの符号化を行うように要請する。よって、誤り通知は、使用してほしくない参照画像を通知するために使われる。

RTP / RTCP (RFC 1889)

RTP/RTCP は、以上に述べたストリーミングメディアの同期再生とパケット廃棄対策のためのプロトコルである。まず RTP は、メディア内同期とパケット廃棄対策のために使用される。送信側では、圧縮データに共通の RTP ヘッダと符号化アルゴリズム毎に定められた再同期情報を付加して送信する。RTP ヘッダにはタイムスタンプとシーケンス番号が含まれる。受信側では、タイムスタンプはメディア内同期のために、シーケンス番号はパケット廃棄の検出のために使用される。また、パケット廃棄の検出時には、付加された再同期情報を用いて再同期を実行する。RTP ヘッダには、この他にもフレーム区切り、ペイロードタイプ、送信者を一意に識別するためのフィールド、などが含まれている。

RTP において、特に再同期情報を含む符号化アルゴリズム毎の詳細なパケット構成を定めた仕様を RTP ペイロードフォーマットと呼ぶ。符号化アルゴリズム毎に RFC が作成され、これまでに MPEG-4 ビデオ・オーディオ用 [14] など、多数の RFC が作成されている。

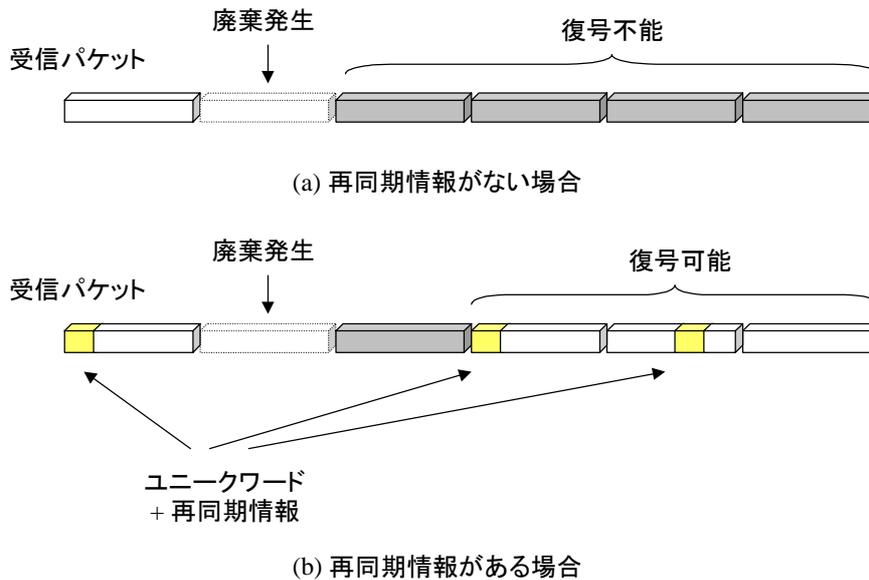


図3: 再同期によるパケット廃棄対策

RTCP はメディア間同期と各種統計情報の交換のために使われる。端末間で RTCP パケットが定期的に交換され、代表的なものに送信レポートと受信レポートがある。送信レポートには、NTP タイムスタンプと RTP タイムスタンプが含まれる。これによって、複数のストリームの時間軸を共通の時間軸 (NTP 時間軸) 上に揃えることができる (メディア間同期)。送信レポートには、送信した RTP パケット数やバイト数なども含まれる。一方、受信レポートには、受信端末におけるパケット廃棄率、転送遅延、ジッタなどの統計情報が含まれる。送信端末はこれらの情報を用いてネットワークの状況を推定し、符号化レートを動的に変化させることができる (ただし、具体的なフロー制御手段は実装に任されている)。なお、RTCP パケットの総量は、

全フローの 5% を超えてはいけないという制約が設けられている。

トランスポート層プロトコルとして TCP を用いる場合には、再同期等のパケット廃棄対策は不要である。しかし、同期再生のためのタイムスタンプは必要であり、TCP を用いる場合でも RTP を使っている実装例は多い。

2.5 制御プロトコル

以上説明した項目に従って、インターネット放送局のプロトタイプができあがる。しかし、システムとしての完成度、使いやすさ、安定性を向上させるためには、さまざまな制御プロトコルの追加が重要である [15-17]。

表 3: 制御プロトコルの国際標準

団体	名称	時期	主な用途
IETF	RTP/RTCP	1996年	メディア同期、パケット廃棄対策、輻輳制御
	SDP	1998年	セッション、ストリーム情報の記述
	RTSP	1998年	蓄積型ビデオ・オン・デマンド(VOD)
	SIP	1999年	インターネット電話、インターネット会議
	SAP	2000年	マルチキャスト放送
ITU-T	H.323	1996年	パケット交換網におけるマルチメディア通信勧告
	H.225	1996年	H.323の多重化方式 (RTP/RTCPを含む)
	H.332	1998年	H.323の多地点間会議 (SDPIと同じ)
	Q.931/H.245	1996年	H.323の呼設定、コネクション管理

表 3 は、インターネット放送に関する各種制御プロトコルの国際標準を示している。インターネット電話用のプロトコルを含むが、両者の境目はあいまいである。つまり、インターネット電話とインターネット放送は技術的に同じものである。むしろ実時間性、双方向性の観点からインターネット電話の方が厳しい環境での運用を迫られており、インターネット放送はひとつの応用例と考えることもできる。

大まかな分類として、蓄積型 VOD サービスには RTSP、インターネット電話、インターネット会議には SIP、マルチキャスト放送には SAP の利用が想定されている。ただし、セッション、ストリーム情報の通知には、それぞれが SDP を使用する。また、ITU-T H.323 勧告は、SIP と同じくインターネット電話、インターネット会議を主な用途としている。RTP/RTCP、SDP の採用等、IETF との協力の

元に勧告化が進められている。

SDP (Session Description Protocol: RFC 2327)

SDP は、セッション開始に必要な情報を集めたテキスト記述である。名称にはプロトコルと付いているが、むしろ記述フォーマットと呼ぶ方が適切である。

SDP には、以下の情報が含まれる。

- 送信者情報 (IP アドレス、URL、E-Mail 等)
- ストリームタイプ (ビデオ、オーディオ、制御 等)
- 使用するポート番号と転送プロトコル (RTP 等)
- 符号化アルゴリズムと追加パラメータ
- 転送レート

これらの情報がセッション開始時に送信者から受信者に通知される。SDP の実際の配布は、利用形態に応じて後述する RTSP、SIP、SAP が担当する。

RTSP (Real Time Streaming Protocol: RFC 2326)

RTSP は、主に VOD 型インターネット放送のための制御プロトコルである。MPEG で検討された DSM-CC を参考に、ストリームの再生、停止、早送り、スキップ、記録などの VCR コマンドを提供する。また、VOD セッションのコネクション管理も行い、セッション開始時には受信者に SDP を配布する。

RTSP は、HTTP をベースにしたサーバ・クライアント型のプロトコルである。RTSP 自体は TCP コネクションを使用し、HTTP に類似した手順で送受信端末間のストリーム制御を実行する。例として、RTSP サーバのアドレスを `www.katto.comm.waseda.ac.jp/~katto/streaming`、SDP ファイル名を `sample.sdp` とするとき、自分のホームページに `rtsp://www.comm.waseda.ac.jp/~katto/streaming/sample.sdp` と記載しておくことで、アクセスに来た人々に RTSP によるストリーミングサービスを提供できる。

SIP (Session Initiation Protocol: RFC 2543)

SIP は、主にインターネット電話やインターネット会議のための制御プロトコルである。端末間のコネクションの設定と解放を行い、やはりセッション開始時に SDP を配布する。

SIP と RTSP には共通点が多く、SIP もまた HTTP をベースとしたプロトコルである。ただし、RTSP が主にストリーミングデータの蓄積サーバを対象としているのに対し、SIP は実時間、双方向通信に重点を置いたプロトコル仕様

となっている

SAP (Session Announcement Protocol: RFC 2974)

SAP は、次回説明を行うマルチキャスト放送において、セッション情報 (SDP) を定期的に配布するために用いられる。ユーザ主導でセッションが起動される RTSP、SIP とは異なり、マルチキャスト放送では既存のセッションに対してユーザが参加する、という形態を取る。このため、ユーザに対して事前に番組情報を配布する必要があり、RTSP、SIP とは異なるプロトコルが必要になる。

具体的には、送信者は特定のマルチキャストアドレスとポート番号の組 (224.2.127.254、UDP ポート 9875 等) を使用し、定期的に番組の SDP を配布する。受信者は番組毎の SDP を記録しておき、視聴したい番組 (マルチキャストセッション) を選択する。この意味において、SAP は現在のデジタル放送の EPG に似たメカニズムと言える。

ITU-T H.323

ITU-T H.323 は、パケット通信網におけるマルチメディア通信勧告、として標準化が行われたプロトコル群である。主にインターネット電話やインターネット会議での使用を想定している。

個々のプロトコルを独立に標準化を行う IETF とは異なり、ITU-T では全体構成勧告と複数の詳細勧告によって一つの標準が構成される。H.323 は全体構成を表し、詳細プロトコルとしては H.225、H.245、H.323 などが勧告化されてい

る。

まず H.225 は、ストリームの多重化方式と呼設定手順を定めている。多重化方式には RTP/RTCP がそのまま採用され、呼設定は ISDN との互換性を考慮した Q.931 拡張が定められている。H.245 は、呼設定後の端末能力交換やチャネル設定手順を定めている。H.332 は、H.323 のインターネット会議勧告として、SDP をそのまま採用している。ただし、H.323 は IETF プロトコルをすべて採用しているわけではない。たとえば呼接続手順である Q.931/H.245 と SIP/SDP では、プロトコルの仕様が大きく異なっている。このため、両者の相互運用性が大きな問題となっている。

(第 2 回に続く)

参考文献

- [1] 大澤光編著：“インターネットストリーミング,” 共立出版 (2000)
- [2] D.E.Comer: “Internetworking with TCP/IP: Volume I,” Prentice-Hall (1995).
- [3] W.R.Stevens: “TCP/IP Illustrated: Volume I,” Addison-Wesley (1994).
- [4] S.Blake et al.,: “An Architecture for Differentiated Services,” RFC 2475 (Dec.1998).
- [5] <http://www.isi.edu/in-notes/iana/assignments/port-numbers>.
- [6] V.Jacobson and M.J.Karels: “Congestion Avoidance and Control,” ACM SIGCOMM’88 (1988).
- [1] 守谷：“音声符号化,” 電子情報通信学会 (1998).
- [8] ISO/IEC 14496-2: “Information Technology - Coding of Audio-Visual Objects – Part 2: Visual” (1999).
- [9] ITU-T Recommendation H.263: “Video Coding for Low Bit Rate Communication” (1998).
- [10] ISO/IEC 14496-3: “Information Technology - Coding of Audio-Visual Objects – Part 3: Audio” (1999).
- [11] OggVorbis: <http://www.vorbis.com>.
- [12] H. Schulzrinne et al., “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications,” RFC 1889 (Jan.1996).
- [13] 福永他: “受信確認を利用した誤り耐性動画像符号化方式における適応的モード切替方式,” 映像情報メディア学会誌, pp.1715-1721 (Oct.1997).
- [14] Y.Kikuchi et al.: “RTP Payload Format for MPEG-4 Audio/Visual Streams,” RFC 3016 (Nov.2000).
- [15] H. Schulzrinne et al.: “The IETF Internet Telephony Architecture and Protocols,” IEEE Network (May.1999).
- [16] 荻田監訳: “マスタリング TCP/IP: IP マルチキャスト編,” オーム社 (1999).
- [17] ITU-T Recommendation H.323: “Packet-based Multimedia Communications Systems” (1998).