インターネットで個人放送局を開くには(3)

正会員 甲 藤 二 郎[†]

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。今回は実際のストリーミングソフトウェアを用いた放送局の開設方法について説明する。

キーワード：インターネット放送、ストリームサーバ、メタファイル、RealSystem、Windows Media Technologies、QuickTime

4. ストリーミングソフトウェアの設定と運用

4.1 準 備

2台のPCを用いたインターネット放送局の構成例を図1(a)に示す。撮影用PCは、カメラとマイクを用いてAVデータをキャプチャして圧縮する。あるいは、別途撮影したAVファイルを圧縮する。ライブの場合は、圧縮データを即座にパケット化してサーバに転送し、オンデマンドの場合は、オフラインで圧縮ファイルをサーバに転送する。それぞれの場合に対応して、サーバPCはストリーミングを実行する。

小人数の視聴者を対象とする場合、図1(b)のように、キャプチャから放送までを1台のPCで行うことも可能である。一方、不特定多数の視聴者を対象とする場合には、図1(c)に示すように、撮影用PC、ストリームサーバ、WWWサーバ、ファイアウォール等に複数台のマシンを設置する。さらに、それぞれのサーバ自身を複数台用意してクラスタ化すれば、負荷分散の効果が得られる。

撮影用PCの場合、基本的にPC、ビデオキャプチャカード、サウンドカード、カメラ、マイク等を一式揃える。あるいは、最近ではPCのAV対応が進み、初めからすべてのインタフェースが組み込まれている場合も多い。アナログのNTSC入力、あるいはデジタルのDV入力が備わっていることを確認し、インタフェースに合わせてカメラ、VTR等の機器を購入する。

オペレーティングシステムは好みに応じて選択する。ただし、キャプチャカードに添付されるドライバは、通常はWindows専用である。よってUNIX系の場合は、インターネット上から別途ドライバを組み込み、カーネルを再構築するのが普通である。さらにUNIX系では、新製品ほどドライバが提供されない場合が多い（つまり、キャプチャできない）。よって、UNIX系の場合は、あらかじめ下調べを行った上で機器を揃え

(a) 一般的な構成

(b) 小規模な構成

(c) 大規模な構成

図1 インターネット放送局の構成例

ることが望ましい。

あるいは、最近ではカメラとオペレーティングシステム、ネットワークが一体化された製品も販売されている（webcam等）。使用用途は小人数のインターネット放送に限定されるが、機器のIPアドレスを設定すればすべての設定が完了する。

これに対してサーバPCでは、一般的に周辺機器は不要であるが、ファイアウォールの設定や各種のネットワーク設定が重要になる。また、次節で詳しく述べるように、通常のWebサーバを用いる場合と、インターネット放送用に専用のサーバソフトウェアを導入する場合の2通りがある。前者の場合、Apache等のWebサーバを起動するだけだが、パフォーマンスとしては当然後者に劣る。後者の場合、Windowsでは2000

[†] 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 (3)" by Jiro Katto
(Department of Electronics, Information and Communication Engineering,
School of Science and Engineering, WASEDA University, Tokyo)

Serverを使用する。これは、Windows 2000 Serverには予めサーバソフトウェアが組込まれているからである。UNIX系の場合、基本的にはオペレーティングシステムの制約はないが、選定したサーバソフトウェアの動作は確認する必要がある。

4.2 2種類のストリーミング方式

用意するサーバに応じて、2通りのストリーミング方式が提供される。

- ・HTTPストリーミング
- ・専用プロトコルを用いたストリーミング

前者は、通常のWeb (HTTP) サーバにストリーミングを行わせる方式であり、HTTPストリーミングとも呼ばれる。この場合、撮影用PCと通常のWebサーバを用意だけで放送局の開設は完了し、手間はまったくかからない。ただし、専用サーバ方式に比べるとパフォーマンスは低下し、視聴者数の限られた小規模な運用に限られる。また、前述のネットワーク型カメラは、一般的にHTTPストリーミングを行うものである。

これに対して、後者はストリーミング専用の制御プロトコルを使用する。具体的な制御プロトコルとしては、リアルネットワークス社はRTSP (Real Time Streaming Protocol) とPNA (Progressive Networks Audio)、マイクロソフト社はMMS (Microsoft Media Server protocol)、アップル社はRTSPを使用している。第1回に説明したように、RTSPはIETFで標準化されたプロトコルである (RFC 2326)。また、RTSPの作成には、リアルネットワークス社が深く関与している。一方、PNAとMMSは、リアルネットワーク社とマイクロソフト社の独自 (非標準) プロトコルである。ストリーミング専用のプロトコルを使うことで、送信レート制御やマルチキャスト、スプリッタ、トリックモード等に柔軟に対応でき、優れた特性を実現できる。

図2には、HTTPストリーミングと専用プロトコルを用いたストリーミング方式の違いを示す。共に、初めはWebページを介して番組をアナウンスする。視聴者が放送の開始を求めてリンクをクリックすると (①)、Webサーバが応答して小さなファイルを返す (②)。このファイルはメタファイルと呼ばれ、Webブラウザはメタファイルを受け取るとビューアソフトウェアを起動する (③)。ここまでの手順は、HTTPストリーミング、専用プロトコルの場合、共にまったく同じである。ただし、④以降の手順が異なり、HTTPストリーミングの場合は、Webサーバが通常のファイル転送と同じ方法 (つまりTCP) でストリームファイルを転送する (このために、ビューアもHTTPで会話できるようになっている)。これに対して、専用プロトコルを用いる場合は、ストリームサーバが接続状況に応じて転送プロトコルや転送レートを決定し、視聴者に最適な方法でパケットを転送する。いずれの場合も、ビューアはパケットを受け取りながら復号・再生を繰り返し、ストリーミング再生を実現する。

ありがたいのが、メタファイルを指定しないで、ホームペ

(a) HTTP ストリーミング

制御: RTSP/MMS
ストリーミング: UDP, TCP, IP Multicast, ...
(b) 専用プロトコルを用いたストリーミング

図2 HTTPストリーミングと専用プロトコルを用いたストリーミング

ージから直接ストリームファイルへのリンクを貼ってしまうミスである。この場合、ストリーミングは行われず、ファイルのダウンロード後にビューアが起動されることが多い。よって、ホームページにはメタファイルへのリンクを記述し、さらにメタファイルにはストリームファイルへのリンクを記述する。こうすると、ビューアが起動されてからストリーミングが実行される。ただし、サーバには、あらかじめストリームファイル、メタファイル双方のMIMEタイプを登録しておく必要がある。

以下に、ストリーミングソフトウェアの代表例として、リアルネットワークス社のRealSystem¹⁾、マイクロソフト社のWindows Media Technologies²⁾、アップル社のQuickTime³⁾について説明を行う。表1には、各社のストリームファイルとメタファイルのMIMEタイプ一覧を示しておく。

4.3 RealSystem¹⁾

リアルネットワークス社のストリーミングソフトウェア群はRealSystemと呼ばれる。世界中でもっとも利用者が多いことでも有名である。表2にRealSystemのソフトウェアの一覧を示す。

4.3.1 エンコーダ

AVデータのキャプチャと圧縮にはReal Producerを使用す

表1 MIMEタイプ一覧

名 称	MIME タイプ
RealSystem	audio/vnd.m-realmedia rm
	application/smil smi smil
	audio/x-pn-realaudio ram
	audio/x-pn-realaudio-plugin rpm
Media Technologies	video/x-ms-wmv wmv
	audio/x-ms-wma wma
	video/x-ms-asf asf asx
QuickTime	video/quicktime mov qt

る。機能限定されたRealProducer Basicは無料で、RealProducer Plusは有償で配布されている。ライブキャプチャとファイル入力が可能であり、ファイルは.avi, .movを始め、多種多様なフォーマットに対応している。圧縮ファイルは.ramの拡張子が付けられる。また、圧縮時に複数のレートを選択することが可能である。このとき、SureStreamオプションを選択すると、生成されるのは一つの.ramファイルだけだが、RTSPストリーミング時にスケーラブルな転送レート制御が可能となる（つまり、スケーラビリティを一つのファイルで実現している）。さらに、RTSPサーバ経由のライブ放送も可能である。

4.3.2 プレゼンテーション記述とメタファイル

プレゼンテーション記述は、特にリアルネットワークス社からの専用エディタは提供されておらず、通常のエディタを用いてSMIL記述を行う。このとき、ファイル拡張子は.smiとする。ただし、SMILはそれほど複雑な記述言語ではなく、多くの場合、不便は感じない。メタファイルは、通常のエディタを使って記述するか、あるいは後述するRealSystem Serverのramgenを使って自動生成する。ファイル拡張子は、ヘルパーとして起動する場合は.ram、プラグインとしてWebページに埋め込む場合は.rpmとする。共に中身は同じである。

SMILファイルとメタファイルの間には密接な関係がある。後述するASXファイルのように、SMILファイル自体をメタファイルと考えても構わない。具体的には、HTTPストリーミングとRTSPストリーミングのどちらを使うかに応じて、メタフ

ァイルを以下のように書き分ける。

- (1) HTTPストリーミングの.ram ファイル
http://web_server/sample.rm
- (2) RTSPストリーミングの.ram ファイル
rtsp://rtsp_server/sample.rm

ここでweb_serverは実際のWebサーバ名、rtsp_serverはRTSPサーバ名である。rtsp://の代わりにpna://とすれば、リアルネットワーク社独自のPNAプロトコルが使用される。また、.ramファイルの中で、ストリームファイル.rmを直接参照する代わりに、.smi経由で間接参照しても構わない。この場合、ビューアがまず.smiファイルを解釈し、その後ストリーム転送が開始される。

さらに、HTTPストリーミングの場合、通常はSureStreamを使うことはできないが、SMILのswitch文を用いて視聴者の接続環境に応じた適切なレート選択を行わせる仕組みが用意されている。

- (3) HTTPストリーミングの.smi ファイル

```
<smil>
<body>
<switch>
  <ref src="LAN.rm" system-bitrate="150000" />
  <ref src="ISDN.rm" system-bitrate="45000" />
  <ref src="modem56.rm" system-bitrate="32000" />
  <ref src="modem28.rm" system-bitrate="20000" />
</switch>
</body>
</smil>
```

上の例では、あらかじめLAN用（150kb/s）、ISDN用（45kb/s）、56kモデム用（32kb/s）、28kモデム用（20kb/s）それぞれに適したストリームファイルが用意されている。ビューアはSMILファイルを受け取り、複数のストリームファイルが選択可能であることを知り、個々の接続環境に応じて適切な速度のストリームファイルを選択することができる。

最後に、プラグインとしてWebブラウザに埋め込む場合は、HTMLに記述を追加する必要がある。通常のアンカーの替わ

表2 MIMEタイプ一覧

目 的	名 称	入出力フォーマット、プロトコル
キャプチャエンコーダ	Real Producer	入力：ライブ、.avi、.mov 他
		出力：.rm (RealVideo, RealAudio)
プレゼンテーション記述	各種エディタ, Ramgen	ファイル：.smi
メタファイル		メタファイル：.ram
ストリームサーバ	Real System Server	ファイル：.rm, .smi 他
		制御：RTSP, PNA [*]
		メディア：RTP, RDT [*] , UDP, TCP, HTTP, IP, Multicast
スプリットプロキシ	Real System Proxy	制御：RTSP, PNA [*] , HTTP
		メディア：RTP, RDT [*] , UDP, TCP, HTTP, IP, Multicast
ビューア	Real Player	入力：.rm, .smi, .avi, .mov, .mpg 他

^{*} PNA, RDT はリアルネットワークス社の独自プロトコル

表3 RealSystem Serverの使用するポート番号

RTSP	554
PNA	7070
HTTP	8080
Monitor	9090
Admin	16347

りに、例えば以下のようにする。

(4) プラグインのためのHTML記述

```
<embed
width=180 height=120
src="http://web_server/sample.rpm"
controls="imageWindow"
autostart=true
>
```

4.3.3 ストリームサーバ

ストリームサーバにはRealSystem Serverを使用する。これは各種オペレーティングシステムに対応し、RTSPとPNAをサポートしている。サーバソフトウェアは高価であるが、Basic版であれば、期限付きではあるが無料で試すことができる。デーモン起動時にポート番号の設定を行い、デフォルトのポート番号は表3に示すようになっている。

RealSystem Serverでは、上の8080番を、HTTPを用いて各種の管理文書を閲覧したり、ramgenを用いて.ramファイルを自動生成したりするのに使用する。後者の場合、ホームページのHTMLに

```
http://rtsp_server:8080/ramgen/sample.rm
```

と記述しておく、アクセス時にsample.rmに対する.ramファイルが自動生成され、ビューアに返される。また16367番は、同じくHTTPを使用し、リモートからサーバ設定するために使用される。

なお、表に挙げたRDT (Real Data Transport) は、RTPの代替として使用されるリアルネットワーク社の独自プロトコルである。詳細は不明であるが、RTPとは異なり、パケット廃棄発生時にパケットの再送を要求する。RTPでパケット再送を要求しないのは、低遅延、マルチキャストへの対応も求められるからであり、目的が少し異なる。

4.3.4 プロキシとビューア

RealSystemでは、スプリッタ機能、プロキシ機能を提供するRealSystem Proxy、キャプションを作成するRealText、プレゼンテーションを作成するRealPresenter、なども用意されている。特にRealSystem Proxyはストリームサーバと対話しながら、スプリッタ、キャッシング、顧客制限 (コンテンツ保護) などを実現する。ビューアはRealPlayerであり、よく知られているようにインターネットから無償でダウンロードすることができる。

4.4 Windows Media Technologies²⁾

マイクロソフト社のストリーミングソフトウェア群は

Windows Media Technologiesと呼ばれる。表4にソフトウェアの一覧を示す。

マイクロソフト社のインターネットマルチメディア関係の製品は、もともとはデスクトップ用途のMediaPlayer、インターネット放送向けのNetShow、インターネット電話向けのNetMeeting、の3系統であった。ここ数年の間に、まずMediaPlayerとNetShowがMedia Technologiesとして統合され、最近ではさらにNetMeetingも含めた統合も検討されているという。

4.4.1 エンコーダ

AVデータのキャプチャと圧縮にはMedia Encoderを使用する。Media Encoderは無償で配布されており、ライブキャプチャ、ファイル入力共に可能である。ファイル形式は.avi, .movを始め、さまざまなフォーマットに対応している。圧縮ファイルには.wma, .wmvの拡張子が付けられる。以前は.asf が用いられていたが、中身は同じであり、拡張子によってオーディオ、ビデオを明確に区別しているに過ぎない。

圧縮時に複数のレートを選択することが可能で、インテリジェント・ストリーミングの使用を前提に、出力自体は一つのストリームファイルとすることもできる。これをMMSサーバに置いてストリーミング転送を行うと、RealSystemのSureStreamと同様に、スケーラブルな転送レート制御が実行される。また、MMSサーバ経由のライブ放送も可能である。

4.4.2 プレゼンテーション記述とメタファイル

プレゼンテーション記述とメタファイルは、Media Technologiesの場合はASXと呼ばれる一つのファイルに統一されている。ASXファイルの編集用にMetafile Creatorと呼ばれるエディタが提供されるが、もちろん通常のエディタを使用してもよい。また、ASXファイルの拡張子は.asxである。

HTTPストリーミングとMMSストリーミングの使い分けはRealSystemと同様である。web_serverをWebサーバ名、mms_serverをMMSサーバ名とすれば、ASXファイルは以下のように記述される。

(1) HTTPストリーミングのASXファイル

```
<ASX version="3">
<Entry>
<ref HREF="http://web_server/sample.wmv" />
</Entry>
</ASX>
```

(2) MMSストリーミングのASXファイル

```
<ASX version="3">
<Entry>
<ref HREF="mms://mms_server/sample.wmv" />
</Entry>
</ASX>
```

上の例はきわめて基本的な使い方であるが、ASXではこの他にもさまざまなタグが定義されており、SMILと同様のコンテンツ作成が可能である。

表4 Windows Media Technologiesのソフトウェア一覧

目 的	名 称	入出力フォーマット, プロトコル
キャプチャエンコーダ	Media Encoder 等	入 力 : ライブ, .avi, .mov 他 出 力 : .wmv, .wma (WM Video, WM Audio), .asf
プレゼンテーション記述 メタファイル	Metafile Creator 他 各種エディタ	メタファイル : .ask
ストリームサーバ	Media Server	ファイル : .wmv, .wma, .asf 他 制 御 : MMS* メディア : RTP, UDP, TCP, HTTP, IP, Multicast
コンテンツ保護	Media Rights Manager	独 自
ビューア	Media Player	入 力 : .wmv, .wma, .asf, .avi, .mpg 他

*MMS はマイクロソフト社の独自プロトコル

表5 QuickTimeのソフトウェア一覧

目 的	名 称	入出力フォーマット, プロトコル
キャプチャエンコーダ	QuickTime Pro, Sorenson, Qdesign 他	入力 : .mov, .qt 他 出力 : .mov, .qt 他
プレゼンテーション記述 メタファイル	各種エディタ	ファイル : .smi メタファイル : .mov (詳細不明)
ストリームサーバ	QuickTime Streaming Server	ファイル : .mov, .qt, .smi 他 制御 : RTSP メディア : RTP, UDP, TCP, HTTP, IP, Multicast
ビューア	QuickTime Player	入力 : .mov, .mpg 他

Webページに埋め込むプラグインの場合は、通常のアンカーの代わりに、以下の記述をHTMLに追加する。

(3) プラグインのためのHTML記述

```
<embed
width=180 height=120
src="http://web_server/sample.asx"
>
```

4.4.3 ストリームサーバ

ストリームサーバはMedia Serverを使用する。これはWindows 2000 Serverにあらかじめ組込まれており、NTの場合は別途無償で提供される。ストリーミング用プロトコルはマイクロソフト社独自のMMSをサポートする。以前はMSBD (Media Distribution Broadcast Protocol) という独自プロトコルも使われたが、最近ほとんど使われなくなっている。

4.4.4 コンテンツ保護とビューア

Media Technologiesでは、コンテンツ保護のためのMedia Rights Managerを提供している。これは、ストリームファイルを暗号化して保護するものであり、技術的な詳細は不明である。RealSystemが主にプロキシによってコンテンツ保護を図るのに対し、Media Rights ManagerはEnd-to-Endのコンテンツ保護であり、好対照をなしている。

一方、ビューアはMedia Playerが提供される。これはあらかじめすべてのWindowsファミリに組込まれており、最新版もインターネットを介して随時ダウンロードすることができる。

表6 RealSystemとQuickTimeの相互接続性

名 称	MIME タイプ
RealSystem	audio/vnd.m-realm application/smil smil audio/x-pn-realaudio ram audio/x-pn-realaudio-plugin rpm
Media Technologies	video/x-ms-wmv wmv audio/x-ms-wma wma video/x-ms-asf asf asx
QuickTime	video/quicktime mov qt

4.5 QuickTime³⁾

アップル社のストリーミングソフトウェア群がQuickTimeである。古くからマッキントッシュ用のマルチメディアソフトとして有名だが、最近はとりわけインターネット対応を進めている。表5にソフトウェアの一覧を示す。

4.5.1 エンコーダ

AVデータの圧縮にはQuickTime Proを使用する。無償でダウンロード可能なQuickTimeに、有償のライセンスアップグレードを登録することで動作する。筆者の用いたバージョン(QuickTime 4.1: Windows版)では、ライブキャプチャはできなかった。他のエンコーダと同じく、入力は .avi, .mov を始めさまざまなフォーマットに対応している。出力では、インターネットストリーミング用を指定すると、拡張子が .mov のファイルが一つ生成される。圧縮形式は、ビデオ圧縮用の

Sorenson Video, オーディオ圧縮用の QDesign Audio, 音声圧縮用のQualcom PureVoice他, さまざまなソフトウェアが提供されている。ただし, ライブ放送を行うためには, 現状ではSorenson Broadcasterを別途購入しなければならない。

4.5.2 プレゼンテーション記述とメタファイル

プレゼンテーション記述には, RealSystemと同じくSMILを用いることができる。一方, QuickTimeのメタファイルは, .ram や .asx のようなテキスト記述ではなく, バイナリ形式のスクリプトを用いている模様である。

4.5.3 ストリームサーバ

ストリームサーバには, QuickTime Streaming Serverを使用する。これはアップル社のホームページから無償でダウンロードすることができる。さらにはオープンプロジェクトとしてソースコードも公開されている。サポートするプロトコルはRTSPである。ただし, 表6に示すように, 現状ではRealSystem ServerとQuickTime Streaming ServerのRTSPレベルの相互接続性は完全には実現されていない。

4.5.4 ビューア

QuickTimeのビューアはQuickTime Playerであり, これはインターネット経由で無償でダウンロードすることができる。

4.6 総 括

RealSystemの場合を例に取り, 放送局開設のための具体的な手順をまとめておく。その他のソフトウェアの場合もほぼ同じ手順である。

- (1) エンコード環境とサーバ環境を整える。
- (2) キャプチャ入力, もしくはファイル入力からストリームファイル sample.rm を作成する。
- (3) 番組案内用のHTMLファイルsample.htmlと, メタファイルsample.ramを作成する。
- (4) sample.htmlをWebサーバに, sample.ramとsample.rmをストリームサーバに, それぞれ保存する。

以上で開局は終了である。視聴者がアクセスしてくると, 4.2に述べた手順に従ってインターネット放送が開始される。ストリームサーバを使わない場合は, HTTPストリーミングが実行される。

第1回に説明した手順に従えば, RTSPセッションの開始時に転送されるべきSDPファイルが存在しない。これはミスではなく, RealSystemとQuickTimeの場合, ストリームサーバによって自動生成されている。この様子は, Ethereal⁴⁾等のパケット解析ツールを用いて観察できる。RealSystemの.rm, Media Technologiesの.asf, QuickTimeの.qtは, それぞれファイルフォーマットとも呼ばれている。rmファイルの詳細は不明だが, 他の2つは仕様が公開されている(最近のASFは不明)。共にファイルの先頭に制御ヘッダを配し, 圧縮データを添付してストリームファイルを構成する。上記のSDPファイルの自動生成は, この制御ヘッダに基づいて実行される。制御ヘッダはまた, 圧縮データのディレクトリ管理やRTPパケ

ット生成のヒント等, さまざまな用途に使用される。QuickTimeの場合, 特に後者のヒント情報はヒントトラックと呼ばれ, エンコード時にカスタマイズすることもできる。

一方, これらのシステムは.mpgや.mp3など, 上記のファイルフォーマット以外の圧縮ファイルのストリーミングも可能である。この場合はファイル拡張子や圧縮ファイルのヘッダ部分の解析結果から, SDPを推測・生成しているものと考えられる。基本的に, 固定長フレームを用いる符号化アルゴリズム, あるいはユニークワードを挿入する符号化アルゴリズムであれば, どのような圧縮ファイルもストリーミング転送が可能である。

5. お わ り に

以上, インタネット放送に関して, 基本的な原理, プロトタイプ作成方法, 商用ソフトウェアの使用法, について説明を行った。毎回述べているように, インタネット放送とは数多くの技術の集合体であり, きわめて明確なプロトコル階層として構成されている。

商用ソフトウェアの現状を見ると, リアルネットワーク社はネットワークソフトウェアとして, マイクロソフト社とアップル社はオペレーティングシステムの一部として, インタネット放送を位置付けている。インタネット上のマルチメディア配信に関してはいまだに賛否両論があるが, やがてはTCP/IPのように, なくてはならないプロトコルになるのかもしれない。

インタネット放送の将来を考えた場合, 結局のところ, 各コンポーネントの発展が望まれる。プロトコル階層の上位から順に,

- ・符号化アルゴリズムの改善
- ・新しいコンテンツの導入(文献5)等)
- ・品質制御と輻輳制御の協調アルゴリズム
- ・各種インタネットQoS
- ・ワイアレス, モビリティ拡張(文献2)等)

等の大局的な発展が期待される。(2000年11月2日受付)

〔文 献〕

- 1) Real Networks : <http://www.realnetworks.com>
- 2) Windows Media Technologies : <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia>
- 3) Apple QuickTime : <http://www.apple.com/quicktime>
- 4) The Ethereal : <http://www.ethereal.com>
- 5) Viewpoint : <http://www.viewpoint.com>

甲藤 二郎 1987年, 東京大学工学部電気工学科卒業。1992年, 同大学大学院工学系研究科博士課程電子工学専攻修了。同年, 日本電気(株)入社。1996年~1997年, 米国プリンストン大学客員研究員。1999年, 早稲田大学理工学部電子・情報通信学科助教授。主にマルチメディア通信, 信号処理の研究に従事。工学博士。正会員。