

地上デジタル放送用スタジオシステム機器

Master System of Digital Terrestrial Broadcasting

杉山 智昭

SUGIYAMA Tomoaki

布川 智

NUNOKAWA Satoru

加藤 正樹

KATOH Masaki

2000年12月に放送が開始されたBSデジタル放送に続き、2003年12月に地上デジタル放送が開始された。地上デジタル放送を行うにあたり、放送設備に使用されるスタジオ機器は、BSデジタル放送に対して更に高圧縮、高画質、多チャンネル、小型化を求められていた。

東芝は、このような要求に対して、小型、高性能を特長とするスイッチャ装置(RFA-1000)、エンコーダ装置(ENC-3000)、多重化装置(MUX-3000)を新たに開発し、地上デジタル放送用マスタシステムの改良に貢献した。

Following the introduction of broadcast satellite (BS) digital broadcasting in December 2000, digital terrestrial broadcasting services commenced in Japan in December 2003. In order to realize these new services, the various types of studio equipment used in the broadcasting system were required to provide higher compression, higher picture quality, multichannel functionality, and smaller size compared with those for BS digital broadcasting.

This paper introduces a switcher, an MPEG-2 encoder, and a multiplexer newly developed by Toshiba to meet these requirements.

1 まえがき

2003年12月に関東、中京、近畿の三大都市圏において地上デジタル放送が開始された。

地上デジタル放送のスタジオ送出設備としては、従来のアナログ放送に対して、主に次のような新しいスタジオシステム機器が必要とされる(図1)。

- (1) 多チャンネル放送に対応するスイッチャ装置
- (2) 映像・音声信号を高圧縮するエンコーダ装置
- (3) 圧縮された多チャンネルの映像・音声信号やデータ放送などを多重する多重化装置

これらの装置は、BSデジタル放送のときに開発を行っているが、地上デジタル放送の開始に向けて、新しいサービスによる高機能化と高画質化のために、更に改良設計を行ってきた。

またアナログ放送は、終了が予定されている2011年までデジタル放送とサイマル放送しなければならない。このため、放送局の設備費は膨大なものとなる。また設置スペースに関しても、既存放送局ではスペースを十分に確保することが難しい。このことから、スタジオシステム機器には、装置の小型化設計が必須条件となっている。

今回新たに改良を行ったこれらの装置について、以下に述べる。

2 スwitchャ装置(RFA-1000)

スイッチャ装置は、放送局で番組を送出するスタジオ送出設備に使われている。この装置は、放送時間に従い番組やコマーシャルなどの映像信号や音声信号を切り替える機能と、複数の映像・音声効果機能を持っている。主な機能には、番組提供者や速報・地震・津波などの緊急な情報を映像に重畳するスーパーポーズ、チャイム音の重畳、番組の切替え時に行う映像・音声信号のフェードインとフェードアウトなどがある。フェードイン・フェードアウト機能とは、黒味の映像からしだいに通常の映像にした(フェードイン)、またその逆に、通常の映像からしだいに黒味の映像にする(フェー

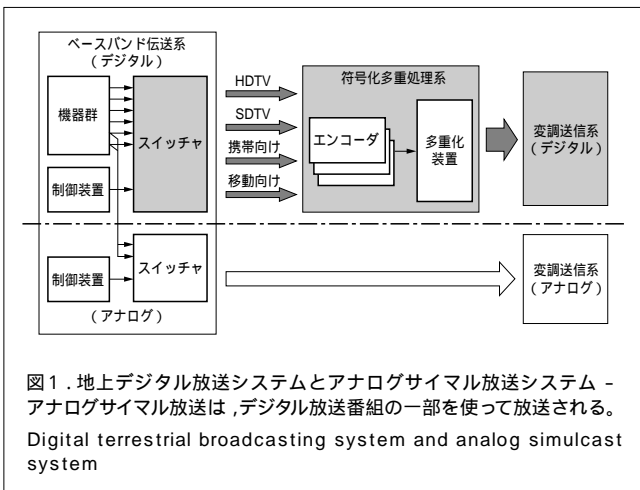


図1. 地上デジタル放送システムとアナログサイマル放送システム - アナログサイマル放送は、デジタル放送番組の一部を使って放送される。
Digital terrestrial broadcasting system and analog simulcast system

ドアウト)映像効果である。

スイッチャ装置については、地上デジタル放送向けに次のような改良設計を行った。

- (1) 小型化 従来のスイッチャ装置は、映像用と音声用で装置が別々に構成されていた。これは、従来それらの信号の伝送方式が別々であったためである。しかし、映像信号と音声信号のデジタル化が進み、デジタル映像信号の有効映像以外の領域にデジタル音声信号を多重し、映像信号と音声信号を同時に伝送する方式が規格化された。このことにより、従来の映像装置の中に音声処理を入れることにより、装置のサイズを従来の1/2にすることができた。またこれは、装置だけではなくケーブル数の削減やラック本数の削減にも大きく貢献した。
- (2) アドイン方式による機能の追加 従来のスイッチャ装置は、複数枚のユニットで効果や機能を実現していた。今回の装置は、大規模なFPGA(フィールドプログラマブルゲートアレイ)を採用し、効果や機能を1枚のユニットで実現できるようになった。地上デジタル放送では、サービスが増えたことにより、各サービスに対していろいろな効果や機能を簡単に追加できるように筐体(きょうたい)を設計し、自由に機能を追加できるようになった。また今回、大規模なFPGAを採用することにより、消費電力も従来の1/2にすることができた。
- (3) L字DPE(Digital Picture Effect)機能 L字DPE機能とは、大雪や台風などのときに、テレビ(TV)で本編の映像信号をコーナーに縮小し、ちょうどL字のように空いた部分に大雪や台風などの気象情報が流れるサービスである。

従来L字DPE機能は、別装置で構成された。しかし



図2. スwitchャ装置 - 映像・音声の効果がユニットのアドインで実現することが可能であり、小型、低消費電力を特長としている。
Switcher

今回は、大規模なFPGAを採用することによりスイッチャ装置に内蔵することで、小型化できた。

- (4) ALC機能 ALC(Audio Level Control)機能とは、番組の切替りなどで、音声レベルが違う素材を切り替えたときに発生する音声レベルの変動を抑えて、自然なつながりの音声レベルにする機能である。音声処理にはDSP(Digital Signal Processor)を用いており、5.1チャンネル(ch)サラウンドやマルチステレオに対応している。内部処理は、人間の聴感特性を考慮した自動音量機能に、リミッタやコンプレッサ機能を追加した機能である。スイッチャ装置の外観を図2に示す。

3 エンコーダ装置(ENC-3000)

エンコーダ装置は、映像信号をMPEG-2(Moving Picture Experts Group-phase 2)映像規格(ISO/IEC13818-2:国際標準化機構/国際電気標準会議規格13818-2)で符号化し、音声信号をMPEG-2 AAC(Advanced Audio Coding)方式(ISO/IEC13818-7)で符号化し、データとともにMPEG-2システム規格(ISO/IEC13818-1)のTS(Transport Stream)信号を生成する装置である。エンコーダ装置の仕様を表1に示す。

表1. エンコーダ装置の仕様
Main specifications of MPEG-2 encoder

項目	仕様
映像入力	SDI(SMPTE292M, SMPTE259M)
音声入力	Embedded Audio(SMPTE299M, SMPTE272M)
字幕入力	Ancillary Data(SMPTE291M)
NET-Q入力	Ancillary Data(SMPTE291M)
同期入力	Black Burst 信号及び STC 同期信号
TS出力	DVB-ASI 4 系統
映像符号化	MPEG-2 Main Profile
音声符号化	MPEG-2 AAC LC Profile
本体寸法	480(幅)× 88(高さ)× 600(奥行)mm

SDI: Serial Digital Interface
SMPTE: Society of Motion Picture Television Engineers
DVB-ASI: Digital Video Broadcasting-Asynchronous Serial Interface
LC: Low Complexity

まだら切替え(HDTV(高精細TV)番組とSDTV(標準TV)番組の切替え)のシームレス切替えや、ビットレート、アスペクトといったパラメータのシームレス変更など、従来装置の機能はそのままに、地上デジタル放送へ向けて次のような開発や改良を行った。

- (1) 低ビットレート化 地上デジタル放送はBSデジタル放送と比較して、伝送帯域が狭いだけでなく、携帯・移動体サービスやデータ放送など付帯サービスのために、映像帯域(ビットレート)の低減を余儀なくされる。ビットレートが下がるとモスキートノイズなどの符号化ひずみ

が増え、画質が低下する。このために、パフォーマンスの高い符号化LSI(DoMiNoチップ)を開発して、低ビットレートでも画質が劣化しない新しい映像符号化アルゴリズムを実装した。BSデジタル放送での18 Mbpsの画質を14 Mbps以下で実現した。映像符号化部はマイクロコード化されており、アルゴリズムの変更やバージョンアップが容易に行える構造となっている。

エンコーダ装置の映像符号化部は、日本ビクター(株)との共同開発である。

(2) VBR(Variable Bit Rate)化 地上デジタルの狭い伝送帯域を有効に活用するために、映像素材の複雑さによってビットレートをダイナミックに変える仕組み(自律的VBR)を導入した。この仕組みでは、複雑で難しい絵柄のときは指定されたビットレートをすべて使用するが、静止画などの比較的容易な絵柄のときには、これを検知してビットレートを下げる。エンコーダ装置がビットレートを下げた分の帯域をデータ放送などで利用することが可能となる。

(3) 低遅延化 デジタル放送ではアナログ放送と比較して、放送局の符号化から家庭での復号までの遅延が発生するが、地上デジタルではOFDM(直交周波数分割多重)という変調方式の特性から伝送路でも遅延が発生し、大きな問題となる。この問題を解消するために低遅延化を行った。BSデジタル放送では、1秒以上あったエンコーダ装置の遅延を600 msに低減した。エンコーダ装置の遅延は、素材入力からPTS(Presentation Time Stamp)で規定している。

(4) 音質向上 BSデジタル放送でも定評のあったAACの音質を、地上デジタル放送に向けて更に向上させた。特に高音質モードと呼ばれる192 kbps以上のビットレート(音声モードがステレオのとき)では、音声帯域を20 kHzまで伸ばし、より原音に近い音質を実現した。

また、音声の多チャンネル化に対応するために、4ステレオ、8モノラル、5.1 ch + ステレオなど、多彩な音声モードを標準装備した。

(5) 字幕、NET-Q(局間制御信号)対応 地上デジタル放送の特徴の一つであるネット伝送に対応するために、映像信号のAncillary(補助)領域に多重されている字幕データを分離し、受信機で受信・表示できる形式に変換(放送波字幕)して、TSに多重する方式を採用した。

また、ネット伝送をTSで行うシステム(TS伝送)に対応するために、ネットの下局に対して字幕(局間伝送字幕)やNET-Qを伝送する仕組みを盛り込んだ。

(6) 一体化・小型化 BSデジタル放送では、映像エンコーダ(2U^(注1))と音声エンコーダ(1U × 2台)が分かれ

た構造になっていたが、これを一体化し、2Uサイズの1筐体構成とした。

エンコーダ装置の外観を図3に示す。



図3.エンコーダ装置 - 高画質・高音質な符号化と、小型、低消費電力を特長としている。
MPEG-2 encoder

4 多重化装置(MUX-3000)

多重化(MUX)装置は、映像や音声を圧縮するエンコーダや、データサービスを送出するサーバなどから出力される複数のTSを一つの放送用TSとして出力する。このため、再多重化装置とも呼ばれている。地上デジタル放送スタジオシステムのほぼ最終段の位置にあり、スタジオシステムと送信システムをつなぐ役割を担う。そのため、スタジオシステム機器とのインターフェースと送信システムとのインターフェースを持ち合わせている。

BSデジタル放送でも多重化装置はあるが、地上デジタル放送向けの多重化装置について、従来機器からの追加や改良項目を中心に述べる。

(1) 多重フレームパターン送出 装置に入力されたTSを多重フレームパターンに従って出力を行う。多重フレームパターンとは、地上デジタル放送を実現するISDB-T(Integrated Service Digital Broadcasting for Terrestrial)方式の特長である、複数の階層伝送ができ、かつ各階層の伝送遅延量が異なっても、理想的なモデル受信機において不整合が起こらなくするための送出パターンを定めたものである。これにより、固定受信、移動体受信、携帯受信の各サービスが一つの放送TSで実現できる。

(2) IIP(ISDB-T Information Packet)送出と伝送パラメータ切替え 送出システムはスタジオから離れているため、スタジオから送信システムの機器を制御する場合、IIPと呼ばれるTSパケットに、送信機の制御情報を多重して送出する。IIPには、伝送パラメータと呼ばれる、キャリア変調方式、畳込み符号化率、インタリーブ長、セグメント数の情報が多重されている。これら伝送パラメータを切り替える場合、スタジオシステムと送信システムで不整合を起こさないように、伝送パラメータ切替え指標をカウントダウンし、切替えのタイミングをとる。

(注1) 装置の高さ方向寸法の単位で、1U = 約44.45 mm。

(3) 入力TSレート監視と多重制限 装置に入力されたTSの総レートが出力レートを超えると、装置内のメモリバッファが破綻(はたん)し、放送TSが不連続になる。このため、入力TSレートを監視し、異常時に多重制限を行う。多重制限とは、ある特定のTS多重を止めることで、放送への影響を最小限にするために行う。多重制限を行う順番は、あらかじめ設定しておくことが可能である。デジタル放送では、映像や音声のように1度だけ送出するものと、データ放送サービスやEPG(電子番組ガイド)のように同じ内容の情報を繰り返して送出するものがある。そこで、映像や音声の多重制限の順番を低く、データ放送サービスやEPGを高くすることで、入力TSレート異常が発生しても、その影響を最小限にすることができる。

(4) データ放送TSのVBR送出 MPEG-2エンコーダから送出されるTSレートは、映像素材のシーンによって大きく変動する。多重化装置は、エンコーダ装置のTSレートが最大のおきでも破綻しないように設定されるため、レートが小さくなったときに、受信機で破棄される無効なヌルパケットを送出することになる。このむだをなくすために、データ放送サービスのTSを、エンコーダ装置のTSレートの増減に合わせて変動させて送出する。このように、TSレートを変動させることをVBRという。また、前述のように、データ放送サービスは同じ内容の情報を繰り返して送出するため、TSレートが大きくなることは、繰返しの周期が小さくなる、つまり、受信機での表示が早くできることを意味する。

(5) PCR(Program Clock Reference)生成 このスタジオシステムにおいて、エンコーダ・多重化装置用同期信号発生器によりPCRを渡すことで、すべてのエンコーダ装置と多重化装置はSTC(System Time Clock)が同期する。これによって、各エンコーダ装置が送出するPCRを使用せずに、多重化装置が生成するPCRを使用することができる。PCRを共通化することで、限られた送出レートをほかのTSに使用することができる。また、まだら切替え時に、PCRが連続的につながる。

部分受信時においては、多重フレームパターンの一定の位置にPCRを多重して送出を行う。部分受信用PCRの生成は、エンコーダ・多重化装置用同期信号発生器又は多重化装置に入力されたTSかを選択することができる。

(6) 小型化と高信頼性 従来の多重化装置は高さ300mmでTS入力数は16あったが、これを4U、最大24入力とした。また、電源を二重化し、信頼性の向上を行った。多重化装置の外観を図4に、接続システムを図5に示す。



図4. 多重化装置 - 豊富な多重機能を持っており、小型、低消費電力を特長としている。

Multiplexer

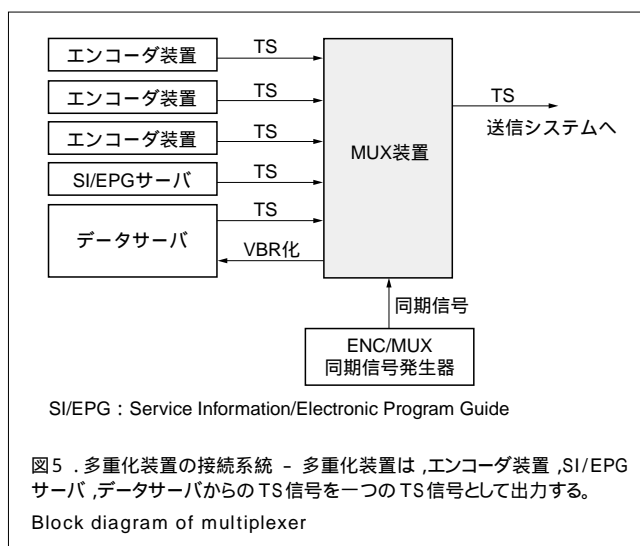


図5. 多重化装置の接続システム - 多重化装置は、エンコーダ装置、SI/EPGサーバ、データサーバからのTS信号を一つのTS信号として出力する。

Block diagram of multiplexer

5 あとがき

地上デジタル放送では、今回紹介した装置のほかに、新しいサービスに向けて様々な機器が開発された。今後、これらの機器の更なる高機能化と高画質化を実現していくとともに、新たな装置を提案していきたい。



杉山 智昭 SUGIYAMA Tomoaki

社会ネットワークインフラ社 府中社会ネットワークインフラ工場 放送機器部グループ長。放送局スタジオシステム機器の開発に従事。

Fuchu Operations - Social Network & Infrastructure Systems



布川 智 NUNOKAWA Satoru

社会ネットワークインフラ社 府中社会ネットワークインフラ工場 放送機器部主務。放送局スタジオシステムの符号化装置の開発に従事。

Fuchu Operations - Social Network & Infrastructure Systems



加藤 正樹 KATOH Masaki

社会ネットワークインフラ社 府中社会ネットワークインフラ工場 放送機器部主務。放送局スタジオシステムの多重化装置の開発に従事。

Fuchu Operations - Social Network & Infrastructure Systems