



第2章 OFDM信号生成から テレビ電波の送信までを知る

地上デジタル放送の送信のしくみ

土田 健一
Kenichi Tsuchida

■ 地デジ放送は ISDB-T 方式

地上デジタル放送の放送方式である ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) は、伝送方式として OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) を使用していることから、建物や地形などからの反射波によるマルチパス妨害や、走行している自動車など移動体での受信 (移動受信) に対して強いという特徴があります。

さらに一つのチャンネルの帯域 (6 MHz) を 13 個の OFDM セグメントと呼ばれるブロックに分割し、OFDM セグメントごとにキャリアの変調方式や誤り訂正の符号化率を変えて情報を伝送することにより、一つの放送チャンネルで、固定受信向けのハイビジョン放送と携帯端末向けのワンセグを同時に行うことが可能になっており、世界のほかの方式にはない特徴となっています。

本稿は、このような優れた特徴を生み出している地上デジタル放送の伝送方式について説明します。

1 地上デジタル放送で伝送される信号の概要

■ 1-1 地上デジタル放送における変調波の生成過程

図1に、地上デジタル放送の変調波が生成されるまでの過程を示します。地上デジタル放送では、最大で三つの階層の情報を多重して伝送できます。複数の階

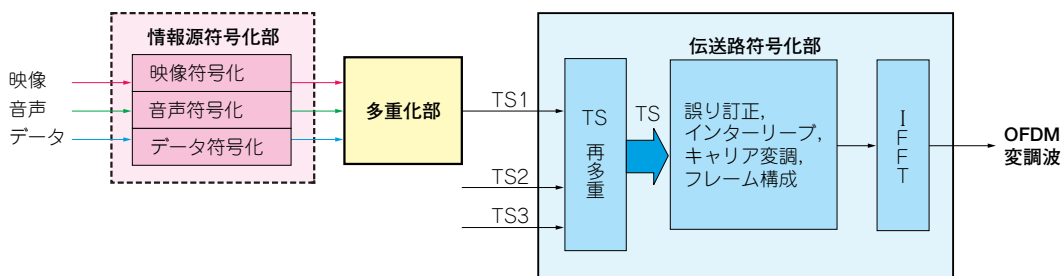
層の情報を一つにまとめて伝送するために、パケット化された情報を再多重したり、階層ごとに並列処理したり、IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) で時間領域信号に変換したりと複雑な処理をして OFDM 変調波を作ります。

図1に示す映像、音声、データ放送のコンテンツは、情報源符号化部でデジタル・データに変換された後、圧縮されます。これら圧縮後のデータは、多重化部において MPEG2 システムズと呼ばれる多重化方法にしたがって TS (Transport Stream) 化されます。TS は連続する 188 バイト単位の固定長パケットで構成されるストリームであり、それぞれのパケットは TSP (TS Packet) と呼ばれています。伝送路符号化部では、これら複数の TS を階層ごとに並列に伝送路符号化を行った後、周波数軸上に配置 (各 OFDM セグメントへの割り付け)、多重し、一括して IFFT することにより時間領域の OFDM 変調波に変換して送信します。

■ 1-2 地上デジタル放送の伝送パラメータ

地上デジタル放送は、さまざまな環境で使用できるように多くの種類の伝送パラメータを用意しています。地上デジタル放送の伝送パラメータを表1に示します。

地上デジタル放送には、キャリア間隔の異なる三つのモードがあります。モード1は移動受信に適しており、モード3は、送信ネットワークを構成する上で有



〈図1〉 地上デジタル放送の変調波が生成されるまでの過程

見本

〈表1〉地上デジタル放送の伝送パラメータ

モード	モード1	モード2	モード3
OFDMセグメント数	13		
セグメント帯域幅	428.57 kHz (= 6/14 MHz)		
全帯域幅	5.575 MHz	5.573 MHz	5.572 MHz
キャリア間隔	3.968 kHz	1.984 kHz	0.992 kHz
キャリア総数	1405	2809	5617
有効シンボル長	252 μ s	504 μ s	1.008 ms
ガード・インターバル比	1/4, 1/8, 1/16, 1/32		
IFFT サンプル速度	8.12698 MHz		
シンボル数 / フレーム	204		
キャリア変調方式	QPSK, 16QAM, 64QAM, π / 4 - DQPSK		
内符号	畳み込み符号(符号化率: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
外符号	(204, 188)リード・ソロモン符号		

利であるという特徴があります。そのほか、キャリア変調方式が4種類、ガード・インターバル比が4種類、内符号の符号化率が5種類あり、それぞれ組み合わせで使用できます。

しかし、実際の放送では、モード1を使用しないなど、運用条件を定めて使用するパラメータを制限しています。

■ 1-3 OFDM セグメント

地上デジタル放送では、テレビジョン放送の1チャネルの帯域幅(6 MHz)を14等分した帯域幅のOFDMブロックを13個使って一つの送信信号を構成しています。OFDMブロックをOFDMセグメントと呼んでいます。「ワンセグ」の語源は、一つ(one)のOFDMセグメントを使って放送サービスを行うことに由来しています。

地上デジタル放送では、OFDMセグメントを単位として伝送パラメータを変更できるようになっています。ただし、送受信機の複雑さを考慮して最大3階層(3種類の伝送パラメータ)までとしています。

2007年11月現在、NHKと民放キー局などで実際に使用されている伝送パラメータを表2に示します。固定受信用にハイビジョンを主として伝送する階層(以下12セグと呼ぶ)とワンセグを伝送する階層の二つがあり、モード3を使っています。

〈表2〉実際に使用されている地上デジタル放送の伝送パラメータ

サービス	固定受信 (12セグ)	携帯受信 (ワンセグ)
モード	モード3	
全帯域幅	5.572 MHz	
キャリア間隔	0.992 kHz	
キャリア総数	5617	
有効シンボル長	1.008 ms	
ガード・インターバル比	1/8	
ガード・インターバル長	126 μ s	
OFDMセグメント数	12	1
セグメント帯域幅	428.57 kHz \times 12	428.57 kHz
キャリア数	432 \times 12 + 1	432
キャリア変調方式	64QAM	QPSK
内符号の符号化率	3/4	2/3
時間インターリーブ長	約 215 ms	約 430 ms
外符号	(204, 188)リード・ソロモン符号	
情報レート	16.851 Mbps	0.416 Mbps

■ 2-2 TS 再多重

TS再多重部では、ワンセグ用のTS(ワンセグTS)と12セグ用のTS(12セグTS)を再多重して、一つのTSとします。

● TS再多重を行う理由

まず、TS再多重を行う理由を説明します。第1-3節で説明したように、地上デジタル放送では、最大3階層までの階層伝送が可能であり、キャリア変調方式、内符号の符号化率、時間インターリーブ長を各階層で独立に設定できます。また、三つのモードと四つのガード・インターバル比が選択できます。多種多様の伝送パラメータを選択できるため、実際に放送される情報のビット・レートも多様になります。

そこで、伝送路符号化部では、多様なビット・レートに対応できるよう、ヌル伝送TSP(以下、単にヌル・パケットと呼ぶ)と呼ばれる有効データを含まないパケットを挿入することによって、TSの処理を一定のクロックでできるようにしています。この伝送ク

2 伝送路符号化部のしくみ

■ 2-1 構成

この節では、OFDM変調波がどのように作られていくのか、地上デジタル放送の伝送路符号化部のしくみを詳しく説明します。伝送路符号化部の構成を図2に示します。説明を簡単にするために、12セグとワンセグの2階層の情報を伝送する場合について説明していきます。