

情報源符号化技術およびデジタル伝送技術の進展により、放送システムのデジタル化が急速に進んでいる。衛星放送、ケーブル伝送さらに地上放送のそれぞれにデジタル化の検討が行われ、衛星放送ではすでに実用段階にある。デジタル放送は、アナログ放送の数倍の多チャンネル伝送が可能となるだけでなく、テレビジョン信号に加えて任意のデータを多重伝送することが可能なため、新しい放送サービスが実現できる。

このような放送の受信機を提供するため、当社では衛星およびケーブル伝送用の復調 LSI を開発するとともに、地上放送用の OFDM (直交周波数分割多重) の実用化研究を行っている。

Digital broadcasting systems have many merits in comparison with analog systems. Among the major features of digital broadcasting are multi-program multiplexing and flexibility in transmitting all types of information.

We have developed demodulator LSIs for digital satellite and cable systems in order to realize cost-effective receivers. In addition to the development of the LSIs and the receivers, we are developing a terrestrial broadcasting system based on orthogonal frequency division multiplexing (OFDM). The phase-1 modem system has already been evaluated, and the phase-2 modem system is now being developed aiming at the realization of a single-frequency network (SFN).

1 まえがき

デジタル伝送のための技術開発が急速に進み、衛星デジタル放送が実用化されるなどデジタル放送が広く普及しつつある。デジタル放送の利点の多くは、アナログ放送に比べて非常に効率的かつ柔軟な情報伝送方式によってもたらされる。

図1にデジタル放送の主な特長を示す。当面の普及のポイントは、高品質化とともに多チャンネル化により番組選択の幅が広がることであるが、さらに双方向化を含めた高機能な情報サービスおよびユーザインタフェースが実現されるであろう。

デジタル伝送技術において、情報(テレビジョン信号および任意データ)の符号化および多重化に関しては一部の事業者を除いて伝送メディアに依存しない国際規格が採用されると思われるが、変調などの伝送路特性に強く依存する方式はメディアごとに異なる方式を採用しなければならない。特に、地上は伝送条件が劣悪であると同時に地域ごとに周波数事情が異なり伝送方式への要求条件も異なったものとなる。

当社は、上述の伝送メディアごとの受信 LSI 開発を行うとともに、地上デジタル放送の実用化に向けて実験装置の開発を行っている。ここでは、これらの LSI の技術紹介および地上デジタル実験装置とその評価結果について概要を述べる。

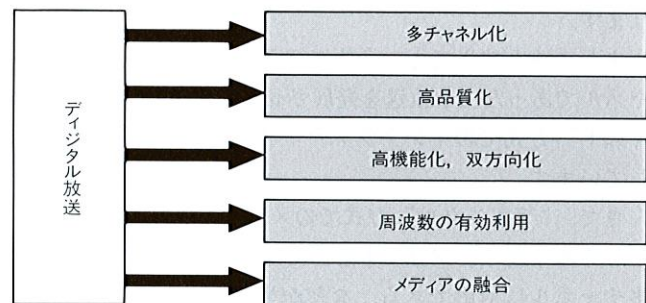


図1. デジタル放送の特長 デジタル放送は効率的かつ機能的な伝送方式により新しい放送サービスを実現する。

Merits of digital broadcasting

2 デジタル放送のメリット

デジタル放送は情報源符号化、多重化、変調および誤り訂正の要素技術から成り、以下のメリットをもたらす。

2.1 多チャンネル化

デジタル方式は、アナログ方式の数分の1の周波数帯域でテレビジョン信号を伝送できる。この結果、多数のテレビジョン信号を多重し、一つの伝送チャンネルで伝送することが可能である。

2.2 高品質化

デジタル方式の強い雑音および妨害耐性により、放送エリア内での均一かつ高品質なサービスが可能となる。ま

た、高解像度のテレビジョン信号の伝送も可能である。

2.3 高機能化, 双方向化

デジタル放送は、テレビジョン信号だけでなく任意のデータ信号の伝送も容易である。データは、テレビジョン信号に関連する付加情報でも独立した情報でもよい。これにより従来のアナログ放送では困難であった新しいサービスを提供することが可能となる。また、放送特有の高速下り回線を活用した双方向サービスも発展するであろう。

2.4 周波数の有効利用

デジタルの隣接チャンネルや同一チャンネルなどの干渉に強い特長を生かし周波数の効率的な配分が可能となる。また、マルチパス妨害耐性に優れた伝送方式を採用し、同じ周波数で中継する単一周波数ネットワーク実現の可能性がある。

2.5 メディアの融合

デジタル放送では変調および誤り訂正がメディアごとに異なるが、多重化方式および符号化方式は統一される。このため、視聴者は伝送メディアを意識せずにサービスを受けることができる。さらに通信と放送およびパッケージの融合したサービスが発展していくと思われる。

3 実用化動向

地域別の実用化動向を図2に示す。どの地域でも導入が容易な衛星デジタル放送が先行している。地上デジタル放送は地域ごとに周波数事情が複雑であるため、具体的な導入計画を明らかにしているのは米国と英国だけである。

3.1 日本国内

標準化に関し、衛星は1995年7月にCS(通信衛星)デジタル放送の電気通信技術審議会答申が出され、ケーブル

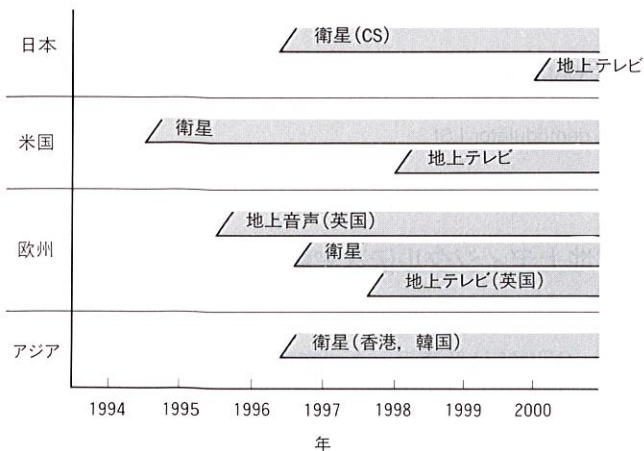


図2. デジタル放送の実用化動向 衛星デジタルが地上に先駆けて実用化されている。地上は英国、米国が先行して実用化の予定。
Schedules for digital broadcasting services

については暫定方式が同審議会で策定されている。BS(放送衛星)に関してはBS-4(後発機)からデジタル放送を導入すべきかどうかの検討が1997年半ばまでの予定で行われている。一方、地上については現在暫定方式を策定すべくOFDM方式を基本に同審議会で検討中であり、2000年代前半をめどに導入の予定である。

3.2 米国

米国では衛星デジタル放送が1994年6月からサービス開始されている。また、地上のATV(Advanced TeleVision)は1996年8月にFCC(米国連邦通信委員会)が最終システム案を公表し、本放送は1998年1月とされている。

3.3 欧州

欧州はDAB(Digital Audio Broadcasting)およびDVB(Digital Video Broadcasting)プロジェクトが結成され、音声、衛星、ケーブル、地上さらにSMATV(Satellite Master Antenna TeleVision system)などの標準化作業を行った。衛星は複数の事業者が1996年中にサービスを開始する予定であり、地上音声放送はすでに英国で1995年から開始されている。また、英国は1997年後半に地上テレビジョンもサービス開始の予定である。

3.4 アジア

アジアにおいてもDVB規格に準拠した衛星サービスが1996年から開始される。地上に関しては豪州で検討されているが、具体的な計画はまだ明らかでない。

3.5 方式概要

表1にメディアごとの主な伝送方式の概要を示す。国内は欧州とほぼ共通の方式(地上を除く)であるが、米国はATVで独自の変調方式を採用している。

表1. メディアごとの伝送方式
Transmission systems for digital broadcasting

種別	衛星(国内はCS)	地上	CATV
伝送路の特徴	マルチパス妨害なし 降雨減衰大きい	マルチパス妨害大 チャンネル割当複雑	回線品質良好 双方向伝送可能
伝送帯域幅	27 MHz (地域・衛星で違う)	6 MHz (欧州は7, 8 MHz)	6 MHz (欧州は7, 8 MHz)
変調方式	QPSK	OFDM (米国は8 VSB-AM)	QAM (米国は16 VSB-AM)
誤り訂正符号化方式	畳込み+リード ソロモン	国内は未定 (欧米は衛星と同じ)	リードソロモン (トレリス接続含む)
多重化方式	MPEG2 トランスポート(米国衛星の一部ではMPEG2非準拠使用)		
情報源符号化方式	MPEG2		

4 デジタル放送受信機の基本構成

図3に受信機の基本構成を示す。MPEG(Moving Picture Experts Group)ビットストリーム(トランスポートレイヤ)には複数のテレビジョン信号およびデータが固定長パ

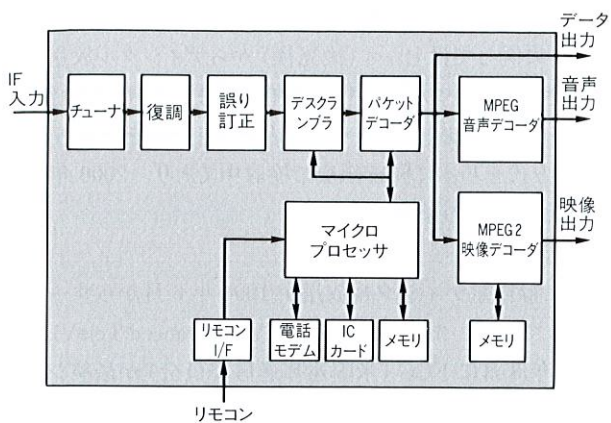


図3. デジタル放送受信機の基本構成 受信機の主要回路構成を示す。

Standard composition of digital broadcasting receiver

ケット形式で多重化されている。誤り訂正から出力される MPEG 標準のビットストリームは、パケットデコーダで映像、音声およびデータ情報それぞれのデコード部に振り分けられる。このとき受信機のマイクロプロセッサは、この多重形式を信号自体に多重されているシステム情報から読み取り、番組ガイドなどをテレビジョン画面上にオンスクリーン表示するとともに、各部の制御を行う。

なお、デスクランブラは有料放送のデコーダであり、課金情報は IC カードおよび電話回線経由で収集される。

5 復調 LSI

5.1 QPSK

図4にデジタル衛星放送受信用 QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 復調回路構成を示す。TA1248F は IF (中間周波) 入力を直交 (I/Q) 検波し複素ベースバンド信号に変換する、AGC (Automatic Gain Control) および局部発

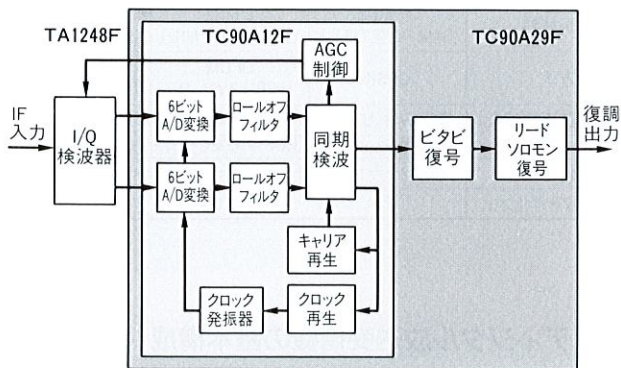


図4. QPSK 復調 LSI 衛星放送受信用の復調器を A/D 変換器内蔵で LSI 化した。さらに誤り訂正回路も内蔵する。

QPSK demodulator LSI

振器内蔵の I/Q 検波 LSI である。次段の TC90A12F は A/D 変換回路を内蔵した QPSK 復調 LSI であり、すべてデジタル回路で構成したキャリア再生、クロック再生、AGC 制御を内蔵している。なお、内蔵の波形整形用ロールオフフィルタはプログラマブルであり非標準な方式にも対応できる構成となっている。

TC90A29F は、現在開発中のビタビ復号およびリードソロモン復号回路をさらに集積化した LSI であり、TA90A12F と同様に TA1248F と組み合わせることで、2 チップで IF 信号をデジタルデータに復調できる。

5.2 QAM

図5はケーブル伝送用 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 復調回路構成である。IF 信号はベースバンド付近に周波数変換された後、A/D 変換される。I/Q 検波は多値 QAM の直交性を保ち、性能劣化を生じないように TC90A20 内蔵のデジタル回路で行われる。TC90A20 は QPSK から 256 QAM までの復調が可能な LSI であり、ロールオフフィルタ、キャリア再生、クロック制御および AGC 制御を内蔵している。

さらに、トランスバーサル等化器と判定帰還等化器を内蔵し、ケーブル伝送時の反射による伝送誤り率劣化を効果的に改善する。また、国内暫定方式および DVB 規格に準拠したリードソロモン復号回路も内蔵している。

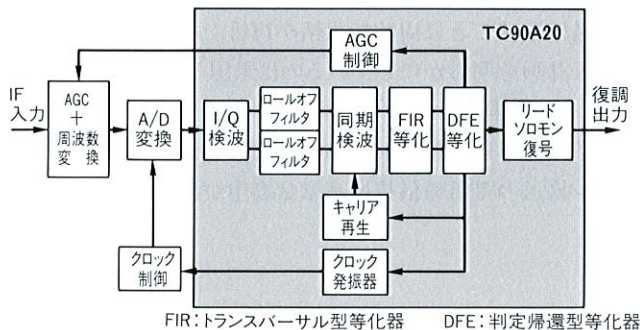


図5. QAM 復調 LSI CATV 受信用の QAM 復調器を誤り訂正回路内蔵で LSI 化した。256 QAM まで対応可能である。

QAM demodulator LSI

6 地上デジタル放送実験装置

地上デジタル放送ではマルチパス妨害が重大な問題である。OFDM は低速データで変調された多数のキャリアを周波数多重する。このため、キャリア数分だけ変調シンボルを長くでき、マルチパス遅延時間を相対的に小さくできる。また、変調シンボル間にガード信号を挿入すると、これより短い遅延のマルチパスによる符号間干渉の影響を原理的に受けないようにできる。これらの OFDM の特長を活

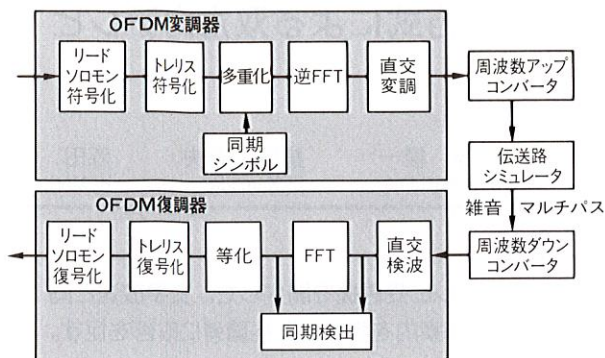


図 6. OFDM 実験システムの構成 多値 QAM 変調を用いた OFDM 実験装置。マルチパス妨害および雑音に対する伝送特性を評価できる。

Experimental OFDM system

用すると単一周波数ネットワークも可能である。

図 6 は、OFDM 伝送システムの系統図である。入力された映像・音声などのデータは、伝送路符号化された後に IFFT (逆フーリエ変換) および FFT (順フーリエ変換) でそれぞれ変調および復調される。各キャリアは多値 QAM などに変調されており、受信側では FFT 出力でキャリアごとの位相・振幅情報を分析して復調データを得る。

表 2 に伝送装置の諸元を示す。実験装置(1)は郵政省通信総合研究所納入の 1,024 点 FFT の装置⁽¹⁾であり、実験装置(2)は現在開発中の(準)次世代デジタルテレビジョン放送システム研究所の仕様に基づいた装置である。後者は単一周波数ネットワークの最適化を考慮して、可変 FFT 仕様⁽²⁾となっている。

表 2. OFDM 実験装置の基本仕様

Basic specifications of experimental OFDM systems

種 別	実験装置(1)	実験装置(2)
伝送帯域幅	6 MHz	6 MHz
FFT ポイント数	1,024	1,024/2,048/4,096/8,192
キャリア間隔	6.29 kHz	最小 1 kHz
有効シンボル長	158.9 μs	最大 1 ms
ガード期間	最大 39.7 μs	最大 250 μs
変調形式	QPSK/16/32/64/256 QAM	QPSK/16/64/DAPSK
誤り訂正方式	トレリス+リードソロモン	畳込み/トレリス+リードソロモン
伝送フレーム長	最大 25.4 ms	62.5 ms

実験装置(1)の評価結果例を図 7 に示す。直接波とマルチパス波の電力比 (D/U) が 0 dB となっても復調同期可能であり、OFDM 方式の高いマルチパス妨害耐性を確認できた。今後、実験装置(2)についても評価を行う予定である。

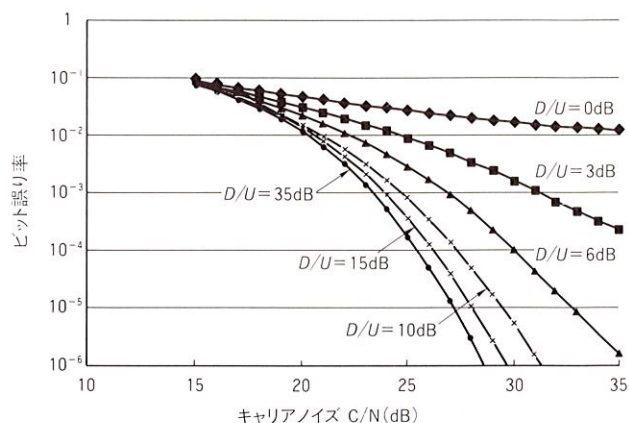


図 7. OFDM 実験装置のマルチパス妨害特性 $D/U=0$ dB となるような単一周波数ネットワークでも受信可能である。

Bit error characteristics of OFDM system under severe multipath conditions

7 あとがき

デジタル放送の特長と実用化動向について概要を述べ、当社で開発したデジタル放送の要素技術について紹介した。

当社は、受信機および、LSI の開発とともに、地上デジタル放送方式に関しては送受信両方の観点からシステム検討を進めていく。

謝 辞

OFDM 実験装置の開発にあたり、ご指導いただいた郵政省通信総合研究所および(準)次世代デジタルテレビジョン放送システム研究所の関係各位に感謝の意を表する。

文 献

- (1) 永塚 守, 他: OFDM による地上デジタル放送——実験用変復調装置の特性——, 1995 年電子情報通信学会総合大会, B 916 (1995)
- (2) 斉藤正典, 他: 移動受信と固定受信の両方を考慮した OFDM の一方式, 1996 年電子情報通信学会総合大会, B 458 (1996)



石川 達也 Tatsuya Ishikawa

マルチメディア技術研究所開発第一部グループ長。デジタル放送システムの研究開発に従事。テレビジョン学会、電子情報通信学会会員。Multimedia Engineering Lab.



澤田 健志 Takeshi Sawada

小向工場放送機設計部主務。デジタル放送システムおよび関連機器の開発設計に従事。Komukai Works