

# ISDB-T に対応したデジタル放送信号発生器

Digital Broadcast Signal Generator for Japanese Terrestrial TV

UDC No. 621.3.037.3 : 621.373.5 : 621.376.6

河内 毅彦	Takehiko Kawauchi	メジャメント ソリューションズ	ワイヤレスコム事業部	第2開発部	プロジェクトチーム
藤井 誠	Makoto Fujii	メジャメント ソリューションズ	ワイヤレスコム事業部	第2開発部	プロジェクトチーム
木邨 伸一	Shinichi Kimura	メジャメント ソリューションズ	ワイヤレスコム事業部	第2開発部	プロジェクトチーム
渡邊 裕史	Hiroshi Watanabe	製造本部	資材部		
三崎 裕司	Yuji Misaki	メジャメント ソリューションズ	ワイヤレスコム事業部	第2開発部	プロジェクトチーム
井上 剛	Goh Inoue	メジャメント ソリューションズ	ワイヤレスコム事業部	第2開発部	プロジェクトチーム
安藤 真人	Makoto Ando	メジャメント ソリューションズ	ワイヤレスコム事業部	第2開発部	プロジェクトチーム
富田 浩二	Koji Tomita	メジャメント ソリューションズ	ワイヤレスコム事業部	設計品質保証課	

## 1 まえがき

デジタル技術の飛躍的な進歩により、世界各国において放送のデジタル化が急速に進む中、日本国内においても衛星を使用したCS、BS デジタル放送に次いで、来たる2003年には地上デジタルテレビジョン放送が開始予定である。国内の地上デジタルテレビジョン放送方式はISDB-T (Integrated Service Digital Broadcasting-Terrestrial : 地上デジタル統合放送サービス) と呼ばれ、多チャンネル化や、高画質・高品位の映像・音声・データを含むマルチメディア放送に加え、通信やコンピュータ機能をも取り込んだ双方向でかつインタラクティブなサービス形態の展開が期待されている。ISDB-T で使用される伝送方式には以下のような特徴がある。

### 1.1 OFDM 変調方式を採用

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing : 直交周波数分割多重) 変調信号は、多数のサブキャリアで構成されるマルチキャリア変調方式であり、各サブキャリアは符号間干渉を避けるために互いに直交関係となるような周波数間隔で配置される。データの符号化部は前置誤り訂正付加機能を備えており、山岳やビルでの反射によって生じるマルチパス干渉や移動受信で発生するフェージング妨害においても安定した放送サービスを楽しむことができる。また、OFDM 変調方式ではSFN (Single Frequency Network : 単一周波数ネットワーク) と呼ばれ

る同一周波数による多段中継ネットワーク網の構築が可能となり、周波数利用効率が向上する。

### 1.2 セグメント構造による階層伝送

ISDB-T における放送周波数はUHF帯が使用され、1チャンネルあたり5.7MHzの帯域幅を13個のOFDM周波数セグメントに分割し、各セグメントの組み合わせにより、最大3階層までの階層化伝送が可能である。各階層ごとに伝送パラメータや伝送速度(ビットレート)の指定を行うことができ、例えば、携帯受信用階層、移動受信用階層、固定受信用階層といったように目的・用途に応じた放送サービスの提供が可能である。

### 1.3 MPEG2 システムを採用

CS、BS デジタル放送との共通の方式を採用しているため、シームレスな総合運用性に優れており、受信コストを抑えることができる。

このような特徴を有する国内地上デジタルテレビジョン放送のサービス開始に先駆け、アンリツはデジタル放送用機器の開発・製造用途の基準信号源としてMG8940A デジタル放送信号発生器、およびISDB-T方式に準拠した符号生成および変調を行うMU894010A ISDB-T 伝送路符号化ユニットを開発した。図1にMG8940A デジタル放送信号発生器の外観を示す。



図1 MG8940A デジタル放送信号発生器の外観  
External view of MG8940A  
Digital Broadcast Signal Generator

## 2 開発方針

MG8940A は、MG3681A デジタル変調信号発生器で開発された広帯域・高精度ベクトル変調技術および高周波技術を基盤技術として有効利用し、ISDB-T 方式に準拠するための符号生成および OFDM 変調信号を発生するベースバンドユニットを開発することにより、各種デジタル放送用機器の評価で要求される性能・機能を備えた信号発生器の実現を目指した。

### 2.1 基本性能

#### (1) MER 性能

MER (Modulation Error Ratio : 変調誤差比) は、変調された信号の品質を評価するための一つの尺度であり、欧州のデジタル放送規格 (DVB : Digital Video Broadcasting) では周知のものである。一般的にデジタル変調信号の評価に用いられる EVM (Error Vector Magnitude : ベクトルエラー) は、変調シンボルの理想コンスタレーションポイントからの差を理想信号振幅で正規化するのに対し、MER はその差を、電力で正規化するところが異なる。変調信号の MER を測定することは、残留 C/N を測定することと等価であり、良好な受信感度特性が要求されるデジタル放送機器等の開発には必然的に MER 性能の高い基準信号源が要求される。一般的には MER 性能として 40dB 以上の品質を有する信号源が要求され、この MER 性能の実現を MG8940A の開発における最大の課題とした。

#### (2) ひずみ劣化の抑制

ISDB-T 方式における OFDM 変調スペクトルは

5.7MHz/ch の帯域の中に最大 5700 本のサブキャリア (副搬送波) が存在し、それぞれのサブキャリアが同じ周波数間隔で並んでいる。これらの各サブキャリアによる 3 次相互変調ひずみが発生すると他のサブキャリアの信号を劣化させ、変調信号の品質劣化をともなうだけでなく、スペクトル形状にも影響を与えることになる。このひずみ劣化を抑制するためには、回路のバックオフマージンを十分にとることが必要である。ISDB-T 方式ではスペクトル形状を送信スペクトルマスク規格として規定しており、この規格を満足することを前提としたバックオフマージン設計に重点をおいた。

### 2.2 受信機器評価用機能

ISDB-T 規格に準拠した符号化処理を行うことを前提とし、各種デジタル放送用機器、ユニットの受信試験とその評価に必要なとされる機能を備えることとした。

#### (1) 誤り率測定用 PN 符号発生機能

アナログ放送、デジタル放送を問わず、放送用受信機器の性能評価試験の一つに受信感度試験がある。デジタル放送信号の場合、この評価は PN 符号を用いたビット誤り率 (BER : Bit Error Rate) として行うのが一般的である。この評価を行うための PN 符号の発生機能を標準機能とし、さまざまな受信感度試験用途にも柔軟に対応するために、PN 符号発生機能は各階層ごとに独立した系列の PN 符号生成を可能とした。さらには受信機器側における誤り訂正処理前または後のいずれのポイントにおいてもビット誤り率試験を可能とするために PN 符号の挿入ポイントを柔軟に変更できる仕様とした。

#### (2) 実画像・音声評価機能

MPEG デコーダの性能評価も含め、受信機器における最終評価として、復調・復号された信号を実画像、音声として評価することが必要となる。実際にこの評価を行うためには MPEG2-TSP (MPEG2-Transport Stream Packet) 発生器および再多重化器と呼ばれる ISDB-T 方式の規格に準拠したデータストリーム発生装置を使用する。この装置から出力されたデータストリームを入力するインタフェースを本機に用意し、外部入力データによるリアルタイム符号化および OFDM 変調が可能な仕様とした。

### (3) CN コントローラ

伝送路環境を経て受信装置に入力される信号は、その環境下でさまざまなノイズが付加されるために、高品質の信号である可能性は低い。このような条件下での受信機器の性能評価を行うことも必要となり、その伝送路環境をシミュレートするために変調波（希望波）に対し意図的にノイズを加えた信号を出力する機能が信号発生器として要求される。この場合に問題となるのが変調波（希望波）とノイズとの電力比（C/N 比）の設定精度および再現性である。従来のノイズの発生方法としては、ノイズダイオード等を用いたアナログ回路により実現していた。この方式では、周囲温度や経年変化、部品性能のバラツキ等により雑音レベルを安定に制御することが難しく、設定精度および再現性の劣化要因として支配的であった。本開発ではこれらの課題を解決するため、新たにデジタル回路を主体としたノイズパターンの生成および変調波とノイズの混合を行う方式を考案した。この方式により、前述の PN 信号源を用いた C/N 比対 BER 相関特性や、ノイズを含んだ信号が実画像や音声に与える影響等を高精度でかつ、再現性よく測定することができる。

## 3 回路構成

図 2 に MG8940A および MU894010A のブロック構成を示す。

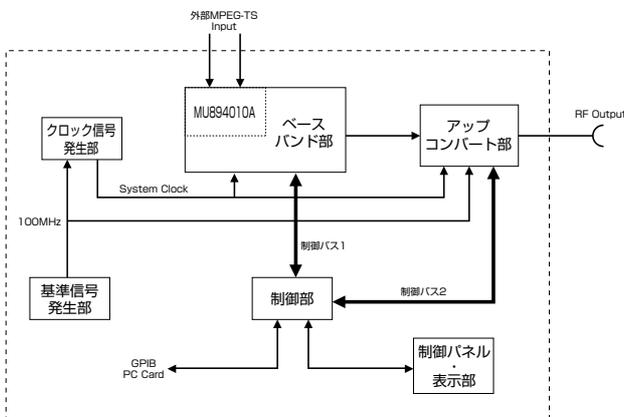


図 2 MG8940A/MU894010A ブロック構成  
Block diagram of MG8940A/MU894010A

### 3.1 ベースバンド部

ベースバンド部の構成図を図 3 に示す。

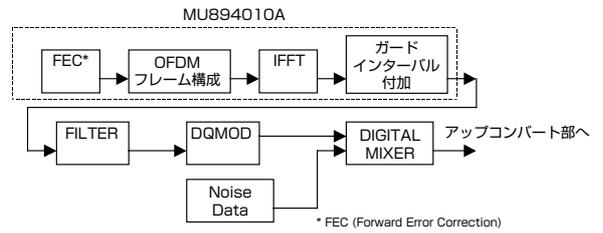


図 3 ベースバンド部のブロック構成  
Block diagram of Baseband unit

MU894010A 部では前置誤り訂正符号付加および伝送路符号化されたデータに固有のパイロット信号を付加し、OFDM フレームを構成する。そして変調形式に応じた I/Q シンボルデータを生成後、それぞれのシンボルデータに対し、IFFT (Inverse Fast Fourier Transform : 高速フーリエ逆変換) を行う。IFFT を行う際に、ガードインターバルと呼ばれるマルチパス妨害耐性用の冗長データもあわせて付加する。その後、フィルタリング処理、デジタル I/Q 直交変調、および必要に応じてノイズ加算を経た後、アップコンバート部に変調データを出力する。

### 3.2 アップコンバート部

アップコンバート部の構成を図 4 に示す。

ベースバンド部からの変調データを D/A 変換し、周波数変換部①で中間周波数 (IF) に変換している。周波数選択部では、後述する拡張直交変調によるキャリアークおよびイメージスプリアスを除去する。周波数変換部②にて所望の出力周波数 (RF) に変換された信号は、出力増幅部で増幅され、ステップアッテネータ&LPF 部において UHF 帯域外スプリアスの抑圧、および出力パワーのステップ可変を行い、MG8940A の最終出力として外部へ出力する。

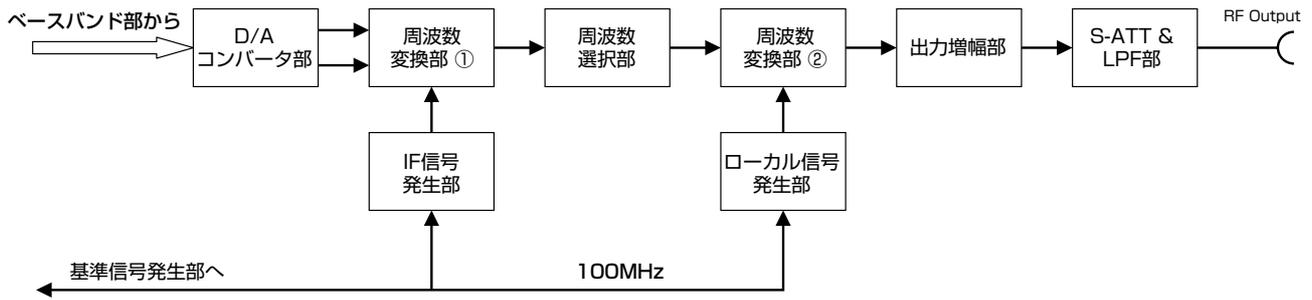


図4 アップコンバート部ブロック構成  
Block diagram of Up-converter unit

## 4 設計の要点

### 4.1 ベースバンド部

ベースバンド部は、他のデジタル放送システムへの拡張を行う場合に、システムごとに異なる機能および共通機能を考慮して機能ブロック分けを行った。また、MU894010AのFEC部の設計にあたっては、規格変更やユーザ要求に柔軟に対応できるように、主要な機能はすべてFPGAで実現することとした。

#### 4.1.1 MU894010A部

MU894010Aのブロック図を図5に示す。

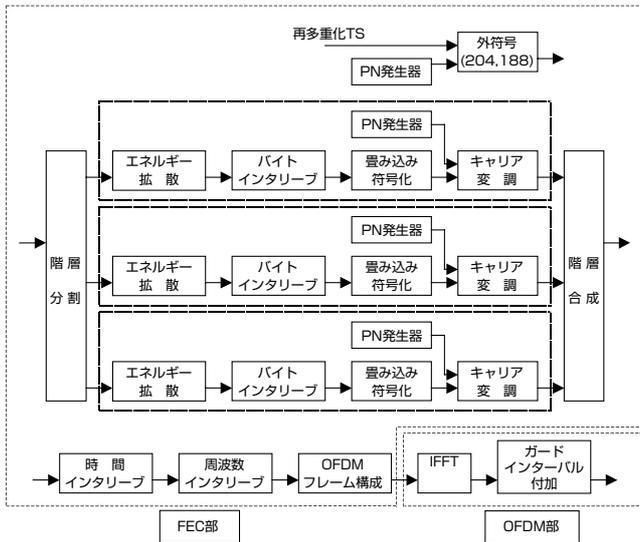


図5 MU894010A ブロック図  
Block diagram of MU894010A

外部からの再多重化TS信号もしくは内部変調データのPN信号を変調データとし、その後段のブロックは基本的にはARIB-STD B31規格に従ったものである。

### (1) インタリーブの実現方法

ISDB-T方式では電界変動等に対し、誤り訂正符号化の能力を有効に発揮させるため、周波数インタリーブと時間インタリーブという2つの機能がある。そのブロック図をそれぞれ図6と図7に示す。

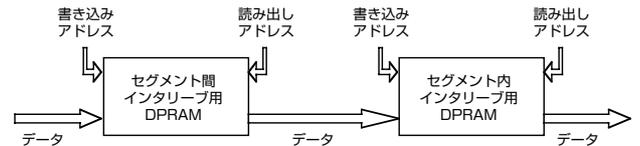


図6 周波数インタリーブ部ブロック図  
Block diagram of Frequency interleaving

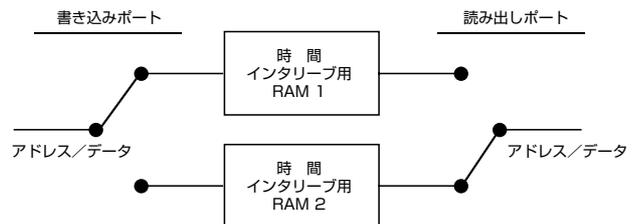


図7 時間インタリーブ部ブロック図  
Block diagram of Time interleaving

図6に示すように伝送するデータはRAMに記憶し、書き込みアドレスと読み出しアドレスの順序を変えることでインタリーブ処理を行っている。周波数インタリーブは、デュアルポートRAM(DPRAM)に伝送するデータを書き込み、DPRAMでは2つの

ブロックに区切り、書き込みと読み出しを別のブロックに対して行い、OFDM シンボルごとに書き込み・読み出しを行い、それぞれがアクセスするブロックを変えることによって実時間処理を実現している。また、セグメント間インタリーブ、セグメント内インタリーブをパイプライン処理で行うことで周波数インタリーブ全体を実現した。時間インタリーブは、インタリーブの深さと必要とされるデータ容量の関係により、シングルポート RAM をペアで使用して、バスを切り替えることで DPRAM と同様の処理を行う。

### (2) 伝送パラメータ切り替え機能

ISDB-T では伝送する信号に TMCC (Transmission Multiplexing Configuration Control) と呼ばれるパイロット信号が存在する。TMCC には、現在の伝送パラメータの情報 (カレント情報) と、次に切り替わるべき伝送パラメータの情報 (ネクスト情報)、および伝送パラメータを切り替える伝送フレームのタイミング情報が記述される。伝送パラメータ切り替え機能とは、伝送パラメータによる伝送データの生成を、カレント情報によるものからネクスト情報によるものに切り替える機能で、その際には TMCC に記述された切り替えタイミングで行われる必要がある。また、伝送データ生成の動作切り替えに伴い、TMCC の内容も切り替わる。この機能に対応するために、伝送データを生成するハードウェア部にてカレント情報とネクスト情報の両方を保持し、伝送パラメータの切り替えタイミングに合わせてネクスト情報による伝送データの生成を行えるようにした。

### (3) OFDM 部について

OFDM 部では、FEC 部で生成した各サブキャリアに対応する符号化データを受けて、変調シンボルマッピングおよび IFFT (ガードインターバル付加を含む) を実行し、時間領域のデータとして出力する。これらの各処理は一連のパイプライン処理とし、OFDM シンボル単位で行われる。図 8 に示すように、このパイプライン処理部を 2 基使用している。これは、パイプライン処理部の 1 基当たりの処理時間が OFDM シンボル時間よりも長くなるため、1OFDM シンボルごとにデータストリームを切り替

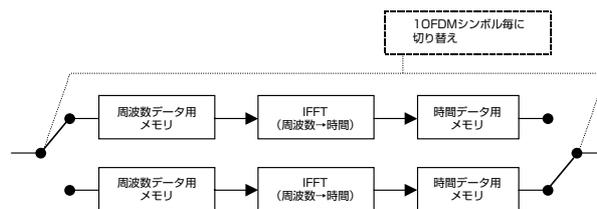


図 8 OFDM 部ブロック図  
Block diagram of OFDM unit

えることにより、OFDM 部全体としての実時間処理を実現した。

### 4.1.2 拡張直交変調

従来の直交変調方式では、I、Q の直交関係がくずれると、変調信号の中心にキャリアリークが発生し、このレベルが大きいと変調信号の品質を悪化させる。このキャリアリークが変調信号へ与える影響は、シングルキャリア変調に比べて OFDM のようなマルチキャリア変調の方が大きい。それは個々のサブキャリアの電力レベルは総電力のサブキャリア本数分の 1 となり、キャリアリークの現れる周波数のサブキャリアへの影響が大きいためである。そのため MG8940A では、拡張直交変調方式を開発し、キャリアリークによる変調信号の品質への影響を回避した。そのブロックダイアグラムを図 9 に示す。

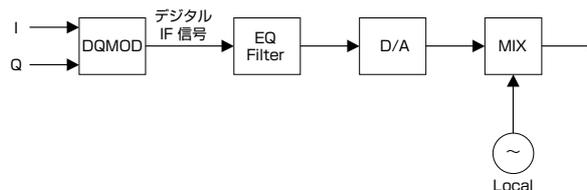


図 9 拡張直交変調ブロック図  
Block diagram of Extend vector modulation

ベースバンド部において、デジタル I、Q 信号でデジタル直交変調を行ない、デジタル IF 信号を生成する。さらにこのデジタル IF 信号に対してゼロ補間を行い周波数シフトを行う。デジタル IF 信号を高域にシフトしたことにより、D/A 変換時のアパーチャ効果の影響が大きくなり周波数特性が平坦でなくなる。そのため、このアパーチャ効果をプリコライジングするためのフィルタリング処理を行ない周波数特性の補正を行っている。フィルタリング処理

されたデジタル IF 信号は、アップコンバート部で D/A 変換され、直交変調器を利用して周波数変換を行う。この方式では直交変調器後の周波数がデジタル IF 信号の周波数分だけシフトするので、それを考慮して、周波数変換時の局部発振信号 (LOCAL) の設定周波数をずらす。これらの工夫によりキャリアーク成分は OFDM スペクトル帯域外に分離され、最終的に BPF によって抑圧されるので、変調品質がよい RF 信号が実現できた。その効果として、中央の 0 セグメントをオフした波形を図 10 に示す。

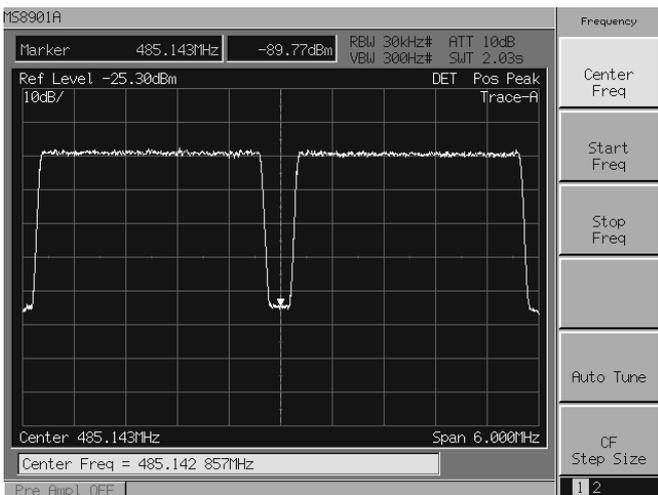


図 10 0 セグメントを OFF したスペクトラム  
Spectrum of zero segment off

変調帯域の中央にキャリアークが存在しないことがよくわかる。

#### 4.1.3 デジタル CN コントローラ

##### (1) 雑音データの生成

CN コントローラの C/N 設定精度、時間安定性、再現性の向上を目指し、ノイズ生成の方式としてデジタル方式を採用した。デジタル方式を採用する上での課題は、長時間の周期長の確保である。その解決方法を以下に示す。まず、デジタル方式において雑音系列を生成するために中心極値定理を使用する方法がある。この定理は、M 系列を複数個加算すると、加算された系列は、加算数が増えるほど白色ガウス雑音系列に近づくという性質を利用したものである。ただし、この方法は十分な確率密度分布 (ガウス正規分布) を得るために加算数を十数段必要となるため、ハード規模が増大し、高速化しにくい。MG8940A では、図 11 に示すブロック図による CN

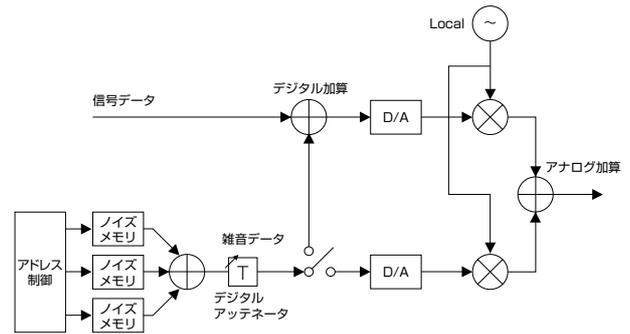


図 11 CN コントローラ ブロック図  
Block diagram of CN control

コントローラを設計し、周期長の問題を解決した。3つのノイズメモリには互いに無相関の白色ガウスの雑音データをそれぞれ記憶しておき、雑音データの周期がそれぞれ互いに素となるようにアドレスを制御してノイズメモリから読み出す。ノイズメモリから読み出された雑音データは C/N 設定に応じた任意の比率で希望波と加算される。加算後の雑音データの周期は、加算前の雑音データの個々の周期を乗じた値となる。この性質を利用することにより、およそ数週間位におよぶ不規則性が十分維持できる高安定で高精度な C/N コントロールが可能となった。

##### (2) デジタル加算とアナログ加算

生成したノイズと希望波を加算する方法として、ともにデジタルデータとして加算を行った後に D/A 変換を行うデジタル加算方式と、それぞれ D/A 変換後のアナログデータとして加算を行うアナログ加算方式の両方式を選択可能とした。前者のデジタル加算方式は C/N 比の設定精度に優れるが、固定小数点形式で加算を行うため C/N 設定範囲としてのダイナミックレンジが制約される。一方、後者のアナログ加算方式はデジタル加算方式に比べて C/N 設定範囲および設定分解能は優れるが、アナログ回路の有する影響により C/N 比の設定精度は劣る。以上の理由により、CN コントローラの性能はデジタル加算方式では C/N 比設定精度  $\pm 0.05\text{dB}$  以内、設定範囲 15 ~ 28dB を、アナログ加算方式で C/N 比設定精度  $\pm 0.25\text{dB}$  以内、設定範囲 5 ~ 30dB を実現した。このように互いに長所・短所が補完関係にある両加算モードを用意することにより、ユーザーの測定目

的に応じて使い分けることができる。図 12 にノイズを付加したスペクトラム波形を示す。

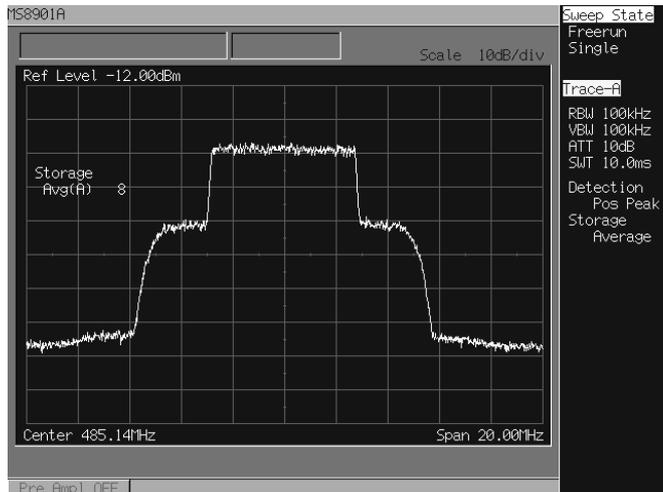


図 12 ノイズを付加したスペクトラム  
Spectrum of CN control

## 4.2 アップコンバート部

アップコンバート部の回路構成を図 4 に示す。

### 4.2.1 IF 信号処理

D/A 変換部では、まず波形データを D/A 変換する。4.1.2 に述べたとおり本器では拡張直交変調器を採用しており、D/A 変換された時点で変調波の波形データはすでに周波数がシフトしている。このことを考慮して IF 回路に 2 次高調波および帯域外スプリアスを抑圧する LPF を設計した。LPF を通過したベースバンド信号は出力増幅部を経て直交変調器へ送られる。そのときベースバンド信号が使用される周波数帯域において、低ひずみでかつ周波数特性が平坦になるような出力増幅部のデバイスを選定し、レベルダイアグラム設計を行った。その結果、図 13 に示すような出力増幅部の振幅、群遅延の周波数特性を得た。また、今後の拡張性を考慮し、CN コントローラの設定範囲を変更できるような回路も装備した。

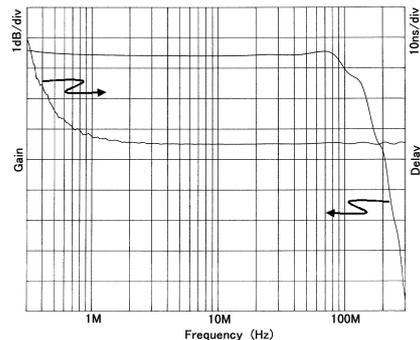


図 13 IF 処理部の伝送特性  
IF Circuit frequency response

### 4.2.2 IF BPF

D/A 変換されたベースバンド信号は周波数変換部①にて IF 信号にアップコンバートされる。その際に、拡張直交変調により帯域外に発生したキャリアーク、およびイメージ周波数成分などを除去する BPF を周波数選択部に導入した。そのイメージ図を図 14 に示す。

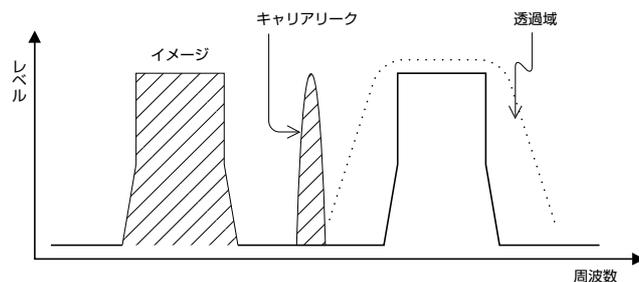


図 14 IF BPF によるイメージ、キャリアーク除去の概念図  
Image of IF BPF effect

この BPF は、次の条件を満たすよう設計した。

- ・変調波の占有帯域幅（約 5.7MHz）以上の通過帯域幅。
- ・近傍のキャリアーク、イメージ周波数を除去できる急峻な減衰特性が必要。
- ・変調精度を悪化させないための良好な通過帯域内振幅、群遅延特性が必要。

その結果、減衰域での減衰量は変調波の中心周波数から  $\pm 15\text{MHz}$  にて 40dB 以上で、かつ変調精度への影響が十分無視できる BPF を設計した。IF BPF を通過した信号は LOCAL 信号との周波数変換により設定周波数に変換される。こうして得られた RF 出力信号の性能としての変調波スペクトル特性を図 15 に、MER 性能結果を図 16 にそれぞれ示す。図 16 に示すように MER 性能が 47dB 程度と目標の性能を確保している。

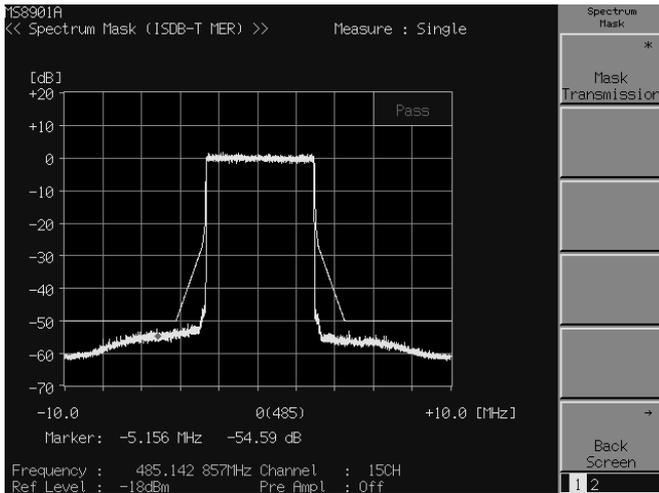


図 15 スペクトラム測定波形  
Spectrum of ISDB-T

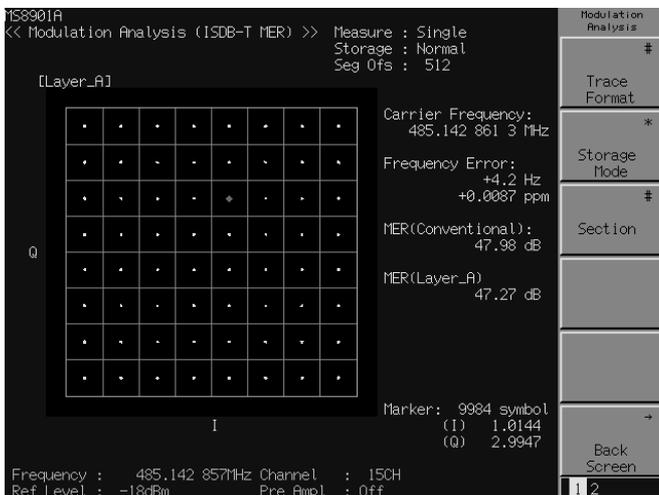


図 16 MER 測定値  
Characteristics of Modulation error ratio

## 5 機能

### 5.1 MG8940A デジタル放送信号発生器

#### (1) ユーザインターフェース

煩雑な測定パラメータの設定を容易にし、設定内容の確認をわかりやすくするために TFT 型液晶表示器を採用し、さらに設定パラメータをユーザの操作イメージに合わせて配置し、操作ガイドを表示した。

#### (2) 設定パラメータ記憶機能

周波数、出力レベル、変調パラメータ等の測定パラメータを使用目的別に記憶し、最大 100 組まで保存可能とし、簡単な操作で再読み出し可能とした。

### 5.2 MU894010A ISDB-T 伝送路符号化ユニット

MU894010A ISDB-T 伝送路符号化ユニットは、ISDB-T の規格に準じ、前置誤り訂正付加機能を含む伝送路符号化処理および OFDM 変調を行う。本ユニットは以下の機能を有する。

#### (1) 主な機能

モード、ガードインターバル比、変調方式、畳み込み符号化率、時間インターリーブ長など、規格に準拠した伝送パラメータの切り替え機能以外に、利便性の向上を目的としてリードソロモン符号化処理、エネルギー拡散処理、および周波数インターリーブ処理のオン/オフ機能を備えた。また、これらの設定を一覧できるように、一画面にパラメータ設定値を配置した。

#### (2) スペクトル反転機能

復調システム LSI など IF 周波数帯での評価を行う場合、OFDM 変調スペクトルに対して周波数に対する昇降順を反転させる必要がある。この用途を考慮し、OFDM 変調スペクトル反転機能を備えた。

#### (3) 伝送速度表示

伝送パラメータ設定補助機能として、設定された伝送パラメータより求められる理論的な伝送速度を表示する機能を備えた。

#### (4) セグメント オン/オフ

混変調に弱い OFDM 変調信号を高品質に伝送するには、放送機器の RF フロントエンドに用いられるデバイスや送信機の IM (相互変調ひずみ) を管理することが大切である。これらを試験する目的としてセグメントオフ機能を備えた。オフした部分の電力を測定することにより、変調波内でのひずみを測定できる。また、セグメントオン/オフ設定画面はセグメント順を ISDB-T 方式の OFDM スペクトルのセグメント配置と等しくすることにより直感的に設定しやすくした。

#### (6) 補助クロック出力

外部 TS (Transport Stream) 発生器との同期をとるために、TS クロック出力を備えた。さらに補助クロック出力として OFDM フレーム、OFDM シンボル、OFDM サンプル (FFT クロック) を備えた。これら補助クロック信号は背面パネルのコネク

タから出力され、出力状態は設定画面上で確認できるようにした。

#### (7) FEC 機能のオン/オフ

伝送路のビットエラーを誤り訂正を行わずに評価するために、FEC のオン/オフ機能を備えた。実際には PN 符号を挿入する位置を、リードソロモン符号化処理の前と、畳み込み符号化処理の後で切り替えることにより実現した。

### 5.3 CN コントローラ

#### (1) 4 種類の雑音帯域

実際の放送波と同じ帯域幅の雑音が付加された信号や、チューナモジュールにおける SAW フィルタ通過前後の信号等のさまざまな雑音環境をシミュレートするため、本 CN コントローラで発生する雑音の帯域幅は 5.6MHz、7.0MHz、10.0MHz および 16.0MHz の 4 種類を備えた。

#### (2) 使いやすさと視認性を重視したノイズ機能

表示変調パラメータを見ながら CN コントローラの制御を可能とするため、CN コントローラの操作をファンクションキーに割り当てた。図 17 が設定画面の一例である。ノイズ出力のオン/オフ、C/N 比設定、ノイズ帯域幅の選択、ノイズ加算方式 (Mix Mode) の選択といった操作が画面右のメニューにて実行できる。また、C/N 比を頻繁に変化させながら評価を行う場合の利便性向上を目的として、C/N 比設定はテンキー、ロータリノブ等で入力した値を即時に出力信号に反映するようにした。

### 5.4 外部 TS 入力オプション

MU894010A は外部 TS 入力オプションを備えて、MG8940A 前面下部の DVB-SPI ポートには再多重化された MPEG2 トランスポートストリームを、TS-CONT ポートには前記ストリームデータ用制御信号を入力することにより、画像や音声のストリームデータをリアルタイムに変調することが可能となる。これにより、受信機器の評価を実際の動画像や音声を通して行うことができるばかりでなく、CN コントローラを併用することによって、ノイズ等の妨害波が視聴映像や音声へ与える影響等の評価も可能となる。



図 17 CN 設定時の画面  
Display of CN Control

## 6 規格

表 1 に MG8940A デジタル放送信号発生器、MU894010A ISDB-T 伝送路符号化ユニットの主要規格を示す。

## 7 おすび

2003 年にサービス開始予定の国内地上デジタルテレビジョン放送に先駆けて開発した MG8940A デジタル放送信号発生器は、IF 帯から RF 帯までの高純度な信号発生を可能とし、MU894010A 伝送路符号化ユニットを追加することにより ISDB-T に準拠したリアルタイム伝送路符号化処理および OFDM 変調を行うことができ、各種デジタル放送関連機器の研究開発や製造市場での最適な基準信号源測定器として大いに活躍するものと確信している。

表1 主要規格  
Specifications of MG8940A

● MG8940A 本体

周波数	範囲	0.25 ~ 3000MHz			
	分解能	0.01Hz			
	基準発振器	エージングレート : $\pm 5 \times 10^{-9}$ /day			
	切換時間	$\leq 20$ ms			
出力レベル	範囲	- 143 ~ +3dBm			
	分解能	0.01dB			
	確度	レベル	$\leq 1$ GHz	$> 1$ GHz, $\leq 3$ GHz	
		$\leq +3$ dBm, $\geq - 127$ dBm	$\pm 1$ dB	$\pm 2$ dB	
$< - 127$ dBm		$\pm 2$ dB	$\pm 3$ dB		
信号純度	スプリアス	高調波 : $< - 30$ dBc 非高調波 :			
		搬送周波数	15k ~ 300MHz オフセット	$> 300$ MHz オフセット	固定周波数 スプリアス
		$\leq 2500$ MHz	$< - 60$ dBc	$< - 30$ dBc	$< - 50$ dBc (660, 1320MHz)
		$> 2500$ MHz	$< - 30$ dBc		-
	SSB 位相雑音	$< - 112$ dBc/Hz ( $\geq 10$ MHz, $\leq 1010$ MHz, 20kHz オフセット) $< - 90$ dBc/Hz ( $\geq 10$ MHz, 1kHz オフセット)			
CN コントローラ (オプション)	NOISE 帯域	4種類 (約 5.6MHz, 約 7MHz, 約 10MHz, 約 16MHz)			
	CN 設定範囲	5 ~ 30dB, 0.025dB step (MIX Mode=Analog) 15 ~ 28dB, 0.1dB step (MIX Mode=Digital)			
	CN 設定確度	$< \pm 0.25$ dB (MIX Mode=Analog) $< \pm 0.02$ dB (C/N=15 ~ 20dB) (MIX Mode=Digital) $< \pm 0.04$ dB (C/N=20 ~ 25dB) (MIX Mode=Digital) $< \pm 0.05$ dB (C/N=25 ~ 28dB) (MIX Mode=Digital)			
	使用温度範囲	18 ~ 35 °C			
その他	メモリ機能	基本パラメータ (周波数, レベル) : 512 組 全パラメータ : 最大 100 組			
	掃引機能	掃引パラメータ : 基本パラメータメモリのアドレス 掃引パターン : スタートアドレス→ストップアドレス			
	外部インタフェース	GPIB, PC カード			
一般仕様	動作温度範囲	0 ~ 50 °C			
	電源	100 ~ 120/200 ~ 240Vac, 47.5 ~ 63Hz, $\leq 300$ VA			
寸法・質量	426 (W) × 177 (H) × 451 (D) mm, $\leq 25$ kg (拡張ユニット除く)				

● MU894010A ISDB-T 伝送路符号化ユニット

対応システム	ARIB STD-B31 (1.0 版) (但し TS 再多重化部を除く)	
変調方式	BST-COFDM	
信号帯域幅	5.7MHz	
FFT サンプル速度	512/63=8.12698MHz (確度は、内部水晶に依存)	
モード	MODE1, 2, 3 から選択	
ガードインターバル比	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 から選択	
セグメント数	13 セグメント	
内符号	畳み込み符号 パンクチュアレートを 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 から選択	
畳み込み符号化 ON/OFF	畳み込み符号化を ON/OFF 設定可能	
外符号	リードソロモン符号 ON/OFF 設定可能	
周波数インターリーブ	ON/OFF 選択可能	
時間インターリーブ	深さ I=0, 1, 2, 4, 8, 16 より設定可能 (Mode による)	
多重階層数	最大 3 階層	
サブキャリア変調方式	DQPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM より設定可能	
緊急警報放送用起動フラグ	ON/OFF 選択可能	
セグメント ON/OFF	0 ~ 12 セグメントで任意に OFF 可能	
ベースバンドフィルタ	3 種類 (STD, ACP, EVM)	
FEC ステート切替機能	STATE1 (内部変調), STATE2 (外部変調)	
内部変調データ選択機能	階層ごとに PN9, 15, 23 を選択可能	
スペクトル反転機能	RF 出力信号スペクトルを反転する機能	
外部入力機能*	DVB-SPI	DVB-A010 規格準拠の同期パラレルインターフェース (204byte パケットのみ)
	TS-CONT	MPEG-TS パケット制御信号入力
AUX 出力	OFDM Sample Clock	システムクロック : 8.12698MHz
	OFDM Symbol Clock	シンボルクロック : モード, ガードインターバルによって変動
	OFDM Frame Clock	フレームクロック : クロック間隔 = シンボルクロック × 204
	クロック出力	32.50794MHz (STATE1), 4.063492MHz (STATE2)
電氣的性能	(公称 IF 及び UHF バンドにて)	
搬送周波数範囲	3 ~ 3000MHz	
レベル範囲	- 143dBm ~ - 6dBm	
レベル精度	± 1.0dB (18 ~ 35 °C) (≤ - 16dBm, ≥ - 90dBm)	
MER	> 42dB (代表値)	
スプリアス	< - 55dBc (30 ~ 3000MHz で設定周波数 ± 10MHz 以内を除く)	
スペクトラムマスク	ARIB STD-B31 準拠	

参考文献

- 1) 戸田, 小見山, 佐伯, 本間: “MG3670A デジタル変調信号発生器の開発”, アンリツテクニカル, 66 号, pp.49 ~ 55, (1993. 9)
- 2) 本山, 柳川, 木名瀬, 土屋, 秋山: “新発想シンセサイザを採用した高性能信号発生器”, アンリツテクニカル, 74 号, pp.25 ~ 33, (1997. 10)
- 3) 小見山, 山田, 板原, 金澤, 渡邊: “CDMA に対応した MG3671B デジタル変調信号発生器”, アンリツテクニカル, 74 号, pp.80 ~ 88, (1997. 10)
- 4) 杉田, 土屋, 秋山, 金澤, 渡邊: “W-CDMA に対応したデジタル信号発生器”, アンリツテクニカル, 76 号, pp.79 ~ 88, (1998. 10)
- 5) 木名瀬, 杉田, 土井, 河野, 山田, 秋山, 小林: “高性能と拡張性を備えたデジタル変調信号発生器の開発”, アンリツテクニカル, 79 号, pp.52 ~ 59, (2000. 10)