

4-7-5 OBP/PKT 共用端末の開発

4-7-5 Development of a OBP/PKT Communication Terminal

浜本直和

HAMAMOTO Naokazu

要旨

ETS-Ⅷ搭載交換機に対応した実験用地上端末装置として、1台二役の機能を有するOBP/PKT共用端末の開発を試みた。本装置は、1台の装置で伝送速度や通信プロトコルの異なる音声通信用搭載交換機(OBP)と移動体データ通信用搭載交換機(PKT)に対応した地上側通信端末装置として機能する。この機能を実現するため、IF周波数以下のすべての信号処理を専用の集積回路や高速のデジタル信号処理プロセッサで行うことにし、OBP及びPKTモードでの信号処理方法の違いはすべて信号処理ソフトウェア及び信号処理用集積回路の機能で対応している。この開発の試行により、二つの異なる通信機能をA4サイズ程度の小さな衛星通信用端末装置1台(RF部は含まれない)で実現できることを示した。

A developmental trial was carried out of a communication terminal to be used for satellite communication experiments using the signal-processing (OBP) and packet-switching (PKT) equipment onboard ETS-Ⅷ. The OBP and the PKT are the satellite voice-communication equipment and data-communication equipment, respectively, for mobile satellite communications. They have different transmitting speeds and communication protocols from each other. The terminal developed has two functions: (1) to operate as a communication terminal for the OBP, and (2) to act as a terminal for the PKT. To accomplish these two different functions using the same terminal, digital signal processing techniques were adapted from the area of modulation and demodulation processing in the base-band to the process of frequency conversion between the base-band and inter-medium frequency band. These signal-processing techniques were performed using integrated-circuit semiconductors for digital frequency conversions and software signal processing with a high-speed digital signal processor. This trial showed that it is feasible to build a unique, compact communication terminal (A4 size without the RF sections) that can be operated for both types of communication systems.

[キーワード]

衛星通信, ETS-Ⅷ, 搭載交換機, 地上端末装置, デジタル信号処理

Satellite communication, Engineering Test Satellite Ⅷ, Onboard signal switching equipment, Communication terminal, Digital Signal Processing

1 まえがき

ETS-Ⅷでは、同一ビーム内あるいは各ビーム間にまたがるユーザー同士を1ホップで接続する(基地局を経由しない)ことを可能にするため、通信信号経路の切替えを行うための交換機を搭載する。搭載される交換機は2種類あり、伝送速度や伝送方式が異なる。一つは携帯電話による音声通信のための交換機(OBP交換機)[1][2]、もう一

つは小型可搬局による高速データ通信用交換機(PKT交換機)[3][4]である。図1にこれらの搭載交換機を用いた衛星通信利用概念図を示す。

これらの交換機は完全に独立した目的をもって開発されたものであり、両搭載交換機間での相互の信号接続はない。実際、各搭載交換機の無線インターフェースや通信プロトコルはかなり異なっており、また、衛星の電力リソースや中継機内の信号接続経路の制約からどちらかの交換機を運用

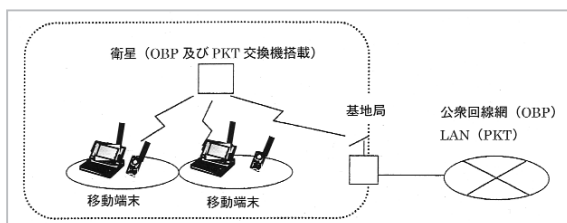


図1 OBP交換機及びPKT交換機による衛星通信利用概念図

する際には、他方の交換機の電源はOFFすることになっている。そのため、各搭載交換機に対応した地上端末装置は、それぞれ個別に開発し利用することを前提にしている。

一方、近年のデジタル信号処理技術の発達により、様々な通信信号処理をデジタル的、あるいはソフトウェア処理で行うことが盛んになってきている。この技術を応用し、OBP交換機及びPKT

交換機の両方に対応した地上端末装置を試作することが可能になる。このような端末では、異なる伝送速度や通信プロトコル等の違いを可能な限りデジタル信号処理及びソフトウェア処理による共通ハードウェアで対処することにし、外部インターフェースからソフトウェアの切替えでOBP交換機あるいはPKT交換機に対応する地上通信端末装置とすることができる。

本報告では、実際に試作したOBP交換機及びPKT交換機の両モードに対応可能な地上端末装置(OBP/PKT共用端末)について紹介する。本装置はIF帯(140MHz帯)信号を入出力信号とする通信端末装置で、現時点で入手可能な最新の高性能デジタル信号処理用LSI(大規模集積回路)を用いることにより、2種類の異なる通信端末機能を有していながらA4サイズ程度の比較的小型

表1 搭載交換機主要諸元

項目	携帯電話用搭載交換機 (OBP)	データ通信用パケット交換機 (PKT)
アクセス方式	マルチキャリア TDMA ・フィーダリンク～サービスリンク：非再生モード ・サービスリンク～サービスリンク：再生モード	スロットアロハ ・ランダム及び予約スロット混在
変調方式	$\pi/4$ -shift-QPSK (反時計回り $\pi/4$ -shift)	$\pi/4$ -shift-QPSK (反時計回り $\pi/4$ -shift) データスクランブル有り データ差動符号化 ON/OFF 可
復調方式	再生モード時： $\pi/4$ -shift-QPSK 同期検波 非再生モード時：ベースバンドフィルタリングのみ	$\pi/4$ -shift-QPSK 同期検波
送受信フィルタ	ロールオフ 50% ルートナイキスト	ロールオフ 50% ルートナイキスト
伝送速度	35k symbol/sec	512k symbol/sec
誤り訂正	R=1/2, K=7, 畳み込み符号	R=1/2, K=7, 畳み込み符号 (FEC OFF モード有り)
使用ビーム	サービスリンク (Sバンド) 3 フィーダリンク (Kaバンド) 1	サービスリンク (Sバンド) 2 フィーダリンク (Kaバンド) 1
キャリア数/ビーム	50 キャリア (非再生モード) 16 キャリア (再生モード)	1 キャリア/ビーム
チャンネル間隔	50kHz (同一ビーム内)	1.5MHz (ビーム間)
チャンネル容量	音声通信モード： 5.6kbps 音声 5ch/キャリア データ通信モード 32kbps データ 1ch/キャリア	パケット長に依存
回線接続制御	ユーザからの要求による回線接続制御	PKT 専用 MAC 層のブリッジ制御
IF 周波数帯	140 MHz 帯	140 MHz 帯
許容周波数偏差	シンボルレートの数%	シンボルレートの数%

な装置になっている。また、汎用のブラウザソフトを組み込んだパーソナルコンピュータ(PC)を本端末装置とLAN接続するだけで、端末装置の制御(端末の起動、パラメータの変更、OBPモードにおける発着呼等)が可能になり、さらに同じPCでPKTモードにおけるインターネット接続等の汎用アプリケーションの運用を同時に行うことができる。本報告では、**2**において、共用化に必要なハードウェアの要求条件を検討し、**3**では要求条件に基づく装置構成の概要、**4**において変復調及び通信制御に関する信号処理についての概要を示す。

2 要求条件

OBP／PKT共用端末を試作するための要求条件を明確にするため、OBP交換機とPKT交換機の主要諸元を並べて表1に示す。両交換機共その基本的機能は同じであり、ユーザーからの要求信号に応じて搭載コンピュータによりビーム内あるいはビーム間の経路選択を行うことを目的とする。ただし、OBP交換機は携帯端末による音声通信を目的としたもので、携帯端末の送受信性能の限界から1チャンネル当たりの情報伝送速度は低速(5.6kbps)のマルチキャリアTDMA(時分割多元接続方式)を採用している。一方、PKT交換機は、車載等の移動体による比較的高速なデータ通信を目的としたもので、1キャリアの伝送レートが1.024Mbpsのパケット伝送方式を用いている。

以上の両交換機の諸元から、OBP／PKT共用端末に要求される主な事項を以下に示す。

- (1) 異なるチャンネル周波数、チャンネル間隔に対応することが必要(OBPモード時は50kHz間隔、PKTモード時は1.5MHz間隔)。
- (2) 異なる伝送速度(OBPモード時は70kbps、PKTモード時は1024kbps)や異なるアクセス方式(OBPモード時はマルチキャリアTDMA、PKTモード時はスロットアロハ)に対応することが必要。また、OBPモード時は周波数の異なる2チャンネルの信号(基準信号及び通信信号)の同時受信が必要。
- (3) 異なる回線接続制御プロトコルに対応することが必要。

- (4) 異なる利用形態に対応(OBPモード時は音声通信、PKTモード時はデータ通信)することが必要。

一方、両交換機で共通する事項として、以下の無線パラメータが同一である。

- 変復調方式が同じ($\pi/4$ -shift-QPSK、同期検波)。
- 先頭に無変調プリアンブル信号のついたバースト形状の信号を受信する(プリアンブルの長さはOBPモードとパケットモードで異なる)。
- 誤り訂正方式が同じ(畳み込み符号化 レート1/2、拘束長7)。
- 送受ルートナイキストフィルタのロールオフ率が0.5。

OBP／PKT共用端末の試作では、これらの特徴を考慮してそのハードウェア構成を決める必要がある。

なお、ETS-Ⅷに搭載される二つの搭載交換機は同時に運用されることはないので、地上端末も同時に異なる機能を使用する必要はない。

なお、本装置の入出力周波数はIF帯信号(140MHz帯)とし、本装置を衛星回線に利用する場合は、別途用意する可搬型地球局(140MHz帯とS帯の周波数変換機能、RF信号の送受信機能及びアンテナから構成する汎用地球局)に接続して使用することを想定する。

3 基本構成

前節で示した要求条件に基づいて検討したOBP／PKT共用端末の基本構成を図2、装置諸元を表2、装置外観を図3に示す。本装置は大きくアナログ処理部、デジタル処理部及び外部接続機器に分けられる。これらの機能を次に述べる。

3.1 アナログ処理部

アナログ処理部では、通常のみキサによる周波数変換により140MHz帯IF周波数と第2IF周波数の変換を行う。このとき必要な帯域のバンドパスフィルタをみキサの前後に挿入して送信側の不要波除去や受信側の雑音帯域制限等を行うとともに、外部からの制御可能な減衰器(ATT)によりレベル調整を行う。

なお、OBPモードとPKTモードでは伝送帯域幅が異なるため(OBP:35ksps、PKT:512ksps)、

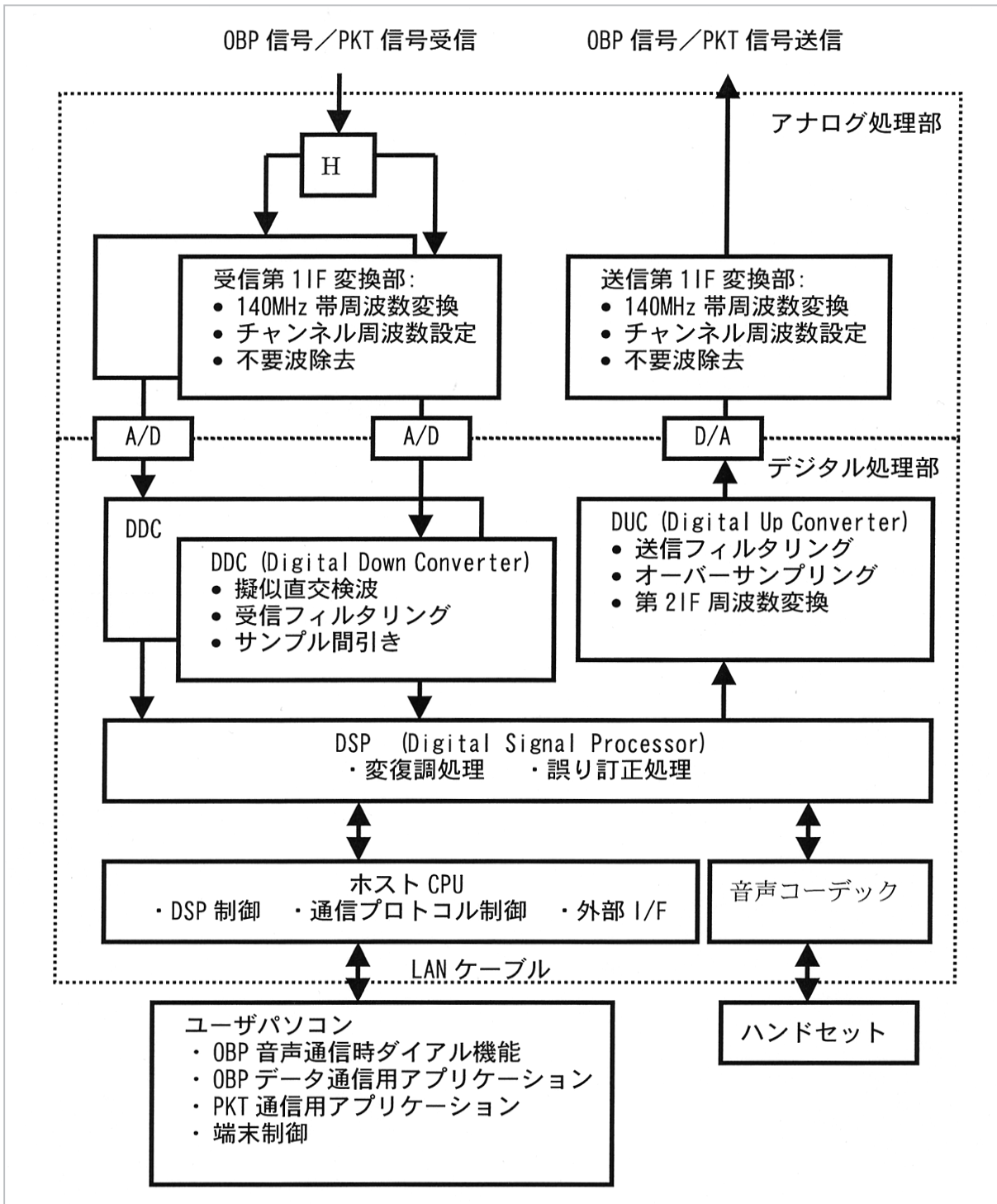


図2 OBP/PKT 共用端末の基本構成

それぞれに最適なバンドパスフィルタを用意し、アナログ SW により切り替えて使用する。また、前節 (1) の異なるチャンネル周波数及びチャンネル間隔に対処するため、局部発信器の周波数を制御することにより必要なチャンネル周波数を設定する。この局部発信器は、12.8MHz の TCXO (温度制御水晶発信器) を原振として外部から

10kHz 間隔で発信周波数を制御できる PLL (フェーズロックループ) から構成されている。アナログ処理部とデジタル処理部は、第 2IF 周波数帯の A/D 又は D/A 変換 (A:アナログ、D:デジタル) された信号で接続される。

表2 OBP／PKT共用端末の諸元

	OBPモード	PKTモード
変調方式	$\pi/4$ -shift-QPSK	
シンボルレート	35ksps	512ksps
送受信第1IF周波数	138.0MHz～14.5MHz	
入力レベル	-22dBmノミナル、 (-32dBm～-16dBm可変)	-10dBmノミナル (-20dBm～-4dBm可変)
出力レベル	-23dBm～-7dBm可変	-20dBm～-4dBm可変
送信第2IF周波数	51.76MHz	
受信第2IF周波数	10.52MHz及び10.7MHz	10.7MHz
局部発信器周波数設定間隔	10kHz	
音声コーデック	PSI-CELP 日本カスタム社製MPD-200	—
送信第2IFサンプル周波数	134.4MHz	131.072MHz
受信第2IFサンプル周波数	32.760MHz	32.768MHz
デジタルアップコンバータ	AD社製 AD9857 D/A変換機能有り	
デジタルダウンコンバータ	AD社製 AD6620	
受信A/D変換器	AD社製 AD6644	
デジタル信号処理プロセッサ	TI社製 TMS320C6416 400MHz (ピタービ復号処理プロセッサ内蔵)	
ホストコンピュータ	ADVANTECH社製 CPUボード PCM-3350F (NS社製 GX1-300MHz、128MByte SDRAM)	
外部インターフェース	10Base-T	
筐体寸法	290 x 190 x 50 (mm)	

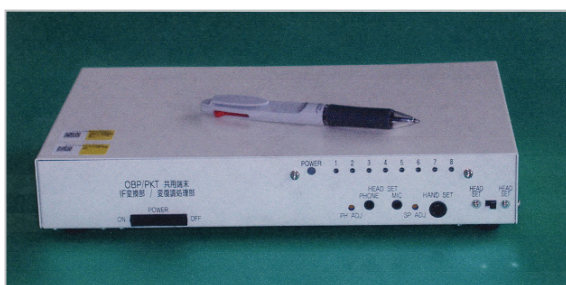


図3 OBP／PKT共用端末の外観

3.2 デジタル処理部

デジタル処理部はデジタルアップコンバータ(DUC)、デジタルダウンコンバータ(DDC)、デジタル信号処理プロセッサ(DSP)、組み込みホストコンピュータ(CPU)、音声コーデックユニット及びDSPやCPU回りの周辺回路を構成するフィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、各種LSI駆動用クロック発生器等から構成され

る。以下に各部の機能と前節の(2)～(4)の対処について述べる。

(1) DUC

DUC(アナログデバイス(AD)社製デジタルアップコンバータ用LSI AD9857)は、DSPで生成される送信フィルタリング処理したNサンプル/シンボル(OBPモード時N=16、PKTモード時N=4)の送信デジタルベースバンド信号に対して、必要なオーバーサンプリング及び直交変調を行い、D/A変換された第2IF帯周波数信号を出力する。OBP及びPKTモード時の第2IF信号(51.76MHz)のオーバーサンプリングは以下のように行う。

OBP：16サンプル/シンボル(560kHz)×240
= 第2IFサンプル周波数(134.4MHz)

PKT：4サンプル/シンボル(2048kHz)×64
= 第2IFサンプル周波数(131.072MHz)

このようにDUC内のオーバーサンプリングレートをOBP及びPKTモードで切り替えることにより、異なる伝送速度の変調信号の直交変調及び周波数変換を一つのLSIで対応する。

(2) DDC

DDC(アナログデバイス(AD)社製デジタルダウンコンバータ用LSI AD6620)は、A/D変換された第2IF受信デジタル信号(OBP:10.52MHz及び10.7MHz、PKT:10.7MHz)を擬似直交検波、受信フィルタリング(ルートコサインロールオフ、ロールオフ率0.5)及び4サンプル/シンボルまでのサンプル間引き(デシメーション)を行う。DDC内でのサンプル間引きの割合は、OBP及びPKTモードで以下のように設定している

$$\text{OBP: 第2IF サンプル周波数 (32.7MHz)} / 234 = 140\text{kHz (4 サンプル/シンボル)}$$

$$\text{PKT: 第2IF サンプル周波数 (32.768MHz)} / 16 = 2048\text{kHz (4 サンプル/シンボル)}$$

(3) DSP

DUCへ送出する送信デジタルベースバンド信号の生成及びDDCからの受信デジタルベースバンド信号の復調処理はDSP(テキサスインスツルメント社製 デジタル信号処理プロセッサ TMS320C6416)を用いて行う。本プロセッサは、32ビット固定小数点処理プロセッサで、組み込まれた2組4種類の演算レジスタを用いて最大8種類の命令を同時に実行し、3200MIPS(400MHzクロックの場合)の性能を出すことができる。

OBP及びPKTモードどちらも変復調方式は $\pi/4$ -shift-QPSK、復調はバースト信号の同期検波、誤り訂正符号化は畳み込み符号化である。このような共通する変復調処理のための信号処理アルゴリズムは、伝送速度が異なっても、1シンボル当たりのサンプルレートが同じであれば同じ処理方法が使える。そのため、OBP及びPKT用のDSPソフトウェアコードには共通部分が多く含まれソフトウェアの開発負荷が軽減される。また、畳み込み符号化の誤り訂正処理には本DSPにハードウェアとして組み込まれたビタービ復号機能を用いて、ソフトウェア処理の負荷を軽減している。

(4) 組み込みホストコンピュータ

ホストコンピュータには、機器組み込み用の汎用PCボード(ADVANTECH社製PCM-3350F、ナ

ショナルセミコンダクタ(NS)社製CPU GX1-300MHz、128MByte SDRAMシステムメモリを搭載)にOSとしてLinuxを用いる。本組み込みホストコンピュータにより、信号処理用ソフトウェアコードのDSPへの転送、DSP動作モード制御、DSPへの情報送信データの送出、DSPからの復調情報データの取り込み、搭載交換機に対応した無線制御プロトコル処理、インターネットプロトコルを衛星回線に乗せるためのネットワーク処理(ブリッジ機能)及び外部インターフェース処理等を行う。また、本ホストコンピュータには、制御用ソフトウェア保存のためのフラッシュメモリが実装されている。

(5) 音声コーデック

OBPモードでの音声通信用にPSI-CELP方式の音声コーデックボード(日本キャステム社製MPD-200、TI社製DSP TMS320VC5420を音声符号化、復号化用に搭載したボード)を用いる。本ボードはDSPへの符号化した音声データの送出及びDSPで復調された音声データの復号化を行う。

(6) 周辺回路

上述したA/D変換器、DUC、DDC等のための駆動用クロックはそれぞれ異なった周波数が必要であり、更にOBP及びPKTモードでも異なるため、各LSIに発信周波数が可変のダイレクトデジタルシンセサイザLSI(DDS:AD社製AD9851)を用いて必要な周波数のクロックを発生している。また、DSPとDUCやDDCの間の信号処理を行うFPGAにより、付加的なフィルタリング等の処理を行っている。

3.3 外部接続機器

ユーザーがOBP/PKT共用端末を使用するときは、ユーザーが用意する汎用のPC(ユーザー用PC)とブラウザソフトを用いる。そのため、組み込みホストコンピュータには専用のIPアドレス及びサーバーとしてのソフトウェア機能を有している。アクセスするとユーザー用PCのブラウザ上に表示されるボタン等によりOBP/PKT端末の制御を行うことができる。端末の制御には、OBPとPKTモードの切替え、各モードのパラメータの変更、OBPにおける電話番号のダイヤリング、管理者モードにおける搭載交換機への制御ソフト

のロード等がある。

また、OBP／PKT共用端末をPKTモードにおける移動局として用いる場合には、ユーザー用PCは汎用アプリケーション(インターネット接続やメール送受信等)を実行する機器としても使用する。この場合、衛星回線の相手側もOBP／PKT共用端末であり、その端末にはサーバー機能を有したPCやLANに接続したルータ等が接続されることを想定している。

4 信号処理の概要

4.1 DSPによる復調処理

OBP及びPKTに用いられる無線信号は、いずれも先頭に無変調及びクロックパターンが付加されたバースト状の $\pi/4$ -shift-QPSK信号で、受信側では同期検波による復調を行う。このような信号の同期検波では高速のキャリア再生やクロック再生処理が必要になる。このためのデジタル信号処理としては、1バースト分のサンプル信号を一回蓄積してその後必要な復調処理を行う蓄積型の信号処理方法と、受信した信号を逐次的に復調していくリアルタイム処理がある。前者の方法では、蓄積した信号に対してFFT処理や時間反転のようなリアルタイム処理では実現できない複雑な信号処理が可能であるが、大容量のメモリが必要であること及び音声通信において処理遅延が大きくなるといった欠点がある。一方、リアルタイム処理では少ないメモリと短い処理遅延で復調が可能であり、OBPモードにおける音声通信時の信号処理遅延を極力少なくできる。このことから本装置ではリアルタイム処理を採用する。

リアルタイム処理で高速のキャリア再生を行う方法として、LERF法を用いたキャリア再生方式がある[5]。これは、低C/N(信号電力対雑音電力比)で大きな周波数オフセットを有する入力信号の検出と高速のキャリア再生を実現できるもので、無限巡回フィルタによる適応フィルタリングを逆変調フィードフォワード型のキャリア再生回路に組み込んだ構成をしている。本回路構成を図4に示す。本方式を用いることによりOBPやPKT信号のプリアンブル無変調部分を検出し、その期間内にキャリア再生処理を完了する。文献[5]で示された計算機シミュレーションでは、シ

ンボルレートの5%の周波数オフセットを有する信号に対して、C/Nが6dB程度で数10シンボル以内にキャリア再生が完了する結果を得ている。

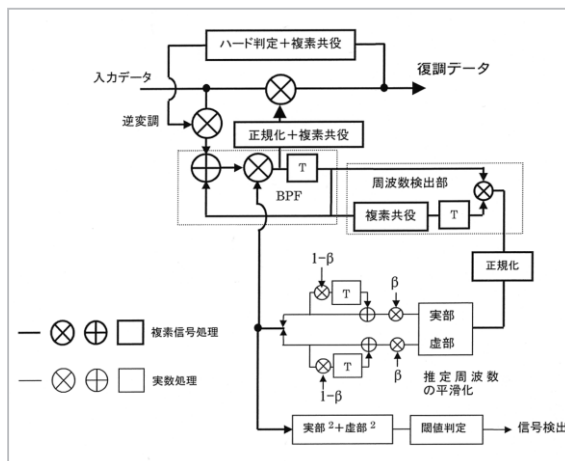


図4 LERF法を用いたキャリア再生方式

4.2 回線制御プロトコルの処理

OBP／PKT共用端末装置は、OBP及びPKT搭載交換機の通信手順管理仕様書[6][7]に基づいた通信制御処理をホストコンピュータがDSPを含む周辺回路を制御しながら行う。以下に各種通信制御の概要を示す。

(1) OBP通信制御

端末装置が電源投入後最初に行うことは、衛星からのOBPフレーム基準信号であるBCCH信号を受信し、フレーム同期を取ることである。次に、搭載交換機に対して加入者登録(搭載交換機に加入者の局番、電話番号を登録する)及び位置登録(加入者の位置(衛星ビーム)を衛星に登録する)を行い、通常の電話の発着呼に備える。ユーザーによる発呼又は衛星からの呼び出し(着呼)に対して、端末は以下の手順で衛星回線を確立し通話モードに入る。

●リンクチャンネルの確立

OBPフレームの特定周波数チャンネルの特定スロットを用いた搭載交換機と端末との間での制御情報のやり取りを行う回線を確立する。このとき、BCCHに含まれる送信タイミング情報に基づいた送信タイミングの調整が行われる。

●サービスチャンネルの確立

確立したリンクチャンネルを通じて、搭載交換機から音声通信用サービスチャンネルの割当てを受ける。

● 通話フェーズ

サービスチャンネルを用いて、相手局との対向通信を行う。移動端末と基地局間の通信ではOBP交換機は非再生モードで運用され、OBPフレームに同期した端末と基地局端末が直接対向して接続される。一方、S帯サービスリンクの移動端末同士の通信では、OBP交換機は再生モードとなり、端末の実際の相手局は衛星上の変復調器となる。

● 通話終了フェーズ

再度リンクチャンネルを確立し、搭載交換機に通話終了による回線の開放を通知する。

なお、上記以外に、搭載交換機自体のパラメータの変更や回線制御ソフトウェアのロード等のための管理者モード及び回線接続状態が固定された固定試験モードがある。

(2) PKT 通信制御

パケットモードにおける回線制御は、スロットアロハ方式のパケット通信であるため、OBPモードに比べるとシンプルである。まず、PKT交換機から周期的に送信される基準信号を受信し、PKTフレームの同期を取る。次に相手アドレスに向けて情報データを送信すればよい。ここで、アドレスは各端末に割り当てられたPKT交換機システム専用のMAC(Media Access Control)アドレスである。搭載交換機はこのMACアドレスとユーザーの位置するビームポートとの対応表を衛星上に持つことでビーム間の回線交換が成立する。これは地上のLAN間接続に用いられるブリッジ機能に相当するものである。一方、端末に接続される汎用PCのインターネットアプリケーションはIPアドレスに基づいて通信するため、OBP/PKT共用端末にはPKT交換機用MACアドレスとIPアドレスの変換ルーチン(ブリッジ機能)、あるいはゲートウエーとしての機能(ルー

タ機能)が必要である。今回開発した装置にはブリッジ機能を実装している。

なお、ユーザーは衛星回線の使用形態としてランダムモードあるいは予約モードが選択できる。

● ランダムモード

ランダムモードでは、ランダムスロット領域の任意のスロットにパケット信号を送出する。他のパケット信号との衝突時には必要な処理を行う(衛星が正常に受信した場合はパーシャルエコー信号を受信することにより確認できる)。

● 予約モード

予約モードはPKTフレームのマイナーフレームごと、あるいはメジャーフレームごとに専用のスロットを割り当てて通信するモードで、パケットの衝突を回避できる。ユーザー地球局が予約モードを使用する場合は、情報データを送信する前に予約要求パケットを送信し、PKT交換機からの予約情報を確認して通信を開始する。

ランダム及び予約モードの選択はユーザー端末側に任されているが、この選択基準はまだ確立しておらず、アプリケーションに応じて最適なモードを選択する手法について今後検討を要する。

5 むすび

ETS-Ⅷに搭載されたOBP及びPKT交換機に対応した地上側通信端末装置を開発した。本装置は、IF周波数以下のすべての信号処理にデジタル信号処理を応用し、A4サイズ程度の装置1台で異なる二つの通信機能に対応する。今後、本装置を用いた性能評価を行い、また、ETS-Ⅷ打上げ後は、野外における搭載交換機対応の通信実験に利用する予定である。最後に、本装置の製作に御協力頂いた株式会社スペクトラに感謝いたします。

参考文献

- 1 Y. Kawakami, S Yoshimoto, Y Matsumoto, T Ohira, and T. Ide, "S-band Mobile Satellite Communications and Multimedia Broadcasting Onboard Equipment for ETS-VIII", IEICE Trans, Vol.E82-B, No. 10 Oct. 1999.
- 2 Y. Hashimoto, K Nakajima, Y Kawakami, O Takeda, Y Tshchihashi, and S Senba, "Study of an On-Board Processor for Mobile Satellite Communication Experiments of ETS-VIII", 22nd ISTS Conf. Record, ISTS2000-i-04, May, 2000.
- 3 S. Taira, T. Ide, and S. Hama, "Development of an Onboard Packet Switch for the Mobile Satellite Communication System", 18th ICSSC Conf. Record. AIAA-2000-1111, Apr. 2000.
- 4 米田, 宇野, 竹田, 平良, 浜本, "ETS-VIII搭載用パケット交換器における復調特性", 信学技報, A・P2000-88, SANE2000-65, RCS2000-1111, pp.43-48, 2000年10月.
- 5 浜本, 橋本, 井出, 坂齋, "周回衛星通信システムのための信号検出と周波数推定法", 通信総合研究所季報, Vol.44, Nos.1/2, pp.33-45, 1998年3月／6月号.
- 6 "移動体音声通信手順管理仕様書", (株)次世代衛星通信・放送システム研究所作成, 平成14年.
- 7 "パケット交換機プロトコル仕様書", 通信総合研究所作成, 平成14年.



はまもと なおかず
浜本直和
無線通信部門研究主管
衛星通信工学

