

## 4-7 通信／放送実験用端末装置

### 4-7 Experimental Communications and Broadcasting Terminals

#### 4-7-1 OBP用実験端末

##### 4-7-1 Functional Model of a Hand-held Terminal for OBP Experiments

橋本幸雄 山本伸一  
HASHIMOTO Yukio and YAMAMOTO Shin-ichi

#### 要旨

移動体衛星音声通信システムの実験用端末としてOBP用実験端末を開発した。実験用機器のため携帯端末用アンテナとラックマウント形状の本体で構成した。SバンドRFユニットを持つ移動実験用端末を2局とIF系以降のみの基地局用端末を製作している。OBPの固定通信モード及び通常運用モードに対応し、チャンネルプリアサイン方式及びデマンドアサイン方式の接続方式に対応する。基地局用端末は、通信端末としての機能以外に、付属装置を併用して運用プログラムのロード及びOBPの監視制御を行うことができる。衛星に搭載されたOBPとの組合せ試験を行い、正常に動作することが確認された。

We developed an experimental terminals used with on-board processor (OBP) for a mobile satellite voice-communication experiment. It consists of rack-mounted experiment equipment, in addition to an antenna for hand-held terminals. We made processors for terminals with S band RF transmitters and terminals for base stations without S band RF transmitters. These terminals handle a fixed communication mode and a normal OBP operational mode and respond to pre-assigned channels as well as the demand assignment access method. In addition to their function as communication terminals, they load operational programs and control and observe OBP with the assistance of attached equipment. We checked all the functions using a combination of tests with the OBP installed on the engineering test satellite Ⅷ (ETS-Ⅷ).

#### [キーワード]

衛星通信, 再生中継器, デジタル信号処理, 携帯端末  
Satellite communication, Regenerative transponder, Digital signal processing, Hand-held Terminal

### 1 はじめに

ETS-Ⅷ音声通信用搭載交換機(OBP: On-Board Processor)は、携帯端末を用いた衛星移動体音声通信システム用交換機として開発された。携帯端末に対応するためETS-Ⅷでは大型展開アンテナを搭載するとともに、交換機においてもフィルタリング、回線交換、変復調などの機能

を持つとともに、デジタル信号処理技術を用いて性能の向上を図っている。

従来のベントパイプ方式の衛星では、無線インタフェース以外の通信インタフェースは端末同士の試験を行うことにより、確認することができた。OBPでは、OBP内でも変復調を行うほか、通信制御のためのプロトコルを持つため、それぞれのインタフェースを確認する必要がある

り、事前に搭載機器と端局間の接続の整合性を確認することが不可欠である。OBPを含むETS-Ⅷの通信系全系を通じた性能確認試験を行い、正常に動作し、通信が可能なが確認された。

OBP用実験端局の構成及び性能について報告する。

## 2 全体構成

OBPは携帯端末を対象としているが、地上系の携帯電話のような超小型地球局の開発には多額な費用が見込まれる。実験的な要素としては伝搬特性、変調方式・通信プロトコルの特性などを把握する必要がある。伝搬特性ではアンテナ及び端末の形態が影響するが、アンテナ形状

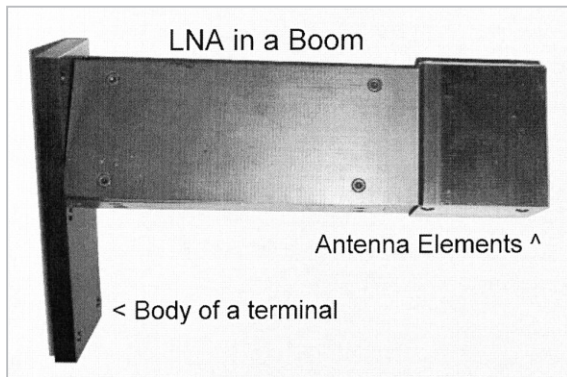


図1 アンテナ部写真

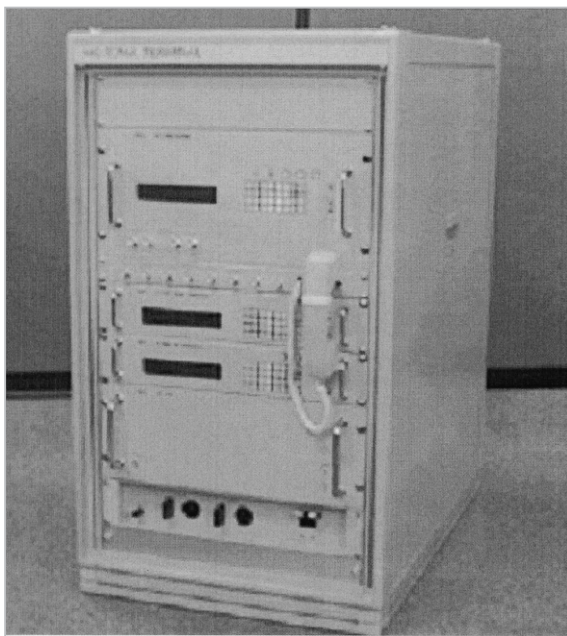


図2 実験端局本体の写真

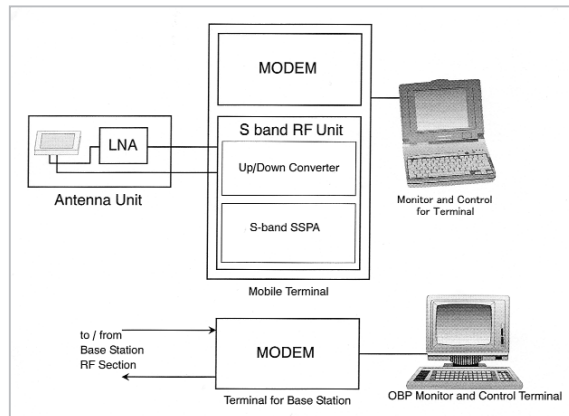


図3 実験端局の構成図

の影響が大きいとして携帯端末用のアンテナモデルを開発した。変調方式・通信プロトコルは形状が特性に影響しないため、ラックマウント形状の機能モデルとした。アンテナ部及び本体の写真を図1及び図2に示す。

構成図を図3に示す。低雑音増幅器(LNA)と一体化したアンテナ部とラックマウント形状の端末部から構成される。端末部はSバンド20W SSPAを含むSバンドRFユニット、変復調ユニット及び電源ユニットから構成される。実験端局は3式製作した。ただし、1式はSバンドRFユニットを持たない基地局用端末であり、OBPの制御監視を行うための機器が付属する。

## 3 アンテナ部

携帯端末用アンテナとして送受共用パッチアンテナを開発した。構造を図4に示す。上部パッチ及び下部パッチの二層構造により、送信及び受信アンテナとして機能する[2][4]。携帯端末本体を模擬した支持部から伸びるブーム上にアンテナを取り付けている。人体から離れた位置にアンテナを置き、人体に対する送信波影響を軽減する方式を取っている。また、ブーム内にLNA及びフィルタを内蔵し、形状を小型化している。ブームが回転することにより仰角を変更できるが、方位角は、持つ人の位置による[3]。したがって、通話中に常にアンテナを衛星方向に向けることは困難であるが、アンテナ面を水平に保つことにより方位角が変化しても衛星仰角が日本国内では45度前後となる。仰角45度方向の利得は約0dBiであり、通信を維持すること

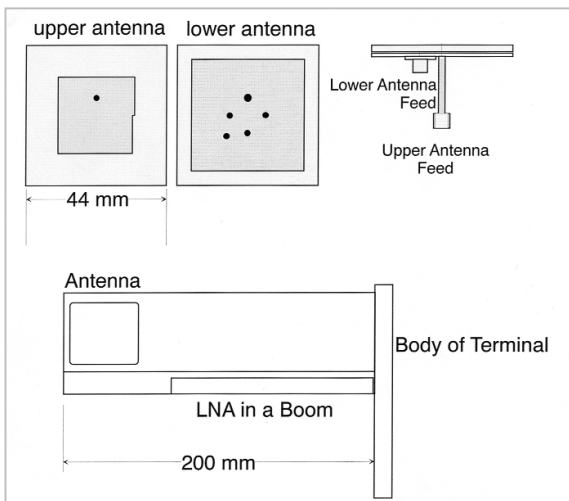


図4 アンテナ部の構造図

ができる。

なお、アンテナがブームによって人体から離れた位置にあるため人体によるアンテナパターンの変化は少ない[1]。

アンテナ単体のパターンを図5に示す。アンテ

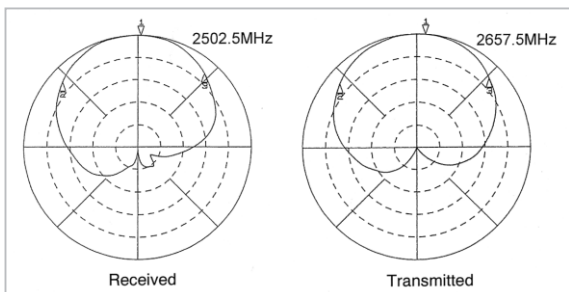


図5 アンテナパターン

ナ部主要諸元を表1に示す。

表1 アンテナ部主要諸元

|            |                       |
|------------|-----------------------|
| 周波数        | 送信 2.6 GHz/受信 2.5 GHz |
| 利得         | 3 dBi                 |
| 軸比         | 4 dB 以下               |
| 送受アイソレーション | 14 dB 以上              |
| 形式         | 積層型パッチアンテナ            |
| G/T        | -25 dBK 以上            |

## 4 SバンドRF部

SバンドRF部は、送信用周波数変換器、受信用周波数変換器及び固体増幅器から構成される。構成及び主要諸元を図6及び表2に示す。

Sバンド固体増幅器(SSPA)は20W出力(1dB抑圧時)が可能であり、直線動作時では10W出力できる。利得の温度補償機能があり、利得変動

表2 端末部主要諸元

|           |  |
|-----------|--|
| SバンドRF部   |  |
| 周波数       | 送信 2655.5~2658.0 MHz<br>受信 2500.5~2503.0 MHz |
| 送信電力      | 20 W(飽和)                                     |
| 周波数安定度    | $\pm 3e-7$ 以下                                |
| 変復調部      |  |
| 通信方式      | MC-TDMA(FDD)                                 |
| タイムスロット   | 5 スロット/キャリア                                  |
| 対応キャリア    | 50 波(2.5 MHz) 50 kHz 間隔                      |
| 変調方式      | $\pi/4$ シフト QPSK                             |
| 情報伝送速度    | 音声: 5.6 kbps/スロット、<br>データ: 32 kbps/キャリア      |
| チャンネルアサイン | デマンドアサイン<br>ランダムアクセス(スロットッド アロハ)             |
| 音声符号化     | PDC ハーフレート相当(5.6 kbps)                       |

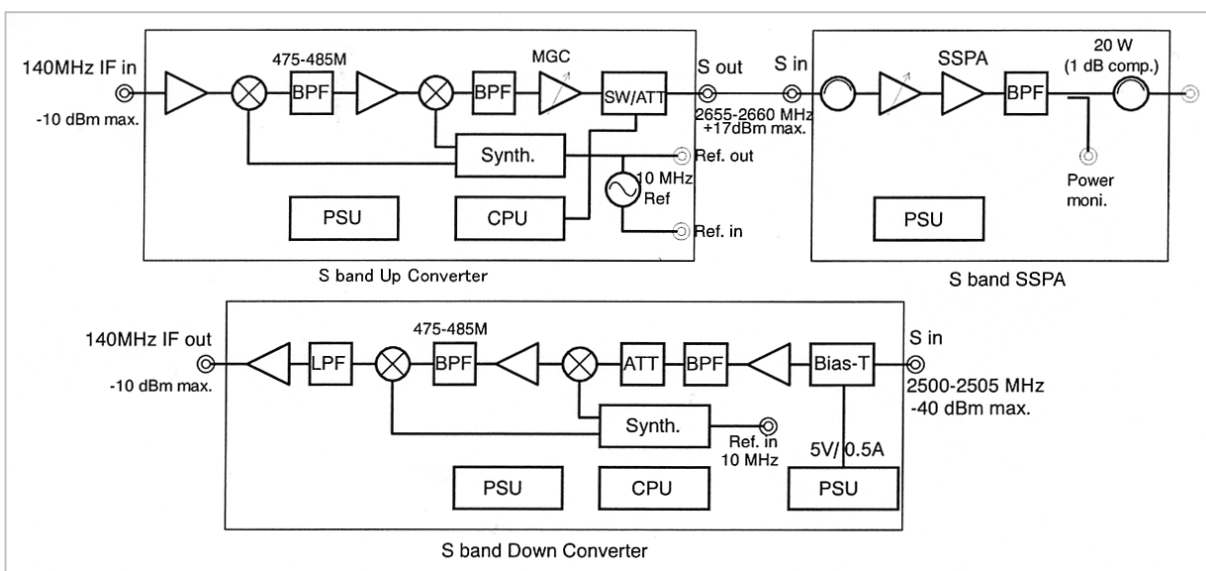


図6 SバンドRF部構成図

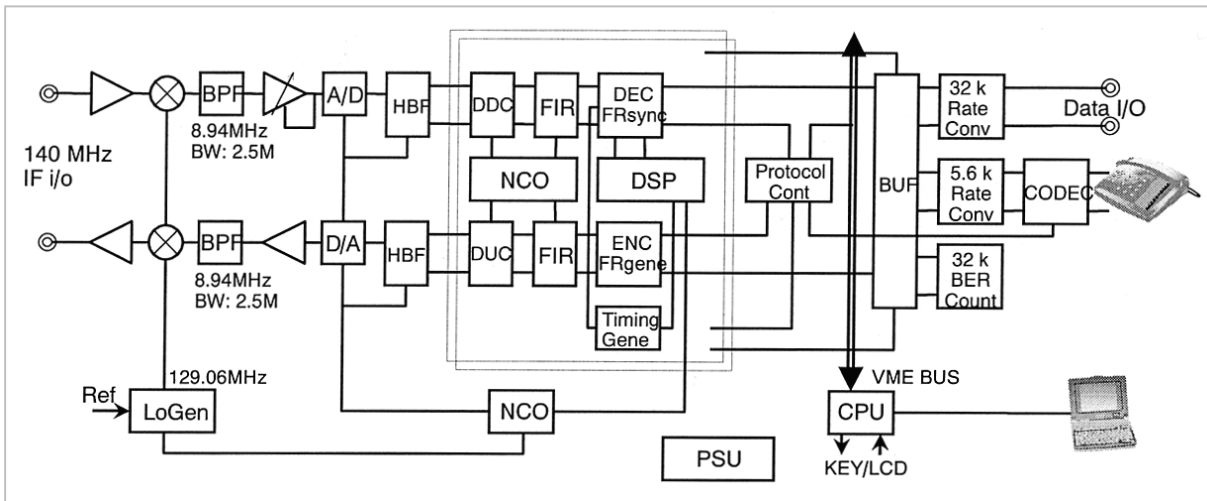


図7 変復調部構成図

は5～35℃の範囲で±0.3dB以下となっている。  
 送信周波数変換器は、140MHz帯IF信号入力を2.6GHz帯へ変換し、SSPAへ出力する。ダブルコンバージョン方式となっており、局部信号は、水晶発振器又は外部周波数基準信号よりシンセサイズドオシレータで作られる。出力部に10 dBの可変減衰器(1dBステップ)を持ち、送信電力の調整を行うことができる。出力レベル及びRF周波数は前面パネルのキー操作により設定することができる。

受信周波数変換器は、アンテナ部から入力される2.5GHz帯受信信号を140MHz帯IFに変換する。送信周波数変換器と同様にダブルコンバージョン方式となっており、局部信号は送信周波数変換器の周波数基準信号又は外部周波数基準信号よりシンセサイズドオシレータで作られる。RF入力端子はバイアスT回路を持ち、アンテナ部のLNAに+5V/0.5Aの電源を供給することができる。

## 5 変復調部

図7に変復調部の構成を示す。変復調器は、10MHz帯IFで動作するため、変復調部入出力周波数である140MHz帯IFに変換する周波数変換器を持つ。変調器は通信制御信号用とデータ用の二つを持ち、それぞれの制御プロセッサからの信号をπ/4シフトQPSK変調器で変調した後、デジタル-アナログ変換器で10MHz帯のアナログIF信号に変換される。受信側の周波数変換器

には利得可変機能があり、-10dBmから-57dBmの信号に対して復調器の入力レベルを最適にする機能がある。復調器は10MHz帯のアナログIF信号をアナログ・デジタル変換器により44.8MHzクロックでサンプリングする。通信制御信号用とデータ用の二つの復調器を持ち、π/4シフトQPSK信号の復調の後、DSPによって処理される。π/4シフトQPSK信号の復調では、ハーフバンドフィルタによりサンプリングレートを1/2にした後、デジタルダウン変換器により直交検波される。ルートナイキストフィルタ通過後、復調される。シンボル同期処理、キャリア同期処理等は、DSPによって行われる。OBPの通信プロトコルはCPUによって処理される。

通信データはRS422で外部機器とインタフェースするほか、内蔵するPDC用音声コーデックを用いて通話が可能となっている。また、BER計測モードでは、誤り測定回路に接続され、BER及びFERの測定ができる。

OBPでは基準信号、制御信号、通信信号がそれぞれ別の周波数に割り当てられ、通信信号については通話の開始時に周波数及びバースト位置を割り当てるデマンドアサイン方式となっている。基準信号は、衛星搭載交換機であるOBPから出力される時間及び周波数の基準となる。実験端局では、動作の安定化を図るため、2波分の変復調器を内蔵し、周波数の切替えを省略するとともに、常時基準信号を受けられるよう設計した。

なお、テストモードでは、二つの変復調器を

持つことから、実験端局内で基準信号を発生し、実験端局のみで対向試験を行うことができる。

## 6 操作及びプロトコル

実験端局の動作は通常の交換制御を行うプロトコルモードとOBPの試験モードに対応する固定モードの二つのモードを持つ。OBPの試験モードでは、交換制御を行わないチャンネルプリアサインによって動作するため、MC-TDMAのフレームに合わせて、実験端局でチャンネルの設定を行うとともに送信タイミングの調整を行うことが必要とされる。チャンネルの設定は、通信するビームによって決められた周波数及びTDMAスロットを選択することによって行う。送信タイミングは、衛星からの距離を計算し、シンボル単位の時間を求め、基準信号を基準とした時間にOBP内で合うように設定する必要がある。

プロトコルモードでは実験端局の機器番号を設定し、機器登録、位置登録を行った後、通信相手の電話番号を設定し、呼出しを行うことにより、通話することができる。

固定モードからプロトコルモードの変更は運用ソフトウェアをOBPに送ることによって行われる。このプログラムローディングモードなどの固定モード以降のモード変更及びバースト送信タイミング情報の変更などのOBP運用は基地局用端末で行うことができる。また、OBP上の統計・監視情報のモニタも基地局端末で行える。基地局用端末に付属の監視制御装置をSバンドRF部を持つ実験端末に接続することにより、同端局でも制御監視が可能である。ただし、OBPの統計・監視情報はKaバンドフィードリンク以外にSバンドサービスリンクの1ビームにのみ出力されている。

## 7 音声・データ伝送インタフェース

OBPでは5.6kbpsの伝送速度で音声通信を行う。音声コーデックとして地上系携帯端末で使用されているPSI-CELP方式のコーデックを流用している。PSI-CELPではエンコードする過程で、音声に影響が大きい情報のみを誤り訂正符号化を行っている。OBPの通信系では、畳込み符号

化/ビタビ復号を行っているため2重に誤り訂正を行うことになり、PSI-CELPにおける誤り訂正の効果はないものと思われる。音声コーデックの最適化を行っていないため、本装置では音声品質の評価は行っていない。

伝送速度32kbpsのデータ伝送が可能であり、TTLレベルのインタフェースで入出力できる。誤り特性測定機能を内蔵しており、OBPの試験モード時には音声伝送5.6kbps及びデータ伝送32kbpsの両方の伝送速度についてBER及びFERの測定が可能となっている。

## 8 試験及び特性

OBP出荷時及び衛星搭載時にOBPとの組合せ試験を行い、誤り率特性測定、接続試験及び通話試験を行った[5]。非再生中継による誤り率特性は、ほぼ理論値と一致し、劣化はほとんど見られない。接続動作も正常に動作し、通話が可能であった。

OBP用実験端局では、通信信号と制御信号が同じ周波数偏差で送信される再生中継を基本として設計したため、Kaバンド基地地球局からの信号をOBP内の周波数と合わせる必要がある。通信信号の周波数はOBPから送られる基準信号の周波数偏差から120Hz以内に抑える必要がある。ETS-ⅧではKaバンド周波数変換器の局部信号は共通の発振器から作られており、地球局に受信周波数補正機能及び送信周波数補正機能があるため、狭帯域信号の通信にも対応できる。しかし、Sバンド側は独立した局部信号となっており、実験では非再生中継信号の周波数が携帯端末の復調可能な範囲に入っていることを確認する必要がある。

## 9 まとめ

本装置はOBP等とともに株式会社次世代衛星通信・放送システム研究所が開発した。研究業務終了に伴い、同研究所の開発機器はCRLに移管された。

OBP用実験端局を開発し、試験の結果、所期の性能を得た。また、衛星実機との接続試験を行い、正常に動作することを確認した。

衛星携帯端末の機能モデルとして開発を行ったが、携帯端末相当の小型化を図るには、さらに多大な開発を行う必要があり、OBP実験用端末は、衛星搭載機器でいうBBM相当の状態かと

考えられる。また、「二つの変復調器の使用」、「音声コーデックとしてPSI-CELPを流用した」などの開発を省略している部分もあり、実用化する上で開発する事項が残されている。

#### 参考文献

- 1 光本秀夫ほか, "S帯移動体衛星通信用端末のアンテナ特性", 信学総合大会, B-1-194, 1998年3月.
- 2 八幡正典ほか, "移動体衛星通信用パッチ積層型 Self-diplexing アンテナ", 信学技報 A-P99-6, 1999年4月.
- 3 H. Mitsumoto, et al, "Antenna Section of a Satellite Communication Handset", AP2000, 09-14 Apr. 2000.
- 4 新井宏之ほか, "ETS-Ⅷ地上端末用小型セルフダイプレクシングアンテナ", 信学技報A-P2000-156, 2001年1月.
- 5 山本伸一ほか, "ETS-Ⅷ搭載オンボード交換機(OBP)用移動端末", 信学総合大会, B-3-15, 2003年3月.



橋本幸雄

無線通信部門高速衛星ネットワークグループ主任研究員  
衛星通信



山本伸一

無線通信部門鹿島宇宙通信研究センターモバイル衛星通信グループ主任研究員  
移動体衛星通信