

4-7-2 高速データ通信実験用端局装置

4-7-2 *Terminals for High-Data-Rate Satellite Communications Experiments*

平良真一 井出俊行 浜本直和

TAIRA Shinichi, IDE Toshiyuki, and HAMAMOTO Naokazu

要旨

技術試験衛星Ⅷ型を用いた高速データ通信システムでは伝送信号にパケット信号を用い、衛星上にて交換制御を行うことにより効率的で、かつ柔軟性に富むシステムとしている。システムにおける移動地球局は、小型乗用車にも設置可能な車載型の地球局や、容易に持ち運びができる可搬型の小型地球局を対象としており、伝送速度1Mbpsの高速パケット信号伝送を行う。実験用として移動地球局用の端局装置と、Ka帯フィーダリンク地球局に接続して使用する主局用端局装置を開発した。これらの端局装置は、衛星搭載パケット交換機や移動体衛星通信システムの評価に必要な機能、性能を有している。

The Communications Research Laboratory has been studying the mobile satellite communications network and developing an onboard packet switch. An onboard switch makes satellite communications systems with a multi-beam structure more efficient. In this communications system, a compact mobile earth station that can be installed in a mobile system or that is easily portable is assumed. The terminal equipment for the mobile station and the feeder link station has already been developed. This paper describes the characteristics of terminal equipment, which performs well enough to meet the requirements of experiments to evaluate the mobile satellite communications system and onboard packet switch.

[キーワード]

技術試験衛星Ⅷ型、移動体衛星通信、パケット信号、移動地球局

Engineering Test Satellite Ⅷ, Mobile satellite communication, Packet signal, Mobile terminal

1 はじめに

高速データ通信実験用端局装置は、技術試験衛星Ⅷ型に搭載されたパケット交換機を介して通信を行うための地球局側の端局装置である。端局装置には、Ka帯フィーダリンク地球局に接続して使用する主局用端局装置と、S帯を用いる車載局や可搬局に接続する移動局用端局装置があり、それぞれ変復調部(MODEM)と制御部(Controller)により構成されている。本文では、高速データ通信用端局装置の概要について述べる。

2 高速データ通信実験用地球局

衛星搭載パケット交換機を介した高速データ

通信に用いるS帯の地球局(Mobile Earth Station)は、小型乗用車にも設置可能な車載型の移動地球局や、容易に持ち運びができる可搬型の小型地球局を対象にしている。衛星搭載パケット交換機におけるスイッチングのための制御情報はパケット信号内に含まれているため、伝送する信号は衛星上にてすべて再生中継を行う。地球局からの信号を復調して得られた制御情報に基づき、信号を送る先の地球局をカバーしているビームに対応した変調器へと送られる[1]。高速データ通信実験用に端局装置には、Ka帯フィーダリンク地球局に接続して使用する主局用端局装置(Base Terminal)と、車載局や可搬局に接続する移動局用端局装置(Mobile Terminal)があり、それぞれ変復調部(MODEM)と制御部

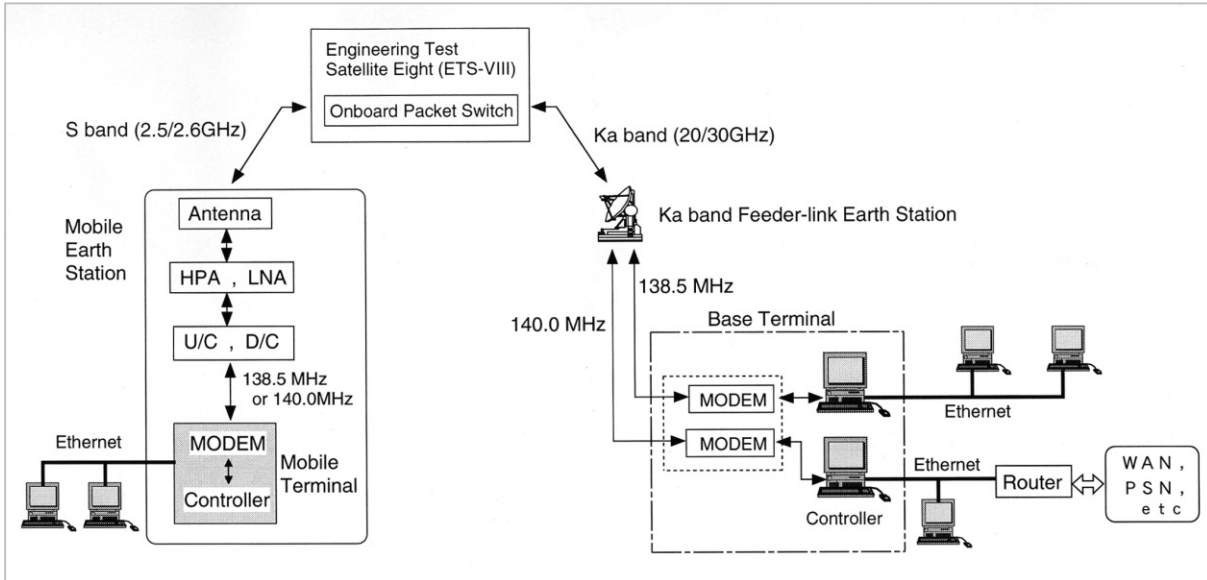


図1 パケット通信システム構成図

(Controller)により構成されている。衛星搭載パケット交換機には、Ka帯のフィーダリンク用に2ポートの入出力があり、主局用端局装置はこの各ポートに対応した2式の変復調部及び制御部により構成されている。S帯のモバイルリンクにおいては、ビーム内の伝送信号の周波数が、アップリンクにおいて2656MHzもしくは2657.5MHz、ダウンリンクにおいて2501MHzもしくはは

2502.5MHzであることから、中間周波数である端局装置の入出力信号周波数は138.5MHzもしくはは140MHzのいずれかが選択できるようになっている。図1に通信システムの構成図を示す。

車載型の移動地球局や可搬型の小型地球局は、送信EIRPとして18dBW程度以上、受信G/Tとして-22dBK程度以上の性能を持つ地球局を想定している。表1にSバンドにおける回線設計例

表1 回線設計例(モバイルリンク)

Up-link (2.6 GHz)		Down-link (2.5 GHz)	
Mobile station		Satellite	
HPA output power	43.0 dBm	HPA output power	47.3 dBm
Feed loss	1.0 dB	Feed loss	1.5 dB
Antenna gain	6.0 dBi	Antenna gain	40.1 dBi
Mobile station EIRP	48.0 dBm	Satellite EIRP	85.9 dBm
Propagation loss	192.6 dB	Propagation loss	192.1 dB
Satellite		Mobile station	
Rx antenna gain	42.7 dBi	Rx antenna gain	6.0 dBi
Feed loss	1.1 dB	Feed loss	1.0 dB
Rx power (at LNA in)	-103.0 dBm	Rx power (at LNA in)	-101.4 dBm
System noise temp.	520 K	System noise temp.	450 K
System G/T	14.6 dBK	System G/T	-21.5 dBK
Up-link C/No	68.5 dBHz	Up-link C/No	70.7 dBHz
Required C/No	64.2 dBHz	Required C/No	64.2 dBHz
Link margin	4.3 dB	Link margin	6.5 dB

を示す。表は、地球局にアンテナ利得6dBiの無指向アンテナと送信出力20Wの高出力増幅器の設置を仮定した場合の回線設計例である。地球局のアンテナに高利得の指向性アンテナを用いれば、その分、高出力増幅器の出力を小さく抑えることができるようになる。衛星打ち上げ後の実験に用いる移動及び小型地球局には、利得が約6dBiの無指向性アンテナと、利得が約12dBiの車載用アレーアンテナ及び可搬型アンテナを、また、最大出力50Wの高出力固体増幅器を準備している。

3 高速データ通信実験用端局装置

高速データ通信実験に用いる主局用端局装置と移動局用端局装置は、衛星搭載パケット交換機を介して通信を行うため、電気的性能はほぼ共通している。共通する端局装置の性能を表2に、主局用端局装置及び移動局用端局装置の変復調部に特有の性能を表3及び表4に、それぞれ示す。制御部には共に市販のパーソナルコンピュータを用いており、表5に示す性能を持つパーソナルコンピュータであれば制御部として使用が可能である。図2及び図3に、移動局用端局装置及び

表2 主局及び移動局用端局装置に共通する主要性能

変復調方式： $\pi/4$ シフトQPSK／同期検波
 伝送速度： 1024kbps
 アクセス方式： スロットドアロハ方式，パケット予約方式
 誤り訂正方式： 畳込み符号化（拘束長K=7、符号化率1/2）
 ／ビタビ復号（8値軟判定）

出力パケット信号長： 8msec（32msecまで拡張可能）
 入出力信号周波数： 138.5MHz、140.0MHz
 入力信号周波数許容偏差： ± 30 kHz 以内
 出力信号周波数安定度： ± 2 ppm 以内
 入力信号レベル： -19 ~ -9dBm（-12dBm 標準）
 最大許容入力レベル： 0dBm
 出力信号レベル： -10dBm（標準）
 出力信号スプリアス： -63 dB 以下
 入出力インピーダンス： 50 Ω
 VSWR： 1.5 以下
 入出力コネクタ： BNCコネクタ
 LAN 用外部インタフェース： 10BASE-T
 通信実験用制御機能：
 出力信号： ON / OFF 切り替え
 誤り訂正符号化： 有 / 無 切り替え
 変調信号： 変調 / 無変調 切り替え
 差動符号化： 有 / 無 切り替え

表3 移動局用端局装置変復調部のその他の諸元

入出力信号周波数： 138.5MHz 又は 140.0MHz（切り替え選択）
 変復調部とのインタフェース： 50pin D-sub コネクタ（RS422 相当）
 電源： AC100V（ ± 5 V）又は DC12V（ ± 4 V）
 寸法： 48cm（幅） \times 15cm（高さ） \times 50cm（奥行）
 重量： 11kg
 消費電力： 最大60W
 動作温度： 0 $^{\circ}$ C ~ 40 $^{\circ}$ C
 動作湿度： 80%以下（結露なし）
 入出力デジタル信号： シリアルデータ（RS422 相当）
 入出力デジタル信号コネクタ： D-sub コネクタ（50pin）

表4 主局用端局装置変復調部のその他の諸元

入出力信号周波数： 138.5MHz 及び 140.0MHz（2系統）
 変復調部とのインタフェース： 50pin D-sub コネクタ（RS422 相当）
 電源： AC100V（ ± 5 V）
 寸法： 48cm（幅） \times 31cm（高さ） \times 51cm（奥行）
 重量： 19kg
 消費電力： 最大200W
 動作温度： 13 $^{\circ}$ C ~ 33 $^{\circ}$ C
 動作湿度： 80%以下（結露なし）
 入出力デジタル信号： シリアルデータ（RS422 相当）
 入出力デジタル信号コネクタ： D-sub コネクタ（50pin）

表5 制御部の主な諸元

クロック周波数： 10MHz 以上
 主記憶メモリ： 32Mbyte 以上
 ハードディスク容量： 1Gbyte 以上
 OS： Windows2000 professional
 変復調部とのインタフェース： PCI カード
 （26pin ハーフピッチコネクタ）
 寸法、重量、消費電力等は使用するパーソナルコンピュータによる

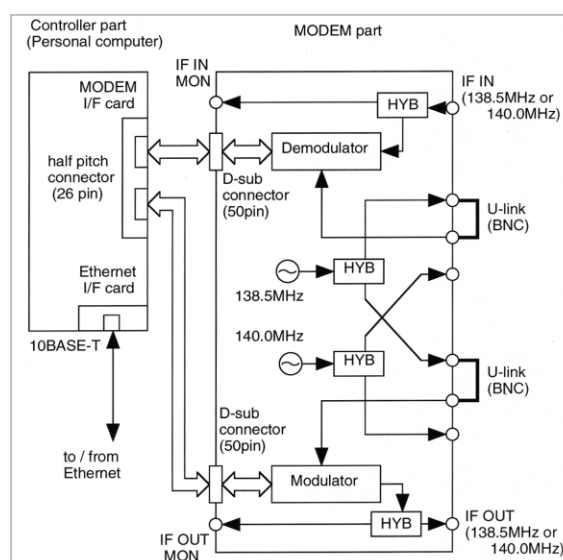


図2 移動局用端局装置構成図

主局用端局装置の構成図を、また、概観写真を図4及び図5に示す。制御部(写真の左側)には、共に、デスクトップ型のパーソナルコンピュータを用いている。

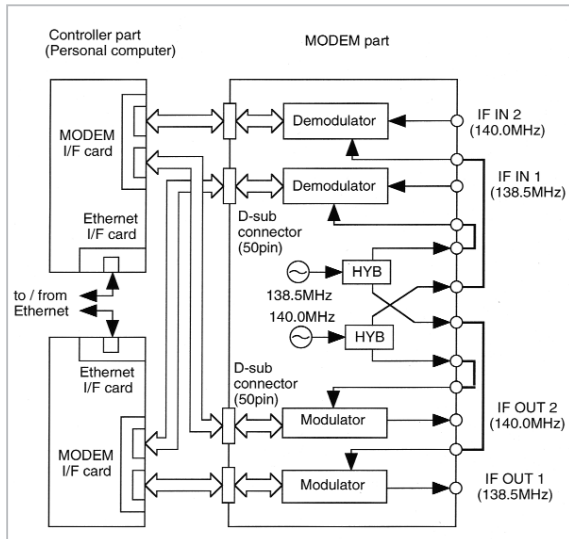


図3 主局用端局装置構成図

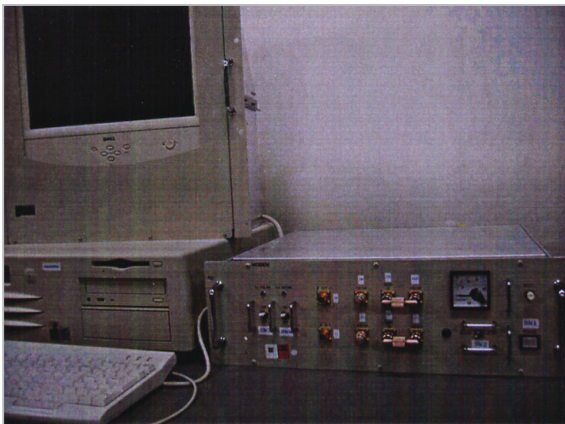


図4 移動局用端局装置写真

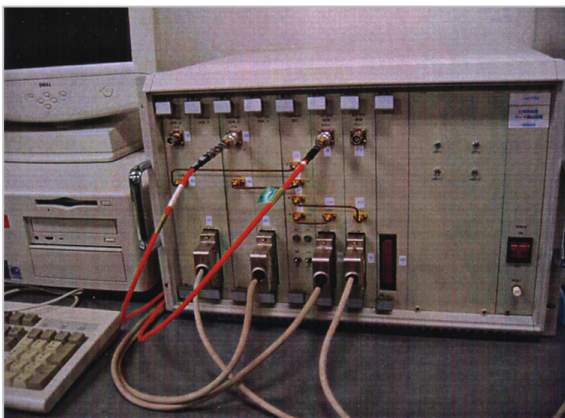


図5 主局用端局装置写真

表2に示した最大許容入力レベルとは、機器が故障しない最大入力レベルを意味しており、通常の使用状態においては、 -9dBm が最大の入力レベルである。入力レベルが -9dBm を超えると、ビット誤り率は急激に劣化する。図6に入力レベルに対するBER特性を示す。グラフは、誤り訂正を行った場合の特性であり、 E_b/N_0 値が十分に大きい場合 ($E_b/N_0 > 30\text{dBHz}$)、入力レベルが -19dBm から -9dBm においては測定時間中は

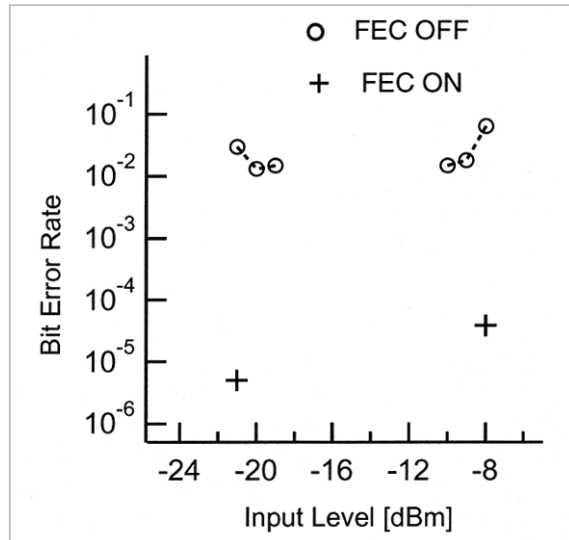


図6 入力レベル対BER特性

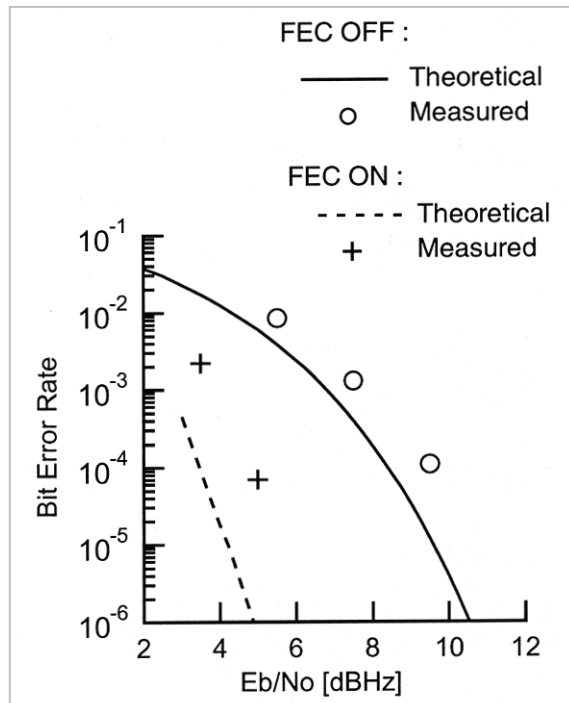


図7 E_b/N_0 対BER特性

ビット誤りが認められず、ビット誤り率としては 10^8 以下であった。入力レベルが、 -19dBm 以下もしくは -19dBm 以上になると誤り率が急激に増加するため、実験運用においては入力レベルを適正值とすることが求められる。

図7にEb/Noに対するBER特性を示す。変復調器の設計は、使用環境条件を除いては、衛星搭載パケット交換機の変復調器とほぼ同じであることから、得られた結果も、衛星搭載パケット交換機のBER特性とほぼ一致している。

4 主局用端局装置の交換制御プログラムロード機能

これまで述べてきたように、主局用端局装置と車載局用端局装置の電気的性能はほぼ等しい。主局用端局装置のみが有する重要な機能として、衛星搭載パケット交換機で用いる交換制御プログラムを衛星上へロードする機能がある。衛星搭載パケット交換機はブリッジの交換機能を有しているが、ブリッジ以外の交換制御方式にも対応できるように交換制御プログラムを書き換えることが可能になっており、交換制御プログラムは地球局から衛星へと転送を行う。図8に衛星搭載パケット交換機の動作モードを示す。衛星搭載パケット交換機の電源を投入すると、動作モードはオフモード (OFF mode) から自動的に試験モード (Wait mode) まで移行する。交換制御プログラムを用いるモードである通常モード (Operate mode) へ移行するためには、地球局側からプログラムをロードする手順を踏む。具体的には、プログラムロードのための通信回線とテレメトリ・コマンドシステムを用いて、以下の手順が必要となる。

- (1) テレメトリ信号により試験モードであることを確認する。
- (2) コマンド装置より、プログラムを衛星へロードするモードであるDLモード (DL mode) への移行コマンド信号を送出する。
- (3) テレメトリ信号によりDLモードへ移行したことを確認する。
- (4) 通信回線を用いて、パケット信号により主

局用端局装置から交換制御用プログラムを衛星へ転送する。

(5) テレメトリ信号によりプログラムのロードが完了したことを確認する。

(6) コマンド装置より、通常モードへの移行コマンド信号を送出する。

(7) テレメトリ信号により通常モードに移行したことを確認する。

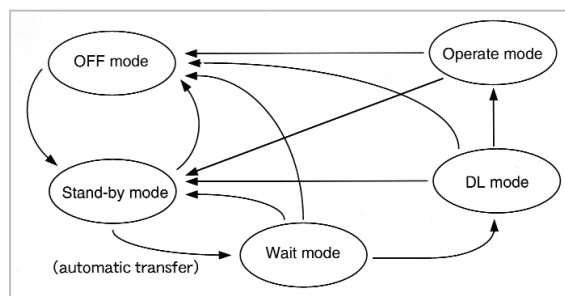


図8 衛星搭載パケット交換機の状態遷移図

交換制御プログラムは、主局用端局装置にて設定したパケット長の信号に分割し、衛星へと転送されるが、転送によりパケット信号に誤りが生じた場合は、Selective ARQ方式による自動再送を行い、ロードされるプログラムには誤りがないようにしている。

主局用端局装置は基本的にはKa帯フィーダリンク地球局に接続することを前提として開発しているが、S帯であるモバイルリンクを用いてのプログラムロードも可能である。ただし、プログラムロード時にはARQによる再送制御を行うことから、回線におけるビットエラーレートが 10^5 より大きくなるとロードに必要な時間が急激に増加するため[2]、使用する衛星回線においては十分な品質を確保する必要がある。

5 むすび

高速データ通信実験に用いる端局装置の概要について述べた。移動局用端局装置は、19インチラックに納まるように製作されており、実験用車両に設置されている測定用ラックへと組み込み、各種の移動実験を実施する予定である。

参考文献

- 1 S. Taira, Y. Matsumoto, S. Hama, and N. Hamamoto, "An Onboard Packet Switching System for the Mobile Satellite Communication Network", 49th International Astronautical Congress, IAF-98-M.3.03, Sep. 1998.
- 2 S. Taira, M. Tanaka, and Y. Hashimoto, "An Experimental Mobile Satellite Communication Network with an Onboard Packet Switch System", 2002 IEEE 56th Vehicular Technology Conference, Sep. 2002.



平良真一

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リーダー
移動体衛星通信、交換方式、衛星搭載
機器



井出俊行

無線通信部門モバイル衛星通信グループ
主任研究員
衛星通信工学



浜本直和

無線通信部門研究主管
衛星通信工学