

4-2 実験地球局(超高速小型地球局、大型地球局)

4-2 Earth Stations for WINDS High-Speed Network

橋本幸雄 高橋 卓 吉村直子

HASHIMOTO Yukio, TAKAHASHI Takashi, and YOSHIMURA Naoko

要旨

ユーザデータ速度 622 Mbps 以上の高速データ通信を実現する WINDS 非再生交換中継回線を用いた高速ネットワークを開発している。高速ネットワーク用地球局として、直径 2.4 m のアンテナを持つ超高速小型地球局 (SDR-VSAT) を開発し、直径 4.8 m のアンテナを持つ大型地球局 (LET) を開発している。SDR-VSAT は、日本全国の各地で実験することが可能なように車載型とし、LET は NICT 鹿島宇宙技術センターに設置する。

WINDS 高速ネットワーク用地球局では、帯域幅 1.1 GHz の広帯域搭載中継器に合わせて、地球局の帯域特性も 1.1 GHz の帯域で平坦なものが要求される。

High-speed network is developed for the high speed communication of user data rate over 622 Mbps using WINDS bent pipe relay mode. We are developing a super high-data rate-VSAT with 2.4 m diameter antenna and a large earth terminal with 4.8 m diameter antenna. SDR-VSAT is used for high-speed communication of 622 Mbps and installed the vehicle. LET is used for high-speed communication of 1244 Mbps and set up at the NICT Kashima space technology center.

The earth station for the high-speed network is required the 1.1 GHz wideband transmitter and receiver as same as the on-board transponder of WINDS.

[キーワード]

大型地球局, 超高速小型地球局, 衛星交換・時分割多重接続, 非再生交換中継
LET, SDR-VSAT, SS-TDMA, Bent pipe relay, Satellite switch

1 はじめに

WINDS 非再生交換中継回線を用いた高速ネットワーク実験地球局として 2 種類の地球局を開発している。大型地球局 (LET: Large Earth Terminal) は直径 4.8 m のアンテナを持ち、1244 Mbps のユーザデータ速度の通信を行う。また、超高速小型地球局 (SDR-VSAT: Super high Data Rate Very Small Terminal) は直径 2.4 m のアンテナを持ち、622 Mbps のユーザデータ速度の通信を行う。大型地球局は、茨城県鹿嶋市にある NICT 鹿島宇宙技術センターに設置する予定で、現在製造中である (以下「鹿島局」という)。超高速小型地球局は、日本全国の各地に移動して実験が可能なように車載型の地球局とした (以下「車

載局」という)。

鹿島局及び車載局は、使用アンテナ及び接続可能通信端末数などが異なるほか、RF 設備は同様な構成となっている。以下に鹿島局及び車載局の構成及び特性について述べる。

2 各部構成

鹿島局及び車載局の構成を図 1 に示す。また、主要諸元を表 1 に示す。地球局は、アンテナ、低雑音増幅器、大電力増幅器、周波数変換部及びアンテナ追尾系で構成される。高速ネットワーク端末として高速バーストモデムが 3 GHz 帯 IF で接続される。鹿島局には更に 155 Mbps リファレンスバースト受信機が接続される。

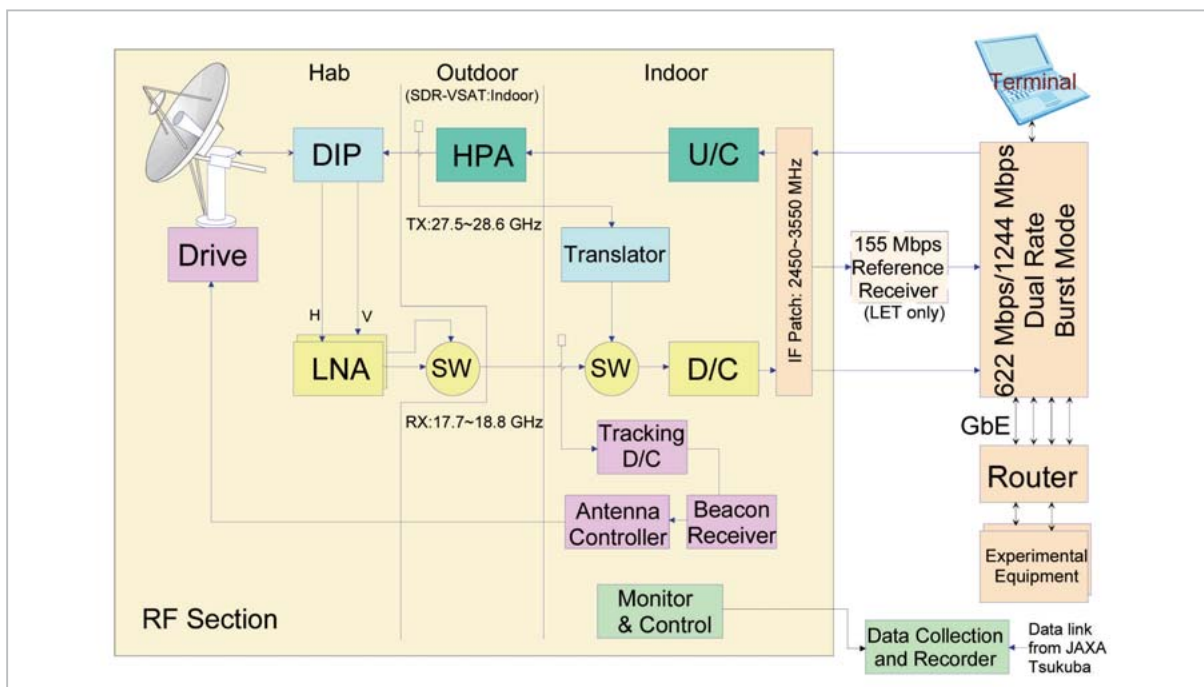


図1 実験地球局構成図

表1 実験地球局主要諸元

	鹿島局	車載局
送受信周波数	18.25 GHz/28.05 GHz	
IF 周波数	3000 MHz/帯域幅 1100 MHz	
アンテナ直径	4.8 m	2.4 m
送信機最大出力	215 W	215 W*
EIRP	79.3 dBW	73.1 dBW
G/T	32.7 dB/K	26.3 dB/K
振幅平坦度	RF loop back にて 2.55 dBp-p* (1100 MHz BW)	
スプリアス	- 60 dB 以下	
伝送速度	1244 Mbps	622 Mbps



図2 車載局外観

鹿島局では、大電力増幅器を伝送損失を最小とするためアンテナ直下の屋外に設置している。低雑音増幅器はアンテナハブに収められる。他の周波数変換部以下の機器は屋内の実験室に3連ラックに納められ、設置される。

車載局では、操作室に設置されたIF接続装置を除き、大電力増幅器及び周波数変換部は車両の後部に収められている。低雑音増幅器はアンテナ給電部に設置される。車載局は、直径2.4m相当のオフセットグレゴリアンテナを搭載しており、車幅の関係から横幅を抑えている。図2に車載局外観を示す。また、図3に周波数変換部及び大電力増幅器などの車載局RF装置を示す。



図3 車載局RF装置外観

(1) 周波数変換部

周波数変換部は、IF 接続装置、送信周波数変換装置、送信接続装置、受信周波数変換装置、受信接続装置、トランスレータから構成される。

IF 接続装置は、中心周波数 3 GHz の IF 帯信号により通信端末とインタフェースする。IF 帯増幅器により信号レベルの調整を行うとともに、送信及び受信回路にそれぞれ 1 次の振幅等価器を持ち、衛星回線の振幅特性を調整することができる。鹿島局は、高速バーストモデム及び 155 Mbps リファレンスバースト受信機を設置しているほか、測定器等の接続も考慮し、入出力端子を追加している。送信周波数変換装置は、IF 周波数の信号を Ka (28.05 GHz) 帯に変換する。受信周波数変換装置は、Ka (18.25 GHz) 帯の受信信号を IF 周波数に変換する。送受信接続装置は、Ka 帯の信号インタフェースを取り、接続される各種機器の信号レベルを合わせるとともに、各種信号測定用のモニタ端子を持つ。

(2) 大電力増幅器

鹿島局及び車載局共に同一の大電力増幅器を使用している。鹿島局は伝送損失を抑えるためアンテナ直下の屋外に設置する。車載局ではアンテナの取付部直下となる車両後部に設置している。

進行波管増幅器 (TWTA) により 27.5 GHz から 30.0 GHz までと広帯域の信号増幅が可能な装置を使用しており、最大出力 215 W を得ることができる。

(3) 低雑音増幅器

低雑音増幅器は雑音指数 2.1 dB の FET 増幅器により構成されている。WINDS の通信信号は直線偏波となっており、水平又は垂直偏波で送られてくるため、低雑音増幅器を垂直偏波用及び水平偏波用の 2 組用意しており、スイッチにより切り替えることができる。

(4) アンテナ

鹿島局は限定駆動型の直径 4.8 m のパラボラアンテナを使用する。車載局は、全天駆動型の直径 2.4 m 相当のオフセットグレゴリアンテナを車両上に搭載する。

(5) アンテナ駆動部

アンテナ駆動部は追尾用周波数変換装置、追尾受信機、アンテナ制御装置、アンテナ駆動装置から成る。鹿島局では周波数変換部と同じラックに収められている。車載局では、操作室にあるアンテナ制御装置を除き、車両後部の周波数変換部と同じラックに収められている。

追尾用周波数変換装置により WINDS から送信される 18.9 GHz の網情報回線残留キャリアを受け、70 MHz IF に変換後、追尾受信機に入力している。追尾受信機ではキャリアレベルを検出し、レベルをアンテナ制御装置に出力する。

アンテナ制御装置は、通常、ステップトラックにより衛星追尾を行うが、そのほか表 2 の機能を使用することができる。表中の起動モードで大まかな衛星方向にアンテナを向け Box Scan と呼ぶ

表2 アンテナ駆動制御機能

機能	概要	備考
Optrack	ステップトラックとその履歴による 1 日のモデルを組合せてアンテナを駆動する。	運用モード
Position Track	信号が無い場合、Box Scan を行う。	運用モード
Geo Track	静止衛星の軌道緯度を入れることにより衛星方向に駆動する。	起動モード
Steptrack	細かく駆動してみて入力されるキャリアのレベルを高くなる方向にアンテナを駆動する。	運用モード
INTELSAT	INTELSAT II data set を基に衛星追尾を行う。	起動モード
Table Track	時刻とアンテナ方向の表を基にアンテナを駆動する。	起動又は運用
Memory Track	ステップトラックにより記録された履歴を基に静止衛星軌道を予測してアンテナを駆動する。	起動モード
Norad Track	NORAD 2-Line Elements を基に衛星追尾を行う。	プログラム追尾
Satellite Track	衛星データベースに記録された情報を基にアンテナ駆動を行う。	起動モード

衛星探索モードにより衛星捕捉後、運用モードにより衛星追尾を行う。

なお、車載局での衛星補足は、車載局の位置及び方位を GPS 及び電子方位計により取得しているため、特に方位に関しては確認を取るなどの注意を必要とする。

(6) 監視制御

送信電力の調整や導波管スイッチの切替えは監視制御装置により、行うことができる。監視制御装置は周波数変換部のラックに収められており、タッチパネルにより操作することができる。また、履歴保存のためパーソナルコンピュータが用意されており、この PC から履歴保存とともに同様の操作が可能となっている。監視制御装置と PC は Ethernet により接続されており、Ethernet に接続された他の PC からでも Web ブラウザにより監視制御可能となっている。

(7) 車両

車両は通信放送技術衛星(COMETS：かけはし)計画で整備された実験車両を改修して使用している。同車両は 15 kW の発電設備を有しており、電源確保が困難な地域に移動した場合でも運用可能となっている。その他、アンテナほか RF 及び端末設備は新規製作した。また、アンテナを直径 1.8 m から 2.4 m と大型化したため、空調設備を移動したほか、車両の重量バランスについても調

整している。

4 各種特性

(1) 回線計算例

表 3 に WINDS 非再生交換中継時の回線計算例を示す。鹿島局において 1244 Mbps 伝送時の回線マージンは 7.4 dB であり、また、車載局では 622 Mbps 伝送時に 7.1 dB の回線マージンとなる。

APAA はアンテナ利得が低いため 622 Mbps 伝送においても LET 級の地球局を必要とする。

(2) RF 特性

送受信機は、WINDS 非再生交換回線を用いた高速ネットワーク用地球局として衛星搭載中継器と同じ 1100 MHz 帯域を持ち、LNA は、アンテナポインティングのため 18.9 GHz の網情報回線の増幅も行う。図 4 に車載局のトランスレータによる折り返し特性を示す。トランスレータ折り返し特性において 2.55 dBp-p である。

鹿島局は現在製作中であるが、車載局とほぼ同一設計の設備を開発する予定であり、特性についても同等となるよう開発を行っている。

IF 接続装置には振幅等価器があり、振幅周波数特性の一次特性を補正することができる。WINDS 非再生交換中継回線は 6 系統あり、また、

表3 回線計算例

		MBA		APAA	comments
		LET	SDR-VSAT	LET	
Frequency:	GHz	28.05	28.05	28.05	
Earth station:					
EIRP	dBW	79.3	73.1	79.3	3 dB back off
Pointing loss	dB	0.5	0.5	0.5	
Pass loss:					
Free space loss	dB	212.8	212.8	212.8	
Atmospheric loss	dB	0.5	0.5	0.5	
Satellite:					
G/T	dB/K	18.0	18.0	7.1	
Up-link C/No	dB	109.1	105.9	103.7	
EIRP	dBW	68.0	68.0	54.6	
Frequency:	GHz	18.25	18.25	18.25	
Pass loss:					
Free space loss	dB	201.9	201.9	201.9	
Atmospheric loss	dB	0.5	0.5	0.5	
Earth station:					
Pointing loss	dB	0.5	0.5	0.5	
G/T	dB/K	32.7	26.3	32.7	
Down-link C/No	dB	126.4	120.0	105.9	
Total C/No:	dB	109.0	105.7	101.7	
Transmission rate:	Mbps	1648	824	824	QPSK FEC codeing rate=0.879
Require C/No:	dB	101.6	98.6	98.6	Eb/No = 10 dB
C/No margin:	dB	7.4	7.1	3.1	

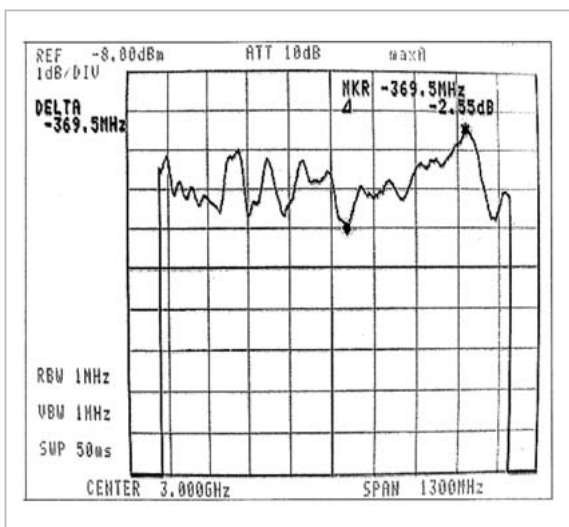


図4 振幅周波数特性(トランスレータ折返し)

対向する地球局を考えた場合、その回線特性がそれぞれ異なるため、振幅等価器の調整をどれに合わせるかは今後検討していく必要がある。

5 まとめ

WINDS 高速ネットワーク用地球局として車載局を開発した。また、鹿島局の開発を進めており、WINDS 打上げまでに完成する予定である。WINDS の搭載中継器に合わせた広帯域送受信装置の開発を行い、良好な特性を得ている。IF 接続装置内の振幅等価器により回線の振幅特性を調整できるが、中継器 6 系統及び相手地球局との組合せにより調整が異なるため、打上げ後の運用で使用される回線について平均的な特性補正を行っていく必要がある。

なお、WINDS の APAA を使用する場合、アンテナ利得が MBA に比べ低いため、VSAT で再生交換中継実験を行うことが難しく、鹿島局や車載局の利用を検討する必要がある。



橋本幸雄

新世代ワイヤレス研究センター宇宙通信ネットワークグループ主任研究員
衛星通信