

4-6 WINDS 再生中継交換回線用地球局の開発

4-6 Earth Stations for WINDS Regenerative Communication Mode

小川康雄 島田政明 横山幹雄 黒田知紀 藤原勇一

OGAWA Yasuo, SHIMADA Masaaki, YOKOYAMA Mikio, KURODA Tomonori, and FUJIWARA Yuuichi

要旨

WINDS 通信実験システムは、2 種類の通信システムを備えている。宇宙航空研究開発機構 (JAXA) では、この 2 種類の通信回線のうち、再生中継交換回線用の実験用地球局として、高速小型地球局 (VSAT) 及び超小型地球局 (USAT) の開発を行っている。本稿では WINDS 再生中継交換回線用地球局の機能・性能について報告する。

WINDS has two communications modes. One of them is a regenerative communication mode. JAXA is developing USAT and VSAT for this mode. This paper describes the characteristics and functions of these earth stations for WINDS.

[キーワード]

WINDS, 地球局, Ka 帯, 衛星通信

WINDS, Earth station, Ka-band, Satellite communications

1 はじめに

WINDS 通信実験システムは、再生中継交換回線と非再生中継交換回線の 2 種類の通信システムを備えている。宇宙航空研究開発機構 (JAXA) では、この 2 種類の通信回線のうち、再生中継交換回線用の実験用地球局として、超小型地球局 (USAT) 及び高速小型地球局 (VSAT) の開発を行っている。本稿では WINDS 再生中継交換回線用地球局の機能・性能について紹介する。

2 WINDS 再生中継交換回線用地球局の概要及び構成

2.1 WINDS 再生中継交換回線用地球局概要

JAXA では WINDS 再生中継交換回線用地球局 (以下「再生ユーザ局」という。)として、超小型地球局 (USAT: Ultra Small Aperture Terminal)、高速小型地球局 (VSAT: Very Small Aperture Terminal) の 2 種類の地球局を開発している。

再生ユーザ局はアソシエーション処理を実施し

て、基準局から割り当てられたリソース (周波数、データレート、通信スロット) により、相手局と通信する機能を有する。

各地球局の概略仕様を表 1 に示す。

2.2 超小型地球局 (USAT)

超小型地球局 (USAT) は家庭等への設置を目的に開発された地球局で、直径 45 cm の超小型アンテナで下り方向 155 Mbps での高速通信が可能であることが大きな特徴である。

USAT の外観を図 1 に、系統図を図 2 に示す。

USAT は主にアンテナ部、LNC/ODU、IDU、TA から構成され、情報レート 1.5 M/6 Mbps のデータ送信、155 Mbps のデータ受信が可能である。

(1) アンテナ部

アンテナ部の主要性能を表 2 に示す。

(2) LNC/ODU

LNC/ODU の主な機能は 800 MHz 帯 IF 信号から 28 GHz 帯 RF 信号への周波数変換機能、28 GHz 帯 RF 信号レベル可変機能、18 GHz 帯

表1 再生交換中継回線用地球局

	超小型地球局 (USAT)	高速小型地球局 (VSAT)
送受信周波数範囲	送信 : 27.5~28.1GHz 受信 : 17.7~18.3GHz	
アンテナ径	45cm	1.2m
送受信信号	送信 : アソシエーション信号 (1.5Mbps) 通信データ (1.5M/6Mbps) 受信 : 報知データ (155Mbps) 通信データ (155Mbps)	送信 : アソシエーション信号 (1.5Mbps) 通信データ (1.5M/6M/24M/51M /51Mbps×3bps) 受信 : 報知データ (155Mbps) 通信データ (155Mbps)
データ伝送信号形式	UP : QPSK (バースト) DOWN : QPSK (バースト)	
データ伝送通信方式	UP : MF-TDMA DOWN : MF-TDMA	
アンテナ自動追尾	なし	
重量	約 45kg	約 320kg



図1 USAT 外観

RF 信号を 800 MHz 帯 IF 信号に周波数変換する機能である。主な性能を表3に示す。

(3) IDU

IDU は主に TDMA 同期、通信データ変復調、通信データインタフェースの機能を有する。

IDU の外観を図3に示す。表面のタッチキーにより各種設定が可能である。

詳細機能については以下に示すとおりである。

• 受信機能

- ①リファレンスバースト検出・同期機能
- ②TDMA フレーム同期機能
- ③再生交換中継回線信号の QPSK 復調、リードソロモン復号、デランダムマイザ機能
- ④報知スロットより報知メッセージの抽出、VPI/VCI によるユーザデータの抽出機能
- ⑤ユーザデータのリアセンブリ機能
- ⑥報知メッセージで通知されるアソシエーション要求応答から送信周波数、スロット、VPI/VCI を取得する機能
- ⑦受信 C/N₀ 減衰量計測機能
衛星が送信する RB の受信レベルを計測し、基準となる受信 C/N₀ との差を算出する。

• 送信機能

- ⑧割当情報に基づき送信周波数を設定する機能
- ⑨アソシエーションデータ生成機能
- ⑩アソシエーションデータの VCI/VPI を用いた AAL フレーム/ATM セル化機能
- ⑪ユーザデータの VPI/VCI を用いた AAL フレーム/ATM セル化機能
- ⑫リードソロモン符号化、ランダムマイズ、QPSK 変調出力する機能
- ⑬送信レベル制御、送信タイミング制御機能
報知情報及び自局位置より伝播遅延を算出し、ユーザ局処理遅延を加えて、送信タイミ

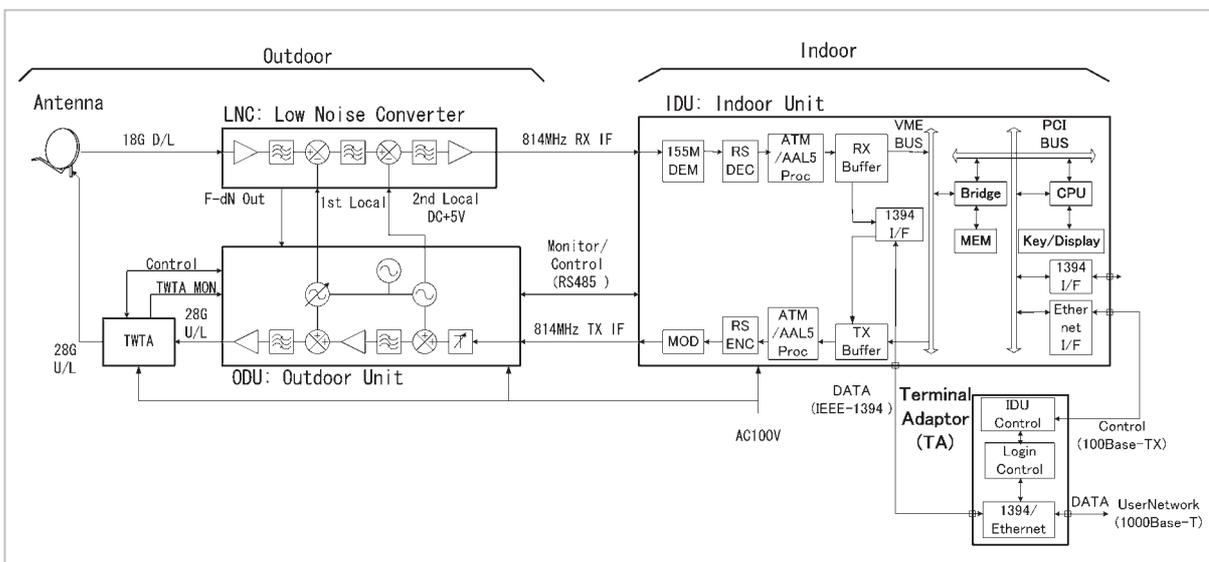


図2 USAT 系統図

表2 USAT アンテナ部 主要性能

項目	性能
周波数	27.5GHz~28.1GHz(送信) 17.7GHz~18.3GHz(受信)
アンテナ径	有効開口径 45cm φ 相当
アンテナ利得	35.5dBi 以上(@17.7GHz) 39.3dBi 以上(@27.5GHz)
偏波	直線偏波(送受平行)
アンテナ雑音温度	70K 以下
ビーム幅	100 λ / D° 以下 (λ : 波長、D : アンテナ直径)
サイドローブ特性	7° ≤ φ ≤ 9.2° +5.5(dBi) 以下 9.2° ≤ φ ≤ 48° 29.6-25*log(dBi) 以下 48° ≤ φ ≤ 180° -10(dBi) 以下
送信 EIRP	ITU-R S.524-8 を満たす。 48.8dBW 以上
受信 G/T	11.5dB/K 以上
初期補正/可動範囲	手動 E1: 微調整 25° ~ 65° A2: 粗調整 360° (微調整 ±90°)
耐電力	20W (CW) 以上
耐風速	60m/sec で永久変形しないこと
組み立て時間	約 2 時間 + 指向調整時間

表3 LNC/ODU 性能

ODU 項目	ODU 性能
入力周波数	814MHz
出力周波数	Fu-1 : 27.537GHz、Fu-2 : 27.5925GHz、Fu-3 : 27.648GHz Fu-4 : 27.722GHz、Fu-5 : 27.7775GHz、Fu-6 : 27.833GHz Fu-7 : 27.907GHz、Fu-8 : 27.9625GHz、Fu-9 : 28.018GHz (9 波切替)
出力周波数帯域	27.5GHz~28.1GHz 以上 (0.5dB BW)
周波数安定度	1×10 ⁻⁷ 以下 (短期、長期) 衛星 RB 同期ドップラ補償あり
定格送信出力	20W (飽和) 以上 リニア領域で運用
利得可変範囲	15dB 以上
スプリアスレベル	43+10logP 以下 P: 送信出力 (W)
AM/PM 変換特性	5deg/dB 以下 (27.5~28.1GHz) @ 10W 出力時
位相の非直線性	±0.01rad 以下 (27.5~28.1GHz の帯域の任意の ±7MHz において)
LNC 項目	LNC 性能
入力周波数	Fd-1: 17.7925GHz、Fd-2: 17.9775GHz、Fd-3: 18.1625GHz (3 波切替)
出力周波数	814MHz
出力周波数帯域	中心周波数 ±100MHz 以上 (0.5dB 帯域)
周波数安定度	1×10 ⁻⁷ 以下 (短期、長期)
雑音指数	1.5dB 以下 @ 25°C

ングを決定する。

• 共通機能

⑭実験ユーザ端末インタフェース機能

⑮マンマシンインタフェース機能

IDU の主な性能を以下に示す。

①変調形式: QPSK (814 M IF) / MF-TDMA

②データレート:

ユーザデータ送信 (1.5 / 6 Mbps)

アソシエーション要求データ送信 (1.5 Mbps)

ユーザデータ受信 (155 Mbps)

③フィルタ特性:

ルートナイキスト、α = 0.5

送信側のみ sin x / x アパーチャ補正有

④TDMA フレーム構造:

タイムスロット (2 msec)、

フレーム (40 msec, 20 タイムスロット)、

スーパーフレーム (640 msec, 16 フレーム)

⑤誤り訂正符号:

RS 符号 (255, 223) /

ランダムイザ (X⁸ + X⁷ + X⁵ + X³ + 1)

⑥実験ユーザインタフェース:

Ethernet (1000Base-T) IP データ

(4) ターミナルアダプタ (TA)

ターミナルアダプタ (TA) は IDU と実験ユーザ端末の間に設置され、1000 Base-T LAN 通信インタフェースを実験ユーザに提供する装置である。TA インタフェース接続を図 4 に示す。

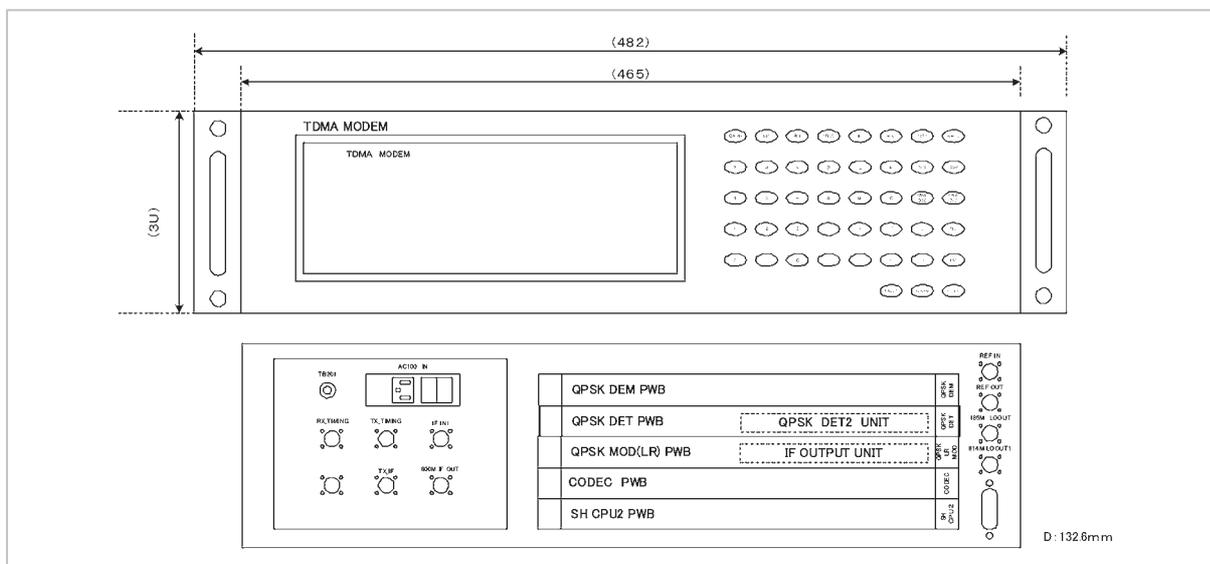


図3 USAT IDU 外観

また、TA から IDU 装置の制御監視及び IDU 装置を経由して、ODU 装置の制御監視を可能とする。TA を制御するためのユーザインタフェースとして、標準の HTML 形式によるネットワークインタフェースを採用することにより、汎用の PC 等の端末装置から本 TA 及び IDU、ODU 装置の制御監視が可能となる。実験ユーザが、実験実施時に双方向コネクションを構成する二つの片方向コネクションペアを直接意識することなく、発呼局 TA 側だけの操作によって双方向 IP コネクションを簡単に張ることができる。この機能は各ユーザ局の TA に実装される Logon Server/Client が相互に要求・応答を行うことにより実現される。図 5 に TA を使用した実験構成例を示す。

2.3 高速小型地球局(VSAT)

高速小型地球局 (VSAT) は学校、SOHO 等への設置を目的に開発された地球局で、直径 1.2 m のアンテナでの上り下り双方向 155 Mbps での高速通信が大きな特徴である。

VSAT の外観を図 6 に示す。

VSAT は主にアンテナ部、LNC/ODU、TWTA、IDU、TA から構成され、情報レート 1.5 M/6 M/24 M/51 M×3 bps のデータ送信、155 Mbps のデータ受信が可能である。TA については USAT と共通の構成であり、実験ユーザ端末とのインタフェースも共通である。VSAT IDU は USAT IDU が有する通信モードに加えて、

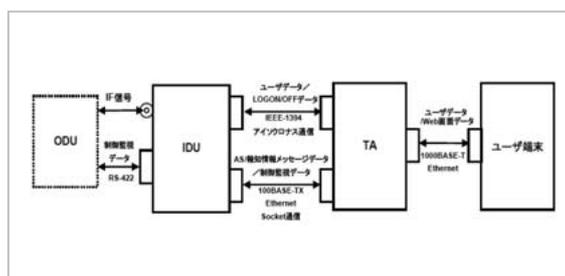


図4 ターミナルアダプタインタフェース

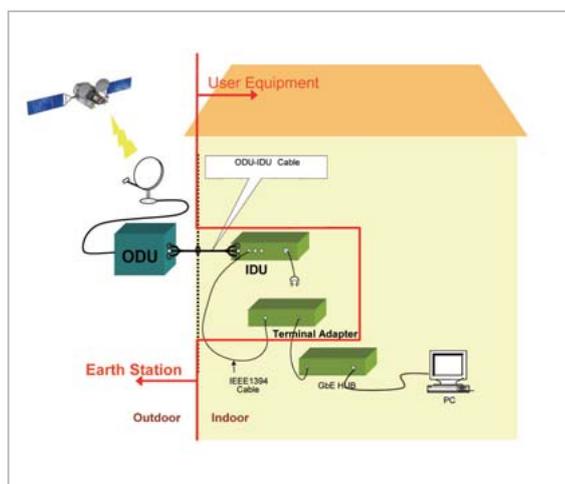


図5 ユーザ局インタフェース例

24 Mbps、51 Mbps、51 Mbps×3 の送信モードを備えている。

(1) アンテナ部

アンテナ部の主要性能を表 4 に示す。



図6 VSAT 外観

(2) ODU/LNC/TWTA

ODU/LNC の主な機能は 800 MHz 帯 IF 信号から 28 GHz 帯 RF 信号への周波数変換機能、28 GHz 帯 RF 信号レベル可変機能、18 GHz 帯 RF 信号を 800 MHz 帯 IF 信号に周波数変換する機能である。TWTA の機能は Ka 帯アップリンク信号の電力増幅機能である。ODU/LNC/TWTA の主な性能を表5に示す。

3 おわりに

WINDS 再生中継交換回線用地球局の機能と構成について紹介した。WINDS の打上げは 2007 年度冬期に予定されており、打上げ後、本地球局を

表4 VSAT アンテナ部 主要性能

項目	性能
周波数	27.5GHz~28.1GHz(送信) 17.7GHz~18.3GHz(受信)
アンテナ径	有効開口径 1.2mφ 相当
アンテナ利得	44.0dBi 以上 (@17.7GHz) 47.6dBi 以上 (@27.5GHz)
偏波	直線偏波 (送受平行)
アンテナ雑音温度	85K 以下
ビーム幅	100λ/D° 以下 (λ: 波長, D: アンテナ直径)
サイドローブ特性	ITU-R s. 580-5 に準拠
送信 EIRP	66.7dBW 以上
受信 G/T	19.0dB/K 以上
初期補足/可動範囲	手動 EL: 粗調整 0° ~70° (微調整±90°) AZ: 粗調整 360° (微調整±10°)
耐電力	150W(CW) 以上
耐風速	60m/sec で永久変形しないこと
組み立て時間	約 4 時間+指向調整時間

表5 LNC/ODU/TWTA 性能

ODU 項目	ODU 性能
入力周波数	814MHz
出力周波数	Fu-1: 27.537GHz、Fu-2: 27.5925GHz、Fu-3: 27.648GHz Fu-4: 27.722GHz、Fu-5: 27.7775GHz、Fu-6: 27.833GHz Fu-7: 27.907GHz、Fu-8: 27.9625GHz、Fu-9: 28.018GHz (9 波切替)
出力周波数帯域	27.5GHz~28.1GHz 以上 (0.5dB BW)
周波数安定度	1×10 ⁻⁷ 以下 (短期、長期)
利得可変範囲	30dB 以上
スプリアスレベル	-60dBc 以下
LNC 項目	LNC 性能
入力周波数	Fd-1: 17.7925GHz、Fd-2: 17.9775GHz、Fd-3: 18.1625GHz (3 波切替)
出力周波数	814MHz
出力周波数帯域	中心周波数±100MHz 以上 (0.5dB 帯域)
周波数安定度	1×10 ⁻⁷ 以下 (短期、長期)
雑音指数	1.5dB 以下 @25°C
TWTA 項目	TWTA 性能
周波数	27.5GHz~28.9GHz
定格送信出力	20.72dBW 以上
利得	70dB 以上 (定格出力から 10dB バックオフ時)
AM/PM 変換特性	5deg/dB 以下 (27.5~28.1GHz) @20.72dBW 出力時
位相の非直線性	±0.07rad 以下 (27.5~28.1GHz の帯域の任意の ±25.9MHz において)

使って各種実験が実施される予定である。今後は WINDS 衛星システムとのインタフェース確認作業等、実験が円滑に行えるよう十分な準備を行う予定である。

参考文献

- 1 奥居民生, 山下修史, 上原政樹, 小川康雄, 横山幹雄, 富井直弥, 島田政明, 黒田知紀, 三浦稔, 瀧呑明, “WINDS 地上実験システムの開発”, 第 50 回宇宙科学技術連合講演会, 3D9, 2006 年 11 月.



おがわ やすお
小川康雄

独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇
宙利用推進本部 WINDS プロジェク
トチーム



しまだ まさあき
島田政明

独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇
宙利用推進本部 WINDS プロジェク
トチーム
衛星通信



よこやま みさお
横山幹雄

独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇
宙利用推進本部 WINDS プロジェク
トチーム



くろだ とものり
黒田知紀

独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇
宙利用推進本部 WINDS プロジェク
トチーム

ふじ かわら ゆういち
藤原勇一

独立行政法人宇宙航空研究開発機構宇
宙利用推進本部 WINDS プロジェク
トチーム