

5 通信プロトコル

5 Networking Protocol

5-1 再生交換中継回線用プロトコル

5-1 WINDS Satellite Networking Protocol for Regenerative Mode

吉村直子 橋本幸雄 高橋 卓 黒田知紀 小川康雄

YOSHIMURA Naoko, HASHIMOTO Yukio, TAKAHASHI Takashi, KURODA Tomonori, and OGAWA Yasuo

要旨

NICT と JAXA で共同開発した WINDS には、通信モードとして再生交換中継モードと非再生交換中継モードの二つの運用モードがある。再生交換中継モードは、NICT にて開発した搭載ベースバンド交換サブシステム (ABS) を用いて実現される。ABS は衛星上でデータを復調し通信相手先ごとにデータ交換を行い、再度衛星上で変調して送信機に送り出す。ここでは、再生交換中継モードにて通信を行うための通信プロトコルについて紹介する。

The Wideband Internetworking engineering test and Demonstration Satellite (WINDS), which is an experimental satellite and development by Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) and NICT, has two operating modes: a regenerative mode and a bent-pipe mode. The regenerative mode is realized using an on-board ATM switch subsystem (ABS) which was developed by NICT. In the regenerative mode, ABS demodulates, switches, and modulates the receiving data.

In this section, we introduce the networking protocol for the regenerative mode.

【キーワード】

WINDS, ABS, 再生交換中継, プロトコル

WINDS, ABS, Regenerative mode, Networking protocol

1 はじめに

WINDS にはベースバンド交換部 (以下「ABS」と呼ぶ。) が搭載されており、データを衛星上で復調、交換する。このため、地上局は衛星局との間で決まったプロトコルを用いなければ WINDS を用いたネットワークに接続することができない。また、WINDS では複数のビーム間でのコネクションをオンデマンドで設定するために、交換機能の一部を地上のネットワーク制御局 (基準局) と分担している。そのため、WINDS ネットワーク

ではユーザ局が WINDS を用いて通信を行うためのプロトコルと、衛星局と基準局との間のプロトコルを独自に定めている。本稿では、ユーザ局の WINDS 再生交換ネットワークへの参加、通信開始、ネットワークからの離脱の通信プロトコル及び降雨減衰補償方式について述べる。

2 再生交換ネットワークの概要

2.1 伝送レートと周波数配置

WINDS 再生交換中継モードでは、アップリン

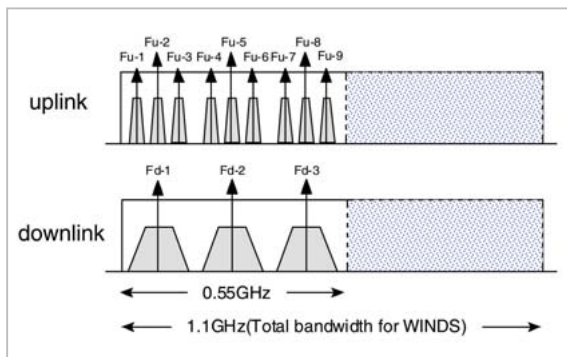


図1 再生交換中継モードの周波数配置

クは可変レートで、1.5/6/24/51 Mbps の四つの伝送速度を扱える。また、51 Mbps を3波同時に使用することで最高速度 155 Mbps でのアップリンクを行える。ダウンリンクは固定レートで、155 Mbps である。図1に再生交換中継モードでの使用周波数配置を示す。Fu-1～Fu-9のチャンネルはそれぞれ1.5、6、24、51 Mbpsの伝送速度で使用でき、Fu-1～Fu-3、Fu-4～Fu-6、Fu-7～Fu-9を同時に51 Mbpsで使用することで155 Mbpsのデータ伝送が可能である。使用変調方式はQPSK、誤り訂正方式はRS(255、223)である。

2.2 TDMA フォーマット

WINDS システムでは衛星アクセス方式としてTDMA方式を採用している。WINDSのTDMAフォーマットを図2に示す。1スーパーフレームは16の基本フレームから成り立っており、基本フレームは更に20のスロットで構成される。このスロットがユーザと衛星間の物理回線の最小単位となり、1スロット長は2msecである。再生交換中継方式では、各基本フレームの第1スロットをアップリンクではユーザ局がWINDSネットワークに参加するアソシエーションを行うためのシグナリングスロットとして用い、ダウンリンクではTDMA同期情報、アソシエーション応答情報、衛星状態通知などのためのリファレンスバーストを伝送する報知スロットとして用いる。残りのスロット(各フレームごとに19スロット)はトラフィックスロットとして用いる。

2.3 バーストフォーマット

図3にスロット内のバーストフォーマットを示

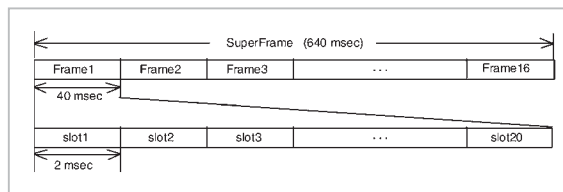


図2 TDMA フォーマット

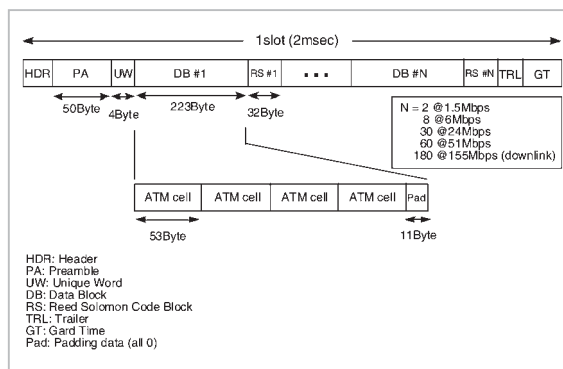


図3 バーストフォーマット

す。アップリンクは可変伝送レートのため、1スロット内のデータブロック数が伝送レートによって異なる。ダウンリンクは固定レートのため、一定である。基本的にリファレンスバーストとそれ以外のバースト(トラフィックバースト及びシグナリングバースト)の構造は同一であるが、UWを分けることでリファレンスバーストとそれ以外のバーストの区別ができるようになっている。

3 ユーザ局通信回線設定

本項ではユーザ局における、衛星との同期確立、ネットワーク参加、通信開始、ネットワーク離脱について述べる。

3.1 同期確立

衛星の再生交換中継モードが運用可能になると、リファレンスバーストにて各エリアにその情報が報知される。ユーザ局はこれを受信、復調することで受信タイミングを得る。また、リファレンスバースト内に含まれる軌道情報を用いて、受信タイミングから送信タイミングを算出する。

WINDSではスーパーフレーム構造を用いているため、自局が受信したリファレンスバーストが何番目の基本フレームのものであるかを確定しないとスーパーフレームの先頭を特定できないが、

リファレンスバースト中に通信エリア番号(基本フレーム番号と対応する)情報が含まれており、これを用いてスーパーフレームの先頭のタイミングを算定する。このため、基本的に各実験エリアには1スーパーフレーム中に1回だけリファレンスバーストが配信される。

3.2 ネットワーク参加、通信開始

TDMA 同期確立後、WINDS ネットワークに参加するためにはアソシエーション手順を実行し、自局のアップリンクスロットの割当てを受けなければならない。そのため、各エリアのユーザ局は自エリア向けリファレンスバーストと同じ基本フレーム番号のシグナリングスロットにて搭載交換機経由で基準局へアソシエーション要求を送信する。シグナリングスロットは、送信レートを可変にできるトラフィックスロットとは異なり、Fu-n (n:1~9) の帯域内を14のチャネルに分割した1.5 Mbps 固定レート、スロットドアロハ方式での送信となる。

アソシエーション要求には自局 ID、送信レート、割当希望スロット数、サービスクラス、相手先 ID、降雨減衰補償の有無等が含まれる。サービスクラスは基本的には ATM サービスクラスの CBR (固定ビットレート: Constant Bit Rate) と UBR (未指定ビットレート: Unspecified Bit Rate) の2種類で、衛星搭載交換機上で輻輳が発生した場合、UBR 指定のデータから廃棄される。CBR についてはスロット割当ての方法から二つのクラスを定めており、一方は割当スロットの間隔を一定間隔にすることで遅延をできる限り一定に保ち、他方はスロット割当間隔については考慮しない。

ユーザ局からのアソシエーション要求を受信した基準局では衛星リソース(周波数、帯域、スロット数等)に空きがあれば、この要求を受け付け、各スロットにおける対応エリア、復調レート、通信経路設定等の衛星局の通信テーブルの設定を行い、発呼ユーザに対してアソシエーション要求応答として送信スロット位置等を通知する。基準局からのアソシエーション関連メッセージは各エリアへのリファレンスバースト内に合成される。このため、ユーザ局は常にリファレンスバーストを受信、復調する必要がある。

一方、着呼側には基準局からアソシエーション通知が送られる。これを受信した着呼ユーザは、発呼ユーザとの双方向通信回線を確保するために、発呼側と同様の手順でアップリンクスロットの割当てを受ける。発呼側、着呼側双方でアップリンクスロットが割り当てられた後は、割り当てられたトラフィックスロットを用いてユーザ局間で直接通信を行う。

WINDS では基準局の制御範囲を物理層とデータリンク層にとどめており、ユーザが双方向通信回線を確保するためには、発呼側、着呼側でそれぞれ別々にアソシエーション手順を実行することとしている。また、これらを別個のコネクションをペアで関連づけるのはユーザ局の上位レイヤー設計に任されている。

3.3 通信終了、ネットワーク離脱

ユーザ局間の通信終了処理は割り当てられたトラフィックスロットを用いて行う。ただし、トラフィックスロットの内容は基準局ではモニタできないため、割当スロットの解放を行うためにはネットワーク参加時と同様、基準局に向けてアソシエーション解放要求を送信する必要がある(ただし、解放要求の送信はシグナリングスロットではなく、トラフィックスロットを用いる)。アソシエーション解放要求にはコネクションの識別番号、自局 ID 等が含まれる。解放要求を受信した基準局では割り当てていたアップリンクスロットを解放し、新たな割当要求があった場合に使用可能とする。また、ネットワーク参加時と同様、着呼側に解放通知を送付し、着呼側の割当スロットの解放を促す。以上により双方向のネットワークリソースが解放される。

ユーザ局の通信回線設定シーケンスを図4に示す。

4 降雨補償方式

降雨によるトラフィック回線の減衰補償制御は再生交換中継モードにおいては、アップリンク/ダウンリンクそれぞれで実施される。

4.1 アップリンク回線降雨減衰補償

アップリンク回線の降雨減衰補償はユーザ局が

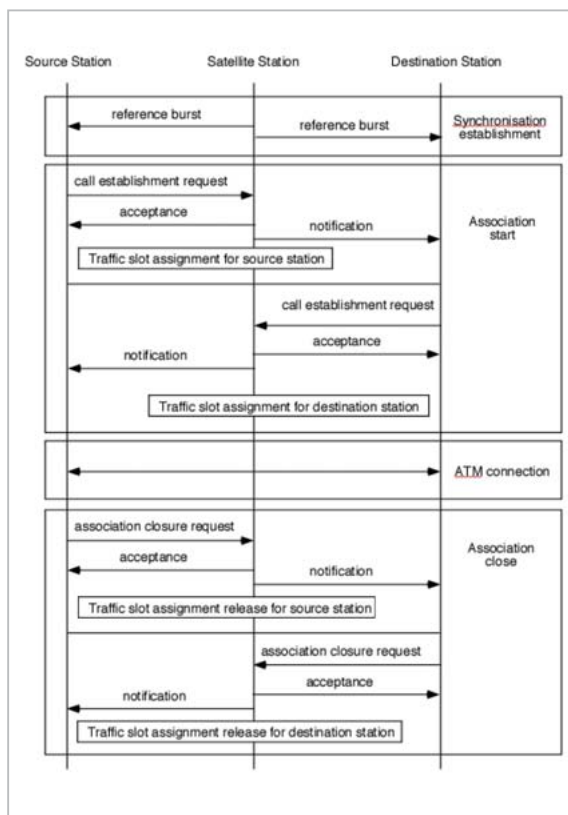


図4 ユーザ局通信回線設定シーケンス

自律的に行う。

リファレンスバーストには、衛星のリファレンスバースト送信電力情報が含まれており、この電力情報と衛星軌道情報から算出される伝搬距離等から算出される晴天時受信レベルに対して、実際に受信したリファレンスバースト受信レベルが低ければ、その値からアップリンク周波数での減衰値を予測し、自局の送信電力を制御する。

4.2 ダウンリンク回線降雨減衰補償

ダウンリンク回線の降雨減衰補償はユーザ局か

ら通知される情報を統計処理し、衛星送信電力を制御する。

降雨減衰補償を希望するユーザ局はリファレンスバーストを受信し、信号電力と雑音電力の測定値から C/N_0 を計算する。この受信 C/N_0 とユーザ局の受信限界 C/N_0 との差分値(受信マージン値)を、割り当てられたトラフィックスロットを用いて基準局に通知する。基準局では降雨減衰補償を希望する局から通知されたマージン値情報を統計処理し、降雨減衰補償制御の対象エリアごとに必要な下り回線降雨減衰補償電力値を算出し、対象エリアごとの電力制御情報を生成して衛星送信電力を制御する。

降雨減衰補償電力は優先度に応じて配分される。優先度には HIGH 1、HIGH 2、LOW 1、LOW 2 の 4 種類がある。HIGH 1 は衛星送信電力が許す限り降雨減衰量を完全に補償する。HIGH 2 は他のエリアとの電力シェアを前提とし、余剰電力の範囲内で補償する。ただし、電力シェア時においても、晴天時に必要な電力は配分される。LOW 1、LOW 2 は送信電力制御を行わず常に一定の電力を割り当てる。LOW 1 と LOW 2 でそれぞれ異なる値を設定することができる。

これらの降雨減衰補償の優先度はアソシエーション要求時に基準局へ通知する。

5 むすび

WINDS 再生交換中継モードにおける通信プロトコルについて、WINDS システムとの同期確立、ネットワーク参加、離脱について述べた。また、降雨減衰補償方式についても概略を説明した。

参考文献

- 1 N. Yoshimura, N. Kadowaki, M. Nakao, and Y. Ogawa, "Conceptual Design of Networking Scheme for WINDS", AIAA-2003-2396, 21st CSSC AIAA, Yokohama Japan, Apr. 2003.
- 2 N. Yoshimura, R. Suzuki, Y. Ogawa, Y. Hashimoto, T. Kuroda, T. Takahashi, and M. Shimada, "Study on Rain Attenuation Compensation for WINDS SAT-COM System", 11th Ka and Broadband Communications Conference, Rome Italy, Sep. 2005.



よしむら なおこ
吉村直子

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



はしもと ゆきお
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



たかはし けんじ
髙橋 尊

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研究マネージャー衛星通信



くろだ ともき
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



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