

航空衛星通信のための衛星データリンク

Satellite Data Link System for Aeronautical Satellite Communications System

坂口 夕紀子
Y. Sakaguchi

近年、地上と飛行機との間の通信方式として、従来の短波通信に代わって、通信品質が安定し、デジタル通信が行える静止衛星を利用した航空衛星通信システムが国際的レベルで標準化されている。

当社は、高速移動体特有の大きなドップラーシフトやフェーディングが存在し、かつ低C/No (Carrier-to-Noise-density ratio : 信号対雑音密度比) の環境下でバースト信号の復調を行う衛星通信用変復調装置およびこれを用いた航空衛星通信システムを開発し、納入してきた。航空衛星通信は、移動体衛星通信の新しい分野であり、今後は洋上航空管制システムへの適用をはじめとしてさまざまなアプリケーションへの適用が期待できる。

Recently, the aeronautical satellite communications system has been standardized at the international level, superseding the current HF communications system. This new system has the characteristics of good communications quality and digital communications capability.

Toshiba has developed modems for satellite communications which demodulate the burst signal under the large Doppler shift and fading phenomena that are peculiar to high-speed mobile communications, in conditions of low C/No. Toshiba has also delivered aeronautical satellite communications systems using these modems, both domestically and internationally. The aeronautical satellite communications system is a new type of mobile communications system, and there are strong expectations for the development of application systems including an oceanic air traffic control system.

1 まえがき

洋上の航空機と地上との通信は短波のアナログ音声を用いて行われてきたが、短波は電離層での反射を利用した通信のため、通信品質、回線安定度、サービス範囲などの面で問題がある。これに代わる通信方式として、通信品質が安定し、デジタル通信が可能な、静止衛星を利用した航空衛星通信システムの標準化および開発が進められてきた。

1985年にはICAO(国際民間航空機構)において航空用通信として衛星を利用する方式の検討が開始され、87年には世界無線主管庁会議において航空衛星通信の周波数割当ておよびインマルサット(国際海事衛星機構)の条約改正が行われた。

当社は、88年から航空衛星通信システムに関する要素技術やシステムの開発に取り組んできた。ここでは、それらの要素技術および納入システムを紹介する。

2 航空衛星通信システムの構成

航空衛星通信システムは、図1に示すように、航空機に搭載する航空機地球局(AES: Aircraft Earth Station)、地上に設置する航空地球局(GES: Ground Earth Station)お

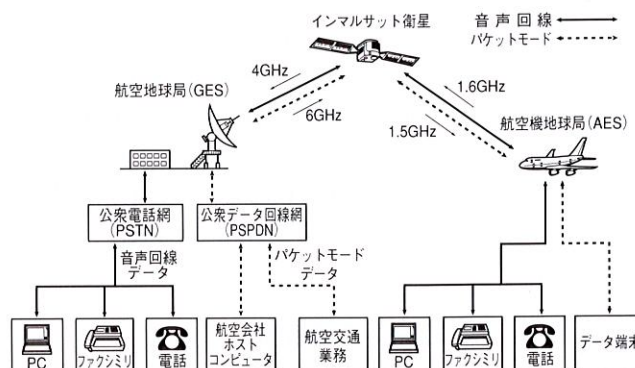


図1. 航空衛星通信システムの構成 AES, GES および通信用静止衛星で構成され、パケットデータ通信、電話などのサービスを提供する。

Concept of aeronautical satellite communications system

および通信用静止衛星から構成される。インマルサットを例にとると、衛星は地球の表面を太平洋、東大西洋、西大西洋、インド洋の4海域に分けて、海域ごとに打ち上げられている。GESと衛星の間の周波数は、GES→衛星方向が6GHz、衛星→GES方向が4GHzである。AESと衛星の間の周波数はAES→衛星方向が1.6GHz、衛星→AES方向が1.5GHzである。

航空衛星通信システムで提供されるサービスは、パケットデータ、電話、ファクシミリおよびパソコン(PC)データの四つで、AESとGESの間の通信には以下に述べる4種類のチャンネルがそれぞれ独立に定義される。

2.1 Pチャンネル

Pチャンネルは、フォワードリンク(GESからAESへの回線)用としてGESとAES間のアクセス制御およびGESからAES方向へのパケットデータ通信に使用される。伝送方式としてはTDM(Time Division Multiplex)の連続送信を用いる。伝送レートは低速の600bpsから高速の10.5kbpsまでである。

2.2 Rチャンネル

Rチャンネルは、リターンリンク(AESからGESへの回線)用としてAESとGES間のアクセス制御およびAESからGES方向への33バイト以下の短いパケットデータ通信に使用される。伝送方式としてはスロット付きアロハ方式を用いており、バースト送信である。伝送レートは、低速の600bpsから高速の10.5kbpsまでである。

2.3 Tチャンネル

Tチャンネルは、リターンリンク用としてAESからGES方向への33バイトを超える長いパケットデータの通信に使用される。伝送方式は、予約TDMA(Time Division Multiple Access)方式を用いており、バースト送信である。伝送レートは、低速の600bpsから高速の10.5kbpsまでである。

2.4 Cチャンネル

フォワードリンク/リターンリンク共用であり、音声、ファクシミリおよびPCデータ通信に使用する。制御方式は、要求があったときに周波数を割り当てるDAMA(Demand Assignment Multiple Access)方式を用いている。多元接続方式は、SCPC-FDMA(Single Channel Per Carrier-Frequency Division Multiple Access)を採用している。

3 航空衛星通信用変復調装置

航空衛星通信システムでは、移動体が航空機という高速移動体であるために、大きなドップラーシフトやフェージングが存在するということが、また衛星通信のためC/Noが低いという特徴がある。このような条件下で、例えばAESのCチャンネルの受信規格では、C/No:44.2dBHzで誤り率 1×10^{-3} 以下、さらに1dB低いC/No:43.2dBHzでバースト引込み確率99.9%以上が要求されていることから、復調処理での機器劣化を抑え込まないと実現できない。

復調処理では、上述したように大きなドップラーシフトが存在し、かつ低C/Noという環境のなかで、①バースト信号の復調、②規定ビット誤り率特性、③リアルタイム復調処理を実現しなければならない。当社は、復調部にDSP(Digital Signal Processor)を使用することによって、高速フ

ーリエ変換や高速AGC(自動利得制御)などのデジタル信号処理をソフトウェアで実現している。

4 AESの構成

航空機に搭載するAESは、機体に取り付けるアンテナと機内に設置する送受信機などの無線装置、変復調装置および制御装置などから構成される。これらの装置は、小型・軽量でかつ離着陸時の振動、温度・気圧変化などの厳しい環境条件にも十分耐えられるように設計・製造しなければならない。

当社は、94年に全日本空輸(株)にB747-400搭載用のAES(ASAT-1)を納入した。AESは、図2に示す系統図の点線で示した枠内(網かけ部)であるが、当社はLAS(Lockheed Aircraft Service)社とともにシステムインテグレータとして、アンテナサブシステムやMCDU(Multi-purpose Control Display Unit)、ACARS(航空機空地データ通信システム)MU(ACARS Management Unit)など他の機器とのインテグレーションも行った。

ASAT-1は、電話3回線およびデータ1回線が同時に使用できる世界初のマルチチャンネルAESである。

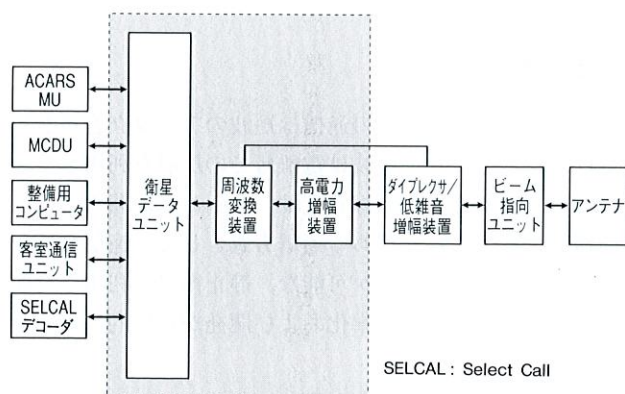


図2. AESのシステム構成 世界初のマルチチャンネルAESを開発し、システムインテグレータとして、AES(点線内)以外の周辺装置とのインテグレーションも行った。

Configuration of AES

5 GESの構成

GESは、アンテナ装置、RF/IF周波数変換装置およびACSE(Access Control and Signaling Equipment)で構成される。ACSEはGESの中核部であり、この部分でAES管理、通信制御をはじめとしたGESのほとんどの機能を実行する。

当社は、92年に国際電信電話(株)、95年には韓国通信社に

ACSE を納入した。韓国通信社に納入した ACSE は、変復調装置、回線制御装置、データ通信網インタフェース、電話回線網インタフェース装置、監視制御装置、テスト用 AES から構成されている (図 3)。

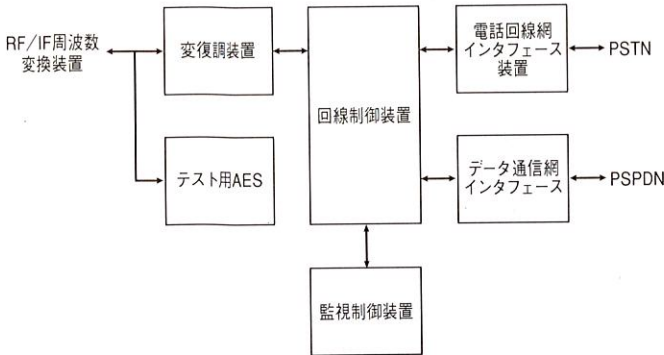


図 3. 韓国通信社納入 GES の ACSE 構成 ACSE は GES の中核部であり、この部分で AES 管理、通信制御をはじめとした GES のほとんどの機能を実行する。

Configuration of GES ACSE for Korea Telecom

回線制御装置は、当社製ミニコンの DS-TWIN を使用しており、CPU、メモリ、磁気ディスクなどのハードウェアを二重化することによってホットスタンバイシステムを実現し、24 時間、365 日の運用に耐えられる装置となっている。

回線制御装置では AES 管理、GES-AES 間のシグナリング制御、衛星サブネットワーク層までのパケットデータ通信制御、DAMA 機能などを実行する。航空衛星通信システムのパケットデータ通信は、図 4 に示す OSI (Open Systems Interconnection) の階層モデルに準じたレイヤ構造を構成する。

監視制御装置にはマンマシンインタフェースにワークステーション (AS4015) を使用し、アラーム監視にデスクトップ PC を使用している。アラーム監視プログラムではハードウェアの構成に合わせて画面を作り、色わけによって、容易に実装、予備、保守、障害のハードウェアが認識できるようにくふうされている。

電話網インタフェース装置には、二重化されたデジタル交換機を使用しており、No.5 信号方式で公衆電話網 (PSTN) に接続している。

データ通信網インタフェースは X.75 (パケット交換網相互間接続) のインタフェースを実装しており、公衆データ回線網 (PSPDN) と接続している。

6 衛星を利用した航空通信、航法、監視、管制システム

現在、洋上航空管制は短波を用いたパイロットからの音声による位置通報により行われており、航空機の位置監視も、この無線を用いた約 1 時間に 1 回の位置通報によって

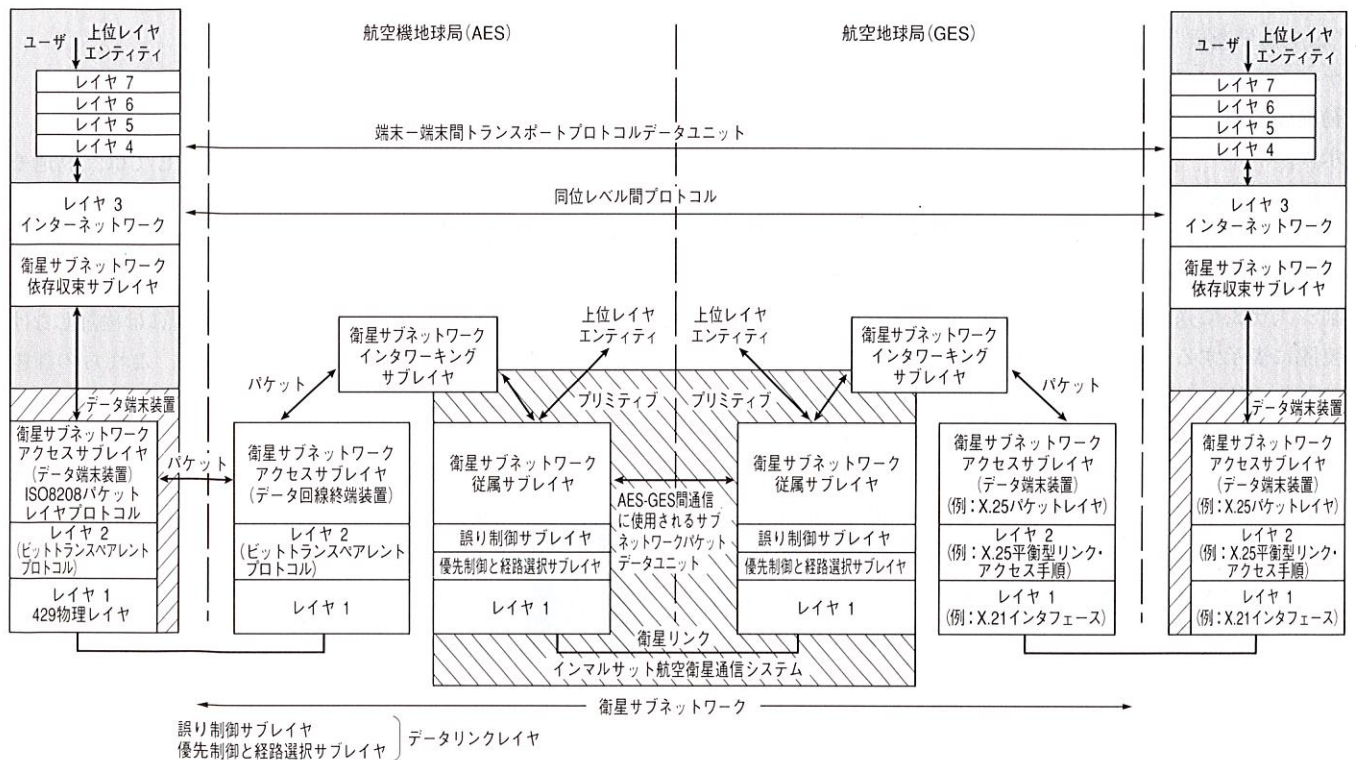
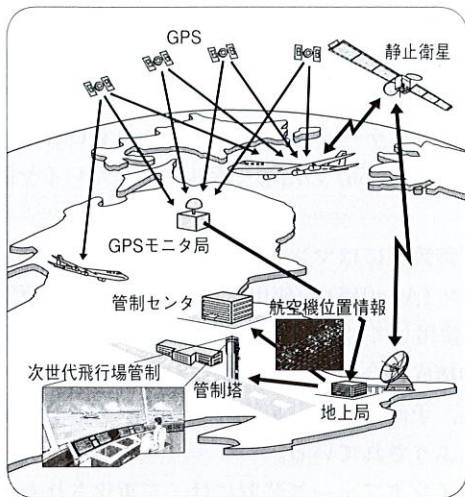


図 4. 航空衛星通信システムのレイヤ構造 航空衛星通信システムにおけるデータ通信は OSI の階層モデルに準拠している。

Layer configuration of packet data communications in aeronautical satellite communications system



GPS: Global Positioning System

図5. 衛星利用のFANSの概念 航空機ラッシュに対応し、衛星を利用した正確な航空機の位置確認などによって、安全で最適な飛行ルートを実現する次世代の航空管制保安システムである。

Concept of future air navigation system using satellites

行われている。この方式では、航空機の安全航行のためには相互の管制間隔を非常に広く取らざるを得ず、将来の洋上航空交通量の増加要求に対処することが困難である。そこで、この問題を解決するために次世代航空管制保安システム (FANS: Future Air Navigation System) として提案されたのが、CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management: 通信, 航法, 監視/航空交通管理) システムである。この通信の分野における新技術が“航空衛星通信”であり、監視の分野における新しいアプリケーションが“ADS (Automatic Dependent Surveillance: 自動従属監視)”である。図5に衛星利用のFANSの概念を示す。

6.1 ADS

ADSは、航空機が搭載する航法装置から得られる自己位置情報などを空地データリンクを用いて自動的に地上管制システムに送信し、その情報を“レーダのごとく”表示装置に表示することによって航空機の監視を行うシステムである。特に、衛星を使用したADSの場合は衛星データリンクを使用することで、レーダ覆域外にある航空機の飛行位置をリアルタイムに把握することができる。

ADSでは、まず地上の管制システムから航空機に対して、ADSデータの送信条件を設定したコントラクト要求を送信する。航空機はこのコントラクト要求を受けて自己位置情報などを送信条件に合わせて自動的に管制システムへ送信する。

表1. ADSメッセージ一覧

Types of ADS message

データ名称	データ項目	備考
基本データ	緯度, 経度, 高度 時刻 FOM (航法性能指針)	必須(す)データ
拡張データ	フライト識別番号 機体識別番号 次のウェイポイントの緯度, 経度, 高度 次の次のウェイポイントの緯度, 経度, 高度 速度 昇降率	選択データ (管制システムからの要求に従う)
関連データ	風速 風向き 気温	

ADSデータとして送信されるデータの一例を表1に示す。

6.2 ADSシステムの効果

CNS/ATMシステムが実現すると、次のような効果が期待できる。

- (1) 衛星の利用により、地域や時間によらない全世界規模の航空管制サービスが可能となる。
- (2) 洋上での航行間隔が、現在の約15分から5分程度にまで短縮できる。
- (3) 位置通報が不要になり、パイロットの負荷が軽減される。
- (4) 航空機が現在よりも自由な飛行ルートを選択でき、経済的な高度や最短経路、安定した気象ルートの飛行が可能となる。

7 あとがき

航空衛星通信における今後の開発項目としては、高速モデムや音声通信用の狭帯域モデムがある。また、アプリケーションではFANSのための航空通信網 (ATN: Aeronautical Telecommunication Network) の開発などがある。

信頼性の高いCNS/ATMシステムの実現には検証しなければならない評価項目がまだまだ多くあり、これらの課題を克服するためにさらに注力していく。



坂口 夕紀子 Yukiko Sakaguchi

小向工場電波応用システム技術部。
航空機地球局, 航空地球局, 衛星データリンク実験システムの設計, 開発に従事。
Komukai Works