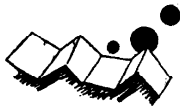


解説

衛星を利用したデータ通信†



小野 欽 司†† 平 田 康 夫††

1. はじめに

最近の衛星通信の発展はめざましく、国際通信の分野では、衛星通信はすでに確固たる地歩を占めており、また国内通信の分野においても積極的な導入が進められている。衛星通信は、当初から衛星容量の大部分は電話に利用されているが、今後はコンピュータ技術の進歩に歩調を合わせて、コンピュータやファクシミリをも含むデータ通信に利用されていく機運にある。

本稿では、衛星を利用したデータ通信において、その基本的概念と特徴、システムの形態、衛星利用データ通信の基幹をなすデータ伝送技術と交換技術、さらに米国において新しくサービスが開始されようとしている SBS をはじめとする内外の動向について、解説を試みる。

2. 衛星通信の基本概念

衛星通信は、周知のように可視域ならばどこからでもどこへでも情報を伝送することができるいわゆるマルチプルアクセス（多元接続）が可能であるという大きな特徴を有している。すなわち、衛星通信ではきわめて容易にメッシュ状のネットワークを実現できるのみならず、従来の point-to-point をベースとした地上ネットワークが各ノード間のトラヒック量に基づいて link-by-link ベースでシステム設計を行っていたのに対して、基本的には全トラヒック量のみを対象としたシステム設計ができるという利点がある。衛星通信システムは、このような特徴とも関連して、新しいネットワークの構築や新規ユーザの参加等によるネットワークの拡充が非常に容易にでき、即応性および柔軟性に富むシステムであると言えよう。

一方、好ましくない特徴として、伝送路上で信号の伝搬遅延があり、この遅延量は、静止軌道の場合片方

向で約 0.27 秒にも達する。したがって、ネットワークの設計やプロトコルの設計に際して常にこの遅延量に対する配慮が必要である。

図-1 は、衛星通信システムの基本構成例を示している。これからも明らかなように、衛星本体は、受信、送信および周波数変換という3つの基本機能を有している。そして、将来のより高度な衛星システムは、このような基本機能以外に、複数スポットビーム運用時におけるビーム相互間の接続変換機能や再生中継機能さらには各種の交換機能やシステム監視機能を持つことが予想される。

さて、衛星を利用したデータ通信システムは大きく2つに分類することができる。その1つは、現在のインテルサットシステムなどにみられるように大型の地球局のみが衛星にアクセス可能で、データ通信回線は一度交換局に集められ交換処理された後地上連絡線を介して地球局に送られるシステムであり、この場合は、伝搬遅延の問題を除けば従来の地上ネットワークと本質的に差がない。

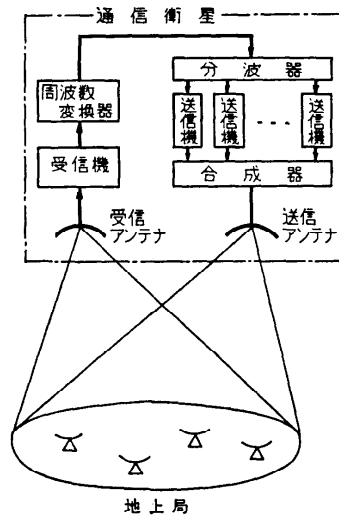


図-1 衛星通信システムの基本構成

† Data Communications Using Satellite by Kinji ONO and Yasuo HIRATA (Research and Development Laboratories, KDD).

†† 国際電信電話(株)研究所

他の1つは、後述のSBSシステムにみられるような、エンドユーザの近くに小型地球局を設置して、直接衛星にアクセスするシステムである。この場合には、ネットワーク提供者が自由にシステムを設計することができるという利点があるが、その反面経済評価、特に他の地上システムとの経済比較や地上設備と衛星部分との機能分担などに対する検討が重要と考えられる。また、SBS型システムの場合には、簡単な地上設備でもって容易に通信に妨害を与えたり信号を傍受することができるので秘話装置の取付け等機密保護に対する配慮が必要である。現在では、コンピュータ技術の進歩により機密保護を実現するための一手段としてかなり複雑な暗号化と復号化が、経済的かつ高速に行いえるようになった。米国商務省標準局(NBS)ではデータ暗号化規格DES(Data Encryption Standard)を制定し、現在このアルゴリズムを実現したLSIモジュールも開発されつつある。

いずれのシステムに対しても、それを実際に設計してゆく上で考慮すべき最も重要な要因の1つは干渉の問題である。現在固定衛星通信業務用に割り当てられている周波数はすべて地上無線中継用にも割り当てられている。このため、衛星通信用地球局と地上無線中継局との間で置局に際して調整が必要であり、我が国のように地上無線中継網が非常に発達している国においては、この周波数共用にともなう干渉の問題がSBS形システム実現の鍵をにぎっているといっても過言ではなからう。

次に、他の衛星システムとの間での干渉の問題も重要である。衛星通信に適した軌道はごく限られており、例えば静止軌道上に3度間隔で衛星を並べたとすると全世界で所有することができる衛星の数は120個が限度である。さらに、地球局アンテナがあまりにも小形であったりその指向性能が良くないと隣接する衛星に妨害を及ぼす。また、衛星放射電力を大きくすれば隣接衛星への干渉が大きくなるため衛星間隔を広げる必要が生じる。

今後の衛星通信システムでは、デジタル技術が採用される情勢にあるものと考えられるので、データのみならず、音声や画像もデジタル信号で伝送されることになる。またこれら各種情報については、符号圧縮技術を採用したり、音声信号の休止とポーズ時間にデータを挿入したり、各種情報のサービス間ダイヤモンドアサイメントを行うサービス統合技術を導入して衛星チャンネルの有

効利用をはかることができよう。

### 3. データ伝送技術

データ伝送技術に関しては、通信能率の向上あるいは通信品質の改善を目的として変調方式やアクセス方式、誤り制御方式の研究・開発が進められている。変調方式については別の文献<sup>8),10)</sup>にゆずるとして、本稿では特にアクセス方式と誤り制御について解説する。

#### 3.1 アクセス方式

衛星チャンネルのアクセス方式は表-1に示すように、固定方式、予約方式およびランダム・アクセス方式に大別できる。これらのうち、ランダム・アクセス方式についてはすでに文献<sup>1)</sup>で詳しく解説されているので、以下固定方式と予約方式について図-2を参考に説明する。

固定方式とは、衛星チャンネルが各送信局に対してあらかじめ割り当てられている運用方式のことであり、さらに宛先固定方式と宛先可変方式とに分類できる。宛先可変方式では、割り当てられた衛星チャンネル数は一定であるが、その範囲内で必要に応じて相手局を変えることができるような運用方式のことであり、Variable Destination方式とも呼ばれている。

予約方式は、各局のダイヤモンドに応じて衛星チャンネルを割り当てる運用方式であり、ネットワーク全体としてのアクセス制御が必要である。このアクセス制御機能は、それを分散させるか集中させるかによって分散制御方式と集中制御方式とに分類することができ、

表-1 衛星チャンネル・アクセス方式の比較

アクセス方式	制御オーバーヘッド	アイドルチャンネル	衝突	適応領域
固定方式	なし	あり	なし	定期的トラヒック
予約方式	あり	なし	なし	変動が激しいトラヒック、地球局数少ない
ランダム・アクセス方式	なし	なし	あり	トラヒック量が少ない、地球局数が多い

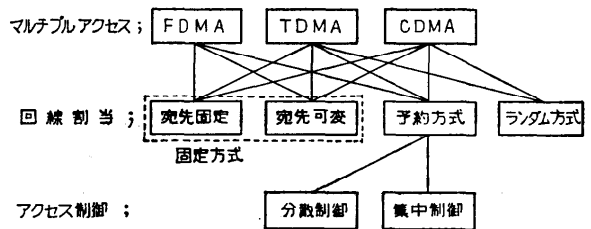


図-2 アクセス方式の分類

後述の SBS システムやインテルサットにおける SP-ADE 方式では分散制御方式が採用されており<sup>3),4)</sup>、マリサット海事衛星通信システムでは集中制御方式が採用されている<sup>5)</sup>。

次に、マルチプルアクセス方式は、そのシステムに割り当てられた周波数を利用する方法によって、FDMA (周波数分割多元接続) 方式、TDMA (時分割多元接続) 方式および CDMA (符号分割多元接続) 方式に分類できる<sup>2)</sup>。これらのうち、FDMA 方式とは、各送信局に対して別個の周波数を割り当てるマルチプルアクセス方式であり、TDMA 方式とは別個のタイムスロットを割り当てる方式である。一方、CDMA 方式とは、各ユーザ共通の周波数およびタイムスロットを同時使用するが、異なる送信局に対して異なる符号パターンを割り当てることによって、受信点における信号の識別を可能にするマルチプルアクセス技術であり、別名 SSRA (Spread Spectrum Random Access) 方式とも呼ばれている。

CDMA 方式の場合、情報ビットレートを  $A$  bps、伝送ビットレートを  $B$  bps、同時アクセス局数を  $N$  局とすれば、受信点における干渉雑音量は  $N \times (A/B)$  となる。したがって、同時アクセス局数が多くなった場合にも良好な伝送品質を維持するためには、あらかじめ  $(A/B)$  の値を十分に小さくしておく必要があり、周波数利用効率という点では FDMA や TDMA 方式よりも劣ることになる。

### 3.2 誤り制御方式

データ伝送における誤り制御方式には、① ARQ (Automatic Repeat Request) 方式、② FEC (Forward Error Correction) 方式、③ 両者を混合したハイブリッド方式がある。ところで、現在地上回線で一般に用いられている Stop-and-wait や Go-back- $N$  による ARQ 方式を衛星回線に適用すると、応答遅延時間の影響で、スループット (伝送効率) が、大幅に劣化することになる。スループットを上げるための方式として、① FEC を適用し、衛星回線のビット誤り率を下げる<sup>6)</sup>。② ARQ 方式の 1 つで誤りフレームのみ再送する Selective-repeat 方式を適用する<sup>6)</sup>、などの方法が考えられる。

FEC 方式としては、衛星回線が地上回線と異なり典型的なランダム誤り回線であることから、種々のランダム誤り訂正符号を効果的に適用することが可能と考えられる。ただし、端末相互間あるいは交換機相互間等で他の誤り訂正 (または検出) 符号が用いられる

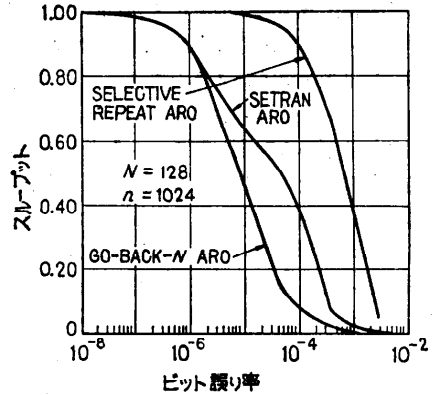


図-3 各種 ARQ 方式のスループット特性の比較

場合には、衛星回線で用いられる誤り訂正符号と 2 重に符号化される継続接続の問題を生じることになり、衛星回線で誤り訂正できなかった場合に生ずる符号誤りが、既に用いられている誤り訂正 (検出) 符号に影響を及ぼすことになる。

Selective-repeat 方式を適用し、スループットの理想値を達成するためには、受信側に大きなバッファメモリが必要であり、バッファメモリが有限の場合には、オーバーフローを生じることになる。

最近、Shu Lin 等によって考案された SETTRAN 方式<sup>7)</sup>は、選択再送機能を備えた go-back- $N$  方式で、衛星特有の応答遅延時間の影響を少なくできるものである。受信側では正しいブロックはバッファに一時蓄積し ACK を返し、誤りブロックには NACK を返す。一方送信側は、NACK 受信後再送サイクルに入り、誤りブロックのみを連続的に送信するもので、これにより受信側でのバッファ・オーバーフローは生じない。図-3 は maximum outstanding フレーム数 (Ack または NACK が返って来るまで連続送出可能なブロック数) を  $N$ 、データブロック長を  $n$  とした場合の、SETTRAN 方式のスループットの下限値を、go-back- $N$  および Selective-repeat 方式の理論値と比較して示したものである。

## 4. 衛星バケット交換技術

### 4.1 衛星バケットの原理

衛星を用いたデータ通信網の構成にあたっては、従来の電話とは異なる多種多様なトラフィック特性、サービス特性、利用形態に柔軟に対処でき、かつ伝送路を効率的に、高信頼度に利用できる技術の開発が重要となる。また、衛星のもつマルチプルアクセス、放送モ

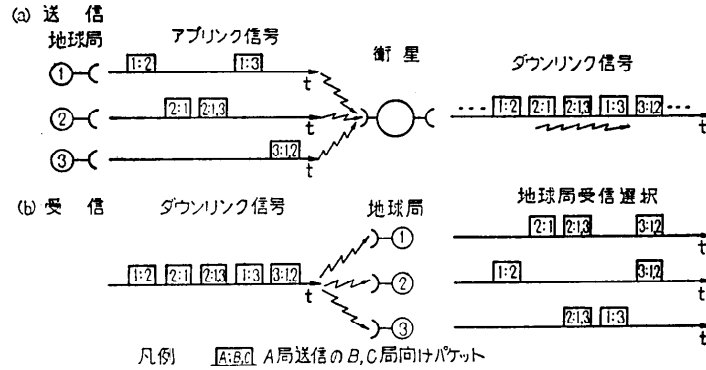


図-4 衛星パケットの原理

ードの運用, 伝播遅延時間を考慮したシステム構成がなされなければならない。

米国の ARPA ネットワークで開発されたパケット交換技術は, 現在各国で開発, 実用化が進められている公衆データ交換網<sup>16)</sup>にもとり入れられており, またパケット無線ネットワークや衛星利用コンピュータ・ネットワークへの適用も計画されている。

衛星を利用したデータ通信においては, パケット交換技術のもつ種々の特徴を有効に利用できるため, 今後はコンピュータを主体とした分散処理形ネットワークの構成に大きな役割を果すものと思われる。

衛星パケット交換では<sup>14)</sup>, 図-4 に示すように地球局から送出されるデータは, パケットと呼ぶ一定長のブロックに分割され, これに宛先等のヘッダ情報を付加してアップリンク信号として送信される。衛星上では, これらはある一定のアルゴリズムに従ってタイムスロット上に並べられ, ダウンリンク信号として全地球局に放送モードで送信される。各局は, これらの信号の中からパケットヘッダをもとに自局宛の情報を抽出する。さらに, 衛星パケットでは, 放送モード運用の特徴を生かして, 同一パケットをいくつかの宛先局に向けて同報通信ができる。

パケット交換では, 蓄積交換の機能により, 地球局で一たん蓄積し, すべてのデータをパケットという一定形式で交換処理し, また誤り制御やフロー制御, ルーチングが行えるので, 柔軟性のある高信頼度の

データ伝送が達成できる。表-2 は衛星パケット交換の特徴をまとめたものである。

#### 4.2 プロトコル

衛星パケット交換に用いられるプロトコルは図-5のような階層レベルでとらえることができる。ここで, 地球局—衛星間プロトコル(I)は, 衛星チャネルのアクセス, パケット送信と放送モードによる受信が該当する。地球局—地球局間プロトコル(II)は, 地球局相互間における効率のよい高信頼度のパケット伝送に係るものである。ここでは, ルーチング, フロー制御, 送達確認などが含まれる。発着パケット分解・組立装置 (PAD) 間プロトコル (II') では, メッセージから/へのパケット分解・組立機能がある。エンド—エンドプロトコル(III)は, 発着端末間 (ホストも含む) でのメッセージ転送に関するものである。

プロセス間プロトコル(IV)は, 発着エンド・プロセス間のコネクションの確立や解放, メッセージ交信のルールなどを規定する。

パケット形式も, プロトコルの階層化に応じて, 各レベルごとに必要な制御情報を順次ヘッダに付加していく方法が望ましい。ヘッダ情報には, ①パケットタイプ, ②地球局 ID やエンドユーザ番号を含むアドレス情報, ③パケットのシーケンス番号, ④制御用コマンド, ⑤パケット長などが含まれる。

表-2 衛星パケット交換の特徴

・マルチプルアクセス	衛星容量の有効利用
・放送形式	同報通信, 全局のモニタ
・広域カバレッジ	広域サービス, 柔軟な網構成
・高速伝送	メガビット/秒以上のデータ転送
・伝播遅延時間	効率的な制御方式の開発

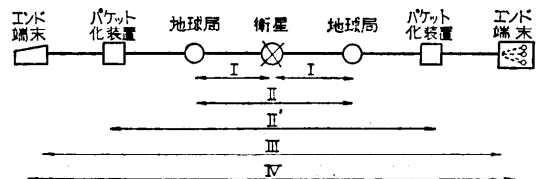


図-5 衛星パケット通信におけるプロトコルの階層構成

## 5. 内外の動向

近年、衛星を利用したデータ通信網の構築が、米国を始めとして各国および国際間において急ピッチで進められている。以下、その代表的な例として、インテルサットシステム、SBSシステム、XTENおよび、IBMとコムサットとが共同で実施した衛星通信実験および我が国における実験用通信衛星(CS)の概要について紹介する。

### 5.1 インテルサットシステム

現在、インテルサットでは<sup>18)</sup>、電話換算で約4,000チャンネルあるいは6,000チャンネルの中継容量を有するIV号あるいはIV-A号と呼ばれる通信衛星を大西洋上、インド洋上および太平洋上に配置し、総計約1万5,000チャンネルに達する国際通信回線を提供している<sup>19)</sup>。表-3はインテルサット衛星の諸元である。

通信方式としては、取り扱う信号の90%以上が音声であるということもあり、アナログ信号の伝送に適しかつ古くから実績のある周波数変調/周波数分割多元接続方式が基幹回線用に適用されている。一方、小容量の地球局に対する設備の経済化を図ることを主目的として、SCPC(Single Channel Per Carrier)と呼ばれる通信方式が開発され、すでに我が国を始め各国で導入されている<sup>10)</sup>、<sup>17)</sup>。

SCPC方式によって音声信号を伝送する場合、各信号は、64k bpsのPCM信号に変換され、4相位相変調して伝送される。そして、各チャンネルに対して別個の搬送波が割り当てられる。SCPC方式をデータ伝送用に適用した場合、1電話回線で最大64k bpsのデータを伝送することができるが、実際には、伝送品質を向上させるために、伝送レートが3/4あるいは7/8の誤り訂正符号(2誤り訂正自己直交たたみ込み符号)が適用されており、48k bpsあるいは56k bpsのデータを高品質で伝送するようになっている。

表-3 インテルサット衛星の諸元

インテルサット衛星	I号	II号	III号	IV号	IV-A号	V号
運用開始年	1965年	1967年	1968年	1971年	1975年	1980年
使用周波数帯	6/4 GHz	6/4 GHz	6/4 GHz	6/4 GHz	6/4 GHz	6/4, 14/11 GHz
中継器数	2	1	2	12	20	29
容量(片回線数)	240 ch	300 ch	1,200 ch +TV	8,000 ch +TV (×2)	13,000 ch +TV (×2)	25,000 ch +TV (×2)
設計寿命	1.5年	3年	5年	7年	7年	7年
製造業者	Hughes	Hughes	TRW	Hughes	Hughes	FORD

SCPC方式は、現在のところ、インテルサットにおける唯一の高速デジタル伝送路であり、例えばハワイのALOHANETと米本土のARPANETを接続するためにも用いられている。SCPC方式では各リンクに対して各搬送波を固定的に割り当てているのに対して、搬送波をプール制にし、呼の発生時のみ搬送波を割り当てるダイヤモンドアサインメント運用形態がある。これは、SPADE方式と呼ばれており、現在大西洋衛星で実用に供されている<sup>4)</sup>。

今後急増する国際間のデータ通信需要は、ある程度までSCPC方式によって能率良く処理されるものと思われるが、1985年頃に導入が計画されているTDMA方式は、さらに強力な伝送媒体として大いに期待される。目下、インテルサットで仕組化を進めているTDMA方式は、120 M bpsの4相位相変調方式を想定しており、1つのTDMA伝送路を5~20局が共用するような形態を探るものと予想される。また、各局に対してあらかじめ所定のタイムスロットを割り当てるいわゆる固定割当て運用を前提としており、回線の有効利用をはかるために電話回線に対してDSI(Digital Speech Interpolation)方式を適用することを考えている<sup>10)</sup>。

### 5.2 SBSシステム

最近各方面から注目されているSBS(Satellite Business System)システムは、IBM社、コムサット・ゼネラル社、エトナ損害保険会社の3社がスポンサーとなって1975年に設立したSBS社が、1981年のサービスインを旨として開発を進めている衛星通信システムであり、既存ネットワークを介することなく直接ユーザにネットワーク・サービスを提供することを特徴としている<sup>11)</sup>。インテルサットシステムを始めとして、これまでの衛星通信システムが単に回線を提供していたものに対して、SBSシステムは、大企業の事業所や官庁の構内や建物の屋上に小型地球局を設置し、企業内または官庁間の音声、データ、ファクシミリなどの情報を伝送するネットワークを提供する。

当初のシステムは、2個の衛星を静止軌道に打ち上げ、直径が5~7mのパラボラアンテナを有する多数の地球局がこれにアクセスするという構成になっている。各衛星は、周波数帯幅が43 MHzの10台の中継器を搭載しており、上り回線および下り回線に対して各々14 GHz帯と12 GHz帯が割り当てられている。

地上部分は、通信用地球局、運用保守局および中央

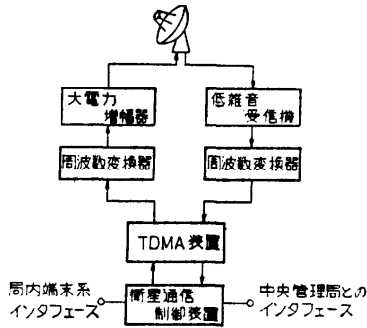


図-6 SBS 通信用地球局の構成

管理局より構成される。これらのうち、運用保守局は地球局の定時保守、異常時の修理などを行う。一方、中央管理局は、全システムの監視、制御を行い、特に異常時には各ネットワークに介入して各地球局の通信制御をおこなうことができる。地球局は、図-6に示すような構成になっており、送受信機や TDMA などの主要通信装置は、予備をそなえている。

マルチプルアクセス方式としては、デマンドアサインメント運用を前提とする 48 M bps の TDMA 方式が採用されている。TDMA 方式のフレームは、図-7に示すように、制御用タイムスロットと通信用タイムスロットと予備タイムスロットより構成されており、1フレーム長は 15 msec になっている。各ユーザは、制御用タイムスロットに常時制御用バーストを送出することになっており、また他のユーザから送出された制御用バーストを常時受信する。デマンドアサインメント運用にともなう制御信号のやりとりはすべてこの制御用タイムスロットで行われ、各通信地球局に設けられた衛星通信制御装置の指令に応じて各通信バーストの長さおよび位置が自由に変更できるようになっている。予備タイムスロットは、通常使用されないタイムスロットで、その長さは全トラフィック量の増域に応じて変化する<sup>9)</sup>。

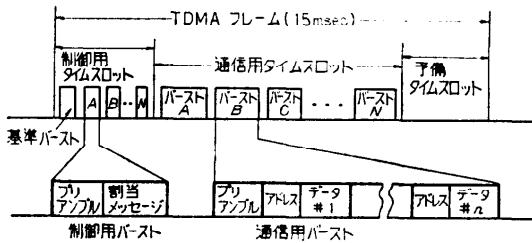


図-7 SBS システムの TDMA フレーム構成

### 5.3 XTEN

米国のゼロックス社は、1981 年後半サービス開始を目的に米国内約 200 の主要都市を衛星回線で結び、広帯域回線 (256 k bps) を利用した高速デジタル・パケットネットワーク (XTEN: Xerox Telecommunication Network) を提供する計画をしている。XTEN が提供を考えているサービスは、主にビジネス通信の分野で、具体的には、ドキュメント・ディストリビューション (文書配布)、データ伝送、テレコンファレンスなどである。

文書配布サービスでは高速ファクシミリやワードプロセッサを軸にして、蓄積交換メッセージ伝送、異機種端末間通信、緊急度の高い文書の優先送信機能、機密保護、送達確認などの各種機能が含まれている。

データ伝送サービスでは、会話形、遠隔ジョブ入力、コンピュータ間通信などのサービスを考えている。

テレコンファレンス・サービスでは、ネットワークの加入者は誰れとでも容易に電話を用いた会議ができるようになってきている。なおこのシステムでは、衛星回線の他に市内伝送のためにマイクロ回線を使用することも予定している。

### 5.4 高速コンピュータ間衛星通信実験

地理的に分散した複数の大型コンピュータを、高速衛星回線で接続し、コンピュータ・ネットワークを構成する通信実験が、1977 年 4 月から 1979 年 2 月にかけて、IBM とコムサットの共同実験により行われた<sup>12), 13)</sup>。

実験には仏・西独共同開発のシンフォニー衛星が用いられた。第一段階の実験 (1977 年 4 月～6 月) では、米国ゲイサスパークおよび仏のラ・ゴードの IBM 研究所内の IBM 370/158 大型コンピュータ 2 台が、それぞれの構内に設置された小型地球局によって 1,544 M bps の全 2 重衛星回線で接続され、種々のビット誤り率に対する HDLC プロトコルによる伝送効率や CPU 利用効率などが測定された。その結果、HDLC プロトコルをこのような高速衛星回線に適用する場合には、maximum outstanding フレーム数およびフレームサイズを大きくとる (フレームサイズの例としては 10 k バイト) など、地上回線とは異なるパラメータの選択が必要であることが確認された。

第 2 段階の実験 (1978 年 4 月～1979 年 2 月) では、さらに米国のクラークスパークのコムサット研究所および西独ワイルハイムの航空宇宙機関 (German Aerospace Research Establishment) における IBM 360/65

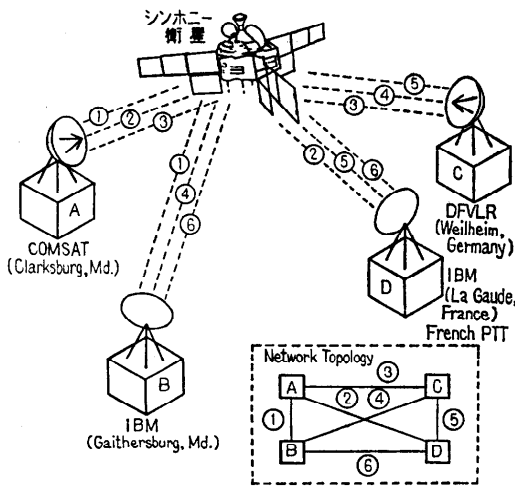


図-8 高速コンピュータ間衛星通信実験の構成

および IBM 370/158 の大型コンピュータ 2 台が実験に加えられ、タイムスロット固定割当方式の 1,544 Mbps TDMA 回線を用いて、図-8 に示すような 4 つのノードによる高速コンピュータ・ネットワークが構成された。実験では、種々の TDMA フレーム長 (750 msec~6 sec) やバースト長 (174~1,100 msec) および HDLC プロトコルのパラメータに対して、図中の①~⑥のそれぞれのリンクにおける伝送効率や CPU 利用効率が調べられたほか、米国ガイサスバークおよび仏のラ・ゴードにおける 2 台の IBM 370/158 コンピュータ間 (リンク⑥) での分散処理 (load sharing) 実験も行われ、その可能性・有効性が確認された。

### 5.5 CS (実験中容量静止通信衛星)

我が国では世界に先がけて 30/20 GHz 帯 (6/4 GHz 帯も含む) の実験中容量静止通信衛星<sup>21)</sup> (CS: さくら) を昭和 52 年 12 月に打上げ、現在郵政省に電電公社が協力し、実験を継続中である。実験の主目的は準ミリ波帯を用いた電話伝送であるが、モデムインタフェースを用いたデータ伝送実験も行っている。さらに衛星を介したコンピュータ・ネットワークの構成、公衆パケット網への衛星通信の適用などの技術的諸問題の解決をはかるための基本、応用実験も予定している。

### 6. 今後の課題

衛星を利用したデータ通信は、初期のごく限られた商用システム (SCPC など) や学術的実験システムに代って、SBS に代表される本格的商用システムに移行

しようとしている。今後の課題として、システム構築の立場からは、

- ・地上系と衛星系の最適な機能配分に基づく総合としてのシステム・コストの低減化
- ・他システムとの共存の可能性

などの問題があり、またネットワーク・サービス提供者の立場からは、以下のようなものが考えられる。

- ・衛星通信における機密保持
- ・音声とデータ等のサービス統合
- ・公衆データ網と衛星システムとの統合
- ・衛星によるデータ伝送に適した誤り制御方式

### 7. むすび

衛星を利用したデータ通信は、衛星のもつ広帯域性、放送機能、距離に無関係な伝送コスト、遠距離アクセスの容易さというメリットをもち、さらにネットワーク構築上の柔軟性、即応性にも富み、将来の発展が期待されるものである。衛星を利用した新しいサービスとして、今後はコンピュータ・ネットワークに代表される高速データ通信のみならずテレコンファレンス、電子郵便、電子資金転送 (EFT)、ワードプロセッサを含むテキスト通信などやドキュメントの電子的蓄積と検索機能を備えた衛星による記録情報サービスなどが考えられる。

そのためには、データ通信のコストの低減化および利用者のニーズに即応できるようなコンピュータと通信衛星の結合した新しい方式の開発が望まれる。

### 参考文献

- 1) 勅使河原可海: 無線によるパケット通信, 情報処理, Vol. 18, No. 11, pp. 1157-1167 (11月1977).
- 2) Schwartz, J. W. et al.: Modulation technique for multiple access to a Hard-limiting Satellite Repeater, Proceedings of IEEE, Vol. 54, No. 5, pp. 763-777 (1966).
- 3) Goode, B.: Demand Assignment as Part of the SBS TDMA Satellite Communications System, IEEE, ICC '78 (1978).
- 4) Puente, J. G.: Multiple-Access Techniques for Commercial Satellites, Proceedings of the IEEE, Vol. 59, No. 2, pp. 218-229 (1971).
- 5) Cacciamani, E. R.: The SPADE System as Applied to Bata Communications and Small Earth Station Operation, COMSAT Tech. Review, Vol. 1, No. 1, pp. 171-182 (1971).
- 6) Gatfield, A. G. et al.: A Selective Repeat ARQ

- System, Third International Conference on Digital Satellite Communications, E 5, pp. 180-188 (1975).
- 7) Lin, S. and Yu, P.: An Effective Error Control Scheme for Satellite Communications, IEEE, ICC '79, pp. 41. 5. 1-41. 5. 6 (1979).
  - 8) 例えば, 宮: 衛星通信工学, ラティス社, pp. 354-361 (1974).
  - 9) Dicks, J. et al.: INTELSAT IV-A Transmission System Design, COMSAT Tech. Review Vol. 5, No. 1, pp. 73-103 (1974).
  - 10) 例えば, 川橋: 衛星通信, コロナ社, pp. 265-266 (1976).
  - 11) Barnla, J. D. et al.: Digital Communications Satellite System of SBS, EASCON '77, 7-2 A (1977).
  - 12) Hodge, G. et al.: An International High-Speed Computer-Satellite Communications Network Experiment, Congress International Astronautical Federation, IAF-79-F-282 (1979).
  - 13) Schreoder, K. F.: Communications Control System for an Experimental High-Speed Computer Satellite Network, Congress International Astronautical Federation, IAF-79-F-277 (1979).
  - 14) Hoversten, E. V. and Van Trees, H. L.: International Broadcast Packet Satellite Services, Proc. of ICC-78, pp. 527-534 (1978).
  - 15) Kleinrock, L. and Gerla, M.: On the Measured Performance of Packet Satellite Access Schemes, Proc. of ICC-78, pp. 535-541 (1978).
  - 16) 小野: 国際データ網, 電子通信学会誌, 第62巻, 11号, pp. 1329-1337 (1979).
  - 17) 平田, 古賀: デジタル衛星通信方式, 電子通信学会誌, 第59巻7号, pp. 789-791 (1976).
  - 18) 横井, 村谷: インテルサットV号的代の衛星通信, 電子通信学会誌, 第61巻9号, pp. 992-998 (1978).
  - 19) 野口: コンピュータ・ネットワークの最近の研究・開発動向, 情報処理, Vol. 18, No. 8, pp. 838-850 (1977).
  - 20) Lipke, D. W. et al.: MARISAT-A Maritime Satellite Communication System, COMSAT Technical Review, Vol. 7, No. 2 (1977).
  - 21) Tsukamoto, K. et al.: Experimental Program and Performance of Japan's Communication Satellite (CS) and its First Results, IEEE Trans. on Comm. Vol. COM-27, No. 10, pp. 1392-1405 (1979).

(昭和54年12月26日受付)