

衛星通信利用のサービス形態とその実験システム

Satellite Communication Services and Experimental System

昭和58年に実用中容量静止通信衛星CS-2が打ち上げられ、我が国でも、衛星通信時代の幕が上がろうとしている。衛星通信は、放送性、多元接続性、広帯域性など優れた特徴があり、コンピュータネットワーク、新聞紙面伝送、テレコンファレンスなどのサービスを、効果的かつ広域的に提供する手段として期待されている。一方、デメリットとして、衛星回線の伝搬遅延時間が大きいことや特に準ミリ波使用の場合、雨などの気象条件の影響を受けやすいということがある。このため、衛星通信を利用するには衛星通信に適したプロトコルや通信制御処理装置の開発などの技術課題も多い。

このような状況の中で、昭和58年から開始されている実用化実験としての郵政省「衛星利用パイロット計画」に、日立製作所も参加する機会を得、衛星通信利用システム構築のための技術開発を進めている。

森山孝男* Takao Moriyama
中村 勤** Tsutomu Nakamura

1 緒 言

コンピュータと通信の結合が深まるにつれ、通信サービスは多様化の一途をたどっている。従来の電話を主体とするサービスをはじめ、データ伝送、コンピュータ間の直接接続、高速のファクシミリ伝送などのユーザーニーズが高まっており、これらのサービスを効果的かつ広域的に提供する手段として衛星通信が期待されている。

本格的な衛星通信は、1962年に打ち上げられたBTL(Bell Telephone Laboratories)のテルスター1号¹⁾、及びNASA(アメリカ航空宇宙局)のリレー1号衛星による多重電話伝送、テレビジョン信号伝送に始まる。1965年には、世界最初の商業衛星インテルサット-Iが大西洋上に打ち上げられ、以後国際通信需要は年率15%程度の伸びで発展を続け、現在、大西洋上に7個、インド洋上に3個及び太平洋上に2個の静止衛星が配置されている(1983年12月現在)。

企業内通信を目的とした国内あるいは地域衛星も増加してきている。これらの衛星通信システムは、米国のSBS(Satellite Business System)²⁾システムにみられるように、コンピュータ技術及びデジタル通信技術の発達を背景に、企業内の音声、データ、ファクシミリなどの情報をすべてデジタル信号で伝送する傾向が強まっている。

衛星通信では、衛星のアンテナがカバーできる範囲内に存在する地球局間であれば、どこへでも大量の情報を伝送することができ、広帯域(高速)、広域ネットワークを構成することができる。また、複数の地球局が一つの衛星にアクセス可能であり、放送モードで全局が同じ情報を受信することができる。このことは、マルチプルアクセス(多元接続)、ブロードキャスト(放送形式)のネットワーク構成を可能にする。

一方、衛星回線には、伝搬遅延時間が大であるという問題がある。地上回線では数ミリ秒から数十ミリ秒であるのに対して、静止軌道の場合片方向で約250ミリ秒にも達する。また、搬送波の周波数が10GHzを超えると雨や雪などの気象条件の影響を受けやすくなり、ビット誤り率の劣化を招くことになる。ブロードキャスト性は、通信の妨害や信号の傍受を容易に可能にするため、機密保護に対する配慮が必要であり、

データに暗号化を施すことも必要になる。

今後、衛星通信はデジタル技術の導入により、データだけでなく、音声や画像もデジタル信号に変換されて伝送されることになると考えられ、光ファイバ通信とともにニューメディアの根幹を形成することになるであろう。この論文では、衛星通信の利用者の立場から、衛星通信利用のサービス形態とその一つの形態であるコンピュータネットワークの実験システムについて述べる。

2 衛星通信利用のサービス形態と技術課題

衛星通信は、複数の地球局が送信する信号を一つの衛星トランスポンダで同時に中継することができるマルチプルアクセスが可能であり、アンテナからの電波到達可能地域ならばどこからでもどこへでも情報を伝送できる広域通信が可能であるという大きな特徴をもっている。また、ブロードキャスト性の機能を利用して一つの情報を多地点に同時に伝達することができる、いわゆる同報通信が可能である。これらの特徴により、衛星通信システムは、柔軟なネットワーク構築が可能であり、新規ユーザーの参加やユーザー局位置の変更などによるネットワーク構成の変化に容易に追従することができる。

一方、デメリットとして、衛星回線の伝搬遅延時間が大きいということがあり、また搬送波周波数が高くなると気象条件の影響を受けやすく、ビット誤り率の劣化を招く傾向がある。このため、地上の通信プロトコルをそのまま用いると、スループットが低下することになり、衛星通信に適したプロトコル³⁾を開発することが必要になる。以下、衛星通信利用のサービス形態と、それらを実現するための技術課題について述べる。なお、紙面の都合上、サービス形態はコンピュータネットワーク、新聞紙面伝送及びテレコンファレンスの三つに絞ることにした。

2.1 コンピュータネットワーク

衛星通信は、広域にわたる通信網を容易に設定でき、伝送帯域が広く、多元接続が容易であるため、地理的に広範囲に分布するコンピュータ、データ端末などを接続し均質かつ融

* 日立製作所宇宙技術推進本部 ** 日立製作所システム開発研究所

通性に富んだデータ通信サービスを提供するコンピュータネットワークを構成するのに適していると考えられる。コンピュータ間の大容量ファイルの転送、リソースの共用を目的とした超高速のデータ交換などのサービス形態が可能であり、またOA(オフィスオートメーション)の進展により、ニーズが高まっているテキスト通信、ファクシミリなどの文書通信にも利用することができる。低トラヒックユーザーの間では、要求に応じて衛星チャンネルを割り当てることによりチャンネルの有効利用を図ることができる。一方、データ通信の発展に伴い、公衆データ通信網の運用が普及してきており、またLAN(ローカルエリアネットワーク)も急速に発展してきている。このような状況の中で、衛星回線が上記のような網の一部に組み入れられたり、LANと相互接続する要求が生じてくると考えられる。

上記のユーザーニーズに対処するための技術課題として、次の項目を挙げることができる。

- (1) 大量データ伝送技術の開発
- (2) データを送受信するコンピュータのデータ転送速度と同等のスループット(メガビットオーダ)が実現でき、かつ低い誤り率を実現できる衛星回線に適した高能率プロトコルと通信制御処理装置の開発
- (3) 動的チャンネル割当て機能をもつ多重化装置の開発
- (4) プロトコル変換、アドレス変換などを含めた網間接続技術の開発

上記のうち、衛星回線を利用してデータ通信を行なう場合の基幹技術となる高能率プロトコルについて詳述することにする。

前述したように、衛星回線は片道約 300 ミリ秒の伝搬遅延時間があり、往復の場合は約600ミリ秒にもなる。このため、データ通信では再送処理などのため伝送効率(スループット)が低下することが知られている。

伝送効率を高める手段としては、誤り訂正符号と高度な再送処理方式を挙げることができるが、誤り訂正符号はすべての誤りを訂正することはできないため、データ通信に必要な高品質な回線を得るためには、高効率な再送処理方式が必要になる。

地上の半二重回線で使用されているJISのBASIC手順基本モードやIBMのBSC手順などのように、一つ前に転送したデータブロックの受信確認応答がくるまで次のブロックを送信できない手順では、伝送効率は大きく低下することになる。

全二重回線に利用できる連続再送方式の代表的なものとして、ISO(国際標準化機構)が規定しているハイレベルデータリンク制御手順のREJ(Reject)方式とSREJ(Selective Reject)方式がある。

(1) REJ方式

この方式では、受信したブロックの誤りが検出されると、誤りが検出されたブロックとそれに続く一連の送信済みのブロックをも再送するので伝搬遅延時間が長くなると効率が低下することになる(図1参照)。表1に示すように、転送速度が1.544Mビット/秒の場合には、エラー・ブロックは1回の再送で訂正されるとすると約772kビットのデータが無駄に転送されることが分かる。

(2) SREJ方式

この方式では、誤りブロックだけが再送されるが、現在のISOの規定では、1往復時間内に一つのSREJしか送出できない(図2)。このため、この方式が高効率で働くためには手順の変更や無限大のバッファが送信側、受信側共に必要になる。

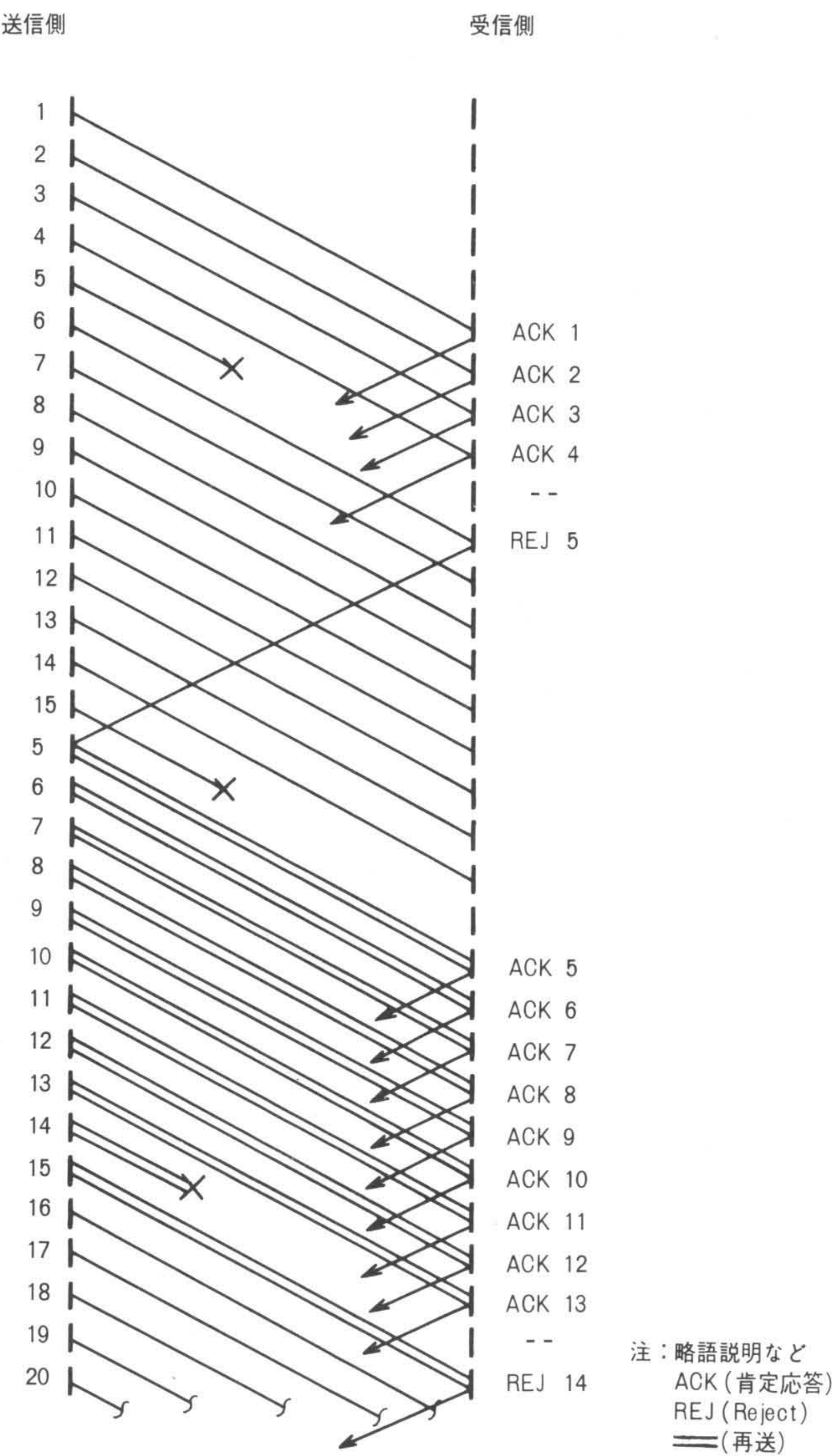


図1 REJ再送方式 REJ(Reject)再送方式でのデータの送受信の流れを示す。この方式では、誤りが検出されたブロックとそれに続く一連の送信済みのブロックも再送する。

表1 伝搬遅延時間の影響 衛星回線の伝搬遅延時間の間に転送できるデータ量を示す。高速転送になるほど伝搬遅延時間の影響が大きくなることが分かる。

転送速度 (M bps)	転送されるデータ量	
	一方向の遅延時間	往復の遅延時間
0.032	8.0kビット	16.0kビット
0.064	16.0kビット	32.0kビット
0.128	32.0kビット	64.0kビット
0.256	64.0kビット	128.0kビット
1.544	386.0kビット	772.0kビット
3.088	772.0kビット	1.544 Mビット
6.176	1.544 Mビット	3.088 Mビット

注：伝搬遅延時間 (250ms)

(3) SREJ-REJ方式

これは、SREJとREJを組み合わせたもので、受信側で1個の誤りを検出するとSREJを送出し、連続した2個以上の誤りを検出するとREJを送出する方式である。

この中で、SREJ方式がいちばん高い効率を達成でき、次

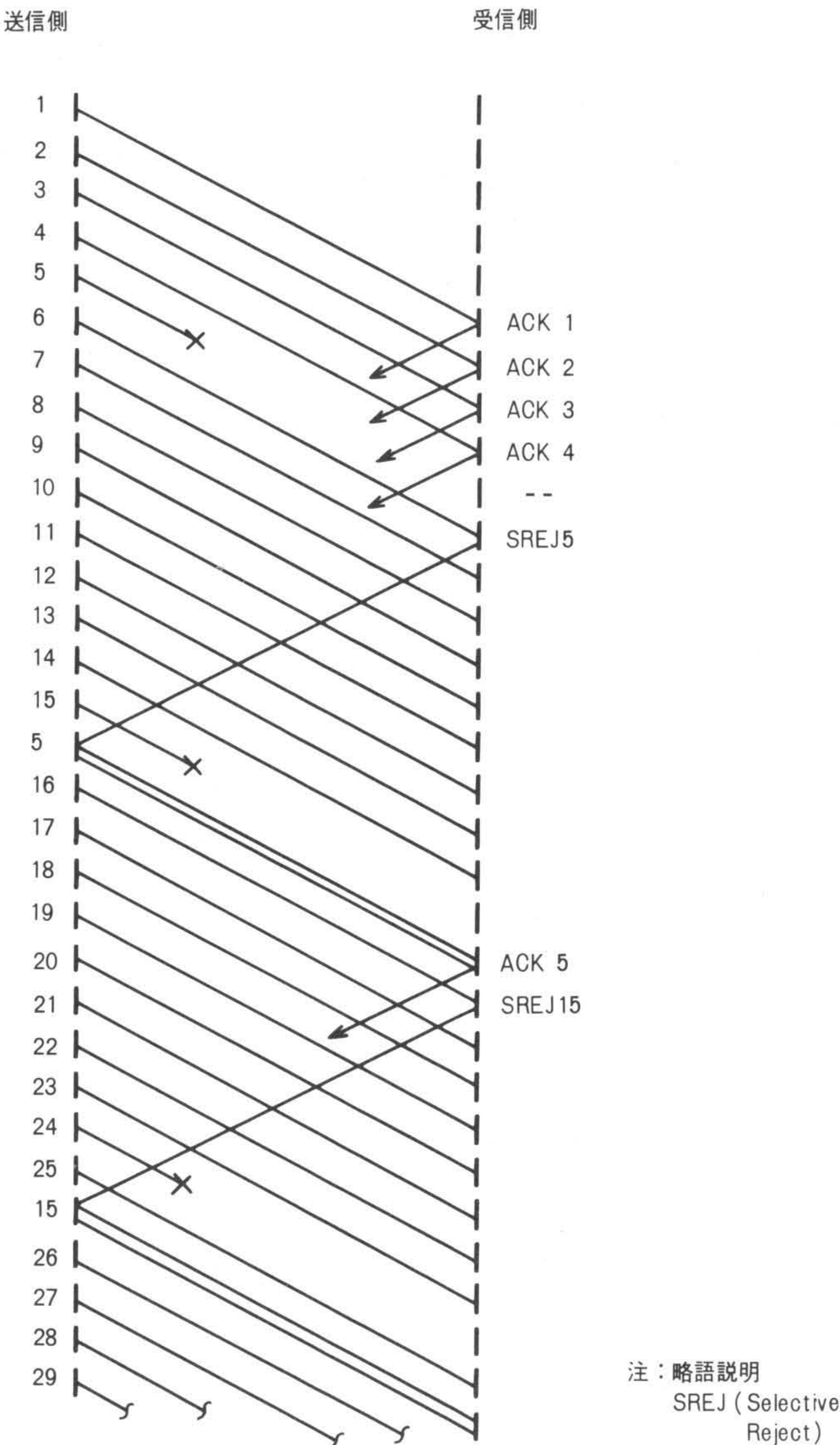


図2 SREJ再送方式 SREJ(Selective Reject)再送方式でのデータの送受信の流れを示す。この方式では、誤りブロックだけが再送される。

いでSREJ-REJ, REJ方式の順となる。反面、制御はSREJがいちばん複雑になる。SREJ方式も効率よく働くためには、無限大のバッファを用意する必要があるなど実使用を考えた場合問題が多い。このため、衛星回線に適した新しい再送方式に基づく高効率プロトコルの開発が重要になると考えられる。

2.2 新聞紙面伝送

新聞社⁴⁾では、現在、地方への紙面伝送には、広帯域(I規格)な通信回線が用いられているが、衛星通信を利用した場合、下記のメリットが考えられる。

- (1) 衛星通信の特徴である同報性により、小形アンテナを設置すれば、全国多数の印刷所へ本社で製作した紙面を同時に送ることができる。
- (2) 大容量、高速回線の設定が可能のため、紙面の送信をスピードアップできる。その結果、ニュースの締切時間を繰り下げられ、従来その時間帯では、紙面に載らなかったニュースの掲載が可能となる。

一方、衛星通信を利用した場合の問題点は次に述べるとおりである。

- (1) 現在の紙面伝送方式は、アナログ主体でデジタル方式

は少数である。衛星はデジタル伝送のため、現用アナログ機のデジタル仕様への変更費用が多額にかかる。

- (2) CS-2を使用した場合、衛星が食に入った場合に衛星回線の代替又は対応策を考慮しておく必要がある。
- (3) 衛星回線のビット誤り率は通常 10^{-7} 程度であり、降雨により更に劣化する場合がある。新聞1ページの情報量を30Mビットとすると、144k bpsで送信すると1ページ3箇所程度の誤りが予想され、 10^{-7} の品質が20~30分も続くと発行に支障を来すことになる。

上記の問題点から、衛星通信が新聞紙面伝送に利用されるための技術課題は、次に述べるとおりである。

- (1) デジタル伝送用の画像伝送装置の開発
- (2) 地上回線との効率良い併用方式の開発
- (3) 効果的な誤り訂正符号の開発
- (4) 同報通信に適した高能率プロトコルの開発

2.3 テレコンファレンス

テレコンファレンスは、従来の出席者が一堂に会して行なうビジネス会議に代わって、迅速な意思決定、移動に要する時間と経費の削減、会議の効率化、マンパワーの有効活用を可能にする新しい通信手段として注目されている。

テレコンファレンスは、音声会議、オーディオグラフィック会議、静止画像会議、テレビ会議及びコンピュータ会議に分かれるが、ここでは、テレビ会議について述べることにする。衛星利用によるテレビ会議は、地上回線利用と比較して下記のメリットがある。

- (1) 衛星通信の多元接続及び同報通信機能により、合理的に広域会議システムを実現することができる。
- (2) 広帯域性を利用し、更に動画像のデータ圧縮方式と組み合わせ、動画像の伝送が容易に行なえる。
- (3) 移動体通信機能により、移動テレビ会議システムを実現することができる。

一方、問題点は次に述べるとおりである。

- (1) 伝搬遅延時間が大きいと、音声エコー妨害が生じることがある。
- (2) ブロードキャスト特性のため、会議の内容が傍受される虞がある。

このため、技術課題としては、

- (1) 高性能なエコーキャンセラーの開発
 - (2) 傍受防止暗号化装置の開発
- を挙げることができる。

3 郵政省「衛星利用パイロット計画」

昭和58年度から、郵政省電波研究所が中心となって、実用化実験としての衛星利用パイロット計画が実施されることになった。日立製作所もこれに参加する機会を得、2章で述べた技術課題の開発を進めることにした。ここでは、パイロット計画の概要と日立製作所の実験計画について述べる。

3.1 パイロット計画の概要

衛星利用パイロット計画は、郵政省電波研究所のもとに実験参加機関が行なう運用実験計画で、昭和58年度に打ち上げられた実用中容量静止通信衛星CS-2(2a, 2bの衛星とも中継器の伝送容量の $\frac{1}{3}$ 本相当)を利用する。実施期間は、昭和58年から62年までの5年間で、運用実験の実施に必要な地上設備、経費、要員などは各実験参加機関が負担する。運用実験実施項目は年度ごとに定められ、昭和58年度の実施項目は下記のとおりでである。

- (1) 新聞紙面など伝送実験

- (2) コンピュータネットワーク実験
- (3) CATV(有線テレビジョン)への番組分配など映像伝送実験

上記3項目のうち、コンピュータネットワーク実験に参加している企業グループを表2に示す。

3.2 日立製作所の実験計画

パイロット計画で実施する日立製作所の実験計画の概要について述べる。

(1) 目的

衛星を介して通信を行なうコンピュータネットワークを構成し、ネットワークの性能評価にかかる通信実験を実施して、衛星通信システムのコンピュータネットワークに対する適応性を確認し、プロトコルの評価、地上通信網との整合性の検討及び衛星通信に適した通信制御プロセッサの基本検討を行なう。

(2) 実験全体システム構成

実験全体システム構成を図3に示す。ここで、日立A局は

表2 実験参加グループ 郵政省「衛星利用パイロット計画」の昭和58年度参加機関(ただし、コンピュータネットワーク実験グループ)を示す。

グループ	参 加 機 関
1	郵政省(電波研究所)*, 東北大学*
2	株式会社インテック*, 株式会社三菱銀行
3	コンピュータサービス株式会社*
4	株式会社東芝*, 三井物産株式会社, 株式会社三井銀行, 野村コンピュータシステム株式会社, 株式会社ワンビシアークाइズ
5	セコム株式会社*
6	日本電気株式会社*
7	富士通株式会社*, 株式会社第一勧業銀行, 富士通エフ・アイ・ビー株式会社
8	三菱電機株式会社*, 東京海上火災保険株式会社, 三菱商事株式会社
9	株式会社日立製作所

注：* (無線設備所有機関)

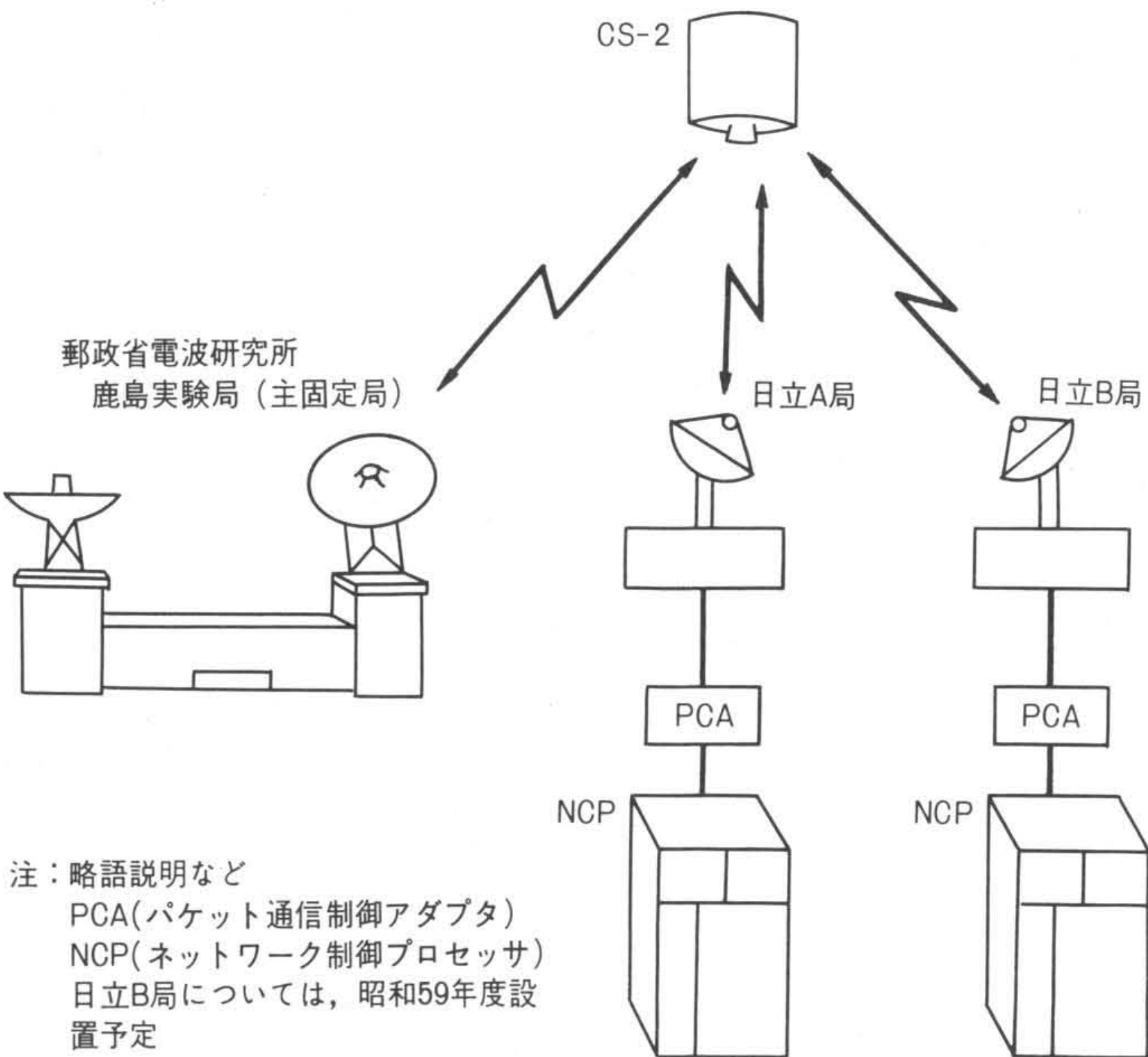


図3 実験全体システム図 日立製作所の実験全体システム構成を示す。

表3 日立A局の主要諸元 昭和58年3月に設置する日立A局(日立製作所システム開発研究所内)の主要諸元を示す。30/20GHz帯の電波を用いて送受信を行なう。

項	目	諸 元
アンテナ装置	形 式	直径3mカセグレン
	利 得	57.2dB(30GHz) 54.2dB(20GHz)
	追尾機能	あ り
送 信	機	TWT 出力20W
受 信	機	FET 雑音温度 350K

注：略語説明 TWT(進行波管), FET(電界効果トランジスタ)

日立製作所システム開発研究所に昭和59年3月に設置完了しており、B局については、日立大森第二別館に設置する予定である。郵政省電波研究所鹿島実験局は、初期の回線設定時に実験に参加する。なお、日立A局のアンテナは直径3mのカセグレンアンテナで、主要諸元は表3に示すとおりである。NCP(ネットワーク制御プロセッサ)として高性能ミニコンピュータを使用している。

(3) 実験項目

主な実験項目としては、衛星通信プロトコルによるネットワークの性能評価実験、LANとの相互接続実験などを計画している。衛星通信プロトコルによるネットワークの性能評価実験では、2.1節で述べた効率の良い衛星通信プロトコルによるネットワークについて、衛星回線の品質を変化させて、スループット特性、メッセージ伝送遅延時間特性などを測定し、ネットワークの性能評価を行なう。LANとの相互接続実験では、高速のLANと衛星通信系を接続し、プロトコル変換に伴う処理オーバーヘッド、バッファ容量などを測定し、衛星とLANを含むネットワークアーキテクチャの評価を行なう。

4 結 言

衛星通信は、海外(特に北米大陸)では既に民間で実用に供されているが、我が国では郵政省、日本電信電話公社を筆頭に公共機関による実験用中容量静止通信衛星CSを用いた通信実験の基本部分が終わったところで、本格的な実用期はCS-3が打ち上げられる昭和63年以降になると予想される。しかし、衛星通信は光ファイバ通信とともにニューメディアの一つの大きな柱になることは間違いないことであり、将来広域に分散した企業内の音声、データ、画像、テレコンファレンスシステムなどの複合通信のニーズを満たすものとして期待される。

最後に、衛星利用パイロット計画への参加に際し、適切な御指導をいただいた郵政省関係各位に対し、深く謝意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 川橋, 外: 衛星通信, コロナ社(昭和56年)
- 2) R. F. Stowe: Satellite Business Systems: Preliminary Experience in the Introduction of an ISDN, Seminar lecture note, Data and Telecommunications Japan '83, February 18, 1983
- 3) 小野: 衛星による高速デジタル通信サービスの技術動向, 画像電子学会誌, 第11巻, 第4号, pp. 308~315(1982)
- 4) 川口: システムからみた通信衛星への期待B, 報道全般, JIEC工業技術セミナー集, pp. 58~63(昭和58年)