

通信衛星(CS)を利用したTCP/IP通信装置* とその性能について

3P-1

和田 克弘[†] 坂戸 美朝[‡] 阿部 雅弘[‡] 楠本 博之[§] 石井 秀浩[∞]

オムロン(株) 三菱電機(株) オムロン(株) 慶應義塾大学 電気通信大学

1. はじめに

筆者らは通信衛星(CS)を利用した広域分散ネットワークの研究を進めている。広域分散ネットワークシステムにとって、衛星通信の特長である広域同報性、回線付設の柔軟性、耐災害性は有効な通信手段の1つである。今回、通信衛星を利用したTCP/IP通信装置を開発し、ワークステーションを用いた実験システムを構築し、実験を開始したので、そのシステムの概要、通信方式、性能について報告する。

2. システム構成

システム構成を図1に示す。通信衛星はスーパーバードB号機(東経162度)を用いた。衛星通信回線は一方向(送信方向)のみを用い、ISDN回線はデータの送達確認および再送処理に用いる。通信衛星を用いてデータを送信する方法には、独立キャリア伝送方式(以下アウトバンド方式)とTV波のデジタル副搬送波の独立データ部を使用する方式(以下インバンド方式)がある。

アウトバンド方式は一本の衛星中継器(トランスポンダ)の帯域を分割し、帯域内に独立キャリアを送出する方式である。この方式は一般に用いられる方式であるが、専用の送受信設備が必要であり、衛星通信回線も相対的に高価というデメリットがある。これらのデメリットを改善するために、今回の実験システムではインバンド方式を採用した。BSあるいはCS放送で一般に用いられるデジタル副搬送波(PCM音声フレーム)の構成を図2に示す。この独立データ部は一般の映像伝送では使用されず、空き状態となっている。この独立データ部を利用することにより、回線使用料が安価、かつ受信局では市販のCSアンテナ、チューナー、デスクランブラを使用することができ、安価な受信システムを構築することができる。

独立データ部については、スクランブラデスクランブラ間で誤り訂正符号化、復号化を行なっているが(BCH方式、63、56ブロック符号)、さらに信頼性をあげるために、データエンコーダ→データデコーダ間で二重に誤り訂正符号化、復号化を行なっている(BEST方式、270、190短縮化差集合巡回符号)。衛星通信アダプタはIPデータグラムを衛星通信回線にのせるために、イーサネットフレームとHDLCフレーム間のプロトコル変換を行なっている。また、ワークステーションとのインタ

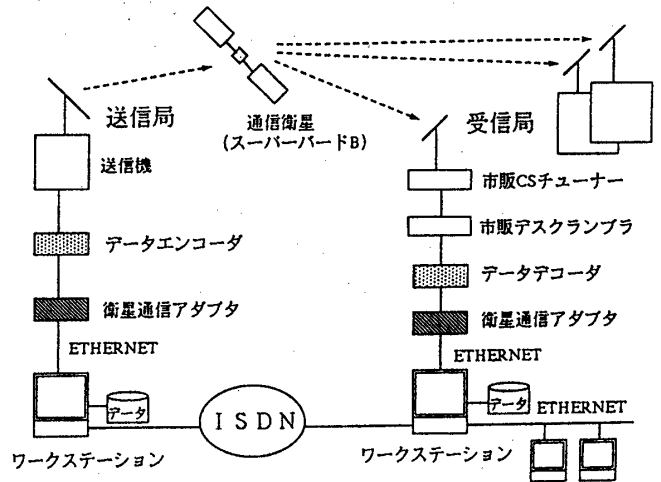


図1 システム構成図

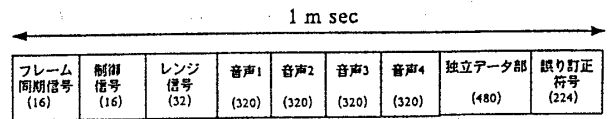


図2 PCM音声フレーム構成

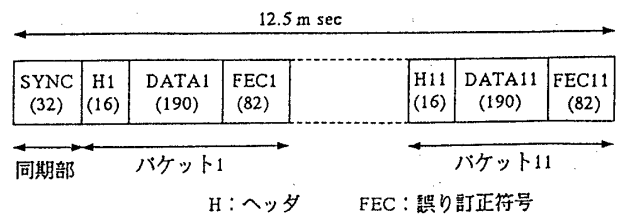


図3 フレーム構成(データエンコーダ→データデコーダ間)

フェースにイーサネットを採用することによって、複数の汎用ワークステーションから衛星通信アダプタをアクセスでき、増設時も新たなハードウェアの追加を必要としない。

* TCP/IP Communication Equipment and their Performance utilizing Communication Satellite

[†] Katsuhiko WADA, OMRON Corporation
[‡] Yoshitomo SAKATO, MITSUBISHI Electric Corporation
[§] Masahiro ABE, OMRON Corporation
[§] Hiroyuki KUSUMOTO, KEIO University
[∞] Shuuji ISHII, University of Electro-Communications

3. 通信方式

PCM音声フレームの独立データ部のベアラ速度は480 kbpsである。今回使用しているスカイポート方式では、スクランブラーデスクランブラ間でスクランブル情報伝送(160 kbps)のために、使用可能な通信ポートは64 kbpsと256 kbpsの2ポートになり、256 kbpsのポートを使用している。さらに、データエンコーダ-データデコーダ間ではデータをパケットに分割して誤り訂正処理を行なう。そして、11個のパケットを1フレームとして伝送している。このフレーム構成を図3に示す。そのため実効の通信速度は160 kbpsとなる。

衛星通信アダプタから見ると、衛星通信回線はトランスベアレントな回線である。そこで、回線上のデータの有無、伝送誤りが検出できるように、衛星通信アダプタ間ではHDLCフレームを用いた。HDLCフレームとイーサネットフレームとの関係を図4に示す。HDLCフレームの情報フィールドに、イーサネットフレームのデスティネーションアドレスからデータフィールドまでをそのままカプセル化して入れている。HDLCフレームのアドレスフィールドは現在のところ使用していないが、サービス識別子として使用すれば、サービスによってデータを配信することも可能である。また、制御フィールドは送信局から各アダプタへの制御信号として用いることが可能である。

4. 衛星通信アダプタ

衛星通信アダプタはディップスイッチにより送信モードと受信モードに切替えることが可能である。データエンコーダ、データデコーダとのインタフェースはRS449を用い、外部のクロックに同期して動作するため、アウトバンド方式でも用いることができる。また、RS232Cインタフェースを介して、外部の簡易端末より通信状況のモニタ、監視、各種パラメータの設定を可能とした。衛星通信アダプタはIPアドレスを割り当てられ、静的な経路を設定することができ、ワークステーションに対してはIPルータとして動作する。

5. システムの評価

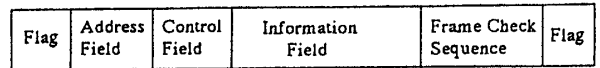
・ビット誤り率特性と降雨マージン

受信C/Nとビット誤り率の関係を図5に示す。アンテナ径1.2mの受信局で受信した場合の晴天時(受信C/N=14 dB)のビット誤り率(BER)は $BER \ll 1 \times 10^{-8}$ が得られ、データ伝送の限界品質を $BER = 1 \times 10^{-6}$ (受信C/N=6.4 dB)とすると降雨マージンが7.6 dBとなり、関東地方において稼働率が99.9%以上確保できることがわかった。また、直径75cmのアンテナ使用時でも、3.6 dBのマージン(稼働率99.9%)が確保できる。

・実効データ転送速度

ftpで136 kbpsの実効転送速度が得られることがわかった。

HDLC Frame



Ethernet Frame

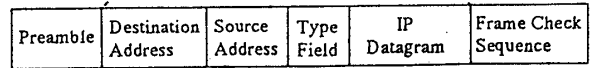


図4 HDLCフレームとイーサネットフレームの関係

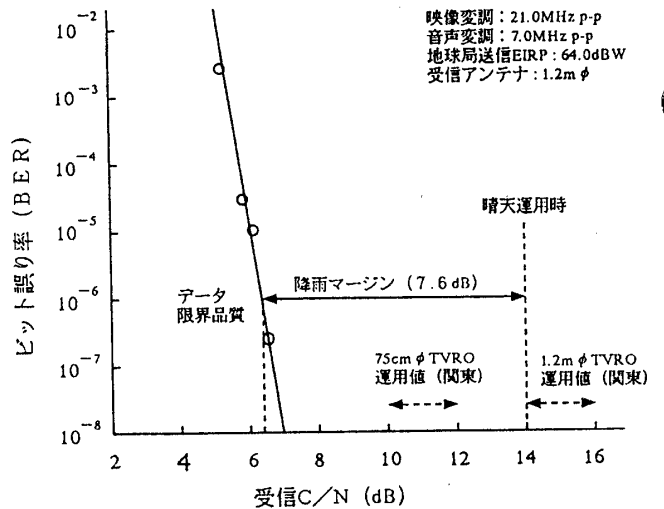


図5 受信C/Nとビット誤り率の関係

・送信時の伝送遅延時間

送信時のデータ伝送遅延時間(ワークステーションからワークステーションまで)は実測値は約320 msecである。電波が通信衛星を経由して地上局に届くまでは250 msecの遅延が発生する。データエンコーダ、データデコーダ間で、5フレーム分(62.5 msec)の処理時間を要し、その他の機器での処理時間、ソフトウェアのオーバーヘッドを考慮すると、ほぼ計算値に近い値であることがわかる。

6. おわりに

本システムの基本実験運用はWIDEプロジェクトの研究ネットワークとして、慶應義塾大学、東京大学、電気通信大学、京都高度技術研究所(ASTEM)の4箇所を受信局に92年9月1日より開始している。今後は広域マルチキャスト通信のためのトランスポート層プロトコル、経路制御プロトコル、アプリケーションについて研究、実装を行なう予定である。本研究を遂行するにあたって、協力、支援していただいたS&D研究会[代表 オムロン(株) 常務取締役 飯村 二郎氏、三菱電機(株) 衛星通信営業部長 中西 道雄氏]、およびWIDEプロジェクトのメンバーに深謝します。