

異種ネットワーク間インタフェース

佐野 晋* 筒井 秀敏* 砂田 泰孝** 丸本 悟*** 福村 和悦*

*日本電気(株)、**日本電気情報サービス(株)、***中国日本電気ソフトウェア(株)

筆者らは、TCP/IPプロトコルを利用した10MBPS、1MBPSのローカルエリアネットワークおよびX.25パケット交換網を相互に接続したインタネットワークを構築した。

本稿では、このインタネットワークの構成・機能の概要を説明し、開発に際して問題となったルーティング、フローとトラフィック制御、パケット交換網における遠隔ログイン接続などの問題点とその解決策について述べ、さらに、性能の評価結果を報告する。

The Interface Between Various Networks

Susumu SANO*, Hidetoshi TSUTSUI*, Yasutaka SUNATA**,
Satoshi MARUMOTO***, Kazuyoshi FUKUMURA*

* NEC Corporation, ** NEC Information Service, LTD., *** NEC Software Chugoku, LTD.
14-22, Shibaura 4-Chome, Minato-ku, Tokyo 108 Japan

We developed internetwork which combines IEEE standard 802.3 10MBPS LANs, 1MBPS LANs and X.25 packet-switched network, by using X.25 to interconnect their constituent LANs, together with gateway to interface the LANs.

This paper gives an overview of functions and our implementation of the internetwork and discuss problems and our solution of routing, flow control and the cost of the TELNET connection on packet-switched network. We also evaluate performance of this internetwork.

1.はじめに

ミニコン、ワークステーション、パーソナル・コンピュータといった、小規模な計算機が普及するにつれ、これらの計算機間を相互に接続するためのLANが必須になってきた。さらに、地理的にはなれたLAN間を広域網などで接続し、より高度なインターネットワークの要求が高まってきた[4]。

筆者らは、このような分散環境でのソフトウェア開発技術の研究開発をおこなっている。この一環として、1MBPSの安価なLANとそのうえのTCP/IPプロトコルにもとづく通信ソフトウェアの開発、および、このLANと広く普及している10MBPSのIEEE802.3LAN間のゲートウェイ機能の開発をおこなってきた[1,2,5]。さらに、今回、地理的に離れたIEEE802.3LAN間をX25パケット交換網で接続しインターネットワークを構築した。

本稿では、開発したインターネットワークの構成と機能を説明する。さらに異種ネットワークを接続する際の問題点とその解決策について述べ、さらに、本ネットワークの性能評価結果を報告する。

2.構成

今回開発したネットワークは、LAN及び広域ネットワークを相互接続し、統合したインターネットワークである(図2.1)。インターネットワークは、ゲートウェイによって接続した複数のネットワークによって構成される。ここでのネットワークはIEEE802.3LAN, BRANCH4670, X.25である。IEEE802.3LANは、10MBPSのCSMA/CD方式であり、現在最も多く利用されているLANの一つである。BRANCH4670は、1MBPSのCSMA方式であり、対より線を用いたコストパフォーマンスの高いNEC製のLANである。X.25は、高品質、高信頼度の通信が可能なパケット交換網である。これらのネットワークは、プロトコルや通信速度が各々異なっている。これらの差異は、上位プロトコルによって吸収する必要がある。我々はこのための上位プロトコルにARPAインターネットで使用されている米国国防省(DoD)の標準プロトコルTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)[3]を用いた。

3.機能

ARPAインターネットのモデルに基づいてインターネットを構築した。インターネットでは、ユーザは異なるネットワークを意識することなく利用することができる。

(1) インターネットアドレス

インターネットでは、ホストは、4オクテットのアドレス(インターネットアドレス)によって識別される。このインターネットアドレスは、各ネットワークに割り当てられたネットワーク番号と、ネットワーク単位でホストに割り当てられたローカルアドレスで構成されている。ネットワーク番号は、インターネットワーク内でネットワークを一意に決定し、ローカルアドレスは、ネットワーク内のホストを一意に決定するものである。

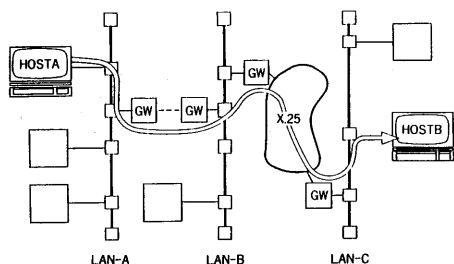


図2.1 インターネットワーク

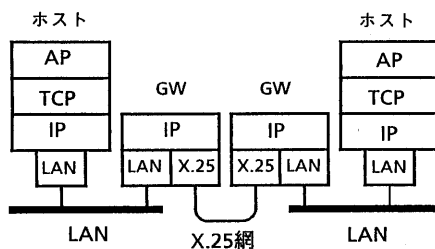


図3.1 TCP/IP

各ホストに割り当てられるインタネットアドレスは、ネットワーク番号を含んでいる。そのため、複数のネットワークに接続しているゲートウェイは、複数のインタネットアドレスを持つことになる。

(2) ルーティング

インタネットでは、あるホストから送信されたパケットはゲートウェイを経由して宛先ホストまで運ばれる。従って、各ホストやゲートウェイは、インタネットパケットの宛先アドレスから、そのパケットを次に中継すべきゲートウェイのアドレスを知らなければならない。通常、この種の情報は、ホストの内部テーブルにネットワーク番号とゲートウェイのインタネットアドレスの対として保持される。IPは、インタネットパケットの宛先アドレスのネットワーク番号を、内部テーブル中でサーチし、対応するゲートウェイに下位プロトコルを通して、直接インタネットパケットを送信する。

(3) TCP/IP

TCP/IPはインタネットの中心となるプロトコルである。IPは、OSI基本参照モデルのネットワーク層に相当するプロトコルで、複数のネットワークをゲートウェイで接続したインタネット用のプロトコルである。IPは、コネクションを必要としないパケット通信であるデータグラム方式の通信を行う。TCPは、OSI基本参照モデルのトランスポート層に相当するプロトコルで、IPの提供するデータグラムサービスを利用してバーチャルサーキットによる通信を行う(図3.1)。

4. ゲートウェイ機能の問題点

a) ルーティング

本インタネットワークで用いられているルーティングプロトコルはUNIX 4.2, 4.3 BSDで採用されているルーティングプロトコルとおなじものである。これは、Xerox Network Systems ルーティングインフォメーションプロトコル [6] に準拠したもので、次のような特徴を持っている。

- (a) ルートの選択基準として、通過するゲートウェイの数を用いている。
- (b) 個々のネットワークに関するルーティング情報は、ゲートウェイ上のルータのブロードキャストにより逐次的に全ネットワークに伝達される。
- (c) すべてのホストやゲートウェイが、ルーティング情報を保持するためにルートテーブルを持つ。

UNIX 4.2, 4.3 BSDで採用されているルーティングプロトコルは、ルータのインプリメントが簡単である反面、次のような問題点を持っている。

① ルートの選択基準

ルートを選択する基準として通過するゲートウェイの数を使用する方法は、インタネットワークが均質なネットワークによって構成されている場合に限り有効である。IEEE802.3 LAN、BRANCH4670、X.25のように、転送速度のかなり異なるネットワーク間でこのルールを採用すると、低速ネットワークの通過を回避できず、最適なルートを選べない可能性がある。

② ブロードキャストによる情報交換

IEEE802.3 LANのようなバス型ローカルエリアネットワークでは、ブロードキャストもホスト同士の一対一通信も、コストは同じである。しかし、X.25のように、ポイントツーポイント型ネットワークで、ブロードキャスト機能自体をサポートしていないネットワークの場合、いちいち相手ホストを指定してルーティング情報を伝達するのは現実的でない。

そのため、ルータは、ルーティング情報をファイルから取り込む機能を持っている。この機能は、X.25 ネットワークと接続されたゲートウェイで利用できる。このファイルに、X.25 ネットワークを通して接続できるネットワークの情報を記述しておけば、ゲートウェイ上のルータがこれをX.25以外のネットワークにブロードキャストし、X.25 ネットワークを経由するルーティングが可能になる。

しかしながら、この方法によるルーティングは、ネットワークトポロジのダイナミックな変化には対応できない。また、X.25 ネットワークと接続しているゲートウェイすべてに、ルーティング情報を記述したファイルを配置しなければならず、それらの一貫性を保証するための管理機構が必要になる。

③ ルートテーブル

大規模なインタネットワークになると、それを構成するネットワークの数も膨大となる。そのため、ワークステーションのような比較的小規模なホストでは、すべてのネットワークに対するルートテーブルを持つことが負担になる。また、通常のホストが通信する相手は、一部のネットワーク上に集まることが予想され、ホストのルートテーブルの多くは、ほとんど参照されることがないと考えられる。

④ ルーティング情報の正当性

UNIX 4.2, 4.3 BSD のルーティングプロトコルでは、ルーティング情報自体の正当性を判断することができない。同じネットワーク番号を使用しているネットワークが複数存在しても、ルータはそれを認識することができない。これは、一部のホストやゲートウェイが誤ったルーティング情報を出した場合、周辺のホストがその誤ったルーティング情報を取り込み、正しいルーティングを行えなくなる可能性を意味している。

b) フローコントロール

異なった速伝送度のネットワークの整合にはフローコントロールが重要な役割をする。ここでは、TCP/IPプロトコルを利用して異なる速度伝送のネットワーク間を総合接続した時のフローコントロールに関する問題点について説明する。

-再送タイムアウトの問題

異種ネットワーク上でTCP接続されたフローの再送タイムアウトはそのネットワーク上のトラヒックに応じて動的に決める必要がある。ここでTCPでの再送タイムアウトの手続きについて説明する。まずあるパケットの送信時刻とそれに対する確認応答パケットの受信時刻との差を求める。この応答経過時間をRTT(Round Trip Time)とする。次に、このRTTにより次式で平滑化したSRTT(Smooth RTT)を求める。

$$SRTT = (\alpha * SRTT) + ((1 - \alpha) * RTT)$$

α : 平衡化因子 (0.9)

β : 遅延変動因子 (2.0)

実際、使用する再送タイムアウト(RTO)は、

UBAOD: 再送タイムアウト上限

LBAOD: 再送タイムアウト下限

$$RTO = \min[UBOUND, \max[LBOUND, (\beta * SRTT)]]$$

である。計算される再送タイムアウトは、TCPコネクションごとに保持される。

ここで問題となるのは、TCPのコネクション時におけるRTTの初期値である。ネットワーク・インターフェースに不適当なRTTの初期値を理由もなく使用するのは危険なことである。例えば非常に短いRTTの初期値はコネクション時に過度な再送を引き起こしパケットの多大なコピーによってそのネットワークをロックアップ状態に陥らせる危険性がある。又、逆に長いRTTの初期値は、ゲートウェイのふくそう、ノイズ等により途中でパケットをドロップした場合に必要な以上の応答待ちが生じてしまう。通常、4.2BSDのTCP/IPは、802.3LANのような高速なネットワークを想定しているためこのような問題は起こらない。しかし、X.25のような低速なネットワーク・インターフェースをこのTCP/IP下にインプリメントした時に、TCPコネクション時に要する時間が異常に長いという形で発生した。ファイル・サイズ30Kbyteのファイル転送を行なった時のRTTの初期値と再送回数について測定した結果を図4.1に示す。パケット・モニタリングの結果、この再送回数の8割がたはコネクション時のものであった。これは4.[23]BSD TCPプロトコルの設計上の問題でありネットワーク・インターフェースごとに適切なRTTの初期値設定を行っていない為である。現在、この問題の解決案としてネットワーク・インターフェースごとにRTTの初期値を確保しておく方法を検討

している。現在の4.[23]BSDではTCPコネクションがクローズされた時にそのセッションで得られたSRTTは捨てられてしまうが、このSRTTを確保しておき次回のコネクションにおけるRTTの初期値として使用する。この方法によりトータルな再送回数を減らすことが可能である。

-IEEE802.3LAN と X.25ネットワーク間接続の問題

TCPプロトコルは、複数のネットワークが共存する環境でエンドツ-エンドの信頼性の高いプロセス間通信を提供している。原理的には下位層が必ずしも信頼性の高いネットワーク網をも含めた広範囲な通信システム上で動作できなければならない。しかし図4.2の例のように低速ではあるが極めて信頼性の高いサービス提供が保証されるパケット交換網とIEEE802.3LANのような高速ではあるが受信確認を行っていないネットワークとをタンデム接続した場合、ホストAから送信されたデータ・パケットがGW-B間でゲートウェイのふくそう、ノイズ等により紛失してしまった時、ホストAは、信頼性の高い網に対しても再送してやらなければならない。このことは、単に信頼性の高い網に対しての意味のないパケットの送出ということだけではなく、もしその失なわれたパケットがゲートウェイによりIPフラグメントされ送出されたパケットの一部であったなら、ホストAはそのパケット全体を再送する必要がある。このことはゲートウェイで発生する混雑を増幅させトータルなスループットを低下させてしまう。

-ウィンドウ-サイズの問題

TCPのウィンドウは、受信側のホストが受信可能なオクテット数であり、TCP接続の両端でフロー制御に使用される。TCPの最大ウィンドウ-サイズは、TCP接続の両端のホストが利用可能なバッファ空間の大きさで決められ、大きいほど転送効率を高める効果がある。しかし、TCP接続にゲートウェイが介在する場合、TCP接続の両端のホストのバッファ空間の大きさだけで最大ウィンドウ-サイズを決める方法には無理がある。もしゲートウェイが、TCP接続の両端で決められた最大ウィンドウ-サイズに比べて、小さなバッファ領域しか確保できなかった場合、ゲートウェイに到着するパケットが、受信可能な範囲を越えてしまう可能性がある。ゲートウェイはこうしたパケットを捨ててしまうため、TCPによるパケットの再送が発生する。このような状況が頻繁に発生すれば、ゲートウェイの負荷が増長され転送効率が低下してしまう。又、TCPではウィンドウ管理がオクテット単位で行なわれているため、TCPの小さなウィンドウ-サイズは送信データを断片化しパケット数を増大させる。このような場合、下位ネットワークがパケット交換網のようにパケットのウィンドウ管理を行なっているネットワークに悪影響をあたえてしまう。

以上のような問題は、TCP/IPが再送を基本として設計されたプロトコルであるために発生したといえる。

- パケット交換網 (9600bps) によるLAN間接続
- ▲ シリアル回線 (4800bps) によるLAN間接続

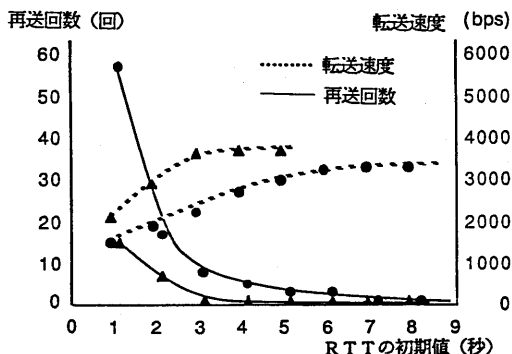


図4.1 RTTの初期値と再送回数

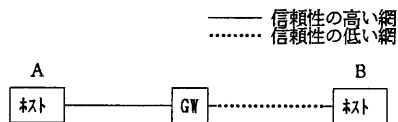


図4.2 信頼性の異なったネットワーク間接続

c) パケット交換網とUNIX

UNIXの端末インターフェースは通常全二重モードの1文字エコーバックを基本としている。端末でタイプインした文字は、1文字ごとにホスト・コンピュータに送られ、処理し、再びエコーバックの為に端末に送り返えされる。このことは、パケット交換網を介してUNIXの仮想端末接続として使用する際に次のような問題点があげられた。

- パケット網による遅延のため、タイプインしてからエコーバックされるまでの時間が長くかかる。(本インターネットワークでは約1秒かかった。)

- パケット単位の課金を基本とする網では、パケット数が多くなり不経済である。

以上の問題は、ローカル・ホストで、ローカル・エコー・シキャリッジ・リターンをデリミタとしてパケットを組み立て送信することにより解決できる。しかし、スクリーン・エディタ等での1文字の送信やパスワード入力時のエコーのサプレスは必要である。そこで必要な時だけアプリケーションの要求によりリモート・エコー/1文字送信とローカル・エコー/1行送信の状態を切り換えるようにした。この制御の伝達手段としてTELNETコマンドのネゴシエーション・プロトコルを使用した。これによって、通常の場合でのパケット数が減り経済的になった。

5 ゲートウェイの性能評価

現在稼働しているゲートウェイは、以下のネットワーク間をインターネットワークにより接続している。

ゲートウェイ	機種	OS
① IEEE802.3LAN - BRANCH4670	PC-9800	(PC-UX)
② IEEE802.3LAN - パケット交換網	VAX-11/780	(4.2BSD)
③ IEEE802.3LAN - シリアル回線	VAX-11/780	(4.2BSD)

ゲートウェイの性能評価の一項目としてftpコマンドを用いてベンチマーク・テストを行った。その結果を図5.1と表5.2示す。

表5.2 FTPコマンドを用いたLAN間接続の転送速度

	回線速度	転送速度	回線効率
パケット交換網	9.6Kbps	3.3Kbps	37.5%
シリアル回線	4.8Kbps	3.8Kbps	79.2%

IP最大フラグメント・サイズ X.25 1500オクテット
シリアル回線 1006オクテット
X.25パラメータ(1976年版)
最大パケット・サイズ 256オクテット
送信ウィンドウ・サイズ 2
受信ウィンドウ・サイズ 2

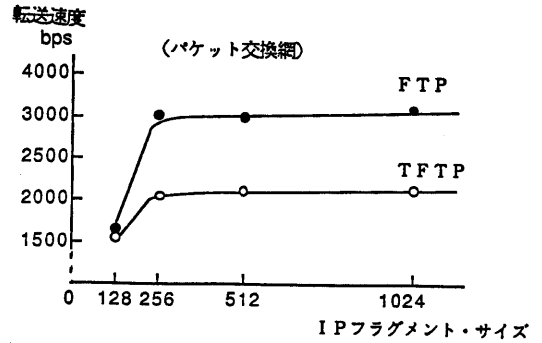
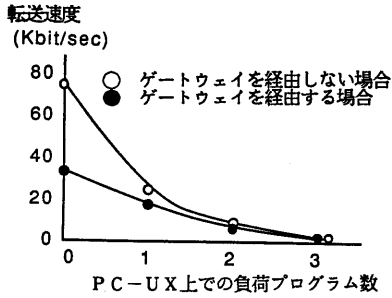


図5.1 IEEE802.3 LANとBRANCH4670間の性能評価

図5.3 IPフラグメント・サイズと転送速度

①のゲートウェイによる速度低下は、ゲートウェイがパーソナルコンピュータであるため、前述したウィンドウ・サイズ問題による速度低下である。

②、③について比較するとTCPのような信頼性のあるプロセス間通信が提供されているプロトコル下では、シリアル回線でのLAN間接続の方が回線効率がよい。しかし、今後パケット交換網においては、より高速で信頼性のあるネットワーク構築が可能である。

②については、パケット網側での最適なIPフラグメント・サイズを得るために、IPフラグメント・サイズと転送速度についてftp,tftpコマンドを使用し測定を行った。その結果を図5.3に示す。(IPフラグメント・サイズがX.25最大パケット・サイズを越える場合Mビット分割/組み立て機能が使用される。IPデータグラムはX.25の完全パケット・シーケンスとして送受信される。)この結果からX.25最大パケット・サイズ(256オクテット)を越えるIPフラグメントの効果は、転送速度にあまり影響はしなかった。

6.おわりに

今回は、TCP/IPプロトコルをベースとして、異種ネットワークのインタネットワークを構築した。今後は、さらに機能、性能を向上させるとともに、このような環境下での利用技術を確立していきたい。

最後に、本研究をすすめるにあたり御指導、御協力をいただいた、マイクロコンピュータ・ソフトウェア開発本部の寺本本部長代理、藤林部長、内田氏、マイクロコンピュータ技術本部の原田氏に感謝いたします。

参考文献

- [1] 佐野、竹内、原田:「UNIXを用いたソフトウェア分散開発環境-LANアプリケーション」、情報処理学会第31回全国大会、pp.779-780、1985.
- [2] 佐野、加藤、福村、藤林:「PC-UXとLANによるソフトウェア開発環境の改善とその評価」、情報処理学会第32回全国大会、pp.775-776、1986.
- [3] DDN:「DDN Protocol Handbook」、SRIインタナショナル、1986.
- [4] シグマ開発本部編:「シグマシステム基本計画」、ネットワークニュース社、1986.
- [5] 原田、竹内、佐野:「UNIXを用いたソフトウェア分散開発環境-異種LAN、異機種ホストの結合による開発」、情報処理学会第31回全国大会、pp.777-778、1985.
- [6] Xerox:「Internet Transport Protocols」X SIS 028112, Xerox System Integration Standard, 1981.