

2S-3

IP ネットワークにおける ISDN の利用

加藤 朗¹⁾ 稗田 薫²⁾ 村井 純¹⁾

1) 慶應義塾大学環境情報学部 2) 上智大学理工学部

1 はじめに

広域で大規模な分散環境の構築に際して、さまざまな通信技術を複合的に有効利用することは重要である。そのため、わが国のインターネットの構築では高速デジタル専用回線、音声専用回線、公衆パケット交換網、私設パケット交換網などの各種通信媒体を複合的に利用している [1]。しかしながら、必要な時のみ回線を使用するような間欠リンクの利用は、実験的には行なわれてきたものの [2]、接続時間や帯域・信頼性などの点で IP ネットワークとして用いるには充分ではなかった。

最近一般的になってきた ISDN の回線交換サービスは、基本チャネルとして 64kbps の帯域が提供されるので、IP ネットワークを構成する上で有効な媒体である。従って、広域分散環境の構築にはその利用技術の開発と確立が急務である。そのため、WIDE プロジェクト [3] では、ネットワーク間接続を用いた広域分散環境における ISDN の有効の利用技術に関する研究実験を実験基盤の WIDE Internet を用いて開始していた [4]。

従来回線交換網は、バーチャルサーキットを基盤とした技術との整合が考えられているが、WIDE Internet のようなデータグラムを基盤としたネットワークにおいては確定したモデルが存在していない。そのため、WIDE プロジェクトでは、インターネットデータグラムにおける ISDN を含んだアーキテクチャのモデルを仮定し、そこから生じる要求に従った通信機能の設計・実現を行い、その評価を行った。本実験で使用したシステムでは X.21 インターフェースを有する市販のターミナルアダプタを用い、自動発信および自動受信の制御を行っている。

2 間欠リンクの利用

ISDN の回線交換サービス（以下特に記さない限り回線交換サービスのみを考える）を利用した間欠リンクは、パケット交換網よりは高帯域であるため、パフォーマンスの点で非常に有利であり、また専用回線と比較した場合、不特定の相手と通信でき、また必要な時のみ接続を行なうことができるという特徴をもっている。

これらの特徴を生かした広域分散環境における利用方法として、次のような項目を挙げることができる。

1. 通信量が少ないリンクの場合、専用線は経済的でない場合がある。そのため、間欠リンクによって必要な時のみ接続を行なう。一つのポートを多くの間欠リンクによって時間分割して共有することが可能である。主に、末端ネットワークとの接続に用いられる。
2. 自宅やホテルなどに計算機を移動しても、接続を行なうことができる。これは 1 の一種とも考えられるが、可動ノードにとっては重要である。
3. ネットワークにトラブルが発生した場合、間欠リンクを起動してそれをマスクする。冗長な専用線を導入するのに比べて経済的である。また、発生したトラブルに対して最適な補間リンクを選定することもできる。
4. 専用線やパケット交換網と併用し、トラフィックに応じて動的にリンクの帯域を変化させる。トラフィックの分布によっては、効率的にネットワークを運用することができる。

等が考えらる。従来の専用線を中心としたネットワークに ISDN のような高速間欠リンクを用いることで、より多くの相手に対して効率良く、経済的なサービスを提供することが期待される。

IP based internet with ISDN

Akira Kato 1), Kaoru Hieda 2), and Jun Murai 1)

1) Keio University 2) Sophia University

3 IP インターネットと ISDN

WIDE Internet は TCP/IP プロトコルを基盤としているため、ネットワーク層は IP [5]、すなわちコネクションレスのデータグラム伝送が基本である。従って、何らかの方法でこのデータグラム伝送を効率良くコネクションオリエンテッドな ISDN の回線交換サービス上に実現しなければならない。この状況は X.25 上で IP データグラムの送達を行なう場合に良く似ているが、バーチャルサーキットの設定に関する課金の程度が大きく異なるため、同一に扱うのは無理がある。

TCP/IP インターネットにおいて ISDN を効果的に利用するためには、効率の良い呼の制御を行なうことが重要になる。つまり、

- A. いつどこからどこに発呼するか
- B. どの呼をいつ切断するか
- C. リンクの状態の変化をどのようにネットワーク全体の制御に取り込んでいくか

ということが問題になる。

これらの項目は、間欠リンクの利用形態によってその制御方法は異なってくる。例えば故障をマスクする目的であれば、全体のスルーットよりもコネクティビティを保つことに重点がおかれるだろうし、分断されたネットワーク間接続では、ポートの利用率や経済性が重視される。

4 実験システムとその実現方法

4.1 実験システム

実験には X.21 のインターフェースを持つ ISDN 用ターミナルアダプタを使用し、ISDN を収容するゲートウェイには SUN4 を用いた。ISDN の B-channel 上に実現される間欠リンクは Point-to-Point（以下 PP と記す）リンクとして実装されている。そして BSD 版 UNIX で言うところのネットワークインターフェースである `if` を一つ割り当てることにした。PP リンク上のデータリンクプロトコルとしては、PPP [6] を将来は用いるべきであるが、現在は Xerox 社のリシアルリンクプロトコル [7] を用いている Sun Microsystems 社の Sunlink/IR を使用した。

IP アドレスの割り振りも暫定的に IP/ISDN として一つの Class C の IP ネットワークアドレスを使用し、それぞれの ISDN ゲートウェイの `if` に IP アドレスを割り当てた。`if` としては、非接続状態では相手 IP アドレスが指定されていないため、非 PP リンクになっているが、接続が行われた時に PP リンクになる。ソフトウェア構造を図 1 に示す。ISDN への接続には X.21 インターフェースを持つターミナルアダプタを使用しているため、網制御を行う部分は Sync ドライバを、相手側と接続後は Sunlink/IR のパケットの伝送のため HDLC ドライバを切り替えて使っている。

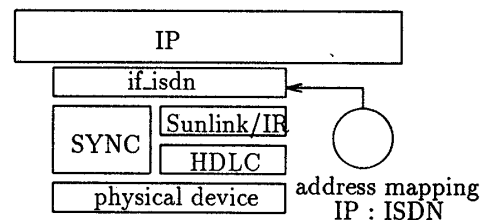


図 1: ISDN ドライバの構成

発呼は現在の実装では、ISDN ポートに対応する `if` に IP データグラムが到着した時点で行われる。まず、IP モジュールによって指定された次段ゲートウェイ IP アドレスを ISDN アドレスに変換する。この変換は予め UNIX Kernel 内に設定された変換テーブル

を検索することによって行なう。この検索表は、着呼時にターミナルアダプタから送出される相手側 ISDN アドレスから IP アドレスに変換する場合にも用いられる。また flag を付けることにより、特定の相手に対する発呼や着呼を禁止することもできる。相手側 ISDN アドレスが変換表に登録されていない場合、着呼は禁止され、予期しない相手からの接続を拒否するようになっている。

呼の切断はタイムアウトによって行なっている。予め設定された時間以上パケットの交換が行なわれない場合、呼を切断する。課金秒数が同一単位料金区域内は昼間 180 秒であることから、default では 100 秒に設定してあるが、変更することも可能である。

このシステムでは、発呼から IP パケットの交換が可能になるまで約 10 秒程度であり、また接続後の RTT は 40ms 程度であった。ftp によるファイル転送では、6 kB/sec 程度のパフォーマンスを得ており、64kbps の専用線に対してそれほど遜色のないものであることがわかる。この発呼から 10 秒程度という時間は、主に Sunlink/IR のデータリンクプロトコルによるネゴシエーションによって使われている。Sunlink/IR を使わずに、HDLC のデータ部に直接 IP パケットを伝送するような方式では、発呼から 3~4 秒で通信が可能な状態になる。

4.2 インターネットでの実験

先に挙げたように ISDN を間欠リンクとして使う方法として、1~4 のようなものがあるが、インターネット環境として重要であるという点で、まず 4 を考えることにした。1 はこれに比較すると、定常的にパケットを交換することができるリンクが存在しないので、経路制御情報の取り扱いがやや面倒である。

大量のデータ転送を行なうアプリケーションを帯域の狭い専用線に実行した場合、そのリンクを使っている他のアプリケーションに対して、応答が悪くなってしまう。そのため、例えば Type of Service (TOS) 別に、専用線を使うか間欠リンクを起動するかを判断を行なうことを考えることができる。

現在の IP の実装では、TOS 別の経路制御は実現されていないため、このことをそのまま実験することができない。そこで負荷の時間集中の割合が高く、大量のデータ転送を伴うアプリケーションとしてネットワークニュースを選び、IP の TOS 別経路制御を利用するのではなく、別のアドレスを割り振り、アプリケーションレベルでどのアドレスを使うかということによって TOS を示す方式によって TOS 別経路制御を行なった場合をシミュレートした。

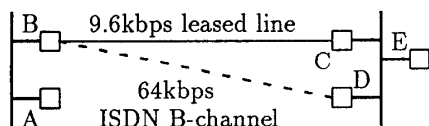


図 2: NNTP による実験構成

実験の構成は図 2 の様になっており、ホスト A と E が NNTP[8] によってネットワークニュースの交換を行なう。ホスト A には別な IP アドレス A' を、ホスト E には E' を割り振り、ゲートウェイ B, C, D では、A', E' への経路は間欠リンクを経由するように静的に設定し、NNTP では A', E' というアドレスを使用するようにした。この結果、NNTP のみ間欠リンクを経由し、他の IP パケットは専用線を通るようにすることができ、ニュースの転送のための専用線の混雑を避けることができた。

5 実験システムの問題点

NNTP の実験では、トラフィックを分離することができ、このような方法が有効であることを示すことができたが、実際にインターネット構築に応用するには多くの問題がある。

一つは、発呼や呼の切断のタイミングである。NNTP では一度コネクションが確立すればある程度のトラフィックがあることは容易に予想でき、セッション終了まで時間間隔が大きく空くことなしにトラフィックがあるため、最初のパケットで発呼し、タイムアウトで呼を切断するという単純な規則でも効率的であるが、その他の

サービスではこのような性質があるとは限らない。TCP/IP ネットワークにおけるトラフィックパターンへの整合を考慮する必要がある。

二つ目は経路情報の取り扱いである。IP による TOS 別経路制御が実現されていないために、別なアドレス A', E' を導入し、ゲートウェイでの静的な経路情報を設定したが、実用レベルでこのようなことを行なうのは現実的ではない。また現在の経路制御技術は、経路状態の変化の頻度があまり高くないことが前提として考えられているものが多いが、ISDN の普及に伴い、間欠リンクがインターネット上に数多く存在するようになると、経路情報の伝搬なども問題になってくる。

今回の実験では取り上げなかったが、2つのゲートウェイ間に複数の B-channel の接続を行ない、負荷分散して帯域を拡張することや、多くの間欠リンクの候補がある場合、どの間欠リンクを起動するのが効果的であるかということなどを判定することなども考えていかなければならない。特に後者は経路制御や輻輳の検出、輻輳の状況の把握などのネットワーク管理技術との関連も考慮しなければならない。また、3 のような応用を考えると、どのリンクをまず回復させるかといった優先順位に関することから、経済的な運用のためにはコスト面からの考慮も必要である。さらに IP アドレスと ISDN アドレスの対応の問題についても考えなければならない。

6 今後の課題

今回の実験では、発呼や呼の切断を単純な機構で実現したが、インターネット上で実用するためには、パケットの到着やタイムアウトのみではなく、他の多くの要素を考慮して決定することが必要である。現在の実装では、ドライバ内部で発呼や呼の切断の判断を行なっているが、呼の制御に関するポリシー決定の部分を別に実装し、種々の要素を考慮することを検討している。

また現在の実装では、一つの if を相手が変わる度に相手アドレスフィールドを書き換えることで共有している。また、ISDN を使用するホスト群で一つのネットワークアドレスを共有しているが、それがインターネットとして実用に供する場合に適しているかどうかということも再検討しなければならない。

ISDN はインターネット構築に有用な媒体であるが、それをインターネットの中で有効利用するためには多くの問題の解決が必要である。

謝辞 議論をして頂いた WIDE プロジェクトメンバに感謝します。

参考文献

- [1] Jun Murai et al. Construction of Internet for Japanese Academic Communities. In *Proc. of SuperComputing '89*, IEEE, 11 1989.
- [2] 加藤朗. JUNET のネットワークニュースシステム. , 第 3 回全国大会予稿集, 情報処理学会, 1987.
- [3] Jun Murai et al. Construction of the Widely Integrated Distributed Environment. In *Proc. of TENCON '89*, IEEE, 11 1989.
- [4] 櫻井三子, 他. WIDE Project における ISDN の利用. , 第 14 回 JUS Symposium 予稿集, 日本 UNIX ユーザ会, 10 1989.
- [5] J. Postel (ed.). *Internet Protocol - DARPA Internet Program Protocol Specification*. Defense Advanced Research Projects Agency, 9 1980. RFC 791.
- [6] D. Perkins. *The Point-to-Point Protocol: A Proposal for Multi-Protocol Transmission of Datagrams Over Point-to-Point Links*. Carnegie-Mellon University, 11 1989. RFC 1134.
- [7] Xerox Corp. *Synchronous Point-to-Point Protocol*. 12 1984. XNS Standard 158412.
- [8] Brian Kantor and Phil Lapsley. *Network News Transfer Protocol*. UC San Diego and UC Berkeley, 2 1986. RFC 977.