

MAN技術を用いた地域商用IXの構築

八代一浩¹, 笹本正樹², 山本芳彦³, 岡裕人⁴, 渡辺一弘⁵, 林英輔⁶

山梨県立女子短期大学¹, ニスカ株式会社², サンテクノカレッジ³, セコムウインテック山梨⁴,
日本ネットワークサービス⁵, 麗澤大学国際経済学部⁶

概要

エンドシステム間の通信環境の改善を行うために地域IX(Internet Exchange)を用いる手法がある。地域IXの必要性は認識され各地で運用が行われているものの、費用対効果などの問題から商用的運用を行うには問題が多い。

本論文では、まず地域商用IXを構築する際の問題点を明らかにする。次にこの問題を解決する1つの方法として、地域に商用IXを構築するためのモデル、およびこのモデルに基づきMAN(Metropolitan Area Network)技術を実装したIXシステムを提案する。さらに、このシステムの有効性を実証する実験によって技術的課題を検討した。その結果、このシステムによるIXの安定運用に問題がなく、したがって本モデルに基づくシステムの実現が可能であることを示す。最後に本モデルにもとづいて実装を行ったBeX-J(Broadband or Business EXchange Japan)のシステムについて説明を行う。

Regional Commercial IX with MAN technology

Kazuhiro, YATSUSHIRO¹, Masaki, SASAMOTO², Yoshihiko, YAMAMOTO³, Hiroto, OKA⁴,
Kazuhiro, Watanabe⁵, Eisuke, Hayashi⁶

¹Yamanashi Women's Junior Collge, ²NISCA Co., ³SUN Techno College,
⁴Secom Wintech Yamanashi Co., ⁵Nihon Network Service Co., ⁶Reitaku University

Abstract

There is a method which use regional IX to improve the network environment between end systems. Regional IX has been operated in several places but it is seldom to operate as a commercial IX due to the unclear effects to the costs.

First, this paper describes the problems to construct a regional commercial IX. Next, we propose the model to solve these problems. And then we recomand to use MAN technologies for the implementation. We also show that this method can introduce the commercial management of regional IX because MAN technologies influence to several layer providers. Finally, the BeX-J(Broadband or Business EXchange Japan) are introduced as an implementation of this method.

1 はじめに

CATV インターネットやADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)など高速で安価な接続線がインターネットで利用されるようになり、多くの利用者が常時高速でインターネットへ接続を行うようになってきている。しかしながら、利用者の立場でインター

ネットを利用したとき、必ずしも高速で安定した通信が行えているわけではない。これらの問題を解決するため、地域IXを構築しエンドシステム間の通信環境の改善を行う手法が有効であることが示されている[1]。地域IXの構築は、通信環境の改善ばかりでなく、ISP相互の接続を行う機会を提供しトラヒックの分散をもたらす効果もある。



図 1: 商用 National IX のモデル

国内においても複数の場所で、地域 IX の運用が実験的に行われている。地域 IX の構築により、通信環境の改善、通信の安全性、経路の安定性など地域 IX の必要性は認識されている。しかしながら、これまでの運用から各地に共通の問題として費用対効果に関する問題や技術者不足による運用に関する問題が議論されている [2]。そのため地域 IX の必要性は認識されているものの、運用を商用化するには多くの問題がある。

本稿では、まず地域商用 IX を構築する際の問題点を明らかにする。次にこの問題を解決する 1 つの方法として、地域に商用 IX を構築するためのモデル、およびこのモデルに基づき MAN (Metropolitan Area Network) 技術を実装した IX システムを提案する。さらに、このシステムの有効性を実証する実験によって技術的課題を検討した。その結果、このシステムによる IX の安定運用に問題がなく、したがって本モデルに基づくシステムの実現が可能であることを示す。最後に本モデルにもとづいて実装を行った BeX-J (Broadband or Business EXchange Japan) のシステムについて説明を行う。

2 商用 IX について

図 1 に国内規模で運用されている商用 IX (以下商用 National IX) のモデルを示す。

このモデルでは IX 事業者が安定したデータリンク層を提供し、ISP がネットワーク層でトラヒックの交換を行っている。IX 事業者は、施設内に参加者のネットワーク機器等を収容する場所を作り、ハウジングサービスで収益をあげることもできる。一方、IX に参加する ISP にとっては、参加者が多く集まることによる相互接続に関するコスト (ピアリングコスト) の削減や、トラヒックの分散効果を期待して参加する場合が多い。

しかしながら、この商用 IX モデルを地域に導入する場合には問題がある。まず、地域において参加

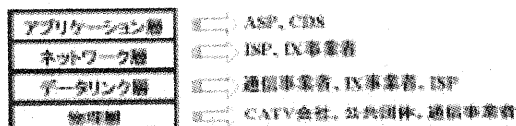


図 2: 地域商用 IX のモデル

する ISP の数が限られるために、スケールメリットが得られない。そのため、トラヒックの分散効果も期待できず [3]、参加する ISP にとっては費用対効果の面で有利さが明確にならない [2] という問題がある。さらに IX に参加するためには、以下のような費用も必要となり、地域の ISP にとっては大きな負担となっている。

- IX 事業者へのハウジング費用
- IX へ接続するための通信費 (専用線, ATM 等)
- トランジット (自組織の経路の転送サービス) を依頼するための費用

3 地域商用 IX のモデル

2 節で示した問題を解決し、地域で商用 IX を運用するために図 2 に示すモデルを提案する。

本モデルでは、IX のサービス対象をネットワーク層の ISP ばかりでなく、物理層やアプリケーション層まで拡張したモデルとしてとらえている。これにより、各層に属する事業者がそれぞれの資産を提供することによって新たな地域商用 IX を構築することができる。本モデルを用いることにより、地域にあっても、IX への参加者を増やすことができ、経済的効果が期待できる。

以下にモデルの説明を各層ごとに行う。

- 物理層
光ファイバを保有する組織がサービスを提供する。通信事業者ばかりでなく CATV 会社や公共団体が保有する光ファイバを利用することも可能である。
- データリンク層
IX 事業者ばかりでなく、ISP でも、物理層の

両端に機器を設置することにより、自らデータリンク層の構築に参加できる。また、物理層とデータリンク層を合わせて、第1種通信事業者(通信事業者)によるサービスを利用することもできる。これに相当するものとして、現在、通信事業者によるサービスとして、ATM、フレームリレー、Ethernet 技術を用いた広域 LAN 接続サービスなどがある。

- ネットワーク層

IX に参加する ISP が構築および維持を相互に行う。十分なトラフィックがある場合には IX のサービスとして、ルートサーバの提供なども可能である。しかも広域なデータリンク層が構築されているので、IX の設置されている施設以外でもサービスを行うことができ、費用や安全性などを考えた時に利点がある。さらに参加する ISP は各種ネットワークへの転送(トランジット) サービスを提供することができる。ここでのトランジットサービスではインターネットへの接続性ばかりでないものも考えることができる。

- アプリケーション層

ASP(Application Service Provider) がサービスを提供する。サービスの内容として、キャッシュデータの提供やミラーサーバの提供などを考えることができる。

4 実装方法の提案と課題

このモデルを実現するためのシステムとして、MAN 技術を用いて実装するシステム構築を提案する。MAN 技術を利用することにより、データリンク層の物理的な広がりや運用コストの削減が期待できる。さらに本節では、MAN 技術を用いて IX の構築を行うことの技術的な課題について実験を行い評価を行う。

4.1 MAN を構成する技術

Ethernet を用いたデータリンク層の技術は急速に進歩している。その中で、2つの技術に注目する。一つはスイッチの技術であり、もう一つは光ファイバを

利用した長距離 Ethernet 技術である。Ethernet にスイッチおよび VLAN の技術が導入されたことにより、LAN 構成の自由度が拡大することになる。スイッチングハブでは、ポート間の通信は一旦スイッチ内のメモリに收容してから転送される。そのため、ポート間で転送速度や遅延が異なる機器を接続しても、ある程度は收容することができる。一方、長距離 Ethernet 技術には、物理媒体に光ファイバ、無線等を利用したものが存在するが、この中で、10BASE-F、100BASE-FX、1000BASE-LX に着目する。これらの技術は MMF(Multi Mode Fiber)を用い、単距離で半二重の通信を行うことを想定しているが、SMF(Single Mode Fiber)を用いて全二重の通信を行う場合には、長距離(数10km)でも利用できる[4]。長距離 Ethernet 技術は、ベンダーの拡張技術に依存するものの、両端に同じ機器を接続することにより、十分な性能を得ることができる。これにより、数10kmまで同一のネットワークとしてデータリンク層を確立することができる。本論文では、長距離 Ethernet を利用してネットワークを構築する技術を MAN 技術と呼ぶ。

4.2 MAN 技術を用いた IX の構築

IX はデータリンク層を共有し、ネットワーク層の情報を交換する技術である。データリンク層を共有する方法として、スイッチングハブや、ATM 網を利用する方法がある。図3に現在の IX で広く実装されているスイッチングハブを用いた IX の構築例を示す。この例では、IX の施設内(実線の円内)に、IX 事業者がスイッチングハブを設置し、データリンク層(点線内)を提供している。そして、参加する ISP がルータをスイッチングハブに接続し、契約した ISP が相互に接続を行っている。しかしながら、このような配置では、ISP による遠隔保守の必要性、施設の入室退室制限や施設設置の賃借料の支払い等の問題が生ずる。

一方、MAN 技術を用いることにより、データリンク層をスイッチングハブから ISP の施設まで延長することができる。図4に MAN 技術を用いた実装例を示す。この図で、実線で示した円は IX の設置されている場所を示し、点線はデータリンク層の範囲を示している。従来の方法と比較して、データリン

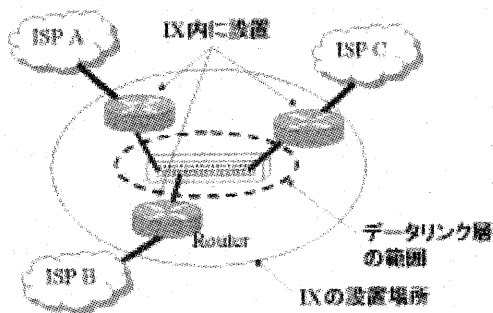


図 3: 現在の IX モデル

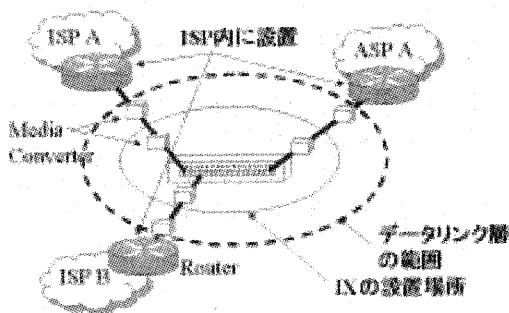


図 4: MAN 技術を用いた IX のモデル

ク層の広がり特徴的である。

MAN 技術を用いてデータリンク層を広域に分散させることにより、参加する ISP にとっては、以下のような利点が考えられる。

- 自社内にルータなどの施設を設置できるため入退室の制限を受けない。
- ハウジングの費用を削減できる。
- ルータの設置数を減少させることができるため管理コストの削減が行える。

一方で、従来の IX と比較した場合、MAN 技術を用いた IX にも課題がある。従来の IX ではデータリンク層を共有装置として、スイッチングハブのみを利用する。しかしながら、MAN 技術を用いた場合には、データリンク層の構築にスイッチングハブ、メディアコンバータ、光ファイバ、ツイストペアケーブルを用いることになる。ネットワーク機器の数の

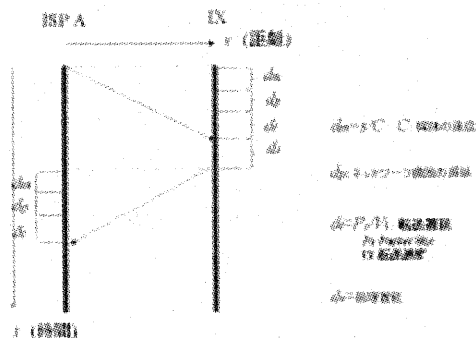


図 5: 遅延時間のモデル

増加、転送距離が延長されたことによる影響、媒体の転送速度の制限から、以下のような課題が考えられる。

- 転送速度が遅いため遅延が大きい。
一般的なスイッチングハブの転送速度は数 Gbps であるのに対し、1000BaseSX でも 1Gbps となる。
- 媒体内にパケットが滞留する時間が長いために、衝突が起きる可能性が高い。

以下にこの技術的な問題について考察を行う。

4.3 遅延に対する考察

MAN 技術を用いた IX を構成する上で問題となる遅延について考察を行うために、図 5 に示すモデルを用いて検討を行う。左側を IX に接続する ISP A の施設内の計算機とし、右側を IX に設置された計算機とする。

4.4 実験

物理的制限による遅延、ネットワーク機器による遅延、転送遅延が実際の通信環境でどの程度あるかを調べるために実験を行った。実験環境を図 6 に示す。まず、100Mbps の転送速度を持つメディアコンバータの両端に計算機 (Host B および C) を設置する。Host B と Host C の間は約 4km の SMF で接続

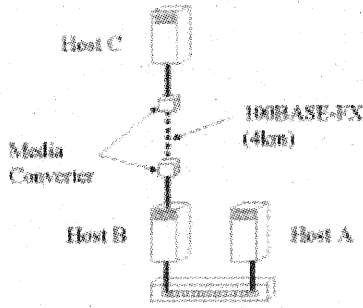


図 6: 実験網

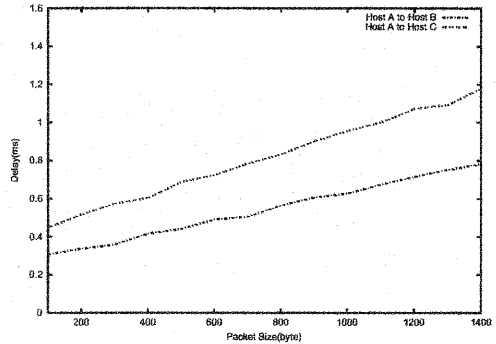


図 7: 測定結果

されており、その両端に 100BASE-TX と 100BASE-FX のメディアコンバータが接続されている。Host A と Host B は 100BASE-TX を用いて同じスイッチングハブに接続している。

次に、Host A から Host B, C に、それぞれパケットサイズを 100byte から 1400byte まで 100byte ずつ変化させながら、ping コマンドを利用して遅延時間を計測した。実環境における遅延の測定は、ランダムな間隔で、複数回測定したなかで、最良値を選択することによって、ほぼ実効値が得られることが知られてる。本実験では、実環境とは違い他にパケットがない実験網を構築した。測定はそれぞれのパケットサイズで 10 回ずつ測定し、その中の最小値を 2 点間の遅延時間とした。メディアコンバータには Fujikura 社の FN1051S-15 を用いた。また、Host A, B, C は PC-UNIX で構成し、OS は FreeBSD 3.4-RELEASE を用いた。

計測結果および理論的な転送遅延を図 7 に示す。それぞれのホストへの ping コマンドの結果を見ると、パケットサイズが 100byte の時に 0.18ms、1400byte の時に 0.43ms の差がある。これがメディアコンバータを利用した場合の往復の遅延時間である。

4.5 考察

測定結果より、パケットサイズを 1400byte としたとき、従来の方法と比較して約 0.45ms の遅延が生じている。この遅延時間は利用者の立場から見た時には無視できる遅延時間である。なぜなら、今回の実験のようにスイッチングハブに計算機を直接接続

した形でサービスを受ける利用者は実際の環境では存在せず、一般的にはルータなどのネットワーク機器を経由してサービスの提供を受けている。ルータでは、キューイング、経路検索、IP ヘッダ処理などを行うための遅延が生じる。これらの遅延と比較して、本手法による遅延は十分に小さい。

技術的な側面から検討すると、この遅延は媒体の中にパケットが滞留する時間が長いことを示している。媒体の中にパケットが滞留する時間が長いとパケットの衝突や輻輳の可能性は高まる。この問題を解決するためには以下のような方法がある。一つは輻輳回避アルゴリズムを用いたネットワーク機器を採用する方法である。輻輳回避アルゴリズムとして RED(Random Early Detection)[5] などがある。これらのアルゴリズムを実装したネットワーク機器を用いることにより、TCP の転送がエンドシステム間で制御されるため、輻輳が起こりにくくなる。もう一つの方法は、ISP と IX 間の接続線に変更を加える方法である。変更を加える方法としては、帯域を広くする方法(接続線を複数用意しそれらを束ねて利用)と接続線を高速化する方法がある。これらの方法を用いることにより、パケット衝突や輻輳の可能性を極めて低く抑えることが可能である。

5 実現例

これまで、地域において商用 IX を実現するためのモデルおよびその実装に関する提案を行った。本節

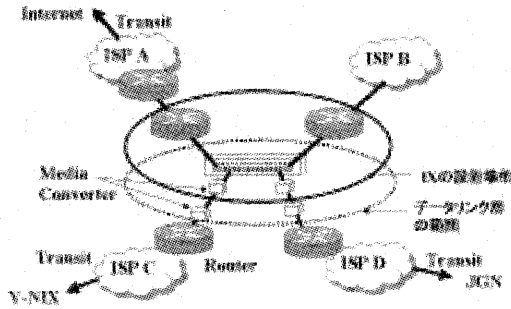


図 8: 実装例

では、これらの提案を一部実現した例として、山梨地域の地域商用 IX である BeX-J を紹介する(??).

BeX-J ではスイッチングハブを IX の施設内に設置している。ISP A は ATM に接続を行っている。接続に際してはルータを IX が置かれる施設内に設置している。ISP B は IX と同じ建物内にあるため、ルータを介して直接 IX に接続している。ISP C は光ファイバの両端にメディアコンバータ(100BASE-TX/100BASE-FX)を接続して、既存の地域 IX である Y-NIX への経路転送をサービスしている。同様に ISP C は JGN(Japan Gigabit Network) への経路転送をサービスしている。BeX-J に参加している組織を OSI 層別に紹介する。物理層では CATV 事業者が光ファイバの提供を行っている。データリンク層は IX 事業者がスイッチングハブの提供を行っている。また、ISP C, D は光ファイバの両端にメディアコンバータを接続することにより、データリンク層の構築に係わっている。ネットワーク層では、ISP A, C, D がそれぞれ経路の転送サービスを提供している。アプリケーション層のサービスは現在行われていないが、WWW サーバの代理運用や、電子ニュースの代理処理サービスが検討されている。

6 おわりに

本論文では、地域商用 IX 構築を可能にするモデルおよびこのモデルに基づくシステムの実現例として、MAN 技術を実装したシステムを提案した。そして MAN 技術を用いてデータリンク層を構築した場

合に問題となる遅延時間を測定し、その結果について議論を行った。その結果、利用者に対して十分小さい遅延時間でサービスが提供できることが示され、IX の安定運用に技術的問題がないことを示した。最後に、本手法を部分的に適用し実装を行った BeX-J の紹介を行った。今後の課題として、

- コスト計算を含めた地域商用 IX のモデルの評価
- 地域商用 IX のモデルの経済的効果
- 継続的な運用による安定性の評価

などを行う必要がある。

謝辞

本研究に際しては BeX 参加 ISP の技術者の方から多くの意見、協力を頂いている。本研究の一部は、(株)日本ネットワークサービス、(株)モジダスより援助を受けている。

参考文献

- [1] 八代一浩, 笹本正樹, 平川寛之, 山本芳彦, 林英輔: 地域 IX を用いた通信環境改善手法の実現と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 12, pp. 3245-3254 (2000).
- [2] 中川郁夫, 米田正明, 安宅彰隆: 国内における地域 IX の動向, 分散システム運用技術研究報告, Vol. 97-DSM-7, No. 7, pp. 1-6 (1997).
- [3] 八代一浩, 笹本正樹, 平川寛之, 山本芳彦, 林英輔: 地域 IX(Y-NIX) の運用とネットワーク特性, 分散システム運用技術研究報告, Vol. 99-DSM-13, No. 13, pp. 49-56 (1999).
- [4] Spurgeon, C. E.: *Ethernet: The Definitive Guide*, O'Reilly and Associates Inc. (2000).
- [5] Floyd, S. and Jacobson, V.: Random Early Detection gateways for Congestion Avoidance, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol. 1, pp. 397-413 (1993).