

論文内容の要旨

論文題目: プロトコル非依存な広域分散 IX アーキテクチャに関する研究

氏名: 中川 郁夫 (株式会社インテック・ネットコア)

1 はじめに

本論文では, プロトコル非依存な広域分散 IX アーキテクチャに関する研究について報告する.

IX は複数の ISP (Internet Service Provider) 間の相互接続を行う仕組みである. IX には多数の ISP が接続する. 各 ISP は, IX 上で相互接続を行うことにより, トラフィック交換を実現する. PAIX や MAE, LINX は大規模なトラフィック交換を行う IX である. 国内では DIX-IE や JPIX, JPNAP が著名である. その他, TOYAMA-IX, OKIX などの地域 IX も構築, 運用されている.

一方で, 一部の IX では急激なトラフィック増加や信頼性の向上, 分散化などのニーズに直面し, いくつかの技術的な課題を抱えている. 特に, 既存の IX の多くはデータリンク層の技術に強く依存しており, 帯域, 冗長性, あるいは分散化等の面から課題が指摘されている. 本論文は, これらの課題を解決する, 次世代の IX アーキテクチャについて議論する.

2 IX の一般化

本論文では, 次世代の IX アーキテクチャの検討に先立ち一般化された IX の定義を行う. ここでは, 商用 IX の現状を考慮し, 以下のように IX を定義される.

定義. IX (Internet eXchange)

1. ISP は単一の物理ポートと物理回線の組で IX に接続する (物理要件).
2. IX は ISP 間に IP 層で隣接する論理的な通信路を提供する (論理要件).

物理要件では, ISP が IX に接続する際の物理的な形態について定義している. プリベートピアリングでは, ある ISP が他の ISP と相互接続を行う際に必要とする物理ポートと物理回線の数が ISP の数 N に比例して $O(N)$ であるが, IX では, ひとつの ISP が IX に接続する際に必要となる物理ポートと物理回線の組は $O(1)$ であることを特徴とする.

論理要件では、ある ISP が、IX に接続する他の任意の ISP と相互接続が可能なことに加えて、IX がバイラテラルな相互接続環境を提供できることを定義している。バイラテラルな相互接続を行うためには、ISP 間に IP 層 (OSI 参照モデルのネットワーク層) で隣接する通信路を確立し、ISP 間での直接的な経路制御を行うことが必要である。

本論文では、一般化された IX において物理要件と論理要件を分離することにより、ISP が任意のデータリンクプロトコルで IX に接続できることを示す。

3 MPLS-IX

本研究では、IX に MPLS 技術を適用した広域分散 IX アーキテクチャ MPLS-IX の提案を行う。MPLS-IX は、前述の IX の定義の実現手法のひとつとして位置付けられる。同アーキテクチャは以下の特徴を持つ。

1. データリンク層に非依存な相互接続環境を実現する。
2. 広域分散環境で IX 機能を提供することができる。
3. 既存の IX を階層構造に相互接続することにより「階層型 IX」を実現可能である。

MPLS-IX では、ISP 間の相互接続を実現するために MPLS 技術を用いる。MPLS は仮想的な通信路である LSP (Label Switched Path) を提供する。LSP はデータリンク層の技術に非依存な環境で利用可能あり、抽象度の高い、論理的な通信路とみなすことができる。本アーキテクチャでは、IX に接続する ISP 間に MPLS による仮想的な通信路である LSP を確立し、その上で相互接続を行う。

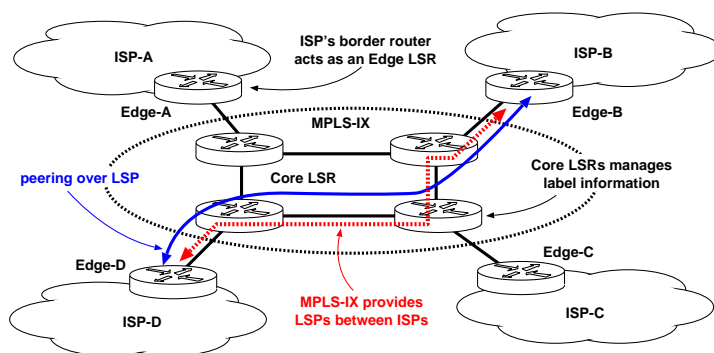


図 1: MPLS-IX の構造

図 1 に MPLS-IX の概念図を示す。MPLS-IX では、IXP (IX Provider, IX 提供者) が Core LSR (Label Switching Router) を、IX に接続する各 ISP が Edge LSR を保持する。IX 上では、相互接続を行う ISP の Edge LSR 間に LSP を確立することにより、仮想的な通信路の上で相互接続を実現する。

一般に、MPLS は単一の管理ドメイン内で使用されるのに対し、MPLS-IX では、Core LSR と Edge LSR とが IXP と多数の ISP に分散している。すなわち、MPLS-IX では複数の管理組織によって管理される LSR が同じ MPLS 網内で動作する。

なお、本研究では、MPLS に関して複数のルーティングドメインによる LSP の確立、LSP 上での TTL (Time To Live) の処理、あるいは PHP (Penultimate Hop Popping) の無効化など、いくつかの拡張

を行った。これらの拡張は、ホワイトペーパーとしてまとめるとともに、複数のルータメーカーの参加によるルータ相互接続試験を通して、実装の推進、および相互接続性の検証を行った。

4 MPLS-IX の検証と実証実験

本研究では、MPLS-IX アーキテクチャに関する基本機能の検証、性能検証、およびテストベッドを用いた広域分散 IX の実証実験を行った。特に、広域分散 IX の実証実験では、研究開発用ネットワーク JGN (Japan Gigabit Network) 上で広域分散 IX のテストベッド distix を構築し、MPLS-IX アーキテクチャを用いた IX の実用性を検証した。図 2 に広域分散 IX のテストベッド distix の概要を示す。

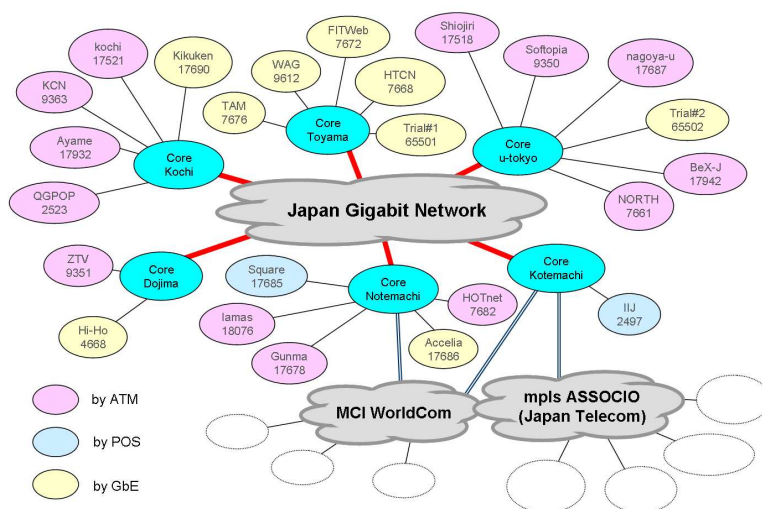


図 2: 広域分散 IX のテストベッド

distix は 6 つの Core LSR により MPLS-IX を構成する。distix 上では、20 以上の ISP が相互接続を行う。各 ISP は、ATM、POS、Ethernet 等、各々異なるデータリンク層の技術を用いて distix に接続している。なお、本研究では、通信キャリアとの間で MPLS-IX 網の相互接続も実施した。

本論文では、この他にも広帯域映像伝送実験や広域分散環境でのコンテンツ配信実験など、distix 上で行ったアプリケーション実験についても報告を行う。

5 MPLS-IX の実用化

MPLS-IX アーキテクチャは、商用サービスなど、運用ネットワークでの実用化が進んでいる。本論文では、MPLS-IX の実用化の例として、日本テレコムが提供する mplsASSOCIO と北海道総合通信網が提供する M2M について報告する。さらに、階層型 IX の実現例として mplsASSOCIO と WIDE Project が運営する DIX-IE の相互接続についても報告する。

(以上)