

第 XXXIII 部

IX の運用技術

第 33 部

IX の運用技術

第 1 章 NSPIXP における相互接続ポリシーとアーキテクチャ

1.1 はじめに

NSPIXP は、NSPIXP-1 (Network Service Provider Internet eXchange Point-1)、NSPIXP-2、NSPIXP-3、NSPIXP-6、DIX-IE (Distributed IX in Edo) として、IX の実証実験基盤をそれぞれの目的に応じて構築運用してきている。本節では、各実証実験基盤の概略を説明する (表 1.1)。

1994年に最初の実証実験基盤である NSPIXP-1 を WIDE プロジェクトの東京 NOC (Network Operation Center) に設置し、実験を開始した。NSPIXP は、実際に商用 ISP との共同研究という形態で、実トラフィックを交換しながら、IX のアーキテクチャ、運用技術などの研究開発を行うことを目的としている。

1997年に NSPIXP-1 で得られた成果をもとに、より広帯域、高信頼で拡張性に富んだ IX の研究開発を行うために、主な実験基盤を NSPIXP-2 として KDDI 大手町に移すとともに、1997年に NSPIXP-2 のバックアップのために、大阪で NSPIXP-3 を開始する。NSPIXP-3 は実験の当初から大阪市内 2カ所に分散した分散型 IX として構築した。その後 1999年には、分散拠点を NTT テレパーク堂島に増やすとともに、

拠点間の回線を 100 Mbps から 1 Gbps へと増強した。1999年には、IPv6 のための NSPIXP-6 を開始し、国内の IPv6 の普及を促進するとともに、IPv6 の IX に関する研究開発も進めてきている。NSPIXP-6 は、IPv6 のみの IX であるが、現在 55 のネットワークが接続され、経路交換を行っている。2003年に、NSPIXP-2 を都内 6箇所に分散し、名前を NSPIXP-2 から DIX-IE に変える。DIX-IE では、分散拠点間を当初 1 Gbps の Gigabit Ethernet を IEEE802.2ad を用いて、複数回線をリンクアグリゲーションし、2-4 Gbps で相互接続した。その後、拠点間のトラフィックの増加にともない、部分的に 10 Gbps の回線の利用も行っている (図 1.1)。

1.2 相互接続のポリシーとアーキテクチャ

IX の歴史は、1980年代後半、米国のインターネットが NSFNET、NASA Science Network、DDN などのバックボーン系ネットワークと BARRNET などの地域ネットワークから構成されていた時代に、政府系のバックボーンの相互接続を行うための IX として FIX-East、FIX-West が東西海岸に設置された頃から始まり、その後商用インターネットの相互接続を行うために作られた CIX など [336]、運用ポリシーと非常に密着した運用が行われていた。90年代後半、NSFNET の運用終了にともなって構築された NAP にみられるような、学術系と商用との相互接続が一般的になり広い意味での IX が運用されるよう

表 1.1. NSPIXP の各実証実験基盤

	NSPIXP-1	NSPIXP-2	DIX-IE	NSPIXP-3	NSPIXP-6
場所	WNOC-TYO	KDDI 大手町	KDDI 大手町 NTT 大手町 @Tokyo 豊洲 MIND 西大井 Above 日本橋 MCI 新川	NTT テレパーク 堂島 IDC 野田 OMP 港町	KDDI 大手町 NTT 大手町 NTT テレパーク 堂島
ポート数	10 Mbps Ether (8 → 16 → 32)	100 Mbps FDDI (30 → 50) 1 Gbps (70)	10 Gbps Ether (16) 1 Gbps Ether (160) 100 Mbps Ether (64)	1 Gbps (64) 100 Mbps Ether (64)	100 Mbps Ether (48)
接続ネット数	26	62	75	23	55
Peering Policy	L3 WIDE transit → L2 Full mesh	L2 Bi-lateral	L2 Bi-lateral	L2 Bi-lateral	L2 Bi-lateral
期間	1994-1997	1996-2002	2003-	1997-	1999-

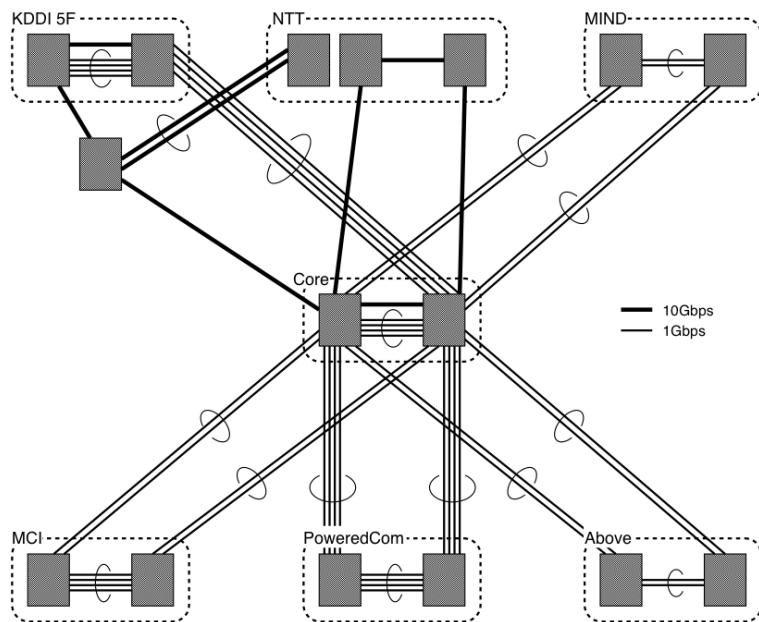


図 1.1. DIX-IE の現在のアーキテクチャ

になる。NSPIXP もこのような時代の変化の中、多くの ISP (Internet Service Provider) とともに実際に IX を運用し、IX の運用ポリシーやアーキテクチャについて研究を行ってきた。

1.2.1 IX の構成方法

IX の構成方法としては、L2 (Layer 2) と L3 (Layer 3) による 2 つの構成方法が知られている。

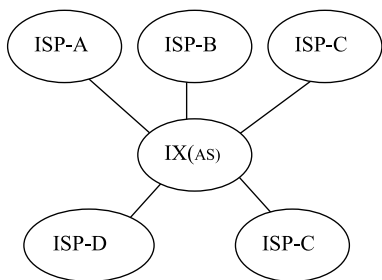


図 1.2. L3 の IX 構成

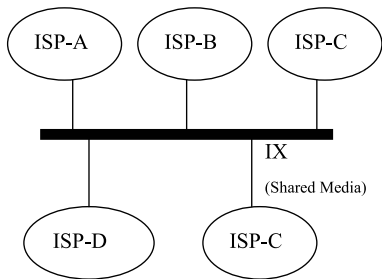


図 1.3. L2 の IX 構成

L2 の IX とは、IX 自体は Ethernet などの Shared Media を用いて構成する方法であり、L3 の IX とは Router によって IX を構成する手法である。L3 の IX の場合、経路制御のポリシーは、IX によって決定され、L2 の IX の場合には、各 ISP が主体的に経路制御のポリシーを決定することができる (図 1.2, 図 1.3)。

1.2.2 同一の目的を共有した相互接続

NSPIXP-1 のプロジェクト初期は、以下の理由から L3 の IX の手法を用いた。

- 1) ネットワークは、相互に接続されるべきであり、とくに国内のネットワーク間のトラフィックが海外を回るようなことはしたくない。とくに高価な国際線をこのような無駄なトラフィックで消費したくない。
- 2) 相互接続の利点や問題点を、プロジェクトを進めながら確認する。とくに運用に関して、参加者全員で議論できる基盤を作る。

ネットワークの相互接続、とくに商用のネットワークを相互に接続することの利点や問題点を明らかにすることを目的に、まずは経路制御ポリシーも含めて参加者全員で議論し実証していくための実験基盤を構築する必要があった。そこで NSPIXP-1 では、当初 L3 の IX の構成方法を取り、同一の相互接続ポリシーで最初の IX の運用を開始した。具体的な経路交換に関するポリシーとしては、NSPIXP-1 に接続した

すべての ISP は、各 ISP 内のすべての国内経路を交換することとした。

1.2.3 ISP が主体的に経路制御するモデル

L3 の IX の場合、経路制御はトランジット AS である IX にすべて委託することになる。したがって、接続 ISP は、相互接続相手ごとに細かな制御を行うことが難しい。たとえば図 1.2 で示されるような構成で、ISP-A が ISP-B と ISP-C とは経路交換するが、ISP-D とは経路交換しないといった制御を行うことが難しい。このように各 ISP が主体的に経路制御を行う場合、IX が経路制御に主体的に関わってしまう L3 方式の IX でなく、L2 技術を用いた IX が必要となる。

NSPIX-1 の運用が 3 つの商用 ISP と WIDE プロジェクトとの相互接続であった実験当初は、IX が主体的に経路制御を行う L3 の IX で良かったが、相互接続された ISP の数が 10 を超える頃から、経路制御を各 ISP が主体的に行いたいという要求が強くなってきた。そこで、NSPIX-1 では、実験開始から約 1 年後に、L3 による IX から L2 による IX へと移行した。その後 NSPIX では、すべて L2 の IX の構成方法である。L2 の IX の場合、経路制御は ISP 側が主体的に行うことになる。したがって運用という側面から考えれば、ISP 側にしっかりとした経路制御を行うことが可能な技術者が必要である。NSPIX は、実証実験の基盤を各 ISP の技術者とともに運用することによって、実験参加者の経路制御技術のレベルアップにも多大な成果をもたらしてきたといえる。

1.2.4 相互接続の分類

ネットワークの相互接続は、以下のように分類することができる。

- 1) IX 経由での相互接続
- 2) Local peer での相互接続
 - (ア) 対等な local peer
 - (イ) Provider/Subscriber 間での peer

Provider/Subscriber の相互接続関係とは、ビジネスそのものの関係で、回線の太さや、交換されたトラフィック量に応じて、お金が払われる。これに対して、対等な相互接続や IX 経由での相互接続は、ネットワークがほかのネットワークと相互に接続すること自体に意味がある。すなわち、多くのネットワークと直接接続を持つことによってネットワーク

自体の価値を高めているのである。

特に NSPIX のようなパブリックな IX において、IX 経由での相互接続は、IX 自体が主体的な制御を行うのではなく、ISP が主体的に相互接続を制御することが可能な L2 の IX が最も適切なアーキテクチャであると考えられる。

今後 L1 (光スイッチなど) の技術を用いた IX のアーキテクチャも考えられる。しかしパブリックな IX にとって重要な点は、各 ISP が主体的にこれらの技術を制御することが可能なアーキテクチャを検討することが必要なことである。

1.3 DIX-IE のアーキテクチャ

本節では IX のアーキテクチャの現状として、DIX-IE のアーキテクチャに関して説明する。

1.3.1 信頼性

DIX-IE の構成図は、図 1.1 に示した。都内 6 カ所に分散した大規模な L2 IX である。拠点間は、信頼性を確保するため冗長なパスによる相互接続を前提としている。基本的には異なった経路で敷設された DF (ダークファイバ) を用い、DF の利用で問題となる回線切断に対応可能な構成としている。また、距離や設備上などの制約から DF が利用できない場合、DWDM などの光多重装置を用いる場合には、DWDM がリング構造などをもち、1 箇所の回線切断に対応可能な構成を用いている。

各拠点は、スイッチを 2 台用いて、冗長な回線をそれぞれ別々のスイッチに収容することによって、回線障害とスイッチの障害に対応可能な構成となっている。ただし、各拠点で ISP と DIX-IE の接続が 1 本しかない場合には、収容スイッチの故障などによる障害の影響を回避することができない。実際、DIX-IE において、複数の接続を持っている ISP が多いのは、この障害に対応するためという要因も大きい。また、最近 ISP は、複数の IX や Direct Peer によって相互接続を行っていることから、1 箇所の障害が ISP 間のトラフィック交換の障害につながることは少なくなってきている。

DIX-IE では、Ethernet の冗長なパスを持った構成でのループ回避の技術として IEEE8.2.1w (RSTP: Rapid Spanning Tree) 方式を採用し、標準で高速な回線切り替えを行えるよう設計している。

1.3.2 トラフィックの増加に対応可能なアーキテクチャ

DIX-IE では、設計当初からトラフィックの増加に柔軟に対応可能なアーキテクチャとするために、リンクアグリゲーションを積極的に利用している。拠点間の相互接続の帯域として 1 Gbps の回線で足りなくなれば、2 Gbps、3 Gbps と帯域を増加させることが可能となる。リンクアグリゲーションのためのプロトコルには、各社ベンダ独自仕様のものと IEEE の標準仕様のものがあるが、DIX-IE では、IX を構成する機器を特定なベンダに依存せず、オープンな機種更新を可能とするため、IEEE802.3ad を用いている。

1.3.3 準備期間

DIX-IE は、NSPIX-2 を分散化した IX である。実際の運用開始は、2003 年 4 月であるが、設計および準備を始めたのは、2000 年である。この 3 年もの年月がかかってしまった最大の理由は、Ethernet を用いたスイッチ間の相互接続の検証に多くの時間が必要であったためである。DIX-IE で利用するスイッチは、コア側のスイッチと分散拠点のスイッチに分類することができる。コア側のスイッチは、WIDE プロジェクト側が用意し、分散拠点のスイッチは、それぞれの拠点側で準備する。そのため、複数のベンダのスイッチの相互接続が DIX-IE の大きなテーマであった。各ベンダとは良好な技術情報の交換が可能な体制を作り、相互接続の検証で明らかになったことをすぐに反映した新しいファームウェアの提供が可能な体制を作ったが、それでも 3 年という時間がかかってしまった。

最大の問題は、IEEE802.3ad と IEEE802.1w との共存環境における相互接続にあった。リンクアグリゲーションと回線障害検知および回線の切り替えに関して実装上、仕様に記載されている内容だけでは、異なった解釈が可能であり、実際には、各ベンダ独自仕様を踏襲している場合が多く、相互接続がうまく行えないケースが多く存在した。具体的には、IEEE802.3ad の組み直し失敗時の STP ループ防止や、リンクアグリゲーション構成時の動作順序などがある。また、IEEE802.1w と IEEE802.1D の共存においても、当初は同一セグメント上での互換性が不可能であった。その後の実装で互換が可能となったが、同一 BPDU (Bridge Protocol Data Unit) 範囲

内において IEEE802.1D モードで動作してしまい、高速コンバージェンスが不可能となってしまう問題があった。DIX-IE ではこの問題を、IEEE802.1w 非サポートネットワーク機器を特定の分散サイトエッジに配置することにより、DIX-IE 全体での問題となることを回避している。

1.3.4 運用上の留意点

DIX-IE では、ISP 間の多岐にわたるトラフィックへの対応および効率的な運用を実施するため、拠点間のリンクアグリゲーションによるトラフィックの負荷分散、BPDU 相互接続性対応、MTU (Maximum Transmission Unit) サイズ変更、各拠点機器の outband 監視を行っている。拠点間のリンクを有効的に利用するため、トラフィックの多い CORE から拠点方向へのトラフィックにおいて、通常の Source/Destination MAC を利用したトラフィック負荷分散では、複数の 1 Gbps リンク利用時に 1 宛先最大可能トラフィックが 1 Gbps となる。これを Source/Destination MAC と Source/Destination IP のハッシュ関数を利用した負荷分散方式を導入することにより、より粒度の細かい負荷分散を可能としている。BPDU 相互接続性を確保し、障害時の切り替えを最短で実施するため、MaxAge および ForwardDelay を短くすることで、障害時の切り替え最短化と BPDU flap を両立している。IX 上での ISP 間の MPLS ラベル交換を可能とするために、DIX-IE ではジャンボフレームを許容している。DIX-IE を構成するネットワーク機器は、IX を提供する inbound での test トラフィックを用いた拠点間監視とは別に、outband を利用したネットワーク機器管理を行い、IX 上で発生する拠点間リンク問題とネットワーク機器問題を迅速に検出することが可能である。

また、L2 の IX として運用上問題になる点として、IX 上で BGP の交換を行うときに、他のルータを経由して経路情報が流れてしまう問題や、マルチキャストパケットによるルータの負荷などがある。L2 の IX では、基本的に各 ISP が主体的にルータの制御を行っているため、IX としてはこれらの問題に対して制御できない。また、制御することによって IX で用いているスイッチに不必要な負荷をかけてしまう場合もある。DIX-IE では、基本的に各 ISP の経路制御担当者を信じ、紳士協定での運用を行っている。具体的には、BGP の設定に next hop self を

追加することやマルチキャストパケットを投げないなど、いくつかの項目に関して、それぞれ運用上の協定を設けて運用を行っている。

第2章 NSPIXPにおける経路制御とトラフィックエンジニアリング

2.1 経路制御

インターネットの経路制御におけるネットワーク相互接続は、BGP[224]による経路交換が用いられている。一般的なBGPの設定例を図2.1に示す。

BGPの設定を行うためのルータの設定の記述手法には、さまざまな手法があるが、接続相手のネットワークとBGPのPeerを設定するためには、Peer相手ごとに5-10行程度の設定を記述する必要がある。

L3のIXの場合、接続ISP側のBGPの設定は、IXとのpeerだけとなり、運用は非常に簡単であるが、L2のIXの場合には、相互接続するネットワークの数だけBGP Peerを設定する必要がある。

現在のDIX-IEにおける各ISPのBGP Peerの設定数の分布を図2.2に示す。

DIX-IEは、L2のIXとして運用され、各ISPは自立的に経路制御を行っている。また、経路交換する相手もそれぞれ相対契約に基づいて行っている。現在DIX-IEに接続されているASの数は75、ポートの数は104で、すべてのネットワークと経路交換をしているネットワークはなく、ほとんどのネットワークが全体の7割程度のネットワークと経路交換

していることがわかる。

約50のISPとの間でBGP Peerを設定するためには、約200行の記述が必要となる。また、この200行の設定は、BGP peerを設定するための基本的な設定部だけであり、BGP Peer先から受け取る経路情報を選択的にフィルタするための設定を行う場合には、AS Path Filterの設定を行う必要がある。DIX-IEでは現状約5割のISPが受け取る経路情報に対してAS Path Filterの設定を行っている。AS Path Filterは、BGP Peerごとに設定する必要があ

peer-groupを使わない場合

```
neighbor 202.249.2.86 activate
neighbor 202.249.2.86 next-hop-self
neighbor 202.249.2.86 soft-reconfiguration inbound
neighbor 202.249.2.86 prefix-list NSPIXP2-IN in
neighbor 202.249.2.86 prefix-list NSPIXP2-OUT out
neighbor 202.249.2.86 route-map bgp-nspixp2-out out
neighbor 202.249.2.86 send-community
```

* peer-groupを使う場合

- peer-groupのテンプレート

```
neighbor NSPIXP2 peer-group
neighbor NSPIXP2 send-community
neighbor NSPIXP2 route-map out bgp-nspixp2-out
neighbor NSPIXP2 prefix-list NSPIXP2-IN in
neighbor NSPIXP2 prefix-list NSPIXP2-OUT out
neighbor NSPIXP2 soft-reconfiguration inbound
```

- 1 BGP peerに対する設定

```
neighbor 202.249.2.86 peer-group NSPIXP2
neighbor 202.249.2.86 remote-as 7500
neighbor 202.249.2.86 description M-DNS
neighbor 202.249.2.86 password 1 !@$Kat0!)
```

図2.1. 一般的なBGPの設定例

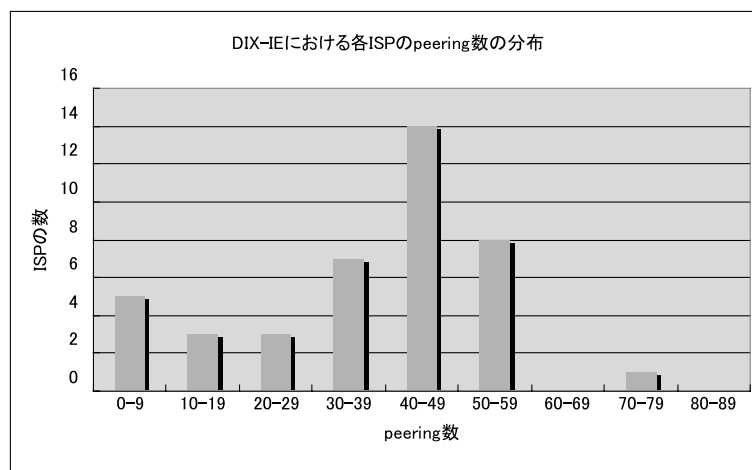


図2.2. DIX-IEにおける各ISPのPeer数の分布

る。ISP の運用形態にもよるが、トランジット AS のサービスが多い ISP の場合、公告している AS Path の量は、1500 エントリ以上にもなる。DIX-IE に接続している ISP が、公告している AS Path Filter の総量は、数万エントリにもなる。

各 ISP の運用者は、1 つの IX に対して数千エントリにもおよぶ設定を管理運用しなければならない。また、DIX-IE に接続を持っている ISP のほとんどが DIX-IE 以外の IX への接続を持っていることから、各 ISP の運用者は、IX の運用のために、実際には 1 万エントリにもおよぶ設定を管理運用していることになる。

このような運用のオーバーヘッドを軽減する方法として RS (Route Server) や IRR (Internet Routing Registry) などのトライアルが行われてきている。交換する経路情報のデータベースが IRR であり、経路制御情報を一括して管理している。RS は ISP と BGP のピアを張り経路情報を受信する。IRR に登録されている正しい経路情報と RS で受信した経路情報を比較し、真に正しいと思われる経路のみを ISP から受信するようにフィルタを作成するためのしくみを提供している。

NSPIXP では、正しい経路を選択する技術的な研究開発を行っているが、経路制御に関して各 ISP が独自に行いたいという理由からあまり積極的に利用されていないのが現状である。また、IRR は、米国では Merit 社が管理運用している RADB や、国内では JPNIC が実験的に運用しているものが有名であり、現在 Merit のミラー可能な IRR リストには 40 の IRR サーバが登録されている。とくに海外では、RADB の情報をもとに独自の IRR サーバを立ち上げ、その IRR サーバの情報を基にして BGP の AS Path Filter を設定している ISP が多く存在する。

IRR を積極的に経路制御に用いている ISP の多くは、十分な知識と経験を備えた経路制御オペレーターがいる場合が多い。これは、ルータの設定項目、ルータの動作などを熟知していないと自動化に踏み切れないというジレンマがあるためである。今後このような経路制御関連の自動化に関しては、経路制御オペレーターの教育が重要な課題であると考えられる。

2.2 帯域制御

IX における相互接続の経路制御に関しては前節で

述べたが、もう 1 つ、相互接続を行う帯域の制御に関する考察が必要である。

2.2.1 初期の帯域制御

NSPIXP-1 の運用を開始した当時、各 ISP は、IX 経由で自分のネットワークに流れ込むトラフィックの量を制御するというコンセプトから、ISP と IX を結ぶ回線の太さを各 ISP が独自に決定し、この回線の太さが ISP に流れ込むトラフィック量の“ヒューズ”という考え方を採用した。すなわち、IX 経由で流れ込むデータ量の最大値を回線の太さで制限するという考え方である。また、同様なコンセプトは、L2 の IX で Ethernet などの shared Media を用いるのではなく ATM を用いて、各 ISP 間の帯域制御機能を有効にした PVC (Permanent Virtual Circuit) を張り、この回線の太さを制御することによって各 ISP 間で交換されるトラフィック量を制御しようという考え方もあった。

2.2.2 トラフィック量とスイッチの技術

1994 年に NSPIXP-1 の実験運用を始めた頃は、数社の ISP が T1 (1.5 Mbps) の回線で接続されていた。したがって総トラフィックは高々 10 Mbps ぐらいであったため、はじめの頃は、10 Mbps の Ethernet Hub 1 台で十分機能することができた。その後 ISP の数が増えるにしたがい、10 Mbps の Ethernet Switch に機種を変更し、1 台の Switch でポート数が足りなくなると 2 台の Ethernet Switch を FDDI で相互接続したものを利用した。

1997 年に NSPIXP-1 と ISP 間のトラフィックが 1.5 Mbps では不十分となり、また、IX のより安定した運用を実証実験するために、NSPIXP-1 を終了し、NSPIXP-2 へその実証実験の場を移行した。NSPIXP-2 をスタートする頃には、接続 ISP の数が 20 を超え、IX に対する要件も明らかになってきた。

NSPIXP-2 では、以下のような方針で構築した。

- 1) L2 の IX として、経路制御は、ISP 間の相対契約で行い、IX としては、ISP 間の BGP Peer に関しては、一切関知しない。
- 2) ISP と IX 間の通信回線の太さにも制限を設けず、良好な通信環境を ISP 側で自由に選択できる。
- 3) 信頼性を確保する。

NSPIXP-2 の最後の構成図を図 2.3 に示す。NSPIXP-2 では、当時利用可能な Shared Media の

L2としてFDDIを用いた。FDDIは、Full Duplexで200 Mbps(片方向100 Mbps)の帯域を処理することが可能で、NSPIXP-1が10 MbpsのEthernetであったのに対し10倍の処理能力を持つ。また、Dual Homeの技術を用いることによりIX側で使用しているFDDI Switchを二重にすることが可能となり、信頼性の向上も可能となった。ネットワーク機器は、頻繁なソフトウェアの更新が必要であるが、IXのスイッチを二重に構成することにより片方のスイッチを停止しても、連続的な運用が可能なIXを構成することが可能となった。

NSPIXP-2では、全体のトラフィック処理能力には余裕があったが、スイッチのバッファ内のパケットをFIFO (First In First Out)で送出した場合に、複数のパケットが同一の出力インタフェースのリソースを求めて競合し発生する問題(Head of line blocking [170])が発生してしまい、十分な処理能力を発揮できないなどの問題が起きた。

現在DIX-IEに接続しているISPの回線の太さに関する状況を表2.1に示し、ポート毎のトラフィックの分布を図2.4に示す。

IXのポートごとのトラフィックは、数Mbpsから数Gbpsと非常に分散されていることが分かる。

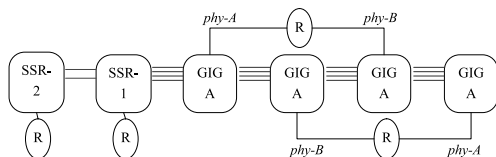


図 2.3. FDDI を基本とした NSPIXP-2 のアーキテクチャ

NSPIXP-2 および DIX-IE では、スイッチの基本性能として head of line blocking について考慮したスイッチを利用すると同時に、各ポートの平均的なトラフィック状況を常に確認し、収容するポートの最適化を行ってきている。トラフィックをなるべく同一インタフェースカード内で処理できるように、また、なるべくスイッチをまたがないようにポートのアロケーションを行ってきている。このようなトラフィック量に依存したスイッチのポートアロケーションは、トラフィック量の変動やBGP Peer 先、すなわち、通信相手の分散などによって最適解を提示することは難しい。現在DIX-IEでは、各ISPの収容ポート情報を各ISPに開示することにより、各々のISPが各自のトラフィック傾向をもとにDIX-IEの運用者と協議をすることにより、収容ポートを決定している。また、DIX-IEでは、スイッチの機種更新が1、2年周期で行われているため、この機種更新のタイミングで新たなポートアロケーションを行ってきている。

本来IX側でトラフィックの方向(ソースポートとディスティネーションポート)を含めたトラフィック情報を確認するべきであると思うが、IXで交換されているトラフィック量が膨大になるため、今まで

表 2.1. DIX-IE における Port Media の分布

Media Type	# of ISP
10 Mbps Ether	2
100 Mbps Ether	24
1 Gbps Ether	71
10 Gbps Ether	7

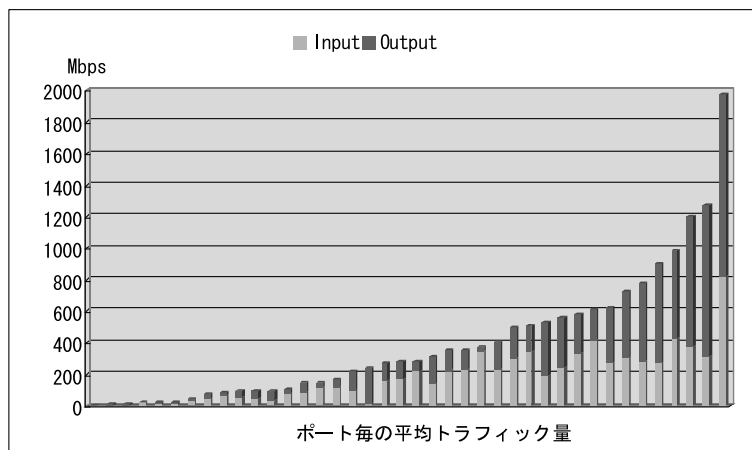


図 2.4. DIX-IE のポート毎の平均トラフィック量

は単純にポート毎の IN、OUT の情報だけを取得してきた。近年、スイッチの機能として sFlow などサンプリングの手法が確立しつつあるので、このようなサンプリングの手法を用いたトラフィック情報の収集に関して現在準備を進めている。

2.2.3 トラフィックの推移

本項では、最近の DIX-IE および NSPIXP-3 で交換されているトラフィックに関して述べる。

図 2.5 のグラフは、NSPIXP-2 の稼働時からの総

トラフィック量の推移を示したものである。ここで総トラフィックとは、ISP を接続しているポートの流入トラフィックの総和である。2004 年 4 月後半、11 月にトラフィックの減少傾向が見られる。図 2.6 は、図 2.5 の Y 軸のみを対数軸に変換したものである。図中の直線は $Traffic = b \cdot \exp(a \cdot t)$ で示される近似であり、 a は 0.657 である。この図の通り、DIX-IE で交換されているトラフィックはこの近似線に非常によく沿った形での増加傾向を見せている。2003 年度まで、この増加傾向はおおよそ毎年 2 倍であった

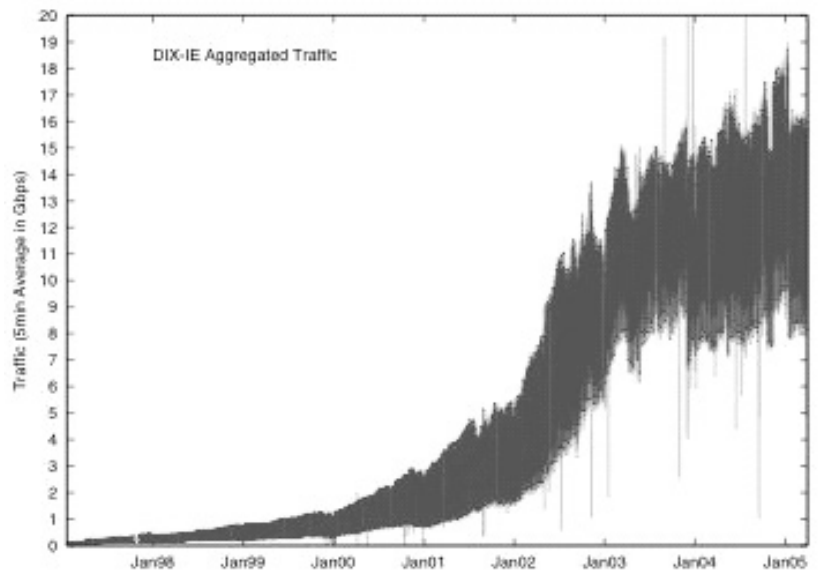


図 2.5. NSPIXP-2 (DIX-IE) のトラフィック

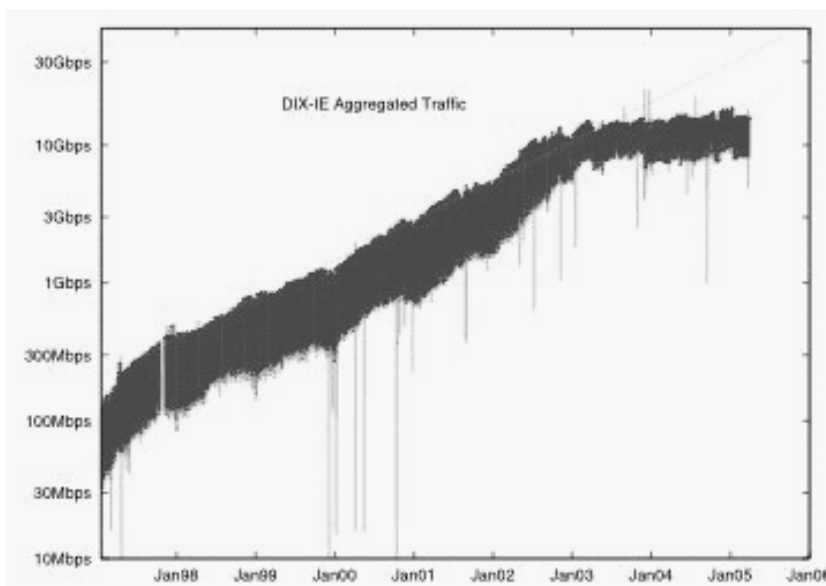


図 2.6. NSPIXP-2 (DIX-IE) のトラフィック (対数軸)

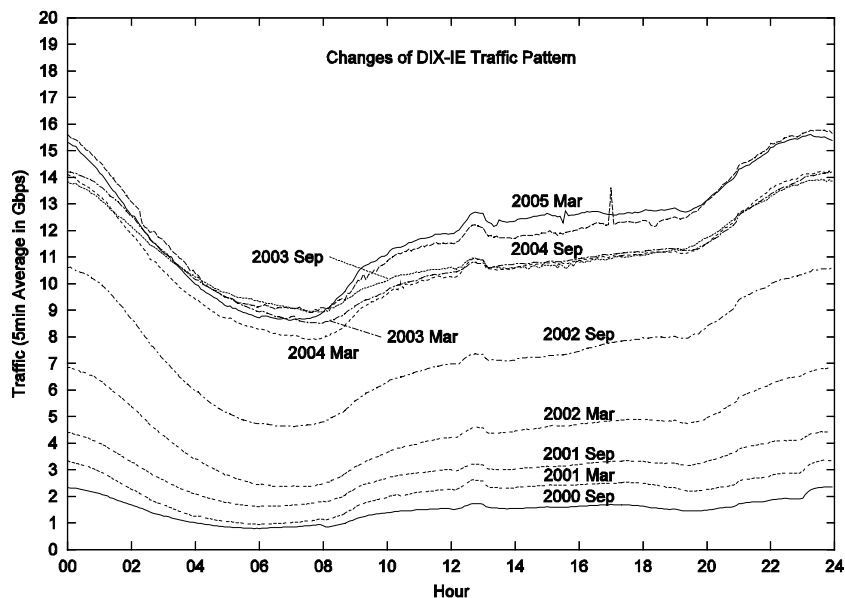


図 2.7. NSPIXP-2 (DIX-IE) の 24 時間のトラフィックの変化

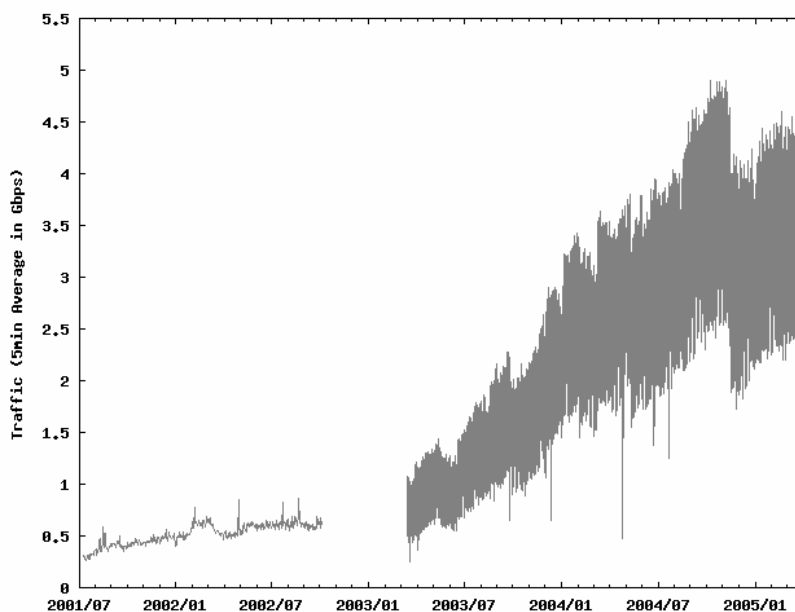


図 2.8. NSPIXP-3 のトラフィック

が、ブロードバンドアクセス環境が一段落したこと、ISP の商用 IX の接続や ISP 間の direct peer が広帯域化していることもあり、DIX-IE におけるトラフィックの増加傾向は多少抑えられてきていることがわかる。

図 2.7 は、2000 年～2005 年のトラフィックを 1 日単位で示したものである。ISDN がインターネットへ接続するための主な手段であった数年前は、NTT のテレホーダイサービスの影響で、午後 11 時にト

ラフィックの急激な増加が観測された。現在では、ケーブルテレビや ADSL、あるいは FTTH のような、常時接続の技術がインターネットへの主な接続手段となり、その結果として過去(2000 年と 2001 年のグラフ)にみられたような急激な増加はみられなくなった。しかし、全般的には夜間の利用が依然と多いことがわかる。

図 2.8、図 2.9 のグラフは、NSPIXP-3 で交換されている総トラフィック量の推移を示したものであ

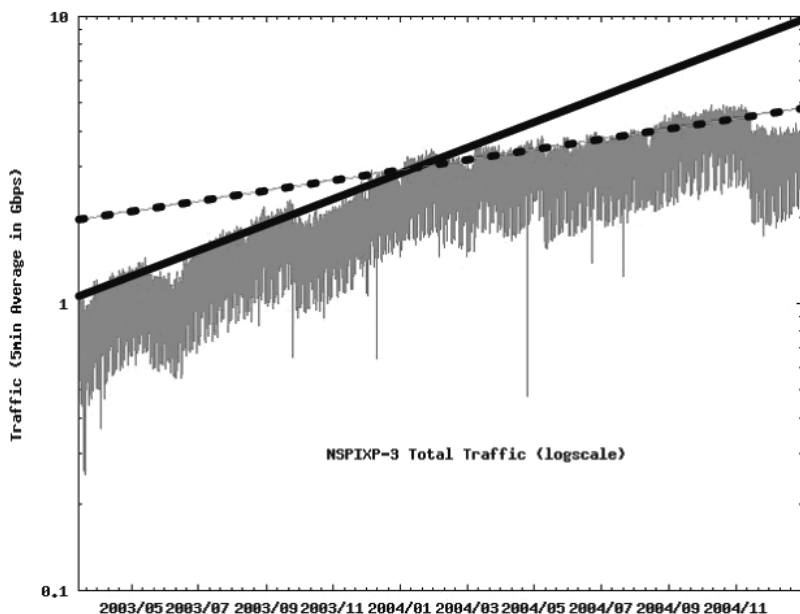


図 2.9. NSPIXP-3 のトラフィック (対数軸)

る。2001 年 7 月～2002 年 10 月までの取得データに関しては、縮退して保存する手法をとっていたため、1 日平均の最大値のみとなっている。また、2002 年 10 月～2003 年 3 月までは、NSPIXP-3 の構成変更にもなつて技術的に正しい値が取得できていないため、表示していない。

この図にみるように、全体として NSPIXP-3 ではほぼ単調にトラフィックが増加する傾向に変化はない。しかし、ログスケールでみたときにその傾きが大きく減少していることがわかる。図 2.9 は、図 2.8 の Y 軸のみを対数軸にしたものである。これは、昨年度みられた大手 ISP のトラフィック交換点の分散化がさらに進み、プライベート・ピアの活用が多くなつたためであると推測している。

図 2.9 中の実線と破線は、

$$Traffic = b \cdot \exp(a \cdot t)$$

で示される近似である。ここで a は、実線に対して $3.91007e-08$ 、破線に対して $1.59964e-08$ 、 t は 1970 年 1 月 1 日からの経過秒数である。

2.2.4 帯域制御の今後

現在国内の主要な IX で処理されているトラフィック量の伸びは鈍化している傾向にある。これは、国内のトラフィック量全体の伸びが鈍化しているわけではなく、Local Peer など処理されているトラ

フィック量が増加し、現在では IX で交換されているトラフィックと Local Peer で交換されているトラフィック量が拮抗してきている状況にある。また、トラフィックを地方分散で処理する方向も検討されている。

これは、L2 の技術が処理するトラフィック量に対して、潤沢な処理能力を持っていた数年前の状況に対して、負荷分散をしなければ処理できない量に達してきていると考えることができる。このような状況の中で IX は、ISP が主体的に制御でき、より広帯域な処理能力を持ったものにしていく必要がある。