

# 2

## 仮想化ネットワーク

### 管理機能の仮想化と JGN2plus における利活用報告

早川浩平 \*1 森 工 \*2

\*1 シスコシステムズ合同会社

\*2 ジュニパーネットワークス(株)

#### 仮想化の概念と目的

##### ▶ 仮想化の種類

コンピュータやネットワークなどの IT インフラにおいて、限られたリソースを効率的かつ柔軟に活用することは重要な課題である。また、信頼性に対する要求も高まっており、これらの課題を解決する 1 つの手法として仮想化技術が挙げられる。仮想化技術は大きく 2 つに分類できる。1 つ目は、1 台の装置を複数の装置があるかのように使う技術で、これを「論理分割」と呼ぶ。2 つ目は、複数の装置を論理的に 1 つのシステムのように使う技術で、これが「論理統合」である (図-1 参照)。

論理分割の長所は、1 つの装置を異なる用途に利用できたり、複数のサービスを提供することができることである。その結果、ハードウェアを集約させることが可能となり、ハードウェアのコストダウン、消費電力量の削減が可能となる。また、論理統合の長所は、システム全体の信頼性を向上させ、システム全体の拡張性や柔軟性を向上させることができる点である。

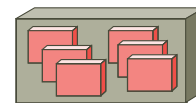
#### ネットワークの仮想化とは

##### ▶ ネットワークの仮想化とは

ネットワーク分野でも「論理分割」と「論理統合」の 2 つの仮想化技術が存在する。ネットワークでの主な「論理分割」の代表的な技術としては、LAN スイッチで実装されているバーチャル LAN (VLAN)、レイヤ 3 スイッチ (以下 L3 スイッチ) で実装されているバーチャルルーティング/フォワーディング (VRF) 技術、ルータで実装されているバーチャルプライベートネットワーク (VPN) 技術などがあり、すでに一般的に利用されている。

図-2 に L3 スイッチでの仮想化技術である VRF 機能を使った場合の構成例を示す。仮想化機能に対応した L3 スイッチであれば複数の L3 スイッチを 1 台の装置に集約可能で、同等のネットワーク環境を構築可能である。

① 論理分割



② 論理統合

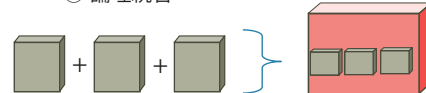


図-1 仮想化の種類

また、ネットワークでの「論理統合」の代表的なものとしてスタック型スイッチがある。図-3 にスタック型スイッチの例を示す。複数のスイッチから構成されるが 1 台のスイッチとして動作し、必要なネットワークのポート数に応じて、必要なスイッチ装置を接続していくことが可能である。

#### ネットワーク機器の仮想化とは

##### ▶ ネットワーク機器の仮想化

現在普及しているネットワークの論理分割の仮想化技術としては、前述したように 1 つのネットワーク機器を論理分割して、複数の独立したネットワークサービスを提供している。

この仮想化技術の利用形態は、そのネットワーク機器の「管理者」が基本的に 1 人であることを想定している。つまり、1 人の管理者が装置全体を管理し、その装置を論理分割し、分割されたものを、各利用者がネットワークサービスとして利用するという利用形態の仮想化技術である (図-4)。

それに対し、「ネットワーク機器の仮想化」とは、文字通りネットワーク機器を論理分割して仮想化し、ネットワーク管理機能までも仮想化することを意味する。管理機能までも仮想化させることで、利用者に対して VLAN

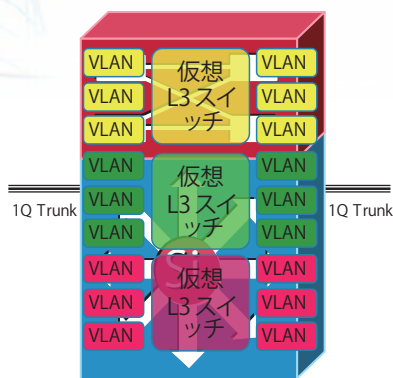


図-2 VRF 機能を利用した L3 スイッチ構成

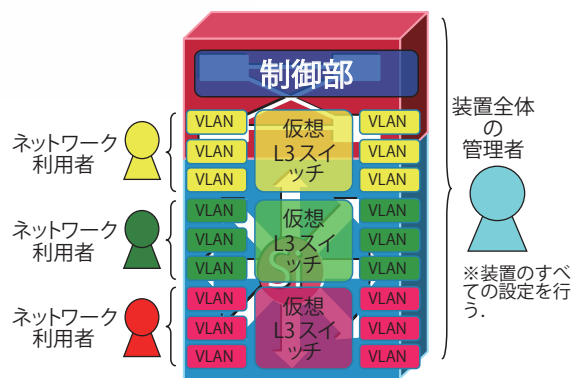


図-4 従来のネットワーク仮想化技術の例 (複数のネットワークサービスを提供)

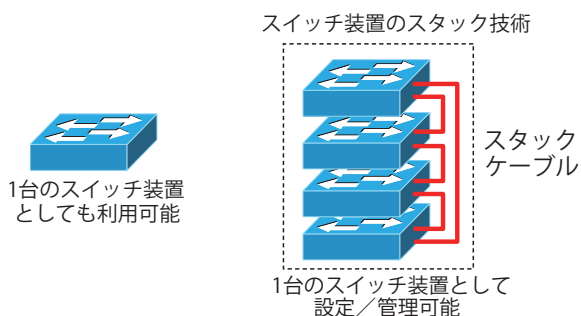


図-3 スタック型スイッチの構成例

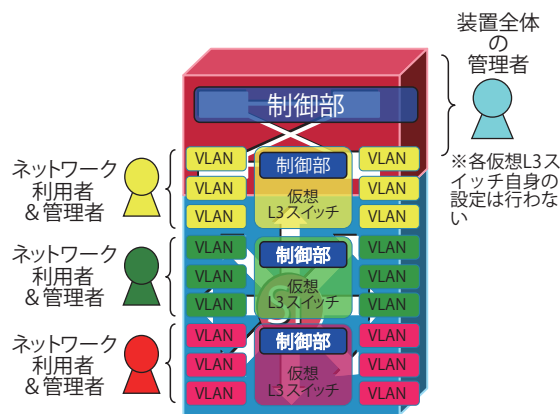


図-5 管理機能の論理分割

やVPNなどのネットワークサービスだけを提供するのではなく、仮想的な「ネットワーク機器」を提供する。ネットワーク機器が提供された利用者は、自らネットワーク機器の設定が行え、またネットワーク機器の稼働状況を自ら管理、監視することが可能となる(図-5)。

### ▶ 管理機能の仮想化と複数の管理者

以下のような場合にはネットワーク装置の管理機能の仮想化が有効となると考えられる。

- ① 従来、別の管理者が運用していた個別のネットワーク装置を1台のネットワーク装置に集約するケース。装置として1台に集約するが、管理者は従来と同じ個別管理を実施したいケース。例)大学の各学部を設置してあるファイアウォール装置を1台に集約するケース。
- ② 通信事業者/サービスプロバイダが契約利用者に対して、仮想化したネットワークインフラをサービス提供するケース。契約利用者が独自でネットワーク設計、運用管理を望むケース。
- ③ 複数のネットワーク研究者などへネットワークインフラを提供するテストベットネットワークインフラ。研究者

は独自の経路制御やネットワーク設計、トラブルシューティング作業などを自身で行う必要があるケース。

これらのケースは、従来のネットワーク装置の管理者が1人であることを想定されている仮想化技術では対応できない。仮想化されたネットワーク装置は、結果として複数の異なるネットワークサービスを提供することになるという点では、従来のネットワークの仮想化技術と同等であるが、根本的な違いは、そのネットワークサービスの管理主体であり、ネットワーク利用者に管理機能を含む仮想的なネットワーク機器を提供する技術である。この技術により、従来の技術では不可能であった形態での装置の共有化が可能となり、ハードウェアの集約性を高めることが可能となる。

### ▶ 管理機能の仮想化の実装方式と課題

管理機能の仮想化の実装は、当初はソフトウェアベースの実装が進み、ルータの場合は、論理ルータと呼ばれていた。論理ルータは複数の仮想化ルータをソフトウェア実装で実現した機能であり、基本的に筐体内のCPUやメモリなどのハードウェアリソースは共有されている。

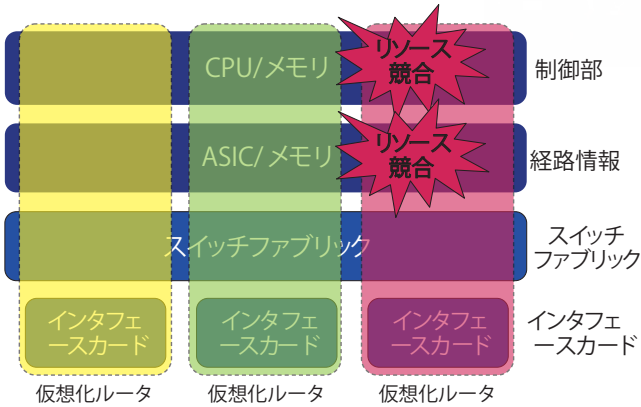


図-6 ソフトウェア論理ルータの課題

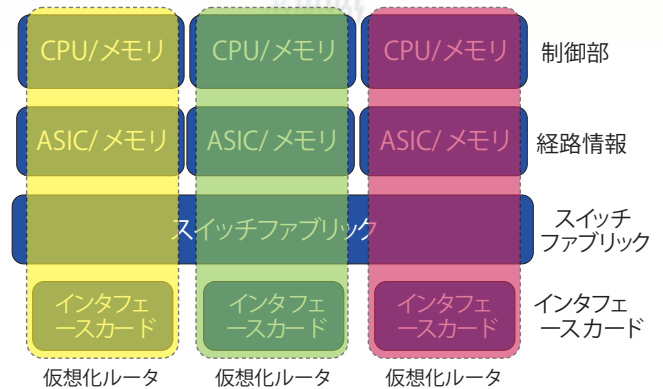


図-7 ハードウェア論理ルータの概念図

この実装方式の長所は、ハードウェア追加なしで仮想化ルータを追加できる点であり、利用者としてはコスト増を抑圧でき、ルータの柔軟な設計が可能であった。

しかし、この実装には課題がある。管理機能を仮想化し、各仮想化ルータの管理者が自由に設定を行えるようになったことで、筐体内の有限なリソースの競合による仮想化ルータ間の相互干渉問題である(図-6)。

たとえば、1つの仮想ルータが非常に多くのルーティングテーブルを收容したことでルータ装置全体のメモリ使用量が増大した場合や、ある仮想化ルータがリブートされた場合に他の仮想化ルータの動作に影響があるようであれば、独立したルータ装置のように仮想化ルータの運用ができない。仮想化ルータを割り当てられた管理者は、割り当てられた仮想化ルータが、「仮想」であることを意識しなくともオペレーションができることが望ましい。たとえば、それがネットワーク装置に対するコンソールアクセスや、ラインカードのハードウェアの追加や削除などの運用的なオペレーションさえも「仮想化」されていることを意識せずに利用できることが望ましい。特に通信事業者のインフラなどでは高信頼性と安定性が非常に重要であるため、仮想化されていることに起因する課題が残っていればその技術を採用することは一般的に困難であり、完全な独立性が必須であると考えられる。この課題を解決するために、仮想化ルータの実装方式としてハードウェア論理ルータと呼ばれる方式が開発され、実装されてきている(図-7)。

ハードウェア論理ルータとは、各仮想化ルータ間でハードウェア的な競合が発生する部分に対して、仮想化ルータごとにハードウェアリソースを割り当てる手法である。ハードウェア論理ルータの場合、仮想化ルータごとにハードウェアの追加が必要になる点が短所となるが、仮想化ルータ間の動作やオペレーションの相互干渉を非常に減らすことが可能な実装方式であり、通信事業者な

どのコアルータでの要求に耐え得る可能性を秘めている。なお、ハードウェア論理ルータの実装方式が提供されてきたので、区別するために従来の論理ルータはソフトウェア論理ルータと呼ばれるようになってきている。

### ▶ハードウェア論理ルータ機能に対応したコアルータ製品

ハードウェア論理ルータ機能を実装しているコアルータ製品として、シスコシステムズ社の CRS-1 と、ジュニパーネットワークス社の JCS 1200 の2機種がすでに販売されている。

シスコシステムズ社の CRS-1 には Secure Domain Routing (以下 SDR) と呼ぶ仮想化ルータ機能がある。仮想化ルータごとに Distributed Route Processor (以下 DRP) と呼ぶプロセッサカードをシャーシ内に搭載し、仮想化ルータのルートプロセッサとして動作させる。DRP 上で仮想化ルータ用のオペレーティングシステム IOS-XR が稼働する。また、ジュニパーネットワーク社は、T1600 のハイエンドルータ筐体および Juniper Carrier System 1200 (以下 JCS 1200) を組み合わせ Protected System Domain (以下 PSD) と呼ぶ仮想化ルータ機能を提供している。JCS 1200 内に各仮想化ルータ用のブレードを搭載し、そのブレード上で仮想化ルータ用の JunOS が稼働する。

両社の現在のハードウェア論理ルータの実装では、ラインカード単位で各仮想化ルータへ割り当てを行う実装となっている。その大きな理由は、CRS-1 も T1600 もシャーシ内部にて分散処理アーキテクチャであり、実際にパケット処理を行うために必要なルーティングテーブルなどの情報は各ラインカード上のメモリに格納されており、各ラインカード単位で仮想化ネットワークに割り当てすることで、ラインカード上での CPU やメモリなどのリソース競合も発生しない構造で設計されている。



写真1 さっぽろ雪まつりで使用した CRS-1 概観 (東京大手町)

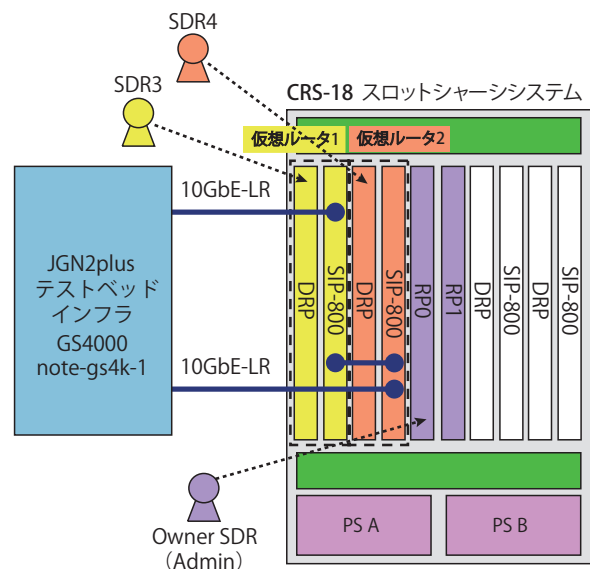


図-8 さっぽろ雪まつりで使用した CRS-1 の構成概念図

(独)情報通信研究機構(略称:NICT)が2009年2月に行ったさっぽろ雪まつり実証実験にて使用した構成を例に両社の製品を具体的に説明する。

さっぽろ雪まつりの実証実験では CRS-1 と JCS 1200 のそれぞれで、1つの筐体内で2つの仮想ルータを構成して、実証実験を行った。さっぽろ雪祭り実証実験のインフラにて利用された CRS-1 の外観と構成を示す(写真1 および図-8)。

8スロットシャーシの中央部にシャーシ全体を制御するルートプロセッサ(以下 RP)が冗長構成で実装されており、その左右に DRP もしくはラインカードが搭載可能なスロットが提供されている。仮想化ルータに対するラインカード割り当てなどの制御は RP 上にて実施する。上図の左側のスロットから、1つの DRP と1つの SIP-800 と呼ばれるラインカードの組合せで、1つの仮想化



写真2 さっぽろ雪まつりで使用した JCS 1200 と T1600 概観 (東京大手町) (ラック上部: JCS 1200, 下部: T1600)

ルータを構成している。各 DRP にはコンソールポートや管理用 LAN ポートなどが実装されており、各仮想化ルータは、物理的に独立したルータと同等の管理機能が提供されている。

次に、さっぽろ雪まつり実証実験のインフラにて利用されたジュニパーネットワークス社の T1600 と JCS 1200 の外観と構成を示す(写真2、図-9 および図-10)。

JCS 1200 はブレードスイッチの筐体であり、12枚の blade、冗長化された Switch (以下 SW)、冗長化された Management Module (以下 MM)、アラーム監視およびコンソール制御部、冗長化された電源部を備えている。

T1600 は8個のスロットを持ち Flexible PIC Concentrator (以下 FPC) を搭載可能である。また、制御用ソフトウェアを動作させるモジュールを Routing Engine (以下 RE)、FPC と RE を接続するスイッチ制御部 Control Board (以下 CB)、ルータ自身のスイッチファブリック Switching Interface Board (以下 SIB) を搭載している。RE、CB、SIB および電源部は冗長化されている。

図-9は JCS 1200 と T1600 の接続方法を示している。両者の接続は JCS 1200 の SW 0系1系と T1600 の CB 0系と1系をそれぞれ RJ45 のケーブルと専用のジョイントケーブルを繋ぎ接続する。JCS 1200 の SW および T1600 の CB はそれぞれ冗長化されているため、障害が発生した場合も無停止でサービスは継続可能である。また接続距離は100メートルまで延長可能である。JCS 1200 は最大で3台の T シリーズを接続することが可能である。

JCS 1200 と T1600 のそれぞれの筐体を管理する管

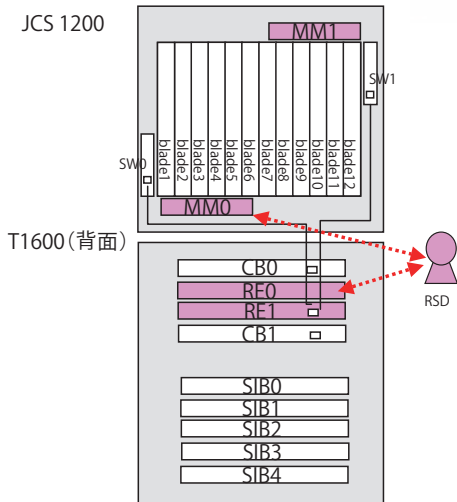


図-9 JCS 1200 と T1600 の接続形態および RSD 概念図

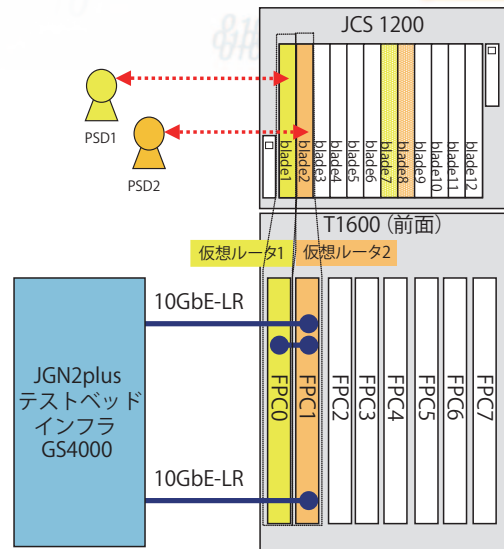


図-10 さっぽろ雪まつりで使用した T1600 と JCS 1200 の構成概念図

理者を Route System Domain (以下 RSD) と呼ぶ。RSD は JCS の MM および T1600 の RE を通して両筐体の管理および仮想化ルータ Protected System Domain (以下 PSD) の設定を行う。仮想化ルータは JCS 1200 には blade と T1600 の FPC から構成される。T1600 には仮想化ルータ用の特別なハードをインストールする必要はないので、FPC8 枚それぞれで仮想ルータを構築した場合、最大 8 つの仮想ルータを構築することが可能である。図-10 は今回の雪まつりで構築した仮想ルータの構成を示す。2 つの仮想ルータ PSD1, PSD2 を構築した。コントロールプレーン冗長化のため JCS 1200 の blade を 2 つ割り当てている。

### 管理機能の仮想技術の活用

#### ▶ 既存の JGN2plus のネットワーク運用概要

NICT では新世代ネットワークの実現に向けて、Japan Gigabit Network2 (以下 JGN2) をさらに高機能化した研究開発テストベッドネットワーク“JGN2plus”の運用を行っている。新しいリサーチセンタ Service Platform Architecture Research Center (以下 SPARC) は新世代ネットワークの運用・管理技術の研究を行っている。

JGN2plus はレイヤ 2 およびレイヤ 3 バックボーンのネットワークサービスをネットワーク研究に携わる研究者に提供することを目的としており、テストベッドネットワークと呼ばれている。今までに JGN2plus を活用して IPv4/IPv6, MPLS/GMPLS, マルチキャスト通信および高帯域コンテンツ配信などのさまざまな実証実験、研究および運用開発が行われてきている。

この JGN2plus テストベッドの利用者に対するテスト

ベッドネットワークの構築フローを図-11 の上図に示す。ネットワーク構築はテストベッド利用者がオペレーションセンタに利用申請を行い、それに基づきネットワークオペレーションセンタがネットワークの機器構築および作業報告をする。その後、ネットワークの変更が必要な場合、テストベッド利用者が再びオペレーションセンタに申請を行い、オペレーションセンタがその都度、設定変更および作業通知を行っている。

図-11 の下図は現在のネットワーク運用概念図を示している。基本的にオペレーションセンタがテストベッドネットワーク構築、運用を包括的に行い、テストベッド利用者はネットワーク機器の設定に携わることはできない。

近年、通信とコンテンツの融合をにらみテストベッド利用者の実験、研究に必要なネットワーク要件が高帯域化、高機能化してきている。たとえば、コンテンツの帯域も非圧縮フルハイビジョンおよび 4K-2k デジタルシネマとますます高帯域になると同時に、IPv4/IPv6 のマルチキャストを利用して配信する事例が多くなっており、実験設備の高性能化/高機能化が求められている。JGN2plus の既存の高機能ルータを活用する場合、既存の protocol との組合せ、既存利用者のトラフィックの品質保証に対応するため、ネットワーク設計の変更や検証等も必要な場合もあり、速やかに要求された機能をテストベッド利用者に提供する場合は困難である。特に運用事例のない、トライアル的な実証実験の場合、テストベッド利用者からの要求にすべて対応するのは困難である。テストベッド利用者が自前で機材を準備することが可能であるが、高機能な通信機器を用意する場合コスト、電源、スペースの確保は大きな負担である。現在の課題

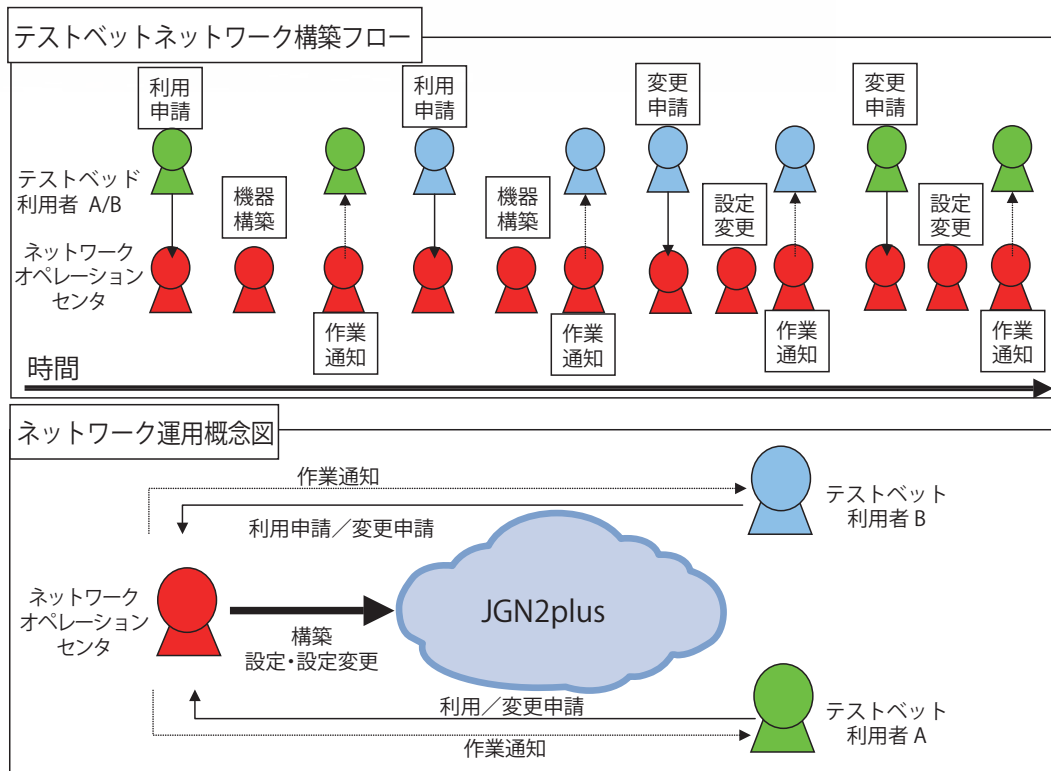


図-11 テストベッドネットワークの構築フローとネットワーク運用概念図

点をまとめると以下ようになる。

### ネットワークオペレーションセンター側の課題

- 運用負担  
設定変更が発生するたびにオペレーションセンターが介入するのは負担が大きく、コストがかかる。
- テストベッドネットワークの独立性確保が困難  
テストベッドネットワーク間のリソース競合を考慮しネットワークを設計する必要がある。
- 提供サービスの制約  
プロトコルとの相互接続、新機能の運用実績を考慮すると、テストベッドネットワーク利用者からのすべての要求にこたえるのは困難。

### テストベッド利用者の課題

- オペレーションセンターに依存した運用  
ネットワークの変更が必要な場合、オペレーションセンターにその都度、依頼する必要がある。またトラブルの切り分けもオペレーションセンターに解析依頼をする必要がありタイムラグが発生する。
- 利用できるネットワークサービスが制約  
利用可能なネットワークサービスは JGN2plus の提供範囲に限定される。
- 機材確保の負担  
テストベッド利用者が通信機器を用意する場合、導入

コスト、スペース、電力などの運用経費を負担。

JGN2plus ではこれらの課題を解決しオペレーションセンターの運用業務改善、テストベッド利用者へのサービス改善のため、ネットワークの管理機能の仮想化に着目した。テストベッド利用者に対して、以下の項目のようにリソースの独立性、運用の独立を確保した仮想ルータを提供できる、ハードウェア論理ルータ方式を採用し導入運用することにした。

- 1) 仮想化ルータのネットワークの運用を開放し、管理機能および運用に関する研究・開発を行う。
- 2) 仮想化ルータは IPv4/IPv6 対応、ユニキャスト、マルチキャスト対応し通常のルータと同等の機能で利用できる。仮想化ルータごとに制御部を冗長化し、経路情報が相互に作用せず独立している。
- 3) 仮想ルータは個別にリブート可能で他の仮想化ルータに影響を及ぼさない。また、仮想ルータごとに別バージョンで運用可能。

### ▶ さっぽろ雪まつりのネットワーク概要

今回のさっぽろ雪まつりの実証実験では、前述のシスコシステムズ社の CRS-1 の仮想化ルータ機能 SDR と、ジュニパーネットワークス社の T1600 と JCS 1200 の仮想ルータ機能 PSD を用いて、ネットワーク機器の仮想

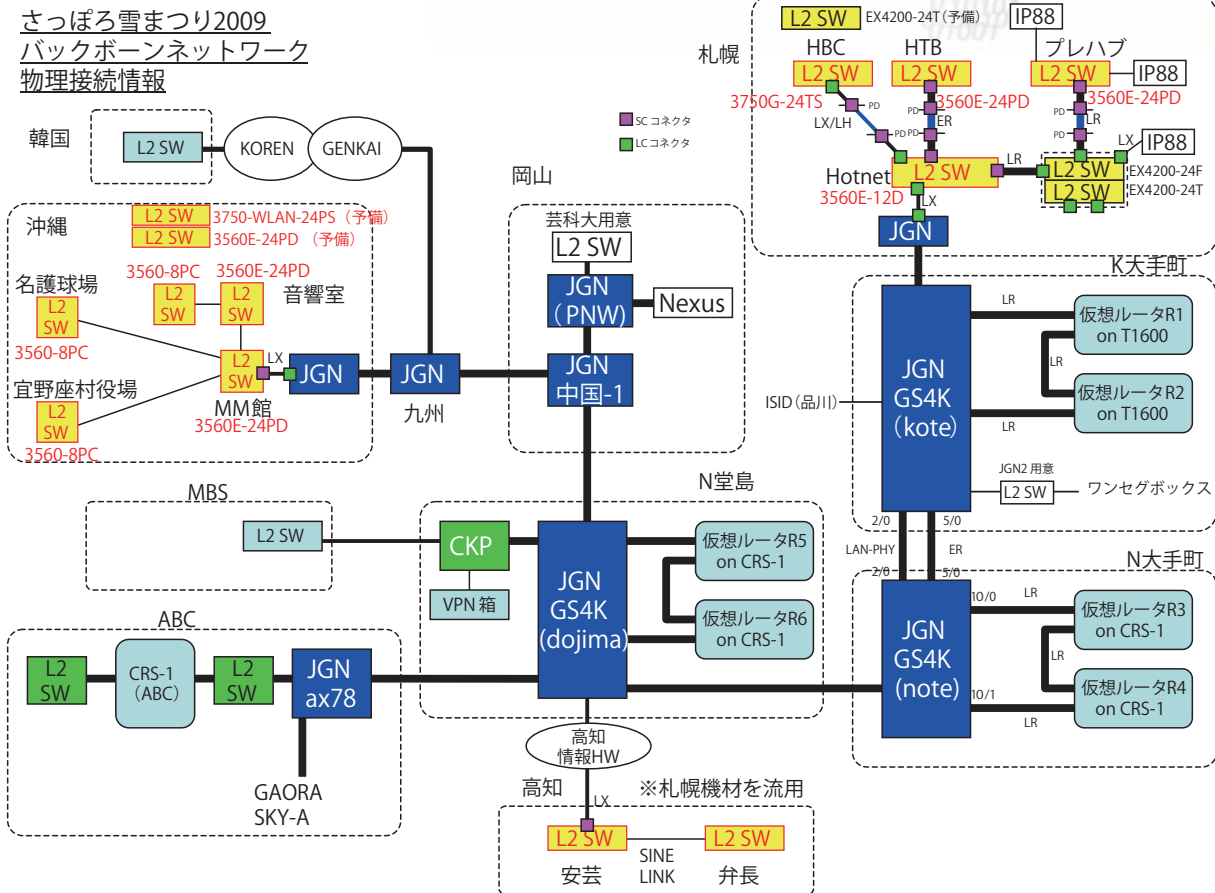


図-12 ネットワークの物理構成図

化技術を用いて構築した。図-12にさっぽろ雪まつりの実証実験で構築したネットワークの物理構成図を示す。

JGN2plus テストベッドネットワーク上には、東京大手町に CRS-1 と T1600-JCS 1200、大阪堂島に CRS-1 を設置して JGN2plus のバックボーンとスイッチと接続した。これら 3 台のコアルータをそれぞれ 2 個ずつの仮想化ルータとして利用し、論理的には 6 台のコアルータとしたネットワークを構築し実証実験を行った（具体的なルータにおける仮想ルータの実装および構成は図-8, 9 および 10 に示す）。

図-13 は今回のさっぽろ雪まつりの仮想ルータ論理構成図と運用概念図である。さっぽろ雪まつりの実証実験を行うために、まず実験利用者がオペレーションセンタに仮想化ルータの利用を申請する。東京大手町、大阪堂島のコアルータに構築された仮想化ルータの管理権限が申請を行った実験利用者に開放される。その後、実験利用者はオペレーションセンタとは独立して仮想化ルータの設定および設定変更を実施することが可能となる。

さっぽろ雪まつり実験利用者は IPv4/IPv6 のデュアルスタック、かつユニキャストルーティングおよびマルチキャストルーティングが可能なネットワークを構築し

た。ユニキャストルーティングは IPv4 および IPv6 共に OSPF、マルチキャストルーティングは PIM-SM を利用した。

東京、大阪のコアルータにそれぞれ 2 台仮想ルータを構築したのは、1 台の仮想化ルータにて停止もしくは障害が発生した場合、他の仮想化ルータにルーティングで切り替わり機能を引き継ぎ、サービス停止を短縮するように考慮したためである。

実験結果と今後の展望

▶ 実験結果

さっぽろ雪まつりの実証実験にて仮想化ルータの管理機能の仮想化は JGN2plus とテストベッド利用者に大きな恩恵をもたらした。図-14 上図は仮想ルータ導入後テストベッドネットワークの構築フローを示す。テストベッド利用者がネットワークの構築申請をネットワークオペレーションセンタに依頼し、ネットワークオペレーションセンタがこれに基づき、仮想化ルータを構築する。仮想化ルータがテストベッド利用者に開放されるため、テストベッド利用者はネットワークオペレーションセンタを介すことなく、随時ネットワーク機器の設定および

変更が可能となった。

図-14 下図にネットワーク運用概念を示す。この形態の場合のオペレーションセンタおよび実験利用者の長所は以下となる。

### ネットワークオペレーションセンタの長所

- 運用負担の軽減  
仮想化ルータ構築の作業のみであった。  
※仮想化ルータ自身の設定は実験利用者が実施  
緊急な設定変更依頼などが削減された

### 実験利用者の長所

- 開放された運用  
設定変更は利用者が随時実行でき、実験作業の効率が向上した。特に突発的なトラブル発生時に、緊急にネットワークの変更による切り分け作業に成果を発揮した。
- 利用できる機能が柔軟で豊富  
さっぽろ雪まつり利用者は仮想化ルータ内の多様な機能を活用できた。
- 機材確保が不要  
札幌および国内外の通信機器の設置コストの削減と、環境構築の短縮化を実現した。

今回、実験利用者が、仮想化ルータに対して設定した機能および、運用中に利用したコマンド機能は以下の通りである。実験利用者は従来のルータを操作する感覚で仮想化ルータを設定運用することが可能であった。

- 1) 仮想ルータにおける設定
  - a) アクセス TELNET/FTP, ユーザアカウント発行
  - b) サービス IPv6 Route Advertise, DHCP
  - c) ルーティング  
Static/OSPF/OSPFv3/PIM-SM/IGMP/MLD
  - d) ポリシーコントロール  
ルーティングポリシー, アクセスリスト
- 2) 仮想ルータにおける運用
  - a) SNMP による情報管理
  - b) CPU, メモリのリソース管理
  - c) インタフェース統計情報の収集
  - d) ping, traceroute による疎通確認
  - e) ルーティング, フォワーディングテーブル確認
  - f) トラフィックモニタリング, パケットキャプチャ
  - g) ルーティングデバック
  - h) プロセスリセット
  - i) インタフェースラインカード オン/オフ
  - j) 仮想ルータリポート

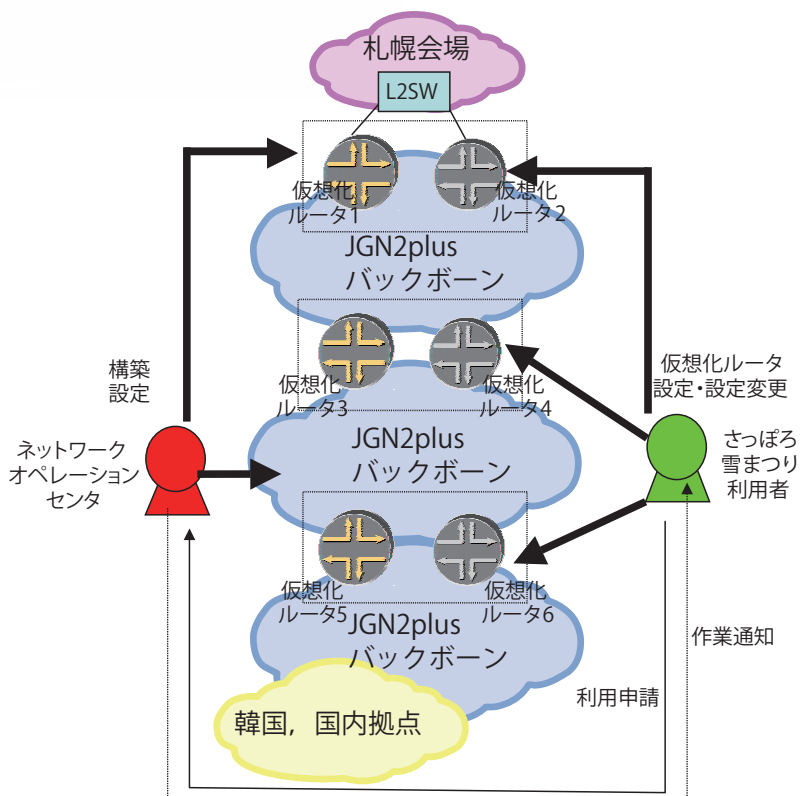


図-13 さっぽろ雪まつりの論理構成図と運用概念図

特に仮想化ルータをリブートしても他の仮想化ルータに影響がなかったことは、ハードウェア論理ルータの独立性を証明できた。ハードウェア論理ルータは製品化されて間もないことから、通信事業者の研究機関における実験評価という状況にとどまっているケースが多かった。今回のさっぽろ雪まつりの実証実験を通して、仮想化ルータが通常のルータと同様のネットワーク設計を行うことができ、かつ、通常のルータを使用した場合と遜色のない性能を発揮することが確認できた。仮想化ルータ間のリソース競合も確認されなかった。

しかし、今回の実験において、ハードウェア論理ルータにいくつかのソフトウェア不具合が確認された。発見された不具合の中には、ハードウェア論理ルータ固有のものと、コアルータそのものの不具合との両方が含まれた。仮想化ルータ環境で発生した不具合が仮想化ルータ固有の問題なのか、ルータプラットフォーム自身の問題かどうかの切り分けは困難で、仮想化ルータ実装の詳細な知識、過去のトラブルをまとめた知識データベースの蓄積が有効である。今回の実証実験を通じて発見された仮想化技術の実装にかかわる不具合のいくつかはすでに修正されており、ハードウェア論理ルータを用いた管理機能の仮想化の実証実験を経て貴重なフィードバックを得ることができた。このような実証実験を繰り返し行うことで、実際のインフラでも十分利用可能な成熟した実



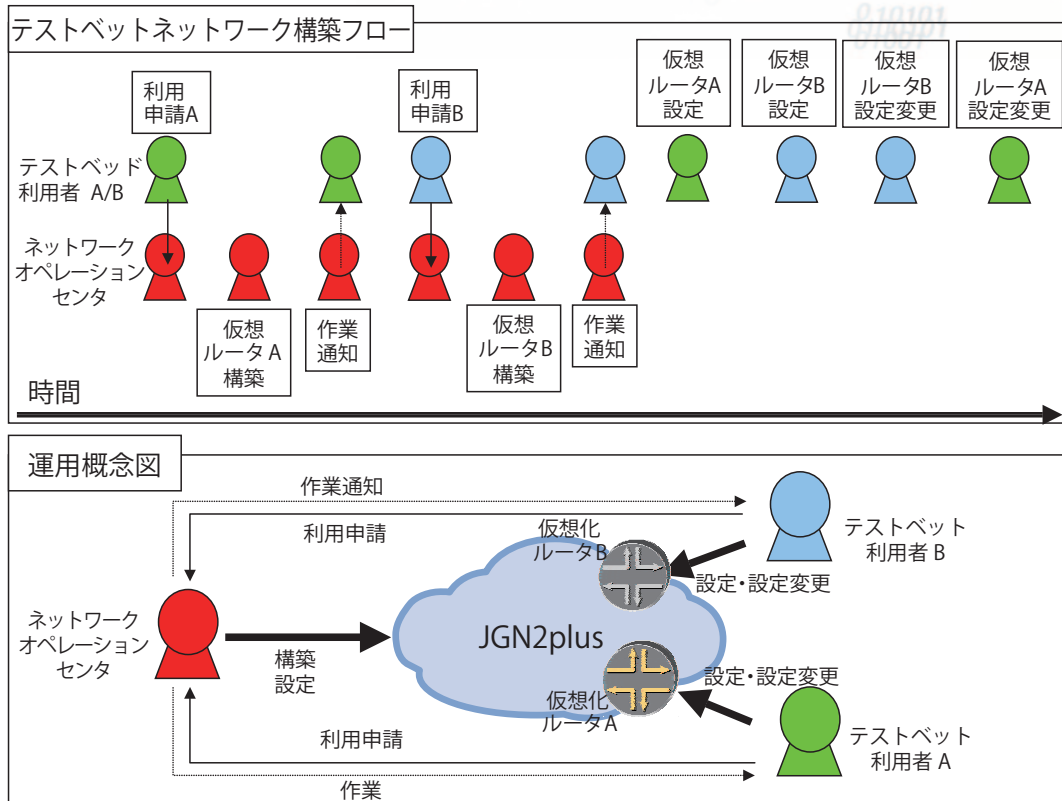


図-14 仮想化ルータ導入後のテストベッド構築フローとネットワーク運用概念図

装に一步近づけたことが大きな成果である。

▶課題

仮想化ルータにおいて、不具合の切り分け作業の効率化のため各仮想化ルータの状態を、よりきめ細かく確認するコマンド機能の拡充が今後重要である。

また、ハードウェア論理ルータはシスコシステムズでは CRS-1、ジュニパーネットワークスでは T シリーズといういずれも通信事業者向けのハイエンドルータで提供されている。より手軽に管理機能の仮想化を実現するためにはミドルレンジの性能の通信機器に拡張されることが必要である。また、筐体あたり、構築可能な仮想化ルータは 4～8 個と収容密度は高くない。仮想化ルータのサポート数の追加と、ラインカードだけではなくポート単位に割り当てられるような柔軟な設計が今後の課題と思われる。

▶今後の展望

IT インフラはすでにライフラインとなり、我々の生活に欠かせないものになっている。通信サービス事業者の中には既存の固定電話、携帯電話、さらには放送等を、インターネットプロトコルを活用した Next Generation Network と称される新たな IT インフラを構築し統合していく動きがある。統合を行ううえで運用の統合につい

ては思考錯誤が行われている状況であり、運用機能がますます注目されると思われる。運用の仮想化が実現できればハードウェアの集約がより可能になり、結果的に利用者への柔軟なサービス提供およびコスト削減につながる事が期待できる。さらにサーバにおける管理機能の仮想化技術も進んできており、今後、サーバとネットワークの仮想化機能の連携、融合が IT インフラのより効率的な運用には有効であると考えられ、今後の技術革新に期待する。

(平成 21 年 8 月 31 日受付)

早川 浩平 | khayakaw@cisco.com

シスコシステムズ合同会社システムエンジニアリング&テクノロジーソリューションアーキテクト。1998 年シスコシステムズ (株) 入社。サイバー関西プロジェクトや IPv6 相互接続性試験などの技術支援を行う。2008 年度から情報通信研究機構 JGN2plus テストベッド特別研究員としてさっぽろ雪まつりなどの実証実験の技術支援を行う。

森 工 | tmori@juniper.net

ジュニパーネットワークス (株) 技術本部第二技術部 SE マネージャ。2000 年ジュニパーネットワークス (株) 入社。MPLS-IX ワーキンググループにて相互接続検証に参加。2008 年度から情報通信研究機構 JGN2plus テストベッド特別研究員として Super Computing 2008、さっぽろ雪まつりなどの実証実験の技術支援を行う。