

次世代学術情報ネットワーク (SINET3) について

漆 谷 重 雄

あらまし

国立情報学研究所 (NII) では、各大学の情報基盤センター等と連携・協力し、我が国の「最先端学術情報基盤 (サイバー・サイエンス・インフラストラクチャー: CSI)」の構築を進めています。CSI では、情報通信の基盤である「学術情報ネットワーク」と、大学電子認証基盤 (UPKI)、CSI 連携ミドルウェア、学術コンテンツサービス機能等が連携し、従来にない高度な学術研究環境ならびに教育環境を形成することを目指しています。NII に設置された学術情報ネットワーク運営・連携本部が中心となってその具体化を進めており、今回ご紹介する「次世代学術情報ネットワーク (SINET3)」も、その中で議論されてコンセプトが確立されました。SINET3 は、従来と比較して、より豊富なネットワークサービスメニューの提供を可能とし、平成 19 年 4 月よりその運用を開始する予定です。

名古屋大学情報連携基盤センターも、10Gbps の超高速アクセスポイントの一つになっており、検討されているすべてのネットワークサービスが利用可能な環境になります。本稿では、SINET3 のネットワークサービス、ネットワークアーキテクチャ、適用技術等の概要を説明します。

I. 背景

現在、学術情報ネットワークとしては、700 以上の日本全国の大学や研究機関等の学術情報基盤である SINET と学術研究を飛躍的に発展・増進させるための超高速ネットワークであるスーパー SINET の 2 つの基盤があります。両基盤ともに、ネットワークインフラストラクチャとしての役割が定着し、交流するトラフィックが年々増加しているとともに、ネットワークサービス機能に対するユーザ要望が多様化してきています。また、スーパー SINET に関しては、これまで、高エネルギー・核融合科学、宇宙科学・天文学、遺伝子情報解析、グリッド、ナノテクノロジー、シミュレーション科学といった先端分野を中心としてその役割を果たしてきましたが、その先端的な機能を全国レベルへ展開してほしいという要望が強くなってきています。一方で、既設の IP ルータの機能的な限界や大容量高速化に対する経済化への限界が顕在化してきており、つぎのサービス展開に向けた新しい技術の導入が必須となってきている状況です。

このようなユーザからのネットワークサービスに関するさまざまな要望、さらには、今後ますます重要になる国際的な競争・協調の観点を踏まえ、最先端ネットワーク技術を駆使し、SINET とスーパー SINET の基盤を統合した革新的なネットワーク基盤 (次世代学術情報ネットワーク:

SINET3) の構築に着手することになりました。

SINET3 では、より高速、高品質、多機能なネットワークサービスを、共通のネットワーク資源を用いて効率的に提供することが可能になります。例えば、IP に加えて Ethernet、波長といったマルチレイヤでの各種ネットワークサービス、広域プライベートネットワークサービス、オンデマンド帯域保証サービス (Bandwidth on demand: BoD) 等の先端サービスも、一般的なインターネット接続サービスとネットワーク資源を分離することなく、一つのネットワーク基盤を用いて提供することが可能になります。また、今後のネットワークサービスに関するユーザ要望やその需要の変動に柔軟に対応し、さらには、大容量高速化に経済的に対応することを考慮したネットワークアーキテクチャを採用しています。

II. SINET3 でのネットワークサービス

SINET3 におけるネットワークサービスのスコープを図 1 に示します。特徴的な点としては、IP に加えて、Ethernet、波長といったマルチレイヤのサービスを共通基盤で提供する点、今後の各研究機関の連携によるバーチャル組織化を意識して閉域網を実現する VPN (Virtual Private Network) 機能を充実させる点、実時間系のアプリケーションを意識した優先制御や究極解としてのオンデマンド品質保証 (帯域保証及び遅延揺らぎなし) 接続などの高品質サービスを提供する点などが上げられます。また、ネットワーク内で入手可能な情報 (トラフィック情報、セキュリティ情報等) は、問題のない範囲で極力公開していく予定です。サービスがこのように豊富になる分、ネットワークの運用管理が複雑になってきますので、サービスの需要を見ながら段階的にサービスを展開して行く予定です。以下では、これらのネットワークサービスをより詳細に解説します。

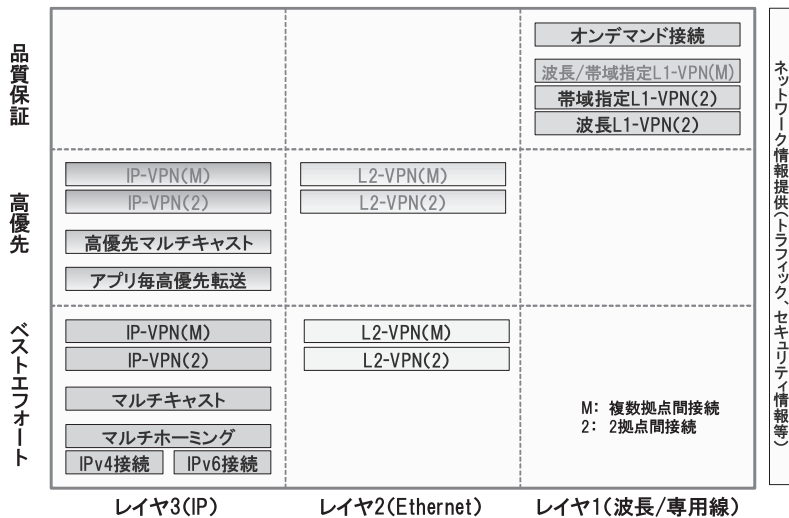


図 1 SINET3 でのネットワークサービスのスコープ

1. IP サービスの高度化

今後も IP サービスのトラフィックは着実に増加し、特に、IPv6 ベースのアプリケーションに関しては爆発的な発展の可能性があると予想されます。SINET 及びスーパー SINET における IPv6 サービスの提供は、IPv4 ネットワーク上をトンネリングさせる形式での提供であったため、申請ベースで拠点を限定しての提供でした。SINET3 においては、IPv4/IPv6 dual stack 機能により、ユーザ側での IPv6 利用に関して本格的に対応することが可能になり、また、IPv4 と IPv6 がどのような比率で混在しても転送性能を損ねることなくサービスを提供できるようになります。また、今後の多様なアプリケーションの展開を考慮して、音声や映像等の実時間系アプリケーションを意識した高優先転送サービスや多地点間の接続を可能にするマルチキャストサービスを展開していく予定です。どのアプリケーションを優先し、また、どのマルチキャストプロトコルを適用するかは今後の課題ですが、ネットワークの設計としては、3～4 程度の優先度を考慮し、またマルチキャスト系サービスを柔軟に運用管理できる仕組みを導入し、今後の展開に備える予定です。また、ユーザ側での複数経路選択、すなわちマルチホーミングに対応するため、従来どおり、ユーザネットワークとの BGP 接続も継続します。

2. VPN サービスの高度化

今後の研究組織間の連携による各種アプリケーションの研究開発の推進をサポートするためには、共通ネットワーク上で各研究機関の接続の閉域性を確保し、バーチャルな研究組織を形成するネットワーク機能が重要になってきます。従来スーパー SINET 上では、MPLS (Multi-Protocol Label Switching) 技術を用いた IP-VPN (Virtual Private Network) サービスを提供してきましたが、レイヤ 2 接続に関する要望も多く寄せられており、SINET3 では、図 2 (a) に示すように、同一のネットワークインフラ上で、レイヤ 3 での VPN に加えてレイヤ 2 での VPN (2 拠点間及び複数拠点間) の提供を行います。また、研究内容によっては、研究データの転送品質を考慮する必要があることを想定し、高優先の VPN 環境を提供できる仕組みも導入する予定です。さらには、より高品質の接続性を実現するためにレイヤ 1 でのサービス提供も行う予定ですが、これについては次節で説明します。

3. 品質保証サービスの展開

将来のアプリケーションとしての非圧縮 HDTV 等の利用や VPN における非常にセンシティブなデータの転送を考慮すると、従来にない広帯域で高品質のネットワーク接続が必要になってきます。SINET3 では、品質保証を IP-QoS 等の複雑な品質制御に頼るのではなく、図 2 (b) に示すように、進化するレイヤ 1 の技術を用いて品質保証サービスを展開します。具体的には、まず、Gigabit Ethernet, 2.4Gbps 等のインタフェースを対象として、エンドエンドでの波長接続を提供します。また、レイヤ 1 サービスをより広く活用してもらうために、Gigabit Ethernet と 10 Gigabit Ethernet のインタフェースを対象に、帯域を指定しての接続を提供する予定です。帯域の粒度としては技術的には約 50M/150M 単位での設定が可能ですが、ネットワークの運用管理

のしやすさも考慮した粒度とする予定です。これらのレイヤ1での接続は、ネットワークの資源を独占的に確保するために、ユーザが必要とする期間だけ資源を提供する、ユーザオンデマンド機能を合わせて開発する予定です。また、レイヤ1での接続は、当面2拠点間を対象としますが、複数拠点でのLIVPNのサービス提供についても、その実現方式を含めて検討する予定です。

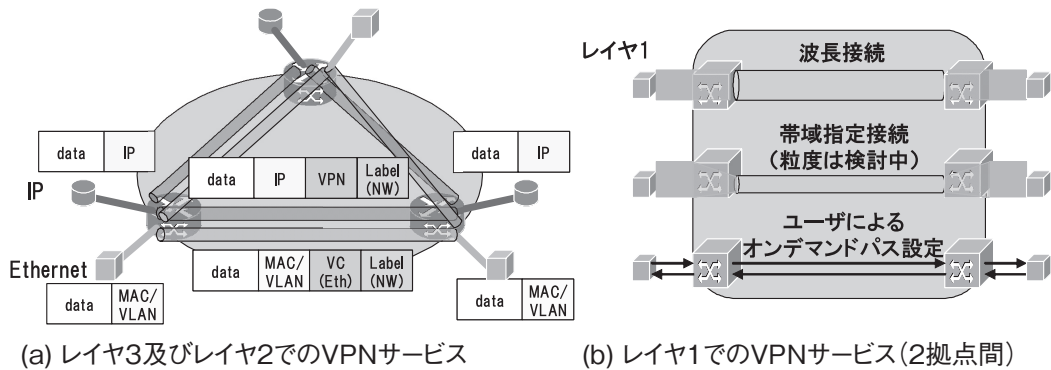


図2 SINET3でのネットワークサービス例

4. ネットワーク情報提供サービスの展開

SINET及びスーパーSINETでは、ネットワークの安定運用を優先し、ネットワーク内の情報をほとんど公開してきませんでした。SINET3では、ネットワーク情報、例えば、ネットワークトポロジー、各回線区間のトラフィック情報、セキュリティの強化につながる情報等を問題のない範囲で積極的に公開する予定です。これにより、ユーザの安心・安全なネットワーク利用やネットワーク応用研究の発展に貢献したいと考えています。

III. SINET3のネットワークアーキテクチャ

この章では、前章で説明した多様なネットワークサービスを実現するためのネットワークのアーキテクチャならびに具体的なネットワーク構成に関して説明します。

1. 全体ネットワークアーキテクチャ

ネットワークインフラは、そのサービス機能やネットワーク機能が充実されても、ユーザがネットワークを十分に使いこなすための仕組みが充実されないと、結局使いづらいものになります。したがって、ユーザにとって使いやすいあるいはアプリケーションと連携しやすい仕組み、また、ユーザに常にベストの利用環境を提供するための仕組み、などが重要になってきます。SINET3では、ユーザにとっての利便性の向上を目指して、図3のような、基本サービスを提供するレイヤ1～3の転送レイヤ、これらの転送レイヤを効果的に制御するネットワーク制御レイヤ、ユーザとの連携によりネットワーク制御を行うユーザ連携レイヤ、が協調する発展的なネットワークアーキテクチャを志向しています。転送レイヤは、最新のネットワーク技術を駆使した超高速統合光+IPネットワークをコンセプトとしています。ネットワーク制御レイヤは、各レイヤのト

ラフィック状況に応じて動的に経路制御を行うことにより資源の高効率利用を図る機能や、災害・故障時にマルチレイヤを考慮して迅速にサービス回復を図る機能などを充実する予定です。ユーザ連携レイヤは、オンデマンドサービス機能やセキュリティ機能の高度化に加え、ミドルウェアやアプリケーションとの連携を考慮した機能を充実し、ユーザとの連携・協調を深めていきたいと考えています。

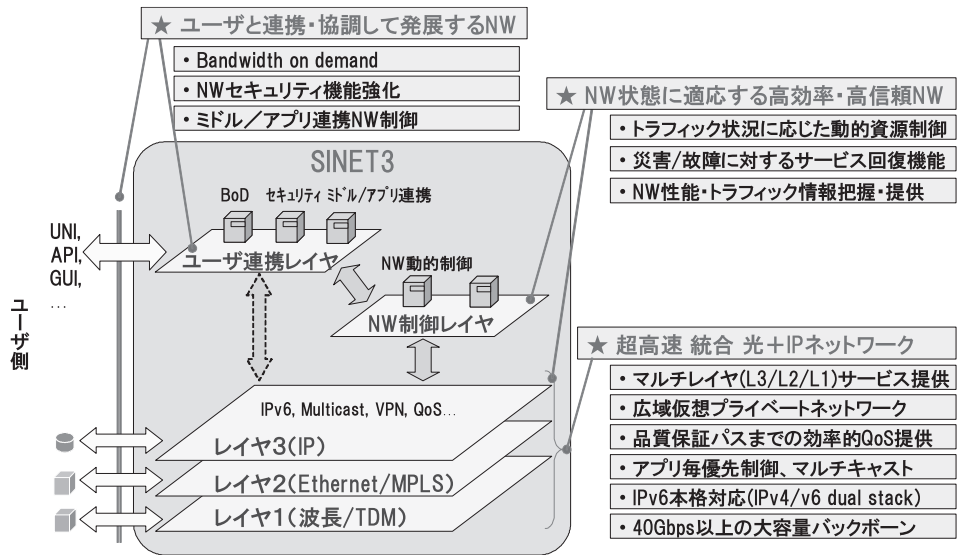


図3 SINET3のネットワークアーキテクチャ

2. ネットワークの階層構成・トポロジー

ネットワーク構成，特に，転送レイヤの階層構成を図4に示します。従来は，SINETとスーパーSINETの拠点を意識した階層構成となっていました，SINET3では，SINETとスーパーSINETの拠点は同一のエッジ層とし，コア層は研究拠点とは独立に設ける2階層構成とします。

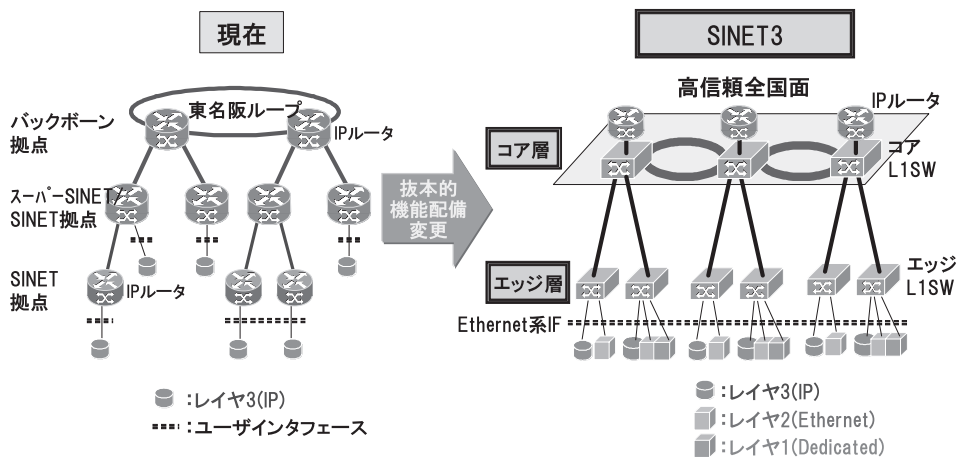


図4 SINET3のネットワーク階層構成

エッジ層は、最大 10Gigabit Ethernet までの Ethernet 系のインタフェースを有するエッジレイヤ 1 スイッチで構成し、各レイヤのユーザ装置を収容します。コア層は、コアレイヤ 1 スイッチと高性能 IP ルータで構成し、マルチレイヤでのサービスを提供するとともに、コア拠点間は、災害時や装置・回線の故障時にもサービスの継続性を確保するために、迂回経路を設けた冗長性を有する構成とします。

SINET3 のネットワークトポロジーを図 5 に示します。現在の SINET 及びスーパー SINET の拠点 60 箇所以上がすべて SINET3 のエッジ拠点になり、コア拠点は全国に 12 箇所程度設置する予定です。コア拠点に関しては、大容量の装置を設置する必要があるため、24 時間 365 日運用・保守、設置スペース、床加重、消費電力等を考慮して民営のデータセンター等に設置する予定です。また、データセンターへノードを設置することから、従来 SINET やスーパー SINET ノード経由で接続されていた加入機関に関しては、コア拠点での直接接続も可能とする予定です。また、コア拠点間の接続トポロジーは、回線やノードの故障に対してサービス回復力の高いものにするため複数のループ構成とし、各拠点間の回線速度は今後のトラフィックの伸びを考慮して最大 40Gbps とする予定です。

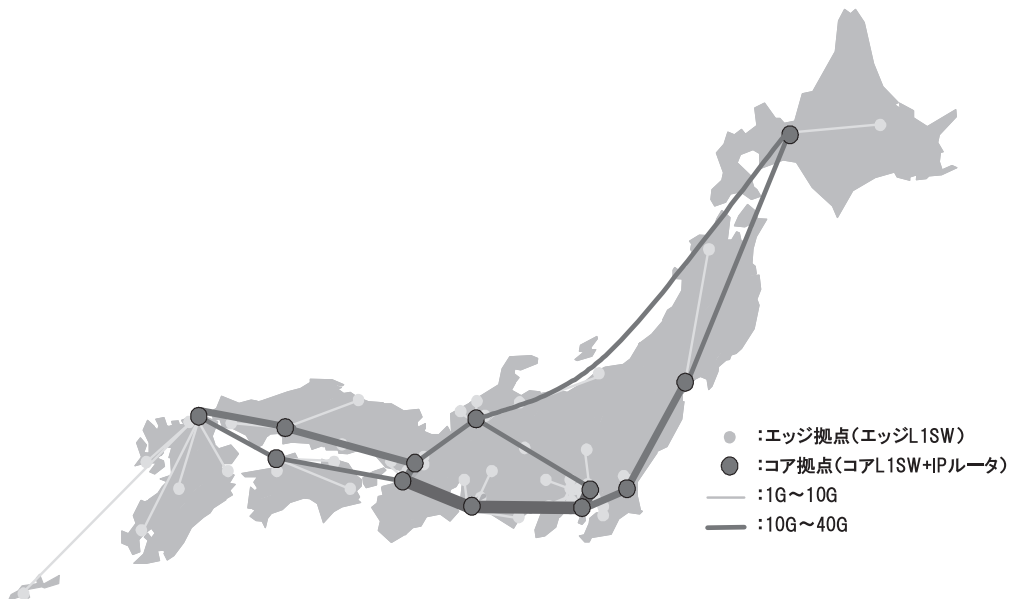


図 5 SINET3 のネットワークトポロジー

IV. SINET3 の拠点構成と適用技術

前述したサービスメニューならびにネットワークアーキテクチャを実現するための、各拠点のノード構成と具体的な機能、また、それらの機能を実現するための技術に関して説明します。

1. 拠点構成と具体的な機能

SINET3 のエッジ拠点ならびにコア拠点でのノード構成を図 6 に示します。エッジ拠点は、エッジレイヤ 1 スイッチ、コア拠点はコアレイヤ 1 スイッチと IP ルータから構成され、エッジ

レイヤ1スイッチとコアレイヤ1スイッチは、SDH/SONET (Synchronous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network) 系の10Gbpsか2.4Gbps回線、あるいはEthernet系の1Gbps回線で接続されます。ここでは、まず、SDH/SONET系の回線で接続された場合のネットワーク機能に関して説明を行います。

エッジレイヤ1スイッチは、Fast Ethernet (FE), Gigabit Ethernet (GE), 10Gigabit Ethernet (10GE) 等のEthernet系インタフェースでユーザのレイヤ1からレイヤ3までの装置を収容します。レイヤ2及びレイヤ3のトラフィックは、レイヤ2多重機能で多重され、帯域を共有する形で回線に収容されます。一方、レイヤ1のトラフィックは、レイヤ2/3トラフィックとは帯域を分離した形で回線に収容されます。コアレイヤ1スイッチは、レイヤ1トラフィックをスイッチ内でスイッチングし、レイヤ2/3トラフィックは10GEインタフェースによりIPルータに転送します。IPルータは、レイヤ3トラフィックはIP、あるいは、サービスに応じてMPLS (Multi-Protocol Label Switching) ラベルでカプセリングし、レイヤ2トラフィックはMPLSラベルでカプセリングして、10GEインタフェースを通じてコアレイヤ1スイッチに転送します。コアレイヤ1スイッチは、レイヤ1トラフィックとIP/MPLSトラフィックを帯域分離して回線に収容し、バックボーンへと転送します。

ここで、エッジレイヤ1スイッチにおけるユーザインタフェースに関しては、基本はEthernet系のインタフェースですが、既存サービスからの移行ならびに今後のサービス拡張に応じて、SDH/SONET系のインタフェースも提供する予定です。2.4Gbpsのインタフェースについては従来の個別専用線を統合収容するために提供します。また、将来、ユーザが自身のレイヤ1スイッチ (マルチレイヤ収容装置) を接続する場合に備えて、10Gbpsインタフェースの提供に関しても検討を進めています。

一方、回線が1Gbpsで接続されている拠点については、レイヤ1とレイヤ2/3トラフィックを帯域分離できないことから、レイヤ1サービスの提供はできませんが、レイヤ2/3のサービスについてはすべて提供が可能です。

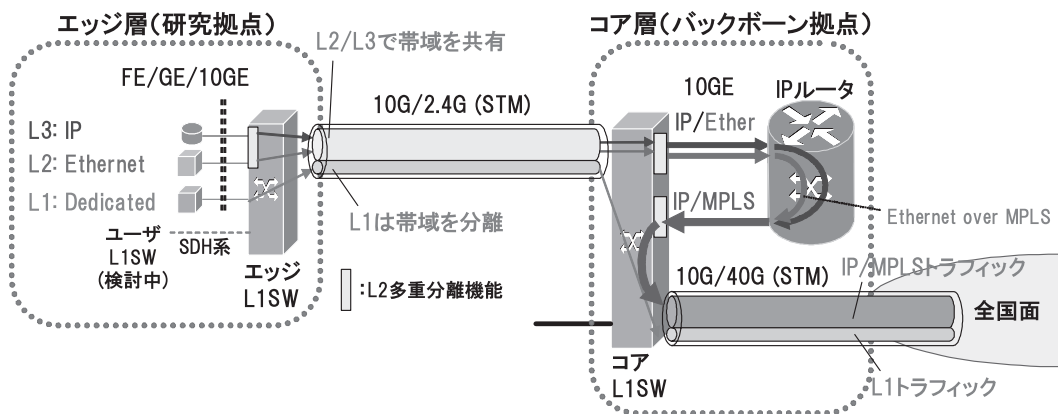


図6 エッジ拠点ならびにコア拠点の構成

2. 適用技術

上記で説明したような高度なネットワーキングを実現するために、現在適用を想定している最新ネットワーク技術に関して概要を説明します。

まず、レイヤ1スイッチ技術としては、現在進化中の次世代 SDH/SONET 技術を適用します。Ethernet 系インタフェースと SDH/SONET 系インタフェースを混在収容するために、GFP (Generic Framing Protocol) 技術を適用し、きめ細かい帯域設定・帯域分離を行うために VCAT (Virtual Concatenation) 技術を適用します。また、レイヤ1とレイヤ3トラフィックの帯域境界を柔軟に変更するために LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) 技術を用います。レイヤ2多重は、レイヤ2スイッチ機能や RPR (Resilient Packet Ring) 機能等、複数の方法が存在しますが、異なる速度の Ethernet 系インタフェースからデータを収容し、GFP/VCAT により設定された帯域に対して、帯域を共有する形で多重化することがポイントになります。また、コアレイヤ1スイッチと IP ルータ間では、IP/MPLS トラフィックの帯域を制御するために、10GE インタフェースのフロー制御機能 (IEEE802.3x) を用います。また、レイヤ1パスの設定は、迅速なパス設定、ユーザからのオンデマンドパス設定、さらには他ネットワークとの接続を考慮して、標準プロトコルである GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switching) 技術を用いる予定です。

一方、IP ルータは、IPv6 に本格対応するための IPv4/IPv6 dual stack 機能を基本として、レイヤ2ならびにレイヤ3の高度なサービスを提供するために、最新標準の MPLS 技術を積極的に適用していきます。具体的には、レイヤ2の VPN サービスにおいて、2拠点間を接続するための EoMPLS (Ethernet over MPLS) 技術、多地点間を接続するための VPLS (Virtual Private LAN Service) 技術、レイヤ3の VPN において、多地点間を接続するための MPLS/BGP VPN 技術等を用いていく予定です。また、これらの多様なサービス機能ならびに多様なプロトコル機能を収容するために、サービスごとにルーティング機能、シグナリング機能、フォワーディング機能を分離させた論理ルータ機能を用いる予定です。このサービスごとの論理的なルータ機能分離により、一つの IP ルータ上に複数のサービスを混在収容しても、安定したネットワーク運用管理を行えるようにする予定です。また、高信頼化のための機能として、MPLS パスの高速な切り替えを実現する FRR (Fast ReRoute) 機能、サービス無中断でのソフトウェアアップグレードを実現するノンストップフォワーディング機能、グレースフルリスタート機能などを使用する予定です。

V. 今後のスケジュール

SINET3 は、2007年4月に運用を開始する予定です。新しいネットワーク方式を適用することから、運用当初はサービスの種類やサービス提供拠点数を限定し、サービスの安定性を確認できた後に、サービス提供拠点数を拡大していきます。また、サービスを多様化するにあたり、複数サービス混在時の性能、スケーラビリティ、安定性等を十分に検証した上で、新サービスを徐々に全国展開していきます。また、SINET3 のネットワーク機能は、ここで説明した機能だけでな

く、今後も適宜、発展・進化させていく予定です。特に、ミドルウェアやアプリケーションを意識したネットワークプラットフォームの整備を進めて行きたいと考えています。

VI. おわりに

以上、SINET3のネットワークサービス、ネットワークアーキテクチャ、拠点構成や適用技術等に関して、概要を説明しました。SINET3が、各研究拠点での研究開発環境や教育環境の高度化に最大限に活用していただけるよう、今後もユーザの皆様の声をお聞きし、さらに改善に努めていきたいと考えています。

(謝辞)

SINET3計画は、学術情報ネットワーク運営・連携本部会議等において、名古屋大学の渡邊豊英先生、河口信夫先生を含む各大学ならびに研究機関の代表委員との議論を通じてまとめ上げられました。この場をお借りして、各委員に深く感謝の意を表します。

(うるしだに しげお：国立情報学研究所学術ネットワーク研究開発センター教授)
(SINET3に関するお問い合わせは、sinet3@sinet.ad.jp まで)