



研究開発用テストベッドネットワーク「GEMnet2」

NTTサービスエボリューション研究所^{†1} / NTTネットワークサービスシステム研究所^{†2} /
NTTアドバンステクノロジー^{†3}

しもむら みちお^{†1} はんだ しんいち^{†1*} ますだ あけお^{†2} うおせ ひさお^{†3}

下村 道夫 / 半田 慎一 / 増田 暁生 / 魚瀬 尚郎 /

いのうえ のりあき^{†3} なかやま なほ^{†3}

井上 規昭 / 中山 菜穂

GEMnet2はNTTサービスエボリューション研究所で運用している研究開発用テストベッドネットワークです。国内だけでなく海外の研究教育用ネットワークとも相互接続し、さまざまな研究機関との大規模な共同実験を実現しています。ここでは、GEMnet2のネットワーク構成、提供しているサービス内容とその利用状況、SHV（スーパーハイビジョン）映像伝送実験や高品質仮想ネットワーク構築技術の実証実験など、現在の主なサポート実験について紹介します。

GEMnet2とは

GEMnet2（Global Enhanced Multifunctional Network 2）は、NTT研究所で行われているネットワーク技術の研究や開発において、実験環境を提供することを目的として運用しているネットワークです。国内および海外の研究教育ネットワークや外部研究機関と相互接続しており、超高速アプリケーション等の実験も実施可能なネットワークとなっています。ここ数年は、研究所内の40件あまりの実験（外部共同研究も含む）に利用されています。光伝送技術からネットワーク技術、ミドルウェア技術、アプリケーション技術にわたる広範囲の研究がGEMnet2を利用して実施されています。2008年2月号のNTT技術ジャーナルでGEMnet2の概要について掲載されており⁽¹⁾、今回は提供サービスや利用実験を中心に紹介します。

■GEMnet2の構成

GEMnet2の構成を図1に示します。武蔵野、横須賀、厚木の各研究開発センタ間を、NTTコミュニケーションズ大

手町ビル、同横浜山下ビルを介して光ファイバで接続しています。各拠点にDWDM（Dense Wavelength Division Multiplexing）波長多重システムのROADM（Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer）とWDM Caster IIを設置し、数10 Gbit/sの通信容量を有した基幹ネットワークを構築しています。武蔵野と大手町間はダークファイバを2本使用し、冗長化構成を

とっています。武蔵野と大手町間以外の接続はダークファイバ1本ですが、ROADMとWDM Caster IIは異なる波長を使用し、この2つのシステムで冗長構成をとっています。

またGEMnet2は、国立情報学研究所（NII: National Institute of Informatics）、情報通信研究機構（NICT: National Institute of Information and Communications Technology）、

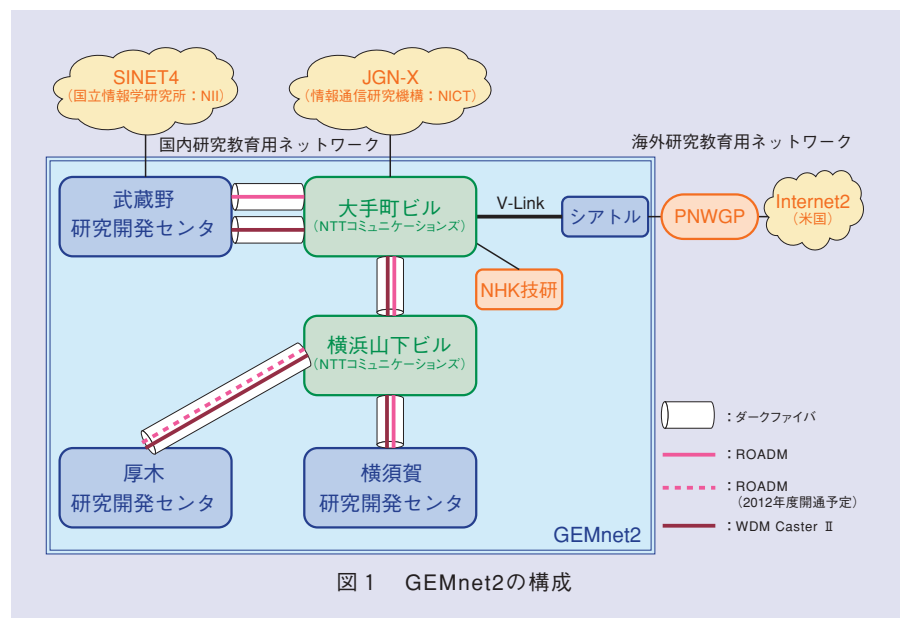


図1 GEMnet2の構成

※現、NTTブロードバンドプラットフォーム

NHK放送技術研究所（NHK技研）と光ファイバで直接結び、大容量接続を実現しています。そのうえでNIIが運用するSINET4（Science Information NETwork 4）、NICTが運用するJGN-X（Japan Gigabit Network eXtreme）との相互接続を行っており、それぞれのネットワークに属する大学や研究機関との高速なネットワーク実験が行われています。

GEMnet2では米国シアトルにも拠点を持っており、日米間回線はNTTコミュニケーションズのV-Linkサービスを利用しています。またシアトルにあるワシントン大学が運営するPNWGP（Pacific Northwest Gigapop）を経由し、米国の学術ネットワークであるInternet2と相互接続しています。さらに欧州の研究教育ネットワークであるGEANTや英国のJANETを経由した共同実験が盛んに行われています。

■提供サービス

GEMnet2では、各実験の内容に応じてL1サービス、L2サービス、L3サービスを提供しています。L1サービスは実験ユーザーごとに専用の波長・パスを確保し、帯域を保証するサービスです。もっとも利用ユーザーの多いL2サービスはVLANによるロケーション間ネットワークを提供しています。L3サービスはIPv4/IPv6のIPルーティングサービスを提供しており、R&E（研究・教育）グローバルネットワークとの通信環境を提供しています。

また回線の提供だけではなくユーザー実験のサポートも積極的に行っています。ネットワークエミュレータを利用した遅延・パケットロス・ジッタの挿入によりさまざまなネットワーク環境を提供するネットワークエミュレーションサービスや測定機器の貸し出し、機器操作のサポートを行うサービスも提供しています。

■GEMnet2の利用状況

GEMnet2は、1998年に実験ネットワークとして運用を開始したGEMnetと、当時研究所で行われていた超高速情報

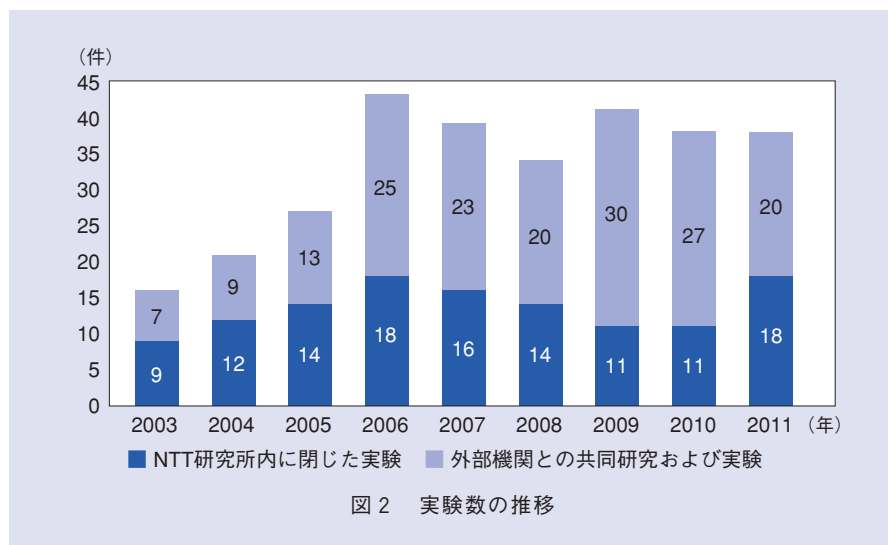


図2 実験数の推移

通信ネットワーク実験のネットワークを統合し、2003年より現在のGEMnet2として運用を開始しました。GEMnet2を利用している実験数の推移を図2に示します。ここ数年は40件あまりの実験で利用されています。近年、外部機関との共同研究および実験の占める割合が大きくなっています。

■現在の主なサポート実験

GEMnet2は、NTT R&Dフォーラム、Interop、Super Computing等の国内外イベントにおける展示に協力し、NTT研究所のプレゼンスの向上とNTT研究所プロダクトのアピールに協力しています。次にGEMnet2がサポートしている最近の主な実験を4件紹介します。

SHV映像伝送実験

SHV映像伝送実験はスポーツイベントのパブリックビューイング等を目的としており、NHK技研とNTT未来ねっと研究所・NTTサービスエボリューション研究所・NTTネットワークサービスシステム研究所が日・米・欧の研究教育用ネットワークを利用してSHV映像を国際間で伝送する実証実験です。

この実験においてGEMnet2は日米間およびNHK技研までのネットワークを提供しています。また、日・米・欧の研究教育用ネットワークを利用したエンド-エンド間の接続を提供するため、海外

ネットワーク組織（Pacific Wave、Internet2、DANTE、JANET等）との接続調整を実施しています。また、回線品質測定・問題切り分けを実施しています。

2011年度はIBC（International Broadcast Conference：国際放送協議会）が主催する放送テクノロジーのイベント（IBC2011）への出展サポートを実施しました。また2012年度に予定されている大規模スポーツイベントのパブリックビューイングに向けた、国内・国際多地点伝送実験（図3）、および英BBCから国内3拠点（渋谷、秋葉原、大阪）と米NBCへSHV映像の伝送実験のサポートを実施しました。

2012年4月にはInternet2 Member Meeting（Internet2会合）でのSHVデモンストレーションの出展調整やネットワーク関連の調整、および現地支援を行いました。Internet2会合ではSHV伝送実験にかかわるNTT研究所技術を盛り込んだ多彩な技術展示を行いました。またInternet2会合と並行してパブリックビューイング本番を想定した総合試験（多地点同時送信）や障害発生時の手順確認も実施しました。

R&Dクラウド実験

R&Dクラウドは、社会基盤クラウドの実現に向けて、設備の共同利用を促

進する柔軟な設備構成技術およびBCP対応技術の確立を目的としてNTTソフトウェアイノベーションセンタが行っている開発・検証共用環境の貸し出しサービスです。GEMnet2は、武蔵野と厚木の研究開発センタ間のL1回線およびL2回線（Q-in-Q：拡張タグVLAN）を提供するとともに、R&Dクラウドのアクセスポイントまでのアクセスラインとして利用しています。

2011年度よりR&Dクラウドへの接続で利用するユーザが増加し、それに伴いGEMnet2のネットワークへの信頼性も重要になってきました。

国際高精度・高解像度ネットワーク測定実験

国際高精度・高解像度ネットワーク測定実験は、NTT未来ねっと研究所が行っている品質測定機能付き10 Gbit/s NIC (PRESTA) を用いた高速ストリームトラフィック高精度測定・制御技術に関する研究開発です。広域高速IP網

での広帯域伝送アプリケーションを対象にした高精度ネットワーク測定の効果を実証的に検証するとともに、社内外へのデモを行いNTT技術の外部へのアピールを行っています。測定機器はGEMnet2のシアトル拠点、NHK、Internet2のニューヨーク拠点、英国BBC拠点等に設置されており、SHV映像伝送実験においても高精細なパケットジッタの測定等に利用されています。

高品質仮想ネットワーク構築技術の実証実験

高品質仮想ネットワーク構築技術の実証実験は、NTTネットワークサービスシステム研究所とNTT未来ねっと研究所、NICTとの共同研究です。GEMnet2では、この実証実験のデモを行うSC11（スーパーコンピュータ・ネットワーク技術に関する世界最大の学会・展示会）への出展サポートを実施しました。GEMnet2は海外ネットワーク組織（Pacific Wave, DANTE, JANET等）

とのパス設定交渉、SC11会場までのL2パスの提供を実施しました。通信品質を管理できる高品質な世界規模の仮想ネットワークの動的な作成・切替技術の実証実験、およびデモが行われました^{(2)・(3)}。

NTTネットワークサービスシステム研究所ではこれまでに、占有的に利用できる高品質なL1/L2パスをつなぎ合わせて仮想ネットワークを柔軟に構築・最適化する技術や、そのような仮想ネットワークを単一の物理ネットワーク上に複数構築し、同時に運用できる技術の開発に取り組んできました。一方で、近年国内外において、ネットワークの外部からの要求に応じて必要な地点間の通信帯域が確保されたパスをオンデマンドに設定する、機能のプロトタイプ開発や標準化（NSIプロトコル）⁽⁴⁾が進んでいます。今回NTTネットワークサービスシステム研究所では、ある物理ネットワーク上に仮想ネットワークを構成する技術に加え、各国の物理ネットワークに対してもNSIプロトコルを活用してパスの設定を要求

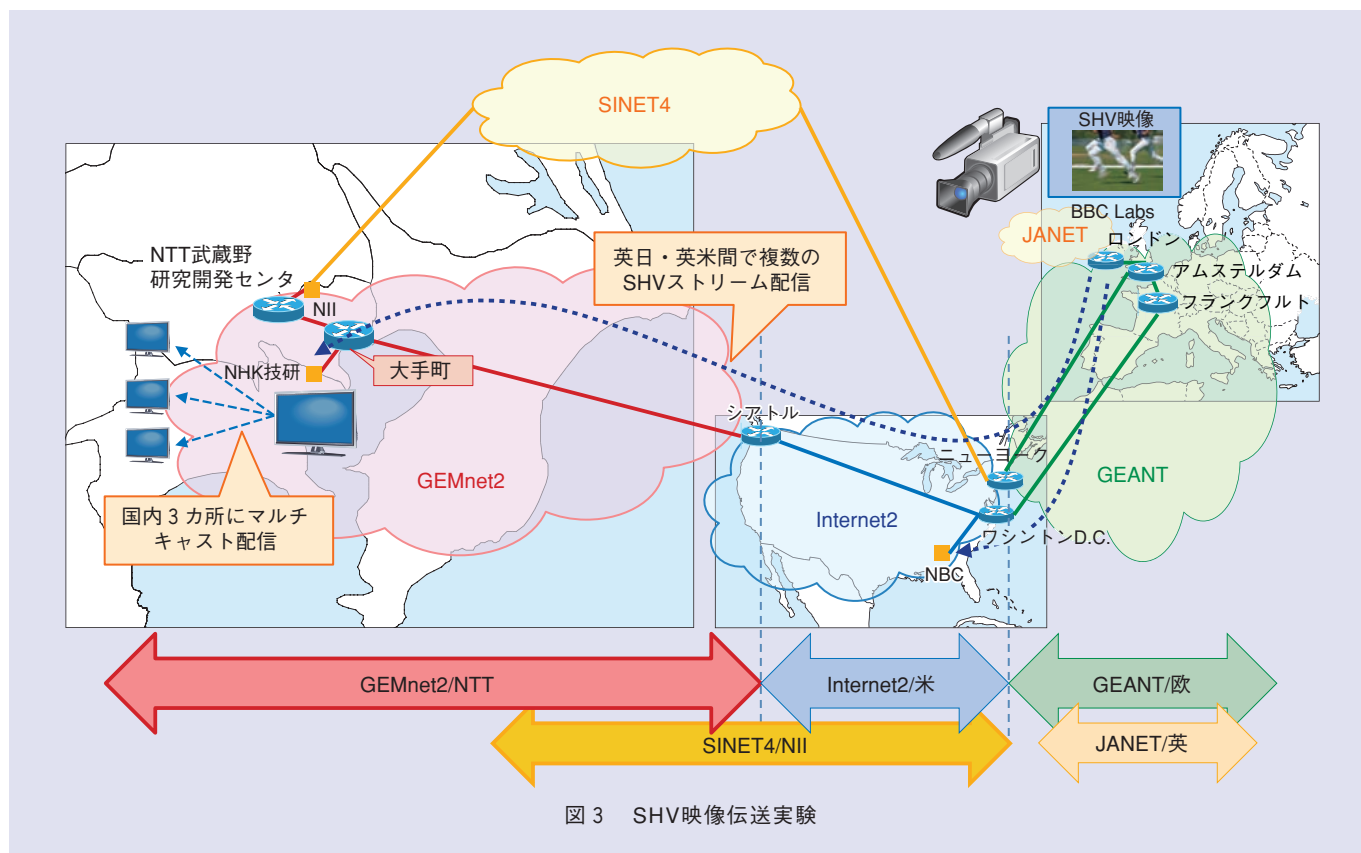


図3 SHV映像伝送実験

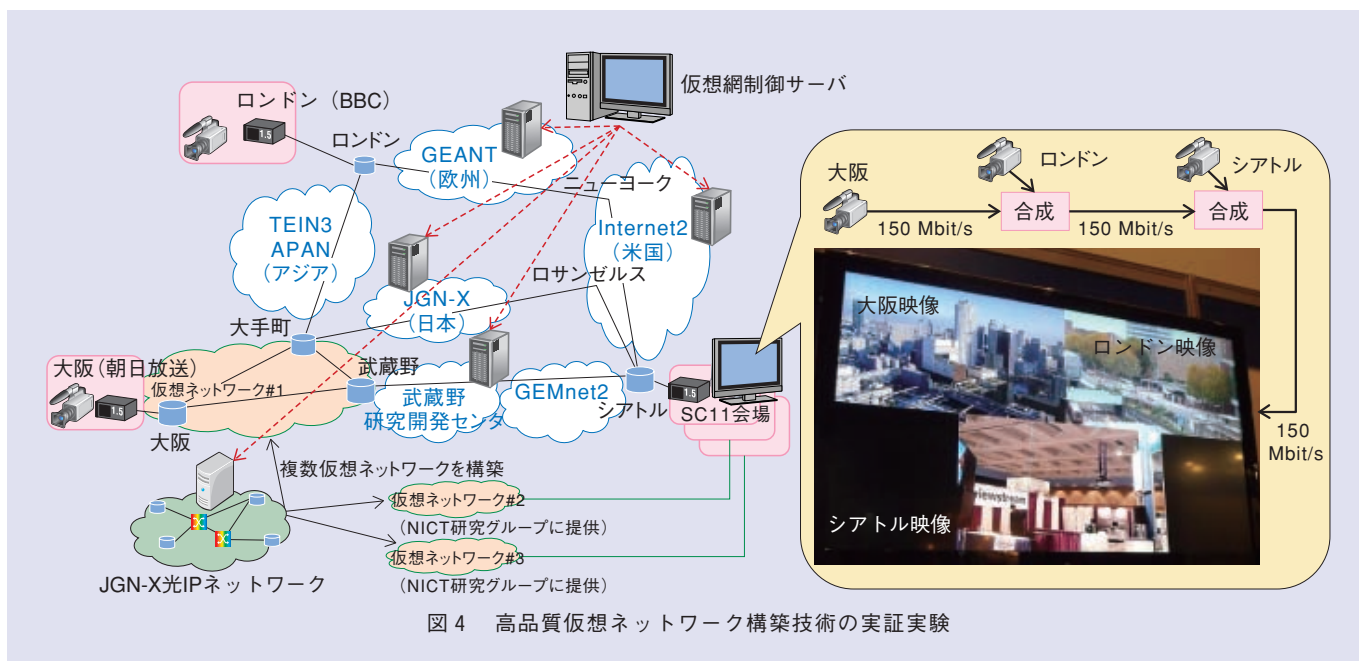


図4 高品質仮想ネットワーク構築技術の実証実験

し、それらのパスをつなぎ合わせることで仮想ネットワークを世界規模に拡張する技術を開発しました。単純なパスのつなぎ合わせではなく、上位レイヤのIPトンネル・ラベルスイッチング機能を活用した柔軟な制御が可能な仮想ネットワークとして構築し、さらに通信品質の監視・測定・制御を行うことにより、将来登場が期待される大容量コンテンツ等の国際的な伝送において、多様な品質要件を持つアプリケーションに対して最適な経路を選択したり、ネットワーク混雑や障害発生時の経路切り替えや通信帯域の確保など、品質が管理されたネットワークとして利用可能とすることがならいです。

本実験では、日米欧のテストベッドネットワーク上に世界規模の仮想ネットワーク（北半球一周分）を構築することに成功し、大阪・ロンドン・シアトルの3拠点に設置したライブカメラで撮影した高精細な映像を各拠点で順次合成しながら伝送するデモを行いました（図4）。実際に広域ネットワークが実現され、大阪やロンドンの街並みの高精細な映像が見られたことには反響も大きく、また、大西洋回線に不調のおそれがあった際には太平洋周りに変更するなど、経

路を自由に選べることも実証できました。

今後の展開

GEMnet2はさらなる利用ユーザ拡大に向け、より安定したサービスの提供と信頼性の高いネットワークの提供・ユーザ実験のサポートを目指します。ユーザ要望に対応するための設備増強や構成変更、また、老朽化した設備の更改を適宜実施し、利用を促進していきます。

参考文献

- (1) 近藤・小野・野口: "GEMnetの概要," NTT技術ジャーナル, Vol.20, No.2, pp.34-37, 2008.
- (2) <http://www.ntt.co.jp/news2011/1111/111111a.html>
- (3) <http://sc11.supercomputing.org/files/SRSoverviewfinal.pdf>
- (4) NSI Connection Service Protocol v1.0, OGF, 2011.

(上段左から) 下村 道夫/ 半田 慎一
(中段左から) 増田 暁生/ 魚瀬 尚郎
(下段左から) 中山 菜穂/ 井上 規昭

近年、GEMnet2を利用する実験は国内外の研究機関や大学等と連携するものが増加しています。今後も、NTT研究所との高速ネットワーク接続を要する実証実験のご計画がありましたら、お気軽にお問合せください。

◆問い合わせ先
NTTサービスエボリューション研究所
サービス方式SEプロジェクト
TEL 046-859-2569
FAX 046-859-3075
E-mail noc@gemnet.net