

3.1.1 ネットワーク研究本部 ネットワークシステム総合研究室

研究室長 西永 望 ほか 14 名

2015 年 JGN-X テストベッド上での新世代ネットワークのプロトタイプ実証を目指して

【概 要】

ネットワーク研究本部ネットワークシステム総合研究室の第3期中期計画における目標は、新世代ネットワークの実現に向けた、光、ワイヤレス、セキュリティ分野の各要素技術の有機的な融合等によるシステム構成技術と、多様なネットワークサービスを収容するプラットフォーム構成技術の実現である。そして、それら技術の実証をテストベッド等を活用して進めることにより、災害発生時等の情報トラフィックの変化や情報通信インフラの一部機能不全に対してネットワーク構成を柔軟に再構築できる、ロバスト性を有する新世代ネットワーク基盤技術を確立することも目標としている。

平成 24 年度は、3.1 ネットワーク研究本部の図 1 に示した 7 プロジェクト体制による新世代ネットワーク戦略プロジェクトによって、研究開発を推進した。各プロジェクトにおいては、それぞれが確立を目指す技術がある。以下では 7 プロジェクトが確立を目指す技術ごとの目標と平成 24 年度の成果を述べる。

【平成 24 年度の成果】

(1) 新世代モビリティ技術

【目的】

新世代モバイルネットワークの検討として、重要性や緊急性を有するサービスに対して優先的な接続を提供できるモバイルネットワークを実現する。

【成果概要】

仮想化ネットワークをこれまでの有線ネットワークから無線ネットワークにまで拡張するため、データリンク層仮想化の詳細設計を行い、特定のサービスに専用化された無線インタフェースを仮想的に構成する仮想無線インタフェース技術を開発した。これにより、サービス専用の基地局（仮想基地局）を動的に構成できる仮想化対応 WiFi 基地局を実現した。また、空間的な無線リソース制御方法の詳細設計を行い、特定の通信フローをサービス停止させることなく、物理的場所が異なる仮想基地局間でハンドオーバさせる、仮想基地局間ハンドオーバ技術を開発して、動作実証を行った（図 1）。これらの技術により、実験的には特定のサービス

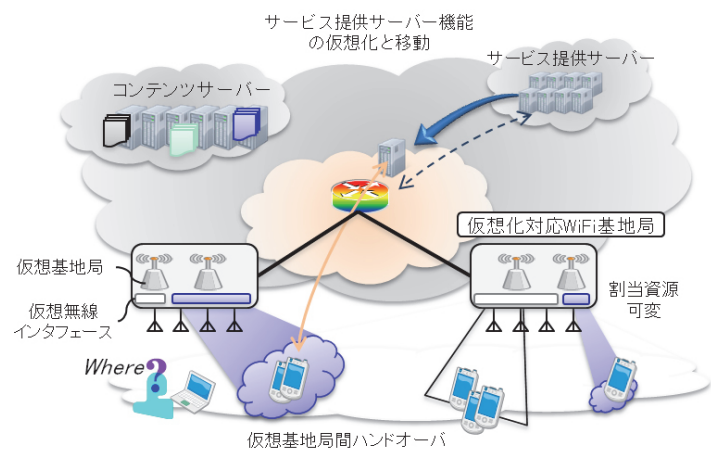


図 1 仮想化対応 WiFi 基地局の動作実証

が移動中にも安定的に継続して提供され、さらに優先制御を行うことにより遅延特性が改善されることを実証した。また、仮想化対応 WiFi 基地局と Information-Centric Networking (ICN) 技術を連携して、特定のサービス専用の仮想基地局上に配置されたコンテンツを利用者の近傍性に基づいて取得する技術を開発した。

(2) 超大規模情報流通ネットワーク技術

【目的】

広域に散在する兆単位のセンサーやデバイスが発生するデータを活用するサービスを実現可能な、ネットワークサービス基盤技術を確立する。

【成果概要】

自由にネットワークに接続・切断するセンサー集合から連続的に生成される観測値データ等を、欠落なくリ

リアルタイムに取得可能とすることは、センサー数の増大にともない、従来のインターネットにおける主流であるクライアント・サーバ型のアーキテクチャでは難しくなっている。そこで、特に、広域に散在する異種・膨大な数のセンサーデバイスやセンサーネットワークから連続的に発生されるセンサーデータを効率的に検索、収集可能とするための、自律分散型のP2P技術を用いた広域センサーネットワークプラットフォームの設計と実装を進めた。そして、膨大な数のセンサーが存在しても、データ取得の分散処理にかかる処理負荷が、センサー数の増加に対してリニアではなく対数オーダーの少ない増加に抑えられ、分散されることをシミュレーション評価により確認した。また、基本的なP2Pの基盤機能をJGN-X上のテストベッドとして実装し、パイロット的に公開を開始した(図2)。

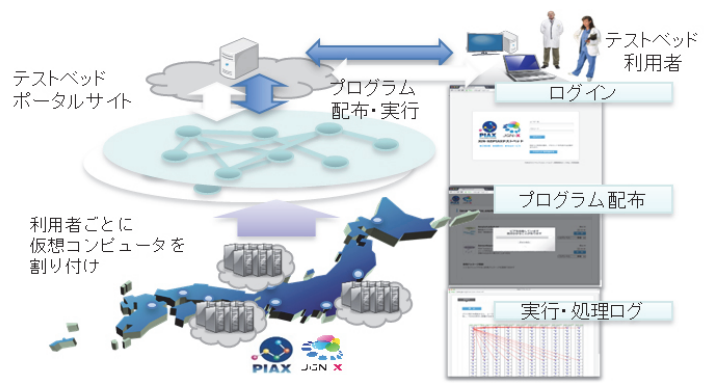


図2 広域センサーネットワークプラットフォームのテストベッド実装

(3) 光パケット・光パス統合ネットワーク技術

【目的】

光パケット・光パス統合ネットワークの基本アーキテクチャ構成技術について、先端的な光システムを検証するとともに同時に研究開発テストベッドにも導入し、それらの技術を確立する。

【成果概要】

高速で安価なサービスと低遅延で低データ損失なサービスの提供を可能とする光パケット・光パス統合ネットワークを新世代ネットワークに組み込むための研究開発を行っている。これらのサービスの多くが、データセンターのサーバとユーザの端末を接続することにより実現されるが、効率的なサービスを実現するためには、データセンターとユーザをシームレスに接続することが必要である。データセンターのトラフィックを効率的に転送するための有望技術としてOpenFlow/SDNがあり、当研究室では、光パスID/光パケットIDとOpenFlowのフローIDをマッピングし、OpenFlowによって制御されるエッジネットワークと光パケット・光パス統合ネットワークで構成される基幹ネットワークを連携制御するアーキテクチャを設計した。平成24年度はさらに、全体設計のうちVLAN IDをOpenFlowのフローIDとして光パスや光パケットの回線にデータを流すための連携制御機構について実装を行った(図3)。これにより、データセンターのトラフィックなどを光の基幹ネットワークに容易に収容する技術を確立した。

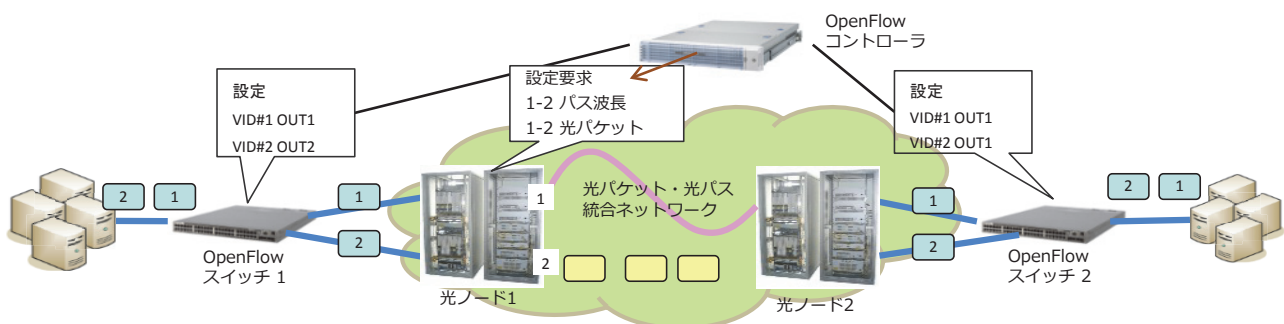


図3 光パケット・光パス統合ネットワークとOpenFlowの連携制御機構

(4) スマートネットワーク技術

【目的】

高可用性を実現する、ID・ロケータ分離アーキテクチャ HIMALIS と自動番号割当技術 HANA の運用、広域展開、及び大規模検証を実施する。

【成果概要】

ノードが持つIDと、場所を表すIPアドレスを分離することで、端末の移動などによりIPアドレスが変更になった後でもノードのIDを基準に通信を確保できる仕組みとして、当研究室ではID・ロケータ分離の機構を持つネットワークを開発している。これまでID・ロケータ分離の基本的な部分は開発済みで、平成24年度は、通信の信頼性を確保するため、階層型信頼認証構造を用いた機器情報（ノードID）の登録・削除、通信相手情報取得を安全にする方式のソフトウェア実装を実施した（図4）。

例えば、赤色の部分について、送信端末が通信開始時に相手端末のIDとロケータを取得する場合、送信端末がネットワークに信頼された、つまり、登録済の端末であれば、相手端末の名前だけを知っていれば、LNSが認証の仲立ちをして名前解決レジストリに問い合わせをし、最終的に相手の情報を取得できる。一方、送信端末がネットワークに登録されていなければ、返事を得ることができない仕組みになっている。

これにより、移動体端末のように、接続するネットワークを頻繁に変更する通信環境においても通信の信頼性を確保することが可能となった。

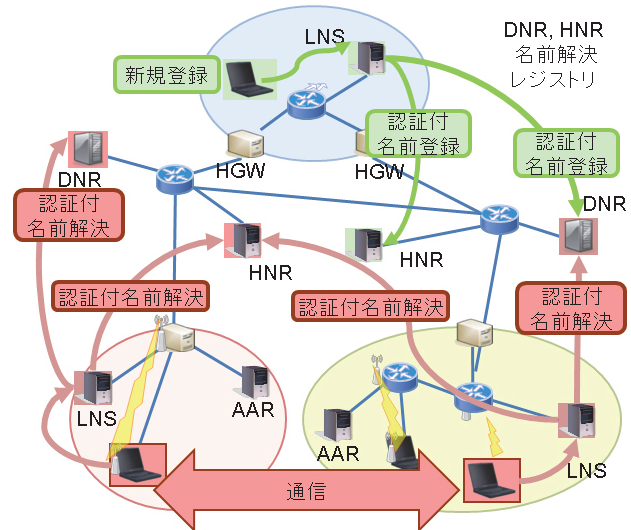


図4 ID・ロケータ分離機構のソフトウェア実装

(5) 新世代セキュリティ技術

【目的】

新世代ネットワークセキュリティの検討として、現在のインターネットでのセキュリティ技術において対策ができていない、DoS（Denial of Service = サービス不能）攻撃への対応、脆弱性を発見した際の管理と速やかな対策の実施、認証基盤における端末の失効問題について、新世代ネットワークのもつ特徴的な諸技術と融合して解決する仕組みを、ネットワークそのものに実装する。

【成果概要】

ネットワーク上の認証においては、認証の実行時に、通信相手の正当性の確認と同時に、相手の通信機器が有効か無効を確認するが、ネットワーク機器の数が膨大になった場合、この確認のコストが膨大になり、通信上の大きなボトルネックとなる。そこで、この無効化の処理コストをlogオーダーに下げてスケーラビリティを向上させるRevocable IBE (Identity Based Encryption) / IBS (Identity Based Security) 方式を開発し、Linux、及びAndroid向けにライブラリ実装を行い、認証処理、及び無効化処理ともに、サービス上問題のない性能で実行できることを実証した（図5）。

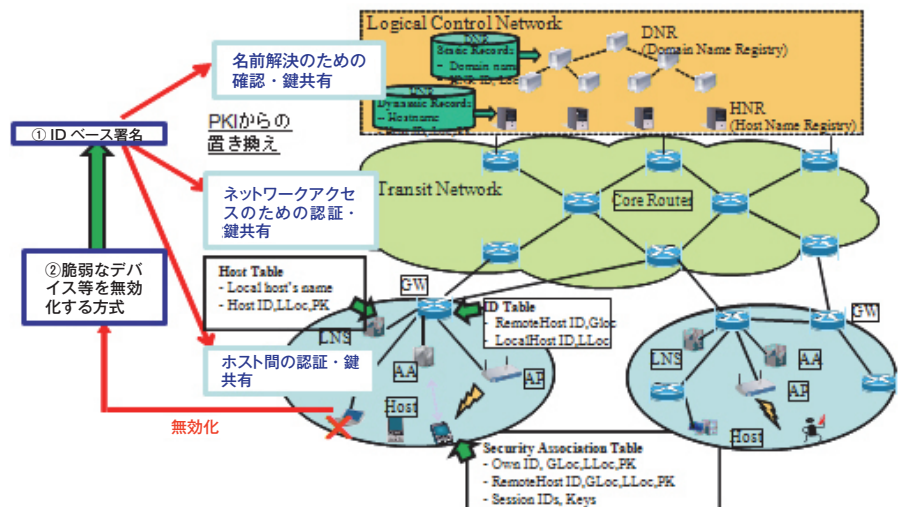


図5 スケーラブルな認証情報の無効化処理技術 (Revocable IBE/IBS)

(6) 価値を創造するネットワークサービス基盤技術

【目的】

ネットワーク上の様々な情報サービスの要求に連動してネットワーク機能を動的に制御する技術（Service-Controlled Networking ミドルウェア）を新世代ネットワーク基盤上に開発する。この技術により、新世代ネットワークの機能を活用した情報サービス開発を容易にする。

【成果概要】

情報サービスが連携して動くアプリケーションを効率よく実行させるために、サービス連携に連動して動的にネットワーク資源を制御する Service-Controlled Networking（SCN）ミドルウェアの研究開発を行っている。SCN ミドルウェアは、OpenFlow や仮想化ノードに代表されるようなプログラム可能な下位レイヤーのネットワーク基盤と、サービスコンピューティングやクラウドなどの上位レイヤーの情報サービス基盤の間に位置する。平成 24 年度は、アプリケーションからネットワーク設定を自動化して行うための SCN ミドルウェアの試作版を開発し、部分実証システムの構築に着手した。情報サービス連携に連動した OpenFlow と P2P ネットワークの動的制御技術の実証に成功した（図 6）。また、JGN-X 上での評価実験を行った結果、処理時間の増加抑制に効果があることを確認した。テストベッド展開に向け、仮想化ノード基盤上への SCN ミドルウェアの実装に着手した。

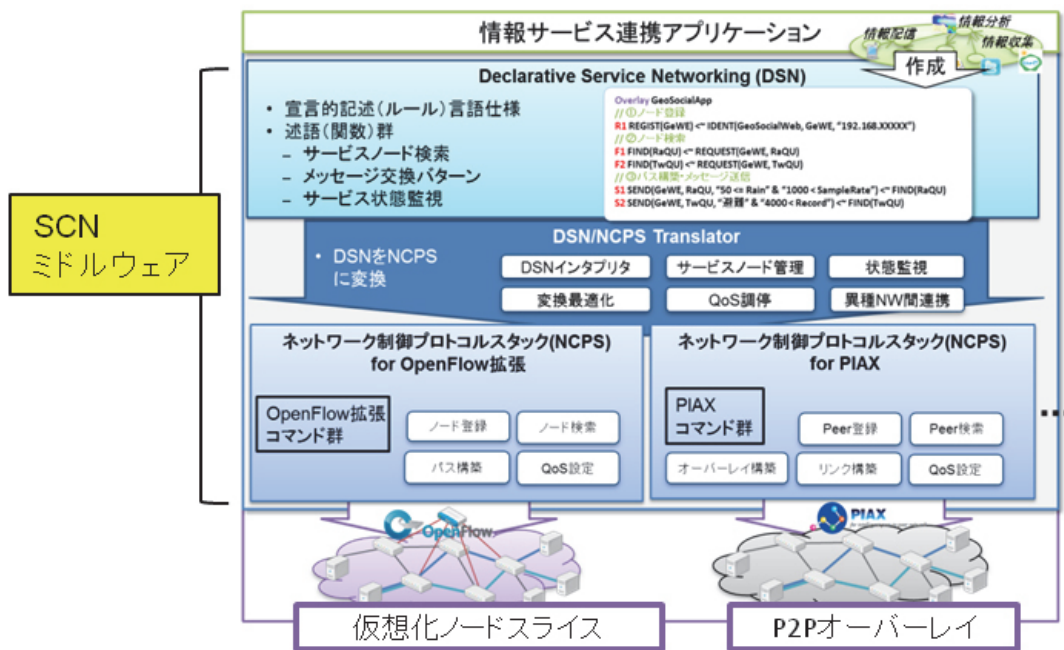


図 6 情報サービス連携に連動した OpenFlow と P2P ネットワークの動的制御技術の実証

(7) ネットワーク仮想化サービス基盤技術

【目的】

ネットワーク上に存在するネットワーク資源、計算資源、記憶資源等の様々な資源を統合管理し、提供するネットワークサービスに応じて、必要な資源や機能を有するサービス提供環境を動的に生成し、ユーザに提供するシステムを研究開発し、このサービス提供環境を複数同時に仮想的に構成提供可能な情報通信基盤を実現する。

- 具体的には、ネットワーク資源、コンピュータ資源、ストレージ資源等といった様々な資源を統合管理し、提供するサービスやアプリケーションに応じて、通信方式、速度、品質及び機能を柔軟に設定可能な、サービス指向仮想化基盤を構成する技術として、パケット・パス統合型仮想化ノード及び、それらを用いたサービス提供を可能とするプラットフォームを構築する。

【成果概要】

平成 24 年度は、ネットワーク仮想化コアノードについて、性能向上とプログラム性の向上のための開発を行い、プログラマと呼ばれる機能のネットワーク I/O 性能向上のために、ソフトウェアで制御する仮想スイッチの性能改善方法及び仮想スイッチと物理スイッチとの連動方法を開発し、それに基づいた仮想化資源の管理装置を試作し、動作確認を行った（図 7）。

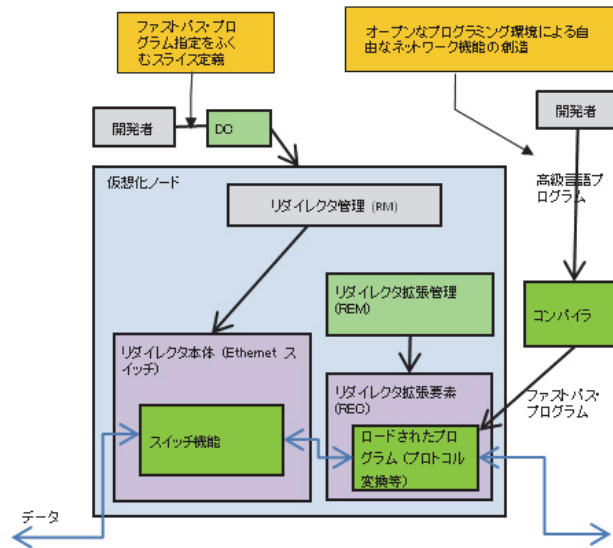


図 7 ネットワーク仮想化コアノードのスイッチ機能拡張

さらに、国際連携をより強力に推進するため、仮想化ノードを米国ユタ大学に設置し（図 8 の Utah 大学 (ProtoGENI) の NC)、日本の仮想化ノードシステムと米国のネットワーク仮想化テストベッドである ProtoGENI プロジェクトとの相互接続を実施した。本相互接続実験により、日米の異なるネットワーク仮想化テストベッドをまたぐ大きな仮想ネットワークが構築できることを実証した（図 8）。現在のネットワークでは実現できない新しいネットワークの機能（新世代 NW の機能）について、日米で連携した実証実験が開始されている。

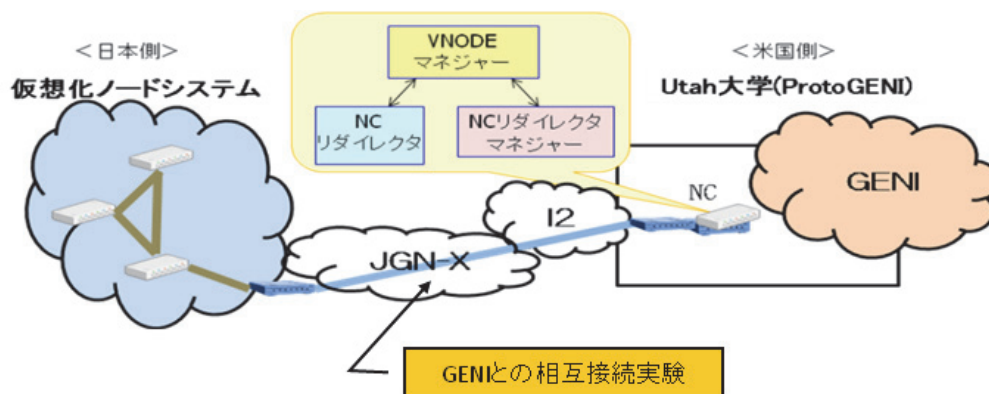


図 8 米国ネットワーク仮想化テストベッドとの相互接続実験