

### 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

室長 西永 望 ほか 14 名

3

活動状況

#### 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 25 年度は、3.1 ネットワーク研究本部の図 1 (下) に示した 8 つの技術分野に関す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。以下では各技術分野の目標と平成 25 年度成果を述べる。また、新世代ネットワークに関する研究開発成果の国際展開を目指した活動の実績を報告する。

##### 【平成 25 年度の成果】

#### (1) 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】

広域に配備された複数種のセンサから得られる観測データを、高速ネットワークで結ばれた分散拠点上の分散計算機を用いてリアルタイムに処理・解析するサービスを実装し、フィールド実証することが可能な大規模スマート ICT サービス基盤テストベッド (JOSE: Japan-wide Orchestrated Smart/Sensor Environment) の開発を行った (図 1)。

広域に散在する 500 億の端末と兆を超える超大規模数のセンサから連続的に発生されるデータを検索、配信可能とする自律分散型の構造化オーバーレイネットワークミドルウェア (PIAX) に基づく広域センサネットワークプラットフォームを設計・開発した。

テストベッド上での基本動作の安定動作と性能を実証し、さらなる効率化のための物理ネットワークの構成に基づくルーティング手法も検討開始した。実装システムのオーバーレイネットワークを JGN-X 上のテストベッドとして一般公開を開始し (平成 25 年 4 月)、22 件の利用に供した。



図 1 大規模スマート ICT サービス基盤テストベッド (JOSE)

#### (2) 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に前年度に行った詳細設計に基づき、データリンク層仮想化技術を開発し、特定サービスに専用化された仮想的な基地局を構成する技術と、特定サービストラフィックを仮想基地局にシームレスにハンドオーバーさせる仮想基地局間

ハンドオーバー技術を開発した(図2)。これにより、無線LANが混雑している場合でも、低遅延が要求されるVoIP通信などを優先的につながりやすくする「仮想化対応WiFiネットワーク」を実現した。混雑時におけるVoIPの呼接続確立時間が所定の時間(600ms)を超える確率を19.7%から4.6%に低減できることを実証し、報道発表(平成25年6月11日)および国際会議CCNC2014における研究発表(平成26年1月)を実施した。

また、サービスに応じたEPC・IMSの仮想化制御によるシグナリング削減手法を開発し、特許出願(2件)と研究会(2件、平成25年9月、11月)での発表をし、国際会議(2件、平成26年1月、2月)にて発表した。さらに平成27年度に実施予定のJGN-X上でのプロトタイプ実証に向けた基盤構築を一部繰り上げて、WiFi基地局の稠密配置環境下でサービスに適した“つながりやすさ”を実現する無線ネットワーク仮想化技術の有効性を実証するための「仮想化対応無線ネットワーク設備」の詳細設計と開発を完了した(平成26年2月)。

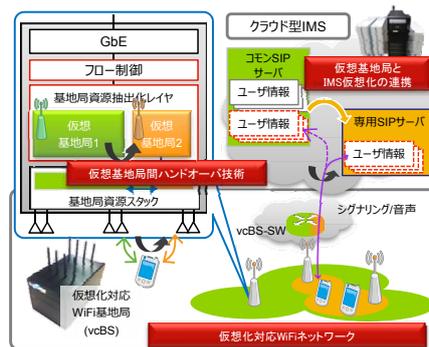


図2 仮想化対応WiFiネットワークの開発

### (3) コンテンツ指向ネットワーク技術

#### 【目的】

サーバーからだけでなくコンテンツをキャッシュあるいは転送しているルーターから直接取得する「情報(コンテンツ)指向ネットワーク(ICN/CCN)技術」を実現する。

#### 【成果概要】

(1) ネットワーク内キャッシュ機能、(2) 広帯域リアルタイムストリーミング機構、(3) 効率的な多対多のグループ通信、(4) ICNテストベッドの研究開発を行った(図3)。ネットワーク内キャッシュ機能に関しては、ノードとコンテンツの近傍性を考慮してキャッシュ探索するPotential Based Routing (PBR) を設計し論文発表(Elsevier Com. Net.、平成25年11月)した。広帯域リアルタイムストリーミングを実現する「Named Real-Time Streaming (NRTS)」では米国CCNxを用いたストリーミング帯域の上限に対し条件によっては2倍以上に引き上げることが可能となった。ICNの概念を用いた効率的な多対多のグループ通信の実現例として、コミュニティ名やサービス名を識別子とした「Community-Oriented Route Coordination on ICN (CORIN)」システムを設計し国際学会(IEEE LCN、平成25年10月)にて発表した。ICN技術実装の評価環境として、Linuxコンテナ(LXC)ベースのICNテストベッドを設計し、プロトタイプ実装を完了した。平成26年2月末時点で、NICTとAsia Future Internet Forum参加組織を含めた合計8組織との接続をしている。

標準化活動として、将来網におけるデータ指向ネットワークの枠組みに関する標準(Y.3033)の勧告化をNICT主導で行い、この分野での初の国際標準化勧告として成立させた(平成26年1月)。また、ICNに関連したIRTFでのドラフト提案を行うとともに、IETFでの関連技術の標準化活動を実施中である。

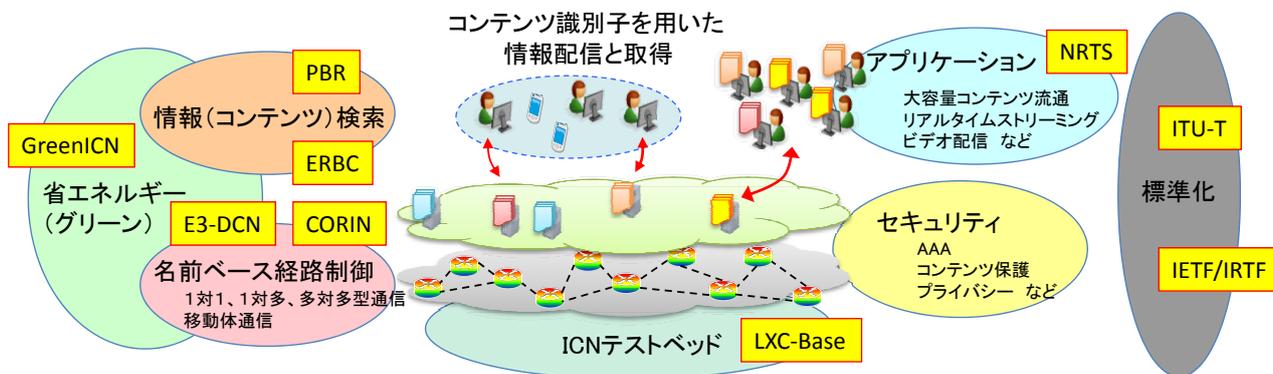


図3 コンテンツ指向ネットワーク技術の研究開発と標準化

#### (4) 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、それらの技術を確認する。

##### 【成果概要】

前年度に実装した 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のための機構を、RISE (JGN-X 上の OpenFlow ベースのテストベッド) と光統合ネットワークを用いて構築した。実証実験により、データセンタ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認した。10 ギガイーサネット 12 ポートと世界初の 100 ギガ光パケットインターフェイスを持ち、かつ、SDN に対応できるインターフェイスを有するレイヤ 3 スイッチを開発し、光パケット・光パス統合ノード装置に組み込み、アクセスネットワークからの大量データを容易に処理できるようにした (図 4)。これらの成果について、光パケット・光パス統合ノードシステムを含む SDN ネットワークを他の国内研究機関が開発する SDN ネットワークと相互接続し、その有用性と先進性を光と IP に関する国際会議 iPOP2013 (平成 25 年 5 月) の展示会でアピールした。光パケット・光パス統合ネットワークの SDN 化に関し、欧州の国際会議 ECOC 2013 (平成 25 年 9 月) にて招待講演を行った。

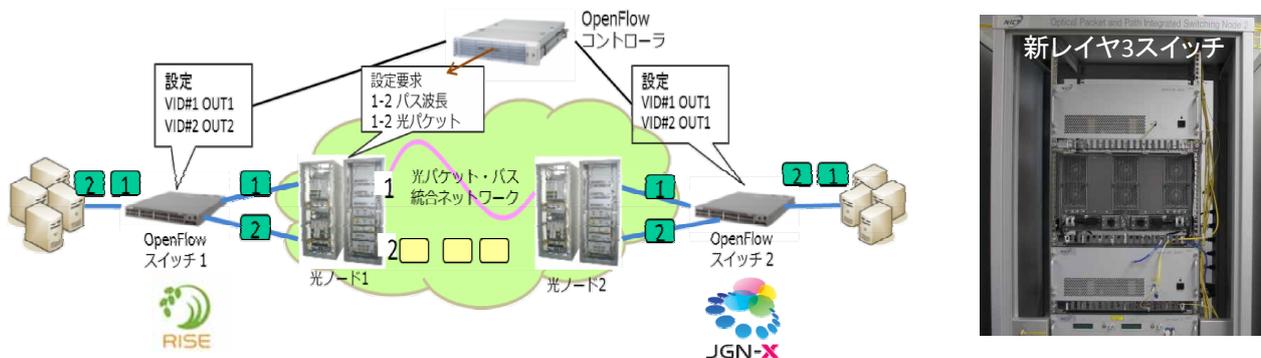


図 4 光パケット・光パス統合ネットワークと SDN ネットワークの連携

#### (5) スマートネットワーク技術

##### 【目的】

高可用性を実現する、ID・ル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、および大規模検証を実施する。

##### 【成果概要】

ITU-T 勧告 Y.3032 (NICT 主導で平成 26 年 1 月に成立) に適合する HIMALIS の ID 通信を活用し安全で通信が切れにくい移動型無線センサネットワークを構築した。センサは通信オーバーヘッドの少ない 6LoWPAN 対応で、ネットワークには、IPv4 または IPv6 通信機能のみを有するセンサデータ保存サーバ(シンクサーバ)にセンサのデータを転送できる機構、および、センサが異なるセンサネットワークへ移動しても通信や、遠隔地からセンサの設定を変更できる機能を具備し、高い利便性、操作性がある。また、Y.3032 に適合する ID 通信を実現する HIMALIS プロトコルソフトウェア群をパッケージ化した。成果普及のため、プロトコルの詳しい知識が無くても GUI 操作で簡単にインストールができ、

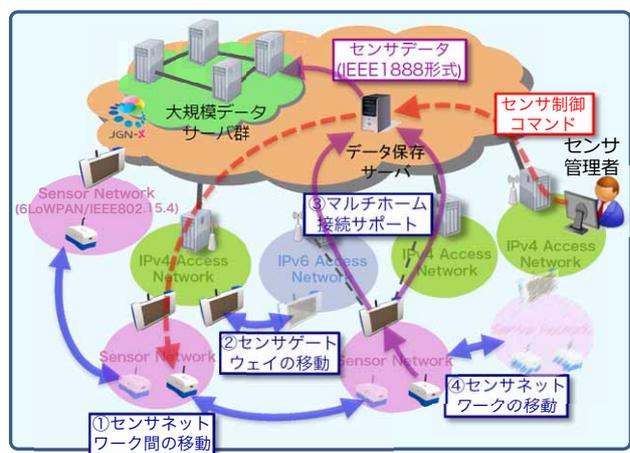


図 5 移動型無線センサネットワークの概要図

かつ、ID 通信の中継ノードをインターネットに繋ぐだけでアクセスネットワークを構築できるようにした。階層型自動アドレス割当機構 HANA を用いた HANA ネットワークを JGN-X 上に常時展開し、アドレス設定ミスが起きないネットワークを構築した。さらに、ネットワーク可視化システムを開発し本ネットワークへ適用し、通信サービスを提供するために不可欠の故障発見を容易にした。このようにネットワーク管理を簡便にする方式を広域ネットワークで検証した(図5)。

### (6) 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持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ビルトインする。

#### 【成果概要】

前年度に開発した認証技術「Revocable IBE/IBS」(図6)をID・ロケータ分離、および JOSE への適用についての検討を行った。JOSE における収集情報のプライバシー保護を行うためのプライバシー要件の抽出と、プライバシー保護技術の適用について検討した。実験初期フェーズにおけるプライバシー保護機構の設計を行うとともに、今後のプライバシー保護機構の研究ロードマップを策定した。

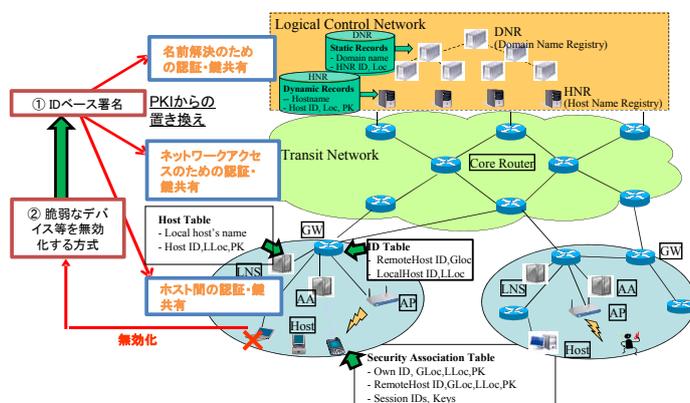


図6 スケーラブルな認証情報の無効化処理技術 (Revocable IBE/IBS)

### (7) 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】

前年度に開発した、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 Service-Controlled Networking (SCN) ミドルウェアを応用し、イベント発生時にアプリ要求に応じて様々なセンサデータを集約する、ネットワークを動的に構成する基盤のプロトタイプ実装に成功した。また、JGN-X 上での評価実験を行った結果、リソースの動的確保によりセンサデータ収集アプリの安定稼働への有効性を確認した(図7)。さらに、テストベッド展開に向け、SCN によるセンサデータ収集サービス基盤の JGN-X 上への実装に着手した。

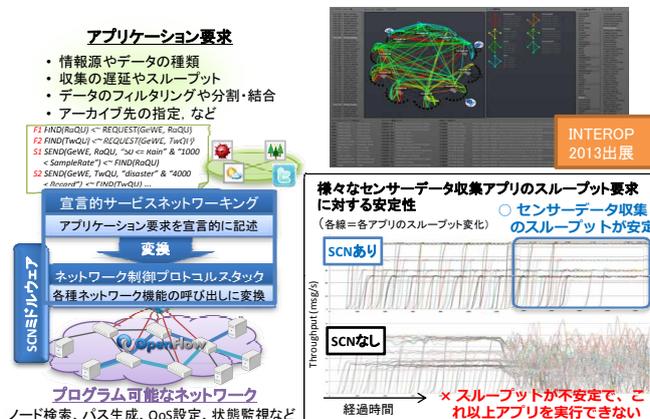


図7 情報サービス連携に連動した OpenFlow と P2P ネットワークの動的制御技術の実証

## (8) 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、品質およ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、光パケット・光パス統合型仮想化ノードおよび、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】

コアネットワーク向けネットワーク仮想化ノードについて、要求条件の異なる仮想ネットワークを適切に分離するため、ネットワーク内処理を実現するためのプログラマ内で帯域指定型 LinkSliver に影響を与えないアイソレーションを実現し試作および検証を完了した。また、ネットワーク仮想化エッジノードについて、プログラム性とパフォーマンス性を両立するために、メニーコアプロセッサに仮想化技術を適用した小型・省電力のエッジノードを開発し、小型化、大容量化を実施した。ユーザとの接続を司るアクセスゲートウェイについては、高機能化実現のためにゲートウェイ機能にプログラマビリティ機能を統合した AGW-Vnode の開発を完了した。

コアネットワーク向けネットワーク仮想化ノードについては JGN-X 上に展開し(平成 25 年 11 月)、高機能化、高性能化を実現すると共に、運用性の向上を図り利用者への提供を開始した。JGN-X 上に展開するネットワーク仮想化基盤と米国 ProtoGENI を相互接続し、日米間にまたがる仮想(サービス)ネットワークの構成・制御を実証し、双方のインフラのどちらからも仮想ネットワーク構築が可能であることを世界で初めて確認した(平成 25 年 10 月)(図 8)。また、仮想ネットワーク上へサービス機能を展開する方式のスケラビリティを強化(多数のサービス機能を容易に配置設定)する拡張、多くのサービスで再利用可能なサービス機能の選定と実装を行った。また欧州のネットワーク仮想化基盤との相互接続および実証実験のために、欧州の研究機関と共同で、日欧連携フレームワークの技術要件の抽出、明確化を実施し、アーキテクチャと機能ブロックを設計した。国際標準化については ITU-T において、将来網におけるネットワーク仮想化の要求条件 Y.3012 を NICT が中心にまとめ、勧告化に合意した(平成 26 年 2 月)。

以上 8 つの技術分野に関する新世代ネットワーク戦略プロジェクトによる研究開発の推進に加えて、新世代ネットワークに関する研究開発成果の国際展開を目指し欧州、および米国と連携して研究開発プログラムを立ち上げた。欧州との連携については、平成 25 年度から新世代ネットワークの実現に向けた日欧共同研究開発(3 テーマ)を実施するとともに、平成 26 年度開始課題 2 テーマの共同公募を実施した平成 25 年度開始課題では、研究開発成果の国際展開を目指し、平成 28 年 3 月までにインターネットに接続する人・モノ・サービスを、クラウドコンピューティングを基盤として融合する効率的な協調プラットフォームを提供し、都市のスマート化を日欧で推し進めるための、強力かつ長期的な相互協力関係を醸成することを目標に欧州 6 機関と日本 5 機関による国際連携プロジェクトを立ち上げた(平成 25 年 4 月)。平成 25 年度はリファンレンスアーキテクチャの構築と実装を進め、さらに、藤沢市、三鷹市、サンタンデル市、ジェノバ市を用いた具体的な実証実験の計画を立案した。

米国との連携については、平成 25 年 5 月末に NSF との MOU 締結の後、“Beyond Trillions” をテーマとした共同公募によるプログラムを開始した。

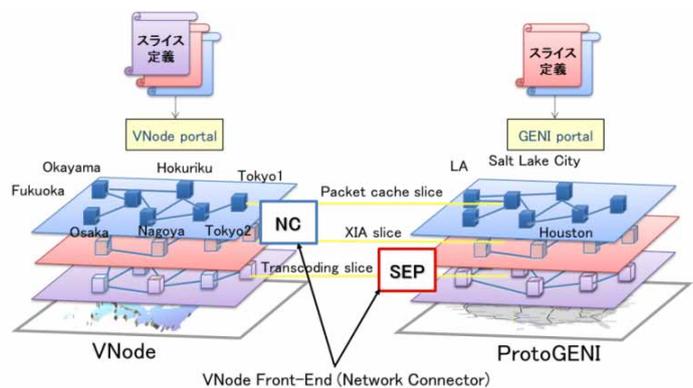


図 8 日米仮想化テストベッド相互接続