

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12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23年度は、新世代ネットワーク戦略プロジェクトの推進体制として、3.1 ネットワーク研究本部の図1に示した7プロジェクトによって2015年 JGN-X テストベッド上でのプロトタイプ実証における要素技術の研究開発を推進した。以下にプロジェクト毎に目的と成果概要を詳細に述べる。

【平成23年度の成果】

(1) 新世代ネットワーク基盤技術プロジェクト

【目的】

- 新世代ネットワークアーキテクチャの検討として、静的なコンテンツのみならず、モバイル端末、M2M通信デバイスが送出する、時々刻々と変化する情報の流通に適したネットワークアーキテクチャを設計する。
- 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ビルトインする。
- 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】

新世代ネットワークアーキテクチャの検討については、更新頻度が高い、遍在する移動情報源の効率的な活用を実現する、コンテンツ管理とネットワーク管理を一体化した新世代ネットワークのアーキテクチャについて概念設計を実施した（図1）。ネットワークの設計目標として、1. センサ情報などライブデータへの効率的なアクセス、2. 情報流通およびコンテンツ作成に適したネットワーク内処理、3. 移動通信制御の簡素化、4. 情報流通およびエネルギー利用の効率化、を明確にした。さらに、設計原理、機能フレームワークを策定し、要素技術を抽出し、それらをホワイトペーパーとして公開した。

新世代ネットワークセキュリティの検討については、Future Network のセキュリティ機構としてのグランドデザインを確立した。具体的には、新世代ネットワークの特徴的技術である、ID・ロケータ分離およびネットワーク仮想化の技術と、セキュリティ知識ベース・分析エンジンを連携させることにより、DoS 攻撃のようなサービスやコンテンツ

がロケーションと結びついていることに起因する脆弱性への攻撃に対応する技術、ネットワークレベルでノードにおける脆弱性を管理し、現在は人海戦術で行っているリカバリーを自動化する技術、等を開発し、10兆デバ

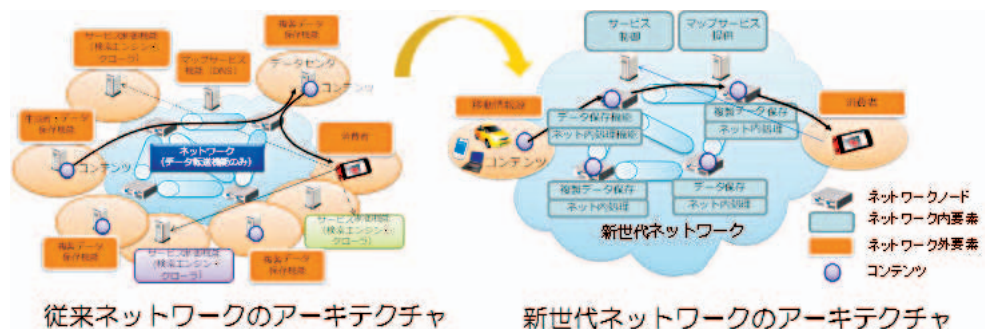


図1 新世代ネットワークのアーキテクチャ設計

スに対応しうる認証・プライバシー保護基盤を実現するための基本アーキテクチャを定義した。ID・ロケータ分離機構におけるリスク分析を実施し、ID・ロケータ分離プロトコル自体のセキュア化を実現した。

新世代モバイルネットワークの検討については、モバイルネットワークにおいて重要性、緊急性をもつサービスに対して優先的に接続性を提供することを目的として、無線アクセスシステムにおける MAC パラメータの動的制御により無線アクセス仮想ネットワークを構築するデータリンク層仮想化方式を提案し、要求条件を整理した上でプロトタイプを試作した(図2)。プロトタイプにおいて、無線 LAN において無線ネットワーク資源を任意の配分比率に分割すること、および分割された各資源をそれぞれ独立した仮想ネットワークに割り当て可能であることを実証した。

また、無線アクセスを含む仮想ネットワークの実現に必要なサーバ機能(サービスプロセス)の実行場所をネットワーク内でシームレスに移動させる技術として、セッションマイグレーション技術の詳細設計を完了し、実証実験システムの構築および初期的な性能評価を実施し、サービスプロセスの集約によるネットワークの省エネ効果が得られることを実証した(図3)。

さらに将来の実用化が期待されるコンテンツ名でのネットワークルーティングを実現する情報指向ネットワーク(ICN: Information Centric Network)のアーキテクチャについて、コンテンツのネットワーク内複製に伴い必要となるサーバ検索方式については、Potential-based Routing 方式を、キャッシュ方式については Topology Aware Caching 方式を提案し、詳細設計とシミュレーションによる性能評価を実施した。さらに、来年度実施予定の実証実験に向けて、プロトタイプを開発し、コンテンツ配信実証実験の環境構築を完了した。

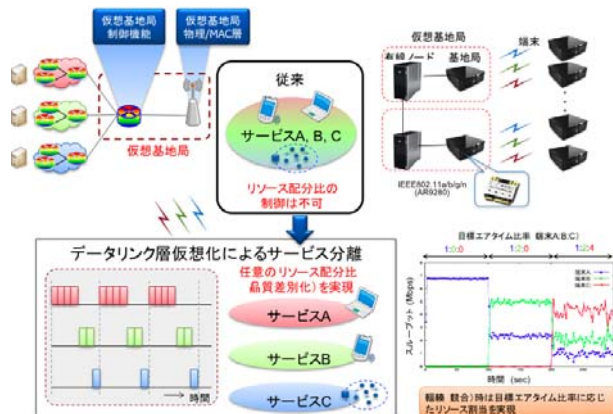


図2 無線アクセス仮想ネットワークのプロトタイプ評価

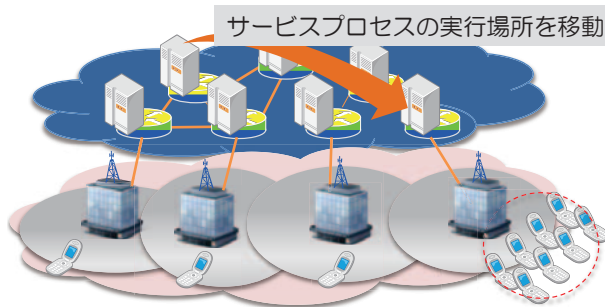


図3 セッションマイグレーション技術

(2) 超大規模情報流通ネットワークプロジェクト

【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】

ネットワーク仮想化基盤上でリソース制御とオーバレイネットワークの構成を自律分散的に実施するプラットフォームの基礎設計を行った。シミュレーションによる性能評価を実施し、数万のセンサネットワークを収容したサービスにおける情報取得処理の負荷が、既存のサーバ集中型のアーキテクチャと比べ 300 分の 1 以下となることを確認した。

異種ネットワークアクセス技術については、種類の異なるデバイスを統一的に扱うことができるインタフェースの基礎設計を実施した。

上記2つの基礎設計に基づき、JGN-X 上に広域センサネットワークのプロトタイプを構築し、動作を確認した(図4)。

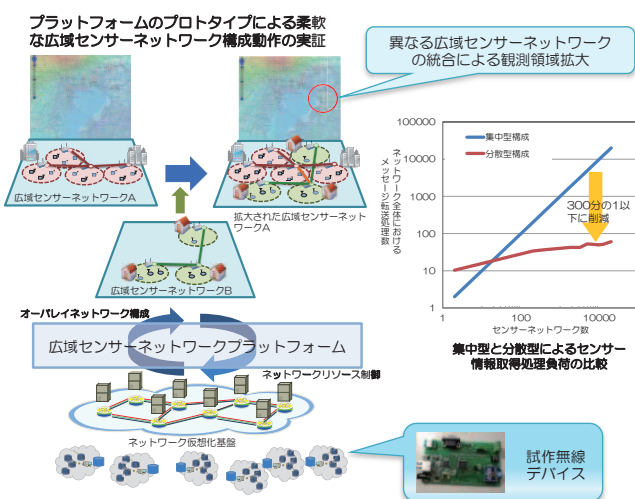


図4 プラットフォームのプロトタイプによる柔軟な広域センサネットワーク構成動作の実証

(3) コンテンツオリエンティッドネットワークプロジェクト

【目的】

- 新世代ネットワークにおけるコンテンツ配信基盤を確立する。特に、コンテンツ配信の品質を要求水準に保ちつつ、消費電力や回線使用料などのコストを環境変動に応じて、かつ、リアルタイムに最適化することを可能とする方式を立案し、それを実際に開発する。

【成果概要】

最小化すべき具体的なコストとして回線使用料および消費電力を設定し、コンテンツ配信システム全体におけるネットワーク部分での回線使用料最小化、またコンテンツ配信サーバ部分での消費電力最小化をそれぞれ実行するシステムを試作した（図5）。

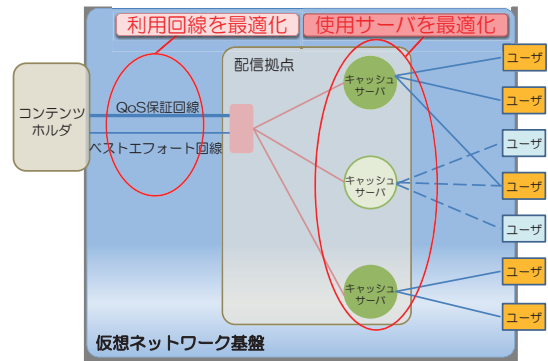


図5 コンテンツ配信システムの概略

(4) 光パケット・光パス統合ネットワークプロジェクト

【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】

光パケットのバースト的な到着による光強度の短期時間的変動および光パスの動的な設定開放による長期時間的変動、また、JGN-X への光パケット・光パス統合ノードの設置に対応するため、光バーストモード無歪伝送装置を開発した。

ネットワーク内に配置した各ノードの光パケットスイッチテーブル、マッピングテーブル（IP とラベルの対応表）を設定できる光パケット・光パス統合ネットワーク用接続情報設定ソフトウェアを開発した。権限によりユーザからも設定が可能で、これによって JGN-X への導入に向け光統合ネットワークのユーザビリティを向上した。

光パケット・光パス統合ノード装置を他の光パスネットワークと接続するため、リンクの波長使用情報に基づいて光パスの経路を自動で決定し、シグナリングおよび経路制御を実施し、また、波長変換を考慮したシグナリングにより波長資源の有効利用を可能とする、新たなソフトウェアシステムを開発した。

(5) スマートネットワーク構築プロジェクト

【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、および大規模検証を実施する。

【成果概要】

アプリケーションがネットワーク層（IPv4/v6）非依存に通信相手を指定でき、移動通信が可能で IPv4 および IPv6 プロトコル変換が可能な ID・ロケータ分離機構（HIMALIS）を Linux OS のカーネル領域に実装した。エンド端末での TCP/IP プロトコル構造は従来とほぼ同じで、異種プロトコルサポート、移動透過性などの機能を追加し、かつ性能低下を抑える事が可能であることを確認した（図6）。

また、自動アドレス構成技術（HANA）を

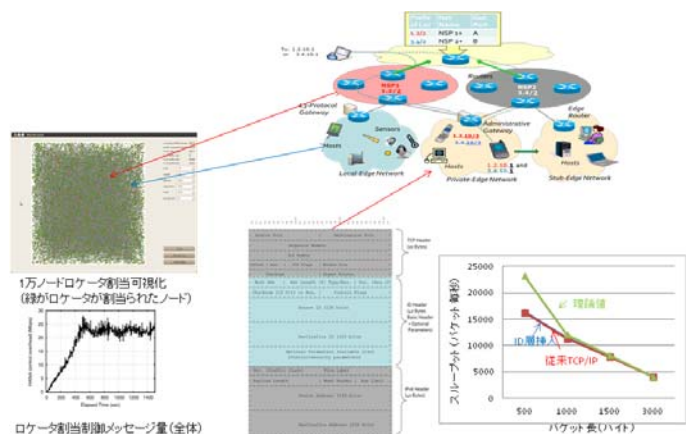


図6 ID・ロケータ分離機構 (HIMALIS) の実装評価

JGN-X が有する仮想ネットワークインフラである仮想 IP ルータに実装しネットワーク実験環境を構築するとともに、その拡張性を検証するために、全世界の 1/3 弱の数に相当する 10,000 ネットワーク規模の疑似ネットワークを StarBED³ に構築し、両者が正常に動作することを確認した。また自動アドレス構成技術に基づき内部に Web サーバを持つ 200 ノード規模のマルチホームネットワークをインターネット接続して、マルチホームデータ通信実験ができる環境を整備した (図 7)。

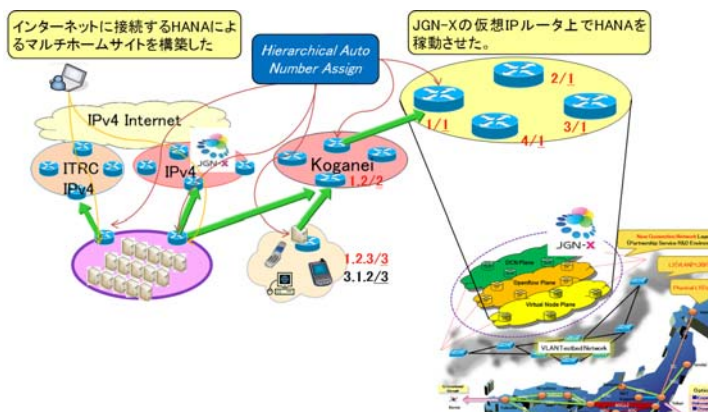


図 7 自動アドレス構成技術 (HANA) の大規模検証

(6) 価値を創造するネットワークサービス基盤プロジェクト

【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】

情報サービス連携の要件定義 (宣言的サービスネットワーキング記述言語) と、それをネットワーク機能呼出しに変換する方式 (ネットワーク制御プロトコルスタック) を実装した、Service-Controlled Networking (SCN) ミドルウェアのプロトタイプを開発した (図 8)。具体的には、利用可能な情報サービスの検索や交換サービス間のメッセージやデータのやり取り (メッセージ交換パターン) をルールとして記述し、実行中でもそれらを追加、変更可能な宣言的ルール記述言語を開発した。また、プログラム可能なネットワークとして OpenFlow を対象に、宣言的ルール記述言語をインタープリット (翻訳) し、コントローラを使って情報サービスが配備されたノードを登録、検索したり、情報サービスのメッセージ交換パターンに応じてノード間に動的にパスを設定したり再構成したりするプロトコルスタック機能を開発した。さらに、このプロトコルスタック機能をより効率的に処理できるよう OpenFlow 自体を拡張し、アプリケーション ID レベルでパス構成管理や状態監視ができる機能を試験実装した。評価実験により、情報サービス連携アプリケーション開発者のネットワークに関するプログラム開発負荷 (コード量) を削減しつつ、情報サービス連携ルールを満たすネットワーク制御が自動的に行われることを確認した。

情報サービスによるネットワーク制御をより理想的な形で実現すべく、新世代ネットワークの仮想化ノード基盤上に上記で開発した SCN ミドルウェアと独自拡張した OpenFlow プロトコルの動作検証を行うためのスライスを構築し、試験系の実装に着手した。

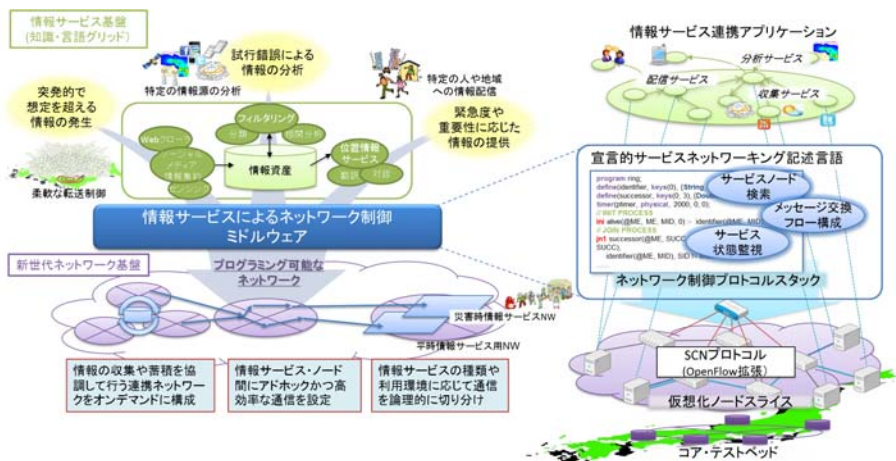


図 8 Service-Controlled Networking(SCN) ミドルウェアのプロトタイプ

