

新世代ネットワーク研究開発の歩みとその成果

西永 望 原井洋明

Non-IP までを見越した新たなコンセプトのネットワークを目標として 2006 年頃から研究開発が始まった新世代ネットワークは、「新世代ネットワークとは何か」を定義する概念設計フェーズを 2010 年頃に終え、「新世代ネットワークをどう創るか」を検討する詳細設計フェーズを間もなく終えようとしている。現在は研究開発された要素技術を統合し、NICT が運用するテストベッド JGN-X 上にプロトタイプを構築し、実証実験を実施しつつ、その基盤技術の検証を実施している。

1 はじめに

新世代ネットワークは、現状の IP (Internet Protocol) を中心としたアーキテクチャを持つインターネットにおける様々な問題を解決するネットワークとして、産学官で研究開発を推進する将来ネットワーク (Future Network) の 1 つである。2007 年 (平成 19 年) 11 月より新世代ネットワーク推進フォーラムを産学官で組織し、新世代ネットワークの研究開発を推進してきた。また NICT では、新世代ネットワークの研究開発を推進するため、2007 年に新世代ネットワーク戦略本部を組織しその研究開発戦略の検討を行うと同時に、産学官連携でのプロジェクトとして新世代ネットワークの研究開発を推進してきた。さらに 2011 年度 (平成 23 年度) に始まった NICT の第 3 期中長期目標期間の当初より、その研究開発を推進する実体組織としてネットワーク研究本部を設置している。本稿では新世代ネットワークの研究開発の歩みとして、新世代ネットワーク研究開発のロードマップ及び 2008 年 (平成 20 年) から 2010 年 (平成 22 年) にかけて公表した技術戦略の概要について 2 で説明し、NICT 第 3 期中長期計画における新世代ネットワークの研究開発の計画と主な成果について 3 で行う。

2 新世代ネットワークの歩みと概念設計

2005 年 (平成 17 年) 夏に「ユビキタスネット社会に向けた研究開発の在り方について」として、UNS 戦略プログラムが総務省情報通信審議会より発表された。その中核をなす新世代ネットワークは、「光を武器に non-IP までを見越した新たなコンセプトのネットワーク」を「既存のインターネットアーキテクチャにとらわれずに、将来まで見越したネットワーク統合アーキテクチャ」として構築することが目標とされていた。

この UNS 戦略プログラムにより、新世代ネットワークの研究開発がスタートした。

図 1 に新世代ネットワークの研究開発ロードマップを示す。NICT においては、第 2 期中期目標期間当初の平成 18 年に新世代ネットワーク研究センターが発足し、新世代ネットワークの概念設計を実施するフェーズ、いわば「新世代ネットワークとは何か」を検討するフェーズとして、ネットワークアーキテクチャについて重点的に研究を進める体制を構築した。AKARI アーキテクチャ設計プロジェクト (以下、AKARI プロジェクト) はその体制の中心として、NICT と大学との連携により開始され、non-IP までを見越した新たなコンセプトのネットワークアーキテクチャの検討を行うこととなった。

当時、欧米でも既存のインターネットを置き換える、将来のインターネットを研究開発するプロジェクトが推進されており、AKARI プロジェクトも「白紙から (Clean Slate: クリーンスレート)」の設計、長期的研究、既存技術からの移行を十分に考慮する実装という目標レベルで共通していた。平成 19 年 11 月に、基礎研究から応用に至るまでのロードマップの作成、社会・経済的側面の検討、国際標準化の推進、実証実験などを推進する母体として「新世代ネットワーク推進フォーラム」が設立され、NICT は総務省と共に事務局として貢献した。また、同年、新世代ネットワークに関する研究開発を戦略的に推進するために NICT は「新世代ネットワーク研究開発戦略本部」(以下、戦略本部) を組織した。戦略本部は新世代ネットワークに関する中長期的な研究開発戦略を策定すること、国際的な連携・競争の中で先導的・主導的役割を果たすこと、長期的・国際的視野を有する ICT 関係の研究開発人材を育成すること、などを目的とし、そのために、産学官の連携による研究開発推進体制の整備や今後の国際連携のための関係構築を行ってきた。また、集中的

3 新世代ネットワーク研究開発の歩みとその成果

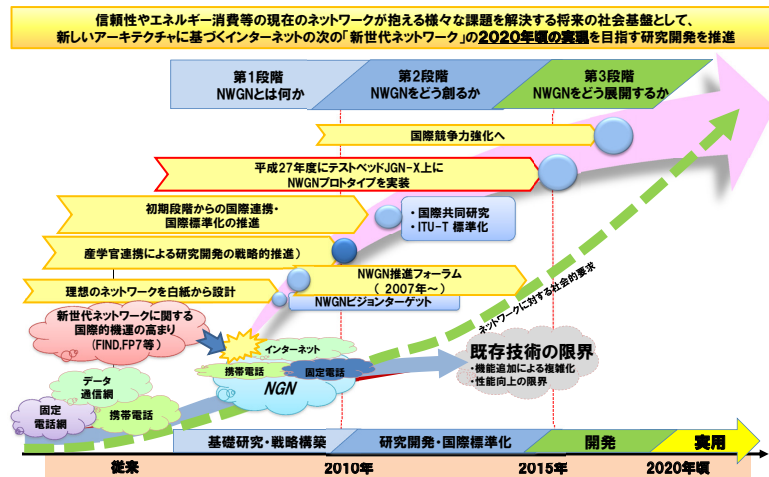


図1 新世代ネットワーク研究開発ロードマップ

に今後の ICT 分野における研究開発戦略を検討する戦略ワーキンググループ(以下、戦略 WG)を産業界からの優秀な研究者を招へいし、内部に設置していた。この戦略 WG は新世代ネットワークのビジョンの策定や、研究開発を先導する中長期的な技術戦略の策定、研究開発戦略やロードマップの国内外への戦略的発信などを実施し平成 22 年度末に解散した。ビジョンや技術戦略は本特集号 8 で述べられる国際標準化においても重要な役割を示し、新世代ネットワーク発の国際標準化勧告、ITU-T Y.3001 の元になるものであった。以下、戦略本部が発出したビジョンと技術戦略について述べる。

戦略 WG では、新世代ネットワークを定義するために、まず、その社会的位置づけ等、ハイレベルな議論を始める、トップダウンなアプローチを採用した。そのため、まず、新世代ネットワークによる社会問題解決の方向性とそのための技術要件及び新世代ネットワークによる将来社会ビジョンとそれを実現する技術要件を検討し、それを報告書として、「新世代ネットワークにおけるビジョンと技術要件」を平成 20 年に公表、平成 21 年に改訂した^[1]。ここでは、様々な社会問題や課題を ICT で解決することを基本とし、第一に、現在の社会問題—エネルギー課題、災害、医療課題、格差社会、少子高齢化、食糧課題などの負の部分をしてできるだけ最小化し、第二に、人の知の領域を増やす、あるいは、生活の質を向上させる、生産性を向上させる、など新しい価値を最大化し、第三に、グローバル化が一層進むことによって生じる紛争や対立、格差、過疎といった問題に対して、多様性を尊重し、新たな協調を促進するようなネットワークを構築する、の以上三点をビジョンとして掲げた(図 2)。当時、欧米でも今のインターネットを凌駕する新しいネットワークとして、Future



図2 新世代ネットワークビジョン

Internet あるいは Future Network に関する検討が進められていた。米国では国の研究開発の方向性を“Federal Plan for Advanced Networking Research and Development”^[2]として、2008 年 9 月に National Science and Technology Council が発表し、NSF や公的機関を中心とした新しいネットワーク技術のビジョンと研究開発戦略を公表している。欧州では、欧州委員会が監督する欧州技術プラットフォーム (European Technology Platform) のうち、ネットワークの研究開発に関連する 5 つの ETP が連携し、“Future Internet: The Cross-ETP Vision Document”^[3]として、2009 年 1 月に発表している。欧州のこのビジョン文書は基本的には産業界の研究者によって検討・執筆されており、その後の欧州委員会が実施する巨大な研究開発投資プログラム、FP7 の将来インターネット関連分野への研究開発投資ポートフォリオの原型となっている。また特筆すべきは、この文書の中で、将来インター

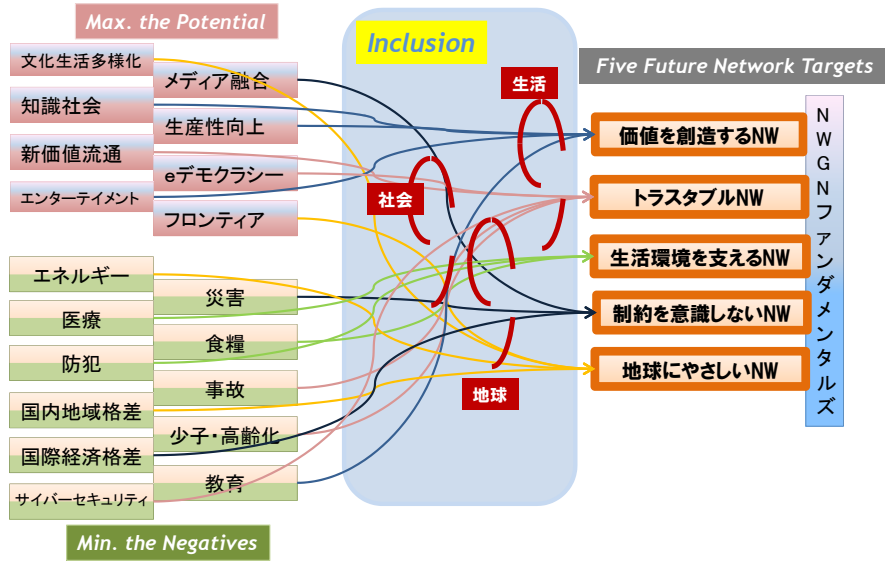
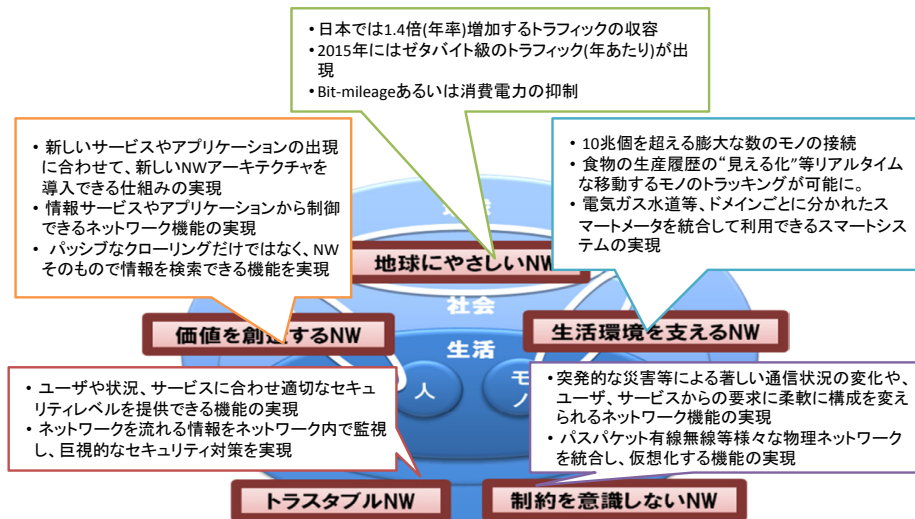


図3 ビジョンから設計目標へ



"Diversity & Inclusion: Networking the Future 新世代ネットワーク技術戦略", 情報通信研究機構 新世代ネットワーク研究開発戦略本部, 2009年10月より

図4 新世代ネットワークにおける5つのネットワークターゲット

ネットの4本柱として、Internet by and for People、Internet of Contents and Knowledge、Internet of Things、Internet of Servicesが上げられていることである。

その後、上述のビジョンを実現するために必要な様々な19の技術要件を抽出し、それらの中から新世代ネットワークの設計目標として、5つのネットワークターゲットを打ち出した。これは「価値を創造するネットワーク」、「信頼できるネットワーク」、「生活環境を支えるネットワーク」、「ユーザが制約を意識しないネットワーク」、「地球にやさしいネットワーク」であり、これらのネットワークの研究開発戦略を示した「新世代ネットワーク技術戦略(中間報告)」を平

成21年に公表した(図3)。また、これらの技術の実現を支えるネットワーク科学に関する研究開発戦略として「新世代ネットワークファンダメンタルズ」を提案した。設計目標の簡単な説明を図4に示す。新世代ネットワークの研究開発は図4に示す目標を実現できるネットワーク技術を開発するともいえる。これらのビジョンや設計目標の策定による、「新世代ネットワークとは何か」の概念設計フェーズが終了した。そしてその戦略に基づき、新世代ネットワークの実現を目指し、有線・無線をシームレスにとらえ、物理層からアプリケーション層まで、先端技術から応用技術までを総合的に推進する、新世代ネットワーク推進プロジェクトが平成22年から始まった。

3 NICT 第3期中長期目標期間における新世代ネットワーク研究開発

第3期中長期計画に相当する平成23年度から平成27年度は、新世代ネットワークの詳細設計を実施する、いわば「新世代ネットワークをどう創るか」のフェーズであり、NICTでは1年前倒して、平成22年度から新世代ネットワーク戦略プロジェクトを立ち上げ、平成27年度末までにNICTのJGN-Xに新世代ネットワークのプロトタイプを構築することを目指し、産業界や学術機関と連携しつつ研究開発を実施してきている。

新世代ネットワークの研究開発に関する基本的な計画は、主管官庁である総務省によって与えられた第3期中長期目標を達成するために構成される。第3期中長期目標には研究開発課題として、新世代ネットワーク基盤技術に関する研究開発が掲げられ、「信頼性やセキュリティ等の現在のネットワークが抱える様々な課題を解決し、柔軟で環境に優しく、国民の誰もがどんなときでも安心・信頼できる将来の社会基盤のネットワークとして、インターネットの次の新たな世代のネットワークを2020年頃を実現することを目指し、産学官の力を結集して基盤技術の研究開発を推進する。」とある。この目標に対し、NICTの第3期中長期計画では、新世代ネットワーク技術として、「新世代ネットワークの実現に向け、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や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等を実現し、それらの統

合化を図るとともに、テストベッド等を活用してそれら技術の実証を進めることにより、災害発生時等の情報トラヒ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も有する新世代ネットワーク基盤技術を確立する。」としている。この計画に基づき、NICT内では、新世代ネットワーク関連研究開発を組織的に推進するために、光ネットワーク、ワイヤレスネットワーク、ネットワークセキュリティに関する研究開発のうち、特に新世代ネットワークにかかる研究開発の研究開発と戦略企画を実施するネットワーク研究本部(以下、研究本部)を平成23年度に組織した。研究本部のミッションを図5に示す。研究本部では、自主研究だけでなく、外部との共同研究、委託研究、さらには、海外のファンディング機関との連携による共同研究開発等様々なスキームを駆使し、新世代ネットワークの実現に向けた研究開発を実施してきている。

多岐にわたる新世代ネットワーク構築に必要な要素技術群のシステム化を容易にするために、新世代ネットワークの基本構造の構成技術に関する研究開発と複合サービス収容ネットワーク基盤技術の研究開発の2つの大きな括りを用いてそれぞれの技術をシステム化することを目指している。

新世代ネットワークの基本構造の構成技術に関する研究開発について、中長期計画では以下のように記述されている。「新世代ネットワークの実現に向け、将来の社会インフラとして求められるセキュリティ要件や耐災害性等を考慮し、アプリケーションレイヤを含めた新世代ネットワークの基本構造を構成する基盤技

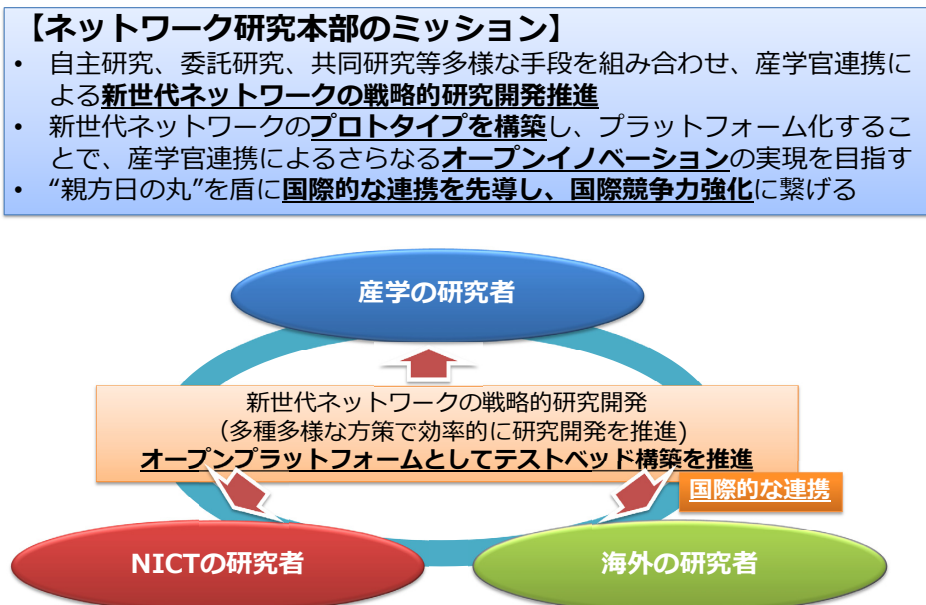


図5 ネットワーク研究本部のミッション

術を確立する。また、伝送速度や信頼性、接続端末の規模など要求条件の異なるネットワークサービスを同時に可能とするため、多様な通信サービスを1つのネットワークで提供可能な仮想ネットワークノードについて、ネットワークリソース(帯域等)分離を容易に実現できるパケット・パス統合ネットワーク上で新たに実現するとともに、仮想ネットワークを無線アクセス回線に拡張する無線アクセス仮想ネットワーク構築技術を研究開発し、災害救援時を含め、必要となる様々な情報を共用できるシステムを情報に応じて適切な伝送方式により仮想ネットワーク上で構築可能とする仮想ネットワーク基盤技術を確立する。」この計画に対し、新世代ネットワークの基本構造を構成する基盤技術(アーキテクチャ)の確立として、2020年の社会に必要なネットワーク要件を考慮したネットワークアーキテクチャの検討を産学官連携で平成23年から2年間で実施し、平成24年4月にホワイトペーパーとして公開を行い、平成25年9月に改訂した⁶⁾。ここで検討されたアーキテクチャはAKARIプロジェクトで検討したアーキテクチャをより実現に近いモデルとしてブラッシュアップしたもので、検討結果をすでに実施している要素技術の研究開発へインプットするとともに、このアーキテクチャに基づいて開発している要素技術の国際標準化、及び、商用化に向けた取組を実施している。アーキテクチャの研究開発の成果は、本特集号4-7及び6に記述されている。パケット・パス統合ネットワークアーキテクチャ上での仮想ネットワークの構築については、光パスと電気パケットを組み合わせたネットワーク仮想化ノードを新たに開発し、その開発した機器をJGN-X上に展開し、日本規模でネットワーク仮想化テストベッドを構築した(図6)。ネットワーク仮想化のフレームワーク、要求条件を整理し、ITU-T Y.3011、Y.3012として国際勧告化した。また更に広帯域化を可能とする光パケット光パス統合ノードは実用化されたSDN技術の1つであるOpenFlowインタフェースを用いて動作するシステムとして改良され、キャリアやベンダの研究所と

協力し相互接続デモンストレーション実施した(図7)。有線ネットワーク仮想化の成果については、本特集号4-1から4-4に記述されている。無線アクセス仮想ネットワーク構築技術については、無線インタフェースの仮想化という新しい概念を提唱し、この概念をWiFiに適用したネットワーク仮想化対応無線基地局の原理試作を平成25年に成功させ、無線ネットワーク仮想化テストベッドをNICT本部(小金井)に構築した。また、無線アクセス仮想ネットワーク構築技術と上述のネットワーク仮想化ノードを組み合わせ、エンドトゥエンド仮想ネットワークシステムの構築に成功した。また、現在の携帯電話網システムのより効率的な運用を目指し、携帯基地局とサービスごとに仮想化されたEPC(Evolved Packet Core)を接続し、携帯網を仮想化するための機構の開発に成功した。これらの成果は本特集号4-5及び4-6に記述されている。さらに、現在のインターネットでは実現できないアプリケーションとして、新しい識別子に基づくコンテンツ配信を中心として4件の研究開発を実施し、実証実験を実施した。その成果は本特集号5に記述されている。

複合サービス収容ネットワーク基盤技術の研究開発について、中長期計画では以下のように記述されている。「利用者ごとに異なる必要なリソース(ネットワーク帯域、ストレージ、演算能力等)をネットワーク上で動的に確保し、個々の利用者がそれぞれ求めるネットワークサービスを柔軟に実現可能とするため、リソースの追加割当等の調整機能を有する複合サービス収容ネットワーク基盤について、将来の新世代ネットワークの利活用シーンを想定した実証実験を行いつつその基盤技術の確立を図る。」複合サービス収容ネットワーク基盤についてはP2Pベースで動作するユビキタスコンピューティングプラットフォームと分散・階層化クラウド及びSDNを組み合わせた情報処理基盤JOSE(Japan-wide Orchestrated Smart/Sensor Environment)(図8)を全国規模で整備し、従来4日

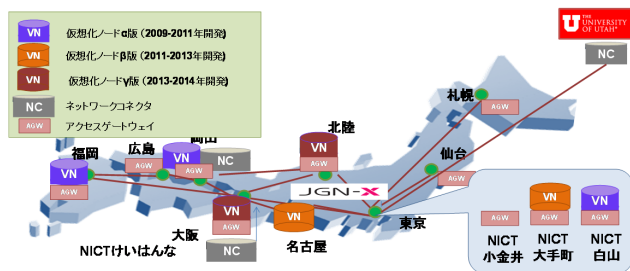


図6 全国展開されたネットワーク仮想化ノードとネットワーク仮想化テストベッド

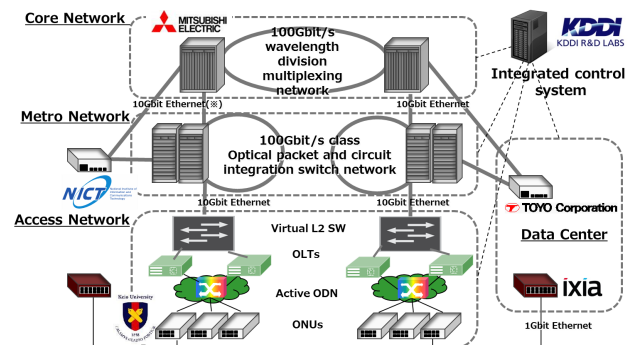


図7 パケットパス統合NWノードと光SDN相互接続実験(iPOP2014)

3 新世代ネットワーク研究開発の歩みとその成果

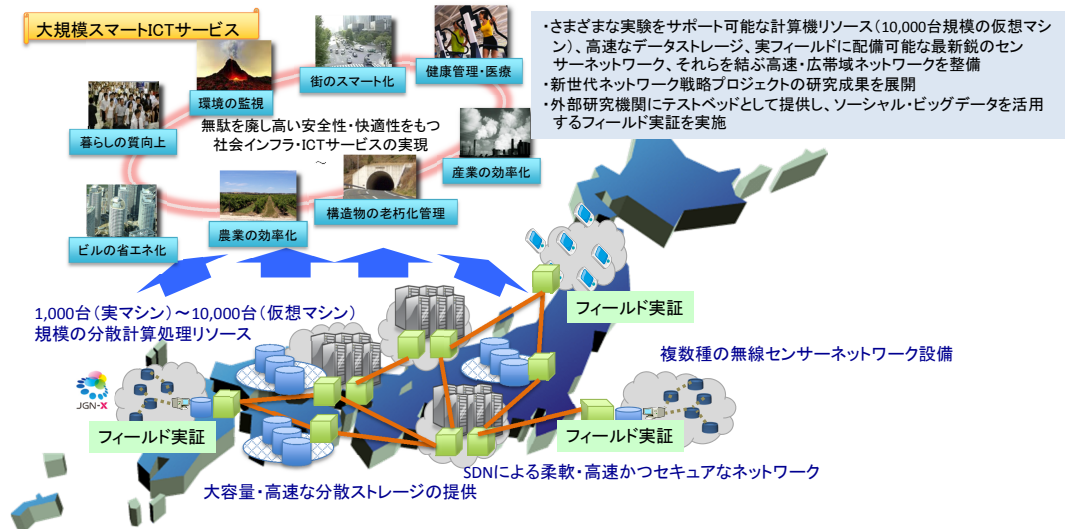


図8 複合サービス収容基盤のプロトタイプ JOSE

から2週間かかっていた、利用者へのリソース割当の時間を半日から2日へと大幅に減少できるシステムを開発・構築し、現在テストベッドとして提供しており、現在27件の実験ユーザがそれぞれ異なるリソースを確保しながら実証実験を実施している。またアプリケーションやサービスからネットワークを動的に制御するSCNを組み合わせたデモンストレーションを開発中である。これらの成果は本特集号7に記述されている。

- 2 <https://www.nitr.gov/pubs/ITFAN-FINAL.pdf>
- 3 http://www.future-internet.eu/fileadmin/documents/reports/Cross-ETPs_FI_Vision_Document_v1_0.pdf
- 4 <http://www.nict.go.jp/nrh/nwgn/4otfsk0000024a35-att/NWGN-RD-Strategy-NICT-Report-V1-2009-EN.pdf>
- 5 “時間変動する情報流通ネットワークアーキテクチャ設計書 Version 1.1 (2013.9.1),” 情報通信研究機構, NTT未来ねっと研究所, KDDI研究所, 日立製作所, NEC, 大阪大学, 2013年9月 (<http://www.nict.go.jp/nrh/nwgn/4otfsk0000024a35-att/whitepaper-ver1.1-20130901.pdf>)
http://www.primo-pco.com/nict-nwgn/events/2ndEUJsymposium/index_j.html

4 まとめ

本稿では、新世代ネットワークの研究開発の歩みとして、新世代ネットワークの研究開発の全体像を時系列的に概説した。2007年に始まった研究開発は「新しいネットワークとは何か」をトップダウンアプローチで検討し、その結果として、ネットワーク仮想化や、新しい識別子に基づくコンテンツ配信、IoTを含めたSmart ICTサービスのための分散・階層化クラウドシステムの研究開発を行ってきた。これらの技術の有用性を実証するために新たな大型テストベッドを開発する、あるいはJGN-X上に展開し、内外の研究者に広く公開することで、各種実証実験を誘致し、成果をもって、その基盤技術の検証を行うことが目標の1つとなっている。ここで研究開発してきた成果が、今後様々な形で、更に検討を重ね、最終的に将来社会基盤としての将来ネットワークの一部として実用化されることを期待する。

【参考文献】

- 1 <http://www.nict.go.jp/nrh/nwgn/4otfsk0000024a35-att/NWGN-Vision-NICT-Report-V2-2009.pdf>



西永 望 (にしなが のぞむ)

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
博士(工学)
新世代ネットワーク



原井洋明 (はらい ひろあき)

光ネットワーク研究所ネットワークアーキ
テクチャ研究室室長/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マネー
ジャー
博士(工学)
ネットワークアーキテクチャ、光ネットワーク