

I-4 新世代ネットワーク 次世代ネットワークのさらに先を見据えて



益子 信郎 (ましこ しんろう)

ネットワーク研究本部
副研究本部長

自分で作ることが好きで、野菜作りから家具、庭の造作など家周りで活動しています。学生時代から趣味にしてきた登山も最近は計画倒れの連続で、趣味とは言えない状況ですが、いつか子どもたちと山に行くのが夢です。

「NICTの新世代ネットワーク研究では、未来社会の基礎となるネットワークの開発を目指して、NICT内外の研究者を集結し、産学官の連携のもとに研究を推進しています。」

はじめに

ネットワーク環境の進歩により現代社会は大きく発展を遂げており、インターネットは、今や社会基盤として市民生活に欠くことのできないものとなっています。しかし一方で、インターネットでやりとりされるデータ量は爆発的に増え続けており、2025年には現在の数十倍から数百倍になると推定されています。そうすると、ICT機器の使用電力が増大し、エネルギー消費の観点からネットワークを自由に使えなくな

ります。また、セキュリティ面では、大量のデータや不正パケットを送りつけてサービスを妨害するDoS攻撃や迷惑メール問題など、複雑かつ巧妙化する脅威に対して抜本的な対策が求められています。さらに、ネットワークの構造そのものについても、次々と新しい要求に対処した結果、機能の重複や互換性の問題が発生しています。現行のインターネットのシステムにおいて、このような状態が続けば、やがてネットワークは行き詰ってしまうでしょう。この状況を打破するために、これまでのインターネッ

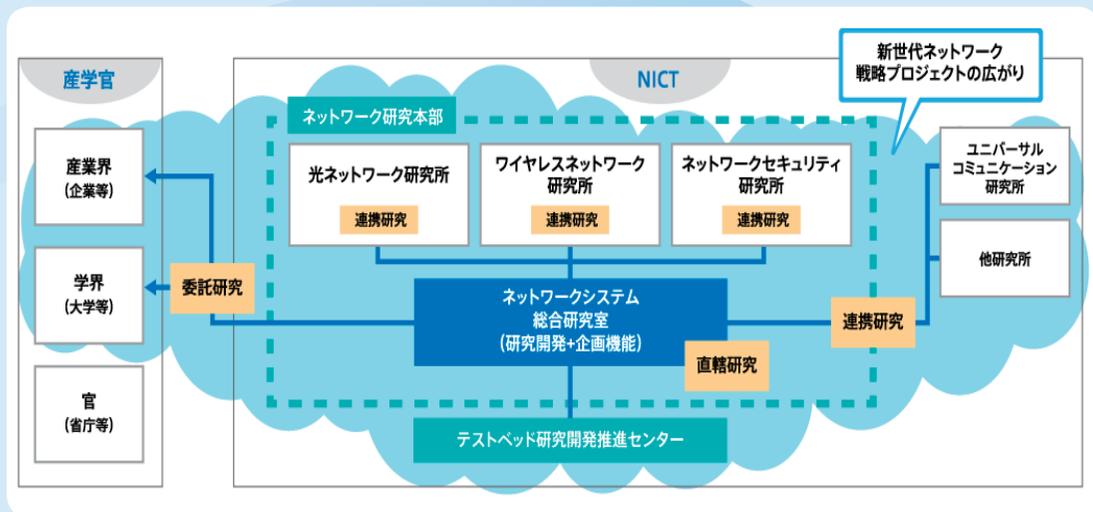


図1 新世代ネットワーク研究体制

トの改良ではなく、白紙から新しく作り直すべく研究開発を進めているのが「新世代ネットワーク」です。未来社会で新世代ネットワークが果たすべき役割は何かというビジョンを作成し、実現のために必要となる様々なネットワーク技術の研究開発に取り組んでいます。様々な社会問題を情報通信技術の力で解決し、個人や社会の潜在能力を開花させることにより、豊かで持続発展可能な社会の実現を目指しています。

● 新世代ネットワーク研究

NICT では、物理層からアプリケーション層まで各レベルでの研究開発から、それらの技術を統合したシステム開発までに至る総合的な研究開発を、産学官が連携して取り組んだ新世代ネットワーク戦略プロジェクトを開始しました(図1)。また、開発された技術を実際のネットワークに適用した際に安定して動作するかについて検証するテストベッドを用意し、システムの実用上の課題を検証しています。さらに、これらの一連の活動を企画、連動させるために、ネットワーク研究本部を設置するとともに、産学官連携の場である新世代ネットワーク推進フォーラ

ムを設置し、新世代ネットワークに関する戦略・方針を検討しています。

新世代ネットワークの研究開発は、有線、無線をシームレスにとらえ、物理レベルからコンテンツレベルまで、先端技術から応用技術までを総合的に推進する必要があります。また、このような広範囲にわたる研究開発には国を挙げて取り組む必要があること、大学などの研究機関における独創的な研究が研究開発の加速には不可欠であること、産業界における新世代ネットワーク実現に向けた研究開発にプロジェクトの成果を円滑に継承させる必要があることを考慮し、産学官が緊密に連携する体制の構築が必要です。このため、新世代ネットワーク戦略プロジェクトでは、委託研究や共同研究の枠組みを活用し、伝送技術からサービス技術まで大学や民間企業と連携しつつ複数の研究開発プロジェクトを立ち上げ、新世代ネットワーク実現のため研究開発を推進しています(図2)。

● 新世代ネットワーク技術の展開

テストベッド研究開発推進センターでは、新世代ネットワーク技術の確立に向け、様々な新技術を実装する新世代通信網テストベッド

- I-1 光ネットワーク技術
- I-2 ワイヤレスネットワーク技術
- I-3 ネットワークセキュリティ技術
- I-4 新世代ネットワーク基盤構成技術
テストベッド技術
- II ユニバーサルコミュニケーション基盤技術
- III 未来ICT基盤技術
- IV 電磁波センシング基盤技術

「JGN-X」と、大規模なネットワークエミュレーションを可能とする「StarBED³」等を活用し、産学官による研究開発と実証をスパイラル的に進展させ、そのプロトタイプ構築と運用を目指します。JGNは、先端的なネットワーク技術の研究開発や多様なアプリケーションの実証実験を推進するための大規模な研究開発用テストベッドネットワークとして、1999年からのJGN、2004年からのJGN2、2008年からのJGN2plusとして継続的に運用され、その都度、最先端の機能、性能を取り込みながら発展してきました。またStarBEDは、大規模汎用のネットワークシミュレーターとして、2002年からのStarBED、2006年からのStarBED2として継続的に運用され、インターネットからユビキタスネットワークへとミッションスコープを拡大してきました。

2011年4月、NICTの第3期中期計画スタートに合わせ、テストベッド研究開発推進センターを設置し、テストベッドを活用した研究開発体制を強化するとともに、機能、性能をバージョンアップしたJGN-X及びStarBED³の運用を開始しました(図3)。JGN-Xでは構築・運用の目的を新世代ネットワーク技術の確立とその展開にフォーカスし、日本を縦断する広域ネットワークに様々な新技術を実装するテストベッド環境を活用することで、ネットワークユーザと効果的に連携して、無線・光技術の統合管理、ネットワークの仮想化、多種多様レイヤの運用管理等の研究開発を加速していきます。また、「StarBED³」と一体化することで、エミュレーションから広域ネットワークでの実証に至るまで、ネットワークの総合的なテストベッド環境が提供可能になります。

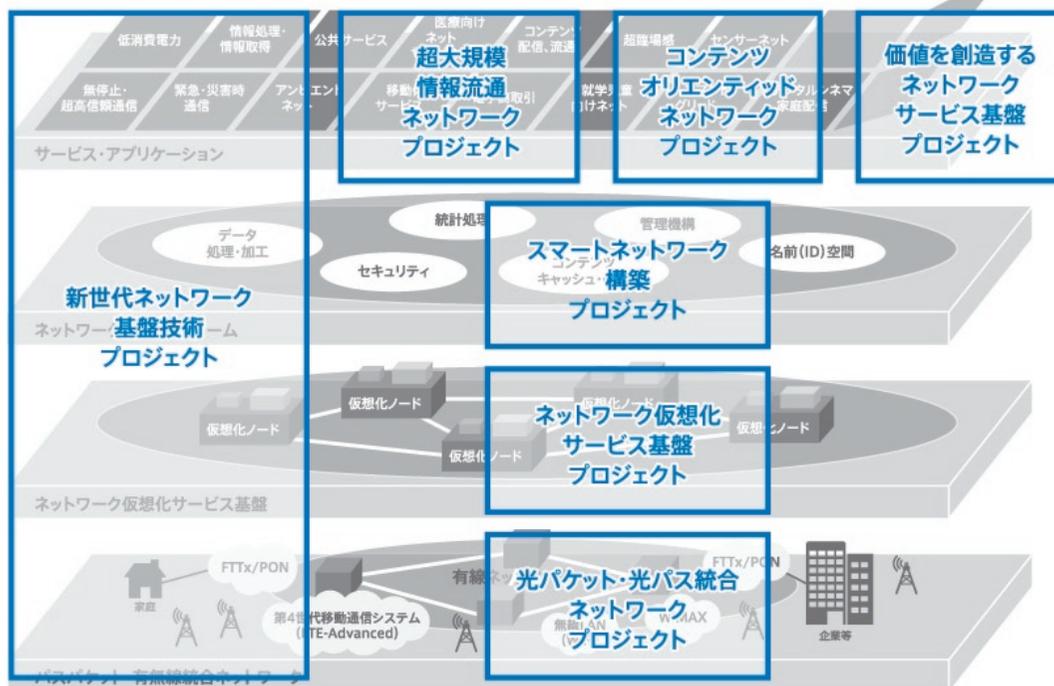


図2 新世代ネットワーク戦略プロジェクト

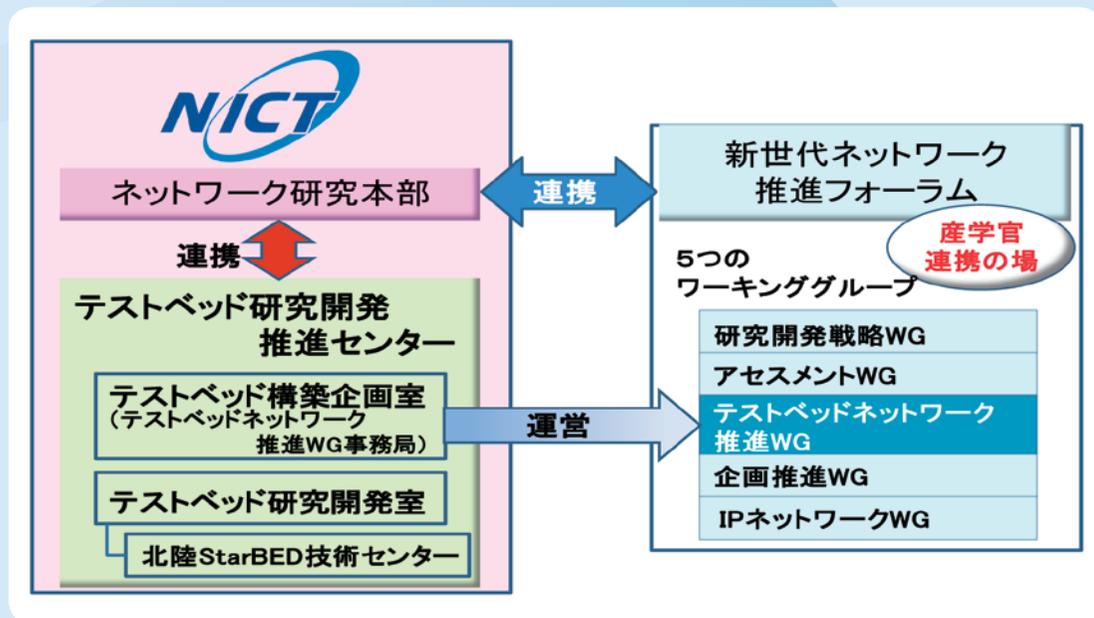


図3 新世代ネットワークの研究開発の推進体制

テストベッド研究開発推進センターでは、この JGN-X と StarBED³ を核としたテストベッド環境を活用し、産学官による新世代ネットワーク技術の研究開発と実証をスパイラル的に進展させ、その成果を本環境にタイムリーにフィードバックするとともに、ワイヤレス等のテストベッドとの連携を拡大していくことで、新世代ネットワークのプロトタイプを構築していきます。

新しいネットワークのかたち ITU-T Y.3001について

—新世代ネットワークの国際標準化がスタート—

「インターネットが動き始めてからもう何十年も経ちました。この勧告には世界の人々の新しいネットワークへの期待が詰まっています。」

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

大学院修了後、名古屋大学特別研究員、助手を経て、1999年郵政省通信総合研究所(現 NICT)に入所。博士(工学)。現在は大学時代の専門分野とは異なり、新世代ネットワークのプロモーションを生業として、日々世界を渡り歩いています。

● 新世代ネットワークの必要性とその標準化の成り立ち

インターネットは30年近く前に今とほぼ同じ構成(アーキテクチャ)になりました。その頃にインターネットをえる人はネットワークの研究者が中心だったといわれています。そのため、インターネットにつながっている人は仲間同士で、ネットワークセキュリティを考慮に入れませんでした。その当時インターネットは、仲間内で、メールやデータをやりとりする小さいネットワークだったのです。しかし今はどうでしょう。日本のインターネットの人口普及率は78%を超え、世界では20億人近くがインターネットを利用しています。インターネットを使ったアプリケーションも次々と生まれました。しかし、



このままでいいのでしょうか？いいえ、いつかは破綻するでしょう。そこで今のインターネットに替わる新しいネットワークが必要になります。この新しいネットワークを日本では「新世代ネットワーク」、世界では「将来ネットワーク(Future Networks)」と呼んでいます。NICTはこのインターネットの問題点にいち早く気づき、2006年頃から新世代ネットワークの研究開発に着手しました。NICTでは新世代ネットワーク技術の基礎検討を始めながら、社会的視点から、「どのような新世代ネットワークが将来望まれるか？」を中心に新世代ネットワークのビジョンや新世代ネットワークの実現目標を策定してきており、これを世界初の国際標準化の取組みに対して多数提案してきました。そして新しいネットワークの形、ITU-T Y.3001が策定されました。

● ITU 勧告*1 Y.3001*2 の内容

Y.3001は4つの目的と12の設計目標からなる将来ネットワークに関する世界で最初の標準化文書です。Y.3001では、以下の4つの目的を持つネットワークを将来ネットワークとして位置づけています。

1. サービス指向(Service awareness)

将来ネットワークは、アプリケーションやユーザーが要求するサービスを適切に提供することを目的とします。すなわち、ユーザーが今、使いたいサービス(たとえばメールの配信、Webページの閲覧)だけでなく、今後新しく爆発的に増えるサービスについても、管理や展開コストが著しく上昇しないように対応できるネットワークです。そのためにネットワークはアプリケーションやユーザーに最適となるように柔軟性を持たなければなりません。

2. データ指向(Data awareness)

将来ネットワークは分散環境に置かれた膨大なデータを処理するための最適な構成をしており、必要なデータがどこにあるとも、ユーザーが安全で、簡単に、素早くかつ正確にアクセスできることを目的とします。

3. 環境指向(Environmental awareness)

将来ネットワークでは、環境に配慮し、基本的な構成の設計やその結果としての実装、稼働時において、材料やエネルギー、温室効果ガスの削減をし、環境への影響を最小限に抑えることができます

4. 社会経済的観点

(Social and economic awareness)

将来ネットワークは、ネットワークを中心とした経済サイクルに、様々なプレイヤーが容易に参入できるように様々な社会経済的な課題に取り組みます。また、将来ネットワークは普及が容易で持続的であるために、ライフサイクルコストを削減できるような構成となります。これらによりユニバーサルサービスが可能で、すべてのステークホルダ(利害関係者)に適切な競争と適切な利益をもたらすものとなります。

これら4つの目的を達成するために、より具体的に12の設計目標を設定しました。以下の通りです。

1. 様々なトラフィック特性や振る舞いを持つネットワークサービスを収容できる**サービスの多様性(Service diversity)**
2. 新しいユーザーからの要求によって生まれる新しいサービスをサポートするための**機能的柔軟性(Functional flexibility)**

3. ネットワークの利用効率を向上させるための**資源の仮想化(Virtualization of resources)**
4. 大量のデータを最適かつ効率的に処理できる**データアクセス(Data access)性**
5. エネルギー効率を最大化させると共にユーザーの要求を最小のトラフィックで実現できるようにする**エネルギー消費量(Energy consumption)**
6. 地域にかかわらず、ネットワーク設備の提供を促進し、加速できる**サービスの普遍化(Service universalization)**
7. 持続的な競争環境を提供する**経済的インセンティブ(Economic incentives)**
8. 効率的に動作、維持が可能で、かつサービスや通信の増加をサポートできる**ネットワーク管理(Network management)**
9. 膨大な数の通信機器が様々な種類の異なるネットワーク間をダイナミックに移動する**モビリティ(Mobility)**
10. サービス要件とユーザーの要求に基づいて、ネットワーク機器の性能を**最適化(Optimization)可能**
11. モビリティとデータアクセスをスケーラブルにサポートできる**識別(Identification)**
12. 困難な状況においても、耐障害性を持つ**信頼性とセキュリティ(Reliability and security)**

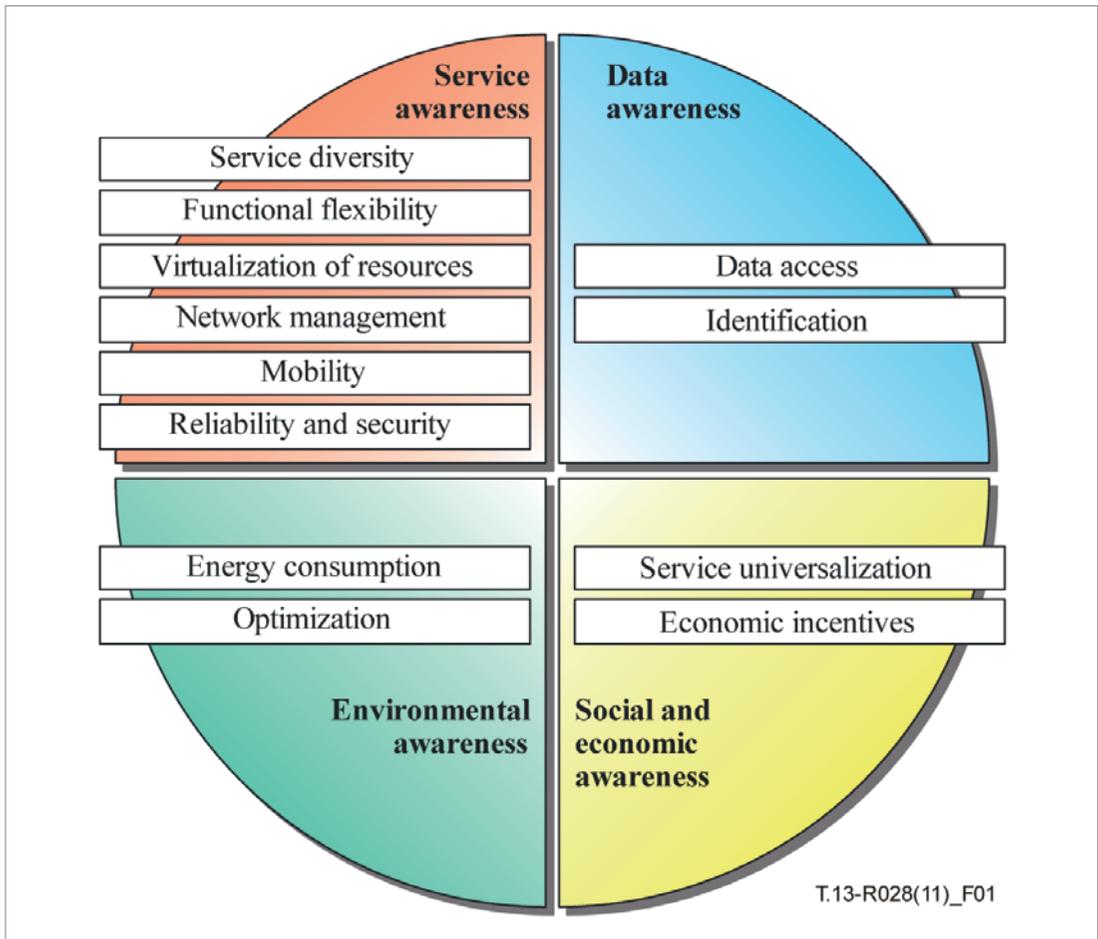


図 4つの目的と12の設計目標

将来ネットワークの目的と設計目標との関係を図に示します。設計目標によっては2つ以上の目的と関連するものもありますが、この図では主要なものに関係づけて表現されています。

● 将来ネットワークの今後

このY.3001は将来ネットワークの目的と設計目標を記述した文書で、将来ネットワークを構築するためには、様々な技術開発が必要となります。日本ではNICTが中心となって、産学官で新世代ネットワークを開発する、新世代ネットワーク戦略プロジェクトがすでに進行中です。今後は詳細部分の技術開発を進めると共に、開発した技術が世界中で使われるように国際標準化活動を推進していきます。

用語解説

*1 ITU 勧告

情報通信分野におけるデジタール標準規格。国内標準はデジタール標準を基礎として用いなければならないほか、政府調達においては、適当な場合にはデジタール標準に準拠した仕様で調達しなければならない等重要な標準規格。

*2 Yシリーズ

「グローバル情報通信インフラストラクチャー(GII)およびインターネットプロトコル」に関する規定。現在既にサービスが始まっている次世代ネットワーク(NGN)はY.2000シリーズで勧告化された。

参考文献

[1] Recommendation ITU-T Y.3001(2011),
Future Networks: Objectives and Design Goals.

新世代通信網テストベッド JGN-X



下條 真司 (しもじょう しんじ)

テストベッド研究開発推進センター
センター長

ネットワークの進化により、イノベーションを創出し豊かで、安全・安心な社会を新世代ネットワーク技術により実現すべく、欧米、アジアをはじめグローバルに活動中です。「未来を予測する最高の方法は、創造することだ」という米国の計算機科学者 Alan Kay 氏の言葉を信じつつ、活動しています。今年度は、自らもクラウドの中に生活することを決め、目下、様々な抵抗にあいながらも実践中。

「新しいネットワーク技術により、イノベーションを起こすべく NICT では JGN-X と StarBED という2つのテストベッドを展開し、技術開発を行うとともに、広く利用してもらっています。新たなサービスやビジネス創造につながる動きについてここで紹介します。」

● 新世代通信網テストベッド JGN-X

新世代ネットワークは、様々な問題を抱えるインターネットを新しい技術のイノベーションにより変革することによって実現できるものです。しかし、インターネットのように国際間にまたがる多様なステークホルダーと多様な技術が絡み合っていて上がっているものだと、その中でイノベーションを興すことは容易ではありません。そのため、新しい技術やアイデアを現状の技術とすりあわせつつ安全に試してみることで箱庭が必要です。それが、テストベッドです(図1)。テストベッドの目的としては、以下のようなものが挙げられます。

- ・ 複数の製品群との相互接続性と産業エコシステムにおける立ち位置の確認
- ・ 国際連携と標準化

- ・ 技術を実際に展開する際の社会的アセスメントと問題点の洗い出し
- ・ 技術の応用研究と運用に対する人材育成
- ・ 新しいイノベーションの創成

総務省では、1999年から我が国におけるブロードバンド技術の研究開発とその普及を目指してテストベッド網の構築が始まりました。当時、ブロードバンドは普及しておらず、まだMbpsの時代であったことから、将来をにらんでJapan Gigabit Network (JGN)と名付けられました(図2)。1999年4月から2004年3月までのJGN、2004年4月から2008年3月までのJGN2、2008年4月から2011年3月までのJGN2plus、2011年4月からのJGN-Xへと続いています。この間、2004年の通信・放送機構(TAO)と通信総合研究所(CRL)が統合されNICTが設立されたことにより、

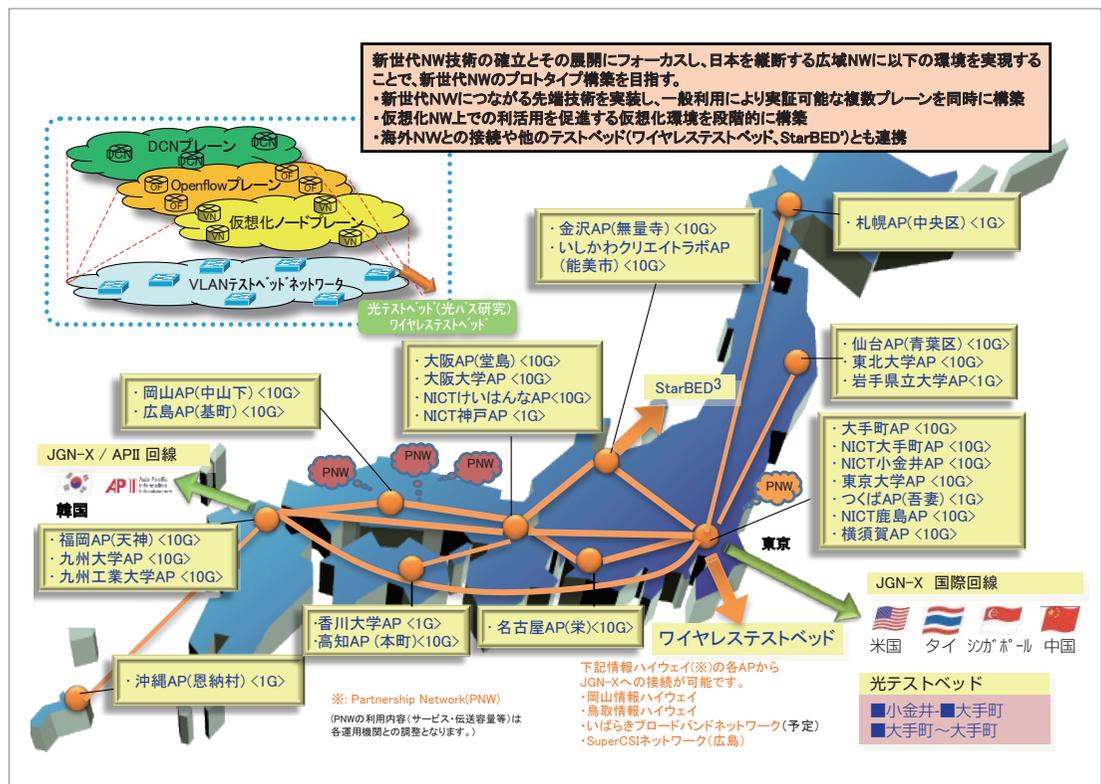


図1 JGN-Xの概要と構成

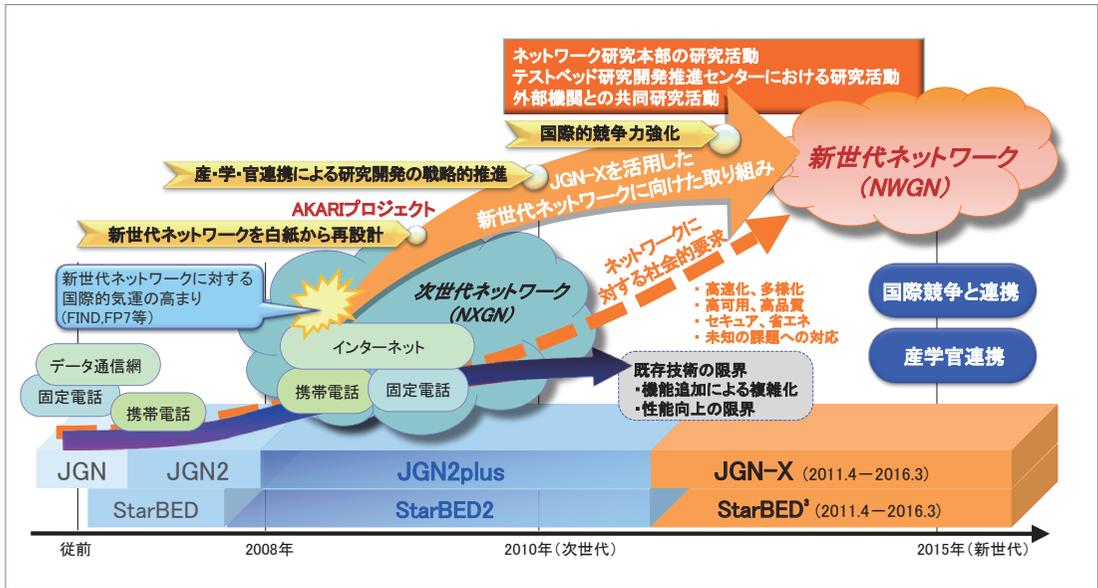


図2 テストベッドの進化

テストベッドの運営主体が NICT に移ることになりました。2011 年から新たな中期計画が始まるのにあわせて、これまで運用してきたネットワークテストベッドに、クラスタから構成される計算機群によるシミュレーション/エミュレーションテストベッド StarBED³ を加えて、2つのテストベッドインフラストラクチャを構築、運用し、利用者に提供しています。ネットワー

クテストベッドである JGN-X とシミュレーション/エミュレーションテストベッドである StarBED³ を統合して、ICT グローバルテストベッドと呼んでいます。これまでのインフラ偏重のテストベッド整備からサービスプラットフォームという、より上位サービスを提供するテストベッドへと大きく変貌を遂げ、2015 年頃までに最先端技術を組み込んだ大規模な実験ネットワークおよびエ

ミュレーション環境を順次構築・運用するとともに、実験ネットワークについては NICT で研究開発を進めている新世代ネットワークのプロトタイプに進化させ、2020 年頃には新世代ネットワークの実現を目指しています。



図3 SuperComputingでの国際バス設定の実験展示

● 新世代ネットワークへの進化

新世代ネットワークに向けて、様々な技術要素が提案されており、そのイメージは混沌としています。しかし、利用者側から期待されている新世代ネットワークはこれまでの単なる土管としてのネットワークではなく、セキュリティや QoS などの様々な要求にタイムリーに応える利用者それぞれに対するオンデマンドサービスネットワークです。

これを実現するための基盤的な機能が、ネットワーク仮想化です。すなわち、物理的なネットワークの上に、利用者それぞれのニーズに対応する仮想的なネットワークを複数、オンデマンドに作り出すことができる機能です。

JGN-X では、このネットワーク仮想化技術を活用して、新世代ネットワークプレーンと呼ぶインフラを構築し、その中長期的な運用および一般利用提供を通じて、新世代ネットワーク技術の実用化および普及を目指す取り組みを

開始しています。いくつかのプレーンが JGN-X 上に同時に存在しており、それぞれの仮想ネットワークの中では、各利用者が自分たちのためだけのネットワークサービスを受けています。また、このネットワーク仮想化技術は、光パス・パケットスイッチのような柔軟な光ネットワークの上でこそ真価を発揮するため、早期の導入が望まれています。JGN-X ではネットワーク仮想化技術をはじめとするさまざまな新世代ネットワーク技術をいち早くテストベッド内に展開、サービスとして利用者に提供することで新しいサービスを利用した応用が花開くことも期待しています。また、JGN-X は米国、タイ、シンガポール、香港に足を持つ国際テストベッドであり、アジア太平洋地域への技術展開、協力が促進されることを狙っています。その成果は放送局と連携したさっぽろ雪まつりでの実証実験や Super Computing での国際的連携成果として現れています(図 3、4)。



図4 さっぽろ雪まつりでの映像伝送実験の様相

大規模エミュレーション環境 StarBED³ (スターベッド・キュービック)

—新世代のネットワーク技術を検証可能とするために—

三輪 信介 (みわ しんすけ)

テストベッド研究開発推進センター
テストベッド研究開発室 副室長
北陸 StarBED 技術センター センター長

大学院博士課程修了後、北陸先端科学技術大学院大学助手を経て、2001年独立行政法人通信総合研究所(現NICT)に入所。非常時通信、セキュリティテストベッドなどの研究に従事。博士(情報科学)。NICTでは、テストベッドとネットワークセキュリティの2足のわらじを履いています。実はさらに日本地域経済学会に所属する経済学者でもあるというマルチタレントが売りです。

「StarBED³では、複雑なシステムや様々なネットワーク、デバイスを模擬する技術を研究開発し、新世代ネットワーク技術の研究開発を支援する基盤を提供しています。」



はじめに

NICT では、さまざまな新世代のネットワーク技術やその上でのサービス技術の研究開発における検証や実験の基盤として、大規模エミュレーション環境 StarBED³ を構築・運用しています。ここでは、この StarBED³ について紹介します。

StarBED とは？

StarBED は 2002 年に当時の通信・放送機構により北陸 IT 研究開発センターに構築されました。2006 年からは NICT の北陸リサーチセンターとして、第 2 期プロジェクト (StarBED2 Project) を開始し、2011 年 3 月末の終了まで、特に、いかに本物に近い複雑さや規模を持った環境を実現するかに焦点を当てた検証・実験環境を提供してきました (図 1)。

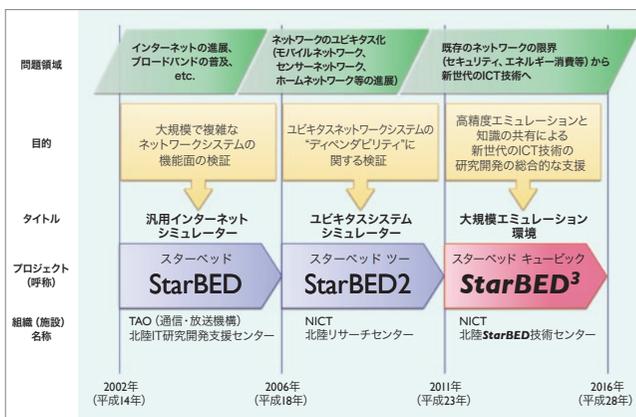


図1 StarBEDの変遷

さらに、2011 年 4 月より新しいプロジェクトとして開始した StarBED³ では、組織を一新し、広域のネットワークテストベッド網である JGN-X と同じチームとして、施設も北陸 StarBED 技術センターとして、新たなスタートを切りました。StarBED³ では、さらに複雑化・大規模化しながら進化を続ける ICT 環境に対応し、起こりうる問題を予測するような検証や、実際に運用を行う人材の育成を行うための基盤の構築と提供を目指しています (図 2)。

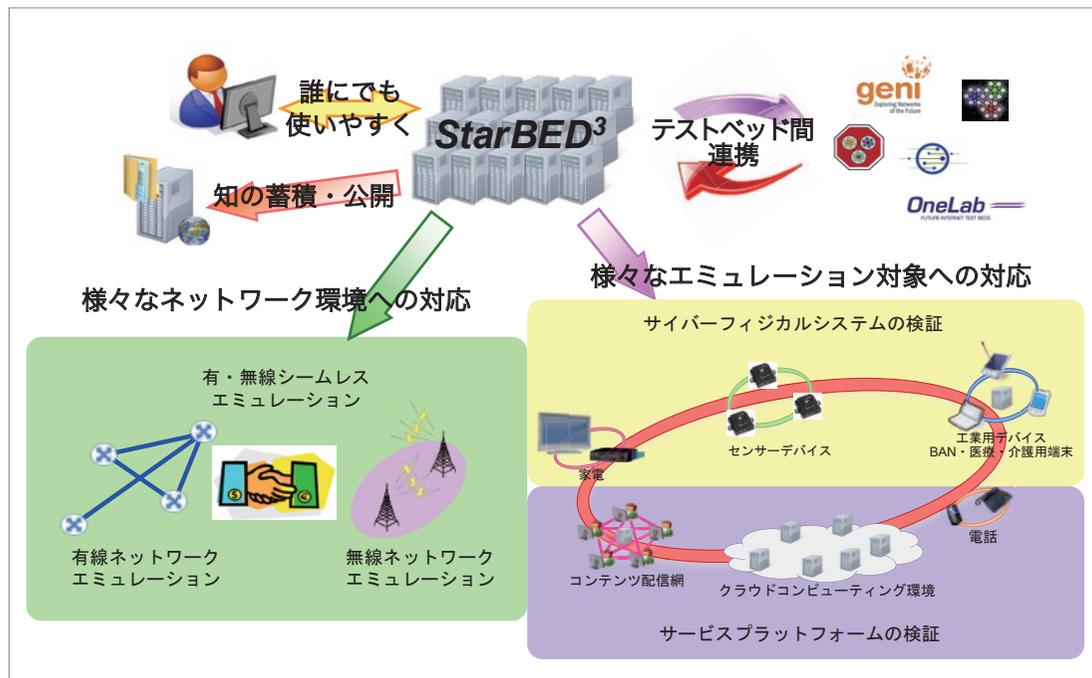


図2 StarBED³の研究課題イメージ

StarBED の技術

北陸 StarBED 技術センターでは、1,000 台以上もの多数の PC サーバと 100Gbps を超える広帯域の相互接続スイッチといった設備を構築し、運用するだけでなく、その上にさらにインターネットそのものや無線、ユビキタスシステムなどを模擬するエミュレーション技術など検証・実験を支援する技術を研究開発しています。

例えば、StarBED の 1,000 台以上の PC サーバや相互接続を制御しながら実験を進めるための支援ツール群 SpringOS、物理的には有線ネットワークしか用意されていない StarBED で無線ネットワークを模擬するための QOMET、物理環境などの異なる環境やセンサーネットワークとホームネットワークなど異なる種類のネットワークを同じ時間軸の上でエミュレートできるようにする Rune など、大規模エミュレーション環境の

制御からエミュレーション技術まで幅広く研究開発を続けています(図 3)。

StarBED の利用事例

StarBED は、共同研究などを通して、多くの方に利用されています。ここでは一例として、NICT 内部での利用事例をご紹介します。

NICT では、サイバーセキュリティについてもさまざまな研究開発を行っており、その一環として、ウィルスやワーム・ボットなどのマルウェアの脅威を体験したり分析したりできる環境として、「小規模攻撃再現環境」を開発、構築してきました。小規模攻撃再現環境では、社内ネットワークなどを再現した環境で実際のマルウェアなどを発生させ、その挙動をホストおよびネットワークの両面から分析し、対処方法を安全に体験できます。小規模攻撃再現環境では、隔離した環境

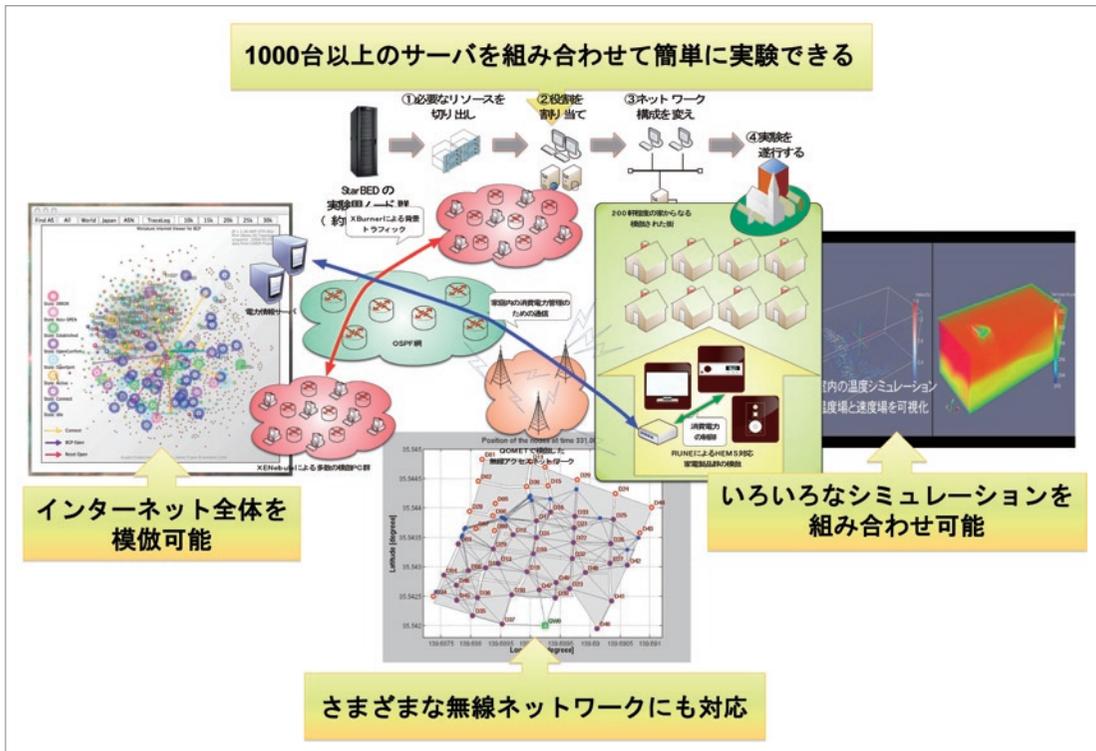


図3 StarBEDの技術

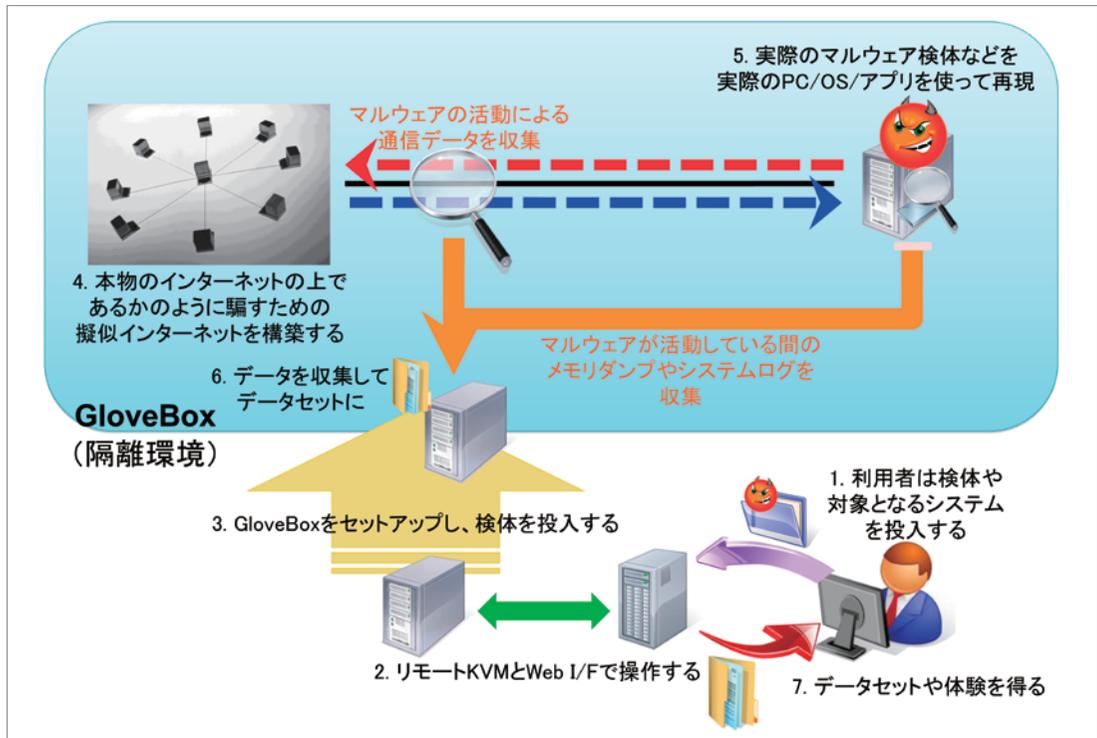


図4 小規模攻撃再現環境の概要

内でマルウェア等が動作するために、本来なら汚染される危険が伴うマルウェア等の分析や体験を安全に行うことができます(図4)。

StarBED は、インターネットなどと接続するための設定を特段行わなければ、インターネットなどとは接続されていない隔離環境として使うことができます。小規模攻撃再現環境の開発の際には、実際に StarBED 上に小規模攻撃再現環境のプロトタイプを構築し、隔離の具合や実際のマルウェア等に関するデータがきちんと取得できるのかなどの実験を行い、その結果を反映する形で小規模攻撃再現環境が構築されました。

このように、プロトタイプシステムを StarBED で構築して、その効果を検証した上で、実際のシステムを構築するような方法は、研究開発のコストやシステム構築失敗のリスクを下げる上で非常に有効な方法です。StarBED は、さまざまな検証・実験に使うことができる汎用の大規模エミュレーション環境を集中的に用意することで、NICT だ

けではなく社会全体の研究開発のコストやリスクを引き下げることに貢献できると考えています。

● おわりに

StarBED³ では、複雑化する ICT 環境に対応するために、StarBED 自身のエミュレーション能力の向上と、StarBED 以外のテストベッドとの連携機能の強化の 2 つのアプローチを採りたいと考えています。

幸いなことに、StarBED³ からはプロジェクトの組織体制が変更され、日本全域にわたる新世代のネットワークテストベッドである JGN-X と同じチームで研究開発を行っています。これによって、有機的なテストベッドの融合によるシナジーが得られるはずで、我々は、さらなる研究開発を続けることで、JGN-X と StarBED³ を中心としたテストベッドを、ICT 環境のいろいろな軸への拡大に対応させていきたいと思っています。