

2-3 世界のテストベッドネットワークの現状

2-3 Trends on Network Testbeds in the World

村瀬一郎

MURASE Ichiro

要旨

ネットワークテストベッドは、インターネットのバックボーンであった時代から、様々な研究開発のインフラストラクチャへと大きな変ぼうを遂げようとしている。米国における Internet2 が様々なネットワークとプロジェクトの戦略的集合体であり、ヨーロッパにおいても EU の主導により、多くのネットワークテストベッドの連携がなされている。

また、現在のネットワークテストベッドの特徴は、光技術の導入、ミドルウェア研究の傾注、アプリケーション研究への注目等である。今後は、個々のネットワークテストベッドが独自性を維持しつつ、国境を越えた連携がなされると考えられる。

At a time in the past, Network testbeds were backbones of the Internet. But, they are becoming to the infrastructure of any kinds of R&D. Internet2 in U.S. includes various strategic networks and projects. And in Europe there are collaboration among many network testbeds led by EU.

Regarding characteristics on network testbeds, we have three issues. One is an adoption of photonic technology. Two is a focus on middle ware technology. Three is an attention on application technology. In the future, each network testbeds will have an originality, and they have many collaboration each other over the border.

[キーワード]

JGN II, インターネット, ネットワークテストベッド, 次世代ネットワーク, 光ネットワーク
JGN II, Internet, Network testbed, Next generation network, Photonic network

1 まえがき

JGN (Japan Gigabit Network) は、1999 年に運用開始され、当時の世界では最も超高速なネットワークテストベッドとして注目を浴びた。現在は、2004 年に運用が開始された JGN II が稼動している。現在のネットワークテストベッドは、北米、ヨーロッパ、アジア等で運用がなされているが、光技術の導入、ミドルウェアの研究開発の重視、多様なアプリケーション研究等の様々な潮流が存在する。本稿においては、こうしたネットワークテストベッドの動向を述べる。

2 ネットワークテストベッドとは

ネットワークテストベッドとは、主としてネットワーク技術の開発を目的としたネットワークである(テストベッドネットワークとネットワークテストベッドは、本稿においては同意味で用いる)。筆者は、ネットワークテストベッドは、以下の条件を有すると考えている。

- (1) ネットワーク上で研究開発が行われていること。
- (2) ネットワークに複数の研究実施機関が接続されていること。
- (3) 新しいネットワーク技術が採用されていること。

JGN II においては、各種の研究開発が行われて

いることは周知のとおりであり、それに伴って多くの研究機関が接続されており、光テストベッドという新しいネットワーク技術が提供されている。これらの条件は厳密なものではなく、一つが欠けたため、ネットワークテストベッドではないと言い切れるわけではない。

ネットワークテストベッドは、将来のネットワークと社会を想定し、それらが描画可能となるようにネットワークインフラを提供しようとするものであり、それらのためには上記の3条件が一般的な条件として備わってくるのである。さらには、研究開発を優先するために、AUP (Acceptable User Policy) に、商用トラフィック等の制限やSLA (Service Level Agreement) の保証がない等を記述する場合もある。

3 ネットワークテストベッドの全体動向

従来のネットワークテストベッドは、超高速を主眼とすることが多かった。しかし、世界的な通信コストの低下が進み、大学等研究機関がネットワークテストベッドに対して超高速インフラの提供を必ずしも要求しない状況となり、現状におけるネットワークテストベッドは大きな転換期を迎えている。

現状におけるネットワークテストベッドの特徴は、以下のように総括できる。

- (1) ネットワークテストベッドとともに、その上での研究開発プロジェクトが重視されている。
- (2) 研究開発プロジェクトは、複数のネットワークテストベッドとの関係を有しており、ネットワークテストベッドと研究開発プロジェクトとの関係は複雑化している。
- (3) 研究開発プロジェクトにおける研究開発対象は、ミドルウェア、科学技術等広がりを見せており、今後も研究対象の拡大が予測される。
- (4) グリッド等のミドルウェアの研究開発が盛んになっている。

こうした動向を踏まえ、北米、ヨーロッパ、アジアに分け、主なネットワークテストベッドについて述べる。

4 北米におけるネットワークテストベッド

4.1 CA*net4 [1]

CA*net4 はカナダ全土を横断する研究教育用途の光ネットワークである。カナダの地域ネットワークを接続し、先進的なアプリケーション利用を可能にしている。

前身である CA*net3 プロジェクトにおいて IP 用に最適化された光ネットワークの構築と技術評価を行った経緯を踏まえ、CA*net4 は技術的なターゲットを、保有するファイバや波長を GigaPOP の端で顧客自身が管理制御するユーザ主導型のネットワークアーキテクチャである UCLP (User-controlled Lightpath) の実現に置いている。

CA*net4 のネットワーク構成図は、図1のとおりである。

4.2 Abilene (Internet2) [2]

Abilene は米国のインターネット2プロジェクトの専用ネットワークとして構築されたネットワークテストベッドである。高性能ネットワーク技術、革新的なインターネットアプリケーションとそれらの商用インターネットへの移転を目的としている。高等教育機関での教育、学習、研究、臨床に関する通信に制限され、商用トラフィックは通していない。接続はインターネット2メンバーと高等教育機関に対してのみ認められている。

大学によるコンソーシアム University Corporation for Advanced Internet Development (UCAID) 及び企業パートナーから構成されるプロジェクト Internet2 コンソーシアムによって運営されている。

連邦政府の進める政策との直接的な関係はないため、連邦政府政策に基づく特別な資金は提供されておらず、主に Internet2 メンバーの会費及び接続機関からの接続料によって賄われている。ネットワーク上での研究費に関しては、NGI など国家政策に基づく各省庁からの助成金が利用されている。

運用経費は、大学の設備投資、企業現物投資、会費 (330 万ドル/年) からなる。OC-192 POS/10GigE への接続は 49 万ドル/年である。Internet2 メンバーの大学は、Internet2 にかかわる大学設

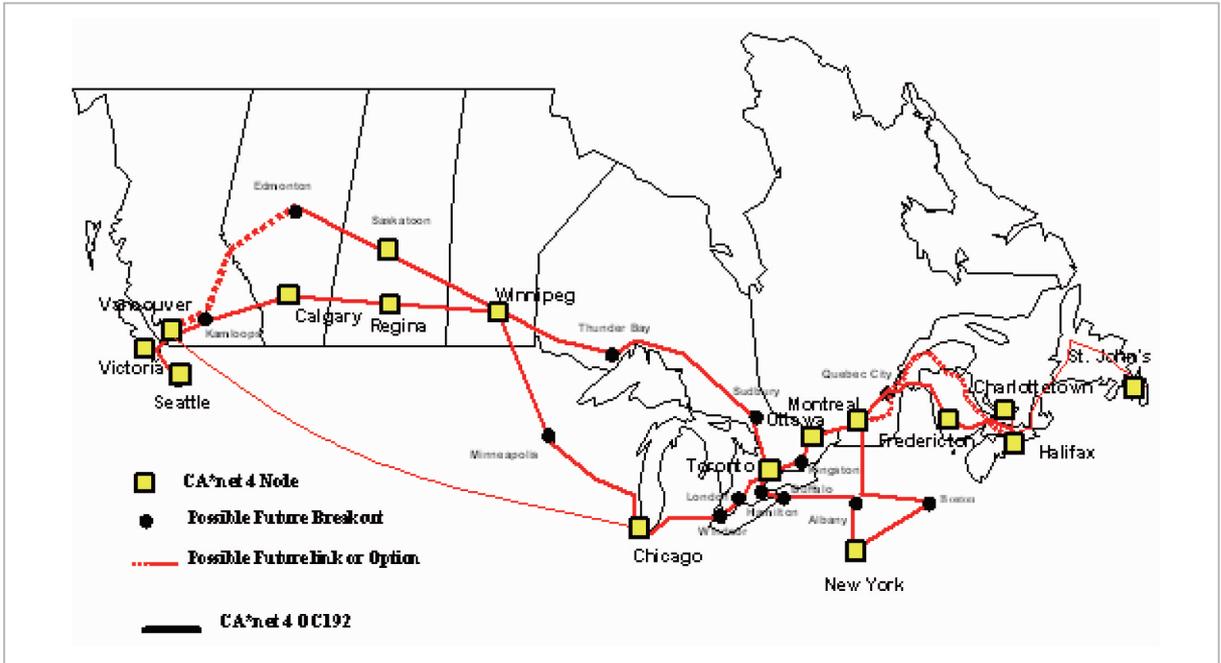


図1 CA*net4 のネットワーク構成

(http://www.canarie.ca/canet4/library/c4design/large_file_transfer.ppt より抜粋)



図2 Abilene のネットワーク構成

(<http://abilene.internet2.edu/images/abilene-current.gif> より抜粋)

備の拡張やネットワークへの接続、アプリケーションの開発のため、年間 8000 万ドルの自己負担による設備投資を行う。企業はメンバー会費のほかに、様々な形で資金的支援やネットワーク関連機器を提供する。

4.3 米国における多種多様なネットワークテストベッド

米国におけるネットワークテストベッドは、Abilene (Internet2) が有名であるが、NSF (National Science Foundation: 全米科学財団) を中心として、多様なネットワークテストベッドとそれに関係するネットワークプロジェクトが展開

されている

NSF を中心とする主なネットワークテストベッドと関連するプロジェクトについて、図 3 に総括する。

図 3 における主なネットワークテストベッドとプロジェクトを、表 1 に示す。

5 ヨーロッパにおけるネットワークテストベッド

ヨーロッパでは、EU (Europe Union) が主導して、e-Infrastructure 構想が進められている。e-Infrastructure は、欧州に分散する研究情報資源 (GRID 計算、高速ネットワーク、ストレージ等) の連携利用を促進することで、e サイエンスの発展を図るためのフレームワークの構築することを目的としている。ヨーロッパのネットワークテストベッドである GEANT、GRID 研究プロジェクト EGEE、DEISA 等は、e-Infrastructure の下で相互相乗効果を目指している。

5.1 GEANT 及び GEANT2 [3]

GEANT は、DANTE (Delivery of Advanced Network Technology to Europe) が推進するネッ

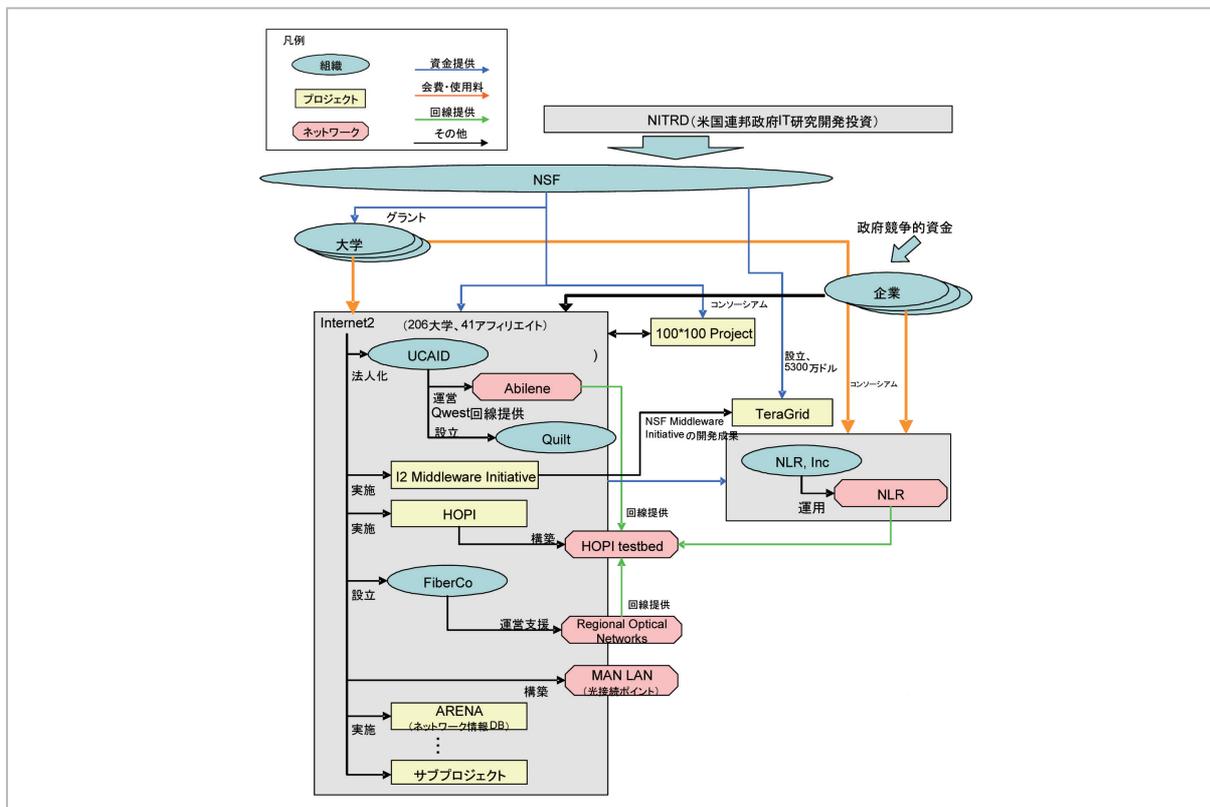


図3 NSFを中心とする主なネットワークテストベッドとプロジェクト

(出展：三菱総合研究所資料)

表1 NSFを中心としたネットワークテストベッド又は関連プロジェクト

名称	概要
HOPI testbed	HOPIとは、Internet2が2006年に実現を目指すハイブリッド共有IPパケットスイッチ光波長ネットワークのための計画及びテストベッド設備配備に対する取組である。Abilene, RON, NLRを用いてHOPIテストベッドが構築されている。
Regional Optical Networks	Regional Optical Networksは、研究教育機関のための地域光ファイバーネットワークユニシアチブを支援するためにInternet2が設立したFiber Co.が運用を担っている光ネットワークテストベッドである。
MAN LAN	MAN LANは、米国、国際研究教育ネットワークの相互接続のためのNew Yorkに位置する高性能接続ポイントである。Internet2, NYSERNet, インディアナ大学の協力により構築。毎月の使用料を徴収する。
NLR	NLRは、研究者によって所有運営される超高速ネットワークである。Internet2は、5年間で1000万ドルの資金提供を行っており、10Gbps回線を使う権利を持つ。Internet2は、AbileneとともにNLRを、ハイブリッド光パケット環境の開発の基盤として利用している。
TeraGrid	5か所に分散されたコンピュータ資源により20テラフロップスの計算を実現する。NSFから2001年に四つのサイトに対して5300万ドル資金提供される。Internet2, EDUCAUSE, SURAは、NSF Middleware Initiativeの一部として研究開発を行っている。
I2 Middleware Initiative	Internet2メンバー大学に中核となるミドルウェアサービスを提供するためのプロジェクトである。
ARENA (Advanced Research and Education Network Atlas)	ARENAは、世界中の先端研究教育ネットワークに関する情報をデータベース化するプロジェクトである。
100*100 プロジェクト (100 Megabits to 100 Million Homes)	100Mbpsのアクセス速度を家庭や小企業に提供するためのインターネットアーキテクチャを再構築するための大学等からの研究者による協力プロジェクトであり、NSF Information Technology Research (ITR)プログラムから5年間のグラントを受けている。Internet2は、技術サポート、Principal Investigator 2名参加による協力を行っている。
PacificWave	国西海岸全体にわたるネットワーク接続施設を構築することを目的としたCENICとPNWGPの共同プロジェクトである。他のネットワークのIPトラフィックの中継、ネットワーク転送の効率化などを行うIPトラフィックの効率化を行う。
PlanetLab	地球規模のネットワークサービスの開発、展開、アクセスのためのオープンな分散プラットフォーム。Abilene観測所(Abileneネットワークデータの収集配布を支援するプロジェクト)は、PlanetLabの八つのコアルターノードを提供する。
GLIF(Global Lambda Integrated Facility)	LambdaGrid上でのアプリケーション、ミドルウェア開発のための世界規模のラムデータベース研究設備。2003 LambdaGrid年次ワークショップでSURFnet、アムステルダム大、NORDUnetなどの研究者によって設立。Internet2は、MAN LANにおける光波長実験によるメンバーとして参加している。

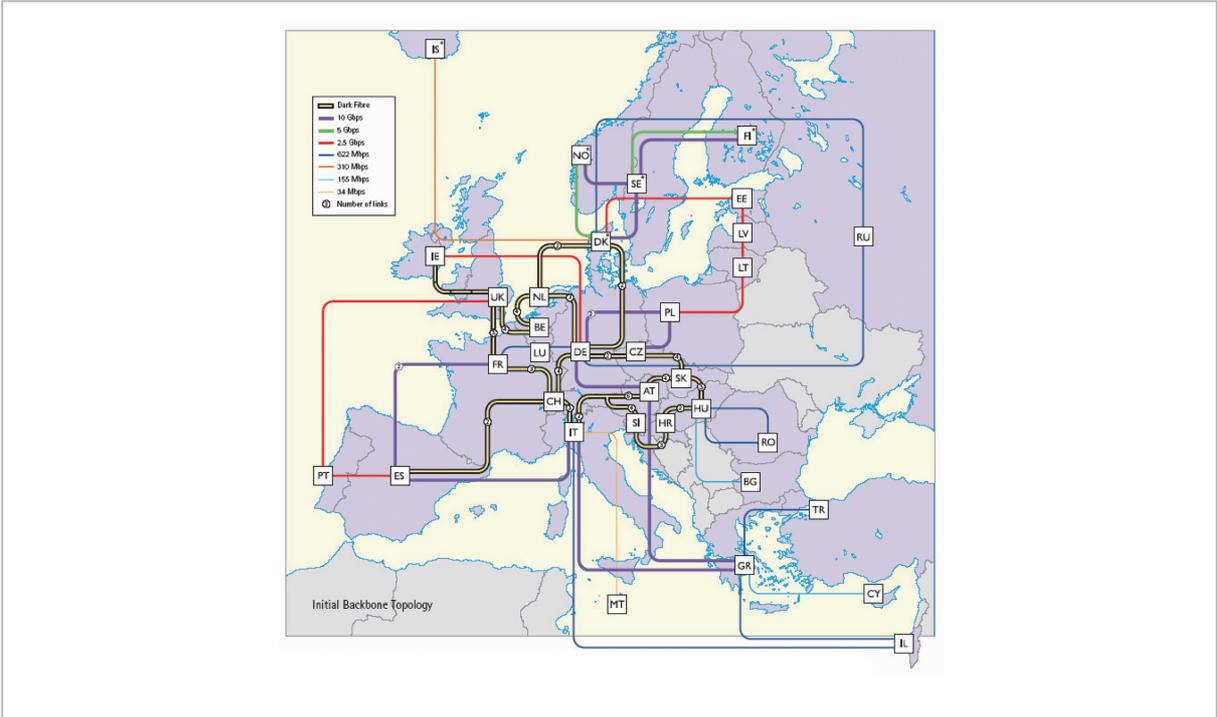


図4 GEANT2のネットワーク構成

(http://www.geant2.net/upload/pdf/GEANT2_brochure_2nd_edition_final.pdf より引用)

トワークテストベッドであり、欧州各国の NREN (National Research & Education Network) を相互接続し、ギガビットクラス以上のデータ通信環境を提供することを目的としたものである。GEANT は、2000 年 11 月に開始され、2004 年 10 月に終了し、2004 年 9 月からは、GEANT2 の運用が開始された。接続対象となる NREN は、30 を想定している (図 1 参照)。GEANT のバックボーン回線の帯域は 10Gbps、GEANT2 は 10Gbps×4 本 = 40Gbps となっており、バックボーンの超高速化には意欲的である。

5.2 SURFNET [4]

SURFnet は、オランダ国内の大学や研究教育機関等を超高速ネットワークにより接続する国家研究ネットワークである。オランダ政府、民間企業、教育研究機関からなる GigaPort プロジェクトのネットワーク基盤として開発され、電子コラボレーション、e ビジネス等のアプリケーション研究開発に利用されている。バックボーンは、SURFNET5 においては、2005 年段階で 30Gbps であるが、80 Gbps を目指している。

図 5 に、SURFNET5 のネットワーク構成図を示す。



図5 SURFNET5のネットワーク構成

(<http://www.surfnet.nl/en/organisatie/network/flasheng/map.html> より引用)

5.3 EGEE [5]

EGEE は、欧州の 27 国以上が連携しているグリッド技術とグリッド基盤サービスの開発を目的としたプロジェクトであり、GEANT 上に構築されている。研究者に、空間的な制約なしにコンピュータ資源にアクセスするための環境を提供することを目指している。

主なテーマは以下のとおりである。

- (1) 安定したグリッドネットワークを構築し、コンピュータ資源へのアクセスを高める。
- (2) 信頼性の高いサービスを提供するためにミドルウェアの開発及びメンテナンスを行う。
- (3) 産業界と学术界の研究者を引き付け、高度なサポートと研修を受けられるようにする。

EGEE の具体的なアプリケーションの代表的なアプリケーションは以下のとおりである。

- Large Hadron Collider Computing Grid (LCG)
CERN における高エネルギー物理実験により得られるペタバイトに及ぶ実際のデータ、シミュレーションのデータを保存解析するためにグリッド基盤を利用する。
- Biomedical
ペタバイトに及ぶゲノムデータベースのデータマイニング、医療データベースのインデクシングし、異種データに対してオンディマンドコンピューティングを行う。

6 アジアにおけるネットワークテストベッド

6.1 CERNET2 [6]

中国においては次世代インターネットに関する国家規模での取組が 2003 年 8 月に公式に開始されており、次の三つの目標が掲げられている。

- 将来の研究を支える高度ネットワークの実現
- 新技術や新ビジネス対応アプリケーションのテスト環境の実現
- IPv6 対応製品産業の育成

CNGI は (1) 国際的な NGI との接続を行う層、(2) 複数のバックボーンネットワークやメトロネットワーク、それらをつなぐ GigaPoP、(3) 多数のキャンパスネットワークの 3 層から構成される。CERNET2 は CERNET とは異なるネットワークであり、中国の次世代インターネット CNGI

における最大のバックボーンネットワークである。2001 年に国家レベルの NGI として計画され、2003 年に試験運用を開始、2004 年 4 月より IPv6 サービスの提供を始めている。図 6 に、CERNET2 のネットワーク構成を示す。

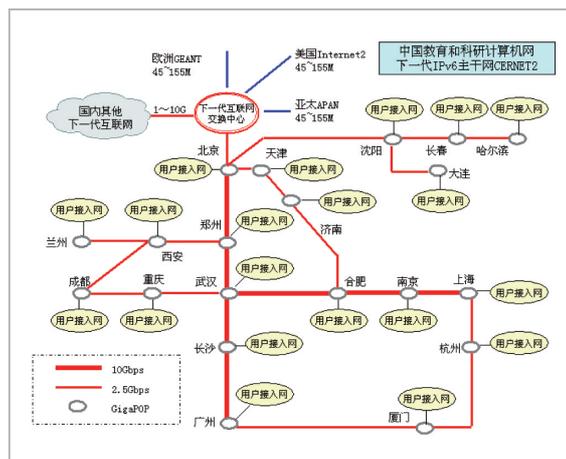


図6 CERNET2 のネットワーク構成

(<http://www.ampath.fiu.edu/CANS2004/nov%2030/Jianping%20Wu-%20Nov30.ppt> より抜粋)

6.2 KOREN [7]

KOREN は、大学、研究所、産業界の研究機関に対して提供されるノンプロフィットな研究ネットワークである。高速通信機器及びアプリケーションサービスの開発のための研究環境を提供し、韓国の IT 構想である「情報スーパーハイウェイ」に資する基盤技術の研究開発や関連アプリケーションの研究開発を支援する位置付けにある。

KOREN は 1995 年から 1997 年はネットワーク技術と関連機器の開発を主にサポートしたが、98 年以後は、QoS / マルチキャスト / IPv6 / MPLS に基づく次世代の先端的な研究環境を提供している。

韓国情報通信省 (Ministry of Information and Communication : MIC) が、政策に基づいて KOREN のポリシー及びプロジェクト目標の提示、基本計画の策定を行っている。

実際の運営は韓国電算院 (National Computerization Agency : NCA) がネットワークの稼働、開発会議やユーザフォーラムの運営、国際的な協同研究の支援を担当し、KT Corporation がネットワークの構築・改良、運用と維持、メン

バー機関の支援と管理に当たっている。

KOREN のネットワーク構成は、図 7 のとおりである。

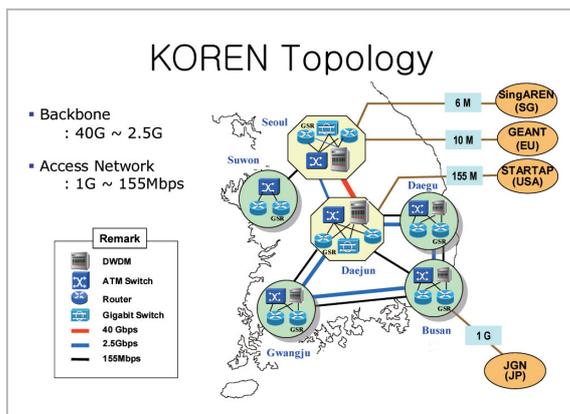


図7 KOREN のネットワーク構成

(<http://www.ccirn.org/general/AP%20Networks%20at%20CCIRN.ppt> より抜粋)

6.3 SingAREN [8]

SingAREN はシンガポールにおける研究教育ネットワークである。海外コミュニティとの協同研究や、ブロードバンドアプリケーションの開発を重点テーマとしている。シンガポールの研究教育コミュニティ活動の強化と国際連携を目的とした政府プロジェクトにより構築され、2001 年より運用を開始した。大学・研究機関が参加し、グリッドコンピューティング、光ネットワーク、IPv6 等のブロードバンドアプリケーションの開発等を推進している。

SingAREN の運用は五つの政府系の大学・研究機関がサポーターとして携わっている。中でもシンガポール国立大学 (National University of Singapore : NUS) は運用以外に事務局運営を行う等の中心的な役割を担っている。

SingAREN は 2003 年 10 月よりノンプロフィットの組織となっており、現在はシンガポール政府からは予算支援を受けていない。

ネットワーク構成は、図 8 のとおりである。

6.4 ThaiSarn [9]

ThaiSarn はタイの研究及び高等教育用途のネットワークであり、タイ国内及び国外の研究者間を接続する研究インフラである。国内の主要拠点

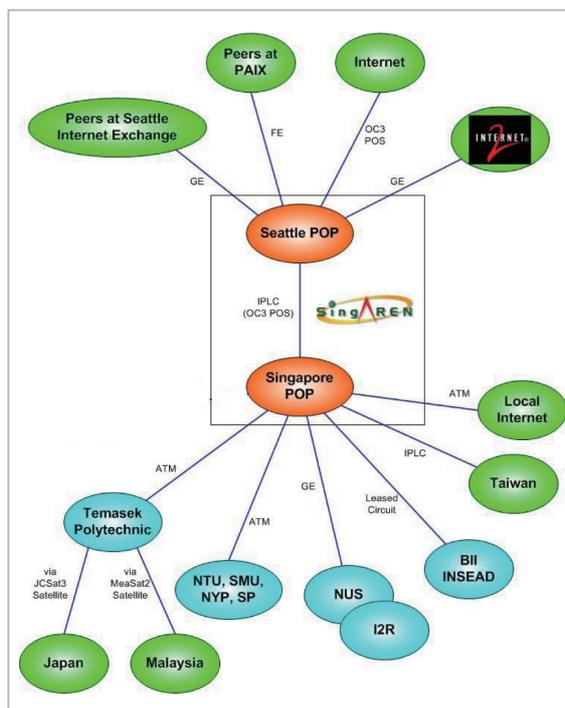


図8 SingAREN のネットワークトポロジー

(<http://www.singaren.net.sg/connect/netmap.shtml> より抜粋)

間を 155-620Mbps の ATM 回線で結び、遠隔教育、遠隔医療、テレビ会議、VOD (video on demand) 等のアプリケーション技術の研究と実用化を目指している。

ThaiSarn はタイのインターネット利用、特に大学の研究者による利用を促進するために 1992 年に運用が開始された。現在の ThaiSarn3 は第 3 世代に当たり、タイ政府の IT2000 計画 (1996~2000 年、経済危機による遅れのため 2002 年より開始) に基づき構築されたものである。

ネットワーク構成は、以下のとおりである。

7 ネットワークテストベッドの今後の動向

ネットワークテストベッドは、ネットワーク技術の研究が中心であった時代から、ミドルウェア (グリッドや IPv6 など) やアプリケーション (科学技術全般など) の研究開発をも視野に入れた時代へと変遷している。今後は、個々のネットワークテストベッドが特徴を発揮しつつ、国境を越えた接続及び連携がなされることになるであろう。さらには、すべての国において国家の ICT 戦略と

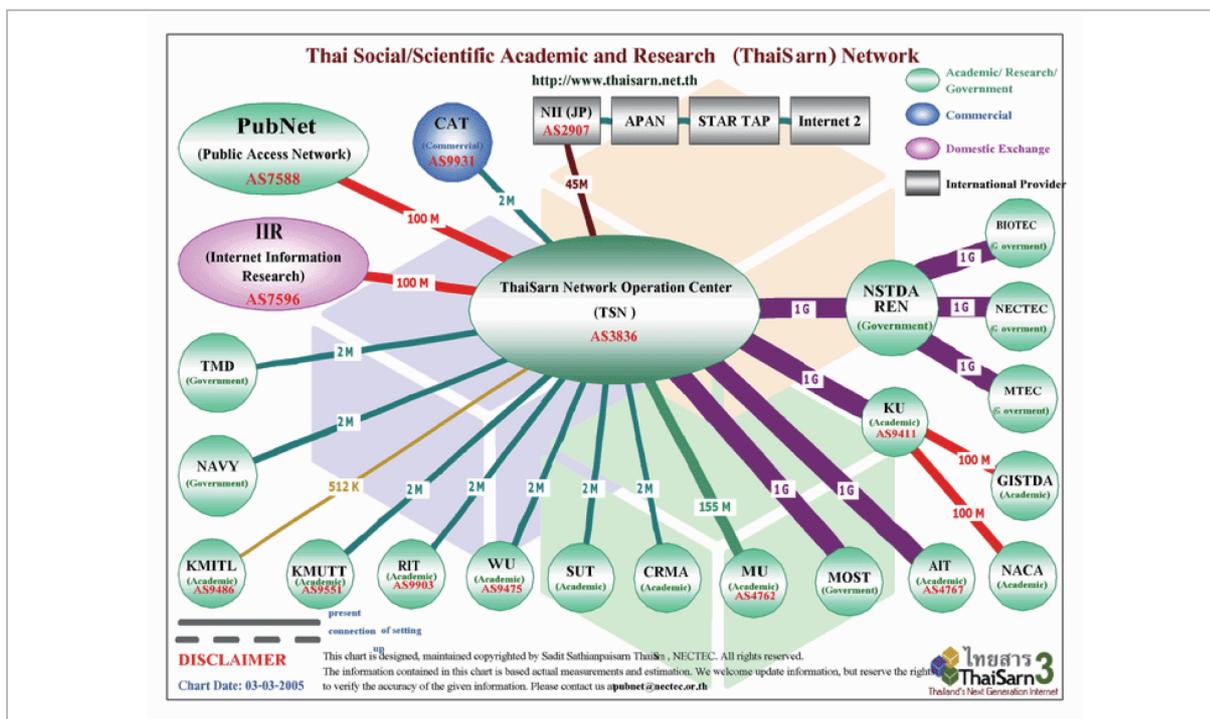


図9 ThaiSARN の構成

(<http://thaisarn.nectec.or.th/htmlweb/image/ThaiSarn-Map-030320052.gif> より抜粋)

密接なかかわりを持ちつつ、ネットワークテストベッドの構築と運用がなされることは今後も変わらない。

我が国においても、未来の情報化社会を描画しつつ、今後のネットワークテストベッドを検討することが重要となっている。

参考文献

- 1 <http://www.canarie.ca/about/index.html>
- 2 <http://www.internet2.edu/>
- 3 <http://www.dante.net/>
- 4 <http://www.surfnet.nl/>
- 5 <http://public.eu-egee.org/>
- 6 http://www.edu.cn/HomePage/cernet_fu_wu/internet_2/index.shtml
- 7 <http://www.koren21.net/eng/index.php>
- 8 <http://www.singaren.net.sg/start.php>
- 9 <http://thaisarn.nectec.or.th/htmlweb/index.php>

8 終わりに

本原稿作成に当たり、株式会社三菱総合研究所の石黒正揮、井上信吾、赤井健一郎の各氏には、様々な形で情報提供を頂いた。深く感謝したい。



むらせいちろう
村瀬一郎
 株式会社三菱総合研究所情報セキュリティ研究部主席研究員/早稲田大学理工学術院客員助教授
 情報セキュリティ