

# Re-thinking of Networking

2013年7月16日  
加納敏行・主席技術主幹  
日本電気株式会社 中央研究所

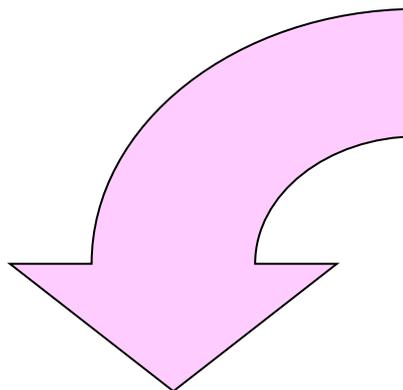
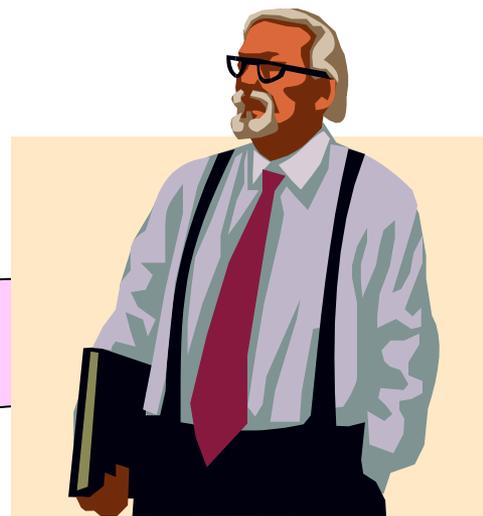
本日は、ネットワーク以外の進化の歴史、それらが産業・経済発展に貢献してきたポイントを考察し、ネットワークの今後の進化の方向性や進化のポイントについて再考してみたいと思います。

<レビュー>

産業を変えた  
コンピューティング

# 初期のコンピュータ

コンピュータの運用利用にはその構造、動作、設定・制御方法について専門的な知識を有することが求められた。

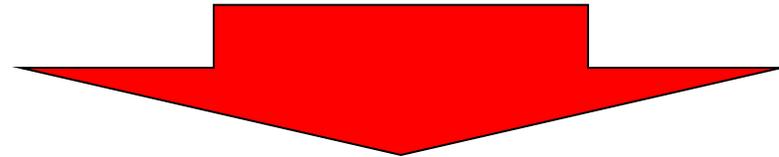
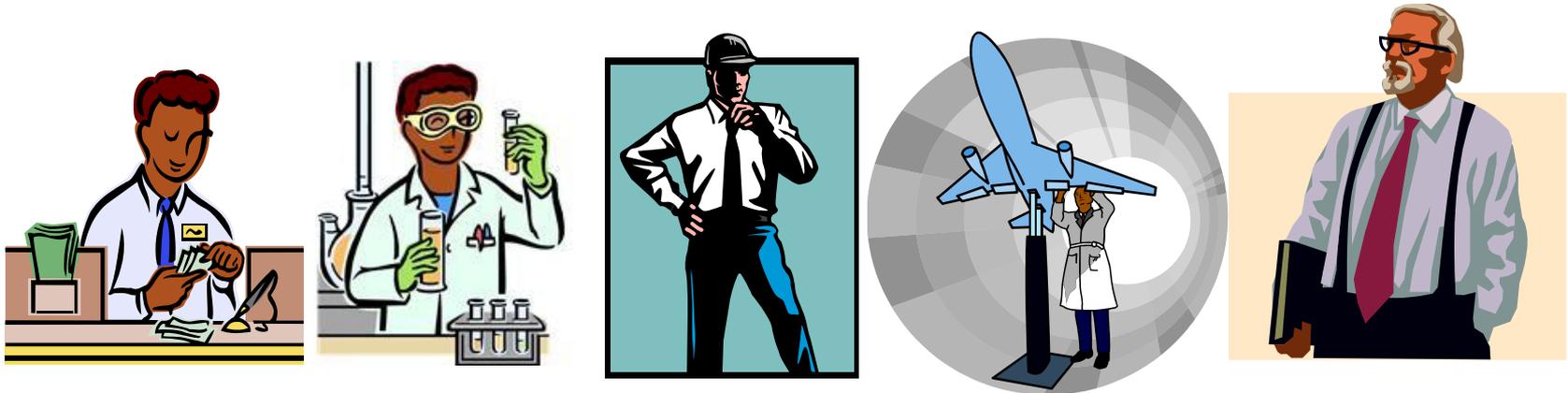


**機械語・アセンブラ言語**

**CPU・メモリ・ディスク**

# オペレーティングシステム(OS)の登場

オペレーティングシステム(OS)と高級プログラミング言語の登場はコンピュータを「専門家」の身近な武器にした。



## 高級プログラミング言語



## オペレーティングシステム



## CPU・メモリ・ディスク

# オブジェクト指向への進化

オブジェクト指向はコンピュータプログラミングを変えた。これによりコンピュータはすべての人に身近なものとなった。



## オブジェクトライブラリ

アプリケーションソフトウェア

OSソフトウェア

CPU・メモリ・ディスク

# コンピュータ進化の貢献

存在するすべての社会・ライフ・ビジネスに応用領域を拡大、それらを変革した

**Model    Quality    Time    Variation    Cost**

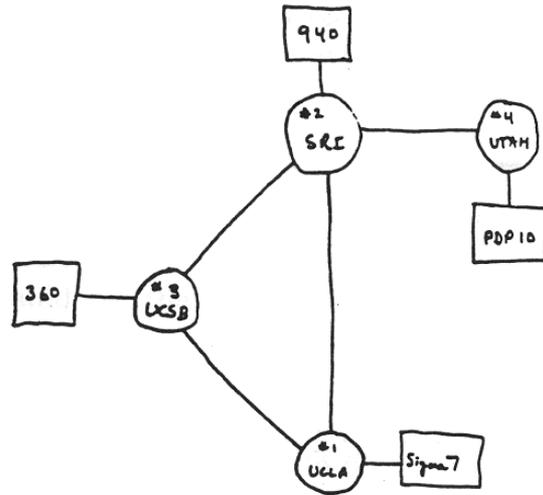
存在しなかった新しい社会・ライフ・ビジネスを創造した

**Information (Processing) Businesses**  
**Computer Software Businesses**

## <レビュー>

# コンピュータ産業の拡大を加速した The Internet

# ARPANET – 誕生

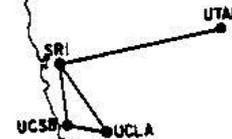
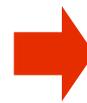


THE ARPA NETWORK

DEC 1969

4 NODES

FIGURE 6.2 Drawing of 4 Node Network  
(Courtesy of Alex McKenzie)

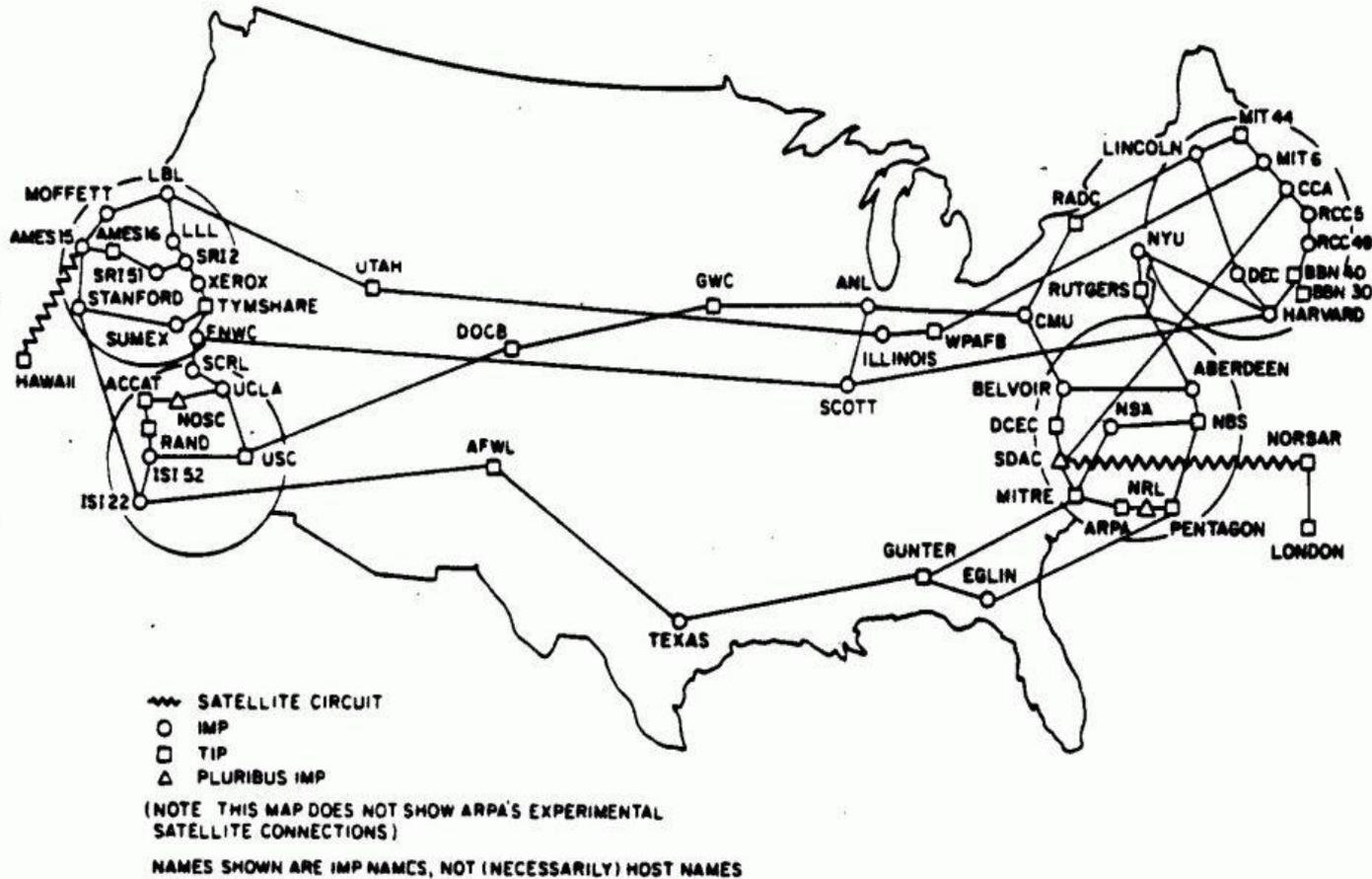


BBN社製IMP  
(Interface Message Processor)

1969/12

出典 <http://www.cybergeography.org/atlas/historical.html> 出典 <http://som.csudh.edu/cis/lpress/history/arpamaps/>

# ARPANET – 拡大

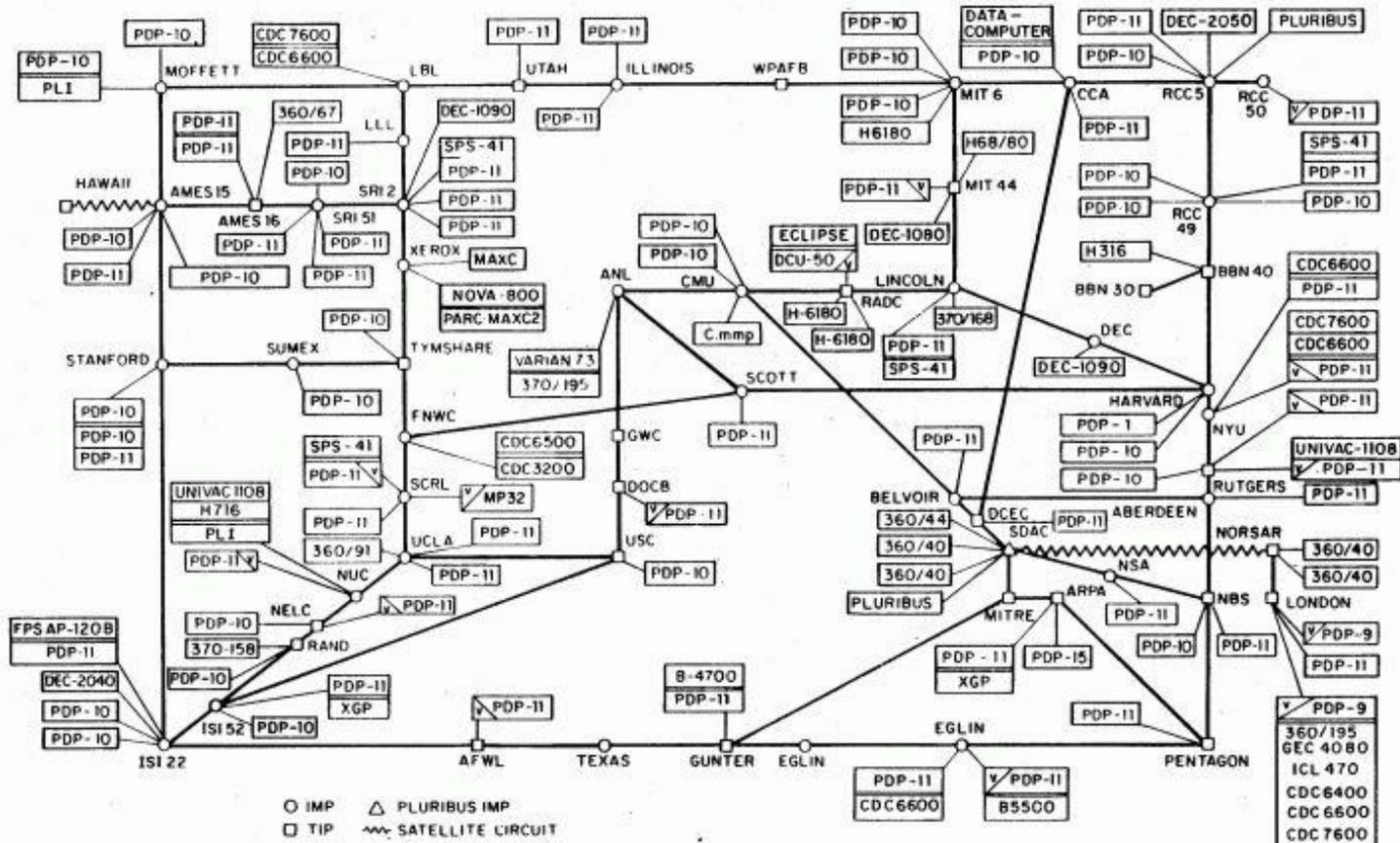


1977年7月

出典 <http://som.csudh.edu/cis/lpress/history/arpamaps/>

# ARPANET – そしてInternetへ

ARPANET LOGICAL MAP, MARCH 1977

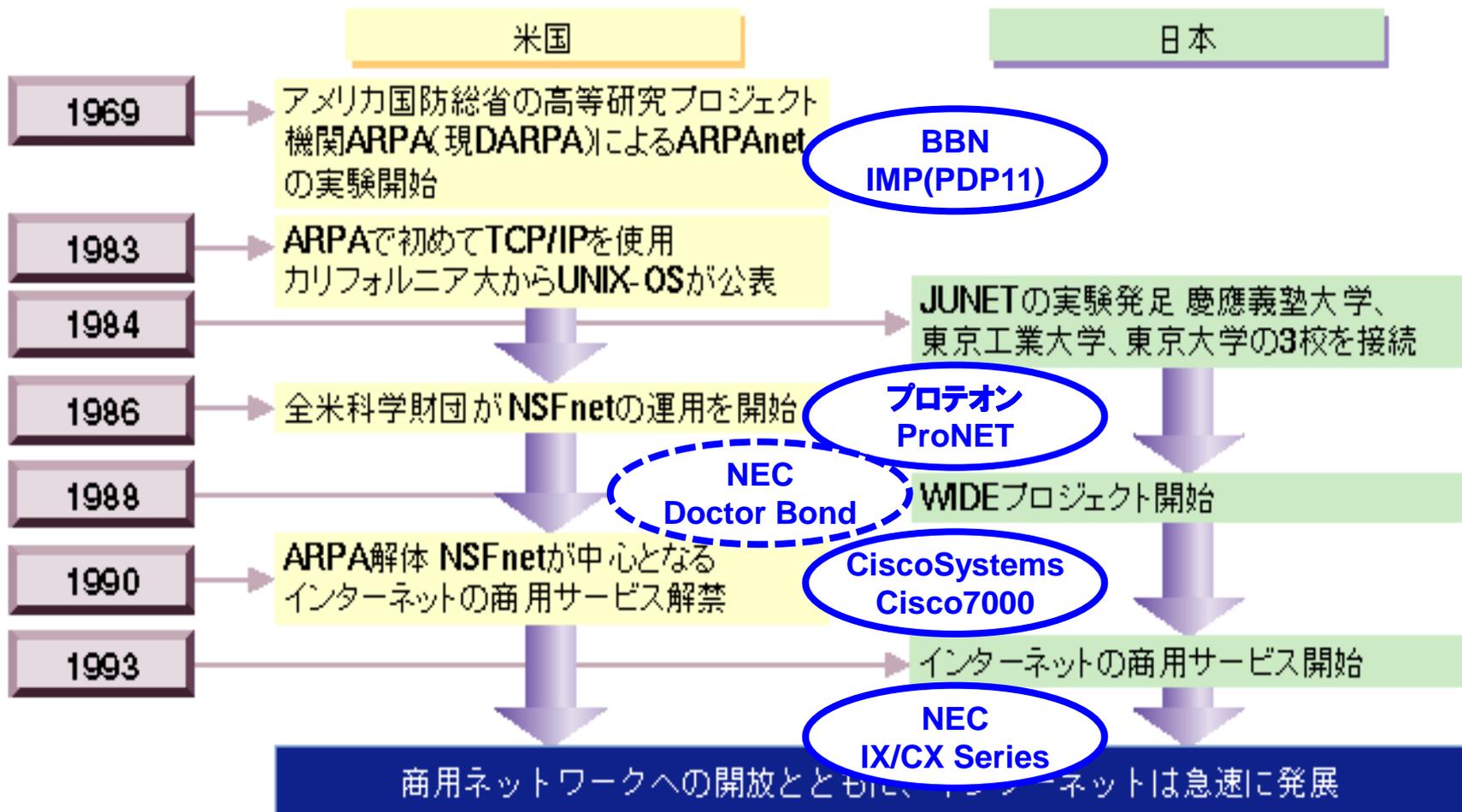


(PLEASE NOTE THAT WHILE THIS MAP SHOWS THE HOST POPULATION OF THE NETWORK ACCORDING TO THE BEST INFORMATION OBTAINABLE, NO CLAIM CAN BE MADE FOR ITS ACCURACY)

NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES

<http://www.cybergeography.org/atlas/historical.html>

# Internetの歴史概観



出展: H11年度通信白書から

# SDNの始まり

# NSF/GENI



“Hey, how difficult could it be?”



October 9, 2007

[www.geni.net](http://www.geni.net)

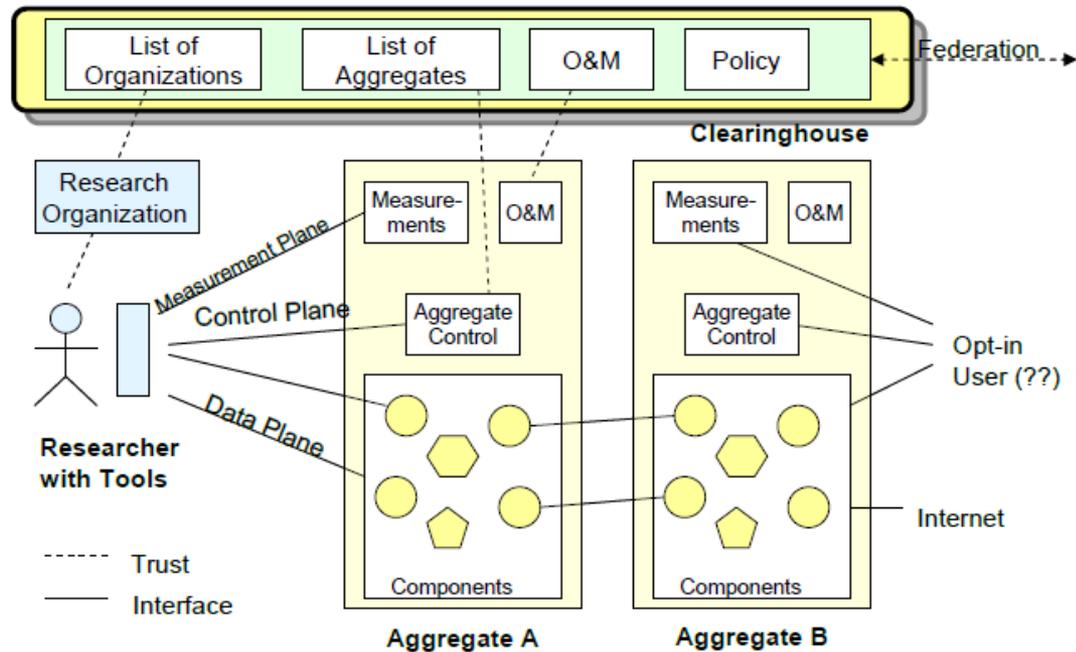
2

GEC1 (First GENI Engineering Conference) 資料より

# NSF/GENI



## Strawman GENI Block Diagram Clearinghouses and Federation



A clearinghouse organizes trust relationships and policies; it also provides the basic means by which Aggregates may be discovered and their status, planned schedules, etc., can be obtained. There will be multiple clearinghouses which will federate. The GENI project will operate the NSF clearinghouse. 'Federation' is the interface between clearinghouses.

October 9, 2007

[www.geni.net](http://www.geni.net)

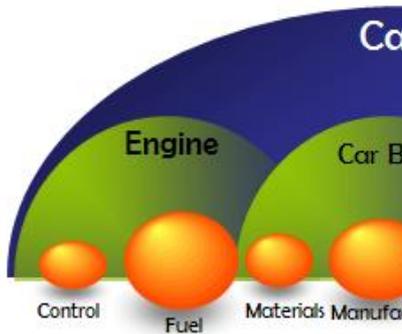
31

# Clean Slate Program (Stanford Univ.)

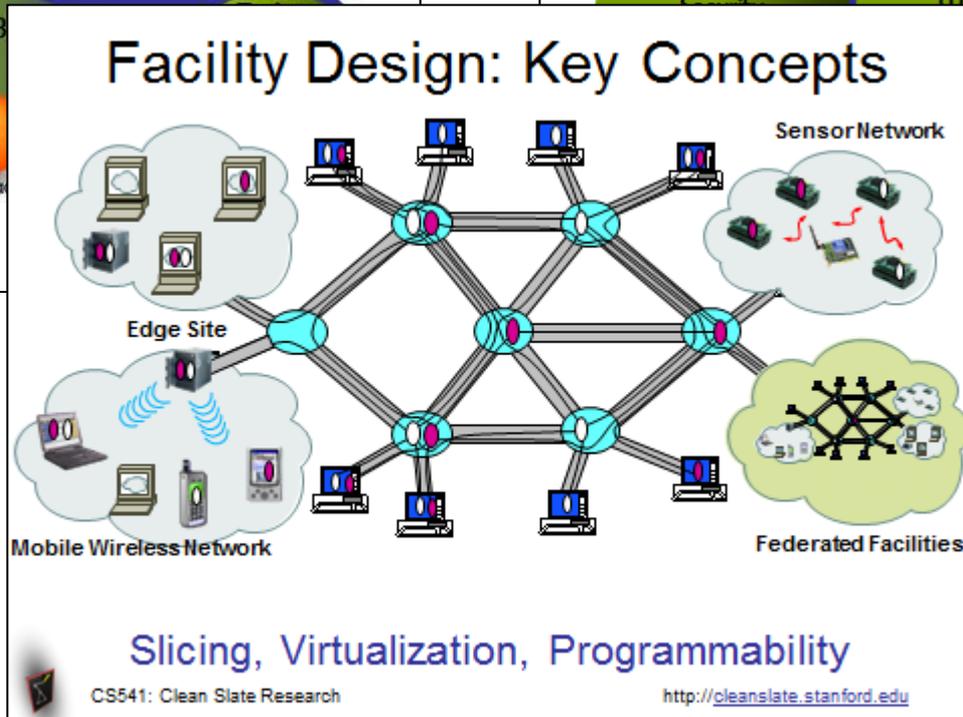
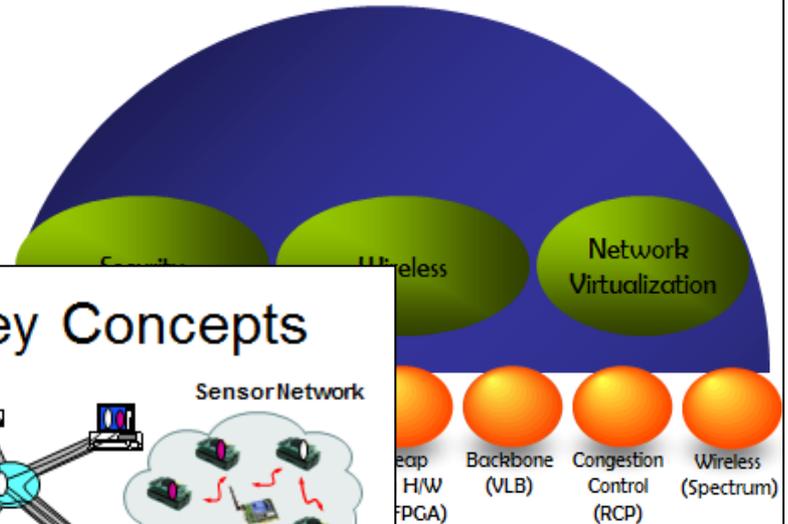
## Rethinking the car

1 gallon of gas → 22lbs of CO<sub>2</sub>

Installed base	
1900	8,000
1968	170M
2007	700M



## Clean Slate Approach



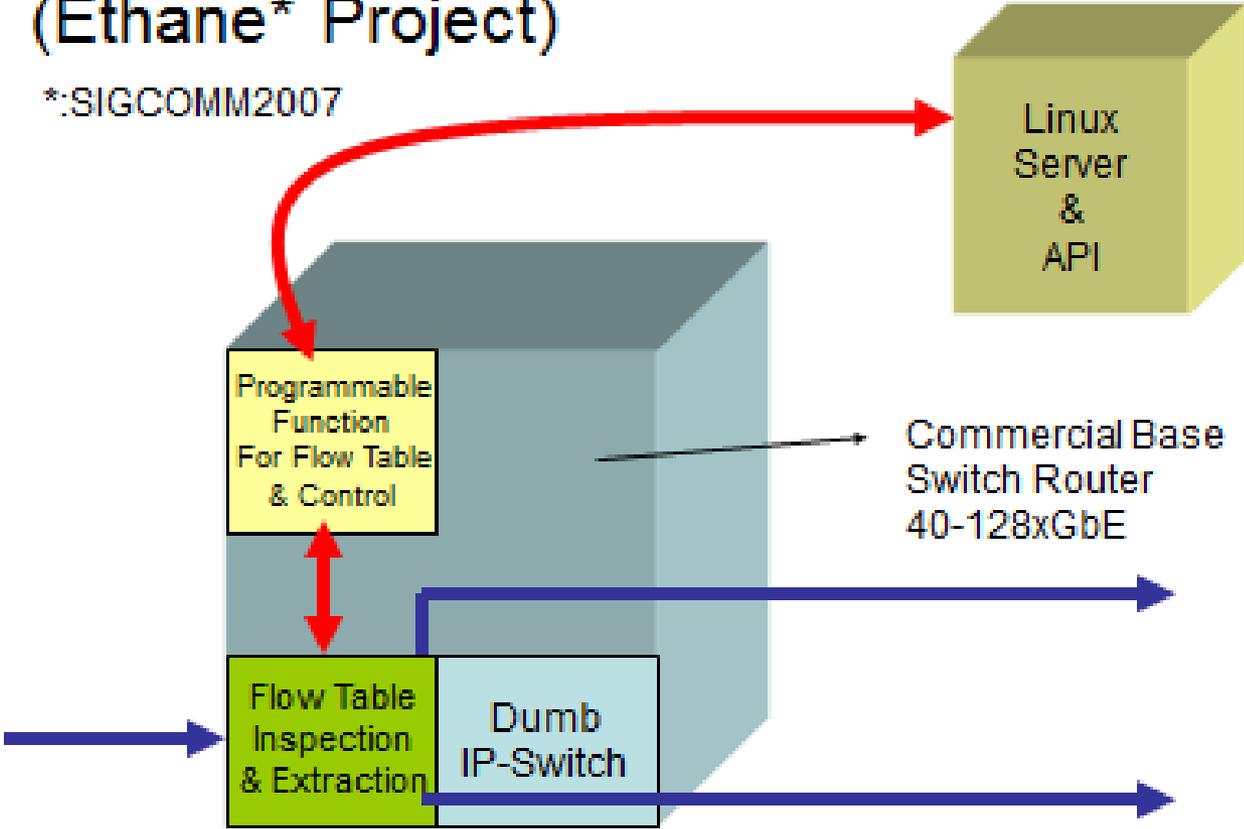
# Clean Slate Program (Stanford Univ.)

## 'Viros' for Internet2

By Nick Mckeown, Stanford Univ.

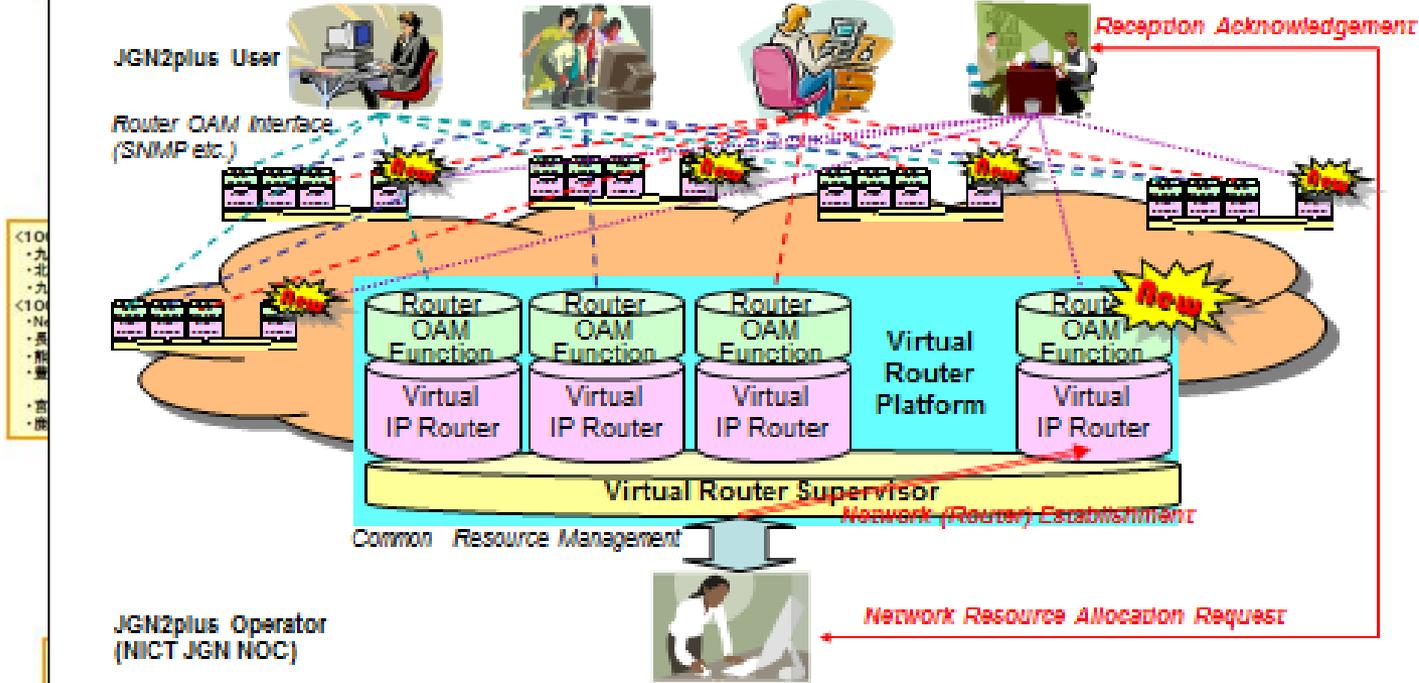
(Ethane\* Project)

\*:SIGCOMM2007



# NICT/JGN

## JGN2puls Overview (Virtual "IP" Network Substrate)

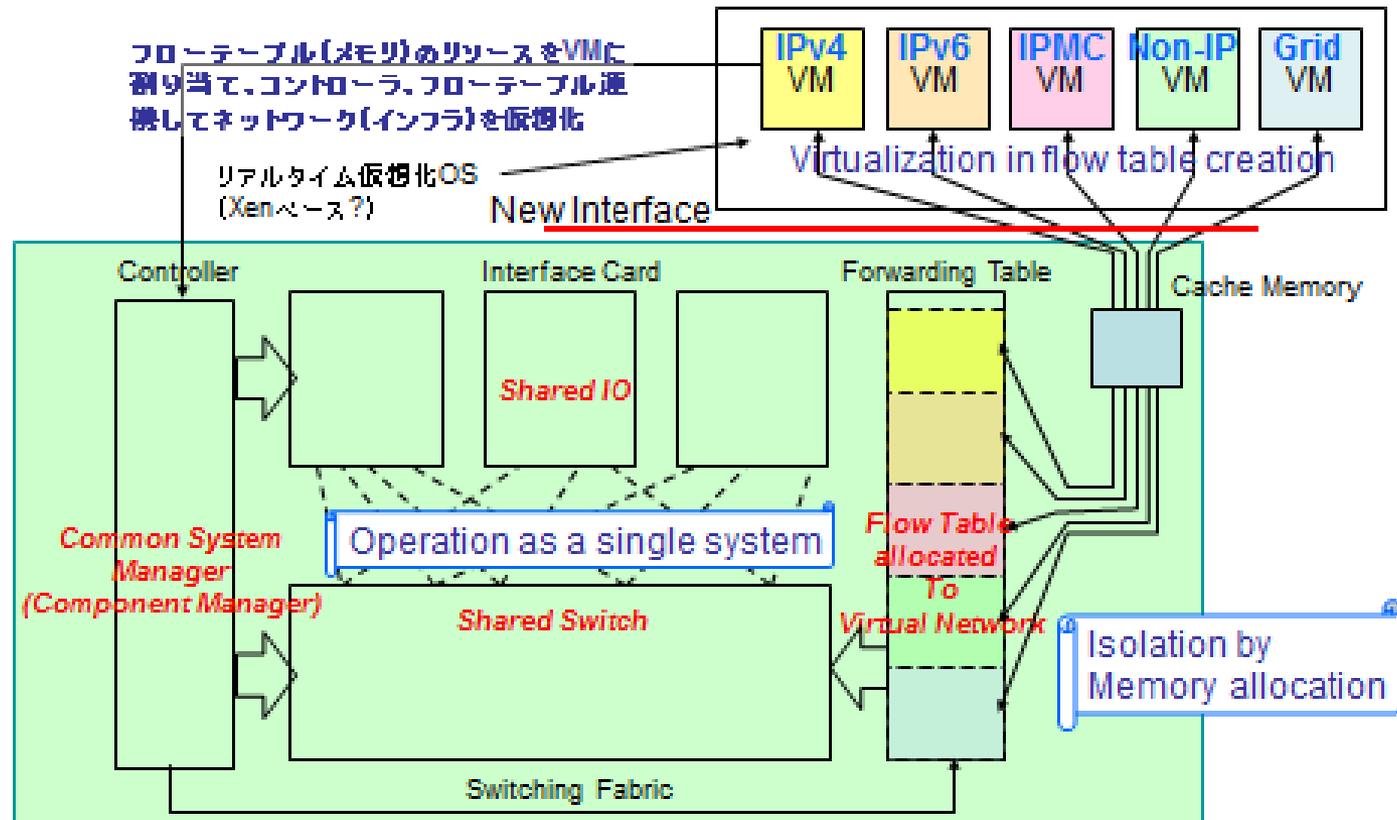


出典 NICT JGN2アーカイブ+下條先生との雑談メモ

# NICT/JGN

## ノードシステムの仮想化機構

ノードはフロースイッチとして制御系を完全オープン化、外部コントローラによりフローテーブル生成、テーブルリソースの割り当てを行うことにより、インフラを仮想化

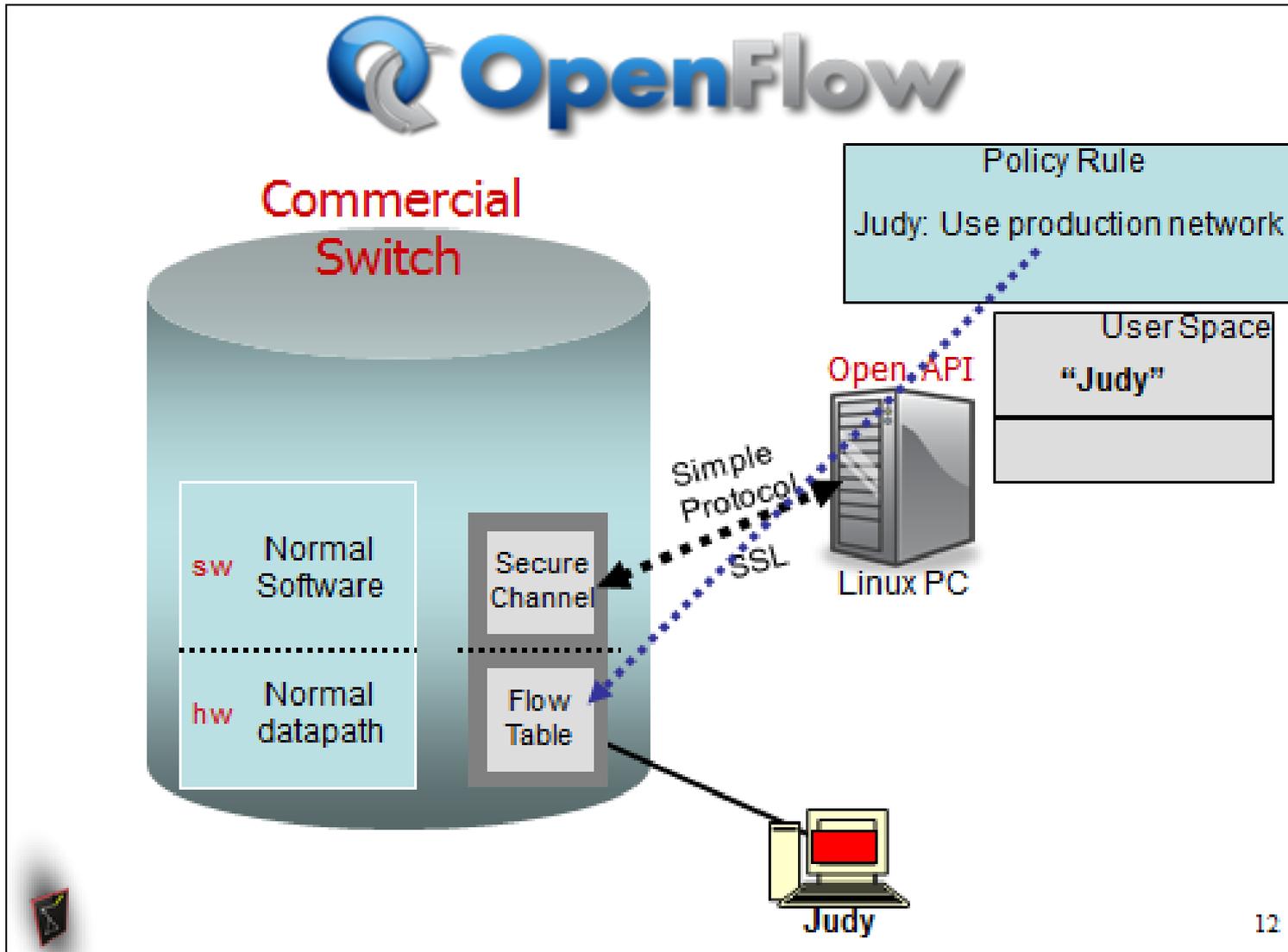


NEC Confidential

5

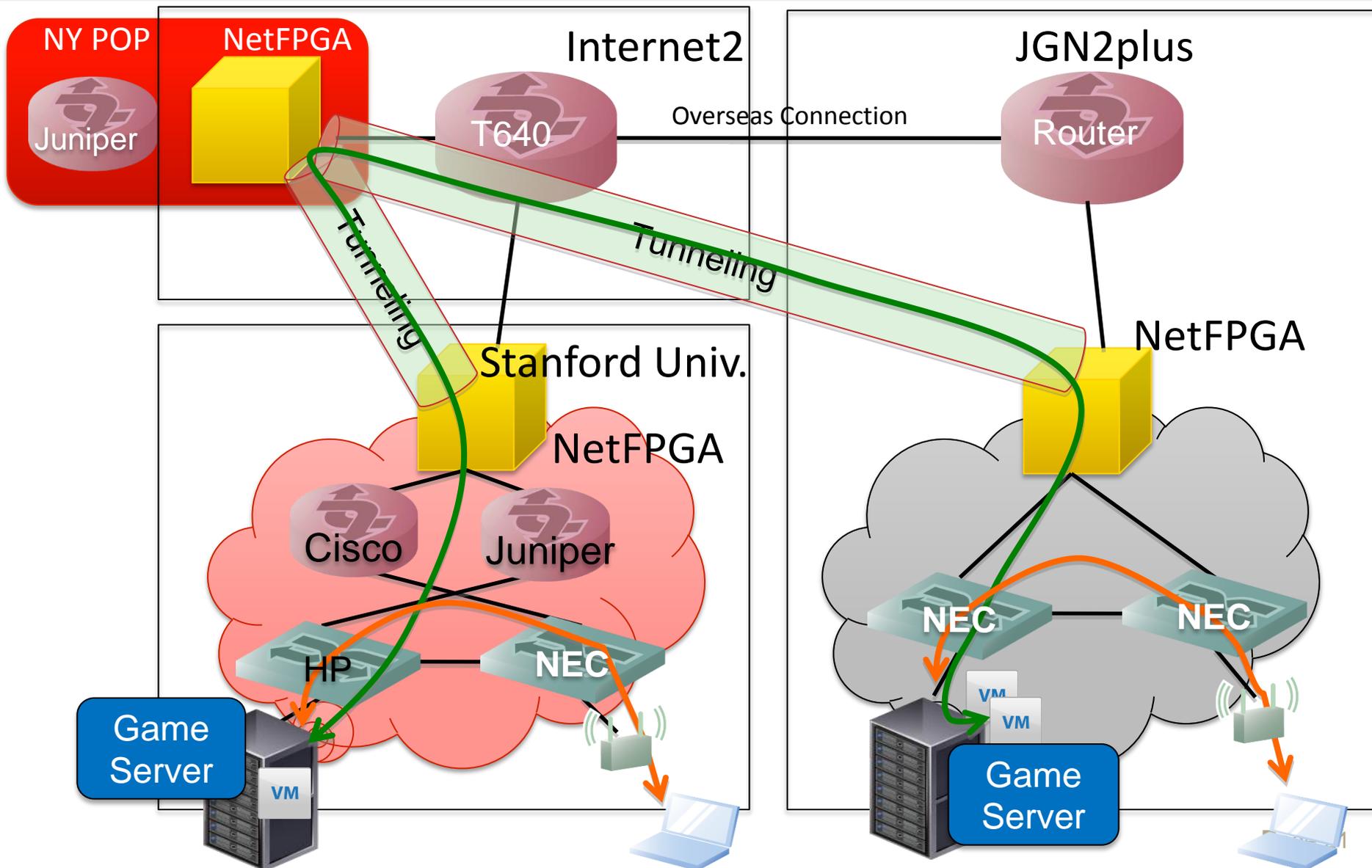
出典 下條センター長との雑談メモ

# New Switch Control Architecture

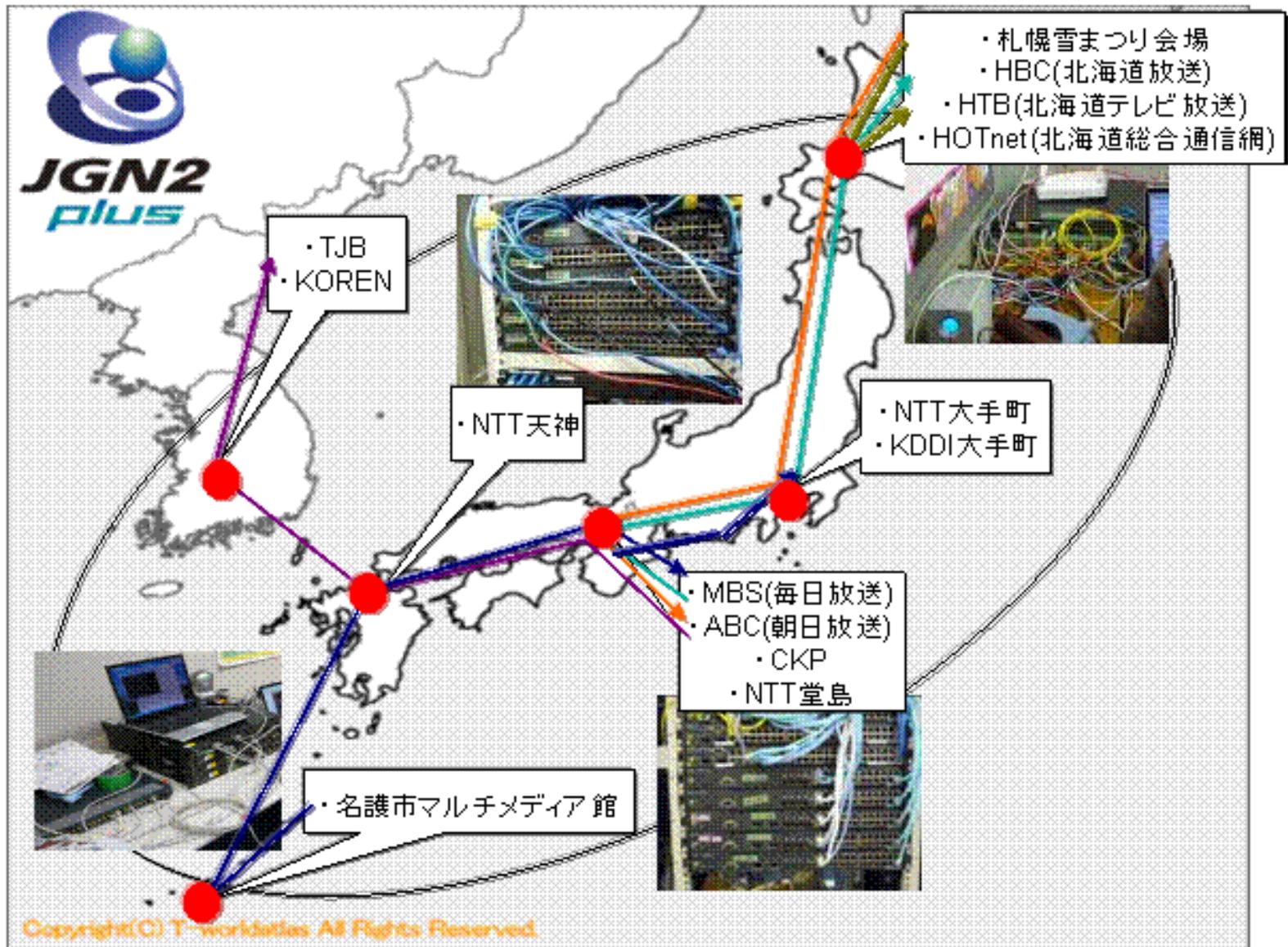


出典 CleanSlateProgram CTO会議資料抜粋

# JGN2plus-Internet2-Stanford実証実験(2008)



# JGN2plus実証実験(さっぽろ雪まつり放送実験)



# (参考)新聞発表記事

## 新世代ネットワーク向け

### NECが制御技術試作

日刊工業新聞 '08.10.30

NECは29日、5年にわたる研究開発を経て、新世代ネットワーク向けに、プログラマーを標準とする制御技術「制御サーバー」を開発した。米スタンフォード大学と共同で、制御サーバーをネットワーク上で動作させる試作システムを開発した。米スタンフォード大学と共同で、制御サーバーをネットワーク上で動作させる試作システムを開発した。米スタンフォード大学と共同で、制御サーバーをネットワーク上で動作させる試作システムを開発した。

日刊工業新聞 '08.10.30

## NEC プログラムラブルプロセス試作

NECは29日、新世代ネットワーク向けに、プログラマーを標準とする制御技術「制御サーバー」を開発した。米スタンフォード大学と共同で、制御サーバーをネットワーク上で動作させる試作システムを開発した。米スタンフォード大学と共同で、制御サーバーをネットワーク上で動作させる試作システムを開発した。

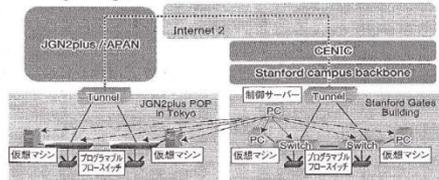
日経産業新聞 '08.10.30

## 通信経路の選択自在に NECが機器 日米間で実験成功

NECは29日、日本橋心実証実験に、インターネットなどの通信経路を自在に選択する機能を備えた機器を開発した。米スタンフォード大学と共同で、この機器を用いた実験を行った。米スタンフォード大学と共同で、この機器を用いた実験を行った。

ラマアルプロセスと呼ばれる通信機器で、ルーターの一般的な役割を担う。専用ソフトを使うことで、ネットワークの最適な経路を見つけて切り替える。回線設備のようなサービスを提供し、柔軟な運用ができる。実験は米スタンフォード大学と共同で行った。米スタンフォード大学と共同で、この機器を用いた実験を行った。

GENI Engineering Conference 3rdにおけるライブデモンストレーション構成



NECは29日、日本橋心実証実験に、インターネットなどの通信経路を自在に選択する機能を備えた機器を開発した。米スタンフォード大学と共同で、この機器を用いた実験を行った。米スタンフォード大学と共同で、この機器を用いた実験を行った。

# SDNの歴史概観

	米国	日本
2006	次世代インターネット 研究テストベッドGENI立ち上げ	
2007	Stanford CleanSlateProgram にてOpenFlow基本方式発明	
2008	OpenFlowスイッチ試作機リリース Stanford評価開始	OpenFlow JGN2plus評価開始・国際実証
2009	OpenFlowスイッチ試作機 Stanford・GENIでの導入開始	OpenFlow JGN2plus試作機導入開始
2010		OpenFlow JGN2plusさっぽろ雪まつり実証
2011	OpenFlow商用システムリリース GENI/Stanford大拡充整備	OpenFlow RISE運用開始
2012	新コンセプトSDNの登場 多くの企業がSDN市場に参画開始	

DC/クラウドから商用化スタート、次はインターネット？ キャリア？ ホーム？

# 標準化活動の本格化(デファクト系)

## SDN Standardization: ONF Open Networking Foundation



- Established Mar, 2011, 79 companies participate @ Oct. 2012
- Standardization of Software-Defined Networking (SDN)
- Standardization of OpenFlow specification
- Founding & Board Members (7 companies)
  - Deutsche Telekom, Facebook, Google, Microsoft, Verizon, Yahoo!, NTT-Com
- Support member
  - Equipment vendor (NEC, Ericsson, Cisco etc.)
  - Computer Vendor (IBM etc.)
  - Component Vendor (Broadcom, Intel, Freescale, etc.)

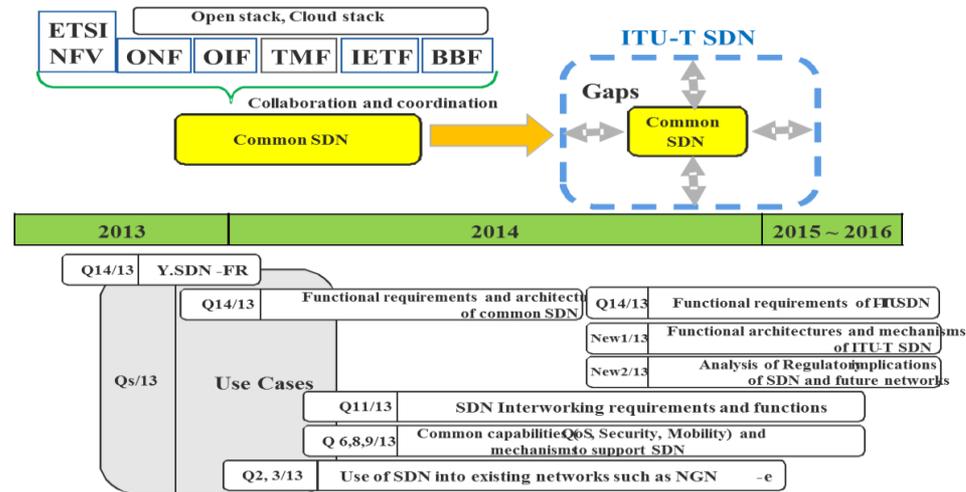
### Classical Network Appliance Approach



- Fragmented non-commodity hardware.
- Physical install per appliance per site.
- Hardware development large barrier to entry for new vendors, constraining innovation & competition.



# 標準化活動の本格化(デジュール系)



## SG13: Y.S-Nice-ReqtsのみQ.2, 他は全てQ.14が担当

- Y.3001 (Future networks: Objectives and design goals): 2011/05完
- Y.3011 (Framework of network virtualization for future networks): 2011/09完
- **Y.FNvirtreq (Requirement of network virtualization for Future Networks): 2013/11目標**
- **Y.FNsdn (Framework of Telecom SDN) → Y.SDN-FR (Framework of SDN): 2013/11目標**
- Y.FNsdn-fm (Requirements of formal specification and verification methods for software-defined networking): 2014/07目標
- Y.Sup-SDNusecases (Supplement for use-cases of telecom SDN): 2014/07目標
- Y.S-NICE-reqts (Requirements and capability framework for NICE implementation making usage of software-defined networking technologies): 2014/09目標

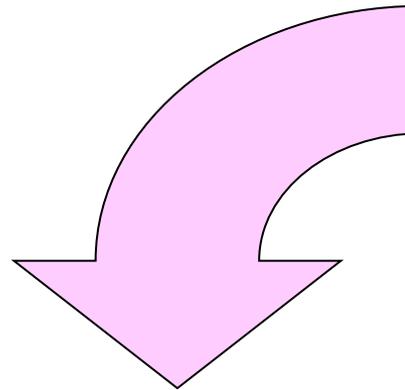
## SG11: 2013/02よりSDNシグナリングのための要求条件やアーキテクチャ検討をQ.4, Q.6 が開始

- Q.SBAN (Scenarios and signaling requirements for software-defined BAN (SBAN)): 担当Q.4, 目標2014/11
- Q.Supplement-SDN (Framework of signalling for SDN): 担当Q.4, 目標2014/11
- Q.IPv6UIP (Scenarios and signalling requirements of unified intelligent programmable interface for IPv6): 担当Q.6, 完成目標2014/12

# SDNが変えるネットワーク

# SDN以前のネットワーク

ネットワークの運用利用にはその構造、動作、設定・制御方法について専門的な知識を有することが求められた。

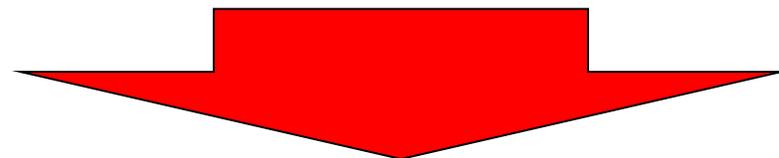
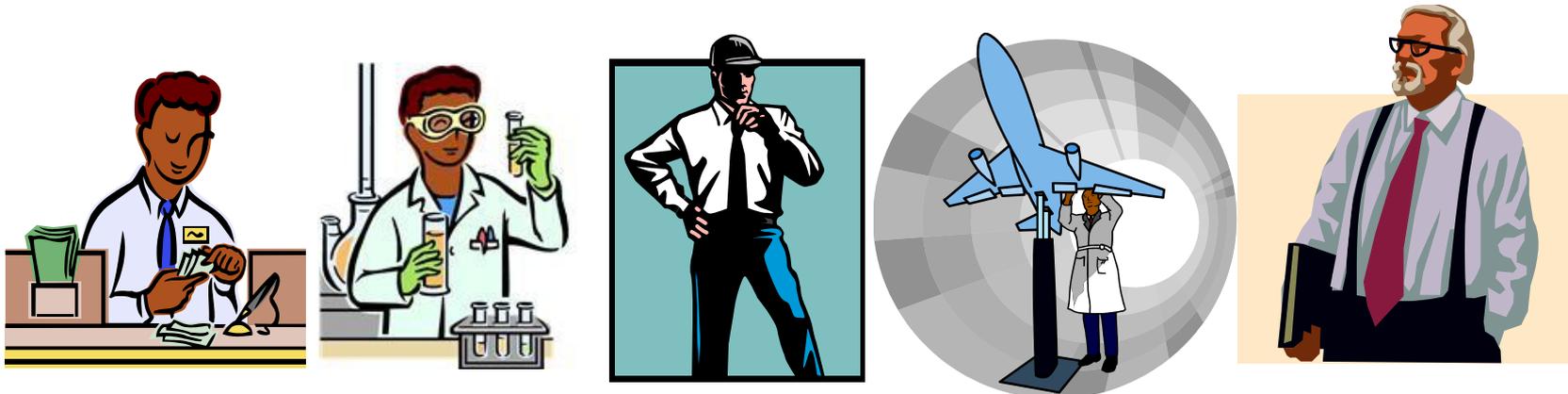


**機器設定・機器接続**

**ルータ・スイッチ・ケーブル**

# SDNで進化するネットワーク

SDNアーキテクチャ(=ネットワークオペレーティングシステム)と高級SDN言語の登場？はコンピュータを「専門家」の身近な武器にできるか



ソフトウェア(高級言語)

ネットワークOS

ルータ・スイッチ・ケーブル

# SDNの将来像

オブジェクト指向はネットワークの設計・運用を変えるか。これによりネットワークはすべての人に身近なものとなるか？



## オブジェクトライブラリ

ネットワークソフトウェア

ネットワークOS

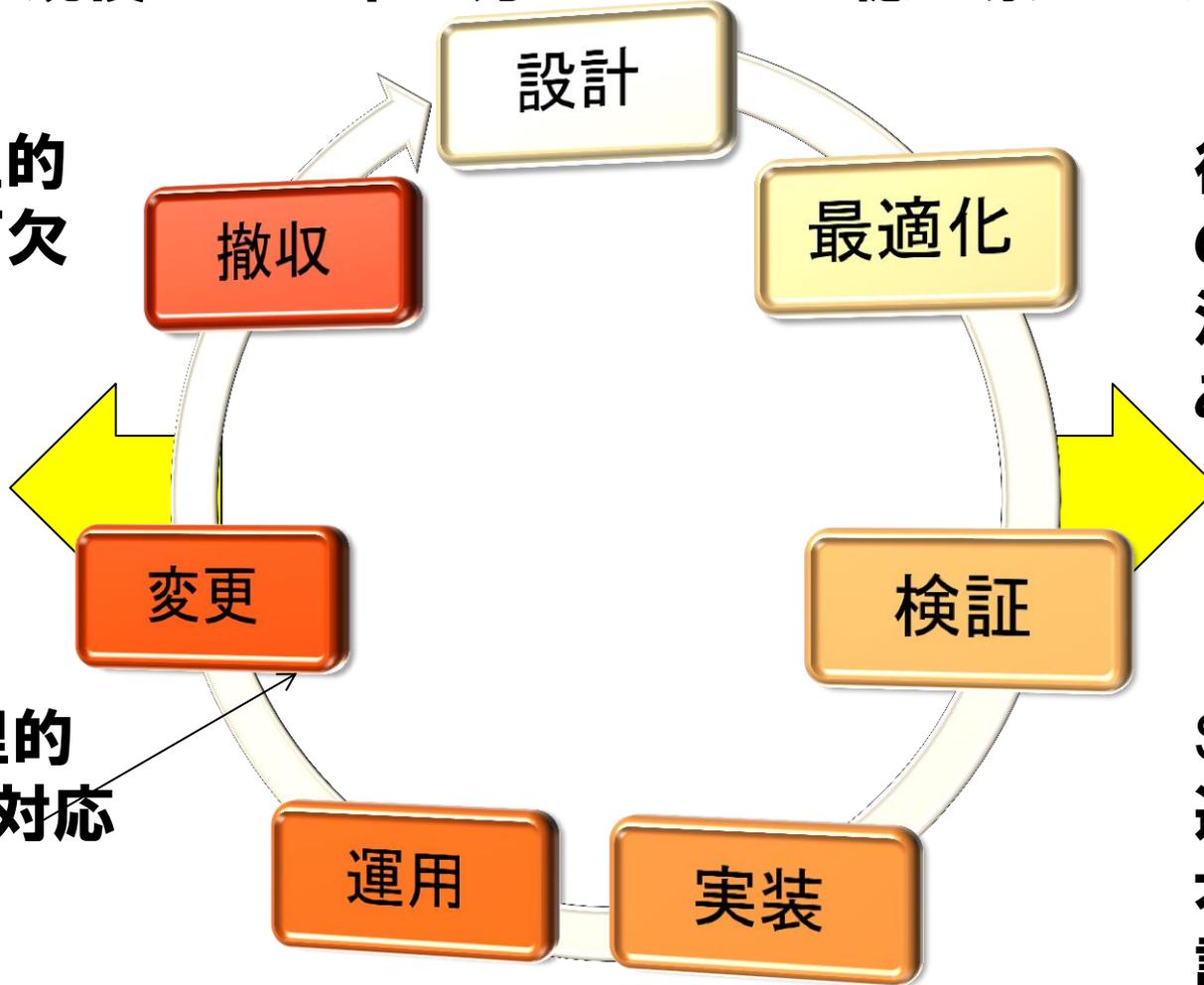
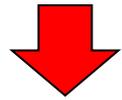
ルータ・スイッチ・光/無線・ケーブル

# SDNが変えるネットワークライフサイクル

時間 : 年・月オーダから分・秒オーダへ  
規模 : 千・万オーダから億・京オーダへ

従来は物理的  
変更が不可欠  
であったが

従来は専門家の  
経験、勘と  
汗が不可欠で  
あったが



SDNは論理的  
変更だけで対応  
できる？

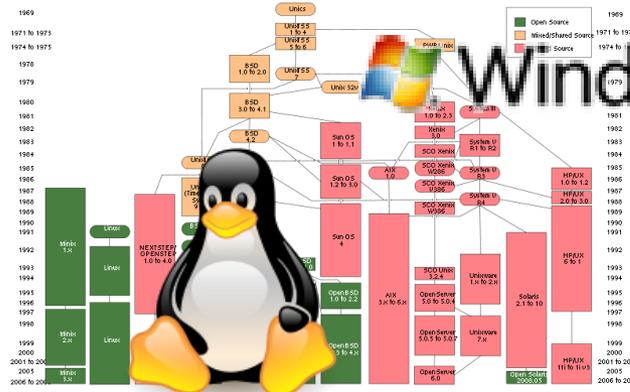
SDNは自動最  
適化できる  
オブジェクトで  
設計できる

# SDNのKey Success Factorとは？

## 先端のハードウェアの継続的供給

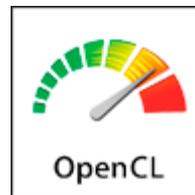


## オープンなソフトウェア & 言語と設計環境



Windows

SYNOPSIS®  
Predictable Success



IEEE  
DASC



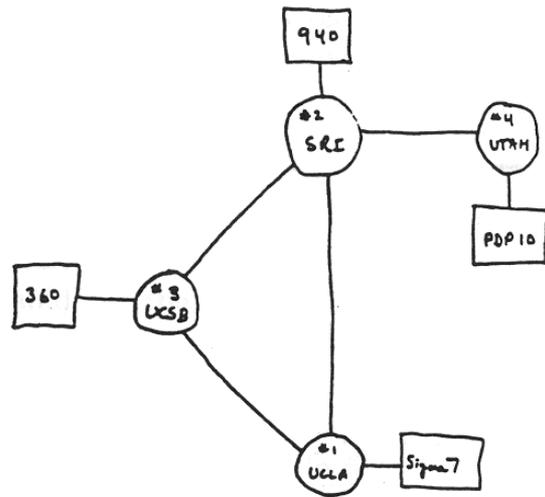


# SDNそして、JGN-X/RISEへの期待

## 「ネットワーク」を超える！

- アプリケーション & サービスプラットフォーム化する
- モバイルアクセス、コアネットワークを含めたワンストッププラットフォーム化
- 開発設計環境の整備（ルータスイッチではなくネットワーク全体のコンパイラ、デバッガ）
- JGN-X/RISEは上記構想を世界で最初に実現！

# もういちど初心に戻る

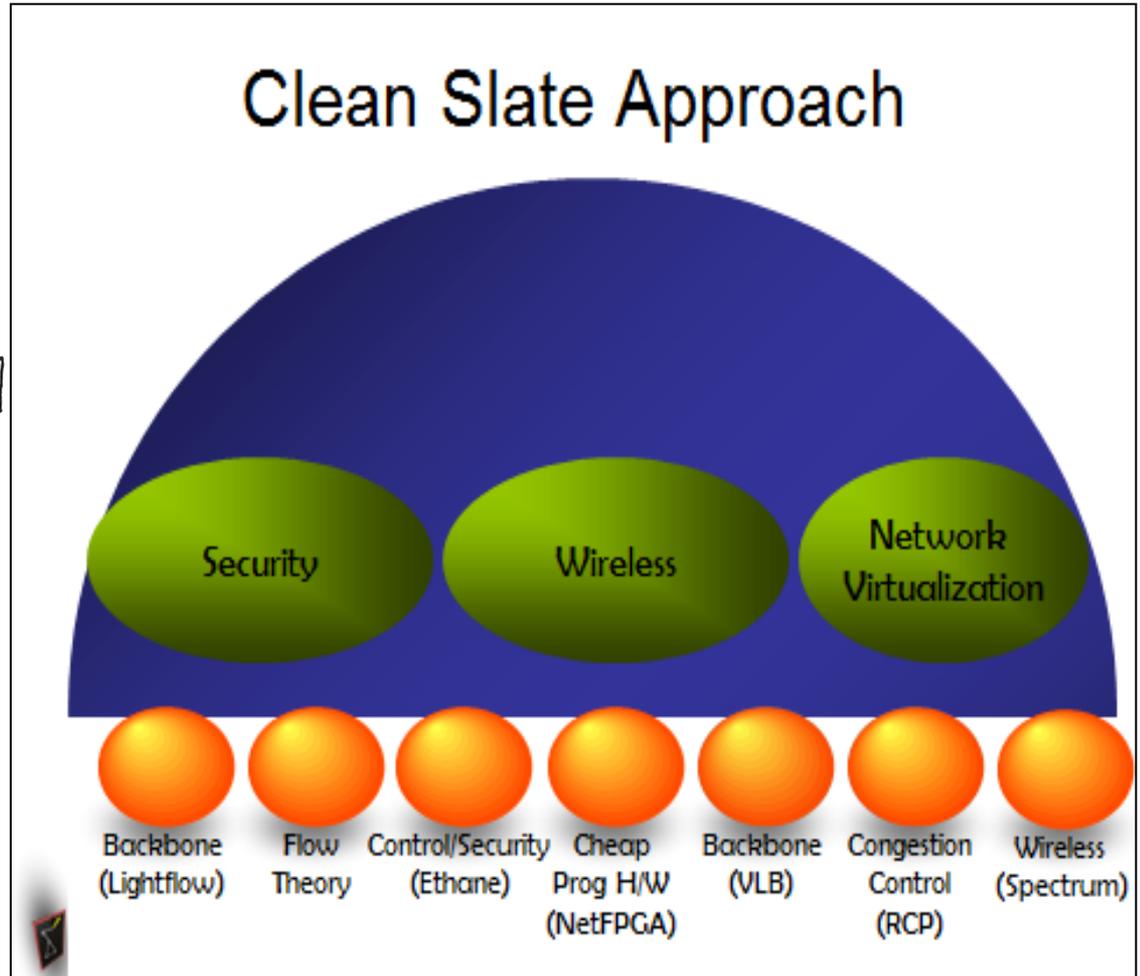


THE ARPA NETWORK

DEC 1969

4 Nodes

FIGURE 6.2 Drawing of 4 Node Network  
(Courtesy of Alex McKenzie)



出典 <http://www.cybergeography.org/atlas/historical.html>      出典 <http://som.csudh.edu/cis/lpress/history/arpamaps/>

ご静聴ありがとうございました

