

オーバーレイネットワーク Overlay Networks

新世代ネットワーク・イノベーションを創成する環境

東京大学大学院情報学環
中尾彰宏

“Innovation” in Communication Network

in·no·va·tion [ɪnəˈveɪʃ(ə)n]

(<http://en.wikipedia.org/wiki/Innovation>)

*...the process of making improvements
by introducing something new...*

*...the often unspoken goal of innovation is
to solve a problem...*

Got any problem in the current Internet ?



DDoS Attack on Bank of Japan

- BoJ under attack for 6 hours! (2006;Japan)



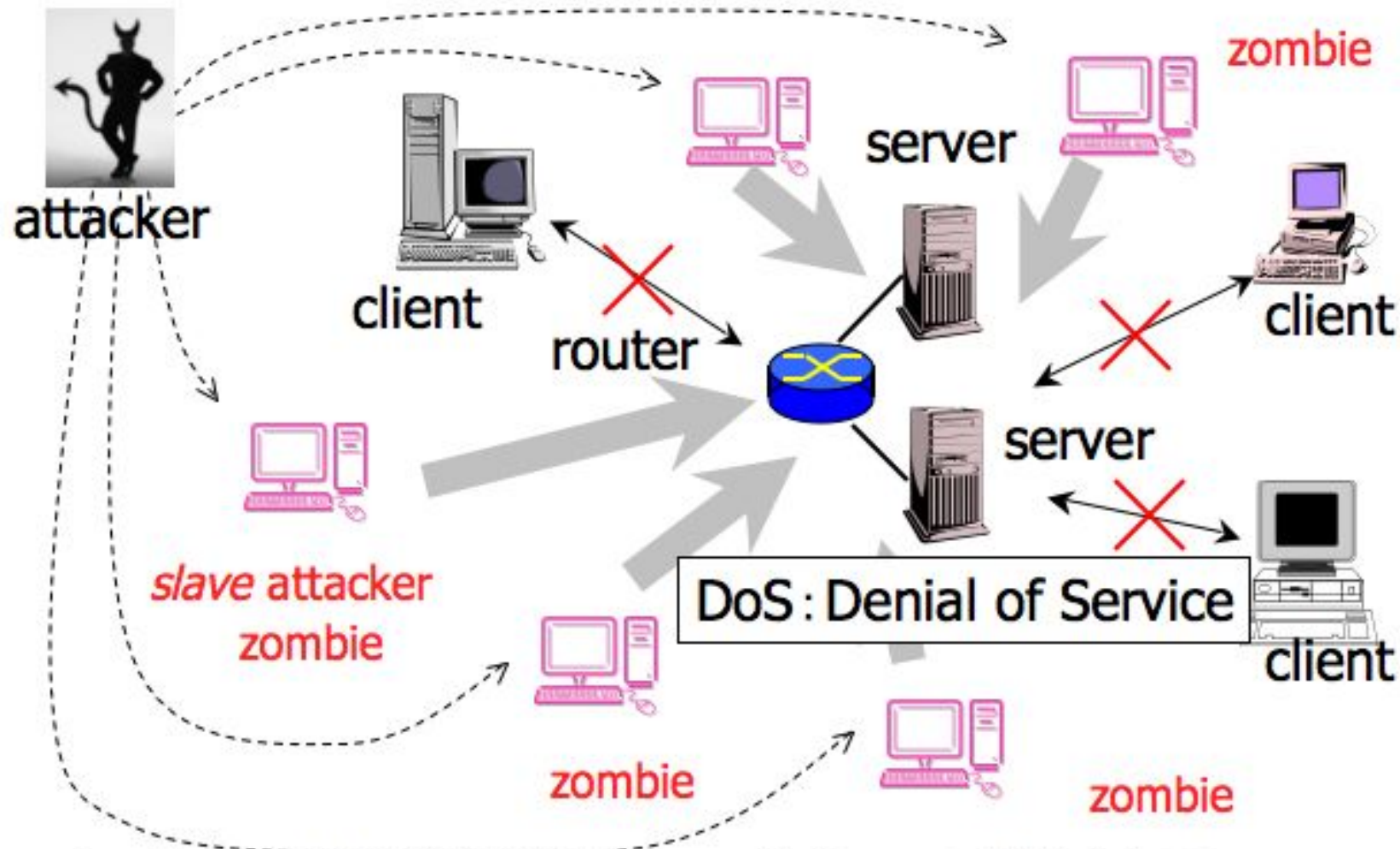
- DDoS on Yahoo, Amazon, CNN (2001;US)

 - Servers inaccessible for 3 hours

- Loss caused by DDoS estimated >\$1B

(netZentry 2005)

Problem1: Distributed DoS (DDoS)



アタッカーは狡賢くなり水面下で分散DoS攻撃を行う
分散DoSは非常に発見しにくく、大きなセキュリティの問題である

Problem 2: Availability

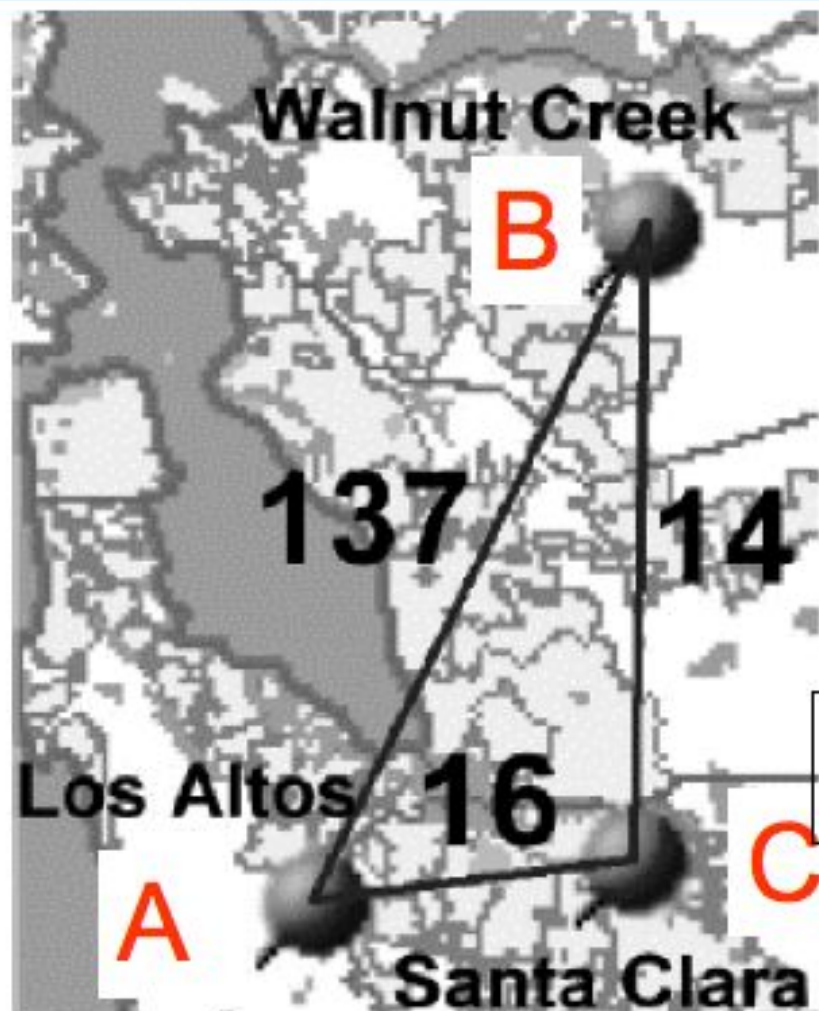
- Internet Availability: **93.2-99.6%**
 - Internet Paths : **98.1-99.3%** (Paxson'97)
 - Web Server: **93.2-99.6%** (Dahlin'03)
- Other **Dependable** Systems: **99.99%**
 - 911 emergency telephone: **99.994%**
 - Normal telephone: **99.99%**
 - Airlines (^02): 1 in 161,000 accidents;
99.9993%



Four
9's

VoIP **not dependable** yet...

Problem 3: Sub-optimal Routing



- RTT along path (A, B) can be improved by indirection through C

$$(AC+CB) < AB \quad 40\%$$

このようなケースは、この例に限らず
実はインターネットの4割で起こっている

Bandwidth(帯域)はRTT(遅延)に反比例する
遅延が1/4になれば帯域は4倍増す！！

Round-trip time (in msec) between three nodes

現在のインターネットは様々な尺度において最適化されているとは言えない！

インターネットアーキテクチャの限界

⊕ Availability

- ⊗ “Truly Dependable” Systemが必要

⊕ Security

- ⊗ DoS・DDoSアタックなどの問題の顕在化
- ⊗ エンドホストプロトコル(TCP層以上)の改変が可能

⊕ Sub-Optimality

- ⊗ 最適化する余地が多くある

⊕ その他

- ⊗ エッジネットワーク、ノード(センサ、モバイル)の多様性
- ⊗ ネットワーク管理のための情報の不足
- ⊗ アプリケーション要求の多様性
- ⊗ QoSだけではなく、Heterogeneityなども含めた機能の多様性

“Ossified Internet” (硬化したインターネット)

*...successful and widely adopted technologies are subject to **ossification**, which makes it hard to introduce new capabilities...*

(U.S. National Research Council Report 2001)

Researchers

Innovative Technologies

- New Internet Protocol (IPvN)
- New Network Services
- New Internet Architecture
- :

Communities

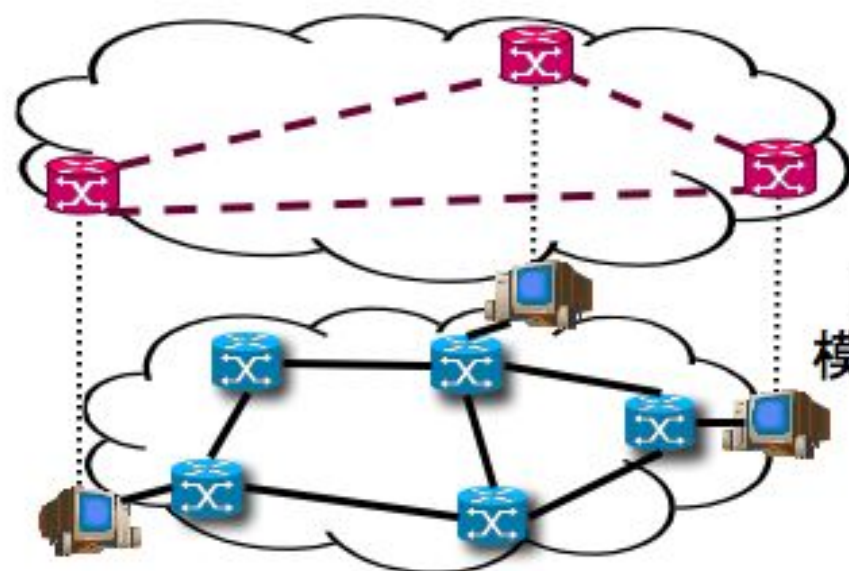
Dependable Technologies

- Availability
- Stability
- Scalability
- Security
- :

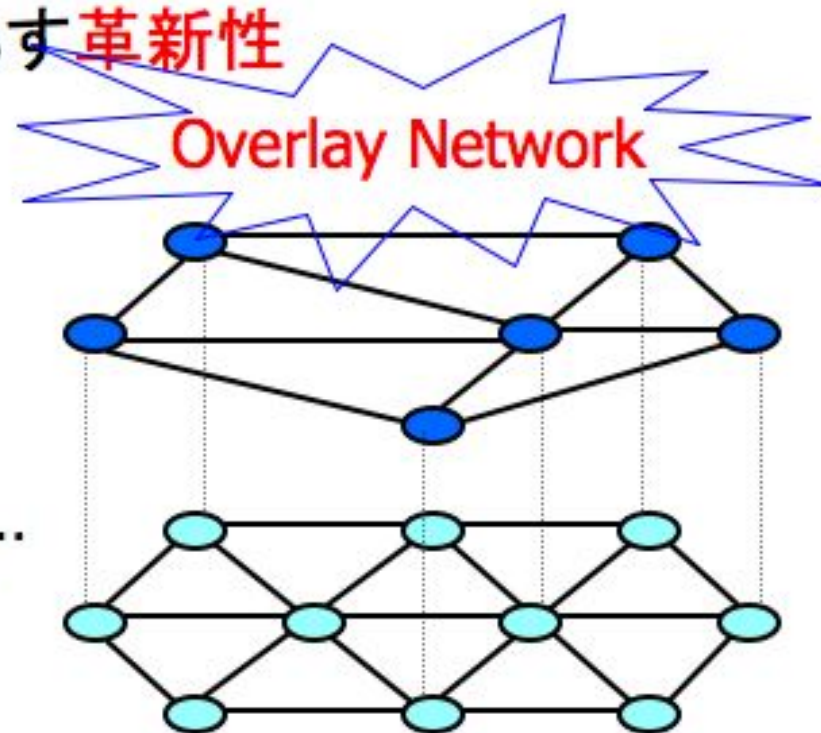
Dilemma

Overlay Networks=Innovating Environment

- ⊕ "実ネットワーク"に"オーバーレイ"された"仮想ネットワーク"
- ⊕ 新しいサービスやアーキテクチャの導入に有効な手法
 - 革新的ネットワークサービスの創出・早期展開
 - 革新的ネットワークアーキテクチャの研究開発
 - 先端科学技術の融合がもたらす革新性



模式的に...



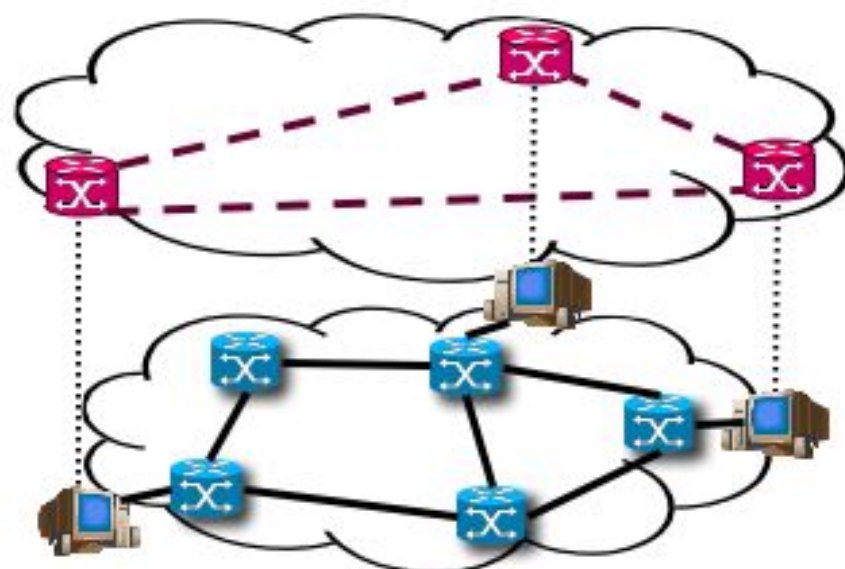
オーバーレイネットワークの例

実現する機能

- 現状のネットワークで提供されていないサービスの早期展開
 - 閉サービス、スモールスタート、De Facto・標準化への近道
- ネットワーク層で提供されない機能のアプリケーション層での提供
- 独自にチューニングしたサービスネットワークの構築
- 現状のネットワークの限界を解決するための方法
- ... etc

具体例

- コンテンツ配信: CDN
- 資源共有: P2P
- 資源発見: Chord, Pastry, i3
- 仮想論理ネットワーク: VPN
- セキュリティ: DDoSアタック対策
- 映像分配: マルチキャスト
- 分散計算、ファイル共有: Grid
- ルーティング: RON、QoSルーティング
- ネットワークプロトコル: IPvN over IP
- ... etc



PlanetLab Overview

- ⊕ “Planetary-Scale Overlay Network”世界規模のオーバーレイネットワーク
- ⊕ インターネット上の分散システム・新世代アーキテクチャの実験環境
- ⊕ 30カ国330施設に分散して配置された約700台のサーバーから構成される
- ⊕ 現在約650プロジェクトが実験・検証・評価を行っている
- ⊕ GENIのプロトタイプとしての役割も持つ



“Innovation” revisited...

in·no·va·tion [ɪnəvේiʃ(ə)n]

(<http://en.wikipedia.org/wiki/Innovation>)



...may refer to both *radical* and *incremental* changes to products, processes or services.

New Network Architecture
(Clean Slate)

New Network Services
(On top of current Internet)

“**Overlay Network**” drives BOTH kinds of innovations...

オーバーレイネットワークの社会的意義

- ❊ 革新的ネットワーク・サービスの創出/早期展開のインフラ
 - ❊ イノベーションを産業・市民社会へシームレスに展開
 - ❊ 新規ネットワークビジネスの参入の敷居(コスト)の低減
- ❊ 革新的ネットワーク・アーキテクチャの研究開発インフラ
 - ❊ 仮想ネットワーク上でイノベーションを評価
 - ❊ Research & Experiment : USのFINDとGENIとの関係
- ❊ 我が国の研究教育に与える影響
 - ❊ ネットワーク分野とコンピュータ分野の融合 (USで先行)
 - ❊ 先端科学技術の融合が生み出す革新性

オーバーレイネットワークの社会的意義

- ❁ 革新的ネットワーク・サービスの創出/早期展開のインフラ
 - ❁ イノベーションを産業・市民社会へシームレスに展開
 - ❁ 新規ネットワークビジネスの参入の敷居(コスト)の低減
- ❁ 革新的ネットワーク・アーキテクチャの研究開発インフラ
 - ❁ 仮想ネットワーク上でイノベーションを評価
 - ❁ Research & Experiment : USのFINDとGENIとの関係
- ❁ 我が国の研究教育に与える影響
 - ❁ ネットワーク分野とコンピュータ分野の融合 (USで先行)
 - ❁ 先端科学技術の融合が生み出す革新性

革新的サービス創出と早期展開のインフラ

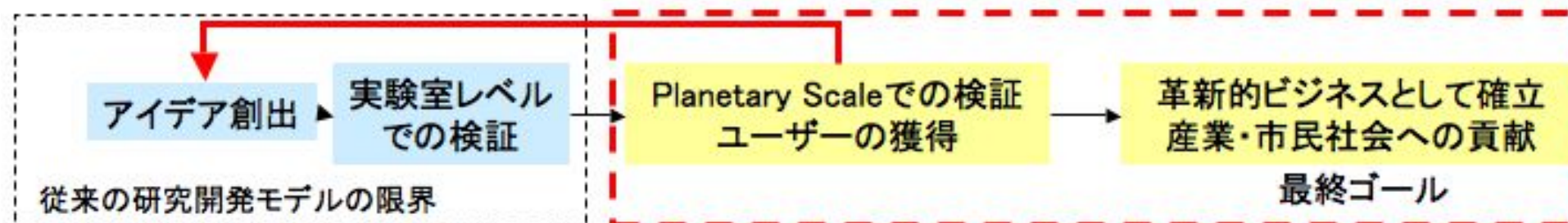
❖ 事例: PlanetLabが創出した革新的サービス

- ❖ CoDeeN (Webキャッシュ負荷分散)
- ❖ CoBlitz (スケーラブル・ファイル転送)
- ❖ OceanStore (超分散ファイルストレージ)
- ❖ EndSystemMulticast (アプリケーション・レベル・マルチキャスト)
- ❖ OpenDHT (スケーラブル・ネーミング・サービス)
- ❖ 以下650余りのプロジェクトが研究開発されている

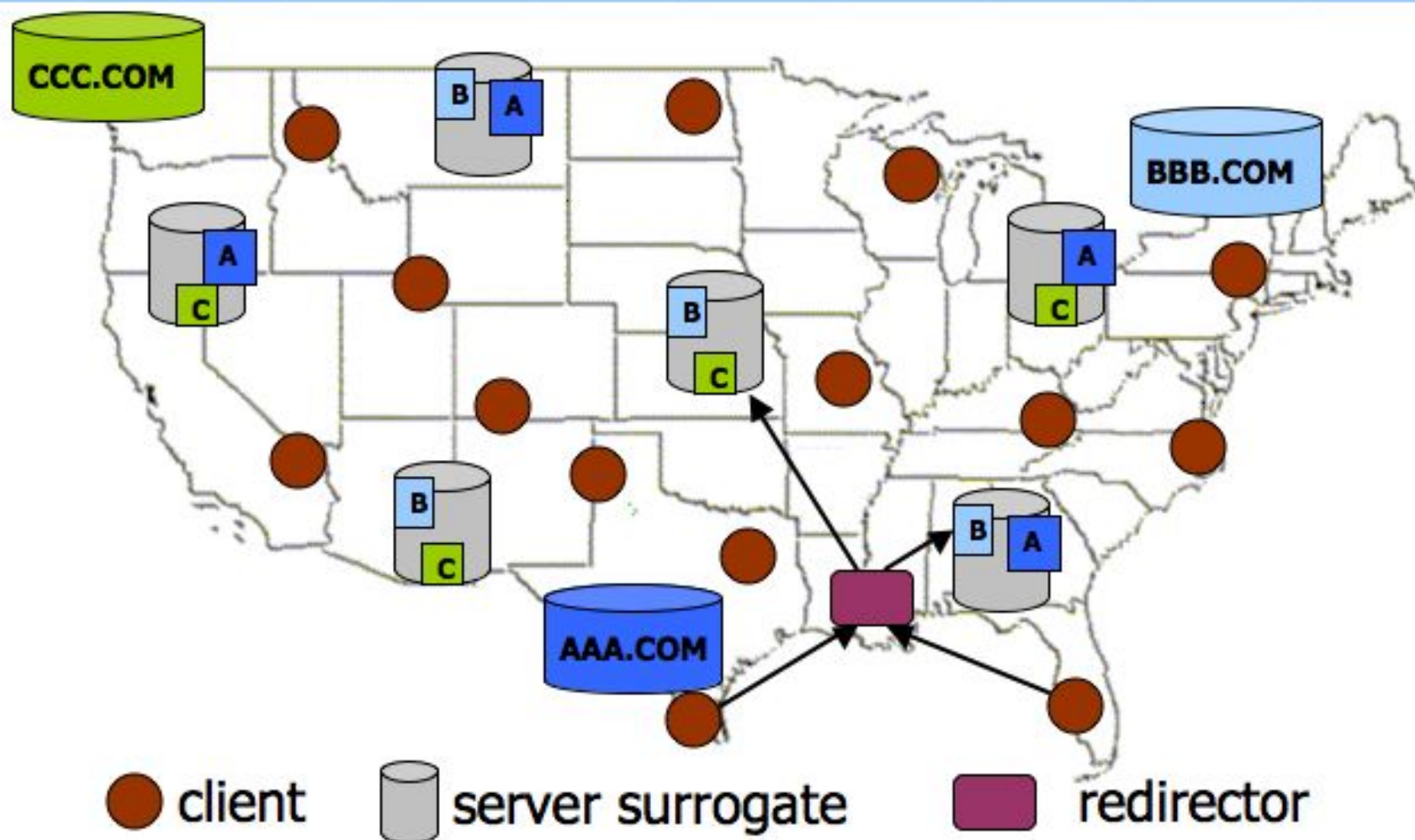
❖ サービス創出と早期展開のサイクルの確立

イノベーション・フィードバック・サイクル

オーバーレイネットワークが可能にする部分



Solution for DDoS: Replication CDN

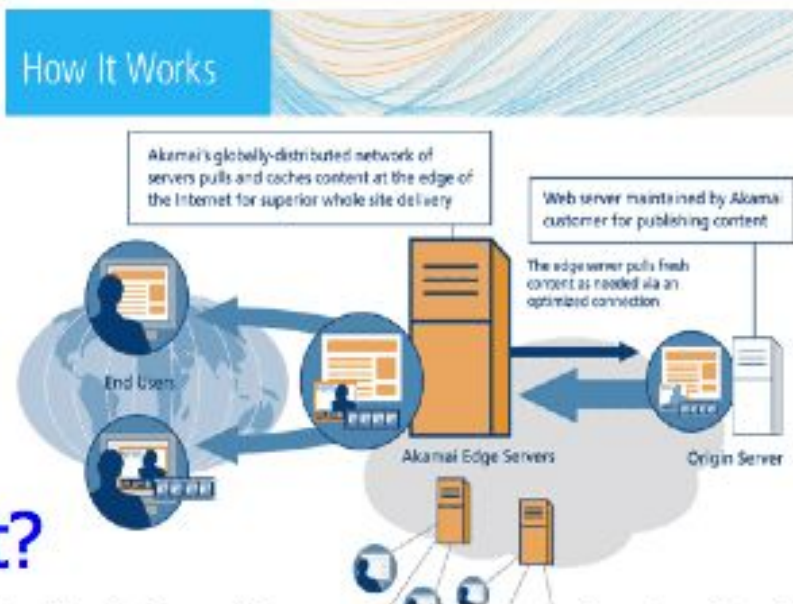


Redirectorを配置し、サーバーの負荷に応じてパケットを振り分ける
DDoSの防御のための解法

Flash Crowd(一過性のデータ量増加)の尊重

Akamai : Cache at Edges

- The size of Akamai's network reports range from 12,000 to 15,000 servers
- Net Income :\$328M (2005)
- Required huge investment first
- What if it is almost free to start?



http://www.akamai.com/html/solutions/dynamic_site_accelerator.html

AKAMAI TECH INC - Report History

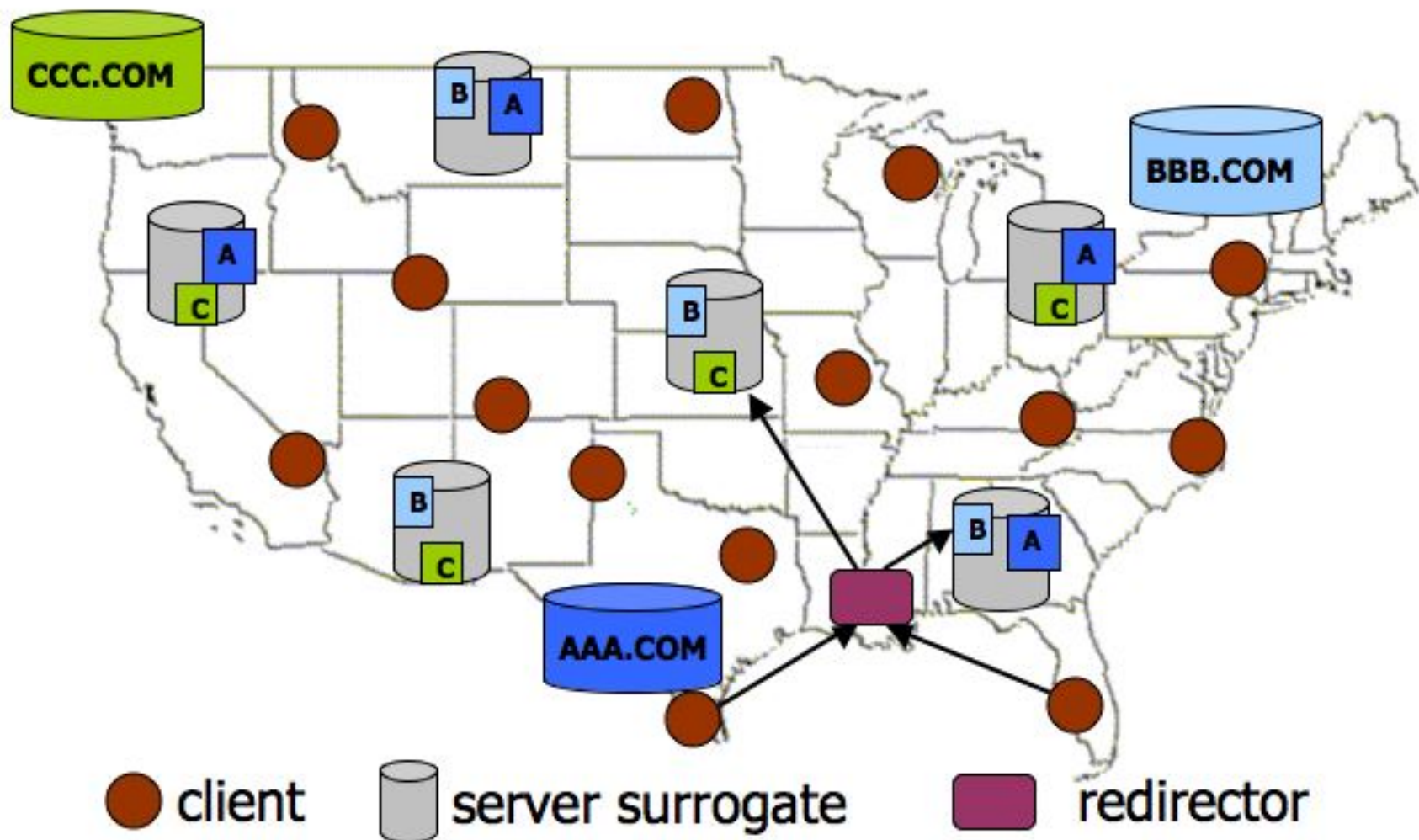


General	12mos(3)	2005	2004	2003	2002	2001	2000
Total Revenues, \$M:	385.6	283.1	210.0	161.3	145.0	163.2	89.8
Depreciation & Amort, \$M:	37.6	25.2	20.2	51.2	97.4	336.6	719.6
Operating Income, \$M:	77.8	73.3	49.0	-19.7	-136.7	-429.1	-898.2
Net Income, \$M:	62.5	328.0	34.4	-29.3	-204.4	-2435.5	-885.8
Earnings Per Share, \$:	.33	2.11	.25	-.25	-1.81	-23.59	-10.07
Dividends, \$:	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00

<http://www2.barchart.com/prhistory.asp?sym=AKAM>

新規ネットワークビジネス参入の敷居の低減

⊕ Akamai v.s. CoDeeN



近未来の革新的オーバーレイネットワークサービス

⊕ Routing Overlay

- ⊠ インターネットの経路制御を改善(複数経路・QoS経路制御)

⊕ Session Overlay

- ⊠ データ転送の効率を改善

⊕ Dependable Overlay (非常時通信)

- ⊠ バックボーンは従来考慮されてきたがエンドポイントは未解決

⊕ Sustainable Overlay

- ⊠ 様々なネットワークサービス(DNS・Webなど)の可用性を向上

⊕ Secure Overlay (DDoS prevention)

- ⊠ 耐攻撃性を向上

⊕ Ubiquitous Overlay (無線・センサー)

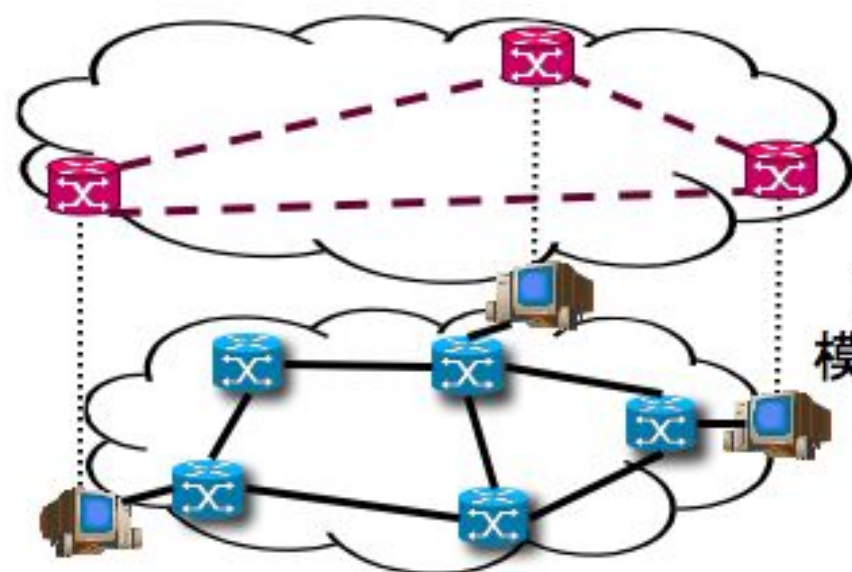
- ⊠ FMCなどをOverlay Networkで解決

オーバーレイネットワークの社会的意義

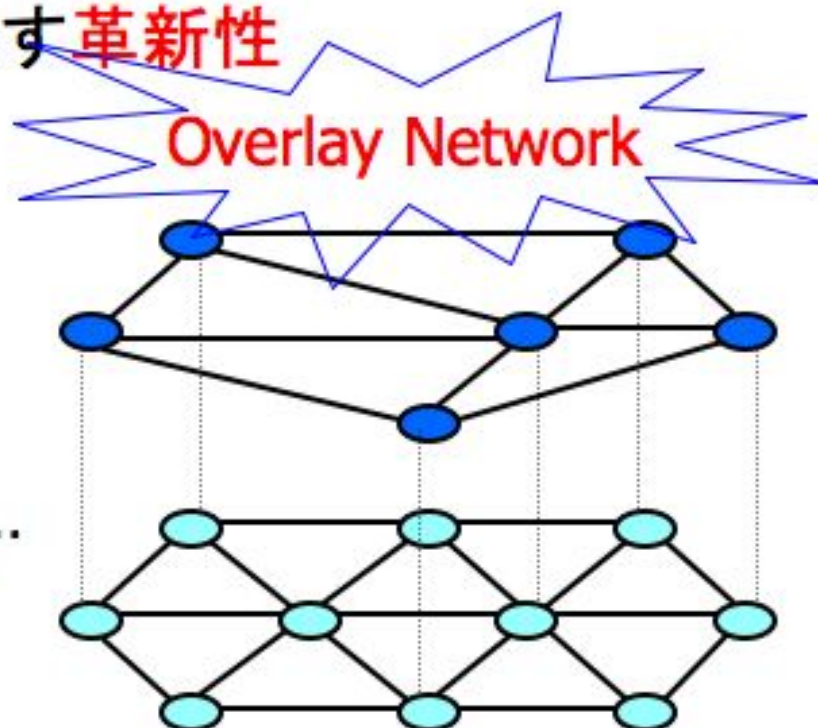
- ❁ 革新的ネットワーク・サービスの創出/早期展開のインフラ
 - ❁ イノベーションを産業・市民社会へシームレスに展開
 - ❁ 新規ネットワークビジネスの参入の敷居(コスト)の低減
- ❁ 革新的ネットワーク・アーキテクチャの研究開発インフラ
 - ❁ 仮想ネットワーク上でイノベーションを評価
 - ❁ Research & Experiment : USのFINDとGENIとの関係
- ❁ 我が国の研究教育に与える影響
 - ❁ ネットワーク分野とコンピュータ分野の融合 (USで先行)
 - ❁ 先端科学技術の融合が生み出す革新性

Overlay Networks=Innovating Environment

- ⊕ ”実ネットワーク”に”オーバーレイ”された”仮想ネットワーク”
- ⊕ 新しいサービスやアーキテクチャの導入に有効な手法
 - ⊠ 革新的ネットワークサービスの創出・早期展開
 - ⊠ 革新的ネットワークアーキテクチャの研究開発
 - ⊠ 先端科学技術の融合がもたらす**革新性**



模式的に...



FIND & GENI/PlanetLab

David Clark
(MIT)



Larry Peterson
(Princeton Univ.)

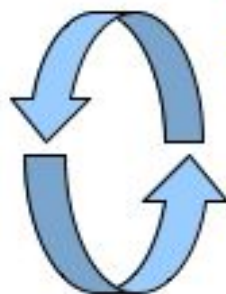


research and experiment

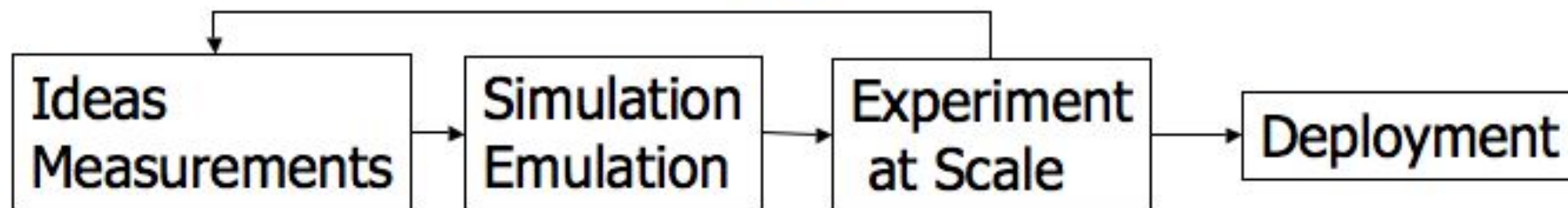
★ Future InterNet Design

★ Global Environment for Network Investigation

★ PlanetLab (Overlay)



Innovation Cycle



我が国での展開：CORE Project

❖ Collaborative Overlay Research Environment

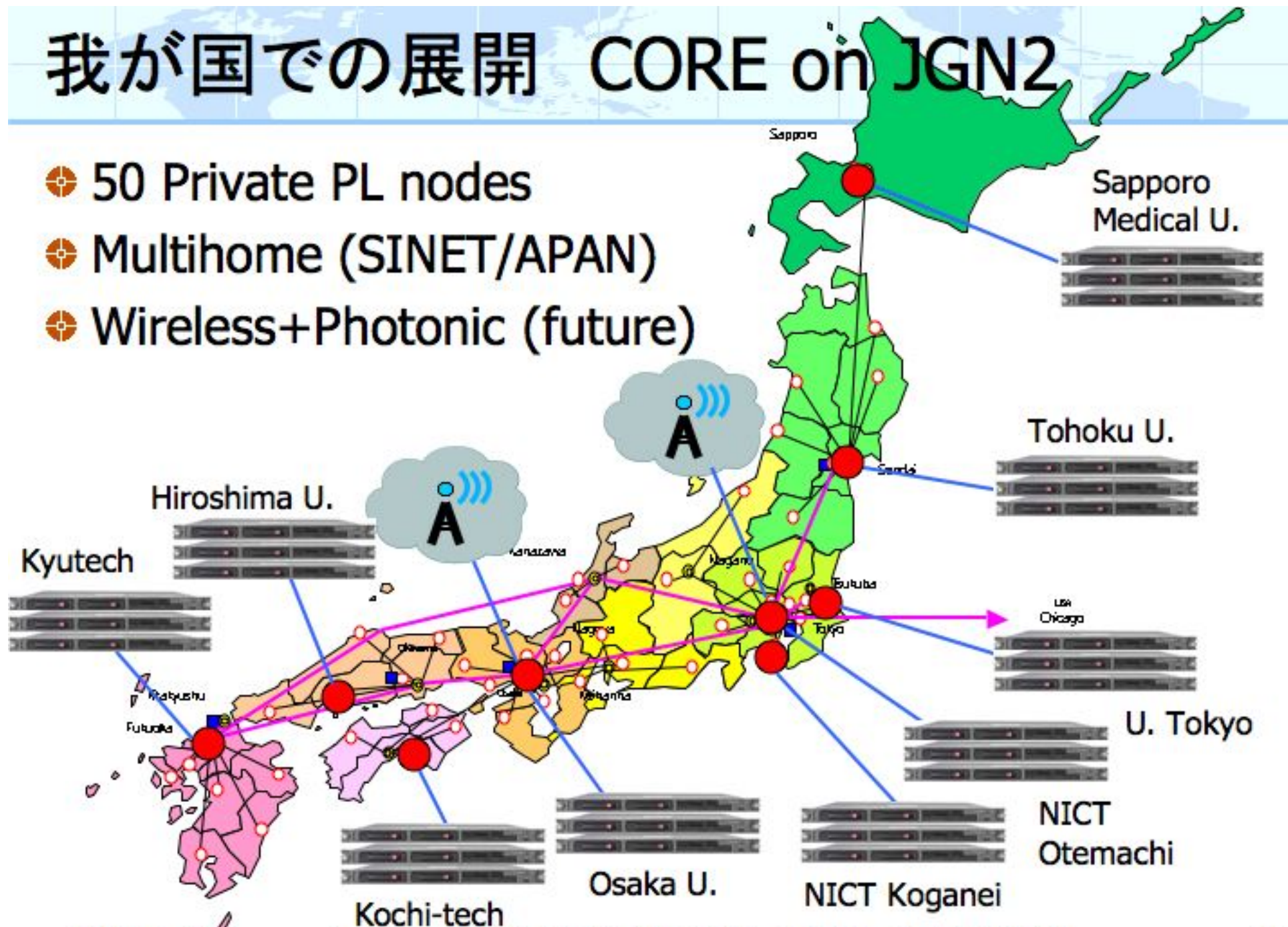
- ❖ Based on PlanetLab
- ❖ Provision resources for local experiments
- ❖ UTokyo and NICT (and OsakaU, NEC and more)

❖ Features

- ❖ PoP/Core collocation (nodes “inside” network)
- ❖ Custom hardware to optimize overlay forwarding
- ❖ Wireless and Optical capability
- ❖ Federation (e.g. GENI, PlanetLab, OneLab)

我が国での展開 CORE on JGN2

- 50 Private PL nodes
- Multihome (SINET/APAN)
- Wireless+Photonic (future)



GENI Collaboration

✦ VINI (Princeton)

- ✦ Leading effort in GENI
- ✦ Experiments with routings
- ✦ Layer-2 overlay network

✦ ORBIT (WINLAB)

- ✦ Experiments with wireless/sensor networks
- ✦ Xlice/Xliver found useful

✦ More...

オーバーレイネットワークの社会的意義

- ❊ 革新的ネットワーク・サービスの創出/早期展開のインフラ
 - ❊ イノベーションを産業・市民社会へシームレスに展開
 - ❊ 新規ネットワークビジネスの参入の敷居(コスト)の低減
- ❊ 革新的ネットワーク・アーキテクチャの研究開発インフラ
 - ❊ 仮想ネットワーク上でイノベーションを評価
 - ❊ Research & Experiment : USのFINDとGENIとの関係
- ❊ 我が国の研究教育に与える影響
 - ❊ ネットワーク分野とコンピュータ分野の融合 (USで先行)
 - ❊ 先端科学技術の融合が生み出す革新性

研究教育・人材育成

- ❖ 先端科学技術分野の融合
 - ❖ コンピュータ・システムズ(ネットワーク・OS・アーキテクチャ・プログラミング言語・情報科学理論)
- ❖ 国際協力の重要性
 - ❖ 日本・中国・韓国・アメリカ・イギリス・ドイツ・フランス・スイス・イスラエル・(ブラジル・ロシア)...
- ❖ 大学間協力の重要性
 - ❖ 東京大学・大阪大学・筑波大学・Wurzburg大学・Princeton大学
- ❖ 官産学協業の重要性
 - ❖ 総務省・NICT・NEC・NTT・KDDI・Hitachi...
- ❖ 人材育成

- ❖ イノベーションを創出するオーバーレイネットワーク
 - ❖ 我が国はこの分野で大きく出遅れている
- ❖ 官産学+国際コミュニティの形成が重要
- ❖ オーバーレイネットワークは今後の新世代ネットワークを考えていく上で、抑えておかななくてはならないキーテクノロジーの一つ
 - ❖ 革新的なサービスの創出/早期展開のインフラ
 - イノベーションを産業・市民社会へシームレスに展開
 - 新規ネットワークビジネスの参入の敷居(コスト)の低減
 - ❖ 新世代ネットワーク・アーキテクチャの研究開発インフラ
 - ❖ 我が国の研究教育に与える影響
 - 先端科学技術の融合(ネットワークとオペレーティングシステム)

End



InnOVating EnviRonment to LAY
Groundwork for Future NETWORK Research