



Innovating Environment to Lay Groundwork for Future Network Research

東京大学

中尾彰宏

Aki NAKAO

The University of Tokyo



InnOVating EnviRonment to LAY Groundwork for Future NETWORK Research

オーバーレイネットワークの社会的意義

東京大学 中尾彰宏

Aki NAKAO

The University of Tokyo

Innovations in Future Network

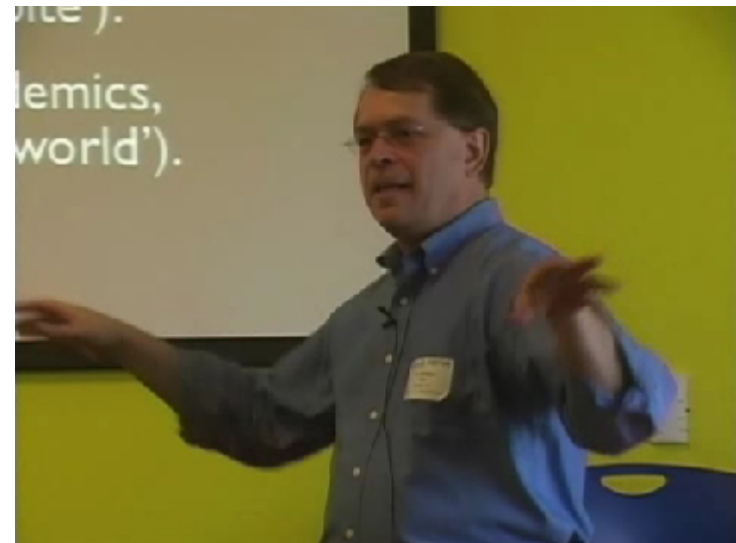
- ❁ IP rescued us from plumbing at the wire level but we still have to do it at the data level.

A dissemination based architecture would fix this.

- ❁ Many dissemination overlays have been created.

There's a demonstrated need.

- ❁ Venice Project
- ❁ BitTorrent/BitTyrant
- ❁ Akamai
- ❁ Skype
- ❁ :



Van Jacobson @ Google 2006

How can we demonstrate innovations?

Innovating Environment

❁ Disruptive Idea

- ❁ 地理的に分散し、ネットワークで接続されたリソースを利用するサービス
(例: Skype, Akamai, BitTorrent)
- ❁ Vantage Points(ネットワーク上の位置)は新しいリソース
(例: 負荷分散, The Internet Health Monitoring...)

❁ "User Opt-in" at Scale

- ❁ ユーザーが自由に利用できるパイロットサービスからビジネスの早期展開へ
 - インターネット上に構築された大規模テストベッド
 - 一般ユーザーがインターネットから実験サービスにアクセス可能
 - JGN2はマルチホームでUser Opt-In可能(CORE Project on later slides)

❁ Low Barrier to Entry

- ❁ 問題はイニシャルコストの高さ
- ❁ 新規ネットワーク(分散システム)ビジネス参入の敷居が高い
- ❁ アイデアを広域で迅速に検証できる環境が必要

Aki@JGNII Symposium 2007

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?

QuickTime™ and a
TIFF (Uncompressed) decompressor
are needed to see this picture.

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

PlanetLab Overview

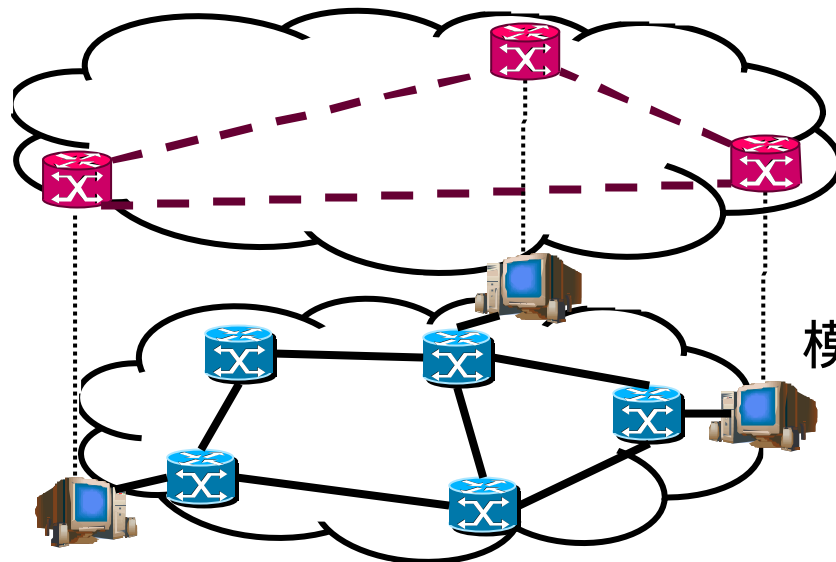
- “Planetary-Scale Overlay Network”世界規模のオーバーレイネットワーク
- インターネット上の分散システム・新世代アーキテクチャの実験環境
- 30カ国330施設に分散して配置された約700台のサーバーから構成される
- 現在約650プロジェクトが実験・検証・評価を行っている
- GENIのプロトタイプとしての役割も持つ



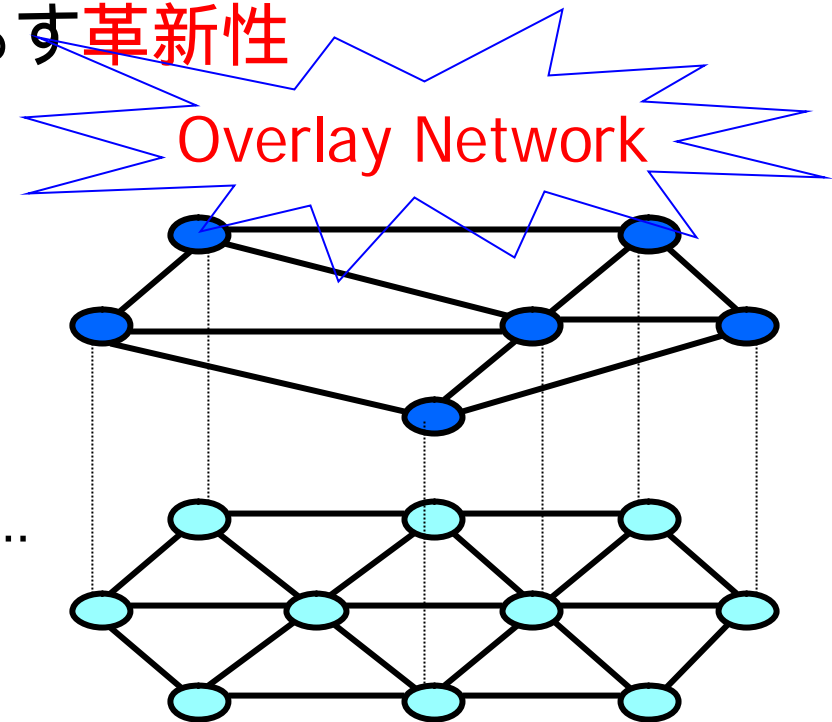
2007/1/24

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...



2007/1/24

The Internet

7

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



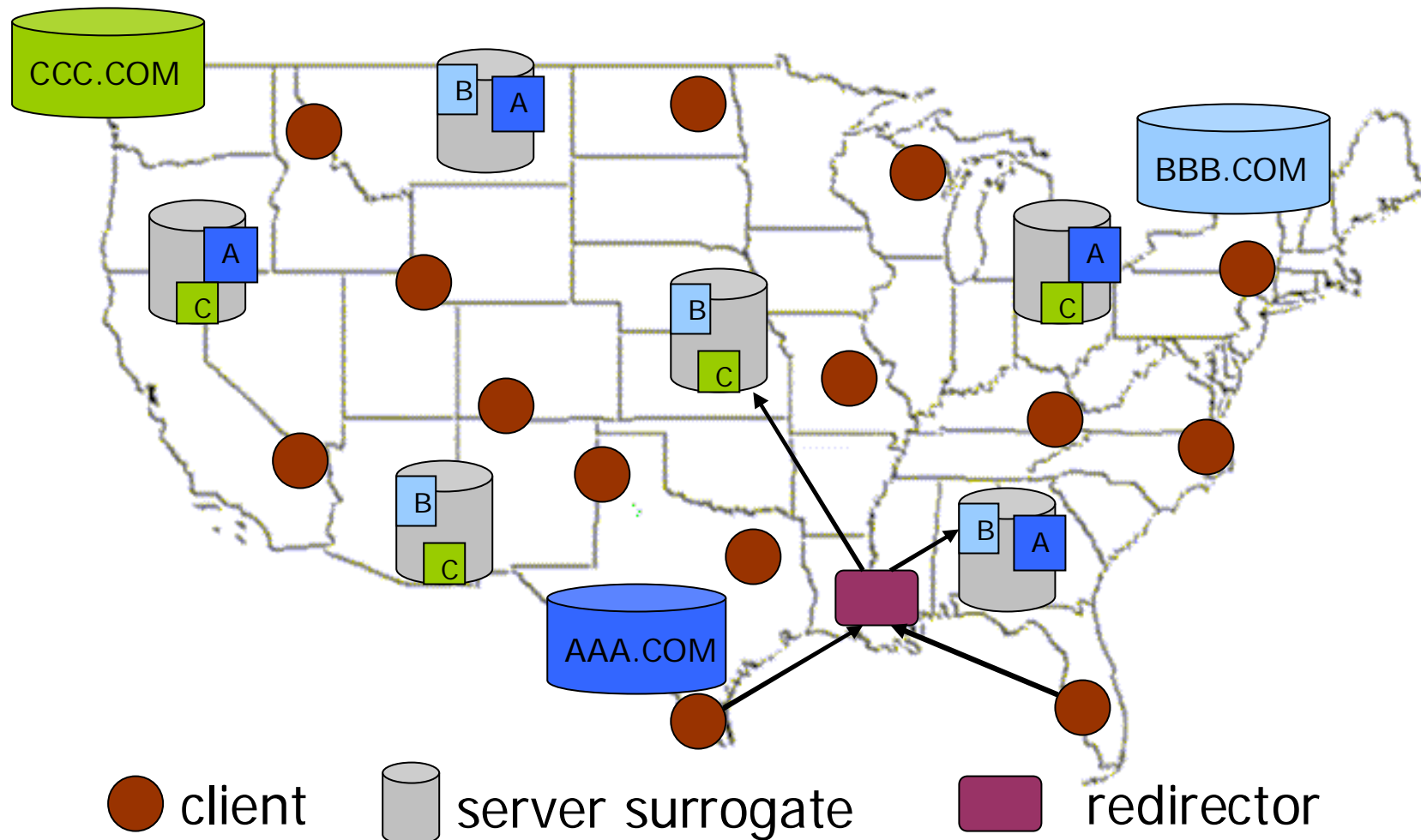
従来の研究開発モデルの限界

2007/1/24

最終ゴール

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

Demonstrate 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

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

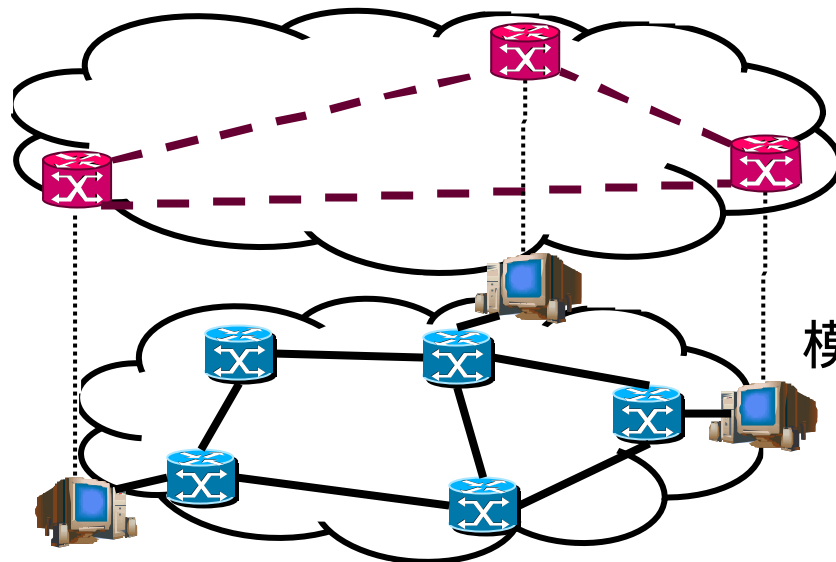
- Availability
- Stability
- Scalability
- Security
- :



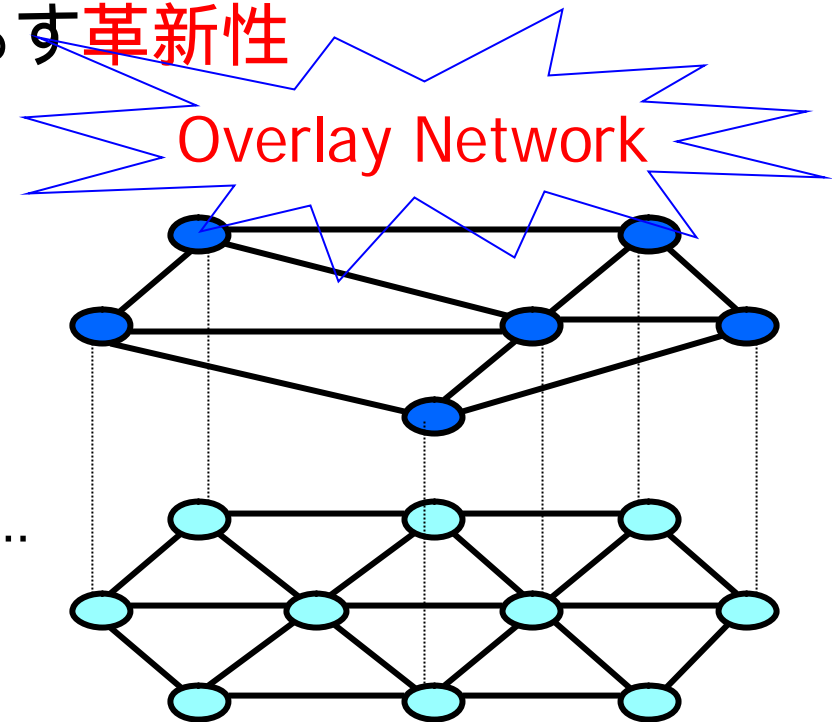
2 技術の硬化:イノベーションとディペンダビリティのジレンマ

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...



2007/1/24

The Internet 16

FIND & GENI/PlanetLab

David Clark
(MIT)

QuickTime™ and a
TIFF (Uncompressed) decompressor
are needed to see this picture.



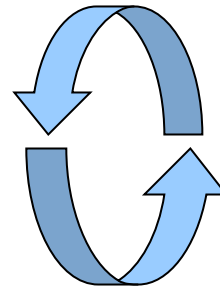
Larry Peterson
(Princeton Univ.)

research and experiment

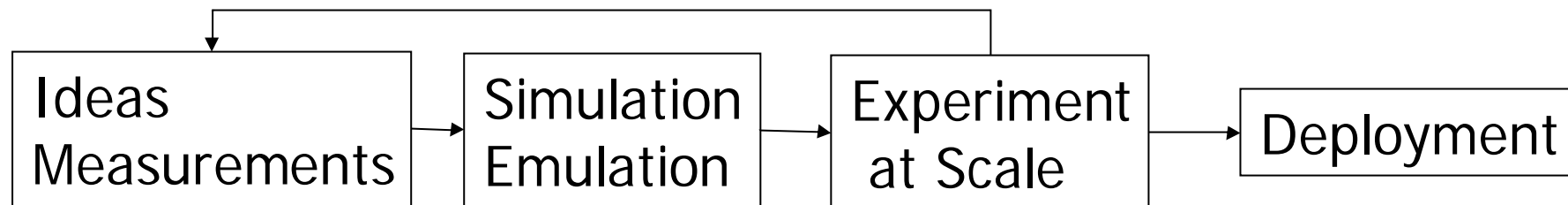
★ Future InterNet Design

★ Global Environment for
Network Investigation

★ PlanetLab (Overlay)



Innovation Cycle



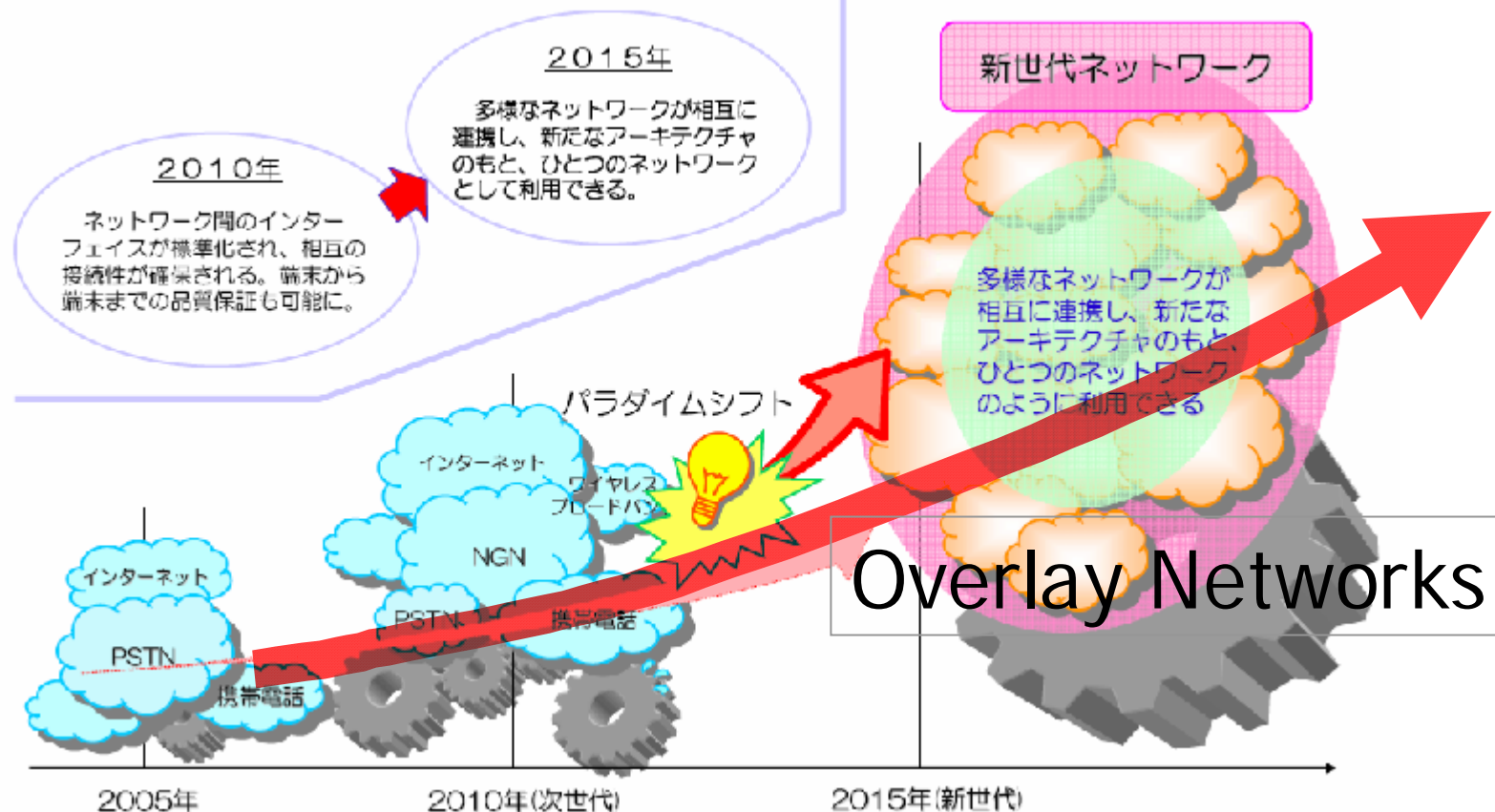
2007/1/24

Demonstrate Innovations!

17

“Paradigm Shift” Driven by Overlay

- ➊ Overlay **drives** and **accelerates** the paradigm shift
- ➋ Overlay continues to exist with successful technologies
 - ❏ The next internet is bound to be “ossified”...



我が国での展開：CORE Project

Collaborative Overlay Research Environment

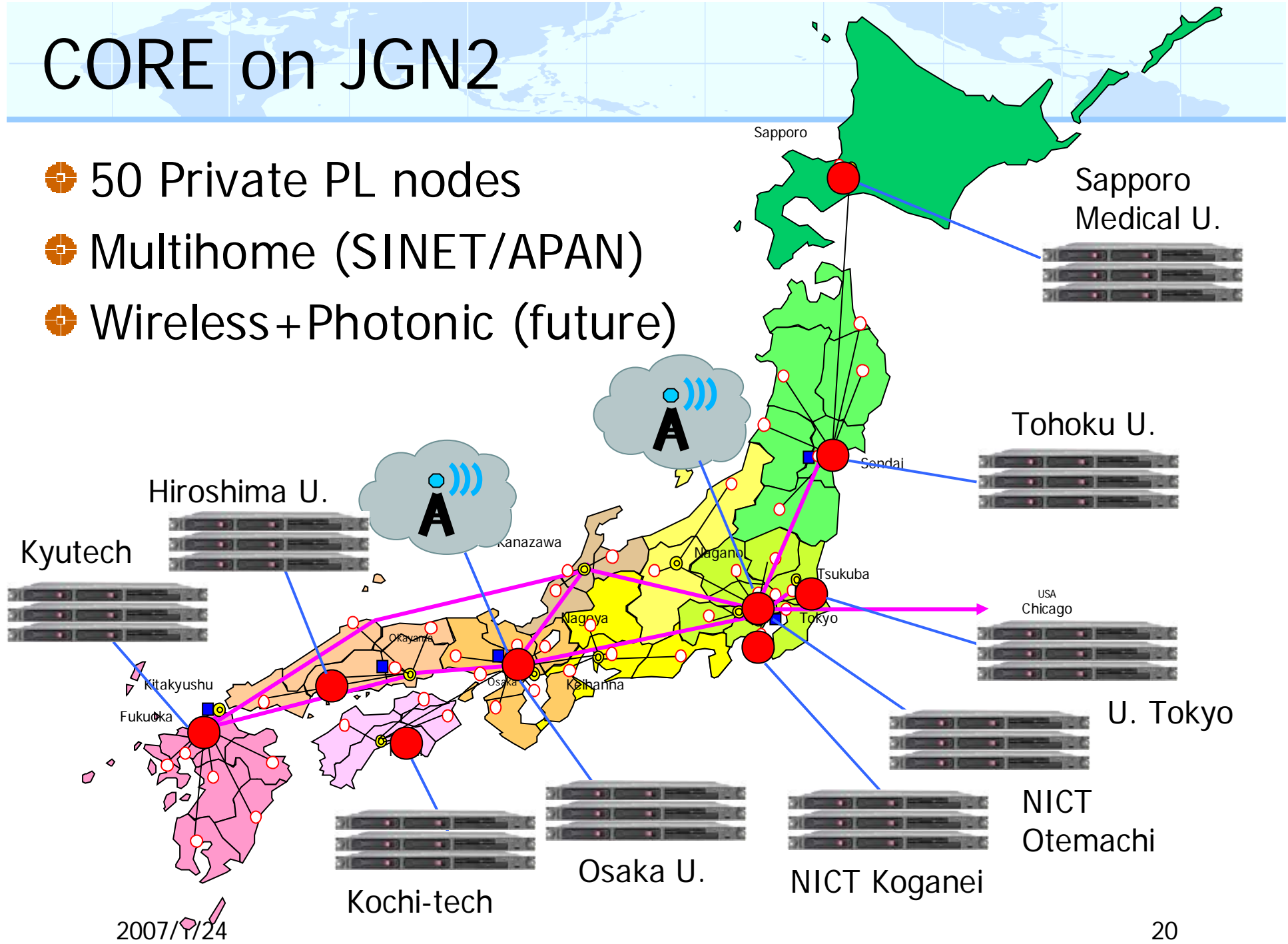
- Based on PlanetLab
- Provision resources for local experiments
- UTokyo and NICT (and OsakaU, NEC and more)

Features

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

CORE on JGN2

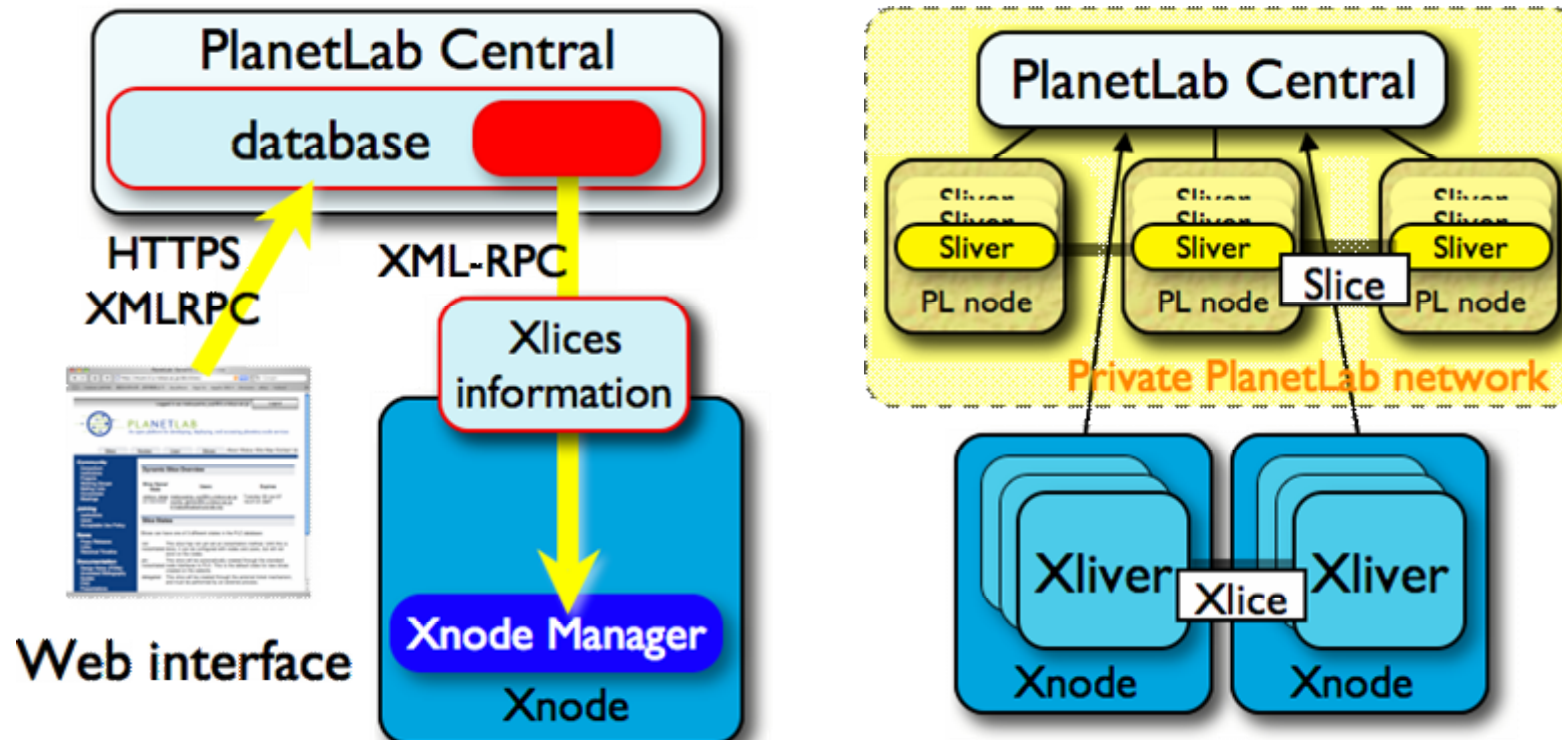
- 50 Private PL nodes
- Multihome (SINET/APAN)
- Wireless+Photonic (future)



Xlice/Xliver in CORE

❁ Xen-based Sliver and Slices

- ❁ Add Flexibility to VMM in CORE environment
- ❁ Enable experiments with custom kernels



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

Conclusion

- ❁ 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