

新世代ネットワークアーキテクチャの研究(II)

AKARI プロジェクトの紹介

ネットワークアーキテクチャに関する調査研究会
2007年6月19日

青山友紀

情報通信研究機構
慶應義塾大学



AKARIプロジェクトの目的

2015～2020年のユビキタス社会の要求を満たす新世代ネットワークアーキテクチャを現行インターネットやNGNの延長ではなく、白紙から（NSF用語ではClean-Slateで）研究し、提示する。またその研究の拠点として日本の新世代ネットワーク研究コミュニティを育成し、先導する。

新世代ネットワークアーキテクチャの研究開発

トップダウン

アプリケーションからの要求条件の明確化
それを実現する手法の考案



新しいネットワークアーキテクチャの創出

設計原理



ボトムアップ

革新的シーズの研究
そのシーズで何が実現できるかの想定

AKARIプロジェクト

- a small light in the dark pointing to the future -

目標: 2015年の新世代ネットワーク設計図

・現在のしがらみに捕われない。・白紙から理想を追い求める。・その後で現在からの移行を考える。

グループリーダー: 平原 正樹

原井 洋明(光交換)、徐 蘇鋼(光パス)、宮澤 高也

盛岡 敏夫(光伝送)、大槻 英樹(ネットワーク制御)、Jumpot Phuritakul

井上 真杉(アクセス)、中内 清秀(オーバーレイ)、Ved Kafle (アドレッシング)

客員
研究員

大阪大学 村田教授 (ネットワーク科学)

慶応大学 寺岡教授 (モビリティ)

東京大学 森川教授 (ユビキタス)

東京工業大学 太田講師 (パケット交換)

アドバイザー:

青山(プログラムディレクタ)

久保田(センター長)

ミーティング 2回/月, 合宿 2回/年
HP: <http://akari-project.nict.go.jp>

「新世代ネットワークアーキテクチャAKARI概念設計書」リリース (2007/4/30)

2007年4月、AKARIプロジェクト著、Copyright © NICT

要約ページ: <http://nag.nict.go.jp/topics/20070430.html>

目次

はじめに

1章 新世代ネットワークアーキテクチャ設計プロジェクトAKARIの狙い ... 1

- 1.1 AKARIプロジェクトの目的
- 1.2 AKARIプロジェクトの目標
- 1.3 AKARIプロジェクトの課題
- 1.4 ネットワークアーキテクチャの定義と役割
- 1.5 ネットワークアーキテクチャ白紙から作り直し機運
- 1.6 新世代ネットワークの位置付けとそのアプローチ
- 1.7 二つのNGN: NXGNとNWGN
- 1.8 NXGNとNWGNの比較

2章 現在の問題と将来の要求 ... 10

- 2.1 インターネットの破綻
- 2.2 将来のフロンティア
- 2.3 10年後のトラヒック要求
- 2.4 社会的要求と設計要求

3章 将来の要素技術 ... 24

- 3.1 光伝送
- 3.2 新規ファイバ
- 3.3 波長変換、波長群変換
- 3.4 光3R
- 3.5 光品質モニタリング
- 3.6 光スイッチ
- 3.7 光バッファ
- 3.8 シリコンフォトニクス
- 3.9 省電力
- 3.10 量子通信
- 3.11 時刻同期
- 3.12 ソフトウェア無線
- 3.13 コグニティブ無線
- 3.14 センサネットワーク
- 3.15 ユビキタス時代の無線通信における省電力

4章 設計原理と手法 ... 38

- 4.1 新世代ネットワークにおける設計原理
- 4.2 科学と技術の融合に基づくネットワークアーキテクチャ設計
- 4.3 アーキテクチャ評価のための尺度
- 4.4 ビジネスモデル

5章 新アーキテクチャの基本構成 ... 51

- 5.1 光パケット交換・光バス
- 5.2 光アクセス
- 5.3 無線アクセス
- 5.4 PDMA
- 5.5 トランスポート層制御
- 5.6 アドレッシング・ルーティング
- 5.7 レイヤリング
- 5.8 セキュリティ
- 5.9 QoS経路制御
- 5.10 ネットワークモデル
- 5.11 ロバスト性制御
- 5.12 オーバーレイネットワーク
- 5.13 レイヤ縮退

6章 テストベッドに対する要求条件 ... 111

7章 関連研究 ... 113

- 7.1 NewArch
- 7.2 GENI / FIND
- 7.3 Euro-NGI / Euro-FGI

8章 結論 ... 116

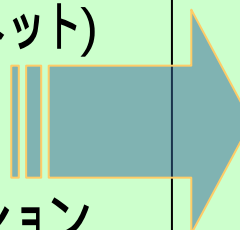
付録 用語の定義 ... 117

新世代ネットワークへの社会要求および設計要求

社会要求

設計要求

ペタビット級バックボーン, 10G FTTH 1000億デバイス, 100万放送局	大容量 スケーラブル
競争原理とユーザ指向 頼れる(医療、交通、緊急) 99.99% (フォーナイン) 安全・安心(プライバシー、金融、食品追跡、災害) 豊かな社会、障害者、高齢化社会、ロングテール 地球環境・人間社会モニタリング(センサーネット) 通信放送融合、有無線融合 エコロジー、持続社会 人類の可能性、ユニバーサルコミュニケーション	オープン性 頑強性 安全性 多様性 軽快性 統合単純化 省電力 発展性



新世代ネットワークアーキテクチャ

AKARI アーキテクチャの目的

持続可能なネットワークアーキテクチャ

量から質へ (Capacity for Quality) 簡約化 (KISS)

ネット空間の現実化 (Realizable Network Space)

人類の可能性を伸ばす (Future Diverse Society)

新世代ネットワークアーキテクチャの原理原則

1. KISS原則 (Keep It Simple, Stupid)

- 結晶合成 (選択・統合・単純化)
- 共通レイヤ (レイヤ縮退)
- End-to-End (Original Internet)

2. 現実結合原則

- 物理・論理アドレス分離
- 双方向認証
- 追跡可能

3. 持続的な進化原則

- 自己創発 (エマージェント)
- 自律分散制御
- スケーラブル
- 社会選択

ネットワークアーキテクチャ = 科学 + 技術

なぜ新しいネットワーク科学か？

従来の性能評価手法の限界

- ネットワーク技術の多様化、大規模化、アプリケーションの多様化
- インタラクションの多様化
電話 → コンピュータ (→ 情報環境)

従来の科学や技術の限界

- 専門分野の細分化 → 狭隘化
- アーキテクチャ設計問題を解決できない

インターネットアーキテクチャの限界

- 新世代ネットワークにおける必要要件
インタラクションはますます増大の方向
- 従来の理論的手法は適用できない

ITのインフラ化

- Deploymentの重要性
- 新たな技術投資に対するインセンティブ？

設計論をどこに求めるか？

- 科学技術の融合による新しいネットワーク科学の必要性
- 「原理原則から始まって、システムをデザインする」ところまでを含む総合的な科学
- 人間・社会・経済との関係性も重要になる

生物に学ぶ自己組織型ネットワーク制御

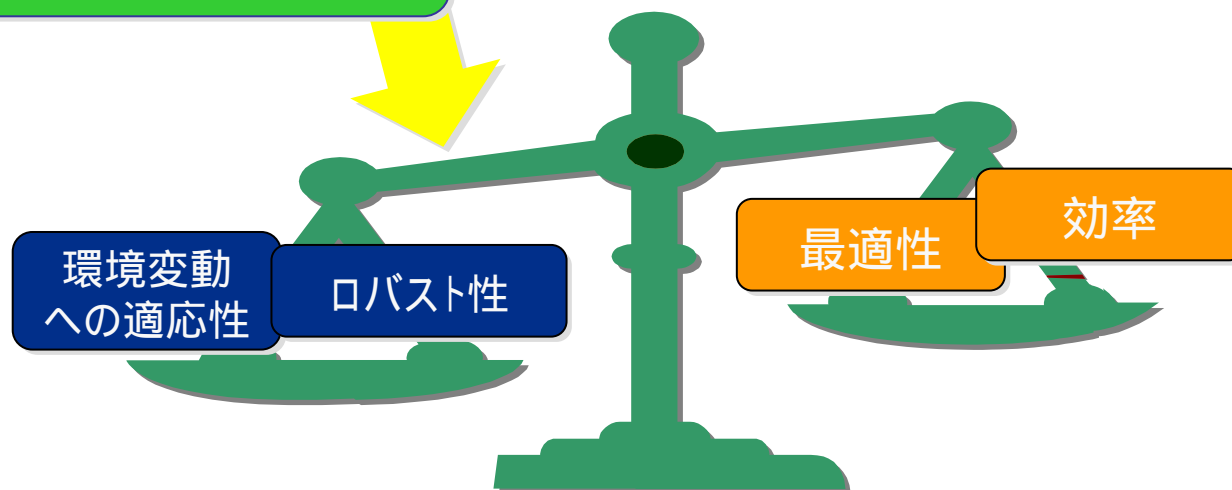
対象システムの特長

- ・大規模かつ複雑
- ・環境が変動する
 - 他ユーザの利用状況
 - 自身の利用状況
 - 資源自身の変動
 - 統計情報の変動

従来の手法

- ・状況を予測し、個別最適解を準備
 - 集中型制御による最適化
 - 状態空間の爆発
- ・発見的解法
 - GA (Genetic Algorithm)法**、**NN法**
 - SA (Simulated Annealing)法**
 - 局所最適解からの脱出に確率を用いる
 - 環境変動に対しては？

生物に学ぶ
自己組織型制御



新世代ネットワークのための新技術の例

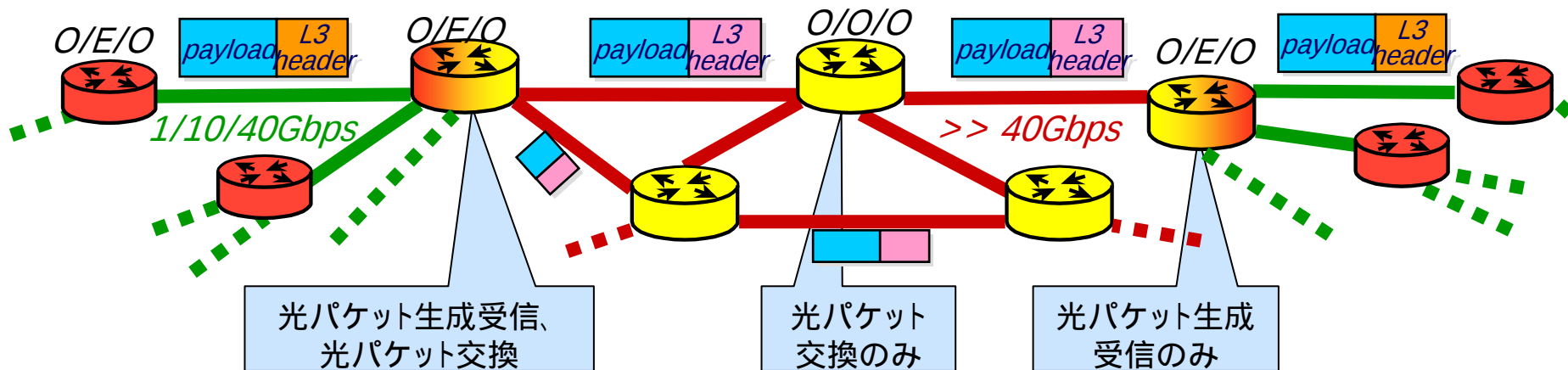
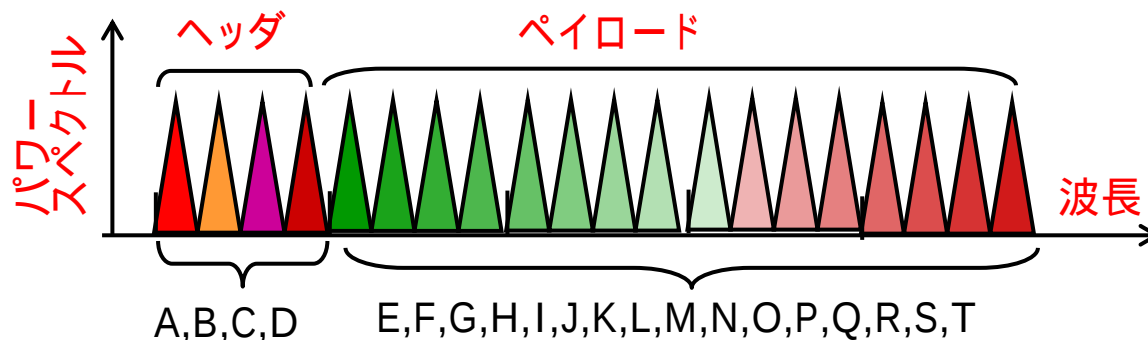
フォトニックネットワーク

モバイル・ワイアレスネットワーク

Identification / Location

多波長光パケット交換

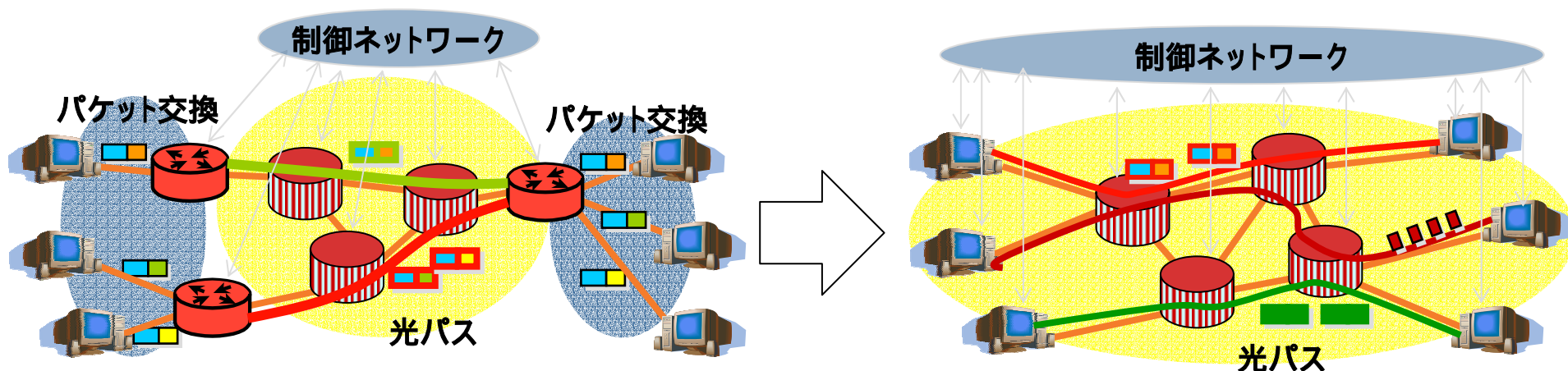
- 多数の波長をつかって一つの光パケットを構成する
- 一波長あたりの速度は、10Gbpsや40Gbps、トータルで超100Gbps
- リンクバイリンクでスキューを概ね補正



すべてのノードに経路制御情報の送受信ができる機能を備える

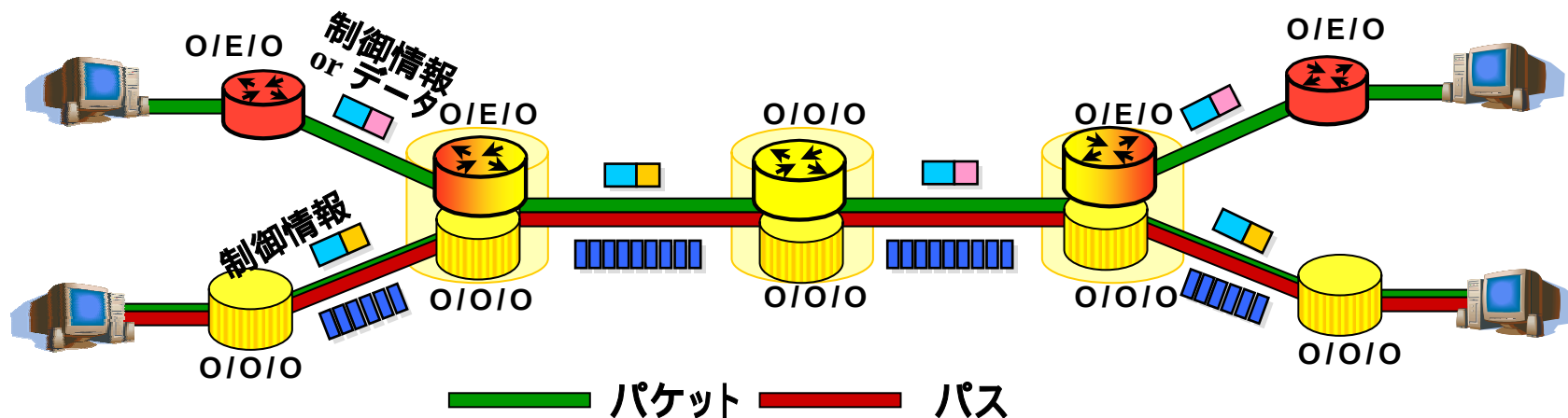
光パス帯域保証サービスの実現

- パケット交換で不十分なサービス提供のために光パスを提供
 - ネットワークでの情報損失や遅延ゆらぎを許さないユーザに
 - 特殊なプロトコルを用いて通信をしたいユーザに
- エンドツーエンド
 - ホスト、アプリまでパスを直結
 - 従来のエッジノードの役割は光や電気のパケットスイッチに移譲
- DWDM、光MEMSスイッチ



光パス・パケット統合 → シンプル

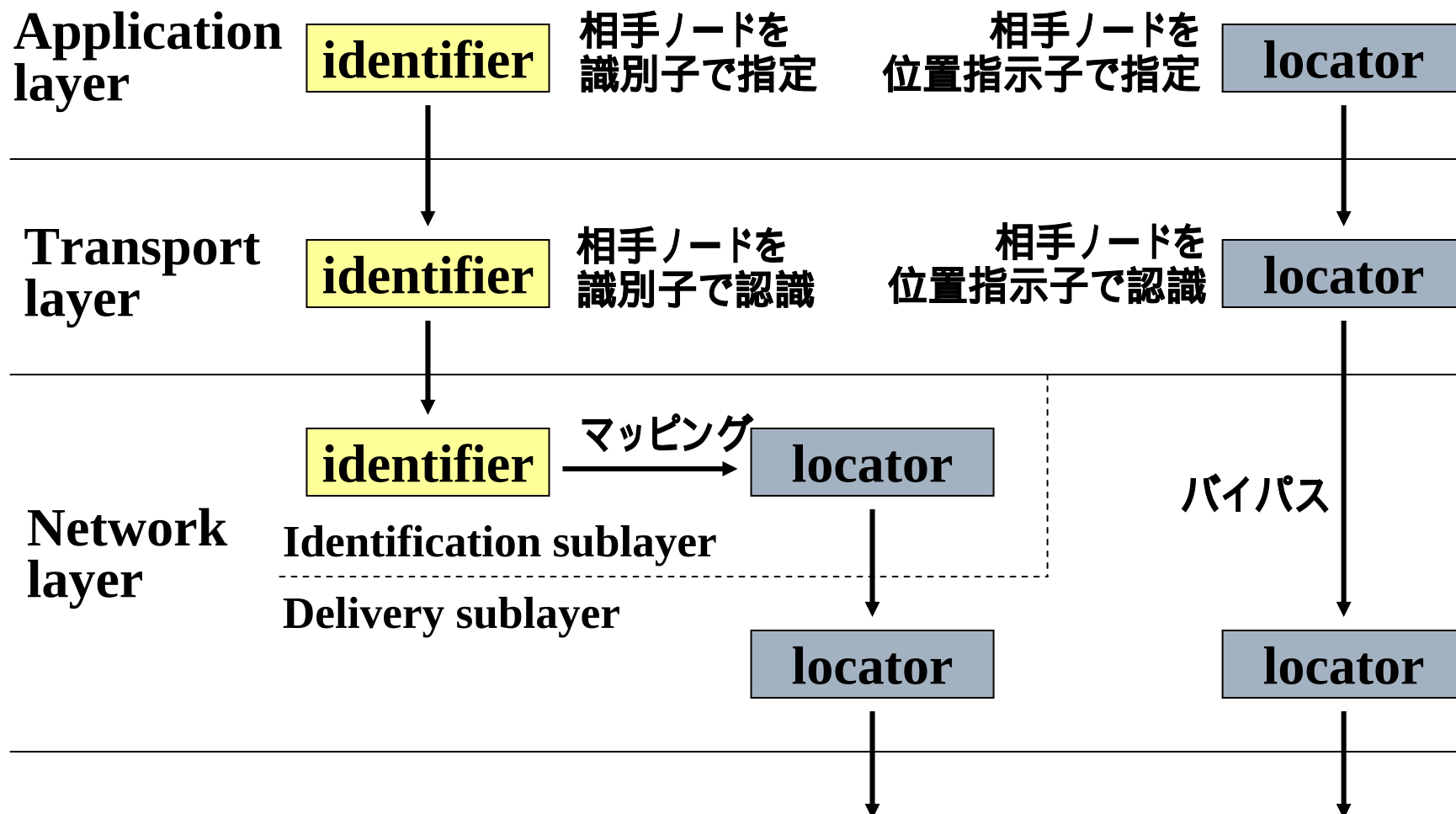
- 物理資源の共用化、制御機構の共用化
 - パケットとパスの違いは、エンドユーザへの情報の提供手段の違い
 - 制御媒体、データ転送媒体を別々に持つのはサービス提供者、インフラ提供者にとって無駄
- 背反する交換原理の制御機構を統一
 - ネットワークをシンプルに
 - 新たなサービスへ対応しやすくなる
 - サービスの利用状況に応じてインフラ資源の割り当てを柔軟にできる



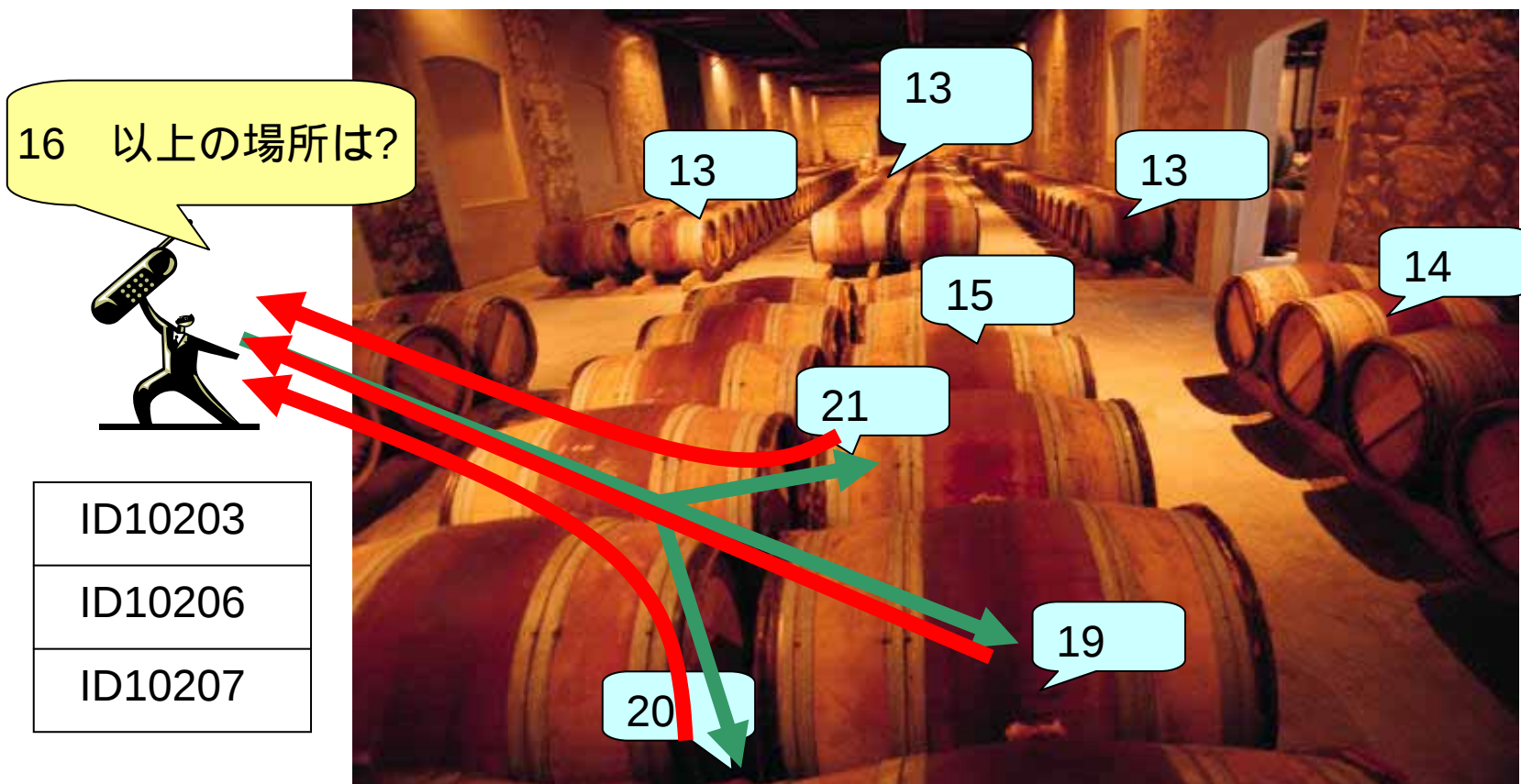
Identifier と Locator の分離

【ID/Locator分離方式】

【従来方式】



条件や特徴で通信相手を指定

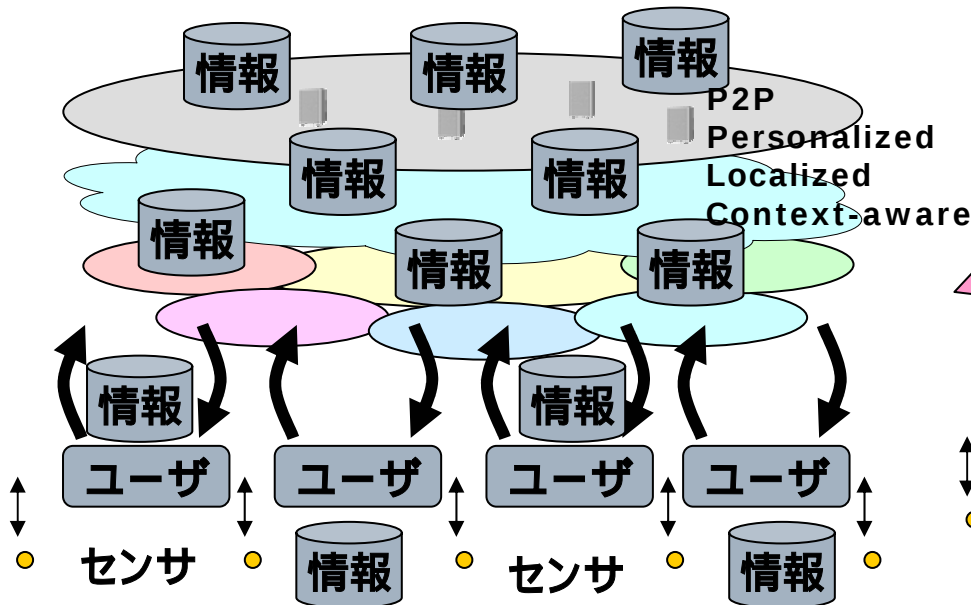


中央集権から分散、そしてコグニティブネットへ

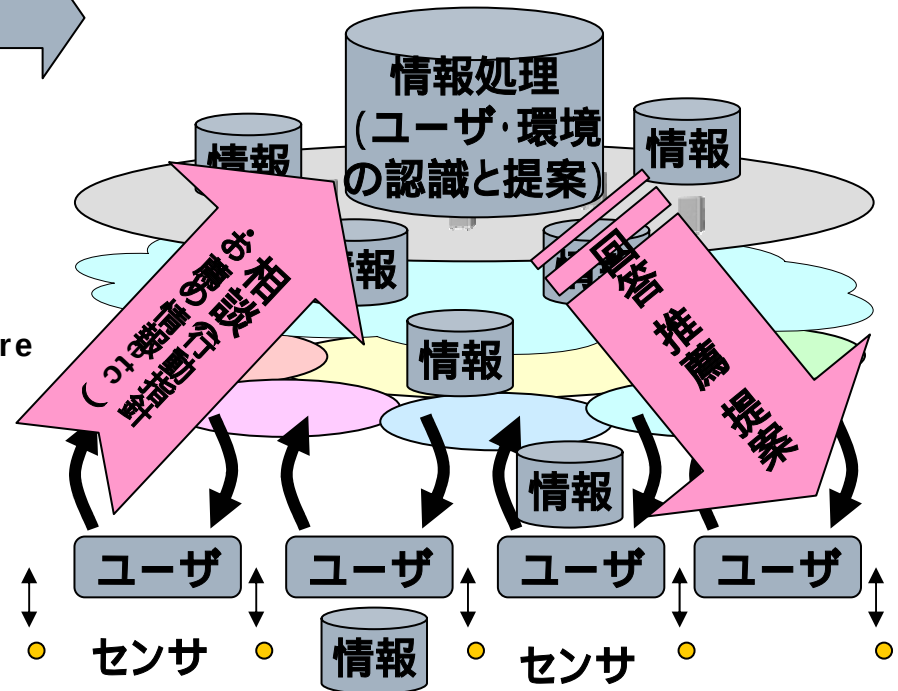
分散、ユーザ・ローカル主体モデル

ユーザが発信した情報が主体

中央集権
クライアント/サーバ



その先のコグニティブネットワーク



- ・ユーザが積極的に情報をアップロードor保持
- ・センサの接続

- ・2020年 世界人口 75億人+ロボット
- ・地球上の耕作地面積 14億ヘクタール
- ・2020年 自動車 数十億台
- ・エンドデバイスがネットワークを決める：多様で莫大な数

- ・ネットワークが情報を処理することで「ユーザや環境を認識」し、ユーザが必要とする「知識・情報を提供」したり「代行したり」する機能を持つ
- ・情報を持つ「人」、「現実世界」からいかに正確・大量の情報を得るかが鍵

-PDMA (Packet Division Multiple Access)-

無線セル間の干渉排除にパケット多重を使用

全セルで同一周波数帯域を使用

セル間の干渉排除にCSMA / CAを使用、セル設計は不要

事業者間の干渉排除にCSMA / CAを使用、周波数割り当ては不要

光パケット交換にパケット多重以外を排除

WDM伝送は許容、WDM交換は排除

個々のパケットを全波長・全帯域(~ Tbps)でエンコード(500 B @ 1 Tbps = 4 ns)

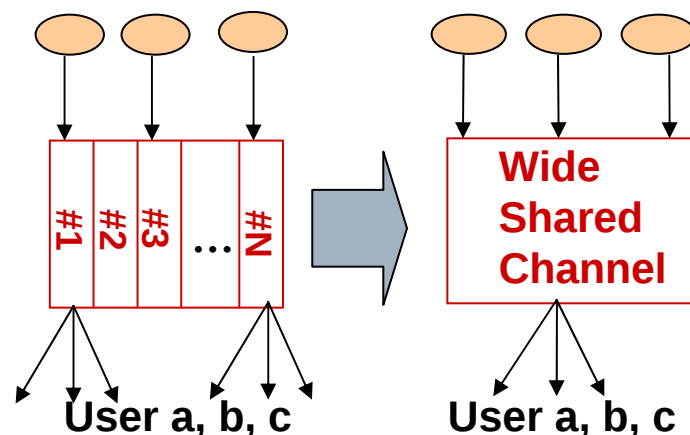
パケットは短くなる(~ 10 Gbps の 1 / 100)

→ 光ファイバ遅延線による

光バッファが実用的に

経路検索は電気で十分間に合う

1 Tbps * 8 ポートで消費電力数百W



新世代のモバイル・パーベシブNW実現に向けた課題

- 多様性への対応
 - 共通原理・プロトコルは最小限であるべき？ or ネットワークがデバイスに合わせるべき？
 - トラヒックモデリング、オーバプロビジョニングに代わる手法
- 新しいノード識別子とネーミングアーキテクチャ
 - センサを含む多様で大量のノード、多様なアクセス網、多様なアプリに対応
 - IDとロケータの分離、新しいネーミングとサービス・デバイス発見
- セキュリティ、プライバシーの確保
 - ユーザと環境の情報取得、利便性追及とプライバシー確保の相反問題
- 新しいモビリティプロトコル
 - 不安定な無線リンク、アドホック・マルチホップ・メッシュ等の動的な網、惑星間インターネットに代表される超遅延・分断ネットワーク、リニア新幹線に対応する新たなモビリティ方式
- 制御用共通無線ネットワーク
 - 異種無線・センサ網・コグニティブ無線における通信デバイスーインフラNW間の制御情報伝達
- レイヤリング再構成
 - 物理層～アプリ層に渡る状態情報伝達による高度・高効率な通信
- 無線・光統合
 - 無線回線、無線パケット、光パス(λ)、光パケット等の統合ネットワーク
- エンドエンドの品質保証
 - 品質保証ができる無線アクセス技術 + 有線側との一体的な品質保証メカニズム

GENI Organization Update

FIND (a part of NeTS)

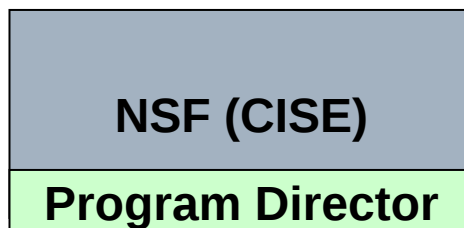
Prof. David Clark

- Future Internet設計研究
- 競争的資金

CISE Assistant Director

July 1, 2007-

Prof. Jeannette Wing (CMU)



- Funding組織 (GENI, FIND等へのfunding)

Guru Parulkar → Aug. 2007
Stanford Clean-Slate Internet Design

Project Leader
Chip Elliot
BBN



Chair
GENI Science Council (GSC)

- GENIに対する研究教育コミュニティの声を代表 (15名, Chair Scott Shenker @ UC Berkeley)
- 研究プランの策定

Computing Community Consortium (CCC)

•コミュニティの形成

•CRA (Computing Research Association) 受託

Project Director
GENI Project Office (GPO)

- GENIプロジェクトの運営事務局
- BBN Technologies 受託 (2007-5-21)

→ 関連 Event: March 10, 2007
Internet2 – NRL Merger Statement (2nd trial)

INFOCOM 2007 PANELS May 6-12, 2007

Panel 1: Clean-slate designs for a future Internet

Moderator: Darleen Fisher, National Science Foundation

Panelists:

Darleen Fisher, National Science Foundation, USA

David Clark, MIT, USA

Tomonori Aoyama, Keio University/NICT, Japan

Chong Kwon Kim, Seoul National University, Korea

Petri Mahonen, RWTH Aachen University, Germany

Future Internet Forum (Korea) <http://anf.ne.kr/fif>

Prof. Yanghee Choi, Seoul National University



3年間で5億円程度の予算を獲得

Future Internet そのものの研究開発というよりは、

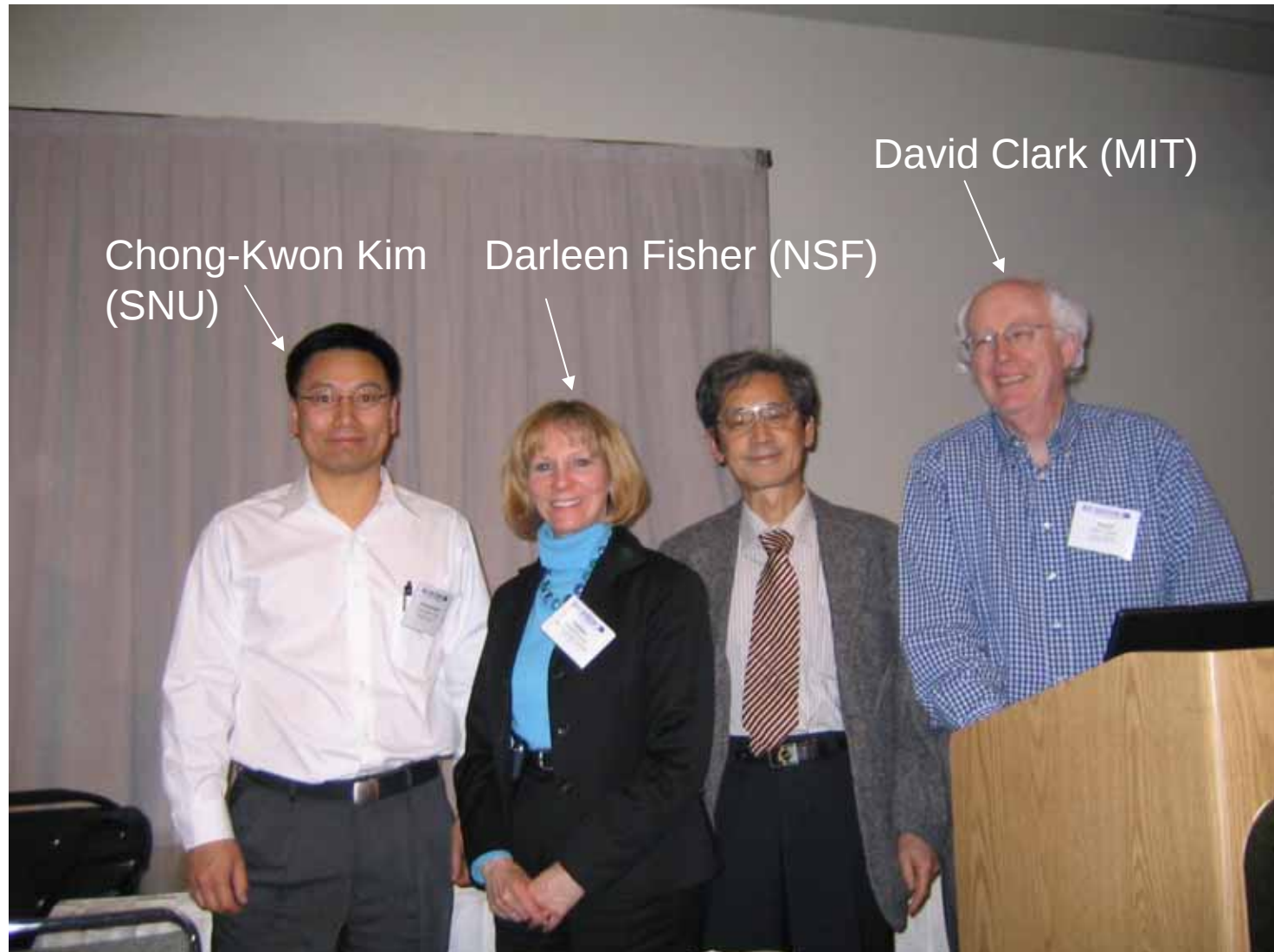
Future Internet 実現のためにどんな研究をするべきかを見極める研究。

Future Internet Workshop

July 9-10, 2007 @SNU

日本からのスピーカー: 中尾@東大、山田@NII、平原@NICT

Clean-slate Designs for a Future Internet



INFOCOM2007@Anchorage Opening Panel



Sample International Programs

- ❑ EU: EIFFEL and FIRE
 - ❑ Japan: New Generation Network (NGN)
 - ❑ Korea: Future Internet related activities
 - ❑ US National Science Foundation (NSF): Future Internet Design (FIND)
- 

Darleen Fisher (NSF) の講演スライドより

「新世代ネットワークワークショップ」by AKARI プロジェクト

日時 2007年6月11日(月) 9:30～18:00(18:15～懇親会)
場所 情報通信研究機構 小金井本部 4号館2階 大会議室

プログラム

9:30 開会
開会挨拶 久保田文人 (NICT 新世代ネットワーク研究センター長)

参加者 141名 (招待)

9:30-11:30 午前の部 「新世代ネットワークへの道筋を照らす」

座長 青山友紀(NICTプログラムディレクター/慶應大)
平原 正樹 (NICT)
長谷川 亨 (KDDI研)
佐藤 健一 (名大)
中嶋 信生 (電通大)
市川 晴久 (NTT)
全体ディスカッション - 上記講演者
+ 太田(東工大)、村田(阪大)、寺岡(慶應)、森川(東大)



11:30-13:00 昼食

13:00-18:00 午後の部 「新世代ネットワーク百家争鳴」

座長 原井洋明 (NICT)
原井 洋明 (NICT)
荒木 壮一郎 (NEC)
石田 修 (NTT)
西村 信治 (日立)
工藤 知宏 (AIST)
山岡 克式 (東工大)
浅見 徹 (東大)
村田 正幸 (阪大)
他一名を予定

15:15-15:45 (休憩)

ワークショップ参加状況

15:45-17:45 座長 井上真杉 (NICT)

井上 真杉 (NICT)
三膳 孝通 (IIJ)
窪田 歩 (KDDI研)
南 正輝 (芝浦工大)
横田 英俊 (KDDI研)
佐藤 一郎 (NII)
原田 博司 (NICT)
平原 正樹 (NICT)

17:45 閉会挨拶 久保田文人 (NICT)

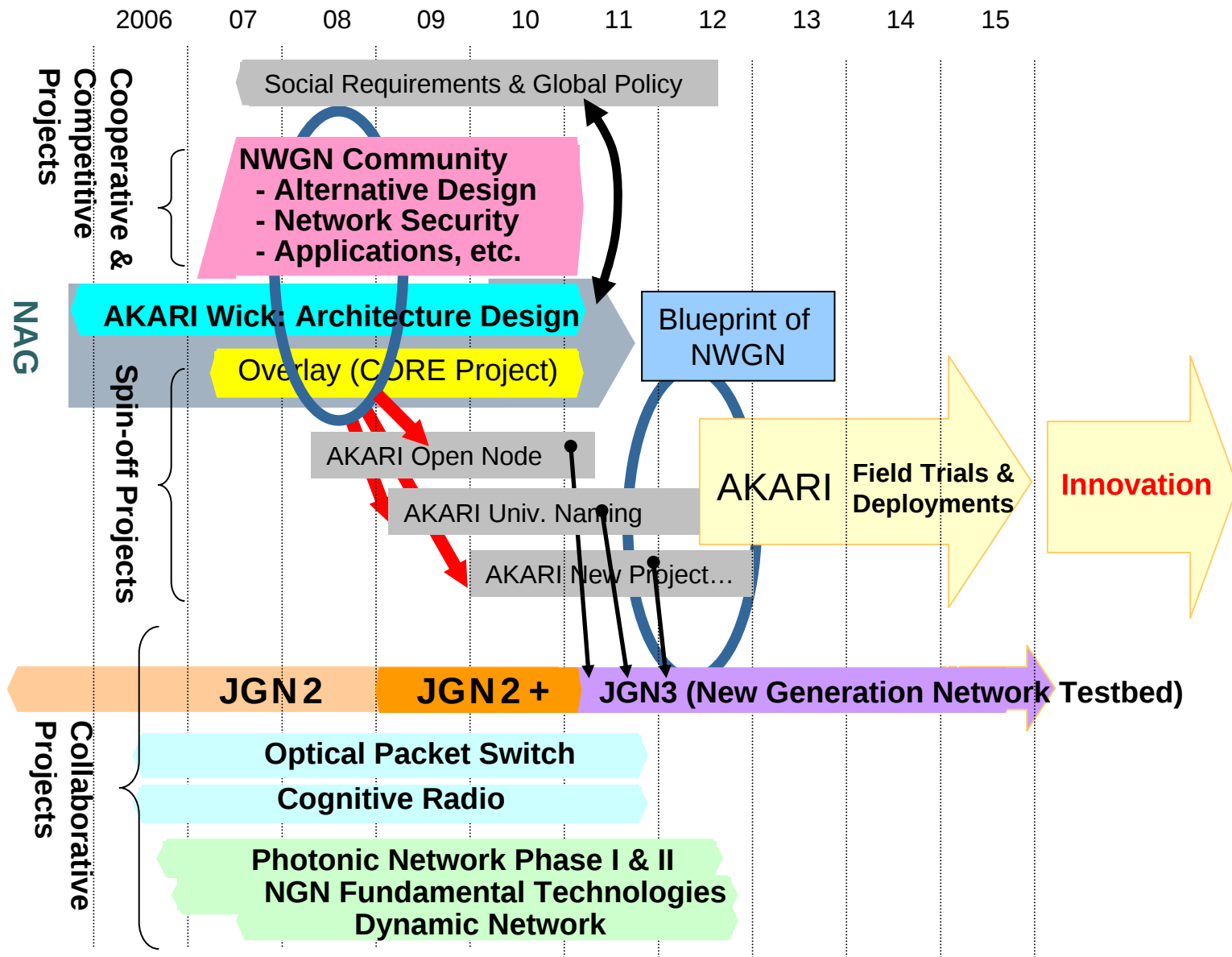
閉会

18:15-20:00 懇親会

新世代ネットワークの研究推進における要点

- 新世代(Clean Slate)的発想の大切さ:
呪縛集 (エンドツーエンド原理、キャリアのあり方など)
- NWアーキテクチャ研究の重要性:
予測困難な将来、共通性の発見と単純化、透明性、KISS定義
- グランドデザインの必要性:
多様性(パケット/パス、光/無線)、社会要求(エコ、らしさ)
- All Japanの取り組みの必要性:
AKARIへの期待
- 世界の新世代NW研究との連携:
GENI/FIND/EU/KR
- 新世代NWテストベッドの重要性:
インターネットの例, ワイヤレステストベッド

New AKARI Project's NWGN R&D Plan

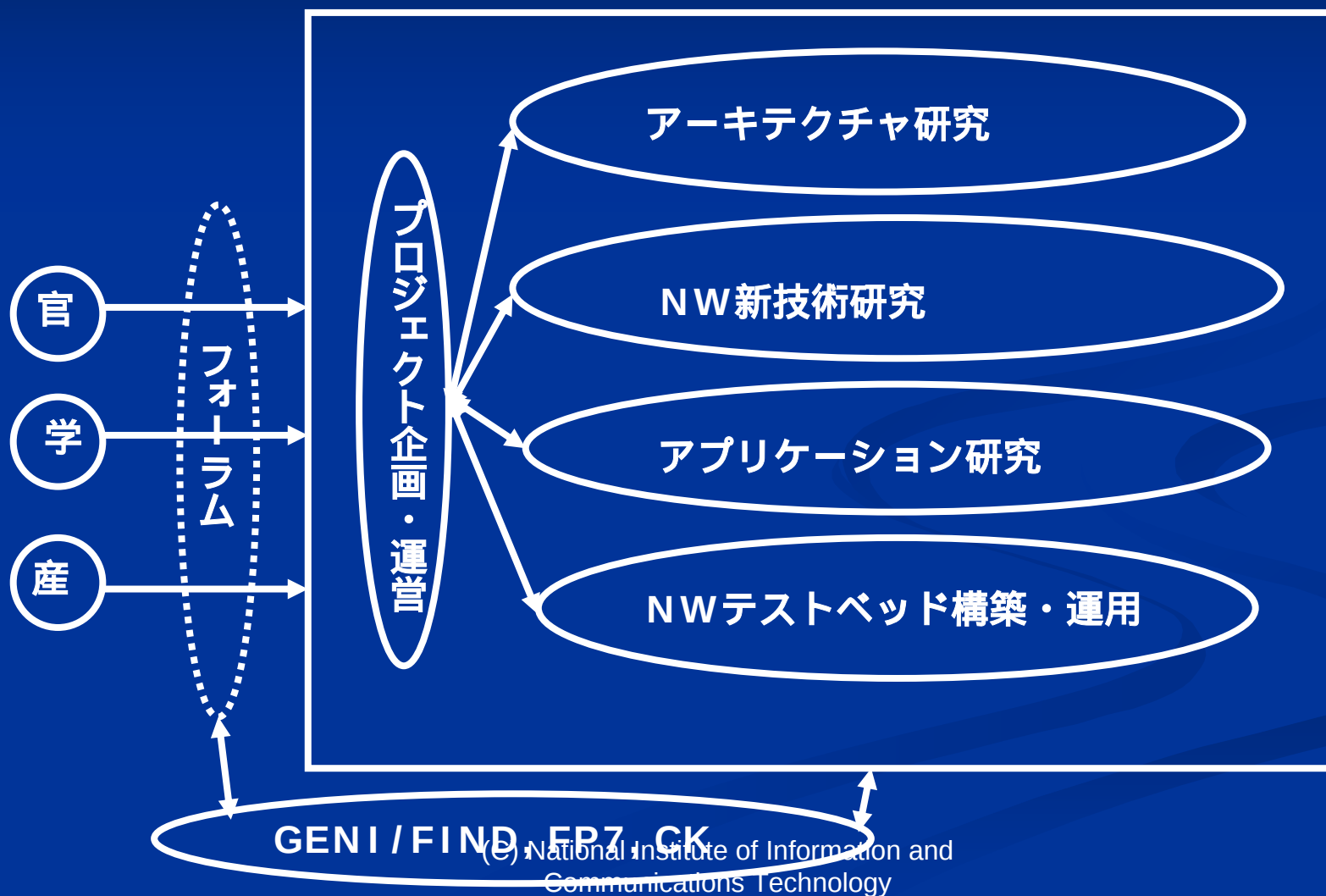


米国の現在のICT産業の興隆はインターネットにある

- ・ 新しいパラダイムのネットワーク研究へDARPAそしてNSFは長期にわたり研究費を支援し、学術ネットワークを提供
ARPANET NSFNET 商用インターネット
- ・ その新しいネットワークを用いて多くの大学の研究者が研究に参画し、インターネット技術を開発
- ・ ARPANET / NSFNETから商用インターネットがスタートし
その中からCISCO, Yahoo、Google、Amazonなどのベンチャーが発足し、マーケットを支配する優良企業に成長
- ・ インターネットの標準化もインターネットコミュニティで推進

新世代ネットワーク全体を包含する国家プロジェクトの提案

プロジェクト HAKOBUNE (案)



(C) National Institute of Information and Communications Technology

HAJOBUNE プロジェクト

HAJOBUNE プロジェクトはノアの箱舟のように世界に存在するあらゆるユーザや情報を収容し、2020年代に到来するであろう脱情報化社会の幕開けにそれらを羽ばたかせる役割を担うものである

- * 本名称は色々なところで使用されており、登録の可能性もあるので正式名称は要検討

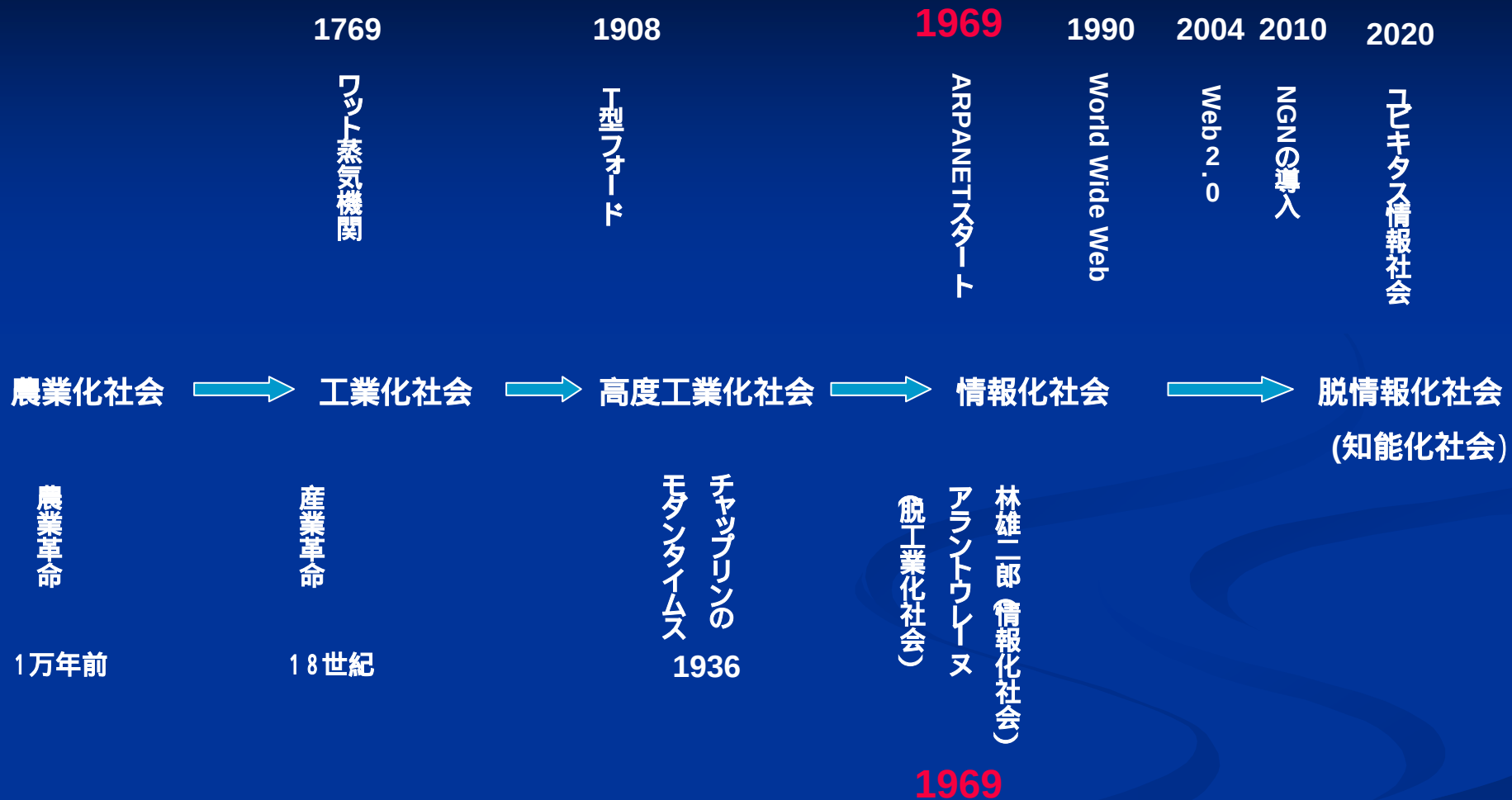


図. 脱情報化社会に向けた人類社会の発展

Thank you !