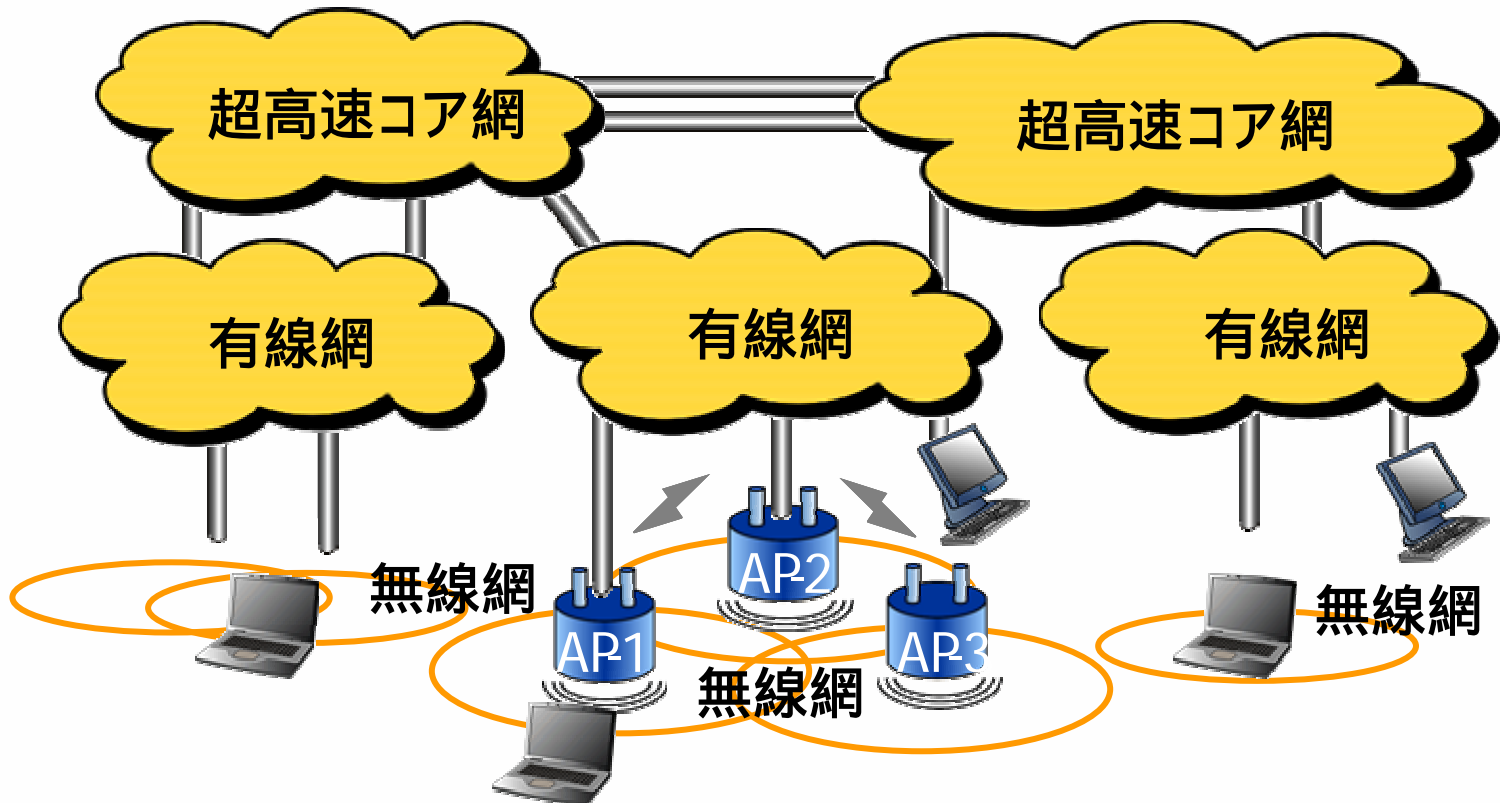


# 北九州JGNIIリサーチセンターにおける研究開発 ～アクセス系ネットワーク技術～

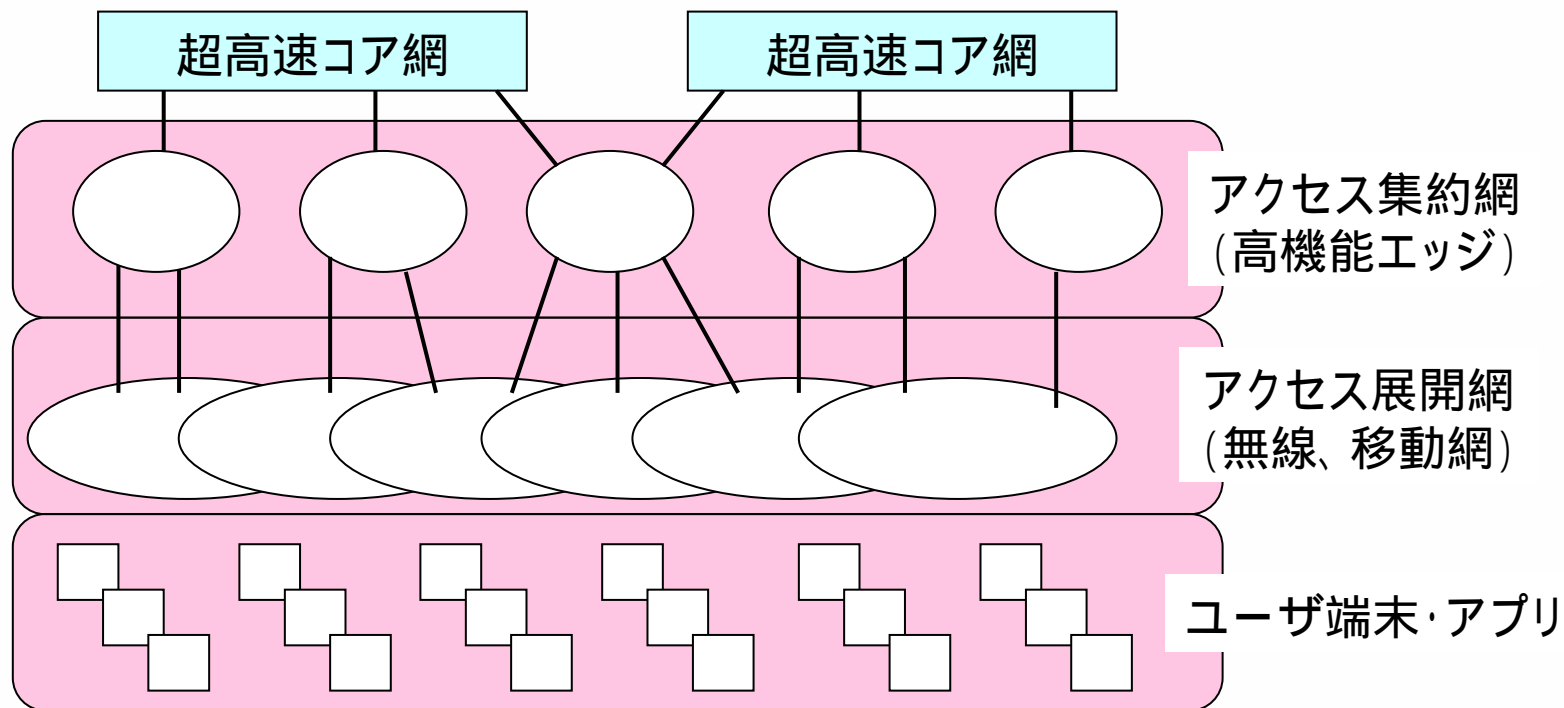
九州工業大学/NICT北九州JGN リサーチセンター  
鶴 正人  
tsuru@kyushu.jgn2.jp

## ●高品質な次世代インターネットの実現

- 超高速なコア網と多様なアクセス網(無線網・モバイル網を含む)上を多様な特性を持つトラフィックが横断する状況で、
- 多様なネットワーク資源を公平かつ効率よく共有しつつ、
- いつでもどこでも適切な品質のエンドツーエンド通信を実現。



- 共有資源の競合を効率よく時間的・空間的に回避
  - 利用のランダム性に任せる 高品質を維持できない
  - 厳密な予約・過剰設備 コスト効率が悪い
  - ネットワーク状態と通信品質要求を把握(計測・推定)した緩やかな適応的制御が重要
- ネットワークと端末の効果的な役割分担・連携
  - ネットワーク側で資源割り当てを最適化
    - 資源状態に即時的、ユーザ間の資源分配、空間的な資源競合回避
  - 端末(エンドツーエンド)側で資源利用を最適化
    - ユーザ要求・状態に即時的、トラフィック発生の予測・スケジュール、時間的な資源競合回避
  - 多階層のネットワーク構造
    - 高機能エッジルータ, オーバレイ, 3・5層, ルータ支援



- ▶ **アクセス集約網**: 地域で集約したアクセス網間のトラフィックを、超高速コア網を用いて高効率・高品質に交換したい **サブテーマA**
- ▶ **アクセス展開網**: 多種多様な無線網・移動網の資源制約下で高品質な通信を実現したい **サブテーマB**
- ▶ **ユーザ端末・アプリ**: 多様な網を経由する多様な通信のエンドツーエンド通信品質を効率よく公平に実現したい **サブテーマC**

## ●アクセス系ネットワーク技術に関する研究開発

### (A) ネットワーク計測に基づく適応経路制御

トラヒックフロー計測, 経路選択, トラヒック制御

### (B) 品質を考慮したシームレスな資源利用・割当て制御

無線網, マルチホップ無線, モバイル端末, 省電力

### (C) 多様性・可変性に適応するE2E通信制御

End-to-End通信(トランスポート, アプリ), ルータ支援

## ●JGN ネットワークの利用(位置づけ)

- JGN で提供される超高速コア網とそこへ接続される複数の(無線を含む)アクセス網を想定した研究・実験を行う。

## (A) ネットワーク計測に基づく適応経路制御

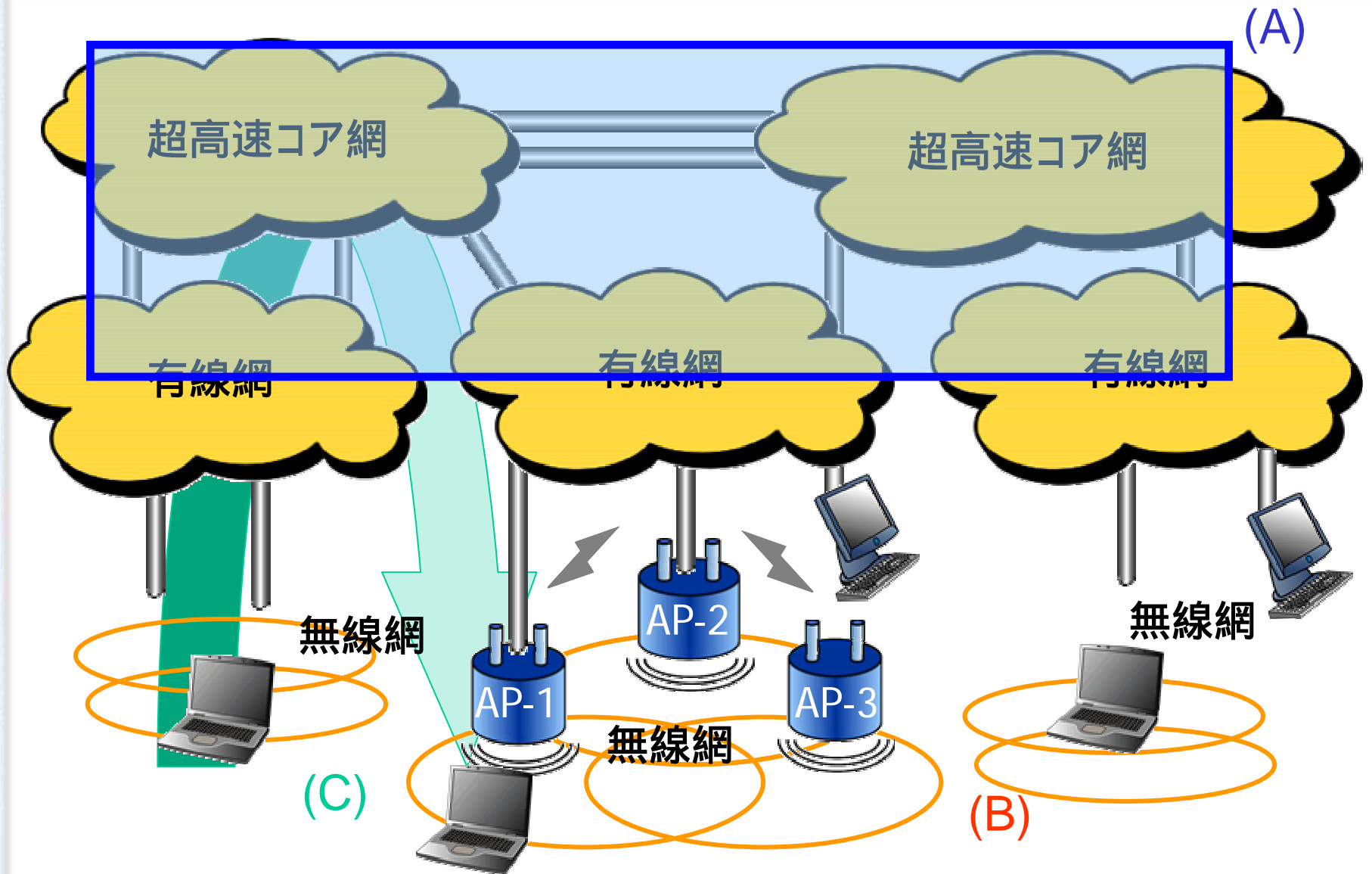
- 拠点研究員1名、特別研究員(九州電力、KDDI研究所、九州工業大学)
- 特記: コア網(GMPLS研究グループ等)との連携

## (B) 品質を考慮したシームレスな資源利用・割当て制御

- 拠点研究員1名、特別研究員(パナソニックモバイルコミュニケーションズ、パナソニックコミュニケーションズ、安川情報システム、東京工業大学、九州工業大学)
- 特記: 無線資源利用・割り当て制御に関する試作実験

## (C) 多様性・可変性に適応するE2E通信制御

- 拠点研究員1名、特別研究員(九州電力、インテック・ウェブ&ゲノムインフォマティクス、九州大学、九州工業大学)
- 特記: 国際共同実験(イリノイ大等)



## ●(A)ネットワーク計測に基づく適応経路制御

超高速コア網上でアクセス網間トラヒックを高効率・高品質に交換

- コア網へ流入 / から流出するフローの特性を高精度・実時間で把握するためのフロー計測・推定手法
- フロー特性を意識してトラヒックを効率的に多重化する手法
- コア網から得られる情報と計測したフロー特性に基づき、コア網を効率よく利用する動的経路選択・トラヒック制御手法

## ●研究開発の進め方

- 当初は各地点でのフロー計測単独でフロー特性を推定する。その後、多地点連携計測による高精度な特性推定を目指す。
- JGN コア網の機能の進展に合わせて、当初は単一ドメイン内で事前に設定されたマルチパスの適応的選択を対象とする。その後、光パス制御機能の利用を含み複数のドメインを跨る場合も考慮した、柔軟な制御を目指す。



## ● フロー計測技術

- 高精度タイムスタンプ(百ナノ秒クラス)を用いた、パケット遅延・パケット間隔計測の有効性評価(実験)
- ギガビットイーサ上での細粒度フロー計測システム(試作)

## ● フロー多重化技術

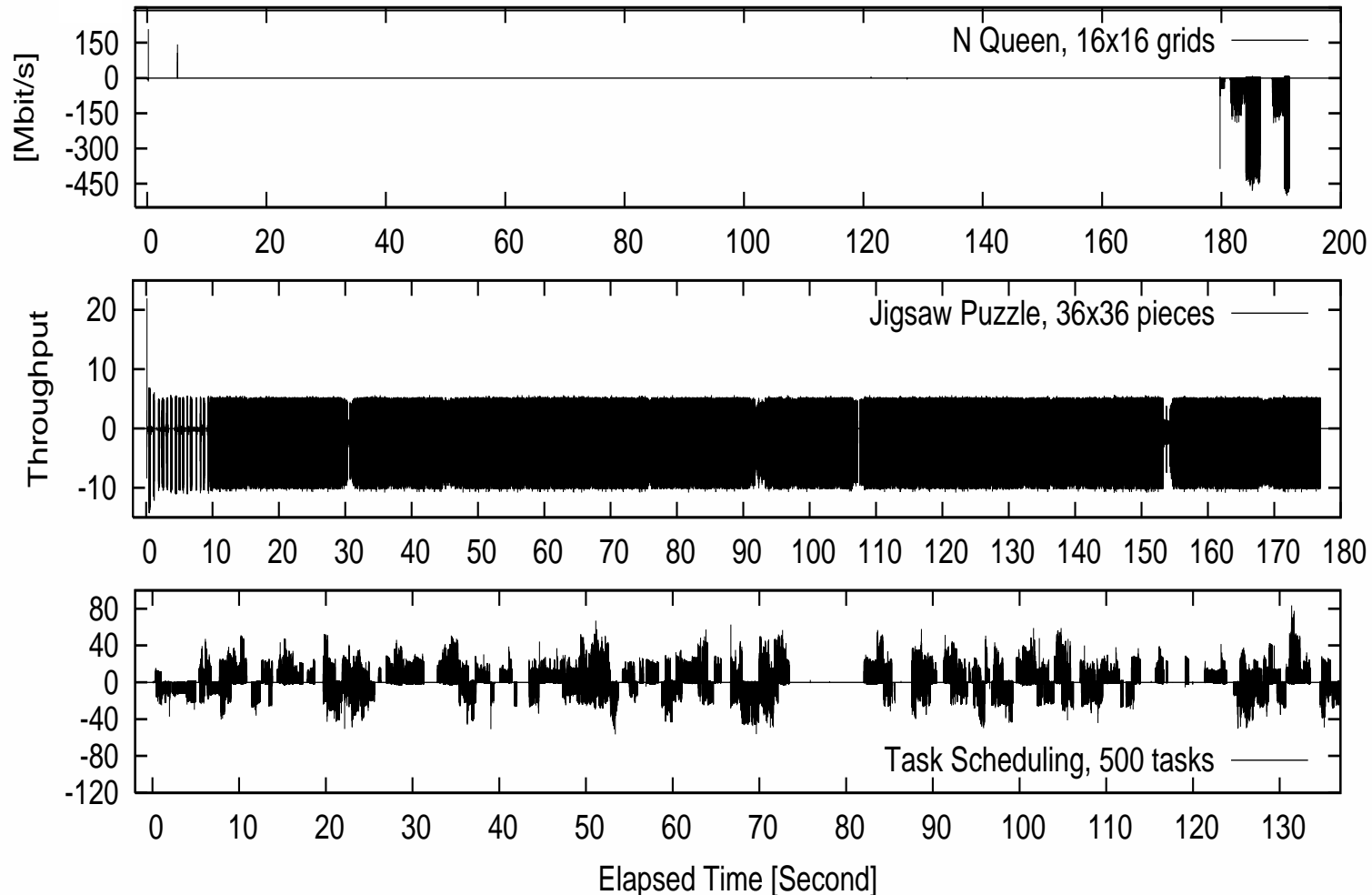
- 分散計算型アプリケーションがネットワークへ与える影響及びネットワーク状態がアプリケーション性能へ与える影響の調査(実験)
- バースト性、継続時間、平均レートなどの特性の異なるフローを多重化した場合の遅延特性の調査(モデルシミュレーション)

## ● 成果発表

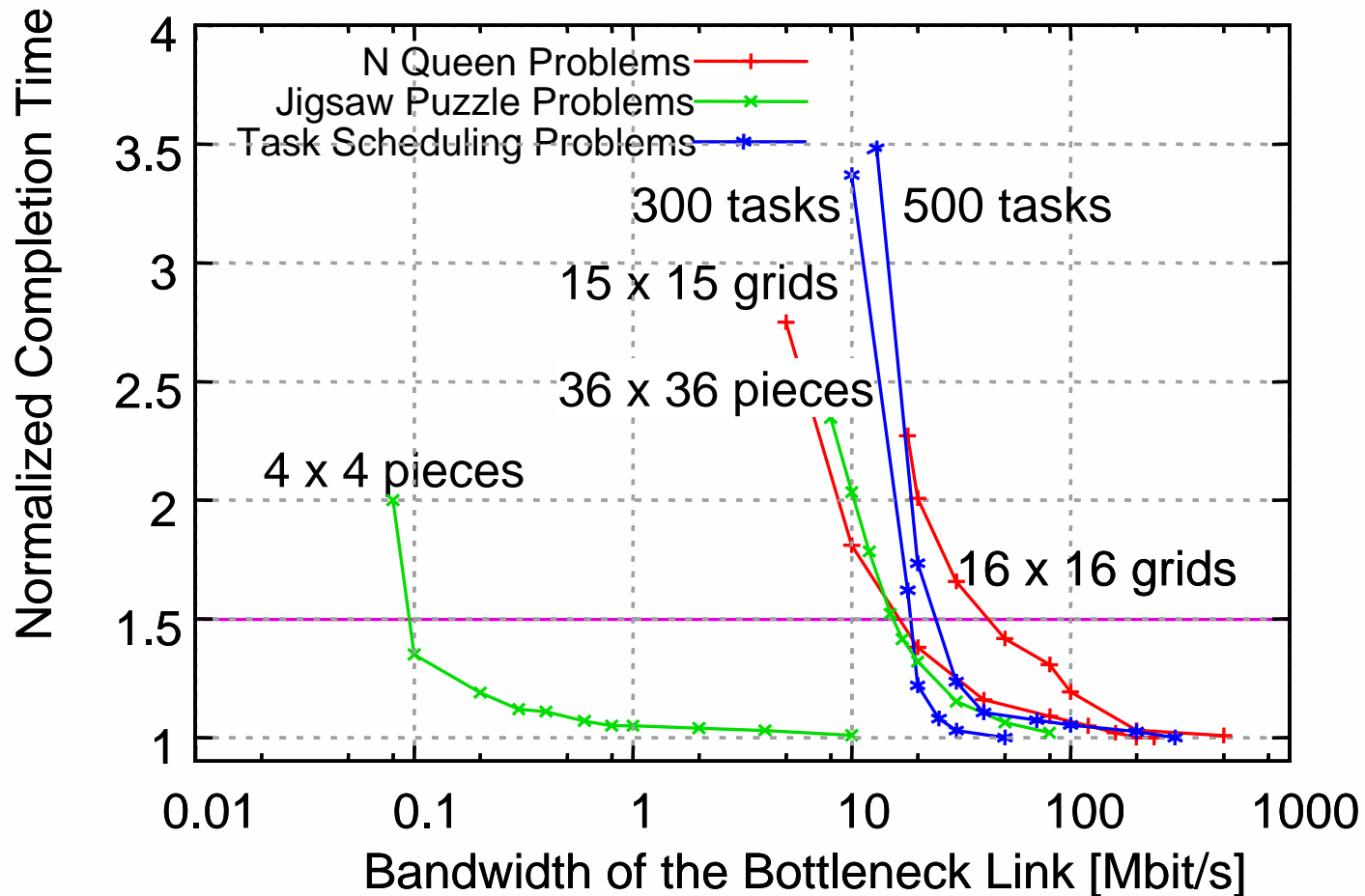
- Usefulness of precise time-stamping for exposing network characteristics on high-speed links, Proc. SPIE ITCOM, Philadelphia, Oct 2004.
- On the Influence of Network Characteristics on Application Performance in the Grid Environment, to be presented at ICN'05, Reunion Island, Apr. 2005.
- その他

## ● アプリケーションのトラフィックパターン

- 開始から完了までのスループットの時間変化(負は逆向きフロー)



- アプリケーション性能とネットワーク条件
  - ボトルネック帯域幅とアプリ性能(完了時間)の関係
  - アプリ毎に効率的な帯域幅が異なる



(A)

超高速コア網

超高速コア網

有線網

有線網

有線網

無線網

無線網

AP-1

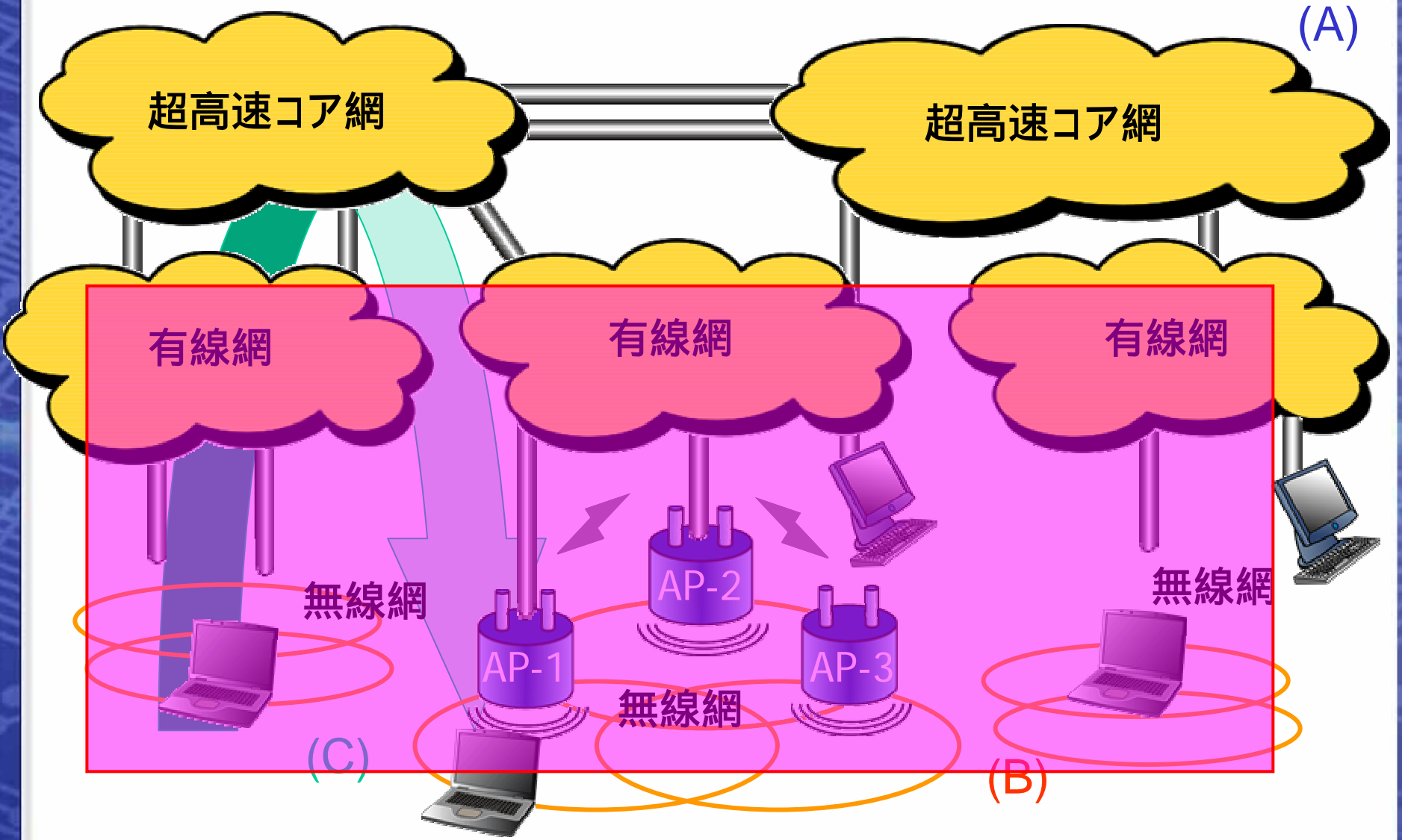
AP-2

AP-3

無線網

(C)

(B)



## ●(B)品質を考慮したシームレスな資源利用・割当制御

多種多様なアクセス網(特に無線網)の資源制約下で高品質通信を実現

- 単一无線モバイル網において複数のアクセスポイント(AP)が存在する場合のAP選択方式
- 複数の無線モバイル網を利用できる場合のE2Eでのアクセス網選択方式.
- 高速マルチホップ無線網における品質を考慮した動的なAP選択・経路制御方式、等々。

## ●研究開発の進め方

- 当初は端末のモビリティが小さいとして個々の無線網での資源利用・割り当て技術を対象とする。その後、高速なモビリティも考慮すると共に、大域的に最適な資源利用・割り当て制御を目指す。

- 単一无線アクセス網での資源利用制御
  - 無線LANにおける複数AP(アクセスポイント)の自律分散的選択手法とその特性分析(シミュレーション)
  - W-CDMA網 インターネット間の実時間通信における品質向上のためのフロー制御手法(シミュレーション)
  - 固定AP間が高速無線LANで結ばれるマルチホップ無線網における経路制御・チャンネル割当の実験環境構築
- 複数異種アクセス網での資源利用制御
  - マルチホーム端末環境におけるアクセス網の効果的な利用切替のためのアソシエーション層手法(シミュレーション、試作)
- 成果発表
  - Receiver-based Flow Control Mechanism with Interlayer Collaboration for Real-Time Communication Quality in W-CDMA Networks, Proc. IFIP TC6 PWC2004, Delft, Netherlands, Sep 2004.
  - Decentralized Access Point Selection Architecture for Wireless LANs: Deployability and Robustness, Proc. IEEE VTC2004-fall, Los Angeles, Sep 2004.
  - その他

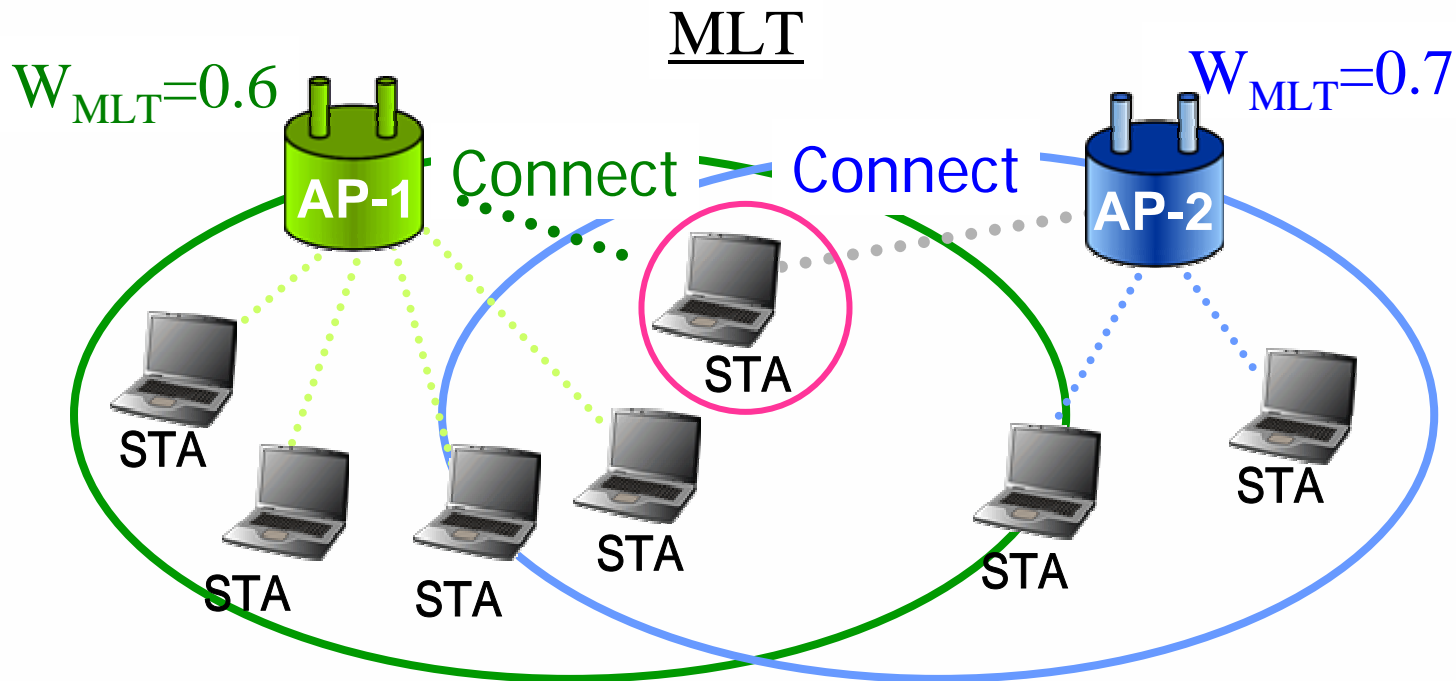
## ● 無線LANアクセスポイント(AP)の自律分散的選択[手法]

- 従来方式: 受信電波強度のみでAPを選択
- MLT (Maximizing Local Throughput)方式
- 端末は達成可能なスループットをAP毎に計算

$$W_{MLT} = \frac{1 - P}{N}$$

$P$  : Packet Error Rate (signal strength)  
 $N$  : # of STAs (management frames)

- 端末は  $W_{MLT}$  が最も高いAPを選択



## ● 無線LAN AP自律分散的選択[シミュレーションモデル]

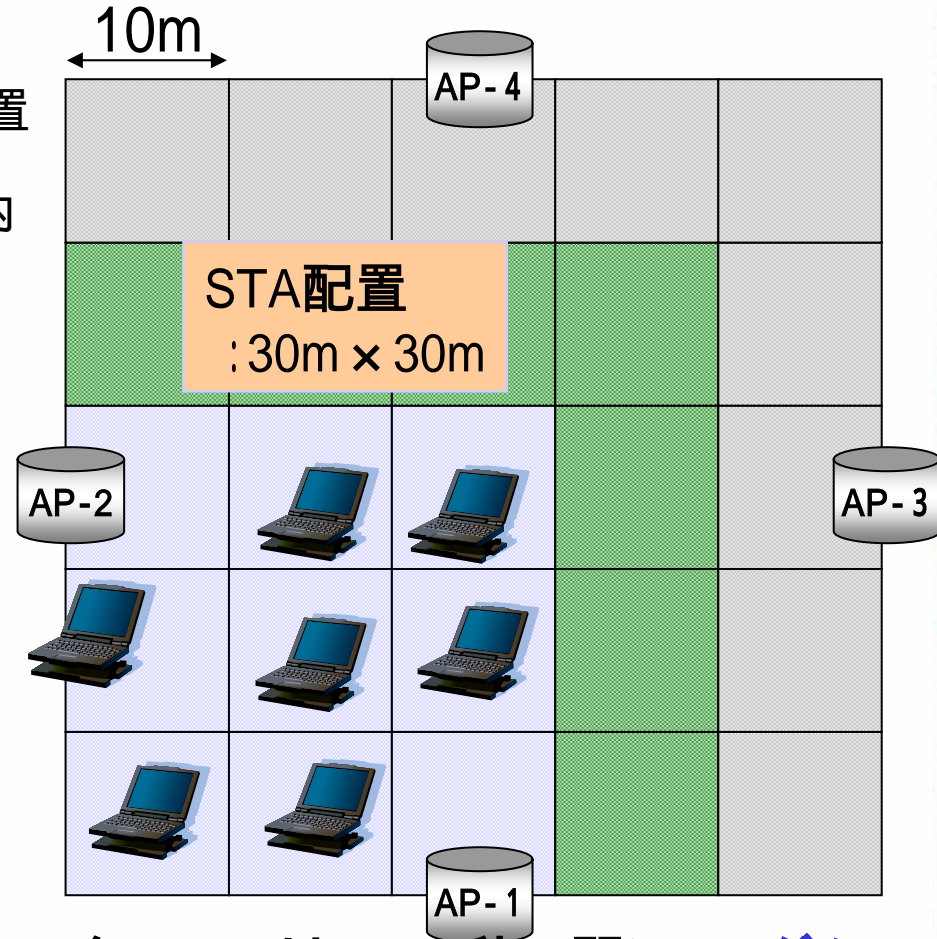
[AP] : 50m × 50mの部屋の壁際中央に設置

[STA] : 100パターン、30m × 30mのエリア内にランダムに設置



STAを特定の範囲に配置することで、各AP間の接続STA数は偏りやすくなる

[MLTの接続] : それ以前に配置されたSTAに依存したAP選択を行うため、ランダムな1000通りの接続順序を実行

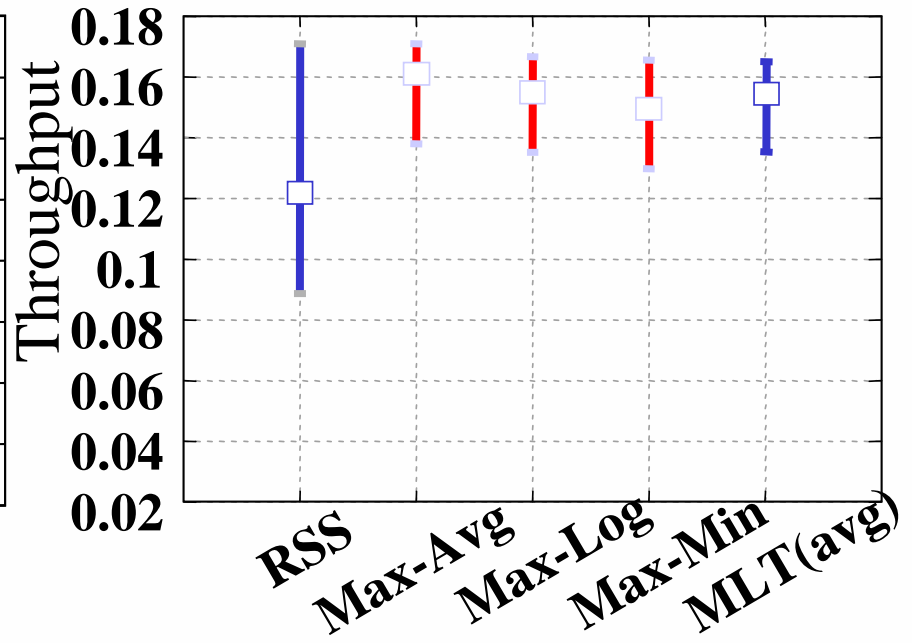
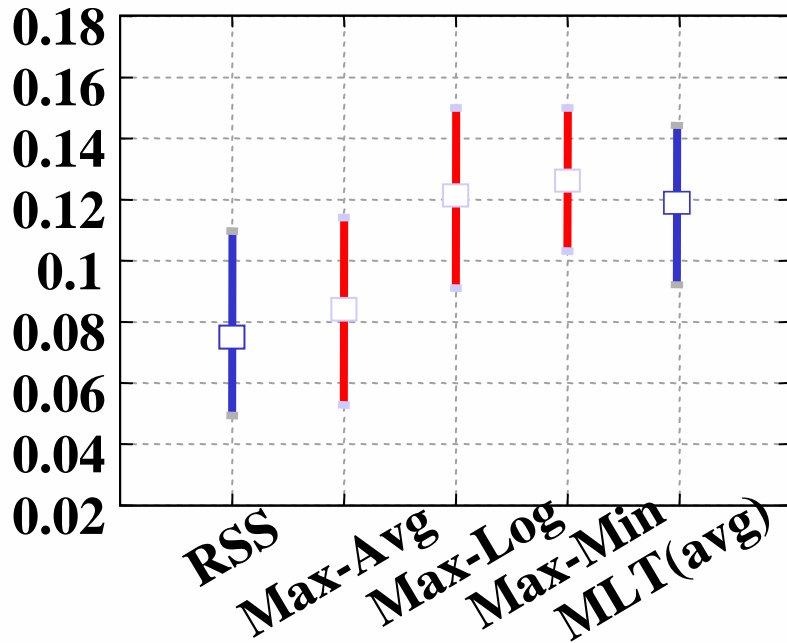


- ✓ 40台のSTAは0 ~ 10秒の間にランダムに配置され、その時にAPを選択
- ✓ その後1度だけAP再選択可能



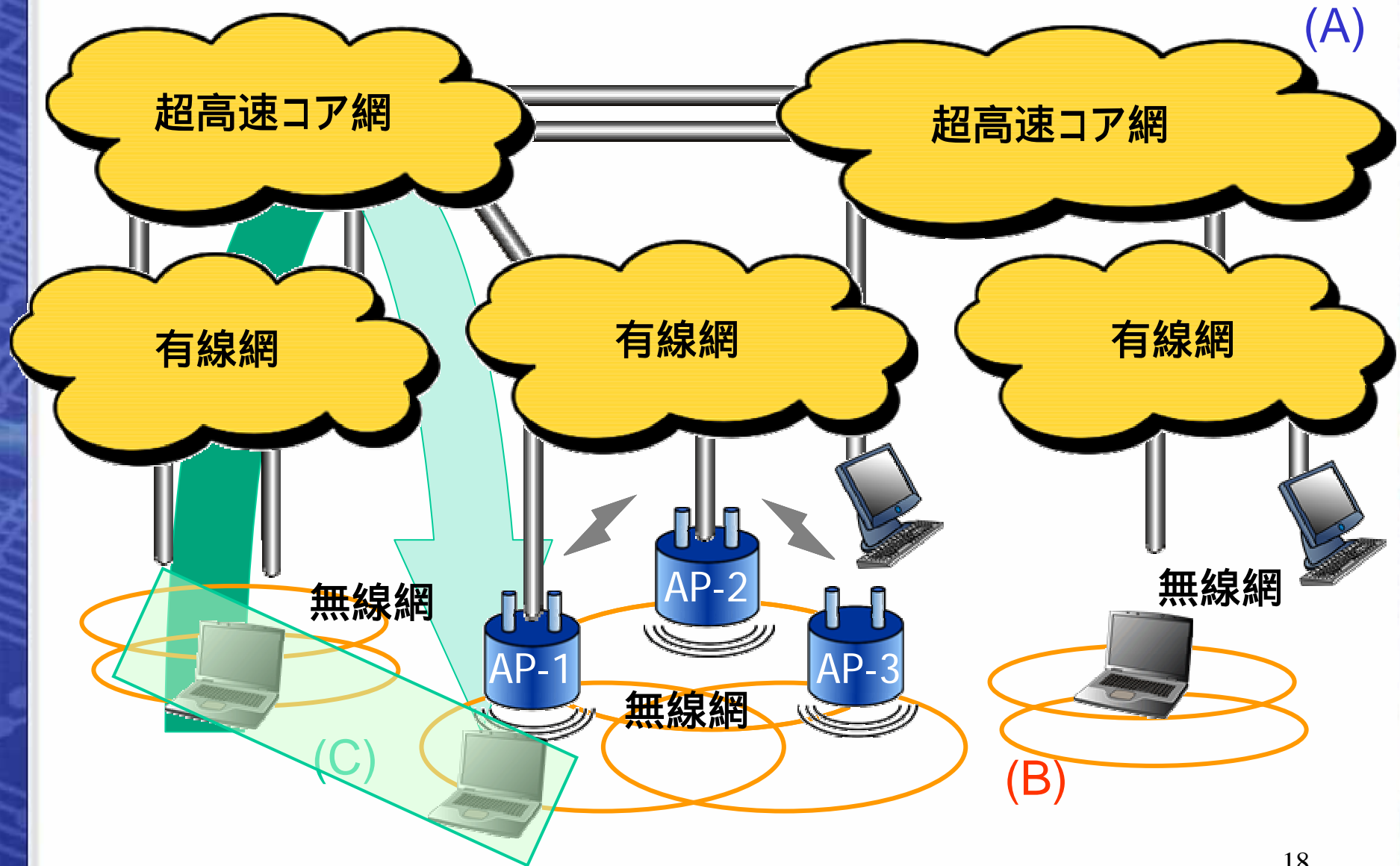
## 無線LAN AP自律分散的選択[シミュレーション結果]

諸基準でのスループット分配に関する最適なAP割当での性能と比較  
 Max-Avg(総和最大化), Max-Log(対数和最大化), Max-Min(最小値最大化)



- MLT (最小スループット特性)
  - Max-Min (最適値) に迫る
  - Max-Log と近い
  - Max-Avg よりも良い(高い)

- MLT (平均スループット特性)
  - Max-Minよりも良い(高い)
  - Max-Log と近い
  - Max-Avg (最適値) に迫る



## ●(C)多様性・可変性に適応するE2E通信制御

多様な網を経由する多様なE2E通信のE2E品質を効率よく公平に実現

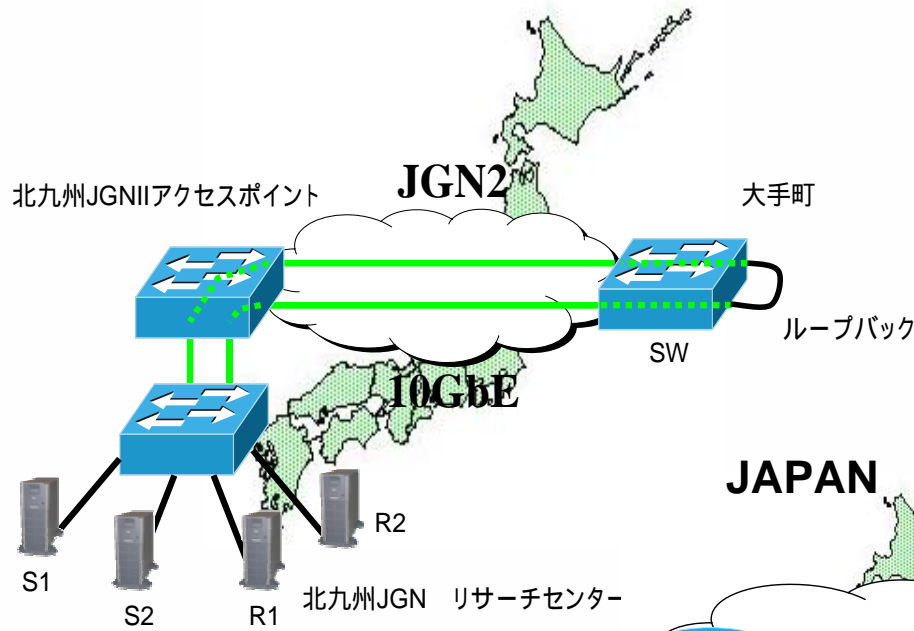
- 高遅延帯域幅環境に適応する高速・高信頼で公平なデータ転送方式
- モビリティやマルチホップ無線アクセス網に適応する柔軟で高効率なマルチメディア通信方式
- 多様な網を経由する多様なE2E通信が混在する状況での、通信品質と資源利用効率を考慮した制御手法。

## ●研究開発の進め方

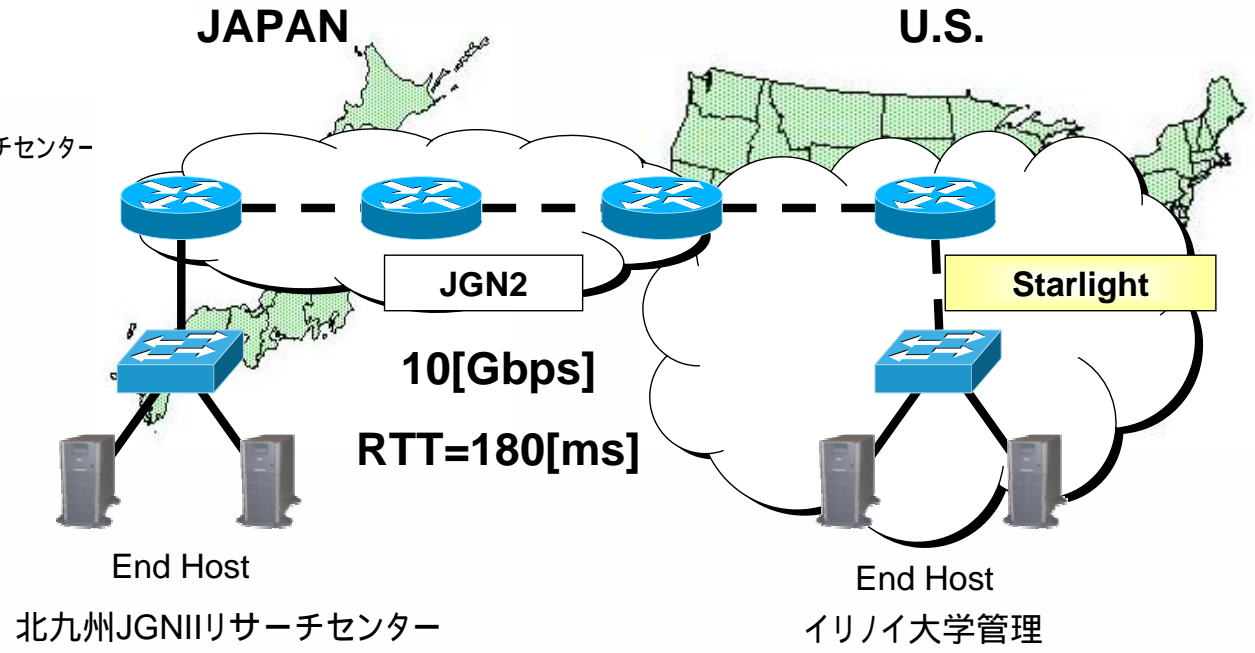
- 当初は個別の網環境に適応できるE2E通信制御を対象とする。その後、多様な網を経由する多様なE2E通信の混在にも適応するため、端末とアクセス網における制御の役割分担を検討し、緩やかな連携を目指す。

- **高遅延帯域幅環境でのデータ転送技術**
  - 高速トランスポートプロトコルの変動する環境及び異種フローの混在環境での特性調査 (JGNII、JGNII国際回線を用いた実験)
  - 超高速ネットワーク(10Gbps)を用いる実験環境構築
- **ルータ支援によるパケット制御技術**
  - 実時間通信フローの競合時の遅延特性の改善のための早期パケット廃棄手法(シミュレーション)
- **成果発表**
  - Transport Protocols for Fast Long-Distance Networks : Evaluation of Their Penetration and Robustness on JGNII, to be presented at Proc. PFLDNet 2005, Lyon, Feb 2005.
  - その他

## ● JGNIIを用いた高速データ通信実験



- ✓ 様々な高速データ転送向けトランスポートプロトコルのスループット特性を調査
- ✓ 異種フロー混在時の特性
- ✓ 経路切替え等の網状態変化時の特性
- ✓ 受信側OSによる差異、など



## ● JGNII直轄研究の中の位置づけ

### ● アクセス系ネットワーク技術に関する研究開発

- 超高速コア網を効率的に利用し、
- アクセス網資源を効率的に利用・割当て、
- ユーザ(アプリケーション)に、いつでもどこでも適切なエンドツーエンド通信を提供する技術
- 究極の目標: ネットワーク(コア網、アクセス集約網、アクセス拡張網)と端末(トランスポート、アプリ)の役割分担と緩やかな連携

#### (A) ネットワーク計測に基づく適応経路制御

トラフィックフロー計測, 経路選択, トラフィック制御

#### (B) 品質を考慮したシームレスな資源利用・割当て制御

無線網, マルチホップ無線, モバイル端末, 省電力

#### (C) 多様性・可変性に適応するE2E通信制御

End-to-End通信(トランスポート, アプリ), ルータ支援

## ● 産学官連携による研究開発体制

### ● 3名の拠点研究員

### ● 多数の特別研究員

- 九州:九州電力、パナソニックコミュニケーションズ、安川情報システム
- 全国:パナソニックモバイルコミュニケーションズ、インテック・ウェブ&ゲノムインフォマティクス、KDDI研究所
- 大学:九州大学、東京工業大学、九州工業大学

### ● 北九州IT研究開発支援センター(同じフロア)とも連携し、九州地区のJGNII活動の中核

