

平成24年度研究開発成果概要書
新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発(149ウ07)
課題ウ 新世代ネットワークアプリケーションの研究開発
副題 パレート最適ネットワーク実現のための
ユーザ・資源管理アプリケーション

(1) 研究開発の目的

我が国が ICT 分野で世界をリードするためには、新世代ネットワークに資する基本技術のコンセプトを早急に固め、(有線・無線統合)ユニファイドネットワークテストベッドで実証していく必要がある。ユニファイドネットワークへのアクセス網は主に無線になることは疑いようのないことである。

近年、利用可能な物理資源が多様化、特に無線アクセス方式が多様化している。複数の無線方式を利用可能な端末も普及しつつあり、ユーザは利用形態に合わせて通信方式・サービスを選ぶようになってきている。また、ユーザが使用するアプリケーションやその使い方も多様化している。移動しながらもシンクライアントで仕事をする必要がある多忙なビジネスマンは、常に高速かつシームレスな通信を要求する上、日常的に小型端末を利用して Twitter などのソーシャルサービスを利用するため、通信に省電力性を求める。しかしながら、個々のユーザが自分の判断で利用する網資源を選択すると、特定の網資源のみが過負荷になり、ユーザの要求を満足できなくなり、その一方で別の網資源は活用されない、すなわち網資源が効率的に利用されないことが起こりうる。今後、ユーザ数が増加すると、限られた網資源を効率よく使用していくことが求められ、その一方で、多様化するユーザの要求条件を満たすために適した網資源をユーザが利用するよう促す仕組みが必要になると考えられる。

そこで我々は、新世代ネットワークでは、多様化する網資源を上手く組み合わせ、ユーザの多様化する要求条件(例えば、省電力、通信の速度・持続性、多様なモビリティ)を満足するよう、ユーザ間での資源競合を解決しながら、網資源・サービスを適切に構成し、ユーザが利用しやすい形で提供する仕組みが必要になる、と考えた。このとき、ユーザにとってはエンド間通信のサービス品質が重要であることから、コグニティブ技術の議論を無線ネットワーク部分に閉じることはできず、バックボーンに相当する有線ネットワーク部分も含めたエンド・ツー・エンドでの通信資源を考慮する必要がある。

このような背景から、我々は、平成22年度、エンド・ツー・エンドでの通信資源を考慮したコグニティブ技術の開発を目指し、Prof.

Dipankar Raychaudhuri (WINLAB、Rutgers University)、Prof. Dilip Sarkar (Univ. of Miami) と連携し、情報通信研究機構公募研究「新世代ネットワーク技術戦略の実現に向けた萌芽的研究：無線・有線コグニティブ環境におけるユーザを主体としたネットワーク制御」(以下、萌芽研究)に関する研究開発に取り組み、現在も、共同で研究を進めている。この課題を遂行する過程において、我々は、新世代ネットワークでは、ユーザの多様化する要求条件を満足させつつ、しかも網資源が効率的に利用されていることが望ましい、と考える。そこで、ミクロ経済学の考え方を導入し、「ユーザ、網が自身の効用(満足)の最大化を図ろうとする系において、資源が一切の無駄なく効率的に割り当てられているネットワーク」をパレート最適ネットワークと定義し、これを実現することを目的とする。これを実現するためには、網は利用可能な網資源・サービスを認識するとともに(網資源認識、Cognize)、認識した網資源・サービスを組み合わせユーザが利用しやすいように形成し(網資源形成、Coordination)、かつユーザ間での資源競合を解決しながら、網資源・サービスを無駄なく適切に割り当てる(網資源割当、Cooperation)ための仕組み、すなわちネットワークアーキテクチャを構築する必要がある。このネットワークアーキテクチャのコンセプト(詳細は後述)をC3E2(Cognition、Coordination and Cooperation for Economically Efficient resource-usage)と呼び、既にその要素技術の開発を行ってきた。

我々は、萌芽研究にて、すでに基礎的な成果を出している。本研究は、この活動を拡大して引き継ぐものでもあり、C3E2アーキテクチャを実現するための要素技術を確立し、さらには実証実験によりその実現性を検証することを目指すものである。

(2) 研究開発期間

平成23年度から平成24年度(2年間)

(3) 委託先

国立大学法人神戸大学<幹事者>、国立大学法人大阪大学、国立大学法人京都大学、学校法人朝日大学、国立大学法人お茶の水大学、日本電気株式会社

(4) 研究開発予算(百万円単位切上げ)

平成23年度 42(契約金額)

平成24年度 35(")

(5) 研究開発課題と担当

課題ウ-7:パレート最適ネットワーク実現のためのユーザ・資源管理アプリケーション

・課題ウ-7-1 Cognition技術

課題ウ-7-1-1 高機能かつ消費電力を考慮したエンド間パス構成技術 (大阪大)

課題ウ-7-1-2 資源利用状況に応じたモバイルアクセス制御技術 (お茶大)

・課題ウ-7-2 Coordination & Cooperation 技術

課題ウ-7-2-1 自己組織的協調による資源ネットワーク形成技術 (京都大)

課題ウ-7-2-2 経済原理を用いたユーザ行動モデリング (朝日大)

課題ウ-7-2-3 効用に基づくユーザ誘導のメカニズム (NEC)

課題ウ-7-2-4 効用に基づくユーザ誘導の分散制御技術 (神戸大)

・課題ウ-7-3 実証実験

課題ウ-7-3-1 C3E2 アーキテクチャの実装 (NEC)

課題ウ-7-3-2 C3E2 アーキテクチャの実験 (お茶大)

(6) これまで得られた研究開発成果

		(累計) 件	(当該年度) 件
特許出願	国内出願	1	0
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	4	4
	その他研究発表	84	45
	プレスリリース	1	0
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

その他, 表彰等特記事項 7 件

具体的な成果

- (1) T. Kakehi, R. Shinkuma, T. Murase, G. Motoyoshi, K. Yamori, and T. Takahashi, "Route Instruction Mechanism for Mobile Users Leveraging Distributed Wireless Resources," IEICE Trans. on Commun., vol. E95-B, no. 6, pp.1965-1973, Jun 2012.
- (2) Masafumi Hashimoto, Go Hasegawa, and Masayuki Murata, "Exploiting SCTP multi-streaming to reduce energy consumption of multiple TCP flows over a WLAN," Proc. of The Second International Conference on Green Communications and Networking (GreeNETs 2012), Oct. 2012.
- (3) 岩見隆広, 稲元勉, 高木由美, 矢守恭子, 太田能, 玉置久, "無線アクセス網におけるユーザ効用に基づく分散型ユーザ帰属制御の性能評価," 電子情報通信学会技術研究報告, ネットワークシステム研究会, vol.112, no.350, pp.103-108, 2012年12月.

(7) 研究開発イメージ図

別紙参照のこと。

「新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発 課題ウ 新世代ネットワークアプリケーションの研究開発 [副題]パレート最適ネットワーク実現のためのユーザ・資源管理アプリケーション」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆ 実施機関 神戸大学(幹事者)、大阪大学、京都大学、朝日大学、NEC、お茶の水大学
- ◆ 研究開発期間 平成23年度から平成24年度(2年間)
- ◆ 研究開発費 総額 77 百万円(平成23年度 42 百万円)

2. 研究開発の目標

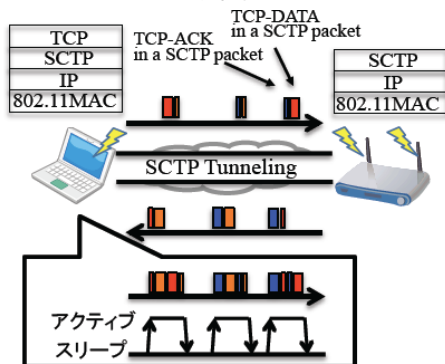
C3E2(Cognition, Coordination, and Cooperation for Economically Efficient resource usage)コンセプトにもとづくユーザ・資源管理アプリケーションにより、多数のユーザ、NWが自身の満足度を最大化しようとしてなお、資源が無駄なく効率的に割り当てられるネットワーク(=『パレート最適ネットワーク』)を実現できることを実証する。

3. 研究開発の成果

① Cognition 技術

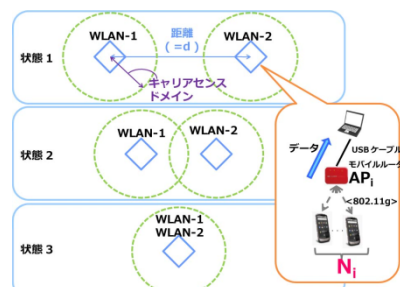
1. 高機能かつ消費電力を考慮したエンド間パス構成技術(阪大)

- トランスポート層プロトコルの挙動によって実現する、省電力データ伝送手法の提案
- エンド間パスの複数箇所の同時帯域計測手法の基礎検討



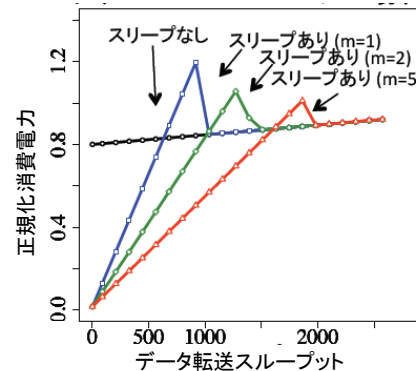
2. 資源利用状況に応じたモバイルアクセス制御技術(お茶大)

- モバイルルータ同士の通信エリアが重なる干渉について解析し、通信性能に影響を及ぼす振舞を解明
- 各ノードが周囲の通信状況を把握する方法について検討を行い、さらにその情報に基づいて上位層により通信制御を行う手法を確立



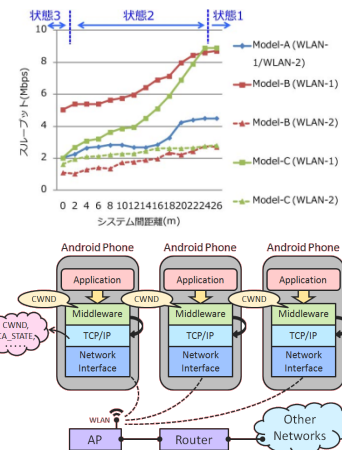
1. 高機能かつ消費電力を考慮したエンド間パス構成技術(阪大)

- 小電力データ転送方式について複数コネクシオン存在時でも高い省電力効果が得られることを確認
- エンド間帯域推定手法として高い精度で計測可能であることを確認

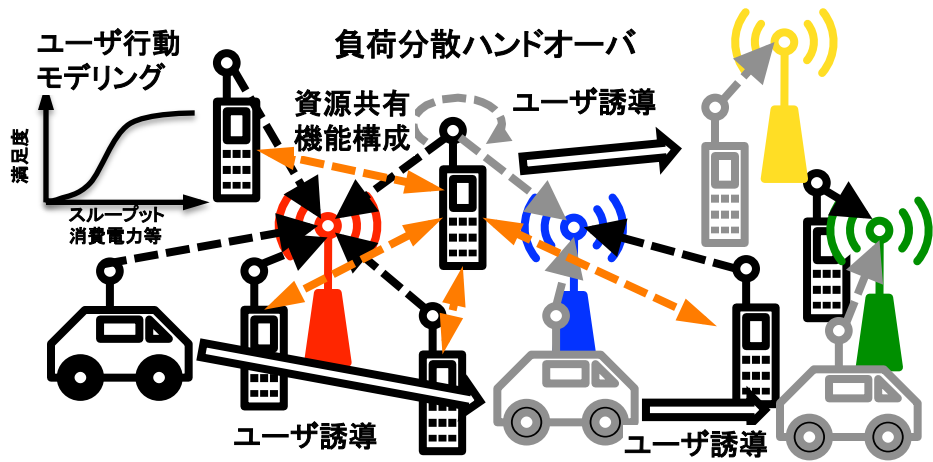


2. 資源利用状況に応じたモバイルアクセス制御技術(お茶大)

- モバイルルータ間の各干渉状態における振舞を解明
- 周囲の状況に基づき通信制御を行うミドルウェアの方式を確立、部分的に実装

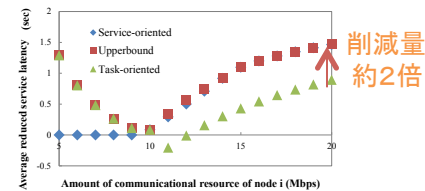


② Coordination & Cooperation 技術



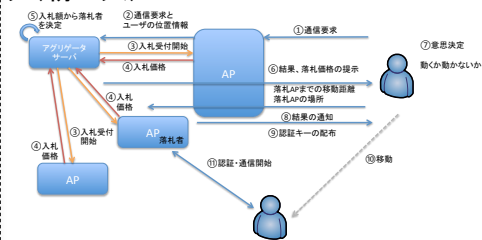
1. 自己組織的協調による資源ネットワーク形成技術 (京大)
2. 経済原理を用いたユーザ行動モデリング (朝日大)
3. 効用に基づくユーザ誘導のメカニズム (NEC)
4. 効用に基づくユーザ誘導の分散制御技術 (神戸大)

1. 自己組織的協調による資源ネットワーク形成技術 (京大)

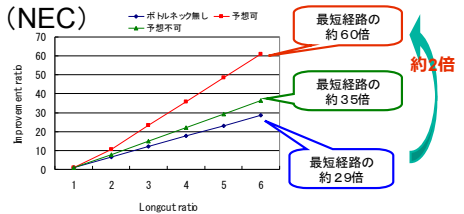


- 異種資源を統一的価値で扱う方法の設計
- 効率的で公平な資源共有メカニズムを実現

2. 経済原理を用いたユーザ行動モデリング (朝日大)

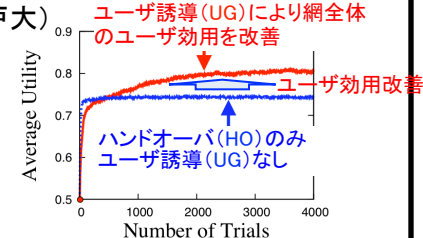


3. 効用に基づくユーザ誘導のメカニズム (NEC)



- リソースの確率的変動を考慮した経路利用でパレート最適化
- ユーザ満足度改善効果確認

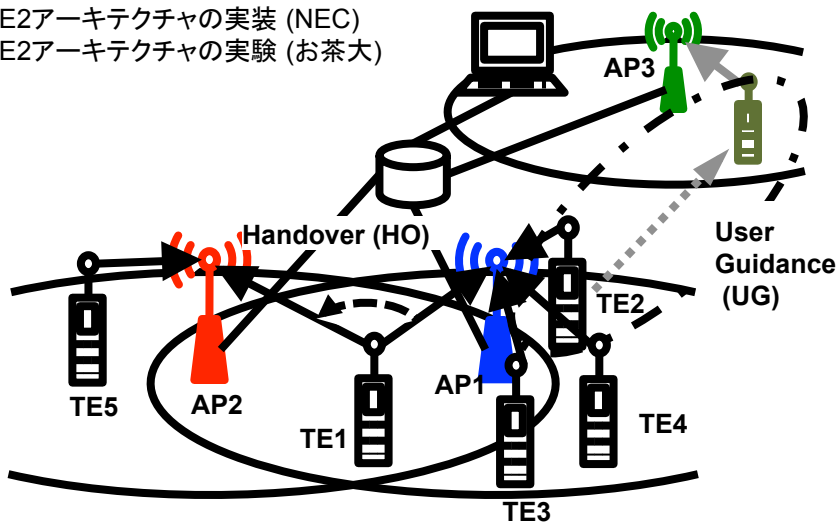
4. 効用に基づくユーザ誘導の分散制御技術 (神戸大)



- セッションベーススループット推定技術開発と検証
- ユーザ満足度改善効果確認

③ 実証実験

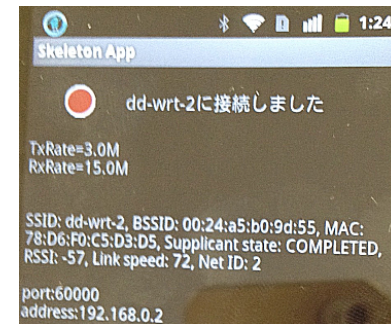
1. C3E2アーキテクチャの実装 (NEC)
2. C3E2アーキテクチャの実験 (お茶大)



C3E2アーキテクチャ デモ システム概要

1. C3E2アーキテクチャの実装 (NEC)
2. C3E2アーキテクチャの実験 (お茶大)

- DDW-RTによるAP構築, Android 端末によるC3E2端末実装と動作検証実験の実施



C3E2アーキテクチャ デモ システム実装

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) (累積, 括弧内は平成24年度実績)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	標準化提案
パレート最適ネットワーク 実現のためのユーザ・資源 管理アプリケーション	1(0)	0(0)	4(4)	84(45)	1(0)	0(0)	0(0)

その他, 表彰等の特記事項 7 件

5. 研究成果発表会等の開催について

(1) 国内連携

- 「ネットワーク誘導を利用した新世代コンテンツ配信アプリケーション(149課題ウ01)」と合宿形式の研究交流ディスカッションを行った(2011年11月18, 19日, 神戸市/関西大・六甲荘)
- 電子情報通信学会NS/MoMuC/CQにおいてパレート最適ネットワーク技術について招待講演を行った(2011年9月9日, 熊本市/熊本県立大学)
- 電子情報通信学会SR研究会において広義のコグニティブ技術としてパレート最適技術についての講演を行うとともに、パネルディスカッションに参加した(2012年1月26日, 霧島市/霧島ホテル)
- 電子情報通信学会総合大会チュートリアルセッションにおいてパレート最適ネットワーク技術について講演を行った(2012年3月20日, 岡山市/岡山大学)
- 電子情報通信学会ソサイエティ大会においてシンポジウムセッション「新世代の無線・有線ネットワークのための通信品質・ネットワーク制御技術」を企画し、研究の活性化を図った(2012年9月12日, 富山市/富山大学)

(2) 海外連携

- D. Raychaudhuri 教授率いるWINLABと合同WS「Workshop on Resource-efficient Wired-wireless Networks toward Future Internet/New-Generation Network」を開催した(米国WINLAB)
- 2011年11月28日: 日本側6件, WINLAB側4件の講演
- 2012年9月2日: 日本側7件, WINLAB側6件の講演
予定時間を大幅に超える活発な議論を行った。
- 1st Annual World Congress of Emerging InfoTechのNGNセッションにおいて講演を行った(2012年8月29日, 大連/ホテル日航大連)



海外連携: WINLABとの合同WSの様子

6. 今後の研究開発計画

パレート最適ネットワークを実現するためのC3E2アーキテクチャに必要とされる諸技術の研究開発と、本技術を議論するためのコミュニティ形成を引き続き行う。