

無線通信環境下における複数通信方式導入に関する検討

松本 真紀子 (指導教員：小口 正人)

1 はじめに

近年、ワイヤレスブロードバンドと呼ばれる新たな電波利用システムが次々に開発され、導入が推進されている。しかし無線通信のブロードバンド化に伴い周波数帯域が不足し、これによる通信性能の低下問題が懸念されている。このため今後周波数帯を有効に利用する技術が求められており、その手段として周囲の電波環境の状況に応じて使用する周波数帯や無線方式を適宜変更し、通信に必要な帯域を確保するコグニティブ無線技術が提案されている。コグニティブ無線技術には周波数共有型とヘテロジニアス型の2つの方式がある。本研究ではヘテロジニアス型を考慮に入れ、複数コネクション集約技術を用いて複数無線通信システムを同時に利用した際の評価を行う。

2 コグニティブ無線技術

コグニティブ無線技術とは無線機が周囲の通信環境に応じて最適な周波数帯や通信システムを選択することにより、限られた周波数帯域内で極力多くの無線通信システムを共存させ、可能な限り多くの人にブロードバンド通信環境を提供することを目指す新しい無線技術である。具体的には2つのタイプがあり、それぞれ特性が異なる。1つ目は、特定のサービスに割り当てられた周波数であっても、地域や時間帯によって使われていない周波数を無線端末が探し出して必要な通信帯域を確保する「周波数共有型」である。もう1つは、無線LANやWiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)、LTE(Long Term Evolution)、PHSといった既存の無線通信方式が利用する通信周波数の混雑度などを無線端末が認識して、利用する方式を動的に変える「ヘテロジニアス型」である。ヘテロジニアス型は既存の無線通信システムを利用した技術であるため、周波数共有型に比べ実用化に近い段階にある。

3 ヘテロジニアス型コグニティブ無線

ヘテロジニアス型では状況に応じて使用する無線システムを動的に切り替えて行う通信と、複数無線システムを同時に使用して行う通信が考えられている。複数無線通信システムを同時に組み合わせる通信に関しては、電波環境の認識、利用可能な周波数の検出、決定などのコグニティブ無線技術のベースとなる技術と、複数コネクションを集約する技術を共に考える必要があり、両技術とも複雑な実装が要求されるため別々に議論されている。また複数の異なる無線通信システムを組み合わせる場合、単一のシステムでは得られない高い信頼性と周波数資源の有効利用が期待されるが、トランスポート層での制御や上位層での議論が複雑になるため、現在は単一システムを動的に切り替えて行う通信が実用化に向け主に議論されている。現在検討されているヘテロジニアス型ネットワークの概要を図1に示す。複数の無線通信システムを同列に収容し、それぞれの無線通信システムの基地局からリソースマネージャに電波状況が通知され、これを基に適切な無

線通信システムを選択し通信を行う。

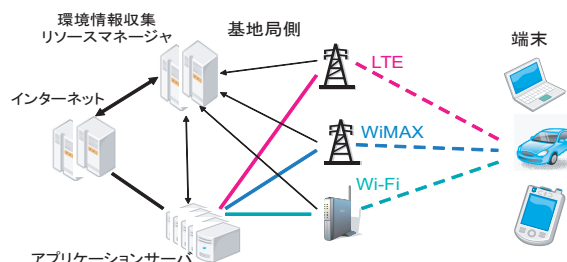


図1: ヘテロジニアス型コグニティブ無線概要

4 複数コネクション集約手法

複数のコネクションを集約する手法としてBAG(Bandwidth Aggregation)が提案されている。BAGではネットワーク層で複数のコネクションを集約し、トランスポート層より上位層へはコネクションが一つであるかのように見せることで、アプリケーションがコネクション集約を意識することなく通信可能となっている。しかし同時に複数のコネクションを用いて無線通信を行った場合、複数の性質が異なる無線インタフェースの packets が混ざった状態で到着するとTCPからはパケットが抜けてしまったように見え、不必要な輻輳ウィンドウ制御をおこなってしまう。これによりBAGで期待される性能が発揮できない事がある [1][2]。

そこで経路ごとに独立したTCPのコネクションを持つ図2に示されるプロトコルモデルが提案されている [3]。アプリケーション層とトランスポート層の間にミドルウェアを設け、TCPレベルにおける複数のコネクションをミドルウェアで統合している。そうすることでコネクションの集約をアプリケーションが意識することなく通信可能であるというBAGのメリットを維持しつつ、性能低下の原因となっている輻輳ウィンドウを経路ごとに持たせることが可能になる。またミドルウェアにおいてコネクションを集約することにより、既存のTCPをそのまま利用することができる。

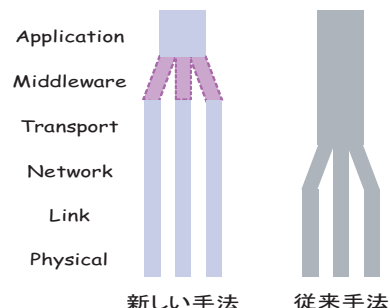


図2: ミドルウェア実装プロトコルモデル

5 研究方針

本研究では、これまで提案されてきたコネクションを集約するミドルウェアを持つプロトコルモデルを構築し、複数コネクションにそれぞれ周波数帯の異なる無線システムを用いて通信を行った際の実行速度をシ

シミュレーションを用いて測定する。シミュレータには Scalable Network 社の QualNet を用いた [4]。比較対象として単一无線システムのみを使用した場合と、単一无線システムを複数使用した場合の実行速度を測定し、複数無線システムを組み合わせて使用した際の通信性能の評価を行う。

6 実験

6.1 通信シナリオ

本実験では server から client へ 5MB のファイルを 100 個 FTP で送信する図 3 に示すシナリオのシミュレーションを行った。server と AP は最大通信速度 100Mbps の 802.3 の有線 LAN を用いて、client と AP は無線 LAN および WiMAX の各無線通信方式 (IEEE802.11a, IEEE802.11b, IEEE802.16) を用いて接続されている。

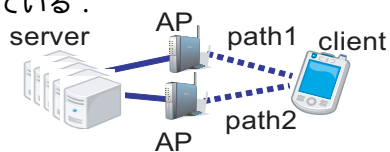


図 3: 評価シナリオ

6.2 基礎実験

無線 LAN の通信距離と、各無線通信方式の最大速度/帯域幅ごとの実効速度の計測を行った。結果を図 4 に示す。

無線	通信距離	最大速度/ 帯域幅	実効速度
802.11a	～ 約100m	54Mbps	19.9Mbps
		24Mbps	13.0Mbps
802.11b	～ 約275m	11Mbps	4.1Mbps
		5.5Mbps	2.9Mbps
802.16	～ 約3km	20MHz	4.70Mbps
		10MHz	4.75Mbps

図 4: 各無線方式の通信性能

6.3 実験 1:同種の複数無線通信使用時の評価

実験 1 では server と client の間に 2 本のコネクションを張った、図 3 で示すシナリオにおいて両コネクションに同じ無線通信方式を使用し、各コネクションの帯域を変化させた場合の実効速度の計測を各無線通信方式ごとに行った。case1 では path1, path2 の双方の帯域幅を各無線通信方式の最大帯域幅に設定し、case2 では path1 の帯域幅を最大帯域幅、path2 の帯域幅を最大帯域幅の約半分に設定した。また case3 では path1, path2 ともに帯域幅を最大帯域幅の約半分に設定した。

無線 LAN を使用した通信の case1, case3 において path1, path2 ともに基礎実験で得られた実効速度とほぼ同程度の実効速度で通信を行っており、また case2 においても path1 は帯域幅の低い path2 に影響されることがなく実験 1 で計測された実効速度とほぼ同程度の実効速度を得られた。したがって各コネクションは他のコネクションの帯域幅に影響されないことが確認できた (図 5)(図 6)。また 802.16 を使用した実験においても、無線 LAN と同様に各コネクションは他のコネクションの帯域幅の影響を受けないことが確認できた (図 7)。

6.4 実験 2:異種の複数無線通信使用時の評価

実験 2 では異種の無線通信を用いた 2 本のコネクションを張ったシナリオ (図 3) において、AP と client の距

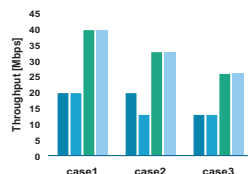


図 5: 802.11a 実行結果

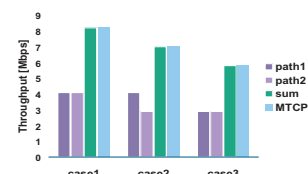


図 6: 802.11b 実行結果

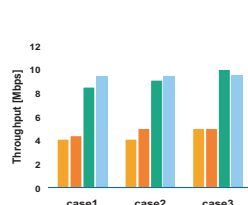


図 7: 802.11a 実行結果

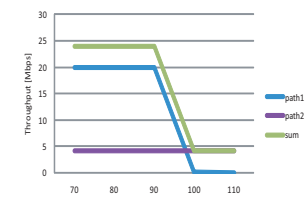


図 8: 11a と 11b

離を変化させた場合の実効速度の計測を行った。path1 は 802.11a (帯域幅 54Mbps)、path2 は 802.11b (帯域幅 11Mbps) を用いて接続されている。

AP と client の距離が 100m 以上の場合、802.11a の通信距離を超えてしまうため path1 の実効速度は顕著に減少する。しかし path1 は path2 の実効速度低下の影響を受けることなく通信していることが図 8 よりわかる。したがって、異なる無線通信方式を同時に使用した場合でも各コネクションは他のコネクションの影響を受けることなく通信可能であることが確認できた。

7 まとめと今後の課題

本研究では複数無線通信方式を同時に用いた通信に関する評価を行うため、シミュレーションによる実験を行った。実験 1 で帯域幅の異なるコネクションを用いた通信について、実験 2 で無線通信方式の異なるコネクションを用いた通信について評価を行った。その結果、各コネクションは他のコネクションの影響を受けることなく通信可能であり、コネクション 1 本の通信と比較してコネクション 2 本を用いて通信を行った場合、より高速で安定した通信が可能であることがわかった。今後は、どのようなケースにおいてどのような形の複数無線通信の組み合わせが適しているかなどについて、検討を行う。

参考文献

- [1] K. Chebrolu and B. Raman: " Bandwidth Aggregation for Real-Time Applications in Heterogeneous Wireless Networks " IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 5, No. 4, pp.388-403, April 2006.
- [2] K. Chebrolu, B. Raman, and R.R. Rao : " A Network Layer Approach to Enable TCP over Multiple Interfaces ", J. Wireless Networks (WINET), Vol.2, No.5, pp.637-650, Sept. 2005.
- [3] 宮崎悦子, 小口正人: "複数インタフェースを用いた無線通信のコネクション集約ミドルウェア", SWoPP, Vol.2009-05-112, No.18, 2009 年 8 月.
- [4] Scalable Network Technologies : <http://www.scalable-networks.com/>