

アプリケーショントラフィックとユーザ特性を考慮した高効率無線ネットワークアーキテクチャの研究開発 (155007006)

An Efficient Wireless Network Architecture Considering Application Traffic and User Characteristics

研究代表者

渡辺尚 大阪大学

Takashi Watanabe Osaka University

研究分担者

木下和彦[†] 萬代雅希^{††} 猿渡俊介^{†††}

Kazuhiko Kinoshita[†] Masaki Bandai^{††} †††Shunsuke Saruwatari

[†]徳島大学 ^{††}上智大学 ^{†††}大阪大学

[†]Tokushima University ^{††}Sophia University ^{†††}Osaka University

研究期間 平成 27 年度～平成 28 年度

概要

アプリケーションとして、従来からあるサービスに加えて、環境センシング等の小容量高頻度 M2M 通信とマルチビデオストリーミングなどのエンドユーザ向け大容量通信を視野に入れて、一つの無線システム内において、(1)アプリケーショントラフィックを考慮して無線資源利用を時間的・空間的に効率化する水平効率化技術、(2)ユーザ特性に応じて複数の異なる無線システム間で周波数資源を共用する垂直効率化技術を開発した。

1. まえがき

近年、高性能携帯端末の普及に伴い、LTE や Wi-Fi 等の無線ネットワークからのインターネット接続が急速に広がっている。総務省平成 25、26 年度情報通信白書によれば、モバイルトラフィックは年間約 2 倍のペースで増加しており、その傾向はさらに強まっている。また、2015 年 2 月シスコ社の報告でも、2014 年に全世界では年間で 69% 増加している。この爆発的なモバイルトラフィックの増大に対して、電波を有効活用する無線通信ネットワーク技術の研究開発は喫緊の課題である。

また、モバイルトラフィックのうちビデオの割合が大きいことも報告されている。2014 年末時点でモバイルトラフィックの 55% がビデオであり、2019 年には 72% に達すると予想されている。一方で、M2M などサイズは小さいが多量のデータを生成するトラフィックも存在し、これらの量や発生タイミングはアプリケーションおよびユーザに依存する。

以上の背景の元、今後ユーザに高品質なモバイルサービスを提供するためには、従来の静的な性能向上だけではなく、アプリケーショントラフィックやユーザ特性に応じた動的・適応的な高速化（スループット向上）と高密度化（空間にいかにも多くの通信ペアを詰め込み、無線周波数資源を有効活用するか）によって、ネットワークの時間・空間・周波数スペクトルの効率利用が必要である。具体的には、同一周波数帯域における干渉キャンセラ、全二重無線通信、スーパーポジション符号化等を考慮した水平効率化と、異なる周波数さらには異なる提供者（プロバイダ）の選択・共用・併用といった垂直効率化、およびそれらの連携が重要な課題となる。

本研究開発では、アプリケーションとして従来からあるサービスに加えて、環境センシング等の小容量高頻度 M2M 通信とマルチビデオストリーミングなどのエンドユーザ向け大容量通信を想定する。そして、一つの無線システム内においてアプリケーショントラフィックを考慮して無線資源利用を時間的・空間的に効率化する水平効率化技術（アプリケーショントラフィックを考慮した高効率無線通

信プロトコル）およびユーザ特性に応じて複数の異なる無線システム間で周波数資源を共用する垂直効率化技術（ユーザ特性を考慮した周波数共用）を開発する。さらに、これらを有機的に統合する無線ネットワークアーキテクチャの確立を実証的に検討することを目的とする。

2. 研究開発内容及び成果

2.1. 水平効率化技術

水平効率化技術としては、(1)アプリケーショントラフィックの特性に依存して上りと下りの通信が非対称であることに注目し、アクセスポイントからのダウンロードデータの送信に対して複数のユーザ端末が協調しながらアップリンクのデータ送信を行うことで効率的に無線全二重通信を行う技術、(2) 中継局をアクセスポイントと宛先端末の間に挟むことによって、端末の位置や振幅の大きさの異なる信号を作り出して干渉除去を生かす重畳符号化活用技術、(3) 逐次干渉除去技術を最大限に活用するための送信電力決定方式、(4) 複数のユーザがスマートフォンなどの小型撮影機器を用いて映像をワイヤレス伝送する場合に周囲のユーザの情報を利用してトラフィックを削減す

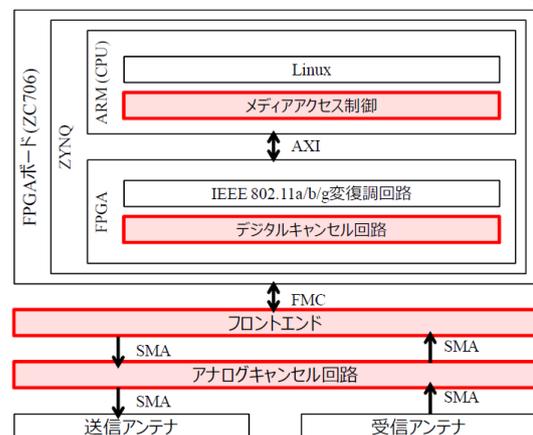


図 1: 無線全二重通信機の機能構成

る技術など、高密度な無線リソース利用を可能とする方式を実現した。

特に無線全二重通信については、実機実装によってその効果を検証した。その機能構成を図 1 に、実装機を図 2 に示す。

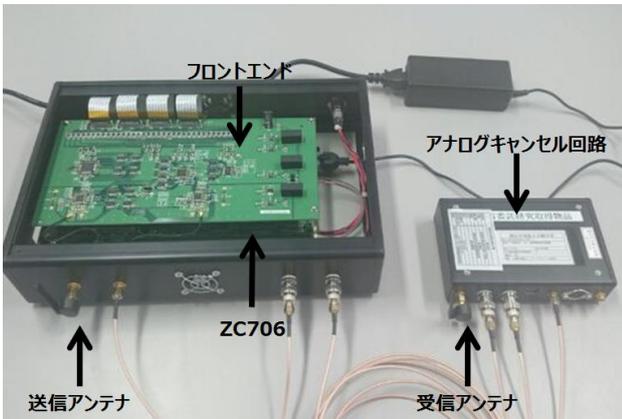


図 2：実装した無線全二重通信機

実装した無線全二重通信機は FPGA ボード、アナログフロントエンド、アナログキャンセル回路の 3 つから構成される。FPGA 回路は 160 MHz で動作する IEEE 802.11a/b/g 変復調回路とデジタルキャンセル回路から構成される。デジタルキャンセル性能は 45~50 dB が確認できている。アナログフロントエンドでは 64 MSPS 14 bit A/D 変換器、160 MSPS 16 bit D/A 変換器、2.4 GHz のトランシーバ回路を送信用と受信用にそれぞれ 2 つずつ具備している。アナログキャンセル回路は位相器とアテネータを並列に組み合わせた並列位相減衰制御キャンセル回路を実現し、性能は 48.9 dB が確認できている。

2.2. 垂直効率化技術

垂直効率化技術としては、異なる事業者から提供される異種無線ネットワークにおいて、直接周波数をやり取りするわけではないが、提供される通信品質に応じて行動を変えるユーザの存在を考慮することで、間接的に周波数割当てに影響を与えるモデルを考案し、そのインセンティブによって、各ネットワーク事業者及びエンドユーザ全てに有用なシステムを構築した (図 3)。

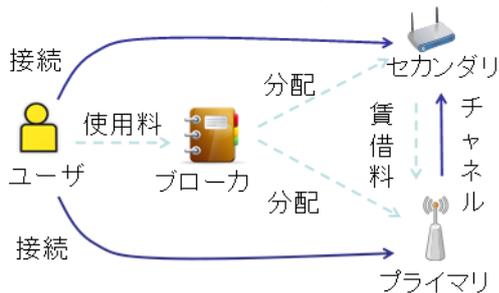


図 3：周波数共用モデル

その他に、異種無線アクセスシステムにおけるユーザアプリケーションを考慮したカバレッジ最適化手法、基地局間協調送受信を考慮した周波数共用手法を確立した。

更に、IoT (Internet of Things) サービスの実用化により、同一周波数帯を使用する ZigBee と WiFi の共存環境が増加していることから、これらのシステム間で効率的に帯域を共用する WiFi/ZigBee 協調無線通信方式を開発し、実機実験 (図 4) によってその有効性を示した。

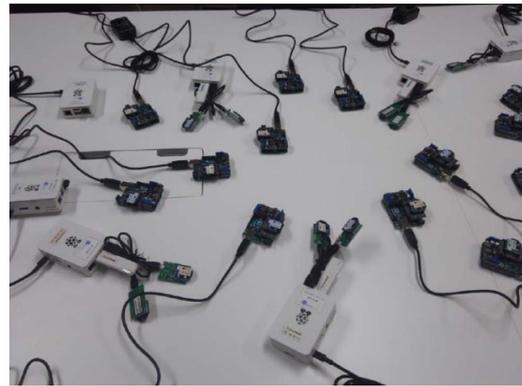


図 4：WiFi/ZigBee 協調無線通信方式の実機実験

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究は、申請者らが提唱する将来の時間空間周波数スペクトルを統合的に有効利用するパラダイムを実現する第 1 段階として位置づけられる。本研究の一連の研究成果として、単なる一組の通信端末の通信速度向上だけでなく、高密度多量の通信無線通信機器間の通信が実現でき、来る超多端末モバイル時代の通信需要に耐えられる仕組みができる。すなわち、無線 LAN や携帯電話網のスループットや混雑時の接続性を向上できる。さらに、M2M センサネットワーク、道路交通システム、医療・農業等の移動性が重視されるシステムの無線アクセス系に貢献でき、これらの新しいアプリケーションやサービスの創出を促進すると考えられる。

4. むすび

本研究開発提案時では、目標値として 10 倍の性能向上を目指した。結果として、ビーム幅 60 度の指向性通信で約 2 倍、重畳符号化による同時パケット送信および全二重無線による同時送受信等の技術により約 1.92 倍、映像融合により約 1.86 倍、周波数共用による垂直負荷分散技術の適用によって約 2.22 倍で、計 15.9 倍の性能向上を実現した。以上より、全体として目標は達成したと考える。

【誌上発表リスト】

- [1]Kazuhiko Kinoshita, Yukika Maruyama, Keita Kawano, Takashi Watanabe, "A Spectrum Sharing Method based on Users' Behavior and Providers' Profit," IEICE Transactions on Communications, vol. E100-B (掲載確定：2017 年 10 月)
- [2]Masaki Bandai, "A Power-Controlled Coded Slotted ALOHA," IEICE Communications Express, Vol. 6, No. 7, pp. 444-448 (2017 年 7 月)
- [3]Abdul Alim, Makoto Kobayashi, Takashi Watanabe, "Full Duplex Medium Access Control Design for Heterogeneous WLAN," European Wireless 2016-22th European Wireless Conference, pp. 1-7 (2016 年 5 月 19 日)

【受賞リスト】

- [1]柴田修作、木下和彦、河野圭太、渡辺尚、8th IEEE/IFIP International Workshop on Management of the Future Internet (ManFI 2016) Best Paper Award, "A Fair Spectrum Sharing Method in Consideration of CoMP" (2016 年 4 月 25 日)

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www-int.ist.osaka-u.ac.jp/research/about/index07.html>