

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：17104
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2015～2017
課題番号：15K18067
研究課題名(和文) Uplink multi-user transmission MAC for IEEE 802.11ax

研究課題名(英文) Uplink multi-user transmission MAC for IEEE 802.11ax

研究代表者
レオナルドジュニア ラナンテ (Lanante, Leonardo Jr)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・助教

研究者番号：10649833
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は3年間にわたり、802.11ax無線LANにおける高効率ユーザアクセス制御方式を実装した。特定的に802.11axで導入された新しい技術であるUL OFDMAに注目した。この機能により、極めてユーザー密度が高い環境において無線LANのユーザーエクスペリエンスを向上させることができる。国内外の学会でこの機能の効率を最大化するための研究結果を発表し、802.11axの国際標準化に貢献することができた。そのなかで企業研究者と共同提案をした一件は802.11axによって採択をされた。将来の研究方向性として、キャリアセンシング技術を利用してULOFDMAのパケット衝突をより減らすことができる。

研究成果の概要(英文)：During the three year study, we designed an efficient implementation of the 802.11ax Wireless LAN MAC. Specifically, our design focused on the UL OFDMA random access which is a new feature introduced in 802.11ax. This feature improves the users' Wireless LAN experience in very user dense environments by allowing them to transmit at the same time even without prior channel reservation. We presented our results for maximizing the efficiency of this feature both in domestic and international conferences and contributed to the 802.11ax international standardization. One of our contribution done jointly with researchers in the industry was subsequently accepted by the IEEE task group ax to be included in the next generation standard. As a future research direction, carrier sensing combined with UL OFDMA can be used to further improve efficiency through collision avoidance.

研究分野：通信方式、無線LAN

キーワード：マルチユーザー通信 無線LAN IEEE802.11 アクセス方式

1. 研究開始当初の背景

IEEE802.11無線LANで採用されている媒体アクセス制御方として medium access control (MAC) は、以前から大量のユーザが存在する時に過度の packets 衝突のため、不安定だと認識されている[1]。過度の衝突が発生すると、ユーザーエクスペリエンスの急速な劣化故に、ユーザーは 4G LTE などのより高価な専用セルラーサービスを使用する。

本研究が開始した3年前に、駅や空港、スポーツイベントなど多くの人々が集まる場所でこの現象が実際に起こり始めていた。この問題を解決するため、無線規格の国際標準を策定する IEEE802.11 委員会ではタスクグループ TGax (High Efficiency WLAN) を立ち上げて、OFDMA と呼ばれる技術を検討した。これにより複数のユーザーが並列した直交周波数で同時に送信でき、衝突を防ぐことが可能である。しかしながら、ユーザーの送信バッファの状態を AP が分からないとき、集中制御 OFDMA が利用できず、OFDMA ランダムアクセスと言う分散制御 OFDMA を行う。この技術は非常に優れた可能性を秘めているが、不安定さも分かっており、アクセスパラメータを環境に応じて設計する必要がある。この低効率率は、研究トピックを提案するきっかけとなった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高密度環境での無線 LAN ユーザーエクスペリエンスの改善をする。コンピューターシミュレーションを行うことで、ある環境下で端末に対してどれだけの劣化が起こるのか測ることができる。しかしながら、低効率の原因を理解するには OFDMA ランダムアクセスの解析モデルを作らないとならない。このプロトコルの解析モデルは低効率の問題を解決するためのプロトコルの最適化をするアルゴリズムの設計にも利用できる。また、この研究活動は解析とシミュレーション結果を実際のハードウェアプロトタイプを利用して実機で検証する。

3. 研究の方法

2015年度は、ユーザーの増加に伴った OFDMA ランダムアクセスの通信効率を測るための Matlab と OPNET のシミュレーションモデルの作成を主なタスクとした。

具体的には、次の作業を行った。

1) 802.11Tgax 委員会では OFDMA を利用する適切なプロトコルは決定されておらず、そのようなプロトコルの設計とその 802.11WG 会

議への提案発表。

2) 1) で提案したプロトコルの Matlab モデルの実装。

2016 年は、802.11WG が OFDMA に基づいた特定のプロトコルが決定されたため、元のシミュレーションとプロトコルを更新する必要があった。その他の具体的なタスクは

1) 標準として採択された 802.11ax OFDMA のランダムアクセスの解析モデルの作成。

2) 1) で作った解析モデルを利用して OFDMA ランダムアクセス通信効率を最適化するアルゴリズムの実装。

3) プロジェクトの目標の一環として、OFDMA ランダムアクセスの実験を検証するために、下記に示す zynq706 評価ボードと ADRV9371 評価ボードを使用した 802.11ax 向けのプロトタイプの開発。



図1. 802.11ax プロトタイプの評価ボード

2017年度は、ハードウェアのプロトタイプの開発を続けた。具体的には、ハードウェア設計と別で 11ax 送受信機プロトタイプを動かすために必要なソフトウェアを書いた。OFDMA ランダムアクセスの解析モデルとそれの最適化したアルゴリズムの改良も行った。

4. 研究成果

主な成果は次の通りである。

1) IEEE802.11.ax のアクセス方式としてインターリーブを割り当てて多重伝送する IDMA (Interleave-Division Multiple Access) を検討した。OFDMA との大きな違いとして、IDMA では1つのチャンネルを複数のユーザーに割り当てることができ、システム全体のスループットがより高くなることが挙げられる。

また、シミュレーションにより、スループットに関しての性能の改善が明確に出来た。IDMA の欠点としては、ユーザーが使用しているチャンネルが直交していないため、干渉キャンセラーが必要となり受信器の処理時間が OFDMA より長いことである。これらの研究結果を 802.11 委員会でご貢献として発表した。

2) OFDMA ランダムアクセス技術は 802.11ax で採択されたアクセス方式である。運用のための制御パケットが不要なため、オーバーヘッドが少ないが、パラメータを環境に応じて適切に設計する必要があった。そのため、OFDMA ランダムアクセスの解析モデルを本研究で構築した。通信効率の解析値と計算機シミュレーションの結果を図 2 に示す。この図でアクセス制御パラメータを示す OCWmin 値と関係なく解析値とシミュレーション結果が一致していることが分かった。

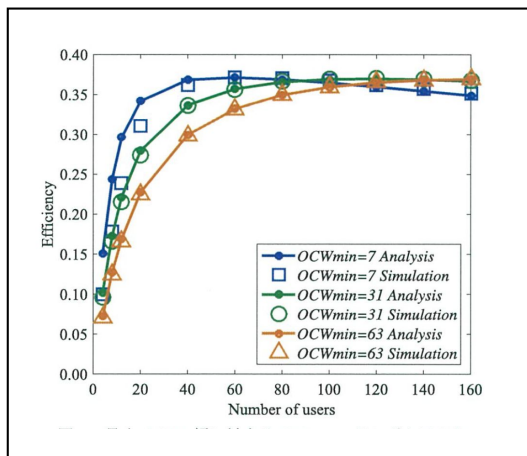


図 2. 802.11ax OFDMA ランダムアクセスのユーザ数に対する通信効率

3) OFDMA ランダムアクセス通信効率最適化

提案した解析モデルを利用して、通信効率を最適にするアルゴリズムを求めることができる。その最大通信効率を導くと、図 2 でも確認できるが、37%と分かった。したがって、OFDMA ランダムアクセスのパラメータを提案したアルゴを適用すれば、常に 37% の高率が得られる。今度の研究課題は 37% の最大効率を超えることである。

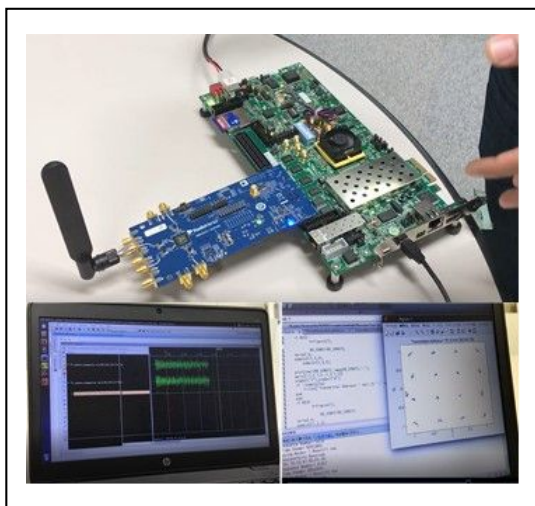


図 3. 802.11ax OFDMA ランダムアクセス実機検証

4) プロトタイプ開発

実機で OFDMA ランダムアクセスの通信効率を確認するため、FPGA ボードで OFDMA ランダムアクセスを実装した。図 3 では受信機で獲得した信号を示している。現在ではシングルユーザーのテストのみ確認できたが、今後は複数のボードを利用して、マルチユーザの OFDMA ランダムアクセスを実機で確認する。

引用文献

G. Bianchi, 'Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function,' IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 18, no. 3, pp. 535--547, Mar. 2000.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

上井竜己, 長尾勇平, ラナンテオナルドジュニア, 黒崎正行, 尾知博, "OFDMA ランダムアクセスのマルコフ連鎖モデル化とその性能解析," 電子情報通信学会論文誌 (B), 査読有, vol. J100-B, no. 7, pp. 492-504, July 2017.

学会発表](計 10 件)

入木田知恭, 上井竜己, ラナンテオナルドジュニア, 黒崎正行, 尾知博, "IEEE 802.11ax における有限リトライリミットを考慮した OFDMA ランダムアクセスの性能解析," 電子情報通信学会技術報告, vol. 117, no. 103, RCS2017-80, pp. 179-184, 石垣商工会館, 石垣市, June 21-23(23) 2017.

Leonardo Lanante, Hiroshi Ochi, Tatsumi Uwai, Yuhei Nagao, Masayuki Kurosaki, and Chittabratta Ghosh, "Performance analysis of the 802.11ax UL OFDMA random access protocol in dense networks," Proc. 2017 IEEE International Conference on Communications (ICC), Paris, pp. 1-6, May 21-25(24) 2017.

Leonardo Lanante, Masayuki Kurosaki, Hiroshi Ochi, "Optimization of Scheduled Random Access OFDMA Transmission in 802.11ax," 電子情報通信学会 RCS 研究会 IEICE Technical Report vol. 116, no. 479, pp. 97-101 Mar. 2017.

Tatsumi Uwai, Takuma Miyamoto, Yuhei Nagao, Leonardo Lanante Jr., Masayuki Kurosaki, and Hiroshi Ochi, "Adaptive Backoff Mechanism for OFDMA Random Access with Finite Service Period in IEEE802.11ax," Proc. IEEE Conference on Standards for Communications &

Networking (CSCN) 2016, Berlin, Germany, Oct. 31 - Nov. 2, 2016.

Tatsumi Uwai, Takuma Miyamoto, Yuhei Nagao, Leonardo Lanante Jr., Masayuki Kurosaki, and Hiroshi Ochi, "Performance Evaluation of OFDMA Random Access in IEEE802.11ax," Proc. IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS) 2016, Phulket, Thailand, Oct. 24-27, 2016

Takuma Miyamoto, Yuichi Sugiyama, Tatsumi Uwai, Yuhei Nagao, Leonardo Jr. Lanante, and Hiroshi Ochi, "A STA initiated MAC Protocol for IEEE 802.11 ax Uplink Multi-User Communication," International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC) 2016, T2-1-4, pp.479-482, Naha City, Okinawa, Jul.10-13, 2016.

Leonardo Lanante, Masayuki Kurosaki, Yuhei Nagao, Tatsumi Uwai, Hiroshi Ochi, "Adaptive Random Access UL OFDMA," doc.:IEEE 802.11-16/0661r1, Big Island HI, USA, May 2016.

杉山雄一, 宮本卓真, 上井竜己, 長尾勇平, ラナンテ レオナルド Jr., 黒崎正行, 尾知博, "IEEE802.11ax におけるアップリンクマルチユーザ向けMACプロトコルに関する研究," IEICE 総合大会, B-5-137, 九州大学, March 15-18(15) 2016.

Leonardo Lanante, Masayuki Kurosaki, Yuhei Nagao, Tatsumi Uwai, Hiroshi Ochi, "Random Access UL MU Resource Allocation and Indication," doc.:IEEE 802.11-16/0340r1, Macau, China, March 2016.

Leonardo Lanante, Tatsumi Uwai, Yuhei Nagao, Hiroshi Ochi, "Transmission Interval of Trigger Frame," doc.:IEEE 802.11-15/0852r0, Big Island HI, USA, July 2015.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

レオナルドジュニア ラナンテ

(LANANTE, Leonardo Jr.)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・助教

研究者番号：10649833