

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11768

研究課題名(和文) マルチサービス無線ネットワークのための仮想アクセスポイント構成手法

研究課題名(英文) Virtual Access Point Configuration for Multi-service Wireless Network

研究代表者

木下 和彦 (KINOSHITA, Kazuhiko)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・教授

研究者番号：40304018

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、稠密に配置された無線LANアクセスポイント(AP)を有効に利用する方法について検討した。具体的には、WWW閲覧やメール送受信、ファイル転送などの古典的なベストエフォート型サービス(Best Effort/以下BE)と、動画閲覧などのストリーミングサービスを一定の帯域を保証して提供するサービス(Guaranteed Bit Rate/以下GBR)を想定し、サービスごとに複数の物理APから構成される仮想APを形成して、GBRサービスの呼損率を目標値以下に抑えながらBEサービスの満足度(効用)を可能な限り向上させる手法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

携帯端末の高性能化と無線ネットワークの高速化が続いているが、周波数は有限の資源であり、有線ネットワークにおけるケーブル敷設のような手段で増やすことができないため、その効率的利用は永遠の課題である。本研究では、WWWやメールなどの古典的なサービスだけでなく、動画像などのストリーミングサービスを想定し、同じ量の周波数資源を用いてどこまでユーザの満足度を高められるかを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In this research, I focused on efficient use of spectrum resources in densely deployed wireless LAN access points (APs). Specifically, I assumed a traditional Best Effort (BE) service such as WWW browsing, e-mail and transferring files, and a streaming service such as video with Guaranteed Bit Rate (GBR). I proposed a method to improve the satisfaction ratio (utility) of BE service users as much as possible while keeping the call blocking probability of GBR service users below the target value by configuration of a virtual AP consisting of multiple physical APs for each service.

研究分野：Information Network

キーワード：wireless network wireless LAN virtualization

1. 研究開始当初の背景

携帯端末の高性能化と無線ネットワークの高速化が続いている。しかし、周波数は有限の資源であり、有線ネットワークにおけるケーブル敷設のような手段で増やすことができないため、その効率的利用は永遠の課題である。そこで、IEEE802.11b,g,a,n,ac,ad と無線システム単体の性能向上が進められているが、同じ場所に多数の AP が存在すると干渉によるフレームの衝突・再送が頻発する。また、ユーザは複数の AP を利用可能な場合があるが、これらのうちから最適なものを選択して接続することが難しい。そのため、追加した AP が有効利用されないばかりか、逆に実効スループットを下げることもある。これは特に都市部で現在頻繁に見られる状況である。

また、WWW やメールなどの古典的なサービスだけでなく、動画などのストリーミングサービスをモバイル環境で利用することが一般的となってきた。この場合、前者のユーザは多少の変動があっても平均的に高いスループットを得ることを望み、後者のユーザは一定のスループットがあればそれ以上は不要だが常にそれを維持することを期待する。

2. 研究の目的

本研究では、異なる無線システムが混在する環境で稠密に配置された AP を有効に利用する方法について検討する。具体的には、WWW 閲覧やメール送受信、ファイル転送などの古典的なベストエフォート型サービス (Best Effort / 以下 BE) と、動画閲覧などのストリーミングサービスを一定の帯域を保証して提供するサービス (Guaranteed Bit Rate / 以下 GBR) を想定し、サービスごとに複数の物理 AP から構成される仮想 AP を形成して、GBR サービスの呼損率を目標値以下に抑えながら BE サービスの満足度を可能な限り向上させる手法を提案する。

3. 研究の方法

本研究では、多数の基地局 (以下物理 AP) が稠密に存在する環境を想定し、複数の物理 AP を仮想化して BE サービスと GBR サービスに対して 1 つずつの仮想 AP を構成することを考える。これにより、ユーザにはこの仮想 AP が提示され、いずれかのサービスを選択することで、実際にはその時点・場所で最適な物理 AP に接続される。つまり、電波状況や混み具合を意識することなく最も満足度の高い無線システムを利用できるようになる (図 1)。

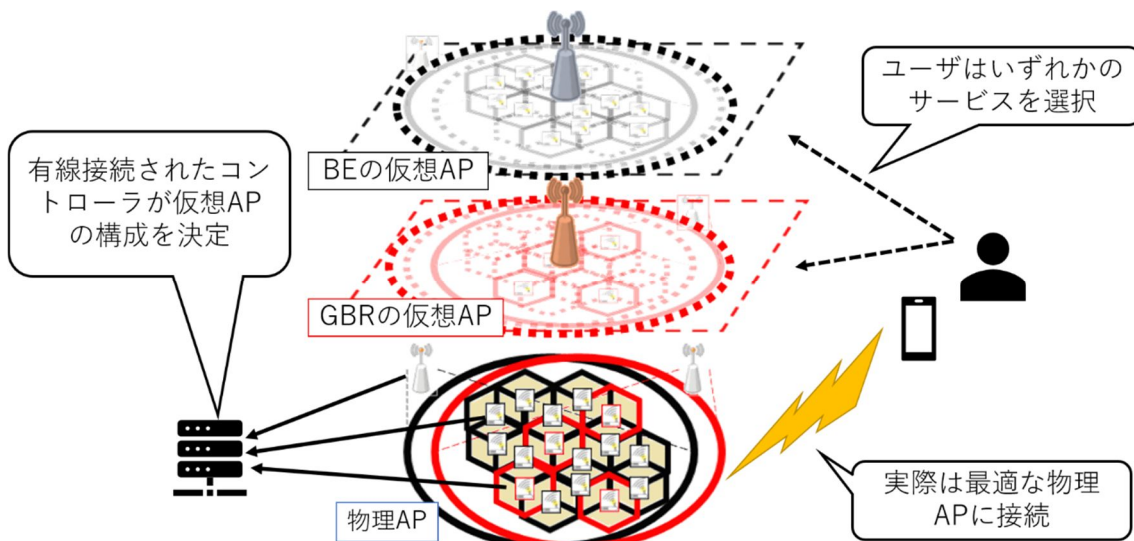


図 1: 提案システムの概略図

4. 研究成果

GBR サービスに対して目標とする呼損率を設定し、これを満たした上で BE サービスユーザが得られるスループットを可能な限り向上させる手法を得た。具体的には、以下の 3 つの手法を確立した。

(1) 各仮想 AP を構成するのに最適な物理 AP を選択する方法

想定環境における呼損率の近似値を解析的に導出し、目標とする呼損率を下回るよう選択する手法を確立した。更に、機械学習 (深層学習) を用いてよりロバスト性の高い手法を確立した。

(2) 新しいユーザの接続時に最適な物理 AP を選択する方法

機械学習 (Q 学習) を用いて長期的視野で呼損率を低減する手法を確立した。

(3) 通信中の BE ユーザの接続先物理 AP を最適なものに変更する方法

GA (Genetic Algorithm) を用いてスループットの分散が小さくなるように接続先を変更し、公平性を向上させる手法を確立した。

更に，研究期間後半では，セルラー（ローカル 5G）を含めた異種無線環境に対象を拡張し，適用領域を広げた（図 2）。

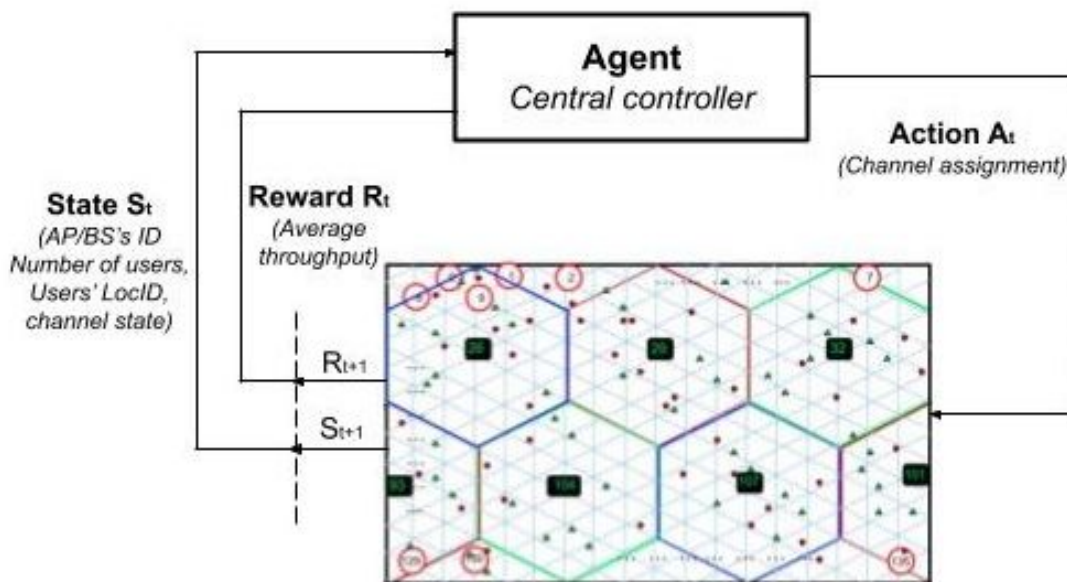


図 2：異種無線環境に拡張した提案手法の概念図

最後に，性能評価結果の一部を示す（図 3）．横軸は学習時間，縦軸はシミュレーション時間中に接続に成功した GBR ユーザ数であり，十分な学習時間（5,000 秒程度）を行うと，従来の負荷の軽い AP に接続する手法と比較して 15%程度の向上が得られることが分かる．これはノード数 3 の小規模な環境で評価したが，大規模な環境ではより顕著な差が得られるものと考えられる．

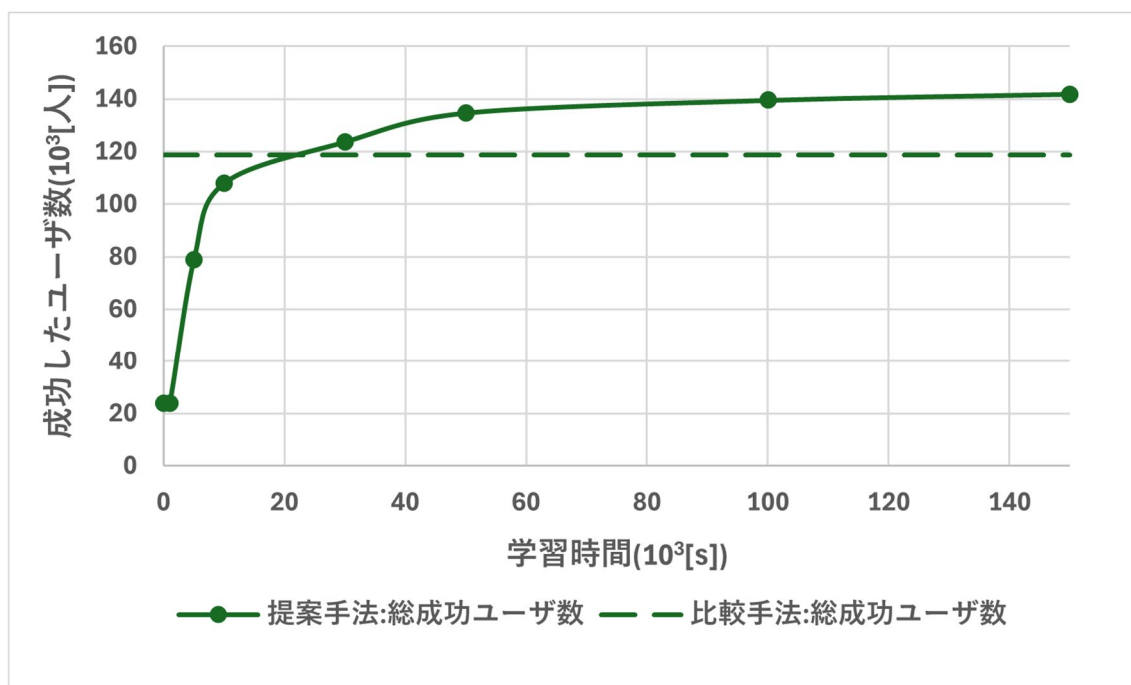


図 3：性能評価結果例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ragchaa Bayarmaa and Kazuhiko Kinoshita	4. 巻 1
2. 論文標題 Spectrum Sharing between Cellular and Wi-Fi Networks based on Deep Reinforcement Learning	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC)	6. 最初と最後の頁 123-143
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5121/ijcnc.2023.15108	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 廣島英斗, 木下和彦
2. 発表標題 ユーザ数に偏りのあるIEEE802.11ax環境におけるチャネル割当
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 飯谷颯輝, 木下和彦
2. 発表標題 Wi-Fi/5G共存環境における遅延とスループットを考慮したQ学習による接続先選択
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Ragchaa Bayarmaa and Kazuhiko Kinoshita
2. 発表標題 Deep Reinforcement Learning Based Channel Assignment for Cellular and Wi-Fi Heterogeneous Network in Unlicensed Bands
3. 学会等名 23rd Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤 拓郎, 木下 和彦
2. 発表標題 5G/Wi-Fi共存環境におけるMPTCPを考慮した接続先制御
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ragchaa Bayarmaa and Kazuhiko Kinoshita
2. 発表標題 アンライセンズバンドを用いた異種無線ネットワークにおける深層強化学習によるチャネル割り当ての性能評価
3. 学会等名 RISING2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 廣島英斗, 木下和彦
2. 発表標題 IEEE802.11axにおける接続ユーザ数を考慮したチャネル割り当て
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuhiko Kinoshita, Shu Nishikori, Yosuke Tanigawa, Hideki Tode, and Takashi Watanabe
2. 発表標題 Efficient Channel Control for Coexistence of Human and Machine Type Communications
3. 学会等名 International Conference on Emerging Technologies for Communications (ICETC 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岸上 隼, 木下 和彦
2. 発表標題 上下通信の公平性を考慮した仮想アクセスポイント構成手法
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------