

研究報告書

「適応的に再構成する通信ネットワーク」

研究期間：2018年10月～2020年3月

研究者番号：50181

研究者：中山 悠

1. 研究のねらい

モバイル端末等の送受信する通信トラフィックは爆発的な増大を続け、その時空間的な変動も顕著になっている。このトラフィック変動に対し、従来の通信ネットワークでは、設備効率悪化やサービス品質低下などの課題があった。また、従来行われてきた通信キャリアによる寡占的な運用には、ビジネスの公平性や経済合理性が低下しやすい面が存在した。この課題に対し筆者は、自律的に再構成することでトラフィック変動に適応するムービングネットワークを提案している。本研究提案では、提案構成の実現に向けて実証実験による検証を実施するとともに、ネットワークの適応性という概念をさらに追求し、クラウドソーシングやシェアリングエコノミーといった共有経済的な枠組みに基づくネットワーク構成や利用の仕組みを提案する。その結果として、通信ビジネスの公平性やオープン性を高め、通信ネットワーク構築に関する経済合理性を大きく向上させることを目指す。

2. 研究成果

(1) 概要

本研究は、「適応的に再構成する通信ネットワーク」と題して、5G以降に向けたモバイルネットワークを中心に検討を進めてきた。特に、高周波数化により多数のsmallセル基地局(RU; Radio Unit)を高密度配置する必要が生じる一方で、従来のC-RAN(Centralized Radio Access Network)構成では広範囲の高密度カバーは高コスト化し困難である、という課題に着目することで、トラフィック需要の時空間変動に応じて適応的に再構成するネットワークを提案してきた。具体的には、想定するオープン化の度合いに応じた3テーマ(図1)を検討した。テーマAでは移動基地局を用いた適応的C-RAN構成について検討し、そのコンセプトを確率した。テーマBでは基地局配備をクラウドソーシングする車載smallセルについて研究し、理論検討および実験によりその有効性を示した。テーマCではユーザ間でのDevice-to-Device(D2D)接続を促す仕組みを検討した。

(2) 詳細

テーマA: 適応的C-RAN

移動基地局により、需要の時空間変動に応じて自律的に再構成するモバイルネットワークについて、全体的なネットワークアーキテクチャと移動スケジューリング法および無線フロントホール仕様を提案し、IEEE ComSocの旗艦会議であるICCおよび著名な論文誌であるIEEE Network Magazineに採録された。また、フロントホールの主要な制約条件である低遅延転送に

について、有線ネットワーク区間における低遅延転送手法を提案し、著名な論文誌である IEEE Trans. on Communications 等の論文誌に採録された。

テーマB:クラウドソース

広範囲にわたる RU の高密配置を従来のようにキャリアのみが行うのは困難なことが予想されるため、RU 配置をクラウドソースする試みとして、スモールセルを車載し需要に応じて起動するコンセプトを提案した。中でも特に制御がしやすい方式として、車両の駐車時に RU を起動する構成について、無線伝送シミュレーションおよび疑似 RU を用いた実験により実現性を検証し、国際会議 VTC-fall および論文誌 IEEE Access にて発表した。また、本成果は IEEE Spectrum に掲載された。さらに発展的なテーマとして、車載 RU 間でのマルチホップ接続についても検討を開始している。

テーマC:ユーザ間接続

ユーザ端末間での D2D 接続によりキャリアをまたいだ通信エリアの拡大、さらに通信ビジネスのオープン化を目指す取り組みとして、通信データ量を取引する市場を考案し、特許出願を行った。また移動するユーザ間での接続の安定性向上に向けて、適切な接続先ホスト選択手法についても検討している。

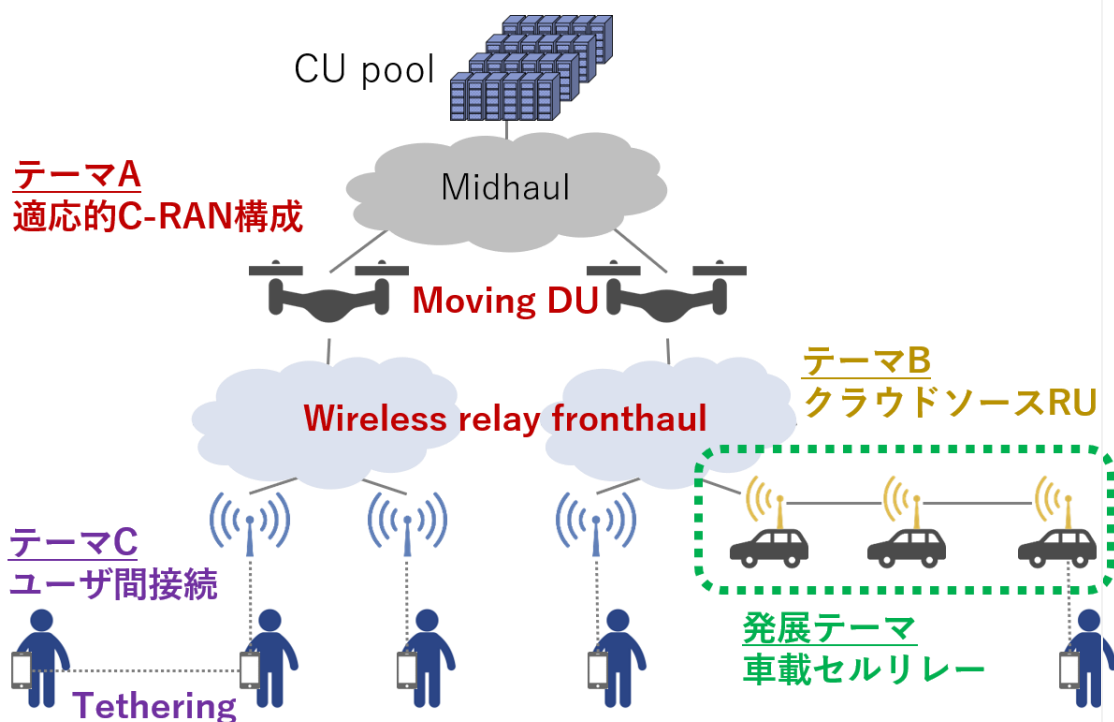


図1 本研究の検討テーマ概要

3. 今後の展開

5G 本格展開や 6G に向けた研究開発が本格化する中で、高周波数帯を使うスモールセル基地局の効率的な配備は、産業上、また社会的にも重要な課題だと言える。上記の課題解決に向けて、本研究で提案している「適応的に再構成するネットワーク」は妥当性が高いと考えられる。中でも特に、車載スモールセルは IEEE Spectrum にも取り上げられるなど有望であると言え、今後は加速フェーズにおいてマルチホップ接続について検討し、実証実験も含めて進めていきたい。その結果として、次世代以降のモバイルネットワークの基礎を確立したいと考えている。さらに、6G 以降を含めた未来を目指すようなコンセプトも含めて柔軟に考えていきたい。

4. 自己評価

・研究目的の達成状況

特にテーマ A の適応的 C-RAN については、著名な論文誌である IEEE Network Magazine に採録され、コンセプト確立という観点では成果を得たと考えている。また他のテーマについても計画的に特許出願や発表を行うことができ、一定の成果を得た。

・研究の進め方(研究実施体制及び研究費執行状況)

車載スモールセルについて、ACT-I2 期の京大 西尾さんと協力して実証実験を行うなど、他の研究者とも協力しながら効率的に研究を進めることができた。また研究費に関しても計画的に執行し、研究遂行にあたり非常に有効的に活用できた。

・研究成果の科学技術及び学術・産業・社会・文化への波及効果(今後の見込みも重視してください。)

本研究成果は 5G 以降のモバイルネットワークの基盤となり得るものであり、各種産業の発展を支える技術として波及効果は大きいと考えられる。さらに、今後の通信ビジネスにおける公平性やオープン性を高め、新たな市場やビジネスの開発に繋げられる可能性がある。

・研究課題の独創性・挑戦性

本研究課題は、従来のモバイルネットワークの課題をまったく新しい方法で解決する取り組みであり、特にネットワーク敷設のクラウドソースやモバイル帯域を扱う共有経済システムなど、他にない挑戦的なメカニズムについて検討するものだと考えている。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. Yu Nakayama, Daisuke Hisano, Kazuki Maruta, "Adaptive C-RAN Architecture with Moving Nodes Towards Beyond 5G Era", IEEE Network Magazine, accepted.
2. Yu Nakayama, Takayuki Nishio, Daisuke Hisano, Kazuki Maruta, "Small Cells Enabled by Crowdsourced Radio Units Mounted on Parked Vehicles for Smart City", IEEE Access, vol. 8, pp. 17986--17998, 2020.

3. Yu Nakayama, Daisuke Hisano, "Wavelength and Bandwidth Allocation for Mobile Fronthaul in TWDM-PON", IEEE Transactions on Communications, vol. 67, no. 11, pp. 7642--7655, 2019.

4. Yu Nakayama, Daisuke Hisano, "Rank-Based Low-Latency Scheduling for Maximum Fronthaul Accommodation in Bridged Network", IEEE Access, vol. 6, pp. 78829--78838, 2018.

(2)特許出願

研究期間累積件数:1 件

1.

発 明 者: 中山 悠

発明の名称 : プログラム及びサーバ

出 願 人: 国立大学法人東京農工大学

出 願 日: 2019/7/23

出 願 番 号: 2019-135067

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. Yu Nakayama, Yuko Hara-Azumi, Anh Hoang Ngoc Nguyen, Daisuke Hisano, Yoshiaki Inoue, Takayuki Nishio, Kazuki Maruta, "Real-Time Routing for Wireless Relay Fronthaul with Vehicle-Mounted Radio Units", IEEE 91th Vehicular Technology Conference (VTC-Spring), Antwerp, Belgium, May. 2020.

2. Yu Nakayama, Daisuke Hisano, Takuya Tsutsumi, Kazuki Maruta, "Novel C-RAN Architecture with PON based Midhaul and Wireless Relay Fronthaul", IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Las Vegas, USA, Jan. 2020.

3. Yu Nakayama, Kazuki Maruta, "Adaptive C-RAN Architecture for Smart City with Crowdsourced Radio Units Mounted on Parked Vehicles", IEEE 90th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), Honolulu, Hawaii, USA, Sep. 2019.

4. Yu Nakayama, Daisuke Hisano, Takayuki Nishio, Kazuki Maruta, "Experimental Results on Crowdsourced Radio Units Mounted on Parked Vehicles", IEEE 90th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall) Recent Results, Honolulu, Hawaii, USA, Sep. 2019.

5. Yu Nakayama, Daisuke Hisano, Ryoma Yasunaga, Kazuki Maruta, "Adaptive Network Architecture with Moving Nodes Towards Beyond 5G Era", IEEE International Conference on Communications (ICC), Shanghai, P.R.China, May. 2019.

6. Yu Nakayama, Kazuaki Honda, Daisuke Hisano, Kazuki Maruta, "Adaptive C-RAN Architecture for Smart City using Crowdsourced Radio Units", IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom) Work-In-Progress (WiP), Kyoto, Japan, Mar. 2019.

7. IEEE Spectrum に掲載 (2020/1/28)

<https://spectrum.ieee.org/tech-talk/telecom/wireless/delivering-more-5g-data-with-less-hardware>