

## 車両の余剰電力供給による効率的なモバイルフロントホールシステムの提案

本田一暁<sup>1</sup> 中山悠<sup>1</sup> 丸田一輝<sup>2</sup> 安永遼真<sup>1</sup>  
 Kazuaki Honda Yu Nakayama Kazuki Maruta Ryoma Yasunaga

## 1. はじめに

モバイルトラフィックは爆発的な増加を続けており、現在、多くの研究開発機関においていわゆる第5世代移動通信システム(5G)の研究開発が盛んに行われている。現状の4Gでは、主にマクロセル(基地局当たり数kmの通信領域)で通信サービスを提供している。さらなる通信容量拡大を目的として5Gでは新たにスモールセル(基地局当たり数10mの通信領域)を高密度(数10m間隔)かつ多数(数10基地局単位)面的に配置することが想定される。

スモールセルは、RLC(Radio link control)層およびPDCP(Packet data convergence protocol)層の処理を集約して行うCU(Centralized unit)、MAC(Media access control)層及び物理層の一部の機能を担うDU(Distributed unit)、アンテナ素子、DUでなされない物理層処理を実装するRU(Radio unit)から構成される[1]。従来、これらの無線基地局からなるモバイルネットワークは光通信システムを用いた有線接続で収容されており、モバイルフロントホールと呼ぶ。従来のモバイルフロントホールでは一度設置された後は変更しないことを前提としていた。そのため、昼夜のトラフィック分布が大きく異なるエリア(オフィス街や住宅街等)では、設備の利用効率を著しく欠いた配置となる。したがって、スモールセルの導入では効率性の面での課題を解決する必要がある。

上記のトラフィックの分布傾向は、通勤通学に伴う人口分布の運動に関係すると考えられる。通勤等で用いられる自動車は車載バッテリーに充電するため、発電機能を備えている。この車載バッテリーは、エンジンの起動、音響や空調設備に用いられるものであり、余剰電力を生み出す。したがって自動車においても効率性を損なう要因が存在する。

そこで本稿では、この余剰電力をRUへと供給するVehicle-empowered cell architectureを提案し、その実現性について報告する。駐車スペース等に設置されたRUに対して駐車車両が走行中に得た余剰電力を提供する。RUは車両から電力が供給されている間、起動し周囲にNWリソースを提供する。トラフィック需要及び車両の位置は人口分布に対して正に相関すると考えられ、トラフィック需要の低いエリアでは車両台数が少ないために起動していない割合が高くなる。これにより、スモールセルを周囲のトラフィック需要に応じてON/OFFすることが可能となる上に、車両の発電する電力を効率的に使用することが

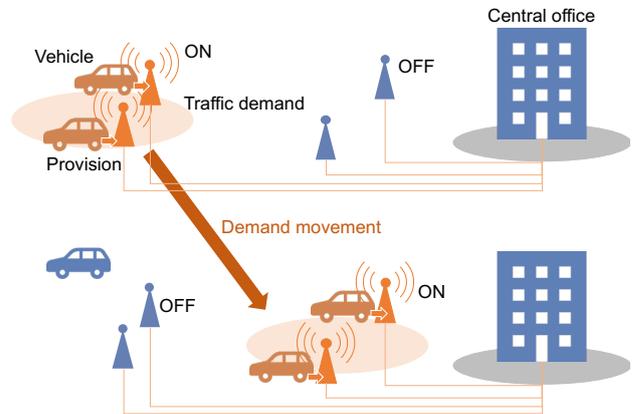


図1: Vehicle-empowered cell architecture

可能となる。

## 2. Vehicle-empowered cell architecture

図1にVehicle-empowered cell architectureを示す。RUはそれぞれ、パーキングメーター等の駐車可能なスペースに設置されている。RUはユーザ端末とCU間を、point-to-point接続されたモバイルフロントホールによってデータを中継する。ドライバーは、RUが取り付けられた駐車スペースに自動車を停める。この時、自動車は、その内部につけられた補助バッテリーからRUに対してワイヤレス給電を行う。これによりRUは起動を開始し、自動車から供給された電力によって周囲にNWリソースを提供する。余剰電力を提供したドライバーは、モバイル通信事業者から報酬を受け取る。本提案NWは次のような利点が存在すると考える。

## 1) 高効率なエネルギー消費:

本提案NWにより、トラフィック需要の変動に追従する形でのNWリソースが提供され、需要の少ないエリアではRUが起動しないことで電力を下げることが可能となる。また、余剰発電分の電力を利用しており、発電量に対して無駄なく電力を消費することが可能である。

## 2) 柔軟なNW:

ドライバーの選択によりNWリソースを提供するRUが変更されることで、状況に変化に追従するNWが構築可能となる。

## 3) 高いロバスト性:

自動車からの給電により災害等の停電発生時にも実施することが可能である。電話局は発電設備を備えており、停電発生時においても通信サ

<sup>1</sup> 特定非営利活動法人 neko 9 Laboratories

<sup>2</sup> 千葉大学大学院 工学研究院, Graduate School of Engineering, Chiba University

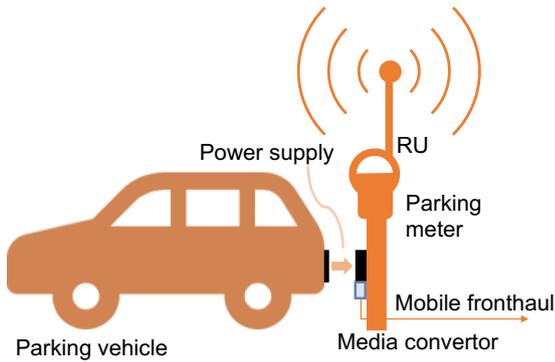


図 2: 電力供給構成図

### 3. 電力供給の構成

図 2 に電力供給の詳細を示す。vehicle-empowered cell は RU、Parking meter から構成される。RU はさらに、アンテナ素子を含むアンテナ部と電力受信部、メディアコンバータからなる。RU 内部にはバッテリー等の電源はなく、自動車以外からの給電はない。また、RU は 2 状態 (起動、休止) を取り、自動車からの給電があれば起動状態となり、データを転送することが可能となる。DU から送信された光信号はメディアコンバータで電気信号へと変換され、アンテナ部へと出力される。アンテナ部からは無線信号が出力され、ユーザ端末へとデータが転送される。

自動車側には、通常の車両に加えて新たにサブバッテリーとワイヤレス電力送信部が備え付けられている。走行中の余剰電力はサブバッテリーへ充電しておき、駐車中に電力送信部から RU へ無線電力供給する。

### 4. サブバッテリー要件算出

本報告では、実現性の検討として車載するサブバッテリーのサイズを算出する。RU の消費電力 (アンテナ部、メディアコンバータの合計消費電力) を  $P_{RU}$  とする。また、自動車側の供給電力として、バッテリー電圧:  $V$ 、起動時の電流値:  $I$ 、バッテリー実効率:  $R$ 、ワイヤレス電力伝送効率:  $\eta_{wpt}$  とすると、

$$V I R \eta_{wpt} = P_{RU} \quad (1)$$

と表せる。ここで自動車 1 台での必要起動時間を  $h$  とすると、必要バッテリー容量は、

$$\frac{h P_{RU}}{V R \eta_{wpt}} \quad (2)$$

と求められる。自動車内にあるオルタネータによる発電量:  $P_{out}$ 、及びサブバッテリーへの充電効率:  $\eta_{sub}$  とするとサブバッテリーへの供給電力は、

$$\eta_{sub} P_{out} \quad (3)$$

表される。 $P_{out}$  はオルタネータが出力する電圧並びに、エンジンの回転数に依存する [3]。充電にかかる時間は式 (2) 及び (3) より、

$$\frac{h P_{RU}}{R \eta_{wpt} \eta_{sub} P_{out}} \quad (4)$$

となる。

式 (2) 及び (4) について算出し、提案 NW の実現性に関する評価を行った。RU の消費電力は、先行研究 [2] を元に、 $P_{RU}=50$  とした。自動車におけるバッテリーを対象としているため、 $V=12$ 、 $R=0.8$  とした。また、ワイヤレス電力伝送は、駐車スペースで RU の起動を行うために、数 10 cm の距離を数 100 W 送信できる共鳴方式を仮定し、 $\eta_{wpt} = 0.4$  [4] とした。また、充電時間算出のために、エンジン回転数 1800 での充電を仮定すると、[3] より、 $P_{out} = 900$  となる。図 3 に上記条件の元でのサブバッテリー容量や必要充電時間について示す。例えば、必要起動時間を 2 時間とする場合、必要容量は 39 Ah となり、車載用バッテリー 1 台の追加でも RU の起動が可能となる。この時、 $\eta_{sub} = 0.10$  であれば、約 3.5 時間での充電が完了する。実現性を持ったシステムを構築することが可能であると考えられる。

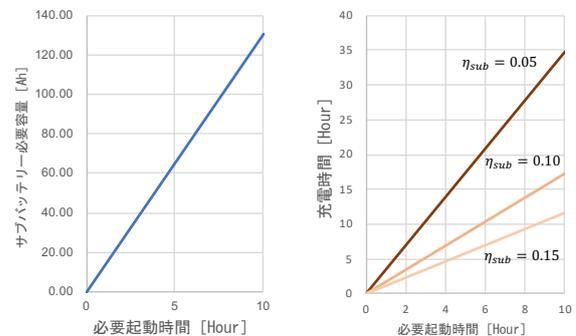


図 3: 必要容量と充電時間の評価結果

### 5. まとめ

自動車から電力供給を受けるスモールセル基地局の構成を提案する。駐車中の自動車がスモールセル基地局へ電力を供給し、基地局は電力供給を元に有効化される。本報告では、提案構成の実現性をサブバッテリーの必要容量の観点から示した。

#### 参考文献

- [1] P. Chanclou, et al., "Mobile fronthaul architecture and technologies: A RAN equipment assessment," *Journal of Optical Communications and Networking*, vol. 10, no. 1, pp. A1-A7, 2018.
- [2] Y. Jie, et al., "Energy-efficient Microcell Base Station Power Control in Heterogeneous Cellular Network", in *Proc. of 17th IEEE International Conference on Communication Technology*, pp. 553-557, 2017
- [3] D. J. Perreault & V. Caliskan, "Automotive Power Generation and Control", *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 19, no. 3, pp. 618-630, 2004
- [4] 庄木 裕樹, "ワイヤレス電力伝送の技術動向・課題と実用化に向けた取り組み", *信学技法*, no. WTP2010-07, 2010.