

# ユーザの移動制御を利用した モバイルデータオフローディング手法の提案

安孫子 悠<sup>1</sup> 望月 大輔<sup>2</sup> 齊藤 隆仁<sup>3</sup>  
片桐 雅二<sup>3</sup> 池田 大造<sup>3</sup> 水野 忠則<sup>4</sup> 峰野 博史<sup>1</sup>

静岡大学情報学部<sup>1</sup> 静岡大学大学院総合科学技術研究科<sup>2</sup>  
株式会社 NTT ドコモ 先進技術研究所<sup>3</sup> 愛知工業大学情報科学部<sup>4</sup>

## 1. はじめに

近年、スマートフォンや多種多様なIoT機器の急速な普及で、モバイルデータ通信需要が急激に増加しており、モバイルデータ通信を効率よくネットワーク内に収容することが重要である[1]。モバイルデータ通信では、駅の周辺や都市部などのユーザ（UE：User Equipment）の密集する特定の地域で基地局（eNB：evolved Node B）に負荷の偏る局所性が存在する。モバイルデータ通信の収容方法として、スマートフォンや自動車に搭載されたIoT機器では地図アプリなどから事前に移動予定経路を取得可能であり、この移動予定経路を用いることで高負荷なeNBを避け低負荷なeNBを経由する経路へ迂回が可能と考える。そこで、本研究では事前に取得可能な移動経路情報を用いて、高負荷なeNBを経由する経路から低負荷なeNBを経由するように迂回路を生成することで、特定の地域にモバイルデータ通信需要が偏る局所性を解消するための負荷分散を行う手法について提案する。

## 2. 関連研究

eNB 間の負荷を分散する手法として、ハンドオーバを利用した負荷分散が提案されている[2]。この手法では、UE の接続状況から求められる eNB 負荷を考慮して eNB 負荷が一定の閾値以下になるようにハンドオーバ時のパラメータを変更する。ハンドオーバ時のパラメータを変更することで、高負荷な eNB から低負荷な eNB へハンドオーバを促し eNB 間の負荷分散を行う。また、ユーザの移動経路を考慮してモバイルデータ通信の負荷分散を行う手法として、Dependable Air が提案されている[3]。Dependable Air ではユーザの移動経路上に低負荷な eNB が存在するときに、遅延を許容できるデータの通信を一時的に抑制し、低負荷な eNB へ接続後に通信を再開することで、低負荷な eNB へ負荷を分散する。どちらの手法でも高負荷な eNB から低負荷な eNB へ負荷分散が可能であることが確認されている。一方、これらの手法は、負荷分散を行うため移動経路上に低負荷な eNB が存在する必要があるが、移動経路が高負荷な eNB しか経由しない場合には十分な負荷分散を行えないという課題がある。本研究では、UE を低負荷な eNB へ経由させる経路を生成し、高負荷な eNB の負荷を低負荷な eNB へ分散する手法を提案する。

## 3. 提案手法

負荷分散用経路生成の概要図を図1に示す。事前に収集した移動経路情報や移動予測などから各eNBの接続UE数を算出し、接続UE数と始点eNB、中継候補eNBと終点eNBの3つのeNBを用いて中継eNBを決定する。経由するeNBが2つ以上存在する場合は、始点eNB、中継候補eNB、終点eNBから中継eNBを決定後に、中継eNBを始点eNB、終点eNBと周辺eNBを中継候補eNB、終点eNBに隣接する目的eNBに最も近いeNBを新たな終点eNBとし、すべての中継eNBが決定するまで始点eNB側から目的eNBへ変更しながら再帰的に負荷分散用の経路の生成を行う。

最短経路使用時のUEの中継eNBへの到着予定時刻での各eNB<sub>i</sub>のUE接続数を $u_i$ と定義し、UE接続数を元に負荷分散用経路を生成する。また、中継候補eNB<sub>i</sub>に隣接するeNBに接続しているUE数を $u_i^j$ とする。このとき、式(1)に従って中継候補のeNB<sub>i</sub>の選択されやすさの重み $e_i$ を決定する。

$$e_i = \max\left(\frac{\sum_{j=1}^n u_i^j}{n} - u_i, 0\right) \quad (1)$$

UEの中継eNB到着予定時刻での中継候補eNBと隣接eNBのUE接続状況を算出するために、UEの中継eNB到着予定時刻での中継候補eNB<sub>i</sub>に隣接するeNBの接続UE数の平均値から、中継候補eNB<sub>i</sub>のUE数を減算する。重み $e_i$ は大きいほど、隣接eNBと比べて中継候補eNBの方が接続UE数は少なくなる。また、重み $e_i$ が負の値となるとき、中継候補eNBの接続UE数は隣接eNBの接続UE数と比べて多い状況であるため、負荷分散用経路の経由地点として選択されないように0とする。重み $e_i$ をすべての中継候補eNBに対して算出を行い、重み $e_i$ から重み付き乱択を行い中継eNBの決定を行う。重み $e_i$ は大きいほど隣接eNBと比べて接続UE数は少なく、実際にUEが負荷分散用経路を選択した際に、接続UE数の少ないeNBを経由する可能性を高めるために、 $e_i$ を重みとする重み付き乱択で中継eNBを決定する。

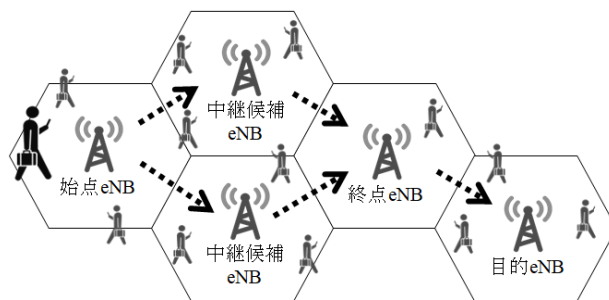


図1 提案手法概要

### Proposal of mobile data offloading method using user's mobility control

Yu Abiko<sup>1</sup>, Daisuke Mochizuki<sup>2</sup>, Takato Saito<sup>3</sup>, Masaji Katagiri<sup>3</sup>,  
Daizo Ikeda<sup>3</sup>, Tadasnori Mizuno<sup>1</sup>, Hiroshi Mineno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Informatics, Shizuoka University

<sup>2</sup> Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University

<sup>3</sup> NTT DOCOMO, INC., Research University Laboratories

<sup>4</sup> Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

表1 シミュレーション諸元

項目	設定値
シミュレーション時間	1800s
試行回数	10
eNB 数	5局
UE 数	50[台]
トラフィックタイプ	CBR
送信レート	81Kbytes/sec
移動速度	2.88 ~ 4.68km/h
理想受信量	1Mbytes
負荷分散用経路使用率	0, 10, 20, ..., 90, 100%

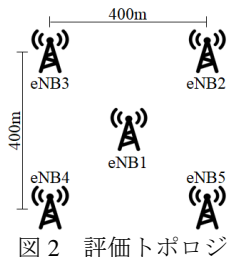


図2 評価トポロジ

## 4. 基礎評価

### 4.1. 実験方法

eNBの接続UE数を考慮して低負荷なeNBを経由する経路を生成し、負荷分散は可能か計算機シミュレーションを用いて評価を行った。移動経路と接続UE数は事前取得可能と仮定し、生成された経路に何割のUEが従うことで負荷分散可能か評価した。評価諸元を表1に示す。シミュレーション時間は1800sとし、結果は試行回数10回の平均値を用いた。評価トポロジは図2のように、400×400m<sup>2</sup>の範囲に5局のeNBを配置し、50台のUEは各eNBからeNBへ一様分布にしたがって目的地を設定し2.88~4.68km/hで移動を行う。トラフィックタイプはCBRとし送信レートは81Kbytes/sとした。各eNBには理想とする受信量を1Mbytes/sとして設定し、理想受信量を基準に超過した受信量を式(2)に従って負荷分散率を評価に用いる。

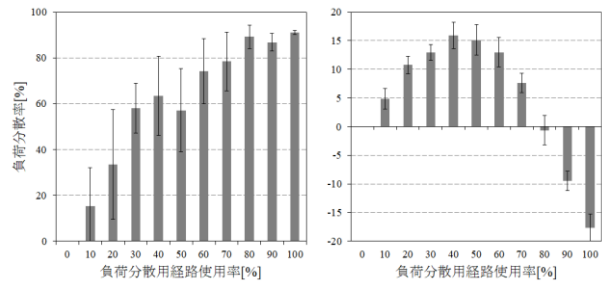
$$\text{負荷分散率}[\%] = \frac{\text{制御なし超過受信量} - \text{制御あり超過受信量}}{\text{制御なし超過受信量}} \quad (2)$$

提案手法を用いて生成された負荷分散用経路使用率は0, 10, 20, ..., 90, 100%で評価を行う。0%のとき全UEは目的地まで最短経路で移動し、100%のときはすべてのUEは目的地まで負荷を考慮した経路で移動を行う。

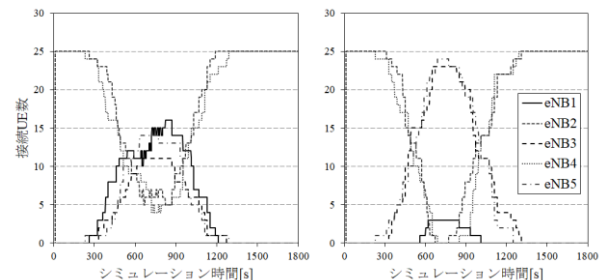
### 4.2. 実験結果

図3(a)に始点eNBと終点eNBを5局のeNBから一様選択した際の結果を示す。負荷分散用経路使用率は増加するほど、負荷分散率は高くなっていることが確認できる。このことから、提案手法を用いることでUE接続数の多いeNBを避け、UE接続数の少ないeNBを経由することができ、UE接続数の少ない低負荷なeNBへ負荷を分散することができたと考える。

図3(b)に始点eNBと終点eNBをeNB2とeNB4の2局から一様選択するように制限した結果を示す。負荷分散用経路使用率40%まで、負荷分散率は向上している。一方で、50%以降は負荷分散率が低下し80%以降は負荷分散用経路を使用しないときに比べて負荷分散率が低下



(a) 始点・終点一様分布時 (b) 始点・終点制限時  
図3 始点・終点eNB一様分布時の負荷分散率



(a) 経路使用率50% (b) 経路使用率100%  
図4 始点・終点eNB制限時の接続UE数

するという結果となった。図4(a)に負荷分散用経路使用率50%のときの各eNBのUE接続数と、図4(b)に負荷分散用経路使用率100%のときの各eNBのUE接続数を示す。負荷分散用経路使用率が50%のとき、600~1200sのUE接続数は約5~15台に比べて、100%のときはeNB3, 5に約24台ずつ接続している。このことから、始点と終点に局所性が存在するとき、提案手法を適用すると新たな局所性が発生するという課題が明らかとなった。

## 5. おわりに

本稿では、特定の地域に負荷の偏る局所性の解消を目的とした、UEの接続数を考慮して低負荷なeNBを経由する経路を生成し、負荷分散を行う手法を提案した。評価の結果、負荷分散用の経路を使用するUEが増加するほど、負荷分散率が向上することを確認した。今後は、すべてのUEが負荷分散用経路を使用すると新たな局所性が発生する課題があるため、提案手法の改良を行い更なる負荷分散率向上を目指す。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP26280028, JP15H02697の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] Cisco: Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016-2021 White Paper, < <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collatera/l/service-provider/visual-networking-index-vni/mobil-white-paper-c11-520862.html> > (accessed 2017-12-06).
- [2] Lobinger, A., Stefanski, S., Janse, T., Balan, I.: Load Balancing in Downlink LTE Self-Optimizing Networks, *IEEE 71st Vehicular Technology Conference (VTC 2010-Spring)*, Taipei, Taiwan, 2010.
- [3] 坪内和夫, 亀田卓, 平明徳, 末松憲治, 高木直: ディペンダブルユア-異種無線融合ネットワークにおける高精度位置情報を用いたネットワーク選択手法とトラフィックナビゲーション-, *IEICE ESS Fundamentals Review*, Vol.9, no.1, pp.37-46, 2015.