

修士学位論文要約（平成29年3月）

端末移動経路予測を用いたトラヒックリレーの研究

劉 沁寒

指導教員: 末松 憲治, 研究指導教員: 亀田 卓

A Study on Traffic Relay Using Route Estimation of Mobile Terminal Qinhan LIU

Supervisor: Noriharu SUEMATSU, Research Advisor: Suguru KAMEDA

Heterogeneous wireless systems such as a combination of mobile broadband wireless access (MBWA) and wireless local area network (WLAN) are candidates to attain the large capacity in next generation mobile communication systems. For capacity expansion, small cell network is necessary. Since small cell networks have only 10 to 100 meter order coverage, their resources are used by only a small part of traffic. In this paper, I evaluate the traffic navigation and propose the traffic relay to improve the usage efficiency of small cell network. Traffic navigation is a scheme that mobile terminal concentrates user's data packets on the small cell. Traffic relay is a scheme that mobile terminal relays user's data packets to other mobile terminal and concentrates them on the small cell.

1. はじめに

通信トラヒックが年率最大2倍で増加している¹⁾。トラヒックを収容するために、広域通信を行うマクロセルネットワークに大容量な通信を行うスマートセルネットワークを加えた異種無線融合ネットワークにより解決可能と考えられる。しかしスマートセルネットワークのカバレッジが狭いため、スマートセルネットワークの利用率が低いことが課題となる。本論文では、スマートセルネットワークの利用率向上を実現する手法としてトラヒックナビゲーション²⁾の検証とトラヒックリレーの提案を行った。

2. トラヒックナビゲーションの検証

トラヒックナビゲーションはスマートセルネットワークが限られている環境において、端末自身がユーザの移動経路を検索し誘導することで、非リアルタイムトラヒックをスマートセルネットワークに集中させる手法である。非リアルタイムトラヒックの要求が発生した瞬間から、データパケットを伝送するまでの許容遅延時間を利用することにより、トラヒック要求をスマートセルに集中させることが可能となる。本手法はQZSS (Quasi-Zenith Satellite System)³⁾やGPS (Global Positioning System)から受信した位置情報を基に、ユーザの目的地までの予測経路を推定する。更にエリア上にある各ネットワークの位置及び予測スループット値を把握することが可能であるマップ情報を利用することで、高確率にユーザを経路上にあるスマートセルネットワークに誘導できる。図1に即時通信手法とトラヒックナビゲーションの平均システムスループット特性を示す。横軸はス

モールセルネットワークのアクセスポイント局数、縦軸は平均システムスループットである。青色の部分はスマートセルネットワークの平均システムスループットである。赤色の部分はマクロセルネットワークの平均システムスループットである。図1のグラフ(a)は即時通信手法を用いたシミュレーション結果であり、グラフ(b)はトラヒックナビゲーションを用いたシミュレーション結果である。即時通信手法に対し、トラヒックナビゲーションを用いることで平均システムスループットは向上可能であることを明らかにした。また、マルチスマートセル環境において、スマートセルネットワークのアクセスポイントが5局ある場合のトラヒックナビゲーションの平均システムスループットは即時通信手法より2.2倍向上可能であることを示した。更に、トラヒックナビゲーションの遅延制御によるユーザQoE (Quality of Experience)への影響を確認した。ここでQoEをユーザの要求するデータパケットの処理時間の長さと定義する。処理時間を式(1)に示す。

$$t_{\text{処理時間}} = t_{\text{遅延時間}} + t_{\text{伝送時間}} \quad (1)$$

$t_{\text{遅延時間}}$ は許容遅延時間がカウントダウンされ始めてからデータパケットを伝送するタイミングまでの時間である。 $t_{\text{伝送時間}}$ はデータパケット伝送開始から伝送完了までの時間である。図2に評価結果を示す。 t_C は即時通信手法による各ユーザの処理時間である。 t_{TN} はトラヒックナビゲーションによる各ユーザの処理時間である。縦軸はCDF (Cumulative Distribution Function) 分布である。即時通信手法と比較し、トラヒックナビゲーションにより、59%のユーザの処理時間が短縮可能であることを示した。

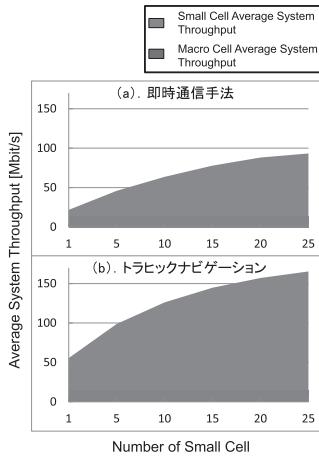


図1：両手法による平均システムスループット特性

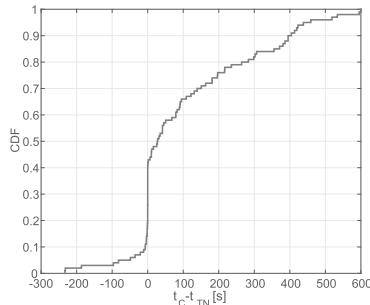


図2：ユーザ QoE の CDF 分布

3. トラヒックリレーの提案

トラヒックナビゲーションを用いても、なおスマートセルネットワークを利用できないユーザ、あるいはセルを利用するまでの遅延時間が長いユーザが存在する。この課題を改善するために、トラヒックリレーを提案した。トラヒックリレーはトラヒックナビゲーションにユーザ間通信を加えた手法である。図3にトラヒックリレーの概要を示す。Route 1（灰色）とRoute 2（青色）の2経路はそれぞれ歩行者と自動車の予測誘導経路である。歩行者と自動車が遭遇した場合、互いに自身のスマートセルネットワーク利用可否情報とスマートセルネットワーク利用するまでの残り許容遅延時間情報を交換し判断する。歩行者が許容遅延時間内にスマートセルネットワークに到達できず、マクロセルネットワークのみと通信できる。一方、自動車が許容遅延時間内にスマートセルネットワークに到達できるため、歩行者の端末が自動車をリレー対象として選択し、データパケット

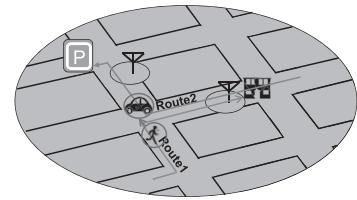


図3：トラヒックリレー

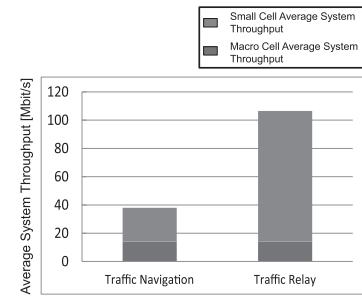


図4：平均システムスループット特性

を託す。自動車がスマートセルネットワークに託されたデータパケットを集中させる。図4に計算機シミュレーション評価によるトラヒックナビゲーションとトラヒックリレーの平均システムスループット特性を示す。縦軸は平均システムスループット値である。トラヒックナビゲーションに対し、トラヒックリレーによるスマートセルネットワークの平均システムスループットは3.9倍向上可能であることを示した。更に、ユーザがスマートセルネットワークを利用するまでの残り遅延時間を比較した結果、トラヒックリレーにより、スマートセルネットワークを利用するまでの残り遅延時間は最大16.4%(@CDF 80%)短縮可能であることが確認できた。

4. まとめ

本論文では、トラヒックナビゲーションの検証により、平均システムスループットとユーザQoEが改善可能であることを示した。また、トラヒックリレーの提案により、平均システムスループットの向上と遅延時間の短縮が可能であることを示した。以上より、スマートセルネットワークの利用率を向上した。

文献

- Association of Radio Industries and Businesses (ARIB), ARIB 2020 and Beyond Ad Hoc Group White Paper, Oct. 2014.
- 窪庭 純平, 東北大学修士学位論文, 平成26年度.
- 宇宙航空研究機構, 準天頂衛星システム ユーザインターフェース仕様書 (IS-QZSS) 1.5版, 2013年3月.