

修士学位論文要約（平成29年3月）

異種無線融合ネットワークにおけるシステム選択最適化手法の研究

福留 秀基

指導教員: 末松 憲治, 研究指導教員: 亀田 卓

Optimization Method of System Selection in Heterogeneous Network Hideki FUKUDOME

Supervisor: Noriharu SUEMATSU, Research Advisor: Suguru KAMEDA

Heterogeneous Network now attracts attention to deal with explosive increasing mobile communication traffic. In this paper, supplementing necessary data using spatial interpolation is proposed at first. The tolerated number of missing grids when the map for system selection is available can be increased by approximately 3.6 times compared with the previous research. Additionally, system selection method using deep learning is proposed. The number of mobile terminal data required for maximum accuracy can be compressed to approximately 16% compared with the previous research, while improving selection accuracy by approximately 0.4% in the presence of a certain amount of mobile terminals. Finally, system selection optimization considering the time variation in the external network is proposed. Simulation showed approximately 90% of mobile terminals improved a transmission rate compared with the previous research under the severe congestion situation in the external network.

1. はじめに

多数の基地局を統合的に運用し、端末によるネットワーク負荷を分散させることでトラヒックを効果的に収容する異種無線融合ネットワークが注目されている。そのためには端末が適切なシステムを選択するための指標が不可欠となる。本論文では先行研究¹⁾として研究されている、RSSI(received signal strength indicator) 値等の信号品質情報と端末自身が測位した位置情報を紐付けたデータベースによるシステム選択手法に着目する。先行研究において問題となっている位置情報を用いたシステム選択を行うために必要な通信による端末-基地局間ネットワーク負荷の削減、また先行研究において未考慮である基地局外部のネットワークの影響加味という2つの課題を解決し、システム選択の最適化を試みる。まず、位置情報と相関がある信号品質情報のデータベース作成に必要な端末-基地局間の無線ネットワークにおける負荷削減のために、空間補間を用いた必要データの補完を提案する。さらにデータベースの粒度に依存するシステム選択精度悪化とネットワーク負荷増加に対処するために、深層学習を活用したシステム選択を提案する。最後に外部ネットワークの影響を加味して負荷自律を実現しながら各端末の伝送レートを最大化する最適化手法を検討する。

2. 空間補間によるネットワーク負荷削減手法の提案

先行研究として位置情報を格子状に分割してRSSI値を格納し、マップ状の情報として表現したものが存

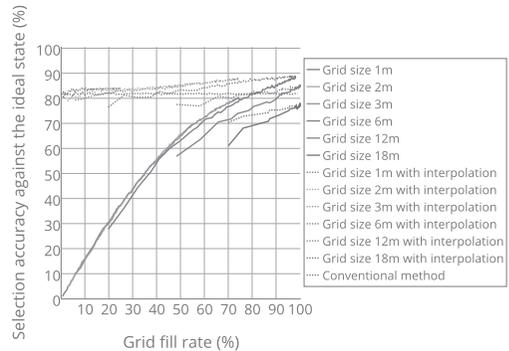


図1: 空間補間での格子充足率に対するシステム選択精度を示す¹⁾。しかし先行研究では、格子の粒度に起因するシステム選択精度と、格子の充足に必要な端末データ数がトレードオフの関係となっている。その結果、少端末状態においては格子内のデータが欠落することで選択精度が悪化するため、欠落格子の補完が必要である。この問題に対し3次スプライン補間を適用し、少端末状態時に信号品質情報が格納されていない格子を周囲の情報から補完し、欠落格子を削減する。図1に空間補間での格子充足率に対するシステム選択精度を示す。格子充足率は全格子に対する信号品質情報が格納されている格子の割合を示し、空間補間によって充足した格子は考慮していない。この結果により利用可能状態に到達するために必要であった格子充足率も77.13%から17.13%となり、許容できる欠落格子の数を、先行研究に比べて約3.6倍増加できることを示した。

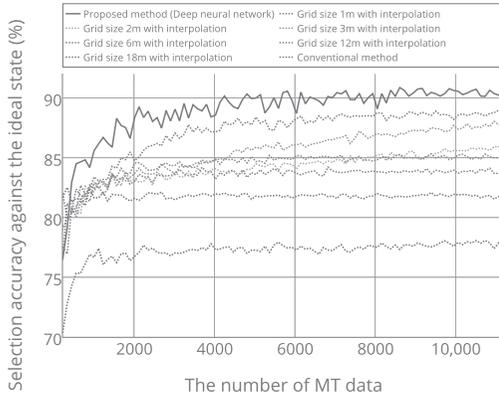


図 2: 端末データ数に対するシステム選択精度

表 1: 定常状態時の端末データ数と選択精度

System selection method	The amount of MT in steady state	System selection accuracy (%)
Conventional method	-	81.74
Deep neural network	10,178	90.40
Previous work (grid size 1m)	134,886	89.99
Previous work (grid size 2m)	111,958	89.85
Previous work (grid size 3m)	64,871	89.80
Previous work (grid size 6m)	11,013	88.83
Previous work (grid size 12m)	3,915	84.51
Previous work (grid size 18m)	1,790	76.35

3. 深層学習によるネットワーク負荷削減手法の提案

先行研究の課題である格子の形状による誤選択を低減するために、深層学習を用いたシステム選択手法を提案する。格子の形状による誤選択は欠落格子が存在せず、空間補間の適用ができない多端末データ数時において課題となる。深層学習を用いたシステム選択手法では、深層ニューラルネットワークが位置情報と従来手法におけるシステム選択先との関係进行分类器として学習する。端末は学習した深層ニューラルネットワークのモデルと、自身の位置情報を用いてシステム選択を行う。図 2 に端末データ数に対するシステム選択精度を示す。図中において、先行研究によるシステム選択は低精度状態ないし高精度状態に未達であるのに対し、提案手法は高精度なシステム選択を少端末データ数で可能であることが見てとれる。表 1 に定常状態時の端末データ数と選択精度を示す。システム選択精度が一定となる定常状態に到達するために必要な端末データ数は先行研究に対し 16%に圧縮することができた。加えてシステム選択精度も定常状態において、先行研究における格子間隔 1 m の信号品質マップを用いた場合の 89.99%から 90.40%とさらに約 0.4%の精度向上を確認した。

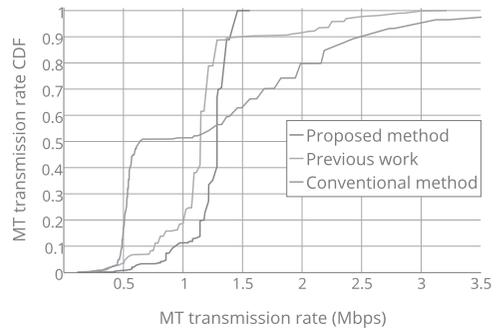


図 3: ネットワーク輻射時の端末伝送レート CDF 値

4. 位置情報を用いたシステム選択最適化手法の検討

先行研究ではシステム選択に際して用いる指標として端末の情報である RSSI 値、また基地局の情報である接続端末数を考慮している。しかしながら時間帯ごとの輻射等の基地局外部のネットワークによる影響は検討されていない。外部ネットワークにおける輻射を加味したネットワーク選択手法を検討する。複数の基地局を収容しているサーバが各基地局における時間帯ごとの負荷状況を加味する。位置情報を用いたシステム選択は端末、基地局、そして外部ネットワークのシステム全体における負荷分散を達成することができ、端末の伝送レートを最大化しつつ、各システムの通信容量を最大化するようにシステム選択を行うことで大域的に最適化される。図 3 にネットワーク輻射時の端末伝送レート CDF(cumulative distribution function) 値を示す。提案手法によって全端末のうち 90%の伝送レートが改善したことがわかる。さらに 5%の端末伝送レート CDF 値においても提案手法は先行研究に対して 1.7 倍、従来手法に対して 1.8 倍となることを確認した。

5. まとめ

本論文では、空間補間と深層学習により、端末-基地局間のネットワーク負荷を削減し、高精度なシステム選択を実現した。また基地局外部のネットワークの影響を加味することで、ネットワーク全体の状況を反映した大域的なシステム選択最適化を検討した。以上より、異種無線融合ネットワークにおけるシステム選択最適化を実現した。

文献

- 1) 窪庭純平 他, 信学論 (B), vol. J98-B, no. 7, pp. 611-624, July 2015.