

無線基地局アンテナのチルト制御自動化に関する取り組み

日本電信電話株式会社 *岩本真尚 IWAMOTO Masayoshi
 日本電信電話株式会社 鈴木晃人 SUZUKI Akito
 日本電信電話株式会社 小林正裕 KOBAYASHI Masahiro
 日本電信電話株式会社 原田薫明 HARADA Shigeaki

移動体通信はユーザ端末へのコンテンツ配信や Internet of Thing (IoT) など様々なサービスを支える重要なインフラである。さらに自動運転車や Machine-to-Machine (M2M) を用いたサービスの登場に伴い、同時多数接続 (mMTC) や超高信頼低遅延 (URLLC) などサービスに求められる要件は高度化、多様化している。これに伴い、移動体通信には以前にも増して低遅延性や高可用性が求められる。しかしながら、予期せぬ機器故障や人為的過誤による障害が原因で基地局の機能が停止し、無線通信が利用できないエリア (通信断エリア) が生じる場合がある [1]。さらに基地局の障害の種類によって基地局の機能の復旧までにかかる時間が大きく異なる。特に自然災害等に起因する機器の物理的な破損は、復旧完了までに数時間から数日かかり、通信断が長期化してしまう。これは無線通信の可用性を大きく損なうため、ネットワーク運用者には迅速な対処が求められる。

迅速な対処を実現する技術として、通信断エリアの救済 (Cell Outage Compensation, COC) が検討されている。COC のアプローチとして、障害基地局の復旧完了までの間、周辺の基地局アンテナの周波数帯 (キャリア) の俯角 (チルト) を一時的に変更することで、通信断エリアをカバーする技術 (チルト救済) が存在する。チルト救済のイメージを図 1 に示す。チルト救済では通信断エリアの周辺にある基地局のキャリアの中から、救済を担当するキャリア (救済キャリア) を選択し、救済キャリアのチルトを適切に制御する必要がある。加えて、先述の通り、無線通信の可用性を確保するには迅速な通信断エリアの復旧が不可欠であるため、短時間で救済キャリアとそのチルトを決定しなければならない。ネットワーク保守運用の現場では、熟練者のノウハウに基づいて救済キャリアとチルトが決められている。しかし、基地局数の増加や熟練者の減少に伴い、現状のままでは業

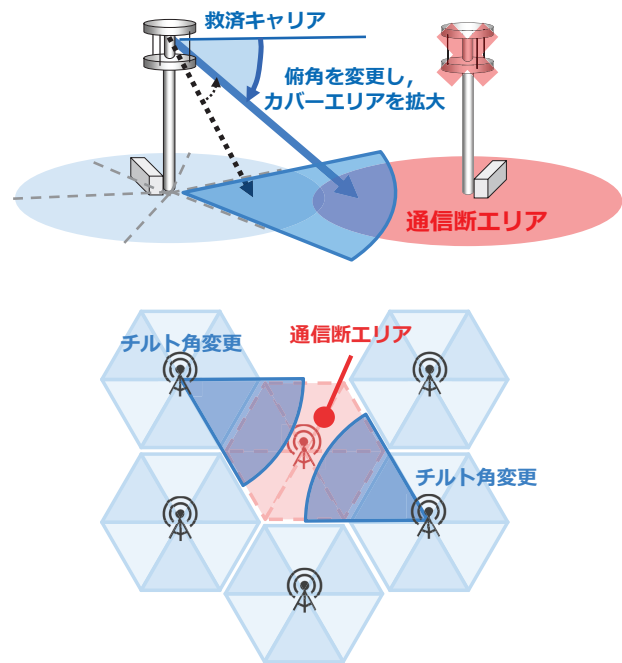


図 1: チルト救済のイメージ

務遂行が困難になることが想定される。これに対して、我々は保守運用業務の自動化を目的に、チルト救済手法を検討している [2, 3]。我々の検討では 5 分以内に救済キャリアとチルトの解を算出することを目標とする。

チルト救済手法は既存手法でも提案されている [4, 5, 6, 7]。既存手法の多くは解算出に当たり、救済キャリアとチルトの組み合わせごとに通信断エリアのカバー率や通信品質などの目的関数を計算する。この計算のために、電波干渉や伝搬損失を考慮した、地点/端末ごとの通信品質の推定や観測情報の収集を行う。これらの手法はチルトの変化に伴う通信品質の変化を高精度に推定できる一方で、推定の計算や情報の収集に多くの時間を要し、迅速な通信断エリアの救済が難しい。

この問題に対して、我々は迅速な救済を目的とした、チルト救済手法 [2, 3] を提案してきた。先行

の提案手法である手法 [2] は、電波伝播範囲を幾何学的な近似に基づいて簡易化した上で推定し、救済キャリアのチルトをヒューリスティックなアルゴリズムで算出する。これによって既存手法と比較して、計算時間を大幅に削減しつつ、準最適解を得ることができる。

そして、我々は商用環境において、手法 [2] の性能評価を行った。評価の結果、評価に用いた全てのケースで、手法 [2] が通信断エリアのカバー率を向上できることを確認した。さらに一部のケースで、手法 [2] がネットワーク運用者の判断よりも通信断エリアの高いカバー率が得られることを確認した。

しかしながら、手法 [2] には2つの問題点が残っていた。1つ目について、手法 [2] は障害の発生した基地局数に応じて計算時間が増加する。そのため、既存手法に対して計算時間は短い、複数基地局に同時に障害が発生した際には、計算時間が増加し、既存手法と同様に迅速な救済が困難となる。2つ目に、従来手法によって複数のキャリアを変更する場合には、電波干渉が新たに生じ、通信品質の劣化を招く可能性がある。

そこで、我々は通信断エリアの集約と、粒子群最適化 [8] を用いたチルト計算を組み合わせたチルト救済手法 [3] を提案した。粒子群最適化は組み合わせ最適化問題に対するメタヒューリスティックアルゴリズムの1つであり、救済キャリアとチルトの膨大な組み合わせに対して、短時間で適切な解の算出が期待できる。通信断エリアの集約では、互いに隣接している通信断エリアを合わせて単一の通信断エリアとして、チルト救済を行う。これによって複数の基地局が同時に故障した場合においても、まとめてチルト救済の計算が可能となり、手法 [2] の1つ目の問題点であった計算時間の増加を抑制できる。そして、チルト計算では粒子群最適化を用いて、複数の救済キャリアのチルトを同時に最適化する。さらに粒子群最適化における目的関数に、救済キャリア間のカバーエリアのサイズをペナルティ項として加える。これによって各救済キャリアが過剰にカバーエリアを広げることを防ぎ、2つ目の問題点であった、救済キャリア間でのカバーエリアの重複を抑制できる。

最後に、我々は実際の基地局配置を模したシミュ

レーション環境において、手法 [3] の性能評価を行った。評価の結果、手法 [2] の計算時間が大きくなってしまい、複数基地局が故障するケースにおいても、手法 [3] が短時間で、高いカバー率とカバーエリアの少ない重複を両立する解を求められることを示した。企業事例交流会においては、本事例について詳しく紹介する。

参考文献

- [1] W. Wei, et al., “COD: A cooperative cell outage detection architecture for self-organizing femtocell networks,” *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol.13, no.11, pp.6007–6014, 2014.
- [2] 岩本真尚他, “障害エリアの早期復旧のためのアンテナチルト角制御手法,” 信学会ソサイエティ大会 通信講演論文集, p.121, Sept. 2020.
- [3] 岩本真尚他, “通信断エリアの早期復旧のための粒子群最適化によるアンテナチルト制御手法,” 信学技報 IN2021-24, pp.1–6 Jan. 2022.
- [4] M. Amirijoo, et al., “Cell outage compensation in LTE networks: Algorithms and performance assessment,” *IEEE VTC2011-Spring*, pp.1–5, 2011.
- [5] D. Nikolay, et al., “Dynamic self-optimization of the antenna tilt for best trade-off between coverage and capacity in mobile networks,” *Wireless Pers Commun*, vol.92, pp.251–278, Oct. 2016.
- [6] V. Buenestado, et al., “Self-tuning of remote electrical tilts based on call traces for coverage and capacity optimization in LTE,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol.66, no.5, pp.4315–4326, May 2017.
- [7] Y. Xiao, et al., “A deep reinforcement learning based mechanism for cell outage compensation in 5G UDN,” *IFIP/IEEE IM 2019*, pp.476–481, 2019.
- [8] J. Kennedy, et al., “Particle swarm optimization,” *IEEE ICNN’95*, vol.4, pp.1942–1948vol.4, 1995.