

干渉電力測定に基づいてチャンネルを棲み分ける動的チャンネル配置のヘテロジニアスネットワークへの適用効果に関する一検討

A study of Interference-Aware Channel Segregation Based Dynamic Channel Assignment for Heterogeneous Networks

松村 祐輝 天間 克宏 安達 文幸
Yuki Matsumura Katsuhiko Temma Fumiyuki Adachi

東北大学大学院 工学研究科 通信工学専攻
Department of Communications Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. まえがき

広帯域無線通信トラフィックが急増しているが、利用可能な周波数帯域に制限がある。そこで、同一チャンネルの地理的再利用が必須である。マクロセル基地局(MBS)がカバーする通信エリア内に多数の小電力基地局(HBS)を設置してホットスポットをカバーするヘテロジニアスネットワーク(Het Net)では、MBS-HBS 干渉、HBS-HBS 干渉、MBS-MBS 干渉が問題となる[1]-[2]。干渉電力に基づいてチャンネルを棲み分ける動的チャンネル配置(IA-CSDCA)[3]を適用すれば、基地局間で互いの干渉が少なくなるようなチャンネルの再利用パターンを自律的に形成できる。本論文では、Het Net に IA-CSDCA を採用することで、干渉の少ないチャンネルの再利用パターンを自律的に生成できることを計算機シミュレーションにより示している。

2. Het Net における IA-CSDCA

Het Net セル配置モデルを図1に示す。中心と頂点間距離が1に正規化された正四角形の4つのホットスポット無線セルが、マクロセル内に均等に配置されている。マクロセルの通信エリアも四角形で、中心と頂点間距離はホットスポットセルの5倍であるものとしている。総マクロセル数は9個である。各セルの中央に1本のアンテナを有するHBS および MBS が配置されている。各 BS では全てのチャンネルの瞬時干渉(CCI)電力を周期的に測定し、CCI テーブルを更新する。チャンネル利用時には、平均 CCI 電力最小のチャンネルを使用する。

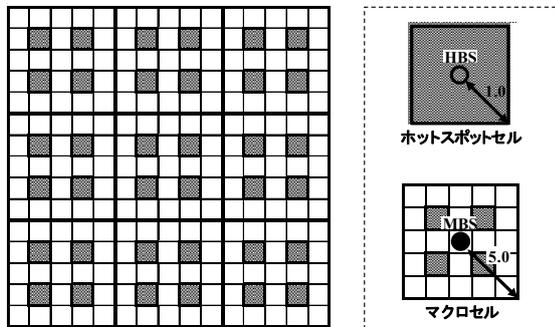


図1 Het Net セル配置モデル

図2に、IA-CSDCAのフローチャートを示す。BSは、周辺BSが報知するビーコン信号を一定周期で観測して、全てのチャンネルの瞬時CCI電力を測定する。そして、それらの平均CCI電力を忘却係数 β の一次フィルタを用いて求め、CCIテーブルを更新する。第 m BSの第 ch チャンネルの平均CCI電力(真値)は、次式のように表せる。

$$\bar{I}_{BS_m, ch}(t) = (1-\beta) \cdot I_{BS_m, ch}(t) + \beta \cdot \bar{I}_{BS_m, ch}(t-1) \quad (1)$$

ここで、 $I_{BS_m, ch}(t)$ は、第 m BSが第 t タイムスロットで観測した第 ch チャンネルの瞬時CCI電力(真値)である。各BSでは平均CCI電力最小のチャンネルを選択し、そのチャンネル上で配下の端末に向けたビーコン信号を送信し、BSの使用チャンネルを配下の端末に通知する。

3. 計算機シミュレーション

本稿では広帯域直交周波数分割多重(OFDM)を用いる Het Net におけるチャンネル再利用パターンを計算機シミュレーションにより求めた。等電力遅延プロファイルを有する $L=16$ バスの周波数選択性ブロックレイリーフェージング、伝搬損失指数 $\alpha=3.5$ およびシャドウイング損失の標準偏差 $\sigma=5.0$ dBを仮定した。HBSの送信電力は、正規化距離1の地点における長区間平均受信信号対雑音電力比(SNR)が20dBとなる送信電力として(このときの送信電力を正規化送信電力 $P_{LHBS}=20$ dBのように表す)、MBSの正規化送信電力は、HBSより20dBだけ大きい $P_{LMBS}=40$ dBとした。忘却係数は、安定したチャンネル再利用パターンが得られる $\beta=0.99$ とした[3]。総チャンネル数 $N_{ch}=8$ とし、全BSで同期してCCIテーブルを更新するものとした。中心マクロセルのMBSは常にチャンネル#0を使用するものとした。初期チャンネル配置では($t=0$)、全てのBSにチャンネル#0を配置した。

図3に、更新時刻 $t=1900$ および 2000 におけるHBSおよびMBSの最優先チャンネル(使用チャンネル)番号を示す。図3より、 $t=1900$ 以降のHBSおよびMBSの最優先チャンネルが変化していないことから、安定したチャンネル再利用パターンが形成できていることが分かる。

チャンネル再利用パターン安定後のマクロセルに着目すると、隣接マクロセル間で異なるチャンネルを再利用していることから、MBS-MBS干渉を低減するようなパターンが形成されていることが確認できる。次にホットスポットセルに着目すると、MBS-HBS干渉およびHBS-HBS干渉の少ないチャンネルが再利用されている(つまり、HBSが所属するマクロセルのMBSや他の隣接ホットスポットセルのHBSと異なるチャンネルが再利用されている)ことが確認できる。

チャンネル再利用パターン安定後のマクロセルに着目すると、隣接マクロセル間で異なるチャンネルを再利用していることから、MBS-MBS干渉を低減するパターンが形成されていることが確認できる。次にホットスポットセルに着目すると、MBS-HBS干渉およびHBS-HBS干渉の少ないチャンネルが再利用されている(つまり、HBSが所属するマクロセルのMBSや他の隣接ホットスポットセルのHBSと異なるチャンネルが再利用されている)ことが確認できる。

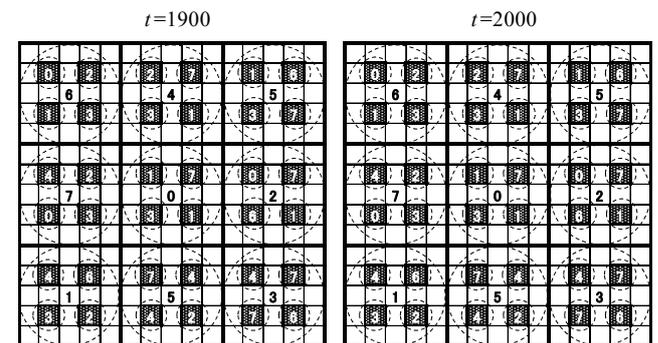


図3 HBSおよびMBSのチャンネル再利用パターン(各BSからの平均受信SNR=20dBとなる範囲を点線で示した)

4. まとめ

本論文では、IA-CSDCAをHet Netに適用すれば、干渉の少ない安定したチャンネル再利用パターンが形成できることを計算機シミュレーションにより示した。

- [1] A. Khandekar, et al., Proc. EW, pp. 978-982, April 2010.
[2] S. SUN, et al., Wireless Commun., Vol. 20, No. 1, pp. 59-66, Feb 2013.
[3] Y. Matsumura, et al., Proc. ICCS, Nov 2012.