

基地局スリープ技術が端末のエネルギー消費量に与える影響の評価

Impact of Base Station Sleep Technology on Energy Consumption of User Equipment

高橋 一成
Kazunari TAKAHASHI

安達 宏一
Koichi ADACHI

電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター
Advanced Wireless & Communication Research Center (AWCC), The University of Electro-Communications

1 まえがき

近年、ネットワークのエネルギー消費を削減できる基地局 (BS) スリープ技術が注目されている [1]. BS スリープ技術では、ユーザ機器 (UE) と通信を行っていない、もしくは少数の UE のみと通信を行っている BS を省電力モード (スリープモード) にする. 下りリンクとは異なり、スリープモードになっている BS は上りリンクトラフィックの状況を把握することが出来ない. そのため、近傍の BS がスリープモードとなっている場合、UE は近傍の BS がスリープモードを解除するまで待機するか、より遠方の BS へ接続する必要がある. これらは UE の消費エネルギーの増大を招く. 本研究では、これまで検討されていなかった BS スリープ技術が UE 側の消費エネルギー量に与える影響に関して計算機シミュレーションにより明らかにする.

2 システムモデル

N_{UE} 個の UE から N_{PBS} 個のピコ BS (PBS) への上りリンクを想定する. 各 BS は N_{sf} フレーム毎にスリープ確率 ($0 < p_{sleep} < 1$) で独立にアクティブモード/スリープモードを切り替える. 各 UE は、アクティブモードの BS の中から受信信号電力が最大となる BS に接続する. 複数の UE が同一 BS に接続する際には、送信フレーム毎に接続 UE 数を計算し、各 UE に均等に直交する帯域幅を割り当てる.

2.1 UE の電力消費モデル [2]

UE の消費電力量は送信帯域幅や送信電力等に依存しない P_c と帯域幅等によって変化する P_{RF} で構成される. 本稿ではパケットを送信している間だけに電力を消費するものとする. 第 u UE が 1 パケットを送信し終えるのに必要な総エネルギー消費量は $E_{total,u} = T_f \sum_{q=0}^{Q_u-1} (P_c + P_{RF,u}(q)) = T_f \sum_{q=0}^{Q_u-1} (P_c + \rho_u(q) P_{max})$ となる. ここで T_f はフレーム長, Q_u は 1 パケットを送信し終えるのに必要となったフレーム数, P_{max} は UE の最大送信電力, $0 < \rho_u(q) \leq 1$ は第 u UE に第 q フレームで割り当てられた帯域により決定される係数である.

3 計算機シミュレーション結果

1km × 1km のシミュレーション範囲内にランダムに配置された $N_{PBS} = 20$ 個の PBS が帯域幅 $W = 20$ [MHz] を共用する環境を想定した. 1 フレーム長を $T_f = 10$ [msec] とし, PBS は $N_{sf} = 100$ フレーム毎にモードを切り替えるものとした. $N_{UE} = 50$ 個の UE がランダム

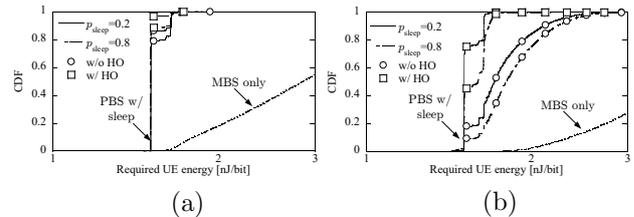


図 1: 単位ビット当たりの UE 消費エネルギーの CDF 特性 ((a) $\lambda = 0.1$, (b) $\lambda = 1.0$)

に配置されているものとし、各 UE の送信パケットサイズは $B_{pkt} = 1$ [MBytes] とした. UE の最大送信電力は $P_{max} = 23$ [dBm], 固定消費電力は $P_c = 5$ [dBm] に設定した. 伝送レートはシャノンの通信容量式から求め、最大のレートは 6 [bit/Hz] (64QAM に相当) とした. チャンネルモデルには距離依存のパス損失 $L = 38.0 + 30.0 \log_{10} d$ (d は BS と UE の距離 [km]) と標準偏差 $\sigma = 6$ [dB] の対数正規分布に従うシャドウイング損失を考慮した. 各 UE のトラフィックモデルは単位時間あたりのパケット到着率が強度 λ [packet/sec] で与えられるポアソン過程に従うものとした.

図 1 に λ と p_{sleep} が UE の消費エネルギー ($E_{bit,u} \triangleq 8B_{pkt}/E_{total,u}$) に与える影響を示す. UE が通信中に接続先 BS を切り替える場合を “w/ HO”, 切り替えを行わない場合を “w/o HO” と表記する. 比較のためにマクロ BS をシミュレーション範囲内の中央に 1 つ置いた場合も示す. p_{sleep} と λ の増大に伴って UE の消費エネルギー量が増えていることが分かる. これは p_{sleep} が大きいほど、UE 近傍の BS がスリープモードになっている確率が高くなり、より遠くの BS と通信を行う可能性が高くなるためである. また、単位時間あたりのトラフィック量が増えるほど 1 つの BS に同時に接続する UE 数が多くなる. そのためより狭い帯域を使用することになり、送信に時間がかかるためである. さらに UE がハンドオーバーする方が常にチャンネル利得が高い BS と接続することになるので送信可能なデータ量も増えるため、UE の消費エネルギー量が削減できていることが分かる. 特にトラフィック量が多いときにその影響が顕著になる.

4 まとめ

本研究では、BS スリープ技術が UE の消費エネルギー量に与える影響を計算機シミュレーションにより明らかにした.

参考文献 [1] S. Zhang, et al., Springer, 2016. [2] A. R. Jensen, et al., in Proc. IEEE Veh. Technol. Conf., Sep. 2012.