

Wireless Powered MECにおける 確率的バイナリーオフロード及びモード切替方式の評価

Wireless Powered MEC System with Probabilistic Binary Offloading and Mode Switching

小林 拓弥
Takuya Kobayashi

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

IoT (Internet-of-Things) 端末の小型化に伴い計算能力の制約ならびに充電管理が重要な検討事項となっている。MEC (Mobile Edge Computing) と、無線電力伝送 (WPT: Wireless Power Transfer) を組み合わせた Wireless Powered-MEC (WP-MEC) システムによって2つの問題を解決することが期待されている [1]。筆者らは、自律分散型の確率的制御によってオフロードとローカル計算の2つのモードを選択する確率的バイナリーオフロード (PBO: Probabilistic Binary Offloading) システムを提案した [2]。本稿では、通信品質の低下を避けるためのモード切替方式に関する詳細な検討を、パケット配信率 (PDR: Packet Delivery Rate) とバッテリー寿命の観点から行う。

2 システムモデル

K 台の無線端末 (WD: Wireless Device) (集合 \mathcal{K}) をシミュレーションエリア内にランダムに配置した。各 WD はタスク生起率 λ [/sec] のポアソン過程に従い、タスクを独立して生起するものとした。計算タスクを MEC サーバにオフロードする場合をモード 0 (\mathcal{M}_0)、WD 内でローカル計算する場合をモード 1 (\mathcal{M}_1) と設定した。複数の WD が同時にオフロードした場合、AP が計算結果の返送中にオフロードした場合には受信失敗すると仮定した。WD のバッテリー蓄積量は次式で表される。

$$\varepsilon_{k,i} = \begin{cases} \max \left(\varepsilon_{k,i-1} + E_k^{\text{wpt}} - E_{k,i}^{\text{off}}, 0 \right) & (m_{k,i} \in \mathcal{M}_0) \\ \max \left(\varepsilon_{k,i-1} + E_k^{\text{wpt}} - E_{k,i}^{\text{loc}}, 0 \right) & (m_{k,i} \in \mathcal{M}_1) \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 E_k^{wpt} は WPT で得られるエネルギー、 $E_{k,i}^{\text{off}}$ はオフロードエネルギー消費量、 $E_{k,i}^{\text{loc}}$ はローカル計算エネルギー消費量、 $m_{k,i}$ は WD のモードを表す。

3 提案手法

3.1 確率的バイナリーオフロード [2]

オフロード処理またはローカル計算の2つのモードを確率的制御によって自律分散的に選択する確率的バイナリーオフロード (PBO) システムを提案した。本手法では、WD $k \in \mathcal{K}$ は自律分散的にオフロード確率 $p_k \in [0, 1]$ を決定し、自身のモードを決定する。本研究では、次式で与えられるオフロード確率 p_k を用いた。

$$p_k = 1 - \frac{\left[\log_2 \left(1 + \frac{1}{(d_k+1)^2} \right) \right]^{-1}}{\left[\log_2 \left(1 + \frac{1}{(d_{\max}+1)^2} \right) \right]^{-1}} \quad (2)$$

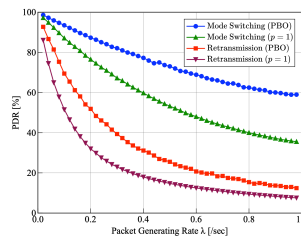


図 1: PDR の比較

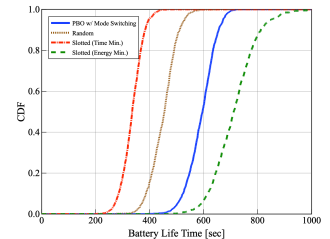


図 2: CDF の比較

ここで、 d_k は WD-AP 間距離 [m]、 d_{\max} は最大通信距離 [m] を表す。

3.2 モード切替方式

オフロードに失敗した WD は再送処理を行わず、オフロードを中止してローカル計算に切り替える、モード切替方式を使用した。この方式によって失敗なく全てのタスクを処理することが可能となる他、オフロード数を削減することで通信品質の向上が見込まれる。

4 計算機シミュレーション

AP を中心とした最大通信距離 $d_{\max} = 50$ [m] の円形領域内に $K = 50$ 台の WD をランダムに配置、固定した。タスクサイズは [10, 100] [kbits] からランダム、タスクタイプは 10^3 [CPU cycles/bit]、WD の CPU 周波数は [10, 50] [MHz] からランダム、タスク生起率は $\lambda = 0.1$ [/sec] とした。オフロードとローカル計算のエネルギー消費量は文献 [2] で与えているものを用いた。

図 1 にモード切替方式を使用した場合と、使用せず最大 5 回の再送を行った場合の PDR の比較を示した。モード切替方式と PBO を用いることで、再送を行う場合と全オフロードする場合と比較して通信品質を向上させることが示された。また、図 2 に 1 台のバッテリー蓄積量が 0 になるまでの時間の CDF を示した。確率をランダムに与えた場合に比べ特性が良くなり、エネルギーを最小化した場合の特性に近づいていることが確認できた。

5 まとめ

本稿では、WP-MEC における確率的制御とモード切替方式を提案した。モード切替と PBO によって通信品質の向上とバッテリー寿命の伸長ができることを示した。

謝辞 This work was supported by the European Commission in the framework of the H2020-EUJ-02-2018 project 5G-Enhance (Grant agreement no.815056) and the Ministry of Internal Affairs and Communications (MIC) of Japan.

参考文献

[1] W. Zhang, et. al., "Energy-Optimal Mobile Cloud Computing Under Stochastic Wireless Channel," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 12, no. 9, pp. 4569-4581, Sept. 2013. [2] 小林, 安達, "確率的バイナリーオフロードを用いた Wireless Powered MEC の特性評価," 信学技報, vol. 120, no. 74, RCS2020-24, pp. 7-12, 2020 年 6 月。