

Game-Theoretic Approach to Energy-Efficient Resource Allocation in Device-to-Device Underlay Communications

Zhenyu Zhou, Mianxiong Dong (董 晏雄), Kaoru Ota (太田 香), Ruifeng Shi, Zhiheng Liu, Takuro Sato

研究の背景および目的

Device-to-Device (D2D)通信は、近隣のユーザ端末(UE)間で直接通信が可能となるためユーザの利便性向上のほか、限り有る周波数資源を有効に使用することができる。しかし、D2D通信によって電波干渉発生の恐れがあるため(図1)、効果的な周波数帯資源の割当が必要である。また、バッテリー駆動のUEにとってエネルギーは貴重な資源の一つであるため、割当過程でのエネルギー消費をなるべく回避する必要がある。本研究では、UEのエネルギー効率と周波数帯利用効率を両立する周波数帯資源割当手法を提案する。

提案手法の内容

本研究では、QoS(通信品質)と送信電力の制約下において、各UEのエネルギー効率を最大化するための、電波干渉を考慮した周波数帯資源割当アルゴリズムを提案した。一般的に、UEは各自の資源利用効率のために利己的な行動をとると仮定し、本研究ではゲーム理論を用いて資源割当問題のモデル化を行った。エネルギー効率を考慮し、情報交換のためのUE間通信オーバーヘッドの少ない非協力ゲームとしてモデル化し、提案アルゴリズムによって得られる最適解は、ナッシュ均衡であることを証明した。

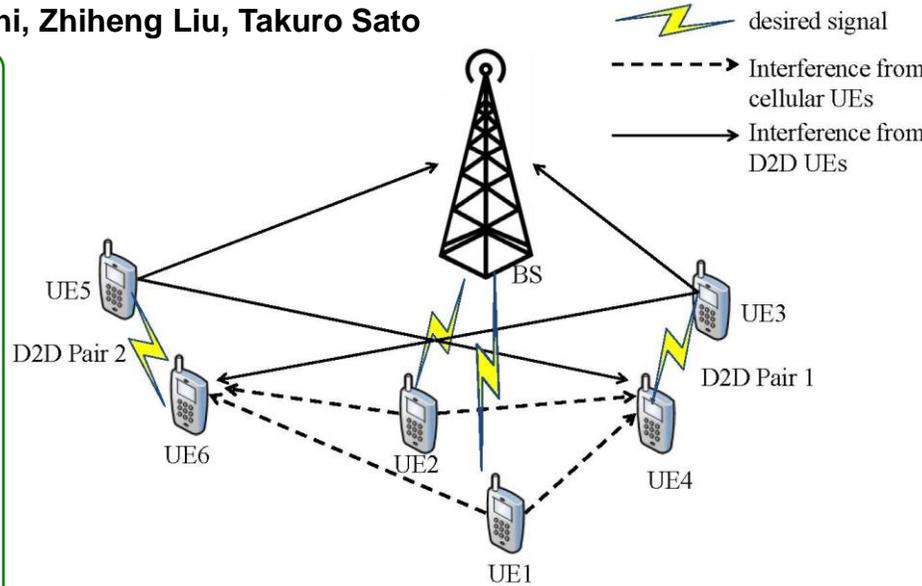


図1 D2D通信のシステムモデル:D2D通信(例:D2D Pair1)による電波干渉(例;UE3→UE6)やUE・基地局間通信(例:UE1)による電波干渉(例;UE1→UE4)が発生する。

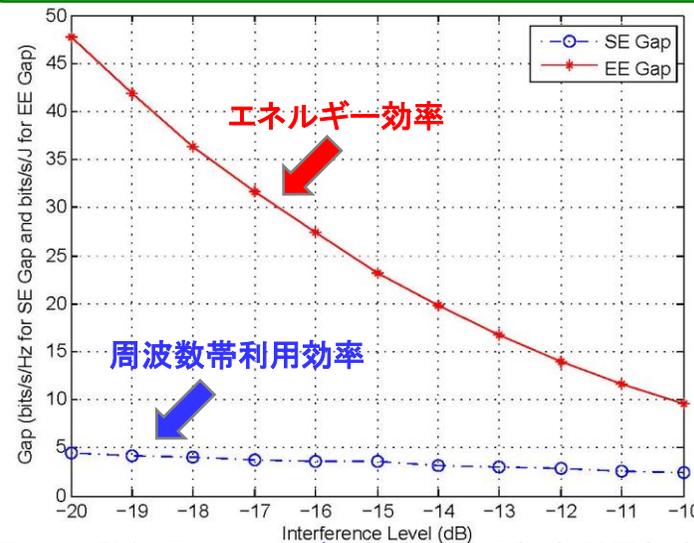


図2 実験結果:エネルギー効率と周波数帯利用効率

シミュレーションによる実験結果

提案手法の性能評価はシミュレーションによる実験により行った。従来の周波数帯利用効率のみ考慮した手法と提案手法を比較し、性能指標としてエネルギー効率と周波数帯利用効率において2つの手法でどの程度差が出るかを検証した(図2)。その結果、提案手法は周波数帯利用効率を損なわずに、エネルギー効率を向上することが確認できた。電波干渉レベルを上げることで、提案手法ではエネルギー効率の低下がみられたが、これは提案手法ではUEが送信電力をより消費しなければならないためであるが、一方で、周波数帯利用効率は電波干渉の影響をほとんど受けないことがわかった。

以上のことから、提案した周波数帯資源割当手法は、従来手法と同等の周波数帯利用効率性を維持しつつ、UEのエネルギー効率を高めることがわかった。

まとめ

ゲーム理論を用いてD2D通信における周波数帯資源割当アルゴリズムを提案し、従来手法と比較して周波数帯利用効率を維持しつつ、エネルギー効率を向上することが実験により確認できた。