

# LTE/WiFi ネットワークにおける強化学習を用いた チャンネル選択手法

岸本 勇希 王 瀟岩 梅比良 正弘  
Yuki KISHIMOTO Xiaoyan WANG Masahiro UMEHIRA  
茨城大学工学部  
Faculty of Engineering, Ibaraki University

## 1. はじめに

近年、モバイルトラフィックの急激な増加に伴い、移動通信である LTE(Long Term Evolution)の高速大容量化が大きな課題となっている。この課題の解決策として、WiFi で使われている免許不要帯域を LTE で利用できるようにする技術 LAA(Licensed-Assisted-Access)が、注目されている。本稿では、免許不要帯域での WiFi と LTE の効率的な共存を実現するために、強化学習を用いたチャンネル選択手法を提案し、その効果を評価した。

## 2. LTE/WiFi ネットワークの概要

LTE/WiFi ネットワークにおいては、お互いの干渉により通信品質が大きく影響されないように設計される必要がある。本稿では通信を開始する前にキャリアセンスを行う LBT (Listen Before Talk) チャンネルアクセス手法を用いている。また、チャンネル選択手法に関しては、受信電力のセンシングに基づく従来方式が存在しているが、利用効率の低さや隠れ端末などの欠点がある。

## 3. 提案した強化学習を用いたチャンネル選択手法

強化学習は環境との相互作用の繰り返しを通じて最適な行動を決定する機械学習アルゴリズムである。本稿では代表的な強化学習の手法である Q ラーニングを利用する。提案手法では、スループットの実測値から Q ラーニングにより Q 値を推定し、最終的にチャンネル選択確率  $P_r$  を計算する。

スループットは SINR から文献[1]の対応表により求める。

Q 値の更新は式 (1) より行う。k はチャンネル番号を表しており、 $\alpha$  (学習レート) は式 (2)、R (報酬) は式 (3) により計算される。  $Q_t$  は Q ラーニング回数を表す。

$$Q(k) \leftarrow (1 - \alpha)Q(k) + \alpha R \quad (1)$$

$$\alpha = 1 - 0.001Qt \quad (2)$$

$$R = \frac{\text{スループット実測値[bps/Hz]}}{\text{スループットの理論最大値[bps/Hz]}} \quad (3)$$

チャンネル選択確率  $P_r$  は式(4)から求める。Q 値の大きさにより  $P_r$  が決まる。n はチャンネル数を表しており、 $\tau$  は式 (5) で表される。 $\tau$  の値が大きい時にはすべてのチャンネルがほぼ同じ確率で選択されるが、 $\tau$  の値が小さい時には Q 値が最大のチャンネルが選ばれやすくなる。

$$P_r(k) = \frac{e^{\frac{Q(k)}{\tau}}}{\sum_{k'=1}^n e^{\frac{Q(k')}{\tau}}} \quad (4)$$

$$\tau = \frac{1}{\log_2(1 + Qt)} \quad (5)$$

## 4. シミュレーションの概要と結果

シミュレーションは見通しの良い屋内環境を想定し、下り通信のみを考えて行う。帯域 20MHz のチャンネルが 3 つあり、図 1 に示すように、WiFi-AP (AP4-6) は 3 つのチャンネルにそれぞれアクセスし、LAA-AP (AP1-3) は提案手法を使いチャンネル選択を行う。図 2 に WiFi-AP の ON/OFF を 10 回する条件でのネットワークのスループットを示す。提案した Q ラーニング手法のスループットは従来のセンシング手法に比べ平均約 18% 高いことが分かる。また従来方式に比

べて、提案手法はネットワーク状況の変動に対して自動的に調整できることが分かる。図 3 に WiFi-AP の ON/OFF 回数を変化させたときのスループットの平均値を示す。AP の ON/OFF 回数が 2 回から 10 回に増加すると、Q ラーニングの減少幅はセンシングのおよそ半分であることが分かる。

## 5. まとめ

免許不要帯域において、Q ラーニングを用いたチャンネル選択手法を用いることにより、効果的に全体のスループットが向上することを示した。

<参考文献>

[1] 3GPP TR 36.942 version 9.0.1 Release 9

表 1 シミュレーションパラメータ

雑音電力 $N$ [dB]	9	$\tau_0$	0.15~0.25
送信電力 $P_{tx}$ [dB]	15	Q 値の初期値	0.5
アンテナ利得 $G_{tx}$ [dB]	5	ラーニング周期 [s]	9~11
端末雑音指数 $N_f$ [dB]	9	タイムスロット数	200,000
周波数帯 $f_c$ [GHz]	5	1 タイムスロット [ms]	10

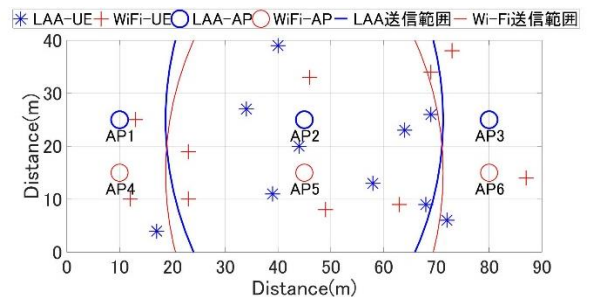


図 1 シミュレーション環境

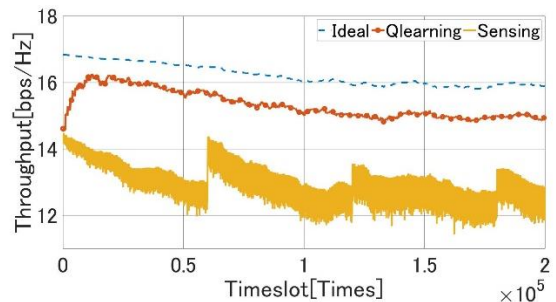


図 2 WiFi-AP の ON/OFF を 10 回する条件でのスループット

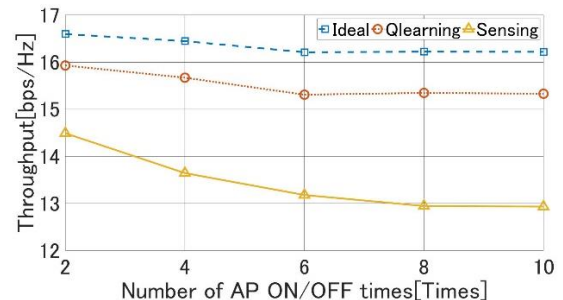


図 3 WiFi-AP の ON/OFF 回数を変化させたときのスループット