

学生番号	14232059	氏名	林 恵利葉
論文題目	IEEE 802.11ah 広域無線ネットワークにおける効率的な複数ノード収容方式に関する研究		

## 1 はじめに

屋外における IoT デバイスからのデータ収集においては無線による長距離伝送が必要となる。さらに電源確保も困難なため、低消費電力であることが望ましい。それらの条件を満たすため無線規格 LPWA(Low Power Wide Area) が考案されている。その 1 つに IEEE で標準化策定作業が行われている IEEE 802.11ah があり、実現が急務である。

そこで本研究では、IEEE 802.11ah における基本特性を示し、N 対 1 通信時の効率的な収容方式を検討する。

## 2 LPWA

LPWA は、低消費電力で数 km 単位の通信を実現する無線通信技術である。LPWA の主な規格として LoRaWAN, SIGFOX, NB-IoT があるが、これらは実装優先で開発されている。一方、IEEE 802.11ah は他規格より通信速度が速く、また国際規格として策定されているため世界各国で使用可能である。

## 3 IEEE 802.11ah

### 3.1 規格仕様

IEEE 802.11ah は、無線 LAN を構成する IEEE 802.11ac をベースに省電力向けにカスタマイズされたものである。通常の Wi-Fi(2.4/5GHz) と異なり、周波数帯にサブ 1GHz 帯 (日本では 920MHz 帯) を使用する。帯域幅は 1MHz と 2MHz、変調方式は OFDM 変調方式を採用している。通信距離は最大 1km であり、通信速度は 150~347kbps である。しかし、周波数帯に広い帯域を確保できる国は少ないため、150kbps が広く使用されると予想される。最大待機時間は約 5.3 年、最大接続台数は 8191 台である。

### 3.2 RAW(Restricted Access Window)

IEEE 802.11ah では制限されたアクセスウィンドウ RAW により、複数 STA によるフレーム衝突発生を回避するため転送開始時間を分散させる。RAW とはビーコンインターバル内で各 STA がフレーム転送を可能とする時間帯のことで、複数に分割して設定可能であり、それをグループ数  $G$  と呼ぶ。各 RAW 内は複数のスロットに分割され、送信端末 (STA) がどのスロットに属するかは TBTT(Target Beacon Transmission Time) のタイミングにおいてビーコンフレームを受信し、該当のスロットを識別する。自局に割り当てられたスロットにおいて、CSMA/CA プロトコルによるアクセス制御を行う。

### 3.3 アクセス制限

アクセスポイント (AP) の利用状況に基づいて同時にアクセス可能な STA 数を制限する。AP は競合パラメータを設定したビーコンフレームをブロードキャストし提供することができる。ビーコンフレームを受信した STA は競合パラメータをもとに競合プロセスを動作させる。

## 4 シミュレーション環境及び評価指標

ns-3(Network-Simulator Ver.3) を用いてシミュレーションを行う。通信速度は 150[kbps]、送信データのペイロードサイズは 12[B]、電力は 20[mW](13[dB]) とし、UDP により送信する。1 対 1 通信では図 1(a) に示すように、AP を (0, 0), STA を (x, 0) に 1 台配置する。N 対 1 通信では図 1(b) に示すように、AP を原点とした半径  $r = 1000[m]$  のエリアに STA を  $N$  台ランダムに配置する。

評価指標として以下の総スループットを定義する。

$$\text{総スループット} = \frac{\text{受信パケット数} \times \text{パケットサイズ}}{\text{シミュレーション時間}} [\text{bps}]$$

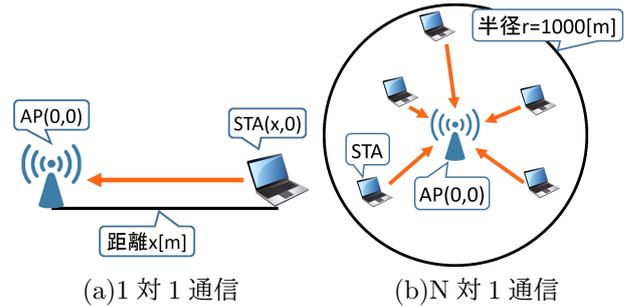


図 1: シミュレーション環境

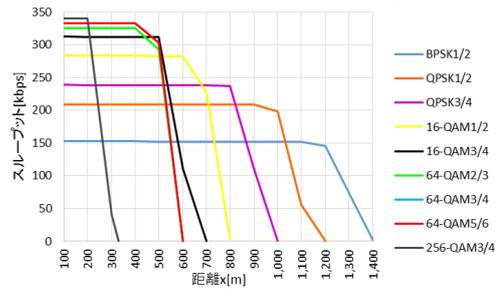


図 2: IEEE 802.11ah の基本特性

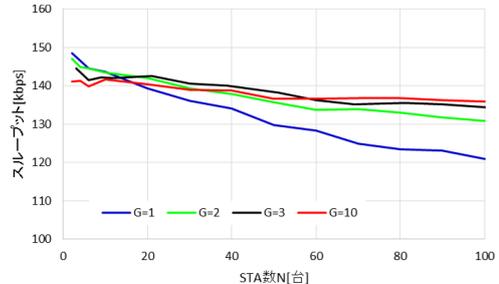


図 3: 総スループットと STA 数の関係

## 5 シミュレーション結果と考察

### 5.1 1 対 1 通信

STA-AP 間の距離  $x$  に対するスループットを変調方式ごとに図 2 に示す。この図において、符号化方式が 256-QAM3/4 の場合、通信速度は最大 340[kbps]、通信距離は最大 300[m] となる。一方 BPSK1/2 の場合、通信速度は最大 150[kbps]、通信距離は最大 1400[m] である。よって、屋外の大規模通信では最大通信距離 1400[m] を達成する BPSK1/2 が望ましい。

### 5.2 N 対 1 通信

STA 数  $N$  に対する総スループット特性を図 3 に示す。ここで RAW=99980[μs] 固定とし、分割グループ数  $G$  の影響を調査する。この図より、STA 数  $N$  が増加すると競合の影響により総スループットは低下する。特に  $G = 1$  の場合、劣化度合は大きくなる。そこで  $G \leq 2$  とし、各 STA からの転送期間を分散させることにより、劣化の抑制が可能であることがわかる。 $N < G$  の場合、割り当てられない RAW の期間が生じ、待ち時間が発生するため  $G = N$  とする必要がある。 $N$  が大きい場合、 $G$  を増加させると同一グループ内で一度に競合する STA 数が減るため総スループットは向上するが、 $G = 3$  とすることで  $N$  の増加に依存しない効果的な収容が可能となる。

## 6 まとめ

本研究では、IEEE 802.11ah における N 対 1 通信時の効率的な収容方式について調査した。STA 数に応じて RAW の分割グループ数を調整することで、競合の影響を軽減できることが可能であることを示した。