

IEEE802.11ah の省電力化のための端末の グループ化と通信制御方式の検討

井波 健太[†] 湯 素華[‡] 小花 貞夫[‡]電気通信大学 情報理工学部[†] / 情報理工学研究科[‡]

1. はじめに

IEEE 802.11ah(以下 11ahとする)は, Wi-Fi の利便性をそのままセンサ/IoT 分野に提供することを目的として作られた通信規格である. センサ/IoT 分野では, 長距離で通信を行うため, 多くの端末を収容すること, ならびに端末の省電力性が必要とされる. このために, 11ah では Restricted Access Window(RAW)という機能が規定された. これは端末をグループに分け, ある時間に 1 つのグループ内の端末のみが通信を行う機能である. しかし, 最適なグループ分けの方法は定まっておらず, さまざまな手法が検討されている. 本稿では, 省電力化のための端末のグループ化とそれによる通信制御方式を検討する.

2. IEEE 802.11ah の概要

11ah は 900MHz 帯の周波数帯域を使用し, 通信可能距離を 1km 程度までサポートする. また, 1 つのアクセスポイントで最大 8192 台の端末を収容できる. 11ah で規定されている RAW 機能は, 時分割したスロットに複数端末を割り当て, ある瞬間に 1 つのスロットのみにチャンネルアクセスの権限を与える. チャンネルアクセス割当時間外の端末はスリープ状態にして省電力化を図る. この仕組みを図 1 に示す.

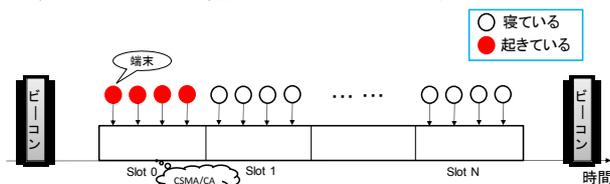


図 1 RAW の基本的な仕組み

どの端末がどのスロットに割り当てられるか, スロットの数, スロットフォーマット, スロットの長さなど, グループ分けに関する情報は, アクセスポイントから定期的に送られるビーコンのブロードキャストにより端末全体に知らせる. このグループ分けに関する情報は

RPS(RAW Parameter Set)と呼ぶ. どの端末がどのスロットに割り当てられるかは以下の式(1)で与えられる.

$$i_{slot} = (x + N_{offset}) \bmod N_{RAW} \dots (1)$$

i_{slot} は i 番目のスロット, x は端末のアソシエーション ID(AID), N_{offset} は端末間の公平性を向上させるパラメタ値である. また, N_{RAW} はスロットの数を表す.

スロットに割り当てられた端末は, 自分が割り当てられたスロットの開始時に一斉にスリープ状態から稼働状態となり, CSMA/CA のメディアアクセス制御(MAC)により通信を行う.

3. 先行研究

11ah のスループットの向上やエネルギー消費の削減のために, 標準機能である RAW とは異なるグループ分けの手法が提案されている[1] [2].

まず端末の CSMA/CA による通信待機時のバックオフ状態に基づいてグループ分けを行う研究[1]では, アクセスポイントが端末と通信を行わずとも, 全端末のバックオフ時間が分かるという前提のもと, 同じバックオフ時間の端末を違うスロットに割り当てることで, 衝突を削減し, チャンネルの競合を抑制する方法を提案した. しかしながら, スループットの向上および, エネルギー消費の削減に貢献はしたが, バックオフ時間の事前取得は現実的には難しい.

次にグループ分けとトラフィック状況の相関性から, トラフィック状況に基づいてグループ分けを行う研究[2]では, トラフィックの混み具合によりグループ分けに関する情報を更新する. 例えば通信端末が多数存在して, トラフィックが混雑し, チャンネルの競合が起こりやすい状況では, スロットの数を増やす. これにより, トラフィックが混雑する状況でも高いパフォーマンスを維持できるようにしている.

しかし, 先行研究[1][2]ともにスロット内での通信制御が CSMA/CA のみであるため, 1スロットあたりの端末数が多くなった時には, スロット内での端末の送信待ち時間が長くなり, そのために端末は長時間稼働を余儀なくされる. このため, スロット内での端末の稼働時間を削減する手法が望まれる.

Studies on node grouping and communication control methods for power saving in IEEE802.11ah

Kenta Inami[†], Suhua Tang[‡], Sadao Obana[‡]

Faculty of Informatics and Engineering / [‡]Graduate school of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

4. 検討手法

3章で述べた先行研究の方式のように、同じスロットに割り当てられた端末を同時に起こすのではなく、送信時間の近い端末をグループ化して同じスロットに割り当て、スロット内で端末を決められた順番に起こすことにより端末の消費電力の削減を図る。具体的な方法を以下に示す。

4.1. 端末のグループ化

ビーコンが RPS を全端末にブロードキャストするため、端末をビーコン周期でグループに分ける。そのため以下の動作を各ビーコン周期の始めに行わせる。

1. 端末が送信パケットを保持するかをパケット送信頻度から求め、送信パケットを持たないものはスリープ状態としてスロットには割り当てない。
2. ビットレートおよびペイロードサイズから情報の送信にかかる時間 T_{trans} を算出する。 $T_{trans} \leq T_0[ms]$ をスロット 0 へ、 $T_0 < T_{trans} \leq T_1[ms]$ をスロット 1 へ、というようにスロット i には $T_{i-1} < T_{trans} \leq T_i$ の端末を割り当てる。またスロットに割り当てるとき、AID の昇順に並べ、そのスロット内で k 番目に位置することを RPS に含める。

情報の送信にかかる時間 T_{trans} は以下の式(2)で求まる。

$$T_{trans} = 0.56 + \frac{\text{payload_size}}{\text{bitrate}} [ms] \quad \dots (2)$$

ここで $0.56[ms]$ はプリアンブル、およびヘッダの送信にかかる時間[4]であり、11ah が対応するビットレートは $0.15 \sim 4.0[Mbps]$ である。検討手法におけるスロットの概要を図 2 に示す。

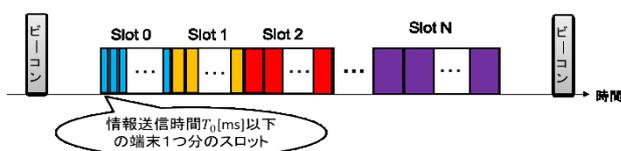


図 2 検討手法のスロットの概要

4.2. 通信制御方式

スロットで各端末がスリープ状態から稼働状態となるタイミングは、「割り当てられているスロットにおける端末の送信時間[ms]」、「スロット内で k 番目に位置している」という情報から求める。具体的にはスロット i に割り当てられた k 番目の端末はスロット開始時から $\text{Max}\{T_{trans}; T_{i-1} < T_{trans} \leq T_i\} \times (k-1) [ms]$ 後に起きれば良い。稼働状態の端末はすぐに情報の送信を行い、終了するとスリープ状態に戻る。

5. 評価実験

5.1. 距離とビットレートの関係

11ah がチャネル幅 $1MHz$ の時、対応するビットレートは $0.15 \sim 4.0[Mbps]$ であり、アクセスポイントと端末の距離からそれぞれの端末のビットレートをシミュレーション[5]により求める。シミュレーションは、アクセスポイントと端末を $1,000m$ 離れた距離から $1m$ ずつ近づけて通信可能距離を算出した。これをもとに端末ごとのビットレートを決め、検討手法を評価する。

5.2. 検討手法の評価と考察

検討方式におけるエネルギー消費を、論文[2]の手法と比較して評価を行う。端末数ごとエネルギー消費は図 3 に示す。

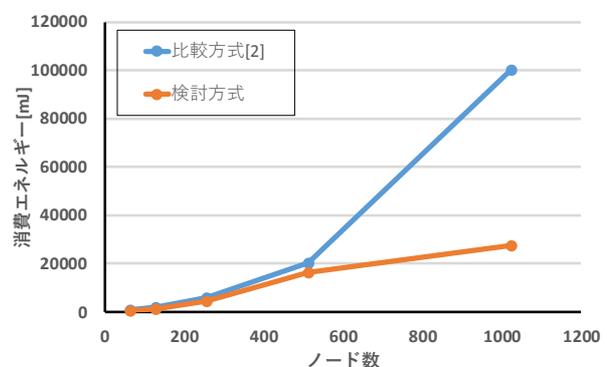


図 3 端末数とエネルギー消費の関係

比較方式は端末が増えると、長時間稼働しエネルギー消費が大きくなるが、検討方式は稼働時間が短いいため、それほど大きくは増えない。

6. おわりに

IEEE 802.11ah のさらなる省電力化のために、端末の送信時間によるグループ化と、それによる端末を順番に起こす通信制御方式を検討し、端末数が多い時にエネルギー消費を大幅に削減できることを示した。

参考文献

- [1] Qutab-ud din, *et al.*, "Performance analysis of IoT-enabling IEEE 802.11ah technology and its RAW mechanism with non-cross slot boundary holding schemes," In Proceedings of the IEEE 16th International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), Boston, MA, USA, pp.14-17, 2015 June.
- [2] Tian, L., *et al.*, "Accurate sensor traffic estimation for station grouping in highly dense IEEE802.11ah networks," Proceedings of the First ACM International Workshop on the Engineering of Reliable, Robust, and Secure Embedded Wireless Sensing System, pp.1-9, 2017.
- [3] Banos-Gonzalez, Victor, *et al.*, "IEEE 802.11 ah: A technology to face the IoT challenge," Sensors 16.11, 2016.
- [4] Ba, Ao, *et al.*, "A 4mW-RX 7mW-TX IEEE 802.11 ah fully-integrated RF transceiver," In Radio Frequency Integrated Circuits Symposium (RFIC), 2017 IEEE, pp.232-235, 2018 July.
- [5] Tian, L., *et al.*, "Extension of the IEEE802.11ah ns-3 Simulation Module," Workshop on ns-3 (WNS3) 2018, pp.53-60, 2018 June.