

# 複数周波数帯同時利用無線 LAN に対するレート制御手法

## Rate Adaptation Scheme in WLAN System Using Simultaneous Transmission on Multiple Bands

夜船 誠致  
Masanori YOFUNE

周東 雅之  
Masayuki SUTO

雨澤 泰治  
Yasuharu AMEZAWA

佐藤 慎一  
Shinichi SATO

株式会社モバイルテクノ  
Mobile Techno Corp.

### 1. はじめに

筆者らは ISM 帯の周波数利用効率の向上を目指し、単一端末で複数周波数帯を同時利用する複数周波数帯同時利用無線 LAN システムを検討している [1]。[1] では、既存無線 LAN 装置との後方互換性を維持しつつ、複数周波数帯に対する変調方式と符号化率の最適な組合せを選択可能なレート制御手法を提案しているが、単一のアクセスポイント (AP) / 端末間での評価に留まっているため、本稿では複数端末が存在する環境下での提案手法の効果について報告する。

### 2. 提案手法

図 1 に提案手法のレート制御の概念図を示す。提案手法では、任意のレートで送信を開始し、宛先で周波数帯毎に直近に受信したフレームから SNR を推定後、各周波数の変調方式の全組合せに対して累積相情報量  $I$  と符号化率  $R$  を下式で算出し、 $R$  が符号化率の上下限内で  $I$  が最大となる変調方式の組合せを次回送信レートとして選択する。

$$I = \frac{1}{FK} \sum_{f=1}^F \sum_{k=1}^K C_x(SNR_{f,k}) \quad (1)$$

$$R = I \div \left( \frac{1}{F} \sum_{f=1}^F N_{mod,f} \right) \quad (2)$$

なお、 $F$  は同時利用周波数、 $K$  はサブキャリア数、 $C_x$  と  $N_{mod,f}$  はそれぞれ  $f$  番目の周波数で選択された変調方式  $x$  の通信容量 [1] と変調シンボルあたりのビット数を意味する。図 1 に示すように、宛先では DATA の復号に成功すれば ACK (Acknowledgement) フレームを、失敗すれば CTS (Clear To Send) フレームを送信する。その際、各フレームの PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) ヘッダの SERVICE 領域 (先頭 4 bits) を用いて、上記で選択した MCS (Modulation and Coding Scheme) のインデックスを宛先から送信元に通知することで、符号化率および各周波数帯の変調方式を独立に制御する。なお、既存の無線 LAN 端末の送信機会に影響しないように、通知に用いる ACK・CTS の Duration 領域をゼロとして後方互換性を維持する。

### 3. 計算機シミュレーション

本稿では、[2] の駅的环境に近い条件 (2.4G 帯 : 57%, 5G 帯 : 6% のチャンネル占有率) とするため、単一周波数で通信する従来端末 (2.4G 帯 : 9 台, 5G 帯 : 1 台) が 12 ms 間隔でトラフィック (1500 bytes の MPDU) を発生する環境にて、提案手法 (Prop) と比較対象である ARF (Auto Rate Fallback, Conv) [3] を適用した 2.412 GHz (CH1) と 5.68 GHz (CH136) の同時利用端末 (1 台) を AP から一定距離毎に配置した場合の周波数利用効率を評価した。なお、

周波数利用効率は合計送信成功ビット数を合計利用帯域幅とシミュレーション時間の除算で算出し、フレームフォーマットは IEEE802.11a/g 準拠 (帯域幅 20 MHz)、変調方式は BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM、誤り訂正符号は RC-LDPC [1] で共通とし、再送なし、伝搬路は 1 パス Rayleigh フェージングモデル (移動速度 3 km/h)、チャンネル推定および時間・周波数同期は理想とした。図 2 より、伝送距離 50 m 以上にて提案手法の周波数利用効率が高くなっていることが分かる。これは、利用周波数全体で ARF を行う Conv-1500 に比べて周波数毎に最適な変調方式を選択でき、CH1,136 それぞれで 750 bytes の MPDU を送信し個別に ARF を行う Conv-750x2 に比べて各周波数の伝搬路状態に合わせて次回送信から最適レートで通信できる提案手法の効果と考えられる。

### 4. まとめ

複数周波数帯同時利用無線 LAN において、既存無線 LAN 装置との後方互換性を維持しつつ、利用周波数毎に最適な変調方式を選択可能なレート制御手法において、複数端末環境下でも周波数利用効率が改善することを確認した。

#### 謝辞

本研究は総務省の委託研究「複数周波数帯域の同時利用による周波数利用効率向上技術の研究開発」により実施したものである。

#### 参考文献

- [1] M. Yofune et al., Proc. of RTUWO 2018, pp. 72-77, Nov. 2018.
- [2] J. Webber et al., Proc. of APCC 2017, Dec. 2017.
- [3] A. Kamerman et al., Bell Labs Technical Journal, pp.118-133, 1997.

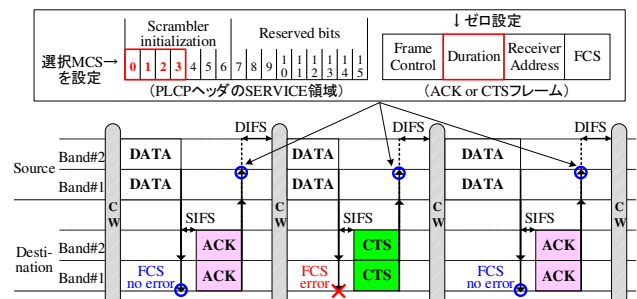


図 1 提案手法のレート制御

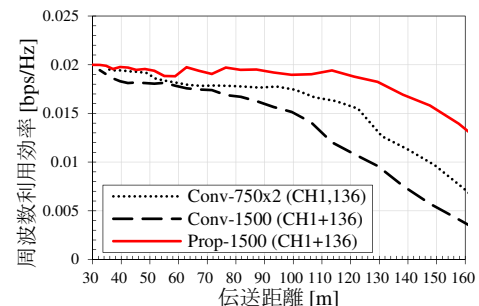


図 2 伝送距離 vs. 周波数利用効率