

# 異種アプリケーション混在環境における ユーザ満足度を考慮した無線 LAN の周波数帯域幅割り当て制御

Tong Jun 小花 貞夫 湯 素華

電気通信大学 大学院情報理工学研究科

## 1. はじめに

スマートフォンの急速な普及により、無線 LAN の利用が拡大しつつある。多くのユーザが集まる場所では、無線 LAN を利用する異種アプリケーションの混在により、周波数の利用効率が低下するという問題が発生する。筆者らは、先に周波数利用効率を向上させるために、アプリケーションの性質毎に帯域幅を分割して割り当てる方式[1]を提案したが、帯域幅割当ての具体的な制御方法が示されていない。本稿では、ユーザ満足度 (QoE: Quality of Experience) を考慮して、より多くのユーザをネットワークに収容可能とするための具体的な帯域幅割り当て制御方法を提案・評価する。

## 2. 先行研究

### 2.1. ベースとなる筆者らの提案方式[1]

無線 LAN では、動画や音声等の異種アプリが混在する。動画アプリは大きいパケット、音声アプリは小さいパケットで通信する。無線 LAN は CSMA/CA によるメディアアクセス制御を用いているため、パケットを送信する際、図 1 左に示すようにパケットサイズによらず、パケットを区切る固定長のスペースのオーバーヘッドがある。サイズの小さいパケットが増えるほど、オーバーヘッドが占める割合が増加し、周波数の使用効率が低下する問題が発生する[1]。

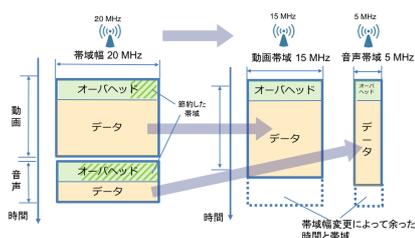


図 1 帯域幅割り当ての概要

そこで、筆者らは、前記の周波数使用効率の低下を緩和するために、一つの周波数帯域を複数の子帯域に分割し、それぞれ仮想アクセスポイント(仮想 AP)に割り当て、特性の同じアプリケーションを同じ子帯域に割り当てる手法を提案した[2]。図 1 右に示すように、20MHz の帯域幅を二つの子帯域に

分割し、それぞれサイズの大きなパケットと小さなパケットの通信を行う。オーバーヘッドの時間は変わらないが、帯域幅は狭くなるため、時間・周波数の面積で表すリソースが節約され、より多くの通信量(あるいは端末)を収容できるようになる。しかしながら、帯域の動的割り当て制御のルールが不明確であり、また、仮想 AP に接続した端末の数により、QoE が異なるので、仮想 AP 間の QoE の平等性が守れないという課題があった。

### 2.2. ユーザ満足度 (QoE) の評価指標

ITU-T では、音声と動画に対し、平均オピニオン評点 (MOS) を客観的なユーザ満足度の評価指標として定義した[3]。また、Cermak らは、固定解像度の動画のコーディングレートと MOS 値の関係を検討し[4]、Ribadeneira らは、あるコーディングメソッドを選択した場合、音声のコーディングレートと MOS 値の関係を研究した[5]。

図 2 は[4][5]における MOS 値とコーディングレートの関係データを線形補完した結果を示す。本稿では、こられの表に従って、コーディングレートから MOS 値を算出し、また、コーディングレートの調整により MOS 値を調整させる。

動画		音声		平均オピニオン評点 (MOS)		
MOS値	kbps	MOS値	kbps	MOS	品質	劣化
3.0	500	3.0	16	5	非常に良い	わからない
3.1	580	3.1	118	4	良い	わかるが気になる
3.2	660	3.2	19	3	普通	やや気になる
3.3	740	3.3	21	2	悪い	気になる
3.4	820	3.4	22	1	非常に悪い	非常に気になる
3.5	900	3.5	24			
3.6	1060	3.6	25			
3.7	1220	3.7	26			
3.8	1380	3.8	27			
3.9	1540	3.9	29			
4.0	1700	4.0	30			
4.1	2030	4.1	31			
4.2	2360	4.2	32			
4.3	2690	4.3	36			
4.4	3020	4.4	40			
4.5	3350	4.5	44			

赤いところは真値  
そうでないところは  
線形補完値

図 2 MOS 値とコーディングレートの関係

## 3. 提案方式

### 3.1. 概要

提案方式では、上記 2.1 の筆者らの先行方式と同様、20MHz の帯域幅を二つの帯域に分けて、それぞれ動画と音声の端末を収容する。チャネル混雑が発生した際に、一定範囲内にコーディングレートを減らすことで既存端末の MOS 値を落とし、節約された無線リソースでより多くの端末を収容する。提案方式の流れを図 3 に示す。

- 1) 新規接続端末と仮想 AP の受信信号強度を計算し、通信データレートを決める。

Dynamic bandwidth allocation for wireless LAN with heterogeneous applications considering user experience  
Jun Tong, Sadao Obana, Suhua Tang  
Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

- 2) 新規端末を含めた各端末のコーディングレート, 通信データレート, 帯域幅と MOS 値から帯域占有率を推測する. 帯域占有率がある閾値以下であれば, 新規端末を収容する.
- 3) 帯域占有率が閾値を超えた場合, 図 2 を参照し, コーディングレート制御を行い, 帯域占有率が閾値まで下がるように MOS 値を調整し, 手順 2) の収容判定を繰り返す.
- 4) コーディングレート制御だけで収容できない場合に, MOS 値調整に加え, 帯域割り当て制御を行い, 手順 2) の収容判定を繰り返す.

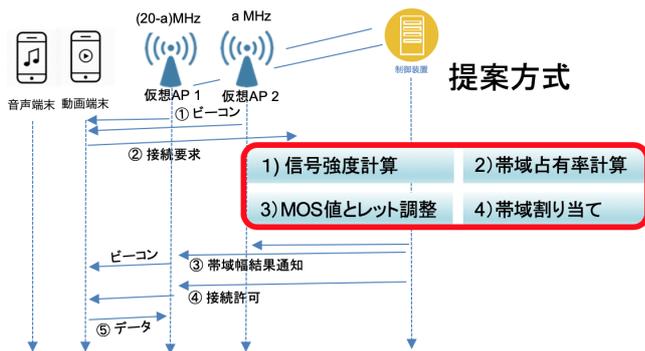


図 3 提案方式の流れ

### 3.2. 制御方式

新規端末を含めた各端末のそれぞれの帯域占有率, そして合計帯域占有率を推測し, 新規端末の収容判断を行う. 具体的な制御方法を以下に示す.

- (1) 既接続端末の数, 通信データレート, 帯域幅, MOS 値から各端末の帯域占有率を推測する.
- (2) 仮想 AP の合計帯域占有率を算出し, 予備実験で取った帯域占有率の上限値(閾値)と比較する.
- (3) 閾値を超えない場合, 端末をそのまま収容する. 閾値を超えた場合には, MOS 値の制御を加えて収容するか否かを判断する.
  - i) 平均 MOS 値が 4.0 以上の場合は, 帯域割り当て制御無しに, 新規端末を収容する.
  - ii) 平均 MOS 値が 4.0 を下回る場合は, まず仮想 AP に接続される各端末の MOS 値を公平に減少させる. それでも新規端末を収容できなければ, 各仮想 AP での平均 MOS 値の公平性を保ちながら, 帯域幅とコーディングレートを調整するとともに MOS 値を調整し, MOS 値が 3.0 以上であれば, 新規端末を収容する.
  - iii) 調整した MOS 値が 3.0 未満の場合に, 新規端末を収容しない.

### 4. シミュレーション評価

シミュレーションにより提案方式の有効性を評価した. シミュレーション条件を表 1 に示す.

20MHz の帯域幅を最初 19MHz と 1MHz に分割し, それぞれ動画端末と音声端末用に割り当てる. 端末

の種類をランダムに選択し, 端末の増加による帯域幅と MOS 値の変化を図 4 に示す.

図 4 より, 音声と動画の両方の MOS 値が 4.0 以上の場合は, MOS 値の違いを許して, 各自に制御する. 端末の増加に伴い MOS 値が 4.0 を下回る場合には, 動画と音声の帯域幅の割当てを変更して動画と音声すべての端末の MOS 値を公平に減少させる. これにより, 従来方式[1]では動画端末 17 台と音声端末 56 台までの収容能力を, 提案方式ではそれぞれ 18 台, 72 台と端末収容台数を 23%向上させた. これは, コーディングレート (MOS 値) の制御により, 空いた帯域に新規端末を収容できたことが主たる要因と考えられる.

表 1 シミュレーション条件

項目	設定値
シミュレータ	Qualnet
動画端末音声端末の割合	1 対 5
周波数帯	2.4GHz 帯
無線通信方式	IEEE 802.11g
データレート	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54Mbps
MOS 値閾値	3.0
送信間隔	10ms(動画), 20ms(音声)
Packet Size	コーディングレートに依存

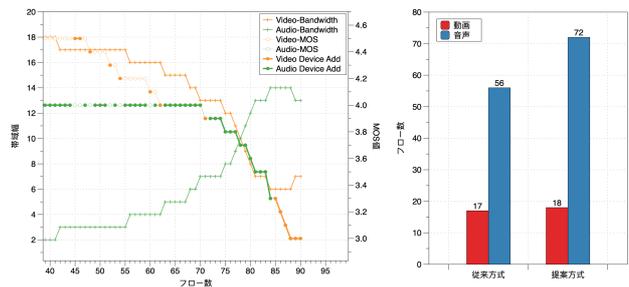


図 4 シミュレーションの結果

### 5. おわりに

ユーザ満足度を考慮した無線 LAN の周波数帯域幅割り当て制御方式を提案し, ユーザが許す満足度の範囲内でより多くの端末を収容できることを示した. 今後, 端末の移動・離脱等への対応を検討する.

### 参考文献

- [1] 越川徹, 湯素華, 小花貞夫, 異種アプリケーションが混在する無線 LAN における周波数割り当て制御方式の提案. MBL 研究報告, 2015(18), pp.1-8, 2015
- [2] M. Thomas, et al. "Load-aware spectrum distribution in wireless LANs," Proc. IEEE ICNP 2008.
- [3] ITU-T, R. and Recommend, I., 1996. P. 800. Methods for subjective determination of transmission quality.
- [4] G. Cermak, M. Pinson, and S. Wolf, "The relationship among video quality, screen resolution, and bit rate," IEEE Transactions on Broadcasting, 57(2), pp.258-262, 2011.
- [5] A. F. Ribadeneira, "An analysis of the MOS under conditions of delay, jitter and packet loss and an analysis of the impact of introducing piggybacking and Reed Solomon FEC for VOIP," 2007. [https://scholarworks.gsu.edu/cs\\_theses/44/](https://scholarworks.gsu.edu/cs_theses/44/)