

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

越川徹^{†1} 湯素華^{†1} 小花貞夫^{†1}

概要: 近年, スマートフォンや IoT 機器の普及により, さまざまなトラフィック特性を持ったアプリケーションによる無線通信の利用が拡大しており, 無線 LAN の帯域を圧迫している. 駅やオフィスなど人が多い場所の Wi-Fi アクセスポイントでは, トラフィックが混在し無線 LAN が混雑することにより, つながり難いユーザが通信を満足できないことが問題となっている. そこで本稿では, アプリケーションが送信するデータのペイロードサイズによってデータ送信時の帯域の使用効率が変化することに注目し, 帯域使用効率や Wi-Fi アクセスポイントの使用率に基づいて, アクセスポイントへの帯域割り当てと端末の接続先アクセスポイントの変更を行い, ネットワーク性能を向上させる方式を提案する.

キーワード: 無線 LAN, 周波数割り当て, アクセスポイント選択, トラフィック特性

A Proposal of Efficient Channel Allocation for WLANs with Heterogeneous Applications

TORU KOSHIKAWA^{†1} SUHUA TANG^{†1} SADA O OBANA^{†1}

1. はじめに

近年, スマートフォンや IoT 機器の普及により, さまざまなトラフィック特性を持ったアプリケーションによる無線通信の利用が拡大しており [1], 無線 LAN の帯域を圧迫している. 駅やオフィスなど人が多い場所の Wi-Fi アクセスポイント (AP) では, さまざまなトラフィックが混在し無線 LAN が混雑することにより, つながり難いユーザが通信を満足できないことが問題となっている [2].

本稿では, 異なるトラフィック特性のアプリケーションが混在する場合に, 帯域使用効率の低いアプリケーションが多く参加することで, ネットワーク全体のスループットが低下する問題があることを示し, この問題を解決するために, 類似した特性のトラフィックの集約や, AP への帯域割り当ての動的な制御を行う方式を検討し, ネットワーク全体のスループットを従来に比べて最大で 2 倍にできることを示す. 検討の結果から, AP への帯域割り当てと端末の接続先 AP の変更を行う方式を提案し, 端末の接続先 AP を決定するメトリックの評価を行う.

以下, 第 2 章で無線 LAN に異種のアプリケーションが混在する際の問題点を述べる. 第 3 章で問題に対する解決方式を検討し, 第 4 章で提案方式と接続先 AP 決定メトリックの評価を述べる. 第 5 章では関連研究について触れる. 第 6 章では, まとめと今後の課題を述べる.

2. 無線 LAN に異種のトラフィック特性を持つ アプリケーションが混在する場合の問題

異種のアプリケーションが無線 LAN に混在することの問題を示すため, 無線 LAN のチャネルアクセス方式である Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA) 方式の基本動作の概要を述べる. 次に, アプリケーションがデータを送信する際の帯域使用効率, 異種のトラフィック特性を持つアプリケーションが混在する際の問題点を述べる.

2.1 CSMA/CA の基本動作の概要

IEEE 802.11 無線 LAN では, チャネルの数が限られており, 無線が届く範囲にいる複数の端末は同じチャネルを共有する. 複数端末が同時にデータを送信することで生じるフレームの衝突を回避するため, MAC 層プロトコルとして CSMA/CA が使われる [3]. 図 1 に CSMA/CA の基本動作の概要を示す. 端末はデータを送信するとき, Carrier sense によってチャネルが使用中であることを検知すれば, アイドル状態になるまで待機する. チャネルがアイドル状態になりさらに Distributed Inter Frame Space (DIFS) 時間待ってから, 端末はバックオフタイマを [0, CW) (Contention Window) の範囲からランダムに選択し, バックオフタイマの数だけスロットタイム時間待ってデータを送信する. データの送信に成功すれば Short Inter Frame Space (SIFS) 時間以後に受信端末から ACK が返信される. もし, 他の端末と同じバックオフタイマを選択した場合は, フレームの衝

^{†1} 電気通信大学情報理工学研究所情報・通信工学専攻
Department of Communication Engineering and Informatics, Graduate School
of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

突が発生し ACK は返信されない。このときは、送信端末は CW の値を 2 倍にしてフレームが衝突する確率を下げる。

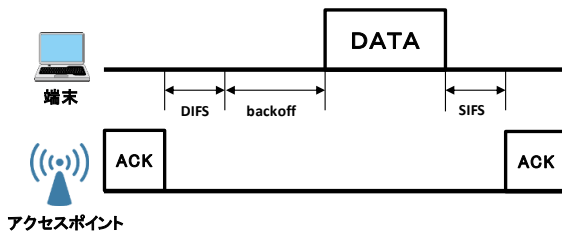


図 1 CSMA/CA の動作

表 1 データ送信時のパラメタ

項目	値
通信方式	802.11g (OFDM)
MAC ヘッダ長	$L_{MAC}=32[\text{byte}]$
FCS 長	$L_{FCS}=4[\text{byte}]$
IP ヘッダ長	$L_{IP}=20[\text{byte}]$
UDP ヘッダ長	$L_{UDP}=8[\text{byte}]$
PHY プリアンブル長	$t_{PREMABLE}=20[\mu\text{s}]$
SIFS 時間	$t_{SIFS}=16[\mu\text{s}]$
DIFS 時間	$t_{DIFS}=34[\mu\text{s}]$
スロット時間	$t_{SLOT}=9[\mu\text{s}]$
CW_{min}	15
CW_{max}	1023

2.2 アプリケーションのデータ送信の帯域使用効率

図 1 からアプリケーションがデータレート R でペイロードサイズ L のデータの送信を開始してから完了するまでの時間 T をモデル化すると式 (1) のようになる (数値は表 1 を参考)。ここで $t_{BACKOFF}$ は、バックオフタイムの値を CW の平均とスロット時間から式 (2)、データ送信時間 t_{DATA} は式 (3)、ACK 送信時間 t_{ACK} は ACK のフレームサイズを L_{ACK} として式 (4) と計算する。

$$T(L, R) = t_{DIFS} + t_{BACKOFF} + t_{DATA}(L, R) + t_{SIFS} + t_{ACK}(R) \quad (1)$$

$$t_{BACKOFF} = \frac{CW}{2} * t_{SLOT} \quad (2)$$

$$t_{DATA}(L, R) = t_{PREMABLE} + \frac{L_{MAC} + L_{FCS} + L_{IP} + L_{UDP} + L}{R} \quad (3)$$

$$t_{ACK}(R) = t_{PREMABLE} + \frac{L_{ACK}}{R} \quad (4)$$

時間 T の中でアプリケーションのデータ送信に関する時間は t_{DATA} のみであり、その他の時間はオーバーヘッドになる。したがって、CSMA/CA 方式を利用してアプリケーションがデータを送信する際の帯域使用効率 E は式 (5) のように

計算できる。

$$E(L, R) = \frac{t_{DATA}(L, R)}{T(L, R)} \quad (5)$$

2.3 異なるトラフィック特性のアプリケーションが混在する場合の問題

データレートを 54[Mbps] とした時の、アプリケーションが送信するデータのペイロードサイズと帯域使用効率の関係を図 2 に示す。サイズが 1472[byte] のときの帯域使用効率は 60[%] で、サイズが小さくなるとさらに効率が低下し、100[byte] のときは 10[%] になることが分かる。

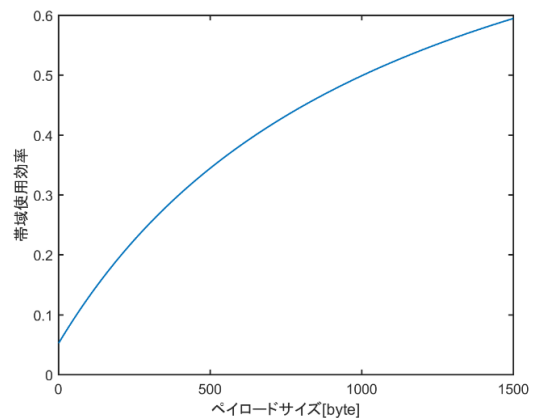


図 2 ペイロードサイズと帯域使用効率

図 3 は 100[byte] と 1472[byte] のデータを 802.11g で利用可能な 8 種類のデータレート (6, 9, 12, 18, 24, 32, 48, 54[Mbps]) を用いて送信した場合に達成可能なスループットを計算した結果である。ここでスループット S は、アプリケーションがデータの送信を開始してから完了するまでの時間 T 、データレート R 、ペイロードサイズ L から式 (6) として求める。100[byte] のデータを送信する場合は、データレートが増加した場合でも、結果として得られるスループットは 1472[byte] のデータを送信した場合と比較して殆ど変わらないことが分かる。

$$S(L, R) = \frac{L}{T(L, R)} \quad (6)$$

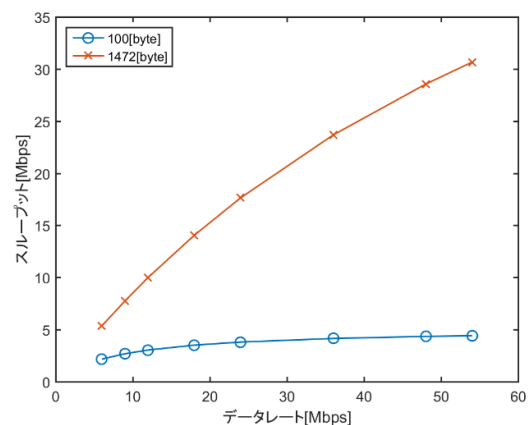


図 3 データレートとスループット

図 4 はデータレートを 54[Mbps]に設定してペイロードサイズ 100[byte]の通信のチャネル使用率を u , 1472[byte]の通信のチャネル使用率を $1-u$ とした通信が混在する場合のスループットを示す。 u が増加することで、合計のスループットが低下することが分かる。

このことから、異なるトラフィック特性（ペイロードサイズ）を持つアプリケーションが混在し帯域幅を変えずに通信する従来の方式は、帯域使用効率の低いアプリケーションが多くなると、合計のスループットを低下させるという問題があると言える。

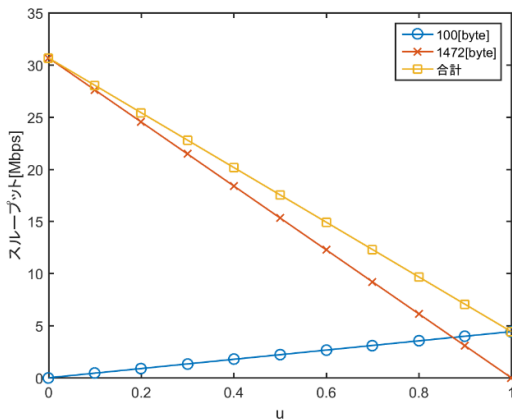


図 4 異なるトラフィック特性を持つアプリケーションが混在する場合

表 2 アプリケーションタイプ

タイプ	ペイロードサイズ[byte]	送信間隔[ms]
音声型	$L_{VOICE} = 172$	$I_{VOICE} = 20$
動画型	$L_{MOVIE} = 1472$	$I_{MOVIE} = 10$

3. APに割り当てる帯域幅と端末の接続するAPを制御する方式の検討

帯域使用効率の低いアプリケーションは、データレートを大きくした場合に増加するスループットが効率の高いものと比較して低く（図 3）、混在することで合計のスループットが低下する（図 4）ため、帯域使用効率の高さによって通信に利用する帯域幅を変更することが望ましいと考えられる。そこで、トラフィック特性の異なる 2 種類のアプリケーションが混在する利用可能な帯域幅が $B=20$ [MHz]の無線 LAN を想定し、以下に示す AP に割り当てる帯域幅とトラフィック特性に応じて端末の接続する AP を制御する検討方式と帯域幅を変更せず端末の接続を制御しない従来方式について達成可能なスループットの比較を行った。表 2 に使用するアプリケーションタイプを示す。一つは、ITU-T G.711[4]を参考にペイロードサイズの小さい音声型のアプリケーションを設定し、もう一つは、送信ペイロードサイズの大きい動画型のアプリケーションを設定した。

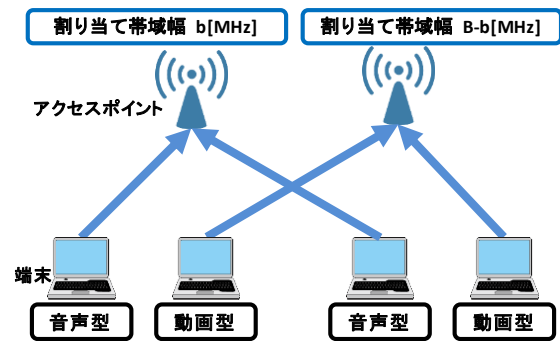


図 5 検討方式の概要

(1) 検討方式

PHY 層で OFDM を利用し、連続するサブキャリアの区切りでチャンネルを複数に分割し、それぞれのチャンネルによる干渉の影響無く個別に PHY/MAC 層のプロトコルが動作可能であるという環境[5]を前提として、利用可能な帯域幅 B [MHz]のうち b [MHz]を音声型アプリケーションの通信に利用し、残りの $B-b$ [MHz]を動画型アプリケーションの通信に利用する。検討方式の概要を図 5 に示す。

(2) 従来方式

音声型アプリケーションと動画型アプリケーションが利用可能な帯域幅 B [MHz]を共有して通信を行う。

ここで、802.11g（帯域幅 20[MHz]）のデータレート 54[Mbps]を参考に 1MHz あたりに通信できるデータレートを 2.7[Mbps]と仮定する。ここでは、帯域を分割することによる他の影響を考慮しないものとする。

3.1 検討方式の評価

(1) 理論計算による評価

検討方式では、音声型アプリケーションのフローに帯域幅 b [MHz]、動画型アプリケーションのフローに帯域幅 $B-b$ [MHz]を割り当てる。音声型と動画型のアプリケーションフローの合計スループットを次の式 (7), (8) として計算する。

$$S_{VOICE}(L_{VOICE}, b) = \frac{L_{VOICE}}{T(L_{VOICE}, b * R_{1MHz})} \quad (7)$$

$$S_{MOVIE}(L_{MOVIE}, B - b) = \frac{L_{MOVIE}}{T(L_{MOVIE}, (B - b) * R_{1MHz})} \quad (8)$$

一方、従来方式では、音声型アプリケーションのフロー数を n としたときの、音声型と動画型のアプリケーションフローの合計スループットを次の式 (9), (10) として計算する。ここで、 u は音声型アプリケーションのチャネル使用率の合計であり、送信間隔 I_{VOICE} として式 (11) から求める。

$$S_{VOICE}(L_{VOICE}, B) * u \quad (9)$$

$$S_{MOVIE}(L_{MOVIE}, B) * (1 - u) \quad (10)$$

$$u = \frac{T(L_{VOICE}, B * R_{1MHz})}{L_{VOICE}} * n \quad (11)$$

(2) シミュレーション評価による評価

検討方式と従来方式について、ネットワークシミュレータ QualNet (version 7.1) [6]を利用してシミュレーションによるスループットの評価を行う。シミュレーションでは、アプリケーションフローの数を増加させて、少ない遅延と高いアプリケーションデータの到達率で通信できる最大のフロー数を計測し、そのフロー数でのスループットを求める。表 3 にシミュレーションのパラメタを示す。端末と AP の配置は、1MHz あたりに 2.7[Mbps]の通信が十分にできる距離に設定する。

表 3 シミュレーションパラメタ

項目	値
通信方式	802.11g (OFDM)
1MHz あたりのデータレート	2.7[Mbps]
アプリケーションフロー数	音声型：1-100[台] 動画型：1-30[台]

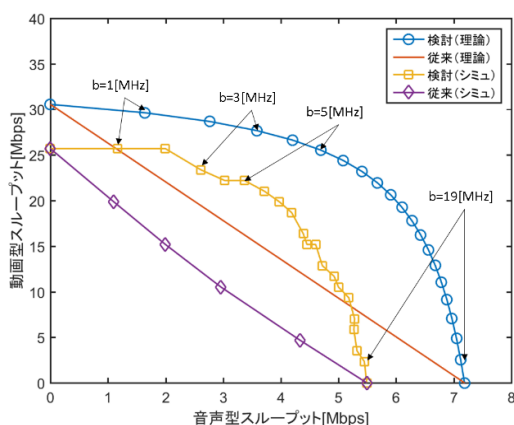


図 6 音声型と動画型のスループット

3.2 評価結果と考察

図 6 に理論計算とシミュレーション評価により得た音声型と動画型のアプリケーションのスループットの関係を示す。従来方式は、音声型のアプリケーションフロー数を変えながら、残る帯域に動画型のアプリケーションを追加したスループットで、検討方式は、割り当て帯域幅 b を変えながら、音声型と動画型のアプリケーションそれぞれのスループットを求めた。

理論計算とシミュレーション評価の結果を比較すると、シミュレーションによるスループットの方が全体的に低い値となっている。これは、理論計算では、複数アプリケーションが同時にデータを送信した場合に発生する衝突を考慮しておらず、シミュレーションでは、実際にデータの衝

突が発生してデータ送信に遅延が発生しているためであると考えられる。検討方式と従来方式の比較では、検討方式の方が音声型のアプリケーションと動画型のアプリケーションのスループットの合計が従来方式よりも高くなっており、音声のスループットが 3[Mbps]の場合に合計スループットが検討方式では従来方式の 2 倍になっている。

以上の結果より、異なるトラフィック特性を持つアプリケーションが混在する場合に、帯域使用効率やネットワーク全体のスループットを向上するためには、類似した特性のトラフィックを集約し、類似トラフィック毎に異なる帯域幅を割り当てる制御を行うことが必要であると考えられる。

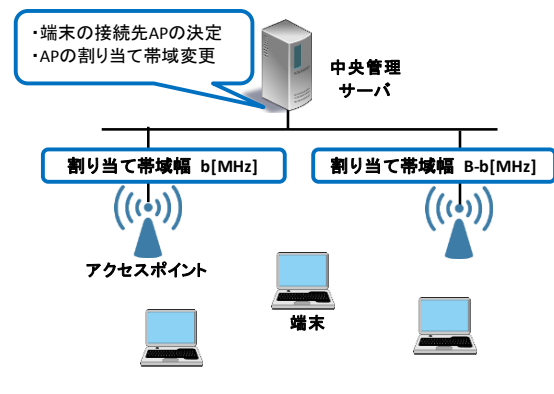


図 7 提案方式の概要

4. 提案方式

3 章の検討より、無線 LAN に異種トラフィック特性のアプリケーションが混在する場合の問題を解決するために、AP への帯域割り当てと端末の接続先 AP の変更を行い、ネットワーク性能を向上させる方式を提案する。提案方式では、無線 LAN は AP、及び、それらを制御する中央管理サーバから構成されるものとする。中央管理サーバは端末が無線 LAN に接続する際に、アプリケーションの帯域使用効率、スループットおよび AP でのチャンネル使用率から接続先 AP の決定と AP の帯域幅を変更する制御を行う。図 7 に提案方式の概要を示す。

4.1 提案方式の動作

図 8 に端末の無線 LAN への参加からアプリケーションデータの送信までのメッセージの流れと動作を示す。図では、通常無線 LAN で行われるアソシエーション制御の流れは省略してある。

- ① AP は、20MHz のチャンネルを介して、周期的にビーコンを送信し、無線 LAN で動作中の AP の帯域幅と中央周波数を端末に知らせる。
- ② 無線 LAN へ参加する端末は、ビーコンの情報から AP を検索し、端末が利用したいアプリケーションのトラフィック特性(ペイロードサイズ, 送信間隔)

とスキャンした AP の受信信号強度 (RSSI) の情報を, AP を経由して中央管理サーバに送信する。

- ③ 中央管理サーバは, アプリケーションのトラフィック特性, AP の使用率, 端末の RSSI から端末が接続する AP を決定し, 端末の接続の可否と AP の情報を伝え, 各 AP のチャンネル使用率の差を下げる事が可能であれば, 割り当てる帯域幅の変更を行う。
- ④ 端末は無線 LAN への接続許可を中央管理サーバから受信すると, アプリケーションデータの送信を開始する。

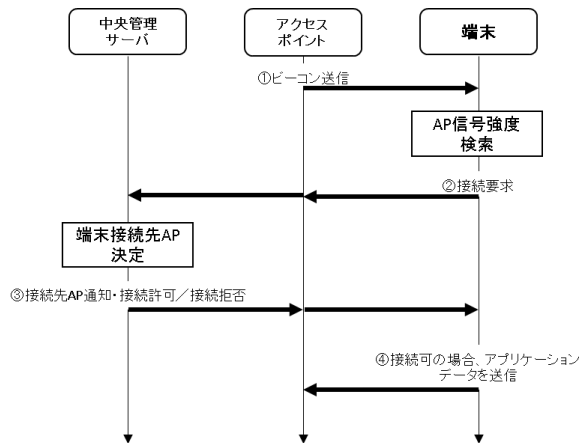


図 8 提案方式のメッセージの流れ

4.2 接続先 AP の決定と帯域の制御

(1) 接続先 AP の決定

複数の AP のの中から端末が接続する AP を決定するために, AP に接続した場合の帯域使用効率 E とスループット S (式 (7), (8) を参考), AP でのチャンネル使用率 u の三つの要素から式 (12) を用いて一つのメトリックを算出し, 最もメトリックの値が高いものを接続先とする。ここで, 帯域使用効率だけでなく, スループットと AP でのチャンネル使用率も考慮するのは, ①帯域使用効率はデータレートの低いほど高く, スループットはデータレートが低いほど低くなるトレードオフの関係であり, トラフィック特性によりどちらを重視するか変わるため, ②AP でのチャンネル使用率を考慮することで, 一つの AP への接続の偏りを抑えるため[7]である。

$$M = E * (1 - u) * S \quad (12)$$

AP でのチャンネル使用率 u は, AP に接続する端末のアプリケーションのチャンネル使用率の総和として, 式 (13) として計算する。

$$u = \sum_{i \in App} \frac{T_i}{I_i} \quad (13)$$

(2) 帯域の制御

端末が接続先 AP を決定する際に, 帯域幅を変更するこ

とで, 各 AP 間でのチャンネル使用率の差を小さくできる場合には変更を行う。

4.3 メトリックの特性に関する分析

各 AP でのチャンネル使用率はすべて同じとして, アプリケーションが送信するデータのペイロードサイズ, 帯域幅 1MHz あたりのデータレート, AP の帯域幅を変更した場合のメトリック M について分析する。

(1) 帯域とペイロードサイズを固定した場合

図 9 は割り当て帯域幅を $b=5[\text{MHz}]$ と $B-b=15[\text{MHz}]$, ペイロードサイズを音声型の 172[byte] と動画型の 1472[byte] に固定して, 1MHz あたりのデータレートを変更した場合のメトリックの値である (1MHz のデータレートは 802.11g (帯域幅 20[MHz]) の 8 種類のデータレートを参考にした)。動画型アプリケーションのメトリックは, 帯域幅 1MHz あたりのデータレートが同じなら, 帯域幅が広い 15[MHz] のメトリックの方が大きいことが分かる。一方で, 音声型アプリケーションのメトリックは, 1MHz 当りのデータレートが低い帯域幅 15[MHz] の方が大きく, データレートが増加すると帯域幅 5[MHz] の方が大きくなることが分かる。

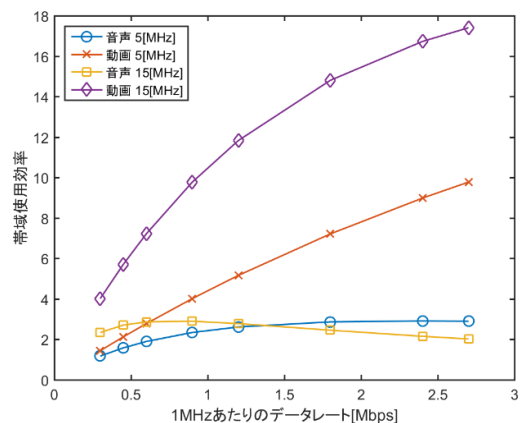


図 9 帯域幅とペイロードサイズを固定した場合の帯域使用効率

(2) ペイロードサイズとデータレートを固定した場合

図 10 は音声型で帯域幅 1MHz あたりのデータレートを固定し, 帯域幅を変更した場合のメトリックを示す。1MHz あたりのデータレートが低い場合には, 帯域幅が広い方がメトリックも大きくなるが, データレートが高い場合には, 帯域幅が 5[MHz] 付近でメトリックが最大になることが分かる。図 11 は動画型アプリケーションでデータレートを固定して, 帯域幅を変えた場合のメトリックで, データレートに関わらず, 帯域幅が増加するとメトリックも増加することが分かる。

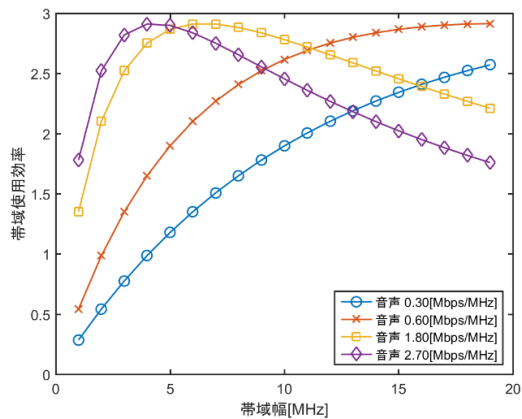


図 10 データレートとペイロードサイズ（音声）を固定した場合の帯域使用効率

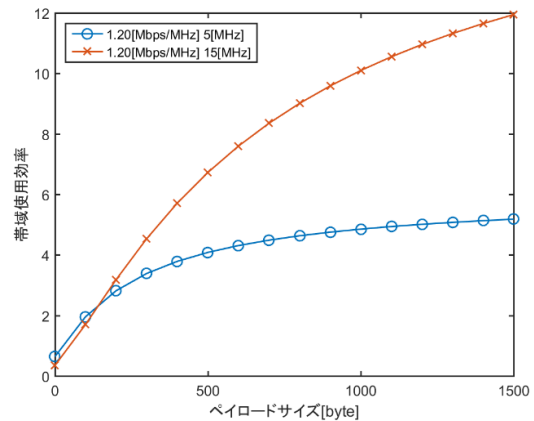


図 12 データレート（1.2[Mbps/MHz]）と帯域幅を固定した場合の帯域使用効率

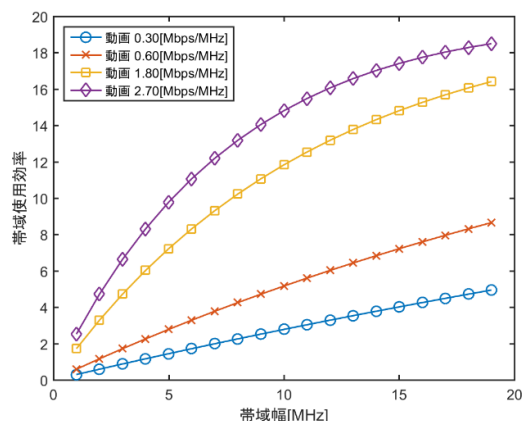


図 11 データレートとペイロードサイズ（動画）を固定した場合の帯域使用効率

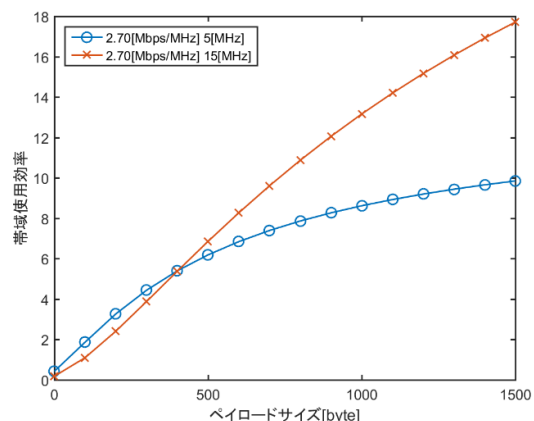


図 13 データレート（2.7[Mbps/MHz]）と帯域幅を固定した場合の帯域使用効率

(3) 帯域幅とデータレートを固定した場合

図 12 は帯域幅 1MHz あたりのデータレートを 1.2[Mbps], 帯域幅を 5[MHz]と 15[MHz]に固定してペイロードサイズを変更した場合のメトリックである. ペイロードサイズが 150[byte]以下の場合に帯域幅 5[MHz]のメトリックが大きく, 150[byte]より大きくなると 15[MHz]のメトリックの方が大きくなること分かる. 図 13 は帯域幅 1MHz あたりのデータレートを 2.7[Mbps]にした場合のメトリックで, 400[byte]を境に帯域幅 5[MHz]と 15[MHz]のメトリックの大小関係が変わっていることが分かる.

上記 (1) ~ (3) の結果から, アプリケーションのペイロードサイズ, AP の割り当て帯域幅, AP と通信する際のデータレートに応じて, 端末が接続する AP が変わることが分かる.

4.4 接続先 AP をメトリックで決定する場合の評価

(1) 理論計算による評価

AP を 2 台, 利用可能な帯域幅を 20[MHz]として, メトリックにより接続先 AP を決定する場合のアプリケーションフロー数とスループットの評価を行う. 提案方式では, それぞれの AP に帯域幅 5[MHz]と 15[MHz]を固定で割り当てる (帯域幅の動的な変更は行わない). 従来方式では, それぞれの AP に 20[MHz] (同一チャネル) を割り当て, 端末は RSSI の大きい AP に接続する. 表 4 にメトリック評価のパラメータを示す. また, 端末が AP と通信するデータレートは, 図 14 の RSSI と 1MHz あたりのデータレートの関係から決定する.

表 5 は理論計算から求めた提案方式と従来方式の収容可能なアプリケーションフロー数とスループットの値を示す. ここで, 収容可能なフロー数は, AP でのチャネル使用率が 1 を越えた時点で収容できないと判断し, 1 に達する直前のフロー数とする. この結果から, 提案方式の方が従来方式よりも収容できるフロー数が多く, スループットが高くなることが分かった.

表 4 メトリック評価のパラメタ

項目	値
提案方式	AP1:5[MHz], AP2:15[MHz]
従来方式	AP1:AP2:20[MHz]
音声と動画の比	1 対 5
端末配置	半径 200m 円内にランダム配置
AP 配置	AP1 と AP2 の距離 50m

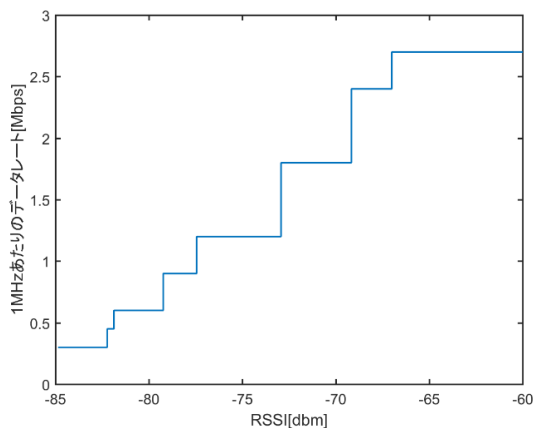


図 14 RSSI と 1MHz あたりのデータレート

表 5 フロー数とスループット (理論計算)

	提案方式	従来方式
フロー数	66[台]	54[台]
スループット	16.6[Mbps]	13.6[Mbps]

表 6 フロー数とスループット (シミュレーション)

	提案方式	従来方式
フロー数	58[台]	48[台]
スループット	14.5[Mbps]	12.2[Mbps]

(2) シミュレーションによる評価

提案方式と従来方式について、理論計算と同じ条件でネットワークシミュレータ QualNet (version 7.1) を利用してシミュレーションによるスループットの評価を行う。表 6 はシミュレーションによる結果で、収容可能なフロー数は、図 15 と図 17 に示したデータ到達率が低下し始める直前のフロー数から求め、スループットはこのフロー数から図 16 と図 18 より求めた。シミュレーションでも提案方式の方がフロー数、スループットが高い結果となった。しかし、提案方式では、フロー数 59 台のとき、AP1 でデータ到達率が低下し始め (図 15)、理論計算よりも少ないフロー数になった。これは、メトリックでは、AP でのチャンネル使用率から判断して AP1 に接続可能であると判断したが、実際には、衝突が発生して接続できない状況であったと考えられる。このとき、AP2 ではデータ到達率の低下が

発生していないので、59 台目のフローを AP2 に接続するように高い精度のチャンネル使用率の計算や、動的な帯域割り当て制御を行えば、性能向上が見込めると考えられる。

理論計算とシミュレーションによる評価結果から、提案方式のメトリックによって従来方式よりも多いアプリケーションフロー数と高いスループットを得ることができ、提案方式が有効であると分かった。

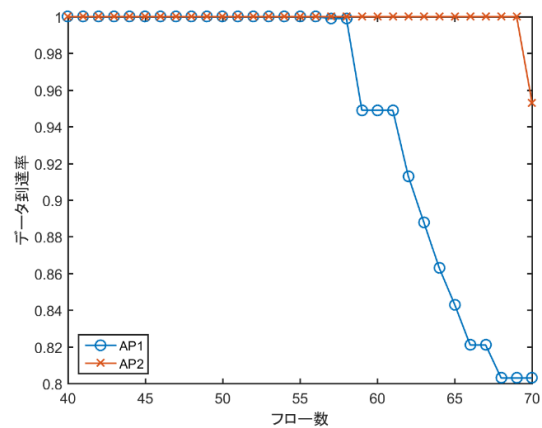


図 15 フロー数とデータ到達率 (提案方式)

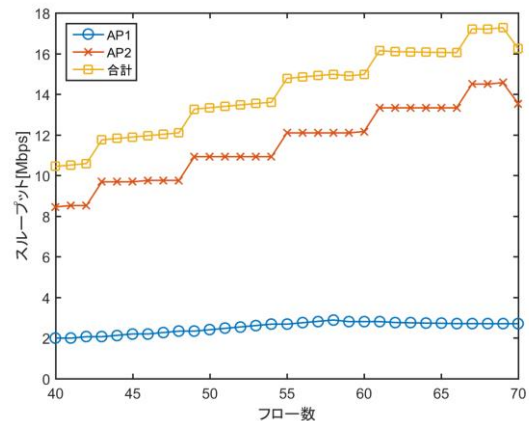


図 16 フロー数とスループット (提案方式)

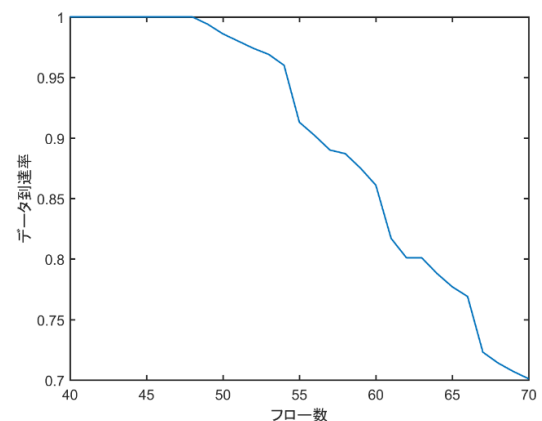


図 17 フロー数とデータ到達率 (従来方式)

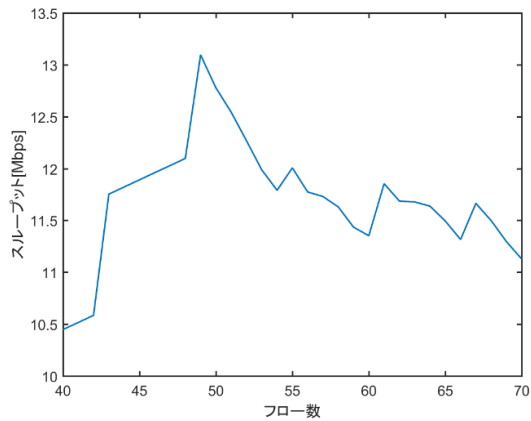


図 18 フロー数とスループット (従来方式)

5. 関連研究

(1) AP の帯域割り当てに関する研究

Thomas らの研究[8]では、場所や時間により各 AP へのトラフィック量が変わることに着目し、トラフィック量に応じて AP に割り当てる帯域幅を任意に変更することにより、効率的に帯域を利用する方式を提案した。AP に割り当てる帯域を変更するという点で提案方式と類似するが、トラフィックの特性に応じた帯域割り当てや AP でのチャンネル使用率に応じて、端末を接続する AP の帯域幅の制御するものではない。

また、Ji らの研究[9]では、一つのチャンネルを複数のサブチャンネルに分割し、データの大きさに応じて端末が利用するサブチャンネルの数を変更し、端末が割り当てられたサブチャンネルを利用して一斉に通信を行うことで、帯域使用効率を向上する方式を提案した。データの大きさに応じて通信に利用する帯域幅を変更するという点で提案方式と類似するが、AP でのチャンネル使用率に応じて、端末を接続する AP の帯域幅を制御するものではない。

(2) 接続 AP の選択に関する研究

Rohan らの研究[10]では、AP を中央で管理する装置と専用の AP を用いて、AP の使用率から判断して、AP の負荷を分散させるように端末を接続する AP を変更する制御を行う方式を提案した。AP でのチャンネル使用率に応じて端末が接続する AP の制御を行う点で提案方式と類似するが、トラフィック特性に基づいて端末を接続する AP を決定する制御を行うものではない。

(3) 帯域使用効率に関する研究

IEEE 802.11n では、MAC 層でデータを送信する際に、上位層から渡される複数のデータパケットを連結して一度に送信することで、MAC 層で発生するオーバーヘッドを減らし、帯域使用効率を向上させる Frame aggregation[11]が採用されているが、遅延の増加が生じるため VoIP のようにリアルタイム性の高い通信を行うアプリケーションには適していない[12]。帯域使用効率を向上する点で提案方式と類

似するが、提案方式では、データパケットの連結による遅延の増加はない。

6. まとめと今後の課題

異なるトラフィック特性のアプリケーションが混在する無線 LAN 環境では、帯域使用効率の低いアプリケーションが多く参加することで、ネットワーク全体のスループットが低下する問題があることを示した。この問題を解決する方式の検討を行い、音声型と動画型の 2 種類のアプリケーションが混在する環境で、類似した特性のトラフィックを集約し、類似トラフィック毎に異なる帯域を割り当てる制御を行うことが有効であることを示した。この結果から、無線 LAN に異種のトラフィック特性を持つアプリケーションが混在する場合に、AP への帯域幅の割り当てと端末の接続先 AP の変更を行う方式を提案し、端末の接続先 AP を決定するメトリックを評価した。今後は、AP の帯域幅の動的に変更する方法、AP でのチャンネル使用率のより正確な計算、音声型・動画型以外のアプリケーショントラフィックの種類への対応を行う。

参考文献

- 1) Jayavardhana Gubbi, et al, "Internet of Things (IoT) : A vision, architectural elements, and future directions", Future Generation Computer Systems Volume 29, Pages 1645-1660, 2013
- 2) 総務省, "無線 LAN ビジネス研究会報告書", 2012
- 3) IEEE 802.11 Working Group, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", 2012.
- 4) ITU-T G.711, www.itu.int/rec/T-REC-G.711/
- 5) Steven Hong, et al, "Picasso: flexible RF and spectrum slicing", Proc of the ACM SIGCOMM 2012 conf, Pages 37-48, 2012
- 6) QualNet, www.qualnet.com/
- 7) Suhua Tang, et al, "Potential throughput based access point selection", Proc. APCC 2010, Pages 521-526, 2010
- 8) Thomas Moscibroda, et al, "Load-Aware Spectrum Distribution in Wireless LANs", Network Protocols, ICNP 2008, Pages 137-146, 2008
- 9) Ji Fang, et al, "Fine-Grained Channel Access in Wireless LAN", IEEE/ACM Transactions on Networking, Pages 772-787, 2012
- 10) Rohan Murty, et al, "Designing high performance enterprise Wi-Fi networks", Proc of NSDI'08, Pages 73-88, 2008
- 11) Skordoulis D, "IEEE 802.11n MAC frame aggregation mechanisms for next-generation high-throughput W LANs", Wireless Communications IEEE Volume 15, Pages 40-47, 2008
- 12) Bhanage G, et al, "Implication Of MAC Frame Aggregation On Empirical Wireless Experimentation", Global Telecommunications Conference, 2009. GLOBECOM 2009. IEEE, Pages 1-7, 2009