

# 帯域重畳伝送を適用した 無線 LAN 高効率チャネル割り当て方式の効果

荷川取 大<sup>\*†</sup>, 津波 琉<sup>†</sup>, 渡部 康平<sup>‡</sup>, 中平 勝也<sup>†</sup>

Effect of High-efficiency Channel Assignment Method using Superposed Band Transmission in Wireless LAN

Dai Nikawadori<sup>†</sup>, Ryu Tsuha<sup>†</sup>, Kohei Watabe<sup>‡</sup>, Katsuya Nakahira<sup>†</sup>

<sup>†</sup>沖縄工業高等専門学校 (National Institute of Technology, Okinawa College)

<sup>‡</sup>長岡技術科学大学大学院工学研究科 (Graduate School of Electrical Engineering, Nagaoka University of Technology)

## 1. はじめに

ユーザー間で通信チャネルの帯域の一部を重ね合わせる帯域重畳伝送の研究開発が行われている<sup>[1]</sup>。無線 LAN は、ユーザー間でチャネルを共有するベストエフォート型の通信規格を採用しており、帯域重畳伝送と親和性が高い。

そこで、本稿では、2.4GHz 帯無線 LAN に帯域重畳伝送を適用することで、各ユーザーのスループットを増大し、かつ各ユーザーのスループットの公平性を確保できるチャネルの割り当て方式を提案する。

## 2. 帯域重畳伝送を適用した無線 LAN の問題点

図 1(a)に 2.4GHz 帯無線 LAN のチャネル構成を示す。ユーザーは Channel 1 から Channel 13 までのいずれか 1 つのチャネルが割り当てられる。あるユーザーに割り当てたチャネルが、他のユーザーに割り当てたチャネルと周波数軸上で重なると干渉が発生する。

帯域重畳伝送は、受信側に干渉除去回路を有している。干渉除去回路では、干渉波を取り除いた受信波が正常に復調できるように当該干渉波を予測することで、エラーのない受信信号を出力する<sup>[2]</sup>。しかし、干渉除去回路は、チャネルの重なりが許容帯域幅  $D_{\max}$  を超えたとき、受信信号の残留干渉が顕著となり、通信信号の劣化が無視できなくなる。

そこで、ユーザーに割り当てるチャネルが、他のユーザーに割り当てるチャネルと  $D_{\max}$  を超えないようにすることを基本方針とするチャネル割り当て方式が求められる。

## 3. 提案する帯域重畳型チャネル割り当て方式

提案方式は、サブキャリアセンシングとチャネル割り当てアルゴリズムを組み合わせることを特徴としている。以下にそれぞれの詳細を述べる。

### 3.1 サブキャリアセンシング

無線 LAN は CSMA/CA を採用しており、ユーザーは割り当てられたチャネルを用いて信号を送信するたびに、同一チャネルが他ユーザーの信号送信に用いられていないかのチェックを行う。これをキャリアセンシングと呼ぶ。

しかし、従来のキャリアセンシングは、複数のチャネルが全帯域で重なっていることだけしか判断できない。そこで、提案するチャネル割り当て方式では図 1(b)に示すように 1 つのチャネルを 4 分割してサブチャネル化する。その上で

サブチャネルごとにキャリアセンシングするサブキャリアセンシングを行う。サブキャリアセンシングでは、1 チャネルを構成する 4 つのサブチャネルに関する平均使用率を測定し、一定期間ごとにアップデートする。

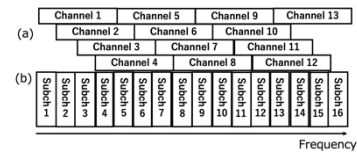


図 1 無線 LAN のチャネル構成  
Fig.1. Wireless LAN channel configuration

### 3.2 チャネル決定アルゴリズム

チャネル決定アルゴリズムは、ユーザーは前節のサブキャリアセンシングとチャネルの使用率を用い、以下のルールにしたがい、通信開始時にチャネルを割り当てると共に、通信中にチャネルの変更を行う。

#### (1) 通信開始時のチャネル割り当て

- 全チャネルが未使用のときは、最も周波数の低いチャネルを割り当てる。
- 全チャネルが使用中のときはチャネルの使用率が最も低いチャネルを割り当てる。
- 上記以外は、他ユーザーが使用中のチャネルに帯域を  $D_{\max}$  頂上させたチャネルを割り当てる。

#### (2) 通信中のチャネル変更

- 条件 A または条件 B を満たすときは、他ユーザーが使用中のチャネルに帯域を  $D_{\max}$  重畳させたチャネルに変更する。変更できるチャネルがない場合は、変更は行わない。

条件 A : 割り当てられたチャネルの全サブチャネルが他ユーザーに使用されたとき。

条件 B : 割り当てられたチャネルの全サブチャネルが他ユーザーに使用されなくなったとき。

以上で述べたチャネル割り当て方式により、各ユーザーには  $D_{\max}$  まで重ねたチャネルが積極的に割り当てられるようになり、帯域重畳伝送の利点を生かした無線通信が行われるようになる。

## 4. シミュレーション結果

ユーザー数を 1 から 13 まで順次増加させ、3 章のチャネル割り当て方式をシミュレーションし、ユーザーのスループット

ット合計およびスループット公平性を解析した。

#### 4.1 チャンネル割り当ての詳細な解析

$D_{\max}$  は 2 サブチャンネルとし、ユーザー数が 1～5 までのチャンネル割り当てを図 2～図 6 に示す。

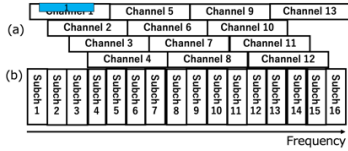


図 2 ユーザー数 1 のときのチャンネル割り当て  
Fig.2. Channel allocation when the number of users is 1

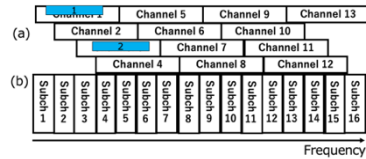


図 3 ユーザー数 2 のときのチャンネル割り当て  
Fig.3. Channel allocation when the number of users is 2

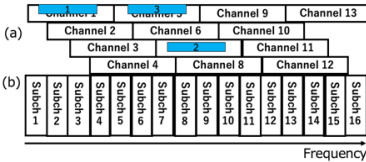


図 4 ユーザー数 3 のときのチャンネル割り当て  
Fig.4. Channel allocation when the number of users is 3

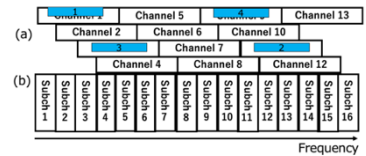


図 5 ユーザー数 4 のときのチャンネル割り当て  
Fig.5. Channel allocation when the number of users is 4

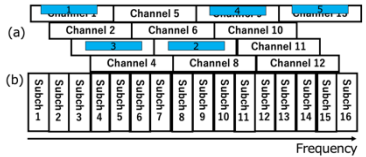


図 6 ユーザー数 5 のときのチャンネル割り当て  
Fig.6. Channel allocation when the number of users is 5

以下に各図のチャンネル割り当ての状況を説明する。

(図 2) 全チャンネルが未使用となっているためユーザー 1 は最も周波数が低いチャンネル 1 が割り当てられる。(図 3) ユーザー 2 は帯域を  $D_{\max}$  重畳させたチャンネル 3 が割り当てられる。(図 4) ユーザー 3 はチャンネル 5 が割り当てられる。それにより、ユーザー 2 は割り当て済みの全サブチャンネルを使用してしまうため、チャンネル 3 からチャンネル 7 に変更される。(図 5) ユーザー 4 はチャンネル 9 が割り当てられる。その後、ユーザー 2 は図 4 と同じ理由で、チャンネル 7 からチャンネル 11 に変更される。同時に、ユーザー 3 はチャンネル 5 の全サブチャンネルが他のユーザーに使用されなくなるためチャンネル 3 に変更される。(図 6) ユーザー 5 はチャンネル 13 が割り当てられる。その後、ユーザー 2 は図 4 と同じ理由

で、チャンネル 11 からチャンネル 7 に変更される。

ユーザー 6 以降では、ユーザー 1～5 までのチャンネル割り当てが完了した時点で  $D_{\max}$  の重なりを許容するチャンネルが皆無となる。したがって、ユーザー 6 以降のユーザーは、割り当て済みチャンネルと全帯域が重なったチャンネルしか利用することができない。

#### 4.2 スループットの解析結果

全ユーザーのスループットの合計を図 7 に示す。13 ユーザーの内訳は、(a)帯域重畳伝送を用いた新型ユーザーのみ、(b)帯域重畳伝送を用いていない従来ユーザーのみ、(c)新型ユーザーと従来ユーザーの混合の 3 パターンとした。その結果、スループットは(a)>(c)>(b)の順となり、帯域重畳伝送と提案チャンネル割り当て方式を用いることで、最大 1.24 倍のスループットを達成できた。

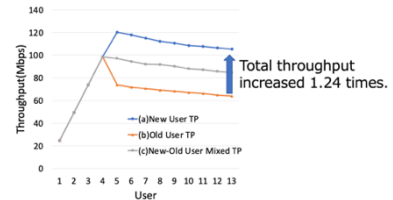


図 7 総スループット解析結果  
Fig.7. Total throughput analysis results

次に、ユーザー間のスループットの公平性を解析した結果を図 8 に示す。ユーザー間のスループット公平性は次式の Fairness Index [3]で算出した。

$$F = \left( \sum_{i=1}^k x_i \right)^2 / k \sum_{i=1}^k x_i^2 \quad (1 \leq i \leq k)$$

$k$  は全ユーザー数、 $x_i$  は  $i$  番目のユーザーのスループットである。 $F$  は 0～1 の間で、1 に近いほど、ユーザー同士のスループットが近い値となり、スループットに関して、より公平であることを示す。 $F$  は平均して 0.89 以上となり全体的には、公平性を確保できていることがわかった。

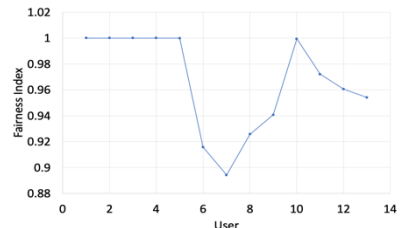


図 8 Fairness Index  
Fig.8. Fairness Index

謝辞: 本研究の一部は JSPS 科研費 JP 20H04172 の助成を受けたものである。

#### 文 献

- [1] 増野 淳, 他, NTT 技術ジャーナル, 38, 2011.
- [2] スカパーJSAT 株式会社, 衛星通信用周波数の有効利用のための伝送信号重畳・キャンセル技術に関する調査検討報告書, 3(2), 2009.
- [3] 安藤 玲夫, 他, DEIM Forum, C2-1(4), 2012.