

Radio over Fiber を用いた多アンテナミリ波無線 LAN における動的チャンネル割り当てアルゴリズムの基礎検討

櫛田裕樹¹, 村上航大², 石原進³, 高井峰生⁴, 真野浩⁵

¹ 静岡大学工学部, ² 静岡大学大学院工学研究科, ³ 静岡大学学術院工学領域

⁴ カリフォルニア大学ロサンゼルス校, ⁵ コーデンテクノインフォ株式会社

1 はじめに

ミリ波無線 LAN は、マイクロ波を用いる従来の無線 LAN (IEEE802.11ac 等) に比べ広い帯域を使用でき、より高速な通信が可能である。しかしながら、ミリ波は高周波である特性から大気による減衰が激しいという問題がある。そのため、伝送距離を可能な限り稼ぐために、指向性アンテナを用いることが好まれるが、それに伴ってセルサイズは小さくなる。セルサイズが小さいことで、広範囲のカバレッジを確保するために多数のアクセスポイント (AP) が必要となり、その設置コストが問題となる。加えて、セルが小さいとハンドオーバーが発生しやすい。

そこで Radio over Fiber (RoF) を用いて 1 台の AP に対して多数のアンテナを光ファイバ経由で接続することによって、広範囲のカバレッジを確保しつつ必要な AP 数を減らす運用方法が考えられている [1]。RoF を用いた多アンテナミリ波無線 LAN システムの概念図を図 1 に示す。複数台の AP にそれぞれに多数のアンテナが光ファイバを介して接続する。AP はそれぞれ別のチャンネルを 1 つずつ用いる。アンテナが受信した高周波信号を EO 変換器により光信号に変換し光ファイバによって伝送し、OE 変換器により光信号を高周波信号に戻して AP に与える。

本システムで、AP の使用チャンネルが固定されているとユーザの地理的分布の変化によって特定の AP に負荷が集中し、システム全体のスループットと公平性が低下する。そこで、各セルのアンテナが使用するチャンネル/AP を動的に切り替えることにより、特定 AP への負荷の集中を避けるようにする。

本稿では、ユーザの地理的分布に基づき、各 AP に割り当てられているユーザ数を平準化するとともに、ハンドオーバーの起こりやすさを低減するチャンネル割り当てアルゴリズムを提案する。

2 動的チャンネル割り当てアルゴリズム

ユーザの地理的分布に基づき、チャンネルごとの収容ユーザ数を平準化しつつ、ハンドオーバーの起こりや

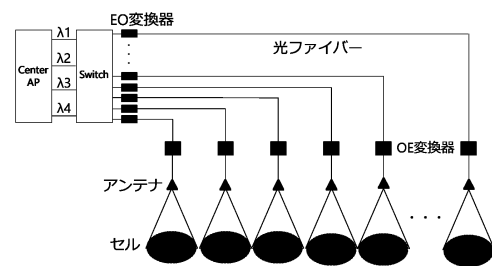


図 1: 多アンテナミリ波無線 LAN システムの概要

やすさを低減するチャンネル割り当てアルゴリズムを提案する。本稿で議論している収容ユーザ数を平準化する問題は、NP 完全問題の一つである Multi-way Number Partitioning 問題と考えることができる。少ない計算量で比較的良好な解が得られるこの問題の解法として、貪欲法がある [2]。そこで、貪欲法を基本として、ハンドオーバーの起こりやすさを低減できるように改良を加えた手法を提案する。

ユーザが移動する先の隣接セルに異なるチャンネルが割り当てられているときに、ハンドオーバーが発生する。これを防ぐために、提案手法では、同じチャンネルを割り当てられたセルが、なるべく多く隣接するように割り当てる。ここで異チャンネル隣接セル数 $b_{i,j}$ を定義する。これは、セル i にチャンネル j を割り当てたとき、セル i の隣接セルの内、 j 以外のチャンネルを割り当てられているセルの数である。全てのセルに対し、 $b_{i,j}$ が少なくなるようにチャンネルを割り当てる。

提案アルゴリズムの擬似コードを Algorithm 1 に示す。(記号は表 1 参照)。収容ユーザ数の値が大きいセルから順にチャンネルを割り当てていく。セル i にチャンネルを割り当てる際、既にチャンネル割り当て済みの隣接セルがあれば、 $b_{i,j}$ が最も少なくなるチャンネル j を割り当てる。ただし、その際チャンネル j の収容ユーザ数が閾値 (総ユーザ数/総チャンネル数) を超えないようにする。割り当て済みの隣接セルが無い場合は、収容ユーザ数が最も少ないチャンネルを割り当てる。これらの操作を、全てのセルにチャンネルが割り当てられるまで繰り返す。

なお、[1] では同じ問題に対するチャンネル割り当てアルゴリズムが提案されているが、[1] のアルゴリズムでは同一チャンネルを使用する隣接セルの有無のみを用いてチャンネルの洗濯をしているのに対し、提案アルゴリズムは、同一チャンネルを使用する隣接セルの数を考慮している点が異なっている。

Basic study of dynamic channel assignment algorithm for antenna-distributed millimeter-wave wireless LAN using Radio over Fiber

Hiroki KUSHIDA¹, Kodai MURAKAMI², Susumu ISHIHARA³, Mineo TAKAI⁴, Hiroshi MANO⁵

¹ Faculty of Engineering, Shizuoka University, ² Graduate School of Engineering, Shizuoka University, ³ College of Engineering, Shizuoka University Academic Institute, ⁴ University of California, Los Angeles, ⁵ Koden Techno Info Co., Ltd.

表 1: 記号の定義

N_c	セルの総数
c_i	i 番目のセル
N_u	ユーザ総数
u_i	セル i の収容ユーザ数
N_c	チャンネルの総数
a_j	j 番目のチャンネル
C_j	チャンネル j に割り当てられているセルの集合
r_j	チャンネル j に割り当てられているユーザ数
A_i	セル i と隣接しているセルの集合
B_i	セル i の隣接セルの数
b_i	セル i の異チャンネル隣接セル数
t_j	隣接セルの内、チャンネル j が割り当てられているセルの数

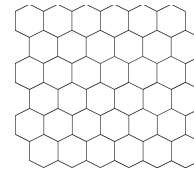


図 2: セルの配置

Algorithm 1 Assignment channel with reducing possibility of handover

Require: $\theta \leftarrow u/a, u_1 u_2 > \dots > u_c$

- 1: **Initialize:**
 $r_i \leftarrow 0 (i = 0, 1, \dots, N_{ch})$
- 2: **for** $i \leftarrow 1$ to N_c **do**
- 3: **for each** $j \in A_i$ **do**
- 4: $t_k \leftarrow$ number of cells assigned channel k
- 5: **if** at least one neighbor cell has been assigned a channel **then**
- 6: $m \leftarrow \operatorname{argmax} t_k (k=1, \dots, N_{ch})$
- 7: **if** $\theta > r_m + u_i$ **then**
- 8: add c_i to C_m
- 9: **break**
- 10: **end if**
- 11: **end if**
- 12: $m \leftarrow \operatorname{argmin} r_k (k = 1, \dots, N_{ch})$
- 13: add c_i to C_m
- 14: **end for**
- 15: **end for**

3 アルゴリズムの評価

以下の評価指標を用いて、提案アルゴリズムと [1] のアルゴリズムと貪欲法による割り当て結果を比較する。

- 各 AP に割り当てられているユーザ数の標準偏差
- ハンドオーバーの起こりやすさ h

$$h = \frac{\sum_{k=1}^{N_c} u_k b_k}{\sum_{k=1}^{N_c} u_k B_k} \quad (1)$$

評価シナリオを以下に示す。正六角形セルを図 2 のように 36 個配置し、144 台の端末を Zipf 則に従うように各セルの収容端末数 $f(k; s, N_c)$ を割り当てた。

$$f(k; s, N_c) = \frac{1/k^s}{\sum_{n=1}^{N_c} 1/n^s} \quad (2)$$

ここで、 N_c はセルの総数で、 k は順位である。 $s (\geq 0)$ は端末数のばらつき度合いを定めるパラメータである。 s の値を 0 から 1 まで 0.1 刻みで変化させ、それぞれの s の値において 10 回の異なる端末配置を行い、全端末配置における性能指標の平均を得た。

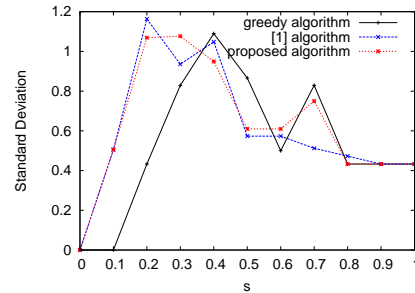


図 3: チャンネルごとの収容ユーザ数の標準偏差

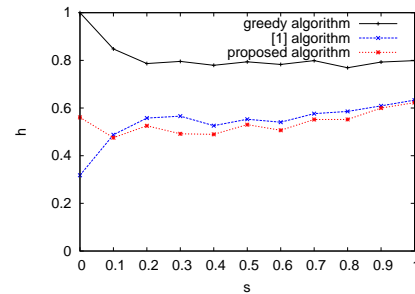


図 4: ハンドオーバーの起こりやすさ

図 3, 4 に示す通り、提案アルゴリズムが全ての s の値において、各チャンネル当たりの収容ユーザ数の標準偏差を貪欲法及び [1] のアルゴリズムと比べ大きく下げることなく、ハンドオーバーの起こりやすさを低減できていることがわかる。

4 まとめ

RoF を用いた多アンテナミリ波無線 LAN システムにおいて、チャンネルごとの収容ユーザ数を平準化しつつ、ハンドオーバーの起こりやすさを低減するチャンネル割り当てアルゴリズムを提案した。他手法と比べ、提案アルゴリズムは各チャンネルの収容ユーザ数のばらつきを大きく増やすことなく、ハンドオーバーの起こりやすさを小さくできることを確かめた。今後、シミュレーション及びエミュレーションにより、提案アルゴリズムの有用性を確認する予定である。

参考文献

[1] 村上航大, 他: Radio over Fiber を使用した多アンテナミリ波無線通信システムにおける動的チャンネル割り当ての効果, 信学技報, MNP 研究会 (2016, 1 月).

[2] R. E. Korf: Multi-way number partitioning, Proc. International Joint Conference on Artificial Intelligence(IJCAI), pp. 538-543 (2009).