

A-004

# 重み付けを用いた分散型アクセスポイント選択アルゴリズム

## A Weighted Distributed Algorithm for Access Point Selection in Wireless LAN

伊豆田 慎<sup>†</sup>  
Makoto IZUTA

三ツ汐 圭<sup>‡</sup>  
Kei MITSUSHIO

藤原 暁宏<sup>§</sup>  
Akihiro FUJIWARA

### 1. はじめに

近年、携帯型端末の普及と技術の発展により、どのような場所でもインターネットに接続したいという要求が発生している。この要求を満たすため、IEEE802.11b規格を代表とした無線LANを用いたインターネット接続が普及している。本研究では無線LANを効率よく利用するための分散型アクセスポイント選択アルゴリズムを提案するとともに、シミュレーション実験により既存のアルゴリズムとの比較を行った。

### 2. 準備

#### 2.1 無線LANによる通信モデル

IEEE802.11bでは、電波干渉を起こさずに近傍に設置できるアクセスポイント(AP)数は最大で4台である。そこで、APが複数存在する無線LAN網においては、ステーション(STA)が接続するAPを適切に選択することが非常に重要である。無線資源を有効かつ公平に利用するためには、STAはAPごとに期待できるスループット $T$ を事前に予想する必要がある。文献[3]において、STAがAPに接続した場合のスループットは式(1)で求められることが示されている。ここで、 $t_{Data}$ はデータサイズがData[bit]のパケットを受信するときに要する時間、 $P_{i,j}$ はSTA $s_i$ とAP $a_j$ 間のパケットエラーレートを表す。また、 $N_j$ はAP $a_j$ に接続しているSTAの数を表しており、スループットはAPへのSTAの接続台数に反比例することがわかる。

$$T = \frac{Data \cdot (1 - P_{i,j})}{t_{Data} \cdot N_j} \quad (1)$$

#### 2.2 アクセスポイント選択問題

本研究でのアクセスポイント選択問題は以下の様に定義される。

#### 定義1 (アクセスポイント選択問題)

入力:  $n$  台の STA の集合  $S = \{s_0, s_1, \dots, s_{n-1}\}$ , および,  $m$  台の AP の集合  $A = \{a_0, a_1, \dots, a_{m-1}\}$ . また, STA $s_i$  と AP $a_j$  間のパケットエラーレート  $P_{i,j}$  ( $0 \leq i \leq n-1, 0 \leq j \leq m-1$ ).

出力: STA と AP の  $n$  個の対からなる組み合わせ,  $(s_0, a_{j_0}), (s_1, a_{j_1}), \dots, (s_{n-1}, a_{j_{n-1}})$ . ただし,  $a_{j_k}$  は, STA $s_k$  の接続先 AP を表す. □

#### 2.3 スループット定義

平均スループット: 平均スループット  $T_{avg}$  は, アクセスポイント選択問題の出力より式(2)で定義される。

$$T_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{Data \cdot (1 - P_{i,j_i})}{t_{Data} \cdot N_{j_i}} \quad (2)$$

最大スループット: 最大スループット  $T_{max}$  は, アクセスポイント選択問題の出力より式(3)で定義される。

$$T_{max} = \max \left\{ \frac{Data \cdot (1 - P_{i,j_i})}{t_{Data} \cdot N_{j_i}} \mid 0 \leq i \leq n-1 \right\} \quad (3)$$

最小スループット: 最小スループット  $T_{min}$  は, アクセスポイント選択問題の出力より式(4)で定義される。

$$T_{min} = \min \left\{ \frac{Data \cdot (1 - P_{i,j_i})}{t_{Data} \cdot N_{j_i}} \mid 0 \leq i \leq n-1 \right\} \quad (4)$$

### 3. 分散型アクセスポイント選択手法

本研究では、既存の AP 選択手法である RSS[2] と MLT[3] に対して、平均スループットを増加させる選択手法である MTT(Maximizing Total Throughput) と、最小スループットを増加させる選択手法である IMT(Increasing Minimum Throughput) を提案する。各選択手法の概要を以下に示す。

#### 3.1 MTT(Maximizing Total Throughput)

MTTでは、STA $s_i$ がAP $a_j$ に接続したときのスループットを式(5)、(6)によって表される重み関数  $W_{MTT,i,j}$  に従って予測する。式(6)で、STA $s_i$ がAP $a_j$ に接続している場合は  $x_i = 1$ 、接続していない場合は  $x_i = 0$  である。 $W_{MTT,i,j}$  は STA $s_i$  が AP $a_j$  に接続した場合のスループットの増減を表し、STA $s_i$  は  $W_{MTT,i,j}$  が最大となる AP を選択する。

$$W_{MTT,i,j} = \frac{SW_j + (1 - P_{i,j})}{N_j} - \frac{SW_j}{N_j - 1} \quad (5)$$

$$SW_j = \sum_{i=0}^{n-1} x_i \times (1 - P_{i,j}) \quad (6)$$

式(5)により表される重みを用いて、MTTによるSTA $s_i$ のアクセスポイント選択は以下の3ステップで実行される。

**Step1:** 各 STA $s_i$  ( $0 \leq i \leq n-1$ ) について、各 AP $a_j$  ( $0 \leq j \leq m-1$ ) に対して、 $W_{MTT,i,j}$  を計算する。

**Step2:** 各 STA $s_i$  において、 $W_{MTT,max} = \max \{W_{MTT,i,j} \mid 0 \leq j \leq m-1\}$  を計算する。

**Step3:** 各 STA $s_i$  は、 $W_{MTT,max} = W_{MTT,i,j}$  となる AP $a_j$  に対して接続する。

#### 3.2 IMT(Increasing Minimum Throughput)

IMTでは、STA $s_i$ がAP $a_j$ に接続したときのスループットを式(7)、(8)によって表される重み関数  $W_{IMT,i,j}$  に従って予測する。ただし、 $P_{max,j}$  は AP $a_j$  に接続している STA $s_i$  のうち最大の  $P_{i,j}$  を表す。 $W_{IMT,i,j}$  は AP $a_j$  における最小スループットを表し、IMTでは各 STA は  $W_{IMT,i,j}$  が最大となる AP を選択する。

<sup>†</sup>九州工業大学大学院 情報工学研究科 情報システム専攻

<sup>‡</sup>アイ・システム株式会社

<sup>§</sup>九州工業大学 情報工学部 電子情報工学科

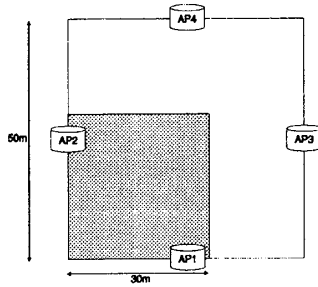


図1: APの配置図

( $P_{i,j} < P_{max_j}$ の場合)

$$W_{IMT_{i,j}} = \frac{1 - P_{max_j}}{N_j} \quad (7)$$

( $P_{i,j} \geq P_{max_j}$ の場合)

$$W_{IMT_{i,j}} = \frac{1 - P_{i,j}}{N_j} \quad (8)$$

式(7), 式(8)により表される重みを用いて, IMTによる  $STA_{s_i}$  のアクセスポイント選択は以下の3ステップで実行される.

**Step1:** 各  $STA_{s_i}$  ( $0 \leq i \leq n-1$ ) について, 各  $AP_{a_j}$  ( $0 \leq j \leq m-1$ ) に対して,  $W_{IMT_{i,j}}$  を計算する.

**Step2:** 各  $STA_{s_i}$  において,  $W_{IMT_{max}} = \max \{W_{IMT_{i,j}} \mid 0 \leq j \leq m-1\}$  を計算する.

**Step3:** 各  $STA_{s_i}$  は,  $W_{IMT_{max}} = W_{IMT_{i,j}}$  となる  $AP_{a_j}$  に対して接続する.

## 4. シミュレーションによる検証と考察

### 4.1 シミュレーションモデル

本研究のシミュレーションでは, 図1の様に一辺の長さが50mの正方形の各辺の中点をAPを配置し, 左下に頂点を合わせた一辺の長さが30mの正方形内部にSTAを任意に40台配置する. ただし, STAのAPに対する受信電波強度の値は配置されたSTAとAPの距離に依存する. STAの配置はランダムとし, その配置を100通り準備する. なお, 配置後のSTAは位置を移動しないものとし, 各APおよびSTAの性能は同一であるとする.

RSSでは, STAの位置により接続するAPが決定する<sup>1</sup>. これに対して, MLTとMTT, IMTはSTAの位置および, STAの接続順序に依存する. そこで, これらの手法については, STAの接続順序を表す順列組み合わせを10000通り準備する.

### 4.2 評価指標

前節の条件下で各選択手法における平均スループット, 最小スループット及びローミング回数を計算する. なお, 本研究におけるローミングは, あるAPに接続しているSTAが各選択手法におけるスループットを再計算したときに, 現在接続しているAPと異なるAPが最大であった場合に実行する.

また, STA間の公平性を表すバランスインデックス[1]を計算する. バランスインデックス $\beta$ は, 式(9)で

<sup>1</sup>受信電波強度のみでAPを選択するRSSでは, AP1とAP2にSTAからの接続が集中し, 偏りが発生しやすくなる.

表1: ローミングを行わない場合

	平均スループット	最小スループット	バランスインデックス
RSS	0.068888	0.036519	0.431268
MLT	0.076638	0.050053	0.936938
MTT	0.077891	0.030709	0.756606
IMT	0.072638	0.052289	0.94324

表2: ローミングを行う場合

	平均スループット	最小スループット	バランスインデックス	ローミング回数
MLT	0.078306	0.059649	0.0955044	8.340595
MTT	0.082733	0.036738	0.0485656	9.799009
IMT	0.072515	0.054721	0.0955779	1.837211

計算される. この値は1に近づくほどSTA間のスループットが均一であることを表す. この式において,  $B_i$ は  $STA_{s_i}$  のスループット,  $N$ はSTA数を表す.

$$\beta = \frac{\left(\sum_{i=0}^{n-1} B_i\right)^2}{N \times \sum_{i=0}^{n-1} B_i^2} \quad (9)$$

### 4.3 実験結果

表1は入力に対して順列組み合わせを10000通り準備し実行した場合の各指標の平均値を表し, 表2は表1の状態から更に定常状態に至るまでローミングを行った場合の各指標の平均値を表す. 表1, 2より, 2つの提案手法を比較すると, ローミングを行わない場合ではIMTが, ローミングを行う場合ではMLTが優れていることがわかる. また, 平均スループットでは, MTTが優れていることがわかる.

また, 提案手法に既存の手法であるMLTおよびRSSを加え, 各アクセスポイント選択手法について検証すると, 平均スループットではMTTが, 最小スループットではMLTが, 公平性ではMLTとIMTがそれぞれ有効な値を示した. ローミング回数ではIMTが最も少なかった.

以上の結果より, IMTはSTAの入れ替わりが多い駅やホテルで有効に働き, MLTはSTAの入れ替わりが少ない家やオフィスで有効に働くと考えられる.

## 5. まとめ

本研究では, 無線LAN資源を有効に利用するために, 2つのアクセスポイント選択手法を提案した. 今後の課題としては, STAとAPの性能が異なるヘテロ環境で有効なアクセスポイント選択手法に関する研究が挙げられる.

## 参考文献

- [1] Dah-Ming Chiu and Jain. Analysis of the increase and decrease algorithms for congestion avoidance in computer networks. *Computer Networks and ISDN Systems*, Vol. 17, No. 1, pp. 1-14, 1989.
- [2] Matthew S. Gasr. *802.11 Wireless Networks; The Definitive Guide*. O'REILLY.
- [3] Y. Fukuda, T. Abe, and Y. Oie. Decentralized access point selection architecture for wireless LANs. *Wireless Telecommunications Symposium*, 2004.