

# 企業内高密度無線 LAN における確率優位を用いた アクセスポイント選択方式

久保田 啓介<sup>†</sup> 木村 成伴<sup>‡</sup>

筑波大学情報学群情報メディア創成学類<sup>†</sup>

筑波大学システム情報系情報工学科<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

IEEE802.11 ベースの無線 LAN では、多数のユーザに広帯域な通信を同時に提供するため、適切な AP (Access Point) を選択する必要がある。その選択方式として、AP から届く電波の強度や SNR (Signal Noise Ratio) を指標として使用することが考えられるが、この方式では QoS を満たせない状況がしばしば起こりうる。

こうした背景から、Yu Bai らは、現在の AP の通信遅延状況を取得し、その結果を、一次確率優位 (FSD: First Order Stochastic Dominance) によって比較することで、接続する AP を選択する STOOP [1] を提案している。本論文では、同一の SSID を持つ、3 台以上の AP が端末と通信できる環境を企業内高密度無線 LAN と定義し、文献 [1] の方式に基づいて、多群間比較を用いて改良した AP 選択方式を提案する。

## 2. アクセスポイント選択方式

Yu Bai らは、2 台の AP にブローディングパケットを送付し、それらの遅延を、経済分析法である一次確率優位 (FSD) により比較する STOOP (STOchastically-dOMinant AP selection) [1] を提案している。本章では、この STOOP について説明する。

### 2.1. STOOP

AP の集合  $AP = \{AP_0, AP_1, \dots, AP_M\}$  を考える。但し、 $AP_0$  はユーザが現在接続中の AP である。ユーザはそれぞれの AP についての伝搬遅延を Jörg Liebeherr らの方式に基づいて取得する。これを累積分布関数 (CDF: Cumulative Distribution Functions) として保持し、 $AP_i$  の CDF を  $F_i(x)$  とする。ある  $AP_n, AP_m \in AP$  に対し、すべての  $x$  について  $F_n(x) \geq F_m(x)$  が成り立ち、且つある値  $x_\Omega$  について、 $F_n(x_\Omega) < F_m(x_\Omega)$  で有意な差が生じている場合、 $AP_n$  は  $AP_m$  に対して FSD が成り立つと定義する。

### 2.2. 接続先の判定

現在接続中の AP を  $AP_0$ 、新たに検出された AP

を  $AP_{\text{candidate}}$  とする。そして、値  $F_n(x_m)$  を、 $AP_n$  の遅延累積分布関数の、 $m$  番目の分位数と定義する。この  $AP_0$  と  $AP_{\text{candidate}}$  について、

$$\sum_{k=0}^Z (F_{\text{candidate}}(x_k) - F_0(x_k)) > OB(k)$$

を満たすならば、 $AP_{\text{candidate}}$  が優位なので、この AP に接続先を切り替える。ここで、 $Z$  は計測回数を示す。逆に、

$$\sum_{k=0}^Z (F_{\text{candidate}}(x_k) - F_0(x_k)) < IB(k)$$

を満たすならば、接続先を切り替えるほどの有意差が無いことから、接続を継続する。

上記の判定にて、どちらが有意か判明しない場合、すなわち、

$$IB(k) < \sum_{k=0}^Z (F_{\text{candidate}}(x_k) - F_0(x_k)) < OB(k)$$

となる場合では、 $Z$  を 1 増やして、再度同じ検定を繰り返す。但し、 $Z$  が上限値  $L$  となるまで決まらなかった場合は、有意差判定不能として、接続中の AP にとどまる。

なお、以上の判定式において、二つの領域  $OB$  (Outer Bound),  $IB$  (Inner Bound) は、突発的なトラフィックの変動が生じた場合でも正確な判定を行うための閾値であり、定数  $\delta > 0$  と  $d = \frac{3}{8}\delta$  を用いて、以下のように算出する。

$$OB(k) = kd + \frac{(S_0^2(k) + S_{\text{candidate}}^2(k))}{2d}$$

$$IB(k) = k(\delta - d) - \frac{(S_0^2(k) + S_{\text{candidate}}^2(k))}{2d}$$

ここで、 $S_i^2(k)$  は、 $AP_i$  の、 $k = Z$  までの分散の平均を示す。

## 3. 提案方式

前章で述べた STOOP では、二群間比較のみしか行うことができなかった。このため、新たに 2 つ以上の AP を検知した場合、長い処理時間を要する。本章では、企業内高密度無線 LAN 環境を対象として、現在接続中の AP を  $AP_0$ 、新たに検出された  $M$  台 ( $M \geq 2$ ) の AP の集合を  $AP = \{AP_1, AP_2, \dots, AP_M\}$  として、これら 3 台以上の AP から効率よく接続先 AP を選択するアルゴリズムを提案する。以下では、STOOP からの変更点について述べる。

An Access Point Selection Method Using Stochastic Dominance for High-Density Enterprise Wireless LANs

<sup>†</sup>College of Media Arts, Science and Technology, School of Informatics, University of Tsukuba

<sup>‡</sup>Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

### 3.1. 比較対象とする AP 候補の選択

端末は、定期的に、もしくは新たな AP が検出される度に、各  $AP_n$  ( $1 \leq n \leq M$ ) に対して、プロービングパケット  $L$  個を 10 ミリ秒間隔で送信し、 $x_k$  番目に送付したパケットの伝搬遅延  $F_n(x_k)$  を得る。続いて、プロービングパケットの応答から得られたすべてのパケットの平均伝搬遅延

$$E_n = \sum_{k=0}^L \frac{F_n(x_k)}{L}$$

を求め、集合 AP に属する AP のうち、最小の平均伝搬遅延をとる AP を  $AP_{\text{candidate}}$  とする。これにより、接続を切り替える AP の候補を 1 つに絞り、2.2 節と同様の処理を行うことで、比較に要する処理時間を短縮することができる。

### 3.2. 有意差判定不能の場合の取り扱い

STOOP では、有意差判定ができない場合、 $Z$  の値を 1 増やして、上限値  $L$  になるまで、繰り返し検定を行ったが、提案方式では、最小限の処理である程度の精度水準を保った判定を行うため、 $Z = \frac{L}{2}$  と固定して、 $AP_0$  と  $AP_{\text{candidate}}$  の比較を行い、有意差判定ができない場合は  $AP_0$  との接続を継続する。

## 4. 評価実験

提案方式の有効性を確認するため、本章では、ネットワークシミュレータ ns-3 を用いて行うシミュレーション実験について述べる。

### 4.1. 実験方法

図 1 も実験で用いるネットワークトポロジを示す。また、実験で用いたパラメタを表 1 に示す。図 1 において、対象となる端末は図に記載していない AP と接続しているが、接続先の候補として、4 台の AP ( $AP_1 \sim AP_4$ ) を検出したとする。このうち、 $AP_2 \sim AP_4$  はいずれも対象端末から 20m 離れた地点にあるが、すでに別の端末 BTG と接続している。この BTG は、図に示した  $AP_2 \sim AP_4$  の矩形内にランダムに配置し、最も距離の近い AP (等距離の場合は番号が若いもの) と接続し、その AP にパケットを送信し続けている。

一方、 $AP_1$  は対象端末から 70m 離れた地点にあるが、他に接続している端末はなく、ここに接続すると、他の AP に接続するより通信遅延が少なくなると考えられる。実験では、提案方式により、接続を切り替えた AP と接続に要した時間を検証する。実験の比較対象には、プロービング時間がほぼ同等である CU [2] を採用した。

### 4.2. 実験結果、および考察

以上の実験を 10 回行い、 $AP_1$  に接続した平均回数を図 2 に示す。図に示すとおり、提案方式は BTG 端末からの通信状況に対応して、通信遅延

がもっとも少ない  $AP_1$  を選択する平均回数が CU より少なくなることがわかった。

表 1 実験条件

通信方式	IEEE802.11g (通信半径 100m)
BTG 端末の通信	選択した AP に 1.0 Mbps の CBR/UDP (パケット長 1380 バイト) を送信し続ける
プロービングパケット	55 バイトのパケットを 0.2 ミリ秒間隔で 40 回送付する
パケット損失率	0%

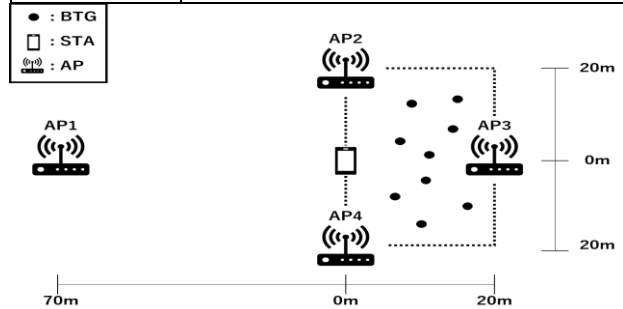


図 1 シミュレーションのトポロジ概要

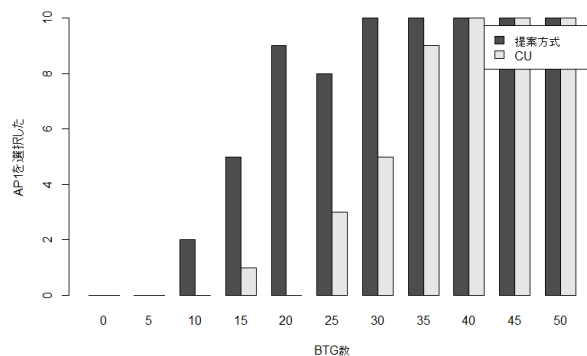


図 2  $AP_1$  を選択した平均回数

## 5. おわりに

本論文では、企業内高密度無線 LAN を対象として、3 台以上の AP から効率よく接続先 AP を選択する方式を提案した。

### 参考文献

- [1] Yu Bai, Mehmet C. Vuran, and Demet Batur, "STOOP: Stochastically-Dominant Access Point Selection in Enterprise WLANs," Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP), pp. 195–202, 2017.
- [2] Tingting Sun, Yanyong Zhang, and Wade Trappe, "Improving Access Point Association Protocols through Channel Utilization and Adaptive Probing" Proceedings of IEEE Transactions on Mobile Computing, pp.1157–1167, 2016.