

## 無線 LAN の WDS における アクセスポイント配置アルゴリズムの提案

熊野 英嗣<sup>†</sup> 三谷 千恵<sup>†</sup> 船曳 信生<sup>††</sup> 中西 透<sup>††</sup>

<sup>†,††</sup>岡山大学工学部通信ネットワーク工学科  
〒700-8530 岡山市津島中 3-1-1

E-mail: <sup>†</sup>{kumano.chie}@sec.cne.okayama-u.ac.jp, <sup>††</sup>{funabiki.nakanisi}@cne.okayama-u.ac.jp

あらまし WDS(Wireless Distribution System) とは、無線 LAN における複数のアクセスポイント間通信を無線で行うシステムである。本稿では、WDS におけるアクセスポイント (AP) の最適配置を求める問題の定式化と、そのヒューリスティックアルゴリズムの提案を行う。本問題では、アクセスポイント数の最小化に加え、負荷の分散を目的とした、アソシエーション確立ホスト数の平準化が求められる。提案アルゴリズムは、AP を規則的に配置する初期配置段階とそのランダム移動による改善段階の 2 段階で構成されている。本アルゴリズムの評価は、2 種類のホスト移動モデル (random waypoint model, 着席スペースモデル) に対するシミュレーションにより行う。今回提案する着席スペースモデルでは、対象フィールド上に店舗やイベント会場等を想定した目的地 (着席スペース) を設定している。従来の random waypoint model に比べ、現実に近いホスト移動のシミュレーションが可能である。  
キーワード WDS, アクセスポイント, アルゴリズム, 着席スペースモデル, モバイルホスト

## A proposal of an access-point allocation algorithm for WDS in wireless LAN

Eiji KUMANO<sup>†</sup>, Chie MITANI<sup>†</sup>, Nobuo FUNABIKI<sup>††</sup>, and Toru NAKANISHI<sup>††</sup>

<sup>†,††</sup>Department of Communication Network Engineering, Okayama University  
Tsushimanaka 3-1-1, Okayama, 700-8530 Japan

E-mail: <sup>†</sup>{kumano.chie}@sec.cne.okayama-u.ac.jp, <sup>††</sup>{funabiki.nakanisi}@cne.okayama-u.ac.jp

**Abstract** The wireless distribution system (WDS) provides wireless connections between multiple access points (APs) to compose a large-scale wireless local area network (WLAN). In this paper, we formulate the AP allocation problem for WDS, and present its two-stage heuristic algorithm. In this problem, a feasible allocation of APs is requested, such that the total number of APs is not only minimized, but also the load of each AP is equalized. The proposed algorithm consists of the first stage of allocating APs in a regular interval and the second stage of improving their allocations by random perturbations. The effectiveness of our algorithm is confirmed through simulations in two host movement models, namely random waypoint model (RWM) and seating space model (SSM). This newly presented SSM assumes a seating space of shops, restaurants, and event fields, so that it can simulate more realistic situations.

**Key words** WDS, access point, algorithm, seating space model, mobile host

### 1. はじめに

近年、無線 LAN (Wireless Local Area Network) への需要が急速に高まってきている。無線 LAN では、アクセスポイント (AP) とホスト間の配線が不要となるため、低コストでの LAN 導入が可能である。そのため、有線ネットワークへのアクセ

スが可能であれば、場所を問わず利用可能となる。また、その移設も容易である。これらの利点から現在、無線 LAN の利用は、家庭、企業、学校、公共機関などに広がっており、駅や店舗などでインターネット接続ポイントを提供する無線 LAN スポットの設置も行われている。

このように様々な利点を持つ無線 LAN の機能を最大限に生

かすためには、その AP の適切な配置が重要である。そのため、無線 LAN における AP 配置に関する研究が幾つかの文献で紹介されている。

文献 [3] では、屋外で最もカバーが難しいとされているキャンパスや都心を対象とし、屋外エリアに限定した AP 配置問題について述べている。本論文では、予め一定間隔に離散的に定められた地点群の中から、最適な AP 配置地点を決めるアルゴリズムが提案されている。配置地点の決定方法としては、pruning により初期解を求めた上で、Neighborhood Search や Simulated Annealing 等のヒューリスティックアルゴリズムによって解の改善を行うといった方法が記されている。

文献 [4] では、まず建物内における壁等の障害物の材質や厚さによる電波減衰量に着目し、Motley Keenan 電波伝播モデルを用いた壁タイプによる減衰量を実測した結果を記している。次に、そのデータを基にあるフロアで一定間隔に離散的に定められた地点の中から、単一の AP で可能な限り広域に、一定以上の電波強度を保つための AP 配置場所の探索に遺伝アルゴリズムを採用している。

文献 [5] [6] では、Nelder-Mead 法や山登り法等を利用した数々のアルゴリズムが、AP 配置問題に提案されている。文献 [8] では、与えられた AP 配置に対して、各ホストがアソシエーションを確立する AP の決定方法に関する研究も進められている。

本論文では、無線 LAN の広域化のための機能である WDS(Wireless Distribution System) に着目し、WDS における AP 配置問題の定式化と、そのヒューリスティックアルゴリズムの提案を行う。WDS では、AP 間通信を無線で行う。無線 LAN では、より大規模なネットワークを構築するために、AP 間通信を行う必要がある。その際、無線の方が有線での接続に比べ、設置が容易で、安価に大規模な LAN を構築できると共に、その維持も容易である [9]。WDS での AP 配置を考慮する際、従来の AP 配置問題の制約条件に加え、AP 間も無線通信を行うことから、AP 間の無線接続性という新たな制約条件が発生する。

そこで本論文では、まず WDS の AP 配置問題に対して組合せ最適化問題としての定式化を行う。その上で、総 AP 数の最小化と各 AP の負荷平準化を目的とした AP 配置アルゴリズムを提案する。提案アルゴリズムは、各 AP を正三角形の各頂点上に規則的に配置する初期配置段階と、局所探索法によりランダムに移動しながら配置の改善を行う配置改善段階の二段階で構成されている。

本アルゴリズムの評価は、2種類のホスト移動モデル (random waypoint model, 着席スペースモデル) に対するシミュレーションにより行う。今回提案する着席スペースモデルでは、対象フィールド上に店舗やイベント会場等を想定した目的地 (着席スペース) を設定している。従来の random waypoint model に比べ、現実に近いホスト移動のシミュレーションが可能である。

以下本論文では、まず 2. において対象とするネットワークモデルについて述べる。次に 3. では、AP 配置問題の定式化を

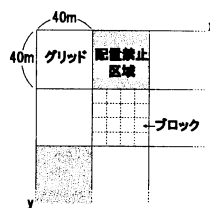


図 1 フィールドモデル

行う。4. では、AP 配置問題に対して 2 段階ヒューリスティックアルゴリズムの提案を行う。5. では、シミュレーションに用いる 2 種類のホスト移動モデル、特に今回新たに提案する着席スペースモデルについて述べる。6. では、シミュレーションによる提案アルゴリズムの評価結果を示す。最後に 7. で本論文のまとめを行う。

## 2. 対象とするネットワークモデル

### 2.1 フィールドモデル

本論文では、AP 配置対象のフィールドを長方形とし、水平方向を  $x$  軸、垂直方向を  $y$  軸とする。また、フィールドを 40m 四方の正方形で区域化を行い、各区域をグリッドと呼ぶこととする。フィールド上には、建物や塀などの障害物のために、AP を配置できない区域 (AP 配置禁止区域) があるものとし、グリッド単位で存在するものとする。さらにグリッド内部を  $4 \times 4$  に 16 分割し、この 10m 四方の区域をブロックと呼ぶこととする (図 1 参照)。

### 2.2 電波到達性の判定

本論文では簡単のために、ブロック単位で電波到達判定を行うこととする。すなわち、ある AP から各ブロックの中心座標までのユークリッド距離が、その AP の出力電波強度によって決まる電波伝播半径以下の場合、そのブロックの任意の場所でその AP にアクセス可能であることとする。これを、ブロックが AP によりカバーされていると呼ぶこととする。また、障害物による電波減衰は、簡単のために電波発信地点から目標地点までの間に 1 つ以上の障害物を通過すれば電波の到達距離が半減するものとし、障害物の種類、通過回数は考慮しないものとする。

### 2.3 AP アソシエーション

通常、モバイルホストが無線 LAN に接続する際には、近くの AP とアソシエーションを確立しなければならない [7]。本論文では、ホストは同時に 1 つの AP とのみアソシエーションの確立が可能であり、複数の AP とアソシエーション可能な場合は、常に最も電波強度の強い AP とアソシエーションを確立するものとする。

## 3. AP 配置問題の定式化

### 3.1 AP 配置問題の背景

無線 LAN の AP 配置問題では、様々な制約が存在する。まず、ホストが無線 LAN に接続するために、ホストと AP が互いに電波の届く位置にいないといけない。従って、ホストの

存在位置や移動性に関する制限を設けないためには、フィールド内の全地点（全ブロック）で1つ以上のAPによりカバーされていることが必要である。またWDSでは、これらに加えてAP間同士が無線通信のために、互いの電波到達距離以内に配置する必要がある。

無線LANのコスト削減のためには、AP数はできるだけ少なくすべきである。等間隔にAPを配置した場合に、最小のAP数で全地点のカバーが可能と考えられるが、実際にAPを配置する際には、電源確保や建築物や樹木の存在、景観等の種々の理由で、APを配置できない場所が発生するため、必ずしも等間隔に配置できるとは限らない。加えて、フィールドの中ではホストが多く集まる場所とそうではない場所が存在するため、AP毎の負荷の平準化を考慮したAP配置が必要である。本論文では、まず、これらを考慮したAP配置問題を組合せ最適化問題として定式化する。

### 3.2 最大アソシエーション数期待値

AP配置問題の評価関数 $E$ で使用するAP毎の最大アソシエーション数期待値は、次のようにして求める。まず、各ブロックに対して、その中心で最も電波強度が強く届くAPに、そのブロックが所属するグリッド全体のホスト数期待値の $\frac{1}{16}$ を加算する。これを、全ブロックに対して実施することで、各APのアソシエーション数期待値が算出される。そして、その最大値が評価関数における最大アソシエーション数期待値となる。

### 3.3 AP配置問題の定式化

AP配置問題を以下の様に定義する。ここで、評価関数 $E$ のパラメータ $k$ の値はAP数最小化とAP負荷の平準化のバランスを与えるが、本論文では $k=1$ に定める。

- 入力：対象フィールドの情報（フィールドサイズ、AP配置禁止区域、グリッド毎のホスト数期待値）、AP電波強度上限 $RA_{max}$ 、ホスト電波強度上限 $RH_{max}$
- 出力：各APの配置座標、電波強度。ここで、制約条件を満たせない場合には出力なし
- 制約条件：任意の2 AP間が互いに電波到達可能（AP連結制約）、任意位置のホストがAPとリンク可能（ホストカバー制約）、AP配置禁止区域への配置禁止、各APの発信電波強度が上限以下
- 目的条件：以下の評価関数 $E$ の最小化

$$E = \max(\text{アソシエーションホスト数}) + k(\text{AP数}) \quad (1)$$

## 4. AP配置アルゴリズムの提案

本章では、前章で定義したAP配置問題に対する、初期配置段階、改善段階の二段階で構成されるヒューリスティックアルゴリズムを提案する。

### 4.1 初期配置段階

初期配置段階では、移動体通信でのセル配置と同様に、図2に示すように、正三角形の各頂点上に、各APを配置することを基本とする。その際、AP配置禁止区域により該当箇所にAPが配置できなかったり、障害物の影響で電波が届かない場所が発生する場合には、APを追加配置する。

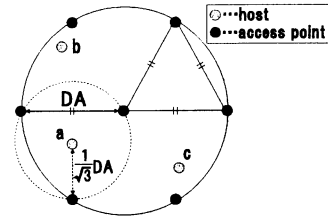


図2 AP初期配置

### 4.2 AP配置間隔の算出

AP間が連結であり、同時に任意位置のホストからAPまで電波が届くようにするために必要なAP間の距離 $DA$ を求める。まず、AP間が連結であるためには、少なくとも $DA \leq RA_{max}$ となる必要がある。次に、一辺の長さ $DA$ の正三角形の各頂点にホストを配置した場合に、ホストとAP間の距離が最大となるのは、図2のホスト $a$ のように、APからの距離が $\frac{1}{3}DA$ となる位置である。その位置のホストとAP間が連結であるためには、 $\frac{1}{3}DA \leq RH_{max}$ となる必要がある。従って、APの配置間隔 $DA$ は次式で表される。

$$DA = \min(RA_{max}, \sqrt{3}RH_{max}) \quad (2)$$

### 4.3 AP初期配置アルゴリズム

以下に、正三角形の頂点への等間隔配置を基本とするAP初期配置アルゴリズムを示す。

- (1) フィールド境界の左上の角から45度方向に、 $RH$ 離れた地点を最初の配置位置（スタート位置）とする。
- (2) APの電波強度は $RA_{max}$ に固定した上で、以下の処理の繰り返しにより、APの逐次配置を行う。ここで、選択された配置位置が禁止区域である場合には、APを配置しないこととする。
  - (a) 最初の配置位置から $x$ 軸方向に $DA$ 離れた点を、AP配置位置として選択する。これをフィールド内で選択可能な地点がなくなるまで繰り返す。
  - (b) (a)の隣接する2点を頂点とする正三角形の最後の点をAP配置位置として選択する。但し、(a)において、正三角形の右側（または左側）の頂点が存在しないが、存在すると仮定した場合に最後の頂点が配置可能な場合にはその点も選択する。
  - (c) (b)で選択された配置位置を(a)での配置位置に置き換えて、(b)を対象フィールド内で可能な限り実行する。
- (3) これまでの配置済みAPによりカバーされないブロックが存在する場合、そのブロックに対して以下の手順により追加配置を行う。なお、ここで追加配置するAPの電波強度は、他のAPと連結になるために必要な最小のものに設定する。
  - (a) (2)で選択した点列と同じ $y$ 座標上を $x$ 軸方向に走査した場合に、電波が届いていないブロックが見つければ、同時にAP連結制約条件を満たすために、その直前のブロックの中心にAPを配置する。但し、そこが禁止区域であれば、同じ $y$ 座標上でそこから最も近い禁止でない場所に配置する。図3の例では、 $d$ 地点に配置する。

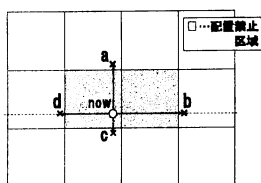


図3 配置禁止区域からの移動

(b) (a) の処理後も未カバーブロックが存在する場合には、同様の操作を  $x$  座標に関して実施する。

(c) (b) の処理後も未カバーブロックが存在するならば、それを含むグリッドの中心に AP を配置する。但し、そこが禁止区域にあれば、そこから最も近い禁止でない場所に配置する。図 3 の例では、 $c$  地点に配置する。

(d) (c) の処理後も未カバーブロックが存在するならば、今回の対象フィールドには AP 配置不可能と判断して処理を終了する。評価関数  $E$  の値を取り得る最大の値に設定し、(6) に進む。

(4) 各 AP の連結性をチェックし、全ての AP が連結でなければ、連結となるよう、適宜 AP を追加配置する。ここで配置する AP の電波強度は  $RA_{max}$  に設定する。

(a) 任意に 1 つの AP を選択し、グループ番号 1 を割り当てる。

(b) 割り当てられた AP と連結な全ての AP にグループ番号 1 を割り当てる。

(c) グループ番号未割当の AP があれば、グループ番号を 1 増加し、(a)、(b) の操作を行う。

(d) (a) ~ (c) の操作を全 AP にグループ番号が割り当てられるまで行う。

(e) 全てのグループ番号が 1 ならば連結性を充足し、(6) へ進む。

(f) 1 以外のグループ番号を持つ AP が存在するならば、その AP がカバーしているブロックの中で、他のグループ番号を持つ AP も重複してカバーしているブロックを見つけ、そのブロックの中央に AP を配置する。もしそのようなブロック群を重複してカバーする AP が存在しない場合は配置不可能と判断して終了する。評価関数  $E$  の値を取り得る最大の値とし、(5) に進む。

(g) (a) に戻る。

(5) 今回得られた AP 配置における評価関数  $E$  を計算する。

(6) 以上の処理を、探索条件を以下のように変更して繰り返し実施し、その中で  $E$  が最小のものを AP 初期配置とする。

- スタート位置：左上、左下、右上、右下
- 逐次配置方向： $x$  軸方向、 $y$  軸方向

#### 4.4 改善段階

前節のアルゴリズムで得られた AP 初期配置 (各 AP の配置座標、電波強度) を、局所探索法に基づいて改善を行う。ここで探索効率を高めるために、ホストカバー制約条件 (任意位置のホストが AP とリンク可能) を満たす AP の配置場所のみを

探索する。

(1) 今回、値変更を試みる AP とその変数をランダムに選択する。

(2) その変数の値変更可能量を以下により算出する。

(a) その AP のみがカバーしているブロック (=クリティカルブロック) を検出する。

(b) 上記の各クリティカルブロックにおいて、その変数を変更した場合にも、そのブロックをカバーできる変更量の上限値を算出する。ここでは、評価関数の改善のために、AP の配置座標が選ばれた場合、AP がクリティカルブロックから遠ざかる方向に、電波強度の場合、減少する方向にのみ、変更量の上限値を求める。

(c) 複数のクリティカルブロックが存在する場合には、全クリティカルブロックでの各変数の変更量上限値の最小値を、値変更可能量とする。

(3) その値の変更量を値変更可能量の範囲でランダムに選択する。但し、電波強度が選択された場合、変更量上限値でその値を変更した場合に、その AP からの電波強度が 0 となる場合には、変更量上限値を選択する。これは電波強度が 0 になった場合に、その AP を削除するためである。

(4) 値変更後の AP 連結制約の充足をチェックする。

(5) 制約条件充足時にのみ、以下の手続きを実施する。

(a) 今回、値変更を試行した変数値をその値に変更する。

(b) 評価関数の計算を行い、これまでで最良の場合に現在の解を暫定解として記憶する。

(6) 以上の試行が指定した回数 ( $L$  とする) に達したら終了、そうでなければ (1) に戻る。

## 5. ホスト移動モデル

提案する AP 配置アルゴリズムの評価は、2 種類のモバイルホスト移動モデルにおける、AP 数および各 AP のアソシエーションホスト数で行う。このホスト移動モデルには、アドホックネットワーク研究での代表的な移動モデルである *random waypoint model* [2] と、本論文で提案する、より現実 に即したモデルとしての着席スペースモデル (*Seating Space Model, SSM*) とする。

### 5.1 random waypoint model

random waypoint model (RWM) では、パラメータ  $pause\_time$  の間、各ホストは静止し、その後ランダムな目的地を設定し、一定速度で直進する。目的地に到着するとまた、 $pause\_time$  の間静止する。これを繰り返す移動モデルとなる。

### 5.2 着席スペースモデル

#### 5.2.1 モデルの概要

着席スペースモデルでは、対象フィールドをイベント会場やカフェテリア等を想定した内領域と、その周辺を意味する外領域に区分する。ここで、内領域はその周辺を壁で囲まれているものとし、出入口は 1 箇所とする。さらに外領域の周囲にも移動可能エリアが存在すると仮定し、これをフィールド外と呼ぶ。また、フィールドとフィールド外との境界線をフィールド境界と呼ぶ。本モデルでは random waypoint model と同様、各ホ

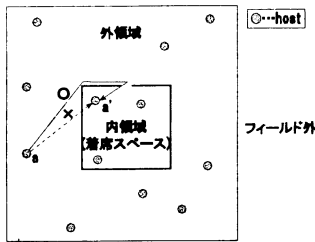


図4 着席スペースモデル

ストはフィールド内にランダムに初期配置される。またホストはフィールド内での移動にとどまらず、フィールド外への移動(離脱)も行う。

### 5.2.2 目的地の選択

各ホストの移動目的地の領域は、その現在の領域により異なるものとする。

- 内領域にいる場合は、パラメータ  $lve\_rate$  の確率でフィールド外を選択し、残りは外領域を選択する。
- 外領域にいる場合は、パラメータ  $lve\_rate$  の確率でフィールド外を選択し、パラメータ  $in\_rate$  の割合で内領域を選択し、残りは外領域を選択する。

なお、本論文のシミュレーションでは  $lve\_rate = 0.3$ ,  $in\_rate = 0.4$  としている。目的地には、外領域または内領域が選択された場合は、各領域内のランダムな地点を選択する。また、フィールド外が選択された場合は、フィールド境界のランダムな地点を選択する。

### 5.2.3 目的地までの移動

移動開始後、壁などの障害物がない場合、ホストは目的地に向かって、一定速度で直進する。しかし、現在地と目的地の直線上に壁がある場合は、壁を迂回して移動する。図4は、外領域のホスト  $a$  が目的地として内領域を選択した場合を示す。目的地までの直線上に壁があるため、ホスト  $a$  はまず、内領域の左上角に向かい直進する。その角に到着後、上側の壁の中央にある着席スペース出入り口に向かって、壁伝いに移動する。出入り口に到達後、直進で目的地に到達する。

### 5.2.4 目的地での動作

目的地に到着後、そこが内領域または外領域の場合には、それぞれ  $pause\_in$ ,  $pause\_out$  の間その場に静止し、その後、新たな目的地を決定する。目的地がフィールド外の場合は、フィールド境界に到着後、フィールドから離脱する。このとき、フィールド内のホスト数を不変とするため、あるホストが離脱と同時に、新たなホストがフィールド境界のいずれかのランダムに与えられた地点に出現するものとする。この新たなホストの最初の目的地は、内領域のいずれかの地点に限定する。

## 6. シミュレーションによる性能評価

### 6.1 シミュレーション環境

提案アルゴリズムの評価のために、表1に示す実行条件で、2種類のホスト移動モデルをアルゴリズムと共に、C言語で実装した。提案アルゴリズムでは、グリッド毎のホスト数期待値

表1 シミュレーション条件

対象フィールド (m)	400 × 400
SSM の内領域サイズ	100 × 100
ホスト数	100,300,500
ホスト移動モデル	RWM,SSM
pause_time, pause_in, pause_out (s)	各30
ホスト移動速度 (m/s)	0~2
$RH_{max}$ , $RA_{max}$ (m)	70,100
配置禁止区域割合 (%)	0,5,10,15,20
改善回数 $L$	19000
スロット周期 (s)	0.1
シミュレーション時間 (s)	7200(3600~7200)

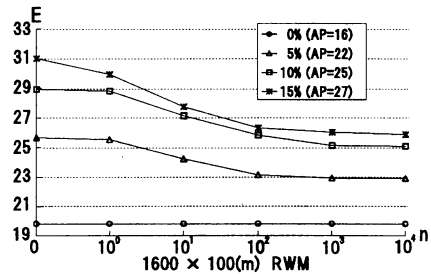


図5 禁止区域割合別改善回数比較

が必要となるため、まずその値を求めた。具体的には、シミュレーション開始から1時間分動作させ、1分毎に各グリッド内のホスト数を調べ、最終的にその平均値をグリッド毎のホスト数期待値とした。その上で、提案アルゴリズムの実行によりAP配置を行い、AP数、および、AP毎のアソシエーションホスト数分布を調査した。

### 6.2 改善回数 $L$ の決定

提案アルゴリズムの改善段階では、局所探索法の試行回数  $L$  の設定が計算速度、解精度の両面で重要である。そこで、以下の方法で  $L$  の設定を行った。

(1) フィールド面積をAPの最大カバー面積で割ることで、フィールド全体のカバーに必要な最小限のAP数  $AP_{min}$  を算出する。 $AP_{min}$  回の試行により、各APに少なくとも1回の改善試行が期待される。

(2) それに定係数  $K$  を掛けることで、 $L = K \times AP_{min}$  とする。

次に適切な  $K$  を求めるために、 $1600 \times 100$  のフィールドでのRWMにおける禁止区域の割合を変えた場合の  $K$  に対する  $E$  の変化を調べた。その結果を、図5に示す。この結果より、 $K = 1000$  以上では、解の改善がほとんど見られなかった。また、 $400 \times 400$  においても同様の結果が見られたので、今回は  $K = 1000$  に定めた。

### 6.3 AP数の評価

図6, 7に、各移動モデルにおける、禁止区域割合を変化させた場合の提案アルゴリズムの各段階の解による、AP数の変化を示す。ここでは、各ホスト数毎に異なる乱数を用いた50例題を生成し、計150例題での平均値を示している。初期配置

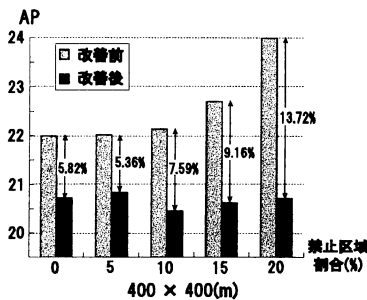


図6 RWMでのAP数

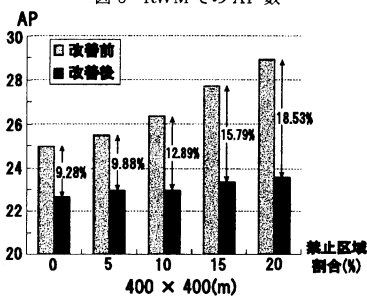


図7 SSMでのAP数

では、禁止区域の増加により、規則的に配置できない領域が増えるためにAP数が増加してしまう傾向がある。これに対し、改善段階により禁止区域に関わらず、AP数をほぼ一定に保つことができていることが示された。なお、RWMに比べ、SSMでは壁による電波減衰があるために、AP数は若干増加する。

#### 6.4 アソシエーションホスト数の評価

図8, 9に、禁止区域割合を変化させた場合の各段階の解による、最大負荷となるAPのアソシエーションホスト数の変化を示す。AP数と同様150例題の平均値を示す。RWMでのアソシエーション数は、禁止区域割合の増加に伴ない、特にホスト数の多い場合に増加傾向が見られる。反対にSSMでのアソシエーション数は、減少傾向にある。これは、図7からわかるようにAP数が増加傾向にあると共に、アルゴリズムが各APでの負荷を平準化しているからである。以上より提案アルゴリズムは、WDSにおけるAP配置において非常に有効であると言える。

### 7. まとめ

本論文では、無線LANのWDSにおけるAP配置問題の定式化と、AP数の最小化とAP毎のアソシエーションホスト数を平準化するための2段階ヒューリスティックアルゴリズムの提案を行った。また、アルゴリズムの評価のために、新たなホスト移動モデルとしての着席スペースモデルを提案した。2種類のホスト移動モデルにおけるシミュレーションの結果、提案アルゴリズムの有効性が示された。今後は、提案アルゴリズムの類似問題に対する従来アルゴリズムとの比較に加え、AP毎の最大アソシエーションホスト数に関する制約条件の追加、

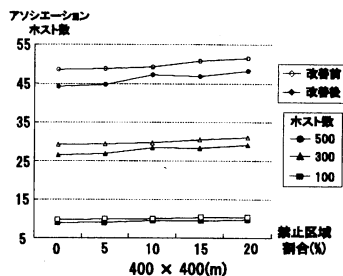


図8 RWMでのアソシエーションホスト数

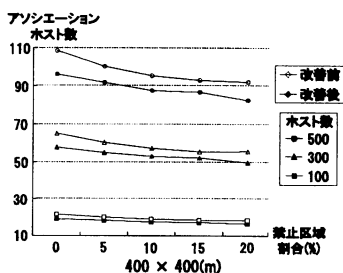


図9 SSMでのアソシエーションホスト数

AP・ホスト間距離の変化による伝送レートの考慮などが課題である。

### 文献

- [1] 三谷千恵, 熊野英嗣, 船曳信生, 中西透, “アドホックネットワークへの中継アンテナ導入によるホスト間通信経路の確保,” 信学技報, NS2004-62, RCS2004-98(2004-7), pp59-62, July 2004.
- [2] J. Broch, D.A. Maltz, D.B. Johnson, Y.C. Hu, and J. Jetcheva, “A performance comparison of multihop wireless ad hoc network routing protocols,” Proc. ACM/IEEE MOBICOM ‘98, pp. 85-97, Oct. 1998.
- [3] M. Kamenetsky and M. Unbehaun, “Coverage planning for outdoor Wireless LAN systems,”
- [4] L. Nagy and L. Farkas, “Indoor base station location optimization using Genetic Algorithms,” Proc. PIMRC’2000, 2000, London.
- [5] R. Battiti, M. Brunato, and A. Delai, “Optimal wireless access point placement for location-dependent services,” Technical Report DIT-03-052, Inform. Telecom. Univ. of Trento.
- [6] F.A. Agelet, A. Martinez, L.J. Alvarez-Vazquez, J.M. Hernandez, and A. Formella, “Optimization methods for optimal transmitter locations in a mobile wireless system,” IEEE Trans. Vehi. Technol., vol. 51, no. 6, November 2002.
- [7] M.S. Gast 著, 水野忠則, 渡辺尚, 石原進, 峰野博史訳, “802.11 無線ネットワーク管理,” オライリー・ジャパン, 2003.
- [8] J-S. Liu, Y-C. Wong, and C-H.R. Lin, “A relay-based multi-rate protocol in infrastructure Wireless LANs,” IEEE pp. 201-206, 2004.
- [9] S.R. Das, V.Navda, S.Gokhale, and A.Kashyap, “Design of a high-capacity multihop Wireless LAN,” Proc. Mobisys, 2004.

### 謝辞

本研究の推進に当たり、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPEプロジェクト)のご支援を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。