

無線メッシュネットワークにおける 通信品質の向上

樋口豊章[†] 伊藤将志^{††} 渡邊晃[†]

無線 LAN を通信インフラとして用いるサービスが注目されている。しかし、既存の無線 LAN の基地局間は有線で接続されることが一般的であり、基地局の設置に多大なコストを要する。この問題の解決策として、無線メッシュネットワークがある。本論文では、無線メッシュネットワークにおいて基地局がアドホックネットワーク側の通信量を把握し、そのトラフィックに応じてネットワークに新規参入する端末、又は移動する端末に適切な AP を選択させることにより、ネットワークの通信品質を向上させる方法を提案する。

Proposal of the Improvement of Communication Quality in Wireless Mesh Network

TOYOAKI HIGUCHI[†] MASASHI ITO^{††}
AKIRA WATANABE[†]

Services utilizing Wireless LANs as communication infrastructure are drawing much attention these days. However, Access Points (APs) of existing Wireless LANs are connected with wires and the installation costs of APs are fairly large. Wireless Mesh Networks are one of the ways to solve this problem. In this paper, we propose a method of improving communication quality of Wireless Mesh Networks by having terminals select an appropriate AP according to the traffic state of APs.

1. はじめに

近年、ノートパソコンや PDA といった情報端末だけではなく、携帯電話やゲーム機にも WiFi の技術が用いられるなど、無線 LAN を通信インフラとして用いるサービスが注目されている。しかし、無線 LAN の AP (Access Point) 間は、有線で接続されることが一般的であり、AP の設置場所が制限されたり、配線に多大なコストを要する。

[†]名城大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Meijo University

^{††}株式会社東芝研究開発センター

Research and Development Center, Toshiba Corporation

この問題の解決策として、無線 LAN の AP 間をアドホックネットワークで接続する無線メッシュネットワークが提案されている。無線メッシュネットワークにおける端末/AP 間の通信はインフラストラクチャモードのため、既存の端末が容易にネットワークに参加することが可能である。そのため、イベントや災害時における臨時的、或いは有線の維持費を捻出できない土地における通信インフラとして運用が期待されている。

無線メッシュネットワークは、様々な研究機関で研究され、IEEE802.11 Task Group S(IEEE802.11s)においても標準化が進められている。しかし、多くの無線メッシュネットワークでは、その機能がルーティングプロトコルに依存しているため、ルーティングプロトコルを入れかえることができない。また、IEEE802.11s ではハンドオーバーに関する動作の詳細が未検討の状態、シームレスなハンドオーバーを行うことができないなどの課題がある。さらに、AP 間の通信は同一チャネル上でマルチホップ通信を行うため、パケットの衝突がおきやすく、スループットが低下しやすいなどの課題がある。

我々は無線メッシュネットワークの実現手段の一つとして“WAPL” (Wireless Access Point Link) を提案し、上記課題の解決を試みている。WAPL の機能はアドホックルーティングプロトコルから独立して実現されており、必要に応じてアドホックルーティングプロトコルを選択できる。また、各 AP が通信中のパケットを常時把握することにより端末が移動してもパケットロスのないハンドオーバーを実現できる。

本論文では、残された課題となるネットワーク全体の通信品質向上のため、AP の輻輳を改善する方法について提案する。通信品質を向上させることで、イベントや災害時など混雑が予想される環境でも、より多くの人々が、より快適にネットワークを利用できるようにする事を目標とする。

具体的には、AP が通信量に応じてプローブ応答の電波強度を調節することにより、ネットワークに新規参入する端末、又は移動する端末が負荷の少ない AP を選択することが可能となり、ネットワークの通信品質を向上させることができる。提案方式では、AP が自身の輻輳状態に応じてプローブ応答の電波強度を調整し、端末が輻輳している AP に可能な限り接続しないようにする。この方法により、端末の周囲に AP が複数存在する場合、AP の輻輳状態を考慮して接続関係を確立することができ、ネットワークのスループットの低下を防ぐことができる。提案方式は端末に機能を追加する必要がないという利点がある。また、WAPLに限らず、一般の無線メッシュネットワークにも提案システムを適用できる。

以下、2章で WAPL の詳細を、3章では既存技術とその課題について明らかにする。4章では WAPL を用いた提案システムについて説明し、5章ではシミュレーションによる評価と考察について述べ、最後に 6章でまとめる。

2. WAPL

2.1 概要

図1にWAPLの構成を示す。WAPLにおいて使用されるAPをWAP(Wireless Access Point)と呼ぶ。WAPには2つの無線インタフェースがある。一方は端末とインフラストラクチャモードで通信を行い、もう一方はアドホックネットワークによってWAP同士を接続する。

WAPのアーキテクチャを図2に示す。WAPはアドホックルーティングプロトコルには手を加えず、必要な機能を全てアプリケーションで実現している。そのため、ルーティングプロトコルを自由に選択できる。WAPは、現在、市販APとPCをEthernetで接続することにより試作を行い、動作を検証済みである。

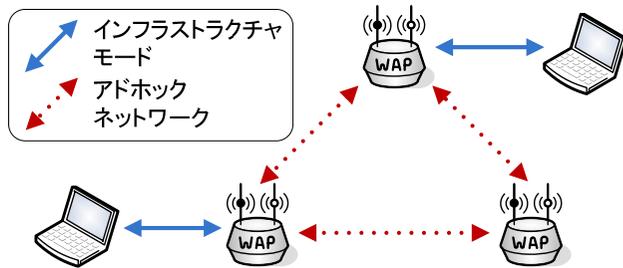


図1 WAPLの構成

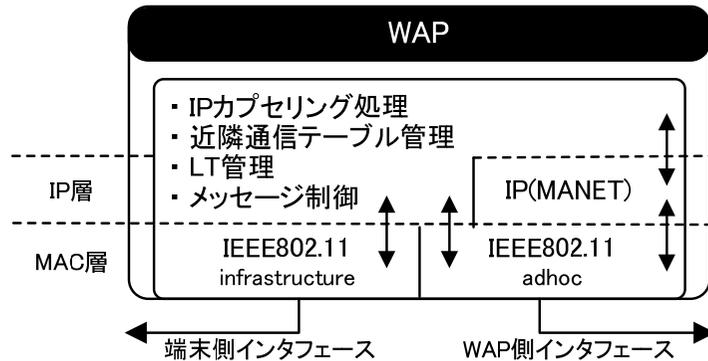


図2 WAPLのアーキテクチャ

2.2 通信方式

パケットを目的のWAPへ適切に転送するために、WAPは端末のMACアドレスとその端末が所属するWAPのアドホック側インタフェースのIPアドレスの対応関係を管理する独自のLT (Link Table) を生成する。

WAPは、端末からのARP要求を受信すると、他のWAPへLT生成要求メッセージをフラッディングにより広告する。LT生成要求メッセージには、探索端末のIPアドレス、送信元端末のIPアドレス、MACアドレスが記載されており、LT生成要求メッセージを受信した全WAPはLTに送信元端末のMACアドレスと送信元WAPのIPアドレスの対応関係を記録する。同時に配下にARP要求を送信し、目的端末が存在するかどうかを確認する。ARP応答を受信したWAPはユニキャストで送信元WAPにLT応答メッセージを送信する。LT応答メッセージには探索端末と送信元端末のIPアドレスとMACアドレスが記載されており、送信元WAPはLT応答メッセージを受信すると宛先端末のMACアドレスと宛先WAPのIPアドレスの関係をLTに記録する。ARPが終了すると端末はIPパケットの送受信を開始する。WAPはLTをもとにMACフレームをWAPのIPアドレスでカプセル化して宛先WAPに送信する。カプセル化されたパケットはアドホックルーティングにより宛先端末が所属するWAPへ転送される。宛先WAPはカプセル化を開放して宛先端末へと転送する。LTの内容は、一定時間通信が行われない状態が続くと削除される。LTをオンデマンドで生成するため、制御メッセージによるトラフィックを削減することができる。

WAPLには、端末が通信中にWAP間を移動してもパケットをロスすることなく通信を継続できるシームレスハンドオーバーを実現できるという特徴がある。既存のシステムでは端末移動に関わる通知をフラッディングで行っていたため、確実な通知ができないことがあった。しかし、WAPLでは各WAPが通信中のパケットを常時監視しており、周辺端末のIPアドレス、及びMACアドレスとWAPのIPアドレスを記録するテーブルを保持している。このテーブルを近隣通信テーブル (NCT) と呼ぶ。これによりWAPは近隣の通信状態とその経路を常に把握している。端末が移動すると、LTを書き換える必要があるが、WAPはNCTを用いて、LTを修正すべきWAPを検索し、ユニキャストで修正内容を通知する。ユニキャストは信頼性が高く、LTの修正を確実に行うことができる。このようにしてパケットロスの少ないシームレスハンドオーバーを実現する。

3. 端末のネットワーク参入方法

IEEE802.11では、端末がAPを認識する方法は、パッシブスキャンとアクティブスキャンの2種類が規定されている。

パッシブスキャンは、APが定期的かつ一方的にビーコン信号を端末へ送信する方

法で、端末はビーコンに対して応答はしないが、ビーコンを監視することにより、端末/AP間の接続を確立するために必要な情報を得る。

アクティブスキャンは、端末が積極的に周囲の AP を探索する方法である。端末は AP に対してプローブ要求信号を送信し、AP が返すプローブ応答を受信することにより、AP との接続確立に必要な情報を得る。

以上の処理に対して、基本的に端末は受信したビーコン信号、或いはプローブ応答信号の受信電波強 (RSSI) が最も強い AP と接続関係を確立する。そのため、電波強度が強ければ、通信状態が悪化している AP であったとしても、ネットワークに新たに参入した端末によって選択され、一層通信状態を悪化させてしまうという課題がある。

Maximizing Local Throughput (MLT) [1]では、接続端末数とパケットエラーレート (PER : Packet Error Rate) からスループットを推測することで、端末が接続先 AP を決定する。また、接続関係確立後も端末が周辺 AP のビーコンフレームを取得することにより、常に自身の予想スループットが最大となる AP を選択する。しかし、AP を頻繁に変更するような手法では、ネットワークアドレスが異なる AP 間で移動が発生する場合、IP アドレスの再取得に時間が掛ってしまいという課題と、端末に改造を加えなければシステムを利用できないという課題がある。

ビーコン・プローブ応答信号拡張方式[3]では、ビーコンフレームやプローブ応答フレームを拡張し、そこに AP が定期的にモニタリングした各配下端末の送受信スループットや、受信電波強度、パケットエラーレートといった情報を格納することで、端末がスループットを推定し、最適な AP を選択する。しかし、この方法は、MLT のように頻繁な AP 変更は行わないものの、ビーコン信号やプローブ応答信号を拡張するため、MLT と同様に端末側にも改造を加える必要があり、既存の端末では接続関係を確立することができないという課題がある。

4. 提案システム

本論文では、端末に改造を加えることなく、より通信状態の良い AP を端末が選択できる手法を提案する。

4.1 提案システムの概要と構成

図 3 に提案システムの構成を示す。輻輳状態が良好な WAP1 と輻輳状態が悪化している WAP2 の間に、ネットワークへの参入を試みる端末が存在する。ここでは、端末がネットワークへの新規参入、又は WAP を介した通信中に移動し、新しい WAP を探す場合の動作を示している。図中における実線は WAP1 からの電波到達可能範囲を示している。2 種類の破線において内側の円を描く破線は WAP2 から発せられたプロ

ブ応答信号の、外側の円を描く破線はそれ以外の WAP2 から発せられる信号の電波到達可能範囲を示している。

新規参入端末、及び接続関係を確立していた旧 WAP との通信ができなくなった移動端末は、周辺の新しい WAP を探すため、チャンネルスキャンを行う。プローブ要求を受けた周辺 WAP はプローブ応答を返す。移動端末は受信したプローブ応答の中から最も電波強度が強い WAP と接続関係を確立する。

2 章で述べたように WAPL では、WAP が常に自身のアドホックモード側のトラフィックとパケットロス率を把握している。この情報を基に、プローブ要求を受け取った時の自身の輻輳状態に応じて、プローブ応答の電波強度を調整する。

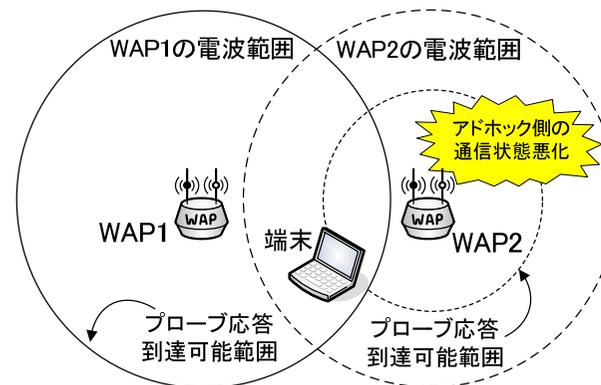


図 3 プロブ応答の電波到達可能範囲

4.2 提案システムの動作

提案システムにおいて、各 WAP は端末からプローブ要求が届くと、自身のトラフィックが少なく、パケットロス率が低い場合は通常の電波強度でプローブ応答を返し、トラフィックとパケットロス率が高くなり輻輳している場合は新たな端末が参入することを防ぐため、プローブ応答の電波強度を弱める。この方法により、端末は極力輻輳していない WAP を経由して通信を行う可能性が高くなり、スループットの改善が期待できる。例えば、図 3 に示す環境において提案システムを適用すると、移動端末は WAP1 と WAP2 の両方からプローブ応答を受け取るが、WAP1 の方が WAP2 より電波が強いため、WAP1 と接続関係を確立することになる。この方法で WAP の輻輳状態が平均化され、ネットワーク全体のスループット改善を図ることができる。

図 4 に WAP の輻輳状態と電波強度の関係を示す。WAP のアドホックモード側の帯域利用率が増加して輻輳状態が悪化すると、図中の実線が示すようにプローブ応答の電波強度を輻輳状態に対し反比例するように弱める。しかし、プローブ応答の電波強

度を極端に弱めてしまうと、新規・移動端末がネットワークに参入できない領域ができることがある。そこで電波強度の変化範囲に下限を設けて、端末の電波強度より強くなるよう設定する。

また、TCP 通信ではセッション数が少なくても帯域利用率が高くなるので、輻輳状態を検出するのにトラフィックのみを指標とするのは不十分である。そこで、TCP セッション数、UDP トラフィック量、パケットロス率などを統合的に判断することで、プローブ応答の電波強度の下限を動的に定めるものとする。具体的には図 4 に示すように TCP セッション数、パケットロス率、UDP トラフィックなどが高くなるにつれて下限を変化させる。例えば、図 4 においては、WAP のプローブ応答における電波到達可能範囲の下限は 100m から 50m の間で変化する。また、実際に発信されるプローブ応答信号の電波到達可能範囲のは上限約 100m、下限は 50m となる。

なお、プローブ応答の電波強度を弱めている WAP は、自身の輻輳状態が改善されるに従い、プローブ応答の電波強度を元の電波強度まで戻していく。以上の動作により、端末はトラフィックの少ない WAP と接続関係を確立することができ、スループットが改善される。

図 5 に提案方式における WAP と移動端末の動作を示す。図 5 は移動端末が移動後、チャンネルスキャンを開始したところから記述している。移動端末は全てのチャンネルに対してプローブ要求を発信し、プローブ応答の有無を確認する。プローブ応答があった場合は電波強度を記憶しておく。チャンネルスキャンが終了すると、受け取ったプローブ応答の中から最も電波強度が強い WAP を選択し、接続関係を確立する。WAP との接続確立は、認証要求/応答とアソシエーション要求/応答により完了する。

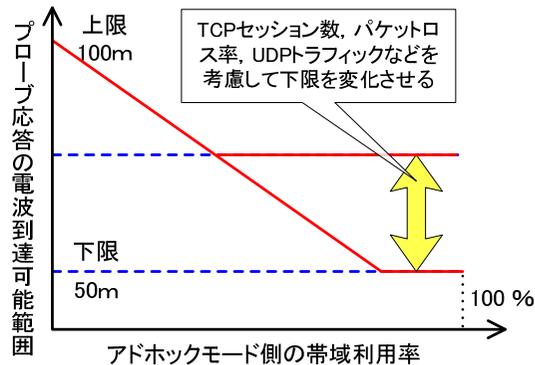


図 4 輻輳状態と電波到達可能範囲の関係のイメージ

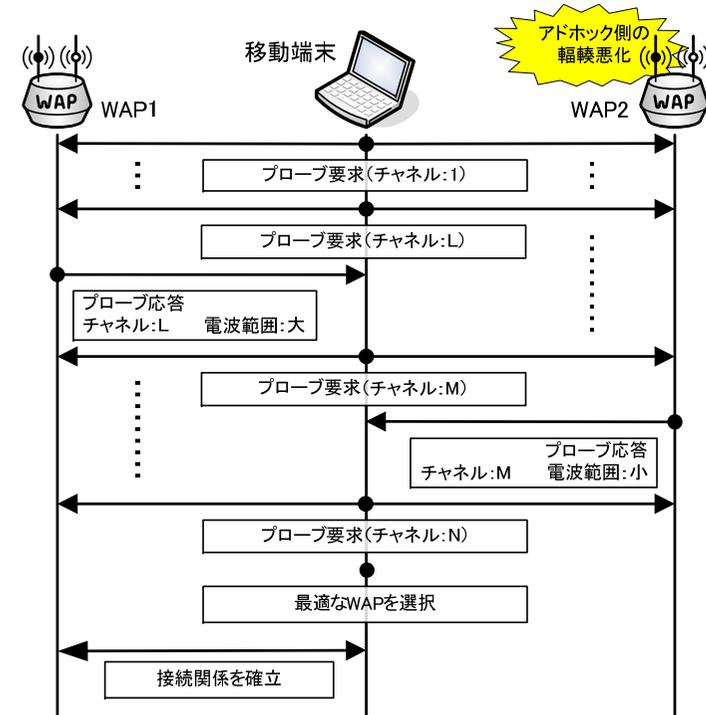


図 5 WAP と移動端末の動作

5. 評価

5.1 シミュレーション環境の構築

提案システムの有効性を示すため、ネットワークシミュレータ ns-2 を用いて、提案システムを WAPL に実装し、提案機能を適用した場合とそうではない場合の比較評価を行った。評価項目は移動端末間におけるスループットとした。なお、今回は輻輳状態を図る指標にトラフィック情報のみを用いた。

無線メッシュネットワークでは、AP にインフラストラクチャモードとアドホックモードの 2 種類のインタフェースが必要である。ns-2 はバージョン 2.33 より無線 LAN インフラストラクチャモードが実装されたが、WAPL の機能を実装したバージョン 2.23 には、無線 LAN インフラストラクチャモードの機能がなかったため、AP と端末の接続には IEEE802.11 モジュールにビーコンの発信、電波強度による AP 離脱と再参

入の判断, 離脱・参入処理を行う機能を独自に追加することによって実現した. また, WAP に 2 種類のインタフェースを持たせるために, 各インタフェースをもつ 2 つのノードの内部モジュールを直接リンクすることによって, シミュレーション環境を実現した.

図 6 に提案システムにおいて想定する WAP の配置を示す. 各 WAP は, 自身の電波が届く距離にある WAP に対し等間隔に 6 角形になるよう配置する. また, WAP のインフラストラクチャモード側とアドホックモード側の電波強度は等しく, 全 WAP の電波強度は一定であり, 固定された 6 個の WAP に電波が届くものとする. これに対し, 移動端末はバッテリーで駆動する機会が多く, 電力消費を抑えるため, 電波強度が低く設定されることがある. そのため, 提案システムにおいて想定する端末の電波強度は, WAP の電波強度より低いが, 必ず 1 個以上の WAP に信号が届く強度であるものと仮定する. 具体的には, 図 6 に示すように WAP と端末の電波到達可能範囲を, それぞれ 100m と 40m, 各 WAP 間の距離を 80m とする.

今回のシミュレーションでは, インフラストラクチャモード側で用いるチャンネルを全て同一とした.

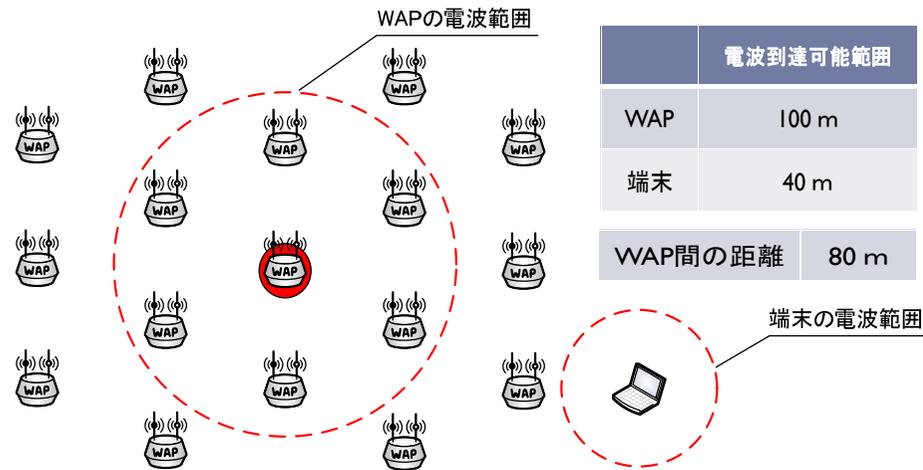


図 6 WAP の配置

5.2 端末間におけるスループットの比較

図 7 に示すようなネットワーク構成で提案システムと既存システムの比較評価を行った. フィールド上には, WAP を等間隔に 6 台配置し, 背景負荷として通信経路が WAP_E と F を中継するような配置で 2 台の端末 (端末 C と D) に TCP 通信を行わせる. その上で, スループット測定用に設置した 2 台の端末 (端末 A と B) に 10 秒間

の TCP 通信をさせ, そのスループットを計測した. なお, 端末 A は WAP_A と C の間のやや WAP_C に近い場所に配置した.

図 8 にスループットの比較を示す. 既存システムのスループットが約 2.5Mbps であったのに対し, 提案システムのスループットは約 4.2Mbps であった. 既存システムのスループットが低いのは, WAP_C が端末 C と D の通信経路上にある WAP_E から発せられる電波の影響を受けた事が原因である. つまり, 既存システムでは, よりプロンプト応答の電波強度が強い WAP と接続関係を確立するため, 端末 A は WAP_C と接続関係を確立してしまい, 端末 A・B と端末 C・D の通信が WAP_C と E によって互いに干渉しながら通信を行う. これに対し, 提案システムでは WAP_C が発するプロンプト応答の電波強度が弱くなるため, よりプロンプト応答の電波強度が強い WAP_A と接続関係を確立し, 端末 A・B の通信と端末 C・D の通信は互いに干渉することなく行われる.

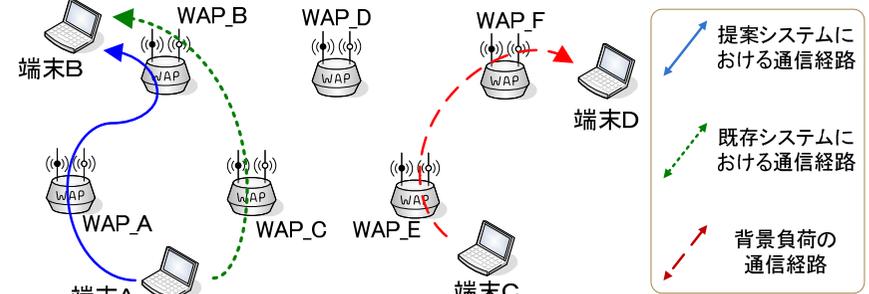


図 7 端末間におけるスループット比較におけるシミュレーションのネットワーク構成

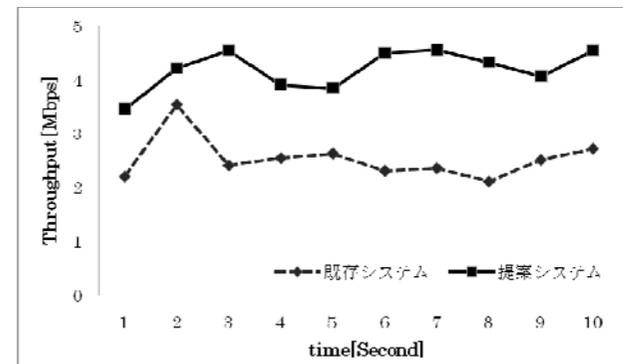


図 8 スループットの比較 (その 1)

5.3 通信が集中するネットワーク構成におけるシミュレーション

ネットワークにゲートウェイなどが存在することにより、通信が一つの WAP に集中してしまう環境が考えられる。そこで、図 9 に示すようなネットワーク構成で提案システムと既存システムの比較評価を行った。フィールド上には、WAP を等間隔に 7 台配置し、中央の WAP をゲートウェイと見立て、隣接する WAP から通信が集中するように、背景負荷端末を隣接 WAP の配下にそれぞれ 1 台ずつ配置する。その上で、スループット測定用に 2 台の端末をランダムに設置し、10 秒間の TCP 通信をさせ、そのスループットを計測した。また、背景負荷を増すために背景負荷端末が発するパケットのデータサイズを大きくした。

図 10 にスループットの比較を示す。既存システムのスループットが約 1.57Mbps であったのに対し、提案システムのスループットは約 2.43Mbps であった。

提案システムでは、スループットを計測用の通信が端末輻輳状態に陥っている中央の WAP との接続を極力避けるため、場合によっては既存システムより冗長な経路を通してしまいスループットの低下を招く可能性があるが、それ以外の場合においてスループットが向上するため、結果として既存システムよりスループットが高くなったものと考えられる。

以上のシミュレーション結果から、提案システムがネットワークの輻輳状態を改善し得ることが分かる。

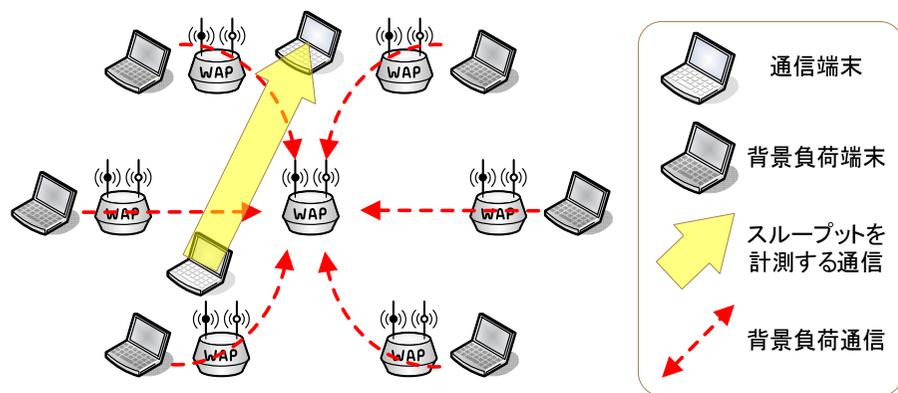


図 9 通信が集中する構成におけるシミュレーションのネットワーク構成

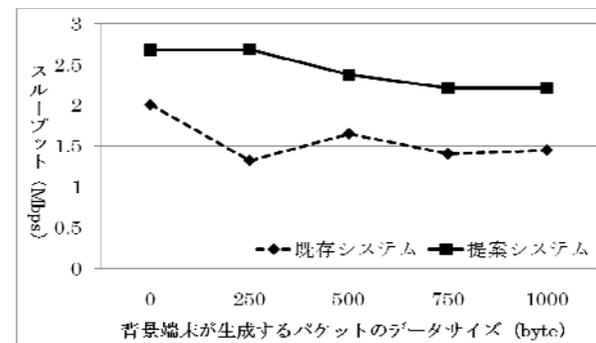


図 10 スループットの比較 (その 2)

6. むずび

WAP が常に自身のアドホックモード側のトラフィックを把握し、プローブ要求を受け取った時の自身のトラフィックの状態に応じて、プローブ応答の電波強度を調整することにより輻輳を改善し、ネットワークのスループットの低下を防ぐ方法を提案した。

プローブ応答の電波強度が弱まると端末に選択される可能性が低くなるため、輻輳が大きい WAP は電波強度を弱めてプローブ応答を返すことにより、輻輳が大きい WAP が端末に選択される可能性を低くなる。そのため、WAP の輻輳状態が平均化され、ネットワーク全体のスループット改善を図ることができる。

シミュレーションにより簡単なネットワーク構成においては提案システムが有用であることを示した。今後は、大規模なネットワーク構成において移動端末による通信を行った場合などの評価を行う予定である。

また、パケットロス率、トラフィック情報、TCP セッション数、UDP トラフィックなどを輻輳状態の指標とした、最も効率の良い電波強度の調整のアルゴリズムを検討する。

参考文献

- [1] 福田豊, 藤原暁宏, 鶴正人, 尾家祐二: 無線 LAN における AP 選択戦略に関する検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.104, No.433, pp. 1-4, Nov, 2004.
- [2] 福田豊, 福田淳平, 尾家祐二: 無線 LAN における自律的なアクセスポイント選択方式-浸透性と強靱性の検証-, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.103, No.689, pp. 155-160, Feb, 2004.

- [3] 平田千浩, 渡辺浩文, 大島勝志, 鈴木健二: 無線 LAN における最適なアクセスポイント選択手法, マルチメディア, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2008)シンポジウム論文集, 情報処理学会シンポジウム, Vol.2008, No.1.
- [4] 伊藤将志, 鹿間敏弘, 渡邊晃: 無線メッシュネットワーク” WAPL” の提案とシミュレーション評価, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.6, pp.-, Jun.2008.
- [5] 加藤佳之, 伊藤将司, 渡邊晃: 無線アクセスポイントリンク “WAPL” の提案と評価, “マルチメディア, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2007)シンポジウム論文集”, 情報処理学会シンポジウム, Vol.2007, No.1.
- [6] 大和田泰伯, 照井宏康, 間瀬憲一, 今井博英: マルチホップ無線 LAN の提案と実装, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J89-B, No.11, pp.2092-2102
- [7] 阪田史郎, 青木秀憲, 間瀬憲一: アドホックネットワークと無線 LAN メッシュネットワーク, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J89-B, No.6, pp.811-823
- [8] 高橋ひとみ, 斉藤匡人, 間博人, 戸辺義人, 徳田英幸: MANET における TCP スループット推定による経路選択機構の実環境評価, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.12, pp.2857-2870, Dec.2005.
- [9] MeshNetworks,
<http://www.motorola.com>
- [10] IEEE802.11,
<http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>
- [11] Packethop
<http://www.packethop.com>
- [12] Metro Mesh
<http://www.tropos.com/>
- [13] MeshCruzer
<http://www.thinktube.com/>
- [14] Navda, V., Kashyap, A. and Das, S.R.: Design and evaluation of iMesh: an infrastructure mode wireless mesh network, World of Wireless Mobile and Multimedia Networks, pp.164-170, 2005.
- [15] Aoki, H., Chari, N., Chu, L. et al.: 802.11 TGs Simple Efficient Extensible Mesh (SEE-Mesh) Proposal (2005).
- [16] Chen, J. and Chen, Y.-D.: AMNP: Ad Hoc Multichannel Negotiation Protocol for Multihop Mobile Wireless Networks, IEEE International Conference on Communication (2004).
- [17] A.Yair, et al., ” Fast Handoff for Seamless Wireless Mesh Networks” , MobiSys’ 06, June 19-22, 2006.
- [18] N.Vishnu, et al., ” Design and Evaluation of iMesh: an Infrastructure-mode Wireless Mesh Network”, WoWMoM2005, 13-16 June 2005.
- [19] Michael Bahr, ” Proposed Routing for IEEE 802.11s WLAN Mesh Networks” , WICON’ 06, Aug 2-5, 2006.

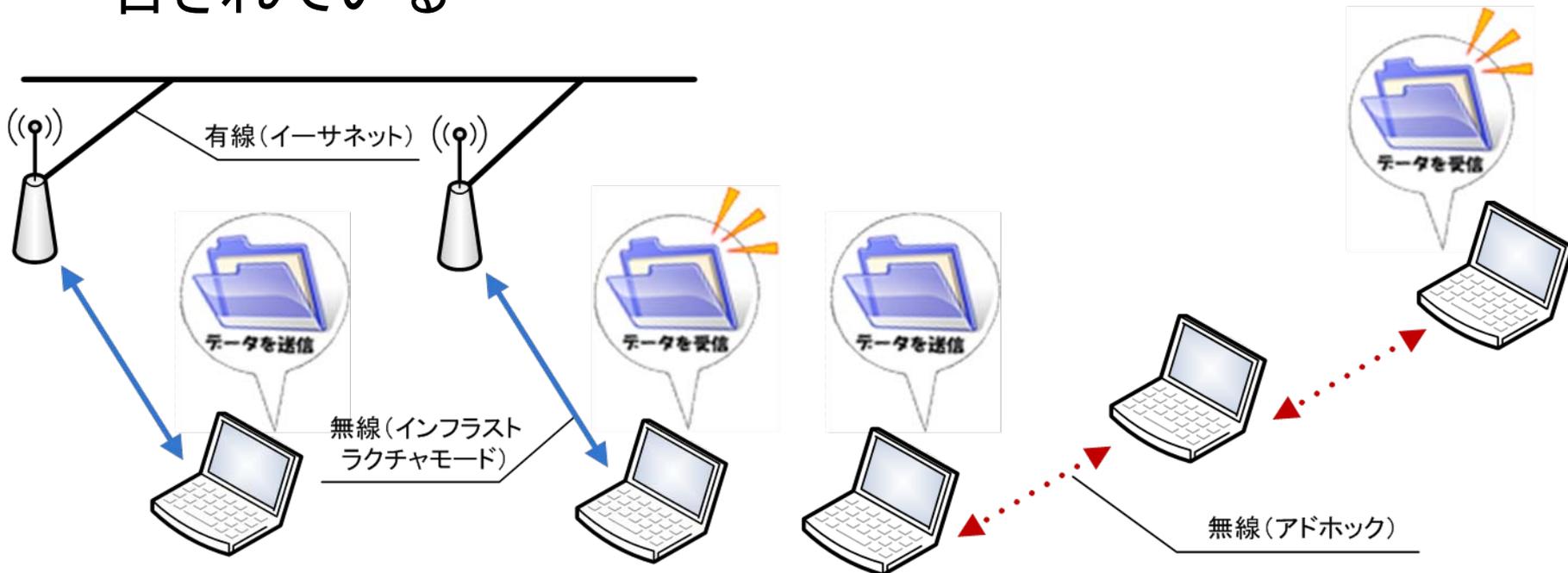
無線メッシュネットワークにおける 通信品質向上の提案と評価

名城大学大学院 理工学研究科

樋口豊章 伊藤将志 渡邊晃

はじめに

- 無線LANを通信インフラとして用いるサービスが注目されている



インフラストラクチャモード

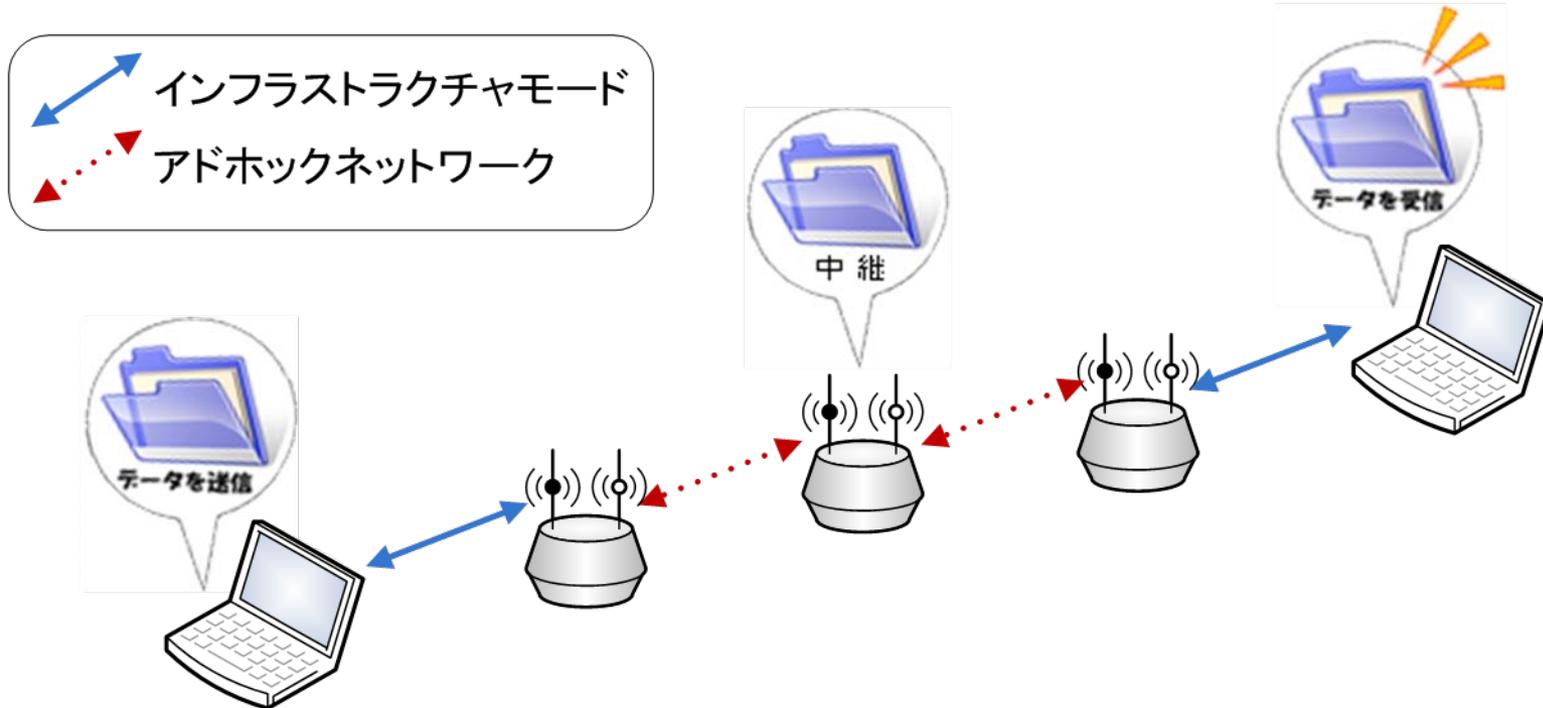
- AP (Access Point) を中継点として各端末が通信を行う通信方式

アドホックネットワーク

- 中継装置を介さず各端末が直接通信を行う通信方式

無線メッシュネットワークとは

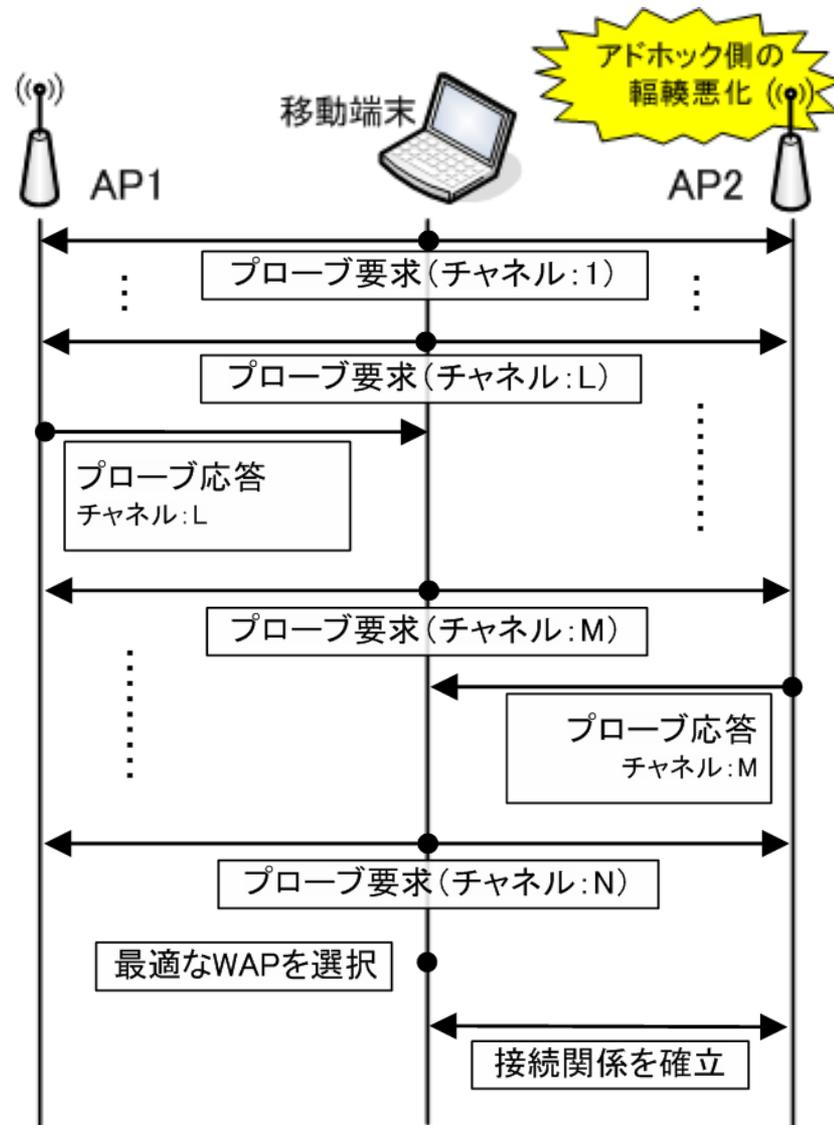
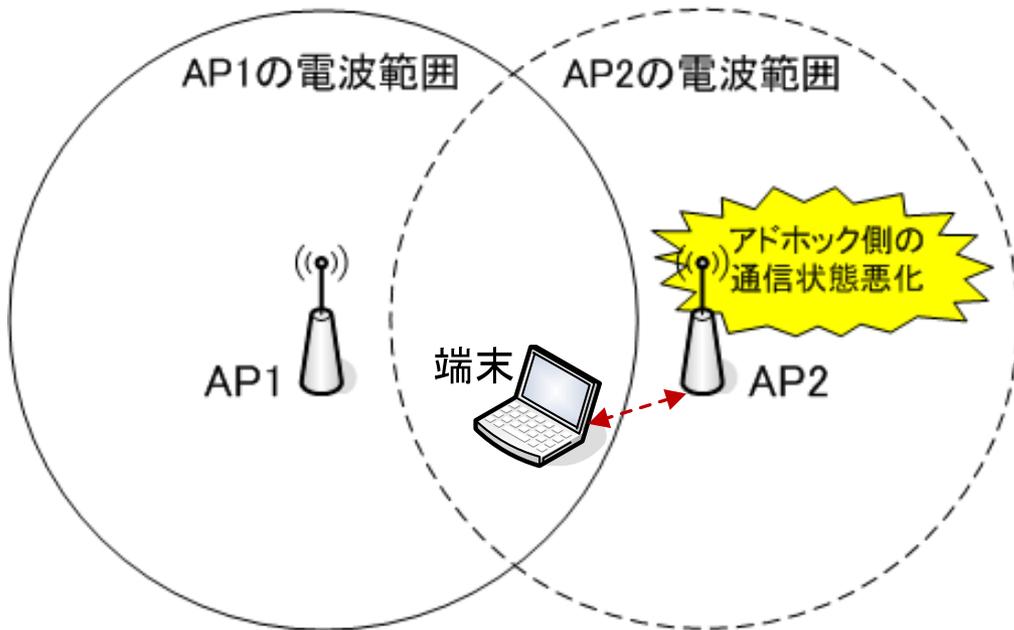
- 無線メッシュネットワークは、無線LANのAP間をアドホックネットワークで接続したものである
 - 既存のAPと同様に端末/AP間の通信はインフラストラクチャモードで行うため、既存の端末が容易にネットワークに参加することができる



- IEEE802.11 Task Group S(IEEE802.11s)において標準化が進められている

課題

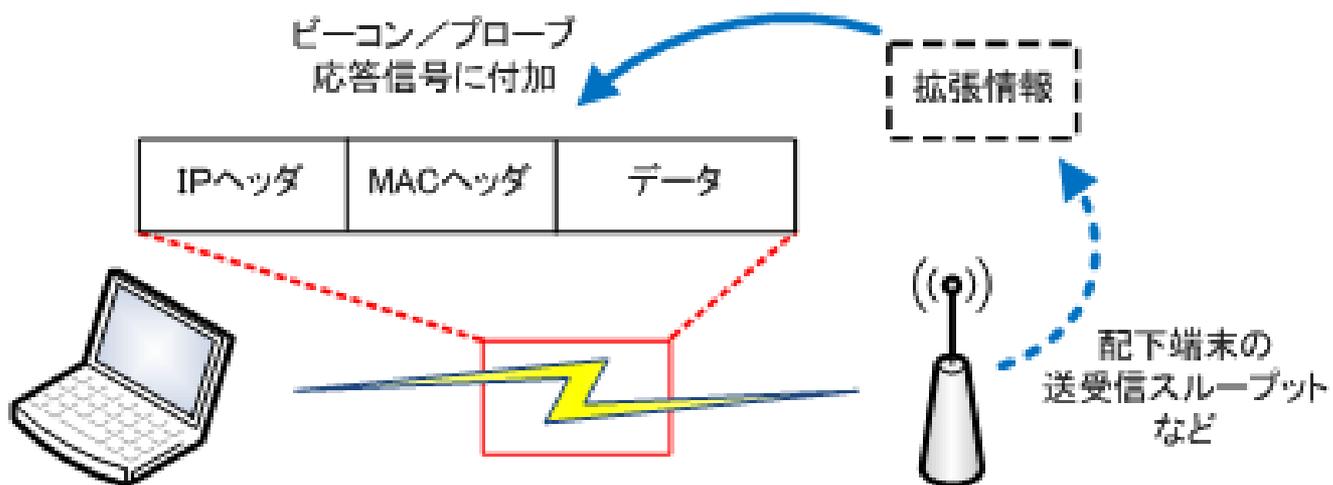
- 端末が新規参入、或いは移動などによって接続関係を確認していたAPと通信ができなくなると、チャンネルスキャンを行う
- プロブ要求を受信したAPは、プロブ応答を返す
- 端末は、受信したプロブ応答の中で最も電波強度が強いWAPと接続関係を確認する



既存の改善案

■ ビーコン／プローブ応答信号拡張方式

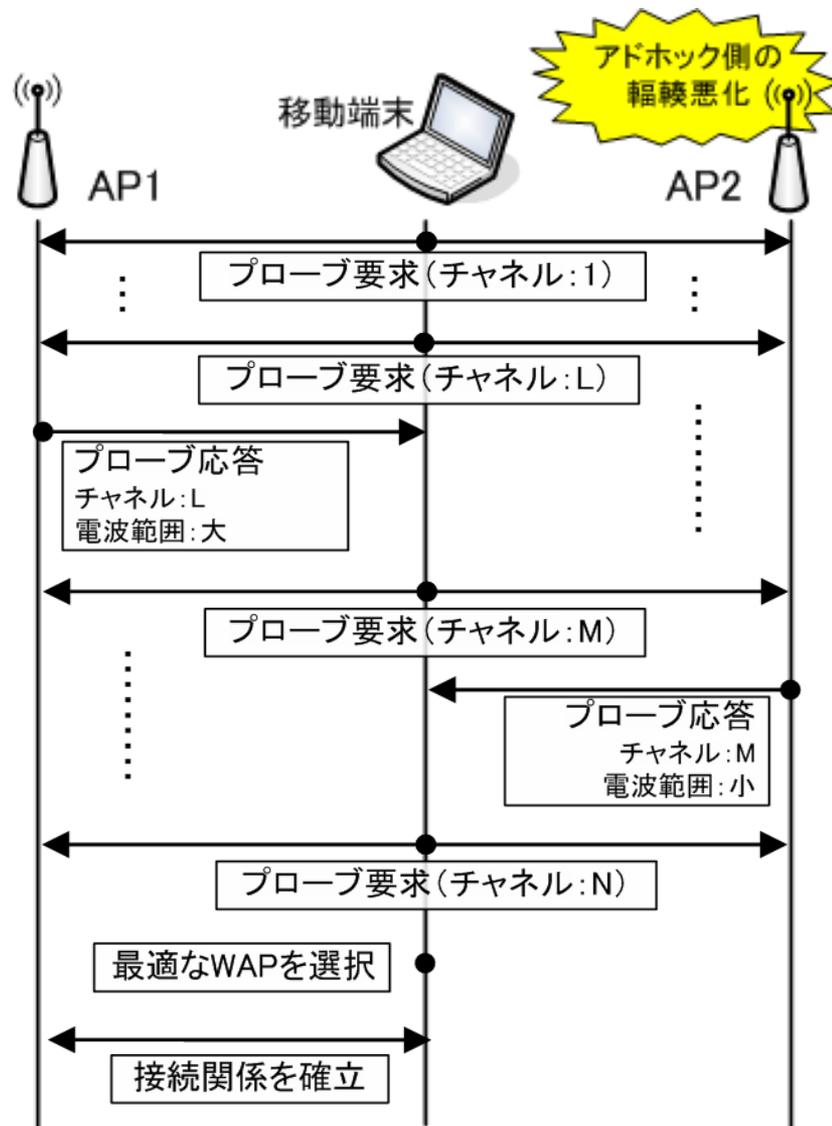
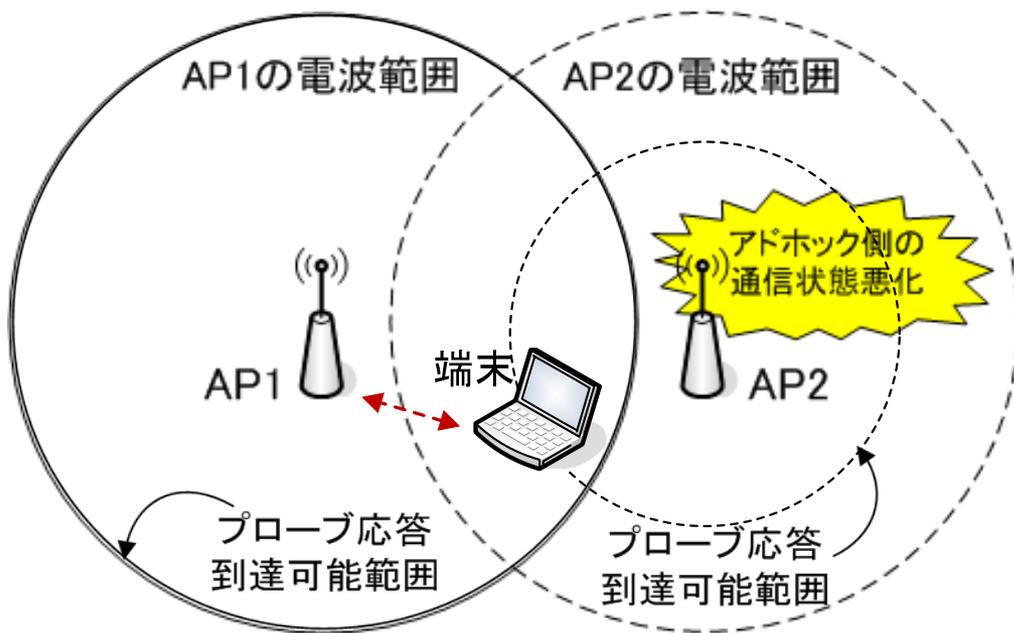
- APが定期的に各配下端末の送受信スループットや、受信電波強度、パケットエラーレートを監視する
- ビーコンやプローブ応答フレームを拡張し、APがモニタリングした情報を格納することで、端末がスループットを推定し、最適なAPを選択する



- パケットに手を加えるため、端末に改造を加える必要があり、既存の端末では、この方式を利用することはできない

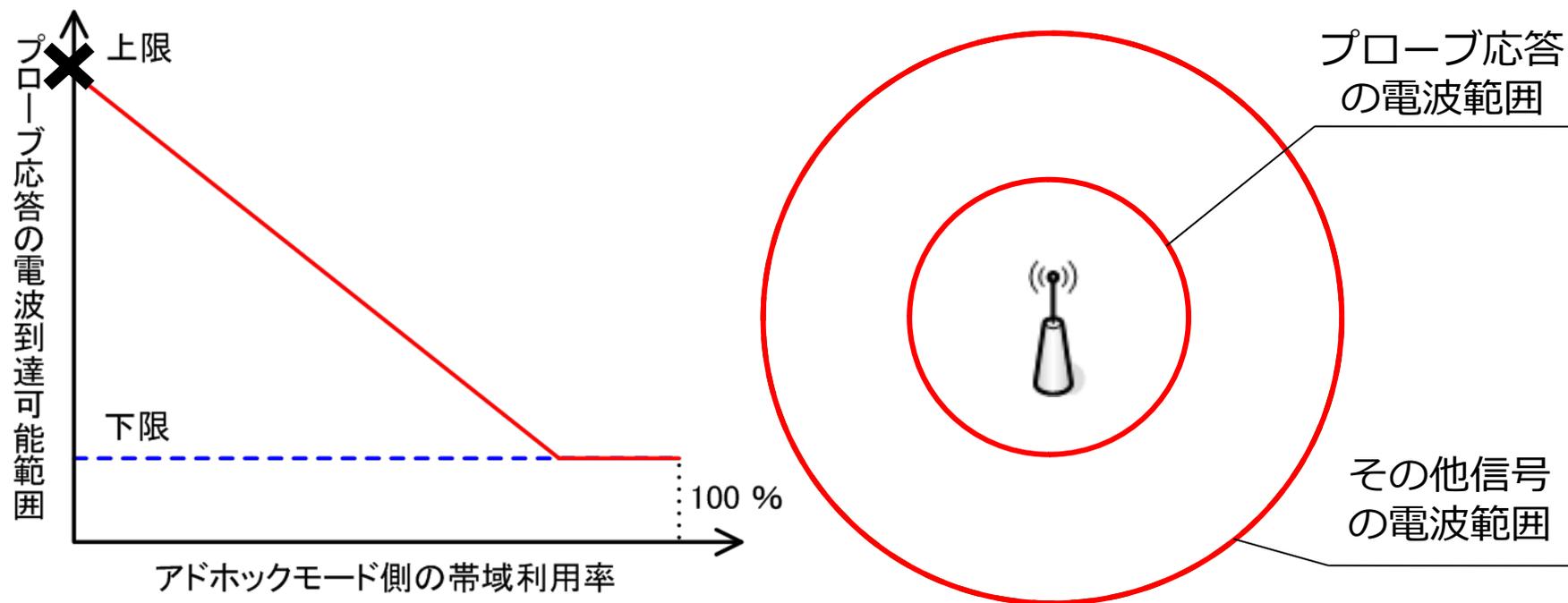
提案システム

- APが、アドホックモード側のトラフィックを把握し、輻輳状態に近付くにつれ、プローブ応答の電波強度を調整することにより、輻輳状態が悪化しているAPが端末に選択される可能性を低くする



提案システムの動作

- APは、アドホックネットワーク側のトラフィックが増加すると、プローブ応答の電波強度をトラフィックに応じて弱める
- プローブ応答の電波強度の下限は端末の電波強度



評価

- 評価には、無線メッシュネットワークとして“WAPL”を用いる
- WAPL(Wireless Access Point Link)
 - WAPLの機能はアドホックルーティングプロトコルから独立して実現されているため、必要に応じてアドホックルーティングプロトコルを自由に選択できる
 - 各APが通信中のパケットを常時把握することにより、端末が移動してもパケットロスのないハンドオーバを実現できる
- WAPLにおけるAPを“WAP(Wireless Access Point)”と呼ぶ
- 参考
 - 伊藤 将志, 鹿間 敏弘, 渡邊 晃
無線メッシュネットワーク”WAPL ”の提案とシミュレーション評価
情報処理学会論文誌, Vol.49, No.6, pp.1859-1871, Jun.2008.

ns-2によるシミュレーション

■ シミュレーション

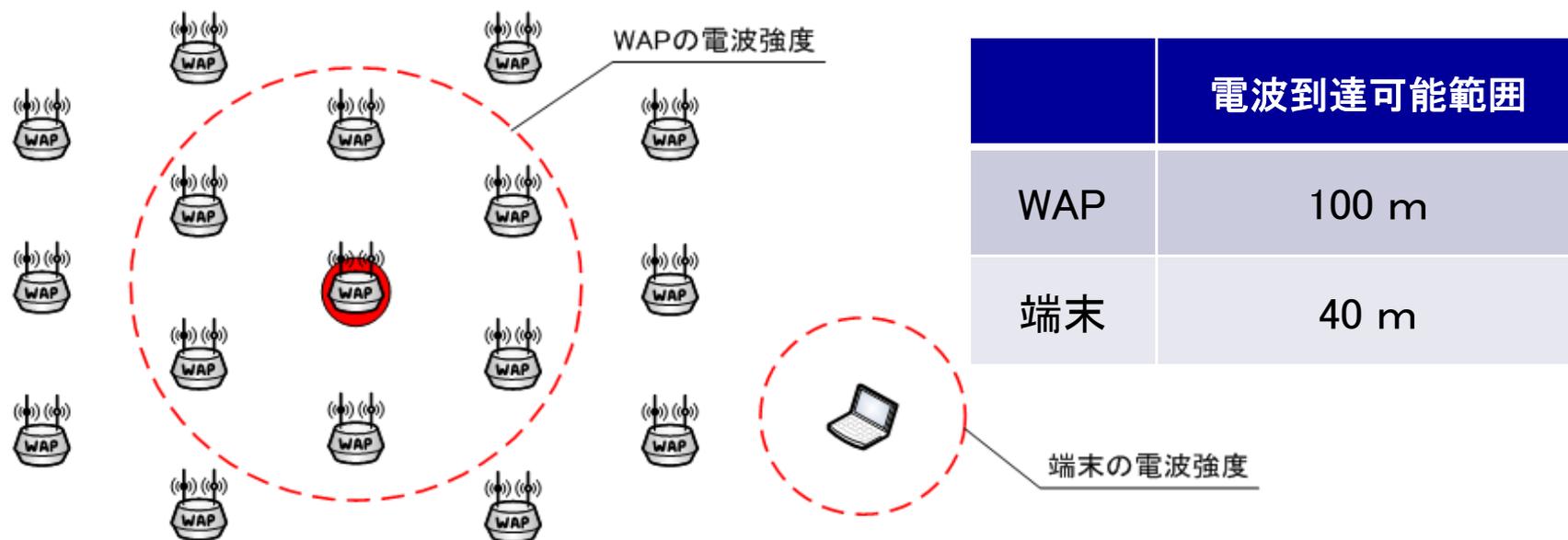
- 従来システムと提案システムにおいて通信を行った際のスループットを比較することで提案システムの有用性を調べる

■ ns-2への改造

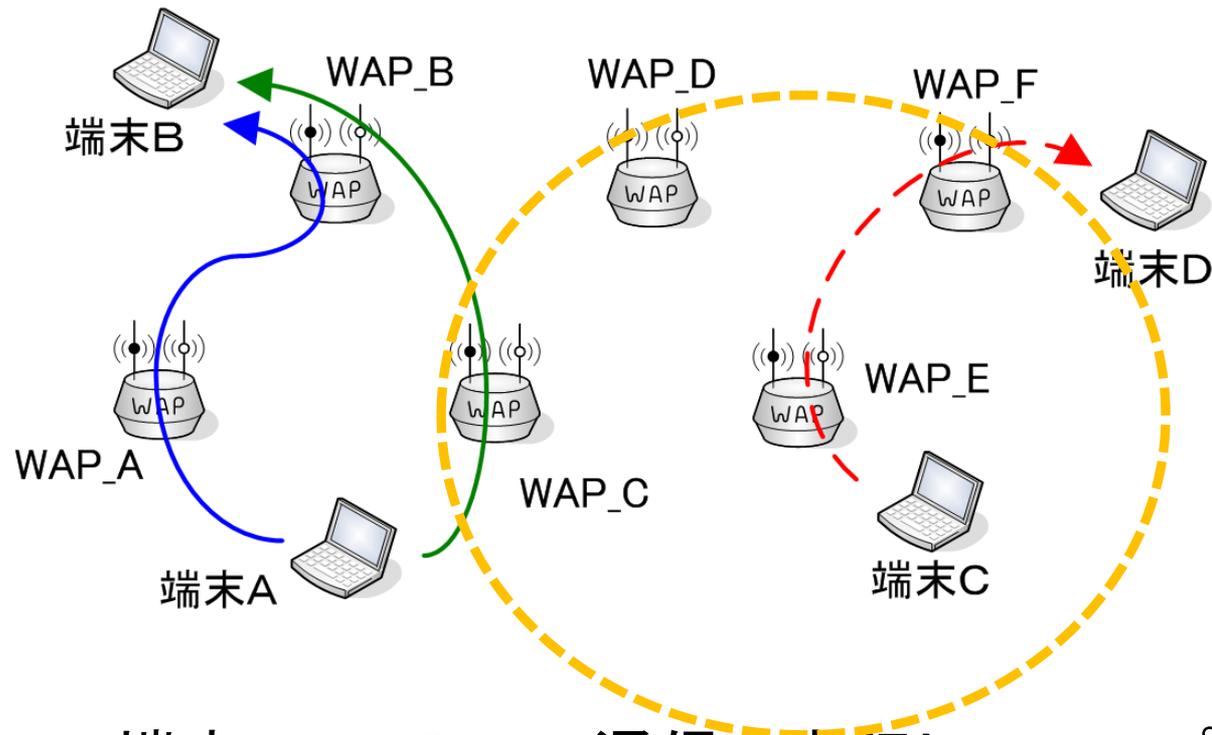
改造対象	改造内容
端末	最適なAPを選択する機能を追加
AP	端末との接続関係確立・離脱処理を行う機能を追加
WAP	インフラストラクチャモードとアドホックモードの2チャンネルを実装
	アドホックネットワーク側のトラフィックを調べる機能を追加 (MACレイヤでパケットを監視する)
	トラフィックの状態に応じて、プローブ応答の電波強度を弱める機能を追加

シミュレーション環境

- WAPのインフラストラクチャモード側とアドホックネットワーク側の電波強度は等しく、全WAPの電波強度は一定
- 移動端末はバッテリーで駆動する場合が多く、電力消費を抑えるため、電波強度が低く設定されることがある
- 必ず1個以上のWAPに端末の電波が届くようにWAPを配置する



ns-2によるシミュレーション

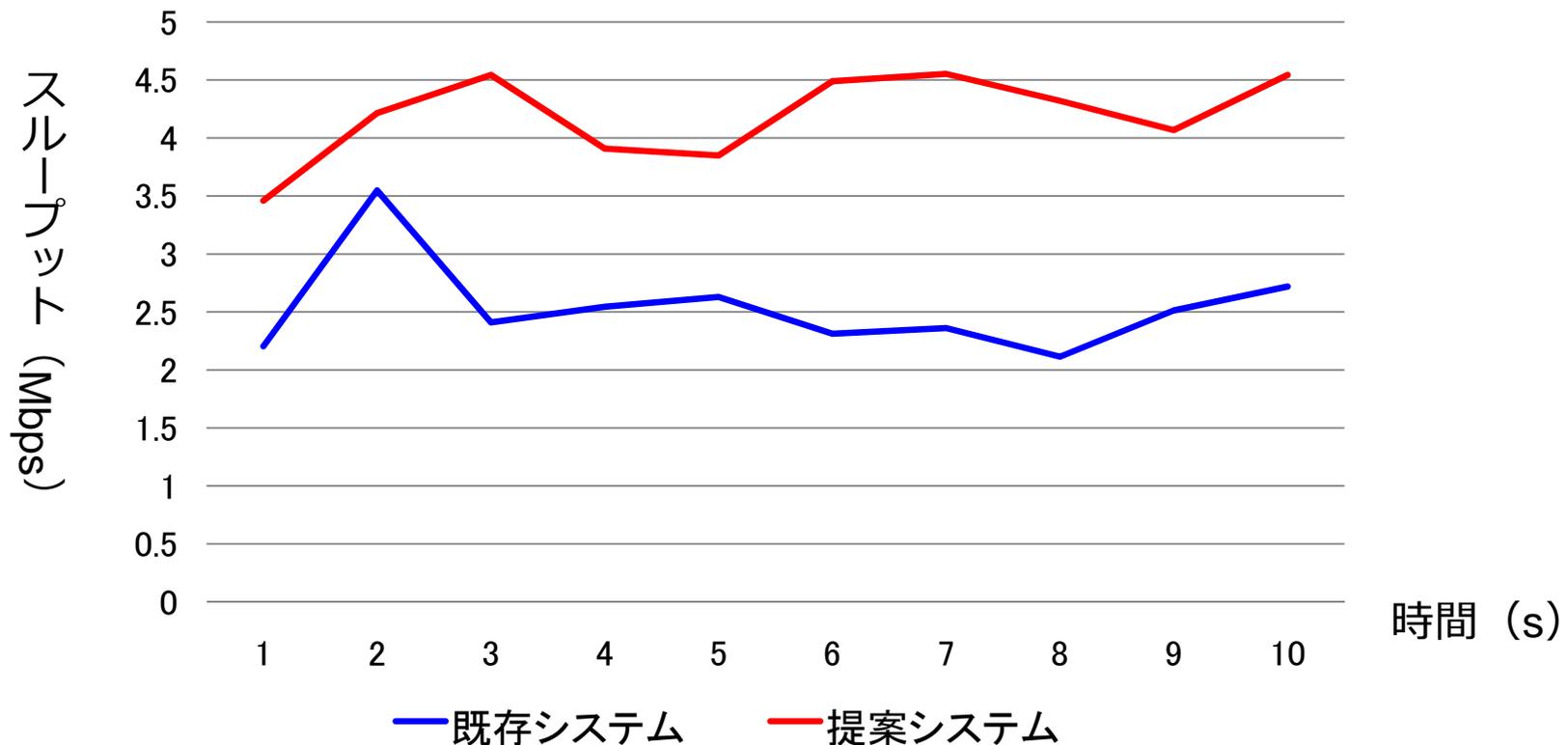


	電波到達可能範囲
WAP	100 m
端末	40 m

WAP間の距離	80 m
---------	------

- ▶ 端末A→BのTCP通信を実行しスループットを測定
 - ▶ 既存システムなら端末Aは“緑の経路”を選択
 - ▶ 提案システムなら端末Aは“青の経路”を選択

ns-2によるシミュレーション



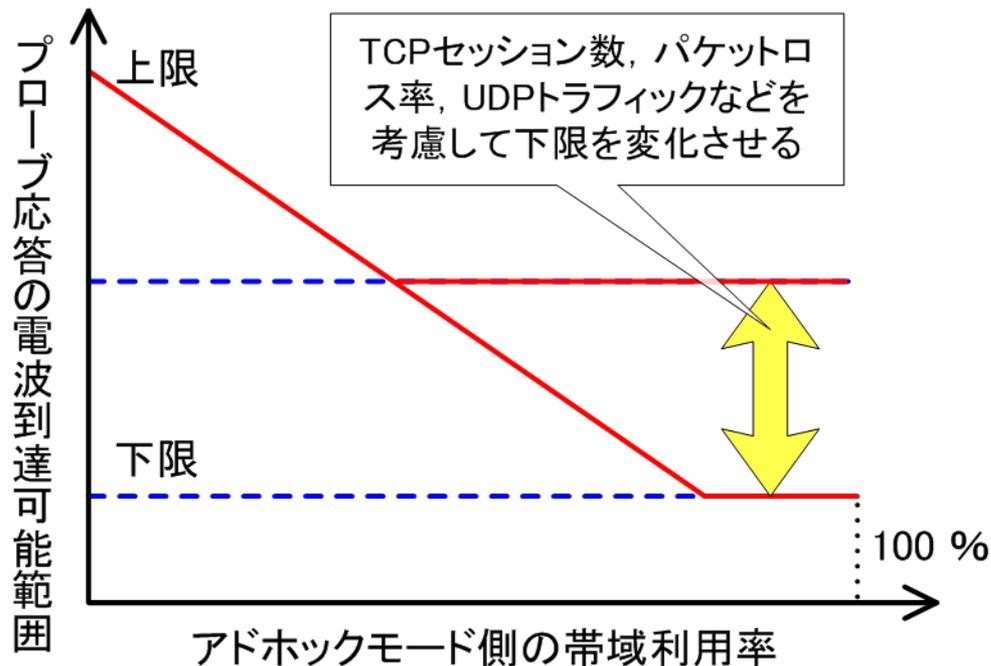
- 既存システムのスループット : 約2.5Mbps
- 提案システムのスループット : 約4.2Mbps

まとめ

- APの輻輳状態を考慮して端末との接続関係を確立することによりネットワークのスループットの低下を防ぐ方法を提案した
- プローブ応答の電波強度が弱まると端末に選択される可能性が低くなる
 - 輻輳が大きいAPは、プローブ応答の電波強度を弱めて送信することにより、端末に選択されにくくなる
- APの輻輳状態が平均化され、ネットワーク全体のスループット改善を図ることができることをシミュレーションにより評価した
- 今後は、大規模なネットワーク構成における評価を行う
- 輻輳状態を検出する指標を増やす

参考資料

- TCP通信は、通信帯域を可能な限り利用しようとするので、セッション数が少なくても帯域利用率が増加してしまう
- 輻輳状態を検出する指標がトラフィック量だけでは、真に混雑しているかどうかは分からない
- そこで、TCPセッション数やパケットロス率、UDPトラフィック量など、輻輳状態を検出する指標を増やす必要がある



参考資料

- “アソシエーション数の制限”など端末からのプローブ要求を拒否するシステムでは、端末がネットワークに参加不可能な領域ができてしまう

