

## マルチレート無線LAN実機におけるAP選択方法の検証

岩木 紗恵子<sup>†</sup>村瀬 勉<sup>‡</sup>小口 正人<sup>†</sup><sup>†</sup>お茶の水女子大学<sup>‡</sup>NEC

## 1. はじめに

近年、無線LANに対応する機器が急激に増加している。そのような中でアクセスポイント(AP)は効率の良い通信を行うために、マルチレートに対応している。APと端末の距離が近いなど電波環境が良好な場合には高伝送レート、距離が遠く電波環境が劣悪な場合には低伝送レートでの通信を行うことで、効率の良い通信を行うことが出来る。一般に伝送レートは、電波強度やビットエラーの割合によって決定されるが、この伝送レート切り替えアルゴリズムはベンダによって異なり、公開されていない。

マルチレートに関する課題として、複数のAPが存在する場所に、新規端末が到着したときにどのAPに接続すべきかというAP選択方法[1]がある。このAP選択方法は、主にシミュレーションで議論されているため、雑音無しといった理想的な通信環境を前提としており、実際の環境では干渉波などにより結果が異なる恐れがある。したがって、シミュレーションで行われているAP選択方法を実機環境で検証することは重要であり、そのためには、前提条件の妥当性を把握する必要がある。

## 2. 既存研究の問題点

多くのAP選択方法は、シミュレーションにおいて有用性が検証されている。しかし、実環境では、干渉波の影響などシミュレーションでは考慮されていない要因により、シミュレーションと異なる結果が得られるはずである。

文献[1]では、マルチレートの伝送レートを定める際に、文献[2]で使用されている距離に応じた階段状の伝送レートを使用しており、これにともなって、スループットも離散的に変化している。しかしながら、実際の環境では、スループットは距離に応じて連続的になだらかに低下していくと考えられる。また、1台のAPに複数の端末が接続する際、文献[3]によると、APごとのスループットの上限值は、調和平均で与えられるとされている。そして、それぞれの端末のスループットは、伝送レートに関係なく、調和平均を端末数で割ったものとなる。これは、全ての端末が同じ電波送受信特性を持ち、均一なCSMA/CA制御を行った場合には全ての端末が伝送レートに関わらずに均等な送信機会を得られるため、正しい。しかし、実際の環境では、次節で述べる要因により、各

端末のスループットは異なる。

## 3. 実機における距離とスループットの関係

## 3.1 スループット低下要因

MAC層におけるスループット低下要因は2点考えられる。1点目は、MACフレーム再送率が増加するから、そして2点目は待ち時間が増加するからである。ノイズやコリジョンが原因で、フレームの送信に失敗すると、MACフレームの再送が行われる。一方、無線LANで使用されているCSMA/CAは、フレームの衝突を避けるため、キャリアを検知すると他のフレームの送信は出来なくなる。干渉波が多い環境では、干渉波がキャリアとして認識されるために、フレームを送信するまでに待たなくては行けなくなる状況が発生すると考えられる。この様子を図1に示す。

次に、実環境で、端末毎のスループットの差異を生じる要因について述べる。要因として上げられるのは、伝送レートの違い、端末の場所毎に異なる干渉波の強さ、キャプチャエフェクト、コリジョン、フレームごとの待ち時間、送信電力、隠れ端末問題である。このうち、端末同士のインタラクションによって発生するコリジョンが強く影響すると考えられる。次章以降で、端末1台の場合と複数台の場合とを比較することで、インタラクション以外の要因である位置による干渉波強度の違いの影響は小さいことを示す。

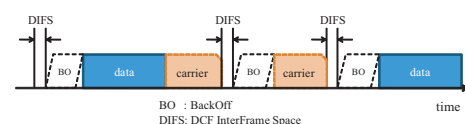


図1: キャリアが存在するときのCSMA/CA

## 3.2 端末数1台の時の実験結果

屋外にて、実機を用いてUDPによるスループット測定を行った。この結果を図2に示す。どの伝送レートにおいても、スループットは階段状ではなく、距離に応じてなだらかに低下することが分かる。

図3から、MACフレーム再送率の増加とスループットには強い相関関係があることが分かる。また、図4の実線は理論的に計算される再送にかかる時間、そして各ドットが実際に観測された再送にかかる時間である。実線とドットの差分がキャリアによる待ち時間だと考えられ、この図から、キャリアによる待ち時間が発生していることが分かり、再送のみにかかる時間に加えて121%もの待ち時間が発生していることが分かった。キャリアによる待ち時間が発生するためにスループットが低下する。

Analysis of Selection of APs Using Real Machines in Wireless Network

<sup>†</sup> Saeko Iwaki, Masato Oguchi

<sup>‡</sup> Tutomu Murase

Ochanomizu University (<sup>†</sup>)

NEC Corporation(<sup>‡</sup>)

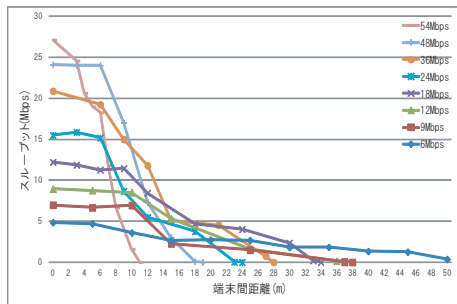


図 2: 端末 1 台の時の距離とスループットの関係

従って、実環境では、干渉波の影響が大きい場合もあり、これが理論を元に構築された制御システムに与える影響を評価すべきであると考えられる。

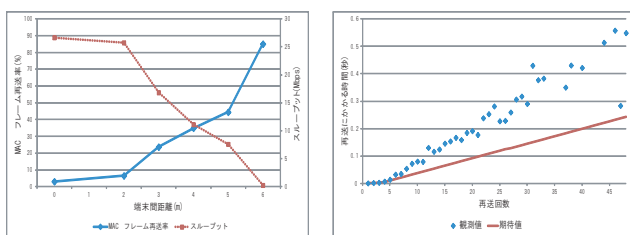


図 3: MAC フレーム再送率 図 4: 再送回数とキャリアビジーとスループット

### 3.3 端末数 2 台の時の実験結果

一台の端末 (端末 1) の伝送レートを 54Mbps に固定して AP からの距離 0m 地点に設置し、もう一台の端末 (端末 2) の伝送レートを 6Mbps に固定して、AP からの距離を離して、スループットの計測を行った。この時の、各端末のスループットと、MAC フレーム再送率を図 5 に示す。

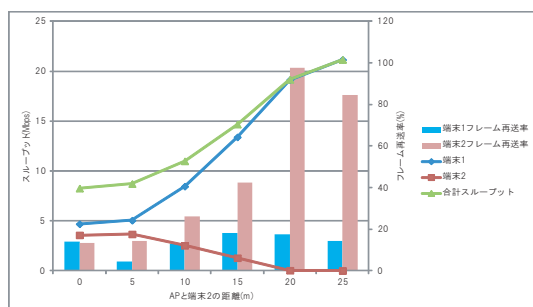


図 5: 端末 2 台の時の距離とスループットの関係

AP と端末 1, 端末 2 の距離がそれぞれ 0m の地点では、各端末のスループットはほぼ等しくなっている。AP と端末 2 の距離が 20m の地点では、端末 2 が 1 台での通信時の MAC フレーム再送率は 49% で、端末 1 と端末 2 の 2 台での通信時の端末 2 の MAC フレーム再送率は 97% であるため、コリジョンによる MAC フレーム再送が起こっている可能性が高い。端末 1 においては、キャプチャエフェクトにより通信に成功するため、端末 1 のスループットは上昇し、端末 2 のスループットは、均等

な送信機会を得られず、下降する。MAC フレーム再送率が、端末 1 よりも端末 2 でより高くなっていることが、これを裏付けている。複数台でのスループットを計算する際には、端末の位置によって、端末ごとのスループットを考慮するべきである。

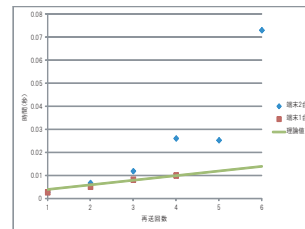


図 6: 端末 2 の再送にかかる時間

図 6 は、端末 2 が 20m 地点で、再送にかかる時間を表したグラフである。「端末 2 台」は、端末 1 と端末 2 で通信した時の時間、「端末 1 台」は、端末 2 のみが通信した時の時間である。端末の位置が同じであるため、干渉波によるキャリアビジーは同程度と考えられるが、「端末 2 台」での時間は、「端末 1 台」での時間と比較して、平均で 59% 大きくなっていた。従って、位置による干渉波の違いという要因は、今回の実験ではさほど大きく無かったと言える。

### 4. まとめと今後の課題

本稿では、シミュレーションで行われている既存の AP 選択方法を実機で検証するためにあたり、まず、前提条件の妥当性の検証をおこなった。スループットは、離散的ではなく、連続的に落ち、干渉波の多く存在する場所では、121% ものキャリアによる待ち時間が発生していることが分かった。また、端末の位置によって、干渉波の影響の大きさが異なることも考えられるが、異なる場合でも複数台で通信するときには、端末の位置によっては、理論通りに各端末のスループットが均等にならないため、その要因と考えられるコリジョンをリストアップした。

今後は、複数台の端末を接続した際の振舞を詳細に検証し、提案の AP 選択方法を実機にて検証を行うことを課題とする。

謝辞 本研究は一部、独立行政法人情報通信研究機構の委託研究「新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発・課題ウ 新世代ネットワークアプリケーションの研究開発」によるものである。

### 参考文献

- [1] 宮田純子, 村瀬勉, 山岡克式: ユーザの移動協力によりユーザ QoS とシステム最適を同時に満足するアクセスポイント選択アルゴリズムの提案, 電子情報通信学会 MoMuC 研究会, June 2011.
- [2] F.Miki, D.Nobayashi, F. Yutaka, I. Takeshi: Performance Evaluation of Multi-Rate Communication in Wireless LANs, Proc. IEEE CCNC 2010, Jan. 2010.
- [3] K. Medepalli, F.A. Tobagi: Throughput Analysis of IEEE802.11 Wireless LANs using an Average Cycle Time Approach, Proc. of IEEE GLOBECOM 2005, Dec.2005.