

光信号による端末位置検出と複数 AP の協調による 無線 LAN の通信容量向上手法の検討

伊藤達哉[†] 石原進[‡]

静岡大学工学部[†] 静岡大学創造科学技術大学院[‡]

1 はじめに

Wi-Fi を利用した端末が普及し、無線 LAN アクセスポイント (AP) が複数利用できる状況が増えている。ネットワーク側から端末へのフレーム送信に、複数の異なる AP を使用して干渉せず通信できるならば、複数のフレームを同時に送信できる。しかし、Wi-Fi では端末は RSSI 等に基づいて最寄りの AP を 1 つ選択し通信を行うため、各端末が最寄りの AP として同一のものを選んだ場合、それらの端末に同時にフレームを送信することはできない。最寄り以外の AP を利用することでこれらの端末が同時に通信できるのならばスループットが向上する。

本稿では、上記の同時送信が可能な状況を位置情報から判断し、フレーム送信に使用する AP を適切に変更することで無線 LAN 全体のスループットを向上する手法、位置情報利用通信 AP 動的変更システムを提案する。提案手法では、端末へフレームを送信する際に使用する AP を変更できるように、複数の AP を集約して制御する装置 (以下、集約器) を導入する。集約器は端末の位置情報に基づいて干渉推定を行い、同時送信が可能な AP を使用して端末へフレームを送信する。本稿では、集約器における送信フレームの送信スケジューリングと AP 選択手法を提案し、シミュレーション評価を行う。なお、筆者らは点光源を有する移動端末が発する点滅光を撮影することによって室内の端末位置を推定する手法を開発しており、本稿ではこの技術の利用を想定している。

2 位置情報に基づく AP 選択システム

この論文のポイントは、以下の通りである。i) 光点滅信号によって、無線電波通信資源を使わないで端末の位置を把握する [1]。ii) 端末の位置、AP の位置、電波の到達範囲の推測に基づいて、互いに干渉しない宛先 STA と AP の組み合わせを見つける。iii) 上記 ii) に基づいて、複数の AP から各フレームの送信に使用する AP と送信タイミングを決定する。

2.1 位置情報利用通信 AP 動的変更システム

提案システム (図 1) では、AP は集約器を通して有線ネットワークに接続される。有線ネットワークから

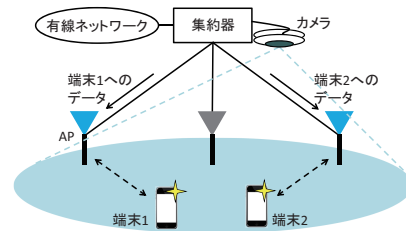


図 1: 位置情報に基づく AP 選択システム

集約器へ到着する端末宛のフレームは、集約器内の送信バッファに保管される。集約器は送信バッファからフレームを選択し、そのフレームの宛先端末と通信可能な AP へ送信する。

集約器はサービス提供エリア全体を見渡せるカメラを備えており、端末に取り付けられた光源が発する光を撮影することで端末位置情報を取得する [1]。集約器は各端末の位置に基づいて、各 AP が通信可能な端末と、複数の AP を利用してフレーム送信を同時に行う場合の干渉関係を推定する。集約器は AP や端末間の干渉を避け、より多くのフレームを同時に送信するように、フレームと AP を選択して送信する。

2.2 位置情報に基づいた通信可否の推定と干渉の推定

集約器は各 AP と通信可能な端末、複数のフレームを同時に端末へ送信した際の干渉関係を、以下のモデルを用いて推定する。これらは、通信に IEEE 802.11 DCF の使用を想定している。

端末や AP がフレームを送信した際、その位置から通信可能最大距離 L 以内に存在する端末や AP はそのフレームを受信する (図 2(a))。Wi-Fi では AP と端末の送信電力がほぼ同じなため、本稿ではどちらがフレームを送信する場合でも L の値は同じであると仮定する。端末あるいは AP がフレームを受信中に、他の端末や AP の送信する信号が到達した場合、得るべきフレームを正しく復号できない (図 2(b))。また、AP が端末へフレームを送る過程で端末が AP へ ACK の送信を行うため、ACK も干渉を引き起こす (図 2(c))。正しく通信を行うためには、ACK も正しく受信する必要がある。従って、AP から端末へのフレーム送信と、それに対する端末から AP への ACK 送信に対して、干渉が起きなければ同時に複数のフレーム送信が可能となる (図 2(d))。

集約器はこのモデルに従い、ある端末と AP 間の通信において、端末と AP の各位置から距離 L 以内に、通信相手以外の通信端末か通信 AP が存在する場合、干渉が発生すると推定する。

Study on improvement of wireless LAN throughput leveraging multiple access points based on location of mobile hosts detected by optical signal

Tatsuya ITO[†] and Susumu ISHIHARA[‡]

[†]Faculty of Engineering, Shizuoka University, [‡]Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

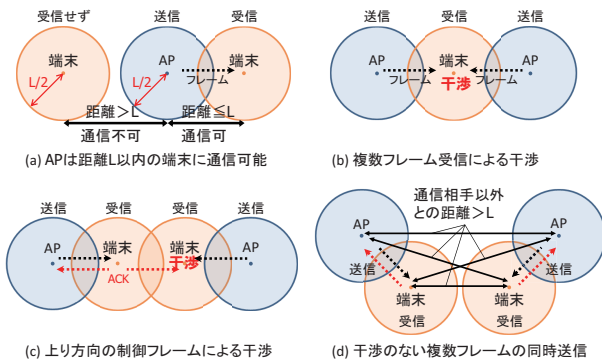


図 2: 距離による通信推定と干渉推定

2.3 フレーム送信スケジューリング

簡単のため、本稿では AP から STA 方向への送信（下り通信）のみを扱う。スケジューラはフレームとそれに対する ACK 両方が干渉せず通信できるようなスケジュールする。集約器は、接続された全ての AP のフレーム送信が終了すると、前述した干渉推定処理を行い、同時に送信しても干渉しない複数のフレームを後述のアルゴリズムに従って選択される AP へ転送する。送信したフレーム全てが、AP から端末へ送信されると、集約器は再度フレームを選び AP へ送信する。ACK が帰って来なかったフレームは未送信フレームと同じ条件で再度送信される。

送信フレームと AP の選択アルゴリズム

集約器は送信バッファ内のフレームのうち、最も早く到着したフレームの到着時刻から一定時間の間に到着したフレームを送信候補とし、以下のアルゴリズムに従って送信フレームとそのフレーム送信に用いる AP を選択する。以後この一定時間を、送信候補選択期間と呼ぶ。

(1) 全ての送信候補フレームを集合 S に、全ての AP を利用可能 AP 集合 T に含める。(2) S 内のフレームで、最も到着時刻が早いフレームを選択する。(3) T 内の AP のうち、選択したフレームの宛先位置に最も近い AP へ、選択したフレームを割り当てる。(4) 割り当てた AP を T から除外する。(5) 送信フレームの宛先端末と割り当てた AP の各位置から距離 L 以内に存在する AP を T から、その範囲内の端末を宛先として持つフレームを S から除外する。(6) 候補となる AP かフレームが無くなるまで (2)~(5) を繰り返す。

3 シミュレーション評価

提案手法を用いる場合と、用いない一般的な場合について、簡易的なシミュレータによるシミュレーション結果に基づいて、フレーム平均送信遅延を比較、評価する。

シミュレータの概要

使用した自作シミュレータでは CSMA の MAC を単純化し、衝突が発生しないように端末位置関係に基づく制御を行なっている。隠れ端末や同時送信による衝突は、端末の位置関係に基づき同時送信を行わないように、一方の送信者の送信を延期することで衝突回避する。

AP は自身に到着したフレームを送信バッファに保存し、到着した順に宛先端末へ送信を試みる。AP は送

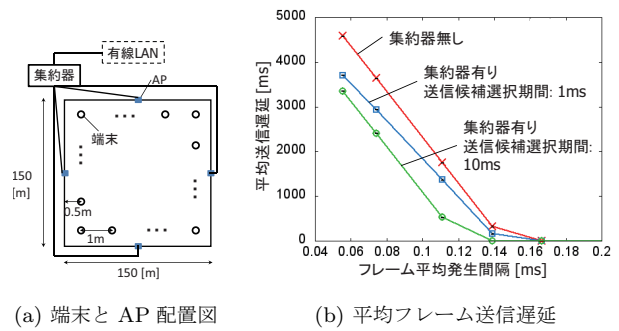


図 3: シミュレーションシナリオと結果

信フレームとそれに対する ACK 両方が干渉せず通信できる場合にフレームの送信を行う。各 AP はシステム内の他の通信中の AP や端末の位置に基づいて、前述した通信モデルを用いて干渉の有無を判定する。複数の AP が同時に通信を開始すると干渉する可能性があるが、ランダムに干渉しない AP が選択され干渉は回避される。AP はフレーム送信が終了すると、ACK 受信の有無に関わらず次のフレーム送信を試みる。

シナリオ

150m × 150m の正方形の部屋に 1m 間隔で格子状に端末を配置し、部屋の各壁の中央に AP を計 4 台設置する（図 3(a)）。通信可能最大距離 L を 100m、AP の通信レートを距離によらず 54Mbps とする。有線 LAN から平均発生間隔 t のポアソン到着に従って端末宛の 1500bytes のフレームを 10 万個送信する。各フレームの宛先は部屋に設置された端末の中からランダムに選択される。

シミュレーション結果

フレーム平均発生間隔、送信候補選択期間を変化させ、全フレームが端末へ送信されるまでシミュレーションを行った。各フレームが送信された時刻から端末に受信されるまでの平均時間（＝平均送信遅延）を図 3(b) に示す。提案手法を用いた方が用いない方式に比べ、システム全体の平均送信遅延が小さくなった。これは提案手法によって、フレームの同時送信の機会が増したためと考えられる。また送信候補選択期間が大きければ、より多くのフレームが送信候補となるため、フレームを同時に送信できる可能性が高くなる。そのため送信候補時間が大きいほど平均送信遅延は小さくなっている。

4 まとめ

本稿では、光信号を利用した端末位置検出と複数 AP の協調による、無線 LAN 全体のスループットを向上するシステムを提案した。また簡易的なシミュレーション評価を行い、本手法によって一般的な場合と比べ平均送信遅延が小さくなることを示した。今後は、上りのトラフィックや再送処理に対応するよう提案手法を改善していくほか、衝突を考慮したより現実的なシミュレーションによる評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 石川晃平, 石原進: 点滅光を利用した指向性無線通信システムのための点滅光源検出手法の基礎評価, DICOM2012, pp.1986-1994 (2012-7).