

可視光タグシステムによって検出した端末位置に基づく アクセスポイントのキャリアセンスレベル制御による 無線LANスループット改善方法

村上航大[†] 伊藤達哉[‡] 石原進[‡]

[†]静岡大学工学部 [‡]静岡大学大学院工学研究科

1 はじめに

IEEE802.11 無線LANではCSMA/CAにより、複数の端末(STA)およびアクセスポイント(AP)が同時にフレーム送信することを抑制し、衝突を回避する。しかしながら、2台のAPがそれぞれ異なるSTAへフレームを送信する場合を考えると、宛先STAそれぞれが高い信号対雑音干渉電力比(SINR)で所望波を受信できる場合、AP2台が同時に送信したとしても、各STAは十分に低いロス率でフレームを受信できる。この場合、各APのキャリアセンス閾値を高く設定することで、他方のAPが送信中でもAPは送信でき、STAは正しくフレームを受信可能である。

本稿では、APの制御とSTAの位置を検出できる装置(集約器)を導入し、集約器がAPとSTAの位置関係から前述した同一時間に送信可能な状況と判断した場合、APのキャリアセンス閾値を高くし、無線LANのスループットを向上させるシステム(図1)を提案する。集約器は、付属のカメラでSTAが発した光を検出することで、STAの位置を把握する[1]。この技術は可視光を用いるので、無線電波通信資源を使用しないという利点がある。

2 APとSTAの位置に基づいたAPの制御

本システムを実現するために、本稿では、各STAが複数のAPから同時に電波を受信したとしても、高いSINRで所望波を受信できる場合のAPとSTAの位置関係を調べた。得られた結果から、APと端末の位置関係を入力とし、APのキャリアセンス閾値を出力とした対応表を生成した。本稿では、下り通信のみに限定して議論する。また、STAが高いSINRで所望するAPからの信号を受信できるように、AP間距離を大きくした場合のみを取り扱う。

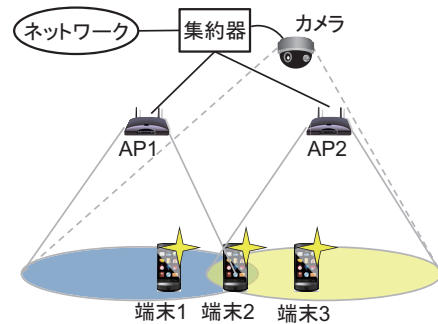


図1: 集約器によるAPの制御

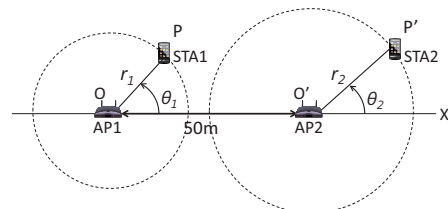


図2: APとSTAの配置

2.1 APとSTAの位置関係と受信成功率の調査

2台のAPが同時に異なるSTAへフレームを送信しても、各STAが所望のAPから十分に低いロス率でフレームを受信可能な場合のAPとSTAの位置関係を、ネットワークシミュレータQualnet[2]を用いたシミュレーションにより求めた。図2に示すように、AP1とAP2間の距離を50mとし、AP1, AP2を中心としたSTA1, STA2の極座標を (r_1, θ_1) , (r_2, θ_2) とした。 r_1 と r_2 を0から10mまで1m刻みに変化させ、 θ_1 を0から180度まで、 θ_2 を0から330度まで30度刻みに変化させた。各APが互いに発した電波を無視するように、各APのキャリアセンス閾値を -60dBm とした。各APからSTAへのトラフィック量を送信バッファが空にならない程度に維持した。MAC層以下のプロトコルはIEEE802.11gとし、APの送信レートを54, 48, 36, 24Mbpsに固定した場合をシミュレーションした。ただし、APはフレームの再送を行わない。その他のシミュレーションパラメータを表1に示す。

全ての θ_1, θ_2 に関してフレームロス率が10%以下

Improving wireless LAN throughput by controlling carrier sense threshold of access points based on the terminal positions detected by a visible light tag system

Koudai MURAKAMI[†], Tatsuya ITO[‡] and Susumu ISHIHARA[‡]

[†]Faculty of Engineering, Shizuoka University

[‡]Graduate School of Engineering, Shizuoka University

表 1: シミュレーションパラメータ

送信パケット数	15,000
送信出力	16[dBm]
電波伝搬モデル	FreeSpace
パケットサイズ (UDP ヘッダを除く)	1,024[bytes]

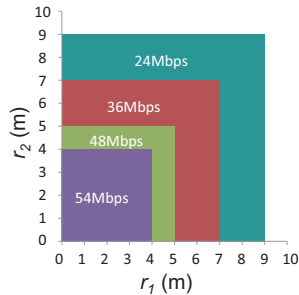


図 3: AP が同時にフレームロス率 10% 以下で送信できる場合の r_1 と r_2 の組み合わせ

となる条件を満たした AP の送信レートと、 r_1 と r_2 の組み合わせを図 3 に示す。同図から、与えられた AP の送信レートによって、フレームロス率 10% 以下で送信できる場合の r_1 と r_2 の組み合わせが異なることが分かる。

2.2 対応表の生成

AP-STA 間距離を入力として、AP のキャリアセンス閾値と送信レートを得るための対応表を生成した。AP の集合 \mathbf{A} を $\mathbf{A}=\{a_i|0 \leq i \leq M\}$ とし、 a_i から所望の信号を受信する STA の集合 \mathbf{S}_i を $\mathbf{S}_i=\{s_{ij}|0 \leq j \leq N_i\}$ とする。 a_i-s_{ij} 間距離を $d(a_i, s_{ij})$ とし、AP からのもとも離れた距離に位置する宛先 STA までの距離 D_{\max}^i を $D_{\max}^i = \max(d(a_i, s_{ij})) (0 \leq j \leq N_i)$ とする。 a_1 と a_2 が設置された場合、 D_{\max}^1 と D_{\max}^2 に対し、各 AP が同時にフレームロス率 10% 以下で送信できる条件を満たすとき、集約器は a_1 と a_2 のキャリアセンス閾値を互いに発した電波を検出しない程度まで高くする。 D_{\max}^i が小さいほど、 a_i は高い送信レートでもロス率 10% 以下でフレームを送信できるので、 D_{\max}^1 に対して、AP の送信レートを選択する。表 2(a) にキャリアセンス閾値を出力とした対応表を、表 2(b) にキャリアセンス閾値と送信レートを出力とした対応表を示す。キャリアセンス閾値が High のとき、 a_1 のキャリアセンス閾値を a_2 の発した電波を検出しない程度まで高くする。

3 シミュレーション

2 台の AP を 50m 離して配置し、各 AP の位置から半径 R [m] 以内に端末を 1 台ずつランダムに配置した。 R は 0 から 25m とし、各 R [m] において、異なる 50 通りの配置を用意し、AP2 台にそれぞれ異なる STA ヘッフレームを送信させたとき、それぞれの配置で得た各 STA のスループットの平均を求めた。トラフィック量や再送制御などの通信条件は 2.1 章のシミュレーションと同じである。

提案手法を用いた場合とキャリアセンス閾値を固定

表 2: 対応表

(a) Adaptive Carrier Sense Threshold

		Threshold			
D_{\max}^1 [m]	D_{\max}^2 [m]	54Mbps	48Mbps	36Mbps	24Mbps
$D_{\max}^1 \leq 4$	≤ 4	High	High	High	High
$4 < D_{\max}^1 \leq 5$	≤ 5	Low	High	High	High
$5 < D_{\max}^1 \leq 7$	≤ 7	Low	Low	High	High
$7 < D_{\max}^1 \leq 9$	≤ 9	Low	Low	Low	High
—	> 9	Low	Low	Low	Low

(b) Adaptive Carrier Sense Threshold and Transmission Rate

D_{\max}^1	D_{\max}^2 [m]	Threshold	Rate [Mbps]
$D_{\max}^1 \leq 4$	≤ 9	High	54
$4 < D_{\max}^1 \leq 5$	≤ 9	High	48
$5 < D_{\max}^1 \leq 7$	≤ 9	High	36
$7 < D_{\max}^1 \leq 9$	≤ 9	High	24
—	> 9	Low	54

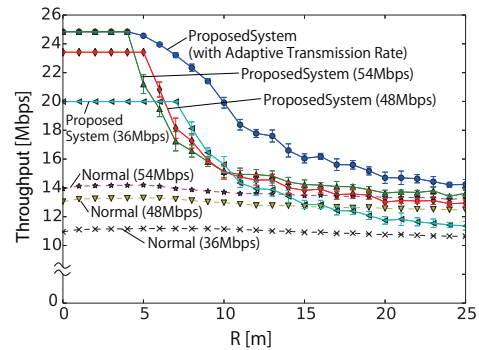


図 4: STA2 台の平均スループット

にした場合の STA2 台の平均スループットを図 4 に示す。表 2(b) を基に AP の制御を行った提案手法と、AP の送信レートを 54Mbps に固定、かつキャリアセンス閾値を固定にした場合を比べると、提案手法はいずれの方法よりスループットが上回る結果となった。 $R = 10$ [m] のとき、提案手法を用いた場合、STA2 台の平均スループットは 19.9Mbps、キャリアセンス閾値を固定にした場合は 13.7Mbps であり、45 % スループットが向上した。

4 まとめ

本稿では、AP と STA の位置に応じて、AP のキャリアセンス閾値を制御し、AP の送信機会を増加させるシステムを提案した。シミュレーションにより、本システムは一般的な場合に比べ、無線 LAN 全体のスループットを向上できることを示した。今後は、上り通信も考慮した AP の制御方式を検討する予定である。

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, DI-COMO2012, pp.1986-1994 (2012-7)
- [2] Qualnet <http://web.scalable-networks.com>