

環境情報を利用したマルチプルアクセス手法の一検討

松本 真紀子[†]

Onur Altintas[‡]

西堀 満洋[‡]

小口 正人[†]

[†] お茶の水女子大学

[‡] 株式会社トヨタ IT 開発センター

1. はじめに

MAC プロトコルには競合型 MAC プロトコルと制御型 MAC プロトコルの 2 種類ある。競合型では乱数を使用して送信タイミングを決定しているが、存在ノード数に対して乱数選択範囲が狭い場合、衝突が繰り返されるため通信効率が低下する。一方、制御型では送信タイミングに関わるパラメータが静的に割り当てられるため、各ノードの状況変化に合ったパラメータ設定ができず通信資源を効率的に使用できない。本稿では周囲の環境情報を用いることで、各端末の通信にとって適切なパラメータを任意に設定し、上記の問題点を改善する手法の検討を行う。

本稿では環境情報の利用先としてメディアアクセスコントロール (MAC) プロトコルに着目した。MAC プロトコルの中でも DCF (Distributed Coordination Function) は最も基礎的でメカニズムがシンプルであるが、一つのキャリアに多数の端末からのアクセスが集中した場合に利用可能なチャンネル帯域を有効に利用できないといった問題点がある。その要因として、CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) におけるコンテンツンウィンドウ (CW) 初期値が、チャンネル上の端末数に関わらず固定されてしまっていることが考えられる。端末数が大きい場合には CW 初期値も大きく設定されていることが理想的であるが、現時点の IEEE 802.11 では無線規格ごとに CW 初期値が固定されてしまっている (表 1)。

表 1: CW 初期値

無線規格	CW 初期値
IEEE 802.11a	15
IEEE 802.11b	31

そのため衝突を繰り返し、本来利用可能なリソースを最大限に利用できていない。そこで本稿では環境情報として得られる周辺端末情報を利用することで、CW 初期値を周辺端末数に応じて設定し通信リソースを有効に利用する。

2. CSMA/CA

2.1 CSMA/CA 概要

WLAN (Wireless Local Area Network) の国際標準として IEEE 802.11 が規定されている。IEEE 802.11 では

MAC 層と PHY 層の双方が定義されており、MAC 層において最も重要な機能の一つが無線チャンネルアクセス制御である。IEEE 802.11 系無線 LAN の無線チャンネルアクセス制御はランダムアクセスによるコンテンツン方式をベースとした CSMA/CA が主で、CSMA/CA では各端末がフレームの送信を行う場合、事前にキャリアの使用状況をセンシングし、一定期間未使用であれば送信を開始する。また、他の端末が無線チャンネルを使用中の場合は未使用になるまで送信を延期することで端末間の衝突を回避している。IEEE 802.11 の MAC プロトコルの中でも最も基礎的なアクセス方法が DCF である。DCF では CSMA/CA をベースに基地局や端末が自律分散的にパケット送信を行い、無線チャンネルを共有しながら通信を行う。IEEE 802.11 では他にも PCF (Point Coordination Function) と呼ばれるアクセス制御方法があるが、PCF では中心となる MAC プロトコルがパケット送信端末と送信時間を任意に決定し、パケットの衝突を防いでいる。

2.2 バックオフ制御

DCF では一定時間のキャリアセンスに加えて衝突を回避するためにバックオフ制御が行われている。バックオフ制御ではフレームを送信しようとしている各端末は、一定時間チャンネルが idle 状態になった後に規定の CW 範囲内で乱数を発生させ、その乱数をもとにしたランダム時間 (バックオフ時間) だけさらにキャリアセンスを行う。バックオフ時間が最も短かった端末が送信権を獲得し送信を開始する。このようにキャリアセンスをランダム時間だけ行うことにより、各端末には公平な送信機会が与えられる。フレームが衝突した場合には再送ごとに CW の値が 2 倍され、式 (1) にあるように 2 乗指数関数で増加する。

$$CW = (CW_{min} + 1) \times 2^n - 1 \quad (n \text{ は再送回数} \geq 0) \quad (1)$$

フレームの衝突により CW の値を増加させ、乱数の取りうる幅を広げることで、次の再送時に他の端末と再度、送信タイミングが一致する確率を軽減している。その後フレーム転送が成功した際には CW を CW 初期値にリセットする。

2.3 CW 初期値の設定

同一キャリアに多数の端末がアクセスする場合、端末数に対して CW 初期値のように CW の値が極度に小さいと、いくつかの端末間で送信タイミングが重複し衝突が起こる。また再送を繰り返し衝突が起きなくなるまで

A Study of Multiple Access Using Environmental Information

[†] Makiko Matsumoto [‡]Onur Altintas [‡]Mitsuhiro Nishibori, and [†]Masato Oguchi

Ochanomizu University ([†])

TOYOTA InfoTechnology Center Co., Ltd.([‡])

CW の値を増加させても、次に新しいフレームを送信する時には CW は CW 初期値にリセットされてしまうため再度再送を繰り返し、フレームを送信する度に不要な待ち時間が発生する。そのためネットワーク上の端末数の増加に伴いネットワーク全体のスループットも低下してしまう。しかし CW 初期値を端末数に応じて適切に設定することで度重なる衝突による不要な待ち時間を軽減できると推測される。

端末数に応じた CW 初期値の設定に関して文献 [1] の Bianchi モデルが提案されている。

Bianchi モデルでは、各端末においてフレーム送信時にコンスタントかつ独立に衝突が発生すると仮定し、その上でフレーム衝突確率やフレーム送信確率などの複数の確率を利用して端末数ごとの最適な CW 初期値 (CW_{min}) を式 (2) としている。

$$CW_{min} = N \sqrt{2T_c / SlotTime} \quad (2)$$

$$T_c = MAC_{hdr} + PHY_{hdr} + Payload + DIFS + \delta$$

N : 周辺端末数

3. 検証実験

3.1 概要

本稿では、端末数 10~40 において CW 初期値を 15~400 に変化させた場合の端末全体の総スループットの測定をシミュレータ QualNet4.5 を用いて行った (図 1)。また図 1 では通常の CSMA/CA Basic 方式で通信を行った。次に、CSMA/CA Basic 方式に Bianchi モデルを適用し、端末数ごとに CW 初期値を設定して通信した場合と、デフォルトの CW 初期値を用いた通常の Basic 方式と RTS-CTS 方式で通信した場合の端末全体の総スループットにおける通信性能の比較を行った (図 2)。

本検証実験では無線規格に IEEE 802.11a を用いているため、デフォルトの CW 初期値は表 1 より 15 となる。シミュレーションでは 1~100 個の端末から 1 つのアクセスポイントへ 1Kbyte のパケットを継続的に送信し続けるシナリオを想定している。シミュレーションで設定したパラメータの詳細は表 2 の通りである。また、すべての端末と AP 間の距離がほぼ同程度になるように各端末を配置している。

表 2: シミュレーションパラメータ

Simulation Time	180sec
端末数	1~100
パケットサイズ	1kbyte
パケット送信間隔	1msec
無線規格	IEEE 802.11a
Data Rate	54Mbps
周波数	5.1GHz
トランスポートプロトコル	UDP

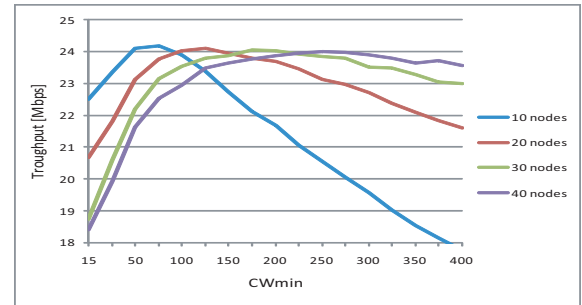


図 1: CW 初期値のスループットへの影響

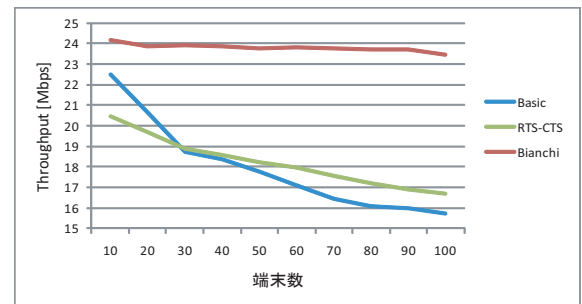


図 2: Default 時と Bianchi モデル適応時の性能比較

3.2 考察

図 1 よりネットワーク上の端末数に応じてスループットが最大になる CW 初期値は異なることが確認できる。また図 2 では、デフォルトの CW 初期値を利用して通信した場合は端末数が増加するのに伴いスループットが低下しているのに対して、Bianchi モデルを用いて CW 初期値を最適値に設定した場合、端末数の増加に伴うスループットの低下が見られない。このことから、Bianchi モデルのようなモデルを利用して端末数に合った CW 初期値を設定することで、端末が比較的少ない場合と同程度の性能で通信が行えるようになるということがわかる。

4. 今後の課題

現在、車には加速度センサ、レーザ、超音波センサなど百数種類の車両センサが搭載されている。これらのセンサは主に車両制御に利用されており、安全面からそれらの性能は高性能なものになっている。そのためこれらのセンサを利用して、車両周辺の環境情報を取得するのは難しくはない。そこで今後、本研究では車載センサで取得した情報を無線通信に利用することを考え、より効率的な通信に役立てる手法の検討を行う。

参考文献

- [1] G.Bianchi : “Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function ”,IEEE J. Selected Areas in Communications, Vol.18, No.3, pp.535-547, Mar 2000.