

CSMA/CA無線ネットワークにおける 隠れ端末問題の再考

Revisiting the Hidden Terminal Problem
in a CSMA/CA Wireless Network

清水智彦

発表資料

- 論文名
 - Revisiting the Hidden Terminal Problem in a CSMA/CA Wireless Network
- 著者
 - Athanasia Tsertou, David I Laurenson
- 論文掲載時期
 - 2008年7月
- 詳細または正確な知識を求める方は文献を参照願います。

背景

- 無線通信における衝突
 - 有線であれば、他者の通信状態やデータが正しく送信されたことが確認可能
 - 無線の場合は他者の通信状態やデータの到達を確認できない
 - 無線通信では正しくデータが受信できた場合にその旨を伝えるため、信号を送信
 - 他者の通信状態の把握が問題

CSMA/CA(1)

- **搬送波感知多重アクセス/衝突回避方式**

(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)

- **搬送波感知(Carrier Sense)**

通信開始前に、ほかに通信しているホストがないか確認

- **多重アクセス(Multiple Access)**

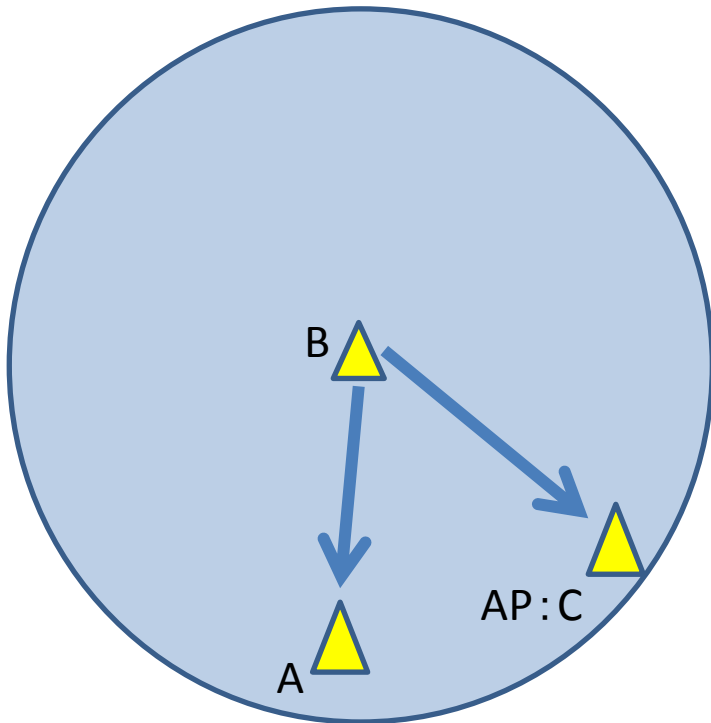
複数の端末は同じ回線を共有し、他者が通信していなければ通信開始

- **衝突回避(Collision Avoidance)**

他者の通信終了と同時に送信を試みると衝突する可能性が高いので、ランダムな待ち時間を設ける

CSMA/CA(2)

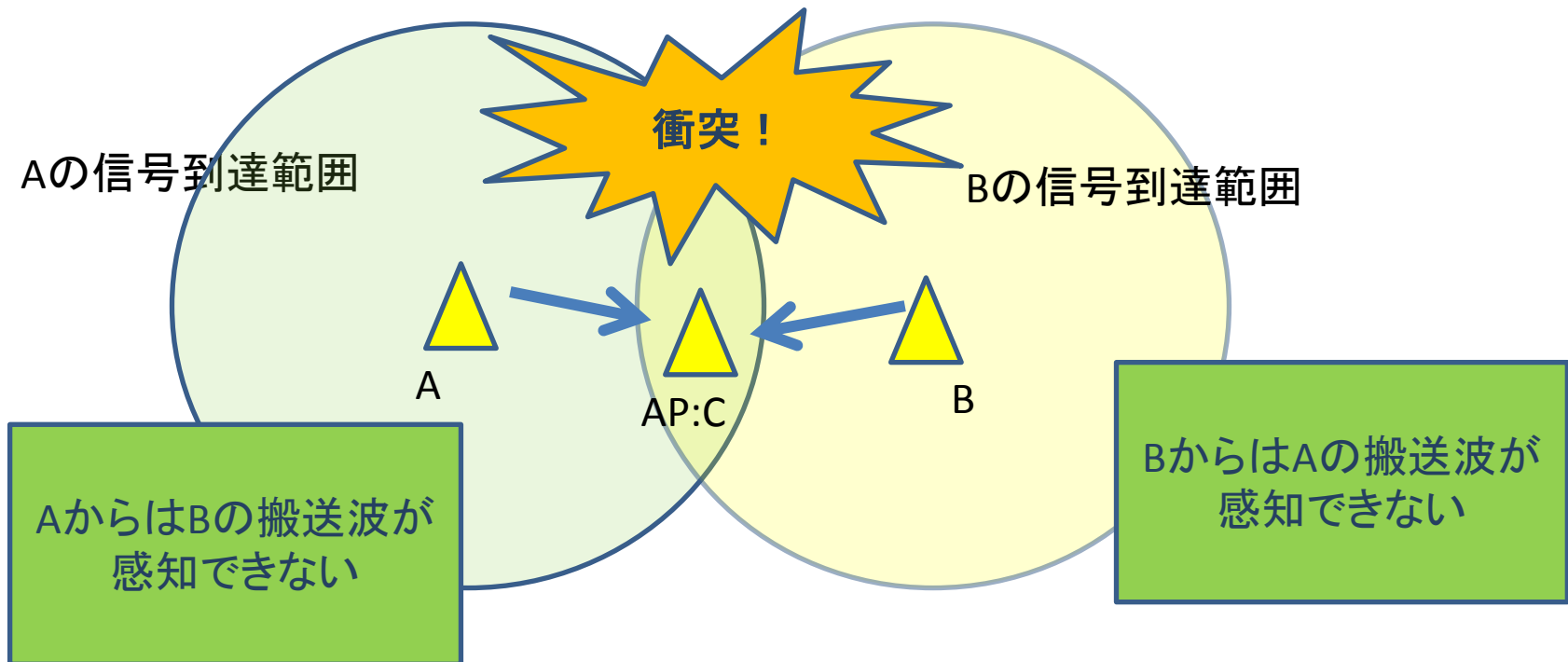
- 衝突が回避できるのは、端末同士が信号到達範囲にあるとき...



| 端末:A | AP:C | 端末:B |
|-------------------------|---------------|-------------------|
| - | - | 搬送波感知 |
| 搬送波感知 ⇒Bが送信中 | - | Cにデータを 送信 |
| Bの搬送波を 感知(送信し ない) | Bからデータ を受信 | 送信中 |
| ACKを受信 | 完了後ACK を送信 | ACKを受信 |
| DIFS+ランダ ム時間待機 | - | DIFS+ランダ ム時間待機 |
| 待機時間の短い端末が次の送信権を得る | | |

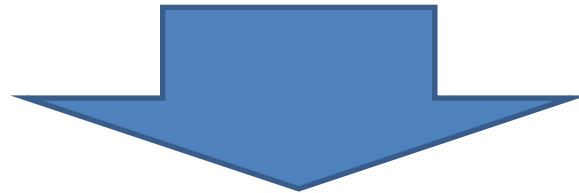
CSMA/CA(3)

- 端末同士が互いの信号到達範囲にないと...
 - 搬送波感知が行えず、衝突が生じてしまう
- ⇒ **隠れ端末問題**



隠れ端末問題の原因

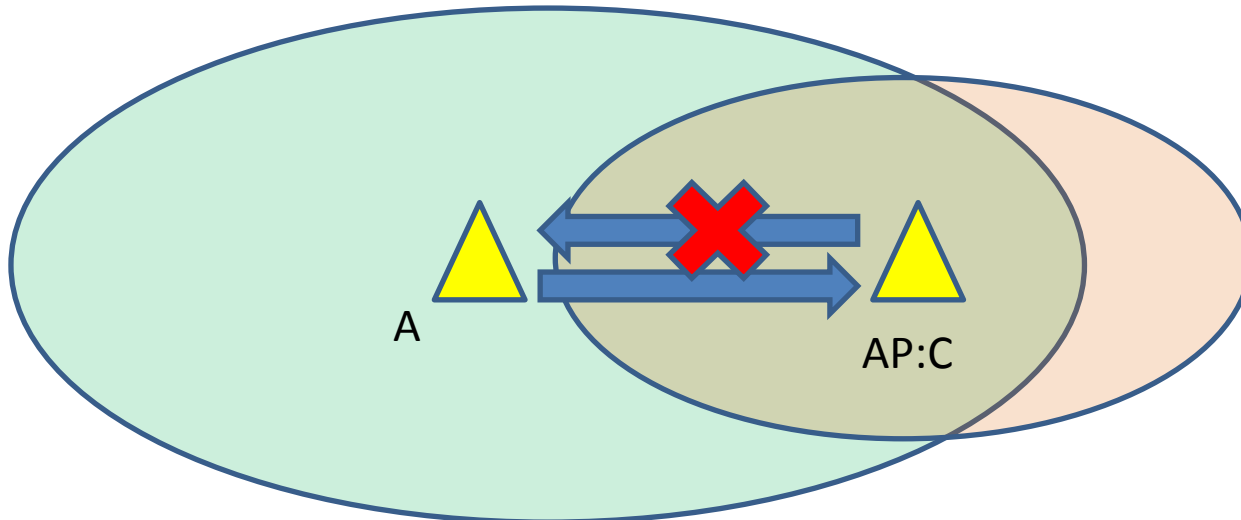
- 複数端末がお互いに隠れ端末になっている
 - 端末同士がお互いの信号が届かない状態
 - 端末間の距離が離れている
 - 端末間に障害物がある



他の端末がAPと通信しているかを確認できない

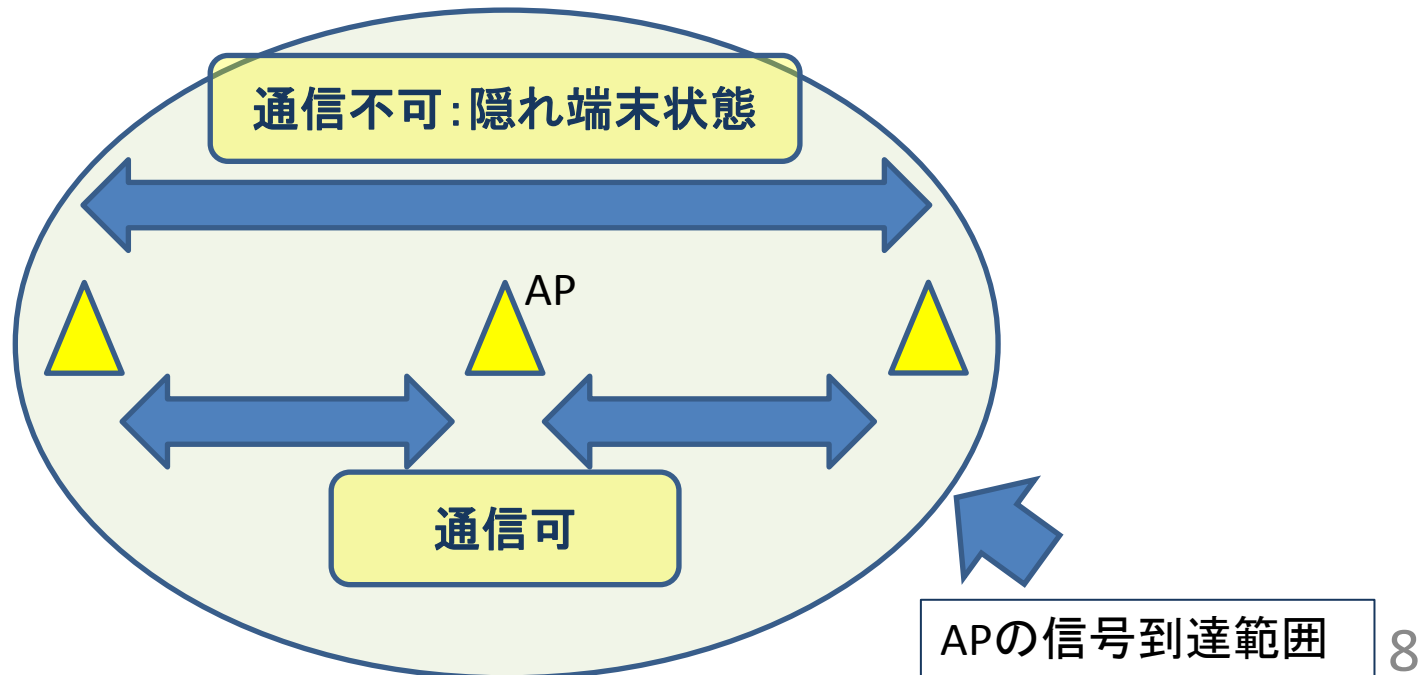
隠れ端末問題の補足

- APが複数端末と同時に通信できないのか
 - 無線LANでは、一つのAPは一つのチャネルしか使えないため、一端末としか通信できない
(同時に複数の信号を受信すると衝突)
- 通信の前提として、送信側・受信側それぞれの信号が相手に届かなければ通信できない



CSMA/CA with RTS/CTS (1)

- RTS/CTS(Request To Send/Clear To Send)
 - 隠れ端末問題を防ぐ
 - 送信端末同士で信号のやり取りが不可能でも、APからは複数の送信端末に信号を送信できることを利用

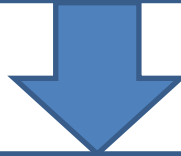


CSMA/CA with RTS/CTS (2)

データを送信する前にAPに対してRTSフレームを送信



APはデータが受信できる状態であればCTSフレームを送信
(ACKと同様、通信可能範囲の端末すべてに送る)



CTSフレームを傍受した他の端末はデータの送信を延期

RTS: 送信要求
CTS: 受信準備完了

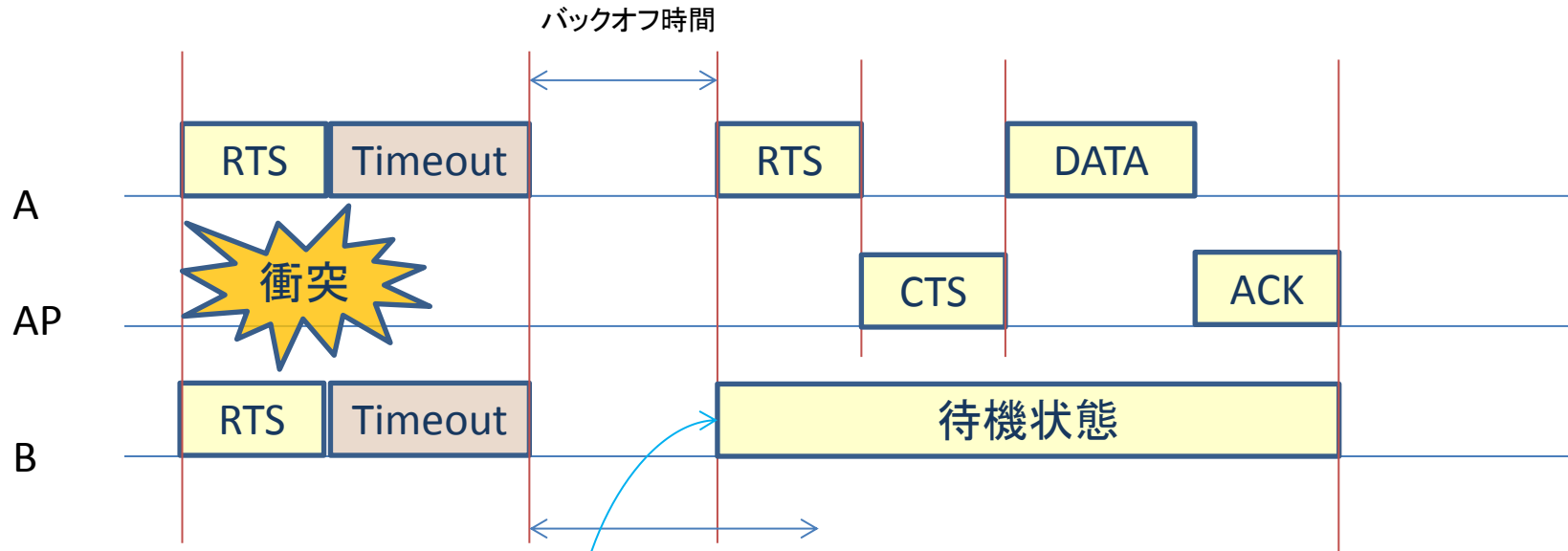
CSMA/CA with RTS/CTS (3)

| 端末:A | AP:C | 端末B |
|------------------------|---------------|--------------------------|
| CにRTSフレームを送信 | AからRTSフレームを受信 | - |
| CからCTSフレームを受信 ⇒送信開始 | AにCTSフレームを送信 | CTSを傍受(ACKを受け取る まで待機) |
| データ送信 | データ受信完了 | 待機 |
| ACK受信 | ACK送信 | ACK受信 |

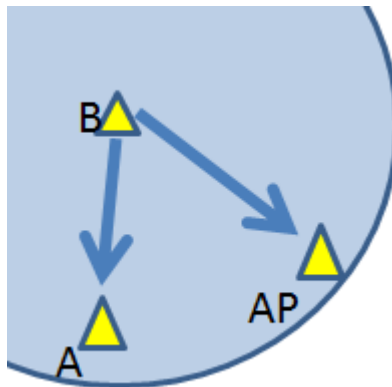
CSMA/CA with RTS/CTSの特徴

- APからの信号は必ず通信端末に到達するため、隠れ端末問題における衝突の可能性を減らすことができる
- RTS/CTS信号のやり取りが必要なためスループットは低下

CSMA/CA with RTS/CTSにおける衝突



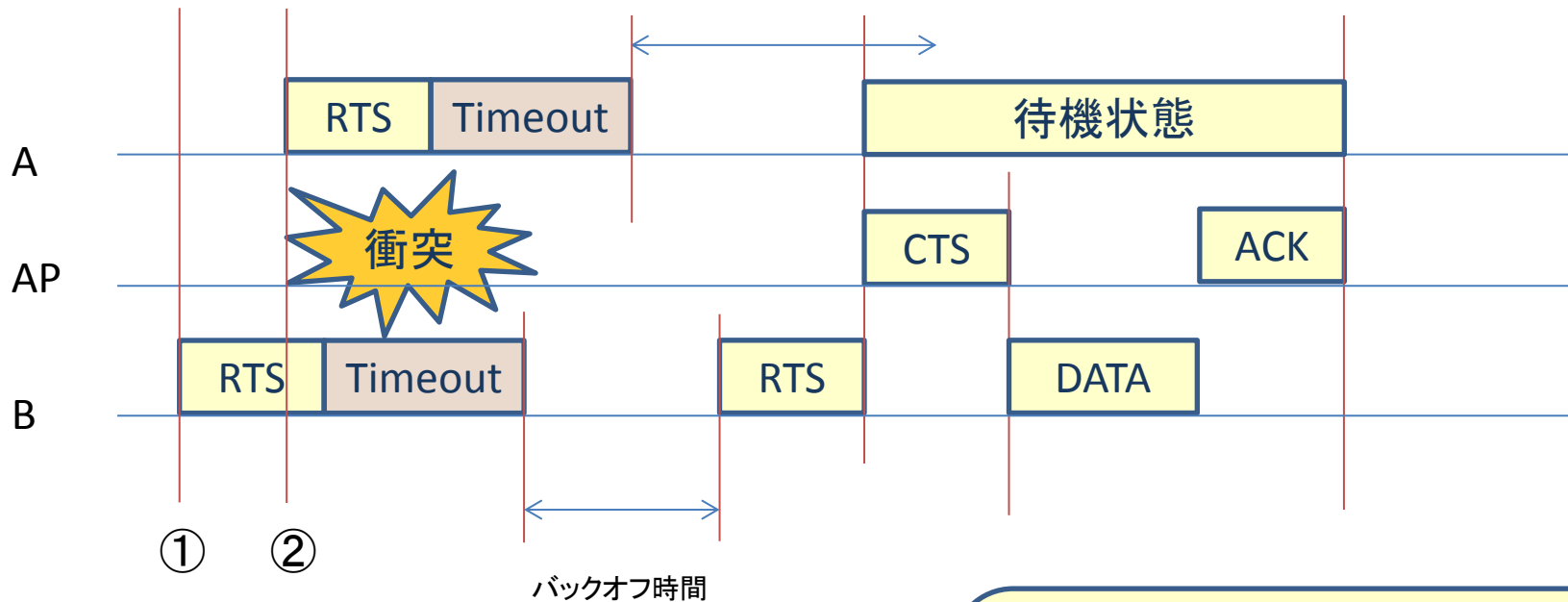
Aの方がバックオフ時間が短い



隠れ端末
でないため
AのRTSを
傍受できる

AとBが互いに
隠れ端末でない場合
↓
RTSフレームの衝突(同時)

CSMA/CA with RTS/CTSにおける衝突



隠れ端末同士でないときは①の段階で待機
(Bが送信したRTSをAが傍受⇒待機)
隠れ端末同士のときはAPからのCTSでしか
送信可能判断ができない

AとBが互いに
隠れ端末である場合
↓
RTSフレームの衝突(同時で
なくても衝突することがある)

提案方式

- このCSMA/CA with RTS/CTS方式の上でバックオフ時間を変化させることで、より高い処理性能を得られるのではないか

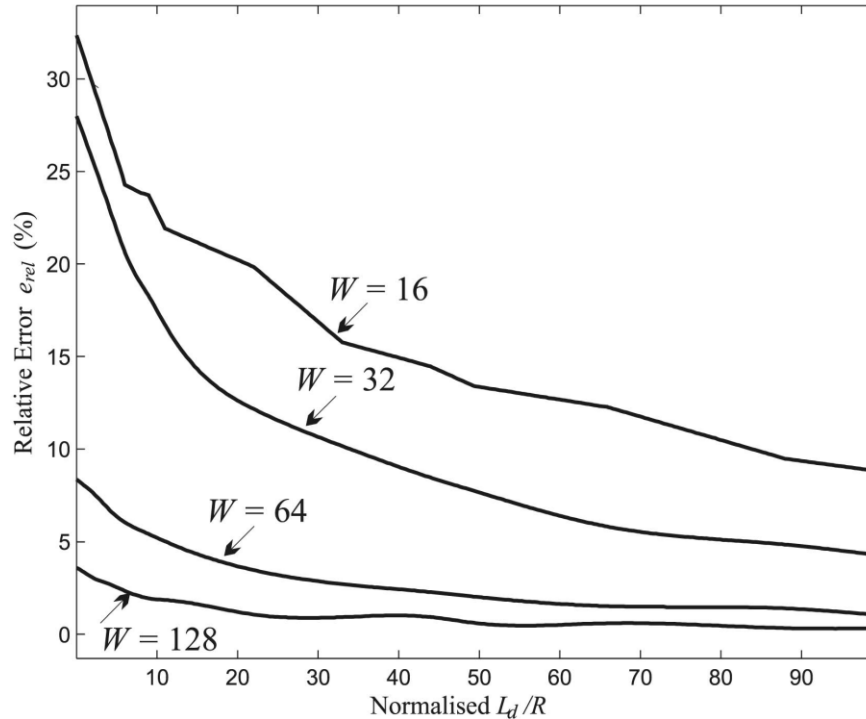
バックオフ時間について

- ACK受信後のバックオフ時間
= 乱数値 × スロットタイム
 - スロットタイム: 本論文では $20\mu\text{s}$
- 乱数値: $0 \sim CW$ の範囲のランダムな整数
 - CW の値は $CW_{\min} \leq CW \leq CW_{\max}$
- CW の値は衝突するたびに、倍となる
 - CW_{\max} に到達した場合は $CW = CW_{\max}$ (一定)
 - CW : コンテンションウィンド

バックオフ時間

The Relative Error of Conventional Methods for RTS/CTS

衝突による誤り率

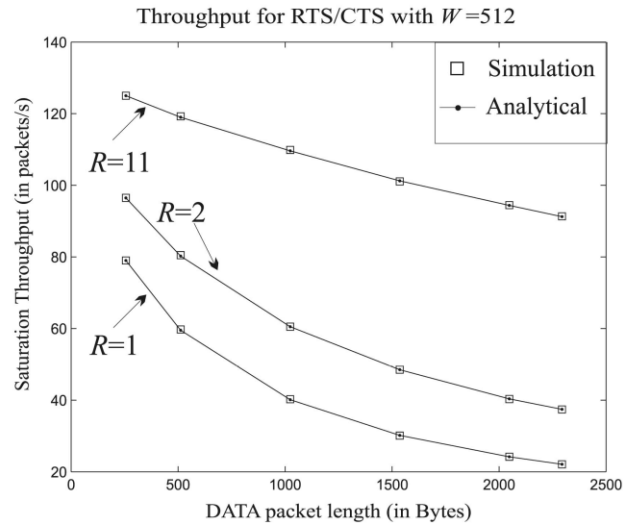
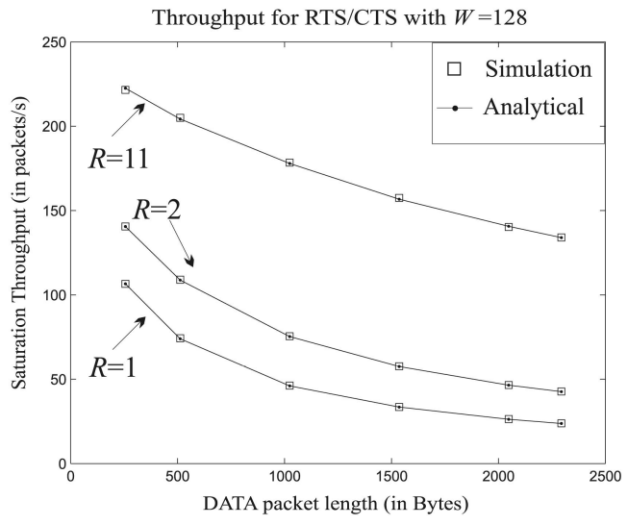
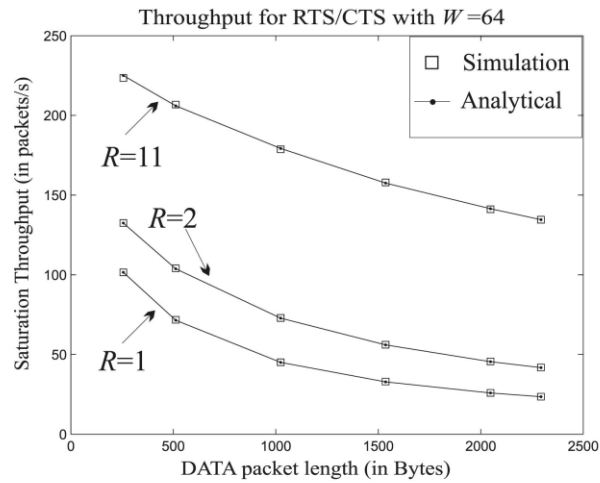
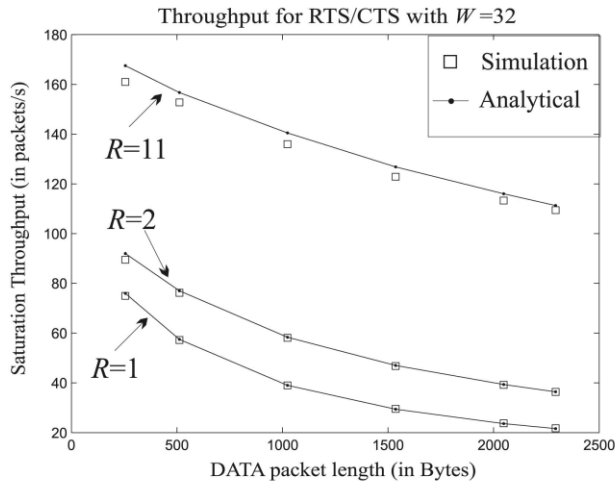


W : コンテンションウィンドウの最大値
(前のスライドのCWmax)

データパケットの長さ/データ転送速度

W の値を大きくするとエラー率は下がるが、待ち時間が増えるためスループットが低下する

CWの値と処理性能



まとめ

- CSMA/CA方式では、隠れ端末問題が起こり、RTS/CTSという処理によって衝突の確率を減らすことができる。
- RTS/CTS方式でも衝突は起こる
- 本論文ではシミュレーションなどの結果から、最適なコンテンションウィンドウの値を示している

出典(1)

- Wikipedia「隠れ端末問題」
 - <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%9A%A0%E3%82%8C%E7%AB%AF%E6%9C%AB%E5%95%8F%E9%A1%8C>
- Wikipedia「CSMA/CA」
 - <http://ja.wikipedia.org/wiki/CSMA/CA>
- 一週間で学ぶネットワークの要点
 - <http://itpro.nikkeibp.co.jp/prembk/NCC/NETPOINT/20050117/154824/>
- NTT 情報通信用語集
 - http://www.ntt-review.jp/yougo/word.php?word_id=3727