

アドホックネットワークにおけるストロングビジートーンの導入とバックオフアルゴリズムの修正の効果についての検討

鬼頭 充*, (渡邊研究室)

Kitou Mitsuru

1. はじめに

アドホックネットワークの課題として隠れ端末問題に起因するパケット衝突の多発がある。この対策として、IEEE802.11では、RTS(Request to Send)/CTS(Clear to Send)方式が採用されている。しかし、これだけでは完全にパケット衝突を防止することはできない。そこで、ストロングビジートーン (SBT: Strong Busy Tone) (1)と呼ぶ制御信号を用いることにより、この課題を解決する方法が提案されている。また、CSMA/CAのバックオフアルゴリズムを修正することにより送信待ち時間を減少させる方法が提案されている。本稿では、シミュレーションによりこれらの効果を確認した結果を示す。

2. 既存技術の課題

RTS/CTS は、データパケットの送信の前に送信予約を行うためのシーケンスで、すべてのノードがこのシーケンスを監視することにより、隠れ端末に対しても通信ノードの状態を知らせることができる。しかし、RTS/CTS が一種のパケットであることから、RTS/CTS シーケンス自体の衝突が発生する可能性がある。

また、再送時のバックオフ時間は、スロットタイム (Δt) と、CW(Contension Window)の範囲内で発生した乱数の値を掛け合わせたものである。CW の範囲は再送回数が増えると指数関数的に増加するため、トラフィックが増加した時は送信を控え、さらにトラフィックが増加することを防止できる。しかし、バックオフによる待ち時間が大きいとスループット低下の要因となる。

3. 提案方式

提案方式では、RTS/CTS の送信と同時に SBT と呼ぶ単一周波数の信号を広範囲に送信する。SBT は送信状況を瞬時に周辺端末に伝えることができる。周囲の端末は SBT の受信を感じている間、送信ができない。SBT は単一の周波数であることから、SBT 同士の衝突を考慮する必要がない。そのため、スループットを改善することができる。

また、バックオフアルゴリズムの修正として Δt の値を小さく変更することにより、スループットを向上できる。IEEE802.11g では、 Δt が $9 \mu s$ と定義されているが、これには無駄な時間が含まれている。SBT を適用した場合、 Δt の値は伝搬時間とハードウェアの送受信切り替え時間のみ考慮すればよい。その結果 Δt を $3.0 \mu s$ まで短縮できる。

4. シミュレーションの結果

シミュレーションの条件を表 1 と表 2 に、結果を図 1 に示す。

図 1 より、SBT を使用することにより、データの衝突を防ぐことが出来るため条件 1 の方が既存技術よりもスループットが良くなっている。さらに、 Δt の値を小さくして、無駄な待ち時間を減らすことにより、条件 2 がさらにスループットが良くなっている。また、条件 3 では CW の値を大きくすることにより衝突を減らすことが出来るが、それにより無駄な待ち時間が発生してしまうため条件 2 よりもスループットが低下してしまう。

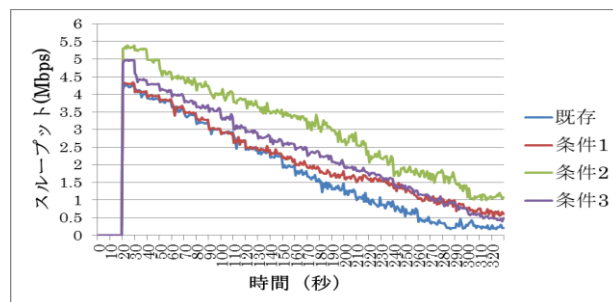


Fig.1. シミュレーション結果

Table 1 条件の値

	SBTの有無	Δt	CW(min/max)
既存	無	$9.0 \mu s$	15/1023
条件1	有	$9.0 \mu s$	15/1023
条件2	有	$3.0 \mu s$	15/1023
条件3	有	$3.0 \mu s$	45/3069

Table 2 シミュレーションのパラメータ

アドホックネットワーク	
ノード数	37 台
電波到達範囲	100m
端末間距離	90m
フィールド	1000×1000
測定時間	330s
アクセス方式	802.11g

文献

(1) アドホックネットワークにおけるストロングビジートーンの導入とその拡張方式の検討と評価
マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2012) シンポジウム論文集, Vol.2012, No.1, pp.1973-1980, Jul.2012.

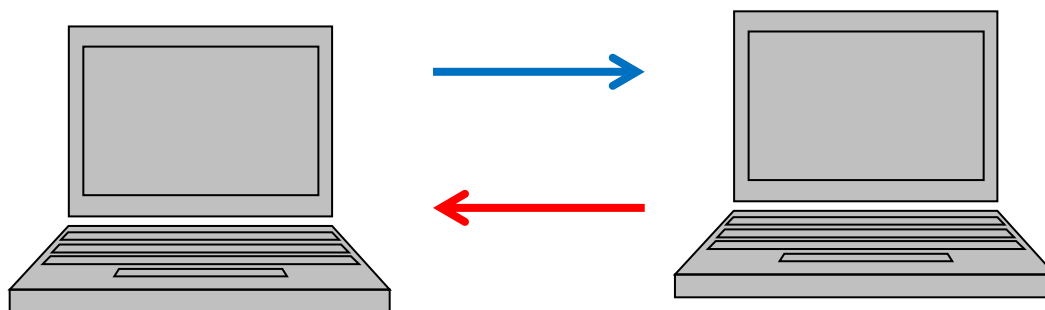
アドホックネットワークにおける ストロングビジートーンの導入と バックオフアルゴリズムの修正の 効果についての検討

名城大学理工学部
鬼頭充

Watanabe Lab.

研究背景

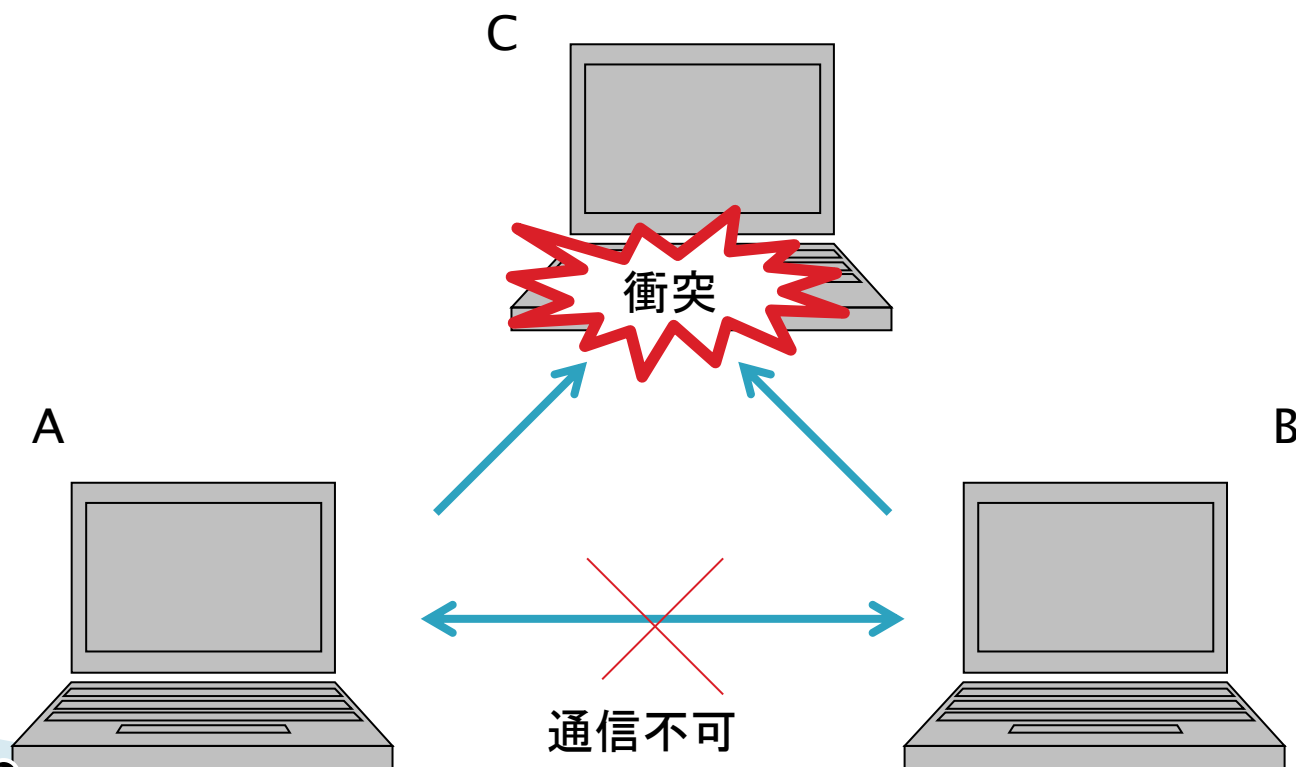
- ▶ 現在無線LAN技術の普及が急速に進んでいる
- ▶ 端末の増加に伴いパケット衝突によるスループットの低下が問題となっている
- ▶ 無線端末同士で通信を行うアドホックモードが注目されている



隠れ端末問題

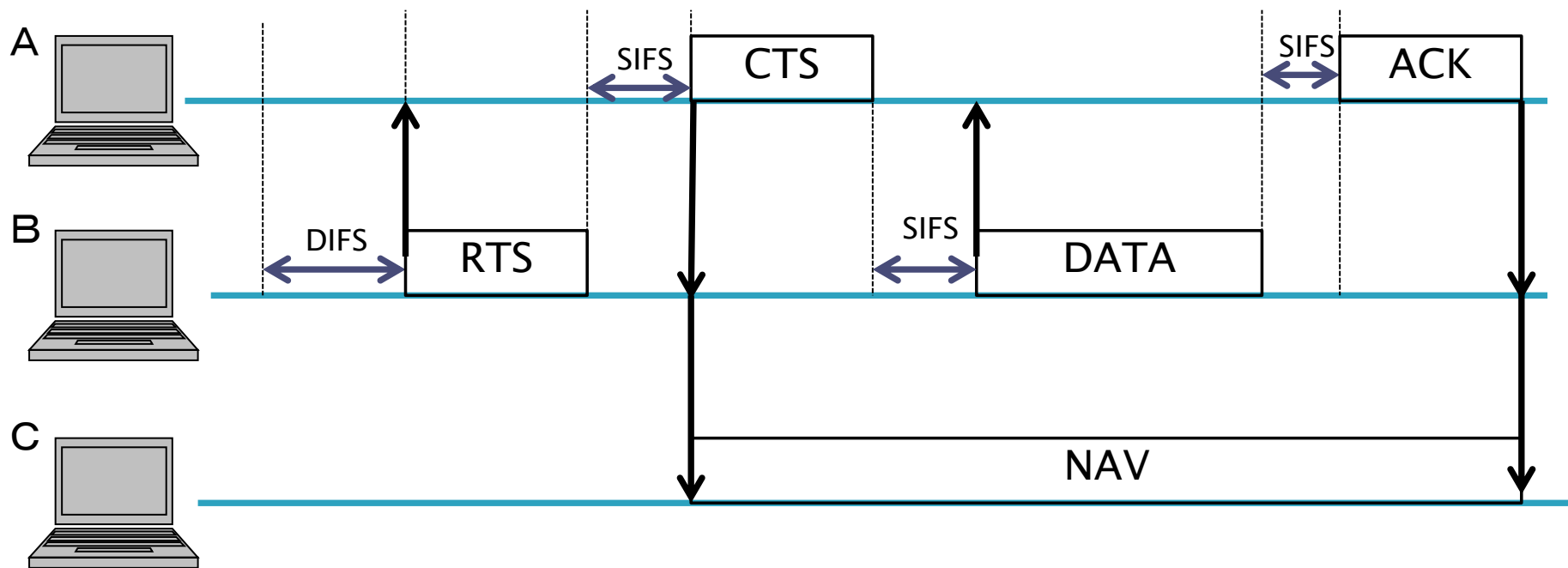
▶ 隠れ端末問題

- 互いに信号の到達範囲外に2つの端末があり両端末が同時に同じ端末にデータを送信した場合にデータの衝突が起きること



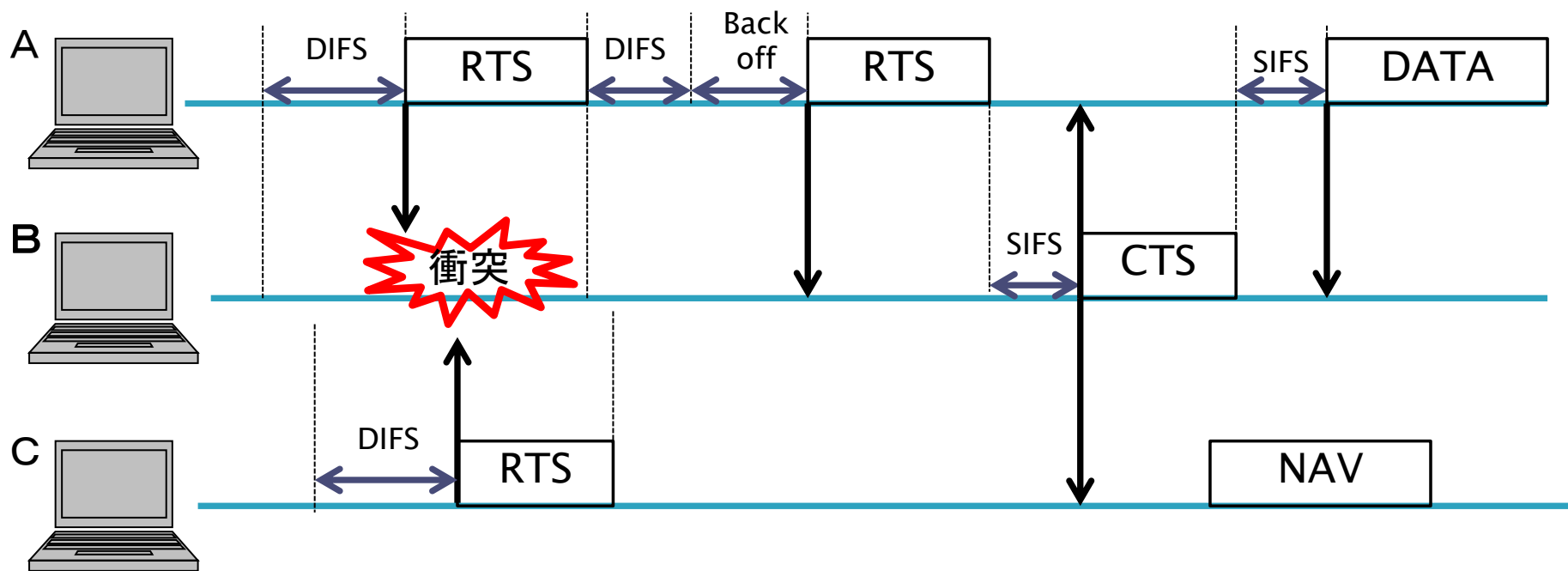
既存技術(1)

- ▶ RTS(Request to Send)/CTS(Clear to Send)方式
 - RTS/CTSによる送信予約によって隠れ端末問題を解決している



既存技術(1)の課題

- ▶ RTS/CTSもパケットなので衝突してしまう可能性がある



既存技術(2)

- ▶ バックオフアルゴリズム
 - バックオフ時間
 - 衝突が発生し再送を行う際に発生
 - 再送のタイミングをずらすための待機時間
- ▶ バックオフ時間は以下のように計算できる
 - $\text{Backoff} = \Delta t \times \text{randam}(0, \text{CW})$
 - $\text{CW} = (\text{Cwmin} + 1) \times 2^{(n - 1)}$
 - CW(Contention Window) :
 - CWの値はデータが衝突し再送すると2倍ずつ増加していきCWが上限値になった後は一定になる。また、 Δt とCWはトレードオフの関係にある
 - IEEE802.11gの規定
 - CWmin:15
 - CWmax:1023

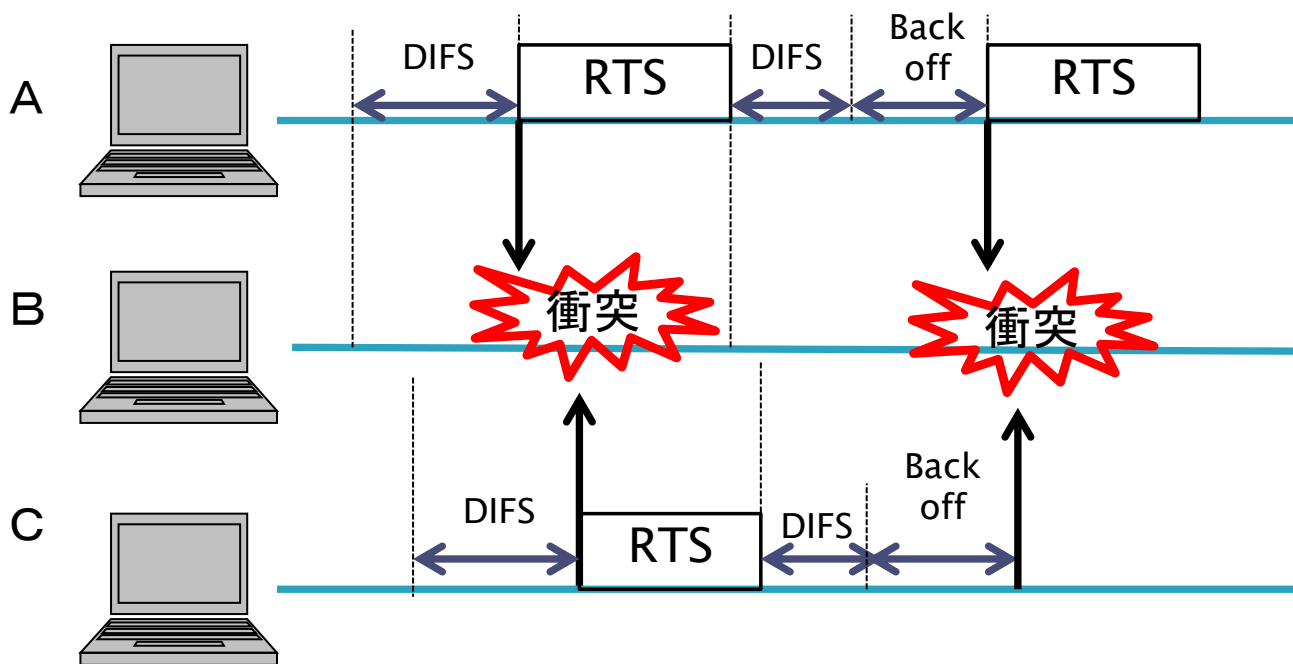
既存技術(2)

- ▶ Δt の値について
 - Δt の値は以下の要素からなっている
 - 送受信間の遅延 ($2\mu\text{s}$)
 - PLCPによる遅延($2\mu\text{s}$)
 - 伝搬時間($1\mu\text{s}$)
 - 送受信間往復時間($2\mu\text{s}$)
 - MACの処理時間($2\mu\text{s}$)
 - IEEE802.11gの規定
 - $\Delta t: 9.0\mu\text{s}$



既存技術(2)の課題

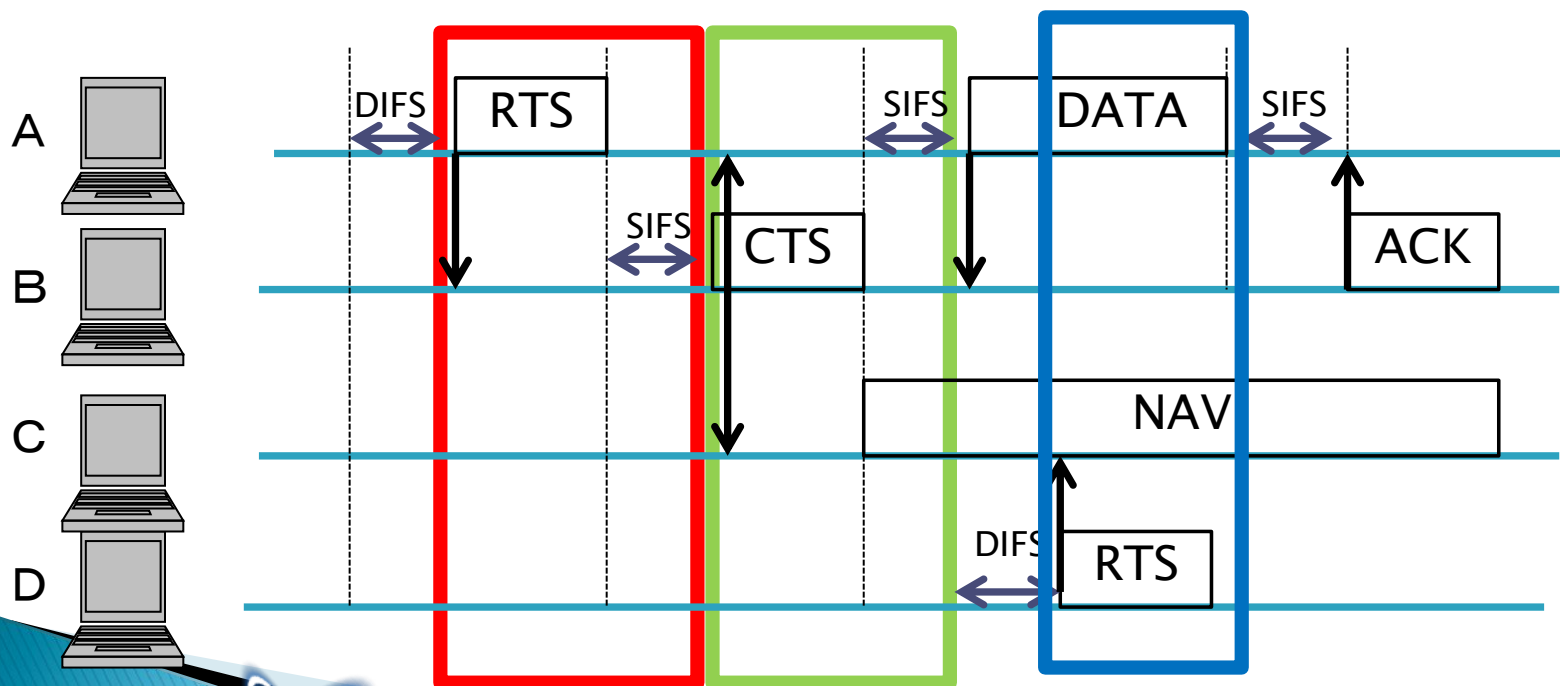
- ▶ 既存方式では待機時間に無駄がある
- ▶ バックオフ時間が重なり再度衝突する可能性がある



既存技術の課題に対する対応(1)

▶ SBT(Strong Busy Tone)の使用

- 各端末がRTSおよびCTSを送信するときに、電波強度を拡大したSBTを同時に送信することにより遠隔端末を制御する
 - RTSは通常の通信範囲の3倍、CTSは2倍



既存技術の課題に対する対応(2)

▶ バックオフアルゴリズムの修正

- Δt の値を最適化することによりスループットが向上する
 - Δt の値
 - 送受信間の遅延 ($2\mu\text{s}$)
 - PLCPによる遅延($2\mu\text{s}$)
 - MACの処理時間($2\mu\text{s}$)
 - 伝搬時間($1\mu\text{s}$)
 - 送受信間往復時間($2\mu\text{s}$)
 - 青枠はSBTを使用することにより必要ない
 - SBTはパケットではなく情報を含まないため
 - このことより Δt の値は伝搬時間と送受信間往復時間のみでよい

既存技術の課題に対する対応(2)

▶ 伝搬時間について

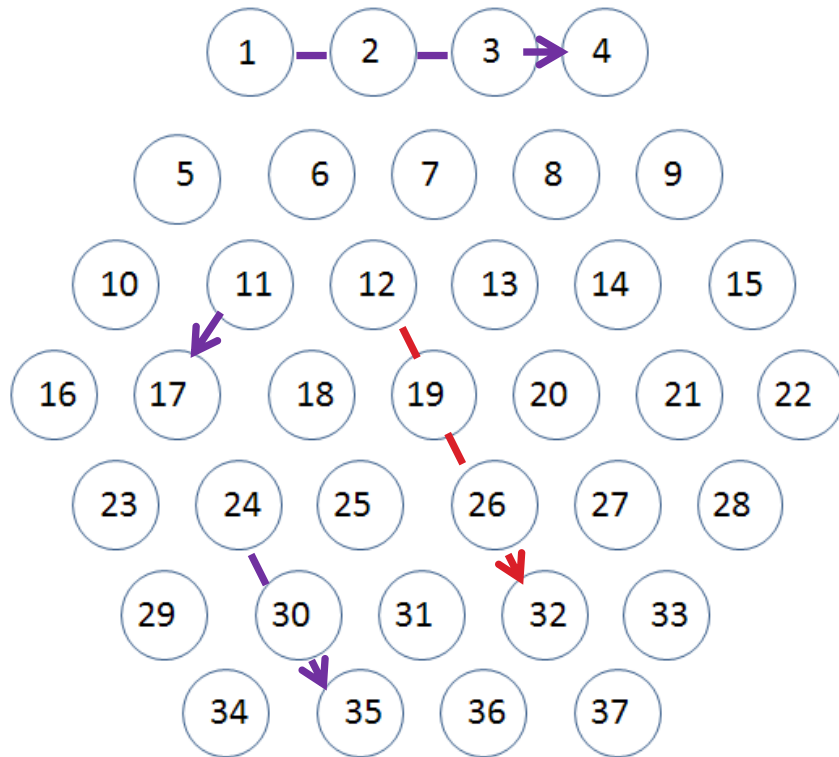
- SBTの伝搬時間は、電波到達距離を100mとすると約 $0.3\mu\text{s}$ で到達するため3ホップ先の端末まで届けばいいので $0.9\mu\text{s}$ となるが余裕を持って $1.0\mu\text{s}$ とする

▶ 送受信間往復時間について

- 端末の送信および受信状態のスイッチに用いる時間
 - 端末の受信および送信状態を変更するための時間
 - 端末の電源を入れるための時間
 - 端末がPLCPを利用するかどうかを判断する時間
 - 物理的情報を発行するための時間
 - 上記の4要素からなり、実装側に依存するので変更がなく $2.0\mu\text{s}$

▶ Δt の値は以上から $3.0\mu\text{s}$ とすることが出来る

ns-2によるシミュレーション



ネットワーク構成

- 送信端末:12
- 宛先端末:32
- 背景負荷:12と32以外

試行回数	5回
アドホックネットワーク	
台数	37台
電波到達範囲	100m
端末間距離	90m
測定端末	
台数	2台
トランスポートプロトコル	TCP
背景負荷端末	
トランスポートプロトコル	UDP

シミュレーション環境

- 開始から20秒は通信を行わない
- 20秒後にTCP通信を行う
- その後背景負荷端末が10秒毎にランダムに2つの端末間で通信が行われていく

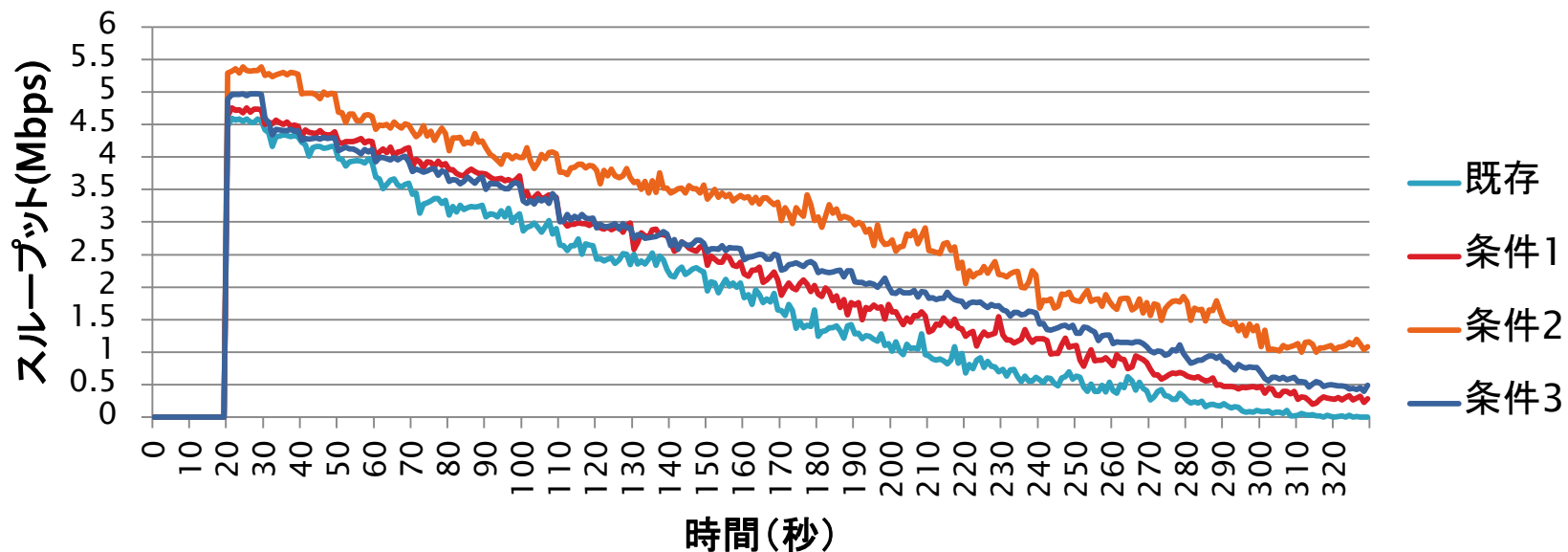
ns-2によるシミュレーション

▶ 測定環境

- 既存: RTS/CTS方式
- 条件1: SBTの使用
- 条件2: SBTと Δt の最適化
- 条件3: SBTと Δt の最適化とCWの値の変更
 - Δt の値を1/3にしたためCWの値を3倍にしている

	SBT	Δt (μs)	CWmin/CWmax
既存	無	9.0	15/1023
条件1	有	9.0	15/1023
条件2	有	3.0	15/1023
条件3	有	3.0	45/3069

シミュレーション結果



	SBT	Δt (μ s)	CWmin/CWmax
既存	無	9.0	15/1023
条件1	有	9.0	15/1023
条件2	有	3.0	15/1023
条件3	有	3.0	45/3069

	衝突回数
既存	135,113
条件1	13,213
条件2	12,735
条件3	6,049

まとめ

- ▶ 提案方式であるSBTの使用と Δt の値の最適化によりスループットの値を良くすることが出来る
- ▶ SBTの使用と Δt の値の最適化しCWの値を変更すると衝突回数は減らすことができる