

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修正の提案

080430011 伊藤智洋

渡邊研究室

1. はじめに

アドホックネットワークには、隠れ端末問題という不可避の問題が存在する。IEEE802.11では、隠れ端末問題の対策としてRTS(Request to Send)/CTS(Clear to Send)方式が標準規格として採用されているがパケットの衝突を完全に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)と呼ぶ特殊な制御信号を用い、さらにCSMA/CAのバックオフアルゴリズムを修正することにより衝突回数を減少させる方法について提案する。

2. RTS/CTS方式の課題

RTS/CTS方式の課題の例を図1に示す。ノードAが送信したRTSに対して、ノードBはCTSを送信して送信を許可する。ここで、RTS/CTSのやりとりの間に遠隔にあるノードDがRTSを送信すると、ノードBが送信したCTSと衝突する。ノードDはCTSの応答がないため、RTSを再送信する。一方、ノードAはノードBからのCTSを受信すると、ノードCで衝突が発生していることに気が付かずノードBに対してデータ送信を始める。ノードCはノードDからのRTSに反応してCTSを送信するため、ノードAのデータと衝突する。これにより、ノードAは再送信が必要となり、スループット低下の原因となる。

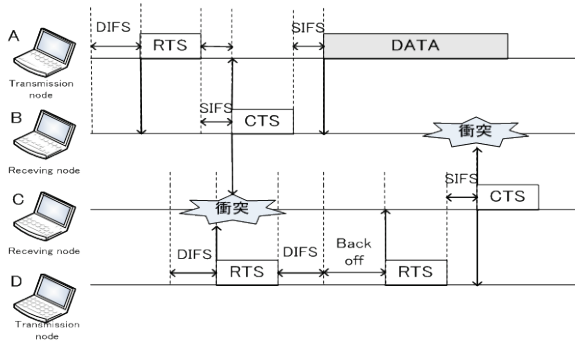


図1. RTS/CTS方式の課題

3. 提案方式

RTS/CTS方式の課題を解決するために、本稿では、ストロングビジートーン(以下 SBT) [1]を導入する。ビジートーンは単一の周波数の電波である。ビジートーンを受け取った端末はパケットの送信を控えることにより衝突を回避できる。

SBTでは、RTS送信時には通常の通信範囲の3倍、CTS送信時には2倍に拡大したものを送信する。各ノードはSBT受信時に新たな通信を開始することはできない。すでに送信中の場合はSBTを受信しても無視するものとす

る。SBTの動作を図2に示す。

この方法によりRTS/CTSの間にノードDは送信ができなくなり衝突を大幅に削減できる。

図2にあるように、ノードDがRTS送信時にノードAまでSBTが到達するがノードAは通信中であるためSBTを無視し通信を継続する。

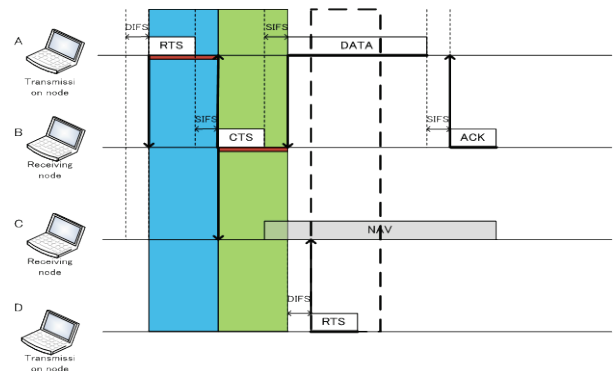


図2. SBTの動作

しかし、SBTにより衝突は軽減されるものの完全になくすことはできない。衝突時のバックオフ時間の演算で2台のノードが同一乱数を生成すると再度衝突を繰り返す。そこで、バックオフ時間におけるスロットタイム(以下 Δt)を修正することで衝突の軽減を図る。

バックオフ時間は、 Δt と乱数の乗算によって求められる。 Δt は802.11gにおいて $9.0 \mu s$ と設定されている。しかし、この値は有線で利用されるCSMA/CD規格をもとに定めた値であり無線通信には適していない。そこで、アドホックネットワークに適した Δt を定める。SBTは3ホップ先(300m)に到達するのに約 $0.9 \mu s$ かかるため、 Δt の値はこれより若干大きい $1.0 \mu s$ に設定する。これにより、乱数の上限値を決定するCW(Contention window)の値を相対的に大きくすることができ、同じ乱数の値が発生する確率を低下し衝突を削減することが可能となる。

4. むすび

SBTの適用およびバックオフ演算方法を修正することにより、衝突発生を軽減する手法を提案した。今後は、さまざまなSBTの応用を検討する予定である。

参考文献

[1] 後藤秀暢, 渡邊晃, “アドホックネットワークのスループットを向上するストロングビジートーンの提案”, 情報処理学会研究報告, Vol. 2011-MBL-057 Mar. 2011.

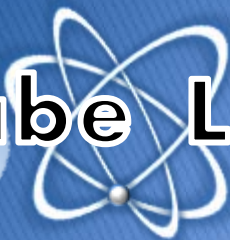


アドホックネットワークにおける ストロングビジートーンの導入と バックオフアルゴリズム修正の提案

名城大学 理工学部 情報工学科

080430011 伊藤智洋

Watanabe Lab.

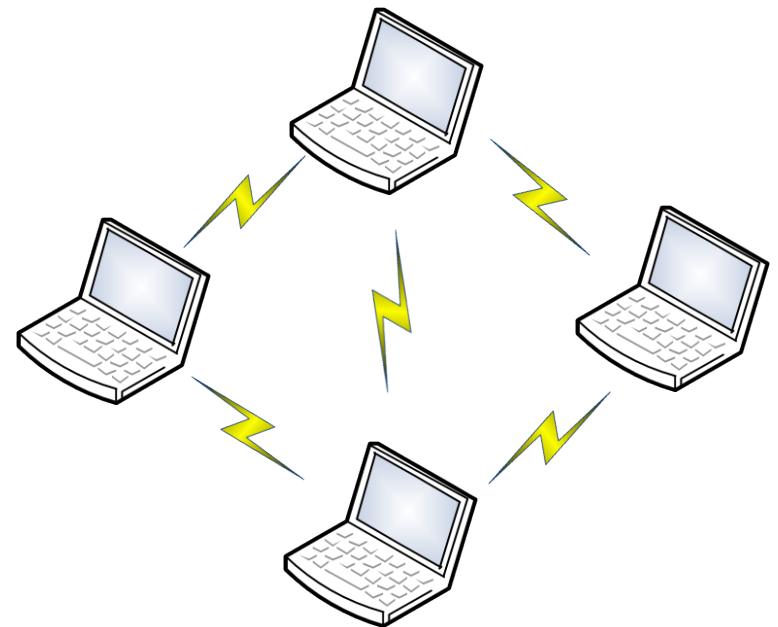


研究背景

- 現在ユビキタス社会に向け無線LAN技術の普及が急速に進んでいる
- 無線LANの形態
 - インフラストラクチャモード
⇒アクセスポイントを介して通信を行う
 - アドホックモード
⇒アクセスポイントの介在なしに相互に接続して通信を行う

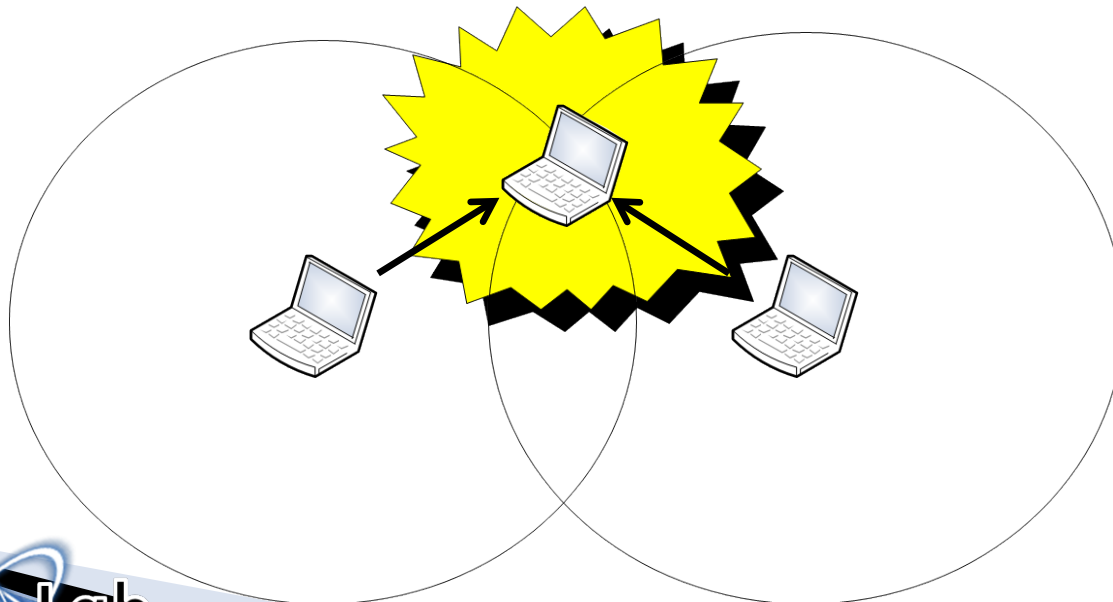
アドホックネットワーク

- アドホックネットワーク
 - 多数の端末をアクセスポイントの介在なく相互に接続する形態を取っている
 - インフラを必要とせず簡易なネットワーク構築手段として有効である
 - ⇒ 災害地の通信網復旧など



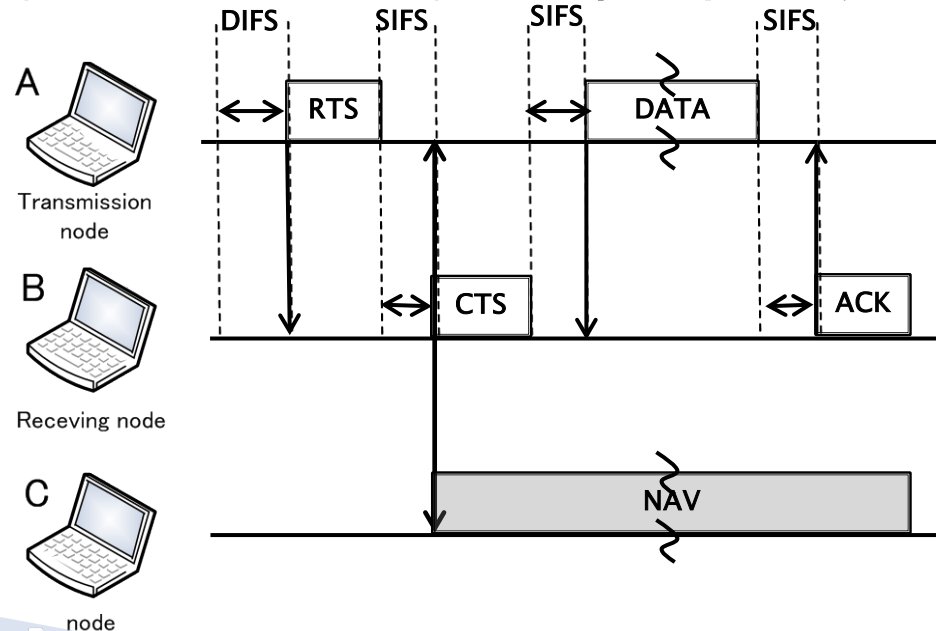
隠れ端末問題

- 隠れ端末問題
 - 無線LAN環境では互いに認識していない端末の行動は分からない
 - ⇒ 同じ対象に同時に通信を行う可能性がある
- 隠れ端末問題を解決するための2つの方式を提案する

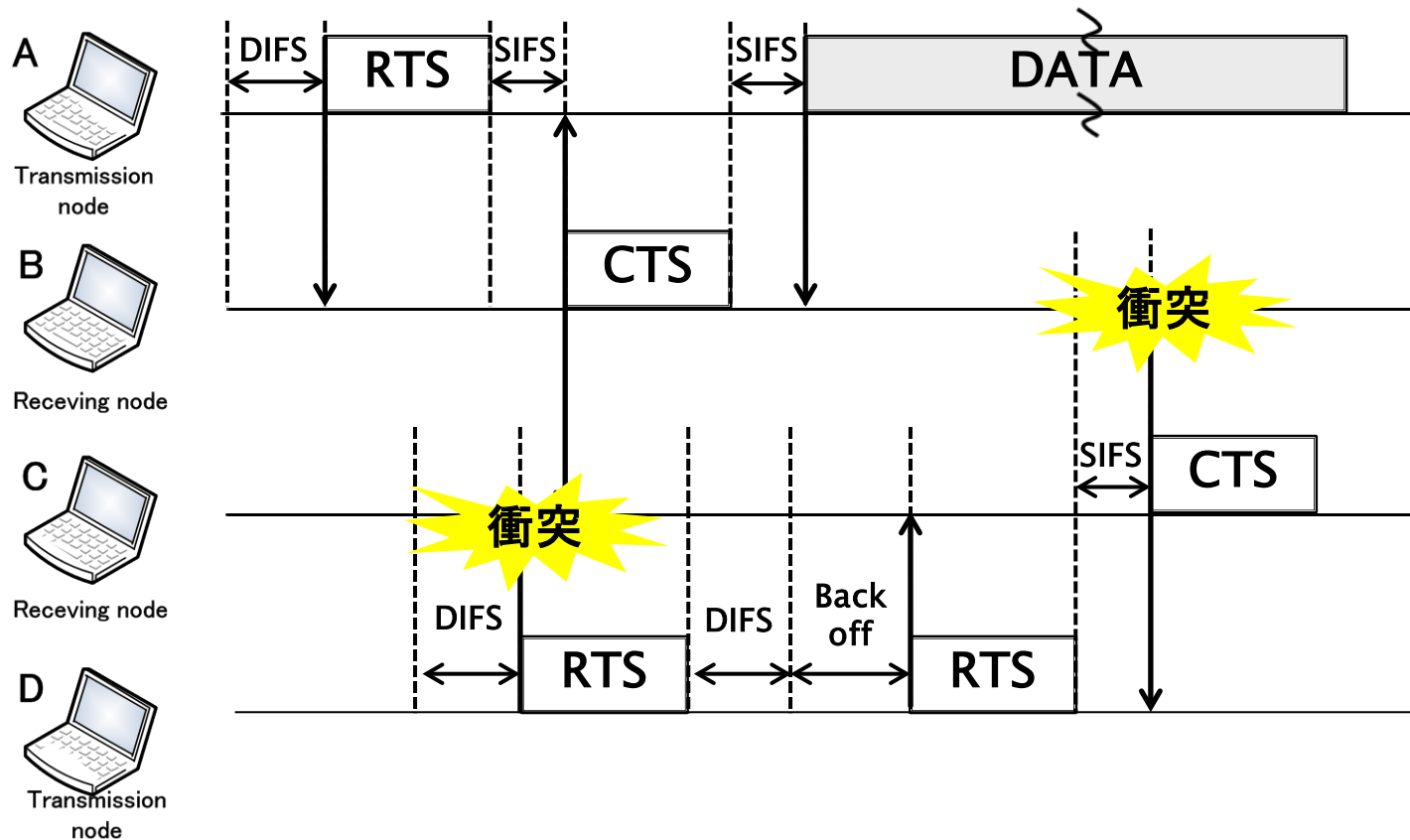


RTS/CTS方式

- IEEE802.11ではRTS/CTS方式による送信予約によって隠れ端末問題を解決している
- RTS(Request to Send)は送信予約、CTS(Clear to Send)は予約完了を表す
- 端末Aと端末Cは隠れ端末の関係にある



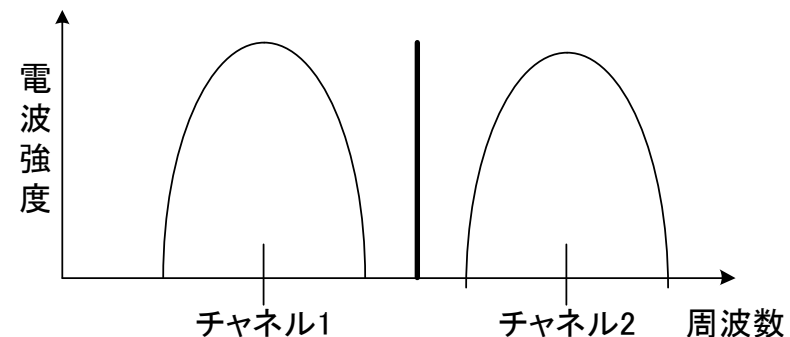
RTS/CTS方式の課題



- RTS/CTS自体がパケットであるため衝突が発生

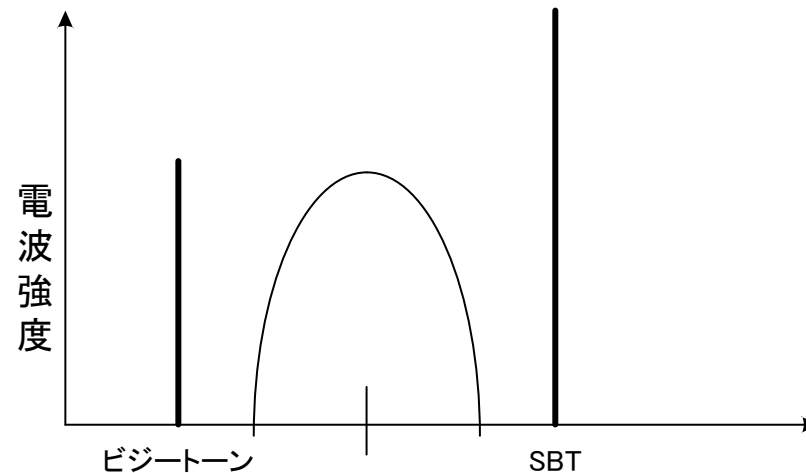
ビジートーン

- RTS/CTS方式の課題を解決するために、本稿ではビジートーンを用いた方式を提案する
- ビジートーンとは
 - 単一の周波数の電波
 - 送信ノードが通信中であることを周囲に伝える制御信号
 - 小さな送信電力でも広範囲に受信可能⇒ 電力消費が小さい

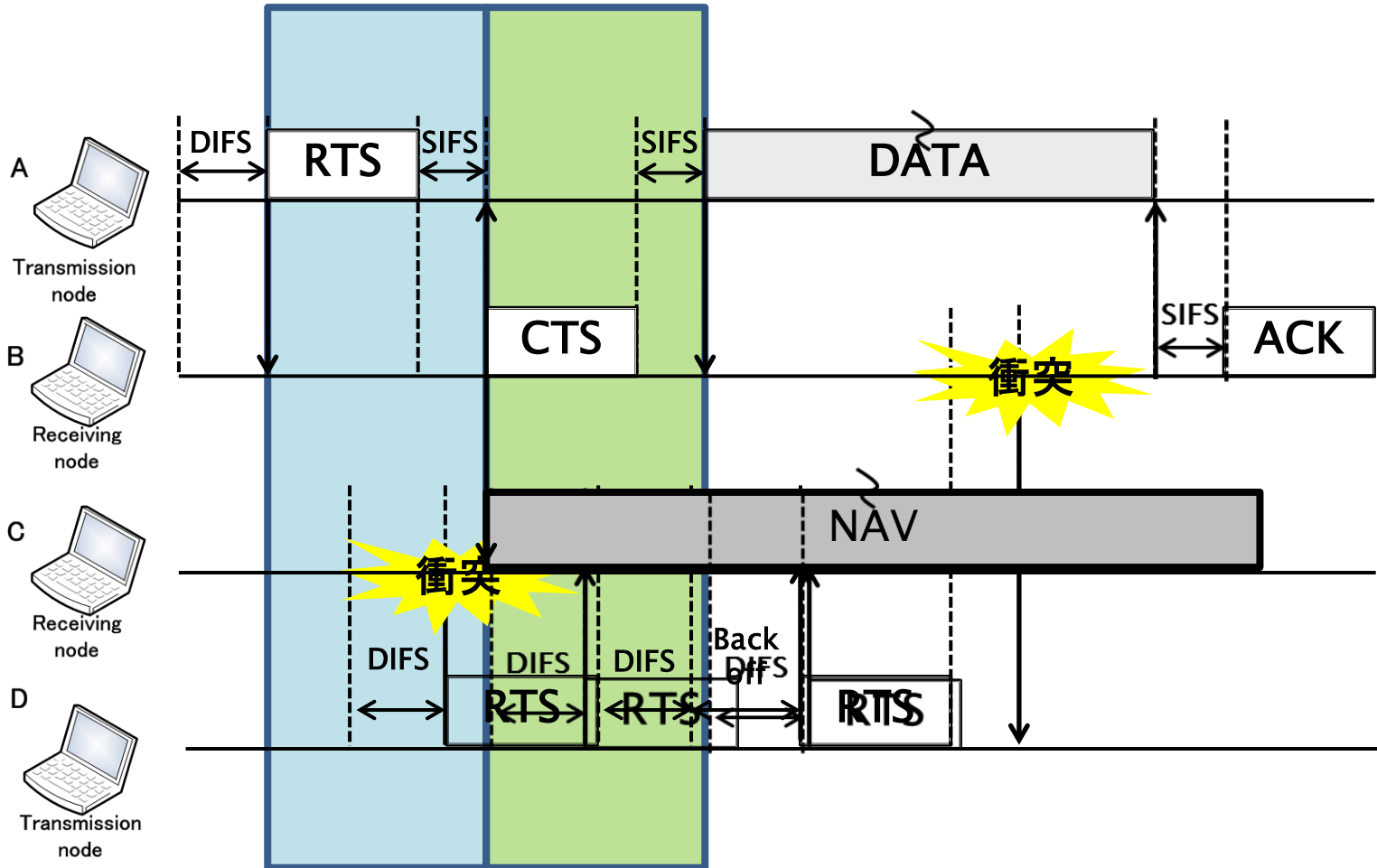


SBT(Strong Busy Tone)の導入

- SBTとは
 - ビジートンの電波到達範囲を拡大させ広範囲の端末を制御する
 - SBTを受信した端末は通信ができない
 - 通信中にSBTを受信しても無視し通信を継続



SBTの動作



バックオフアルゴリズム修正

- 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 = 乱数 × スロットタイム(Δt)
- 乱数の演算で同じ乱数が発生すると衝突する
⇒ SBTを適用しても防ぐことはできない



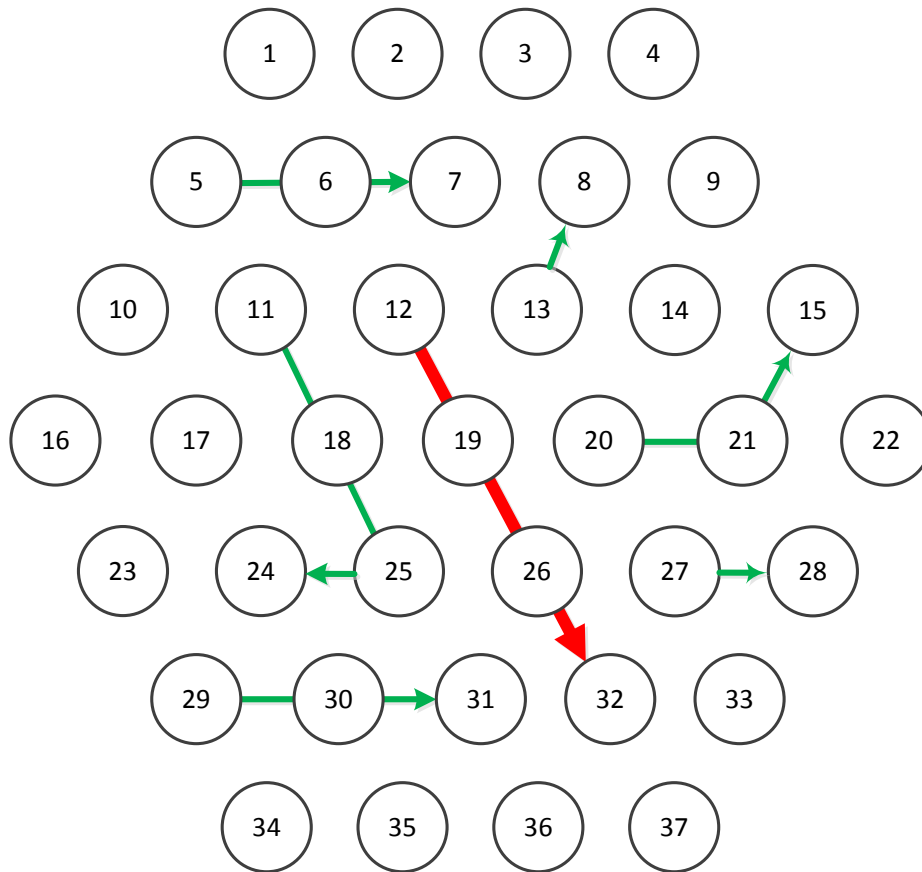
バックオフアルゴリズムの修正

- IEEE802.11gの規定
 - Δt の値は $9.0\mu\text{s}$ 、乱数の範囲は最少で15、最大で1023となっている
 - ⇒ 有線の規格であるCSMA/CDと同じくキャリアの往復の時間で演算されている
- 無線通信においては Δt の値が長い
 - キャリアの往復の時間は衝突を検知するため
 - 無線通信では衝突を検知できない
 - ⇒ 無線通信ではキャリアが端末に到達する時間でよい

バックオフアルゴリズムの修正

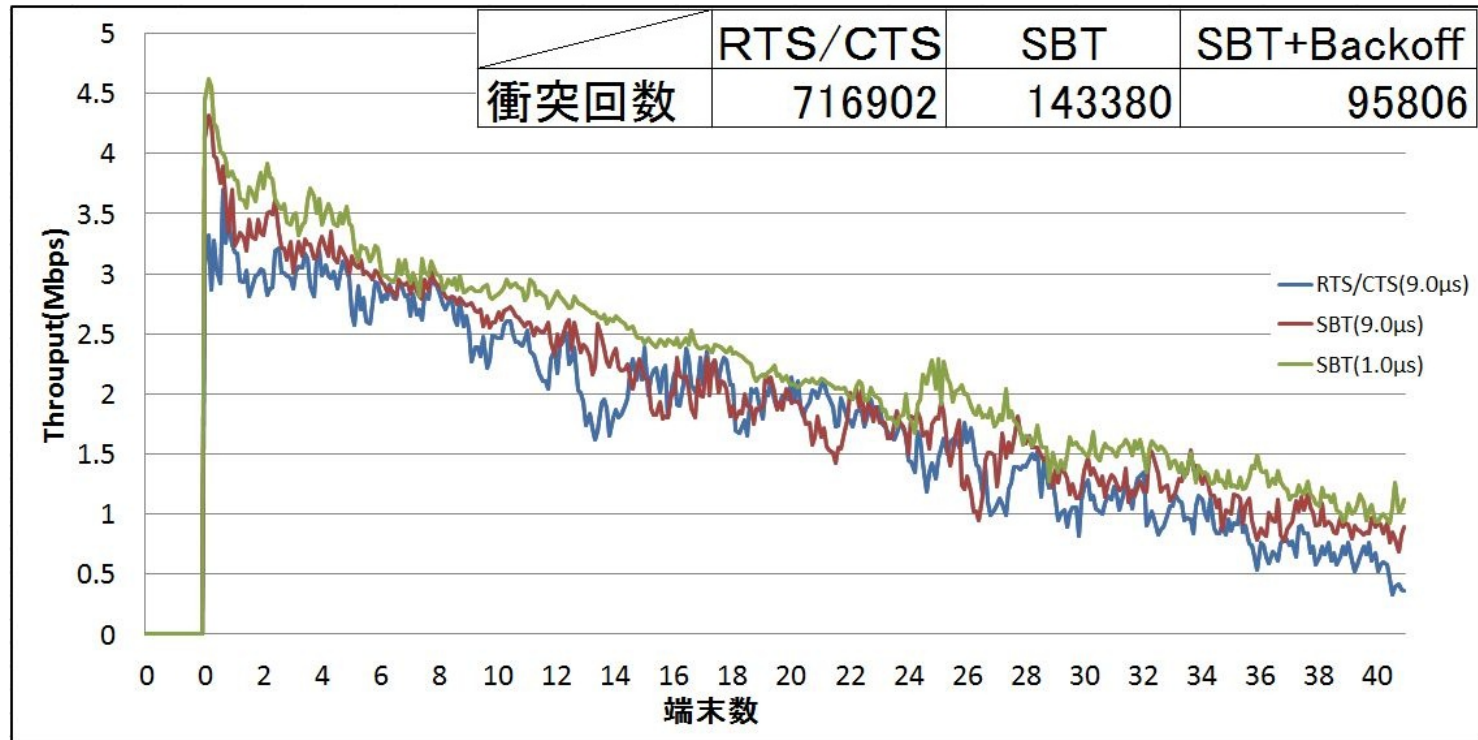
- Δt の値をSBTが3ホップ先の端末まで到達する時間に設定する
- SBTは3ホップ先のノードに届く時間は最長で $0.9\mu\text{s}$ である
⇒ Δt を $1.0\mu\text{s}$ と設定することができる
- バックオフ時間 = (乱数 $\times 9$) \times ($\Delta t \times 1/9$)
⇒ 同じ待機時間でも衝突確率を軽減できる

ns-2によるシミュレーション



試行回数	20回
アドホックネットワーク	
台数	37台
電波到達範囲	100(m)
SBT3電波到達範囲	300(m)
SBT2電波到達範囲	200(m)
端末間距離	90(m)
計測時間	430(s)
802.11g	
無線帯域	54(Mbps)
スループット測定端末	
台数	2台
トランスポートプロトコル	TCP
パケットサイズ	1000(Byte)
背景負荷発生端末	
台数	2~80台
トランスポートプロトコル	UDP
パケットサイズ	200(Byte)
パケット発生率	0.064(Mbps)

シミュレーション結果



- 提案方式では既存方式の約2～3倍のスループットを記録している
- 提案方式では衝突回数が大幅に減少している

むすび

- SBTの導入とバックオフ時間修正により衝突発生を大幅に削減するアルゴリズムの方式を提案した
- 提案方式の有用性の証明
 - 衝突回数の軽減
 - スループットの向上
- 今後の課題
 - SBTのみによる制御方式の検討



おまけ

キャリアセンス

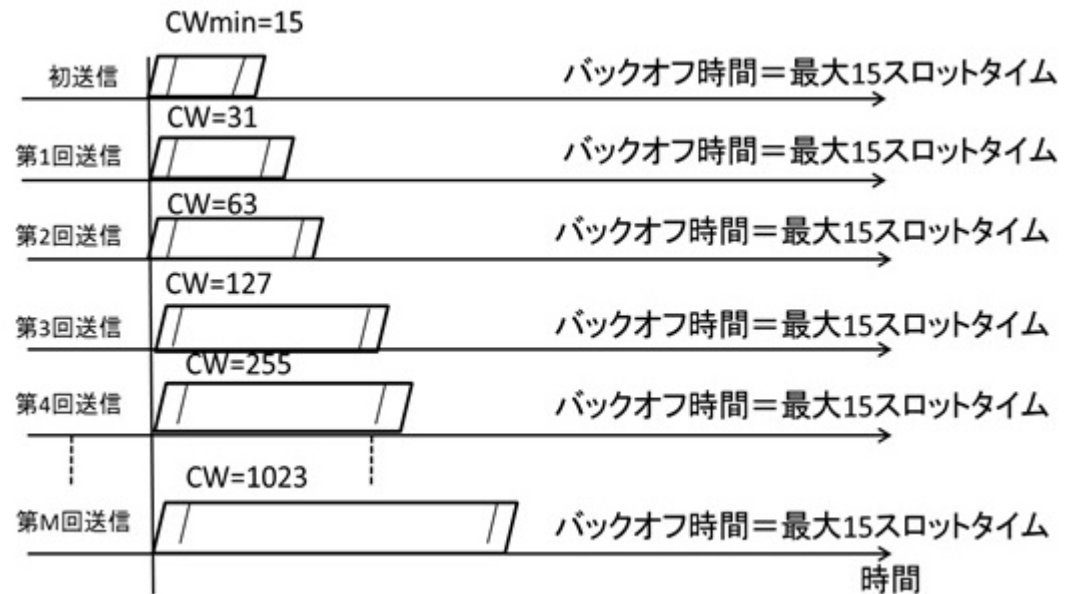
- 各端末は通信開始時にキャリアセンスを行う
⇒ 一定以上の電波を検知した場合通信を控える
- キャリアセンスにおいてビジートーンを検知する
⇒ 受信に関して端末の改造は不要

バックオフアルゴリズム

- ▶ バックオフアルゴリズムにおいて、乱数は以下の様に CWmin から始まり Cwmax になるまで

$$(CWmin + 1) \times 2^n - 1$$

上記の式の指数関数で CW の範囲内からランダムに選択される。



バックオフアルゴリズム修正

- SBTを導入することにより、大幅に衝突回数を削減することができる。しかし、完全に衝突を防ぐことはできない。
- バックオフ時間の演算において2台のノードが同一乱数を生成すると再度衝突を繰り返してしまう。
→バックオフ時間におけるアルゴリズムを修正することで再送時のパケット衝突を軽減する

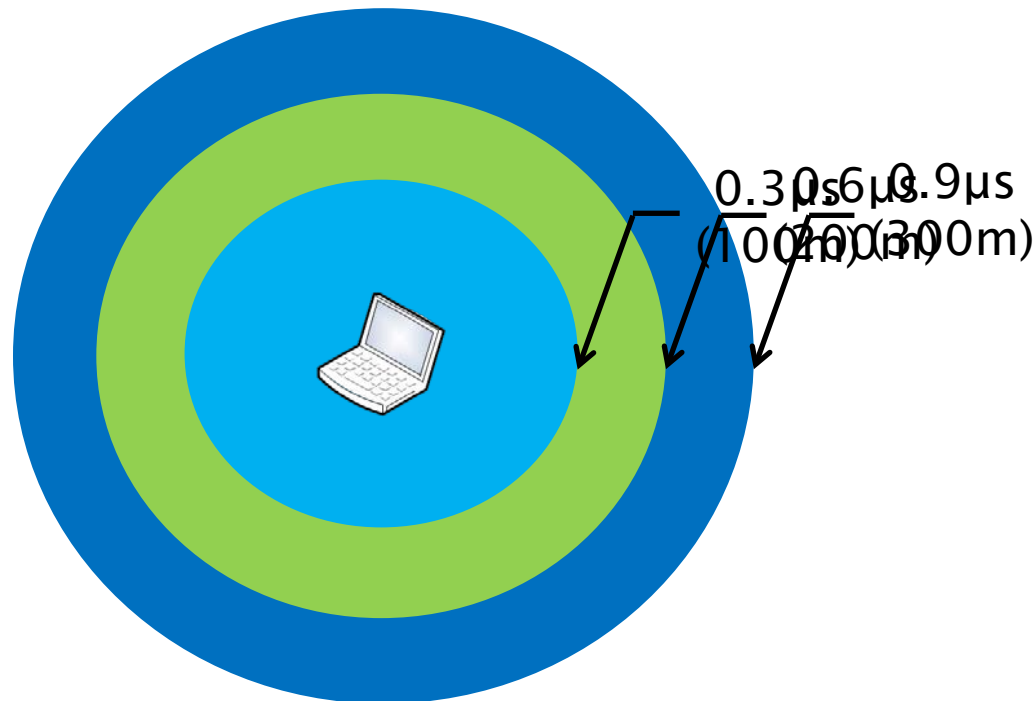


ガードバンド

- SBTは通常の周波数帯ではなくガードバンドを使用
- ガードバンドとは
 - 2つの通信チャンネルの間にある未使用周波数帯
 - ⇒ 11b/gは周波数帯が被っており双方の未使用周波数帯を確認する必要がある
 - ⇒ 11aでは周波数帯が整備されているので問題はない

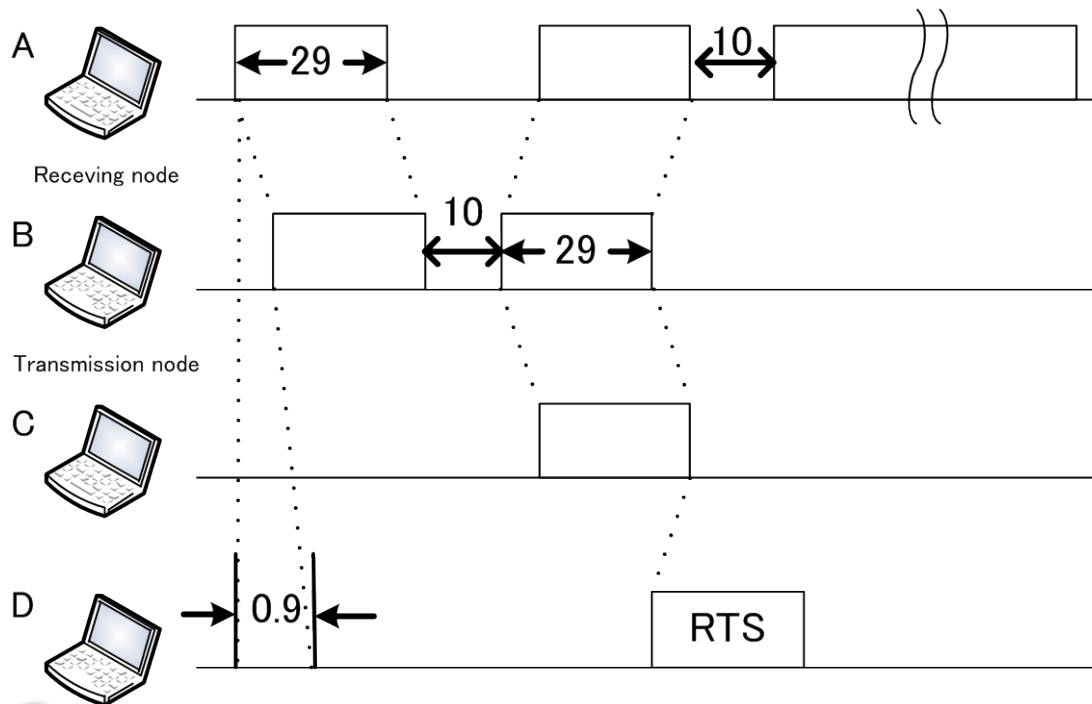
SBTの到達速度

- SBTは速度は c (光速)なので100m(通常の通信範囲)先の端末への到達速度は約 $0.3\mu\text{s}$
→ 3ホップ先の端末への到達速度は約 $0.9\mu\text{s}$ である



SBT使用時における衝突

- SBTを使用しても3ホップ先の端末を制御するためには $0.9\mu\text{s}$ かかる
- $0.9\mu\text{s}$ 以内にRTSが送信された場合衝突する。

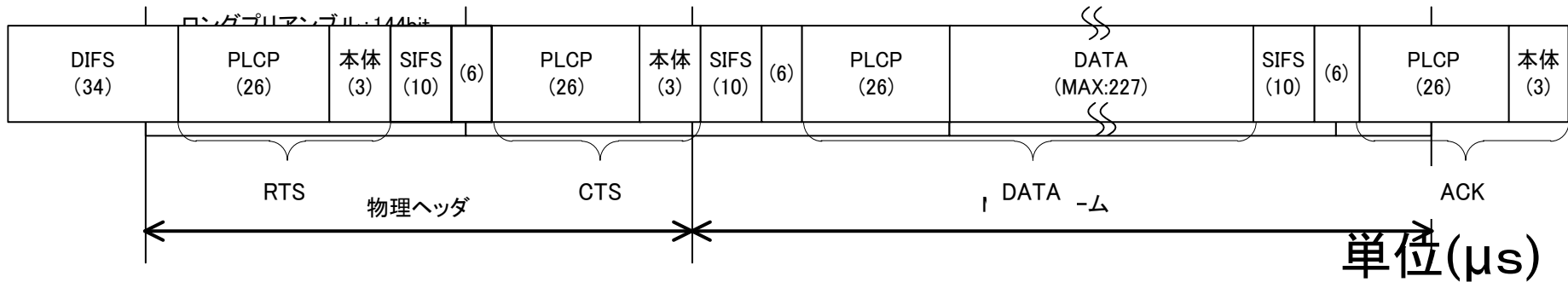


各シーケンスの時間

- RTS/CTS方式を用いた際の各シーケンスにおける時間

IEEE802.11g		時間 (μ s)
DIFS		34
Backoff		135~9207
RTS	PLCP	26
	本体	3
SIFS		10
CTS	PLCP	26
	本体	3
DATA	PLCP	26
	本体 (MAX)	227
ACK	PLCP	26
	本体	3

プリアンブル(PLCP)



● PLCP

- 受信信号の同期や伝送速度などデータ通信速度識別に用いる情報が記載されている
- 全ての端末が受信できるように最低速度で送信される