

# ストロングビジートーンを用いたアドホックネットワークにおけるメディアアクセス方式の提案

070428334 森一養  
渡邊研究室

## 1. はじめに

アドホックネットワークには、本質的に避けられない問題として「隠れ端末問題」が存在する。「隠れ端末問題」への対策として IEEE802.11 標準規格では RTS (Request to Send) /CTS (Clear to Send) 方式が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)[1]と呼ぶ特殊な制御信号を用いることにより、この課題を解決する方法を提案する。

## 2. RTS/CTS 方式とその課題

RTS/CTS 方式では、シーケンス実行時に遠隔端末が同様のシーケンスを開始すると衝突を検出できないままシーケンスを継続してしまう可能性が高いという課題がある。RTS/CTS 方式の課題の例を図 1 に示す。端末 A が送信した RTS フレームに対して、端末 B は CTS フレームを返信して送信を許可する。ここで、RTS/CTS のやりとりの間に端末 D が RTS フレームを送信すると、端末 B が送信した CTS フレームと衝突が発生する。端末 D は CTS の応答がないため、RTS フレームを再送信する。一方、端末 A は端末 B からの CTS フレームを受信すると、端末 C で衝突が発生していることに気付かずして端末 B に対して DATA 送信を始める。端末 C は端末 D からの RTS フレームに応答して CTS フレームを送信するため、端末 A の DATA と衝突が発生する。これにより、端末 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。

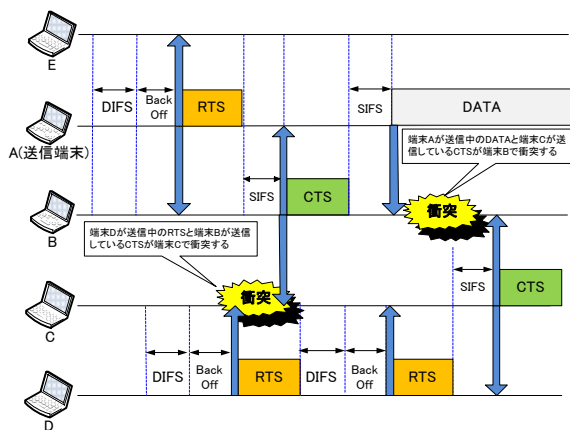


図 1 RTS/CTS 方式の課題例

## 3. 提案方式

本論文ではパケット送信時に DATA 送信と同時にストロングビジートーン(SBT)と呼ぶ到達範囲を拡大したビジートーンを送信する。ビジートーンとは単一周波数の制御信号で、ビジートーンを検知した端末は

その間パケットを送信することができない。提案方式の動作を図 2 に示す。端末 A が DIFS 時間とバックオフ時間後 DATA を端末 B に送ると同時に SBT を 3 倍の距離まで送信する。SBT は周囲端末に端末 A が送信中であることをいち早く伝えることができる。SBT を導入することにより遠隔端末の送信が抑えられるため衝突を大幅に減らすことができる。本提案方式では RTS/CTS シーケンスは不要である。

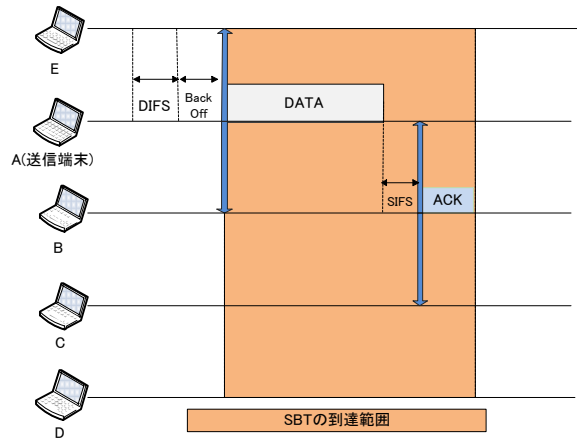


図 2 提案方式の動作(ユニキャスト通信)

## 4. SBT の有効性の予測

1 ホップ先の端末までの距離を 100m とすると、SBT が届くのにかかる時間は  $0.3 \mu$  秒である。一方、802.11g では RTS の送信に  $207 \mu$  秒かかる事から、有効性として次のような予測がたてられる。SBT が 3 ホップ先まで飛ぶ時間と RTS でかかる時間と比較すると、約 230 倍違うことからパケット衝突確率は  $1/230$  に低減できると考えられる。また、SBT の送信範囲内にある端末数を  $N$  個とするとさらに衝突確率が  $1/N$  に減少する。よって衝突回数は  $1/230 * N$  に減少すると予測される。さらに RTS/CTS が不要であるため、無駄なオーバーヘッドを大幅に減らすことができる。

## 5. むすび

SBT を用いることにより、RTS/CTS を行わずにアドホックネットワークの隠れ端末問題を解決できる方法を提案した。今後は提案方式を ns-2(Network Simulator 2)に実装して評価していく予定である。

## 参考文献

[1] 後藤秀暢, 伊藤将志, 渡邊晃: アドホックネットワークの packet 衝突によるスループットの低下を防ぐ方式の検討 (DICOM2009) シンポジウム論文集, vol.2009, No.1, pp593-597, Jul2009



# ストロングビジートーンを用いたアドホックネットワークにおけるメディアアクセス方式の提案

渡邊研究室  
070428334 森一養

Watanabe Lab. ~be Lab.

# 研究背景

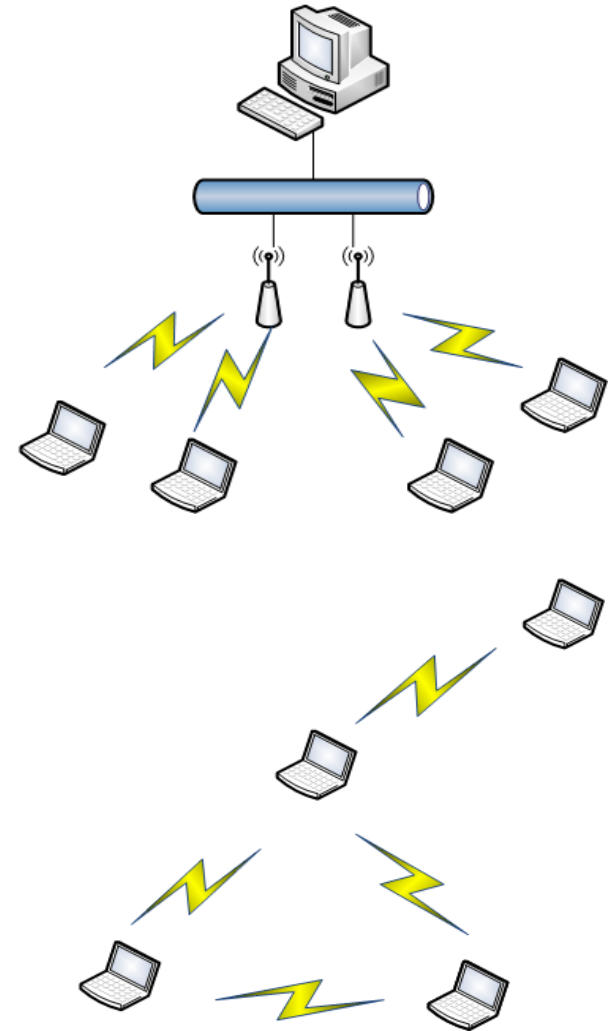
- 無線LAN(Local Area Network)
- 現在端末の場所に関係なく通信を行える利便性から広く普及し一般的になってきている
- 公衆エリアでのホットスポット
  
- 無線LANの利点
- 配線工事が不要
- 端末の設置が容易に行える
- 迅速なLANの構築が可能

# 無線LANのネットワーク

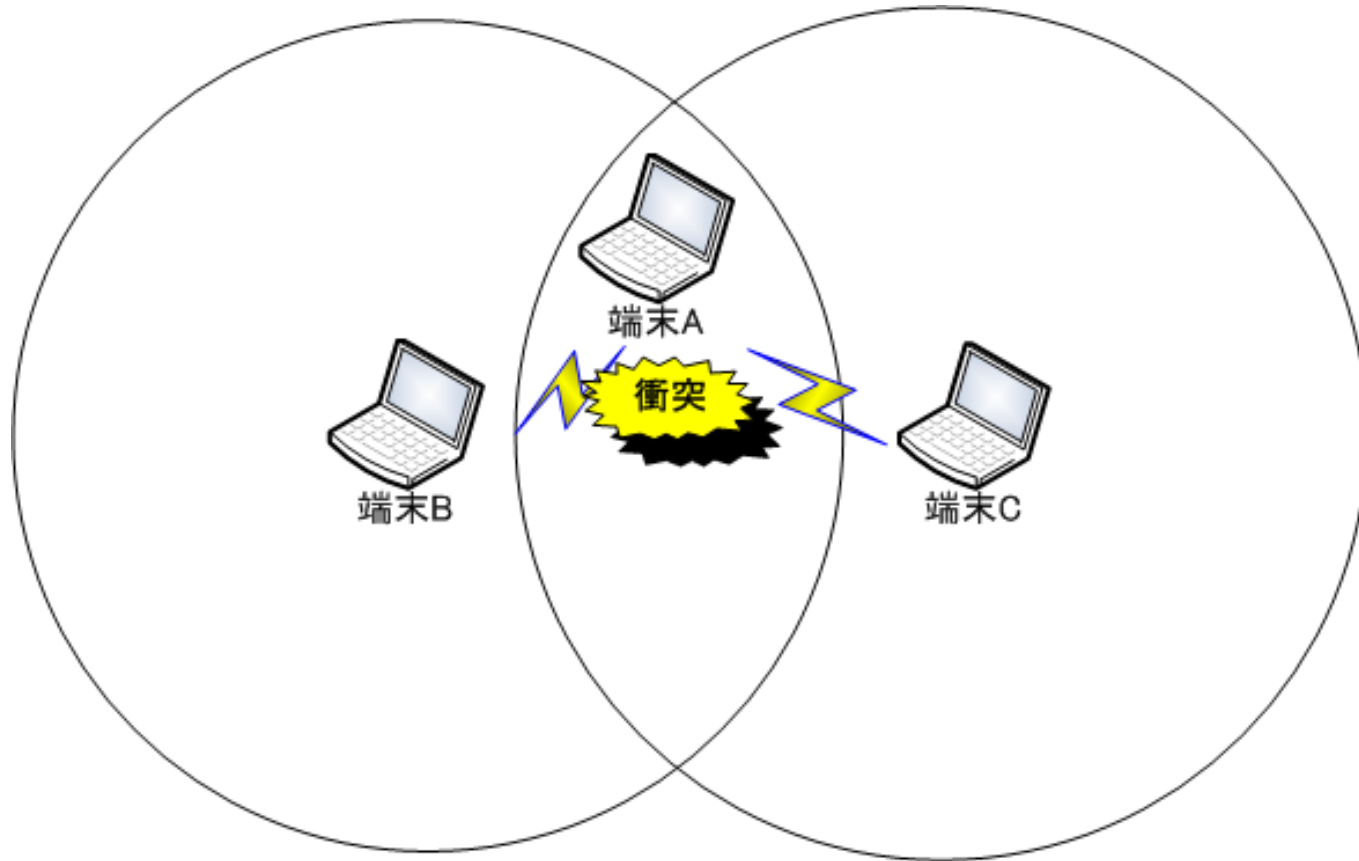
- インフラストラクチャモード
  - アクセスポイント間は有線
  - アクセスポイントと端末間は無線
- アドホックネットワーク
  - 無線端末間同士でアクセスする
  - 直接届かない場合は端末間を経由する

## 欠点

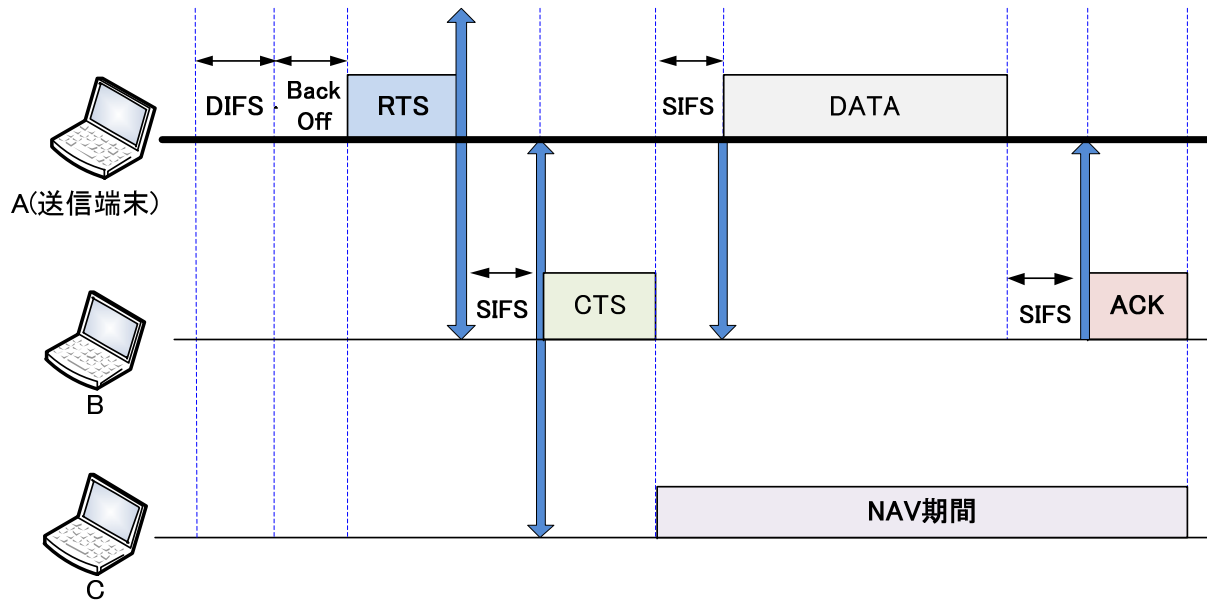
- パケット衝突により伝送効率が悪くなる



# アドホックネットワークの課題 (隠れ端末問題)



# RTS/CTS方式



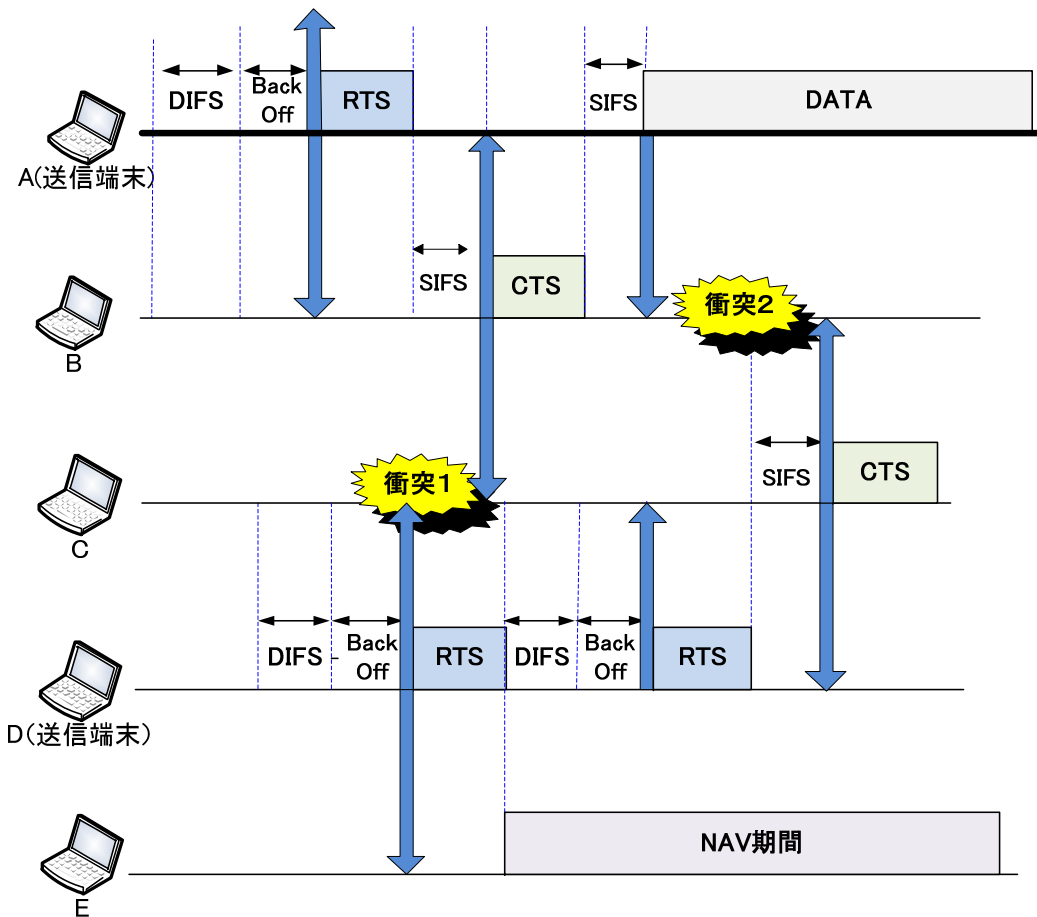
RTS (Request to Send): 送信要求

CTS (Clear to Send): 受信準備完了

NAV期間: 送信禁止期間

- 隠れ端末問題解決するためにIEEE802.11ではRTS/CTS方式による送信予約によりこの課題を解決している
- 隠れ末端端問題を回避するために受信端末に隣接する全ての端末にチャンネルが使用中である事を知らせるが、RTS/CTS方式ではすべての衝突を防ぐことはできない

# RTS/CTSの課題(衝突例)



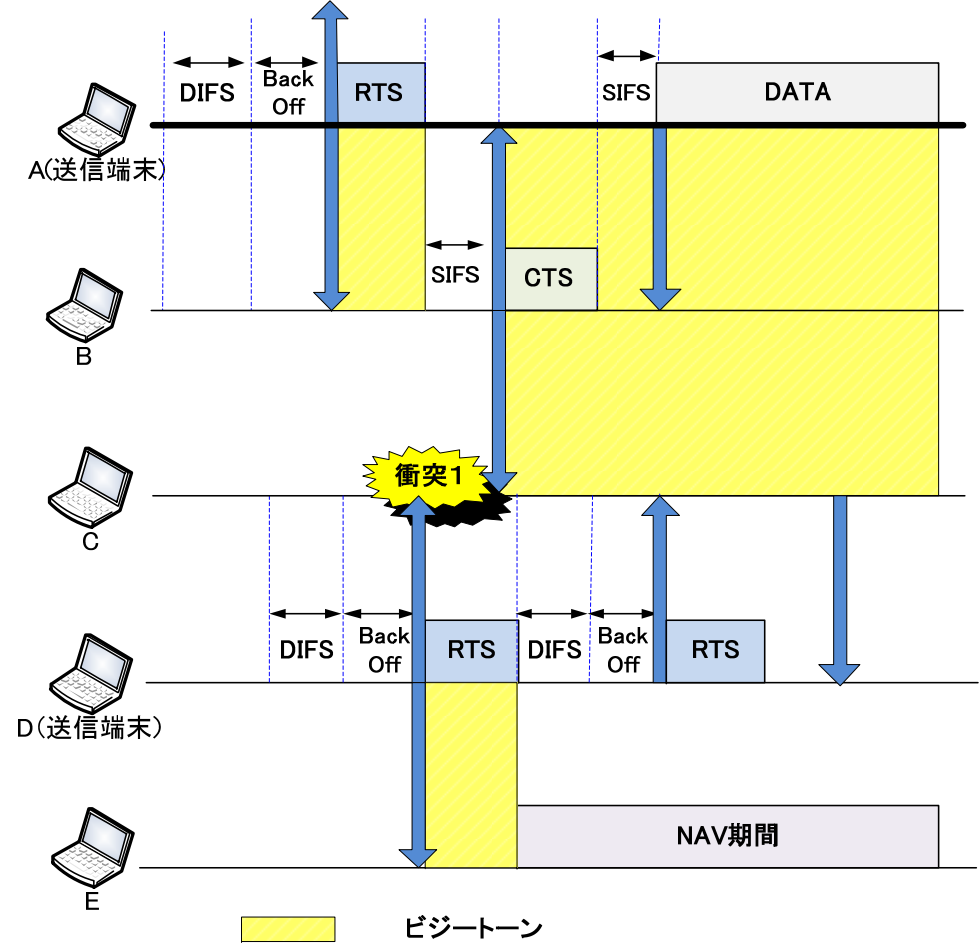
RTSとCTSの衝突(衝突1)    DATAとCTSの衝突(衝突2)

# ビジートーン(BT)とは

- RTS/CTS方式の課題を解決するために、ビジートーンを用いたMACプロトコルが提案されている
- ビジートーンとは単一の周波数である
- ビジートーンを検知した端末はパケットの送信を控える
- ビジートーンの電力消費は単一周波数であるため小さい



# ビジートーン(BT)を用いた既存技術

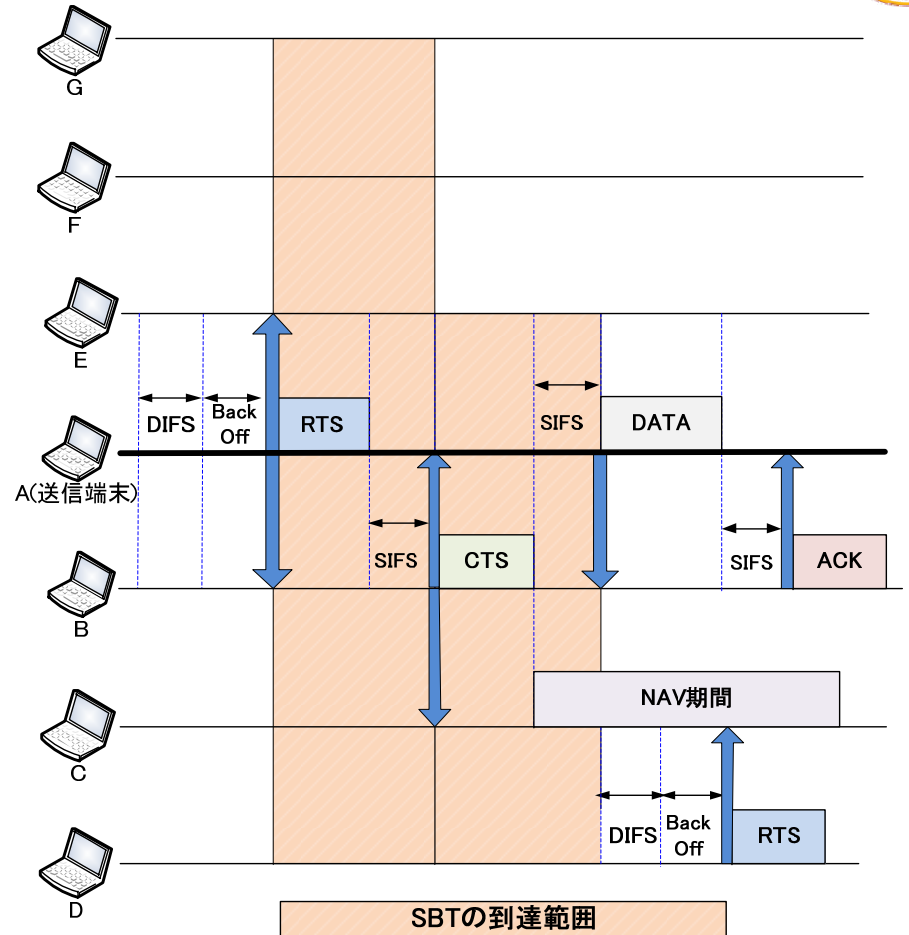


- RTS送信と同時にRTS送信完了までとCTS送信と同時にDATA送信完了までビジートーンを発生させる

Masaki Bandai, Iwao Sasase, Performance Analysis of a Medium Access Control Protocol with Busy Tones in Wireless Ad Hoc Networks, IEICE technical report. Communication systems 101(54)pp.7-12(2001)

# ストロングビジートーン(SBT)

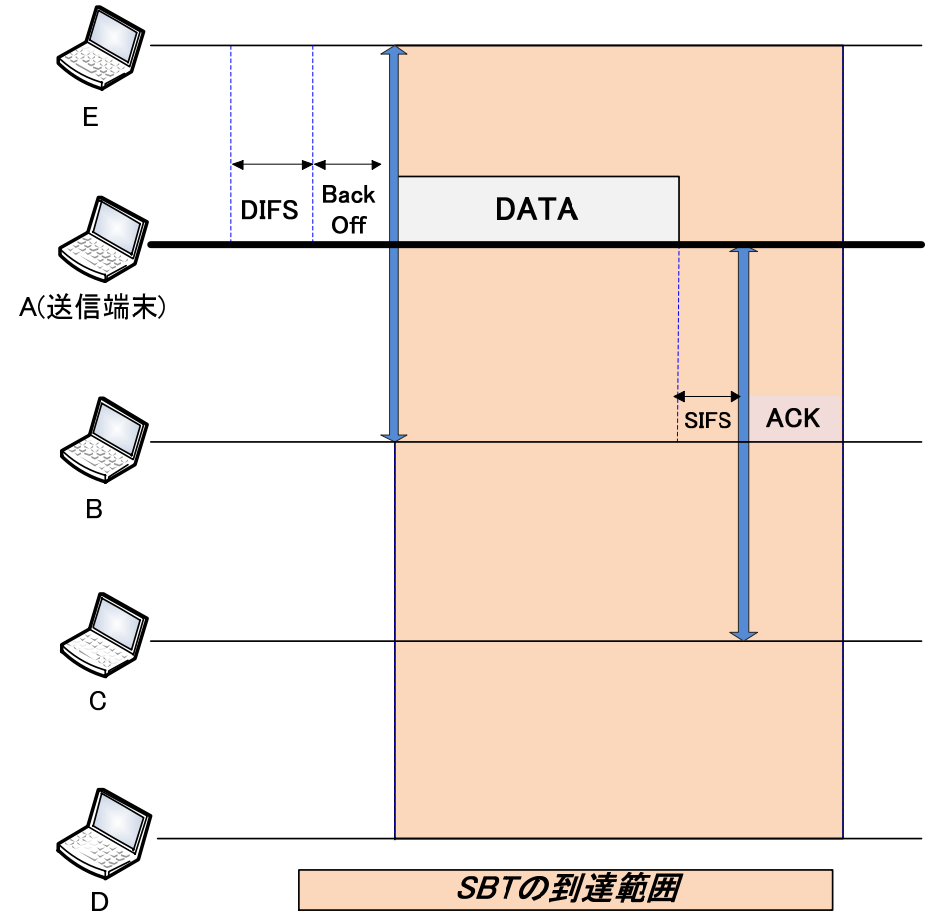
- 電波到達範囲を拡大させたビジートーンを発生させこれにより周辺端末を制御しパケット衝突を防止するシステム
- このシステムで使用するビジートーンをSBT(Strong Busy Tone)とする
- SBTはRTS又はCTSの送信時に発生させ、RTS又はCTSの送信が完了し、SIFS時間経過後に停止させる
- 使用するSBTの周波数は1つのみ
- SBTの電波到達範囲
  - RTS送信時は3倍まで拡大
  - CTS送信時は2倍まで拡大



後藤秀暢, 伊藤将志, 渡邊晃: アドホックネットワークのパケット衝突によるスループットの低下を防ぐ方式の検討 (DICOMO2009) シンポジウム論文集, vol.2009, No.1, pp593-597, Jul2009

# 提案方式

- DATA送信と同時にSBT(Strong Busy Tone)と呼ぶ単一周波数の信号を広範囲に送信する
  - ACK終了時までとする
  - 送信範囲は3hop先までとする
- SBTにより周辺端末に送信中であることをいち早く伝える事により衝突を大幅に減らす事ができる
- RTS/CTSは不要
- SBTを発生させている範囲にある端末は送信活動はできない



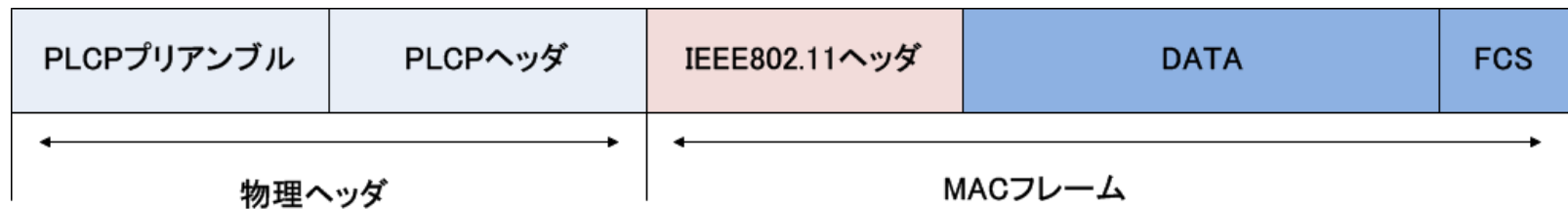
ユニキャスト通信

SBTが1hop先に届くまでの時間:  $0.3 \mu$  秒

# PLCP

## PLCPプリアンブル、PLCPヘッダ

- ▶ プリアンブル部分: 受信信号の同期を取るのに必要
- ▶ ヘッダ部分: 伝送速度、パケットの長さの情報が記載されており本体のデータ通信速度識別する
- ▶ すべての端末が受信できるように最低速度で送信する
- ▶ RTS/CTS自体はパケットサイズは短いですがPLCP部分が長いいためスループット低下の原因になる





# SBTの有効性の予測

- ▶ SBTにより周辺端末を送信制御することによりRTS/CTSが不要  
→無駄なシーケンスを減らすことができる

1hop先の端末を制御するのにかかる時間

- SBT:  $0.3\mu\text{秒}$     RTS:  $29\mu\text{秒}$
- 約  $1/\{29/(0.3*3)\}$  倍パケット衝突する確率が大幅に減少すると考えられる
- SBTの送信範囲にある端末数をN個とするとさらに  $1/N$  倍確率が減少
- $1/32*N$  倍に減少

IEEE802.11g		時間( $\mu\text{s}$ )
DIFS		34
Backoff		20~620
RTS	PLCP	26
	本体	3
SIFS		10
CTS	PLCP	26
	本体	3
DATA	PLCP	26
	本体	228
ACK	PLCP	26
	本体	3

# まとめ

- SBTを用いることにより、アドホックネットワークの「隠れ端末問題」を解決する方法提案した
- 今後は様々な動作シナリオをns-2にて評価していく予定である
- 我々の研究室ではネットワークシミュレータns-2をRTS/CTSと同時にSBTを発生させるよう改造されている



# 補足資料

# 補足資料1



- ▶ DIFS(Distributed Coordination Function Interframe Space)  
キャリア・センスを行う際に, ビジー状態のチャネルから未使用状態に変化したと判断されるまでに必要なチャネルの連続未使用期間
- ▶ SIFS (short interframe space)  
最短のフレーム送信間隔(待ち時間)
- ▶ Backoff時間  
乱数の値に一定時間を掛けることで決める待ち時間  
チャネルが空き状態になった後, 発生させた乱数の数に応じて送信を待機する  
バックオフ時間 = 乱数値 × スロット・タイム
- ▶ NAV (Network Allocation Vector)  
RTS/CTSにはどのくらいの時間無線チャネルを占有するかが書かれている  
各端末はそれに応じてNAV と呼ばれる無線チャネル用のタイマーを設定  
端末はフレームに記載されている期間(NAV)だけ送信を禁止することにより衝突を防止する



# 補足資料2



## ▶ 処理時間一覽

項目		時間( $\mu$ s)		
		b	g	b/g
DIFS		50	34	50
RTS	PLCP	192	26	192
	RTS本体	15	3	15
SIFS		10	10	10
CTS	PLCP	192	26	192
	CTS本体	11	3	11
DATA	PLCP	192	26	26
	DATA本体	1117	228	228
ACK	PLCP	192	26	26
	ACK本体	11	3	3



# 補足資料3

- ▶ ソフトウェア無線 (Software-defined radio)  
電子回路 (ハードウェア) に変更を加えることなく、制御ソフトウェアを変更することによって、無線通信方式を切り替えることが可能な無線通信。