

ストロングビジートーンを用いて隠れ端末問題を防止するアドホックネットワーク アクセス制御方式の検討

出岡 雅也^{*}、旭 健作、鈴木 秀和、渡邊 晃(名城大学)

Study of Access Control Method in Ad-hoc Networks that Prevents Hidden Terminal Problems using Strong Busy Tone
Masaya Izuoka, Kensaku Asahi, Hidekazu Suzuki, Akira Watanabe(Meijo University)

1 はじめに

アドホックネットワークでは、隠れ端末問題による大幅なスループットの低下が問題となっている。隠れ端末問題とは、2つの端末が電波の届かない位置にあり、同じ端末に通信を開始しようとしたとき、パケットが衝突してしまう問題である。IEEE802.11 では、RTS(request to send)/CTS(clear to send) 方式により隠れ端末問題を解決している。しかし、この方式では、通信開始の通知に所定の時間を必要とし、完全にパケットの衝突を防止することができない。そこで、ストロングビジートーン (以下 SBT:Strong Busy Tone) と呼ぶ制御信号を用いることにより、スループットを向上させる方法を検討している。本稿では SBTの可能性について整理したので報告する。

2 RTS/CTS 方式とその課題

RTS/CTS 方式は DATA の送信に先立ち、送信の予約を行う方式である。これにより、受信端末周辺の端末の送信を抑制し、パケットの衝突を防止する。しかし、RTS どちらの衝突や CTS と DATA の衝突が発生する可能性が残されている。その理由として RTS、CTS 自体がパケットであるため、端末の制御にある程度時間がかかるためである。RTS どちらの衝突は頻繁に起こるため、リトライにかかるオーバーヘッドが大きいという課題がある。

3 SBT による制御

ビジートーン (以下 BT) とは、単一の周波数の電波であり、送信する端末が通信中であることを即座に周辺端末に伝えることができる。SBT とは、ビジートーンの電波到達範囲を拡大した独自の制御信号である。

<3・1>SBT-RC 方式 [1] Fig.1 に SBT-RC(SBT with RTS/CTS) の動作を示す。SBT-RC は、RTS/CTS と同時に SBT を送信する方式である。端末 A、B、C、D はお互いに電波が 1 ホップ分届く位置にあるものとし、端末 A から端末 B に DATA を送信する様子を示す。RTS とともに送信する SBT は 3 ホップ先まで到達するように、CTS とともに送信する SBT は 2 ホップ先まで到達するように送信する。端末 C、D は SBT により瞬時に送信が抑制されるため、パケットの衝突を避けることができる。端末 C は CTS により NAV 状態に陥るため、端末 D からの RTS に対し CTS を返信して DATA を破壊することはない。SBT-RC では衝突を大幅に減少させてスループットを改善できるが、RTS と CTS の交換に多くの時間を要するため、更なる改善の余地がある。

<3・2>SBT-D 方式 [2] Fig.2 に SBT-D の動作を示す。Fig.2 では端末 A から端末 B に対して DATA を送信している様子を表している。端末 A は DATA の送信と同時に SBT を 2 ホップ先まで到達するように送信する。この SBT を受け取った端末はデータ送信を開始することができない。端末 C は SBT を受信している間は通信を開始することができないため隠れ端末問題を防止することができる。この方式では RTS/CTS の交換が行われないため、周辺の端末が NAV 状態のまま放置されるさし隠れ端末問題

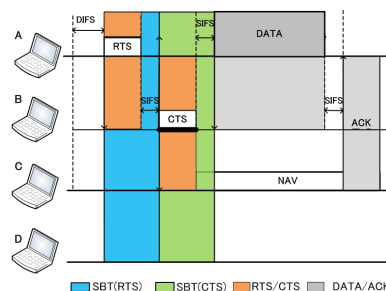


Fig. 1 Operation of SBT-RC

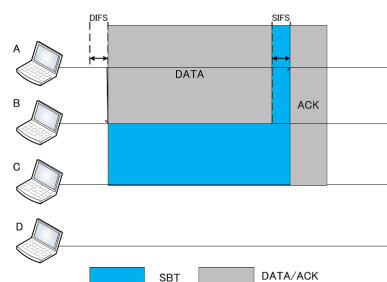


Fig. 2 Operation of SBT-D

が発生しないという利点がある。RTS/CTS の交換がないため、オーバーヘッドの大きな改善が期待できる。ただし、SBT-D 方式は RTS/CTS 方式を使用しないため、一般の端末と共存できなくなる。

<3・3>スロットタイムの短縮 [1] によると、SBT-RC では CSMA/CA のバックオフ時間の要素となるスロットタイム (以下 Δt) を短縮できることがわかっている。 Δt の短縮は SBT-D においても適用可能と考えられ、スループットの更なる向上が期待できる。

<3・4>ACK の代用 CSMA/CA の ACK は、DATA が正常に受信できたかどうかだけを伝えるものである。ACK を SBT で代用することによりスループットが向上すると考えられる。

4 まとめ

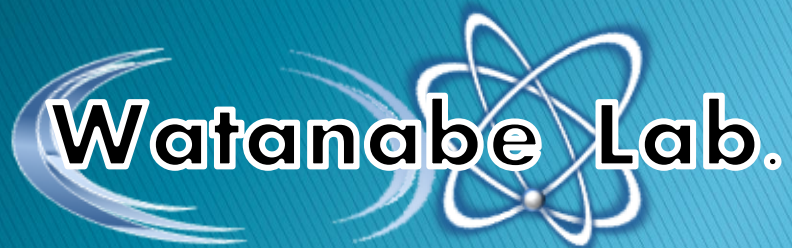
BT の特徴に着目し、遠隔地まで瞬時に制御することができる SBT を導入した。今後は、シミュレーション評価を行う予定である。

文 献

- [1] Tomohiro Ito, et: Researches and Evaluation of Strong Busy Tone that Improves the Performance of Ad-hoc Networks, The 7th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking(ICMU2014), No.2014, pp.182-187, Jan 2014.
- [2] 伊藤智洋, 他: ストロングビジートーンを用いたアクセス制御方式の検討と評価, 情報処理学会 (MBL), Vol.2013-MBL-68, No.10, pp.1-6, 2013 年 11 月.

ストロングビジートンを用いて
隠れ端末問題を防止する
アドホックネットワークアクセス制御方式の検討
出岡雅也、旭健作、鈴木 秀和、渡邊 晃

名城大学理工学部



研究背景

- 無線LAN技術の急速な普及
 - スマートフォン、タブレット端末の普及
 - 通信速度の向上

- 無線LAN技術の課題
 - 通信端末の増加による干渉
 - 隠れ端末問題、さらし端末問題の発生

⇒パケット衝突によるスループットの低下



**SBT(Strong Busy Tone)を用いてパケット衝突を
防止しスループットを改善させる方式を検討**

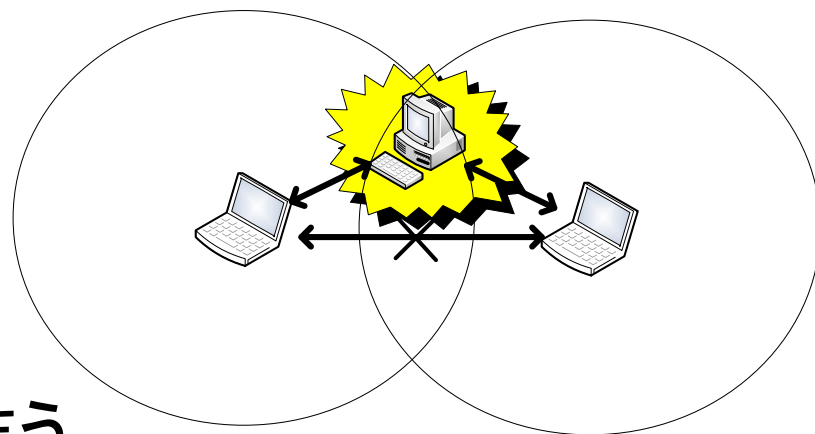
隠れ端末問題

➤ 隠れ端末問題

- 無線LAN環境では電波到達範囲外の端末を認識できない
- 同じ端末を対象に通信を開始する

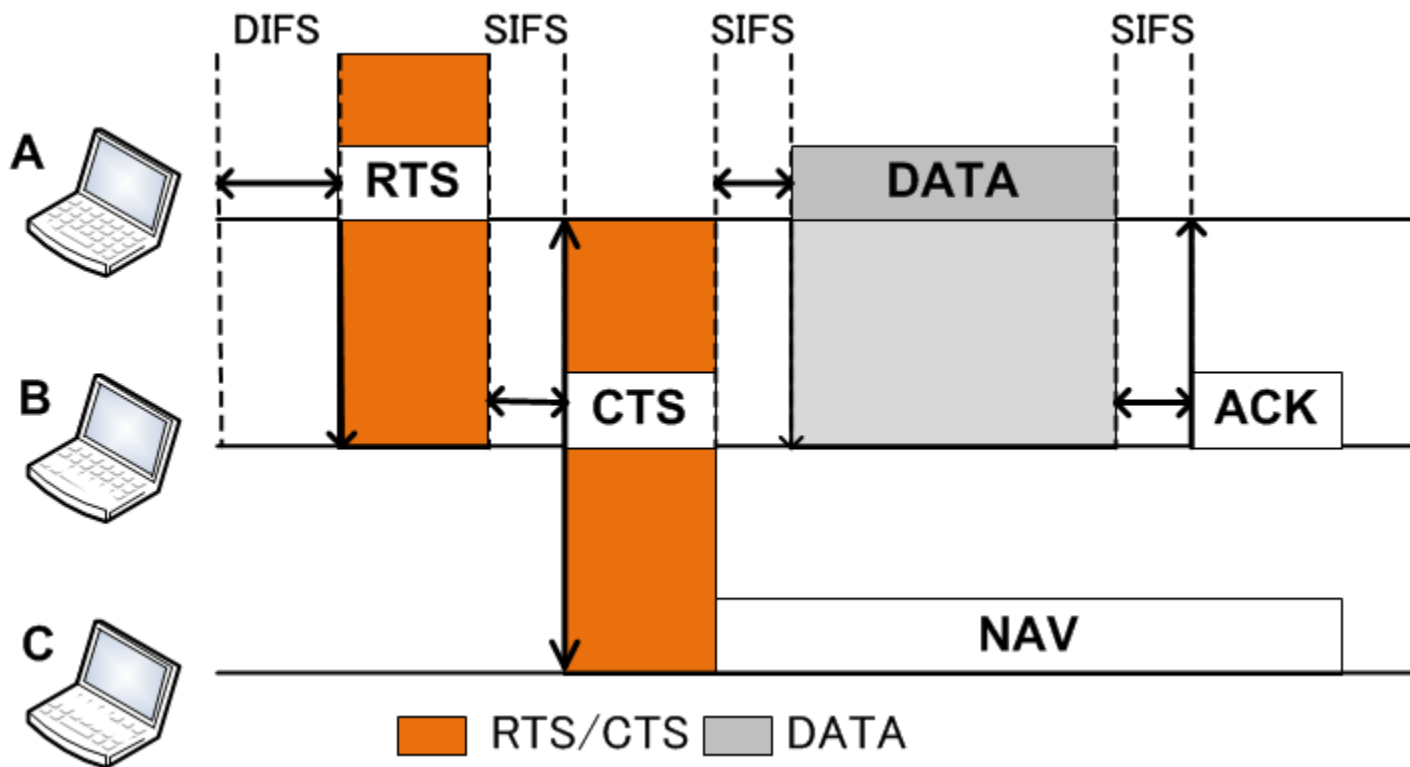


パケット衝突が発生し
スループットが低下してしまう

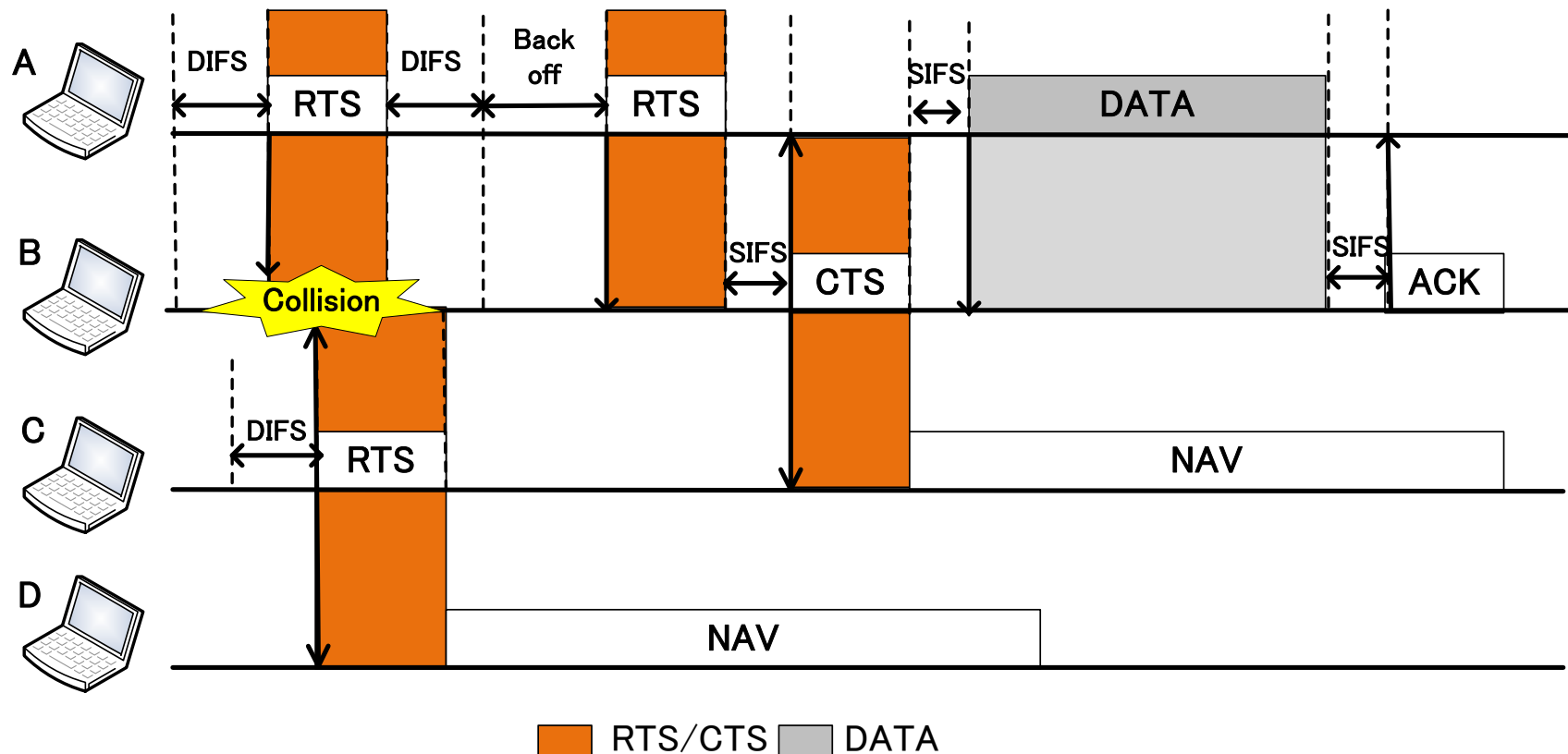


RTS/CTS方式

- 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

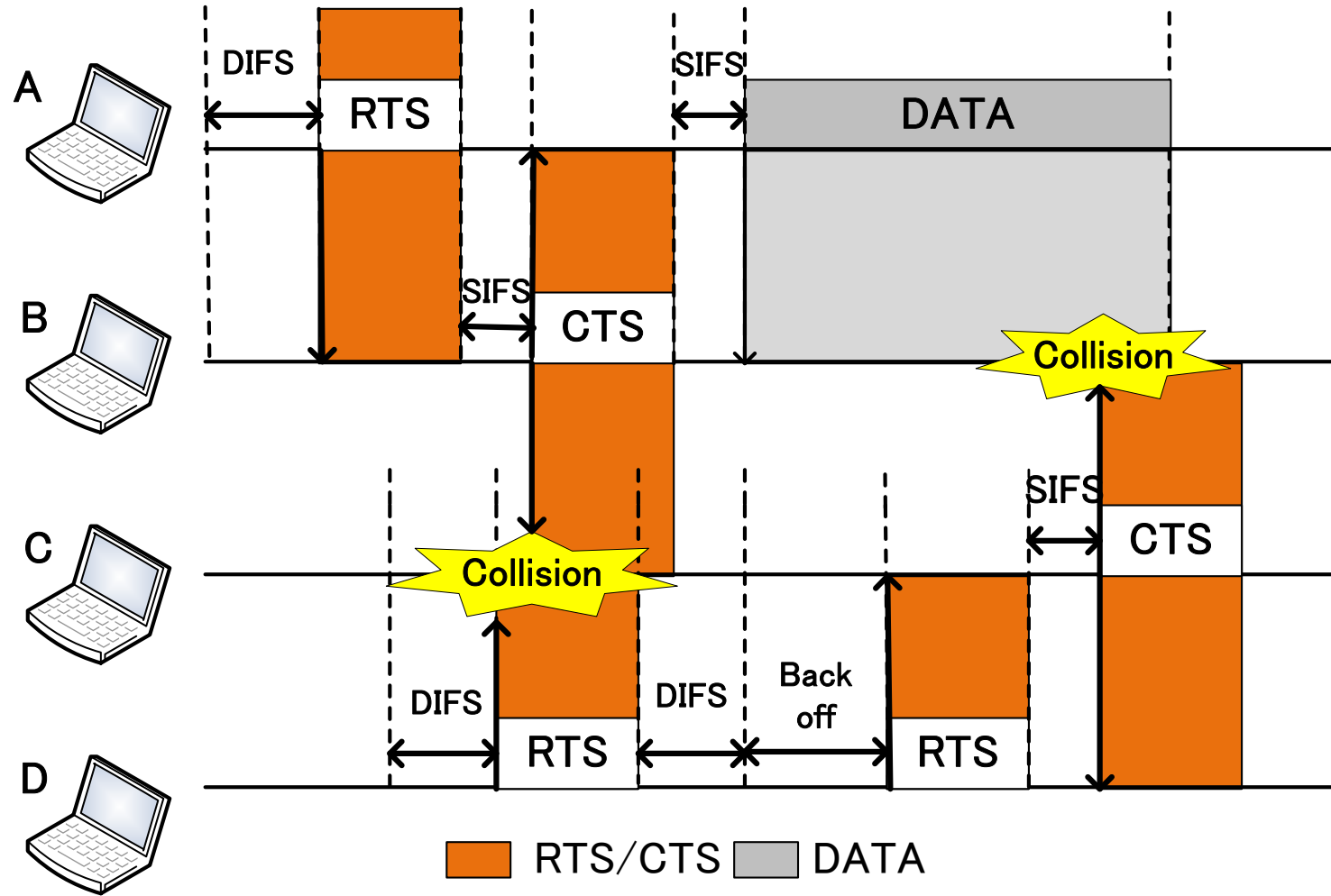


RTS/CTS方式の課題



- 同時に送信を開始すると衝突が発生
- 端末Dに無駄な待機時間が発生する(さらし端末問題)

RTS/CTS方式の課題



RTS/CTSの課題

➤ RTS/CTSの課題

- パケット交換方式である為、制御に時間がかかる
- 周辺端末に無駄な待機時間が発生する(さらし端末問題)
- 衝突後、再送にかかるオーバーヘッドが大きい



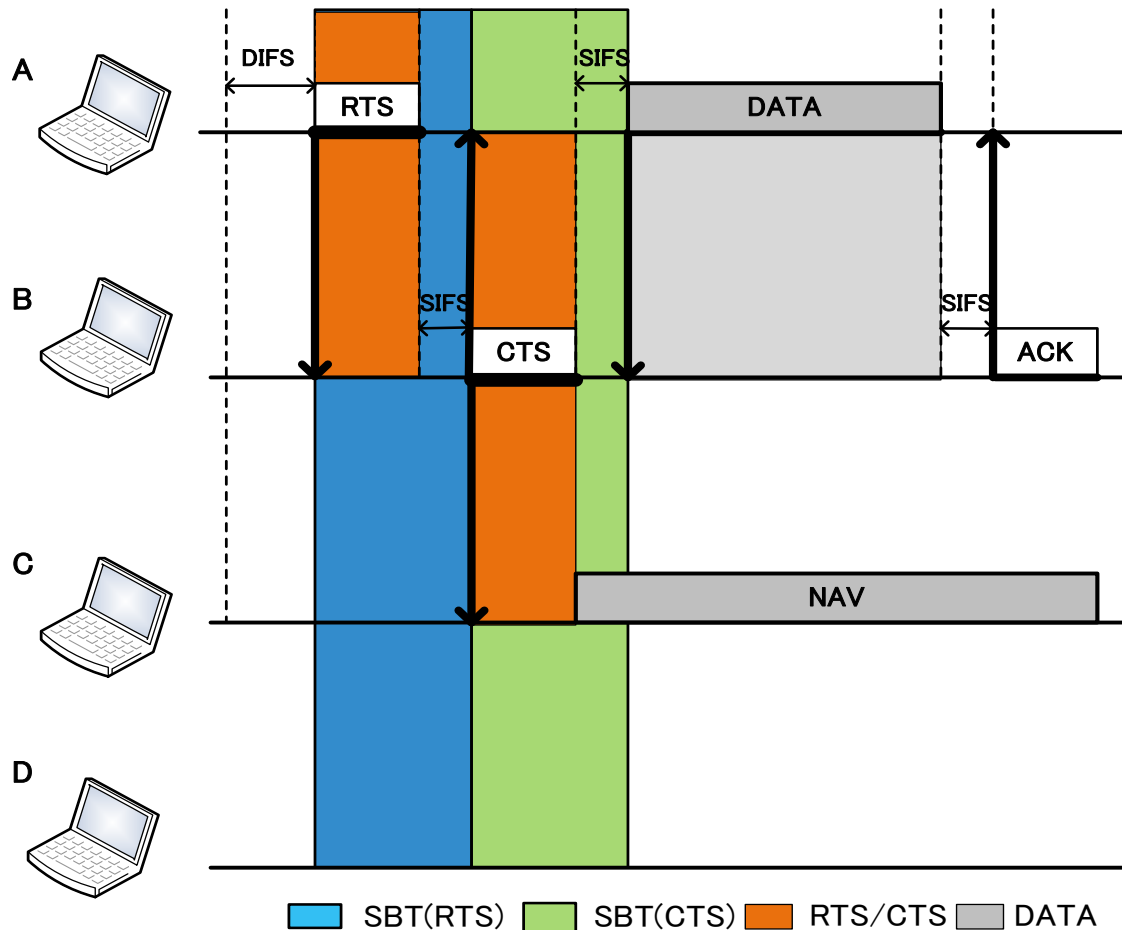
隠れ端末問題を完全には解決できていない

SBT(Strong Busy Tone)

- ビジートーンとは
 - 単一周波数の電波
 - データを一切含まないため瞬時に制御可能
 - 小さな送信電力でも広範囲に受信可能
 - 受信中は通信を開始できない

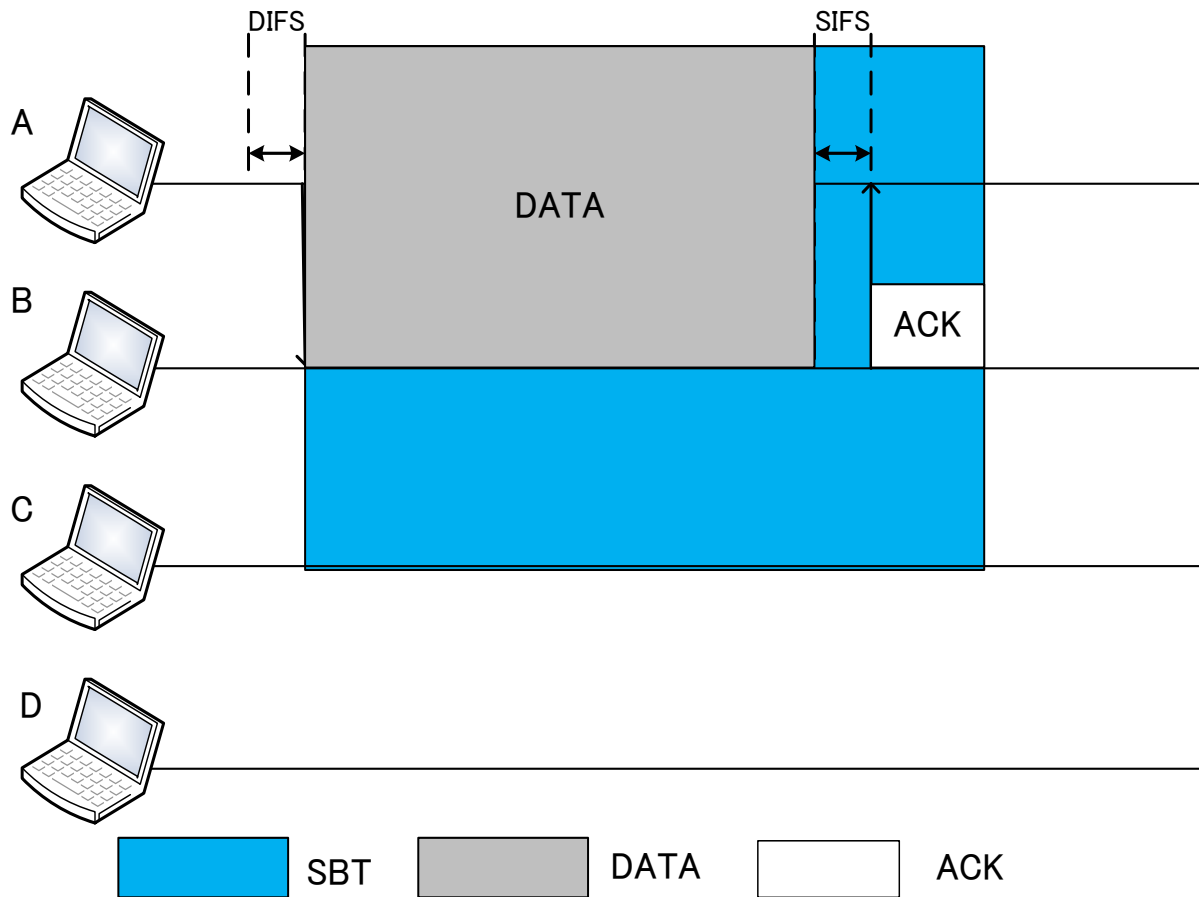
- **ビジートーンの電波到達範囲を拡大させ広範囲の端末の制御をする**
 - 遠隔の端末を制御することが可能
 - 隠れ端末問題、さらし端末問題の双方を防止できる

SBT-RCの動作



- 遠隔の端末Dまで即座に制御する

SBT-Dの動作



- SBT受信中は送信を行わない

各方式の特徴

➤ SBTを利用すると大幅にパケット衝突を削除できる

	メリット	デメリット
SBT-RC	● 既存の方式と共存できる	● RTS/CTSのオーバヘッド
SBT-D	● スループットの大幅な向上 ● オーバヘッドがない	● 既存の方式と共存不可

スロットタイムの短縮

- スロットタイム(Δt)の値を短縮する
 - 待機時間を最適化することで通信性能を向上できる
 - SBTの特徴を利用することにより可能になる
 - 乱数の生成を工夫する提案は多いが Δt は固定

- バックオフ時間
 - 衝突後の再送タイミングをずらすための待機時間
 - Δt の値を最適化することにより短縮可能

スロットタイム値の根拠

➤ バックオフ時間の演算式

$$\text{Backoff} = \{(CW_{\min} + 1) \times 2^n - 1\} \times \Delta t$$

$\Delta t(802.11g): 9\mu s$

➤ Δt の内訳

CCATime (4 μs)	AirPropagationTime (1 μs)	RxTxTurnaroundTime (2 μs)	MacProcessingDelay (2 μs)
-------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

- CCATime: 端末の状態判定時間
- AirPropagationTime: 伝搬時間
- RxTxTurnaroundTime: 端末の送受信切り替え時間
- MacProcessingDelay: 通信処理時間

短縮の可能性

- SBTを適用することで不要となる要素
 - 情報を一切含まないため処理時間は非常に小さい (MacProcessingDelay)
 - 状態判定時間はSBTの送信の時間だけ考慮すればよいので $1\mu\text{s}$ に短縮できる
- CCATime($1\mu\text{s}$)とAirProagationTime($1\mu\text{s}$)と RxTxTurnaroundTime($2\mu\text{s}$)の値のみ考慮すればよい $\Rightarrow \Delta t$ の値を $4\mu\text{s}$ と決定

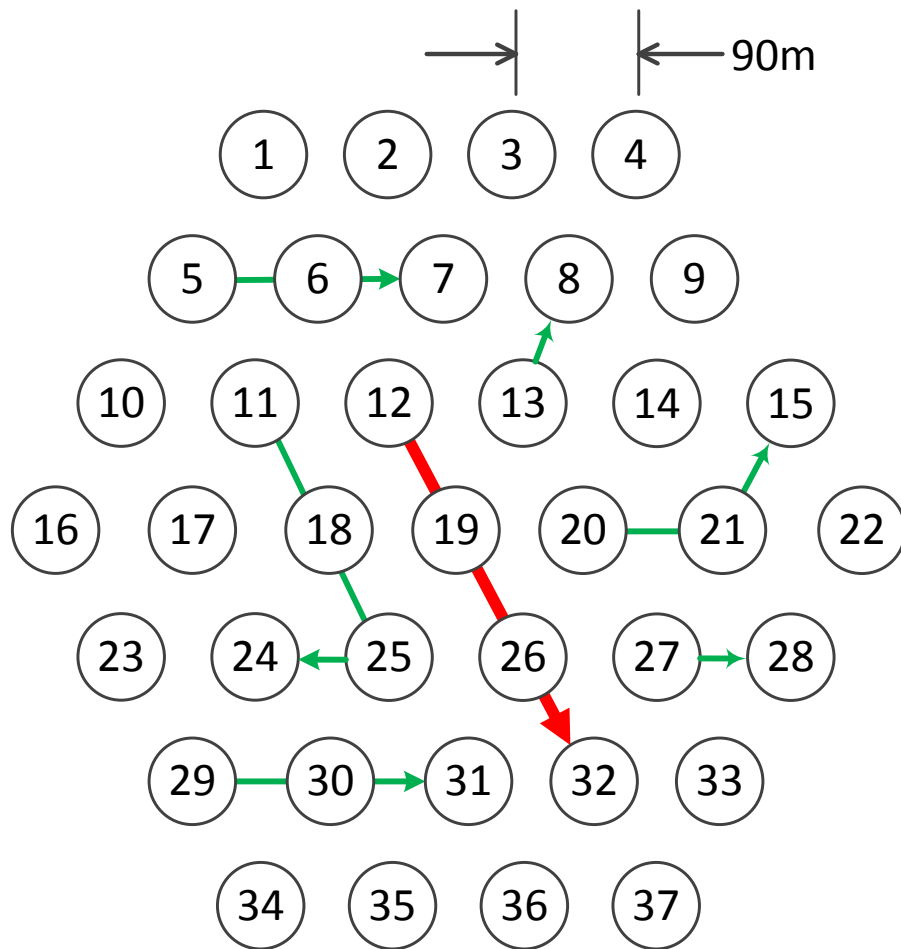
ns-2によるシミュレーション

➤ 検討方式の効果測定

- SBTの衝突防止効果
- Δt 短縮による影響

	SBT	RTS/CTS	Δt
Case1(RTS/CTS方式)	無	有	9 μ s
Case2(SBT-RC)	有	有	9 μ s
Case3(SBT-D)	有	無	9 μ s
Case4(SBT-RC+ Δt 短縮)	有	有	4 μ s
Case5(SBT-D+ Δt 短縮)	有	無	4 μ s

シミュレーション環境



試行回数	20回
アドホックネットワーク	
台数	37台
TCP通信	1対
背景負荷通信	1～60対

各項目の値

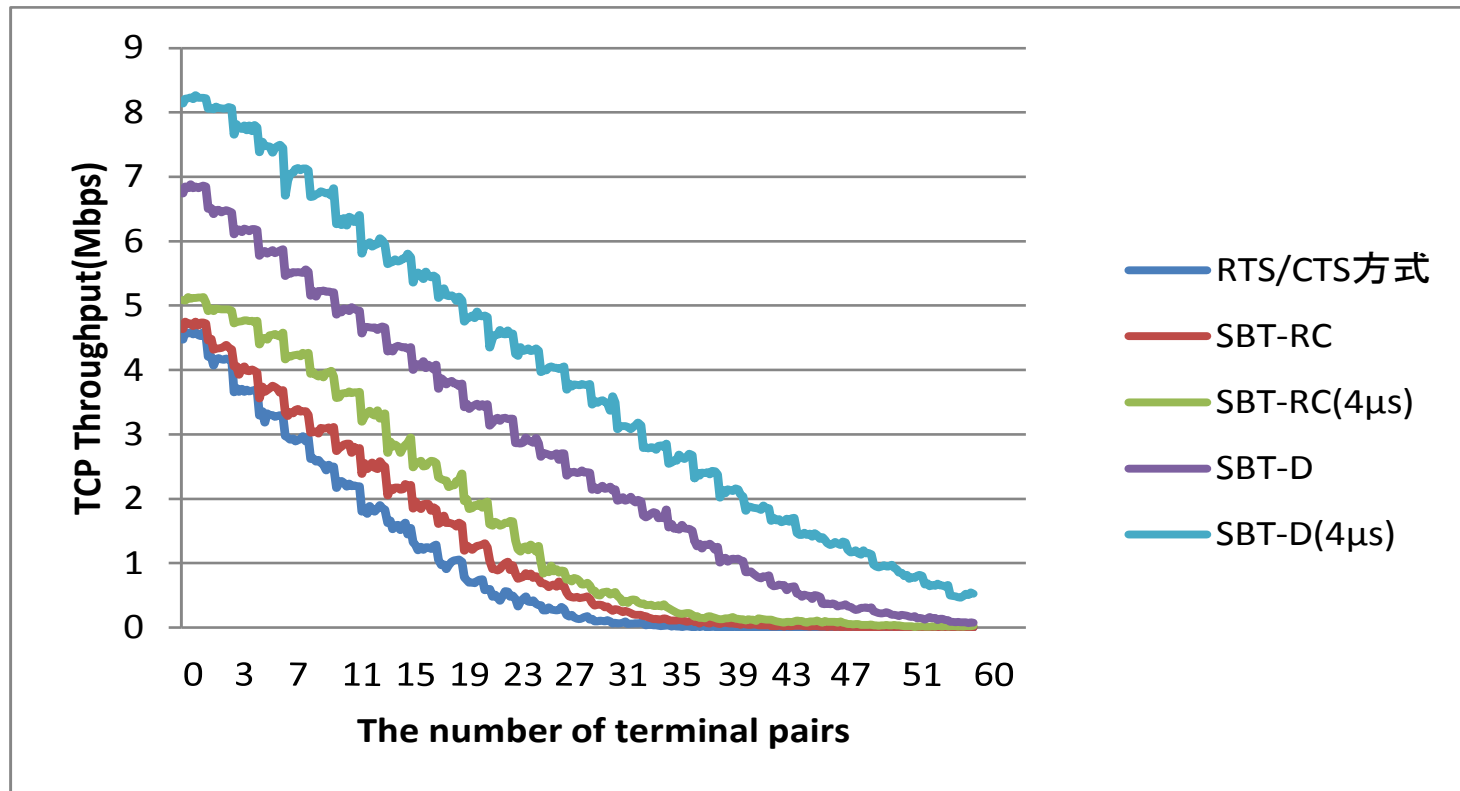
- 802.11gを想定
- TCPはFTPを想定
- UDPはVoIPを想定

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)
SBT-D電波到達範囲	200(m)
計測時間	330(s)
通信方式	802.11g
無線帯域	54(Mbps)

通信タイプ	FTP
トランスポートプロトコル	TCP
パケットサイズ	1000(byte)

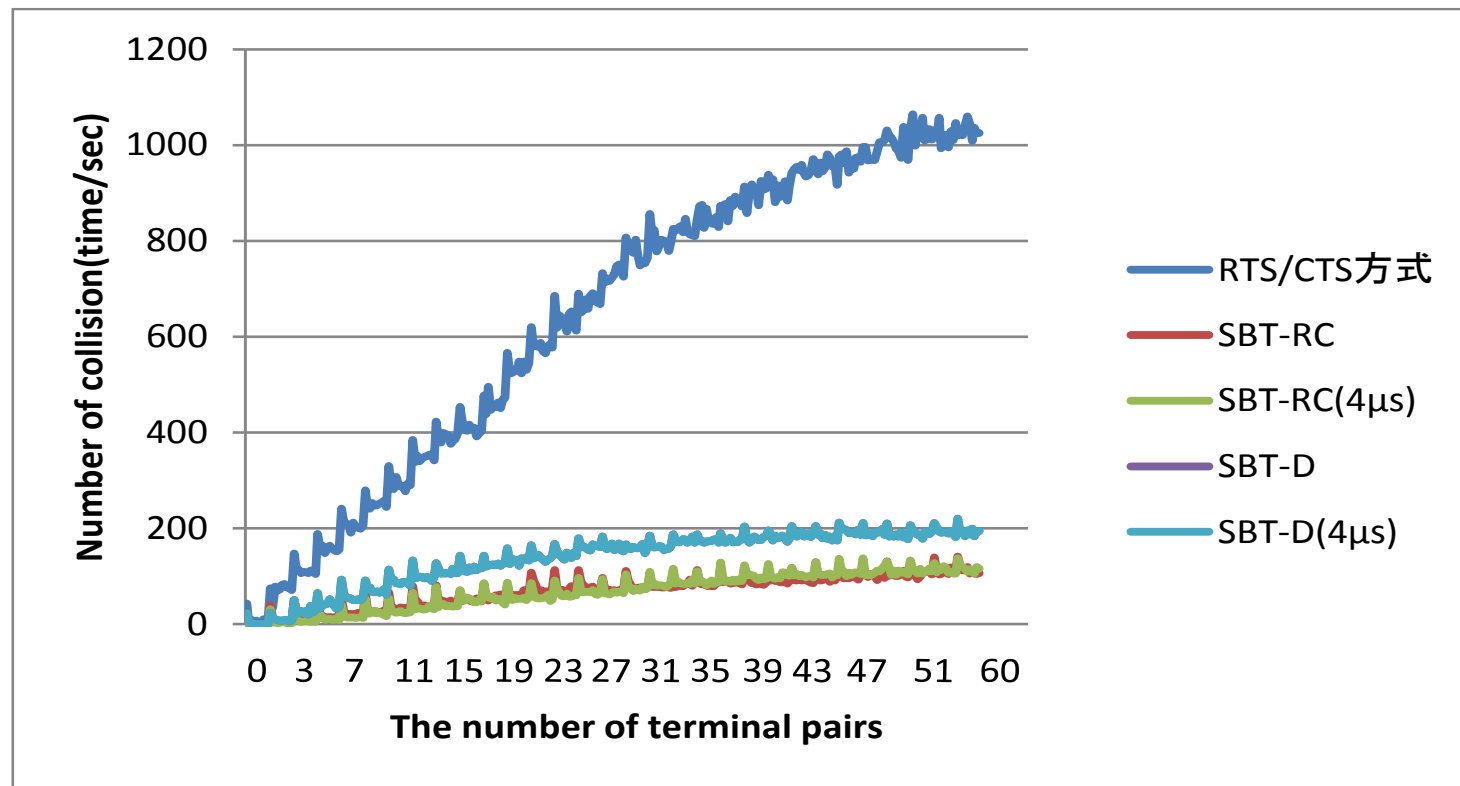
通信タイプ	CBR
トランスポートプロトコル	UDP
パケットサイズ	200(byte)
パケット発生率	64(kbps)

スループット測定結果



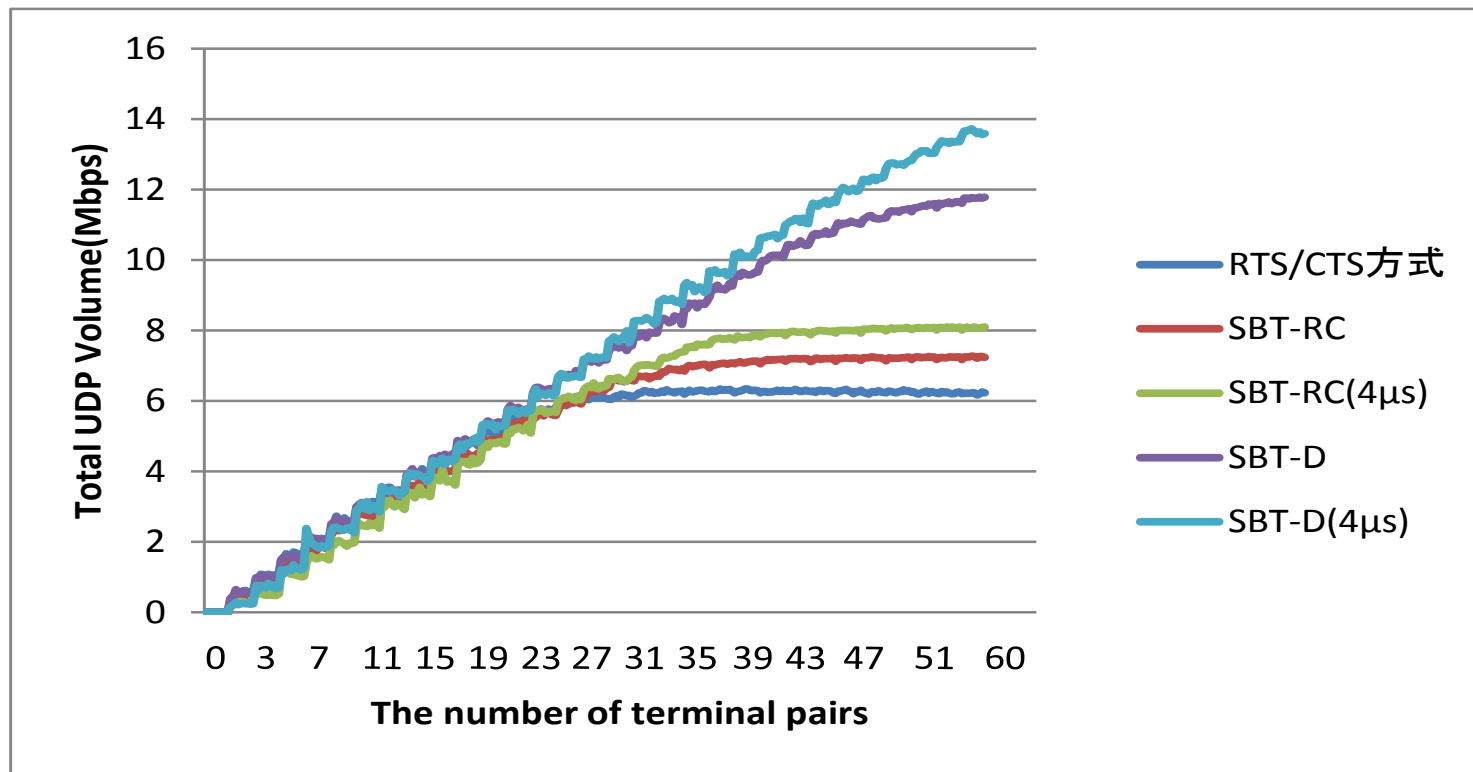
- SBTを用いることによりスループットが向上
 - Δt の短縮により更なるスループットの向上が可能

衝突数測定結果



- SBT-Dを用いた場合SBT-RCよりも衝突が増加
⇒ 単位時間における衝突機会の増加が原因

背景負荷端末の総計スループット



- ネットワーク全体においてもスループットを向上させる
⇒ パケット衝突の防止効果は大きい

シミュレーション結果

- 検討方式の効果を確認
 - 大幅な衝突数の削減
⇒ SBTによる送信抑制効果を上回る
 - スループット向上
- SBT-Dによる大幅なスループットの向上
- Δt の短縮により更なるスループットの向上

むすび

- パケット衝突を防止するためにSBTを用いた方式を検討した

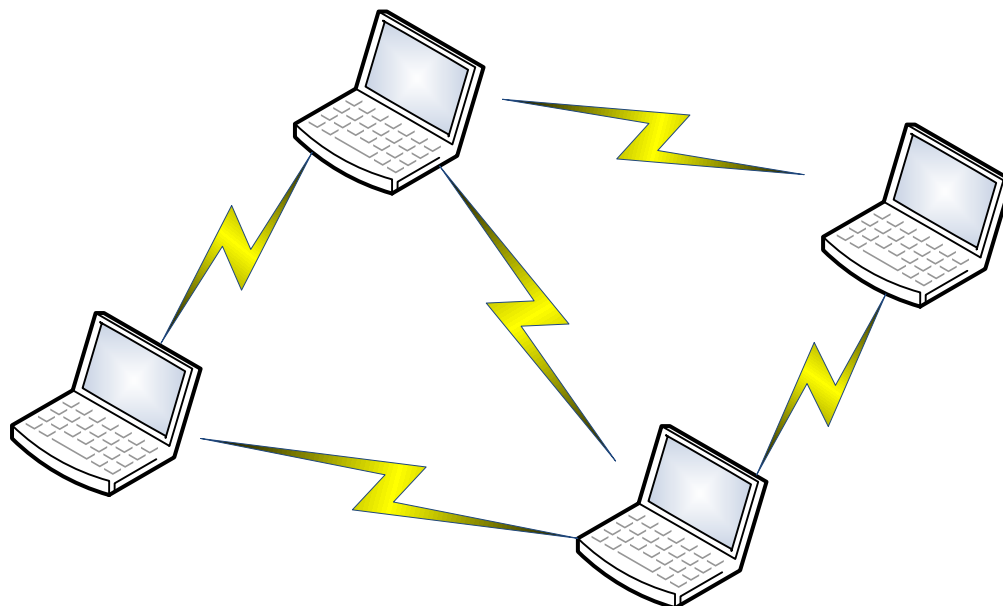
- 検討方式の有用性
 - スループットの増加
 - 衝突数の大幅な削減
 - Δt 短縮による更なるスループットの増加

補足

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とっている
- アドホックモードにルーティングプロトコルを追加した方式



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