

# SBT-DにおけるSBTの到達範囲によるスループットの比較

120430017 大須賀 友記  
渡邊研究室

## 1. 序論

アドホックネットワークでは、隠れ端末問題による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つの端末が他の端末と通信をする際にお互いの電波が届かない位置にあり、同時に通信を開始してしまうことによりパケットが衝突してしまう問題である。IEEE802.11では、隠れ端末問題の解決策としてRTS(Request to Send)/CTS(Clear to Send)方式が採用されている。しかし、制御に所定の時間がかかってしまうため、隠れ端末問題を完全に解消できない。

そこで、我々の研究室では、ストロングビジートーン(以下SBT:Strong Busy Tone)と呼ぶ特殊な制御信号を用いることにより、隠れ端末問題を解決する新たな方式を提案している。本研究ではシミュレーションによりSBTの到達範囲の最適値を求めた。

## 2. RTS/CTS方式

RTS/CTS方式とはDATAパケットの送信に先立ち、送信予約を行う方式である。送信予約により、受信端末のさらに1ホップ先の端末まで送信を抑制し、衝突を回避する。しかし、RTS、CTSはともにパケットであるため端末制御に時間がかかり、RTS同士の衝突やCTSとDATAパケットの衝突が発生する可能性がある。トラフィックが増加すると衝突が頻繁に発生し、リトライにかかるオーバーヘッドが大きくなるという課題がある。

## 3. SBT-D

ビジートーン(BT)とは、情報を持たない単一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周辺端末に即座に伝えることができる技術として知られている。BTは帯域が狭いため電力が小さいという特徴がある。SBTとは、BTの電波到達範囲を大きくし、より広い範囲に渡って送信を抑制する本研究室独自の制御信号である[1]。SBT-D(SBT with DATA)とは、DATAパケットと同時にSBTを送信し、即座に広範囲の周辺端末の送信を抑制する方式の名称である。送信端末はDATAパケットと同時に受信端末からのACKが終了するまでSBTを送信し続ける。SBTを受信した端末は新たな通信を開始することができないため、衝突を防止することができる。

SBT-Dでは、RTS/CTS制御が不要である。その理由は、SBTが即座に周辺端末の送信を抑制するため、RTS/CTSの代替機能を果たすためである。そのため、パケットの衝突がなくなるだけでなく、RTS/CTS自体のオーバーヘッドを削減でき、スループットを大幅に向上できる。

しかし、これまでDATAパケットの信号到達距離に対してどこまでSBTの到達範囲を拡大するのが最適なのか不明確ではなかった。

## 4. シミュレーションと考察

SBT-DにおけるSBTの到達範囲の違いによるスループットの比較を行うため、ns-2によるシミュレーションを行った。

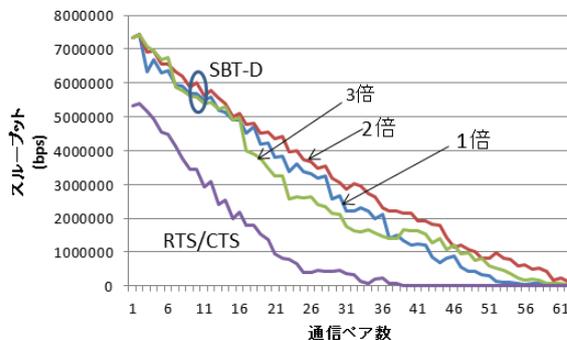


図1: SBT-DにおけるSBT到達範囲の違いによるスループットの比較

### 4.1 シミュレーション環境

端末台数は37台とし、90m間隔で均等に配置した。このうち特定に2台を選択し、TCP通信を行わせた。この状態でUDPによる背景負荷を時間とともに徐々に増加させた。DATAパケットの到達範囲は100mとし、SBTの到達範囲を100メートル、200メートル、300メートルとしてTCPスループットの変化の比較を行った。通信方式は802.11gである。

### 4.2 シミュレーション結果

シミュレーションの結果を図1に示す。縦軸はTCP通信のスループットを示しており、横軸は背景負荷となるUDPの通信ペア数を示している。参考としてRTS/CTS方式のスループットも掲載した。図1の通り、RTS/CTS方式に比べてSBT-Dは大幅にスループットが向上していることがわかる。また、SBT-Dの中でSBTの到達範囲の違いによる比較を行うと、SBTの到達範囲が2倍の時に一番スループットが向上しているという結果が得られた。

### 4.3 考察

SBT到達範囲が2倍の時に最適である理由を考察する。SBTが2倍未満だった場合は周辺端末の制御が不十分であるためDATAパケット同士が衝突する可能性があり、リトライが発生しやすい。2倍よりも大きい場合は、送受信端末間の通信と関係のない周辺端末まで制御されてしまいスループットが低下したと考えられる。

## 5. まとめ

SBT-DにおいてSBTの到達範囲の違いによるスループットの違いについて調査した。その結果SBT到達範囲の最適値は2倍であり、理論的にも説明がつくことがわかった。

### 参考文献

- [1] 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 情報処理学会研究報告, 2013-MBL-68(10), pp.1-6, Nov.2013.

# SBT-DにおけるSBTの到達範囲 によるスループットの比較

120430017 大須賀友記

名城大学 理工学部 情報工学科 渡邊研究室



# 研究背景

- ▶ 無線LAN技術の急速な発展
- ▶ インフラなしで通信が可能なアドホックネットワークが注目されている
- ▶ アドホックネットワークでは隠れ端末問題によるスループットの低下が顕著



SBT(Strong Busy Tone)を用いてパケット衝突防止しスループットを改善する方式を検討

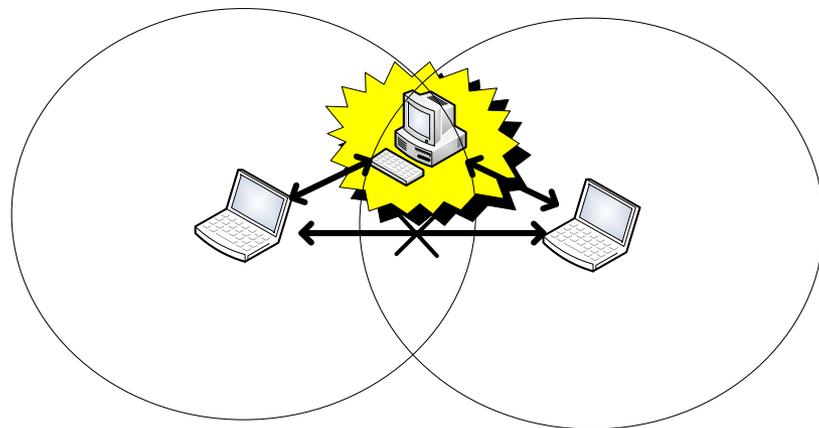
# 隠れ端末問題

## ▶ 隠れ端末問題

- 無線LANの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

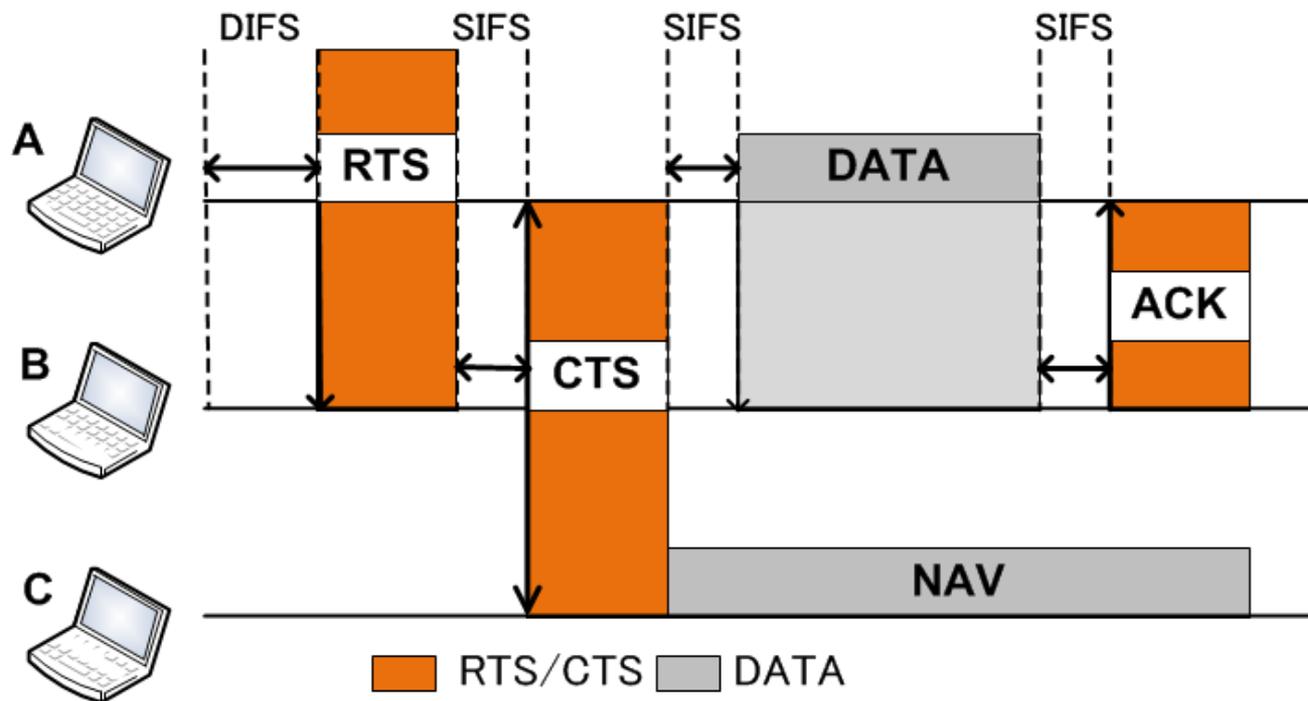


パケット衝突が発生し  
再送が必要なため  
スループットが低下してしまう



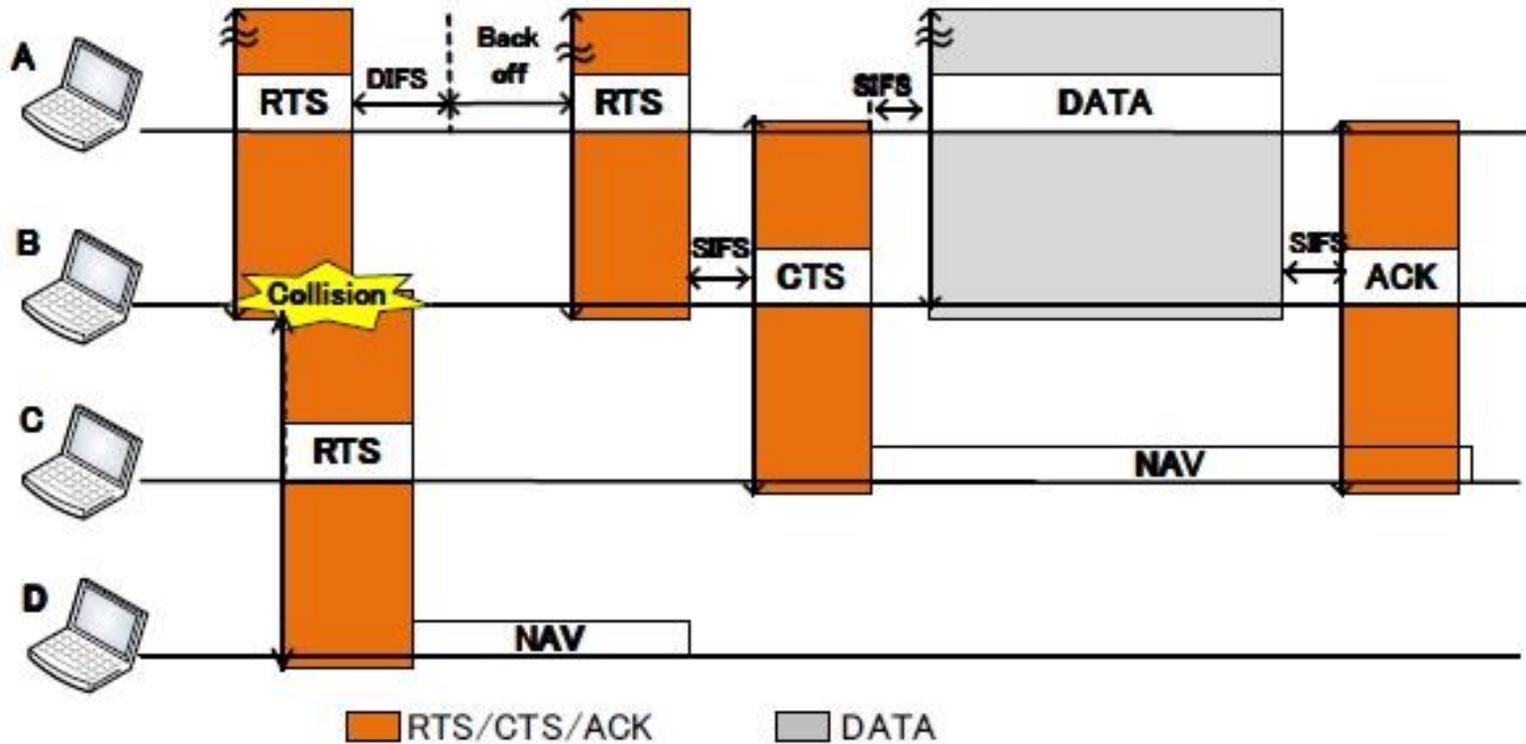
# RTS/CTS方式

- 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ようとしている

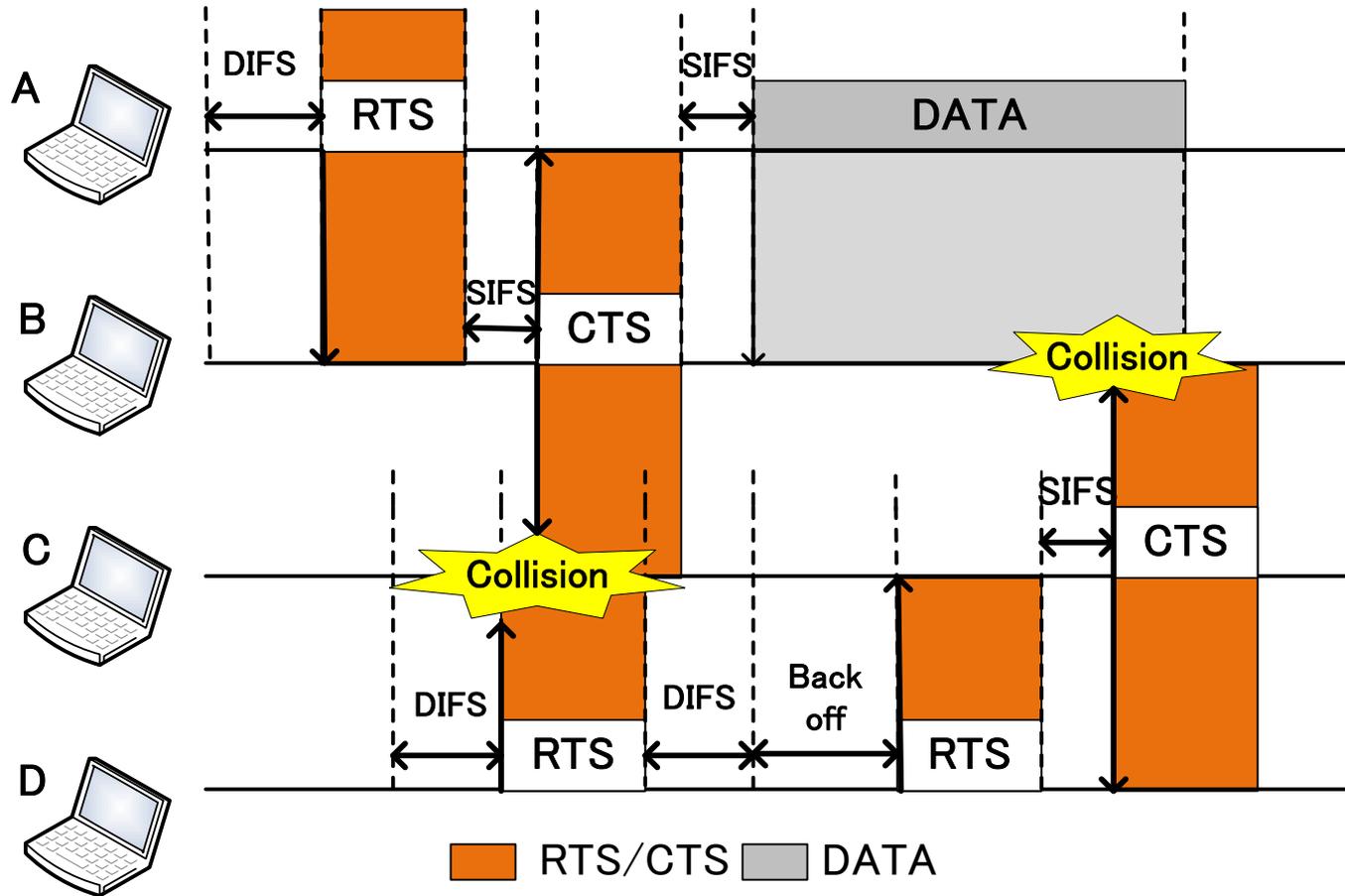


RTS:Request to Send CTS:Clear to Send NAV:Network Allocation Vector

# RTS/CTS方式の課題



# RTS/CTS方式の課題



# 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
  - 受信中は通信を開始できない
  - 帯域が狭いため小さな送信電力で送信可能
- ▶ ストロングビジートーンとは
  - ビジートーンの電波到達範囲を拡大させ広範囲の端末を瞬時に制御する

# SBT-D(SBT with DATA)

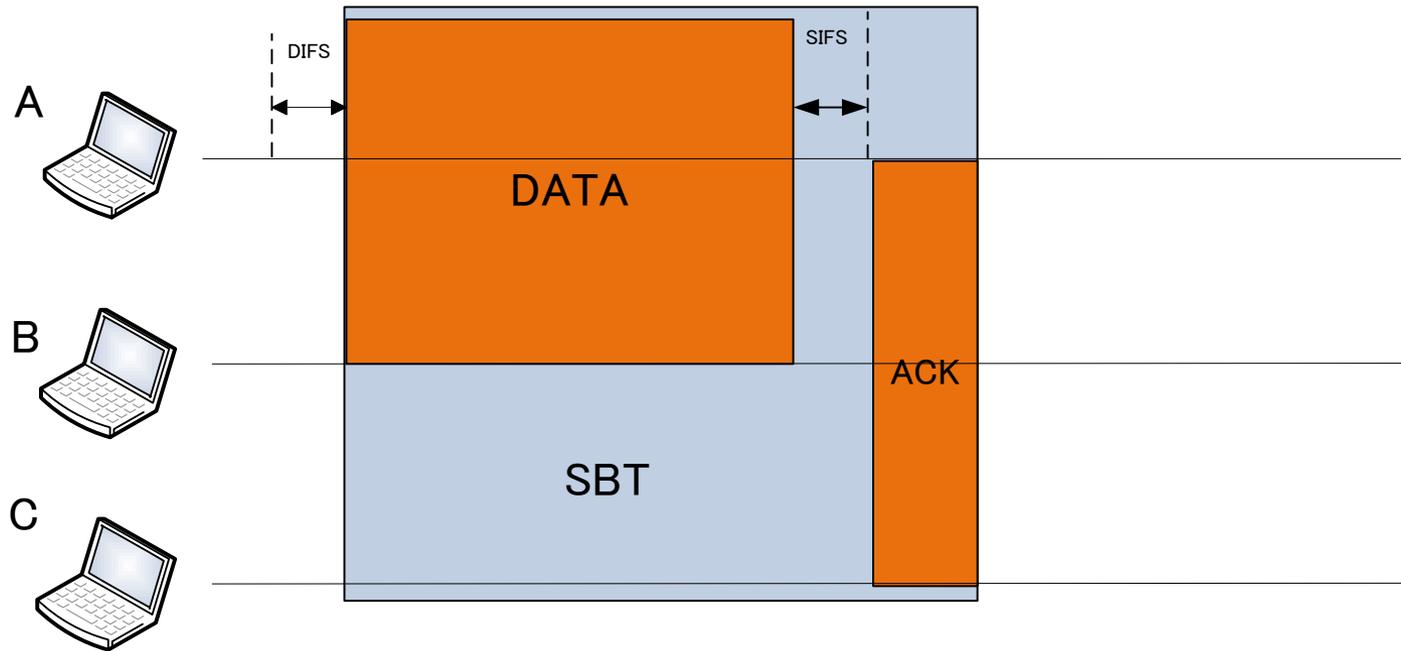
## ▶ SBT-D

SBT-DとはDATAパケットに付随してSBTを送信する方式

## ▶ SBT-Dのルール

- DATAパケットに付随してSBTを広範囲に送信する
- SBTを受信した端末は通信を開始できない

# SBT-Dの動作

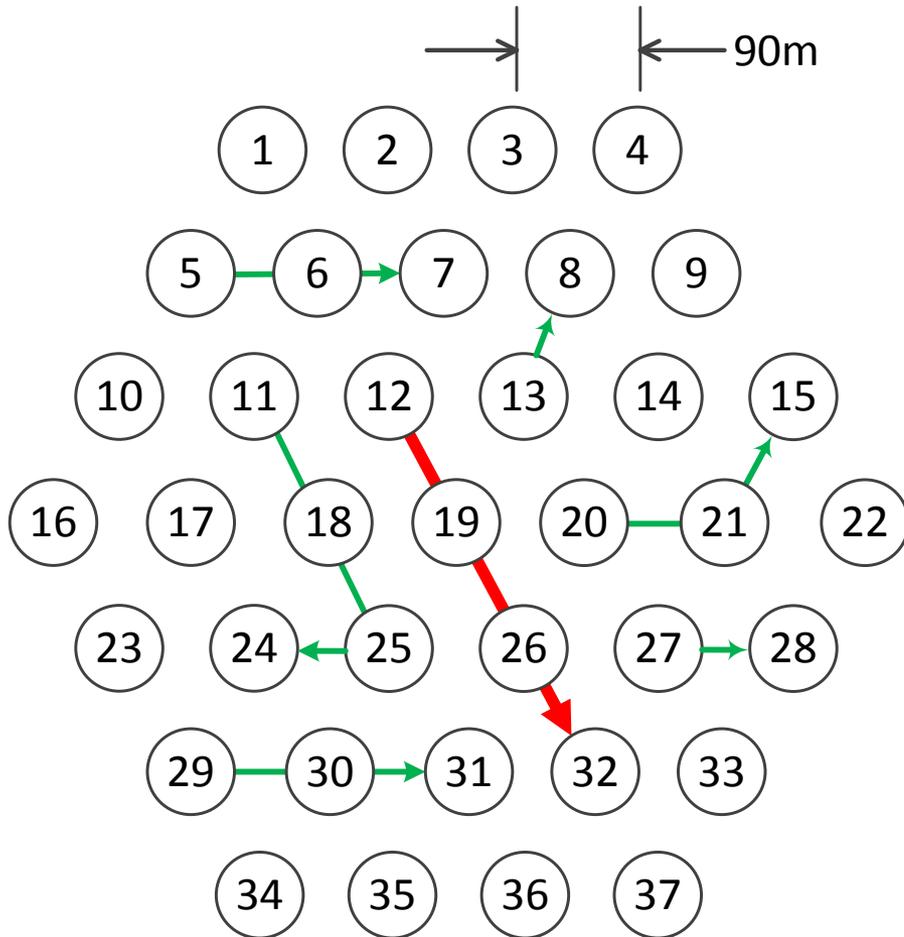


SBTが周辺端末を瞬時に制御する  
RTS,CTSの代替機能があるためRTS,CTSを削除できる  
SBT-DではSBTの到達範囲の最適値が明確ではない

# ns-2によるシミュレーション

- ▶ SBT-DにおけるSBTの到達範囲の最適値を調査
- ▶ 比較方式
  - SBT-D SBTパケット到達範囲 1倍
  - SBTパケット到達範囲 2倍
  - SBTパケット到達範囲 3倍
  - SBTパケット到達範囲 5倍
  - RTS/CTS(参考)

# シミュレーション環境



アドホックネットワーク	
台数	37台
TCP通信	特定のノード
UDP通信	背景負荷
試行回数	15回

# 各項目の値

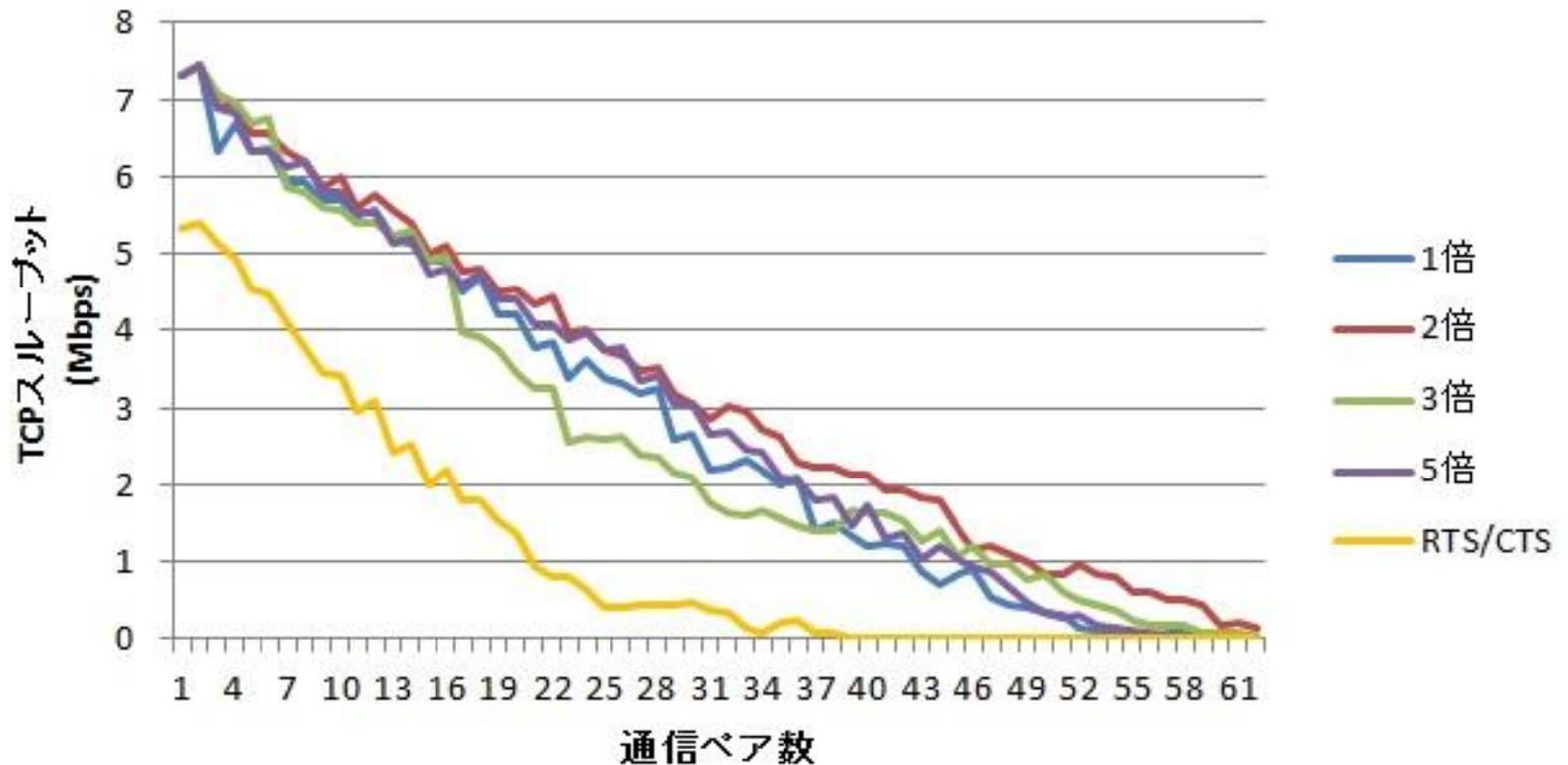
➤ UDPはVoIPを想定

電波到達範囲	100(m)
SBT電波到達範囲	100(m)
SBT電波到達範囲	200(m)
SBT電波到達範囲	300(m)
SBT電波到達範囲	500(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)

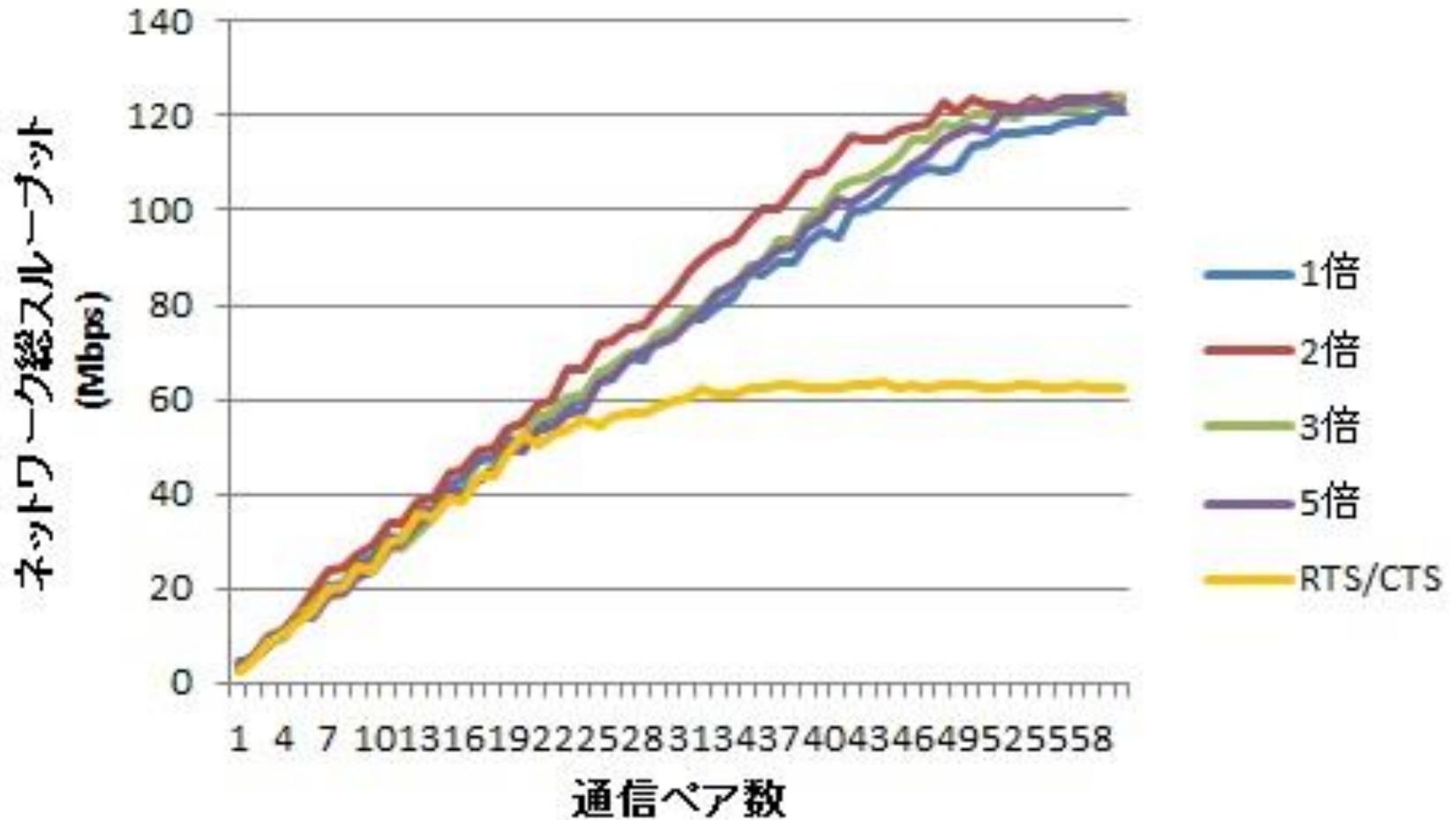
通信タイプ	CBR
トランスポートプロトコル	UDP
パケットサイズ	200(byte)
パケット発生率	64(kbps)

# TCPスループットの測定結果



- SBT-Dを用いることでスループットが向上
  - SBT-Dの到達範囲2倍の時に最もスループットが向上

# UDP合計スループット



# シミュレーション結果

- ▶ SBT-DにおけるSBTの到達範囲の最適値が**2倍**であることがわかった
- ▶ 既存技術とSBT-Dの性能比較を示した
  - SBT-Dを適用することで既存技術に比べてスループットが大幅に向上した

# 考察

## SBT-DにおけるSBTの到達範囲について

- ▶ SBTが2倍未満の場合は制御範囲が狭く、衝突が発生しスループットが低下する
- ▶ SBTが2倍よりもより大きい場合は通信と関係ない端末まで制御するためスループットが低下する



以上のことから2倍の場合が最適である

## 考察2

SBT-Dが既存技術に比べ大幅にスループットが向上したことについて



RTS、CTSによる**オーバーヘッドを完全に解消**  
SBTによりパケットの衝突を回避

# まとめ

- ▶ SBT-DにおけるSBTの到達範囲の最適値を示した
- ▶ SBTの最適値が2倍である理由を考察し論理的に説明した
- ▶ 今後の予定
- SBTを用いることでさらなるスループットの向上を図る

# 付録

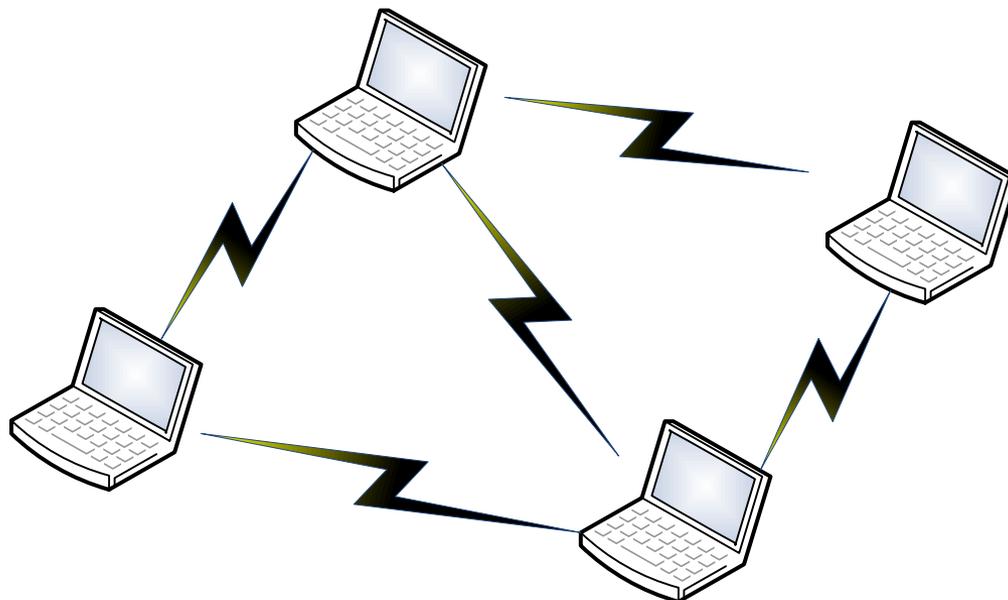
# FTP(File Transfer Protocol)

- ▶ ファイル転送プロトコル
- ▶ プロトコル上は任意のホスト間のファイル転送を行うことが可能
- ▶ 通常は接続したクライアントサーバー間の転送に利用される

# アドホックネットワーク

## ➤ アドホックネットワーク

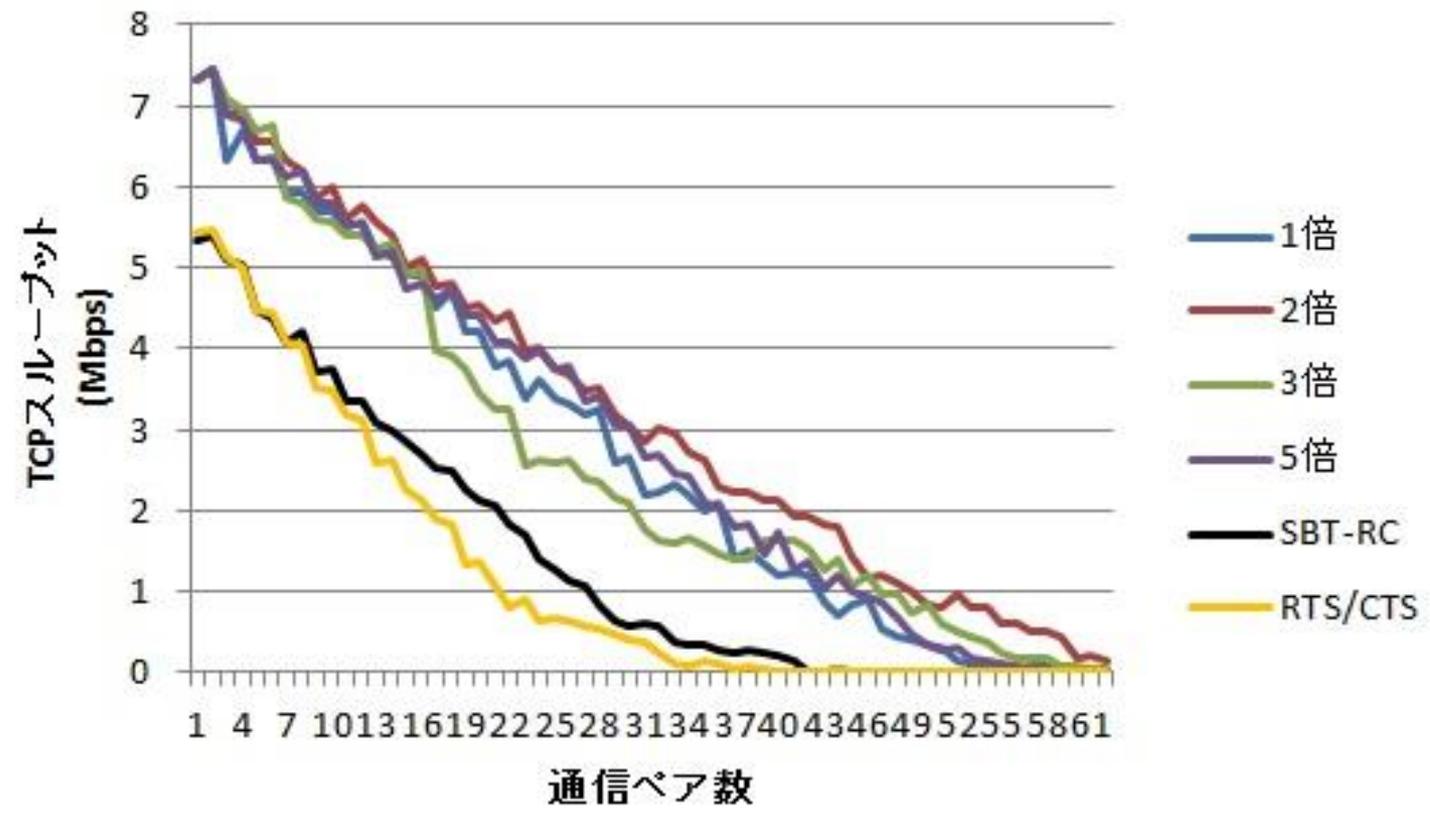
- 多数の端末をアクセスポイントの介在なく相互に接続する形態をとっている
- アドホックモードにルーティングプロトコルを追加した方式



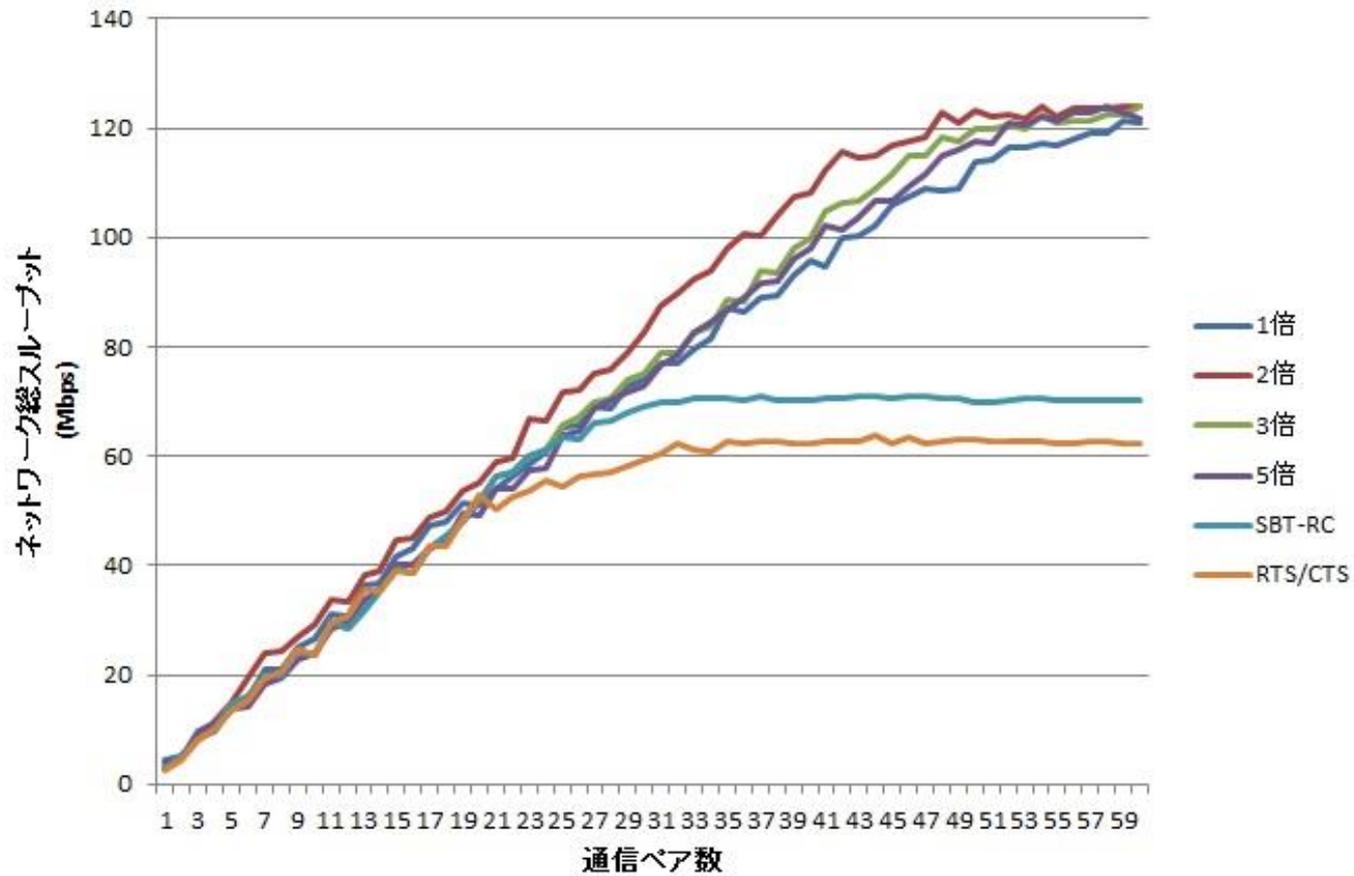
# ガードバンド

- 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

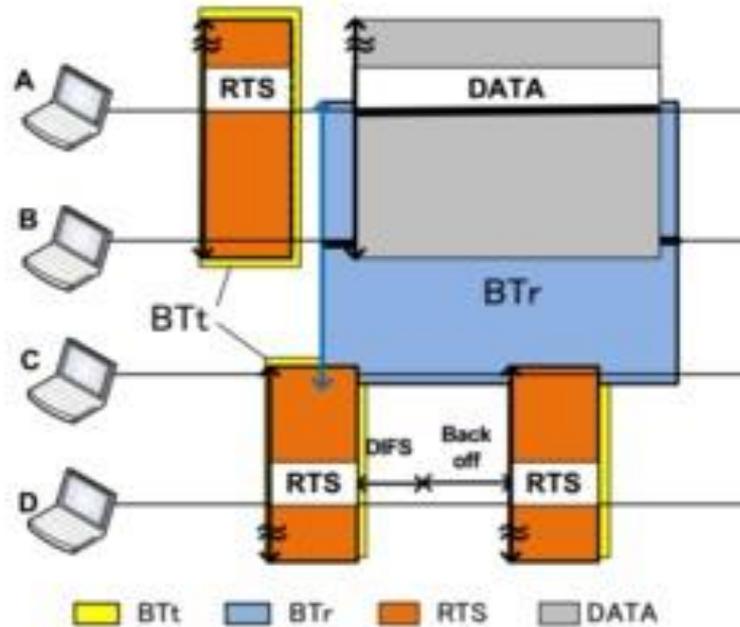
# グラフ



# グラフ2



# BT技術(DBTMA)



Z. J. Haas, J. Deng, : Dual Busy Tone Multiple Access (DBTMA)- A Multiple Access Control Scheme for

Ad Hoc Networks, IEEE Trans. Communications, Vol.50,