アドホックネットワークにおける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

清水　智彦*，伊藤　智洋，旭　健作，鈴木　秀和，渡邊　晃(名城大学)

Proposal of Strong Busy Tone Improving the Performance of Ad-hoc Networks

Tomohiko Shimizu, Tomohiro Ito, Kensaku Asahi, Hidekazu Suzuki, Akira Watanabe (Meijo University)

１．まえがき

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 つの端末が互いに電波の届かない位置にあり，両者が同じ端末に送信を行うと，受信端末で衝突が起こる問題である．この問題を解決するために IEEE802.11 では RTS/CTS(Request to Send/Clear to Send)方式が採用されている．しかし，この方式ではパケット衝突を完全に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)[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を提案する．

２．RTS/CTS 方式の課題

RTS/CTS 方式はデータパケットの送信に先立ち，送信予約を行うシーケンスである．このシーケンスにより，近隣の端末に送信を通知し，データパケットの衝突を防止する．しかし，トラフィックが増加するにつれて，RTS，CTS 同士の衝突やデータパケットと CTS の衝突が発生することが避けられない．

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の時間が必要であるためである．

RTS/CTS を含むすべてのパケットには PLCP(Physical Layer Convergence Protocol)と呼ぶ物理ヘッダが付加されている．PLCP は, 受信信号の同期や伝送速度などデータ通信速度の識別に用いる情報が記載されており，すべての端末が受信できるよう PLCP 部分は最低速度で送信される. そのため RTS/CTS のパケット送信時間が想定以上に大きく，衝突の可能性が高い．

３．提案方式

これらの課題に対し，ビジートーン技術を用いることにより周辺端末を制御し，スループットを改善する手法が提案されている．ビジートーンとは単一の周波数の電波で，送信端末が通信中であることを周辺端末に伝える制御信号である．ビジートーンは帯域が非常に狭いため，電力消費が小さく，RTS/CTS のようにデータを含まないため，端末を瞬時に制御することができる．また，複数の端末が同時にビジートーンを発生させても周辺の端末はこれを検知することができる．しかし，既存のビジートーン技術では遠隔の端末が同時にデータを送信開始してしまう状況を回避することができない．

本提案では，SBT と呼ぶビジートーンの電波到達範囲を拡大した制御信号を用いて，周辺端末を広範囲にわたり制御することにより隠れ端末問題を解決する方式を提案する．また，SBT をデータパケットに適用し，RTS/CTS を廃止することにより，シーケンスを大幅に短縮することができ，スループットの向上が期待できる．

Fig.1 に提案方式の動作を示す．Fig.1 では，端末 A から端末 B に対してデータを送信している状態を示している．端末 A はデータパケットの送信と同時に，2 ホップ先に到達するよう電波到達範囲を 2 倍に拡大した SBT を送信し, 端末 B から ACK を受信するまで送信を継続する. また受信端末側もビジートーンを送信する．これは，障害物により送信端末からの SBT が到達しない端末が存在するのを避けるためである．SBT を受信している端末は通信ができない．ただし，通信中に SBT を受信した場合はそれを無視し, 通信を継続する. SBT の制御により，端末 C は送信開始ができなくなり，隠れ端末問題を解決することができる．

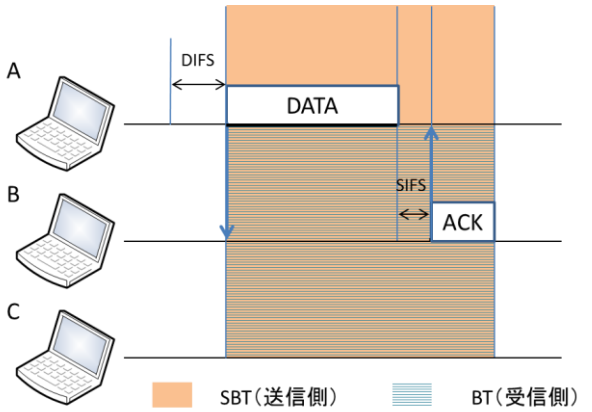


Fig.1.Operation of the proposed method

４．むすび

RTS/CTS を廃止し，SBT を用いることで「隠れ端末問題」を解決する方法を提案した．今後は提案方式について，ns-2 により既存の方式との比較評価を行う．

文　献

[1]伊藤智洋，他：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と評価，DICOMO2013 論文集，pp.1754-1760，2013.

アドホックネットワークにおける 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

名城大学理工学部　情報工学科
清水智彦，伊藤智洋，旭健作，鈴木秀和，渡邊晃

Watanabe Lab.

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・性能の向上

- 無線LAN技術の課題
  - 隠れ端末問題による衝突の発生

  ⇒スループットの低下

SBTによって衝突を防止する方式を提案

SBT : Strong Busy Tone

無線LANの形態

- アドホックネットワーク
  - アクセスポイントの介在なく端末同士がマルチホップで通信を行う方式
  - アクセスポイントや基地局が不要
  - 互いに電波の届かない端末の状態は把握できない
  - ➢同じ端末に複数の端末が同時に送信を行う可能性がある（隠れ端末問題）

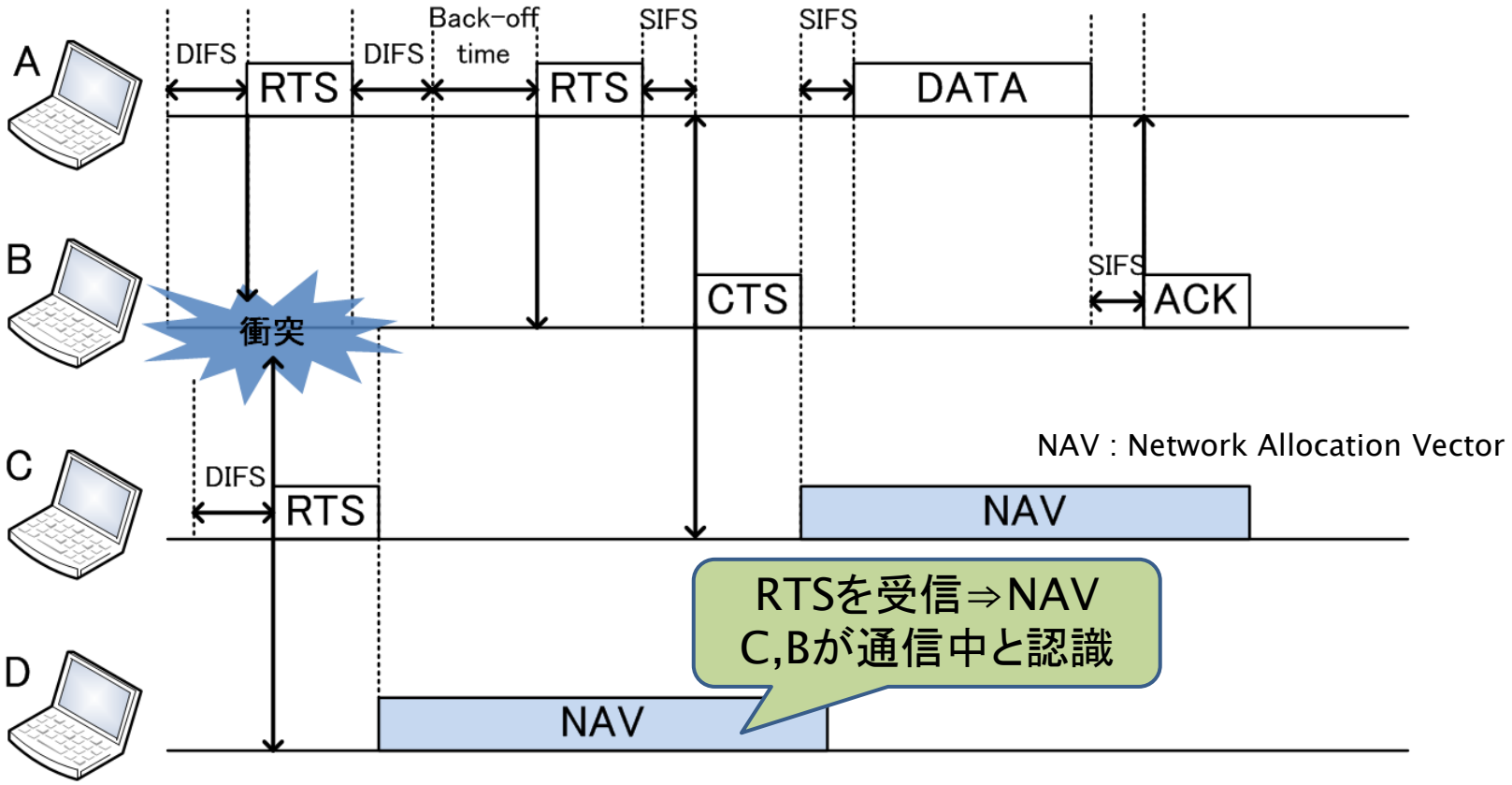
既存方式

- 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（送信予約）
  - CTS：Clear to Send（予約完了）

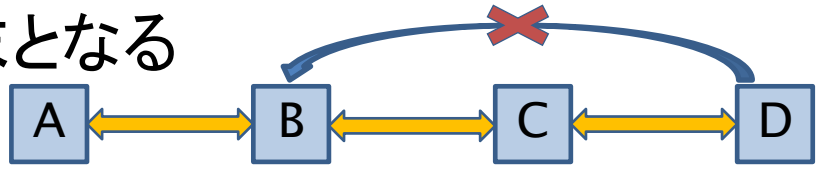
RTS/CTS自身がパケットであるため
- 送信に時間がかかる
- 衝突が発生する

⇒RTS/CTS自体がオーバーヘッドとなっている

RTS/CTS方式の課題(1)

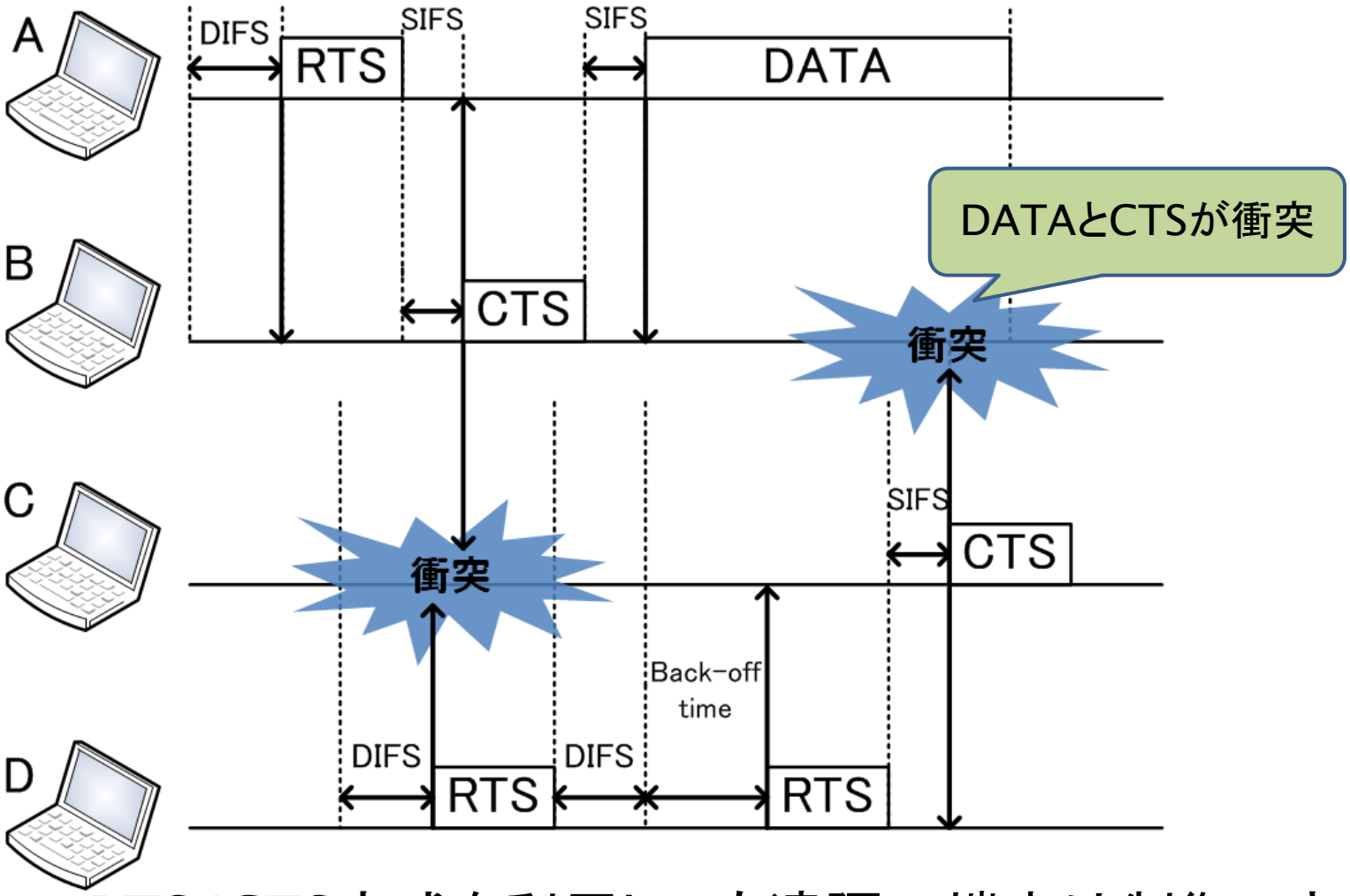


- 複数の端末が同時に送信を開始⇒RTSどうしの衝突
- 端末Dがさらし端末となる



各端末は等間隔に配置

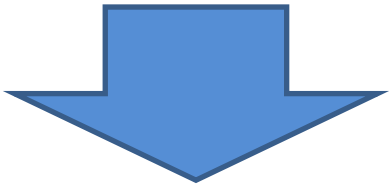
RTS/CTS方式の課題(2)



- RTS/CTS方式を利用しても遠隔の端末は制御できない

ビジートーン技術

- 隠れ端末問題を解決しようとする研究
  - 送信中の端末が近隣の端末に通信中であることを伝える制御信号(BT)を送信
  - 単一の周波数の電波⇒電力消費が小さい
  - データを含まないため，瞬時に制御が可能
  - 現在はRTS/CTS方式が定着しており，研究は下火



ビジートーンの有用性を見直し，
RTS/CTS方式の課題を一挙に解決

参考文献：萬代雅希，笹瀬巌
無線アドホックネットワークにおけるビジートーン信号を用いたメディアアクセス制御プロトコルの特性解析

提案方式

- SBT（Strong Busy Tone）

  ビジートーンの電波到達範囲を拡大させ，広範囲の端末を制御する信号

  - 遠隔の端末を制御可能

  ⇒隠れ端末問題の防止

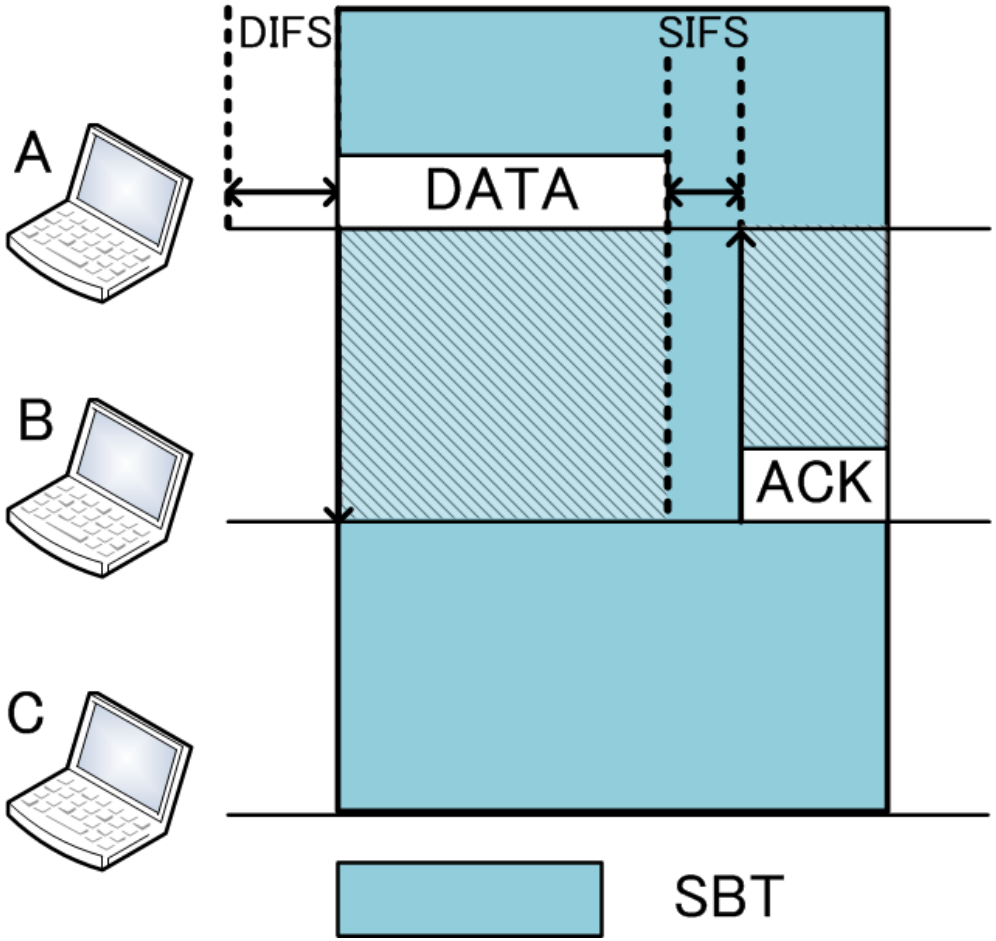
  - SBTによってすべての制御を行う

  ⇒RTS/CTSを廃止

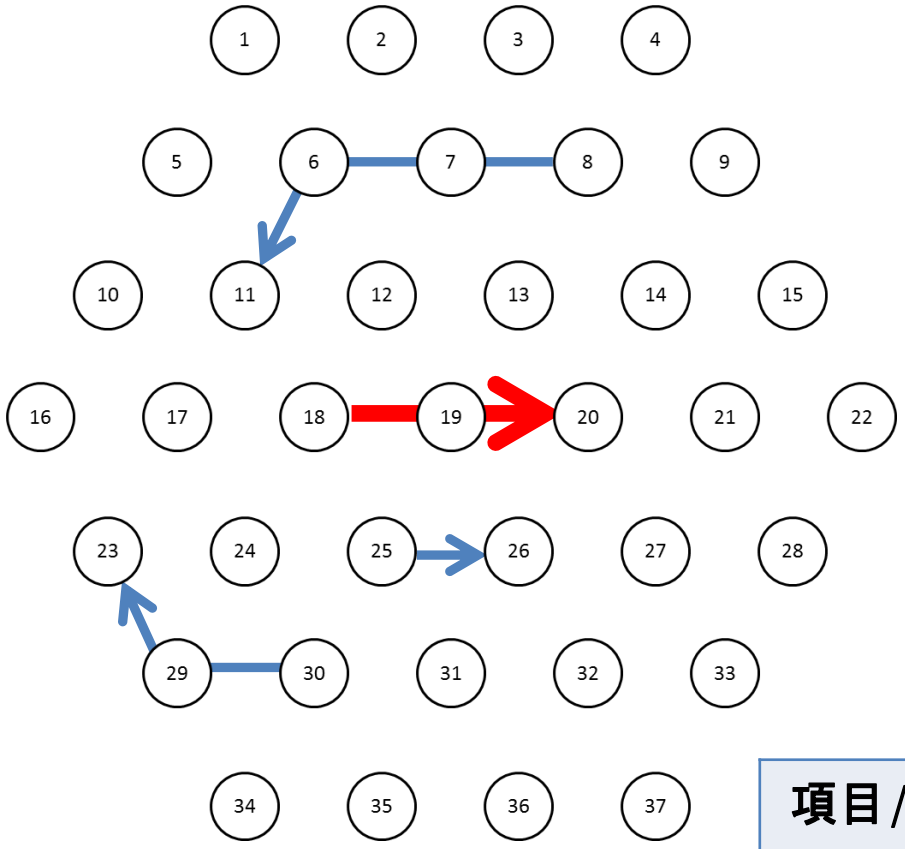
参考文献：伊藤智洋　旭健作　鈴木秀和　渡邊晃
アドホックネットワークの性能を向上させるストロングビジートーン導入の検討と評価

提案方式の動作

- SBTを受信していない場合に送信を開始できる
  - 通信中にSBTを受信しても通信を継続する
- SBTの送信範囲は電波到達範囲の2倍の距離
  - 通信に影響を与えうる範囲の端末を制御



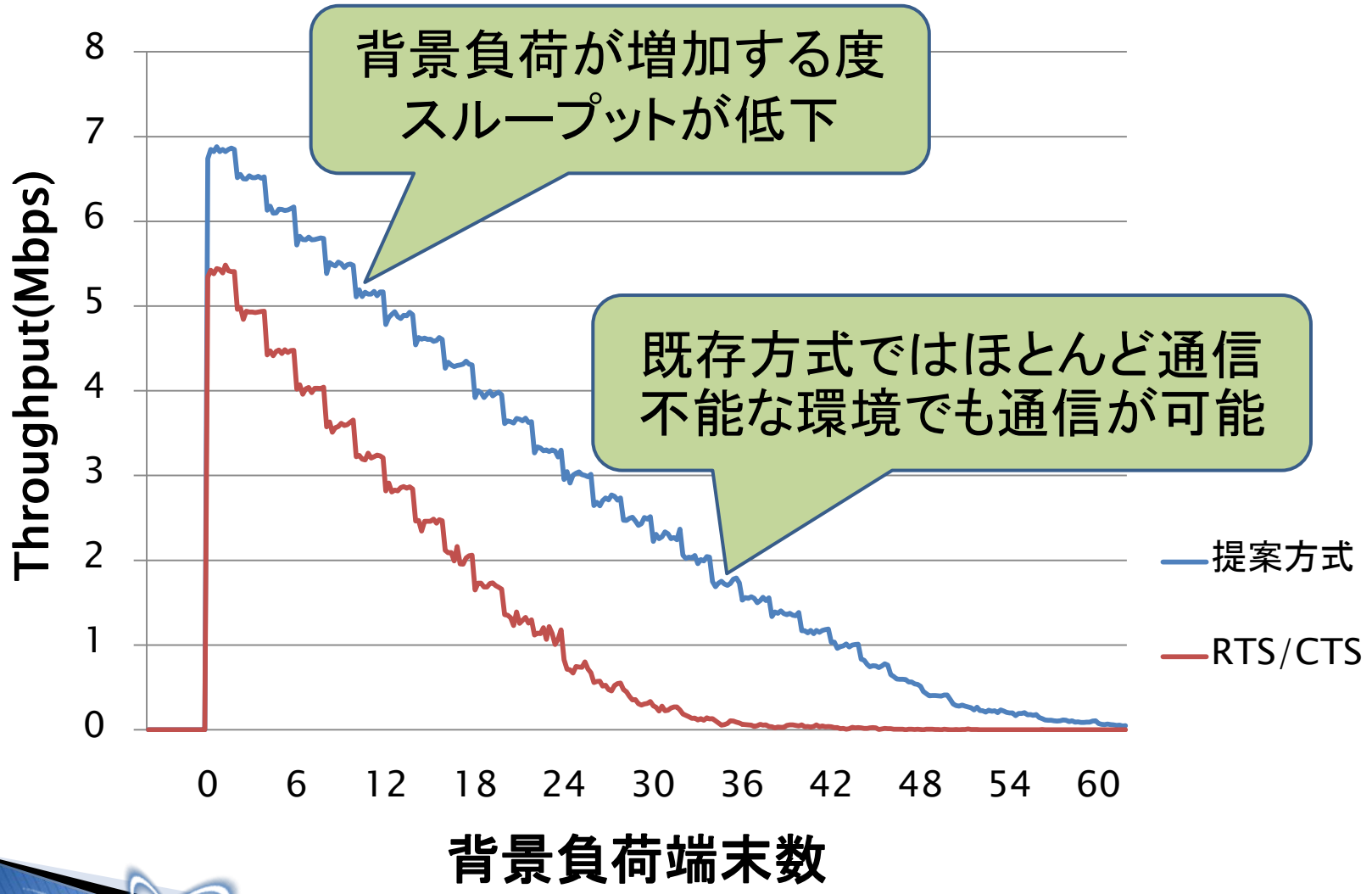
ns-2によるシミュレーション



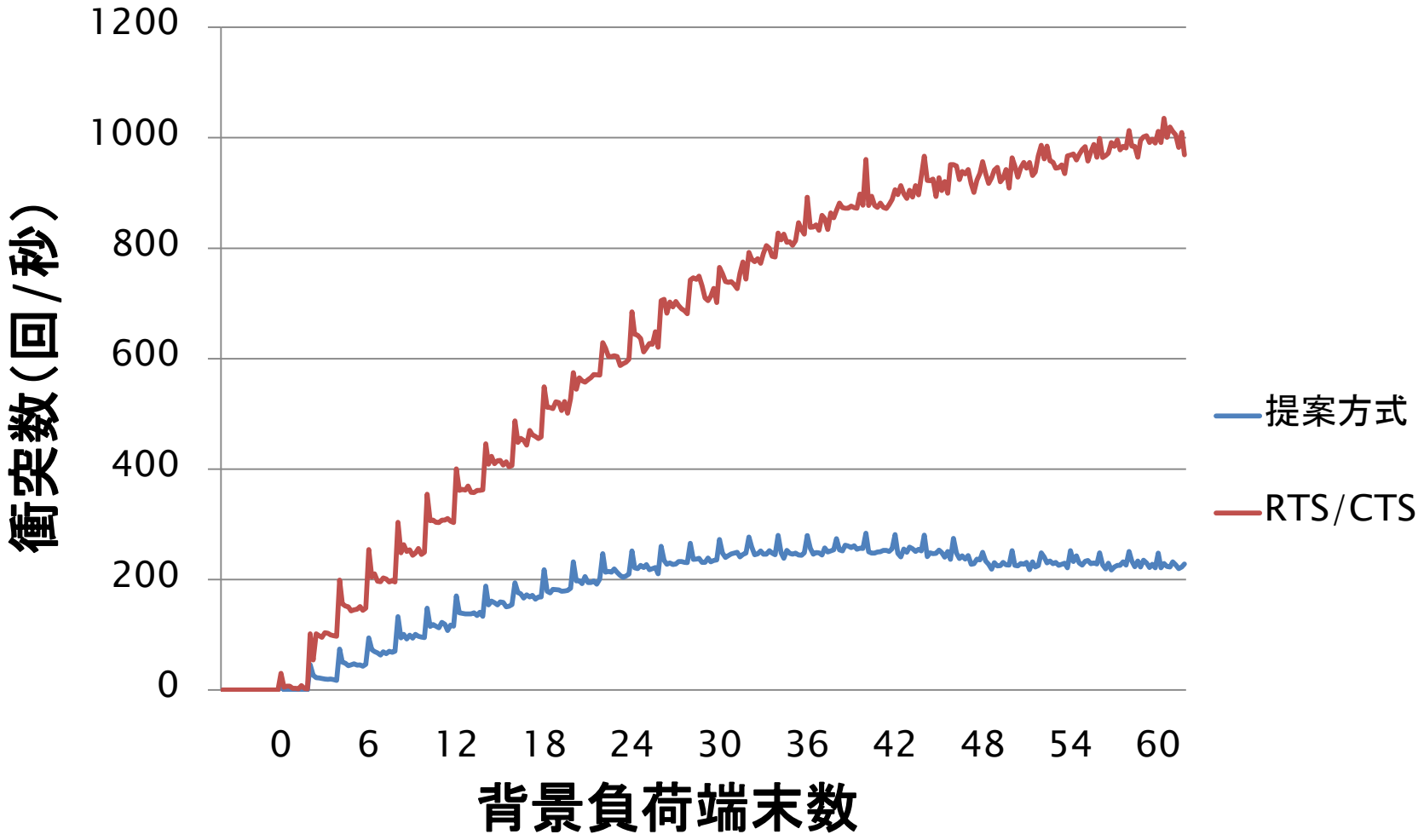
試行回数	30 回
端末数	37 台
端末間距離	90 m
電波到達範囲	100 m
SBT電波到達範囲	200 m
計測時間	330 s
通信形態	802.11g
無線帯域	54 Mbps

項目/端末種別	測定端末	背景負荷端末
プロトコル	TCP	UDP
TCP通信数	1 対	0~60 対
ペア選定方法	固定	ランダム

TCPスループットと背景負荷の関係



衝突回数と背景負荷の関係



シミュレーション結果のまとめ

- SBTによる隠れ端末問題の防止
  - 衝突数の減少
- 制御にSBTを導入し，RTS/CTSを省いたことによる，通信時間の短縮
- スループットの向上

むすび

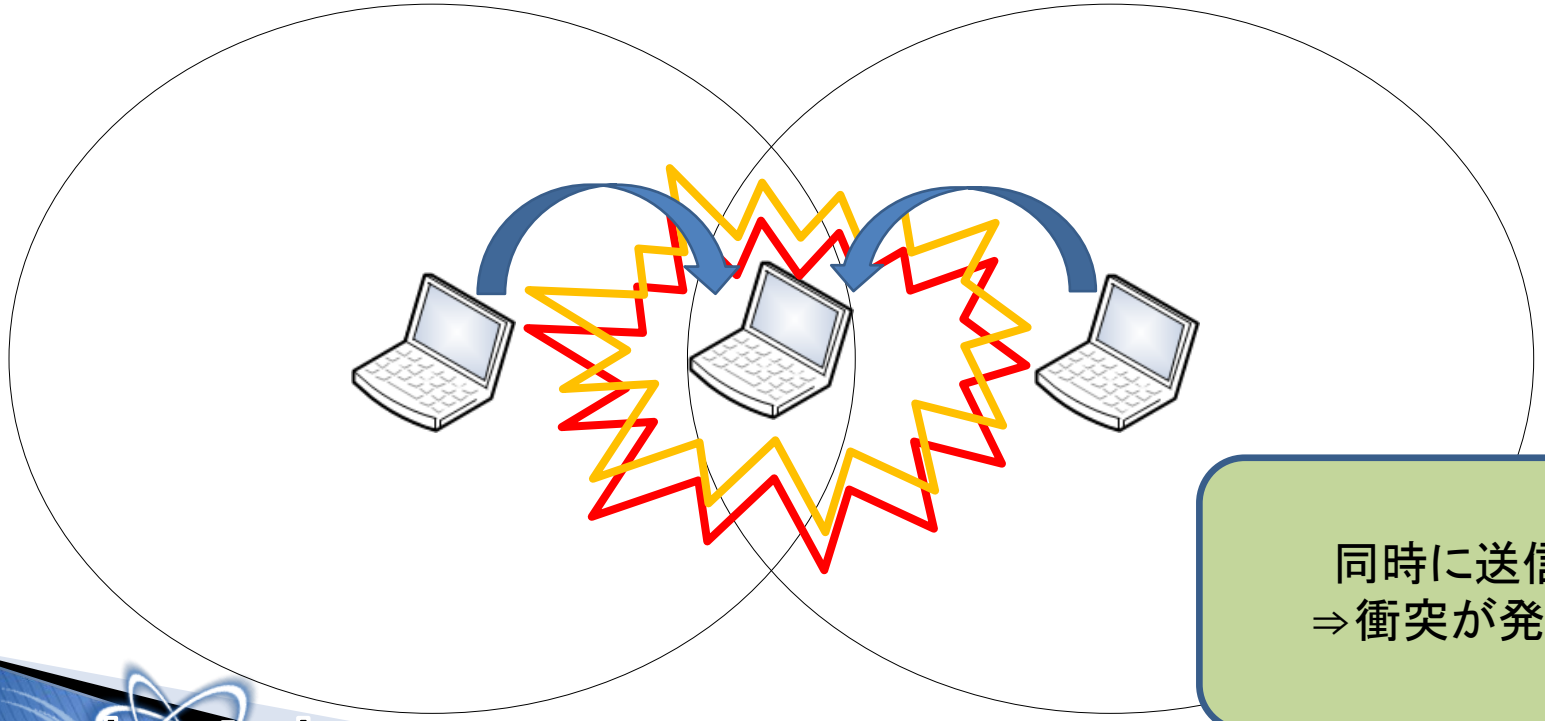
- アドホックネットワークにおいて，既存のBTを拡張したSBTを利用し，スループット・衝突数を改善する方式を提案した
- シミュレーションにより提案方式の有用性を証明
  - スループット・衝突の改善
- 今後の課題
  - 様々な環境における提案方式の有用性の証明
  - より効率の良い方式の検討

Watanabe Lab.

補足資料

隠れ端末問題

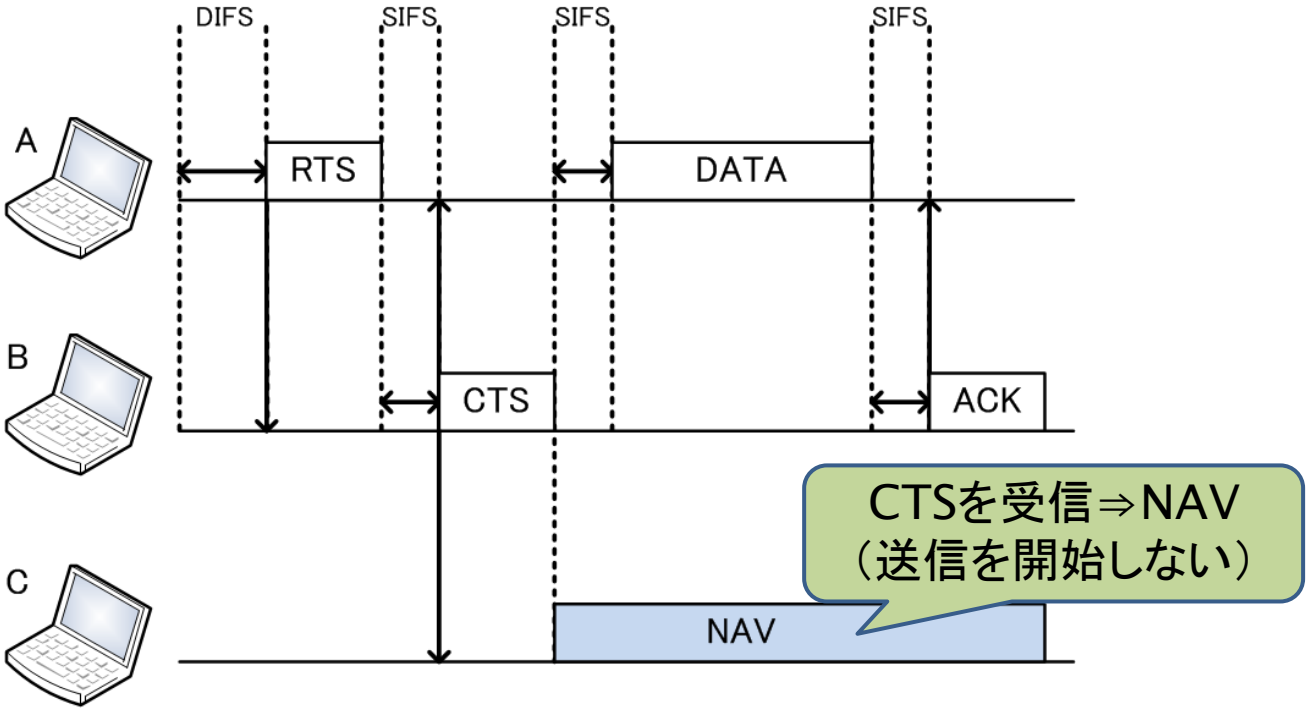
- 隠れ端末問題
  - 無線LANにおける通信では互いに電波の届かない端末の状態は把握できない
  - ⇒同じ端末に複数の端末が同時に送信を行う可能性がある



同時に送信
⇒衝突が発生

RTS/CTS方式

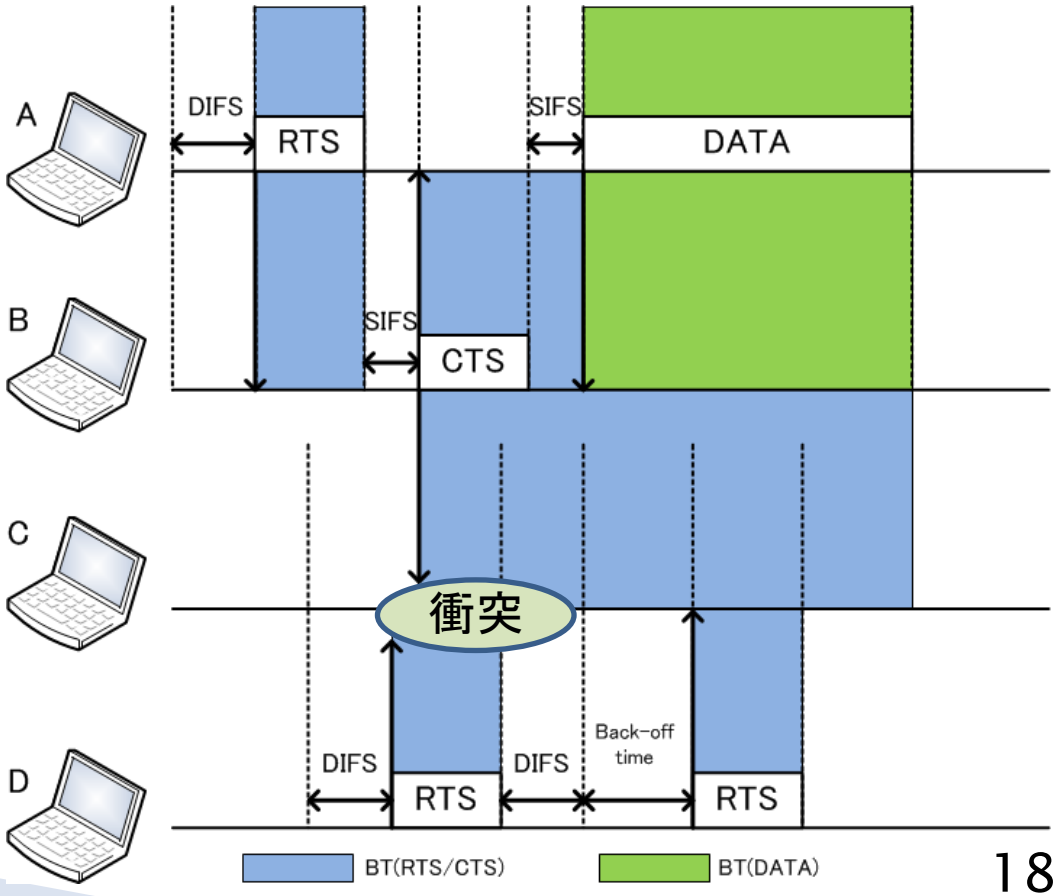
- IEEE802.11ではRTS/CTS方式による送信予約によって隠れ端末問題を解決している
- RTS：Request to Send（送信予約）
- CTS：Clear to Send（予約完了）



ビジートーン

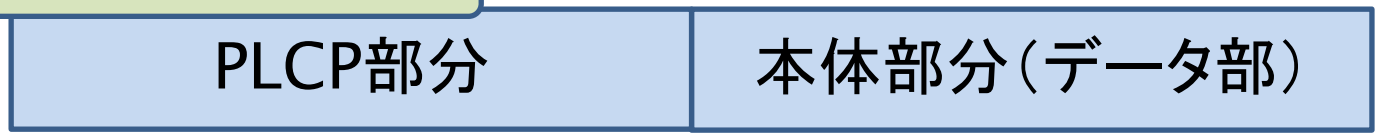
- 送信中の端末が近隣の端末に通信中であることを伝える制御信号
  - 単一の周波数の電波⇒小電力で広範囲に送信可能
  - データを含まないため瞬時に制御が可能

CTSを正しく受信できなかった場合でも，衝突を防ぐことができる
⇓
既存技術では隣接端末までしか制御できない



PLCP(物理ヘッダ)について

パケットのフォーマット



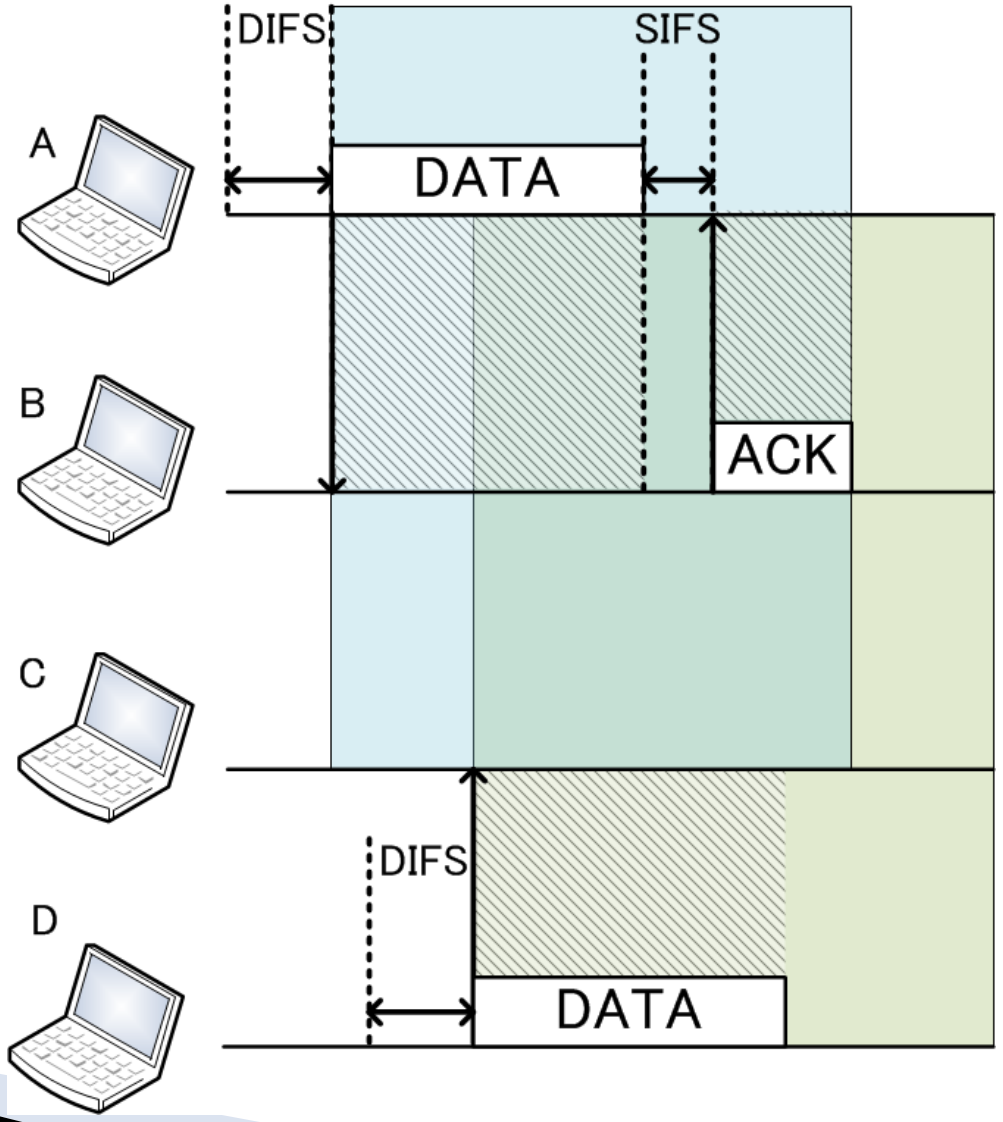
IEEE802.11では，伝送速度の情報を含むPLCP部分を最も遅い伝送速度で送るという制約があるため，RTS/CTS本体が短く設定(3μ秒)されていても，送信に時間がかかってしまう

IEEE802.11g		時間(μ秒)
RTS	PLCP	26
	本体	3
CTS	PLCP	26
	本体	3
DATA	PLCP	26
	本体(最大)	227
ACK	PLCP	26
	本体	3

提案方式(補足)

- CはAからのSBTを受け取っている

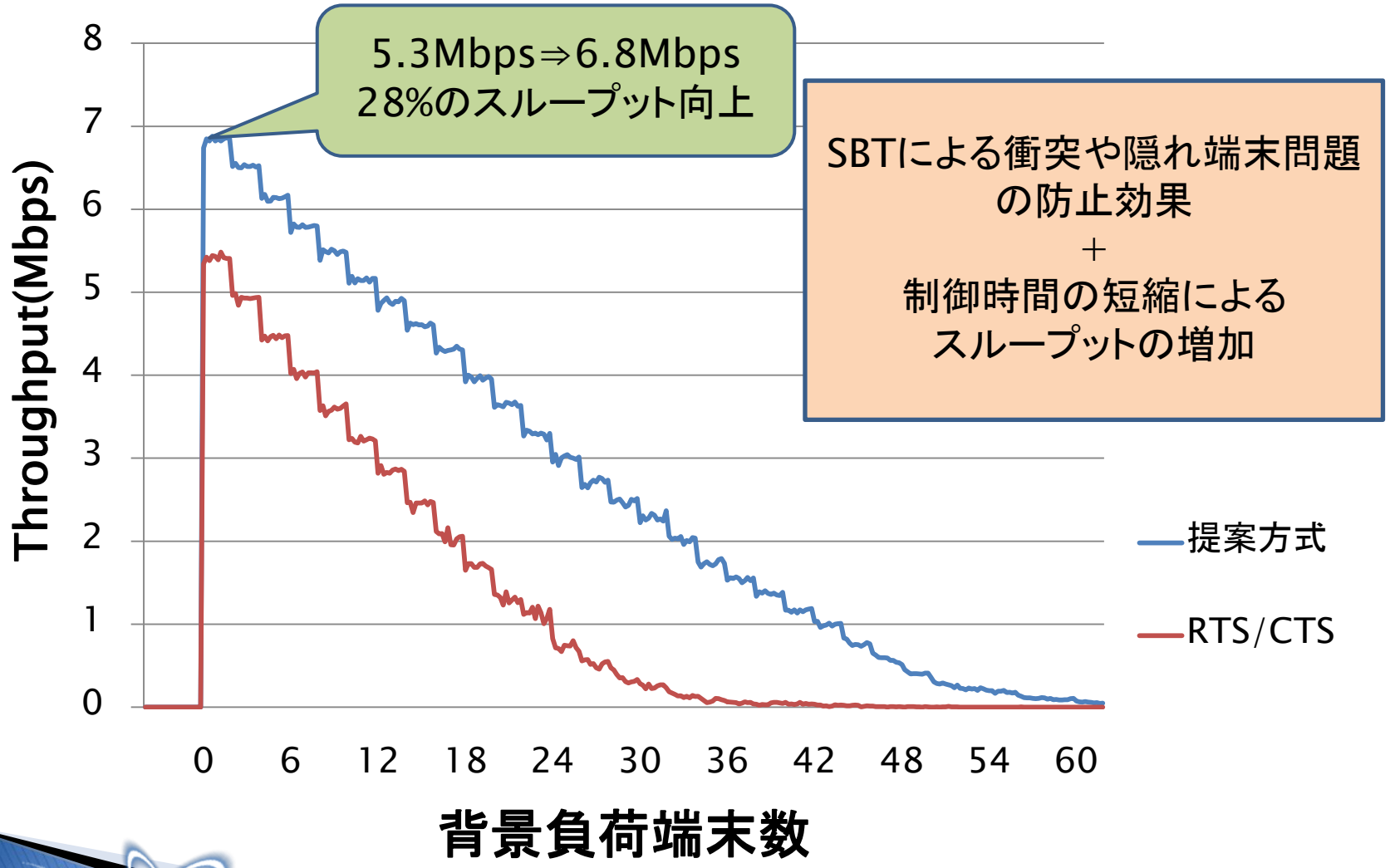
⇒Dからの送信は無視



シミュレーション結果の考察(1)

処理	RTS/CTS	提案方式
DIFES	34	34
RTS	29	
SIFS	10	
CTS	29	
SIFS	10	
DATA	227	227
ACK	29	29
合計	368	290

21%の時間短縮

IEEE802.11g		時間(μ秒)
DIFS		34
Back off		135 ~9207
RTS	PLCP	26
	本体	3
SIFS		10
CTS	PLCP	26
	本体	3
DATA	PLCP	26
	本体(最大)	227
ACK	PLCP	26
	本体	3

シミュレーション結果の考察(2)