

アドホックネットワークにおけるストロングビジトーンの導入とバックオフアルゴリズムの修正の効果についての検討

080425105 鬼頭 充

渡邊研究室

1. はじめに

アドホックネットワークの課題として、隠れ端末問題によるパケット衝突がある。IEEE802.11では、この課題を解決するために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ぐことができない。

そこで、我々はストロングビジトーン (SBT:Strong Busy Tone)[1] と呼ぶ特殊な制御信号を使用する解決方法と、CSMA/CAのバックオフアルゴリズムの修正により送信待ち時間を減少する方法を提案している。

本稿では、シミュレーションによりこれらの解決方法の効果を確認したので結果を示す。

2. 既存技術の課題

RTS/CTSは、CSMA/CAによりデータ送信を行う前に送信予約を行うためのシーケンスである。全てのノードがこのシーケンスを監視することにより、隠れ端末に対しても通信ノードの状態を知らせることができる。しかし、RTS/CTSが一種のパケットであることから、シーケンス自体が衝突する可能性がある。

また、再送時のバックオフ時間は、スロットタイム (以下: Δt) と、CW(Contention Window)の範囲内で発生した乱数の値を掛け合わせたものである。CWの範囲は再送回数が増えると指数関数的に増加し、トラフィックが増加した時は送信を控え、さらにトラフィックが増加することを防ぐことができる。しかし、バックオフによる待ち時間が大きいとスループット低下の要因になる。

3. 提案方式

提案方式では、RTS/CTSの送信と同時にストロングビジトーン (以下:SBT)[1] と呼ぶ単一周波数の信号を広範囲に送信する。SBTは送信状況を瞬時に周辺端末に伝えることができる。周辺端末はSBTの受信を感知している間送信ができない。また、SBTは単一の周波数であることから、SBTどうしの衝突を考慮する必要がない。そのため、スループットを改善することができる。

また、バックオフアルゴリズムの修正として Δt の値を小さく変更することにより、スループットを改善することができる。IEEE802.11gでは、 Δt が $9.0\mu\text{s}$ と定義されているが、これには、無駄な時間が含まれている。SBTを適用した場合 Δt の値は伝搬時間とハードウェアの送受信切り替え時間のみを考慮すればよいいため、 $3.0\mu\text{s}$ まで短縮することができる。

4. シミュレーションの結果と評価

シミュレーションでは、提案方式で述べたSBTの効果とバックオフアルゴリズム修正の効果を規則的に並べた端末で確かめた。

シミュレーションの条件を表1に示し、結果を図1に示す。表2は衝突回数を示している。

ここで、条件1はRTS/CTSによる既存技術である。条件2は、条件1にSBTを使用している。条件3は、条件2に加えて Δt の値を小さくしている。条件4は衝突回数を減らすため条件3のCWの値を大きくしたものである。

また、このシミュレーションはアドホックネットワークを使用し、ノード数を37台、電波到達範囲を100m、端末間距離を90m、測定時間を330秒、アクセス方式をIEEE802.11g、シミュレーション回数を50回としている。

図1より、スループットは条件1、条件2、条件4、条件3の順によくなっていることがわかる。各条件について見ていくと、条件2は条件1よりもよくなっているがこれは、SBTを使用したことによってデータの衝突回数が減少したためである。条件3はSBTを使用し更に、 Δt を小さくしたことによって待ち時間が減ったため条件2よりもスループットが良くなっている。条件4では、SBTを使用し、 Δt を小さくしさらにCWの値を小さくしたため衝突回数が大幅に減少している。しかし、CWを大きくしたため結果的に無駄な待ち時間が生じてしまい最終的には条件2と同じくらいになってしまっている。

表 1: シミュレーションの条件の値

| | Δt の値 | CWの値 | SBT |
|-----|------------------|---------|-----|
| 条件1 | $9.0\mu\text{s}$ | 15-1023 | 無 |
| 条件2 | $9.0\mu\text{s}$ | 15-1023 | 有 |
| 条件3 | $3.0\mu\text{s}$ | 15-1023 | 有 |
| 条件4 | $3.0\mu\text{s}$ | 45-3069 | 有 |

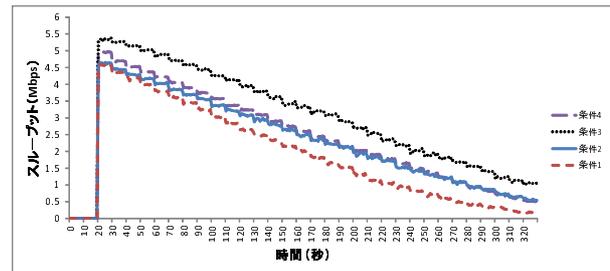


図 1: シミュレーション結果

表 2: 衝突回数

| | |
|-----|--------|
| 条件1 | 135462 |
| 条件2 | 13289 |
| 条件3 | 15268 |
| 条件4 | 5093 |

このことより、結論としてSBTを使用し、CSMA/CAのバックオフアルゴリズムの修正を行った場合が一番スループットが良くなる。また、衝突回数を減少させるスループットを良くすることにつながるわけではない。

5. まとめ

アドホックネットワークの課題である隠れ端末問題を解決するために、SBTを使用し、バックオフアルゴリズム修正を行いその効果についてシミュレーションを行った。

今後の課題として、多数の条件に対してシミュレーションを行っていくことによってさまざまな状況でも対応できることについて確認しなくてはならない。

参考文献

- [1] アドホックネットワークにおけるストロングビジトーンの導入とその拡張方式の検討と評価マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2012) シンポジウム論文集, Vol.2012, No.1, pp.1973-1980, Jul.2012.

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の修正の 効果についての検討

渡邊研究室 B4
鬼頭充

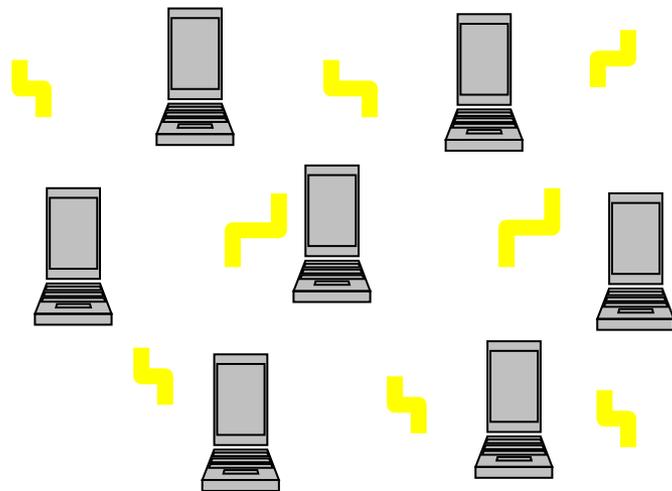
研究背景

- ▶ 無線LAN技術の普及が急速に進んでいる
- ▶ 無線端末間で通信を行うアドホックネットワークが注目されている
- ▶ 端末の増加に伴いパケット衝突によるスループットの低下が問題となっている

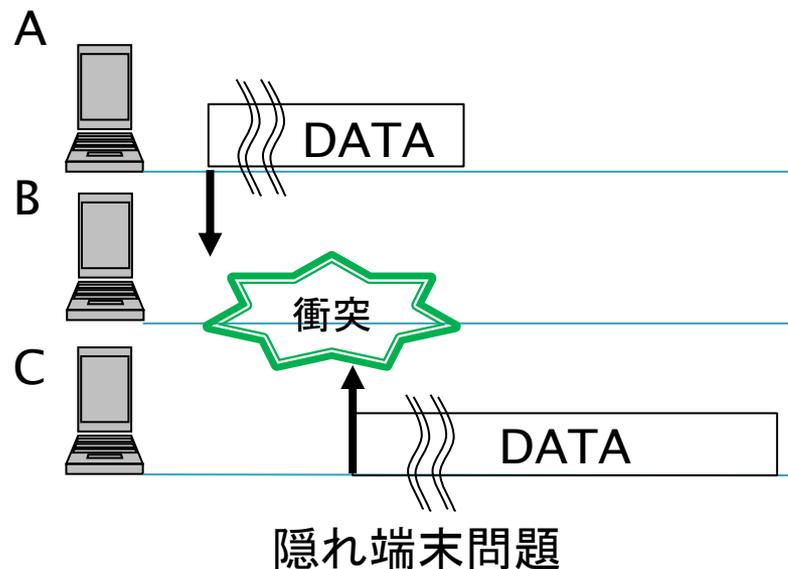
アドホックネットワーク

▶ アドホックネットワーク

- アクセスポイントを必要としない無線で接続できる端末のみで構成されたネットワーク
 - 電波が届かない端末はマルチホップ
- 問題点：隠れ端末問題が大きい

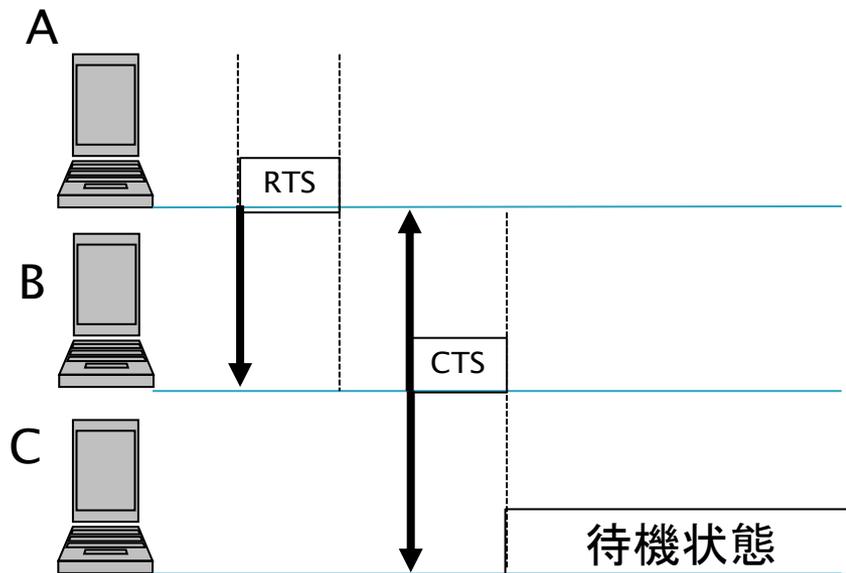


アドホックネットワーク

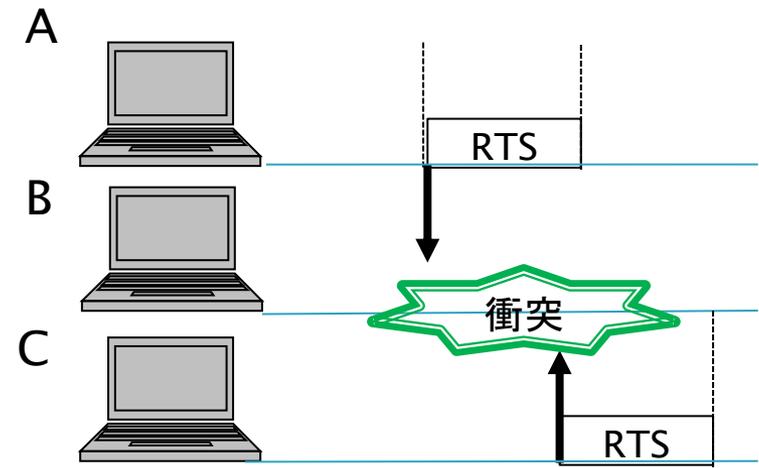


RTS/CTS方式と課題

- ▶ RTS(Request to Send)/CTS(Clear to Send)方式
 - RTS/CTSによる送信予約によって隠れ端末問題を解決している
 - 課題：RTS/CTSもパケットなので衝突してしまう可能性がある



RTS/CTS方式



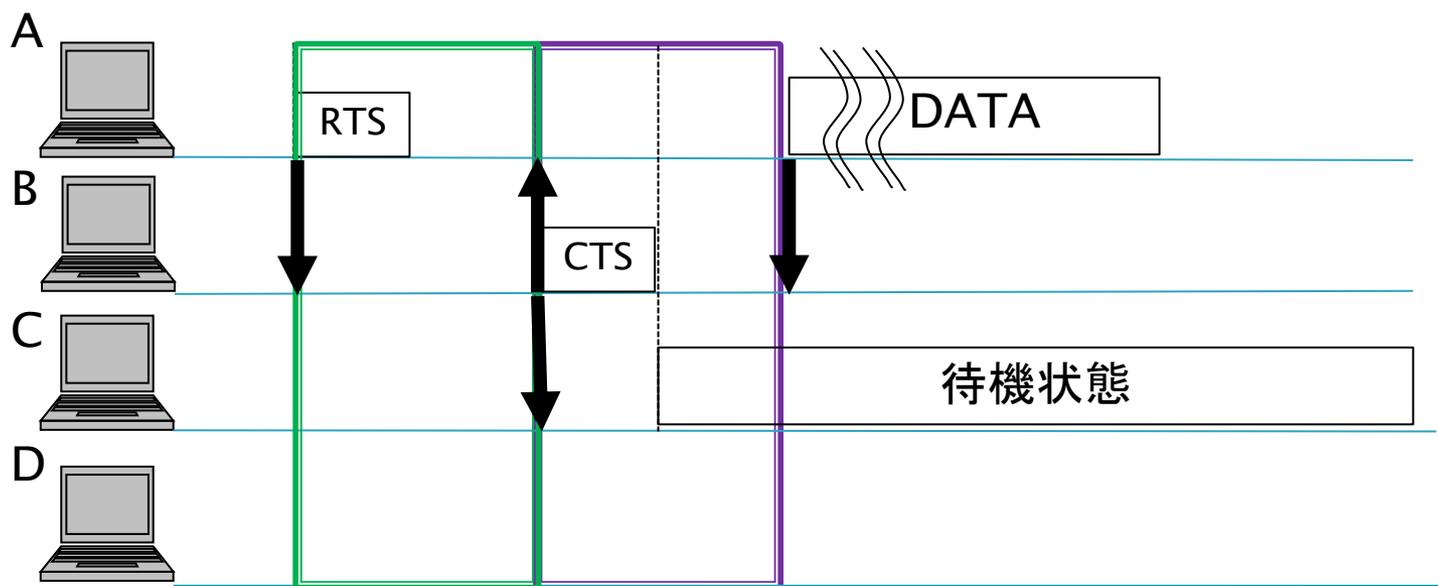
RTS/CTS方式の課題

RTS/CTS方式の解決方法

- ▶ RTS/CTS方式の課題を解決するためにビジートーンを用いる技術がある
- ▶ ビジートーンとは
 - 単一周波数の制御信号
 - パケットではないので素早く伝わる
 - 周波数帯域が狭いため電力消費が少ない
 - ビジートーンを受信した端末は送信をできなくする
- ▶ 課題点
 - 隣接端末しか制御できないため隠れ端末問題を完全には解決できない

SBT(Strong Busy Tone)

- ▶ SBT (Strong Busy Tone)とは
 - ビジートンの電波到達範囲を拡大させた制御信号
- ▶ SBTの適用
 - 各端末がRTSおよびCTSを送信するときに、電波強度を拡大したSBTを同時に送信することにより遠隔端末を制御する



バックオフアルゴリズム

- ▶ CSMA/CAのバックオフアルゴリズム
 - 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
- ▶ バックオフ時間は以下のように計算できる
 - $\Delta t \times \text{randam}(0, CW)$
 - CW(Contention Window)
 - CWはデータが衝突し再送すると2倍ずつ増加していく

待ち時間の短縮方式

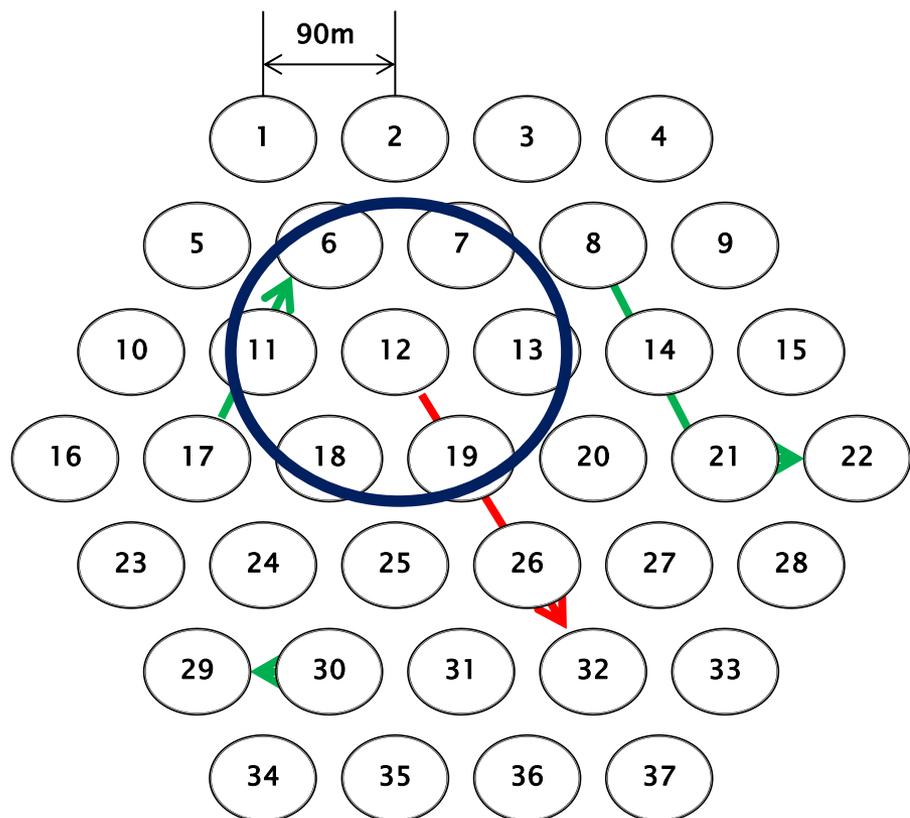
- ▶ Δt (スロットタイム)
 - 発生した乱数が衝突しない値
 - 現在は $9.0\mu\text{s}$
- ▶ バックオフアルゴリズムの修正
 - Δt の値はSBTを使用することにより小さくすることができる
 - SBTはパケットではないため
 - Δt の値は $3.0\mu\text{s}$ とすることができる



ns-2によるシミュレーション

- ▶ SBTの適用とバックオフアルゴリズムの修正の効果を調べるためにシミュレーションを行った
 - スループットの計測
 - 衝突回数の計測

シミュレーション環境



ネットワーク構成

| | |
|--------------|------|
| 試行回数 | 50回 |
| アドホックネットワーク | |
| 台数 | 37台 |
| 電波到達範囲 | 100m |
| 端末間距離 | 90m |
| 測定端末 | |
| 台数 | 2台 |
| トランスポートプロトコル | TCP |
| 背景負荷端末 | |
| トランスポートプロトコル | UDP |

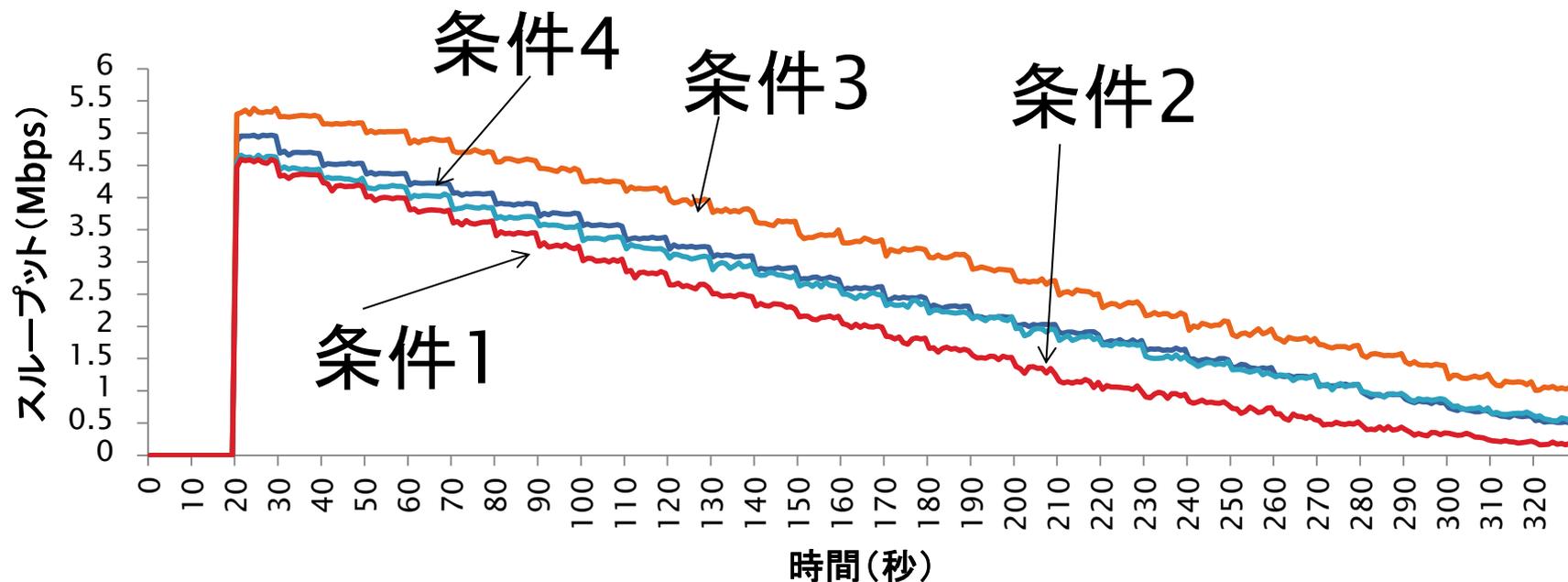
シミュレーション環境

測定条件

- ▶ 全てのシミュレーションの条件は以下のものになっている
- ▶ 測定条件
 - 条件1: 既存のRTS/CTS方式
 - 条件2: SBTの適用
 - 条件3: SBTと Δt の最適化
 - 条件4: SBTと Δt の最適化とCWの値の変更

| | SBT | $\Delta t(\mu\text{s})$ | CWmin/CWmax |
|-----|-----|-------------------------|-------------|
| 条件1 | 無 | 9.0 | 15/1023 |
| 条件2 | 有 | 9.0 | 15/1023 |
| 条件3 | 有 | 3.0 | 15/1023 |
| 条件4 | 有 | 3.0 | 45/3069 |

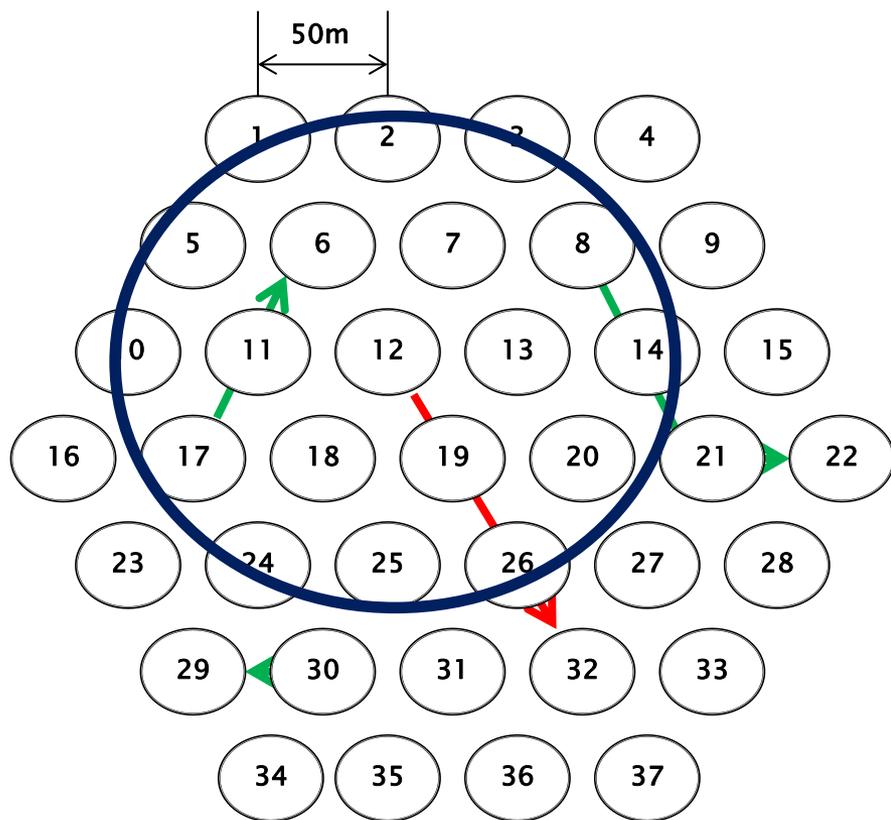
シミュレーション結果



| | SBT | $\Delta t(\mu\text{s})$ | CWmin/CWmax |
|-----|-----|-------------------------|-------------|
| 条件1 | 無 | 9.0 | 15/1023 |
| 条件2 | 有 | 9.0 | 15/1023 |
| 条件3 | 有 | 3.0 | 15/1023 |
| 条件4 | 有 | 3.0 | 45/3069 |

| | 衝突回数 |
|-----|--------|
| 条件1 | 135462 |
| 条件2 | 13289 |
| 条件3 | 15268 |
| 条件4 | 5093 |

シミュレーション環境

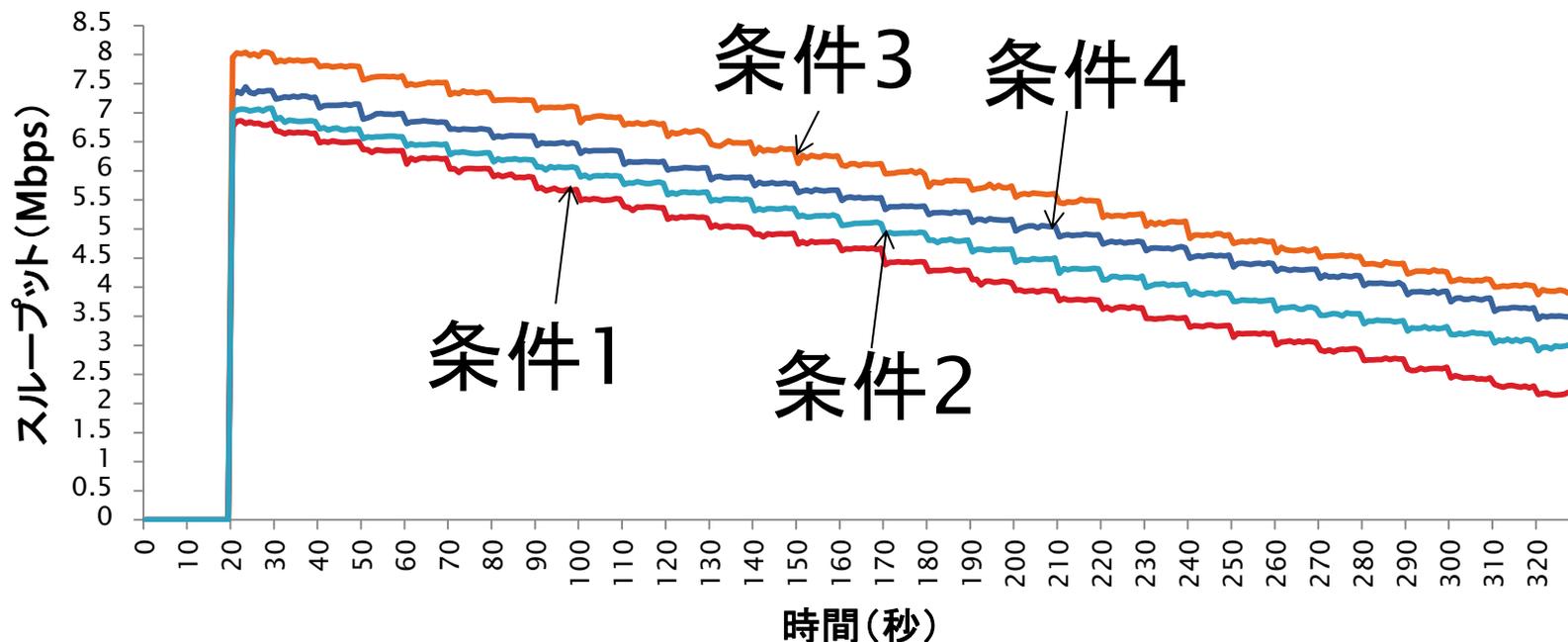


ネットワーク構成

| | |
|--------------|------|
| 試行回数 | 50回 |
| アドホックネットワーク | |
| 台数 | 37台 |
| 電波到達範囲 | 100m |
| 端末間距離 | 50m |
| 測定端末 | |
| 台数 | 2台 |
| トランスポートプロトコル | TCP |
| 背景負荷端末 | |
| トランスポートプロトコル | UDP |

シミュレーション環境

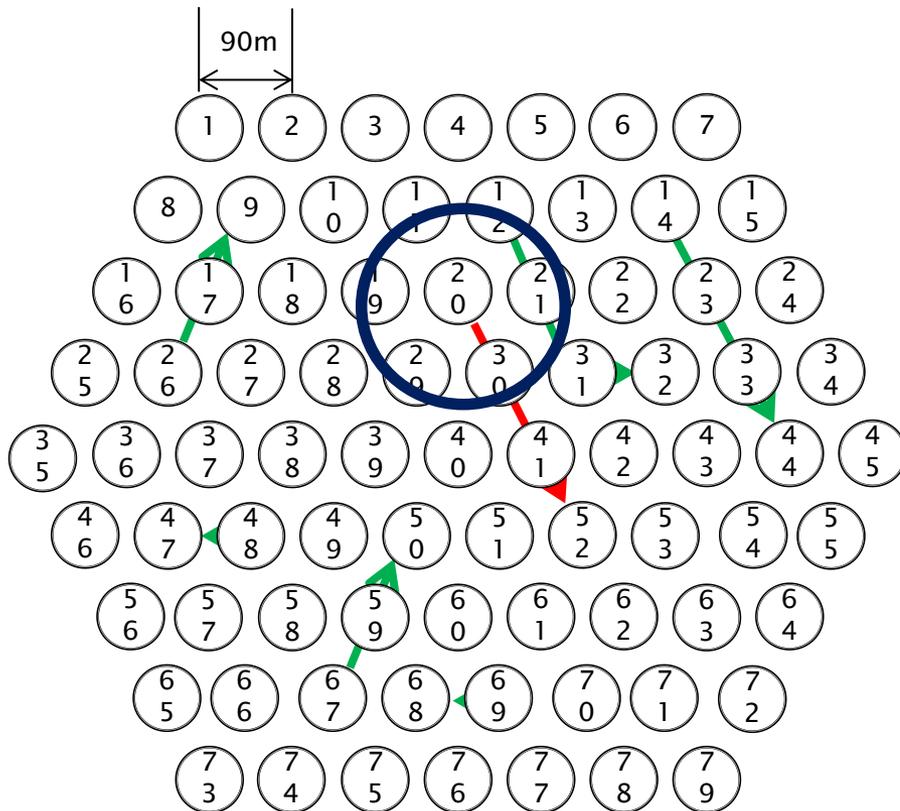
シミュレーション結果



| | SBT | Δt (μs) | CWmin/CWmax |
|-----|-----|------------------------------|-------------|
| 条件1 | 無 | 9.0 | 15/1023 |
| 条件2 | 有 | 9.0 | 15/1023 |
| 条件3 | 有 | 3.0 | 15/1023 |
| 条件4 | 有 | 3.0 | 45/3069 |

| | 衝突回数 |
|-----|--------|
| 条件1 | 128390 |
| 条件2 | 9289 |
| 条件3 | 10839 |
| 条件4 | 3216 |

シミュレーション環境

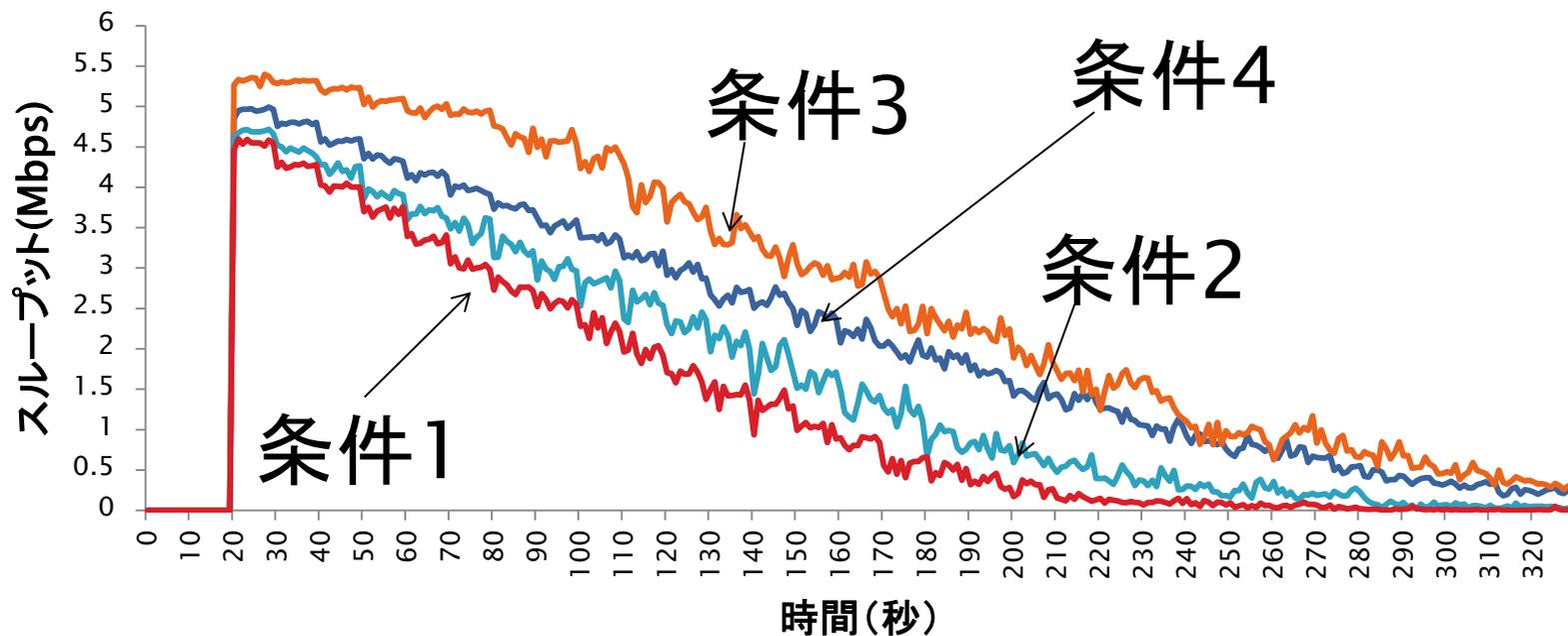


ネットワーク構成

| | |
|--------------|------|
| 試行回数 | 10回 |
| アドホックネットワーク | |
| 台数 | 79台 |
| 電波到達範囲 | 100m |
| 端末間距離 | 90m |
| 測定端末 | |
| 台数 | 2台 |
| トランスポートプロトコル | TCP |
| 背景負荷端末 | |
| トランスポートプロトコル | UDP |

シミュレーション環境

シミュレーション結果



| | SBT | Δt (μs) | CWmin/CWmax |
|-----|-----|------------------------------|-------------|
| 条件1 | 無 | 9.0 | 15/1023 |
| 条件2 | 有 | 9.0 | 15/1023 |
| 条件3 | 有 | 3.0 | 15/1023 |
| 条件4 | 有 | 3.0 | 45/3069 |

| | 衝突回数 |
|-----|--------|
| 条件1 | 238081 |
| 条件2 | 113282 |
| 条件3 | 136872 |
| 条件4 | 73622 |

SBTとバックオフアルゴリズム修正の効果

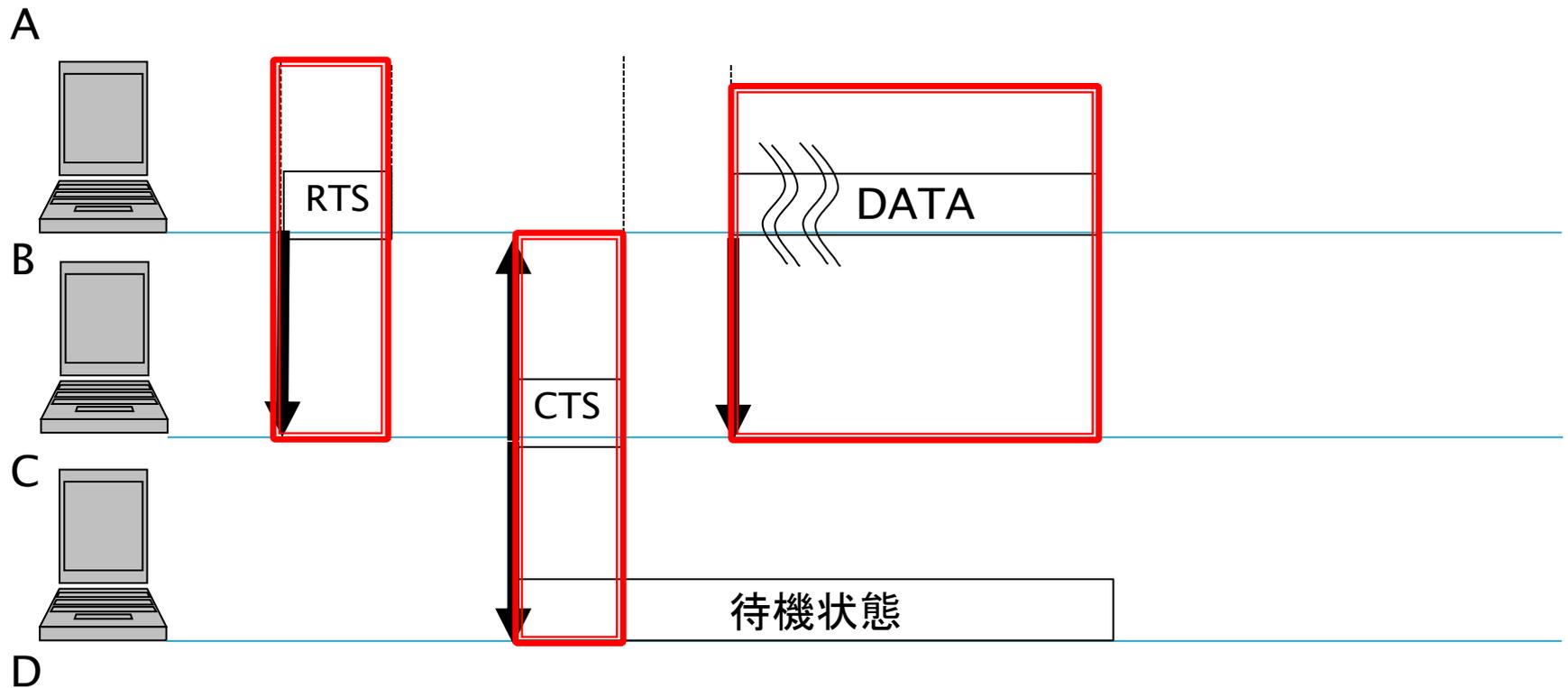
- ▶ どの場合においてもSBTを適用し Δt を最適化した時が一番スループットに対して効果がある
- ▶ CWの増加は衝突回数の減少につながるが、スループットはSBTを適用し Δt の値を最適化したほうが良い

まとめ

- ▶ SBTの適用とバックオフアルゴリズムの修正の効果を確かめるためにシミュレーションを行った
 - Δt の値の最適化によるスループットの向上
 - 衝突回数の減少よりも待ち時間の減少
- ▶ SBTの適用と Δt の値の最適化がスループットの向上に対してどのような場合でも効果的



ビジートーンの動作



バックオフアルゴリズムの要素

- ▶ 最適化する前の Δt の値
 - 端末の状態判定時間: $4.0\mu\text{s}$
 - 伝搬時間: $1.0\mu\text{s}$
 - 送受信間往復時間: $2.0\mu\text{s}$
 - MACの処理時間: $2.0\mu\text{s}$
 - 合計の $9.0\mu\text{s}$
- ▶ 最適化した後の Δt の値
 - 伝搬時間: $1.0\mu\text{s}$
 - 送受信間往復時間: $2.0\mu\text{s}$
 - 合計の $3.0\mu\text{s}$

▶ 伝搬時間

- SBTは100m先に対して $0.3\mu\text{s}$
 - 3ホップ先に対して届かせるため $1.0\mu\text{s}$

▶ 送受信間往復時間

- 端末の送信及び受信状態のスイッチに用いる時間
- 実装側に依存した値