

2段階のRTS/CTS交換で隠れ端末の送信を抑制する MACレベルブロードキャスト受信率向上方式

重安 哲也[†] 松野 浩嗣[‡] 森永 規彦[†]
[†] 広島国際大学 工学部, [‡] 山口大学大学院 理工学研究科

広く普及する無線 LAN 規格である IEEE802.11DCF は、ユニキャストの信頼性を向上するためのオプションとして RTS/CTS 交換を規定している。しかし、ブロードキャスト時は RTS/CTS 交換や、ACK による到達確認なしに CSMA/CA のみで送信が行われるため、ユニキャストに比べブロードキャストの受信成功率は著しく低下する。これまで我々は、ブロードキャスト用に改良した 1 度の RTS/CTS 交換でブロードキャスト受信率を向上できる衝突回避型ブロードキャストプロトコルを提案してきたが、同方式では、衝突発生危険度の高いエリアに位置する隠れ端末の送信を効果的に抑制することはできるが、その他のエリアの隠れ端末の送信を抑制することはできない。そのため、全てのエリアに均等に隠れ端末が存在するような環境下では、ブロードキャスト受信率の高い向上は期待できない。そこで、本稿では、2 段階の RTS/CTS 交換を用いることで、より広いエリアに存在する隠れ端末の送信を抑制する方式について検討を行ったので、その結果について報告する。

A New Method for Improving MAC Level Broadcast Receive Ratio Using Double RTS/CTS handshake Sequence

Tetsuya Shigeyasu[†] Hiroshi Matsuno[‡] Norihiko Morinaga[†]
[†] Faculty of Engineering, Hiroshima International University
[‡] Graduate School of Science and Engineering, Yamaguchi University

IEEE802.11DCF which is widely used wireless LAN standard employs RTS/CTS exchange for improving reliability of unicast transmission. But, packet delivery ratio of broadcast transmission is much lower than unicast transmission because the IEEE802.11DCF executes broadcast transmission without RTS/CTS exchange and ACK process. Up to now, for improving packet delivery ratio of broadcast, we have been proposed a method employing modified single RTS/CTS exchange sequence for broadcasting (SRTS - Single RTS method). However, SRTS could not mitigate transmission from hidden terminals locating out side range of CTS receiving area. In this paper, we propose a new method for improving packet delivery ratio of broadcast transmission using double RTS/CTS handshakes sequence (DRTS).

1 はじめに

CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) を MAC(Media Access Control) プロトコルに採用する IEEE802.11DCF では、ネットワークに隠れ端末が存在する場合はその影響によりスループットが大幅に低下する。そこで、ユニキャスト時には隠れ端末の送信を一定時間抑制するために、RTS/CTS(Request To Send / Clear To Send) 交換が使用される [1]。しかしながら、ブロードキャスト時には、RTS/CTS 交換ならびに、ACK による到達確認は行われずに CSMA/CA のみで送信が行われる [2]。そのため、隠れ端末が存在するネットワークでは、ユニキャストに比べブロードキャストの受信成功率は著しく低下する。

そのため、現在までにブロードキャスト時の受信の成功率向上を目的とした数多くのプロトコルが提案されている [3, 4, 5, 6, 7, 8]。

文献 [6] では、ブロードキャストパケットを正常に受信した端末は、送信局が設定するミニスロットの中からランダムに 1 スロットを選択し、そのスロットに対して BACK(Broadcast ACK) 信号を返信する方式を提案している。同方式では、ブロードキャスト後のミニスロット中に隣接端末数と同じ数の BACK 信号が検出されない場合は、パケットを再送し受信成功率の向上を図っている。しかしながら、同方式では受信端末がランダムに BACK を送信するミニスロットを選択するために、正しくブロードキャストの送信が行われた場合でも BACK 同士が衝突すれば不要にパケットが再送されるため、受信率向上のトレードオフとし

て送信オーバーヘッドが増加することが指摘されている [7, 8]。そこで、文献 [7] では、ブロードキャスト送信後に ARB(Announce Reception of Broadcast) ならびに、NACK(Negative ACK) 信号を用いることで、不要なブロードキャストの再送回数を抑え、送信オーバーヘッドを削減する方式を提案している。また、文献 [8] では、ブロードキャストするパケット中にこれを受信する端末に対して、BACK 信号を返信する順番を指定することで、BACK 信号同士の衝突を防ぎ、同様にブロードキャストの不要な再送を回避する方式を提案している。

さて、これらの方式は、全て衝突等によって失われたパケットを再送により回復する衝突回復 (Collision Recovery) 型であると分類できる。同方式は不要な再送を軽減する方法についての議論は行われているが、ブロードキャストパケット時の衝突そのものを軽減する方式ではないため、隠れ端末によるパケット衝突が多発する環境下では高い効果を期待することはできない。

一方、隠れ端末の送信を抑制するブロードキャスト方式は既にいくつか提案されている [3, 4, 5]。これらの方式では、ブロードキャスト送信前に RTS/CTS 交換を行うため、衝突を予防する衝突回避 (Collision Prevention) 型であると分類できる。しかしながら、文献 [3, 4] は、RTS 送信後に隣接端末から同時に返信される CTS のうち、最も受信強度の強いパケットを捕捉効果によって識別できるという前提条件の下でのみ動作するプロトコルであるため、実際のシステムにおける性能は疑問視せざるを得ない。これに対して文献 [5] では、複数の CTS を同時に送信させない方式を採用するが、全て

の端末に順に RTS/CTS 交換を行う方式であることや、一度送信が完了したパケットについても再送のために破棄せずに保持し続ける必要があるため、端末には多くのメモリを搭載する必要がある。

そこで、我々は現在までにこれらの問題点を解決しつつ、ブロードキャスト時の受信率を効果的に向上することのできるプロトコルとして、ブロードキャスト用に改良した 1 度の RTS/CTS 交換を用いる衝突回避 (Collision Prevention) 型のブロードキャストプロトコルである SRTS (Single RTS) 提案を行ってきた [9, 10]。同方式では、任意の隠れ端末の送信が発生した場合にブロードキャストの受信が失敗する危険度を算出し、危険度の高い隠れ端末と隣接する端末とあらかじめ RTS/CTS 交換を行う。そのため、ブロードキャストパケットの再送を用いずに、一度の RTS/CTS 交換で効果的に隠れ端末の影響をできることを確認している [9]。

しかしながら、同方式では、衝突発生危険度の高いエリアに位置する隠れ端末の送信を効果的に抑制することはできないが、その他のエリアの隠れ端末の送信を抑制することはできない [10]。そのため、全てのエリアに均等に隠れ端末が存在するような環境下では、ブロードキャスト受信率の高い向上は期待できない。そこで、本稿では、2 段階の RTS/CTS 交換を用いることで、より広いエリアに存在する隠れ端末の送信を抑制する方式について検討を行ったので、その結果について報告する。

2 IEEE802.11DCF における送信制御

以下に、IEEE802.11DCF における送信制御方式について述べる。

2.1 CSMA/CA によるユニキャスト時の基本送信制御方式

まず、図 1 に IEEE802.11 におけるフレームフォーマットを示す。同図において、RA ならびに TA は宛先端末、送信端末のアドレスをそれぞれ示している。従って、DATA ならびに RTS を受信することにより、どの端末がどの端末と隣接しているかを知ることができる。

IEEE802.11DCF の基本となる送信制御方式を図 2 に示す。同方式では、physical carrier sense (以下、キャリアセンス) によりパケット衝突を回避する。まず、送信要求の生じた端末はキャリアセンスにより、通信範囲内の端末が送信を行っているかどうかを調査する。キャリアセンスの結果、どの端末も送信中でないことがわかると、DIFS (DCF Inter Frame Space) 時間待機した後に DATA パケットの送信を開始する (Terminal A)。また、送信先の端末において、正しく DATA パケットが受信された場合、SIFS (Short Inter Frame Space) 時間待機した後に ACK (Acknowledgement) パケットを送信する (Terminal B)。DATA パケットを送信した端末は一定時間待機し、ACK パケットが送り返されるのを待つ。ACK パケットが一定時間内に送り返された場合は、無事に送信が終了したと判断し一連の送信動作を完了する。逆に、時間内に ACK パケットが送り返されない場合には DATA パケットの送信に失敗したと判断し、再度送信を試みる。再送回数の上限は Short Retry Limit と呼ばれる値により規定されており、再送回数がその値に達した場合、それ以上の再送は行われずパケットが破棄される。こうして、一連の送信動作が終了した後、全ての端末は DIFS 時間待機した後に必要に応じて新たな送信動作を行う。

さて、送信要求が生じた場合でもキャリアセンスによってその他の端末が既に送信を行っているかと判断した場合には送信を一定時間延期する (Terminal C)。その場合、現在行われている送信が終了した後にバックオフカウンタと呼ばれるタイマを生成し、タイマの減算を開始する。このとき、タイマが 0 になるまでその端末の送信は禁止される。

ところで、各パケットの送信前には IFS (Inter Frame

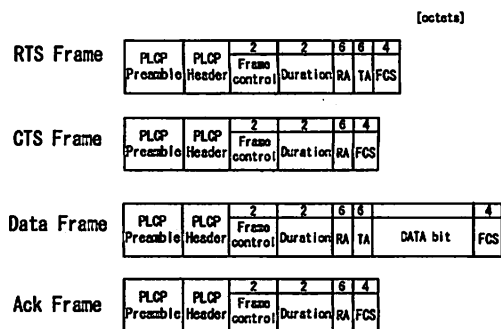


図 1: IEEE802.11 でのフレームフォーマット

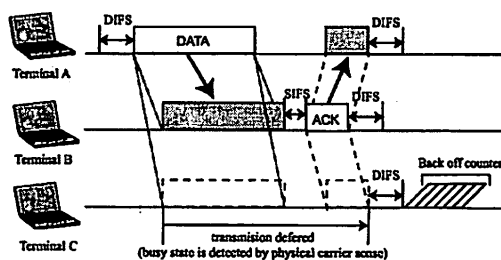


図 2: DCF における基本送信制御方式

Space) と呼ばれる待機時間を必ず設定するよう規定されており、DATA パケットの場合は DIFS, ACK パケットの場合は SIFS といったようにそれぞれ異なる IFS が設定される。これは、送信するパケットの種類に応じた優先制御を行うためである (SIFS は DIFS よりも短いために、ACK パケットの送信は DATA パケットの送信よりも高い優先順位が与えられることになる)。

2.2 RTS/CTS 交換を使用したユニキャスト送信制御方式

DCF の基本送信制御方式では、各端末はキャリアセンス外の端末の送信状況を調査することはできない。そのため、自端末の通信範囲外かつ宛先端末の通信範囲内に存在する端末は自端末と同時刻に送信を行ってしまう状況が起こり、パケット衝突が発生する。これは隠れ端末問題と呼ばれている [11]。そのため、DCF では基本送信制御方式と併用することのできるオプションとして、RTS/CTS 交換を規定している。RTS/CTS 交換は隠れ端末の影響を軽減するために文献 [12] で提案された方式で、あらかじめ送受信端末の通信範囲内に存在する全ての端末に一定時間送信を行わないように通知した後に実際の DATA を送信する。

RTS/CTS 交換はキャリアセンスが機能しない端末とのパケット衝突も軽減できるため、DCF において RTS/CTS 交換は virtual carrier sense と呼ばれる。

DCF に実装された RTS/CTS 交換の送信制御方式を図 3 に示す。送信要求の生じた端末 (sender) は、キャリアセンスでその他の送信が行われていないことを確認後、DIFS 時間待機し宛先端末 (receiver) に RTS (Request To Send) を送信する。RTS を受信した宛先端末は、これから DATA パケットを受信可能な状態にあれば、CTS (Clear To Send) を送信端末に送り返す。

さて、DCF では RTS と CTS の duration と呼ばれるフィールドに ACK パケットの受信終了予定時刻が記録されている。そのため、送受信端末以外の端末 (other) が RTS あるいは CTS を受け取った場合は、duration フィールドに記録されている時刻まで NAV (Network Allocation Vector) と呼ばれる送信延期タイマを設定

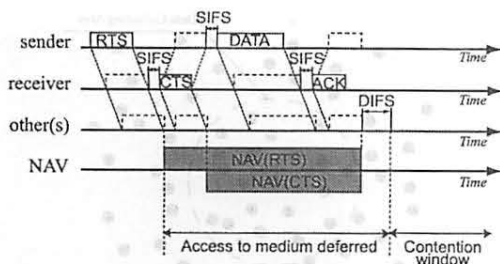


図 3: RTS/CTS 交換を使用した DCF の送信制御方式

する。図中の NAV(RTS) と NAV(CTS) は、それぞれ RTS, CTS を受信することにより設定される NAV の長さを示している。

2.3 IEEE802.11DCF におけるブロードキャスト送信制御方式

IEEE802.11DCF では、ブロードキャスト時には ACK による到達確認を使用しない CSMA/CA のみで送信が行われる。これは、ブロードキャスト時に RTS/CTS 交換あるいは ACK を使用すると、送信端末に対して CTS あるいは ACK が一度に返信されてしまい衝突を起こしてしまうからである。そのため、IEEE802.11DCF ではブロードキャストは完全なベストエフォート型の送信となる。

3 隠れ端末の送信を抑制する衝突回避型ブロードキャストプロトコル (SRTS)

本節では、我々がこれまで提案を行ってきた SRTS の送信制御方式について述べる。

SRTS では、まず、端末に隣接端末リスト、隠れ端末リストの 2 つのリストを実装する。図 1 に示した通り、DATA(RTS) には、送信元ならびに宛先端末のアドレスが記載されているため、これを傍受することで前述した 2 つのリストを構成する。

具体的なリスト構成手順を図 4 を用いて説明する。

3.1 隣接端末リストの構成

図 4 に示すネットワークにおいて、端末 1 が同端末を中心とする破線で示される通信範囲内に存在する端末 2 が 3 に向けて送信する DATA(RTS) を傍受したとする。このとき、1 はパケット中に記載される送信元アドレスを参照し、2 が隣接端末であると知り、隣接端末リストに追加する。同様に 4 を追加することで、表 1 に示すような隣接端末リストを作成する。隣接端末リストは危険度減少値を記録するフィールドを有するが、このフィールドは後述する方法によって値を設定するため、現時点では表 1 に示すように NULL を記録するものとする。

3.2 隠れ端末リストの構成

隠れ端末リストは隣接端末が送信する DATA(RTS) に記載される宛先アドレスを元に構成する。ここで、端末 1 は先ほどと同様に 2 が 3 に向けて送信する DATA(RTS) を傍受したとする。このとき、DATA(RTS) に記載される宛先アドレスと送信元アドレスより、端末 2 と 3 が隣接していることを知る。また、同時に隣接端末リストに記載のない端末 3 は隠れ端末であると判断し、隠れ端末リストに 3 は 2 に隣接する隠れ端末であると追加する。また、端末 4 が 3 に向けて送信する DATA(RTS) を傍受することにより、3 は 4 にも隣接する隠れ端末であると知り、これをリストに追記する。同様のことを繰り返した結果、表 2 に示すように端末 1 の隠れ端末リストが構成される。

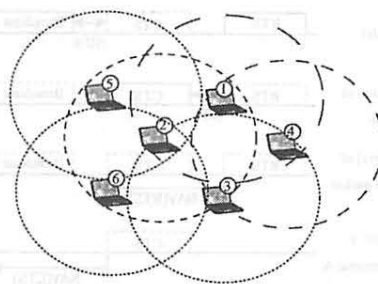


図 4: ネットワーク構成例

表 1: 隣接端末リスト

端末 ID	危険度減少値
2	NULL
4	NULL

表 2: 隠れ端末リスト

端末 ID	接続先端末 ID	危険度
3	2, 4	2
5	2	1
6	2	1

表 2 に示すように隠れ端末リストは危険度を保持するフィールドを有するが、これは隠れ端末が送信を行うことにより、端末 1 のブロードキャストを衝突により受信できなくなる端末数、すなわち隠れ端末の接続端末 ID フィールドに記載されている端末の数と等しい値が記録される。

3.3 RTS の送信先端末の選択

次に、前述した 2 つのリストを利用して、ブロードキャスト前に行う RTS/CTS 交換の相手端末を選択する手順について述べる。

送信端末は隠れ端末リストをもとに全ての隣接端末に対し、その端末と RTS/CTS 交換を成功させた場合に、送信を抑制することのできる隠れ端末を算出する。

表 1 を参照することにより、端末 1 の隣接端末は 2, 4 であることがわかるが、2 と RTS/CTS 交換を成功させた場合は、2 からの CTS を傍受するのは 1, 3, 5, 6 の端末となる。このうち、1 の隠れ端末は 3, 5, 6 であることも表 2 より把握することができる。結果として、端末 1 と 2 が RTS/CTS 交換を成功させた場合は、これら 3, 5, 6 の端末からの送信を抑制できるため、表 1 における端末 2 の危険度減少値にはこれら 3 端末の危険度を合計した 4 を記録する。また、同様に、表 1 における端末 4 の危険度減少値には 2 を記録する。

以上のようにして算出した隣接端末リストを用い、送信端末は最大の危険度減少値を持つ端末を RTS の送信先端末と選択する。

3.4 SRTS 提案方式におけるブロードキャスト送信制御

SRTS におけるブロードキャスト送信制御方式を図 5 を用いて説明する。同図において、ブロードキャスト要求の生じた端末 (sender) は自端末の隣接端末リストを参照し、最大の危険度減少値を持つ端末 (Destination) に対して RTS を送信する。RTS を受信した Destination は受信可能状態にあれば CTS を返信する。また、RTS を傍受した端末 (Receiver) は CTS の返信を阻害しないように CTS 受信完了予想時刻まで NAV(RTS) を設定する。CTS の返信を受信した端末は直ちにブロードキャストパケットの送信動作に移行する。

ここで、CTS を傍受した端末は CTS の RA(宛先ア

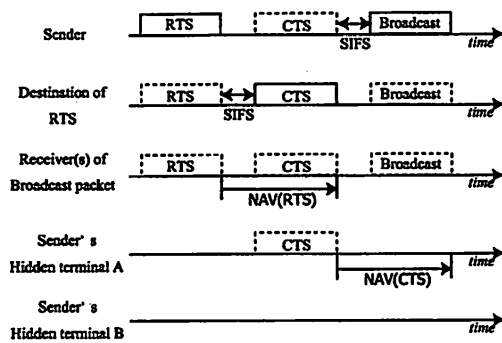


図 5: SRTS におけるブロードキャスト送信制御

表 3: Simulation parameters	
Data Rate	11 Mbps
Communication Range	100 m
SIFS	10 μ sec
DIFS	50 μ sec
Slot	20 μ sec
Contention Window Size	Min: 31, Max: 1023
MAC header	DATA: 24, RTS: 16, CTS, ACK: 10 (bytes)
Frame Check Sequence	4 bytes
PLCP header and preamble	192 μ sec
Payload	1024 bytes
Packet Arrival Process	Poisson Arrival
Simulation Field	500m $\times$ 500m

ドレス) フィールドを参照し, RA に示される端末と隣接していない端末 (Hidden terminal A) であれば, 自身に NAV(CTS) を設定しブロードキャスト終了予想時刻まで送信を延期する。逆に, CTS の RA フィールドに示される端末と隣接している端末 (Receiver) はブロードキャストの受信準備に移る。

さて, 同図から Sender ならびに Destination と隣接していない端末 (Hidden terminal B) の送信が抑制されることがわかるが, SRTS は, そのような端末がブロードキャスト中に送信を行ったとしても受信に失敗する端末数を 1 度の RTS/CTS 交換で極力小さくする方式であるといえる。

3.5 SRTS の性能特性

本節では, SRTS の性能特性を評価した結果について述べる。評価の際に使用した諸元を表 3 に示す。

なお, 本稿における評価では, 500m $\times$ 500m のシミュレーションフィールド内に端末をランダムに配置した。しかしながら, フィールドの端に位置する端末はエッジ効果によって送信機机会の不公平状態などを生じやすい [13]。そのため, 本論文ではこれらの影響を排除し, 提案方式を用いることによる効果を純粋に評価するため, 図 6 において白抜き丸で示される端末のようにフィールド中央に位置する端末を選択し, その端末の通信範囲内で発生した事象のみをデータとして評価に用いた。

また, 本稿で示す結果は, 1000 回のシミュレーション結果の平均値とした。

3.5.1 ランダム配置における性能特性

図 7 に 500m $\times$ 500m のシミュレーションフィールド上に 100 端末をランダムに配置した場合のトラフィック-受信率特性を示す。同図において, 受信率は全ての隣接端末が受信に成功したブロードキャストパケットの数を合計した値をブロードキャスト総送信数と隣接端末数で割ったものとしている。

同図より, 全てのトラフィック条件下において SRTS は既存の IEEE802.11DCF と比べて高いブロードキャ

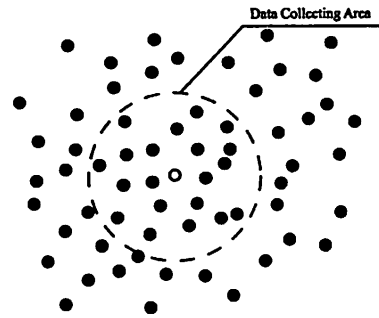


図 6: 計算機シミュレーションにおけるデータ収集範囲

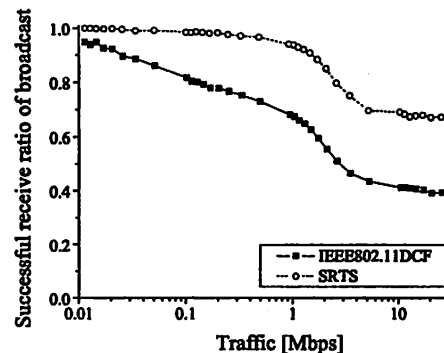


図 7: ランダム配置におけるトラフィック-受信率特性

スト受信率を示すことが確認できる。また, SRTS は既存方式に対し受信率において最大で 2 倍の優位性を持つことも併せて確認できる。これらから, SRTS を用いることにより, 効果的にブロードキャストの信頼性を向上できることがわかる。

3.5.2 トポロジの偏りを変化させた場合の性能評価

次に, SRTS を図 8 に示すように偏りを変化させたトポロジを用いた場合のトラフィック-受信率特性を図 9 に示す。同図に示すように, SRTS では隠れ端末の配置に大きな偏りがある場合は高い受信率特性となるが, そうでない場合, すなわち隠れ端末の配置に偏りが少ない場合は, 受信率特性が低下することが確認できる。

これは, SRTS は 1 度の RTS/CTS 交換のみで隠れ端末の送信を抑制していることに起因する。つまり, 図 8 に示すように, 隠れ端末が一部の受信端末のみに隣接している場合 (biased(large)) は, その受信端末と RTS/CTS 交換を行うことで, 隣接する多くの隠れ端末の送信を抑制することができる。しかしながら, 逆に隠れ端末が偏りなく均等に配置されている場合 (no biased) は, RTS/CTS 交換で送信を抑制できる隠れ端末の割合も小さくなるために, 結果としてブロードキャスト受信率も低下したと考えられる。

4 2 段階 RTS/CTS 交換を用いた衝突回避型ブロードキャストプロトコル (DRTS)

本節では, 前節における性能評価の結果を踏まえ, 2 段階で RTS/CTS 交換を行うことで, SRTS 方式よりも広いエリアの隠れ端末の送信を抑制する方式について提案を行う。

DRTS における送信制御方式を図 10 に示す。同図に示すように DRTS では, RTS, BRTS の 2 種類の RTS を使用する。まず, 最初の RTS では, SRTS と同じ手法で

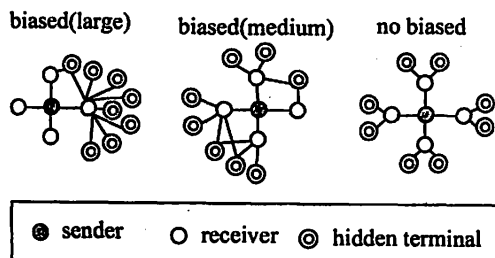


図 8: 偏りを変化させたトポロジ

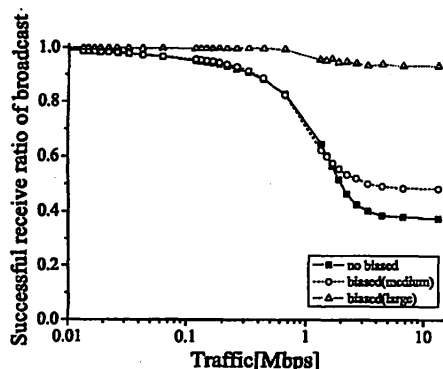


図 9: トポロジの偏りを変化させた場合の SRTS 方式のトラフィック-受信率特性

決定した端末を宛先として、ユニキャストで RTS/CTS 交換を行う。

この 1 度目の RTS/CTS 交換は、ネットワーク中で最も危険度の高いエリアに存在する隠れ端末を抑制することを目的としているため、対応する CTS が返信されない場合は、十分なブロードキャスト受信率が期待できないと判断し、送信端末はバックオフ状態に移移する。逆に、RTS に対応する CTS の返信を確認した場合は、以下のように 2 度目の RTS/CTS 交換を行う。

2 度目の RTS/CTS 交換は、1 度目で送信禁止を通知できなかった隠れ端末を抑制することを目的として行うが、対象となる隠れ端末は 1 度目に対象となった端末と比べて危険度の低い端末となる。

そのため、ユニキャスト RTS を繰り返し行くと、送信オーバーヘッドの増大を招くため、2 度目の RTS は複数の隣接端末を宛先としたマルチキャスト送信とする。従って、2 度目の RTS/CTS 交換では、送信端末に向けて複数の CTS が同時に返信されることとなるため、衝突により、全ての CTS を正しく受信することができない。そこで、2 度目の CTS に対しては、図 10 の 2nd CTS window として示すように、CTS の返信を受け付ける期間のみを設定し、同期間内に返信された CTS は受信等の処理を特に行わないこととする。

さて、ここで、2 度目の RTS を受信した全ての端末が CTS を返信してしまうと、隠れ端末上で CTS 同士が衝突を起こす可能性がある。例えば、図 8 の *biased(medium)* に示すトポロジにおいて、全ての receiver が CTS を同時返信すると、3 つの隠れ端末上で CTS が衝突を起こし、これらの隠れ端末の送信が抑制できなくなる。そのため、隠れ端末における CTS の衝突を避けるために、2 度目の RTS に返信する端末は $BRTS_{reply}$ に指定された端末のみとする。ここで、 $BRTS_{reply}$ に指定する端末は以降の節で述べる手続き

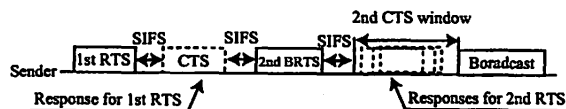


図 10: DRTS における送信制御

によって決定する。

4.1 $BRTS_{reply}$ 端末の決定手続き

以下に、DRTS において 2 度目の RTS/CTS 交換において、CTS を返信する端末を決定する手続きを示す。

- 1 度目の RTS の宛先端末とその端末の通信範囲に位置する隠れ端末を除外したネットワークの端末、通信リンクをそれぞれノード、エッジに対応させたグラフ $G_{network}$ を作成する。
- 上記で求めたグラフについて、隠れ端末の危険度ならびに危険度減少値を算出し、最大の危険度減少値を持つ端末を $BRTS_{reply}$ に加える。
- 上記に対応する端末、その端末の隠れ端末ならびに隠れ端末と隣接する端末にそれぞれ対応するノードとエッジを $G_{network}$ から除外したグラフを、新たな $G_{network}$ とする。
- 送信端末の隣接端末に対応するノードが $G_{network}$ に残っている場合、手順 2 に戻り手続きを続行する。そうでない場合は手続きを終了する。

4.2 DRTS の性能評価

本節では、DRTS によるブロードキャスト受信率の向上効果を明らかにするために行った計算機シミュレーション結果について報告する。なお、本節では IEEE802.11DCF, SRTS, DRTS の 3 方式の性能評価を行った結果について報告する。

4.2.1 トポロジの偏りを変化させた場合の DRTS と SRTS の性能評価

図 11 にトポロジの偏りを変化させた場合の DRTS の性能評価を行った結果を示す。同図に示す *no biased*, *biased(medium)*, *biased(large)* は、図 8 に示すトポロジにおける結果をそれぞれ示している。

同図に示す結果より、全てのトポロジにおいて、DRTS を採用することで SRTS と比べて同等以上のブロードキャスト受信率を達成できることが確認できる。これは、DRTS の採用する 2 度目の RTS/CTS 交換により広範囲に位置する隠れ端末の送信を効果的に抑制できている結果であると考えられる。

4.2.2 ランダム配置における性能評価

図 12 に、500m×500m のシミュレーションフィールド上に 100 端末をランダムに配置した場合の結果を示す。同図より、端末をランダムに配置した場合においても他の 2 方式と比べて同等以上のブロードキャスト受信率を達成することが確認できる。

5 おわりに

本稿では、IEEE802.11DCF におけるブロードキャスト時の信頼性を向上する方式について議論した。

本稿で提案を行った方式は、衝突回復方式における再送処理や衝突回避方式における送信遅延が問題となっていることを踏まえ、再送処理を実装せずに、2 度の RTS/CTS 交換で効果的にブロードキャスト受信率を向上する方式を採用した。

提案方式の有効性を評価する計算機シミュレーション結果からは、トラフィック発生条件やネットワーク中

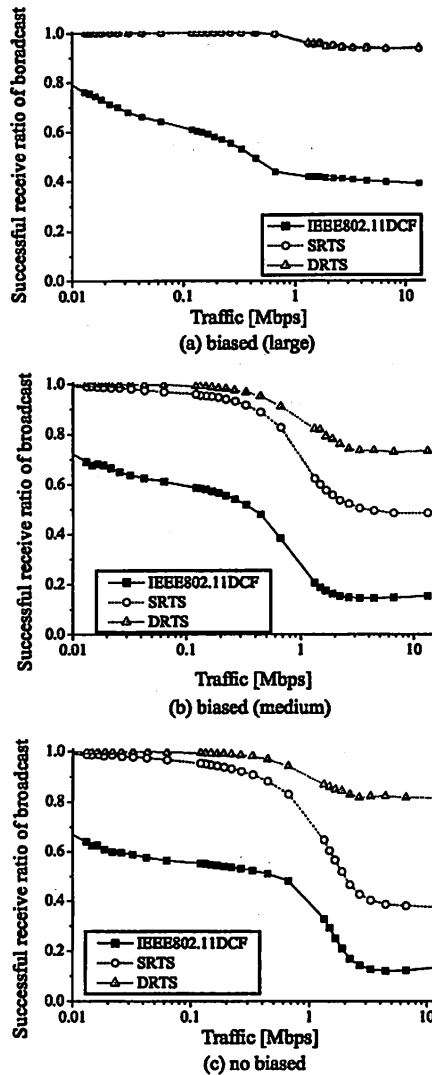


図 11: トポロジの偏りを変化させた場合の DRTS, SRTS 方式のトラフィック-受信率特性

の端末配置を様々に変化させた場合にも既存の方式に比べて高いブロードキャスト受信率を達成できることを確認した。

また、本稿での提案方式は、その他の論文の提案方式のように、標準規格である IEEE802.11DCF に実装されていないパルス信号などをまったく使用せずに実現できる方式であるため、今後は、提案方式の実現に向けて、実機実装も含めたさらに多くの評価ならびに検討を行いたい。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 若手研究 (B) (No.18700075) の援助を受けている。

参考文献

- [1] B.P.Crow, I.Widjaja, J.G.Kim, and P.Sakai, "IEEE802.11 Wireless LocalArea Network," IEEE Communications Magazine, September 1997.
- [2] Editors of IEEE802.11, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC and Physical Layer(PHY) specifications, Draft Standard)," IEEE802.11, 1997.

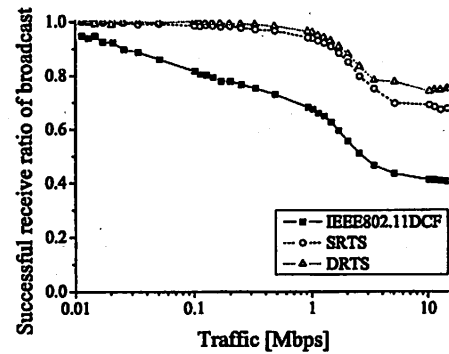


図 12: ランダム配置における 3 方式のトラフィック-受信率特性

- [3] K. Tang, M. Gerla, "MAC layer broadcast support in 802.11 wireless networks," IEEE MILCOM 2000, Vol.1, pp.544-548, 2000.
- [4] K. Tang, M. Gerla, "Random access MAC for efficient broadcast support in ad hoc networks," IEEE WCNC 2000, Vol.1, pp.454-459, 2000.
- [5] K. Tang, M. Gerla, "MAC reliable broadcast in ad hoc networks," IEEE MILCOM 2001, Vol.2, pp.1008-1013, 2001,
- [6] S. Sheu, Y. Tsai and J. Chen, "A highly reliable broadcast scheme for IEEE802.11 multi-hop ad hoc networks," IEEE ICC 2002, Vol.1, pp.610-615, 2002.
- [7] 宇都宮依子, 萬代雅希, 笹瀬巖, "無線アドホックネットワークにおいて NACK 及び指向性アンテナによるブロードキャストデータ再送信を用いた MAC プロトコル," 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J87-B, No.2, pp.144-158, 2004.
- [8] J. Chen and M. Huang, "A Broadcast Engagement ACK Mechanism for Reliable Broadcast Transmission in Mobile Ad Hoc Networks," IEICE Trans. on Communications, Vol.E88-B, No.9, pp.3570-3578, 2005.
- [9] 重安哲也, 松野浩嗣, 森永規彦, "隠れ端末の送信を抑制する衝突回避型ブロードキャストプロトコル," 情報処理学会研究報告, No.2007-DPS-132, pp.1-6, 2007.
- [10] T. Shigeyasu, H. Matsuno and Shozo Komaki, "A New Broadcast Method to Prevent Packet Collisions over Biased Terminal Arrangement," Proc. ITC-CSCC2008, in CD-ROM, 4pages, 2008.
- [11] F. A. Tobagi and L. Kleinrock, "Packet Switching in Radio Channels: Part II - The Hidden Terminal Problem in CSMA and Busy-Tone Solution," IEEE Trans. on Communications, COM-23, pp. 1417-1433, 1975.
- [12] P. Karn, "MACA - a new channel access method for packet radio," ARRL/CRRL Amateur Radio 9th Computer Networking Conference, pp.134-140, 1990.
- [13] M. Kawasaki, T. Shigeyasu, and H. Matsuno, "A method for improving MAC level fairness on IEEE802.11DCF," Proc. IEEE 2nd International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (IEEE WiCOM2006), in CD-ROM, 5pages, 2006.