

アドホックネットワークの packets 衝突を減少させる方式の提案

後藤 秀暢[†] 伊藤 将志[‡] 渡邊 晃[‡]

名城大学理工学部[†] 名城大学大学院理工学研究科[‡]

1. はじめに

アドホックネットワークには、本質的に避けられない問題として「隠れ端末問題」が存在する。「隠れ端末問題」とは、2つのノードが互いに隠れた位置におり(電波の到達範囲外)、両者が同じ受信ノードに情報を送信しようとする、受信ノードにおいてデータの衝突を引き起こす問題である。この「隠れ端末問題」への対策として、IEEE802.11 標準規格では RTS/CTS 方式が採用されている。RTS(Request To Send)は送信要求、CTS(Clear To Send)は受信準備完了を意味する。衝突を避けるには、受信ノードに隣接する全てのノードにチャンネルが使用中であることを知らせる必要がある。そのために、RTS フレームは送信ノードがデータを送りたいという要求を示すために用いられる。受信ノードは CTS フレームを用いて送信を許可し、送信が可能になる。RTS/CTS は全てのノードが監視しているので隠れ端末に対しても受信ノードの状態を知らせることができる。このようにして競合する送信が禁止され、衝突を回避できる。

しかし、RTS/CTS 方式では課題が完全には解決されていない。その理由として、RTS/CTS 自体の衝突が発生する可能性が高いことが言える。そこで、本稿では制御信号(CS ; Control Signal)を導入し、RTS/CTS フレームの衝突を回避する方法を提案する。

2. RTS/CTS 方式の課題

RTS/CTS 方式の課題の例を図1に示す。ノード A が送信した RTS フレームに対して、ノード B は CTS フレームを返信して送信を許可する。しかし、RTS/CTS のやりとりの間にノード D が RTS フレームを送信すると、

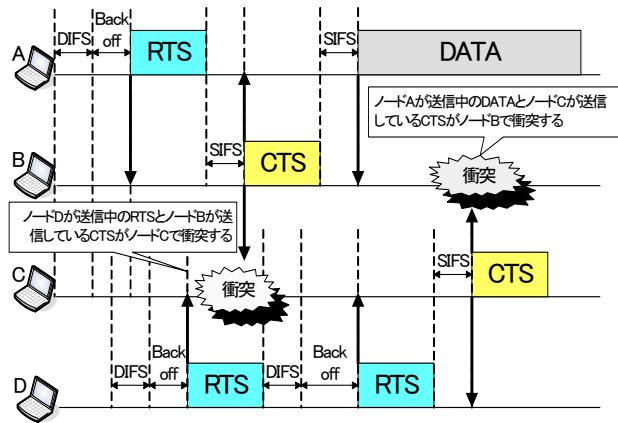


図1 RTS/CTS 方式の課題

ノード B が送信した CTS フレームと衝突が発生する。これによりノード D は CTS フレームを受信しないため、RTS フレームを再送信する。一方、ノード A はノード B からの CTS フレームを受信すると、ノード C で衝突が発生していることに気がつかずにノード B に対してデータ送信を始める。ノード C はノード D からの RTS フレームに回答して CTS フレームを送信するため、ノード A のデータと衝突が発生する。

3. 提案方式

このような衝突を避けるために、本稿では RTS フレーム又は CTS フレームを送信するノードが、あらかじめ決められた特定の周波数(S₁, S₂, S₃)を持つ制御信号 CS を発生させる。CS は RTS フレーム又は CTS フレームの送信中のみ発生させる。周囲のノードは CS 受信中には送信ができないものとする。これにより、図1のような衝突を回避できる。CS は RTS フレームの場合は 2 ホップ、CTS フレームの場合は 1 ホップ先まで送る必要がある。その理由は、図1の RTS/CTS の課題の例では送信端末から 3 ホップ先にある隠れ端末の影響でデータの衝突が発生するためである。

“Proposal of Decreasing packet collision for Ad-hoc Networks”

[†]Hidenobu Goto and Akira Watanabe

Faculty of Science and Technology, Meijo University

[‡]Masatosi Ito

Graduate School of Science and Technology,
Meijo University

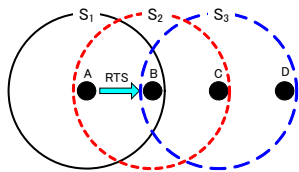


図 2 RTS 送信時の CS の動作

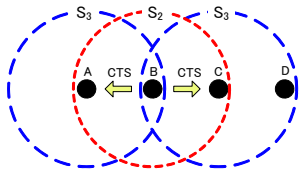


図 3 CTS 送信時の CS の動作

そのため、3 ホップ先のノードまで CS を伝える必要がある。なお、RTS フレームや CTS フレームは制御フレームであるため受信してからフレーム内容の処理を実行するための処理時間を必要とする。一方 CS はデータを持たない信号であるため処理時間を必要としない。つまり、あるノードが RTS フレーム又は CTS フレームを送信開始した瞬間から CS はノード間を中継し、周囲のノードの送信を制御する。

次に、RTS フレーム送信時の CS の動作を図 2 に、CTS フレーム送信時の CS の動作を図 3 に示す。RTS フレーム送信の際はノード A が RTS を送信すると同時に周波数 S_1 の CS を発生させる。ノード B は周波数 S_1 の CS を受けたので即座に周波数 S_2 の CS を発生させる。周波数 S_2 の CS を受けたノード C はさらに周波数 S_3 の CS を発生させる。周波数 S_3 の CS を受けたノード D はこれ以上 CS を中継させない。

次に、CTS フレーム送信の際、ノード B は CTS フレームを送信すると同時に周波数 S_2 の CS を発生させる。ノード C は周波数 S_2 の CS を受けたので周波数 S_3 の CS を発生させる。ノード D はこれ以上 CS を中継させない。

このように、提案方式では RTS/CTS の送信状況を CS を用いて遠方のノードにいち早く伝えることができるため、RTS/CTS 自体の衝突の可能性を大幅に軽減させることができる。

図 1 の RTS/CTS 方式に対し、CS を導入した場合の動作を図 4 に示す。まず、ノード A からノード B に RTS フレームを送信すると同時に周波数 S_1 を発生させる。これにより、ノード A の通信可能範囲にあるノード B は周波数 S_1 を受信するノード B は周波数 S_1 受信と同時に周波数 S_2

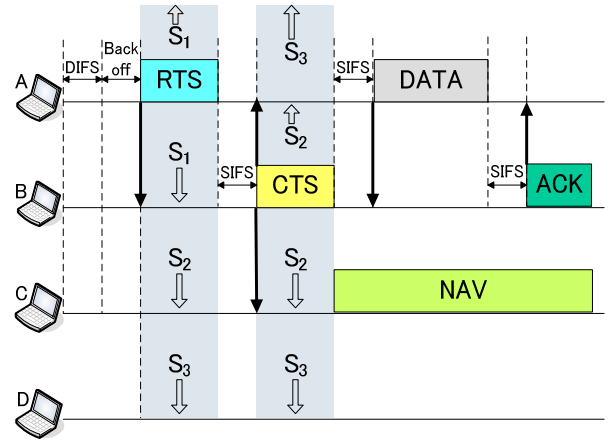


図 4 CS を導入した場合の動作

を送信する。同様にしてノード C は周波数 S_2 受信と同時に周波数 S_3 を送信する。このようにして、CS がノード D まで中継される。これによりノード A が RTS フレーム送信をしている間はノード B, C, D はフレーム送信ができなくなる。つまり、RTS/CTS の課題で問題となる RTS フレーム送信時に隠れ端末からのフレーム送信による衝突を防ぐことができる。次に、ノード B がノード A に CTS フレーム送信をする。このときも CTS フレームと同時に CS を発生させる。RTS フレームの場合と同様にこれにより、CS がノード A, C, D に中継され、ノード A, C, D はフレーム送信ができなくなる。ノード C はノード B からの CTS フレームを検出するとその内容により NAV(Network Allocation Vector) 期間に入る。以後の動作は RTS/CTS で規定された内容に従う。即ち、ノード D が RTS フレームをノード C に送信しても RTS フレームは破棄される。このように CS を取り入れることにより RTS/CTS 方式に残されていた課題を解決できる。

4. むすび

RTS/CTS 方式の課題を解決するために、制御信号 CS を用いて他のノードからの送信を抑止する方法を提案した。今後は、提案方式をシミュレーションにて評価する。

文献

[1] 守倉正博, 久保田周治, 2006
802.11 高速無線 LAN 教科書

[2] C-K.Toh, 2003

アドホックモバイルワイヤレスネットワーク

アドホックネットワークの packets 衝突 を減少させる方式の提案

名城大学理工学部

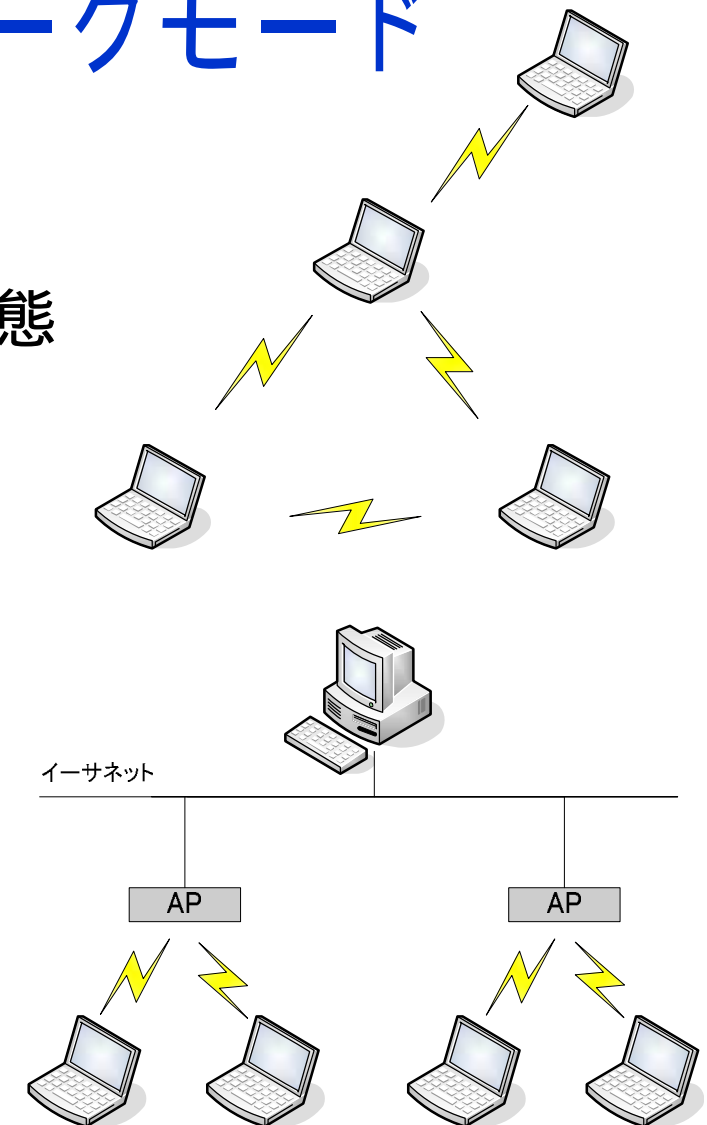
後藤秀暢 伊藤将志 渡邊晃

研究背景

- ◆ 無線LAN (Local Area Network)
 - ◆ 配線工事が不要
 - ◆ 端末の移動, 設置が簡単
 - ◆ 迅速なLANの構築が可能
 - ◆ 屋外通信が可能

無線LANのネットワークモード

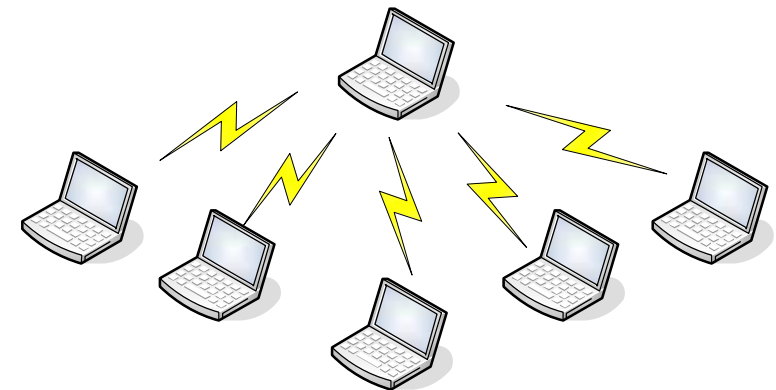
- ◆ アドホックモード
 - ◆ 無線LAN端末同士が直接通信をする形態
 - ◆ 電波の通じる近隣の範囲に設置
 - ◆ アドホックネットワークへの応用
- ◆ インフラストラクチャモード
 - ◆ アクセスポイントを介して通信する形態
 - ◆ ブロードバンド回線を通してインターネットを利用



無線LANのアクセス制御方式

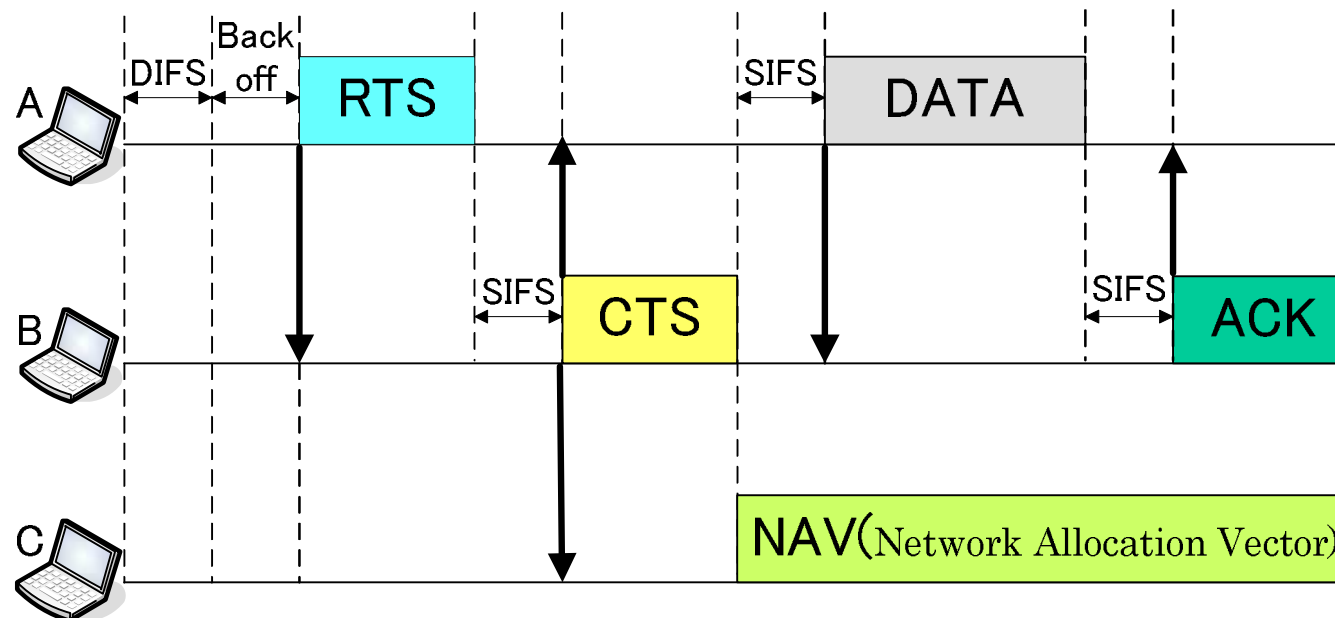
CSMA/CA方式 (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)

- ◆ 各端末が随時キャリア・センスを行い、チャンネルが一定時間開いていることを確認してから送信を行なう
- ◆ 無線上では衝突を“検知”できない
 - 衝突をできるだけ“回避”する
- ◆ フレーム送信が成功したかどうか
 - 受信端末からACKが到達することで判断



RTS/CTS方式

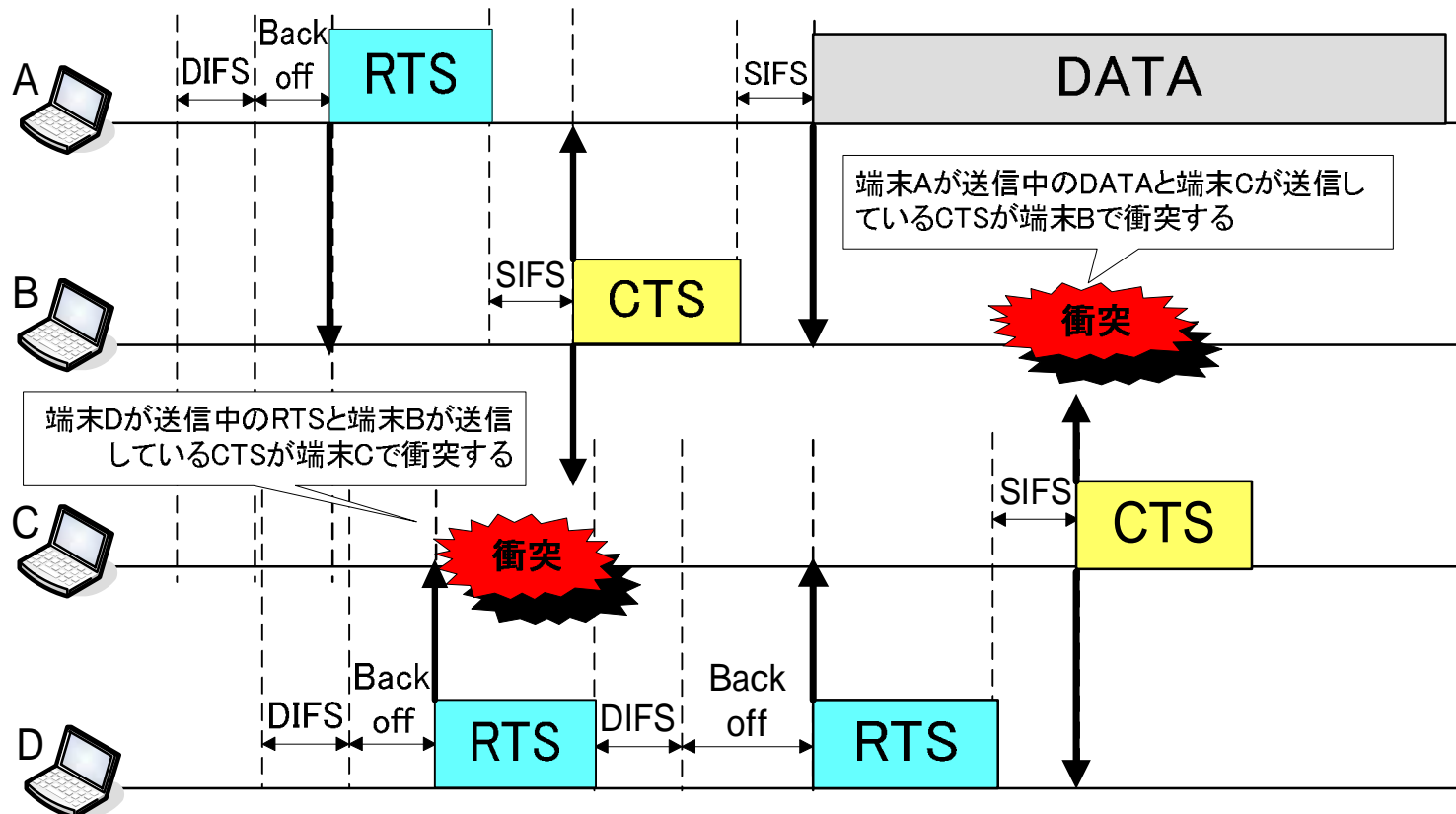
- ◆ RTS (Request To Send)送信要求 CTS (Clear To Send)受信準備完了
- ◆ 「隠れ端末問題」のような衝突を避けるには...
 - ⇒ 受信端末に隣接する全ての端末にチャンネルが使用中であることを知らせる必要がある
- ◆ RTS/CTSは全ての端末が監視しているので隠れ端末に対しても受信端末の状態を知らせることができる



RTS/CTS方式の課題

RTS, CTSの衝突によるデータの破壊

- ◆ RTS/CTS自体が1つのパケットであり, 衝突が発生する可能性が高いことに問題がある
- ◆ 隠れ端末の影響はアドホックネットワークにおいて特にスループットを低下させる要因となっている



提案方式

◆ 制御信号 (CS : Control Signal)の導入

CSとは・・・

特定の周波数(S_1, S_2, S_3)を使用した信号のことで、RTSやCTSのデータの衝突をなくするためのもの

- ◆ RTS又はCTSを送信する端末がCSを周囲の端末に向けて同時に発生させる
- ◆ CSはRTSの場合は2ホップ先まで、CTSの場合は1ホップ先まで中継する
- ◆ CSを受けた端末はCSが発生している間フレームを送信してはいけない

提案方式

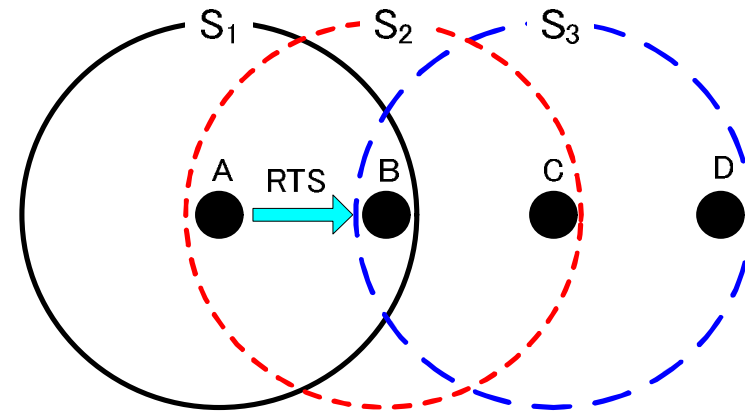
- ◆ RTS , CTSとCSの違い
- ◆ RTS,CTSは制御フレームであるため受信してからフレーム内容の処理を実行するための処理時間が必要
- ◆ CSはデータを持たない信号であるため処理時間を必要としない

つまり・・・

RTS , CTSを送信開始した瞬間から
CSは周囲の端末間を中継し、
フレーム送信を制御することができる

CSの動作 ~RTS~

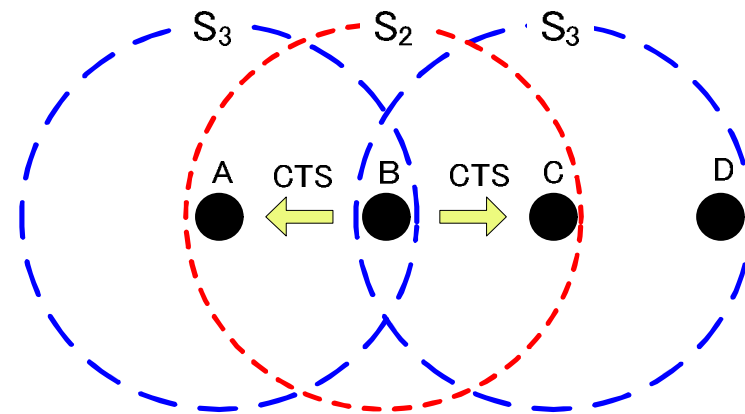
1. 端末AがRTSを送信すると同時に、周波数 S_1 のCSを発生する
2. 端末Bは周波数 S_1 のCSを受けたら即座に周波数 S_2 のCSを発生する
3. 周波数 S_2 のCSを受けた端末Cはさらに周波数 S_3 のCSを発生する
4. 周波数 S_3 のCSを受けた端末Dはこれ以上CSを中継しない



端末AがRTSを送信開始した瞬間から
CSは端末間を中継し、
端末B, C, Dのフレーム送信を制御する

CSの動作 ~CTS~

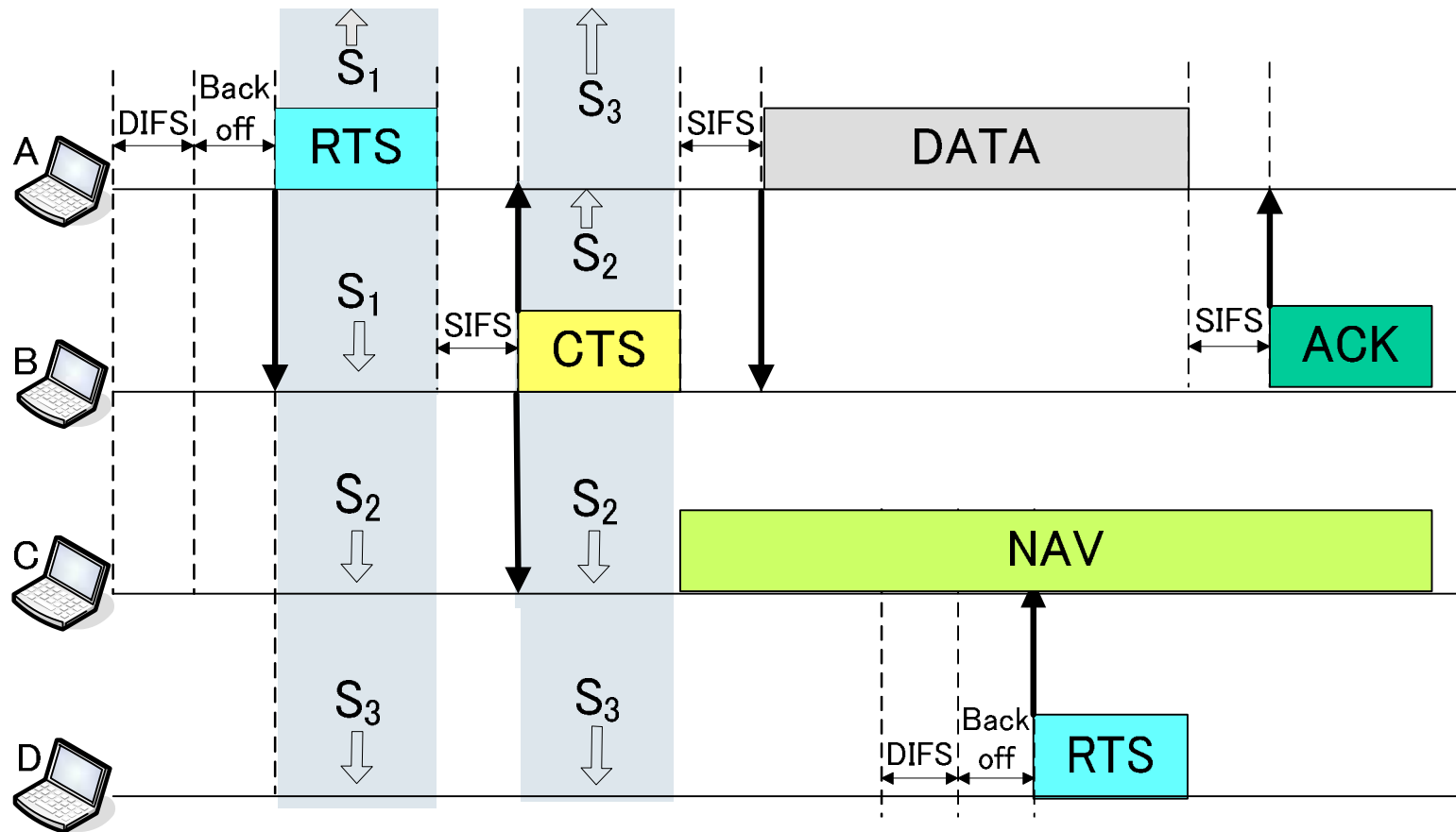
1. 端末BがCTSを送信すると同時に、周波数 S_2 のCSを発生する
2. 端末A, 端末Cは周波数 S_2 のCSを受けたら即座に周波数 S_3 のCSを発生する
3. 周波数 S_3 のCSを受けた端末Dはこれ以上CSを中継しない



端末BがCTSを送信開始した瞬間から
CSは端末間を中継し、
端末A, C, Dのフレーム送信を制御する

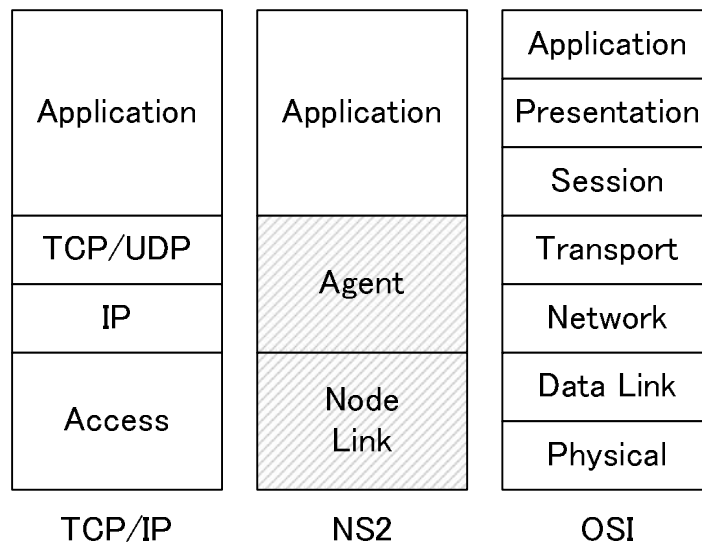
CSの動作

- ◆ RTS/CTSの課題にCSを取り入れた場合の動作

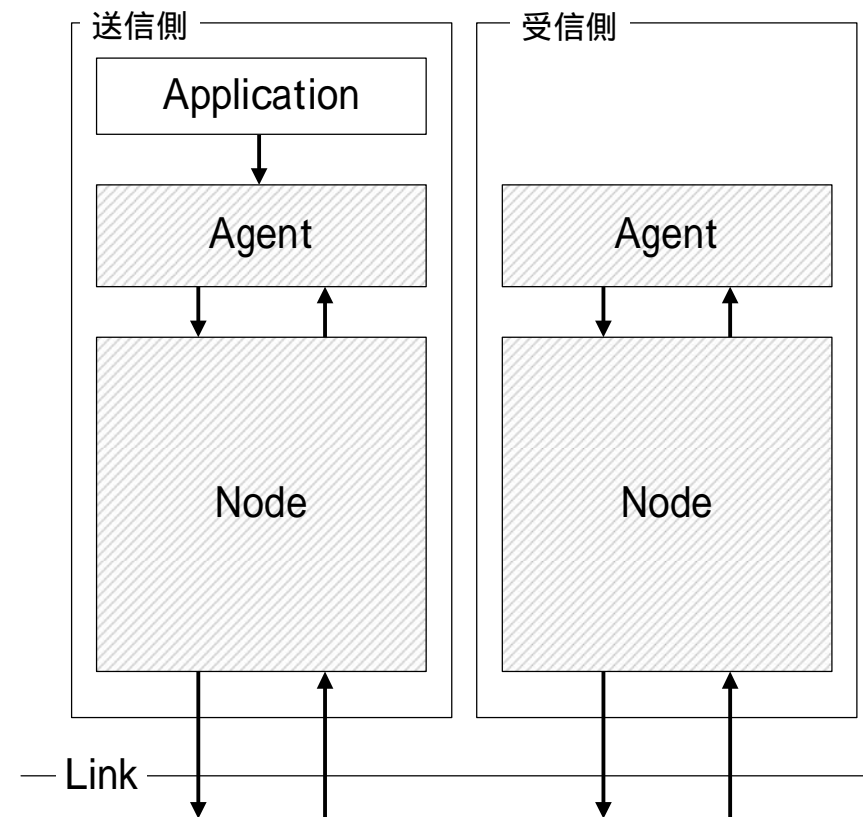


NS2(Network Simulator)

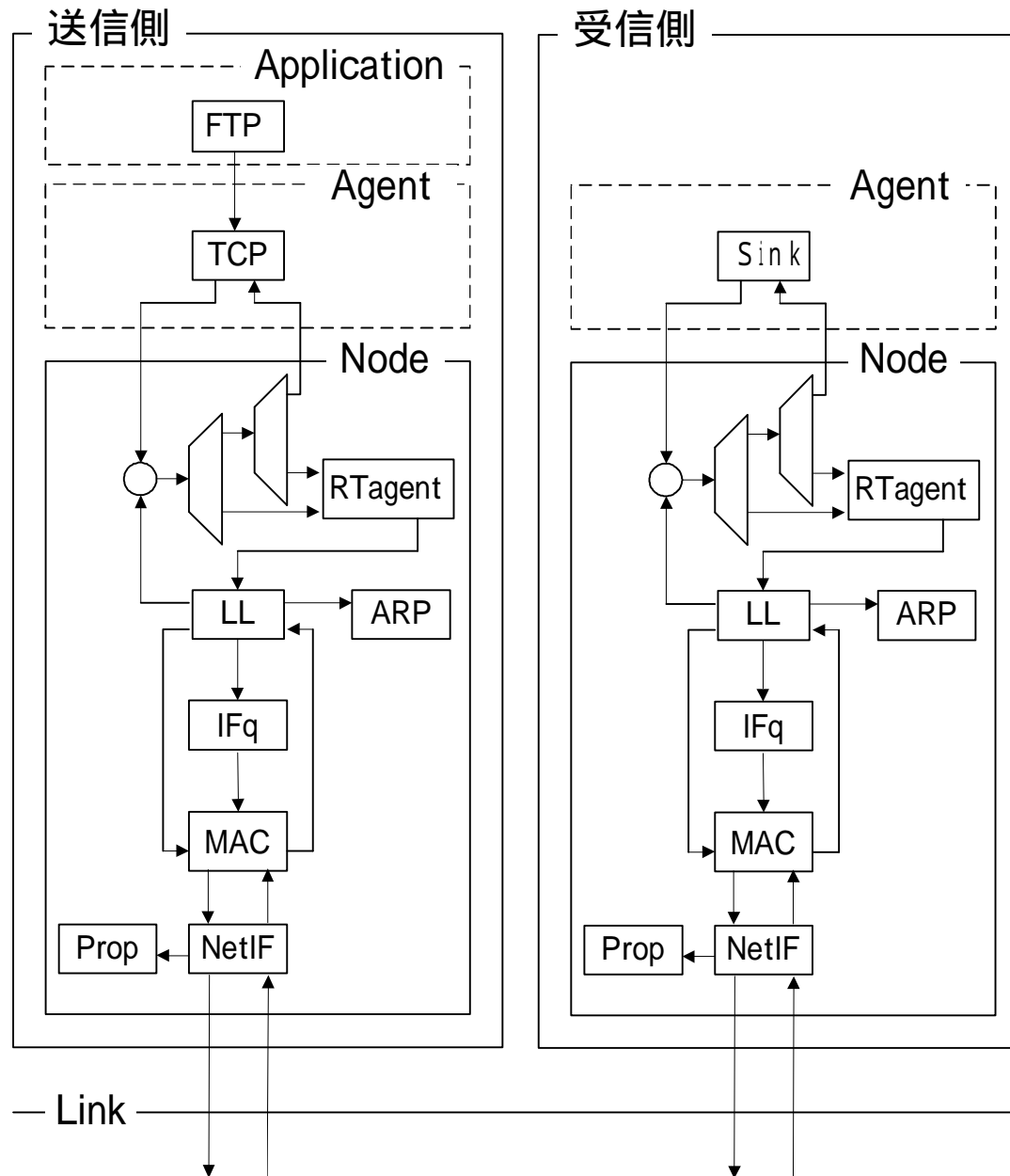
- ◆ NS2とはWired/Wireless, マルチキャスト, TCP/IPによる通信などのシミュレーションが可能なフリーのネットワークシミュレータ
- ◆ CSの機能をNS2に追加するために, エージェント層, ノード・リンク層の改造が必要



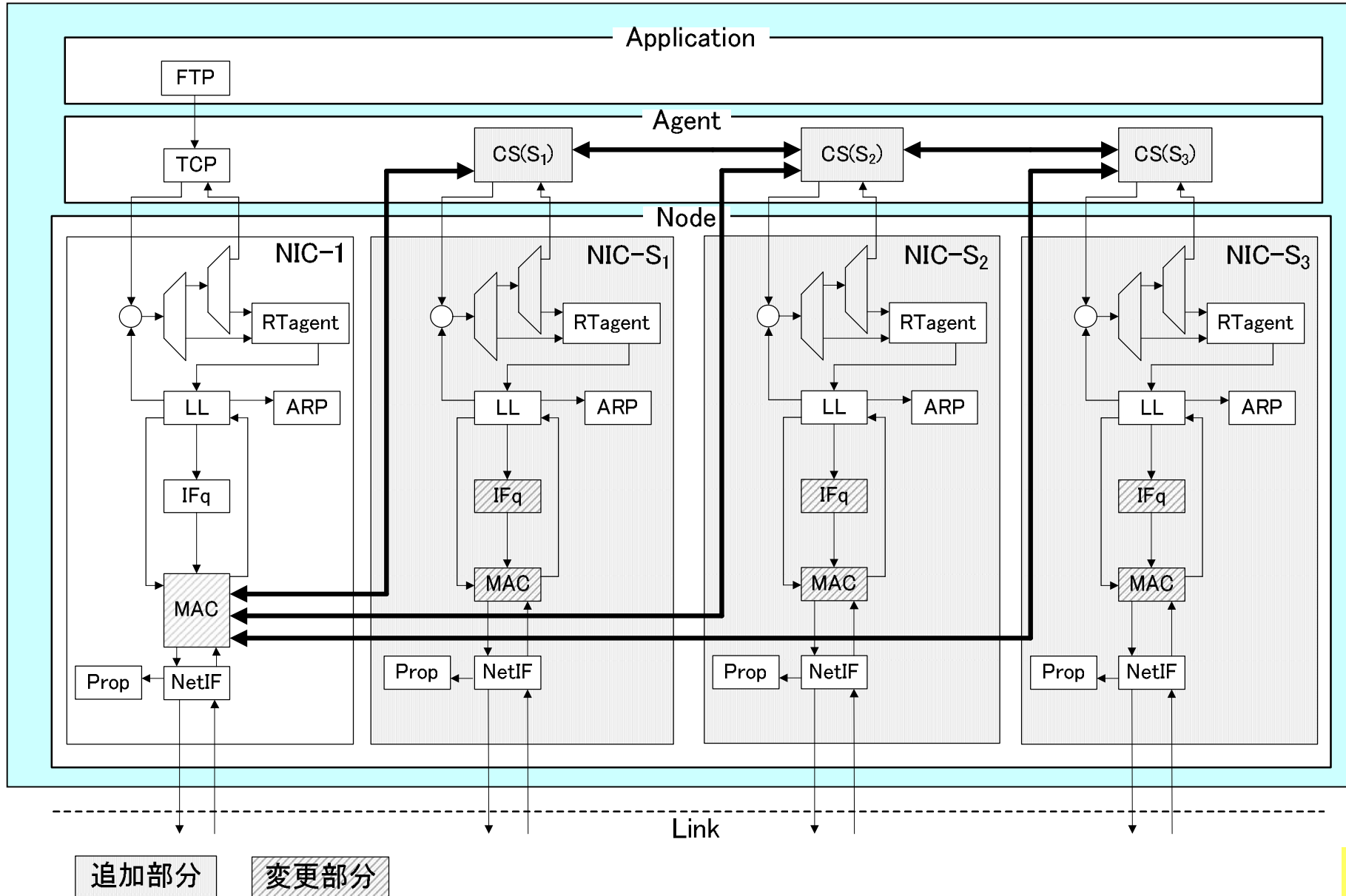
NS2のネットワークモデルとOSI参照モデルとTCP/IPの比較



NS2による通信

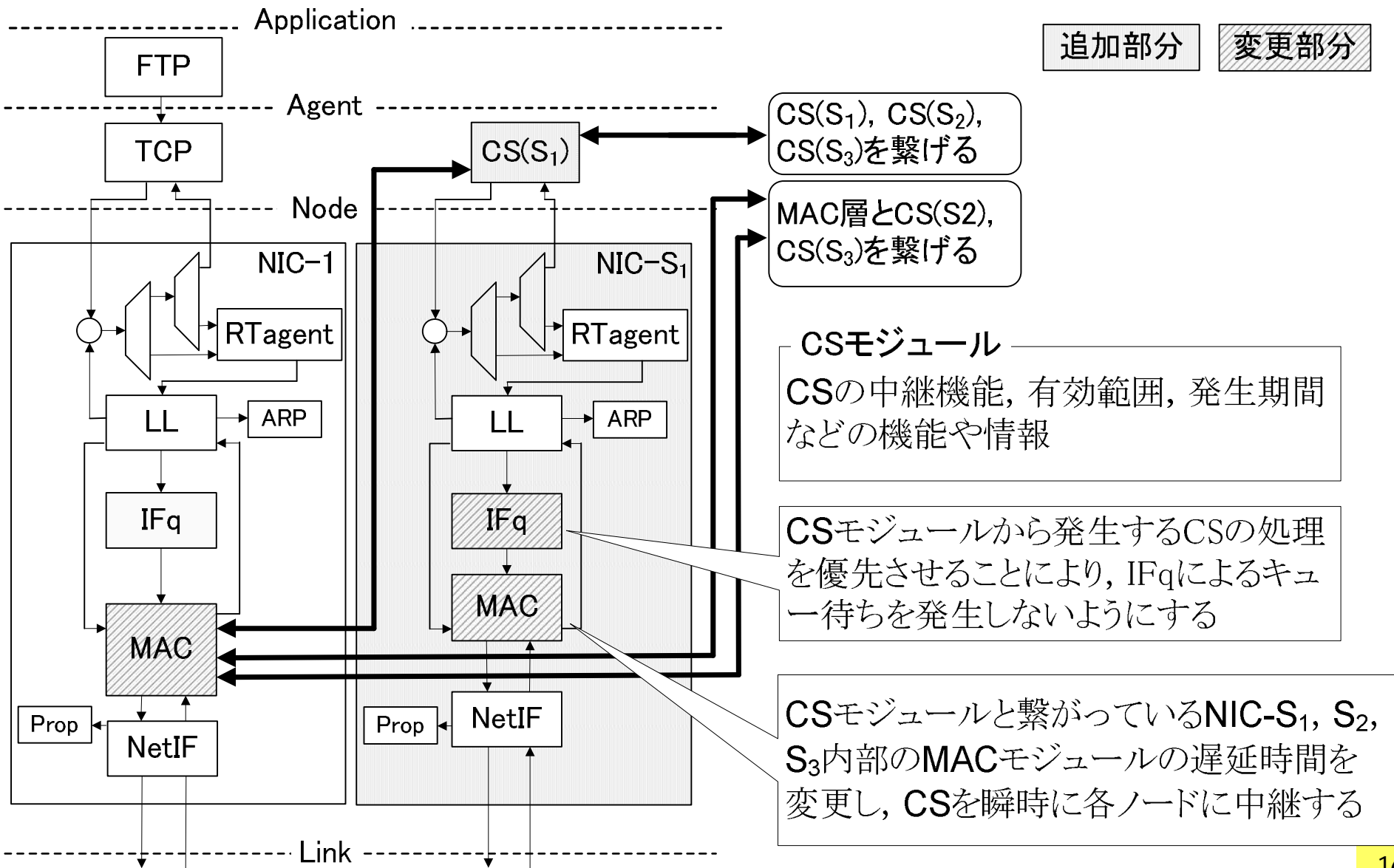


NS2改造内容



NS2の改造内容

追加部分 変更部分



むすび

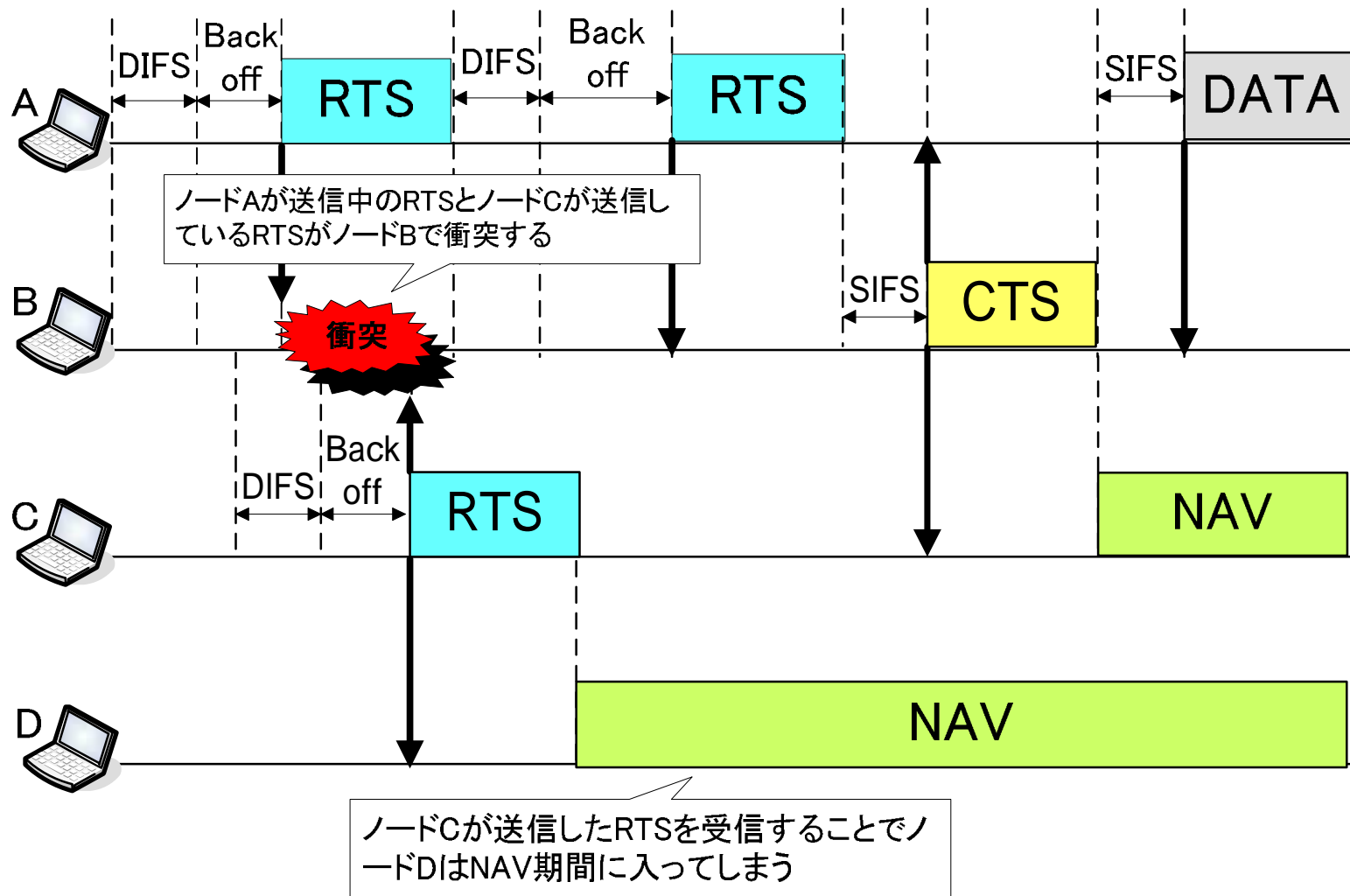
◆ まとめ

- ◆ RTS/CTSの課題を解決するためのCSの提案
- ◆ NS2の解析
- ◆ CSの機能をNS2に追加するための検討

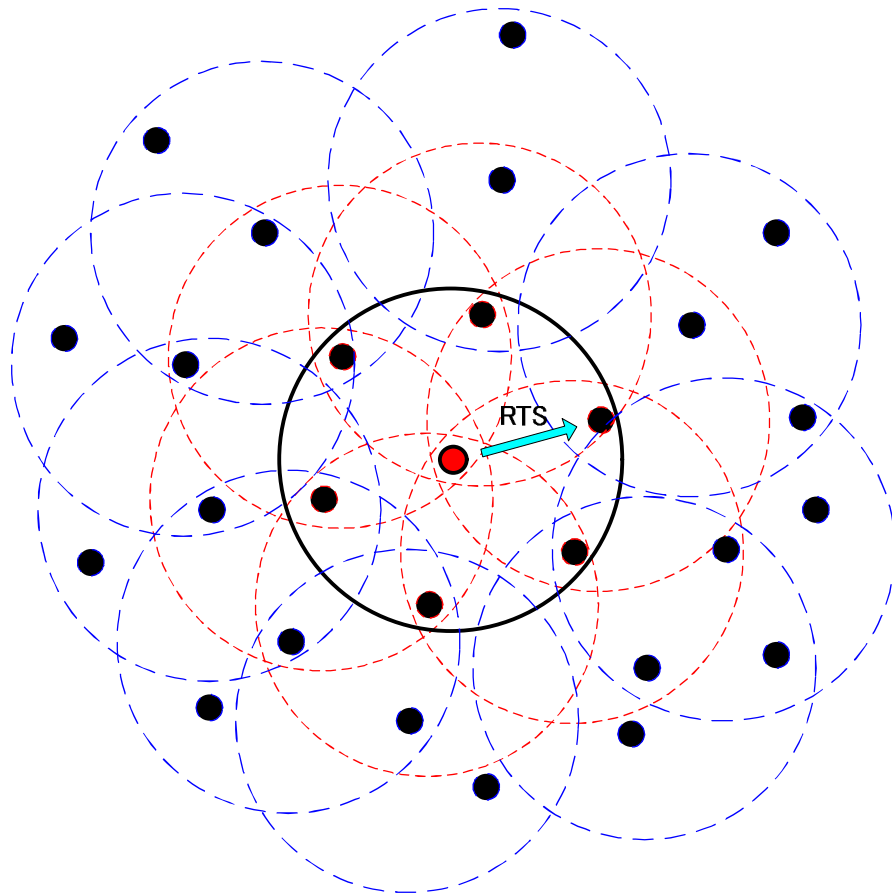
◆ 今後の予定

- ◆ NS2の改造
- ◆ シミュレーション評価

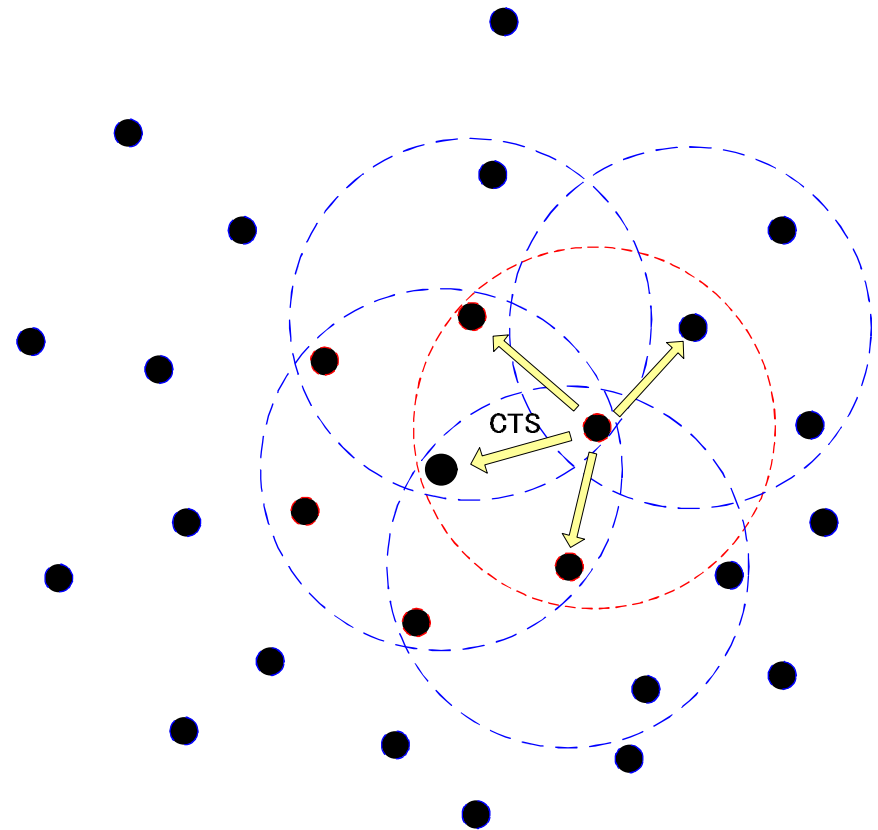
RTS/CTS方式の課題



CSの広がり



RTS送信時

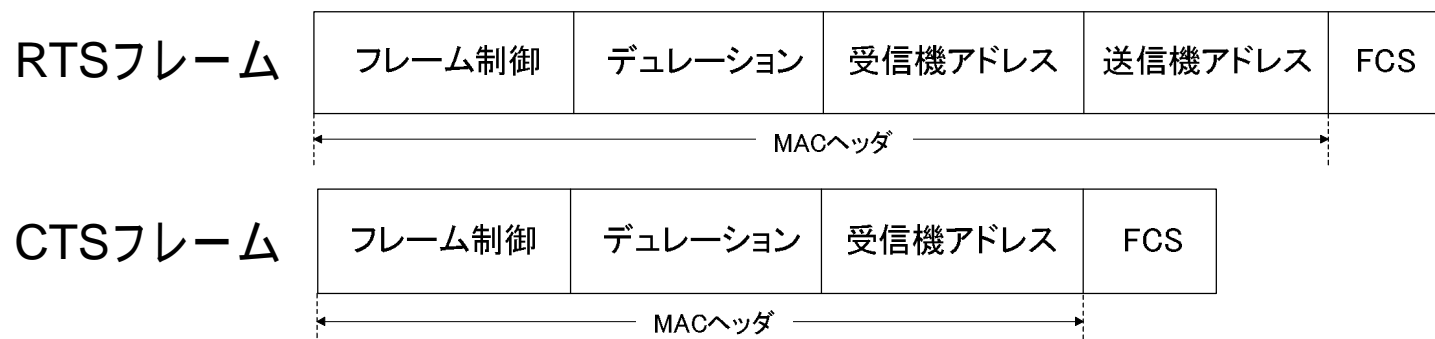


CTS送信時

NAV (Network Allocation Vector)

- ◆ RTS, CTSには無線回線を使用する予定期間が記載されている
デュレーション・フィールドがある
 - ➡ 無線回線を使用する予定期間が記載されている
- ◆ 端末はフレームに記載されている期間(NAV)だけ送信を禁止することにより衝突を防止する
 - ➡ 仮想的なキャリア・センスと呼ぶ

このようにして競合する送信が禁止され、衝突を回避できる



補足説明

- ◆ DIFS(Distributed Coordination Function Interframe Space)
 - ◆ キャリア・センスを行う際に, ビジー状態のチャンネルから未使用状態に変化したと判断されるまでに必要なチャンネルの連続未使用期間
- ◆ SIFS (short interframe space)
 - ◆ 最短のフレーム送信間隔(待ち時間)
- ◆ バックオフ時間
 - ◆ 乱数の値に一定時間を掛けることで決める待ち時間
 - ◆ チャンネルが空き状態になった後, 発生させた乱数の数に応じて送信を待機する
 - ◆ $\text{バックオフ時間} = \text{乱数値} \times \text{スロット・タイム}$
- ◆ NAV (Network Allocation Vector)
 - ◆ RTS, CTSにはどのくらいの時間無線チャンネルを占有するかが書かれている
 - ◆ 各端末は それに応じて NAV と呼ばれる無線チャンネル用のタイマーを設定

補足説明

◆ 周波数帯については…

ガードバンドを使用する

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

補足説明

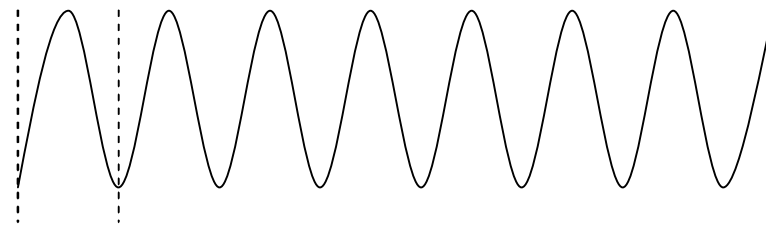
◆ 特定の周波数 S_1, S_2, S_3 について

ISMバンドの通常の周波数では電波干渉が発生しやすい

そこで・・・

パターンを複雑にした周波数を発生させる

通常の周波数 →



パターンをつけた周波数 →

