ns-2による無線LANインフラストラクチャモードのシミュレーション

樋口 豊章†　　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

大規模で複雑なネットワーク上で発生するトラヒックを解析するために，シミュレーションは有効な手段である． ns-2（Network Simulator - 2）はオープンソースのネットワークシミュレータであり，多くの研究機関で利用されている．

しかし，現在の ns-2 では，無線 LAN アドホックネットワークに関する機能は充実しているものの，一般に使われる無線 LAN インフラストラクチャモードのシミュレーションを行う事ができないという課題がある．そこで本稿では上記のシミュレーションを実現するために ns-2 の拡張を検討した．

２．ns-2 の問題点

現在の ns-2 では無線 LAN と有線 LAN を跨ぐ通信を行うために，ゲートウェイの役割を果たす BS（BaseStation）が用意されている．BS の無線側はアドホックルーティングプロトコルの DSDV（Destination-Sequenced Distance Vector）が動作しており，MobileIP の機能を併用することにより擬似的なハンドオフも行える．

しかし，有線 LAN と無線 LAN を繋ぐ中継機能が，インフラストラクチャモードはレイヤ 2 レベルのブリッジであるのに対し，BS はレイヤ 3 レベルのルータである．

また，BS はインフラストラクチャモードで端末局と基地局の接続関係を確立するのに必要なビーコンや，プローブ要求／応答，アソシエーションの確立などの機能を有していない．

さらに，ns-2 ではノードに対してチャネルが静的に設定されているため，異なるチャネルを使用する基地局間でのハンドオフを行うことができない．そのため，インフラストラクチャモードのシミュレーションを行うには不十分である．

３．ns-2 の拡張

ns-2 でインフラストラクチャモードのシミュレーションを行うためには，アクセスポイント（AP）の機能を有するノードが必要であるが，ns-2 には AP に相当する機能が存在しない．本研究では ns-2 に新たなモジュールを追加することにより，無線 LAN インフラストラクチャモードのシミュレーションを実現する．無線 LAN インフラストラクチャモードとして重要な機能を以下の３点にまとめた．

１）有線／無線を繋ぐ中継機能
２）端末／AP の接続関係を確立する機能
３）ハンドオフ機能

１）において，AP はネットワーク機器のブリッジと同様の機能を含んでいるため， MAC レベルでパケットを調査し，MAC アドレスから適切なネットワークセグメントへ転送する機能が必要である． また，図 1 に示すように有線 LAN と無線 LAN では，フレームフォーマットが異なるため，有線 LAN と無線 LAN を跨ぐ通信を行う場合は，AP において，フレームフォーマットの変換を行う機能が必要である．現在の ns-2 では無線 LAN フレームに“MAC アドレス 3”と“MAC アドレス 4”が存在しないため，MAC フレームにも改造が必要である。

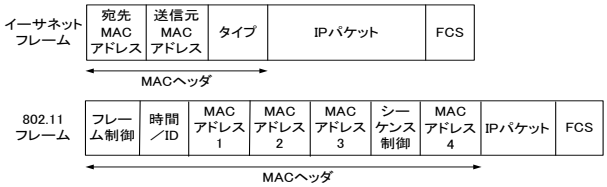


図１　有線と無線のフレームフォーマットの違い

“Simulation of wireless LAN Infrastructure Mode with ns-2”

† Toyoaki Higuchi and Akira Watanabe
Faculty of Science and Technology, Meijo University
‡Masashi Ito
Graduate School of Science and Technology,
Meijo University

2）では，図 2 に示すように，端末が周囲の AP を認識し，認識した AP との間に接続関係を確立する機能が必要である．端末が周囲の AP を認識する方法は，パッシブスキャンとアクティブスキャンの 2 種類がある．

パッシブスキャンは，AP が定期的かつ一方的にビーコンを端末へ送信する方法で，端末はビーコンに対して応答はしないが，ビーコンを監視することにより，端末／AP 間の接続を確立するために必要な情報を得る．

アクティブスキャンは，端末が積極的に周囲の AP を検索する方法である．端末は AP に対してプローブ要求フレームを送信し，AP が返すプローブ応答により，AP との接続確立に必要な情報を得る．

認識された AP と端末の接続関係を確立するには，アソシエーションを確立する機能を追加する必要がある．この機能により，端末と AP の間でアソシエーション要求／応答フレームの交換が行われ，パラメータの交渉や AID（Association ID）の割り当てが行われる．

本来なら，図 2 に示すように，アソシエーションを確立する前段階として認証を行う必要がある．しかし、認証とは，無線 LAN の物理的なセキュリティを確保するため、アクセスを許可したユーザのみがネットワークにアクセスできるようにするためのものであるので，シミュレータでは必要ではない．そのため，認証のやり取りはダミーのパケットを用いて擬似的に行う．

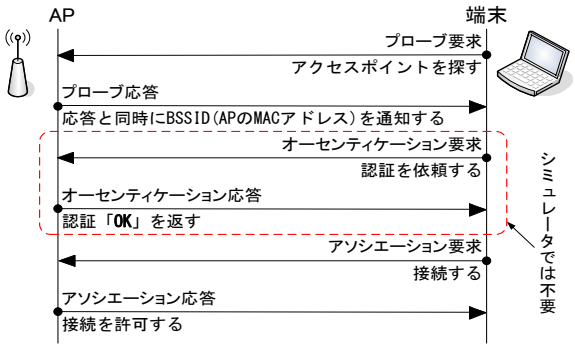


図 2　接続シーケンス

3）は，ノードが移動することによって，それまで接続していた AP と通信できなくなった際に，図 3 に示すようにアクティブスキャンを用いてチャネルスキャンを行い，新たな AP を探査する．AP が見つかると新 AP との間にアソシエーションを確立（再アソシエーション）する．現在の ns-2 では，ノードのチャネルが静的に設定されており，ノードがシミュレーション中に利用するチャネルを変更することはできない．そのため，動的にチャネルを変更できる機能を追加する必要がある．

以上の無線 LAN インフラストラクチャモードに必要な機能を図 4 に示すように一覧にまとめた．無線 LAN インフラストラクチャモードの実現には，BS を拡張する方法と，新たなモジュールを追加する方法が考えられる．図 4 から BS と AP の機能を比較すると，それぞれの機能が異なる要素で成り立っている．そのため，無線 LAN インフラストラクチャモードは，BS の拡張としてではなく，ns-2 に新たなモジュールとして加える必要があると考えられる．

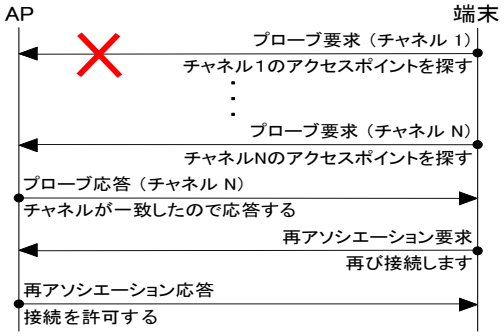


図 3　ハンドオフ処理

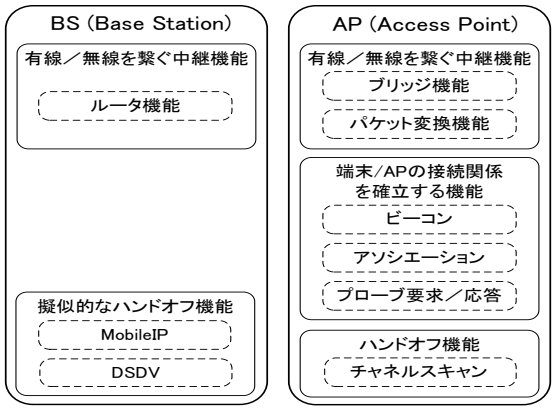


図 4　BS と AP の機能比較

4．むすび

ns-2 により無線 LAN インフラストラクチャモードのシミュレーションを可能とするため，ns-2 の拡張を検討した．今後は検討結果に基づき ns-2 の拡張を実施し，動作検証を行う．

文　献

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

[2] Mattbew Gast，2006
802.11 無線ネットワーク管理，O’REILLY

NS-2による無線LANインフラストラクチャモードのシミュレーション

名城大学理工学部情報工学科

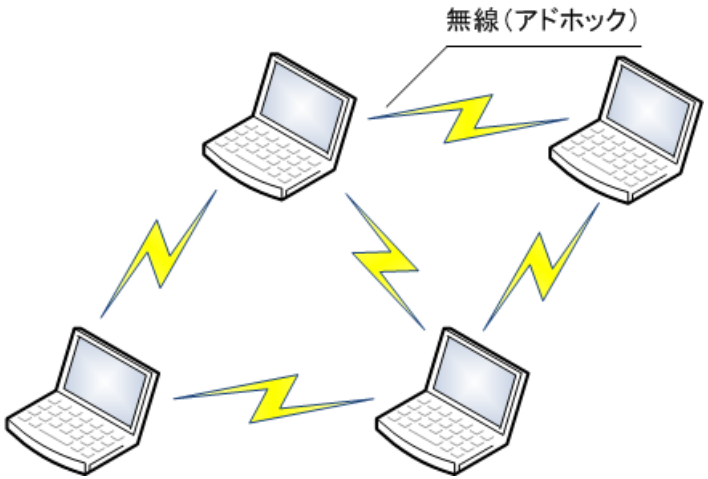
樋口 豊章　伊藤 将志　渡邊 晃

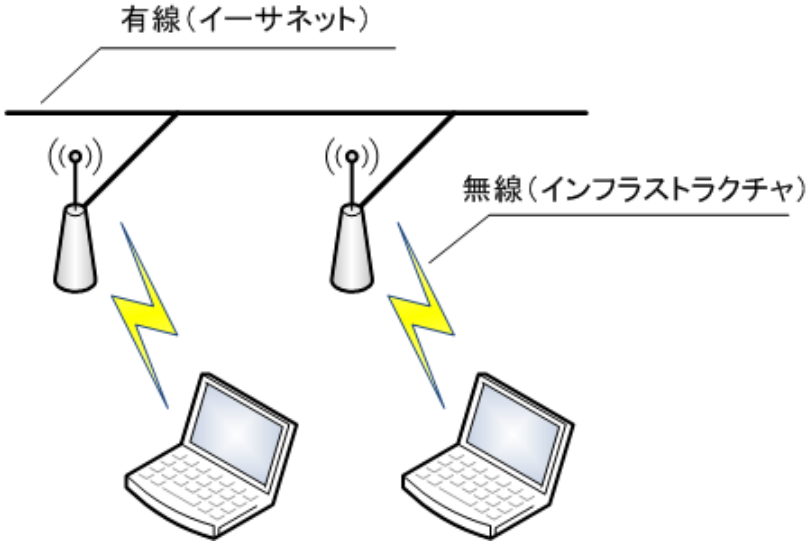
研究背景

- 大規模で複雑なネットワークトラヒック発生状況を評価するためにシミュレータを利用するのは有効な方法である
- NS-2はオープンソースのシミュレータであり、多くの研究機関で利用されている
- 現在のNS-2では、一般に普及しているインフラストラクチャモードのシミュレーションを行う事ができない

➢ 既存技術を利用した研究の評価や比較検討などにNS-2を利用するためにはインフラストラクチャモードの機能を追加する必要がある

無線ネットワークのタイプ





アドホックモード

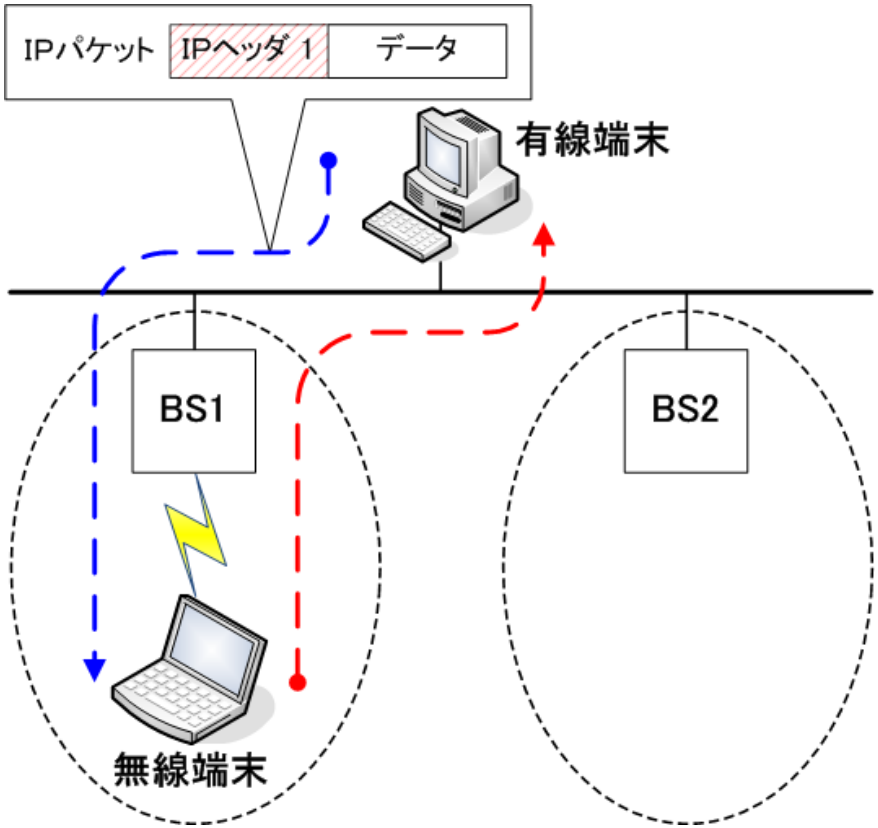
- 中継装置を介さず各端末が直接通信を行う通信方式

インフラストラクチャモード

- AP（Access Point）を中継点として各端末が通信を行う通信方式

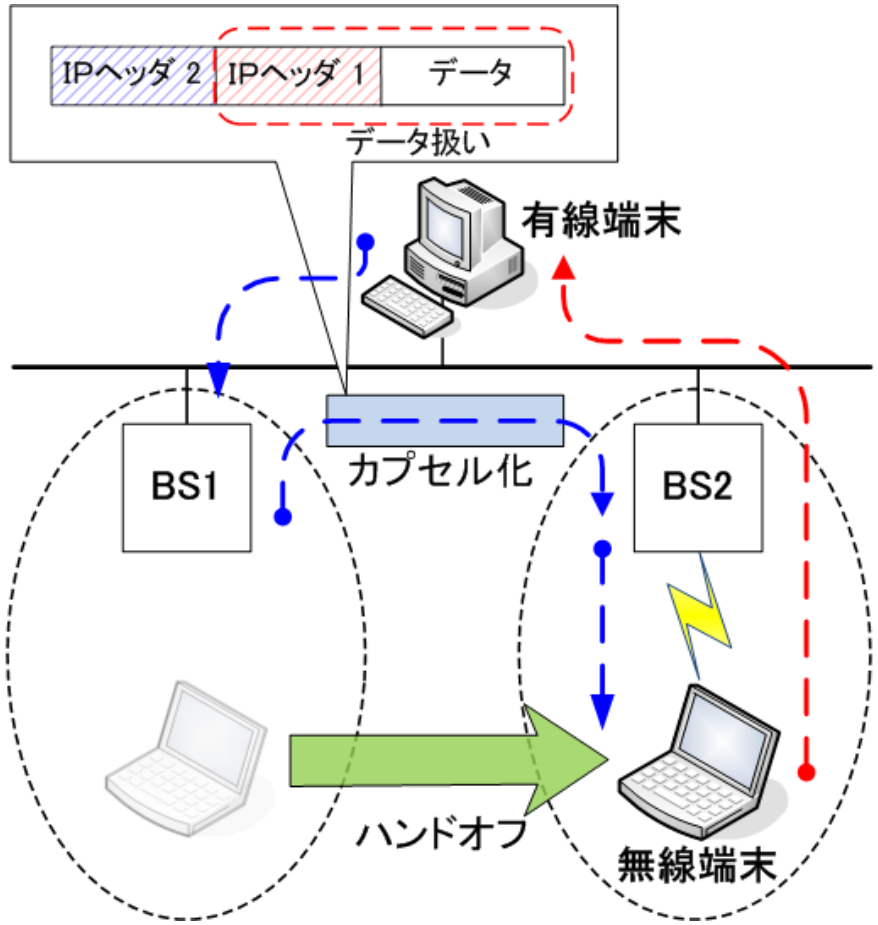
- 現在のNS-2ではアドホックモードに関する機能は充実しているものの、一般的に普及しているインフラストラクチャモードの機能が存在しない

NS-2の現状



- 現在のNS-2では、IPアドレスを参照することで無線と有線のゲートウェイの役割を果たすBS(BaseStation)が用意されている
  - BSはMobileIPとアドホックルーティングプロトコルの機能を併用することで擬似的なハンドオフも行える

NS-2の現状



- 現在のNS-2では、IPアドレスを参照することで無線と有線のゲートウェイの役割を果たすBS(BaseStation)が用意されている
  - BSはMobileIPとアドホックルーティングプロトコルの機能を併用することで擬似的なハンドオフも行える

NS-2の課題

- 有線と無線を繋ぐ中継機能が異なる
  - BSはレイヤ３レベルのルーティング
    - IPアドレスを用いてパケットを転送する
  - APはレイヤ２レベルのブリッジ
    - MACアドレスを用いてパケットを転送する

- 端末と中継装置の接続関係を確立する機能が存在しない
  - ＢＳは、ビーコン、プローブ、アソシエーションといった機能を有していない
  - ＢＳではチャネルは静的に設定されている
    - 異なるチャネル間でのハンドオフができない

NS-2に追加すべき機能

① 有線/無線を繋ぐ中継機能

- ブリッジ機能
- パケット変換機能

② 端末/AP間の接続関係を確立する機能

- ビーコン
- アソシエーション
- プローブ要求/応答

③ ハンドオフ機能

- チャネルスキャン

① 有線/無線を繋ぐ中継機能

- ブリッジ機能
  - MACアドレスを用いてパケットを異なるネットワークセグメントへ転送する
- フレームフォーマット変換機能
  - 有線ＬＡＮと無線ＬＡＮでは、用いられるフレームフォーマットが異なるため、APにおいてフレームフォーマットを変更する必要がある

・イーサネットフレーム（有線）

宛先MACアドレス	送信元MACアドレス	タイプ	IPパケット	FCS

MACヘッダ

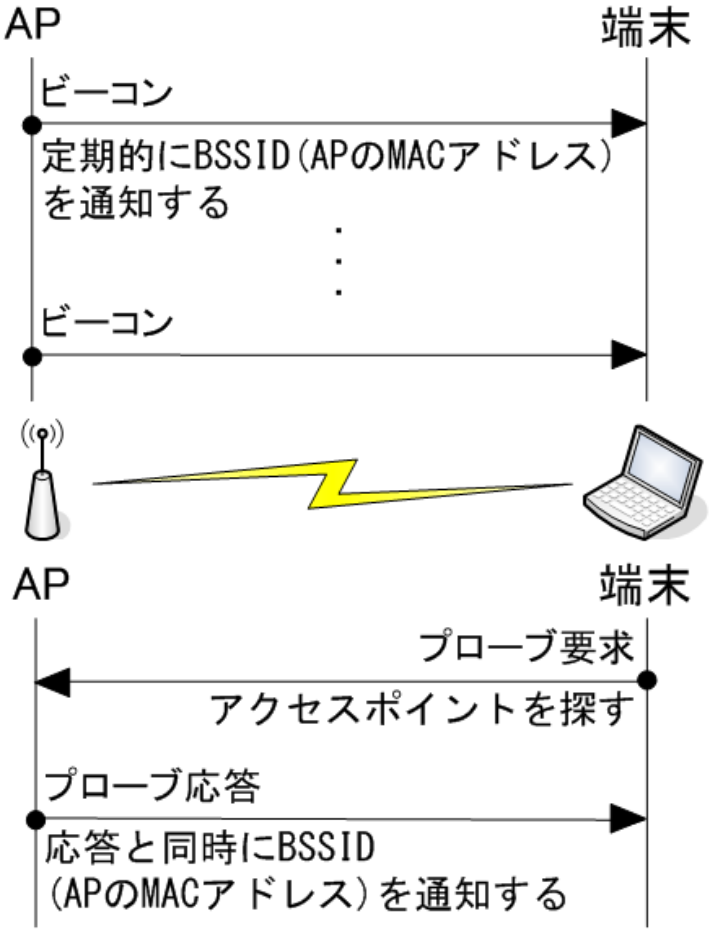
・802.11フレーム（無線）

フレーム制御	時間／ID	MACアドレス1	MACアドレス2	MACアドレス3	シーケンス制御	MACアドレス4	IPパケット	FCS

MACヘッダ

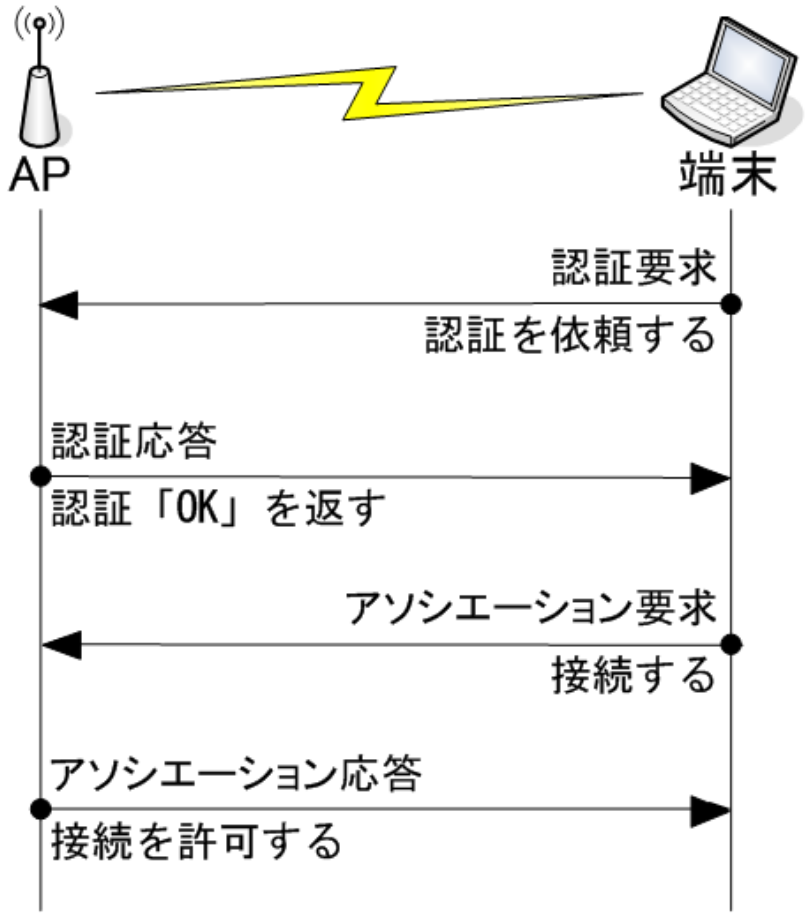
② 端末/AP間の接続関係を確立する機能

- 端末がＡＰを認識する機能
- ビーコン（パッシブスキャン）
  - 接続関係を確立するための情報をＡＰが定期的かつ一方的に送信する



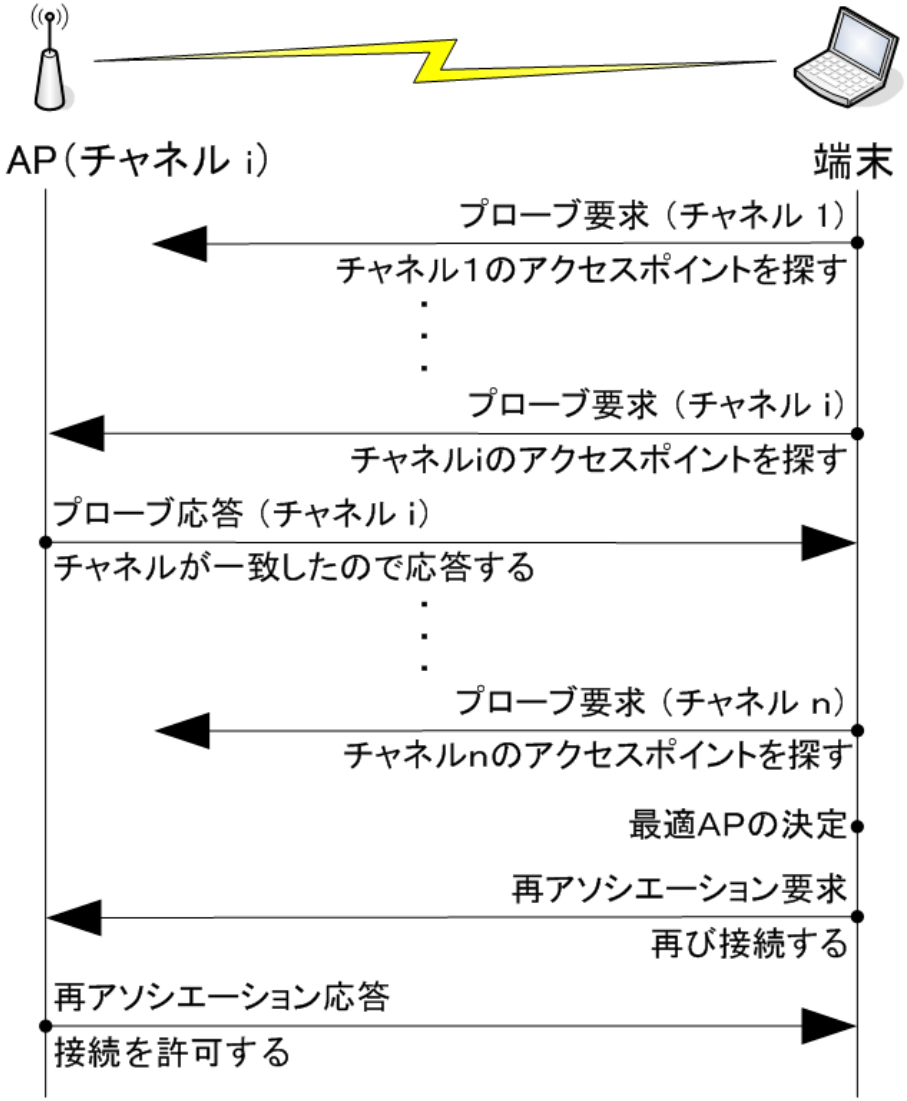
- プローブ要求/応答（アクティブスキャン）
  - 端末が周囲のAPの有無を問い合わせるためにプローブ要求を伝送する
  - プローブ要求が届くと、APは接続関係を確立するための情報をプローブ応答として伝送する

② 端末/AP間の接続関係を確立する機能



- 認証
  - 物理的なセキュリティを確保するため、無線端末が正規のユーザである証明として認証を行う
  - 端末とAPの間で認証要求／応答フレームを交換することで行う
- アソシエーション
  - 接続関係を確立する機能
  - 端末とAPの間でアソシエーション要求／応答フレームの交換を行うことで、接続関係を確立する

③ハンドオフ機能

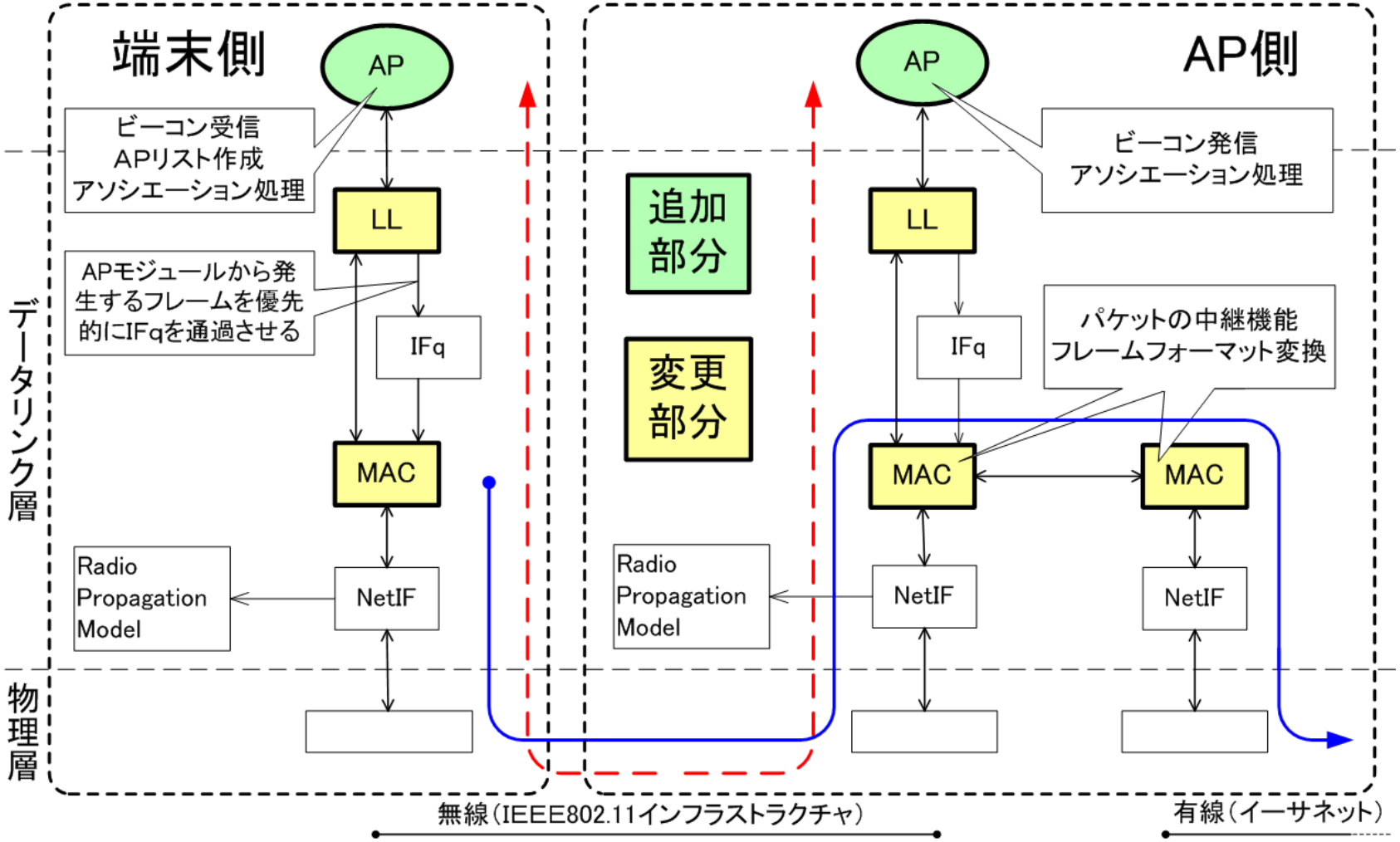


- ハンドオフ機能
  - 端末が移動することによって、それまで接続していたAPと通信できなくなった際に、プローブ要求を用いて新たなAPを探査する機能
  - チャネルを変更しながらプローブ要求を繰り返すことにより異なるチャネルのAPを見つけることができる
  - APが見つかると新APとの間に再びアソシエーションを確立する

機能一覧

- 実装方法
  - 左図からBSとAPの機能を比較すると、それぞれの機能が異なる要素で成り立っている
    - 無線LANインフラストラクチャモードは、BSの拡張としてではなく、ns-2に新たなモジュールとして加える

NS-2の改造内容


端末側
AP
ビーコン受信
APリスト作成
アソシエーション処理
LL
APモジュールから発生するフレームを優先的にIFqを通過させる
IFq
MAC
Radio Propagation Model
NetIF
追加部分
変更部分
AP
AP側
ビーコン発信
アソシエーション処理
LL
IFq
パケットの中継機能
フレームフォーマット変換
MAC
MAC
Radio Propagation Model
NetIF
NetIF
データリンク層
物理層
無線（IEEE802.11インフラストラクチャ）
有線（イーサネット）

まとめ

- ns-2により無線LANインフラストラクチャモードのシミュレーションを可能とするため、ns-2の拡張を検討した

- 拡張方法
  - リンクレイヤの上位にAPモジュールを追加
  - MACモジュールを改造

- 今後は検討結果に基づきns-2の拡張を実施し、動作検証を行う