

3. 無線 LAN とモバイル IP

2 無線 LAN を使った高速ハンドオーバー

Fast handover with wireless LAN

森岡 仁志

(財)九州システム情報技術研究所
hmorioka@isit.or.jp

高速かつ安価な移動体通信の実現を目指して、無線 LAN とモバイル IP を利用した移動体通信システムの研究が進められている。移動体通信ではアクセスポイント間を跨いだ移動の際に、通信を維持しつつ接続するアクセスポイントを切り替えるハンドオーバー技術が不可欠である。しかし、ハンドオーバー時にはさまざまな要因によるレイテンシが発生する。本稿ではまずモバイル IP の紹介を行い、次に2つの無線 LAN インタフェースを使用することにより、ハンドオーバー時に発生するレイテンシをなくし、スムーズなハンドオーバーを実現する手法を紹介する。

モバイル IP

それぞれ別のネットワークに接続した複数の無線基地局を移動端末が利用する場合、接続する基地局が切り替われば、その都度 IP アドレスを付け替える必要がある。したがって、IP アドレスに依存した識別子によって通信を管理する通常の TCP を用いた場合、接続基地局が切り替わるたびにセッションが切断されることになる。これを解決し、IP に移動透過性を持たせる仕組みがモバイル IP である。モバイル IP には、IPv4 のためのモバイル IPv4 と IPv6 のためのモバイル IPv6 が策定されている。

■ モバイル IPv4¹⁾

モバイル IPv4 では、ホームエージェントと呼ばれるサーバを使用する。また、移動端末は2つの IP アドレスを使用する。1つは気付アドレス (CoA, Care of Address) と呼ばれるもので、ネットワークの接続点により変化する。もう1つはホームアドレスと呼ばれるもので、ホームエージェントが属するネットワークに割り当てられた固定の IP アドレスである。ホームエージェントは移動端末のホームアドレスと気付アドレスの対応表を保持している。

移動端末はネットワークに接続し、気付アドレスを DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) など何らかの方法で取得する。気付アドレスが変わると移動端末は、ホームエージェントにバインディングアップデー

トというメッセージを送信する。バインディングアップデートには移動端末のホームアドレス、気付アドレスなどの情報が含まれており、これを受信したホームエージェントは保持しているホームアドレスと気付アドレスの対応表を更新する。モバイル IPv4 では図-1 に示すようなネットワーク構成になる。図-1 中の矢印で示すように、通信相手が移動端末と通信する場合は常にホームアドレスに対してパケットを送信する。パケットはホームエージェントに届き、ホームエージェントはホームアドレスと気付アドレスの対応表を参照し、トンネルを使用して気付アドレス宛にパケットを転送する。移動端末から通信相手へのパケットは通常のルーティングに従って配送される。

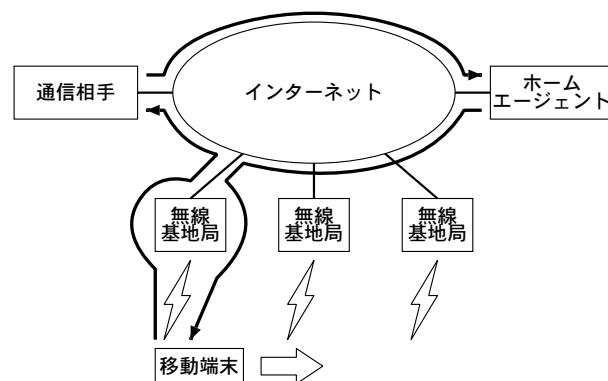


図-1 モバイル IPv4

■ モバイルIPv6²⁾

モバイルIPv6では、モバイルIPv4と同様のホームエージェントを介した通信のほか、通信相手がモバイルIPv6をサポートしている場合にはホームエージェントを介さない方法も定義されている。この場合、移動端末は通信相手に対してもバインディングアップデートを行う。

レイテンシ

無線LANとモバイルIPを用いて移動体通信を行う場合、ハンドオーバー時の動作は以下ようになる。

1. 移動端末は何らかのタイミング（電波強度が閾値以下になるなど）で次に接続すべき無線基地局を探すため、チャンネルスキャンを行う。
2. 無線基地局が見つければ、リンク層の設定を行う。（たとえばインフラストラクチャモードでのアソシエーション）
3. DHCPなど、何らかの方法でIPアドレスなどのIP層の設定を行う。
4. ホームエージェントに対してバインディングアップデートを行う。モバイルIPv6の場合は通信相手に対してもバインディングアップデートを行う。

これらの動作を行っている間、移動端末は通信相手と通信できない状態となる。たとえば、1のチャンネルスキャンにはIEEE802.11のインフラストラクチャモードで数百msec程度の時間がかかる場合がある³⁾。また、4のバインディングアップデートもホームエージェントが遠隔地にある場合は数百msec程度の時間がかかると思われる。電子メール、Webやバッファリング可能なストリーミングなどでは、これらのレイテンシはそれほど問題とはならないが、電話などのリアルタイム性が要求されるアプリケーションでは大きな問題となる。モバイルIPv6ではFMIPv6⁴⁾やHMIPv6⁵⁾など、上記4の部分を高速化するプロトコルが提案されているが、1～3のレイテンシに関する対策は行われていない。高速なハンドオーバーを実現するには1～4すべてを考慮して対策をとらなければならない。

無線デバイスがチャンネルスキャンを行っている間は、送受信チャンネルが次々と切り替わっていくため、その無線デバイスで通信を継続することは不可能である。そこで、筆者らは1台の移動端末に2つの無線LANインタフェースを搭載することで、1つの無線LANインタフェースが通信中に、もう1つの無線LANインタフェースでチャンネルスキャンを行うシステムを開発した。

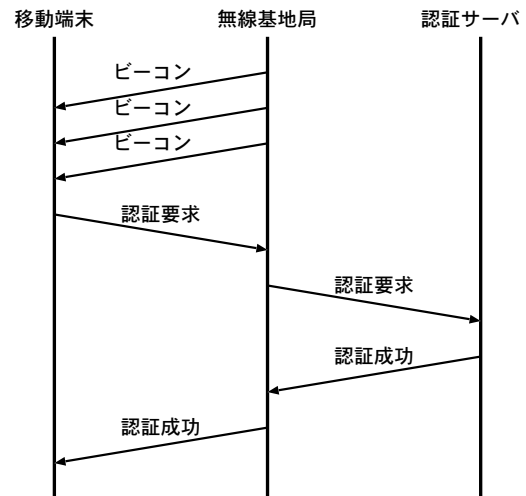


図-2 MISプロトコルダイアグラム

MISプロトコル

このシステムでは前章1～3のレイテンシを短くするため、無線区間のプロトコルとして、モバイルブロードバンド協会⁶⁾で公開されているMISプロトコルを採用している。このプロトコルはIP層の下に位置し、チャンネルスキャン、IPアドレス割り当てを行う。また、端末-基地局間の高速度な認証、および無線区間の暗号化も行う。IEEE802.11では、一般にチャンネルスキャン、接続基地局の選択は無線LANインタフェースに組み込まれたファームウェアによって行われるため、これらの制御をホスト側から行えない。このプロトコルではチャンネル制御や無線リンクの制御をホスト側から行うため、無線LANインタフェースをPseudo Ad-hocモードで使用する。

MISプロトコルのダイアグラムを図-2に示す。認証には認証サーバを使用し、移動端末と認証サーバは秘密鍵を共有している。基地局は一定間隔でビーコンを送信しており、移動端末はチャンネルをスキャンしてビーコンを受信する。複数の基地局が見つかった場合は電波強度が最も強い基地局を選択し、移動端末から基地局に認証要求パケットを送信する。基地局は認証サーバに認証要求を送信し、認証サーバで認証を行う。認証に成功すると、認証サーバは基地局に認証成功を送信する。基地局は認証サーバから認証成功パケットを受け取ると、移動端末に認証成功パケットを送信する。この認証成功パケットにはIPアドレス（気付アドレス）などのIP層の設定情報が含まれている。移動端末はこの設定情報を基にIP層の設定を行い、IP通信が可能となる。このよう

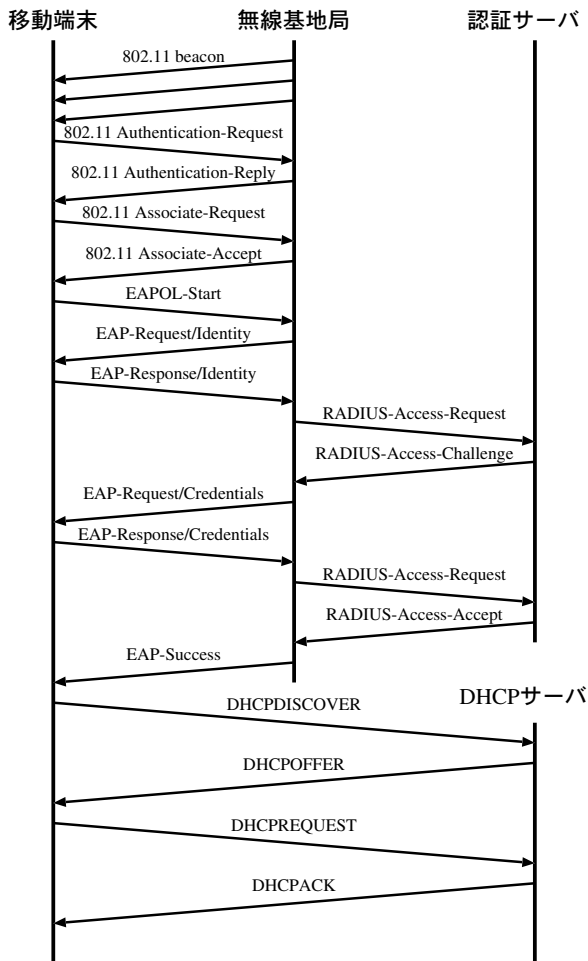


図-3 IEEE802.11+IEEE802.1x+DHCPダイアグラム

にMISPでは認証からIPアドレスの割り当てを移動端末—基地局—認証サーバ間の1往復の packets 交換で完了する。

これに対し、一般に使用されている IEEE802.11, IEEE802.1x (EAP-MD5), DHCP を使用した場合の プロトコルダイアグラムを 図-3 に示す。IEEE802.11 と IEEE802.1x を使用した場合、移動端末と基地局のアソシエーションに2往復、認証には移動端末—基地局間で1往復の packets 交換をした後、移動端末—基地局—認証サーバ間で2往復の packets 交換が必要になる。さらにIP層の設定にDHCPを使用すると、移動端末—DHCPサーバ間で2往復の packets 交換が必要になる。

シームレスハンドオーバー

2つの無線LANインタフェースを使用した場合のハンドオーバー動作を 図-4 に示す。移動端末にはaとbの2つの無線LANインタフェースが装備されている。最初、インタフェースaは基地局Aと通信している(1)。

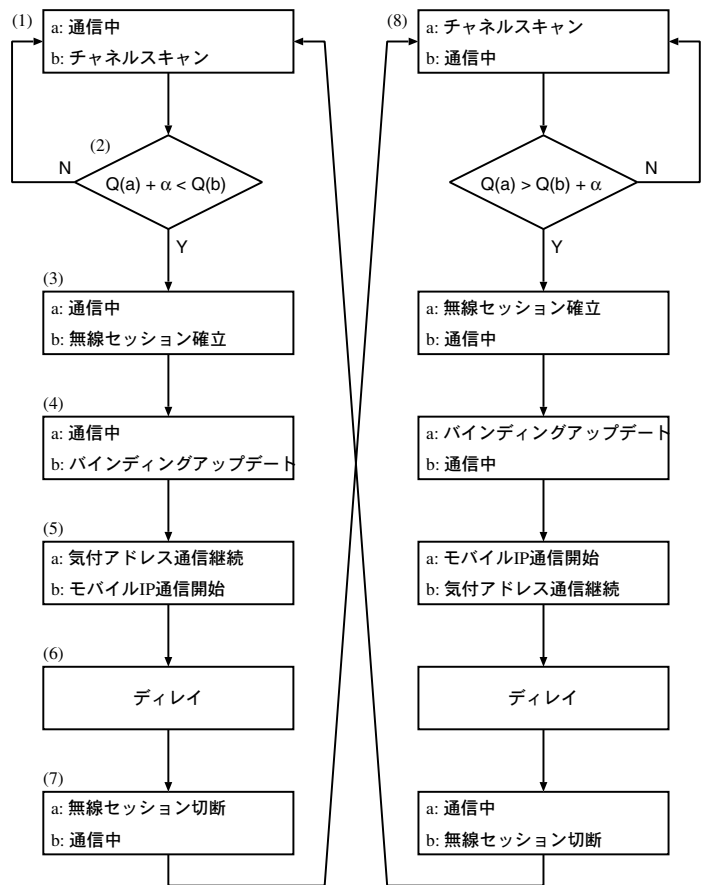


図-4 デュアルインタフェースハンドオーバー

aを使用して通信している間にbはチャネルスキャンを行い、次に接続する基地局を探す。bが基地局を見つければ、ビーコン受信強度 $Q(b)$ を a の受信強度 $Q(a)$ と比較し(2)、 $Q(b) > Q(a) + \alpha$ であれば、aで通信を継続した状態で、bから新しい基地局Bに認証要求を行いIP層の設定を行う(3)。ここで α は $Q(a)$ と $Q(b)$ が近い値の場合に、ハンドオーバーを繰り返さないようにするための定数である。IP層の設定が完了すると、bからホームエージェントに対してバインディングアップデートを行う(4)。移動端末はホームエージェントからバインディングアップデート成功 packets を受信すると(5)、一定時間、インタフェースa—基地局A間の通信を保った後(6)、a-Aのセッションを切断する(7)。バインディングアップデートが成功した後も古いセッションを残すのは、ホームエージェントからバインディングアップデート前に送信された packets を落とさないための予防措置である。移動端末はa-Aのセッションを切断した後はb-Bのみで通信を行い、aを使用してチャネルスキャンを行う(8)。このように2つの無線LANインタフェー

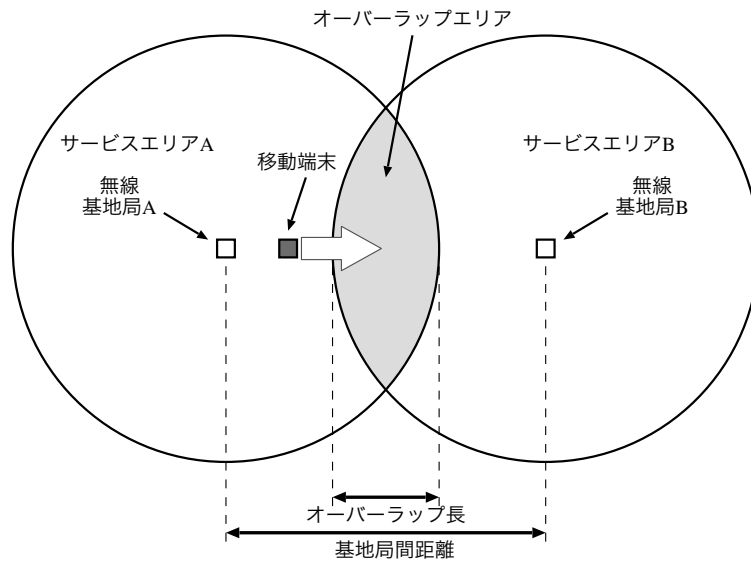


図-5 オーバーラップエリア

スを交互に通信に使用することにより、通信を途切れさせることなくハンドオーバーを行うことができる。

2つの無線LANインタフェースを使用した場合、チャンネルスキャンからバインディングアップデートに至るレイテンシの大きさは、隣り合う基地局がカバーするサービスエリアのオーバーラップ長に影響する。シームレスハンドオーバーを実現するには、インタフェースaが使用する基地局Aのサービスエリアとインタフェースbが使用する基地局Bのサービスエリアは図-5に示すようにオーバーラップしていなければならない。一方、移動端末はオーバーラップエリアを通過している間にチャンネルスキャンからバインディングアップデートまでの動作を完了しなければならない。たとえば新幹線を想定して、360km/h (=100m/s) の速度で移動する移動体をサポートし、レイテンシが2秒だとすると、オーバーラップ長は最低200m必要になる。1台の無線LAN基地局のサービスエリアが半径300mとすると、基地局を400m間隔で設置しなければいけないことになる。レイテンシが1秒だと、オーバーラップ長は最低100mとなり、基地局の間隔は500mとなる。このように、2つの無線LANインタフェースを使用しても、チャンネルスキャンからバインディングアップデートまでのレイテンシが小さいほど、必要基地局数が減ることになり基地局設置のコストが小さくなって、移動体通信に有利となることが分かる。

まとめ

無線LANとモバイルIPを使用した移動体通信でのハンドオーバー時に発生するレイテンシと、そのレイテンシを抑える手法の1つとして2つの無線LANインタフェースを使用する方法を紹介してきた。現在一般的に使用されている無線LAN規格であるIEEE802.11は、事業所や家庭内での半固定的な使用を想定しているため、移動体通信に利用するには難しい面がある。今後、IEEE802.11のようにインターネットとの親和性が高く、かつ移動体通信との親和性も高い技術の標準化が期待される。

参考文献

- 1) <http://www.ietf.org/rfc/rfc3344.txt>
- 2) <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mobileip-ipv6-24.txt>
- 3) Mitra, A., Shin, M., and Arbaugh, W.: An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Layer Handoff Process, CS-TR-4395, University of Maryland Department of Computer Science (Sep. 2002).
- 4) <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mipshop-fast-mipv6-01.txt>
- 5) <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-mipshop-hmipv6-01.txt>
- 6) <http://www.mbassoc.org/>

(平成16年7月1日受付)

