

Mobile IPv6 を用いた通信回線共有方式における 中心端末の外部リンク切断に伴う通信途絶回避方法

谷 本 慧[†] 石 原 進^{††}

筆者らは、近隣に存在する複数の移動端末が短距離高速リンクを用いて一時的な同盟 (Alliance) を構築し、複数の MN が持つインターネットへのリンクを同時に利用して、各端末が利用可能な帯域を増大する手法：通信回線共有方式 SHAKE (SHAring multipath procedure for a cluster network Environment) を提案している。Mobile IPv6 を用いた Mobile IPv6 SHAKE では、SHAKE を用いて通信を行う中心端末が Alliance 内の端末のアドレス登録を Mobile IPv6 の Home Agent に行うことで複数経路を用いた通信が可能である。しかし、アドレス登録および更新には、中心端末のインターネットへのリンク (外部リンク) のみを使用しているため、外部リンクが切断すると複数の経路すべてが利用できなくなるという問題点があった。本稿では、中心端末の外部リンクが切断しても他の経路を利用することで通信を維持する Never Disconnect SHAKE (ND SHAKE) の設計について述べる。ND SHAKE におけるハンドオーバー時の処理および経路最適化の実現方法についても述べる。

Keeping connectivity of a mobile node disconnected from the Internet using Mobile IPv6 SHAKE

KEI TANIMOTO[†] and SUSUMU ISHIHARA^{††}

We have proposed SHAKE (SHAring multipath procedure for a cluster network Environment) that aggregates links between multiple mobile hosts and the Internet in order to increase communication speed between the group of mobile hosts and the Internet. In our implementation of SHAKE with Mobile IPv6, a mobile host (Alliance Leader) aggregating multiple links registers mobile hosts' addresses into its Home Agent using its external link to the Internet. However, the alliance leader can not access the Internet when its external link is disconnected because the registration and update of the addresses of hosts to the Home Agent depends on the alliance leader's external link. We designed Never Disconnect SHAKE (ND SHAKE) in which an alliance leader can carry on the communication to the Internet using multiple links. We also considered the operations of route optimization and handover on ND SHAKE.

1. はじめに

近年、携帯電話、ノートPC、Personal Digital Assistants(PDA)等の携帯移動端末の普及に伴い、外出先、電車や自動車等、時間や場所に関係なくユーザが利用したいときにインターネットに接続できる環境が整えられてきた。また、移動端末は、複数のネットワークインタフェースを搭載したものが一般化しており、これらの中からユーザは利用状況に応じて通信メディアを使い分けることができる。そこで筆者らは、

複数のネットワークインタフェースを有効に活用し、複数の移動端末が持つインターネットへの経路を同時に利用して帯域を増大する手法：通信回線共有方式 SHAKE (SHAring multipath procedure for a cluster network Environment) を提案している。SHAKE は、短距離高速リンクで接続された複数の移動端末が一時的な同盟 (Alliance) を構築し、Alliance 内の端末がインターネット上の相手と通信するときに、Alliance 内の複数の移動端末がそれぞれもつインターネットへのリンクにトラフィックを分散させることにより、通信速度および接続の信頼性の向上を実現する。

Mobile IPv6¹⁾ を用いた SHAKE の実現 Mobile IPv6 SHAKE²⁾ では、Mobile IPv6 の Home Agent(HA) にトラフィック分配機構を設置し、実際に SHAKE を用いて複数経路通信を行う中心端末が

[†] 静岡大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Shizuoka University

^{††} 静岡大学創造科学技術大学院
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

Alliance 内の端末の Care-of Address(CoA) を中心端末の Home Address(HoA) に対応付けて HA に登録を行うことで、複数経路通信を実現している。しかし、Mobile IPv6 SHAKE では IP アドレスの対応付けの登録には中心端末の外部リンクのみを用いているため、中心端末の外部リンクが切断すると、複数の経路すべてが利用できなくなるという問題点があった。

本稿では、中心端末の外部リンクが使用できない場合に、中心端末が Alliance 内の他の端末の外部リンクを経由して HA に登録し、以後の通信を他端末のもつ外部リンクのみを中継して維持する Never Disconnect SHAKE(ND SHAKE) を提案する。

以下本稿の構成を示す。第 2 章では Mobile IPv6 SHAKE および複数経路通信に関する関連研究について紹介する。第 3 章では ND SHAKE の基本動作について述べ、第 4 章では経路最適化を実現する方法について説明する。第 5 章ではハンドオーバーに関する動作について説明し、第 6 章でまとめとする。

2. 移動端末における複数経路通信

2.1 通信回線共有方式 SHAKE

通信回線共有方式 SHAKE では、図 1 のように近接する複数の Mobile Node(MN) が無線 LAN などの短距離高速リンクを用いて一時的なネットワークを構築する。このネットワーク内で MN は他の MN と同盟 (Alliance) を作る。Alliance 内の端末がインターネット上の相手と通信を行う場合、各端末が持つインターネットへのリンクを同時に利用し、トラフィックを分配する。これにより、各端末が利用可能な帯域を増大し、通信の高速化を図る。また、Alliance 内の端末は自身の外部リンクが利用できない場合でも、Alliance 内の他の端末の外部リンクを利用することで通信を継続できる。以下、実際に SHAKE を利用する端末を Alliance Leader(AL), AL のためにトラフィックを転送する端末を Alliance Member(AM) と呼ぶ。

2.2 Mobile IPv6 SHAKE

IP 層での SHAKE の実現例として、Mobile IPv6¹⁾ を用いた Mobile IPv6 SHAKE が先行研究において提案されている²⁾。Mobile IPv6 では、MN と通信相手 (CN: Correspondent Node) 間の通信において、パケットが Home Agent(HA) を経由する。この特徴を利用し、Mobile IPv6 SHAKE では HA にパケット分配機構を設置している。

HA への複数アドレスの登録

AL は Alliance 構築後、複数経路を用いた通信を行うために、自身の HoA に対応付けて AL および AM の

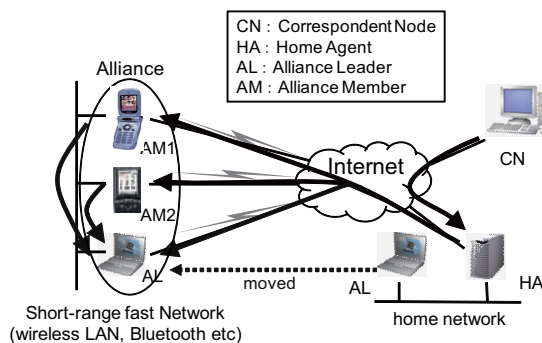


図 1 Mobile IPv6 SHAKE

外部リンクのアドレス (EA: External Address) を HA に登録する必要がある。しかし、Mobile IPv6 の仕様では一つの HoA に対して一つの EA しか登録することができない。そこで、一つの HoA に対して複数の EA を登録できるように各 EA の登録を識別する Binding Unique Identification number(BID)³⁾ を使用する。また HA において、登録する EA が SHAKE による複数経路通信に用いられることを示すため、SHAKE(S) フラグを Binding Update に追加する。

AL は AL の EA (以下、 E_{AL}) および AM の EA (以下、 E_{AM}) の登録のため、それぞれの Binding Update(BU) の S フラグをオンにする。さらに、AL は BU にそれぞれの BID を格納した BID sub-option を付加して自身の外部リンクから HA へ送信する。 E_{AM} の登録をする際は E_{AM} を Alternate Care-of Address option に格納する。

HA では、AL および AM それぞれのエントリを BID によって区別し、S フラグを追加して Binding Cache で保持する。HA は、登録が完了すると、応答として、S フラグ、それぞれの BID を格納した BID sub-option を付加した Binding Acknowledgement(BAck) を E_{AL} に向けて送信する。

BU および BAck は IPsec により保護されているため、悪意のあるノードによるなりすまし等を防止し、セキュアな登録処理が可能である。

HA と Alliance 間の通信

CN から AL にパケットが送信されるとき、HA はこのパケットを代理受信する。そして、自身が保持している Binding Cache を参照して、AL, AM 宛にパケットを分配する。AL に直接配送される AL 宛のパケットは、HA によって送信元を HA のアドレス、宛先を E_{AL} としてカプセル化され、転送される。この処理は、通常の Mobile IPv6 の通信と同様である。一方、AM 経由で送られるパケットは、宛先を E_{AM} として

カプセル化され、転送される。このパケットを AM が受信すると、カプセル化を解除し、AL にパケットを転送する。

AL が CN にパケットを送信する場合、AL は自身の HA 経由と AM 経由にパケットを分配する。AL から直接 HA へ送られるパケットは、通常の Mobile IPv6 の通信と同様に、AL によって送信元を E_{AL} 、宛先を HA としてカプセル化されて送信される。一方、AM 経由で HA に送られるパケットは、AL によって送信元を E_{AM} としてカプセル化され、AM に送信される。AM では、AM 自身の外部リンクを通して、AL の HA にパケットを転送する。AL の HA では、AL および AM を中継して送られたパケットを受信すると、カプセル化を解除し、CN に転送する。

2.3 Mobile IPv6 SHAKE の問題点

Mobile IPv6 SHAKE では、HA にトラフィック分配機構を設置し、AL が自身の外部リンク (E_{AL}) を介して E_{AL} と E_{AM} の登録を HA に対して行うことにより複数経路を用いた通信が可能である。HA で保持されている Binding Cache のエントリには有効期限が設けられており、通信を維持するには定期的な E_{AL} 、 E_{AM} の登録更新が必要である。この登録更新も常に AL が自身の外部リンクから行う。そのため、AL の外部リンクが切断すると、登録更新ができなくなり、HA で保持されている Binding Cache の SHAKE のためのエントリがタイムアウトにより破棄され、通信が途絶してしまう。通信を維持するためには、AL 以外の外部リンクを通して HA に E_{AM} の登録更新を行う必要がある。

2.4 関連研究

Mobile IPv6 や移動ネットワークの移動透過性を保障する Network Mobility(NEMO)⁴⁾ において、複数経路を用いた通信に関する研究が多くなされている。

Åhlund らは、移動端末が持つ複数のネットワークインタフェースに割り当てられた各外部リンクのアドレスを HA に登録し、HA はトラフィックを各ネットワークインタフェースに分配することで複数経路通信を実現している⁵⁾。しかし、同方式では複数のネットワークインタフェースの組み合わせとして、無線 LAN のような短距離高速リンクと PHS や携帯電話のような長距離リンクを想定している。そのため、PHS、携帯電話などに加えて、ホットスポットなどの無線 LAN が利用可能な場所でないとは複数経路通信を行うことができない。

文献 6)、7)、8)、9) では NEMO における複数経路通信が提案されている。Imai らは、Mobile Router(MR)

が持つ複数のネットワークインタフェースを同時に利用する手法⁶⁾、Tsukada らは、ひとつの移動ネットワーク内に存在する複数の MR を同時に利用する手法⁷⁾を用いている。これらの手法は、一つの HA に各ネットワークインタフェースまたは各 MR の複数の外部リンクのアドレスを登録することで、複数経路通信を実現する。Cho らの手法は、複数の MR および複数の HA が存在する環境を想定しており、複数の MR-HA 間の経路を同時に利用することで複数経路通信を可能にする⁸⁾。複数の通信経路の利用により、MR の外部リンクが切断しても、他の通信経路を利用することで通信を維持できる。しかし、NEMO を利用するには MR が必ず存在しなければならず、MR が存在しなければこれらの手法を用いた複数経路通信を行うことができない。Kim らは、移動ネットワーク内にある移動端末が MR として機能する手法を提案している⁹⁾。この手法では MR が存在しなくとも複数経路通信が可能であるが、NEMO の基本機能では経路最適化をサポートしておらず、複数の経路すべてが HA を経由する冗長な経路を使用することになる。

筆者らが提案している Mobile IPv6 SHAKE では、近隣に存在する移動端末の外部リンクを利用することで複数経路通信を実現する。さらに本稿で提案する ND SHAKE を用いることで、自身の外部リンクが切断しても通信を維持でき、CN が Mobile IPv6 に対応していれば経路最適化も実現できる。

3. Never Disconnect(ND) SHAKE

ND SHAKE では、AL が自身の外部リンクが使用できない場合に、AM の外部リンクを介して E_{AM} の登録を行うことで、AL とインターネット間の通信を維持する。ND SHAKE を用いる環境として、AL は近隣の MN と Alliance を構築し、常に 1 台以上の AM と通信可能であると仮定する。

3.1 動作概要

図 2 に ND SHAKE の概要を示す。AL は Received Signal Strength Indicator(RSSI) 等により自身の外部リンクの接続性を監視し、接続性が失われる見込みが高くなった場合、AM の外部リンクを介して自身の HA に E_{AM} の登録を行う。AM が複数存在する場合、AL は PAM(Primal AM) の選別を行い、PAM の外部リンクから HA に E_{PAM} の登録を行う。HA は AL 宛のパケットを受信すると PAM へパケットを転送し、PAM は AL へ転送する。

3.2 Primal AM の選出

AM が複数存在する場合、AL は E_{AM} の登録を行う

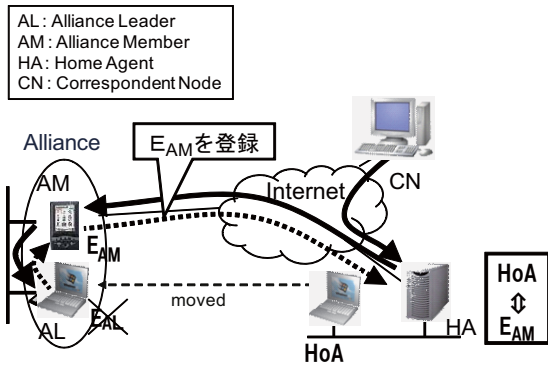


図 2 ND SHAKE

ために利用する Primal AM(PAM) を選出する。ND SHAKE において通信を維持するには、 E_{AM} の登録のための BU が AM の外部リンクから AL の HA に届き、その応答である BAck が AM を経由して AL に届くことが必要不可欠である。そこで AL の HA と接続性があり、さらに AL-AM 間でもっとも通信が安定している AM を PAM とする。

図 3 に Alliance の構築手順を示す。AL は AM となる MN を探すため、近隣の MN に自身の HA のアドレスを含んだ Alliance Request メッセージをブロードキャストする。Alliance Requet を受信した MN は Alliance に参加可能であれば、AL の HA との接続性を確認するため、AL の HA に HA Test メッセージを送信する。AL の HA は HA Test メッセージを受信すると、応答として HA Test Ack メッセージを MN に送信する。これにより MN-AL の HA 間の接続性があることを確認する。

HA Test Ack メッセージを受信した MN は AL に Alliance Reply メッセージを送信する。Alliance Reply には、MN の EA、リンクローカルアドレス、さらに各リンクの利用可能な帯域幅や Alliance 間の RSSI 等のインタフェース資源情報を含める。AL は Alliance Reply を受信すると、AL の HoA、AL のリンクローカルアドレスを付加した Alliance Confirmation メッセージをユニキャストで MN に送信する。以上の手順により Alliance を構築する。また、AL は AM の中からインタフェース資源情報をもとに PAM を決定する。Alliance 構築後も AL は定期的に Alliance Request を送信し、AM から送られてくる Alliance Reply をもとに AM の情報 (E_{AM} 、リンクローカルアドレス、インタフェース資源情報) を更新する。AL は、これをもとに必要に応じて PAM を変更する。

また、AM も自身の外部リンクの接続性を RSSI 等により監視し、接続性が失われる見込みが高くなった

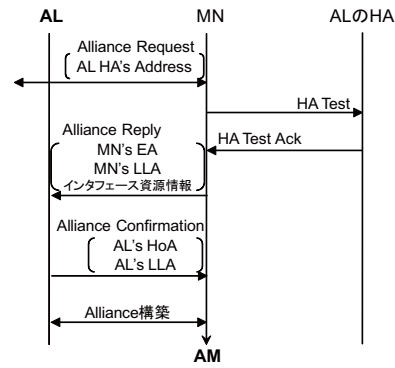


図 3 Alliance の構築手順

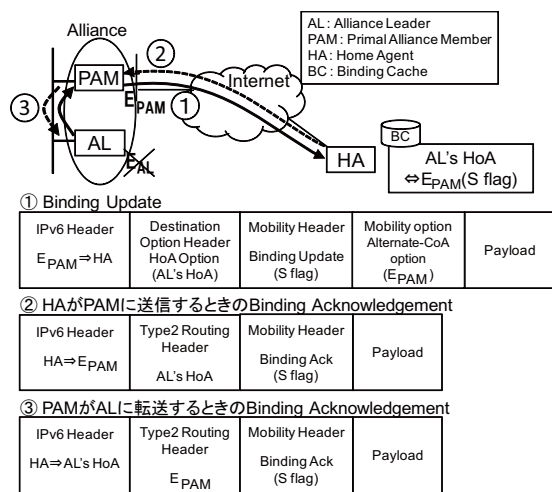


図 4 E_{AM} の HA への登録

場合、AM は AL に通知する。AL はこの通知を受信すると、インタフェース資源情報をもとに PAM として使用する AM を変更する。

3.3 E_{AM} の HA への登録

3.3.1 AM が 1 台の場合

Mobile IPv6 または Mobile IPv6 SHAKE を用いた通信では、AL が自身の外部リンクから HA に BU を送信する場合、BU の送信元アドレスに E_{AL} を設定する。しかし、AL の外部リンクが切断した場合、 E_{AL} が使用できなくなる。そこで ND SHAKE では、 E_{AL} ではなく、 E_{PAM} を BU の送信元アドレスとする。これは AM-HA 間でイングレスフィルタリングにより BU が破棄されるのを防ぐためである。この処理は Mobile IPv6 の仕様の範囲内である。

図 4 に E_{PAM} を HA へ登録するための BU および BAck の例と、その登録手順を示す。ここでは AL はそれまでに E_{AL} のみを使用してインターネットに接続していたとする。AL は HA に SHAKE を利用

していることを示すため、S フラグをオンにした BU を PAM に送信する。AL から BU を受信した PAM は、HoA option で示されているアドレスが、自身が保持している AL の HoA と一致していれば PAM 自身の外部リンクから AL の HA へ BU(図 4: ①) を転送する。

HA では、HoA option に含まれる AL の HoA に対応づけられているエントリを Binding Cache より検索する。検索により見つかったエントリには E_{AL} が登録されているため、HA は E_{AL} の代わりに E_{PAM} を登録し、さらに Binding Cache に S フラグを追加して保持する。HA は E_{PAM} の登録が完了すると、Mobile IPv6 の仕様に従って、BACk の宛先アドレスとして BU の送信元アドレスである E_{PAM} を設定する。さらに BACk の S フラグをオンにし、AL の HoA を含んだタイプ 2 経路制御ヘッダを挿入して送信する(図 4: ②)。

PAM は BACk を受信すると、タイプ 2 経路制御ヘッダには自身の HoA でないアドレスが含まれているため、通常の Mobile IPv6 ではこれを破棄してしまう。そこでこの破棄を防ぐため、PAM はタイプ 2 経路制御ヘッダに自身が保持している AL の HoA が含まれていれば AL に転送する(図 4: ③)。

3.3.2 複数の AM を使用する場合

ND SHAKE において、単一の AM でなく複数の AM を使って複数経路通信を行う場合、AL は HA に PAM の外部リンクから E_{PAM} 、および PAM でない AM(non-PAM) の E_{AM} の登録を行う必要がある。

まず AL は E_{PAM} の登録を行うため、S フラグをオンにした Binding Update に、PAM の BID を格納した BID sub-option を付加して PAM の外部リンクから HA に送信する(図 5: ①)。HA では Binding Cache への E_{PAM} のエントリの登録が完了すると、PAM の BID を格納した BID sub-option を付加し、S フラグをオンにした BACk を PAM を経由して AL に送信する(図 5: ②)。

AL は HA から PAM を経由して BACk を受信すると、続いて non-PAM の E_{AM} の登録を行う。AL は S フラグをオンにした BU に、non-PAM の BID を示した BID sub-option を付加する。さらに、Alternate Care-of Address option に non-PAM の E_{AM} を格納して、PAM の外部リンクから HA に送信する。HA は non-PAM のエントリの登録が完了すると、PAM を経由して AL に BACk を送信する。

CN から AL 宛のパケットを HA が代理受信すると、HA は Binding Cache を参照して、PAM と non-

① Binding Update

IPv6 Header $E_{PAM} \Rightarrow HA$	Destination Option Header HoA Option (AL's HoA)	Mobility Header Binding Update (S flag)	Mobility option Alternate-CoA option (E_{PAM})	Mobility option BID sub-option (PAM's BID)	Payload
---	---	---	--	--	---------

② Binding Acknowledgement

IPv6 Header $HA \Rightarrow E_{PAM}$	Type2 Routing Header AL's HoA	Mobility Header Binding Ack (S flag)	Mobility option BID sub-option (PAM's BID)	Payload
---	----------------------------------	--	--	---------

図 5 複数経路通信を行うための E_{PAM} を HA へ登録する時のパケットフォーマット

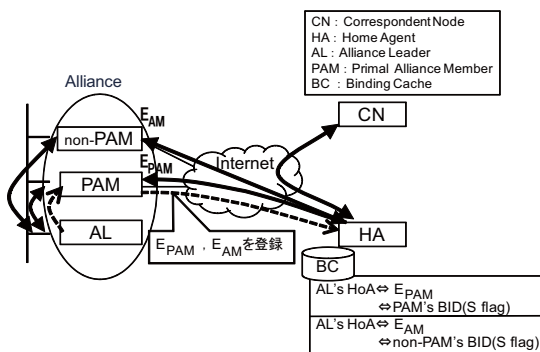


図 6 ND SHAKE における複数経路を用いた通信

PAM にパケットを分配する。PAM と non-PAM はそれぞれ AL にこのパケットを転送する。また AL から CN 宛のパケットは、AL が PAM 経由、non-PAM 経由にパケットを分配し、PAM および non-PAM は自身の外部リンクから HA にパケットを転送する。(図 6)

3.4 AL の外部リンク利用再開

AL の外部リンクが再接続した場合、AL は自身の外部リンクから HA に E_{AL} の登録を行い、通常の通信へ移行する。経路最適化の利用、Mobile IPv6 SHAKE を用いた複数経路通信に必要な登録処理はすべて AL が自身の外部リンクから行う。この処理は、通常の Mobile IPv6 SHAKE および Mobile IPv6 と同じである。

4. 経路最適化

4.1 Mobile IPv6 の Return Routability

Mobile IPv6 における経路最適化は、HA を経由することなく MN-CN 間で直接通信を行うことを意味する。経路最適化を行うには CN に MN の CoA と HoA の対応付けの登録が必要である。また任意の CN と MN との間では IPsec 通信はできないので、登録の際に悪意のノードによるなりすまし等を防ぐために Return Routability を行わなければならない。

Return Routability とは、MN-CN 間で HA 経由および HA 非経由の二経路を用いて BU 時に用いる共有

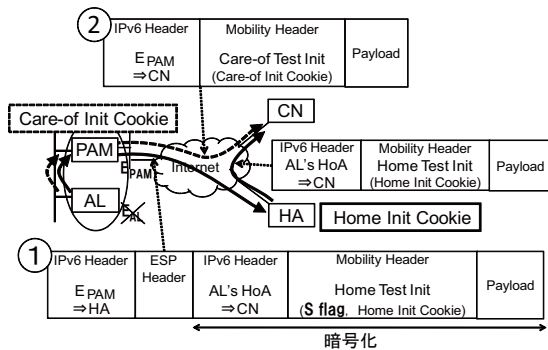


図 7 ND SHAKE における HoTI, CoTI の処理

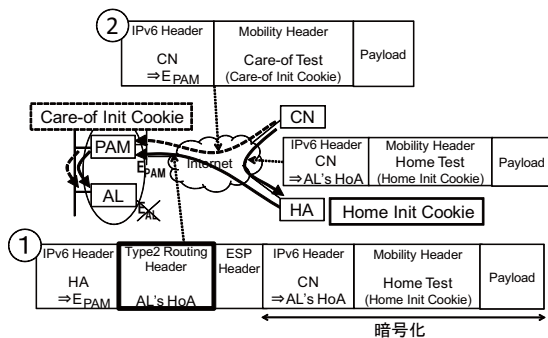


図 8 ND SHAKE における HoT, CoT の処理

鍵を生成する処理である。Mobile IPv6 の場合、MN はまず Return Routability の開始の合図として Home Test Init を自身の HA を経由して CN へ、Care-of Test Init を直接 CN へ送信する。CN では、Home Test Init を受信すると、応答として Home Test を HA を経由して MN に送信する。また CN は MN から Care-of Test Init を受信すると、Care-of Test を直接 MN へ送信する。Home Test および Care-of Test には、CN が生成した異なる署名用トークンが含まれている。MN はその署名用トークンを用いて共有鍵を生成する。MN は生成した共有鍵を用いて CN にアドレスの対応付けの登録を行う。これにより MN-CN 間でセキュアな通信が可能である。

Mobile IPv6 SHAKE でも、CN が SHAKE で定義する複数経路の取扱いに対応していれば、AL が自身の外部リンクから Return Routability を行い、CN へ E_{AL} および E_{AM} の登録を行うことで経路最適化を実現できる。

4.2 ND SHAKE での Return Routability

ND SHAKE において経路最適化を実現するためには、AL は PAM の外部リンクから Return Routability および CN へ E_{PAM} の登録を行う必要がある。しかし、AL-HA 間の通信は通常 IPsec により保護され

ており、Home Test Init および Home Test パケットの先頭の IPv6 ヘッダ以降は IPsec の ESP ヘッダにより暗号化されている。そのため、PAM が Home Test Init の応答である Home Test を受信しても、PAM は Home Test の ESP ヘッダ以降の情報を知ることができない。このため、PAM は Home Test を AL へ転送すべきかどうかを知ることができず、破棄してしまう。PAM が Care-of Test Init の応答である Care-of Test を受信した場合、Care-of Test は暗号化されていないが、その通信は AL 宛であることを示す情報（つまり、AL の HoA）が含まれていないため、同様に PAM は Care-of Test を破棄してしまう。

そこで ND SHAKE では、Home Test Init に SHAKE(S) フラグを追加し、Home Test Init および Home Test に含まれている Home Init Cookie を利用して、AM における Home Test の破棄を防ぐ。AL は S フラグをオンにして、 E_{PAM} を送信元アドレスとした Home Test Init を PAM に送信する。PAM は Home Test Init を AL の HA へ転送する。HA では S フラグを追加した Home Test Init を受信すると、Home Test Init に含まれている Home Init Cookie を記録する（図 7: ①）。HA は CN からの Home Test を受信すると、Mobile IPv6 および Mobile IPv6 SHAKE では、宛先を E_{AL} としてカプセル化し AL に転送する。一方、ND SHAKE では、HA は宛先を E_{PAM} としてカプセル化し、さらに Home Test に含まれている Home Init Cookie が保持している Home Init Cookie と一致しているかを確認する。一致している場合は、Home Test に AL の HoA を含んだタイプ 2 経路制御ヘッダを挿入して PAM に送信する（図 8: ①）。PAM はタイプ 2 経路制御ヘッダに含まれている AL の HoA と自身が保持している AL の HoA が一致すればこのパケットを AL に転送する。

さらに ND SHAKE では、Care-of Test Init および Care-of Test に含まれている Care-of Init Cookie を利用して、AM における Care-of Test の破棄を防ぐ。PAM は AL からの Care-of Test Init を転送する際に、Care-of Test Init に含まれている Care-of Init Cookie を記録する（図 7: ②）。また、Care-of Test を受信すると、Care-of Test に含まれている Care-of Init Cookie と保持している Care-of Init Cookie が一致しているかを確認し、一致していれば AL へ転送する（図 8: ②）。AL は、Return Routability により共有鍵を生成するとその共有鍵を用いて CN へ E_{PAM} の登録を行う。

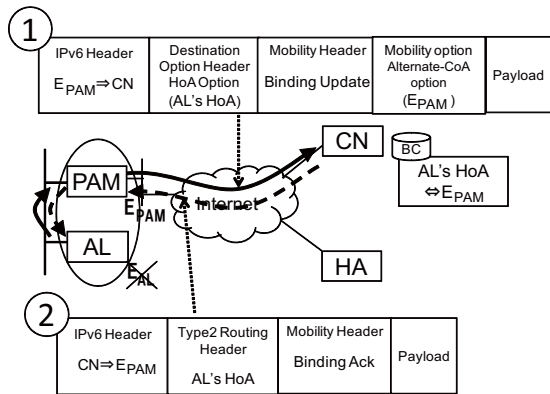


図 9 ND SHAKE における CN への E_{PAM} の登録

4.3 経路最適化のための CN への E_{PAM} の登録
 Mobile IPv6 および Mobile IPv6 SHAKE では、AL が CN に BU を送信する場合、BU の送信元アドレスに E_{AL} を設定し、AL 自身の外部リンクから送信する。一方、ND SHAKE では、AL が PAM の外部リンクから CN に BU を送信するため、BU の送信元アドレスには E_{PAM} を使用する。

AL は CN へ E_{PAM} の登録を行うため、Alternate Care-of Address option に E_{PAM} を格納し、PAM の外部リンクを経由させて CN に BU を送信する (図 9: ①)。BU を受信した CN は、 E_{PAM} の登録が完了すると BAcK を PAM に送信する (図 9: ②)。PAM は BAcK を受信すると、BAcK のタイプ 2 経路制御ヘッダに含まれている AL の HoA と自身が保持している AL の HoA が一致していれば、BAcK を AL に転送する。

5. ハンドオーバー時の処理

5.1 Mobile IPv6 SHAKE での AL, AM のハンドオーバー

Mobile IPv6 では、MN がハンドオーバーした場合、移動先で使用する新しい外部リンクのアドレスを取得し、さらに HA および CN への登録処理が必要となる。これらの処理が完了するまでの間、CN から MN 宛の packets は移動前に使用していた外部リンクのアドレスに送られるためパケットロスが発生する。また Mobile IPv6 SHAKE では、AL だけでなく AM もハンドオーバーするため、通常の Mobile IPv6 よりもハンドオーバーによるパケットロスが発生することが考えられる。

Ogi らは、SHAKE 利用中に発生するパケットロスを削減するため、ハンドオーバーした端末へのパケット分配を一時的に停止する手法を提案している¹⁰⁾。AL

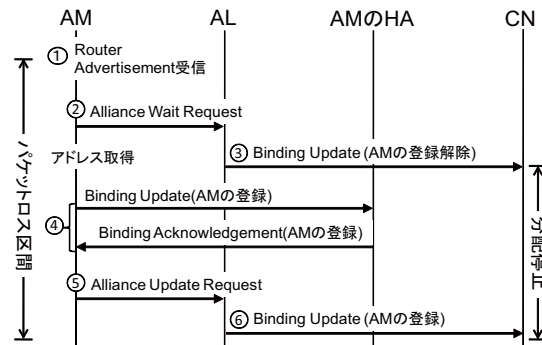


図 10 AM がハンドオーバーしたときの処理

がハンドオーバーした場合、AL は新しい E_{AL} を取得後、自身の外部リンクから BU を送信する。この BU には新たに用意した Wait (W) フラグをセットする。CN は W フラグがセットされた BU を受信すると、AL へのパケット分配を一時的に停止する。これにより AL が HA へ BU を送信し、CN と Return Routability および新しい E_{AL} の登録を行う間、AL に分配されるパケットのロスを防ぐことができる。

また AM がハンドオーバーした場合、Router Advertisement 受信後、AM は Alliance Wait Request を用いて AL にハンドオーバーしたことを通知する (図 10: ①, ②)。AL は AM から Alliance Wait Request を受信すると、AM の登録解除を示す BU を CN に送信する (図 10: ③)。AM は新しい E_{AM} を取得後、AM 自身の HA に E_{AM} の登録を行い (図 10: ④)、Alliance Update Request を用いて AL に新しい E_{AM} を通知する (図 10: ⑤)。Alliance Update Request を受信した AL は、 E_{AM} の登録を示す BU を CN に登録する (図 10: ⑥)。これにより、AM が AM 自身の HA に E_{AM} の登録を行う間に生じるパケットロスを防止することができる。

5.2 ND SHAKE での AM のハンドオーバー

5.2.1 PAM の外部リンクのみを使用している場合

PAM がハンドオーバーすると、PAM が自身の HA へ E_{AM} の登録を行い、さらに AL がその PAM の外部リンクから PAM の新しい E_{AM} を HA, CN に登録するまでの間、パケットロスが発生してしまう。

そこで、AL が複数の MN と Alliance を構築しており他に AM が存在する場合には、AL はその AM を PAM (New PAM) とし、New PAM の外部リンクから New PAM の E_{AM} の登録を HA, CN に行う。これにより、ハンドオーバーした PAM が自身の HA へ E_{AM} の登録を行うまでの処理を待つ必要がなくなる。

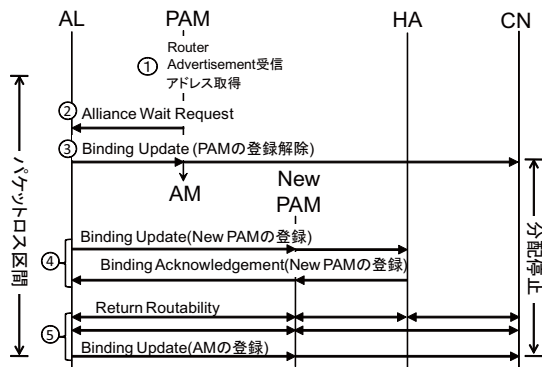


図 11 ND SHAKe において複数経路通信中に PAM がハンドオーバーしたときの処理

5.2.2 複数経路通信を行っている場合

AL が複数の AM の外部リンクを使用し複数経路通信を行っている場合、Ogi らの手法を利用する。PAM でない AM がハンドオーバーすると、AL が PAM の外部リンクから、CN に AM の登録解除を示す BU を送信する。これによりハンドオーバーした AM に分配されるパケットのロスを防ぐことができる。PAM がハンドオーバーした場合、PAM は新しい E_{AM} を取得後、新しい E_{AM} を含んだ Alliance Wait Request を AL へ送信する (図 11: ①, ②)。AL は Alliance Wait Request を受信すると、PAM の登録解除を示す Binding Update の送信元アドレスに新しい E_{AM} を設定し、PAM の外部リンクから CN に送信する。(図 11: ③) これにより、CN から E_{PAM} 宛に送られるパケットのロスを防ぐ。さらに AL はハンドオーバーしていない AM の中から新しい PAM (New PAM) を選び、New PAM の外部リンクを用いて以降の処理を行い、複数経路を用いた通信を再開する。AL は、自身の HA に New PAM の E_{AM} の登録を New PAM の外部リンクから行う (図 11: ④)。登録が完了すると、New PAM の外部リンクから Return Routability および CN へ PAM として使用していた AM の E_{AM} の登録を行う (図 11: ⑤)。

6. まとめ

本稿では、Mobile IPv6 SHAKe における AL の外部リンク切断に伴う通信途絶回避手法 ND SHAKe の提案を行った。AL は自身の外部リンクが切断しても、AM の外部リンクから E_{AM} の登録を HA に行うことで通信を維持する。また、CN が Mobile IPv6 に対応していれば経路最適化も実現できる。さらに ND SHAKe は、外部リンク切断時に利用するだけでなく、外部リンクを持たない移動端末に対して、AM を利用

することでインターネットへの接続を提供することができる。今後、ND SHAKe の実装、評価を行う予定である。

参考文献

- 1) D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko: Mobility Support in IPv6, RFC 3775 (2004).
- 2) 舩田知広, 大木一将, 峰野博史, 石原進: Mobile IPv6 を用いた通信回線共有方式の実装, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.9, pp.2214–2225 (2005).
- 3) R. Wakikawa, T. Ernst, K. Nagami and V. Devarapalli: Multiple Care-of Address Registration, Internet Drafts (draft-ietf-monami6-multiplecoa-03) (2007).
- 4) V. Devarapalli, R. Wakikawa and A. Petrescu: Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol, RFC 3963 (2005).
- 5) C. Åhlund, R. Brännström, K. Andersson and Ö. Tjärnström: Port-based Multihomed Mobile IPv6 for Heterogeneous Networks, IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN) (2006).
- 6) N. Imai, M. Isomura and H. Horiuchi: Inverse-Multiplexing for Mobile Routers with Multiple Wireless Network Interfaces, The First International Workshop on Network Mobility (WONEMO) (2006).
- 7) M. Tsukada, T. Ernst, R. Wakikawa and K. Mitsuya: Dynamic Management of Multiple Mobile Routers, IEEE Malaysia Int'l Conf. on Communications and IEEE Int'l Conf. on Networks (MICC & ICOIN 2005), Vol.2, pp.1108–1113 (2005).
- 8) S. Cho, J. Na and C. Kim: A dynamic load sharing mechanism in multihomed mobile networks, IEEE Int'l Conf. on Communications (ICC 2005), Vol.3, pp.1459–1463 (2005).
- 9) W. T. Kim, J. G. Jang, J. M. Park and Y. J. Park: Fault Tolerant Mechanism in Dynamic Multi-homed IPv6 Mobile Networks, Int'l Conf. on Multimedia and Ubiquitous Engineering (MUE) (2007).
- 10) K. Ogi, T. Masuda, H. Mineno and S. Ishihara: Design and Implementation of Mobility Mechanisms for Mobile IPv6 based Link Aggregation System, in proc. of SAINT2005 IPv6 Workshop (2005).