

負荷分散を考慮した Mobile IPv6 におけるハイブリッドノードの実装

山田 貴久[†] 小林 孝史^{††}

[†] 関西大学大学院総合情報学研究科 〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1

^{††} 関西大学総合情報部 〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1

E-mail: [†]fb7m122@edu.kutc.kansai-u.ac.jp, ^{††}kobayasi@res.kutc.kansai-u.ac.jp

あらまし IPv6 のモバイル技術である Mobile IPv6 では移動体が移動後に通信の継続を行うことができる．MIPv6 では MN が HA を経由した三角経路で通信の継続を行う．三角経路の通信では HA が管理する MN の数が増加すると，HA の負荷が増大する．HA に障害が発生すれば，MN は通信を継続できないため，HA の冗長化構成が必要となる．我々は，効率的な HA の冗長化構成を実現するために，ノードに移動ノードと HA の両方の機能を持つハイブリッドノードを提案し，その有効性を検証している．しかし，ハイブリッドノードでの冗長化構成は，HA を複数配置する単純な HA の冗長化構成と比較して，余剰なリソースや HA の新規配置のためのコストを削減することができる．ハイブリッドノードを用いることで効率的な冗長化を行えるが，ハイブリッドノードも HA と同じく Anycast Address を使用しているため HA とハイブリッドノードを分別することができない．分別できないことで，ハイブリッドノードが管理する MN が極端に増えてしまう状況も考えられる．そのため，ハイブリッドノードに負荷の偏りが発生した場合，ハイブリッドノード自身が移動体の通信を行うことができなくなる可能性がある．本稿では，ハイブリッドノードに負荷の偏りが閾値を超えた場合に，負荷分散を行う負荷分散機能の実装について述べる．

キーワード Mobile IPv6, Home Agent, Anycast Address, ハイブリッドノード

Implementation of load balancing for Hybrid Node In Mobile IPv6

Takahisa YAMADA[†] and Takashi KOBAYASHI^{††}

[†] Graduate School of Informatics Kansai University Ryozenji-Cho 2-1-1, Takatukishi, Osaka, 569-1095 Japan

^{††} Faculty of Informatics Kansai University Ryozenji-Cho 2-1-1, Takatukishi, Osaka, 569-1095 Japan
E-mail: [†]fb7m122@edu.kutc.kansai-u.ac.jp, ^{††}kobayasi@res.kutc.kansai-u.ac.jp

Abstract In MIPv6, that is a mobile technology for IPv6, the mobile nodes (MNs) can continue their communications after moving, so that MNs use the triangle route through Home Agent (HA). On the communications of triangle route if the number of MNs managed by HA, the load of HA will increase. And when some troubles of HA will happen, MNs cannot continue their connections, so the redundant system of HAs is needed. We proposed the Hybrid node that has the functions of both of MN and HA, and inspected the usefulness of it to achieve the efficiently redundant system. And the redundant system by Hybrid nodes achieves to reduce the unnecessary resources and the cost of new HAs deployment. However, HA and Hybrid nodes cannot distinguish from other nodes because the Hybrid nodes use Anycast Address same as HA. Therefore, there is a possibility of increasing the MNs managed by Hybrid nodes, and the Hybrid node itself may not be able to communicate using mobile connection. In this paper, we will discuss the implementation of the function of load balancing of when the imbalance of load among Hybrid nodes and HA exceeds the threshold value.

Key words Mobile IPv6, Home Agent, Hybrid Node, Anycast Address

1. はじめに

ウルトラモバイル PC のような安価なノートパソコンの普及や，インターネットに接続するポータブルゲーム機の普及によ

り移動体端末が増加している．移動体端末が増えることにより，移動体端末の移動後に通信の継続が問題になる．

端末の増大はアドレスの枯渇を早めるため，現在の IPv4 のアドレス体系からより広大なアドレス体系の IPv6 への移行が

進められている．移動体通信を継続する技術として，IPv6 では Mobile IPv6(MIP6) がある．MIP6 では，Mobile Node(MN) はホームリンクにある Home Agent(HA) を経由した三角経路 [1] で通信の継続を行う．

MIP6 では HA が全ての MN のパケットの転送や MN の移動情報の対応付けを行っているため，HA に負荷が集中するという欠点がある．HA に負荷が集中する場合には MN の通信が遅延し，負荷により HA に障害が発生すれば MN は通信を継続することができなくなる．MIP6 は通信の継続を行う技術であるため，HA の機能維持は MIP6 では重要である．

HA の機能を冗長化する方法として，同じホームネットワーク内に HA を複数配置する方法がある．しかし，HA を複数配置することは HA を新規に配置するコストが掛かり，余剰なリソースが発生する．そこで我々は効率的な HA の冗長化構成を実現するために，HA と MN の両方の機能を持つハイブリッドノードを提案することで問題を解決している [2]．この手法において，ハイブリッドノードは移動先のネットワークにおいて HA として機能するため，新規に HA を配置するコストが必要ない．

しかし，ハイブリッドノードによる冗長化では HA の機能をハイブリッドノードも行うため，ハイブリッドノードが管理するノード数の増大によってハイブリッドノード自身が継続している通信に影響を及ぼす．

通信に影響を及ぼさないためにハイブリッドノード自身は継続している通信に影響が出ない負荷に制限する必要がある．もしくは，ハイブリッドノードよりも HA へ負荷が偏る制御を行いたい．しかし，ハイブリッドノードは Anycast Address を使用しているので，HA とハイブリッドノードの分別ができない欠点がある．そのため，HA の優先選択やハイブリッドノード間での優先制御は行えない．

本稿ではハイブリッドノードに負荷の偏りが閾値を越えた場合に，負荷分散を行う機能として balancer デモンを作成することを提案し，この問題に対応する．

2. ハイブリッドノードによる冗長化

2.1 用語の定義と確認

本稿で使用する用語を定義する．

[MIP6] MN が通信の継続を行う技術である．MIP6 を使うと，移動しても通信中のアプリケーションを切断することなく使い続けることができる移動透過性を持つ [1]．

[ハイブリッドノード] MN と HA の両方の機能を持つノードである．

[移動ノード] MN と移動を行うハイブリッドノードである．

[中継ノード] HA と HA の機能を行うことができる状態のハイブリッドノードである．

[気付けアドレス] 移動ノードは接続するネットワークが変わる度に生成する新しいアドレスである．

[Home Address(HoA)] 移動ノードがホームリンクで使用するアドレスを指す．

[Binding Update(BU)] 移動ノードが自身の気付けアドレ

スと HoA の対応付けを HA に送信する．

[Binding Update List] HoA と CoA の対応付けと対応付けを管理している HA のリスト情報．

[Anycast Address] 同じアドレスを持つノードが複数存在でき，届けれるノードは利用しているルーティングプロトコルの基準に応じてもっとも近いノードに届けられる [1]．

[Dynamic Home Agent Address Discovery(DHAAD) request] Anycast Address を用いてホームエージェントを探索するメッセージである．

[Router Advertisement(RA)] ルータが自分の存在を知らせるために送信を行う．このメッセージには，アドレスの自動生成のための経路設定情報やアドレスのネットワークプレフィックス情報などが含まれる．

2.2 ハイブリッドノードの機能

ハイブリッドノードは MN と HA の両方の機能を持つため，ハイブリッドノード自身の通信の継続と管理している移動ノードの通信の継続を保证する必要がある．ハイブリッドノードはホームネットワーク内に配置を行っても，従来の HA や MIP6 のネットワークへの悪影響は少ない．しかし，ハイブリッドノードは HA と同様に RA を送信してアドレスを移動ノードに告知するため，ハイブリッドノードが送信する RA によってネットワークのトラフィックが増大する．

移動前のハイブリッドノードはアドレスを知らせる必要がないため，RA の送信は不要である．しかし，これまでの研究 [2] で実装したハイブリッドノードでは，移動前も RA を送信する．そこで，RA の抑制のために rad デモンを用いて移動を監視し，RA の送信を行う rtadvd の管理を行う．

ハイブリッドノードが移動した場合に，移動を検知して rtadvd を起動させる．移動先のネットワーク内のみで RA を送信することで，トラフィックの増大が抑制できる．

また，ハイブリッドノードがホームネットワークに復帰した場合は，rad はホームネットワークに復帰したことを検知し rtadvd を停止させる．これによりホームネットワーク内の RA を抑制でき，RA によるネットワークの誤設定を防ぐことができる．しかし，移動の検知と rtadvd の制御にはタイムラグがあるため，移動後直ぐに HA の機能が有効にならない．

2.3 ハイブリッドノードでの通信

図 1 では，HA1 とハイブリッドノードがホームネットワーク 1 に存在し，MN と HA2 は別のホームネットワーク 2 に存在する．

図 2 のネットワークは，図 1 のハイブリッドノードが Corresponding Node(CN) と通信を継続し，ホームネットワーク 2 に移動した状況を示している．ハイブリッドノードは移動を行った後，BU を HA1 に送信する．HA1 は送信された BU を受信し，BU を基にして対応付けを作成する．ハイブリッドノードの通信を継続するために，ホームネットワーク 1 にある HA1 がパケットの転送を行う．また，ハイブリッドノードは移動後に HA の機能を有効にしてハイブリッドノードのアドレスを含んだ RA を送信する．この RA には Mobile IPv6 Home Agent Flag が HA2 と同様にセットされているため，ハイブ

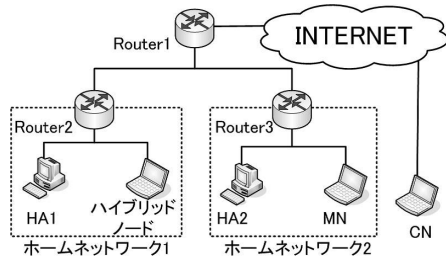


図1 初期ネットワーク

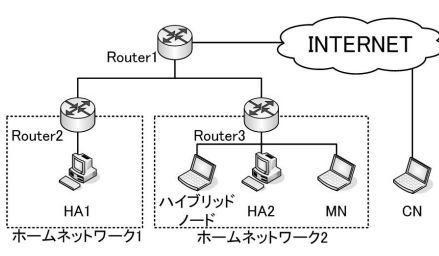


図2 ハイブリッドノード移動後

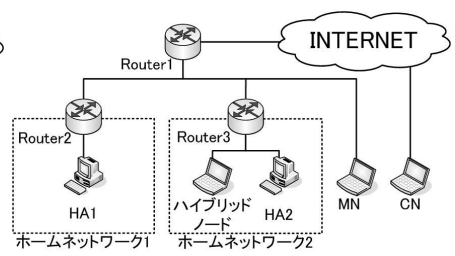


図3 MN移動後

リッドノードをHAとして認識する。ホームネットワーク2にあるMNはこのRAを受信後、HA2とハイブリッドノードをHome Agent List(HAL)に追加する。

図3のネットワークでは、図2のMNがCNと通信を継続し、ホームネットワーク2から外部のネットワークへ移動した。MNはホームネットワーク2にあるハイブリッドノードもしくはHA2を経由して通信を継続する。MNがBUをハイブリッドノードに送信して通信を継続する場合、MNの通信はハイブリッドノードを経由する。この通信においては、MNからのパケットがハイブリッドノードを経由した後にHA1を経由するピンボールルーティングの現象が発生しない。ネットワークの移動を実現するためのNEMO[3]ではネットワーク単位での転送を行っているため、転送の重複によるピンボールルーティングが発生する。ハイブリッドノードではピンボールルーティングは発生しないので、転送の重複によるトラフィックの増大は発生しない。MNがBUをHA2に送信して通信を継続する場合、MNの通信はHA2を経由する。

2.4 中継ノード選択の偏りによる問題

図4ではHAは移動ノードを5台まで管理ができ、ハイブリッドノードは3台まで管理できると仮定する。MNはハイブリッドノードとHAが存在するネットワークから移動を行った。移動を行うMNは6台であり、各MNはHAとハイブリッドノードにBUを行い通信を継続する。

MNは6台存在するため、HAやハイブリッドノードの一方だけでは管理する上限を越える。両方のノードで管理することで、障害が発生せずに運用することができる。しかし、効率の悪い割り当てによって障害が発生する場合がある。

図4では実際の割り当てを示している。HAは3台の移動ノードを管理し、ハイブリッドノードも3台の移動ノードを管理している。その後、1台のMNを新たにホームネットワークに追加する。追加されたMNも他のMNと同様に移動を行った後、ハイブリッドノードへBUを送信する。

ハイブリッドノードは3台のノードしか管理できないと仮定しているので、4台のノードは管理許容数を超える。管理許容数を超えた場合には、HAの機能が停止しMNの管理が行えないため、ハイブリッドノードが持つ4台のノードはHAに管理が任される。しかし、新たに4台のノードを加えるとHAの管理できる5台を大きく上回りHAも管理許容数を超える。

中継ノードを使った通信を行っている移動ノードは、中継ノードを変更することが少ない。RAの送信間隔によって追加

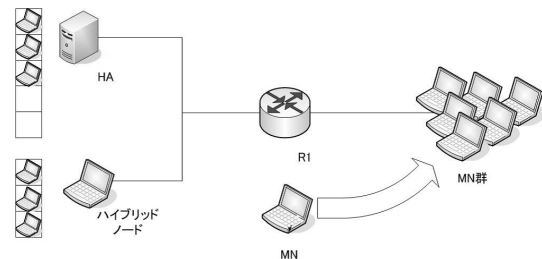


図4 移動ノードの割り当てを可視化したネットワーク図

される中継ノードが偏り、また物理的な遅延が発生しない場合はDHAAD requestによって発見される中継ノードが全て同じになる。特に物理的な遅延が発生しない仮想環境内では中継ノードが偏るという現象が発生しやすく、中継ノードへの負荷の集中が深刻な問題である。

3. 負荷分散機能

標準的なMIPv6およびこれまでのハイブリッドノードに関する研究においては、特定のハイブリッドノードへ負荷が偏った場合に、他のハイブリッドノードへ負荷を分散することができない。負荷が原因でHAの機能を維持できなくなる場合や通信に障害が発生する場合には、負荷を分散する仕組みが必要である。

3.1 balancer デモン

ハイブリッドノード同士が負荷分散を行うためのデモンとしてbalancerの実装を行った。負荷分散を行うには、中継ノードのbalancerが移動ノードに対してbalancerメッセージを送信する。balancerメッセージを送信する中継ノードは移動ノードとコネクションを確立せず、負荷分散の成否を確認しない。移動ノードはbalancerメッセージの受信に成功した場合、中継ノードのアドレスはHALから削除される。

中継ノードのbalancerからのbalancerメッセージにHoAと中継ノードのアドレスを格納するのは、不正なbalancerメッセージによるHALの削除を防止するためである。移動ノードはパケットを受信後に、Binding Update Listを用いてHoAと送信元アドレスと送信先アドレス(CoA)の組み合わせを検証する。Binding Update Listに該当しない組合せの場合は、balancerメッセージを破棄する。balancer間での通信はコネクションを確立しないので、移動ノードとのコネクション確立のためのリソースの確保や通信処理のオーバーヘッドが発生しない。また、負荷分散時にパケットロスなどでbalancerメッセー

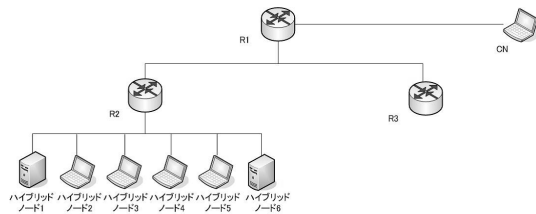


図 5 実験環境のネットワーク

ジの受信に失敗した場合、再送は行わない。balancer メッセージは icmp6 を用いるためプロトコルにおいてもパケットロスによる再送は行わない。パケットロスによる再送を行わないことで、パケットの増加を防ぐことができる。

3.2 balancer を用いた負荷分散

移動ノードは移動後に、中継ノードに対して BU を送信する。balancer を実装したハイブリッドノードは BU を受信後に管理している移動ノードのノード数を調べる。このノード数が閾値を超えた場合に、balancer が中継ノードに balancer メッセージを送信することで負荷分散が開始される。balancer メッセージは icmp6 を拡張し実装を行っているため、balancer が実装されていない MIP6 のノードではこのメッセージは無視される。移動ノードが balancer メッセージを受信後に HAL の中から該当するハイブリッドノードを削除する。この処理により、現在使用している中継ノードの優先順位が下がるため、他のハイブリッドノードが中継ノードとして選択される。中継ノードの削除によって HAL のリストに中継ノードが存在しない場合は、新たに中継ノードを発見する。中継ノードの発見には DHAAD Request を送信し、DHAAD reply を返信する中継ノードを HAL に追加する。追加した中継ノードに BU を送信するため、HAL を全て削除しても通信の継続は行える。

中継ノードが管理を行う移動ノードが増大する場合に、移動ノードが中継ノードを再選択を行う。中継ノードの再選択を行うことで多くの移動ノードを管理している中継ノードを回避するため、特定の中継ノードに管理が集中しない。

4. 負荷分散機能の評価と考察

実験を行う環境は VMware Server1.0.6 の環境下で仮想的にネットワークを作成し、Freebsd 5.4 と KAME [4] を用いて各ノードを実装し実験を行った。実験には balancer を実装していない MN と balancer を実装しているハイブリッドノードの移動実験を行う。そして閾値を越える場合に、移動ノードが中継ノードの切替えが発生するか確認を行う。

4.1 ハイブリッドノードのネットワーク

[実験] 図 5 のネットワークの構成で、ハイブリッドノード全てが balancer を実装している。ホームネットワークには 6 台のハイブリッドノードが存在し、3 台以上の移動ノードを管理すると balancer が有効になるように実装した。ハイブリッドノード 1 とハイブリッドノード 6 は、図 5 では中継ノードの役割を行っている。ハイブリッドノード 2 からハイブリッドノード 5 は移動を行うノードである。そして、ハイブリッドノード 2 からハイブリッドノード 5 まで次々に移動する。移動を行っ

表 1 移動ノードと中継ノードの組合せ

中継ノード	移動ノード
ハイブリッドノード 1	ハイブリッドノード 2
	ハイブリッドノード 3
	ハイブリッドノード 4
ハイブリッドノード 6	ハイブリッドノード 5

表 2 HA への偏りが発生した移動ノードと中継ノードの組合せ

中継ノード	移動ノード
HA	ハイブリッドノード 2
	ハイブリッドノード 3
	ハイブリッドノード 4
ハイブリッドノード 1	ハイブリッドノード 5

た後、ハイブリッドノードが行う通信を調べる。

[結果] ハイブリッドノードのみの実験では、ハイブリッドノード 2 からハイブリッドノード 5 までは他のホームネットワークへ移動を行う。移動ノード毎に BU が送信される中継ノードは異なるが、仮想環境内では中継ノードに偏りが生じた。表 1 では、ハイブリッドノード 2 からハイブリッドノード 5 までが使用している中継ノードの組合せを示している。ハイブリッドノード 2 からハイブリッドノード 4 まではハイブリッドノード 1 を中継ノードとして選択し、ハイブリッドノード 5 はハイブリッドノード 6 を選択している。負荷分散機能は BU の順番で制御が行われるため、閾値を越えた対象ノードに balancer メッセージが送信される。ハイブリッドノード 1 は閾値を 2 に設定しているため、BU を 3 番目に送信するハイブリッドノード 4 に balancer メッセージを送信する。balancer メッセージを受信したハイブリッドノード 4 は、ハイブリッドノード 1 を HAL から削除する。そして次回の BU をハイブリッドノード 6 へ行い、ハイブリッドノード 1 からハイブリッドノード 6 へと中継ノードが切り替わる。balancer を使用することで、中継ノードの切り替えを行うことに成功した。

4.2 HA とハイブリッドノードの混在したネットワーク

[実験] HA と balancer を実装したハイブリッドノードを混在させるため、図 5 のハイブリッドノード 6 の代わりに HA を配置する。負荷分散を行うことができない HA をネットワーク内に配置することで、負荷分散を行うハイブリッドノードもしくは HA に与える影響を実験する。そして、ハイブリッドノード 2 からハイブリッドノード 5 まで次々に移動する。移動ノードが中継ノードに HA とハイブリッドノードを選んだ場合の通信を調べる。

[結果] HA とハイブリッドノードが混在する場合は、HA に負荷が集中した場合とハイブリッドノードに負荷が集中した場合で処理が異なる。表 1 と同様に中継ノードの選択がハイブリッドノード 1 へ偏る場合、閾値を越えたノードは balancer メッセージによって、ハイブリッドノード 1 を HAL から削除する。そして、HA へ BU を送信し、ハイブリッドノード 1 から HA へと中継ノードの切り替えを行う。表 2 の中継ノードの選択の場合、HA に処理が集中する。HA は balancer が実装されていないため、移動ノードに balancer メッセージを送信でき

ない．また，ハイブリッドノード 1 は HA の代わりに balancer メッセージを送信しないので，負荷分散が行われない．

4.3 MN とハイブリッドノードの混在したネットワーク

[実験] MN と balancer を実装したハイブリッドノードを混在させるため，図 5 のハイブリッドノード 2 の代わりに MN を配置する．MN もハイブリッドノードと同様に移動を行うが，ハイブリッドノードの balancer メッセージを受け取ることができない．そのため，ハイブリッドノードと MN が移動を行うことで，負荷分散を行うハイブリッドノードに与える影響を実験する．MN と負荷分散機能を持ったハイブリッドノードが混在する場合の通信を調べる．

[結果] MN とハイブリッドノードが混在する場合は，閾値を越える対象のノードが MN の場合とハイブリッドノードである場合で処理が異なる．閾値を越えた対象が MN の場合は，balancer メッセージは破棄されるため負荷分散を行うことは無い．閾値を越えた対象がハイブリッドノードであれば負荷分散が行われる．

4.4 閾値を 3 に設定したハイブリッドノードのネットワーク

各ハイブリッドノードの負荷分散の閾値を 3 に設定して実験を行う．移動ノードは 4 台であるため，全てのノードが同一の中継ノードを選択した時に負荷分散が始まる．ハイブリッドノード 1 をハイブリッドノード 2 からハイブリッドノード 5 までが選択した場合，ハイブリッドノード 1 は閾値を越えるため負荷分散が行われる．ハイブリッドノード 5 は balancer メッセージを受信後，ハイブリッドノード 1 を HAL から削除する．HAL からハイブリッドノード 1 が削除されるため，ハイブリッドノード 5 は BU をハイブリッドノード 6 に送信する．他の移動ノードに対しては，balancer メッセージの送信が行われない．閾値を高く設定すれば，負荷分散が行われにくくなる．また，移動ノードが増えない場合に閾値を 4 以上にすると負荷分散は行われない．

4.5 閾値を 1 に設定したハイブリッドノードのネットワーク

各ハイブリッドノードの負荷分散の閾値を 1 に設定して実験を行う．ハイブリッドノード 4 が通信を行うフローを図 6 で示す．ハイブリッドノード 4 はハイブリッドノード 1 に (1)BU を送信する．BU を受信した時の，中継ノードと移動ノードの組合せは表 3 となる．ハイブリッドノード 1 はハイブリッドノード 4 に登録の完了を知らせるために，(2)BA を送信する．同時に，ハイブリッドノード 1 は閾値を越えるため，ハイブリッドノード 4 へ (3)balancer メッセージを送信する．ハイブリッドノード 4 は，(3)balancer メッセージを受信後に HAL からハイブリッドノード 1 を削除する．ハイブリッドノード 4 はハイブリッドノード 6 に (4)BU を送信する．ハイブリッドノード 6 は登録が完了したため BA をハイブリッドノード 4 に (5)BA を送信する．ハイブリッドノード 5 も同様に balancer メッセージによる負荷分散が行われ，表 4 の組合せになる．ハイブリッドノード 4 は中継ノードがハイブリッドノード 1 からハイブリッドノード 6 に切り替わる．しかし，ハイブリッドノード 6 も閾値を越えるため，ハイブリッドノード 4 へ (6)balancer メッ

表 3 閾値を 1 に設定したハイブリッドノードのネットワーク (1)

中継ノード	移動ノード
ハイブリッドノード 1	ハイブリッドノード 2
	ハイブリッドノード 4
ハイブリッドノード 6	ハイブリッドノード 3
	ハイブリッドノード 5

表 4 閾値を 1 に設定したハイブリッドノードのネットワーク (2)

中継ノード	移動ノード
ハイブリッドノード 1	ハイブリッドノード 2
	ハイブリッドノード 5
ハイブリッドノード 6	ハイブリッドノード 3
	ハイブリッドノード 4

ッセージを送信する．ハイブリッドノード 4 はハイブリッドノード 6 を HAL から削除する．HAL が削除が繰り返されることで，HAL が存在しない状態が発生する．HAL が空になる場合，ハイブリッドノード 4 は (7)DHAAD request で中継ノードを検索する．発見されたハイブリッドノード 1 はハイブリッドノードに対して (8)DHAAD reply を返信する．ハイブリッドノード 4 はハイブリッドノード 1 を HAL に追加する．そして (9)BU をハイブリッドノード 1 に送信し，ハイブリッドノード 1 から (10)BA が送信される．しかし，同時に閾値を越えるために (11)balancer メッセージも送信される．ハイブリッドノードが管理する移動ノードが減らない限り，(7) から (11) の流れを繰り返し行う．

balancer メッセージが送信される前に移動ノードの登録は完了するために，通信は途切れことはない．しかし，BU 時には DHAAD request の送信と balancer メッセージの送信が発生するためトラフィックが増大する．

4.6 考 察

MIP6 では選択された中継ノードが切り替わることが少ないため，特定ノードに偏る負荷を解消できなかった．しかし，負荷分散を用いることで閾値以上の移動ノードの管理を他の中継ノードに任せることができる．移動ノードが特定の中継ノードを選択しても，負荷分散を用いることで負荷の集中を解消することができる．

ハイブリッドノードのみのネットワークでは，必ず負荷分散が機能する．しかし，HA に負荷が集中した場合や閾値を越えた対象が MN の場合には負荷分散が機能しない．しかし，MN や HA は balancer を実装することでハイブリッドノードと同様に負荷分散を行うことができる．balancer を実装したハイブリッドノードは閾値の移動ノードの数を変更することが可能なため，性能の低いノードには少ない移動ノードの管理を行うなどの柔軟な対応が可能である．そのため，性能が低いハイブリッドノードも有効に活用できるため，多くのノードがハイブリッドノードとして活用することができる．

5. 関 連 研 究

HA を冗長化する方法は，HA の機能を HA サーバとして拡張して実装する方法が提案されている [5]．この研究では，HA

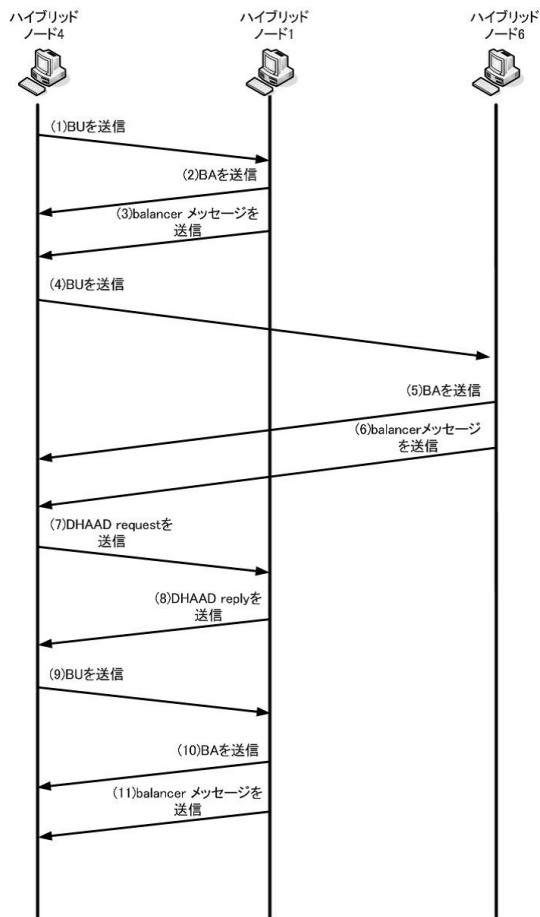


図 6 閾値を 1 に設定した場合の通信フロー

の機能を拡張した HA サーバを用いて HA をホームネットワーク以外に配置できるように拡張を行っている。そのため、MN は近くの HA サーバに BU を送信し、BU を受信した HA サーバが MN のホームネットワークにある HA サーバに BU を中継する。その後、MN のホームネットワークにある HA サーバが他の HA サーバに Binding 情報のキャッシュを送る。そのため、Binding 情報のキャッシュを持つ HA サーバを経由して通信を行うことができる。

MIP6 では MN のホームネットワークにある HA にのみ BU を送信行うが、この手法では他のネットワークにある HA サーバに BU を送信できる。HA サーバを利用して、集中していたトラフィックを各 HA サーバに分散を行う。また、CN も MN の Binding 情報を持った HA サーバを探す仕組みを実装しているため、MN が所属するホームネットワークにある HA サーバの負荷が軽減できる。

しかし、この方法では HA の機能の冗長化の構成を取れているが、MN が所属するホームネットワークにある HA サーバの冗長化は行われていないため、MN が所属するホームネットワークにある HA サーバの障害に対応することは行われていない。さらに、CN にもこの HA サーバを検索する仕組みを実装しなければならないため、MIP6 の CN は HA サーバを検索することができない。

6. おわりに

負荷分散を行うことで、ハイブリッドノードが負荷による障害を抑制することができる。負荷の増大が発生するため、手軽に MN をハイブリッドノードとして使用することが難しかった。しかし、負荷を制限することができるため、MN は本来の通信を損なわない。そして、少しのリソースを HA の機能として提供することもできるようになった。そのためノードをハイブリッドノードとして利用すること。ハイブリッドノードが増加すれば、HA が管理する移動ノードの数も減少するため HA の負荷も減少する。しかし、複数のデーモンを用いるため CPU やメモリのリソースを多く使用する。

負荷分散によってハイブリッドノードの負荷を分散しているが、完全に各ノードの負荷を均一にすることはできない。また、ネットワークは絶えず変化するため適切な閾値を選択することが難しい。閾値を越えない場合は負荷の偏りが解消されないため、閾値を大きく設定すれば負荷が偏りやすくなる。しかし、閾値を小さく設定すれば balancer メッセージの送信が増加する。移動ノードは balancer メッセージで HAL を削除し、他の中継ノードを選択する。閾値が小さいため、その中継ノードから balancer メッセージを送信する可能性が高い。また、HAL には中継ノード毎に life time が設定されているため、life time を過ぎた中継ノードは削除される。つまり、balancer メッセージと life time によって移動ノードが保持している HAL を全て削除される可能性がある。HAL が全て削除される場合、DHAAD request のパケットを送信して新たな中継ノードを探索する。balancer メッセージだけでなく、DHAAD request の送信も増えてしまうため、負荷の偏りとパケットの増加はトレードオフの関係になっている。そのため、適切な閾値の設定を行う必要がある。

文 献

- [1] IRI・ユビキタス研究所, “マスタリング TCP/IP IPv6 編”, オーム社, 2005.
- [2] 山田 貴久 小林 孝史, “Mobile IPv6 のハイブリッドノードの提案と評価”, 電子情報通信学会技術研究報告, 情報ネットワーク 108(136), 77-82, 20080717.
- [3] 坂野あゆみ 大岩拓馬 國司光宣 寺岡文男, “LIN6 に基づくネットワークモビリティプロトコルの設計と実装”, 情報処理学会誌 Vol45, 2004.
- [4] The Kame Project, “<http://www.kame.net/>.”
- [5] 竹林 健悟 榎原 博之 岡田 博美, “Mobile IPv6 におけるホームエージェント分散ネットワーク”, 電子情報通信学会技術研究報告.IN, 情報ネットワーク 106(578), 321-326, 20070301.