

ゲートウェイへの機能追加を必要としない 埋め込みIPv6アドレスのためのアドレス管理手法

黒木 秀和^{†,††} 井上 博之[†]
荻野 司[†] 石原 進^{††}

様々な機器に対して IP 機能が搭載され、機器の遠隔操作や遠隔保守などが実現されるようになってきている。固定のアドレスを機器に埋め込み、機器がこのアドレスを用いて通信可能とすることで、機器の遠隔操作や遠隔保守を容易にすることができる。筆者らは、機器とゲートウェイを連携させ、NEMO Basic Support を応用することで、機器が自身に埋め込まれたアドレスを用いて任意のノードと通信を可能となる手法を提案している。この手法により、機器の開発コスト及び処理負荷を低減しつつ、固定の埋め込みアドレスを用いた機器の遠隔操作や遠隔保守が可能となった。しかし、本手法では、既存ゲートウェイの置き換えを必要とするという問題があった。本稿では、既存のゲートウェイを変更せず、機器とネットワークインタフェースが1つのルータを、ゲートウェイと同一リンクローカルネットワーク上に設置し、上述の問題を解決する拡張手法を提案する。提案する手法では、既存のゲートウェイを利用することでルータへ実装する機能の削減が可能になった。さらに、ルータを複数台設置する事で負荷分散も可能となった。

An address management scheme for embedded IPv6 addresses without additional functions on a gateway

HIDEKAZU KUROKI,^{†,††} HIROYUKI INOUE,[†] TSUKASA OGINO[†]
and SUSUMU ISHIHARA ^{††}

In recent days, the IP functions are installed for various devices. This enables devices to be operated and maintained from remote locations. If a fixed address is embedded in devices, operations and maintenances of devices can be facilitated. In previous work, we have proposed a scheme for enabling communications with an arbitrary node for a device using an address embedded in the device by applying NEMO Basic Support and a collaboration of the device and the gateway on same network. This scheme reduces the development cost of devices, the processing load on devices and the management cost of addresses by using embedded addresses for operations or maintenances of devices. However, this scheme needs the replacement of an existing gateway. In this paper, we propose an extend scheme solving this problem by not exchanging a gateway and using a router with only one network interface. This router, devices, and a gateway are connected with a same link. This extend scheme reduces functions embedded in a router by using an existing gateway. In addition, it become possible by setting up some routers on same link to distribute processing load on a router.

1. はじめに

従来では IP 機能が搭載されることのなかった様々な機器に対して新たに IP 機能が搭載され、インターネットを介した機器の遠隔操作や遠隔保守が実現されるようになってきている。これらを容易に実現する方法の一つとして、機器に予め固定のアドレスを機器に埋め込み、機器と他ノードが埋め込まれたアドレスを

用いて通信する方法が考えられる。この方法を用いることで、アドレス設定機能や設置場所によって変化するアドレスの管理を不要にし、機器の遠隔操作や遠隔保守を容易にすることが出来る。この際、機器に埋め込まれるアドレスは、機器が設置されるネットワークで与えられるアドレスとは全く関係がないアドレスである。

しかし、一般に、機器に設定されたアドレスと機器が設置されたネットワーク環境で与えられるアドレスが異なる場合、機器が設置されたネットワーク以外に存在するノードからこのアドレスへの経路到達性が確

[†] 株式会社 IRI コピテック コピキタス研究所
^{††} 静岡大学創造科学技術大学院

保されない。すなわち、機器に埋め込まれたアドレスは、通信に用いることの出来ない孤立したアドレスになるという問題がある。

この問題を解決可能な既存技術として、Mobile IP¹⁾ (MIP)、Mobile IPv6²⁾ (MIPv6) や様々なトンネル技術が存在する。これらは、機器にアドレス変換処理やカプセルリング処理を実装することで、機器と他ノードが固定のアドレスを用いて通信する事を可能としている。しかし、これらの処理は、機器の処理負荷を高め、機器の実装を複雑にする。

筆者らは、アドレスの枯渇が懸念される IPv4 ではなく、アドレスの個数が潤沢である IPv6 が機器に埋め込むのに適しているアドレスと考えた。その上で、上述した機器が自身に埋め込まれたアドレスで通信する手法として、NEMO Basic Support³⁾ (NEMO BS) を応用した手法 LTAEAv6 を提案している⁴⁾⁵⁾。NEMO BS は、モバイルルータに接続される固定のネットワークプレフィックスを持つモバイルネットワークに対して、移動透過性を持たせる技術である。筆者らの手法では、固定のネットワークプレフィックスに相当する情報を埋め込んだ機器がネットワーク上のゲートウェイと連携し、機器とゲートウェイの2つで構成されるネットワークをモバイルネットワーク、ゲートウェイがモバイルルータとして NEMO BS と同じ動作をする。上記の動作によって、機器は他ノードとの間に固定のアドレスを用いた通信を可能とする。また、ゲートウェイがモバイルルータとして動作することで、機器への実装機能を低減し、機器の開発コスト削減が可能となる。

本手法を用いるには、機器が設置されるネットワークのゲートウェイを本手法に対応させる必要がある。このため、以下に挙げるような問題が発生する。

- 上位ネットワークに接続するための機能追加が必要
- ゲートウェイを置き換える際の一時的なネットワーク断の発生
- 上位ネットワークの接続が失敗し、長時間のネットワーク断が発生する可能性がある
- 新たにサブネットワークを構築するコストが必要

そこで本稿では、アドレスが埋め込まれた機器を既存ネットワークに設置する場合にゲートウェイの置き換えが発生しないように上記手法を拡張した手法を提案する。拡張手法では、既存ネットワークにネットワークインタフェースが一つのルータ（一口ルータ）をゲートウェイとは別に設置する。機器は、この一口ルータと連携して上述の手法と同じ動作をする。上記

の動作によって、既存ネットワークのゲートウェイを交換をすることなく、機器は任意の他のノードとの間に固定のアドレスを用いた通信を可能とする。また、既存ネットワークのゲートウェイを利用することで、IPv6 の基本機能に含まれない上位ネットワークに接続するための機能を、一口ルータに実装する必要が無いため、一口ルータの開発コスト削減が可能となる。

以下、2 節ではベースとなる LTAEAv6 について述べ、3 節では LTAEAv6 の拡張手法である拡張 LTAEAv6 について述べる。4 節では拡張 LTAEAv6 の検討を行い、5 節でまとめを行う。

2. LTAEAv6

まず、本稿で提案する拡張手法のベースとなる、LTAEAv6 (Location Transparent Access to Embedded Address for IPv6) について述べる。LTAEAv6 に相当する技術については、文献 4)、5) で発表済みであるが、LTAEAv6 では一部動作に改変を加えているため、改めてここで説明する。

LTAEAv6 では、NEMO BS を応用し、固定の IPv6 アドレスを埋め込んだ機器と同一リンクローカルネットワーク上に設置されたルータにおいて、NEMO BS と同等の処理を行う。これにより、機器は自身に埋め込んだ IPv6 アドレスを用いて、任意の他のノードとの通信を行うことが可能となる。ここで、NEMO BS は、ノードに対して常に同一のアドレスを用いた通信を可能とする MIPv6 のネットワーク版である。NEMO BS では、ある固定のネットワークプレフィックスを持つネットワーク及びそのネットワークに接続されるノードに対して、そのネットワークがどのような上位ネットワークに接続されても、任意のノードとの間で予め持っている固定のアドレス利用した通信を可能にする移動透過性を提供する。

2.1 ネットワークの構成

LTAEAv6 で前提とするネットワーク構成を図 1 に示す。

埋め込みアドレス機器 (EAD) は、埋め込みアドレスルータ (EAR) の内側ネットワークインタフェースが接続されたネットワークに接続される。また EAR は、機器ユーザネットワーク (UN) と EAR の外側ネットワークインタフェースで接続されている。接続されている EAR と EAD のペアで、埋め込みアドレスネットワーク (EAN) を構成する。

EAD は、機器ベンダから出荷される機器であり、情報家電、オフィス機器、あるいはセンサーデバイスなどである。EAD には、機器ベンダによって出荷前に

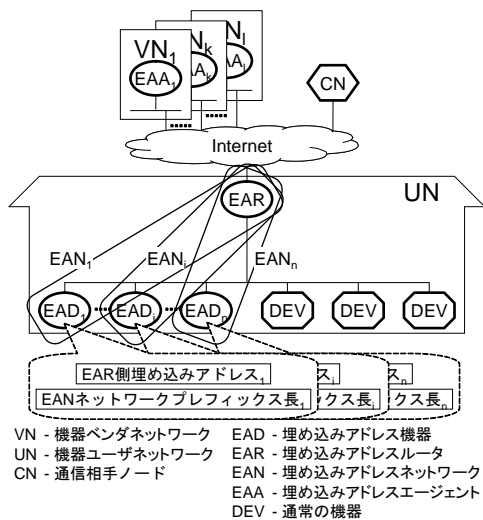
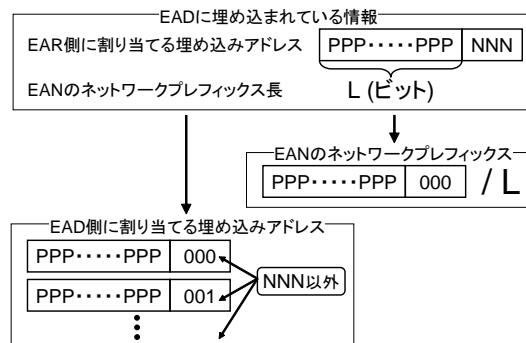


図 1 LTAEAv6 のネットワーク構成

予め固定の EAR 側に割り当てる埋め込みアドレス及び EAN のネットワークプレフィックス長が埋め込まれている。

EAN を NEMO BS におけるモバイルネットワークとした場合、EAR は、NEMO BS におけるモバイルルータに相当する。EAR は、EAN と構成する EAD とリンクローカルネットワークで接続されている内側と、UN と接続されている外側の 2 つのネットワークインタフェースを持つ。また EAR は、UN において自身の気付アドレスを、EAR の外側ネットワークインタフェースのアドレスとして UN の上位ネットワークから与えられている。EAR には、複数の EAD が同時に接続されても良い。この場合、EAR はそれぞれの EAD 毎に異なる EAN を構成すると共に、EAN 毎に独立した MR として動作する。

埋め込みアドレスエージェント (EAA) は、機器ベンダネットワーク (VN) に接続され、NEMO BS におけるホームエージェントに相当する機能を持つ。EAA は、EAD を出荷する機器ベンダによって管理される。EAA は、機器ベンダが出荷する EAD に埋め込まれている EAR 側に割り当てる埋め込みアドレス及び EAD に埋め込まれた情報から生成される EAD 側に割り当てる埋め込みアドレスの全てを包含するアドレスブロックを管理する。EAA は、EAR からこのアドレスブロックに含まれる EAN のネットワークプレフィックスと関連づけた EAR の気付アドレスの登録を受け付ける。機器ベンダが異なると EAA も異なる。このため、EAR は、EAD の機器ベンダ毎に、それぞれ異なる EAA に対して EAN のネットワークプレ



例

EAR側に割り当てる埋め込みアドレス	2001:DB8:1234:5678::3
EANのネットワークプレフィックス長	126
↓	
EANのネットワークプレフィックス	2001:DB8:1234:5678::/126
EAD側に割り当てる埋め込みアドレス	2001:DB8:1234:5678::0 2001:DB8:1234:5678::1 2001:DB8:1234:5678::2

図 2 EAD に埋め込まれている情報と生成される情報

フィックスと EAR の気付アドレスの登録を行う。

EAR 側に割り当てる埋め込みアドレスは、アドレス割り当て管理組織から EAD を出荷する機器ベンダに割り当てられたアドレスブロックに含まれる。EAN が EAD と EAR から構成されるため、EAN のネットワークプレフィックスを持つ異なるアドレスが、少なくとも 2 つ必要になる。このため、EAN のネットワークプレフィックス長は 127 以下とする。

2.2 埋め込みアドレス

EAD には、EAR 側に割り当てる埋め込みアドレス及び EAN のネットワークプレフィックス長が埋め込まれている。EAD に埋め込まれている情報と、この情報から生成される情報の関係を図 2 に示す。EAN のネットワークプレフィックス及び EAD 側に割り当てる埋め込みアドレスが EAD に埋め込まれている情報から生成される。なお、EAD 側に割り当てる埋め込みアドレスは、EAN のネットワークプレフィックス長によって複数生成される場合がある。これら複数の EAD 側に割り当てる埋め込みアドレスは、すべて EAD に設定されると共に、EAD 上で動作するアプリケーションやサービスによって使い分けられる。

2.3 LTAEAv6 の動作

LTAEAv6 の動作手順を図 3 に示す。以下、同図に従って、EAD に埋め込まれた EAR 側に割り当てる埋め込みアドレスと EAN のネットワークプレフィックス長から生成される EAD 側に割り当てる埋め込みアドレスを用いて、EAD と CN が通信を開始するた

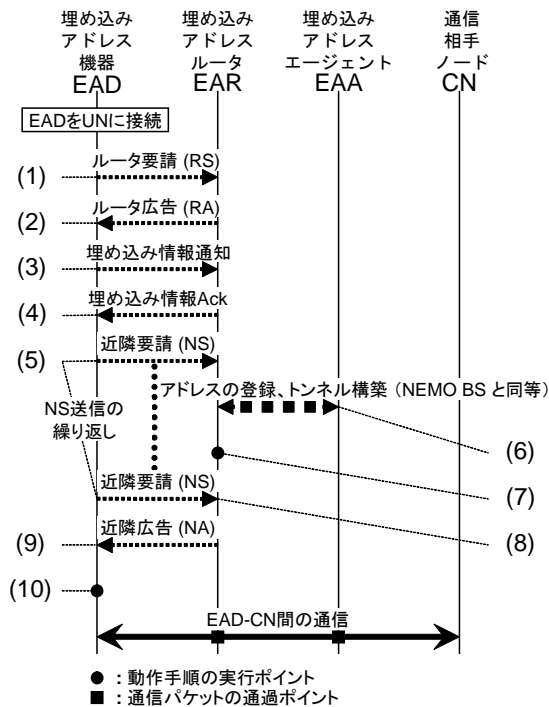


図 3 LTAEAv6 の動作手順

めの動作手順を示す。この手順より前に、EAR が UN に接続され、UN に接続されている側の EAR の外部ネットワークインタフェースに対して UN におけるアドレスが設定されているものとする。

EAR の発見と埋め込み情報の通知

- (1) EAD は、ルータ要請⁶⁾ (RS) をリンクローカルスコープの全ルータマルチキャストアドレス (FF02::2)⁷⁾ 宛に送信する。
- (2) EAR は、自身のルータ広告⁶⁾ (RA) を EAD 宛に送信する。
- (3) EAD は、自身に埋め込まれている EAR 側に割り当てる埋め込みアドレス及び EAN のネットワークプレフィックス長を格納した埋め込み情報通知を EAR 宛に送信する。
- (4) EAR は、埋め込み情報 Ack を EAR 宛に送信して、EAR 側割り当てる埋め込みアドレス及び EAN のネットワークプレフィックス長を受け取ったことを EAD に伝える。

EAR 側に割り当てる埋め込みアドレスの有効確認

- (5) EAD は、自身に埋め込まれている EAR 側に割り当てる埋め込みアドレスを対象とした近隣要請⁸⁾ (NS) を EAR 宛に送信する。この EAR 宛の NS の送信は、EAR に送信した NS に対する応答である近隣広告⁸⁾ (NA) を EAD が

EAR から受信するまで一定時間毎に繰り返す。EAR からの NA を受信するのは、以降の動作手順において、EAR に EAR 側に割り当てる埋め込みアドレスが設定された後である。

NEMO BS と同等のアドレス登録処理

- (6) EAR は、EAD から受け取った EAR 側に割り当てる埋め込みアドレス及び EAN のネットワークプレフィックス長を元に生成される EAN のネットワークプレフィックスと、外部ネットワークインタフェースに設定されている気付アドレスを元に、NEMO BS における以下の処理を行う。

- 動的ホームエージェント探索処理
- ホームエージェントへのモバイルルータの気付アドレスの登録
- ホームエージェント-モバイルルータ間の双方向トンネルの構築

但し、動的ホームエージェント探索処理は、以下の点において動作が異なる。

- EAR は、EAR 側に割り当てる埋め込みアドレスを宛先として探索要求を行う。
- EAA は、予約されたエニーキャストアドレス⁹⁾ 宛だけでなく、自身の管理するアドレスブロックの任意のアドレス宛の探索要求に対して、探索応答を返す。

埋め込みアドレスの設定処理

- (7) EAR は、EAR 側に割り当てる埋め込みアドレス (EAN のネットワークプレフィックス長) を EAD と同一リンクローカルネットワークで接続されている内部ネットワークインタフェースへ設定する。
- (8) EAR は、(5) において EAD より EAR 宛に定期的に送信されている NS を受信する。
- (9) EAR は、自身の NA を EAD 宛に送信する。
- (10) EAD は、EAR から NA を EAR から受信すると、(5) において定期的に行われている NS の送信を停止する。次に、EAD は、自身に埋め込まれている EAR 側に割り当てる埋め込みアドレス及び EAN のネットワークプレフィックス長から生成した EAD 側に割り当てる埋め込みアドレス (EAN のネットワークプレフィックス長) を自身のネットワークインタフェースへ設定するとともに、デフォルトルータを EAR に設定する。

以上の動作により、EAD と EAR で構成される EAN が構築される。この結果、EAD は EAR、EAR-EAA

間の双方向トンネル, EAA を経由して任意のノード CN と埋め込みアドレスを用いた通信を行うことが可能となる。

2.4 LTAEAv6 の問題点

上記で示したように, 埋め込まれたアドレスを用いた機器と他ノード間の通信を可能とする LTAEAv6 だが, 適用には問題点が存在する。UN において LTAEAv6 に対応した EAD 及び EAR を設置する場合, 以下のシナリオが考えられる。

- A UN を新設する場合, EAR を UN のゲートウェイとして設置する。EAD は EAR に接続する。
 - B UN が既設の場合, UN に設置されているゲートウェイに対して EAR の機能を追加するか, ゲートウェイを EAR の機能が実装されたものに置き換える。EAD は UN に接続する。
 - C UN が既設の場合, 新たに物理ネットワークを構築し, EAR を使ってこの新しいネットワークを UN のサブネットワークとなるように接続する。EAD は新しいネットワークに接続する。
- これらのシナリオでは, 以下のような問題がある。
- UN 上の既存ゲートウェイの置き換え, あるいは EAR として動作する機能 (NEMO BS のモバイルルータ機能等) 追加が必要
 - EAR に IPv6 の基本機能に含まれない上位ネットワークに接続する機能 (DHCPv6, PPP, PP-PoE, RIP 等) の追加が必要
 - 既存のゲートウェイを置き換える際に伴う一時的な UN と上位ネットワークの切断が発生する
 - EAR に UN を上位ネットワークに接続するための設定が必要で, 設定失敗に伴う UN 全体が長時間上位ネットワークから切断される可能性がある
 - 新たにサブネットワークとなる物理ネットワークを構築するコストが必要

3. 一口ルータを利用した拡張 LTAEAv6

LTAEAv6 の問題点を解消した拡張 LTAEAv6 を提案する。拡張 LTAEAv6 では LTAEAv6 の利点をそのまま持つことに加え,

- UN のゲートウェイを含む既存ネットワーク機器の置き換えや機能追加が不要。
- UN に直接 EAD や EAR を接続可能。

という特長を持つ。

以降, 拡張 LTAEAv6 について LTAEAv6 と異なる部分を示す。

3.1 拡張 LTAEAv6 の概要

拡張 LTAEAv6 で前提とするネットワーク構成を図

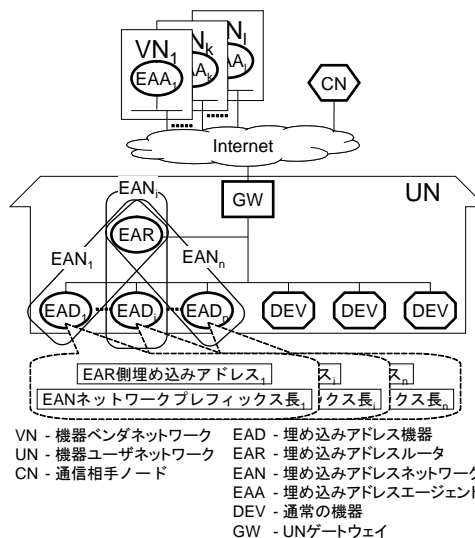


図 4 拡張 LTAEAv6 のネットワーク構成

4 に示す。

拡張 LTAEAv6 が LTAEAv6 と異なっているのは, EAR が 1 つ (一口) のネットワークインタフェースしか持たないことである。このため, UN が上位ネットワークと接続するためのゲートウェイ (GW) と EAR, EAD 及びその他のネットワーク機器 (DEV) が全て同一リンクローカルネットワークに接続されている。ここで GW は, 通常の IPv6 ルータであり, RS と RA によるステートレス自動アドレス設定機能を有するものである。そして, GW から送信される RA のデフォルトルータ優先度¹⁰⁾ は“中間”とする。一般に, ゲートウェイから送信される RA のデフォルトルータ優先度は“中間”に設定される。このまた図中の DEV は, EAD 及び EAR のいずれの機能も有さない通常のノードであり, 自身のアドレス設定のため RS と RA の送受信を, 同一リンクローカルネットワーク上のルータとの間で行う。その他は, LTAEAv6 と同様である。

3.2 RS 及び RA の拡張

図 4 に示したように, 拡張 LTAEAv6 では, 同一リンクローカルネットワーク上にルータである GW と EAR, ルータでない EAD と DEV が存在する。このため, 拡張 LTAEAv6 では,

- EAD は, GW と EAR を区別し, 同一リンクローカルネットワーク上に存在する EAR を検出できる。
- EAR は, EAD と DEV を区別し, EAD よりの RS を検出できる。

の 2 つの条件を満たす必要がある。そこで, 同一リンクローカルネットワーク上のルータ発見に用いる RS

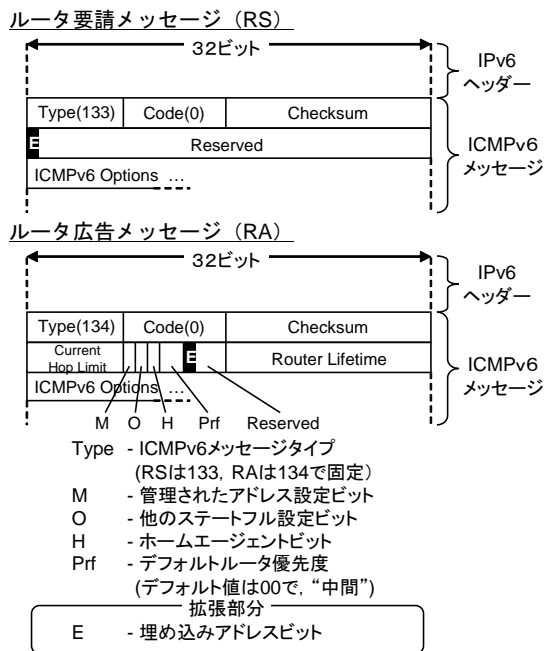


図5 拡張されたRS/RAのフォーマット

及びRAに対して、新たに制御用のビットを1ビット加える。このビットを埋め込みアドレスビットと呼ぶ。図5に埋め込みアドレスビットを導入したRS及びRAのフォーマットを示す。

拡張LTAEAv6において、EAD及びEARの間で通信されるRSとRAでは、この埋め込みアドレスビットを1とする。このようにすることで、EADとEARは、それぞれ受信したRAとRS内の埋め込みアドレスビットを確認すれば、EADはEARから送信されたRAか否か、EARはEADから送信されたRSか否かが判別できる。

EADやEARがそれぞれ埋め込みアドレスビットを1としたRSやRAをリンクローカルのマルチキャストアドレス宛に送信する場合、同一リンクローカルネットワーク上に接続されている埋め込みアドレスビットをサポートしないDEVやGWがこのRSやRAを受信する。このような場合の、DEVやGWの動作について以下に述べる。

埋め込みアドレスビットをサポートしないGWは、埋め込みアドレスビットが1のRSをEADから受信した場合、埋め込みアドレスビットは無視して通常のRSを受信した時と同様に、埋め込みアドレスビットが0である自身のRAをEADへ送信する。上述したように、EADはGWから送信されたRAであるか否かが判別できる。一方、埋め込みアドレスビットをサポートしないDEVは、埋め込みアドレスビットが

1のRAをEARから受信した場合、埋め込みアドレスビットに関係なく受信したRAにもとづいて自身のデフォルトルータを変更してしまう可能性がある。これを避けるため、EARからマルチキャストアドレス宛にRAを送信する場合は、このRAのデフォルトルータ優先度を“低い”にして送信する。こうすると、DEVがGWから受信するRAのデフォルトルータの優先度は“中間”であるため、DEVは、EARから受信するRAによって自身のデフォルトルータを変更しない。

なお、通常、拡張LTAEAv6の動作手順で、EARが全ノードマルチキャストアドレス宛にRAを送信することはないが、後で述べるEARから送信したRAの有効期限切れに伴う更新処理において送信する事があり得る。

3.3 EARが送信するRAの変更

EADは、EAR及びGWとリンクローカルネットワークで接続されているため、EARからだけでなく、GWからのRAも受信する。特に、GWが定期的に全ノードマルチキャストアドレス(FF02::1)宛にRAを送信している場合に問題となる。EADがデフォルトルータをEARに設定していても、EADがGWからのRAを受信することで、EADのデフォルトルータがEARからGWに変わってしまう可能性がある。

これを避けるため、拡張LTAEAv6の動作手順でEARがEAD宛にRAを送信する場合、このRAのデフォルトルータ優先度を“高い”にする。こうすることで、EADがGWから受信するRAのデフォルトルータ優先度は“中間”であるため、EADがEARから受信するRAの方が優先され、EADのデフォルトルータがEARからGWに変わってしまうことはない。

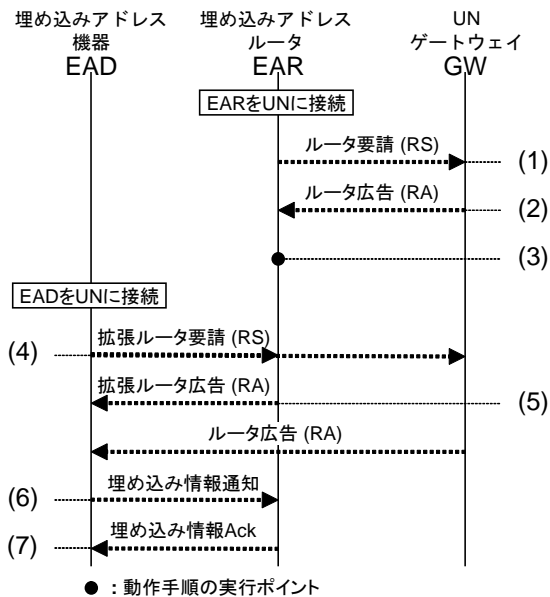
3.4 拡張LTAEAv6の動作

拡張LTAEAv6の動作手順の一部を図6に示す。以下、同図に従って、EADに埋め込まれたEAR側に割り当てられる埋め込みアドレスとEARのネットワークプレフィックス長から生成されるEAD側に割り当てられる埋め込みアドレスを用いて、EADとCNが通信を開始するための動作手順のうち、LTAEAv6と異なる動作手順を示す。

初めに、EARがUNに接続された時の動作手順について述べる。

EARの設置と初期動作

- (1) EARは、RSをリンクローカルの全ルータマルチキャストアドレス(FF02::2)宛に送信する。



●：動作手順の実行ポイント
図 6 拡張 LTAEAv6 の動作手順（一部）

- (2) GW は、自身の RA を EAR 宛に送信する。
- (3) EAR は、GW から受信した RA にもとづいて、UN で有効なアドレスを自身のネットワークインタフェースへ設定するとともに、デフォルトルータを GW に設定する。

以上のように動作することで、EAR は UN に設置されるとともに、UN 上の GW を介してインターネット越しの任意のノードとの接続性を確保する。

続いて、EAD が UN に接続された時の動作手順について述べる。

EAR の発見と埋め込み情報の通知

- (4) EAD は、埋め込みアドレスビットを 1 とした RS をリンクローカルスコープの全ルータマルチキャストアドレス (FF02::2) 宛に送信する。
- (5) EAR は、受信した RS 内の埋め込みアドレスビットが 1 である否かを確認する。埋め込みアドレスビットが 1 でない場合、EAR は、この RS を破棄する。埋め込みアドレスビットが 1 である場合、EAR は、埋め込みアドレスビットを 1 とし、デフォルトルータの優先度を“高い”に設定した自身の RA を EAD 宛に送信する。
- (6) EAD は、受信した RA 内の埋め込みアドレスビットが 1 である否かを確認する。埋め込みアドレスビットが 1 でない場合、EAD は、この RA を破棄する。埋め込みアドレスビットが 1 である場合、EAD は、自身に埋め込まれている EAR 側に割り当てる埋め込みアドレス及び

EAN のネットワークプレフィックス長を格納した埋め込み情報通知を EAR 宛に送信する。

- (7) EAR は、埋め込み情報 Ack を EAR 宛に送信して、EAR 側割り当てる埋め込みアドレス及び EAN のネットワークプレフィックス長を受け取ったことを EAD に伝える。

以降、拡張 LTAEAv6 は、LTAEAv6 動作手順のうち (5) 以降と同様の動作を行う。但し、拡張 LTAEAv6 では、EAR の外側インタフェースと内側インタフェースは同一である。また、EAR の気付アドレスは、拡張 LTAEAv6 の動作手順 (3) において、EAR が自身のネットワークインタフェースに設定したアドレスである。すなわち、EAD 毎に EAR に設定される EAR 側に割り当てる埋め込みアドレス及び EAR の気付アドレスは、全て EAR の単一のネットワークインタフェースに対して重複して設定される。

以上の動作により、LTAEAv6 と同様に拡張 LTAEAv6 においても、EAD は EAR、EAR-EAA 間の双方向トンネル、EAA を介して CN と埋め込みアドレスを用いた通信を行うことが可能となる。

4. 検 討

4.1 埋め込みアドレスを用いない EAD の通信

EAD には、EAR からだけでなく GW から受信した RA によるアドレスも設定されている。すなわち EAD は、埋め込みアドレスと関係のない UN におけるアドレスを使うことも可能になる。

このアドレスは、埋め込みアドレスがその利用目的として想定している EAD の遠隔監視、遠隔制御といったこと以外の用途に使用する事が出来る。例えば、情報家電であれば、機器のベンダとは関係のない第三者の業者によるストリーミング配信サービスからストリーミングデータを受信する場合使用するという利用法が考えられる。

EAD のデフォルトルータは EAR になっているため、埋め込みアドレスを使わない通信トラフィックも EAR にルーティングされる。但し、このような場合でも、EAR のデフォルトルータとして GW が設定されているため、これらの通信トラフィックは EAR よりさらに GW にルーティングされるので、問題なく通信することが可能である。

一方で、EAD の全ての通信トラフィックが EAR を通過することになるため、EAD が上述のストリーミングデータなどトラフィック量の多い通信を行っている時、EAR の処理負荷が高まるという問題がある。

4.2 EAR 送信する RA の有効期限とその更新

上記拡張 LTAEAv6 の動作手順 (1) ~ (2) において、EAD が EAR から受信した RA には、有効期限が存在する。有効期限を経過すると、この RA から取得した EAR のアドレスは無効になる。このため、無効になる前に新しい RA を再送信して更新する必要がある。

EAR は定期的に—EAR から送信される RA に設定されている有効期限より短い間隔で—RA をリンクローカルスコープの全ノードマルチキャストアドレス (FF02::1) 宛に送信する。この場合、3.2 で示したように、この RA のデフォルトルータの優先度を“低い”にすることで、DEV のデフォルトルータが変更されないようにする。これにより、DEV の通信トラフィックが EAR を経由することを防ぐ。一方、EAD は、デフォルトルータ優先度に関係なく埋め込みアドレスビットのみを見て、埋め込みアドレスビットが 1 の RA を受信した場合に、受信した RA に基づき自身のデフォルトルータを変更すればよい。

なお、EAR が過去に RA を送信した EAD のアドレスと最後にその EAD に RA を送信した時間をリストとして記憶しておき、このリストに従って、EAR はマルチキャストアドレス宛ではなく EAD のアドレス宛に対して、過去に送信した RA が有効期限切れとならないよう適切に新しい RA を再送信するという方法も考えられる。

4.3 UN における複数 EAR の設置

UN において、同一リンクローカルネットワーク上に複数の EAR が存在する場合を考える。このような場合は、EAD は上記拡張 LTAEAv6 の動作手順 (4) ~ (5) で最初に応答のあった EAR を選択してその EAR と EAN を構成する事になる。このように動作しても上記拡張 LTAEAv6 の手法は問題なく動作する。また、複数の EAR を設置することで EAR の負荷分散になる。EAR は、一度に複数の EAD の通信トラフィックを扱うため、その処理負荷が高まりやすいと考えられ、このような場合に EAR を複数設置することで、容易に EAR の負荷分散を実現する事が出来る。

5. ま と め

本研究では、機器に IPv6 アドレスを埋め込み、機器に MIPv6 やトンネルなどの複雑な IP 処理を実装することなく、埋め込まれた IPv6 アドレスを用いた任意のノードとの通信を可能とする手法 LTAEAv6 において、既存ゲートウェイの置き換えを不要とする拡張 LTAEAv6 の提案を行った。本手法により、アドレス

が埋め込まれた機器を既存ネットワークに設置し、埋め込みアドレスを用いてベンダ側からこれらの管理を行うことを容易にした。また、機器とともに既存ネットワークに設置され、機器と連携するルータの機能を削減することを可能とした。さらに、複数の EAR を同一リンクローカルネットワーク上に設置することで、EAR の負荷分散を行うことを可能とした。

今後の課題として、埋め込みアドレスの使用にかかわらず EAD の通信トラフィックすべてが EAR を経由して EAR に負荷をかけている問題を解決する手法の検討、設置場所のゲートウェイが送信する RA のデフォルトゲートウェイ優先度にある制限の除去、拡張 LTAEAv6 の実装及びその評価等があげられる。

参 考 文 献

- 1) C.Perkins, E.: IP Mobility Support for IPv4, RFC 3344 (Proposed Standard) (2002).
- 2) Johnson, D., Perkins, C. and Arkko, J.: Mobility Support in IPv6, RFC 3775 (Proposed Standard) (2004).
- 3) Devarapalli, V., Wakikawa, R., Petrescu, A. and Thubert, P.: Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol, RFC 3963 (Proposed Standard) (2005).
- 4) 黒木秀和, 井上博之, 荻野 司: 埋込 IPv6 アドレスによる情報家電の管理手法に関する提案, 情処研報, Vol.2006, No.14, pp.67-72 (2006).
- 5) 黒木秀和, 井上博之, 荻野 司, 石原 進: 軽量 IP 機器における埋込 IPv6 アドレスのためのアドレス管理手法, 信学技報, Vol.106, No.420, pp.73-78 (2006).
- 6) Thomson, S. and Narten, T.: IPv6 Stateless Address Autoconfiguration, RFC 2462 (Proposed Standard) (1998).
- 7) Hinden, R. and Deering, S.: IP Version 6 Addressing Architecture, RFC 4291 (Draft Standard) (2006).
- 8) Narten, T., Nordmark, E. and Simpson, W.: Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6), RFC 2461 (Draft Standard) (1998). Updated by RFC 4311.
- 9) Johnson, D. and Deering, S.: Reserved IPv6 Subnet Anycast Addresses, RFC 2526 (Proposed Standard) (1999).
- 10) Draves, R. and Thaler, D.: Default Router Preferences and More-Specific Routes, RFC 4191 (Proposed Standard) (2005).