
第6章 近隣探索プロトコル

IPv6 勉強会

吉村優

hikaru_yoshimura@r.recruit.co.jp

August 4, 2023

<https://github.com/y-yu/ipv6-slide> (607cb6c)

目次

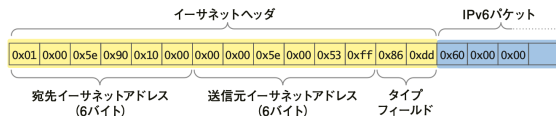
- ① Introduction
- ② 定義
- ③ ルータとの近隣探索プロトコル
- ④ ノード間の近隣探索プロトコル
- ⑤ Redirect
- ⑥ on-link と off-link

定義（要約？）（6.1）

- **近隣探索プロトコル**として IPv6 本 [1] では次のよう要約されている（RFC 4861）
 - ① リンク上のルータを探す機能
 - ② ルータを経由せずに到達できる IPv6 アドレスの範囲を知る機能
 - ③ リンクの MTU などの情報を知る機能
 - ④ インターフェースに対してステートレスにアドレスを振る機能
 - ⑤ IPv6 アドレスからリンク層のアドレスを解決する機能
 - ⑥ 宛先アドレスをもとに、次にパケットを送出すべき IPv6 アドレスを知る機能
 - ⑦ 近隣ノードに到達できなくなったことを知る近隣不到達性検知
 - ⑧ 利用するアドレスが他のノードで使われていないかを確認する機能
 - ⑨ ルータからホストへ、より適切な送出先を伝える方法
- ①—③と⑨はルータとホストのやりとりであり、④—⑧はホストとホストのやりとり

近隣探索プロトコルのモチベーション [独自研究]

- 宛先 IP アドレスがリンク内（同一ルータ配下）かリンク外かで分岐が生じる
リンク内 リンク内にあるノードの MAC アドレスを宛先としてリンク層（L2）の packets をつくって直接送信する
リンク外 ルータの MAC アドレスをリンク層の宛先として packets をつくってルータに転送してもらう



▶ 図 1.20 IPv6 パケットを運ぶイーサネットフレーム

- よって宛先 IP アドレスから MAC（L2 アドレス）が解決可能かどうかが必要になる
- この近隣探索プロトコルによって、IP アドレスからリンク内のルータやノードの MAC アドレスを取得したい
- ついでに MTU（パケットのサイズ？）の設定やリンク内に存在する IP アドレスの範囲も知りたい

プロトコルで利用するメッセージ (6.1)

- 近隣探索プロトコルは ICMPv6 のメッセージ (= IPv6 のペイロード) として下記を用いる
 - *Router Advertisement / Router Solicitation*
 - *Neighbor Solicitation / Neighbor Advertisement*
 - Redirect
- 近隣探索プロトコルはリンク内で利用されることを前提としているため、IPv6 の Hop Limit を 255 にしておき、255 でなければルータを越えたとして破棄する
 - よって ICMPv6 は IPv6 に強く依存しており、このことから L3 に分類されるのかもしれない 🤔

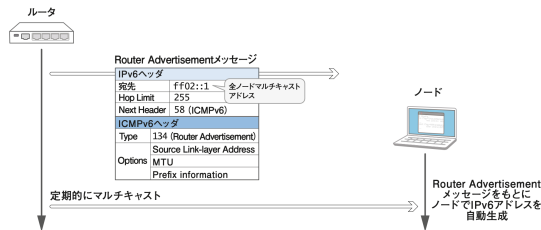
ルータとプレフィックス情報[†]の発見 (6.2)

- 最初の要約の最初 3 つだと思う
 - ① リンク上のルータを探す機能
 - ② ルータを経由せずに到達できる IPv6 アドレスの範囲を知る機能
 - ③ リンクの MTU などの情報を知る機能
- メッセージ“Router Advertisement”と“Router Solicitation”の 2 つを利用する

[†]ルータを経由せずに到達できる IPv6 アドレスの範囲のこと。

ルータとプレフィックス情報の発見 (6.2)

- ルータは Router Advertisement メッセージを定期的にノードへマルチキャスト[‡]する



▶ 図 6.1 Router Advertisement メッセージをマルチキャスト

- Options のところに MAC アドレスなどのデータがはいっている
- ノードは Router Solicitation メッセージをルータへ送信することで、Router Advertisement を要求することもできる

[‡] マルチキャストでは送信者はネットワークのどこにいてもよく、受信者は複数存在する可能性がある。

Router Advertisement メッセージ (6.2.1)

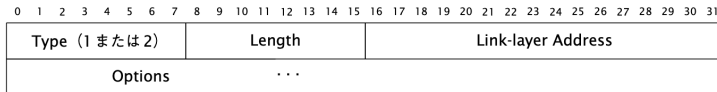
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Type (134)								Code (0)								Checksum															
Cur Hop Limit								M	O	H	Prf	P	予約	Router Lifetime																	
Reachable Time																															
Retrans Timer																															
Options . . .																															

▶ 図 6.3 Router Advertisement メッセージフォーマット

- Option に含められるのはたとえば次のものがある (RFC 4861, 8106)
 - Source Link-layer Address
 - MTU
 - Prefix Information
 - RDNSS
 - DNSSL

オプションとリンク層アドレス (6.5.2)

- 下記のように TLV (Type Length Value) フォーマットでリンク層アドレスを伝搬する



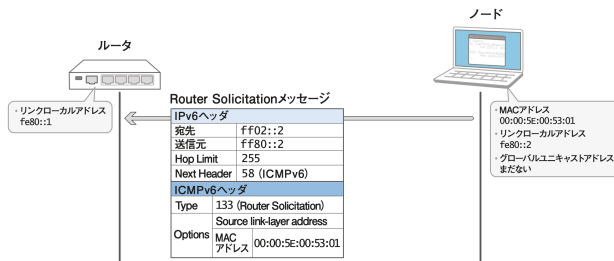
Type Source Link-layer Address オプションの場合は 1、Target Link-layer Address オプションの場合は 2

ルータ側の処理 (6.2.3)

- デフォルトルータであるかどうかは、Router Lifetime フィールドを用いて示す
- ルータをシャットダウンするなどの理由により送信をやめる場合は、Router Advertisement の Router Lifetime フィールドをゼロに設定して送信するべきとなっている
- Router Advertisement メッセージがリンクの MTU を超えてしまう場合、オプションを部分的に含んだ複数の Router Advertisement メッセージに分けて送信することも可能

Router Solicitation メッセージ (6.2.2)

- IPv6 ノード側からルータに対して Router Advertisement をただちに送信するように要求するために用いる



- 宛先は通常全ルータへのマルチキャストアドレス **ff02::2** となり、送信元はリンクローカルアドレスとなる
 - IPv6 アドレス自動設定でまだ IP アドレスがない場合は未定義アドレス **::/128** を使う

Router Solicitation メッセージ (6.2.2)



▶ 図 6.4 Router Solicitation メッセージフォーマット

- Option は Source Link-layer Address のみ

ホスト側の処理 (6.2.4)

- ルータではないホストが Router Advertisement メッセージを送信することは禁止
- ホストが Router Solicitation メッセージを受け取った場合には、何もせずに破棄する (RFC 4861)
- ホストはルータがデフォルトルータとしての有効期限 (Router Lifetime) が過ぎる前に新たな Router Advertisement メッセージによって有効期限を更新しない場合、自身の “Default Router List” からそのルータに関するエントリを削除する

リンク層アドレスの解決と近隣不到達性の検知 (6.3)

- IPv4 では ARP でやっていたが、IPv6 では ICMPv6 の Neighbor Solicitation メッセージと Neighbor Advertisement メッセージを利用する
- Neighbor Solicitation メッセージと Neighbor Advertisement メッセージは、SLAAC の DAD (Duplicate Address Detection、重複アドレス検知) でも利用される

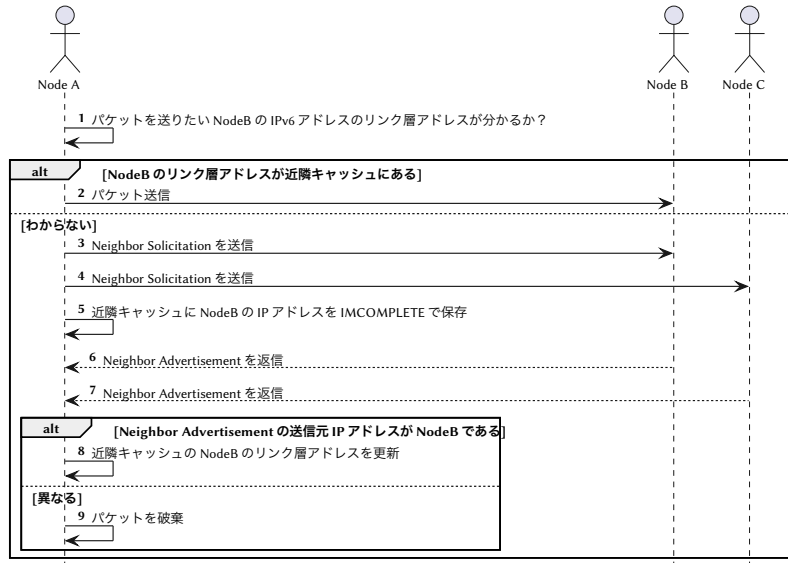
Solicited-Node マルチキャストアドレスグループ (6.3.3)

- “Solicited-Node マルチキャストアドレス” は、特定の IPv6 アドレスに関連付けられたリンク層アドレスを決定するために近隣探索プロトコルによって使用される IPv6 マルチキャストアドレス
- おそらく **Solicited-Node マルチキャストアドレスグループ** はリンク内の全てのノードになるのか？ 🤔

Neighbor Solicitation/Advertisement メッセージ (6.3.1, 2)

- Neighbor Solicitation メッセージは、リンク層アドレスの解決を行う場合には Solicited-Node マルチキャストで送信
 - Option にリンク層アドレスが入っている
- Neighbor Solicitation を受けとったノードは自分のリンク層アドレスを Neighbor Advertisement メッセージで返答する

近隣キャッシュ (6.3.4)



- 近隣キャッシュは IPv6 アドレスとリンク層アドレスの辞書
- 返ってきた Neighbor Advertisement のうち送信元が狙った IP アドレスだけを近隣キャッシュ更新に用いる

近隣不到達性検知 (6.3.5)

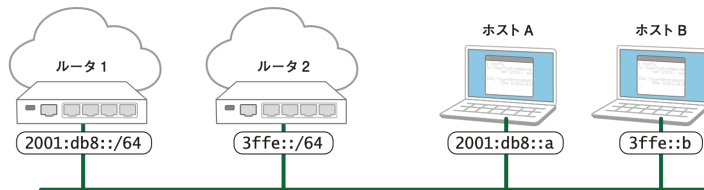
- 本では👉のようにあるが、これは到達可能性のはなし？ 🤔
 - 近隣不到達性検知では、自ノードから送った IPv6 パケットを受け取ったことを知らせる何らかの通知を相手ノードから受け取ったときに、その相手ノードへは到達可能であると判断します
- ようするに Neighbor Solicitation を送ったけど、狙った IP アドレスから返答がなかったということ？

近隣キャッシュのステート (6.3.6)

- いろいろある

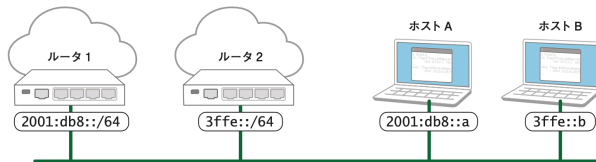
Redirect メッセージ (6.4)

- Redirect メッセージはルータからホストへ次のようなときに送信される
 - 他のルータが特定の経路としてより良い次ホップであることをルータからホストに対して伝えるとき
 - 特定の宛先が実際には同一リンク上に接続された近隣ノードであることを伝えるとき
- IPv6 はリンク内に複数のルータがあるから、そういうこともある？ 🤔



▶ 図 6.16 2つのルータと2つのホストからなるネットワーク

on-link と off-link (6.6)



▶ 図 6.16 2つのルータと2つのホストからなるネットワーク

- 同一リンクに接続されていることを on-link、同一リンクに接続されていないことを off-link と表現する
- IPv6 では IP アドレスとプレフィックスにより on-link かどうかを決定できない
 - IPv4 はできたが、IPv6 は 1つのネットワークインターフェースに複数の IPv6 アドレスが設定できるためできない
- たとえば上の図であれば、プレフィックスは異なるがホスト A からホスト B は on-link である

on-link 情報 (6.6.1)

- Router Advertisement にあるプレフィックス情報を使う
- Redirect メッセージが示す Target Address がリンクローカルアドレスではなく、かつ Destination Address が Target Address と同じものであるとき、そのメッセージは Target Address で示される宛先が on-link であることを示す

References

- [1] 小川晃通.
プロフェッショナル IPv6 第 2 版.
ラムダノート, 単行本, 12 2021.

Thank you for the attention!