

渡邊研究室 第1回輪講

IPv6の動作



渡邊研究室 080425241 納堂 博史

- 書籍
『IPv4アドレス枯渇対策とIPv6導入』/大元 隆志
- 内容
 - 1章:「IPv4枯渇」とは何なのか？
 - 2章:IPv4枯渇対策の方法と種別
 - 3章:IPv6の基礎知識
 - 4章:IPv6の挙動を理解する
 - 5章:IPv4枯渇対策計画
 - 6章:IPv6のサービス企画

- IPv6の基礎知識
 - IPv4との違い
 - プロトコル仕様
 - アドレス体系
- IPv6の挙動
 - ICMPv6とNDについて
 - L2アドレス解決
 - IPv6アドレスの自動設定

- **膨大なアドレス数**
約340澗個 (IPv4は約43億個)
- **パケット転送処理の高速化**
中継ノードでのIPパケット断片化を廃止
チェックサムの削除 (TCPなどの上位層にまかせる)
固定長のヘッダ (IPv4は可変長)
- **端末の自動設定**
DHCPを必要としないIPアドレス自動設定
- **通信帯域の節約**
ブロードキャストの廃止 (マルチキャストで代用)
- **セキュリティの強化**
プロトコル自体にIPSecを使用可能

IPv4ヘッダ構成からの変化

IPv4との違い

両方に存在

- バージョン
- 送信元アドレス
- 宛先アドレス

IPv6で削除

- ヘッダ長
- 識別子
- フラグ
- 断片化オフセット

IPv6で変更

- サービスタイプ
- パケット長
- 生存期間
- プロトコル
- オプション・パディング

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



追加

Flow Label

IPv6ヘッダの構成

プロトコル仕様

バージョン

- IPv6のバージョン「6」(2進数で0110)

Traffic Class

- パケットの優先度

Flow Label

- リアルタイムで送信すべきデータの識別

Payload Length

- ペイロード+拡張ヘッダのサイズ(Byte)

Next Header

- IPv6ヘッダの後続情報の種類を示す

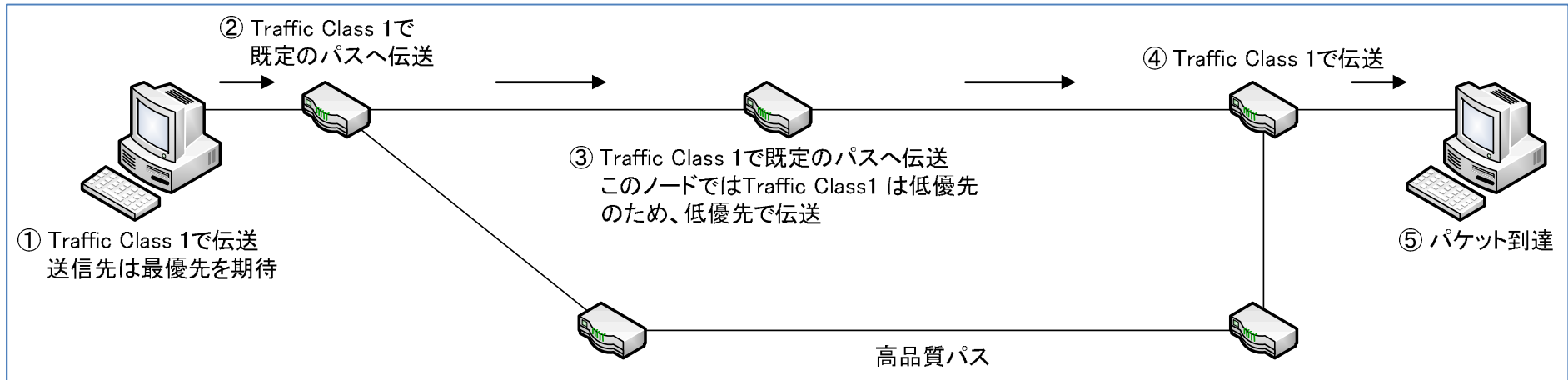
Hop Limit

- IPv4のTTL(Time to Live)と同様

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

| | | | | |
|----------------|---------------|-------------|-----------|--|
| バージョン | Traffic Class | Flow Label | | |
| Payload Length | | Next Header | Hop Limit | |
| 送信元アドレス | | | | |
| 宛先アドレス | | | | |

Traffic ClassとFlow Label(1)

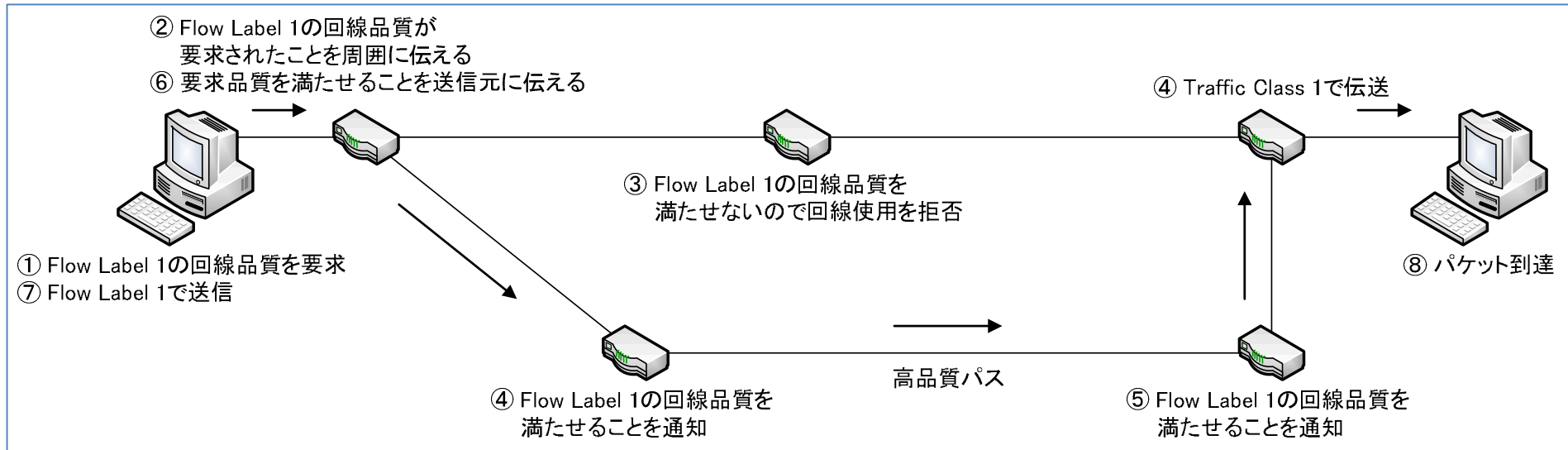


1パケットごとに各機器がTraffic Classに応じた処理を実行



送信元が各中継ノードの処理を制御することはできない

Traffic ClassとFlow Label(2)



送信元が中継ノードの処理を指示



柔軟なフロー制御が可能

Next Header(1)

プロトコル仕様

上位レイヤ
(一部)

TCP

UDP

ICMPv6

IPv6拡張ヘッダ

ホップバイオプションヘッダ

ジャンボペイロードオプションなど

ルーティングヘッダ

パケットが通過する必要がある中継
ノード一覧

フラグメントヘッダ

IPv6の断片化及び再構築の情報

宛先オプションヘッダ

宛先・中継ノードの処理する配信パラメータ

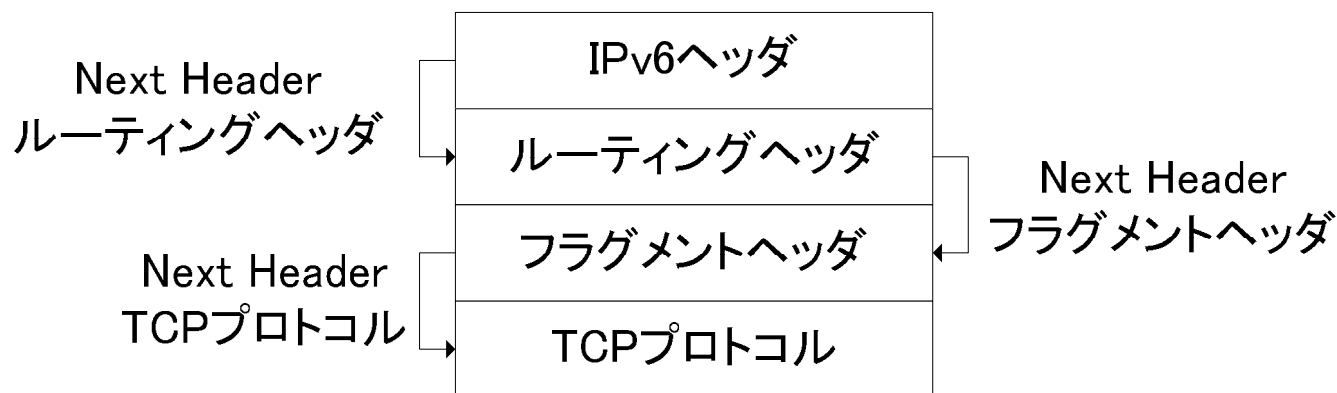
認証ヘッダ

パケットの認証情報

暗号ペイロードヘッダ

ESPパケットの暗号化情報

- 各IPv6拡張ヘッダにはNext Headerフィールドがある
拡張ヘッダは数珠繋ぎにパケットに乘せることが可能
- 中継ノードは基本的にIPv6ヘッダのみ参照
→高速にパケット伝送が可能
拡張ヘッダを参照する場合も必要なヘッダのみ参照
(例)ルータの場合はIPv6ヘッダとルーティングヘッダ等



アドレス表記法

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|
| 基本形 | 16bitごとに8ブロックに分け、「:」で繋げる。表記は16進数 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2011 | : | 0409 | : | 1030 | : | 0000 | : | 0000 | : | 0000 | : | e082 | : | 5241 |
| 省略ルール1 | 各ブロックの先頭の0は省略できる。 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2011 | : | 409 | : | 1030 | : | 0000 | : | 0000 | : | 0000 | : | e082 | : | 5241 |
| 省略ルール2 | 0でのみ構成されるブロックは0と表現できる。 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2011 | : | 409 | : | 1030 | : | 0 | : | 0 | : | 0 | : | e082 | : | 5241 |
| 省略ルール3 | 0でのみ構成されるブロックが連続する場合、「::」と表現できる。 ※同一アドレスで1回のみ | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2011 | : | 409 | : | 1030 | | :: | | | | | | e082 | | 5241 |

間違ったアドレス表記法

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
| 2011 | : | 0000 | : | 0000 | : | 409 | : | 0000 | : | 0000 | : | 0000 | : | 1030 |
| 2011 | | :: | | 409 | | :: | | | | | | | | 1030 |

- プレフィックスレンジで表記
形式:IPv6Addrss/prefix-length
IPv6アドレスの左からprefix-length(bit)がネットワークアドレス

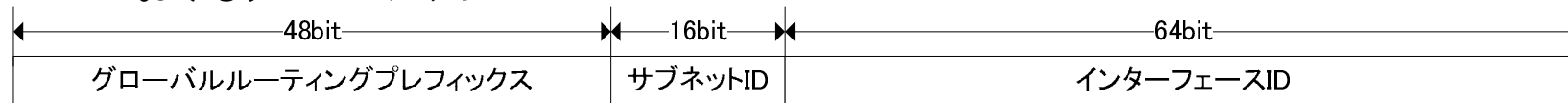
例) 2011:409:1030::1/48の場合

| ネットワーク | | | | ホスト | | | | | | | | | | |
|--------|---|-----|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|
| 2011 | : | 409 | : | 1030 | : | 0000 | : | 0000 | : | 0000 | : | 0000 | : | 0001 |

アドレスプレフィックス

グローバルユニキャストアドレス[2000::/3]

- IPv4におけるグローバルアドレス



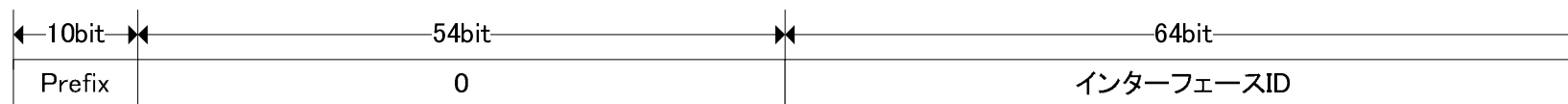
ユニークローカルユニキャストアドレス[FC00::/7]

- IPv4におけるプライベートアドレス



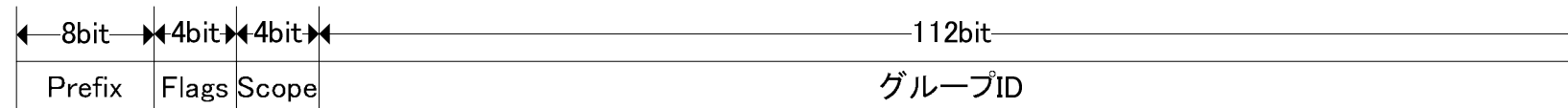
リンクローカルユニキャストアドレス[FE80::/10]

- ルーティングプロトコルなどの隣接機器同士の通信に用いられる



マルチキャストアドレス[FF00::/8]

- 1対多の通信を行うアドレス



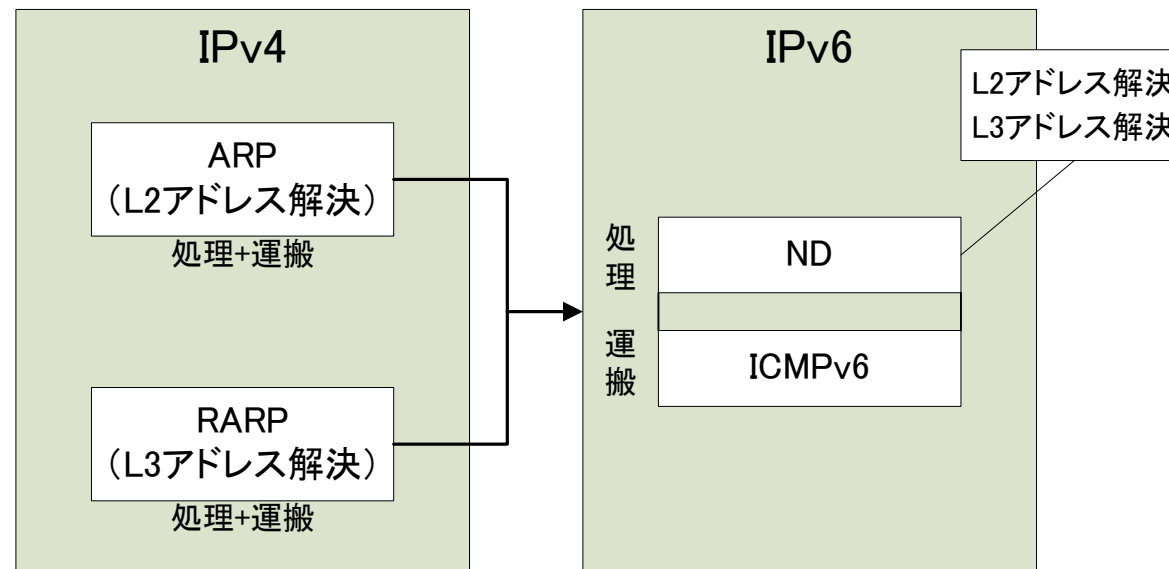
ICMPv6・NDの役割

ICMPv6 (Internet Control Message Protocol for IPv6)

- エラーメッセージや情報メッセージの運搬

ND (Neighbor Discovery)

- エラーメッセージや情報メッセージの処理



NDが提供する機能

リンク層アドレス検出

- L2アドレスとL3アドレスの関連付け

隣接ルータ検出

- 同一リンク上のルータを検出

アドレスプレフィックス検出

- 接続されたリンクのアドレスプレフィックスを検出

パラメータ検出

- リンクMTU値、ホップリミット値を検出

重複アドレス検出

- ノードのIPアドレスが重複していないかを検出

隣接ノード状態検出

- 隣接ノードの通信不能状態を検出

ネクストホップ決定

- パケットの転送先を決定

IPv6アドレス自動設定

- DHCPを用いずにIPv6アドレスを自動設定

送信元

- 宛先IPからマルチキャストアドレスを生成
(自分と宛先ノード以外のノードへの負荷をなくす為)

送信元

- マルチキャストアドレス宛にNS送信
(目的とするIPアドレスを持つノードにMACアドレスを返信するよう依頼)

送信先

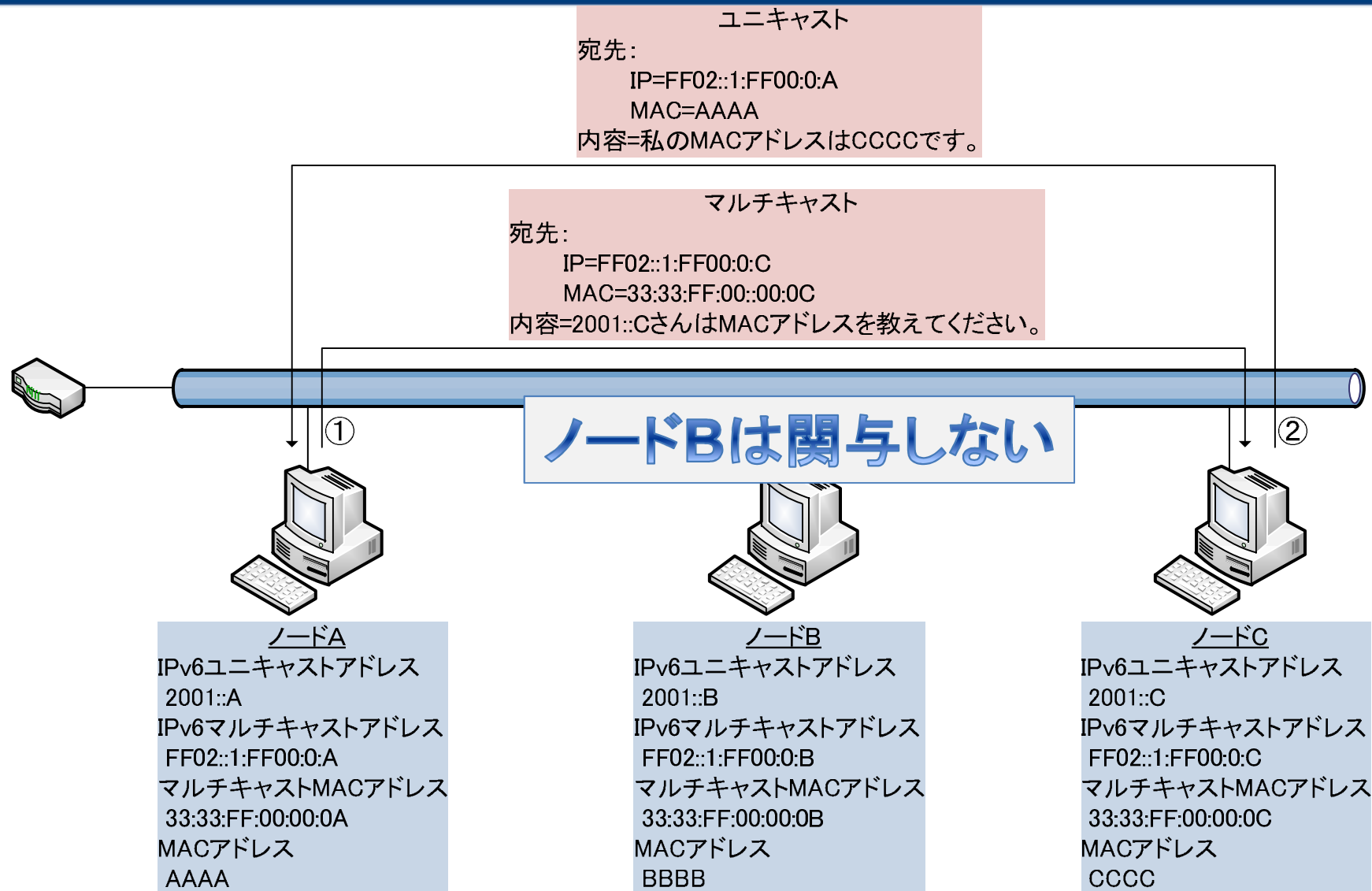
- NSを受信し、検証ののち送信元にNA送信
(自身のIPアドレスとNSのIPアドレスが一致した場合、自身のMACアドレスを返送)

送信元

- NAを受信し、宛先のMACアドレスを得る

L2アドレス解決(2)

L2アドレス解決



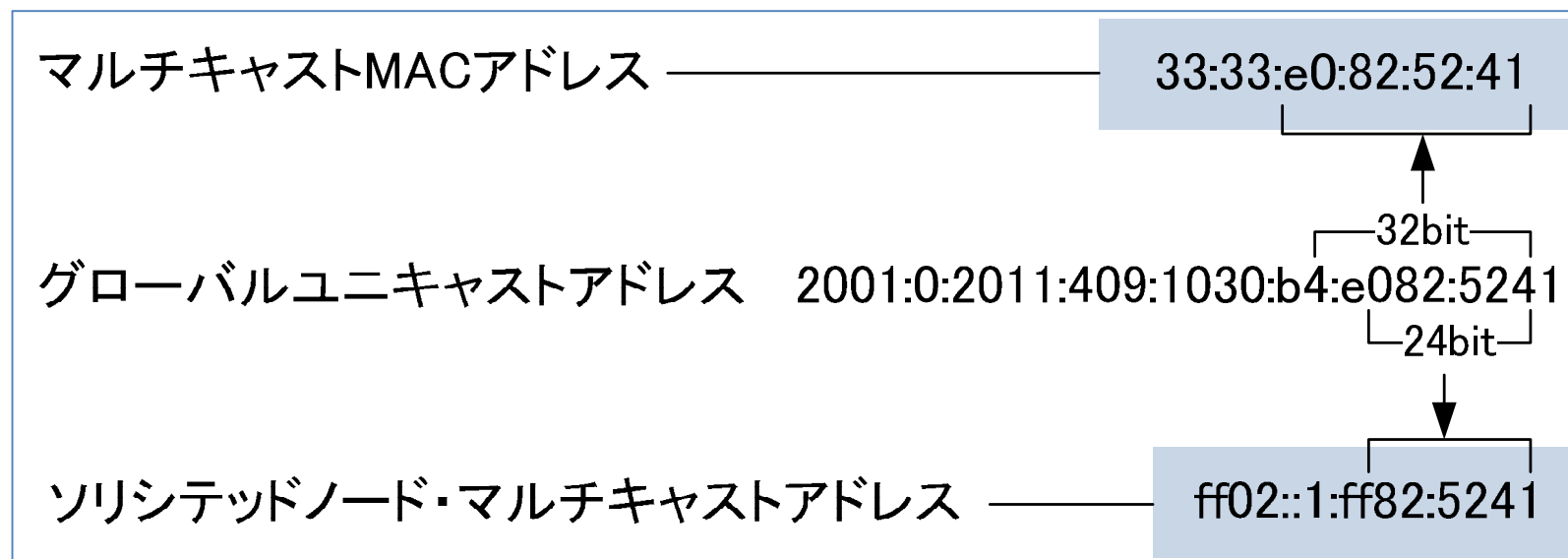
マルチキャストアドレス

ソリシテッドノード・マルチキャストアドレス

- ソリシテッドノードアドレス(ff02::1:ff/104)にユニキャストアドレスの下位24bitを繋げる

マルチキャストMACアドレス

- 33-33にユニキャストアドレスの下位32bitを繋げる



手動設定

- 管理者が手動で任意のアドレスを設定

ステートレスアドレス自動設定

- IPv6とICMPv6によってアドレスを自動設定（DHCPサーバーは不要）
- DNSサーバーなどのアドレスは設定不可
- 自動的に上位ルータをデフォルトゲートウェイと設定

ステートフルアドレス自動設定

- DHCPサーバーを用いてアドレスを自動設定
- DNSサーバーやSIPサーバー等のアドレスを設定可能
- デフォルトゲートウェイは設定不可

ステートレスアドレス自動設定

IPv6アドレスの自動設定

MACアドレスから仮リンクローカルアドレス生成



重複アドレスの検出



アドレスプレフィックス取得



アドレス自動設定完了

仮リンクローカルアドレス生成

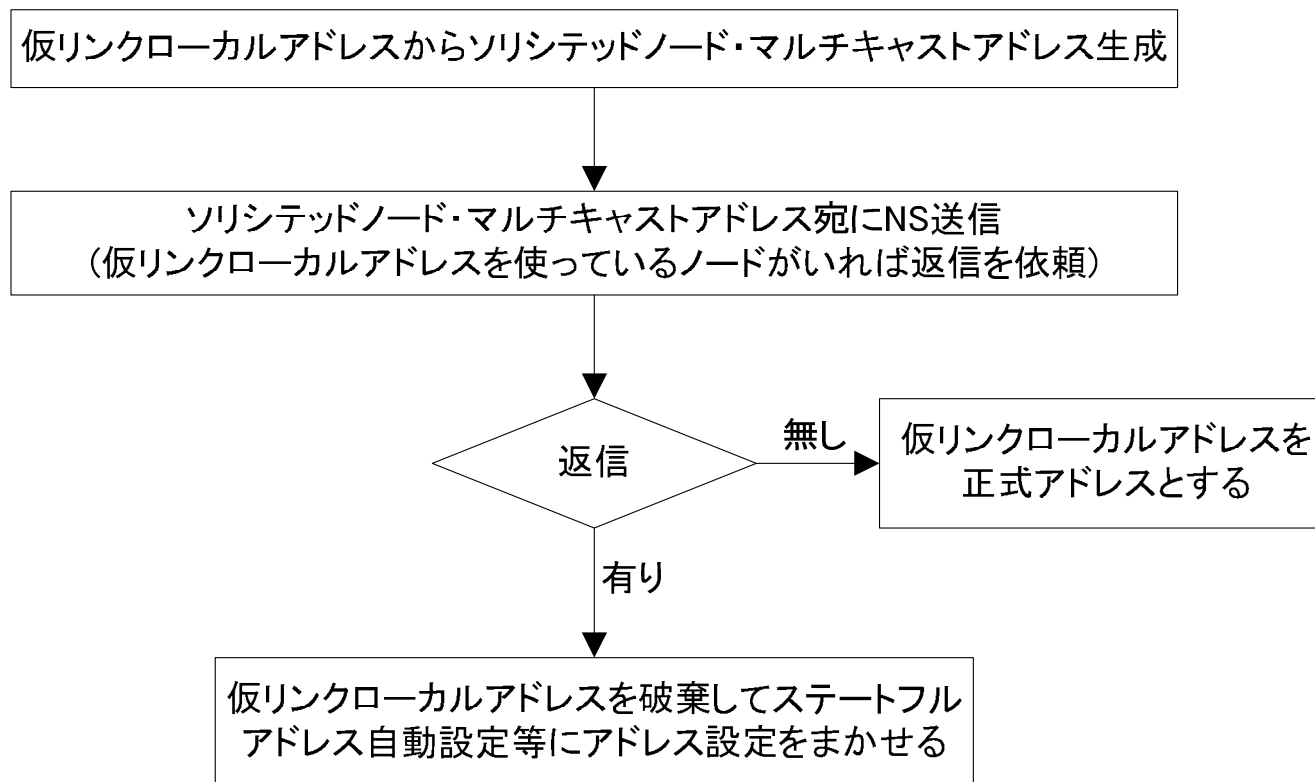
- IPv6のインターフェースIDは64bit
→MACアドレスのアドレス体系EUI-48(48bit)をEUI-64(64bit)にする



ローカルリンクプレフィックス(fe80::/1)を付与

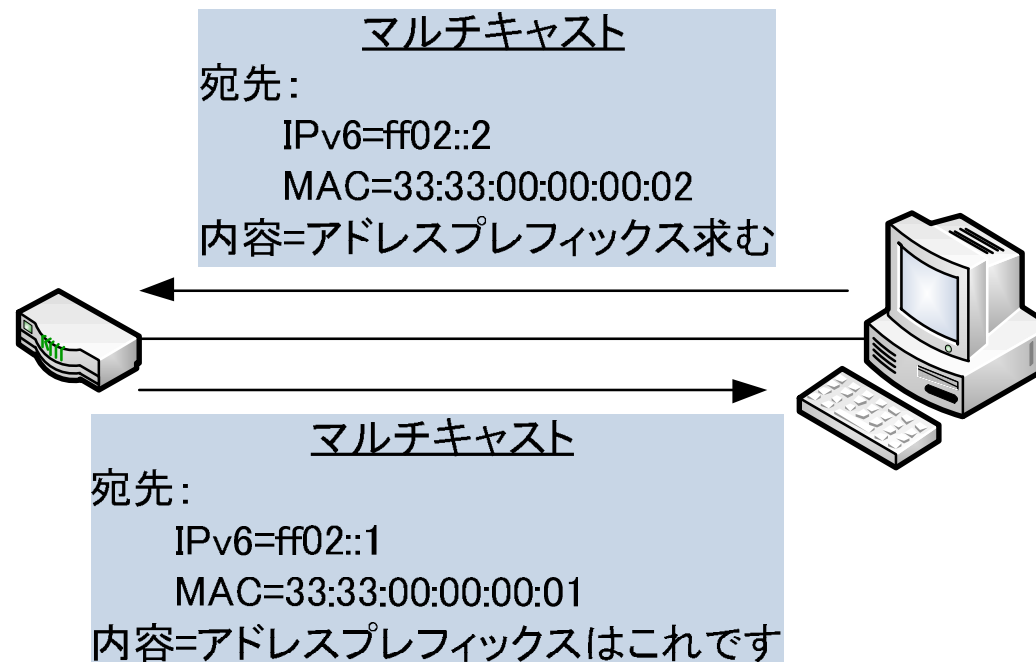
fe80::2211:e0ff:fe82:5241

- DAD (Duplicate Address Detection)
生成したアドレスが同一セグメント上に存在しないことを確認



アドレスプレフィックス取得

- 64bitのインターフェースIDが確定
→ルータからアドレスプレフィックスを取得する
- 取得したアドレスプレフィックスとインターフェースIDを結合
→ユニキャストアドレス完成
(2001::を受け取った場合、2001::2211:e0ff:fe82:5241となる/P-20の例)



- IPv6の基礎知識
 - IPv4との違い
 - プロトコル仕様
 - アドレス体系
- IPv6の挙動
 - ICMPv6とNDについて
 - L2アドレス解決
 - IPv6アドレスの自動設定

ご清聴ありがとうございました

- 先頭から7bit目はu/lビット
ビットの意味がEUI-48/64とIPv6インターフェースIDで逆
→ビットを反転させる必要有り

| u/lビット | EUI-48/64 | IPv6インターフェースID |
|--------|----------------------|----------------------|
| 0 | IEEEにより管理されているアドレス | ローカル管理者が独自に割り当てたアドレス |
| 1 | ローカル管理者が独自に割り当てたアドレス | IEEEにより管理されているアドレス |

補足資料(マルチキャスト)

補足資料

| マルチキャストグループ | IPv6 |
|--------------------------|-----------|
| ノードローカルスコープ | |
| 全ノード | ff01::1 |
| 全ルータ | ff01::2 |
| リンクローカルスコープ | |
| 同一リンク上の全ノード | ff02::1 |
| 同一リンク上の全ルータ | ff02::2 |
| RIP | ff02::5 |
| DHCPサーバー | ff02::1:2 |
| サイトローカルスコープ | |
| サイト内の全ルータ | ff05::2 |
| サイト内の全DHCPサーバー | ff05::1:3 |
| 組織ローカルスコープ | |
| 組織内でマルチキャストを使用するノード | ff08:: |
| グローバルスコープ | |
| インターネット上でマルチキャストを使用するノード | ff0e:: |

補足資料(ND ICMPv6)

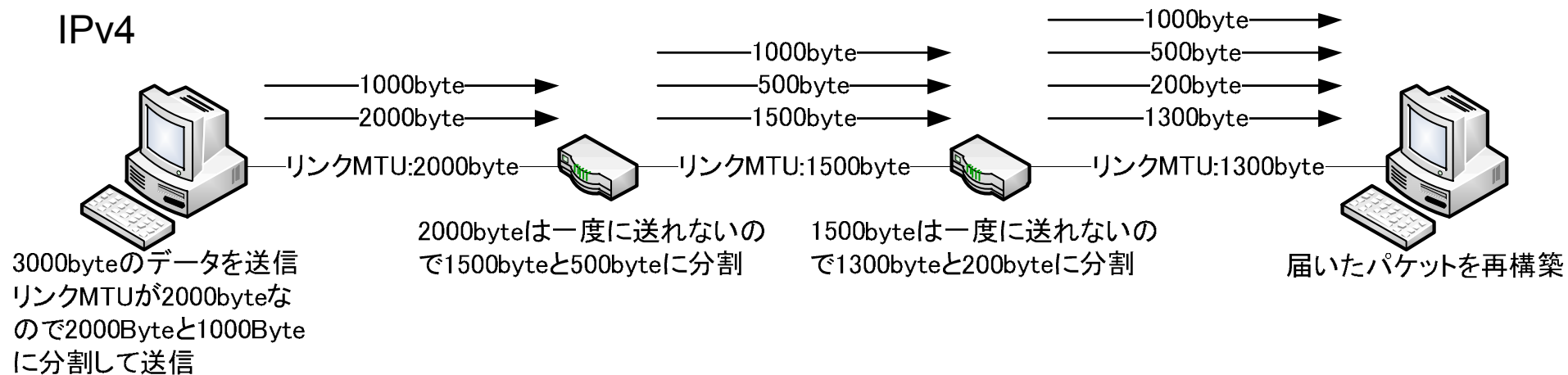
補足資料

| 名称 | 概要 |
|----------------------------|---|
| | ホスト→ルータ |
| Router Solicitation(RS) | <ul style="list-style-type: none">・同一リンク上のルータを検出・アドレスプレフィックス等の情報を要求 |
| | ルータ→ホスト |
| Router Advertisement(RA) | <ul style="list-style-type: none">・RSに対する応答・定期的に送出(周辺機器に自分の存在を通知) |
| Redirect | <ul style="list-style-type: none">・より良いNext Hopをホストに通知 |
| | IPv6ノード間 |
| Neighbor Solicitation(NS) | <ul style="list-style-type: none">・L2アドレス解決・DADに使用・隣接ノードに対するIP到達性確認 |
| Neighbor Advertisement(NA) | <ul style="list-style-type: none">・NSに対する応答・L2アドレス変更時に隣接ノードに通知 |

補足資料(フラグメント)

補足資料

IPv4



IPv6

