IPv4 EXHAUSTION

実践！初めてのIPv6
～ルーティング編～

Internet Week 2010

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

本セミナーについて

- IPv4アドレス枯渇対応タスクフォースが主催
  - 2008年発足
  - 総務省を含むインターネット関連22団体がIPv4枯渇を乗り切るための方針を立て、啓蒙活動、IPv6サービスの認定、人材育成等、様々な活動を実施中
  - IPv6ハンズオンセミナーもタスクフォースの実施する活動の1つ

- 本件は、平成22年度総務省施策「IPv6対応に向けたテストベットによる実証実験に係る請負」の一環として実施しております。
  参考URL：http://www.kokatsu.jp/blog/ipv4/event/2011/03/ipv6-handsonseminar.html

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

NW編　講師紹介

- 福井 敏夫@NTT Com/OCN
  - 2年間、大手銀行向けNWの運用保守を担当
  - その後、IPsecVPN（OCNビジネスパックVPN）等のCEルータ の設計開発に従事
  - さらに、OCN IPv6サービスや CEルータのIPv4/IPv6デュアルスタック対応にも取り組み、現在に至る

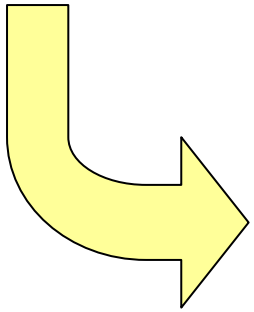
© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

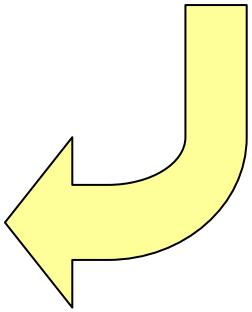
セッションに先立ち

- 本日の目的

①IPv6の概要
IPv4とIPv6の同じ点、異なる点を知る

②IPv6ルーティングの体験
IPv4/IPv6デュアルスタックの設定

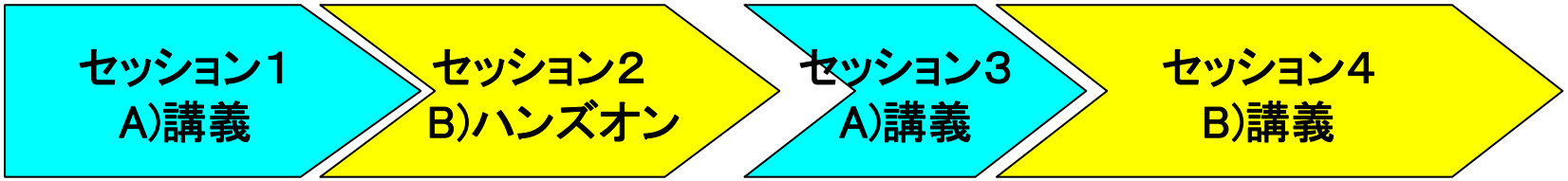




③IPv6恐れるに足らず！！

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

セッションのアウトライン



- セッション1：13:00-13:30
  - IPv4アドレス枯渇状況と対策
  - IPv6の特徴
  - IPv6アドレス取得
- セッション2：13:30-14:10
  - IPv6アドレス設定（PC）
- セッション3：14:20-14:40
  - IPv6アドレス自動設定
  - DHCPv6
  - OSPFv3
- セッション4：14:40-15:30
  - ルータへのv6設定
  - OSPFv3によるルーティング設定

（注）時間は目安です。ハンズオンセッションではアラクサラ社装置とCisco社装置を使用します。

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

セッション1

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

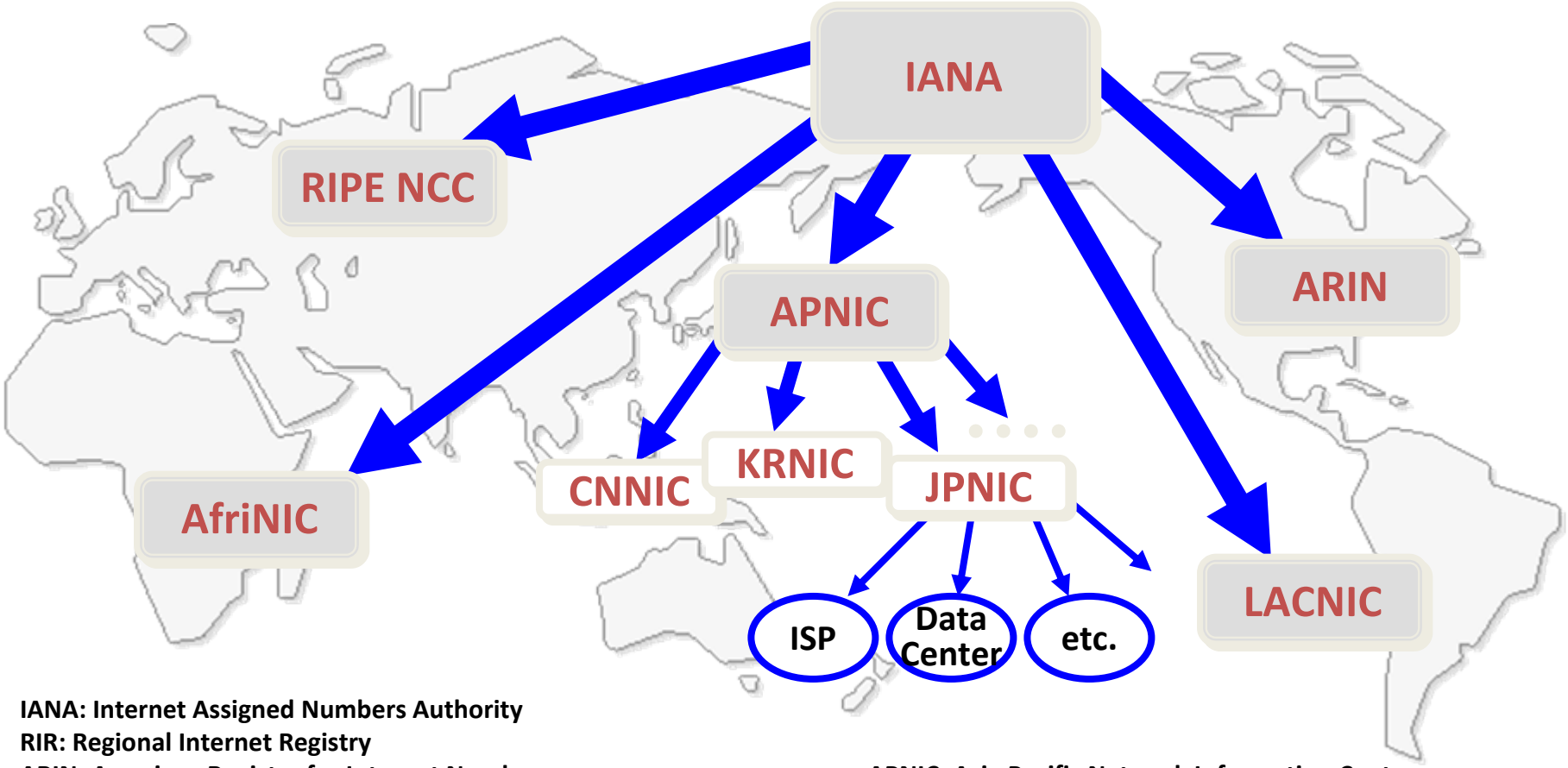
セッション1: Agenda

1. IPv4アドレス枯渇状況と対策
    1. IPアドレス管理
    2. IPv4アドレス枯渇対策
    3. IPv6への移行の考え方
2. IPv6の特徴
3. IPv6アドレス取得

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

1-1.IPアドレス管理

1-1-1.IPアドレス管理の階層構造



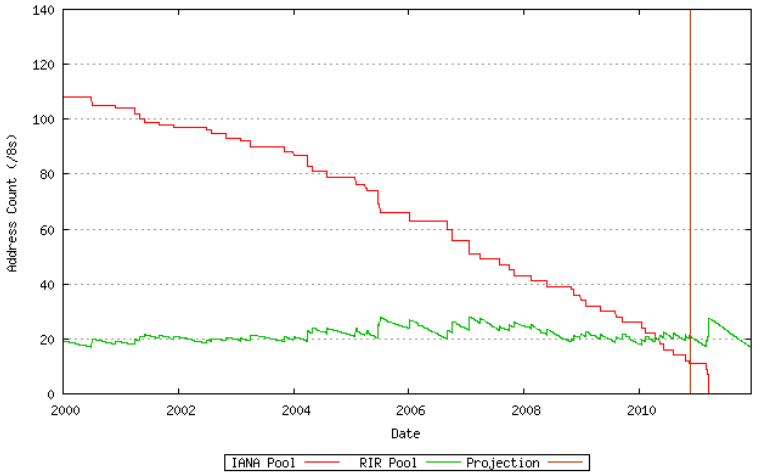
IANA: Internet Assigned Numbers Authority
RIR: Regional Internet Registry
ARIN: American Registry for Internet Numbers
RIPE NCC: Resource IP Europeans Network Coordination Centre
LACNIC: Latin American and Caribbean Internet Address Registry
AfriNIC: African Network Information Centre

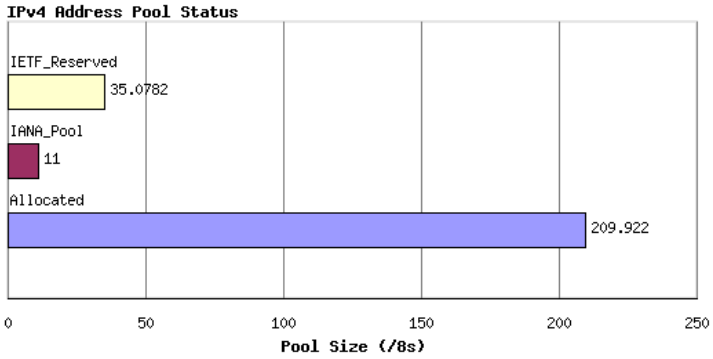
APNIC: Asia Pacific Network Information Center
JPNIC: Japan Network Information Center
KRNIC: Korea Network Information Center
CNNIC: China Internet Network Information Center

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

1-1.IPアドレス管理

1-1-2.IPv4アドレス枯渇予測と現状

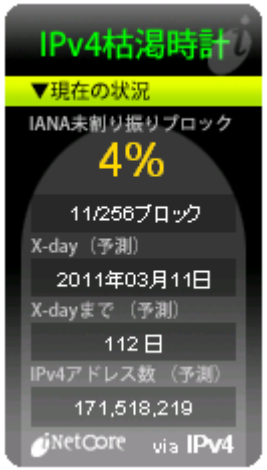




APNIC Chief Scientist の Geoff Huston 氏による予測（2011/11/19時点）

- IANA pool 枯渇は 2011年3月
- RIR pool 枯渇は 2011年9月

残り 11ブロック（ 1 ブロックは /8 ）
11 / 256 ブロック ＝ 4%
最後の5ブロックは各RIRに分配され、
トランスレータなどのIPv6 移行
用途に使用される予定



http://枯渇時計.com

過去のアドレス割当て
2005年　13 ブロック
2006年　10 ブロック
2007年　13 ブロック
2008年　 9 ブロック
2009年　 8 ブロック
2010年　15 ブロック（2011/11/19時点）

IPv4 Address Report (http://www.potaroo.net/tools/ipv4/)

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

1-2.IPv4アドレス枯渇対策

1-2-1.IPv4アドレス枯渇対策（1）

- IPv4アドレスの移転 IPv4延命策
  - 遊休アドレス再利用によりグローバルアドレス を有効活用
  - ARIN（2件処理済）、RIPE NCC は施行中。
  - APNIC でも 2010年2月より施行開始。
    - JPNIC（国内）は、2009年11月のJPNIC Open Policy Meeting にて、コンセンサスが得られ、施行に向けて準備中。
- IPv4アドレス延命技術 IPv4延命策
  - 大規模NAT を用いる LSN、DS-Lite など複数の方式が IETF で議論されている。いずれもグローバルアドレスの消費を抑制することが狙い。
  - その他に behave WG にてトランスレータ技術に関する検討も行われている。

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

1-2.IPv4アドレス枯渇対策

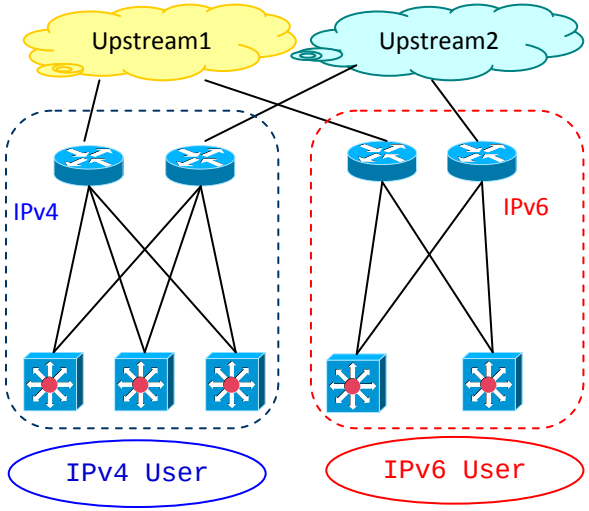
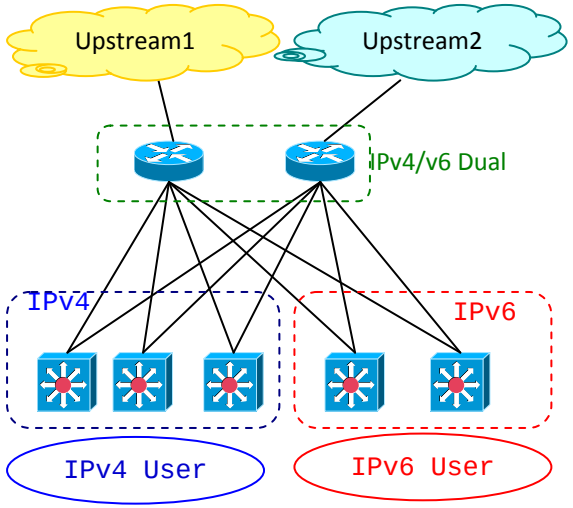
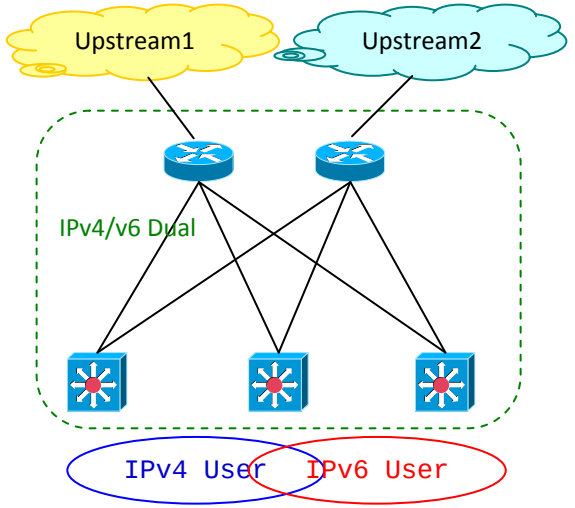
1-2-2.IPv4アドレス枯渇対策（2）

- IPv6の導入 恒久対策
  - IPv4アドレス枯渇が現実味を帯びてきて、IPv6 への期待が高まっている
  - ネットワーク機器や主要なサーバOS、ホストOS における IPv6 対応は概ね完了しているが、アプリケーション開発や運用面でのIPv6 対応が遅れているのが実状。
  - 国内では、NTT-NGN におけるマルチプレフィクス問題の動向が注目されていたが、兆しが見えてきた。
    - NTT東西は 2009年5月にIPv6 インターネット接続機能を提供するための接続約款変更の認可申請を行った。2011年4月 以降にはIPv6インターネット接続サービスが開始される見込み。
    - 国内の各ISP、CATV、iDC 事業者におけるサービス検討も始まっている。

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

1-2.IPv4アドレス枯渇対策

1-2-3. IPv6への移行パターン

IPv4/v6完全別ネットワーク構成	一部別ネットワーク構成	完全デュアルスタック構成
		
メリット　:IPv6の影響を完全に切り離せる トラブル時の切り分けが容易 デメリット:機器コストがかかる 管理機器数が倍増 上位キャリアの接続時に回線の 引き回しが必要	メリット　:顧客影響が最も大きい機器を切り離せる 上位キャリアの接続が容易 デメリット:一部機器のコストが増える 管理機器数が一部増える デュアルとシングル機器が分かれる	メリット　:機器コストを最も抑えられる 管理機器数が現状と同等 ユーザ側のデュアルスタック化要望に 容易に対応可能 デメリット:IPv6の影響がIPv4にも生じうる トラブル発生時の切り分けが困難

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

1-3.IPv6への移行の考え方

1-3-1.IPv6移行のリスクとチャンス

- 潜在的な顧客や新規市場への参入機会を逃す
- 最新のIPv6アプリケーションを活用できない
- 新規顧客開拓のためのサービスの差別化

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

1-3.IPv6への移行の考え方

1-3-2.IPv6移行への問題点と課題

- 既存IPv4インフラへの悪影響
  - 通信影響が大きい部分はIPv4/v6を物理的に分けるなどの工夫を行う
- コスト
  - HW/SWアップグレード時にIPv6化を意識しておくことでコストを抑える
  - 理想は機器リプレース時にIPv6も併せて導入
- 技術・スキル不足、情報不足、運用不足
  - 所詮は新プロトコルの追加
  - アドレス空間が膨大に増えるため、効率的な管理方法が重要
  - 十分な教育とIPv6を利用できる環境が必要

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

セッション1: Agenda

1. IPv4アドレス枯渇状況と対策
2. IPv6の特徴
    1. IPv4からのbrush up
    2. IPv6アドレス表記
    3. IPv6のアドレスタイプとスコープ
    4. IPv6のユニキャストアドレス
    5. IPv6のマルチキャストアドレス
3. IPv6アドレス取得

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-1.IPv4からのbrush up

2-1-1.IPv6の特徴（1）

- IPv4（32bit）　=約43億個
- IPv6（128bit）　=約340澗個
  - 億＜兆＜京＜垓＜杼＜穣＜溝＜澗

- IPv4のアドレス空間を1とすると、IPv6は

79,228,162,514,264,337,593,543,950,336

  - 全世界の人ひとりずつにIPv4アドレス空間を配ってもまだまだ余る！
    - 携帯電話、カーナビ、インターネット家電、センサ等にも割当て可能な膨大なアドレス空間

※ただし、ネットマスクの考え方の違いから、上の例ほど単純には比較できない

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-1.IPv4からのbrush up

2-1-2.IPv6の特徴（2）

- 階層化アドレス構造
  - 効率的なネットワーク管理、ルータ等の処理負荷軽減
- アドレスの自動設定
  - 情報家電の普及
  - Plug & Play による容易なアドレス設定
- Multicast の標準実装
  - 放送と通信の融合
  - アドレス自動取得での使用

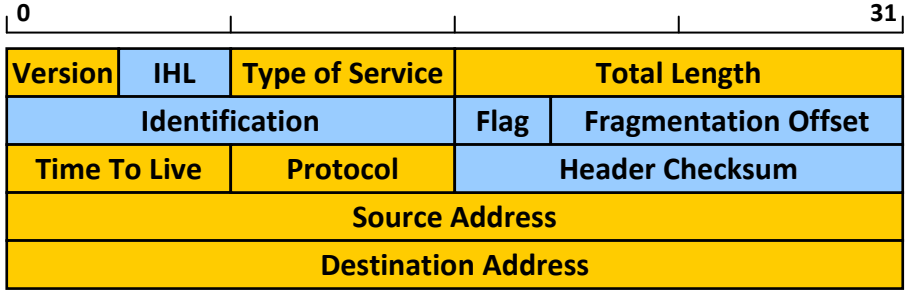
© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-1.IPv4からのbrush up

2-1-3.IPv6基本ヘッダ（1）

- IPv6 では使用されないフィールド（ の部分）
  - IPv6 ではヘッダ長固定（40byte）
    - IHL (Internet Header Length) 不要
  - IPv6 ではルータ等の中継ノードはフラグメントしない
    - Identification、Flag、Fragmentation Offset 不要
    - エンドノードのフラグメントは拡張ヘッダで対応
  - IPv6 では IP層ではチェックサム計算、更新をしない
    - Header Checksum 不要

IPv4 Header



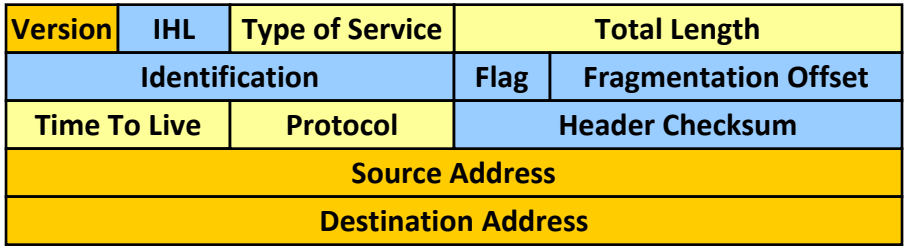
© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-1.IPv4からのbrush up

2-1-4.IPv6基本ヘッダ（2）

- フィールド名称の変更など（ の部分）
  - Type of Service → Traffic Class
  - Total Length → Payload Length
  - Time To Live → Hop Limit
  - Protocol → Next Header

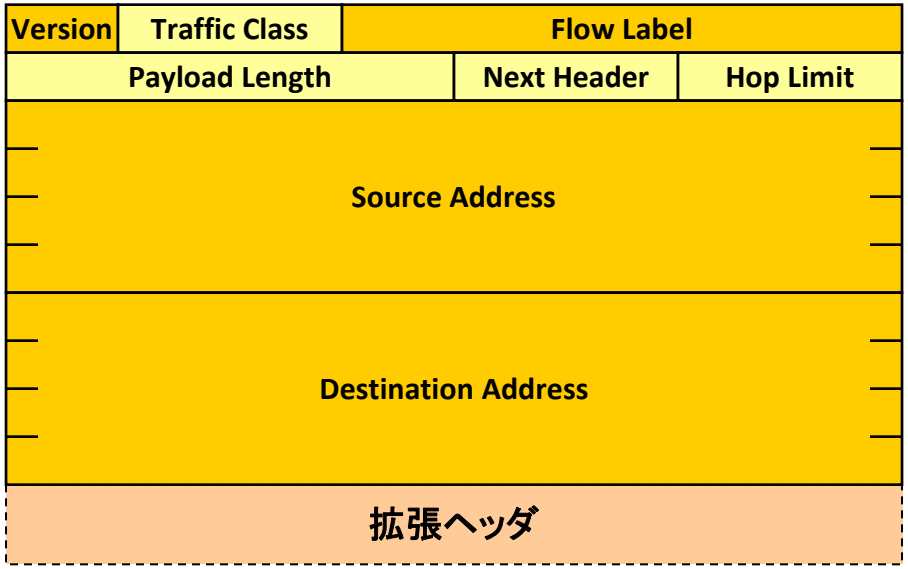
IPv4



20byte

IPv6

40byte



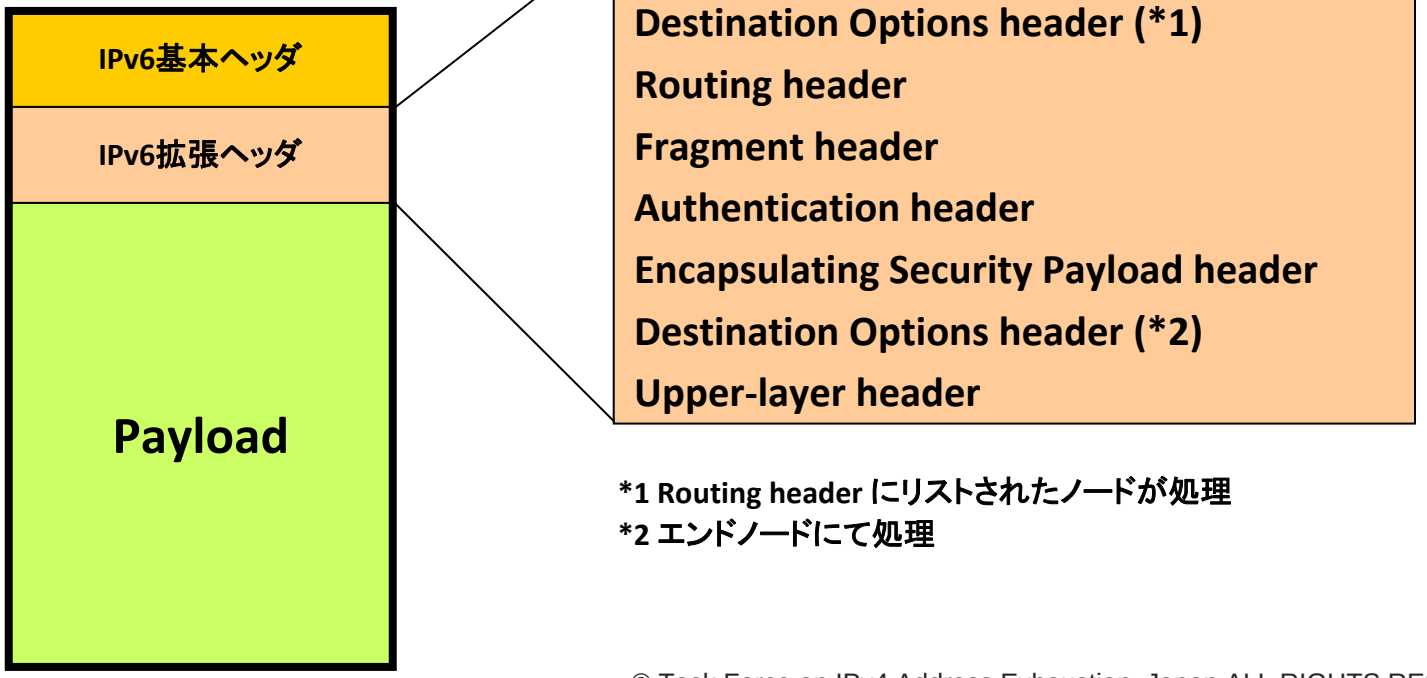
- オプション的な機能は拡張ヘッダで対応

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-1.IPv4からのbrush up

2-1-5.IPv6拡張ヘッダ

- 全てのノードで処理すべきものと、エンドノードで処理するものを分離。
- 拡張ヘッダの推奨順序は決まっている。出現順で処理される。



*1 Routing header にリストされたノードが処理
*2 エンドノードにて処理

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-2.IPv6アドレス表記

2-2-1.IPv6とIPv4のアドレス表記比較

- IPv4のアドレス表記
  - 例）192.0.2.1
    - 10進数で表した数字を“.”で区切って表記
- IPv6のアドレス表記
  - 例）2001:0db8:0000:0000:0206:29ff:fe1e:482e
    - 16進数で表した数字を“:”で区切って表記

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-2.IPv6アドレス表記

2-2-2.IPv6アドレス省略表記

- 128bit を 16bit 毎に 8分割後、各フィールドを 16進数表記にして、“ : ”(コロン)で区切る。

  00100000000000010000110110111000000000000000000000000000000000000000000010000001100010100111111111111111100001111001001000001011 10

  ↓

  2001:0db8:0000:0000:0206:29ff:fe1e:482e

- 先行する 0 は省略可能。但し、各フィールドには少なくとも 1つの数値を含むこと。

  2001:0db8:0000:0000:0206:29ff:fe1e:482e

  ↓

  2001:db8:0:0:206:29ff:fe1e:482e

- 16bit の 0 または、16bit の 0 が複数連続するフィールドを 1箇所のみ、” :: ” を用いて省略可能。

  2001:db8:0:0:206:29ff:fe1e:482e

  ↓

  2001:db8::206:29ff:fe1e:482e

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-2.IPv6アドレス表記

2-2-3.IPv6アドレス表記の柔軟性

- IPv6アドレスの省略表記は必須ではない為、省略してもよいし、省略しなくてもよい。
  - RFC4291（IP Version 6 Addressing Architecture）
  - 製品やシステム毎に様々なIPv6アドレス表記 が存在。
    - IPv6アドレス検索、ログ分析、設定情報の監査、ユーザからの問合せ時など、多くの場面で問題となりそう。
- 問題の発生を減らすために代表的な表記方法がIETF の 6man WG で議論されている。
  - A Recommendation for IPv6 Address Text Representation [draft-ietf-6man-text-addr-representation-07] (work in progress)
    - RFC5952に発行（2010年8月）

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-3.IPv6アドレスタイプとスコープ

2-3-1.IPv6のアドレスタイプ（挙動）と通信形態

アドレスタイプ	付与対象	通信形態
Unicast	Interface	1：1
Multicast	Group	1：n
Anycast	Service	1：1 ※

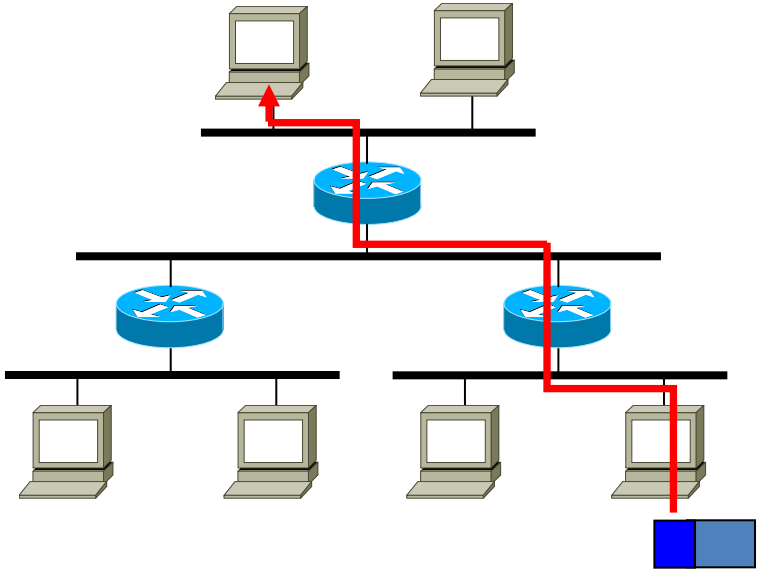
※ネットワーク的に最も近い1つを選択

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-3.IPv6アドレスタイプとスコープ

2-3-2.IPv6のアドレスタイプ（ユニキャスト）

- ユニキャストアドレス
  - 単一のインタフェースに割り当てられるアドレス
  - 1対1の通信に使用される（普段はこのアドレスが使用される）

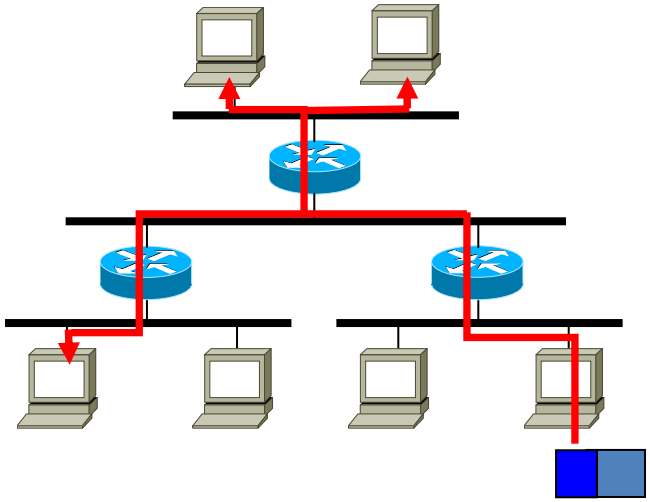


© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-3.IPv6アドレスタイプとスコープ

2-3-3.IPv6のアドレスタイプ（マルチキャスト）

- マルチキャストアドレス
  - あるグループを表すアドレス
    - あるマルチキャストアドレス宛てにパケットを投げると、そのグループに属するすべてのインタフェースに届けられる
    - IPv4におけるブロードキャストは、マルチキャストの1種として取り扱われる

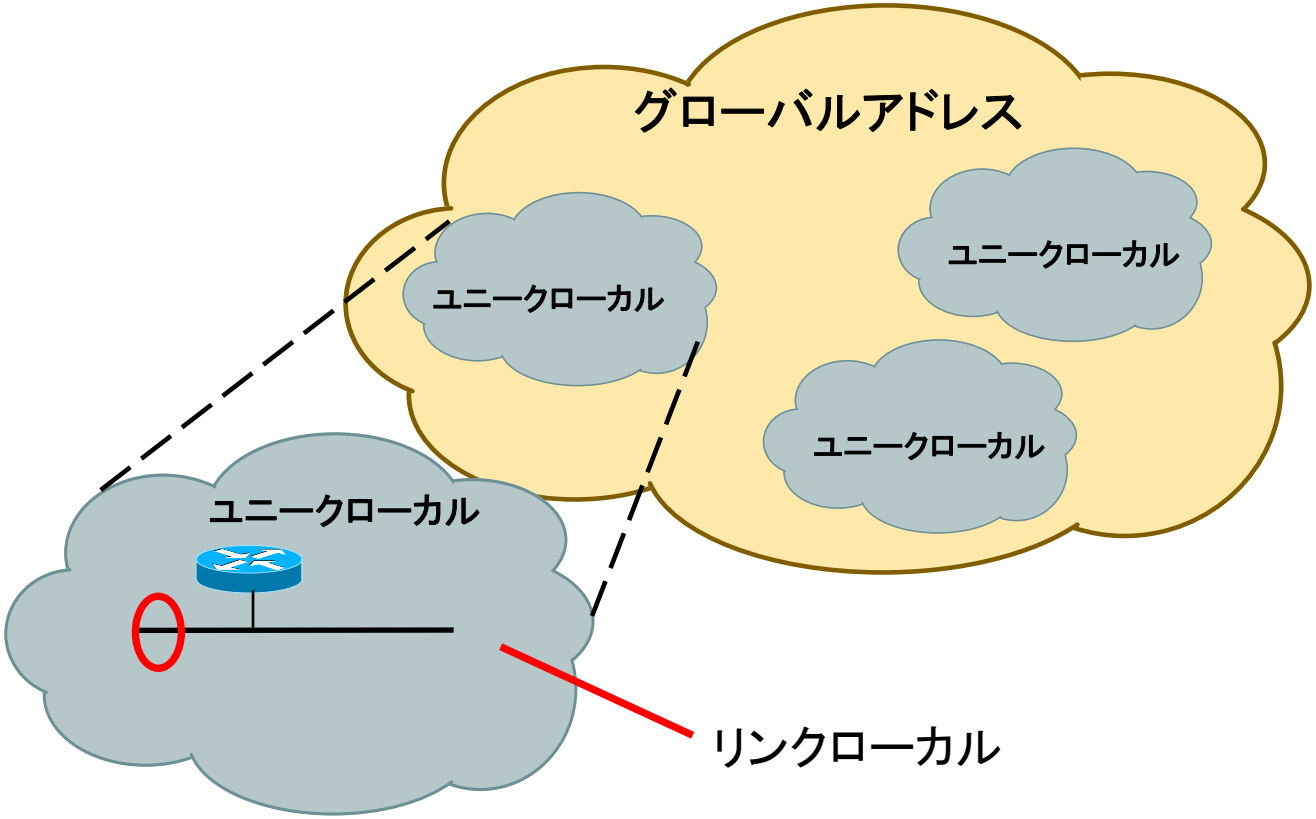


© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-3.IPv6アドレスタイプとスコープ

2-3-4.IPv6のスコープ（適用範囲）

- 各アドレスの適用範囲

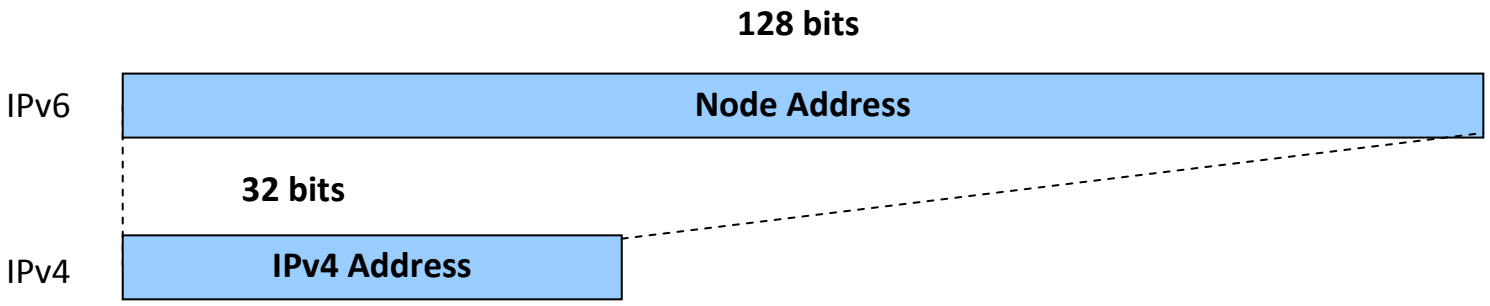


© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

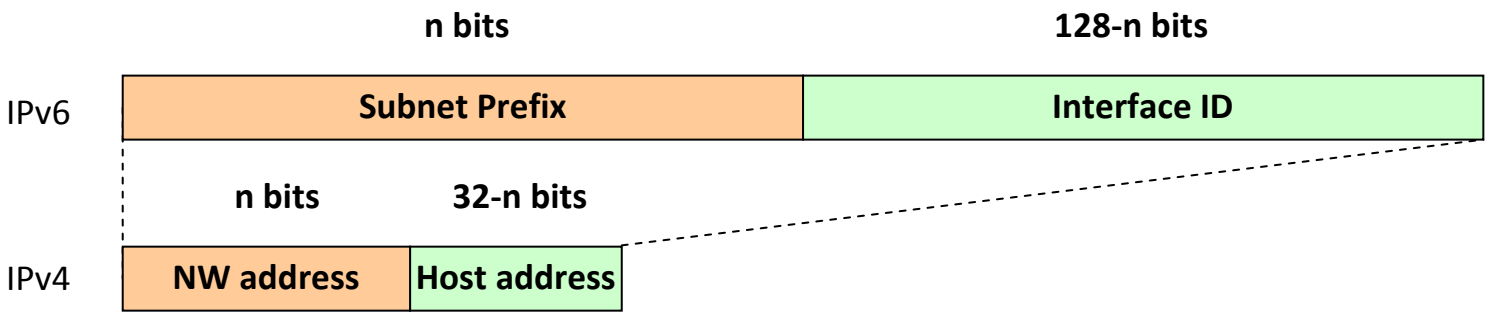
2-4.IPv6のユニキャストアドレス

2-4-1. IPv4との比較

- ノードのアドレス



- サブネットプレフィックスとインタフェースID

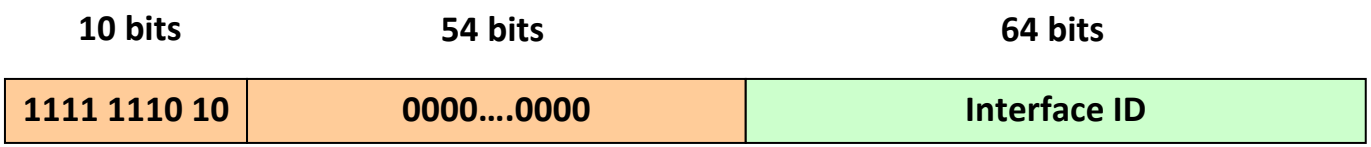


© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-4.IPv6のユニキャストアドレス

2-4-2. リンクローカルアドレス

- リンクローカルアドレス（fe80::/10）
  - IPv4にはない概念
  - 同一リンク上でのみ通信可能（ルータを越える通信はできない）
  - 自動生成可能（指定も可能）
  - NDPなどの管理トラフィックで使用される

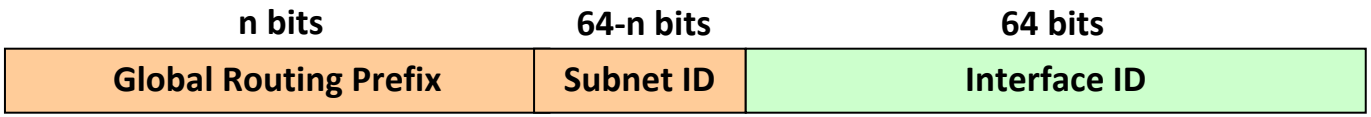


© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-4.IPv6のユニキャストアドレス

2-4-3. グローバルユニキャストアドレス

- グローバルユニキャストアドレス
  - IPv4でのグローバルアドレスに相当
  - 歴史的経緯により、現在は 2000::/3 のアドレス空間を使用中
    - RFC3587（IPv6 Global Unicast Address Format）
  - Global Routing Prefix
    - RIR もしくは NIR、LIR より割り当てられる
  - Subnet ID
    - サイト内のリンク識別に使用
  - Interface ID
    - サブネット内のインタフェース識別に使用
  - 割り当て状況は、以下で確認可能
    - [IANA→RIR] http://www.iana.org/assignments/ipv6-unicast-address-assignments
    - [IPv6 DFP visibility] http://www.sixxs.net/tools/grh/dfp/

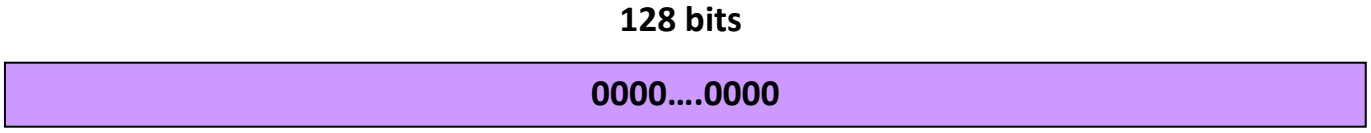


© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

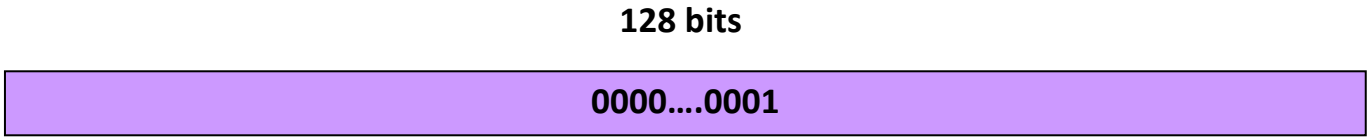
2-4.IPv6のユニキャストアドレス

2-4-4. 特殊なユニキャストアドレス

- 未指定アドレス(::)
  - IPv4 の 0.0.0.0 に相当
  - アドレスが付けられてないことを示す
  - システムの初期化中でまだアドレスがついてないホストがソースアドレスとして使うことがある



- ループバックアドレス(::1)
  - ノードがパケットを自分自身に送る場合に用いられる(IPv4でいうところの127.0.0.1)

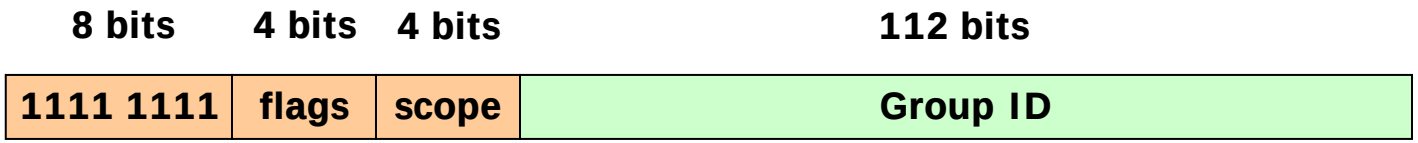


© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-5.IPv6のマルチキャストアドレス

2-5-1. マルチキャストアドレス

- 1対n 通信を行う場合に使用される
  - 映像のライブ配信など、特定のグループに向けて送信される
  - IPv6 では NDP（Neighbor Discovery Protocol ）においても積極的に使用されている
- Scope（適用範囲）
  - Scope = 1 ： Interface-local
  - Scope = 2 ： Link-local
  - Scope = 4 ： Admin-local
  - Scope = 5 ： Site-local
  - Scope = 8 ： Organization-local
  - Scope = e ： Global scope



© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-5.IPv6のマルチキャストアドレス

2-5-2. マルチキャストアドレスの例

- 予約済みのMulticast Address
  - ff02::1 : All nodes
  - ff02::2 : All routers
  - ff02::5 : All OSPF routers
  - ff02::6 : All OSPF Designated Routers
  - ff02::9 : All RIP routers
  - ff02::1:2 : All DHCP Agents（Relay Agents & Servers）
  - ff02::1:3 : LLMNR（Link-Local Multicast Name Resolution）
  - ff02::1:ff : Solicited-Node address

  - 最新の割当て状況は以下で確認可能
    - http://www.iana.org/assignments/ipv6-multicast-addresses

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

2-5.IPv6のマルチキャストアドレス

2-5-3. マルチキャストアドレスの具体例

- Solicited Node Multicast Address（ff02::1:ff/104）
  - 要請ノードマルチキャストアドレス
  - Link Layer Address 解決時に使用（IPv4 のARP相当）
  - ブロードキャストドメインよりも小さい特定のグループ宛

fe80::240:26ff:fe18:19b1

↓

ff02::1:ff18:19b1

（Multicast Address と Ethernet Addressの関係）

ff02::1:ff18:19b1

↓

(MAC Address) 33:33:ff:18:19:b1

※“33:33”にMulticast の下位4byteを連結

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

セッション1: Agenda

1. IPv4アドレス枯渇状況と対策
2. IPv6の特徴
3. IPv6アドレス設定
   1. ノードが使用するIPv6アドレス
   2. アドレス自動設定
   3. 近隣探索プロトコル（NDP）

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

3-1.IPv6アドレス取得

3-1-1. ノードやルータが使うIPv6アドレス

- IPv6 では、IPv4 よりも多くのアドレスが使用される
  - アドレス管理が煩雑
  - IPv6アドレス自動取得

- ノードが使う IPv6アドレス
  - ループバックアドレス (::1/128)
  - 全ノードマルチキャストアドレス (ff0x::1)
  - 要請ノードマルチキャストアドレス (ff02::1:ff/104)
  - インタフェース毎に1つのリンクローカルアドレス (fe80::/10)
  - インタフェース毎に1つまたは複数のユニキャストアドレス
  - 自分が所属するグループのマルチキャストアドレス

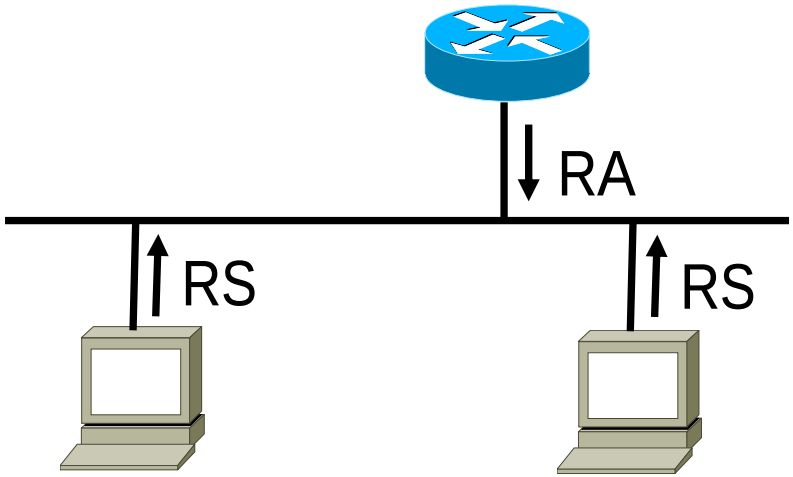
- ルータが使う IPv6アドレス
  - ノードが使う IPv6アドレス
  - 全ルータマルチキャストアドレス (ff0x::2)
  - サブネットルータエニィキャストアドレス (Subnet Prefix 以外All 0)

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

3-2.アドレス自動設定

3-2-1. IPv6アドレスの自動設定

- IPv6では、予想される莫大な数のデバイスに対応するため、アドレスの自動設定が標準機能として用意されている
  - DHCPv6を利用することも可能



© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

3-2.アドレス自動設定

3-2-2. IPv6アドレスの自動設定（補足）

- SLAAC（Stateless Address Autoconfiguration）[RFC4862]
  - アドレスを管理するサーバはない
    - RAにて取得するPrefix情報、ノード自身のMACアドレス等を使用して
      アドレスの自動生成を行なう。

- DHCPv6（Dynamic Host Configuration Protocol for Pv6）
  [RFC3315]
  - Stateful Address Autoconfiguration
  - IPv4 の DHCP と 基本的には同じ
    - Default Gateway が通知されないなどの違いがあることに注意

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

3-3.近隣探索プロトコル

3-3-1. NDP（近隣探索プロトコル）

■ 5つのメッセージタイプ

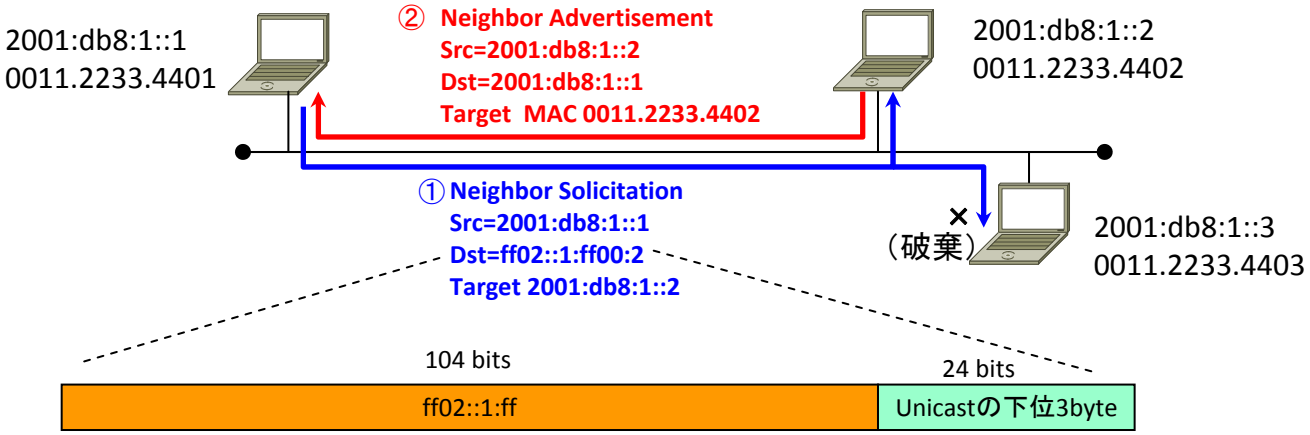
- Neighbor Solicitation（NS、近隣要請）
  - リンクレイヤアドレスの解決（IPv4のARP相当）
  - 重複アドレス検出（DAD）、近隣到達不能検出（NUD）
- Neighbor Advertisement（NA、近隣広告）
  - NSに対する応答
- Router Solicitation（RS、ルータ要請）
  - ルータ発見に利用
  - RAを即座に取得したい場合に送出
- Router Advertisement（RA、ルータ広告）
  - ノードにプレフィックス情報等を配布
  - ルータによるデフォルト経路の通知
- リダイレクト
  - 最適な経路を通知（IPv4と同様）

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

3-3.近隣探索プロトコル

3-3-2. Neighbor Solicitation/Neighbor Advertisement

- IPv4のARP相当
- リンク層アドレス解決とNUD(Neighbor Unreachability Detection)
- 255未満のHop Limitは無視
- ARPと異なり双方向で行われる必要がある
- 要請ノードマルチキャストアドレスはFF02::1:FF00:0000～FF02::1:FFFF:FFFF



2001:db8:1::0000:0002 (2001:db8:1::2)

↓

ff02::1:ff00:0002 (ff02::1:ff00:2)

要請ノードマルチキャストアドレス

Multicast AddressとEthernet Addressの関係

ff02::1:ff00:0002 (ff02::1:ff00:2)

(Dst Ethernet Address) 33:33:ff:00:00:02

※"33:33"にMulticastの下位4byteを連結

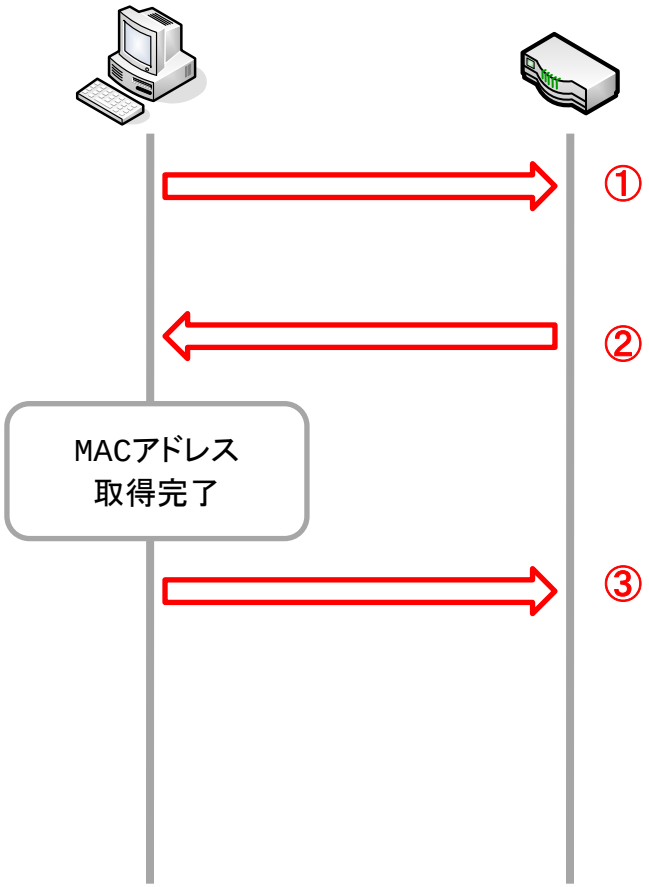
© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

3-3.近隣探索プロトコル

3-3-3. リンクレイヤアドレスの解決の流れ

fe80::211:22ff:fe33:4455
2001:db8::211:22ff:fe33:4455
MAC:00:11:22:33:44:55

fe80::211:22ff:fe66:7788
2001:db8::211:22ff:fe66:7788
MAC:00:11:22:66:77:88



①近隣要請（NS）

通信相手のMACアドレスを探索
近隣広告がない場合はオンリンクでないと判断

Src MAC 00:11:22:33:44:55
Dst MAC 33:33:FF:66:77:88
Src IPv6 fe80::211:22ff:fe33:4455
Dst IPv6 ff02::1:ff66:7788
ICMPv6 Type 135 Target 2001:db8::211:22ff:fe66:7788

②近隣広告（NA）

ターゲットアドレスを持つノードが回答
ただし誰でもこの応答は可能

Src MAC 00:11:22:66:77:88
Dst MAC 00:11:22:33:44:55
Src IPv6 fe80::211:22ff:fe66:7788
Dst IPv6 fe80::211:22ff:fe33:4455
ICMPv6 Type 136 Target 2001:db8::211:22ff:fe66:7788 Target MAC 00:11:22:66:77:88

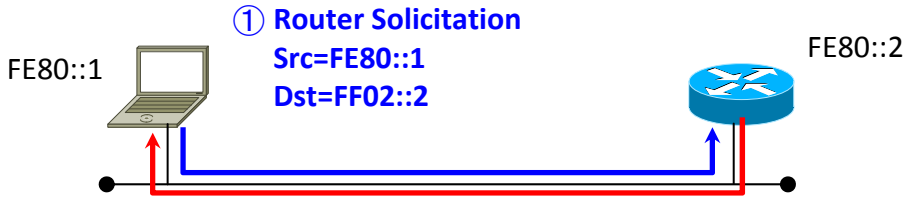
③通信開始

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

3-3.近隣探索プロトコル

3-3-4. Router Solicitation/Router Advertisement

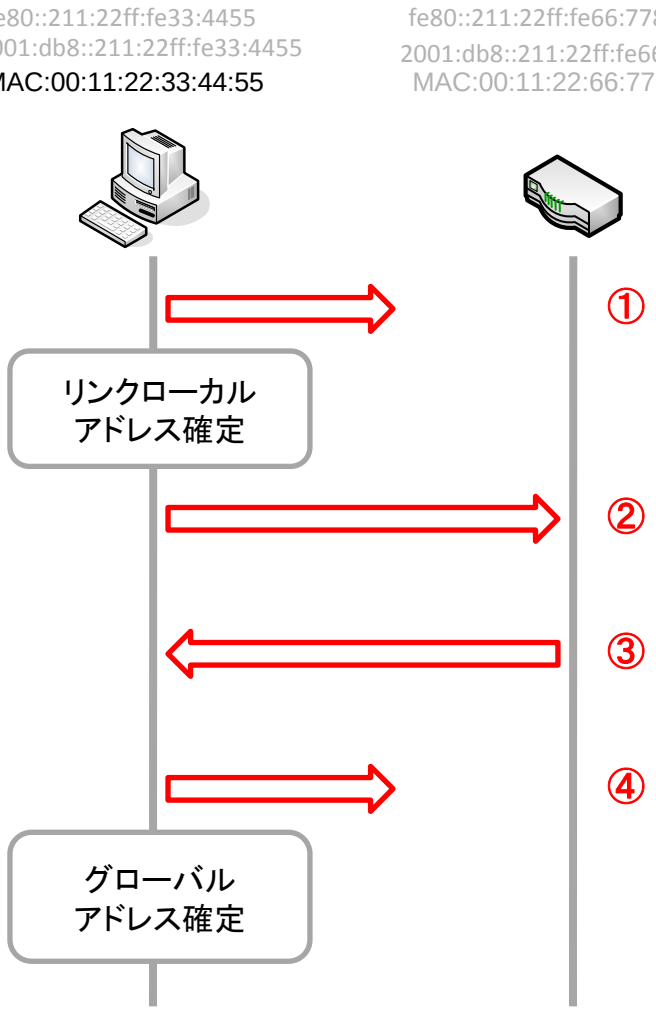
- RSの宛先アドレスはFF02::2、Hop Limitは255
- RAの宛先アドレスはFF02::1かRS内の始点アドレス、Hop Limitは255
- RA内のCurrent Hop Limitフィールドでノードが用いるホップ制限を設定
- M-flagが0ならステートレスアドレス自動設定、1ならDHCPv6によるアドレス設定
- O-flagが1ならアドレス以外の情報をDHCPv6により取得
- Router Lifetimeはデフォルトルータのみが1以上（65535以下）を指定
- DRP（Default Router Preference：RFC4191）によってデフォルトルータの優先度の通知が可能
  - High（01）、Medium（00）、Low（11）
  - ノード、ルータ双方がサポートしている必要がある



© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

3-3.近隣探索プロトコル

3-3-4. ステートレス自動アドレス設定の流れ



①近隣要請（NS）
近隣広告がなければ
ターゲットアドレス
の利用が可能
＜重複アドレス検出＞

要請ノードマルチキャスト

Src MAC	00:11:22:33:44:55
Dst MAC	33:33:FF:33:44:55
Src IPv6	::（未定義アドレス）
Dst IPv6	ff02::1:ff33:4455
ICMPv6 Type	135
Target	fe80::211:22ff:fe33:4455

②ルータ要請（RS）
全ルータマルチキャスト
（ff02::2）宛に送信

Src MAC	00:11:22:33:44:55
Dst MAC	33:33:00:00:00:02
Src IPv6	fe80::211:22ff:fe33:4455
Dst IPv6	ff02::2
ICMPv6 Type	133

③ルータ広告（RA）
全ノードマルチキャスト
（ff02::1）宛に送信
取得プレフィックス
を用いてグローバル
アドレスを生成

Src MAC	00:11:22:66:77:88
Dst MAC	33:33:00:00:00:01
Src IPv6	fe80::211:22ff:fe66:7788
Dst IPv6	ff02::1
ICMPv6 Type	134
Prefix	2001:db8::

④近隣要請
近隣広告がなければ
ターゲットアドレス
の利用が可能
応答があるとアドレス
を再構成する必要あり
＜重複アドレス検出＞

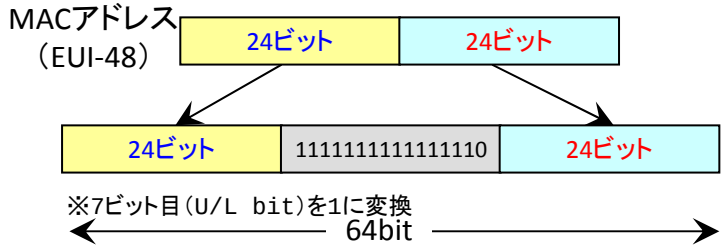
Src MAC	00:11:22:33:44:55
Dst MAC	33:33:FF:33:44:55
Src IPv6	::（未定義アドレス）
Dst IPv6	ff02::1:ff33:4455
ICMPv6 Type	135
Target	2001:db8::211:22ff:fe33:4455

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

3-3.近隣探索プロトコル

3-3-5. インタフェースIDについての補足

- 手動設定はもちろん可能
- modified EUI-64形式
  - MACアドレスから生成



例）
MACアドレス　0016.9c43.cc00
インタフェースID　FE80::216:9CFF:FE43:CC00

- Temporary Address（一時アドレス：RFC4941）
  - インタフェースIDにランダムな値を用いる一時アドレスを使用
  - 一定時間（最大7日間）で更新し、ノードの特定を困難にする
  - Windows Vistaではさらに独自の生成アルゴリズムを実装

- DAD（Duplicate Address Detection）
  - 重複アドレス検出
    - 自らのアドレスをもとにした要請ノードマルチキャスト（NS）を送信

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

IPv4 EXHAUSTION

セッション2

（ハンズオンへ）

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

IPv4 EXHAUSTION

セッション3

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

セッション3: Agenda

4. IPv6アドレス自動設定（続き）
    1. 振り返り
    2. DHCPv6
5. IPv6設計のTips
6. IPv6ルーティング概要

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

4-1.IPv6アドレス設定

4-1-1. アドレス自動設定（まとめ）

- IPv4 と IPv6 で異なる自動設定

	IPv4	IPv6	
	DHCPv4	RA	DHCPv6
IP Address	○ /32を通知	○ Prefix情報を通知	○
Default Gateway	○	○	― ※1
Server Address (DNS , SIP , etc)	○	△ ※2	○

※1　標準化されていない

※2　RFC5006 で標準化され、Experimental の位置づけだったが、
Standards Track に向けて標準化進行中。
DNSサーバアドレスの配布が可能。

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

4-2.DHCPv6

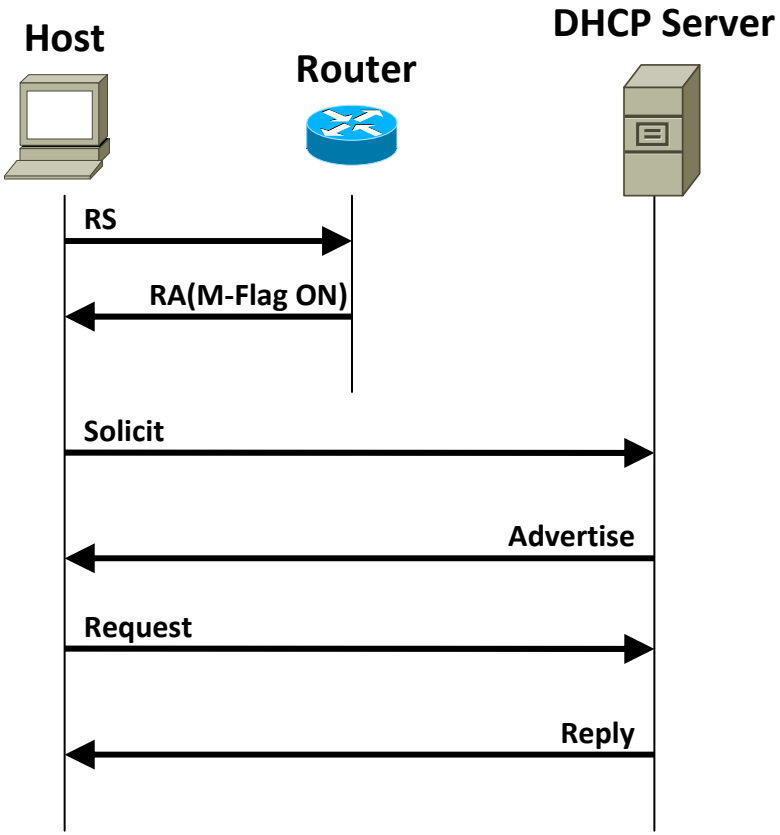
4-2-1. DHCPv6の種別

- Stateful DHCPv6
  - DHCP for IPv6 [RFC3315]
  - DHCPv4 と基本的に同じ
    - Default Gateway 情報は通知されないので RA にて取得
- Stateless DHCPv6
  - Stateless DHCP Service for IPv6 [RFC3736]
  - DNSサーバ情報などのIPv6アドレス以外の情報を通知
    - DHCPv6サーバはノードの状態を管理しない
- DHCPv6-PD
  - IPv6 Prefix Options for DHCPv6 [RFC3633]
  - 主に HGW の LAN側で使用する Prefix を通知する目的で使用
    - Prefix を取得した HGW は、RA または DHCPv6 を使用して再配布

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

4-2.DHCPv6

4-2-2. Stateful DHCPv6

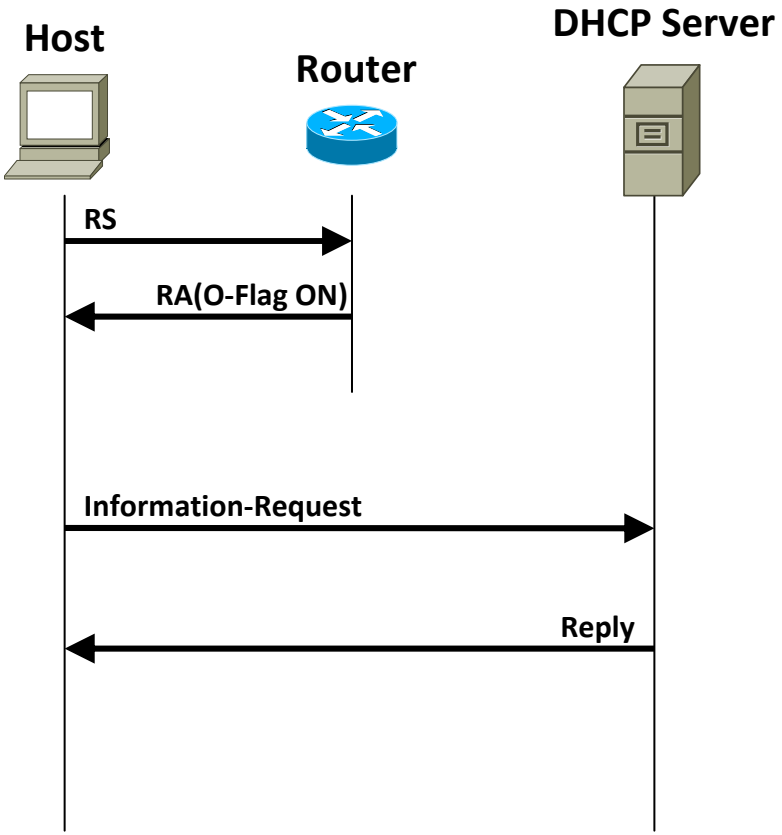


- DHCP Server にてIPアドレス等のHost情報管理が可能
- Host は、RA の M-Flag 受信により、DHCPv6 Client が動作
- Rapid Commit Option が有効な場合、Advertise、Request は省略される

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

4-2.DHCPv6

4-2-3. Stateless DHCPv6

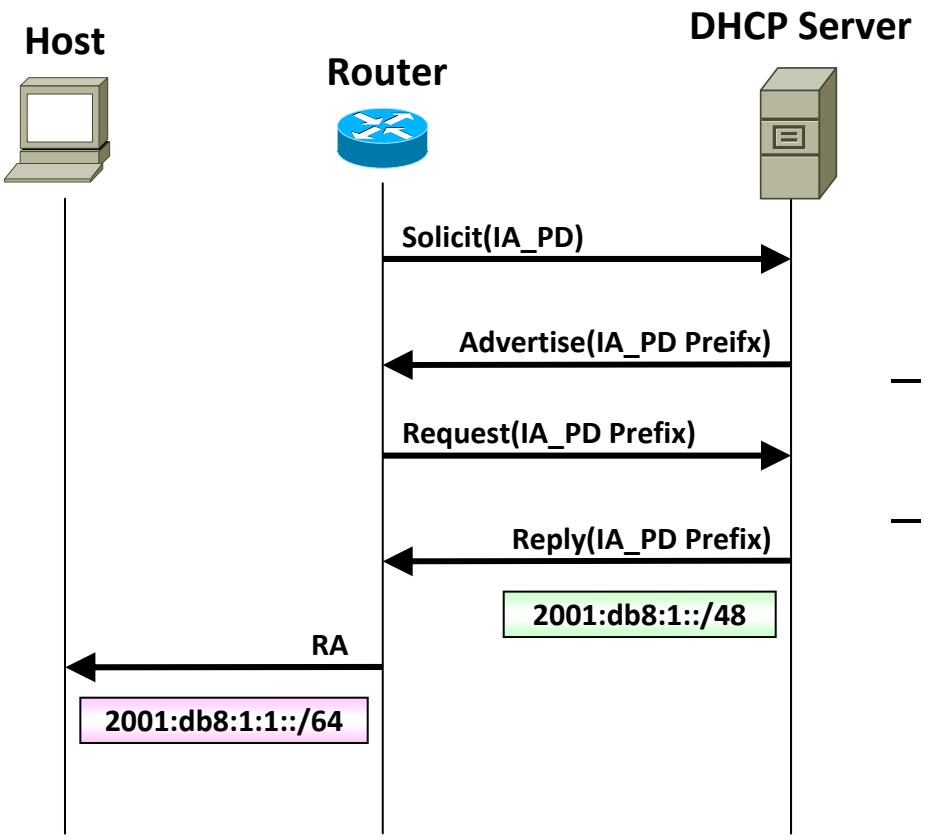


- DHCP Server はHost情報を管理しない（IPアドレス情報、リース管理など）
- Host は、RA の O-Flag 受信により、DHCPv6 Client が動作
- DNSサーバ、SIPサーバ、NTPサーバ等の設定情報を通知

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

4-2.DHCPv6

4-2-4. DHCPv6-PD



- 単一のアドレスではなく、Prefix を付与
- Prefix を取得した HGW等のRouter (DHCPv6-PD Client) は、RA や DHCP を使用して再配布

  例. /48を取得、先頭の/64をRAで通知

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

セッション3: Agenda

4. IPv6アドレス自動設定（続き）
5. IPv6アドレス設計のTips
    1. アドレス設計
    2. ICMPv6のフィルター
6. IPv6ルーティング概要

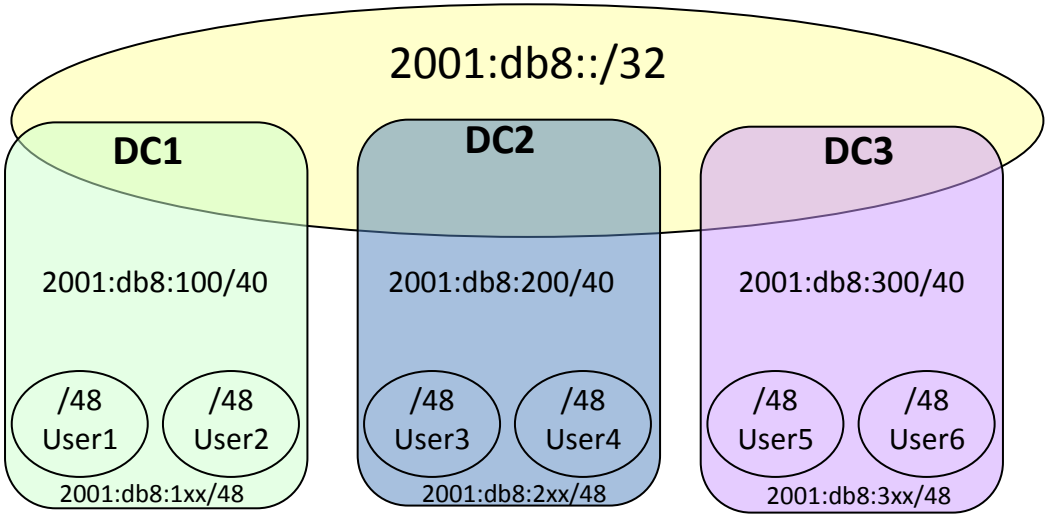
© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

5-1.IPv6設計Tips

5-1-1. IPv6アドレス設計

- 一般的なユーザに対しては/64～/48をアサイン
- ただ1つのサブネットが必要な場合には/64
  - Point-to-Pointリンクも/64でOK
    - 一部実装によっては空きアドレス宛のパケットがピンポンする場合があるので、その際にはフィルターが必要
- ただ1つのデバイスが接続する場合には/128

IPv6アドレッシング例



◆アドレスの分類方法

DCの他にもフロア、サービス、バックボーン、社内、・・といった分類も考えられる

ユーザのアドレスリナンバを許可するか否かといったポリシーも事前に決めておく

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

5-1.IPv6設計Tips

5-1-2. IPv6アドレス設計の工夫

- 経路集約を考えたアドレス設計が重要
  - 経路集約は4bit刻みが分かり易い
- 管理・運用性の高いアドレス設計
  - 主要なNW機器に対してはリンクローカルアドレスも手動で設定しておいた方がよい
- サブネットプレフィックス設定の工夫（参考）
  - グローバルとリンクローカルのアドレスを見易い形で同期させる
    2001:db8:0:100::1 ⇒ fe80::100:1
  - OSPFエリアと合わせる
    - Area 0 ⇒ 2001:db8:0::/40 , Area 3 ⇒ 2001:db8:300::/40
  - BGPのcommunityに合わせる
    - community 10 ⇒ 2001:db8:1000::/40

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

5-2.ICMPv6のフィルター

5-2-1. ICMPとICMPv6

- IPv4では
  - セキュリティ上の理由からICMPを通らないようにしている場合もある
- IPv6では
  - ICMPv6が通信上、重要な役割を果たすため、特定のICMPv6パケットを通過させることが重要
    - 終点到達不能（Destination Unreachable）（Type = 1）
    - パケット過大（Packet Too Big）（Type = 2）
    - 有効期間超過（Time Exceeded）（Type = 3）

- Recommendations for Filtering ICMPv6 Messages in Firewalls (RFC4890)

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

5-2.ICMPv6のフィルター

5-2-2. ICMPv6フィルタ時の影響

- フィルタによる影響
  - 終点到達不能（Destination Unreachable）
    - TCP等がタイムアウトするまで通信できないことがわからなくなる
    - IPv4へのフォールバックが遅くなる
  - パケット過大（Packet Too Big）
    - IPv6ではPMTU（次ページ参照）により経路途中でパケットの断片化を行なわないため、通信不安定・到達不可になる
  - 有効期限超過（Time Exceeded）
    - TCP等がタイムアウトするまで通信できないことがわからなくなる
    - Traceroute6の結果がわからなくなる

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

5-2.ICMPv6のフィルター

5-2-3. 許可すべきICMPv6(RFC4890の一部)

- **ICMP Error Message**
  - Destination Unreachable（type 1）
  - Packet Too Big（type 2）
  - Time Exceeded（type 3）
  - Parameter Problem（type 4）
- **ICMP Informational Message**
  - Echo Request（type 128）
  - Echo Reply（type 129）

※Traffic That Must Not Be Dropped として規定

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

セッション3: Agenda

4. IPv6アドレス自動設定（続き）
    1. 振り返り
    2. DHCPv6
5. IPv6設計のTips
6. IPv6ルーティング概要
    1. ルーティングプロトコル概要
    2. OSPFv3概要

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

6.IPv6ルーティング概要

6-1-1.ルーティングプロトコル

- IPv6動的ルーティング
  - IPv4と基本的な考え方は共通
  - IPv4とIPv6で並用可能（デュアルスタック）

	IPv4	IPv6
static	Static(IPv4)	Static(IPv6)
EGP	BGP4	BGP4+
IGP	OSPFv2 RIP(v2) EIGRP etc	OSPFv3 RIPng EIGRP for IPv6 etc

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

6-2.OSPFv3概要

6-2-1. OSPFv2(IPv4)とOSPFv3(IPv6)の比較

- 基本的な考え方は共通
  - リンクステート型のルーティングプロトコル
  - OSPF Hello / LSA(Link State Advertisement) / DRとBDR / Router ID
- リンクローカルアドレスを使用
  - OSPFパケットの始点アドレスはリンクローカルアドレス
  - リンクローカルアドレスがネクストホップ
- リンクごとで処理
  - OSPFv3ではネットワーク、サブネット、という用語はリンクに置き換えられている
- 認証フィールドの削除
  - IPv6プロトコルスタック上でIPSecを利用

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

6-2.OSPFv3概要

6-2-1. OSPFv3設定時の留意事項

- ルータID
  - ルータID（32bit）の設定が必要
- リンクローカルアドレス
  - ネクストホップがリンクローカルアドレスになる
  - Neighborのリンクローカルアドレスを全てFE80::1などとやるとルーティングテーブルの確認が困難になる可能性も
    - ただ出力I/Fも当然表示されるのでそれほど問題ではないかも
- リンクローカルマルチキャストアドレス
  - ff02::5 AllSPFRouters（全てのOSPFルータ）
  - ff02::6 ALLDRouters（全てのOSPF DR/BDR）
- 認証がIPSec
  - 機器によってはサポートしていない場合も
  - 異機種の相互接続時には確認必要

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

IPv4 EXHAUSTION

セッション4
ハンズオンへ

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

補足資料

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

TCPフォールバック問題（1）

補足資料

- 通信相手までのIPv6の接続性に問題がある環境（IPv6接続性にトラブルがある，閉域網のアドレスを利用している等）において発生する問題
  - フレッツ・ドットネット等のIPv6閉域網、企業内でのULA使用など
  - IPv6閉域網に接続されている IPv6端末から Internet上に存在する IPv6 対応WWWサーバ等にアクセスした場合に発生
    - www.kame.net
    - www.kokatsu.jp
    - www.v6pc.jp
    - www.ocnipv6.jp
    - ipv6.google.co.jp
    - etc

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

TCPフォールバック問題対応策（1）

補足資料

- ICMPv6 Type1（Destination Unreachable）
  Code 0（no route to destination）もしくは
  Code 3（address unreachable）を返す
  - OS標準の Firewall機能によって破棄されてしまう場合あり
  - 破棄されなかった場合でも ICMPエラーハンドリング上、
    soft error として扱われ、セッションは中止されない
    - Requirements for Internet Hosts -- Communication Layers [RFC1122]
      にて定義されている（IPv4前提）
    - 迅速にフォールバックする為の仕様
      TCP's Reaction to Soft Errors [RFC5461]

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

TCPフォールバック問題対応策（2）

補足資料

- IPv4通信を優先する
  - Default Address Selection for IPv6 [RFC3484] の Policy Table を使用する
    - 閉域網に接続している場合や、ULAを使用している場合にのみIPv6よりIPv4を優先するような設定をすることも可能
    - IPv4（::ffff:0:0/96）の Precedence を高くする
    - エンドユーザに設定させるのは困難
- IPv6 Default Route を通知しない
  - Default Router Preferences and More-Specific Routes [RFC4191] を使用する
    - RA では閉域網内の経路のみアナウンスし、Default Route をアナウンスしない
    - Windows Vista、Windows 7 では More-Specific Routes に対応しているが、Windows XP は未対応
    - Router における実装も多くない

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

TCPフォールバック問題対応策（3）

補足資料

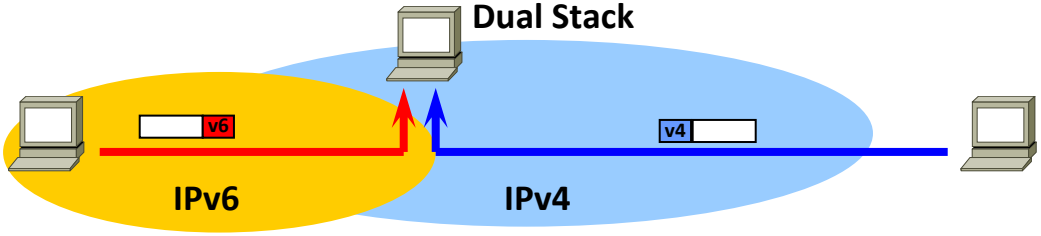
- その他のアプローチ
  - 閉域網内で TCP RST を応答する
  - 専用ツールのインストール

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

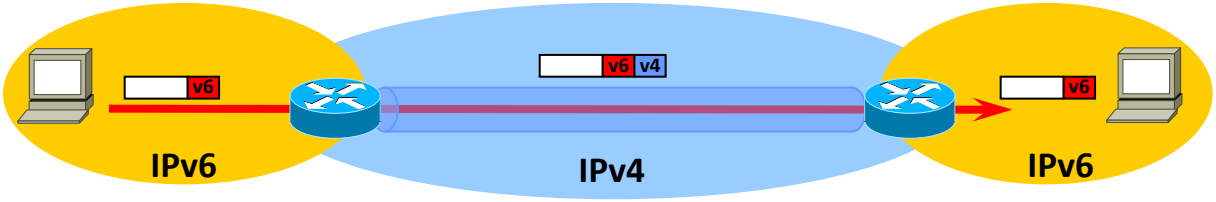
補足資料

移行技術

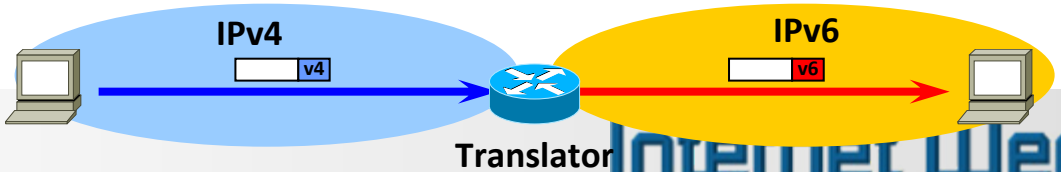
- デュアルスタック
  - IPv6 ノード、IPv4 ノードの両方と通信可能



- トンネリング
  - IPv6 ノードまたはサイト間でIPv4 ネットワークを経由して通信



- トランスレータ
  - IPv4 ノードと IPv6 ノード間の通信におけるプロトコル変換



© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.

補足資料

トンネル接続サービス

提供会社	サービス名称	技術	付与Prefix
NTT Communications	OCN IPv6	L2TP	/64
FreeBit	FB Feel6	DTCP	/48
HEXAGO	Freenet6	TSP	/48
Hurricane Electric	Free IPv6 Tunnel Broker	IP in IP	/64
IIJ	IPv6仮想アクセス	PPTP	/64

- **List of IPv6 tunnel brokers**
  - http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_IPv6_tunnel_brokers
- **OCN、IIJ、KDDI等から法人向けトンネル接続サービスあり**
  - **IP in IP 方式**

© Task Force on IPv4 Address Exhaustion, Japan ALL RIGHTS RESERVED.