

IP (Internet Protocol)

Version 6

- プロトコルと実装・運用現状 -

東京大学 (The University of Tokyo)
情報基盤センター (Information Technology Center)
江崎 浩 (Hiroshi Esaki)
hiroshi@wide.ad.jp

1

Where the Internet Goes ?

- Internet for Everything Everything over IP
- Internet for Everyone Everyone with IP
- Internet Everywhere/Anytime/Anyhow
 Everywhere and Anyhow to IP



“ IP is for Everyone “

Quantitative Scalability

 until Massive Scalability

Qualitative Scalability

 Heterogeneity

 (e.g., Bandwidth, QoS/CoS, Media, etc.,)

2

応用面からの「次世代インターネット」

- (1) 大規模化：膨大な端末数(内に外に)
 - コンピュータから、情報機器へ
 - 米国 先進国 世界 宇宙？
- (2) 高速化； 広がる転送速度の幅
 - 9.6Kbpsからマルチギガビット
- (5) QoS/CoS； 応用分野の拡大
 - 帯域、遅延、誤りへの要求
- (6)~(10) コミュニケーションモデルの変化
 - サービスロケーション (URL的接続性)
 - 据え置き機器 モバイル機器
 - マルチキャスト・エニーキャスト

3

背景

- ユーザ：誰でも
- なにを：何でも
- 場所：どこでも
- 目的：なんでも
- 非計算機利用者 - 非技術嗜好者
- 情報家電 - デジタル情報機器
- コミュニケーション
 - スケール，相互運用性

4

新しい適用分野，新しい要求

Internet for Everyone

- 研究目的 産業活動基盤、生活基盤
- B to B, B to C, C to C toward End-to-End

- プラグ&プレイ : IPv6
- モバイル : Mobile IP
- セキュリティ : IPSec
- リアルタイム : Diff-Serv, RSVP
- スケーラビリティ : DWDM, IPv6
- マルチホーム : IPv6
- マルチキャスト : PIM, MBGP
- 信頼性・運用性 : MPLS

5

問題

- インタネットの急激な成長
 - アドレスの枯渇，経路情報の爆発的な増加
 - 新しい適用分野，新しい要求
- 緊急の課題 - アドレスと経路
 - ☞ CIDR
- 抜本的な解決
 - ☞ 新しいIPプロトコル - IPv6

6

Internet大規模化への対応 「成功による犠牲者」

アドレスの枯渇への対処

IPv4での対処

Address Aggregation (含むアドレス付け替え)

CIDR (可変長ネットマスクの導入)

NAT/Masquerade

IPv6による根本的な解決

利用者数・ホスト数の増加(世界人口58億人)

IPv4 (32 bits) = 約43億

IPv6 (128 bits) = 2^{96} x IPv4 空間

7

IPv4の歴史

- 経路情報の増加を抑制 (80年代)
 - 1組織1クラスBアドレスの割り当て
- クラスBアドレスの枯渇 (90年代初頭)
 - 複数のクラスCアドレスの割り当て
 - クラスという概念の喪失
- 経路情報の急増
 - CIDR (アドレス + マスク)による経路情報の抑制
- IPv4 アドレス全体の枯渇
 - NAT エンドエンドモデルの崩壊
 - IPv6 エンドエンドモデルの維持

8

Why NAT is not good ?

- NAT は状態を持つ
 - 出口が 1 つに限られてしまう
 - NAT がリブートするとすべての通信が切れる
 - 一方向性通信 双方向性の消失
- IPv4 アドレスを埋め込むアプリケーション仕様は公開されていないことが多い
- IPsec と NAT は相性が悪い
 - IPv4 ヘッダを書き換える 認証ヘッダは困る
 - NAT はポートも書き換え
暗号ペイロードの中のポートは見えない⁹

Why IPv6 is good ?

- 結局 NAT では
 - アドレスは増えない
 - 経路情報も減らない
- Security : IPv6 + IPsec + Filtering
 - 双方向性
 - ホーム・ネットワーク
 - 複数のコネクションを必要とする通信
 - 一方向性はパケット・フィルタリングで可能
- グローバル空間の拡大
 - 自動車、携帯電話、家電機器

10

インターネットの基本原則

- End-to-End アーキテクチャモデル
- 自由な開発(development)・展開(Deployment)
 - Applications
 - Business model
 - **NOBODY KNOWS WHAT WILL HAPPEN!**
- 展開(Deployment)
 - Running Codeと迅速性

11

守るべきもの

- NAT, Proxy は Ad Hocな解決
- グローバルアドレスの使用
 - IP Version 6 (128 bits アドレス)
- Intermediate Proxyは新ビジネスを阻害する
- Transparent firewall と エンドホストでのセキュリティー機能の実現
 - セキュリティーは結局エンドエンド

12

IPv6の基本仕様

IPng 選定の経緯
IPv6 の特徴
フォーマット

13

IPng と IPv6

- IP Next Generation
- IPngのベースとしてSIPP16を決定
 - 1994年7月のIETFトロント会議
 - IPv6 - IP バージョン6
- 目標
 - これからのインターネット成長に追従
 - 新しい要求, 市場への対応
 - 移行性

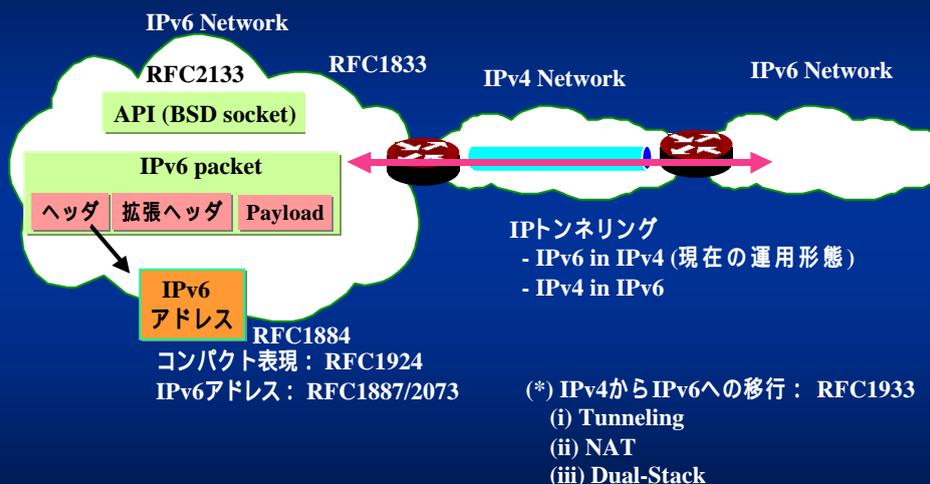
14

IPngの候補と選定

- 3つの候補
 - CATNIP(Common Architecture for the Internet)
 - 理想的だが未完成
 - SIPP(Simple Internet Protocol Plus)
 - 64ビットアドレスでは不十分
 - TUBA(TCP/UDP over CLNP-Addressed Network)
 - 従来技術との整合性に疑問
- 128ビットにアドレスを拡張したSIPP16が採択
 - IPv6 ... IP バージョン 6

15

Address of IPv6 (IP version 6)



16

IPv6のIPv4との違い

- アドレス空間の拡大
 - 32ビット 128ビット
 - アドレスハイアラキ
 - 各種タイプ(Multi-Protocol)
- ヘッダフォーマットの簡略化
 - 拡張ヘッダ,オプション
 - 統一した形式,処理が単純
 - 経路上での処理を少なく

17

IPv6のIPv4との違い - つづき

- 単純化,処理高速化への対応
 - 8バイトアライメント
 - IPチェックサムなし
 - TTL(Time to Live)からHop Limitへ
 - 経路上での細分化なし
- オプションと機能の拡張性
 - 柔軟性,拡張性のあるオプション形式

18

IPv4との違い - つづき

- フローラベル機能の導入
 - パケットのラベルづけ
 - 非標準のQOS, 実時間サービス
- 認証, プライバシ機能の導入
 - 認証機構, 改ざん防止機構
 - 機密機構
 - End2Endでの実現

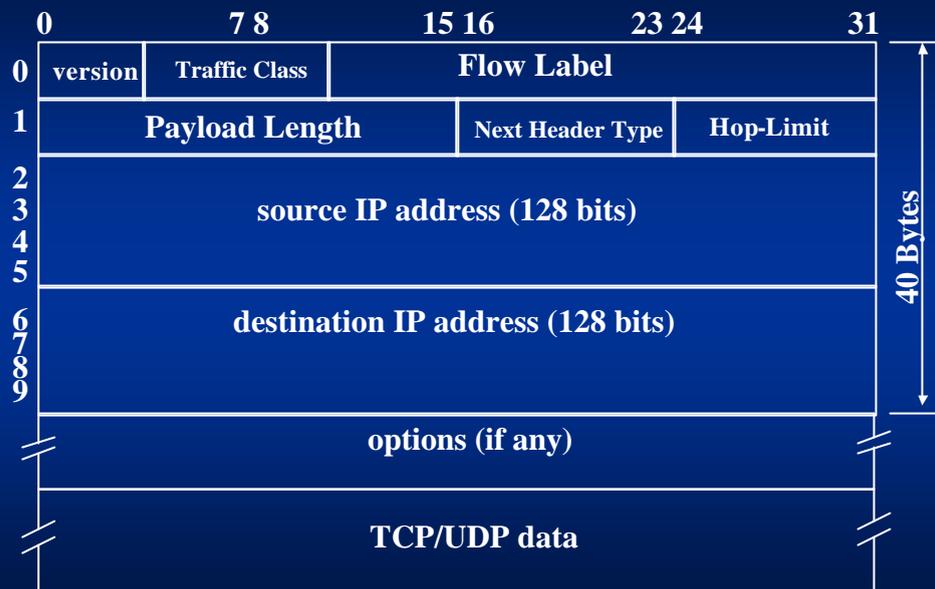
19

128ビットの広さ

- IPv4
 - 2^{32}
 - = 4,294,967,296
 - = 4.3×10^9
- IPv6
 - 2^{128}
 - = 340,282,366,920,938,463,374,607,431,768,211,456
 - = 3.4×10^{38}

20

IP version 6 (IPv6) 基本Header Format



IPv6ヘッダフォーマット

- Version - 版番号6
- Traffic Class - トラフィッククラス(e.g., Diff-Serve用、ECN用)
- Flow Label - フローラベル
- Payload Length - ペイロード長(オクテット単位)
- Next Header - 続くヘッダのタイプ . RFC1700で規定
- Hop Limit - ルータを通過するごとに1減 . 0で破棄
- Source Address - 発信元アドレス
- Destination Address - 宛先アドレス

22

IPv4ヘッダからの違い

- アドレス 32ビットから 128ビットへ
- フラグメンテーションは拡張ヘッダへ
- チェックサムは廃止
- ヘッダ長はペイロード長に
- TTL は Hop Limit (中継ホスト数限界) へ
- Protocol は Next Headerへ
- TOSは Traffic Class へ

23

IPv6パケット



*) すべての中継点で処理

**) 終点でのみ処理

24

拡張ヘッダ

- 順序の推奨
 - 処理の効率化を期待
 - 違う順序でも処理できなければいけない
- すべてのノードで処理すべきものと分離
 - ホップ・バイ・ホップ・オプション, 終点オプション
 - 処理の効率化
- 処理できないヘッダはICMPでエラー返送
- 拡張ヘッダの長さは8オクテットの整数倍

25

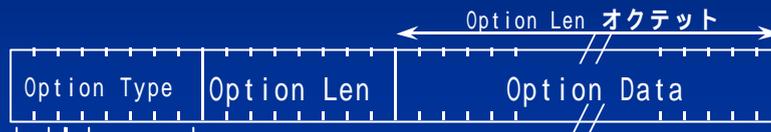
IPv6拡張ヘッダのチェーン



26

TLV形式の可変長オプションの形式

- TLV(Type-Length-Value)エンコード
- 適切なアライメントを要求



オプション種別

- 0 - オプションデータは途中で変更しない
- 1 - オプションデータは途中で途中で変更

00-パケットを破棄せず、次のヘッダへ

01-パケットを破棄

10-破棄し、ICMPエラーを発信元へ

11-破棄し、マルチキャストでない場合ICMPエラー発信元へ

27

パスMTU発見プロトコル

- 動的にパスMTUを発見
 - 最初のリンクのMTUを初期値
 - ICMPの Too Big Message を受けると小さく
 - 適当な周期(たとえば10分)で再調査
- マルチキャストの場合
 - 複数経路上の最小のパスMTUを用いる

28

アドレス

体系

ユニキャストアドレス
マルチキャストアドレス
NDP , DNS

29

128ビットアドレスの文字列表現

- 8つの16進数値を“: (コロン)”で区切る

```
3ffe: 0501: 0008: 1234: 0260: 97ff: fe40: efab  
ff02: 0000: 0000: 0000: 0000: 0000: 0000: 0001
```

- 連続する 0 の省略(1ヶ所のみ)

```
FF01:0:0:0:0:0:0:43    FF01::43  
0:0:0:0:0:0:FF01:9123  ::FF01:9123
```

- IPv4形式と混合

```
0:0:0:0:0:0:13.1.68.3  (::13.1.68.3)  
0:0:0:0:0:FFFF:129.144.52.38  
(::FFFF:129.144.52.38)
```

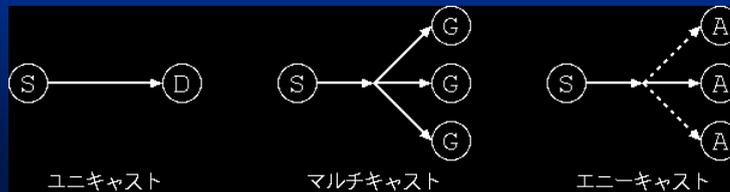
- 困った問題

```
http://[3ffe:501:8:1234:260:97ff:fe40:efab]/foo/
```

30

IPv6のアドレス

- ユニキャスト (Unicast) アドレス
 - 一つのインタフェースを識別
- エニキャスト (Anycast) アドレス
 - グループのうち経路上一番近いインタフェースに配送
- マルチキャスト (Multicast) アドレス
 - グループのすべてのインタフェースに配送



31

IPv6のアドレスモデル

- ノードのインタフェースに割り当てられる
 - アドレスは一つのインタフェースを特定
 - インタフェースに複数のアドレス割り当て可
- 例外
 - 複数物理インタフェースに一つのアドレス
 - たとえば負荷分散のため
 - シリアルラインにアドレスを割り当てない

32

Address Type

- 先頭ビット, FP(Format Prefix)で種別を指定

| 目的 | プレフィックス | 占有空間 |
|--|-----------|-------|
| Reserved (e.g., IPv4 capsulate) | 0000 0000 | 1/256 |
| Unassigned | 0000 0001 | 1/256 |
| Reserved for NSAP Allocation | 0000 001 | 1/128 |
| Reserved for IPX Allocation | 0000 010 | 1/128 |
| Unassigned | 0000 011 | 1/128 |
| Unassigned | 0000 1 | 1/32 |
| Unassigned | 0001 | 1/16 |
| Aggregatable Global Address | 001 | 1/8 |
| Provider-base Aggregatable Global Addresses | 010 | 1/8 |
| - IANA | 0101 0000 | 1/256 |
| - RIPE-NCC | 0100 1000 | 1/256 |
| - Internic | 0101 1000 | 1/256 |
| - APNIC | 0100 0100 | 1/256 |

33

Address Type (Cont')

| 目的 | プレフィックス | 占有空間 |
|-----------------------------|--------------|--------|
| Test Address | 0101 1111 | 1/256 |
| Unassigned | 011 | 1/8 |
| Geographical Address Assign | 100 | 1/8 |
| Unassigned | 101 | 1/8 |
| Unassigned | 110 | 1/8 |
| Unassigned | 1110 | 1/16 |
| Unassigned | 1111 0 | 1/32 |
| Unassigned | 1111 10 | 1/64 |
| Unassigned | 1111 110 | 1/128 |
| Unassigned | 1111 1110 0 | 1/512 |
| Link Local Use Addresses | 1111 1110 10 | 1/1024 |
| Site Local Use Addresses | 1111 1110 11 | 1/1024 |
| Multicast Addresses | 1111 1111 | 1/256 |

34

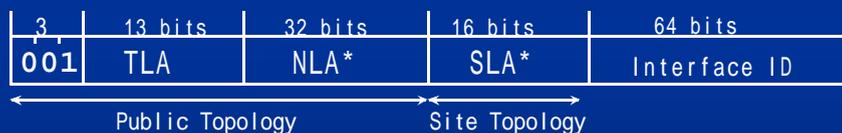
ユニキャスト・アドレス

- プリフィックスの最大長マッチで経路を決定
 - CIDRと同様 (variable length net-id, supernetting)
- 階層的に割り当て , 経路の決定
- 割り当てフォーム
 - Aggregatable global unicast address
 - NSAP,IPXアドレス
 - site-local-use
 - link-local-use
 - IPv4-capable address

35

集成可能なユニキャストアドレス

- Aggregatable Global Unicast Address
 - 従来のProvider Based Address に代わるもの
- トポロジに依存した階層アドレス



- TLA: Top-Level Aggregator
- NLA*: Next-Level Aggregator(s)
- SLA*: Site-Level Aggregator(s)

36

TLA: Top-Level Aggregator

- $2^{13} = 8,192$
- Default-freeで、すべてのTLAの経路情報を持つ
- TLAの割り当て
 - IANA レジストリ プロバイダ
 - IANA プロバイダ

37

TLAの割り当て条件

- as BCP(Best Current Practice) -

- 割り当てから6ヶ月以内にIPv6のサービスを開始
- 他のプロバイダにトランジット
 - リーフでない
- NLAアドレス割り当てを行う
- 他のすべてのTLAと通信できる
 - フィルタしてはいけない
- 利用統計情報の収集と報告

38

インタフェース識別子

- 64ビットのホストのインタフェースを識別
 - IEEEの64ビット識別子EUI-64を利用
 - 24ビット: company_id (登録)
 - 40ビット: extension identifier
- 802アドレス(48bit)からEUI-64へのマッピング
 - FFFEを挿入

34-56-78-9A-BC-DE 34-56-78-FF-FE-9A-BC-DE

39

IPv4組み込み IPv6 アドレス

- IPv4互換IPv6アドレス
 - IPv4/IPv6ノードが持つIPv4アドレス

| | | |
|---------------|------|--------------|
| 80 bits | 16 | 32 bits |
| 0000.....0000 | 0000 | IPv4 address |

- IPv4マapped IPv6アドレス
 - IPv4オンリノードの持つIPv4アドレス

| | | |
|---------------|------|--------------|
| 80 bits | 16 | 32 bits |
| 0000.....0000 | FFFF | IPv4 address |

40

ローカルなユニキャストアドレス

- Local-use IPv6 Unicast Addresses
- プライベートアドレスの一般化
 - リンク内のノード管理
 - NDP, DHCP, ...
 - インタネット未接続サイト/組織むけ
 - プリフィックスの置き換えることで外部接続

41

ローカルなユニキャストアドレス

- リンクローカル
 - 同一リンク内でのローカルアドレス

| | | |
|------------|----------------|--------------|
| 10 bits | 56 bits | 64 bits |
| 1111111010 | 00000.....0000 | interface Id |

- サイトローカル
 - 同一サイト内でのローカルアドレス

| | | | |
|------------|----------|-----------|--------------|
| 10 bits | 38 bits | 16 bits | 64 bits |
| 1111111011 | 00000..0 | Subnet ID | interface Id |

42

特別なユニキャストアドレス

- 未指定アドレス (unspecified address)
 - 0:0:0:0:0:0:0:0
 - いかなるノードにも割り当てられない
 - 初期化前のIPv6ノードの始点アドレスでのみ利用
- ループバックアドレス
 - 0:0:0:0:0:0:0:1
 - IPv6データを自分自身に送るときのみ利用

43

マルチキャストアドレス

- 複数のインタフェースを識別



44

定義済みマルチキャスト・アドレス

FF00:0:0:0:0:0:0:0 予約
FF01:0:0:0:0:0:0:0 予約
:
FF0F:0:0:0:0:0:0:0 予約
FF01:0:0:0:0:0:0:1 ノード内のすべてのIPv6ノード
FF02:0:0:0:0:0:0:1 リンク内のすべてのIPv6ノード
FF01:0:0:0:0:0:0:2 ノード内のすべてのIPルータ
FF02:0:0:0:0:0:0:2 リンク内のすべてのIPルータ
FF02:0:0:0:0:0:0:C DHCP サーバ/リレーエージェント
FF02:0:0:0:0:0:1:x:x 要請ノードアドレス

45

ノードの持つアドレス

- 各インタフェースごとのリンクローカルアドレス
- 割り当てられたユニキャストアドレス
- ループバックアドレス
- 全ノードマルチキャストアドレス
- 要請ノードマルチキャストアドレス
- ノードの属するその他のマルチキャストアドレス

46

ルータの持つアドレス

- 各インタフェースごとのリンクローカルアドレス
- 割り当てられたユニキャストアドレス
- ループバックアドレス
- 接続されているリンクのサブネット・ルータ・エニキャストアドレス
- 設定されたエニキャストアドレス
- 全ノード・全ルータマルチキャストアドレス
- 要請マルチキャストアドレス
- ルータの属するその他のマルチキャストアドレス

47

アドレス(Unicast)の具体的な割り当て

- p-TLA : pseudo TLA
 - 6bone によるテスト環境
 - 42 国が参加



- s-TLA : sub TLA
 - ARIN/RIPE/APNIC が割り当てを開始



48



APNICのIPv6アドレスの割り当て方法案

49

アドレス(Multicast)の具体的な割り当て

- 4ビットのスコープ
 - 1 ノードローカル・スコープ
 - 2 リンクローカル・スコープ
 - 5 サイトローカル・スコープ
 - 8 組織ローカル・スコープ
 - e グローバル・スコープ
- 32 ビットのグループ識別子
 - 0000:0000 ~ feff:ffff まで
 - 例
 - ff01::1 (ノードローカル全ノード)
 - ff02::1 (リンクローカル全ノード)
 - ff02::2 (リンクローカル全ルータ)

50

ユニキャストアドレスの問題

- Aggrigatable Global Address は , 現実的な妥協
- Aggrigatable Global Address の課題
 - Multihomeの問題
 - Provider の変更の問題
 - GSE (= 8+8 ?)

51

GSE

- Global, Site, End-system

| | | | |
|-------------------|-----|----------------------------|--|
| 8 bytes | | 8 bytes | |
| RG (Routing Goop) | STP | ESD(End System Designator) | |

- システムIDとロケーションの分離
 - ESDでシステムを識別, e.g. TCPのコネクション
 - RGを境界ルータで書き換え
- IETF WGでは , 理解えられず

52

NDP

- Neighbor Discovery Protocol
 - ICMPの一部として実装
 - ARPの機能を含む
 - 隣接ノード：同一リンクに接続されたノード
- データリンク層アドレス解決
- ネットワークパラメータの検索
 - ルータがサーバ, ホストがクライアント
 - これに基づいてホストは自アドレスを自動設定
- 隣接ルータ発見
 - ルータの周期的な情報の広告を利用

53

NDPの機能一覧

- Router Discovery
- Prefix Discovery
- Parameter Discovery
- Address Autoconfiguration
- Address Resolution
- Next-Hop determination
- Neighbor Unreachability Detection
- Duplicate Address Detection
- Redirect

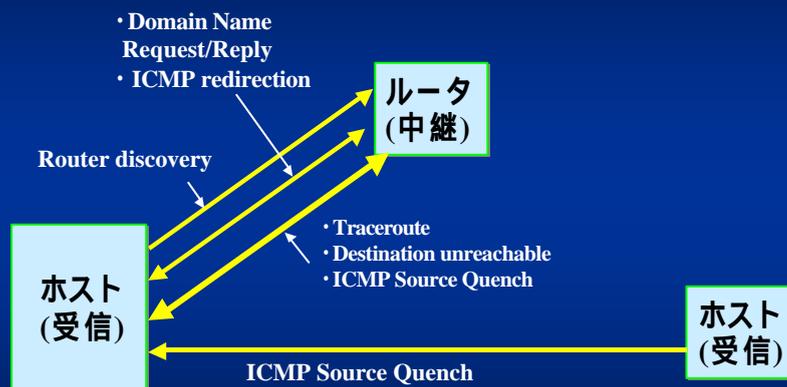
54

ICMP/IGMP

- ICMP; Internet Control and Management Protocol
 - IPの管理・制御
 - ICMPを利用した重要なアプリケーション
 - (i) ping
 - (ii) traceroute
 - (iii) Router_Discovery
- IGMP; Internet Group Management Protocol
 - マルチキャストメンバーの管理

55

ICMP



56

DHCP

- Dynamic Host Configuration Protocol
- DHCPサーバ - 構成情報の管理
 - アドレスの自動割り当て
 - ホストがネットワーク接続するうえで必要な情報の問い合わせに応答
 - DNSとの連携 ... 動的DNS
 - アドレスとホスト名との対応を動的に
 - ステートレス方式とステートフル方式

57

DNS

- Domain Name System
- IPアドレスとドメイン名の対応づけをおこなう分散データベース
- IPv6のためのレコードを追加
 - AAAAレコード ... 正引き(名前 IPアドレス)
 - IP6.INTドメイン ... 逆引き

```
4321:0:1:2:3:4:567:89ab
```

```
b.a.9.8.7.6.5.0.4.0.0.0.3.0.0.0.2.  
0.0.0.1.0.0.0.0.0.0.0.1.2.3.4.IP6.INT.
```

58

経路制御

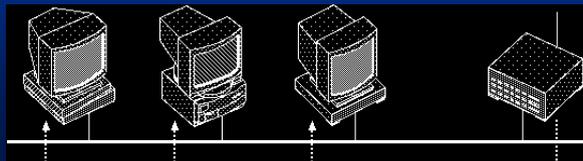
- CIDR
- 従来の経路情報プロトコルの拡張
 - RIPv6, OSPFv6, BGP
 - アドレスの拡張
 - クラスレス
- 柔軟性のあるソースルート
- 隣接ノードの発見
 - Neighbor Discovery Protocol

59

経路制御

- デフォルト経路とプレフィックス -

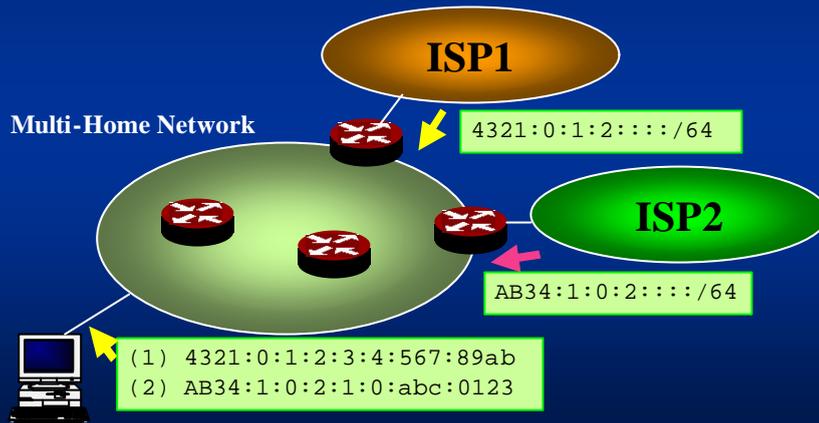
- ルータ通知 (Router Advertisement)
 - 定期的なアナウンス (to ff02::1)
 - ルータ要請 (to ff02::2) への反応
 - デフォルト経路、プレフィックス、etc...
- グローバル・アドレスの生成
 - プレフィックス+インターフェイス識別
 - (例) 3ffe:501:8:1234:260:97ff:fe40:efab



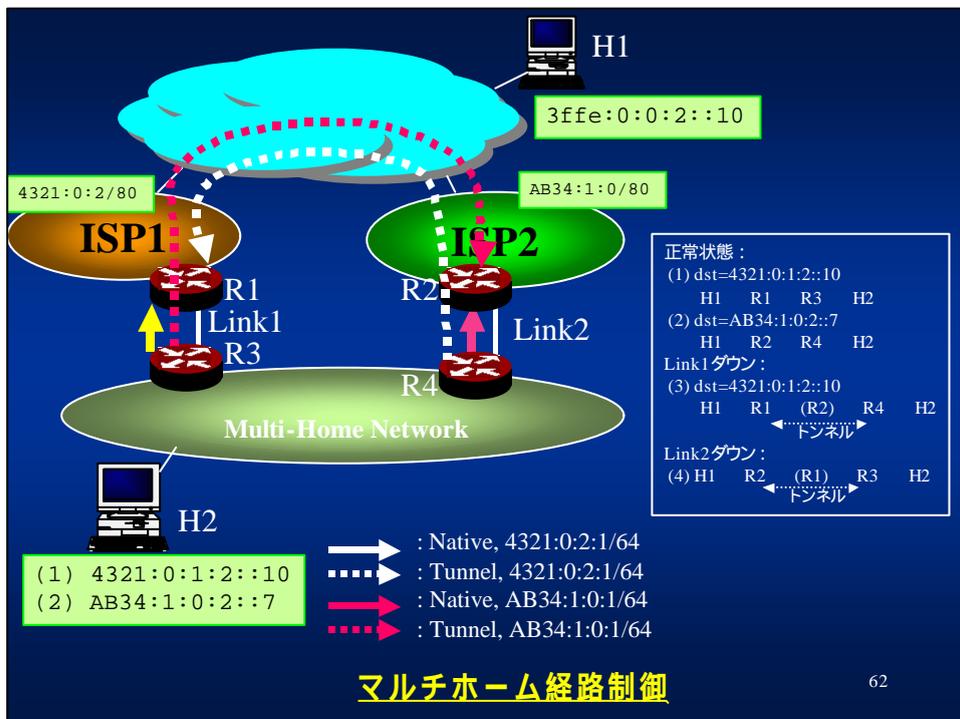
60

複数のIPアドレスの割り当て - マルチホームへの対応 -

- マルチホームホスト/ネットワークへの対応



61



マルチホーム経路制御

62

セキュリティ

目標

- セキュリティを不要のユーザに影響を与えない
- 機構はアルゴリズムに独立であり、取り替え可能であること
- 標準のデフォルトアルゴリズムを指定
 - keyed MD5, DES CBC, ...
- 3つの要求を充足
 - 認証
 - 改ざん防止
 - 機密保護

2つのセキュリティメカニズム

- 認証と暗号化の分離
 - 独立した要求
 - 暗号輸出問題
- AH - Authentication Header
 - 認証と完全性を提供
- ESP - Encapsulating Security Payload
 - 認証と完全性と機密性を保証

65

鍵管理

- IPv6コアの範囲外
 - 上位プロトコルまたは人手で配布
 - 新しい方式の可能性
- 要求
 - 人手による設定
 - 同一ノード間で複数のアソシエーションの設定が可能
 - ユーザオリエンテッド, ホストオリエンテッドな設定が可能なこと
 - マルチキャスト鍵配布

66

移行

67

IPv4からIPv6への移行

- 検討項目
 - IPv4 と IPv6 アドレスの割り当ての方法
 - ホストやルータのアップグレードや展開
 - IPv6 アドレスレコードタイプをサポートする、
 - DNS サーバの展開の方法
 - 個々のインターネットサイトの IPv6 への移行のためのオペレーション計画
 - Internet 全体の IPv6 への移行のためのオペレーション計画

68

IPv4からIPv6への移行

- 要求
 - IPv6ノードへのアップグレードは現存するIPv4ノードとは独立に行える
 - IPv4とIPv6の混在環境
 - 現存するIPv4アドレスは、IPv6でも利用可能

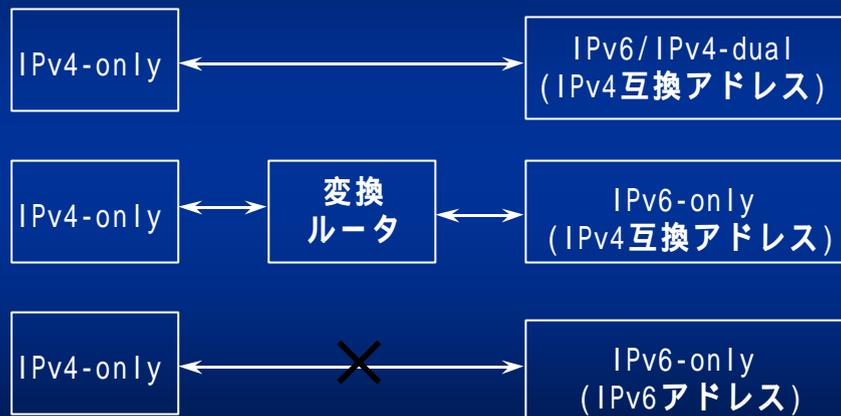
69

移行のストーリー

- 現在
 - IPv4オンリノードのみ
- 初期
 - IPv4/v6デュアルノード
 - IPv6アドレスフォーマットのIPv4アドレス
 - IPv4ネットワーク上でのIPv6のトンネリング
- 後期
 - IPv6インフラとIPv4インフラの混在
 - IPv4/v6の相互変換(オプション)
 - IPv6ノードの展開

70

IPv4ノードとIPv6ノードの通信



71

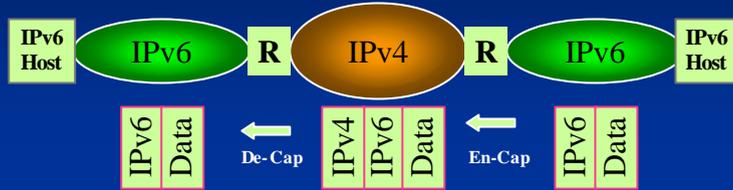
IPv4システムとIPv6システムの相互接続

1. IPv6ホストとIPv4ホストは通信しない。
 - トンネリング
 - (a) IPv4でIPv6をトンネル
 - (b) IPv6でIPv4をトンネル
2. IPv6ホストとIPv4ホストが通信する。
 - NAT
 - SOCKS

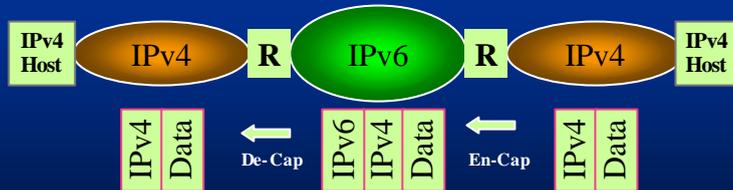
72

トンネリングによる接続

- IPv6パケットがIPv4ネットワークを經由して通信



- IPv4パケットがIPv6ネットワークを經由して通信



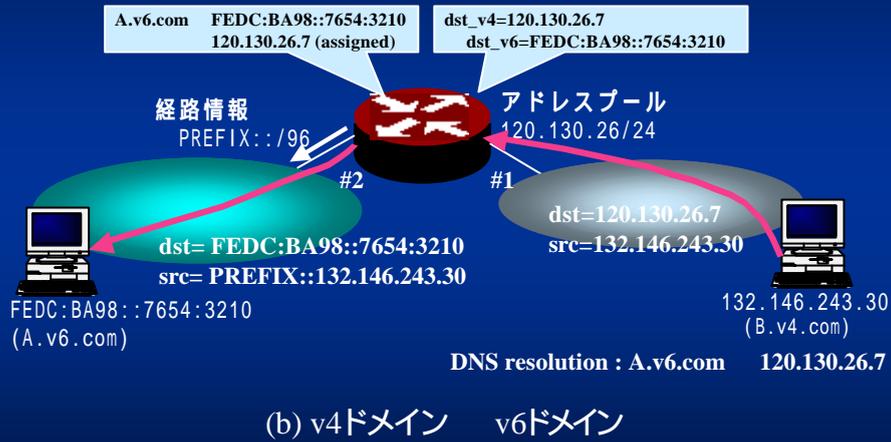
73

NATによるIPv6/IPv4の相互接続

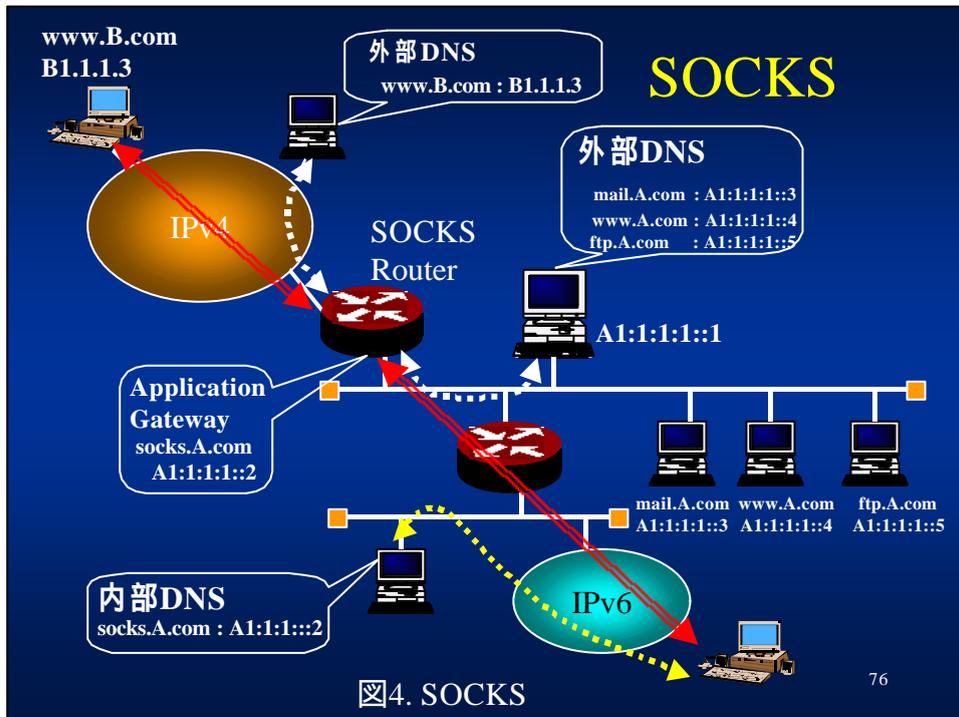


74

NATによるIPv6/IPv4の相互接続



75



76

IPv6システムの現状

77

IPv6システムの現状

- (1) 開発状況
- (2) 運用状況
- (3) アドレス割り当て状況
- (4) 国際的協調推進活動

78

(1) IPv6の現状

- 基本的な機能は決定
 - RFC1883 - IPv6 Specification
 - RFC1884 - IPv6 Addressing Architecture
 - RFC1885 - ICMPv6
 - RFC1886 - DNSv6
 - :
- 検討中の多くの機能
 - アドレス割り当て, 経路制御
 - セキュリティアルゴリズム, 鍵管理
 - 実時間処理
 - :

79

IPv6の実装 相互接続検証

- すでに多くの実装
 - [HTTP://playground.sun.com/pub/ipng](http://playground.sun.com/pub/ipng)
 - 国内の実装(by WIDE) : KAME統合化実装
<http://www.kame.net>
 - 国際3つの実装(NRL, INRIA, KAME)の統合化
- 相互接続実験
 - ニューハンブシャ大学
 - TAHIプロジェクト(横河電機、YDC、WIDE)

80

Functional Integration into KAME

by WIDE Project

- **Routing Protocol**
 - Multicast : PIM-SM & PIM-DM
 - Unicast : OPSF for IPv6
- **QoS/CoS Control**
 - Diff-Serv Integration with ALTQ(Sony-CSL)
 - BB(Bandwidth Broker) with COPS
- **Mobile IP**
- **IPv6/v4 Internetworking**
 - NAT (Hitachi, KAME)
 - SOCKS (Fujitsu, NEC, KAME)
- **Label Switch (MPLS)**
 - Integrate IPv6, PIM, Diff-Serve and BB

81

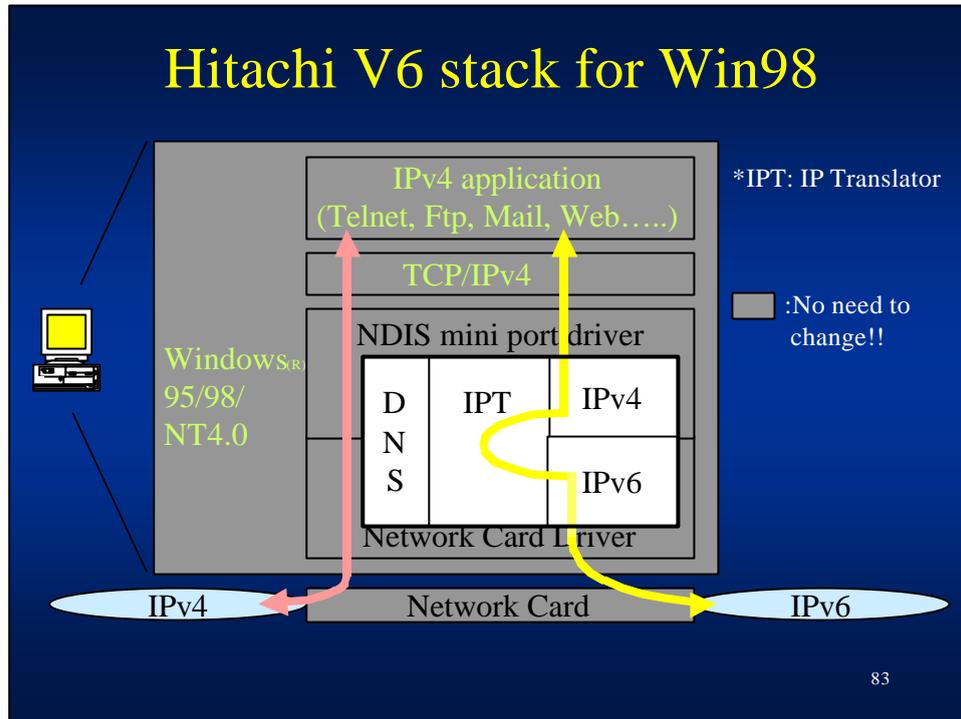
IPv6システムの現状

- 開発状況 -

- エンドホストへの実装
 - (1) Microsoft Windows
 - Bump-In-The-Stack by 日立製作所
 - Windows 2000
 - (2) Apple MAC OS 9
 - (3) UNIX with KAME Stack
 - Free-BSD, BSDI, NetBSD, BSD/OS
 - (4) Solaris
- ルータへの実装
 - (1) 海外ベンダー : cisco, Nortel, Telebit, etc.,
 - (2) 国内ベンダー : 日立、NEC、富士通、etc

82

Hitachi V6 stack for Win98



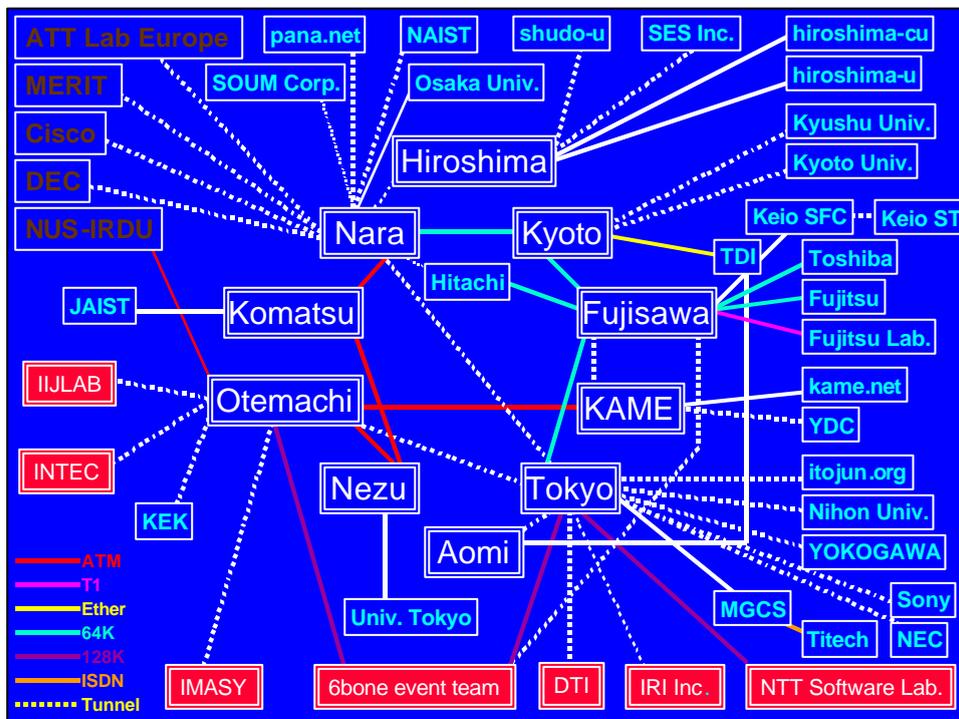
(2) 6boneの運用と展開

- Experimental Network
 - Production Quality Network
- pTLA(Experimental)
 - s-TLA(商用アドレス)への移行
- 6bone Routing Registry
- IX for IPv6
 - 6TAP
 - NSPIXP6 (1999年9月),

(2) 6boneの運用と展開

- Research Network
 - 6REN(IPv6 Research and Educational Network)
- Industries
 - v6フォーラムの設立
 - IPv6サービス
 - IJ (1999年9月)

85



最後に

- IPv6の流れはもう止められない
 - アドレスの枯渇の解消
 - 容易なアドレス割り当て, 構成管理
 - セキュリティ, モバイル, ...
- 実績とスムーズな移行手順の確立が急務
- IPv6の移行はいつか?
 - 6REN Initiative, v6フォーラム、商用サービス

87

参考文献

[参考文献]

- IPv6, 佐野晋(日本電気), Networld+Interop96
チュートリアル資料, 1996年
- RFC事典, ASCII出版
- 村井純, 電子情報通信学会全国大会資料,
1998年10月

88