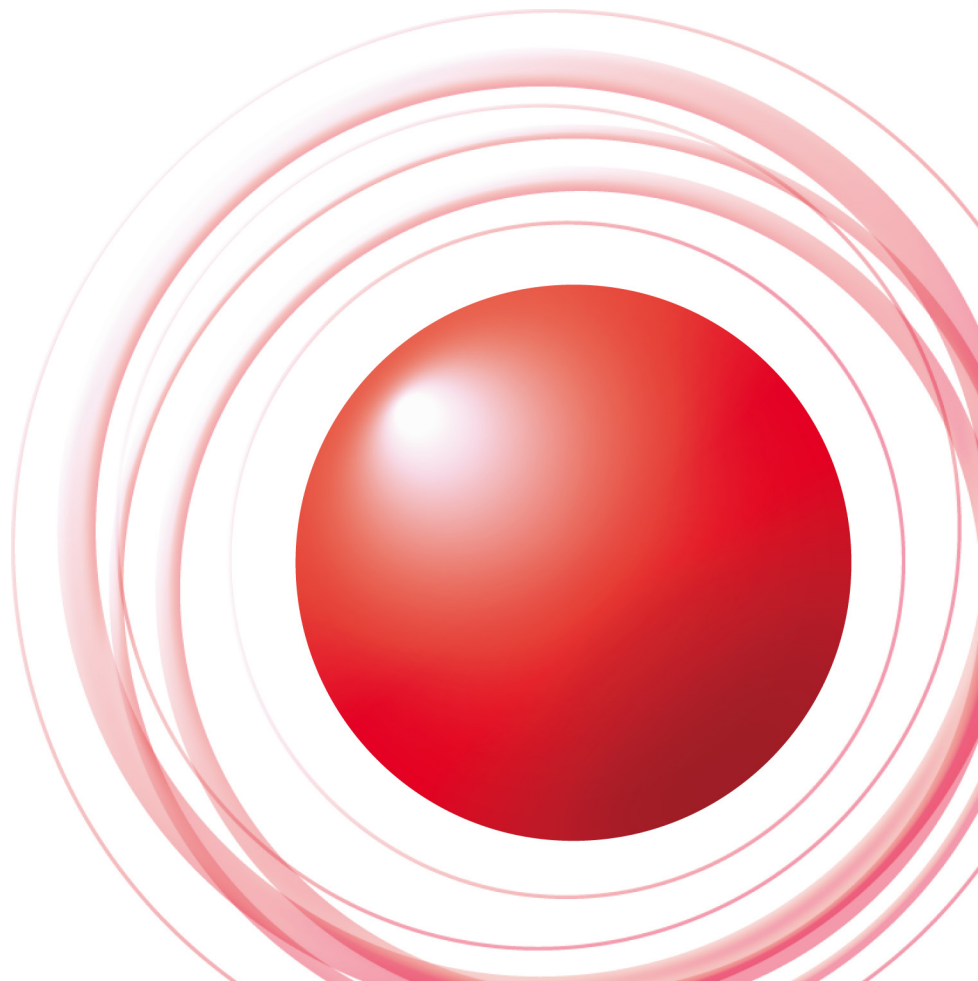


Hello IPv6, Goodbye IPv4へのいばらの道 ～社内ネットワーク運用者から見たIPv6運用の実例～



株式会社インターネットイニシアティブ

Ongoing Innovation

自己紹介

- **氏名**：井内 悠(イウチ ユウ)

- **職歴**

2015年 4月 株式会社インターネットイニシアティブ(IIJ) 入社

6月 管理本部 事業基盤システム部 情報システム課 配属

2018年 1月 管理本部 事業基盤システム部 関西情報システム室 異動

- **主な業務内容**

- IIJ社内/グループ会社共用ネットワークの設計・構築・運用
- 一部グループ会社のネットワーク運用を兼務
- その他社内の基幹システム専用ネットワークの構築・運用など

- **普段使用しているネットワーク機器**

- CISCO
- SEIL/X1(アプライアンス)
- SEIL/X86(仮想マシン)

目次

- IJ社内ネットワークのIPv6構成の変遷
- 各観点から見たIPv6対応の経験談
 - 設計
 - 調達
 - 構築
 - 運用
- Hello IPv6に向けて

IIJ社内ネットワークのIPv6構成の変遷

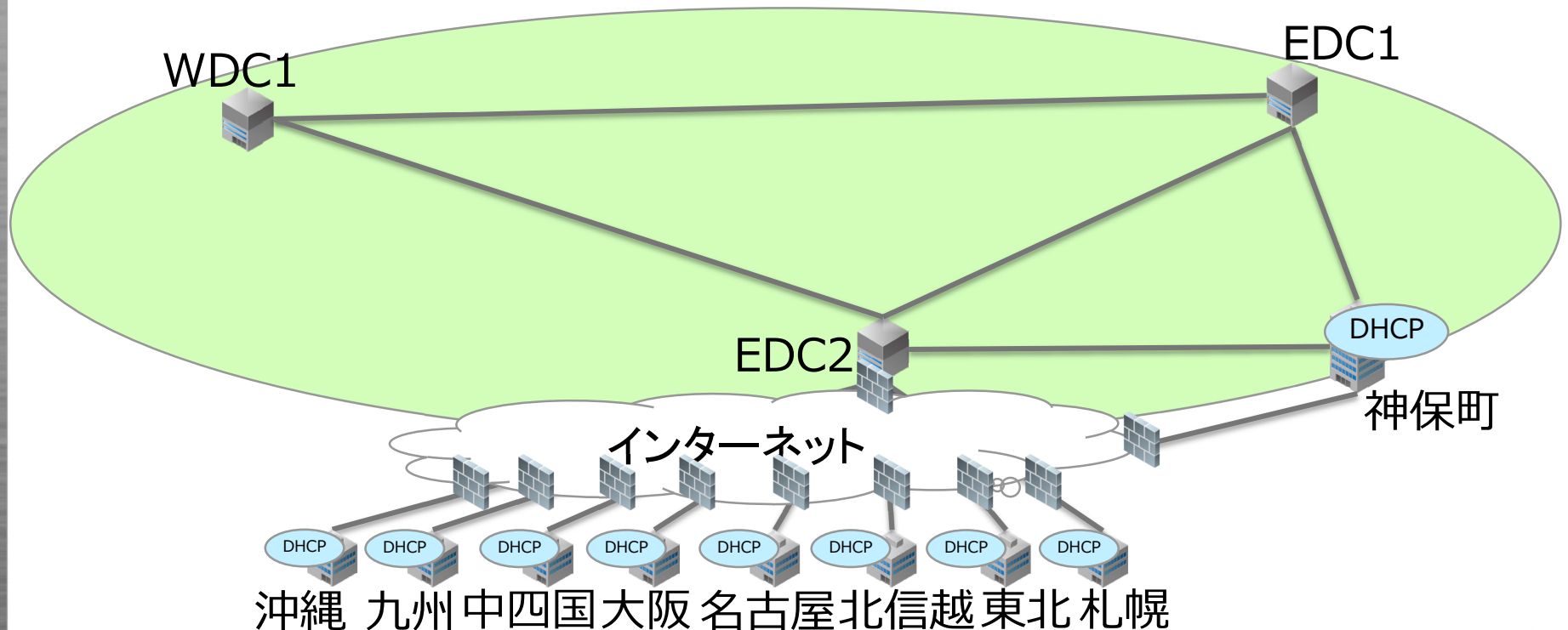
社内ネットワークにおけるIPv6対応年表

1998頃	IPv6社内利用開始
2000年	一部技術部門のみにIPv6を提供
2003年	本社内ネットワークにIPv6を提供
2004年	IPv4/IPv6 Dual stack運用開始
2008年	インフラサーバのIPv6対応 DHCPv6サーバ整備
2010年	部署による社内ネットワーク運用開始
2013年	インターネットGWを東京・大阪DCに移設 IPv6アドレスのリナンバ(**1e->**68,69)
2014年	本社内ネットワークにIPv6 snoopingを導入
2015年～	地方拠点をIPv4/IPv6 Dual stackへ移行

ネットワーク構成の変遷 (1)

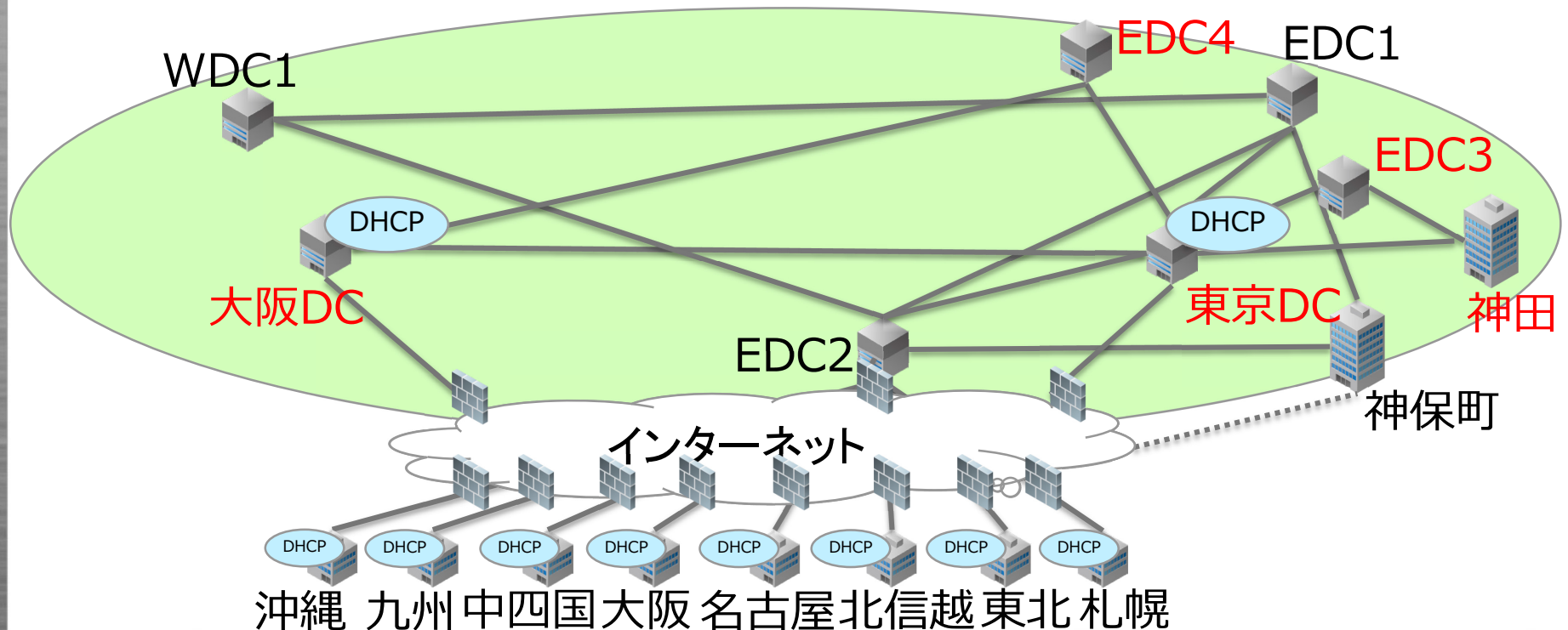
- 2010年 大規模な組織変更
 - 情報システム課が設立、ネットワーク運用巻き取り開始
 - 神保町内でステートフル(DHCPv6)対応開始

EDC : 関東
WDC : 関西



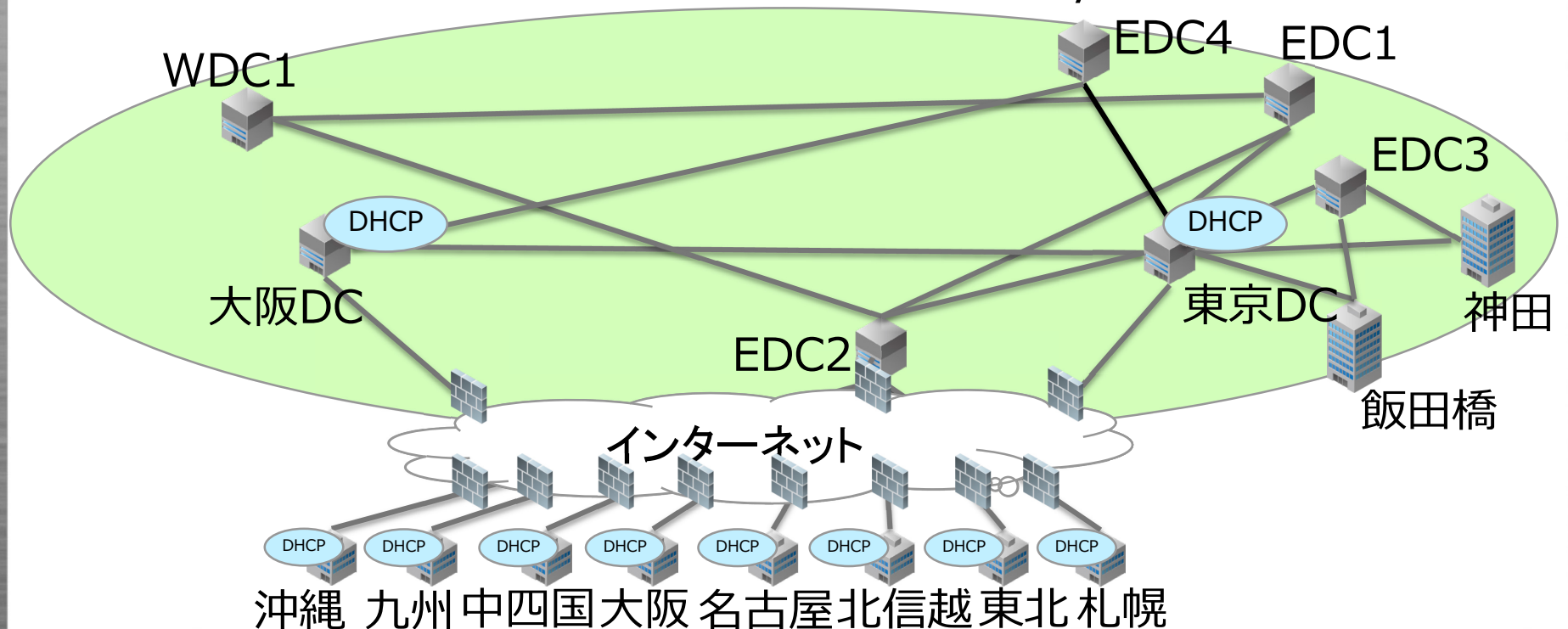
ネットワーク構成の変遷 (2)

- 2013年 東阪2拠点体制として東京DC/大阪DCを活用
 - インターネットGWを移設
 - DHCP含むインフラ設備を移設



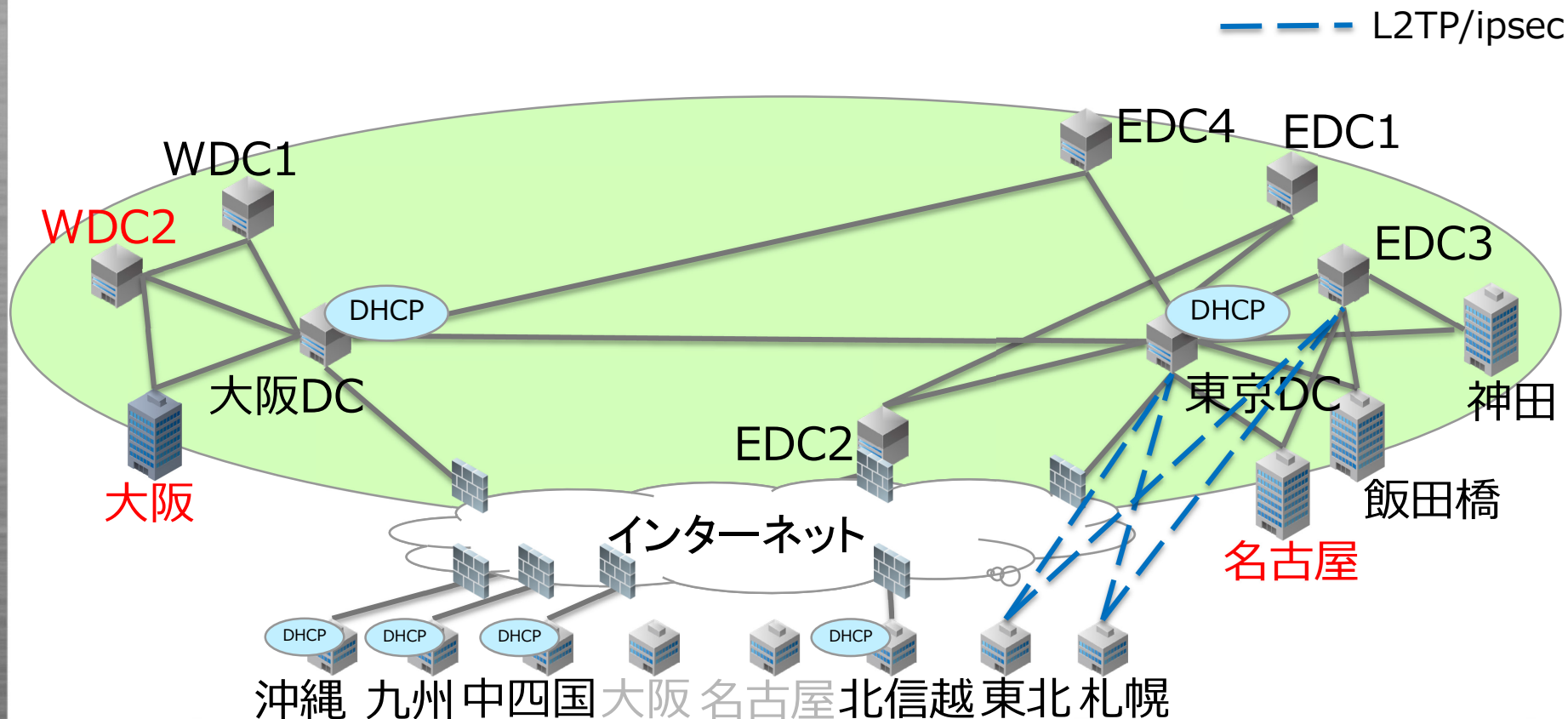
ネットワーク構成の変遷 (3)

- 2014年 神保町から飯田橋に本社移転
 - 東京DC にIPv6 over IPv4のゲートウェイを設置
 - IPv6アドレスをリナンバ
 - 2001:****:**1e:8000::/49
 - => 関東 2001:****:**68:8000::/49
 - 関西 2001:****:**69:8000::/49



ネットワーク構成の変遷 (4)

- 2015年～ IPv6 over IPv4 => IPv4/v6 Dual stackへ
 - 大阪・名古屋をバックボーンDCと接続
 - 東北・札幌をL2TP/ipsec VPNで接続



各観点から見たIPv6対応の経験談

設計

調達

構築

運用

IPv4/IPv6 Dual stack環境のセグメント払い出し(1)

- セグメントの払い出し方
 1. 規模に応じて拠点に対し割当
 2. 割り当てたセグメントを用途に応じて分割
 3. デバイスごとにユニキャストアドレスを割当

※v6はリンクローカルの場合も有

IP	払い出し元	拠点割当	分割セグメント	ユニキャストアドレス
v4	10.x.0.0/16	/18~23	/21~30	全ての箇所に割当
v6	2001:****:**68::/49 2001:****:**69::/49	/52~56	/56, /60, /64	必要な箇所だけ割当

IPv4/IPv6 Dual stack環境のセグメント払い出し(2)

● 例1 (データセンター)

- ・ネットワークIP : 2001: [REDACTED] 69:a000::/52
- ・サイト場所 : [REDACTED] DC
- ・割当日付 : 2017/04/17

- ・セグメント名 : [REDACTED] DCセグメント
- ・管理区分 : 社内
- ・責任者 : [REDACTED]

サブIPv6ネットワーク一覧

ネットワークIPv6	セグメント名	サイト場所	ネットワークIPv4
2001: [REDACTED] 69:a000::/54	[REDACTED] DC	[REDACTED] DC	10.166.224.0/19
2001: [REDACTED] 69:a000::/56	NW機器用	[REDACTED] DC	10.166.224.0/24
2001: [REDACTED] 69:a000::/64	officeGW loopback	[REDACTED] DC	10.166.224.0/30
2001: [REDACTED] 69:a002::/64	オフィス-サービス設備境界セグメント	[REDACTED] DC	10.166.224.56/29
2001: [REDACTED] 69:a003::/64	[REDACTED] データセンタ サーバ管理アドレス(iLO)	[REDACTED] DC	10.166.229.0/24
2001: [REDACTED] 69:a004::/64	[REDACTED] DC オフィスNW [REDACTED]	[REDACTED] DC	10.166.233.0/24
2001: [REDACTED] 69:a005::/64	Prd Mgmt Seg [REDACTED]	[REDACTED] DC	10.166.234.0/25
2001: [REDACTED] 69:a100::/60	プロジェクト境界セグメント用	[REDACTED] DC	10.166.231.0/24
2001: [REDACTED] 69:a100::/64	[REDACTED] 環境 境界セグメント	[REDACTED] DC	10.166.231.0/29
2001: [REDACTED] 69:a200::/56	[REDACTED] INT#1 - #3	[REDACTED] DC	10.166.240.0/20

IPv4/IPv6 Dual stack環境のセグメント払い出し(3)

● 例2 (地方拠点)

- ・ネットワークIP : 2001: [redacted] 68:b000::/52
- ・サイト場所 : -
- ・割当日付 : 2014/06/19

- ・セグメント名 : 支社
- ・管理区分 : 社内/サービス
- ・責任者 : [redacted]

サブIPv6ネットワーク一覧

ネットワークIPv6	セグメント名	サイト場所	ネットワークIPv4
2001: [redacted] 68:b500::/56	[redacted] 支社(新セグメント)	[redacted] 支社	10.200.16.0/21
2001: [redacted] 68:b500::/64	officeGW loopback	[redacted] 支社	10.200.16.0/30
2001: [redacted] 68:b502::/64	業務用セグメント	[redacted] 支社	10.200.20.0/23
2001: [redacted] 68:b503::/64	[redacted] サーバセグメント	[redacted] 支社	10.200.19.0/28
2001: [redacted] 68:b600::/56	[redacted] 支店 [redacted]	[redacted] 支店	10.200.220.0/23
2001: [redacted] 68:b600::/64	officeGW loopback	[redacted] 支店	10.200.220.0/30
2001: [redacted] 68:b602::/64	業務用セグメント	[redacted] 支店	10.200.220.128/25

IPv4/IPv6 Dual stack環境のセグメント払い出し(3)

- v6アドレスを払い出すときのポイント

- v4とv6で末尾の値を揃えて置く

10.131.128.25 ⇔ 2001:****:68:c001::25 or 19

・ネットワークIPv4 : 10.131.128.24/29

・セグメント名 : ██████████

・VLAN場所 : -

・管理区分 : BIRD

・用途 : ██████████

・ネットワークIPv6 : 2001:██████68:c001::/64

・サイト場所 : ████████

・VLAN番号 :

・割当日付 : 2019/10/07

・責任者 : ████████

サブIPv4ネットワーク一覧

IPv4アドレス	IPv6アドレス	ホスト名	用途	処理区分	更新日
10.131.128.24					
10.131.128.25	2001:██████68:c001::25	██████████	██████████	割当済み	2019/10/09
10.131.128.26	2001:██████68:c001::26	██████████	██████████	割当済み	2019/10/09
10.131.128.27	2001:██████68:c001::27	██████████	██████████	割当済み	2019/10/09
10.131.128.28	2001:██████68:c001::28	██████████	██████████	割当済み	2019/10/07
10.131.128.29	2001:██████68:c001::29	██████████	██████████	割当済み	2019/10/07
10.131.128.30	2001:██████68:c001::30	██████████	██████████	割当済み	2019/10/07
10.131.128.31					

IPv4/IPv6 Dual stack環境のセグメント払い出し(4)

- v6アドレスを払い出すときのポイント
 - リンクローカルアドレスでなるべく済みます

・ネットワークIPv4 : 10.200.220.16/28
 ・セグメント名 : 境界セグメント
 ・VLAN場所 : XXXXXXXXXX
 ・管理区分 : BIRD
 ・用途 : 境界セグメント

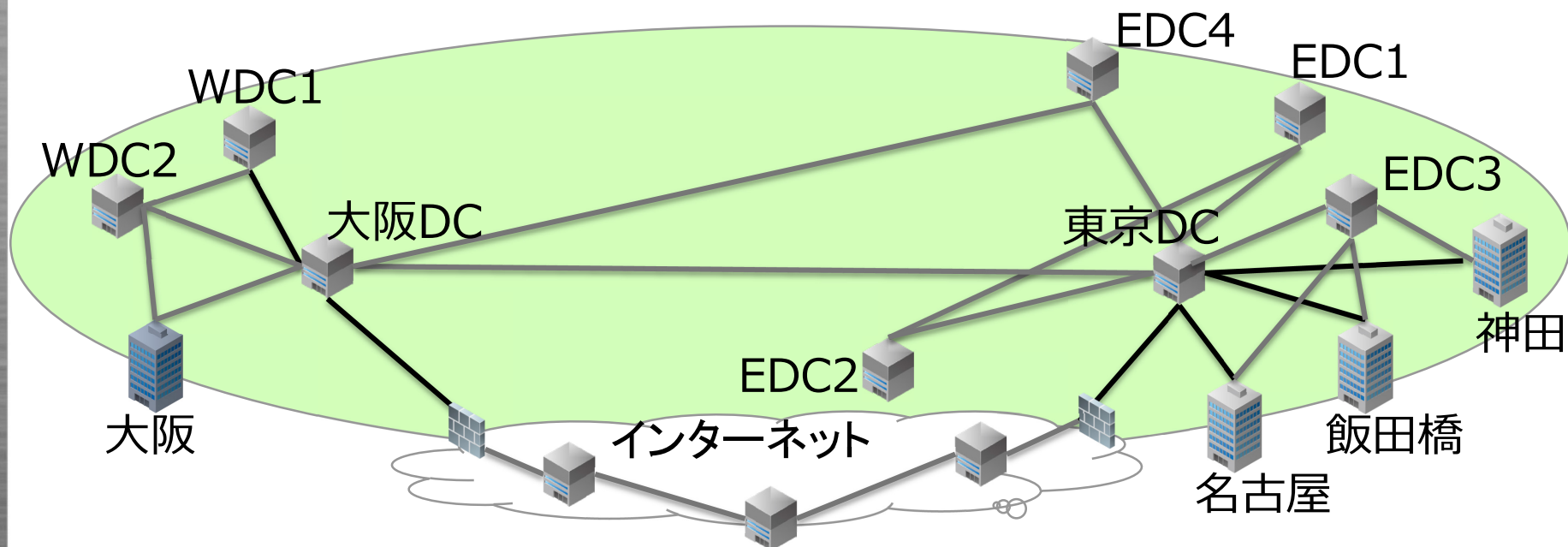
・ネットワークIPv6 : -
 ・サイト場所 : XXXXXXXXXX
 ・VLAN番号 : XXXXXXXXXX
 ・割当日付 : 2019/05/15
 ・責任者 : XXXXXXXXXX

サブIPv4ネットワーク一覧

IPv4アドレス	IPv6アドレス	ホスト名	用途	処理区分
10.200.220.16				
10.200.220.17	fe80::17	: L3SW-A VIP		割当済み
10.200.220.18	fe80::18	L3SW-A01		割当済み
10.200.220.19	fe80::19	L3SW-A02		割当済み
10.200.220.20	fe80::20	: L3SW-B VIP		割当済み
10.200.220.21	fe80::21	L3SW-B01		割当済み
10.200.220.22	fe80::22	L3SW-B02		割当済み
10.200.220.23				

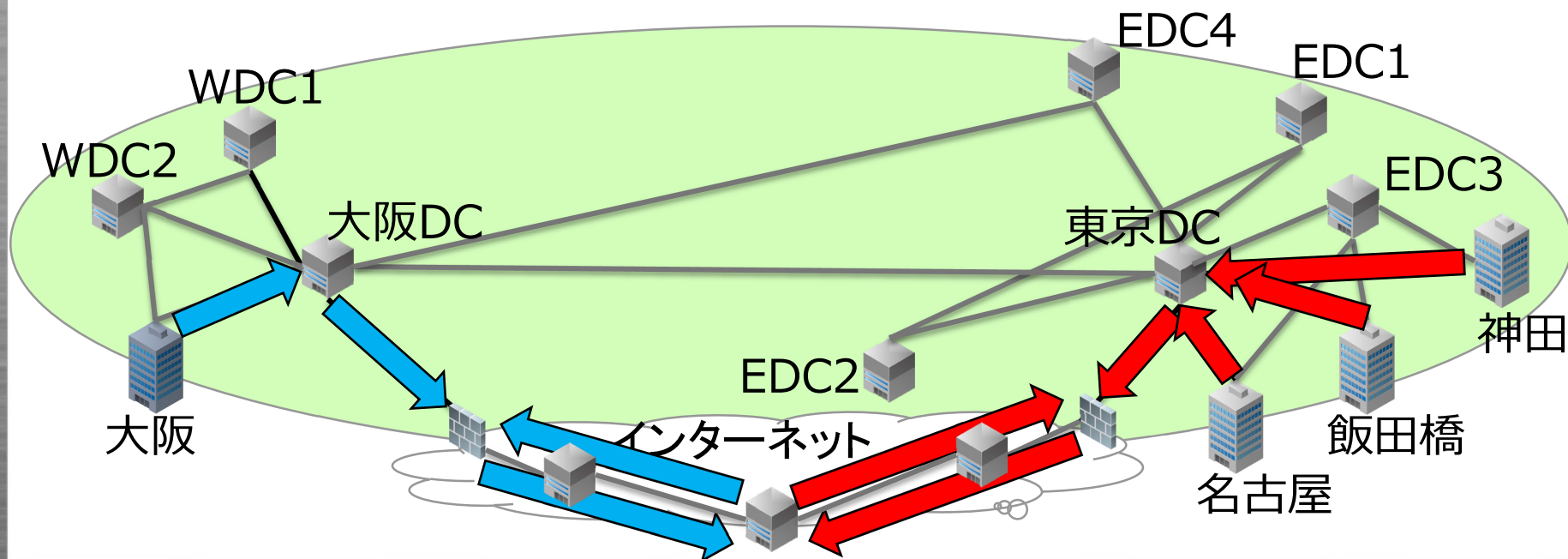
冗長構成とNAT(IPv4)

- 冗長構成 (IPv4の場合)
 - 10.0.0.0/8 を 東京DC/大阪DC でNAT
 - 東京DC or 大阪DC 障害時は全通信が片方に寄る



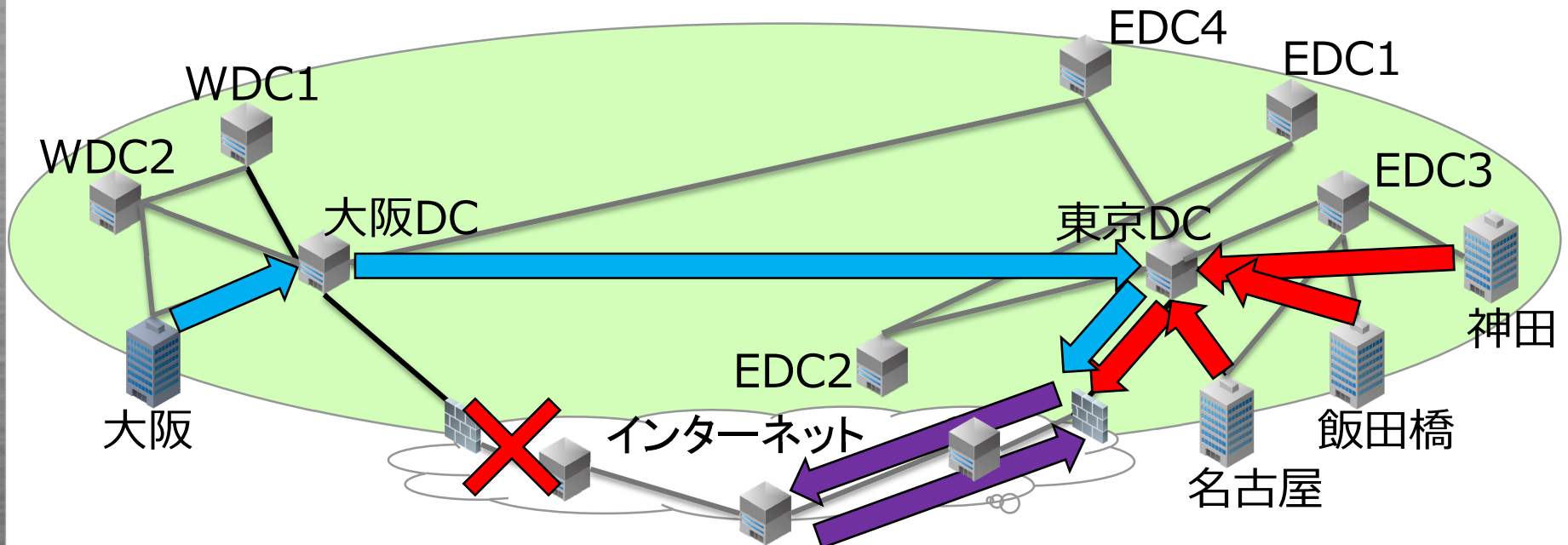
冗長構成とNAT(IPv4)

- 冗長構成 (IPv4の場合)
 - 10.0.0.0/8 を 東京DC/大阪DC でNAT
 - 東京DC or 大阪DC 障害時は全通信が片方に寄る
- NATによって出口アドレスの変化を考慮する必要が無い



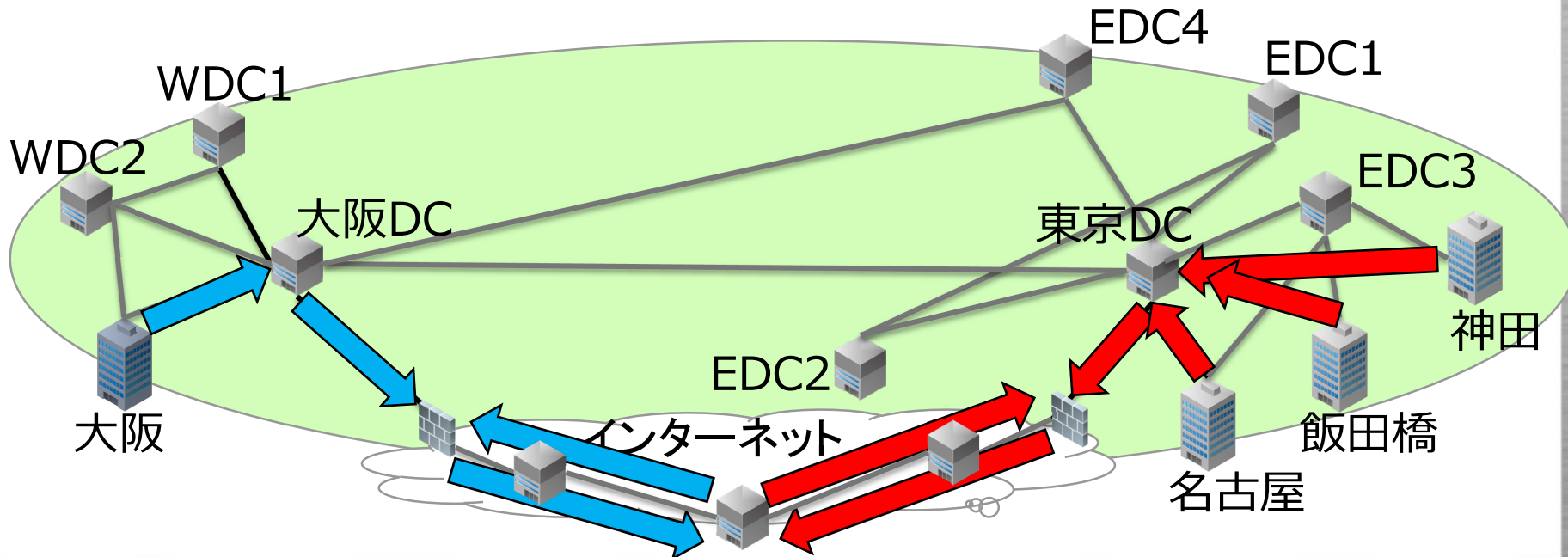
冗長構成とNAT(IPv4)

- 冗長構成 (IPv4の場合)
 - 10.0.0.0/8 を 東京DC/大阪DC でNAT
 - 東京DC or 大阪DC 障害時は全通信が片方に寄る
- NATによって出口アドレスの変化を考慮する必要が無い



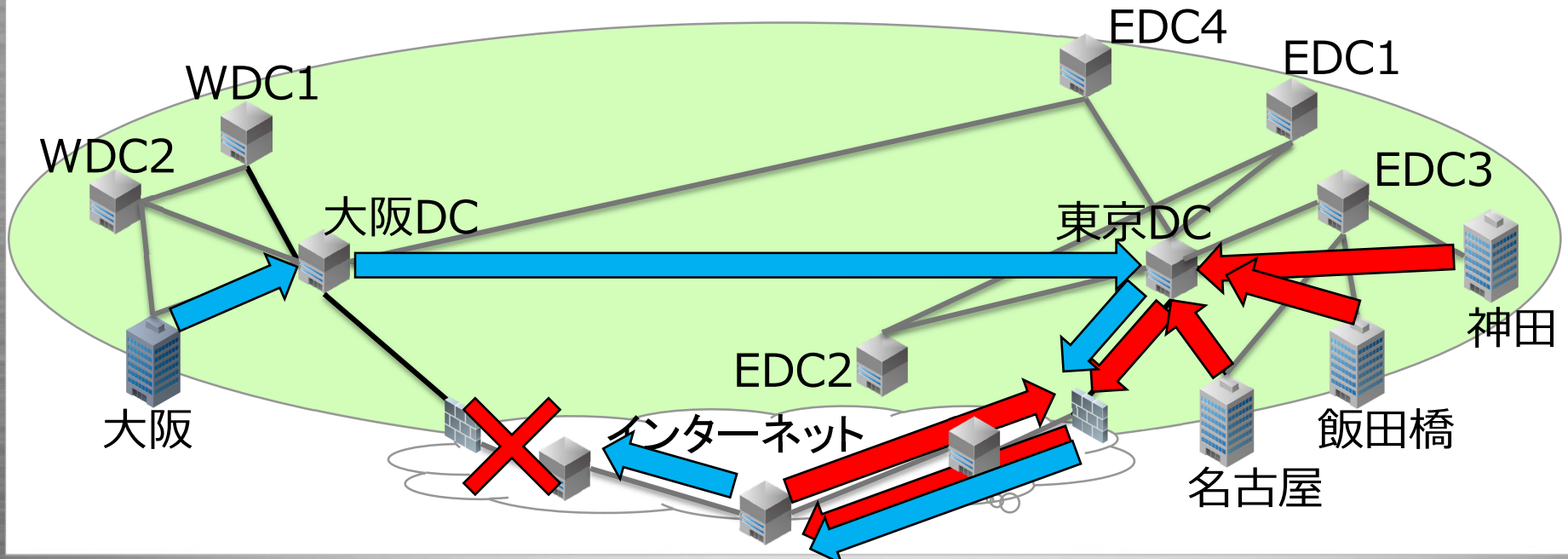
冗長構成とNAT(IPv6)

- 冗長構成 (IPv6の場合)
 - 関東 : 2001:****:**68:8000::/49
 - 関西 : 2001:****:**69:8000::/49
 - 東京DC or 大阪DC 障害時は全通信が片方に寄る
 - NATはない
- NATが無いので戻りのルーティングの考慮が必要



冗長構成とNAT(IPv6)

- 冗長構成 (IPv6の場合)
 - 関東 : 2001:****:**68:8000::/49
 - 関西 : 2001:****:**69:8000::/49
 - 東京DC or 大阪DC 障害時は全通信が片方に寄る
 - NATはない
- NATが無いので戻りのルーティングの考慮が必要



冗長構成とNAT まとめ

- IPv6の冗長構成は戻りのルーティングに要注意
 - 両拠点の上位ルータで経路を広報する
 - FWは両拠点を同様のポリシーにする
- v6にもNAT(NPTv6)はある
 - インターフェースID部はそのまま
 - プレフィックス部を入れ替え
 - 導入例や対応機器が少ない模様
- IPv6はNATでは無くルーティングで解決
 - NAT不要の設計がされている
 - NATは障害ポイントになる

各観点から見たIPv6対応の経験談

設計
調達
構築
運用

ネットワーク機器を調達する際の注意点

- 購入対象の機器がIPv6に対応しているか確認
 - 昨今はIPv6未対応の機器の方が少ないが念のため
- IPv6機能をフルで使用可能か
 - IPv6 uRPF
 - ルーティングプロトコル(OSPFv3, EIGRP for IPv6等)

- 例 (IPv6 uRPF)
 - 実機に設定が入る
 - エラーメッセージも無し
 - しかし挙動がおかしい

```
interface Vlan217
ip dhcp relay information trusted
ip address 10.206.192.3 255.255.252.0

no ip redirects
no ip proxy-arp
ip verify unicast source reachable-via rx
standby version 2
standby 217 ip 10.206.192.1
standby 217 priority 110
standby 217 preempt delay minimum 180
standby 3217 ipv6 FE80::1
standby 3217 priority 110
standby 3217 preempt delay minimum 180
ipv6 address 2001:08:8004::3/64
ipv6 enable
ipv6 nd managed-config-flag
ipv6 nd other-config-flag
ipv6 dhcp relay destination
ip verify unicast source reachable-via rx
end
```

ネットワーク機器を調達する際の注意点

- 購入対象の機器がIPv6に対応しているか確認。
 - 昨今はIPv6未対応の機器の方が少ないが念のため。
- IPv6機能をフルで使用可能か
 - IPv6 uRPF
 - ルーティングプロトコル(OSPFv3, EIGRP for IPv6等)
- 例 (IPv6 uRPF)
 - 実際にはIP baseはIPv6 uRPF非サポート

Configuring IPv6 Unicast Reverse Path Forwarding

The unicast Reverse Path Forwarding (unicast RPF) feature helps to mitigate problems that are caused by the introduction of malformed or forged (spoofed) IP source addresses into a network by discarding IP packets that lack a verifiable IP source address. For example, a number of common types of denial-of-service (DoS) attacks, including Smurf and Tribal Flood Network (TFN), can take advantage of forged or rapidly changing source IP addresses to allow attackers to thwart efforts to locate or filter the attacks. For Internet service providers (ISPs) that provide public access, Unicast RPF deflects such attacks by forwarding only packets that have source addresses that are valid and consistent with the IP routing table. This action protects the network of the ISP, its customer, and the rest of the Internet.

- Unicast RPF is supported only in IP services.
- Do not configure Unicast RPF if the switch is in a mixed hardware stack combining more than one switch type.

For detailed IP unicast RPF configuration information, see the *Other Security Features* chapter in the *Cisco IOS Security Configuration Guide, Release 12.4*.

ネットワーク機器を調達する際の注意点

- 購入対象の機器がIPv6に対応しているか確認。
 - 昨今はIPv6未対応の機器の方が少ないが念のため。
- IPv6機能をフルで使用可能か
 - IPv6 uRPF
 - ルーティングプロトコル(OSPFv3, EIGRP for IPv6等)
- 例 (IPv6 uRPF)
 - 実際にはIP baseはIPv6 uRPF非サポート

Configuring IPv6 Unicast Reverse Path Forwarding

The unicast Reverse Path Forwarding (unicast RPF) feature helps to mitigate problems that are caused by the

- Unicast RPF is supported only in IP services.

that have source addresses that are valid and consistent with the IP routing table. This action protects the network of the ISP, its customer, and the rest of the Internet.

- Unicast RPF is supported only in IP services.
- Do not configure Unicast RPF if the switch is in a mixed hardware stack combining more than one switch type.

For detailed IP unicast RPF configuration information, see the *Other Security Features* chapter in the *Cisco IOS Security Configuration Guide, Release 12.4*.

各観点から見たIPv6対応の経験談

設計
調達
構築
運用

IPv6設定を投入・確認する際の注意点(1)

- 忘れずに「ipv6 unicast routing」を設定
- コンフィグはIPv4/v6個別に設定
 - v4とv6では設定内容が異なることが多いため要確認

```
router ospf 2497
router-id 10.131.128.1

timers throttle spf 100 1000 5000
timers throttle lsa 1 1000 5000
redistribute static metric 1500 metric-type 1 subnets
passive-interface default
no passive-interface GigabitEthernet1/0/11
no passive-interface GigabitEthernet1/0/12
no passive-interface Port-channel1
network 10.131.128.1 0.0.0.0 area 0
network 10.131.128.4 0.0.0.3 area 0
network 10.166.0.204 0.0.0.3 area 0
network 10.166.0.212 0.0.0.3 area 0
```

```
ipv6 router ospf 2497
router-id 10.131.128.1
auto-cost reference-bandwidth 1000000
passive-interface default
no passive-interface GigabitEthernet1/0/11
no passive-interface GigabitEthernet1/0/12
no passive-interface Port-channel1
redistribute static metric 1500 metric-type 1
```

```
interface GigabitEthernet1/0/11

no switchport
ip flow monitor LiveNX-M-IN input
ip flow monitor LiveNX-M-OUT output
ip address 10.166.0.205 255.255.255.252
no ip redirects
no ip proxy-arp
ip ospf network point-to-point
ip ospf cost 100
ipv6 enable
ipv6 nd ra suppress
ipv6 ospf 2497 area 0
ipv6 ospf network point-to-point
ipv6 ospf cost 100
ip nbar protocol-discovery
end
```

- 例(OSPF設定)
 - networkコマンドが無い
 - interfaceに設定が必要

IPv6設定を投入・確認する際の注意点(2)

- 設定確認もv4/v6で個別に確認
 - IPv6は視認性が悪く見間違えし易い
 - インターフェース指定やinclude/sectionを活用
- 例1 (show ipv6 interface brief)

```
#sh ipv6 int brief
Vlan1                [administrat
unassigned
Vlan201              [up/up]
FE80::C6F7:D5FF:FE99:75CC
2001:    1E:C006::2
2001:    68:8006::2
Vlan202              [up/up]
FE80::C6F7:D5FF:FE99:75C2
2001:    1E:C007::2
2001:    68:8007::2
Vlan205              [up/up]
FE80::C6F7:D5FF:FE99:75CC
2001:    1E:C001::2
2001:    68:8001::2
Vlan206              [up/up]
FE80::C6F7:D5FF:FE99:75FA
2001:    68:8008::2
```



```
#sh ipv6 int brief vlan202
Vlan202              [up/up]
FE80::C6F7:D5FF:FE99:75C2
2001:    1E:C007::2
2001:    68:8007::2
```

IPv6設定を投入・確認する際の注意点(2)

- 設定確認もv4/v6で個別に確認
 - IPv6は視認性が悪く見間違えし易い
 - インターフェース指定やinclude/sectionを活用
- 例2 (show ipv6 route)

```
#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - default - 101 entr
Codes: C - Connected, L - Local, S - St
B - BGP, R - RIP, H - NHRP, I1 -
I2 - ISIS L2, IA - ISIS interare
EX - EIGRP external, ND - ND Def
NDR - Redirect, RL - RPL, O - OS
OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext
ON2 - OSPF NSSA ext 2, Ia - LISP
Ia - LISP dyn-eid, IA - LISP awa
OE1 ::/0 [110/1600], tag 2497
  via FE80::B6DE:31FF:FE72:F674, Gig
0 2001: 1E:8000::1/128 [110/200]
  via FE80::B6DE:31FF:FE72:F674, Gig
0 2001: 1E:8000::2/128 [110/210]
  via FE80::C6F7:D5FF:FE32:7CCC, Por
  via FE80::B6DE:31FF:FE72:F674, Gig
0 2001: 1E:8000::5/128 [110/200]
  via FE80::B6DE:31FF:FE72:F674, Gig
0 2001: 1E:8000::6/128 [110/210]
```



```
!#show ipv6 route | section 69
OE1 2001: 69:8000::/52 [110/1800]
  via FE80::2EA:BDFF:FE4A:14D7, Giga
  via FE80::B6DE:31FF:FE72:F674, Gig
0 2001: 69:9000::/64 [110/900]
  via FE80::B6DE:31FF:FE72:F674, Gig
OE1 2001: 69:9001::/64 [110/1800]
  via FE80::B6DE:31FF:FE72:F674, Gig
OE1 2001: 69:A000::/52 [110/1900]
  via FE80::2EA:BDFF:FE4A:14D7, Giga
  via FE80::B6DE:31FF:FE72:F674, Gig
0 2001: 69:A000::1/128 [110/400]
  via FE80::2EA:BDFF:FE4A:14D7, Giga
  via FE80::B6DE:31FF:FE72:F674, Gig
0 2001: 69:A000::2/128 [110/410]
  via FE80::2EA:BDFF:FE4A:14D7, Giga
  via FE80::C6F7:D5FF:FE32:7CCC, Por
  via FE80::B6DE:31FF:FE72:F674, Gig
```

IPv4/v6 Dual stack時の設定(1)

- HSRPのGroupID
 - ルールを決めて被らないようにする
- 例(show standby brief)

```
#sh standby brief
      P indicates configured to preempt.
      |
Interface  Grp  Pri P State  Active  Standby  Virtual IP
V1201     201  130 P Active local   10.131.1.3  10.131.1.1
V1201     3201 130 P Active local   FE80::C6F7:D5FF:FE99:4D4C
                                         FE80::1
V1202     202  130 P Active local   10.131.2.3  10.131.2.1
V1202     3202 130 P Active local   FE80::C6F7:D5FF:FE99:4D42
                                         FE80::1
V1205     205  130 P Active local   10.131.5.3  10.131.5.1
V1205     3205 130 P Active local   FE80::C6F7:D5FF:FE99:4D4C
                                         FE80::1
V1206     206  130 P Active local   10.131.6.3  10.131.6.1
V1206     3206 130 P Active local   FE80::C6F7:D5FF:FE99:4D7A
                                         FE80::1
```

IPv4/v6 Dual stack時の設定(2)

- スタティックルートの設定
 - v6に揃えてv4も宛先インターフェースを指定しておく
- 例1 (v6のスタティックルート)

```
#sh run | sec ipv6 route
ipv6 route 2001:        68:C000::/52 Port-channel2 FE80::1
```

- 例2 (v4のスタティックルート)

```
#sh run | sec ip route
ip route 10.131.128.0 255.255.192.0 10.131.128.9
```



```
#sh run | sec ip route
ip route 10.131.128.0 255.255.192.0 Port-channel2 10.131.128.9
```

各観点から見たIPv6対応の経験談

設計
調達
構築
運用

ホストへのIPv6アドレス自動割当(1)

- Router Advertisement(RA)
 - プレフィックスやデフォルトGWの情報

- MフラグとOフラグ
 - M : アドレスをDHCPv6サーバから取得 = ON
 - O : アドレス以外の情報をDHCPv6サーバから取得 = ON

M	O	アドレス	その他	備考
ON	ON	DHCPv6	DHCPv6	ステートフル 全ての設定をDHCPv6サーバ取得 一般的に使用しない?
ON	OFF	DHCPv6	手動	負担が大きい
OFF	ON	RA	DHCPv6	DHCPv6有りのステートレス 最も使用されている?
OFF	OFF	RA	手動	RAのみのステートレス 負担が大きい

ホストへのIPv6アドレス自動割当(1)

- Router Advertisement(RA)
 - プレフィックスやデフォルトGWの情報

- MフラグとOフラグ
 - M：アドレスをDHCPv6サーバから取得 = ON
 - O：アドレス以外の情報をDHCPv6サーバから取得 = ON

M	O	アドレス	その他	備考
ON	ON	DHCPv6	DHCPv6	ステートフル 全ての設定をDHCPv6サーバ取得 一般的に使用しない？
ON	OFF	DHCPv6	手動	負担が大きい
OFF	ON	RA	DHCPv6	DHCPv6有りのステートレス 最も使用されている？
OFF	OFF	RA	手動	RAのみのステートレス 負担が大きい

ホストへのIPv6アドレス自動割当(2)

- ステートフル構成のデフォルトGW
 - M : ON, O : ONではデフォルトGWが設定できない?
 - RA送信インターフェースのリンクローカルアドレス

イーサネット アダプター イーサネット 2:

```

接続固有の DNS サフィックス . . . . . :
説明 . . . . . : DisplayLink Network Adapter NCM
物理アドレス . . . . . :
DHCP 有効 . . . . . : はい
自動構成有効 . . . . . : はい
IPv6 アドレス . . . . . : 2001: 69:b001::1:1660(優先)
リース取得 . . . . . : 2019年10月26日 11:34:38
リースの有効期限 . . . . . : 2019年10月27日 11:34:38
リンクローカル IPv6 アドレス . . . . . : fe80::f8:9712:5a27:dacd%13(優先)
IPv4 アドレス . . . . . : 10.200.203.81(優先)
サブネット マスク . . . . . : 255.255.254.0
リース取得 . . . . . : 2019年10月26日 8:58:06
リースの有効期限 . . . . . : 2019年10月29日 11:34:36
デフォルト ゲートウェイ . . . . . : fe80::1%13
10.200.202.1

DHCP サーバー . . . . . :
DHCPv6 IAID . . . . . : 612384605
DHCPv6 クライアント DUID . . . . . :
DNS サーバー . . . . . : 2001: 69:8080::1:20
2001: 68:8080::1:20

```

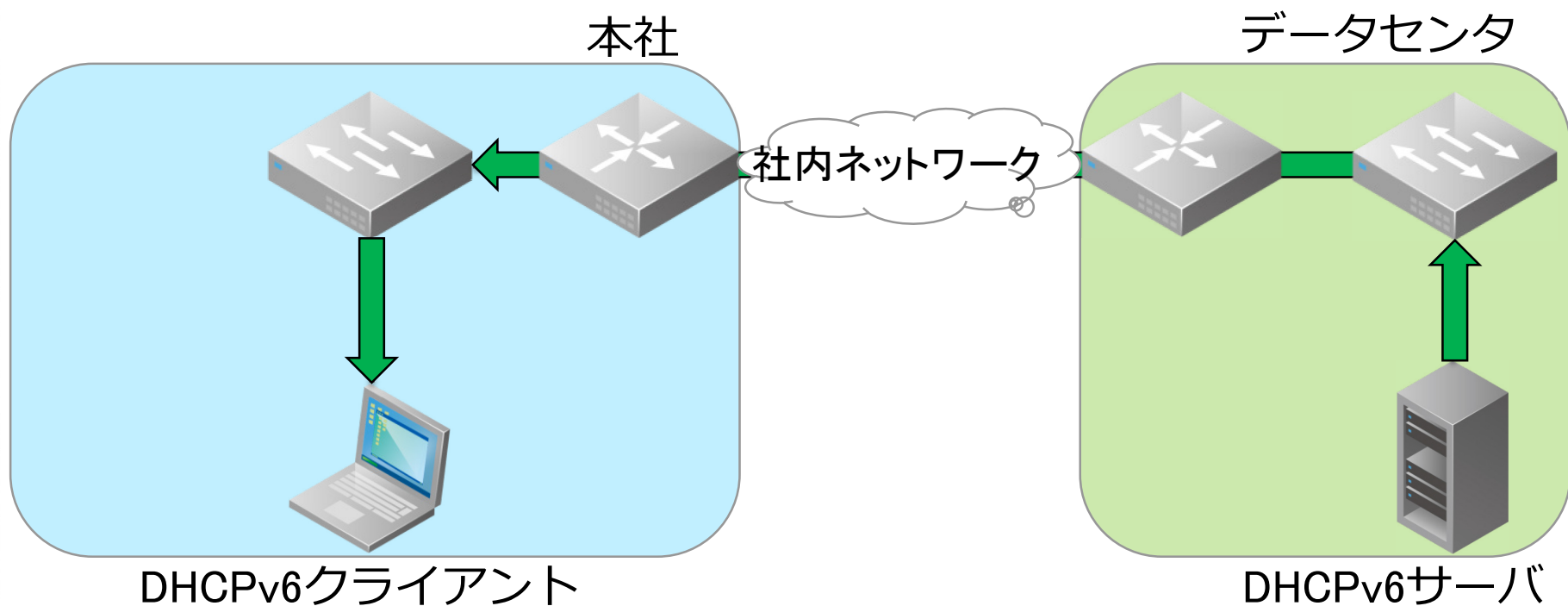
ホストへのIPv6アドレス自動割当(2)

- ステートフル構成のデフォルトGW
 - M : ON, O : ONではデフォルトGWが設定できない？
 - RA送信インターフェースのリンクローカルアドレス
- RA併用で問題無し

```
#sh ipv6 interface vlan401
Vlan401 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::1A80:90FF:FE1B:DC6F [UNA]
Virtual link-local address(es):
FE80::1 [00D]
Description:
Global unicast address(es):
2001: 69:B001::A, subnet is 2001: 69:B001::/64
Joined group address(es):
FF02::1
FF02::2
FF02::66
FF02::1:2
```

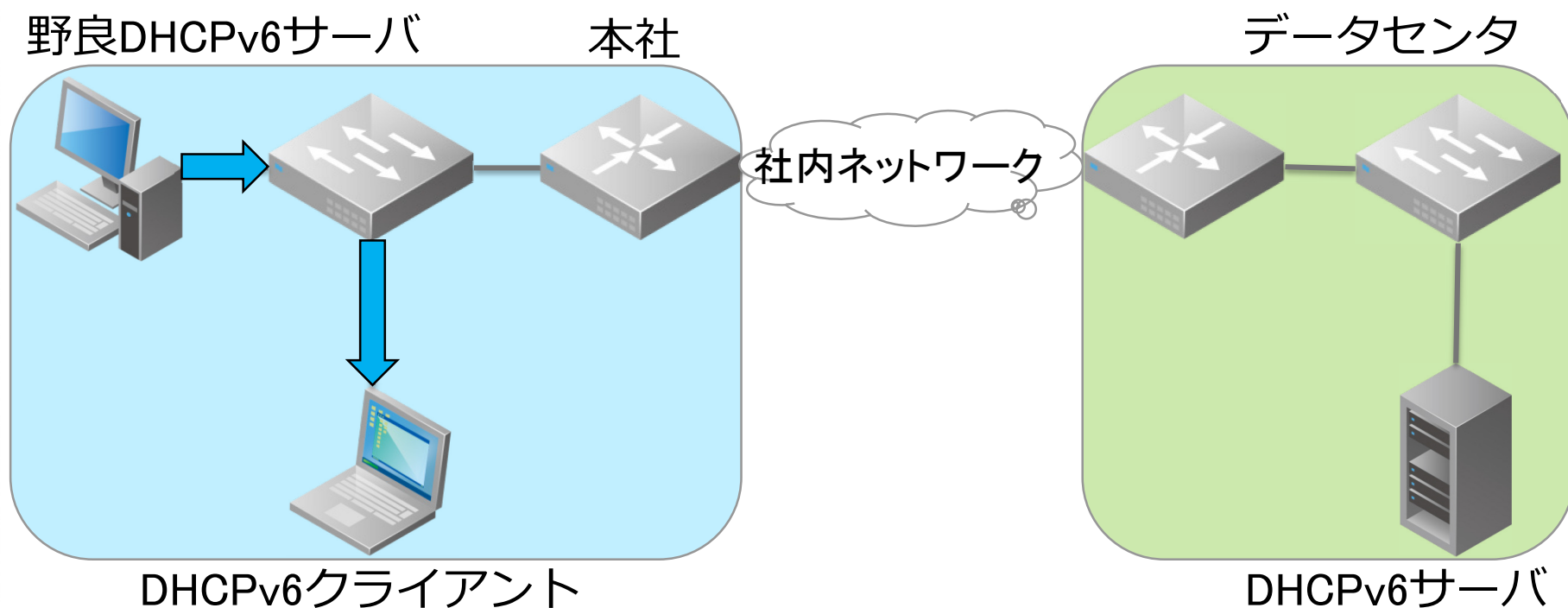
ホストへのIPv6アドレス自動割当(3)

- 野良DHCPv6サーバへの対処
 - ipv6 snoopingの設定



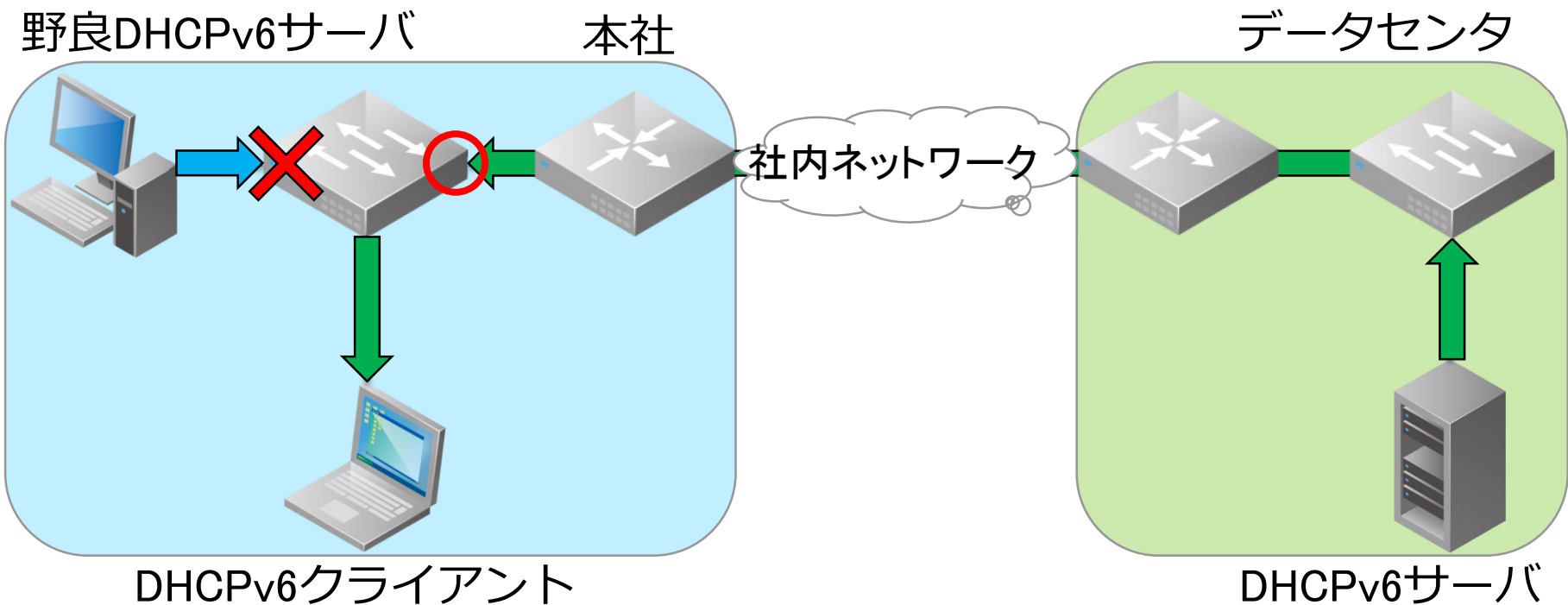
ホストへのIPv6アドレス自動割当(3)

- 野良DHCPv6サーバへの対処
 - ipv6 snoopingの設定
- 例(ipv6 snooping無し)



ホストへのIPv6アドレス自動割当(3)


- 野良DHCPv6サーバへの対処
 - ipv6 snoopingの設定
- 例(ipv6 snooping有り)
 - RAとDHCP両方をブロック



IPv6運用に便利な環境(1)

- DNSレコードの登録
 - tracerouteの視認性向上

```
# traceroute6 2001:          69:a100::2
traceroute6 to 2001:          69:a100::2 (2001:          69:a100::2)
 1 2001:          68:9804::2  1.463 ms  1.272 ms  1.245 ms
 2 2001:          68:9803::1  1.724 ms  1.384 ms  1.372 ms
 3 2001:          69:8000::5  17.145 ms 17.049 ms 20.794 ms
 4 2001:          69:a000::1  30.744 ms 32.661 ms 30.632 ms
 5 2001:          69:a000::2  30.893 ms 31.196 ms 31.017 ms
 6 2001:          69:a002::5  29.183 ms 29.256 ms 29.172 ms
```



```
# traceroute6 2001:          69:a100::2
traceroute6 to 2001:          69:a100::2 (2001:          69:a100::2) fro
 1 edc1-off-heart01.net.iiji.jp 1.534 ms 1.301 ms 1.277 ms
 2 edc1-gw01.net.iiji.jp 1.817 ms 1.37 ms 1.377 ms
 3 wdc1-gw01.net.iiji.jp 14.823 ms 14.581 ms 14.435 ms
 4 wdc2-gw01.net.iiji.jp 28.959 ms 27.796 ms 27.837 ms
 5 wdc2-off-heart01.net.iiji.jp 28.07 ms 27.962 ms 28.196 ms
 6 2001:          69:a002::5  26.398 ms 26.396 ms 26.396 ms
```


IPv6運用に便利な環境(2)

- IPv4/v6アドレスを持つ踏み台サーバ
 - 連続pingを複数個所に行う
 - 障害時にはv4/v6両方を確認

64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=82 ttl=61 time=2.63 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=72 ttl=61 time=2.62 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=61 ttl=61 time=2.39 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=53 ttl=61 time=2.65 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=83 ttl=61 time=2.81 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=73 ttl=61 time=2.70 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=62 ttl=61 time=2.91 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=54 ttl=61 time=2.64 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=84 ttl=61 time=2.49 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=74 ttl=61 time=2.83 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=63 ttl=61 time=2.57 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=55 ttl=61 time=2.86 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=85 ttl=61 time=2.67 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=75 ttl=61 time=3.66 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=64 ttl=61 time=2.73 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=56 ttl=61 time=2.68 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=86 ttl=61 time=2.52 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=76 ttl=61 time=2.57 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=65 ttl=61 time=2.52 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=57 ttl=61 time=2.58 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=87 ttl=61 time=2.48 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=77 ttl=61 time=2.66 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=66 ttl=61 time=2.59 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=58 ttl=61 time=2.99 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=88 ttl=61 time=2.70 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=78 ttl=61 time=3.30 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=67 ttl=61 time=2.62 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=59 ttl=61 time=2.95 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=89 ttl=61 time=2.69 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=79 ttl=61 time=2.46 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=68 ttl=61 time=2.58 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=60 ttl=61 time=3.74 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=90 ttl=61 time=2.57 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=80 ttl=61 time=2.58 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=69 ttl=61 time=2.55 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=61 ttl=61 time=3.79 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=91 ttl=61 time=2.84 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=81 ttl=61 time=2.64 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=70 ttl=61 time=2.43 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=62 ttl=61 time=2.76 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=92 ttl=61 time=2.83 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=82 ttl=61 time=2.85 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=71 ttl=61 time=2.71 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=63 ttl=61 time=4.11 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=93 ttl=61 time=3.23 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=83 ttl=61 time=2.68 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=72 ttl=61 time=3.11 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=64 ttl=61 time=2.90 ms
64 bytes from 2001:68:8000::2: icmp_seq=94 ttl=61 time=2.84 ms	64 bytes from 2001:68:8001::2: icmp_seq=84 ttl=61 time=2.47 ms	64 bytes from 2001:68:8002::2: icmp_seq=73 ttl=61 time=2.47 ms	64 bytes from 2001:68:8003::2: icmp_seq=65 ttl=61 time=4.10 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=45 ttl=61 time=2.86 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=37 ttl=61 time=2.70 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=29 ttl=61 time=2.63 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=22 ttl=61 time=3.29 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=46 ttl=61 time=3.16 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=38 ttl=61 time=2.73 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=30 ttl=61 time=2.58 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=23 ttl=61 time=2.71 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=47 ttl=61 time=3.93 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=39 ttl=61 time=2.73 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=31 ttl=61 time=11.2 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=24 ttl=61 time=4.23 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=48 ttl=61 time=3.47 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=40 ttl=61 time=2.45 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=32 ttl=61 time=2.56 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=25 ttl=61 time=3.01 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=49 ttl=61 time=2.97 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=41 ttl=61 time=2.48 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=33 ttl=61 time=2.54 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=26 ttl=61 time=2.78 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=50 ttl=61 time=2.78 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=42 ttl=61 time=2.38 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=34 ttl=61 time=2.64 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=27 ttl=61 time=2.60 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=51 ttl=61 time=3.12 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=43 ttl=61 time=3.27 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=35 ttl=61 time=2.47 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=28 ttl=61 time=2.93 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=52 ttl=61 time=2.87 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=44 ttl=61 time=3.00 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=36 ttl=61 time=2.59 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=29 ttl=61 time=2.65 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=53 ttl=61 time=2.75 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=45 ttl=61 time=2.75 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=37 ttl=61 time=2.56 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=30 ttl=61 time=2.57 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=54 ttl=61 time=2.69 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=46 ttl=61 time=3.24 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=38 ttl=61 time=2.51 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=31 ttl=61 time=2.51 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=55 ttl=61 time=2.82 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=47 ttl=61 time=2.53 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=39 ttl=61 time=3.13 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=32 ttl=61 time=2.62 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=56 ttl=61 time=2.82 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=48 ttl=61 time=2.54 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=40 ttl=61 time=2.60 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=33 ttl=61 time=2.64 ms
64 bytes from 2001:68:8004::2: icmp_seq=57 ttl=61 time=3.11 ms	64 bytes from 2001:68:8005::2: icmp_seq=49 ttl=61 time=2.42 ms	64 bytes from 2001:68:8006::2: icmp_seq=41 ttl=61 time=2.66 ms	64 bytes from 2001:68:8007::2: icmp_seq=34 ttl=61 time=3.60 ms

IPv6運用に便利な環境(2)

- IPv4/v6アドレスを持つ踏み台サーバ
 - 連続pingを複数個所に実行
 - 障害時にはv4/v6両方を確認

```
#show ip int brief gi0/22
Interface          IP-Address      OK? Method Status        Protocol
GigabitEthernet0/22 10.166.224.61  YES manual  up            up
#
#show ipv6 int brief gi0/22
GigabitEthernet0/22 [up/up]
FE80::2FE:C8FF:FE2E:AA42
2001: 69:A002::5
```

```
# traceroute 10.166.224.61
traceroute to 10.166.224.61 (10.166.224.61), 30 hops max, 40 byte packets
 1 edc1-off-heart01.net.iiji.jp (      ) 1.733 ms 1.663 ms 1.423 ms
 2 edc1-gw01.net.iiji.jp          1.450 ms 1.438 ms 1.265 ms
 3 wdc1-gw01.net.iiji.jp         13.670 ms 15.186 ms 14.987 ms
 4 wdc2-gw01.net.iiji.jp         27.813 ms 27.801 ms 27.734 ms
 5 wdc2-off-heart01.net.iiji.jp   28.056 ms 28.026 ms 29.036 ms
 6 wdc2-off-svbord01.net.iiji.jp 26.577 ms * 26.487 ms
#
# traceroute6 2001: 69:A002::5
traceroute6 to 2001: 69:A002::5 (2001: 69:a002::5) from 2001: 68:9804::10,
 1 edc1-off-heart01.net.iiji.jp 1.521 ms 1.259 ms 1.256 ms
 2 edc1-gw01.net.iiji.jp 1.66 ms 1.345 ms 1.339 ms
 3 wdc1-gw01.net.iiji.jp 14.7 ms 14.755 ms 14.739 ms
 4 wdc2-gw01.net.iiji.jp 28.069 ms 27.927 ms 27.919 ms
 5 wdc2-off-heart01.net.iiji.jp 28.594 ms 29.234 ms 28.743 ms
 6 wdc2-off-svbord01.net.iiji.jp 26.448 ms 26.411 ms 26.762 ms
```

Hello IPv6 に向けて

IPv6導入に向けて押さえておくべきポイント

- まずは一部から始めてみる
 - 検証→部署→拠点→全社
 - リナンバはv4より簡単
- IPv4/v6 Dual stack は楽ではない
 - 障害時の切り分けが大変
 - Dual stackで助かることも
- FWは「守る」から「視る」へ
 - 様々な機器が持ち込まれる
 - MACアドレス制限で上限を決める
 - 検知できる機器と体制を整えておく
 - FWによる制御からエンドポイントの制御へ

Lead Initiative

日本のインターネットは1992年、IIJとともにはじまりました。以来、IIJグループはネットワーク社会の基盤をつくり、技術力でその発展を支えてきました。インターネットの未来を想い、新たなイノベーションに挑戦し続けていく。それは、つねに先駆者としてインターネットの可能性を切り拓いてきたIIJの、これからも変わることのない姿勢です。IIJの真ん中のIはイニシアティブ

IIJはいつもはじまりであり、未来です。

Ongoing Innovation

お問い合わせ先 IIJインフォメーションセンター
TEL : 03-5205-4466 (9 : 30~17 : 30 土/日/祝日除く)
info@ij.ad.jp

本書には、株式会社インターネットイニシアティブに権利の帰属する秘密情報が含まれています。本書の著作権は、当社に帰属し、日本の著作権法及び国際条約により保護されており、著作権者の事前の書面による許諾がなければ、複製・翻案・公衆送信等できません。IIJ、Internet Initiative Japanは、株式会社インターネットイニシアティブの商標または登録商標です。その他、本書に掲載されている商品名、会社名等は各会社の商号、商標または登録商標です。本文中では™、®マークは表示していません。

©Internet Initiative Japan Inc. All rights reserved. 本サービスの仕様、及び本書に記載されている事柄は、将来予告なしに変更することがあります。