

# IPv6 の 6to4 トンネルを使用した 6bone 接続

## 目次

[概要](#)

[前提条件](#)

[要件](#)

[使用するコンポーネント](#)

[表記法](#)

[6to4 トンネルの仕組み](#)

[6to4 トンネルの制限事項](#)

[トンネリング シナリオ](#)

[設定](#)

[ネットワーク図](#)

[設定](#)

[確認](#)

[トラブルシューティング](#)

[関連情報](#)

## 概要

この文書では、企業/キャンパスのお客様（教育機関、小規模ソフトウェア企業、小規模製造企業など）が、6to4 トンネルを使用して 6bone に接続する方法について説明します。6bone は、インターネットでの IPv6 の発展と導入を支援するために設定された、IP version 6（IPv6）のテストネットワークです。

この文書は、[IPv6 設計ガイド](#)で入手可能な「IPv6 の導入戦略」に関する出版物をサポートおよび補足する、一連の文書の 1 つです。

この文書と「[IPv6 の導入戦略](#)」を併読し、IPv6 の導入前の作業をよりよく理解しておく必要があります。

## 前提条件

### 要件

6bone に対する 6to4 トンネルを実装する前には、次の作業を実行する必要があります。

- デュアルスタックを実行するように設定されたサイトで、境界ルータを特定する。この境界ルータは、静的でグローバルにルーティング可能な IPv4 アドレスを保持している必要があります。
- すべての IPv6 機能を有効にするには、データ ライセンスが必要です。どのライセンスがルータで有効になっているかを確認するには、[show license コマンド](#)を使用します。

- 6bone ISP から、6bone アクセスに使用する 6to4 リレー ルータの IPv4 アドレスを取得する。  
注: エンタープライズ境界ルータに対してトンネルを設定する場合は、グローバルにルーティング可能な IPv4 アドレスを使用する必要があります。この文書の設定例で使用されている IPv4 アドレスは、グローバルにルーティング可能なアドレスではなく、説明だけを目的として提供されています。
- DNS が、IPv6 の DNS の主要コンポーネントの実装を提供する Berkeley Internet Name Domain ( BIND ) のバージョン 9 を実行している ( または同等の機能を持っている ) ことを確認する。DNS の設定は、この文書の範囲を越えています。
- Cisco IOS ソフトウェアにおける現在のデュアルスタック実装が、( TFTP、ping、Telnet、および traceroute などのアプリケーションを、IPv4 または IPv6 トランスポートのどちらでも実行できるようにする ) 暫定的なネットワーク管理ソリューションを可能にしていることを確認する。
- ネットワーク設定に適切な、RIPng など IPv6 内部ルーティング プロトコルを選択する。単純にするため、この文書で説明するソリューションではスタティック ルートを使用します。関連する IPv4 外部ルーティング プロトコルは、外部ルーティングを処理します。
- すべてのデュアルスタック ルータを、RIP を使用するように設定する。

IPv6 用にネットワークを設定する方法の詳細については、「[Cisco IOS IPv6 コンフィギュレーション ライブラリ](#)」を参照してください。

## 使用するコンポーネント

この文書の情報は、IPv6 をサポートする Cisco IOS イメージに基づいています。

本書の情報は、特定のラボ環境にあるデバイスに基づいて作成されたものです。このドキュメントで使用するすべてのデバイスは、初期 ( デフォルト ) 設定の状態から起動しています。稼働中のネットワークで作業を行う場合、コマンドの影響について十分に理解したうえで作業してください。

次の図に、企業/キャンパスのお客様の、最初の IPv4 ネットワーク トポロジを示します。このネットワークでは複数のルータを使用して、ローカル ユーザ間での IP 接続を提供します。Internet Service Provider ( ISP; インターネット サービス プロバイダー ) への永続的な IPv4 接続が、外部接続を提供します。

次の表で、このソリューションで使用するデバイスを説明します。

デバイス	エンタープライズ境界ルータ	6bone ISP ルータ
ホスト名	6bone-gw	ipv6-router
シャーシタイプ	Cisco 3660 ルータ	Cisco 7206 ルータ
物理インターフェイス	イーサネット 2、ファストイーサネット 2、シリアル 4	イーサネット 4、ファストイーサネット 2、シリアル 4
ロード済みソフトウェア	Cisco IOS リリース 12.2(4)T	Cisco IOS リリース 12.2(4)T
メモリ	64 MB RAM、16 MB のフラッシュメモリ	128 MB RAM、20 MB のフラッシュメモリ

		ツッシュメモリ
[IP アドレス ( IP Addresses )]	Ethernet0 : IPv4 192.168.99.1 Tunnel2002 : IPv6 2002:C0A8::1/128	Ethernet0/0 : IPv4 192.168.33.1 Tunnel2002 : IPv6 2002:C0A8:2102::1/128

## 表記法

ドキュメント表記の詳細は、『[シスコテクニカルティップスの表記法](#)』を参照してください。

## 6to4 トンネルの仕組み

6to4 トンネルは、エンタープライズデュアルスタック境界ルータで設定されます。6bone へのすべてのエンタープライズ IPv6 トラフィックは、IPv4 でトンネルを経由して、6bone ISP 6to4 リレールータへルーティングされます。6bone からエンタープライズホストへのトラフィックは、IPv4 でトンネルを経由してエンタープライズデュアルスタック境界ルータへルーティングされ、続いて IPv6 宛先ホストにルーティングされます。

企業にとって 6to4 トンネルを使用する利点には、次のものがあります。

- Cisco IOS ソフトウェアは 6to4 トンネルをサポートしている。
- エンドユーザホスト設定がシンプルである（最低限の管理オーバーヘッドしか必要としない）。
- トンネルは自動的に行われる。企業固有の設定は、6to4 リレーサイトでは必要ない。6to4 トンネルはスケーラビリティに優れている。
- このソリューションは、企業でのダイナミック IP アドレスに対応する。
- トンネルは、セッションの期間中だけ存在する。
- 6to4 トンネルは、ISP で 1 回だけ設定を行う必要がある。これにより、6to4 リレーサービスは多くの企業で同時に使用できるようになる。

## 6to4 トンネルの制限事項

6to4 トンネルの利用には、次の制限事項があります。

- 独立して管理される NAT は、トンネルのパスでは使用できない。
- マルチホーミングを簡単に実装できない。
- 6to4 トンネルのメカニズムは /48 アドレスブロックを提供する。それ以上使用できるアドレスはない。
- 6to4 トンネルは多対一で設定され、トンネルトラフィックは複数のエンドポイントから発信可能であるため、6to4 トンネルが ISP に提供できるのは全般的なトラフィック情報だけである。
- 基本の IPv4 アドレスがエンタープライズ 6to4 IPv6 アドレスのプレフィックスを決定するため、ネイティブ IPv6 への移行にはネットワークの再番号付けが必要になる。
- このソリューションはスタティックまたは BGP4+ ルーティングに限られる。

# トンネリングシナリオ

(一般的な企業/キャンパス環境と考えられる) IPv4 ネットワークを構築している小規模のソフトウェア企業が、ネットワークで IPv6 を稼働させている別の企業との合併を検討しているとします。合併した企業への合併の接続上の影響を評価するため、お客様は 6bone に接続することにより IPv6 の知識を広めたいと考えています。この文書で説明する、企業/キャンパスのお客様のビジネス上の目標は次のとおりです。

- 最小限の投資で、既存の IPv4 トポロジを使用して、確立されている IPv6 バックボーンで IPv6 を体験する。
- IPv6 を配備する前に、実際の IPv6 環境における移行および運用手順をテストする。移行手順は、IPv4 から IPv6 に移行するために必要な手順です。移行手順には、デュアルスタック ルータとエンドシステム、トンネリング メカニズム、Domain Name System ( DNS; ドメイン ネーム システム ) サーバの設定が含まれ、また将来には Network Address Translation-Protocol Translation ( NAT-PT ) のテストが含まれます。運用手順は、ネットワーク管理、デュアルスタック ホストとエンドシステムの要素管理、およびその他の類似機能に関連します。
- ローカル ワークステーションで IPv6 のアプリケーションと実装をテストする。
- 6bone 接続に関連する管理オーバーヘッドを最小限にする。注: 6bone は多くの種類の組織 ( 教育/政府機関、ハードウェア/ソフトウェア ベンダー、およびサービス プロバイダー ) から構成されますが、この文書では 6bone の終端に接続している組織を「6bone ISP」という用語で示します。

## 設定

境界ルータの IPv4 アドレスは 192.168.99.1 です。IPv4 アドレスの 10 進数のコンポーネントを 16 進数に変換してから、その 16 進数に「2002」のプレフィックスを追加することにより、IPv4 アドレスから 6to4 プレフィックスを導きます。よって、ネットワーク内の IPv6 ノードの 6to4 プレフィックスは「2002:C0A8:6301::/128」となります。

表 6 に示すように、上記の IPv6 アドレスの「C0A8:6301」の部分は、ドット付き 10 進数表記の各オクテットを対応する 16 進数の値に変換することで、IPv4 アドレスから形成されたものです。

10進数	16進数
192	C0
168	A8
99	63
1	01

この項では、この文書で説明する機能を設定するために必要な情報を提供します。

注: このドキュメントで使用されているコマンドの詳細を調べるには、[Command Lookup Tool](#) ( [登録ユーザ専用](#) ) を使用してください。

## ネットワーク図

このドキュメントでは次の図に示すネットワーク

次の図に、一般的な 6bone への 6to4 トンネルのトポロジを示します。

## 設定

6bone ISP は 6bone 境界ルータに IPv4 アドレス 192.168.33.1 を提供しました。次のコマンドを入力して、上記のアドレスを使用し、特定されたデュアルスタック境界ルータで 6to4 トンネルを設定します。

### エンタープライズ ルータ

```
ipv6 unicast-routing

interface Ethernet0
  description connection to 6bone ISP
  ip address 192.168.99.1 255.255.255.0

interface Tunnel2002
  description 6to4 tunnel to 6bone ISP
  no ip address
  no ip redirects
  ipv6 address 2002:C0A8:6301::1/128
  tunnel source ethernet0
  tunnel mode ipv6ip 6to4

!--- In some cases, a user will require a data license
!-- in order to issue the tunnel mode ipv6ip command.

ipv6 route 2002::/16 Tunnel2002
ipv6 route ::/0 2002:C0A8:2101::1
```

2 つ目の ipv6 route コマンドの「2002:C0A8:2101::1」は、6bone へのアクセスを提供する ISP 6to4 リレー ルータの IPv6 アドレスです。アドレスの「C0A8:2101」の部分は、表 6 と同じような方法で 6to4 リレー ルータの IPv4 アドレス ( 192.168.33.1 ) から導かれたものです。

トンネルのもう一方の端で、6bone ISP の境界ルータには、次の IPv6 ユニキャスト ルーティングの例のような設定があります。

### ISP 6to4 リレー ルータ

```
ipv6 unicast-routing

interface Ethernet0
  description connection to 6bone ISP
  ip address 192.168.99.1 255.255.255.0

interface Tunnel2002
  description 6to4 tunnel to 6bone ISP
  no ip address
  no ip redirects
  ipv6 address 2002:C0A8:6301::1/128
  tunnel source ethernet0
  tunnel mode ipv6ip 6to4

!--- In some cases, a user will require a data license
!-- in order to issue the tunnel mode ipv6ip command.

ipv6 route 2002::/16 Tunnel2002
ipv6 route ::/0 2002:C0A8:2101::1
```

## エンタープライズ ルータ 6bon2-gw

```
maui-soho-01# show running-config
Building configuration...
.
.
.
username maui-nas-05 password cisco

! Identify the version of Cisco IOS software running on
the router
!
version 12.2
!
! Include timestamps on log and debug entries that are
useful for
! troubleshooting and optimizing the network.
!
service timestamps debug datetime localtime show-
timezone
service timestamps log datetime localtime show-timezone
!
! Specify that passwords will be encrypted in
configuration output.
!
service password-encryption
!
! Configure the router name
!
hostname 6bone-gw
!
! Configure boot options
!
boot system flash slot0:
boot system flash bootflash:
!
! Configure logging
!logging buffered 10000 debugging
!
! Configure secret password
!
enable secret 5 [removed]
!
! Configure clock timezone and summertime rule
!
clock timezone PST -8
clock summer-time PDT recurring
!
!
ip subnet-zero
no ip source-route
no ip rcmd domain-lookup
!
! Configure router domain name
!
ip domain-name EnterpriseDomain.com
!
! Configure DNS name servers
!
ip name-server 192.168.1.10
ip name-server 192.168.2.21
ip name-server 2002:C0A8:6301:1::21
!
```

```
! Enable IPv6 routing
!
ipv6 unicast-routing
!
! Configure Tunnel interface
!
interface Tunnel2002
  description 6to4 tunnel to 6bone ISP
  no ip address
  no ip redirects
  ipv6 address 2002:C0A8:6301::1/128
  tunnel source ethernet0
  tunnel mode ipv6ip 6to4
!
! Configure physical interface
!
interface Ethernet0
  description connection to 6bone ISP
  ip address 192.168.99.1 255.255.255.0
!
interface Ethernet1
  description connection to Lab interface router
  ip address 192.168.99.40 255.255.255.0
  ipv6 address 3FFE:FFFF:8023:100::1/64
  ipv6 rip v6rip enable
!
interface FastEthernet2/0
  description connection to core router
  ip address 192.168.99.41 255.255.255.0
  ipv6 address 3FFE:FFFF:8023:200::1/64
  ipv6 rip v6rip enable
!
interface FastEthernet3/0
  description connection to IPv4-only core router
  ip address 192.168.99.42 255.255.255.0
!
! Other interfaces are all unused
!

interface Serial4/0
  no ip address
  shutdown
!
interface Serial4/1
  no ip address
  shutdown
!
interface Serial4/2
  no ip address
  shutdown
!
interface Serial4/3
  no ip address
  shutdown
!
! Configure basic IP routing
!
ip default-gateway 192.168.33.1
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.33.1
!
! Configure IPv6 static route
!
ipv6 route 2002::/16 tunnel2002
```

```
ipv6 route ::/0 2002:C0A8:2101::1
ipv6 router rip v6rip
!
end
end
```

## 6bone IPv6 ISP ルータ

```
maui-soho-01# show running-config
Building configuration...
.
.
.
username maui-nas-05 password cisco

! Identify the version of Cisco IOS software running on
the router
!
version 12.2
!
! Include timestamps on log and debug entries that are
useful for
! troubleshooting and optimizing the network.
!
service timestamps debug datetime localtime show-
timezone
service timestamps log datetime localtime show-timezone
!
! Specify that passwords will be encrypted in
configuration output.
!
service password-encryption
!
! Configure the router name
!
hostname ipv6-router
!
! Configure boot options
!
boot system flash slot0:
boot system flash bootflash:
!
! Configure logging
!
logging buffered 10000 debugging
!
! Configure secret password
!
enable secret 5 [removed]
!
! Configure clock timezone and summertime rule
!
clock timezone PST -8
clock summer-time PDT recurring
!
!
ip subnet-zero
no ip source-route
no ip rcmd domain-lookup
!
! Configure router's domain name
!
ip domain-name 6boneISP.com
```



```
!  
! Configure DNS name servers  
!  
ip name-server 192.168.33.4  
ip name-server 192.168.33.5  
ip name-server 3FFE:FFFF:8001::4  
!  
! Enable IPv6 routing  
!  
ipv6 unicast-routing  
!  
! Configure Tunnel interface  
!  
interface Tunnel2002  
  description 6to4 relay service  
  no ip address  
  no ip redirects  
  ipv6 address 2002:C0A8:2101::1/128  
  tunnel source ethernet0/0  
  tunnel mode ipv6ip 6to4  
!  
! Configure physical interface  
!  
interface Ethernet0/0  
  description connection to enterprise  
  ip address 192.168.33.1 255.255.255.0  
!  
interface Ethernet0/1  
  no ip address  
  shutdown  
!  
interface Ethernet0/2  
  no ip address  
  shutdown  
!  
interface Ethernet0/3  
  no ip address  
  shutdown  
!  
interface FastEthernet1/0  
  description connection to ISP-core-A  
  ip address 192.168.34.10 255.255.255.0  
  ipv6 address 3FFE:FFFF:8023:2::6/64  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
interface FastEthernet2/0  
  description connection to ISP-core-B  
  ip address 192.168.35.22 255.255.255.0  
  ipv6 address 3FFE:FFFF:8023:2::8/64  
  duplex auto  
  speed auto  
!  
! Other interfaces are all unused  
!  
interface Serial4/0  
  no ip address  
  shutdown  
!  
interface Serial4/1  
  no ip address  
  shutdown  
!
```

```
interface Serial4/2
  no ip address
  shutdown
!
interface Serial4/3
  no ip address
  shutdown
!
! Configure basic IP routing
!
ip default-gateway 192.168.30.1
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.30.1
!
! Configure IPv6 static route
!
ipv6 route 2002::/16 tunnel2002
!
end
```

## 確認

このオプションの作業では、トンネルが正しく設定され動作していることを確認する方法を説明します。作業手順に含まれているコマンドはどのシーケンスでも使用可能で、また繰り返す必要があることもあります。

[Output Interpreter Tool](#) ( OIT ) ( [登録ユーザ専用](#) ) では、特定の **show** コマンドがサポートされています。OIT を使用して、**show** コマンド出力の解析を表示できます。

- enable
- show interfaces tunnel number [accounting]
- ping [protocol] destination
- show ip route [address [mask]]

## トラブルシューティング

現在のところ、この設定に関する特定のトラブルシューティング情報はありません。

## 関連情報

- [IPv6 の導入戦略](#)
- [Cisco IOS ソフトウェア用の IPv6 の実装](#)
- [Cisco IOS ソフトウェア用の IPv6 コマンド リファレンス](#)
- [RFC 2185, Routing Aspects of IPv6 Transition \(informationa](#)
- [RFC 2373, IP Version 6 Addressing Architecture](#)
- [RFC 2374, An IPv6 Aggregatable Global Unicast Address Format](#)
- [RFC 2460, Internet Protocol, Version 6 \(IPv6\) Specification](#)
- [RFC 2464, Transmission of IPv6 Packets over Ethernet Networks](#)
- [RFC 2471, IPv6 Testing Address Allocation](#)
- [RFC 2893, Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers](#)
- [RFC 3056, Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds](#)

- [IP ルーティング プロトコルに関するサポート ページ](#)
- [テクニカル サポートとドキュメント - Cisco Systems](#)