

IPv6 en Redes de Cable



Alejandro D'Egidio - adegidio@telecentro.net.ar

IPv6 en Redes de Cable

Motivos para Implementar IPv6

DOCSIS & IPv6

Consideraciones para el despliegue

Motivos para Implementar IPv6

- Agotamiento IPv4 público:
 - **Se agotaron** las IPv4 públicas.
 - Algunos operadores pueden tener direcciones disponibles por un par de años pero muchos no.
 - Todos debemos implementar IPv6 para asegurar conectividad extremo a extremo lo mas transparente posible (Operadores, Carriers, Proveedores de contenido)
- Agotamiento de espacio de direccionamiento de gestión (privado):
 - Normalmente se utiliza direccionamiento privado [RFC 1918] para gestión de CM/STB/eMTA.
 - Al llegar a puntos de alto nivel de consumo es necesario subnetear redes ya asignadas lo que complica el esquema.
- Requerimiento de IPv6 por parte de clientes:
 - Los que mas puedan solicitar el servicio seguramente serán clientes **corporativos** y si bien son pocos respecto a la cantidad de residenciales, son muy importantes.

DOCSIS & IPv6

Esquema Red HFC

Pre-requisitos para IPv6

Requerimientos en CMTS

Escenarios de IPv6 en DOCSIS 3.0

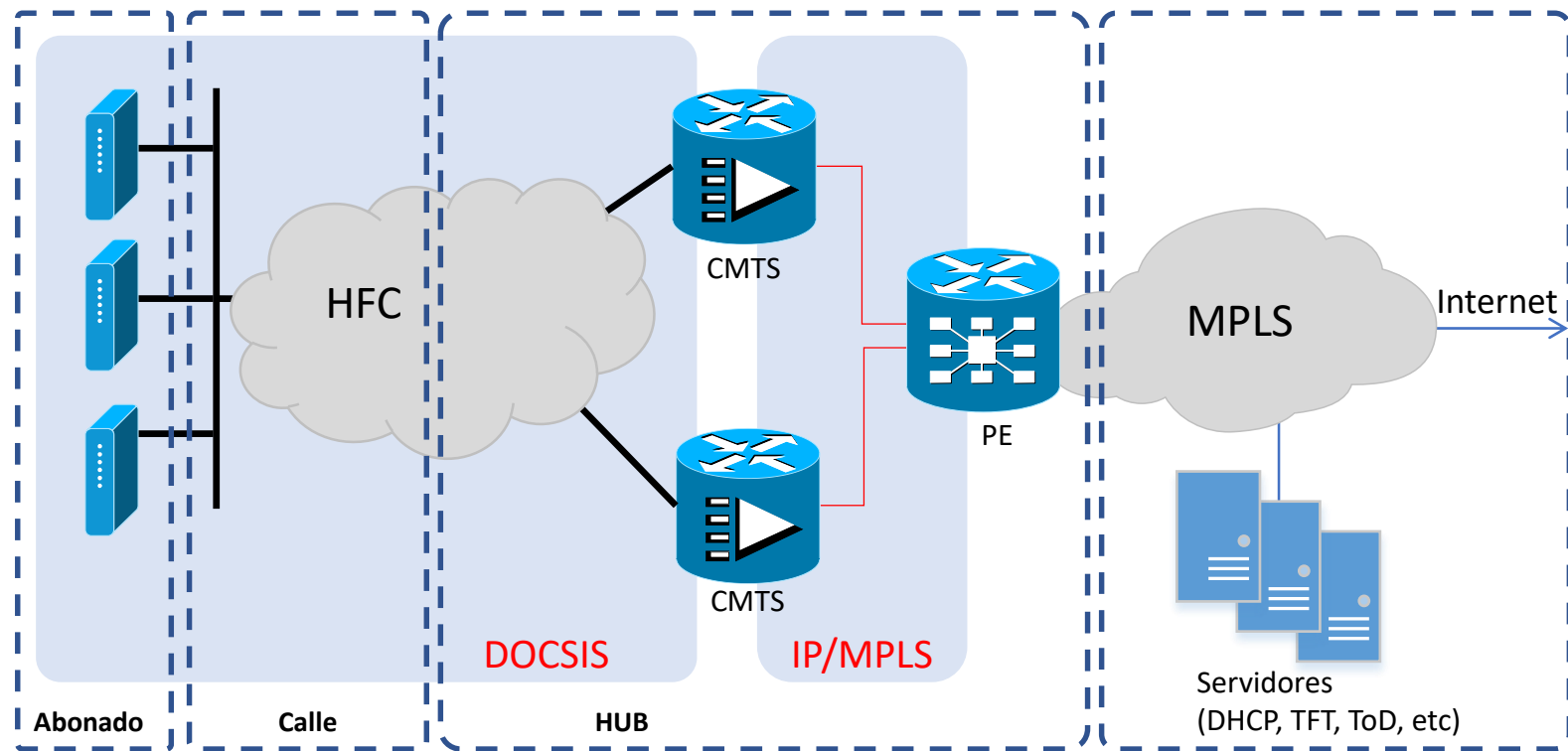
Requerimientos para CM Modo Bridge

Requerimientos para CM Modo Router

IPv6 para el eRouter

IPv6 en Management de CM

Esquema de Red HFC



— Fibra Óptica
— Coaxil

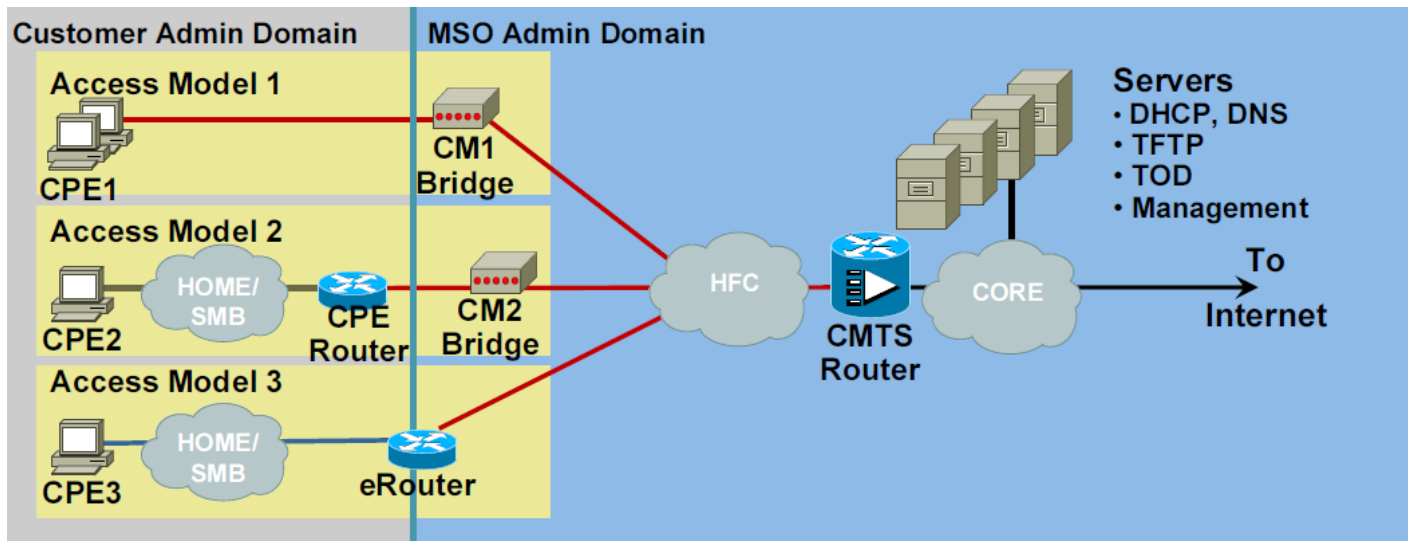
Pre-requisitos para IPv6

- Soporte para el transporte de Dual-Stack en todo el Backbone.
- IPv6 en Sistemas de Monitoreo y Aprovisionamiento:
 - DHCP Server con soporte DHCPv6 y Prefix-Delegation.
 - El sistema de monitoreo debe poder consultar directamente a la IPv6 de los CMs.
 - IPv6 en puestos de trabajo.
- Disponibilidad de CMs D3.0 o D2.0+.
- Esquema de asignación de direcciones IPv6 para abonados residenciales y corporativos.
- Deseable: DNS con IPv6 (puede ser el/los actuales de IPv4 en DS) y que responda registros AAAA.

Requerimientos en CMTS

- Dual-Stack configurado en el CMTS.
 - Si utilizan un OSPF como IGP para el anuncio de redes entre el CMTS y el router de distribución, ambos tendrían que soportar OSPFv3
- Relay-Agent para DHCPv6.
 - Al igual que en IPv4, el CMTS deberá soportar actuar como Relay Agent para los mensajes de DHCPv6.
- Soporte Multicast para NS/NA y RS/RA.
- Envío de RAs a través de la red HFC.
- Capacidad de seguir soportando versiones anteriores de DOCSIS al mismo tiempo.

Escenarios de IPv6 en DOCSIS 3.0



- Modelo 1 – CM Bridge:
 - CM: Se puede dar IPv6 al CM.
 - Hosts: IPv6 provisto directamente.
- Modelo 2 – CM Bridge – CPE Router:
 - CM: Se puede dar IPv6 al CM.
 - CPE router: IPv6 /64 de WAN + IPv6-PD.
 - Host: IP de sub-prefijo /64.
- Modelo 3 – CM eRouter:
 - CM: Se puede dar IPv6 al CM.
 - eRouter: IPv6 /64 de WAN + IPv6-PD.
 - Host: IP de sub-prefijo /64.

Requerimientos para CM en Modo Bridge (Modelo 1 y 2)

- Soporte de asignación IPv6 para gestión del CM.
 - Soporte de Modos APM y Dual-Stack.
- Gestión utilizando SNMP a la dirección IPv6.
- Soporte forwarding de tráfico Multicast
 - MLDv1 y MLDv2 (Multicast Listener Discovery).
 - NDP (Neighbor Discovery Protocol)
- Permitir forwarding de tráfico IPv6 de CPEs sin importar el método de aprovisionamiento.
- Router: Cumplir con RFC7084 - Basic Requirements for IPv6 Customer Edge Routers

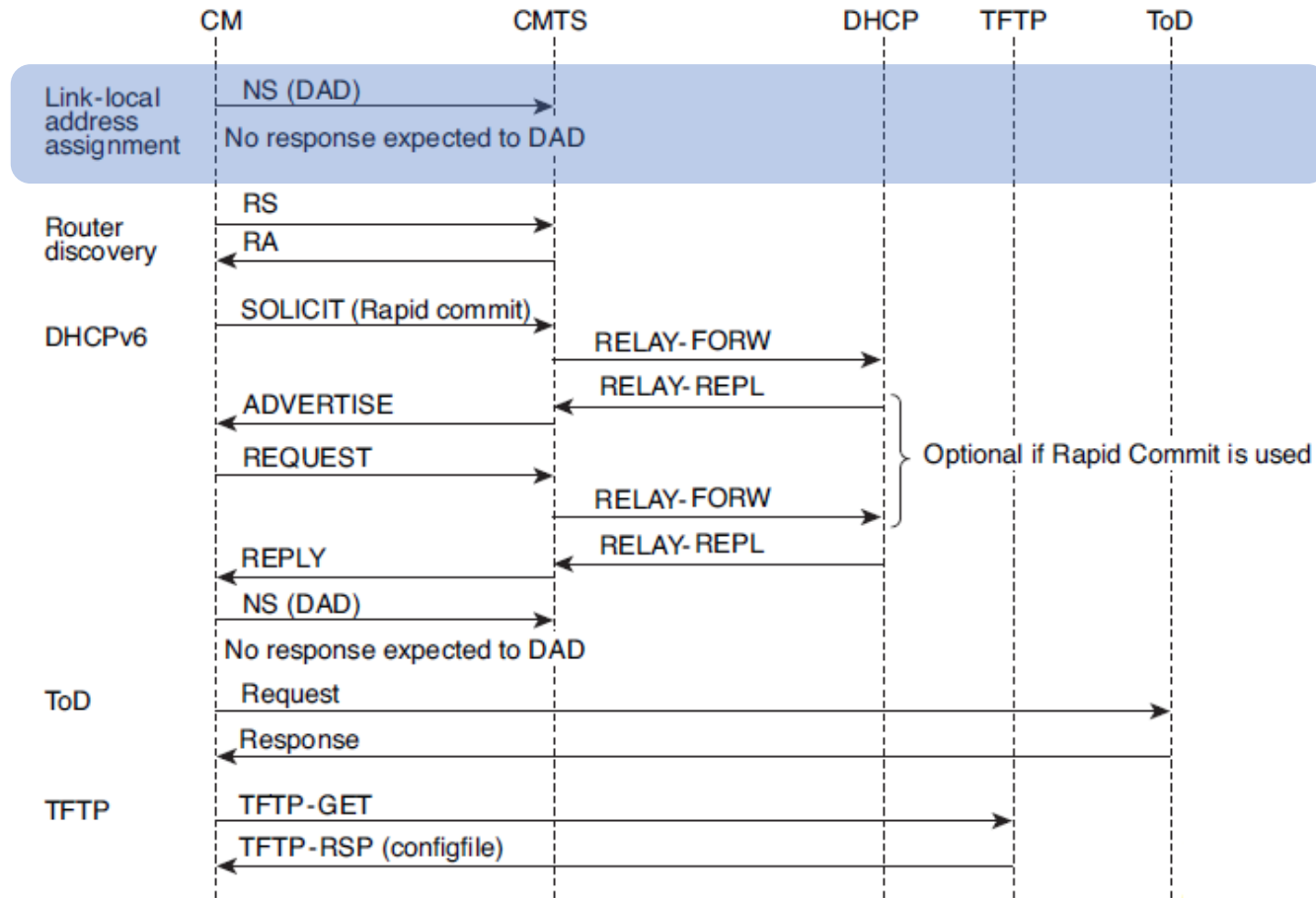
Requerimientos para CM en Modo Router (Modelo 3)

- Función DHCPv6 Client para:
 - IPv6 lado WAN
 - PD para lado LAN
- Función DHCPv6 server y SLAAC para asignación a hosts.
- Firewall IPv6.
- Soporte de queries de ND (NS/NA) y RS desde los dispositivos hogareños.
- Envío de información de DNS vía DHCPv6 u opción Recursive DNS Server en RA [RFC 6106].
- eRouter: Cumplir con RFC7084 - Basic Requirements for IPv6 Customer Edge Routers

IPv6 en Management de CM

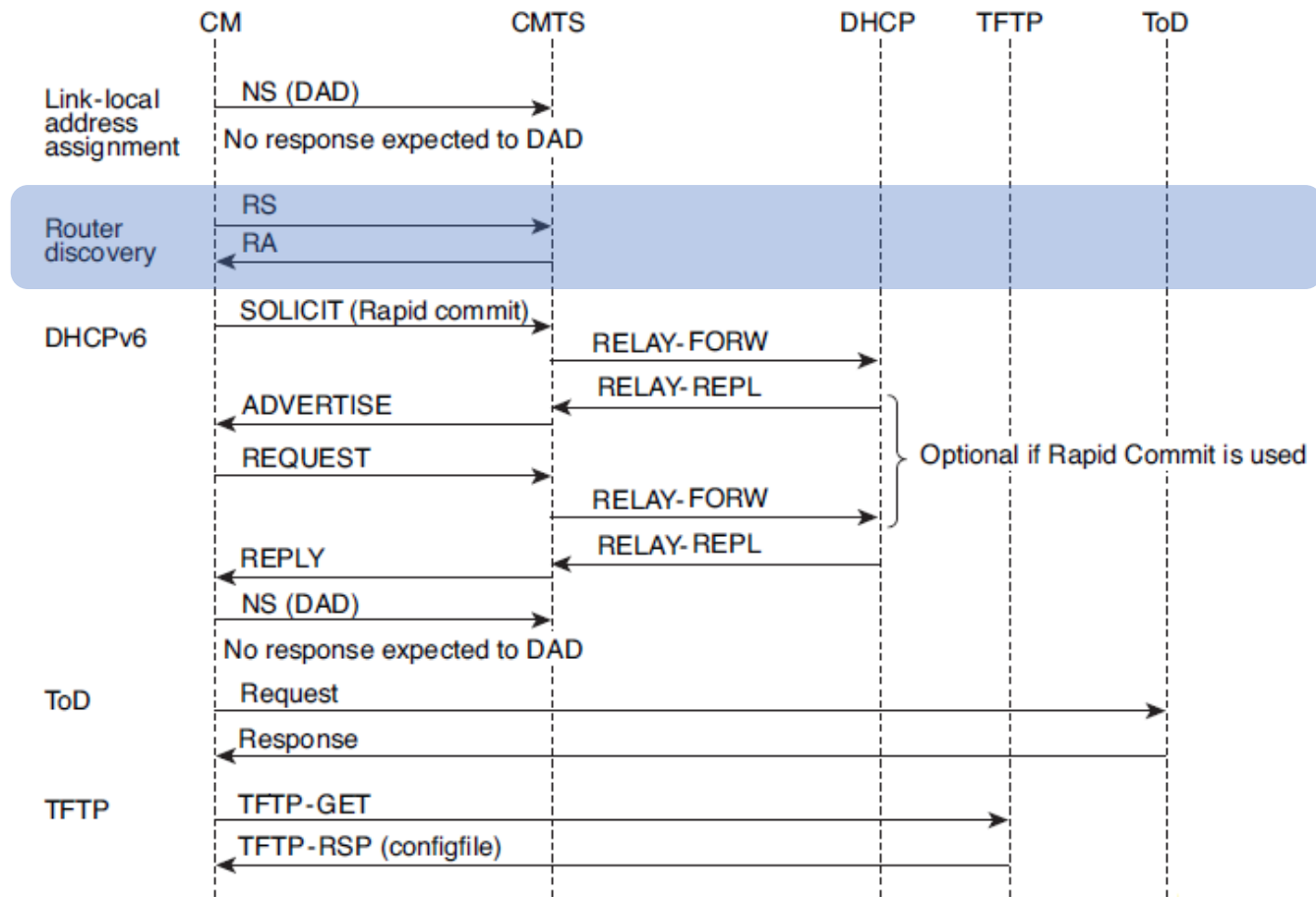
- Mensaje MDD (Mac Domain Descriptor):
 - Pertenece a DOCSIS 3.0. Si no está este mensaje, los CMs funcionan en D2.0.
 - IP Provisioning Mode: Campo dentro del MDD que determina si el CM se va a aprovisionar con IPv4 o IPv6 y puede tener uno de los siguientes valores:
 - 0 = Solo IPv4
 - 1 = Solo IPv6
 - 2 = Alternate Provisioning Mode (APM) – Intenta aprovisionarse con IPv6, si no obtiene respuesta se aprovisiona con IPv4
 - 3 = Dual-Stack Provisioning Mode (DPM) – Útil durante el proceso de transición. Primero utiliza DHCPv6 para adquirir IPv6 y luego DHCPv4 para IPv4.

IPv6 en Management de CM



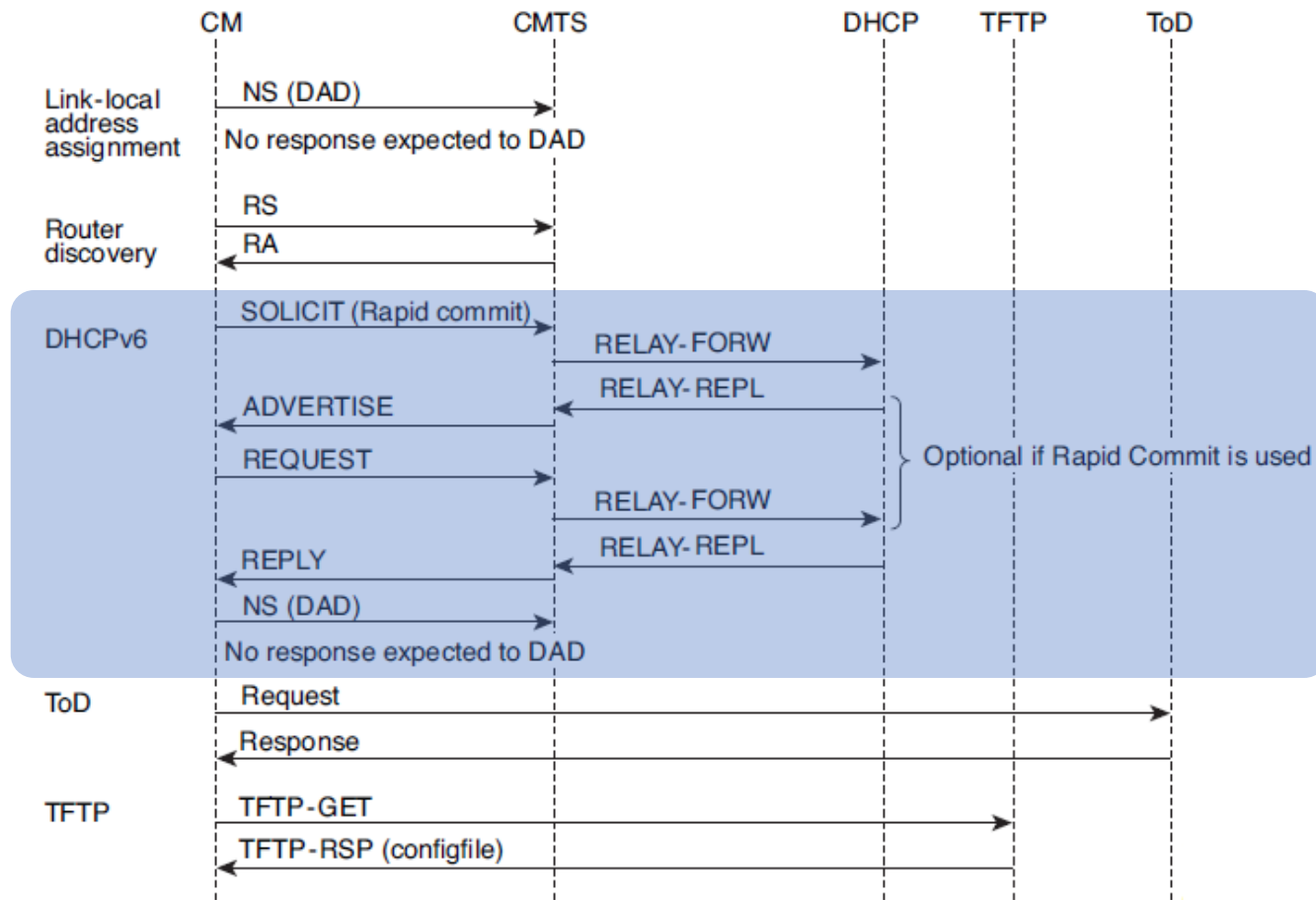
Dirección de Link-Local: El CableModem envía un mensaje de Neighbor Solicitation(NS) con su dirección de link local (LLA) al CMTS e cual inicia el proceso de detección de dirección duplicada (DAD) para esa LLA. El CM no se queda esperando respuesta.

IPv6 en Management de CM



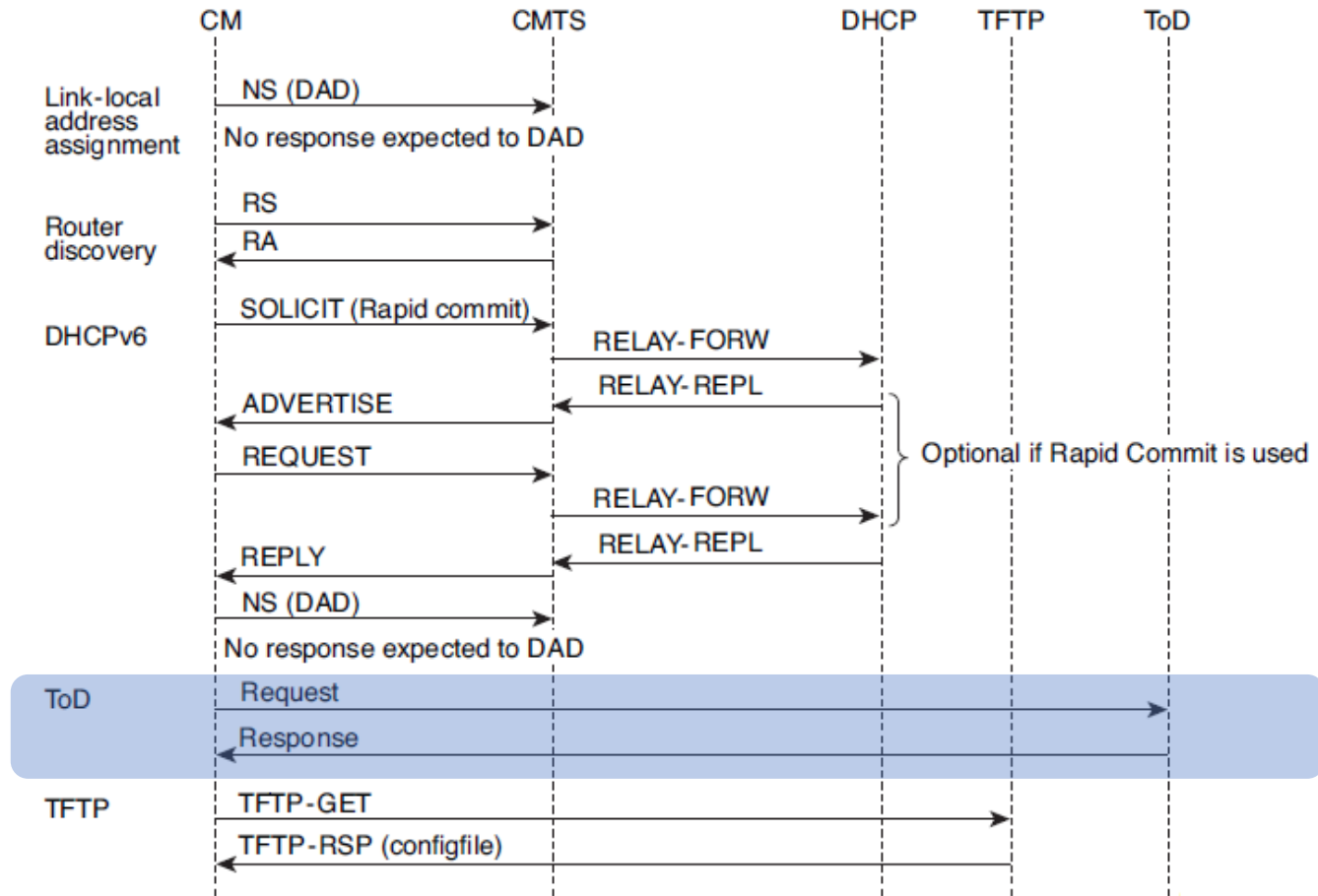
Router Discovery: El CableModem envía un mensaje de Router Solicitation (RS) para buscar al router en el link. El CMTS responde con un mensaje de Router Advertise (RA) con los Bits M (Managed Address Configuration) y O (Other Configuration) seteados en 1 indicando al CM que el método de asignación es stateful (DHCPv6).

IPv6 en Management de CM



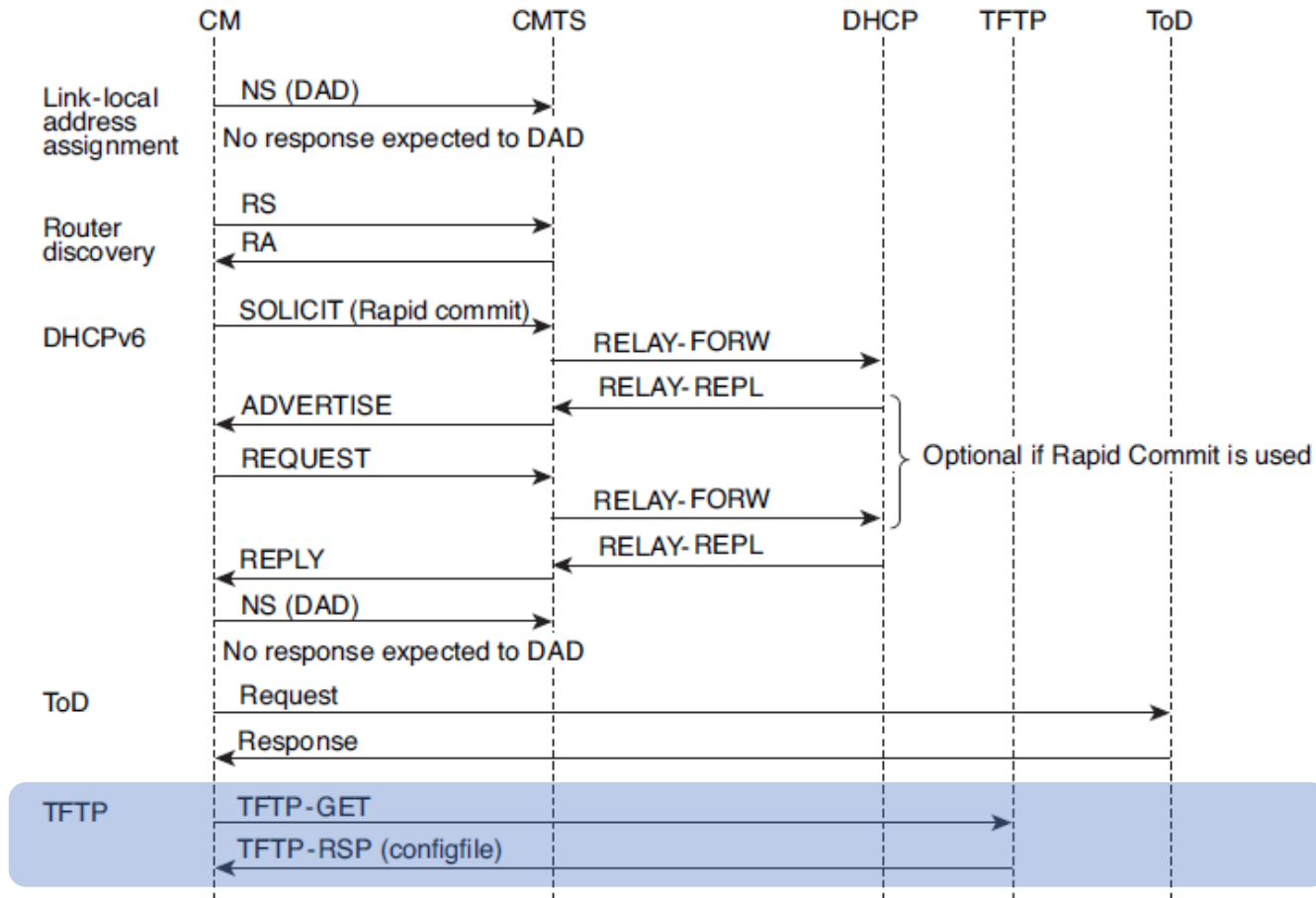
DHCPv6: El CM envía un mensaje DHCPv6 Solicit al CMTS. El CMTS reenvía esta solicitud al servidor DHCPv6. Este último responde con un Advertise indicando su disponibilidad. Si no se utiliza Rapid-Commit, el CM responde con un Request, luego el DHCP Server responde con la confirmación. Después inicia el proceso de DAD para verificar que no haya IP duplicada.

IPv6 en Management de CM



Time of Day (ToD): Al tener ya conectividad, el CM solicita información de clock al ToD Server.

IPv6 en Management de CM



TFTP: Para finalizar el CM envía una solicitud al Servidor TFTP para descargar su archivo de configuración.

IPv6 para el eRouter

- Definir el modo de aprovisionamiento por **TLV 202** del archivo de configuración:
 - 0: Disabled
 - 1: IPv4 Protocol Enable
 - 2: IPv6 Protocol Enable
 - 3: Dual IP Protocol Enable

Mode	IPv4	IPv6
Disabled	CM bridges all traffic per MULPI spec.	CM bridges all traffic per MULPI spec.
IPv4 Protocol Enabled	eRouter forwards IPv4 traffic with NAPT.	eRouter does not forward IPv6 traffic.
IPv6 Protocol Enabled	eRouter does not forward IPv4 traffic.	eRouter forwards IPv6 traffic.
Dual IP Protocol Enabled	eRouter forwards IPv4 packets using NAPT.	eRouter forwards IPv6 packets.

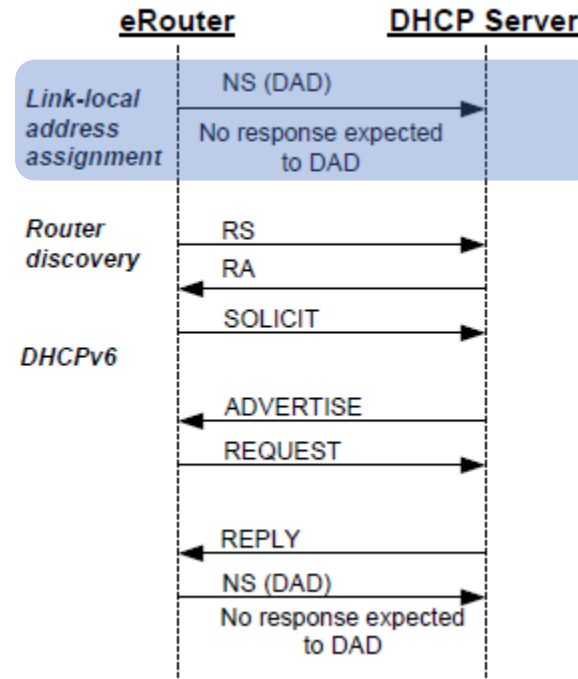
```
GenericTLV TlvCode 202 TlvLength 3 TlvValue 0x010103; /* dual IP */
```

- También se puede utilizar SNMP. OID provista por el fabricante.

IPv6 para el eRouter

- Luego de quedar provisionado el CM comienza el proceso de obtención de IP del eRouter.
- Si el Modo de Provisionamiento es 2 o 3 el eRouter utilizará DHCPv6 para obtener su dirección IPv6 [RFC3315].
- A continuación el Flujo de Mensajes para provisionamiento de IPv6 en eRouter.

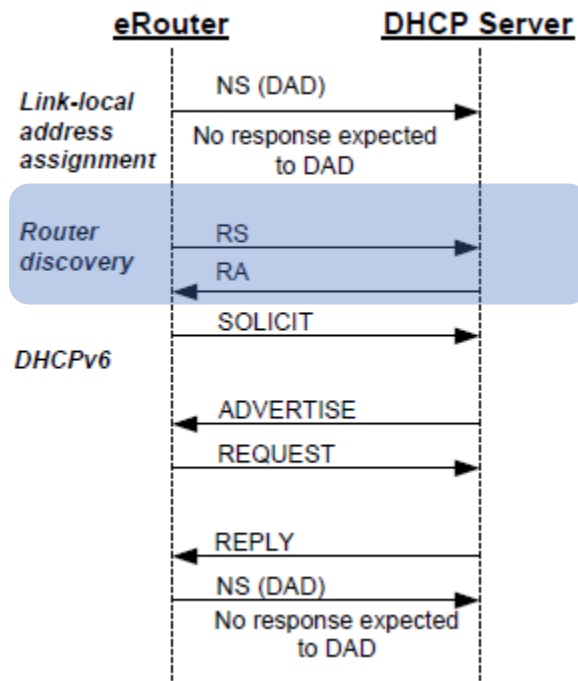
IPv6 provisioning Message Flow



- Link-Local:

- El eRouter envía un mensaje de Neighbor Solicitation (NS) con su dirección de link local (LLA) e inicia el proceso de detección de dirección duplicada (DAD) para esa LLA. El CM no se queda esperando respuesta.

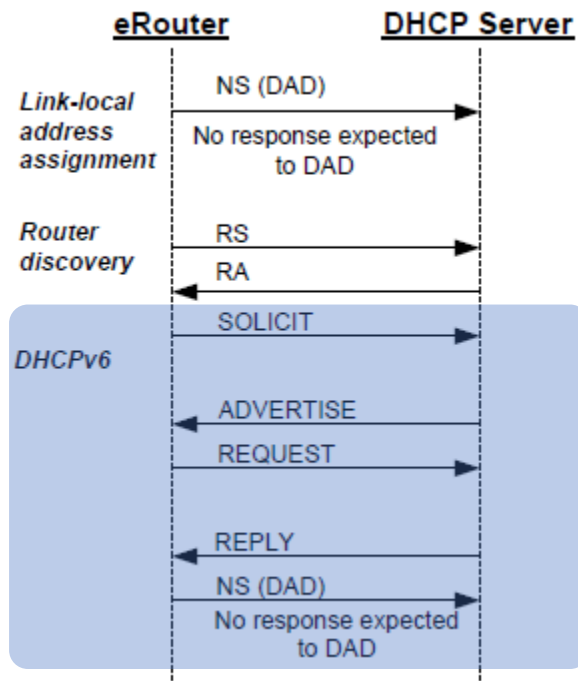
IPv6 provisioning Message Flow



- Router Discovery:

- Envío de Router Solicitation (RS) para buscar al router en el link.
- El CMTS responde con un mensaje de Router Advertisement (RA) con los Bits M y O en 1 indicando que el método de asignación es DHCPv6.
 - Flag M (Managed): Con esto le decimos al CPE que sólo tome IPv6 por DHCPv6 (no puede utilizar SLAAC).
 - Flag O (Other Configuration): Utilizar DHCPv6 también para otros parámetros como DNS, NTP, etc.

IPv6 provisioning Message Flow



- DHCPv6:

- Envío de mensaje DHCPv6 Solicit que debe incluir la opción de PD. El CMTS reenvía esta solicitud al servidor DHCPv6.
- Este último responde con un Advertise indicando su disponibilidad. Si no se utiliza Rapid-Commit, el CM responde con un Request, luego el DHCP Server responde con la confirmación.
- Después inicia el proceso de DAD para verificar que no haya IP duplicada.

Direccionamiento IPv6 en D3.0

- WAN (DHCPv6):
 - Management CM. Ej: /64 ULA por cada CMTS. (fc00::/7)
 - eRouter. Ej: /64 por cada CMTS
 - PD para LAN de eRouter. Ej: /44 por cada CMTS, son 65536x/60 o 4096x/56
- Lado cliente:
 - Asignación de sub-prefijos /64 en Interfaces L3 lado-cliente.
 - Delegación de sub-prefijos en CPEs.
- Consideraciones:
 - Si el prefijo es /64 no se puede asignar un sub-prefijo y las interfaces lado cliente comparten el mismo prefijo.
 - El prefijo debe ser mayor a /64 para poder delegar un sub-prefijo a un router interno del cliente.
 - Prefijo /60, genera sub-prefijos /62. El primero para interfaces y el resto para delegar.

Configuración Básica en CMTS

- Habilitar IPv6 en la configuración global:

```
ipv6 unicast-routing
ipv6 cef
```

- Interfaces de Uplink y Loopback:

```
interface TenGigabitEthernetX/Y/Z
  ipv6 address
  FC00:XXXX:XXXX:XXXX::X/126
  ipv6 enable
  ipv6 nd ra suppress
  ipv6 ospf network point-to-point
  ipv6 ospf 2 area 1
!
interface Loopback0
  ipv6 address
  FC00:YYYY:YYYY:YYYY::Y/128
!
ipv6 router ospf 2
  router-id
  FC00:YYYY:YYYY:YYYY::Y/128
  summary-prefix 2800:XXXX:XXXX::/48
  redistribute connected
  redistribute static
!
```

Configuración Básica en CMTS

- Interface Bundle:

```
interface Bundle1
  ipv6 address 2800:ZZZZ:ZZZZ:ZZZZ::Z/64
  ipv6 enable
  ipv6 nd managed-config-flag
  ipv6 nd other-config-flag
  ipv6 nd ra interval 5
  ipv6 dhcp relay destination
  FC00:ZZZZ:ZZZZ:ZZZZ::Z
```

- Interface Cable:

```
interface cable 5/0/0
  cable ip-init [apm | dual-stack | ipv4 | ipv6]
```

- Esto es para la IP del CM.

- Observaciones:

- Interfaces Uplink y Loopback de CMTS con direccionamiento de ULA (Unique Local Address).
- DHCP server también con IPv6 de ULA.

Configuración Básica en CMTS

En el CMTS:

```
CMTS#sh cable modem 38c8.5cb3.54c0 ipv6 cpe
MAC Address      IP Address
38c8.5cb3.54c4  2800:810:400:FFFE:D904:664:44E0:71A7
```

```
CMTS#
CMTS#sh cable modem 38c8.5cb3.54c0 ipv6 prefix
Device Type: B - CM Bridge, R - CM Router
IP Assignment Method: D - DHCP
```

```
MAC Address      Type IPv6 prefix
38c8.5cb3.54c4  R/D 2800:810:401:10::/60
```

```
CMTS#
BR-CMTS#sh ipv6 interface bundle 1 prefix
IPv6 Prefix Advertisements Bundle1
Codes: A - Address, P - Prefix-Advertisement, O - Pool
       U - Per-user prefix, D - Default
       N - Not advertised, C - Calendar
```

```
PD default [LA] Valid lifetime 2592000, preferred lifetime 604800
AD 2800:810:400:FFFE::/64 [LA] Valid lifetime 2592000, preferred lifetime 604800
```

```
CMTS#
CMTS#sh ipv6 route 2800:810:401:10::/60
Routing entry for 2800:810:401:10::/60
  Known via "static", distance 1, metric 0
  Redistributing via ospf 4
  Route count is 1/1, share count 0
  Routing paths:
    FE80::3AC8:5CFF:FEB3:54C4, Bundle1
    Last updated 4d04h ago
```

Router Advertisement

```
21 5.231748000 fe80::c71:feff:fe73:a6da ff02::1 ICMPv6 86 Router Advertisement from c4:71:fe:73:a6:da
Frame 21: 86 bytes on wire (688 bits), 86 bytes captured (688 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: Cisco_73:a6:da (c4:71:fe:73:a6:da), Dst: IPv6mcast_00:00:00:01 (33:33:00:00:00:01)
Internet Protocol Version 6, Src: fe80::c71:feff:fe73:a6da (fe80::c71:feff:fe73:a6da), Dst: ff02::1 (ff02::1)
Internet Control Message Protocol v6
  Type: Router Advertisement (134)
  Code: 0
  Checksum: 0x53f9 [correct]
  Cur hop limit: 64
  Flags: 0xc0
    1... .... = Managed address configuration: Set
    .1.. .... = Other configuration: Set
    ..0. .... = Home Agent: Not set
    ...0 0... = Prf (Default Router Preference): Medium (0)
    .... .0.. = Proxy: Not set
    .... ..0. = Reserved: 0
  Router lifetime (s): 1800
  Reachable time (ms): 0
  Retrans timer (ms): 0
  ICMPv6 Option (Source link-layer address : c4:71:fe:73:a6:da)
    Type: Source link-layer address (1)
    Length: 1 (8 bytes)
    Link-layer address: cisco_73:a6:da (c4:71:fe:73:a6:da)
  ICMPv6 option (MTU : 1500)
    Type: MTU (5)
    Length: 1 (8 bytes)
    Reserved
    MTU: 1500
0000 33 33 00 00 00 01 c4 71 fe 73 a6 da 86 dd 6e 00 33.....q.s.....n.
0010 00 00 00 20 3a ff fe 80 00 00 00 00 00 00 c6 71 ..:.....:.....q
0020 fe ff fe 73 a6 da ff 02 00 00 00 00 00 00 00 ..s.....:.....q
0030 00 00 00 00 00 01 86 00 53 f9 40 c0 07 08 00 00 .....S.@.....
0040 00 00 00 00 00 00 01 01 c4 71 fe 73 a6 da 05 01 .....:q.s.....
0050 00 00 00 00 05 da .....
```

- **Flag M (Managed):** Con esto le decimos al CPE que sólo tome IPv6 por DHCPv6 (no puede utilizar SLAAC).
- **Flag O (Other Configuration):** Utilizar DHCP también para otros parámetros como DNS, NTP, etc.

Direccionamiento IPv6 en D3.0

Quick Setup Lan Setup **Lan IPv6 Setup** DDNS

Network Setup (LAN) IPv6

Gateway Prefix

Network Address Server Settings (DHCPv6)

Help...

This page allows configuration of the internal DhcpV6 server for the LAN. When modifying the System Delegated Prefix, set the System Delegated Prefix first, and press Apply so that the system can calculate its LAN Delegated Prefix.

System Delegated Prefix:

LAN Delegated Prefix will be derived from System Delegated Prefix and Start Address will have the same prefix as the LAN Delegated Prefix.

Enabled

LAN Delegated Prefix:

Start Address:

Number of Addresses:

Valid Lifetime:

Enabled Rapid Commit

Enabled Unicast

Enabled EUI-64 Addressing

Restore Defaults

Consideraciones para el despliegue

- Compatibilidad de dispositivos.
- Sistemas de Monitoreo y Gestión.
- Sistema de Aprovisionamiento.
- CRM y Billing
- DPI

Compatibilidad de Dispositivos

- Modelos de CM:
 - CM DOCSIS 1.0, 1.1, 2.0 desplegados sin soporte IPv6.
 - Homologación de IPv6 en CMs actuales y nuevos. Modo Bridge y Modo Router.
 - Ideal: CMs con todos los servicios básicos integrados (eRouter, eMTA – Embedded Multimedia Terminal Adapter, WiFi)
- Dispositivos propiedad del abonado sin soporte IPv6.
 - Considerar que el cliente puede tener equipamiento (ej. Router WiFi) sin soporte IPv6.
 - Recordar: la transición debe ser totalmente transparente para el abonado.

Sistema de Monitoreo y Gestión

- Es para IPv6 en Gestión del CM, eMTA.
- Sistema de Monitoreo:
 - Plataforma SNMP con Stack de IPv6.
 - Bases de Datos: actualizar para almacenar tanto IPv4 como IPv6 en Direccionamiento de los dispositivos.
- Gestión de CMs:
 - Accesibilidad desde Operaciones:
 - Administración remota vía Web, ssh, telnet, etc. de CMs
 - Considerar Routers, Firewalls internos, acceso desde VPN.

Sistema de Aprovisionamiento

- Previamente determinar si se va aprovisionar IPv6 en gestión.
 - Definir el número de IPs de la solución completa.
- Componentes:
 - **DHCP Server:**
 - Soporte IPv4, IPv6 e IPv6-PD.
 - Calcular cantidad de leases para dimensionamiento de servidor y licencias.
 - **TFTP Server:** Conectividad IPv6 contra los CMs.
 - **Time Server:** Idem TFTP Server.
 - **Syslog:** Idem.
 - **Base de Datos de Leases:** Si los Leases de DHCP se almacenan en una DB, considerar modificación de estructura de la misma.
 - **Aplicación de Provisioning:**
 - Conectividad IPv6 con los componentes.
 - Soporte asignación IPv6 en gestión de CM, eRouter y Prefix-Delegation.

CRM y Billing

- No es necesario que tengan IPv6.
 - La conectividad con el resto de los sistemas y la red puede seguir operando con IPv4.
- Soporte para conocer IPv6 asignada en CM, eRouter.
- Reserva de Direccionamiento IPv6.
- Capacitación a Call Center e Instalaciones.

DPI

- Tampoco es necesario actualizar direccionamiento de gestión de sus componentes (collector, subscriber manager, etc).
- Soporte completo de IPv6 en Hardware.
 - Detección y clasificación de tráfico IPv6.
 - Aplicado de políticas sin impacto adicional en rendimiento.

Documentos

- Data-Over-Cable Service Interface Specifications:
<http://www.cablelabs.com/wp-content/uploads/specdocs/CM-SP-eRouter-I10-130808.pdf>
- CableLabs' DHCP Options Registry:
<http://www.cablelabs.com/wp-content/uploads/specdocs/CL-SP-CANN-DHCP-Reg-I10-130808.pdf>
- IPv6 on Cable:
http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/cable/configuration/guide/12_2sc/Cisco_CMTS_Layer3_Bundle_Interface/cmts_ipv6.html
- Dual-Stack IPv6 Architecture Technical Report:
<http://www.cablelabs.com/wp-content/uploads/specdocs/PKT-TR-DS-IP6-V01-110825.pdf>
- Cisco CMTS Router Layer 3 and Bundle Interface Features Configuration Guide
http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/cable/cmts/config_guide/b_CMTS_Router_Layer3_BundleInterface.pdf

RFCs

- [RFC 3315](#) - Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)
- [RFC 3633](#) - IPv6 Prefix Options for Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) version 6
- [RFC 3769](#) - Requirements for IPv6 Prefix Delegation
- [RFC 4862](#) - IPv6 Stateless Address Autoconfiguration
- [RFC 6106](#) - IPv6 Router Advertisement Options for DNS Configuration
- [RFC 7217](#) - A Method for Generating Semantically Opaque Interface Identifiers with IPv6 Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC)
- [Internet Draft - Recommendation on Stable IPv6 Interface Identifiers draft-ietf-6man-default-iids-03](#)
- [RFC 7084](#) - Basic Requirements for IPv6 Customer Edge Routers

Muchas gracias