



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

G.7715/Y.1706

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

(06/2002)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Equipos terminales digitales – Características de
operación, administración y mantenimiento de los equipos
de transmisión

SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA
INFORMACIÓN Y ASPECTOS DEL PROTOCOLO
INTERNET

Aspectos del protocolo Internet – Operaciones,
administración y mantenimiento

**Arquitectura y requisitos para el
encaminamiento en la red óptica con
conmutación automática**

Recomendación UIT-T G.7715/Y.1706

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
EQUIPOS DE PRUEBAS	G.500–G.599
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.7000–G.7999
Generalidades	G.7000–G.7099
Codificación de señales analógicas mediante modulación por impulsos codificados (MIC)	G.7100–G.7199
Codificación de señales analógicas mediante métodos diferentes de la MIC	G.7200–G.7299
Características principales de los equipos multiplex primarios	G.7300–G.7399
Características principales de los equipos multiplex de segundo orden	G.7400–G.7499
Características principales de los equipos multiplex de orden superior	G.7500–G.7599
Características principales de los transcodificadores y de los equipos de multiplicación de circuitos digitales	G.7600–G.7699
Características de operación, administración y mantenimiento de los equipos de transmisión	G.7700–G.7799
Características principales de los equipos multiplex de la jerarquía digital síncrona	G.7800–G.7899
Otros equipos terminales	G.7900–G.7999
REDES DIGITALES	G.8000–G.8999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.7715/Y.1706

Arquitectura y requisitos para el encaminamiento en la red óptica con conmutación automática

Resumen

En esta Recomendación se especifican los requisitos y la arquitectura para las funciones de encaminamiento utilizadas para el establecimiento de conexiones conmutadas (SC) y conexiones permanentes programables (SPC), dentro del marco de trabajo de la red óptica con conmutación automática (ASON). Los temas principales considerados en esta Recomendación incluyen la arquitectura de encaminamiento ASON, sus componentes funcionales incluidos la selección de trayecto, los atributos de encaminamiento, los mensajes abstractos y los diagramas de estado.

Esta Recomendación forma parte de la serie de Recomendaciones que cubren la funcionalidad completa de la red de transporte con conmutación automática (ASTN) y la red óptica con conmutación automática (ASON).

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.7715/Y.1706, preparada por la Comisión de Estudio 15 (2001-2004) del UIT-T, fue aprobada por el procedimiento de la Resolución 1 de la AMNT el 13 de junio de 2002.

Palabras clave

Atributos de encaminamiento, controlador de encaminamiento, dominio de control de encaminamiento, encaminamiento, interfaz red-red (NNI), interfaz usuario-red (UNI), máquina de estados de encaminamiento, mensajes de encaminamiento, recursos de red, red de transporte con conmutación automática, red óptica con conmutación automática, selección de trayecto, zona de encaminamiento.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2002

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
3 Términos y definiciones	2
4 Abreviaturas.....	3
5 Arquitectura de encaminamiento ASON	3
5.1 Conceptos fundamentales.....	4
5.2 Arquitectura de encaminamiento y componentes funcionales	5
5.2.1 Consideraciones para protocolos diferentes	7
5.2.2 Consideraciones para múltiples RPV	8
5.2.3 Consideraciones para las políticas.....	8
5.3 Jerarquías de las zonas de encaminamiento	8
5.3.1 Realización del ejecutante de encaminamiento en relación con las jerarquías de las zonas de encaminamiento.....	9
5.3.2 Correspondencia entre el LRM y los RC para las zonas de encaminamiento jerárquicas	11
6 Requisitos de encaminamiento ASON	12
6.1 Requisitos de la arquitectura	12
6.2 Requisitos del protocolo	12
6.3 Requisitos de la selección de trayecto	13
7 Atributos de encaminamiento	13
7.1 Atributos de nodo	13
7.1.1 Atributos de la accesibilidad	13
7.1.2 Atributos relacionados con la diversidad	13
7.1.3 Información de otros atributos.....	14
7.2 Atributos del enlace.....	14
7.2.1 Estado del enlace	14
7.2.2 Atributos relacionados con la diversidad	15
7.2.3 Otra información de atributos.....	15
8 Mensajes de encaminamiento	15
8.1 Mantenimiento de la adyacencia de encaminamiento.....	15
8.2 Mensajes de información de encaminamiento	16
8.3 Excepción de encaminamiento y tratamiento de errores.....	16
8.4 Diagramas de estado.....	17
8.4.1 Transmisión del elemento de información	17
8.4.2 Recepción de elementos de información.....	18

	Página
8.4.3	Generación de la transmisión de un elemento de información local..... 20
9	Topología de distribución de los mensajes de encaminamiento..... 21
9.1	Topología congruente..... 21
9.2	Topología centralizada con el empleo de un servidor de mensajes de encaminamiento..... 22
9.3	Topología dirigida 23
10	Selección de trayecto 23
10.1	Entradas a la selección de trayecto..... 23
10.1.1	Encaminamiento paso a paso..... 24
10.1.2	Encaminamiento de origen y jerárquico..... 24
10.2	Salida de la selección de trayecto..... 25
10.3	Paradigmas de encaminamiento y selección de trayecto..... 25
Apéndice I – Flujo de información entre los niveles de la jerarquía de encaminamiento 26	
I.1	Diseminación de información relativa a la resolución de las direcciones de los puntos de destino..... 26
I.1.1	Flujo de información progenitor a vástago..... 26
I.1.2	Flujo de información vástago a progenitor..... 27
I.2	Intercambio de información entre niveles jerárquicos para la resolución de direcciones de punto extremo 28
Apéndice II – Grupo de riesgo compartido..... 29	
II.1	Diversidad de trayecto 29
II.2	Recursos de red y compartición de riesgo..... 29
II.3	Grupo de riesgo compartido (SRG)..... 30
II.4	Implicaciones del SRG para el encaminamiento..... 31

Recomendación UIT-T G.7715/Y.1706

Arquitectura y requisitos para el encaminamiento en la red óptica con conmutación automática

1 Alcance

En esta Recomendación se especifican los requisitos y la arquitectura para las funciones de encaminamiento utilizadas para el establecimiento de conexiones conmutadas (SC, *switched connections*) y conexiones permanentes programables (SPC, *soft permanent connections*) dentro del marco de trabajo de la red óptica con conmutación automática (ASON, *automatically switched optical network*). Los temas principales considerados en esta Recomendación incluyen la arquitectura de encaminamiento ASON, sus componentes funcionales incluidos la selección de trayecto, los atributos de encaminamiento, los mensajes abstractos y los diagramas de estado.

Esta Recomendación forma parte de la serie de Recomendaciones que cubren la funcionalidad completa de la red de transporte con conmutación automática y la red óptica con conmutación automática. Se fundamenta en los requisitos funcionales de alto nivel y en la arquitectura descritos en las Recomendaciones UIT-T G.807/Y.1302 (ASTN) y G.8080/Y.1304 (ASON) como el marco de trabajo de base para la especificación.

Esta Recomendación está orientada a proporcionar un método neutro de protocolo al describir el encaminamiento para las redes ópticas con conmutación automática. Los mensajes de encaminamiento se transportan sobre una red de comunicaciones de datos (RCD). En la Rec. UIT-T G.7712/Y.1703 se especifica una posible implementación.

A fin de proporcionar servicio de encaminamiento se necesita un conocimiento *a priori* de los recursos de la red. Estos recursos pueden suministrarse manualmente o descubrirse en forma automática.

El encaminamiento ASON tiene muchas aplicaciones, por ejemplo la ingeniería de tráfico, el encaminamiento diversificado, etc. No obstante los detalles de estas aplicaciones están fuera del alcance de esta Recomendación.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones, por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- Recomendación UIT-T G.805 (2000), *Arquitectura funcional genérica de las redes de transporte*.
- Recomendación UIT-T G.807/Y.1302 (2001), *Requisitos de la red de transporte con conmutación automática*.
- Recomendación UIT-T G.851.1 (1996), *Gestión de la red de transporte – Aplicación del marco del modelo de referencia de procesamiento distribuido abierto*.
- Recomendación UIT-T G.7712/Y.1703 (2001), *Arquitectura y especificación de la red de comunicación de datos*.

- Recomendación UIT-T G.8080/Y.1304 (2001), *Arquitectura de la red óptica con conmutación automática*.
- Recomendación UIT-T M.3016 (1998), *Visión general de la seguridad en la red de gestión de las telecomunicaciones*.
- Recomendación UIT-T X.800 (1991), *Arquitectura de seguridad de la interconexión de sistemas abiertos para aplicaciones del CCITT*.

3 Términos y definiciones

3.1 En esta Recomendación se utilizan los siguientes términos definidos en la Rec. UIT-T G.805:

- a) Dominio administrativo.
- b) Enlace.
- c) Conexión de enlace (LC, *link connection*).
- d) Partición.
- e) Subred.
- f) Conexión de subred (SNC, *subnetwork connection*)

3.2 En esta Recomendación se utiliza el siguiente término definido en la Rec. UIT-T G.851.1:

- a) Conglomerado.

3.3 En esta Recomendación se utiliza el siguiente término definido en la Rec. UIT-T G.7712/Y.1703:

- a) Red de comunicaciones de datos (RCD).

3.4 En esta Recomendación se utilizan los siguientes términos definidos en la Rec. UIT-T G.8080/Y.1304:

- a) Controlador de conexión.
- b) Federación.
- c) Gestor de recursos de enlace (LRM, *link resource manager*).
- d) Controlador de protocolo (PC, *protocol controller*).
- e) Zona de encaminamiento.
- f) Controlador de encaminamiento (RC, *routing controller*).
- g) Base de datos de información de encaminamiento (RDB, *routing information database*).
- h) Agrupación de puntos de subred (SNPP, *subnetwork point pool*).
- i) Punto de subred (SNP, *subnetwork point*).
- j) Red privada virtual (RPV).

3.5 En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

3.5.1 **nodo**: En el contexto de esta Recomendación se utiliza el término nodo para indicar una subred o una zona de encaminamiento.

3.5.2 **adyacencia de encaminamiento (RAdj, *routing adjacency*)**: Asociación lógica entre dos controladores de encaminamiento.

3.5.3 **dominio de control de encaminamiento (RCD, *routing control domain*)**: Entidad abstracta que oculta los detalles de la distribución RC. Véase 5.1 para mayor información.

- 3.5.4 ejecutante de encaminamiento (RP, *routing performer*):** Objeto de punto de vista computacional (de acuerdo con la Rec. UIT-T G.851.1) asociado con una zona de encaminamiento y que proporciona una abstracción del servicio de encaminamiento para la zona de encaminamiento.
- 3.5.5 grupo de riesgo compartido (SRG, *shared risk group*):** Grupo de recursos que comparte un componente de riesgo común, cuya avería puede provocar el fallo de todos los recursos en el grupo.

4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

AD	Dominio administrativo (<i>administrative domain</i>)
ASON	Red óptica con conmutación automática (<i>automatically switched optical network</i>)
ASTN	Red de transporte con conmutación automática (<i>automatic switched transport network</i>)
E-NNI	Interfaz externa red-red (<i>external network-network interface</i>)
IE	Elemento de información (<i>information element</i>)
I-NNI	Interfaz interna red-red (<i>internal network-network interface</i>)
LRM	Gestor de recursos de enlace (<i>link resource manager</i>)
RA	Zona de encaminamiento (<i>routing area</i>)
RA _{adj}	Adyacencia de encaminamiento (<i>routing adjacency</i>)
RC	Controlador de encaminamiento (<i>routing controller</i>)
RCD	Dominio de control de encaminamiento (<i>routing control domain</i>)
RCD	Red de comunicación de datos
RDB	Base de datos de información de encaminamiento (<i>routing information database</i>)
RI	Información de encaminamiento (<i>routing information</i>)
RP	Ejecutante de encaminamiento (<i>routing performer</i>)
RPV	Red privada virtual
SNP	Punto de subred (<i>subnetwork point</i>)
SNPP	Agrupación de puntos de subred (<i>subnetwork point pool</i>)
SRG	Grupo de riesgo compartido (<i>shared risk group</i>)
UNI	Interfaz usuario-red (<i>user network interface</i>)

5 Arquitectura de encaminamiento ASON

La arquitectura de encaminamiento ASON soporta varios paradigmas de encaminamiento enumerados en la Rec. UIT-T G.8080/Y.1304, por ejemplo, jerárquicos, paso a paso y basados en el origen. La arquitectura también extrae las diferencias en la representación de la información de encaminamiento, por ejemplo estado del enlace, vector distancia, etc. Se aplica la arquitectura de encaminamiento después de que la red se ha subdividido en zonas de encaminamiento y se han asignado en consecuencia los recursos necesarios de red. El proceso de subdivisión de la red en zonas de encaminamiento y de asignación de recursos de red está fuera del alcance de esta Recomendación.

5.1 Conceptos fundamentales

Un operador puede elegir la subdivisión de su red basándose en sus políticas específicas, las cuales pueden incluir criterios tales como geografía, administración, tecnología, etc. Las subdivisiones de red pueden, por decisión del operador, tratarse como zonas de encaminamiento para el propósito de suministrar un servicio de encaminamiento. Las zonas de encaminamiento facilitan la abstracción de la información de encaminamiento, al facilitar la representación escalable de la información de encaminamiento. El servicio ofrecido por una zona de encaminamiento (por ejemplo, selección de trayecto) lo proporciona un ejecutante de encaminamiento (una federación de controladores de encaminamiento), y cada uno de ellos es responsable de una sola zona de encaminamiento. El RP soporta las funciones de cálculo del trayecto coherentes con uno o más de los paradigmas de encaminamiento enumerados en la Rec. G.8080/Y.1304 (de origen, jerárquicos y paso a paso) para la zona de encaminamiento particular a la que proporciona el servicio. Las funciones de cálculo de trayecto que puede soportar un RP se basan en los tipos de información disponibles a través de la base de datos de información de encaminamiento.

Las zonas de encaminamiento pueden estar contenidas jerárquicamente y un ejecutante de encaminamiento diferenciado está asociado con cada zona de encaminamiento en la jerarquía de encaminamiento. Para cada nivel de la jerarquía es posible emplear diferentes ejecutantes de encaminamiento que soportan distintos paradigmas de encaminamiento. Los ejecutantes de encaminamiento se desempeñan a través de la ejemplificación de posibles controladores de encaminamiento distribuido. El controlador de encaminamiento proporciona la interfaz de servicio de encaminamiento, es decir, el punto de acceso al servicio, como se define para el ejecutante de encaminamiento. El controlador de encaminamiento también es responsable de la coordinación y diseminación de la información de encaminamiento. Las interfaces de servicio del controlador de encaminamiento proporcionan el servicio de encaminamiento a través de los puntos de referencia NNI en un nivel jerárquico dado. Diferentes ejemplares del controlador de encaminamiento pueden estar sujetos a diferentes políticas en función de las organizaciones para las que se proporcionan los servicios. El cumplimiento de las políticas se puede soportar a través de varios mecanismos; por ejemplo, con la utilización de diferentes protocolos.

Se puede implementar un RC como un conglomerado de entidades distribuidas; tal conglomerado se denomina un dominio de control de encaminamiento (RCD, *routing control domain*). Un RCD es la entidad abstracta que oculta los detalles de la distribución interna en el conglomerado, mientras proporciona las interfaces de distribución con características idénticas a aquéllas de las interfaces de distribución RC. La naturaleza de la información de encaminamiento intercambiada entre los RCD reproduce la semántica común de la información de encaminamiento intercambiada entre las interfaces de distribución RC y permite además diferentes representaciones dentro de cada conglomerado. La realización del RCD es específica para cada implementación y queda fuera del alcance de esta Recomendación.

La relación entre los conceptos RA, RP, RC y RCD se ilustra en la figura 1 a continuación.

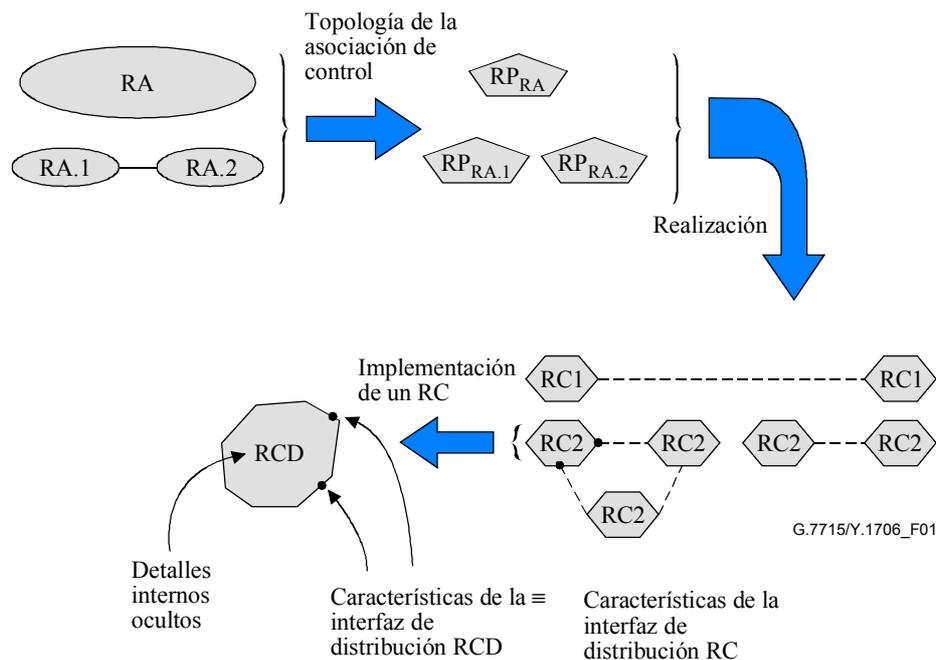


Figura 1/G.7715/Y.1706 – Relación entre RA, RP, RC y RCD

Como se ilustró antes, las zonas de encaminamiento contienen algunas zonas que recurrentemente definen niveles de encaminamiento jerárquicos sucesivos. Se asocia un RP diferente con cada zona de encaminamiento. Así, RP_{RA} está asociado con la zona de encaminamiento RA, y los ejecutantes de encaminamiento RP_{RA.1} y RP_{RA.2} están asociados con las zonas de encaminamiento RA.1 y RA.2, respectivamente. A su vez, los propios RP se realizan a través de las ejemplificaciones de los RC distribuidos RC1 y RC2, donde los RC1 se derivan del RP_{RA} y los RC2 se derivan de los ejecutantes de encaminamiento RP_{RA.1} y RP_{RA.2}, respectivamente. Se puede observar que las características de las interfaces de distribución RCD y RC son idénticas¹.

5.2 Arquitectura de encaminamiento y componentes funcionales

La arquitectura de encaminamiento tiene componentes independientes del protocolo (LRM, RC) y componentes específicos de protocolo (controlador de protocolo). El controlador de encaminamiento trata la información abstracta necesaria para el encaminamiento. El controlador de protocolo trata los mensajes específicos de protocolo en función del punto de referencia sobre el cual se intercambia la información (por ejemplo, E-NNI, I-NNI) y transfiere primitivas de encaminamiento al controlador de encaminamiento. En la figura 2 se ilustra un ejemplo de los componentes funcionales de encaminamiento.

¹ En función de la elección de implementación, el número de ejemplares de interfaz de distribución RCD no necesita ser el mismo que para un ejemplar RC.

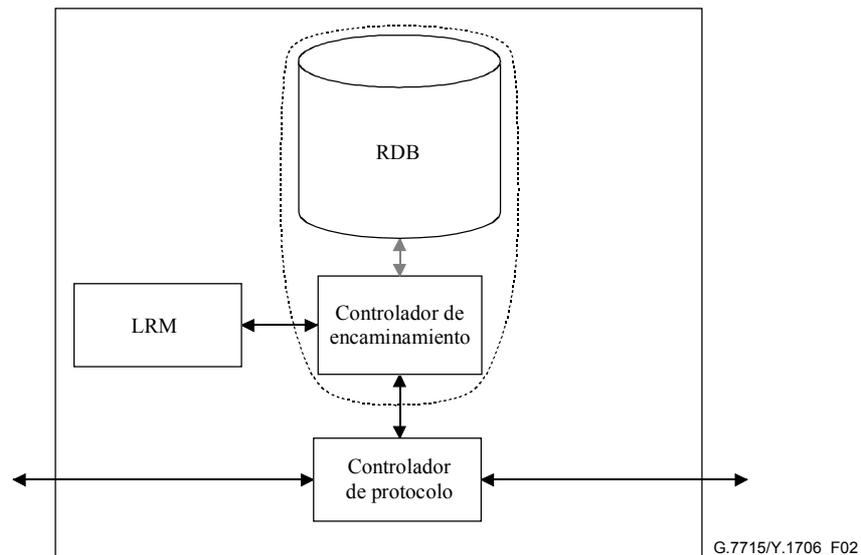


Figura 2/G.7715/Y.1706 – Ejemplo de componentes funcionales de encaminamiento

- 1) Controlador de encaminamiento – Las funciones RC incluyen el intercambio de información de encaminamiento con los RC pares y las respuestas a las consultas de encaminamiento (selecciones de trayecto) al funcionar en la base de datos de información de encaminamiento. El RC es independiente del protocolo.
- 2) Base de datos de información de encaminamiento (RDB) – La RDB es un depósito para la topología local, la topología de red, alcanzabilidad, y otra información de encaminamiento que se actualiza como parte del intercambio de información de encaminamiento y que puede contener adicionalmente información que se configura. La RDB puede contener información de encaminamiento para más de una zona de encaminamiento. El controlador de encaminamiento tiene acceso a una vista de la RDB. En la figura 2 se ilustra lo anterior al mostrar una línea de puntos alrededor del RC y de la RDB. Esta línea de puntos significa que el RC (como se describe en la Rec. UIT-T G.8080/Y.1304) encapsula una vista de la RDB. La RDB es independiente del protocolo.
 NOTA – Como la RDB puede contener información de encaminamiento que pertenece a múltiples zonas de encaminamiento (y en consecuencia posiblemente a múltiples redes de capa), los controladores de encaminamiento que acceden a la RDB pueden compartir la información de encaminamiento. Esto se ilustra en la figura 3 al mostrar el solapamiento entre las líneas de puntos.
- 3) Gestor de recursos de enlace – El LRM suministra toda la información del enlace SNPP pertinente al controlador de encaminamiento. Además informa al RC con respecto a cualquier modificación de estado de los recursos de enlace que controla.
- 4) Controlador de protocolo – El PC convierte las primitivas del controlador de encaminamiento en mensajes de protocolo de un determinado protocolo de encaminamiento, y depende del protocolo. Además maneja el control de flujo específico del protocolo para el intercambio de información de encaminamiento.

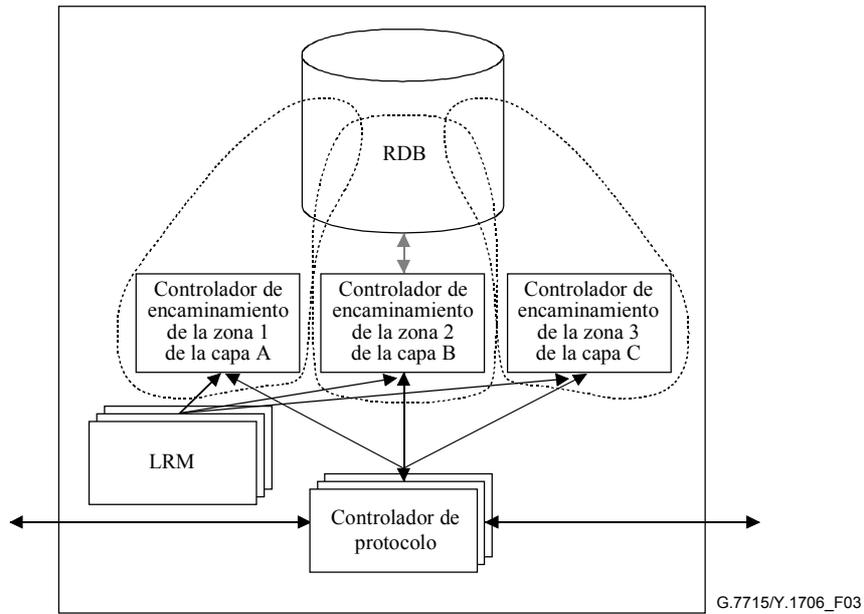


Figura 3/G.7715/Y.1706 – Ejemplo de la relación entre la RDB y los RC para varias zonas de encaminamiento

5.2.1 Consideraciones para protocolos diferentes

Para una zona de encaminamiento dada, pueden soportarse varios protocolos para el intercambio de información de encaminamiento. La arquitectura de encaminamiento permite el soporte de múltiples protocolos de encaminamiento. Esto se logra mediante la ejemplificación de diferentes controladores de protocolo. La arquitectura no asume una correspondencia uno a uno entre los ejemplares del controlador de encaminamiento y los ejemplares del controlador de protocolo. Esto se ilustra en la figura 4.

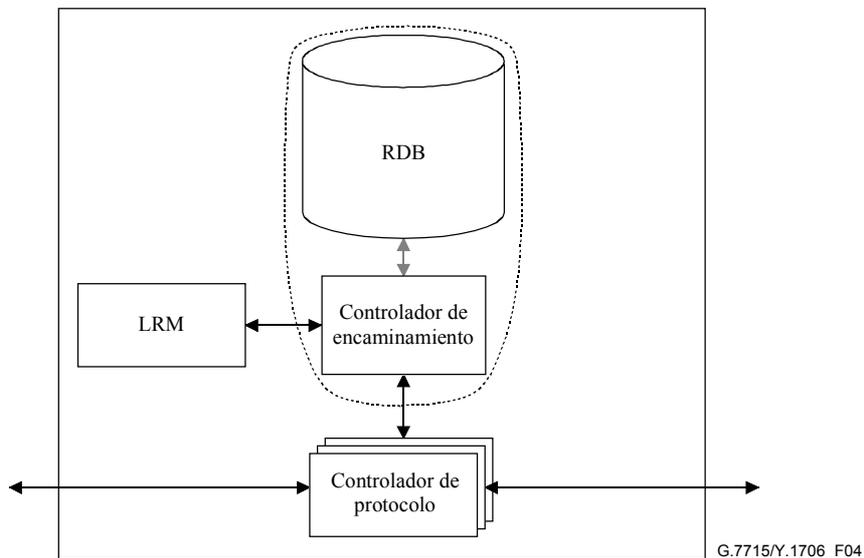


Figura 4/G.7715/Y.1706 – Ejemplo de arquitectura para múltiples protocolos

5.2.2 Consideraciones para múltiples RPV

Una red privada virtual es un constructivo dentro de una sola red de capa y se puede crear por:

- a) Partición explícita de sus recursos de red.
- b) Compartición de los recursos de red comunes entre las múltiples RPV.

La arquitectura de encaminamiento soporta todos los modelos anteriores para las RPV. Se soporta el modelo de partición explícita al definir una vista en la RDB para un RC de RPV y al dotar a esa vista con recursos que no están en ninguna otra vista. Esto se ilustra en la figura 5 para el caso de RPV3. Se soporta el modelo de recursos de red compartidos al permitir la compartición de la RDB por diferentes RPV, como se muestra en la figura 5 para los casos de RPV1 y RPV2.

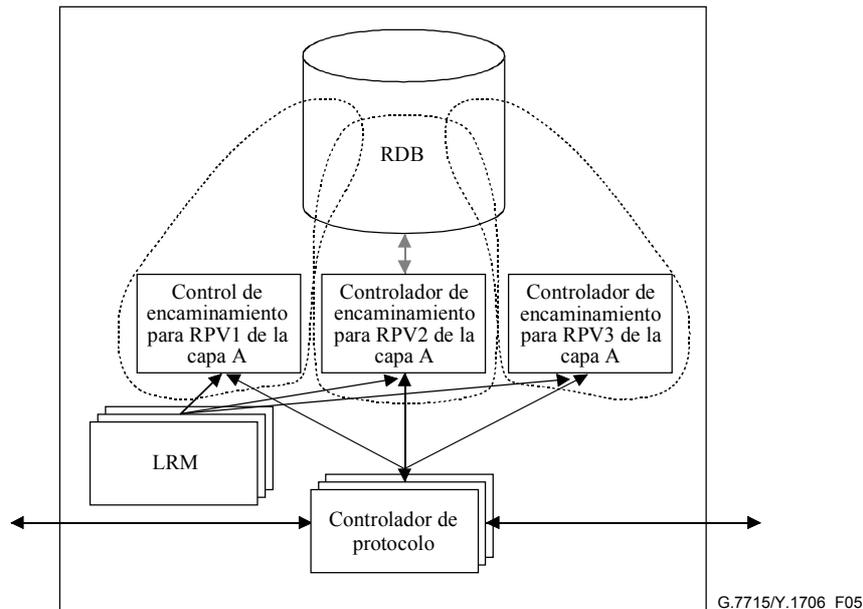


Figura 5/G.7715/Y.1706 – Arquitectura de encaminamiento para múltiples RPV

5.2.3 Consideraciones para las políticas

Se logra el cumplimiento de las políticas de encaminamiento a través de los puertos de política y configuración disponibles en el componente RC. Para una aplicación de ingeniería de tráfico, se puede aplicar una política de configuración y una política de selección de trayecto adecuadas a los RC a través de estos puertos. Esto se puede utilizar para influir con respecto a qué información de encaminamiento se revela a otros controladores de encaminamiento y qué información de encaminamiento se almacena en la RDB.

5.3 Jerarquías de las zonas de encaminamiento

A continuación en la figura 6 se ilustra un ejemplo de una zona de encaminamiento. La zona de encaminamiento de más alto nivel (progenitora) RA contiene las zonas de encaminamiento de nivel inferior (vástagos) RA.1, RA.2 y RA.3. RA.1 y RA.2 a su vez contienen las zonas de encaminamiento RA.1.x y RA.2.x.

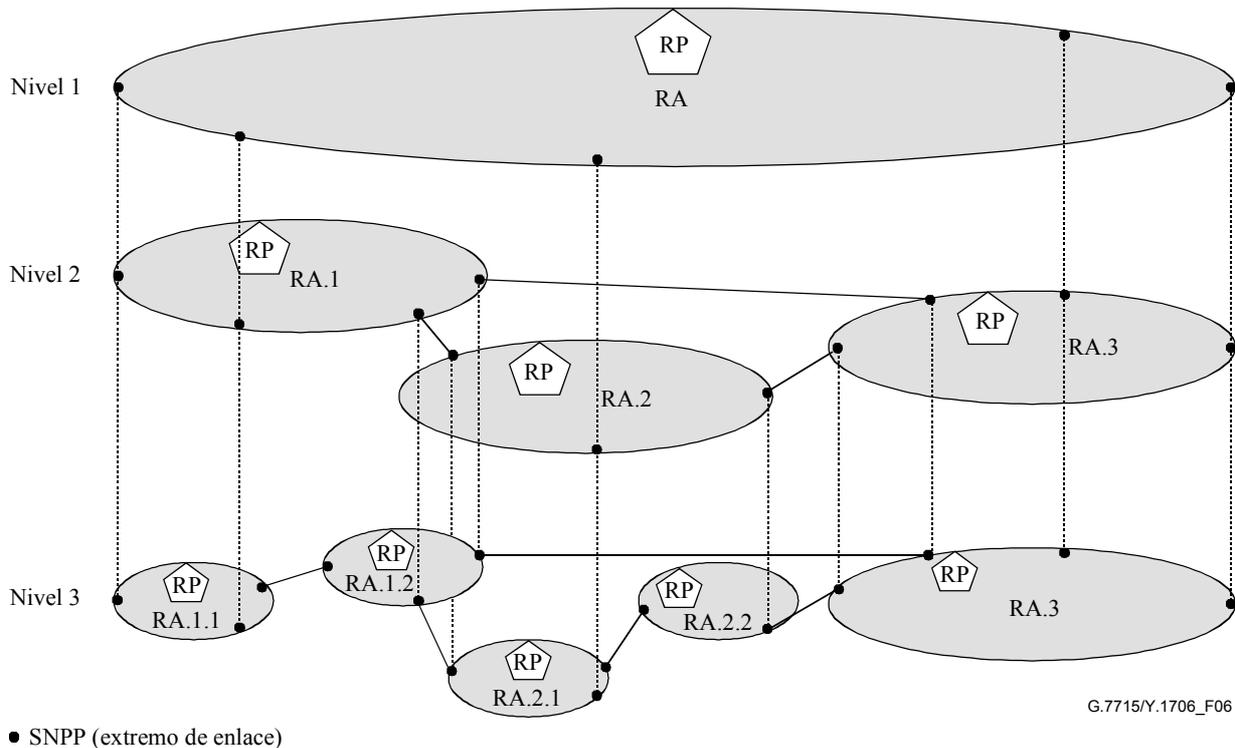


Figura 6/G.7715/Y.1706 – Ejemplo de jerarquías de zonas de encaminamiento

Cada zona de encaminamiento tiene un RP asociado que proporciona el servicio de encaminamiento para la zona de encaminamiento en ese nivel específico de la jerarquía. Esto se ilustra en la figura 7.

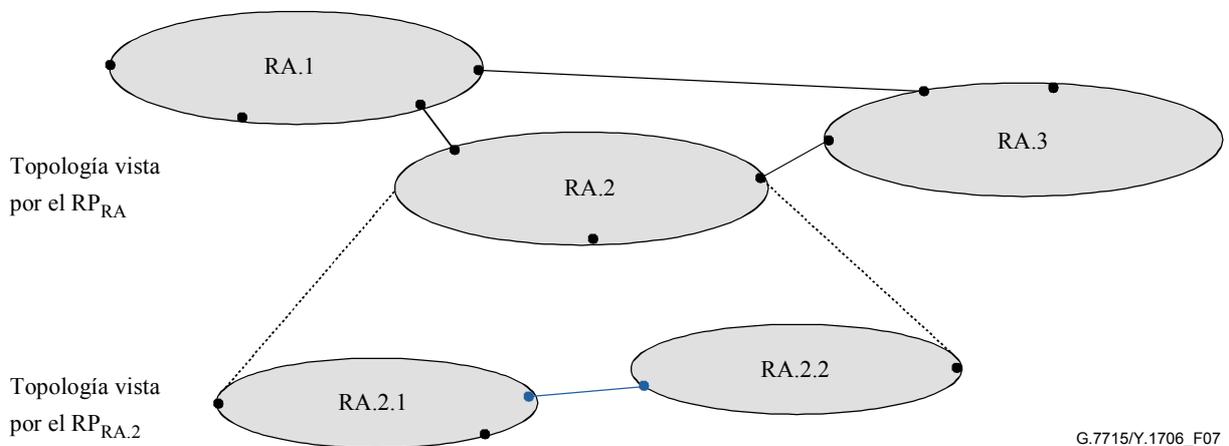


Figura 7/G.7715/Y.1706 – Vistas de la topología observadas por un RP asociado con zonas de encaminamiento jerárquicas

5.3.1 Realización del ejecutante de encaminamiento en relación con las jerarquías de las zonas de encaminamiento

La realización del RP se logra a través de ejemplares RC. Como se describe en la Rec. UIT-T G.8080/Y.1304, un RC encapsula la información de encaminamiento para la zona de encaminamiento, y proporciona los servicios de consulta de ruta dentro de la zona, en ese nivel específico de la jerarquía. En el contexto de las zonas de encaminamiento jerárquicas, la realización de los RP jerárquicos se lleva a cabo a través de una pila de ejemplares RC, donde cada nivel de la pila corresponde a un nivel en la jerarquía. En la figura 8 se muestra la realización de los RP como una pila de RC. En la figura, las cajas en línea discontinua representan su ubicación dentro de los

elementos físicos. Para fines ilustrativos la figura muestra múltiples ejemplares RC coubicados en el mismo elemento físico, no obstante ésta es solamente una representación a manera de ejemplo.

En un nivel jerárquico dado y en función de los casos elegidos de distribución surgen dos posibilidades:

- Cada uno de los controladores de encaminamiento distribuido podrían encapsular una porción de la base de datos global de información de encaminamiento.
- Cada uno de los controladores de encaminamiento distribuido podría encapsular toda la base de datos de información de encaminamiento reproducida a través de un mecanismo de sincronización.

Obsérvese que en cada uno de los casos, no se afectan las interfaces de servicio de cada uno de los controladores de encaminamiento distribuido. La distribución proporciona además la capacidad para ofrecer múltiples puntos de acceso al servicio dentro de la zona de encaminamiento. Hay necesidad de interacción entre los controladores de encaminamiento correspondientes a los ejecutantes de encaminamiento en diferentes niveles de la jerarquía (véase el apéndice I para mayor información).

NOTA – El caso especial de una implementación centralizada se representa mediante un solo ejemplar de un controlador de encaminamiento. (Para los propósitos de capacidad de recuperación puede haber también un recurso de reserva activa.)

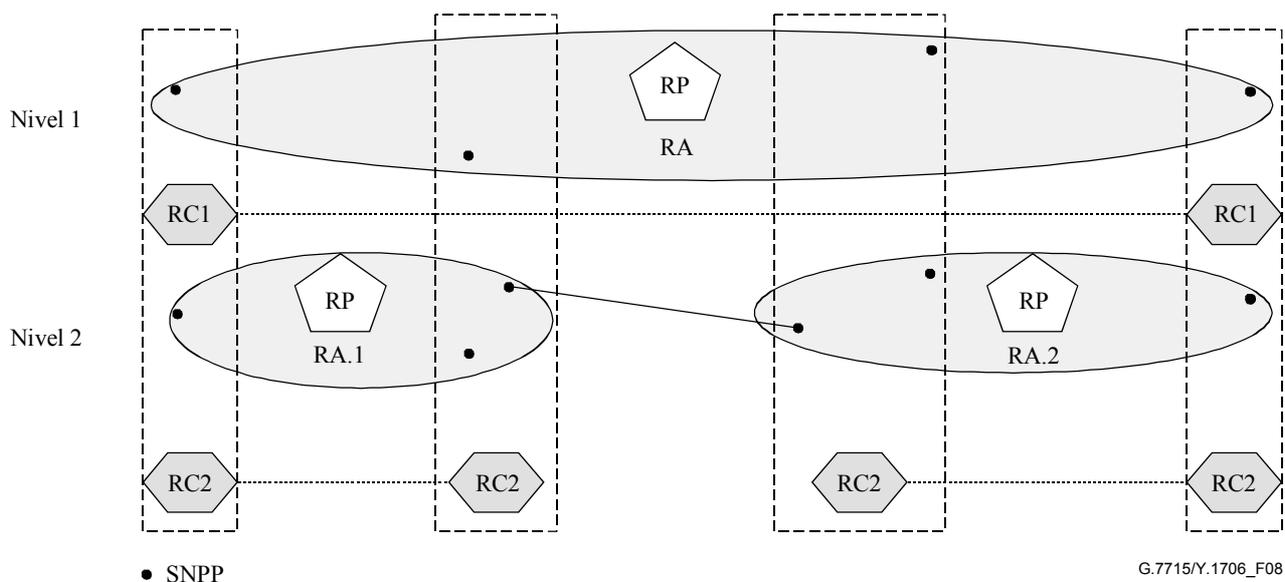


Figura 8/G.7715/Y.1706 – Ejemplo de realización de los ejecutantes de encaminamiento jerárquico

En el contexto de las interacciones entre los controladores de encaminamiento a diferentes niveles de la jerarquía, es importante observar que la información recibida del RC progenitor no circulará hacia atrás al RC progenitor.

Las capacidades de selección de trayecto dependen de la información que pasa entre los niveles de encaminamiento y puede requerir además diferentes grados de detalles de dirección de subred y de enlace. Por ejemplo, si no se requiere la selección de trayecto para devolver los SNP de un trayecto, en ese caso es adecuado el direccionamiento de nivel SNPP.

Es posible que la zona de encaminamiento progenitora y la zona de encaminamiento vástago tengan conocimiento de un destino al mismo tiempo, pero con diferentes trayectos al destino. Debido a la delimitación, las zonas que están más cercanas (delimitación inferior) al destino en general tendrán mejor información para desarrollar un trayecto al destino que las zonas que están más alejadas. Esto

se debe a que el RC vástago siempre conoce todos los destinos que son parte de su zona, o que son parte de una zona contenida dentro de su zona. Así, el RC vástago está mejor preparado para determinar si puede encaminar directamente al destino.

5.3.2 Correspondencia entre el LRM y los RC para las zonas de encaminamiento jerárquicas

Se utilizan los términos "enlaces externos" y "enlaces internos" para distinguir entre enlaces que son inherentes a la zona de encaminamiento y aquellos que están totalmente encapsulados por una zona de encaminamiento en un nivel determinado de la jerarquía. Cabe destacar que los enlaces externos a una zona de encaminamiento en un nivel de la jerarquía pueden ser enlaces internos en la zona de encaminamiento progenitora. Los LRM proporcionan la información de enlace a los RC de la zona de encaminamiento contenedora. Los enlaces internos a una zona de encaminamiento vástago pueden estar ocultos de la vista de la zona de encaminamiento progenitora.

En la figura 9 se muestra un ejemplo de la asociación entre los LRM (cubicados con la SNPP) y sus RC correspondientes. Los LRM proporcionan la información de estado del enlace a los controladores de encaminamiento.

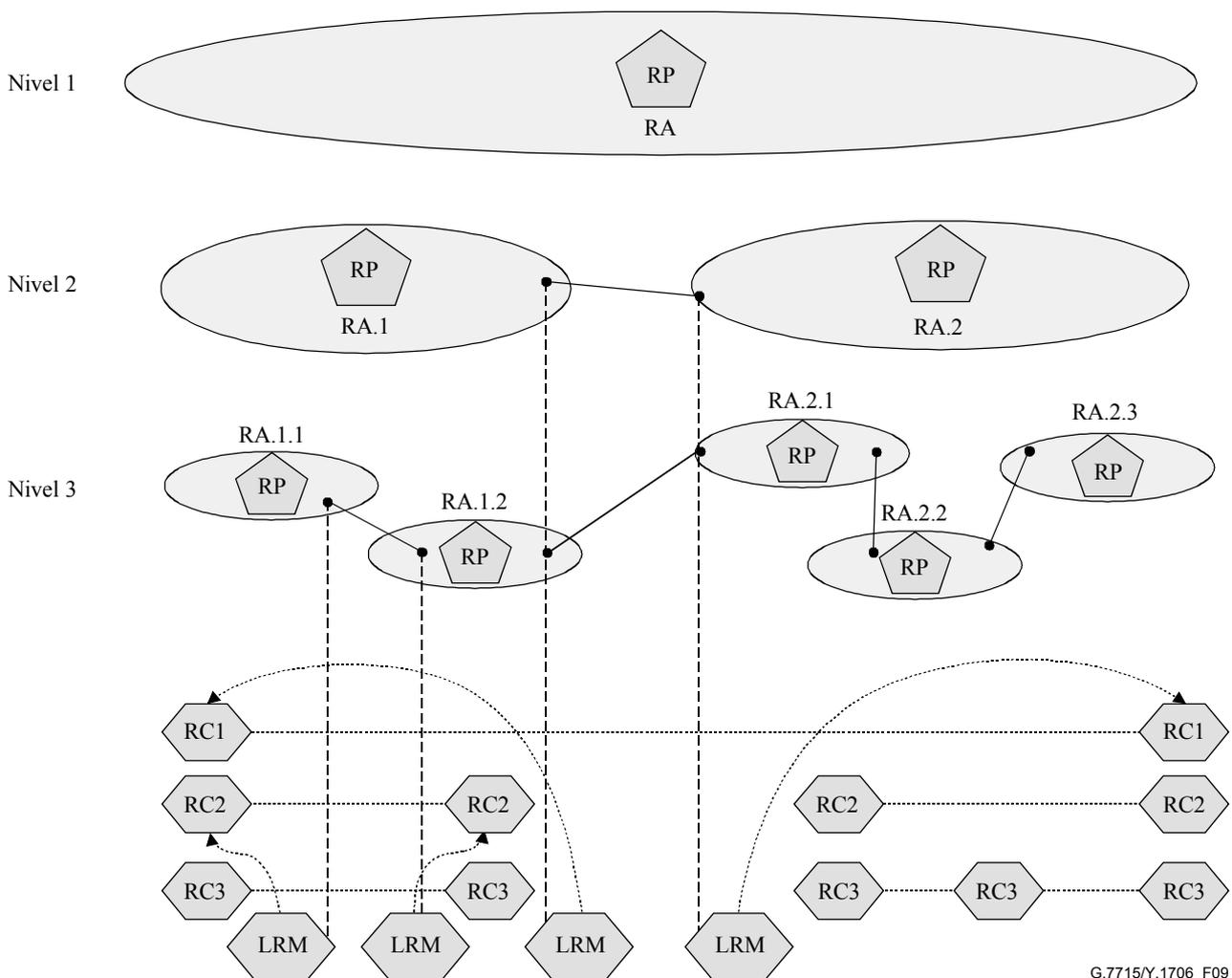


Figura 9/G.7715/Y.1706 – Ejemplo de asociación entre los LRM (que corresponden a la SNPP) y los ejemplares RC

6 Requisitos de encaminamiento ASON

Los requisitos de encaminamiento ASON incluyen los correspondientes a la arquitectura, al protocolo y al cálculo del trayecto.

6.1 Requisitos de la arquitectura

- La información intercambiada entre los controladores de encaminamiento está sujeta a limitaciones de política impuestas en los puntos de referencia.
- Un ejecutante de encaminamiento que funciona en cualquier nivel de la jerarquía no debería depender del protocolo o de los protocolos de encaminamiento que se utilizan en los otros niveles.
- La información de encaminamiento intercambiada entre dominios de control de encaminamiento es independiente de los casos seleccionados de los protocolos dentro del mismo dominio.
- La información de encaminamiento intercambiada entre dominios de control de encaminamiento es independiente de los casos seleccionados de distribución de control dentro del mismo dominio, por ejemplo, centralizada, totalmente distribuida.
- La topología de adyacencia de encaminamiento y la topología de red de transporte no se supondrán congruentes.
- Cada zona de encaminamiento será identificable en forma única dentro de una red de un operador.
- La información de encaminamiento soportará una visión abstracta de los dominios individuales. El nivel de abstracción está sujeto a la política del operador.
- El RP proporcionará los medios para la recuperación a partir de fallos en el sistema (por ejemplo, saturación de la memoria).

6.2 Requisitos del protocolo

- El protocolo de encaminamiento será capaz de soportar múltiples niveles jerárquicos.
- El protocolo de encaminamiento soportará la diseminación de la información de encaminamiento jerárquica, incluida información de encaminamiento resumida.
- El protocolo de encaminamiento incluirá el soporte de múltiples enlaces entre los nodos y permitirá la diversidad de enlaces y nodos.
- El protocolo de encaminamiento será capaz de soportar la evolución de la arquitectura en términos del número de niveles de las jerarquías, así como la agrupación y segmentación de los dominios.
- El protocolo de encaminamiento será escalable con respecto al número de enlaces, nodos y niveles jerárquicos de zonas de encaminamiento.
- En respuesta a un evento de encaminamiento (por ejemplo, actualización de la topología, actualización de la accesibilidad) los contenidos de la RDB convergirán y se deberá proporcionar un mecanismo apropiado de amortiguamiento para el aleteo (charla).
- El protocolo de encaminamiento soportará o puede proporcionar prestaciones adicionales para soportar, cuando resulte necesario, un conjunto de objetivos de seguridad definidos por el operador.

NOTA – En función del contexto de utilización de un protocolo de encaminamiento podrán tomar diferentes niveles de importancia todos los objetivos de seguridad definidos en la Rec. UIT-T M.3016 de confidencialidad, integridad de los datos, contabilidad y disponibilidad. Un análisis de amenaza de un protocolo de encaminamiento propuesto debería considerar los siguientes elementos basados en la Rec. UIT-T X.800; es decir, impostura, escucha clandestina, acceso no autorizado,

pérdida o corrupción de información (incluidos intentos de reproducción), repudio, falsificación, y negación de servicio.

6.3 Requisitos de la selección de trayecto

- La selección de trayecto tendrá como resultado trayectos sin realimentación.
- La selección de trayecto soportará al menos uno de los paradigmas de encaminamiento descritos en la Rec. G.8080/Y.1304; es decir jerárquico, desde la fuente, y paso a paso.
- La selección de trayecto deberá ser capaz de soportar alguna clase de limitación de encaminamiento de las descritas en la cláusula 10.

7 Atributos de encaminamiento

La información diseminada a través de un protocolo de encaminamiento se puede dividir entre los atributos que pertenecen a los enlaces y a los nodos.

NOTA – El término *nodo* en el siguiente análisis se utiliza para representar bien sea una zona de encaminamiento o una subred en función del nivel de la jerarquía de encaminamiento en la cual se calcula el trayecto.

Otra subclase importante de atributos de encaminamiento incluye aquellos que pertenecen a recursos que se pueden modificar como resultado de los procedimientos de establecimiento y cancelación de la conexión. Estos atributos pueden requerir un tratamiento especial en las redes donde la dinámica del establecimiento y la cancelación de la conexión den como resultado modificaciones bastante frecuentes. Se considerarán las repercusiones de política y seguridad para estas clases amplias de atributos.

7.1 Atributos de nodo

Los principales atributos de encaminamiento que se consideran para un nodo son los relacionados con la accesibilidad y la diversidad. Un nodo tiene un control completo sobre la información que comparte. Las subcláusulas a continuación presentan un conjunto mínimo de información que se comparte dentro de una zona de encaminamiento. En función del nivel de veracidad impuesto por las limitaciones de las políticas en los puntos de referencia, las principales repercusiones de seguridad incluyen la autenticación, integridad y no repudio.

7.1.1 Atributos de la accesibilidad

La información de accesibilidad proporciona el conjunto de nodos que son accesibles a través de un nodo determinado. Esta información normalmente se comparte a través de una lista de direcciones explícita o resumida. El prefijo de la dirección de accesibilidad puede incluir como un atributo la información de trayecto desde donde se inyecta la información de accesibilidad hacia el destino. Las direcciones están asociadas con las SNPP y las subredes. Las políticas del operador pueden resultar en la presentación de solamente un subconjunto de la información de accesibilidad.

7.1.2 Atributos relacionados con la diversidad

Los atributos relacionados con la diversidad representan propiedades de los nodos que se utilizan para una selección de trayecto limitada. Un ejemplo es el grupo de riesgo compartido (véase el apéndice II para mayor información). Este atributo, que puede ser una lista de identificadores de grupo de riesgo compartido de nodo individual, se utiliza para identificar aquellos nodos sujetos a destinos similares.

Otro ejemplo de limitación podría estar relacionado con los criterios de exclusión (por ejemplo, nodos no terrenales, dominios geográficos) y con los criterios de inclusión (por ejemplo, nodos con fuentes de energía con redundancia doble).

7.1.3 Información de otros atributos

Otros atributos que podrían ser útiles para un nodo pueden incluir información de capacidad adicional y el subconjunto de información de topología que existe dentro de un RA vástago.

- La información de capacidad adicional está relacionada con la aptitud para prestar servicios específicos de transporte tales como capacidades de protección/restablecimiento.
- El subconjunto de la información de topología que existe dentro de una zona de encaminamiento vástago se puede utilizar en los ofrecimientos diversos de servicio de tránsito, servicios diversos de originación y terminación, en la ingeniería de tráfico y en la optimización de los recursos de la red total.

La posibilidad de compartición de esta información y su nivel de detalle están sujetos a las decisiones de las políticas. Los atributos adicionales (por ejemplo, atributos específicos de la tecnología) quedan pendientes para estudios ulteriores.

7.2 Atributos del enlace

El conjunto mínimo de atributos del enlace que se deben considerar son los relacionados con el estado del enlace y la diversidad. La negociación de las políticas del enlace, por ejemplo resolución de reflejo, quedan fuera del alcance de la función de encaminamiento.

7.2.1 Estado del enlace

El estado del enlace es un triplete que comprende la existencia, el peso y la capacidad:

- *Existencia*
El atributo de enlace fundamental es aquel que indica la existencia de un enlace entre dos diferentes nodos en la base de datos de información de encaminamiento. De tal información se obtiene la topología básica (conectividad). La existencia del enlace no depende de que el mismo tenga capacidad disponible (por ejemplo, el enlace podría tener cero capacidad debido a que han fallado todas las conexiones de enlace).
La elección de la disseminación de la información de estado del enlace generalmente va más allá de una decisión de política y normalmente incluye una selección entre diferentes clases de protocolos de encaminamiento.
- *Peso del enlace*
El peso del enlace es un atributo que resulta de la evaluación de múltiples métricas posibles modificadas por las políticas o limitaciones del enlace. Se utiliza su valor para indicar la conveniencia relativa de un determinado enlace sobre otro durante los procedimientos de selección/cálculo de trayecto. Tradicionalmente se ha utilizado un valor más elevado del peso de un enlace para indicar un trayecto menos conveniente. Se puede utilizar también para evitar la utilización de enlaces donde la capacidad está prácticamente agotada al cambiar el valor de los pesos de los enlaces.
- *Capacidad*
Para una red de capa determinada, esta información se refiere principalmente al número de conexiones de enlace en un enlace. La cantidad de información que se difunde con relación a la capacidad es una decisión de las políticas del operador. Por ejemplo, para algunas aplicaciones puede ser suficiente revelar que el enlace tiene capacidad para aceptar nuevas conexiones sin indicar la cantidad de la capacidad disponible, mientras que en otras aplicaciones puede requerirse la notificación de la capacidad disponible. Una consecuencia de no revelar mayor información relativa a la capacidad es que se vuelve difícil optimizar la utilización de los recursos de la red.

7.2.2 Atributos relacionados con la diversidad

Estos atributos son similares a los relativos a la diversidad descritos en 7.1.2, salvo que éstos se refieren a los enlaces.

7.2.3 Otra información de atributos

Un ejemplo de otros atributos de enlace está relacionado con la disponibilidad. Ésta se representa en diferentes maneras entre los dominios y dentro de ellos. Dentro de los dominios, la disponibilidad se puede representar como un atributo específico que indica la capacidad de supervivencia del enlace subyacente. Tal información puede ser particularmente valiosa si la red de transporte subyacente soporta protección y restablecimiento. Entre los dominios este atributo se representa generalmente en términos de disponibilidad del enlace.

8 Mensajes de encaminamiento

Funcionalmente, los mensajes de encaminamiento ASON se pueden separar en aquellos que pertenecen al mantenimiento de las funciones de encaminamiento, tales como el mantenimiento de adyacencia, y aquellos que transportan información de encaminamiento de la red.

Los mensajes de mantenimiento se intercambian entre los controladores de protocolo (PC, *protocol controllers*) que tienen una relación de adyacencia lógica establecida entre ellos, ya sea a través de configuración manual o mediante establecimiento dinámico. El alcance del intercambio de mensajes generalmente está limitado a los PC que forman la adyacencia.

Los mensajes de información de encaminamiento se intercambian entre dos controladores de encaminamiento (RC, *routing controllers*) adyacentes y los utilizan los algoritmos de selección de trayecto para calcular y encaminar las peticiones de conexión a través de la red. El alcance del intercambio de la información de encaminamiento está limitado normalmente por su zona de encaminamiento. Los mensajes se propagan a través de una central local salto por salto o bien a través de un mecanismo de saturación en toda la red incrementales.

En la figura 10 se muestran los mensajes de información de encaminamiento y el flujo de eventos entre los componentes RC pares. También se indican los eventos que genera el controlador de protocolo al recibir los mensajes de protocolo.

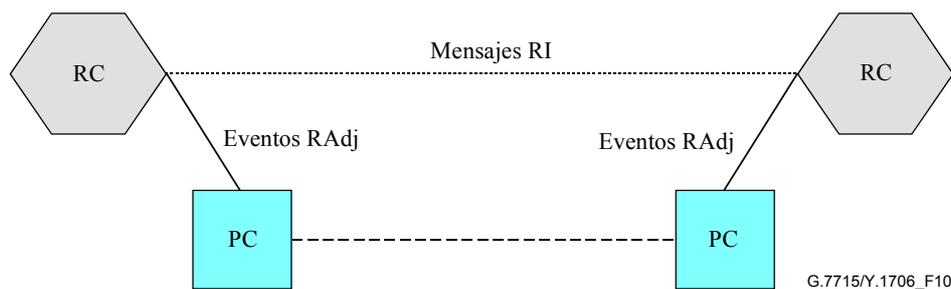


Figura 10/G.7715/Y.1706 – Mensajes de encaminamiento y eventos

8.1 Mantenimiento de la adyacencia de encaminamiento

La adyacencia de encaminamiento se refiere a la asociación lógica entre dos controladores de encaminamiento y se mantiene el estado de la adyacencia mediante los controladores de protocolo después del establecimiento de la adyacencia. Conforme la adyacencia modifica su estado, los controladores de protocolo envían los eventos apropiados a los controladores de encaminamiento. Los eventos los utiliza el controlador de encaminamiento para controlar la transmisión de la información de encaminamiento entre los controladores de encaminamiento adyacentes.

Se define el siguiente conjunto de eventos de mantenimiento de adyacencia de encaminamiento:

- RAdj_CREATE: Indica el inicio de una nueva adyacencia.
- RAdj_DELETE: Indica la supresión de una adyacencia.
- RAdj_UP: Indica el establecimiento de una adyacencia bidireccional.
- RAdj_DOWN: Indica la pérdida de una adyacencia bidireccional.

8.2 Mensajes de información de encaminamiento

Los mensajes de información de encaminamiento son la representación abstracta de la información relativa al encaminamiento en la red tal como los atributos de nodos y enlaces descritos en la cláusula 7. No pasa información de encaminamiento a través de la interfaz UNI. La información de encaminamiento que fluye a través de los puntos de referencia NNI está sujeta a las limitaciones de políticas en cada NNI. La información de encaminamiento intercambiada entre los RCD sobre el punto de referencia E-NNI encapsula la semántica común de la información RCD individual y permite una representación diferente dentro de cada RCD.

Cada RC recibe y genera mensajes de información de encaminamiento para los recursos de red bajo su control directo y propaga la información generada a los controladores de encaminamiento adyacentes. Tal proceso de intercambio de mensajes continuará hasta que se vuelven estables los RDB de los RC.

Obsérvese que la manera en la cual se propaga la información depende del mecanismo de diseminación de información utilizado por el protocolo de encaminamiento. La información contenida en el mensaje de encaminamiento varía con el protocolo de encaminamiento utilizado (por ejemplo, estado del enlace, vector distancia o vector trayecto).

El siguiente conjunto genérico de mensajes de encaminamiento se aplica independientemente del tipo de protocolo de encaminamiento.

- RI_RDB_SYNC: Estos mensajes ayudan a sincronizar toda la base de datos de información de encaminamiento entre dos controladores de encaminamiento adyacentes. Esto se efectúa durante la inicialización y también se puede ejecutar periódicamente.
- RI_ADD: Una vez que se añade un nuevo recurso de red, se difundirá la información de encaminamiento relativa a ese recurso utilizando este mensaje a fin de que se añada a la RDB.
- RI_DELETE: Una vez que se suprime un recurso de red existente, se extraerá de la RDB la información de encaminamiento relacionada con ese recurso.
- RI_UPDATE: Una vez que se modifica la información de encaminamiento de un recurso de red existente, se redifunde la nueva información de encaminamiento relativa a ese recurso a fin de actualizar la RDB.
- RI_QUERY: Cuando sea necesario, un RC puede enviar un mensaje de consulta de ruta a su vecino de adyacencia de encaminamiento para solicitar la información de encaminamiento relativa a una ruta particular.

Para el propósito de esta Recomendación, se especifica este conjunto de mensajes para el intercambio de información de encaminamiento entre controladores de encaminamiento pares.

8.3 Excepción de encaminamiento y tratamiento de errores

Existen muchas condiciones de error que pueden afectar el proceso de encaminamiento. Por ejemplo, un RC podría recibir un mensaje corrupto o indefinido durante el proceso de encaminamiento. En este caso, el protocolo de encaminamiento debería generar un mensaje de error para informar al plano de control de las condiciones de error y facilitar ciertas acciones correctivas.

Por lo tanto, a continuación se define un mensaje de notificación genérico para informar de una condición de error o de excepción dentro del dominio de encaminamiento.

- RE_NOTIFY: Se generará este mensaje cuando se encuentre una condición de error o de excepción durante el proceso de encaminamiento.

8.4 Diagramas de estado

Existen tres máquinas de estados diferentes para gestionar la transmisión y la recepción de los mensajes de encaminamiento.

8.4.1 Transmisión del elemento de información

La máquina de estados ilustrada en la figura 11 y detallada en el cuadro 1 trata la transmisión de los elementos de información de encaminamiento (IE, *information elements*) desde un controlador de encaminamiento a través de una adyacencia de encaminamiento hacia un controlador de encaminamiento par. Durante el intercambio del mensaje se supone que el controlador de protocolo facilitará la entrega fiable de la información transmitida. Existe un ejemplar de esta máquina de estados por cada adyacencia de encaminamiento mantenido por la máquina de estados del controlador de protocolos.

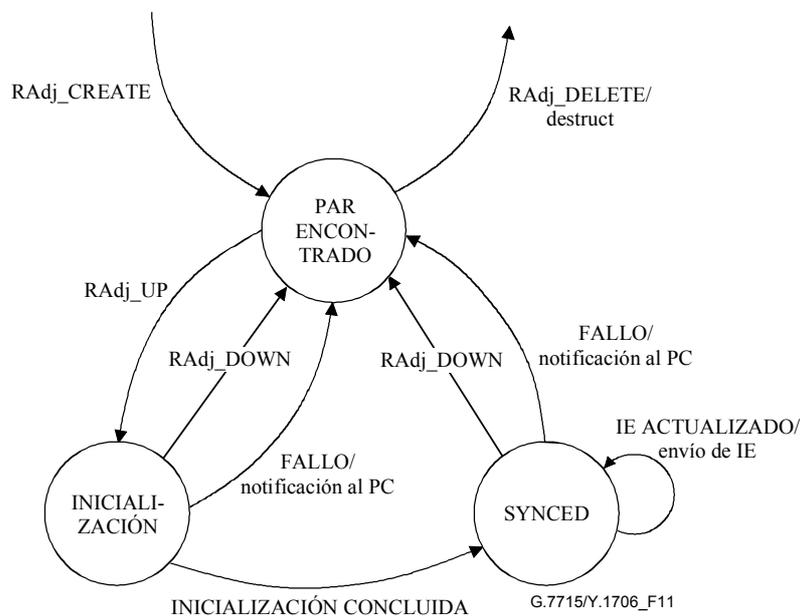


Figura 11/G.7715/Y.1706 – Diagrama de estados de la transmisión del IE de encaminamiento

Cuadro 1/G.7715/Y.1706 – Cuadro de estados de transmisión del IE de encaminamiento

Estado / Evento	<No existe>	PAR ENCONTRADO	INICIALIZACIÓN	SYNCED
RAdj_CREATE	PAR ENCONTRADO/ crear máquina de estados	No válido	No válida	No válido
RAdj_UP	No válido	INICIALIZACIÓN/ comienzo de inicialización	No válida	No válido
INICIALIZACIÓN CONCLUIDA	No válido	No válido	SYNCED	No válido
IE ACTUALIZADO	No válido	No válido	No válida	SYNCED/ envío de IE
RAdj_DOWN	No válido	No válido	PAR ENCONTRADO	PAR ENCONTRADO
RAdj_DELETE	No válido	<No existe>/ destruir la máquina de estados	No válida	No válido
FALLO	No válido	No válido	PAR ENCONTRADO/ notificar al PC	PAR ENCONTRADO/ notificar al PC

El controlador de encaminamiento crea un ejemplar de la máquina de estados cuando un controlador de protocolo identifica una nueva adyacencia de encaminamiento. Esto se efectúa a la recepción de un evento RAdj_CREATE. Inicialmente, la máquina de estados estará en el estado <PAR ENCONTRADO>. Existe este estado como un "estado de retención" hasta que el controlador de protocolo identifica que está activa la adyacencia de encaminamiento. Si el controlador de protocolo identifica que la adyacencia de encaminamiento ya no existe, en este caso se destruye este ejemplar de la máquina de estados.

A la recepción de un evento RAdj_UP, la máquina de estados entrará al estado <INICIALIZACIÓN>. En este estado el controlador de encaminamiento iniciará la sincronización de la RDB local con la RDB distante.

Después de inicializar la adyacencia de encaminamiento, la máquina de estados entrará en el estado <SYNCED>. Durante este estado, el controlador de encaminamiento local recibe de la RDB las notificaciones de las modificaciones efectuadas. Cuando se produce una modificación, se enviará al controlador de la ruta por una actualización de encaminamiento incremental.

Si en cualquier momento la adyacencia de encaminamiento deja de ser bidireccional, el controlador de protocolo envía un evento RAdj_DOWN y la máquina de estados regresará al estado <PAR ENCONTRADO>.

8.4.2 Recepción de elementos de información

La máquina de estados descrita en la figura 12 y detallada en el cuadro 2 trata la recepción de los elementos de información de un controlador de encaminamiento a través de una adyacencia de encaminamiento a un controlador de encaminamiento par. Existe una sola copia de esta máquina de estados por cada controlador de encaminamiento.

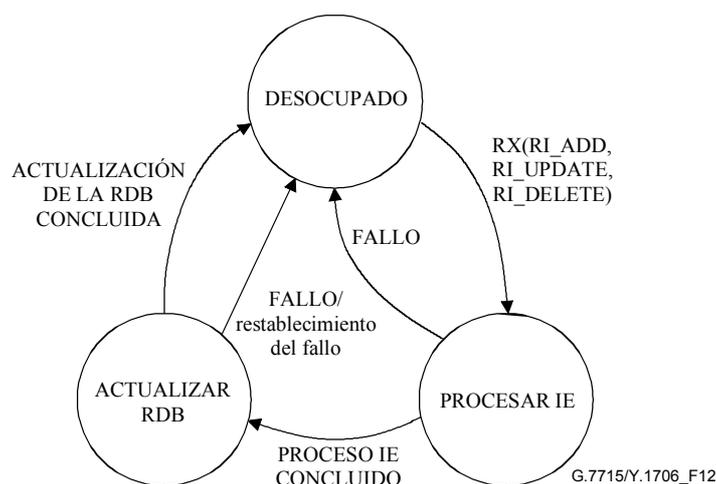


Figura 12/G.7715/Y.1706 – Diagrama de estados de la recepción de los IE de encaminamiento

Cuadro 2/G.7715/Y.1706 – Cuadro de estados de la recepción de los IE de encaminamiento

Estado \ Evento	DESOCUPADO	PROCESO IE	ACTUALIZAR RDB
Rx(RI_ADD, RI_UPDATE, RI_DELETE)	PROCESAR IE/inicio del procesamiento IE	No válido	No válido
PROCESAR IE CONCLUIDO	No válido	ACTUALIZAR RDB/ actualizar rdb	No válido
ACTUALIZACIÓN CONCLUIDA	No válido	No válido	DESOCUPADA
FALLO	No válido	DESOCUPADO	DESOCUPADA/ restablecimiento de fallo

En el instante en el que se inicializa la máquina de estados de recepción de los IE de encaminamiento, la máquina se coloca en el estado DESOCUPADO.

Tras la recepción de un mensaje RI_ADD, RI_UPDATE o RI_DELETE de un controlador de encaminamiento par, éste pasa al estado <PROCESAR IE>. En este estado, el controlador de encaminamiento ejecutará operaciones en el elemento de información para adecuar la información para su inclusión en la RDB.

Un evento PROCESAR IE CONCLUIDO indica que se concluyó el procesamiento específico de protocolo, provocando que la máquina de estados transfiera el IE a la RDB para su actualización basándose en los contenidos del elemento de información y pasa al estado <ACTUALIZAR RDB>. Se añade a la RDB nueva información relativa a los nodos o enlaces. Las modificaciones a los atributos asociados con los nodos o los enlaces que ya se encuentran en la RDB serán tratados como una actualización a la RDB. De la misma manera, el elemento de información se puede dirigir al controlador de encaminamiento para suprimir un nodo o un enlace de la RDB.

Cuando se concluya la actualización de la RDB, se recibirá un evento ACTUALIZACIÓN CONCLUIDA, provocando que la máquina de estados regrese al estado <DESOCUPADO>, donde el sistema esperará la recepción de otro elemento de información.

8.4.3 Generación de la transmisión de un elemento de información local

La máquina de estados ilustrada en la figura 13 y detallada en el cuadro 3 trata los elementos de información generados por el RC basándose en información recibida de un gestor de recursos de enlace asociado. Existe un ejemplar de esta máquina de estados por cada elemento de información generado localmente en la máquina de estados.

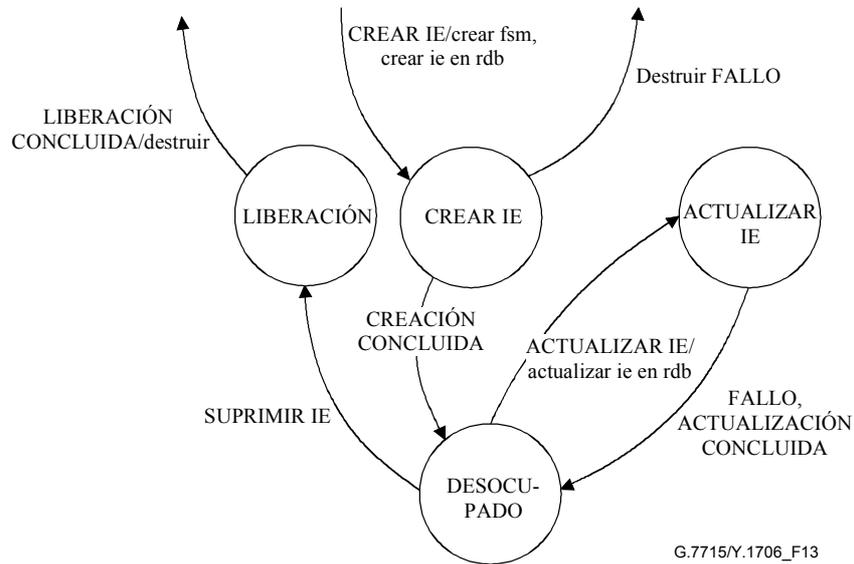


Figura 13/G.7715/Y.1706 – Diagrama de estados de la generación de información local

Cuadro 3/G.7715/Y.1706 – Cuadro de estados de la generación de información local

Estado \ Evento	<No existe>	CREAR IE	ACTUALIZAR IE	DESOCUPADO	LIBERACIÓN
CREAR IE	CREAR IE/ crear máquina de estados, crear ie en rdb	No válido	No válido	No válido	No válido
CREACIÓN CONCLUIDA	No válido	DESOCUPADO	No válido	No válido	No válido
ACTUALIZACIÓN CONCLUIDA	No válido		DESOCUPADO	No válido	No válido
ACTUALIZAR IE	No válido	No válido	No válido	ACTUALIZAR IE/ actualizar ie en rdb	No válido
SUPRIMIR IE	No válido	No válido	No válido	LIBERACIÓN	No válido
LIBERACIÓN COMPLETA	No válido	No válido	No válido	No válido	<No existe>/ destruir la máquina de estados
FALLO	No válido	<No existe>/ destruir la máquina de estados	DESOCUPADO	No válido	No válido

Cuando el controlador de encaminamiento recibe información de un gestor de recursos de enlace asociado, identificará la necesidad de crear un nuevo elemento de información. Como resultado, el controlador de encaminamiento creará un nuevo ejemplar de la máquina de estados de generación de información local, transmitirá el nuevo elemento de información a la RDB y pasará al estado <ACTUALIZAR IE>.

Cuando se ha almacenado el elemento de información en la RDB, se generará un evento ACTUALIZACIÓN CONCLUIDA. Esto provocará que la máquina de estados pase al estado <DESOCUPADO>, donde esperará una petición de actualización del elemento de información o una petición para suprimir el elemento de información.

Cuando el controlador de encaminamiento reciba un evento ACTUALIZAR, la máquina de estados enviará la información de actualización a la RDB, y nuevamente pasará al estado <ACTUALIZAR IE>. Como sucedió con el evento de creación, cuando se concluya la actualización satisfactoria de la RDB se generará un evento ACTUALIZACIÓN CONCLUIDA, provocando que la máquina de estados pase al estado DESOCUPADO.

Cuando el controlador de encaminamiento reciba un evento SUPRIMIR, será necesario suprimir de la RDB el elemento de información. Consecuentemente, se invoca una operación de liberación, y la máquina de estados pasa al estado <LIBERACIÓN>.

Cuando se concluye la liberación, la máquina de estados recibe un evento LIBERACIÓN CONCLUIDA, y el controlador de encaminamiento destruirá la máquina de estados.

9 Topología de distribución de los mensajes de encaminamiento

Cuando se concibe el ejecutante de encaminamiento para una zona de encaminamiento como un conjunto de controladores de encaminamiento distribuido, la información relativa a la topología de la red y a los puntos de extremo accesibles necesita diseminarse hacia, y coordinarse con, el resto de los controladores de encaminamiento. El método utilizado para pasar información de encaminamiento entre los controladores de encaminamiento pares es independiente de la ubicación del origen y del usuario de la información. En consecuencia, se puede utilizar un cierto número de diferentes topologías para pasar la información de encaminamiento. En las siguientes subcláusulas se presentan las descripciones de algunos métodos.

9.1 Topología congruente

En la figura 14 se muestra una zona de encaminamiento que contiene una red de nodos donde todos los pares de nodos conectados por uno o más enlaces de transporte también tienen una adyacencia de encaminamiento entre los controladores de encaminamiento asociados. La topología resultante de las adyacencias de encaminamiento es congruente con la topología de red de transporte. Como resultado, se garantiza que los nodos conectados por el enlace de transporte tienen visibilidad de las direcciones accesibles a través del otro nodo. Conforme la red de transporte se aproxima a una malla totalmente conectada, se incrementa en forma significativa la cantidad de información redundante en circulación.

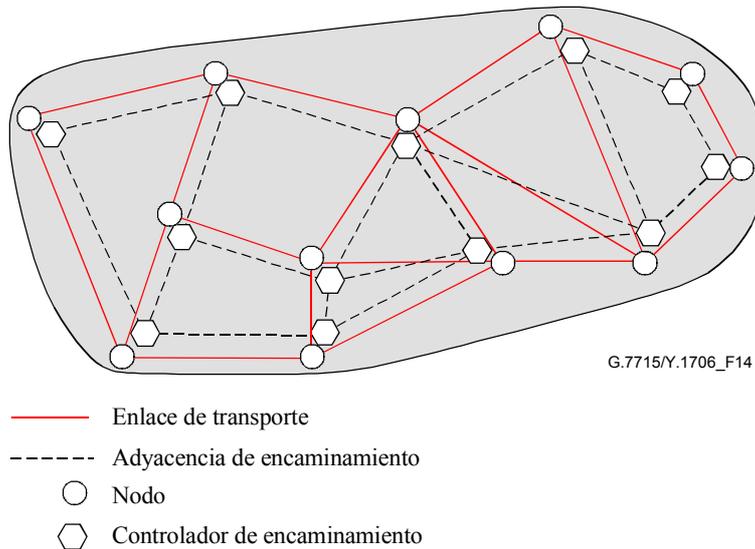


Figura 14/G.7715/Y.1706 – Ejemplo de conexiones congruentes

9.2 Topología centralizada con el empleo de un servidor de mensajes de encaminamiento

En la figura 15 se muestra una zona de encaminamiento que contiene una red con uno o más servidores de mensajes de encaminamiento en la red. Cada controlador de encaminamiento en la red mantiene una asociación con el servidor de mensajes. A su vez, el servidor de mensajes transferirá los mensajes de encaminamiento recibidos de un controlador de encaminamiento al resto de los controladores de encaminamiento en la zona de encaminamiento. Consecuentemente, cuando se añaden controladores de encaminamiento a la red, el número de asociaciones al servidor de mensajes de encaminamiento aumenta linealmente. Además, ya que todos los mensajes pasan a través de un punto central común, éste puede hacer cumplir cualquier política existente sobre la distribución de la información de encaminamiento. No obstante, este método puede resultar en la transmisión múltiple de un mensaje de encaminamiento en el mismo enlace RCD ya que se pueden alcanzar dos controladores de encaminamiento diferentes a través del mismo enlace RCD. Como se mencionó anteriormente se pueden emplear servidores de mensajes de encaminamiento de reserva para disponer de capacidad de recuperación.

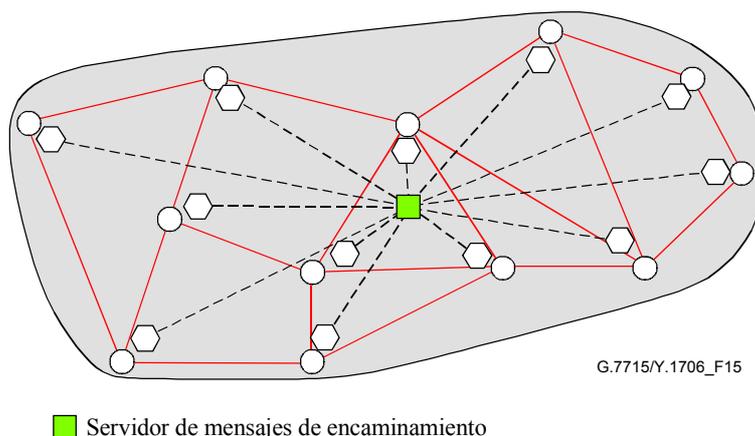


Figura 15/G.7715/Y.1706 – Ejemplo de flujos centralizados de mensajes de encaminamiento

9.3 Topología dirigida

En la figura 16 se muestra una zona de encaminamiento que contiene una red en la que todos los controladores de encaminamiento envían mensajes de encaminamiento de acuerdo a una topología de distribución preaprovisionada. Ya que es el administrador de la red quien define la topología de distribución, él mismo puede tomar en cuenta cualquiera de las características de las ramales de la topología RCD, facilitando la reducción de la cantidad de información de encaminamiento redundante que pasa en la red. Esta topología de distribución deberá cubrir todos los controladores de encaminamiento en la zona de encaminamiento.

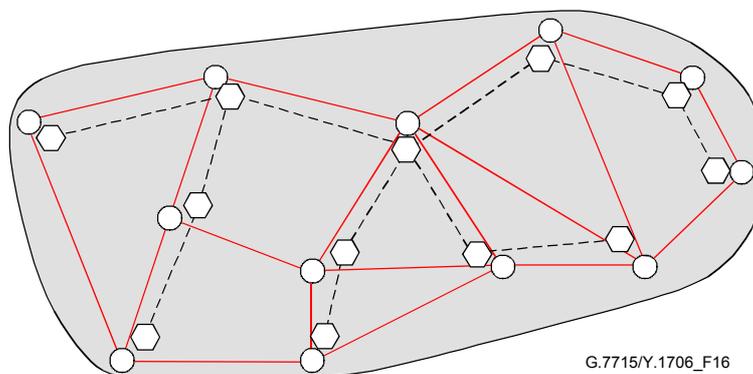


Figura 16/G.7715/Y.1706 – Ejemplo de flujos de mensajes de encaminamiento con topología dirigida

10 Selección de trayecto

La selección de trayecto ASON es una función que devuelve un trayecto que puede utilizar un controlador de conexión como un parámetro cuando se señala una conexión. Esta Recomendación trata en primer lugar la selección del trayecto para soportar el establecimiento de la conexión.

La selección de trayecto se puede efectuar fuera de línea (planificación de la ruta por el plano de gestión) o en línea en tiempo real (plano de control). La elección depende de la complejidad computacional, de la disponibilidad de información de la topología y del contexto propio de la red. Se pueden proporcionar ambas selecciones fuera de línea y en línea. Por ejemplo, los operadores podrían utilizar el cálculo en línea para tratar un subconjunto de decisiones de selección de trayecto y emplear el cálculo fuera de línea para los temas relacionados con la ingeniería de tráfico complejo y las políticas, tales como la planificación de demanda, la programación del servicio, la modelización de los costos y la optimización global.

10.1 Entradas a la selección de trayecto

Los parámetros de entrada para la selección de trayecto varían en función del paradigma de encaminamiento utilizado, y en 7.3.2/G.8080/Y.1304 se presentan algunos ejemplos. La selección de trayecto ASON puede soportar una variedad de procedimientos, algunos de los cuales tienen limitaciones como entrada a la petición de selección de trayecto. Algunos ejemplos de las limitaciones son:

- diversidad;
- objetivos de calidad de funcionamiento de red;
- políticas de gestión;
- constricciones específicas en la capa de transporte (posiblemente una métrica de peso del enlace).

10.1.1 Encaminamiento paso a paso

La entrada a la selección de trayecto paso a paso generalmente incluye los siguientes factores:

- I0 Contexto de la topología.
- I1 Destino.
- I2 Nodo de origen.
- I3 Un conjunto (posiblemente vacío) de limitaciones que indican lo que se debe hacer cuando existen múltiples salidas posibles.

La selección de trayecto paso a paso se invoca normalmente en cada nodo para obtener el siguiente enlace en un trayecto a un destino. Cuando un nodo de origen se declara como entrada, implica que la selección de trayecto es capaz de discriminar basándose en un par origen/destino y no simplemente en el destino. Esto es, se incluye una dirección de origen en el contexto para la toma de decisión del siguiente salto.

Se invoca múltiples veces la selección de trayecto paso a paso desde diferentes puntos en la red, y en cada ocasión los parámetros de entrada deberían ser los mismos. Además se requiere que el conjunto de los ejemplares de selección de trayecto invocados resulten colectivamente en un trayecto que no establezca un bucle en él mismo.

El valor I0 representa el lugar en la red donde se invoca la selección de trayecto y es una parte importante del contexto para la selección de trayecto paso a paso. Por ejemplo, se puede invocar varias veces la selección de trayecto paso a paso con los mismos valores I1, I2 e I3 pero devuelve diferentes resultados si la función se invocó desde nodos diferentes.

10.1.2 Encaminamiento de origen y jerárquico

El encaminamiento de origen y el jerárquico tienen requisitos similares para la selección de trayectos. Cuando se determina una ruta jerárquica sobre subredes que no están en el "fondo", el resultado es el mismo que el de una ruta de origen con detalles incompletos.

La entrada a la selección de trayecto de encaminamiento de origen generalmente incluye los siguientes factores:

- I0 Contexto de topología.
- I4 Destino.
- I5 Origen que representa el mismo nodo, o un nodo de nivel o superior, o SNP.
- I6 Constricción de diversidad – los trayectos de salida deben ser diferentes unos de otros.
- I7 Constricciones de inclusión – enlaces, subredes que se incluyen en los trayectos de salida.
- I8 Constricciones de exclusión – enlaces, subredes o componentes de trayecto que se excluyen de cualquier trayecto de salida.
- I9 Métrica de reducción – especifica una métrica del enlace que debe reducir la función de selección de trayecto para los trayectos de salida.

El contexto de la selección de trayecto de encaminamiento de origen es generalmente un nodo de origen para un trayecto. También podría ser un nodo intermedio en un trayecto que se encuentra en proceso de cálculo. Esto sería normalmente en el borde de una zona de encaminamiento donde se invoca la función de selección de trayecto para esa zona de encaminamiento a fin de obtener detalles sobre cómo cruzar esa zona.

La selección de trayecto de encaminamiento jerárquico se iniciaría en la cima de una jerarquía y obtendría una secuencia de subredes a través de las cuales se podría encontrar un trayecto entre un nodo de origen dado y un nodo de destino. Para cada una de las subredes que intervienen, se necesita una nueva selección de trayecto que comprenda el alcance de la topología interna de la subred. Conceptualmente, esto ayuda hasta que se liberan los enlaces reales por las funciones

colectivas de selección de trayecto. En este caso, las funciones de selección de trayecto de encaminamiento de origen no tienen que ser idénticas en las dos subredes.

Los parámetros de entrada I4 e I5 podrían especificar cualquier nivel de subred, desde textura hasta subredes de nivel superior.

10.2 Salida de la selección de trayecto

La salida de estos procedimientos también varía en función del paradigma de encaminamiento. La selección de trayecto para el encaminamiento de origen y el jerárquico es similar en que sus salidas son formas de un trayecto (enlaces y nodos) mientras que el encaminamiento paso a paso solamente requiere el siguiente enlace como su salida. En el primer caso, existen potencialmente muchas variedades. Esto conduce a dos amplias clases de salidas, caracterizadas en términos de enlaces en función del trayecto. Los ejemplos de salidas de esta clasificación incluyen:

- O1 Enlace con el siguiente salto.
- O2 Trayecto único.
- O3 Dos o más trayectos.

10.3 Paradigmas de encaminamiento y selección de trayecto

El paradigma de encaminamiento determina las entradas y salidas necesarias al proceso de selección de trayecto. No todas las combinaciones de entradas y salidas son útiles. A continuación en el cuadro 4 se muestran algunas combinaciones que pueden resultar de interés particular.

Cuadro 4/G.7715/Y.1706 – Ejemplos de escenarios de selección de trayecto

Escenario	Entradas	Salidas	Paradigma	Alcance de la topología necesaria
C1	I0, I1	O1	Paso a paso. Siguiendo el salto basado en el destino.	Necesita la visión del mejor enlace de salida para una dirección de destino.
C2	I0, I1, I2	O1	Paso a paso. Siguiendo el salto basado en origen/destino.	Necesita la visión de la topología para aprovechar completamente el contexto de origen. Podría hacer alguna discriminación de origen con la topología de C1 e información de trayecto adicional.
C3	I0, I4, I5	O2	Origen o jerárquico. Trayecto basado en el par origen/destino. Podría estar en cualquier nivel de la jerarquía.	Necesita la visión de la topología en el nivel de la jerarquía de encaminamiento requerida.
C4	I0, I4, I5, I8	O2	Origen o jerárquico. El trayecto de salida se encamina en un conjunto diferente de enlaces y nodos con respecto a un trayecto de entrada.	Necesita la visión de la topología en el nivel de la jerarquía de encaminamiento necesaria.
C5	I0, I4, I5, I7	O2	Origen o jerárquico. Todos los enlaces en el trayecto de salida tienen una característica común (por ejemplo, protección).	Necesita la visión de la topología en el nivel de la jerarquía de encaminamiento necesaria. Necesita la información característica del enlace.
C6	I0, I4, I5, I6	O3	Origen o jerárquico. Dos trayectos de salida son diferentes el uno del otro.	Necesita la visión de la topología en el nivel de la jerarquía de encaminamiento necesaria.

Apéndice I

Flujo de información entre los niveles de la jerarquía de encaminamiento

Cuando se presenta una petición de conexión al plano de control, es posible que los ejemplares del controlador de encaminamiento local no contengan suficiente información para determinar cómo establecer la conexión. La accesibilidad de la dirección y el descubrimiento de la dirección son los procesos mediante los cuales se obtiene información suficiente para determinar el primer paso necesario para establecer la conexión. En este apéndice se presenta a manera de ejemplos ilustrativos el flujo de información entre los niveles de la jerarquía de encaminamiento. En este apéndice se muestran dos disposiciones del flujo de información entre los niveles jerárquicos de encaminamiento.

En el primer caso, los controladores de encaminamiento tienen una interfaz para las interacciones entre un RC progenitor y un RC vástago. Durante el tiempo de diseminación de la información de encaminamiento, la información se traslada hacia arriba y hacia abajo en la jerarquía de encaminamiento de manera que cada ejemplar RC es capaz de resolver adecuadamente cualquier dirección del punto extremo.

En el segundo caso, se efectúa la resolución al reconocer que el RC local no tiene suficiente información y al enviar la consulta de la ruta a un RC progenitor que aparentemente tiene (o es capaz de obtener) la resolución necesaria. Este método tiene además una variante cuando un controlador de encaminamiento no tiene el conocimiento de su progenitor, y la resolución se ejecuta por componentes externos.

I.1 Diseminación de información relativa a la resolución de las direcciones de los puntos de destino

Se puede esperar que la selección de trayecto en una zona de encaminamiento en una capa determinada resuelva las direcciones fuera de su zona. En ese caso, la información de accesibilidad de su capa progenitora tiene que ser enviada hacia abajo. Esto es similar a los directorios telefónicos que publican indicativos de país o indicativos interurbanos que son direcciones resumidas en un nivel superior.

Cuando el RC progenitor proporciona la accesibilidad y/o topología de destino resumida a su vástago, asocia la accesibilidad de destino con los puntos de salida de la zona de encaminamiento vástago:

- 1) Un camino basado en un destino accesible conocido por la zona vástago debido a que es parte de la zona vástago, o es una parte de una zona contenida dentro de la zona vástago, tendrá la preferencia más alta.
- 2) Un destino accesible que corresponde con una dirección resumida proporcionada por la zona progenitora a la zona vástago, tendrá la preferencia más baja.
- 3) Cuando el destino de la petición de camino no es conocido por la zona vástago o por la zona progenitora, entonces el destino no es accesible.

I.1.1 Flujo de información progenitor a vástago

Para soportar este modelo, se puede enviar información de un RC progenitor a un RC vástago para apoyar la selección de trayecto en el RC vástago. Este último debería mantener el conocimiento del hecho que esta información fue obtenida de otro nivel y no se originó en el suyo. Existen dos tipos de información progenitora:

- 1) Direcciones accesibles – Se puede enviar la información resumida con respecto a las direcciones accesibles hacia los niveles de encaminamiento inferiores para permitir que sus procedimientos de selección de trayecto resuelvan una dirección de destino a una de sus SNPP extremas. Frecuentemente se mantiene una asociación entre direcciones de nivel superior resumidas con las direcciones que pertenecen a la zona de encaminamiento [por ejemplo, el conjunto de puntos de pasarela X.75 a través de los cuales se puede alcanzar un indicativo internacional de red de datos X.121 (DNIC, *data network international code*)].
- 2) Enlace y subred – Se puede enviar información de enlace y de subred de nivel superior a las zonas de encaminamiento inferiores. Esto permitiría a la selección de trayecto tomar algunas decisiones sobre la topología de otras zonas de encaminamiento. La propagación de toda la información del nivel superior hacia abajo tiene repercusiones en la escalabilidad.

I.1.2 Flujo de información vástago a progenitor

También se puede enviar información de encaminamiento de un RC vástago a un RC progenitor para utilizarse como entrada de topología local al nivel del RC progenitor. Solamente se puede enviar hacia arriba información que se genera en el RC vástago o en sus vástagos. La información de encaminamiento recibida de un RC progenitor no se debe reenviar al PC progenitor. Si se envía hacia arriba información insuficiente, podría no funcionar el procedimiento de selección de trayecto de nivel superior.

Cuando un RC progenitor recibe información de encaminamiento de un RC vástago, puede enviarla hacia abajo a otros RC vástagos y/o hacia arriba a su propio RC progenitor.

Hay dos tipos de información vástago:

- 1) Direcciones accesibles – La información de direccionamiento utilizada por el encaminamiento son direcciones que se pueden encaminar. Estas direcciones son distintas de las direcciones públicas para las SNPP conectadas a los clientes o a los nombres de clientes. Debería existir un mecanismo para hacer corresponder esas direcciones con las direcciones que se pueden encaminar, pero este tema queda fuera del alcance de esta Recomendación.

La información de direccionamiento se puede resumir antes de que se envíe hacia arriba. Esto se efectúa aun cuando el nivel inferior no utilice todo el espacio de dirección (es decir, direcciones no utilizadas o "huecos"). Se podrían enviar resúmenes más individualizados de una zona de encaminamiento a su nivel progenitor si se van a exponer al nivel superior los espacios en un prefijo de dirección. Esto es particularmente ventajoso para la selección de trayecto paso a paso ya que se puede determinar más rápidamente una dirección de destino no existente.

La información de la dirección puede además retenerse o suprimirse. Se puede optar por no enviar a un nivel superior las direcciones y/o su resumen. Esto evita que la capa superior tenga conocimiento de esas direcciones. Puede ser útil para crear zonas de encaminamiento que no pueden ser utilizadas para la terminación o el tránsito de las conexiones, pero sí podrían utilizarse para conexiones originarias.
- 2) Enlace y subred – Esas entidades se pueden resumir en varios grados. En el resumen completo se puede enviar a un nivel superior una sola dirección que representa toda la topología de una zona de encaminamiento. También se envían las direcciones de las SNPP en el borde del encaminamiento. En el caso de resumen parcial se puede enviar a un nivel superior una representación reducida de una topología. Un ejemplo de este último caso es una representación de un nodo complejo no trivial en una interfaz red privada-red (PNNI, *private network-network interface*) ATMF.

El detalle de la información también puede variar de acuerdo con el dato de entrada solicitado. Por ejemplo, si se solicita una trayectoria de un origen dado a un destino, sería adecuado el trayecto más corto del árbol con raíz en ese origen y que contenga todos los destinos. Sin embargo si se solicita un trayecto de un origen dado a un destino y se deben excluir todos los elementos de un trayecto de entrada determinado, en ese caso se necesitan todos los enlaces y nodos (subredes) en la zona de encaminamiento.

I.2 Intercambio de información entre niveles jerárquicos para la resolución de direcciones de punto extremo

No puede esperarse que la selección de trayecto en una zona de encaminamiento en un nivel determinado resuelva direcciones fuera de su zona. En ese caso, la información de accesibilidad de su nivel progenitor no tiene que enviarse hacia abajo. Sin embargo, en este caso, será necesaria una función de consulta de camino proporcionada por la capa superior de manera que la capa inferior pueda ubicar el punto de salida de esa zona.

Obsérvese que a fin de soportar este método, aún se requiere una cantidad limitada de transferencia de información de vástago a progenitor.

Cuando se utiliza cooperación jerárquica para identificar el punto de salida para destinos fuera de la zona de encaminamiento:

- 1) Se consultará en primer lugar al RC vástago para desarrollar un trayecto al destino. Si el RC vástago conoce el destino, se utilizará el trayecto desarrollado por el RC vástago. Este trayecto tendrá la preferencia más alta.
- 2) Cuando el RC vástago no conoce el destino, se solicitará al RC progenitor desarrollar un trayecto al destino. Si el RC progenitor es capaz de desarrollar un trayecto, el primer extremo del enlace del trayecto devuelto identificará la SNPP utilizada para salir de la zona de encaminamiento vástago. A continuación se consultará al RC vástago un camino hacia la SNPP. El trayecto devuelto por el RC vástago se hace depender del trayecto devuelto por el RC progenitor. Este trayecto tendrá la preferencia más baja.
- 3) Si el RC progenitor no es capaz de desarrollar un trayecto, en ese caso el destino no es accesible.

NOTA – También se permite a un progenitor entrar en contacto con su progenitor.

Apéndice II

Grupo de riesgo compartido

En este apéndice se introduce y se examina el concepto de grupo de riesgo compartido (SRG, *shared risk group*) que resulta útil en el soporte del cálculo de diversidad de trayecto entre un par de nodos de origen y destino en las redes con conmutación de circuitos.

II.1 Diversidad de trayecto

En las redes con conmutación de circuitos, una conexión recorre un trayecto entre nodos y enlaces. Uno de los requisitos más comunes es el de circuitos paralelos múltiples entre el mismo par de nodos de origen y de destino que se deben realizar mediante diversos recursos de red (enlaces y nodos) a través de la red. La diversidad es una relación entre circuitos, y el objetivo del encaminamiento diversificado es eliminar los puntos únicos de fallo que podrían afectar potencialmente a más circuitos debido a la avería de un único recurso de red tal como la interrupción de una fibra óptica o una avería en el nodo de conmutación.

En el nivel abstracto, hay dos tipos de diversidad de trayecto topológicas: por separación de enlaces y por separación de nodos². Se dice que dos circuitos tienen separación de enlaces si no comparten un enlace común como posible punto único de fallo. De forma similar, se dice que dos circuitos tienen separación de nodos si no comparten un nodo común como posible punto único de fallo excepto los nodos de origen y de terminación. Obsérvese que en el sentido teórico figurado la separación de nodos implica también la separación de enlaces, no obstante, en las redes reales se debe tener en cuenta la información geográfica para lograr esto.

La definición anterior de diversidad se basa en la relación topológica de los recursos de red en términos de enlaces y nodos. Tal diversidad topológica se puede ampliar basándose en el modelo de compartición de riesgos que se discute a continuación.

II.2 Recursos de red y compartición de riesgo

Una conexión de extremo a extremo utiliza tanto recursos de enlaces como de nodos y el fallo de recursos de red incluye los cortes de fibra óptica, las colisiones de nodos de conmutación, incendios en centrales, etc. Un conjunto de recursos de red tiende a fallar al mismo tiempo cuando comparte el mismo destino debido a la proximidad geográfica, lo que se puede utilizar para definir los grupos de riesgo compartido. Algunos ejemplos comunes incluyen:

- Compartición de fibras: Todas las longitudes de onda transmitidas en el mismo par de fibras en un sistema de transporte óptico basado en WDM.
- Compartición de cables/canalizaciones: Todas las fibras en un cable o contenidas en la misma canalización debido a limitaciones de construcción.
- Compartición de derecho de paso: Todas las rutas de fibra que comparten el mismo derecho de paso. Un derecho de paso se adjudica al terreno en el que el operador de la red tiene el derecho de instalar canalizaciones o cables de fibra óptica.

Frecuentemente las redes se construyen compartiendo instalaciones o derechos de paso comunes con otras industrias o servicios públicos. En forma similar, en una red metropolitana, diferentes operadores pueden arrendar espacio de canalización en los mismos conductos o pueden arrendar instalaciones de fibra óptica del mismo operador. En todos los casos anteriores, la probabilidad de fallo en la infraestructura común es el riesgo compartido.

² También se puede tener un tipo de separación de enlace y nodo.

El concepto de compartición de riesgos no debería limitarse a las constricciones impuestas por la estructura física de la red. También son útiles los grupos de compartición de riesgos basados en políticas administrativas. Algunos ejemplos a continuación ilustran los conceptos:

- Dos circuitos que podrían considerarse diversificados para una aplicación podrían a su vez no serlo para otra. Generalmente se considera la diversidad como una reacción contra las averías de las rutas entre oficinas.
- Las aplicaciones de alta fiabilidad pueden requerir la consideración de otros tipos de fallos. Se producen interrupciones de las centrales, aunque son menos frecuentes que los fallos de encaminamiento, incendios, interrupciones de energía e inundaciones. Muchas aplicaciones requieren diversidad de nodos y en otros casos, pueden requerir solamente diversidad de energía en la misma central.
- Anillos compartidos: muchas aplicaciones permiten que circuitos "diversos" compartan un enlace de anillo protegido SONET; se supone que se permitiría lo mismo para los anillos de la capa óptica.
- Zona de desastre: los terremotos y las inundaciones pueden provocar averías en una zona extensa. Para fines de diversidad, se puede considerar que todos los recursos de red ubicados dentro de una zona propensa a terremotos o inundaciones comparten el mismo riesgo.
- Algunas redes pueden tolerar altos riesgos. Por ejemplo, algunos operadores de red podrían considerar dos cables de fibra óptica en un conducto de hormigón robusto con baja probabilidad de fallo simultáneo, por consiguiente, con diversidad de enlaces. También podrían considerar dos cables de fibra óptica enterrados en extremos opuestos de una vía férrea como aptos para la diversidad debido a que hay una probabilidad mínima de que una sola excavadora interrumpa ambos cables.

II.3 Grupo de riesgo compartido (SRG)

Se puede extender la diversidad común de nodo y enlace al grupo de riesgo compartido general, lo cual puede afectar a nodos, enlaces o ambos. Específicamente, se hace referencia a la diversidad SRG en oposición a la diversidad nodo/enlace; la última es un caso especial de la primera.

Se define un *grupo de riesgo compartido (SRG)* como un grupo de elementos que comparten un riesgo común, cuyo fallo puede provocar la avería de todos los elementos en el grupo.

Por ejemplo, todos los enlaces de fibra que pasan a través de un conducto común enterrado pertenecen al mismo grupo SRG porque el conducto es un componente de riesgo compartido cuyo fallo, tal como una rotura, provocará la ruptura de todas las fibras alojadas en el conducto.

Frecuentemente se define un identificador SRG para cada grupo de riesgo compartido para fines de identificación. Se puede utilizar el concepto SRG para definir la diversidad de trayecto con separación de enlaces. Se consideran separados SRG dos trayectos de datos si en ningún caso dos enlaces o nodos en los dos trayectos pertenecen al mismo SRG bajo consideración.

El concepto SRG funciona bien para una topología de red plana y se puede extender a la red jerárquica. Una red plana se puede dividir en dominios que consisten de un conjunto de nodos y enlaces asociados. La partición puede basarse en razones topológicas, tecnológicas o administrativas. Los enlaces entre los dominios son aquellos entre los nodos en diferentes dominios y cada dominio se puede dividir aún más en subdominios. Se puede repetir cada partición hasta que la granularidad de los dominios alcance un cierto nivel, al generar en consecuencia una jerarquía de red. En la red jerárquica, un dominio es un nodo lógico que tiene un conjunto de puertos que corresponden a los enlaces entrantes y salientes.

Es importante observar que el concepto SRG no sólo define un grupo de riesgo compartido de nodos y enlaces, sino que también define el nivel de preferencia en términos de selección de trayecto al considerar el nivel de riesgo y la calidad del trayecto. El SRG es esencial para el soporte de encaminamiento jerárquico en el cual se puede calcular primero un trayecto de nivel de dominio y posteriormente se puede ampliar dentro de cada dominio.

II.4 Implicaciones del SRG para el encaminamiento

El tratamiento de la diversidad es un requisito inevitable para el encaminamiento en la red de transporte con conmutación de circuitos. Requiere el tratamiento de las constricciones SRG en el proceso de encaminamiento, pero demanda como algo más importante información de estado adicional para las relaciones SRG.

Actualmente, la mayor parte de la información SRG no puede ser autodescubierta. En realidad, en una red grande es muy difícil mantener información SRG precisa. Particularmente constituye un desafío cuando intervienen múltiples dominios administrativos; por ejemplo, después de la adquisición de una red por otra, porque normalmente existe la probabilidad de que haya violaciones de diversidad entre los dominios. Es poco probable que se utilicen en algún momento en el futuro próximas relaciones de diversidad para los SRG basadas en mediciones diferentes de las relaciones geográficas (por ejemplo, coordenadas de latitud y longitud para los enlaces y los nodos).

Existe una variedad considerable en lo que se entiende por diversidad aceptable, de manera que un SRG se puede caracterizar por dos parámetros:

- Tipo de compromiso: algunos ejemplos serían el cable de fibra óptica compartido, canalización compartida, derecho de paso compartido, anillo óptico compartido, centrales compartidas sin compartición de energía, etc.
- Amplitud del compromiso: en el caso de planta externa comprometida, ésta determinaría el tamaño de la compartición.

Un algoritmo constreñido del tipo primero el trayecto más corto (CSPF, *constrained shortest path first*) podría consecuentemente penalizar un compromiso de diversidad en una cantidad función de estos dos parámetros.

Obsérvese que no siempre está disponible la información SRG coherente globalmente a través de los múltiples dominios de control, aun dentro de un sólo portador.

La correspondencia entre enlaces/nodos y diferentes SRG la definen en general los operadores de las redes basándose en políticas y reglas SRG. Puesto que la información SRG aún no está disponible para que la descubra un elemento de red y aún no se modifica dinámicamente, la misma podría no ser susceptible de difundirse con otra información de disponibilidad de recursos por los elementos de red. Se podría configurar en alguna base de datos centralizada y distribuirse o recuperarse mediante los nodos, o difundirse por los elementos de red en la etapa de descubrimiento topológico.

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y
INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN Y ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET

INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN	
Generalidades	Y.100–Y.199
Servicios, aplicaciones y programas intermedios	Y.200–Y.299
Aspectos de red	Y.300–Y.399
Interfaces y protocolos	Y.400–Y.499
Numeración, direccionamiento y denominación	Y.500–Y.599
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.600–Y.699
Seguridad	Y.700–Y.799
Características	Y.800–Y.899
ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET	
Generalidades	Y.1000–Y.1099
Servicios y aplicaciones	Y.1100–Y.1199
Arquitectura, acceso, capacidades de red y gestión de recursos	Y.1200–Y.1299
Transporte	Y.1300–Y.1399
Interfuncionamiento	Y.1400–Y.1499
Calidad de servicio y características de red	Y.1500–Y.1599
Señalización	Y.1600–Y.1699
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.1700–Y.1799
Tasación	Y.1800–Y.1899

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación