

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

Y.2615

(07/2012)

SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA
INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO
INTERNET, REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN,
INTERNET DE LAS COSAS Y CIUDADES
INTELIGENTES

Redes de la próxima generación – Redes basadas en
paquetes

**Mecanismos de encaminamiento en las redes
públicas de datos de telecomunicaciones por
paquetes**

Recomendación UIT-T Y.2615

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y

INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET, REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN, INTERNET DE LAS COSAS Y CIUDADES INTELIGENTES

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
Televisión IP sobre redes de próxima generación	Y.1900–Y.1999

REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN

Marcos y modelos arquitecturales funcionales	Y.2000–Y.2099
Calidad de servicio y calidad de funcionamiento	Y.2100–Y.2199
Aspectos relativos a los servicios: capacidades y arquitectura de servicios	Y.2200–Y.2249
Aspectos relativos a los servicios: interoperabilidad de servicios y redes en las redes de la próxima generación	Y.2250–Y.2299
Mejoras de las NGN	Y.2300–Y.2399
Gestión de red	Y.2400–Y.2499
Arquitecturas y protocolos de control de red	Y.2500–Y.2599

Redes basadas en paquetes **Y.2600–Y.2699**

Seguridad	Y.2700–Y.2799
Movilidad generalizada	Y.2800–Y.2899
Entorno abierto con calidad de operador	Y.2900–Y.2999

REDES FUTURAS

COMPUTACIÓN EN LA NUBE

INTERNET DE LAS COSAS Y CIUDADES Y COMUNIDADES INTELIGENTES

General	Y.4000–Y.4049
Definiciones y terminologías	Y.4050–Y.4099
Requisitos y casos de utilización	Y.4100–Y.4249
Infraestructura, conectividad y redes	Y.4250–Y.4399
Marcos, arquitecturas y protocolos	Y.4400–Y.4549
Servicios, aplicaciones, computación y proceso de datos	Y.4550–Y.4699
Gestión, control y calidad de funcionamiento	Y.4700–Y.4799
Identificación y seguridad	Y.4800–Y.4899
Examen y evaluación	Y.4900–Y.4999

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

Recomendación UIT-T Y.2615

Mecanismos de encaminamiento en las redes públicas de datos de telecomunicaciones por paquetes

Resumen

Como red de datos por paquetes jerárquica que puede adaptarse a los requisitos de las redes de paquetes futuras (FPBN), la red pública de datos de telecomunicaciones por paquetes (PTDN) representa una solución con mecanismos de encaminamiento eficientes y fiables. En la Recomendación UIT-T Y.2615 se ilustra la arquitectura de encaminamiento de la PTDN, los modelos de encaminamiento y los correspondientes mecanismos de encaminamiento, como la construcción de la topología, el encaminamiento dentro del dominio, el encaminamiento entre dominios y los procedimientos de encaminamiento.

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio
1.0	ITU-T Y.2615	2012-07-29	13

Palabras clave

Arquitectura de encaminamiento, encaminamiento alternativo, encaminamiento de trayecto dual, encaminamiento de trayecto más corto, red pública de datos de telecomunicaciones por paquetes (PTDN).

PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) 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.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

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 en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2019

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	Definiciones.....	1
	3.1 Términos definidos en otros textos.....	1
	3.2 Términos definidos en la presente Recomendación	2
4	Abreviaturas y acrónimos	2
5	Arquitectura de encaminamiento	3
	5.1 Mecanismo de encaminamiento intradominio.....	4
	5.2 Mecanismo de encaminamiento interdominios	4
6	Modelos de encaminamiento	4
	6.1 Modelo de encaminamiento de trayecto más corto	5
	6.2 Modelo de encaminamiento de trayecto dual	5
	6.3 Modelo de encaminamiento alternativo	5
7	Modelo de encaminamiento de trayecto más corto	6
	7.1 Construcción de la topología	6
	7.2 El encaminamiento intradominio	6
	7.3 El encaminamiento interdominios	6
8	Modelo de encaminamiento de trayecto dual	7
	8.1 Construcción de la topología	7
	8.2 El encaminamiento intradominio	7
	8.3 El encaminamiento interdominios	7
9	Modelo de encaminamiento alternativo.....	7
	9.1 Construcción de la topología	7
	9.2 El encaminamiento intradominio	8
	9.3 El encaminamiento interdominios	8
10	Procedimiento de encaminamiento	8
11	Cuestiones de seguridad	9
	11.1 Garantía de seguridad del plano de control	9
	11.2 Garantía de seguridad de conectividad de la red	9
	Anexo A – Cálculo del trayecto en el modelo de encaminamiento de trayecto dual	11
	A.1 Construcción de trayectos de protección	11
	A.2 Descomposición en orejas	11
	A.3 Generación de número ST	12
	A.4 Construcción de vías de protección	12
	A.5 Construcción de la base de datos del estado de las aristas	13
	A.6 Tabla de reenvío	15
	Bibliografía	16

Recomendación UIT-T Y.2615

Mecanismos de encaminamiento en las redes públicas de datos de telecomunicaciones por paquetes

1 Alcance

En la presente Recomendación se ilustran los mecanismos de encaminamiento de la PTDN, incluida la arquitectura de encaminamiento, los modelos de encaminamiento y los correspondientes mecanismos de encaminamiento, como la construcción de la topología, el encaminamiento dentro del dominio, el encaminamiento entre dominios y los procedimientos de encaminamiento.

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. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [UIT-T Y.2601] Recomendación UIT-T Y.2601 (2006), *Características y requisitos fundamentales de las redes futuras basadas en paquetes*.
- [UIT-T Y.2611] Recomendación UIT-T Y.2611 (2006), *Arquitectura general de las redes futuras basadas en paquetes*.
- [UIT-T Y.2612] Recomendación UIT-T Y.2612 (2009), *Marco y requisitos genéricos del direccionamiento, encaminamiento y reenvío de la futura red de portador basada en paquetes*.
- [UIT-T Y.2613] Recomendación UIT-T Y.2613 (2010), *Arquitectura técnica general para la red pública de paquetes de datos de telecomunicación*.
- [UIT-T Y.2614] Recomendación UIT-T Y.2614 (2011), *Fiabilidad de la red en PTDN*.

3 Definiciones

3.1 Términos definidos en otros textos

La presente Recomendación utiliza los siguientes términos definidos en otros textos:

3.1.1 dirección [UIT-T Y.2601]: una dirección es el identificador de un punto de terminación específico que se utiliza para realizar el encaminamiento hacia ese punto.

NOTA – Los identificadores pueden utilizarse para el registro y autenticación. Pueden ser públicos para todas las redes, compartidos por un número limitado de redes, o privados para una red específica (los identificadores privados normalmente no se dan a conocer a terceros).

3.1.2 modelo de encaminamiento alternativo [UIT-T Y.2614]: un modelo de encaminamiento que proporciona múltiples trayectos entre un nodo de la red pública de datos de telecomunicaciones por paquetes (PTDN) de origen y un nodo PTDN de destino.

NOTA – No es necesario que esos trayectos sean deterministas y únicos. En ese modelo, el trayecto de envío y el trayecto de recepción no están necesariamente compuestos de los mismos nodos y aristas.

3.1.3 modelo de encaminamiento de trayecto dual [UIT-T Y.2614]: un modelo de encaminamiento que proporciona dos trayectos totalmente disociados entre un nodo de la red pública de datos de telecomunicaciones por paquetes (PTDN) de origen y un nodo PTDN de destino.

NOTA – Los dos trayectos pueden no ser los trayectos más cortos.

3.1.4 red pública de datos de telecomunicaciones por paquetes (PTDN) [UIT-T Y.2613]: red de datos por paquetes diseñada para el estrato de transporte de las NGN, que debe ser segura, fiable, controlable y gestionable y que puede cumplir todos los requisitos descritos en [UIT-T Y.2601]. La PTDN es una red jerárquica, que puede subdividirse en varias capas de red.

3.1.5 modelo de encaminamiento de trayecto más corto [UIT-T Y.2614]: un modelo de encaminamiento que proporciona un trayecto determinista y único, que es el trayecto más corto desde un nodo PTDN de origen a un nodo PTDN de destino.

NOTA – En este modelo, el trayecto desde el nodo fuente al nodo destino es el mismo que el trayecto desde el nodo destino al nodo fuente.

3.1.6 protección de camino [b-UIT-T G.780]: el tráfico normal se transporta/selecciona desde un camino de protección en lugar y no desde un camino de servicio, cuando este último falla o cuando su rendimiento cae por debajo de un nivel requerido.

3.2 Términos definidos en la presente Recomendación

En la presente Recomendación se definen los siguientes términos:

3.2.1 nodo dominante: un nodo PTDN en un dominio, que se encarga de calcular el encaminamiento y generar una tabla de encaminamiento para cada nodo PTDN en el dominio.

3.2.2 descomposición en orejas: una descomposición en orejas $D = \{P_0; P_1; \dots; P_{r-1}\}$ de un grafo no dirigido $G = (V, E)$ es una partición de E en una colección ordenada de trayectos simples y disjuntos $P_0; P_1; \dots; P_{r-1}$, llamados orejas, de modo que:

- P_0 es un ciclo simple;
- P_i ($i > 0$) es un trayecto simple con los puntos finales pertenecientes a orejas con números más bajos, y sin vértices internos pertenecientes a orejas con números más bajos;
- P_i ($i > 0$) también puede ser un ciclo simple. Si se trata de un ciclo que consta de un solo borde, se denomina oreja trivial.

3.2.3 energía potencial: un valor numérico derivado de la dirección del nodo PTDN, que debe ser único para el nodo y puede utilizarse para seleccionar un trayecto de entre múltiples trayectos redundantes. En el modelo de encaminamiento de trayectos más cortos, los valores de energía potencial de los nodos de los trayectos se utilizan para elegir un trayecto cuando diversos trayectos tienen el mismo costo que el trayecto más corto.

3.2.4 número ST: después de la descomposición en orejas, los nodos en un dominio vuelven a enumerarse de acuerdo con los resultados de la descomposición con números de árbol abarcante (ST), los cuales se utilizan para formar dos trayectos disjuntos de nodos desde el nodo de origen hasta el nodo de destino.

4 Abreviaturas y acrónimos

Esta Recomendación hace uso de las siguientes abreviaturas y acrónimos:

NNI	Interfaz de red a red (<i>network to network interface</i>)
PTDN	Red pública de datos de telecomunicaciones por paquetes (<i>public packet telecom data network</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)

ST	Árbol abarcante (<i>spanning tree</i>)
TTL	Tiempo de vida (<i>time to live</i>)
UNI	Interfaz de usuario a red (<i>user to network interface</i>)
VPN	Red privada neutral (<i>virtual private network</i>)

5 Arquitectura de encaminamiento

El espacio de direcciones de la PTDN es jerárquico y las direcciones de la PTDN se asignan en función de la distribución geográfica. El prefijo de la dirección PTDN contiene la información jerárquica. En la PTDN, un dominio se compone de un grupo de nodos bajo una única administración y con políticas de encaminamiento comunes. Los nodos en un dominio suelen tener un prefijo de dirección idéntico, utilizan métricas comunes para realizar el encaminamiento de paquetes y comparten la misma información de la tabla de encaminamiento. La relación entre nodos que están en el mismo dominio se llama intradominio y la relación entre nodos que están en dominios diferentes se llama interdominios.

El ejemplo de la Figura 1 ilustra el concepto de dominios. Hay cuatro dominios en esta red PTDN: dominio 1, dominio 2, dominio 3 y dominio 4. Los nodos del dominio 1, que se encuentran en la capa central, tienen el prefijo de dirección "1000 0000 0000". Hay dos dominios en la capa de acceso: el dominio 3 y el dominio 4, y los prefijos son "1000 1000 1000" y "1000 1000 2000", respectivamente.

El mecanismo de encaminamiento de la PTDN se divide en dos niveles: el mecanismo de encaminamiento intradominio y el mecanismo de encaminamiento interdominios.

El encaminamiento dentro de un dominio, como del nodo d al nodo h, se denomina encaminamiento intradominio. El encaminamiento entre dominios, como del nodo f al nodo m y del nodo g al nodo j, se denomina encaminamiento interdominios.

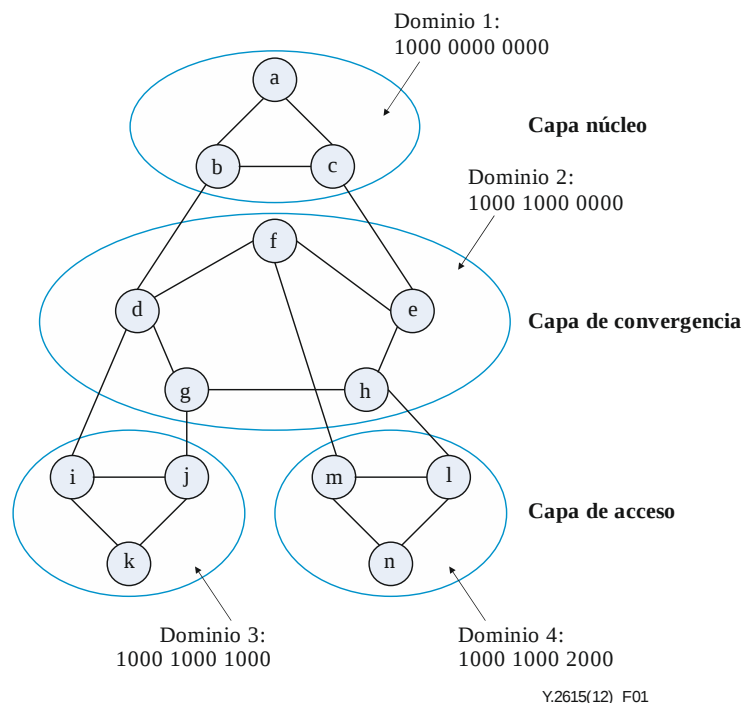


Figura 1 – Ilustración de los dominios en la PTDN

5.1 Mecanismo de encaminamiento intradominio

El mecanismo de encaminamiento intradominio puede dividirse en dos partes: una parte establece la tabla de encaminamiento intradominio y la otra produce dos tipos de tablas de reenvío: la tabla de reenvío interdominios y la tabla de reenvío intradominio.

- 1) Cuando un nodo límite en un dominio transfiere información de encaminamiento (por ejemplo, prefijo o dirección de dominio) de otros dominios dentro del dominio, la tabla de reenvío interdominios se establecerá en base a la tabla de encaminamiento intradominio. A continuación, la información de encaminamiento de estos otros dominios se transferirá en base a la tabla de reenvío interdominios a otros nodos límite del dominio actual, que se conecta a otros dominios.
- 2) Cuando los paquetes llegan al dominio de destino o al nodo PTDN de origen y el nodo PTDN de destino se encuentra en el mismo dominio, el nodo establecerá la tabla de reenvío intradominio en base a la tabla de encaminamiento intradominio. Los paquetes se reenviarán al nodo PTDN de destino basándose en la tabla de reenvío intradominio.

En el mecanismo de encaminamiento intradominio de la PTDN, la energía potencial de los nodos de la PTDN se utilizará para construir la tabla de encaminamiento.

5.2 Mecanismo de encaminamiento interdominios

El mecanismo de encaminamiento interdominios puede dividirse en dos partes: la parte dentro del dominio y la parte entre dominios.

La parte dentro del dominio establece tablas de reenvío intradominio que se utilizan normalmente para transferir, dentro de un dominio, prefijos de dirección que provienen de otros dominios. La parte entre dominios transfiere información de encaminamiento (por ejemplo, direcciones o prefijos de dominio) de otros dominios entre los nodos límite mediante la tabla de reenvío interdominios.

Puede haber múltiples conexiones interdominios y solo la mejor conexión está activa cuando se aplica el modelo de encaminamiento de trayecto más corto o el modelo de encaminamiento de trayecto dual. La mejor conexión interdominios se selecciona en base a tres parámetros: prioridades, velocidad de transmisión y dirección de nodo. La prioridad de una conexión puede configurarse manualmente. Todas estas conexiones múltiples interdominios se utilizarán bajo el modelo de encaminamiento alternativo y los múltiples trayectos se diferenciarán en función del costo.

6 Modelos de encaminamiento

Hay tres modelos de encaminamiento en el mecanismo de encaminamiento PTDN: el modelo de encaminamiento de trayecto más corto, el modelo de encaminamiento de trayecto dual y el modelo de encaminamiento alternativo. Los tres ofrecen diferentes funciones y se aplican en diferentes situaciones.

Hay dos bits en el encabezado de un paquete PTDN para identificar cuatro políticas de encaminamiento bajo tres modelos de encaminamiento PTDN:

- 00: Modelo de encaminamiento del trayecto más corto;
- 01: Modelo de encaminamiento de trayecto dual (trayecto de trabajo);
- 10: Modelo de encaminamiento de trayecto dual (trayecto de protección);
- 11: Modelo de encaminamiento alternativo.

6.1 Modelo de encaminamiento de trayecto más corto

El modelo de encaminamiento de trayecto más corto proporciona un trayecto determinista y único, que tiene el costo mínimo, entre cada par de nodos PTDN distintos en un dominio. En este modelo, el trayecto desde el nodo fuente al nodo destino es la mismo que el trayecto desde el nodo destino al nodo fuente. Cuando se aplica el modelo de encaminamiento de trayecto más corto, se puede garantizar la calidad de servicio.

Si hay múltiples conexiones interdominios, solo una conexión está activa para transportar todo el tráfico entre los dos dominios, y las otras conexiones interdominios se desactivan cuando se aplica el modelo de encaminamiento de trayecto más corto.

Puede haber varios trayectos en la tabla de encaminamiento que correspondan a diferentes conexiones entre dominios. Solo el trayecto correspondiente a la conexión interdominios activa se instalará en la tabla de reenvío para ayudar a reenviar los paquetes.

6.2 Modelo de encaminamiento de trayecto dual

El modelo de encaminamiento de trayecto dual proporciona dos trayectos deterministas y totalmente disjuntos entre cada par de nodos PTDN distintos en un dominio. En ese modelo, tanto el trayecto de envío como el de recepción están compuestos por los mismos nodos y aristas. Cuando se aplica el modelo de encaminamiento de trayecto dual, puede garantizarse la calidad de servicio.

El modelo de encaminamiento de trayecto dual puede proporcionar la función de protección de trayecto, pero no puede garantizar que esos dos trayectos disjuntos sean los más cortos.

Si hay varias conexiones entre dominios, solo una estará activa para transportar todo el tráfico entre los dos dominios y las otras conexiones entre dominios estarán desactivadas cuando se aplique el modelo de encaminamiento de trayecto dual.

Solo se instalará en la tabla de reenvío la conexión activa entre dominios.

El modelo de encaminamiento de trayecto dual solo puede aplicarse si la topología de la red cumple dos condiciones:

- 1) el grafo de red está conectado con dos bordes;
- 2) el grafo de red está conectado en dos direcciones.

NOTA – Un borde $e \in E$ en un grafo conectado $G = (V, E)$ es un borde de corte si e no se encuentra en un ciclo en G . Un grafo conectado sin dirección $G = (V, E)$ es de dos bordes conectados si no contiene ningún borde de corte.

6.3 Modelo de encaminamiento alternativo

El modelo de encaminamiento alternativo proporciona muchos trayectos entre cada par de nodos PTDN distintos en un dominio. Esos trayectos no necesitan ser deterministas ni únicos. El trayecto de envío y el trayecto de recepción en ese modelo no necesitan estar compuestos de los mismos nodos y aristas. El trayecto de trabajo del modelo de encaminamiento alternativo no tiene por qué ser el trayecto más corto. Cuando se aplica el modelo de encaminamiento alternativo, puede que no sea posible garantizar la calidad de servicio.

El modelo de encaminamiento alternativo puede proporcionar la función de protección de trayecto para el modelo de encaminamiento de trayecto más corto. Cuando falla el modelo de encaminamiento de trayecto más corto, puede aplicarse el modelo de encaminamiento alternativo para mantener abierta la comunicación entre los nodos.

Si hay varias conexiones interdominios, todas esas conexiones estarán secuenciadas por el costo de cada conexión y las tablas de reenvío correspondientes se aplicarán de forma ordenada.

7 Modelo de encaminamiento de trayecto más corto

7.1 Construcción de la topología

En el modelo de encaminamiento de trayecto más corto, cada nodo PTDN mantiene la misma topología que contiene todos los nodos y la información de arista entre los nodos en el dominio. El procedimiento de configuración de la topología se define de la siguiente manera.

- 1) Configurar una dirección para cada nodo activo y un costo para cada arista activa (el costo se calcula en función de la prioridad, el ancho de banda y otra información de conexión).
- 2) Intercambiar información de configuración entre nodos vecinos.
- 3) Intercambiar la dirección y la información de estado de arista de cada nodo PTDN dentro de un dominio.

7.2 El encaminamiento intradominio

Un nodo dominante es un nodo PTDN en un dominio que se encarga de calcular los trayectos entre nodos y generar tablas de encaminamiento para los nodos PTDN en el dominio.

El nodo PTDN que tiene la dirección de nodo mínima en un dominio se asigna como nodo dominante. El nodo PTDN que tiene la dirección del nodo mínimo secundario en el dominio se asigna como copia de seguridad del nodo dominante.

En el modelo de encaminamiento de trayecto más corto, el nodo dominante calcula el trayecto con el costo mínimo para cada par de nodos PTDN distintos en función del costo. Si hay varios saltos siguientes con el mismo costo mínimo para un par de nodos PTDN distintos, se seleccionará el siguiente nodo de salto con la energía potencial más cercana al nodo PTDN actual como nodo de salto siguiente. La tabla de encaminamiento se establecerá después de ese proceso.

Basándose en la tabla de encaminamiento, un nodo dominante calcula una tabla de reenvío para cada nodo en el dominio y, a continuación, envía la tabla a todos los nodos en el dominio.

7.3 El encaminamiento interdominios

El encaminamiento interdominios en el modelo de encaminamiento de trayecto más corto está compuesto de dos partes, que son el protocolo de encaminamiento entre dominios y el protocolo de encaminamiento dentro del dominio.

El protocolo de encaminamiento entre dominios se ejecuta entre dominios y se utiliza para intercambiar información de prefijos entre los nodos fronterizos de la PTDN entre diferentes dominios. Mediante el uso del protocolo de encaminamiento entre dominios, puede lograrse la política de encaminamiento interdominios. En el modelo de encaminamiento de trayecto más corto, si hay múltiples conexiones entre dominios, las conexiones se clasificarán según su costo. La conexión con el costo mínimo estará activa para transportar el tráfico de servicio y las demás se desactivarán. Las prioridades de las conexiones interdominios pueden establecerse manualmente.

El protocolo de encaminamiento dentro del dominio se ejecuta dentro de un dominio y se utiliza para transferir información de encaminamiento dentro del dominio.

8 Modelo de encaminamiento de trayecto dual

8.1 Construcción de la topología

En el modelo de encaminamiento de trayecto dual, cada nodo PTDN mantiene la misma topología que contiene todos los nodos e información de arista entre los nodos del dominio. El procedimiento de configuración de la topología se define de la siguiente manera.

- 1) Configurar a cada nodo activo una dirección y a cada arista activa un costo, el cual se calcula en función de la prioridad, el ancho de banda y otra información de conexión.
- 2) Generar el árbol abarcante que cubre todos los nodos dentro del dominio.
- 3) Intercambiar la dirección y la información de estado de arista de cada nodo PTDN del dominio.

8.2 El encaminamiento intradominio

En el modelo de encaminamiento de trayecto dual, el nodo dominante calcula dos trayectos totalmente disjuntos para cada par de nodos PTDN distintos después de haber sido consciente de la topología. En este proceso, la tabla de envío de trayecto dual puede configurarse mediante una orden de gestión (centralizada) o una orden de control (descentralizada).

El nodo dominante realizará los siguientes pasos para generar dos trayectos disjuntos.

- 1) Realizar una descomposición en orejas para los nodos y aristas en el dominio PTDN.
- 2) Generar un número de árbol abarcante (ST) para cada nodo PTDN en el dominio actual.
- 3) Construir dos trayectos disjuntos en función del resultado de la descomposición en orejas y el número ST, que son el trayecto de trabajo y el trayecto de protección.

NOTA – La información pormenorizada de este proceso se describe en el Anexo A.

8.3 El encaminamiento interdominios

El encaminamiento interdominios en el modelo de encaminamiento de trayecto dual está compuesto de dos partes, que son el protocolo de encaminamiento entre dominios y el protocolo de encaminamiento dentro del dominio.

El protocolo de encaminamiento entre dominios se ejecuta entre dominios y se utiliza para intercambiar información de encaminamiento entre los nodos fronterizos de la PTDN entre diferentes dominios. Mediante el uso del protocolo de encaminamiento entre dominios, puede lograrse la política de encaminamiento interdominios.

En el modelo de encaminamiento de trayecto dual, si hay múltiples conexiones entre dominios, las conexiones se clasificarán según su costo. Se elegirán las dos conexiones con un costo mínimo; una de ellas estará activa para transportar el tráfico, y la otra será una conexión de respaldo y no activa. Las prioridades de las conexiones interdominios pueden establecerse manualmente.

El protocolo de encaminamiento dentro del dominio se ejecuta dentro de un dominio y se utiliza para transferir información de prefijos en el dominio.

9 Modelo de encaminamiento alternativo

9.1 Construcción de la topología

En el modelo de encaminamiento alternativo, cada nodo PTDN mantiene la misma topología que contiene todos los nodos e información de arista entre los nodos del dominio. El procedimiento de configuración de la topología se define de la siguiente manera.

- 1) Configurar a cada nodo activo una dirección y a cada arista activa un costo, el cual se calcula en función de la prioridad, el ancho de banda y otra información de conexión.

- 2) Intercambiar información de configuración entre nodos vecinos.
- 3) Radiodifundir la dirección y la información de estado de arista de cada nodo PTDN del dominio.

9.2 El encaminamiento intradominio

Un nodo dominante es un nodo PTDN en un dominio, que se encarga de calcular el encaminamiento y generar una tabla de encaminamiento para cada nodo PTDN en el dominio. La tabla de encaminamiento generada por el nodo dominante contiene muchos trayectos intradominio diferentes para cada par de nodos PTDN de origen y nodos PTDN de destino en el dominio en el modelo de encaminamiento alternativo. Por lo tanto, el nodo dominante enviará la tabla de encaminamiento generada a cada nodo PTDN del dominio.

El nodo PTDN que tiene la dirección de nodo mínima en un dominio se asigna como nodo dominante en el dominio. El nodo PTDN que tiene la dirección del nodo mínimo secundario en el dominio se asigna como copia de seguridad del nodo dominante.

Muchos trayectos desde un nodo PTDN de origen a un nodo PTDN de destino se clasifican en la tabla de encaminamiento por orden de costo. Solo se instalará en la tabla de reenvío el trayecto con el costo mínimo.

El costo de trayectos en el modelo de encaminamiento alternativo puede variar debido al cambio de estado de la arista o al fallo del nodo. El cambio de costo del trayecto se comparará con un valor umbral predefinido para evaluar si debe volverse a clasificar la tabla de encaminamiento. Si la tabla de encaminamiento se ajusta gracias al cambio de costo de los trayectos, la tabla de reenvío se modificará consiguientemente para que solo se instale en la tabla de reenvío el salto siguiente con un costo mínimo.

9.3 El encaminamiento interdominios

El encaminamiento interdominios en el modelo de encaminamiento alternativo se compone de dos partes: el protocolo de encaminamiento entre dominios y el protocolo de encaminamiento dentro del dominio.

El protocolo de encaminamiento entre dominios se ejecuta entre dominios y se utiliza para intercambiar información de prefijos entre los nodos fronterizos de la PTDN entre diferentes dominios. Mediante el uso del protocolo de encaminamiento entre dominios, puede lograrse la política de encaminamiento interdominios. En el modelo de encaminamiento alternativo, si hay varias conexiones entre dominios, las conexiones se clasificarán según su costo, que se calcula en función de la prioridad, el ancho de banda y otra información de conexión. Las prioridades de las conexiones interdominios puede establecerlas manualmente el operador de red. En el modelo de encaminamiento alternativo todas las conexiones interdominios pueden estar activas.

El protocolo de encaminamiento dentro del dominio se ejecuta dentro de un dominio y se utiliza para transferir información de prefijos en el dominio. La tabla de reenvío generada por el encaminamiento intradominio será utilizada por el protocolo de encaminamiento dentro del dominio.

10 Procedimiento de encaminamiento

El procedimiento de encaminamiento de la red PTDN se define de la siguiente manera.

- 1) Cuando llega un paquete PTDN, el nodo PTDN comprueba el campo de protección (2 bits, definidos en [UIT-T Y.2613]) en el campo de cabecera del paquete: si el campo de protección es igual a 00, se aplicará el modelo de encaminamiento de trayecto más corto; si el campo de protección es igual a 11, se aplicará el modelo de encaminamiento alternativo; si el campo de protección es igual a 01, se aplicará el modelo de encaminamiento de trayecto dual y se utilizará el trayecto de trabajo para el encaminamiento de paquetes; si el campo de protección

es igual a 10, se aplicará el modelo de encaminamiento de trayecto dual y se utilizará el trayecto de protección para el encaminamiento de paquetes.

- 2) Si se aplica el modelo de encaminamiento de trayecto más corto, el nodo buscará el trayecto más corto en la tabla de reenvío correspondiente; si falla, el proceso de encaminamiento pasa al paso 4). Si se aplica el modelo de encaminamiento de trayecto dual, el nodo buscará primero el trayecto de trabajo en la tabla de reenvío correspondiente cuando el campo de protección sea igual a 01; si este intento falla, el nodo continuará buscando el trayecto de protección; si también falla, el proceso de encaminamiento pasa al paso 4). Cuando el campo de protección es igual a 10, el nodo buscará primero el trayecto de protección en la tabla de reenvío correspondiente; si este intento falla, el nodo continuará buscando el trayecto de trabajo; si también falla, el proceso de encaminamiento pasa al paso 4). Si se aplica el modelo de encaminamiento alternativo, se pueden encontrar múltiples trayectos en la tabla de encaminamiento correspondiente y teóricamente el nodo que trabaja en este modelo puede elegir más de un salto siguiente para realizar el encaminamiento de paquetes, y los paquetes pueden transferirse al trayecto con un costo mínimo. Si este intento falla, el nodo seleccionará el trayecto de acceso de costo secundario, etcétera. Al buscar en la tabla de reenvío, se utilizará el principio de coincidencia de prefijos más largos para la determinación del salto siguiente.
- 3) Después de que el nodo encuentra el salto siguiente según la tabla de reenvío correspondiente, se transfieren los paquetes y el campo TTL (6 bits, definido en [UIT-T Y.2613]) se reduce en uno en cada salto.
- 4) Si no hay elementos en la tabla de reenvío correspondiente que coincidan con el destino del paquete que llega, se utilizará el trayecto de reenvío predeterminado.

11 Cuestiones de seguridad

Los mecanismos de encaminamiento de red PTDN tienen en cuenta dos aspectos de la seguridad:

- garantía de seguridad del plano de control;
- garantía de seguridad de la conectividad de la red.

11.1 Garantía de seguridad del plano de control

Algunas VPN se utilizan para el plano de control de PTDN que transporta mensajes de encaminamiento. Esas VPN tienen las siguientes características de seguridad.

- Aislamiento: las VPN para el plano de control están aisladas entre sí y aisladas de otras VPN para propósitos distintos a los del plano de control.
- Garantía de recursos: los recursos de las VPN para el plano de control están garantizados absolutamente y con la máxima prioridad.
- Separación entre la NNI y la UNI: los datos de encaminamiento solo pueden estar expuestos dentro de la VPN concreta. Los usuarios no autorizados no pueden acceder a esas VPN.

11.2 Garantía de seguridad de conectividad de la red

En la PTDN existen tres mecanismos de encaminamiento. Dos de ellos pueden proporcionar conexiones redundantes entre los extremos para garantizar la conectividad de la red.

El mecanismo de encaminamiento de trayecto dual proporciona dos trayectos de protección totalmente independientes para el reenvío de paquetes en modo sin conexión. Los dos trayectos son una copia el uno del otro.

El mecanismo de encaminamiento alternativo proporciona varios trayectos entre cada par de nodos PTDN distintos en un dominio. Esos trayectos pueden ser una copia el uno del otro.

En algunos casos, el administrador de red de la PTDN puede configurar el encaminamiento estático a través de funciones de gestión de PTDN. El proceso se llevará a cabo de conformidad con la norma de seguridad de la interfaz PTDN M, ilustrada en otra Recomendación UIT-T.

No se han detectado más riesgos ligados a esos mecanismos de encaminamiento.

Anexo A

Cálculo del trayecto en el modelo de encaminamiento de trayecto dual

(Este Anexo forma parte de esta Recomendación.)

A.1 Construcción de trayectos de protección

El modelo de encaminamiento de trayecto dual en el mecanismo de encaminamiento PTDN proporciona dos trayectos de protección totalmente independientes para el reenvío de paquetes en modo sin conexión; uno de ellos se llama trayecto rojo y el otro trayecto azul.

El cálculo de los trayectos de protección no es muy extenso computacionalmente. Cada nodo PTDN realizará los siguientes pasos para proporcionar protección al trayecto intradominio:

- 1) realizar una descomposición en orejas para nodos y aristas en el dominio PTDN;
- 2) generar un número ST para cada nodo PTDN en el dominio actual;
- 3) construir los trayectos de protección basándose en la descomposición en orejas y el número ST, que son el trayecto de protección rojo y el trayecto de protección azul.

A.2 Descomposición en orejas

Una descomposición en orejas $D = \{P_0; P_1; \dots; P_{r-1}\}$ de un grafo no dirigido $G = (V, E)$ es una partición de E en una colección ordenada de trayectos simples y disjuntos $P_0; P_1; \dots; P_{r-1}$, llamadas orejas, de modo que:

- P_0 es un ciclo simple;
- $P_i (i > 0)$ es un trayecto simple con los puntos finales pertenecientes a orejas con números más bajos, y sin vértices internos pertenecientes a orejas con números más bajos;
- $P_i (i > 0)$ también puede ser un ciclo simple. Si se trata de un ciclo que consta de un solo borde, se denomina oreja trivial.

Una descomposición en orejas se llama abierta si y solo si no hay un ciclo para $P_i (i > 0)$.

En la Figura A.1, la topología de red mostrada a la izquierda se descompone en cuatro orejas como se muestra a la derecha. Entre ellos, P_0 es un ciclo simple compuesto por los nodos 0, 1, 3 y 6; P_1 está compuesto por los nodos 2, 4 y 7, con los puntos finales 3 y 0 pertenecientes a la oreja P_0 , que es la oreja con menor numeración en comparación con P_1 ; P_2 está compuesto por los nodos 5 y 8, con los puntos finales 2 y 6 pertenecientes a las orejas P_1 y P_0 , respectivamente, que son las orejas con menor numeración en comparación con P_2 ; P_3 está compuesto por el nodo 9, con los puntos finales 7 y 8 pertenecientes a las orejas P_1 y P_2 , respectivamente, que son las orejas con menor numeración en comparación con P_3 .

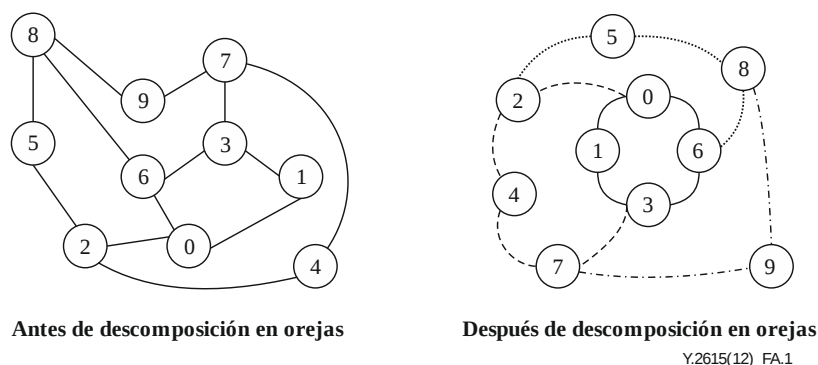


Figura A.1 – Descomposición en orejas

La descomposición en orejas existe si y solo si el grafo está conectado en dos bordes. En la red PTDN, un grafo conectado de 2 bordes puede proporcionar protección contra fallos de arista y fallos de nodos.

Un proceso de descomposición en orejas puede dividirse en los siguientes pasos:

- 1) crear un árbol abarcante mínimo;
- 2) realizar encaminamiento del árbol abarcante mínimo;
- 3) realizar una petición de árbol abarcante mínimo;
- 4) etiquetar cada borde no perteneciente a árbol con el número del antepasado común más bajo de sus puntos finales en el árbol abarcante mínimo y asignar números de oreja al borde no perteneciente a árbol clasificando esos bordes de acuerdo con su antepasado común más bajo en orden ascendente;
- 5) asignar números de orejas a los bordes de árboles.

A.3 Generación de número ST

La construcción de esos subgrafos dirigidos implica la orientación de las orejas y la obtención de los números ST para cada uno de los vértices. El número ST se utilizará para construir los trayectos rojos y azules.

El número ST se obtendrá mediante el siguiente procedimiento.

- 1) Elegir el vértice en P_0 con la dirección PTDN más pequeña. El vértice se marca como v_s . Existen otros dos vértices que están en P_0 y que son adyacentes al vértice v_s (debido a la existencia de la descomposición en orejas abiertas y a la suposición de un grafo simple). Se seleccionará el que tiene la dirección PTDN más pequeña de las dos y se le denominará v_t .
- 2) El P_0 se dirigirá de tal manera que la dirección en el borde $\{v_s, v_t\}$ será de vértice v_t a vértice v_s . La dirección en los otros bordes de P_0 asegurará que P_0 forme un ciclo en el subgrafo dirigido (es decir, la dirección del trayecto comenzará en el vértice v_s , atravesará a lo largo de los vértices internos de P_0 y alcanzará v_t).
- 3) Se construirá una lista ordenada (O_{st}) de todos los vértices en P_0 , comenzando con v_s y terminando en v_t a lo largo de los bordes dirigidos para incluir todos los vértices internos del P_0 (es decir, no siguiendo el borde conectado directamente $\{v_s, v_t\}$). Después de incluir todas las orejas, un determinado vértice aparecerá una vez en la lista ordenada O_{st} . El índice utilizado para identificar el vértice en la lista ordenada O_{st} será entonces el número ST del vértice.
- 4) Para la oreja P_i con vértices u y v en $\{P_0, P_1, \dots, P_{i-1}\}$ (el comienzo y el final de la oreja), si el índice del vértice u es menor que el del vértice v en la lista ordenada O_{st} (es decir, u aparece antes del vértice v en la lista), la orientación de la oreja P_i será de u a v . Los vértices interiores de la oreja P_i se añadirán a la lista ordenada O_{st} , en la posición después del vértice u y a lo largo de la dirección desde el vértice u al vértice v .
- 5) Se repetirá el paso 4 hasta que todas las orejas estén incluidas.

A.4 Construcción de vías de protección

Los trayectos de protección se construirán sobre la base de la descomposición en orejas y el número ST. Las reglas de cálculo pueden describirse de la siguiente manera.

- 1) Si el trayecto de protección rojo se construye en orden ascendente de los números ST, el trayecto de protección azul se construirá en orden descendente de los números ST, y viceversa.

- 2) Si los paquetes se reenvían en orden ascendente de los números ST desde el nodo PTDN de origen al nodo PTDN de destino, los paquetes se reenviarán en orden descendente de los números ST cuando se reenvíen de vuelta al nodo PTDN de origen, y viceversa.
- 3) Si hay varios nodos vecinos de la PTDN en los que los números ST están en dirección ascendente (descendente), el número ST más cercano al nodo PTDN de destino se seleccionará como salto siguiente.
- 4) El número ST del salto siguiente no debe exceder el número ST del nodo PTDN de destino en orden ascendente (o descendente).

A.5 Construcción de la base de datos del estado de las aristas

La base de datos del estado de las aristas, que se utiliza para calcular el trayecto rojo y azul, se genera por el nodo dominante en el dominio basado en el resultado de la descomposición en orejas y se transmite a través del dominio. Cada nodo del dominio tiene la misma base de datos de estado de las aristas. La base de datos de estado de las aristas está compuesta por los estados de las aristas de cada nodo del dominio, que incluyen los siguientes elementos.

- Tipo: indica el trayecto que se calculará utilizando el estado de las aristas; 0: trayecto azul, 1: trayecto rojo.
- Nodo PTDN: la dirección de red del nodo PTDN actual.
- Número de aristas: el número de aristas que conectan el nodo actual.
- Nodo vecino: la dirección de red de los nodos PTDN vecinos.
- Interfaz: la interfaz se conecta al nodo vecino correspondiente.
- Peso del eslabón: si esa arista está activa en el trayecto rojo (o azul), su peso se ajustará a 1, de lo contrario su peso se ajustará a 888 (u otro valor grande).

La Tabla A.1 es un ejemplo del estado de las aristas.

Tabla A.1 – Estado de las aristas de un nodo PTDN

Tipo (0: trayecto azul; 1: trayecto rojo)
Nodo PTDN (dirección de red del nodo PTDN actual)
Número de aristas
Descripción de la arista 1 (nodo vecino, interfaz, peso de arista)
Descripción de la arista 2 (nodo vecino, interfaz, peso de arista)
.....

La base de datos del estado de aristas se compone del estado de las aristas de todos los nodos PTDN en el dominio. La base de datos del estado de las aristas del trayecto rojo se utiliza para calcular el trayecto rojo, y la base de datos del estado de las aristas del trayecto azul se utiliza para calcular el trayecto azul.

En realidad, solo necesita mantenerse la base de datos del estado de las aristas del trayecto azul (rojo), la otra base de datos del estado de las aristas, es decir, la base de datos del trayecto rojo (si se mantiene la base de datos del trayecto azul) o azul (si se mantiene la base de datos del trayecto rojo) se calculará invirtiendo los valores del peso de las aristas.

En la Figura A.2 se muestra un ejemplo de subgrafos dirigidos, con el número ST en []. La parte izquierda de la figura es el subgrafo dirigido para el trayecto azul, donde el número ST aumenta a lo largo de la dirección excepto en el nodo 0. La parte derecha de la figura es el subgrafo dirigido para el trayecto rojo, donde el número ST desciende a lo largo de la dirección excepto en el nodo 0. Para la base de datos del estado de las aristas del trayecto azul, solo están activas las aristas en las que el

número ST del nodo vecino es mayor que el nodo actual. Para la base de datos del de estado de las aristas de trayecto rojo, solo están activas las aristas en las que el número ST del nodo vecino es menor que el nodo actual.

El nodo PTDN 0 en la Figura A.2 puede tener un estado de arista de trayecto azul que se parece al de la Tabla A.2, y un estado de arista trayecto rojo que se parece al de la Tabla A.3, en el que el peso de las aristas se invierte desde el estado de aristas de trayecto azul.

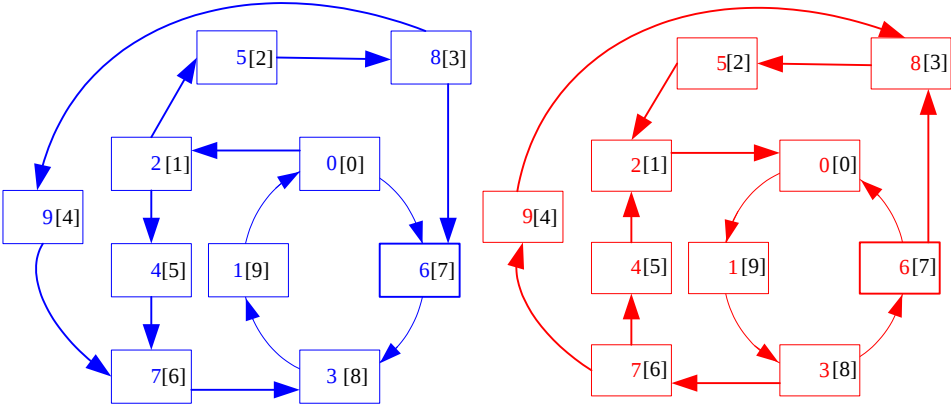


Figura A.2 – Subgrafos dirigidos para el trayecto azul (izquierda) y el trayecto rojo (derecha)

Tabla A.2 – Estado de la arista del trayecto azul del nodo 0

Tipo (0)
Nodo PTDN (0)
Número de aristas (0)
<i>Descripción de la arista 1:</i> Nodo vecino: 2 Interfaz: Serie 0 Peso de la arista: 1 (activo)
<i>Descripción de la arista 2:</i> Nodo vecino: 1 Interfaz: Serie 1 Peso de la arista: 888 (inactivo)
<i>Descripción de la arista 3:</i> Nodo vecino: 6 Interfaz: Serie 2 Peso de la arista: 1 (activo)

Tabla A.3 – Estado de la arista del trayecto rojo del nodo 0

Tipo (1)
Nodo PTDN (0)
Número de aristas (3)
<i>Descripción de la arista 1:</i> Nodo vecino: 2 Interfaz: Serie 0 Peso de la arista: 888 (inactivo)
<i>Descripción de la arista 2:</i> Nodo vecino: 1 Interfaz: Serie 1 Peso de la arista: 1 (activo)
<i>Descripción de la arista 3:</i> Nodo vecino: 6 Interfaz: Serie 2 Peso de la arista: 888 (inactivo)

A.6 Tabla de reenvío

La tabla de encaminamiento se basa en la base de datos del estado de las aristas y la tabla de reenvío se basa en la tabla de encaminamiento. La tabla de reenvío se utiliza para el reenvío de datos. Hay dos tablas de reenvío en el modelo de encaminamiento de trayecto dual; una es para el trayecto azul y otra para el trayecto rojo. En la tabla de reenvío figuran los siguientes elementos.

- Dirección de destino: indica la dirección de la red de destino o del nodo PTDN de destino.
- Color: un indicador de color indica simplemente para qué trayecto es la tabla de reenvío; 0 para el trayecto azul y 1 para el trayecto rojo.
- Interfaz: indica el número de serie de la interfaz.
- Salto siguiente: indica la dirección del salto siguiente.

Un nodo PTDN puede tener una tabla de reenvío para el modelo de encaminamiento de trayecto dual que se parece a la Tabla A.4.

Tabla A.4 – Ejemplo de una tabla de reenvío en un modelo de encaminamiento de trayecto dual

Dirección de destino	Color	Interfaz	Salto siguiente
1000 0000 0000 xxxx	Rojo	Serie 0	1000 1000 0000 0012
1000 0000 0000 xxxx	Azul	Serie 1	1000 1000 0000 0008

Bibliografía

- [b-UIT-T G.780] Recomendación UIT-T G.780/Y.1351 (2010), *Términos y definiciones para las redes de jerarquía digital síncrona*.
- [b-UIT-T G.870] Recomendación UIT-T G.870/Y.1352 (2012), *Términos y definiciones para redes ópticas de transporte (OTN)*.
- [b-UIT-T G.8131] Recomendación UIT-T G.8131/Y.1382 (2007), *Conmutación lineal de protección para las redes MPLS de transporte*.
- [b-UIT-T I.322] Recomendación UIT-T I.322 (1999), *Modelo de referencia de protocolo genérico para redes de telecomunicaciones*.
- [b-UIT-T I.630] Recomendación UIT-T I.630 (1999), *Conmutación de protección del modo de transferencia asíncrono*.
- [b-UIT-T M.2102] Recomendación UIT-T M.2102 (2000), *Procedimientos y umbrales de mantenimiento para los mecanismos de recuperación (protección y restablecimiento) de caminos (trayectos) contenedores virtuales y secciones de multiplex internacionales en la jerarquía digital síncrona*.
- [b-UIT-T X.136] Recomendación UIT-T X.136 (1997), *Valores de precisión y de seguridad de funcionamiento para redes públicas de datos que prestan servicios internacionales de conmutación de paquetes*.
- [b-UIT-T X.137] Recomendación UIT-T X.137 (1997), *Valores de disponibilidad para redes públicas de datos que prestan servicios internacionales de conmutación de paquetes*.
- [b-UIT-T X.200] Recomendación UIT-T X.200 (1994), *Tecnología de la información – Interconexión de sistemas abiertos – Modelo de referencia básico: El modelo básico*.
- [b-UIT-T X.212] Recomendación UIT-T X.212 (1995), *Tecnología de la información – Interconexión de sistemas abiertos – Definición del servicio de enlace de datos*.
- [b-UIT-T X.323] Recomendación UIT-T X.323 (1988), *Disposiciones generales sobre el interfuncionamiento entre redes públicas de datos con conmutación de paquetes (RPDCP)*.
- [b-UIT-T X.371] Recomendación UIT-T X.371/Y.1402 (2001), *Disposiciones generales para el interfuncionamiento de redes públicas de datos e Internet*.
- [b-UIT-T Y.1001] Recomendación UIT-T Y.1001 (2000), *Marco del protocolo Internet – Marco para la convergencia de tecnologías de redes de telecomunicaciones y de redes de protocolo Internet*.
- [b-UIT-T Y.1251] Recomendación UIT-T Y.1251 (2002), *Modelo arquitectural general para el interfuncionamiento*.
- [b-UIT-T Y.1720] Recomendación UIT-T Y.1720 (2006), *Conmutación de protección para redes con conmutación por etiquetas multiprotocolo*.
- [b-UIT-T Y.2001] Recomendación UIT-T Y.2001 (2004), *Visión general de las redes de próxima generación*.

[b-UIT-T Y.2011]

Recomendación UIT-T Y.2011 (2004), *Principios generales y modelo de referencia general de las redes de próxima generación*.

[b-UIT-T Y.2012]

Recomendación UIT-T Y.2012 (2010), *Arquitectura y requisitos funcionales de las redes de próxima generación*.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios de tarificación y contabilidad y cuestiones económicas y políticas de las telecomunicaciones/TIC internacionales
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	Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de la transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes de líneas locales
Serie Q	Conmutación y señalización, y mediciones y pruebas asociadas
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, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación