

Descripción general del routing de segmentos y directrices de migración

Contenido

[Introducción](#)

[Prerequisites](#)

[Requirements](#)

[Componentes Utilizados](#)

[Implementaciones de red actuales](#)

[Descripción General del Ruteo de Segmentos](#)

[¿Por qué Segment Routing?](#)

[Ventajas de la convergencia de routing de segmentos](#)

[Plano de control de routing de segmentos](#)

[Plano de datos de routing de segmentos](#)

[Controlador SDN \(SR-PCE\)](#)

[Planificación de bloques globales de SR](#)

[Ventajas del Bloque SRGB Homogéneo](#)

[Asignar bloque SRGB](#)

[Escenario de Interconexión de Ruteo de Segmentos](#)

[Interconexión de SR a LDP](#)

[Interconexión LDP a SR](#)

[Interconexión LDP a SR](#)

[LDP sobre SR](#)

[Servidor de asignación de routing de segmentos](#)

[Pautas de migración de routing de segmentos](#)

[Estrategia externa](#)

[Estrategia interna](#)

[Estrategia de envío nocturno](#)

[Migración de MPLS LDP al Ruteo de Segmentos](#)

[Migración de RSVP-TE a la política de routing de segmentos](#)

[Política de routing de segmentos](#)

[Troubleshoot](#)

[Información Relacionada](#)

Introducción

Este documento describe las estrategias de migración de routing de segmentos, que consiste en simplificar la red de transporte y, al mismo tiempo, prepararla para la red definida por software (SDN). El routing de segmentos se admite con el plano de datos Multi-Protocol Label Switching (MPLS) e IPv6, el principal objetivo de este documento para cubrir las estrategias de migración para la red habilitada para MPLS. Este documento también resalta las ventajas de pasar al ruteo de segmentos y cubre algunas pautas generales que se deben seguir cuando se planifica la migración.

Prerequisites

Requirements

No hay requisitos específicos para este documento.

Componentes Utilizados

Este documento no tiene restricciones específicas en cuanto a versiones de software y de hardware.

The information in this document was created from the devices in a specific lab environment. All of the devices used in this document started with a cleared (default) configuration. Si la red está funcionando, debe asegurarse de comprender el posible impacto que puede tener un comando.

Implementaciones de red actuales

MPLS se ha convertido en el líder y proporciona varios tipos de servicios de red privada virtual (VPN) en los últimos dos años. En un período de tiempo muy breve, MPLS ha evolucionado como una tecnología convencional utilizada por el proveedor de servicios para crear diversos servicios de generación de ingresos, como VPN de capa 3, VPN de capa 2 y servicios basados en SLA, como ancho de banda alto o ruta de latencia baja, además de la ingeniería de tráfico.

El proveedor de servicios implementó MPLS con protocolos de plano de control como Label Distribution Protocol (LDP)/BGP para la distribución de etiquetas a fin de lograr el reenvío de tráfico en un dominio de proveedor de servicios. Diferentes ofertas de servicios, como VPN de capa 3 o VPN de capa 2 (punto a punto frente a multipunto), han utilizado MPLS como transporte de forma fluida. Con la demanda de cumplir con los SLA específicos para los clientes premium, el requisito de ingeniería de tráfico se hizo evidente y, por lo tanto, el Protocolo de reserva de recursos (RSVP) se mejoró para satisfacer esta demanda. MPLS RSVP Traffic Engineering (TE) había abierto varios casos prácticos empresariales para proveedores de servicios, como una mejor utilización del ancho de banda disponible, lo que ofrecía una ruta de latencia baja o un ancho de banda superior a los clientes.

Las redes IP/MPLS se han vuelto operacionalmente costosas de administrar durante un período de tiempo debido a las complejas interacciones de protocolo, como LDP y IGP Sync, requisitos como la ingeniería de tráfico que RSVP-TE había completado. La infraestructura de red y sus operaciones están creciendo a un ritmo exponencial y se están volviendo más complejas. Los propietarios de redes buscan una tecnología de transporte que pueda simplificar la red descargando la complejidad y, al mismo tiempo, abierta a la programación a través de un controlador centralizado. Buscan formas innovadoras de vincular la lógica empresarial a la red subyacente de una manera eficiente y escalable, por ejemplo, cumpliendo los requisitos de los acuerdos de nivel de servicio (SLA) por aplicación. Tecnología que puede salvar la distancia entre el paradigma de red actual y la red programable y habilitada para SDN futurista.

Con la continua demanda y evolución, la ecuación del plano de control MPLS se ha vuelto operacionalmente cara. A medida que se adquiere experiencia con la implementación de esta solución, se ponen de manifiesto algunos inconvenientes y, por lo tanto, se añaden más requisitos a la sección de objetivos, se esperaba una solución mejorada. Este proceso iterativo resultó en la evolución del ruteo de segmentos.

Descripción General del Ruteo de Segmentos

El ruteo de segmentos es una arquitectura de ruteo basada en el origen. Un nodo elige una trayectoria y dirige un paquete a través de la red a través de esa trayectoria insertando una lista ordenada del segmento, indicando cómo los nodos subsiguientes en la trayectoria, que reciben el paquete, deberían procesarlo.

El routing de segmentos simplifica las operaciones y reduce los requisitos de recursos en la red al eliminar la información de estado de la red de los nodos intermediarios y la información de trayectoria se codifica como una lista ordenada de segmentos en la pila de etiquetas en el nodo de ingreso. Además de esto, dado que el segmento de trayectoria más corta incluye todas las rutas de trayecto múltiple de igual costo (ECMP) al nodo relacionado, SR admite la naturaleza ECMP de IP por diseño. Estas dos funciones ofrecen ventajas drásticas en cuanto a escalabilidad y simplicidad de la red. Estas ventajas se consiguen eliminando los protocolos de señalización del plano de control de uso intensivo de recursos de MPLS y trasladando la inteligencia al dispositivo de cabecera en la implementación distribuida frente a un controlador centralizado en una implementación centralizada, lo que reduce la complejidad de la red en mayor medida.

El ruteo de segmentos se puede aplicar directamente sobre el transporte MPLS sin cambios en el plano de reenvío. El segmento a procesar se encuentra en la parte superior de la pila igual que MPLS. Al finalizar un segmento, la etiqueta relacionada se extrae de la pila. El routing de segmentos es una tecnología de última generación que se puede implementar sin problemas en la implementación actual de la red de campo de trabajo MPLS y que ofrece una red sencilla y preparada para SDN. El objetivo principal de este documento es describir un enfoque de migración al ruteo de segmentos para el plano de datos MPLS.

La arquitectura SR por diseño puede aprovechar el modelo de control de red distribuido y centralizado para proporcionar soluciones de red eficientes para el proveedor de servicios. La inteligencia distribuida de la red se utiliza para generar estos segmentos en el nodo de ingreso, adaptable a cualquier cambio de topología de red y trayecto de respaldo precalculado frente a fallas de nodo o link que se pueden activar en menos de milisegundos. La inteligencia centralizada se puede centrar en la optimización de los recursos de la red mediante la implementación de rutas óptimas de extremo a extremo en la red por parte de una entidad centralizada. Por lo tanto, el routing de segmentos permite a los operadores aprovechar las necesidades de red muy flexibles de sus aplicaciones, a la vez que se conservan los recursos de red al mismo tiempo.

La integración del routing de segmentos con un controlador centralizado abre diversos casos prácticos y prepara la red para SDN. El routing de segmentos es bueno para su implementación en WAN, redes de acceso y Data Centers, y una tecnología ideal para un transporte de extremo a extremo, no solo para el proveedor de servicios.

¿Por qué Segment Routing?

Aunque el plano de datos en MPLS rara vez se ha enfrentado a retos, varios protocolos del plano de control para la señalización de etiquetas han añadido complejidad operativa y plantean retos de escalabilidad. Por ejemplo, LDP y su interacción con IGP (LDP-IGP synchronization RFC 5443, RFC6138) han complicado las relaciones y se han convertido en un desafío operativo para la implementación de proveedores de servicios (SP). En el lado de RSVP-TE, desde el punto de vista de la reserva de ancho de banda, los proveedores que han implementado; han informado de que es operativamente muy caro. Como RSVP-TE mantiene los estados de señalización en todos los dispositivos a lo largo de la trayectoria, tiene problemas de escalabilidad inherentes. Para la mayoría de los proveedores, RSVP-TE se limitó a casos prácticos de Fast-Reroute (FRR).

La tabla aquí proporciona una comparación de alto nivel de la política de ingeniería de tráfico RSVP-TE frente a SR:

RSVP-TE	Política SR
En el caso de RSVP-TE, cada trayectoria, cuando se computa, debe ser señalada, y el estado de cada trayectoria debe mantenerse en cada nodo atravesado por la trayectoria. RSVP-TE se utiliza para construir un túnel de ingeniería de tráfico, sólo se selecciona una ruta.	El routing de segmentos permite implementar la ingeniería de tráfico sin un componente de señalización. Por lo tanto, su arquitectura se amplía considerablemente más, lo que también simplifica los requisitos de hardware de los routers en el núcleo de la red (routers P). Si los ECMP están presentes en la red, los túneles de ingeniería de tráfico de ruteo de segmentos pueden utilizar todas las trayectorias para el flujo de balanceo de carga a través de el

Segment Routing es una tecnología prometedora centrada en abordar los problemas fundamentales de las redes IP y MPLS existentes en términos de simplicidad, escalabilidad y facilidad de uso. Debido a su comportamiento de reenvío de paquetes mejorado, permite que una red transporte paquetes de unidifusión a través de una trayectoria de reenvío específica, distinta de la trayectoria más corta normal que suele tomar un paquete. Esta capacidad beneficia a muchos casos prácticos y el operador puede crear esas rutas específicas en función de los requisitos de la aplicación.

Como se mencionó anteriormente, una de las características clave del routing de segmentos es la simplicidad. Estos puntos clave lo resumen desde una perspectiva diferente:

- Desde el punto de vista de la configuración, el número de líneas necesarias para habilitar el ruteo de segmentos es mínimo, normalmente tres líneas de configuración para que funcione.
- Desde una perspectiva operativa, simplifica el funcionamiento de una red MPLS al hacer que el valor de la etiqueta sea constante en el núcleo de la red. Por lo tanto, la resolución de problemas resulta más sencilla.
- Desde una perspectiva futurista y de flexibilidad en la implementación, el routing de segmentos es especialmente potente en la era de SDN. Los requisitos de las aplicaciones programan la red; la ingeniería de tráfico y la segregación se realizan con una granularidad mucho más fina (por ejemplo, específica de la aplicación).

Los proveedores de servicios buscan más casos prácticos comerciales y exploran formas de hacer abierta su infraestructura de red para que sea programable o esté preparada para SDN. La SR con un controlador centralizado tiene sentido aquí donde el controlador puede eliminar aún más la carga de cálculo de la trayectoria de los nodos de borde, lo que permite un control de extremo a extremo en varios dominios. El routing de segmentos abre el potencial de un nuevo flujo de ingresos para el proveedor de servicios al simplificar la red y permitir SDN. Se trata de una base para el routing diseñado por aplicaciones, ya que prepara las redes para nuevos modelos empresariales en los que las aplicaciones pueden dirigir el comportamiento de la red.

Ventajas de la convergencia de routing de segmentos

Con el desarrollo del ruteo de segmentos, los IGP de estado de link como OSPF e ISIS se han mejorado para distribuir la información de ruteo de segmentos también, junto con la información de topología y alcance que actualmente señalan. En una red de routing de segmentos que utiliza el plano de datos MPLS, la información de routing de segmentos también conocida como lista de ID de segmento (SID) es una pila de etiquetas MPLS. No se necesitan protocolos de señalización de protocolo de distribución de etiquetas (LDP) y RSVP-TE; en su lugar, la distribución de etiquetas se realiza mediante IGP (IS-IS o OSPF) o BGP.

Por lo tanto, implementar SR es una iniciativa de bajo riesgo, teniendo en cuenta que los principales protocolos de distribución de etiquetas de plano de control y sus huellas asociadas se descargarán, lo que eventualmente hará que la red sea operativamente más sencilla y estable al eliminar la necesidad de interacción de protocolo.

Otra ventaja que aporta el routing de segmentos es la capacidad de routing rápido (FRR) automatizado y la capacidad de TI-LFA nativa, con un tiempo de convergencia inferior a 50 milisegundos. FRR se ha implementado para hacer frente a las fallas de link o nodo en una red de producción. El ruteo de segmentos soporta FRR en cualquier topología, sin ningún protocolo de señalización adicional, y soporta la protección de nodo y link. En una red de ruteo de segmentos, la trayectoria de respaldo FRR es óptima porque se proporciona a través de la trayectoria posterior a la convergencia, evitando la congestión transitoria y el ruteo subóptimo mientras se simplifica el funcionamiento y la implementación.

Algunas de las ventajas de Topology Independent - Loop-Free Alternate (TI-LFA) son:

- Protección SRLG, nodo y enlace de menos de 50 ms
- Cobertura del 100% en múltiples escenarios de topología
- Fácil de manejar y entender
- Computado automáticamente por el IGP, no se requiere protocolo adicional
- No se ha creado ningún estado fuera del estado de protección en el PLR
- Óptima, la trayectoria de respaldo sigue la trayectoria posterior a la convergencia
- Implementación incremental
- También se aplica al tráfico IP y LDP

El routing de segmentos se puede implementar sin problemas en las redes MPLS de hoy en día, ya que permite una implementación regional incremental y selectiva sin necesidad de un "día del indicador" o una actualización masiva de todos los elementos de la red; puede implementarlo e integrarlo con las redes MPLS existentes porque es totalmente interoperable con los planos de datos y control MPLS existentes.

Plano de control de routing de segmentos

El plano de control de SR define cómo se comunica la información de ID de segmento entre los dispositivos de la red. En la red SR, los identificadores de segmento se anuncian a través del protocolo IGP de estado de link. Los IGP de estado de link como OSPF e ISIS se han extendido para soportar la distribución de ID de segmento. Las extensiones de los protocolos IGP permitirían a cualquier router mantener una base de datos de todos los nodos y segmentos de adyacencia. Dado que los IGP llevan las ID de segmento, las etiquetas en caso de que el plano de datos MPLS; no se requiere un protocolo de distribución de etiquetas independiente como se ha indicado anteriormente.

Otro elemento del plano de control de SR trata sobre cómo se indica a un nodo de ingreso que seleccione la trayectoria de SR que debe seguir un paquete. Hay un par de formas como la ruta estática, los métodos distribuidos frente a los centralizados que se pueden elegir.

Plano de datos de routing de segmentos

El plano de datos de SR define cómo codificar la secuencia de segmentos que se aplicarán en un paquete y cómo cada dispositivo debe procesar un paquete basado en un segmento. La arquitectura SR definida es independiente del protocolo real utilizado para transportar la información del encabezado SR en el plano de datos.

Cualquier router habilitado con SR admite las siguientes operaciones del plano de datos:

- **CONTINUACIÓN:** acción de reenvío realizada en función del segmento activo.
- **PUSH** - Agregue un segmento por delante del encabezado SR del paquete y establezca ese segmento como el segmento activo.
- **NEXT:** marque el segmento siguiente como el segmento activo y ejecute la instrucción codificada por el nuevo segmento activo.

Como se ha indicado, el ruteo de segmentos se puede aplicar directamente a la arquitectura MPLS sin cambios en el plano de reenvío. Un segmento se codifica como etiqueta MPLS. Una lista ordenada de segmentos se codifica como una pila de etiquetas. El segmento a procesar se encuentra en la parte superior de la pila. Al finalizar un segmento, la etiqueta relacionada se extrae de la pila.

Operación de ruteo de segmentos Operación LDP

Encabezado SR	Pila de etiquetas
Segmento activo	Etiqueta más alta
Operación Pulsador	Envío de etiquetas
Siguiente operación	Elemento emergente de etiqueta
Continuar operación	Intercambio de etiquetas

Nota: Se puede acceder a las funciones y bloques básicos de routing de segmentos [aquí](#).

Controlador SDN (SR-PCE)

Las redes definidas por software (SDN) y el controlador SDN son términos cargados y la definición varía. En algunos casos, estas redes abarcan todos los temas de orquestación, automatización, garantía de servicio y gestión de flujos dentro de la red. En la siguiente conversación, solo abordamos el componente de gestión de flujos de SDN

El plano de control de routing de segmentos puede ejecutarse exclusivamente como un plano de control distribuido o puede utilizar un enfoque híbrido en el que se requieren paradigmas de reenvío más complejos (como el routing entre dominios). El enfoque híbrido divide las responsabilidades: los routers distribuidos a través del host de red algunas funciones mientras que los controladores SDN externos calculan otras, por ejemplo, la definición de políticas de ruteo de segmentos y trayectos entre dominios. En ambos enfoques, los routers distribuidos ejecutan las funciones necesarias para distribuir rápidamente la base de datos de estado de link, así como calcular las tablas de ruteo de trayecto más corto, monitorear los links a los nodos conectados y recuperarse rápidamente en caso de falla.

El ruteo de segmentos no requiere una función de controlador externo, pero a medida que los casos prácticos de políticas de ruteo de segmentos se vuelven más complejos, o la red aumenta en escala y se extiende más allá de un solo dominio, el uso de un controlador SDN se vuelve más importante.

El controlador de SDN de Cisco, denominado Cisco Segment Routing - Path Computation Element (SR-PCE), se basa en el sistema operativo de red Cisco IOS® XR y se puede alojar en un dispositivo físico o virtual. SR-PCE tiene una interfaz ascendente a la capa de aplicación mediante API. En sentido descendente hacia la red de transporte, recopila la topología mediante protocolos basados en estándares como BGP-LS y, posteriormente, puede calcular e implementar políticas de ruteo de segmentos en la red. Los algoritmos de políticas de routing de segmentos utilizados por SR-PCE se han diseñado específicamente en torno al routing de

segmentos.

Para algunos proveedores, las redes de transporte serán extremadamente grandes y se crearán utilizando varios dominios. En estos entornos, es importante aislar los dominios tanto como sea posible. Al mismo tiempo, el operador debe ser capaz de proporcionar servicios integrales que abarquen dominios.

La figura anterior muestra la solución mediante una combinación de On-Demand Next-hop (ODN), Cisco SR-PCE y administración automatizada. Esto permite a un operador crear entornos complejos de gran tamaño mediante el intercambio mínimo de información entre dominios y, por lo tanto, reducir la sobrecarga en el equipo de red.

Cuando un servicio necesita abarcar varios dominios, BGP intercambia rutas de servicio que tienen los identificadores SLA adecuados conectados. A continuación, la dirección automatizada selecciona las políticas de SR adecuadas mientras que una combinación de ODN y SR-PCE crea la política de routing de segmentos a demanda multidominio en el dispositivo de salida para satisfacer los requisitos de SLA del servicio. El routing de segmentos para la ingeniería de tráfico (SR-TE) utiliza una "política" para dirigir el tráfico a través de la red. Cada segmento es una ruta de extremo a extremo desde el origen hasta el destino, e indica a los routers de la red que sigan la ruta especificada en lugar de seguir la ruta más corta calculada por el IGP o calculada por SR-PCE. Si un paquete se dirige a una política SR-TE, la lista SID se envía en el paquete por el centro distribuidor. El resto de la red ejecuta las instrucciones incrustadas en la lista SID.

Planificación de bloques globales de SR

Segment Routing Global Block (Bloque global de routing de segmentos) o SRGB es el rango de etiquetas reservadas para el routing de segmentos cuando se utiliza MPLS como plano de datos. Esto debe hacerse en cada router de identificación de ruteo de segmento en la red. SRGB es localmente significativo en un nodo que realiza el ruteo del segmento.

El tamaño de SRGB indica el número de segmentos globales que se pueden utilizar en la implementación de SR. Si pasamos por una implementación SP típica, esto se relaciona con el número de routers en la red IGP asumiendo al menos un segmento de nodo por router. Podría haber otros segmentos de prefijo requeridos para otras direcciones de loopback como el Prefijo-SID de Anycast o prefijos recibidos por redistribución desde otras partes de la red. La división de la red es otro caso práctico interesante en el que se recomiendan varios SID por nodo basándose en una serie de algoritmos utilizados.

En Cisco Implementation, el bloque predeterminado SRGB es de 16000 a 23999 y es suficiente para la mayor parte de la implementación de routing de segmentos. Se recomienda ampliar este rango al mismo tiempo durante la fase de planificación/implementación inicial de SR, teniendo en cuenta el crecimiento de la red actual y futuro, así como los casos prácticos de diseño. Aunque es posible ampliar/aumentar el tamaño de SRGB en una etapa posterior, la planificación inicial al introducir el routing de segmentos puede garantizar un SRGB estable y uniforme, lo que a su vez puede simplificar las operaciones de red. Esto también es importante para evitar la interrupción de los flujos de tráfico en la red debido a la reconfiguración de este rango en el futuro. Se recomienda utilizar el mismo bloque SRGB, ya sea que el SRGB predeterminado o no predeterminado se extienda a varios dominios de red o nodos dentro del dominio.

Nota: En las redes de campo de navegación, se recomienda verificar el valor de asignación de etiquetas actual cuando se define un rango SRGB no predeterminado para evitar la

interrupción del servicio.

Ventajas del Bloque SRGB Homogéneo

Se recomienda utilizar SRGB idénticos en todos los nodos para SRGB homogéneos dentro del dominio SR. Esto proporciona varias ventajas operativas y de gestión.

- El uso de SRGB homogéneos, las entradas de reenvío MPLS en cualquier router de la red se simplifican en gran medida y es mucho más fácil correlacionarlas con sus destinos de prefijo IPv4/IPv6
- Al utilizar SRGB homogéneos, las operaciones y la resolución de problemas se simplifican en gran medida, ya que la misma etiqueta representa el mismo segmento global en cada nodo.
- El cálculo del valor de etiqueta local de un SID de prefijo es sencillo si el SRGB consta de un único rango consistente de etiquetas. En estos casos, la etiqueta local se calcula simplemente agregando el índice SID al valor base SRGB.
- La implementación y el funcionamiento de Anycast-SID se vuelven simples y directos cuando se utiliza SRGB homogéneos en la red.

Asignar bloque SRGB

Hay algunas pautas generales que se centran en una mejor capacidad de administración para diferenciar la asignación de SID en el dominio de red.

- Cisco recomienda codificar algún contexto como región, país o loopback, etc. en el valor SID para loopback0, que será el SID del nodo para el router en el dominio SR.
- Se recomienda seleccionar valores base SRGB que un operador humano pueda asignar y correlacionar fácilmente (p. ej. La base SRGB es un múltiplo de 10000) para facilitar la capacidad de administración y la identificación de prefijos.

Escenario de Interconexión de Ruteo de Segmentos

La arquitectura MPLS permite el uso simultáneo de varios protocolos de distribución de etiquetas de plano de control como LDP, RSVP-TE e IGP de ruteo de segmentos. El plano de control del ruteo de segmento coexiste con LDP y se sugiere que RSVP se realice antes del enfoque de ruptura en este artículo.

La red de extremo a extremo debe interactuar, es decir, desde las partes de ruteo de segmentos de la red a las partes de la red sólo LDP y viceversa, el LSP del plano de datos MPLS de extremo a extremo debe establecer. La funcionalidad de interconexión se ocupa de la conectividad de ruteo de segmentos a LDP y LDP a ruteo de segmentos. También se ocupa de interconectar partes de ruteo de segmentos de la red sobre LDP e interconectar partes de LDP de la red sobre el dominio de ruteo de segmentos como se describe en las secciones posteriores.

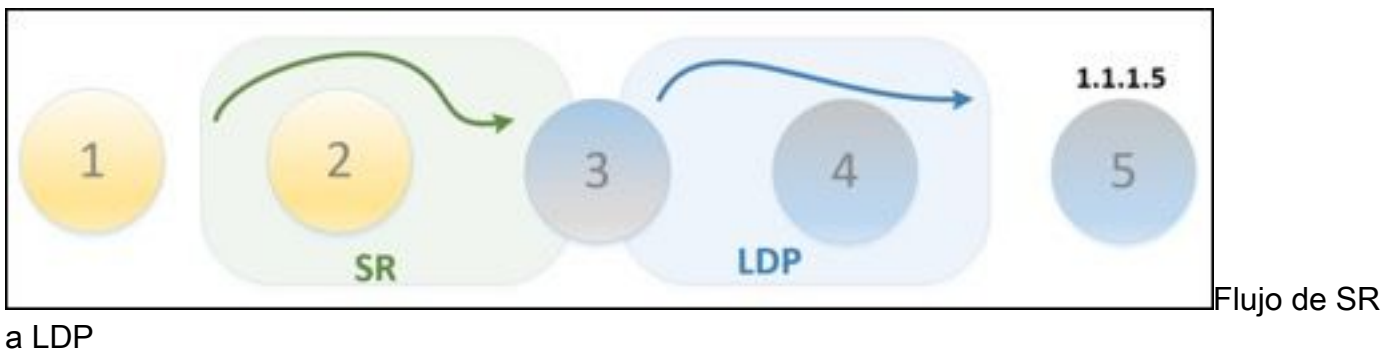
Dado que el plano de datos para el ruteo de LDP y Segmento es el reenvío de etiquetas, esta interconexión de SR/LDP funciona de manera fluida. No se requiere ninguna configuración específica para que esto funcione aparte de un servidor de asignación para que las asignaciones de etiquetas lleguen a destinos sólo LDP. El reenvío de tráfico funciona automáticamente en cualquier nodo del borde entre el LDP y el Dominio de routing de segmentos. La interacción perfecta se logra reemplazando una etiqueta entrante de un protocolo por una etiqueta saliente del otro protocolo.

Estos cuatro modelos de implementación son posibles y la interacción entre SR-LDP es fluida:

1. LDP a SR
2. SR a LDP
3. SR sobre LDP
4. LDP sobre SR

Interconexión de SR a LDP

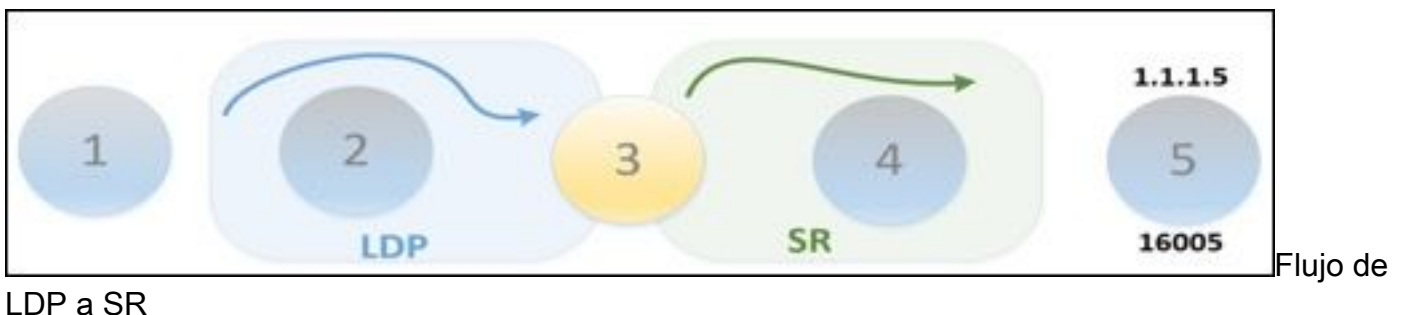
En este modelo de implementación, un nodo es capaz de ruteo de segmentos, pero su salto siguiente a lo largo de la trayectoria más corta al destino no lo es. En este caso, el segmento de prefijo está conectado a la trayectoria conmutada de etiquetas LDP. Este es el escenario cuando LDP no está habilitado en el dominio SR.



Cuando un destino no está habilitado para SR, los nodos SR no tienen un SID de prefijo para ese destino, por lo que no es posible transportar SR. En este caso, se necesita SR Mapping Server (SRMS) para anunciar los SID de prefijo en nombre de nodos que no son SR. Los nodos SR instalan Mapping Server anunciaron los SID de prefijo en su tabla de reenvío y establecen la conectividad SR a destinos no SR dentro del dominio SR.

Interconexión LDP a SR

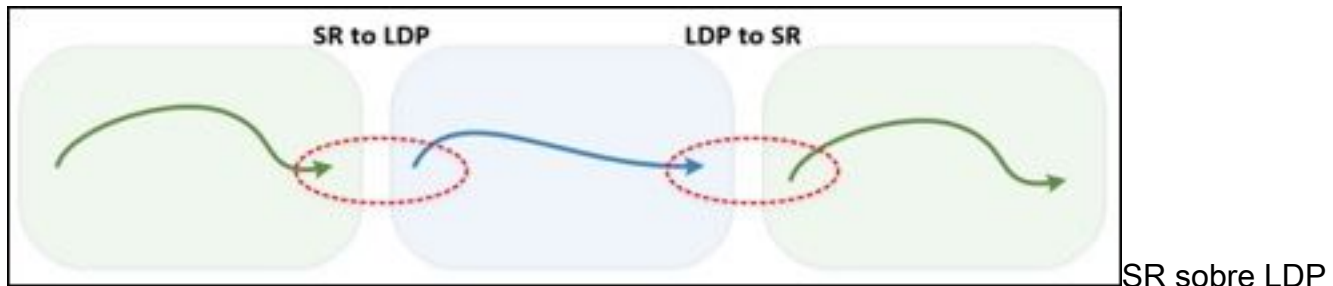
En este modelo de implementación, un nodo es compatible con LDP pero su salto siguiente a lo largo de la trayectoria más corta hacia el destino no lo es. En este caso, el LDP LSP está conectado al segmento de prefijo; esta conexión se realiza automáticamente.



Cuando un nodo está habilitado para LDP pero su salto siguiente a lo largo del SPT al destino no está habilitado para LDP. Cualquier nodo del borde de ruteo de segmentos de LDP (nodo 3 en este caso) instalará automáticamente estas entradas de reenvío de LDP a SR. En lugar de programar una entrada sin etiqueta en la tabla de reenvío, el nodo 3 conectará automáticamente la Trayectoria Conmutada de Etiquetas LDP hacia el nodo 5, al Segmento de Prefijos del nodo 5.

Interconexión LDP a SR

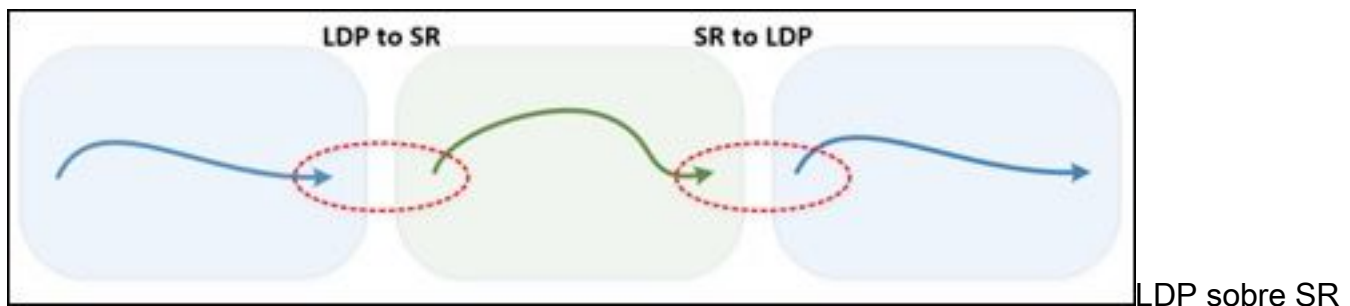
Ruteo de segmentos sobre LDP (ruteo de segmentos a LDP seguido de LDP para ruteo de segmentos): En el límite SR/LDP, el segmento de prefijo de ruteo de segmento se mapea a un LSP LDP. En el límite LDP/SR, el LSP LDP se mapea a un segmento de prefijo de ruteo de segmento.



Se necesita un servidor de mapeo si las Trayectorias Conmutadas de Etiquetas SR salen de Isla SR y terminan en Isla LDP. En la isla SR, se necesita un prefix-SID para instalar el nodo Terminación de Trayectoria Conmutada de Etiquetas es sólo LDP. Un servidor de mapeo anuncia un Prefix-SID en nombre del nodo sólo LDP

LDP sobre SR

LDP sobre routing de segmentos (LDP para routing de segmentos seguido de routing de segmentos a LDP). En el límite LDP/Segment-Routing, el LDP LSP se mapea a un segmento de prefijo de ruteo de segmento. En el límite LDP/ruteo de segmento, el segmento de prefijo de ruteo de segmento se mapea a un LSP LDP.



Se necesita un servidor de mapeo si LDP LSP se dirige desde la Isla LDP y termina en Isla SR. Se necesita un prefix-SID en la isla SR para instalar la ruta de acceso conmutada de etiquetas SR. Los nodos sólo LDP no pueden anunciar un prefix-SID. Un servidor de mapeo anuncia un Prefix-SID en nombre del nodo sólo LDP

Servidor de asignación de routing de segmentos

El objetivo del servidor de mapeo es anunciar mapeos de Prefijo a SID en nombre de otros nodos. Los mapeos SID se anuncian en nombre de nodos no aptos para SR. Permite que los nodos compatibles con SR interactúen con nodos LDP no aptos para SR.

La funcionalidad del Servidor de Mapping en Cisco IOS® XR Segment Routing asigna de forma centralizada los SID de prefijo (identificadores de segmento de prefijo) para algunos o todos los prefijos conocidos. La función de servidor de mapeo tiene tres funciones principales: Un router debe ser capaz de actuar como servidor de mapeo, cliente de mapeo o ambos.

Un router que funciona como SRMS realiza estas funciones:

- Permite al usuario configurar las entradas de asignación SID para especificar el prefijo-SID para algunos o todos los prefijos. Esto crea la 'política de asignación SID local'.
- La política de asignación SID local contiene entradas de asignación SID no superpuestas.
- ISIS anuncia la política de asignación de SID local en 'TLV de enlace de SID/etiquetas'.

Si IGP recibe un prefix-SID del servidor de mapping y también de otro origen, IGP utiliza:

- Para prefijos locales
 - Utilice el Prefix-SID configurado en una interfaz.
 - Utilizar la política de asignación SID activa
- Para prefijos remotos
 - Utilice el Prefix-SID asociado al prefijo en un TLV de alcance IP
 - Utilizar la política de asignación SID activa

Pautas de migración de routing de segmentos

Cuando los operadores planean implementar el routing de segmentos, no tendrán que intercambiar el hardware de red. A veces se trata simplemente de actualizar el software para que el routing de segmentos de red sea capaz. Para el entorno del campo de trabajo, el ruteo de segmentos se puede habilitar en las redes MPLS actuales sin ninguna estrategia de extracción y reemplazo y, como se ha indicado anteriormente, puede coexistir con LDP/RSVP-TE sin cambios en el control existente o en el funcionamiento del plano de datos.

El ritmo de la migración a una nueva tecnología, especialmente en la implementación de campo pardo, depende de la disponibilidad de estrategias de migración fluidas que permitan a un Operador migrar de tecnologías antiguas a nuevas con un impacto mínimo o nulo en la red de producción. El ruteo de segmentos permite que un Operador actualice gradualmente de LDP a SR sin interrumpir el plano de control/datos para el tráfico existente.

Al migrar el tráfico de producción real sobre el ruteo de segmentos, es común ver una mezcla de nodos con capacidad SR y no aptos para SR dentro del mismo dominio IGP. Hay estrategias de migración incrementales disponibles, como se describe en esta guía, en las que alguna parte de las redes se habilita con Segment Routing mientras que la otra parte no. Con estas estrategias, algunos nodos se ejecutarán como LDP-Only mientras que los otros se ejecutarán como nodos sólo SR. En tales casos, como se ha descrito anteriormente, se requiere un servidor de asignación para anunciar el ID de segmento de prefijo para todos los prefijos que no sean de SR para una ruta conmutada (LSP) de extremo a extremo etiquetada.

Como se ha indicado anteriormente, si bien se tiene en cuenta un enfoque de migración a las nuevas tecnologías en un entorno de campo de trabajo, es esencial tener una interrupción del servicio mínima a cero. El método Make before break permite verificar la información del plano de control mucho antes de que el plano de datos se actualice con nueva información. De este modo, Cisco simplifica la transición de una tecnología de plano de control a otra. A continuación figuran las preferencias/estrategias operacionales que pueden seguirse teniendo en cuenta las ventajas de una sobre la otra.

Estrategia externa

La red del proveedor de servicios consta de una arquitectura por capas compuesta por redes de núcleo, agregación y acceso, respectivamente. En esta estrategia, la migración del routing de

segmentos comienza desde la red de acceso y, a continuación, se desplaza hacia la preagregación, la agregación y, por último, hacia los segmentos de núcleo.

Mientras que el núcleo consiste en routers grandes que enrutan el tráfico entre diversas redes de agregación y acceso. La agregación suele ser el punto de inserción de servicios en la red desde el que se inician los servicios. Access proporciona el recorrido frontal que conecta los sitios de celdas a la red. El tráfico es más intenso en el núcleo, más pesado en la agregación y más ligero en el acceso. Si este tipo de jerarquía se visualiza en forma de círculos concéntricos, el círculo más interior formaría el núcleo, el siguiente formará la agregación y el último o el más externo formará el acceso.

Los cambios en la red de acceso tienen una exposición operacionalmente mínima, por lo que iniciar la migración de SR desde la red de acceso es menos riesgoso. Además, el operador obtiene una experiencia real en el momento en que pasa a la agregación/núcleo.

Las metodologías para la migración de SR se basan en la secuencia de implementación de SR en varios segmentos de la red. Cuando la implementación de SR se inicia desde los anillos de acceso, es decir, desde afuera y se realiza hacia la agregación interna seguida de núcleo, la estrategia se denomina estrategia externa. La figura siguiente muestra esta metodología de implementación de SR.



Fuera de la estrategia

Los principales aspectos destacados de este enfoque son:

- La migración de SR se inicia desde la red de acceso.
- Prepare la agregación y el SR central mientras migra los círculos de acceso a SR.
- Trabaje gradualmente en la agregación y, a continuación, en segmentos de núcleo para convertir la red en fabric SR-IGP completo

¿Por qué elegir Fuera en la migración?

- Riesgo bajo: Interrupciones del servicio no generalizadas
- Más dispositivos, pero divididos en islas manejables, por ejemplo, anillos
- Permite a los operadores obtener más experiencia al migrar a la agregación y al núcleo

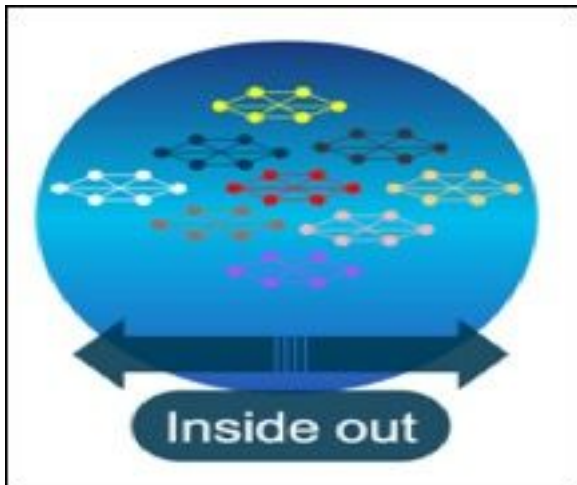
Estrategia interna

En esta estrategia, la migración de SR comienza desde la red principal y, a continuación, se dirige a la agregación y a la red de acceso.

El menor número de dispositivos ofrece la ventaja de mover el segmento principal a SR

rápida y también ayuda a optimizar el ancho de banda, lo que a su vez tiene un mayor impacto empresarial. Lo ideal es que este enfoque se recomiende a los operadores experimentados, ya que el impacto de la interrupción del servicio será significativo para sus clientes.

Como sugiere el nombre, este enfoque aboga por la implementación de SR primero en el núcleo de la red. La red principal, en la mayoría de los operadores, comprende el número limitado de nodos, por lo que la operación de migración de SR para el núcleo es menor y se puede completar rápidamente. Sin embargo, el enfoque plantea el riesgo de un enorme impacto del tráfico en el núcleo si algo va mal. Las redes de agregación y acceso son de una magnitud mucho mayor y, por lo tanto, se consideran para migrar a SR después del núcleo.



Estrategia interna

Los pasos clave en el enfoque "interno hacia fuera" son:

- Iniciar la migración de SR desde la red principal
- Comience a preparar la agregación y la red de acceso para la implementación de SR mientras la migración en el núcleo está en curso.
- Trabajar fuera en agregación y luego en segmentos de acceso

Por qué elegir la migración interna externa:

- Gran impacto: El operador puede hacer uso de la optimización de BW en el núcleo
- El menor número de dispositivos ofrece la oportunidad de migrar todo el segmento con relativa rapidez.
- Normalmente para operadores con más experiencia.
- Las interrupciones del servicio pueden afectar a un número significativo de clientes y servicios.

Estrategia de envío nocturno

Este enfoque le permite agregar routing de segmentos a su entorno de forma incremental y eliminar gradualmente los protocolos de transporte existentes cuando esté preparado, minimizando así la interrupción del servicio. Este enfoque se recomienda para una migración sin problemas.

El plano de control de ruteo de segmento se habilita a través de la red LDP existente. El ruteo LDP y Segment funciona de forma independiente. En la implementación de Cisco, siempre se prefiere LDP para el reenvío de datos en estos casos. De esta manera, el SR se puede habilitar de manera gradual según el enfoque definido previamente por segmento de red.

El enfoque "**Barco nocturno**" también tendrá estas ventajas.

- Permite la verificación "make before break"
- Verificación del control SR antes de realizar el switchover
- El plano de control de ruteo de segmentos está habilitado en la red LDP existente
- LDP y SR se mantienen independientes
- SR y LDP PE pueden interactuar sin problemas

Este es el plan de migración de alto nivel para habilitar el ruteo de segmentos y la eliminación del protocolo LDP y RSVP. La aplicación se dividirá en tres fases.

Fase 1: Coexistencia de SR y LDP configurando SR y dejando que LDP sea el método preferido de imposición de etiqueta.

Fase 2: Preferir SR sobre LDP como método de imposición de etiqueta.

Fase 3: Elimine LDP y siga por RSVP-TE si está configurado.

Migración de MPLS LDP al Ruteo de Segmentos

Fase 1 de habilitación de SR

Estado inicial: Todos los nodos ejecutan LDP. La estrategia de RSVP se aborda en una sección posterior.

Paso 1. Habilite el ruteo de segmentos en la configuración IGP y SID para cada loopback.

- En ningún orden en particular
- Dejar preferencia de imposición de etiqueta LDP predeterminada
- Habilite TI-LFA para la configuración de protección para los prefijos.

! Configuración SRGB

```
segment-routing
```

```
global-block <SRGB Range>
```

El valor predeterminado de SRGB es de 16000 a 23999. El rango se puede modificar en función del tamaño y los requisitos de la red. Verifique la sección **planificación SRGB** para ver pautas para definir el bloque SRGB.

! Configuración de ISIS

```
router isis
```

```
is-type <ISIS Level>
```

```
net <Net ID>
```

```
address-family ipv4 unicast
  microloop avoidance segment-routing
  microloop avoidance rib-update-delay <Delay Timer>
`mpls traffic-eng
```

```
mpls traffic-eng router-id
```

```
mpls traffic-eng multicast-intact
segment-routing mpls
```

```
interface Loopback0
  passive
  address-family ipv4 unicast
    prefix-sid
```

```
interface
```

```
circuit-type
```

```
point-to-point
address-family ipv4 unicast
  fast-reroute per-prefix
  fast-reroute per-prefix
```

```
fast-reroute per-prefix tiebreaker < node-protecting | srlg-disjoint > index <priority>
```

```
fast-reroute per-prefix ti-lfa
```

El comando **SR prefer** no está configurado en esta fase.

En el caso de la arquitectura IGP multidominio con LU BGP (RFC 3107), el SID BGP también debe configurarse con el mismo valor de índice para evitar conflictos de etiquetas.

! Configuración de SID BGP

```
Router bgp
```

```
address-family ipv4 unicast
```

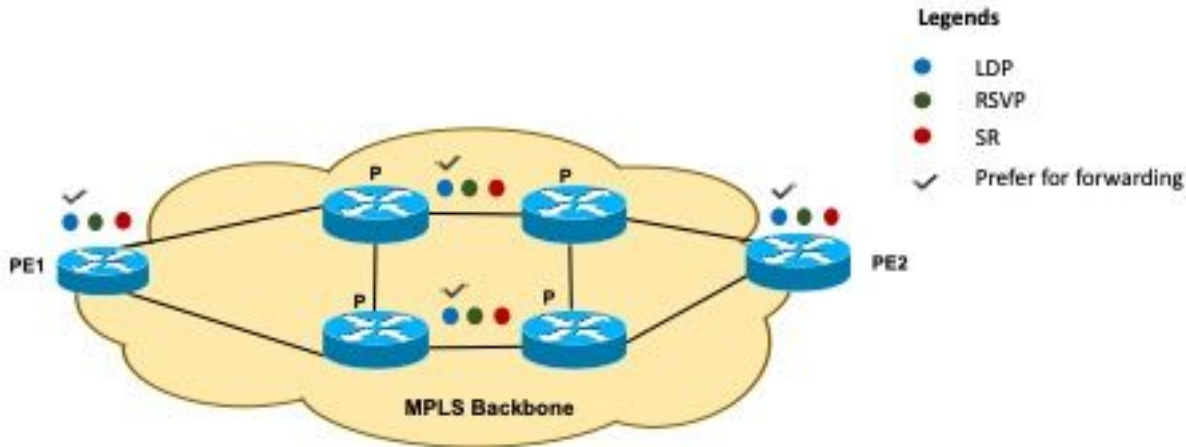
```
network <Loopback0 IP> route-policy
```

```
route-policy
```

```
set label-index
```

Paso 2. Verifique el plano de control en los dispositivos para asegurarse de que la imposición de LDP continúe siendo el principal mecanismo de reenvío de tráfico. El IGP asigna las etiquetas de ruteo de segmentos en el plano de control.

Esta figura representa el estado después de completar la fase de habilitación 1 y se genera la etiqueta SR para todos los nodos MPLS.



Estado de

routing de segmento en la fase 1

Fase 2 de habilitación de SR

Paso 1. Todos los nodos con capacidad de ruteo de segmentos se configuran para **preferir la imposición de etiquetas SR**.

- En ningún orden en particular, pero prefieren comenzar desde nodos de borde.
- No elimine la imposición de la etiqueta LDP.

! Configuración preferente de ISIS SR

```
router isis
```

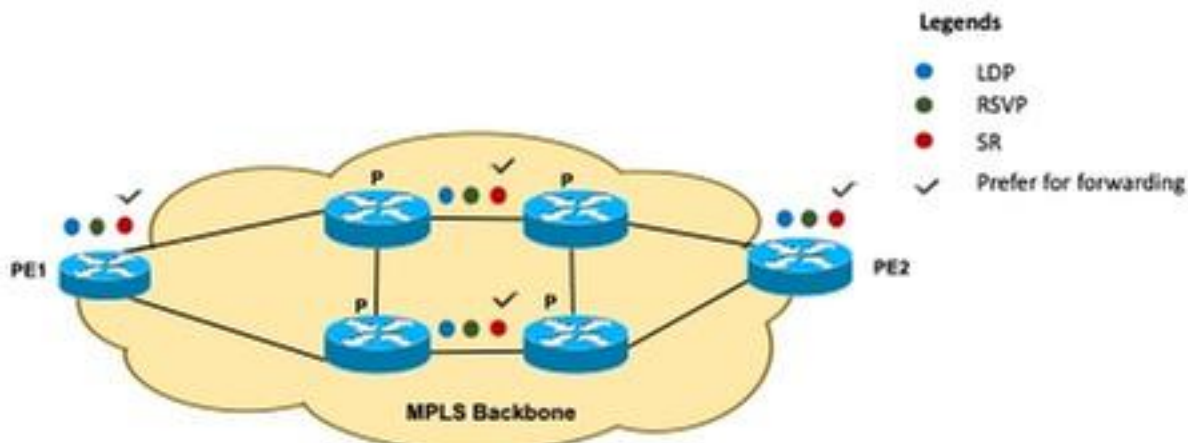
```
address-family ipv4 unicast
```

```
segment-routing mpls prefer
```

No se ha producido ningún cambio en el plano de reenvío con SR prefer y LSP programaría con SR label

Paso 2. Verifique el plano de reenvío.

Después de completar la fase de habilitación 2, todos los nodos tendrán SR preferida para la formación de LSP y LDP no se utilizará para la formación de LSP. Esta imagen representa el estado cuando todos los nodos ejecutan SR prefieren.



Estado de

routing de segmento en la fase 2

Los servicios L2 y L3VPN continuarán sin cambios en esta etapa.

Fase 3 de Remoción de LDP

Paso 1. Verifique el plano de reenvío con SR.

Paso 2. Para la eliminación de LDP/RSVP de la red, RSVP-TE debe migrarse a la política SR (que se describe en la siguiente sección) y los servicios de VPN L2 basados en LDP (VPWS y VPLS) deben ser modelos de servicio basados en BGP.

Paso 3. Configure SRMS para anunciar los SID de prefijo en nombre de los nodos no SR dentro del dominio IGP.

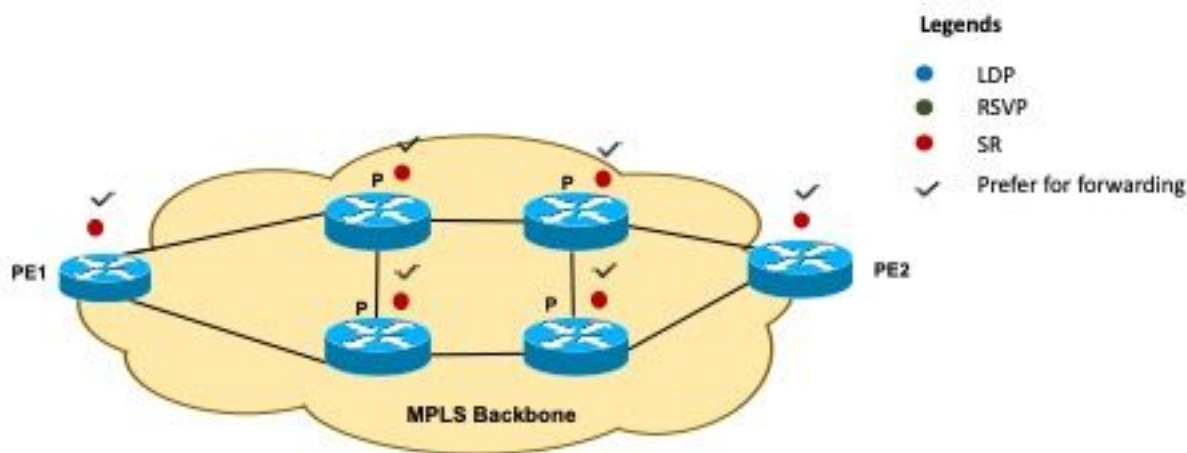
! Configuración del servidor de asignación SR

```
segment-routing mapping-server
```

```
prefix-sid-map ipv4
```

```
"ip-address/ prefix-length" "first-SID-value" range range
```

Paso 4. Como último paso, los protocolos LDP se pueden eliminar y la red de transporte subyacente sería sólo SR. Esta imagen representa el estado de la red después de la eliminación del LDP.



Estado de

routing de segmento en la fase 3

Migración de RSVP-TE a la política de routing de segmentos

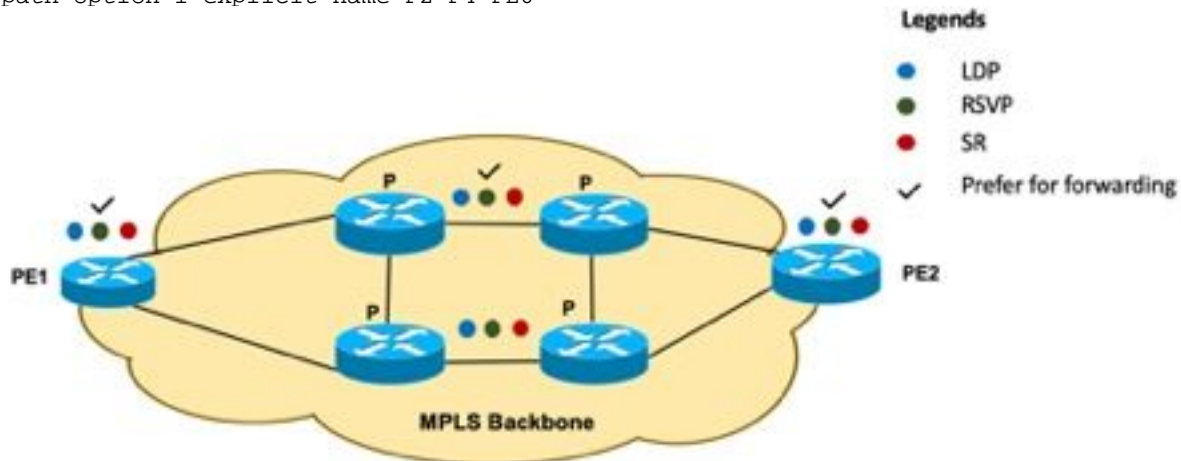
Como se indicó anteriormente, el enfoque de envío nocturno nos permite agregar el routing de segmentos a la red de producción de forma incremental y eliminar gradualmente los protocolos de transporte que ya existen cuando los operadores de red están listos y, por lo tanto, minimizar la interrupción del servicio. Esto también se aplica a RSVP-TE.

Un LSP con señalización RSVP puede tener una trayectoria secundaria configurada como SR habilitada y una vez que la trayectoria está activa, el tráfico puede conmutar a LSP con señalización SR a través del mismo túnel. Después de esto, la trayectoria RSVP se puede quitar de la configuración.

Paso 1. Inicialmente, los túneles RSVP se configuran en el dispositivo.

! LSP de túnel RSVP-TE

```
interface tunnel-te11
  ipv4 unnumbered Loopback0
  autoroute announce
  !
  destination 6.6.6.6
  path-option 1 explicit name P2-P4-PE6
```



Estado de

routing de segmento en la fase 1

Paso 2. En el túnel TE RSVP existente, configure una opción de trayectoria secundaria con el uso del ruteo de segmento.

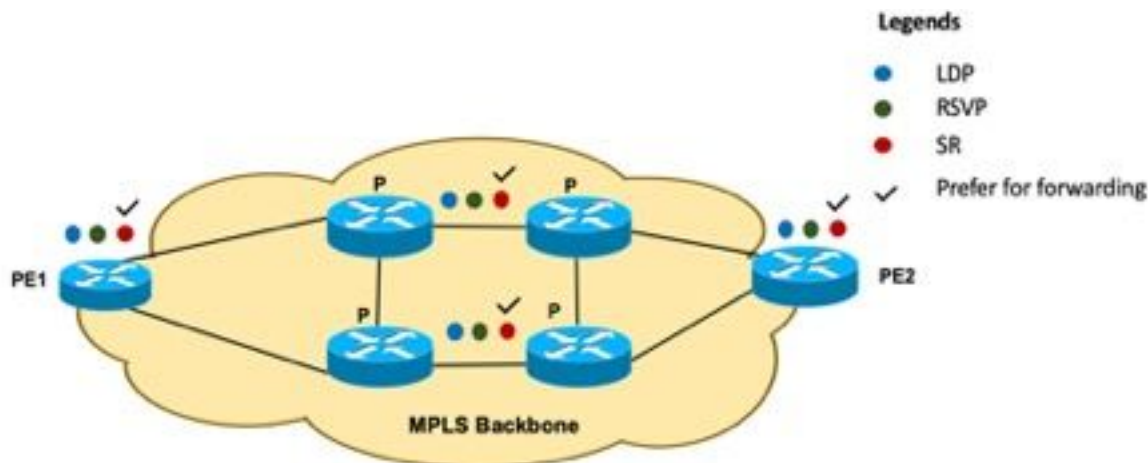
! Ruta secundaria mediante Segment-Routing

```
interface tunnel-te11
  path-option 2 explicit name P2-P5-PE4 segment-routing
  commit
```

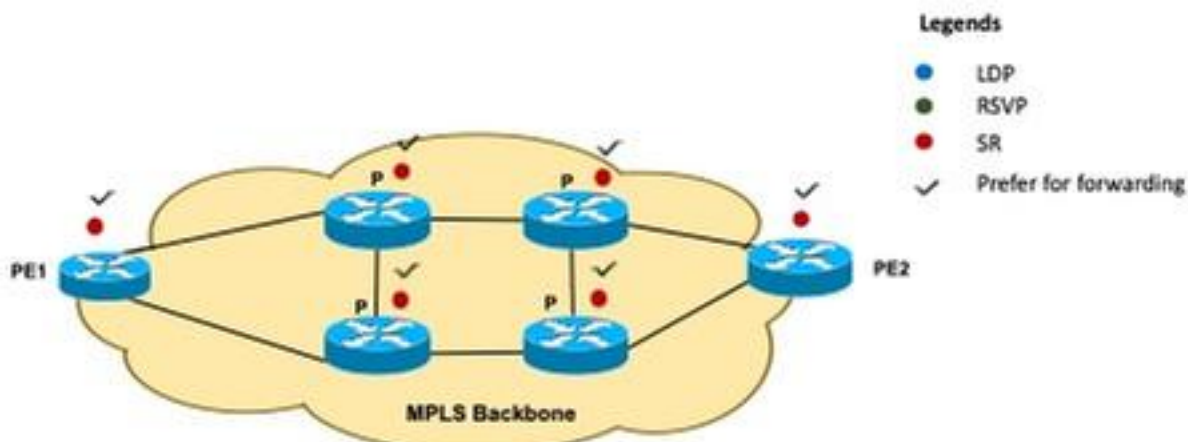
Paso 3. Conmute el túnel para segmentar la opción de trayectoria de ruteo usando el comando **mpls traffic-engg switchover**.

! Switchover a trayecto habilitado para SR

```
mpls traffic-eng switchover tunnel-te 1 path-option 2
```



Estado de routing de segmento en la fase 2 Paso 4. Después de la migración correcta al túnel SRTE, es seguro quitar la opción de trayectoria RSVP como se muestra en la imagen.



Estado de routing de segmento en la fase 3

Política de routing de segmentos

En el routing de segmentos, se introduce un nuevo concepto para los túneles, que se denomina política SR. Para pasar al ruteo de segmentos para los túneles actuales, la trayectoria SR se puede configurar en una interfaz de túnel TE heredada. Sin embargo, para cualquier nueva configuración de ingeniería de tráfico, se recomienda configurarla con SR-Policy.

Una ruta de acceso de política SR se expresa como una lista de segmentos que especifica la ruta, denominada lista de ID de segmento (SID). Cada segmento representa una trayectoria de extremo a extremo desde el origen hasta el destino e indica a los nodos en la red que sigan la trayectoria especificada en lugar de seguir la trayectoria calculada por el IGP. Una vez que el paquete se dirige a una política SR de manera automática o manual, el nodo de ingreso envía la lista SID en el paquete. El resto de los nodos de red ejecuta las instrucciones incrustadas en la lista SID.

Básicamente, una política SR se identifica como una lista ordenada (cabecera, color, terminal):

- Terminal - Donde se crea una instancia de la política SR.
- Color: valor numérico que distingue entre dos o más políticas a los mismos pares de nodos (cabecera - terminal). Cada política entre los mismos pares de nodos requiere un valor de color único.
- Terminal - El destino de la política SR

Para configurar una política SR local, debe completar estas configuraciones:

- Crear las listas de segmentos
- Crear una política

Configuración de la Política de Ruteo de Segmentos:

```

segment-routing

traffic-eng

segment-list name Plist-1

  index 1 mpls label 100101

  index 2 mpls label 100105

!

segment-list name Plist-2

  index 1 mpls label 100201

  index 2 mpls label 100206

!

policy P1

  binding-sid mpls 15001

  color 1 end-point ipv4 6.6.6.6

  candidate-paths

    preference 10

    explicit segment-list Plist-1

      weight 2

    !

    explicit segment-list Plist-2

      weight 2

    !

  !

!

```

Un centro distribuidor puede aprender diferentes rutas candidatas de una política SR a través de diferentes medios disponibles, como a través de la configuración local, a través del protocolo de comunicación de elementos de cálculo de trayecto (PCEP) o de BGP SR-TE. En un entorno de plano de control distribuido, es probable que la cabecera aprenda la ruta candidata mediante una configuración local o una solución automatizada como Cisco NSO. En un entorno de plano de control centralizado, es probable que la trayectoria candidata sea aprendida por la cabecera del controlador a través de BGP SR-TE o PCEP.

Troubleshoot

Actualmente, no hay información específica de troubleshooting disponible para esta configuración.

Información Relacionada

- [Segment-routing.net](http://segment-routing.net)
- [Diseño y migración de fabric de núcleo](#)
- [Guía de Configuración de Segment Routing](#)
- [Soporte Técnico y Documentación - Cisco Systems](#)