

Escuela Superior de Cómputo



Ingeniero en Sistemas Computacionales



Bienvenida

Módulo IV:

Enrutamiento IP Básico

- Duración: 30 horas
- Teoría 20 horas
- Prácticas en laboratorio: 10 horas
- Evaluación:
 - Tareas para entrega
 - Prácticas en el aula
 - Examen final

Agenda

- Sesión 4
 - 4.2.- Protocolos de Enrutamiento de Estado de Enlace.
 - 4.4.1. Descripción General de OSPF.
 - 4.4.2. Términos Utilizado en OSPF: Área, Enlace, Costo, Base de Datos Topológica, Tabla de Enrutamiento, Base de Datos de Adyacencia, Router Designado.
 - 4.4.3. Comparación de OSPF con RIP.
 - 4.4.4. Algoritmo de Enrutamiento de Estado de Enlace.
 - 4.4.5. Métricas de OSPF.

Agenda

- 4.4.6. Descubrimiento de la Red para el Enrutamiento de Estado de Enlace.
- 4.4.7. Propagación de los Cambios de Topología a Través de la Red.
- 4.4.8. Requisitos de Procesamiento, Memoria y Ancho de Banda.
- 4.4.9. Actualización de las Tablas de Enrutamiento por Estado Enlace (LSA Flooding).
- 4.4.10. Estados OSPF.
- 4.4.11. Tipos de Redes.
- 4.4.12. Router Designado (DR) y Router Designado de Respaldo (BDR).

Agenda

- 4.4.13. Protocolo Hello.
- 4.4.14. Elección de la Mejor Ruta.
- 4.4.15. Comandos de Configuración Básica de OSPF.
- 4.4.16. Uso de los Comandos Show para Verificar la Operación de OSPF.

Simbología



Router



Switch Multicapa



Línea Serial



LAN Switch



Red/Internet



Hub



PC

Protocolos de Enrutamiento de Estado de Enlace

Descripción General de OSPF

Descripción General de OSPF

OSPF (Open Shortest Path First)

OSPF es un protocolo IGP muy comúnmente usado para distribuir información de enrutamiento en sistemas autónomos grandes.

- Desarrollado para redes IP por el grupo de trabajo de Protocolo de *Gateway Interior* (IGP) de la Fuerza de Tarea de Ingeniería de Internet (IETF – *Internet Engineering Task Force*).
- Definido en el **RFC 2328**.

Descripción General de OSPF

- OSP fue creado para dar servicio a *internetworks* grandes y heterogéneas.
- OSPF tiene dos características primarias:
 - Es un protocolo abierto, lo que significa que su especificación es del dominio público. La especificación de OSPF esta publicada en el RFC 1247.
 - La segunda característica principal es que OSPF esta basado en el algoritmo Primero el Camino Mas Corto (*SPF – Shortest Path First*), que algunas veces es referido como el algoritmo *Dijkstra*, nombrado así por la persona a quien se le acredita su creación.

Descripción General de OSPF

- El estado de un enlace es la descripción de una interfaz (dirección IP, máscara de subred, tipo de red que conecta, etc.) del *router* y su relación con sus *routers* vecinos.
- Los protocolos de enrutamiento del estado de enlace reúnen la información de ruta de todos los demás *routers* de la red o dentro de un área definida de la red.
- Normalmente, las redes OSPF grandes utilizan un diseño jerárquico. Varias áreas se conectan a un área de distribución o a un área 0 que también se denomina *backbone*.

Descripción General de OSPF

- La definición de área reduce el gasto de procesamiento, acelera la convergencia, limita la inestabilidad de la red a un área y mejora el rendimiento.
- Las actualizaciones se llevan a cabo mediante el envío de un tipo de paquetes llamado publicaciones de estado de enlace (*link state advertisements* o *LSA*).
- Otro tipo importante de paquetes son los paquetes “*hello*”. Cada *router* envía los paquetes *hello* en *multicast* para realizar un seguimiento del estado de los *routers* vecinos.

Descripción General de OSPF

- Estos protocolos responden rápidamente a los cambios de red ya que envían actualizaciones desencadenadas sólo cuando se haya producido un cambio de red.
- Estas actualizaciones parciales se conocen como actualizaciones del estado de enlace (*link state updates* o LSU).
- Una desventaja de usar OSPF es que solo soporta el conjunto de protocolos TCP/IP.

Descripción General de OSPF

OSPF

- Protocolo estado de enlace.
- Tecnología SPF
- Se basa en la propuesta RFC 1253.
- Diseñado expresamente para el medio ambiente de Internet TCP/IP.
- Rápida convergencia.
- Soporta VLSM y redes discontinuas (classless).
- Las actualizaciones de ruta se disparan por cambios en la red.

Recomendado para:

- Grandes redes jerárquicas.
- Redes extremadamente complejas.
- Direccionamiento variable (VLSM).
- Convergencia rápida.
- Ambientes multifabricante.

Términos Utilizados en OSPF

Términos utilizados en OSPF

Área

Un área es un grupo de redes contiguas. Las áreas son subdivisiones lógicas de un sistema autónomo (AS).

Todos los *routers* dentro de un área mantienen una copia idéntica de la topología de red.

Las áreas proporcionan a OSPF una estructura jerárquica dentro de un AS.

OSPF soporta dos niveles de jerarquía:

- El área backbone o área cero.
- Todas las demás áreas conectadas al área backbone.

Términos utilizados en OSPF

Enlace

Una interfaz en el *router*.

Costo

Un valor asignado a un enlace en base a su ancho de banda o velocidad de transmisión.

Esto se usa en lugar de los saltos.

Base de Datos Topológica

También llamada [base de datos de estado de enlace](#), es una lista con información de todos los demás *routers* en una *internetwork*.

Términos utilizados en OSPF

Tabla de Enrutamiento

También se conoce como **base de datos de reenvío**, se genera cuando un algoritmo se ejecuta en una base de datos de estado de enlace. La tabla de enrutamiento es única en cada *router*.

Base de Datos de Adyacencia

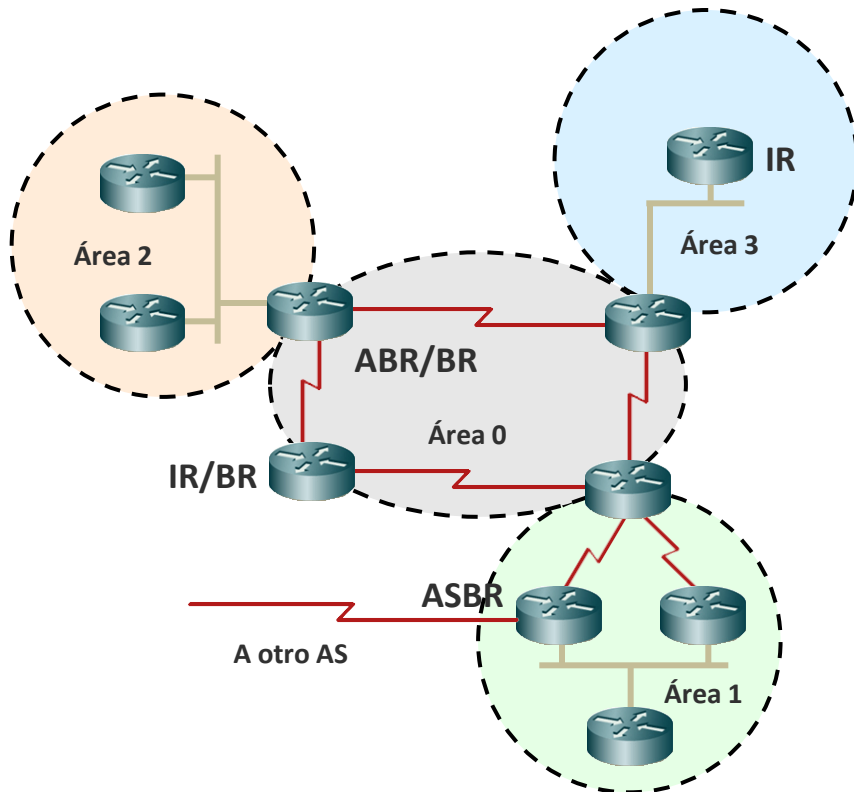
Una lista de *routers* vecinos con los que el *router* ha establecido comunicación bidireccional.

Router Designado

Un *router* elegido por todos los demás *routers* de la misma LAN para representar a todos los *routers*.

Términos utilizados en OSPF

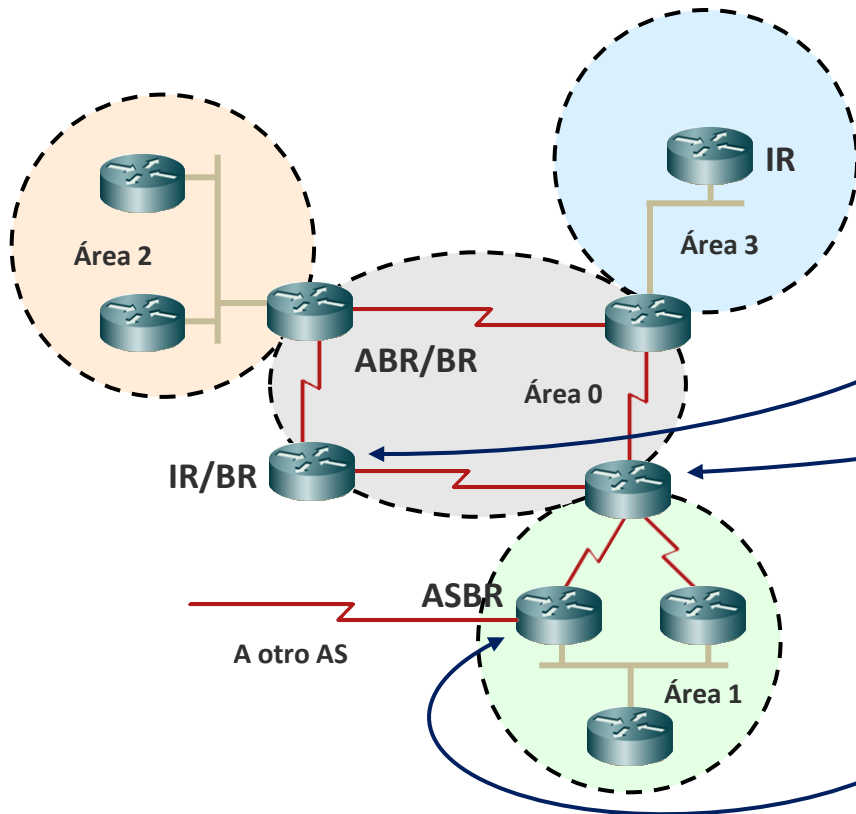
Clasificación de *Routers*



- **Router Interno** (Internal Router) (IR)
- **Router de Borde de Área** (Area Border Router) (ABR)
- **Router de Backbone** (Backbone Router) (BR)
- **Router de Sistema Autónomo** (Autonomous System Border Router) (ASBR)

Términos utilizados en OSPF

Clasificación de Rutas



- **Ruta Intra-área.** Todas las rutas dentro de un área
- **Ruta Inter-área.** Rutas anunciadas de un área a otra por un *router* de Borde de Área (Area Border Router)
- **Ruta Externa.** Rutas importadas a OSPF por otro protocolo o rutas estáticas

Comparación de OSPF con RIP

Comparación de OSPF con RIP

OSPF	RIP
Protocolo de estado de enlace.	Protocolo vector distancia.
Calcula la ruta más corta a un <i>router</i> destino.	Suma los vectores-distancia de <i>router</i> a <i>router</i> .
Algoritmo complejo, requiere mayor procesamiento y memoria.	Algoritmo sencillo, requiere poco procesamiento y poca memoria.
Convergencia rápida.	Convergencia lenta.
No es susceptible a los <i>loops</i> de enrutamiento.	Es susceptible a los <i>loops</i> de enrutamiento.
Es más difícil de configurar y administrar.	Es fácil de configurar y administrar.
Intercambia la información del estado de las interfaces de los <i>routers</i> en la red	Copia la tabla de enrutamiento de sus vecinos inmediatos.
Permite un diseño jerárquico, utilizando el concepto de áreas.	Utiliza topología plana.
Es escalable y soporta redes de grandes dimensiones (no tiene límites de tamaño).	Soporta el enrutamiento en redes pequeñas y de mediano tamaño (15 saltos).

Algoritmo de Enrutamiento de Estado de Enlace

Algoritmo de Enrutamiento de Estado de Enlace

En el enrutamiento por estado de enlace es usado el algoritmo SPF, también conocido como algoritmo *Dijkstra*.

- La mejor ruta es la que tiene menor costo.
- Éste algoritmo considera a la red como un conjunto de nodos conectados con enlaces punto a punto.
- Cada enlace tiene un costo.
- Cada nodo tiene un nombre.
- Cada nodo tiene una base de datos de todos los enlaces, con lo que conoce la totalidad de la topología completa.

Algoritmo de Enrutamiento de Estado de Enlace

- Dentro de una misma área, todas las bases de datos de estado de enlace son idénticas.
- El algoritmo calcula entonces una topología sin *loops*, con el nodo como punto de partida (raíz). El cálculo resultante realizado en la base de datos de topología es el árbol SPF.
- El nodo examina a su vez la información que tiene sobre nodos adyacentes.

Métricas de OSPF

Métricas de OSPF

OSPF utiliza el costo como métrica para determinar la mejor ruta. La ruta más corta hacia un nodo está basada en el costo acumulado requerido para alcanzar ese nodo.

Un costo se asocia con el lado de salida de cada interfaz de *router*.

Los costos también se asocian con datos de enrutamiento derivados en forma externa (configuración adicional).

Por lo general, el costo de ruta se calcula mediante la fórmula $\text{costo} = \frac{\text{ancho de banda de referencia}}{\text{ancho de banda de la interfaz}}$, donde el ancho de banda se expresa en bps.

El ancho de banda de referencia por defecto es 10^8 .

Métricas de OSPF

El administrador de sistema también puede usar otros métodos para configurar el costo.

Cuanto más bajo sea el costo, más probabilidad hay de que la interfaz sea utilizada para enviar tráfico de datos.

Es posible cambiar el costo para afectar el resultado de los cálculos de costo OSPF.

Una situación común que requiere un cambio de costo es un entorno de enrutamiento de diversos fabricantes. Un cambio de costo puede asegurar que el valor de costo de un fabricante coincida con el valor de costo de otro fabricante.

Métricas de OSPF

Otra situación se produce al utilizar Gigabit Ethernet.

Con la configuración por defecto, se asigna el valor de costo más bajo (1) a un enlace de 100 Mbps. Lo mismo ocurre con un enlace Gigabit Ethernet (1000 Mbps).

En un escenario que incluya enlaces Gigabit Ethernet y 100-Mbps, los valores de costo por defecto podrían hacer que el enrutamiento tome una ruta menos deseable a menos que estos se ajusten.

El número de costo se puede establecer entre 1 y 65,535.

Descubrimiento de la Red para el Enrutamiento

Estado Enlace

Descubrimiento de la Red para el Enrutamiento Estado Enlace

El descubrimiento de la red para el enrutamiento por estado de enlace utiliza los siguientes procesos

1. Los *routers* intercambian paquetes LSA entre ellos. Cada *router* empieza con la red a la que está directamente conectado, ya que es de la que dispone información inmediata y de primera mano.
2. Cada *router* en paralelo con otros construye una base de datos topológica compuesta por todas las LSA de los *routers* pertenecientes a un área.

Descubrimiento de la Red para el Enrutamiento Estado Enlace

3. El *router* construye esa topología lógica como un árbol compuesto por todas las posibles rutas a cada red, con él mismo como raíz. Después ordena dichas rutas usando SPF.
4. El *router* lista sus mejores rutas y los puertos a estos destino en la tabla de enrutamiento, además de mantener otras bases de datos de elementos de topología y detalles del estado.

Propagación de los Cambios de Topología a Través de la Red

Propagación de los Cambios de Topología a Través de la Red

Cuando un *router* se entera de una modificación de una topología, retransmite esta información para que el resto de los *routers* puedan usarla para actualizarse.

Para conseguir una convergencia, cada *router* mantiene una pista de sus routers vecinos (nombre, interfaz, costo del enlace).

El *router* construye un paquete LSA con toda esta información.

Propagación de los Cambios de Topología a Través de la Red

El paquete es enviado para que el resto de los *routers* lo reciba.

Cuando el *router* recibe un LSA, actualiza la base de datos con la información más reciente.

Cada vez que un paquete LSA modifica la base de datos, el algoritmo SPF calcula las mejores rutas y actualiza la tabla de enrutamiento.

Requisitos de Procesamiento, Memoria y Ancho de Banda

Requisitos de Procesamiento, Memoria y Ancho de Banda

Requerimientos de Memoria

Un *router* OSPF almacena todos los estados de los enlaces del área donde se encuentra. Sin suficiente memoria en el router, podrían resultar serios problemas.

Un diseño efectivo de una red OSPF puede ayudar en la conservación de la memoria de un *router*.

El cuidado en el uso de técnicas de sumarización y la creación de áreas *stub* pueden reducir sustancialmente el uso de la memoria del *router*.

No es sencillo determinar la cantidad de memoria para una configuración particular de OSPF.

Requisitos de Procesamiento, Memoria y Ancho de Banda

Las siguientes cifras pueden ayudar en la estimación de memoria:

- Cada entrada en la tabla de enrutamiento consume de 200 a 280 bytes más 44 bytes por enlace.
- Cada LSA consume 100 bytes de *overhead*, más el tamaño actual del LSA, posiblemente de 60 a 100 bytes (para enlaces del *router*, esto depende del número de interfaces del *router*).
- Una tabla de enrutamiento que usa menos de 500 KB normalmente podría ser acomodada con 2-16 MB de RAM, redes grandes con tablas de enrutamiento mayores a 500 KB podrían necesitar 16-64MB.

Requisitos de Procesamiento, Memoria y Ancho de Banda

Requerimientos de CPU

Un *router* OSPF usa ciclos de CPU siempre que un cambio de estado de enlace ocurre.

Manteniendo las áreas OSPF pequeñas y usando sumarización de rutas reducen considerablemente el uso de CPU, y crea un ambiente más estable en el que OSPF puede operar.

Uso del Ancho de Banda

OSPF envía actualizaciones parciales con LSA cuando el estado de un enlace cambia. Éstas actualizaciones son inundadas a todos los *routers* en un área. En redes con cambios de topologías sustanciales, la frecuencia y el tamaño de los LSA de OSPF incrementan, reduciendo el ancho de banda disponible.

Actualización de las Tablas de Enrutamiento por Estado Enlace (LSA Flooding)

Actualización de las Tablas de Enrutamiento por Estado Enlace

Proceso de Inundación

La inundación (*flooding*) es parte del mecanismo de sincronización de la LSDB en OSPF.

El “*flooding*” es responsable de la validación y distribución de las actualizaciones de estado de enlace hacia la base de datos de estado de enlace cuando un cambio o actualización ocurre.

Su objetivo primario es asegurar que cada *router* recibe el LSA modificado o actualizado dentro del alcance de la inundación (área o dominio).

Protocollo Hello

Protocolo Hello

- Antes de compartir información, los *routers* OSPF en una red deben reconocerse, debido a que el enrutamiento OSPF depende del estado del enlace entre dos *routers*.
- El protocolo *Hello* establece y mantiene las relaciones entre *routers* vecinos.
- Asegura comunicación bidireccional entre vecinos.
- Transmite información que todos los vecinos deberán aceptar para que se pueda formar una adyacencia y para que se pueda intercambiar información del estado de enlace.
- Cada interfaz envía periódicamente paquetes *hello* usando la dirección multicast 224.0.0.5.

Protocolo Hello

La información que contiene un paquete *hello* es:

- **Router ID.** Un número de 32 bits que identifica únicamente al *router*.

Por defecto, se elige a la dirección IP más alta en una interfaz activa, a no ser que una dirección *loopback*, o el *router* ID sean configurados.

- **Intervalo de Hello.** Especifica la frecuencia en segundos en la que un *router* envía paquetes *hello*. El intervalo por defecto en redes *multiacceso* es 10 segundos.
- **Intervalo muerto.** Es el tiempo en segundos que un *router* espera en escucha de un vecino antes de declararlo “*out of service*”. Por defecto, el intervalo muerto es cuatro veces el intervalo de *Hello*.

Protocolo Hello

Estos temporizadores (*Hello* e intervalo muerto) deben ser los mismos en *routers* vecinos, de otra forma, una adyacencia no será establecida.

- **Vecinos.** Este campo enlista los *routers* con comunicación bidireccional establecida.
- **Área ID.** Para comunicarse, dos *routers* deben compartir un segmento en donde sus interfaces deben pertenecer a la misma área de OSPF.
- **Prioridad del router.** Es un número de 8 bits que indica la prioridad de un router. OSPF utiliza la prioridad para seleccionar un router designado (DR) y un router designado de respaldo (BDR).

Protocolo Hello

- **Direcciones IP de DR y BDR.** Si son conocidas, son las direcciones IP del DR y del BDR en una red específica.
- **Contraseña de Autenticación.** Si la autenticación se encuentra habilitada, dos *routers* deben intercambiar información con la misma contraseña.
- **Bandera de área *stub*.** Una área *stub* es un área especial. Dos *routers* deben estar de acuerdo en la bandera de área *stub* en los paquetes *hello*. El diseño de un área *stub* reduce las actualizaciones de enrutamiento al reemplazarlas por una ruta por defecto.

Estados de OSPF

Estados de OSPF

Estados de Protocolo Hello

Las descripciones de los posibles cambios de estado cuando el protocolo *Hello* esta siendo usado son:

- ❑ **Down.** Es el estado inicial en una conversación, y significa que no ha sido enviada información entre vecinos. Es el estado inicial de comunicación con OSPF de un *router*, o cuando hay un problema y el temporizador de intervalo muerto (Intervalo de Hello x 4) ha finalizado por alguna razón.

Estados de OSPF

- ❑ **Attempt.** El *router* está intentando una relación de vecino. Válido sólo para vecinos conectados en redes **NBMA** (*Non-Broadcast Multi-Access*), e indica que ha enviado paquetes *Hello* pero aún no ha recibido respuesta.
- ❑ **Init.** Un paquete *Hello* ya es recibido de un vecino, pero no está presente el *router* ID. Por lo tanto, la comunicación es inicializada, sin que se haya establecido la comunicación bidireccional con el *router* vecino.
- ❑ **2-Way.** Los *routers* ven su propio ID en los paquetes *Hello* del vecino. La comunicación entre los dos *routers* es bidireccional y en este punto los *routers* deciden si proceden y se convierten en adyacentes.

Estados de OSPF

Estados de Intercambio de Base de Datos

Las descripciones de los posibles cambios de estado de un vecino OSPF cuando los *routers* han decidido formar una adyacencia e intercambian **descriptores de bases de datos** (DD - *Database Descriptor*) son:

- ❑ **ExStart.** El primer estado al formar una adyacencia. Los dos routers forman una relación maestro/esclavo y acuerdan iniciar un número de secuencia que es incrementado para asegurar que no ocurra duplicación en el envío LSAs y sus acuses de recibo. El *router* con el ID más alto es el maestro y el que controla el proceso de comunicación al incrementar el número de secuencia inicial de los DD.

Estados de OSPF

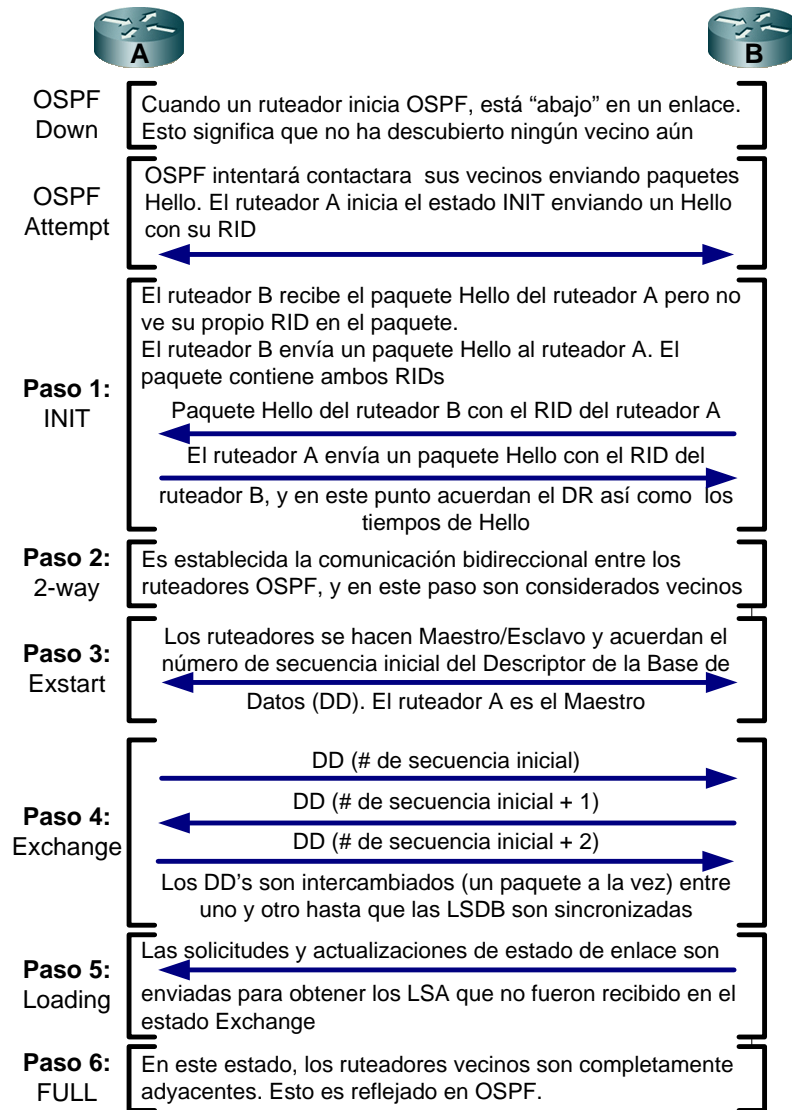
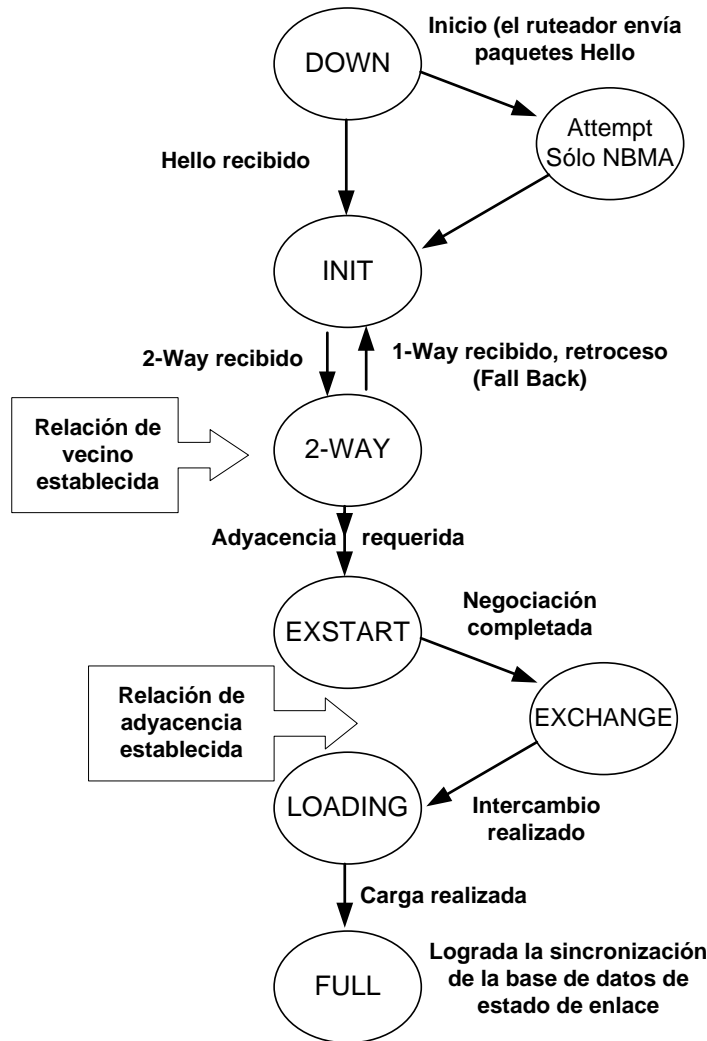
- ❑ **Exchange.** En este estado el *router* describe su base de datos de estado de enlace (LSDB) completa al enviar paquetes DD a su vecino. El flujo de estos paquetes es continuo según el *router* esclavo envíe un acuse de recibido al *router* maestro, hasta que las bases de datos estén completamente sincronizadas.
- ❑ **Loading.** Indica que ha sido completada la transmisión de paquetes DD, y son enviados paquetes de solicitud de estado de enlace (LSR – *Link-State Request*) al vecino preguntando por anuncios más recientes no recibidos en el estado de intercambio (*exchange*), y en respuesta son transmitidos LSAs para el completo intercambio de rutas.

Estados de OSPF

- ❑ **Full.** Indica que dos *routers* vecinos son completamente adyacentes, debido a que sus LSDBs están completamente sincronizadas y este es el estado normal de un *router* OSPF.

Si un *router* se encuentra atascado en otro estado, es una indicación de problemas para formar una adyacencia. La única excepción es el estado bidireccional (*2-way*) en redes *broadcast* con *routers* no designados (no DR) o routers no designados de respaldo (no BDR).

Estados de OSPF



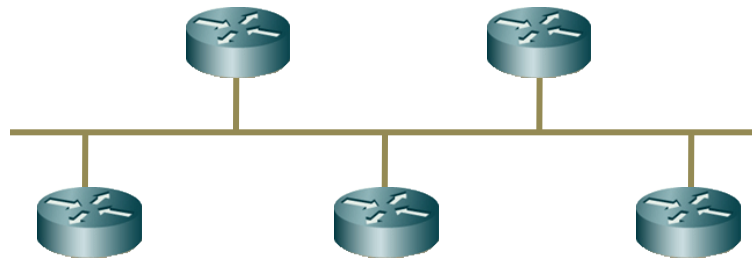
Tipos de Redes

Tipos de Redes

Los routers OSPF determinan con qué routers pueden intentar formar adyacencias tomando como base el tipo de red a la cual están conectados.

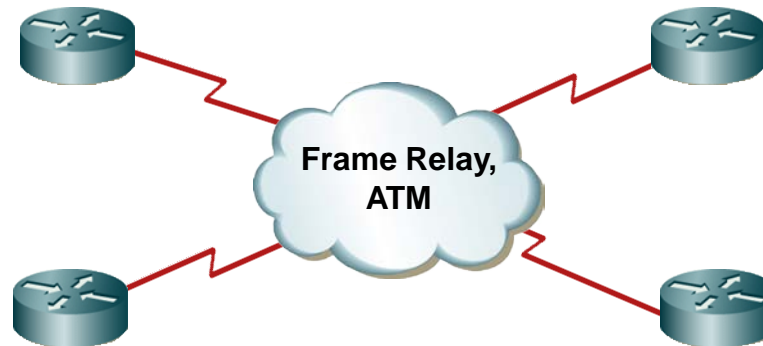
Las interfaces OSPF reconocen éstos tipos de redes:

- **Multiacceso de broadcast.** Una red que conecta *routers* sobre medios de *broadcast* (Ethernet). En esta red los *routers* forman adyacencias a través de un *router* designado (DR) y un *router* designado de respaldo (BDR).



Tipos de Redes

- **Multiacceso sin broadcast (NBMA – *Non Broadcast Multiaccess*)**. Las redes NBMA no permiten *broadcast* por defecto (Frame Relay, ATM). Estas redes tienen el potencial de formar múltiples adyacencias, pero debido a que no envían *broadcast*, no garantizan la apropiada formación de relaciones.

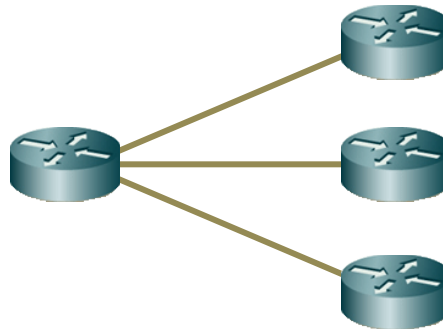


Tipos de Redes

- **Punto a Punto.** Dos *routers* OSPF conectados por un solo circuito (PPP, HDLC), permitiendo una relación simple de vecinos. En éste tipo de red no hay DR o BDR.



- **Punto a Multipunto.** Un método de configuración de redes NBMA que permite a OSPF operar como si los *routers* estuvieran conectados punto a punto, en vez de tener una configuración de una red NBMA. En esta configuración no hay DR o DBR.



Router Designado y Router Designado de Respaldo

Router Designado y Router Designado de Respaldo

En las redes multiacceso con *broadcast* el protocolo *Hello* elige un *router* designado (DR) y un *router* designado de respaldo (BDR).

Si cada *router* tuviera que establecer adyacencia completa con cada uno de los otros *routers* e intercambiar información del estado de enlace con cada vecino, el procesamiento tendría un gasto demasiado grande.

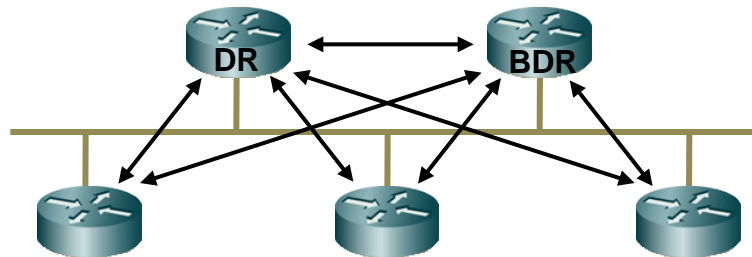
Por lo general, para n *routers*, se necesitan $[n*(n-1)]/2$ adyacencias.

La solución para este gasto es elegir un *router* designado (DR). Este *router* se hace adyacente a todos los demás *routers* del segmento de broadcast.

Router Designado y Router Designado de Respaldo

El *router* designado (DR) es el punto de enfoque de todas las LSUs y de las LSAs. Todos los demás *routers* del segmento envían su información del estado de enlace al DR.

El DR a su vez actúa como portavoz del segmento. El DR envía información del estado de enlace a todos los demás *routers* del segmento a través de la dirección de multicast 224.0.0.5 (AllSPFRouters) para todos los *routers* OSPF.



Router Designado y Router Designado de Respaldo

A pesar de la eficiencia que permite la elección del DR, representa un punto único de falla.

Debido a que la función del DR es crítica, se elige un *router* designado de respaldo (BDR) para que reemplace al DR en caso de que éste falle.

Para asegurar que tanto el DR como el BDR vean todos los estados de enlace que los *routers* envían a través del segmento, se utiliza la dirección *multicast* 224.0.0.6 (AllDRouters) para todos los *routers* designados.