

Conmutación, Encaminamiento, MPLS & QoS

Bloque IV. Tema 12

Gestión de Sistemas e Informática

Curso 2017 - 18

Juan José Aguado Gil

02 Febrero 2018

1. Conmutación de Circuitos y Paquetes

1.1. Conmutación de Circuitos

Se basa en la asignación de circuitos dedicados de forma permanente a la comunicación de que se trate. Presenta una asignación fija de recursos y una multiplexación rígida que no aprovecha los tiempos muertos resultante de los silencios de la señal a transmitir.

1.2. Conmutación de Paquetes

Se basa en la utilización compartida de los medios de transmisión.

1.2.1. Multiplexación por División de Tiempo (TDM, Time-División Multiplexing)

El ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

1.2.1.1. TDM síncrona

Las divisiones de tiempo se asignan de antemano. A cada canal se le asigna un slot que permanecerá abierto tanto si se transmite como si no. Al funcionar el sistema con la misma cadencia, se favorece la extracción de información. Sin embargo, no existe un buen aprovechamiento del ancho de banda, debido a que las ranuras pueden quedar vacías durante largos

períodos de tiempo. Es por ello, además, que son necesarios bits de tramado para evitar perder sincronía y bits de relleno (sin información) para mantener la velocidad del canal.

1.2.1.2. TDM asíncrona

La transmisión de datos se produce mediante la reserva dinámica del enlace en función de la demanda de los canales. Es decir, se van asignando espacios a medida que se necesiten, hasta llenar la trama; si no hay datos, las tramas van parcialmente libres. Existe una mejor optimización del ancho de banda, pero el hecho de que se solicite más espacio del necesario acaba provocando un aumento de la velocidad de entrada con respecto a la del enlace para dar cabida a más canales; esto hace necesario el uso de búfferes para almacenamiento, lo que incrementa el coste.

1.2.2. Multiplexación por División de Frecuencia (FDM)

Técnica mediante la cual el ancho de banda total disponible en un medio de comunicación se divide en una serie de sub-bandas de frecuencia que no se superponen, cada una de las cuales se utiliza para transportar una señal separada. Esto permite que un solo medio de transmisión tal como el espectro de radio, un cable o fibra óptica sea compartido por múltiples señales independientes.

2. X.25

X.25 is an ITU-T standard protocol suite for packet switched wide area network (WAN) communication. An X.25 WAN consists of packet-switching exchange (PSE) nodes as the networking hardware, and leased lines, plain old telephone service connections, or ISDN connections as physical links. X.25 is a family of protocols that was popular during the 1980s with telecommunications companies and in financial transaction systems such as automated teller machines. X.25 was originally defined by the International Telegraph and Telephone Consultative Committee (CCITT, now ITU-T) in a series of drafts[and finalized in a publication known as The Orange Book in 1976.

While X.25 has, to a large extent, been replaced by less complex protocols, especially the Internet protocol (IP), the service is still used (e.g., as of 2012 in the credit card payment industry) and available in niche applications.

La recomendación X.25 de la ITU (International Telecommunication Union) se refiere a la interfaz entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos para equipos terminales que funcionan en el modo paquete y están conectados a redes públicas de datos por circuitos especializados.

3. RDSI

Red Digital de Servicios Integrados (ISDN).

3.1. Tipos de Canales

A, B (64 Kbps para voz o datos), C, D (64 Kbps para señalización RDSI), E, H.

3.2. Tipos de Accesos

- Acceso Básico: 2 canales B + 1 canal D.
- Acceso Primario: 30 canales B + 2 canales D.

4. Frame Relay

4.1. Formato de Tramas del Nivel de Enlace (LAPF)

- Delimitador de Trama: 01111110 (igual que X.25).
- **DE (Discard Eligibility)** (1 bit): descartar trama en caso de congestión.
- **DLCI (Data Link Connection Identifier)** (10 bits):
 - Número de canal lógico.
 - NO tiene que ser único en toda la red.
 - NO controla los mecanismos de notificación de congestión.
 - Los valores 0 a 128 del mismo NO están reservados para funciones especiales.
- **FECN (Forward Explicit Congestion Notification)** (1 bit): congestión en el sentido de la transmisión.
- **BECN (Backward Explicit Congestion Notification)** (1 bit): congestión en el sentido contrario a la transmisión.

5. ATM

Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transmisión Asíncrono). Se basa en celdas de 53 Bytes (5 Bytes de cabecera + 48 Bytes de Datos).

5.1. Planos

- Plano de usuario: transporte de información de usuario.
- Plano de control/señalización: transfiere información sobre el control de las comunicaciones realizadas en el plano usuario.
- Plano de administración: monitorización y gestión del sistema.

5.2. Capas

- Capa Física:
 - PM: Subcapa de Medio Físico
 - TC: Subcapa de Control de Transmisión.
- Capa ATM o Enlace: es la encargada de añadir los últimos 5 bytes de overhead ó sobrecarga de protocolo a los 48 bytes restantes para completar la celda ATM.
- Capa AAL (ATM Adaptation Layer). Se subdivide en:
 - CS: Subcapa de Convergencia.
 - SAR: Subcapa de Segmentación y Reensamblado.

5.3. Categorías de Servicio

- CBR (Constant Bit Rate): voz y video con tasa constante.
- VBR-RT (Variable Bit Rate - Real Time): voz y video con tasa variable.
- VBR-NRT (Variable Bit Rate - NO Real Time): mejor opción para datos.
- ABR (Available Bit Rate): lo disponible.
- UBR (Unspecified Bit Rate - Real Time): peor que ABR.

6. MPLS: Multiprotocol Label Switching (Conmutación de Etiquetas)

MPLS is a type of **data-carrying technique** for high-performance telecommunications networks. MPLS directs data from one network node to the next based on short **path labels** rather than long network addresses, avoiding complex lookups in a routing table. The labels identify virtual links (paths) between distant nodes rather than endpoints. MPLS can encapsulate packets of various network protocols, hence its name **multiprotocol**. MPLS supports a range of access technologies, including T1/E1, ATM, Frame Relay, and DSL.

MPLS es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031. Opera entre **la capa de enlace de datos y la capa de red** del modelo OSI. Fue diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.

MPLS reemplazó a Frame Relay y ATM como la tecnología preferida para llevar datos de alta velocidad y voz digital en una sola conexión. MPLS no solo proporciona una mayor fiabilidad y un mayor rendimiento, sino que a menudo puede reducir los costes de transporte mediante una mayor eficiencia de la red. Su capacidad para dar prioridad a los paquetes que transportan tráfico de voz hace que sea la solución perfecta para llevar las llamadas de voz sobre IP o VoIP.

In a traditional IP network each router performs an IP lookup (*routing*), determines a next-hop based on its routing table, and forwards the packet to that next-hop. Rinse and repeat for every router, each making its own independent routing decisions, until the final destination is reached.

MPLS does **label switching** instead: the first device does a routing lookup, just like before but instead of finding a next-hop, it finds the final destination router. And it finds a pre-determined path from *here* to that final router. The router applies a *label* (or *shim*) based on this information. Future routers use the label to route the traffic without needing to perform any additional IP lookups. At the final destination router the label is removed and the packet is delivered via normal IP routing.

Conceptos MPLS:

- **FEC: Forwarding Equivalence Class****LSP:** flujos de tráfico que comparten la misma ruta y el mismo tratamiento en cada LSR. In MPLS, the assignment of a particular packet to a particular FEC is done just once, as the packet enters the network. The FEC to which the packet is assigned is encoded as a short fixed length value known as a *label*. When a packet is forwarded to its next hop, the label is sent along with it; that is, the packets are labeled before they are forwarded.
- **LSP: MPLS Label Switched Path:** es el trayecto a través del cual fluye el tráfico entre dos extremos LER. It is one of the most important concepts for the actual use of MPLS. Essentially is a **unidirectional tunnel** between a pair of routers, routed across an MPLS network. An LSP is required for any MPLS forwarding to occur.
- MPLS Router Roles/Positions:
 - **LER: Label Edge Router:** ingress node. The router which first encapsulates a packet inside an MPLS LSP. Also the router which makes the initial path selection.

- **LSR: Label Switching Router:** transit node. A router which only does MPLS switching in the middle of an LSP.
- **Egress Node:** the final router at the end of an LSP, which removes the label.

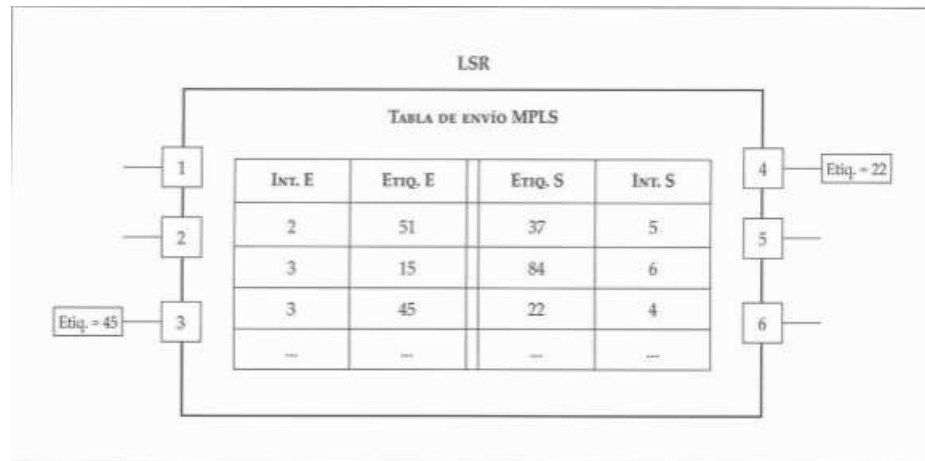


Figura 1: Tabla de Routing MPLS.

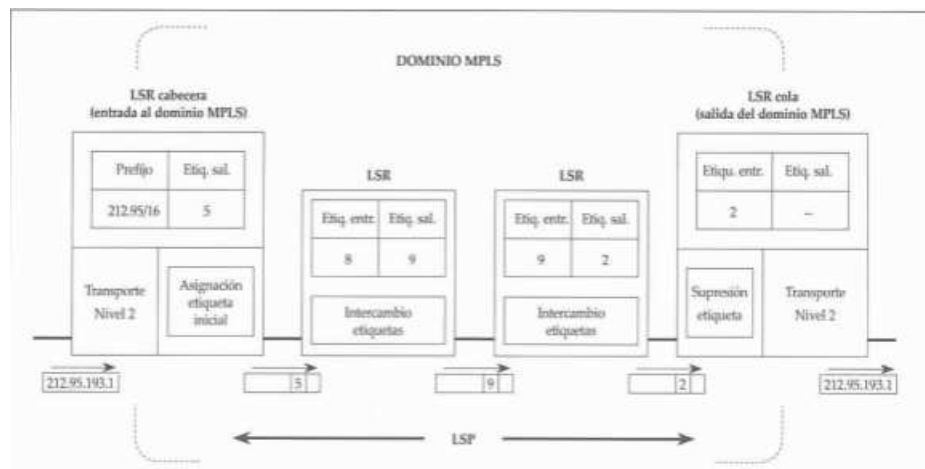


Figura 2: MPLS Conmutación de Etiquetas.

6.1. Protocolos MPLS

To use an LSP, it must be signaled across your routers. An LSP is a network-wide tunnel, but a label is only a link-local value. An MPLS signaling protocol maps LSPs to specific label

values. There are two main MPLS routing protocols in use today:

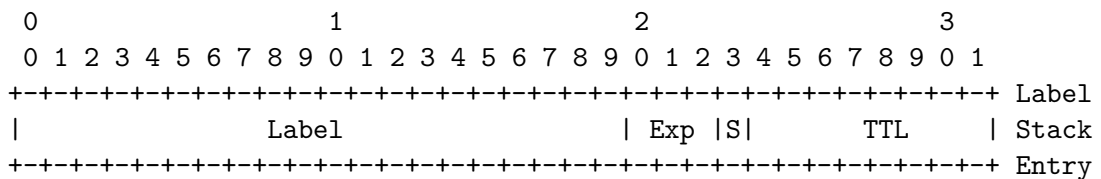
- **LDP: Label Distribution Protocol:** a simple non-constrained (doesn't support traffic engineering) protocol.
- **RSVP: Resource Reservation Protocol:** a more complex protocol, with more overhead, but which also includes support for traffic-engineering via network resource reservations.

6.2. Cabecera MPLS / The Label Stack (RFC 3032)

The label stack is represented as a sequence of **label stack entries**. Each label stack entry is represented by 4 octets. This is shown in next figures.



Figura 3: Cabecera MPLS.



Label: Label Value, 20 bits
 Exp: Experimental Use, 3 bits
 S: Bottom of Stack, 1 bit
 TTL: Time to Live, 8 bits

The label stack entries appear AFTER the data link layer headers, but BEFORE any network layer headers. The top of the label stack appears earliest in the packet, and the bottom appears latest. The network layer packet immediately follows the label stack entry which has the S bit set.

Each label stack entry is broken down into the following fields:

- **Bottom of Stack (S)** (1 bit): it is set to “1” for the last entry in the label stack (i.e., for the bottom of the stack), and “0” for all other label stack entries.
- **Time to Live (TTL)** (8 bits): it is used to encode a time-to-live value. Misma funcionalidad que en IP. Se decrementa en cada enrutador y al llegar a 0, el paquete se descarta.

- **Experimental (EXP)** (3 bits): this field is reserved for experimental use. Permite establecer clase de servicio o calidad de servicio (QoS). Afecta al encolado y descarte de paquetes.
- **Label Value** (20 bits): this field carries the actual value of the Label. When a labeled packet is received, the label value at the top of the stack is looked up. As a result of a successful lookup one learns:
 - the next hop to which the packet is to be forwarded;
 - the operation to be performed on the label stack before forwarding; this operation may be to replace the top label stack entry with another, or to pop an entry off the label stack, or to replace the top label stack entry and then to push one or more additional entries on the label stack.
 - In addition to learning the next hop and the label stack operation, one may also learn the outgoing data link encapsulation, and possibly other information which is needed in order to properly forward the packet.

There are several reserved label values:

- **IPv4 Explicit NULL** (value = 0): this label value is only legal at the bottom of the label stack. It indicates that the label stack must be popped, and the forwarding of the packet must then be based on the IPv4 header.
- **Router Alert** (value = 1): this label value is legal anywhere in the label stack except at the bottom. When a received packet contains this label value at the top of the label stack, it is delivered to a local software module for processing. The actual forwarding of the packet is determined by the label beneath it in the stack. However, if the packet is forwarded further, the Router Alert Label should be pushed back onto the label stack before forwarding. The use of this label is analogous to the use of the **Router Alert Option** in IP packets (RFC 2113). Since this label cannot occur at the bottom of the stack, it is not associated with a particular network layer protocol.
- **IPv6 Explicit NULL** (value = 2): this label value is only legal at the bottom of the label stack. It indicates that the label stack must be popped, and the forwarding of the packet must then be based on the IPv6 header.
- **Implicit NULL** (value = 3): this label that an LSR may assign and distribute, but which never actually appears in the encapsulation. When an LSR would otherwise replace the label at the top of the stack with a new label, but the new label is *Implicit NULL*, the LSR will pop the stack instead of doing the replacement. Although this value may never appear in the encapsulation, it needs to be specified in the Label Distribution Protocol, so a value is reserved.
- Values 4-15 are reserved.

6.3. LDP: Label Distribution Protocol

Routing protocol used in MPLS networks.

7. GMPLS: Generalized Multi-Protocol Label Switching

GMPLS is a protocol suite extending MPLS to manage further classes of interfaces and switching technologies other than packet interfaces and switching, such as time division multiplexing, layer-2 switching, wavelength switching and fiber-switching.

Generalized MPLS differs from traditional MPLS in that it extends support to multiple types of switching such as TDM, wavelength and fiber (port) switching. For instance, GMPLS is the de facto control plane of wavelength switched optical network (WSON). The support for the additional types of switching has driven GMPLS to extend certain base functions of traditional MPLS and, in some cases, to add functionality.

En GMPLS el LSP (Label Switch Path) es un trayecto **bidireccional** y ambos sentidos deben tener las mismas características y parámetros de ingeniería de tráfico.

GMPLS tiene propuesta su arquitectura en el **RFC 3945**.

8. Encaminamiento

8.1. Protocolos de Encaminamiento

8.1.1. Clasificación

- **IGP: Interior Gateway Protocol:** Protocolos de Encaminamiento Interior. Mueven paquetes con la mayor eficiencia posible del origen al destino sin necesidad de preocuparse por la política. Ejemplos: RIP, OSPF, IGRP.
- **EGP: Exterior Gateway Protocol:** Protocolos de Encaminamiento Exterior. Diseñados para permitir muchos tipos de políticas de enrutamiento. Ejemplo: BGP.

8.1.2. RIP: Routing Information Protocol

Es uno de los protocolos de encaminamiento más antiguos. Utiliza un algoritmo de **vector distancia** denominado **Bellman-Ford** distribuido que le permite calcular la métrica o ruta más corta posible hasta el destino a partir del número de saltos o equipos intermedios que los paquetes IP deben atravesar. Realiza un encaminamiento dinámico y se rige por la RFC 2080.

Según la RFC 2453, el protocolo RIP v2 utiliza la dirección multicast **224.0.0.9** para enviar las actualizaciones de sus tablas. El límite máximo de saltos a partir del cual se considera una ruta como inalcanzable es de **15 saltos**. RIP v1 no admite subredes y RIP v2 sí las admite.

8.1.3. OSPF: Open Shortest Path First

Se estandarizó en los años 90s desbancando al protocolo de vector distancia RIP, que sólo funcionaba bien en sistemas pequeños. OSPF funciona mapeando el conjunto de redes, enrutadores y líneas en un **grafo dirigido**, en el que a cada arco se le asigna un coste, y calculando la trayectoria más corta desde cada dispositivo de enrutamiento a todos los demás en base a los pesos de los arcos.

Al contrario que RIP, EIGRP o BGP, no usa TCP ni UDP, sino que se encapsula directamente sobre el protocolo IP (fijando un valor “89” en el campo protocolo).

8.1.3.1. Características

- OSPF enruta paquetes basándose únicamente en la dirección IP destino.
- Utiliza un método basado en el algoritmo de Dijkstra para el cálculo de la ruta óptima.
- En OSPF un sistema autónomo (AS) es un conjunto de redes bajo una administración común.
- Al operar OSPF internamente en un sistema autónomo (AS), PUEDE enviar y recibir rutas de otros AS.

8.1.3.2. Tipos de Paquetes OSPF

1. **DBD: Database description:** contain descriptions of the topology of the autonomous system or area. They convey the contents of the link-state database (LSDB) for the area from one router to another.
2. **LSR: Link State Request:** are used by one router to request updated information about a portion of the LSDB from another router. The message specifies the link(s) for which the requesting device wants more current information.
3. **LSU: Link State Update:** contain updated information about the state of certain links on the LSDB. They are sent in response to a Link State Request message, and also broadcast or multicast by routers on a regular basis. Their contents are used to update the information in the LSDBs of routers that receive them.
4. **LSAck: Link State Acknowledgment:** provide reliability to the link-state exchange process, by explicitly acknowledging receipt of a Link State Update message.

8.1.4. IGRP & EIGRP

IGRP (Internet Gateway Routing Protocol), is a relatively old routing protocol that was invented by Cisco. It has been largely replaced by the newer and more superior Enhanced-IGRP, more commonly known as EIGRP, since 1993. IGRP is only discussed as an obsolete protocol as

an introduction to EIGRP (Protocolo de encaminamiento vector distancia avanzado, propiedad de Cisco System).

8.1.5. BGP (Border Gateway Protocol)

Sustituyó a EGP. Diseñado para permitir muchos tipos de políticas de enrutamiento. Las políticas típicas comprenden consideraciones políticas, de seguridad o económicas. Se configuran manualmente en cada enrutador BGP y no son parte del protocolo mismo. Un ejemplo de restricción de enrutamiento es que el tráfico que comience o termine en una organización no debe transitar por redes de la competencia.

Tipos de mensajes BGP: Open, Update, Notification y Keepalive.

8.2. Algoritmos de Encaminamiento

Decidir la línea de salida por la que se transmitirá un paquete de entrada.

- **Algoritmo de Dijkstra:** determina el camino más corto dado un vértice origen al resto de los vértices en un grafo con pesos en cada arista. No funciona si el grafo tiene aristas de coste negativo.

8.3. Routers

8.3.1. Tiempo de Convergencia

Cuando hablamos de routers se entiende por tiempo de convergencia a la rapidez con la cual los routers de la red comparten información de enrutamiento.

8.4. Control de Congestión

Se define **congestión** como una degradación que sufre la red debido a una presencia excesiva de paquetes en la misma, lo que ocasiona un gran número de pérdidas de los mismos.

8.4.1. Algoritmos de Control de Congestión

- **Cubeta con goteo:** velocidad de salida constante. Se descartan los paquetes que no entran en la cubeta.
- **Cubeta con ficha:** igual que goteo pero con fichas. Si hay ficha se retransmite.
- **Paquete de estrangulamiento:** al recibir un paquete de estrangulamiento se reduce el tráfico.
- **Control de admisión:** no se transmiten más paquetes hasta que finalice la congestión.

9. Calidad de Servicio (QoS)

El tráfico de aplicaciones telefónicas o multimedia es especialmente exigente en cuanto a requisitos de tiempo real, debiendo priorizarse éste frente a otros tipos de tráfico como por ejemplo datos.

9.1. Protocolo RSVP (Resource Reservation Protocol)

Es un protocolo de la capa de transporte diseñado para reservar recursos de una red bajo la arquitectura de servicios integrados (IntServ). RSVP reserva los canales o rutas en redes internet para la transmisión por unidifusión y multidifusión con escalabilidad y robustez.

RSVP puede ser utilizado tanto por hosts como por routers para pedir o entregar niveles específicos de calidad de servicio (QoS) para los flujos de datos de las aplicaciones. RSVP define cómo deben hacer las reservas las aplicaciones y cómo liberar los recursos reservados una vez que han terminado. Las operaciones RSVP generalmente dan como resultado una reserva de recursos en cada nodo a lo largo de un camino.

10. VPLS: Virtual Private LAN Service (RFCs 4761 & 4762)

VPLS is a useful Service Provider offering. The service offers a **Layer 2** Virtual Private Network (VPN); however, in the case of VPLS, the customers in the VPN are connected by a **multipoint** Ethernet LAN, in contrast to the usual Layer 2 VPNs, which are point-to-point in nature.

A Virtual Private LAN appears in (almost) all respects as an Ethernet LAN to customers of a Service Provider. However, in a VPLS, the customers are not all connected to a single LAN; the customers may be spread across a metro or wide area. In essence, a VPLS glues together several individual LANs across a packet switched network to appear and function as a single LAN. This is accomplished by incorporating MAC address learning, flooding, and forwarding functions in the context of pseudowires that connect these individual LANs across the packet switched network.

Packets that belong to VPLS service are encapsulated and forwarded through tunnels. These tunnels can be IP tunnels, such as Generic Routing Encapsulation (GRE), or MPLS tunnels, established by Resource Reservation Protocol-Traffic Engineering (RSVP-TE) or LDP. These tunnels are established independently of the services offered over them.

In order to offer different classes of service within a VPLS, an implementation MAY choose to map 802.1p bits in a customer Ethernet frame with a VLAN tag to an appropriate setting of EXP bits in the pseudowire and/or tunnel label, allowing for differential treatment of VPLS frames in the packet switched network.

11. Preguntas de Exámenes

1. (GSI.PI.2016.B4.23). **Según la RFC 4271, ¿cuál de los siguientes NO es un tipo de mensaje BGP?:**
 - a) OPEN
 - b) UPDATE
 - c) KEEPALIVE
 - d) CLOSE
2. (GSI.PI.2016.B4.29). **¿Cuál de las siguientes características pertenece al algoritmo de Dijkstra?:**
 - a) Se le conoce también como algoritmo de Bellamn & Ford.
 - b) Determina el camino más corto dado un vértice origen al resto de los vértices en un grafo con pesos en cada arista.
 - c) El método de enrutamiento vector de distancias usa este algoritmo.
 - d) Funciona siempre aun cuando el grafo tiene aristas de coste negativo.
3. (GSI.PI.2016.B4.32, GSI.LI.2016.B4.27). **Según la RFC 3032, de entre los valores reservados en la etiqueta MPLS, el valor 2 se corresponde con la etiqueta:**
 - a) de Alerta de Router.
 - b) NULL Implícita.
 - c) NULL Explícita IPv4.
 - d) NULL Explícita IPv6.
4. (GSI.PI.2016.B4.33). **La cabecera MPLS de un paquete se encuentra (respecto a las capas OSI):**
 - a) Antes de la cabecera de capa 2.
 - b) Entre la cabecera de la capa 2 y la cabecera de la capa 3.
 - c) Entre la cabecera de la capa 3 y la cabecera de la capa 4.
 - d) Después de la cabecera de la capa 4.
5. (GSI.PI.2016.B4.34). **Señale la afirmación CORRECTA sobre la cabecera MPLS según indica la RFC 3201:**
 - a) Un valor de 0 en el campo “Label” (Etiqueta) representa una etiqueta NULL implícita.
 - b) El bit “S” tendrá un valor de “1” en la primera y siguientes etiquetas del “stack” excepto en la última, donde tendrá el valor “0”.

- c) Cada etiqueta MPLS se compone de 5 campos.
 - d) El campo TTL se almacena usando 8 bits.
6. (GSI.PI.2015.B4.32). **¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre el protocolo de encaminamiento RIP es verdadera?:**
- a) El protocolo RIP es el sucesor natural de OSPF y dispone de un conjunto más rico de funciones.
 - b) RIP responde a las siglas Rounting Internet Protocol.
 - c) RIP se rige por la RFC 2080.
 - d) RIP realiza un encaminamiento estático.
7. (GSI.PI.2015.B4.34). **En un paquete MPLS, un valor “1” en el campo de la cabecera “Label” significa:**
- a) Implicit NULL Label
 - b) IPv4 Explicit NULL Label
 - c) IPv6 Explicit NULL Label
 - d) Router Alert Label
8. (GSI.PI.2015.B4.35). **El campo label de la cabecera del protocolo MPLS ocupa:**
- a) 20 bits.
 - b) 20 bytes.
 - c) 32 bits.
 - d) 32 bytes.
9. (GSI.PI.2015.B4.36). **¿Cuál de los siguientes servicios o aplicaciones tiene unos requisitos de QoS mayores con respecto al retardo?:**
- a) Correo electrónico.
 - b) Videoconferencia.
 - c) Transferencia de archivos.
 - d) Acceso a web.
10. (GSI.PI.2014.B4.27). **Indique la afirmación correcta respecto a VPLS:**
- a) Sólo permite establecer enlaces VPN punto a punto.
 - b) Ofrece un servicio VPN de capa 4.
 - c) Permite establecer Calidad de Servicio (QoS) utilizando el campo EXP.
 - d) Sólo es útil en un contexto LAN.

11. (GSI.PI.2014.B4.28). **Cuál de las siguientes afirmaciones sobre el protocolo de enrutamiento OSPF (Open Shortest Path First) es INCORRECTA:**
- a) OSPF enruta paquetes basándose únicamente en la dirección IP destino.
 - b) Utiliza un método basado en el algoritmo de Dijkstra para el cálculo de la ruta óptima.
 - c) En OSPF un sistema autónomo (AS) es un conjunto de redes bajo una administración común.
 - d) Al operar OSPF internamente en un sistema autónomo (AS), no puede enviar ni recibir rutas a otros AS.
12. (GSI.PI.2014.B4.46). **En conmutación de paquetes, ¿cuál de las siguientes afirmaciones con respecto a la multiplexación por división de tiempo es correcta?:**
- a) En la multiplexación síncrona no hay preasignación de ranuras temporales.
 - b) En la multiplexación asíncrona se asigna siempre la misma ranura de tiempo a cada dispositivo.
 - c) En la multiplexación síncrona el número de dispositivos debe ser igual al número de ranuras de tiempo disponibles.
 - d) En la multiplexación asíncrona el retardo es variable.
13. (GSI.PI.2014.B4.Reserva.01). **¿Cuál de los siguientes NO es un elemento de una red MPLS según el RFC 3031?:**
- a) LSR - Label Switching Router.
 - b) LDP - Label Distribution Protocol.
 - c) ILM - Incoming Label Mode.
 - d) LSP - Label Switched Path.
14. (GSI.PI.2013.B4.31). **¿Cuál es la dirección multicast utilizada por el protocolo RIP v2 (Routing Information Protocol), según RFC 2453, para enviar las actualizaciones de sus tablas?:**
- a) 224.0.0.4
 - b) 224.0.0.5
 - c) 224.0.0.9
 - d) 224.0.0.22
15. (GSI.PI.2013.B4.39). **De entre los siguientes, ¿qué protocolo es utilizado para reservar recursos de red a una determinada aplicación?:**
- a) RSVP

- b)* ARP
 - c)* 802.1ar
 - d)* H.264
- 16. (GSI.PI.2013.B4.40). **¿En qué protocolo de encaminamiento se utiliza el Algoritmo de Dijkstra para el cálculo de rutas?:**
 - a)* OSPF
 - b)* RIP
 - c)* BGP
 - d)* EGP
- 17. (GSI.PI.2013.B4.41). **¿Cuál de los siguientes elementos NO pertenece al protocolo MPLS (RFC 3031)?:**
 - a)* LSP (Label Switched Path).
 - b)* LSR (Label Switching Router).
 - c)* FEC (Forwarding Equivalence Class).
 - d)* ILP (Incoming Label Protocol).
- 18. (GSI.PI.2013.B4.42). **La recomendación X.25 de la ITU (International Telecommunication Union) se refiere a:**
 - a)* Interfaz entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos para equipos terminales que funcionan en el modo paquete y están conectados a redes públicas de datos por circuitos especializados.
 - b)* Interfaz equipo terminal de datos/equipo de terminación del circuito de datos para los equipos terminales de datos arrítmicos con acceso a la facilidad de ensamblado/desensamblado de paquetes en una red pública de datos situada en el mismo país.
 - c)* Utilización, en las redes públicas de datos, de equipos terminales de datos diseñados para su conexión con módems síncronos de la serie V.
 - d)* Interfaz entre el equipo terminal de datos y el equipo de terminación del circuito de datos para funcionamiento síncrono en redes públicas de datos.
- 19. (GSI.PI.2013.B4.44). **Con respecto al campo Data Link Connection Identifier (DLCI) de Frame Relay señale la respuesta correcta:**
 - a)* Debe ser único en toda la red.
 - b)* Tiene una longitud total de 10 bits por defecto.
 - c)* Controla los mecanismos de notificación de congestión.

- d)* Los valores 0 a 128 del mismo están reservados para funciones especiales.
20. (GSI.PI.2013.B4.45). **MPLS (Multiprotocol Label Switching) utiliza algunos conceptos, entre ellos:**
- a)* FEC (Forwarding Equivalent Class).
 - b)* LAPD (Link Access Protocol for D-channel).
 - c)* CIR (Committed Information Rate).
 - d)* MBS (Maximum Burst Size).
21. (GSI.PI.2013.B4.48). **De los 32 bits que tiene una cabecera MPLS, ¿cuántos están reservados para el valor de la etiqueta MPLS según la RFC 3032?:**
- a)* 32
 - b)* 24
 - c)* 20
 - d)* 16
22. (GSI.PI.2011.B4.13). **¿Qué es FEC (Forwarding Equivalence Class) en MPLS?:**
- a)* Flujos de tráfico que comparten la misma ruta y el mismo tratamiento en cada LSR.
 - b)* Es el trayecto a través del cual fluye el tráfico entre dos extremos LER.
 - c)* Protocolo que conmuta etiquetas.
 - d)* Protocolo responsable de que el LSP sea establecido para que sea funcional mediante el intercambio de etiquetas entre los nodos de la red.
23. (GSI.PI.2011.B4.25). **En el modelo de referencia de ATM, ¿cuántos planos se especifican?:**
- a)* Dos (usuario y señalización).
 - b)* Tres (usuario, control/señalización y administración).
 - c)* Dos (datos estructurados y datos no estructurados).
 - d)* Tres (datos, voz y video).
24. (GSI.PI.2011.B4.33). **En el modelo de referencia de ATM, ¿cómo se denomina la capa que tiene las funciones de convergencia, y segmentación y reensamblado?:**
- a)* TC
 - b)* PM
 - c)* AAL
 - d)* ATM

25. (GSI.PI.2011.B4.35, GSI.LI.2011.B4.11). **¿Qué se entiende por tiempo de convergencia cuando hablamos de routers?:**
- a) Tiempo que tardan dos datagramas que siguen distinto encaminamiento en llegar al router final.
 - b) Rapidez con la cual los routers de la red comparten información de enrutamiento.
 - c) Tiempo que tarda un paquete en alcanzar su destino atravesando el mínimo número de routers posible.
 - d) Tiempo medio que tarda un paquete en alcanzar cualquier nodo de la red, desde un mismo origen.
26. (GSI.PI.2011.B4.37). **¿Cuántos bits tiene cada campo “label” de la pila de etiquetas de la cabecera MPLS?:**
- a) 3 bits.
 - b) 1 bit.
 - c) 20 bits.
 - d) 8 bits.
27. (GSI.PI.2011.B4.42). **En MPLS el LSP (Label Switch Path) es un trayecto:**
- a) Unidireccional.
 - b) Bidireccional, ambos sentidos deben tener las mismas características y parámetros de ingeniería de tráfico.
 - c) Bidireccional, ambos sentidos pueden tener las distintas características y distintos parámetros de ingeniería de tráfico.
 - d) Bidireccional semiduplex.
28. (GSI.PI.2010.B4.35). **Dentro del nivel AAL de ATM, AAL2 se caracteriza por tener:**
- a) Retardo constante y tasa de bit variable.
 - b) Retardo variable y tasa de bit constante.
 - c) Retardo variable y tasa de bit variable.
 - d) Retardo constante y tasa de bit constante.
29. (GSI.PI.2010.B4.37). **¿Cuál de los siguientes es un tipo de algoritmo de control de la congestión en redes conmutadas?:**
- a) Estado del enlace.
 - b) Vector distancia.

- c) Inundación de paquetes.
 - d) Cubeta con goteo.
30. (GSI.PI.2010.B4.38). **¿Qué tamaño tiene una celda ATM?:**
- a) 48 bytes, de los cuales 44 son para transmisión de información y, el resto, para uso de campos de control.
 - b) El campo de dirección o cabecera tiene una longitud 2 octetos, ampliable hasta 4, y un campo de información de entre 1 y 8000 bytes (1600 por defecto).
 - c) Los doce primeros octetos están presentes en cada celda, como cabecera de control, con un cuerpo de información de longitud variable.
 - d) 53 bytes, de los cuales 48 (opcionalmente 44) son para trasiego de información y, los restantes, para uso de campos de control (cabecera) con datos de direccionamiento.
31. (GSI.PI.2010.B4.39). **¿Cuánto overhead o sobrecarga genera cada paquete MPLS?:**
- a) 4 bits.
 - b) 5 bits.
 - c) 32 bits.
 - d) 258 bits.
32. (GSI.PI.2008.B4.40). **Dentro de la arquitectura MPLS -Multiple Protocol Label Switching-, tecnología de conmutación para circuitos virtuales, ¿cómo se denomina al tráfico que se encamina bajo una etiqueta?:**
- a) FER
 - b) LSB
 - c) FEC
 - d) LSR
33. (GSI.PI.2008.B4.41). **Indique cuál de los siguientes NO es un paquete que se curse en el nivel 3 del protocolo X.25 en la fase de establecimiento de la conexión:**
- a) CALL REQUEST
 - b) INCOMING CALL
 - c) CLEAR INDICATION
 - d) CALL CONECTED
34. (GSI.PI.2008.B4.42). **Indique cuál de los siguientes NO es un protocolo de encaminamiento IGP (Interior Gateway Protocol):**

- a) RIP
 - b) BGP
 - c) OSPF
 - d) IGRP
35. (GSI.PI.2008.B4.43). **ATM (modo de transferencia asíncrono) es un protocolo de nivel 2 utilizado en las redes de operadores sobre el que se encapsulan protocolos de niveles superiores en celdas de 53 octetos. Indique cuál de las siguientes capas es la encargada de añadir los últimos 5 bytes de overhead ó sobrecarga de protocolo a los 48 bytes restantes para completar la celda ATM:**
- a) Capa AAL1
 - b) Capa CBR
 - c) Capa AAL5
 - d) Capa ATM
36. (GSI.PI.2008.B4.44). **¿Cuál de las siguientes clases de servicio proporcionadas por el protocolo ATM (Asynchronous Transfer Mode) deberíamos utilizar para la transmisión de video MPEG?:**
- a) ABR
 - b) VBR-RT
 - c) VBR-NRT
 - d) UBR
37. (GSI.PI.2008.B4.45). **En relación con el protocolo MPLS (Multiprotocol Label Switching), indique cuál de las siguientes afirmaciones es FALSA:**
- a) En MPLS el camino que el tráfico sigue por los nodos está prefijado desde el origen.
 - b) En MPLS se puede ofrecer un conjunto mayor y más flexible de servicios sobre las redes de operador, si bien, el mecanismo de conmutación de etiquetas es algo más lento que el mecanismo de encaminamiento IP.
 - c) Sobre MPLS se pueden establecer Redes Privadas Virtuales de nivel 3 con protocolo IP.
 - d) Sobre MPLS se pueden establecer Redes Privadas Virtuales de nivel 2 con VPLS.
38. (GSI.PI.2008.B4.46). **Las redes ATM se caracterizan por:**
- a) Las células se transmiten a intervalos regulares.
 - b) Se realiza control de errores en el campo de datos.

- c) No se garantiza que las células llegan a su destino en el mismo orden en el que fueron transmitidas.
 - d) Se realiza control de flujo en la red ATM.
39. (GSI.LI.2016.B4.Reserva.01). **La denominada Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) tiene propuesta su arquitectura en el:**
- a) RFC 4372
 - b) RFC 3031
 - c) RFC 3945
 - d) RFC 2684
40. (GSI.LI.2015.B4.27). **La tecnología Frame Relay implementa mecanismos de notificación de saturación. ¿A qué se corresponde la representada por las siglas FECN?:**
- a) Notificación de saturación fuera de banda.
 - b) Notificación de la saturación explícita hacia atrás.
 - c) En esta tecnología no se implementan estos mecanismos.
 - d) Notificación de congestión explícita hacia delante.
41. (GSI.LI.2014.B4.28). **En el protocolo RIP Version 2 (Routing Information Protocol), cuyo algoritmo está basado en vector distancia, el límite máximo de saltos a partir del cual se considera una ruta como inalcanzable es:**
- a) 15 saltos.
 - b) 9 saltos.
 - c) 16 saltos.
 - d) 7 saltos.
42. (GSI.LI.2014.B4.30). **Diferencia entre el protocolo RIP v1 y RIP v2:**
- a) RIP v1 es un protocolo de estado del enlace mientras que el RIP v2 es de vector de distancia.
 - b) RIP v1 encapsula los mensajes en paquetes UDP y RIP v2 en paquetes TCP.
 - c) RIP v1 no admite subredes y RIP v2 si las admite.
 - d) RIP v1 es un protocolo de encaminamiento dinámico de tipo IGP Y RIP v2 es un protocolo de encaminamiento dinámico de tipo BGP.
43. (GSI.LI.2014.B4.31). **El tamaño de una cabecera MPLS según la RFC 3032, es de:**

- a) 20 bits.
 - b) 32 bits.
 - c) 48 bits.
 - d) 64 bits.
44. (GSI.LI.2013.B4.31). **¿Cuál de los siguientes NO es un mecanismo de control de la congestión en redes?:**
- a) Cubeta con ficha.
 - b) Paquetes de estrangulamiento.
 - c) Control de admisión.
 - d) Vector distancia.
45. (GSI.LI.2013.B4.32). **¿Cuál de los siguientes canales de acceso NO se emplea en RDSI?:**
- a) B
 - b) D
 - c) H
 - d) I
46. (GSI.LI.2013.B4.34). **En MPLS, la asignación de un paquete a un FEC (Forwarding Equivalence Class) tiene lugar:**
- a) Sólo una vez, cuando el paquete entra en la red MPLS.
 - b) Antes de entrar en la red MPLS, en el último router convencional conectado antes del primer nodo MPLS.
 - c) Al iniciar una conexión de red, negociando el host de origen con el primer nodo MPLS el FEC a usar.
 - d) Cuando el primer paquete abandona la red MPLS, y se ha podido descubrir la ruta por medios convencionales.
47. (GSI.LI.2011.B4.15). **¿Cuál de los siguientes NO es un tipo de paquete del protocolo OSPF?:**
- a) Descripción de la Base de Datos (Database Description).
 - b) Petición de Estado de Enlace (Link State Request).
 - c) Señalización de Siguiente Salto (Next Hop Signal).
 - d) Actualización de Estado de Enlace (Link State Update).
48. (GSI.LI.2011.B4.24). **En la tecnología MPLS, ¿cuántas veces y donde se asigna un paquete a un determinado FEC?:**

- a)* Tantas como LSR atraviese el paquete, ya que cada LSR se comprueba la etiqueta y le asigna un nuevo FEC.
- b)* Una sola vez en el LER de salida del dominio MPLS.
- c)* Los paquetes no se asignan a un FEC si no a un LSR concreto.
- d)* Una sola vez en el primer LER de entrada al dominio MPLS.

49. (GSI.LI.2011.B4.25). **En GMPLS el LSP (Label Switch Path) es un trayecto:**

- a)* Unidireccional.
- b)* Bidireccional, ambos sentidos deben tener las mismas características y parámetros de ingeniería de tráfico.
- c)* Bidireccional, ambos sentidos pueden tener las distintas características y distintos parámetros de ingeniería de tráfico.
- d)* Bidireccional semiduplex.

50. (GSI.LI.2010.B4.00). :

- a)*
- b)*
- c)*
- d)*

12. Soluciones

- | | | |
|-------|-------|-------|
| 1. D | 18. A | 35. D |
| 2. B | 19. B | 36. B |
| 3. D | 20. A | 37. B |
| 4. B | 21. C | 38. A |
| 5. D | 22. A | 39. C |
| 6. C | 23. B | 40. D |
| 7. D | 24. C | 41. A |
| 8. A | 25. B | 42. C |
| 9. B | 26. C | 43. B |
| 10. C | 27. A | 44. D |
| 11. D | 28. A | 45. D |
| 12. D | 29. D | 46. A |
| 13. C | 30. D | 47. C |
| 14. C | 31. C | 48. D |
| 15. A | 32. C | 49. B |
| 16. A | 33. C | |
| 17. D | 34. B | |

Referencias

- [1] Multiprotocol Label Switching.
https://es.wikipedia.org/wiki/Multiprotocol_Label_Switching
- [2] MPLS for Dummies.
<https://www.nanog.org/meetings/nanog49/presentations/Sunday/mpls-nanog49.pdf>