

RESUMEN CLASE 13

1. Un paquete de la capa de red es un **datagrama**. Un **router** reenvía un paquete basándose en la dirección IP (capa 3) del paquete. Un **conmutador de capa de enlace** (switch) reenvía un paquete basándose en la dirección MAC (capa 2) del paquete.
2. La función principal del **plano de datos** es el **reenvío de paquetes**, es decir, reenviar datagramas desde sus enlaces de entrada hacia sus enlaces de salida. Por ejemplo, los **puertos de entrada** del plano de datos realizan funciones de capa física (terminar un enlace físico entrante en el router), funciones de capa de enlace (interoperar con la capa de enlace del otro extremo del enlace entrante) y funciones de búsqueda (lookup) en los puertos de entrada. La función principal del **plano de control** es el **enrutamiento**, es decir, determinar las rutas que toma un paquete desde su origen hasta su destino. El plano de control se encarga de ejecutar protocolos de enrutamiento, responder a enlaces conectados que se activan o desactivan, comunicarse con controladores remotos y realizar funciones de gestión.
3. La **diferencia clave entre enrutamiento y reenvío** es que el reenvío es una acción **local del router** que transfiere paquetes desde sus interfaces de entrada hacia sus interfaces de salida, y ocurre en escalas de tiempo muy cortas (típicamente unos pocos nanosegundos), por lo tanto, se implementa normalmente en **hardware**. En cambio, el enrutamiento es un proceso **a nivel de red** que determina las rutas de extremo a extremo que toman los paquetes, se realiza en escalas de tiempo más largas (típicamente segundos) y a menudo se implementa en **software**.
4. La función de la **tabla de reenvío** en un router es contener entradas que determinan la interfaz de enlace de salida a la cual será reenviado un paquete que acaba de llegar, a través de la **estructura de conmutación** (switching fabric).
5. El modelo de servicio de la capa de red de Internet es un **servicio de mejor esfuerzo** (*best-effort service*). Con este modelo, no hay garantías de que los paquetes se reciban en el orden en que fueron enviados, ni garantía de entrega eventual, ni de retraso de extremo a extremo, ni garantía mínima de ancho de banda.
6. Los **puertos de entrada**, la **estructura de conmutación** y los **puertos de salida** se implementan en **hardware**, porque su funcionalidad de procesamiento de datagramas es demasiado rápida para ser implementada en software. Un **procesador de enrutamiento** dentro de un router tradicional usa **software** para ejecutar protocolos de enrutamiento, mantener tablas de enrutamiento e información de estado de los enlaces conectados, y calcular la tabla de reenvío. Además, en un router SDN (Software Defined Networking), el procesador de enrutamiento también depende del software para comunicarse con un **controlador remoto**, recibir entradas de la tabla de reenvío e instalarlas en los puertos de entrada del router.

El **plano de datos** se implementa generalmente en hardware debido a la necesidad de procesamiento rápido (por ejemplo, en la escala de nanosegundos). El **plano de control** suele implementarse en software y opera en escalas de milisegundos o segundos, por ejemplo, para ejecutar protocolos de enrutamiento, responder a cambios en enlaces conectados, comunicarse con controladores remotos y realizar funciones de gestión.

7. Con la **copia sombra** (*shadow copy*), la búsqueda de la tabla de reenvío se realiza **localmente** en cada puerto de entrada, sin invocar al procesador centralizado de enrutamiento. Este enfoque descentralizado evita crear un **cuello de botella** en la búsqueda de reenvío en un solo punto del router.
8. El **reenvío basado en destino** significa que un datagrama que llega a un router será reenviado a una interfaz de salida basándose **solo en su destino final**. El **reenvío generalizado** (*generalized forwarding*) considera además otros factores asociados al datagrama al momento de determinar la interfaz de salida. Las redes definidas por software (SDN) adoptan el reenvío generalizado. Por ejemplo, una decisión de reenvío puede basarse en los **números de puerto TCP/UDP de origen o destino**, además de la dirección IP de destino.
9. Un router utiliza la técnica de **coincidencia del prefijo más largo** (*longest prefix matching*) para determinar a qué interfaz de enlace se debe reenviar un paquete, si la dirección de destino del paquete coincide con dos o más entradas en la tabla de reenvío. En tal caso, el paquete será reenviado por la interfaz cuyo **prefijo coincida en mayor medida** con la dirección de destino.
10. Tipos de conmutación:
 - Conmutación mediante **memoria**
 - Conmutación mediante **bus**
 - Conmutación mediante una **red de interconexión**
Una red de interconexión puede reenviar paquetes en **paralelo**, siempre que los paquetes se dirijan a **puertos de salida diferentes**.
11. Si la **tasa de llegada** de los paquetes a la estructura de conmutación excede su capacidad, los paquetes deberán hacer cola en los **puertos de entrada**. Si esta discrepancia persiste, las colas crecerán y eventualmente se desbordarán los búferes, causando **pérdida de paquetes**. La pérdida puede eliminarse si la estructura de conmutación es al menos **n veces más rápida** que la velocidad de línea de entrada, donde **n** es el número de puertos de entrada.
12. Suponiendo que las velocidades de entrada y salida son iguales, puede ocurrir **pérdida de paquetes** si la **tasa de llegada a un solo puerto de salida** excede la velocidad de línea. Si esta discrepancia persiste, las colas crecerán y eventualmente desbordarán el búfer del puerto de salida, causando pérdida. **Aumentar la velocidad de la estructura de conmutación no puede evitar este problema.**
13. **Bloqueo por cabecera de línea (HOL blocking)**: a veces, un paquete que está primero en la cola de un puerto de entrada debe esperar porque no hay espacio disponible en el búfer del puerto de salida al que se dirige. Cuando esto ocurre, todos los paquetes **detrás de él quedan bloqueados**, incluso si sus colas de salida sí tienen espacio disponible. Este fenómeno ocurre en el **puerto de entrada**.