Tecnología Digital IV: Redes de Computadoras

Clase 21: Nivel de Enlace - Parte 3

Lucio Santi & Emmanuel Iarussi

Licenciatura en Tecnología Digital
Universidad Torcuato Di Tella

29 de Octubre de 2025

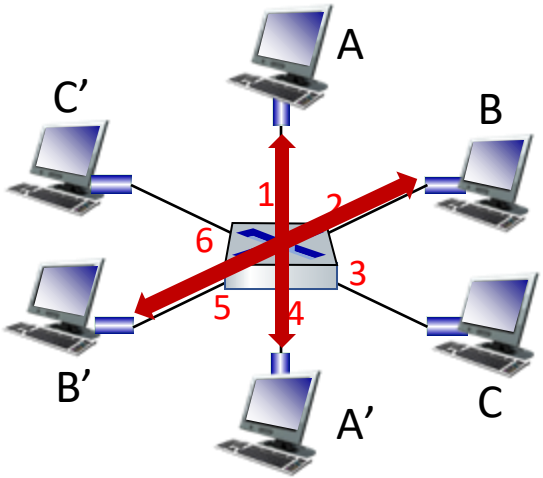
Switches

Switches en Ethernet

- Un **switch** es un dispositivo de nivel de enlace: toma un rol activo
  - Almacena y reenvía frames Ethernet
  - Inspecciona las MACs de los frames entrantes y los reenvía selectivamente a uno (o más) de los enlaces de salida
- Es transparente: los hosts no están al tanto de su presencia
- Es *plug-and-play* y “autodidacta”
  - No requieren configuración

Switch: múltiples transmisiones en simultáneo

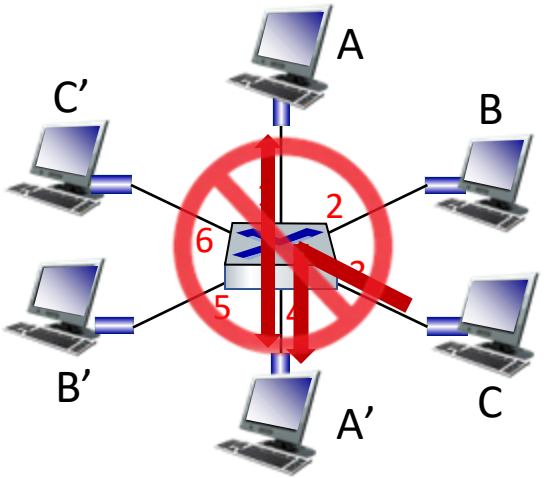
- Los hosts tienen una conexión dedicada y directa hacia un switch
- Los switches almacenan frames
- Se utiliza el protocolo Ethernet en cada enlace:
  - **Sin colisiones**: *full-duplex*
  - Cada enlace es un **dominio de colisión**
- Switching: pueden coexistir transmisiones de A hacia A’ y de B hacia B’, sin colisiones



switch con seis interfaces (1,2,3,4,5,6)

Switch: múltiples transmisiones en simultáneo

- Los hosts tienen una conexión dedicada y directa hacia un switch
- Los switches almacenan frames
- Se utiliza el protocolo Ethernet en cada enlace:
  - **Sin colisiones**: *full-duplex*
  - Cada enlace es un **dominio de colisión**
- Switching: pueden coexistir transmisiones de A hacia A’ y de B hacia B’, sin colisiones
  - Pero **no** de A hacia A’ y de C hacia A’



switch con seis interfaces (1,2,3,4,5,6)

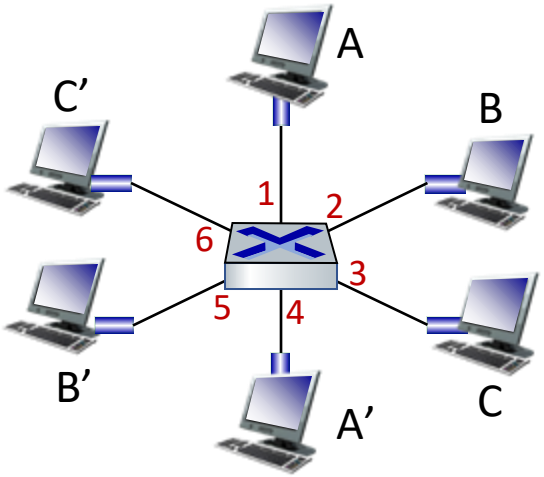
Tabla de *forwarding* en switches

¿Cómo sabe el switch que A’ es alcanzable vía su interfaz 4 y B’ vía la 5?

Cada switch tiene una **tabla**:

- Entradas de la forma

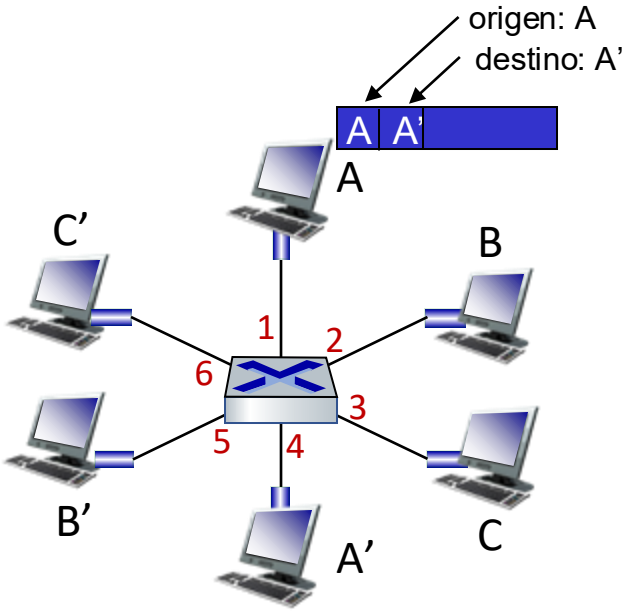
  (dirección MAC, interfaz, *timestamp*)
- Similar a una tabla de ruteo



¿Cómo se generan y administran las entradas en las tablas?

Autoaprendizaje

- Los switches infieren qué hosts pueden alcanzarse a través de cuáles interfaces
  - Al recibir un frame, el switch aprende la ubicación del emisor: el segmento de la LAN por el que llega el frame
  - Guarda el par (emisor, ubicación) en su tabla



MAC	interfaz	TTL
A	*1*	*60*

tabla del switch
(inicialmente vacía)

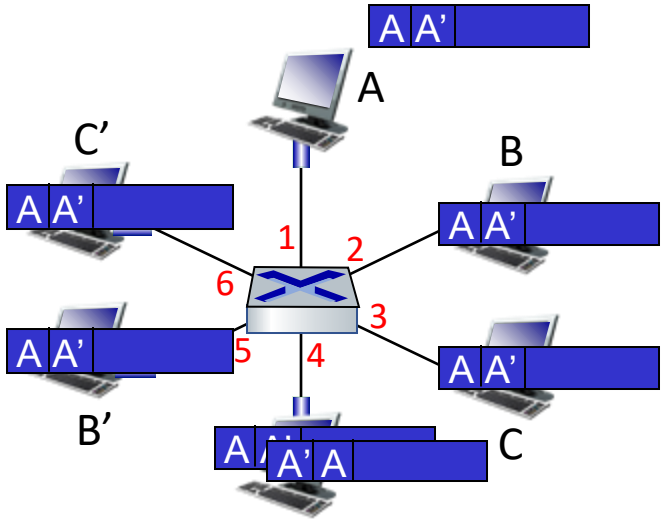
Algoritmo de *forwarding* en switches

Al recibir un frame,

1. Registrar la MAC y el enlace de entrada del emisor
2. Indexar la tabla de *forwarding* empleando la MAC destino
3. Si existe una entrada en la tabla {
   Si el destino está en el mismo segmento de entrada {
   Descartar frame
   } Si no {
   Reenviar frame por la interfaz indicada en la entrada
   }
   } Si no {
   Flooding: reenviar el frame en todas las interfaces (excepto la de entrada)
   }

Autoaprendizaje y *forwarding*: ejemplo

- Destino del frame, A', desconocido
  flood
- Destino del frame, A, conocido
  envío selectivo en un único enlace

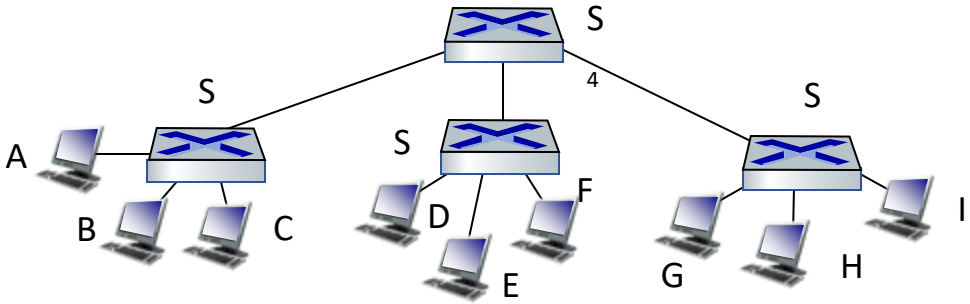


MAC	interfaz	TTL
A *A* *'*	*1* *4*	*60* *60*

tabla del switch
(inicialmente vacía)

Interconexión de switches

Los switches pueden interconectarse:

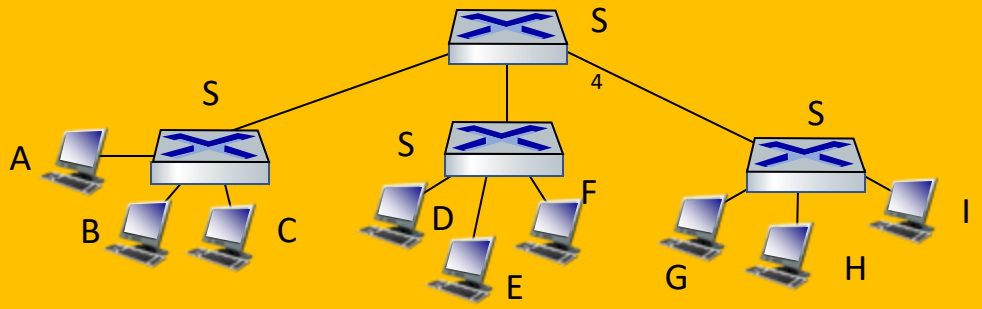


Al enviar un frame de A hacia G,
¿cómo sabe S_1 que debe reenviar el frame hacia S_4?

- Vía **autoaprendizaje** (funciona exactamente igual que antes)
- ¿Qué sucede si la MAC destino no se encuentra en la red?

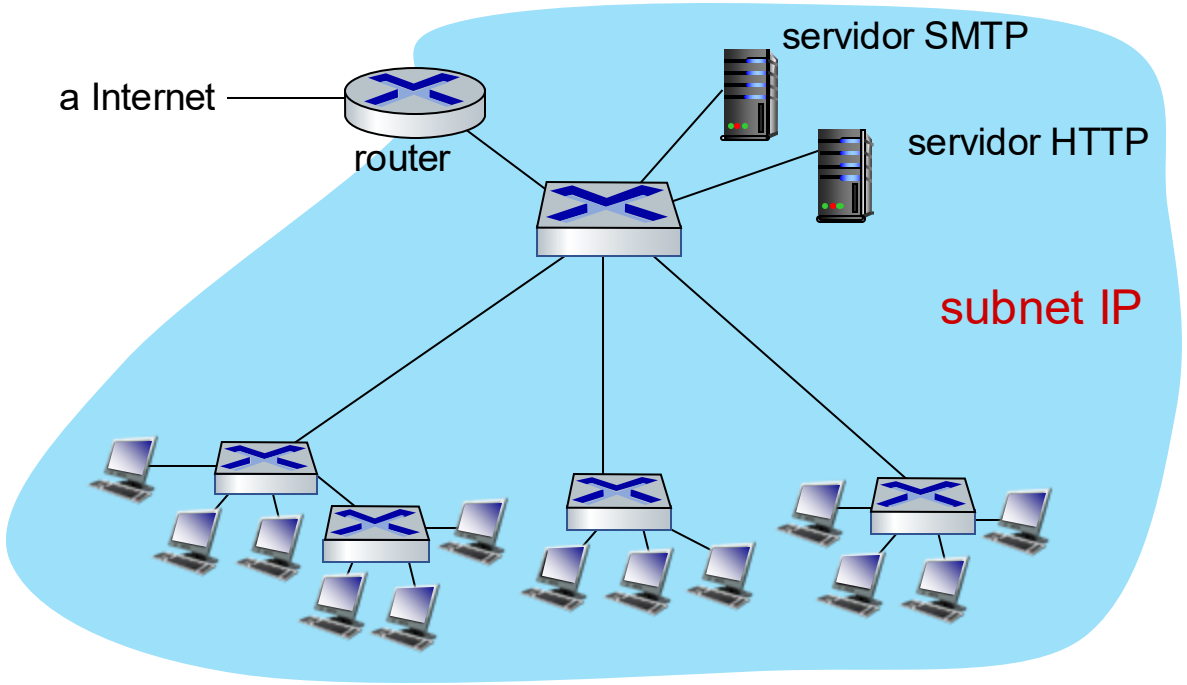
Ejercicio!

Supongamos que C envía un frame a I y que éste le responde



Mostrar las tablas de *forwarding* y el reenvío de paquetes en los cuatro switches de la LAN

Ejemplo: red corporativa *switcheada*



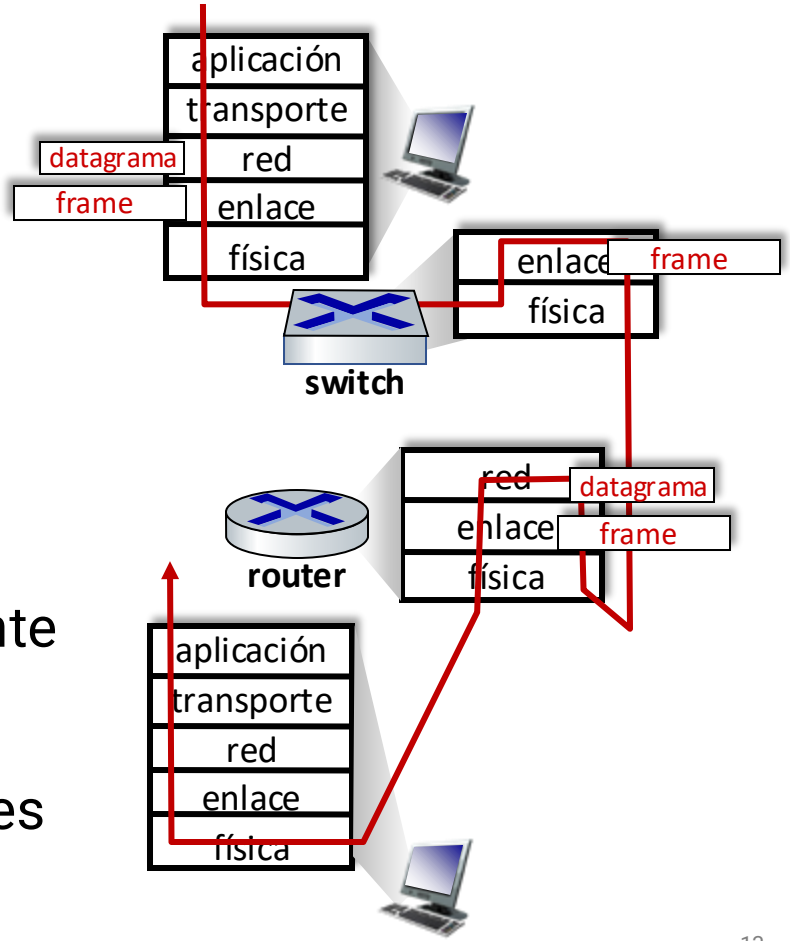
Switches vs. routers

Ambos son *store-and-forward*

- Routers: dispositivos de nivel de red (examinan *headers* de red)
- Switches: dispositivos de nivel de enlace (examinan *headers* de enlace)

Ambos tienen tablas de *forwarding*

- Routers: computan las tablas mediante algoritmos de ruteo y direcciones IP
- Switches: aprenden las tablas vía *flooding*, autoaprendizaje y direcciones MAC



Redes de datacenters

Redes de datacenters

Decenas o cientos de miles de hosts acoplados y en proximidad

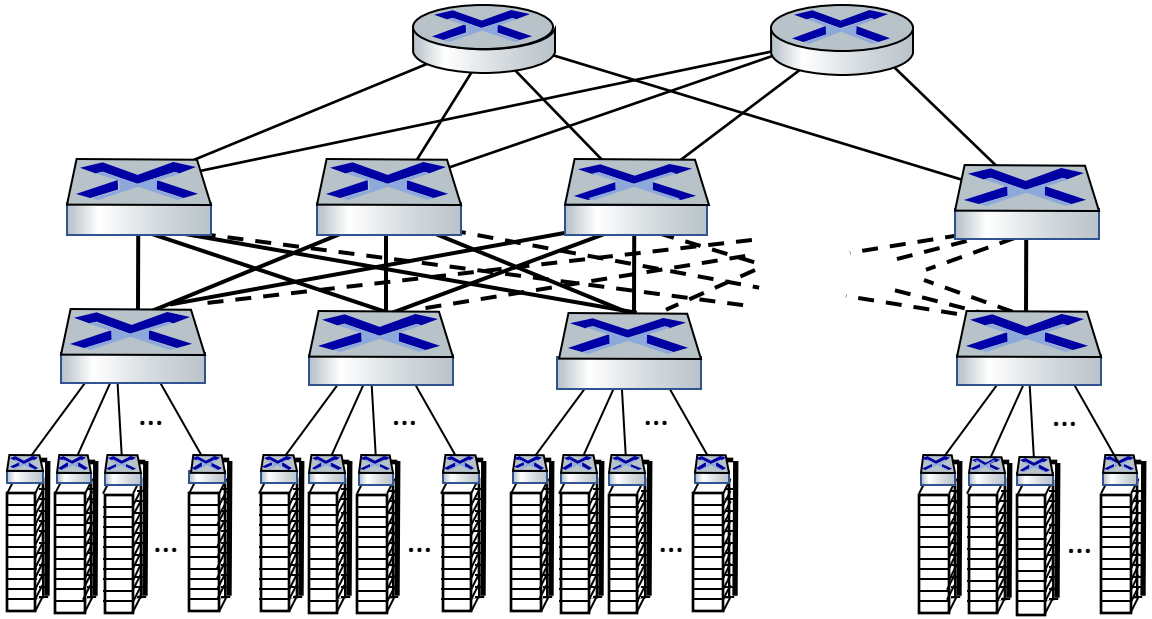
- Comercio electrónico (e.g. Amazon)
- Servidores de contenido (e.g., YouTube, Akamai, Apple, Microsoft)
- Motores de búsqueda (e.g., Google)

Desafíos:

- Múltiples aplicaciones, cada una sirviendo una alta cantidad de clientes
- Confiabilidad
- Balanceo de carga, evasión de *bottlenecks* (e.g. de *networking*)

Datacenter de Microsoft

Redes de datacenters: topología



Border routers

- Conectividad hacia el exterior

Switches *tier-1*

- Conectando ~16 T-2s debajo

Switches *tier-2*

- Conectando ~16 TORs debajo

Switch TOR (*Top of Rack*)

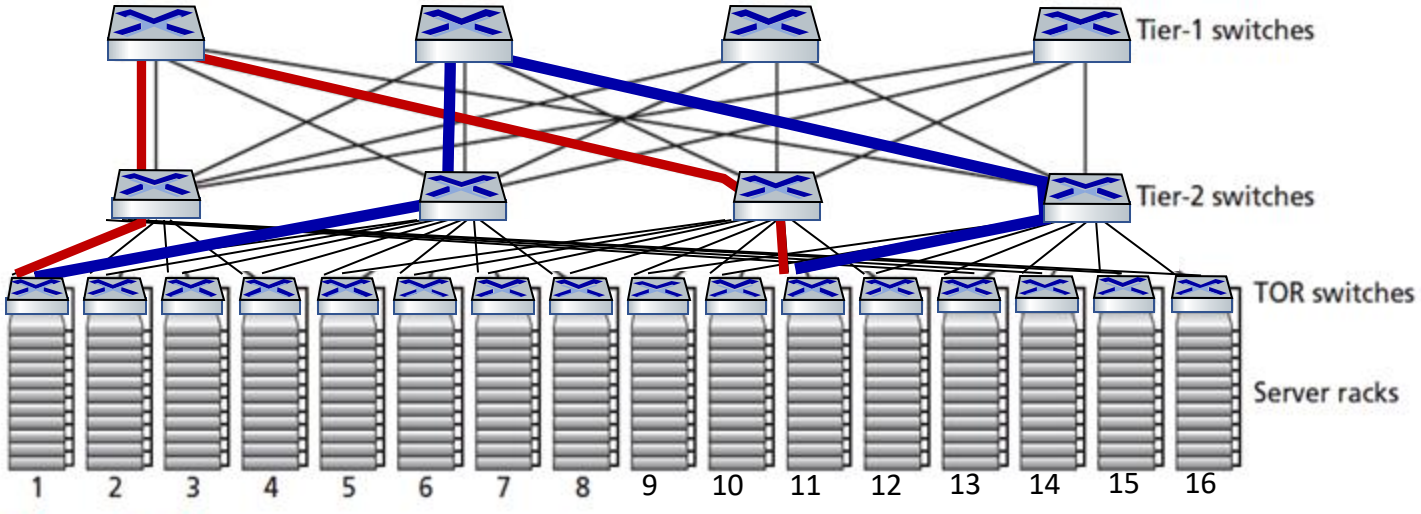
- Uno por *rack*
- Ethernet de 40-100Gbps

Racks de servidores

- 20-40 *blades*: hosts

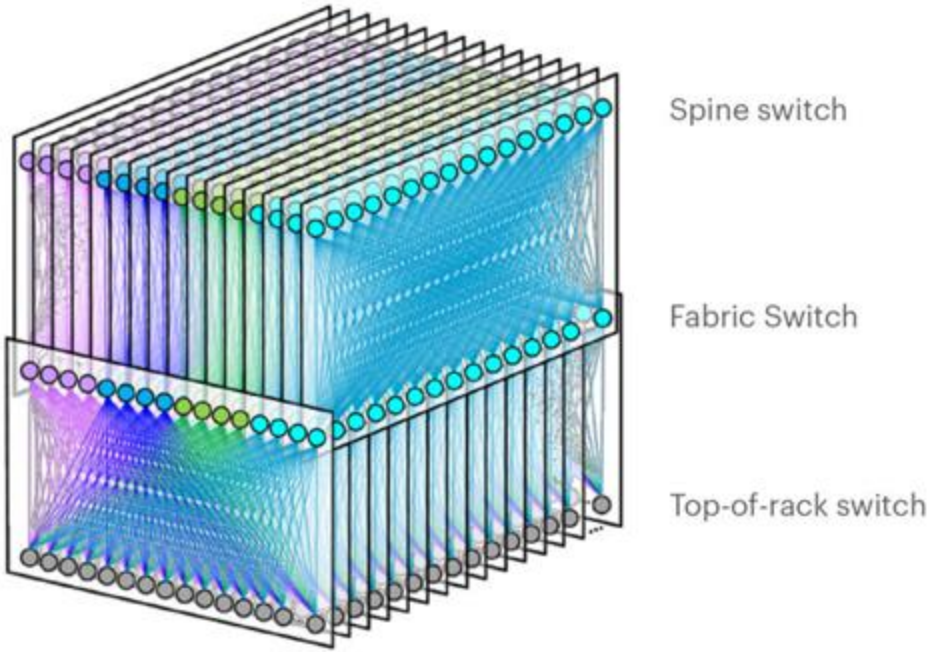
Redes de datacenters: *multipath*

- Interconexión abundante entre switches y racks
  - Más throughput entre *racks* (múltiples rutas posibles)
  - Más confiabilidad por redundancia



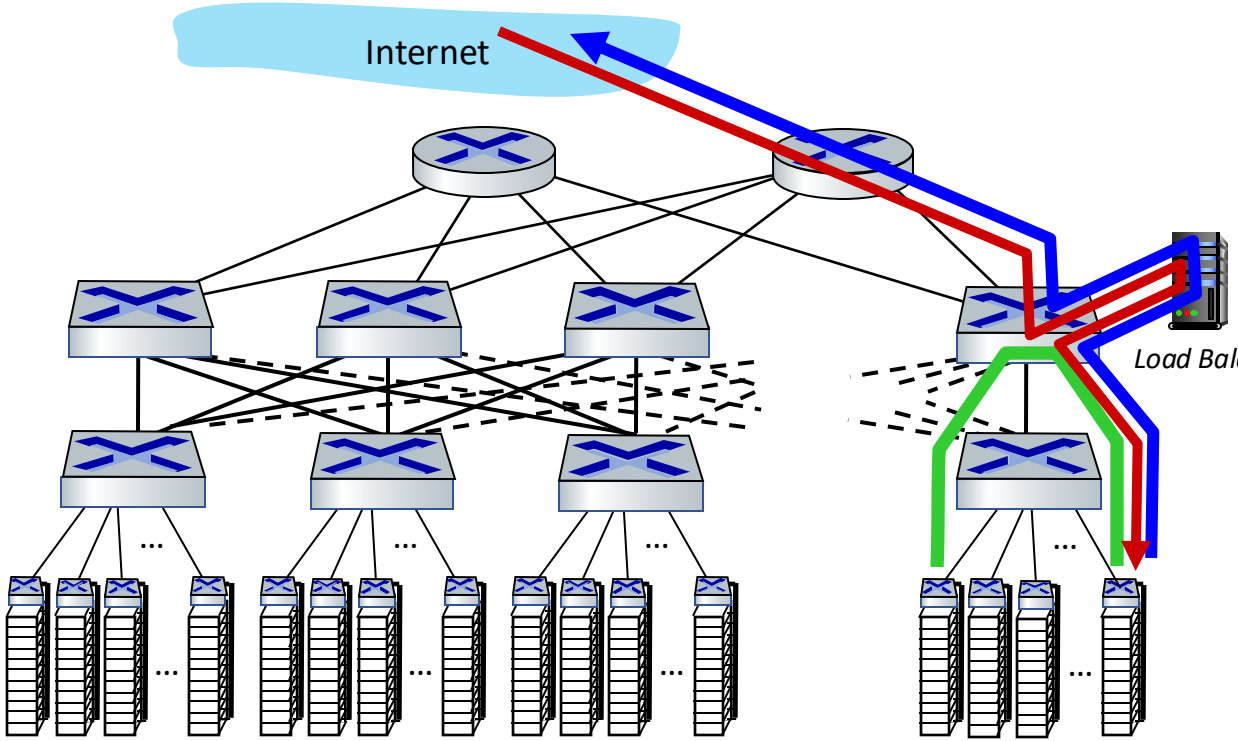
Dos caminos disjuntos entre los *racks* 1 y 11

Ejemplo: red F16 (Facebook)



https://engineering.fb.com/data-center-engineering/f16-minipack/ (marzo de 2019)

Redes de datacenters: ruteo a nivel aplicación



Balanceador de carga

- Recibe *requests* de cliente externos
- Dirige el tráfico dentro del datacenter
- Devuelve los resultados al cliente (escondiendo la complejidad del datacenter del cliente)