

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

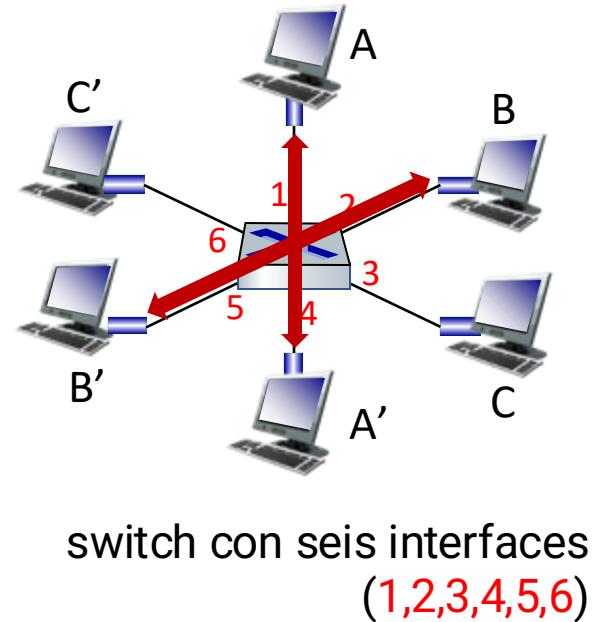
Switches

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

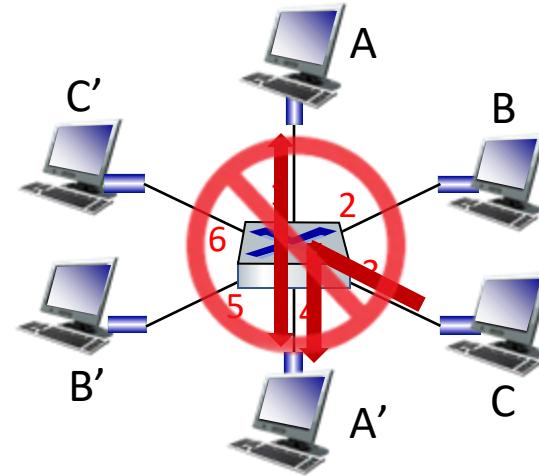
Switch: múltiples transmisiones en simultáneo

- 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: 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'



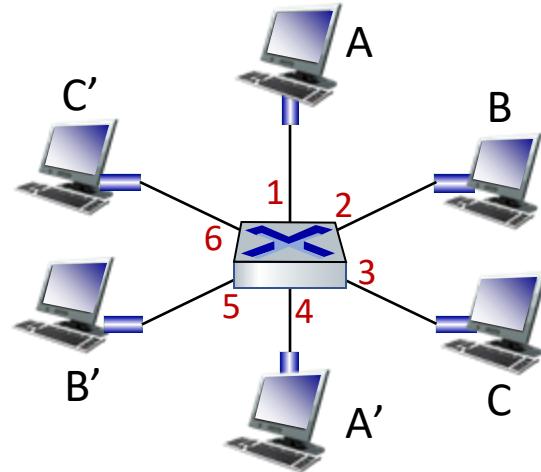
switch con seis interfaces
(1,2,3,4,5,6)

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**:

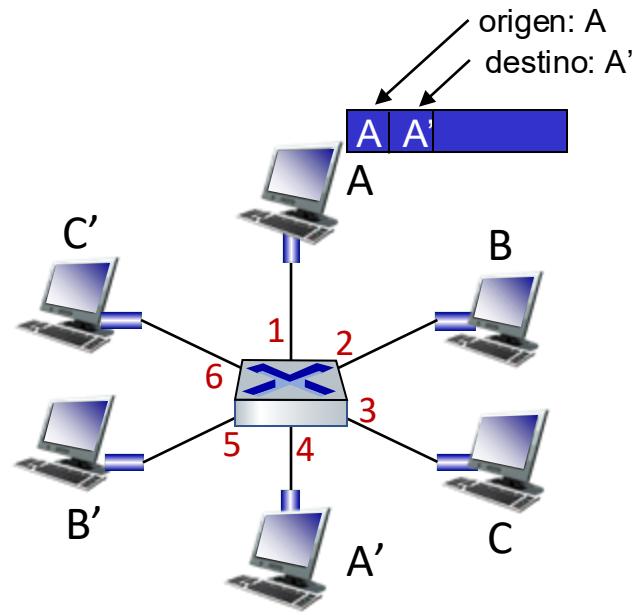
- Entradas de la forma (dirección MAC, interfaz, *timestamp*)
- Similar a una tabla de ruteo



¿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)

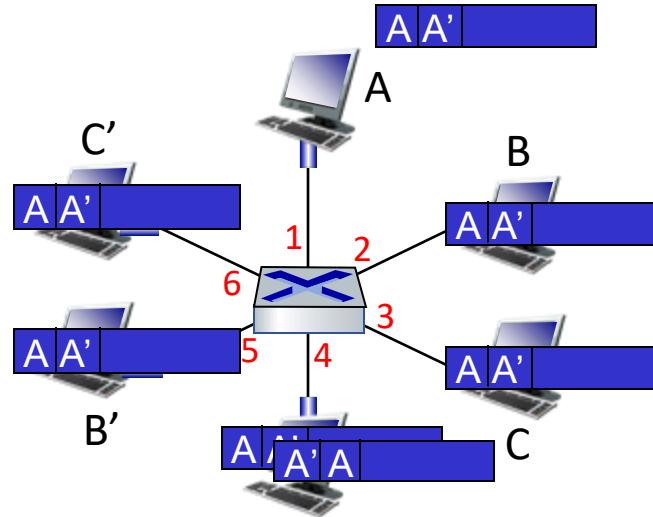
Algoritmo de *forwarding* en switches

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

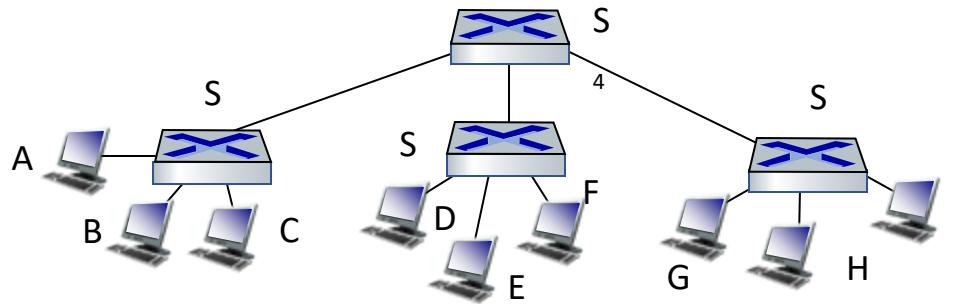


MAC	interfaz	TTL
A	1	60
A'	4	60
,		

tabla del switch
(initialmente vacía)

Interconexión de switches

Los switches pueden interconectarse:

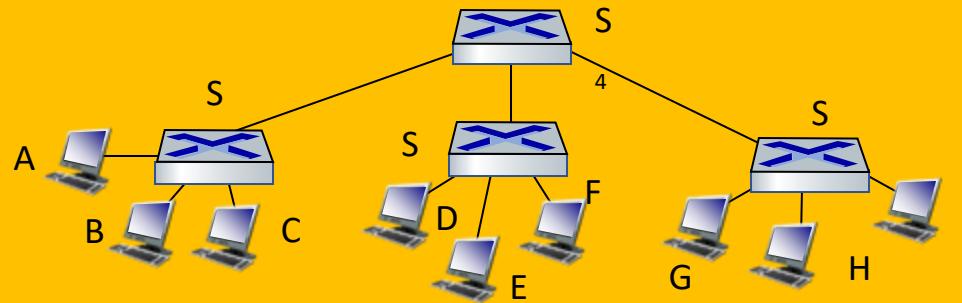


Al enviar un frame de A hacia G,
¿cómo sabe S₁ que debe reenviar el frame hacia S₄?

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

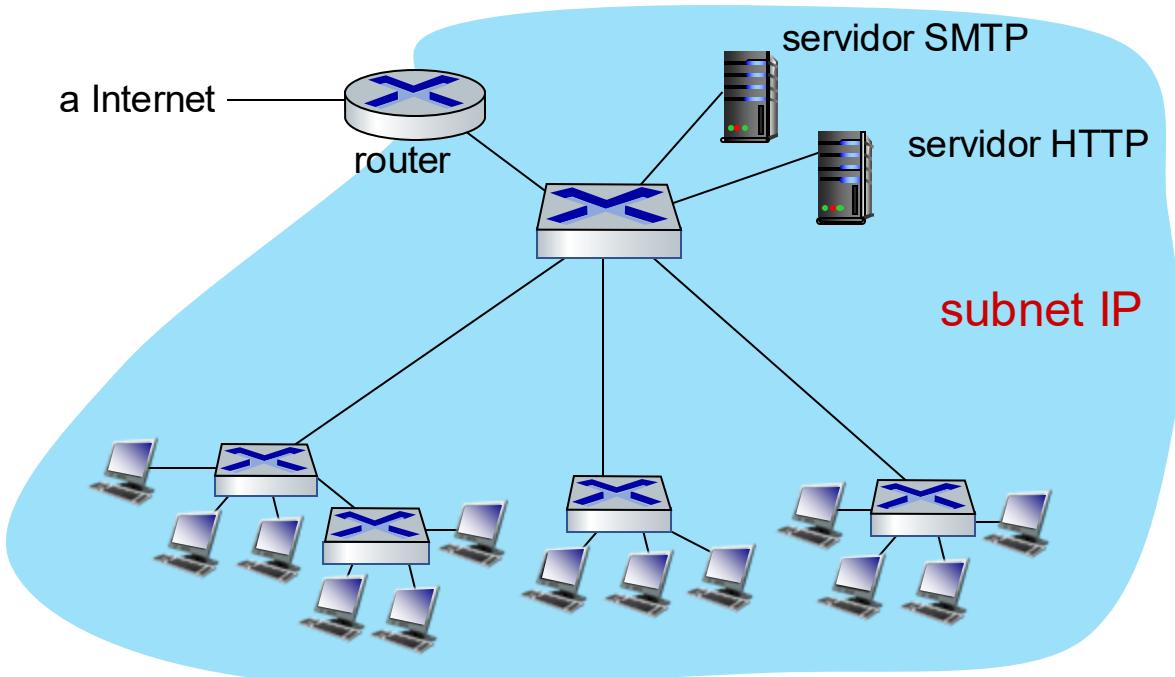
Ejercicio!

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 switcheadas



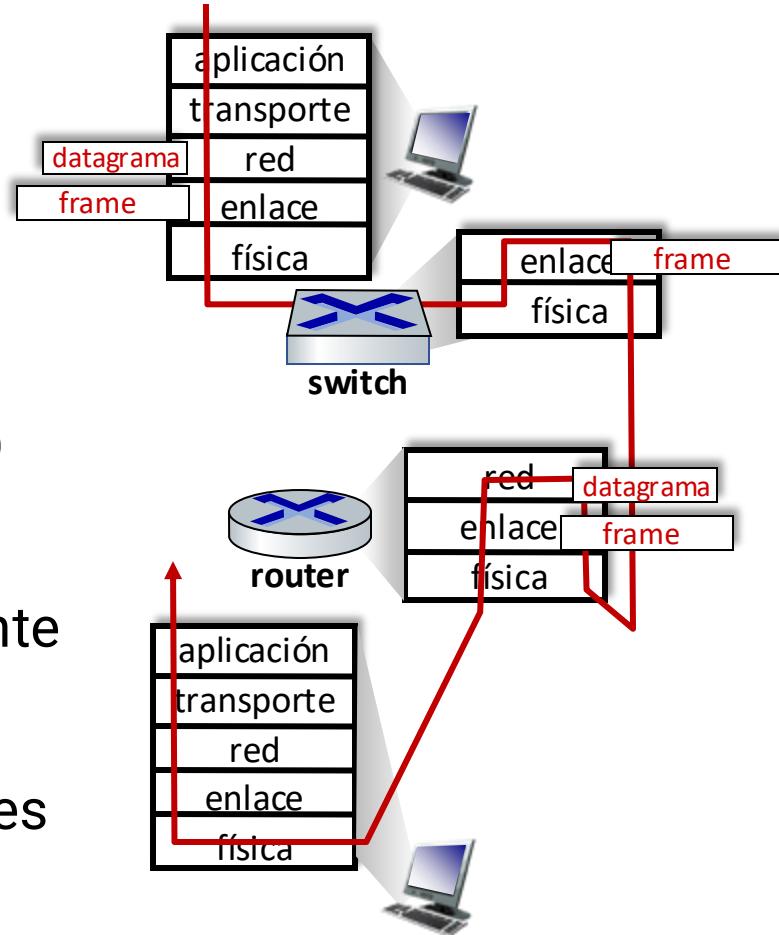
Switches vs. routers

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)

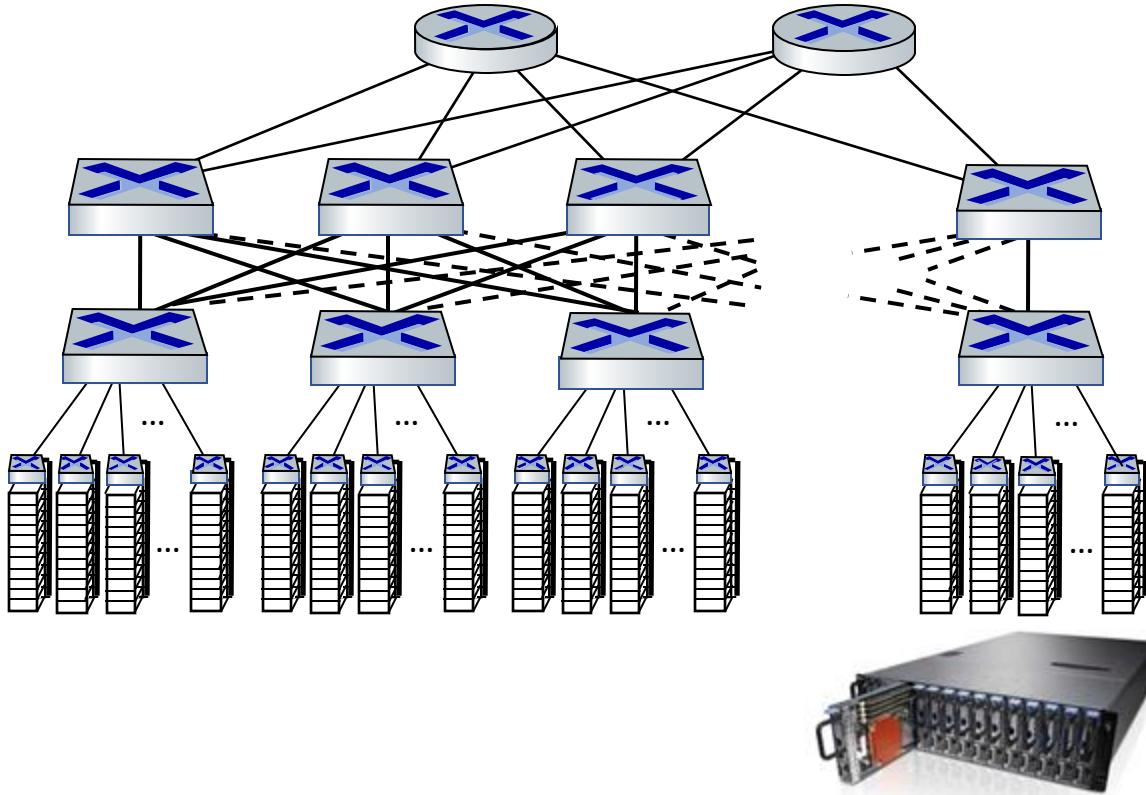
Desafíos:

- 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)

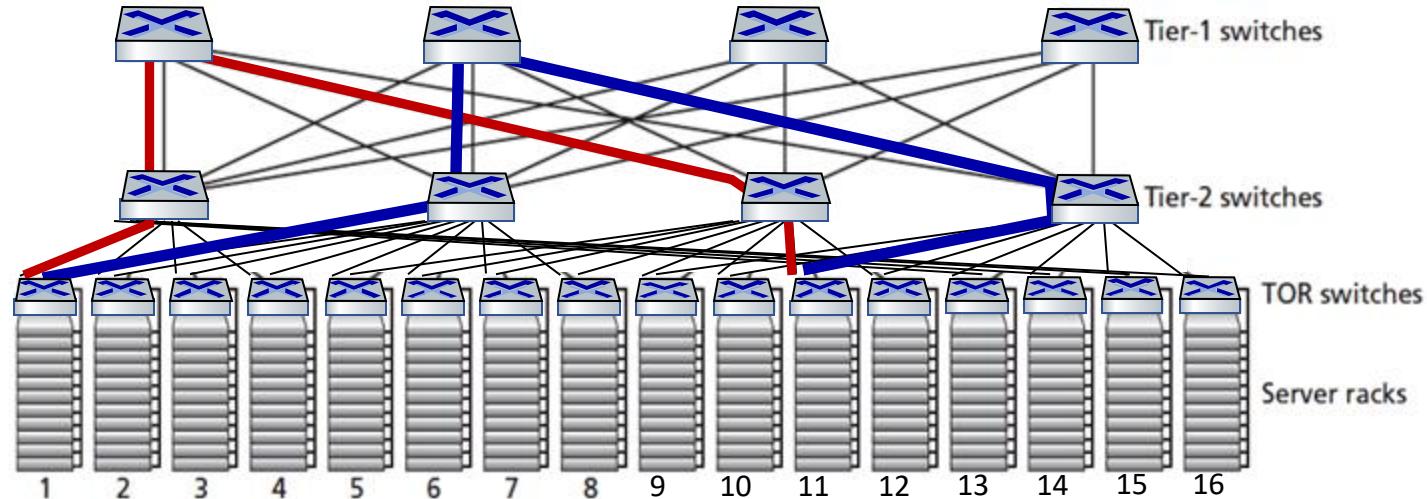
- Uno por rack
- Ethernet de 40-100Gbps

Racks de servidores

- 20-40 *blades*: hosts

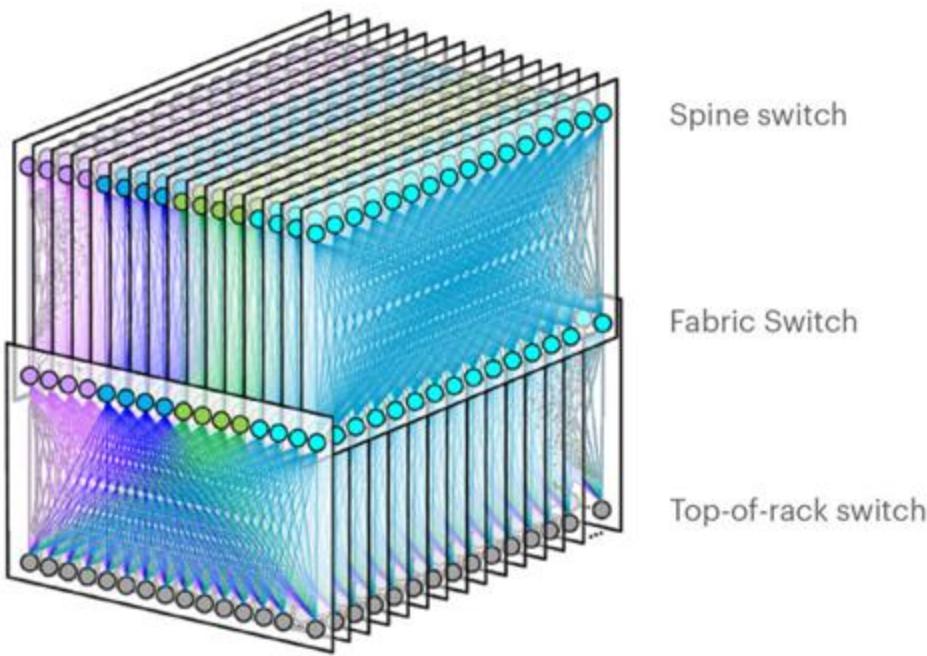
Redes de datacenters: *multipath*

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



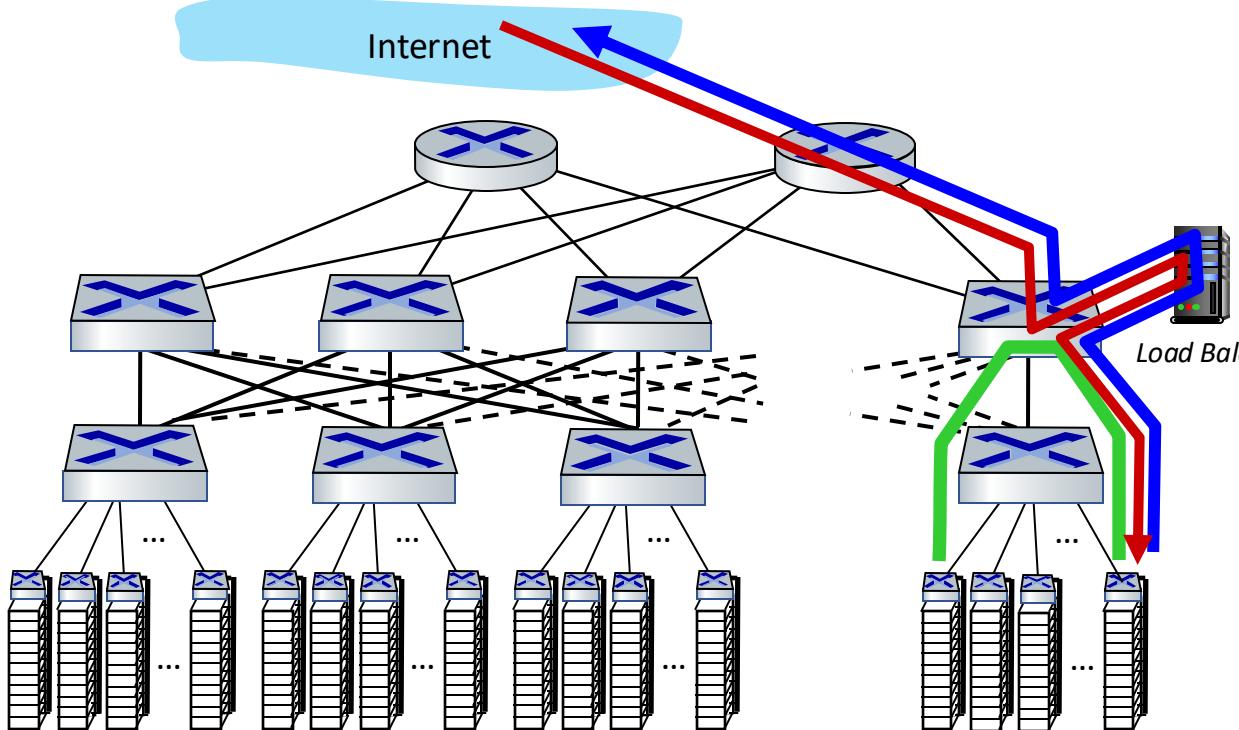
Dos caminos **disjuntos** entre los *racks* 1 y 11

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 clientes externos
- Dirige el tráfico dentro del datacenter
 - Devuelve los resultados al cliente (escondiendo la complejidad del datacenter del cliente)