

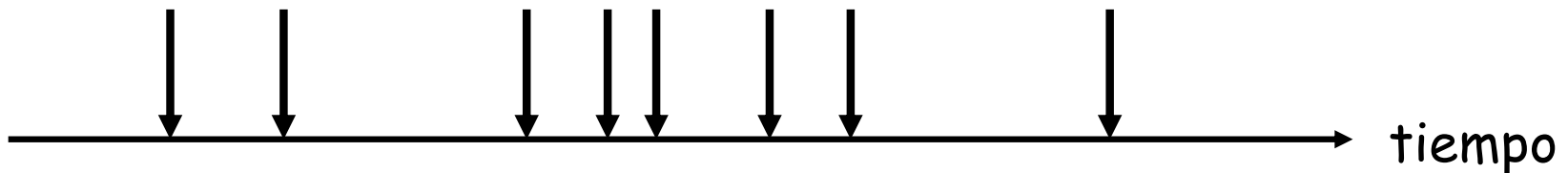
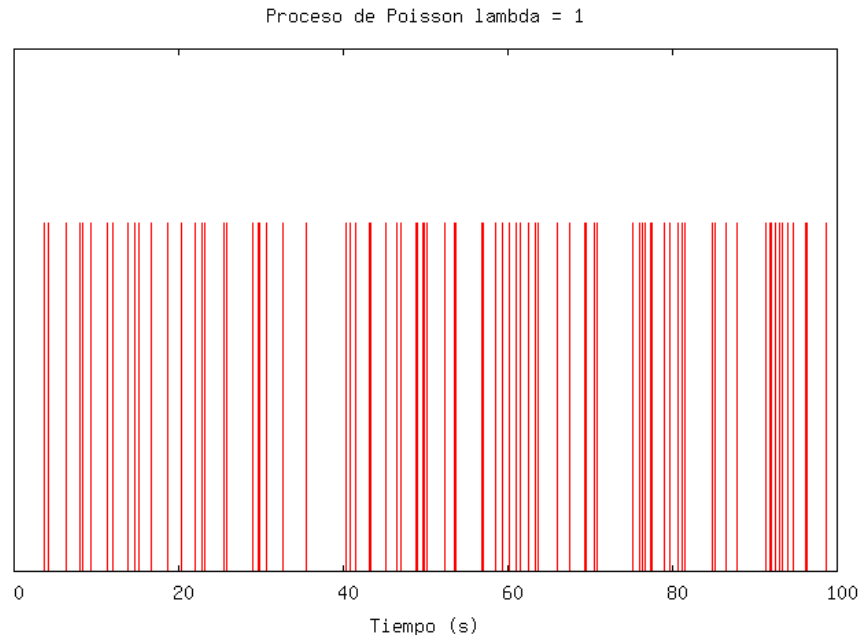
Tráfico de datos

Tráfico de datos y Poisson

Desde la telefonía...

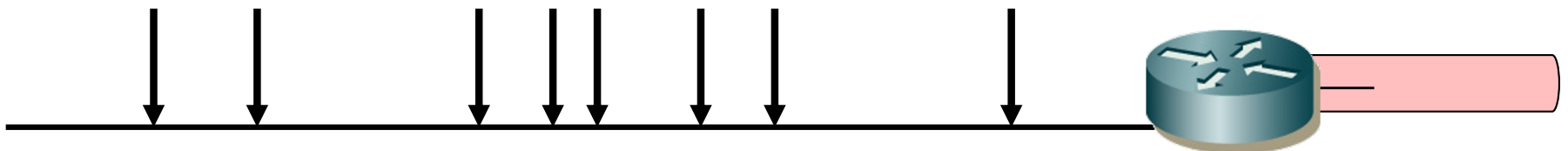
- Empleamos un modelo de llegadas de Poisson
- Modela la distribución del número de llegadas en un intervalo de tiempo
- Es equivalente a tiempos entre llegadas exponenciales i.i.d.
- ¿Es aplicable a tráfico de datos?

$$P[N = k] = \frac{(\lambda \Delta t)^k}{k!} e^{-\lambda \Delta t}$$



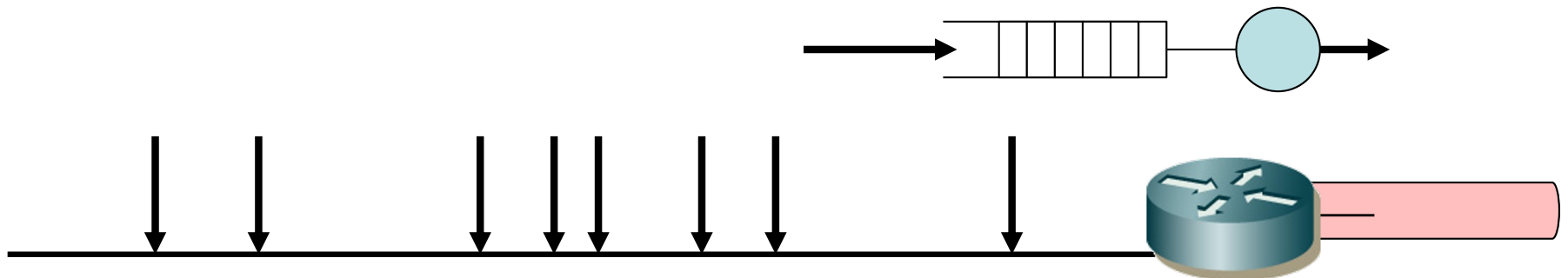
Poisson para datos

- Las llegadas no serían de llamadas sino de paquetes
- La duración es de los paquetes (tiempo de transmisión)
- Solo hay un canal de salida, el enlace de salida
- Ahora no podemos emplear un modelo Erlang-B, ¿por qué?



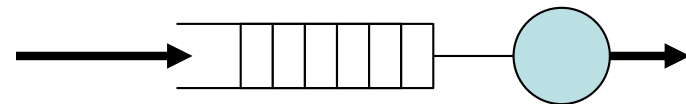
Poisson para datos

- Las llegadas no serían de llamadas sino de paquetes
- La duración es de los paquetes (tiempo de transmisión)
- Solo hay un canal de salida, el enlace de salida
- Ahora no podemos emplear un modelo Erlang-B
- No se descarta una nueva llegada ante que el canal de salida esté ocupado (no *blocked calls cleared*)
- Se encolan
- Teoría de colas



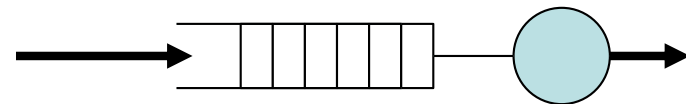
Poisson para datos

- ¿Podemos resolver sistemas de colas con llegadas de Poisson?
- Calcular probabilidades de pérdidas (ante cola llena)
- Calcular distribuciones de tiempo de espera en cola
- Sí, se puede
- ¿Es útil?



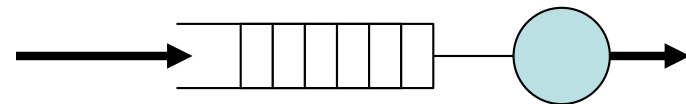
Poisson para datos

- ¿Podemos resolver sistemas de colas con llegadas de Poisson?
- Calcular probabilidades de pérdidas (ante cola llena)
- Calcular distribuciones de tiempo de espera en cola
- Sí, se puede
- ¿Es útil? No
- ¿Por qué?



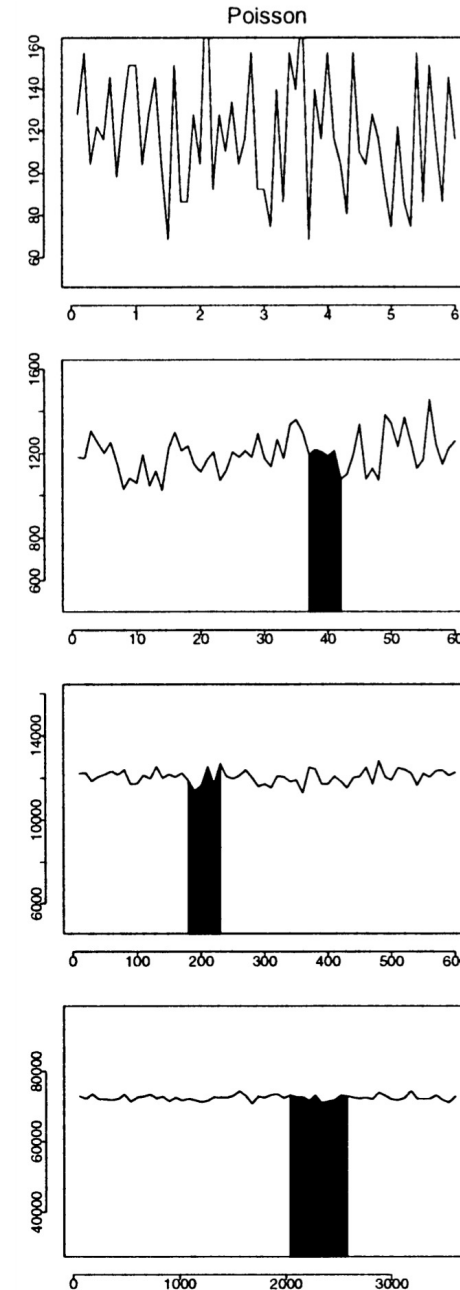
Poisson para datos

- ¿Podemos resolver sistemas de colas con llegadas de Poisson?
- Calcular probabilidades de pérdidas (ante cola llena)
- Calcular distribuciones de tiempo de espera en cola
- Sí, se puede
- ¿Es útil? No
- ¿Por qué?
- Porque el tráfico no es de Poisson



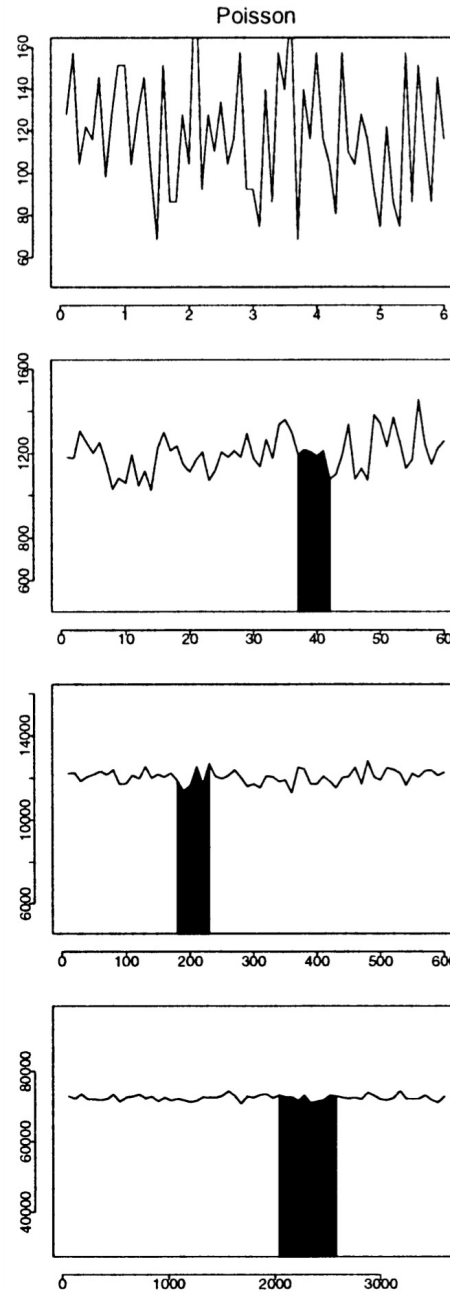
¿Qué tiene de bueno Poisson?

1. Matemáticamente tratable
 - M/M/1 y familia
 - Si fuera de Poisson podríamos dar factores de utilización del 99% con retardos en cola por debajo de 1ms
2. Se suaviza al agregar
 - Dimensionar ligeramente sobre la media

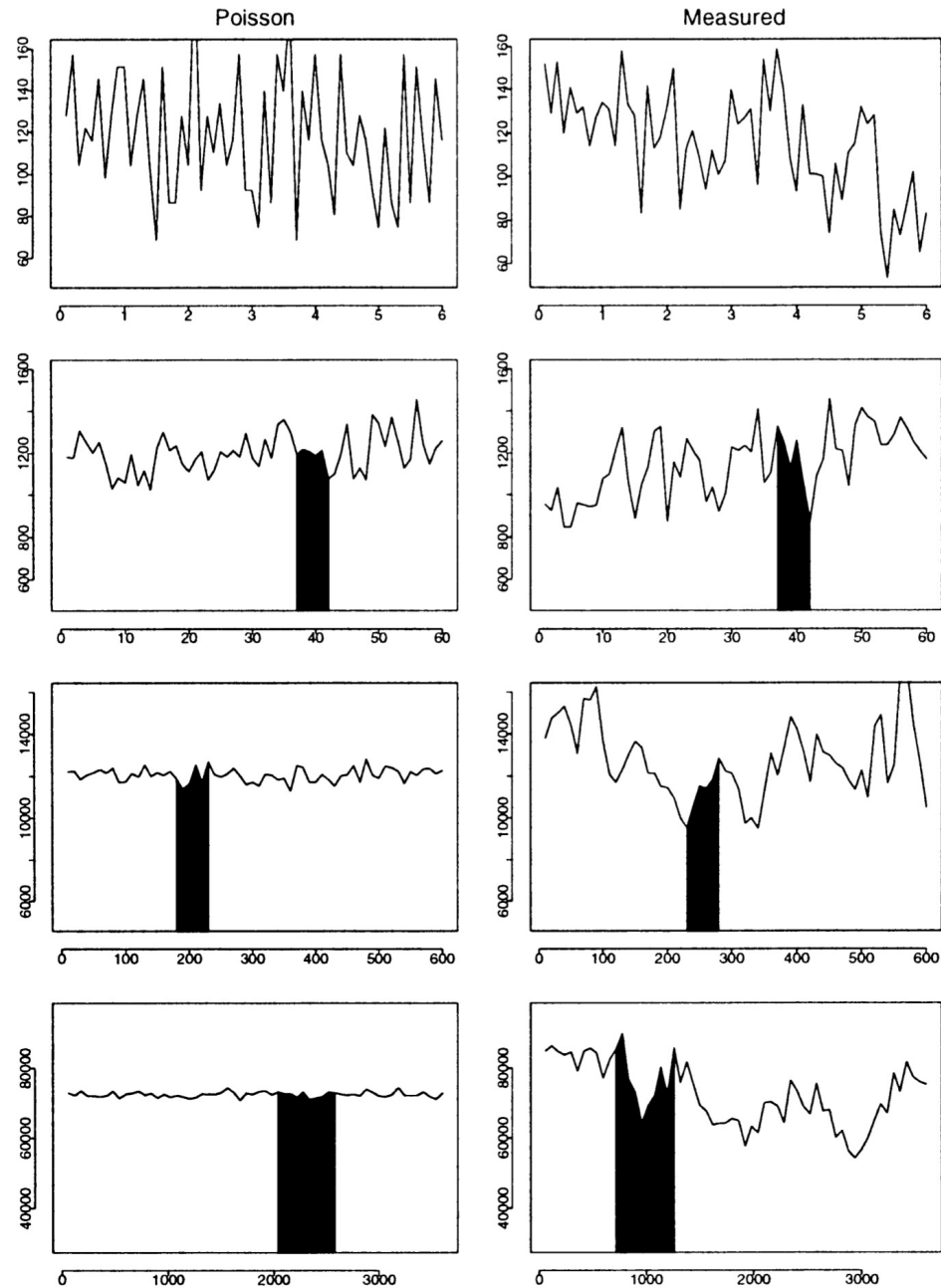


¿Cómo es el tráfico?

¿Cómo es el tráfico?

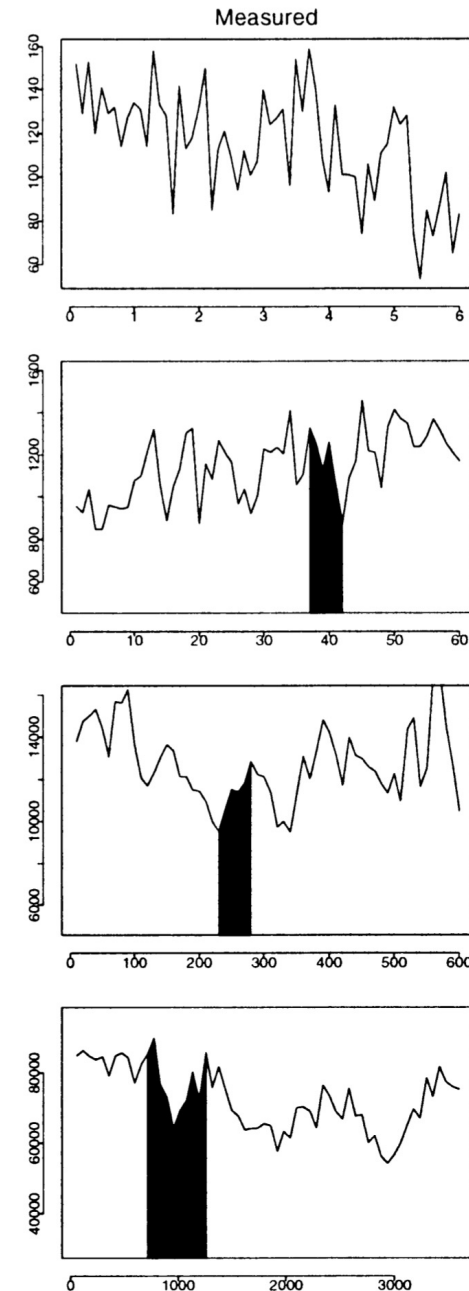


¿Cómo es el tráfico?



¿Cómo es el tráfico?

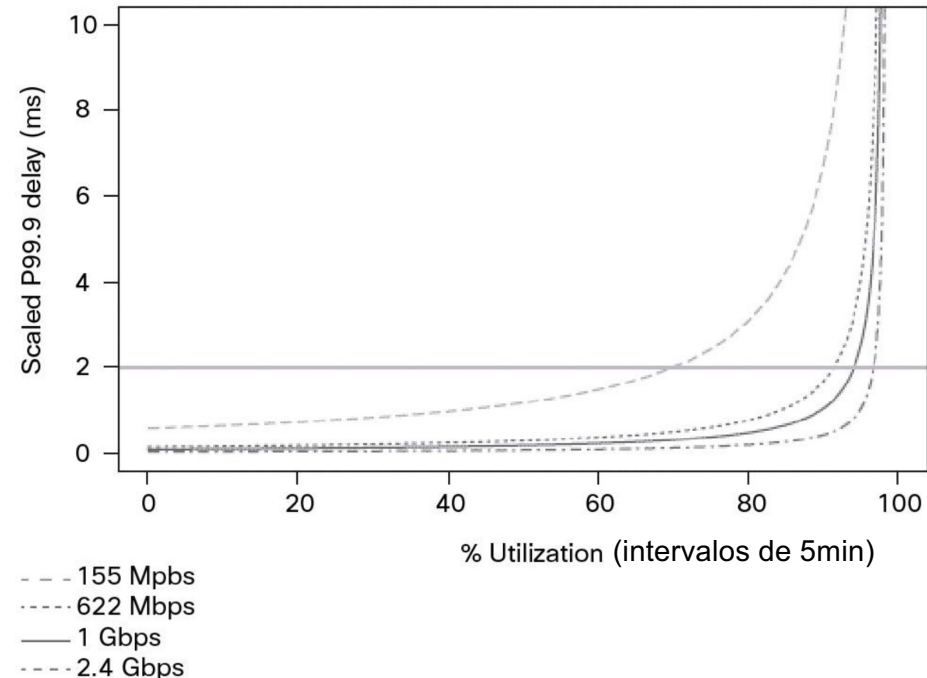
- Mantiene ráfagas (*burstiness*)
- En todas las escalas de agregación
- Con tráfico de Poisson teníamos que considerar muy pequeña variación con alta agregación
- Ahora con el nivel de agregación la variación no se reduce tan rápido
- Para mantener un retardo bajo debemos trabajar en factores de utilización moderados (¡nada del 99%!)
- Modelos auto-similares, fractales
- Discutidos, lo que importan son las escalas bajas, modelos multi-fractales (¡!)
- Aproximaciones numéricas por simulación



Ejemplo de dimensionamiento

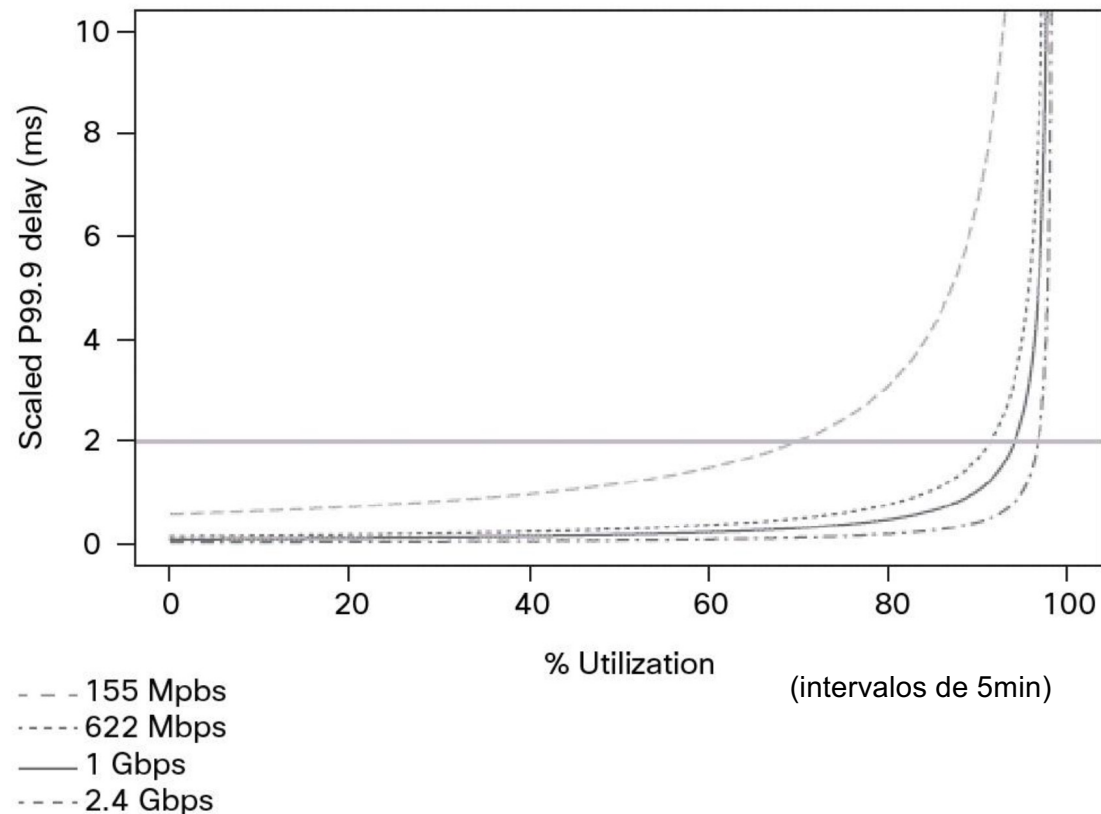
Ejemplo de aproximación

- Thomas Telkamp, “Traffic Characteristics and Network Planning”, presentación en el NANOG 26, 2002
- Intenta mejorar reglas como “deberías aumentar la capacidad del enlace si su utilización llega al 50%”
- Se obtienen (para el mismo factor de utilización) menores retardos cuanto mayor sea la capacidad del enlace (mayor grado de mux.)
- Es decir, aunque no sea tráfico de Poisson sí hay ganancia al agregar, reflejada en menor *overprovisioning* necesario
- Ejemplo (...)



Ejemplo de aproximación

- Ejemplo:
 - Enlace 155 Mbps, objetivo de 2ms de retardo en el 99.9% de paquetes
 - Utilización máxima del 70%
 - Es decir, como mucho $155 \times 0.7 = 108.5$ Mbps en uso
 - Eso es un *overprovisioning* de $1/0.7 = 1.4$, es decir, o 1.4x el tráfico en uso
 - Con un enlace de 2.4Gbps podríamos llegar a un 95% de utilización
 - Eso es solo un 1.05x



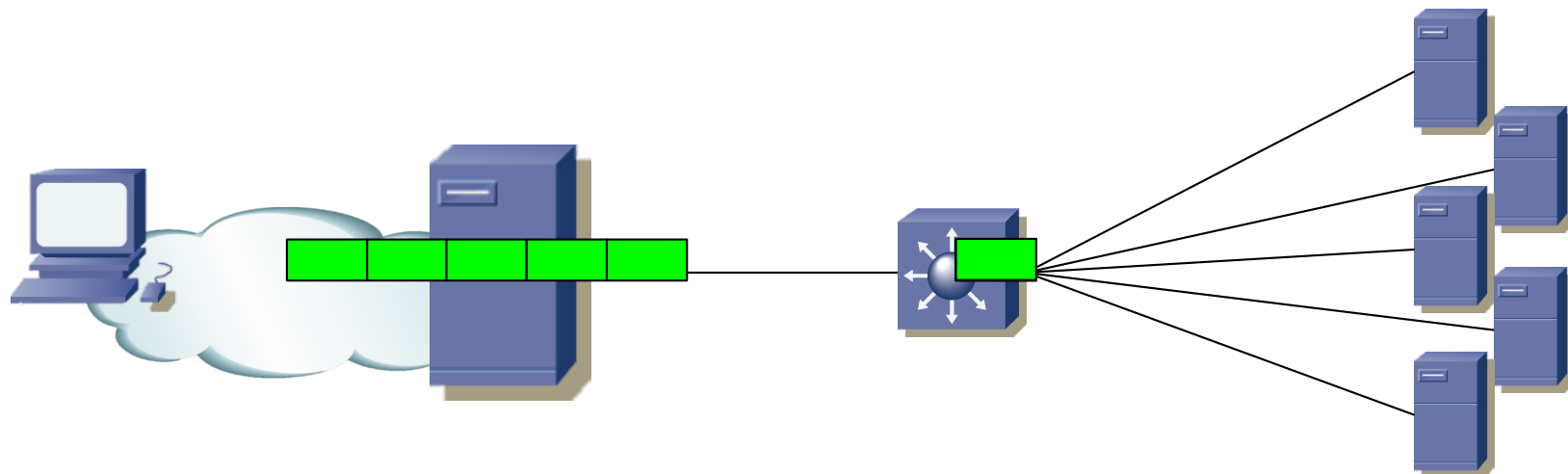
Tráfico de datos y Poisson

Tráfico de datos en el DC

Incast

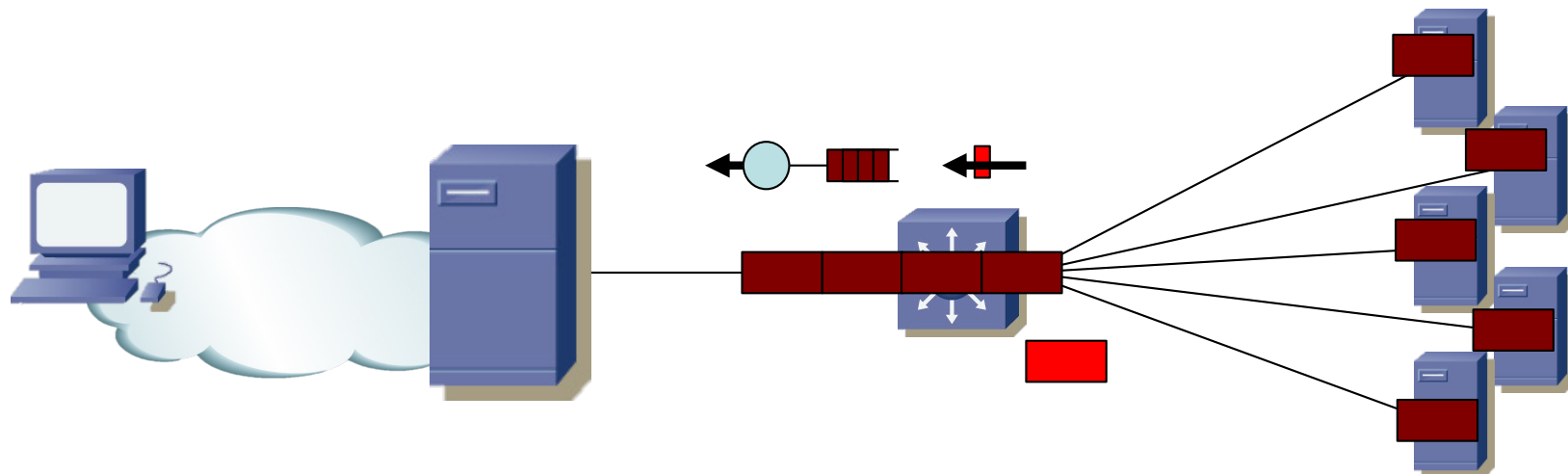
Incast: Fenómeno

- El fenómeno se da en escenarios de aplicaciones con esquema *Partition+Aggregate* y *barrier synchronized*
- Ejemplo:
 - Cliente hace una petición simultáneamente a un gran número de servidores
 - Suelen ser múltiples conexiones TCP (...)



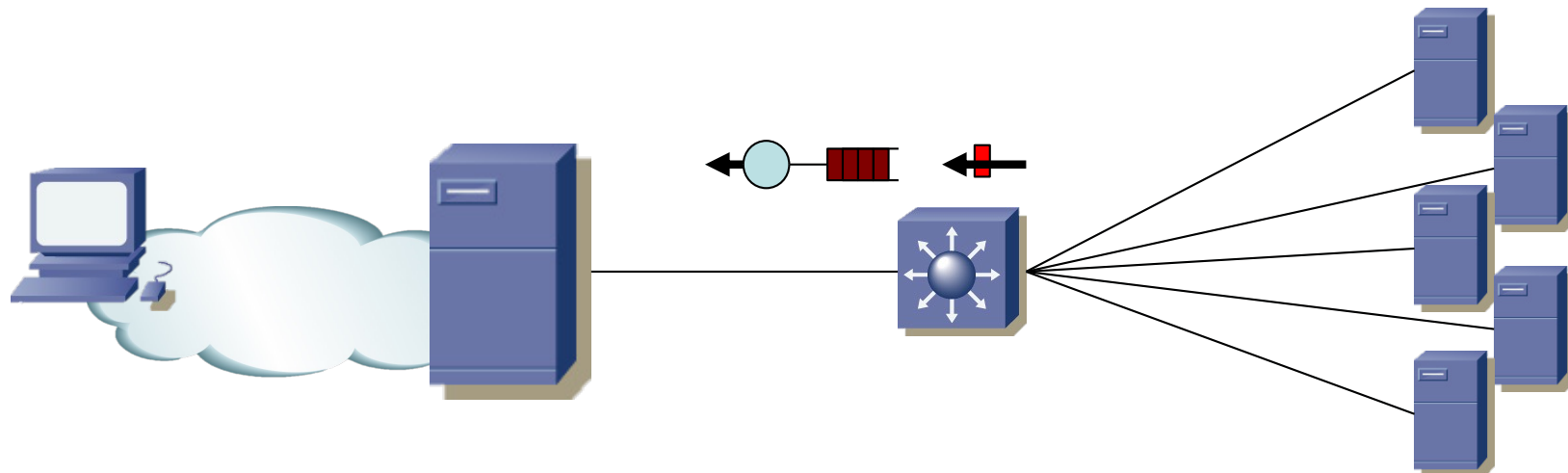
Incast: Fenómeno

- El fenómeno se da en escenarios de aplicaciones con esquema *Partition+Aggregate* y *barrier synchronized*
- Ejemplo:
 - Cliente hace una petición simultáneamente a un gran número de servidores
 - Suelen ser múltiples conexiones TCP (...)
 - Los servidores contestan prácticamente a la vez (...)
 - El tráfico puede saturar el buffer del puerto hacia el cliente (...)



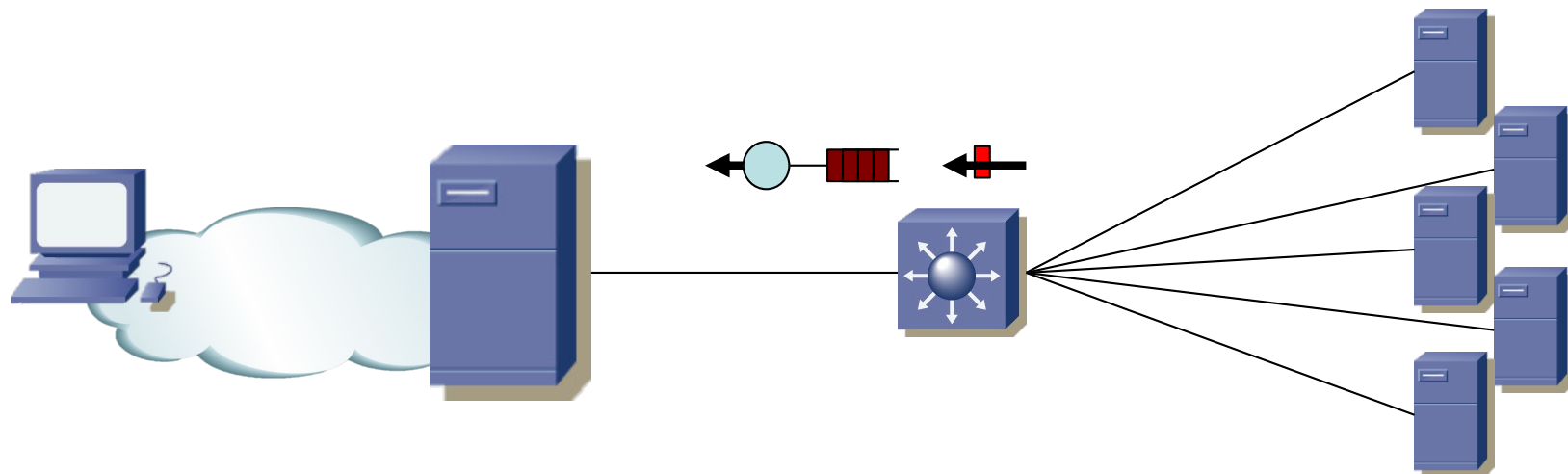
Incast: Fenómeno

- El fenómeno se da en escenarios de aplicaciones con esquema *Partition+Aggregate* y *barrier synchronized*
- Ejemplo:
 - Cliente hace una petición simultáneamente a un gran número de servidores
 - Suelen ser múltiples conexiones TCP (...)
 - Los servidores contestan prácticamente a la vez (...)
 - El tráfico puede saturar el buffer del puerto hacia el cliente (...)
 - Eso son pérdidas de segmentos TCP



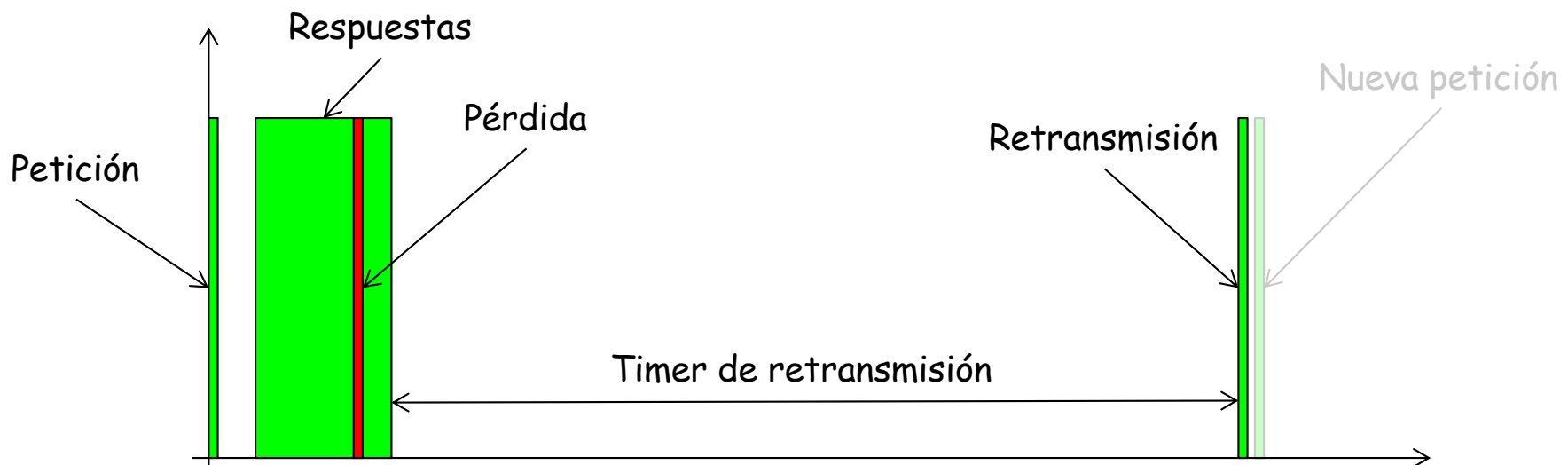
Incast: RTO

- Pérdidas para algunas conexiones
- Las conexiones que sufren pérdidas, si no tienen más datos para enviar, deben recuperarlas mediante timeout
- El cliente no hace nuevas peticiones hasta completar la respuesta de la anterior (*barrier synchronized*)
- El timeout suele estar en el rango de 200-300ms
- Pero la fase de transferencia ha podido durar unos pocos ms (...)



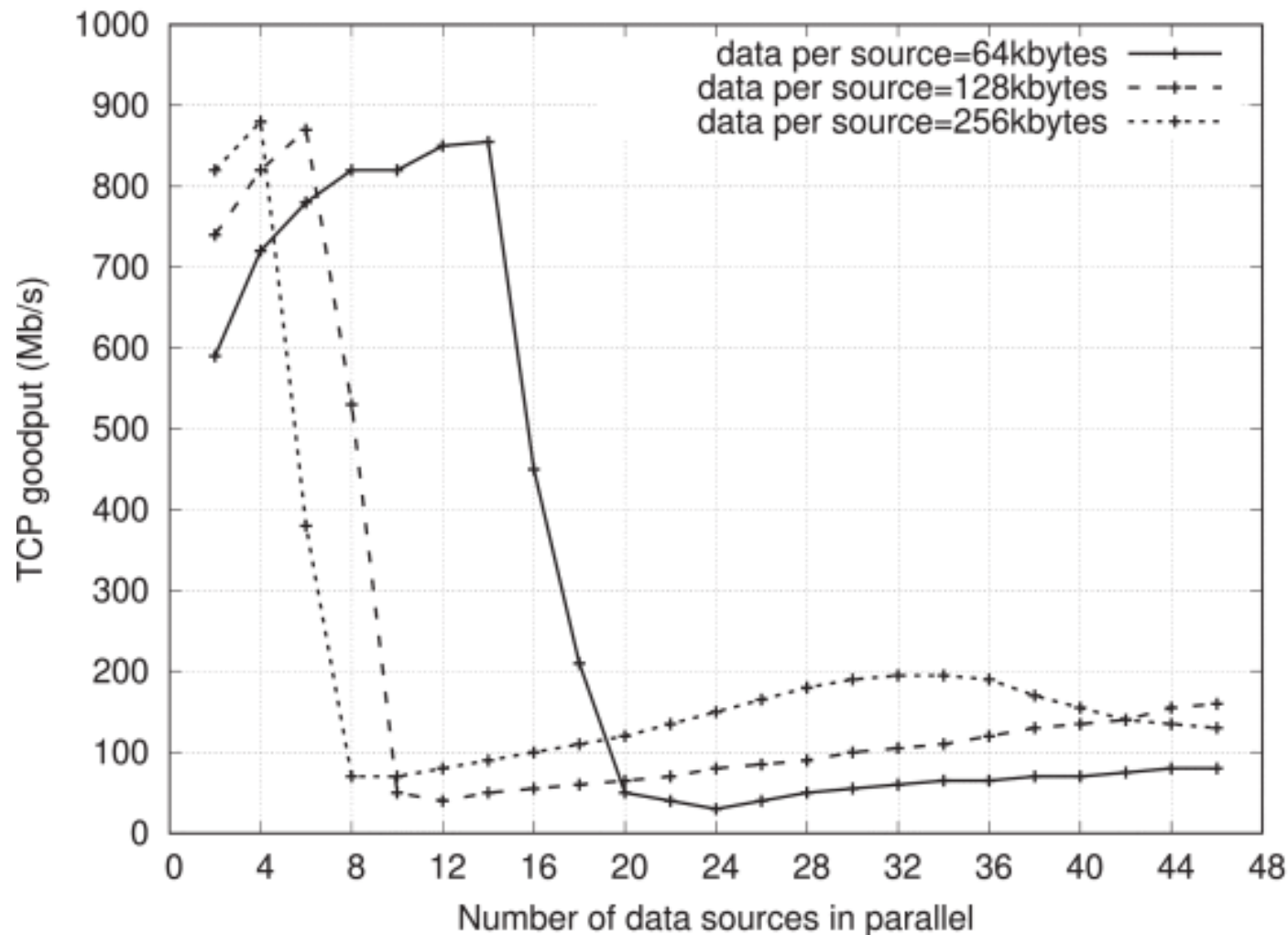
Incast: RTO

- Pérdidas para algunas conexiones
- Las conexiones que sufren pérdidas, si no tienen más datos para enviar, deben recuperarlas mediante timeout
- El cliente no hace nuevas peticiones hasta completar la respuesta de la anterior (*barrier synchronized*)
- El timeout suele estar en el rango de 200-300ms
- Pero la fase de transferencia ha podido durar unos pocos ms
- Eso quiere decir que gran parte del tiempo es de inactividad
- El cliente puede poner un deadline y construir sus respuesta con información incompleta



Incast: Consecuencias

- El resultado es una gran caída en el goodput alcanzado



Incast: Causas

- Buffers pequeños en los conmutadores
- Ejemplo: Cisco Nexus 3048
 - 48x 10/100/1000Mbps + 4x 1/10GbE
 - 176Gbps switching capacity, 132Mpps
 - 128K MAC addresses, 4096 VLANs, 64 instancias MSTP
 - 16K IPv4 prefixes
 - (...)



Incast: Causas

- Buffers pequeños en los conmutadores
- Ejemplo: Cisco Nexus 3048
 - 48x 10/100/1000Mbps + 4x 1/10GbE
 - 176Gbps switching capacity, 132Mpps
 - 128K MAC addresses, 4096 VLANs, 64 instancias MSTP
 - 16K IPv4 prefixes
 - Pero solo 9MB para buffers, compartida entre los puertos
 - Eso son unos 170KB por puerto
 - ¿Por qué? SRAM on-chip



Incast: Causas

- Ejemplo: Arista 7050SX-96
 - 48x 1/10GbE + 12x 40GbE
 - 2.56Tbps, 1440Mpps, latencia 550ns (cut-through)
 - 288K MAC entries, 144K IPv4 routes
 - 12Mbytes dynamic buffer (200Kbytes/puerto)



Incast: Causas

- RTO con valor mínimo en 200-300ms
- De hecho el mínimo en la RFC es 1s
- ¿Por qué? (...)

Incast: Causas

- RTO con valor mínimo en 200-300ms
- De hecho el mínimo en la RFC es 1s
- ¿Por qué? TCP está diseñado para la Internet
- ¿RTTs en el datacenter? (...)

Incast: Causas

- RTO con valor mínimo en 200-300ms
- De hecho el mínimo en la RFC es 1s
- ¿Por qué? TCP está diseñado para la Internet
- ¿RTTs en el datacenter? Unos 100 μ s (buffer vacío)
- ¿Cómo? 1518bytes a 1Gbps son 12 μ s, eso 4 veces (1 solo salto por conmutador) son ya unos 50 μ s
- ¿Y con buffer lleno? (...)

Incast: Causas

- RTO con valor mínimo en 200-300ms
- De hecho el mínimo en la RFC es 1s
- ¿Por qué? TCP está diseñado para la Internet
- ¿RTTs en el datacenter? Unos 100µs (buffer vacío)
- ¿Cómo? 1518bytes a 1Gbps son 12µs, eso 4 veces (1 solo salto por conmutador) son ya unos 50µs
- ¿Y con buffer lleno? Depende de la “profundidad” del buffer
 - Ejemplo: 100Kbytes por puerto
 - Suponiendo solo el puerto hacia el cliente saturado
 - RTT de menos de 1ms ($100 \times 1024 \times 8 / 1000000 = 0.8192 \text{ ms}$)

Incast: Soluciones

- Aumentar el buffer del conmutador
 - Mayor coste
 - Ejemplo: Arista 7280SE-64
 - 48x 1/10GbE + 4x 10/40GbE, 1.44 Tbps, 900Mpps
 - 9GB packet buffer (DRAM, 170MB/puerto)
 - Ojo, ¿quieres 9GBytes en un puerto? Si se llenan dan un retardo en cola (con puerto de 10Gbps) de... ¡ 7 secs !
 - ¿Queremos buffers grandes o pequeños? Si queréis entrar en la discusión:
 - <http://miercom.com/pdf/reports/20160210.pdf>
 - <https://www.arista.com/assets/data/pdf/Whitepapers/BigDataBigBuffers-WP.pdf>
 - <http://video.cisco.com/detail/videos/aci-%E2%80%93-application-centric-infrastructure/video/4796103210001/switch-buffer-requirements-in-networking> (“We do a better job at dropping packets than our competitors” 😊)

Incast: Soluciones

- Mejorar la gestión de los buffers
 - No suelen estar congestionados todos los puertos
 - Repartos dinámicos de memoria
 - <https://docs.broadcom.com/docs/12358325>
 - <http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/nexus-9000-series-switches/white-paper-c11-738488.pdf>
 - <http://video.cisco.com/detail/videos/data-center-virtualization/video/4796103209001/nexus-9k-buffering-for-cloud-scale-deployment?autoStart=true>

Incast: Soluciones

- Reducir el RTO mínimo
 - Requiere timers de alta resolución
 - Problemático en entorno WAN, puede llevar a retransmisiones espúreas
- Reaccionar ante la congestión en el nivel de enlace (ej: QCN)
- Reducir el tamaño de las respuestas
 - A nivel de aplicación (también introducir jitter entre ellas)
 - Microsoft reporta¹ casos de Incast con respuestas de 2KBytes
 - Estos flujos suelen convivir con *long-lived flows*

¹M. Alizadeh, A. Greenberg, D.A. Maltz, J. Padhye, P. Patel, B. Prabhakar, S. Sengupta y M. Sridharan (Microsoft Research y Stanford University), "Data Center TCP (DCTCP)", Proceedings of the ACM SIGCOMM 2010 conference

Incast: Soluciones

- Modificar el control de congestión de TCP
 - DCTCP (Data Center TCP)
 - Requiere ECN en los switches
 - Las fuentes reaccionan a las notificaciones de ECN en proporción a la cantidad de ellas recibidas
 - <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/data-center-tcp-dctcp/>
 - ICTCP (Incast congestion Control for TCP)
 - Emplean el anuncio de ventana de control de flujo del receptor para implementar control de congestión
 - El receptor controlar cuánto puede enviar el emisor
 - Con ello pretenden evitar las pérdidas
 - <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/ictcp.pdf>
 - Otros: IA-TCP, D²TCP, TCP-FITDC, TDCTCP, etc.

Incast: Afectados

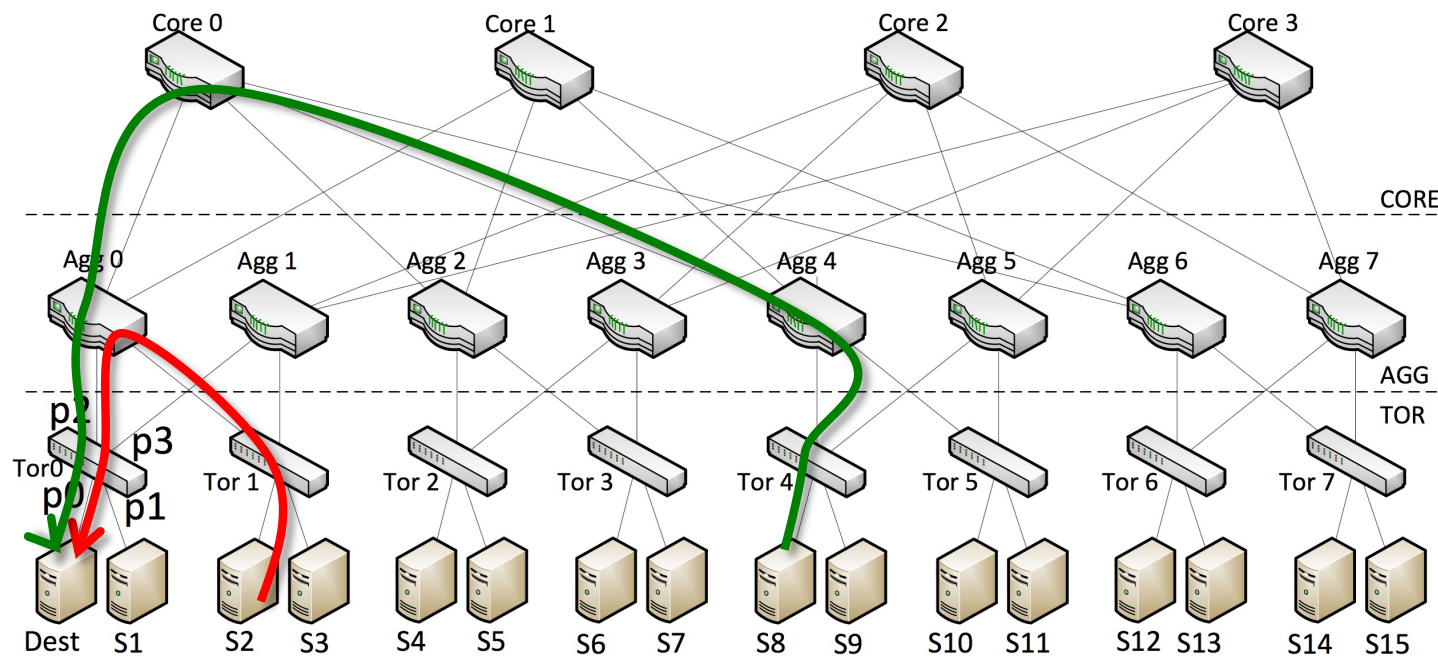
- Aplicaciones para las que sucede
 - MapReduce
 - Cluster storage
 - Web search (basado en partition+aggregate)
 - Composición de contenido en redes sociales
- En cualquier caso, depende del escenario que se produzca el fenómeno o no
 - Número de emisores
 - Tamaño de bloque que envían
 - Sincronización en el envío
 - Tamaño y gestión del buffer del conmutador
 - Etc.

Incast

Outcast

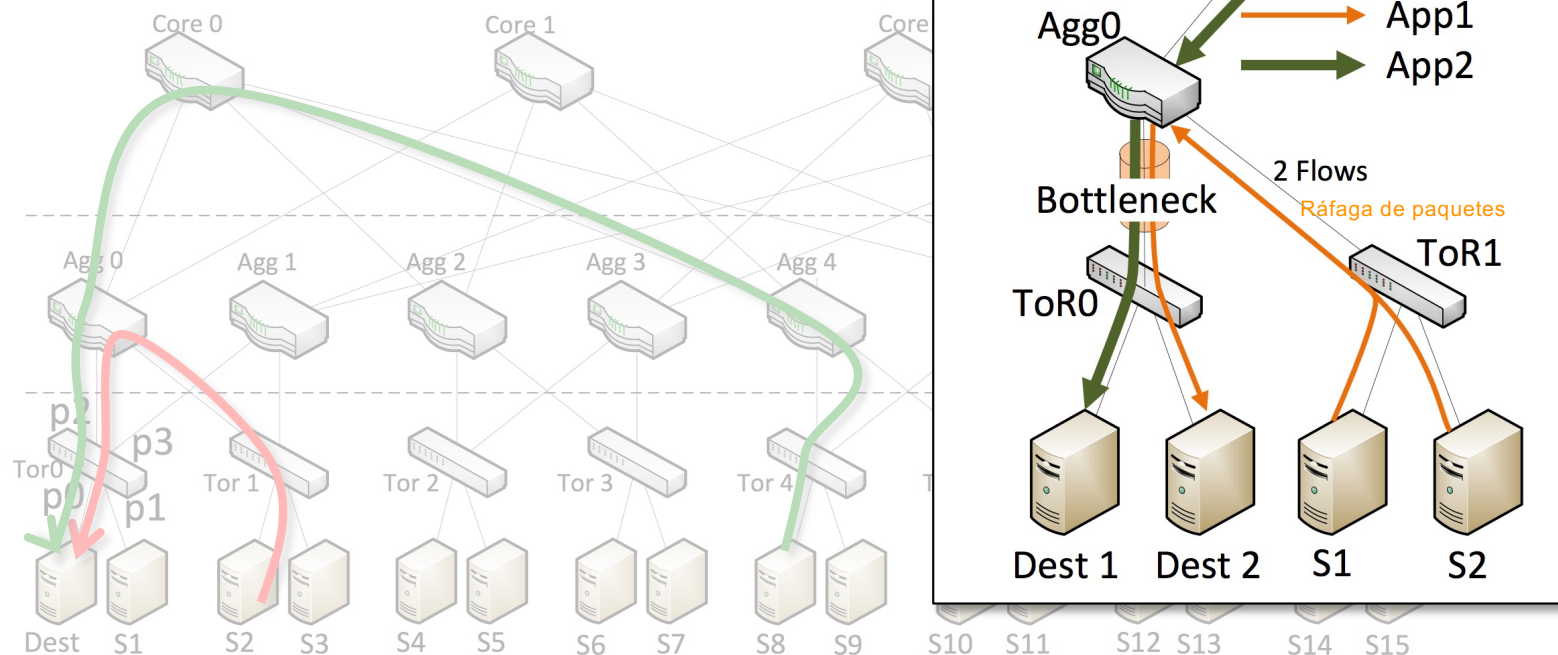
TCP Outcast

- Partition+Aggregate, drop-tail
- Muchos más flujos de servidores alejados que de cercanos, llegan por puertos diferentes (...)
- (...)



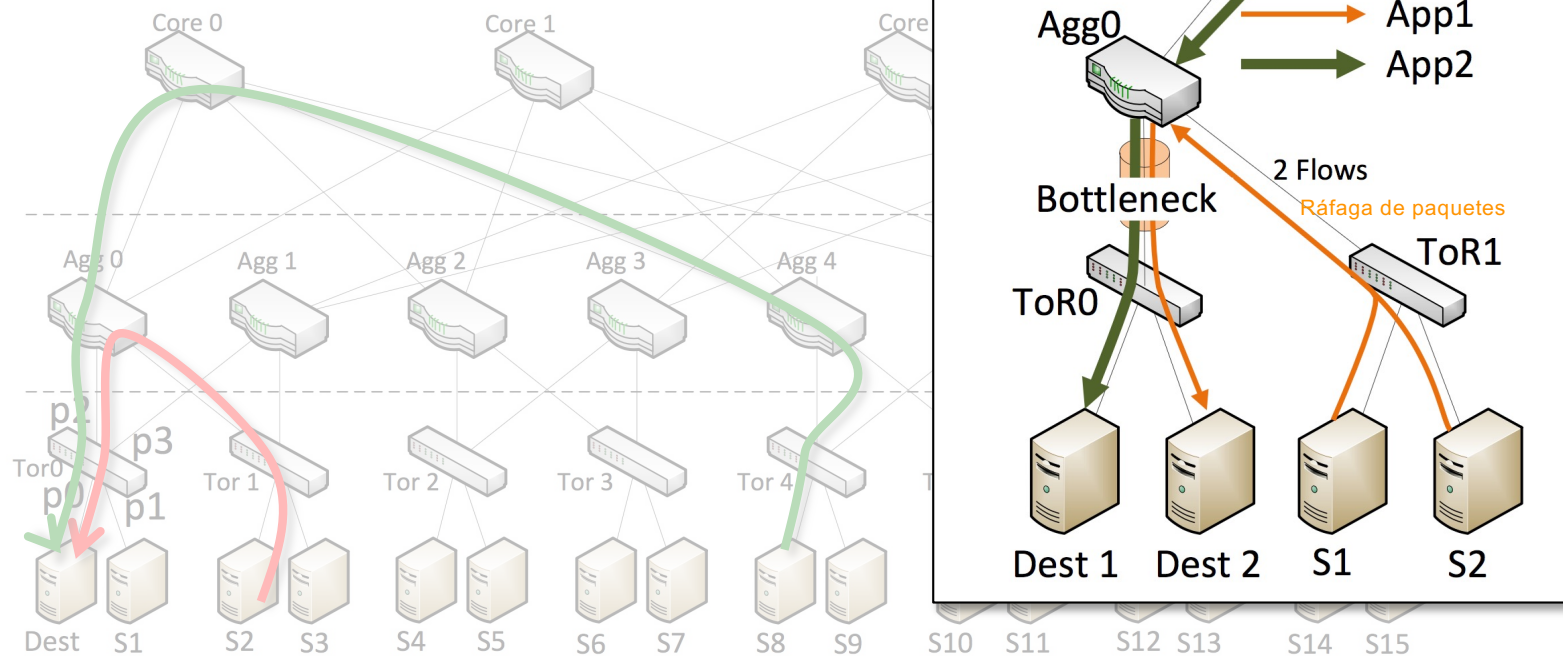
TCP Outcast

- Partition+Aggregate, drop-tail
- Muchos más flujos de servidores alejados que de cercanos, llegan por puertos diferentes
- Congestión en el cuello de botella → buffer lleno → pérdidas
- Lo más probable es que se de una llegada en ráfaga y se pierda entera
- Esa ráfaga probablemente viene de uno de los puertos de entrada
- O es el mux de paquetes de los dos



TCP Outcast

- En enlace con muchos flujos la ráfaga de pérdidas se distribuye entre muchos flujos
 - Baja probabilidad de perder toda una ventana y acabar en RTO
- En enlace con pocos flujos se distribuye entre pocos flujos
 - Mayor probabilidad de acabar en un RTO
- El resultado es que flujos con menor RTT obtienen menor goodput (inverso de lo habitual)



Outcast

Tráfico de datos en el DC

Tráfico de datos