Tráfico de datos

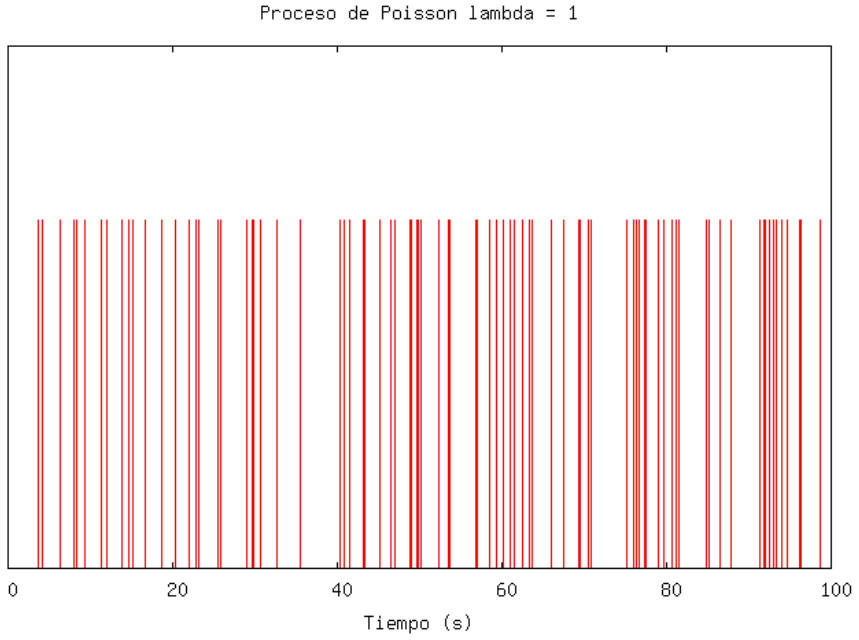
Area de Ingeniería Telemática
http://www.tlm.unavarra.es

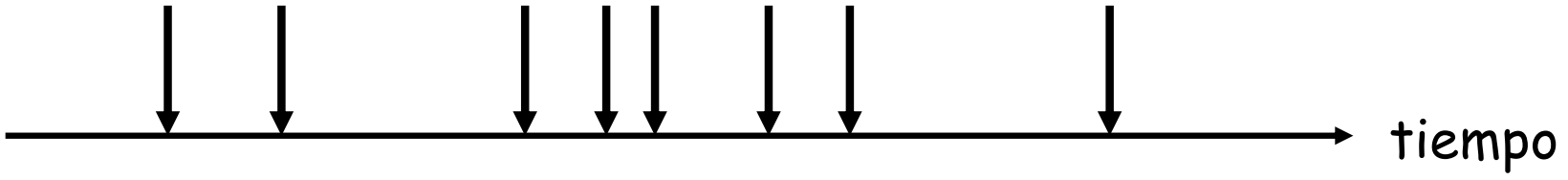
Tráfico de datos y Poisson

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?

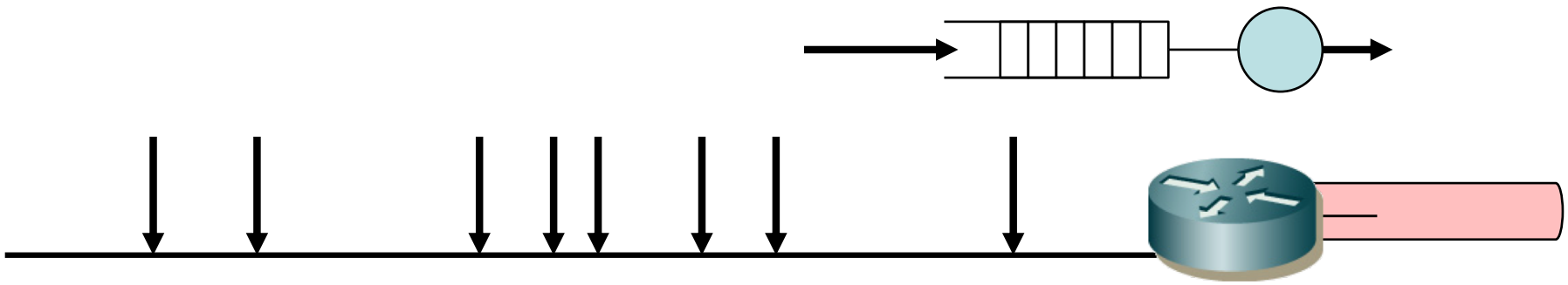
$$P[N = k] = \frac{(\lambda \Delta t)^k}{k!} e^{-\lambda \Delta t}$$





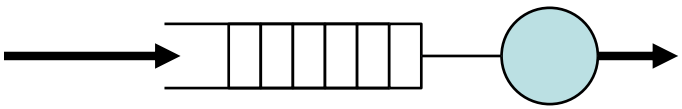
Poisson para datos

- 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
- No se descarta una nueva llegada ante que el canal de salida esté ocupado (no *blocked calls cleared*)
- Se encolan
- Teoría de colas



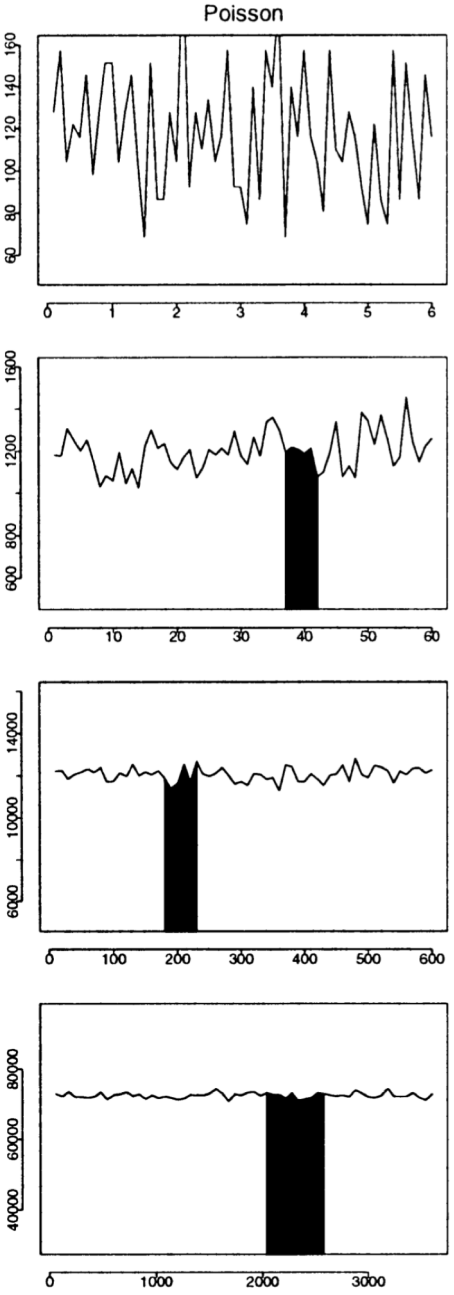
Poisson para datos

- ¿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? No
- ¿Por qué?
- Porque el tráfico no es de Poisson



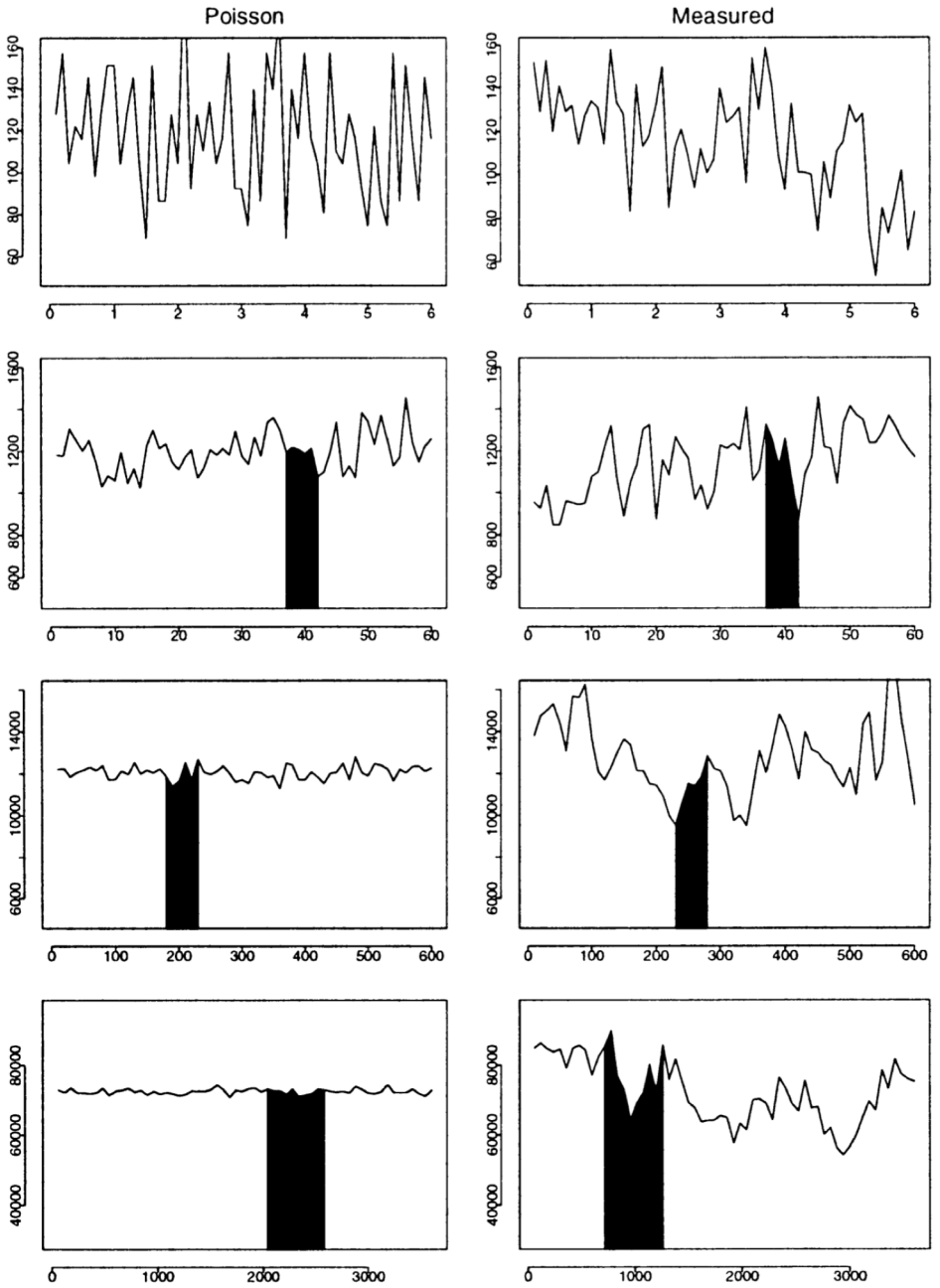
¿Qué tiene de bueno Poisson?

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



W. Willinger and V. Paxson, "Where Mathematics Meets the Internet", Notices of the AMS, Vol 45, No.8, P961-970, 1998

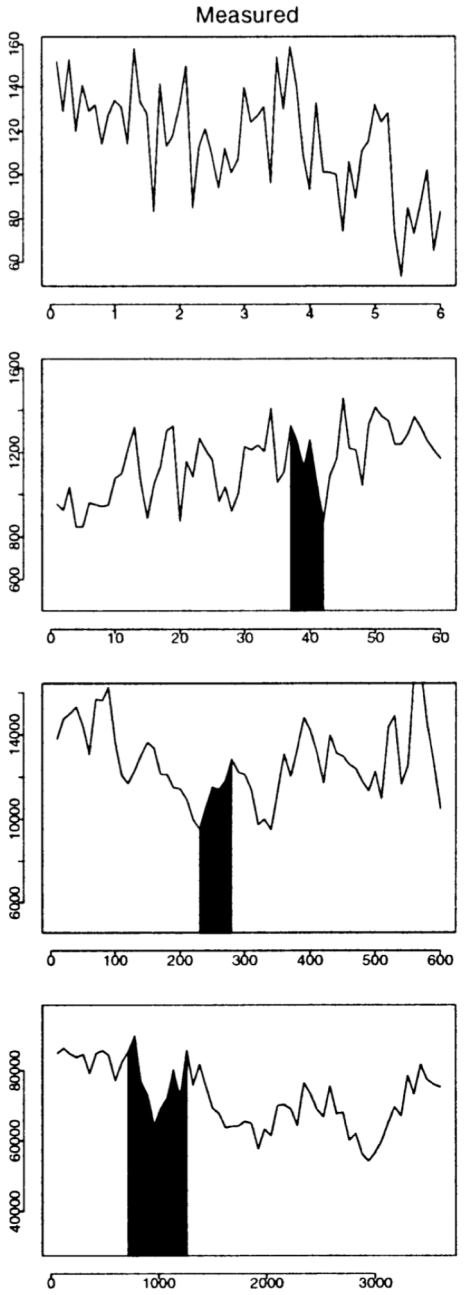
¿Cómo es el tráfico?



W. Willinger and V. Paxson, "Where Mathematics Meets the Internet", Notices of the AMS, Vol 45, No.8, P961-970, 1998

¿Cómo es el tráfico?

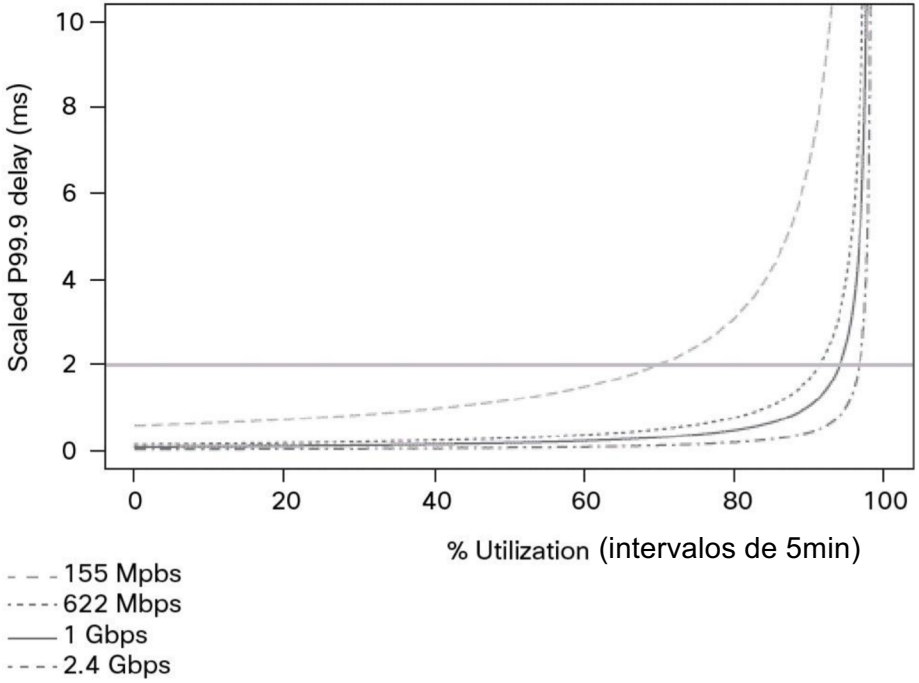
- Mantiene ráfagas (*burstiness*)
- En todas las escalas de agregación
- Con tráfico de Poisson teníamos que considerar muy pequeña variación con alta agregación
- Ahora con el nivel de agregación la variación no se reduce tan rápido
- Para mantener un retardo bajo debemos trabajar en factores de utilización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



W. Willinger and V. Paxson, "Where Mathematics Meets the Internet", Notices of the AMS, Vol 45, No.8, P961-970, 1998

Ejemplo de aproximación

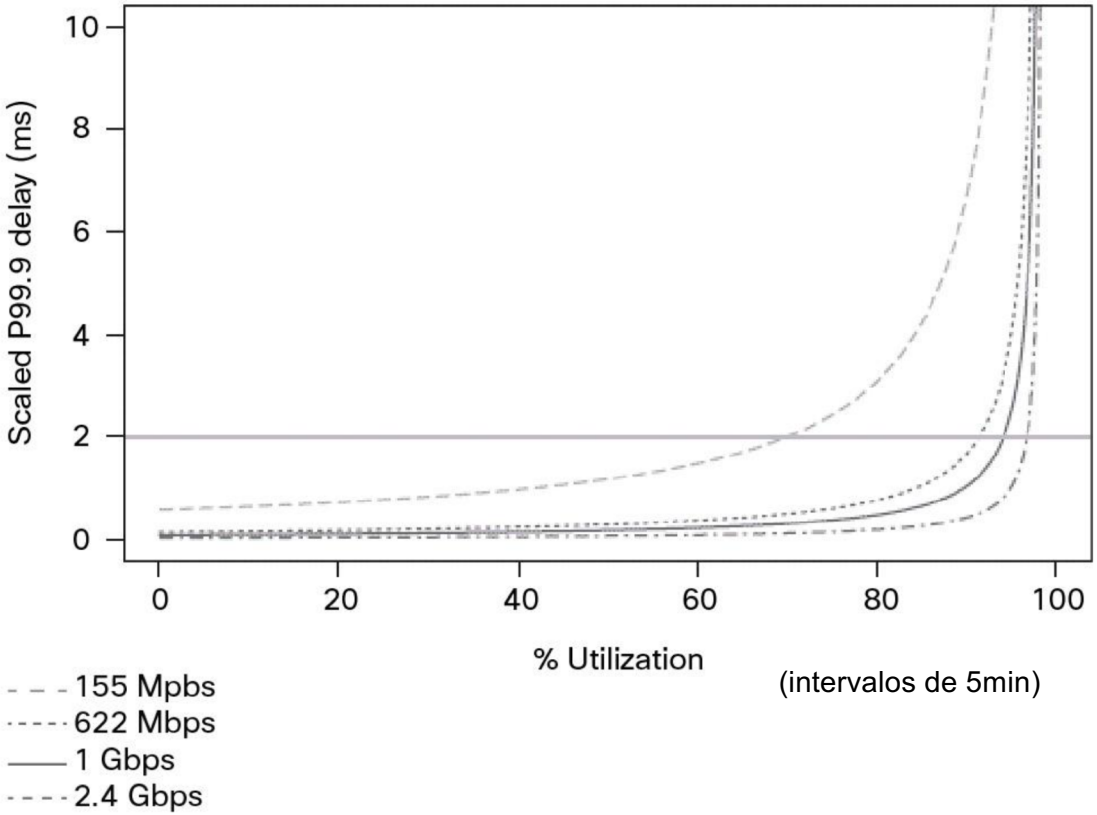
- Thomas Telkamp, “Traffic Characteristics and Network Planning”, presentación en el NANOG 26, 2002
- Intenta mejorar reglas como “deberías aumentar la capacidad del enlace si su utilización llega al 50%”
- Se obtienen (para el mismo factor de utilización) menores retardos cuanto mayor sea la capacidad 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 (...)



http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/wan-automation-engine/white_paper_c11-728551.pdf

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 155x0.7 = 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



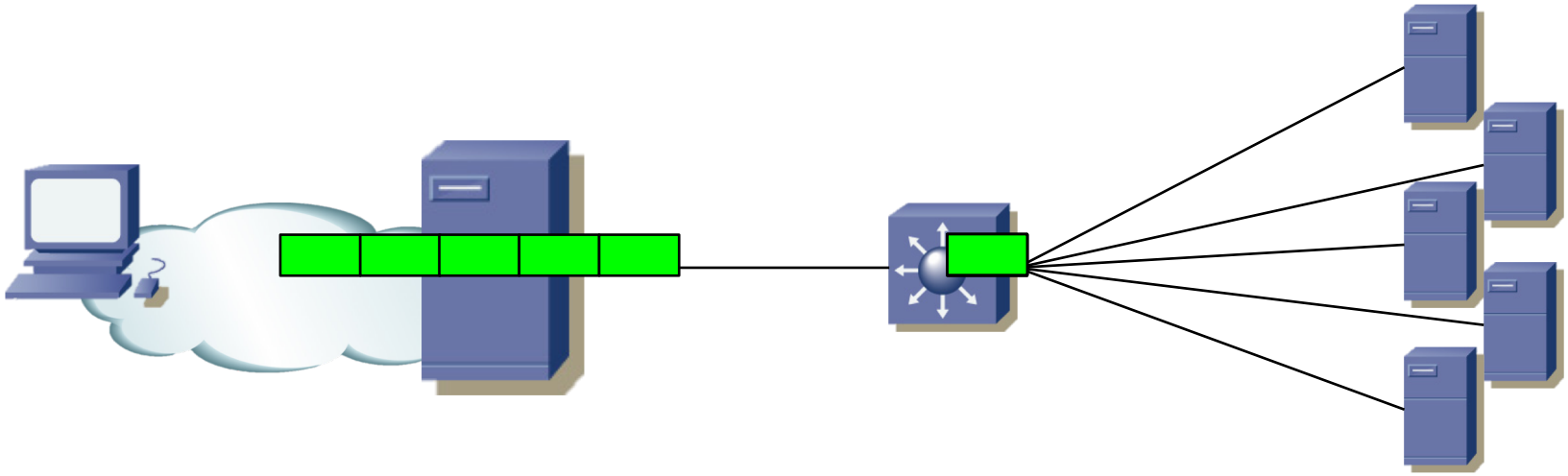
(intervalos de 5min)

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/wan-automation-engine/white_paper_c11-728551.pdf

Tráfico de datos en el DC

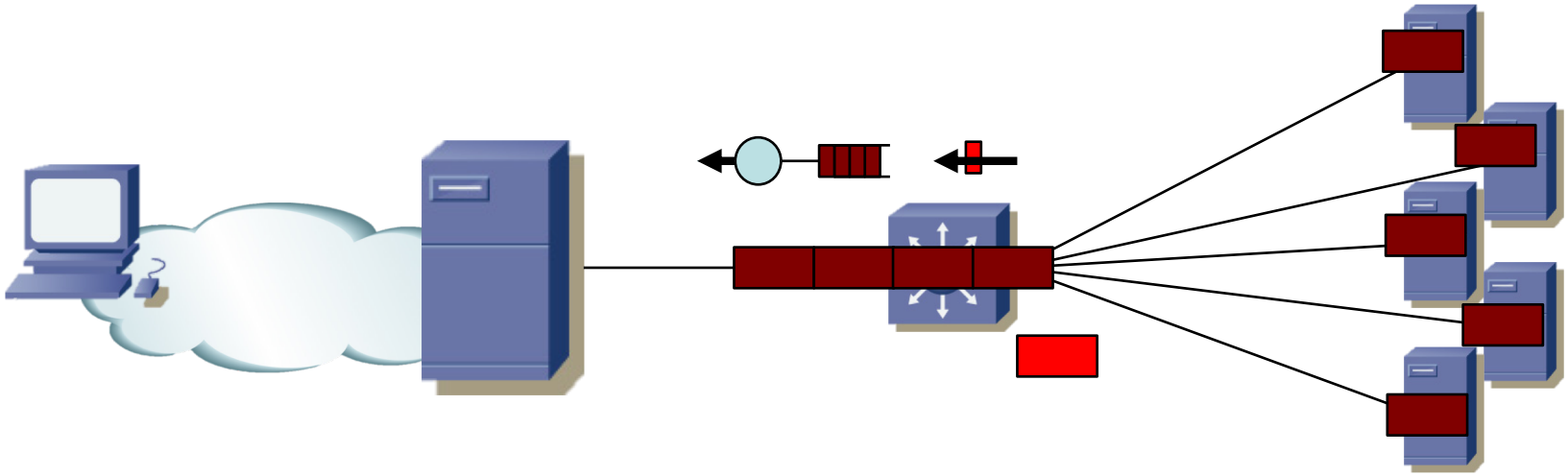
Incast: Fenómeno

- 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 (…)



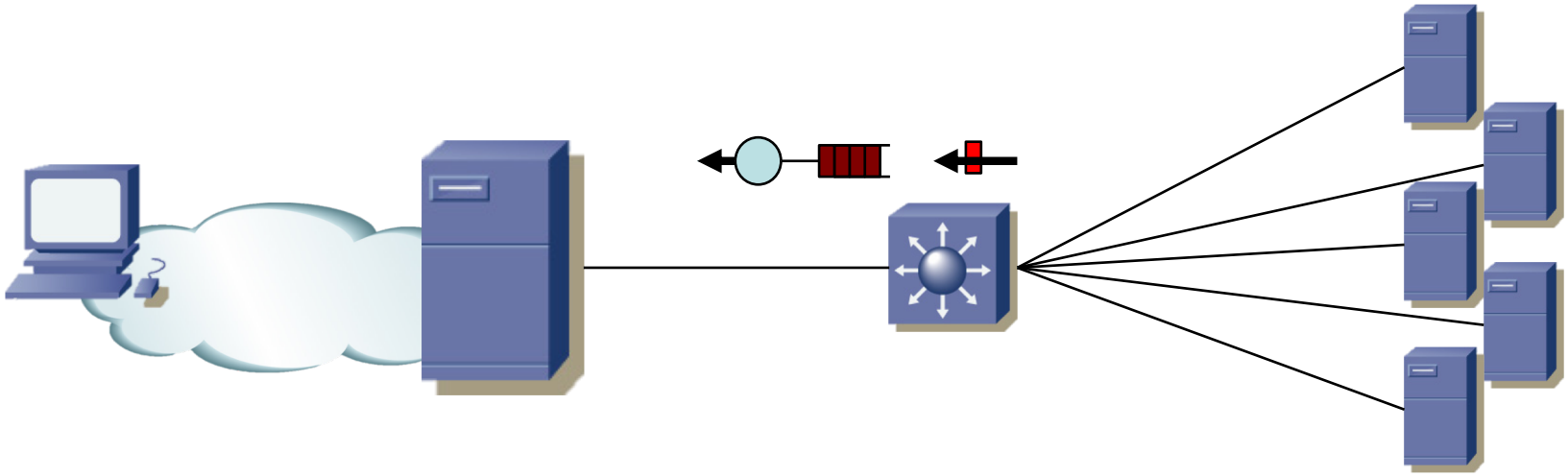
Incast: Fenómeno

- 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 (…)



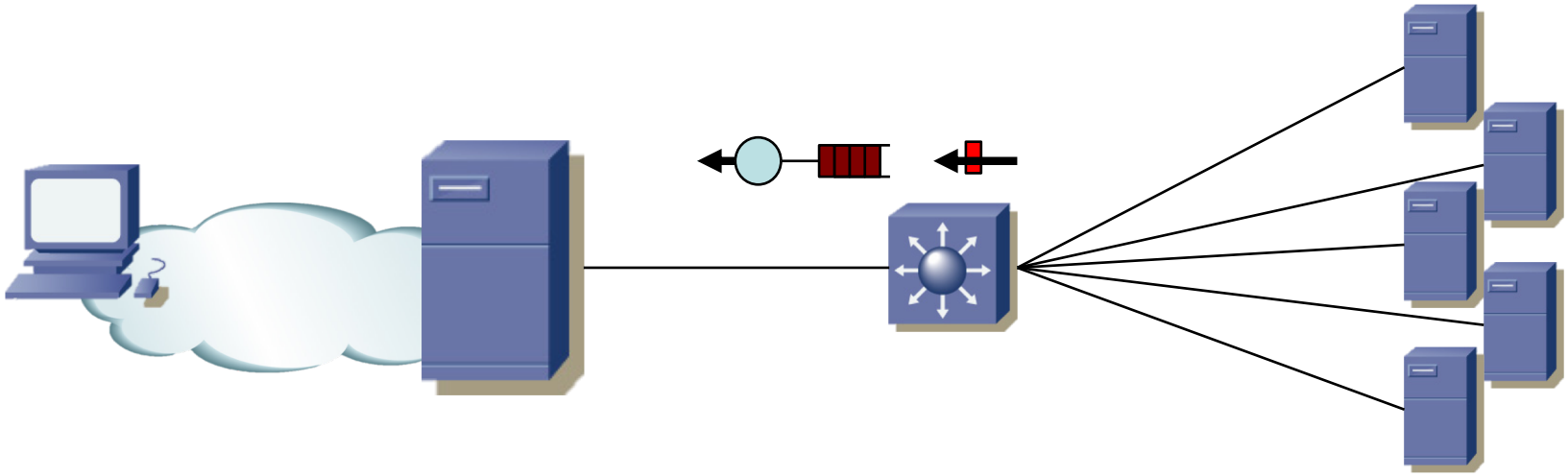
Incast: Fenómeno

- 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



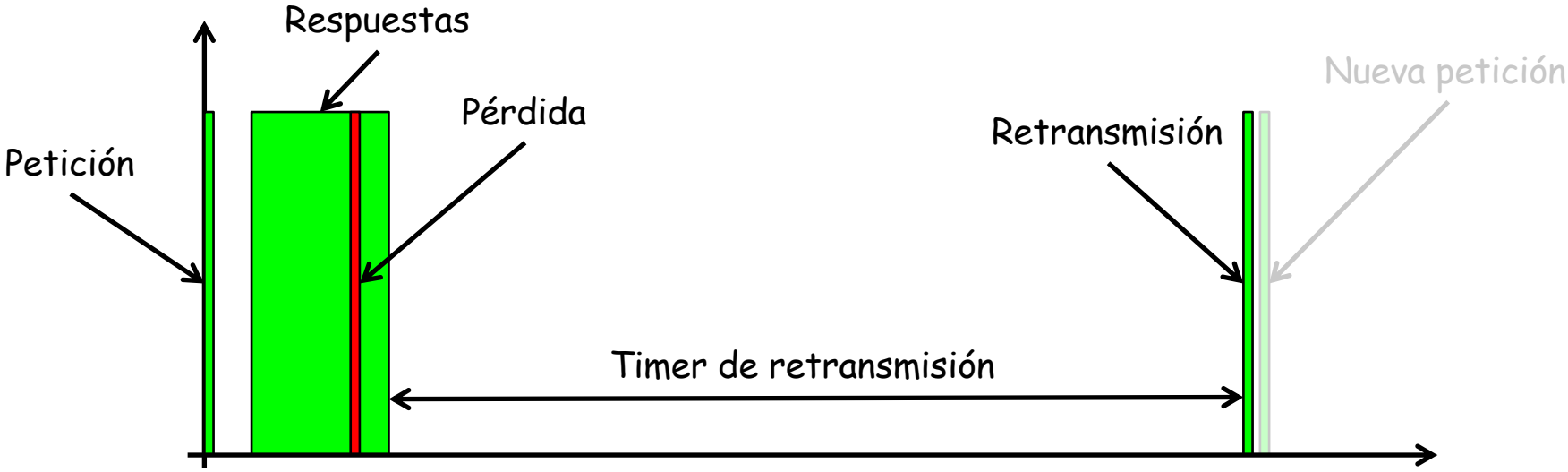
Incast: RTO

- 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 (...)



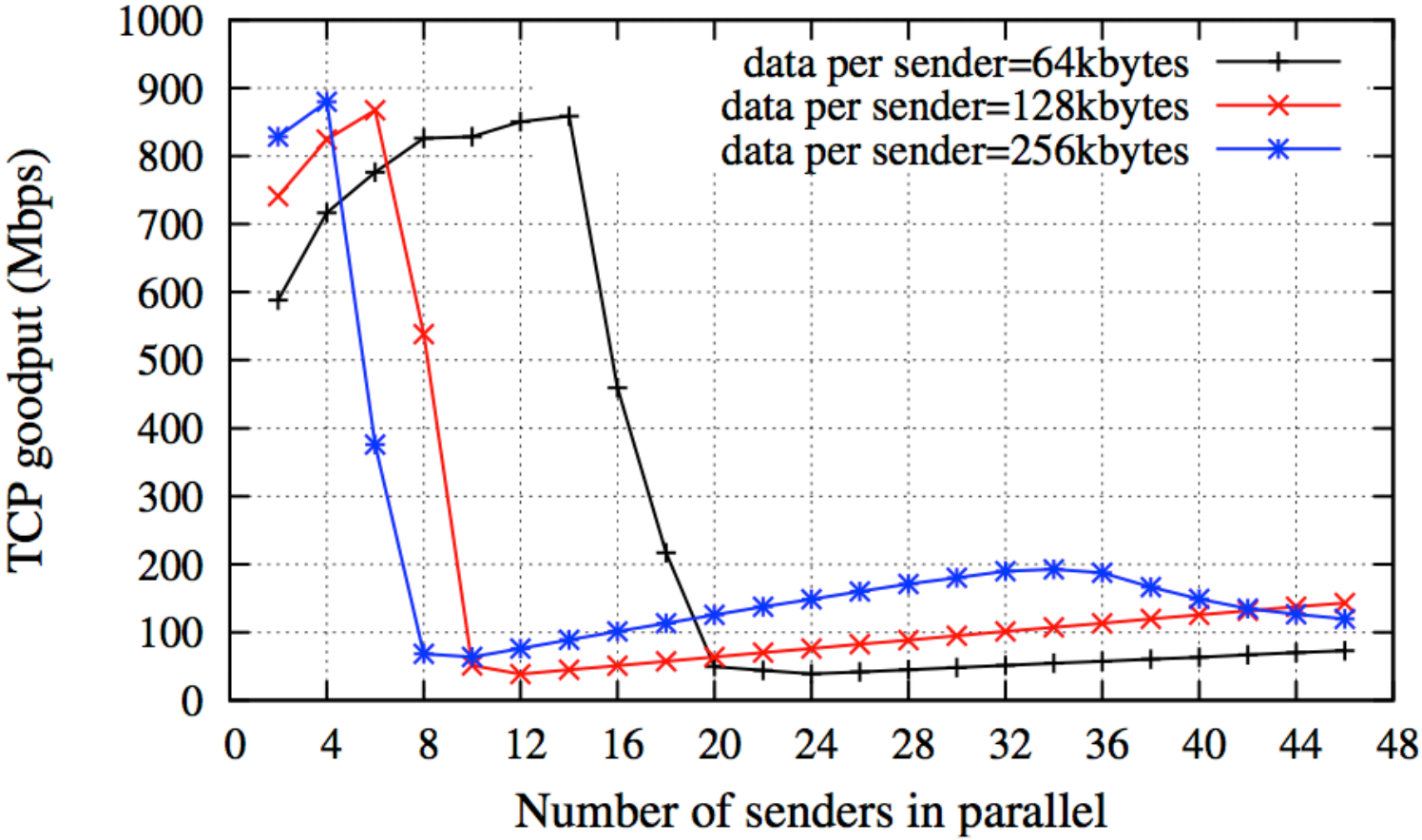
Incast: RTO

- 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



Haitao Wu, Zhenqian Feng, Chuanxiong Guo and Yongguang Zhang, "ICTCP: Incast Congestion Control for TCP in Data-Center Networks", IEEE/ACM Transactions on Networking, vol.21, n.2, pp.345-358, April 2013
Switch con 4MB de buffer, 48 puertos Gigabit

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

http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/nexus-3000-series-switches/data_sheet_c78-685363.html

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? 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
  - Por ejemplo 100Kbytes por puerto
  - Suponiendo solo el puerto hacia el cliente saturado
  - RTT de menos de 1ms

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, no quieres 9GBytes en un puerto pues si se llenan dan un retardo en cola (con puerto de 10Gbps) de… ¡ 7 segs !
  - ¿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 reporta[1] casos de Incast con respuestas de 2KBytes
  - Estos flujos suelen convivir con *long-lived flows*

[1]M. 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

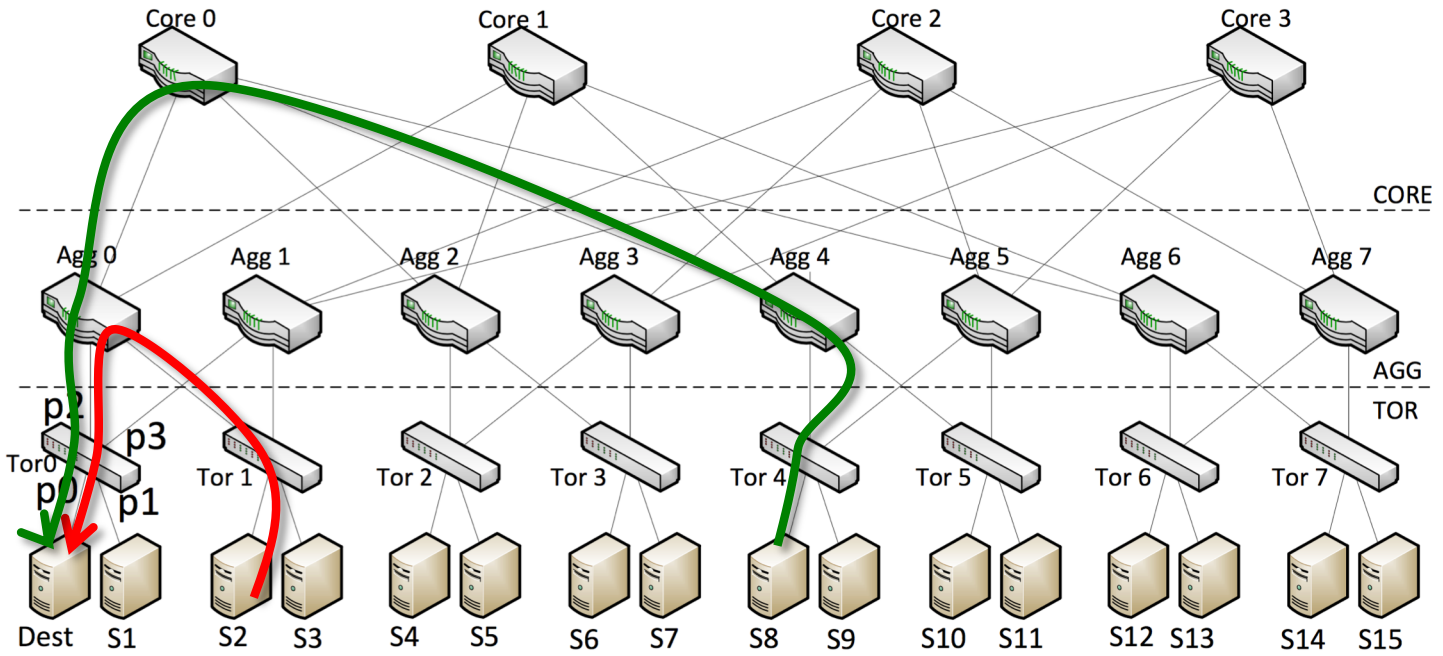
- Modificar el control de congestión de TCP
  - DCTCP (Data Center TCP)
    - Requiere ECN en los switches
    - Las fuentes reaccionan a las notificaciones de ECN en proporción a la cantidad de ellas recibidas
    - https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/data-center-tcp-dctcp/
  - ICTCP (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, D^{2}TCP, 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.

TCP Outcast

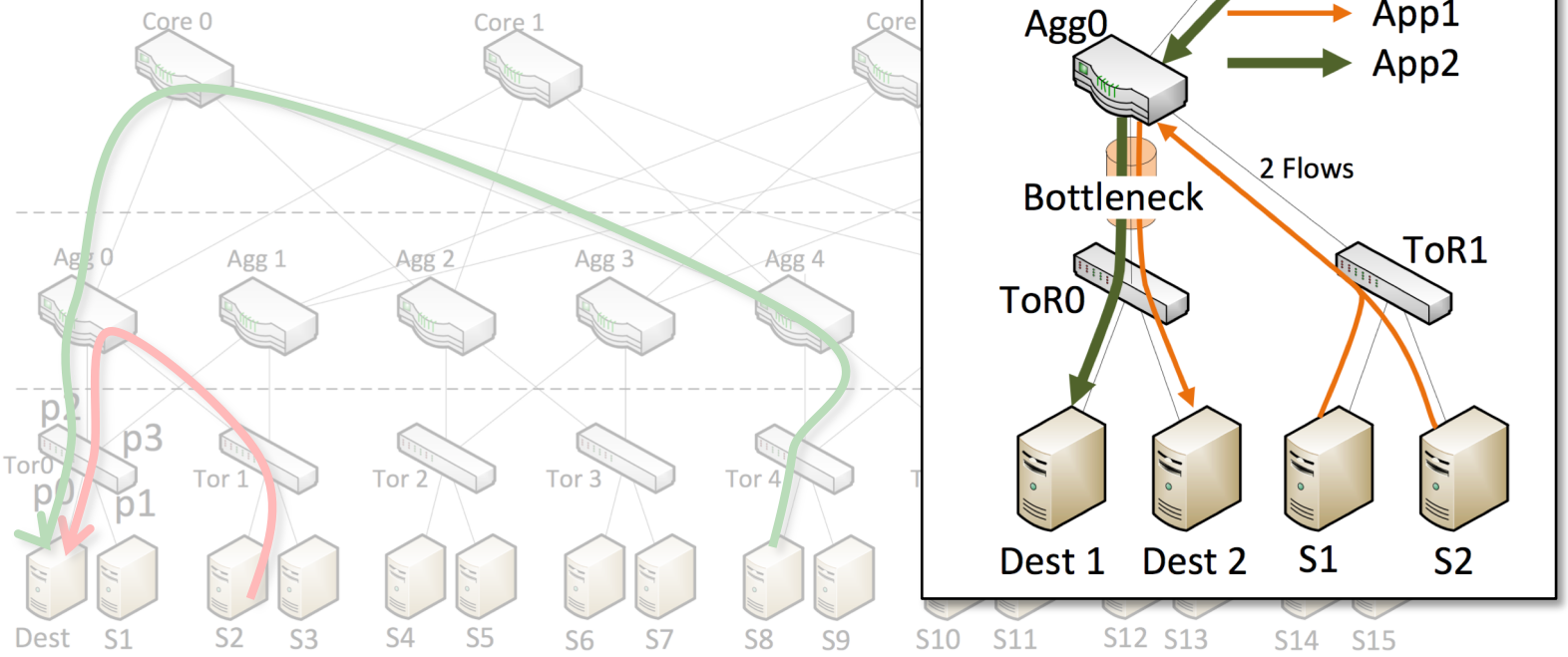
- Partition+Aggregate, drop-tail
- Muchos más flujos de servidores alejados que de cercanos, llegan por puertos diferentes (...)
- (...)



Pawan Prakash, Advait Dixit, Y. Charlie Hu and Tamana Kompella, "The TCP Outcast Problem: Exposing Unfairness in Data Center Networks", USENIX 2012

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 a ráfagas
- En enlace con muchos flujos la ráfaga de pérdidas se distribuye entre muchos flujos
- (...)



TCP Outcast

- En enlace con pocos flujos las pérdidas se distribuyen entre pocos
- Los flujos menos numerosos tienen mayor probabilidad de perder la última ventana y acabar en un RTO
- El resultado es que flujos con menor RTT obtienen menor goodput (inverso de lo habitual)