ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS
Área de Ingeniería Telemática

Caracterización del tráfico

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

Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios
Grado en Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación, 2º

Temario

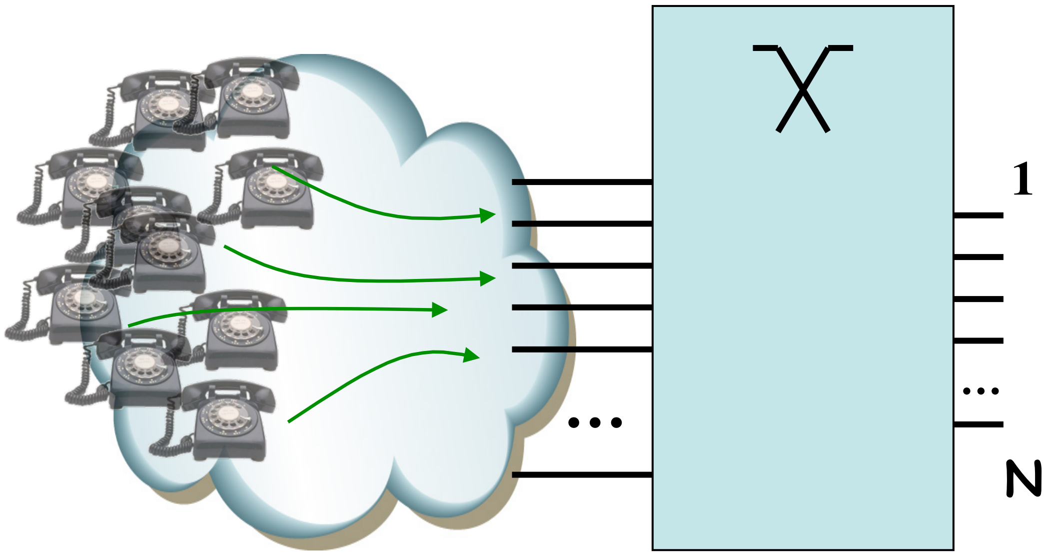
1. Introducción
2. Arquitecturas de conmutación y protocolos
3. Introducción a las tecnologías de red
4. Control de acceso al medio
5. **Conmutación de circuitos**
    1. La Red Telefónica Básica
    2. Modelado de usuarios
    3. Cálculos de bloqueo
6. Transporte fiable
7. Encaminamiento
8. Programación para redes y servicios

Objetivos

- Conocer los modelos básicos para usuarios de la red telefónica

Problema tipo a resolver

- Conmutador con líneas de entrada y de salida
- Entradas usuarios finales o troncales: lo que nos importará es la cantidad de llamadas que llegan al conmutador
- Salidas troncales (máximo N llamadas simultáneas salen)
- Decidir N para poder cursar las llamadas con una probabilidad de bloqueo máxima objetivo
- o decidir la cantidad de llamadas que puede cursar para un N y ese máximo bloqueo



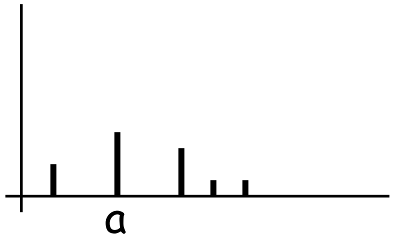
Modelando la carga

Variable aleatoria (V)

- No tiene un valor sino que describe el resultado aleatorio de un experimento
- Se caracteriza por la descripción de los posibles resultados que puede tomar en términos de probabilidad
- **Función de distribución / densidad de probabilidad**

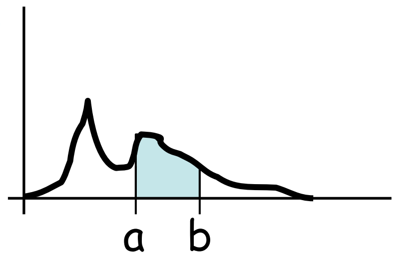
Variable discreta

$$p(a) = P[V = a]$$



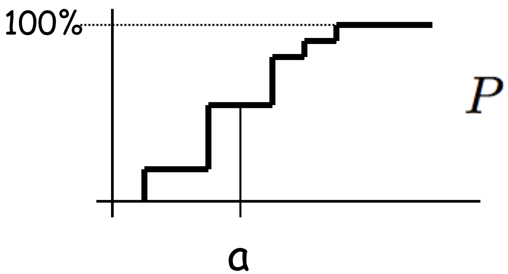
Variable continua

$$P[a < V < b] = \int_a^b p(t)dt$$



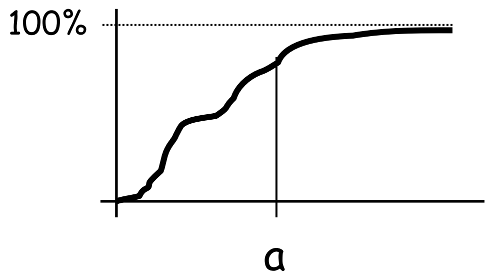
- **Función acumulada de probabilidad / distribución**

Variable discreta



$$P[V \leq a] = F(a)$$

Variable continua



Modelando la carga

Procesos estocásticos (V)

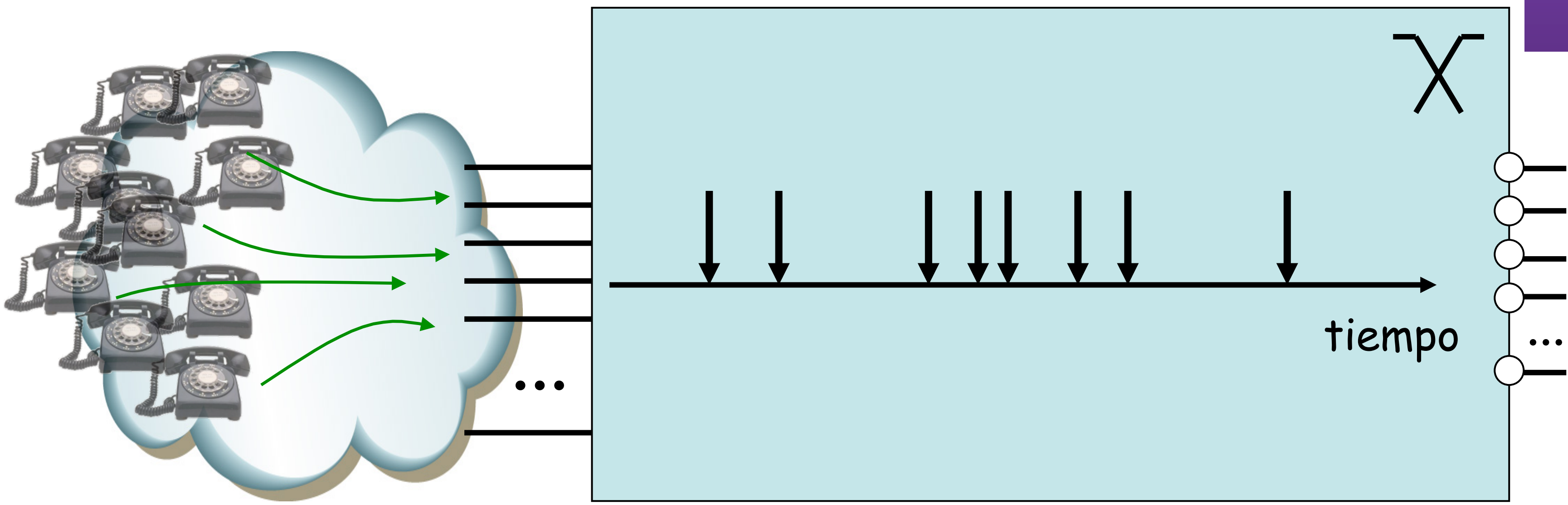
- Una familia de variables aleatorias

$$\left\{X_t : t \in T\right\}$$

- Hablaremos de
  - “Tiempo continuo” cuando T es real, por ejemplo T = [0,∞]
  - “Tiempo discreto” cuando T es numerable, por ejemplo T = {0,1,2…}

Proceso de llegadas

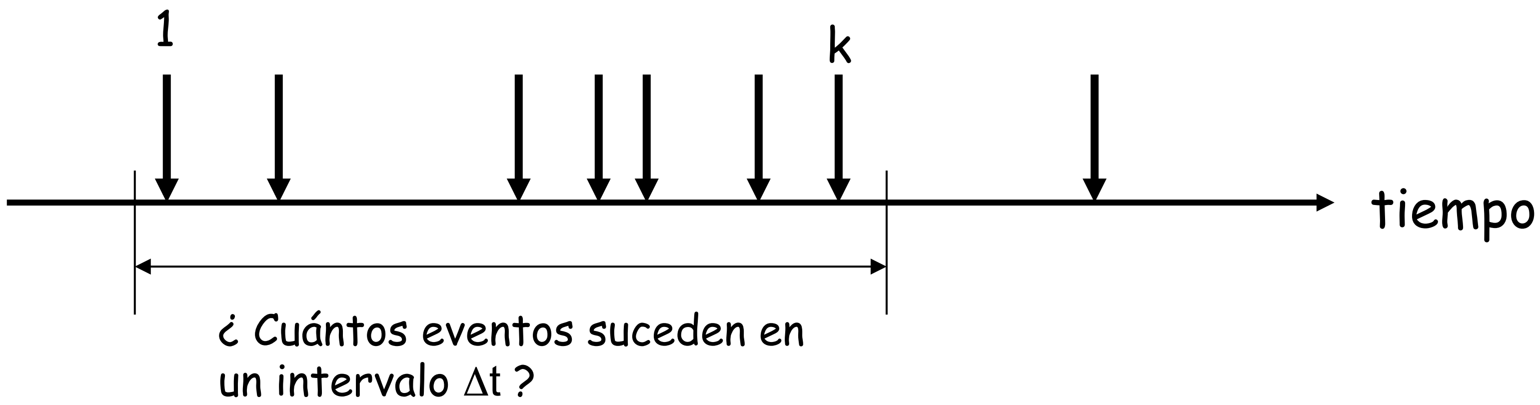
- Hipótesis fundamental en teoría clásica: llegadas independientes
- Tasa media de llegadas de llamadas de una gran población de fuentes (usuarios) independientes: λ



Número de llegadas

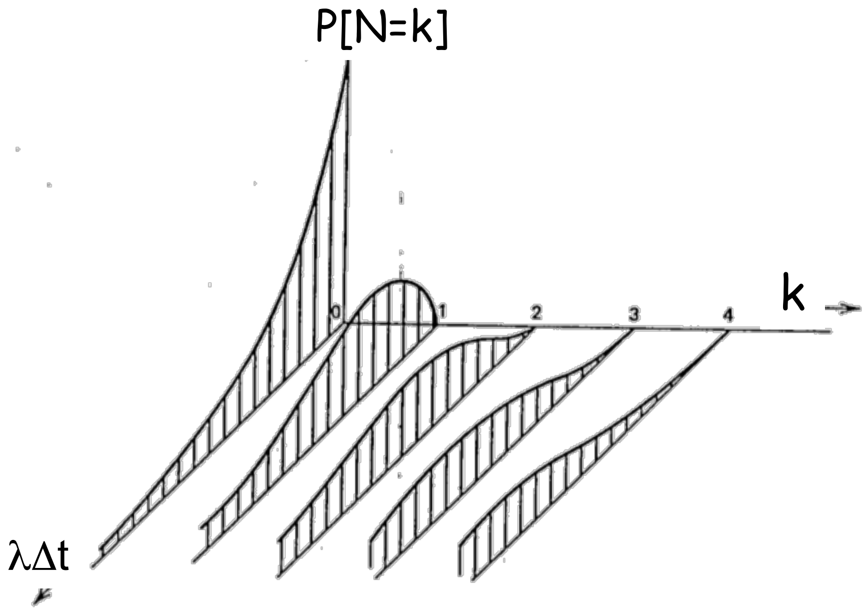
- Hipótesis:
  - En un intervalo suficientemente pequeño solo puede producirse una llegada
  - La probabilidad de una llegada en un intervalo suficientemente pequeño es directamente proporcional a la longitud del mismo (probabilidad $\lambda\Delta t$)
  - La probabilidad de una llegada en un intervalo es independiente de lo que suceda en otros intervalos
- Se demuestra que el número de llegadas en un intervalo sigue una distribución de Poisson

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



Distribución de Poisson

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



- Es una función de distribución:

$$\sum_{k=0}^{\infty}P[N=k]=\left(1+\lambda\Delta t+\frac{(\lambda\Delta t)^2}{2}+\frac{(\lambda\Delta t)^3}{6}+\ldots\right)e^{-\lambda\Delta t}=e^{\lambda\Delta t}e^{-\lambda\Delta t}=1$$

- Su valor medio es $\lambda\Delta t$:

$$\overline{N}=E[N]=\sum_{k=0}^{\infty}kP[N=k]=\left(0+\lambda\Delta t+(\lambda\Delta t)^2+\frac{(\lambda\Delta t)^3}{2}+\frac{(\lambda\Delta t)^4}{6}\ldots\right)e^{-\lambda\Delta t}=\lambda\Delta t e^{\lambda\Delta t}e^{-\lambda\Delta t}=\lambda\Delta t$$

Tiempos entre llegadas

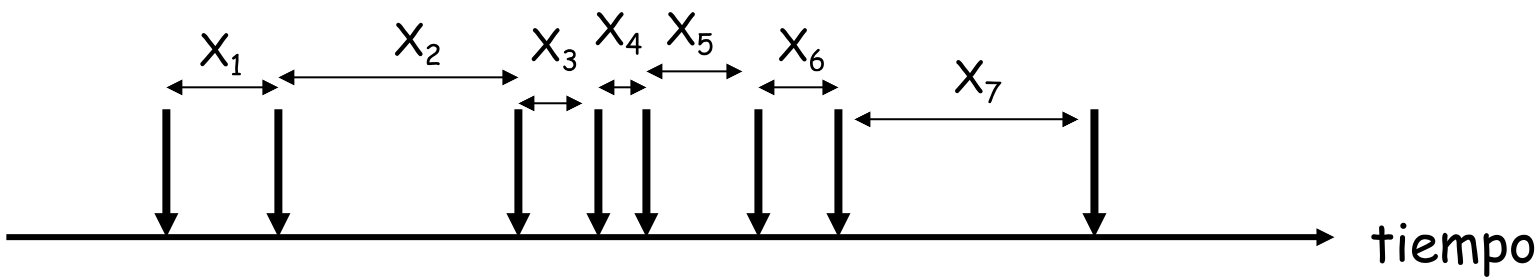
- Se demuestra que: si el número de eventos que ocurren en un intervalo cualquiera sigue una distribución de Poisson, los tiempos entre llegadas de eventos siguen una distribución exponencial
- El tiempo entre llegadas sigue una v.a. exponencial de parámetro λ
- X_i variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas (i.i.d.) ('X')

$$\boxed{p_X(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \text{(t>0)}}$$

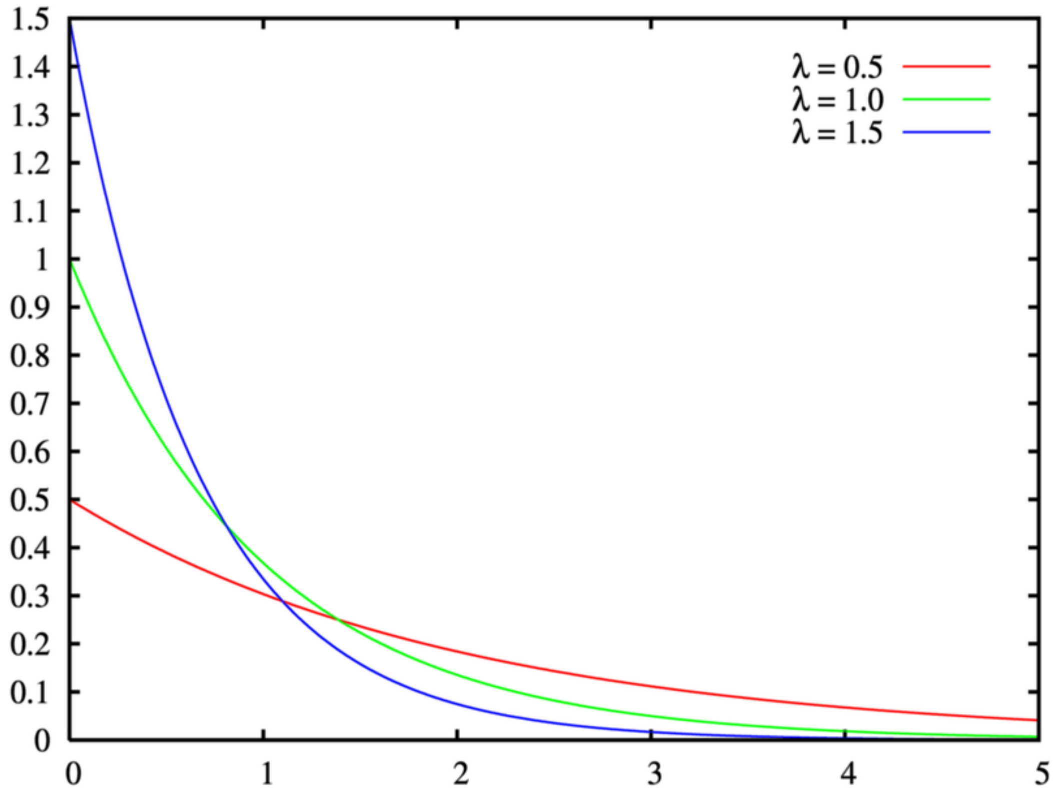
$$P[X < t] = 1 - e^{-\lambda t}$$

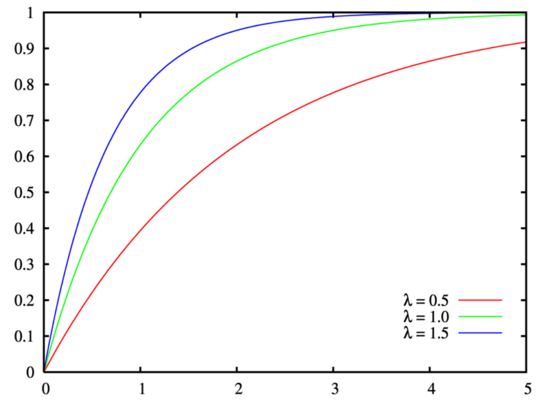
- Media: $E[X] = \int_0^{\infty} t\lambda e^{-\lambda t} = 1/\lambda$

- Tiempo medio entre llegadas $1/\lambda \Rightarrow$ en media λ llegadas por segundo

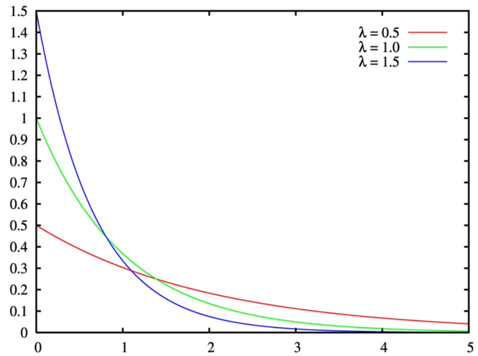


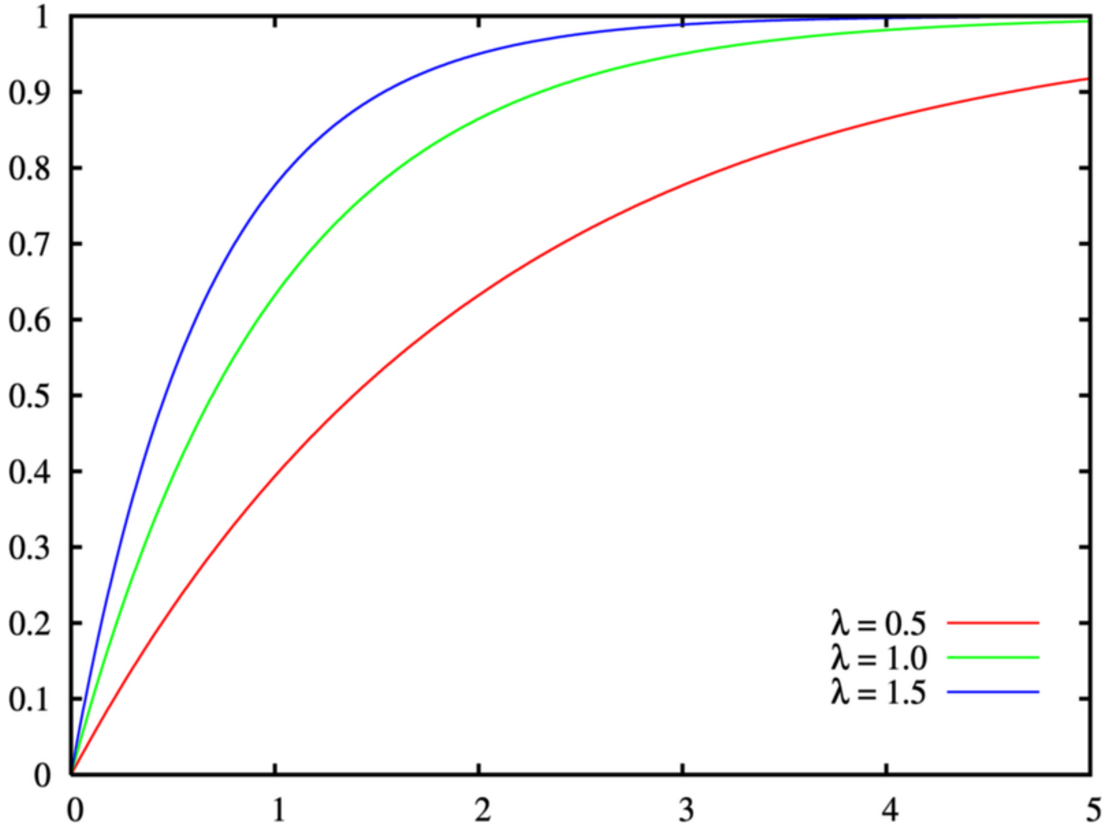
Ejemplo (exponencial)



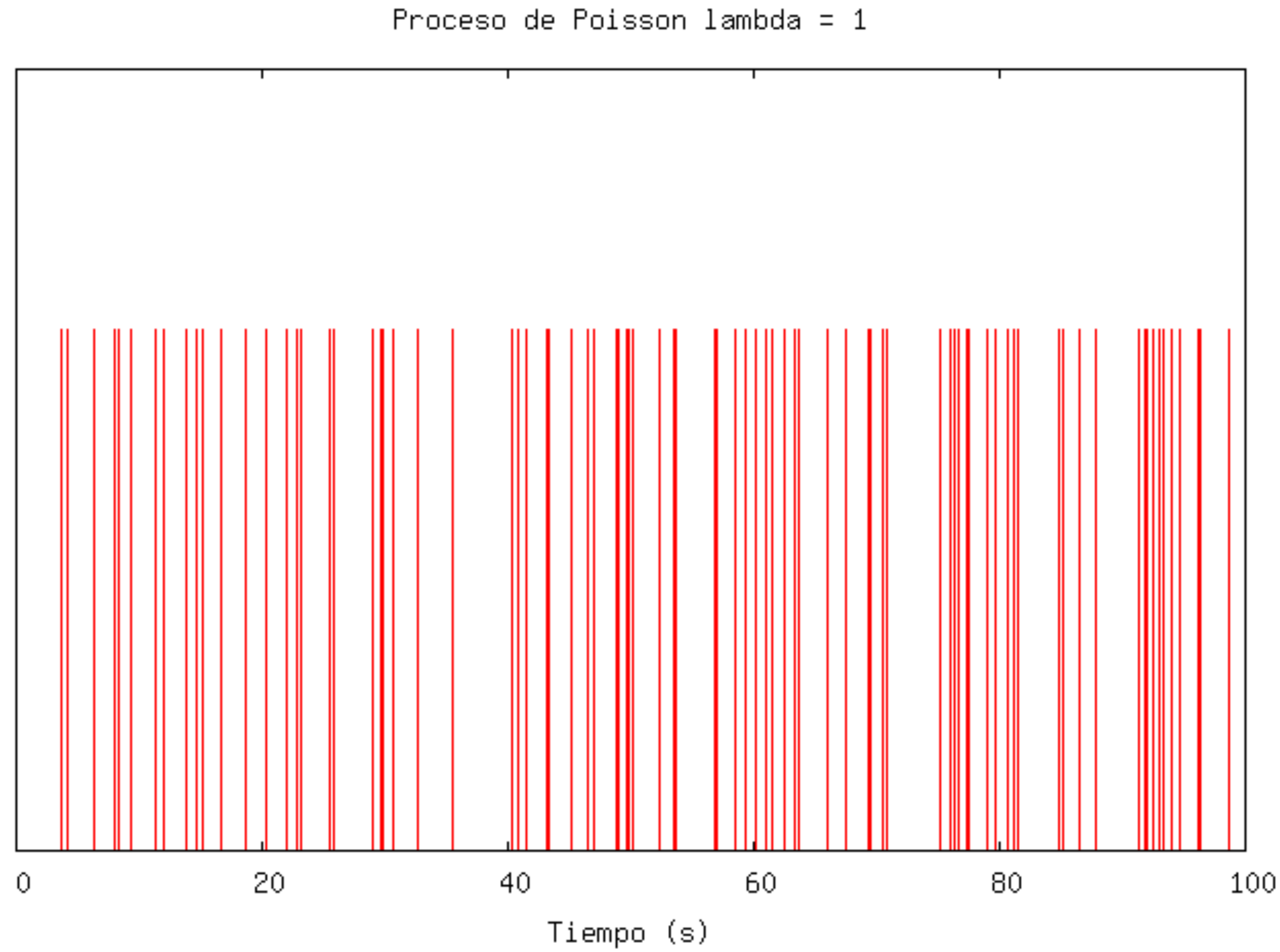


Ejemplo (exponencial)



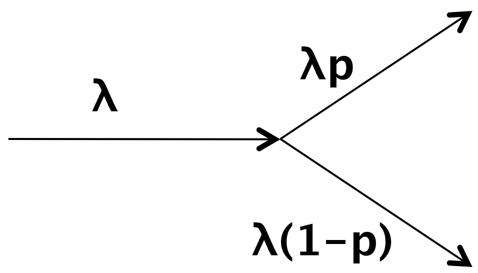


Ejemplo (proceso de Poisson)



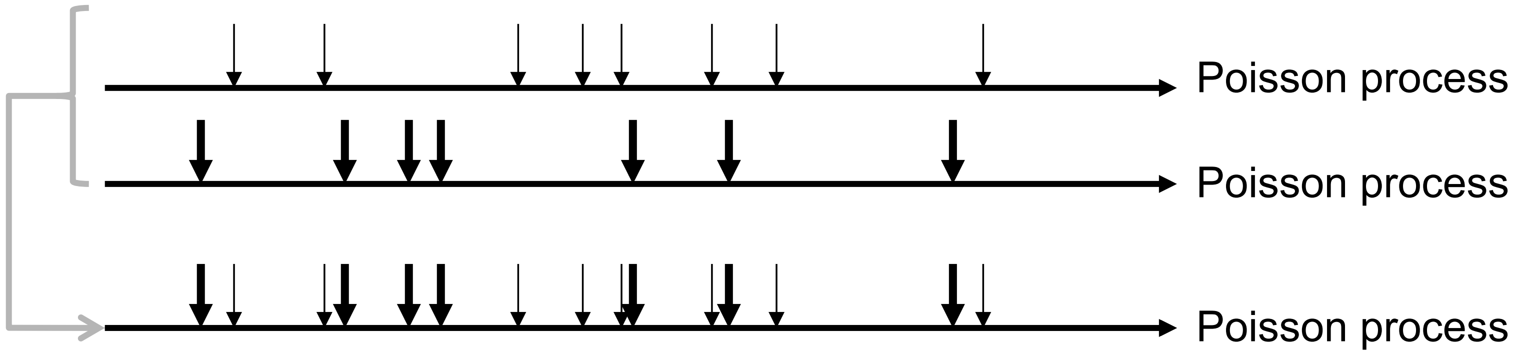
Random splitting

- Proceso de Poisson con tasa λ
- Repartidas las llegadas en dos grupos mediante Bernoulli de parámetro p
- Los procesos resultantes son procesos de Poisson de tasas λp y λ(1-p)



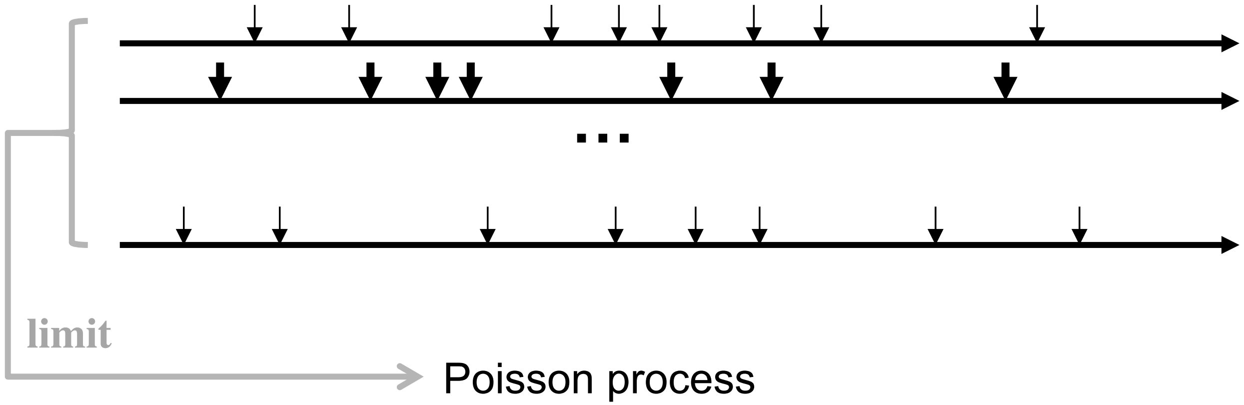
Superposición

- La superposición de dos procesos de Poisson es un proceso de Poisson de tasa la suma de las dos (…)



Superposición

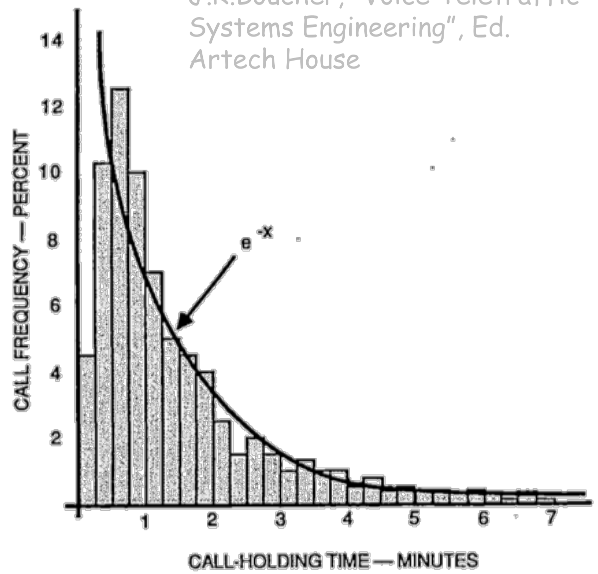
- Para ciertos procesos muy comunes (independientes), la superposición de un gran número de ellos tiende a un proceso de Poisson



- Las peticiones de usuarios individuales es probable que no se puedan modelar con un proceso de Poisson
- El múltiplex de un gran número de usuarios independientes sí

Tiempo de ocupación

- Duración de las llamadas
- Lo más simple: tiempo constante
  - Poco realista para llamadas
  - Actividades automáticas: reproducción de mensajes, procesado de señalización, etc.
- Tiempo exponencial
  - Variables aleatorias (continuas) 's_i'
  - i.i.d. ('s')
  - Tiempos menores de la media muy comunes
  - Cada vez menos comunes tiempos mayores que la media
  - Propiedad: el tiempo restante de una llamada es independiente de lo que haya durado hasta ahora
- Duración exponencial: 's' caracterizada por su función de densidad



J.R.Boucher, "Voice Teletraffic Systems Engineering", Ed. Artech House

$$p_s(t) = \mu e^{-\mu t} \qquad (t>0)$$

$$\int_0^\infty \mu e^{-\mu t} = 1$$ es una fdp

$$\bar{s} = E[s] = 1/\mu$$

Ejemplo

- Infinitas líneas
- Llamadas que se generan con una tasa media λ
- Tiempo medio de duración s
- ¿ Intensidad de tráfico media que representan ?
- En un intervalo T se producen en media λT llegadas
- Eso implica un volumen de tráfico de λTs
- La intensidad de tráfico se obtiene dividiendo ese volumen por el intervalo de medida, luego: $I = \lambda s$

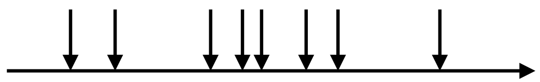
Número de líneas ocupadas

- Hipótesis:
  - Llamadas proceso de **Poisson** con tasa λ
  - Solicitudes de servicio de duración **constante** 's'
- ¿ Número de líneas ocupadas en un instante cualquiera ? (…)
  - Es una variable aleatoria (…)
  - La probabilidad de que 'j' líneas estén ocupadas en un instante es la probabilidad de 'j' llegadas en el intervalo previo de duración 's' (…)
  - Depende solo de la intensidad de tráfico λs, que es la media de esta variable (A = λs) (…)
  - Resulta ser válido independiente de la distribución de 's' (sin demostración)

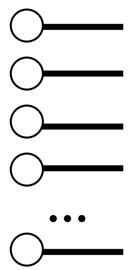
Intensidad de tráfico

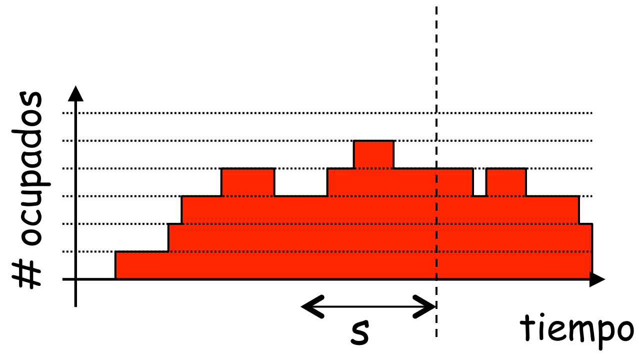
$$P_{\lambda s}[N = j] = \frac{(\lambda s)^j}{j!} e^{-\lambda s}$$

λ Llegadas
por segundo



1 llegada mantiene una línea ocupada
durante s segundos





Resumen

- Proceso de llegadas de Poisson
  - Como agregación de una gran cantiadad de procesos independientes
  - Su división aleatoria es de nuevo de Poisson
- Tiempos de servicio exponenciales