Notas al Capítulo 1 – Introducción
Diapositva 39

Se dispone de un enlace de 1 Mb/s, donde cada usuario, en promedio, transfiere 100 kb/s cuando está "activo", que es el 10% del tiempo.

En conmutación de circuitos se soportan 10 usuarios simultáneos.

En conmutación de paquetes, la probabilidad de c/usuario de estar activo es 10%, luego $p = 0.1$. Aplicando la idea de multiplexado estadístico, interesa saber cuál es la probabilidad de congestión (más de 10 usuarios simultáneos activos) si existen 40 usuarios del enlace. Para pensarlo podemos considerar un proceso con distribución de probabilidad binomial ("sorteo" activo/no activo). Luego la probabilidad de que *n* usuarios estén trasmitiendo es:

$$\binom{40}{n} p^n (1-p)^{40-n}$$

La probabilidad de que 11 o más usuarios trasmitan simultáneamente (congestión) se calcula como:

$$1 - \sum_{n=0}^{9} \binom{40}{n} p^n (1-p)^{40-n}$$

Si aproximamos esta probabilidad usando el teorema central del límite, y considerando X_j variables aleatorias independientes tales que $P(X_j = 1) = p$,

$$P(\text{ "11 o más usuarios" }) = 1 - P\left(\sum_{j=1}^{40} X_j \le 10\right)$$

$$P\left(\sum_{j=1}^{40} X_j \le 10\right) = P\left(\frac{\sum_{j=1}^{40} X_j - 4}{\sqrt{40 \cdot 0.1 \cdot 0.9}} \le \frac{6}{\sqrt{40 \cdot 0.1 \cdot 0.9}}\right)$$
$$\approx P\left(Z \le \frac{6}{\sqrt{3.6}}\right) = P(Z \le 3.16)$$
$$= 0.999$$

donde Z es una variable aleatoria normal estándar. Debemos notar que la media es $p.n = 40 \times 0.1 = 4$, y que la desviación estándar es $\sigma = \sqrt{n.p.q} = \sqrt{40 \times 0.1 \times 0.9}$.

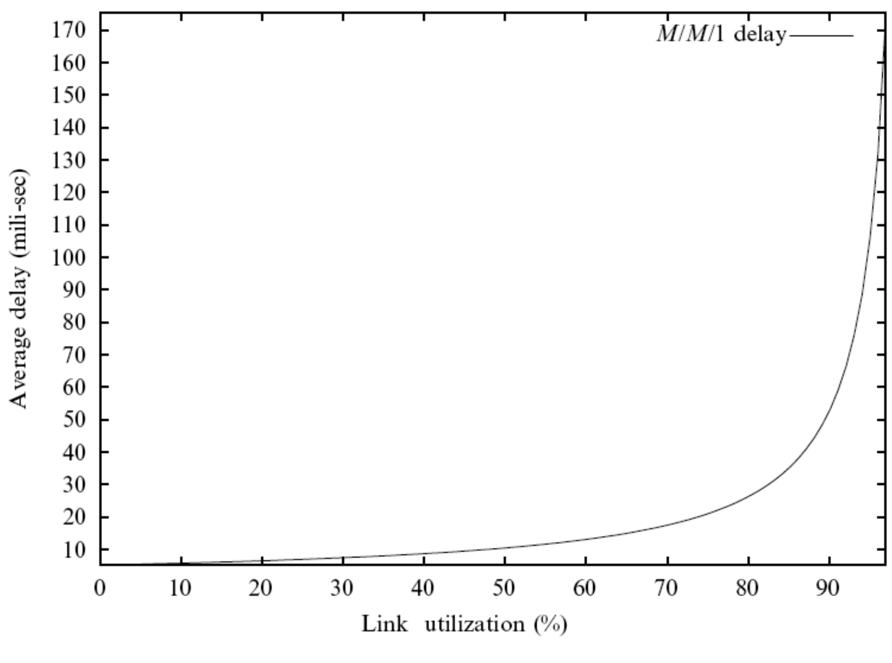
Luego $P(\text{ "11 o más usuarios" }) \approx 0.001$.

Diapositiva 53
Como se deriva la función de retardo de cola.

Se asume que el arribo de paquetes a la cola es un proceso de Poisson, que el tamaño de paquetes tiene distribución exponencial, y que el sistema se puede pensar como una cola M/M/1. Con estas hipótesis, dado un tamaño promedio de tamaño de paquetes de L bits/paquete y una capacidad del enlace de R bps, la tasa de servicio promedio del enlace es $\mu = R/L$ pps (paquetes por segundo). Si se considera la tasa de arribo promedio de paquetes de a pps, se cumple que el retardo en segundos por paquete, en promedio, está dado por la ecuación:

$$D = \frac{1}{\mu - a}$$

Si consideramos la utilización media $\rho = \frac{a}{\mu} = \frac{a}{R/L} = L.\frac{a}{R}$, y reescribimos al ecuación del retardo como $D = \frac{1}{\frac{R}{L}.\left(1 - L.\frac{a}{R}\right)}$, se puede ver que el retardo por paquete tiende a infinito cuando la utilización del enlace tiende al 100% (es decir cuando $L.\frac{a}{R} \to 1$), como se muestra en la siguiente gráfica:



Se observa que la tasa de utilización se debe mantener menor al 70% aprox. para tener retardo aceptable.