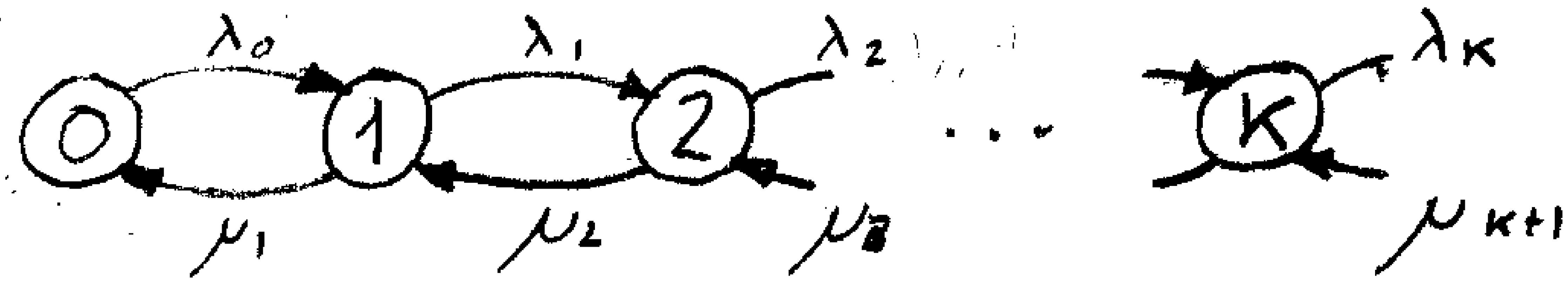
XSSC

TEMA 2: EINES BÀSIQUES D'AVALUACIÓ

Cadenes de Markov → El futur no depen del passat només del present.

-2.2 Processos de N i M

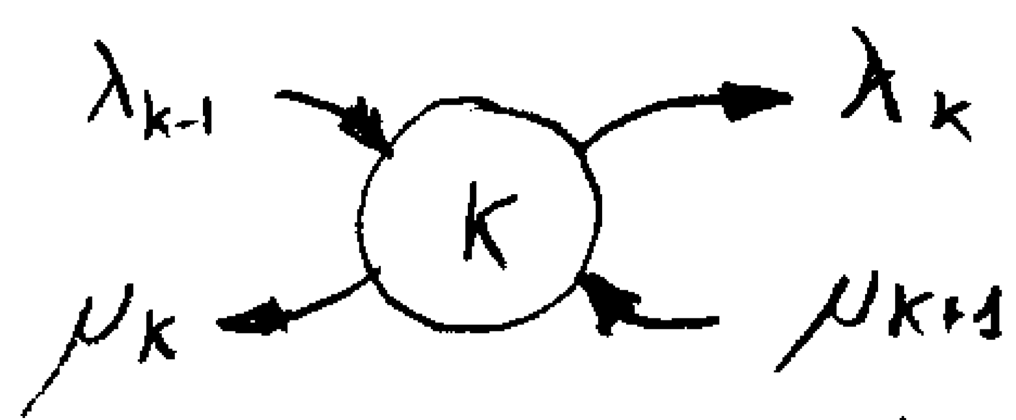


λ : taxa d'arribades

μ : taxa de sortides

fdp temps entre arribades $\tau \Rightarrow a(\tau) = \lambda e^{-\lambda \tau}$

fdp temps de servei $t_s \Rightarrow b(t_s) = \mu e^{-\mu t_s}$



$P_K(t)$: Prob. ser en l'estat K en l'instant t

$$\text{Flux entrant} = \lambda_{K-1} P_{K-1}(t) + \mu_{K+1} P_{K+1}(t)$$

$$\text{Flux sortint} = (\lambda_K + \mu_K) P_K(t)$$

$$\frac{\partial P_K(t)}{\partial t} = \text{Flux entrant} - \text{Flux sortint}$$

- Procés de Poisson $(\lambda_K = \lambda, \mu_K = 0)$

$$\boxed{P_k(T) = \frac{(\lambda T)^k}{K!} e^{-\lambda T}}$$

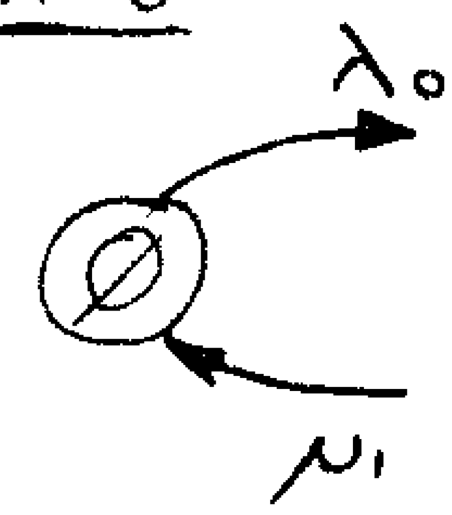
$P_K(t)$: Prob. de que arribin K unitats en T segons

Promitg d'arribades en T $\Rightarrow E[K] = \lambda T$

2.3. Processos de M i N en equilibri

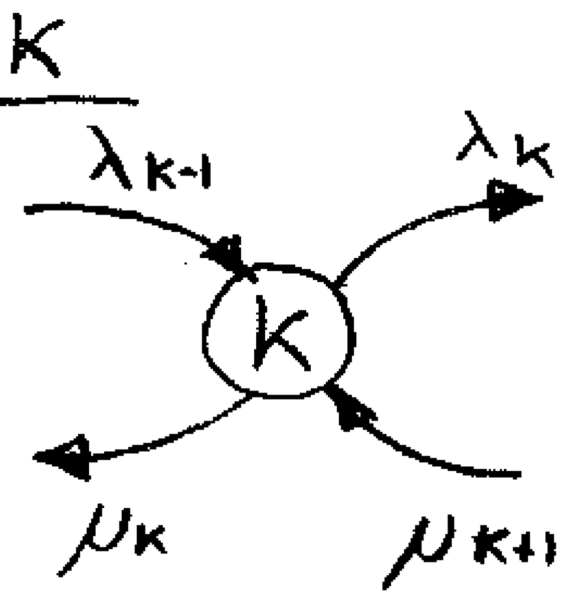
$$\boxed{\text{Flux entrant} = \text{Flux sortint}}$$

$K=0$



$$\boxed{\mu_1 P_1 = \lambda_0 P_0}$$

K



$$\boxed{\lambda_{K-1} P_{K-1} + \mu_{K+1} P_{K+1} = (\lambda_K + \mu_K) P_K}$$

Resolent el sistema d'equacions resulta:

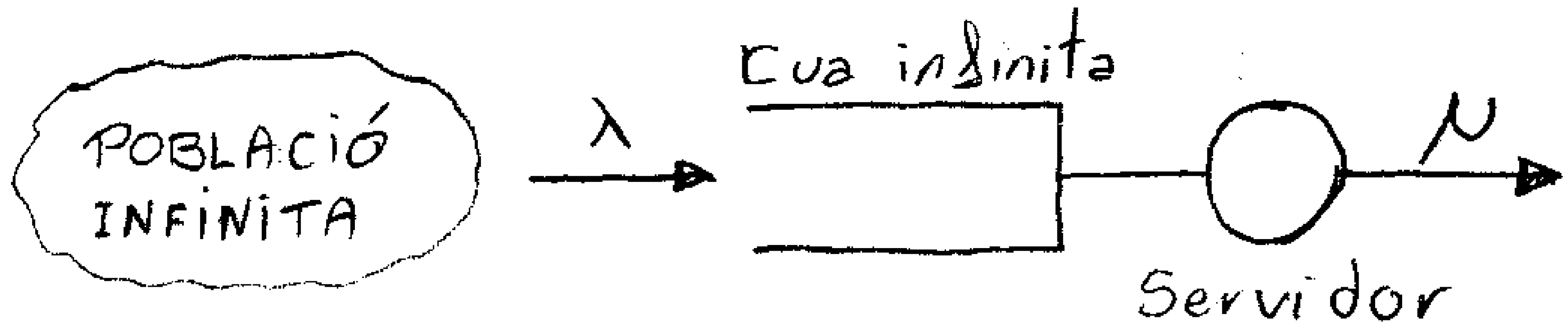
$$\boxed{P_K = \frac{\lambda_{K-1}}{\mu_K} P_{K-1}}$$

I perquè quedi completament determinat $\Rightarrow \boxed{\sum_K P_K = 1}$

I pq sigui estable $\Rightarrow \mu_K > \lambda_K \Rightarrow$ sortides > arribades

2.3.2 Sistemes M/M/1

M/M/1 ← Un servidor
Temps de servei ⇒ distrib. exponencial
Arribades al sistema ⇒ " " "



Població $\infty \Rightarrow \lambda = \text{cte} \Rightarrow$ Arribades Poisson

$$\boxed{P_K = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K P_0} \quad \ldots \quad \boxed{P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}}$$

$$\boxed{\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 1 - P_0 = N_{servei} = \lambda T_s}$$

ρ : Factor d'utilització <1
N_{servei} : Num mitg d'unitats en el servidor <1
T_s : Temps mitg de servei

$$\boxed{N = \lambda T}$$ Tª de Little

T : Temps mitg d'estada al sistema
N : Num. mitg d'unitats al sistema

$$\boxed{T_{servei} = N_{servei}/\lambda = 1/\mu}$$ Temps mitg de servei

$$\boxed{W = N_{cua}/\lambda = \frac{\rho}{1-\rho}\cdot T_s}$$ Temps mitg d'estada en cua

$$\boxed{T = W + T_s} \quad \boxed{N = N_{cua} + N_s}$$

$$\boxed{T_{servei} = T_{transmissió} = L/C}$$

l : long paquet mitja
C : capacitat canal

$$\boxed{T = \frac{L}{C - \lambda L} = \frac{1}{1-\rho} T_s}$$ Temps de transferència (d'estada al sistema)

2.3.3. Sistemes M/M/∞

$$\boxed{P_K = \frac{(\lambda/\mu)^K}{K!} P_0} \qquad \boxed{P_0 = e^{-\lambda/\mu}}$$

$$\boxed{N = \lambda/\mu} \qquad \boxed{T = 1/\mu}$$ Mai s'ha d'esperar

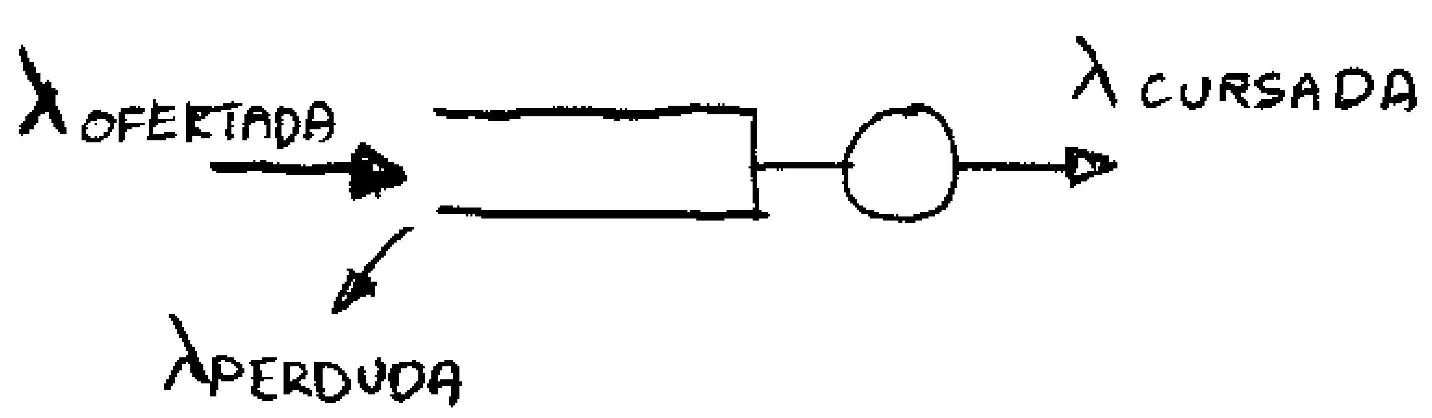
2.3.4 Sistemes M/M/m

$$\boxed{P_K = \begin{cases} \frac{(m\rho)^K}{K!} P_0 & K < m \\ \frac{m^m \rho^K}{m!} P_0 & K \geq m \end{cases}} \qquad \boxed{\rho = \frac{\lambda}{m\mu} < 1}$$

P_0 complicat $\Rightarrow \sum_{K=0}^{\infty} P_K = 1$

2.3.5 Sistemes M/M/1/N — capacitat del sistema

$$\boxed{P_K = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^K P_0 = \rho^K P_0 \quad K \leq N} \qquad \boxed{P_0 = \frac{1-\rho}{1-\rho^{N+1}}}$$



M/M/1/1

$\lambda_{CURSADA} = \lambda \cdot P_0$
taxa sortida : μP_1
$N = P_1 = \rho_{CURSADA} = \frac{\lambda_{CURSADA}}{\mu} = \frac{\rho}{1+\rho}$

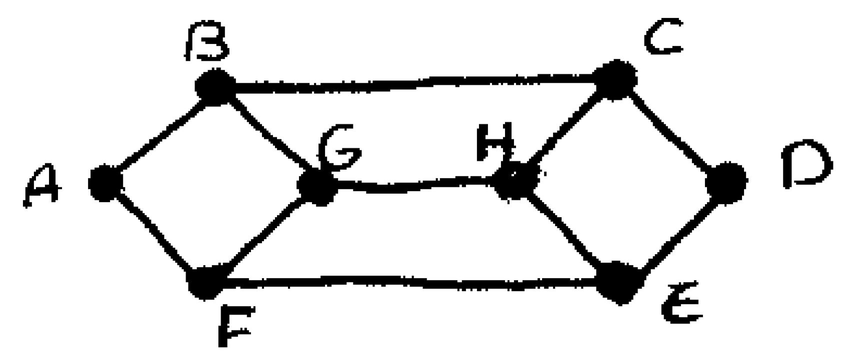
13: TÈCNIQUES D'ENCAMINAMENT

- Clasificació dels algoritmes d'encaminament
  - No adaptatiu → Elecció de les rutes previa a l'arranc de la xarxa
  - Adaptati → Prenen les decisions en funció de l'estat de la xarxa (retards, ocupació, ...)

  - Centralitzats → Es té info de tota la xarxa
  - Aïllats → Cada node només té info local.
  - Distribuits → Info local + Info nodes veïns

3.2 ENCAMINAMENT PEL CAMÍ MÉS CURT

- Es construeix un graf de la xarxa:

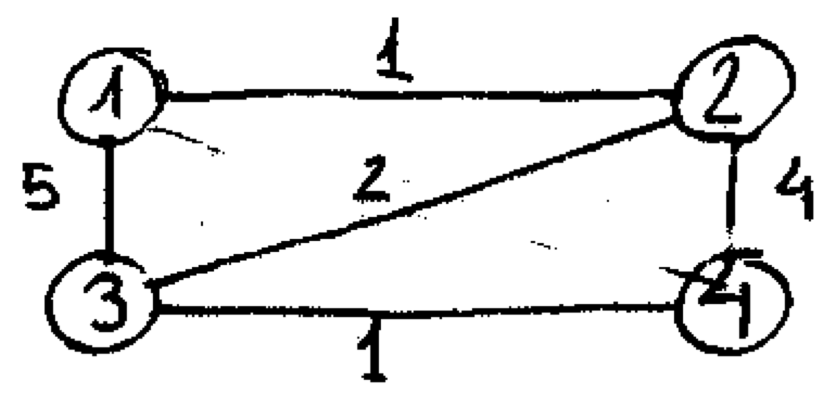


- Associem a cada canal un cost.
- Busquem la ruta de cost mínim

- ALGORITME DE FLOYD

  - Algoritme iteratiu, es realitza una iteració per node, col·locant el node entre totes les parelles de nodes possibles.

EXEMPLE



Enllaços bidireccional
cost anada = cost tornada

Iteració Ø

Matriu de costos $D = \begin{bmatrix} \emptyset & 1 & 5 & \infty \\ 1 & \emptyset & 2 & 4 \\ 5 & 2 & \emptyset & 1 \\ \infty & 4 & 1 & \emptyset \end{bmatrix}$ ← Cost per anar de 1 a 'i'

Cost ∞ (no hi ha cnx directa)

Matriu de rutes $R = \begin{bmatrix} - & 2 & 3 & - \\ 1 & - & 3 & 4 \\ 1 & 2 & - & 4 \\ - & 2 & 3 & - \end{bmatrix}$ ← Node successor a 1 per anar a 'i'

Iteració 1 : Introduim node 1 entre qualsevol parella de nodes.

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 5 & \infty \\ 1 & 0 & 2 & 4 \\ 5 & 2 & 0 & 1 \\ \infty & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad R = \begin{bmatrix} - & 2 & 3 & - \\ 1 & - & 3 & 4 \\ 1 & 2 & - & 4 \\ - & 2 & 3 & - \end{bmatrix}$$

$\min(d_{42}, d_{41} + d_{14})$

Les matrius no varien ⇒ no interessa introduir el node 1 .

Iteració 2

$\min(d_{13}, d_{12} + d_{23})$

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \boxed{3} & \boxed{5} \\ 1 & 0 & 2 & 4 \\ \boxed{3} & 2 & 0 & 1 \\ \boxed{5} & 4 & 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad R = \begin{bmatrix} - & 2 & 2 & 2 \\ 1 & - & 3 & 4 \\ 2 & 2 & - & 4 \\ 2 & 2 & 3 & - \end{bmatrix}$$

Per anar de 4→1 convé anar per 2 ,
posem el node per anar de 4→2 q és 2

Iteracio 3

per anar 1→4 millor per 1→3 ⇒ 2

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 3 & \boxed{4} \\ 1 & 0 & 2 & \boxed{3} \\ 3 & 2 & 0 & 1 \\ \boxed{4} & \boxed{3} & 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad R = \begin{bmatrix} - & 2 & 2 & 2 \\ 1 & - & 3 & 3 \\ 2 & 2 & - & 4 \\ 3 & 3 & 3 & - \end{bmatrix}$$

Iteració 4 : No hi ha canvis

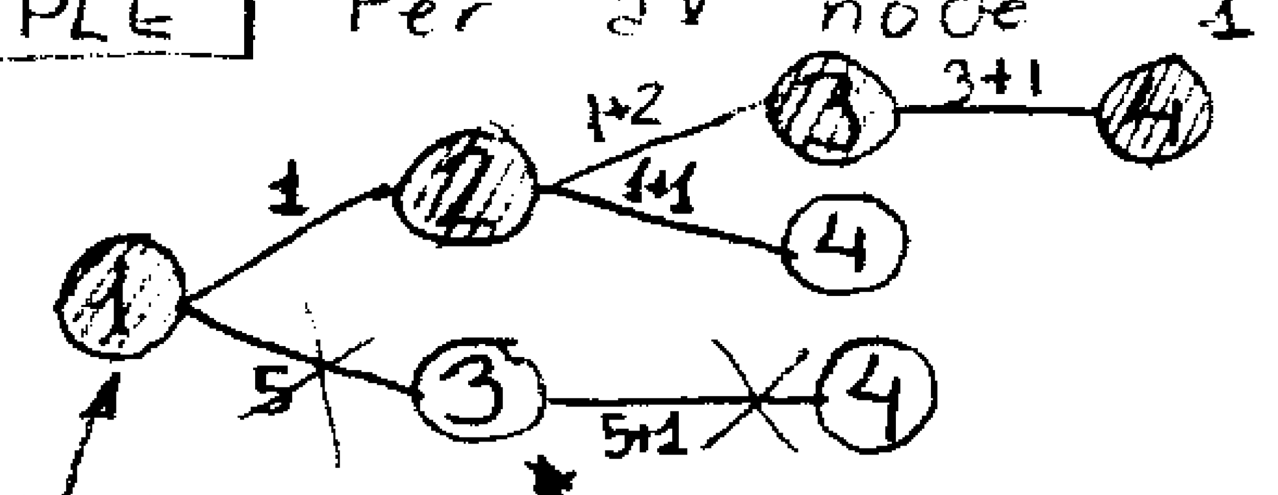
EXEMPLE | Taula de rutes del node 3 a partir de lo anterior

Destí	1	2	3	4
Ruta	2	2	-	4

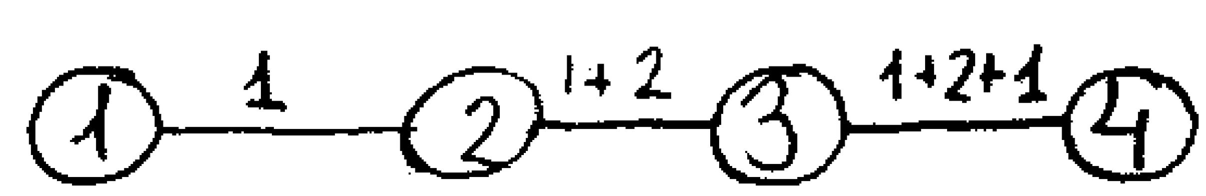
← Node successor

- Algoritme de Dijkstra

EXEMPLE | Per al node 1



⇒



marcat: forma part del graf

Posem els nodes als q estigui conectat l'anterior i que no hagin estat marcats

Quan poguem arribar a un mateix node per dos camins descartem el més llarg.

14 : ASSIGNACIÓ DE CAPACITATS I FLUXOS

+ Estimació del volum de tràfic entre els nodes i, j

$$\boxed{\gamma_{ij} = K \frac{P_i \, P_j}{d_{ij}}} \; [pk/seg]$$

P_i, P_j : Població associada als nodes
d_{ij} : Distància entre nodes

+ Capacitat mínima d'un canal

$$\boxed{C_{i_{min}} = \lambda_i \cdot L} \; [bps]$$

L: long. mitja dels paquets

+ Factor d'utilització d'un canal $\boxed{\rho_i = \lambda_i \frac{L}{C_i}}$

+ Cost mímim mensual de la xarxa (M canals)

$$\boxed{D_0 = \sum_{i=1}^{M} D_i \Big|_{C_i = \lambda_i L} = \sum_{i=1}^{M} (d_0 + d_i C_{i_{min}})}$$

d_0 : component fixa
d_i : €/bps.

+ Presupost mensual $D_m > D_0$

$$\boxed{D_m = D_0 + D_e}$$

+ Presupost excedent

$$\boxed{D_e = \sum_{i=1}^{M} d_i \Delta C_i}$$

+ Número mig de salts d'un paquet qualsevol $\boxed{\bar{n} = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^{M} \lambda_i}$ $\boxed{\gamma = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} \gamma_{ij}}$

Tràfic entrant total

+ Retard mig extrem - extrem $\boxed{T = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^{M} \lambda_i T_i}$ $\boxed{T_i = \frac{L}{C_i - \lambda_i L} = \frac{L}{\Delta C_i}}$

+ Assignació de capacitats $\boxed{C_i = \lambda_i L + \Delta C_i}$ $\Delta C_i = \frac{D_{ei}}{d_i} = \frac{D_e}{d_i} \alpha_i$ $\quad \sum \alpha_i = 1$

- CRITERIS D'ASSIGNACIÓ DE CAPACITATS

  - Cas Minimax $(K \to \infty)$
    Optimitza canals amb major retard
    (Tots els canals mateix retard)

$$\boxed{\Delta C_i = \frac{D_e}{d_i} \frac{d_i}{\sum_j d_j}}$$

  - Cas Temps de Transit òptim $(K = 1)$

$$\boxed{\Delta C_i = \frac{D_e}{d_i} \frac{\sqrt{\lambda_i d_i}}{\sum_j \sqrt{\lambda_j d_j}}}$$

  - Assignació segons tràfic $(K \to 0)$

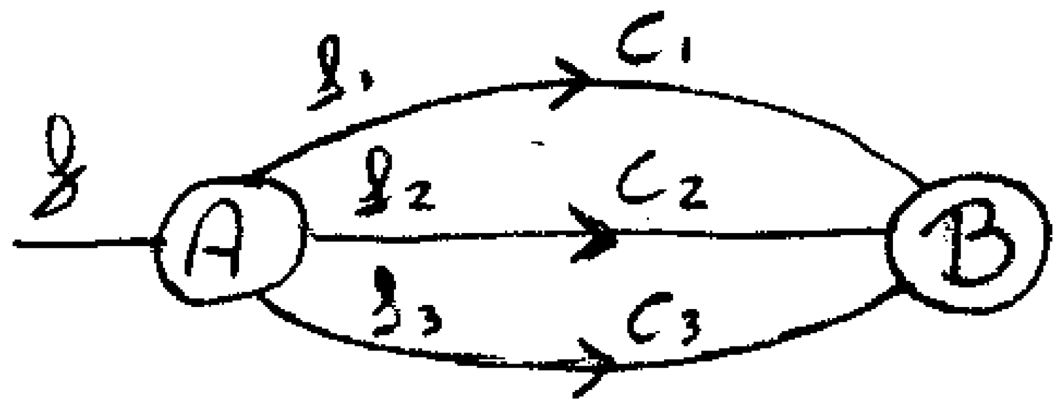
$$\boxed{\Delta C_i = \frac{D_e}{d_i} \frac{\lambda_i}{\sum_j \lambda_j}}$$

- Assignació de fluxos

Flux canal $i \Rightarrow \boxed{f_i = \lambda_i \cdot L}$ [bps]

S'ha de complir f (Flux total) $= \sum_i f_i$

Temps transferencia (M/M/1) $\Rightarrow \boxed{T_i = \frac{L}{C_i - \lambda_i L} = \frac{L}{C_i - f_i}}$



$c_1 > c_2 > c_3$

$f < f_u$	$f_u < f < f_{uu}$	$f > f_{uu}$
$f_1 = f$	$f_1 + f_2 = f$	$f_1 + f_2 + f_3 = f$
$f_2 = f_3 = \emptyset$	$f_3 = \emptyset$	—

◦ Assignació proporcional a les capacitats

f_u | $T_1 \stackrel{!!}{=} T_2 \big|_{f = f_u} \Rightarrow \boxed{f_u = c_1 - c_2}$

f_{uu} | $T_2 \stackrel{!!}{=} T_3 \big|_{f = f_{uu}} \Rightarrow f_{uu2} = c_2 - c_3$

$f_{uu1} = f_1 \big|_{f = f_{uu}}$ ó $f_{uu2} = f_2 \big|_{f = f_{uu}}$

$f_{uu} = f_{uu1} + f_{uu2}$

$\boxed{f_{uu} = c_1 - c_2 + \frac{c_1 + c_2}{c_2}(c_2 - c_3)}$

$f < f_u$	$f_u < f < f_{uu}$	$f > f_{uu}$
$f_1 = f$	$f_1 = f_u + \frac{c_1}{c_1 + c_2}(f - f_u)$	$f_1 = f_u + \frac{c_1}{c_1 + c_2}(f - f_u) + \frac{c_1}{c_1 + c_2 + c_3}(f - f_{uu})$
$f_2 = f_3 = \emptyset$	$f_2 = \emptyset + \frac{c_2}{c_1 + c_2}(f - f_u)$	$f_2 = \emptyset + \frac{c_2}{c_1 + c_2}(f - f_u) + \frac{c_2}{c_1 + c_2 + c_3}(f - f_{uu})$
	$f_3 = \emptyset$	$f_3 = \emptyset + \emptyset + \frac{c_3}{c_1 + c_2 + c_3}(f - f_{uu})$

- Assignació per retard mínim

$$T_{AB} = \frac{\gamma_1}{\gamma}\frac{L}{C_1-\gamma_1} + \frac{\gamma_2}{\gamma}\frac{L}{C_2-\gamma_2} + \frac{\gamma_3}{\gamma}\frac{L}{C_3-\gamma_3} =$$

$$= \frac{L}{\gamma}\left(\frac{\gamma_1}{C_1-\gamma_1} + \frac{\gamma_2}{C_2-\gamma_2} + \frac{\gamma_3}{C_3-\gamma_3}\right) = K \cdot F(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3)$$

$$\underline{\gamma_U} \quad \frac{\partial F}{\partial \gamma_1} \overset{!!}{=} \frac{\partial F}{\partial \gamma_2}\Bigg|_{\substack{\gamma_2=\gamma_3=0\\ \gamma_1=\gamma_U}} \Rightarrow \boxed{\gamma_U = C_1 - \sqrt{C_1 C_2}}$$

$$\underline{\gamma_{UU}} \quad \frac{\partial F}{\partial \gamma_1} \overset{!!}{=} \frac{\partial F}{\partial \gamma_2} \overset{!!}{=} \frac{\partial F}{\partial \gamma_3}\Bigg|_{\substack{\gamma_1=\gamma_{UU1}\\ \gamma_2=\gamma_{UU2}\\ \gamma_3=0}} \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l}\gamma_{UUi} = C_i - \sqrt{C_i C_3}\\ \gamma_{UU} = \gamma_{UU1} + \gamma_{UU2}\end{array}}$$

$\gamma < \gamma_U$	$\gamma_U < \gamma < \gamma_{UU}$	$\gamma > \gamma_{UU}$
$\gamma_1 = \gamma$ $\gamma_2 = \gamma_3 = \emptyset$	$\gamma_1 = \gamma_U + \frac{\sqrt{C_1}}{\sqrt{C_1}+\sqrt{C_2}}(\gamma-\gamma_U)$ $\gamma_2 = \emptyset + \frac{\sqrt{C_2}}{\sqrt{C_1}+\sqrt{C_2}}(\gamma-\gamma_U)$ $\gamma_3 = \emptyset$	$\gamma_i = \gamma_{UUi} + \frac{\sqrt{C_i}}{\sum\sqrt{C_i}}(\gamma-\gamma_{UU})$

⚠ Si $(C_2+C_3) > C_1$ es tracta $(C_2+C_3) = C_2'$ com un únic enllaç per fer els càlculs (És com si tinguéssim només 2 enllaços C_1, C_2')

I per calcular γ_{UU}?

$$\gamma_2' = \frac{\sqrt{C_2'}}{\sqrt{C_1}+\sqrt{C_2'}}(\gamma_{UU}-\gamma_U)$$

$$\gamma_{UU2} = C_2 - \sqrt{C_3 C_2}$$

T5: EINES AVANÇADES D'AVALUACIÓ DE XARXES I SISTEMES

- SISTEMES M/G/1

$$T = T_s + W$$
$$W = W_0 + N_q \cdot T_s$$

T: temps d'estada al sistema
T_s: temps de servei de la unitat
W: temps que manca pq finalitzin les unitats que es trobaben al sistema abans q arribes.
W_0: Residual de l'unitat al servidor
N_q: Elements en cua.

$$T_s = E\{x\}$$

$$W_0 = \rho E\{z\} \quad ; \quad E\{z\} = \frac{E\{x^2\}}{2E\{x\}} \Rightarrow \boxed{W_0 = \frac{\lambda E\{x^2\}}{2}}$$

$$\boxed{W = \frac{W_0}{1-\rho} = \frac{\lambda E\{x^2\}}{2(1-\rho)}}$$

$$\boxed{T = E\{x\} + \frac{\lambda E\{x^2\}}{2(1-\rho)}}$$

$N = \lambda \cdot T$ Nombre mig d'unitats al sistema.

Servei exponencial $\Rightarrow E\{x^2\} = 2E\{x\}^2$

Servei determinista $\Rightarrow E\{x^2\} = E\{x\}^2$

∘ Sistemes M/G/1 amb diferents tipus de tràfic

Les fòrmules són les mateixes amb:

$$\boxed{\lambda = \sum \lambda_i} \qquad \boxed{\rho = \sum \rho_i = \sum \lambda_i E\{x_i\} = \lambda \cdot E\{x\}}$$

$$\boxed{E\{x\} = \sum \frac{\lambda_i}{\lambda} E\{x_i\}} \qquad \boxed{E\{x^2\} = \sum \frac{\lambda_i}{\lambda} E\{x_i^2\}}$$

$$\boxed{T_i = E\{x_i\} + W}$$

CUES AMB PRIORITAT

- Prioritats sense expulsió

$$\boxed{T_K = W_K + E\{x_K\}}$$

T_K: Temps d'estada al sistema per una unitat de tipus K
W_K: Temps espera en cua unitat tipus K
$E\{x_K\}$: Temps de servei " "

$$W_K = \frac{W_0 + \sum_{i=1}^{K-1} \rho_i W_i}{1 - \sum_{i=1}^{K} \rho_i}$$

Es calcula de forma recursiva

Cas $K = 2$ tipus de tràfic

$$\boxed{W_K = \frac{W_0}{\left(1 - \sum_{i=1}^{K} \rho_i\right)\left(1 - \sum_{i=1}^{K-1} \rho_i\right)}}$$

- Prioritats amb expulsió

$$\boxed{T_K = \frac{W_{0K} + E\{x_K\}\left(1 - \sum_{i=1}^{K} \rho_i\right)}{\left(1 - \sum_{i=1}^{K} \rho_i\right)\left(1 - \sum_{i=1}^{K-1} \rho_i\right)}}$$

W_{0K} es calcula com W_0 però només amb $i = 1 \ldots K$

T6: TÈCNIQUES DE CONTROL DE CONGESTIÓ

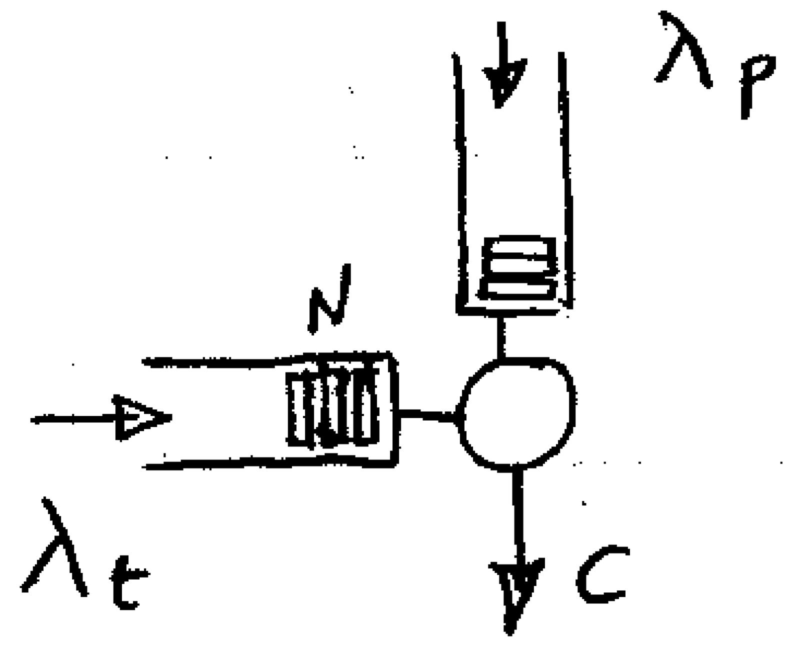
MÈTODES PREVENTIUS

- CONFORMADORS DE TRÀFIC

- Algoritme de leacky backet:

  Hi ha un tràfic màxim, de manera que si l'estació el supera es comença a perdre informació.

- Algoritme de token backet:



λ_p : taxa arribada de paquets

λ_t : taxa d'arribada de testimonis

$v_{tx} = B \cdot \lambda_t$

$\boxed{P_{esperar} = \rho^{N}}$ $\boxed{\rho = \frac{\lambda}{\lambda_t}}$

- Cada vegada que arriba un testimoni es poden tx B bits
- Tamany de ràfega màxim $L_m = \frac{m_B C}{C - \lambda_t B}$

  m_B: nº bits que es poden tx quan el buffer de tokens està ple.

- PREASIGNACIÓ DE RECURSOS

Per garantir una QoS determinada el sistema fa una reserva de recursos durant l'establiment del C.V.

MÈTODES REACTIUS

- **Paquets reguladors**

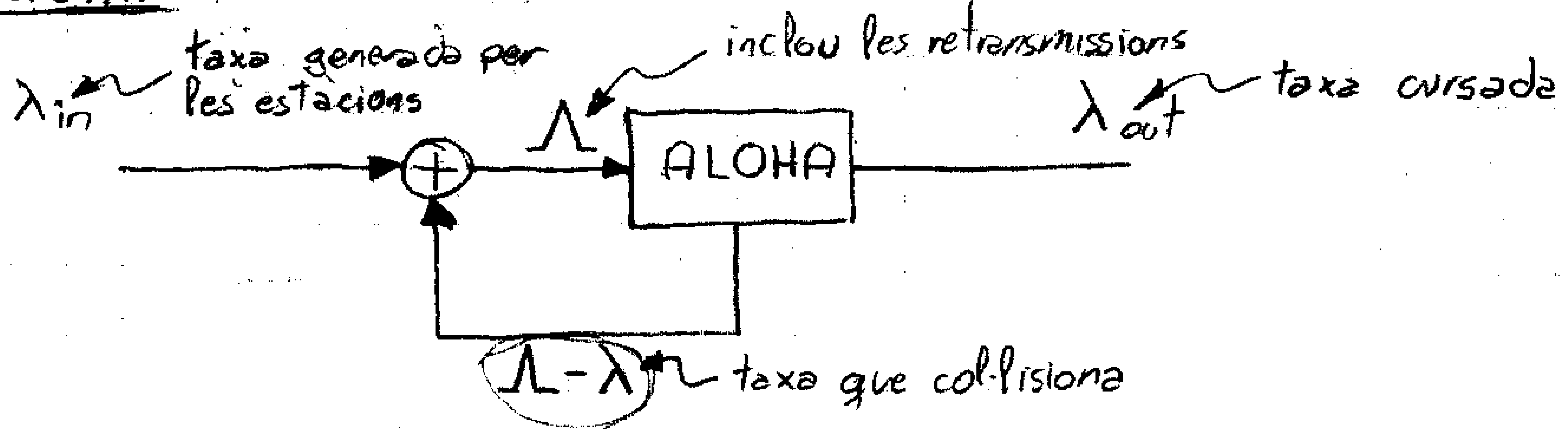
  Cada estació fa una estimació del tràfic de les línies de sortida, si es supera el llindar, en rebre un paquet que hauria d'anar cap aquella línia, s'avisa a l'estació origen.

- **Paquets Drop Policy**

  Es marquen els paquets amb prioritats, en cas que hi hagi congestió a la xarxa, s'eliminen els paquets de menor prioritat.

T7: TÈCNIQUES D'ACCÉS

— ALOHA



G: Tràfic ofert, incloent retransmissions
S: Tràfic cursat, si el sistema es estable, és igual al ofertat

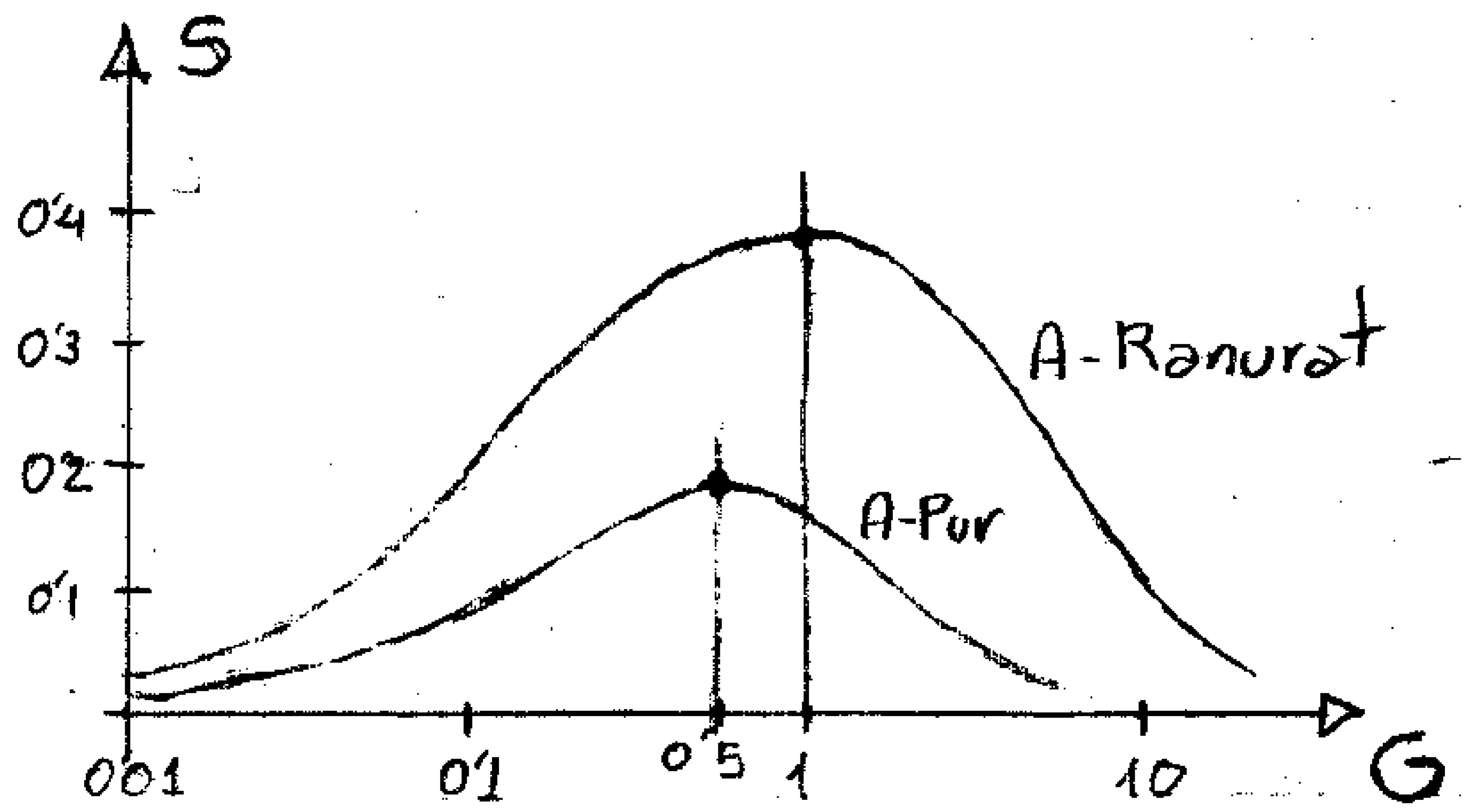
$\boxed{S = \lambda_{in} T_t}$ $\boxed{G = \Lambda T_t}$ $P\{tx \text{ sense col}\} = \frac{S}{G}$

- Aloha Pur

$$\boxed{S = G e^{-2G}}$$

- Aloha Ranurat

$$\boxed{S = G e^{-G}}$$



	Estabilitat	Tràfic màxim
Aloha Pur	$G < 0'5$	$S_{max} = 1/2e \simeq 0'18$
Aloha Ranurat	$G < 1$	$S_{max} = 1/e \simeq 0'37$

- Aloha amb un número finit d'estacions M

A-Pur: $\boxed{S = \left[1 - \frac{2G}{M}\right]^{M-1}}$ A-Ranurat: $\boxed{S = \left(1 - \frac{G}{M}\right)^{M-1}}$

$G_{max} = 1/2$ $G_{max} = 1$

- Com trobar el màxim d'estacions soportades?

$$S \equiv \lambda T_T = M \lambda_i \cdot L/C \overset{!!}{\leq} S_{max}$$

- Retard d'un paquet

∘ Enllaç terra - satèl·lit

A-Pur
$$T_s = T_T + \tau + \overbrace{(e^{2G}-1)}^{\#\text{mig retransmissions}}(T_T + \tau + R)$$

A-Ranurat
$$T_s = T_T + \underbrace{\frac{T_T}{2} + \tau}_{} + (e^{G}-1)\underbrace{(T_T + \tau^{+} + R)}_{\text{Temps mig de retransmissió}}$$

Temps des de que es genera el paquet fins que l'emissor sap que s'ha transmes correctament (sense col)

τ: Retard de propagació d'un paquet (anada + tornada)

$$\tau^{+} = \left\lceil \frac{\tau}{T_T} \right\rceil \cdot T_T$$ enter superior

$R = E\{r_i\}$ r_i: temps aleatori

∘ Enllaç terrestre

A-Pur
$$T_s = T_T + T_{ACK} + (e^{2G}-1)(T_T + T_{out} + R)$$

A-Ranurat
$$T_s = T_T + \frac{T_T}{2} + T_{ACK} + (e^{G}-1)(T_T + T_{out} + R)$$

T_{out}: Temps que triga a detectar-se la col·lissió

- CSMA

∘ No persistent → Si medi ocupat es retira durant un temps aleatori (back-off) abans de tornar-ho a intentar

∘ Persistent → Si medi ocupat, espera que quedi lliure i llavors envia amb prob P.

- Cas no persistent, no ranurat

$$\boxed{S = \frac{G e^{-aG}}{G(1+2a) + e^{-aG}}} \qquad \boxed{a = \tau / T_T}$$

a: temps de propagació normalitzat