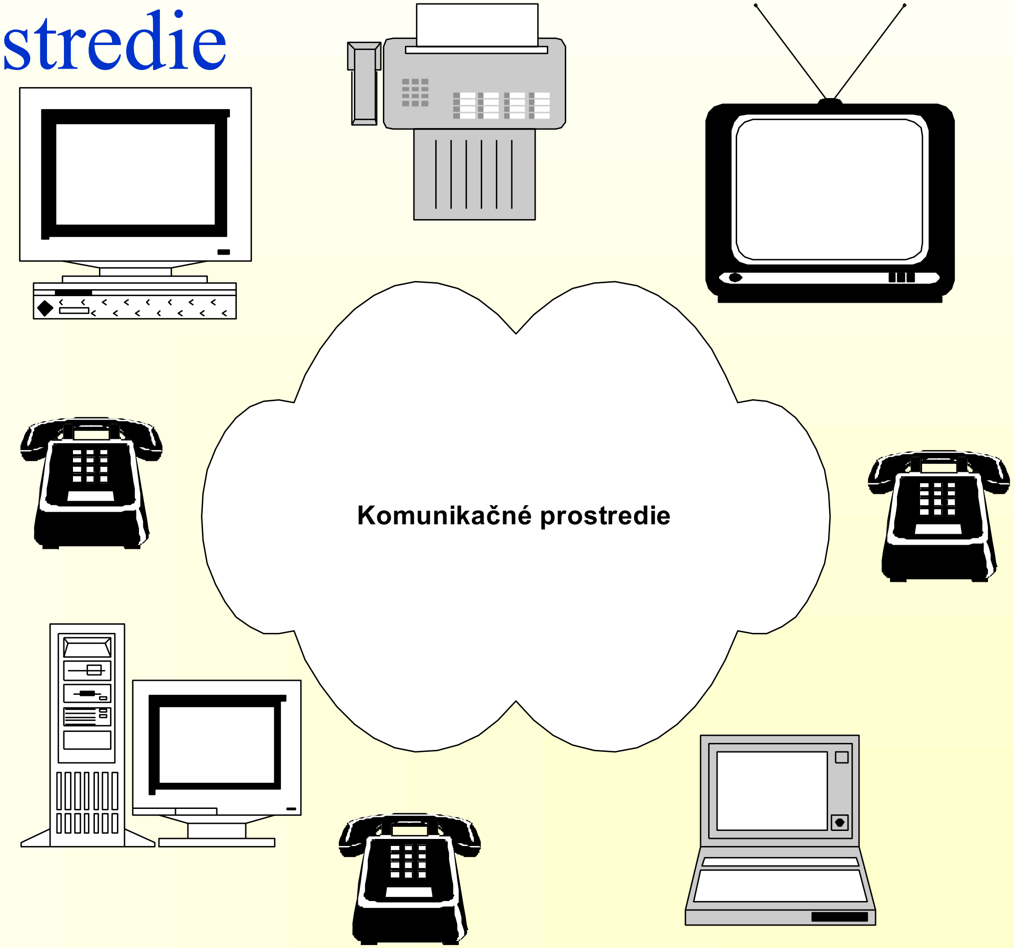
Teória sietí 2

Komunikačný systém

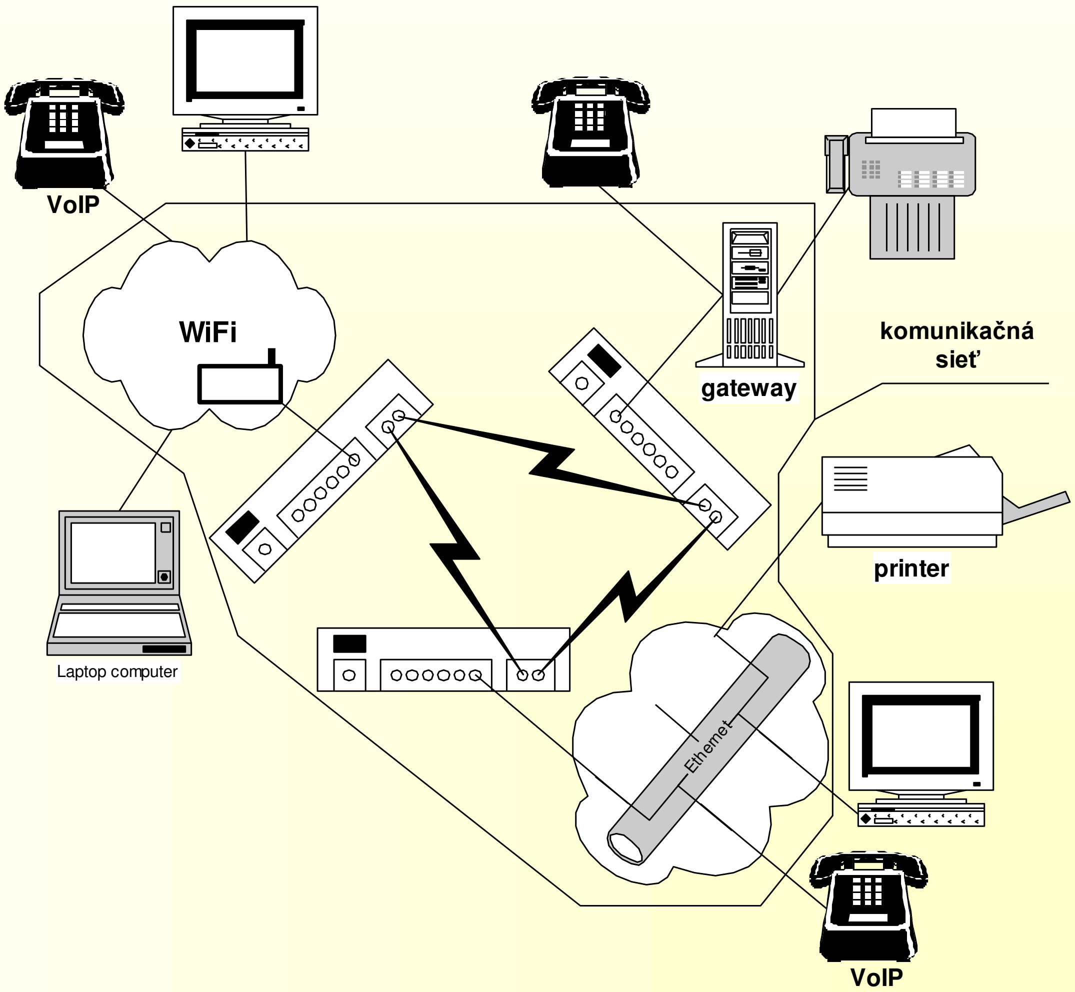
zdroje a prijímače informácie

komunikačné prostredie

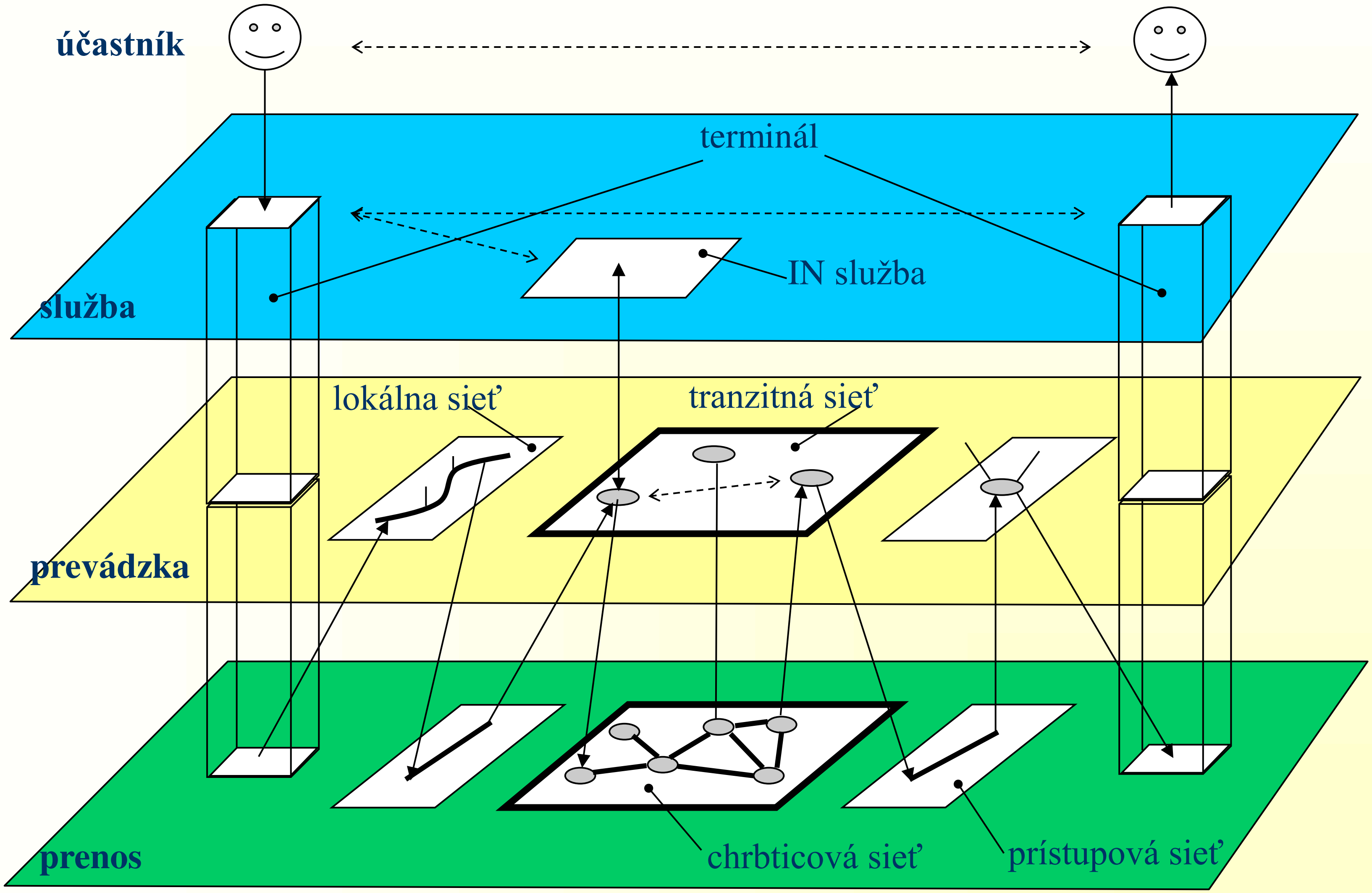


Komunikačná sieť

Komunikačná sieť je komunikačný podsystém, ktorý sa skladá z komunikačných prostredí (špeciálne kanálov) a spojovacích uzlov



Základné vrstvy



Úloha vrstvy prevádzky?

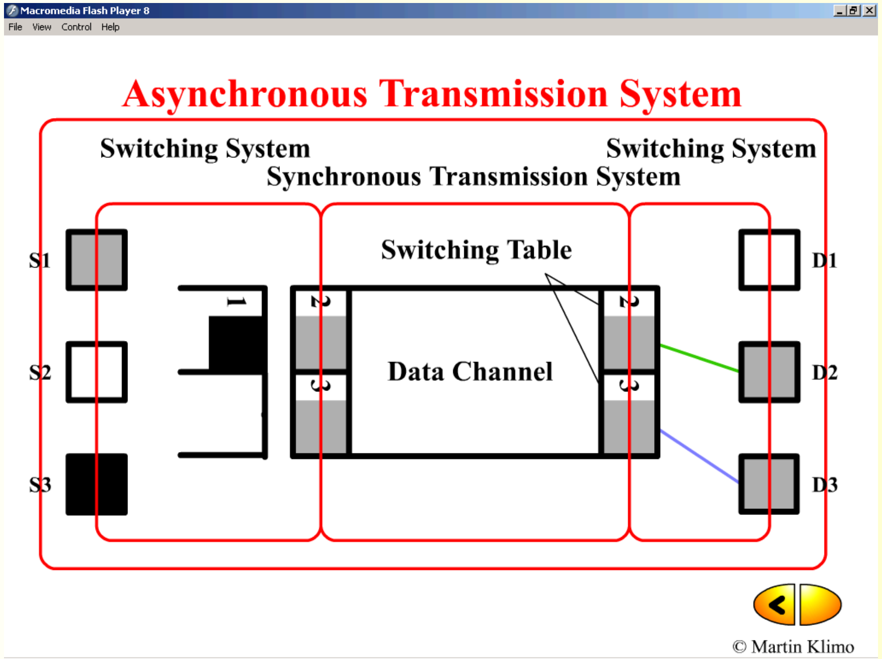
Nájsť kompromis medzi kvalitou a efektívnosťou siete.

1. **z ekonomických dôvodov musí byť kapacita siete menšia než sú možné požiadavky na prenos**
2. **požiadavky na prenos vznikajú náhodne**

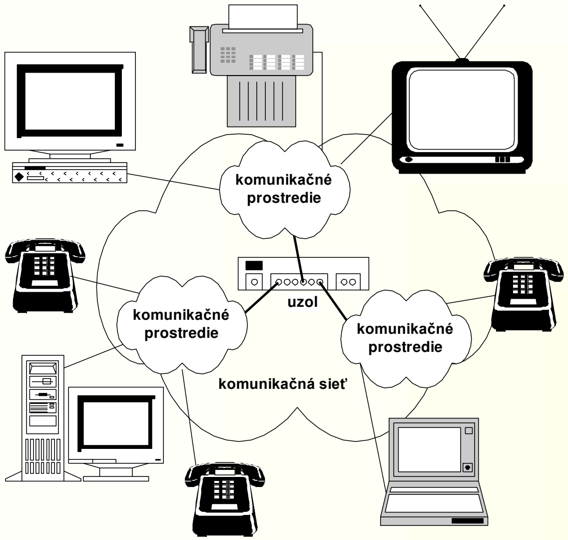
Riešenie ?

Policing – odmietnuť záťaž prevyšujúcu kapacitu siete

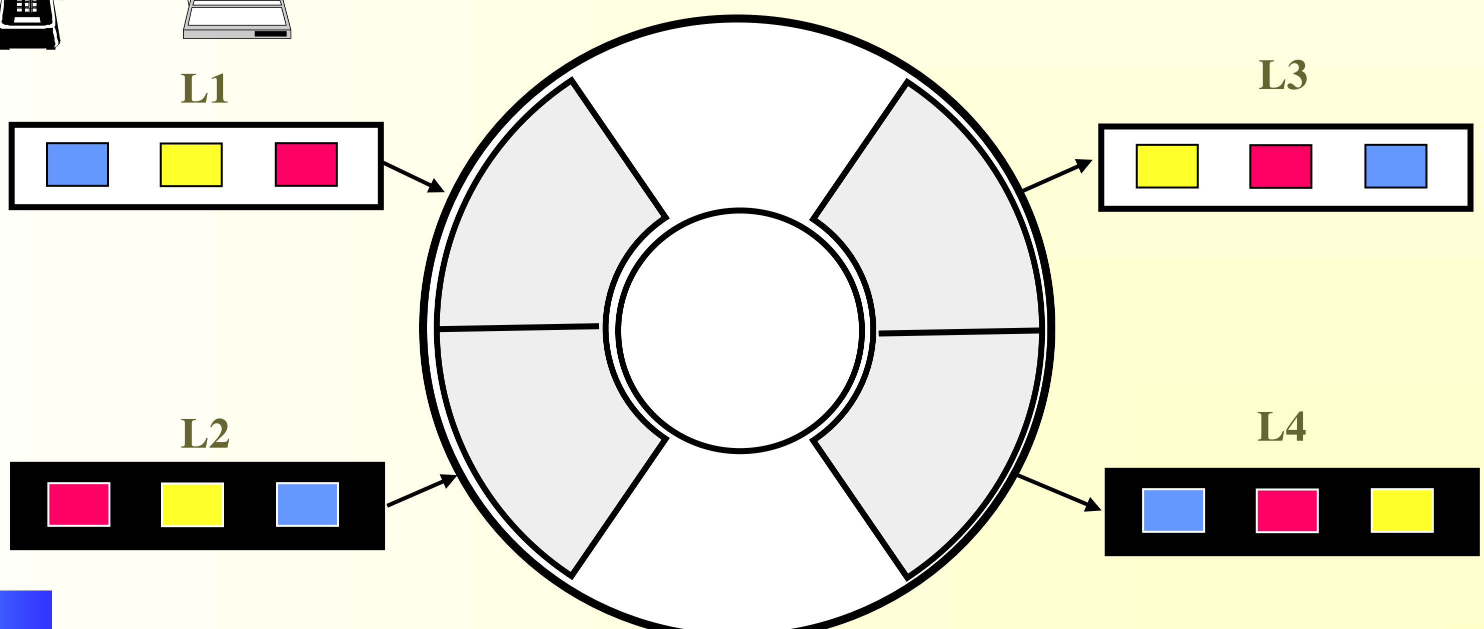
Shaping – odložiť záťaž prevyšujúcu kapacitu siete na neskôr



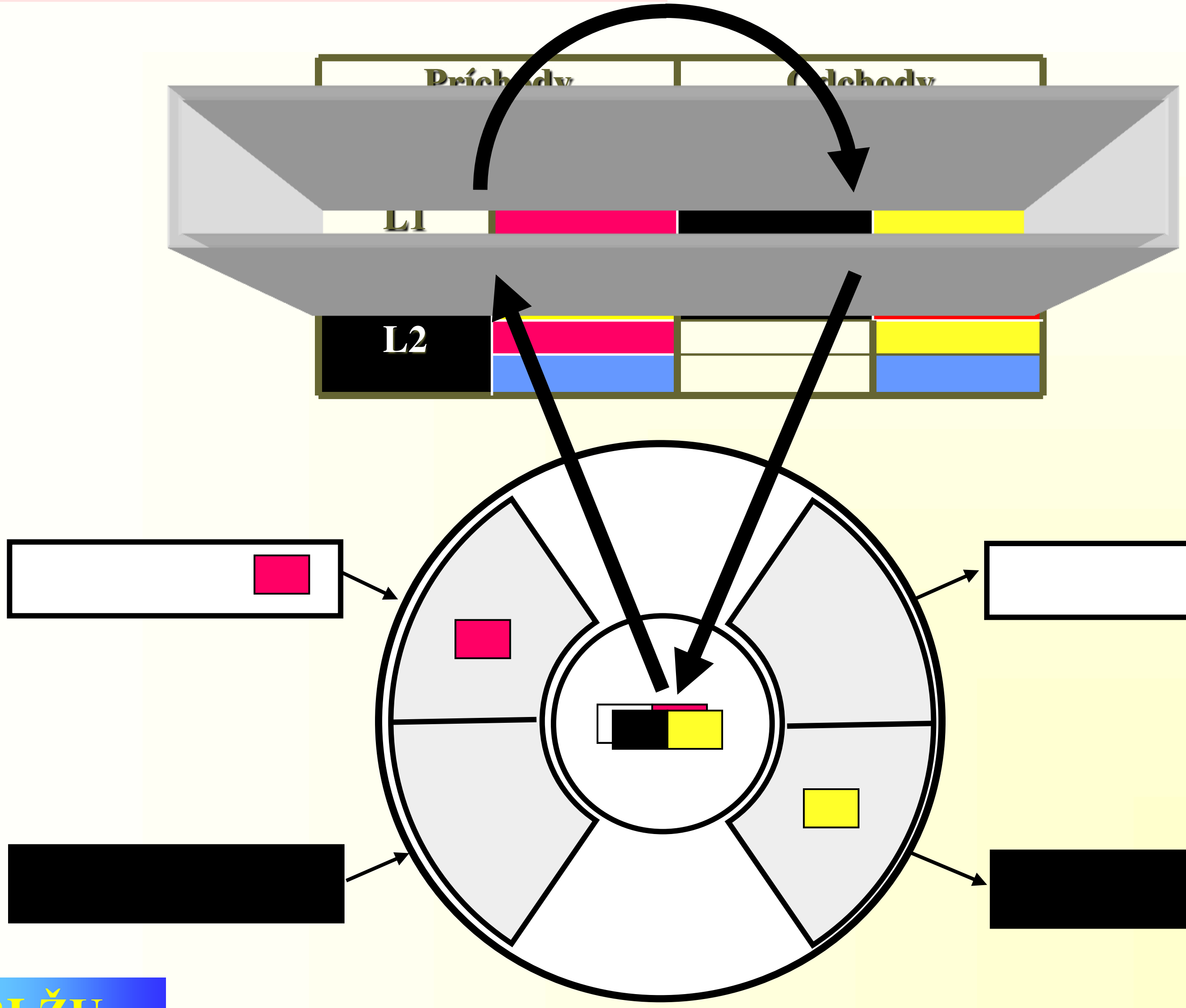
Prepojovanie



Príchody		Odchody	
Linka	Príznak	Linka	Príznak
L1			
L2			



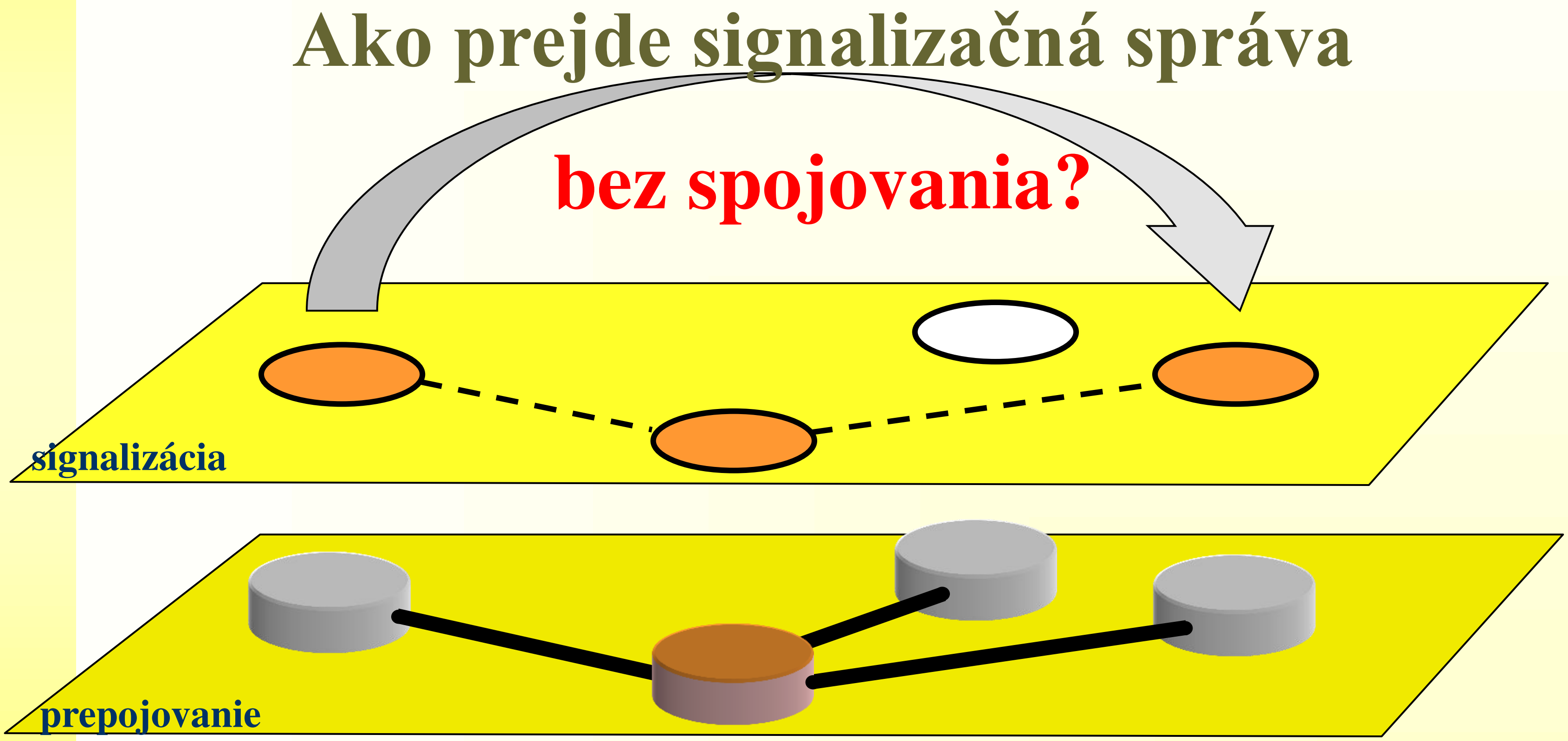
Prepojovanie



Používané príznaky

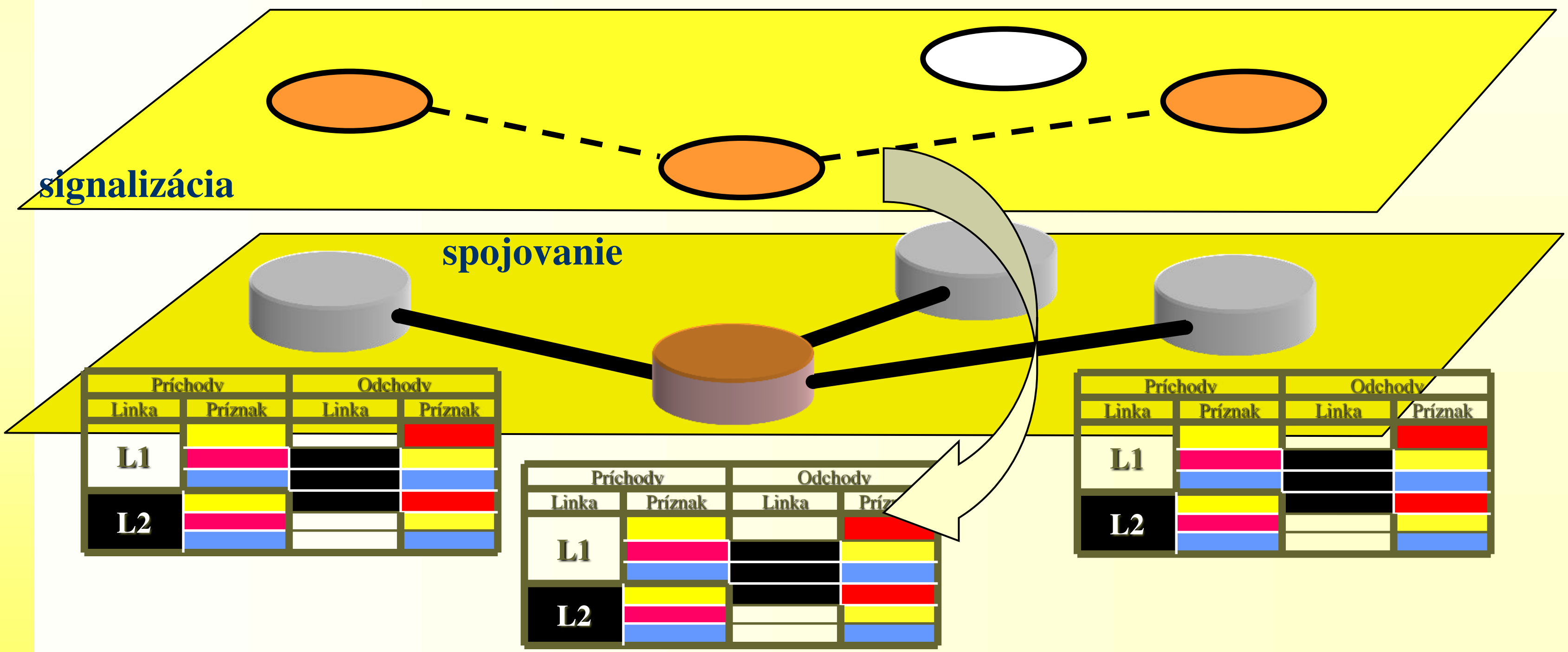
Systém	Príznak
digitálna ústredňa	časová poloha
ATM	VPI+VCI
IPv4	adresa
IPv6	flow label
RTP+komp. hlav.	návestie
MPLS	label
Frame Relay	DLCI

Prenos vs. prepojovanie



Prenos vs. prepojovanie

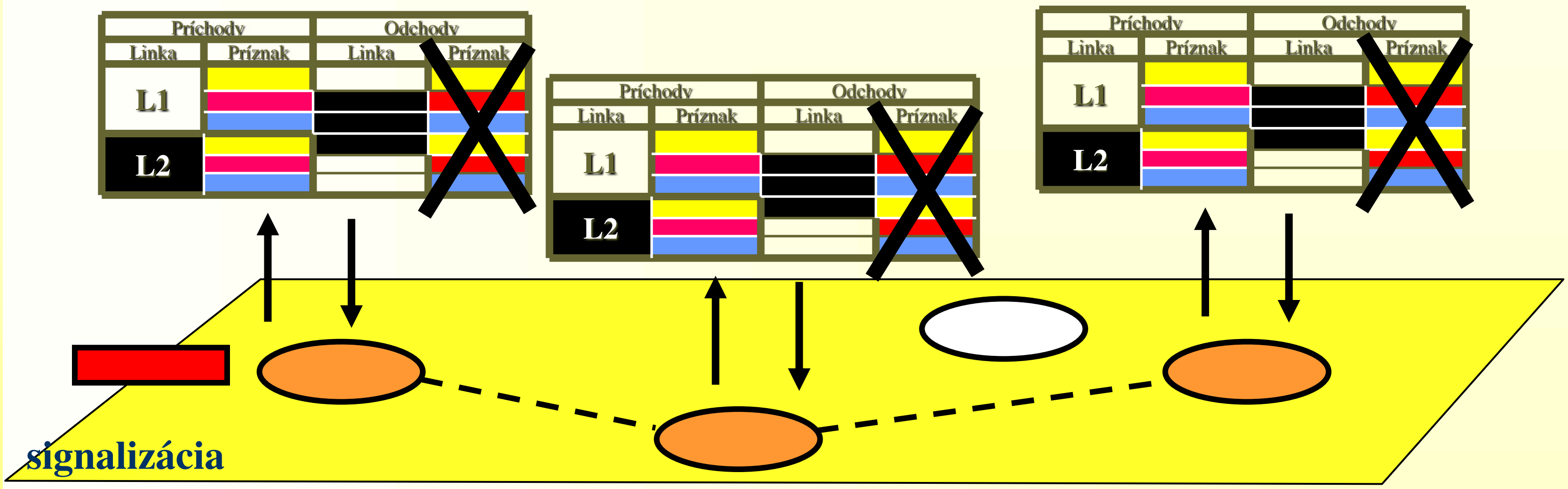
prepojovanie sekvenčné (s pamäťou)
spojovanie



Prenos vs. prepojovanie

prepojovanie kombinačné (bez pamäte)

smerovanie



Spojovanie vs. smerovanie

Najčastejšie riešenie:

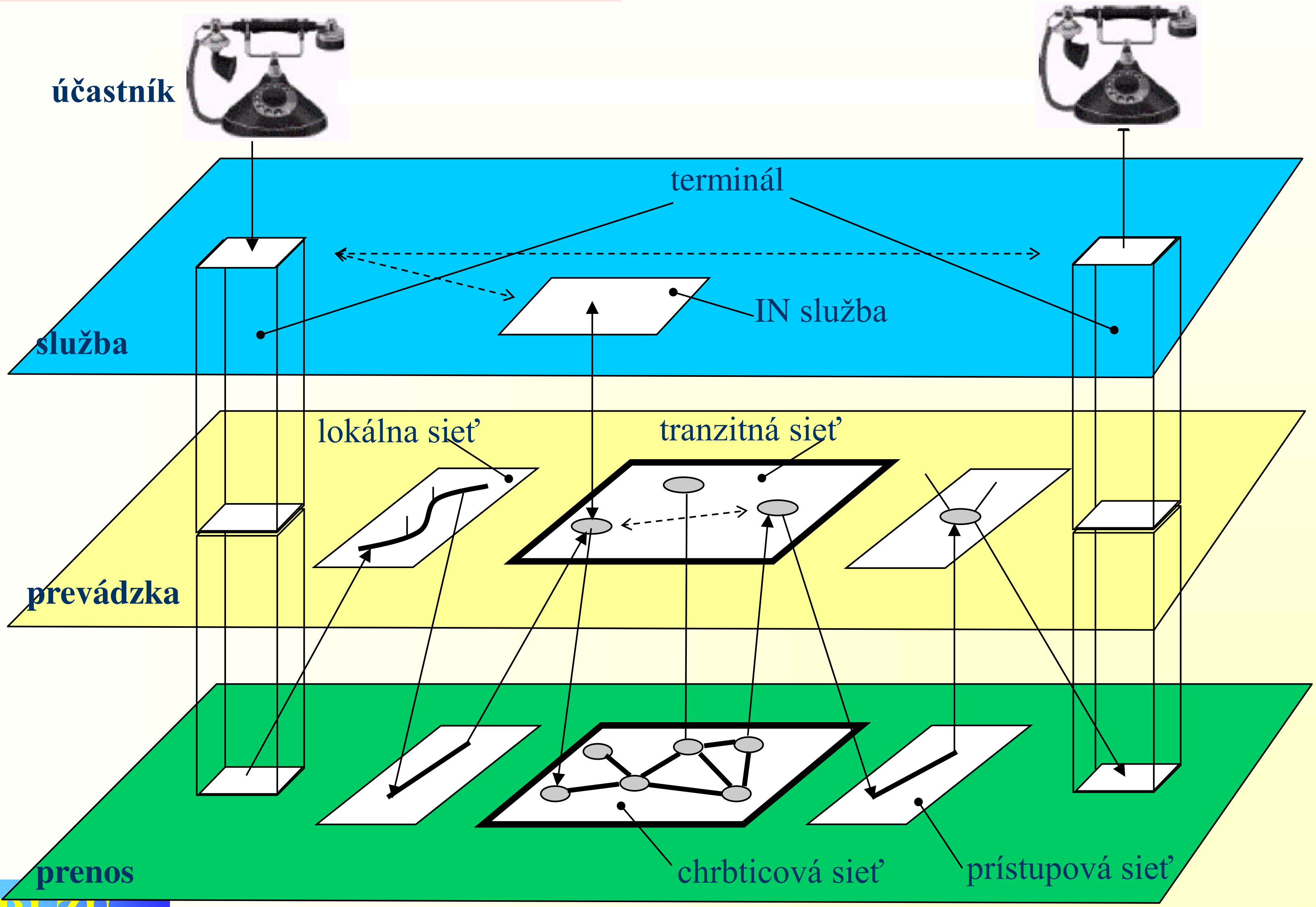
Každý účastník je odlíšený príznakom

Sieť	Príznak
POTS, GSM	účastnícke číslo
ISDN	účastnícke číslo (LAPD adresa)
ATM	ATM adresa (party number+subaddress)
X.25	tf. číslo + adresa v 3. vrstve (napr. IP adresa)
Internet	účastnícke meno (IP adresa)
Frame Relay	účastnícke číslo (LAPD adresa - ANSI T1.617)

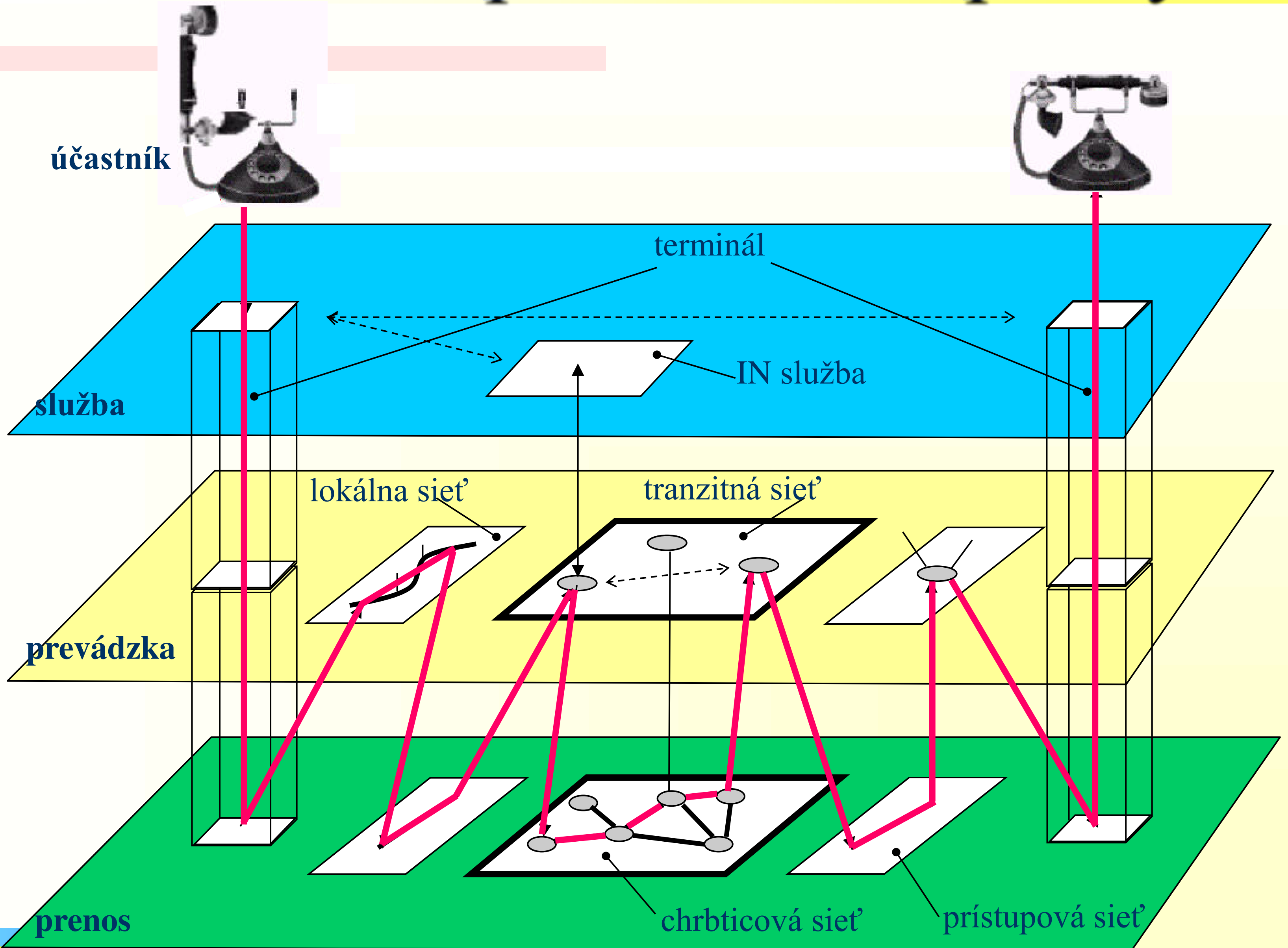
Prehľad pojmov

<table>
<tr><td colspan="2">priradenie výstupov</td><td>pevné</td><td colspan="2">premenlivé</td><td rowspan="2">komutácia</td></tr>
<tr><td colspan="2">príznak</td><td colspan="2">statický</td><td>dynamický</td></tr>
<tr><td rowspan="3">počet príznakov</td><td>ako počet účastníkov</td><td rowspan="3">Prenos</td><td colspan="2" rowspan="3">Prepojovanie</td><td rowspan="2">paketov</td></tr>
<tr><td>o málo viac než kapacita siete</td></tr>
<tr><td>nie viac než kapacita siete</td><td>kanálov</td></tr>
</table>

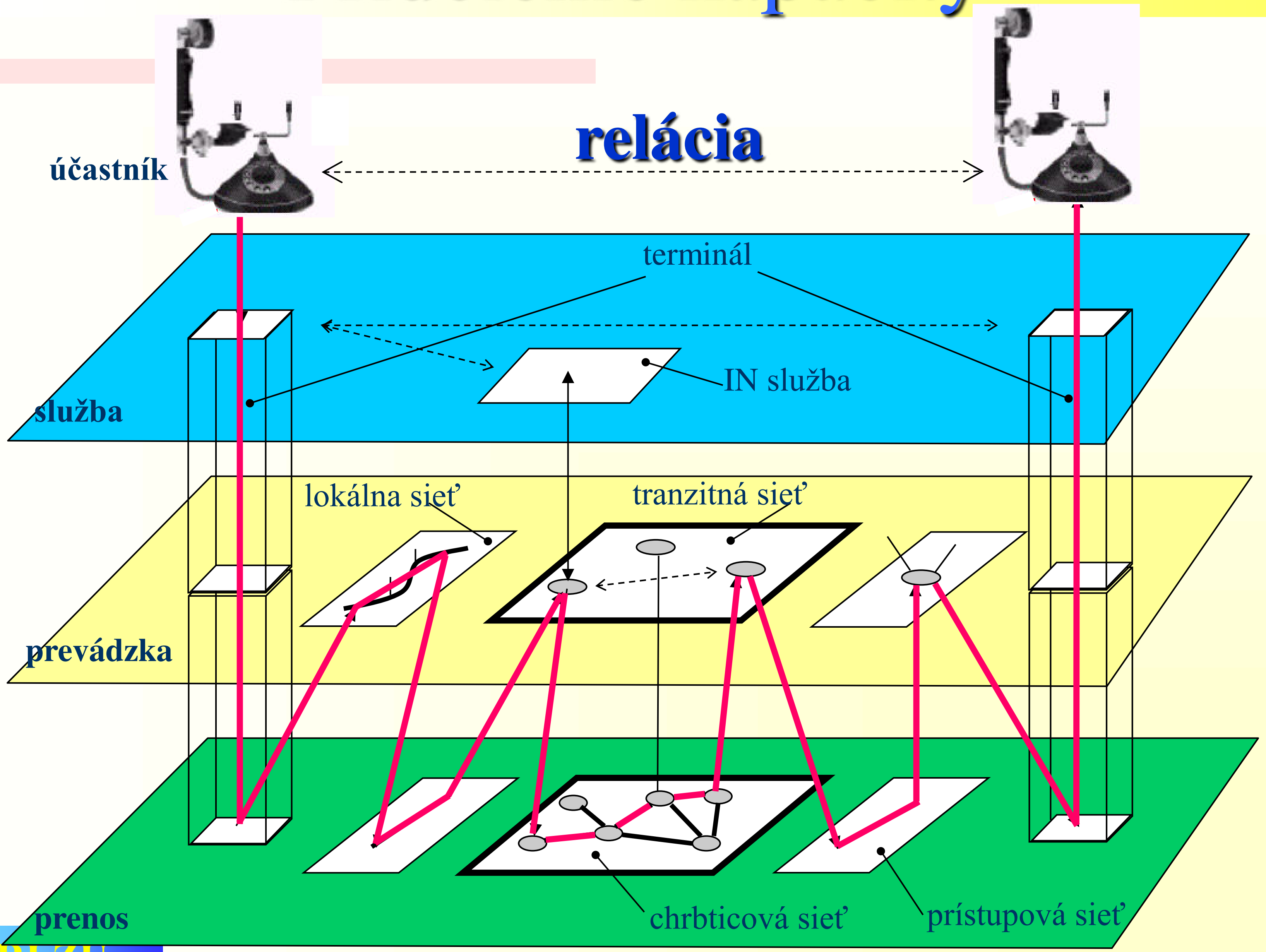
Príklad – komutácia kanálov



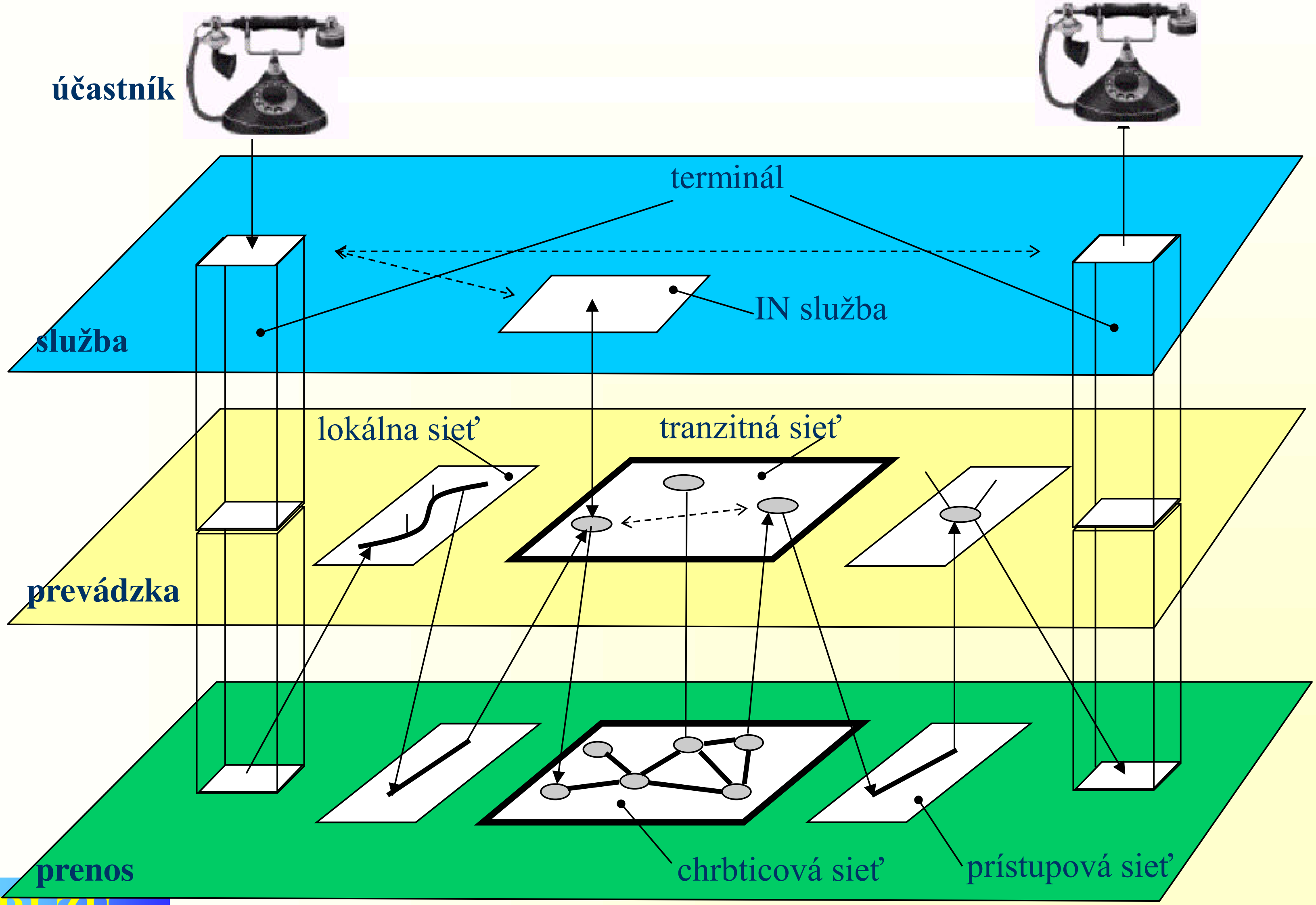
Žiadosť o pridelenie kapacity



Pridelenie kapacity



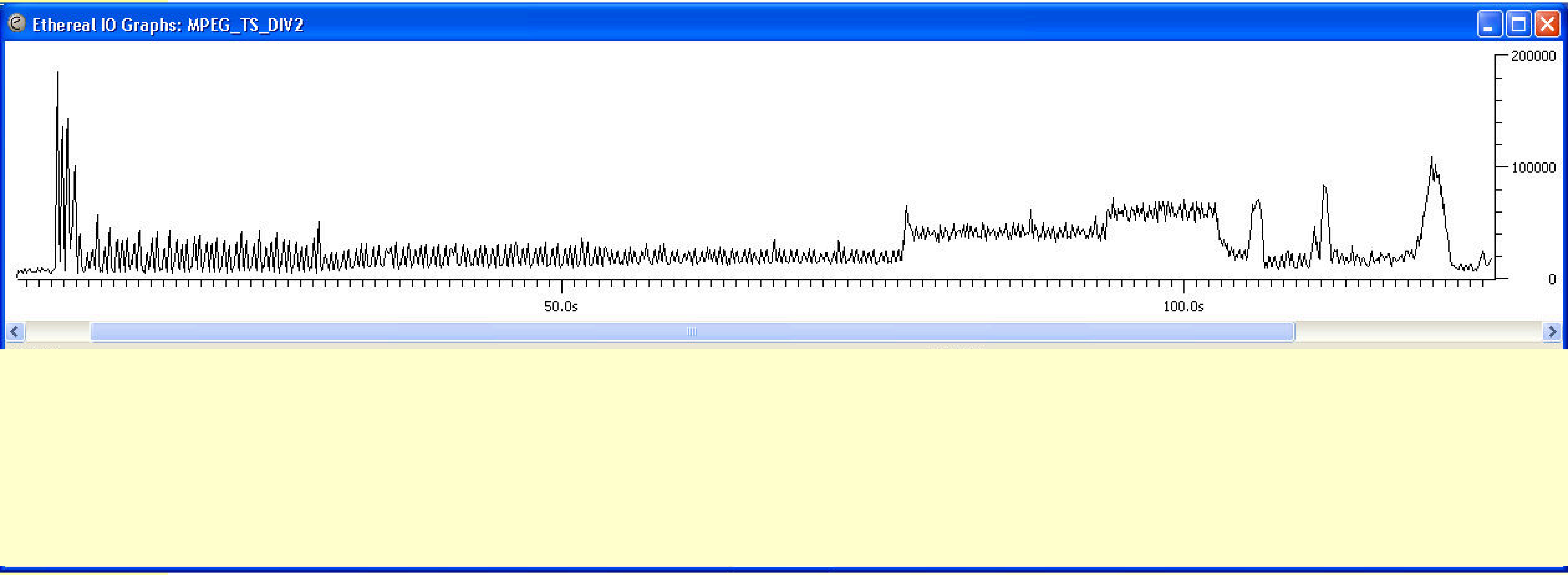
Uvoľnenie kapacity



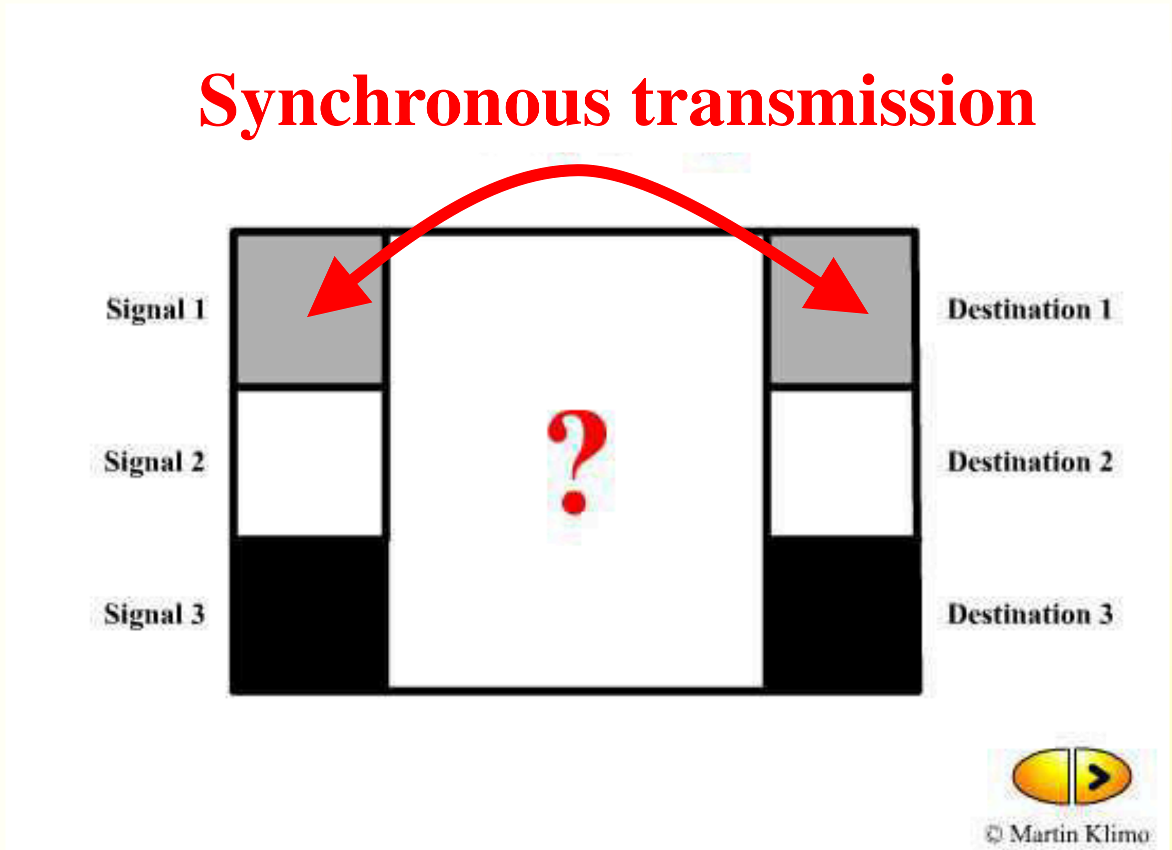
Prvá úloha

Ako popísať proces, ktorý sa v sieti odohráva?

Obvyklý záznam toku paketov

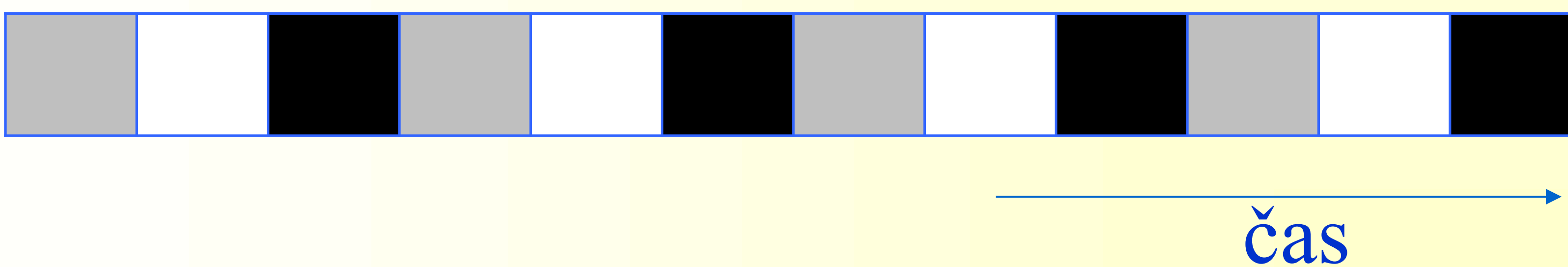


Ako popísať proces v prenosovej vrstve?

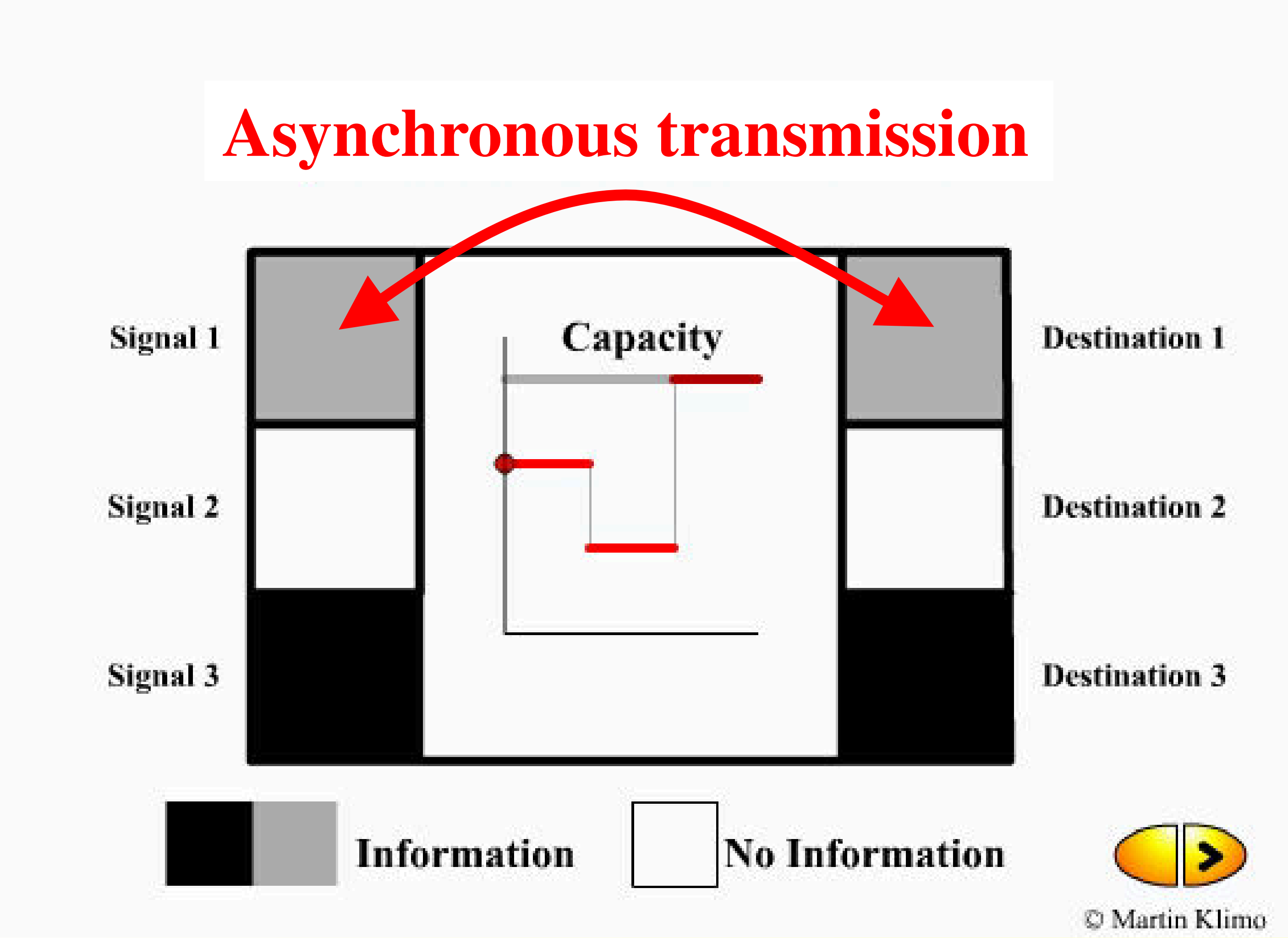


Ako popísať proces v prenosovej vrstve?

Aká hodnota sa prenáša?



Ako popísať proces vo vrstve prevádzky?



Ako popísať proces vo vrstve prevádzky?

Prenáša sa sinál?

áno	**nie**	**áno**	**áno**	**nie**	**áno**	**áno**	**nie**	**áno**	**áno**	**nie**	**áno**

čas

Ako popísať náhodnosť procesu vo vo vrstve prevádzky?

Prenáša sa sinál = ?

náhodný jav

presnejšie

n-tica náhodných javov

áno	nie	áno	áno	nie	áno	áno	nie	áno	áno	nie	áno

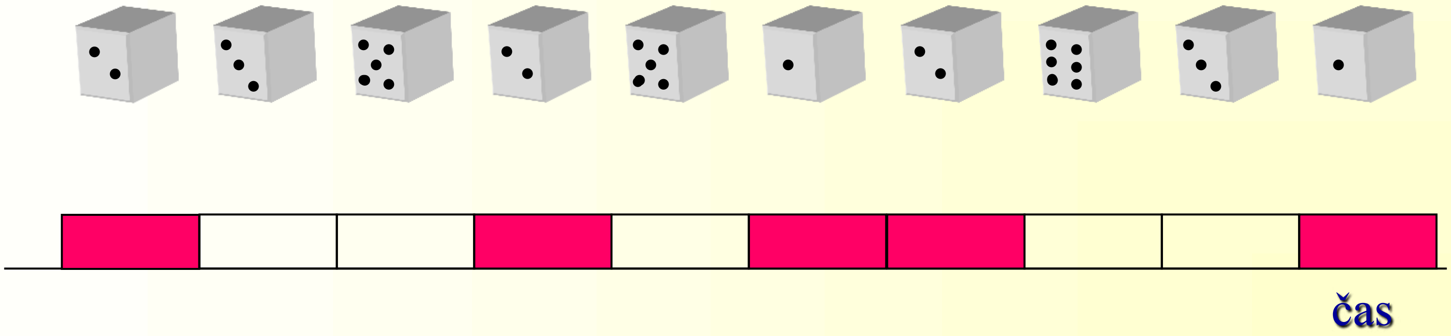
čas

Príklad

Proces – príchod VoIP rámcov

p = 1/3 pravdepodobnosť *príchodu rámca*

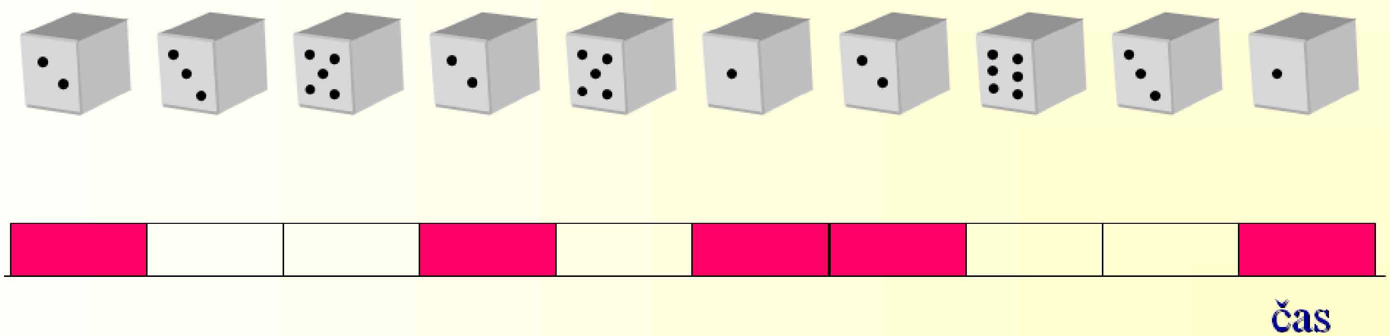
rámec príde, ak na kocke padne menej než 3



Vlastnosti procesu

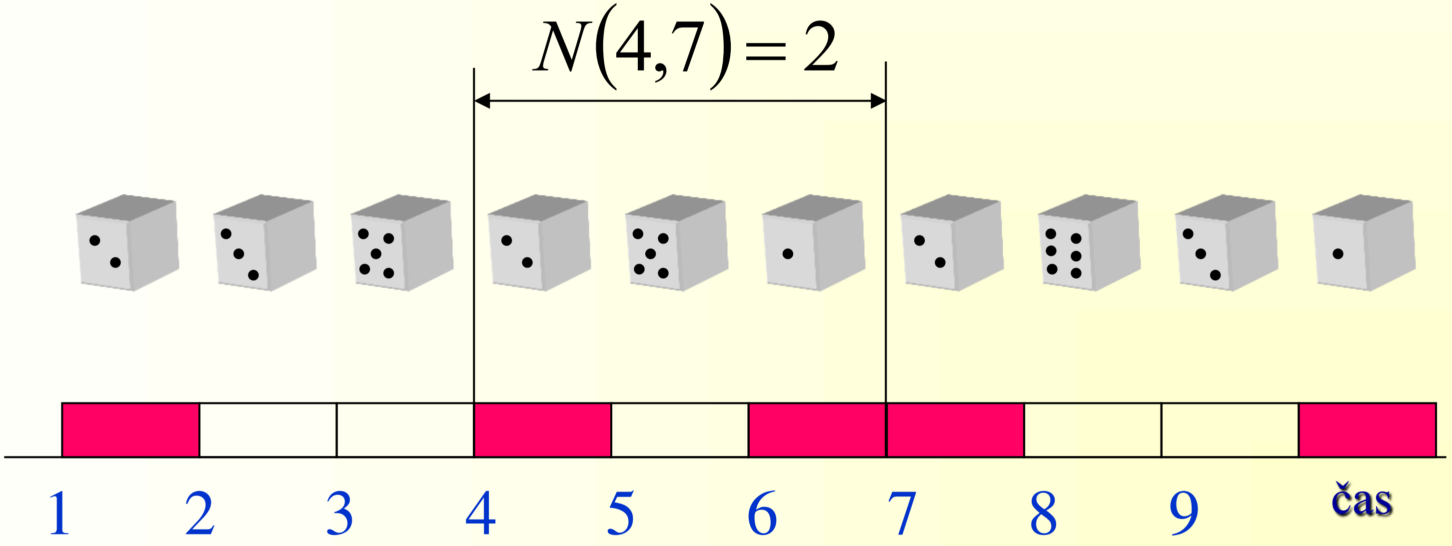
1. **javy sú nezávislé**
2. **javy nastávajú s rovnakou pravdepodobnosťou**

Bernoulliho proces



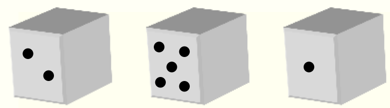
Bernoulliho proces

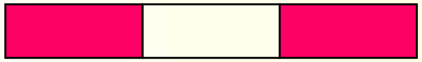
$$P\{N(4,7)=2\}=?$$



Bernoullího proces

$$N(4,7) = 2$$





$$\frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{27}$$

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} = \frac{2}{27}$$

$$\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} = \frac{2}{27}$$

$$P\{N(4,7) = 2\} = \frac{6}{27} = \frac{2}{9}$$

Bernoullího proces

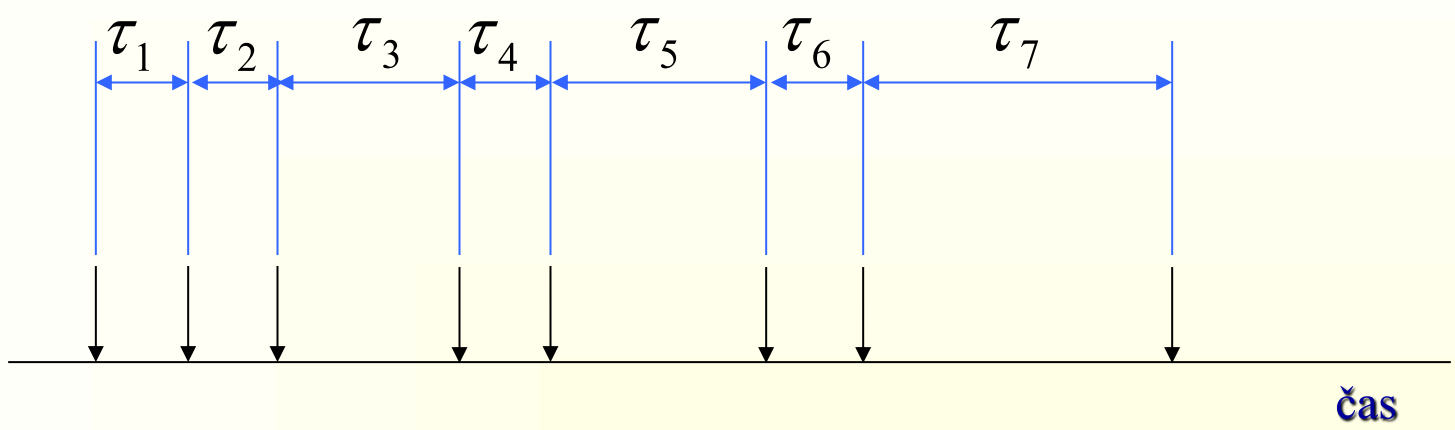
proces je homogénny, t.j.

$$P\{N(4,7)=2\}=P\{N(3)=2\}=\frac{2}{3}$$

Všeobecne pre $k=1,2,\ldots\;,\; n=0,1,\ldots,k$

$$P\{N(k)=n\}=\binom{k}{n}p^n(1-p)^{k-n}$$

Popis procesu v čase



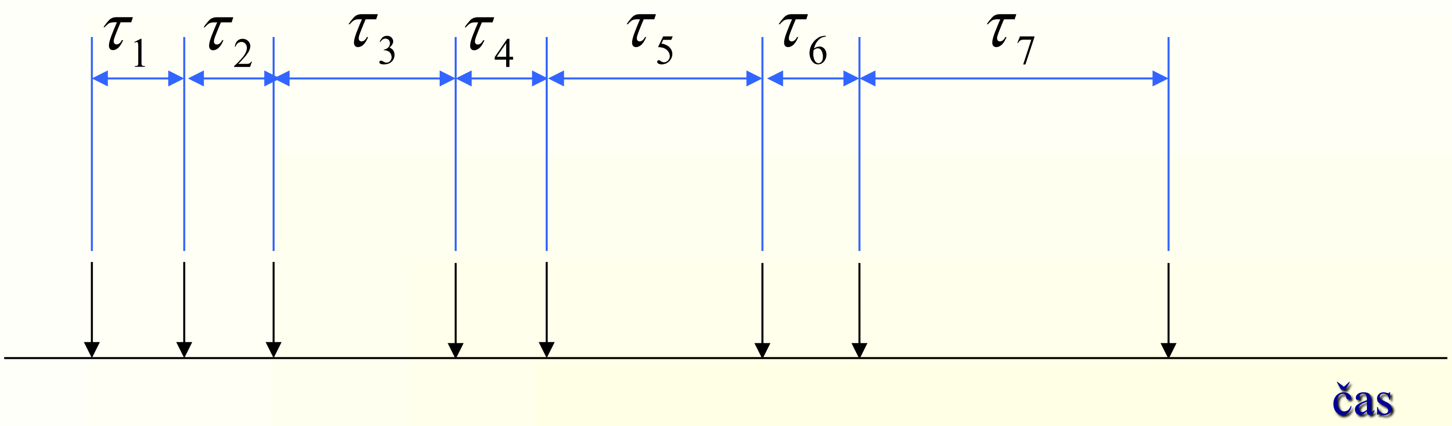
Distribučná funkcia

$$F_k(n) = P\{\tau_k < n\}$$

pre homogénny proces

$$F_k(n) = P\{\tau_k < n\} = F(n), \ \forall k$$

Popis procesu v čase



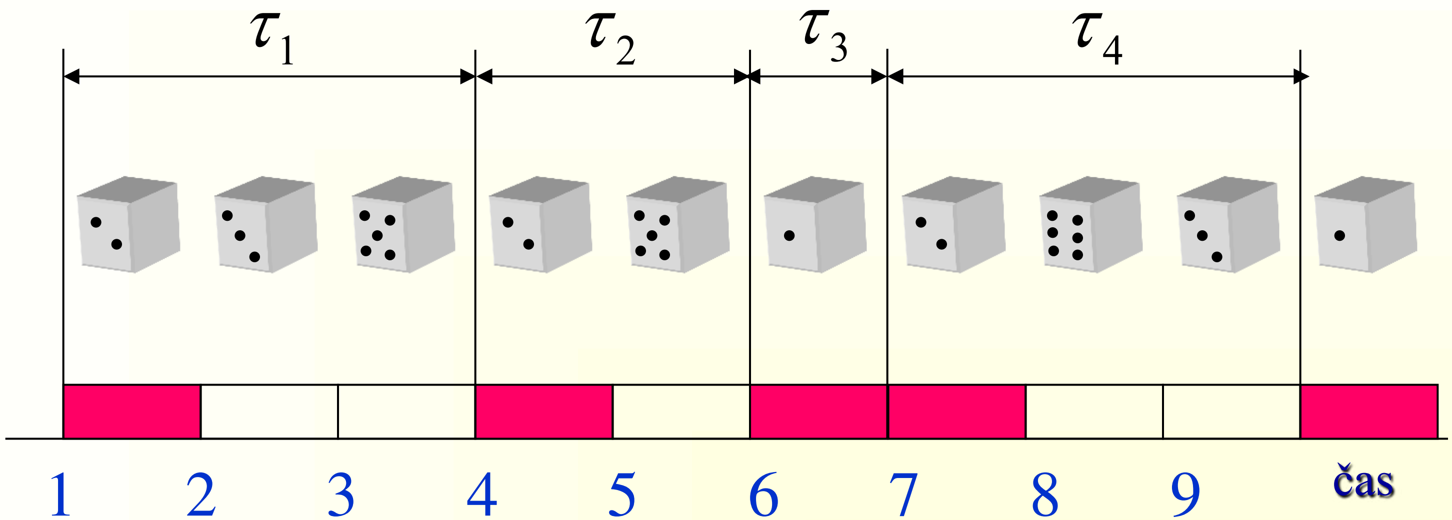
Rozdelenie pravdepodobnosti

$$p_k(n) = P\{\tau_k = n\}$$

pre homogénny proces

$$p_k(n) = P\{\tau_k = n\} = p(n), \ \forall k$$

Bernoulliho proces

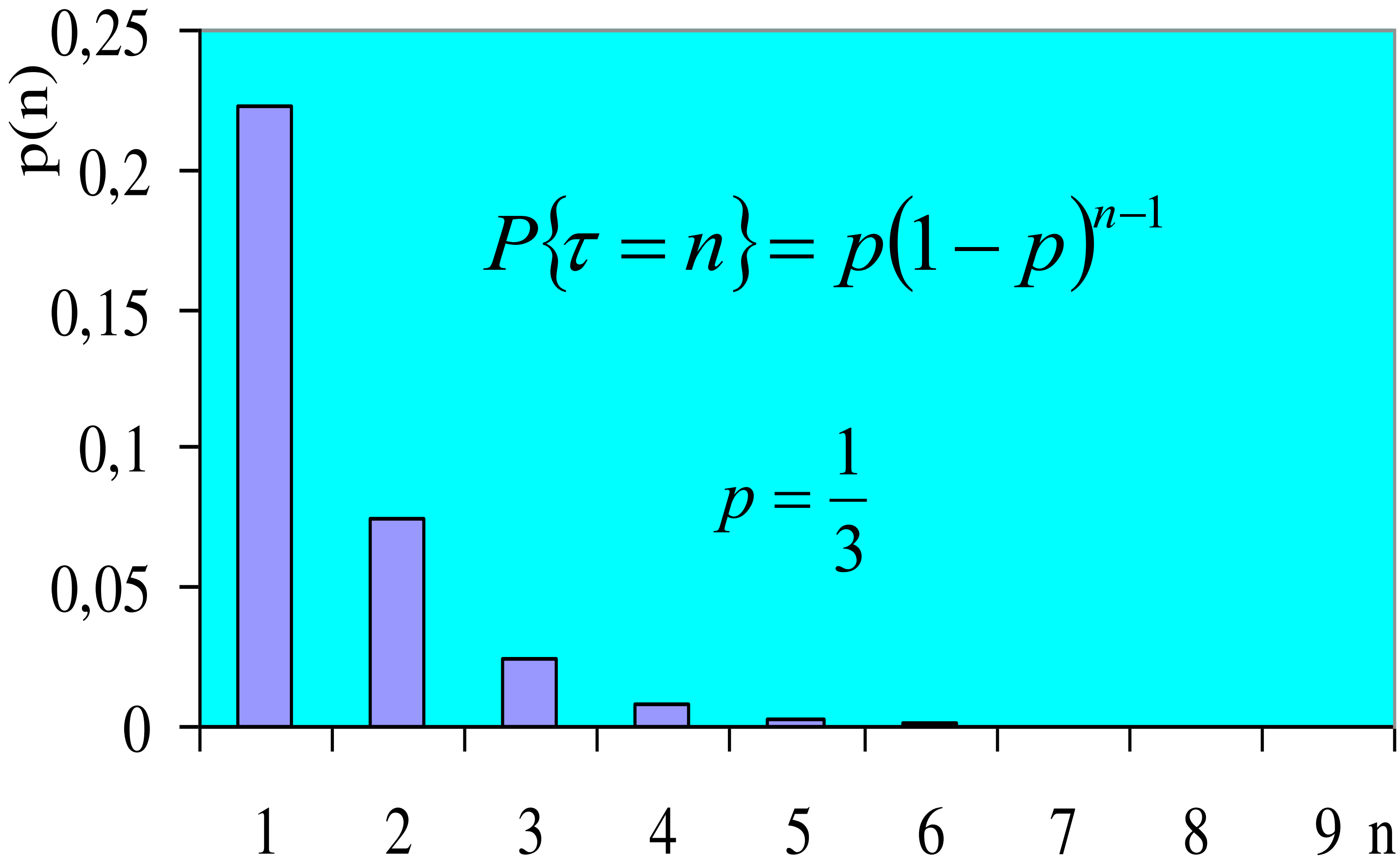


rozdelenie pravdepodobnosti

$$P\{\tau_k = n\} = P\{\tau = n\} = p(1-p)^{n-1}$$

$$\forall k,\ n = 1,2,\ldots$$

Geometrické rozdelenie



Stredná hodnota intervalu

$$P\{\tau = n\} = p(1-p)^{n-1}$$

$$\mathcal{E}\{\tau\} = \sum_{n=1}^{\infty} nP\{\tau = n\} = \sum_{n=1}^{\infty} np(1-p)^{n-1} =$$

$$= p + 2p(1-p) + 3p(1-p)^2 + \ldots =$$

$$= p + p(1-p) + p(1-p)^2 + \ldots +$$

$$+ (1-p)[p + 2p(1-p) + \ldots]$$

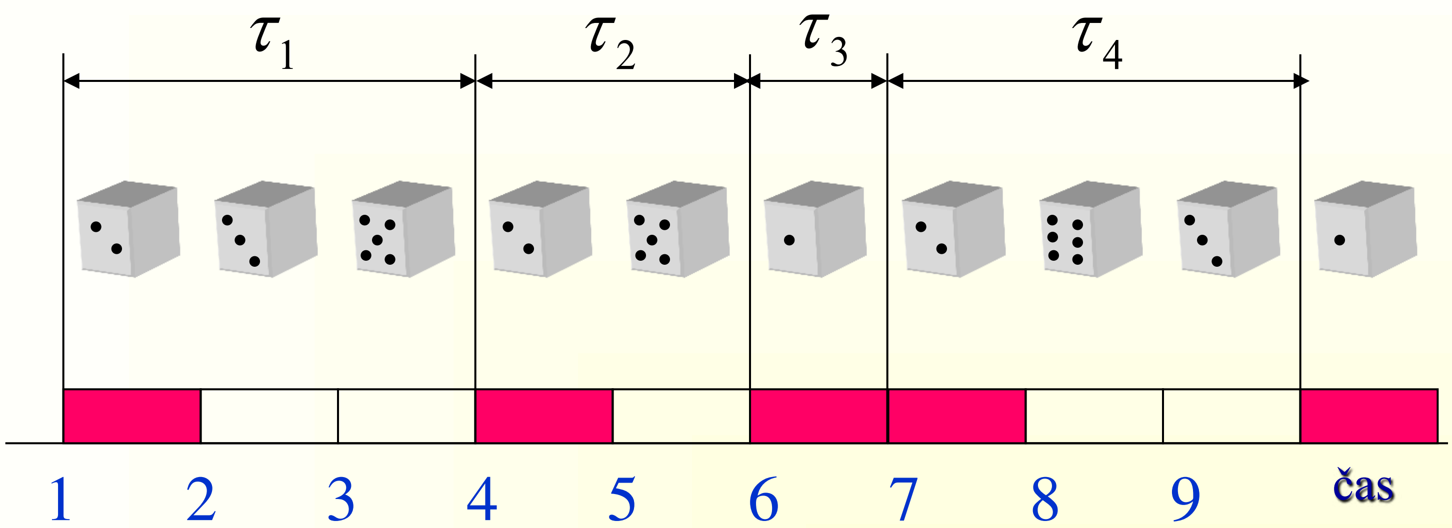
Stredná hodnota intervalu

$$\mathcal{E}\{\tau\} = p\sum_{n=0}^{\infty}(1-p)^n + (1-p)\mathcal{E}\{\tau\}$$

$$\mathcal{E}\{\tau\} = p\frac{1}{1-(1-p)} + (1-p)\mathcal{E}\{\tau\}$$

$$\mathcal{E}\{\tau\} = \frac{1}{p}$$

Bernoulliho proces



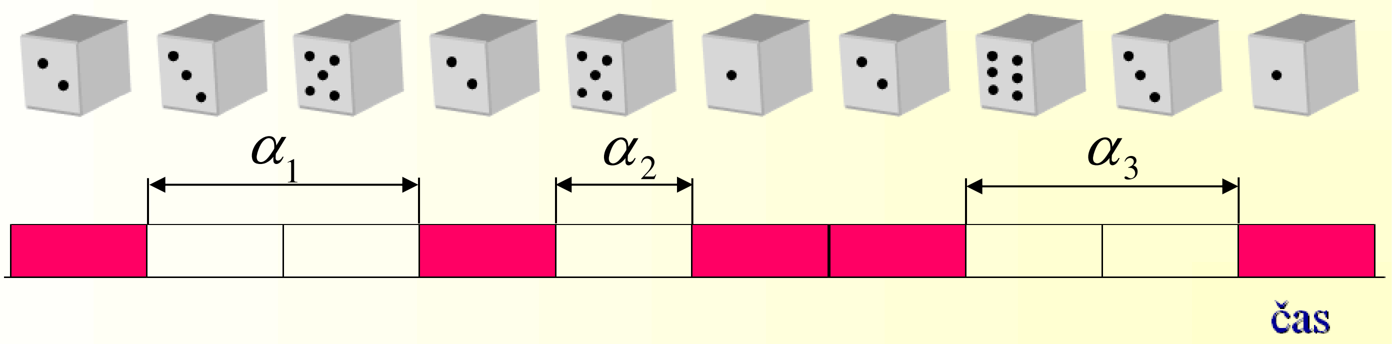
rozdelenie pravdepodobnosti

$$P\{\tau_k = n\} = P\{\tau = n\} = p(1-p)^{n-1}$$

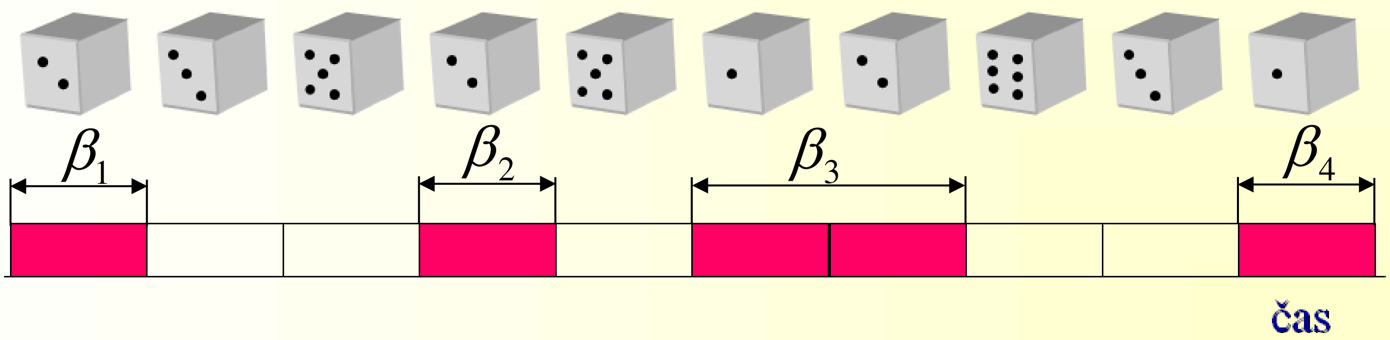
$$\forall k,\ n = 1,2,\ldots$$

Iný popis v čase

Rozdelenie dĺžok intervalov medzi rámcami

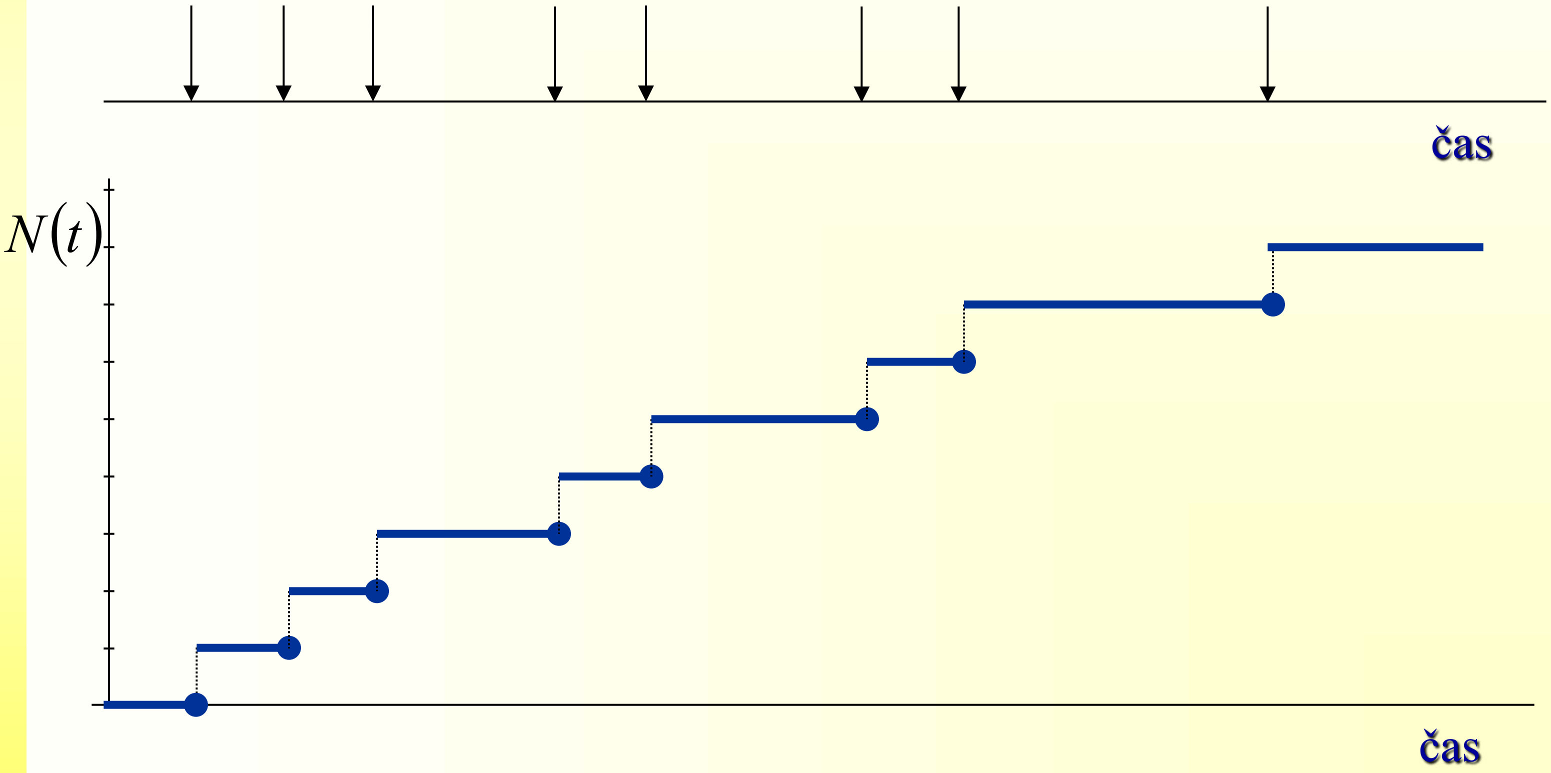


Rozdelenie dĺžok zhlukov rámcov

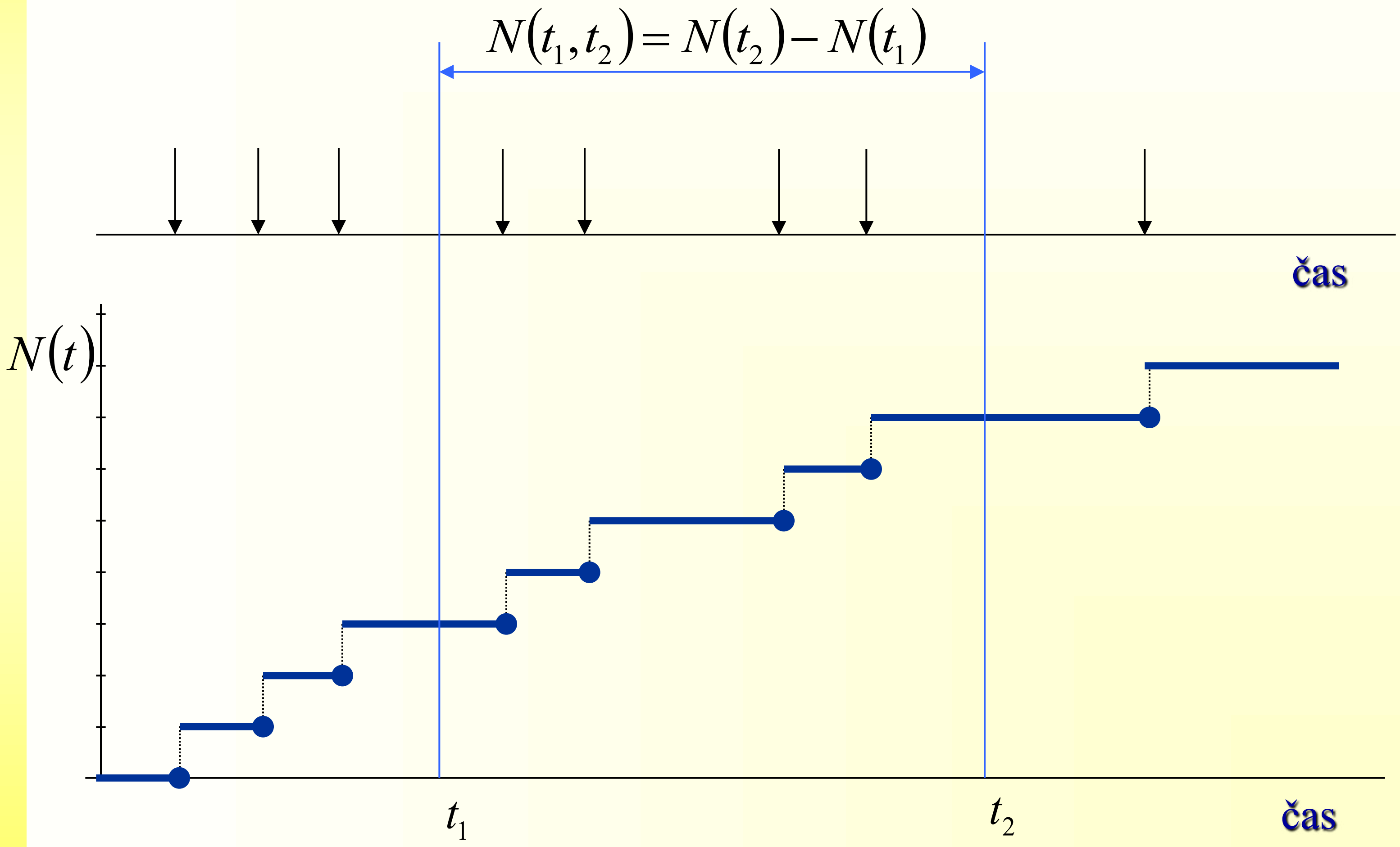


Popis procesu

Bodový proces

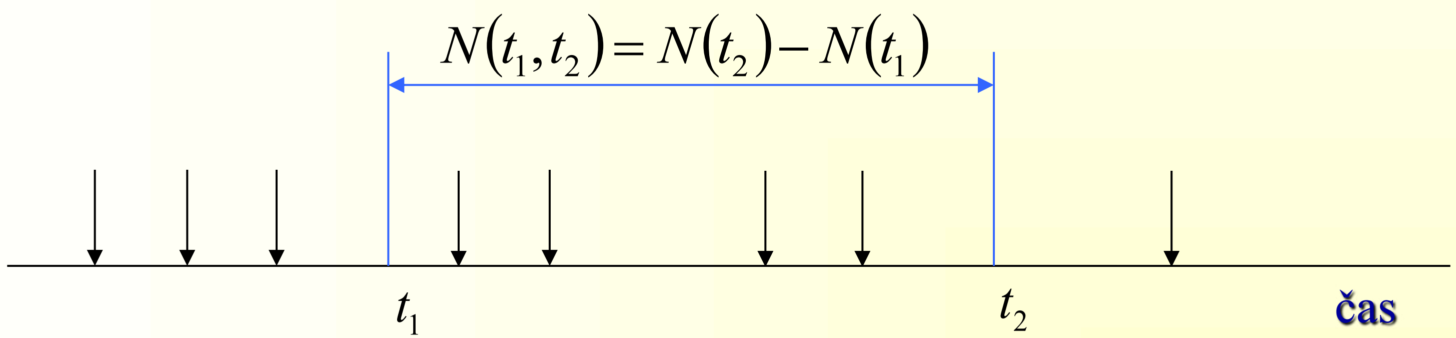


Popis procesu



Popis procesu

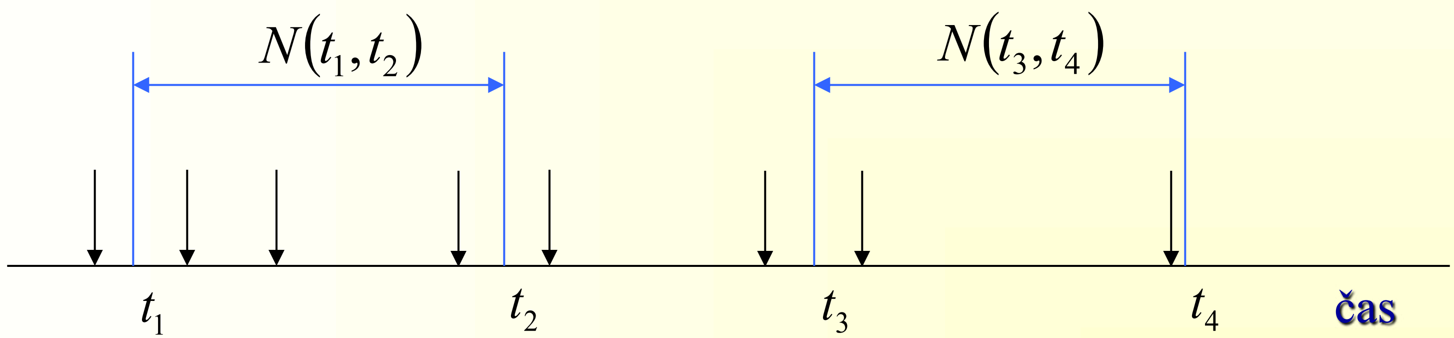
$$p_k(t_1, t_2) = P\{N(t_1, t_2) = k\}$$



$$0 \le t_1 < t_2$$

Proces s nezávislými prírastkami

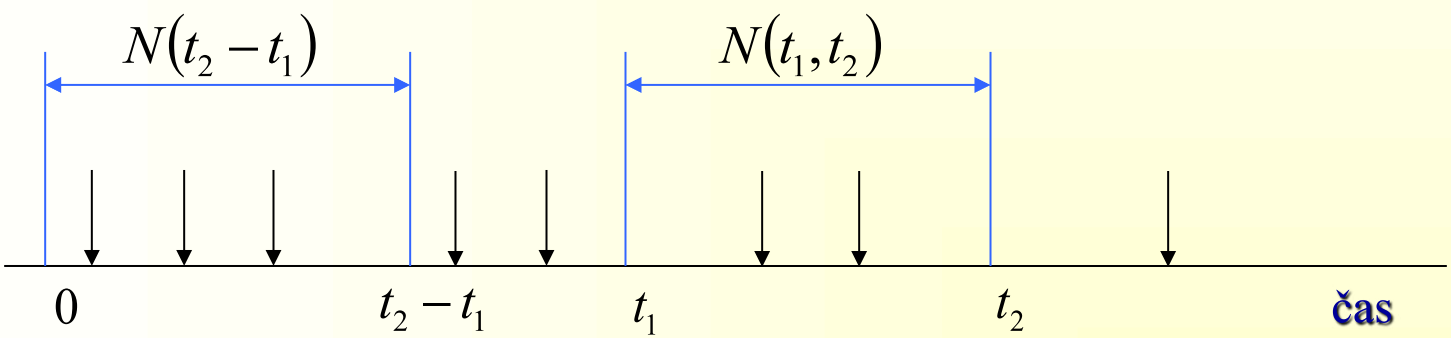
$$P\{N(t_1,t_2)=k \wedge N(t_3,t_4)=l\} = p_k(t_1,t_2).p_l(t_3,t_4)$$



$$0 \le t_1 < t_2 < t_3 < t_4$$

Homogénny proces

$$p_k(t_1,t_2) = p_k(0,t_2 - t_1) = p_k(t_2 - t_1)$$



$$0 \le t_1 < t_2$$

Poissonov proces

Náhodný proces s nezávislými prírastkami sa nazýva Poissonovým procesom, ak vývoj stavu procesu v závislosti na čase je neklesajúca funkcia s pravdepodobnosťou 1 a platí

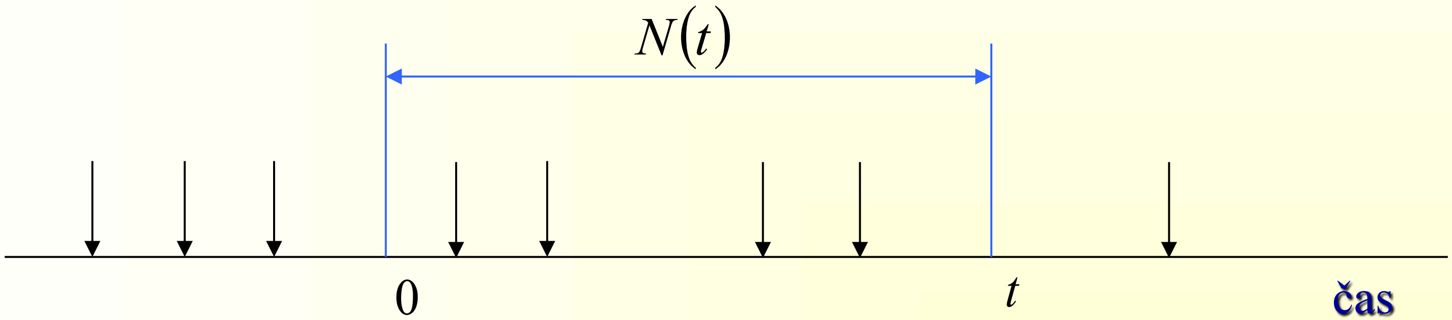
$$P\{N(0)=0\}=1$$

$$P\{N(t_2)-N(t_1)=k\}=\frac{[\lambda(t_2-t_1)]^k}{k!}e^{-\lambda t}$$

$$k=0,1,\ldots\ ;\quad 0\le t_1\le t_2$$

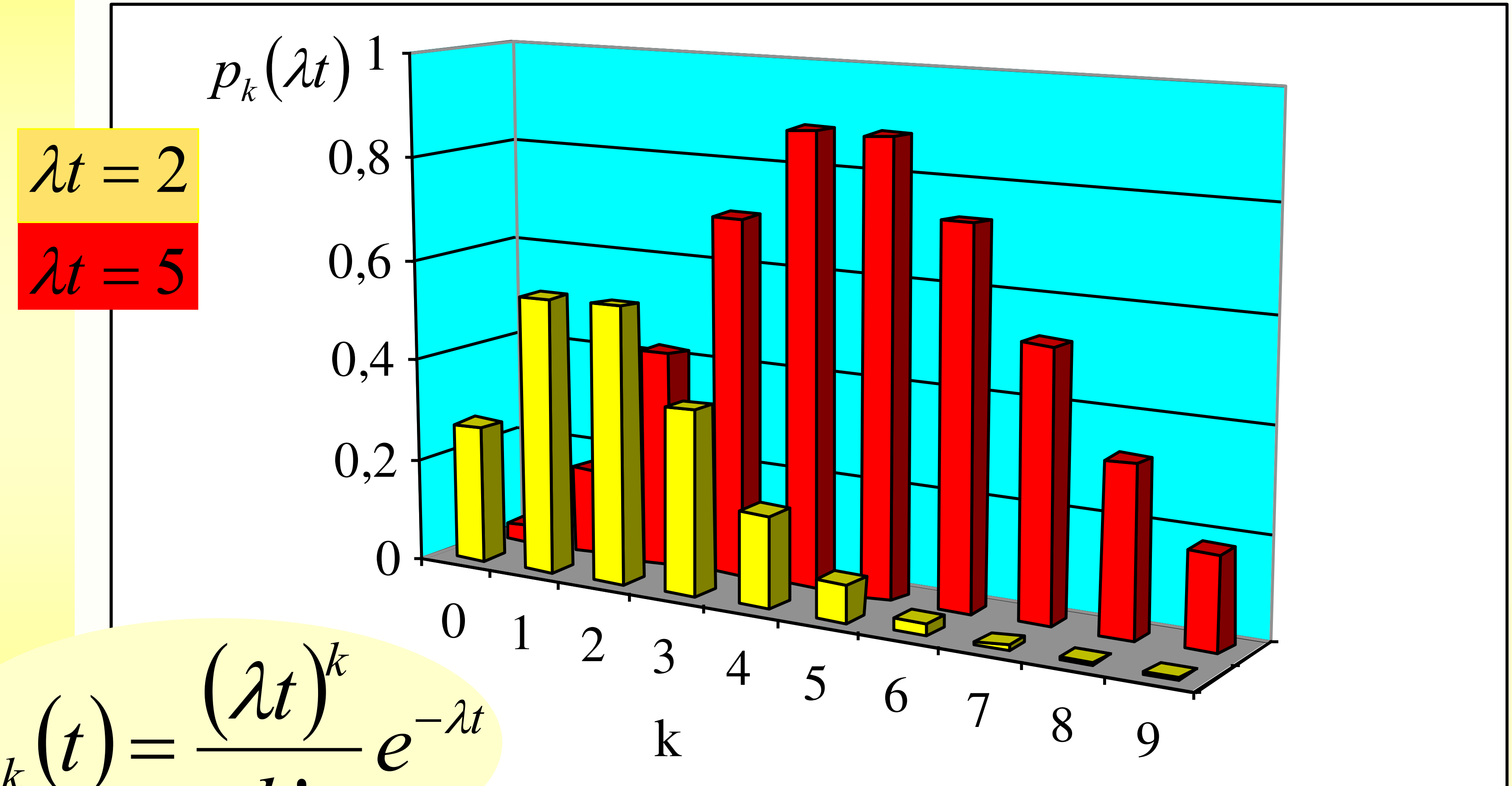
Poissonov proces

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



$$k = 0,1,\dots \;;\quad 0 \le t$$

Poissonovo rozdelenie



$$p_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$$

Stredná hodnota počtu

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

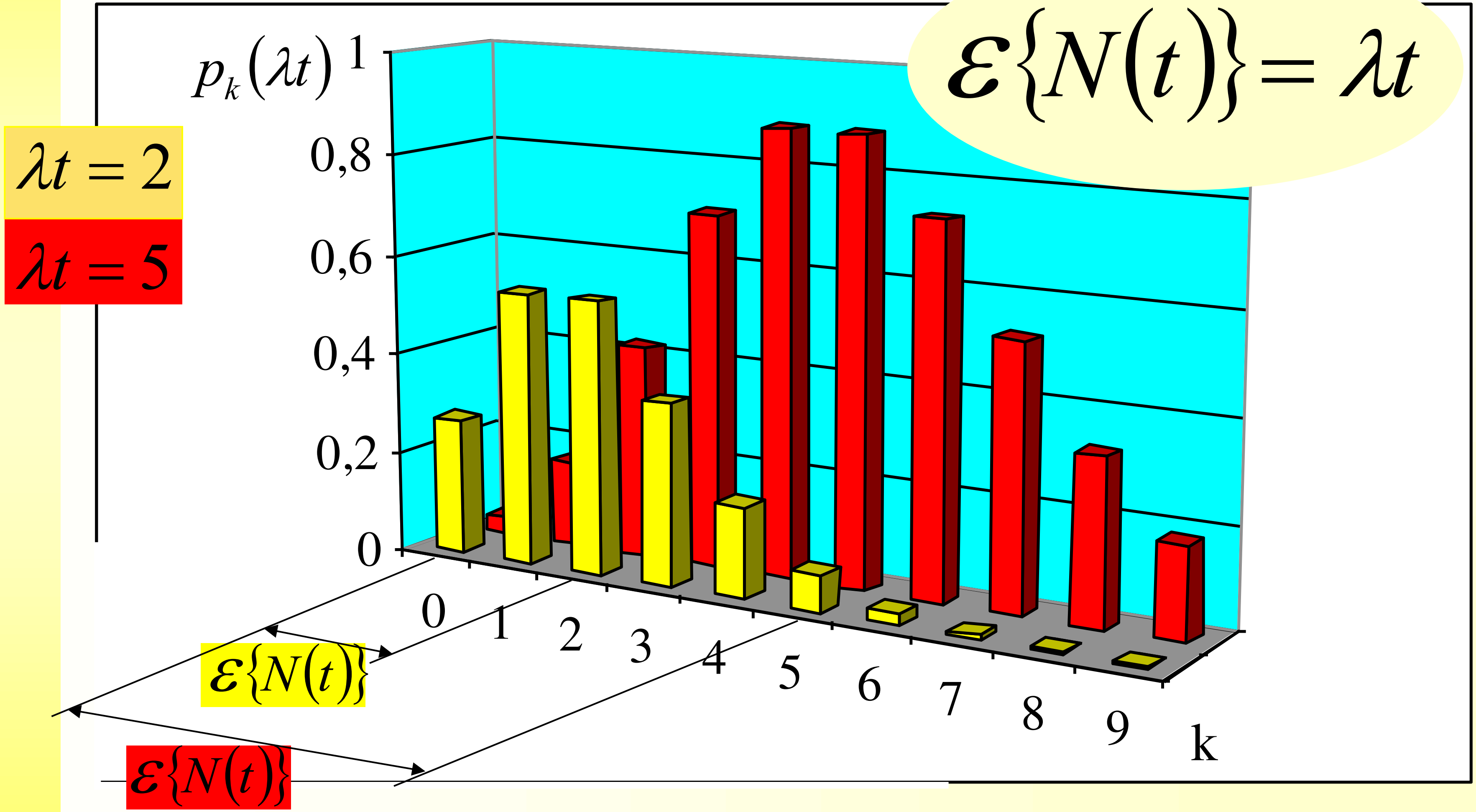
$$\varepsilon\{N(t)\} = \sum_{k=1}^{\infty} kP\{N(t) = k\} = \sum_{k=1}^{\infty} k \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} =$$

$$= \lambda t \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(\lambda t)^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\lambda t} = \lambda t \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\lambda t)^k}{(k)!} e^{-\lambda t} \quad = ?$$

$$\boxed{\varepsilon\{N(t)\} = \lambda t}$$

Stredná hodnota počtu

$$\varepsilon\{N(t)\} = \lambda t$$



Parameter Poissonovho procesu

Stredný počet príchodov za čas t

$$\varepsilon\{N(t)\} = \lambda t$$

Stredný počet príchodov za jednotku času

$$\varepsilon\{N(1)\} = \lambda$$

Intenzita Poissonovho procesu

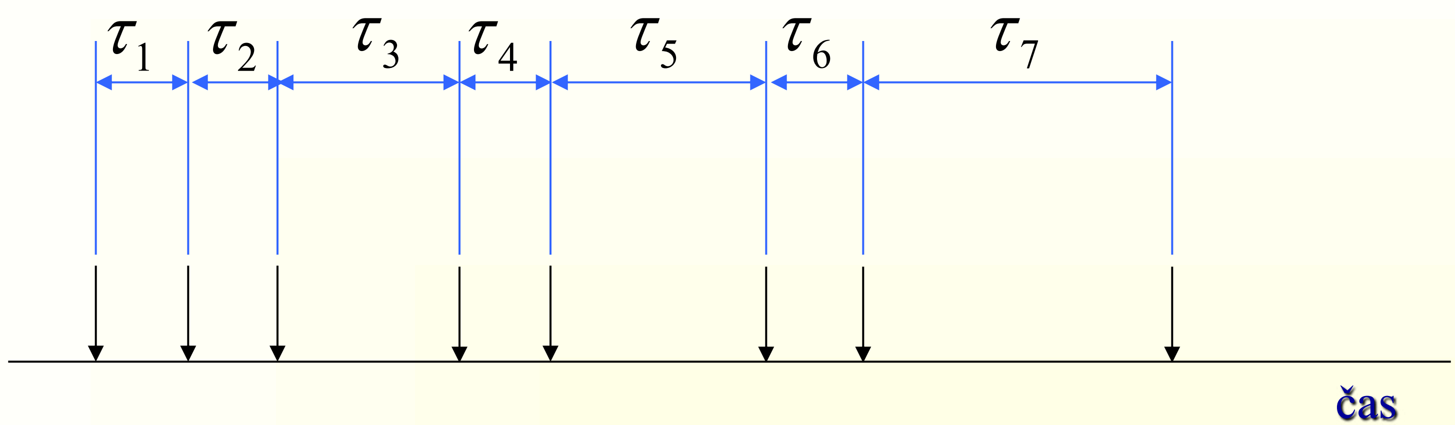
Intenzita príchodu

$$\lim_{t\to 0^+}\frac{p_k(t)}{t}=\lim_{t\to 0^+}\frac{\lambda(\lambda t)^{k-1}}{k!}e^{-\lambda t}=\begin{cases}\lambda, & k=1\\ 0, & k=2,3,\ldots\end{cases}$$

Intenzita procesu

$$\lim_{t\to 0^+}\frac{1}{t}\sum_{k=1}^{\infty}p_k(t)=\sum_{k=1}^{\infty}\lim_{t\to 0^+}\frac{p_k(t)}{t}=\lambda+0+0+\ldots=\lambda$$

Popis procesu v čase

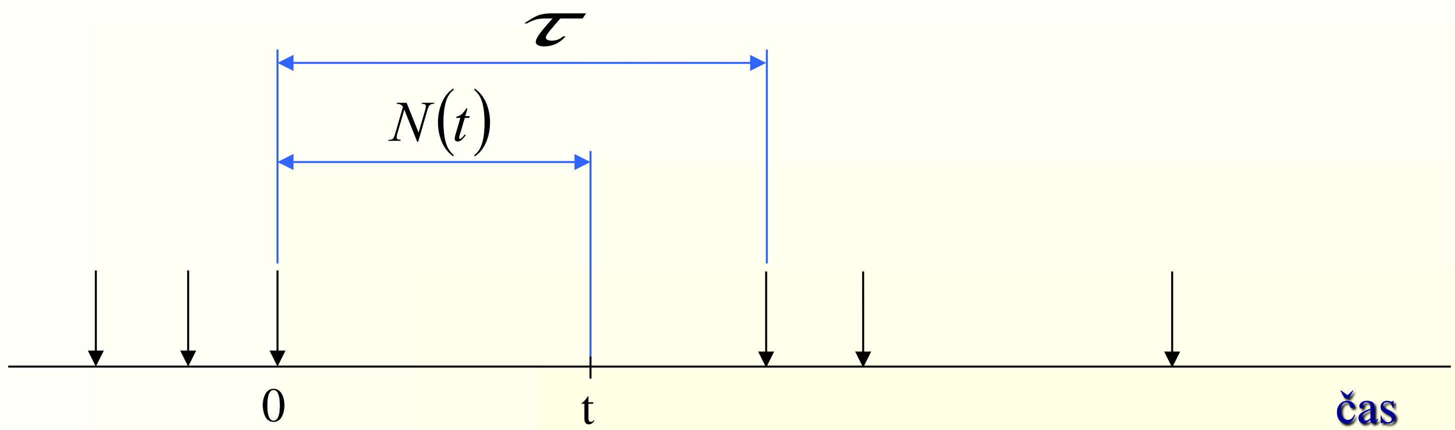


Distribučná funkcia

$$F_k(t) = P\{\tau_k < t\} = F(t),\ \forall k$$

Proces je homogénny

Interval medzi príchodmi



Distribučná funkcia

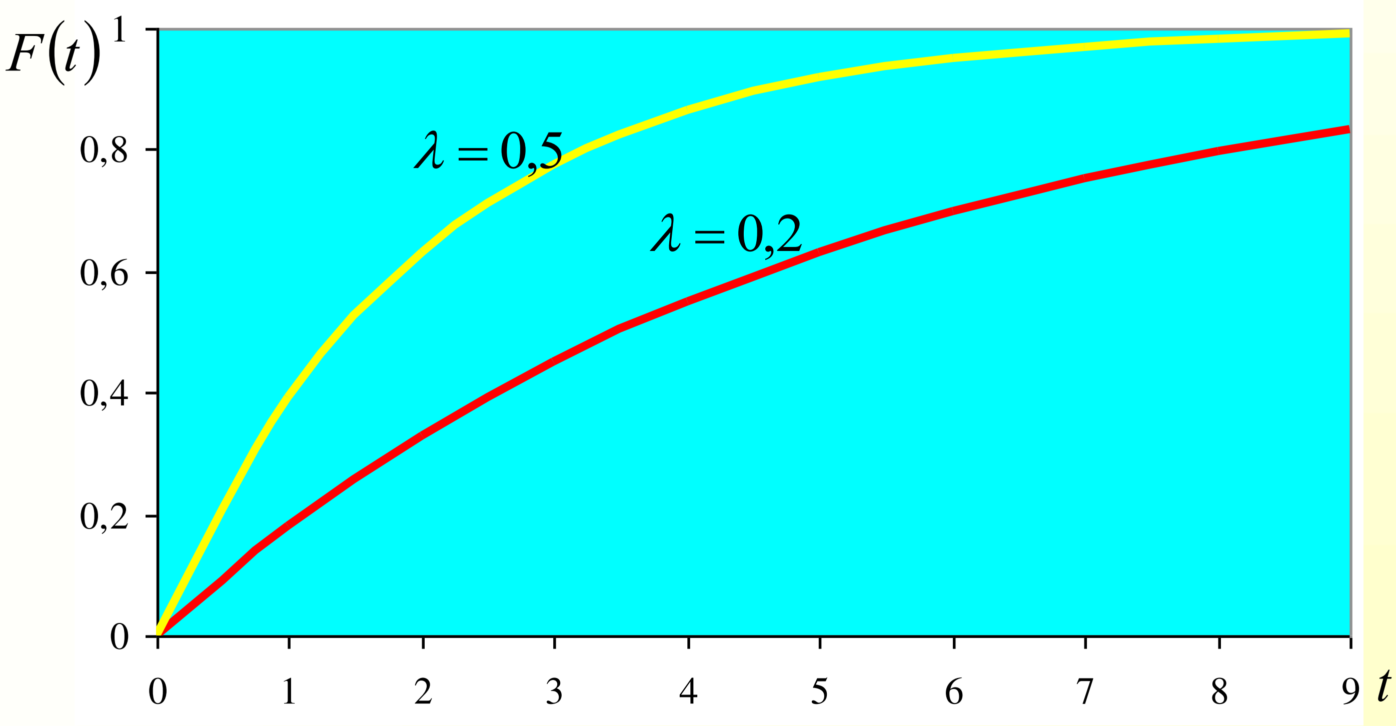
$$F(t) = P\{\tau < t\} = 1 - \boxed{P\{\tau \geq t\} = ?}$$

$$= 1 - P\{N(t) = 0\} = 1 - \frac{(\lambda t)^0}{0!} e^{-\lambda t}$$

Interval medzi príchodmi

Distribučná funkcia

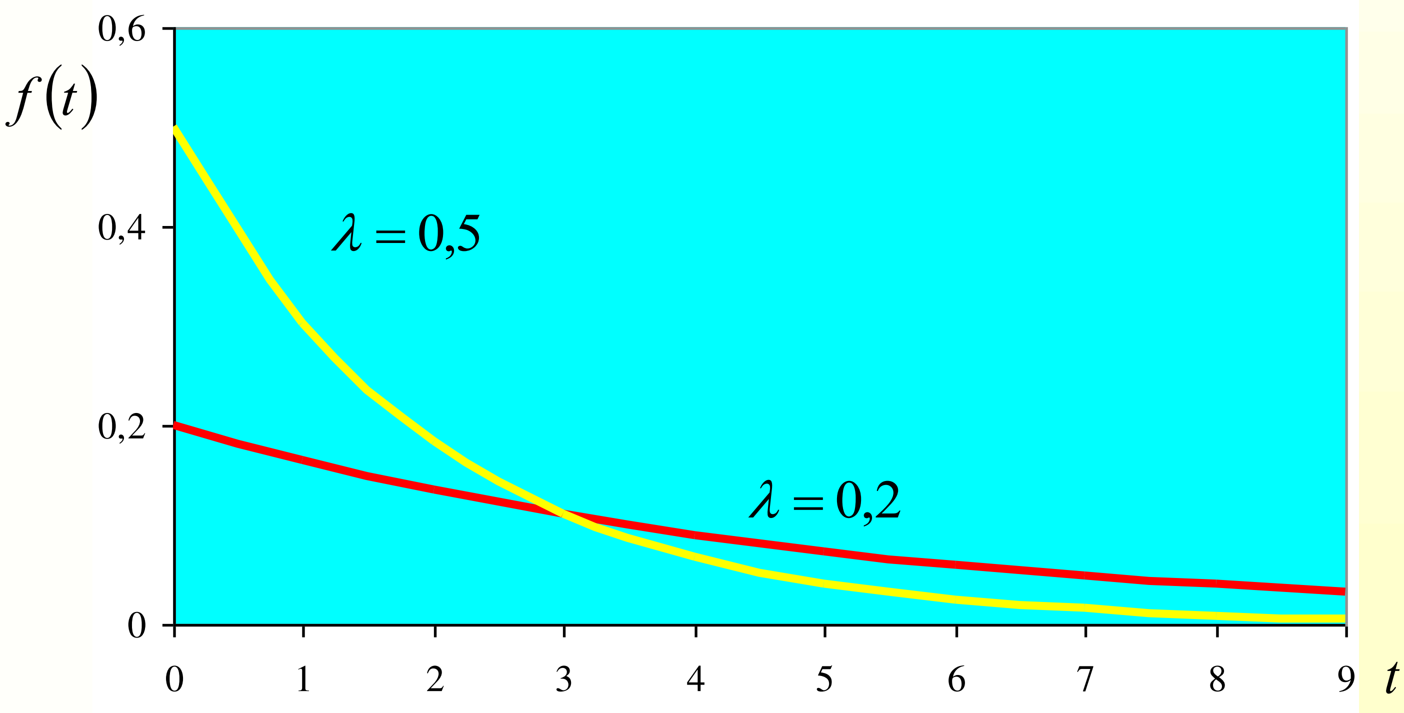
$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t},\ t \geq 0, \lambda > 0$$



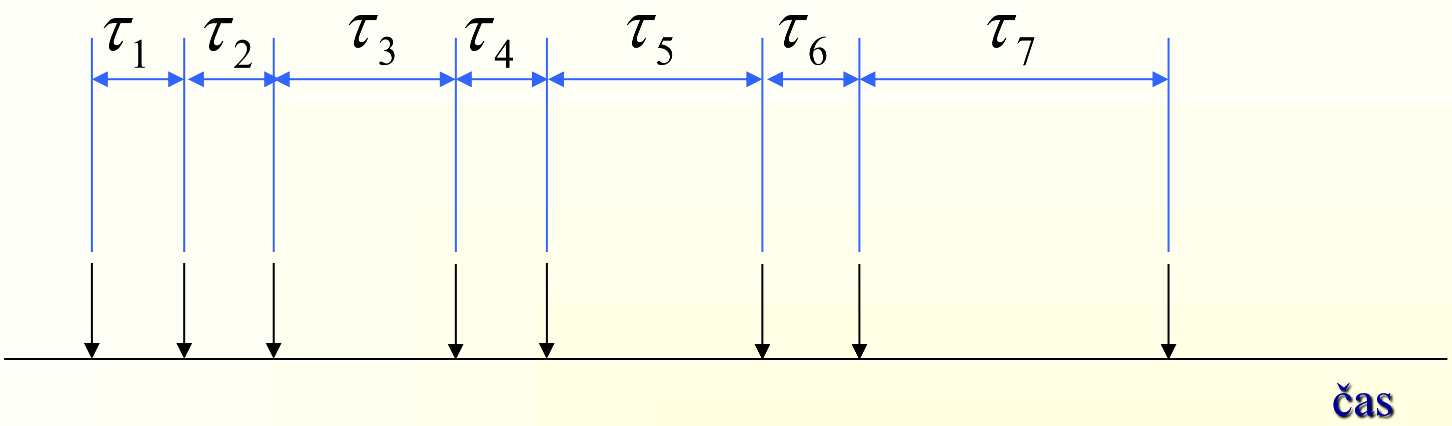
Interval medzi príchodmi

Hustota rozdelenia pravdepodobnosti

$$f(t) = F'(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

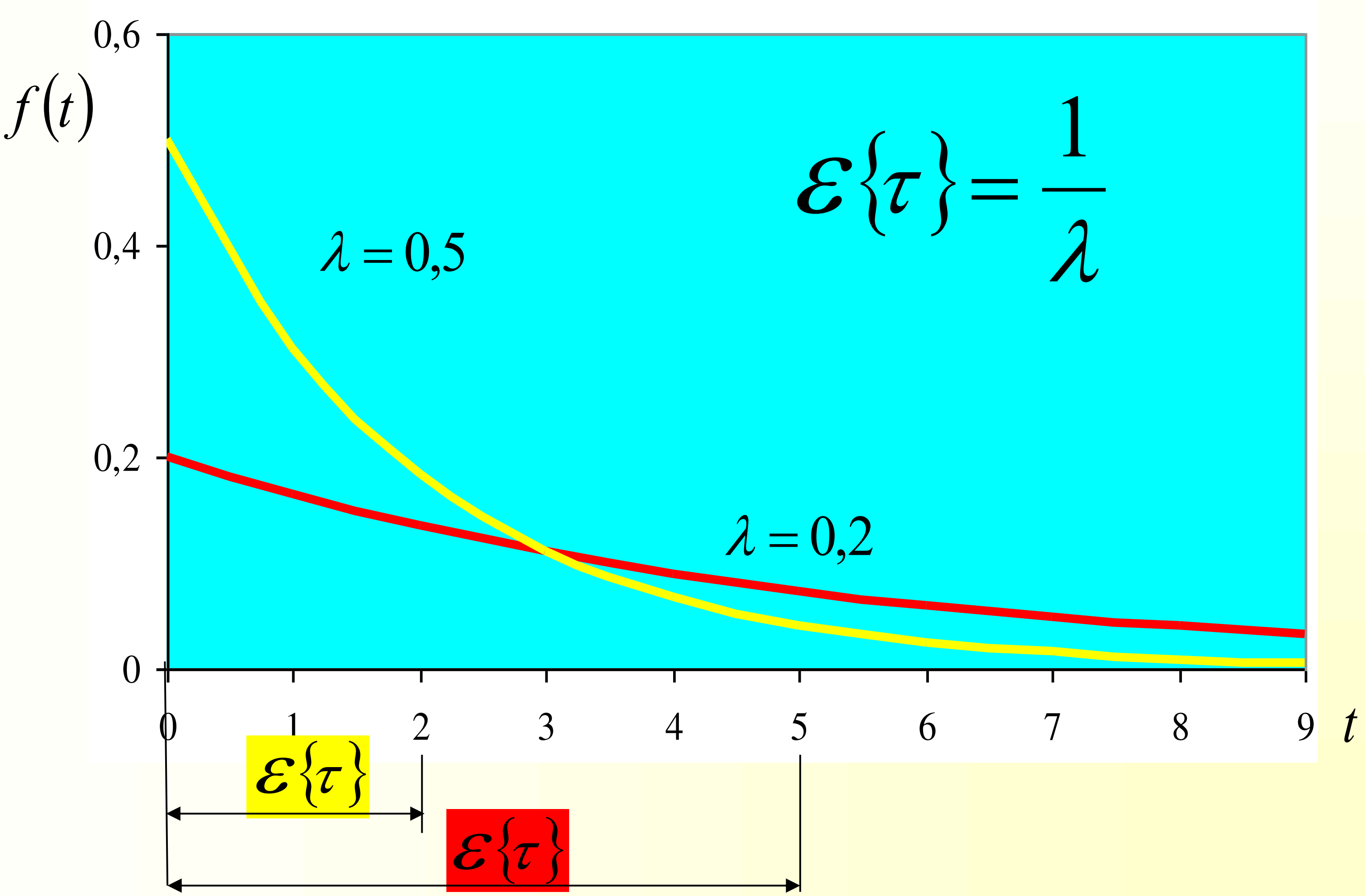


Stredná hodnota intervalu

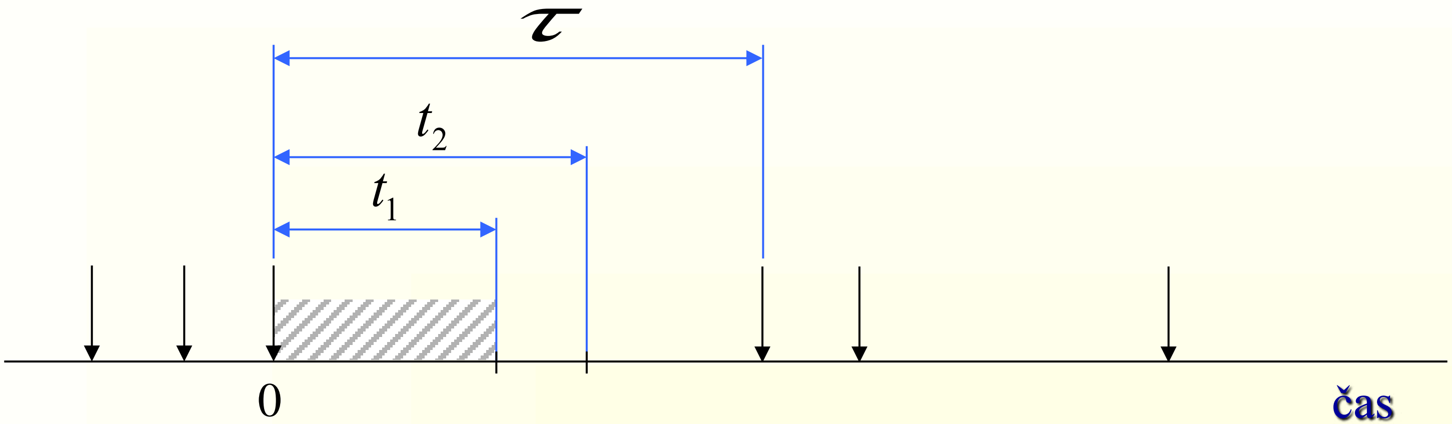


$$\varepsilon\{\tau\} = \int_0^\infty t f(t)\,dt = \int_0^\infty t\lambda e^{-\lambda t}\,dt = \frac{1}{\lambda}$$

Interval medzi príchodmi



Neexistencia pamäte



$$F\left(t_2 / \tau > t_1\right) = P\left\{\tau < t_2 / \tau > t_1\right\} =$$

$$= 1 - P\left\{\tau \geq t_2 / \tau > t_1\right\}$$

$$P\left\{\tau \geq t_2 / \tau > t_1\right\} = \frac{P\left\{\left(\tau \geq t_1\right) \wedge \left(\tau \geq t_2\right)\right\}}{P\left\{\tau > t_1\right\}} =$$

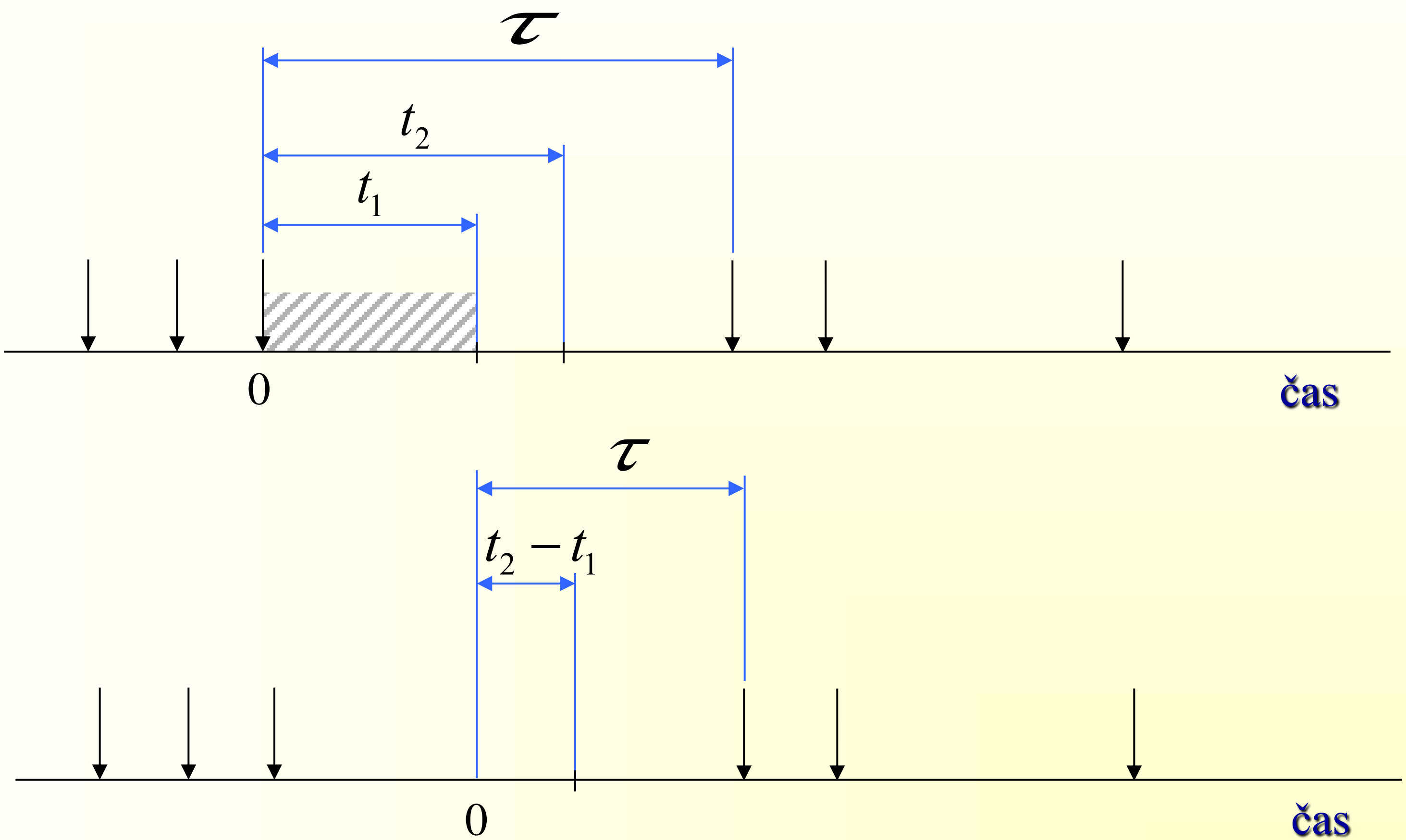
Neexistencia pamäte

$$P\{\tau \geq t_2 / \tau > t_1\} = \frac{P\{\tau \geq t_2\}}{P\{\tau > t_1\}} = \frac{e^{-\lambda t_2}}{e^{-\lambda t_1}} = e^{-\lambda(t_2 - t_1)}$$

$$F(t_2 / \tau > t_1) = 1 - e^{-\lambda(t_2 - t_1)}$$

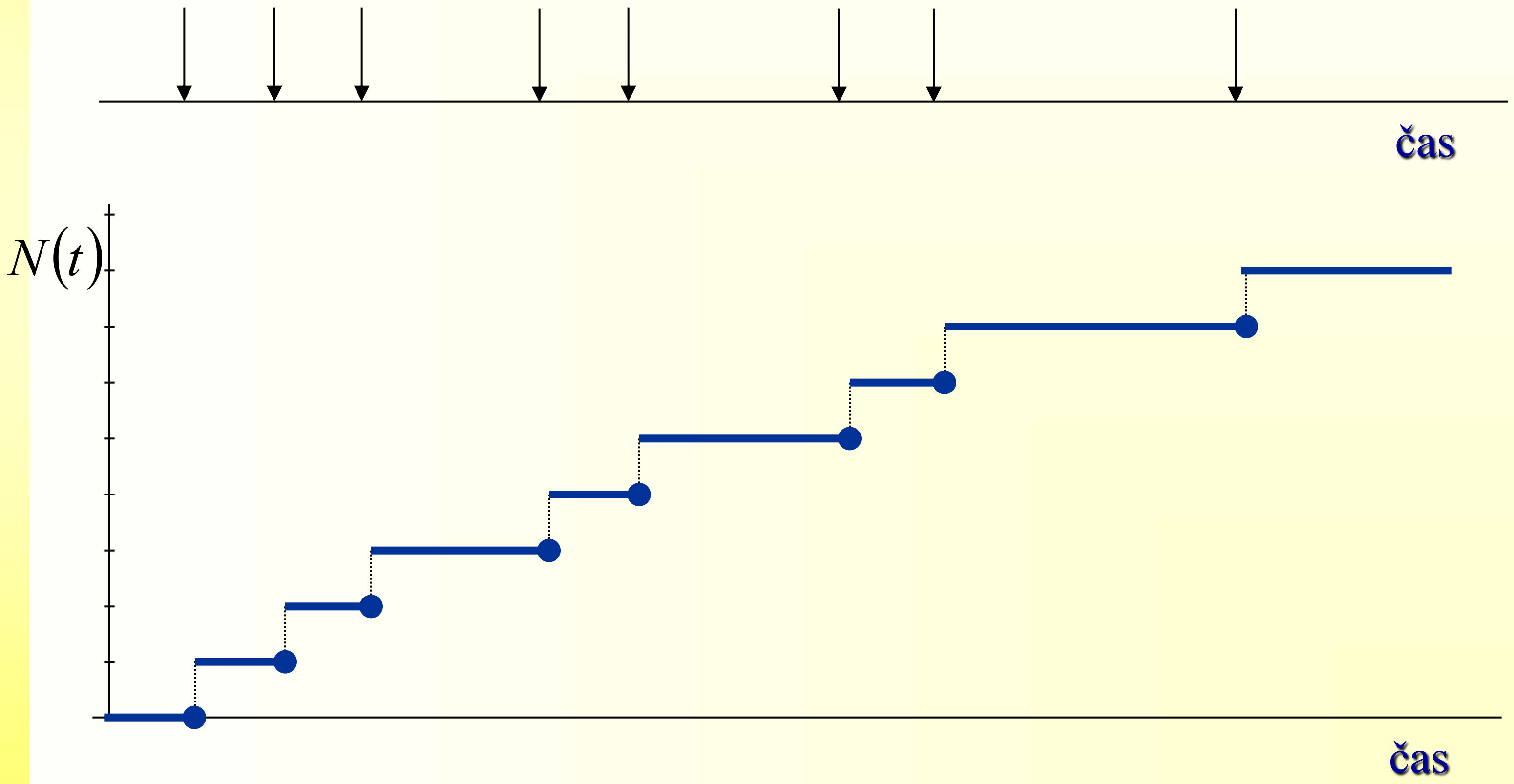
$$F(t_2 / \tau > t_1) = F(t_2 - t_1)$$

Neexistencia pamäte



Stav procesu

Poissonov proces

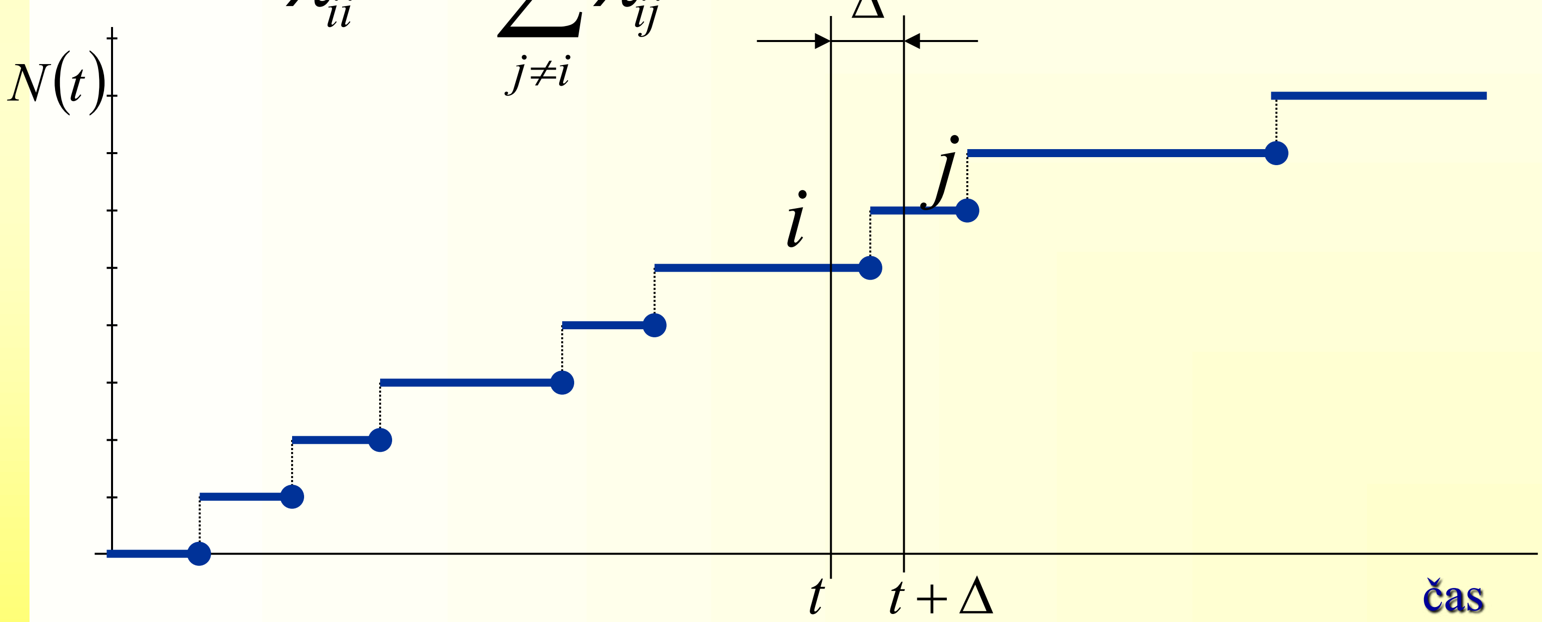


Intenzity prechodov

$$i = 0,1,\dots,$$

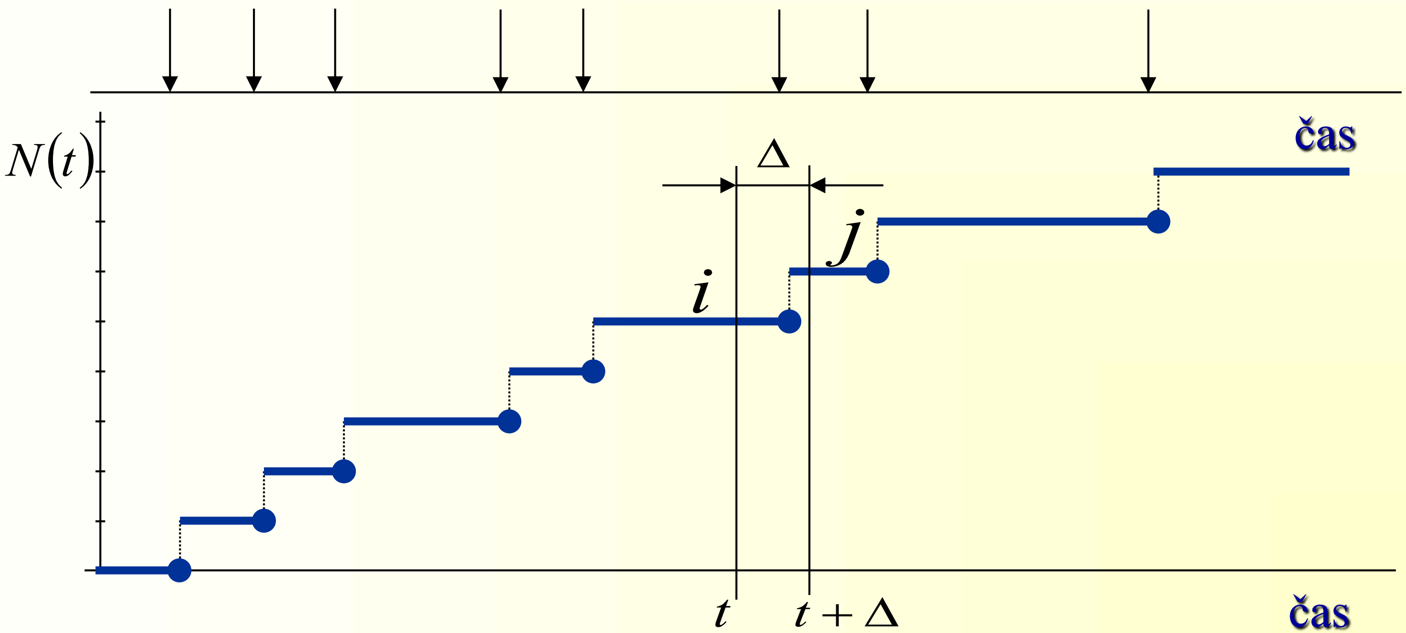
$$\lambda_{ij}\Delta \approx P\{N(t+\Delta) = j / N(t) = i\},\quad j \neq i$$

$$\lambda_{ii} = -\sum_{j\neq i} \lambda_{ij}$$



Poissonov proces

$$\lambda_{ij} = \begin{cases} \lambda, & j = i+1 \\ -\lambda, & j = i, \qquad\qquad i = 0,1,\dots, \\ 0, & j - ostatné \end{cases}$$



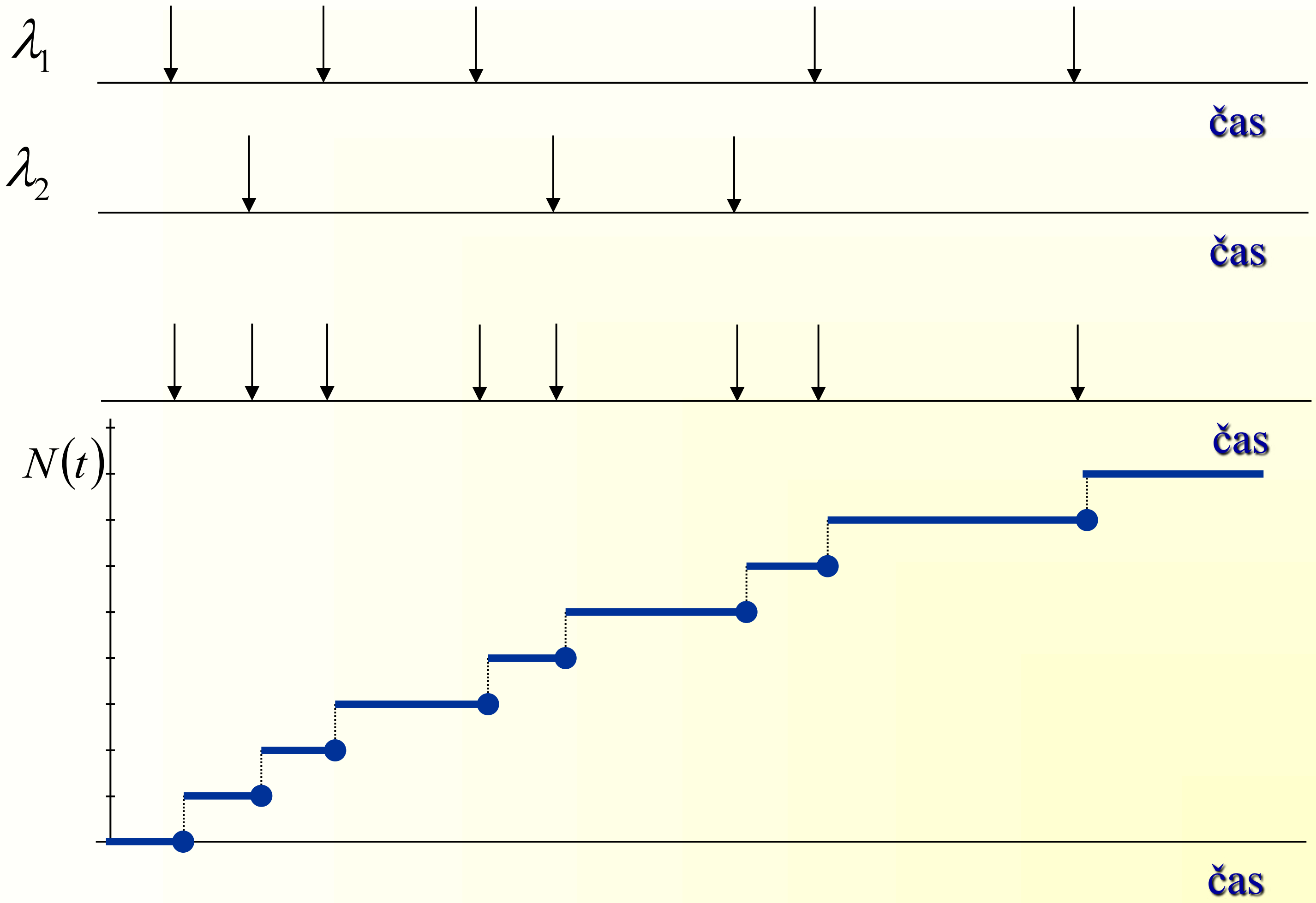
Matica intenzít

$$\mathbf{\Lambda} = \left(\lambda_{ij}\right) = \begin{pmatrix} \lambda_{00} & \lambda_{01} & \dots \\ \lambda_{10} & \lambda_{11} & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

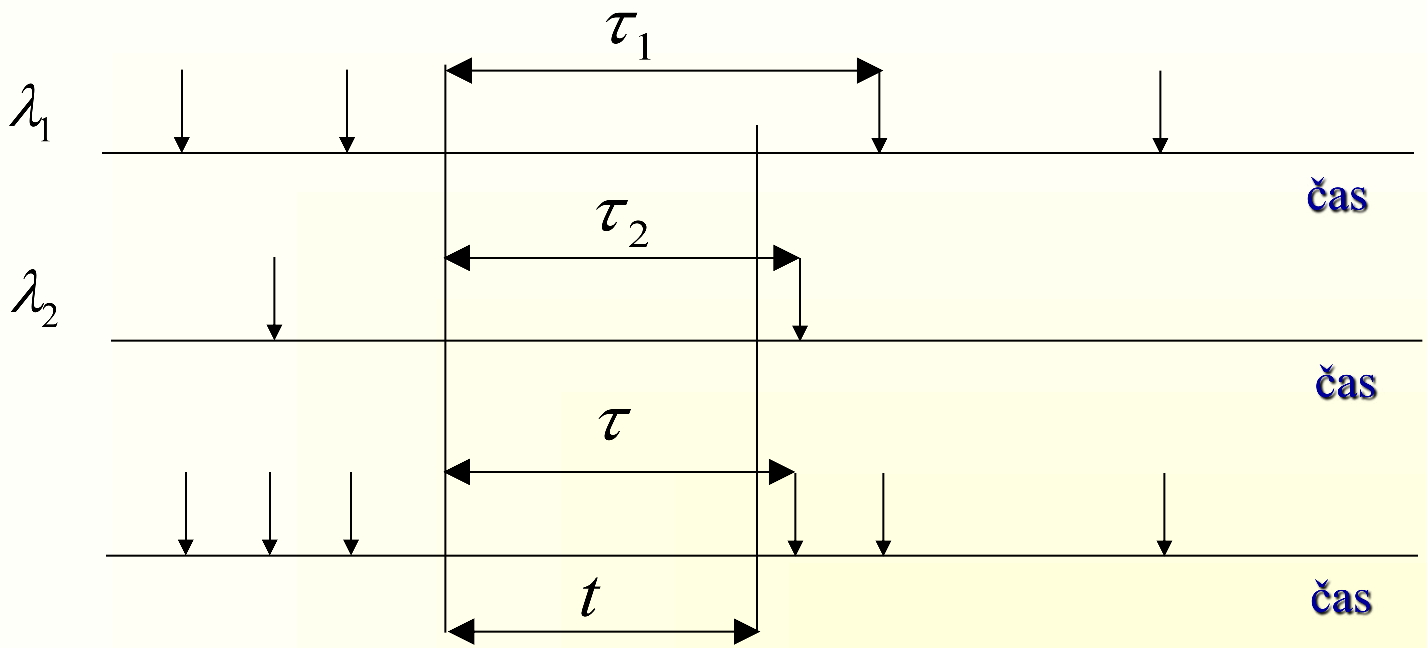
Poissonov proces s parametrom λ

$$\mathbf{\Lambda} = \left(\lambda_{ij}\right) = \begin{pmatrix} -\lambda & \lambda & 0 & \dots \\ 0 & -\lambda & \lambda & \dots \\ 0 & 0 & -\lambda & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

Súčet Poissonových procesov



Súčet Poissonových procesov

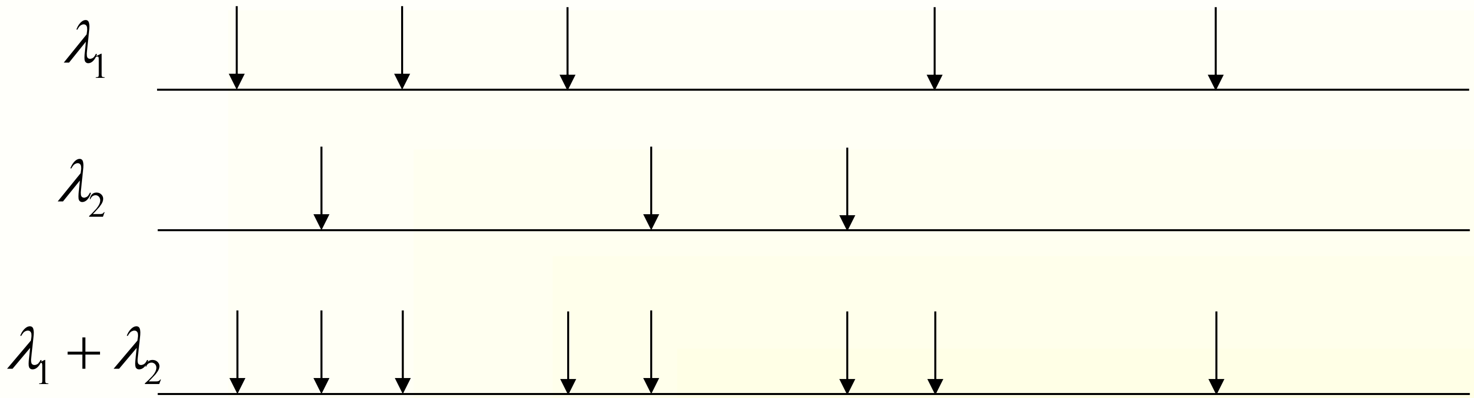


$$1-F(t)=P\{\tau>t\}=$$

$$=P\{(\tau_1>t)\wedge(\tau_2>t)\}=P\{\tau_1>t\}P\{\tau_2>t\}=$$

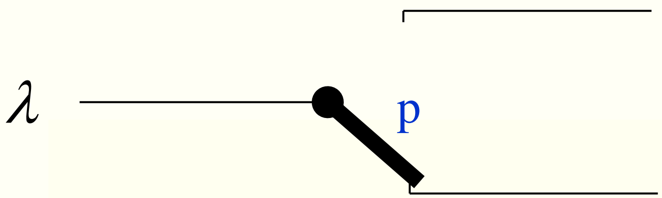
$$=e^{-\lambda_1 t}e^{-\lambda_2 t}=e^{-(\lambda_1+\lambda_2)t}$$

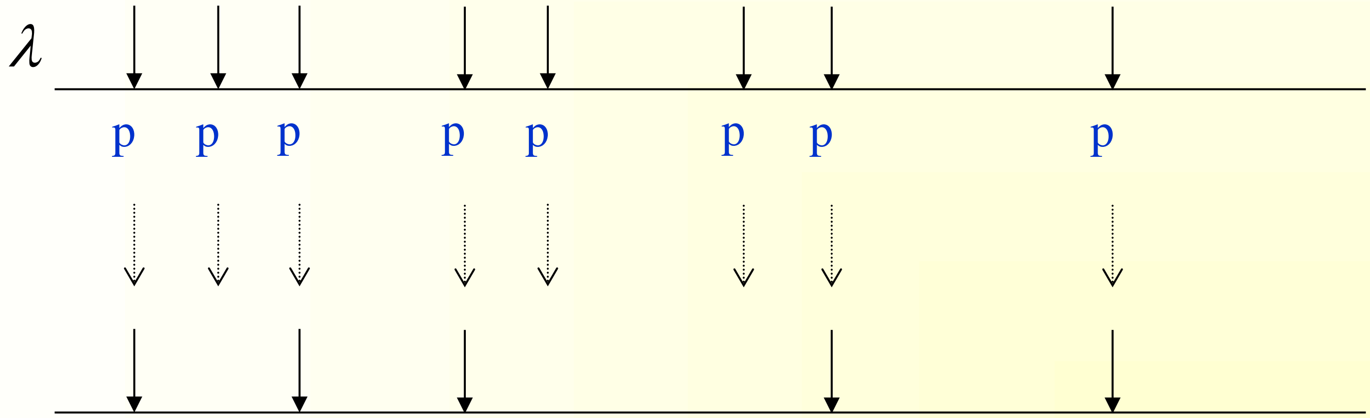
Súčet Poissonových procesov



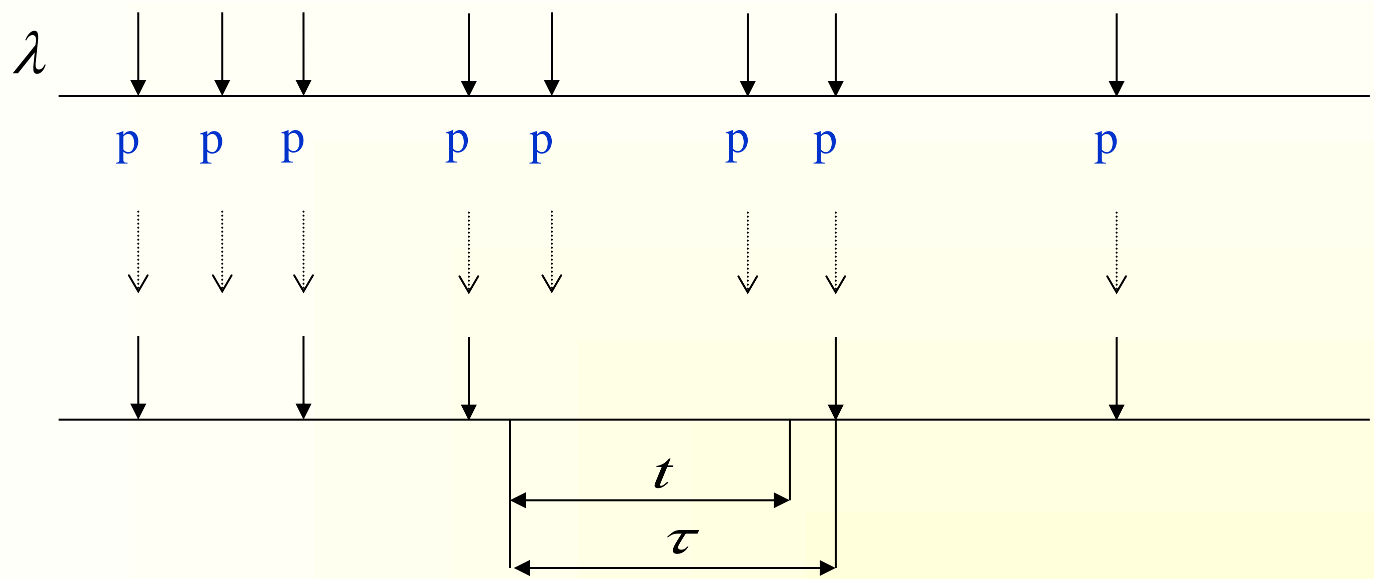
Súčet Poissonových procesov s parametrami λ_1 a λ_2 je Poissonovým procesom s parametrom $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$

Náhodné smerovanie





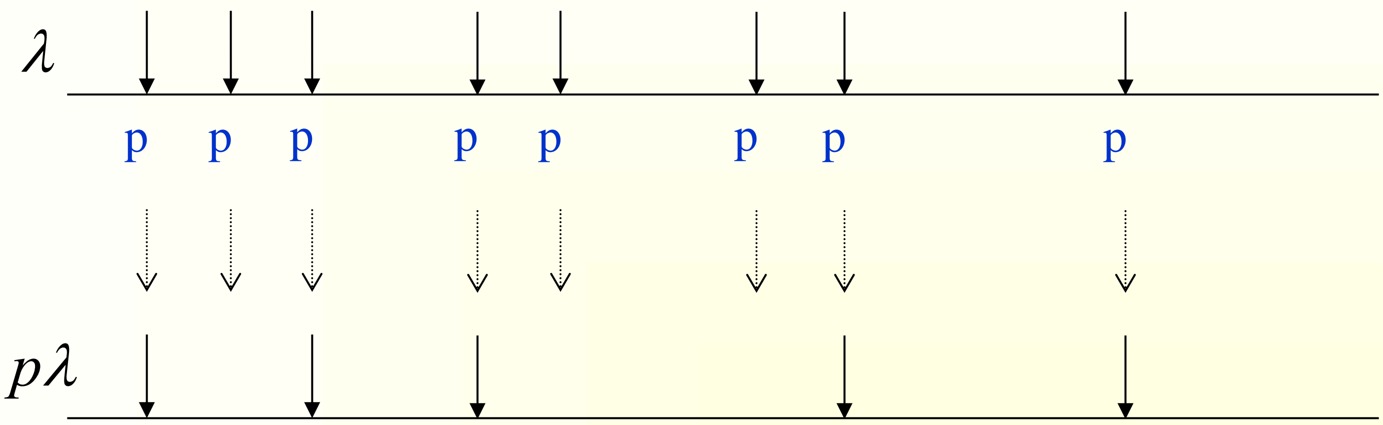
Náhodné smerovanie



$$1 - F(t) = P\{\tau > t\} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} (1-p)^k =$$

$$= e^{-p\lambda t} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{[\lambda t(1-p)]^k}{k!} e^{-[\lambda t(1-p)]} = e^{-p\lambda t}$$

Náhodné smerovanie



Náhodný výber udalostí s pravdepodobnosťou p z Poissonovho procesu s parametrom λ je Poissonovým procesom s parametrom $p\lambda$

Ďakujem za pozornosť