

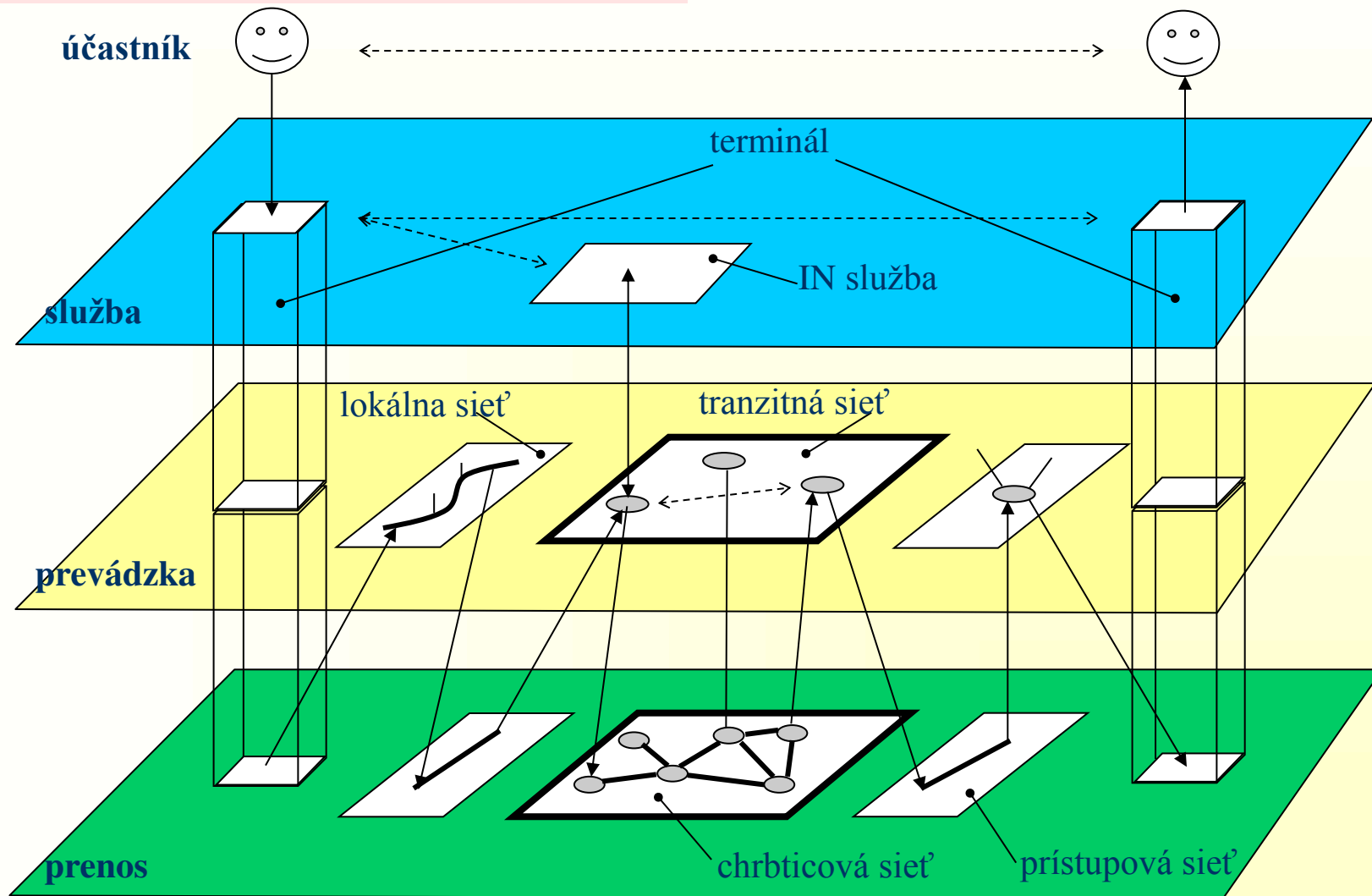


# Teória sietí





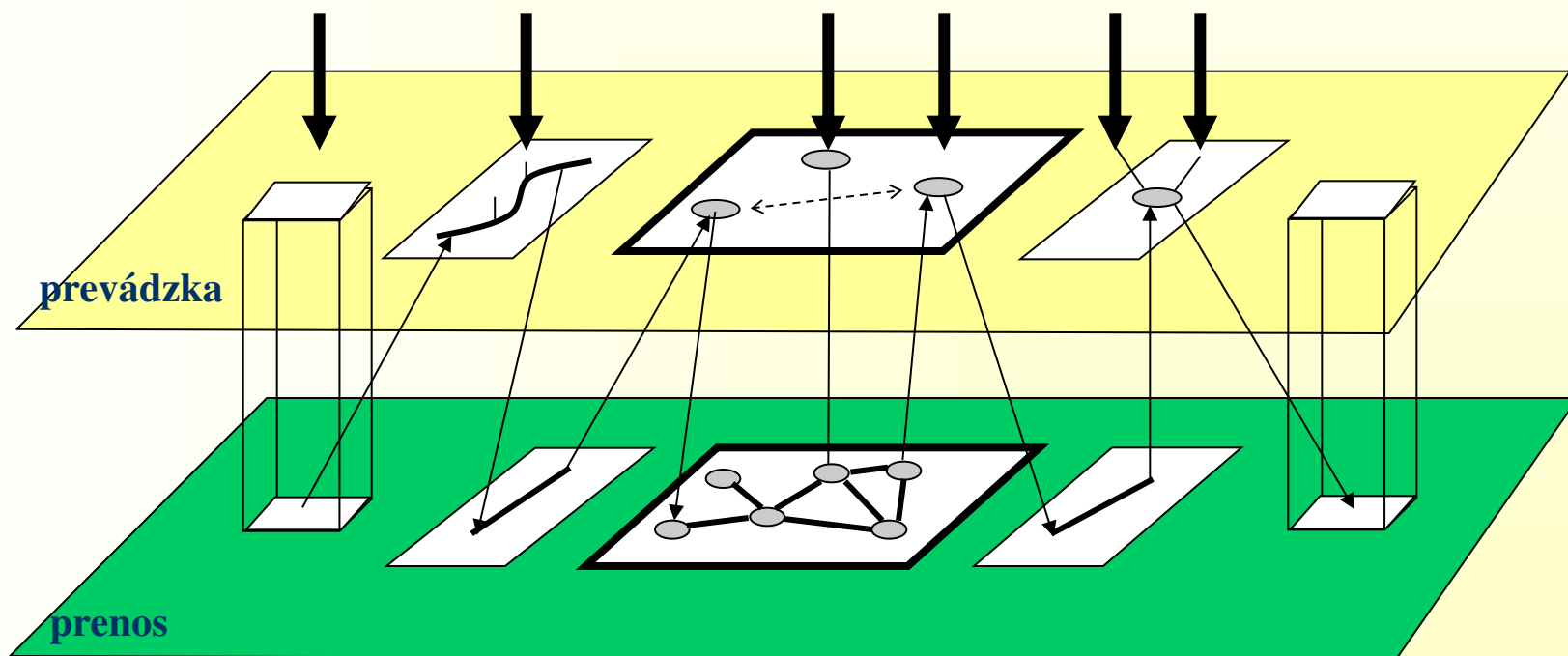
# Opakovanie





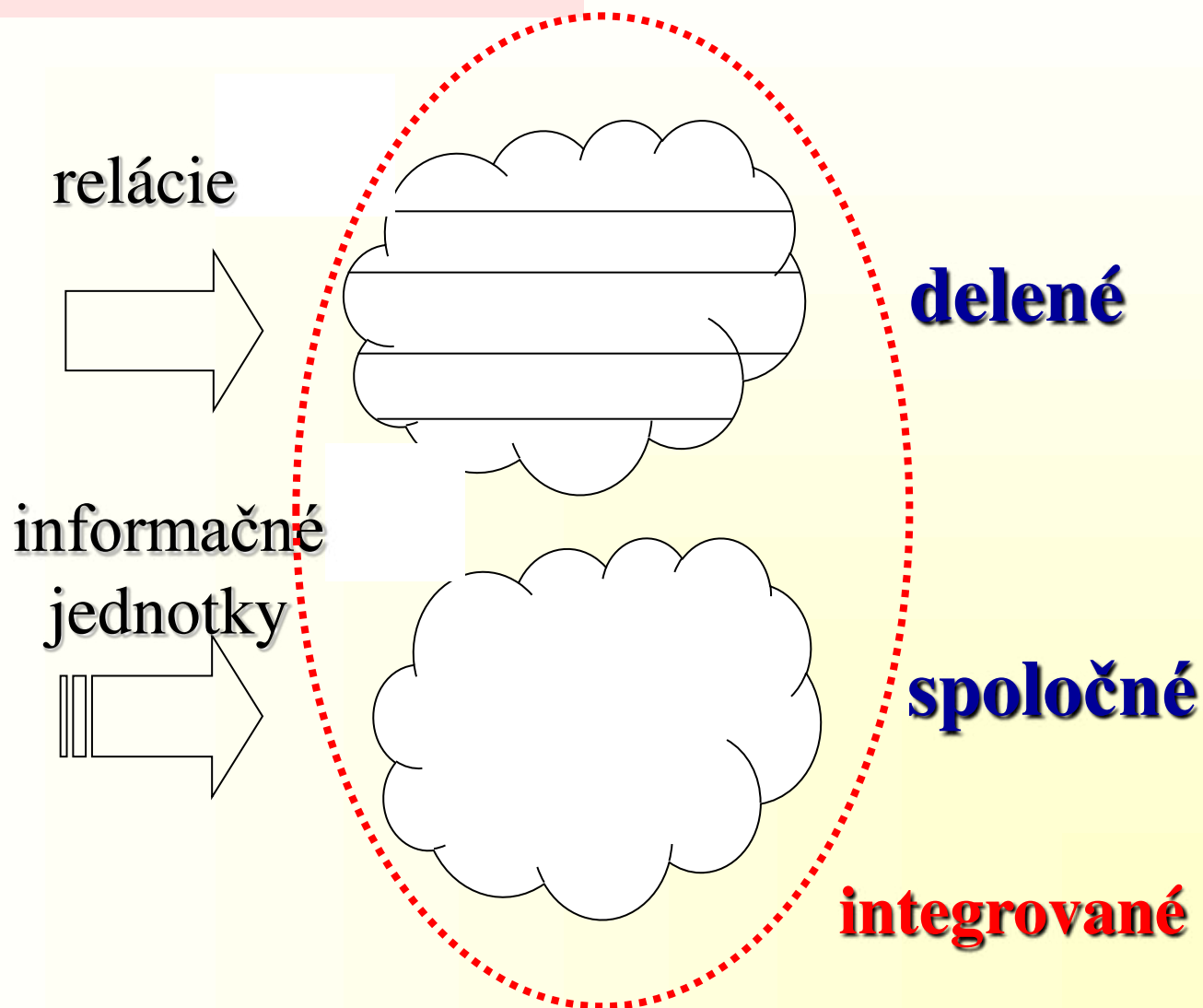
# Náhodné požiadavky

v náhodnom  
čase mieste





# Komunikačné prostredie





# Klasifikácia prostredí

**Spoločné komunikačné  
prostredie**

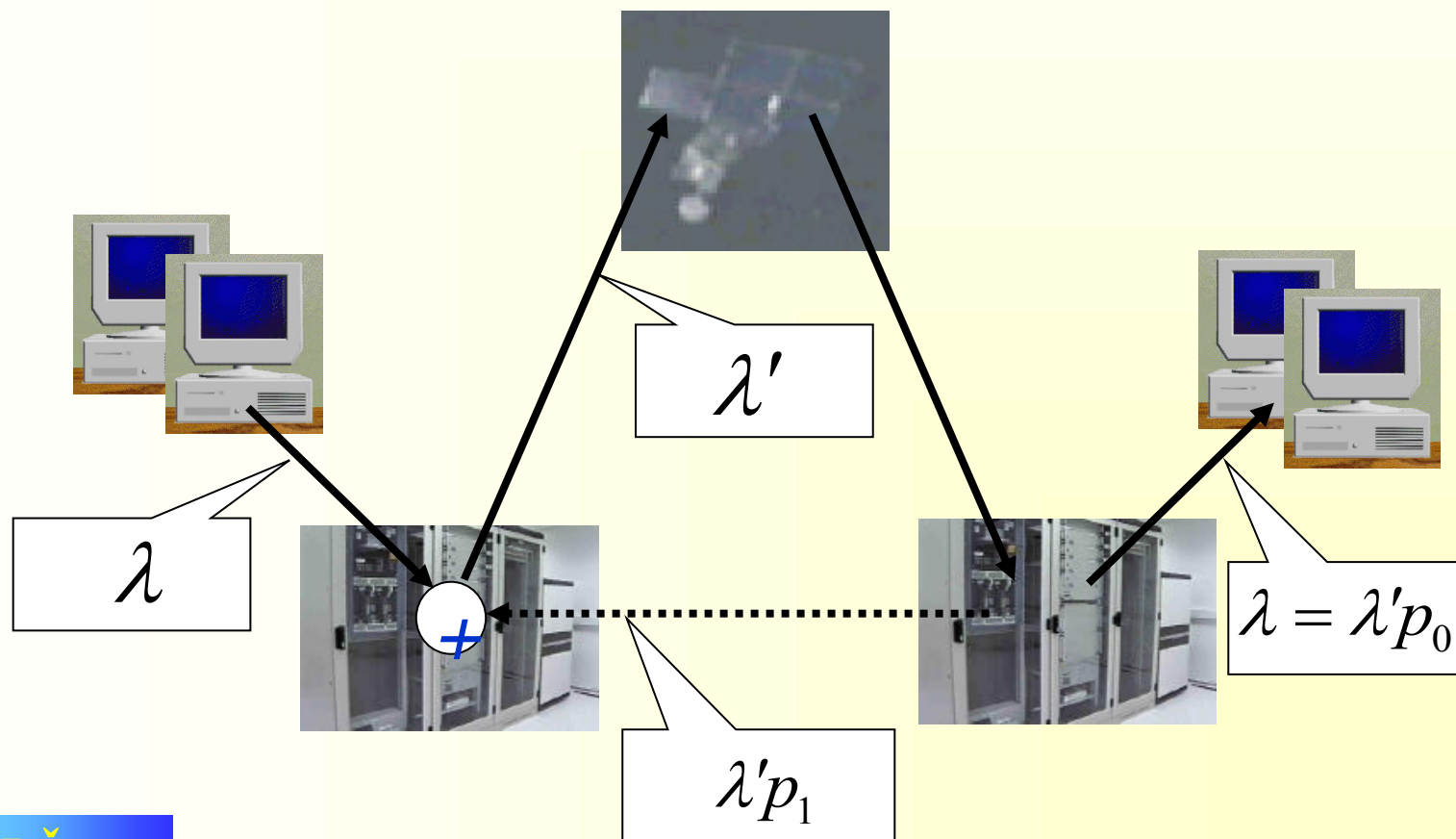
**bez riadenia  
prístupu**

**s riadením  
prístupu**



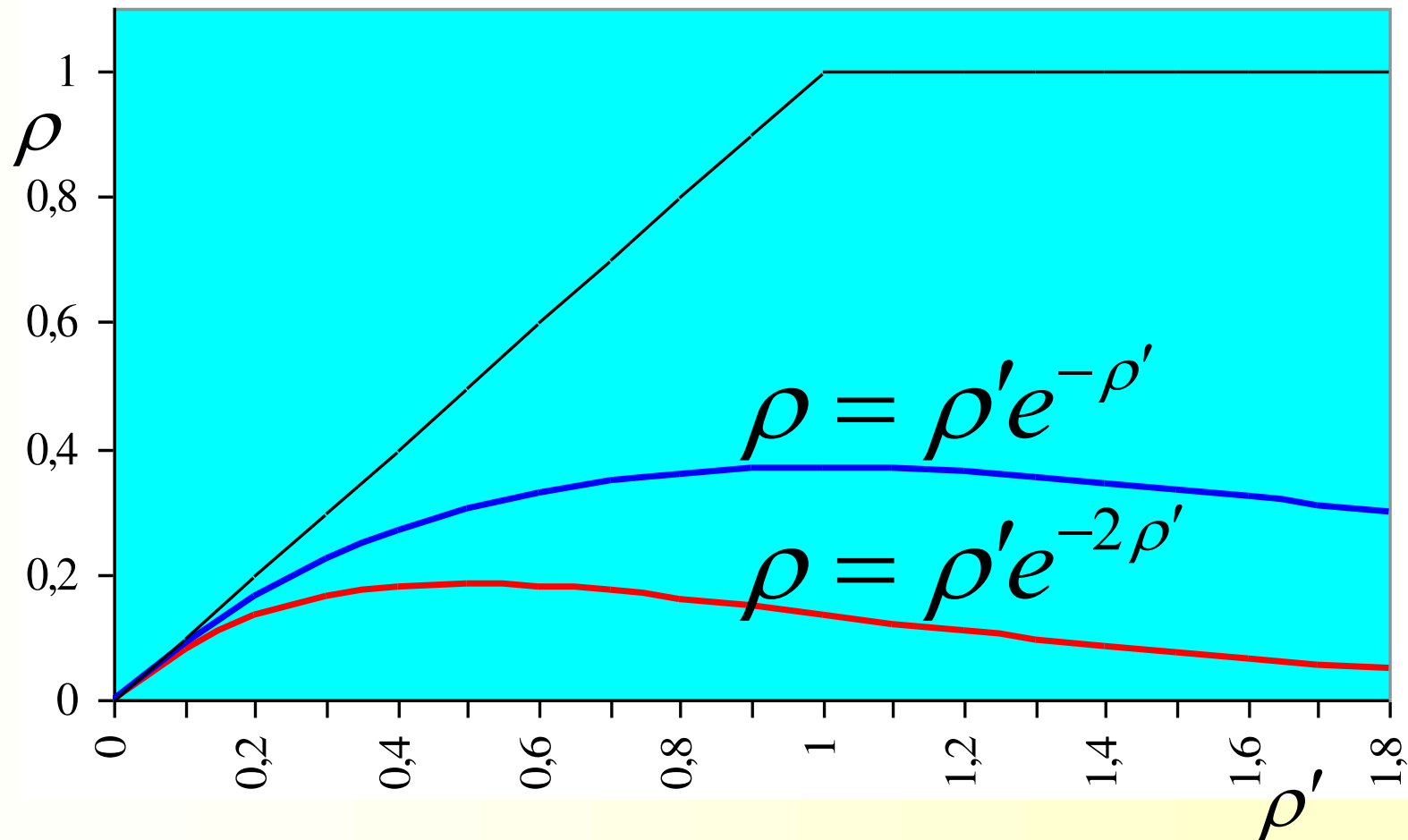
# Sieť ALOHA

## Spoločné komunikačné prostredie bez riadenia prístupu





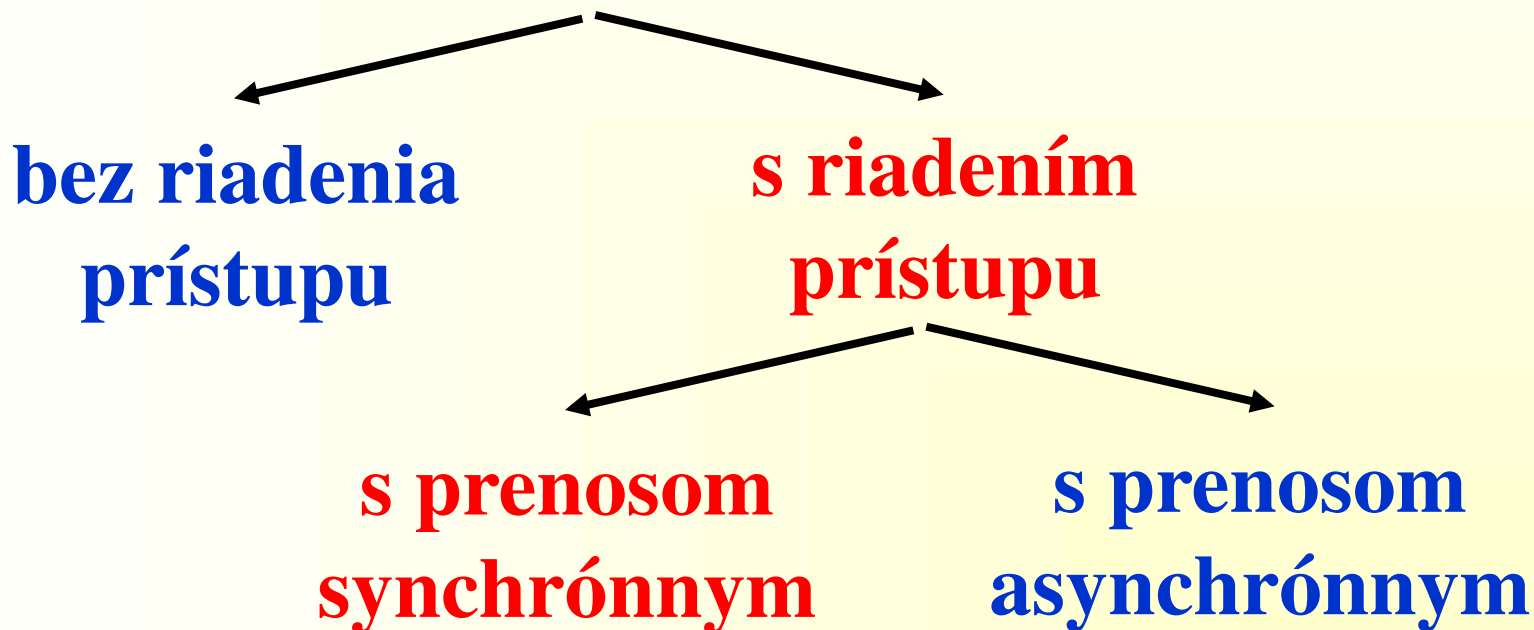
# Priepustnosť siete ALOHA





# Klasifikácia prostredí

## Spoločné komunikačné prostredie







# Klasifikácia prostredí

**Spoločné komunikačné  
prostredie**



**s riadením prístupu**



**so synchrónnym prenosom**



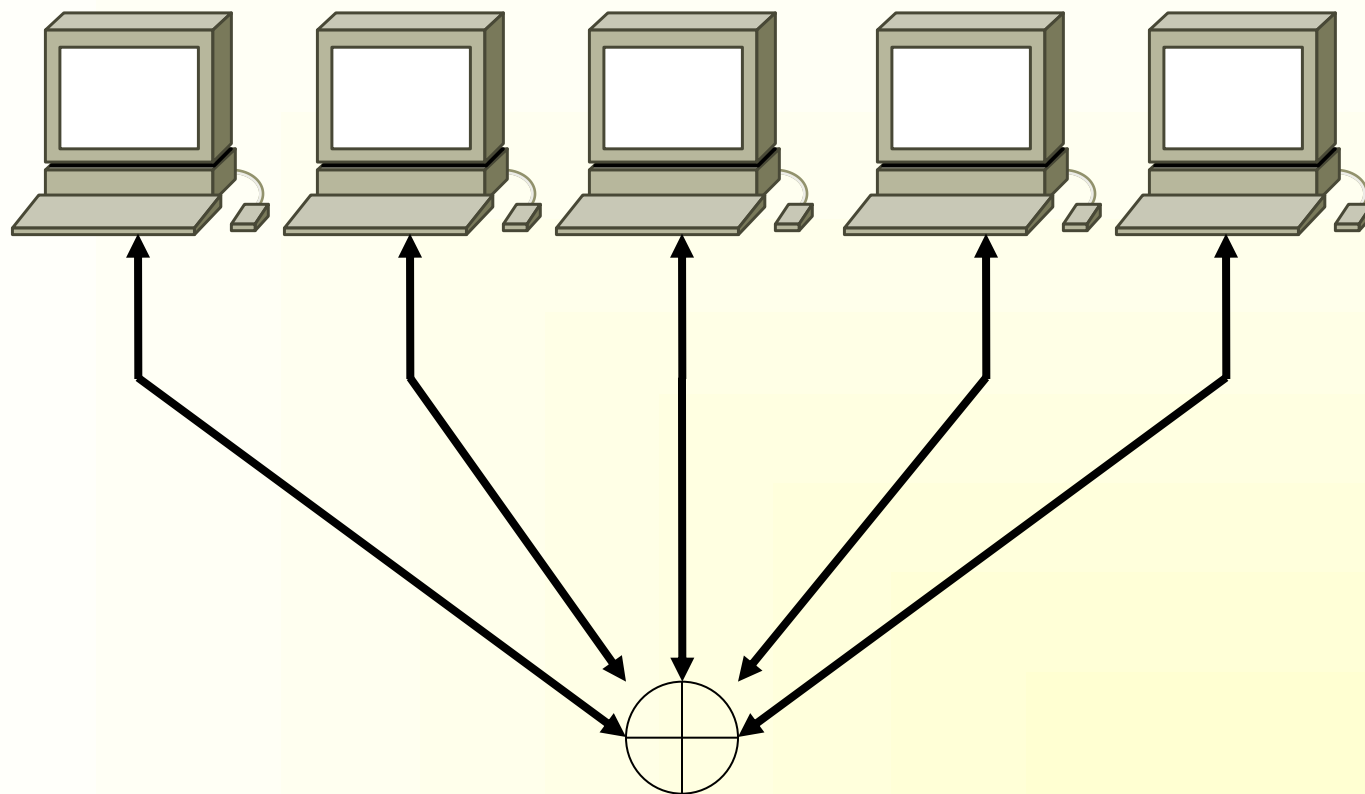
**s úplnou**

**s neúplnou**

**informáciou o stave prostredia**



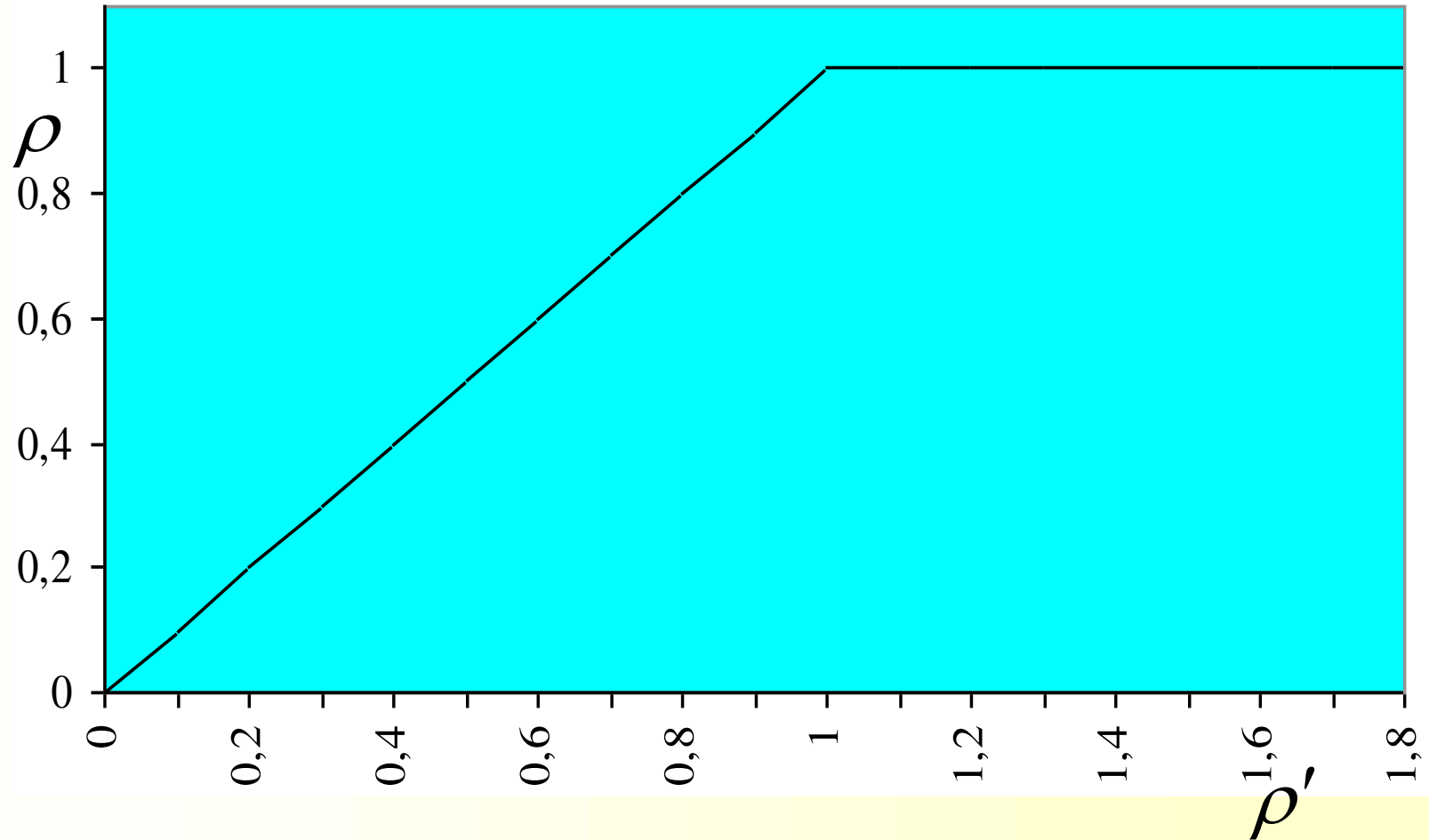
# Sústredené komunikačné prostredie



Nulový čas šírenia

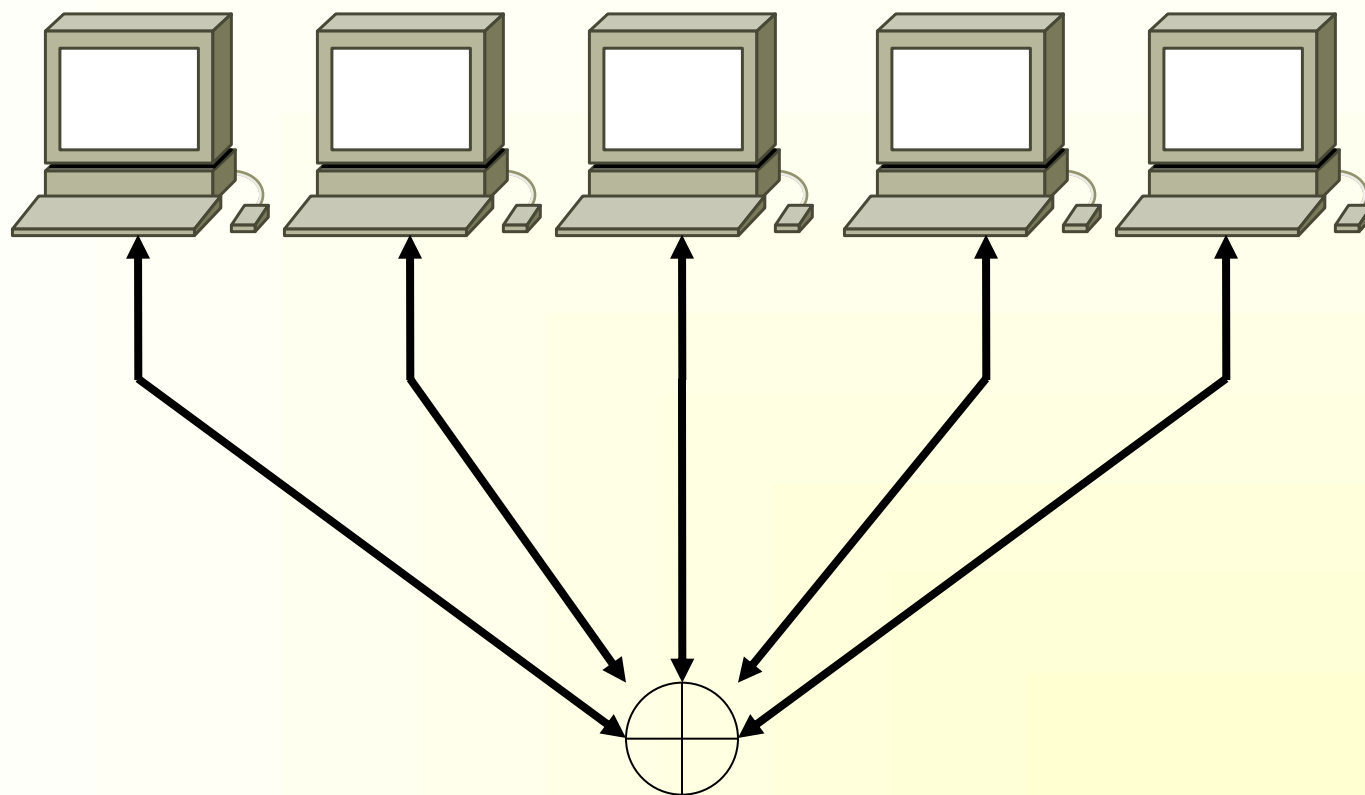


# Ideálne sústredené prostredie





# Sústredené komunikačné prostredie

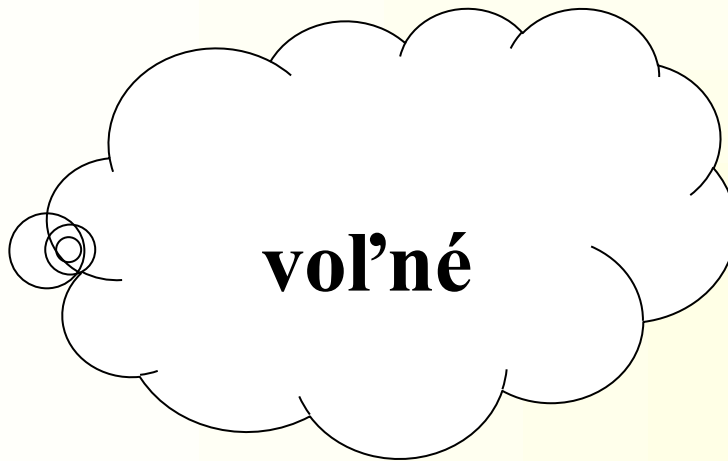


Nulový čas šírenia  
úplná informácia o stave prostredia



# Spoločné komunikačné prostredie

**s úplnou informáciou o stave  
synchronného kanála**



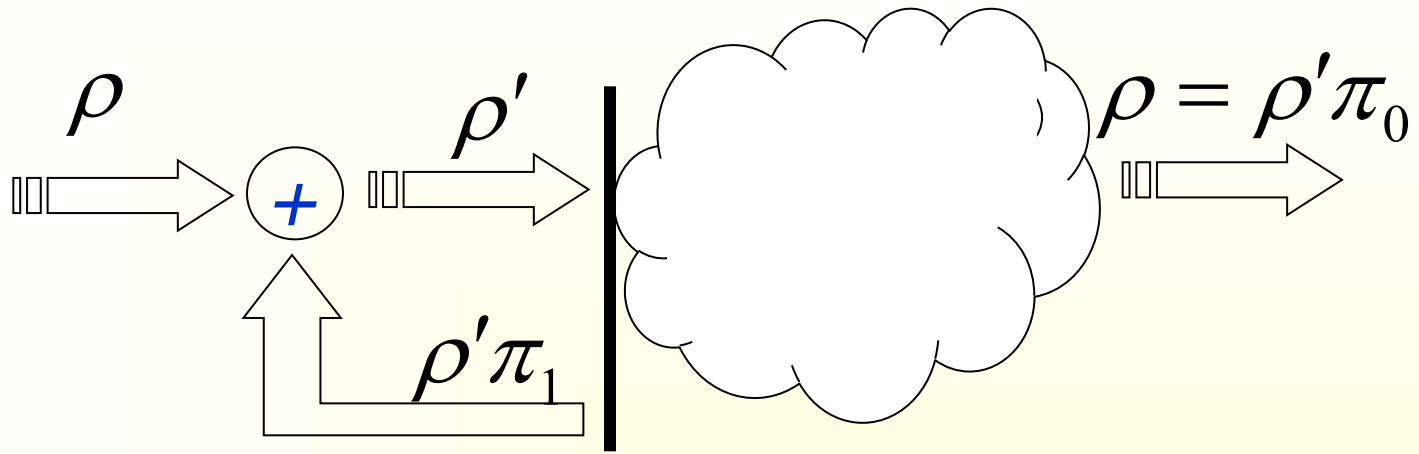
**stavy prostredia**

0

1



# Priepustnosť prostredia s opakovaním

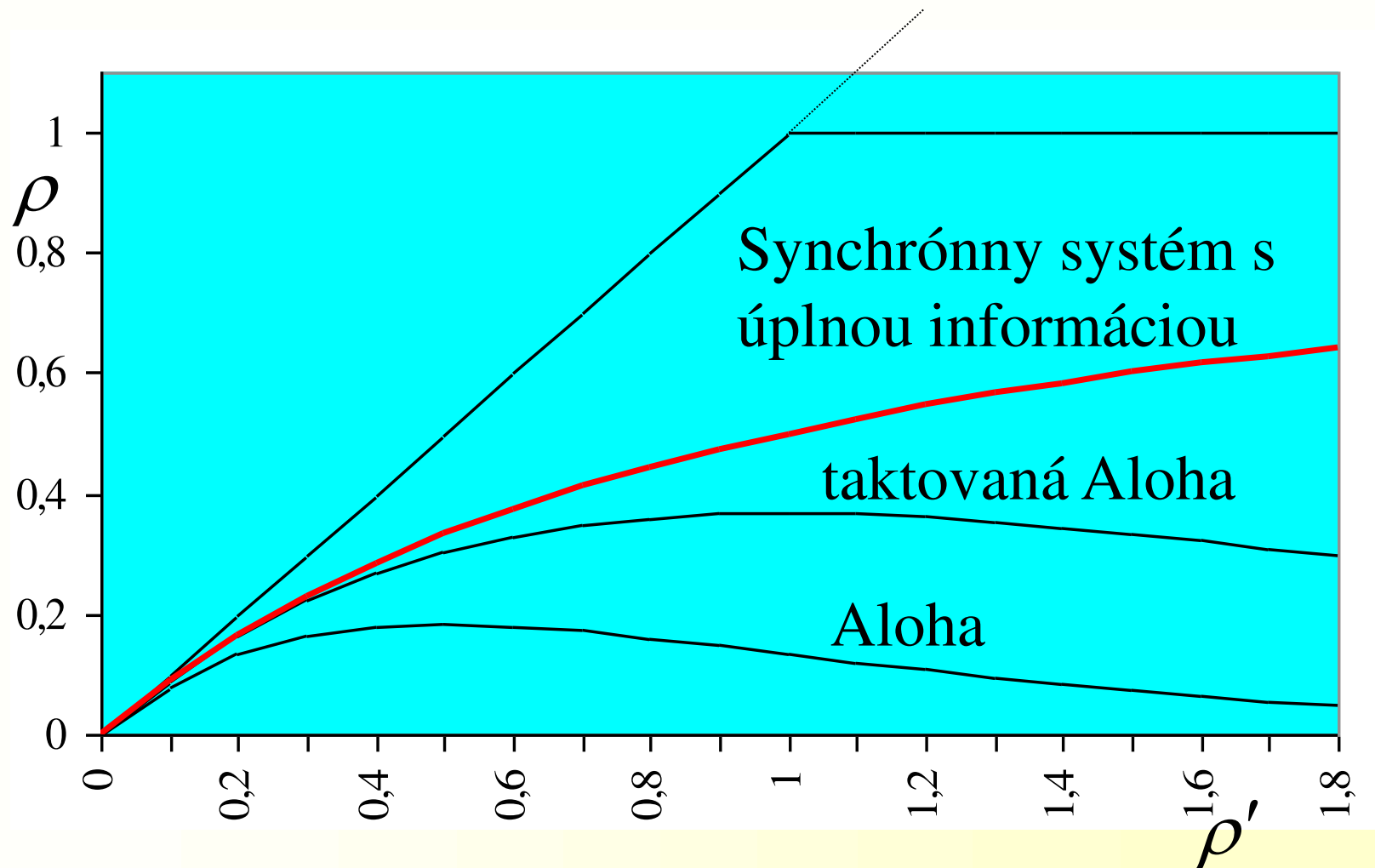


$$\pi_0 = \frac{1}{1 + \rho'} \quad \pi_0 = \frac{\rho}{\rho'}$$

$$\rho = \frac{\rho'}{1 + \rho'}$$

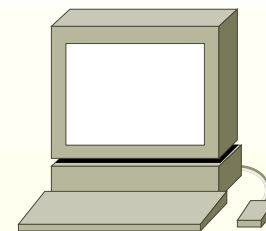
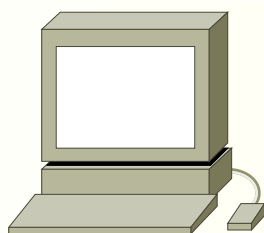


# Priepustnosť prostredia s opakovaním

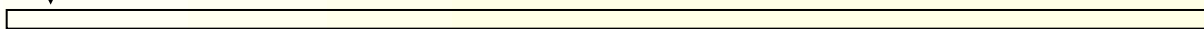




# Rozľahlé komunikačné prostredie



čas šírenia  $a$



$\tau$

doba vysielania informácie 1 rámeček



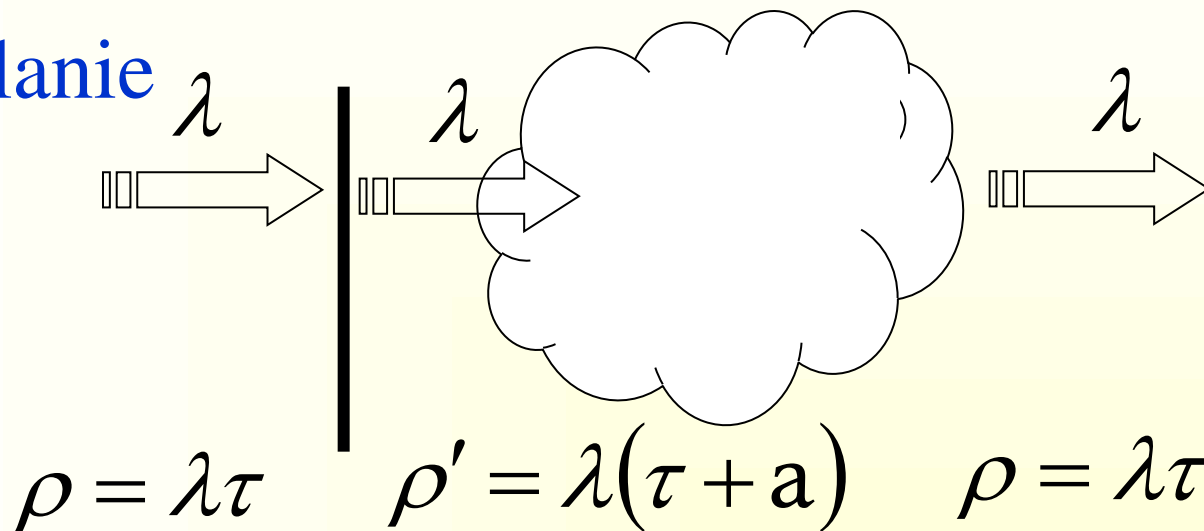
$$a < \tau$$





# Ideálne rozľahlé prostredie

Keby stanice vedeli o obsadení a mohli odložiť vysielanie

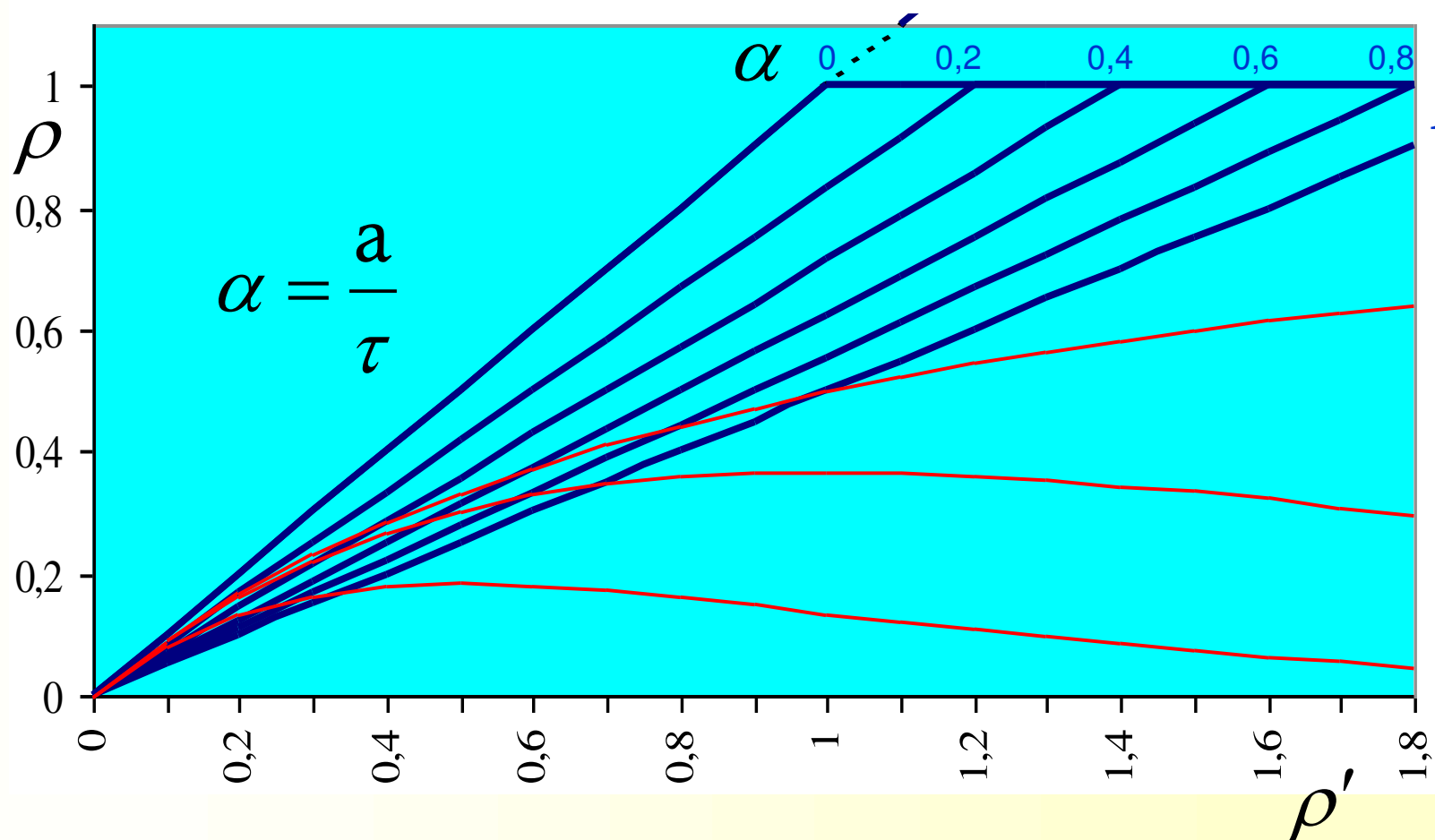


$$\frac{\rho}{\tau} = \frac{\rho'}{\tau + a}$$

$$\rho = \frac{\rho'}{1 + \alpha}, \quad \alpha = \frac{a}{\tau}$$



# Ideálne rozľahlé prostredie





# Klasifikácia prostredí

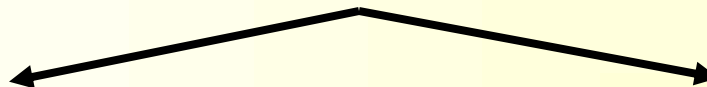
**Spoločné komunikačné  
prostredie**



**s riadením prístupu**



**so synchrónnym prenosom**



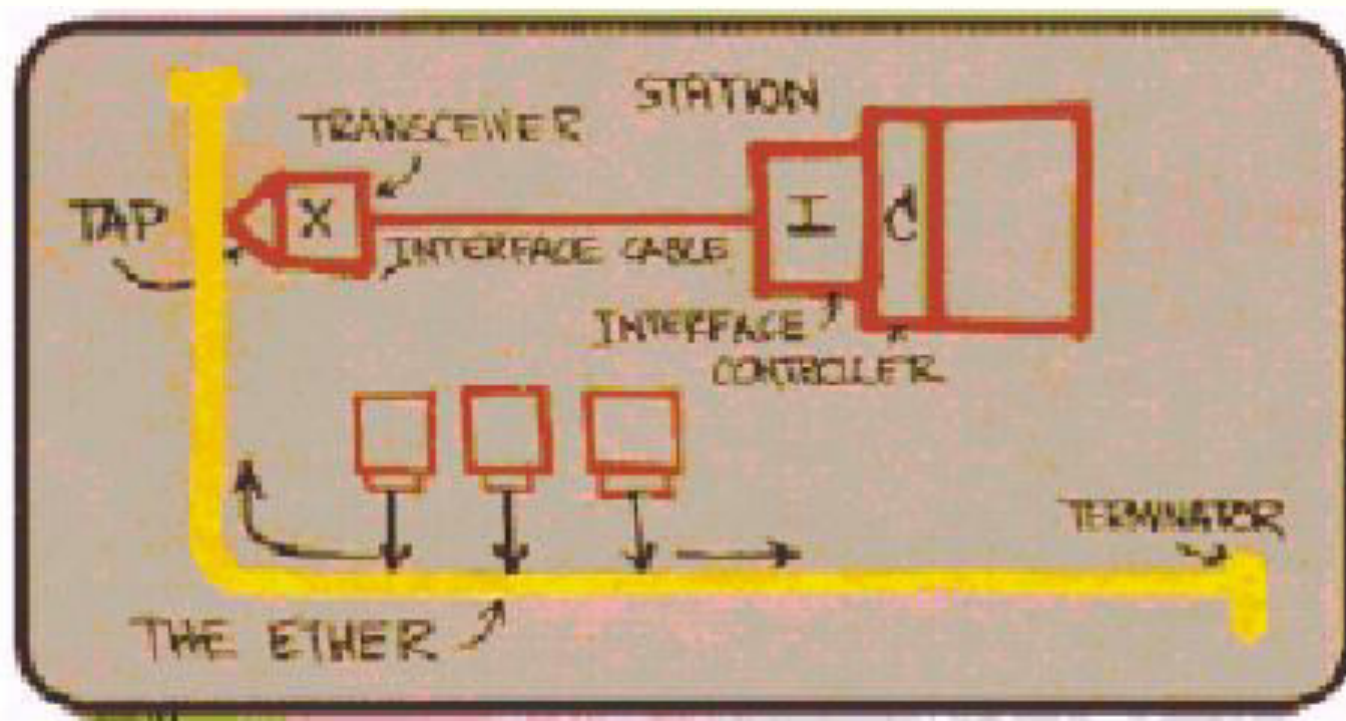
**s úplnou**

**s neúplnou**

**informáciou o stave prostredia**



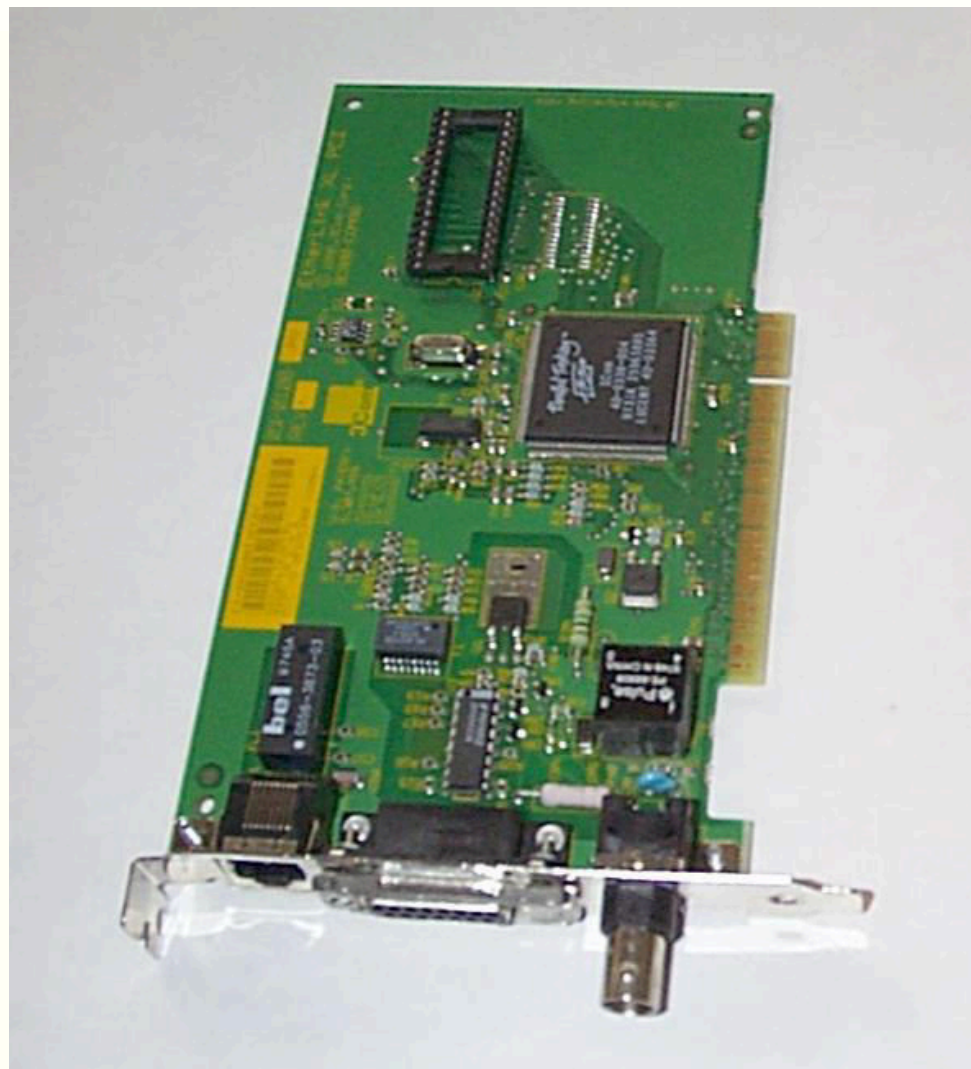
# Ethernet



*1973 Xerox - Robert Metcalfe, David Boggs*

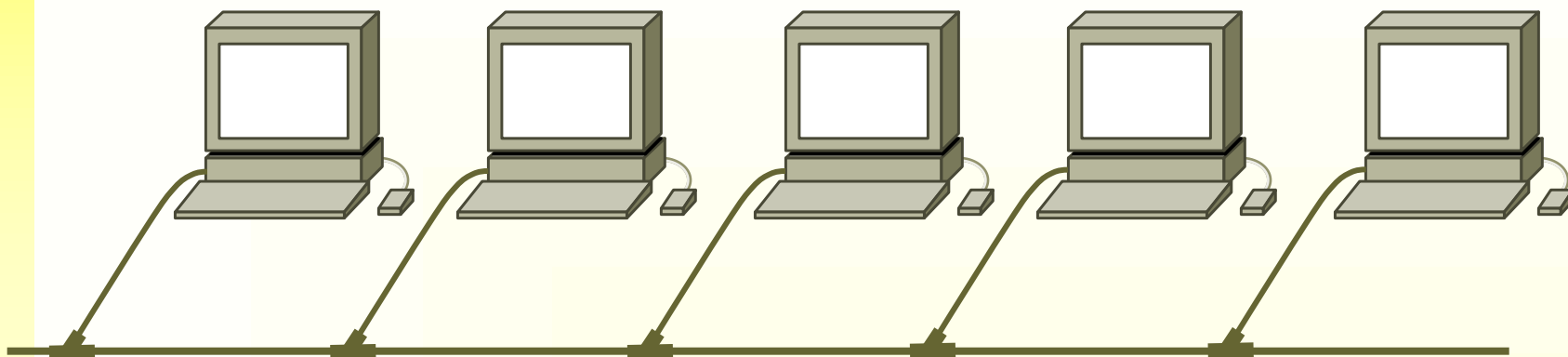


# Siet'ová karta





# Ethernet



**Logická štruktúra: zbernica**

**Riadenie prístupu: CSMA/CD**

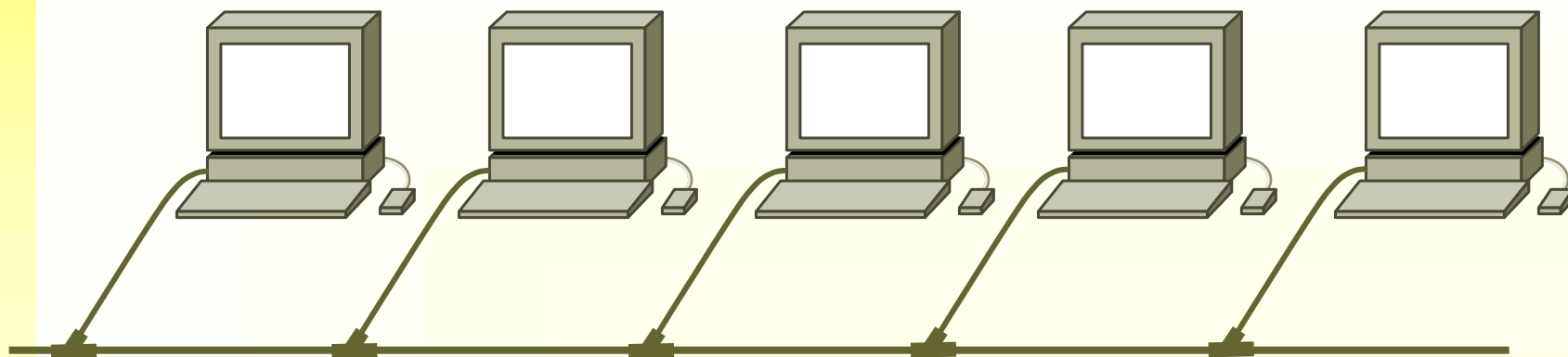
**Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection**

**Viacnásobný prístup s počúvaním nosnej a detekciou kolízií**

**Referencia: IEEE 802.3**



# Ethernet - fyzická vrstva



**Rýchlosť: 10,100,1000 Mbit/s**

**Médium:**

koaxiálny kábel

UTP

optické vlákno



# Ethernet 10 Mbit/s

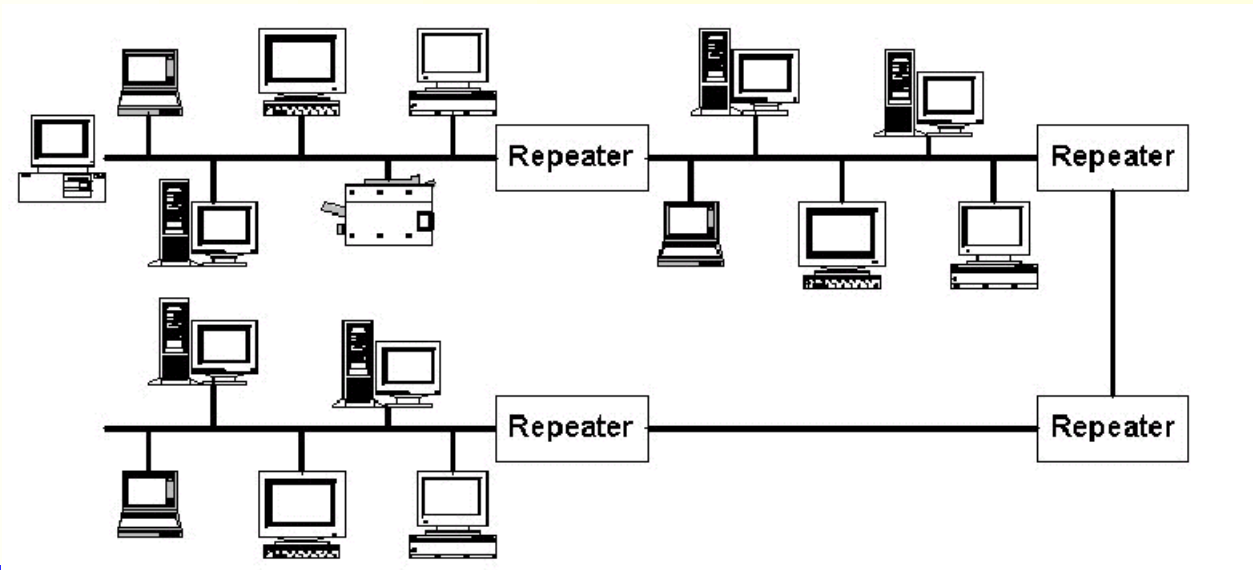
**Max. vzdialenosť: 2500 m**

**Pravidlo 5-4-3:**

**max 5 segmentov**

**4 opakovače**

**3 segmenty so stanicami**







# Ethernet 10 Mbit/s

| <b>Označenie</b> | <b>segment</b> | <b>médium</b>                       |
|------------------|----------------|-------------------------------------|
| <b>10BASE-2</b>  | <b>185m</b>    | <b>koaxiálny kábel</b>              |
| <b>10BASE-5</b>  | <b>500m</b>    | <b>koaxiálny kábel</b>              |
| <b>10BASE-T</b>  | <b>100m</b>    | <b>netienená skrúcaná dvojlinka</b> |
| <b>10BASE-F</b>  | <b>2km</b>     | <b>optické vlákno</b>               |



# Ethernet 100 Mbit/s

**Max. vzdialenosť (med'):** 205 m

**Max. počet segmentov:** 2 s možnou zmenou signálu  
3 bez zmeny signálu

**100BASE-TX** UTP kategórie 5, STP; 2 páry

**100BASE-T2** UTP kategórie 3,4,5; 2 páry

**100BASE-T4** UTP kategórie 3,4,5; 4 páry

**100BASE-FX** 2 optické vlákna



# Ethernet 1 Gbit/s

**Max. vzdialenosť: 200 m**

**Max. počet segmentov: 1**

**1000BASE-T** UTP kategórie 5; 2 páry (max. 100m)

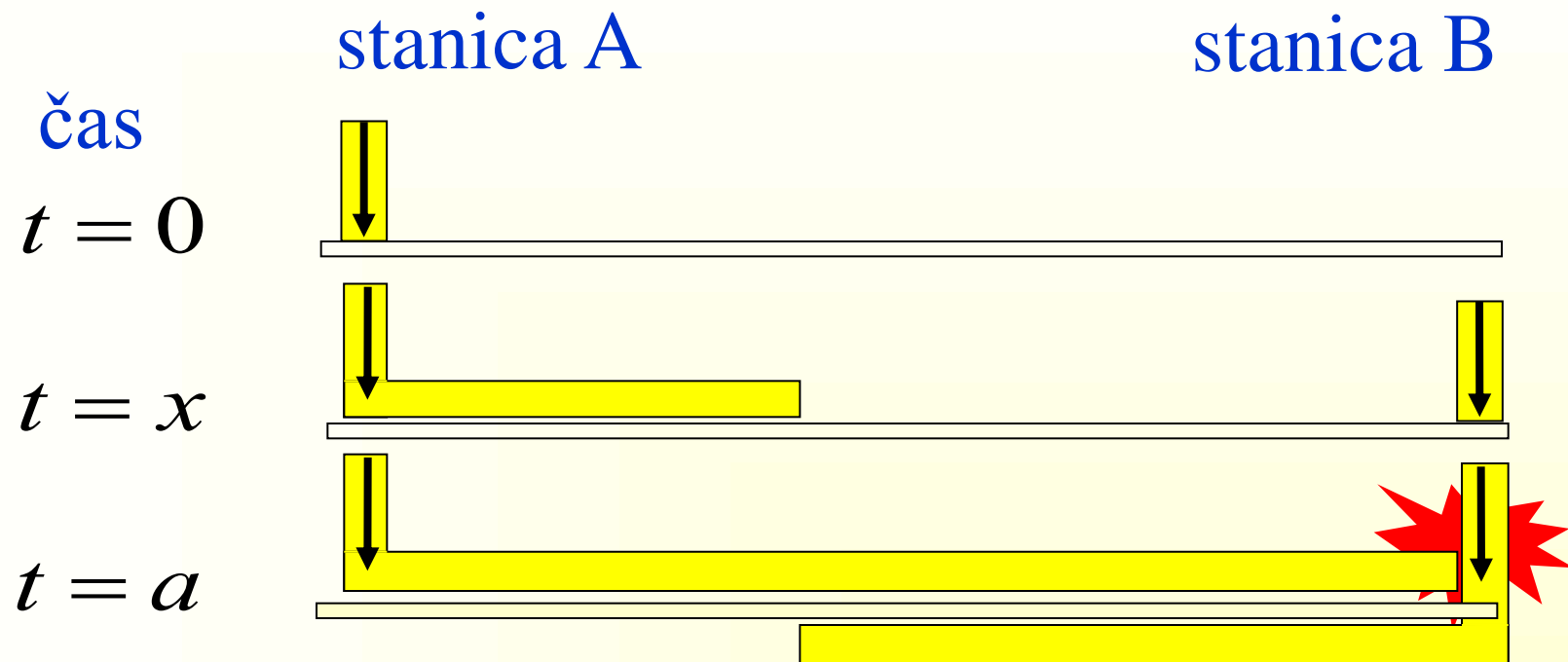
**1000BASE-SX** optické vlákno (v budove)

**1000BASE-LX** optický kábel (medzi budovami)

**1000BASE-CX** medený vodič na malé vzdialenosti



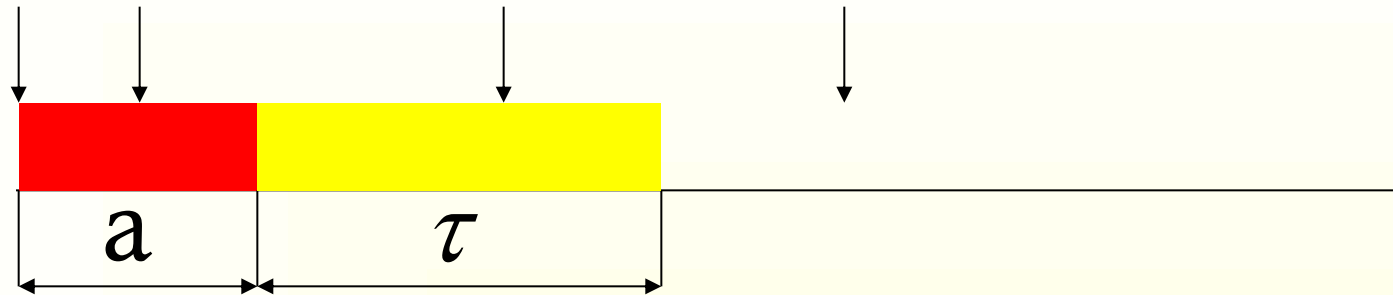
# Vznik kolízie



Kolízia pre  $0 \leq x < a$



# Prostredie s čiastočnou informáciou



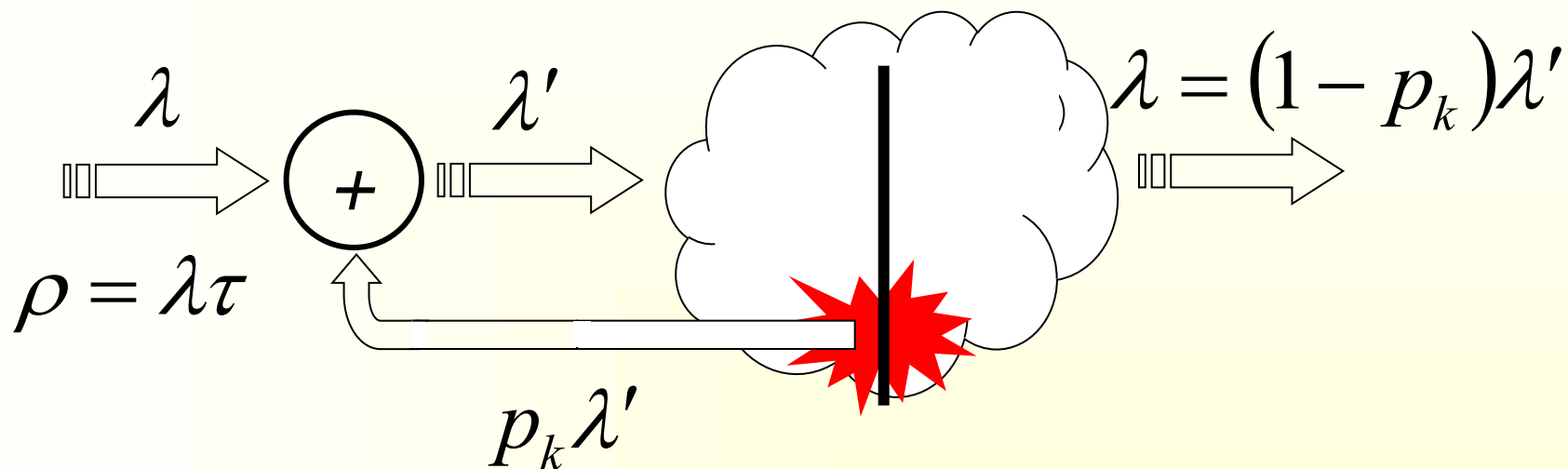
$$p_k = P\{t < a\} = 1 - e^{-\lambda'a}$$

$$\begin{aligned} p_1 &= P\{(t \geq a) \wedge (t < a + \tau)\} = \\ &= P\{t \geq a\}P\{(t < a + \tau) / t \geq a\} = e^{-\lambda'a}(1 - e^{-\lambda'\tau}) \end{aligned}$$

$$p_0 = P\{t \geq a + \tau\} = e^{-\lambda'(a+\tau)}$$



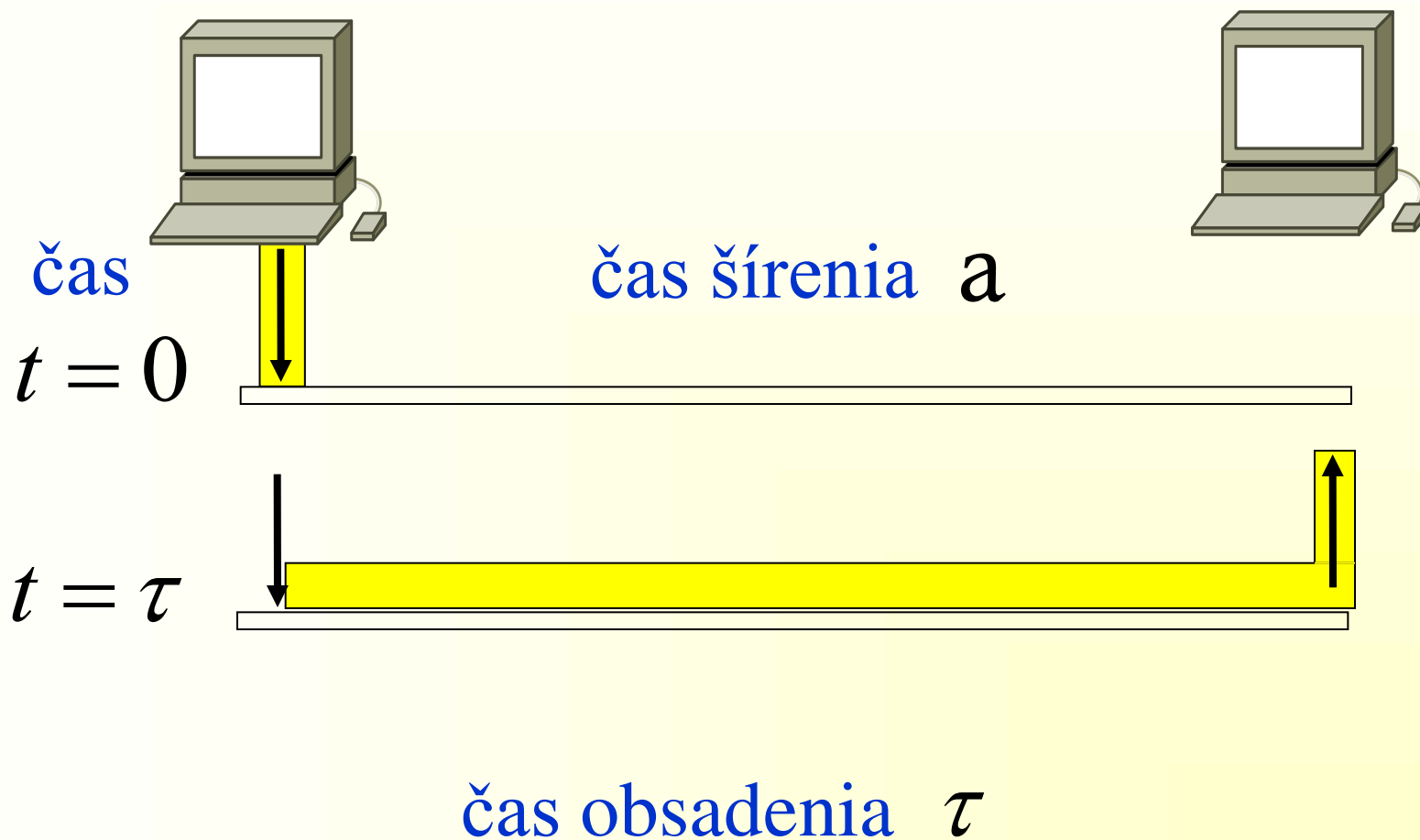
# Priepustnost' prostredia CSMA/CD



$$1 - p_k = \frac{\lambda}{\lambda'} = e^{-\lambda' a}$$

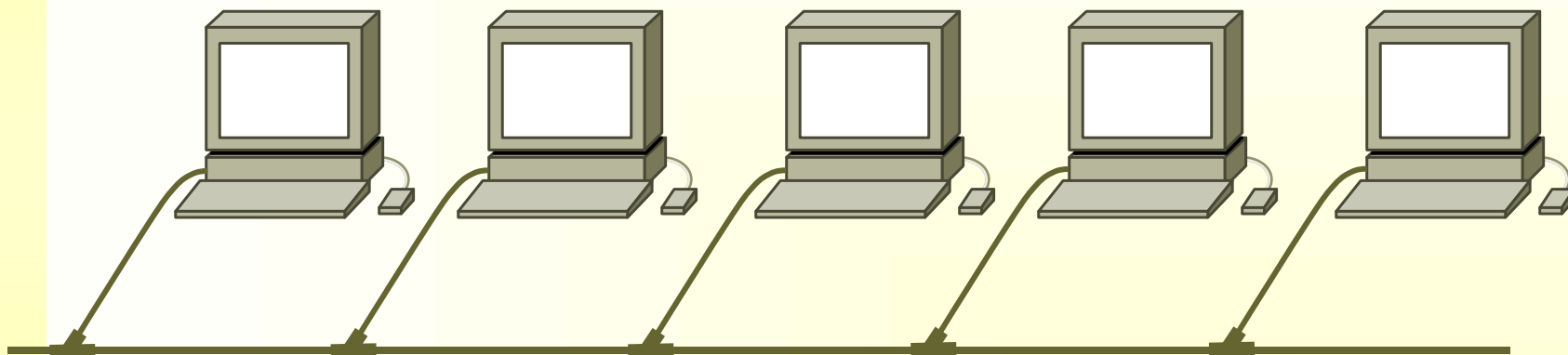


# Obsadenie zbernice pri prenose





# Vznik kolízií 1



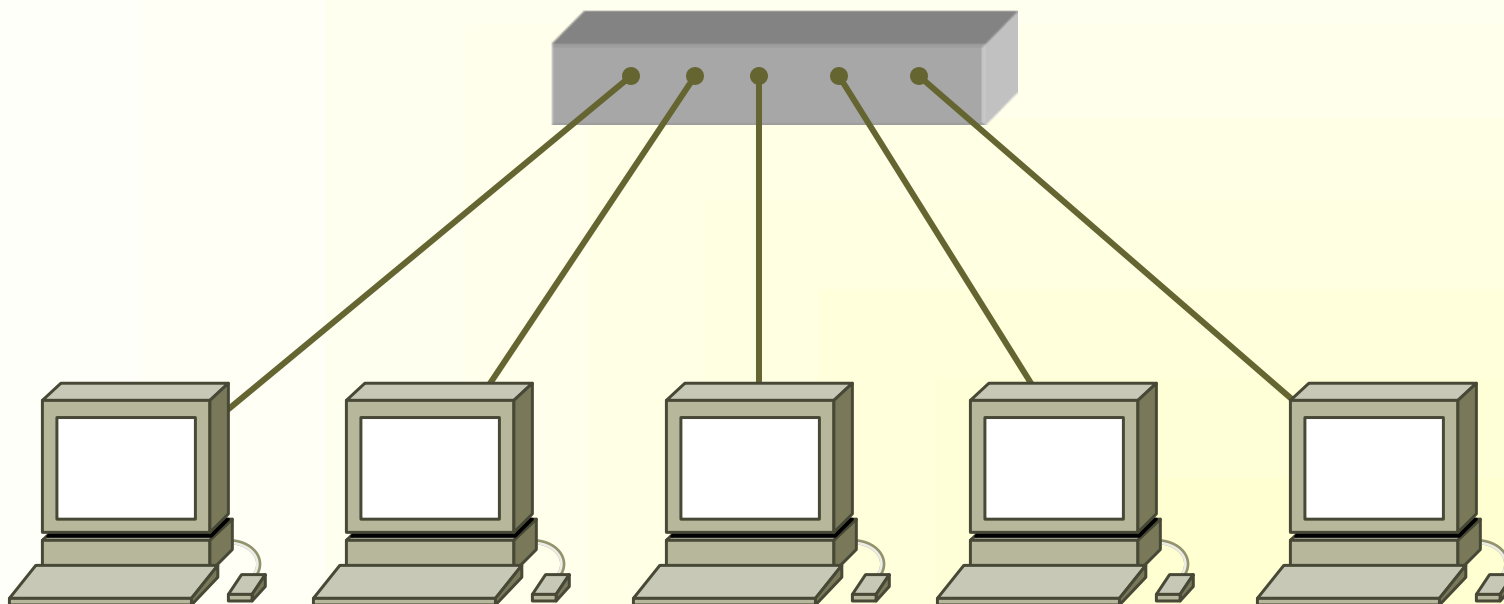




# Hviezdicová topológia

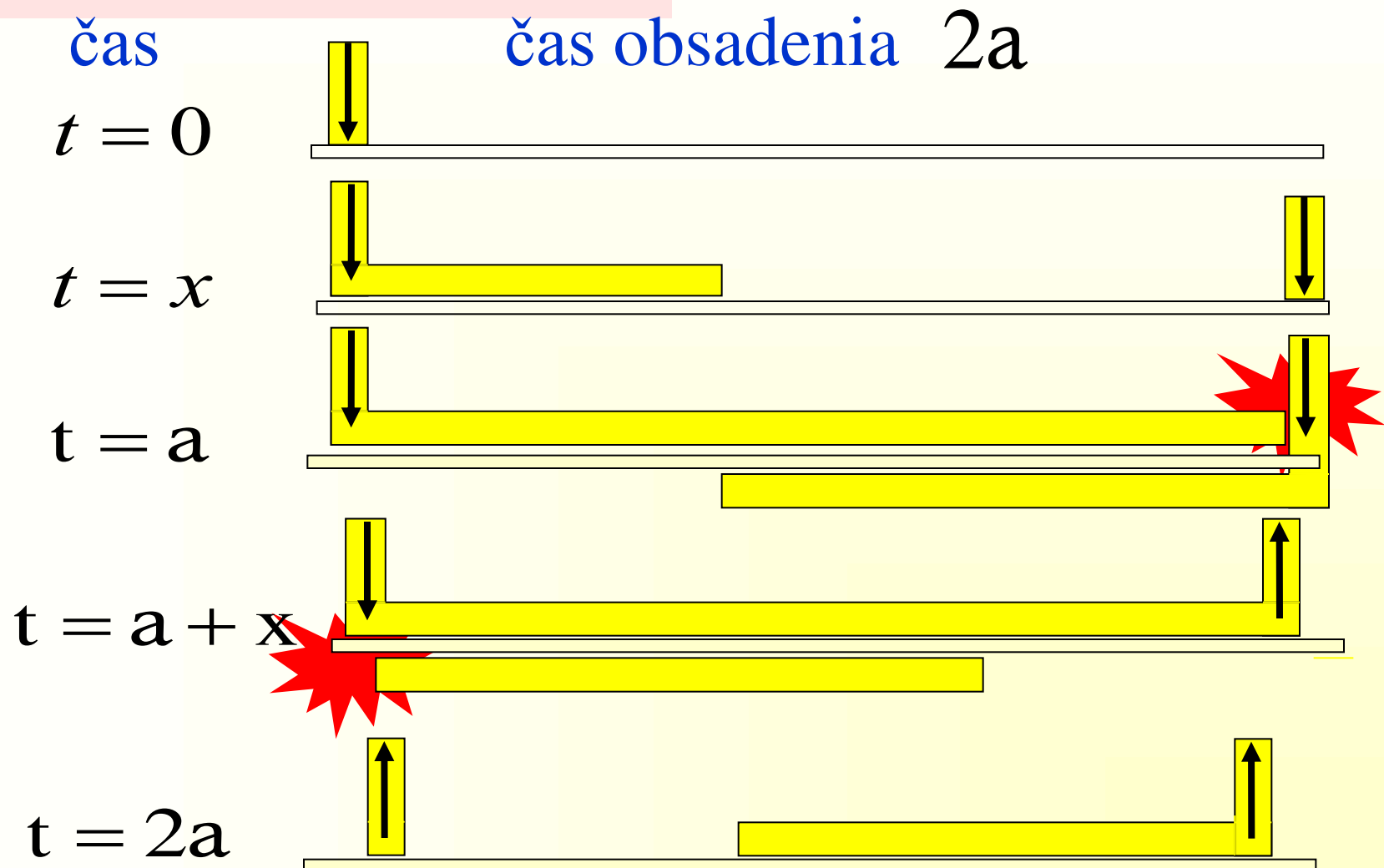


rozbočovač





# Obsadenie zbernice pri kolízii





# Priepustnosť prostredia CSMA/CD

prenesená prevádzka  $\rho = \lambda \tau$

prenášaná prevádzka  $\rho' = \lambda' \tau'$

$$\tau' = \tau(1 - p_k) + 2ap_k$$

$$1 - p_k = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{\lambda \tau}{\lambda' \tau'} \frac{\tau'}{\tau} = \frac{\rho}{\rho'} \left[ (1 - p_k) + 2 \frac{a}{\tau} p_k \right]$$

$$\rho = \rho' \frac{1 - p_k}{1 - p_k + 2\alpha p_k}, \quad \alpha = \frac{a}{\tau}$$



# Priepustnosť prostredia CSMA/CD

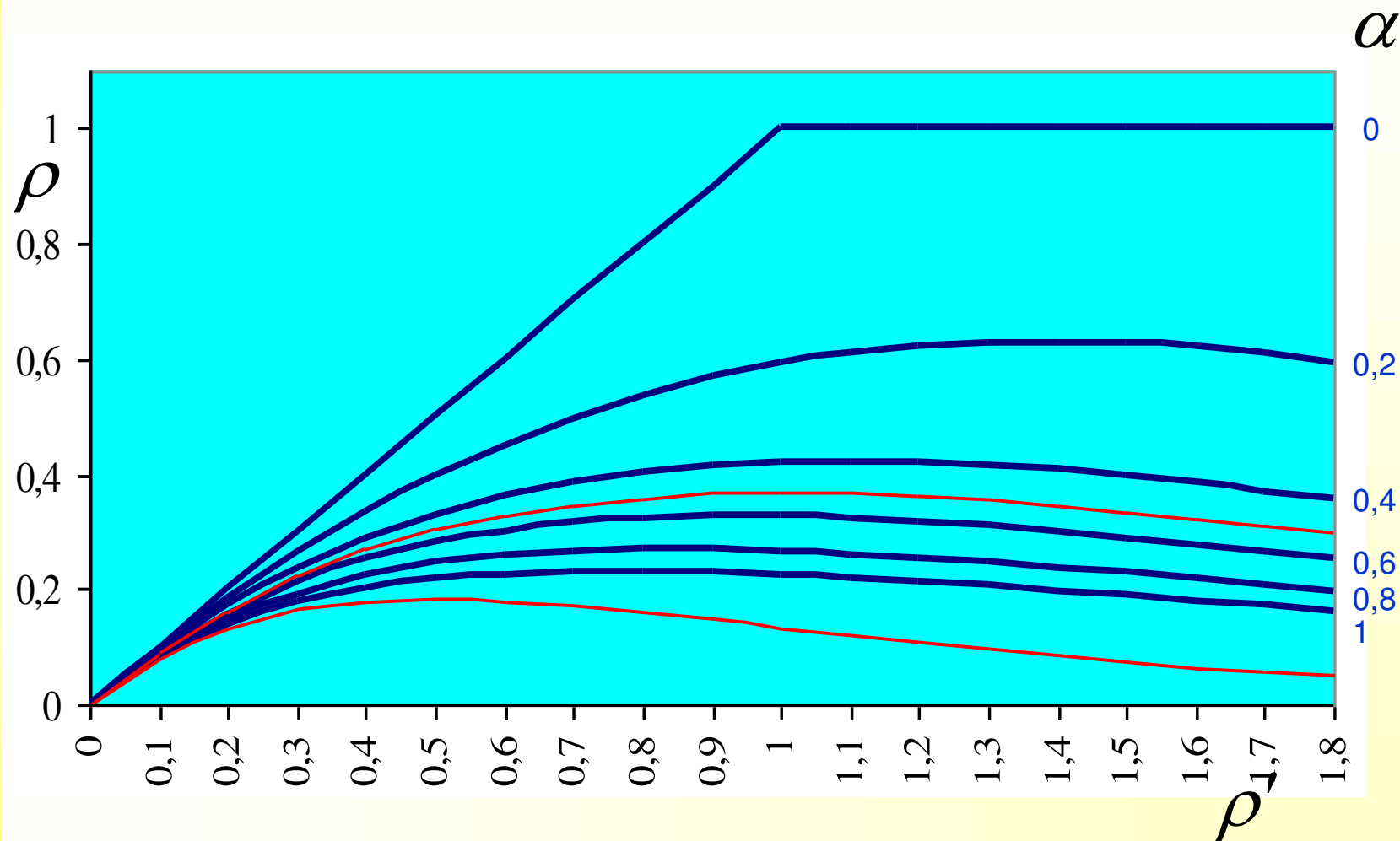
$$\rho = \rho' \frac{e^{-\lambda'a}}{e^{-\lambda'a} + 2\alpha(1 - e^{-\lambda'a})}$$

$$\rho = \frac{\rho'}{1 + 2\alpha(e^{\lambda'a} - 1)} = \frac{\rho'}{1 + 2\alpha(e^{\rho' \frac{a}{\tau'}} - 1)}$$

$$\rho \approx \frac{\rho'}{1 + 2\alpha(e^{\alpha\rho'} - 1)}$$



# Priepustnosť prostredia CSMA/CD





# Štruktúra rámca IEEE 802.3

Ethernet 10/100 Mbit/s

počet oktetov

|   |   |   |         |   |
|---|---|---|---------|---|
| 6 | 6 | 2 | 46-1500 | 4 |
|---|---|---|---------|---|

cieľ

zdroj dĺžka

dáta

zabezpečenie



# Priepustnosť Ethernetu 10 Mbit/s

Max dĺžka zbernice 2,5 km

$$\alpha = \frac{a}{\tau} = ? < 0,4$$

Max čas šírenia:

$$a = \frac{l}{v} \approx \frac{2,5[\text{km}]}{280000[\text{km/s}]} = 8,93 \cdot 10^{-6}[\text{s}] = 8,93[\mu\text{s}]$$

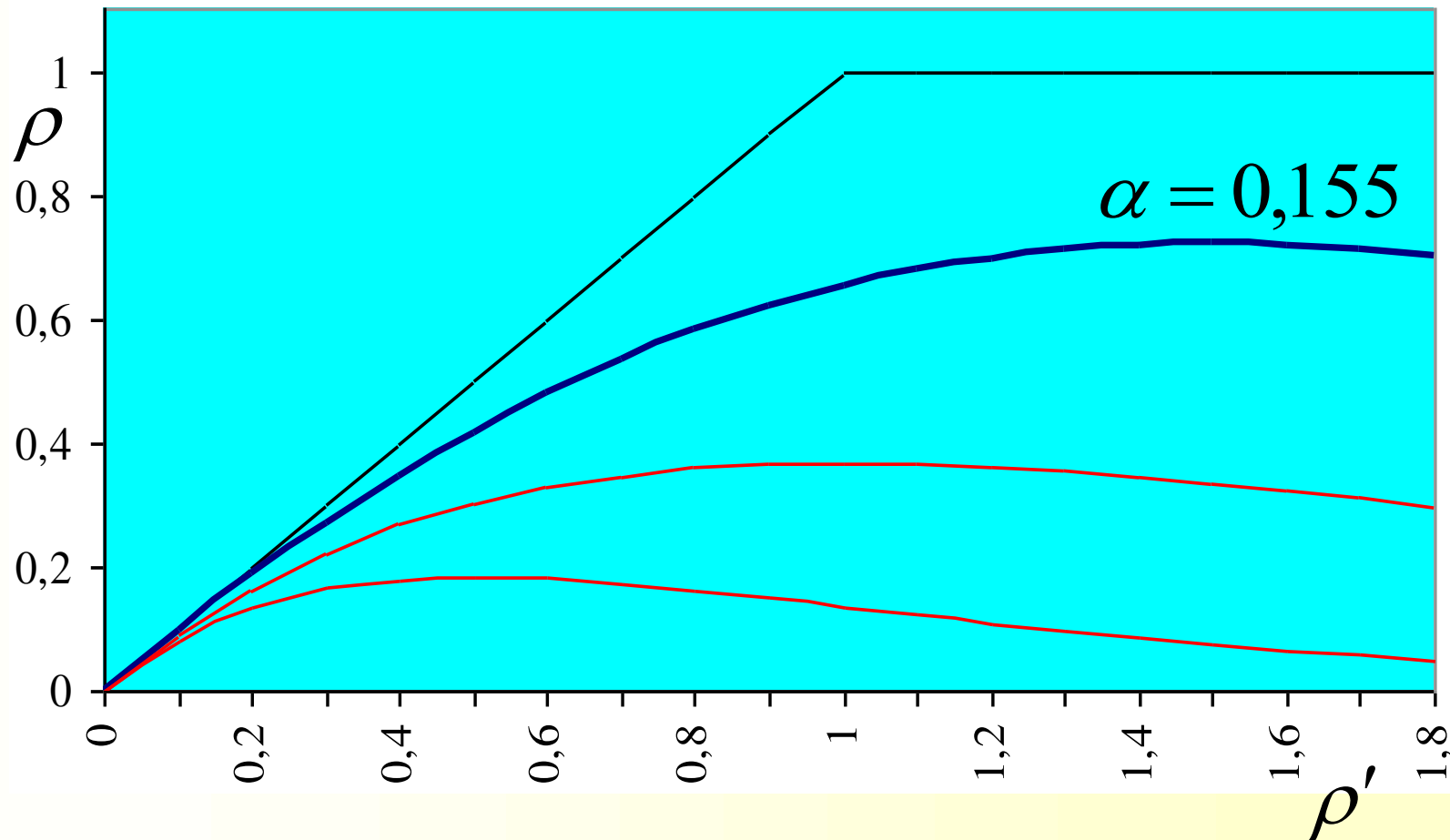
Min čas vysielania rámca:

$$\tau = \frac{l}{v} = \frac{8 \cdot (22 + 46 + 4)[\text{b}]}{10^7[\text{b/s}]} = 57,6 \cdot 10^{-6}[\text{s}] = 57,6[\mu\text{s}]$$

$$\alpha = \frac{a}{\tau} = 0,155$$



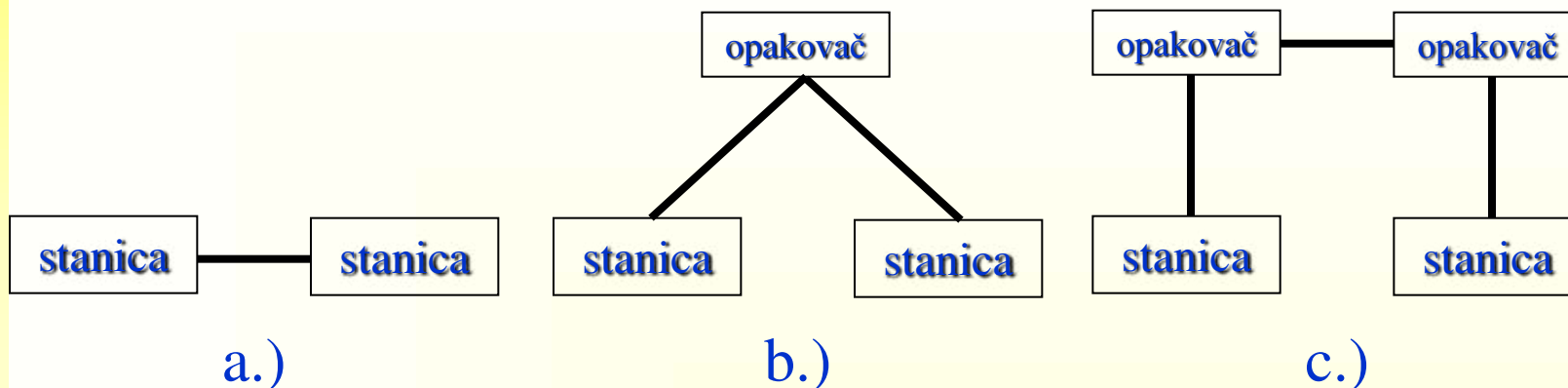
# Priepustnosť Ethernetu 10 Mbit/s







# Ethernet 100 Mbit/s



| Model                  | Max vzdialenosť [m] |        |
|------------------------|---------------------|--------|
|                        | med'                | optika |
| stanica – stanica (a)  | 100                 | 412    |
| 1 opakovač tr. I (b)   | 200                 | 272    |
| 1 opakovač tr. II (b)  | 200                 | 320    |
| 2 opakovače tr. II (c) | 205                 | 228    |



# Priepustnosť Ethernetu 100 Mbit/s

Max dĺžka zbernice 205m=0,2 km

Max čas šírenia

$$a = \frac{l}{v} \approx \frac{0,2}{280000} = 7,14 \cdot 10^{-7} [s] = 0,71 [\mu s]$$

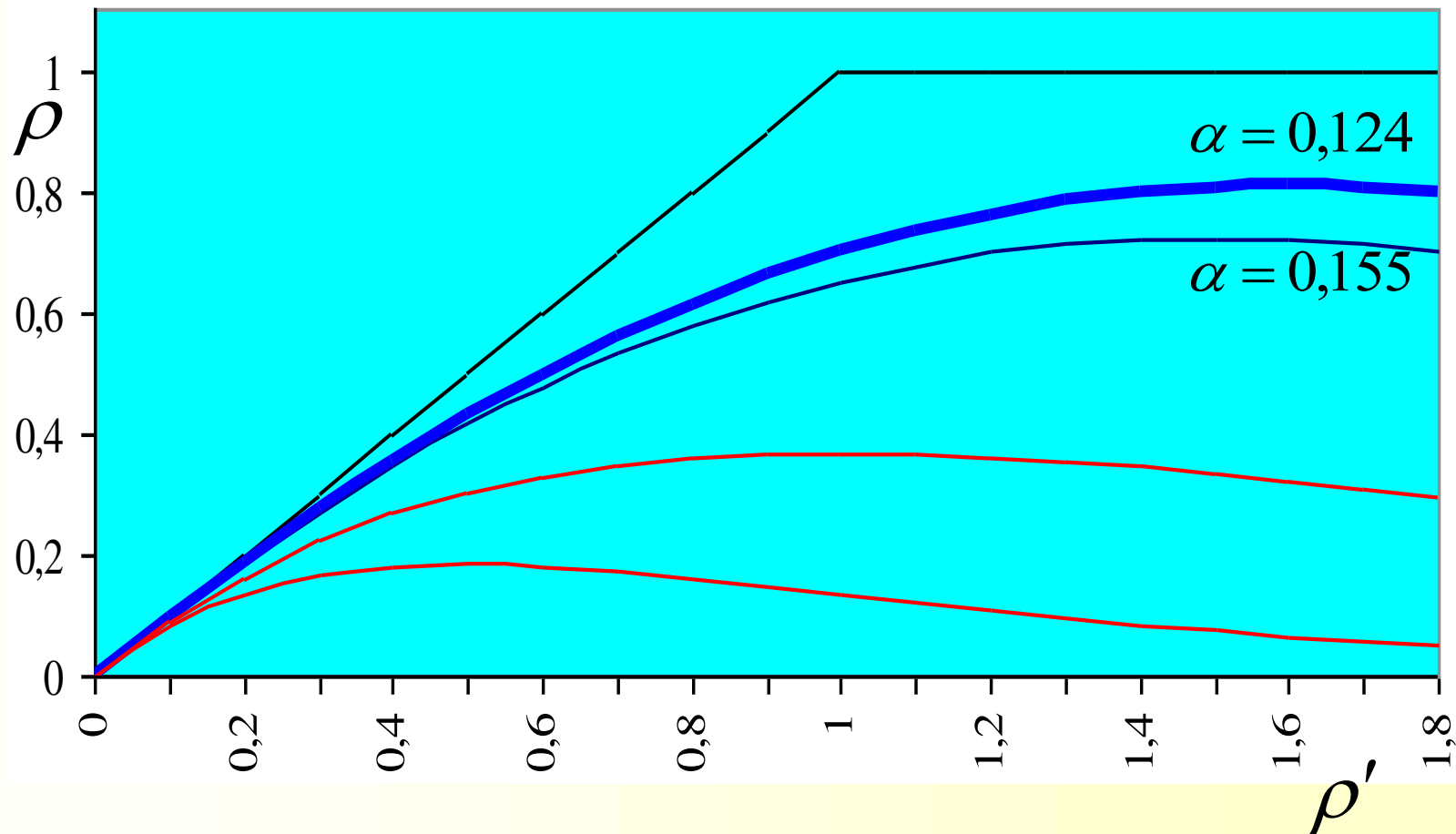
Min čas vysielania rámca

$$\tau = \frac{l}{v} = \frac{8 \cdot (22 + 46 + 4)}{10^8} = 5,76 \cdot 10^{-6} [s] = 5,76 [\mu s]$$

$$\alpha = \frac{a}{\tau} = 0,124$$



# Priepustnosť Ethernetu 100 Mbit/s





# Štruktúra rámca IEEE 802.3

## Ethernet 10/100 Mbit/s

počet oktetov

|   |   |   |         |   |
|---|---|---|---------|---|
| 6 | 6 | 2 | 46-1500 | 4 |
|---|---|---|---------|---|

cieľ

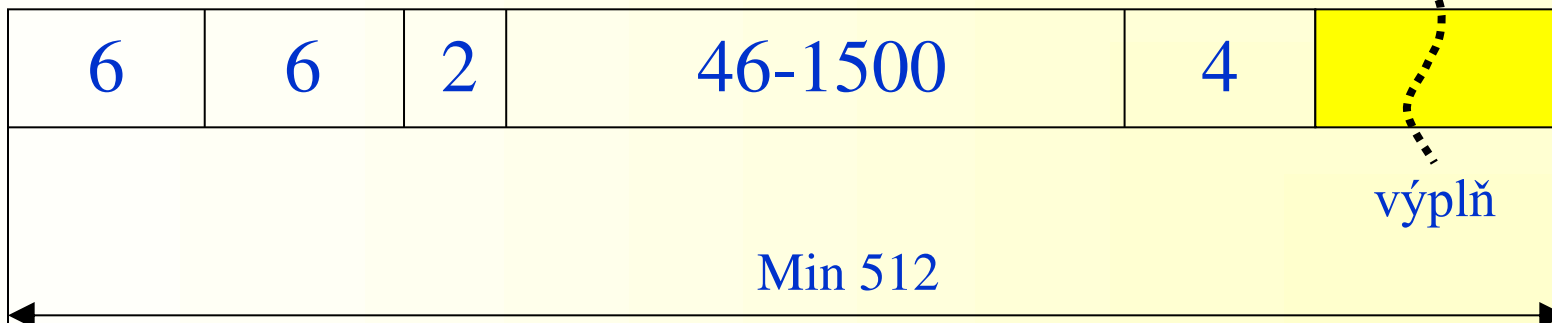
zdroj

dĺžka

dáta

zabezpečenie

## Ethernet 1 Gbit/s





# Priepustnosť Ethernetu 1 Gbit/s

Max dĺžka zbernice 200m=0,2 km

Max čas šírenia

$$a = \frac{l}{v} = \frac{0,2}{300000} = 6,66 \cdot 10^{-7} [s] = 0,66 [\mu s]$$

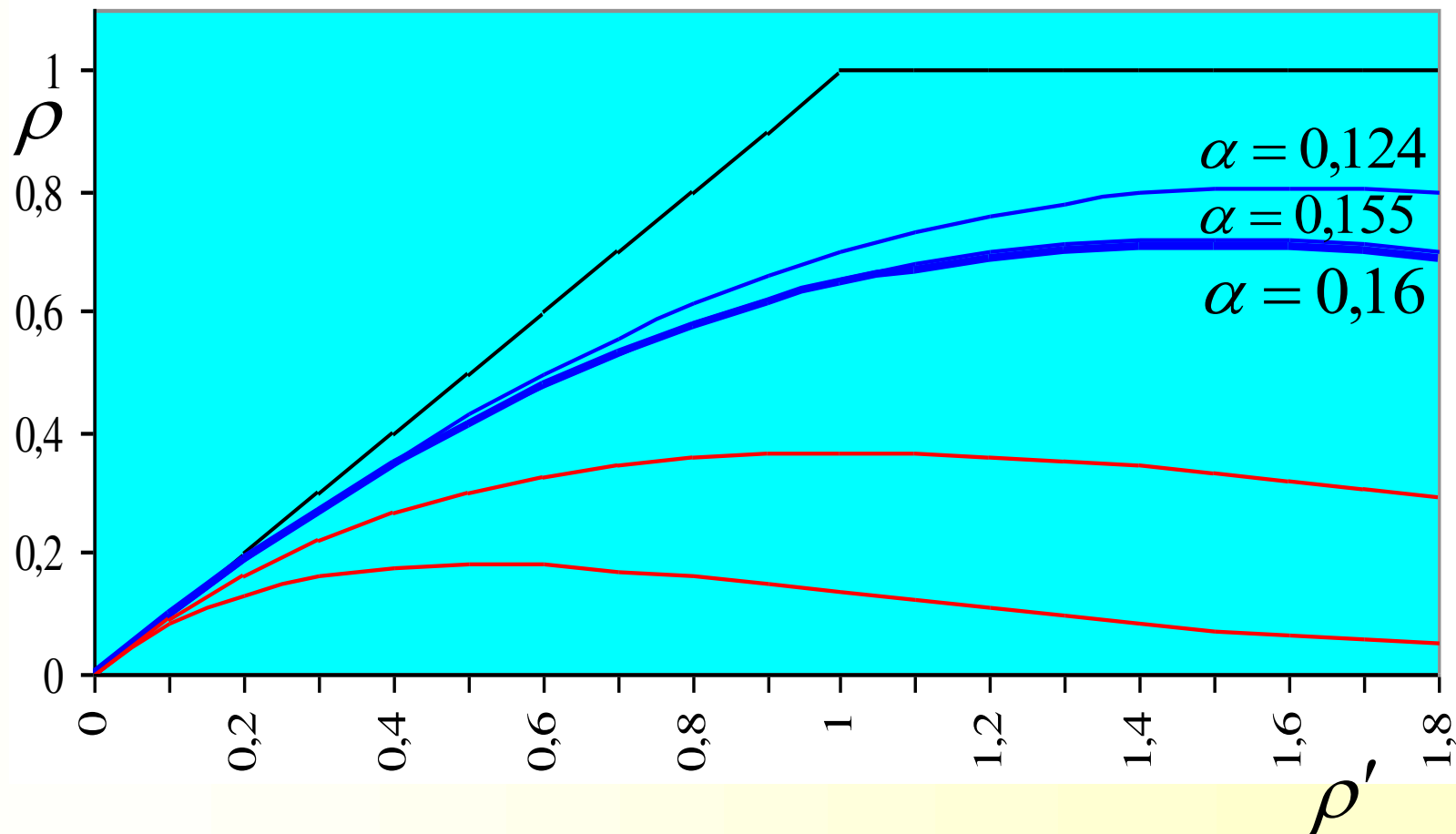
Min čas vysielania rámca

$$\tau = \frac{l}{v} = \frac{8.512}{10^9} = 4,1 \cdot 10^{-6} [s] = 4,1 [\mu s]$$

$$\alpha = \frac{a}{\tau} = 0,16$$



# Priepustnost' Ethernetu 1 Gbit/s





# Pravdepodobnosť kolízie

str. 35:

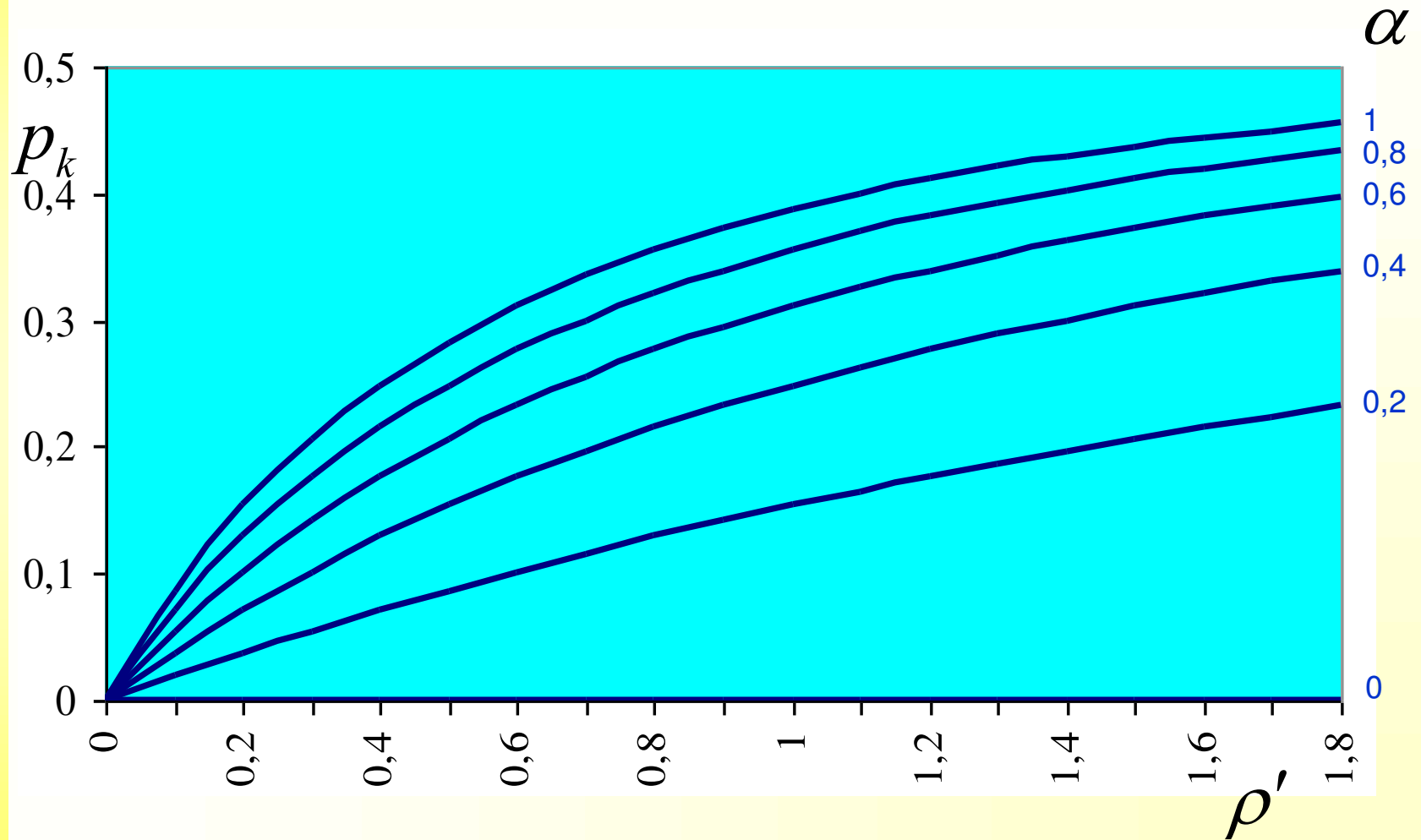
$$\rho = \rho' \frac{1 - p_k}{1 - p_k + 2\alpha p_k}, \quad \alpha = \frac{a}{\tau}$$

$$p_k = \frac{1 - G}{1 - (1 + 2\alpha)G}, \quad G = \frac{\rho}{\rho'}$$

$$p_k \approx \frac{1 - e^{-\alpha\rho'}}{1 - 2e^{-\alpha\rho'}}$$



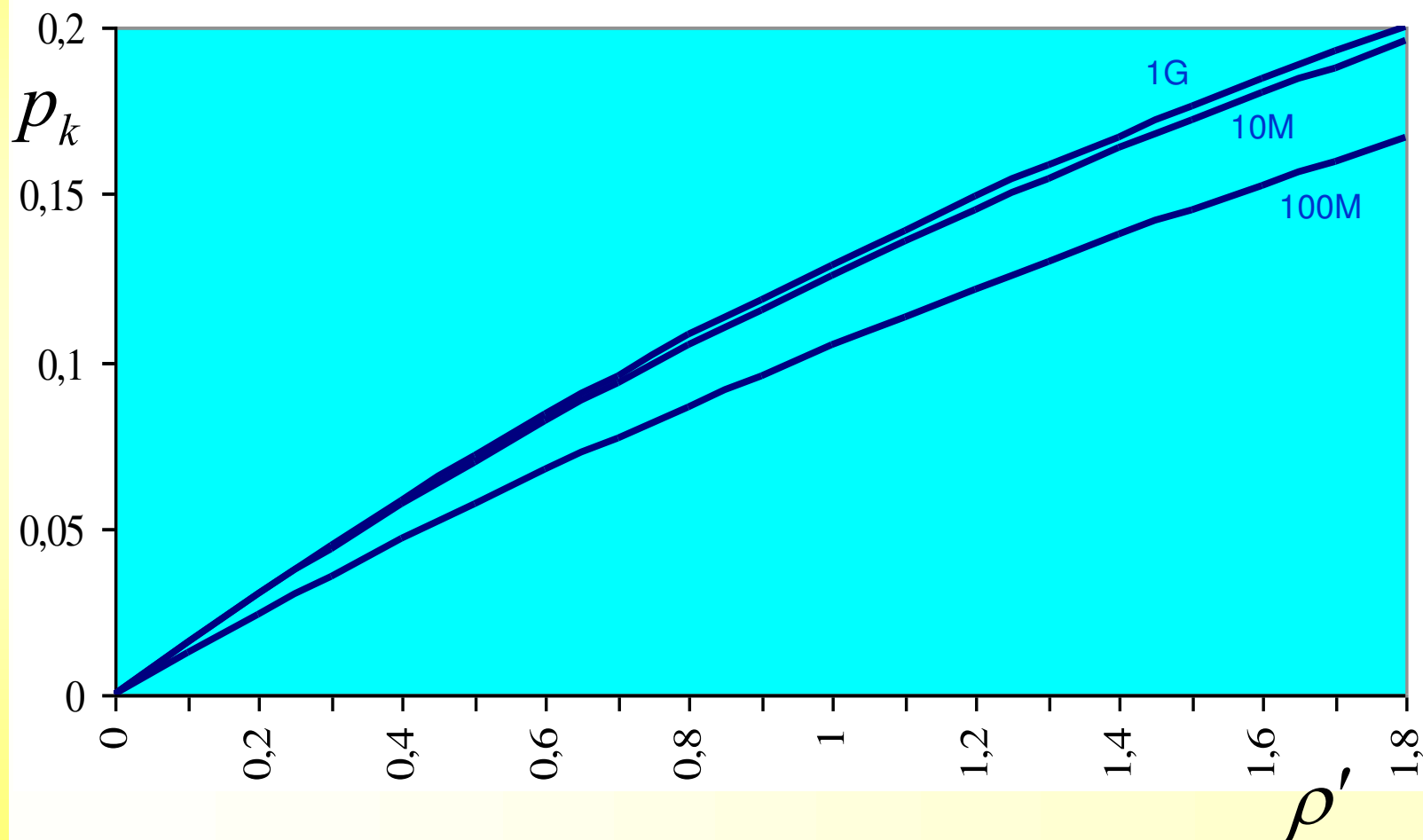
# Pravdepodobnosť kolízie v CSMA/CD







# Pravdepodobnosť kolízie v Ethernete





# Zvyšovanie priepustnosti Ethernetu

**zmenšovanie kolíznych oblastí:**

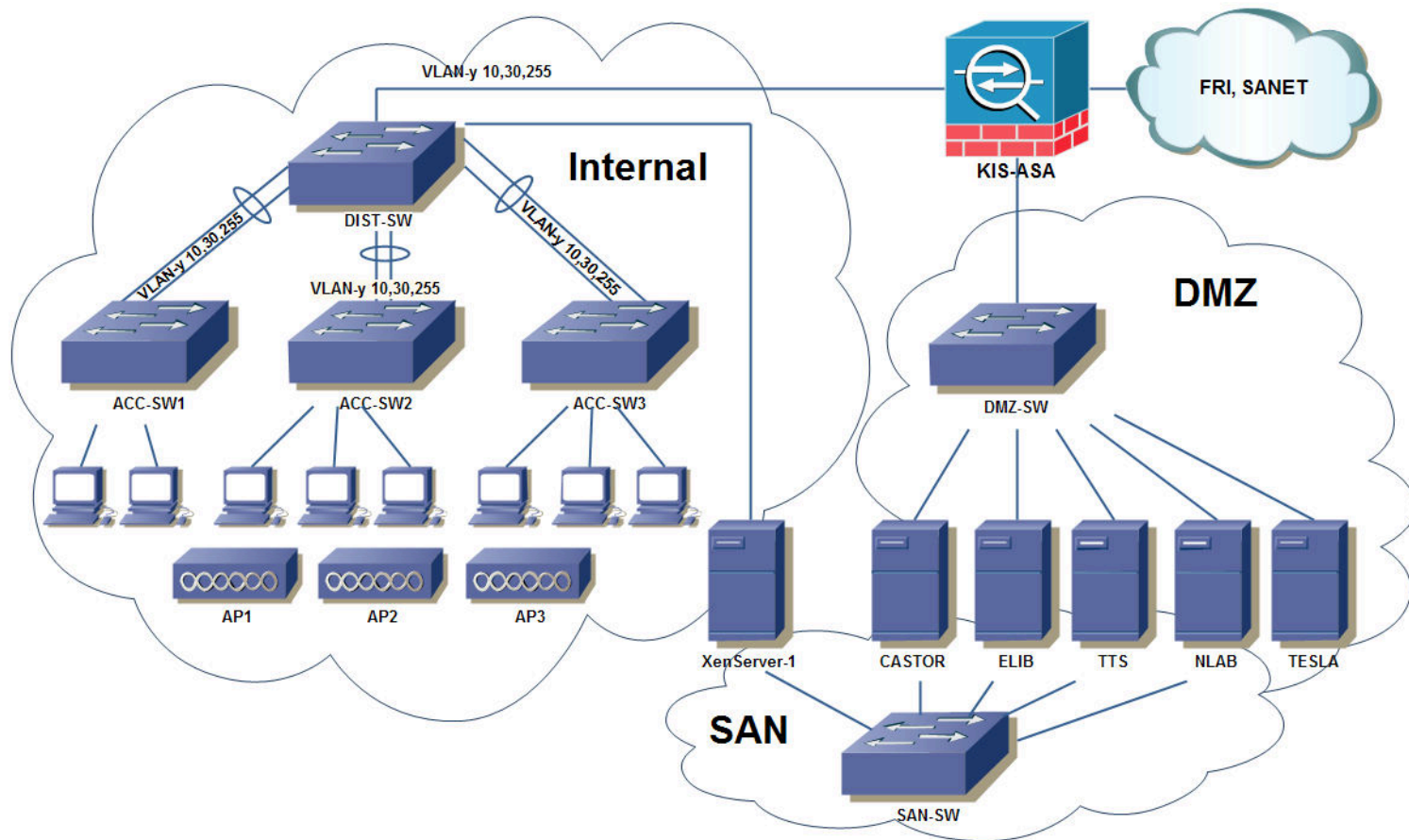
- náhrada opakovačov (repeater) a rozbočovačov (hub) smerovačmi (router) a prepínačmi (switch)
- umiestňovaním silných zdrojov-cieľov do centra siete

**zhlukovanie krátkych rámcov (1 Gbit/s Ethernet)**

**oddelenie smerov komunikácie = plný duplex**



# Prístupová sieť KIS









# Prednáška 9

**Ďakujem za pozornosť**