



Počítačové a komunikačné siete

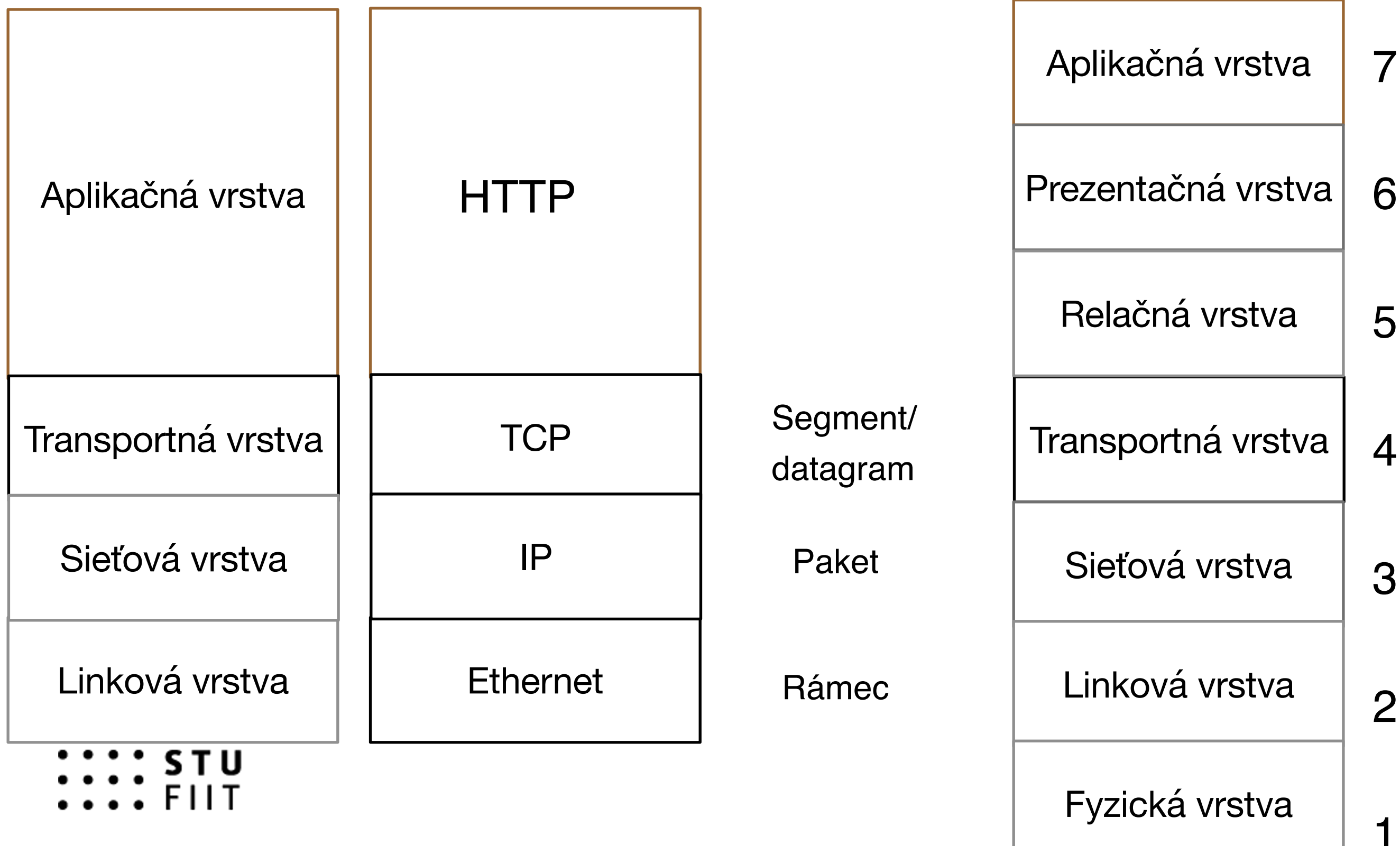
Fyzická vrstva a MAC vrstva

Prednáška 2

Čo nás čaká na prednáške

- » Opakovanie: Vrstvový model, Adresovanie na rôznych vrstvách
- » Klasifikácia sietí
- » Fyzická vrstva
- » Základné parametre počítačových sietí

Protokolové modely (opakovanie)



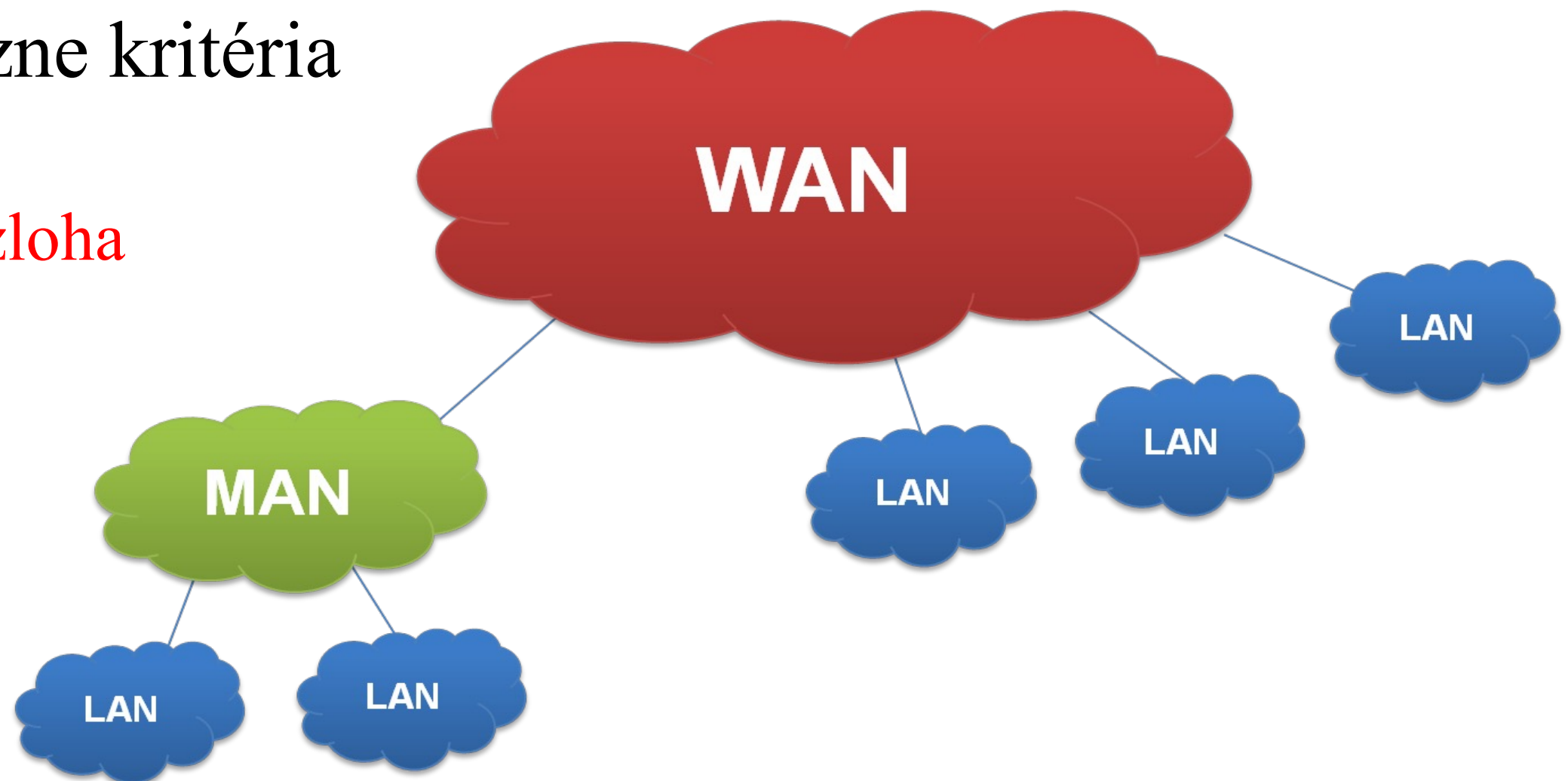


Klasifikácia sietí

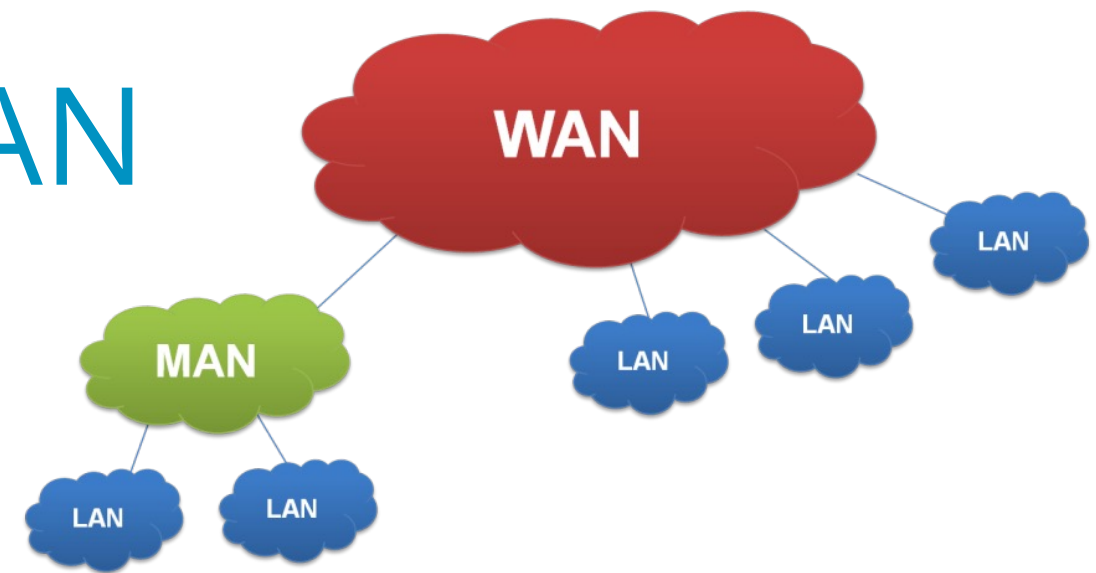
Klasifikácia sietí

Rôzne kritéria

»rozloha



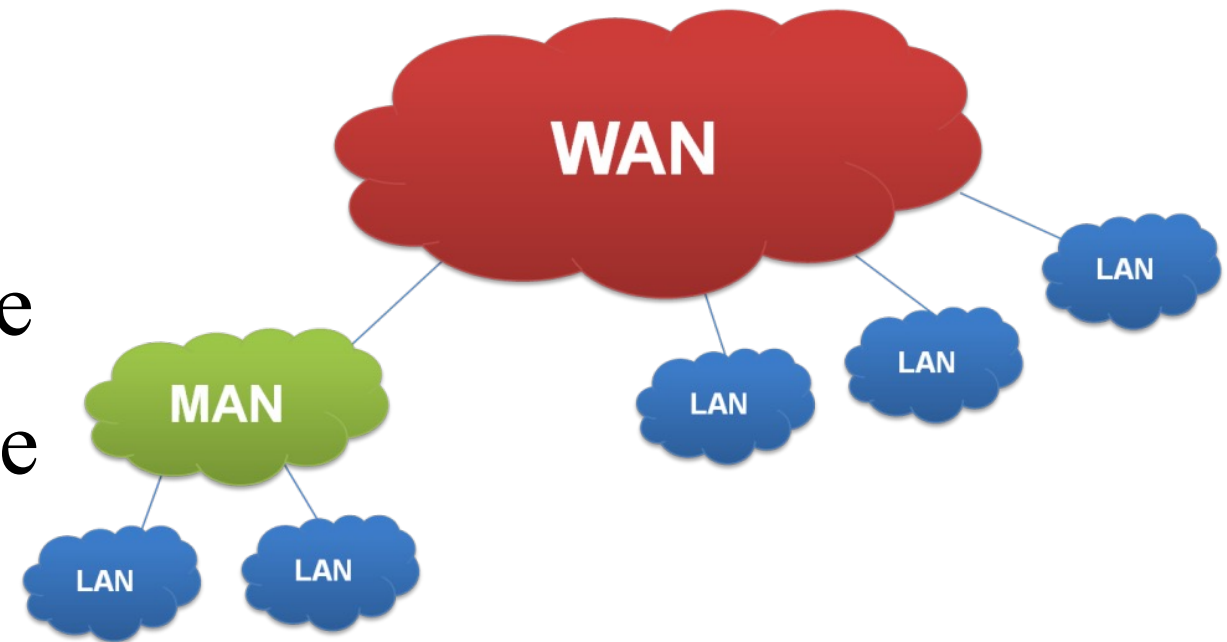
WAN - MAN - LAN



- » WANs (Wide Area Networks) - regionálne siete
- » MANs (Metropolitan Area Networks) - mestské siete
- » LANs (Local Area Networks) - lokálne siete
- » *PAN (Personal Area Networks)*
- » *WLAN (Wireless LAN)*

WAN - MAN - LAN

- » WANs - verejné aj privátne siete
- » LANs - bežne ide o privátne siete
- » WAN, MAN, LAN - rozdiely



Porovnávacie parametre:

geografická rozloha,
prenosová rýchlosť,
technika prepájania,
topológia

počet uzlov,
oneskorenie,
prepájacie prvky,
prenosové médium,

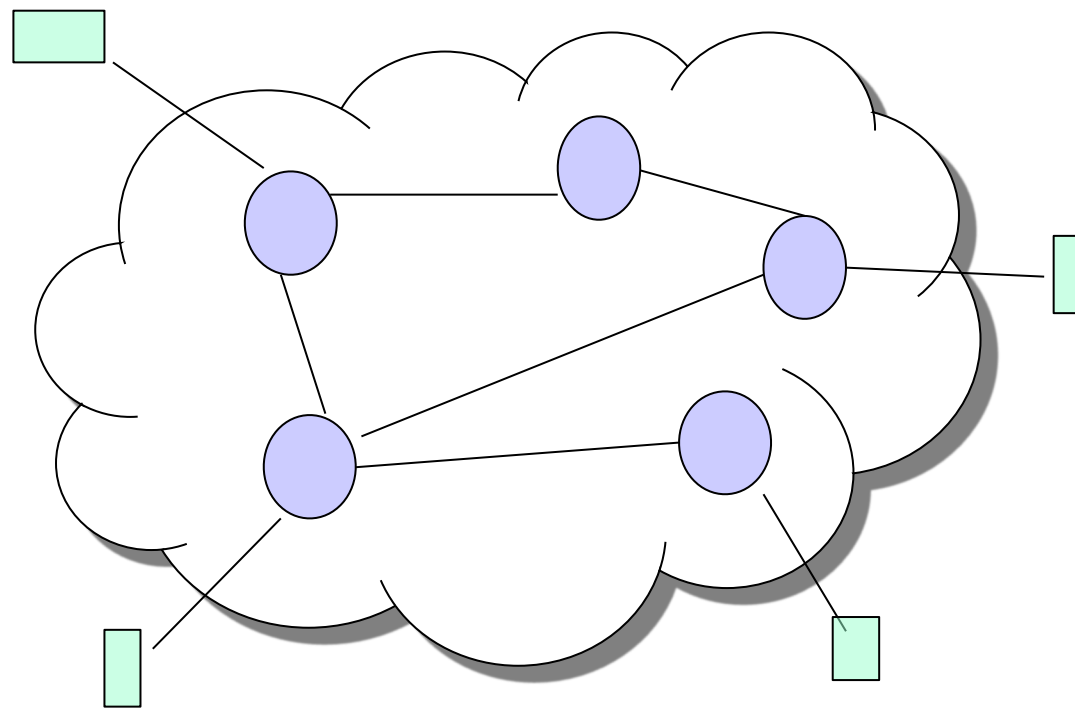
Klasifikácia sietí

Rôzne kritéria

»rozloha

»vlastníctvo

– vlastníctvo prenosovej infraštruktúry, prevádzkovateľ, používateľ



Verejné vs. privátne siete

- » Verejné siete (Public Networks (PNs))
(vlastník a prevádzkovateľ - používateľ)
 - PSPDNs (Packet Switched Public Data Networks) napr. Internet
 - CSPDNs (Circuit Switched Public Data Networks) napr. PSTN, ISDN
- » Privátne siete (Private networks or Enterprisewide Networks)
(vlastník, prevádzkovateľ, používateľ)
 - bežne sú to siete LAN
- » Virtuálne privátne siete (VPN), virtuálne siete LAN (VLAN)

Klasifikácia sietí

Rôzne kritéria

»rozloha

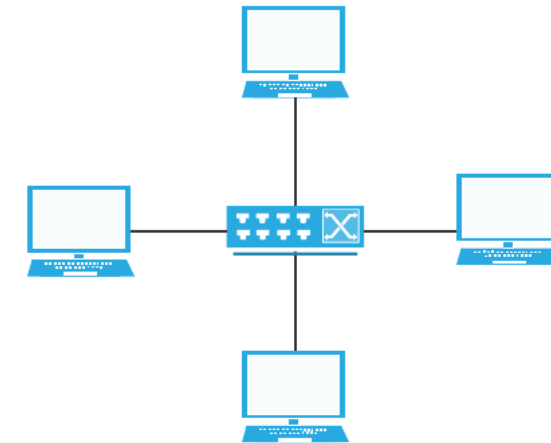
»vlastníctvo

»topológia

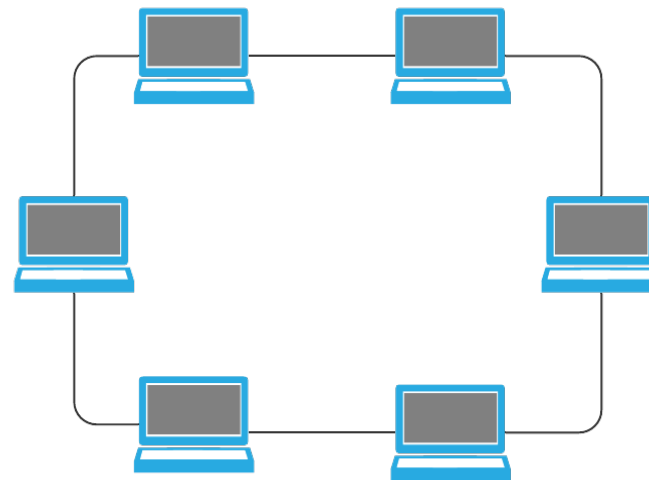
- kruh, hviezda, strom, zbernica, všebecný polygón
- ad-hoc siete

Topológie LAN sietí

» Hviezda



» Kruh



» Zbernica



» Strom



Klasifikácia sietí

Rôzne kritéria

»rozloha

»vlastníctvo

»topológia

- kruh, hviezda, strom, zbernica, všebecný polygón
- ad-hoc siete

»mobilita

- pevné siete
- bezdrôtové siete
- mobilné siete

Klasifikácia sietí

Rôzne kritéria

»rozloha

»vlastníctvo

»topológia

- kruh, hviezda, strom, zbernica, všebecný polygón
- ad-hoc siete

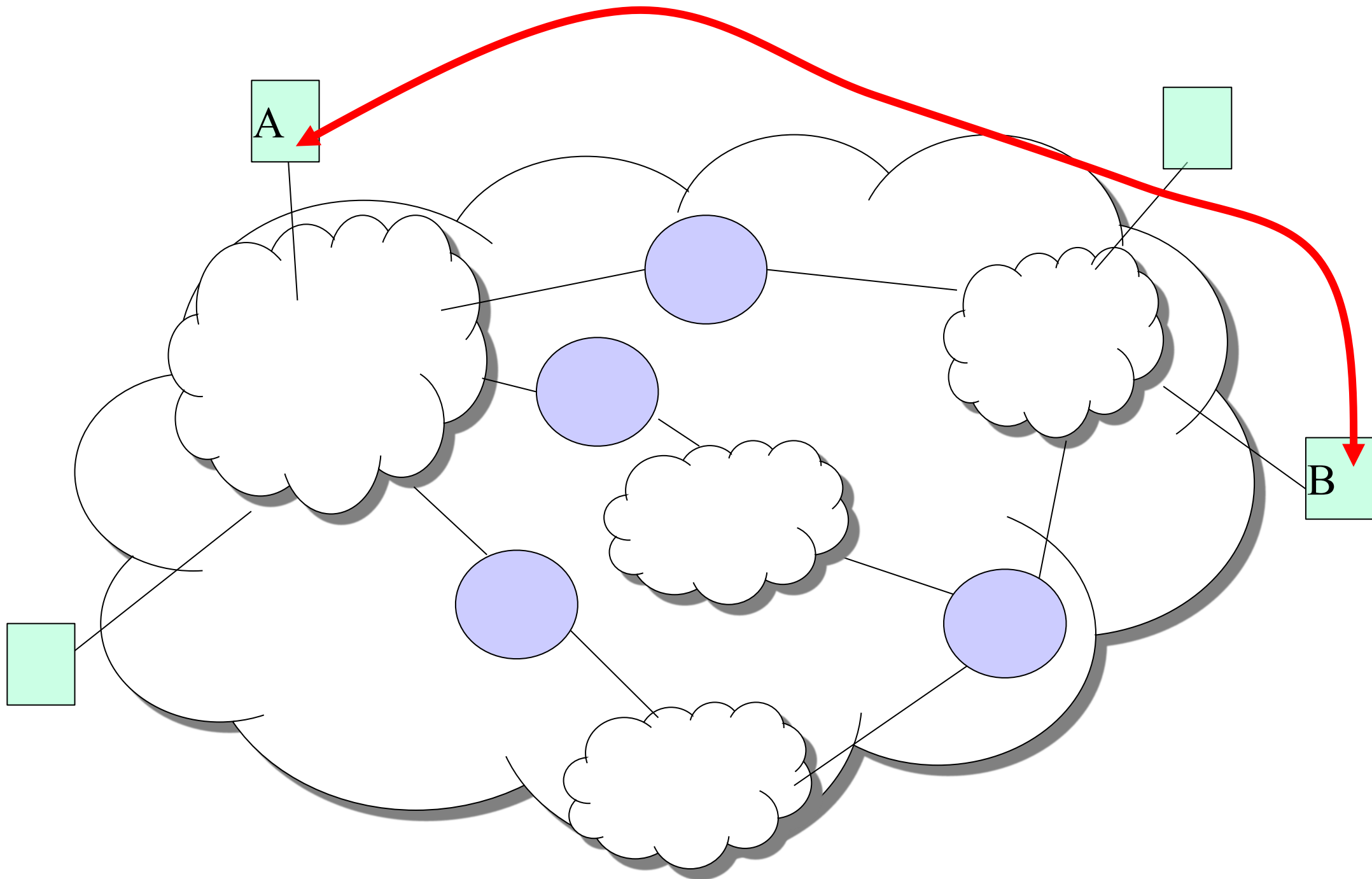
»mobilita

- pevné siete
- bezdrôtové siete
- mobilné siete

Klasifikácia sietí (ďalšie kritériá)

Rôzne kritéria

- prenosové médium
 - drôtové, bezdrôtové
 - použitie
 - siete senzorové, počítačové, telekomunikačné, terminálové, ...
 - typ uzlov
 - sieť klient-server
 - sieť P2P (Peer-to-Peer)
 - hybridné
- »účel (čo má daná časť siete vykonávať)
- prístupové, distribučné, chrbticové (trojvrstvový hierarchický model)



QoE (Quality of Experience) – kvalita zážitku

QoS (Quality of Services) – kvalita služieb

Siete LAN

- » základné charakteristiky sietí LAN
- » riadenie dátového spoja - prístupové metódy
- » LAN Ethernet
 - rýchle LAN siete
 - “Fast Ethernet”
 - “Gigabit Ethernet”
 - prepájanie sietí LAN - opakovače, “hub”y, prepínače, mosty, smerovače
- » VLAN - virtuálne siete LAN

Siete LAN

» základné charakteristiky

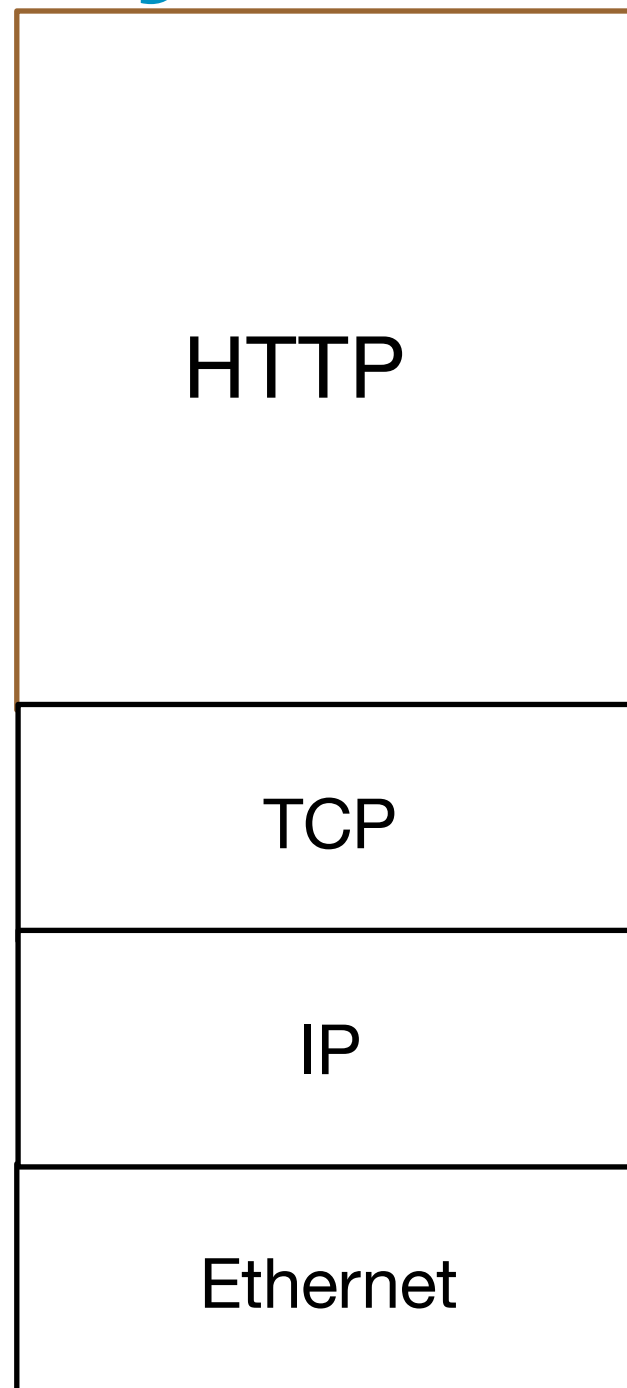
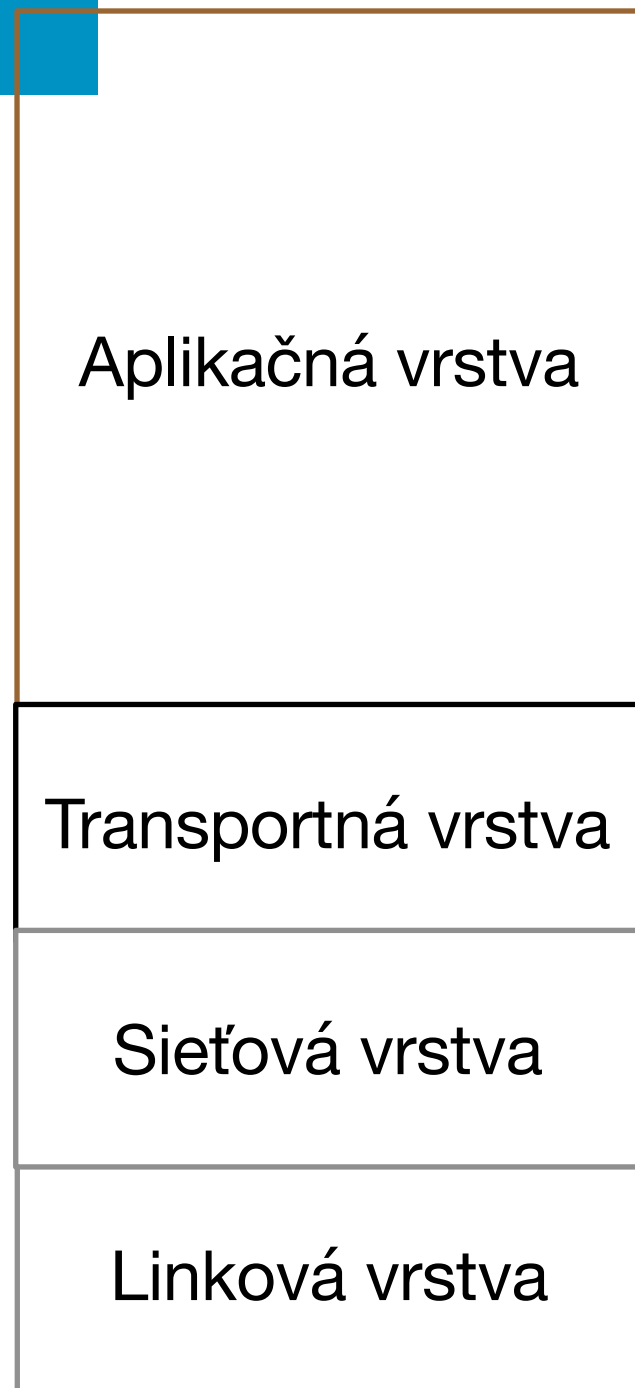
- topológia - hviezda, zbernica, kruh, strom
- počet uzlov
- prenosové rýchlosti - 10Mb/s
- prenosové média - koax, UTP/STP, optický kábel, bezdrôtové spojenie (wireless LAN)
- prístupové metódy
- spoľahlivosť
- aplikačné oblasti

- » spoj
 - dvojbodový, viacbodový



- » vysielanie
 - jedinému uzlu (unicast),
 - skupine uzlov (multicast),
 - jednému v skupine uzlov (anycast)
 - všetkým uzlom (broadcast)
- » komunikačný režim
 - simplexný (simplex),
 - poloduplexný (half-duplex),
 - duplexný (duplex, full duplex)

Fyzická vrstva



Fyzická vrstva

Aplikačná vrstva

Transportná vrstva

Sieťová vrstva

Linková vrstva

HTTP

TCP

IP

Ethernet

Aplikačná vrstva

Prezentačná vrstva

Relačná vrstva

Transportná vrstva

Sieťová vrstva

Linková vrstva

Fyzická vrstva

- » spoj
 - dvojbodový, viacbodový



- » vysielanie
 - jedinému uzlu (unicast),
 - skupine uzlov (multicast),
 - jednému v skupine uzlov (anycast)
 - všetkým uzlom (broadcast)
- » komunikačný režim
 - simplexný (simplex),
 - poloduplexný (half-duplex),
 - duplexný (duplex, full duplex)

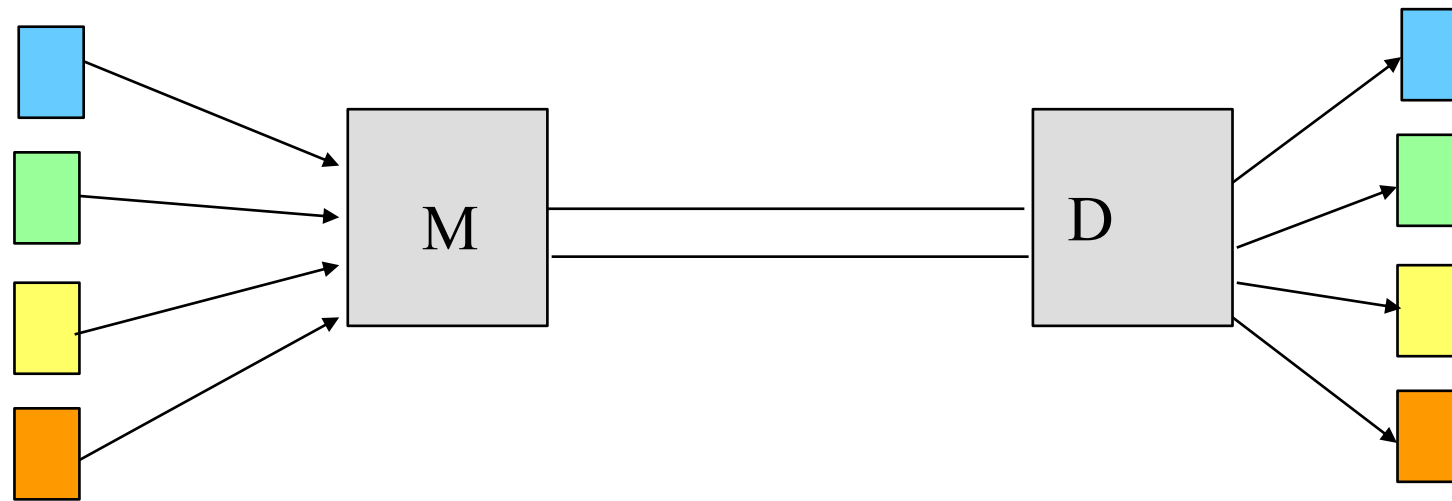
Multiplex

- » Zdieľanie prenosového média viacerými uzlami
- » Aké poznáte typy duplex a multiplex?
 - (simplex) = jednosmerná komunikácia
 - half-duplex = obojsmerná, ale nie naraz
 - full-duplex = obojsmerná komunikácia

 - FDM – frekvenčný
 - TDM, STDM – časový
 - WDM – vlnový
 - CDM – kódový

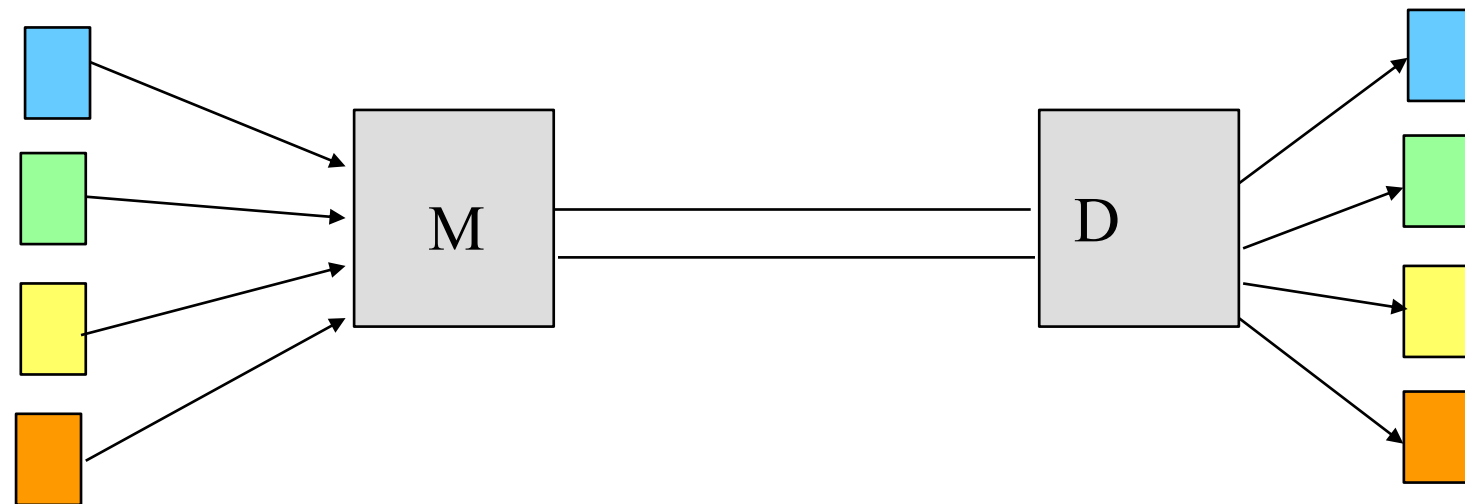
Multiplexovanie

Využitie prenosového pásma viacerými paralelnými komunikáciami



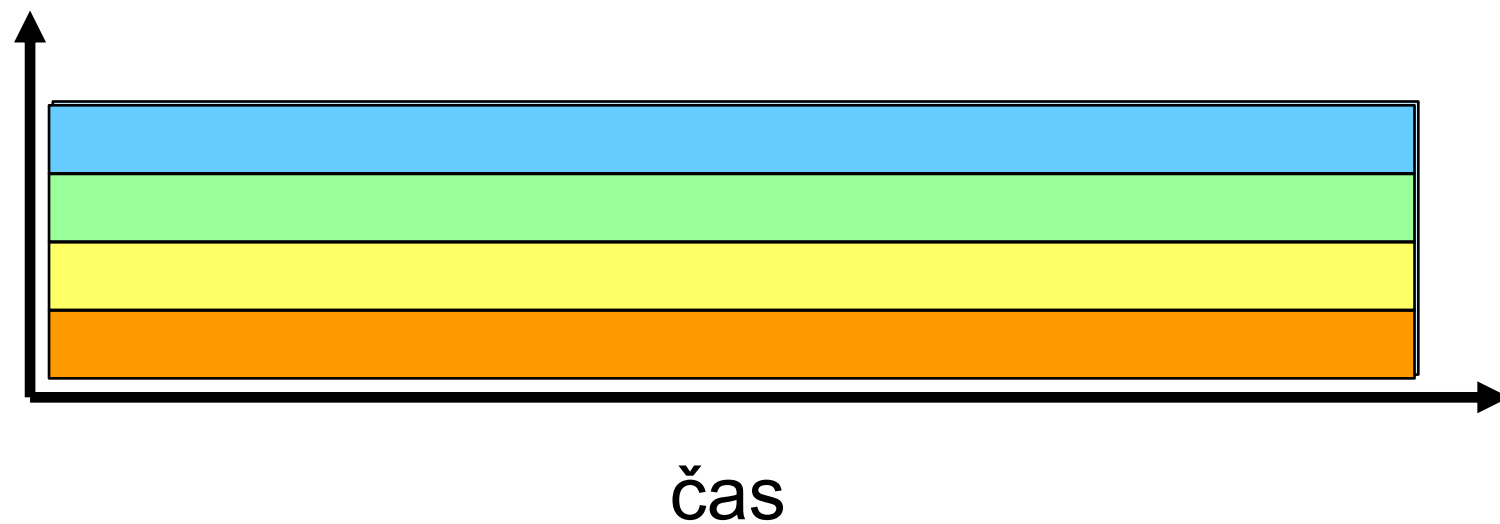
- frekvenčný multiplex FDM - (Frequency Division Multiplexing)
- časový multiplex TDM, STD - (Time Division Multiplexing) (Statistical TDM)
- vlnový multiplex WDM - (Wavelength Division Multiplexing)
- kódový multiplex CDM - (Code Division Multiplexing)
- Orthogonal Frequency Multiplex (OFDM)

Multiplexovanie – frekvenčný

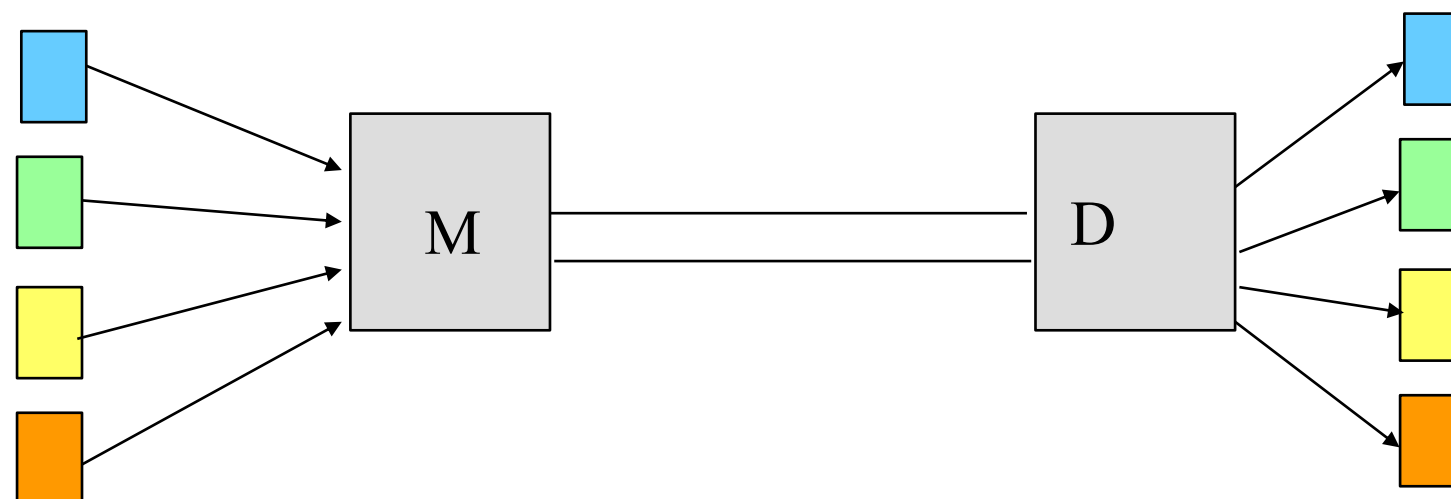


FDM

prenosové
pásmo

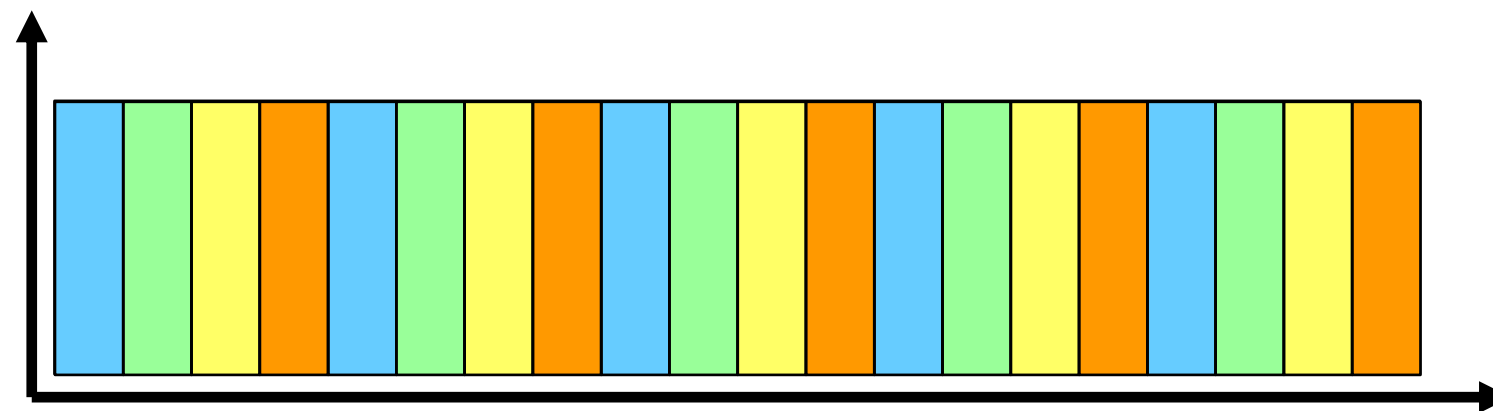


Multiplexovanie – časový



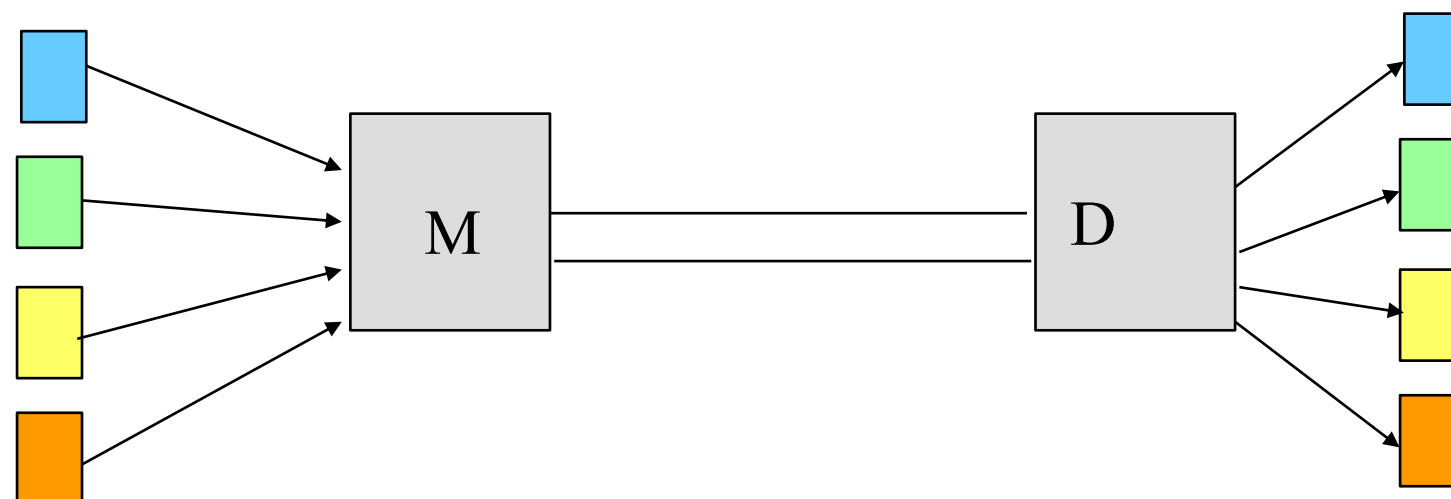
TDM

prenosové
pásmo



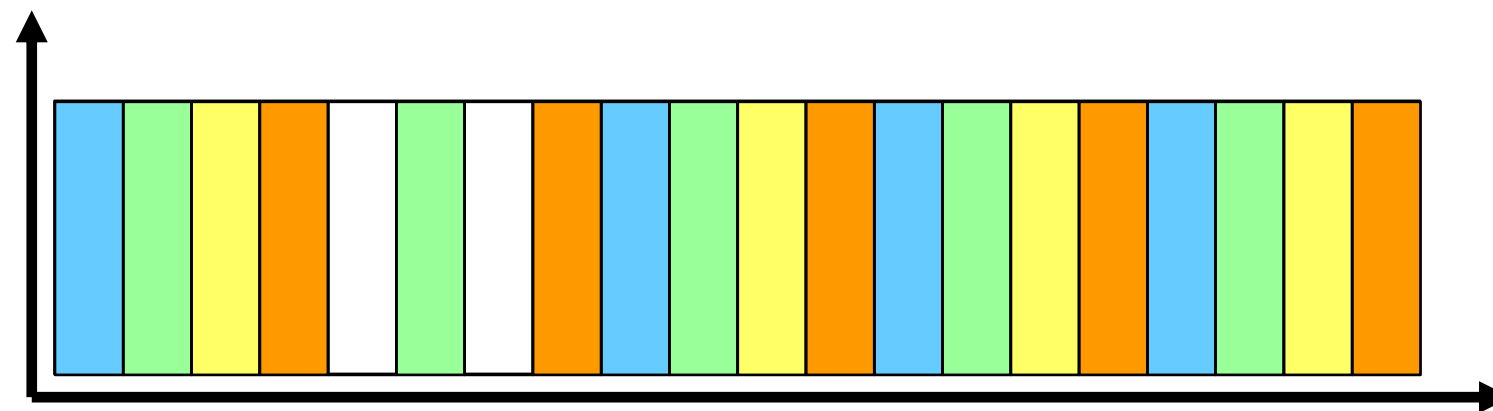
čas

Multiplexovanie – časový



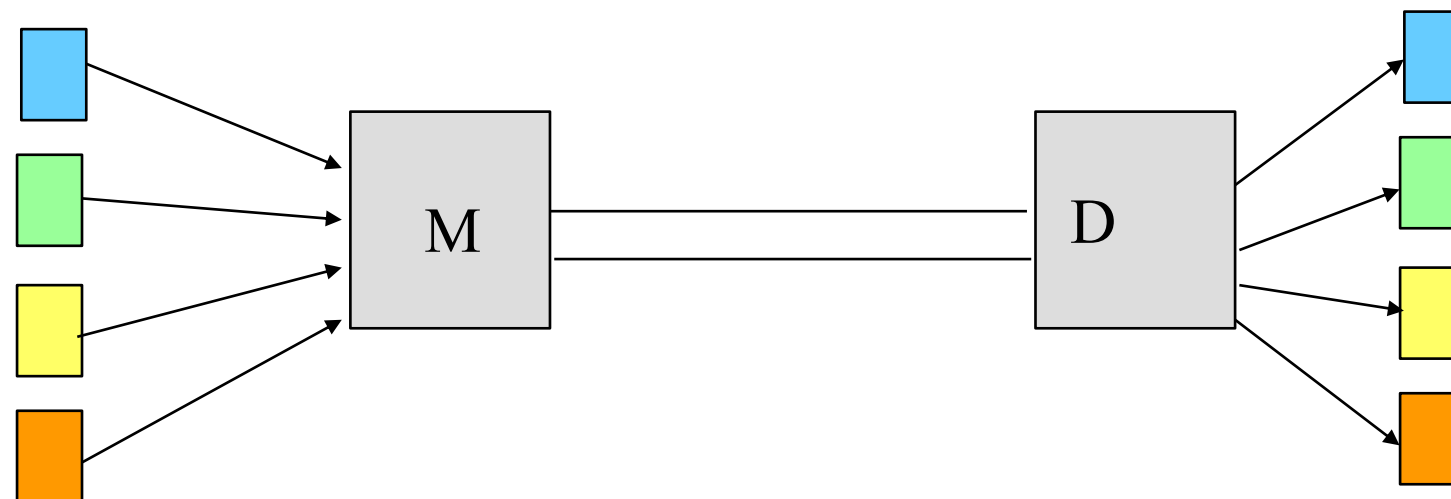
TDM

prenosové
pásmo

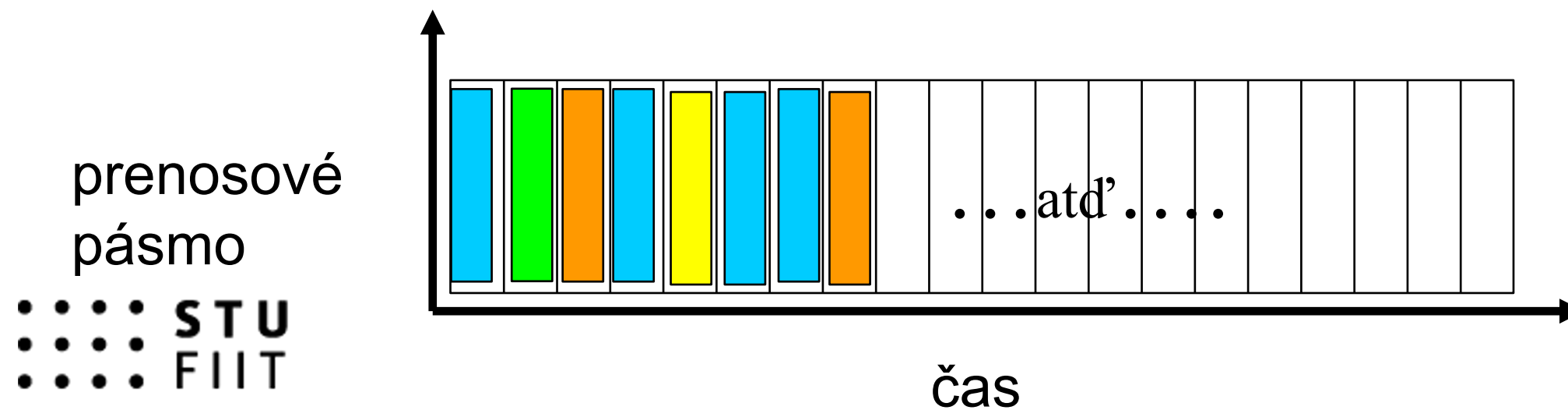


čas

Multiplexovanie – časový -> statistický



TDM → STDM



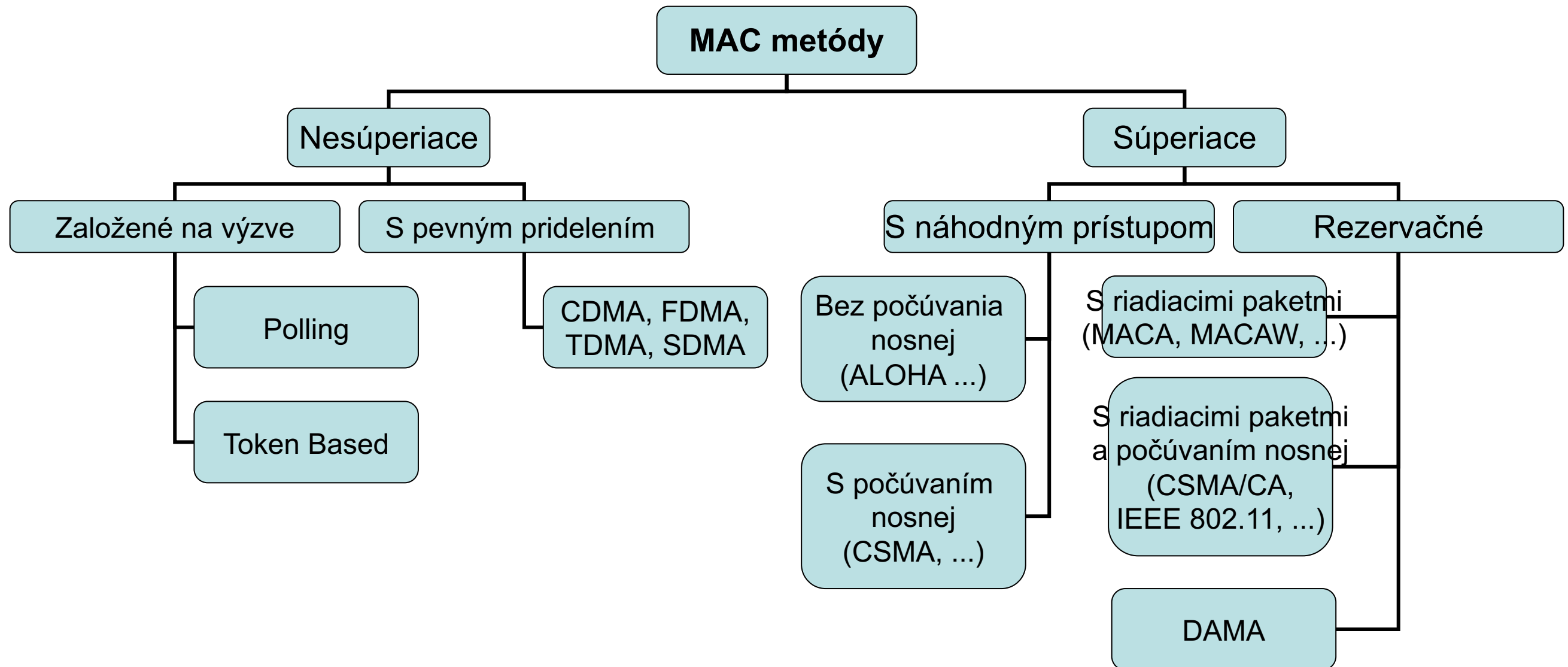
Prístupové metódy

- » pridelovanie kapacity prenosového média
 - statické
 - centrálné
 - distribuované
 - náhodné
- » súperiace vs. nesúperiace prístupy
- » deterministické vs. nedeterministické prístupy

Kolízia

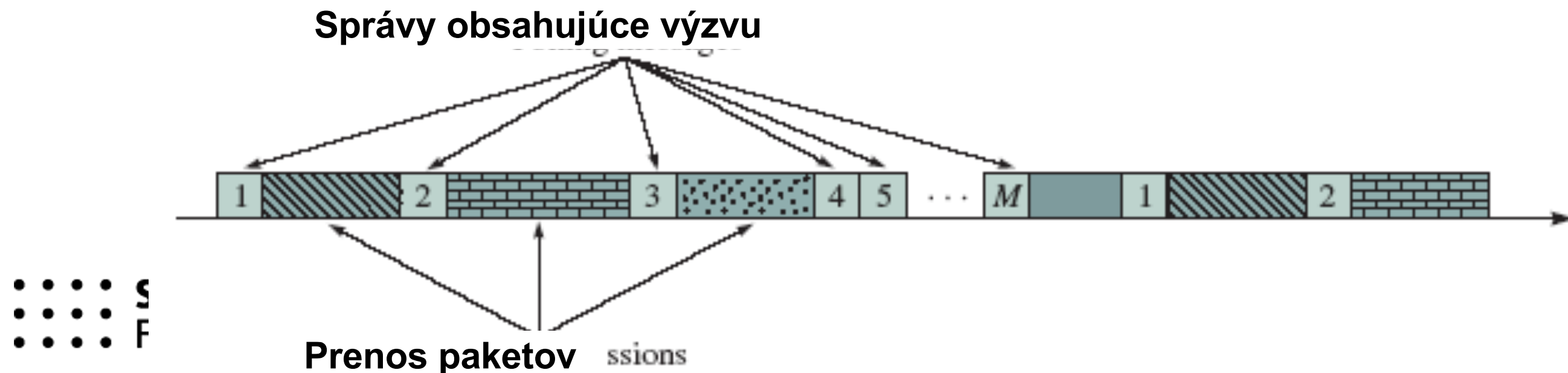
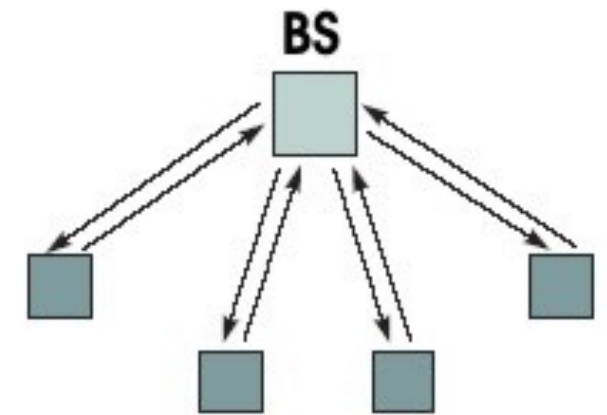
- » Čo je kolízna doména? Aké zariadenie ju ohraničuje?
 - segment siete, v ktorom môže nastat' kolízia, keď sa 2 zariadenia pokúsia vysielat' naraz
 - prepínač (switch)

Typické prístupové metódy v LAN podvrstva MAC



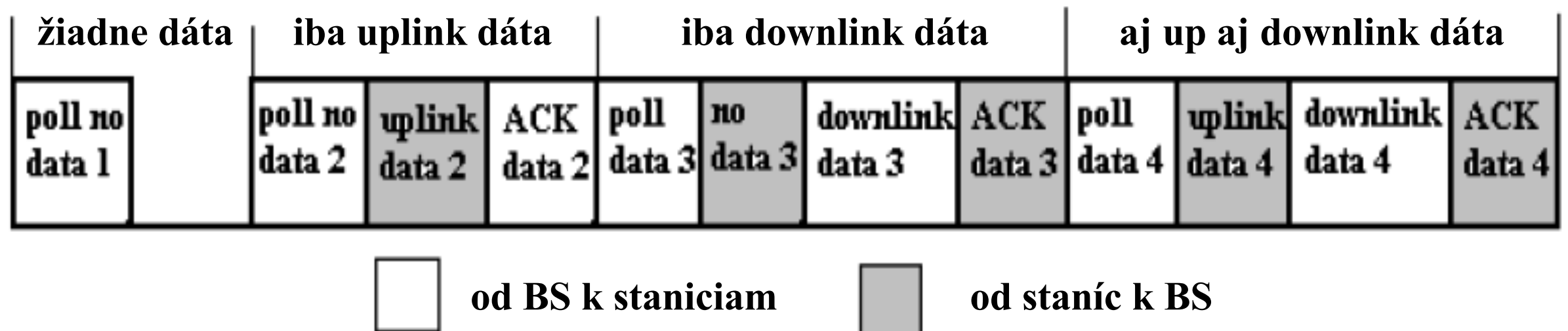
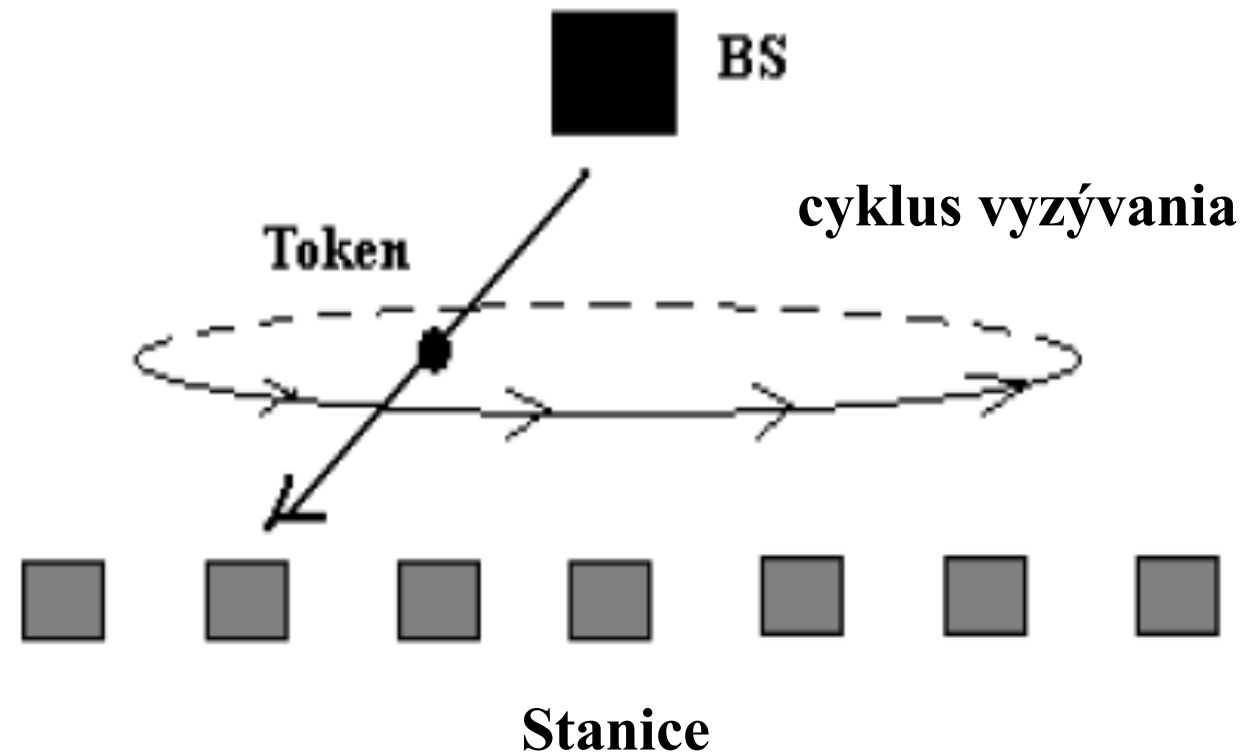
Nesúperiace metódy založené na výzve Polling/Token

- » Systém obsahuje
 - základňovú stanicu (BS, base station)
 - uplink (UL) a downlink (DL) kanál
- » BS vysiela (broadcast) výzvu pre každú stanicu postupne cez DL kanál
- » každá vyzvaná stanica vyšle stanovené množstvo dát cez UL k BS



Nesúperiace metódy založené na výzve

Výzva pomocou Tokenu



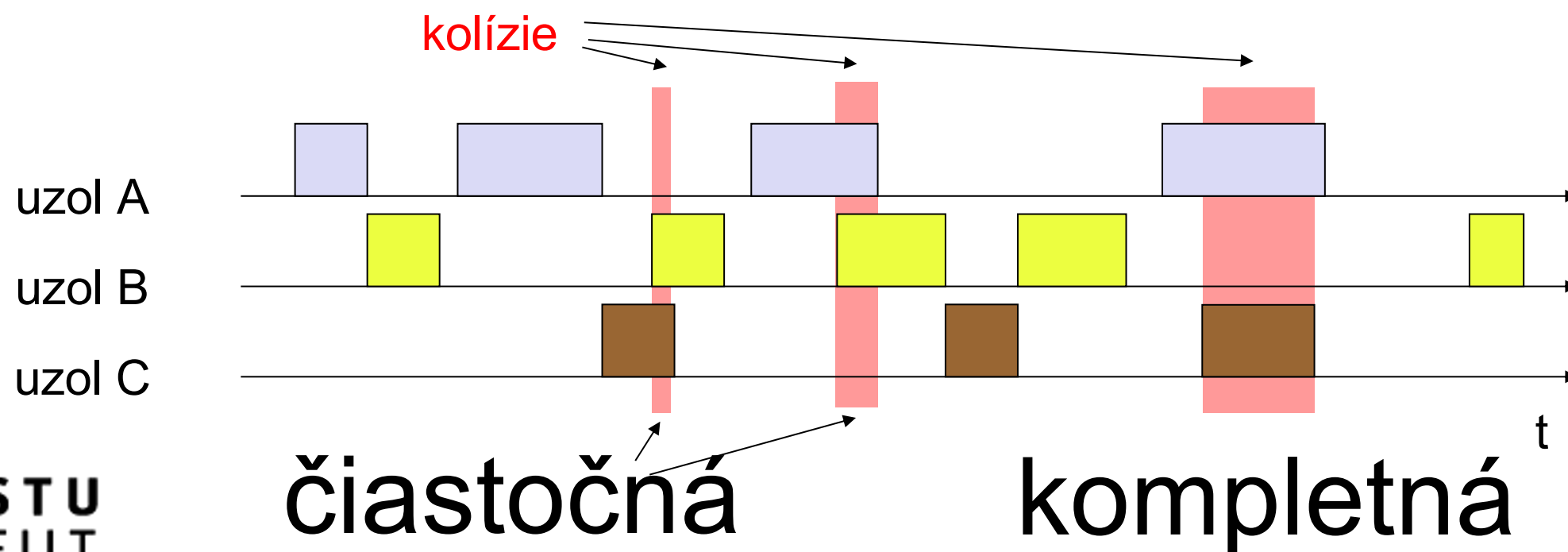


Súperiace prístupové metódy

Súperiace metódy s náhodným prístupom

(pure) ALOHA

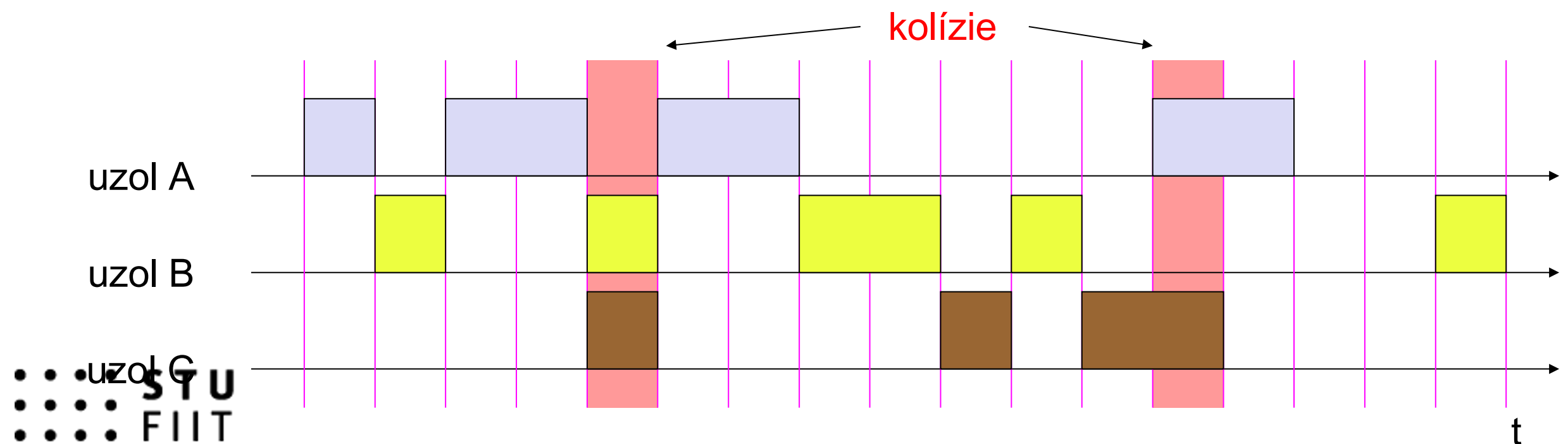
- Hawajská univerzita (1970) - rádiové prepojenie jednotlivých ostrovov
- ak uzol (stanica) má údaje pre iný uzol, tak ich začne okamžite vysielat'
- ak tak urobí viac uzlov v rovnakom čase, vzniknú kolízie (čiastočné alebo kompletne)
- vznik kolízie zistí uzol neprijatím potvrdenia, čaká náhodný čas a opätovne vyšle dané údaje
- jednoduchá metóda, každý uzol sa správa úplne nezávisle



Súperiace metódy s náhodným prístupom

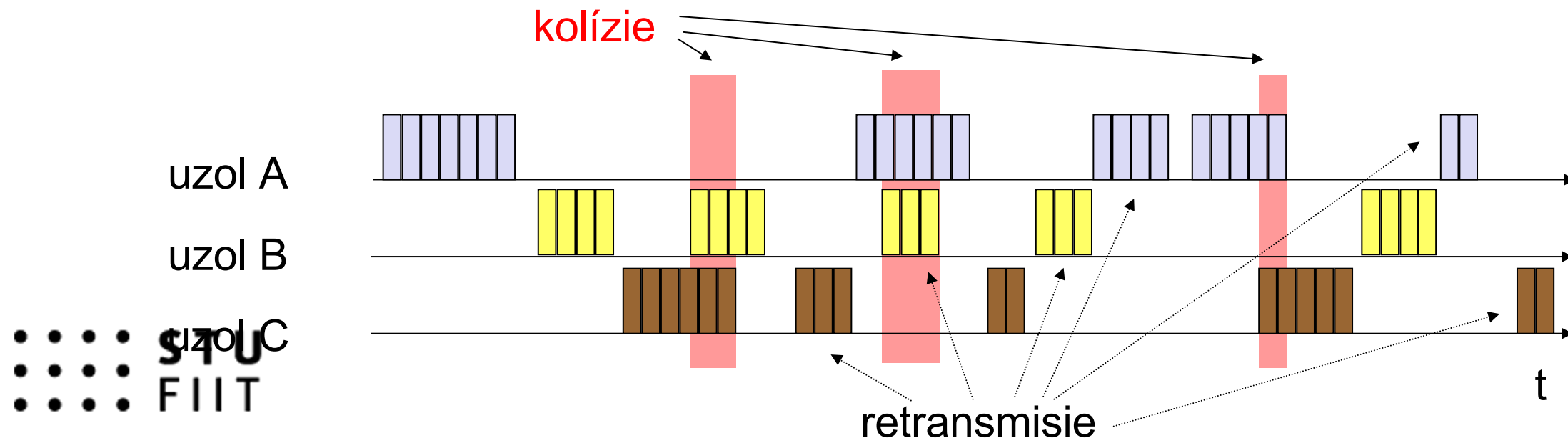
slotted ALOHA

- » kanál je v čase rozdelený na tzv. sloty
- » paket možno vyslať iba na začiatku slotu
- » kolízia môže nastať iba v rámci slotu
- » dĺžka slotu je volená podľa veľkosti paketov
- » potrebná synchronizácia medzi uzlami



Súperiace metódy s náhodným prístupom SREJ-ALOHA

- » asynchrónne vysielanie
- » pakety sú rozdelené na menšie bloky údajov
- » každý blok je nezávislý a obsahuje hlavičku
- » v prípade kolízie sú opätovne vyžiadané iba kolízne bloky
- » vhodná pre systémy s variabilnou dĺžkou paketov



Súperiace metódy s náhodným prístupom

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- každý uzol počúva kanál pred vysielaním
- ak kanál je voľný, vyšle dáta (pakety)
- tento princíp však nerieši všetky kolízie
- Variácie:
 - asynchrónna (neslotovaná)/synchrónna (slotovaná)
 - **1-persistent CSMA**
 - uzol vysiela okamžite, keď zistí, že kanál je voľný
 - v prípade kolízie, uzol sa odmlčí na náhodný čas
 - 1 znamená, že uzol vysiela s pravdepodobnosťou 1, ak objaví kanál neobsadený
 - má relatívne vysoký pomer kolízií

Súperiace metódy s náhodným prístupom CSMA

- Variácie:

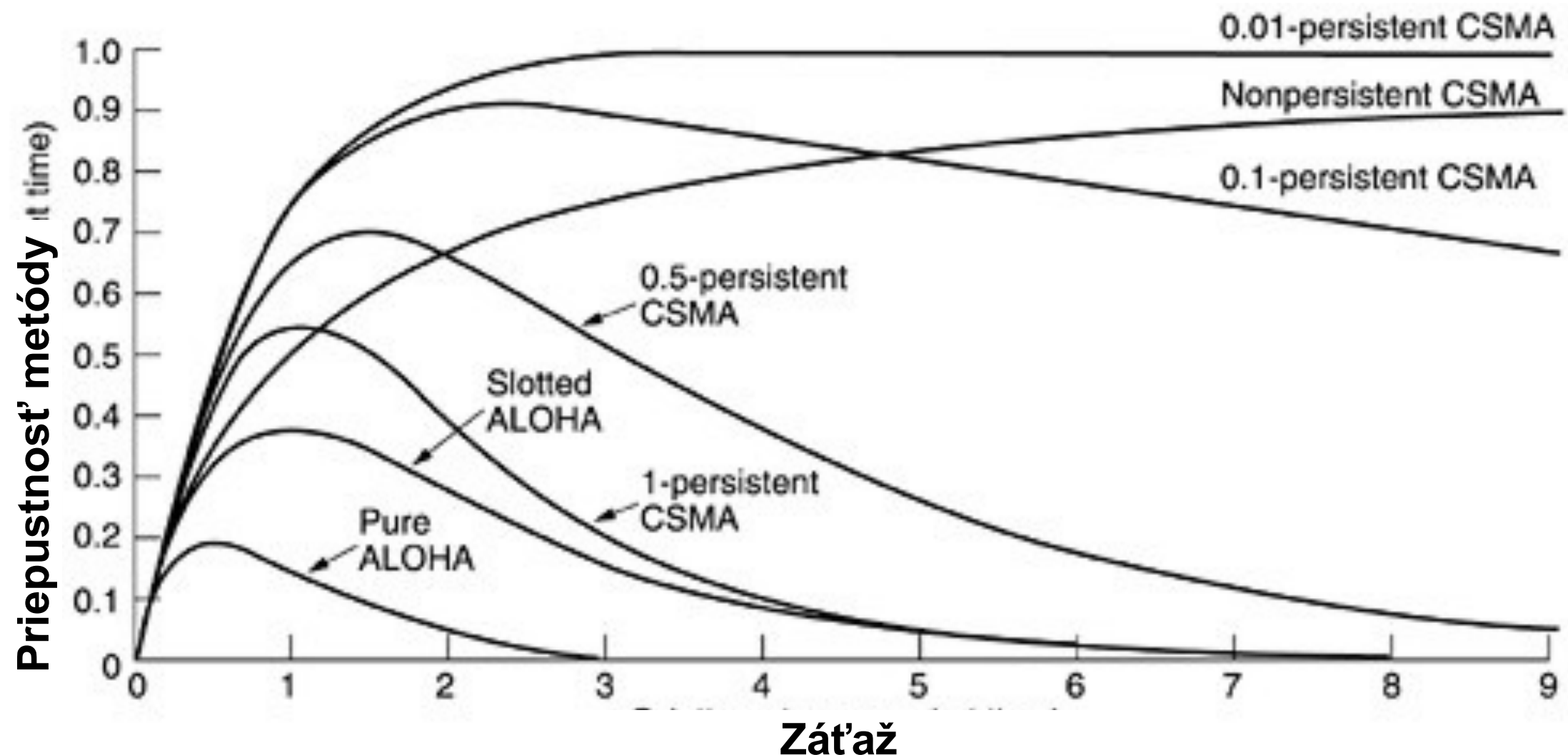
- **0(non)-persistent CSMA -**

- uzol počúva kanál, ak je voľný, uzol vysiela okamžite
 - ak je kanál obsadený, uzol sa odmlčí na náhodný čas
 - potom uzol opakuje uvedený postup
 - lepšie využitie kanála, ale väčšie oneskorenia, ako pri 1-persistent CSMA

- **p-persistent CSMA -**

- kanál je rozdelený v čase na sloty, uzol počúva kanál
 - ak je kanál obsadený, počká uzol na ďalší slot
 - ak je kanál voľný, uzol vysiela s pravdepodobnosťou p (alebo s prav. $1-p$ v nasledujúcom slote)
 - ak medzitým začne vysielať iný uzol (berie sa to ako kolízia), uzol počká náhodný čas

Efektívnosť ALOHA metód



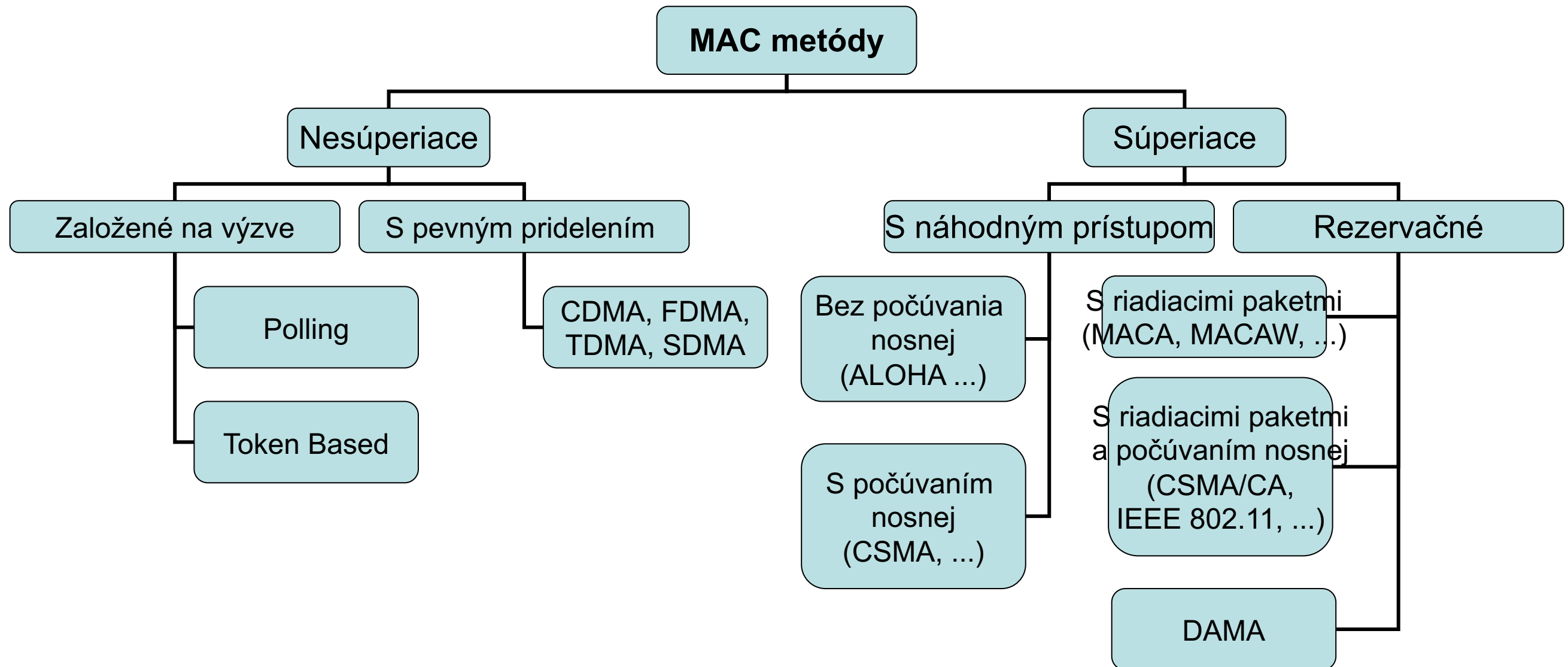
Efektivita kanála (maximum):

pure ALOHA - 18%, Slotted ALOHA - 36%, 1-pers. ALOHA - 53%, ...

(predpokladá sa Poissonovo rozdelenie príchodu paketov a dĺžky paketov)

Typické prístupové metódy v LAN

podvrstva MAC



CSMA/CD

- » CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
 - štandard IEEE 802.3, ISO 8802.3
 - štandard Ethernet II DIX (fy DEC, Intel, Xerox)
 - Ethernet: sieť <-> prístupová metóda (štandard, protokol)
- » prístupová metóda - súperiaca, nedeterministická, distribuovaná, negarantuje doručenie dát
- » prenosové média
 - koax (coax), - krútená dvojlinka (twisted pair - UTP, STP),
 - optický kábel (fiber optic)

CSMA/CD

- » fyzická vrstva
 - detekcia nosnej vlny
 - vysielanie synchronizačných znakov
 - detekcia kolízie
 - vysielanie/príjem bitov
 - kódovanie/dekódovanie
- » linková vrstva
 - implementácia prístupovej metódy
 - rozpoznávanie adries
 - výpočet CRC
 - riadiace funkcie

CSMA/CD

» režimy činnosti uzla

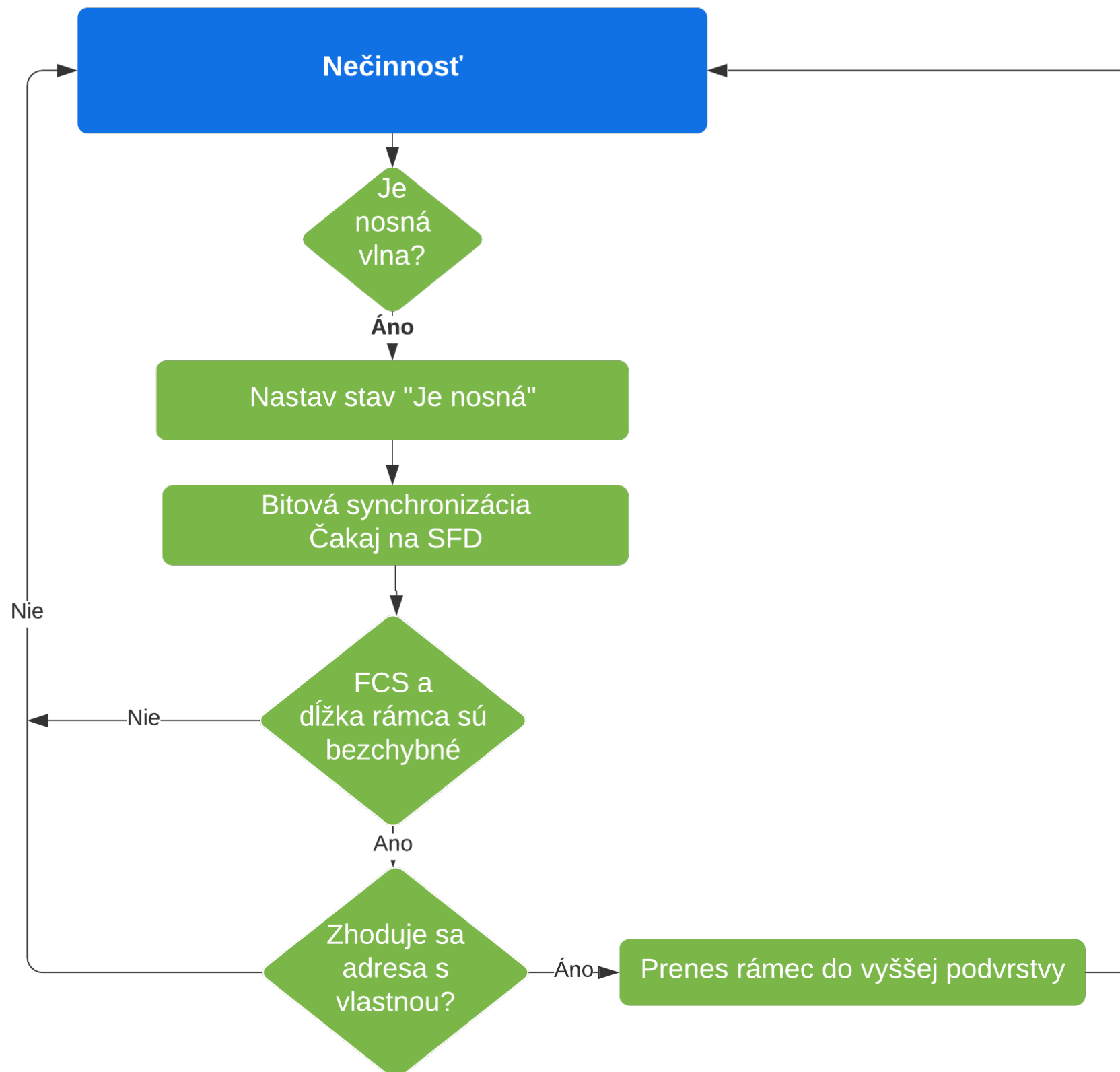
- monitorovanie zbernice
- pozdržanie vysielania
- vysielanie
- zrušenie vysielania
- opätovné vysielanie
- príjem

» “slot time”

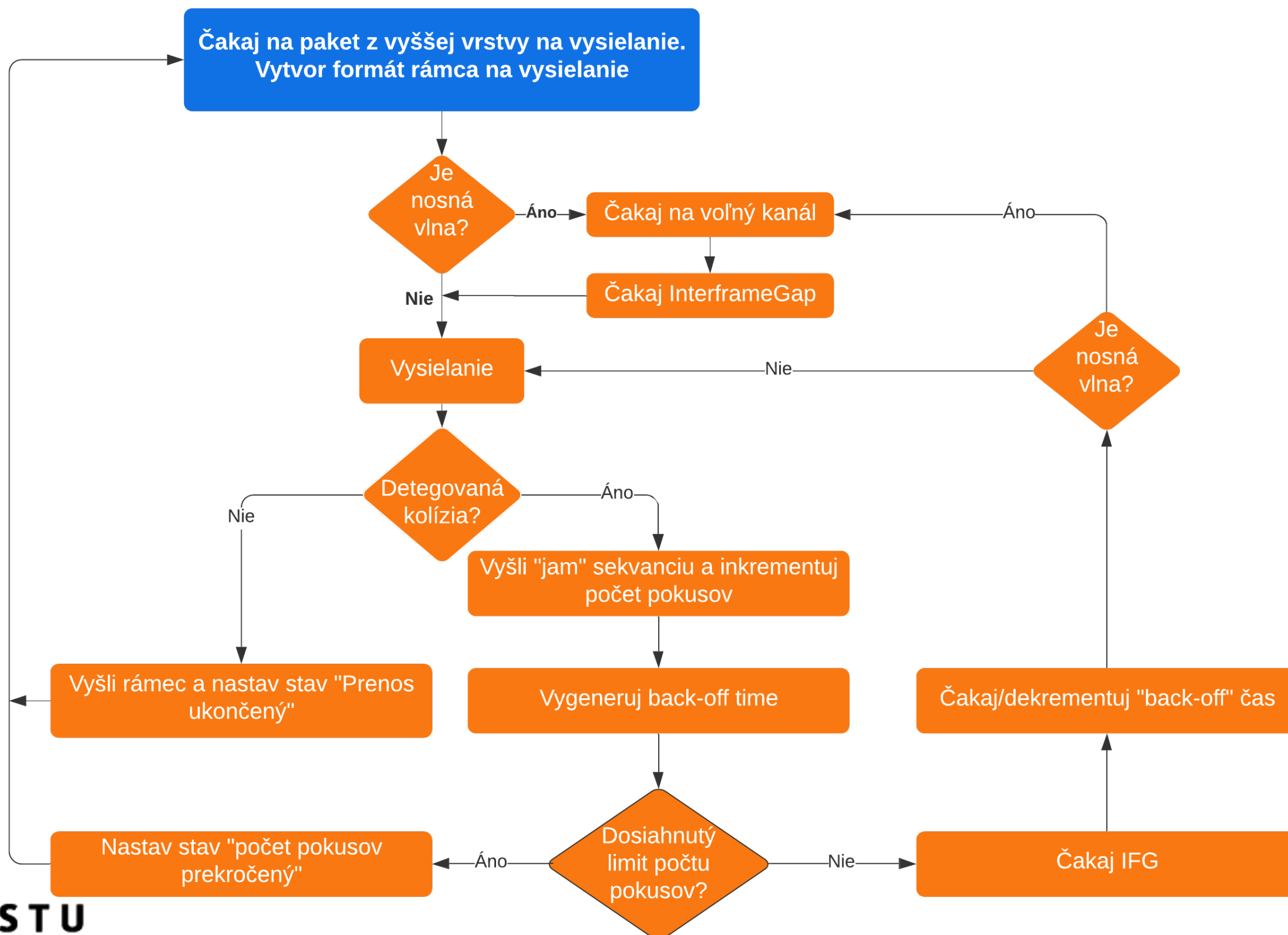
» “interframe gap”

» “backoff time”

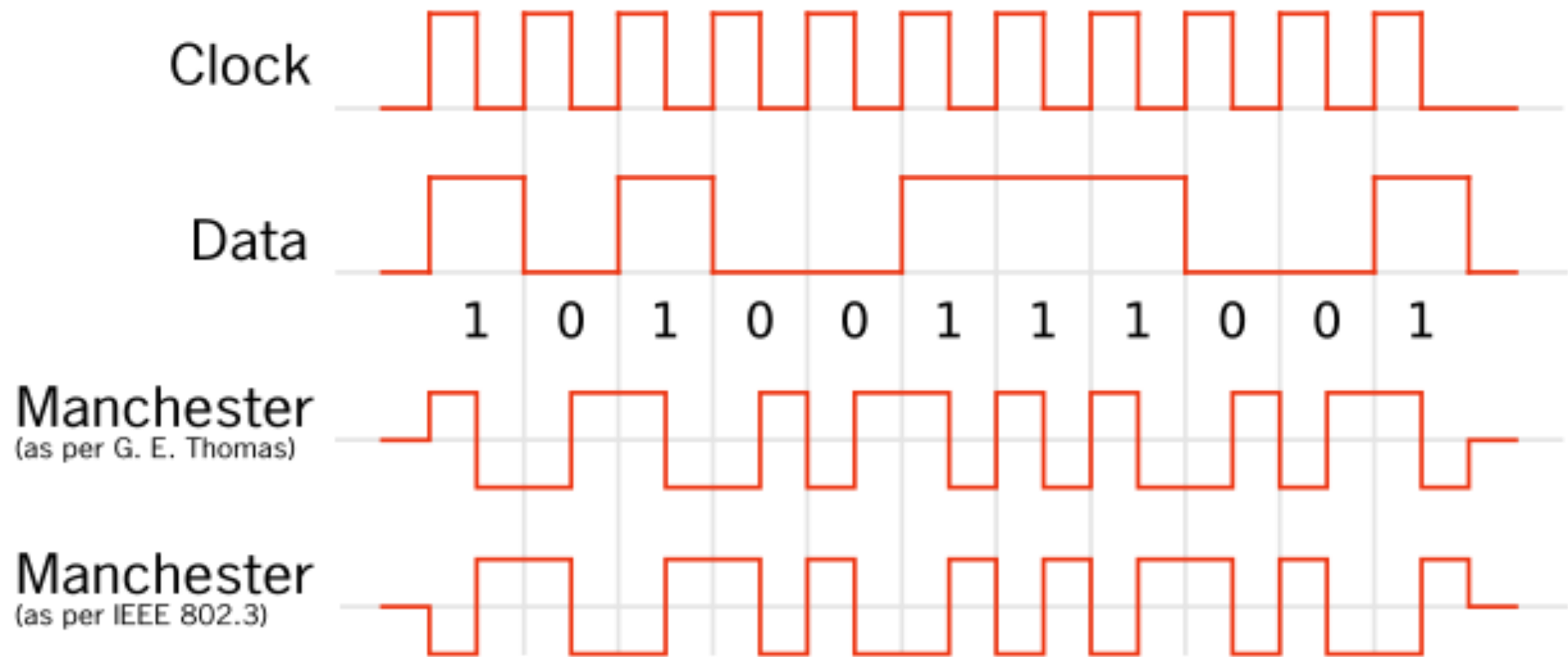
Stavový diagram „Príjem“



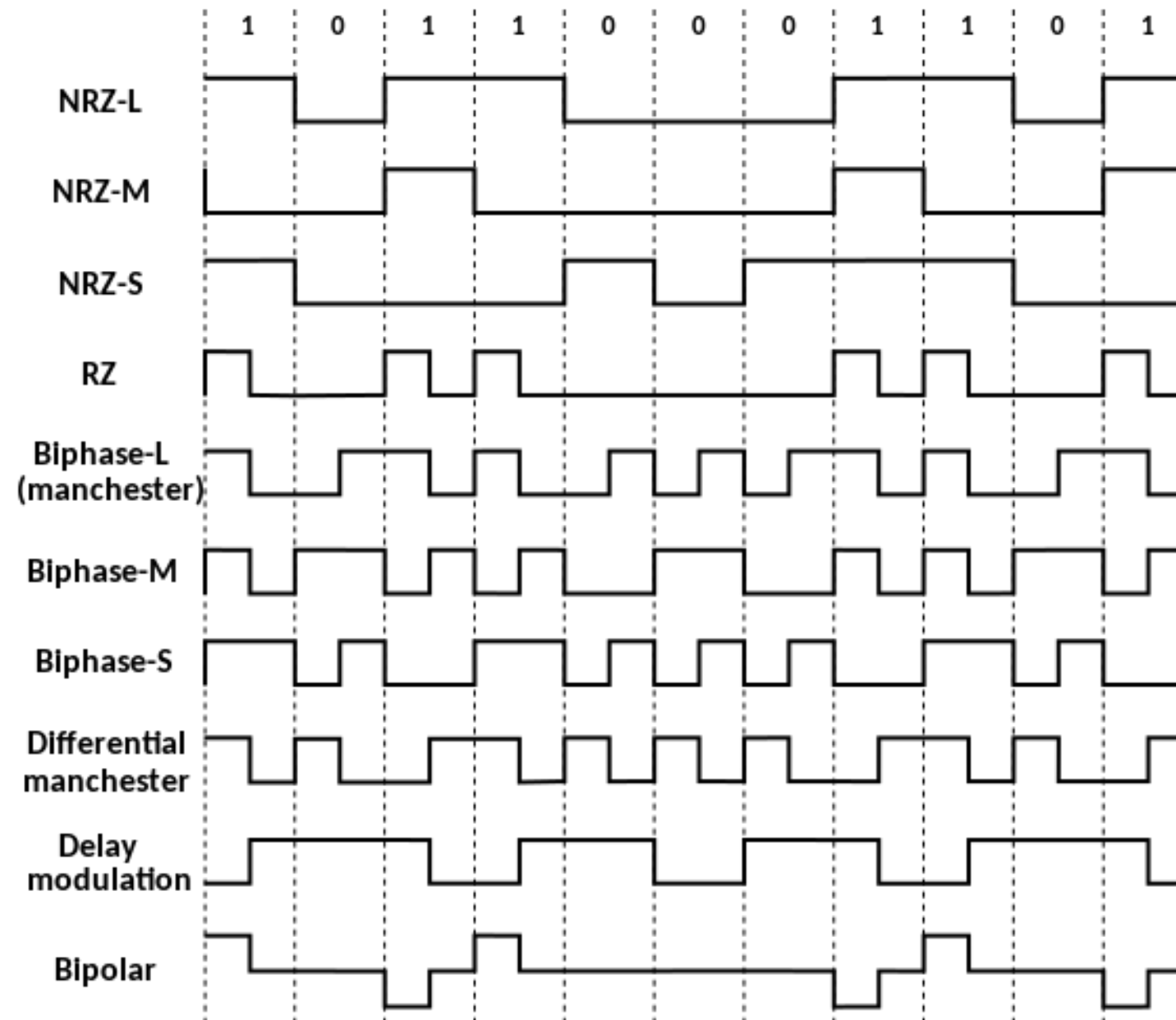
Vysielanie Ethernet



Manchester coding



Kódovanie linky



Prepájanie na prvej vrstve RM OSI

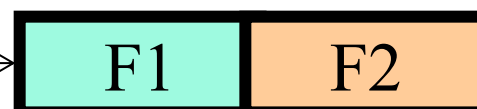
» opakovač (repeater)

» „hub“

koncový uzol

aplikačná vrstva
prezentačná vrstva
relačná vrstva
transportná vrstva
sieťová vrstva
linková (spojová) v.
fyzická vrstva 1

opakovač; hub



koncový uzol

aplikačná vrstva
prezentačná vrstva
relačná vrstva
transportná vrstva
sieťová vrstva
linková (spojová) v.
fyzická vrstva 2

LAN segment 1

LAN segment 2

Prepájanie na prvej vrstve RM OSI

- » opakovač (repeater)
- » „hub“

koncový uzol A

aplikačná vrstva
prezentačná vrstva
relačná vrstva
transportná vrstva
sieťová vrstva
linková (spojová) v.
fyzická vrstva

koncový uzol B

aplikačná vrstva
prezentačná vrstva
relačná vrstva
transportná vrstva
sieťová vrstva
linková (spojová) v.
fyzická vrstva

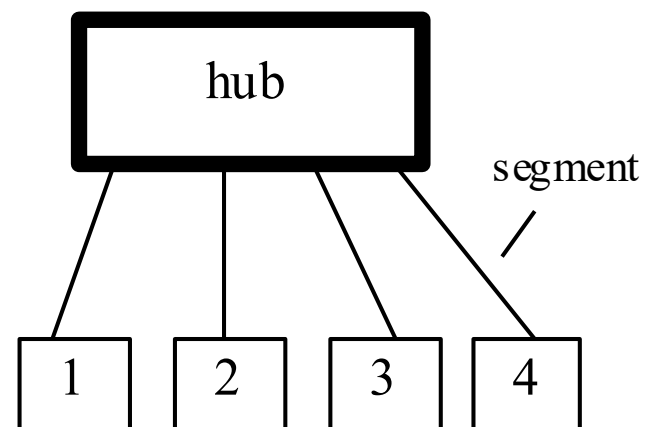
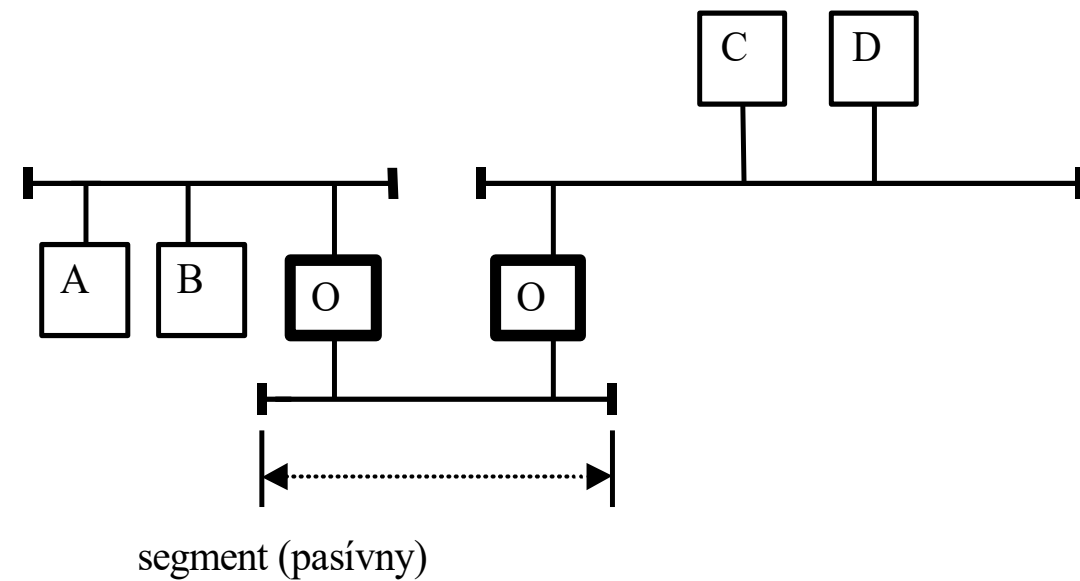
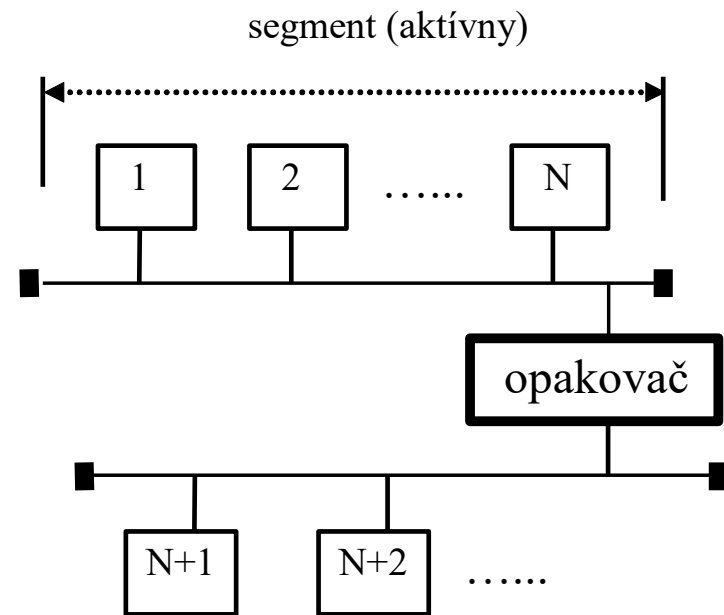
opakovač; hub

fyzická vrstva

LAN segment 1

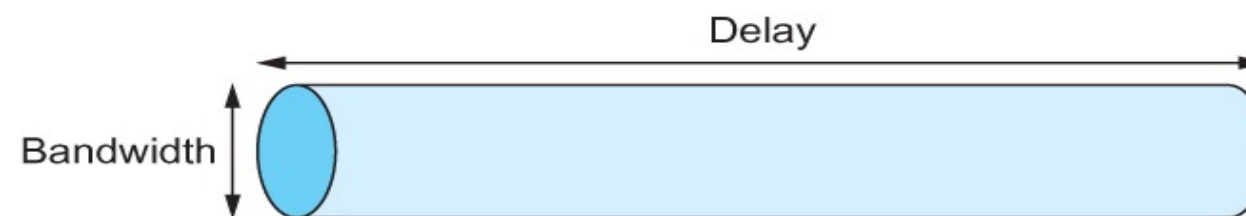
LAN segment 2

Prepájanie na prvej vrstve RM OSI



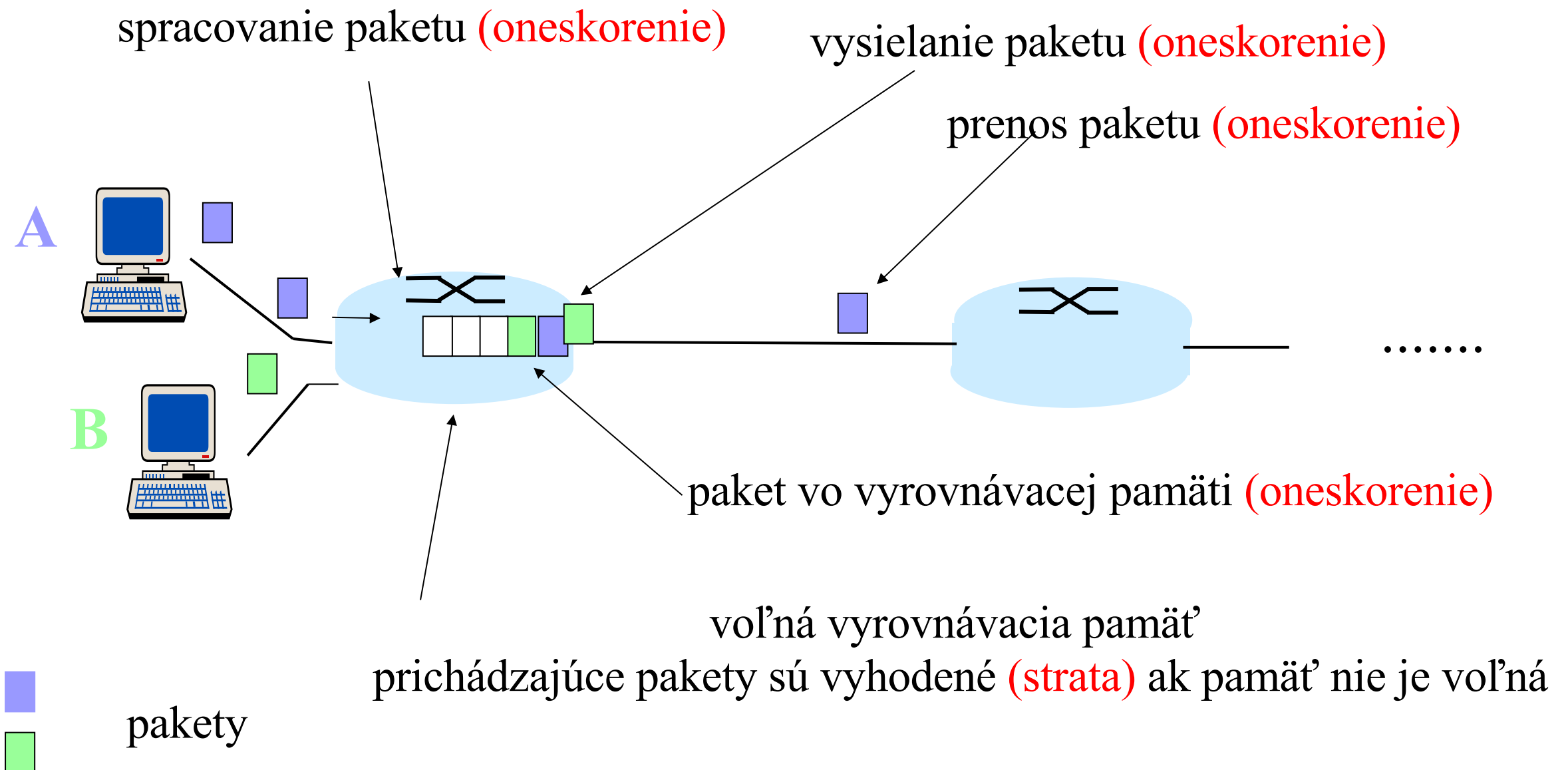
- prenosová rýchlosť [b/s]
 - šírka pásma (bandwidth)
 - priepustnosť (throughput)
 - priepustnosť na aplikačnej úrovni (goodput)
 - 1 Mb/s bit trvá $1/10^6 \text{ s} = 1 \mu\text{s}$
 - 1 Gb/s bit trvá $1/10^9 \text{ s} = 1 \text{ ns}$
 - atď.


- BDP parameter (Bandwidth Delay Product) [b]
LFN (Long Fat Network),



- topológia
 - fyzická

Pakety – oneskorenia a straty





Čo nás čaká na budúcej prednáške

» Ethernet – formát a analýza rámcov