

Lekce 1: Internetworking

Jiří Peterka

co je internetworking

- **obecně:**

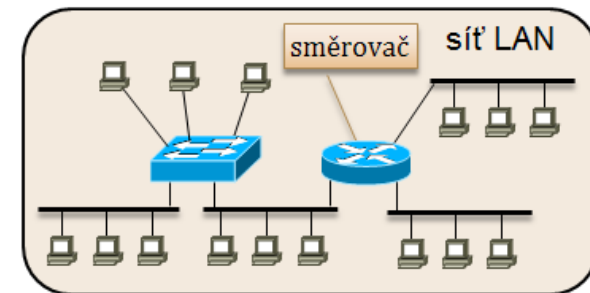
- vzájemné propojování celých sítí (nebo jejich dílčích částí: segmentů)

- **výsledkem je: internetwork**

- zkráceně: internet (s malým počátečním „i“)
 - jako obecná (jakákoli) soustava vzájemně propojených sítí

- **proč se to dělá?**

- **motivace lze rozdělit do několika skupin**
 - snaha překonat omezený dosah přenosového média (kabeláže)
 - snaha zvýšit dosah a využitelnost poskytovaných služeb
 - zvýšení počtu uživatelů služby (např. email), možnost využívání služeb „na dálku“,
 - potřeba optimalizovat datové toky
 - s rostoucí zátěží je nutné optimalizovat toky dat, aby nedocházelo k přetížení
 - potřeba řešit přístupová (a další) práva
 - je třeba zajistit, aby uživatelé mohli dělat právě (a pouze) to, na co mají mít právo
 - lze významně „pomoci“ vhodným rozdělením do jednotlivých sítí a jejich propojením
 - nutnost ochrany a obrany
 - je nutné zajistit ochranu proti neoprávněnému přístupu (z vnějšího prostředí)
 - je nutné zajistit obranu proti přetěžování (i záměrnému – v podobě (D)DOS útoků)
 - potřeba zajistit fungování velké soustavy vzájemně propojených sítí
 - například směrování v celém Internetu



podrobněji k motivacím

• snaha překonat omezený dosah přenosového média

- dosah kabelových segmentů je omezený, například:
 - koaxiální kabel v Ethernetu: 10Base5 jen 500 metrů, 10Base2 jen 185 metrů
 - kroucená dvoulinka v Ethernetu: obvykle 100 metrů, někdy i méně (dle kvality a rychlosti)
 - optické vlákno: dosah mohou být desítky metrů, až desítky kilometrů
 - když chci větší dosah, musím propojit mezi sebou více segmentů
 - pomocí vhodného zařízení, které zesílí a zregeneruje přenášený signál



– dosah bezdrátových „segmentů“ (spojů) je také omezený

- v závislosti na frekvenci a „síle“ signálu, i na podmínkách pro šíření

• snaha zvýšit dosah a využitelnost poskytovaných služeb

- možnost používat určitou službu „ve větším prostoru“
 - např. elektronická pošta
 - čím větší bude počet potenciálních adresátů (kterým lze poslat zprávu), tím bude služba více užitečná
- existuje tzv. síťový efekt
 - Metcalfův zákon
 - formuloval Robert Metcalfe, otec Ethernetu, podnikatel, novinář

užitek sítě roste se čtvercem počtu uživatelů

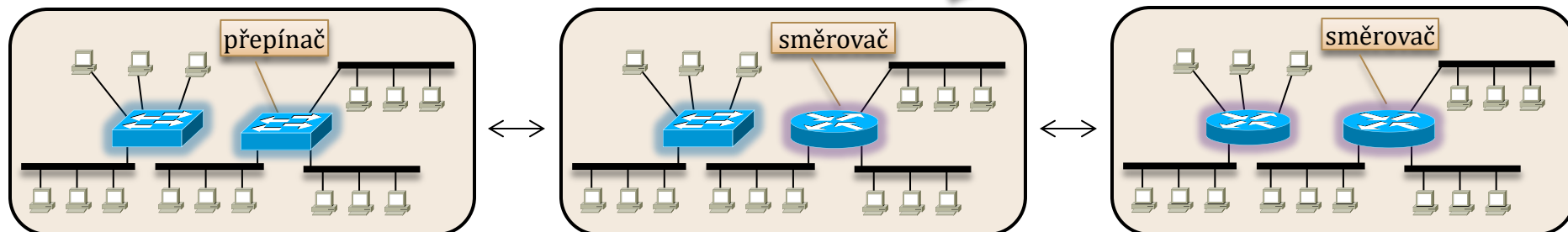
řeší se pomocí tzv. opakovačů



podrobněji k motivacím

- **potřeba optimalizovat datové toky**
 - jde o **snižování zátěže**
 - eliminaci zbytečných datových toků
 - aby data nemusela být šířena tam, kam nepatří / kde nemohou být využita
 - např.: zmenšování broadcast domén
 - jde o **eliminaci úzkých hrdel**
 - aby konkrétní prvky sítě nebyly přetěžovány
 - vhodným rozložením segmentů a aktivních prvků
 - jde o **rozklad zátěže**
 - využití redundantních cest, využití multihoming-u,
- **potřeba řešit přístupová (a další) práva**
 - přístupová práva a další omezení se nejlépe vyjadřují na úrovni celé sítě
 - tj. (stejně) pro všechny uzly v dané síti
 - pak je ale třeba uspořádat síť tak, aby v nich byly umístěny uzly, které mají mít stejná přístupová práva
 - také implementace nejrůznějších omezení (práv) se snáze a efektivněji řeší v rámci směrovačů (na L3)
 - než v rámci přepínačů (na L2)

řeší se velikostí sítě/segmentu a volbou mezi přepínači a směrovači



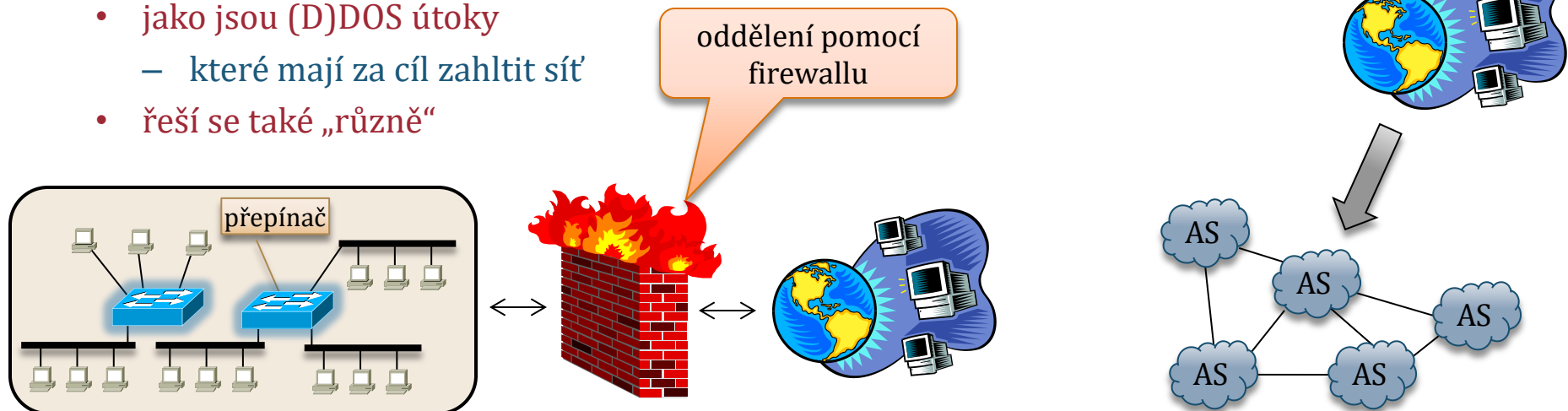
podrobněji k motivacím

• nutnost ochrany a obrany

- před neoprávněným přístupem z vnějšího prostředí
 - řeší se pomocí tzv. firewallů
 - obecně: firewall= řešení pro zabezpečení
- před neoprávněnými a nežádoucími aktivitami vlastních (interních) uživatelů
 - řeší se „různě“
- před enormně velkým množstvím (jinak oprávněných) aktivit
 - jako jsou (D)DOS útoky
 - které mají za cíl zahltit síť
 - řeší se také „různě“

• potřeba zajistit fungování velké soustavy vzájemně propojených sítí

- například v rozsahu celosvětového Internetu
 - jde hlavně o zvládnutí enormního objemu směrovacích informací
 - řeší se pomocí dekompozice
 - rozdělení na menší části, které se z hlediska směrování chovají autonomně
 - jako tzv. autonomní systémy
 - ale které jsou vzájemně propojeny



dvojí význam internetworkingu

- **mám několik sítí (soustav) a řeším:**

- jak je propojit

- **cílem je:**

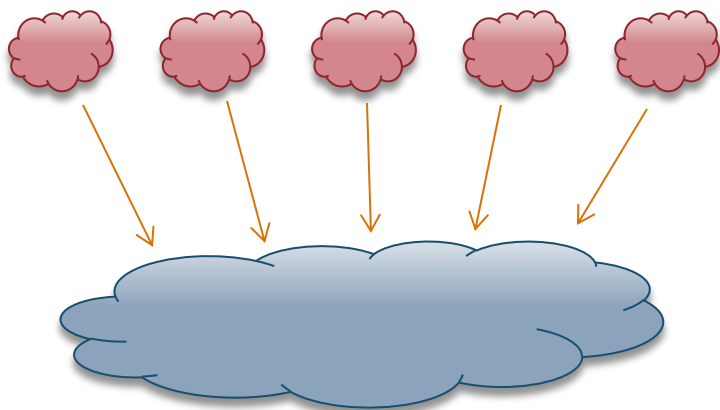
- překonat omezený dosah přenosových médií

- typické pro jednotlivé segmenty/sítě

- umožnit jejich vzájemnou koexistenci a spolupráci

- typické pro vzájemné propojování větších sítí

- například v rozsahu celého Internetu



- **mám jednu síť (soustavu) a řeším:**

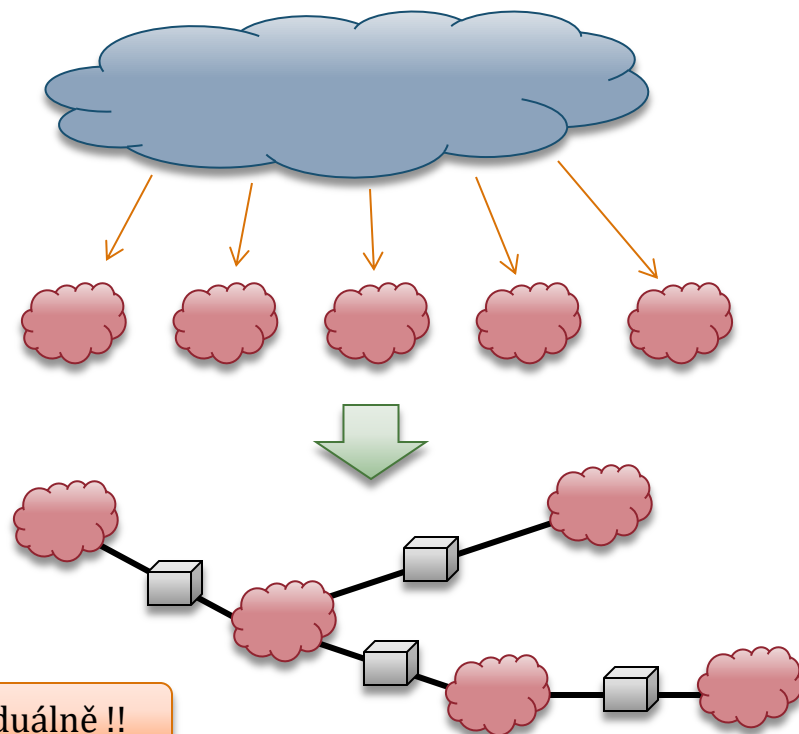
- jak ji rozdělit na menší části

- jak tyto části následně zase propojit

- **cílem je:**

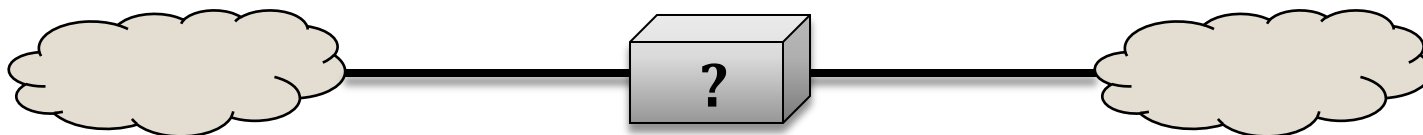
- dosáhnout určitého efektu

- optimalizace datových toků, zajištění přístupových práv, ochrana a obrana

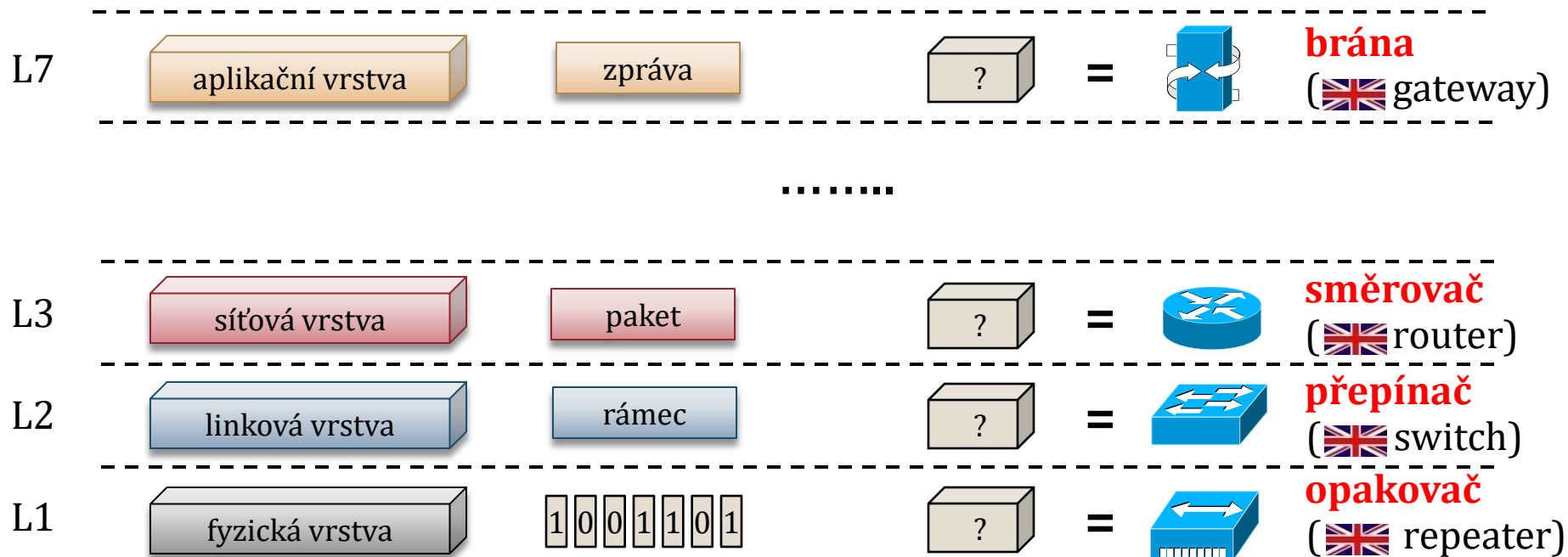


na tyto úkoly neexistuje jednoznačný návod, nutno řešit individuálně !!

obecné řešení internetworking-u



- to, co potřebujeme propojit, propojíme pomocí vhodné „krabičky“
 - vše je pak o tom, jak ona „krabička“ funguje
 - na jaké vrstvě, podle jakých pravidel, jaké podporuje protokoly atd.
 - podle toho je také ona „krabička“ pojmenována



aktivní a pasivní prvky

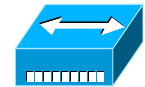
- **opakovače, přepínače, směrovače, brány**
 - jsou označení „krabiček“ podle toho, na jaké vrstvě fungují



- **obecně se jim říká také **aktivní prvky****

- protože s tím, co se přes ně přenáší, pracují nějak aktivně

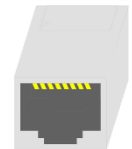
- zesilují a tvarují elektrické signály, které skrz ně prochází
- zpracovávají data, která skrz ně prochází (i třeba jen formou jejich ukládá do bufferů)



- **existují také **pasivní prvky****

- které nijak (aktivně) nepracují s tím, co přenáší, například:

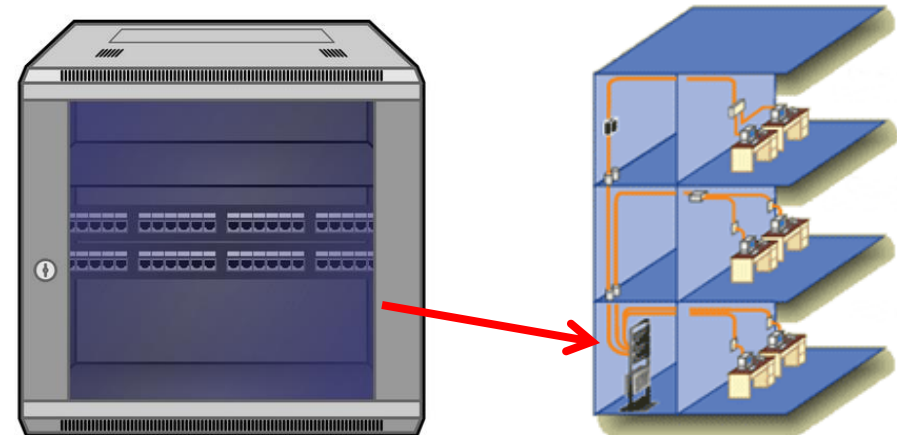
- kabely, konektory, rozbočky, zásuvky,
- propojovací pole (tzv. patch panely)
- skříně (rack-y)
- strukturovaná kabeláž



- systematické „prokabelování“ nějakého objektu

- pomocí kroucené dvoulinky
- pro potřeby sítí a datových přenosů
- i pro potřeby hlasových přenosů
 - telefonie

- rozvody ústí do propojovacích panelů v rozvodných skříních



další typy aktivních prvků

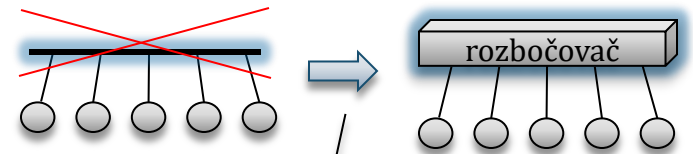
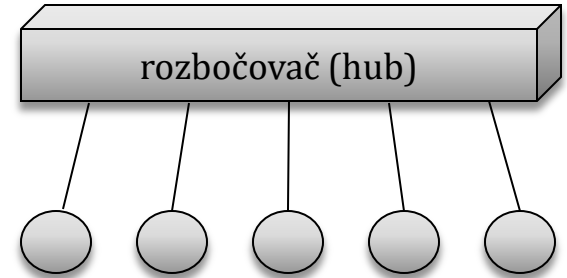
- **kromě:**

- opakovačů, přepínačů, směrovačů a bran

- **existuje také:**

- **rozbočovač** ( hub):

- obecně jde o zařízení, které „rozbočuje“ (rozvětvuje)
 - ale už se neříká jak: jakým způsobem, na jaké vrstvě
 - rozbočovač může fungovat na L1 (jako opakovač), na L2 (jako přepínač) či na L3 (jako směrovač)
- v praxi (terminologie): když se řekne „hub“, myslí se tím opakovač
 - tj. zařízení fungující na L1, jako opakovač
 - případně: USB hub



představa: rozbočovač je řešením pro situaci, kdy nejde dělat odbočky na přenosovém médiu (a tak se musí „rozbočení“ udělat elektronickou cestou - „v krabici“)

- **dále existují:**

- L3 přepínače (L3 switch)
- L4 přepínače (L4 switch)
- L7 přepínače (L7 switch)
- L4-7 přepínače (L4-7 switch)

viz dále

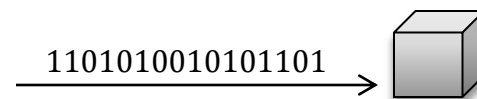
- jsou to zařízení, optimalizovaná na propustnost
 - nakládání s přenášenými bloky (rámci, pakety) je v nich „zadrátováno“ (realizováno v HW)
- rozhodují se podle informací dostupných na L3, a (případně) i na vyšších vrstvách
 - například: L4 přepínač se rozhoduje dle IP adres (adres na L3) i čísel portů (adres na L4)

propojování na fyzické vrstvě (L1)

- **propojovací zařízení „vnímá“ jen jednotlivé bity**

- a to každý bit samostatně a nezávisle na ostatních bitech

- nevnímá, že některé bity mohou „patřit k sobě“ a tvořit nějaký logický celek
 - například linkový rámec (a uvnitř tohoto rámce adresu odesilatele a příjemce)



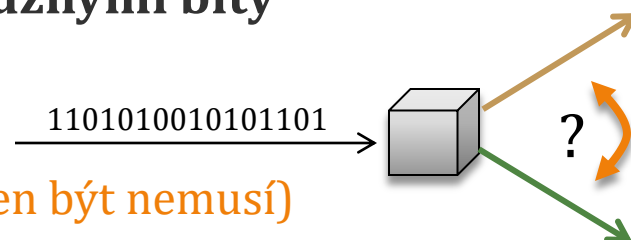
- **propojovací zařízení nedokáže rozlišovat mezi různými bity**

- neví, co ten který bit představuje

- aby s ním mohlo naložit jinak, než s jinými bity

- neví, kam má být ten který bit přenesen (a kam přenesen být nemusí)

- do kterého segmentu je třeba ho předat, a kam naopak není nutné ho předávat

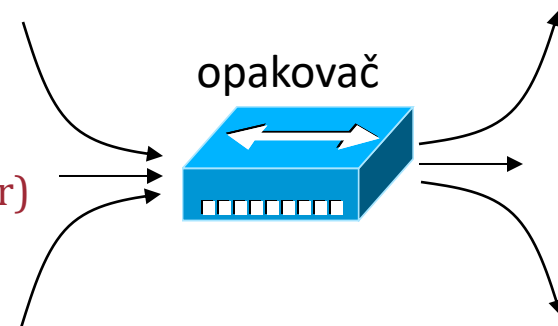


- **důsledek:**

- propojovací zařízení se musí chovat ke všem bitům stejně

- a to tak, že je **předává do všech (odchozích) směrů**

- vlastně je „opakuje“ do všech směrů – proto **opakovač** (repeater)
- je to neefektivní, ale jiné řešení (na L1) není možné
 - není podle čeho poznat, že by se dalo postupovat jinak

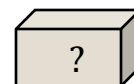


- **důsledek (chování opakovače):**

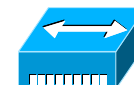
- **propouští všesměrové vysílání (broadcast)**

- protože neví, že by je mohl zastavit

- nemá ani šanci poznat, že vůbec jde o všesměrové vysílání

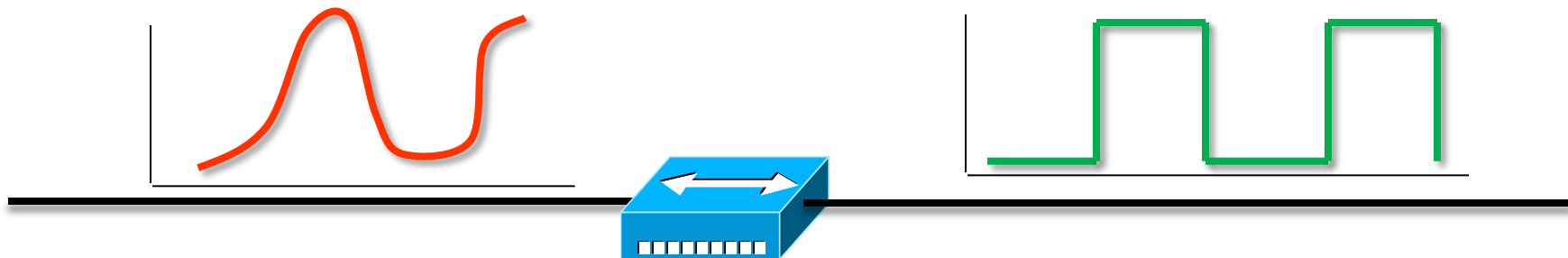


=


opakovač
( repeater)

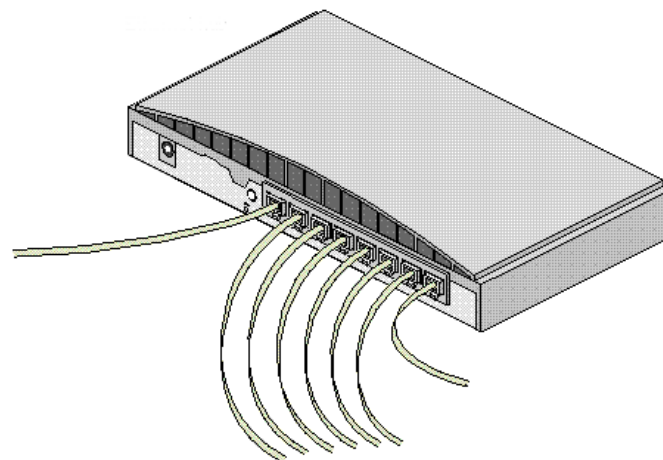
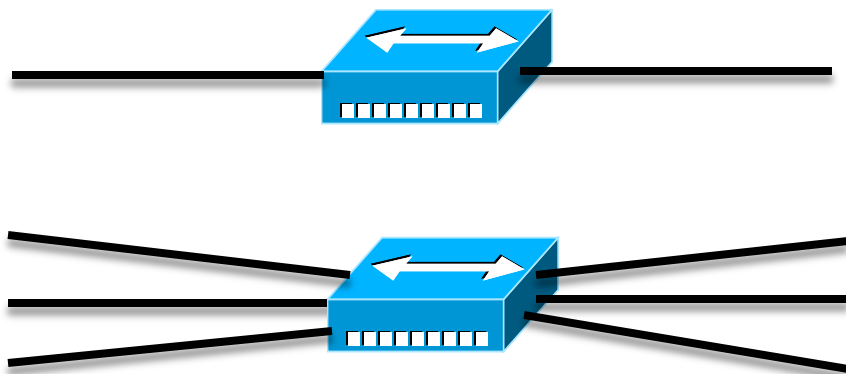
představa opakovače

- **opakovač je v zásadě jen (digitální) zesilovač**
 - který zesiluje a znovu tvaruje přenášený signál
 - kompenzuje zkreslení, útlum a další vlivy reálných obvodových vlastností přenosových cest



- **konstrukční provedení**

- může mít 2 nebo více portů
 - a propojovat 2 nebo více kabelových segmentů



vlastnosti opakovače

- **opakovač je „průchozí“**

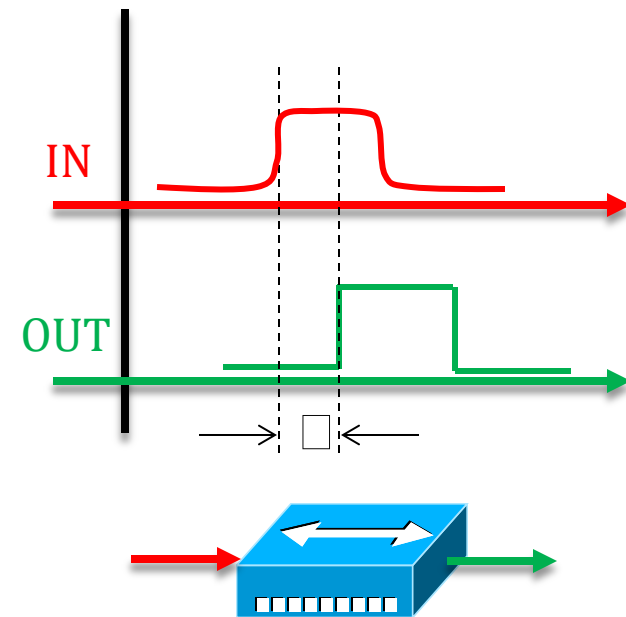
- neukládá data do žádné vyrovnávací paměti (bufferu)
 - žádné buffery ani nemá
- data prochází opakovačem z konstantním zpožděním □
 - zpoždění □ je typicky menší než délka bitového intervalu

- **důsledek**

- opakovače fungují izochronně
 - zpoždění (□) je konstantní; jitter = 0
 - vyhovuje to multimediálním přenosům

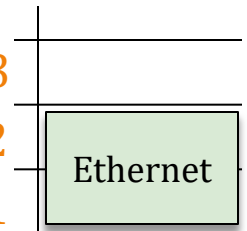
- **důsledek**

- **opakovače mohou propojovat pouze segmenty se stejnou přenosovou rychlostí**
 - protože by nedokázaly „vyrovnávat“ rozdíly v rychlostech
 - na to by musely mít buffery (vyrovnávací paměti)
 - a generovaly by řádově větší zpoždění
- **opakovače musí propouštět kolize** (pokud k nim dochází, např. v Ethernetu)
 - na jejich zastavení by také potřebovaly buffery (vyrovnávací paměti)
 - aby mohly „pozdržet“ data z jednoho segmentu po dobu, kdy v jiném segmentu probíhá kolize



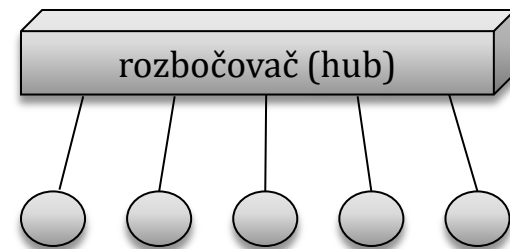
závislost opakovačů na L2

- **princip:** opakovače fungují na fyzické vrstvě (L1)
- **teoreticky:**
 - měly by být nezávislé na tom, jaká konkrétní technologie je použita na vyšších vrstvách (hlavně na L2)
- **v praxi:**
 - opakovače jsou **nezávislé** na technologii, použité na síťové vrstvě L3
 - opakovače jsou **závislé** na technologii, použité na linkové vrstvě L2
 - protože tyto technologie „zasahují“ až na úroveň fyzické vrstvy !! L1
 - předpokládají své vlastní kódování jednotlivých bitů, které opakovače musí respektovat
 - používají konkrétní přenosovou rychlost (délku bitového intervalu)
- **důsledek:**
 - neexistují „generické“ opakovače
 - pro libovolnou technologii na úrovni L2
 - existují pouze „opakovače pro konkrétní technologii“
 - například: opakovače pro (konkrétní verzi) Ethernetu
 - nebo opakovače Firewire,
- **důsledek:**
 - opakovače jsou vždy navrženy pro konkrétní přenosovou rychlost
 - v rámci dané technologie
- **důsledek:**
 - tam, kde jsou kolize, je opakovač musí propouštět
 - konkrétně v Ethernetu



opakovače vs. rozbočovače

- **připomenutí: rozbočovač** (🇬🇧 hub)
 - je zařízení, které „rozbočuje“
 - „rozvětjuje“ jedno vedení do více segmentů
 - ale nemá definováno, na jaké vrstvě funguje
 - zda na fyzické (jako opakovač), nebo na linkové (jako přepínač), nebo na síťové (směrovač)
- **v praxi:**
 - **rozbočovač (hub) je synonymem pro opakovač**
 - zvláště (a konkrétně) v Ethernetu
 - chtějí v obchodě „ethernetový hub“
 - znamená chtějí ethernetový opakovač



Ethernet hub

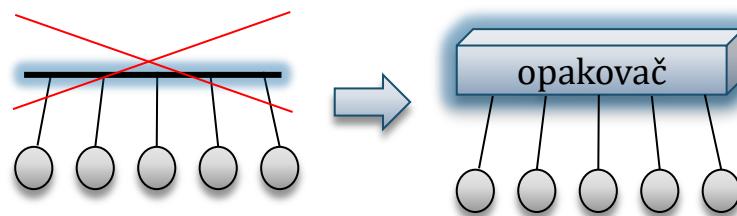
From Wikipedia, the free encyclopedia

An **Ethernet hub**, **active hub**, **network hub**, **repeater hub**, **multiport repeater** or **hub** is a device for connecting multiple **Ethernet** devices together and making them act as a single **network segment**. It

- **z jiného pohledu:**

- na koaxiálních kabelech bylo možné dělat odbočky (a dosáhnout tak „rozbočení“)
 - s chováním opakovače
- u kroucené dvoulinky a optiky odbočky dělat nelze
 - zde je nutné provést rozbočení elektronicky
 - pomocí el. obvodů v „krabičce“ (rozbočovači)

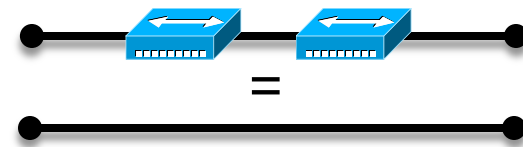
pro zachování stejné funkčnosti (jako odbočky u koaxiálních kabelů) je nutné, aby **rozbočovač fungoval jako opakovač**



efekt propojení pomocí opakovače

• princip:

- co je propojeno pomocí opakovačů (tj. na fyzické vrstvě, L1), se chová jako jeden souvislý kabelový segment
 - viz: místo opakovače mohly být odbočky na (koaxiálním) kabelu

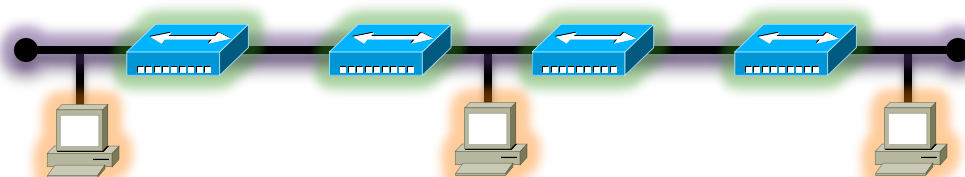
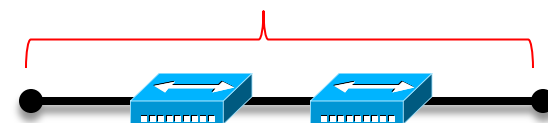


• v Ethernetu:

- je délka (každého) segmentu je omezena
 - kvůli tomu, aby mohla fungovat přístupová metoda Ethernetu (CSMA/CD)
 - aby se kolize stačila včas rozšířit do všech částí segmentu

• důsledek:

- to, co je (v Ethernetu) propojeno pomocí opakovačů, tvoří tzv. **kolizní doménu**
 - **oblast, v rámci které se šíří kolize**
 - připomenutí: opakovač kolize nezastavuje
 - musí je šířit dál !!!
- počet opakovačů v kolizní doméně **je omezen** (dle konkrétní varianty Ethernetu)
 - u 10 megabitového Ethernetu platí pravidlo 5:4:3
 - max. 5 segmentů
 - max. 4 opakovače
 - max. 3 obydlené segmenty



sdílená přenosová kapacita

- **připomenutí:**

- to, co je propojeno pomocí opakovače, se chová jako jeden segment

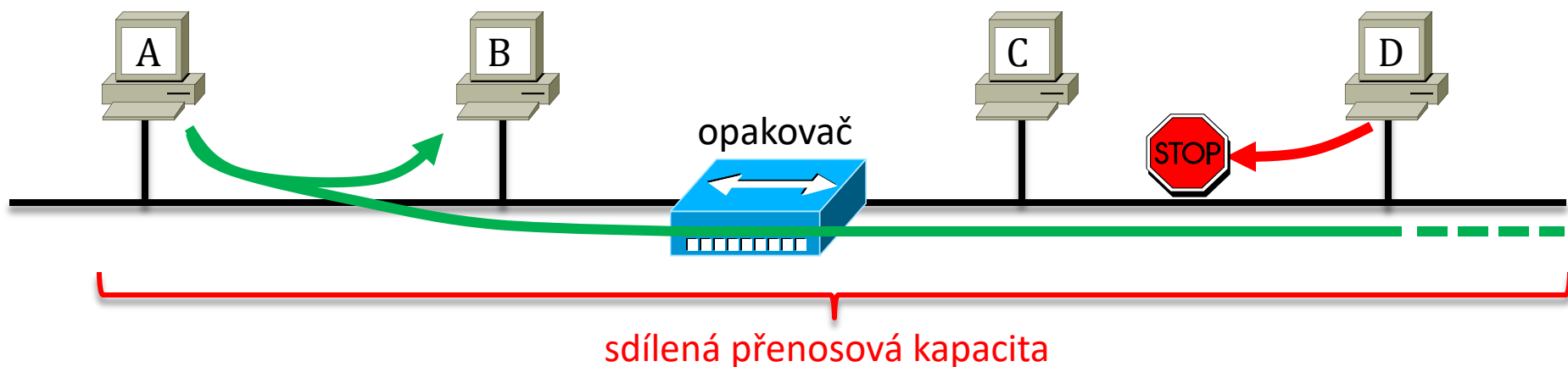
- **důsledek:**

- přenosová kapacita propojených segmentů je společná (**sdílená**)

- všechny uzly společně sdílí jednu přenosovou kapacitu

- **ve smyslu:**

- pokud spolu komunikují dva uzly, ostatní ve stejné době komunikovat nemohou



- pokud uzel A posílá rámeček uzlu B, tento rámeček je šířen přes opakovač do (všech) dalších segmentů, kde obsazuje „zdejší“ přenosovou kapacitu

- přenosové médium je obsazeno

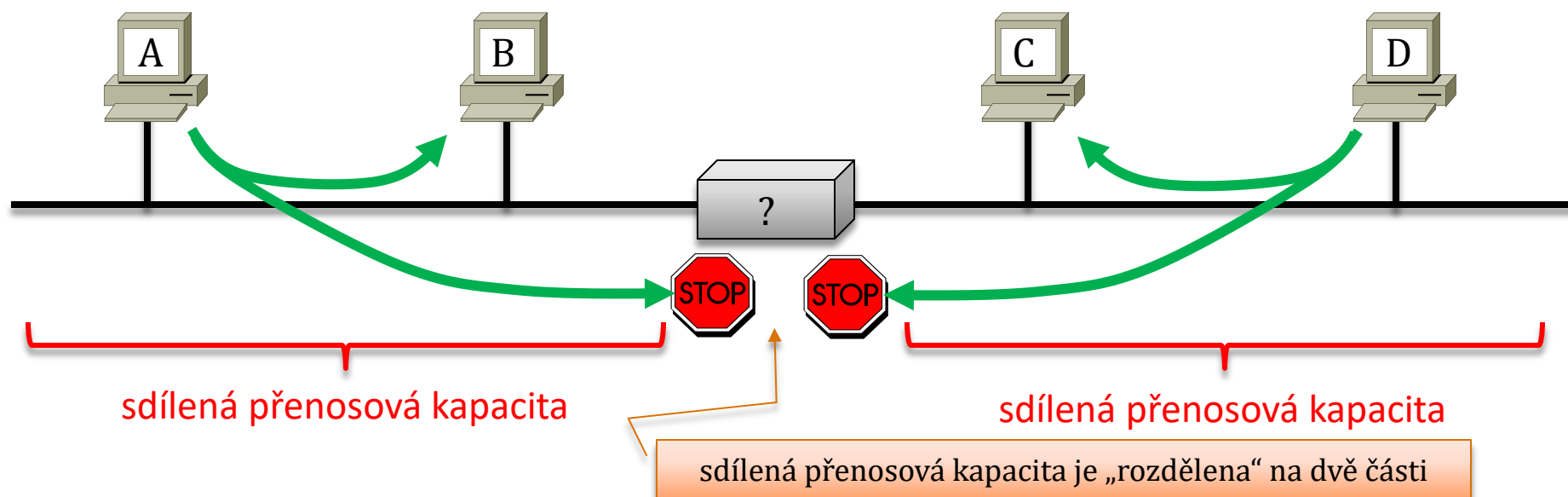
- jeho přenosová kapacita je plně využita – ve všech segmentech

- ve stejné době uzel D nemůže přenášet rámeček k uzlu C (například)

filtrování (filtering)

- **čeho chceme dosáhnout?**

- aby přenos v jednom segmentu „nespotřeboval“ přenosovou kapacitu v jiných segmentech
 - aby data, která „začínají“ i „končí“ ve stejném segmentu, nebyla šířena do dalších segmentů
 - jde o tzv. **filtering (filtrování)**



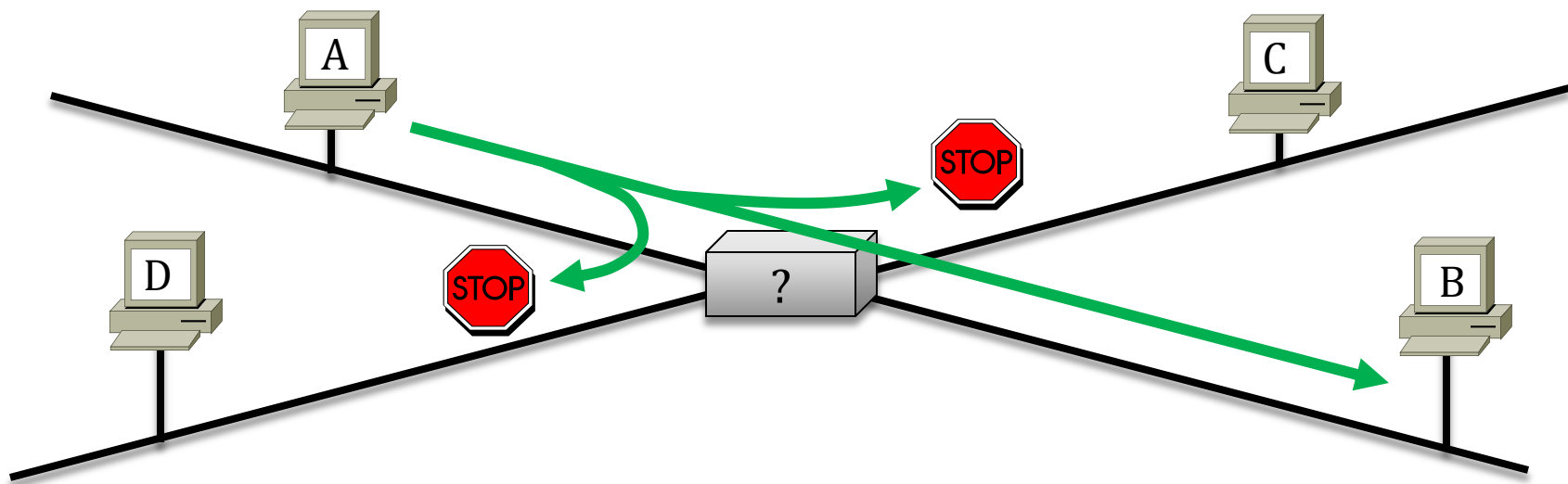
- **nezbytný předpoklad:**

- propojovací uzel („krabička“) už nemůže fungovat jako opakovač
 - který vnímá pouze jednotlivé bity, ale už nedokáže vnímat bloky přenášených dat
- propojovací uzel už musí fungovat na vyšší úrovni, nejméně na L2
 - aby vnímal strukturu přenášených rámců a dokázal pracovat s linkovými adresami

cílené předávání (forwarding)

- čeho chceme dosáhnout?

- aby provoz, který „začíná“ v jednom segmentu a „končí“ v jiném segmentu, nebyl šířen do dalších segmentů
 - ale aby byl **cíleně předáván** („forwardován“) jen do příslušného cílového segmentu



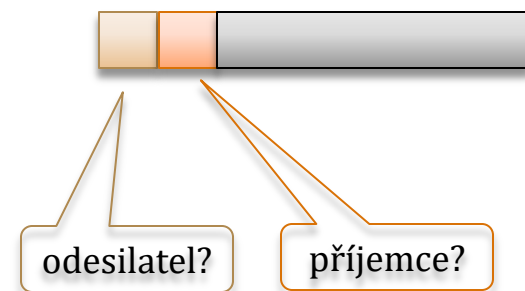
- nezbytný předpoklad:

- stejný jako u filtrování (filtering-u)
 - už se nemůže jednat o opakovač (a propojení na fyzické vrstvě – L1)
- místo opakovače už je nutné použít „krabičku“ pro propojení na L2
 - případně pro propojení na L3, či ještě výše

jak zajistit filtrování a cílené předávání?

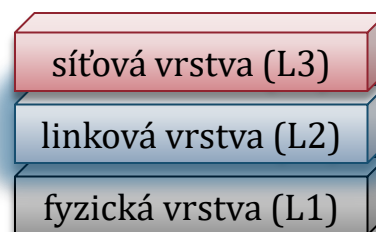
- **filtrování a cílené předávání (forwarding) vyžaduje:**

- „porozumění“ přenášeným blokům
 - alespoň na úrovni adresy příjemce a odesilatele
- informace o skutečné topologii sítě (okolí daného uzlu)
 - na úrovni znalosti o „umístění“ konkrétních uzlů



- **důsledek:**

- filtrování a cílené předávání lze zajistit (nejdříve) na linkové vrstvě (L2)
 - kde se již pracuje s linkovými rámci
 - a jsou tedy známy adresy odesilatele i příjemce



- **praktická realizace:**



- **most** (🇬🇧 bridge)

- starší typ zařízení, fungující na L2
 - optimalizovaný na filtrování
 - dnes se již (tolik) nepoužívá
- typicky:
 - s menším počtem portů a segmentů, které propojuje
 - např. jen 2 porty

- **přepínač** (🇬🇧 switch)



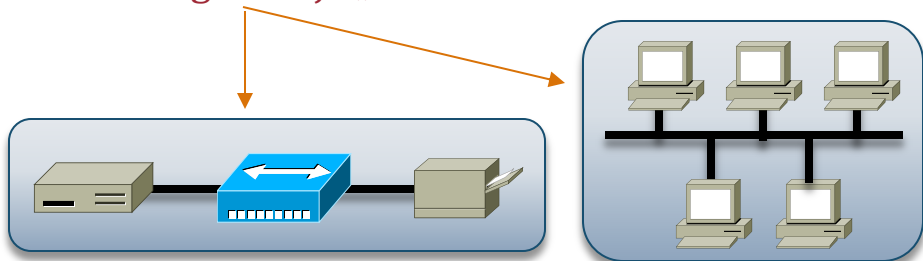
- novější typ zařízení, fungující na L2
 - optimalizovaný na cílené předávání (forwarding)
- typicky:
 - s větším počtem portů a segmentů, které propojuje
 - např. 8 portů, 16 portů atd.

propojování na linkové vrstvě (L2)

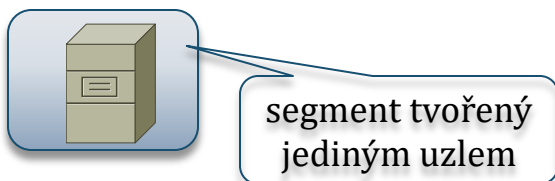
• princip:

- propojováním uzlů na fyzické vrstvě (pomocí opakovačů) vznikají segmenty

- segment je „celek“ na L1

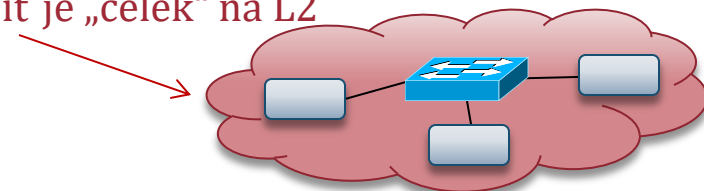


- uzel je zvláštním případem segmentu



- propojováním segmentů na úrovni linkové vrstvy (pomocí přepínačů nebo mostů) vznikají sítě

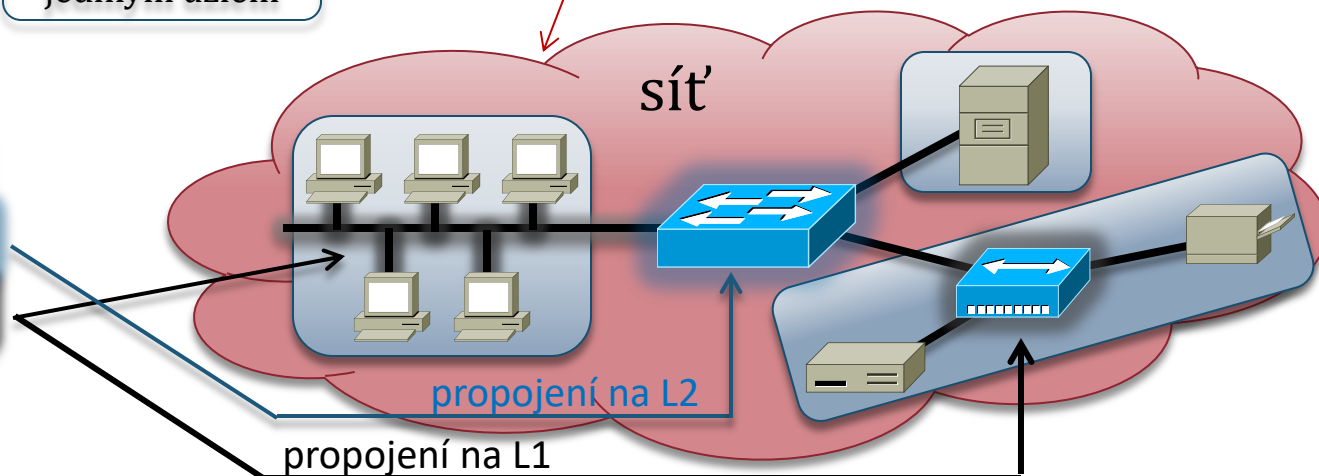
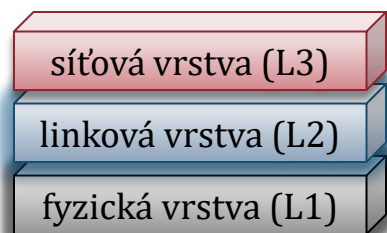
- síť je „celek“ na L2



- z opačného pohledu

- **co je propojeno na linkové vrstvě (L2), se chová jako jedna síť**

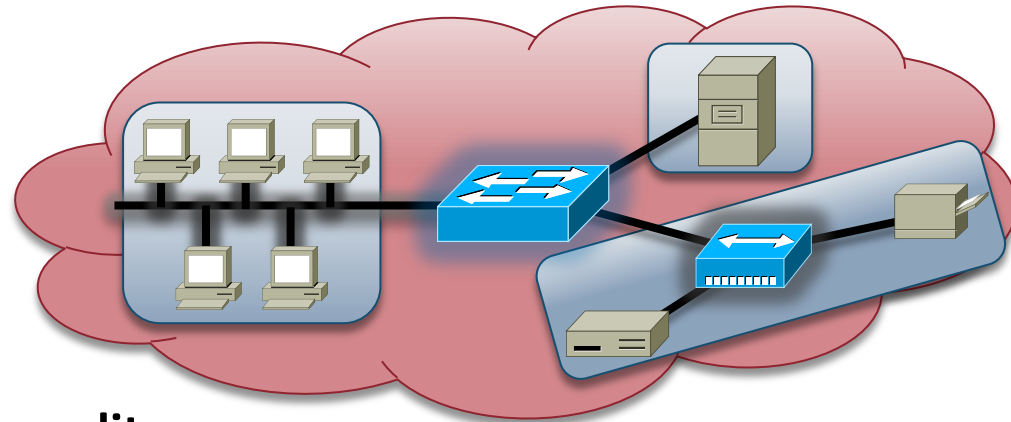
- například: v TCP/IP mají všechny uzly takovéto sítě stejnou síťovou část své IP adresy



„plochá síť“

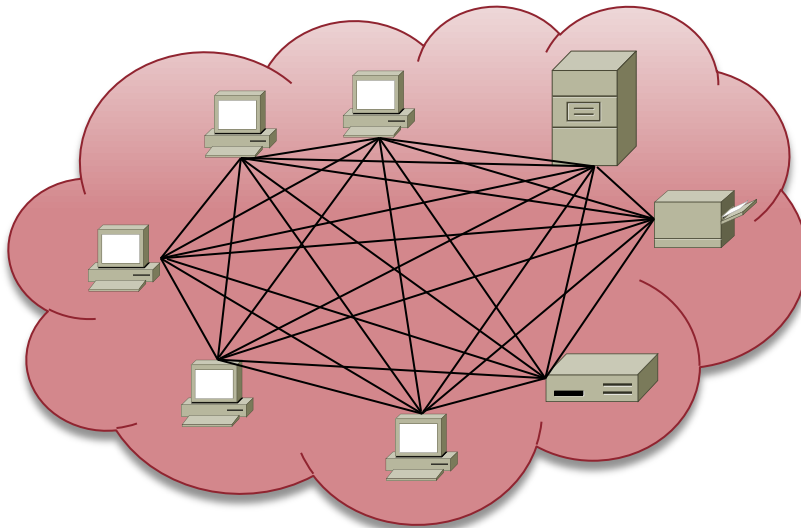
- **koncové uzly v rámci sítě**

- „nevidí“ propojovací uzly
 - přepínače, mosty, ani opakovače
- nevnímají ani rozdělení do segmentů

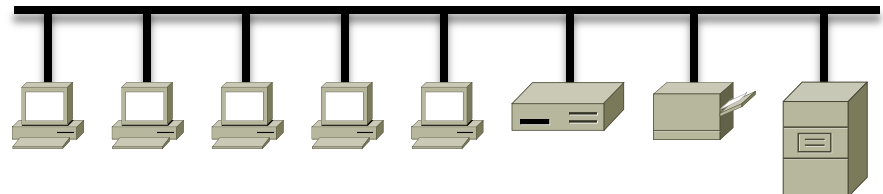


realita

iluze



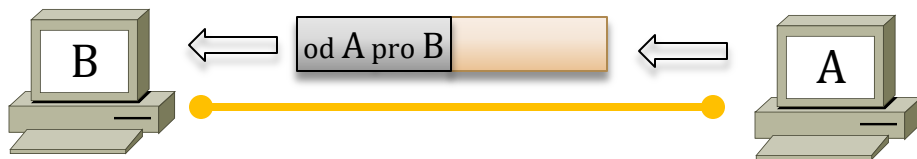
- myslí si, že jsou propojeny se všemi ostatními uzly, a to přímo
 - stylem „každý s každým“
 - ve skutečnosti je to jen iluze
- vnímají celou síť jako plochou
 - ve smyslu



viditelnost propojovacích uzlů na L2

• otázka:

- jak fungují propojovací uzly na L2 (přepínače a mosty) když je koncové uzly nevidí?
 - myslí si, že mají mezi sebou přímé spojení
 - a proto si jednotlivé rámce adresují a posílají přímo



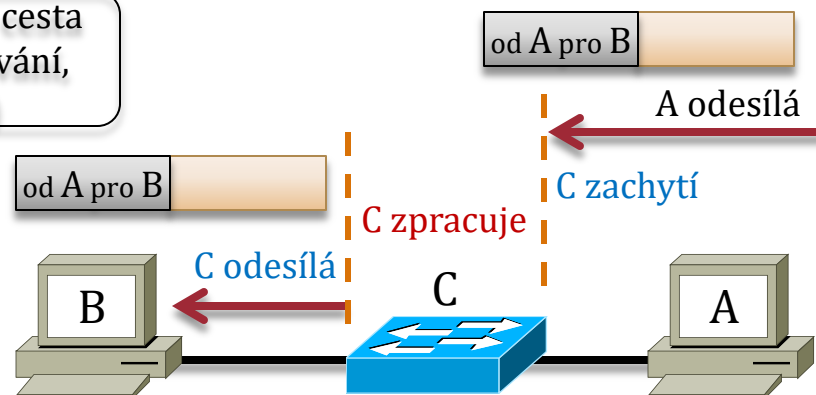
• ve skutečnosti:

- mezi odesilatelem a příjemcem nemusí být přímé spojení
 - ale jen cesta, která vede přes jeden či více mostů/přepínačů



• odpověď:

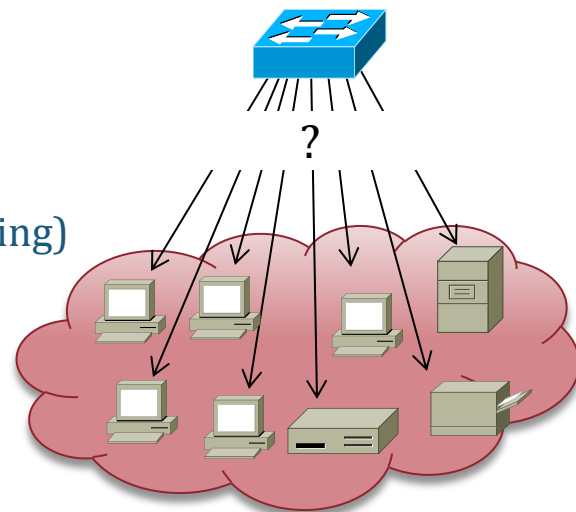
- mosty a přepínače zachytávají (přijímají) veškerý (linkový) provoz
 - všechny linkové rámce
 - bez ohledu na to, komu jsou adresovány
 - mostům či přepínačům ani nemohou být adresovány, protože koncové uzly je nevidí !!!!
 - jde o tzv. **promiskuitní režim**
 - který je výjimkou z normálního způsobu fungování síťových rozhraní
 - která standardně zachytávají jen to, co jim je explicitně adresováno (+ multicast-y a broadcast-y)



fungování mostů a přepínačů

- **otázka:**

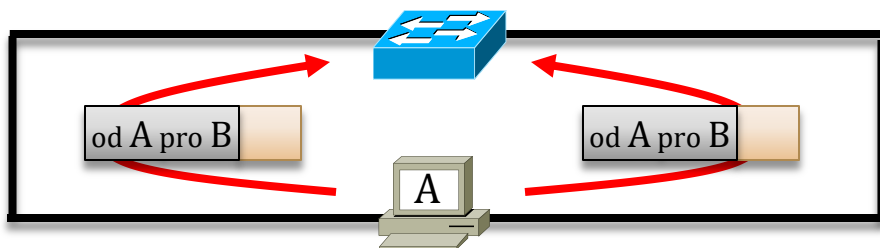
- kde a jak získá most/přepínač informace o svém okolí ?
 - o umístění jednotlivých uzlů v segmentech, které propojuje
 - aby mohl provádět filtrování i cílené předávání (forwarding)



- **možné odpovědi:**

- pomocí statického nastavení
 - správce mu poskytne všechny potřebné informace
- dynamicky
 - metodou zpětného učení
 - používají mosty a přepínače v Ethernetu
 - výhoda:
 - nemusí se nic konfigurovat a nastavovat
 - zařízení jsou skutečně plug&play
 - nevýhoda:
 - v síti nesmí být cykly
 - protože ty brání procesu zpětného učení

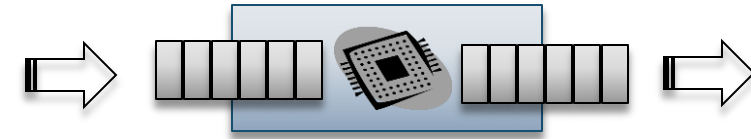
- metodou source routing
 - používají mosty v Token Ring-u



inteligentní přepínače dokáží problém eliminovat:

- ve vzájemné součinnosti detekují cyklus a přeruší ho
 - pomocí algoritmu STA (Spanning Tree Algorithm)
 - fakticky jde o nalezení kostry grafu

store&forward a cut-through



- **mosty a přepínače musí:**

- **bufferovat přenášená data (linkové rámce)**

- na svém vstupu, i na svém výstupu
 - musí „načíst“ alespoň tolik, aby dokázaly zjistit adresu odesílatele a příjemce

- **možnosti:**

- **varianta store&forward**

- **čeká se na načtení celého linkového rámce**

- a teprve pak s ním pracuje
 - hledá se odchozí směr a odesílá se
 - předává se do výstupní fronty

- **výhody**

- segmenty, které most či přepínač propojuje, mohou pracovat s jinou přenosovou rychlostí
- poškozené rámce se nešíří dál

- **nevýhoda**

- vyšší latence (zpoždění)
 - vyšší než je doba přenosu celého rámce (když se čeká na jeho načtení)

- **varianta cut-through**

- **nečeká se na načtení celého rámce**

- ale začíná se s ním pracovat již po načtení jeho hlavičky
 - podle hlavičky se rozhoduje o dalším směru přenosu
 - ještě během „dočítání“ se již načtené části rámce odesílají
 - průběžně

- **výhoda**

- nižší latence (zpoždění)

- **nevýhody**

- lze propojovat jen segmenty o stejné přenosové rychlosti
- poškozené rámce se šíří dál

kolize a všesměrové vysílání

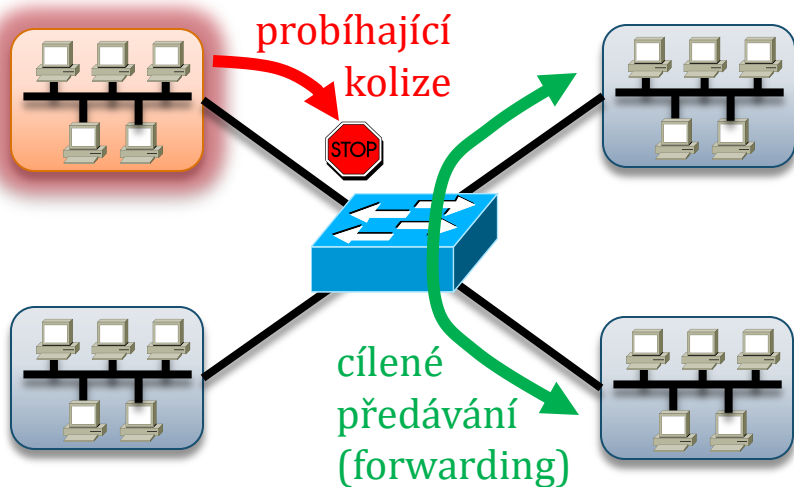
- mosty a přepínače **nepropouští kolize (v Ethernetu)**

- díky tomu, že bufferují data (ukládají je do vyrovnávacích pamětí)

- dokáží „pozdržet“ data, než v cílovém segmentu odezní kolize

- **dokonce:**

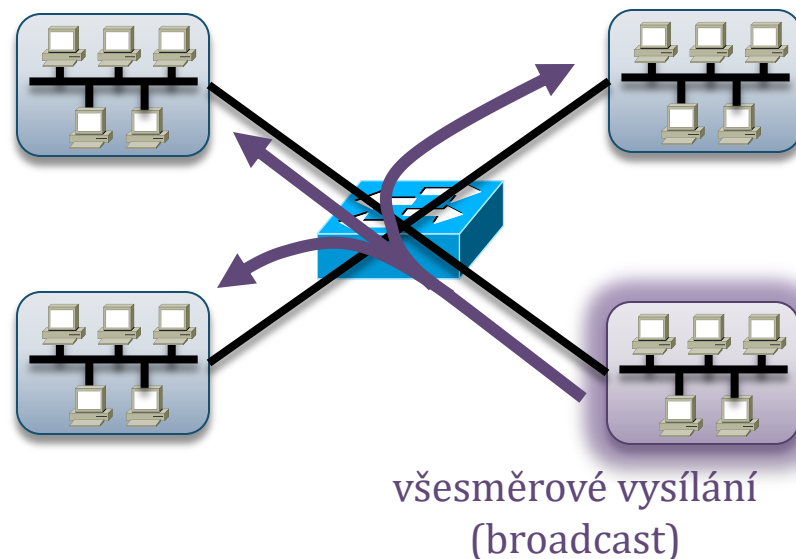
- i když v jednom segmentu probíhá kolize, mezi ostatními segmenty mohou být „běžným způsobem“ přenášena data



- mosty a přepínače **propouští všesměrové vysílání**

- tzv. linkový broadcast (broadcast na L2)

- broadcast se musí rozšířit po celé síti
 - protože síť je „to, co je propojeno na L2“



- **důsledek:**

- nutnost šířit všesměrové vysílání je důvodem, proč nedělat „příliš velké“ sítě
 - velké ploché sítě, s velkým počtem uzlů

mosty vs. přepínače

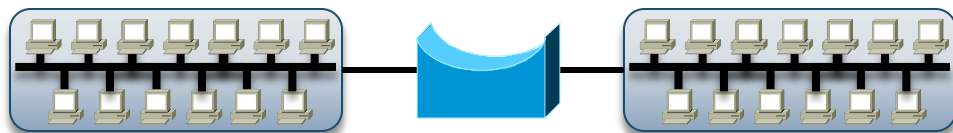
• jaké jsou rozdíly mezi mosty a přepínači?

– připomenutí:

- mosty jsou starší zařízení, optimalizovaná na filtrování
- přepínače jsou novější zařízení, optimalizovaná na cílené předávání

• most (bridge)

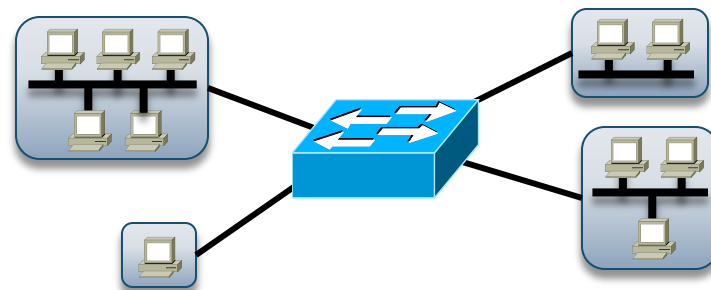
- obvykle propojuje malý počet segmentů
 - které jsou ale typicky „větší“ – s více uzly



- most neklade (tolik) důraz na rychlost
 - pro filtrování není (tak) důležitá
- může být (bývá) implementován v SW
 - jako most může fungovat např. běžný osobní počítač se 2 síťovými kartami, mezi kterými „přehazuje“ linkové rámce
- dnes už se mosty nepoužívají

• přepínač (switch)

- obvykle propojuje větší počet segmentů
 - které ale bývají „menší“ – s méně uzly
 - například i jen 1 uzel na 1 segment



- přepínač klade velký důraz na rychlost
 - která je pro cílené předávání (forwarding) velmi důležitá
- jeho hlavní funkce jsou obvykle implementovány v HW
 - kvůli co nejvyšší rychlosti

segmentace sítí

- **praktická otázka:**

- jak co nejefektivněji využít dostupnou přenosovou kapacitu?
 - tak, aby se jednotlivé přenosy navzájem co nejméně omezovaly?

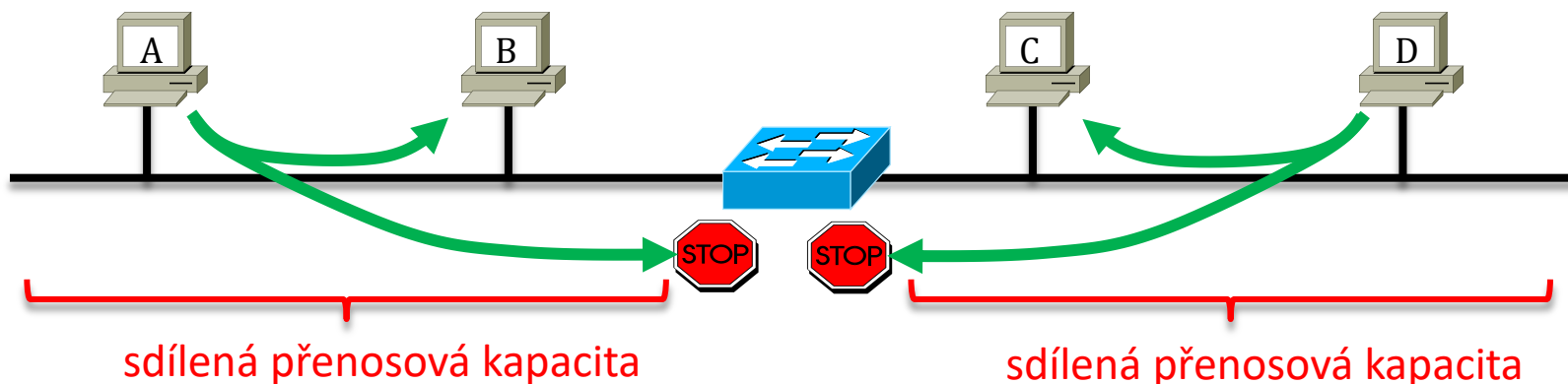
- **připomenutí:**

- uzly, propojené na fyzické vrstvě (L1) společně sdílí celou dostupnou kapacitu
 - jde o tzv. **sdílenou kapacitu**
 - ve smyslu: lze ji využít jen 1x



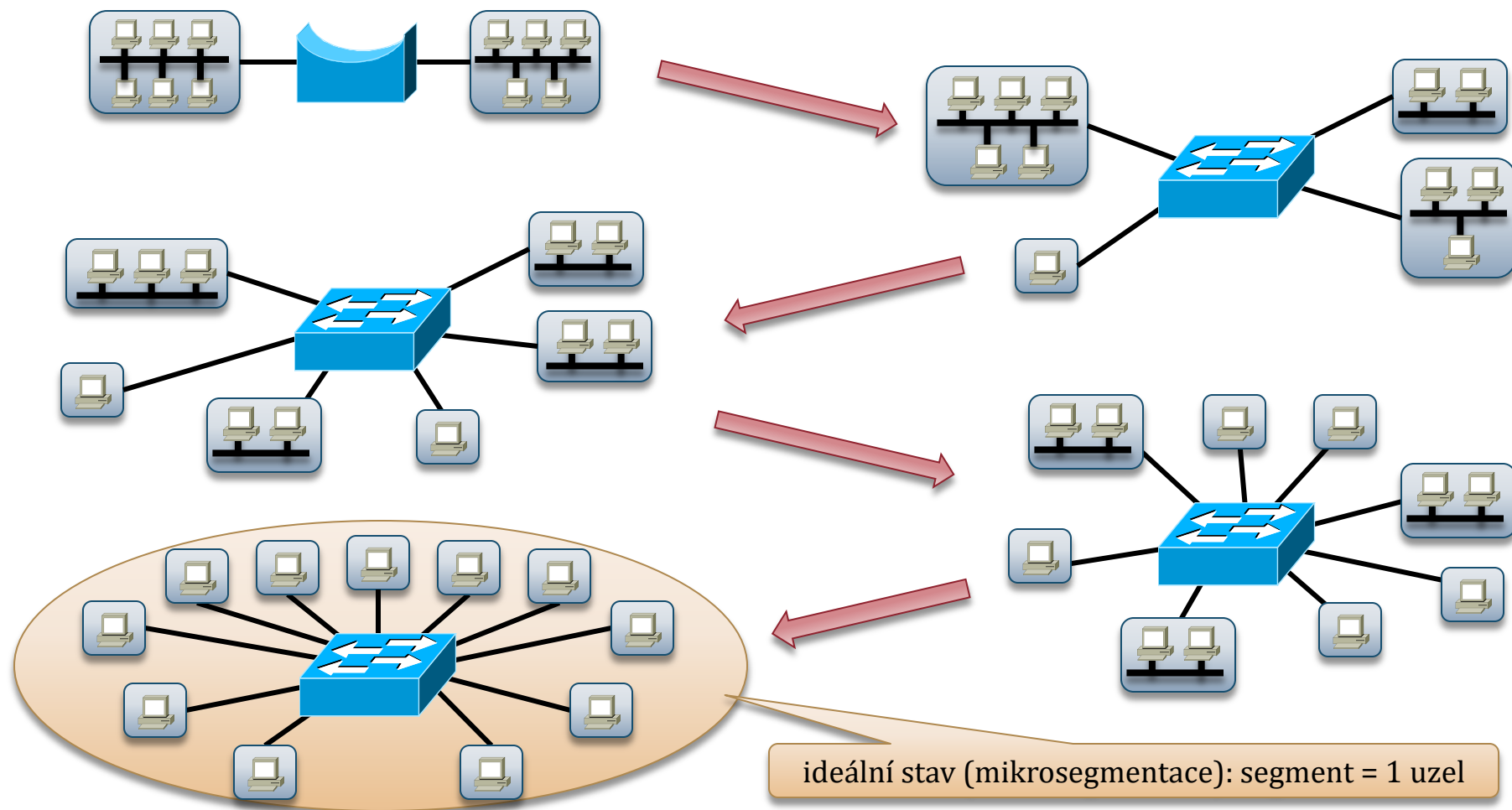
- **princip segmentace**

- síť se rozdělí na segmenty, propojené na linkové vrstvě (L2)
 - cíl/důsledek: v ideálním případě lze dostupnou kapacitu využít Nx (kde N je počet segmentů)
- příklad (pro $N=2$, resp. pro dva segmenty)
 - původní sdílená přenosová kapacita je rozdělena na dvě sdílené přenosové kapacity, které mohou být (v ideálním případě) využívány nezávisle na sobě (tj. $2x$)





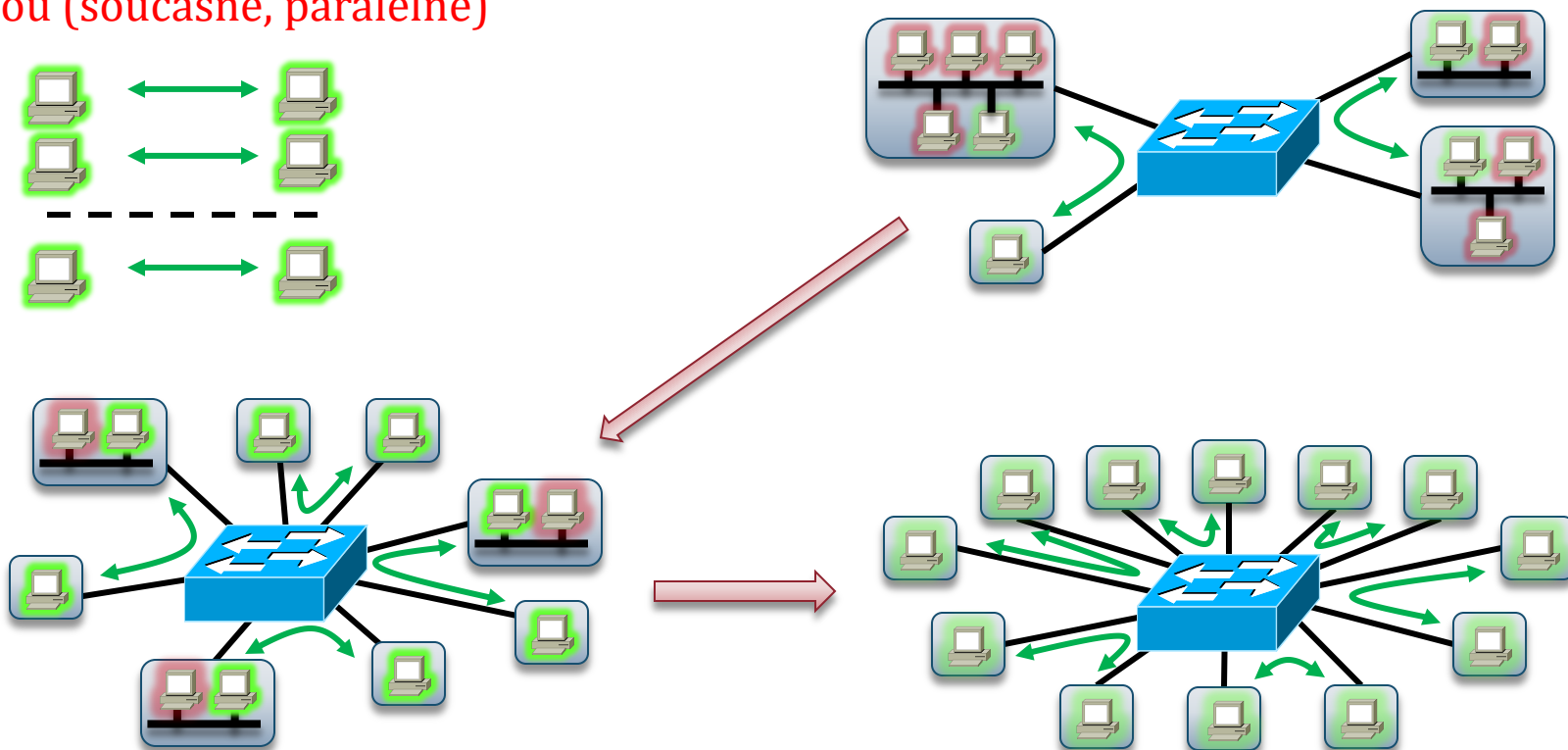
- **obecný postup:**

- chceme-li dosáhnout co nejvyšší propustnosti / co nejefektivněji využít dostupnou kapacitu
- (menší počet) větších segmentů rozdělíme na (větší počet) co nejmenších segmentů
- a propojíme je dostatečně výkonnými přepínači



přínos segmentace

- se zmenšováním segmentů roste šance na vícenásobné (současné) využití dostupné přenosové kapacity
 - uzel, který využívá (celou) dostupnou přenosovou kapacitu 
 - např. u 10 Mbit/s Ethernetu přenáší data (nominální) rychlosti 10 Mbit/s
 - uzel, který nemůže využít dostupnou přenosovou kapacitu 
- jak/čím vzniká přínos?
 - přenosů (plnou rychlostí/s využitím celé přenosové kapacity) může probíhat více najednou (současně, paralelně)



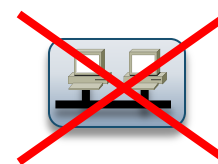
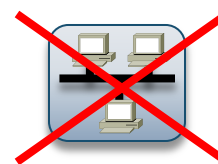
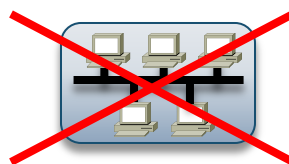
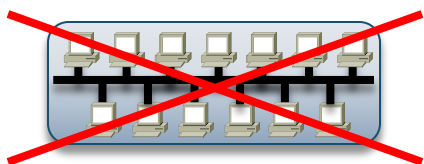
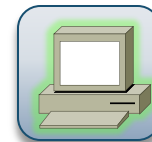
vyhrazená přenosová kapacita

- o **vyhrazené přenosové kapacitě** lze hovořit v situaci, kdy došlo k tzv. **mikrosegmentaci**

– rozdělení (segmentaci) na segmenty, které obsahují jen 1 uzel

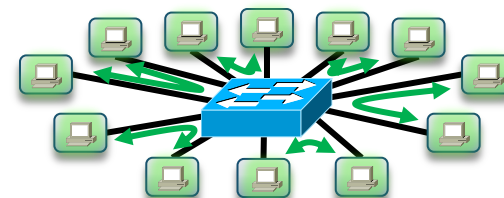
- tj. žádný segment již není sdílený

– sdílený v tom smyslu, že by obsahovat 2 či více uzlů, které by sdílely kapacitu segmentu



– každý uzel má celou přenosovou kapacitu „svého“ segmentu výhradně pro sebe

- je pro něj vyhrazena a nemůže být sdílena s jinými uzly



- podmínkou (využití vyhrazené kapacity)

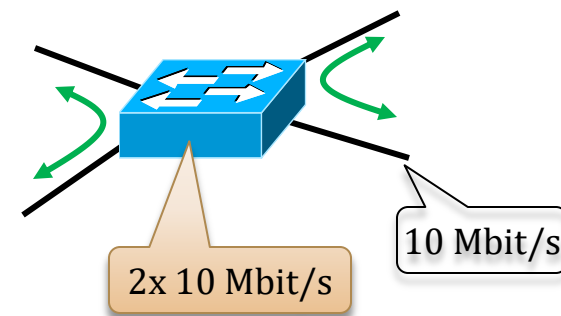
– je dostatečná „rychlost“ přepínače

- musí stíhat přenášet (přepínat, přepojovat) všechny souběžné přenosy


– aniž by se navzájem jakkoli ovlivňovaly (brzdily, či jinak zpomalovaly)

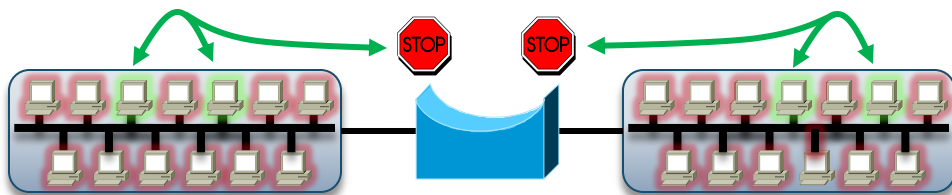
- jeho „vnitřní“ (přepojovací) kapacita musí být adekvátním násobkem kapacity, odpovídající rychlosti přenosu v rámci jednotlivých segmentů

– jinak se přepínač stává úzkým hrdlem a brání plnému využití vyhrazené kapacity

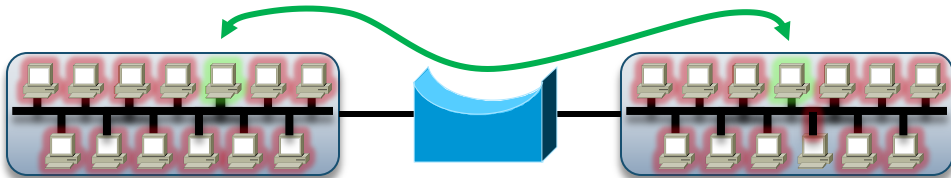


rozdíl mezi mosty a přepínači

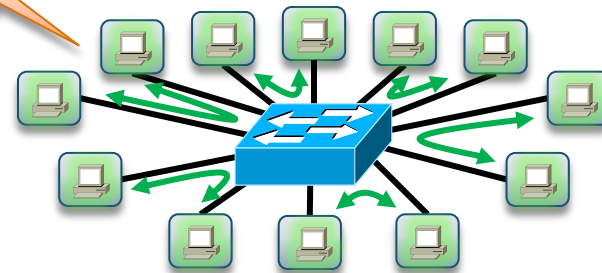
- **most** ( bridge) má oddělovat
 - nemá za úkol podporovat/vytvářet vyhrazenou přenosovou kapacitu
 - má (velmi často) jen 2 porty
 - a dokáže propojit jen 2 segmenty
 - má za úkol bránit tomu, aby se provoz z jednoho segmentu zbytečně šířil do dalšího (dalších) segmentů
 - musí hlavně filtrovat (blokovat)
- **přepínač** ( switch) má propojovat
 - má za úkol podporovat/vytvářet vyhrazenou přenosovou kapacitu
 - má (obvykle) větší počet porty
 - a dokáže propojit více segmentů
 - s menšími počty uzlů (např. jen s 1 uzlem)
 - filtrování u něj vůbec nemusí nastat !!
 - jen cílené předávání (forwarding) 



- na rychlosti cíleného předávání (forwarding-u) u něj tolik nezáleží
 - „skrz něj“ prochází (obvykle) jen 1 datový tok







ideálně



- na rychlosti cíleného předávání (forwarding-u) u něj velmi záleží
 - proto je přepínač optimalizován na rychlost
 - maximum funkcí je v něm „zadrátováno“
 - realizováno v HW

parametry přepínačů

-  **wire speed, wire rate (jako substantivum/podstatné jméno)**
 - je (nominální) rychlost, s jakou se přenáší data „po drátě“ (přenosové cestě)
 - fakticky jde o přenosovou rychlost
 - měří se v bitech za sekundu (a násobcích)
-  **forwarding speed**
 - je rychlost, s jakou dochází k „cílenému předávání“ (forwardování) celých bloků
 - rámců, resp. paketů
 - měří se v paketech za sekundu (pps, packets per second)
 - pro (nejmenší možné) ethernetové rámce (64 B) při 100 Mbit/s je nutných cca 149 Kpps
 - pro (max. velké) ethernetové rámce (1518 B) při 100 Mbit/s je nutných cca 8 Kpps
- **přívlastek: neblokující ( *non-blocking*), též: fungující „at wire speed“**
 - označuje takové propojení/zpracování, které nezpomaluje (nezahazuje, neblokuje)
 - ani přenosy, probíhající rychlostí „wire speed“
- **neblokující přepínač ( *non-blocking switch*)**
 - je takový přepínač, který zvládá teoretickou maximální zátěž, kterou mohou generovat jeho porty (všechny současně)
 - který nemusí zahazovat, zpomalovat či jinak blokovat rámce, přenášené rychlostí „wire speed“
 - podmínkou je dostatečná rychlost cíleného předávání (forwarding speed, v pps)
 - a podle konstrukce přepínače i dostatečná rychlost „uvnitř“ (backplane,), v bitech/s