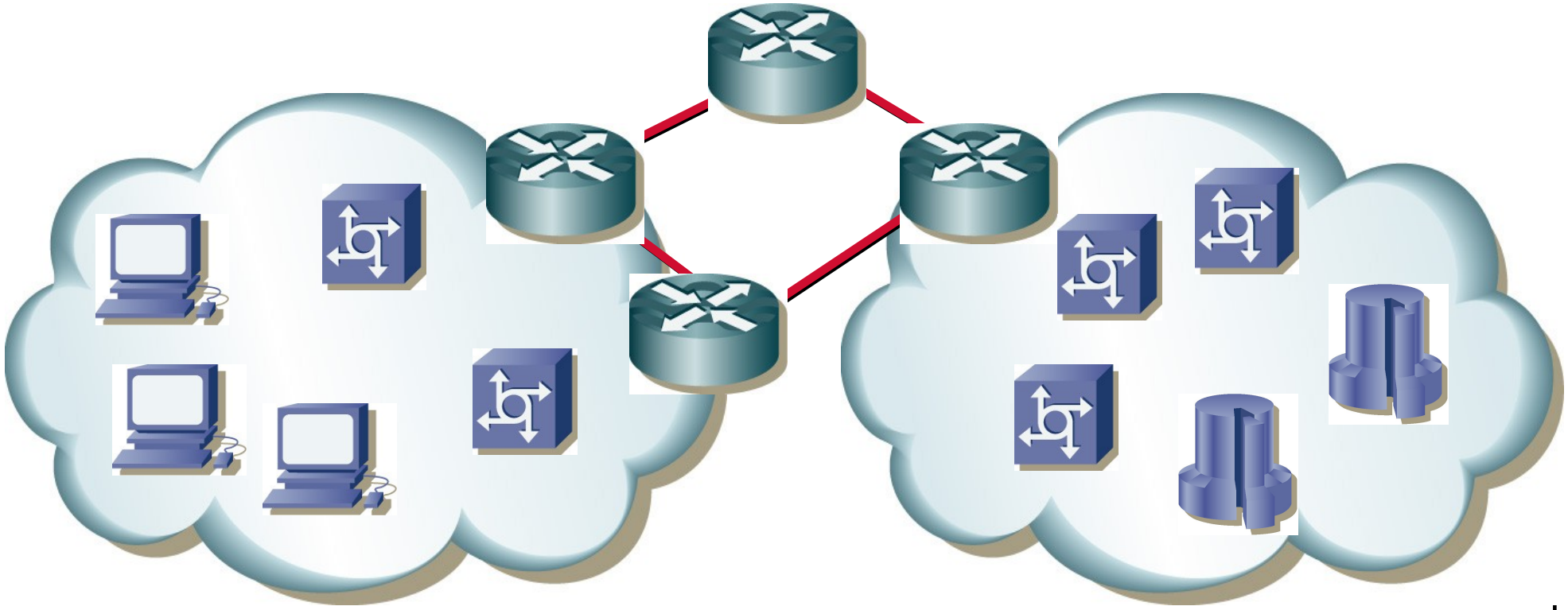
Počítačové sítě I

2. Síťové modely

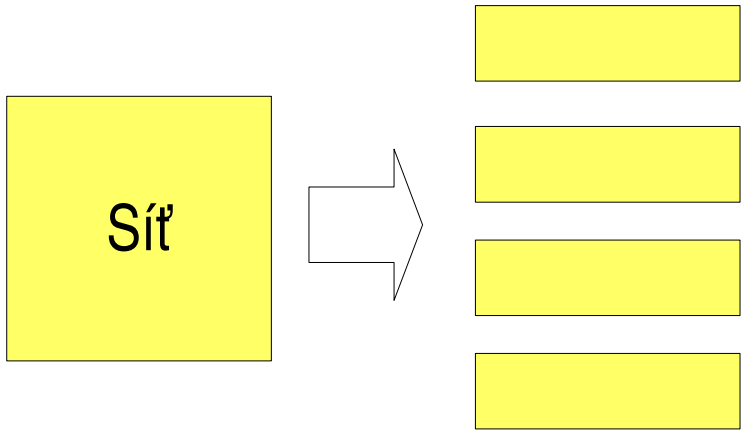
Miroslav Spousta, 2005
<qiq@ucw.cz>, http://ww.ucw.cz/~qiq/vsfs/



Síťový model

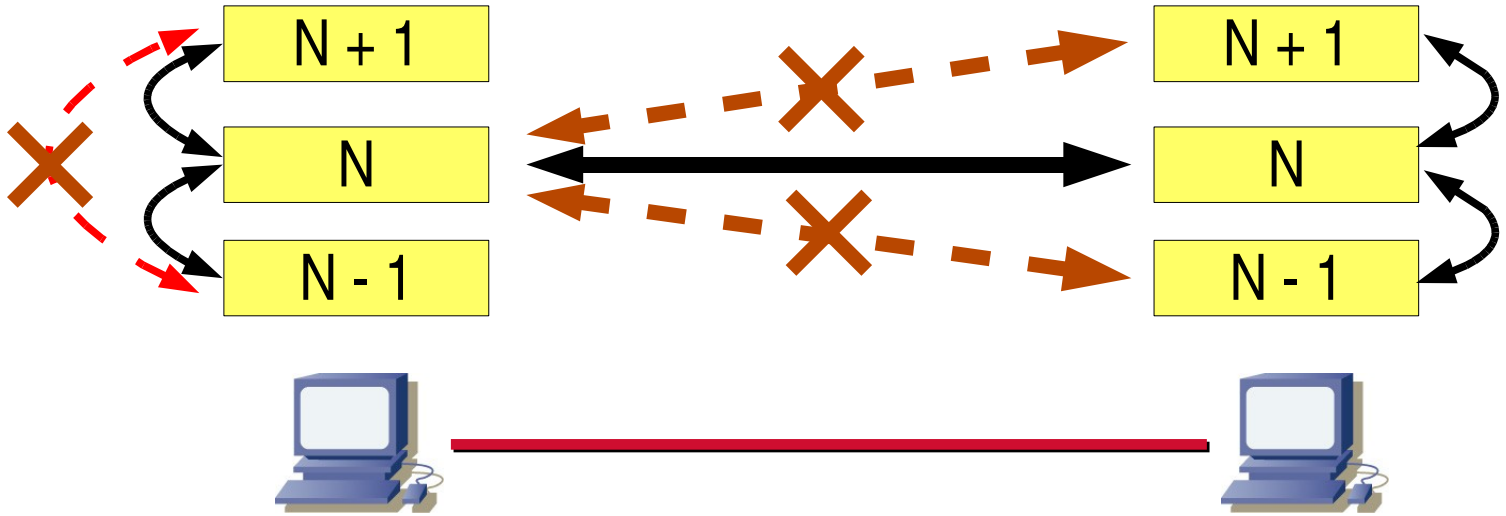
Jak postavit počítačovou síť?

- složitý problém, je vhodné ho rozložit na podproblémy
- nabízí se možnost dekomponovat na několik úrovní podle funkce
  - dobře odpovídá opravdovým implementacím
  - umožňuje to do jisté míry zaměnitelnost implementací
    - v praxi: zaměňujeme hlavně nejnižší vrstvy
- jednotlivé vrstvy mohou být řešeny jako HW nebo SW
- kolik má být vrstev?
- co má která za úkol?
- jak budou spolupracovat?



Síťový model

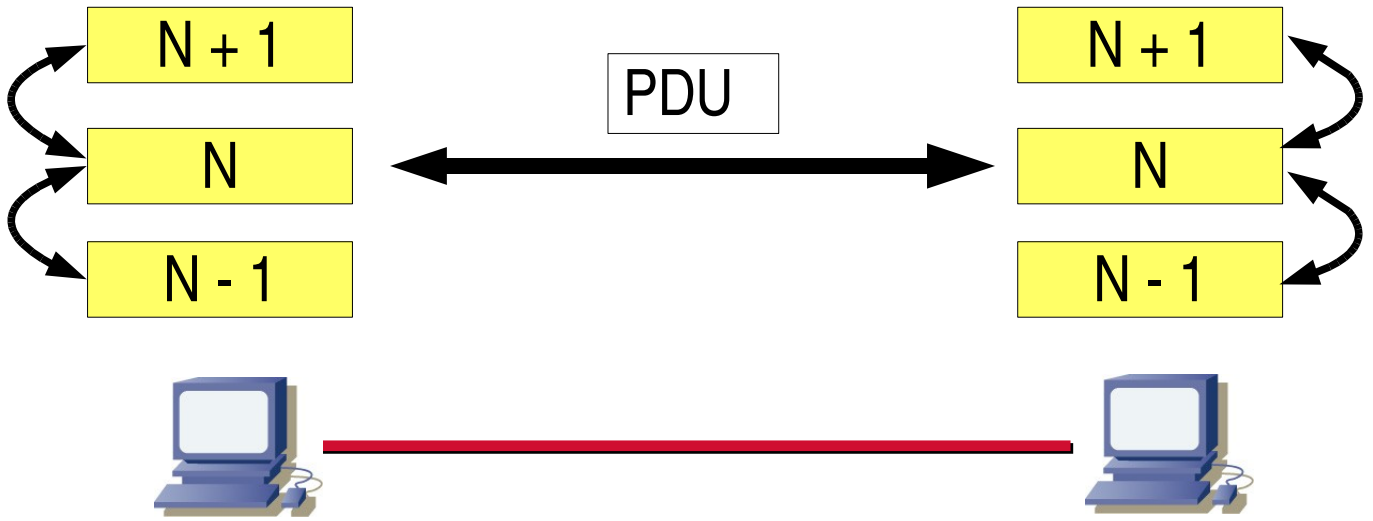
- Jak spolu budou vrstvy provázané?
- vždy budou komunikovat jen sousední vrstvy (vertikální komunikace)
  - vrstva dostává požadavky od vyšší a využívá služeb nižší vrstvy
- vrstvy komunikují „po síti“ s protilehlou vrstvou *stejné* úrovně
  - horizontální komunikace



Protokol

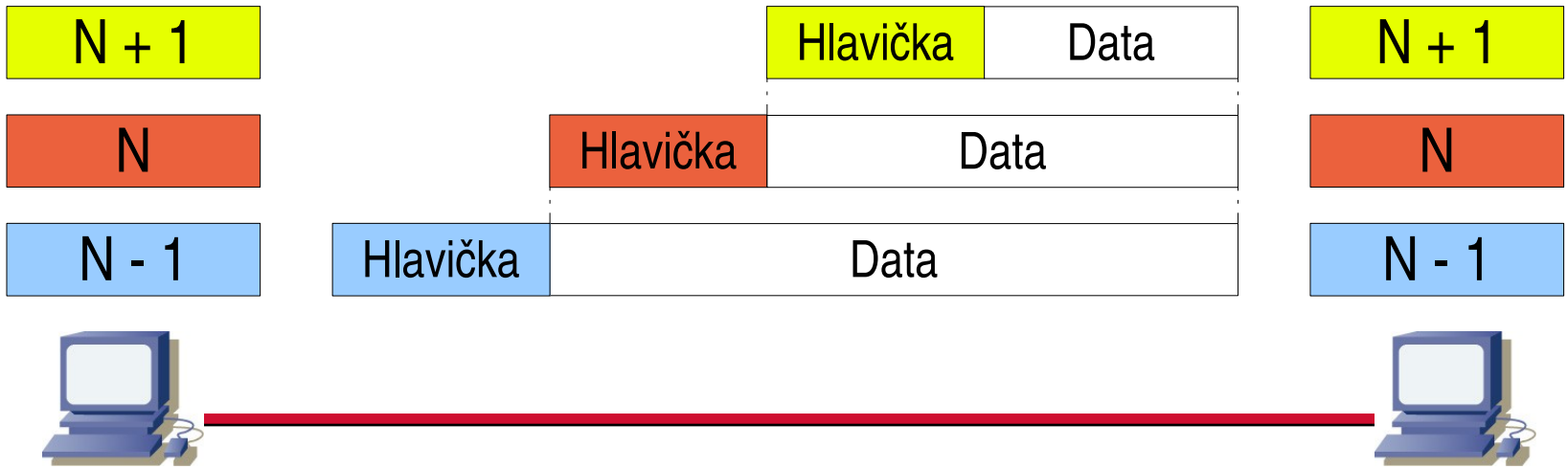
definuje pravidla komunikace odpovídajících si vrstev
- každý protokol patří do některé z vrstev
- v jedné vrstvě může koexistovat několik protokolů (např. TCP, UDP)

data se předávají po PDU (Protocol Data Unit)
- liší se podle vrstvy
- obsahují dvě části: hlavičku (případně patičku) a data

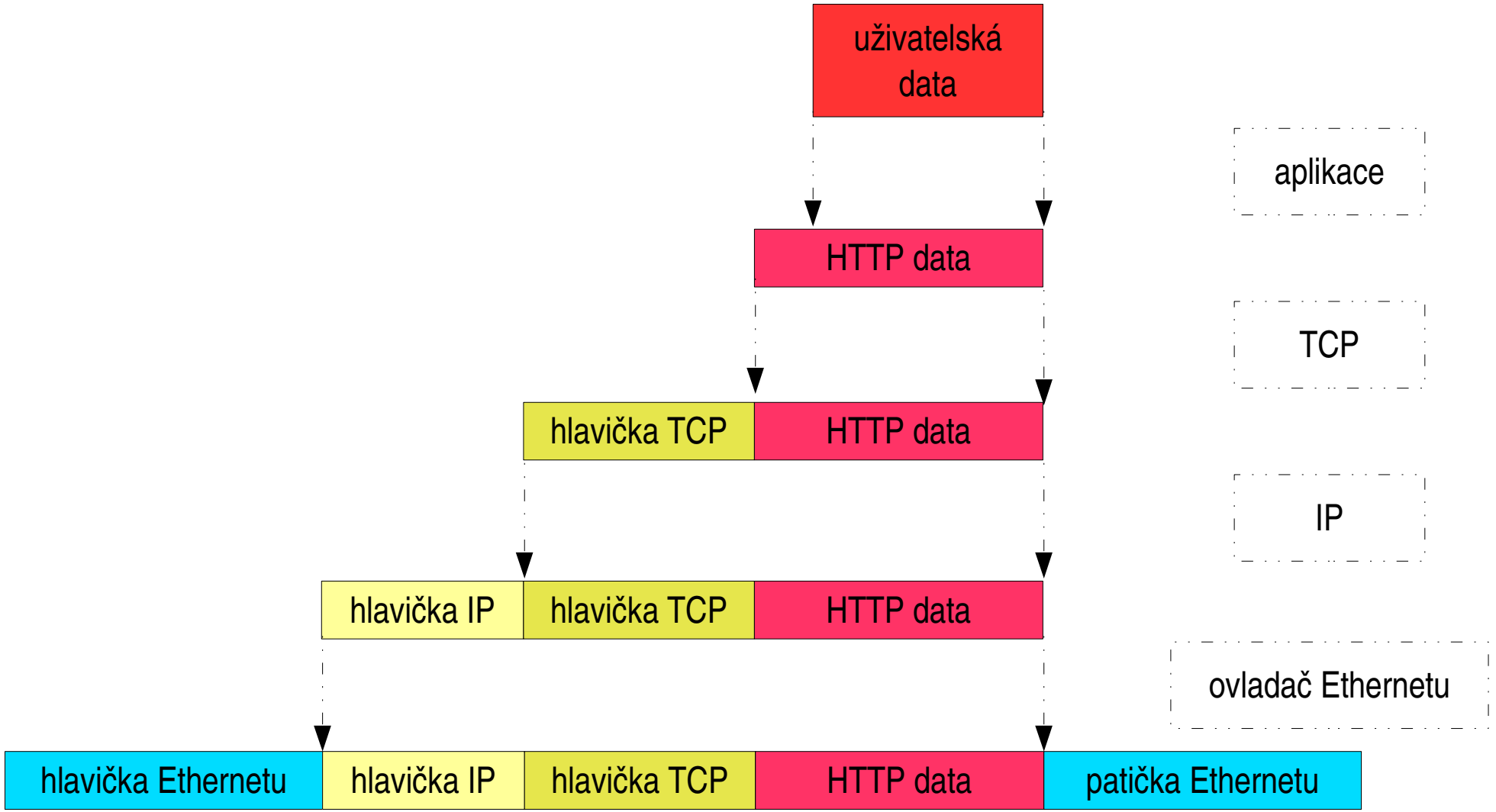


Zapouzdření

- data se předávají od vyšší vrstvy k nižší
- postupně se „obalují“, přibývají řídící informace jednotlivých vrstev
- nižší vrstva nerozumí struktuře, bere vše jako data
- po přijetí se data opět postupně vybalují
- veškeré údaje nutné pro zpracování dat jsou v hlavičce
  - adresa odesilatele, příjemce, typ dat, pořadové číslo, ...



Příklad zapouzdření



Architektura a model

- Model = představa o tom, jak má síť vypadat
  - kolik má vrstev, které vrstvy mají co za úkol
  - např. referenční model ISO/OSI
- Architektura
  - konkrétní naplnění jednotlivých vrstev
  - konkrétní protokoly pro jednotlivé vrstvy
  - např. TCP/IP, IPX/SPX

Referenční model ISO/OSI

- původně mělo jít o síťovou architekturu (tedy včetně implementace)
  - později alespoň jako specifikace protokolů
  - nakonec bez popisu protokolů
- velmi obecný
  - snažil se obsáhnout všechny možnosti síťové komunikace
  - maximalistický: vše, co by se „někdy mohlo hodit“
  - příliš složitý na implementaci (vznikal jako teoretický základ)
- mezinárodně standardizován
- dnes slouží především pro srovnávání jednotlivých architektur
- nakonec bylo zvoleno 7 vrstev jako ideální

Referenční model ISO/OSI

- podobné činnosti patří do stejné vrstvy
- rozdělení na vrstvy by mělo minimalizovat tok dat mezi nimi (režii)
- práce by měla být mezi vrstvy rozdělena stejnoměrně
- rozdělení by mělo zohledňovat stávající standardy
- není sedm vrstev zbytečně mnoho?
  - TCP/IP má čtyři

Fyzická vrstva

- jejím úkolem je přenos bitů po fyzickém médiu
  - nabízí službu pro příjem a odesílání bitů
- kódování, modulace, časování, synchronizace
- základní a přeložené pásmo
- médium (bez drát, vodiče, optické vlákno)
- elektrické parametry signálů
- mechanické parametry (konektory, rozhraní)
- paralelní, sériový přenos
- synchronní, asynchronní, arytmický

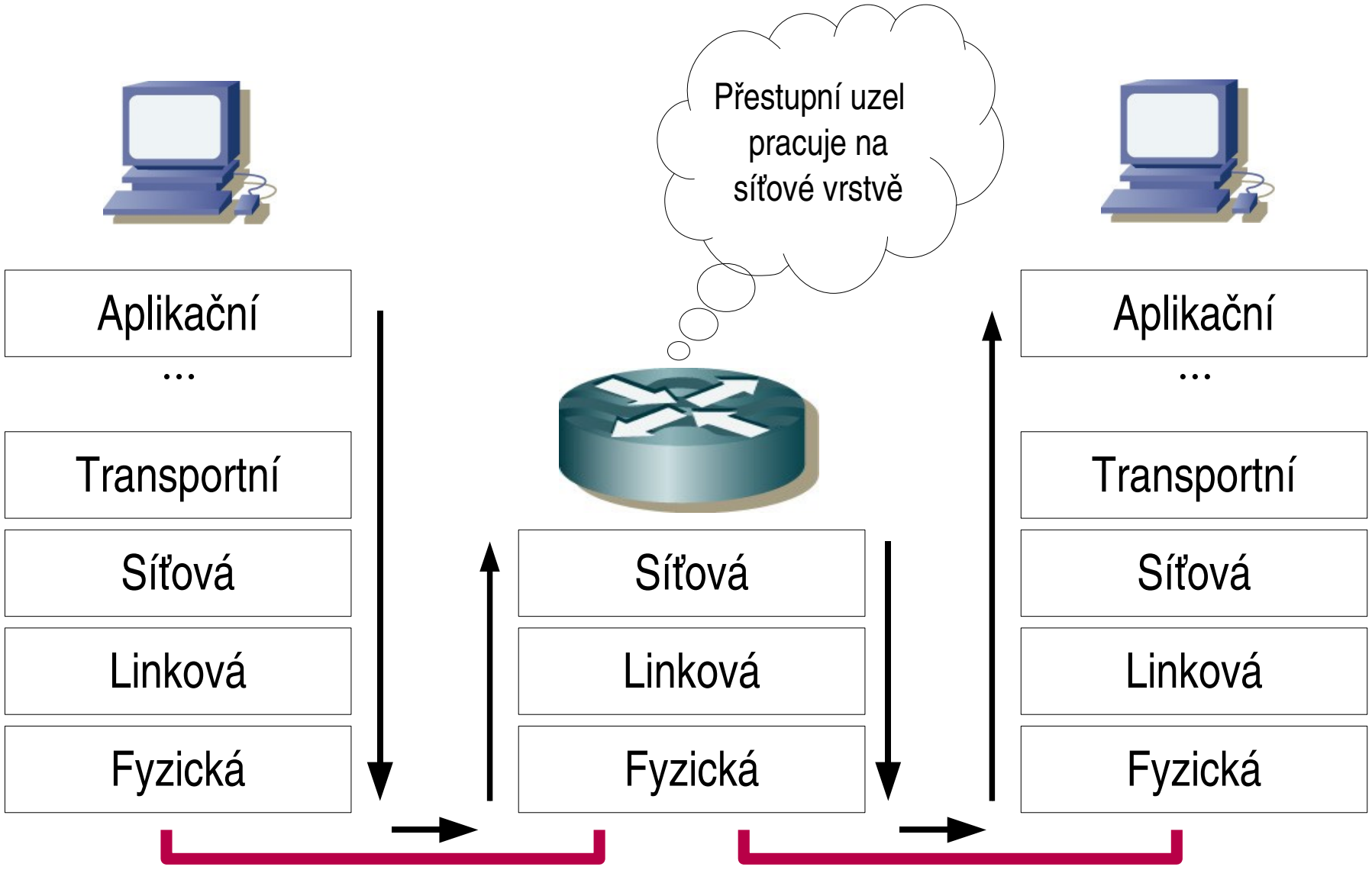
Linková vrstva

- přenáší bloky dat: rámce (frame)
- přenáší data jen v přímém spojení (jen k blízkým sousedům, ne přes hranici sítě)
- využívá různé implementace fyzické vrstvy
- synchronizace rámců (začátek, konec, …)
- řízení přístupu ke sdílenému médiu
- detekce a náprava chyb
- řízení toku dat (ochrana před zahlcením příjemce)

Síťová vrstva

- zajišťuje přenos paketů (ty se vkládají do linkových rámců)
- pakety se přenášejí od zdrojového uzlu k cílovému, mohou procházet přes různé přestupní uzly v mezilehlých sítích
- zajišťuje směrování jednotlivých paketů v síti
  - podle různých algoritmů:
    - centralizované, distribuované
    - adaptivní, neadaptivní
- nejvyšší vrstva přenosové infrastruktury
  - tedy nejvyšší, která musí být přítomna na přestupních uzlech

Směrovač


Přestupní uzel pracuje na síťové vrstvě
Aplikační
...
Transportní
Síťová
Linková
Fyzická
Síťová
Linková
Fyzická
Aplikační
...
Transportní
Síťová
Linková
Fyzická

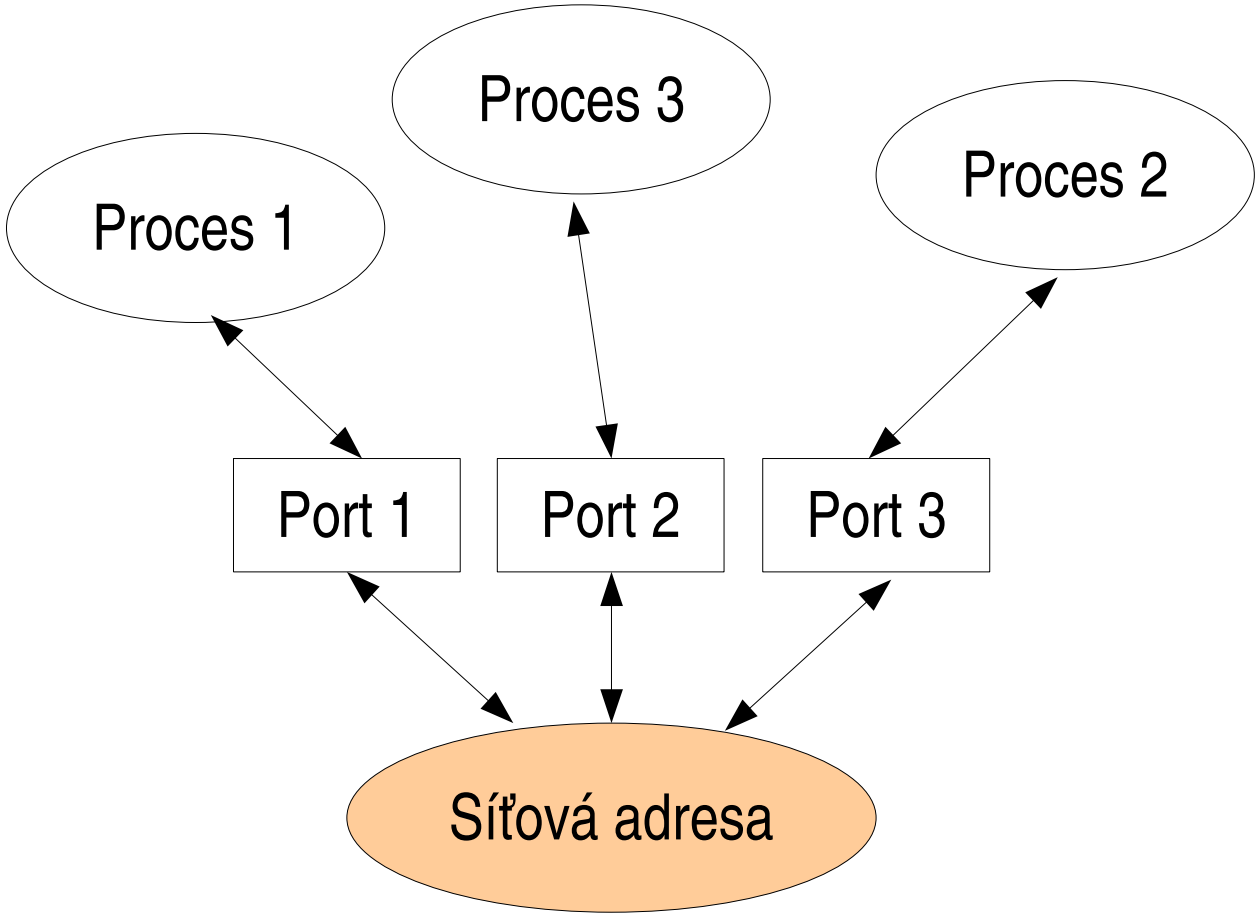
Transportní vrstva

- Nabízí a zajišťuje spolehlivý přenos dat
  - přizpůsobuje možnosti sítě požadavkům aplikací
- dvě varianty:
  - transportní služba bez spojení (přenos bloků)
  - transportní služba se spojením (navázání, přenos dat a ukončení spojení)
- zakrývá rozdíly nižších vrstev
  - vyšší vrstvy mohou vyžadovat něco, co nižší vrstvy nenabízí
  - spojení <=> bez spojení. spolehlivost <=> nespolehlivost
- řízení toku dat

Transportní vrstva

- až do síťové vrstvy se uzly chápou jako nedělitelné, mají jednu adresu
- transportní služba umožňuje rozlišit jednotlivé entity (např. procesy, služby)
- obvykle jsou rozlišeny pomocí portů, se kterými se procesy asociují
- příklad: TCP port 80 se používá pro HTTP protokol (World Wide Web)

Transportní vrstva



Relační vrstva

- Úkolem je synchronizace dialogu vyšších vrstev
- navazuje spojení
  - něco jako operátorka v manuální telefonní ústředně
- řídí tok dat (prioritní data, …)
- další možné úkoly: transakce, šifrování dat
- není příliš jasné, co má dělat v počítačových sítích
- v TCP/IP úplně chybí

Prezentační vrstva

- zabývá se strukturou zpráv, jejím zápisem (*syntaxí*)
- přizpůsobuje strukturu zprávy aplikaci
- převod kódů a abeced, modifikace grafického uspořádání dat
- linearizace (převod vícerozměrných struktur do lineární podoby)
- poskytuje:
  - dohodu o syntaxi
  - transformace

Prezentační vrstva

Nižší vrstvy se snaží přenést data přesně bit po bitu

Prezentační vrstva naopak do dat může zasahovat:

- změna kódování dat:
  - převod mezi různými typy čísel s plovoucí řádovou čárkou (floating point)
  - převod mezi architekturami Big a Little Endian
    - celá čísla se mohou ukládat dvěma způsoby
  - převod kódování (ASCII, EBCDIC)
  - formát dat, struktur

Aplikační vrstva

- zpřístupnění komunikace aplikacím a procesům
  - původně: popisuje všechny aplikace
    - nemá smysl
  - => pouze ty části aplikací, které komunikují
- poskytuje služby:
  - přenos zpráv
  - identifikaci komunikujících stran (číslem, adresou, jménem)
  - dohoda o ochraně přenášených zpráv
  - určení kvality používané služby
  - synchronizace aplikací (klient – server)

Problémy modelu ISO/OSI

- příliš složitý, objemný, těžkopádný, maximalistický
  - => nedá se implementovat
- vznikl na papíře (s malým ohledem na dosavadní praxi v *počítačových* sítích)
- vhodnější pro rozsáhlé sítě (pro lokální zbytečně složitý)
  - např. složité zabezpečení spolehlivosti, které nemusí být využito
- upřednostňuje spolehlivé a spojované služby
  - vznikl na popud lidí „od spojů“, tam je to přirozené
  - původně tam byl jen spolehlivý spojovaný přenos
  - klade velké nároky na infrastrukturu, zbytečně složité, pomalé a drahé
  - v počítačových sítích se mohou o spolehlivost postarat koncové body
- některé části vrstev plní stejnou funkci (zabezpečení, …)
- některé vrstvy je vhodné dále rozdělit (linková)

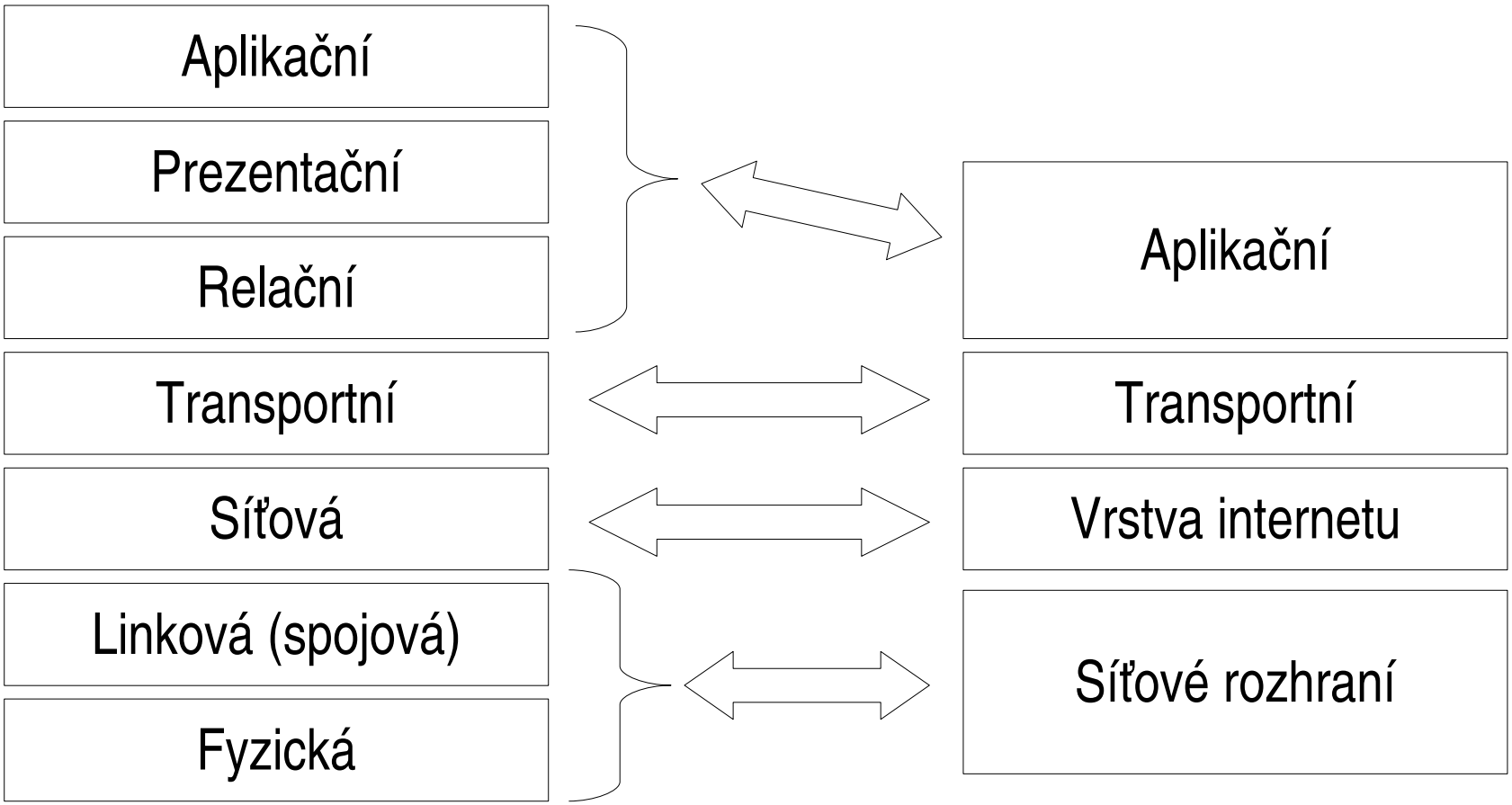
TCP/IP

- Internet Protocol, Transmission Control Protocol
- celá architektura, neodpovídá přesně RM ISO/OSI
- rodina protokolů TCP/IP (protocol suite, zahrnuty i další protokoly)
  - UDP, ICMP, ...
- čtyři vrstvy:
  - síťového rozhraní: fyzická a linková, TCP/IP pouze používá, nedefinuje
  - mezisíťová: služba bez spojení, nespolehlivá
  - transportní: spolehlivá, spojovaná komunikace
  - aplikační: uživatelské úlohy i podpůrné procesy pro TCP/IP, opět nedefinuje
- celý Internet je jedna síť (spojení sítí do jedné velké sítě)

Historie (Internetu)

- vznik: nejprve protokoly, pak vznikaly vrstvy
- historie TCP/IP: těsně svázáno s rozvojem Internetu
- ARPANET: protokol NCP
  - měl ověřit použitelnost paketové technologie
  - postupně nahrazen protokolem IP (1973, praxe: 1977, v Internetu od 1.1. 1983)
- financování zajistilo DoD USA
  - vlastnosti: robustnost proti výpadkům části sítě, bez centrálních prvků
  - specifikace volně k dispozici, daňoví poplatníci už vývoj zaplatili
  - vznikal především v akademické sféře (na univerzitách v USA)
- k vývoji se ještě vrátíme :-)

TCP/IP vs RM ISO/OSI



Víš-li jak na to, čtyři vrstvy ti plně stačí.
Nevíš-li, ani sedm ti jich nepomůže

Vrstva síťového rozhraní

- TCP/IP nedefinuje
  - předpokládá se použití různých technologií (Ethernet, FDDI, ATM, …)
  - IP over everything
- důsledek: IP se spokojí s libovolnou službou, která poskytuje nějakou službu pro přenášení dat
- IP zakrývá rozdíly použité přenosové technologie
  - spojovaná/nespojovaná
  - spolehlivá/nespolehlivá
- ne vždy je možné použít bezproblémově
  - např. ATM – je nutné přizpůsobení

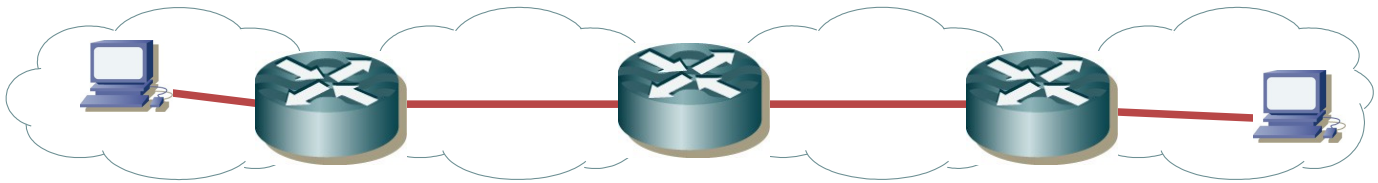
(Mezi)síťová vrstva

Výchozí požadavky pro síťovou vrstvu:

- síť má hlavně přenášet data
- je dobré, aby „inteligence“ byla zabudovaná do koncových uzlů
  - podstatně zjednoduší návrh sítě (a sníží cenu)
  - koncové uzly mají větší výpočetní kapacitu
- řešení má být decentralizované a maximálně robustní
- co z toho plyne pro síťovou vrstvu:
  - používáme nespolehlivé a nespojované služby
  - jsme dobře připraveni na výpadky
  - případné další požadavky na spojení řeší vyšší vrstvy

Propojení sítí

- TCP/IP rozlišují dva druhy uzlů v síti
  - koncové uzly (běžné počítače zapojené do sítě)
  - směrovače (uzly připojeny do více než jedné sítě)
- směrovače předávají data z jedné sítě do jiné sítě
- řetězcový model
  - spojení sítí, sítě jsou spojeny na síťové vrstvě
  - každé dva uzly v síti jsou připojeny přes řetězec sítí a směrovačů



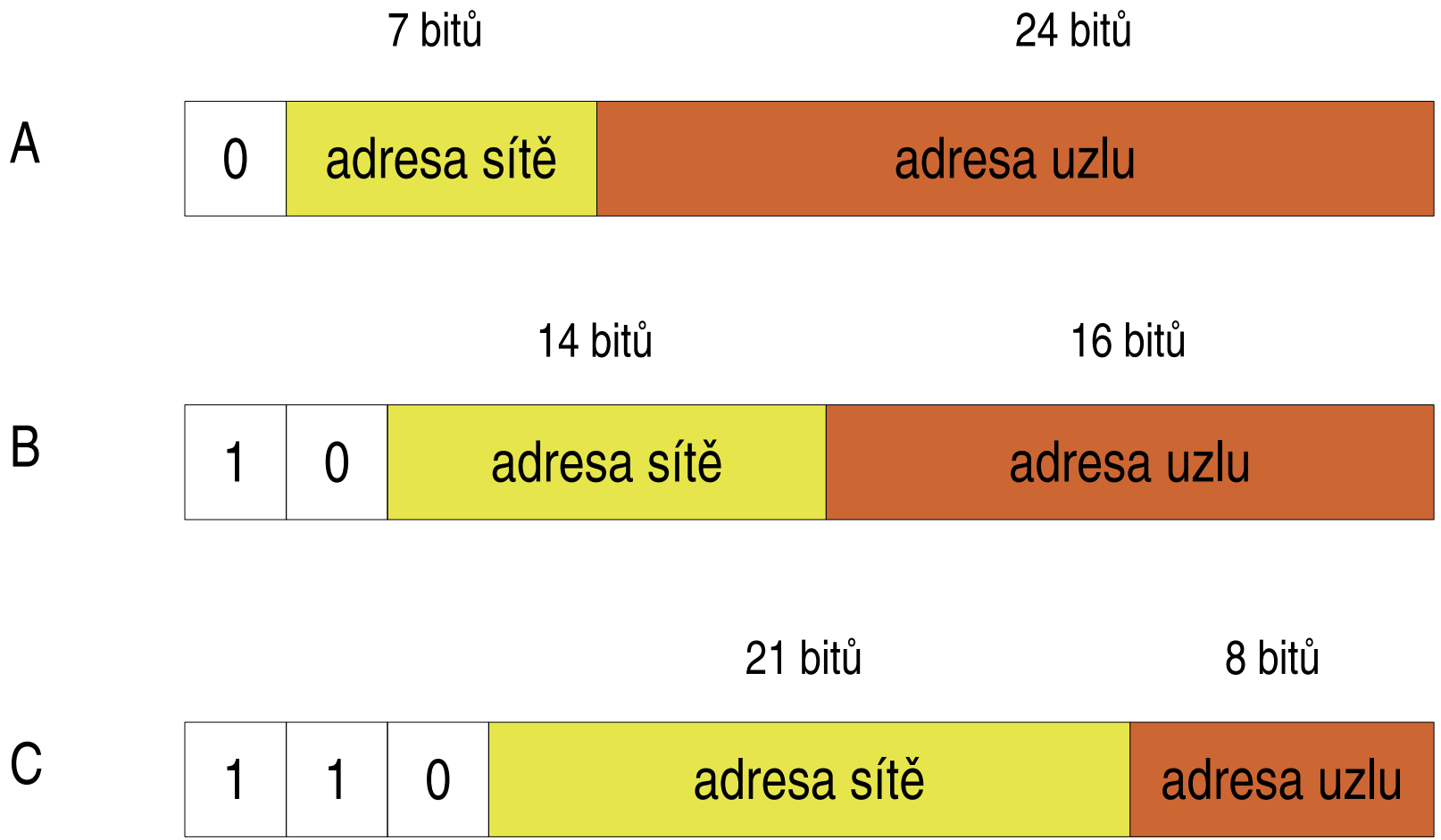
Adresování IP

IP nepoužívá žádné adresy fyzické vrstvy (adresy jsou velmi rozdílné)

- IP adresy: dvousložkové

  - číslo sítě a počítače v rámci sítě
  - dohromady 32 bitů, zapisují se (IP verze 4) pomocí čtyř dekadických čísel
    - např. 192.168.32.4
- je potřeba více adres uzlů než adres sítí. Kde zvolit hranici?
- výsledné rozdělení:
  - 126 sítí velkých, v každé z nich až 16 miliónů adres uzlů (2^24-2)
  - 16384 sítí středních, v každé z nich maximálně 65534 adres uzlů (2^16-2)
  - více než dva milióny sítí malých (2^21), v každé maximálně 254 adres uzlů (2^8-2)

Třídy IP adres (IPv4)



Vyčerpání IP adres

- obrovský zájem o Internet způsobil postupné vyčerpání adres
  - přidělovaly se vždy celé **adresy sítí**
- řešení dočasné:
  - jemnější dělení rozsahu (neuvažují se třídy A, B, C, adresa se dělí na síťovou a koncovou část v libovolném místě)
    - CIDR (Classless Inter-Domain Routing)
  - používání speciálních privátních rozsahů síťových adres
    - vyhrazené adresy, které se mohou používat pouze v privátních sítích, nesmí se dostat za brány lokální sítě (do Internetu)
- řešení definitivní: IP verze 6

Síťová vrstva: otázka spolehlivosti

Má být spolehlivá nebo nespolehlivá?

- spolehlivá:
  - pokud dojde ke ztrátě/poškození dat, vrstva to musí napravit (nový přenos dat)
  - vyžaduje to režii přenosovou (přenáší se více dat), časovou, výpočetní
- nespolehlivá:
  - sama od sebe nepoškozuje ani nezahazuje data
  - má právo zahazovat poškozená data (případně ignorovat ztrátu dat) a pokračovat dál
  - není navíc žádná režie, ale o opravy se musí starat vyšší vrstva (pokud to vyžaduje)

Síťová vrstva: spolehlivost

Síťová vrstva má hlavně přenášet data

- je výhodnější, když si spolehlivost zajistí koncové uzly
  - některé služby spolehlivost nevyžadují, navíc spolehlivost není nikdy 100%
  - výpočetní výkon je levnější v koncových uzlech než v síťových prvcích

Síťová vrstva (IP) je pouze **nespolehlivá**, na principu maximální snahy

- spolehlivost řeší až vrstva transportní
  - ale aplikace jich nemusí využívat, může si vybrat:
  - protokol TCP je spolehlivý
  - protokol UDP je nespolehlivý

Best effort

- maximální snaha
- síť se snaží maximálně vyhovět požadavkům
- pokud se jí to nedaří, může (spravedlivě – všem stejně) ignorovat požadavky, pozdržovat data, dokonce data zahazovat
- důvod: paketový systém přenosu dat:
  - kapacita odchozí linky může být menší, než kapacita příchozí
  - směrovač může pakety uchovávat, ale jen po omezenou dobu (než mu dojde paměť)
  - pak další pakety musí zahodit!

Síťová vrstva: otázka spojovanosti

Má být spojení spojované (telefon) nebo nespojované (pošta)?

- původní požadavek byl na robustnost (odolnost proti výpadku částí sítě)
  - výpadky mohou nastávat i při běžném provozu – síťová topologie se dynamicky mění
- IP funguje **nespojovaně**
  - výhodné pro méně intenzivní přenosy dat rozložené v čase
  - neexistuje spojení, které by bylo možné útokem přerušit
  - pakety jsou přenášeny nezávisle jeden na druhém, každý může putovat jinou cestou
  - odesílatel ani neví, jestli příjemce existuje

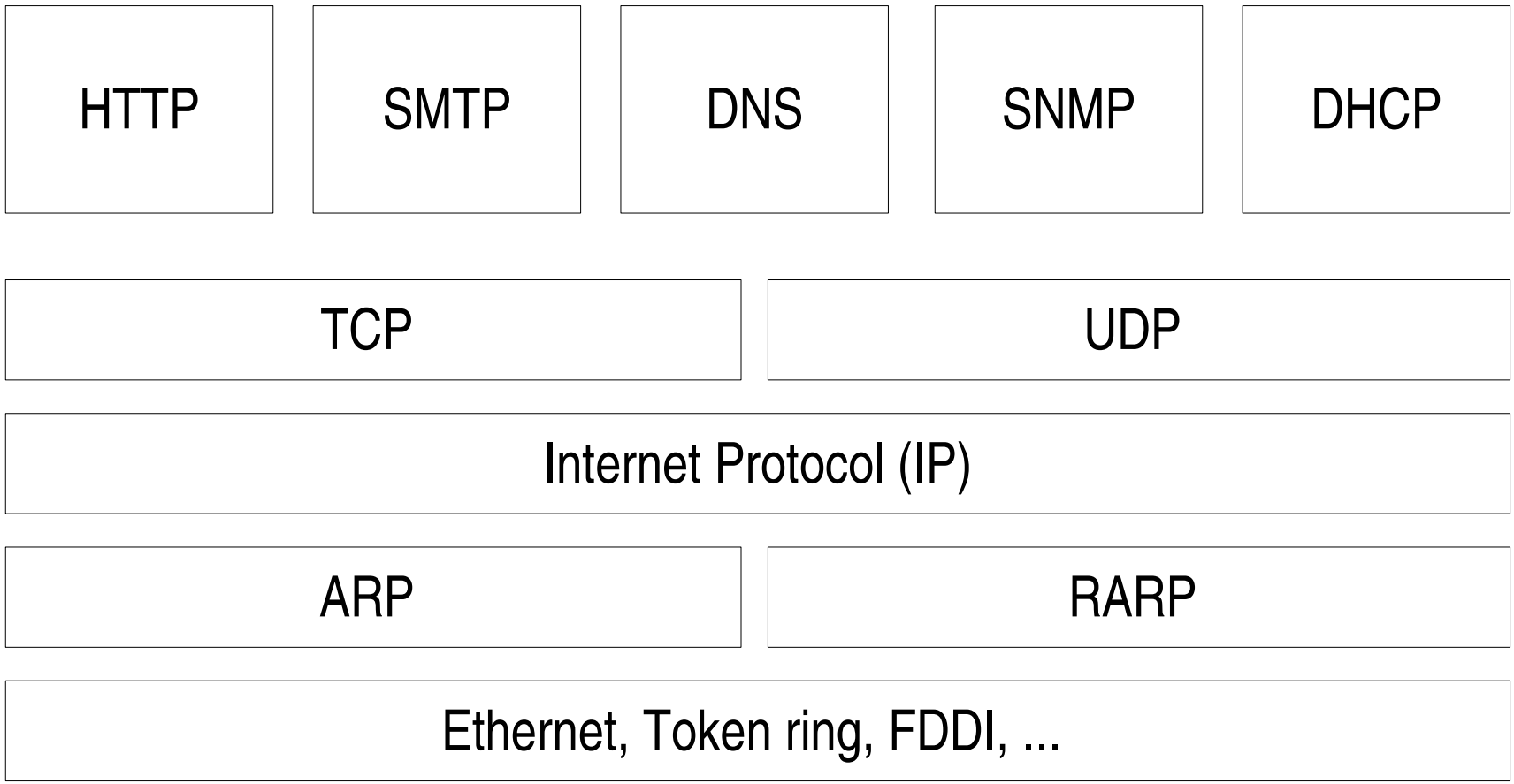
Transportní vrstva

- řeší komunikaci koncových uzlech
  - je přítomna pouze na koncových uzlech
- využívá služeb IP, tedy nespojované, nespolehlivé služby
- TCP (Transmission Control Protocol)
  - spolehlivý, spojovaný
  - přenáší proud dat (typ telefon)
- UDP (User Datagram Protocol)
  - nespolehlivý, nespojovaný (k IP nepřidává v tomto ohledu nic navíc)
  - jen nadstavba nad IP, doručují se jednotlivé zprávy (typ pošta)

Aplikační vrstva

- základní část aplikací
- služby relační a prezentační vrstvy RM ISO/OSI jsou v TCP/IP součástí aplikační vrstvy
  - mohou je tvořit knihovny funkcí
- původní služby aplikační vrstvy:
  - elektronická pošta, přenos souborů, vzdálené přihlašování
- novější služby:
  - WWW, sdílení souborů
  - správa sítě

Protokoly TCP/IP



Kritika TCP/IP: zabezpečení

- protokol vznikal v akademickém prostředí, zabezpečení nebylo v zadání
- důraz byl kladen na efektivitu
- postupnou komercionalizací Interentu se zabezpečení stává velkým problémem
- jak na to?
  - zabezpečení na aplikační úrovni (aplikací)
  - zabezpečené tunely
  - filtrování paketů (firewall)

Další problémy TCP/IP

Filosofie TCP/IP nepočítá s mobilitou uživatelů

- nelze s jednou adresu cestovat po světě
- IP adresy jsou vázány na topologii sítě
- problém při využívání mobilního připojení

Negarantovaný charakter přenosu

- nemáme zaručeno, kdy vyslaná data dorazí (a pokud vůbec)
- vhodné pro poštu, přenos souborů (nárazový charakter)
- vadí při multimediálních přenosech
  - data se vysílají a spotřebovávají pravidelně