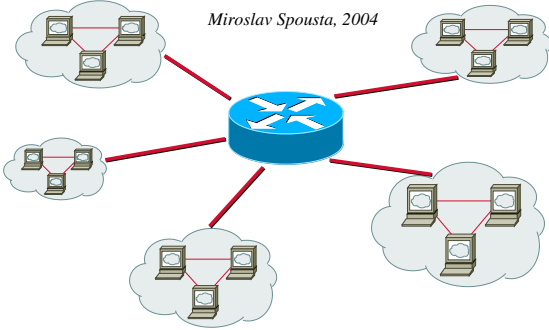


# Počítačové sítě I

## 2. Síťové modely

Miroslav Spousta, 2004

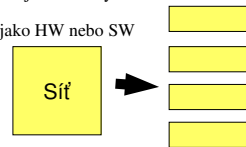


1

# Síťový model

Jak postavit počítačovou síť?

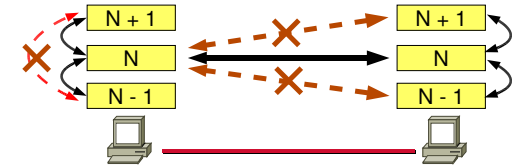
- složitý problém, je vhodné ho rozložit na podproblémy
- nabízí se možnost dekomponovat na několik úrovní podle funkce
  - dobře odpovídá opravdovým implementacím
  - umožňuje to do jisté míry zaměnitelnost implementací
- v praxi: zaměňujeme hlavně nejnižší vrstvy
- jednotlivé vrstvy mohou být řešeny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



2

# 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

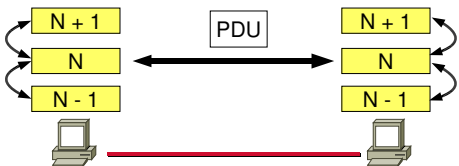


3

# Protokol

- definuje pravidla komunikace odpovídajících si vrstev
  - každý protokol patří do některé z vrstev
  - v jedné vrstvě může koexistovat několik protokolů
- data se předávají po PDU (Protocol Data Unit)

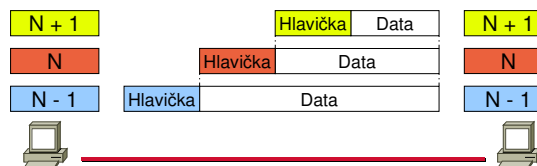
PDU se liší podle vrstvy



4

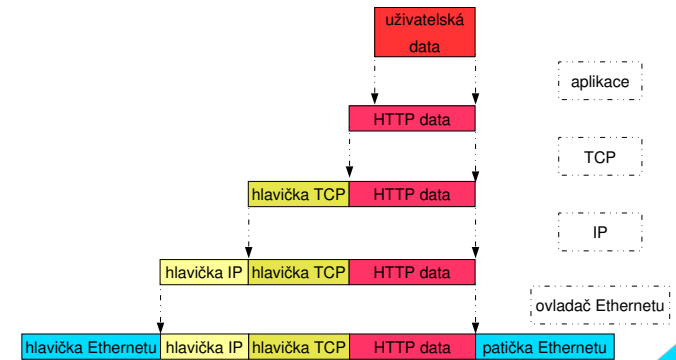
# Zapouzdření

- Data se předávají od vyšší vrstvy k nižší
- postupně se „obalují“, přibývají řídicí informace jednotlivých vrstev
- nižší vrstva nerozumí struktuře, bere vše jako data
- po přijetí se data opět postupně vybalují



5

# Příklad zapouzdření



6

## 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

7

## Referenční model ISO/OSI

- původně mělo jít o síťovou architekturu (tedy včetně implementace)
- velmi obecný
  - snažil se obsáhnout všechny možnosti síťové komunikace
  - 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

8

## Referenční model ISO/OSI

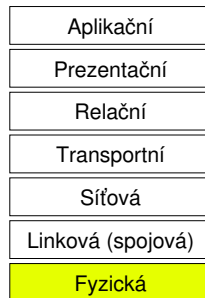
- podobné činnosti patří do stejné vrstvy
- rozdělení na vrstvy by mělo minimalizovat tok dat mezi nimi (režii)
- práce by měla být mezi vrstvy rozdělena stejnoměrně
- rozdělení by mělo zohledňovat stávající standardy
- není sedm vrstev zbytečně mnoho?
  - TCP/IP má čtyři



9

## Fyzická vrstva

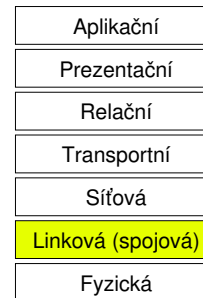
- jejím úkolem je přenos bitů po fyzickém médiu
  - nabízí příjem a odesílání bitů
- kódování, modulace, časování, synchronizace
- elektrické parametry signálů
- mechanické parametry (konektory, rozhraní)
- paralelní, sériový přenos
- synchronní, asynchronní, arytmičkový



10

## Linková vrstva

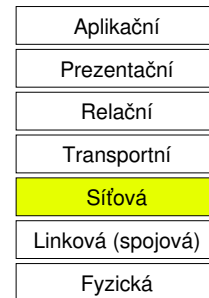
- přenáší bloky dat: rámce (frame)
- přenáší data jen v přímém spojení (jen k blízkým sousedům, ne přes hranici sítě)
- využívá různé implementace fyzické vrstvy
- synchronizace rámců (začátek, konec, ...)
- řízení přístupu ke sdílenému médiu
- detekce a náprava chyb
- řízení toku (ochrana před zahlcením)



11

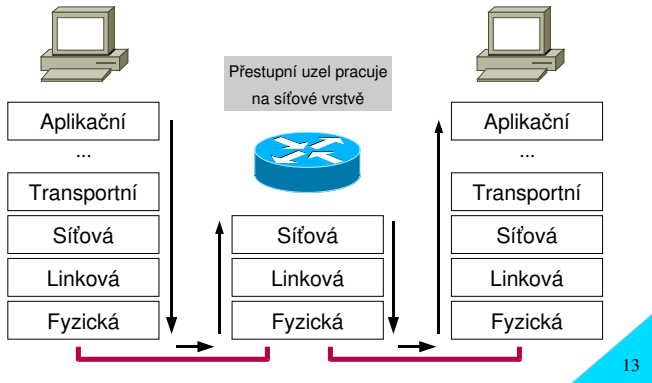
## Síťová vrstva

- 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
- nejvyšší vrstva přenosové infrastruktury
  - tedy nejvyšší, která musí být přítomna na přestupních uzlech



12

## Směrovač (spojuje síť)



13

## Transportní vrstva

- Nabízí a zajišťuje spolehlivý přenos dat
- 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  $\Leftrightarrow$  bez spojení. spolehlivost  $\Leftrightarrow$  nespolehlivost
- řízení toku dat



14

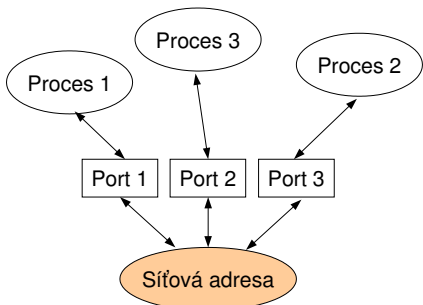
## Transportní vrstva

- 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)



15

## Transportní vrstva



16

## Relační vrstva

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



17

## Prezentační vrstva

- zabývá se strukturou zpráv, jejím zápisem (*syntaxí*)
- přizpůsobuje strukturu zprávy aplikaci
- převod kódů a abeced, modifikace grafického uspořádání dat
- poskytuje:
  - dohodu o syntaxi, transformace syntaxe
  - šifrování, dešifrování
  - komprese, dekomprese



18

## Prezentační vrstva

Nižší vrstvy se snaží přenést data přesně bit po bitu

Prezentační vrstva naopak do dat může zasahovat:

- změna kódování dat:

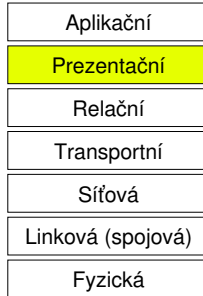
převod mezi různými typy čísel s plovoucí řádovou čárkou (floating point)

převod mezi architekturami Big a Little Endian

celá čísla se mohou ukládat dvěma způsoby

převod kódování (ASCII, EBCDIC)

formát dat, struktur



19

## Aplikační vrstva

- zpřístupnění komunikace aplikacím a procesům

- poskytuje:

přenos zpráv

identifikaci komunikujících stran (číslem, adresou, jménem)

dohoda o ochraně přenášených zpráv

určení kvality používané služby

synchronizace aplikací (klient – server)



20

## Problémy modelu ISO/OSI

- příliš složitý, objemný, těžkopádný
- maximalistický
- vznikl na papíře (s malým ohledem na dosavadní praxi v počítačových sítích)
- vhodnější pro rozsáhlé sítě (pro lokální zbytečně složitý)
- 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 složitě, pomalé a drahé
  - v počítačových sítích se mohou o spolehlivost postarat koncové body
- některé části vrstev plní stejnou funkci

21

## TCP/IP

- Internet Protocol, Transmission Control Protocol
- celá architektura, neodpovídá přesně RM ISO/OSI
- rodina protokolů TCP/IP (protocol suite, zahrnutý i další protokoly)
- 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
- celý Internet je jedna síť (spojení sítí do jedné velké sítě)

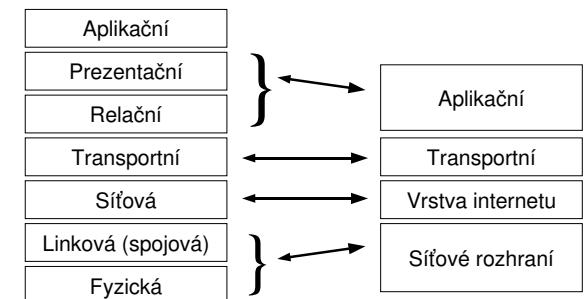
22

## Historie Internetu

- vznik: nejprve protokoly, pak vznikaly vrstvy
- historie: 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)

23

## TCP/IP a RM ISO/OSI



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

24

## Fyzická vrstva

- TCP/IP fyzickou vrstvu 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

25

## (Mezi)síťová vrstva

Výchozí požadavky pro síťovou vrstvu:

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

26

## Adresování IP

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

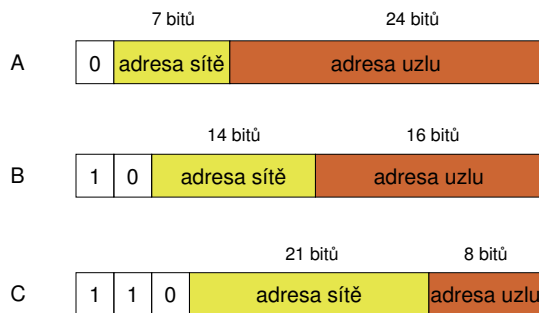
- IP adresy: dvousložkové 

adresa sítě	adresa uzlu
-------------	-------------

  - číslo sítě a počítače v rámci sítě
  - dohromady 32 bitů, zapisují se (v4) 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 ( $2^8-2$ )

27

## Třídy IP adres



28

## 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



29

## Vyčerpání IP adres

- obrovský zájem o Internet způsobil postupné vyčerpání adres
  - přidávají se vždy celé adresy sítí
- řešení dočasné:
  - jemnější dělení rozsahu (neuvážují 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

30

## 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)

31

## 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

32

## 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!

33

## 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

34

## 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)

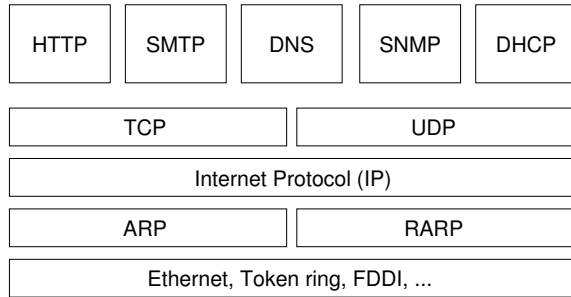
35

## 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

36

## Protokoly TCP/IP



37

## RFC: standardy Internetu

- Internet: od začátku postaven na otevřených standardech
- vznikl na univerzitní půdě (financován armádou)
- jeví se jako jediná síť
- RFC (Request For Comment)
  - původně opravdu návrhy, které se komentovaly
  - veřejně dostupné
  - <http://www.rfc-editor.org/>
  - několik typů: standards track (STD), best current practice (BCP), informational (FYI), experimental, historic

38

## Kritika TCP/IP: zabezpečení

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

39

## Kritika TCP/IP

Filosofie TCP/IP nepočítá s mobilitou uživatelů

- nelze s jednou adresou 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

40