FAKULTA
INFORMATIKY
Masarykova univerzita

PB001: Úvod do informačních technologií

Luděk Matyska (Eva Hladká)

podzim 2023

Obsah přednášky

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Obsah přednášky

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Počítačové sítě – Úvod

- skupina počítačů a zařízení propojená komunikačními kanály, které napomáhají vzájemné komunikaci mezi uživateli a umožňují jim sdílet dostupné zdroje
- mohou být využity k mnoha účelům:
  - podpora komunikace (různé způsoby – přenos textu, řeči, videa, atd.)
  - sdílení hardwarových zdrojů
  - sdílení souborů, dat a informací
  - sdílení software
- základní vlastnosti počítačové sítě:
  - **Vlastní doručení dat (Delivery)** – systém musí data doručit správnému příjemci
  - **Správnost doručení (Accuracy)** – systém musí data doručit nepoškozená
  - **Včasnost doručení (Timeliness)** – systém musí data doručit včas

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Počítačové sítě – Ideální vs. skutečné sítě

Ideální sítě

- transparentní pro uživatele/aplikace
  - pouze tzv. **end-to-end vlastnosti**
- neomezená propustnost
- žádné ztráty
- žádné zpoždění a rozptyl zpoždění
- zachovává pořadí paketů
- data nemohou být poškozena

Skutečné sítě

- mají vnitřní strukturu, která ovlivňuje doručení dat
- omezená propustnost
- (občas) dochází ke ztrátám dat
- (občas) poskytuje variabilní zpoždění a rozptyl zpoždění
- (občas) nezachovává pořadí paketů
- data mohou být poškozena

FAKULTA
INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Počítačové sítě – Požadované vlastnosti

- **efektivita** – efektivní/maximální využití dostupné přenosové kapacity
- **spravedlivost** – stejný přístup ke všem datovým tokům všech uživatelů (se stejnou prioritou)
- **decentralizovaná správa**
- **rychlá konvergence při adaptaci na nový stav**
- **multiplexing/demultiplexing**
- **spolehlivost**
- **řízení toku dat** – ochrana proti zahlcení sítě a přijímajícího uzlu

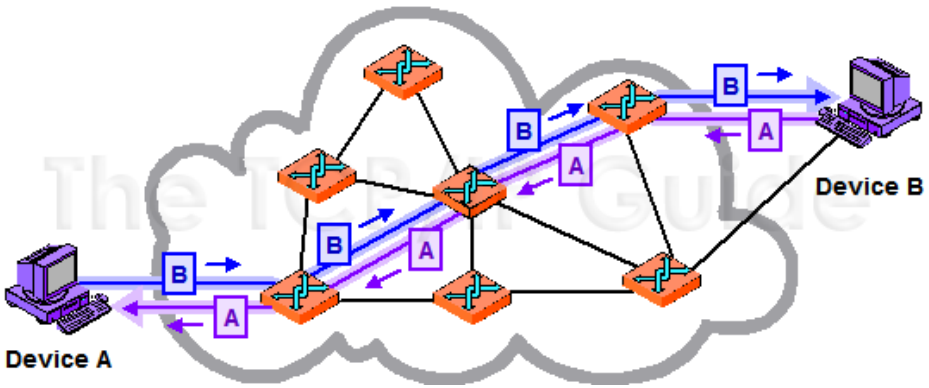
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Počítačové sítě – Základní přístupy I.

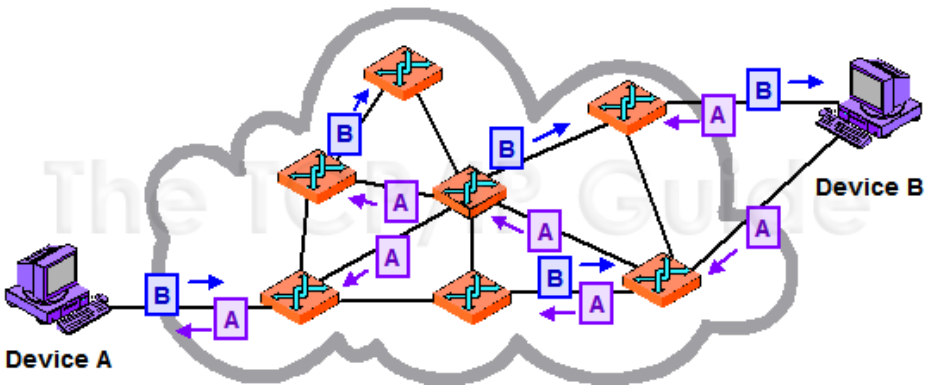
- **spojované sítě** (přepínání okruhů)
  - před začátkem přenosu ustaveno **spojení** (**okruh**), které je udržováno během celé komunikace
  - informace o spojení jsou udržovány sítí – síť musí uchovávat **stav**
  - okruh může být pevný (předem) nebo vytvářen na žádost
  - jednoduchá (víceméně automatická) implementace kvality služby
  - např. analogové telefonní sítě
- **nespojované sítě** (přepínání paketů)
  - není využita definovaná cesta – data jsou rozdělena do malých částí (nazývány **pakety**), které jsou odeslány do sítě
    - libovolné/různé cesty, pakety slučovány či fragmentovány
  - přijímající strana znovu skládá data do původní podoby
  - není potřeba uchovávat stav v síti
  - velmi problematická implementace QoS (tzv. **best-effort služba**)
  - např. Internet

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Počítačové sítě – Základní přístupy II.



spojované sítě



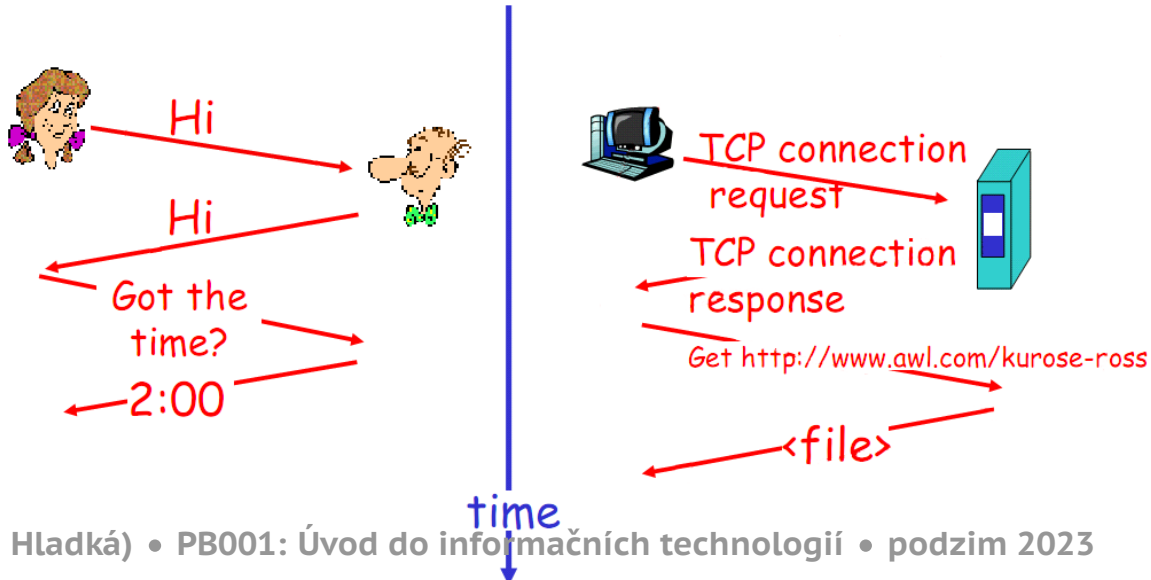
nespojované sítě

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Komunikační protokoly – Motivace

- motivovány potřebou komunikace a **domluvy** mezi (dvěma či více) entitami
  - **entita** = cokoli, co je schopno přijímat a odesílat informace
- forma komunikace/domluvy musí být známa všem zúčastněným stranám
  - musí se **domluvit na komunikačním protokolu**

- analogie z lidského světa:



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Síťové komunikační protokoly II.

- protokol určuje „Co“ je předmětem komunikace, „Jak“ daná komunikace probíhá a „Kdy“ probíhá
- definuje:
  - **syntaxi** = strukturu/formát zasílaných dat
  - **sémantiku** = význam každé sekce bitů (jak mají být daná data interpretována, jaká akce má s nimi být provedena, atd.)
  - **časování** = kdy je potřeba zaslat kterou zprávu
- příklady síťových protokolů:
  - UDP, TCP, IP, IPv6, SSL, TLS, SNMP, HTTP, SSH, Aloha, CSMA/CD, ...

Síťový protokol

Síťový protokol definuje formát a pořadí zpráv vyměňovaných mezi dvěma či více komunikujícími entitami, stejně jako akce vykonané při odeslání/příjmu daných zpráv.

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Standardizace

- stanovení norem/standardů popisujících nejrůznější akce, činnosti, formy či způsoby komunikace, atp. (nejen v IT)
- hlavní cíle standardizace:
  - kvalita
  - bezpečnost
  - kompatibilita
  - interoperabilita
  - portabilita
- typy standardů:
  - **de facto** – technická řešení, která se svým úspěchem na trhu prosadila do té míry, že jsou akceptována většinou výrobců jako příklad hodný následování
  - **de jure** – standardy vypracované a schválené oficiálním mezinárodním nebo národním normalizačním orgánem
- nejznámější standardizační instituce působící v oblasti IT:
  - ISO, ITU-T, ANSI, IEEE, IETF (**RFCs**), IEC, atd.

FAKULTA
INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Obsah přednášky

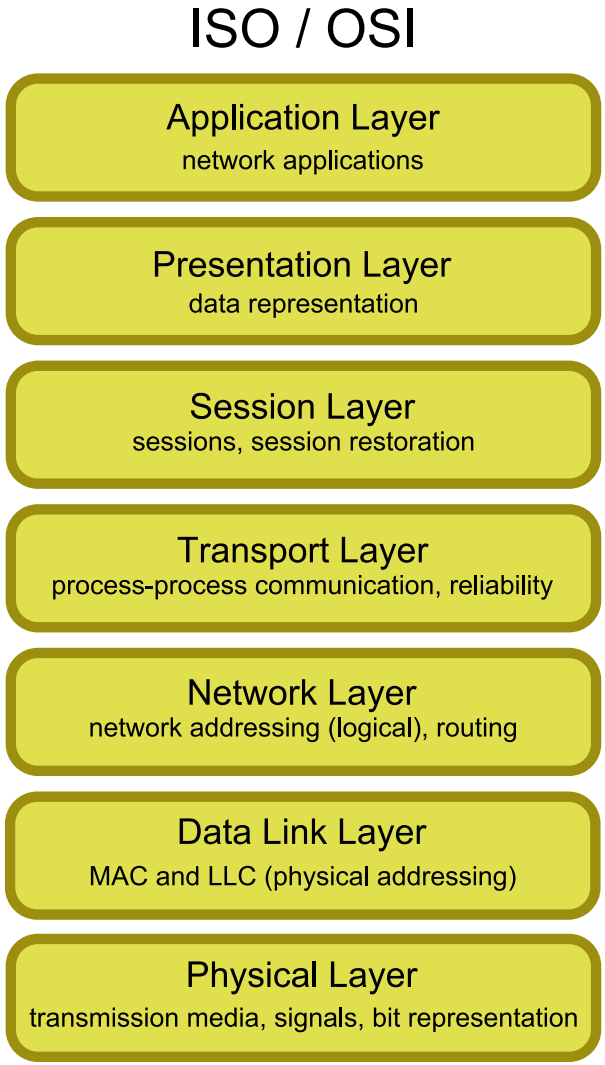
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

ISO/OSI Model I.

- **7-vrstvý model** navržen organizací OSI – kompatibilita a interoperabilita komunikačních systémů různých výrobců
- důvody vrstevnaté architektury:
  - **zodpovědnost za určitou (definovanou) funkcionalitu**
    - aby vrstva mohla požadovanou funkcionalitu zajistit, přidává si do přenášených dat své řídící informace
  - **komunikuje pouze mezi přímo sousedícími vrstvami**
    - využití služeb z nižší vrstvy a poskytnutí vyšší vrstvě
    - funkcionalita je **izolována** v rámci příslušné vrstvy
  - data prochází všem inižšími vrstvami, komunikují jen sousední vrstvy
  - abstrakce a implementace funkcionality se může lišit
- 7 vrstev nebylo komunitou široce akceptováno $\Rightarrow$ TCP/IP model

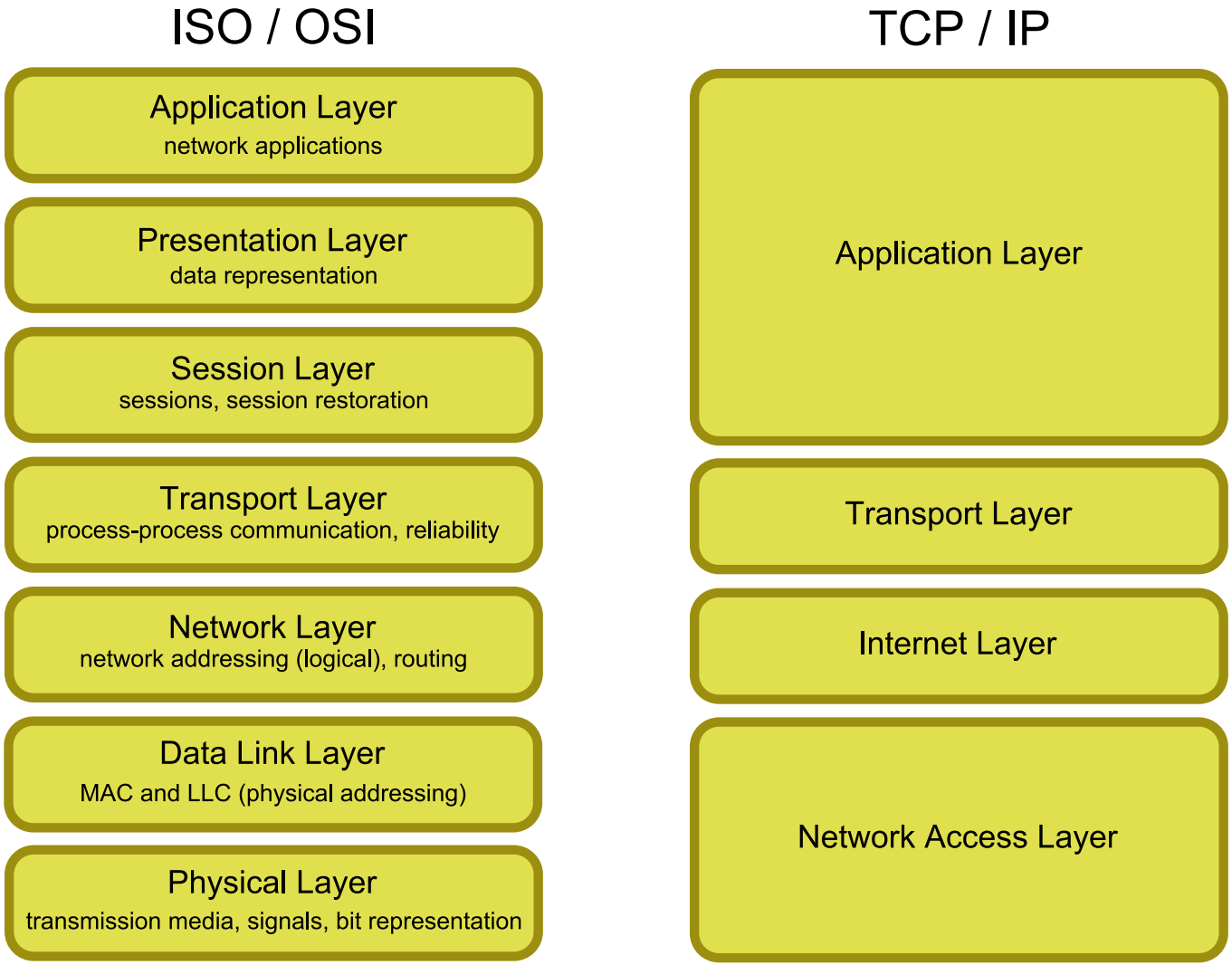
FAKULTA
INFORMATIKY
Masarykova univerzita

ISO/OSI Model II.



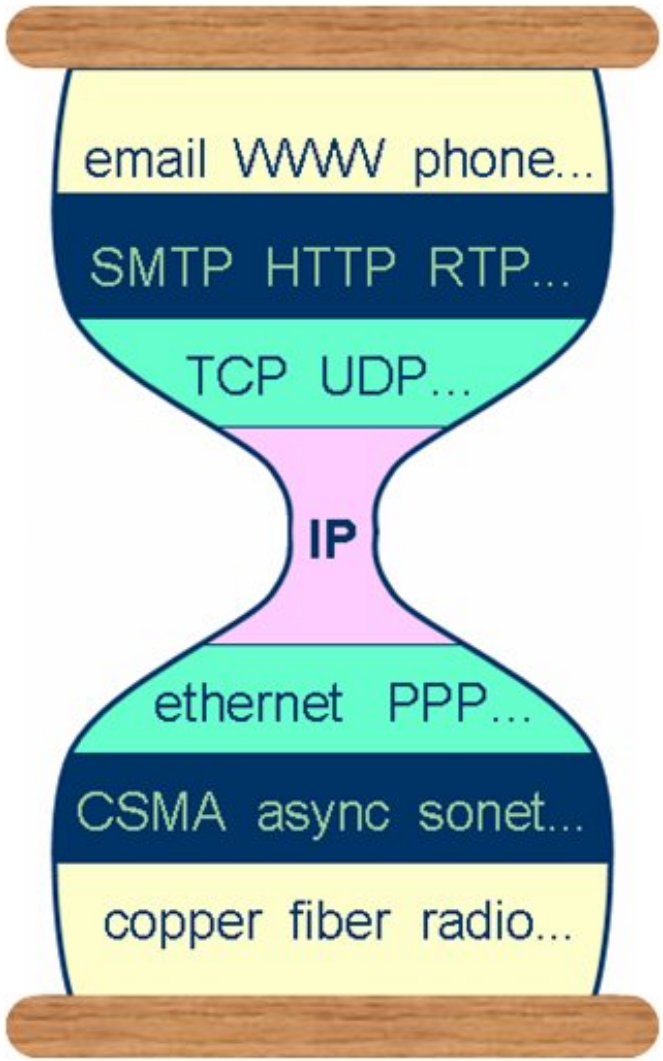
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

ISO/OSI Model vs. TCP/IP Model



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

TCP/IP model přesýpacích hodin



FAKULTA
INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Obsah přednášky

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Fyzická vrstva – Přehled

ISO / OSI

Co nás nyní čeká…

- představení L1, poskytované služby
- analogové/digitální signály
- přenos binárních dat – modulace, kódování
- přenosová média, multiplexing

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Fyzická vrstva z pohledu sítě – kde se pohybujeme?

- pouze point-to-point spoje
- bez možnosti adresace stanic

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Fyzická vrstva – Úvod I.

- data mezi komunikujícími uzly přenášeny **přenosovým médiem**
  - přenosové médium = pasivní entita, žádná logika řízení
- **Fyzická vrstva**:
  - poskytuje služby pro **vrstvu datového spoje**
    - vrstva datového spoje předává do (získává z) fyzické vrstvy data vyjádřená posloupností 0 a 1, seskupená do **rámců**
    - fyzická vrstva transformuje bitový obsah rámců do **signálů** šířených přenosovým médiem
  - poskytuje funkcionalitu pro spolupráci s přenosovým médiem
  - řídí děje v přenosovém médiu; rozhoduje např. o:
    - vysílání/příjmu přenášených dat (signálů)
    - kódování dat do signálů
    - počtu logických kanálů přenášejících data z různých zdrojů souběžně

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Fyzická vrstva – Úvod II.

- **hlavní cíl:** zajistit přenos jednotlivých bitů (= obsahu předaných rámců) mezi odesílatelem a příjemcem
  - zprostředkovává tak logickou cestu, kterou cestují zasílané bity
- nejrůznější standardy (RS-232-C, CCITT V.24, CCITT X.21, **IEEE 802.x**) definující elektrické, mechanické, funkční a procedurální vlastnosti rozhraní pro připojení různých přenosových prostředků a zařízení; například:
  - parametry přenášených signálů, jejich význam a časový průběh
  - vzájemné návaznosti řídících a stavových signálů
  - zapojení konektorů
  - a mnoho dalšího

FAKULTA
INFORMATIKY
Masarykova univerzita

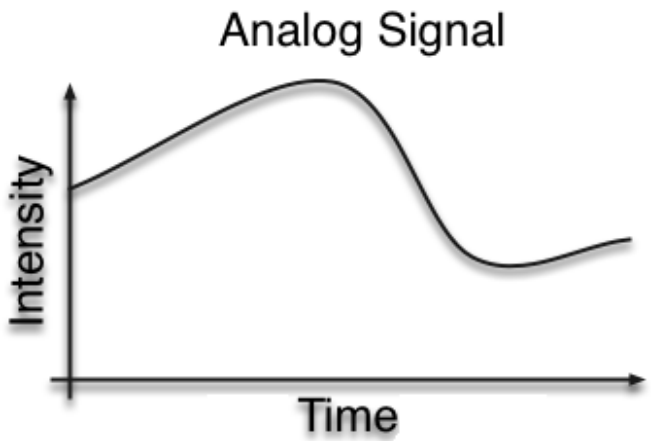
Fyzická vrstva – Signály

- data jsou přenosovým médiem přenášeny ve formě (elektromagnetických) **signálů**
  - binární data (přenášené bity) musí být na signály transformována
- **signál** = časová funkce reprezentující změny fyzikálních (elektromagnetických) vlastností přenosového média
- data určená k přenosu – **digitální** (binární)
- signály šířené přenosovým médiem – **analogové** nebo **digitální**
  - některá média vhodná pro analogový i digitální přenos – drátový vodič (koaxiál, kroucená dvoulinka), optické vlákno
  - některá média vhodná pouze pro analogový přenos – éter

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Fyzická vrstva – Analogový signál

- spojitý v čase (mění se hladce)
- lze jej šířit jak vodiči, tak bezdrátovým prostředím
- např. hlas, hudba, …

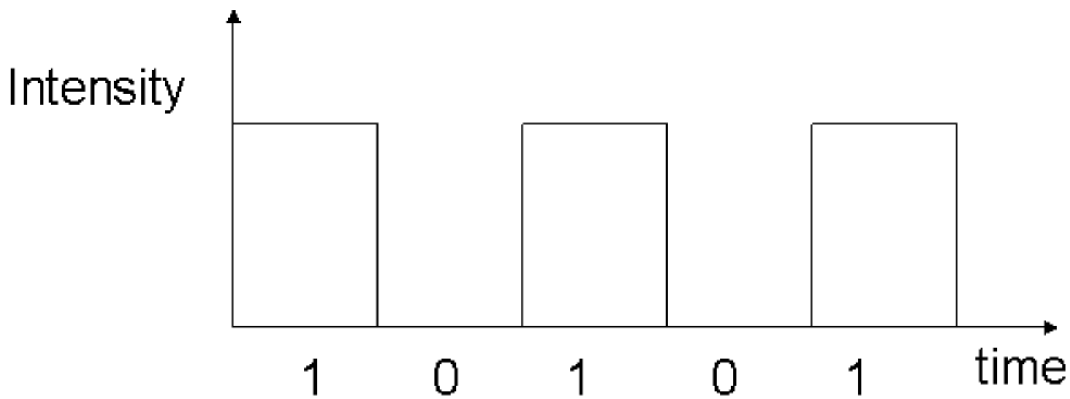


Přenášené bity jsou **modulovány** na analogový signál (např. amplitudová/frekvenční/fázová modulace).

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Fyzická vrstva – Digitální signál

- diskrétní v čase (mění se skokově)
- lze jej šířit pouze vodiči
- data diskrétní v hodnotách, např. znaky, prvky abecedy, ...



Přenášené bity musí být **transformovány** do specifického kódování přenášeného digitálním signálem (přímé kódování, NRZ, Manchester, 4B/5B, aj.).

- nezbytné pro překonání problému **synchronizace vysílače a přijímače**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

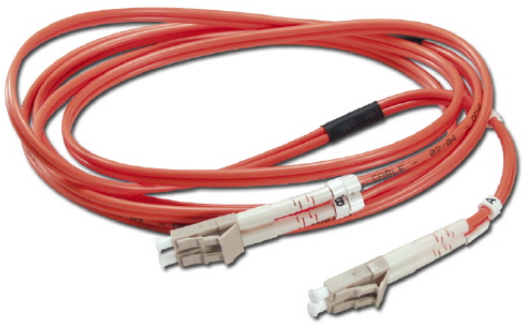
Fyzická vrstva – Přenosová média

- poskytují prostředí pro činnost fyzické vrstvy
- základní členění:
  - **voděná média**
    - poskytují fyzický kanál od jednoho zařízení ke druhému
    - kroucená dvoulinka (LANs, až 10 Gbps), koaxiální kabel, optické vlákno (páteře, stovky Gbps), atp.
  - **nevoděná média**
    - přenáší elektromagnetické vlnění bez použití fyzického vodiče
    - signály se šíří éterem (vzduch, vakuum, voda)
    - rádiové vysílání, mikrovlnné vysílání, infračervené vysílání, atp.

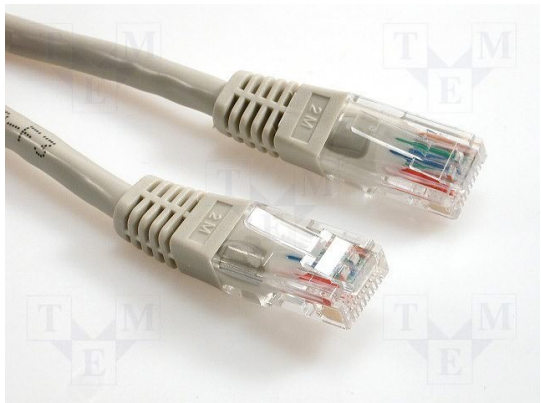
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Fyzická vrstva – Přenosová média

Voděná média



(a) Optický kabel.



(b) Kroucená dvoulinka.

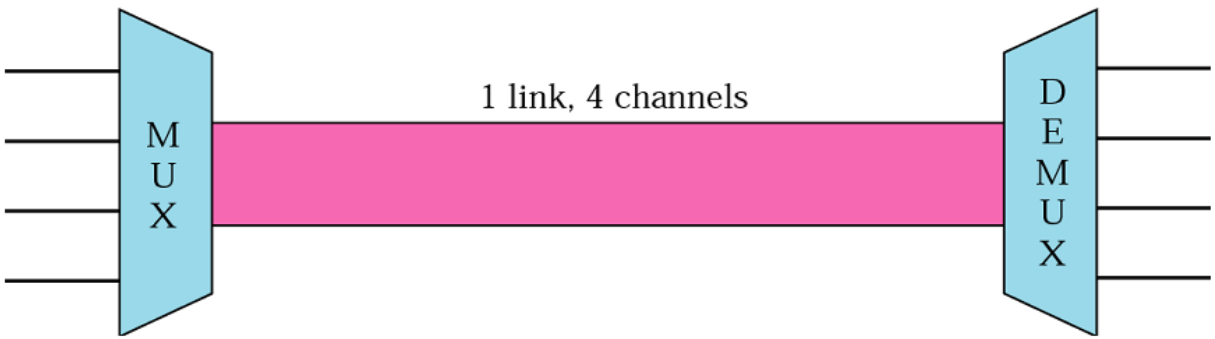
(c) Koaxiální kabel.

Obrázek: Vybraná voděná přenosová média.

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Fyzická vrstva – Multiplexing

- **multiplexing** – technika sdílení dostupné přenosové kapacity přenosového média souběžnými komunikacemi
  - cílem je efektivnější využití média
  - uplatněn zejména u optických vláken a bezdrátů



- pro analogové signály:
  - **Frequency-Division Multiplexing (FDM)**
  - **Wave-Division Multiplexing (WDM)**
- pro digitální signály:
  - **Time-Division Multiplexing (TDM)**

FAKULTA
INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Fyzická vrstva – Rekapitulace

- zajišťuje přenos jednotlivých bitů mezi odesílatelem a příjemcem
- přenášené bity jsou transformovány do signálů šířených přenosovým médiem
  - pro přenos analogovým signálem je zapotřebí modulace
  - pro přenos digitálním signálem je zapotřebí transformace kódování
    - zejména kvůli problémům synchronizace
- média mohou být voděná (např. kroucená dvoulinka, optické vlákno) a nevoděná (éter)
  - každé z nich vhodné pro jiné přenosové prostředí
  - sdílení média souběžnými přenosy provedeno technikou multiplexingu

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje – Přehled

Proč nestačí L1?

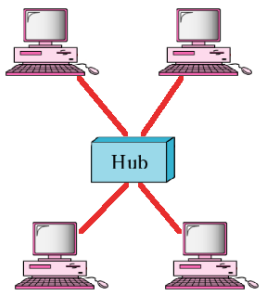
- nezajišťuje opakování chybně přenesené informace
- nepodporuje určení entity mající právo vysílat do média
- nepodporuje ovládání toku dat ze zdroje do média
- nepodporuje komunikaci mezi definovanými partnery

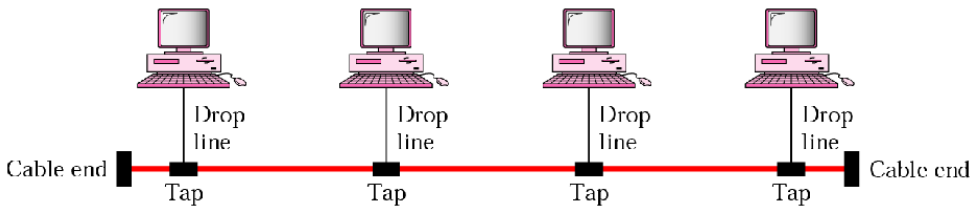
Co nás nyní čeká...

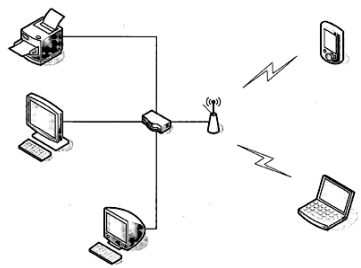
- představení L2, poskytované služby
- detekce a korekce chyb
- řízení přístupu k médiu
- L2 sítě

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje z pohledu sítě – kde se pohybujeme?







- lokální sítě – **Local Area Networks (LAN)**
- přenosové médium sdíleno více stanicemi (nutnost adresace stanic)
- tzv. **node-to-node delivery**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje – Úvod

- **Vrstva datového spoje:**
  - přijímá **pakety** od síťové vrstvy, které transformuje do **rámců**
  - ve spolupráci s fyzickou vrstvou zajišťuje přenos rámců mezi dvěma komunikujícími uzly propojenými **(sdíleným) přenosovým médiem**
    - tj. pouze doručení na stejném segmentu (stejné LAN)
  - zaručuje spolehlivost přenosu mezi těmito uzly
  - zajišťuje, aby cílový uzel nebyl zahlcován proudícím tokem dat
  - řídí přístup uzlů ke sdílenému přenosovému médiu

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

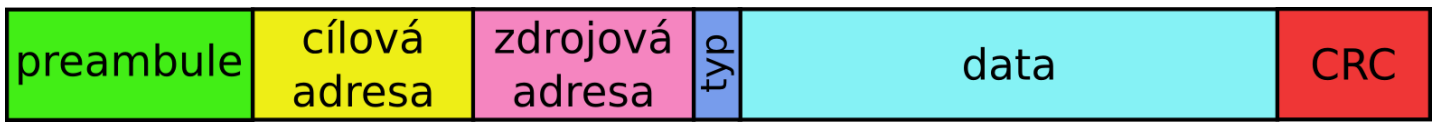
Vrstva datového spoje – Služby

- **Tvorba rámců (Framing)**
  - pakety přicházející ze síťové vrstvy jsou „baleny“ do **rámců (frames)**
- **Adresování (Addressing)**
  - adresy entit vrstvy fyzického spoje – **fyzické/MAC adresy**
  - rámce obsahují zdrojovou a cílovou fyzickou adresu komunikujících entit
- **Chybové řízení (Error Control)**
  - chyby ve fyzické vrstvě nelze zcela eliminovat
  - L2 vrstva zajišťuje požadovanou úroveň spolehlivosti datového spoje (detekce a korekce chyb)
- **Řízení přístupu k médiu (Medium Access Control – MAC)**
  - nezbytné v prostředí, ve kterém přenosové médium sdílí více entit
  - eliminuje kolize způsobené násobným vysíláním

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje – Služby (Tvorba rámců, adresace)

- příklad Ethernetového rámce:



- preambule:
  - identifikace počátku rámce (synchronizační prvek)
- adresace:
  - každá stanice (síťová karta) „jednoznačně“ identifikována MAC adresou
  - např. 01 : 23 : 45 : 67 : 89 : ab

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje – Služby (Chybové řízení)

- fyzická vrstva je vždy (pravděpodobnost) předmětem chyb
  - chyba = změna hodnoty bitu
  - např. optická vlákna cca $\mathbf{10^{-12}}$, wireless cca $\mathbf{10^{-5}}$
- vrstva datového spoje provádí detekci/korekci chyb
  - vysílač přidá bity, jejichž hodnota je funkcí přenášených dat
  - přijímač spočte stejnou funkci a v případě rozdílu hodnoty detekuje (pokusí se opravit) chybu
    - opakování přenosu při nemožnosti opravy
  - **Error Detection, Automatic Request for Retransmission (ARQ)**
    - detekce chyby a zajištění opakování přenosu
    - vhodné pro málo chybující přenosová média
  - **Forward Error Correction (FEC)**
    - detekce i korekce (s využitím redundance dat)
    - často chybující přenosová média či média s velkou latencí
    - např. **Hammingův kód**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje – Služby

Řízení přístupu k médiu (MAC)

- funkcionalita odpovědná za koordinaci přístupu více stanic ke sdílenému přenosovému médiu
- **Cíl:** eliminace kolizí (konfliktů) při vysílání
  - tj. souběžného vysílání do jediného přenosového prostředí
- protokoly řízení přístupu:
  - **protokoly neřízeného přístupu** – Aloha, CSMA/CD, CSMA/CA
  - **protokoly řízeného přístupu** – založeny na rezervacích, vyptávání se, tokenech, atp.
  - **protokoly multiplexově-orientovaného přístupu** – FDMA, TDMA, atd.

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje – L2 sítě

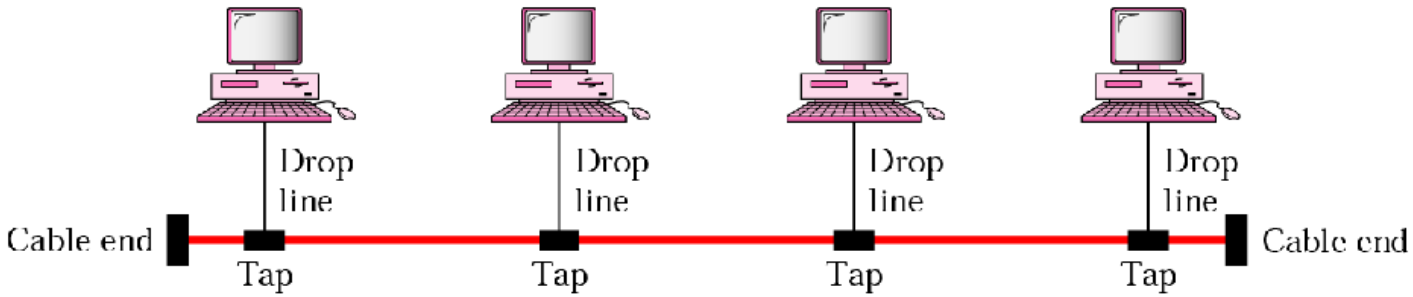
- lokální počítačové sítě (LANs)
  - systematická topologie pro jednoduché sítě
    - topologie = fyzické uspořádání stanic na médiu
    - sběrnice, kruh, hvězda, strom, mesh atp.
  - rozlehlejší sítě tvořeny vzájemným propojováním jednoduchých topologií

- **kolizní doména**
  - určena stanicemi sdílejícími přenosové médium
  - kdykoliv začne v kolizní doméně více stanic vysílat, dojde ke **kolizi** (znehodnocení signálu $\Rightarrow$ nutnost opakování přenosu)

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje – L2 sítě

Sběrnicová topologie (bus topology)

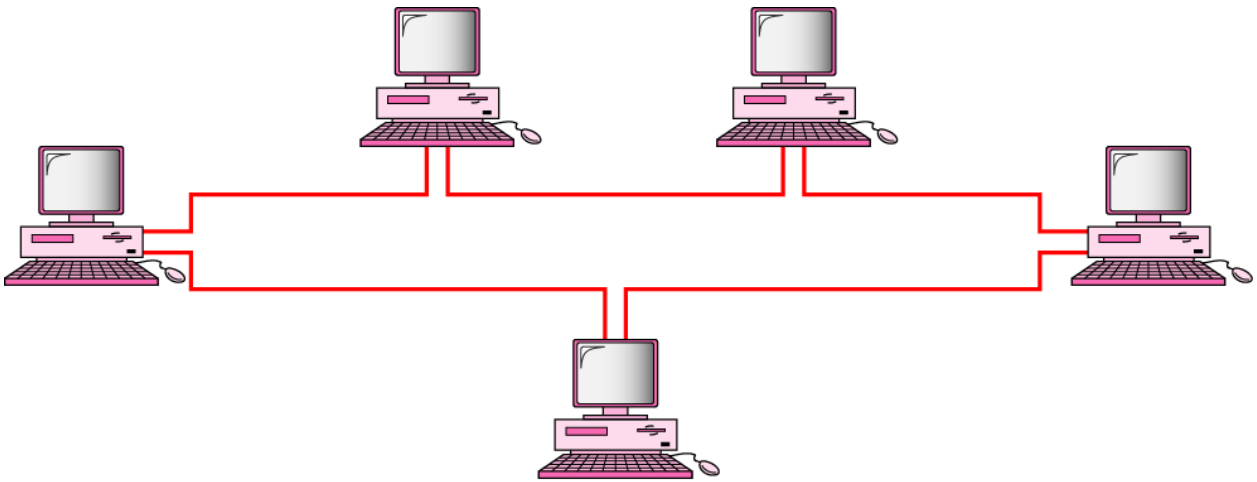


- relativně jednoduše instalovatelná
- kolizní doména tvořena všemi připojenými stanicemi
- CSMA/CD jako protokol řízení přístupu k médiu
- náchylná k defektům (výpadek kabelu = výpadek celé sítě)

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje – L2 sítě

Kruhová topologie (ring topology)

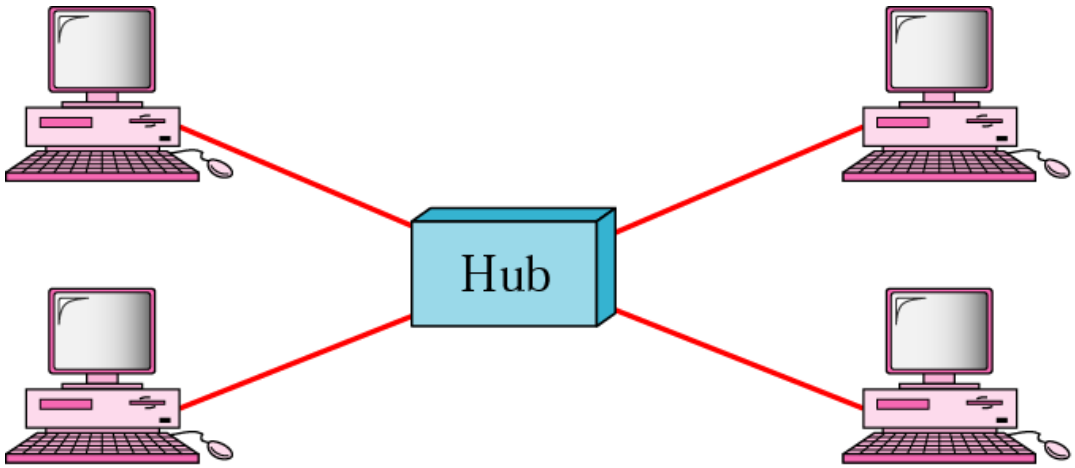


- všechny zprávy putují v jednom směru
- kolizní doména tvořena všemi připojenými stanicemi
- právo vysílat určuje metoda „peška“
- velmi náchylná k defektům (výpadek kabelu/zařízení = výpadek celé sítě)

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje – L2 sítě

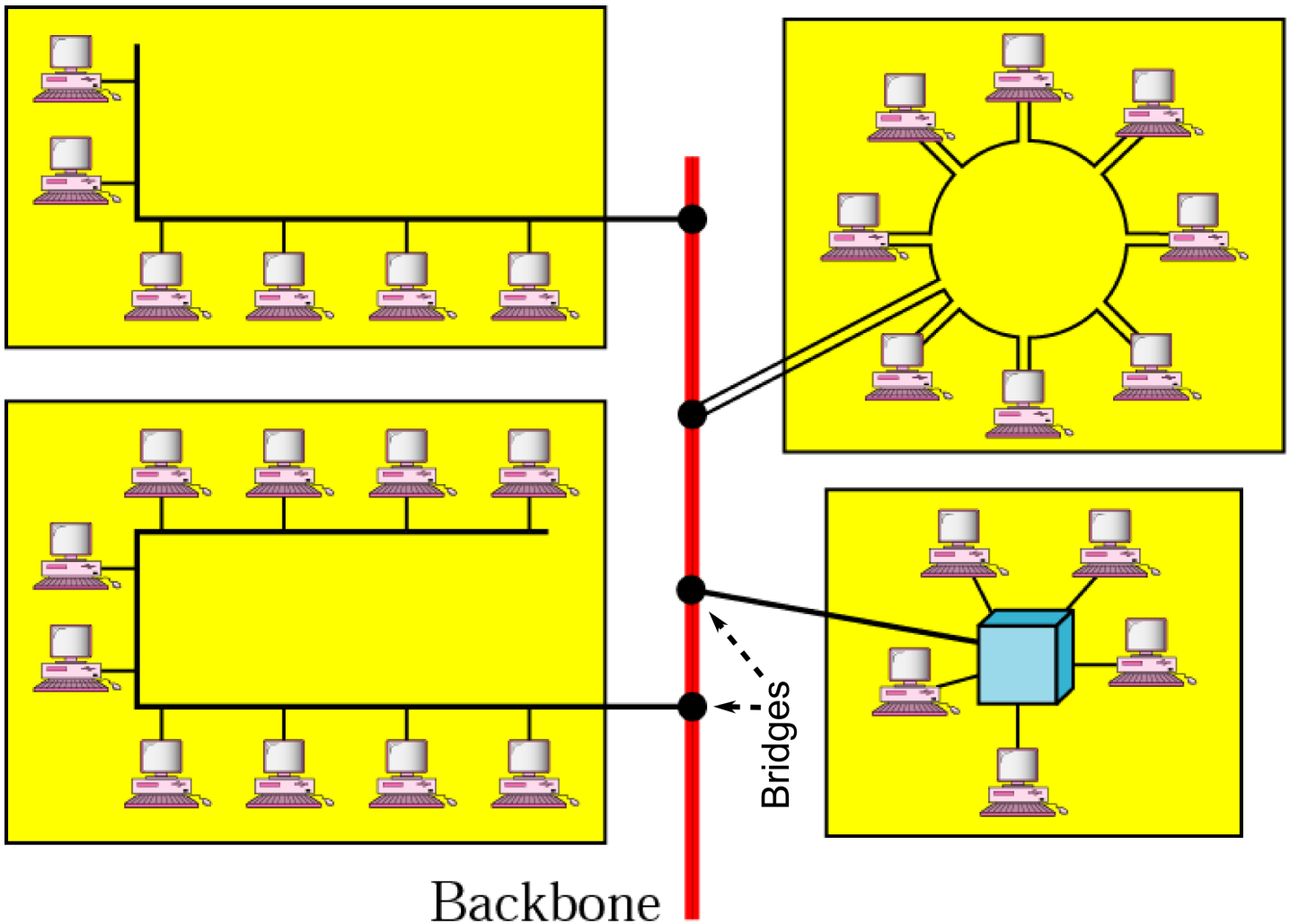
Hvězdicová topologie (star topology)



- centrální propojovací bod (hub, bridge, switch)
- hůře instalovatelná
- kolizní doména v závislosti na propojovacím bodu
  - **hub** – (L1) – kolizní doména = všechny připojené stanice
  - **bridge**, **switch** – (L2) – kolizní doména = 2 sousedící stanice
- nepříliš náchylná k defektům
  - (výpadek kabelu = výpadek pouze daného zařízení)

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje – L2 sítě (Ilustrace)



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Vrstva datového spoje – Rekapitulace

- zajišťuje přenos rámců mezi dvěma komunikujícími uzly (určeny MAC adresami) propojenými sdíleným přenosovým médiem
  - se zajištěním spolehlivosti přenosu
  - s ochranou přijímajícího uzlu proti zahlcení
  - s řízením přístupu k médiu (MAC protokoly)
- L2 sítě (LANs):
  - sběrnicová, kruhová, hvězdicová topologie
  - základní stavební prvky pro rozsáhlé sítě: můstky, switche

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Síťová vrstva – Přehled

ISO / OSI

Proč nestačí L2?

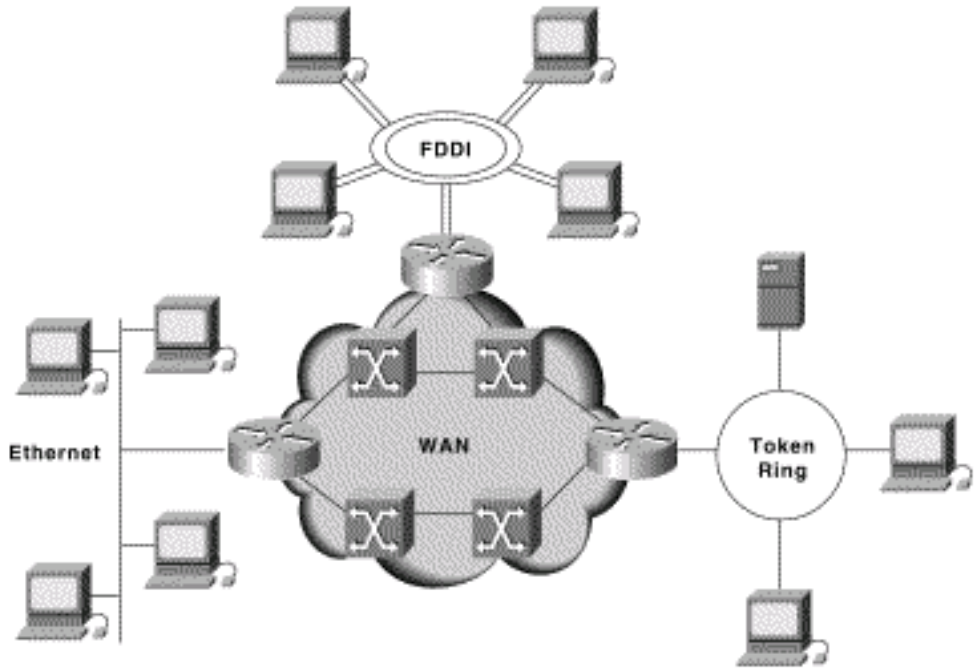
- nemožnost vybudování geograficky libovolně rozlehlé sítě
- neuniformní prostředí

Co nás nyní čeká...

- představení L3, poskytované služby
- Internetworking, modely zajištění síťových služeb
- adresace na L3, přidělování adres
- protokoly IPv4, ARP, ICMP
- protokoly IPv6, ICMPv6
- směrování, směrovací techniky

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Síťová vrstva z pohledu sítě – kde se pohybujeme?



- propojování lokálních sítí do komplexních sítí (např. Internet)
- komunikace mezi „libovolnými“ stanicemi
  - skrze více samostatných fyzických sítí (LANs)
  - tzv. **host-to-host delivery**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Síťová vrstva – Úvod

- **Síťová vrstva**:
  - poskytuje služby pro **transportní vrstvu**:
    - přijímá **segmenty** od transportní vrstvy, které transformuje do **paketů**
    - ve spolupráci s vrstvou datového spoje zajišťuje přenos paketů mezi komunikujícími uzly **(i mezi různými fyzickými LAN sítěmi)**
  - logicky spojuje samostatné heterogenní LAN sítě
    - vyšším vrstvám poskytuje iluzi uniformního prostředí jediné velké sítě (**WAN – Wide Area Network**)
  - poskytuje možnost jednoznačné identifikace (adresace) každého PC/zařízení na Internetu
  - zajišťuje **směrování** procházejících paketů
  - ve spolupráci s vrstvou datového spoje mapuje adresy síťové vrstvy na fyzické adresy (MAC adresy)
  - další služby: multicast

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Síťová vrstva – Služby

- **Propojování fyzických sítí (Internetworking)**
  - iluze uniformního prostředí jediné velké sítě
- **Tvorba paketů (Packetizing)**
  - přijaté segmenty transformovány na pakety (IP protokol)
- **Fragmentace paketů (Fragmenting)**
  - rozdělování pakety podle vlastností schopností sítě
- **Adresace (Addressing)**
  - adresy entit síťové vrstvy – tzv. **IP adresy**, jedinečné skrze celou síť
  - pakety obsahují zdrojovou a cílovou IP adresu komunikujících
- **Mapování IP adres na/z fyzické adresy (Address Resolution)**
  - ARP, RARP protokoly
- **Směrování (Routing)**
  - nalezení nejvhodnější cesty mezi komunikujícími, reakce na chyby
- **Metody základního monitoringu stavu sítě (Control Messaging)**
  - základní informace o nedoručitelnosti paketů, stavu sítě, uzlů, atp. – ICMP protokol

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Síťová vrstva – Služby

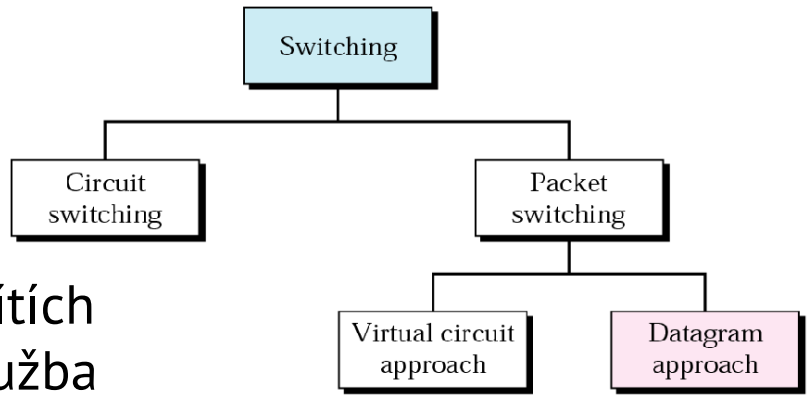
Propojování sítí (Internetworking)

- vzájemné propojování celých sítí i jednotlivých kabelových segmentů (hierarchie)
- propojením vzniká tzv. **internetwork**, zkráceně **internet**
  - **internet** = jakékoliv propojení dvou či více sítí
  - **Internet** = jméno jedné konkrétní sítě (celosvětového Internetu)
- důvody pro internetworking:
  - překonání technických omezení/překážek – např. omezený dosah kabelových segmentů
  - optimalizace fungování sítě – snaha regulovat tok dat, zamezení zbytečného šíření provozu
  - zpřístupnění vzdálených zdrojů – přístup ke vzdáleným serverům
  - zvětšení dosahu poskytovaných služeb – elektronická pošta, internetové telefonování, …

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Síťová vrstva – Internetworking

Modely zajištění síťových služeb



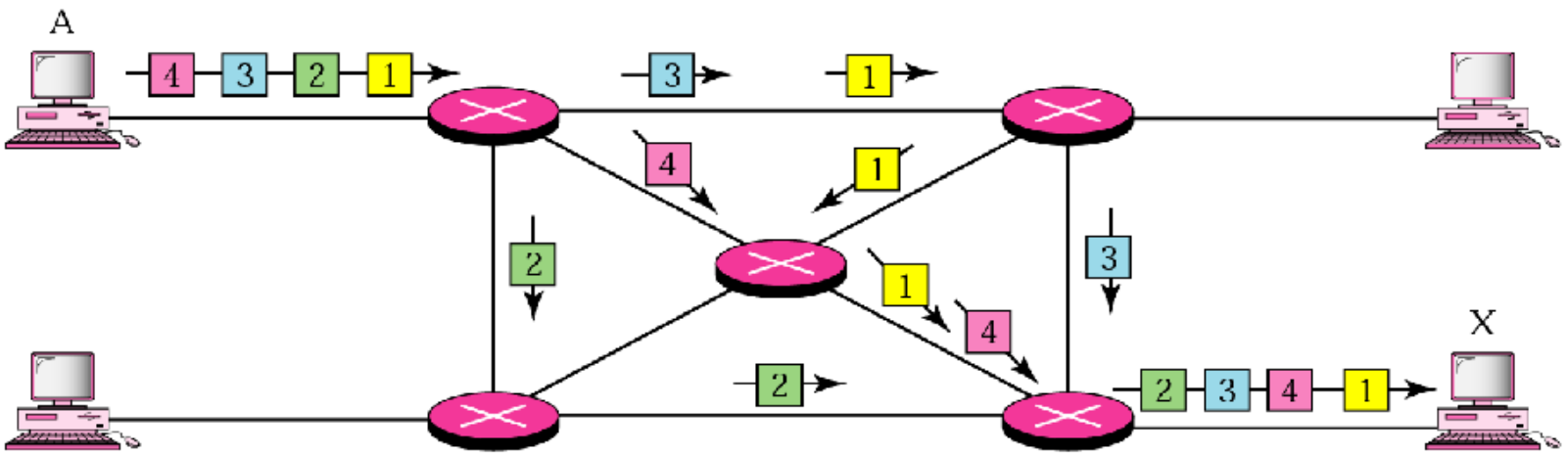
- přepínání okruhů (**Circuit Switching**):
  - ustavení přímého fyzického spojení mezi odesílatelem a příjemcem
  - bez potřeby paketizace
  - vrstva L1, využito ve spojovaných sítích
  - spojovaná (**connection-oriented**) služba
- přepínání paketů (**Packet Switching**):
  - zasílání nezávislých datových jednotek (paketů)
  - **virtuální kanály (Virtual Circuits Approach):**
    - na začátku přenosu ustavena cesta (implementováno na L2/L3)
    - všechny pakety jedné relace putují po stejné trase
    - spojovaná (**connection-oriented**) služba
  - **datagramový přístup (Datagram Approach):**
    - každý paket obsluhován zcela nezávisle na ostatních
    - nespojovaná (**connectionless**) služba
    - pakety jsou zde nazývány **datagramy**
    - Internet

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Síťová vrstva – Internetworking

Datagramový přístup

Internet **na síťové vrstvě** využívá **datagramový přístup** k přepínání paketů, komunikace je **nespojovaná**.

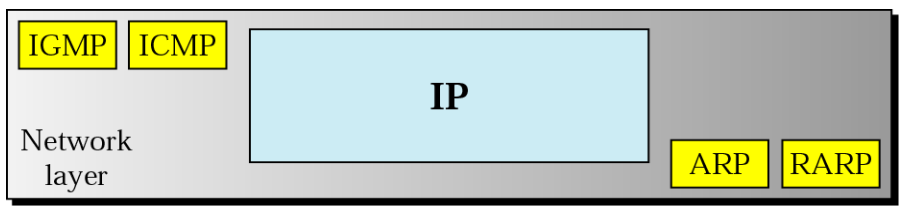


Obrázek: Ilustrace datagramového přístupu k přepínání paketů.

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Internet Protocol (IP protokol)

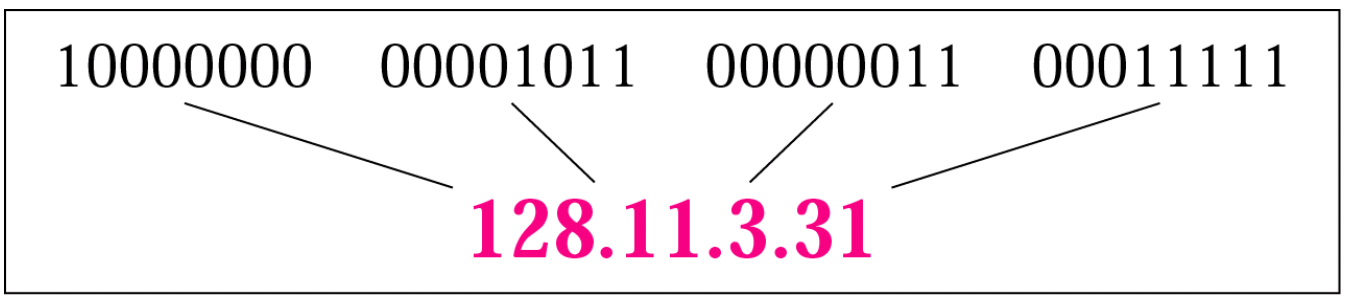
- nejrozšířenější protokol síťové vrstvy
  - doprava dat (datagramů) na místo jejich určení, a to i přes mezilehlé uzly (směrovače) – **host-to-host delivery**
    - uzly/rozhraní v rámci IP protokolu jednoznačně identifikovány IP adresami
    - využívá **datagramový přístup** k přepínání paketů, komunikace je **nespojovaná**
    - ⇒ směrování (příští přednáška)
  - poskytuje nespolehlivou (tzv. **best-effort**) službu
  - doplněn dalšími podpůrnými protokoly (ICMP, ARP, RARP, IGMP)
    - ošetření nestandardních situací, šíření informací potřebných ke korektnímu směrování, identifikace rozhraní na LAN atd.
- navržen a standardizován ve dvou verzích:
  - **Internet Protocol verze 4 (IPv4)** – 1981, RFC 791
  - **Internet Protocol verze 6 (IPv6)** – 1998, RFC 2460



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IPv4 – Adresace

- požadavek **jednoznačné identifikace** každého zařízení připojeného k Internetu
- nutnost **systematického přidělování adres**
  - za účelem snadnějšího směrování
- každému zařízení/rozhraní přiřazena **Internetová adresa** (**IP adresa**)
  - **IPv4 adresa** (32 bitů) vs. **IPv6 adresa** (128 bitů)



FAKULTA
INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IPv4 – Adresace

Typy adres

- **Individuální (unicast) adresy** – identifikace jednoho síťového rozhraní
  - identifikace jediného odesílatele/příjemce
- **Broadcast adresy** – slouží pro zasílání dat všem možným příjemcům na dané LAN („all-hosts broadcast“)
  - zdrojová adresa datagramu (identifikace odesílatele) je unicastová
- **Skupinové (multicast) adresy** – slouží pro adresování skupiny příjemců (síťových rozhraní), kteří o data **projevili zájem**
  - data směrovači rozesílána všem členům skupiny
  - zdrojová adresa datagramu (identifikace odesílatele) je unicastová

IPv4 – Fragmentace datagramů

- **situace:**
  - zdrojový uzel chce odeslat datagram, který je větší než MTU výstupní linky
  - směrovač přijme datagram, který je větší než MTU výstupní linky
- **řešení:** provedení tzv. **fragmentace IP datagramu**
  - původní datagram je rozdělen na několik menších datagramů (tzv. **fragmenty**)
  - každý fragment získá svou vlastní IP hlavičku (= stane se z něj nový, plnohodnotný datagram)
  - fragmenty na cílovém uzlu složeny do původního datagramu (před předáním transportnímu protokolu)
- složení fragmentů do původního datagramu vyžaduje:
  - identifikaci datagramu, kterému fragmenty náleží
  - znalost počtu fragmentů
  - znalost pozice každého fragmentu v původním datagramu

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IPv4 – Internet Control Message Protocol (ICMP)

- IP protokol poskytuje nespolehlivou (best-effort) službu
  - bez mechanismů pro informování odesílatele o vzniklých chybách
  - bez podpůrných mechanismů pro zjišťování stavu sítě
- **Internet Control Message Protocol (ICMP)**
  - RFC 792
  - doprovodný protokol IP protokolu
  - poskytuje informace o chybách při přenosu IP datagramů
  - poskytuje základní informace o stavu sítě
- např.
  - oznamy o chybách:
    - **Destination unreachable** – „Destination“ může být protokol, port, uzel nebo celá síť
    - **Time exceeded** – informace o vypršení TTL či informace o vypršení času pro znovusložení fragmentů IP datagramu
  - dotazy na stav sítě/uzlu:
    - **Echo request/reply** – požadavek na odpověď

IP protokol verze 6 (IPv6) – Proč nový protokol?

- **hlavní impulz pro návrh nového IP protokolu:** relativně rychlé vyčerpávání adresního prostoru IPv4 protokolu
- další důvody: problémy IPv4, které vyvstaly s rozvojem Internetu, zejména
  - slabá podpora přenosů aplikací reálného času
  - žádná podpora zabezpečené komunikace na úrovni IP
  - žádná podpora autokonfigurace zařízení
  - žádná podpora mobility
  - atp.
- (mnoho vlastností do IPv4 zpětně doimplementováno)

FAKULTA
INFORMATIKY
Masarykova univerzita

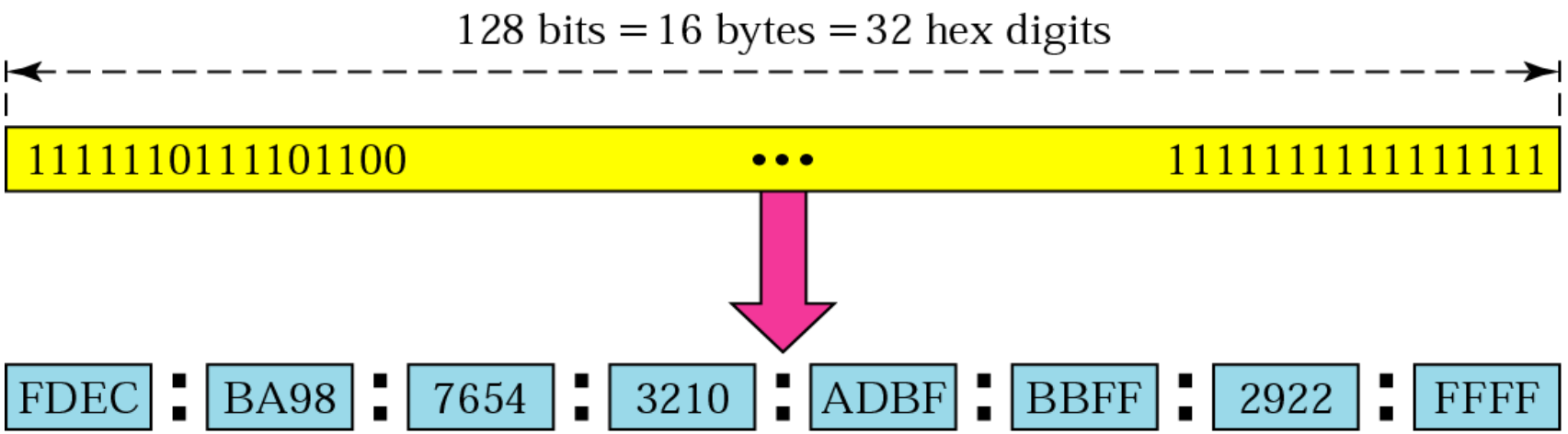
IP protokol verze 6 (IPv6) – Vlastnosti

- **rozšířený adresní prostor** – 128-bitová IPv6 adresa, $\mathbf{2^{128}}$ jedinečných adres
- **jednodušší formát hlavičky** – základní 40B hlavička obsahující pouze nejnutnější informace
- **možnosti dalšího rozšíření** – skrze tzv. **rozšiřující hlavičky**
- **podpora přenosů reálného času** – značkování toků, prioritizace provozu
- **podpora zabezpečení přenosu** – podpora autentizace, šifrování a verifikace integrity přenášených dat
- **podpora mobility** – skrze tzv. **domácí agenty**
- **podpora autokonfigurace zařízení** – stavová a bezstavová konfigurace

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IPv6 – Adresace

- adresy využívané protokolem IPv6 (viz dále)
- (prozatím) finální řešení nedostatku IP adres
- IPv6 adresa má 128 bitů (= 16 bajtů):
  - $\mathbf{2^{128}}$ možných adres ($\approx \mathbf{3} \times \mathbf{10^{38}}$ adres $\Rightarrow \approx \mathbf{5} \times \mathbf{10^{28}}$ adres na každého obyvatele Země)
  - hexadecimální zápis místo dekadického (po dvojicích bajtů oddělených znakem „:“)



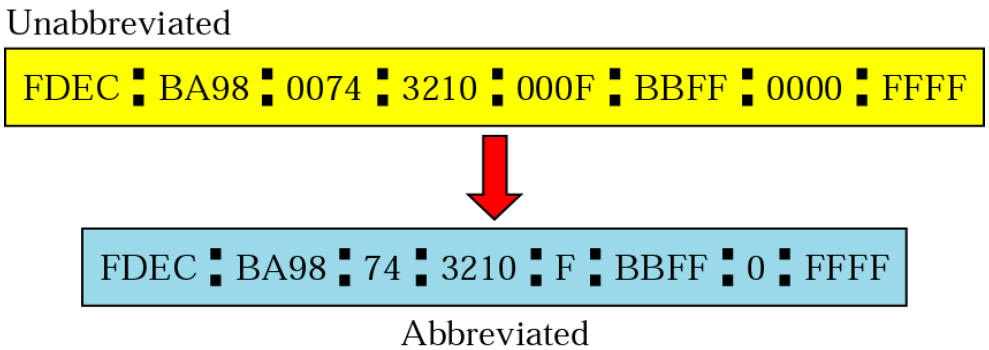
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IPv6 – Adresace

Zkracování zápisu

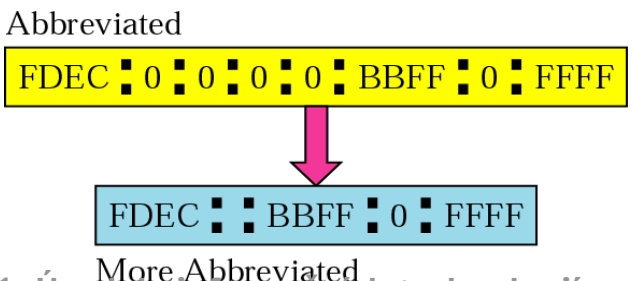
Úvodní nuly lze ze zápisu každé skupiny vynechat:

- **0074** lze psát jako **74**, **000*F*** jako ***F***, …
  - **3210 nelze** zkracovat!



Sekvenci po sobě jdoucích nulových skupin lze vynechat:

- vždy však **pouze jednu sekvenci** takovýchto nulových skupin!



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IPv6 – Adresace

Typy adres

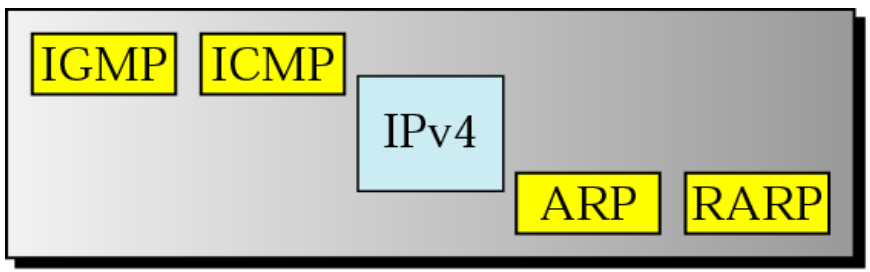
- **Individuální (unicast) adresy** – totéž co v IPv4, identifikace jednoho síťového rozhraní
- **Skupinové (multicast) adresy** – totéž co v IPv4, slouží pro adresování skupin počítačů či jiných síťových zařízení
  - data jsou vždy doručena všem členům skupiny
  - prefix `ff00::/8`
- **Výběrové (anycast) adresy** – novinka v IPv6
  - také označují skupinu příjemců
  - data se však doručí jen jedinému jejímu členovi (tomu, který je nejblíže)

- broadcast adresy IPv4 protokolu se v IPv6 nevyužívají
  - nahrazeny speciálními multicastovými skupinami (např. všechny uzly na dané lince)

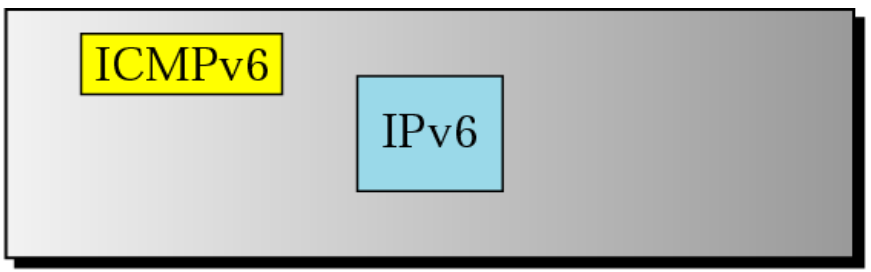
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IPv6 – ICMP protokol verze 6

- **ICMP protokol verze 6 (ICMPv6)**
  - založen na stejných principech/mechanismech jako ICMPv4
  - navíc zahrnuje funkcionalitu protokolů ARP a IGMP
    - s využitím **Neighbour Discovery** protokolu operujícím nad ICMPv6



Network layer in version 4

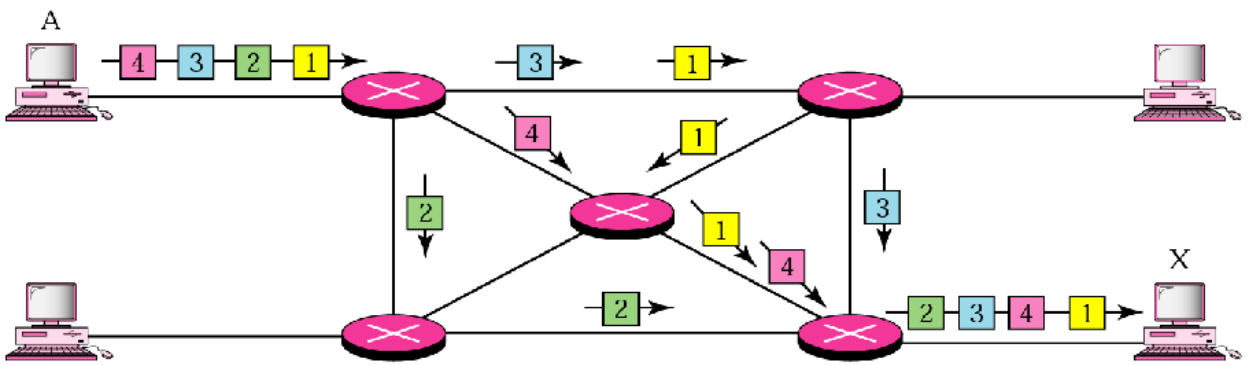


Network layer in version 6

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Síťová vrstva – Směrování

- **směrování (Routing)** = proces nalezení cesty mezi dvěma komunikujícími uzly
  - cesta musí splňovat určité omezující podmínky
  - ovlivňující faktory:
    - **statické:** topologie sítě
    - **dynamické:** zátěž sítě



Směrování – Problém globálního pohledu

- globální znalost topologie celé sítě je problematická
  - je složité ji získat
  - když už se to podaří, není aktuální
  - musí být lokálně relevantní
- lokální představu o topologii reprezentuje směrovací tabulka
- rozpor mezi lokální a globální znalostí může způsobit
  - cykly (černé díry)
  - oscilace (adaptace na zátěž)

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Směrování – Cíl

- úkolem směrování je:
  - vyhledávat optimální směrovací trasy
    - kriteriem optimality je metrika
  - dopravit datový paket určenému adresátovi
- zpravidla se nezabývá celou cestou paketu
  - směrovač řeší jen jeden krok – komu paket předat jako dalšímu
    - někomu “blíže” cíli
    - tzv. **hop-by-hop**
  - ten pak rozhoduje, co s paketem udělat dál

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Směrování – Směrovací tabulky

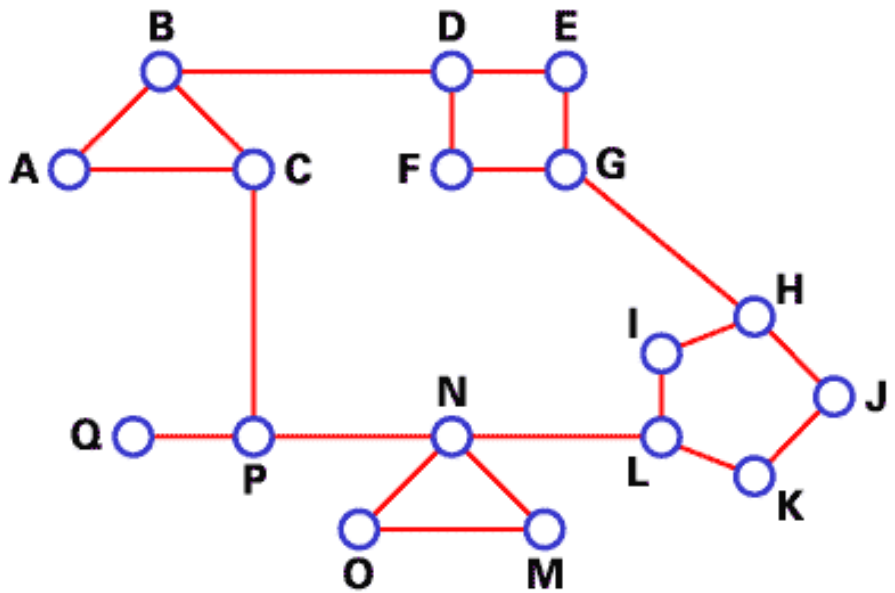
- základní datovou strukturou je **směrovací tabulka (routing table)**
  - sada ukazatelů, podle kterých se rozhoduje, co udělat s kterým paketem
  - obsahují cesty k „prefixům“
    - počáteční IP adresa a blok
  - agregace záznamů – hledá se nejdelší prefix, který vyhovuje požadavku
    - existence více vyhovujících prefixů ⇒ použije se nejdelší
    - tzv. **Longest-prefix Match Algorithm**

	Mask	Destination address	Next-hop address	Interface
	/8	14.0.0.0	118.45.23.8	m1
Host-specific →	/32	192.16.7.1	202.45.9.3	m0
	/22	193.14.4.0	84.12.6.20	m1
	/24	193.14.5.0	84.78.4.12	m2
Default →	/0	/0	145.11.10.6	m0

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Směrování – Matematický pohled

- na směrování lze nahlížet jako na problém teorie grafů
- síť reprezentována grafem, kde:
  - uzly reprezentují směrovače (identifikovány svými IP adresami)
  - hrany reprezentují vzájemné propojení směrovačů (linku)
  - ohodnocení hran = cena komunikace
  - **cíl:** nalezení minimální cesty v grafu mezi libovolnými dvěma uzly



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Směrování – Žádané vlastnosti směrovacího algoritmu

Žádané vlastnosti směrovacího algoritmu:

- správnost
- jednoduchost
- efektivita a škálovatelnost
  - minimalizace množství řídících informací (≈ **5%** provozu!)
  - minimalizace velikosti směrovacích tabulek
- robustnost a stabilita
  - nezbytný je distribuovaný algoritmus
- spravedlivost (fairness)
- optimálnost
  - **“Co je to nejlepší cesta?”**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

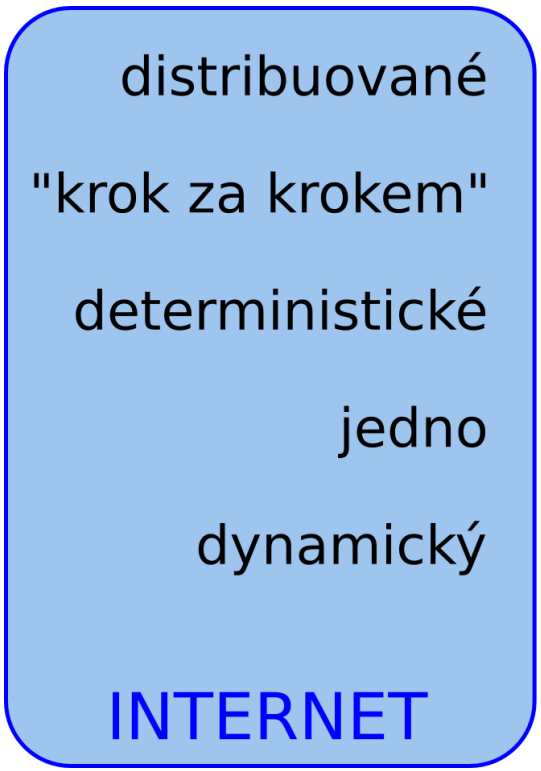
Směrování – Základní přístupy

Členění dle způsobu vytvoření/udržování směrovací tabulky:

- **statické (neadaptivní)**
  - administrátorem ručně editované záznamy
  - vhodné pro statickou topologii
- **dynamické (adaptivní)** – reagují na změny v síti
  - složité (většinou distribuované) algoritmy
  - např.
    - **centralizované** – vše řídí centrum
    - **izolované** – každý sám za sebe
    - **distribuované** – kooperace uzlů

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Směrování – Další možná členění



vs. centralizované

vs. zdrojové

vs. stochastické

vs. více cestné

vs. statický výběr cest

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Směrování – Základní distribuované směrování

Třídy distribuovaných směrovacích protokolů:

- **Distance Vector (DV)** – Bellman-Fordův algoritmus
  - sousední směrovače si v pravidelných intervalech či při topologické změně (např. výpadek zařízení) vyměňují kompletní kopie svých směrovacích tabulek
  - na základe obsahu přijatých updatů si pak doplňují nové informace a inkrementují své **distance vektor číslo**
    - metrika udávající počet hopů k dané síti
  - čili **“všechny informace jen svým sousedům”**
- **Link State (LS)**
  - jednotlivé směrovače si zasílají pouze informace o stavu linek, na něž jsou bezprostředně připojeny
  - udržují si tak kompletní informace o topologii dané sítě – zařízení jsou si vědoma všech ostatních zařízení na síti
  - pak se počítá nejkratší cesta (Dijkstruv algoritmus)
  - čili **“informace o svých sousedech všem”**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Směrování – Distance Vector

Protokol RIP

- hlavní představitel DV směrování
  - RIPv1 (RFC 1058)
  - RIPv2 (RFC 1723) – přidává např. autentizaci směrovacích informací
- sítě identifikovány s využitím mechanismu CIDR
- jako metrika se využívá počet hopů
  - přenos paketu mezi 2 sousedními směrovači má délku 1
  - nekonečno = 16
    - $\Rightarrow$ nelze použít pro sítě s minimálním počtem hopů mezi libovolnými dvěma směrovači $>$ **15**
- směrovače zasílají informaci každých 30 sekund
  - triggered update při změně stavu hrany
  - časový limit 180s (detekce chyb spojení)
- použití:
  - vhodné pro malé sítě a stabilní linky bez redundance

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Směrování – Link State

Protokol OSPF

- **Open Shortest Path First**
- nejpoužívanější LS protokol současnosti
- metrika: **cena (cost)**
  - číslo (v rozsahu 1 až 65535) přiřazené ke každému rozhraní směrovače
  - čím menší číslo, tím má cesta lepší metriku (bude tedy preferována)
  - standardně je ke každému rozhraní přiřazena cena automaticky odvozená z šířky pásma daného rozhraní
    - $\textit{cost} = 100000000/\textit{bandwidth}$ (ta v bitech za sekundu)
    - možno ručně měnit
- rozšíření:
  - autentizace zpráv
  - směrovací oblasti – další úroveň hierarchie
  - load-balancing – více cest se stejnou cenou

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Směrování – Link State vs. Distance Vector

Link State

- **Složitost:**
  - každý uzel musí znát cenu každé linky v síti ⇒ $O(nE)$ zpráv
  - změnu ceny některé z linek potřeba vypropagovat na **všechny** uzly
- **Rychlost konvergence:**
  - $O(n^2)$ alg., zasílá $O(nE)$ zpráv
  - trpí na oscilace
- **Robustnost:**
  - špatně fungující/kompromitovaný směrovač může šířit nesprávné informace jen o k němu přímo připojených linkách
  - každý směrovač si přepočítává směrovací tabulky sám za sebe ⇒ odděleno od vlastního šíření informací ⇒ forma robustnosti
- **Použití:**
  - vhodné i pro rozsáhlé sítě

Distance Vector

- **Složitost:**
  - po změně ceny některé z linek je toto zapotřebí vypropagovat jen **nejbližšímu sousedovi**; dále se propaguje jen tehdy, pokud daná změna znamená změnu stromu nejkratších cest
- **Rychlost konvergence:**
  - může konvergovat pomaleji než LS
  - problémy se směrovacími cykly, **count-to-infinity** problém
- **Robustnost:**
  - nesprávný výpočet je postupně šířen sítí ⇒ může znamenat "zmatení" ostatních směrovačů a nesprávně vypočtené směrovací tabulky
- **Použití:**
  - vhodné jen pro menší sítě

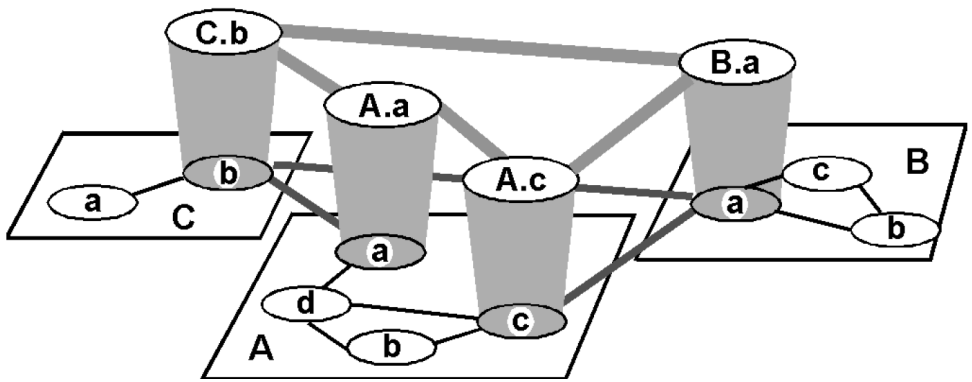
Autonomní systémy

- cílem rozdělení Internetu na **autonomní systémy** je
  - snížení směrovací režie
    - jednodušší směrovací tabulky, snížení množství vyměňovaných směrovacích informací, atp.
  - zjednodušení správy celé sítě
    - správa jednotlivých internetů různými organizacemi
- autonomní systémy = domény
  - každému AS/doméně přiřazen 16bitový identifikátor
    - **Autonomous System Number (ASN)** – RFC 1930
    - přiřazuje organizace **ICANN (Internet Corporation For Assigned Names and Numbers)**
  - odpovídají administrativním doménám
    - sítě a směrovače uvnitř jednoho AS spravovány jednou organizací
    - např. CESNET, PASNET, …
  - dělení v závislosti na způsobu připojení AS do sítě:
    - **Stub AS**
    - **Multihomed AS**
    - **Transit AS**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Směrování mezi autonomními systémy

- oddělené směrování z důvodů škálovatelnosti
  - intradoménové – **interior routing**
    - směrování uvnitř AS
    - plně pod kontrolou správce AS
    - primarnim cilem vykon
    - tzv. **Interior Gateway Protocols (IGP)** (např. RIP, OSPF)
  - interdoménové/mezidoménové – **exterior routing**
    - směrování mezi AS
    - primarnim cilem podpora definovanych politik a skalovatelnost
    - tzv. **Exterior Gateway Protocols (EGP)** (např. EGP, BGP-4)
  - nutná spolupráce interior a exterior směrovacích protokolů



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Směrování mezi autonomními systémy – Exterior Routing

Protokol BGP

- **Border Gateway Protocol**
  - aktuálně verze 4 (BGP-4)
- navržen v důsledku růstu Internetu a požadavků na podporu komplexnějších topologií
  - podporuje redundantní topologie, vypořádá se s cykly
- využívá **Path Vector** směrování
  - nevyměňují se ceny cest, ale popis celých cest zahrnující všechny skoky
- umožňuje definici pravidel směrování
- pracuje nad spolehlivým protokolem (TCP)
- používá CIDR pro agregaci cest

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IP Multicast

Klasické řešení skupinové komunikace v síti.

- Každým spojem nejvýše jedna kopie dat
- Vlastnost sítě (hop by hop, nikoliv end-to-end služba)
- Doručení nezaručené (best effort, UDP, skupinová adresa)
- Rozsah šíření omezen TTL (Time To Live) paketů

Jak identifikovat skupinu?

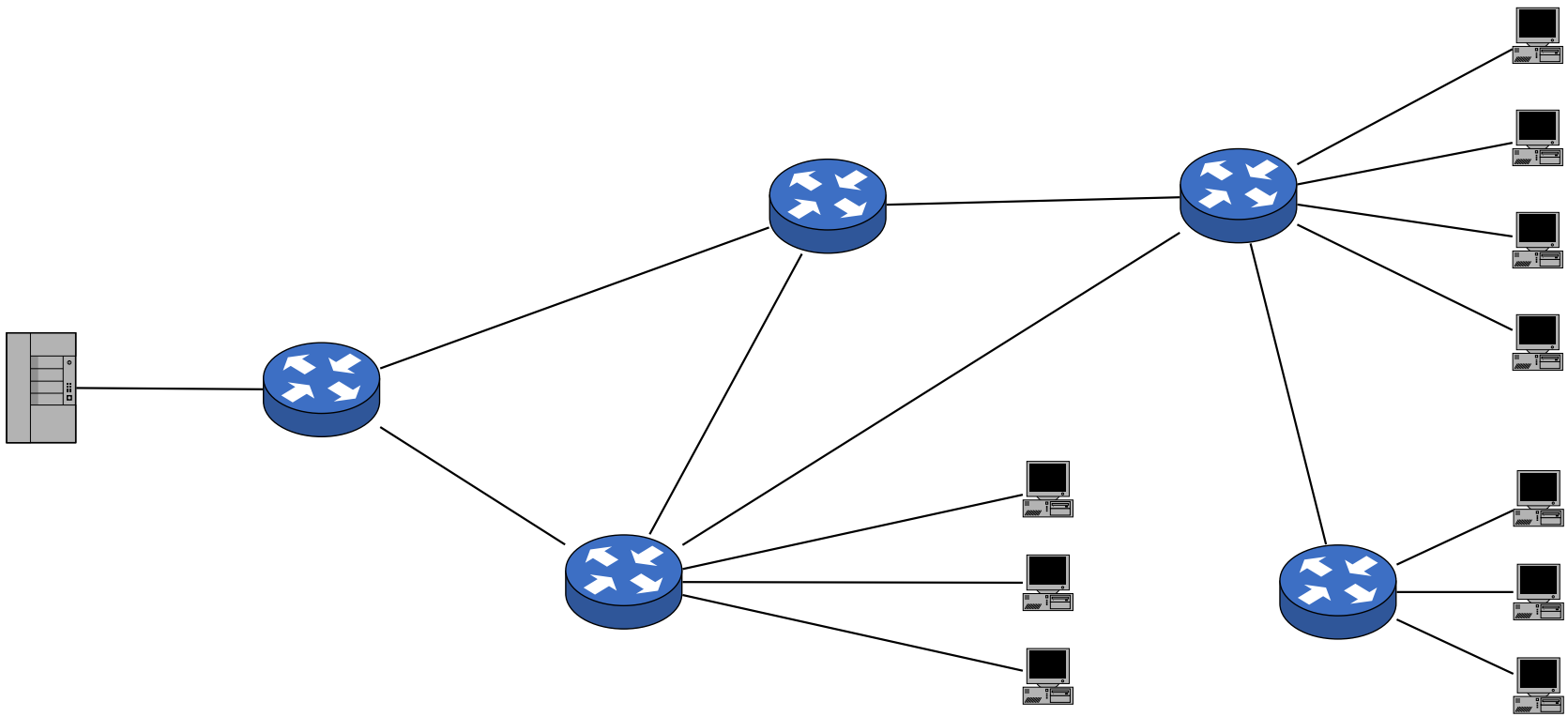
- $\Rightarrow$ multicastová IP adresa
  - **IPv4:** třída D (`224.0.0.0` – `239.255.255.255`)
  - **IPv6:** prefix `ff00::/8`

Dva základní přístupy k multicastovému směrování:

- **Source Based Tree**
- **Shared Tree (Core Based Tree)**

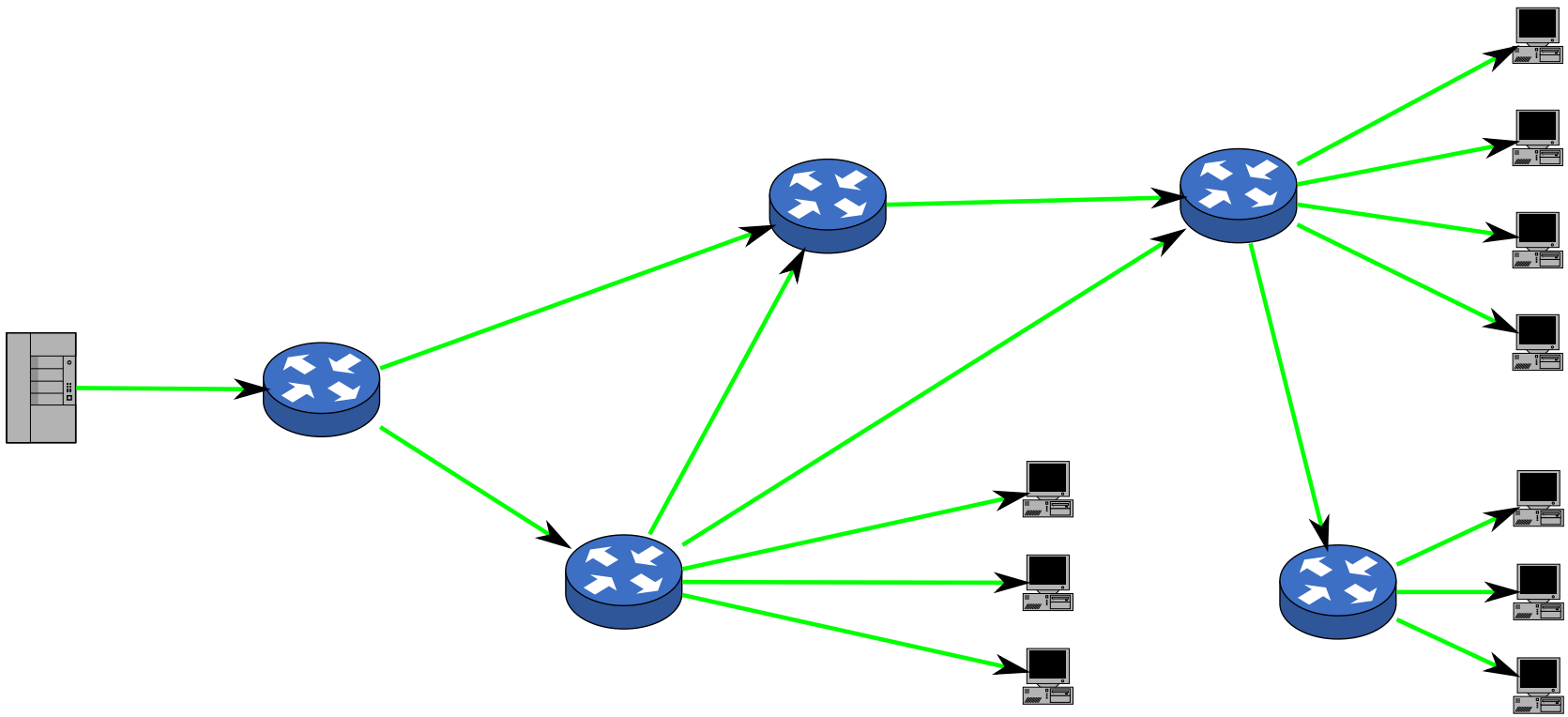
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IP Multicast – Source Based Tree



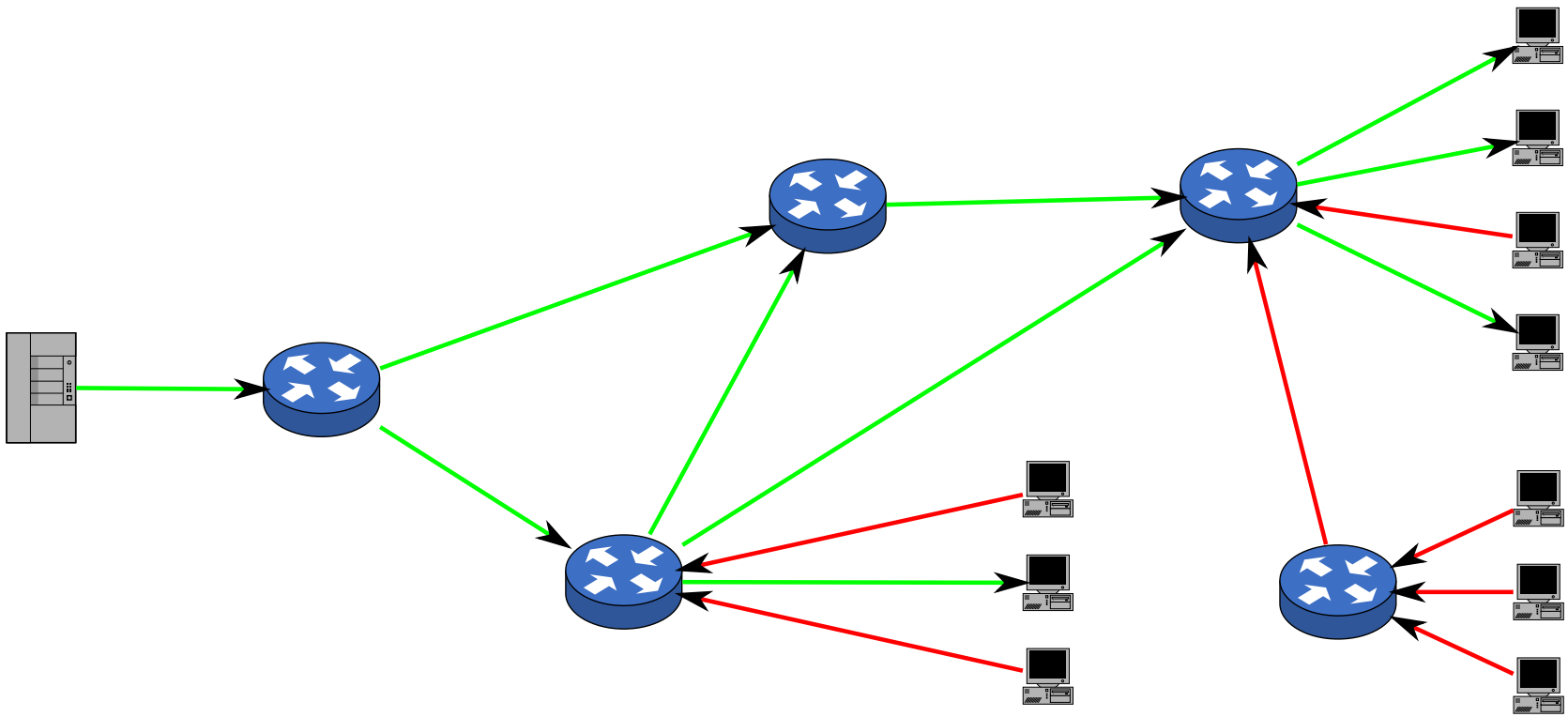
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IP Multicast – Source Based Tree



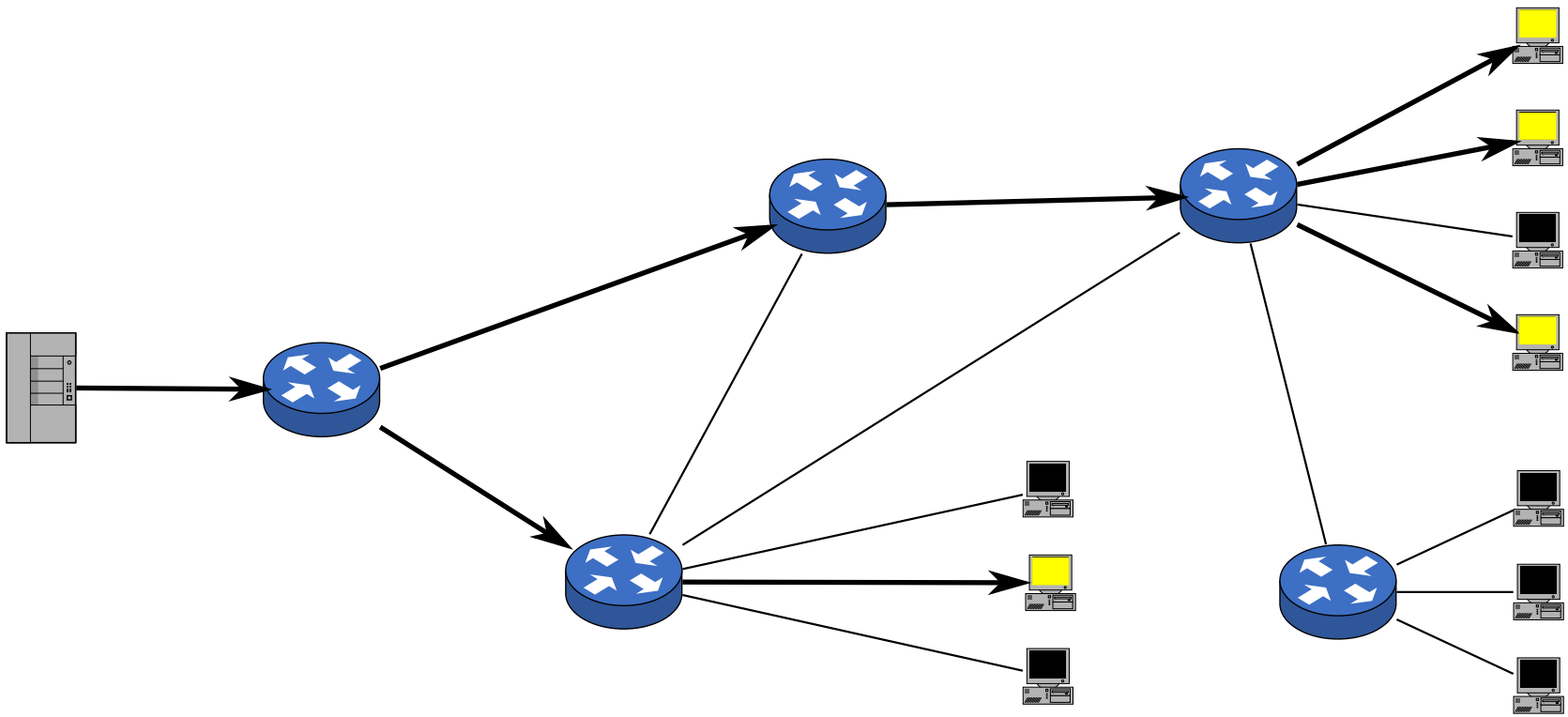
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IP Multicast – Source Based Tree



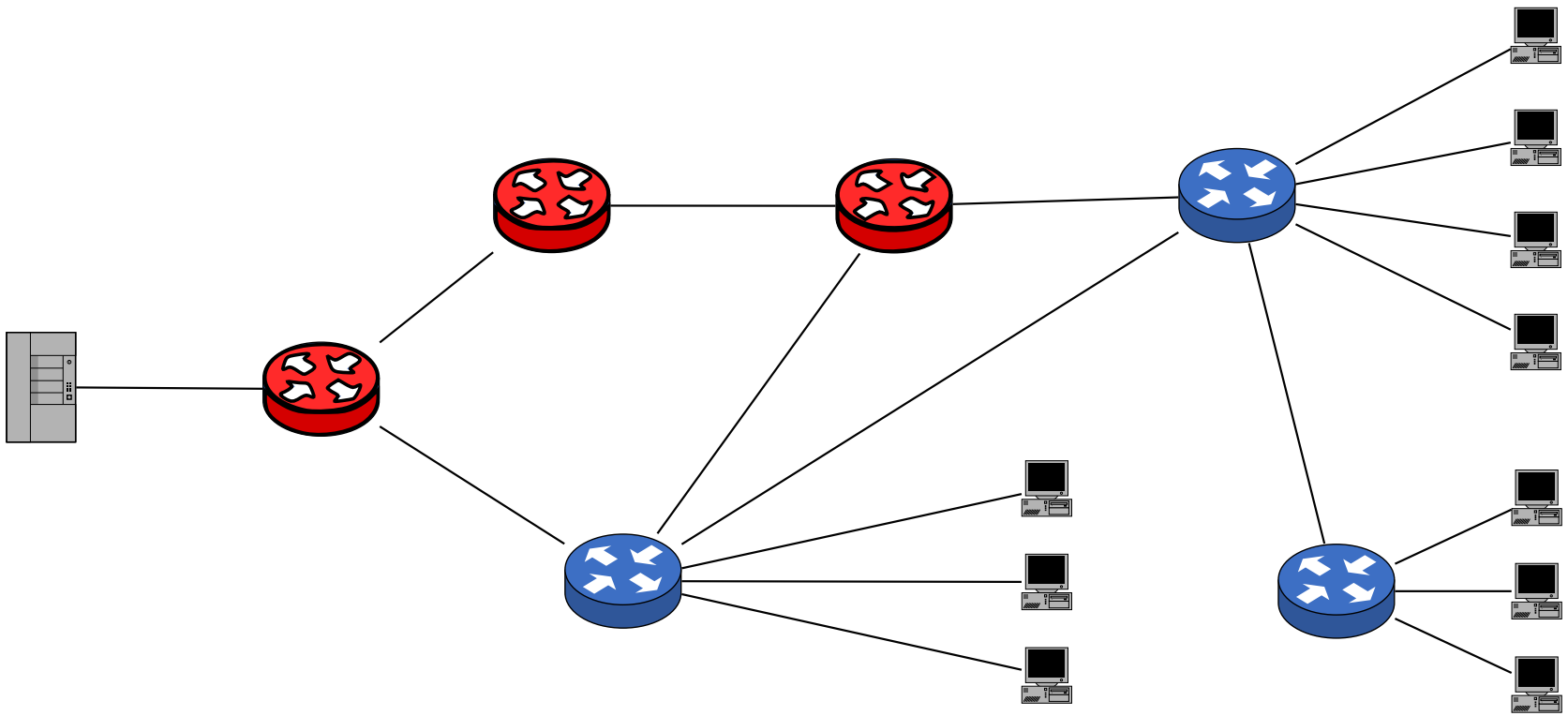
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IP Multicast – Source Based Tree



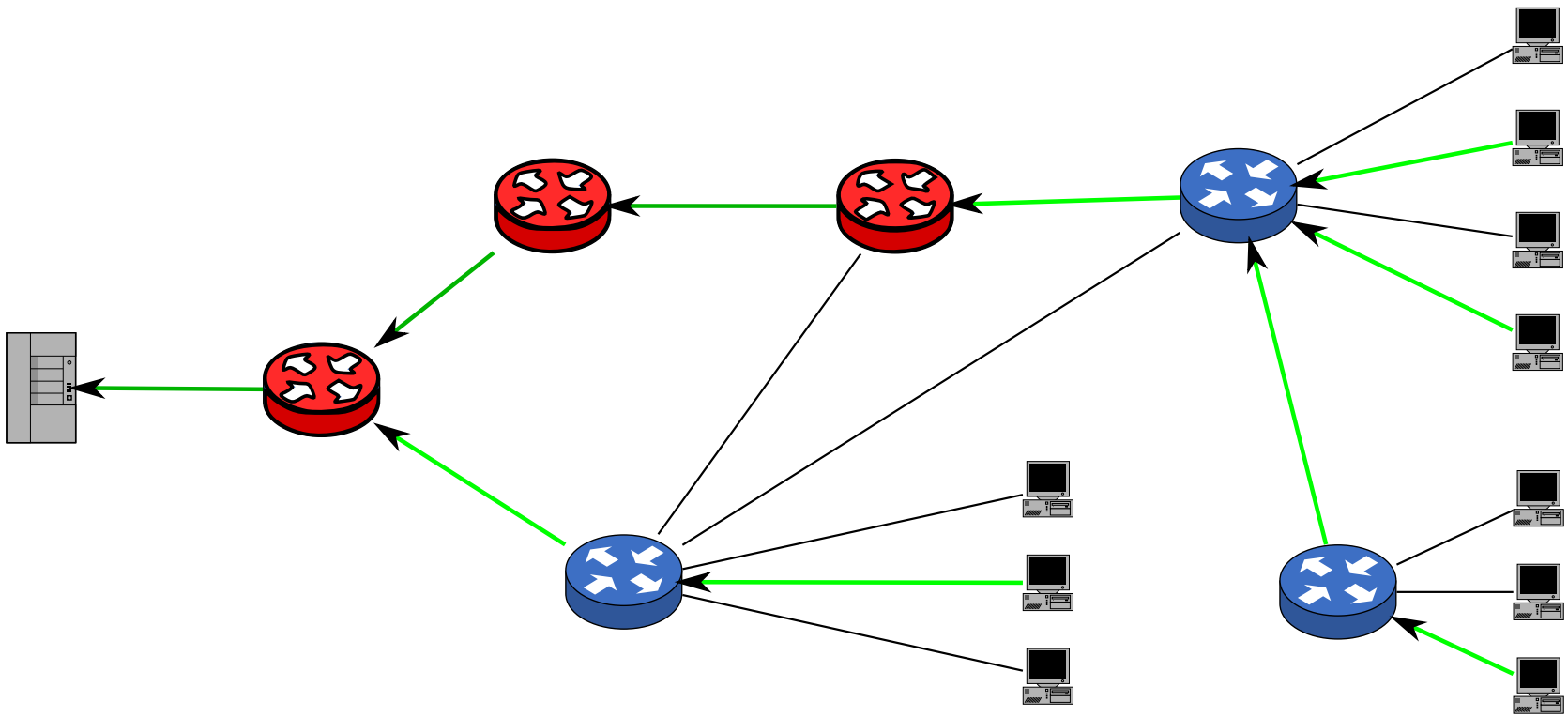
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IP Multicast – Core Based Tree



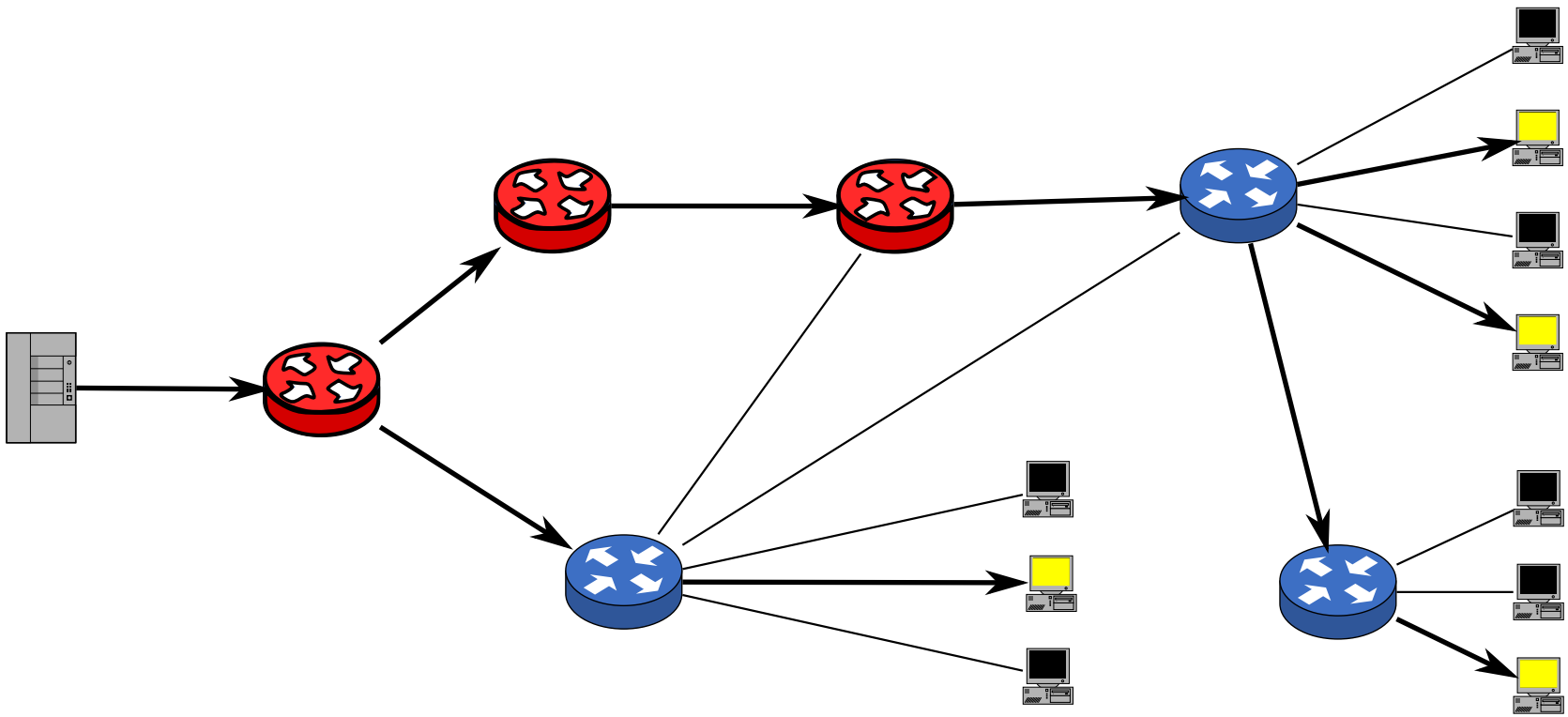
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IP Multicast – Core Based Tree



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IP Multicast – Core Based Tree



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

IP Multicast – Source Based Tree vs. Core Based Tree

Source Based Tree

- Aktivita shora od zakládajícího
- Periodický broadcast
- Ořezávání větví bez členů
- Omezení šířky – TTL
- Pro úzce lokalizované skupiny
- Nevýhoda: režie, záplava broadcasty
- Protokoly: DVMRP (RIP), MOSPF (OSPF), PIM–DM

Core Based Tree

- Ustaveno jádro – body setkání (MP)
- Zájemce o skupinu kontaktuje MP
- Aktivita zdola od příjemce
- Redukce broadcastu $\longrightarrow$ lépe škáluje
- Nevýhoda: závislost na dostupnosti jádra
- Protokoly: CBT, PIM–SM (protokolově nezávislé)

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Síťová vrstva – Résumé

- logicky spojuje samostatné heterogenní LAN sítě
  - poskytuje iluzi uniformního prostředí jediné velké sítě
- poskytuje možnost jednoznačné identifikace (= adresace) každého zařízení na Internetu
- zajišťuje směrování procházejících paketů
- další služby:
  - základní monitoring sítě
  - multicast
- **další informace:**
  - PB156: Počítačové sítě (doc. Hladká)
  - PA159: Počítačové sítě a jejich aplikace I. (prof. Matyska, doc. Hladká)
  - grafové algoritmy – PB165: Grafy a sítě (prof. Matyska, doc. Hladká, dr. Rudová)
  - atd.

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

L4. Transportní vrstva – Přehled

ISO / OSI

Proč nestačí L3?

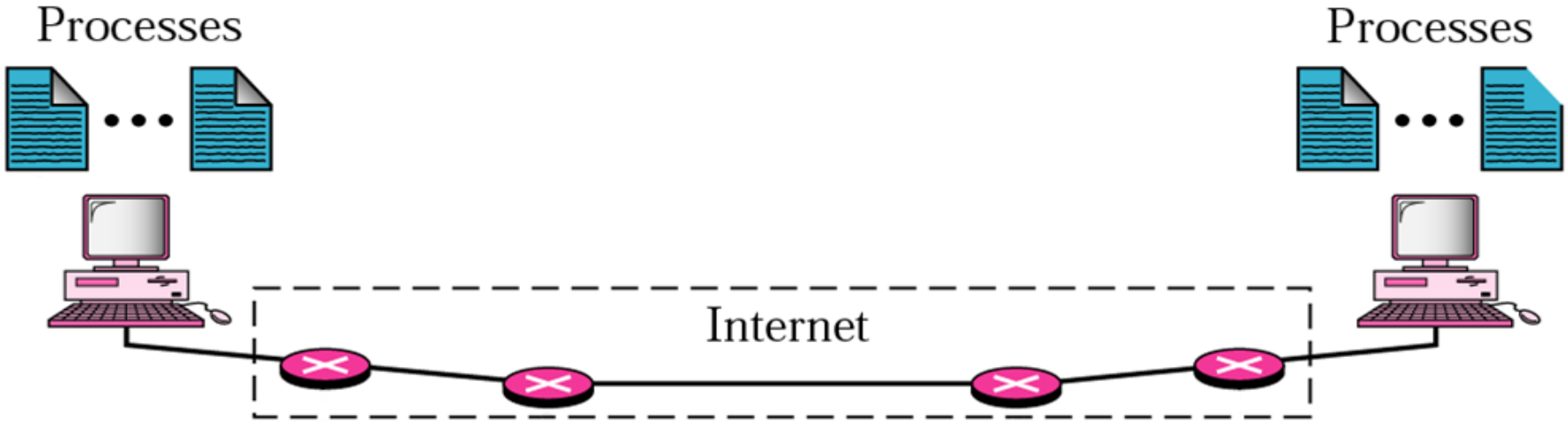
- nemožnost identifikovat aplikaci, které jsou data určena
  - na každém uzlu by tak mohla běžet maximálně jedna aplikace
- neřeší defekty sítě (ztrátu/znásobení datagramu, zahlcení sítě, atp.)

Co nás nyní čeká…

- představení L4, poskytované služby
- protokoly UDP, TCP

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

L4 z pohledu sítě – kde se pohybujeme?



- komunikace konkrétních aplikací (identifikovány transportní vrstvou) na konkrétních uzlech sítě (identifikovány síťovou vrstvou)
  - na uzlech tak může běžet více služeb
- možnosti zajištění spolehlivého přenosu nad nespolehlivou (best-effort) IP sítí

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Transportní vrstva – Úvod

Transportní vrstva:

- poskytuje služby pro **aplikační vrstvu**:
  - přijímá data odesílací aplikace, které transformuje do **segmentů**
  - přijaté segmenty pak předává cílové aplikaci
- ve spolupráci se síťovou vrstvou zajišťuje doručení dat (segmentů) mezi komunikujícími **aplikacemi/procesy**
  - s případným zajištěním spolehlivosti přenosu
  - poskytuje jim logický komunikační kanál
    - iluze fyzického propojení (přímého komunikačního kanálu)
  - tzv. **process-to-process delivery**
- nejnižší vrstva poskytující tzv. **end-to-end** služby
  - hlavičky generované na straně odesílatele jsou interpretovány "jen" na straně příjemce
  - směrovače vidí data transportní vrstvy jako payload přenášených paketů

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Transportní vrstva – Služby

- **Tvorba paketů (Packetizing)**
  - aplikací zaslaná data transformována na pakety (s přidanou transportní hlavičkou)
- **Řízení spojení (Connection Control)**
  - **spojované (connection-oriented)** a **nespojované (connectionless)** služby
- **Adresace (Addressing)**
  - adresy entit transportní vrstvy (= síťových aplikací/služeb) – tzv. **porty**
  - pakety obsahují zdrojový a cílový port (identifikaci zdrojové a cílové aplikace)
    - aplikace tak jsou v síti jedinečně identifikovány dvojicí **IP_adresa:port**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

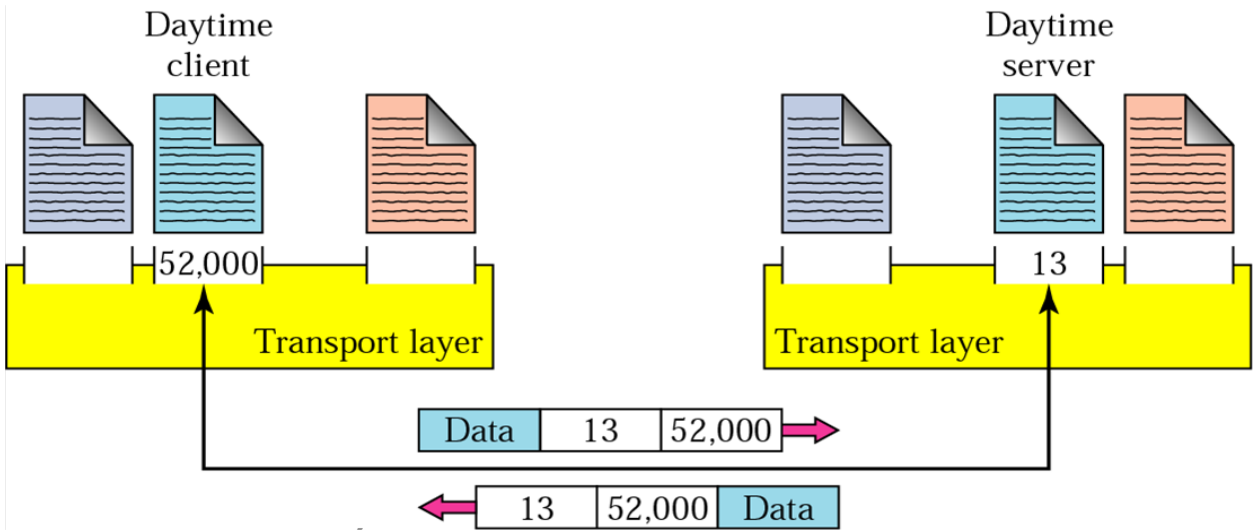
Transportní vrstva – Služby

- **Zajištění spolehlivosti přenosu (Reliability)**
  - **řízení toku (Flow Control)** a **řízení chyb (Error Control)**
    - na nižších vrstvách poskytováno node-to-node, zde **end-to-end**
  - zajištění spolehlivosti nad **best-effort** službou (IP)
- **Řízení zahlcení sítě (Congestion Control) a zajištění kvality služby (Quality of Service, QoS)**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

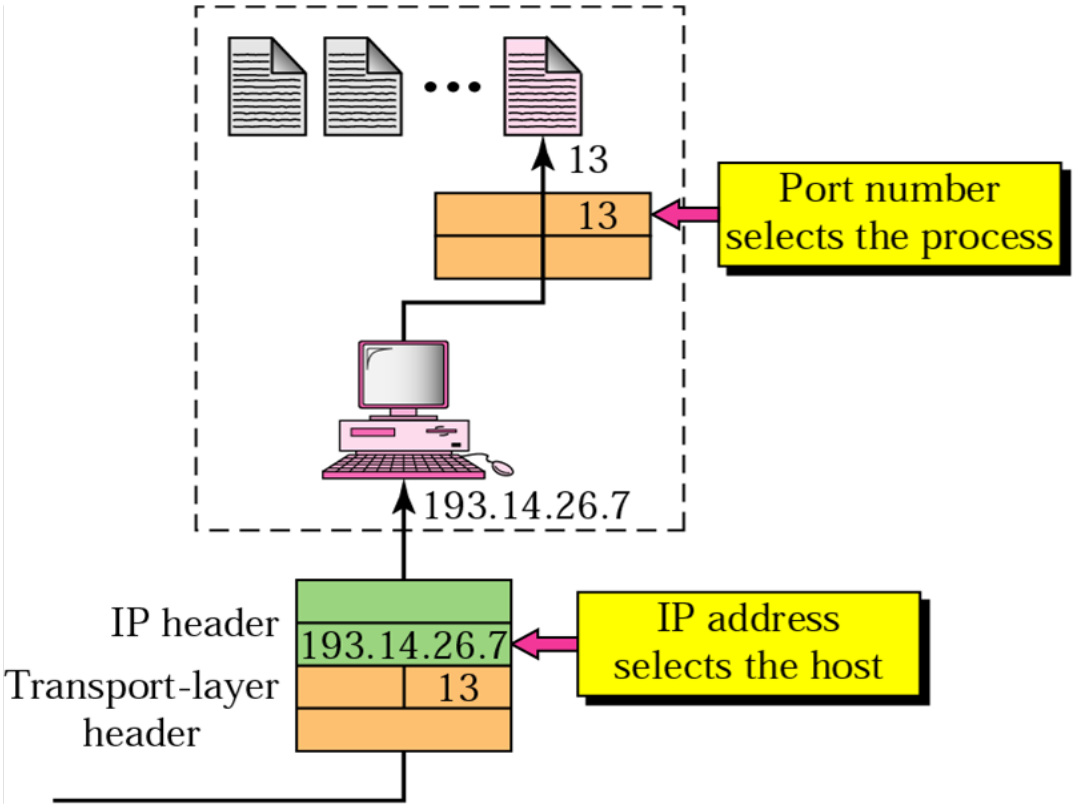
Transportní vrstva – Adresace (porty) I.

- adresy na L4 – **čísla portů (ports, port numbers)**
  - ≈ adresy služeb
  - identifikují odesílací aplikaci na zdrojovém uzlu (identifikován IP adresou)
  - identifikují přijímající aplikaci na cílovém uzlu (identifikován IP adresou)
- identifikace portu **16bitovým číslem**
  - rozsah **0** — **65535**



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Transportní vrstva – Adresace (porty) II.



Obrázek: Doručení dat cílové aplikaci – IP adresa a port.

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Transportní vrstva – Spojované vs. Nespojované služby

Spojované služby

- na začátku přenosu ustaveno spojení (udržováno po celou dobu přenosu dat)
- pakety jsou číslovány
  - jejich doručení/nedoručení je explicitně potvrzováno

Nespojované služby

- pakety zasílány cílové aplikaci bez ustaveného spojení
- pakety nejsou číslovány ($\Rightarrow$ nejsou ani potvrzovány)
  - mohou se ztratit, dorazit se zpožděním, dorazit mimo pořadí, atp.

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

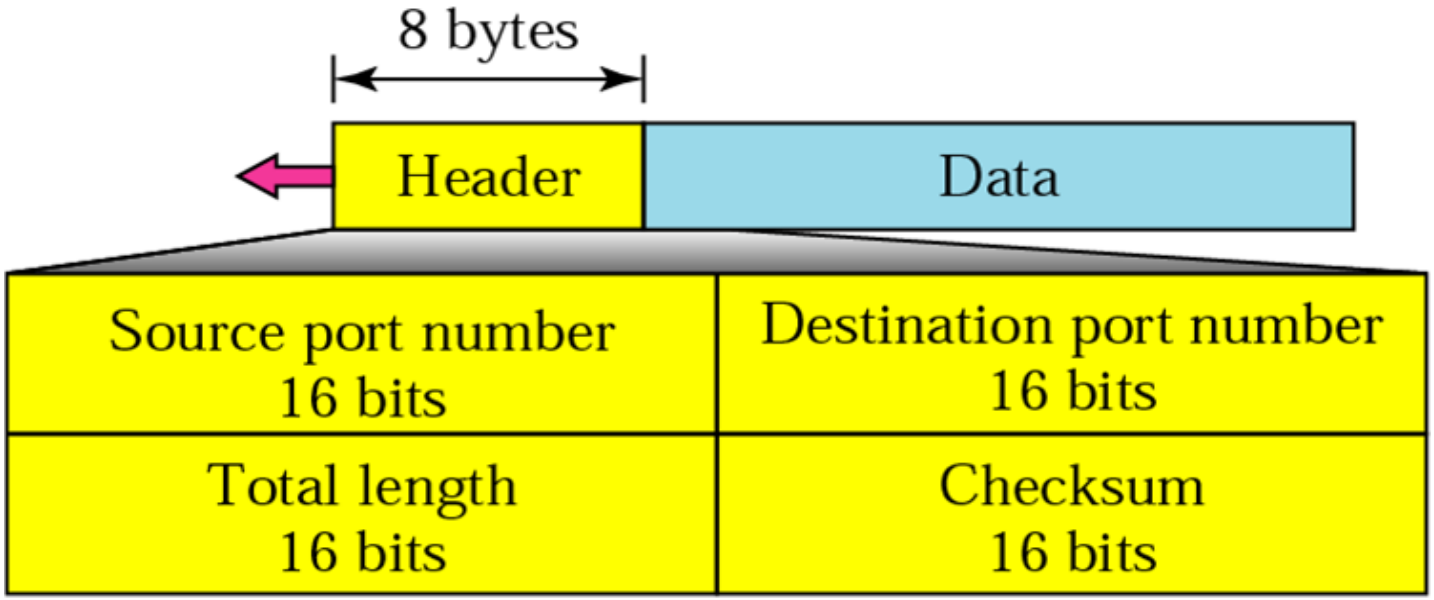
User Datagram Protocol (UDP)

User Datagram Protocol (UDP)

- nejjednodušší transportní protokol poskytující **nespojovanou** a **nespolehlivou (= nezajištěnou)** službu
  - poskytuje **best-effort** službu
  - ke službám IP vrstvy přidává pouze process-to-process komunikaci a jednoduchou kontrolu chyb
  - případné zajištění spolehlivosti přenosu je na aplikaci
- **hlavní přednosti:** jednoduchost, minimální režie
  - žádná nutnost ustavení spojení (přináší zpoždění na začátku přenosu)
  - žádná nutnost uchovávání stavových informací na komunikujících stranách
  - malá hlavička
- vybrané aplikace:
  - procesy vyžadující jednoduchou komunikaci stylu “dotaz – odpověď” (služba DNS (Domain Name Service))
  - procesy/protokoly s interním řízením toku a kontrolou chyb (např. protokol TFTP (Trivial File Transport Protocol))
  - real-time přenosy
  - multicastové přenosy

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

UDP hlavička



- **zdrojový port (source port)** – identifikace odesílací služby
- **cílový port (destination port)** – identifikace přijímající služby
- **délka UDP paketu (length)** – celková délka UDP paketu
- **kontrolní součet (checksum)** – kontrolní součet UDP paketu (hlavička + data)

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

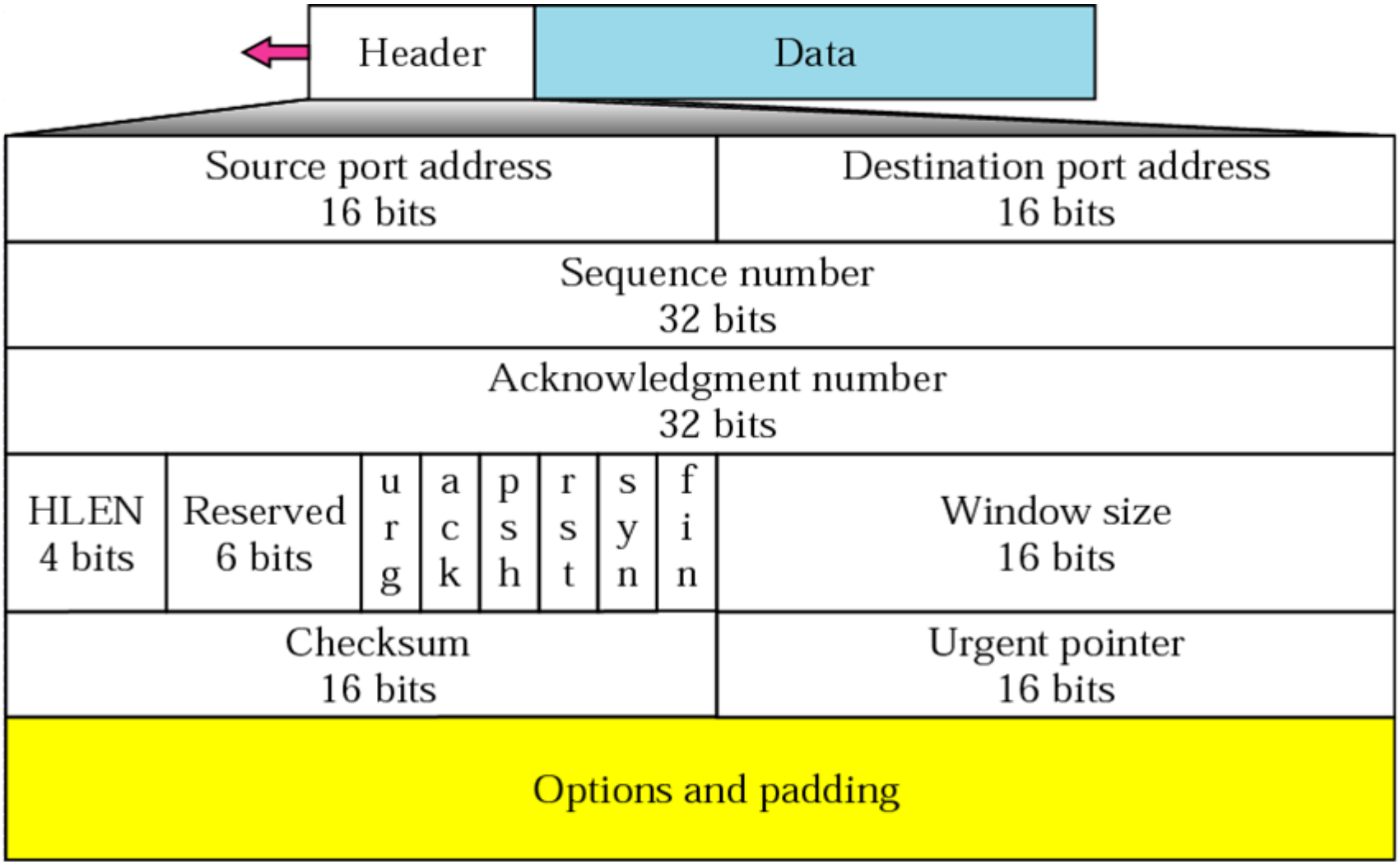
Transmission Control Protocol (TCP)

Transmission Control Protocol (TCP)

- transportní protokol poskytující **spojovanou** a plně **spolehlivou (= zajištěnou)** službu
  - pokud je to možné, odeslaná data budou přijímající aplikaci doručena kompletní a ve správném pořadí
  - oproti UDP orientován na přenos proudu bytů (UDP orientováno na přenos bloků dat)
- před začátkem přenosu nutnost ustavení **spojení** mezi odesílatelem a přijímajícím
  - tzv. **handshake** před začátkem přenosu zahrnuje výměnu všech potřebných parametrů
  - spojení rozeznatelné jen na koncových uzlech (end-to-end služba)
    - směrovače tato spojení "nevidí"
  - ustavené spojení možno využít pro plně duplexní komunikaci
    - řídící data přibalována do dat jdoucích opačným směrem (piggybacking)
  - spojení může být pouze **dvoubodové (point-to-point)**
    - komunikace mezi více partnery (ala multicast) není podporována

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

TCP hlavička I.



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

TCP hlavička II.

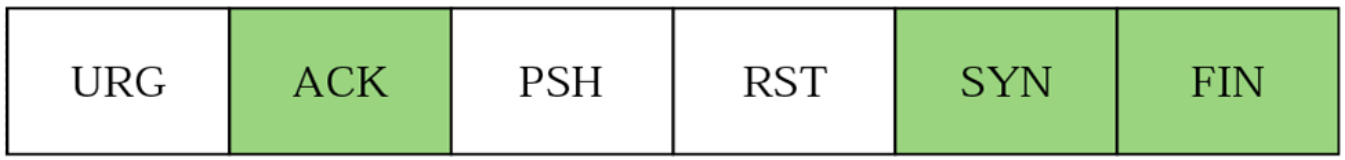
- **zdrojový port (source port)** – identifikace odesílací služby/aplikace
- **cílový port (destination port)** – identifikace přijímající služby/aplikace
- **sekvenční číslo (sequence number)** – sekvenční číslo segmentu
- **číslo potvrzovaného segmentu (acknowledgement number)**
  - číslo bajtu, který přijímající strana očekává jako následující
  - **piggybacking**
- **délka hlavičky (header length)** – délka TCP hlavičky ve 4B slovech
- **rezervovaná pole (reserved)**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

TCP hlavička III.

- **řídící data (control)** – 6 bitů identifikujících nejrůznější řídící informace

URG: Urgent pointer is valid	RST: Reset the connection
ACK: Acknowledgment is valid	SYN: Synchronize sequence numbers
PSH: Request for push	FIN: Terminate the connection



- **velikost okna (window size)** – velikost okna, které musí komunikující strana spravovat
  - určeno pro účely řízení toku (viz dále)
- **kontrolní součet (checksum)** – kontrolní součet TCP segmentu (hlavička + data)
- **urgentní data (urgent pointer)** – zasílání dat mimo pořadí
- **volby (options)**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

TCP – Řízení toku vs. Řízení zahlcení I.

TCP řídí množství zasílaných dat tak, aby:

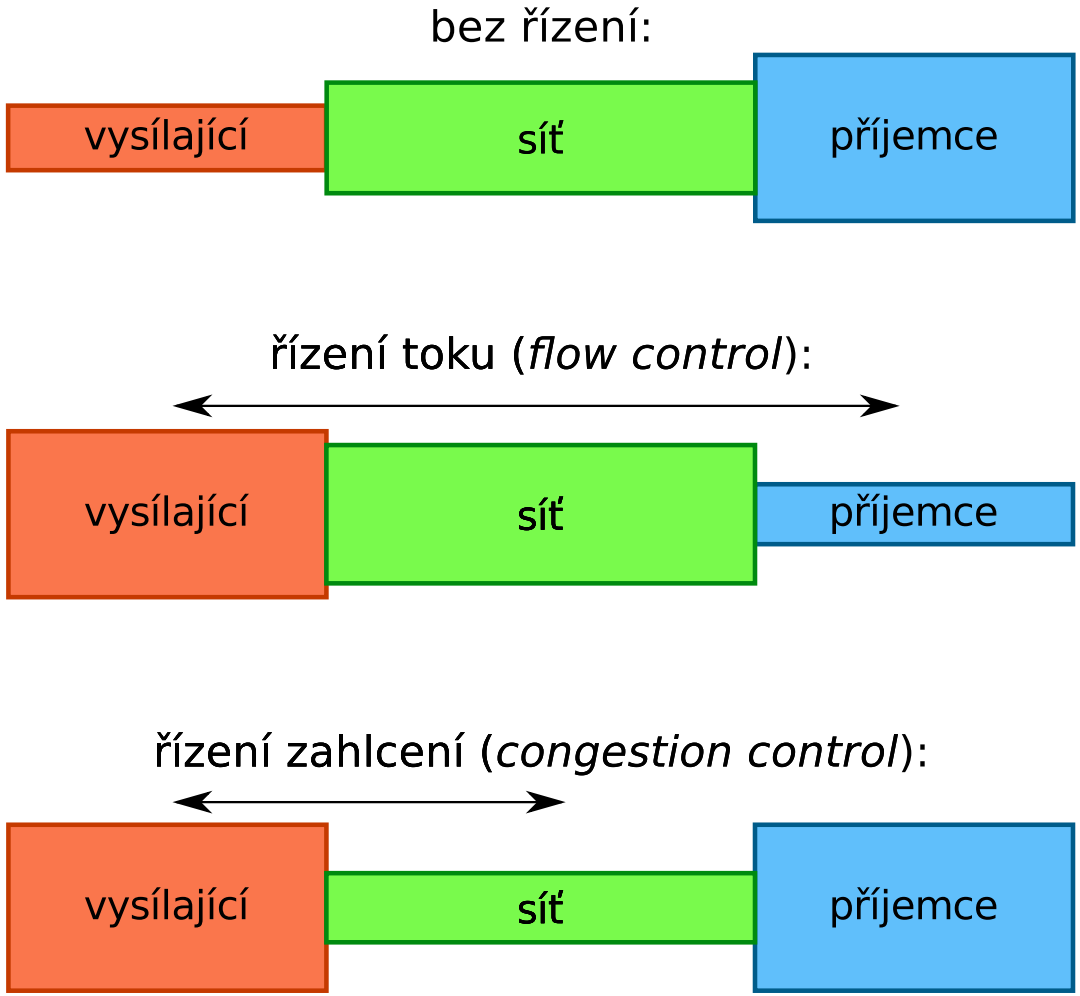
- **zabránilo zahlcení příjemce** = **řízení toku (Flow Control)**
- **zabránilo zahlcení sítě** = **řízení zahlcení (Congestion Control)**

Množství dat, které je možno zaslat do sítě je definováno:

- velikostí okna příjemce (řízení toku)
- velikostí tzv. **okna zahlcení (congestion window)** (řízení zahlcení)
  - na straně odesílatele
- množství skutečně vysílaných dat ohraničeno **menší hodnotou z obou jmenovaných**

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

TCP – Řízení toku vs. Řízení zahlcení II.



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Transportní vrstva

Résumé

- zajišťuje komunikaci konkrétních aplikací
- s volitelnou spolehlivostí přenosu
  - protokol UDP pro rychlý, avšak nespolehlivý paketový přenos
    - pouze kontrola neporušenosti paketu kontrolním součetem
  - protokol TCP pro zcela spolehlivý proudový přenos dat
    - spolehlivost přenosu zajištěna opakovaným přeposíláním (ARQ mechanismy)
    - mechanismus pro řízení toku (zábrana zahlcení příjemce) – explicitní informace od příjemce
    - mechanismus pro řízení zahlcení (zábrana zahlcení sítě) – odhady dostupné kapacity sítě (algoritmus AIMD)
- **další informace:**
  - PB156: Počítačové sítě (doc. Hladká)
  - PA159: Počítačové sítě a jejich aplikace I. (doc. Hladká)
  - PA160: Počítačové sítě a jejich aplikace II. (prof. Matyska)

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

L7. Aplikační vrstva – Přehled

Proč nestačí L4?

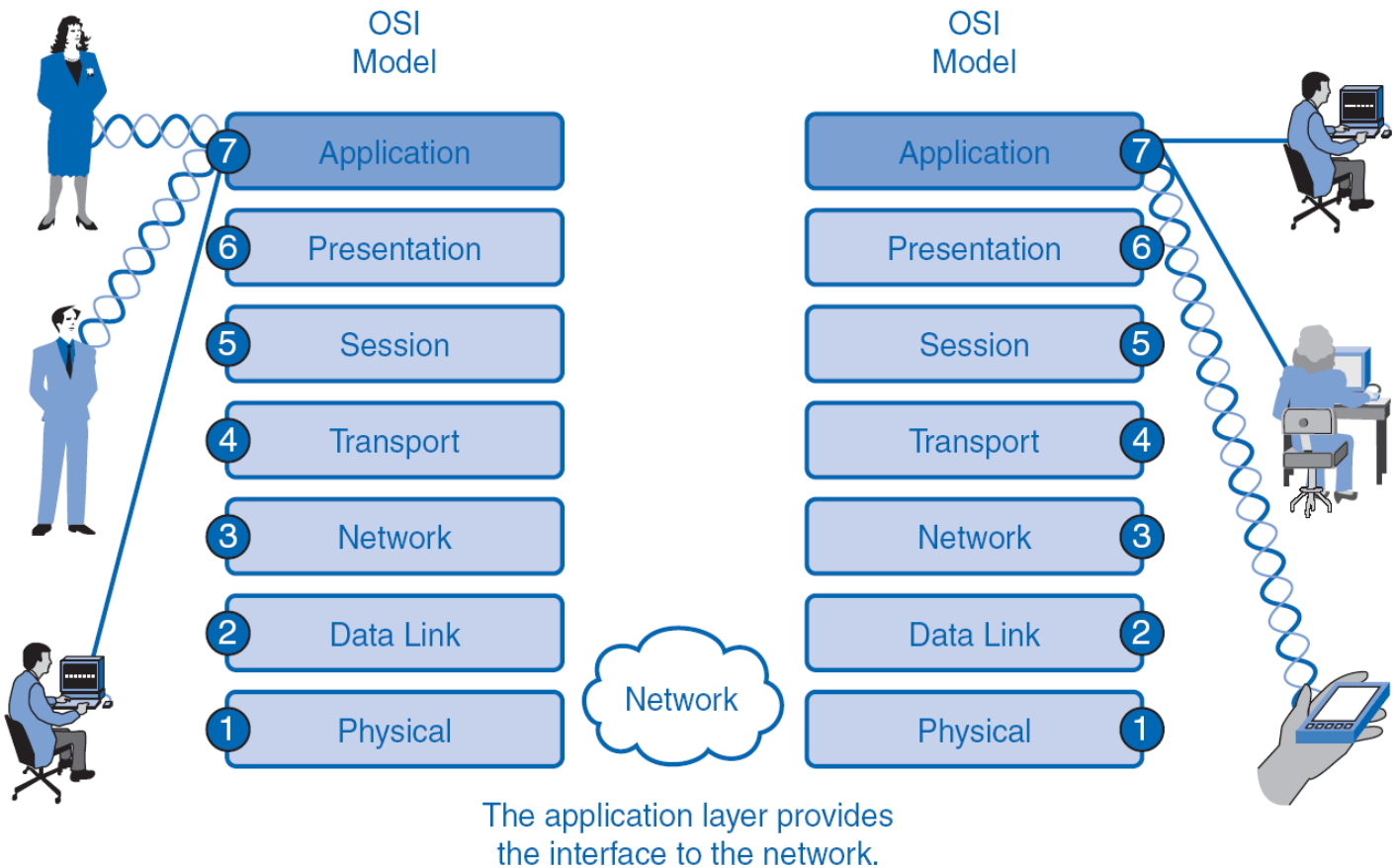
- z pohledu sítě stačí, z pohledu uživatele potřebujeme síťové aplikace

Co nás nyní čeká...

- představení L7
- základní členění aplikací
- vybrané síťové aplikace

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

L7 z pohledu sítě – kde se pohybujeme?



- aplikační programy – interface pro uživatele

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

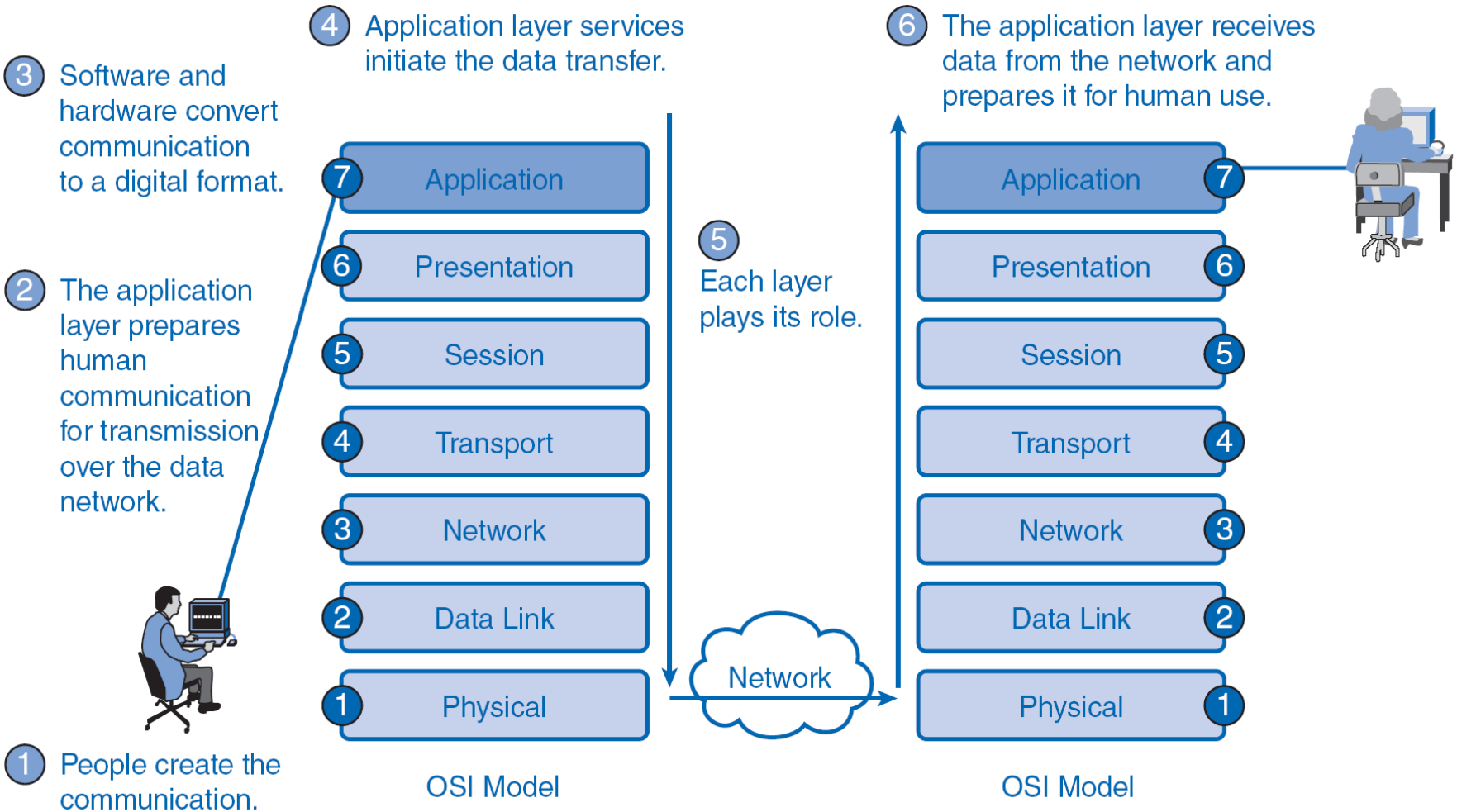
Aplikační vrstva – Úvod I.

Aplikační vrstva:

- poskytuje služby pro **uživatele**:
  - aplikační programy (aplikace) specifické pro požadovaný účel
    - např. elektronická pošta, WWW, DNS, atd. atd.
  - aplikace = hlavní smysl existence počítačových sítí
- zahrnuje **síťové aplikace/programy** a **aplikační protokoly**
  - aplikační protokoly (HTTP, SMTP, atd.) jsou **součástí** síťových aplikací (web, email)
    - nejedná se o aplikace samotné
    - protokoly definují formu komunikace mezi komunikujícími aplikacemi
  - aplikační protokoly definují:
    - typy zpráv, které si aplikace předávájí (**request/response**)
    - syntaxi přenášených zpráv
    - sémantiku přenášených zpráv (jednotlivých polí)
    - pravidla, kdy a jak aplikace zprávy vysílají

FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Aplikační vrstva – Úvod II.



FAKULTA
INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Aplikační vrstva – Základní členění aplikací

Dle využitého komunikačního modelu:

- Client-Server model
  - Thin vs. Fat clients
- Peer-to-peer model

Dle přístupu k informacím:

- pull model – přenos dat iniciován klientem
- push model – přenos dat iniciován serverem

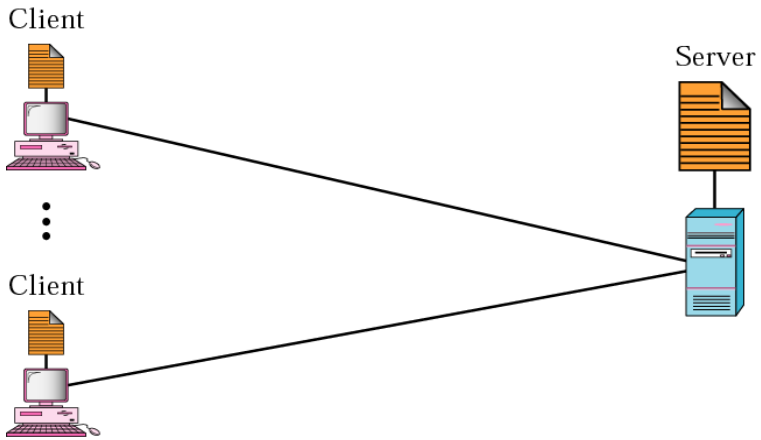
Dle nároků na počítačovou síť:

- aplikace s nízkými nároky na přenosovou síť
- aplikace s vysokými nároky na přenosovou síť

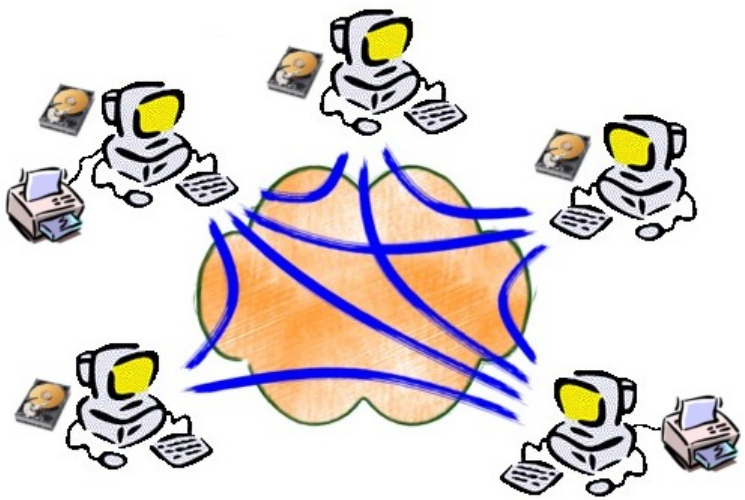
FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Aplikační vrstva – Client-Server vs. Peer-to-peer

Client-Server



Peer-to-peer



FAKULTA INFORMATIKY
Masarykova univerzita

Aplikační vrstva – Résumé

- poskytuje služby pro uživatele
  - rozhraní mezi uživatelem a počítačovou sítí
- aplikace lze členit dle nejrůznějších hledisek
  - klient/server vs. peer-to-peer, pull vs. push model, nároky na počítačovou síť, atp.
- příklady stěžejních aplikací a aplikačních protokolů Internetu:
  - jmenná služba (DNS)
  - World-Wide-Web (HTTP)
  - elektronická pošta (SMTP)
  - přenos souborů (FTP)
  - multimediální přenosy (RTP/RTCP)
- **další informace:**
  - PA159: Počítačové sítě a jejich aplikace I. (doc. Hladká)
  - PA160: Počítačové sítě a jejich aplikace II. (prof. Matyska)
  - PV188: Principy zpracování a přenosu multimédií (doc. Hladká, dr. Liška, Ing. Šiler)
  - atd.