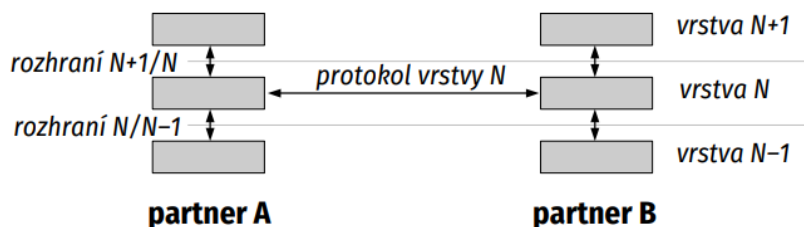


25. Principy vrstvené architektury počítačových sítí, referenční model OSI. Charakteristika lokálních počítačových sítí. Technologie Ethernet, její principy a vývoj, algoritmus CSMA/CD. Bezdrátové lokální sítě standardu IEEE 802.11.

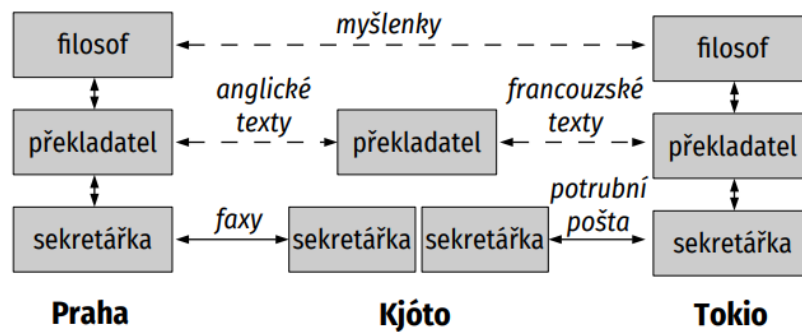
Principy vrstvené architektury počítačových sítí, referenční model OSI.

Vrstvená architektura

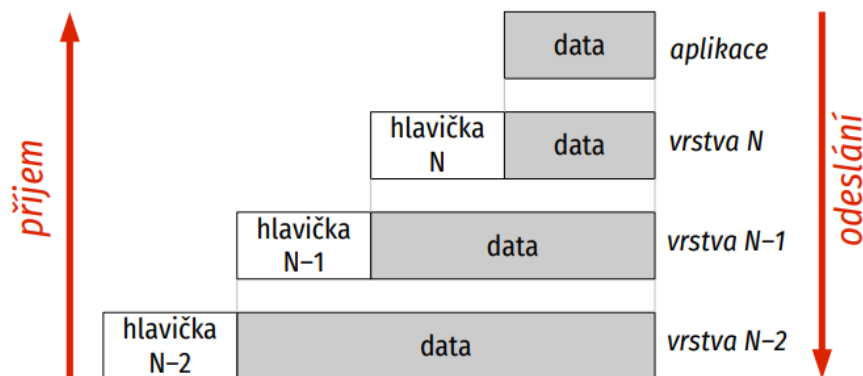
- zpravidla organizována do úrovní (vrstev)
- jedna vrstva řeší vždy vymezenou část problému
- rozkládá komunikaci na jednodušší podproblémy



- **protokol**
 - jak se domlouvají dva partneři na stejné vrstvě (hlavičky, dotazy, odpovědi, příkazy,...)
 - nezávislý na implementaci, umožňuje interoperabilitu
- **rozhraní**
 - definice služeb nabízených nadřazené vrstvě
 - implementace je skryta uvnitř vrstvy
 - rozhraní závisí na implementaci (OS)
- navzájem komunikují komponenty ve stejné vrstvě
- vytvořené zprávy předávají k doručení podřazené vrstvě (skutečný přenos zajišťuje nejnižší vrstva)
- od vyšší vrstvy dostávají data k doručení (nerozumí jim)
- vrstvy jsou navzájem nezávislé – změna protokolu v jedné z nich se ostatních nedotkne

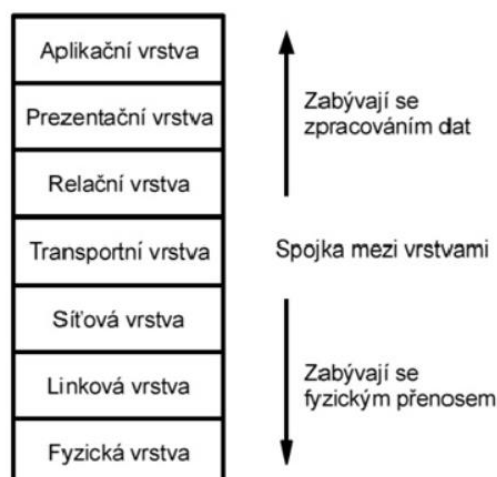


Zpráva postupně bobtná



Model OSI

- **Open Systems Interconnection**
- vytvořila ISO v roce 1983
- cíl: sada standardních komunikačních protokolů nezávislých na výrobci
- 7 vrstev
 - kompromis mezi složitostí vrstev a jejich počtem
- nejsou konkrétní protokoly, jen vymezení funkcí



1. Fyzická

- vlastní přenos bitů
- mechanické, elektrické a procedurální záležitosti
- konektory, kabely, napětí, kódování signálu,...

2. Spojová

- řízení a logika přenosu
- zajistit pomocí těchto služeb bezchybný přenos celých bloků dat (velikosti řádově stovek bytů), označovaných jako **rámce (frames)**
- zajišťuje přenos celých rámců, ovšem pouze mezi dvěma uzly, mezi kterými vede **přímé spojení**
- kontroluje celé rámce, zda byly přeneseny správně
- paketizace, pravidla přístupu k médiu, detekce chyb,...
- **řízení toku**, kterým se rozumí řízení rychlosti přenosu tak, aby příjemce stíhal rámce zpracovávat.

3. Síťová

- **směrování** (hledání vhodných cest, vyvažování zátěže)
- řízení sítě (např. účtování)
- Rámce jsou již odesílány jako pakety

4. Transportní

- implementována v počítači, může přizpůsobit vlastnosti sítě (vrstev 1–3) potřebám aplikace
- Transportní vrstvě díky tomu stačí zabývat se již jen komunikací koncových účastníků (tzv. **end-to-end** komunikací)
- rozlišení aplikací
- zpravidla bezchybný kanál zachovávající pořadí
- správa spojení

5. Relační

- doplňuje drobnosti (přidána později)
- přátelské ukončení spojení
- řízení dialogu (poloduplex), aktivity, synchronizační body

6. Prezentační

- zabývá se významem přenášených dat
- jak reprezentovat data a struktury (ASN.1) a jak je přepravovat (BER.1)
- **kódování dat** (ASCII, UTF), šifrování, komprimace,...

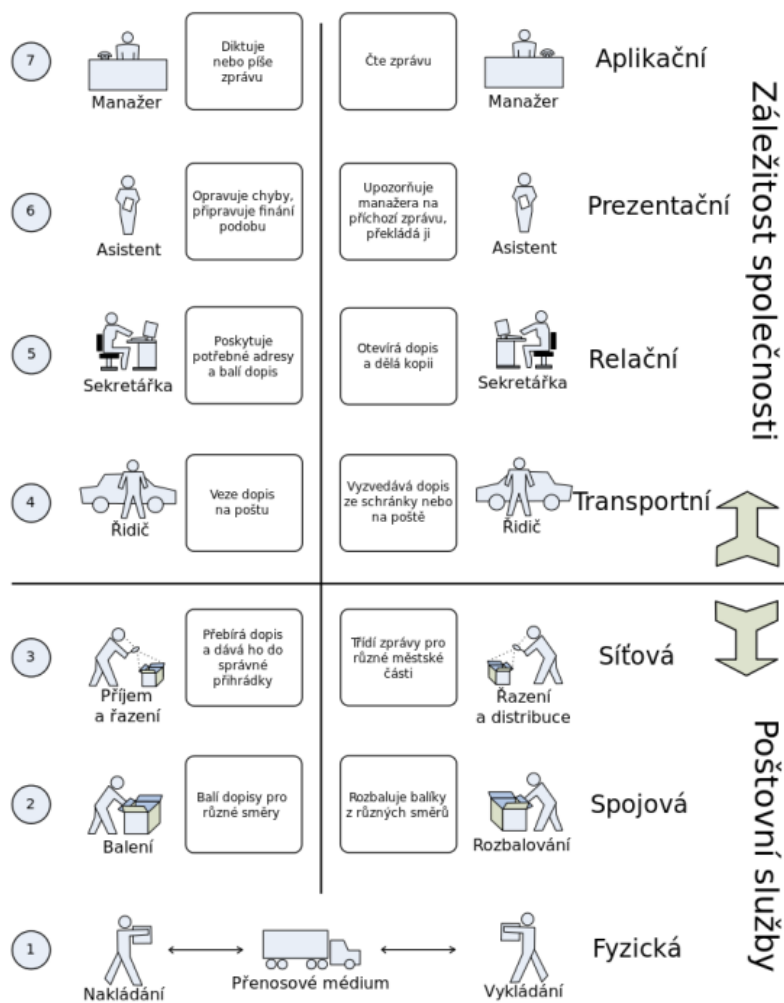
7. Aplikační

- protokoly konkrétních služeb a aplikací
- elektronická pošta, přenos souborů, vzdálený přístup,...

Problémy OSI RM

■ přesto neuspělo

- schizma mezi spojovanými a nespojovanými službami
- nekompatibility různých verzí
- nepružné procedury, pomalý vývoj
- nedostatek a vysoká cena implementací
- zůstalo jako obecný model



Paralela mezi RM – OSI a dopisy

OSI vs Internet (TCP/IP)

aplikační		aplikační
prezentační		
relační		
transportní		transportní
síťová		síťová
spojová		přizpůsobení médiu
fyzická		existující technologie

Charakteristika lokálních počítačových sítí.

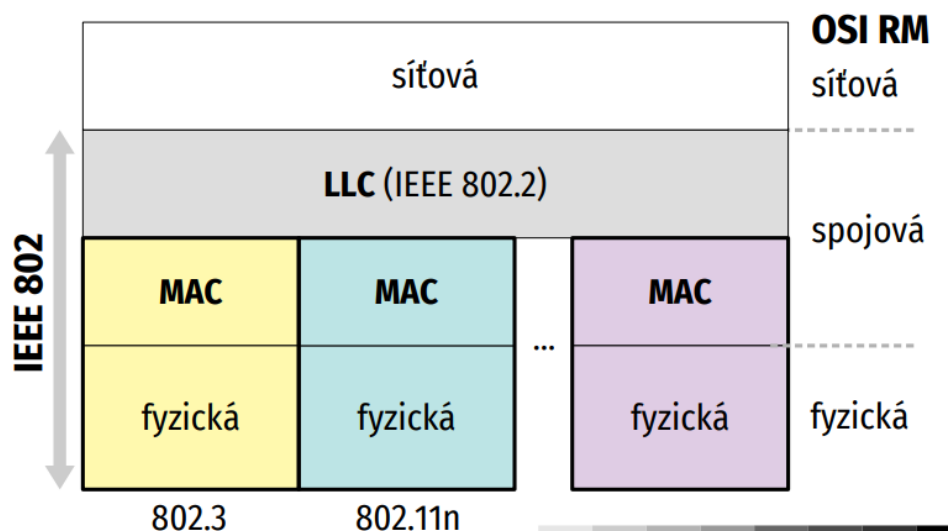
Technologie Ethernet, její principy a vývoj, algoritmus CSMA/CD.

Ethernet historicky

- určen pro kancelářské aplikace
- sběrnicová topologie na koaxiálním kabelu, přístup k médiu řízen metodou CSMA/CD
- přenosová rychlost 10 Mb/s

Skupina IEEE

- skupina 802 – standardy pro lokální sítě
 - 802.3 CSMA/CD (Ethernet)
 - 802.11 bezdrátové sítě
- podvrstvy
 - **Logical Link Control (LLC)** – sjednocuje, IEEE 802.2
 - **Media Access Control (MAC)** – konkrétní technologie



Formát rámce



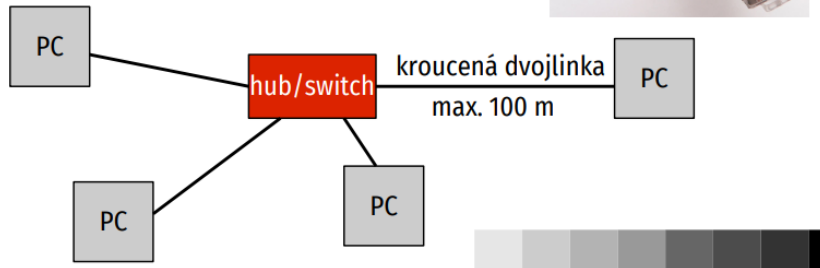
■ Carrier Sense with Multiple Access and Collision Detection

- popisuje chování vysílajícího při odesílání rámce:
 - chvíli naslouchá
 - je-li volno, začne vysílat (jinak čeká na uvolnění)
 - při vysílání zároveň naslouchá – hlídá kolizi
 - **kolize:** vysílá několik stanic najednou, data znehodnocena
 - při zjištění kolize:
 - vyšle „jam“ signál (indikace kolize pro ostatní)
 - počká **náhodnou** dobu t_r a opakuje pokus
 - max. 16 pokusů, pak ohlásí neúspěch



- jakmile signál obsadí médium, kolize nemůže nastat
- **kolizní okénko:** čas od začátku vysílání do obsazení média – jen tehdy může dojít ke kolizi
- **kolizní okénko < doba vysílání nejkratšího rámce**
jinak hrozí neobívené kolize. komplikuje zvyšování
- s opakovanými neúspěchy stanice „řadí“ pokusy – větší šance na úspěch
- odvysílání není zaručeno
- každá kolize znamená promarněný čas – data se musí vysílat znovu
- v době největšího zájmu přibývá kolizí a klesá tak efektivita využití média
- využití závisí na velikosti rámců

- standardní řešení současnosti
- hvězdicová topologie
- uprostřed hub (rozbočovač) nebo switch (přepínač)



HUB

- vznikl s cílem **simulovat sběrnici**
- co přichází z jednoho kabelu rozešle do všech ostatních
- regeneruje signál – jakmile rozpozná 0/1 posílá dál, zpoždění 1 bit
- všechny připojené počítače spolu soutěží o médium algoritmem CSMA/CD
- dnes už historie

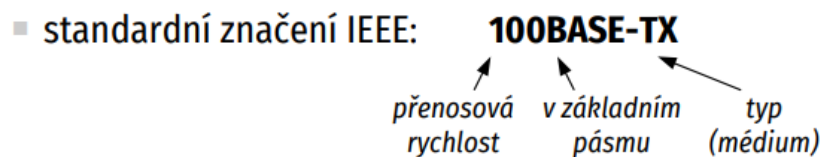
Switch

- **inteligentní** – pošle data jen do kabelu, kde se nachází adresát
- **store & forward** – načte rámeček, analyzuje hlavičku a poté odešle, příjem a vysílání nezávislé
- **odděluje kolizní domény CSMA/CD**
 - počítače na jednom kabelu nesoutěží s počítači jiných kabelech
- dříve drahé, dnes samozřejmostí
- automatická konfigurace
- **z adresy odesílatele** se dozví, kde kdo sídlí
- rámce určené neznámému adresátovi rozešle všem (jako rozbočovač)
- **problém s cykly** (redundancí) v síti:
 - řeší algoritmus **spanning tree**
 - některé linky deaktivuje a vytvoří strom pokrývající síť
 - při výpadku obnoví
 - problémy s kompatibilitou



Full duplex

- připojením počítačů k přepínači mizí sdílení média
- lze **současný provoz oběma směry bez CSMA/CD**
- jakmile má rámec, odvysílá jej; paralelně přijímá data z druhé strany (po jiných vodičích – UTP jich má osm)
- všechny současné karty a přepínače podporují
- autotetekce nebo ruční nastavení



Vývoj Ethernet

1. Ethernet

- původní varianta s přenosovou rychlostí 10 Mbit/s. Definována pro koaxiální kabel, kroucenou dvojlinku a optické vlákno.

2. Fast Ethernet

- IEEE 802.3u (1995)
- rychlost 100 Mb/s
- maximum prvků převzato z Ethernetu – **formát rámce, CSMA/CD**
- shodná logika – software vyšších vrstev beze změn
- vzdálenost hub–počítač max. 100 m, na cestě max. 3 huby nanejvýš 10 m od sebe: dosah 220 m
- zařízení „pod obojí“, automatická detekce 10/100
- **100BASE-TX**
 - 2 páry UTP kategorie 5, délka spoje do 100 m
- **100BASE-FX**
 - optické vlákno, 400 m poloduplex (kvůli detekci kolizí), 2 km plný duplex

3. Gigabitový ethernet

- IEEE 802.3z (optika), 802.3ab (UTP), 1998
- rychlost 1 Gb/s
- opět **stejný formát rámce a CSMA/CD** (spíše symbolicky, používá se plný duplex)
- původně pro páteře sítí, dnes běžně na základní desce 10/100/1000
- výměnný modul pro média – **GBIC**

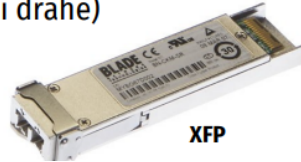


GBIC

- **1000BASE-T**
 - UTP kategorie 5 a lepší, 100 m
- **1000BASE-SX**
 - vícevidové vlákno, 500 m
- **1000BASE-LX**
 - jednovidové vlákno, 2 km
- **1000BASE-ZX**
 - jednovidové vlákno, 70 km

4. Desetigigabitový ethernet

- IEEE 802.3ae (optika, 2003), 802.3an (UTP, 2006)
- rychlost 10 Gb/s
- **stejný formát rámce, bez CSMA/CD** – komunikace jen plně duplexní
- pro páteřní sítě (dosud velmi drahé)
- opět výměnné moduly pro média – XFP



- **10GBASE-T**
 - UTP kat. 6 (50 m) nebo 6a (100 m), zatím vzácné
- **10GBASE-SR**
 - vícevidové vlákno, dosah podle vlákna 25 až 300 m
- **10GBASE-LR**
 - jednovidové vlákno, 10 km
- **10GBASE-ER**
 - jednovidové vlákno, 40 km

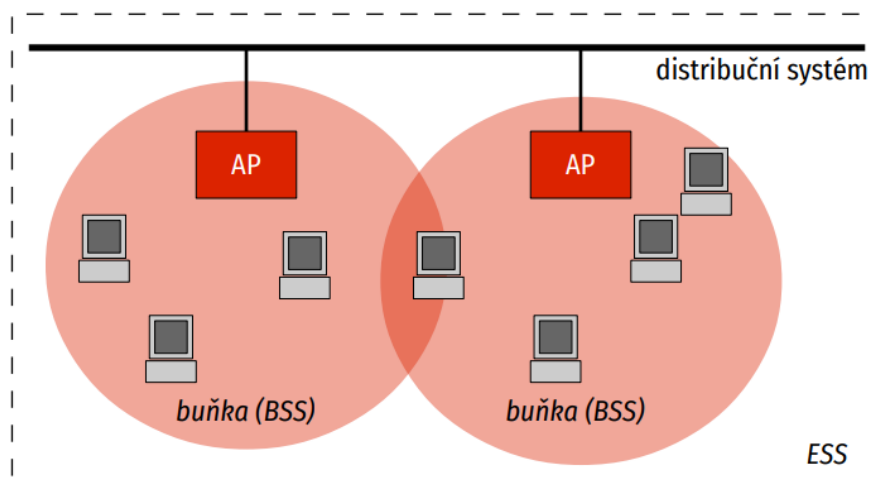
5. Stogigabitový ethernet

- standard IEEE 802.3ba přijat v červnu 2010
- rychlosti 40 a 100 Gb/s
- zachovává formát rámce
- na trhu pro high-end zařízení
- používá se ve vysoce zatížených částech infrastruktury (páteřní sítě, peeringová centra)

Bezdrátové lokální sítě standardu IEEE 802.11.

- velmi rychle se rozvíjejí
- **přednosti:**
 - pokrytí plochy, podpora mobility
 - umožňují propojení budov bez optických vláken
- **zápory:**
 - pomalejší
 - větší chybovost

Architektura sítě



Buňka

- **Basic Service Set**
- skupina stanic komunikujících navzájem
- **nezávislá (ad hoc)**
 - stanice komunikují přímo, problém se vzájemnou slyšitelností
- **infrastrukturní**
 - řízena základnovou stanicí (Access Point, AP)
 - veškerý provoz prochází AP
 - umožňuje lepší služby

Činnost AP

- řídí buňku
- veškeré přenosy procházejí přes AP
- ukládá rámce pro spící stanice (úspora energie)
- pravidelně vysílá Beacon Frame
 - synchronizace času
 - vyzývá nové stanice ke vstupu do buňky
 - systémové parametry
 - pravidelně 10 až 100× za sekundu

ESS

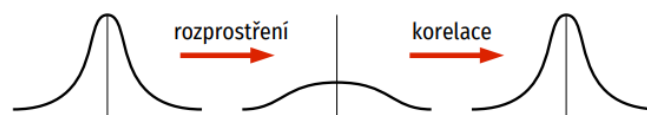
- **Extended Service Set**
- skupina spolupracujících buněk
- propojeny distribučním systémem (lokální sítě)
 - **portál** – zařízení propojující IEEE 802.11 síť s jinou sítí (typicky Ethernetem), obvykle integrován v AP
- vyžaduje komunikaci mezi AP
 - Inter-Access Point Protocol (IAPP)
 - standard IEEE 802.11F, přijat 2003, stažen 2006
 - firemní protokoly

Historie a vývoj

Standard	Rok vydání	Pásmo [GHz]	Maximální rychlost [Mbit/s]	Fyzická vrstva
původní IEEE 802.11	1997	2,4	2	DSSS a FHSS
IEEE 802.11a	1999	5	54	OFDM
IEEE 802.11b	1999	2,4	11	DSSS
IEEE 802.11g	2003	2,4	54	OFDM
IEEE 802.11n	2009	2,4 nebo 5	600	MIMO OFDM
IEEE 802.11y	2008	3,7	54	
IEEE 802.11ac	2013	2,4 a 5	1000	MU-MIMO OFDM
IEEE 802.11ad	2014	2,4 , 5 a 60	7000	

1. 802.11b

- první masově rozšířená varianta
- v pásmu 2,4 GHz
- Direct Sequence Spread-Spectrum (DSSS) – menší amplituda, ale širší pásmo
- max. 11 Mb/s



- reálná max. rychlost sotva poloviční (velká režie)
- pásmo 2,4 GHz je přetíženo, problémy s rušením
- v dostupném pásmu je 11 kanálů (13 v Evropě), ale měly by být alespoň o 5 od sebe, aby se nerušily – reálně použitelné jsou kanály 1, 6 a 11 (případně 1, 5, 9, 13)

2. a

- starší než 802.11b, ale rozšířil se později
- pásmo 5 GHz (podstatně širší, ale vyšší útlum)
- Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) – rozkládá signál do desítek nezávislých frekvencí; tento princip používá i ADSL
- různé modulace + samoopravné kódy
- 8 rychlostí, max. 54 Mb/s

3. g

- snaha o vyšší rychlost při zachování zpětné kompatibility s 802.11b
- pásmo 2,4 GHz
- Orthogonal Frequency Division Multiplexing
- rychlosti až 54 Mb/s
- podporuje i režimy 802.11b a režim ochrany (řídící informace se vysílají tak, aby je zachytila i 802.11b zařízení) – pomalejší

4. h

- v Evropě kladeny technické požadavky na zařízení v bezlicenčním pásmu 5 GHz
 - DFS – dynamická volba kmitočtu
 - TPC – automatická regulace výkonu
- 802.11a je nesplňuje – lze nasadit jen uvnitř budov
- 802.11h doplňuje potřebné vlastnosti, v podstatě evropská verze 802.11a
- novější (2004), málo rozšířená

5. n

- přijato na podzim 2009
- cíl: čistá přenosová rychlost alespoň 100 Mb/s
- pásmo 2,4 i 5 GHz
- zařízení jsou běžně dostupná na trhu
 - cena se příliš neliší od a/b/g

6. ac

- **802.11ac**

- přijato v lednu 2014
- MIMO (až 8 antén)
- víceuživatelské MIMO – stanice na různých kanálech
- rychlost linky až 867 Mb/s, celková několik Gb/s

7. ad

- **802.11ad (WiGig)**

- přijato 2012
 - tři frekvenční pásma: 2,4 GHz, 5 GHz a 60 GHz
 - až 7 Gb/s
- 