



Aplikačný SW

Počítačové siete



Prehľad

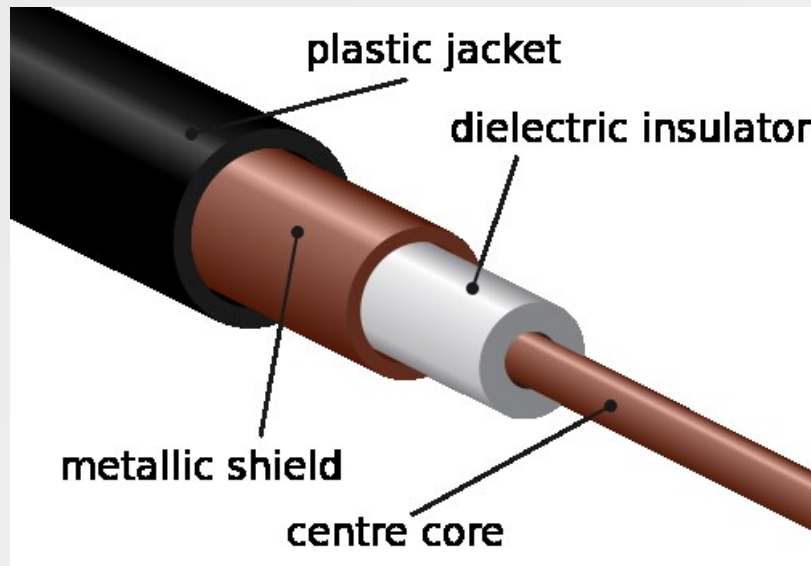
- Topológie sietí
- Základné príkazy pre prácu na sieti
- Typy serverov



Prenosové médiá

- Stočená dvojlinka – twisted pair. Pár izolovaných vodičov stočených dokopy. Nakoniec sa aj všetky dvojlinky skútia. Väčšia odolnosť proti rušeniu. Pôvodne využívaný len v telkomunikáciách, neskôr pri lokálnych sieťach.
- UTP –netienený kábel, zo štyroch stočených vodičov. Každý je obalený plastovým obalom a celý je obalený plastom. Nepotrebuje uzemnenie.
- ScTP (Screened Twisted Pair). Všetky 4 stočené páry sú obalené fóliou. Niekedy sa označuje ako FTP (foil twisted pair). Prenosová rýchlosť je zvyčajne 10 – 100 Mbps. Dĺžka max. 100 metrov.
- Tienená krútená dvojlinka (Shielded twisted pair – STP). Každý zo štyroch párov vodičov je obalený kovovou fóliou a potom ešte celý kábel je obalený kovovou fóliou. Občas sa označuje aj ako FTP (Full shielded twisted pair), čo sa pletie občas s káblom ScTP.

Koaxiálne káble



Koaxiálny kábel. Jeden vodič tvorí kovové jadro. Druhým vodičom je kovový obal oddelený od centrálného vodiča plastom. Celý kábel je chránený plastovým obalom.

Prepojenie sa štandardne realizuje BNC konektorom (podľa bajonetového princípu a jeho vynálezcov – Paul Neill, Carl Concelman a Octavio M. Salati (patent 1951).

- Ukončiť ho treba apomocou 50 ohmového terminátora..
- Hrubý – 1 cm (do 500m)
- Tenký – 0.35 cm (do 185 m)
- Rýchlosť do 10 Mbps, časté kolízie. Aktuálne sa pre počítačové siete už nevyužíva. Stále sa však využíva pre prenos signálov elektroniky (namiesto BNC konektorov tzv. LEMO konektory)

Optické káble

- Využívané pri sieťach s vysokým zaťažením (LAN a WAN).
- Nie je ovplyvnené elmag rušením a tiež negeneruje žiadne rušenie.
- Signál je relatívne slabo rušený – môže sa prenášať na vzdialenosť niekoľko km. Náročne sa odpočúva a zachytáva, na rozdiel od bezdrátových sietí.
- Dáta sú vysielané infračervenými pulzami (vlnové dĺžky zvyčajne 850, 1310 a 1550 nm). Pozor – nedívať sa do aktívneho optického vlákna.
- Pauzy a pulzy označujú nuly a jednotky.
- Signál je vysielaný do skleneného jadra obalene skleneným obalom. Na povrchu sú viaceré ochranné vrstvy. Keď signál príde na rozhranie jadra a obalu, odrazí sa naspäť do jadra.
- Nobelova cena v r. 2009 (Charles Kuen Kao) "*for groundbreaking achievements concerning the transmission of light in fibers for optical communication*"

Typy optických káblov

- Single mode fiber cable – tenké jadro (cca 8 – 10 μm). Cesta signálu vláknom je minimálna a má malý útlm. Prenos na desiatky km.
- Multi mode fiber cable – hrubšie jadro (50 – 100 μm). Cesta signálu je dlhšia \Rightarrow vyšší útlm. Využitie pri pár 100 metroch (rádovo Gb pre stovky metrov, 10 GB pre desiatky metrov, vyššie prenosové rýchlosti sa takmer nevyužívajú). Cena je niekoľkonásobne nižšia (cenu nezvyšuje len médium ale aj využívaná laserová dióda médium)
- Gradientné vlákno. Index lomu sa mení plynule a signál ide po sinusoide.

Základná charakteristika

- Druhy počítačov v sieti
 - Pracovné stanice – umožňuje prácu užívateľom
 - Servery – poskytujú prostriedky (pamäť, CPU, diskový priestor, tlačiarne) a služby užívateľom
- Špecializované servery:
File server, print server, database server, Mailserver, Webserver...
- Sieťové zariadenia nezávislé od klasických počítačov:
Tlačiarne, Záložné zdroje (UPS)...
- optimalizovaná na vysoké rýchlosti.

Typy sietí

- LAN – Local Area Network
 - ohraničená oblasť (napr. inštitúcia)
 - zvyčajne vysoká prenosová rýchlosť
 - (typicky 100 Mbit/s resp. 1 Gb/s)
- WLAN - Wireless Local Area Network
- WAN – Wide Area Network
 - spája viacero sietí...
- MAN – Metropolitan Area Network – regionálna sieť v oblasti s vysokou koncentráciou staníc. Napr. Vlastná sieť inštitúcie s rôznymi pobočkami v meste
- SAN (storage area network, príp. system area network)
- CAN (cluster area network, príp. campus area network)

MAC adresa

- 48 bitová adresa zložená zo šiestich hexadecimálnych dvojciferných čísel (napr. 00-B2-B1-54-24-4E).
Je unikátna pre každé sieťové zariadenie.
MAC adresa je definovaná a určená výrobcom. Môže byť prepísaná SW ale treba zabezpečiť, aby každé zariadenie v lokálnej sieti malo individuálnu MAC adresu.
- Zistenie MAC adresy
Win: Start → cmd (spustenie terminálu) a príkazom ipconfig/all
Linux: ifconfig -a (ako root)

Sieťové komponenty

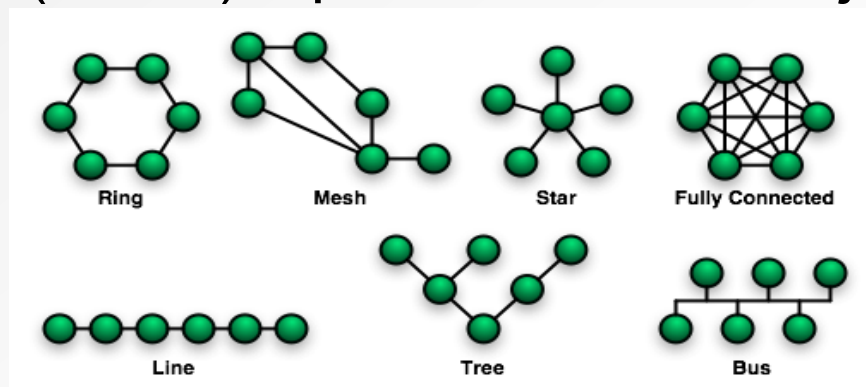
- Repeater – čo prijme to pošle ďalej do siete – predlžuje sieť. Aktívne zariadenie regenerujúce signál, čím predchádza útlmu.
- Hub – rozbočovač. V podstate repeater, posielajúci signál do viacerých portov. Nahrádza sa aktuálne zariadeniami, ktoré dokážu cielene preposielať pakety do jednotlivých portov.
- Bridge – vytvára si postupne tabuľku prítomnosti počítačov (MAC adresy – media access control) na segmentoch a podľa toho smeruje dáta do príslušného segmentu. Na začiatku sa správa ako hub a postupne sa „naučí“ ku ktorému portu sú jednotlivé počítače pripojené. Tým dokáže oddeliť od seba kolízne domény siete. Ak je paket smerovaný na neznámu MAC adresu, pošle dáta všetkými portami, s výnimkou prichádzajúceho portu.

Sieťové komponenty

- Switch – presmerováva medzi rôzne vetvy. Funguje podobne ako Bridge, ale delenie realizuje HW cestou (rýchlejšie). Dokáže kontrolovať integritu dát a preposielať celé dátové bloky (vyššia stabilita ako cena za zdržanie)
- Router – smerovač – spája siete rôznych topológií, prip. pripája lokálnu sieť nadradenej sieti. Prakticky teda prepája rôzne siete
Rieši problém s rôznymi protokolmi aj tech. parametrami.
- Gateway – brána – ako router, ale ešte aj môže transformovať protokoly spájaných sietí. V súčasnosti minoritný problém. Prvé multiprotokolové routre vznikli na MIT a Stanford v 1981
- Upozornenie: V TCP/IP sieťach sa možno stretnúť s pojmom gateway pre router prepájajúci na WAN

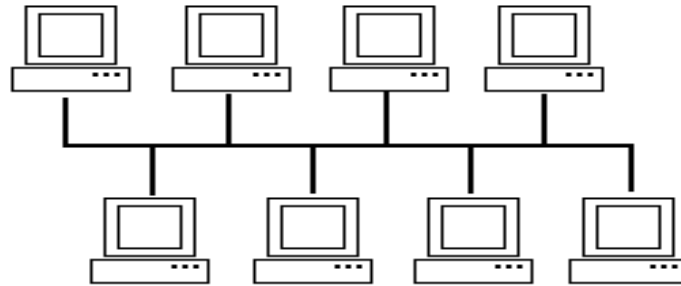
Topológie sietí

- Štruktúra, resp. architektúra siete určujúca pospájanie počítačov a ich komunikáciu na HW vrstve
- Viacero typov
 - Zbernicová (BUS)
 - Kruhová (RING)
 - Stromová (HUB)
 - Mesh(pletivo)
 - Hviezdicová (STAR) – podobná stromovej



Zbernicová sieť

- Klasický je prípad účastníkov paralelne zapojených za sebou.



- Zväčša pasívna, účastníci len vysielajú a prijímajú, ale nezodpovedajú za prenos signálu.
- Často je to klasické usporiadanie pri sieťach realizovaných pomocou koaxiálneho kábla (ukončeného terminátorom).

Zbernicová sieť

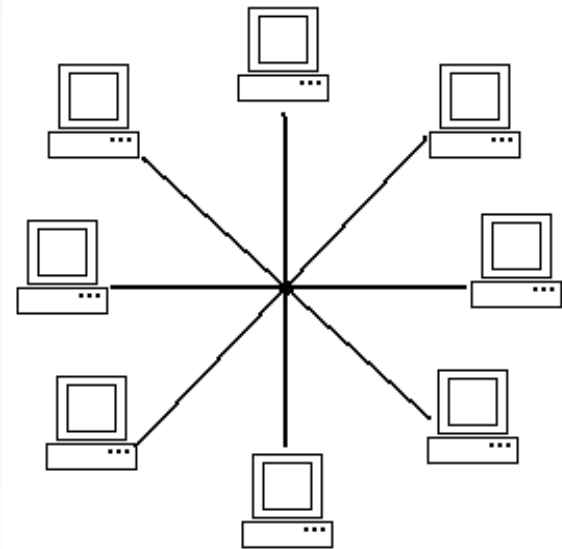
- Neskôr bol koaxiál kábel zamenený UTP káblom (jednoduchší, lacnejší, ľahšie manipulovateľný), pričom sa každý účastník pripojil do rozbočovača. V princípe však stále ide o zdieľané prostredie, keďže rozbočovač nefiltruje signál.
- Väčšina bezdrôtových sietí sa správa ako pasívna zbernicová sieť.
- Všetci účastníci sú súčasťou jednej kolíznej domény.
- Problém sa rieši využitím prepínača (bridge, switch)

Zbernicová sieť

- Výhoda
 - porucha pracovnej stanice neohrozí funkčnosť siete,
 - ľahká rozšíriteľnosť,
 - všetky zariadenia môžu nezávisle komunikovať,
 - flexibilita a jednoduchosť preloženia
 - Nízka cena
- Nevýhoda
 - ak sa preruší jedna časť – sieť je mŕtva.
 - Problém lokalizácie chyby
 - Obmedzenie veľkosti siete
 - Výkov výrazne klesá počtom počítačov.

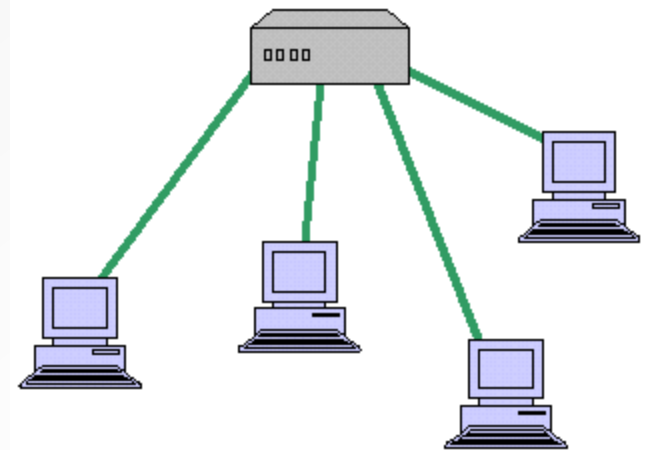
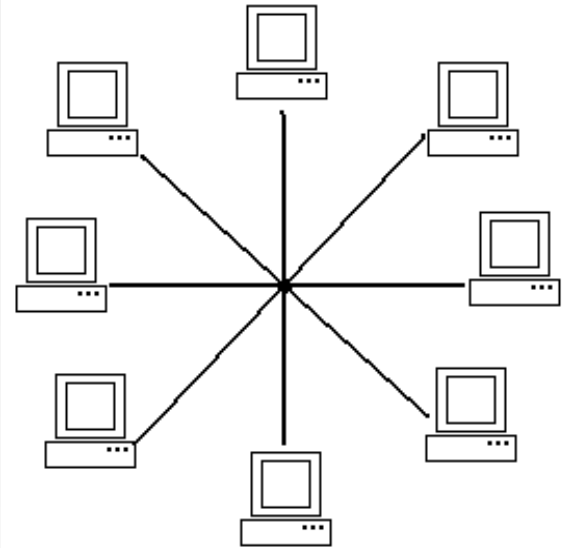
Hviezdicová sieť

- Tvorená jedným centrálnym uzlom, ktorý rozbočuje sieť k jednotlivým účastníkom
- Uzol môže byť switch (prepínač), rozbočovač (HUB), smerovač (router) alebo server preberajúci niektorú z týchto funkcií
- Podobná stromovej topológii, kde sa sieť rozvetvuje pomocou hubov



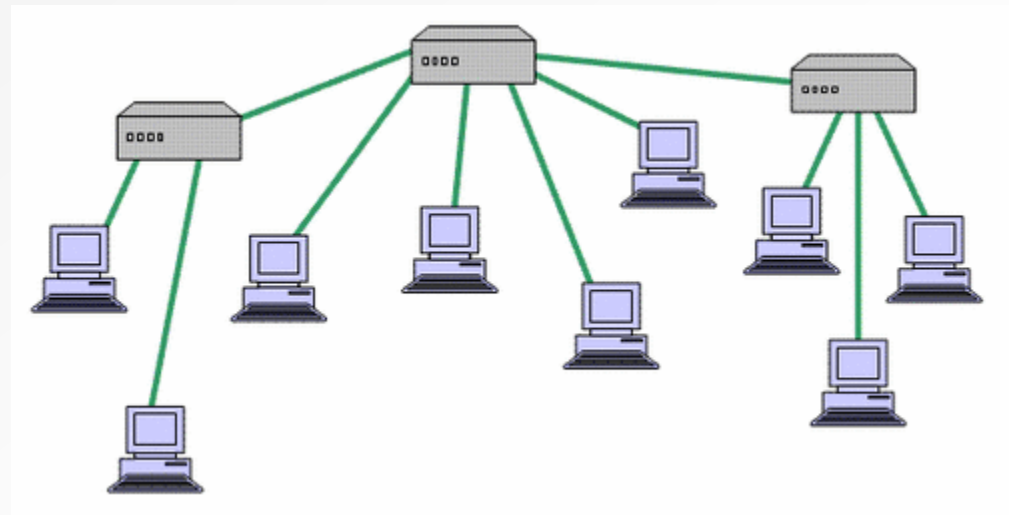
Hviezdicová sieť

- Výhoda
 - ak sa preruší kábel sieť zvyšných účastníkov to neovplyvní
 - Odolnosť voči zahlteniu
 - Jednoduchá detekcia poruchy
 - Veľká rýchlosť prenosu
- Nevýhoda
 - vysoké náklady na budovanie
 - Centralizácia
 - Potreba dodatočného HW (uzol)



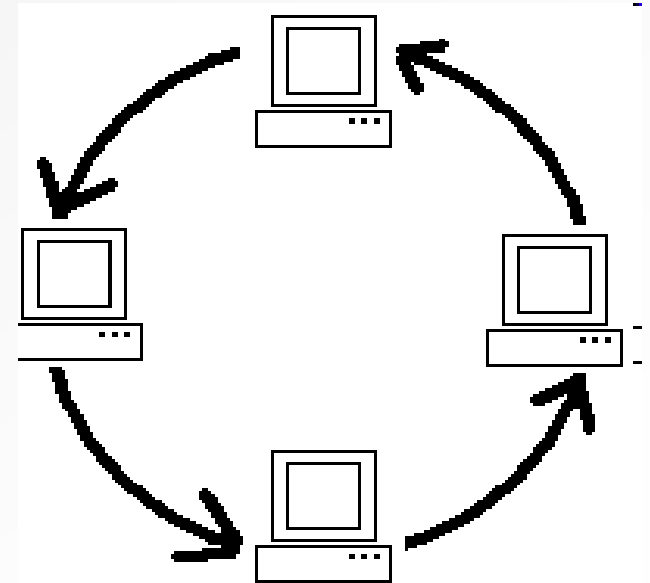
Stromová sieť

- Vychádza z hviezdicovej topológie (občas sa nazýva rozšírená hviezda)
- Jednotliví účastníci, môžu prebrať úlohu centrálného bodu pre ďalšie časti siete.
- Výhodou je jednoduchá rozširiteľnosť
- Nevýhodou je zraniteľnosť niektorých častí siete



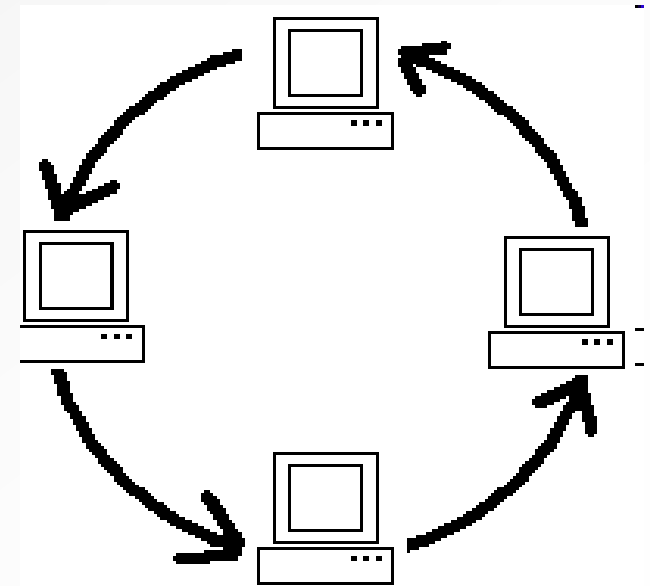
Kruhová topológia

- Často v prevedení Token Ring
- Stanice sú v uzavretom kruhu
- Dáta prechádzajú cez jednotlivé uzly
- Niekedy sa využíva alternatívne, záložné zapojenie



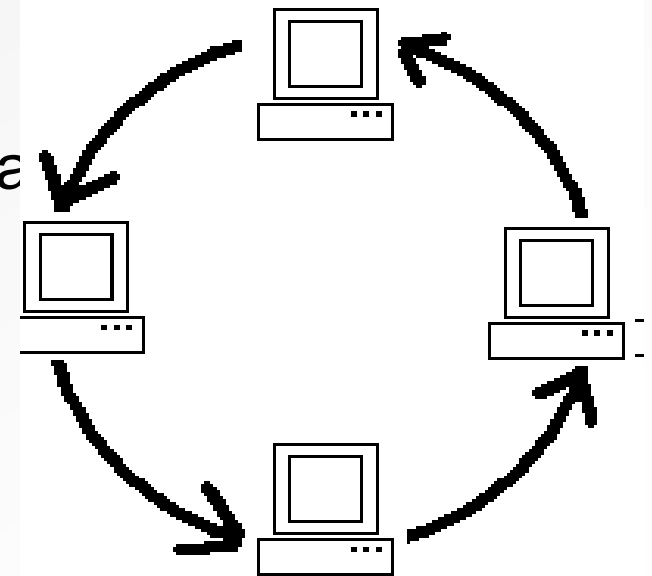
Token ring

- Využíva kruhovú topológiu
- Stanice sú v uzavretom kruhu (nie je nutnou „fyzickou“ podmienkou)
- Dáta prechádzajú cez jednotlivé uzly
- V jednom smere ide „token“ a keď ho stanica dostane môže vysielat'. Ten si postupne odovzdávajú. Zabráni sa tým kolíziám pri súčasnom vysielaní
- V súčasnosti sú na výraznom ústupe, keďže klesajúca cena umožňuje realizáciu komplexnejších sietí



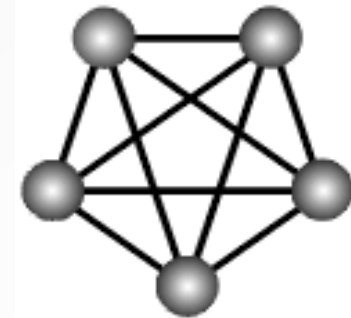
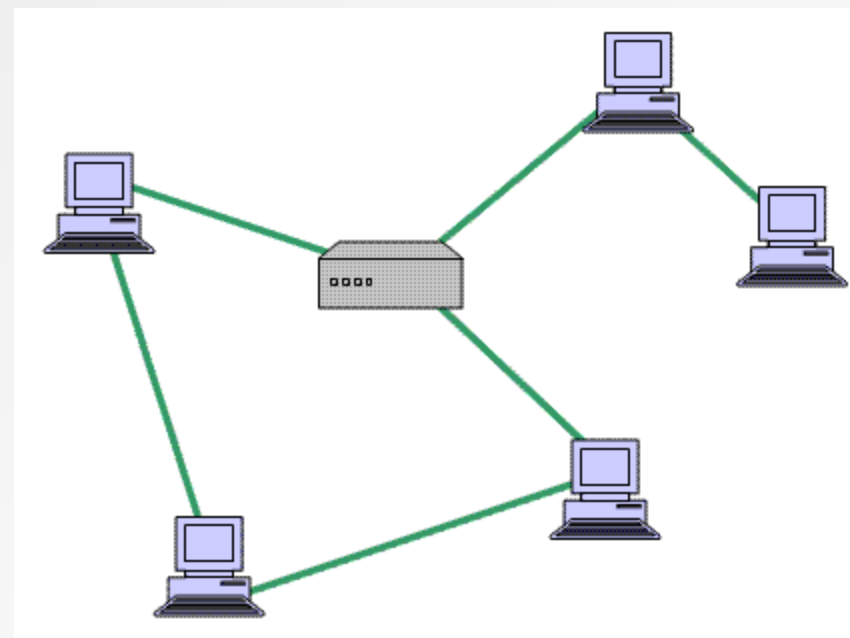
Token ring – klady a zápory

- Výhody
 - Relatívne jednoduchý prenos dát
 - Nevznikajú kolízie (pri aplikácii token ring)
 - Cenovo výhodná (menšie množstvo káblov)
- Nevýhody
 - Zraniteľnosť
 - Odpojenie a zapojenie jedného zúčastneného zariadenia komplikovanejšie



Mesh network

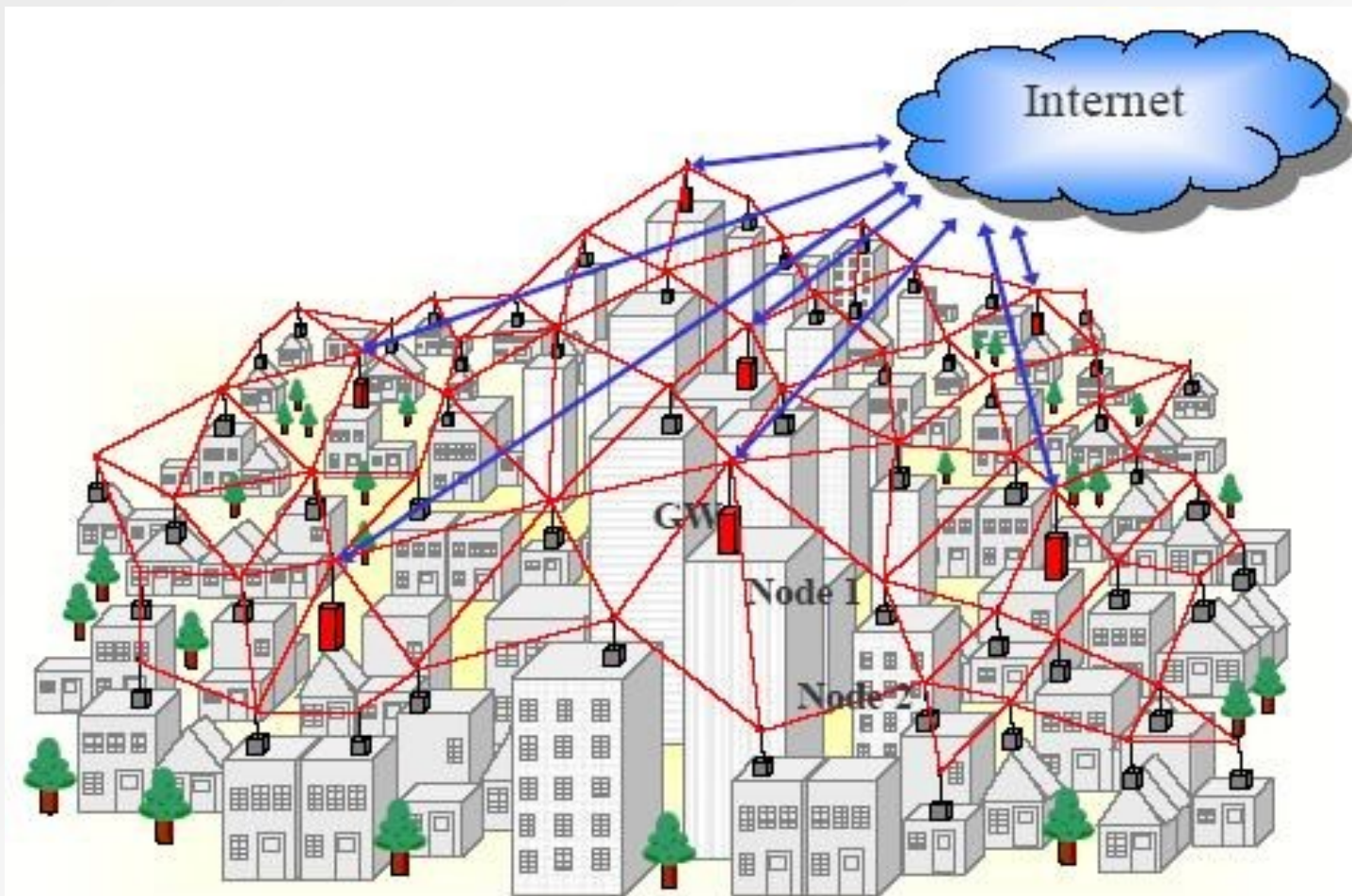
- Zapojenie keď uzly sú napojené na viaceré ďalšie uzly
- Využitie pri rozľahlejších (globálnych) sieťach
- V prípade potreby niektoré uzly, môže slúžiť na preposielanie dát ďalej.
- Implementovaný “samoliečiaci” proces a nízka zraniteľnosť.
- Bezdrôtová mesh sieť pôvodne vyvinutá pre armádu
- Full mesh – každý prepojený s každým.



Mesh network

Local mesh network

- Vhodná alternatíva pre budovanie lokálnej bezdrôtovej siete.



ISO/OSI model

- Evolúcia z komunikačných protokolov využívaných už od 60-tych rokov.
- Štandard zabezpečujúci komunikáciu a dátovú štruktúru v sieti. Dáta sa postupne zapuzdrujú a odosielajú. V celi sa vyhodia prebytočné časti paketov a vyberú sa dáta. Vrstvový model určuje princíp adresovania a preposielania dátových paketov.
- **Aplikačná vrstva (application layer)** – umožňuje spoluprácu aplikácií na oboch stranách komunikácie. Najbližšie k užívateľovi a danej aplikácii. Protokoly sú FTP, DNS, SMTP, POP3, SSH, HTTP...
- **Prezentačná vrstva (presentation layer)** – prevádza dáta do čitateľného tvaru pre aplikácie. Tento tvar však môže byť odlišný na oboch stranách. Takže zabezpečuje konverziu dát, ale taktiež aj kompresiu príp. kryptovanie, aby nemohli byť dáta prečítané mimo odosielateľa a príjmateľa.
- **Relačná vrstva (session layer)** – zabezpečuje spojenie. Synchronizuje prenos, ukončuje, kontroluje a obnovuje spojenie. Protokoly NetBIOS, SSL.

ISO/OSI model

- **Transportná vrstva (transport layer)** – zabezpečuje dátový prenos. Dopĺňa údaje slúžiace k identifikácii (aplikácie, procesu, zariadenia, využívaného portu – nakoľko aplikácie sledujú štandardne iba vybrané porty). Protokoly TCP (Transmission control protocol – najčastejší protokol v prípadoch keď sa vyžaduje spoľahlivosť spojenia), UDP (User datagram protocol – minimalistické mechanizmy bez specialnej komunikačnej synchronizácie).
- **Sieťová vrstva (network layer)** – Definuje konečné adresy príjmateľa a odosielateľa. Dôležitá najmä v prípade oddelených sietí. Na tejto vrstve pracujú aj smerovače, ktoré na základe adres aktívne presmerúvajú dáta ďalej. Samotná komunikácia môže byť prerozdeľovaná do fragmentov. Protokoly sú IP (internet protocol), ICMP (Internet control message protokol) a ARP (address resolution protocol), IPX (Internetwork Packet Exchange – populárny v 90tych rokoch, neskôr sa viac presadila univerzálnejšia kombinácia TCP/IP umožňujúca prácu vo väčších sieťach)

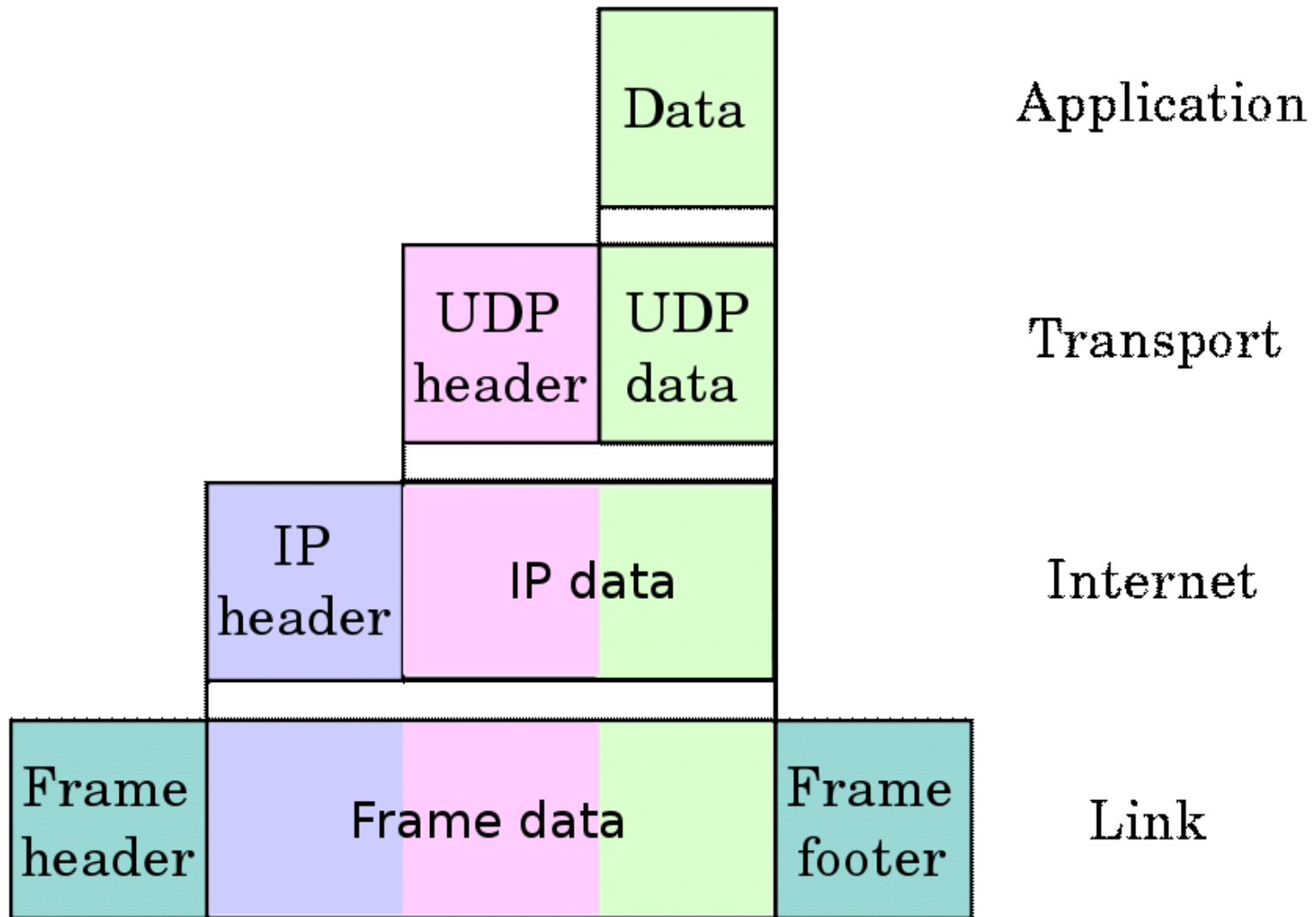
ISO/OSI model

- **Spojová dátová vrstva (data link layer)** – Umožňuje samotné spojenie medzi uzlami. Detekuje chyby a realizuje korekcie na fyzikálnej vrstve. Identifikuje MAC adresy. Na tejto vrstve pracujú prepínače, sieťové karty a pod.
- **Fyzická vrstva (physical layer)** - synchronizácia a časovanie bitov. Kontroluje fyzické vlastnosti média (napr. napätia, časy, vysielanie)

TCP/IP

- **Aplikačná vrstva** – (zahŕňa Aplikačnú, prezentačnú a relačnú vrstvu OSI modelu)
- **Transportná vrstva**
- **Internetová vrstva** – (zahŕňa Sieťovú vrstvu z OSI modelu)
- **Vrstva sieťového rozhrania** – (zahŕňa spojovú a fyzickú vrstvu OSI modelu)

Skladanie dát v TCP/IP



UDP (User datagram protocol)

- Využíva sa v prípadoch, keď kvalita prenosu nie je rozhodujúca. Keď sa časť dát môže stratiť, alebo prísť v opačnom poradí.
- Neprebíha inicializácia ani synchronizácia. Nevyžaduje sa opätovné zasielanie chybných dát a v princípe dáta môžu prísť prehádzané, nakoľko každý paket môže ísť po odlišnej trase. UDP však nečísluje sekvencie a neskladá dáta do pôvodného poradia.
- Využíva sa napr. v službách ako je DNS, DHCP, VoIP, stream, počítačové hry.
- UDP pridáva k dátovému paketu len 8 bytov.
- Prvé dva byty sú určené pre zdrojový a cieľový port
- Druhé dva byty pre dĺžku a kontrolný súčet.
- Veľkosť dát je teoreticky 65635 bytov (65627 dáta a 8 bytov hlavička)
- Pri využití komunikácie cez IP je potrebných ešte 20 bytov pre IP hlavičku.

TCP

- TCP – Transmission Control Protocol (1981)
- Spôsob komunikácia v rámci transportnej vrstvy umožňujúci preposielanie dát.
- Zaručuje odoslanie a spätnú rekonštrukciu dát u príjemateľa. Na začiatku sa vytvorí obojstranné spojenie zaručujúce odoslanie a prijatie segmentov v správnom poradí.
- Aplikácie (napr. HTTP) odosielajú dáta po Bytoch (8 bit slová) a TCP vytvára segmenty s vhodne zvolenou veľkosťou.
- Každý segment má vlastné číslo zaručujúce, že sa na konci poskladajú dáta kompletne.
- Príjemateľ odosiela potvrdenie každého segmentu
- Ak potvrdenie nepríde, posiela sa segment opäť
- Pri gigabitových sieťach už je netriviálny problém výpočtovej sily potrebnej na celú komunikáciu.

TCP segment

- 0 bit – 2 byty zdrojový port, 2 byty cieľový port
- 32 bit – 4 bytové číslo sekvencie
- 64 bit – 4 bytové číslo potvrdenia (acknowledgement number).
Potvrďuje prijatie predchádzajúcich bytov.
- 96 bit – 2 byty ofset dát, rezervované byty – mali by byť nulové, rôzne prepínače (flags) ako napr. urgenciu, flag resetnutia spojenia, synchronizačný flag, finálny ukončujúci flag
naznačujúco koniec odosielania dát... 2 byty veľkosť okna s maximálnym množstvom dát, ktoré môžu byť spracované.
- 128 bit – 2 byty kontrolný súčet, 2 byty urgentný pointer (ofset z čísla sekvencie indikujúce posledné urgentné dáta)
- 160 bit – 4 byty ďalších volieb

Inicializácia komunikácie

- Postupnosť vzájomných návrhov a potvrdzovania
- Hand shaking... (three-way hand shaking)
Zaslanie synchronizačného segmentu s označením SYN ako žiadosť o synchronizáciu. Tu sa zahrnie aj úvodné číslo sekvencie SEQ.
- Ak server môže tak túto žiadosť potvrdí a tiež odošle synchronizáciu ako aj potvrdenie (SYN, ACK). Pritom číslo potvrdenia nastaví o číslo väčšie ako bolo číslo sekvencie prijatého segmentu. SYN nastaví na vlastné číslo sekvencie.
- Klient celý proces zopakuje. Pošle vlastný synhronizačný segment, ACK nastaví o číslo väčšie ako číslo sekvencie serveru a pošle sekvenciu s číslom ako bola ACK serveru.
- Príklad inicializácie
Klient – pošle SYN = 1, SEQ = 1
Server - pošle ACK = 2, SEQ = 90 (náhodné číslo)
Klient – pošle SEQ = 2, ACK = 91

Ukončenie komunikácie

- Opäť je postupnosť definovaná ukončenie. Tentokrát 4 cestné (four-way handshake)
- Klient pošle packet, ktorý má flag FIN a čaká na potvrdenie
- Server zašle ACK a nastaví spojenie ako pasívne ukončené
- Server zašle FIN ako poslednú potvrdzujúcu akciu
- Klient potvrdí ACK, definitívne ukončí spojenie a to isté spraví po prijatí aj server.

Kontrola zasielania dát

- Klient môže definovať okno (window size) určujúce počet dát, ktoré sa zasielajú bez požadovania potvrdenia. To okno sa definuje už pri inicializácii v rámci three-way shaking.
- Tým sa uvoľňuje linka, keďže sa znižuje počet zasielaných potvrdení.
- V prípade, že sa časť dát nepodarí zrekonštruovať, tak sa okno zmenšuje aby sa potvrdenie požadovalo častejšie.
- Pripomenutie – TCP je protokol v rámci transportnej vrstvy.

Porty

- Port je 16 bitový identifikátor určujúci aplikáciu, ktorej sú dáta určené (resp. ktorá dáta vysiela).
- Využíva ich najmä transportná vrstva.
- 0 do 1023 sú štandardné porty.
Sú to napr. SSH (SCP, SFTP) 22, SMTP 25, HTTP 80, POP3 110, IMAP 143, HTTPS 443, CUPS 631
- Od 1024 do 49151 sú registrované a využívané zvyčajne pre vybrané druhy služieb.
Napr. VLC Media Player pre UDP stream 1234, Skype 23399, Google talk a video 19294 pre TCP a 1925,19302 pre UDP, Secondlife 12035, 13000 – 13050.
- Rozmedzie od 49152 do 65525 dynamicky pridelované a nie sú registrované
- Kombinácia IP čísla a Portu tvorí tzv. socket.

Sieťová vrstva - IP

- Pripomenutie z ISO/OSI modelu. *Definuje konečné adresy príjmateľa a odosielateľa. Dôležitá najmä v prípade oddelených sietí. Na tejto vrstve pracujú aj smerovače, ktoré na základe adries aktívne presmerúvajú dáta ďalej. Samotná komunikácia môže byť prerozdelená do fragmentov. Protokoly sú IP (internet protocol), ICMP (Internet control message protokol) a ARP (address resolution protokol), IPX (Internetwork Packet Exchange)*
- Nespojivá služba – nevytvára si kontrolné spojenie. Zadefinuje zdrojovú adresu, cieľovú adresu ale nekontroluje či dáta dorazili a zrekonštruovali sa.
- Kontrolu preberá vyššia – transportná – vrstva (TCP).

TCP/IPv4

- IPv4 – Internet protocol version 4 (1982)
- Každý počítač má vlastnú 32 bitovú adresu – 4 čísla po 8 bitov. Napr. 158.195.25.101 (v binárnom prevedení 1001 1110 1100 0011 0001 1001 0110 0101)
Problém s relatívne malým počtom adresovaných zariadení 4 294 967 296 adres – aj keby mal každý iba jednu IP adresu tak to nepostačuje.
Mnohí využívame aj 4-5 adres (laptop, tlačiareň, mobil prip. cez WIFI, počítač doma, v práci atď).
- Podporuje rozloženie a znovuzloženie dát.
- Flexibilita – aj router na trase sa môže rozhodnúť rozložiť segment a vyslať ho v podobe viacerých segmentov.

Unicast, broadcast...

- Unicast – vysielanie pre konkrétne zariadenie s jednoznačne zadanou IP adresou.
- Broadcast – vysielanie určené všetkým počítačom v sieti. Adresa (v binárnej forme) je zložená z časti identifikujúcej sieť a zvyšné sú jednotky.
- Multicast – vysielanie pre určitú skupinu počítačov. Využitie napr. pri výmene smerových tabuliek (rezervované adresy od 224.0.0.0 – 239.255.255.255)

Maska podsiete

- 32 bit číslo identifikujúcu sieť. Zľava sa napĺňa jednotkami a zvyšné sú nuly. Jednotky určujú ktoré IP adresy sú súčasťou siete a tým aj ktoré počítače sú schopné komunikovať bez smerovača.
- Konkr. Maska môže byť 255.255.255.128. Pomocou logickej operácie AND ($1 \text{ AND } 1 = 1$, $1 \text{ AND } 0 = 0$) sa získa adresa siete.
- Získanie adresy siete pre IP Adresa 158.195.25.101 v prípade horeuvedenej masky:
1110 1100 0011 0001 1001 0110 0101
1111 1111 1111 1111 1111 1000 0000
1110 1100 0011 0001 1001 0000 0000 = 158.195.25.0
- Pre IP adresu 158.195.25.131 získame adresu siete
- 1110 1100 0011 0001 1001 1000 0011
1111 1111 1111 1111 1111 1000 0000
1110 1100 0011 0001 1001 1000 0000 = 158.195.25.128
Takže počítače nebudú schopné priamo komunikovať.

Zápis siete prefixom

- Na zjednodušenú indikáciu časti adresy, ktorá je adresou siete sa využíva prefix. Napr. zápis 158.195.25.101/25
1001 1110 1100 0011 0001 1001 0110 0101
Prvých 25 bitov je rovnakých pre všetky zariadenia na rovnakej podsieti.
- Tento zápis je náhradou za kombináciu IP adresy a masky.
- Príklad – vypíšte adresy pre zariadenia v sieti 158.195.25.240/28
- **1110 1110 1100 0011 0001 1001 1111** 0000
- Na posledných 4 bitoch môžu byť kombinácie 0000 (nepoužije sa – identifikuje podsieť), 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111 (pozor – 1111 sa nepoužije – rezervované pre broadcast)
- To zodpovedá kombináciám 158.195.25.241 – 158.195.25.254.
- Adresa siete 158.195.25.240 a broadcast 158.195.25.255.

Zistenie siete a broadcast

- Príklad: Z poznatkou o sieti a masky môžeme taktiež získať adresu siete a broadcastu.
- IP 158.195.25.103 Maska 255.255.255.0
1001 1110 1100 0011 0001 1001 0110 0111
1111 1111 1111 1111 1111 1111 0000 0000
1001 1110 1100 0011 0001 1001 0000 0000 = 158.195.25.0 sieť
1001 1110 1100 0011 0001 1001 1111 1111 = 158.195.25.255 broadcast
- Pozor – užívateľskému počítaču nemožno priradiť rezervované IP čísla (napr. identifikáciu siete, alebo broadcast).

TCP/IPv6

- IPv6 – Internet protocol version 6 (1982)
- Pôvodne sa nazýval aj IPng (Internet protocol – Next Generation)
- využíva 128 bit adresa 3.4×10^{38} kombinácií (670×10^{15} adries na mm^2 zemského povrchu)
- 8 skupín po štyroch hexadecimálnych čísel (napr. 2001:0db8:85a3:08d3:1319:8a2e:0370:7334)
- Ak obsahuje nulu, možno ju vynechať, teda:
2001:0db8:85a3:0000:1319:8a2e:0370:7344
je to isté ako
2001:0db8:85a3::1319:8a2e:0370:7344