

2 REFERENČNÝ MODEL KOMUNIKÁCIE ISO/OSI

Ciele

- Pochopiť princíp prepojovania otvorených systémov,
- pochopiť funkcie vrstiev modelu OSI,
- naučiť sa typy používaných prostriedkov a mechanizmy prenosu na úrovni fyzickej vrstvy OSI,
- pochopiť mechanizmy používané pri prenose údajov na úrovni linkovej vrstvy OSI,
- pochopiť princíp prepojovania sietí z pohľadu vrstvového modelu OSI

2.1 Základná charakteristika modelu OSI

Riešiť určitý problém ako celok je obyčajne možné len po istú hranicu - pokým rozsah problému, respektíve jeho zložitosť nepresiahne schopnosti riešiteľa a možnosti nástrojov a metód, ktoré používa. Akonáhle sa určitý problém stáva príliš zložitým je nutné vykonať jeho dekompozíciu, t.j. rozdeliť ho na niekoľko čiastkových problémov, ktoré je možné riešiť samostatne a nezávisle na sebe.

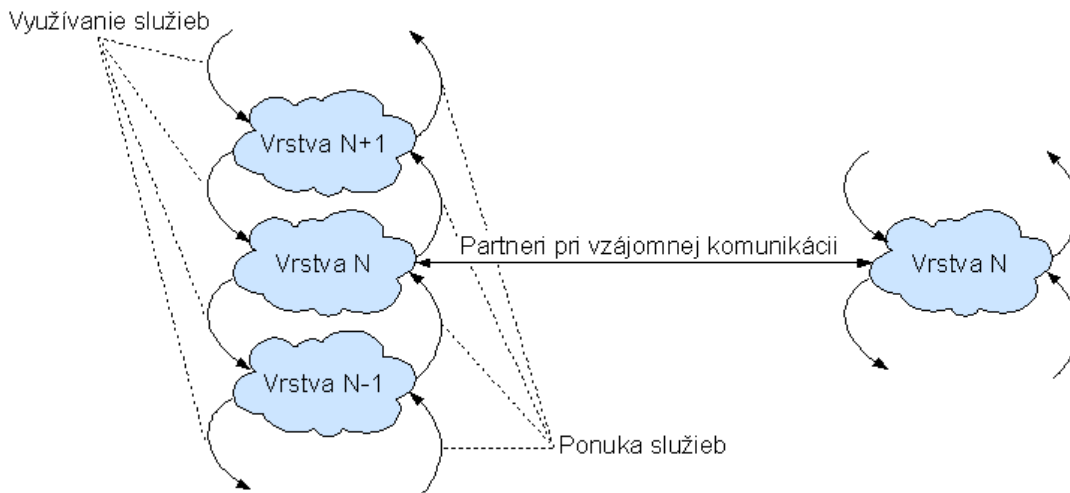
Jedným z príkladov problému, ktorý je príliš komplikovaný na to, aby ho bolo možné riešiť ako jeden problém, je otázka zabezpečenia základných funkcií počítačovej siete. Ide predovšetkým o základné programové vybavenie siete, ktoré bezprostredne ovláda technické prostriedky siete - sieťový hardvér a pomocou neho zabezpečuje chod celej siete.

Vzhľadom na charakter počítačových sietí a povahu úloh, ktoré je nutné zabezpečiť, sa ako najvhodnejšie riešenie ukázala dekompozícia základného programového vybavenia siete na hierarchicky usporiadané **vrstvy**. Každá vrstva má na starosti zabezpečenie presne vymedzeného okruhu úloh.

Mechanizmy pomocou ktorých tieto úlohy zaistuje potom poskytuje ako služby vrstve bezprostredne vyššej. Vo všeobecnosti každá vrstva poskytuje určitú množinu služieb vrstve bezprostredne vyššej, pričom na ich realizáciu využíva služby vrstvy bezprostredne nižšej.

Na to aby bolo možné implementovať jednotlivé vrstvy nezávisle na sebe, je nutné definovať presné pravidlá spolupráce susedných vrstiev, t.j. definovať presné

rozhrania medzi jednotlivými vrstvami. Znamená to napríklad presne vymedziť jednotlivé služby, spôsob ich volania, počty parametrov a pod.



Obr. 2.1 Predstava vzájomného vzťahu medzi vrstvami

Každá vrstva síce využíva služby bezprostredne nižšej vrstvy, jej partnerom pri komunikácii v sieti je však vrstva, ktorá sa v inom uzle siete nachádza na rovnakej úrovni hierarchie vrstiev. Tieto rovnôhlé vrstvy musia byť dohodované na spoločných pravidlách komunikácie. Súbor pravidiel, ktoré rovnôhlé vrstvy vrstvomého modelu používajú pre vzájomnú komunikáciu, tvorí tzv. **protokol**.

Ku každej vrstve, v rámci určitého vrstvomého modelu sa teda vzťahuje určitý protokol, podľa ktorého príslušná vrstva pracuje. Pre jednu a tú istú vrstvu môže pripadať do úvahy niekoľko rôznych protokolov - rovnaké úlohy môžu byť zabezpečené rôznymi spôsobmi. Napríklad pre vyššie spomínané dve vrstvy (zaisťujúce prenos jednotlivých bitov, resp. blokov údajov) môže existovať niekoľko rôznych protokolov podľa toho či sa na prenos používajú komutované linky verejnej telefónnej siete, pevné telefónne okruhy, verejná údajová sieť, optické káble a pod.

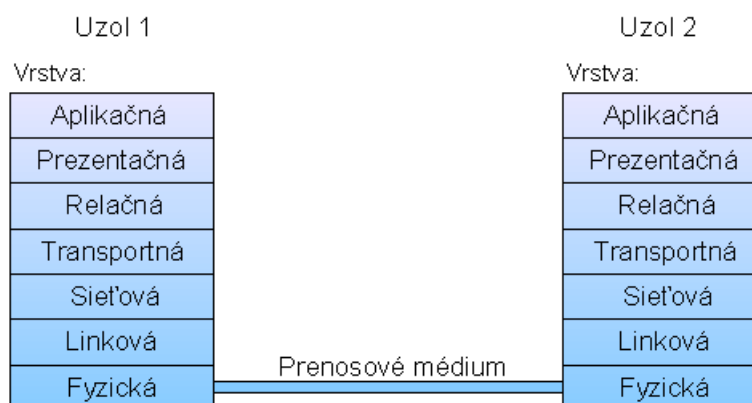
Aby sa predišlo problémom súvisiacim s používaním veľkého množstva nekompatibilných (vzájomne nezlúčiteľných) štandardov, medzinárodná organizácia ISO (International Organization for Standardization) definovala model pre komunikáciu otvorených systémov OSI (Open system Interconnection). OSI sám o sebe nie je štandardom, ale ponúka určitý návod ako identifikovať a oddeliť koncepčne odlišné časti komunikačného procesu. V praxi to znamená, že OSI neurčuje aké napät'ové úrovne, prenosové rýchlosti, alebo protokoly sa majú používať na to, aby sa dosiahla vzájomná zlučiteľnosť systémov. Hovorí o tom, že má existovať kompatibilita v úrovniach napätia, v rýchlostiach a protokoloch ako aj v mnohých iných faktoroch. Praktickým cieľom OSI je optimálne prepojenie siete, v ktorej možno prenášať údaje medzi rôznymi miestami bez toho, aby sa mrhalo prostriedkami na účely konverzie, s čím súvisí aj oneskorenie a poruchovosť.

2.1.1 Vrstvy modelu OSI

V modeli OSI je definovaných sedem funkčných vrstiev (vid' Obr.2.2). Každá vrstva komunikuje priamo len so susednou vrstvou, ktorá leží pod ňou, alebo nad ňou.

Moduly lokalizované na tej istej vrstve ale v odlišnom uzle siete (t.j. bežia na inom stroji) sa nazývajú **peer** (rovnocenné, rovnoľahlé).

Model OSI definuje v každej vrstve služby, ktoré táto musí mať k dispozícii pre vyššiu vrstvu. Služby (čo spraviť) sú striktné odlišné od protokolu (skutočná realizácia, ako to spraviť). Vzájomná prepojitelnosť je postavená na skutočnosti, že rozdielne systémy sú štruktúrované na základe podobných služieb a že v rovnoľahlých vrstvách sú tie isté protokoly.



Obr. 2.2 Model prepojovania otvorených systémov (OSI)

Fyzická vrstva

Úlohou tejto vrstvy je zaistiť **prenos jednotlivých bitov** medzi príjemcom a odosielateľom **prostredníctvom fyzickej prenosovej cesty**, ktorú táto vrstva bezprostredne ovláda. Fyzická vrstva jednotlivé prenášané bity neinterpretuje. Obsahuje elektrické, mechanické a optické rozhrania spolu s potrebnými softvérovými ovládačmi komunikačných portov. Na tejto úrovni sa realizujú všetky detaily týkajúce sa prenosového média, úrovni signálov, frekvencií, káblov, konektorov a podobne. Fyzická vrstva je v skutočnosti len reálnym spojením medzi dvoma komunikujúcimi miestami - **uzlami**.

Linková vrstva

Táto vrstva má za úlohu zaistiť **prenos celých blokov údajov**, označovaných ako **rámce** medzi dvoma susednými uzlami (tzn. zabezpečuje prenos medzi uzlami medzi ktorými je **priame spojenie** - napr. uzly na tom istom segmente siete, vid' Obr.2.3). Linková vrstva má správne rozpoznať začiatok a koniec rámca ako aj jeho jednotlivé časti. Zabezpečuje verifikáciu toho, či postupnosť bitov prešla medzi dvoma uzlami korektne. Ak sa napríklad v dôsledku šumu na linke vyskytla chyba, môže táto vrstva požiadať o opätovné odoslanie poškodenej postupnosti bitov. Linková vrstva poskytuje pre vyššiu vrstvu bezporuchovú údajovú linku medzi dvoma uzlami.

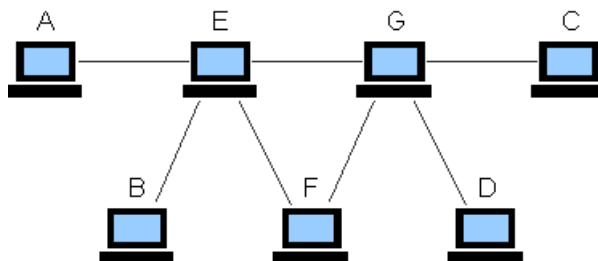


Obr. 2.3 Príklad uzlov s priamym spojením (segment siete so zbernicovou topológiou)

Sieťová vrstva

Zriaďuje kompletnú cestu a dohliada na to, aby cestou od zdroja do cieľa prešli všetky správy, aj v prípade, že táto cesta je zostavená z odlišných vetiev prechádzajúcich niekoľkými uzlami. Musí zaistiť potrebné **smerovanie** (voľbu vhodnej trasy)

prenášaných blokov údajov, označovaných ako **pakety**, zaistiť postupné odovzdávanie jednotlivých paketov po tejto trase od pôvodného odosielateľa až ku koncovému príjemcovi. Sieťová vrstva si teda musí „uvedomovať“ konkrétnu topológiu siete (t.j. spôsob vzájomného priameho prepojenia jednotlivých uzlov).



Obr. 2.4 Príklad prepojenia uzlov, medzi ktorými nemusí byť priame spojenie

V príklade na Obr.2.4 neexistuje medzi všetkými uzlami priame spojenie. Napríklad pri prenose údajov z uzla „A“ do uzla „D“ je nutné prenášať údaje cez niekoľko ďalších uzlov (cesta 1: „A“ → „E“ → „G“ → „D“, resp. cesta 2: „A“ → „E“ → „F“ → „G“ → „D“). Úlohou sieťovej vrstvy je nájsť vhodnú cestu prenosu údajov (cesta 1, resp. cesta 2) a zabezpečiť prenos údajov na zvolenej ceste.

Transportná vrstva

Táto vrstva zabezpečuje koncové riadenie komunikácie (t.j. medzi pôvodným odosielateľom a konečným príjemcom) a funguje ako rozhranie medzi aplikačným softvérom, ktorý požaduje údajovú komunikáciu a externou sieťou. Táto vrstva má prostredníctvom sieťovej vrstvy vytvorenú ilúziu, že každý uzol siete má priame spojenie s ktorýmkoľvek iným uzlom siete. Vďaka tomu sa venuje už len komunikácii koncových účastníkov (tzv. **komunikáciou end-to-end**) - teda komunikácii medzi pôvodným odosielateľom a konečným príjemcom. Pri odosielaní údajov zaisťuje zostavovanie jednotlivých paketov, do ktorých rozdeľuje prenášané údaje a pri prijímaní ich zase z paketov vyberá a skladá do pôvodného tvaru. Dokáže tak zaistiť prenos ľubovoľne veľkých správ, aj keď jednotlivé pakety majú obmedzenú veľkosť. Je zodpovedná za verifikáciu toho, že údaje boli z jedného stroja správne vyslané a že boli v druhom stroji správne prijaté.

Relačná vrstva

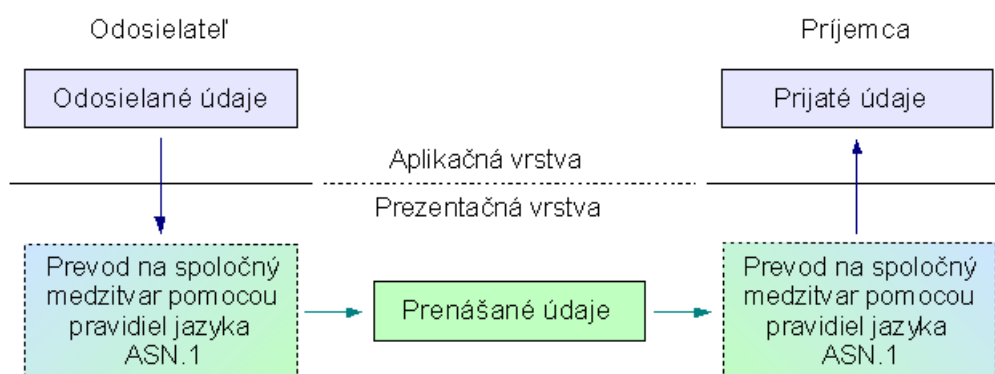
Jej úlohou je nadväzovať, udržiavať a rušiť **relácie**¹ medzi koncovými účastníkmi. V rámci nadväzovania relácie si táto vrstva vyžiada od transportnej vrstvy vytvorenie spojenia, prostredníctvom ktorého potom prebieha komunikácia medzi oboma účastníkmi relácie. Pokiaľ treba túto komunikáciu nejakým spôsobom riadiť (napr. určovať, kto má kedy vyslať, ak to nemôžu robiť obaja účastníci súčasne), zaisťuje to práve táto vrstva, ktorá má tiež na starosti všetko, čo je treba k ukončeniu relácie a zrušeniu existujúceho spojenia.

Prezentačná vrstva

Jednotlivé počítače môžu používať navzájom odlišnú vnútornú reprezentáciu údajov (napr. kódy EBCDIC, ASCII atď.). Táto vrstva zabezpečuje teda potrebné kódovanie

¹ Čo je *relácia* si môžeme ukázať na príklade telefonického hovoru. Najskôr je nutné vytočiť telefónne číslo (nadviazať transportné spojenie) a po nadviazaní spojenia viesť rozhovor (reláciu) dvoch účastníkov.

údajov a konverziu, pomocou ktorých sú binárne údaje prevedené na to, čo samy o sebe znamenajú: správy, texty, obrázky a podobne. Na zaistenie konverzie údajov je zavedený jazyk ASN.1. Pri konverzii údajov na strane vysielateľa sú údaje pomocou jazyka ASN.1 prevedené do definovaného (spoločného) tvaru a na strane prijímateľa sú údaje transformované do reprezentácie, ktorej prijímač rozumie. Vysielateľ a prijímač môžu teda používať rôznu reprezentáciu prenášaných údajov.



Obr. 2.5 Princíp konverzie údajov na úrovni prezentačnej vrstvy

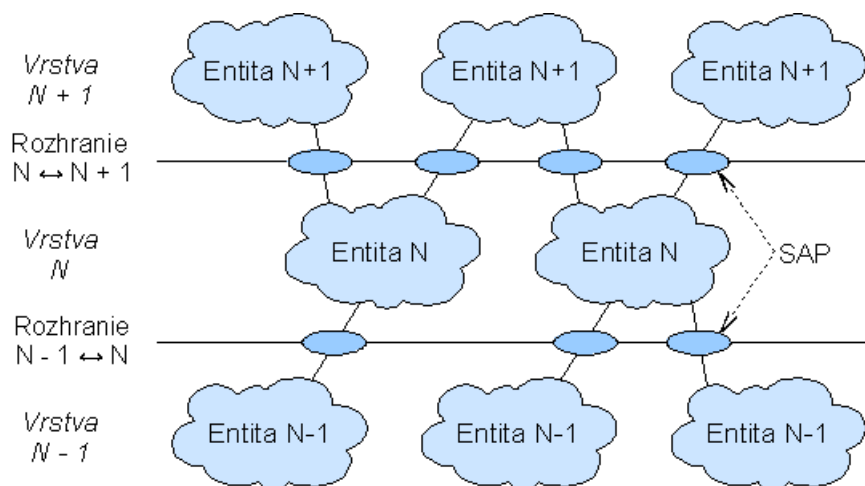
V rámci tejto vrstvy býva tiež realizovaná prípadná kompresia prenášaných údajov, eventuálne aj ich šifrovanie.

Aplikačná vrstva

Koncoví užívatelia využívajú počítačové siete prostredníctvom najrôznejších sieťových aplikácií - systémov elektronickej pošty, prenosov súborov, vzdialeného prihlasovania (remote login) a pod. Začleňovať všetky tieto rôznorodé aplikácie priamo do aplikačnej vrstvy by pre ich veľkú rôznorodosť nebolo vhodné. Preto sa do aplikačnej vrstvy zahrňujú len tie časti aplikácií, ktoré realizujú spoločné, resp. všeobecne použiteľné mechanizmy. Významným prvkom je tu realizácia **virtuálneho zariadenia**. Prostriedky pre prácu s virtuálnym zariadením sú pritom súčasťou aplikačnej vrstvy (lebo sú všade rovnaké), zatiaľ čo prostriedky pre jeho prispôbenie konkrétnemu zariadeniu už súčasťou aplikačnej vrstvy nie sú (potrebné prispôbenie medzi virtuálnym zariadením a skutočne používaným zariadením zabezpečuje konkrétny aplikačný proces, ktorý zariadenie dokáže ovládať). Táto najvyššia vrstva sa zaoberá úlohami správy aplikačného systému, ako je prenos údajových súborov, činnosť distribuovaných databáz a diaľkové riadenie.

2.1.1 Prenos údajov v modeli OSI

Ten, kto v určitej vrstve modelu niečo aktívne vykonáva, je označovaný ako **entita**. Býva to najčastejšie objekt programovej povahy (napr. určitý proces), v najnižších vrstvách to však môže byť aj hardvérový celok (napr. IO radič a pod.). Na úrovni aplikačnej vrstvy ide o **aplikačné entity**, na úrovni prezentačnej vrstvy o **prezentačné entity** atď. Entity na rovnakej úrovni, resp. v rovnoľahlých vrstvách sa v angličtine označujú prívlastkom **peer**.



Obr. 2.6 Predstava entít a bodov poskytovania služby (SAP)

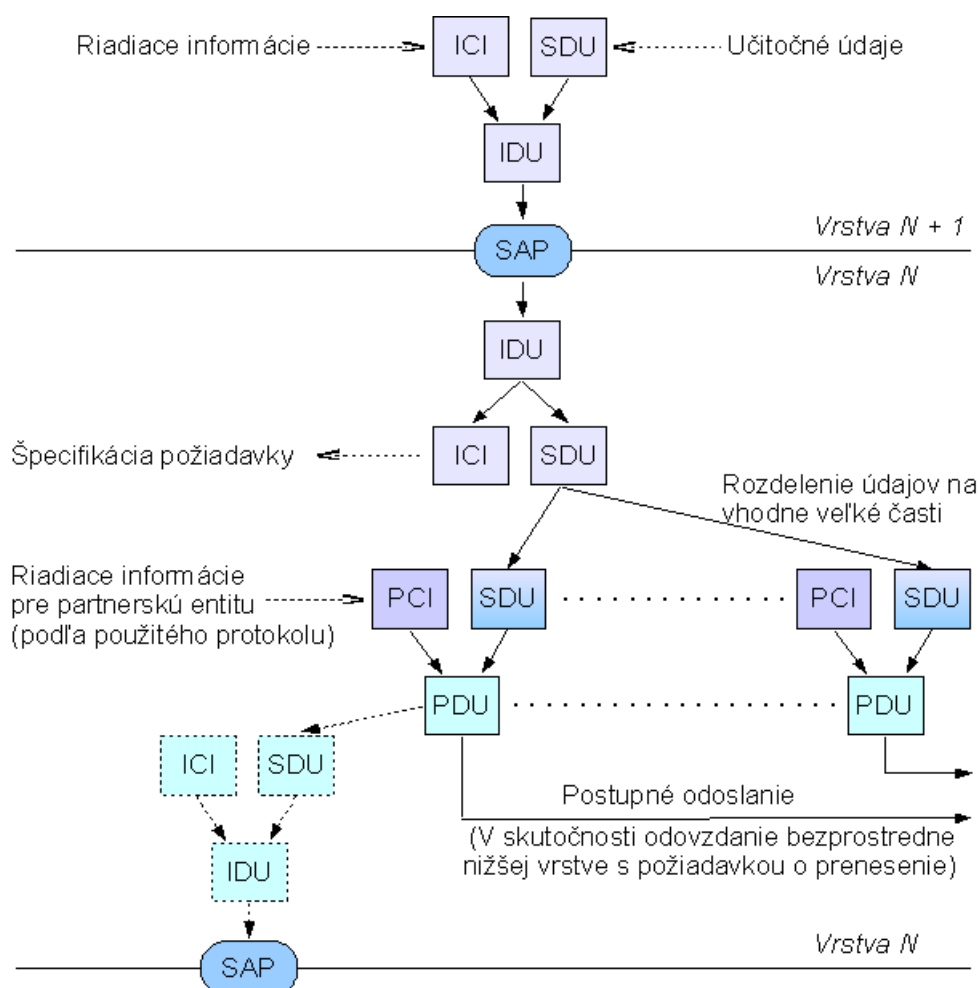
Entity vo vrstve N implementujú služby, ktoré sú využívané vrstvou N+1, resp. entitami tejto vrstvy. Vrstva N tu teda vystupuje ako **poskytovateľ služby**, zatiaľ čo vrstva N+1 je v úlohe **užívateľa služby**. Vrstva N je však súčasne aj v úlohe užívateľa služieb voči vrstve N-1, pretože využíva jej služby.

Bezprostrednými poskytovateľmi a užívateľmi služieb však nie sú vrstvy samotné, ale ich entity. Každá entita, ktorá chce nejaké služby využívať, však musí vedieť, kam sa má pre ne obrátiť. Musia teda existovať jednoznačne identifikovateľné miesta v rámci rozhrania medzi jednotlivými vrstvami, prostredníctvom ktorých sú služby poskytované, resp. využívané. V terminológii modelu ISO/OSI sa tieto miesta nazývajú **body poskytovania služby** (SAP - Service Access Points) a majú jednoznačné adresy.

Každý bod SAP slúži vždy pre vzájomnú komunikáciu práve dvoch entít zo susedných vrstiev. Nemôže byť teda zdieľaný viacerými entitami. Každá entita však môže poskytovať svoje služby viacerým entitám prostredníctvom viacerých bodov SAP a rovnako tak, každá entita môže využívať služby viacerých rôznych entít cez viacero bodov SAP. Situáciu ilustruje Obr.2.6.

Každá entita, ktorá chce využívať službu inej entity bezprostredne nižšej vrstvy, musí poznať nielen potrebný bod SAP, cez ktorý jej je táto služba ponúkaná, ale musí tiež poznať presný spôsob volania príslušnej služby. Ten je pre rôzne služby rôzny, vždy však vyžaduje, aby volajúci odovzdal určitý objem riadiacich informácií, ktoré jeho požiadavku špecifikujú. V terminológii modelu ISO/OSI je táto riadiaca informácia označovaná ako **ICI** (Interface Control Information). Súčasťou požiadavky potom bývajú ešte rôzne „užitočné údaje“, označované ako **SDU** (Service Data Unit). Volajúca entita teda vo všeobecnom prípade odovzdáva volanej entite cez príslušný bod SAP na rozhraní medzi nimi dve skupiny informácií (t.j. ICI a SDU).

Entita, ktorá je poskytovateľom služby a ktorá je príjemcom jednotky ICI a SDU si prevezme riadiace informácie v ICI. Z nich sa dozvie, čo sa od nej požaduje a podľa toho ďalej naloží s údajovou časťou (SDU).



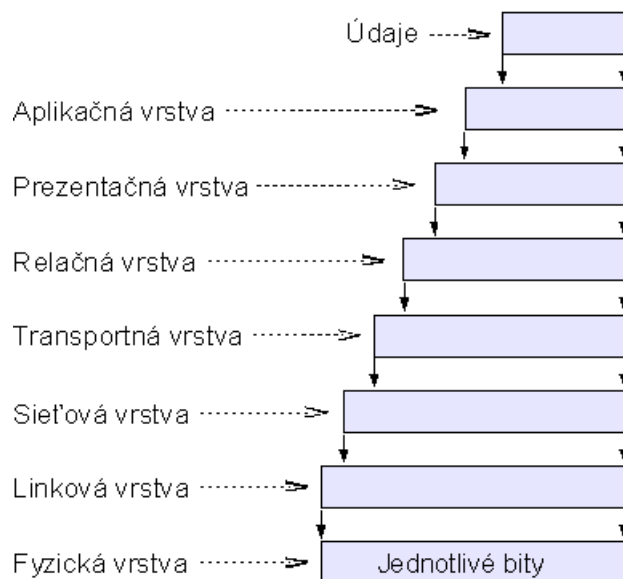
Obr. 2.7 Predstava entít a bodov poskytovania služby (SAP)

Jednou z najčastejších požiadaviek entity vo vrstve $N+1$ je žiadosť o prenos údajov do rovnoľahlej entity (t.j. entity vrstvy $N+1$) na inom uzlovom počítači. Entita vrstvy N , ktorá je o túto službu požiadaná, nájde príslušné údaje v SDU a snaží sa ich odovzdať svojej partnerskej entite na príslušnom uzlovom počítači. S touto rovnoľahlou entitou komunikuje podľa určitého protokolu.

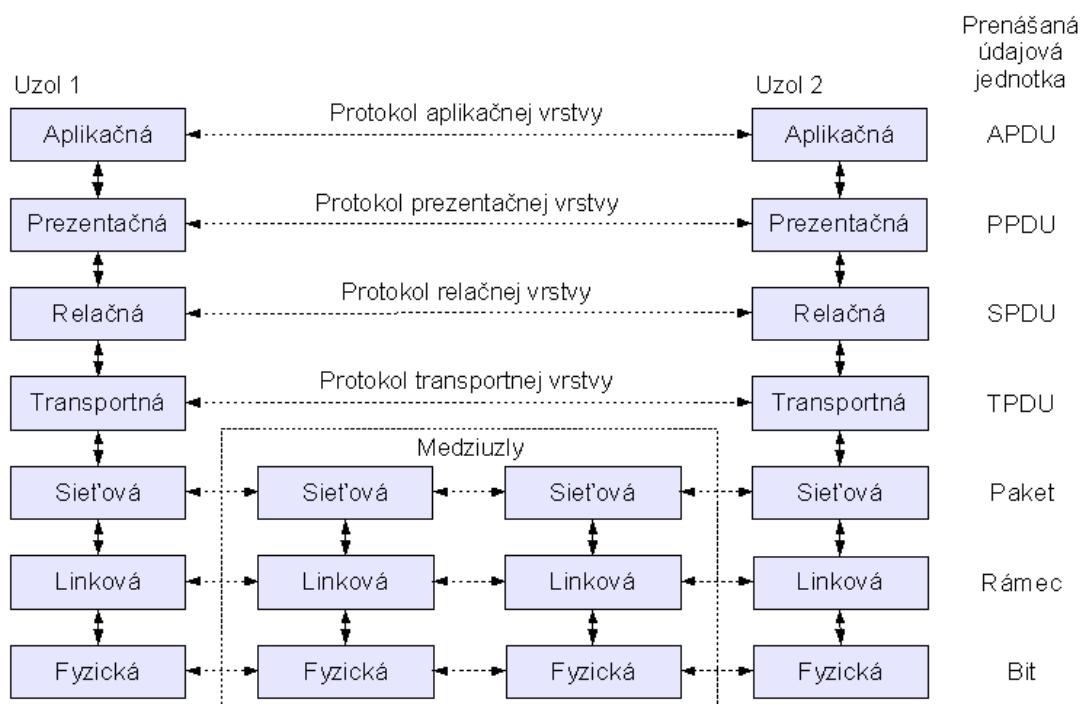
Tento protokol okrem iného určuje, aké veľké bloky údajov si môžu obe vrstvy posilať a akými dodatočnými informáciami riadiacej povahy musia byť tieto užitočné údaje doplnené. Odosielajúca entita vrstvy N preto rozdelí údaje z jednotky SDU na tak veľké časti, aké jej protokol umožňuje prenášať a pripojí k nim potrebné riadiace informácie. Tým vzniká tzv. **protokolárna údajová jednotka** (PDU - Protocol Data Unit), tvorená okrem užitočných údajov (t.j. zložky SDU) tiež zložkou *PCI* (Protocol Control Information), ktorá obsahuje informácie riadiacej povahy, predpísané použitým prenosovým protokolom.

Partnerské entity rovnoľahlých vrstiev si teda vzájomne zasielajú jednotky PDU (vo forme správ, paketov, resp. rámcov). V skutočnosti to ale naozaj robia len entity fyzickej vrstvy, pre ktoré sú celými jednotkami PDU jednotlivé bity a ktoré sú si schopné ich navzájom skutočne odovzdávať. Všetky ostatné (t.j. vyššie) vrstvy si jednotky PDU vymieňajú prostredníctvom entít bezprostredne nižších vrstiev - pri odosielaní sa z celej jednotky PDU stávajú „užitočné“ údaje (zložka SDU). K nim sa pridá potrebná riadiaca informácia (zložka ICI) a tým vzniká údajová jednotka rozhrania (jednotka IDU), ktorá je cez bod SAP odovzdaná entite bezprostredne nižšej

vrstvy a všetko sa opakuje až do úrovne fyzickej vrstvy. Prechod údajov vrstvami modelu OSI ilustruje Obr.2.8.



Obr. 2.8 Prechod údajov vrstvami modelu OSI



Obr. 2.9 Prenos údajov medzi uzlami podľa modelu OSI

Na Obr.2.9 je uvedený princíp komunikácie medzi dvoma uzlami siete. Tieto uzly si medzi sebou vymieňajú informácie, ktoré odovzdávajú aplikačnej vrstve (resp. ich z nej prijímajú). Komunikácia medzi týmito uzlami prebieha na úrovni jednotlivých vrstiev, pričom sa na túto komunikáciu použije protokol patričnej vrstvy. Na úrovni každej vrstvy sa informácie prenášajú v údajových jednotkách daného protokolu (PDU na Obr.2.7). Napríklad pre prezentačnú vrstvu je to PPDU (údajová jednotka protokolu prezentačnej vrstvy). Na úrovni štvrtej až siedmej vrstvy prebieha komunikácia medzi koncovými zariadeniami. Na úrovni fyzickej až sieťovej vrstvy sú

do prenosu údajov zapojené aj medziuzly, ktoré sa nachádzajú medzi koncovými zariadeniami (medzi uzlom 1 a uzlom 2).

2.2 Fyzická vrstva OSI

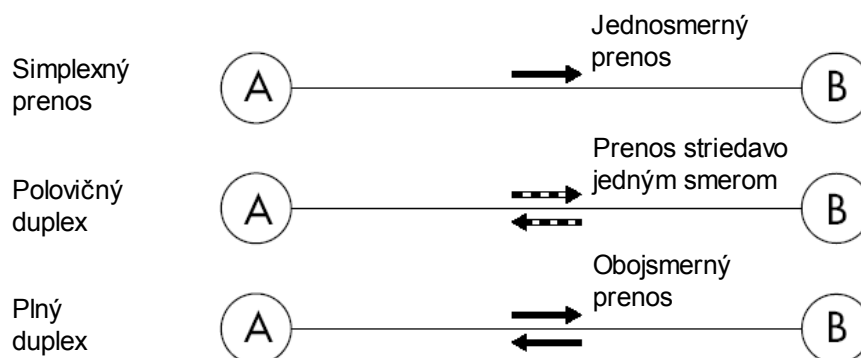
2.2.1 Charakteristické vlastnosti systému na prenos číslicovej informácie

Sériový prenos informácií je použiteľný pri komunikácii medzi dvomi, alebo viacerými účastníkmi prenosu. Charakteristickými vlastnosťami takéhoto systému na prenos číslicových údajov sú: smer toku údajov, priepustnosť a maximálna prenosová rýchlosť.

Smer toku údajov

Systémy na prenos údajov sa odlišujú smerom toku údajov. V zásade sú možné tri spôsoby prenosu údajov, s ohľadom na smer prenosu:

- simplexný prenos – údaje sú prenášané len jedným smerom,
- polovičný duplex (half-duplex) – komunikujúce zariadenia si odovzdávajú poverenie na prenos údajov,
- plný duplex (full-duplex) – údaje môžu byť prenášané oboma smermi súčasne.



Obr. 2.10 Možnosti smeru toku údajov

Prenosová rýchlosť

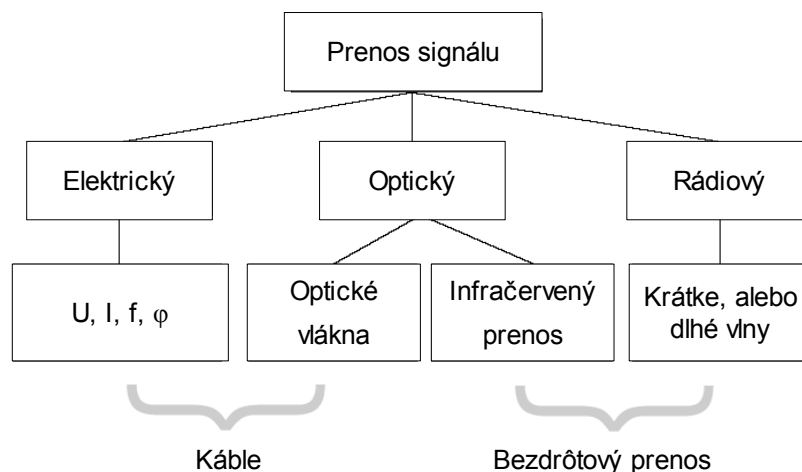
Udáva sa počtom prenesených bitov za jednotku času.

Jednotka: bps (bit za sekundu) – napr.: Kbps, Mbps, Gbps.

Parametre komunikačnej linky dopĺňa ešte čas potrebný na prípravu linky na prenos údajov a množstvo údajov, ktoré je potrebné preniesť okrem užitočných údajov (napr. adresy zariadení, riadiace informácie, atď.).

2.2.2 Prenosové médiá

Pri sériovom prenose údajov sa používa niekoľko druhov prenosových médií. V závislosti na druhu média, sú informácie prenášané vo forme elektrických signálov, svetelných impulzov, alebo rádiových signálov.



Obr. 2.11 Rozdelenie prenosových médií

Pri výbere prenosového média je nutné mať na zreteli niekoľko požiadaviek:

- cena a nároky na inštaláciu,
- bezpečnosť prenosu informácií – citlivosť na rušivé vplyvy, pravdepodobnosť výskytu chýb a pod.,
- maximálna prenosová rýchlosť,
- vzdialenosti a rozmiestnenie účastníkov komunikácie, atď.

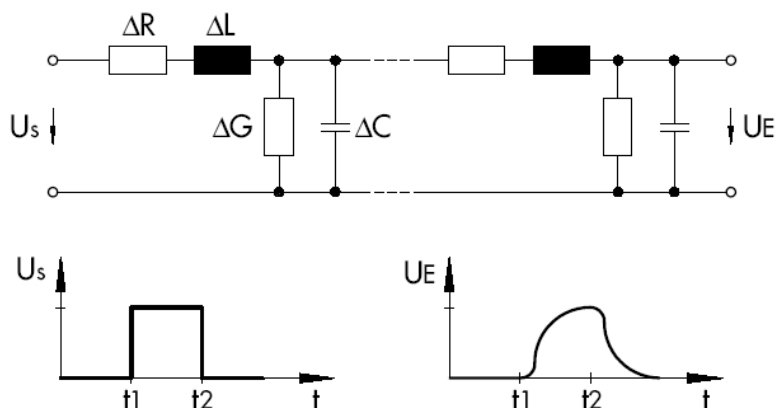
Elektrické vedenia

Výhody elektrických vedení:

- nízka cena,
- jednoduchá inštalácia.

Nevýhody elektrických vedení:

- útlm signálu,
- presluchy medzi vedeniami,
- možnosť vzniku odrazov signálu na vedení.



Obr. 2.12 Náhradný obvod elektrického vedenia

Na Obr.2.12 je náhradný obvod elektrického vedenia. Vedenie je rozložené na postupnosť RLC členov. Odpor vedenia ovplyvňuje úroveň prenášaného signálu. Kapacity a indukčnosti vytvárajú dolnopriepustný filter, ktorý deformuje hrany prenášaného signálu. Elektrické vedenie preto musí spĺňať nasledovné požiadavky:

- *nízky odpor vedenia*, aby na strane príjemcu nedochádzalo k nedovolenému poklesu úrovne signálu,
- *parazitná kapacita a indukčnosť vedenia musia byť dostatočne nízke*, aby nedochádzalo ku skresleniu hrán signálov, čo by mohlo spôsobiť stratu prenášanej informácie.

Tabuľka 2.1

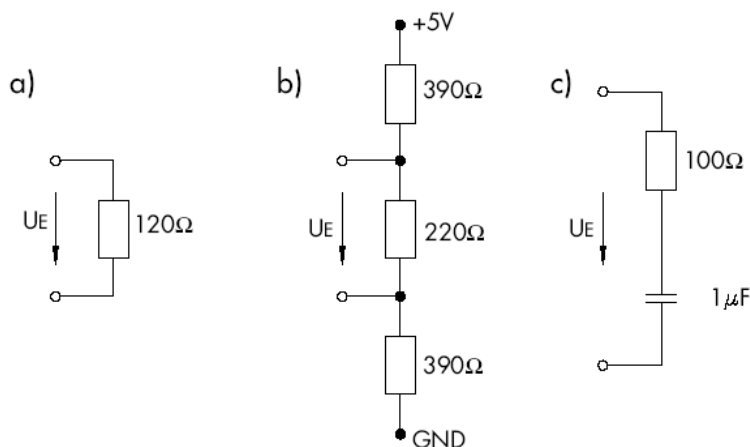
Príklad závislosti maximálnej prenosovej rýchlosti na dĺžke vedenia (rozhranie RS-485)

Prenosová rýchlosť [Kbit/s]	9,6	187,5	500	1 500	12 000
Dĺžka segmentu [m]	1 200	1 000	400	200	100

Pri nesprávnej inštalácii a výbere prvkov vedenia môže dochádzať k odrazom prenášaných signálov, pričom deformácia užitočného signálu môže znehodnotiť prenášané informácie.

Odrazy signálu na vedení môže spôsobiť:

- zmena typu kábla,
- vetvenie kábla,
- pripojenie nových zariadení,
- vedenie nie je ukončené ukončovacím členom.



Obr. 2.13 Príklady ukončovacích členov: a) krútená dvojlinka, b) RS485, c) IEC 61158-2

Optické káble

Optický kábel pozostáva zo skleného jadra prenášajúceho svetlo, skleného obalu jadra a ochranného plastového obalu. Svetelný signál je zvyčajne generovaný laserovou LED a prijímaný fotocitlivými polovodičovými prvkami: pretože signály prenášané optickými vláknami nie sú citlivé na elektromagnetické rušenie a pri prenose

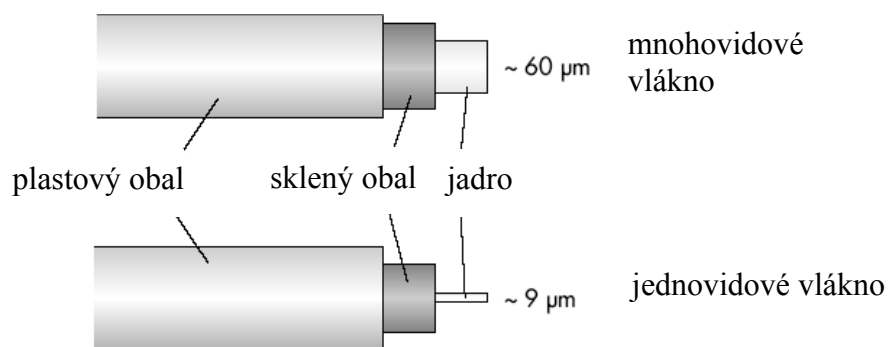
dochádza k nízkemu útlmu, toto prenosové médium je možné použiť pri prepájaní zariadení na veľkú vzdialenosť, s vysokou prenosovou rýchlosťou.

Výhody použitia optických káblov:

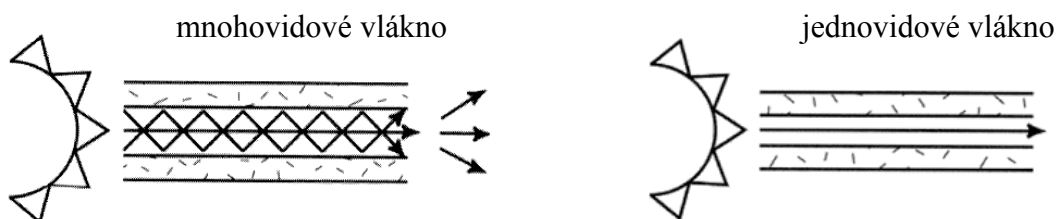
- Vhodné pre extrémne prenosové rýchlosti a veľmi veľké vzdialenosti,
- odolné voči elektromagnetickému rušeniu,
- nespôsobujú elektromagnetické rušenie,
- vhodné do nebezpečných priestorov,
- galvanické oddelenie odosielateľa a prijemcu.

Typy optických káblov (viď Obr.2.14):

- *Kábel s mnohovidovými optickými vláknami.* Optický signál sa šíri celým objemom vlákna. Svetelné lúče sa šíria viacerými dráhami s rôznou dĺžkou. Dochádza k skresľovaniu hrán prenášaných signálov.
- *Kábel s jednovidovými optickými vláknami.* Optický signál sa šíri priamočiarno stredom optického vlákna. V porovnaní s mnohovidovými vláknami pri nich nedochádza ku skresľovaniu hrán, umožňujú prenos na väčšie vzdialenosti a sú drahšie.



Obr. 2.14 Realizácia mnohovidového a jednovidového optického kábla



Obr. 2.15 Prenos informácie mnohovidovým a jednovidovým optickým vláknom

Inštalácia systémov s optickými káblami je pomerne náročná a drahá. Preto sa optické káble používajú len ak je nutné realizovať prenos údajov vysokou prenosovou rýchlosťou na veľkú vzdialenosť, alebo ak sa požaduje vysoká odolnosť voči elektromagnetickému rušeniu.

Bezdrôtový prenos

Bezdrôtový prenos je vhodný pri extrémnej vzdialenosti komunikujúcich zariadení, pri komunikácii s mobilnými, alebo ťažko prístupnými zariadeniami.

Tabuľka 2.2

Tabuľka používaných prenosových médií

Prenosové médium	Nosná frekvencia	Prenosová rýchlosť	Prenosová vzdialenosť	Odolnosť voči rušeniu
Krútená dvojlinka	kódovanie	≤1 Gbps	niekoľko km	Nízka
Tienená krútená dvojlinka	kódovanie	≤1 Gbps	niekoľko km	vyššia ako u kr. dvojlinky
Koaxiálny kábel pre prenos v základnom pásme	kódovanie	≤10 Mbps	niekoľko 100 m	Dobrá
Koaxiálny kábel pre prenos v preloženom pásme	50-500 MHz	≤ 20 Mbps	do 2 km	Dobrá
Optické káble	kódovanie	≤ 10 Gbps	1 – 100 km	Vynikajúca
Laserové spojenie	kódovanie	155-622 Mbps	≤ 8 km	-
Pozemné všesmerové rádiové signály	2.4 GHz, 5.4 GHz	2 – 108 Mbps	do 25 km	–
Pozemné smerové spoje	10.3 – 10.6 GHz	8 – 100 Mbps	do 50 km	–
Družicové spoje [100]	C p.: 6/4 GHz, KU p.: 12/14 GHz (Zem/družica)	800x64 Kbps (hlas), 50 Mbps (dáta)	–	–

2.2.3 Reprezentácia údajov na prenosovom médiu

Na prenos postupnosti bitov cez prenosové médium sa používajú dve metódy:

Prenos v základnom pásme: bity sa vysielajú v číslicovej forme tak ako sú, alebo s určitým typom kódovania (udržiava sa charakter číslicového údajá).

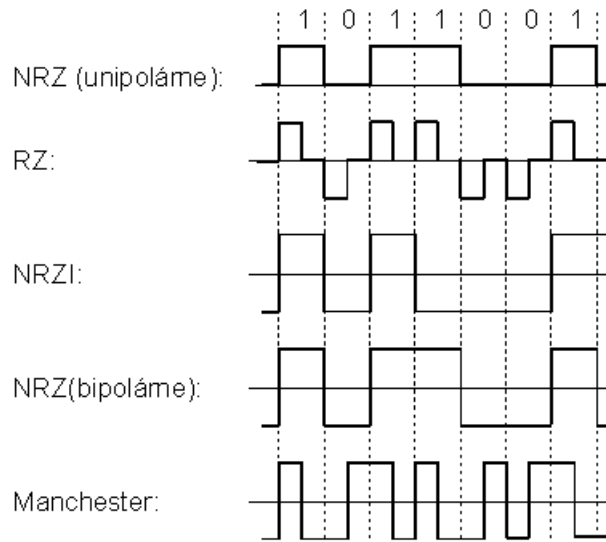
Modulácia (prenos v preloženom pásme) – na prenos sa využíva frekvenčné pásmo, ktoré neobsahuje základné harmonické prenášaného údajového signálu.

Prenos v základnom pásme

Prenášaná číslicová informácia môže byť reprezentovaná úrovňou, alebo zmenou signálu (napätie, prúd svetlo). Na Obr.2.16 sú príklady kódovania údajov pri prenose v základnom pásme. V prípade unipolárneho a bipolárneho kódu NRZ (Non Return to Zero) je hodnotám jednotlivých bitov priamo priradená úroveň prenášaného signálu (napr. napätia). V bipolárnom kóde RZ (Return to Zero) a kóde Manchester sú prenášané hodnoty reprezentované definovanou zmenou úrovne signálu uprostred

bitového intervalu. Pri prenose každého bitu dôjde ku zmene úrovne prenášaného signálu, čo je možné využiť pri synchronizácii adosielať a príjemcu správy na úrovni jednotlivých bitov.

Podrobnejšie informácie: viď "Kováč: Distribuované riadiace systémy", kapitola 1.3.2



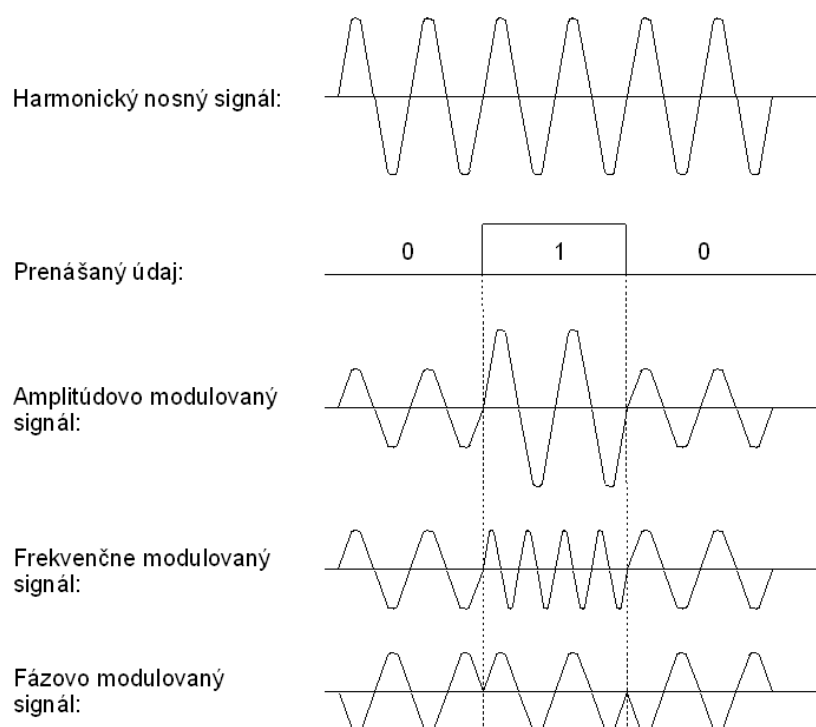
Obr. 2.16 Príklady kódovania údajov

Prenos v preloženom pásme - modulácia

Modulácia: zmena niektorého z parametrov (amplitúda, frekvencia, fáza) v harmonického *nosného* signálu úmerne vstupnému signálu.

Modulačná rýchlosť - počet zmien daných parametrov nosnej za sekundu (baud rate, signalling, modulation speed) [Bd].

Prenosová rýchlosť – objem informácie prenesený za jednotku času [bps].



Obr. 2.17 Príklad amplitúdovej modulácie (AM), frekvenčnej modulácie (FM) a fázovej modulácie (PM) nosnej

2.2.4 Synchronizácia vo fyzickej vrstve

Ak má proces komunikácie na úrovni fyzickej vrstvy (bitová synchronizácia) fungovať korektne, je potrebné aby odosielateľ aj príjemca pracovali v súlade s referenčným časovým signálom, t.j. aby obaja boli navzájom **synchronizovaní**.

Synchronizačná referencia je impulzný signál definovanej frekvencie generovaný jednou z komunikujúcich jednotiek alebo ďalšou, externou jednotkou.

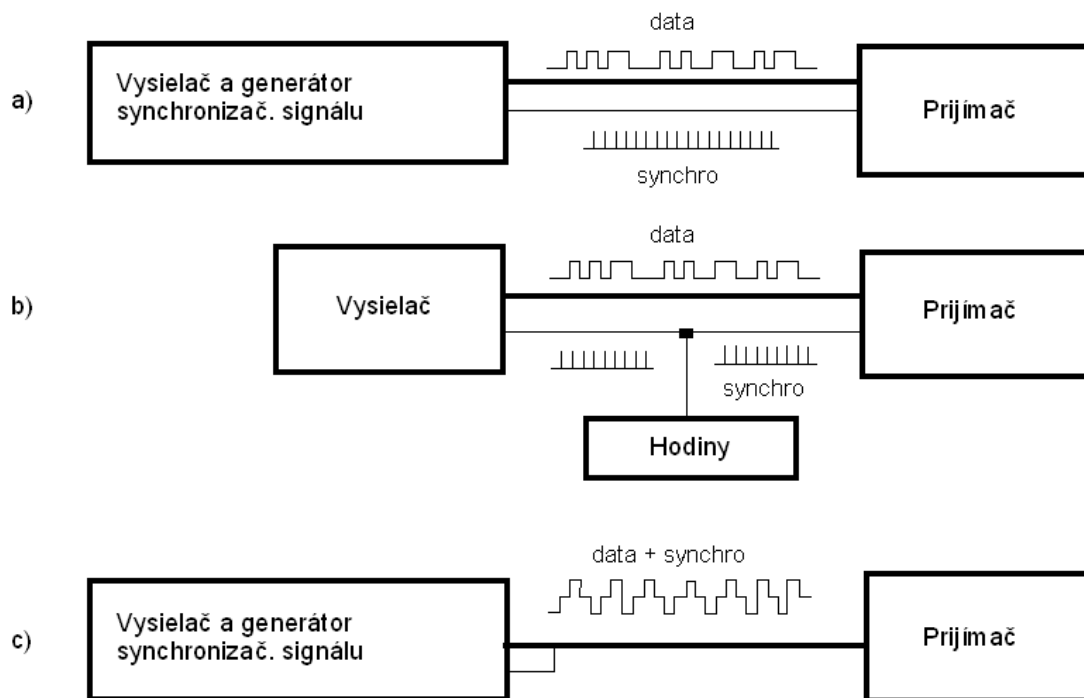
Spôsob prenosu synchronizačného signálu

Synchronizačný signál sa prenáša:

- na to určeným vodičom (je potrebný prídavný vodič).

Synchronizačný signál generuje:

- odosielateľ správy (vid' Obr. 2.18 a),
- externá jednotka (vid' Obr. 2.18 b).
- je obsiahnutý už v samotnej číslicovej informácii (je nutná väčšia šírka pásma - kódovanie RZ, alebo Manchester). T.j. synchronizačný signál generuje odosielateľ (vid' Obr. 2.18 c).

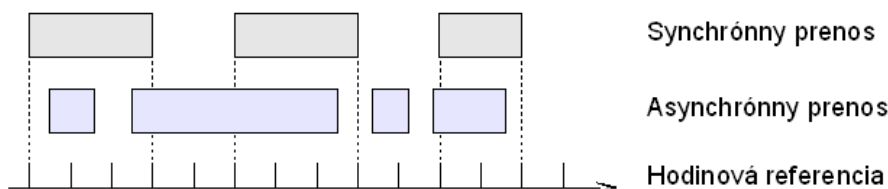


Obr. 2.18 Tri metódy distribúcie spoločného synchronizačného signálu

Synchronný a asynchronný prenos

Údajová komunikácia sa môže ale nemusí vzťahovať voči časovej referencii. Ak sa bity, určené na prenos, generujú spolu so synchronizačnými impulzmi (v konštantných časových intervaloch), prenos sa nazýva **synchronný**.

Ak generovanie údajov s časovou referenciou priamo nesúvisí, prenos sa nazýva **asynchronný**.



Obr. 2.19 Synchronný a asynchronný prenos

2.2.5 Rozhrania fyzickej vrstvy

Vyššie uvedené metódy kódovania údajov (napr. NRZ, Manchester) určujú spôsob reprezentácie binárnych hodnôt, t.j. stavy signálu pri prenose postupnosti bitov. Avšak nedefinujú úrovně a typ signálu, rýchlosť prenosu, dĺžky vedení a iné.

Tieto špecifikácie sú uvedené v štandardoch rozhraní fyzickej vrstvy. Nižšie sú uvedené vybrané štandardy rozhraní fyzickej vrstvy.

Rozhranie EIA-232-E (RS 232)

Je určené na dvojbodové spojenie dvoch komunikujúcich zariadení. Umožňuje prenos údajov plným duplexom. Rozhranie definuje úrovně údajov a riadiacich signálov:

- údaje sa prenášajú v zápornej logike (0: nízka úroveň, 1: vysoká úroveň),

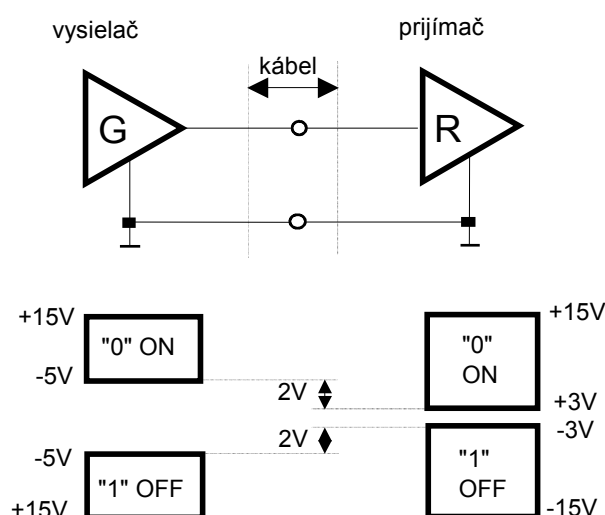
- *riadiace signály* sa prenášajú v kladnej logike (1: nízka úroveň, 0: vysoká úroveň).

Tabuľka 2.3

Napät'ové úrovne údajových a riadiacich signálov rozhrania EIA-232-E

Údaj	Riadiaci signál	Úroveň	Napät'ový rozsah	
			Odosielateľ	Príjemca
"0"	"1"	vysoká	+5 V až +15 V	+3 V až +15 V
"1"	"0"	nízka	-15 V až -3 V	-15 V až -5 V

RS-232

 $R_{vst} = 3-7 \text{ k}\Omega$ $R_{výst} = 3-7 \text{ k}\Omega$
 1 vysielateľ / 1 prijímač


Obr. 2.20 Niektoré elektrické vlastnosti rozhrania EIA 232E

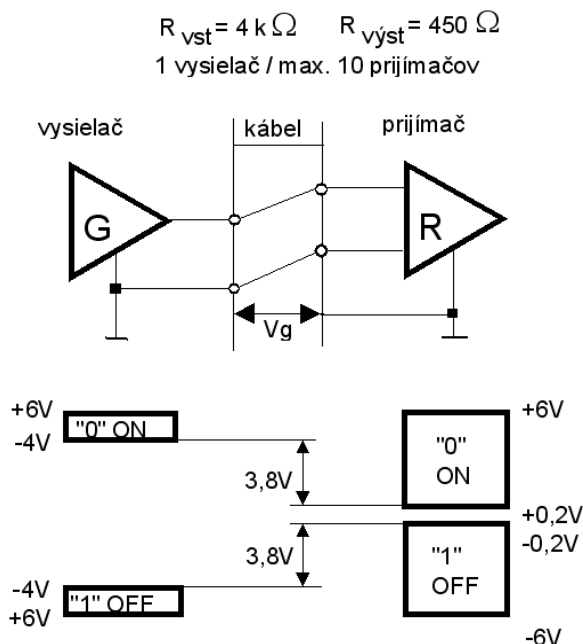
Úrovně signálov sú vzťahnuté voči nulovému potenciálu. Povolené prenosové rýchlosti: 600, 1200, 2400, 9600, 38400 bps. Maximálna dĺžka prepojovacieho vedenia je 50 m (závisí od prenosovej rýchlosti a typu použitého kábla). Má štandardizované zapojenie s 9, alebo 25 pinovým Cannon D sub konektorom. Na Obr.2.20 je spôsob prepojenia dvoch zariadení na úrovni jedného signálu a povolené napät'ové úrovne pre vysielateľ a prijímač signálu.

Podrobnejšie informácie: vid' "Balogh a kol.: Priemyselné komunikácie", kapitola 2.3.1

Rozhranie EIA-423-A (RS-423)

Je určené na dvojbodové spojenie dvoch komunikujúcich zariadení. Umožňuje prenos údajov plným duplexom. Vysielateľ signálu má nesymetrický výstup, ale vstupy prijímačov sú symetrické. "Zemnenie" sa realizuje zásadne len na strane vysielateľa (prijímače sú zdanlivo "diferenciálne" - čiastočne sa eliminuje vyrovňovanie prúdov medzi zariadeniami). Rýchlosť prenosu údajov: 3 Kbps (na vzdialenosť do 1000 m), alebo až 300 Kbps (na vzdialenosť 10 m).

Na Obr.2.21 je spôsob prepojenia dvoch zariadení na úrovni jedného signálu a povolené napäťové úrovne pre vysielateľ a prijímač signálu.



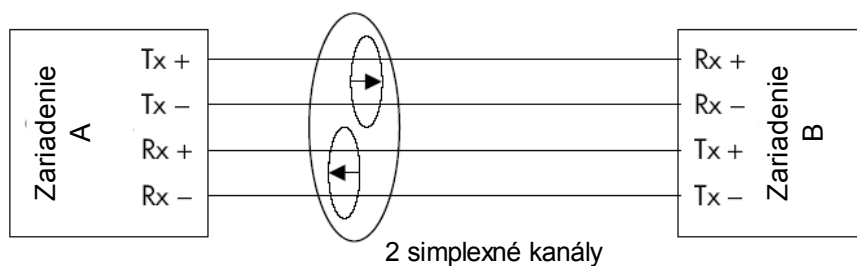
Obr. 2.21 Niektoré elektrické vlastnosti rozhrania EIA-423-A

Rozhranie EIA-422-A (RS 422)

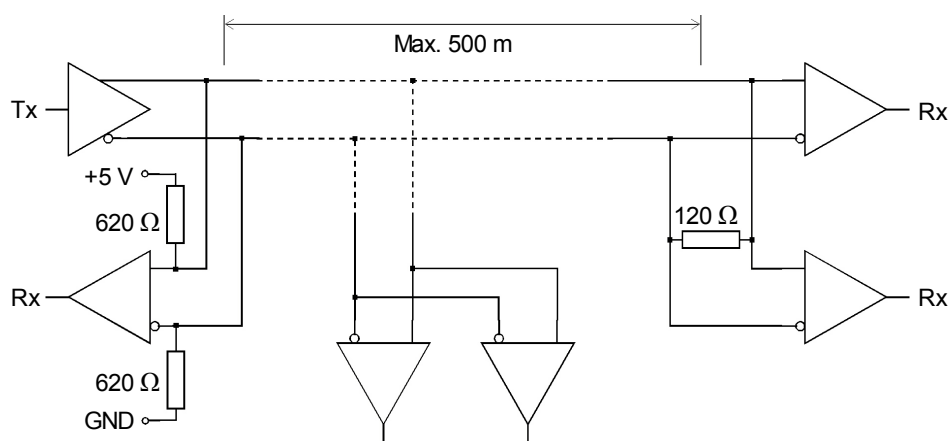
Rozhranie EIA-422-A využíva symetrické vedenie (Na rozdiel od EIA-232-E a EIA-423-A). Výhodou symetrických vedení je vyššia odolnosť voči poruchám, vyššie potlačenie súhlasných napätí a možnosť prenosu na väčšie vzdialenosti.

Symetrické vedenia si *vždy* vyžadujú *ukončovací člen* (spravidla odpor), aby nedochádzalo k odrazom na konci vedenia.

Rozhranie EIA-422-A je určené na dvojbodové spojenie dvoch komunikujúcich zariadení plným duplexom, vid' Obr.2.22. Jeden vysielateľ však môže komunikovať až s desiatimi prijímačmi, potom je však možný len jednosmerný (simplexný) prenos, vid' Obr.2.23.



Obr. 2.22 Štvorvodičové, plne duplexné spojenie dvoch zariadení rozhraním EIA-422-A



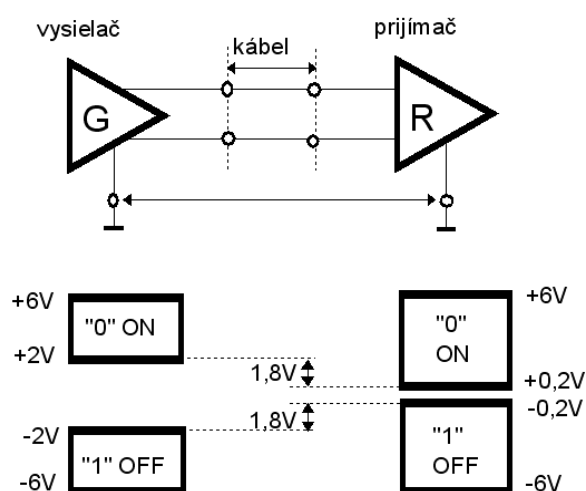
Obr. 2.23 Prepojenie viacerých zariadení rozhraním EIA-422. Vysielat' údaje môže iba jedno zariadenie.

Maximálna prenosová rýchlosť je 100 Kbps (na vzdialenosť do 1 km), prípadne 10 Mbps (na vzdialenosť do 10 m).

Na Obr.2.24 je spôsob prepojenia dvoch zariadení na úrovni jedného signálu a povolené napäťové úrovne pre vysielateľ a prijímač signálu.

$$R_{vst} = 4 \text{ k}\Omega \quad R_{výst} = 100 \Omega$$

1 vysielateľ / max. 10 prijímačov



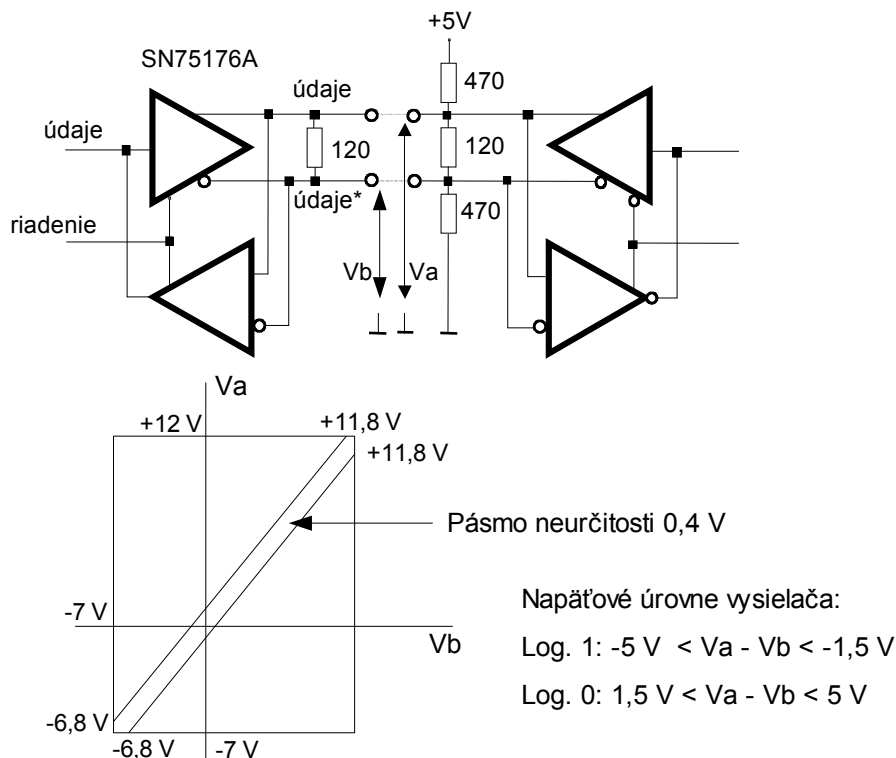
Obr. 2.24 Niektoré elektrické vlastnosti rozhrania EIA-422-A

Mnohobodové elektrické rozhranie ISO/IEC 8482 (RS 485)

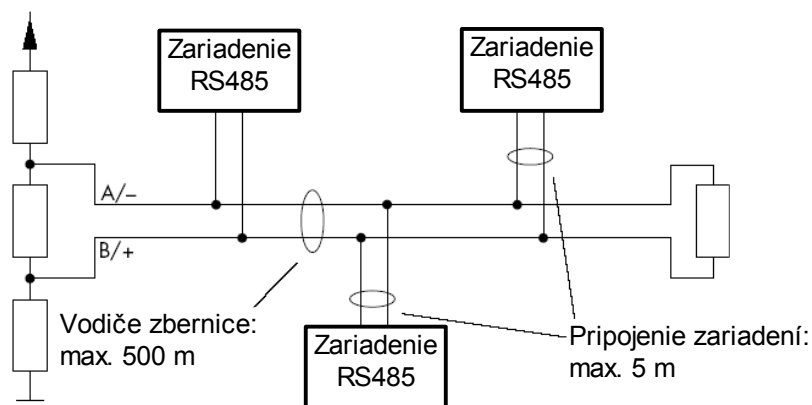
Rozhranie ISO/IEC 8482 vzniklo pôvodne ako rozšírenie rozhrania EIA-422-A, pričom prevzalo úrovne signálov a doplnila sa možnosť poloduplexného prenosu údajov na mnohobodovom údajovom spoji.

Na prenos sa používa symetrické vedenie. Maximálna prenosová rýchlosť je 12 Mbps (na vzdialenosť menšiu ako 100 m). Maximálna vzdialenosť medzi komunikujúcimi zariadeniami je 1200 m (pri prenosovej rýchlosti 9600 bps). Na jedno vedenie (segment) je možné pripojiť maximálne 32 zariadení (vrátane opakovačov). Prenosové médium: krútená dvojlinka (netienená, alebo tienená).

Na Obr.2.25 je spôsob prepojenia dvoch zariadení a povolené napät'ové úrovne pre prijímač signálu.



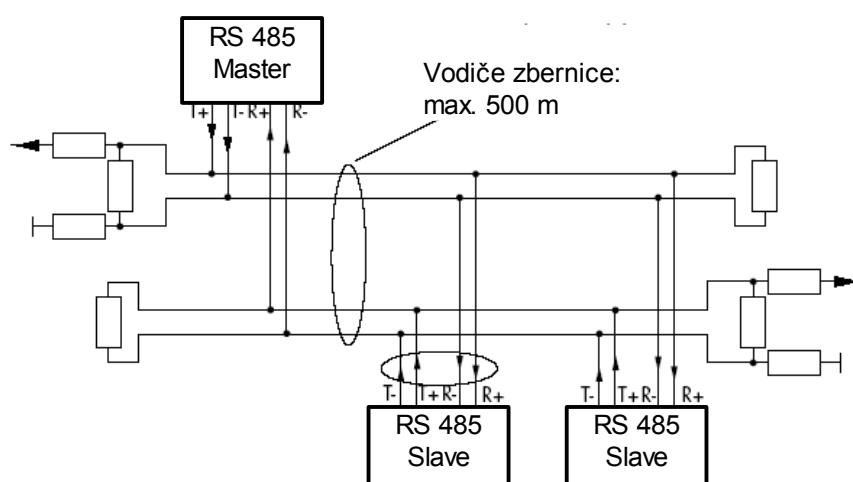
Obr. 2.25 Niektoré elektrické vlastnosti rozhrania ISO/IEC 8482



Obr. 2.26 Dvojvodičové prepojenie zariadení rozhraním ISO/IEC 8482.

Na Obr.2.26 je príklad prepojenia viacerých zariadení rozhraním ISO/IEC 8482. Uvedené zapojenie umožňuje poloduplexný prenos údaj medzi ľubovoľnými dvomi zariadeniami. Rozhranie ISO/IEC 8482 nešpecifikuje spôsob prístupu na prenosové médium (kedy má kto vysielat' údaje) – prístupovú metódu, ktorá je však implementovaná v nadradenej, t.j. linkovej vrstve modelu OSI.

Zariadenia na Obr.2.27 komunikujú na základe metódy master/slave. To znamená, že komunikáciu iniciuje zariadenie master a oslovené zariadenie slave ihneď odpovedá. Priradenie master-slave je v tomto prípade trvalé a nie je možné ho dynamicky meniť.



Obr. 2.27 Štvorvodičové prepojenie zariadení rozhraním RS-485. Je možná plne duplexná komunikácia len medzi zariadením master a zariadeniami slave

2.3 Linková vrstva OSI

Zostavenie fungujúcej fyzickej linky je len prvým krokom pri budovaní spoľahlivej komunikácie. Linková vrstva má riadiť údajovú linku a zahŕňa súbor procedúr a protokolov potrebných na to, aby sa správa dostala neporušená do uzla prijímača.

Vo fyzickej vrstve možno spraviť vcelku málo pre to, aby sa údaje šumom nepoškodili a pre to, aby sme údaje, ktoré sa už poškodili, opätovne obnovili. Za overovanie správnosti prijatých údajov sú zodpovedné vrstvy ležiace nad fyzickou vrstvou, pričom najdôležitejšia je linková vrstva. V používaných metódach sa údaje vysielajú podľa určitých protokolov a spolu s prídavnými informáciami umožňujú verifikáciu celistvosti údajov.

Funkcie linkovej vrstvy:

- detekcia a oprava chýb prenášaných údajov,
- riadenie toku údajov,
- synchronizácia prenosu,
- riadenie prístupu na prenosové médium.

2.3.1 Detekcia a oprava chýb prenášaných údajov

Samotná fyzická linka umožňuje prenos údajov medzi rôznymi miestami, ale nemôže zaručiť, aby údaje prišli presne v tom istom tvare v akom boli v okamihu vyslania. Šum na linke môže časť správy poškodiť.

Detekcia chýb (error detection) ráta s tým, že k pôvodnej správe je pridaná určitá informácia, na základe ktorej prijímač zistí, či pri komunikácii nastali poruchy. Pri detekcii chýb sa používajú detekčné kódy. *Oprava poruchy* (error correction) sa realizuje na základe toho, že k pôvodnej správe je „pribalený“ dostatok informácií, aby prijímač mohol na základe prijatých údajov poškodenú správu rekonštruovať.

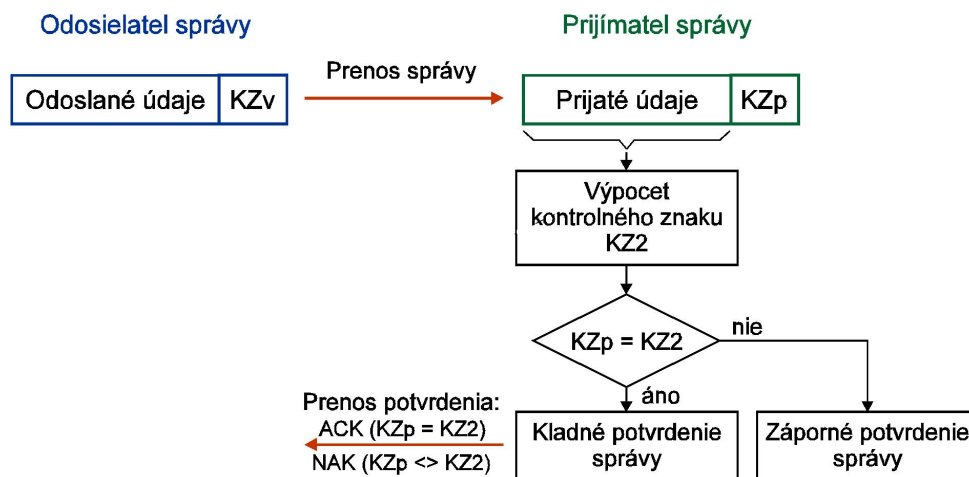
Opravy chýb, ktoré nastali pri prenose správy je možné realizovať:

1. *samoopravným kódom* – používa sa pri simplexných spojoch (možný je len jednosmerný prenos od vysielačujúceho k príjemcovi) a u spojov, ktoré nie sú simplexné ale ktoré pracujú s tak dlhými dobami prenosu, že sa na úrovni linkovej vrstvy nevyplatí čakať na spätnú väzbu od príjemcu údajov. Nevýhoda: značná redundancia kódu – klesá klesá efektívna prenosová rýchlosť "užitočných" údajov.
2. *spätnou väzbou medzi vysielačujúcom a príjemcom* – používa sa u poloduplexných a duplexných spojov. Princíp:

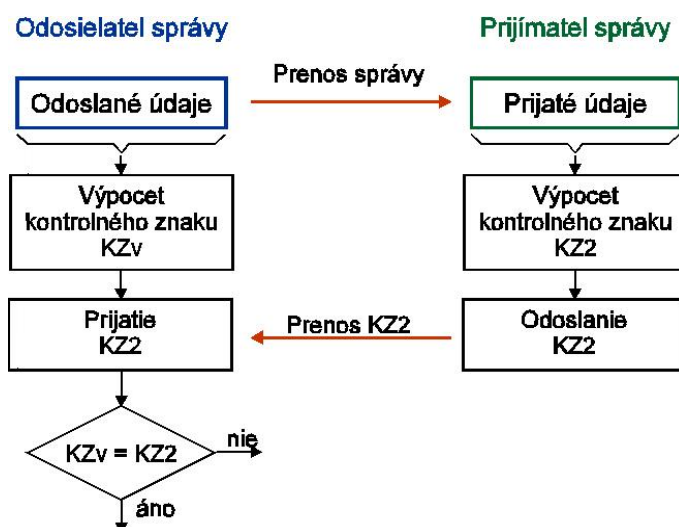
Zaisťovací kód → **Detekcia chýb** → **Opakovanie vysielačania**
 Odosielateľ, Príjemca, (Odosielateľ)
 alebo príjemca alebo odosielateľ

Typy spätoväzbových metód potvrdzovania

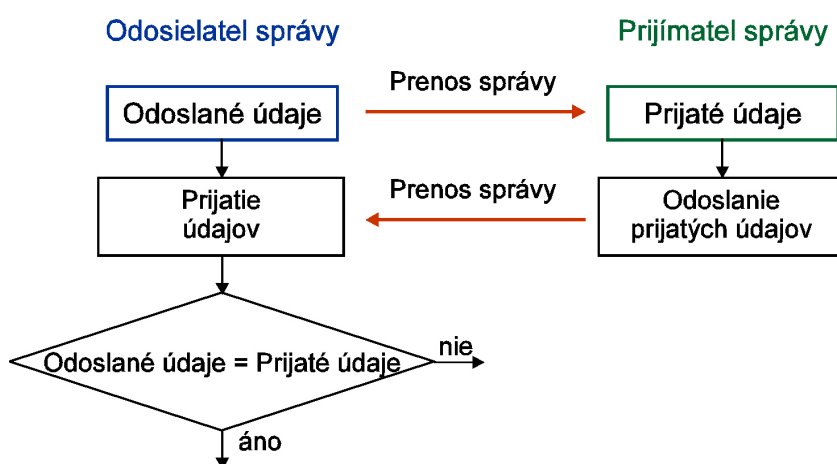
- *Potvrdzovacia spätná väzba (ARQ – Automatic Repeat Request)* – odosielateľ pred odvysielaním správy spraví kontrolu (parita, priečna parita, CRC), vytvorí kontrolný znak KZv (BCC - block check character) a vyšle ho so správou (pridá ho k obsahu rámca). Príjemca spraví tú istú kontrolu a výsledok KZ2 porovná s kontrolným znakom KZp. Príjemca vyšle potvrdenie (ACK), alebo odmietnutie (NAK) správy. Správnosť prijatej správy posudzuje príjemca správy.
- *Detekčná spätná väzba* – odosielateľ neposiela príjemcovi spolu so správou kontrolný znak KZv. Príjemca spraví kontrolu – vytvorí kontrolný znak KZ2 a odošle ho odosielateľovi. Príjemca nevie či prijal správu dobre, alebo nie. Správnosť správy prijatej prijímačom posudzuje odosielateľ.
- *Informačná spätná väzba* – Príjemca správu prijme, zapamätá a odošle späť odosielateľovi.



Obr. 2.28 Princíp potvrdzovacej spätnej väzby



Obr. 2.29 Princíp detekčnej spätnej väzby



Obr. 2.30 Princíp informačnej spätnej väzby

Detekčné kódy

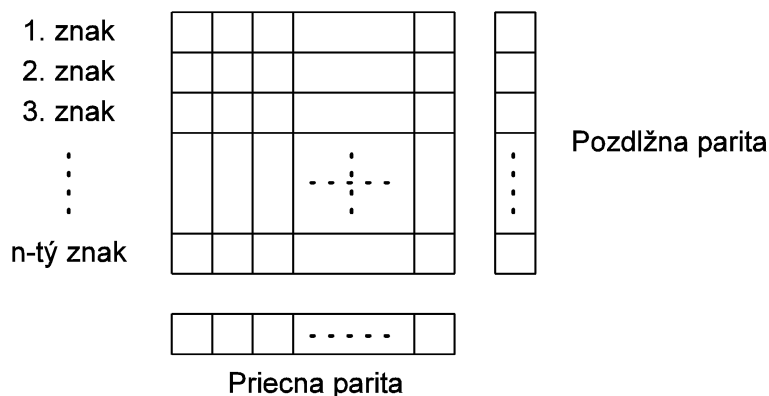
Detekčné kódy umožňujú vytvoriť kontrolný znak a následne ho využiť na kontrolu správnosti prenesených údajov. Kontrolný znak je možné vytvoriť:

- kontrolou parity,
- pomocou cyklického kódu.

Kontrola parity

Kontrolu parity je možné vykonávať nad jednotlivými prenášanými znakmi (viď “pozdlžna parita” na Obr.2.31) a nad jednotlivými bitmi prenášaných znakov (viď “priečna parita” na Obr.2.31).

Kontrola parity odhalí všetky jednotlivé chyby, ale nie zhluky chýb. Ak sa napríklad invertujú hodnoty zhodných dvoch bitov v prvom a druhom znaku, nezmení sa pozdlžna, ani priečna parita a takáto chyba nie je detekovaná.



Obr. 2.31 Pozdĺžna a priečna parita

Cyklické kódy

Princíp kontroly cyklickými kódmi je naledovný. Nad prenášanými údajmi (ktoré sú nižšie reprezentované mnohočlenom $M(x)$) je realizované celočíselné delenie pomocou tzv. generujúceho polynómu (nižšie reprezentovaný mnohočlenom $G(x)$). Zvyšok po delení (mnohočlen $R(x)$) je pripojený k prenášaným údajom a predstavuje kontrolný znak. Zariadenie, ktoré kontroluje správnosť prenášaných údajov, vykoná podiel reťazca “užitočné údaje + kontrolný znak”. V prípade, že je zvyšok po delení nulový, tak nedošlo k chybe pri prenose.

Kontrola cyklickými kódmi umožňuje detekovať všetky zhluky chýb kratšie ako kontrolný znak (ktorým je $R(x)$) a viac než 99,99 % dlhších zhlukov chýb.

Nižšie je uvedený algoritmus detekcie chýb cyklickými kódmi.

Nech $G(x)$ je generujúci polynóm stupňa r (počet bitov generujúceho polynómu = $r + 1$), ktorý je vyjadrený mnohočlenom:

$$G(x) = b_r x^r + b_{r-1} x^{r-1} + \dots + b_1 x + b_0 \quad ; b_i \in \{0,1\}$$

Prenášaný údajový reťazec predstavuje postupnosť k bitov b_i :

$$b_{k-1} b_{k-2} \dots b_2 b_1 b_0; \quad b_i \in \{0,1\}$$

je formálne možné vyjadriť mnohočlenom informácie stupňa $k-1$:

$$M(x) = b_{k-1} x^{k-1} + b_{k-2} x^{k-2} + \dots + b_1 x + b_0$$

Postup pri kódovaní:

- a) doplnenie prenášaného údajového reťazca b_i r prvkami na strane najnižšieho rádu = posun o r bitov doľava. Vykoná sa operácia:

$$M(x) \cdot x^r$$

Vznikne blok údajov dĺžky $n = r + k$ bitov.

- b) vzniknutý blok údajov sa vydolí generujúcim polynómom:

$$\frac{M(x) \cdot x^r}{G(x)}$$

Zvyšok po delení ($R(x)$) je tzv. zabezpečovací mnohočlen.

- c) výsledný zabezpečený a vysielaný blok dĺžky n bitov zodpovedá koeficientom mnohočlena:

$$F(x) = M(x) \cdot x^r + R(x)$$

ktorý je deliteľný generujúcim polynómom $G(x)$ bezo zvyšku.

Príklad: Vytvorenie kontrolného znaku a detekcia chyby

údaj: 1010

$$M(x) = x^3 + x \quad ; \quad k = 4$$

generujúci polynóm: $G(x) = x^3 + x + 1 \quad ; \quad r = 3$

$$n = r + k = 7$$

$$M(x) \cdot x^r = x^3(x^3 + x) = x^6 + x^4$$

$$\frac{M(x) \cdot x^r}{G(x)} = (x^6 + x^4) : (x^3 + x + 1) = x^3 + 1$$

$$\oplus \quad \begin{array}{r} x^6 + x^4 + x^3 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0 \quad 0 \quad x^3 \\ \hline \end{array}$$

$$\oplus \quad \begin{array}{r} x^3 + x + 1 \\ \hline \end{array}$$

$$x + 1 \Rightarrow R(x) = 011$$

vysielaná informácia: 1010011

Kontrola:

$$(x^6 + x^4 + x + 1) : (x^3 + x + 1) = x^3 + 1$$

$$\oplus \quad \begin{array}{r} x^6 + x^4 + x^3 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x^3 + x + 1 \\ \hline \end{array}$$

$$\oplus \quad \begin{array}{r} x^3 + x + 1 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0 \quad 0 \quad 0 \leftarrow \text{zvyšok} = 0 \text{ (nenastala chyba)} \end{array}$$

Realizácia potvrdzovania

Možností, ako realizovať mechanizmus potvrdzovania existuje celý rad. V prvom priblížení ich možno rozdeliť na dve skupiny:

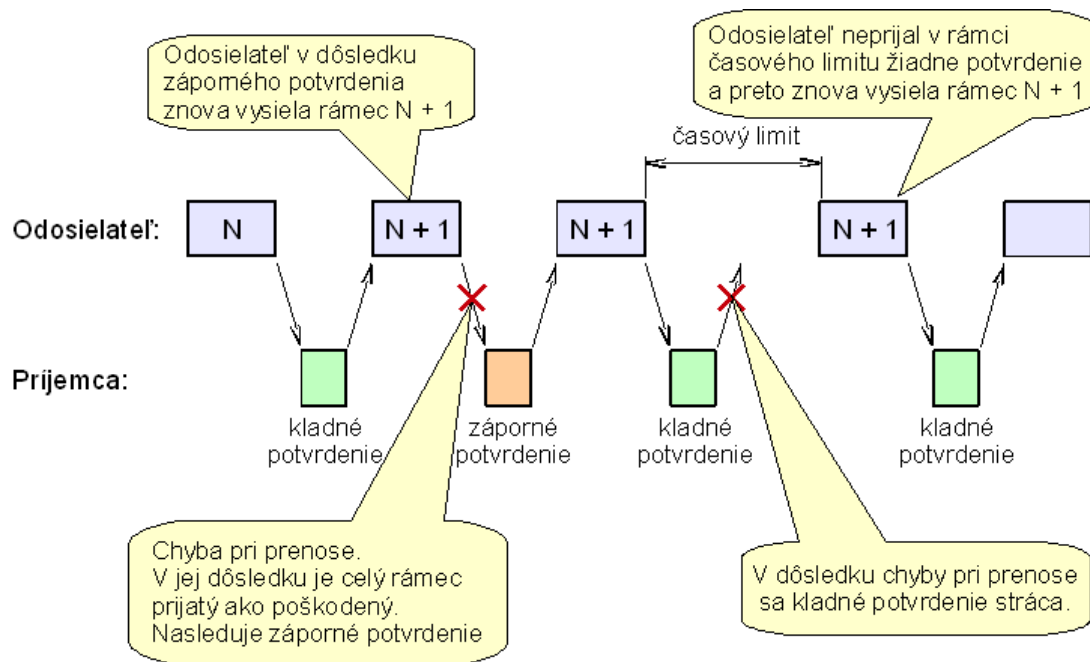
- jednotlivé potvrdzovanie,
- kontinuálne potvrdzovanie.

Jednotlivé potvrdzovanie

V prípade jednotlivého potvrdzovania odosielateľ odošle rámec a potom čaká na reakciu príjemcu. Ďalší rámec potom vyšle až potom, keď mu príjemca signalizuje úspešné prijatie pôvodného rámca. V opačnom prípade (keď mu je signalizované neúspešné prijatie, alebo ak nedostane do určitého časového limitu žiadnu odpoveď) vyšle pôvodný rámec znovu.

Metódy implementácie jednotlivého potvrdzovania:

- *Metóda s čisto kladným potvrdzovaním.* Príjemca potvrdzuje len bezchybne prijaté rámce. Metóda sa nie je schopná vysporiadať so stratou správy. Strata potvrdenia vedie na duplikáciu správy na strane príjemcu.



Obr. 2.32 Jednotlivé potvrdzovanie (metóda s kladným aj záporným potvrdzovaním)

- *metóda s čisto záporným potvrdzovaním.* Prijemca vysíla len záporné potvrdenia (odmietnutia), ktoré signalizujú prijatie rámca s chybami a explicitne žiadajú o jeho opätovné vyslanie. Metóda nie je schopná správu zopakovať pri jej strate ani pri strate odmietnutia - dochádza ku stratám správ.
- *metóda s kladným potvrdzovaním doplnená o možnosť odmietnutia poškodených správ.* Prijemca explicitne signalizuje obe možné situácie - pomocou kladného aj záporného potvrdenia. Metóda nie je schopná zabrániť duplikácii správ. Ďalšou nevýhodou je možnosť zámeny potvrdení - príjem REJ namiesto ACK spôsobí zdvojenie správy, príjem ACK namiesto REJ spôsobí stratu správy.

Kontinuálne potvrdzovanie

Všeobecnou nevýhodou všetkých variantov jednotlivého potvrdzovania je nutnosť čakať pred odoslaním ďalšieho rámca na reakciu protistrany. V prípade dlhších dôb prenosu tak môžu vznikať neúnosné veľké časové straty.

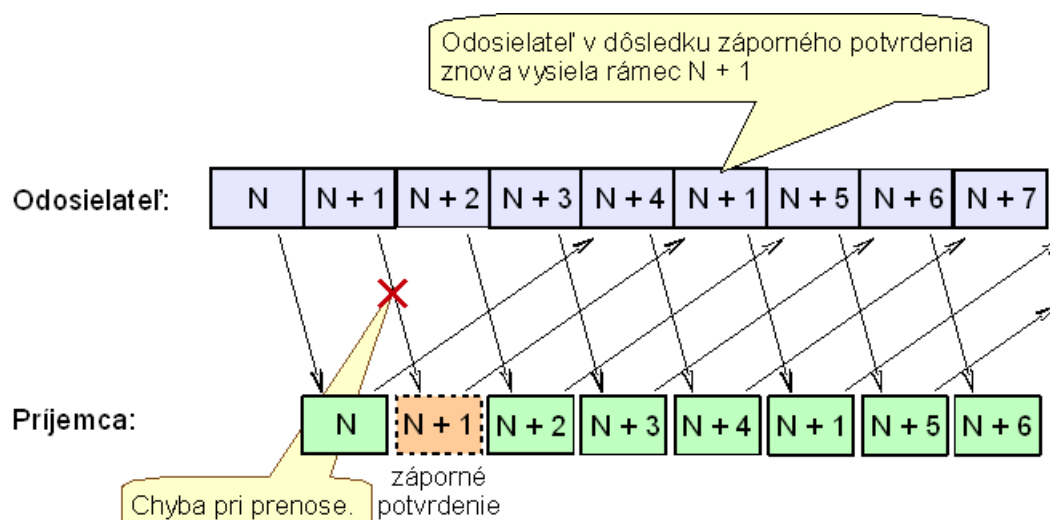
Pri kontinuálnom potvrdzovaní odosielateľ vysíla nové rámce bez toho, aby si bol istý o úspešnosti prijatia predošlých rámcov. Po odoslaní určitého rámca teda odosielateľ nečaká na správu o úspešnom či neúspešnom prijatí rámca, ale môže ihneď pokračovať vyslaním ďalšieho rámca.

Kladné, resp. záporné potvrdenia jednotlivých rámcov potom odosielateľ dostáva s určitým oneskorením a reaguje na ne až potom, keď ich skutočne dostane.

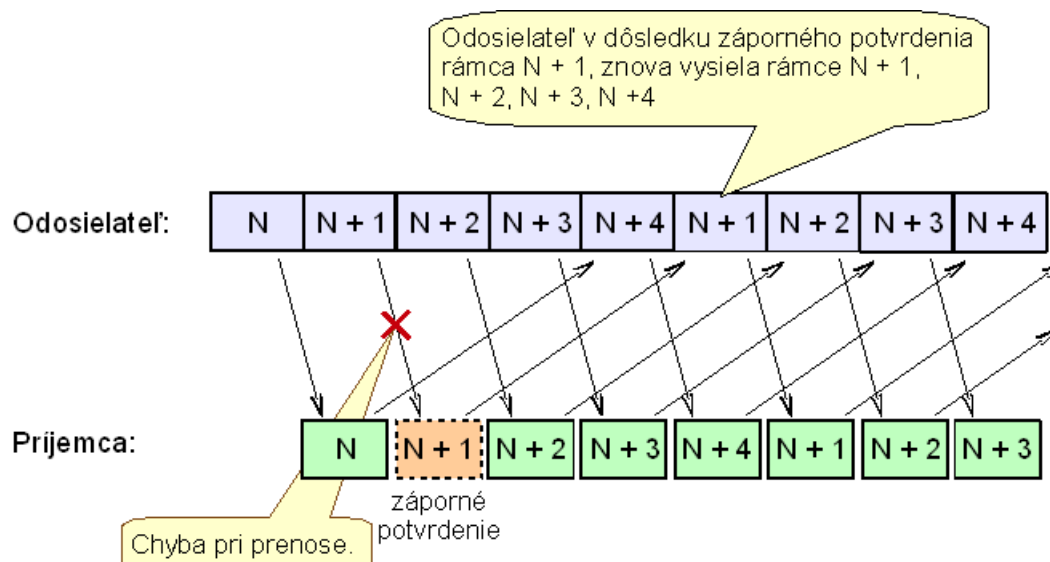
Reakcia odosielateľa na príjem záporného potvrdenia:

- *Selektívne opakovanie.* Odosielateľ môže znovu vyslať len ten rámec, o ktorom sa dozvedel, že nebol úspešne prenesený. Selektívne opakovanie vyžaduje na svoju implementáciu pomerne veľkú kapacitu vyrovnávacích pamätí a to tak na strane prijemcu, ako aj na strane odosielateľa.
- *Opakovanie s návratom.* Odosielateľ znova vyšle chybné prenesený rámec a po ňom znovu aj všetky nasledujúce rámce, ktoré už medzitým mohli byť tiež odovyslané. Opakovanie s návratom je vo všeobecnosti menej efektívne ako

selektívne opakovanie, pretože môže spôsobiť opakované vyslanie rámcov, ktoré už boli prijaté bezchybne.



Obr. 2.33 Kontinuálne potvrdzovanie so selektívnym opakovaním



Obr. 2.34 Kontinuálne potvrdzovanie s návratom

2.3.2 Riadenie toku údajov

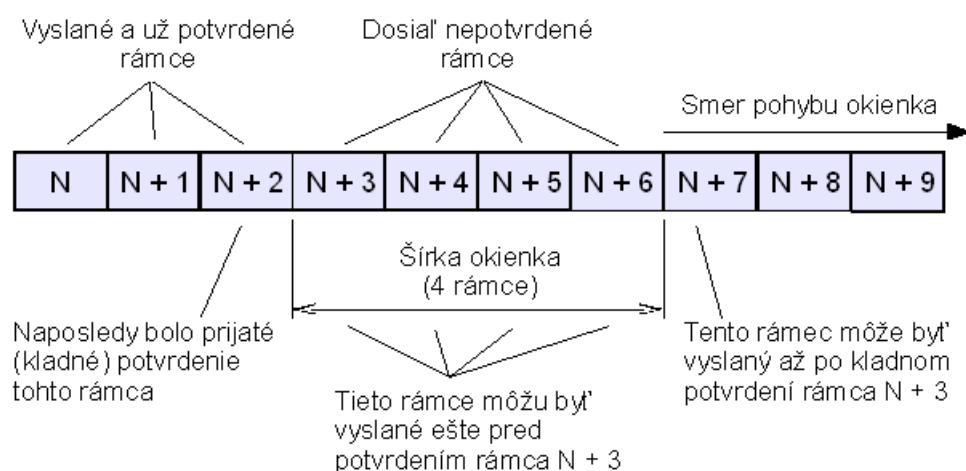
Linková vrstva musí zaistiť, aby odosielateľ svojimi údajmi nezahltil príjemcu. Linková vrstva sa teda musí zaoberať tzv. riadením toku, ktoré má zaistiť, aby odosielateľ skutočne vysielať len vtedy, keď je príjemca vôbec schopný nejaké údaje prijímať - a nie napríklad vtedy, keď príjemca nemá k dispozícii dostatočne veľký objem vyrovnávacej pamäti pre uloženie prijímaných údajov alebo je zaneprázdnený inou činnosťou.

Príjemca musí mať možnosť dočasne pozastaviť vysielanie údajov a neskôr ho zase obnoviť. Na úrovni linkovej vrstvy je najjednoduchšie dočasne pozastavovať vysielanie celých rámcov.

Vysielanie údajov sa pozastaví keď (v závislosti na type potvrdzovania):

- V prípade jednotlivého potvrdzovania stačí, aby prijímateľ nepotvrdil posledne prijatý rámec (alebo naň reagoval záporným potvrdením).
- V prípade kontinuálneho potvrdzovania - odosielateľ vysiela "dopredu" (t.j. bez potvrdenia) vždy len určitý maximálny počet rámcov. Vzniká tak „okienko“ už vyslaných, ale doposiaľ nepotvrdených rámcov, ktoré prostredníctvom svojich potvrdení posúva práve príjemca rámcov. Vďaka tomu má aj v tomto prípade možnosť podľa svojich potrieb dočasne pozastaviť vysielanie (t.j. posuv okienka) a neskôr ho zasa obnoviť.

Kvôli charakteristickej predstave zmieneného „okienka“ sa metóda kontinuálneho potvrdzovania často označuje tiež ako **metóda okienka** (sliding window method).



Obr. 2.35 Predstava metódy okienka

2.3.3 Synchronizácia prenosu v linkovej vrstve

Fyzická vrstva nerozlišuje jednotlivé bity, ktoré prenáša. Je preto na linkovej vrstve, aby sama zaistila ich správnu interpretáciu - aby dokázala rozpoznať, ktoré bity resp. skupiny bitov predstavujú riadiace informácie (napr. signalizujú začiatok či koniec bloku, udávajú jeho dĺžku a pod.) a ktoré bity predstavujú vlastné "užitočné" údaje.

Údajová jednotka protokolu linkovej vrstvy sa nazýva *rámec* (anglicky *frame*). Rámec obsahuje údajovú jednotku protokolu nadradenej vrstvy, plus riadiace informácie protokolu vrstvy linkovej.

Samotný rámec môže pozostávať z postupnosti znakov, potom hovoríme o *znakovo orientovanom prenose*, alebo z postupnosti skupín bitov a vtedy hovoríme o *bitovo orientovanom prenose*.

V prípade znakovo orientovaného prenosu môžu byť jednotlivé znaky prenášané samostatne (medzi znakmi rámca môžu byť časové odstupy). Takýto prenos sa nazýva *asynchrónny znakovo orientovaný prenos*. Ak medzi znakmi rámca nie sú (a nemôžu byť) časové odstupy, t.j. znaky rámca nasledujú tesne za sebou, takýto spôsob prenosu údajov sa nazýva *synchronný znakovo orientovaný prenos*.

Nižšie je základná charakteristika jednotlivých typov prenosov a spôsoby synchronizácie údajov na úrovni linkovej vrstvy.

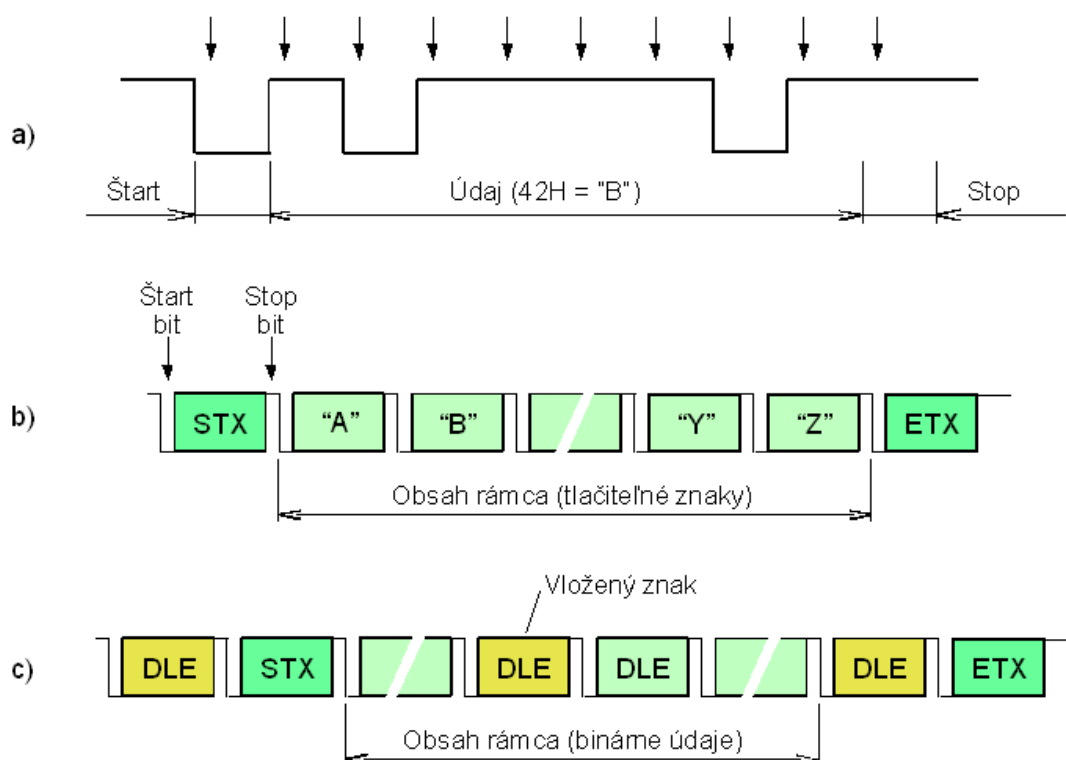
Asynchrónny znakovo orientovaný prenos

Pri asynchrónnom sériovom prenose môžu byť jednotlivé znaky prenášané s ľubovoľnými časovými odstupmi medzi sebou. Prijemca potom však nemôže vopred vedieť, kedy začína ďalší znak a preto musí byť schopný jeho príchod podľa vhodného príznaku rozpoznať. Týmto príznakom je tzv. *start bit*, ktorým začína každý asynchrónne prenášaný znak.

Za vlastnými údajovými bitmi môže nasledovať jeden tzv. *paritný bit* a nakoniec tzv. *stop bit*, ktorého dĺžka obvykle zodpovedá dĺžke jedného alebo dvoch údajových bitov. Stop bit v sebe nenesie žiadnu informáciu; jeho zmyslom je len zaistiť určitý minimálny odstup medzi jednotlivými znakmi - vyslanie nasledujúceho znaku môže začať najskôr po odvysielaní celého predošlého znaku, teda vrátane jeho stop bitu.

Hodnota paritného bitu závisí od uvažovaných parametrov komunikácie. Pri *párnej parite* (anglicky: even parity) musí byť párný počet „1“ vrátane paritného bitu; pri *nepárnej parite* (anglicky: odd parity) je tento súčet nepárny. Ak sa paritný bit nevyužíva, je stav tohoto bitu nepodstatný.

Na Obr.2.36 a) je prenášaný znak doplnený o štart bit a stop bit.



Obr. 2.36 Synchronizácia na úrovni rámcov pri asynchrónnom, znakovo orientovanom prenose a) asynchrónny prenos jedného znaku b) synchronizácia pre prenos textových údajov c) synchronizácia pre prenos binárnych údajov.

Okrem rozlíšenia jednotlivých znakov, musí prijemca správne rozpoznať začiatok a koniec rámca – čo je synchronizácia na úrovni rámcov.

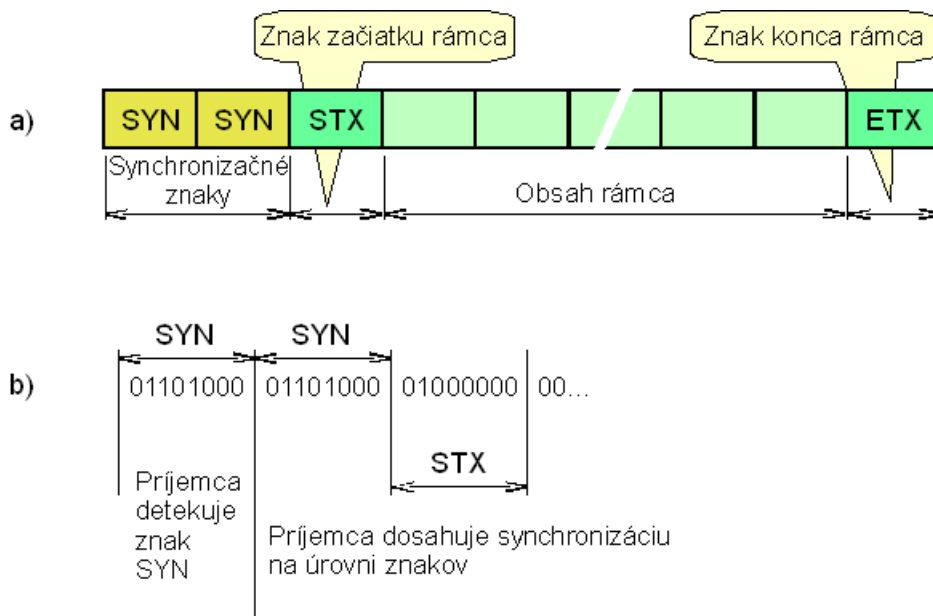
Na označenie začiatku a konca rámca sa pri asynchrónnom znakovo orientovanom prenose používajú *špeciálne znaky*: znak *STX* na začiatku rámca a znak *ETX* na konci rámca. Sú to *riadiace znaky prenosu*.

Na Obr.2.36 b) je príklad rámca, ktorý môže obsahovať len alfanumerické znaky. To znamená, že v tele rámca sa nikdy nevyskytnú znaky STX a ETX. Problém môže nastať vtedy, ak sa v tele rámca môžu vyskytovať aj znaky STX a ETX (t.j. riadiace znaky prenosu). Potom je nutné odlišiť riadiace znaky prenosu od užitočnej (prenášanej) informácie. Ak je táto požiadavka splnená, hovoríme o *transparentii údajov*. Pri prenose binárnych údajov asynchrónnym znakovým orientovaným prenosom sa transparentia údajov dosahuje vkladáním znakov. Pred riadiace znaky prenosu (STX, ETX) sa pri prenose vkladá špeciálny znak DLE (Data Link Escape). Ak sa v tele rámca nachádza znak DLE, pri odosielaní údajov sa pred neho vloží ďalší znak DLE, ktorý je pri prijíme vynechávaný. Na Obr.2.36 c) je ilustrovaná synchronizácia na úrovni rámcov pri prenose binárnych údajov (t.j. ľubovoľných znakov).

Jednou z nevýhod asynchrónneho spôsobu prenosu je vkladanie potrebných štart a stop bitov, čím sa dosť podstatne znižuje efektívna prenosová rýchlosť. Pre vyššie prenosové rýchlosti sa preto používa skôr prenos synchronný.

Sériový synchronný prenos

Pri sériovom synchronnom prenose sú obvykle prenášané celé bloky znakov. Údajové bity jednotlivých znakov pritom nasledujú tesne po sebe, bez akýchkoľvek časových odstupov a nie sú do nich vkladané žiadne štart či stop bity (môžu však byť doplnené jedným paritným bitom). Začiatok bloku je indikovaný jedným alebo niekoľkými špeciálnymi synchronizačnými znakmi (tzv. znakmi SYN), ktorých hlavným zmyslom je zaistiť potrebnú časovú synchronizáciu odosielateľa aj príjemcu - t.j. pomôcť príjemcovi presne stanoviť časové okamžiky, v ktorých má vyhodnocovať jednotlivé údajové bity (synchronizácia na úrovni znakov – vid' Obr.2.37 b). Blok znakov je potom opäť zakončený synchronizačnými znakmi, ktoré môžu (ale nemusia) byť nepretržite vysielané až do začiatku nasledujúceho údajového bloku.



Obr. 2.37 Synchronný znakový orientovaný prenos: a) formát rámca; b) synchronizácia na úrovni znakov

Synchronizácia na úrovni rámcov (t.j. správne rozpoznanie začiatku a konca rámca) sa pri synchronnom prenose môže dosahovať rovnako ako pri prenose asynchrónnom

- pomocou riadiacich znakov prenosu. Potom ide o tzv. o *znakovo orientovaný prenos*.

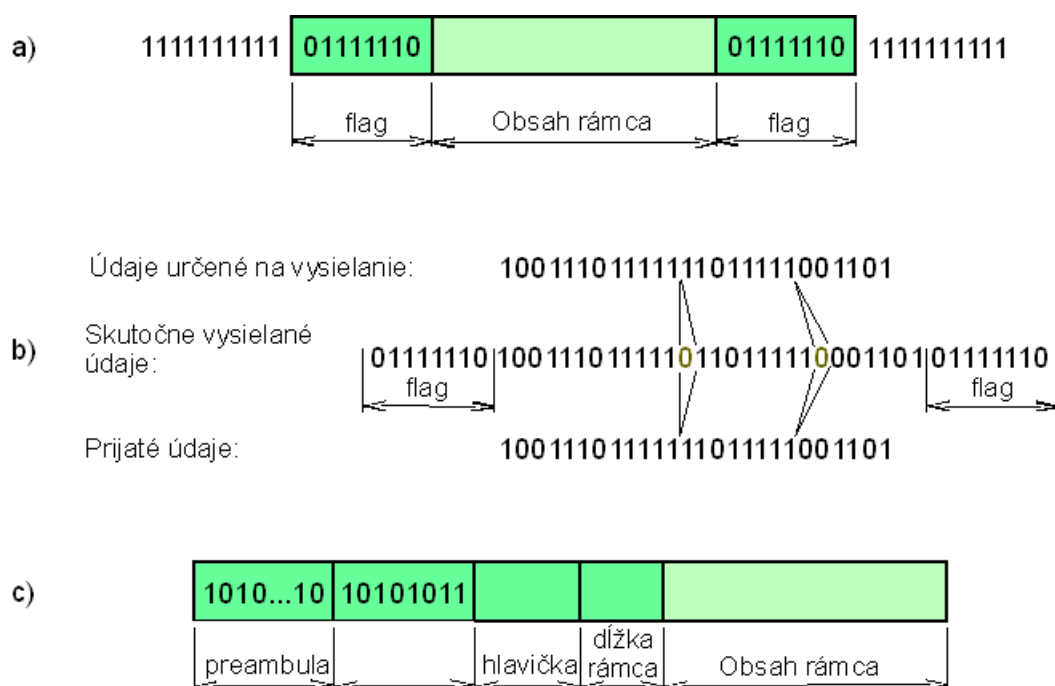
Transparencia údajov sa pri synchrónnom prenose dosahuje:

- v *znakovo orientovaných protokoloch* (character-oriented protocols) sa kódová transparentia zabezpečuje *vkladaním znakov DLE*
- ak sa kódová transparentia zabezpečí *pomocou vloženého informačného poľa* do rámca, *ktoré špecifikuje dĺžku údajového poľa*, resp. počet (count) nasledujúcich údajových bytov, potom sa takéto protokoly nazývajú *blokovito orientované protokoly*. Vďaka vloženým informáciám prijímateľ nemusí kontrolovať prichádzajúce údaje a hľadať medzi nimi riadiace znaky. Údaj o dĺžke údajov sa generuje na strane vysielajúceho.

Synchrónny bitovo orientovaný prenos

Vkladanie celých riadiacich znakov do prenášaných údajov a ich potrebné zdvojovanie pri prenose binárnych údajov prináša zníženie efektívnej prenosovej rýchlosti. Preto sa stále viac uplatňuje *bitovo orientovaný prenos* (bit-oriented transmission). Je založený na myšlienke indikovať začiatok a koniec rámcov nie riadiacim znakom, ale skupinou bitov.

Označenie „bitovo orientovaný“ pritom zdôrazňuje skutočnosť, že prenášané údaje sú vyhodnocované bit za bitom, pokiaľ nie je nájdená hľadaná skupina bitov, indikujúca začiatok rámca, resp. jeho koniec. Počet bitov, ktoré tvoria vlastný obsah rámca, potom nemusí byť násobkom ôsmich.



Obr. 2.38 Synchrónny bitovo orientovaný prenos. a) formát rámca s krídlou značkou, b) predstava vkladania bitov, c) formát rámca s príznakom začiatku a zadanou dĺžkou.

Jednou z možností pre bitovo orientovaný prenos je použiť rovnakú skupinu bitov, tzv. *krídlou značku* (flag) pre uvedenie i zakončenie rámca (rámcová synchronizácia) – Obr.2.38.a). Táto krídlou značka sa však potom nesmie vyskytovať v tele

vlastného rámca. Obvykle je krídlová značka tvorená postupnosťou „01111110“ a potrebná transparentnosť údajov sa zaistuje *vkľadaním bitov* (bit stuffing), pri ktorom je za každých päť po sebe idúcich jednotkových údajových bitov automaticky vložený jeden nulový bit (ktorý príjemca zasa automaticky odstraňuje, čo znamená, že ruší každú 0, ktorá nasleduje za päťicou jednotiek) – Obr.2.38 b). Takýmto spôsobom sa zrekonštruuje pôvodný tvar postupnosti. Nula sa nevkladá len pri vysielaní skutočnej krídlovej značky.

Ďalšou možnosťou rámcovej synchronizácie (okrem krídlovej značky) je uvedenie celého rámca (po tzv. preambuli alebo synchronizačnom poli) tzv. *príznakom začiatku rámca* (start-of-frame delimiter). Za príznakom nasleduje hlavička (header) predom stanoveného formátu a údaj o dĺžke rámca, vid' Obr.2.38 c). Tento variant sa uplatňuje predovšetkým pri lokálnych sieťach. Preambula zabezpečuje dostatočný počet bitových zmien pre bitovú synchronizáciu, pričom posledné dve za sebou idúce jednotky na konci príznaku začiatku rámca slúžia pre rámcovú synchronizáciu.

2.3.4 Riadenie prístupu na médium

Pre činnosť linkovej vrstvy je veľmi dôležitý aj konkrétny spôsob vzájomného prepojenia jednotlivých uzlov, medzi ktorými má prenos rámcov zaistiť. Vo všeobecnosti rozoznávame:

- *dvojbodové spoje* (point-to-point): medzi oboma uzlami existuje (aspoň počas prenosu) priamy prenosový kanál a protokol linkovej vrstvy potom zaistuje priamu komunikáciu oboch koncových účastníkov,
- *mnohobodové spoje* (multipoint connection), ktoré vzájomne prepojujú viacero uzlov - skôr používané na kratšie vzdialenosti. Umožňujú prenos údajov, medzi ktorýmikoľvek dvoma uzlami. Umožňujú dokonca aj prenos údajov z jedného uzla (v úlohe vysielajúceho) súčasne do viacerých uzlov (v úlohe prijímajúcich) - pre túto svoju schopnosť sa v angličtine tento druh prepojenia označuje tiež ako tzv. *broadcast channel* (doslova: prenosový kanál umožňujúci „rozosielenie“).

Pre mnohobodový spoj je však podstatná skutočnosť, že ide o zdieľaný prostriedok, ktorý neumožňuje viacnásobné pridelenie - vysielateľ môže vždy len jeden uzol. Pokiaľ teda dôjde k situácii, že o získanie tohoto zdieľaného prostriedku (t.j. o právo vysielateľ na mnohobodový spoj) sa bude usilovať viacero uzlov súčasne, musí existovať mechanizmus, ktorý medzi spomedzi všetkých žiadateľov umožní vybrať jedného a tomu potom prostriedok pridelí (čiže dovoliť mu vysielateľ).

Spôsob pridelovania práva na vysielanie na mnohobodovom spoji môže byť:

- *centralizovaný*, alebo
- *decentralizovaný*.

Centralizované riadenie mnohobodového spoja

Právo vysielateľ údaje prideluje jedno zariadenie na mnohobodovom spoji, tzv. *centrálny arbitier*, ktorý sám rozhoduje o využití zdieľaného prostriedku.

Môže tak činiť *na základe explicitných žiadostí jednotlivých žiadateľov*, čo však znamená, že pre tieto žiadosti je nutné vyhradiť určitú časť prenosovej kapacity mnohobodového spoja, alebo vytvoriť ďalšie vhodné prepojenie medzi centrálnym arbitrom a ostatnými uzlami pre prenos týchto žiadostí.

V praxi sa však používa aj tzv. *metóda výzvy* (polling), pri ktorej sa centrálny arbitier sám postupne obracia na jednotlivých potenciálnych žiadateľov, či chcú niečo vyslať. Nevýhodou je, že v prípade výpadku centrálného arbitra sa celá sieť na báze mnohobodového spoja stáva nepoužiteľnou.

Decentralizované riadenie mnohobodového spoja

Decentralizované riadenie mnohobodového spoja vychádza z predpokladu, že všetci žiadatelia o právo vyslať na mnohobodovom spoji sa dokážu medzi sebou dohodnúť a vybrať spomedzi seba jedného, ktorý potom skutočne začne vyslať. Ide vlastne o akúsi súťaž, do ktorej sa musí prihlásiť každá stanica, ktorá chce získať právo vyslať na mnohobodový spoj. Táto súťaž musí samozrejme mať presne stanovené pravidlá, ktoré musia všetci súťažiaci dodržiavať - sú definované vo forme tzv. *prístupovej metódy* (access method).

Rozdelenie prístupových metód:

- *metódy s náhodným prístupom* na prenosové médium, napr. CSMA/CD, CSMA/CD+AMP (použité v lokálnej sieti Ethernet a priemyselnej komunikačnej zbernici CAN). Účastníci komunikácie prístupujú na prenosové médium náhodne (podľa potreby). Čas potrebný na odoslanie správy je závislý na počte pripojených zariadení a intenzite prenosu údajov.
- *deterministické metódy* s odovzdávaním poverenia (metódy typu *Token passing*), použité napríklad v lokálnej sieti Token-ring a priemyselnej komunikačnej zbernici PROFIBUS. Účastníci komunikácie si odovzdávajú poverenie, ktoré im umožňuje odosielať údaje iným zariadeniam. Právo vlastniť poverenie je časovo obmedzené.

Determinizmus znamená, že účastník komunikácie má zaručené, že bude môcť začať prenášať svoje údaje v určitom maximálnom (stanovenom) časovom limite.

Prístupová metóda, zaisťujúca korektný prístup k zdieľanému mnohobodovému spoju, musí byť implementovaná nad fyzickou vrstvou - pretože sama využíva služby tejto vrstvy pre prenos jednotlivých bitov. Linková vrstva, ktorá zabezpečuje prenos celých rámcov, by ale už mala mať potrebný prístup k zdieľanému mnohobodovému spoju zaistený. Prístupová metóda by preto mala byť implementovaná medzi fyzickú a linkovú vrstvu - čo by však znamenalo „vsunutie“ celkom novej vrstvy do referenčného modelu, ktorá je navyše potrebná len v prípade tých lokálnych sietí, ktoré používajú zdieľané mnohobodové spoje bez centrálného arbitra.

Celá situácia sa vyriešila tak, že sa pri týchto sietach „pôvodná“ linková vrstva rozdeľuje na dve časti, resp. podvrstvy²:

- nižšiu podvrstvu *MAC* (Medium Access Control sublayer) ako podvrstvu riadeného prístupu k prenosovému médiumu, v ktorej je implementovaná príslušná prístupová metóda,
- vyššiu podvrstvu *LLC* (Link Layer Control) ako podvrstvu riadenia logického spoja, ktorá zaisťuje všetko to, čo sme doposiaľ prisudzovali linkovej vrstve samotnej (kontrolu chýb, adresovanie, riadenie toku údajov a pod. pre zabezpečenie spoľahlivého prenosu údajov medzi uzlami).

² Rozdelenie linkovej vrstvy OSI na časti MAC a LLC je graficky znázornené na Obr.3.1, kapitola 3: Lokálne siete.

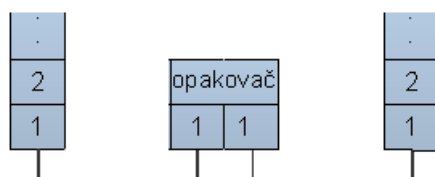
2.4 Vzájomné prepojovanie sietí

Vzájomným prepojením dvoch či viacerých sietí rovnakého či rôzneho typu vzniká väčší celok, pre ktorý je v angličtine označenie *internetwork*, alebo len *internet* (zatiaľ čo Internet - s veľkým I - je meno celosvetovej počítačovej siete, resp. konglomerátu sietí, ktorý vznikol v USA zo zárodočnej siete ARPANET). Napr. v prostredí výrobného závodu vzniká potreba prepojenia lokálnych sietí jednotlivých výrobných hál, resp. LAN na jednotlivých poschodiach budovy. Treba si uvedomiť, že vzájomné prepojenie je možné realizovať na rôznych úrovniach vrstvomého sieťového modelu - od fyzickej až po aplikačnú vrstvu.

Základná myšlienka vzájomného prepojenia je jednoduchá - *dve alebo viacero sietí sa prepoja prostredníctvom k tomu určených zariadení. Spojenie medzi dvoma účastníkmi môže teda prechádzať cez jednu či viacero medzilahých sietí.*

2.4.1 Opakovač

Prepojovacie zariadenie môže byť len zosilňovačom signálov, ktoré sú v sieti prenášané. Jednotlivé segmenty sa potom musia spájať pomocou zariadení, ktoré sa v tomto prípade nazývajú *opakovače (repeaters)*. Opakovače teda pracujú na úrovni fyzickej vrstvy, lebo vzhľadom k zosilňovaniu elektrických signálov „vnímajú“ len jednotlivé prenášané bity, ale nie už celé bloky (rámce) údajov.



Obr. 2.39 Prepojenie dvoch sietí opakovačom z pohľadu modelu OSI

2.4.2 Most

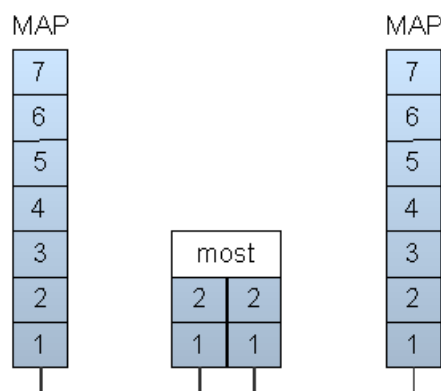
Nevýhodou opakovačov je skutočnosť, že „prepúšťajú“ celú prevádzku z jedného segmentu do druhého, aj keď by to vôbec nebolo nutné. Výhodnejší by bol prípad, keby prepojovacie zariadenie dokázalo správne rozpoznať, ktoré údaje môžu zostať „vo vnútri“ príslušnej časti siete (segmentu) a nemusia preto zaťažovať prevádzku v ostatných segmentoch. K tomu je ale nutné, aby prepojovacie zariadenie „vnímalo“ celé prenášané rámce a poznalo ich formát natoľko, aby dokázalo zistiť fyzickú adresu ich odosielateľa a príjemcu (a podľa toho ich potom prepustiť do susedného segmentu, alebo nie).

To samozrejme znamená, že také prepojovacie zariadenie, ktoré sa potom nazýva *most* musí pracovať na úrovni linkovej vrstvy.

Rozdiel medzi opakovačom a mostom spočíva ďalej aj v mechanizme ich fungovania. Zatiaľ čo opakovač nemá pamäť a prenášané údaje, resp. signály spracúva priebežne (je pre ne „priechodzí“), most už pracuje na princípe príjmi a odovzdaj ďalej. Mosty pri svojej činnosti vychádzajú len z fyzických adries³ skutočného odosielateľa

³ Most pracuje s adresami zariadení na úrovni linkovej vrstvy OSI. Z pohľadu vrstvomého modelu Internetu ide o fyzickú (MAC) adresu zariadenia.

a príjemcu jednotlivých rámcov. Vlastný údajový obsah jednotlivých rámcov pritom nijako neinterpretujú ani nemenia. Tým sú pre ne neviditeľné všetky informácie, ktoré do obsahu vlastného rámca zakódovali protokoly vyšších vrstiev, od sieťovej počínajúc. Mostom je tiež jedno, ktoré konkrétne protokoly to boli. Inými slovami: mosty sú transparentné pre protokoly vyšších vrstiev.

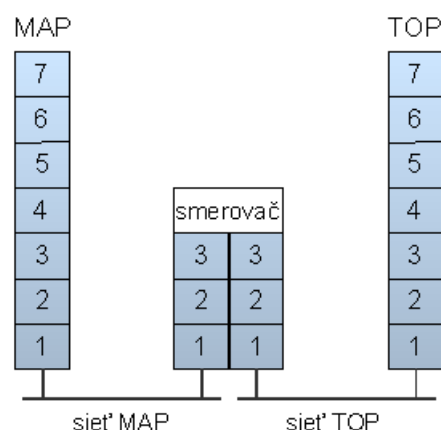


Obr. 2.40 Princíp prepojenia dvoch sietí mostom

Mosty dokážu teda spolupracovať s akýmikoľvek sieťovými (a vyššími) protokolmi a prenášajú ich pakety bez toho, že by ich akokoľvek transformovali či menili. Jednotlivé segmenty, ktoré sú vzájomne prepojené prostredníctvom mostov, tvoria z pohľadu sieťovej vrstvy (a všetkých vyšších) jediný logický celok, ktorý má tiež jedinú spoločnú (sieťovú) adresu.

2.4.3 Smerovač

Ak sa požaduje, aby si jednotlivé segmenty zachovali relatívnu samostatnosť (napr. vlastnú sieťovú adresu, možnosť samostatnej správy a pod.), alebo keď treba vzájomne prepojiť lokálne siete rôznych typov, ak sa spájajú dve lokálne siete cez sieť rozľahlú alebo sa vytvára vzájomné prepojenie siete so zložitejšou topológiou, treba na to použiť všeobecnejšie riešenie, než aké ponúkajú mosty.



Obr. 2.41 Princíp prepojenia sietí smerovačom

Potrebné je prepojovacie zariadenie, ktoré už pracuje na úrovni sieťovej vrstvy a nazýva sa *smerovač* (*router*). Takéto zariadenie už „vníma“ vlastný obsah jednotlivých rámcov (na úrovni linkovej vrstvy), dokáže správne rozpoznať formát

jednotlivých paketov, ktoré sú v rámci prenášané a využiť informácie, ktoré sú v nich obsiahnuté.

Hlavná úloha smerovačov je zhodná s úlohou sieťovej vrstvy - teda postarať sa o doručenie paketov od ich pôvodného odosielateľa až ku konečnému príjemcovi. Smerovače teda musia prijímať rozhodnutia o tom, kadiaľ majú ďalej odoslať každý jednotlivý paket tak, aby sa dostal k svojmu cieľu - teda zaisťovať to, čo sa bežne nazýva *smerovanie*. Musia nutne používať nejaký algoritmus smerovania, na ktorého základe svoje rozhodnutia prijímajú.

Smerovače sa od mostov odlišujú tým, že sú pre ostatné entity na úrovni sieťovej a linkovej vrstvy viditeľné. Majú svoje adresy a pakety⁴, ktoré nimi majú prejsť, sú im explicitne adresované⁵ (zatiaľ čo mosty zachytávajú celú prevádzku v každom z pripojených segmentov). Preto tiež smerovače spracúvajú menej rámcov než mosty, ale ich spracovanie je zasa o to náročnejšie.

Treba si uvedomiť, že pre funkciu smerovačov je nutné, aby vzájomne prepojené siete používali rovnaký protokol na úrovni sieťovej vrstvy - podľa neho vlastne smerovač rozpoznáva odosielateľa aj adresáta jednotlivých paketov a rozhoduje o tom, kadiaľ ich má ďalej odoslať. Nie je však ale nutné, aby to isté platilo aj na úrovni linkovej a fyzickej vrstvy. Tu sa už konkrétne protokoly a prenosové technológie môžu líšiť.

Smerovače sú dnes obvykle konštruované tak, aby mali viac rôznych rozhraní (tzv. portov) a bolo ich možné vzájomne prepojiť napríklad pomocou pevných okruhov, verejných údajových sietí, optických prenosových ciest a pripojiť k nim rôzne lokálne siete podľa štandardu IEEE 802 a podobne.

Multiprotokolový smerovač

Požiadavka rovnakého (a teda jediného) protokolu v sieťovej vrstve je však veľmi obmedzujúca, zvlášť v dnešnej dobe, keď vedľa seba koexistuje rad sústav protokolov (okrem ISO/OSI tiež TCP/IP a iné) a používatelia volajú po ich čo najtesnejšej integrácii v rámci tzv. heterogénnych sietí (t.j. sietí, ktorých uzly používajú rôzne sústavy protokolov).

Problém heterogénnych sietí možno riešiť v princípe dvoma spôsobmi - konverziou protokolov a smerovaním viacerých protokolov súčasne. Riešenie prostredníctvom konverzií sa ukázalo značne náročné a nespoľahlivé a preto sa presadila predovšetkým druhá možnosť. Poprední výrobcovia dnes ponúkajú tzv. *multiprotokolové smerovače* (multiprotocol routers), schopné pracovať súčasne s viacerými rôznymi protokolmi. *Multiprotokolový smerovač musí byť schopný rozpoznať typ paketu, ktorý dostane od linkovej vrstvy a podľa toho potom aplikovať ten smerovací algoritmus, ktorý k príslušnému sieťovému protokolu prislúcha.*

2.4.4 Brouter

Rozhodnutie medzi tým, či v určitej situácii použiť most alebo smerovač, nemusí byť vždy okamžite zrejmé, zvlášť potom pri lokálnych sieťach so zložitejšou topológiou a

⁴ Paket je údajová jednotka protokolu sieťovej vrstvy. Vid' Obr.2.9.

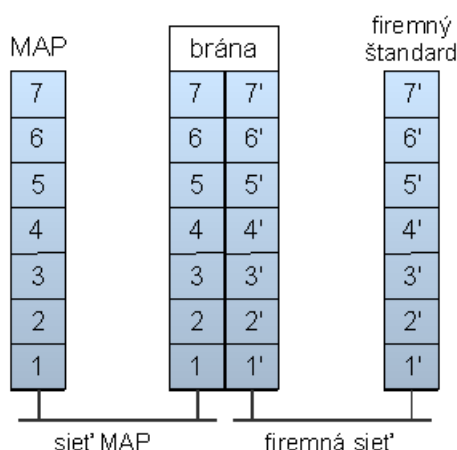
⁵ Každý paket adresovaný smerovaču je zapuzdrený v rámci na úrovni linkovej vrstvy. Súčasťou rámca je pravidla (v závislosti na protokole linkovej vrstvy) aj adresa príjemcu na úrovni linkovej vrstvy (napr. MAC adresa v Internete, vid' kapitola 5.4: Adresácia v TCP/IP). V rámci, ktorý obsahuje paket adresovaný smerovaču, musí byť uvedená cieľová adresa smerovača na úrovni linkovej vrstvy.

s väčším počtom používaných protokolov. Existujú však zariadenia, ktoré v sebe kombinujú funkcie oboch týchto zariadení. V angličtine sa pre ich označenie používa najčastejšie termín *bridge/router*, niekedy tiež *brouter*.

Ide o zariadenie, ktoré sa snaží fungovať ako smerovač a až v okamžiku, keď pre nejaký paket nedokáže aplikovať smerovací algoritmus, odovzdá pôvodný rámec ďalej tak, ako by to urobil most. Výhodou takéhoto zariadenia je potom aj to, že sa dokáže vyrovnáť s takými protokolmi, ktoré vôbec nemožno smerovať, lebo nepočítajú so sieťovou vrstvou.

2.4.5 Brána

Pokiaľ treba vzájomne prepojiť siete celkom odlišných koncepcií, používajúce celkom iné sústavy protokolov, je nutné uplatniť prepojovacie zariadenie, schopné uskutočňovať potrebnú konverziu protokolov. Takéto zariadenie, označované najčastejšie ako *brána* (*gateway*, niekedy tiež: *protocol converter*), potom pracuje na takej úrovni, na ktorej je možné príslušnú konverziu zaistiť - teda napríklad až na úrovni aplikačnej vrstvy.



Obr. 2.42 Princíp prepojenia sietí bránou

Treba však poznamenať, že pojem „brána“, resp. „gateway“ sa často používa aj pre prepojovacie zariadenia na nižších úrovniach. Napríklad v súvislosti s protokolmi TCP/IP slúži termín „gateway“ k označeniu smerovača (routera).

2.5 Súhrn

Pre každú vrstvu OSI existuje jeden alebo viac súborov štandardov vydaných štandardizačnými organizáciami. Na fyzickej a linkovej úrovni boli do OSI zahrnuté aj niektoré zo skorších štandardov. Pre ostatné úrovne boli definované nové protokoly, ktoré sa pridávajú modelu OSI. Plná kompatibilita medzi rôznymi vrstvami znamená, že principiálne možno zostaviť fungujúcu aplikáciu aj pomocou zariadení od rôznych výrobcov. Vo všeobecnosti je to trochu zložitejšie. Jednotlivé sprostredkujúce vrstvy OSI nie sú na trhu predávané ako samostatné softwarové balíky a výrobcovia a návrhári software ponúkajú namiesto toho balíky pre úrovne 3 - 4 až 6 - 7. Vnútorne rozhrania nemusia (nepotrebujú) dodržiavať požiadavky OSI a v

praxi to nie je ani veľmi dôležité. Preto sa namiesto podpory všetkých vrstvových protokolov OSI, navrhuje pokiaľ možno čo najefektívnejší software.

Môže sa zdať, že model OSI je oveľa zaujímavejší pri komunikácii na dlhšie vzdialenosti, ako pri komunikácii v automatizačných aplikáciách. Opak je však pravdou. Výkonná automatizácia vyžaduje, aby rôzne počítače zbiehajúce rôzne aplikácie, boli prepojené jednoduchým spôsobom. OSI poskytuje osnovu pre takéto prepojenie.

Model OSI zaručuje, že v takých aplikáciách, ako je skladové hospodárstvo, výroba a štatistika v dielňach a kanceláriách bude vzájomná výmena údajov fungovať jednotne a so zovšeobecneným prístupom k automatizácii výroby, k logistike a plánovaniu, bez ohľadu na to, kde sú dielne a kancelárie lokalizované. OSI poskytuje osnovu pre voľbu rozumnej štruktúry údajovej komunikácie.

2.6 Literatúra

- [1] Balogh, R., Béla, I., Dorner, J., Drahoš, P.: Priemyselné komunikácie. Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2001. ISBN 80-227-1600-6.
- [2] Kováč. F.: Distribuované riadiace systémy. Vydavateľstvo STU, Bratislava, 1998. ISBN 80-227-1082-2
- [3] Samson: Serial Data Transmission – Technical Information. December 1999.
http://www.samson.de/pdf_en/l153en.pdf

2.7 Kontrolné otázky

- 2.1. Stručne charakterizujte model OSI
- 2.2. Koľko vrstiev má referenčný model OSI?
- 2.3. Uved'te tri možnosti prenosu údajov, z hľadiska smeru prenosu.
- 2.4. Aký je rozdiel medzi prenosovou rýchlosťou a modulačnou rýchlosťou?
- 2.5. Aké sú výhody a nevýhody elektrických vedení?
- 2.6. Ktorý typ optického vlákna umožňuje prenos informácie na väčšiu vzdialenosť?
- 2.7. Aký je rozdiel medzi kódovaním a moduláciou vo fyzickej vrstve?
- 2.8. Na čo slúži vo fyzickej vrstve synchronizačná referencia?
- 2.9. Koľko zariadení môže byť pripojených na jedno vedenie v prípade rozhrania ISO/IEC 8485?
- 2.10. Aké sú základné funkcie linkovej vrstvy modelu OSI?
- 2.11. Vysvetlite princíp opravy chýb spätnou väzbou medzi odosielateľom a príjemcom údajov.
- 2.12. Aký je rozdiel medzi jednotlivým a kontinuálnym potvrdzovaním prenášaných správ?

- 2.13. Uved'te rozdiely medzi asynchrónnym a synchrónnym znakovým orientovaným prenosom.
- 2.14. Ako sa dosahuje transparentnosť údajov pri bitovo orientovanom prenose?
- 2.15. Čo znamená ak je určitá metóda riadenia prístupu na prenosové médium deterministická?
- 2.16. Na úrovni ktorých vrstiev modelu OSI pracujú tieto zariadenia na prepojenie sietí: opakovač, most, smerovač, brána

