

6.přednáška

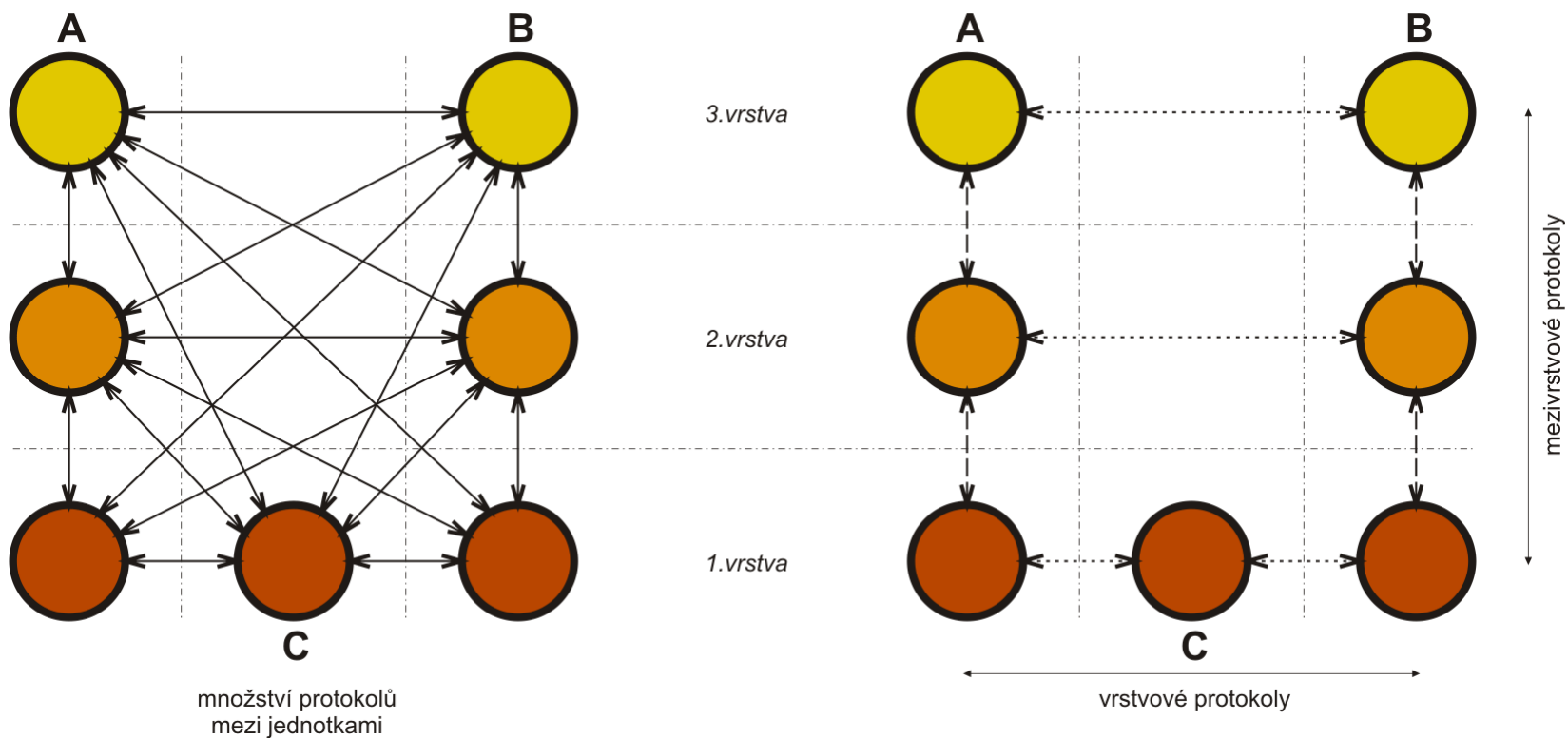
Referenční model OSI, protokolové architektury

Ing. Bc. Ivan Pravda

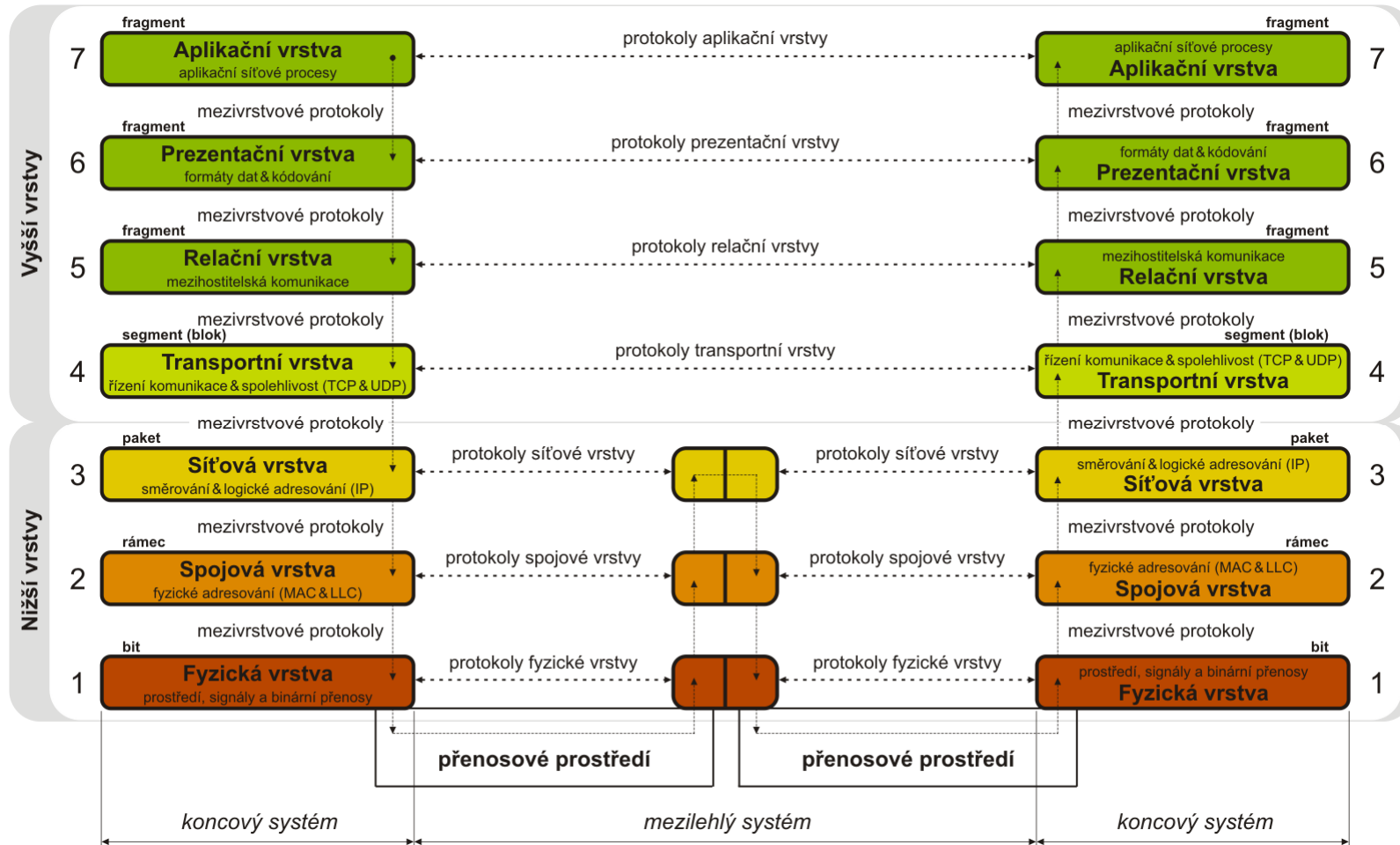
Vrstvové modely komunikace

- Komunikace v telekomunikačních sítích se uskutečňuje na základě standardizovaných protokolů, které jsou navrženy na základě jednotné architektury \Rightarrow model **RM-OSI** (*Reference Model of Open Systems Interconnection*).
- K popisu architektury se používají tzv. **vrstvové modely**, které se vyznačují základním společným rysem \rightarrow za pomoci **dělení** určitých typických **operací do vrstev** se stává taková architektura **univerzální** \Rightarrow je možno odpovídající vrstvu nahradit vrstvou jinou bez nutnosti zasahovat do ostatních vrstev.
- **Komunikační protokoly** jsou definovány pro jednotlivé vrstvy.
- **Komunikační protokoly** se vedle operací spojených s informačním obsahem starají o výměnu nutných podpůrných informací.
- Architektura systému **RM-OSI** je postavena ve vrstvách zdola nahoru od **fyzické** vrstvy navazující bezprostředně na přenosové médium až k **aplikační** vrstvě.

Vrstvové modely komunikace



Vrstvové modely komunikace



Referenční model OSI – popis vrstev

- Aplikační vrstva (č.7)

- zahrnuje **komunikace aplikačních procesů** a umožňuje vyhovět nejrůznějším požadavkům uživatele, funkce této vrstvy může provádět i operátor nebo uživatelé
- **př. protokoly aplikační vrstvy – Telnet, File Transfer Protocol (FTP), Simple Mail Transfer Protocol (SMTP), HyperText Transfer Protocol (HTTP), atd.**

- Prezentační vrstva (č.6)

- jejím úkolem je **přeměna kódů, abeced a datových formátů** tak, aby došlo k přizpůsobení různých aplikací a různých prvků sítě, bez ohledu na významovou stránku datové zprávy (MIME kódování, komprese dat, kódování dat, atd.)
- **př. konverze textového souboru v EBCDIC kódu na kód ASCII, převod objektů a jiných datových struktur do XML kódu a zpět**

- Relační vrstva (č.5)

- účelem této vrstvy je **organizovat a synchronizovat dialog** (sestavení, řízení a ukončení dialogu) mezi oběma účastníky
- **řídí výměnu dat** mezi nimi

Referenční model OSI – popis vrstev

- **Transportní vrstva (č.4)**

- se zabývá transparentním **řízením datových toků**, rozkladem datové zprávy na dílčí části (bloky) a dalším **řízením komunikace** mezi koncovými zařízeními
- **kontroluje bezporuchovost** přidělené linky (kanálu)
- **př. protokoly transportní vrstvy – Transmission Control Protocol (TCP), User Datagram Protocol (UDP), Stream Control Transmission Protocol (SCTP)**, atd.

- Tyto popsané čtyři **vyšší vrstvy** se týkají zejména příslušné aplikace a může v nich docházet k zásahům do struktury i obsahu přenášených dat → konkrétní řešení je závislé na programovém řešení ve spojitosti s typem dané aplikace.

- **Síťová vrstva (č.3)**

- **člení data** do určitých dílčích posloupností (paketů), které pak **směruje** od vysílací stanice až do místa určení s ohledem na kvalitativní požadavky definované transportní vrstvou
- síťová vrstva zajišťuje **směrování, řízení toku, členění dat a zabezpečení**
- na této vrstvě pracují v síti tzv. **směrovače** (routers)

Referenční model OSI – popis vrstev

- Spojová vrstva (č.2)

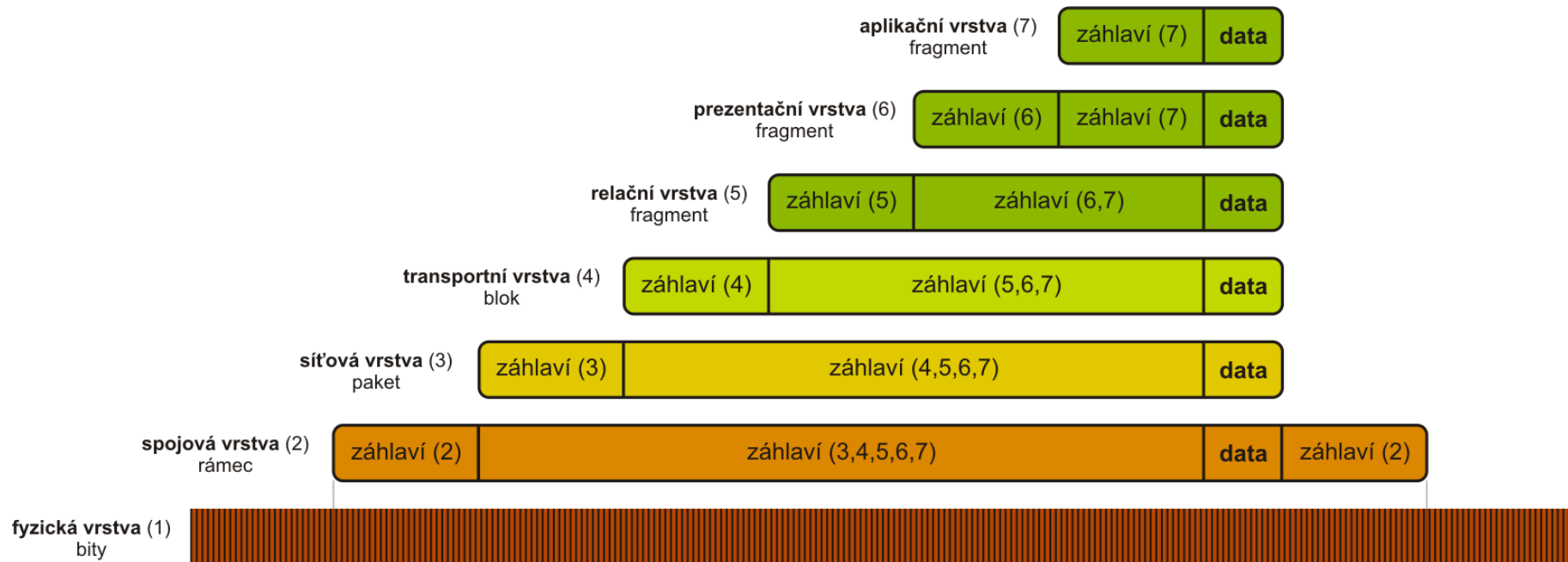
- řídí komunikaci po jednotlivých telekomunikačních okruzích datového řetězce a spočívá na ní hlavní odpovědnost za **zabezpečení přenosu dat proti chybám**, které se mohou vyskytnout na fyzické vrstvě
- na této vrstvě pracují v síti tzv. **přepínače** (switches) a **mosty** (bridges)
- **př.** protokoly spojové vrstvy – **Ethernet (IEEE 802.x)**, **High level Data Link Control (HDLC)**, **Advanced Data Communications Control Protocol (ADCCP)**, atd.

- Fyzická vrstva (č.1)

- má za úkol zejména **vytvářet a rušit fyzická spojení** pro přenos bitových toků, hlásit trvalé chyby na datových okruzích a zahrnuje v sobě i **parametry datových rozhraní**
- na této vrstvě pracují v síti tzv. **rozbočovače** (HUBs), **opakovače** (repeaters) a **síťové adaptéry** (network adapters)

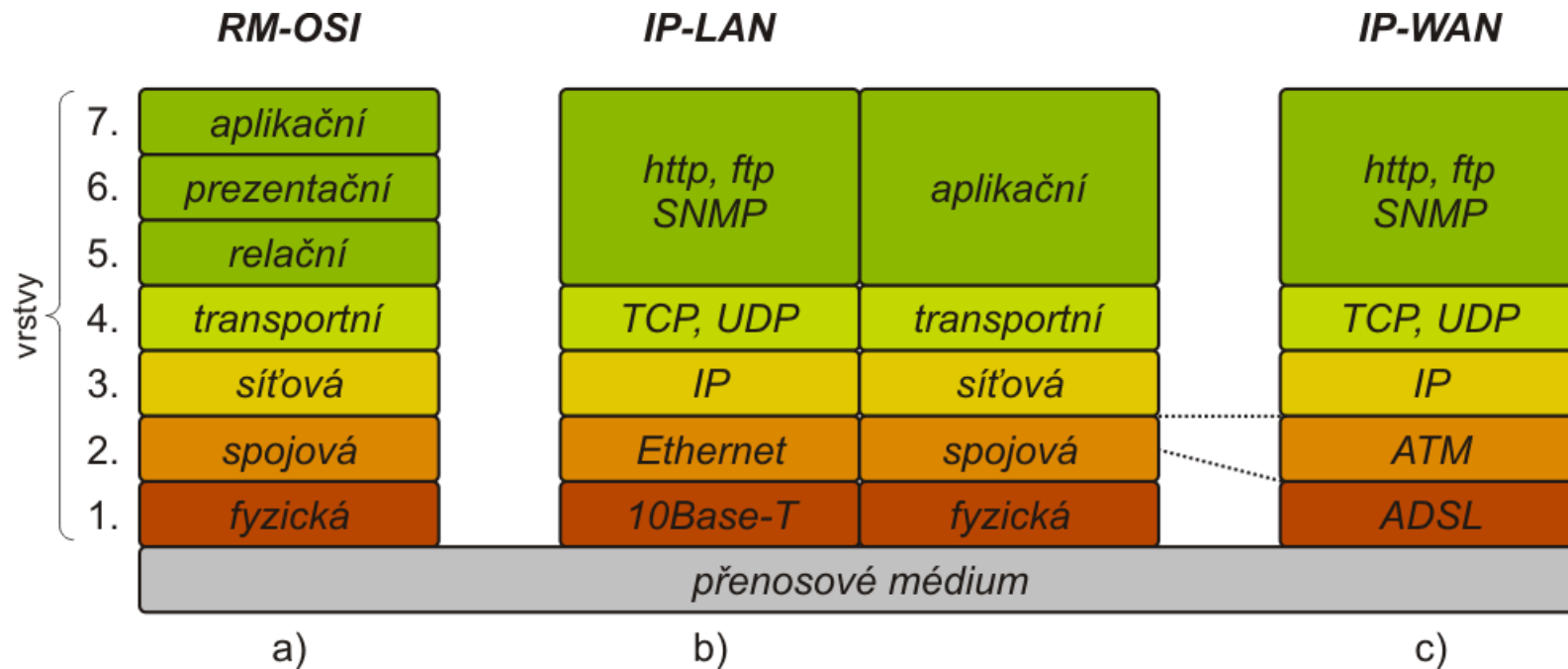
- Tyto tři **nižší vrstvy** se týkají především vlastního přenosu datových zpráv od jednoho účastníka k druhému, aniž by se zde docházelo ke změnám jejich obsahu i formy → **základní definice** funkcí vrstev z modelu **RM-OSI nejsou** vždy **univerzálně použitelné** a některé technologie mají implementované protokoly přesahující některými funkcemi danou vrstvu → **př.** přípojka **ADSL**.

Vrstvové modely komunikace



- Grafické znázornění nárůstu objemu celkového množství přenášené informace v souvislosti s vrstevným modelem komunikace a v porovnání s původním objemem informace.

Vrstvové modely komunikace



- Grafické porovnání architektury vrstevového modelu RM-OSI a architektury používané v sítích založených na protokolu IP.

Referenční model OSI

- Protokoly na specifických vrstvách se obvykle doplňují dalšími podpůrnými protokoly → v současnosti je nejčastějším požadavkem zprostředkování komunikace pomocí protokolu **IP**.
- V závislosti na použitých nižších vrstvách může být použita celá řada kombinací protokolových struktur.
- Infrastruktura přístupové **IP** sítě musí zajistit řadu funkcí:
 - možnost výběru mezi více poskytovateli připojení
 - dynamické přidělování **IP** adres s použitím protokolu **PPP** (*Point-to-Point Protocol*)
 - překlad adres **NAT** (*Network Address Translation*)
 - autorizace připojení
 - šifrování dat
 - účtování za poskytování připojení i poskytování služeb
- Na následující stránce je uveden přehled protokolů, se kterými se setkáme při přenosu **IP** paketů v různých přenosových prostředích → příklady odpovídají funkci nejnižších tří vrstev komunikační architektury.

Přehled protokolů – síť IP

IP	(IETF RFC 894)
MAC	(IEEE 802.3/ISO IEC 8802-2)
PHY	

a) IP over Ethernet

IP	(IETF RFC 2225)
Zapouzdření (<i>Encapsulation Header</i>)	(IETF RFC 2684)
AAL5	(ITU-T I.363.5)
ATM	
PHY	

b) IP over ATM

IP	
PPP	(IETF RFC 1661/IETF RFC 2364)
Zapouzdření (<i>Encapsulation Header</i>)	(IETF RFC 2684)
AAL5	(ITU-T I-363.5)
ATM	
PHY	

c) IP over PPP over ATM

IP	
PPP	(IETF RFC 1661/IETF RFC 1662)
Zapouzdření (<i>Encapsulation Header</i>)	(IETF RFC 2516)
MAC	(IEEE 802.3/ISO IEC 8802-2)
PHY	

d) IP over PPP over Ethernet

IP – *Internet Protocol*; **MAC** – *Medium Access Control*; **PHY** – *Physical Layer*; **AAL5** – *ATM Adaptation Layer 5*; **ATM** – *Asynchronous Transport Mode*; **PPP** – *Point-to-Point Protocol*

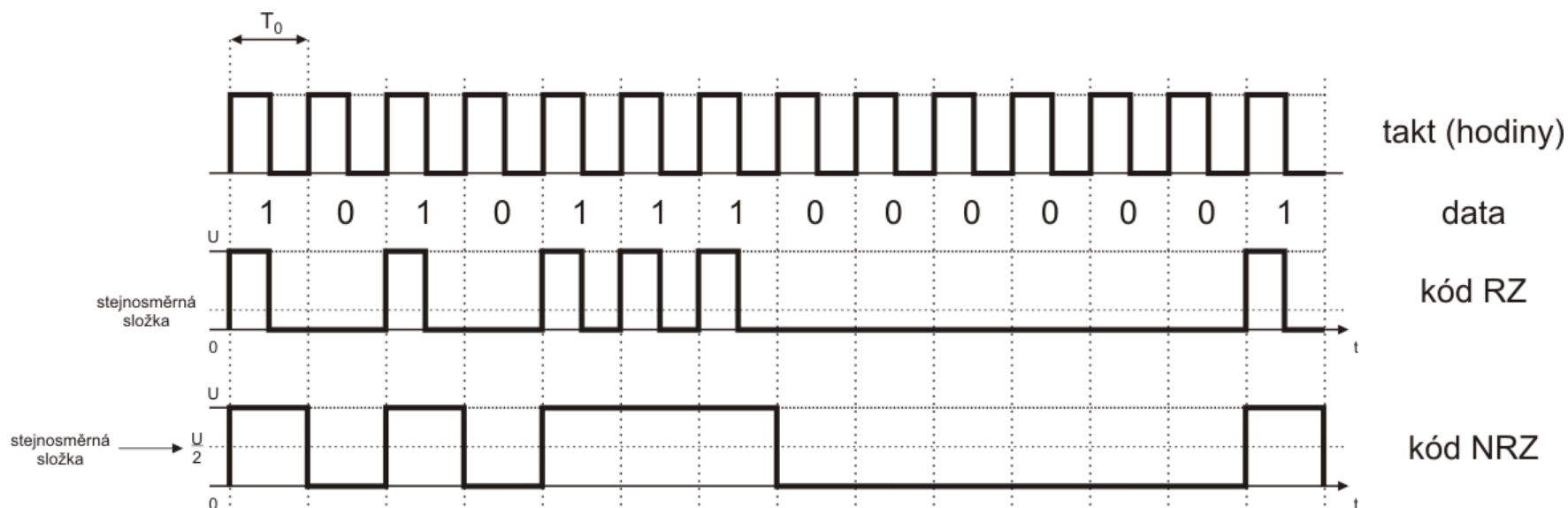
Fyzická vrstva - linkové kódy

- **Linkový kód** → vyjádření digitálního signálu v podobě, která je vhodná pro přenos v rámci telekomunikačního kanálu.
- **Přenos v základním pásmu** → překódování do vhodného **linkového kódu**.
- **Přenos v přeloženém kmitočtovém pásmu** → vhodná **modulace**.
- **Přenos digitálního signálu v základním pásmu** zobrazený ve frekvenční oblasti začíná na frekvencích blízkých nule nebo obsahuje i stejnosměrnou složku:
 - **přenos se stejnosměrnou složkou**
 - příslušný kanál musí přenést i tuto stejnosměrnou složku, což vyžaduje galvanické spojení koncových zařízení
 - **přenos bez stejnosměrné složky**
 - stejnosměrná složka je potlačena vhodným kódováním a příslušný kanál ji nemusí přenášet, musí však být schopen přenášet velmi nízké frekvence → tento způsob přenosu se v praxi často vyskytuje s použitím oddělovacích transformátorů (translátory) v přenosové cestě → jejich použití je vynuceno např. požadavkem na galvanické oddělení zařízení a vedení, které je nutné z důvodu zachování symetrie párů kabelu proti zemi

Fyzická vrstva - linkové kódy - klasifikace

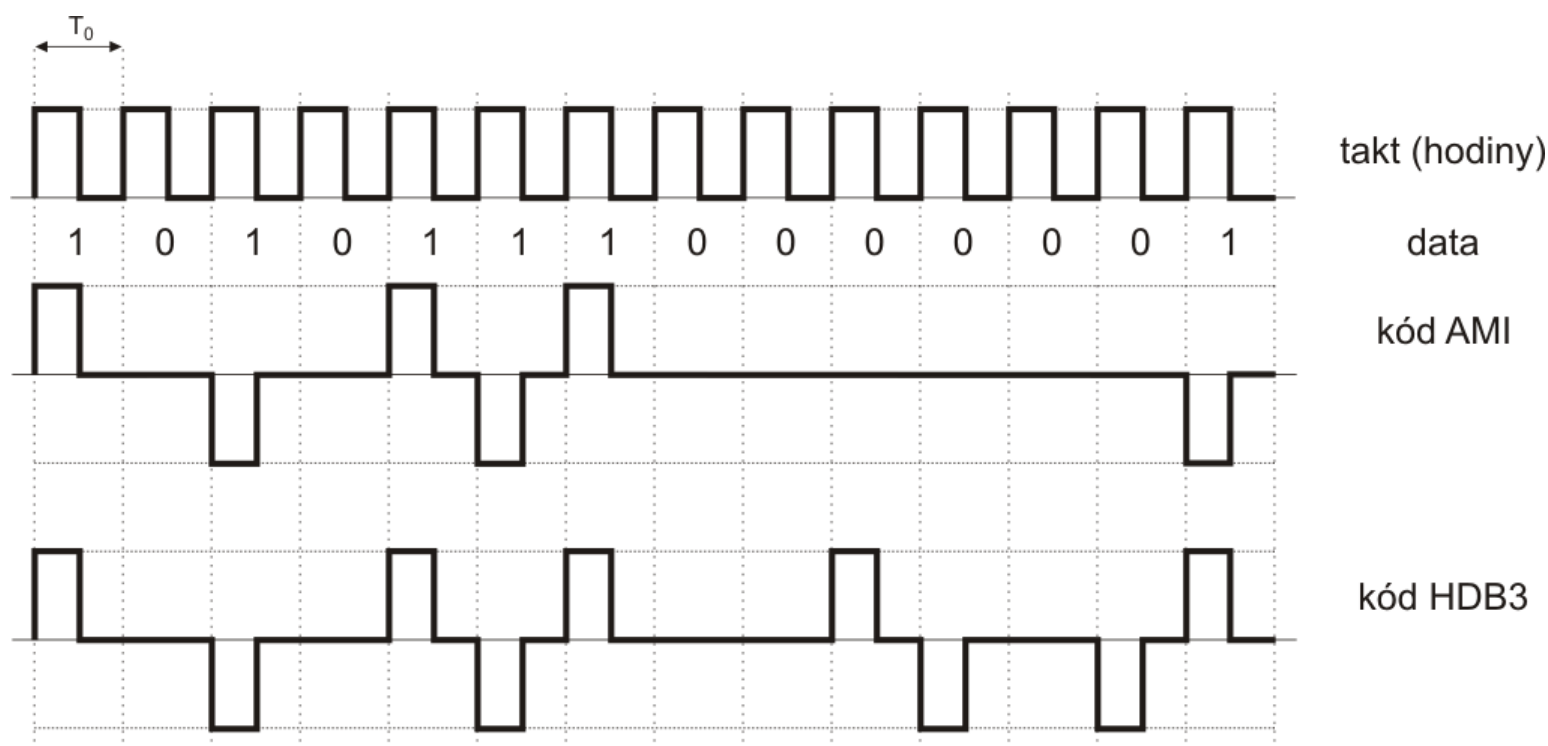
- Používané typy linkových signálů můžeme klasifikovat podle tří hledisek:
 1. podle počtu úrovní:
 - **dvouúrovňové signály**
 - **tříúrovňové signály** (bipolární (pseudotrojkové) – **AMI, HDB3**; trojkové – **4B3T**)
 - **víceúrovňové (2B1Q)**
 2. podle použité polohy signálových prvků:
 - **unipolární** → signálové prvky pouze jedné polarity
 - **polární** → signálové prvky dvojí polarity
 3. podle toho, zda se průběh v jednotkovém intervalu vrací k nulové úrovni nebo přechází přímo k druhému charakteristickému stavu:
 - **signály s návratem k nule RZ** (*Return to Zero*)
 - **signály bez návratu k nule NRZ** (*Not Return to Zero*)

Fyzická vrstva - linkové kódy - přehled



- **signály RZ** → obecně menší výkon, širší spektrum, lepší synchronizační schopnosti, menší stejnosměrnou složku a obvykle má signálový prvek šířku rovnou polovině jednotkového intervalu $T_0/2$.
- **signály NRZ** → užší spektrum, stejnosměrná složka je v absolutní hodnotě rovna polovině amplitudy signálového prvku ($U/2$) a signálový prvek má šířku rovnou jednotkovému intervalu T_0 .

Fyzická vrstva - linkové kódy - přehled

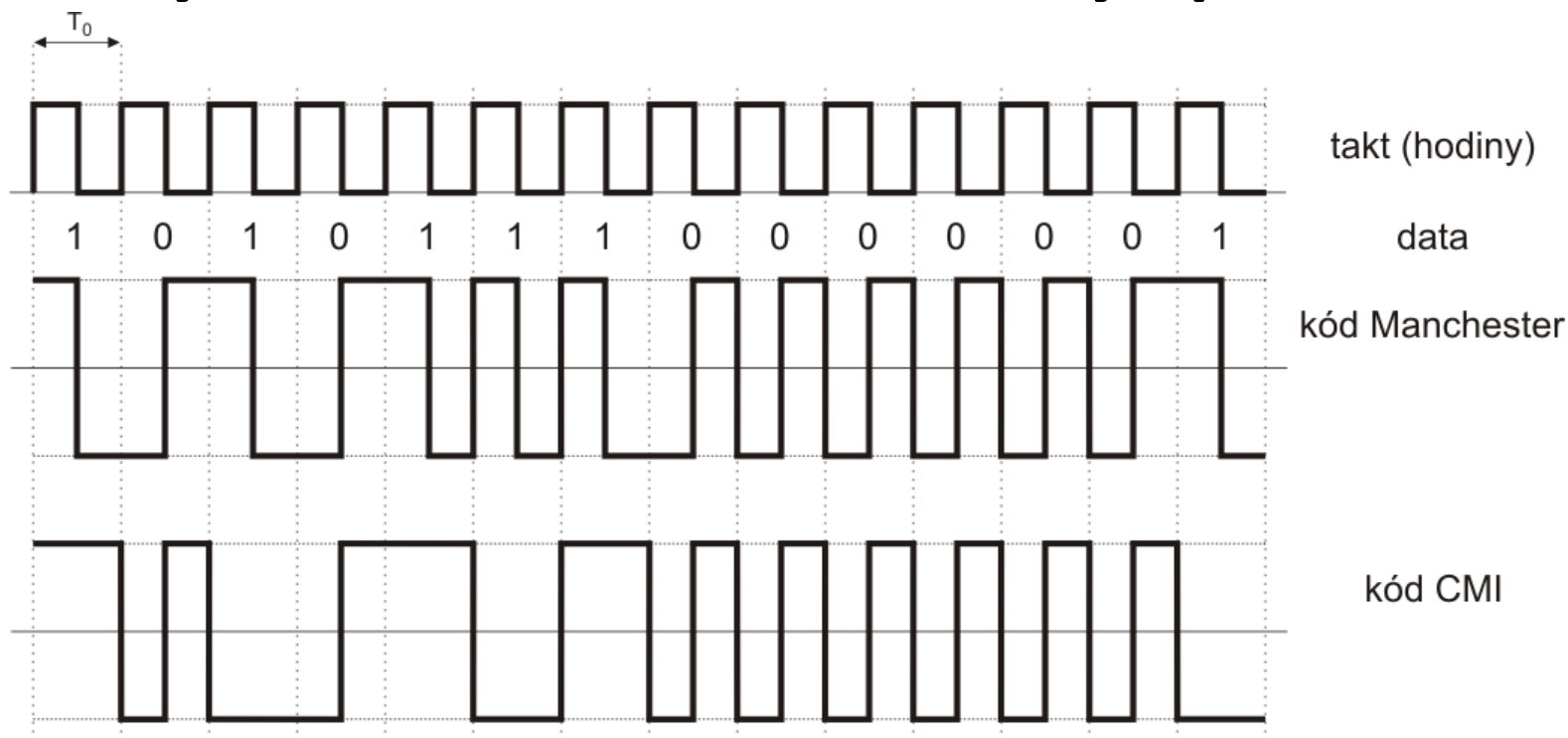


- Bipolární (pseudotrojkové) kódy → zavedeny při nasazování digitálních přenosových systémů **PCM30/32** na metalické přenosové trakty, splňují **podmínku na potlačení stejnosměrné složky** a řeší problémy s případnou ztrátou synchronizace.

Fyzická vrstva - linkové kódy - přehled

- **Kód AMI (*Alternate Mark Inversion*)**
 - charakterizován **třemi úrovněmi**: symbol **0** (nulová úroveň), symbol **1** (střídavě úrovně $\pm U$)
 - rozhodování na přijímací straně vyžaduje dvě nenulové rozhodovací úrovně **C₁, C₂** nebo se nejprve převede na unipolární signál **dvoucestným usměrněním**
 - výhodou je možnost jednoduchého **monitorování chybných prvků**, protože každý chybný bit způsobí narušení bipolarity \Rightarrow objeví se dva prvky stejné polarity \rightarrow **chyba**
 - **střídáním polarity symbolů 1** je zajištěn obsah taktovací složky, kterou lze využít pro **synchronizaci**, avšak při dlouhé posloupnosti symbolů 0 se nepřenáší informace o taktu a může nastat narušení synchronizace \Rightarrow **skrambler**, zvláštní kódové skupiny
- **Kód HDB3 (*High Density Bipolar*)**
 - výskyt maximálně tří symbolů **0** za sebou \Rightarrow při výskytu posloupnosti čtyř nul, je provedena náhrada za skupinu obsahující minimálně jeden impuls kladné či záporné polarity \rightarrow při dekódování se provede náhrada za původní čtyři nuly, přičemž pro jejich rozpoznání se používá záměrné narušení bipolarity
 - standardizace doporučením **ITU-T G.703** pro linková rozhraní 1. až 3.řádu (**E1, E2 a E3**) evropské plesiochronní digitální hierarchie (**PDH**)

Fyzická vrstva - linkové kódy - přehled



- Obecně lze označit tyto kódy symbolicky **1B2B** (dvouúrovňové polární **NRZ** kódy) \Rightarrow \Rightarrow kódují původní symbol dvojicí symbolů tak, že dochází ke změně mezi **+A** a **-A** v polovině charakteristického intervalu $T_0/2 \Rightarrow$ dvojnásobná modulační rychlost v_m oproti rychlosti přenosové v_p .

Fyzická vrstva - linkové kódy - přehled

- **Kód CMI** (*Coded Mark Inversion*)
 - vznikne překódováním z kódu **AMI** tak, že nulu kódujeme jako dvojici po sobě následujících stavů $-A$, $+A$ se změnou v polovině původního charakteristického intervalu T_0 , takže platí:
 - **0** ... změna z $-A$ na $+A$ v $T_0/2$ (vzestupná hrana)
 - **1** ... střídavě $-A$ nebo $+A$ trvajících celý interval T_0
 - kód **CMI** byl standardizován pro rozhraní **PDH** 4.řádu (**E4**)
 - používá se v unipolární variantě i pro optická rozhraní, kde jeden ze stavů představuje nulový a druhý maximální optický tok
- **Kód Manchester**
 - použití v sítích **LAN** na rozhraních s přenosovou rychlostí 10 Mbit/s (**Ethernet 10Base-T**)
 - charakteristika symbolových prvků:
 - **0** ... změna na $+A$ v $T_0/2$ (vzestupná hrana)
 - **1** ... změna na $-A$ v $T_0/2$ (sestupná hrana)
 - možnost použití diferenční varianty (kódování změn mezi symboly 0 a 1)

Fyzická vrstva - linkové kódy - přehled

- Vícestavové linkové kódy → snaha snížit modulační rychlost použitím více stavů (užší kmitočtové pásmo).

- **Čtyřúrovňový kód 2B1Q**

- dibit (dva bity) je vyjádřen jednou ze čtyř napěťových úrovní (quad)
- standardizován pro rozhraní U základní přípojky **ISDN** a přípojky **HDSL**
- díky počtu stavů ($m=4$) je modulační rychlost v_m poloviční oproti rychlosti přenosové v_p

binárně	10	11	01	00
úroveň	+3 V	+1 V	-1 V	-3 V

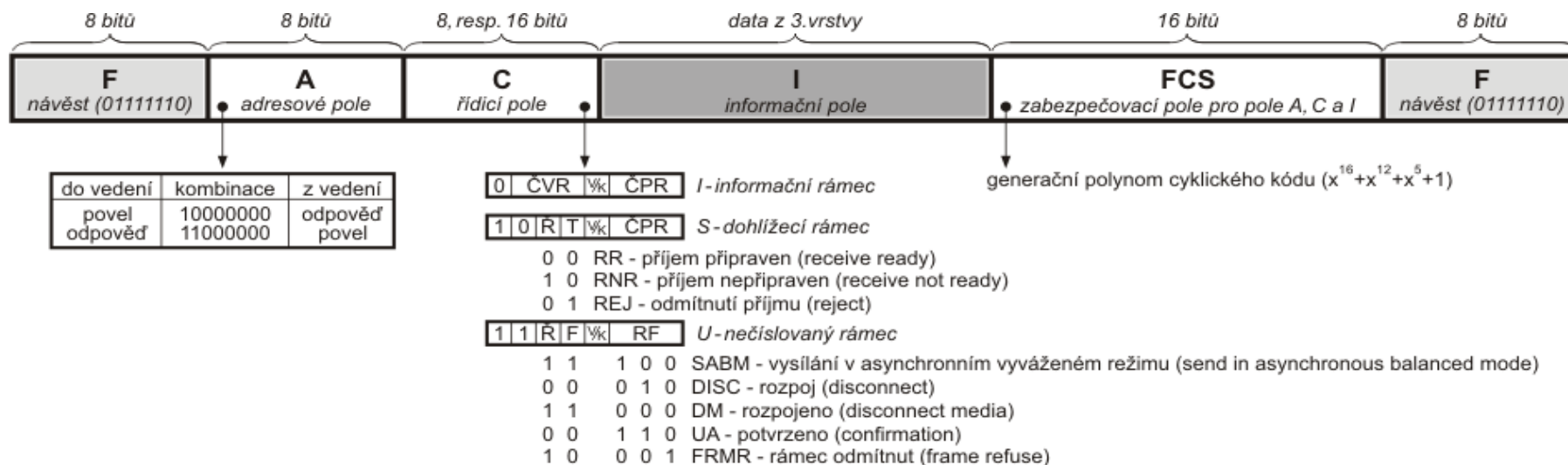
- Pokud je potřeba dále snížit požadavky na šířku kmitočtového pásma, je třeba zvýšit počet stavů → vícestavové metody pro přenos v základním pásmu se označují jako pulsně-amplitudová modulace (**PAM**).
- Používá se osmistavová (**8-PAM**) a šestnáctistavová (**16-PAM**) pulsně-amplitudová modulace, standardizovaná např. pro přípojky **SHDSL**, je použita i u telefonních modemů dle doporučení **ITU-T V.90** s přenosovou rychlostí 56 kbit/s pro směr k účastníkovi.

Fyzická vrstva - modulace

- Pro přenos digitálního signálu v **přeloženém pásmu** se používají **digitální modulace** založené na ovlivňování **fáze, kmitočtu a amplitudy** nosného signálu \Rightarrow vznik **modulované vlny**.
- Podle způsobu, jakým lze ovlivňovat nosnou vlnu lze rozeznat tři základní typy modulací \rightarrow **amplitudová (AM)**, **frekvenční (FM)** a **fázová (PM)**.
- Při digitálních modulacích nabývá modulační signál omezeného počtu diskrétních hodnot.
- Ovlivňování nosné vlny diskrétním signálem (v nejjednodušším případě nabývajícího dvou stavů) specifickým způsobem se nazývá **klíčování (Shift Keying)**.
- **Digitální modulace** pak můžeme v souladu s obecným dělením modulací rozdělit takto:
 - **amplitudové klíčování ASK (Amplitude Shift Keying)**
 - **frekvenční klíčování FSK (Frequency Shift Keying)**
 - **fázové klíčování PSK (Phase Shift Keying)**

Spojová vrstva – protokol HDLC

- Pro přenos dat v paketových sítích byl zaveden bitově orientovaný komunikační protokol **HDLC** (*High level Data Link Control*) označovaný též **LAPB** (*Link Access Procedure Balanced*).
- **HDLC**, resp. **LAPB** – vlastnosti:
 - zabezpečuje nalezení (**detekci**) a opravu (**korekci**) většiny **náhodných chyb**, vznikajících při přenosu
 - tvorba tzv. **rámců** na druhé (spojové) vrstvě přenášejících v informačních částech pakety



Spojová vrstva – protokol HDLC – struktura

- Každý rámeček začíná a končí tzv. **návěstím F (Flag)** → aby nedošlo k záměně návěsti s oktetem se stejnou bitovou kombinací, vkládá se při vysílání datového rámce po každých, za sebou následujících pěti jedničkových bitech jeden nulový bit, který se pak na přijímací straně musí opět odstranit.
- **Adresové pole (A)** – specifikace typu rámce z hlediska směru toku dat, tj. rozlišení rámce typu **povel**, resp. **odpověď**.
- **Řídicí pole (C)** – specifikace typu rámce z hlediska obsahu rámce:
 - první bit (0) – **informační rámeček (I)**, první bit (1) – řídicí rámeček
 - druhý bit (0) – **dohlížecí rámeček (S)**, druhý bit (1) – **nečíslovaný rámeček (U)**
 - pátý bit (**V/K**) – V=1 → výzva k vysílání, K=1 → ukončení odezvy – souvislost s adresovým polem (A)
- **Informační rámeček** nese na místě 2. až 4.bitu pořadové číslo vysílaného rámce (**ČVR**) a na místě 6. až 8.bitu pořadové číslo očekávaného přijímaného rámce (**ČPR**) ⇒ ⇒ indikace potvrzení správného příjmu předchozích rámečků.
- **Informační pole** tohoto typu rámce se přenáší vlastní **uživatelská data**.

Spojová vrstva – protokol HDLC – struktura

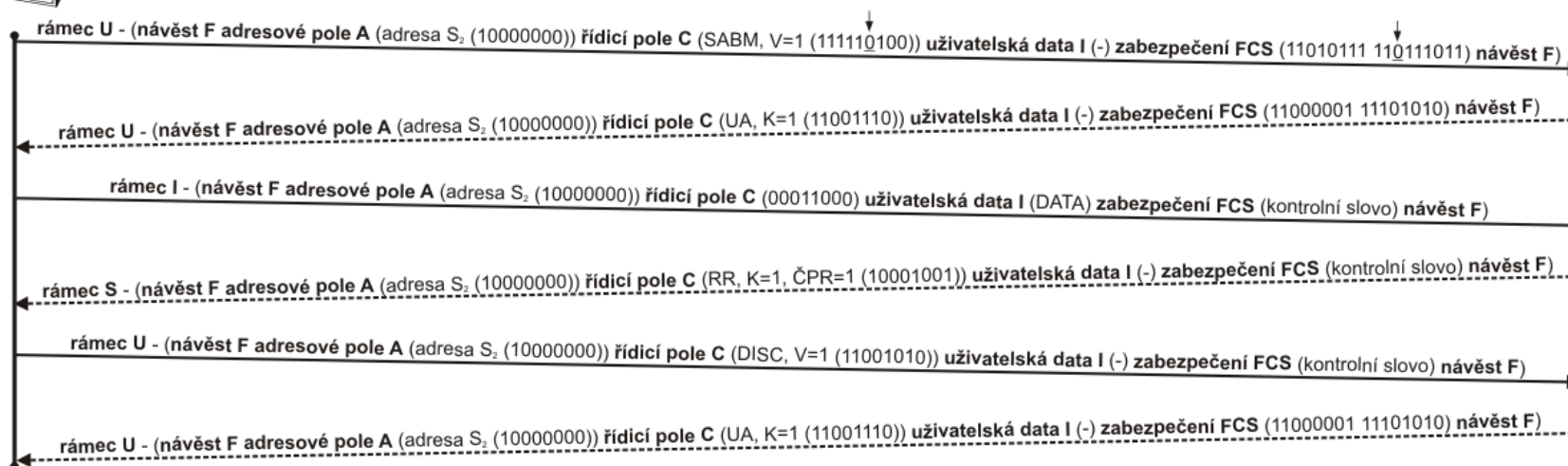
- Řídící rámce (**S** a **U**) **neobsahují informační pole.**
- **Dohlížecí rámce (S)** slouží pro řízení již probíhajícího virtuálního spojení → 3. a 4.bit obsahují dohlížecí povely (resp. odpovědi) – povely **RR, RNR, REJ.**
- **Nečíslované rámce (U)** slouží pro zřízení a zrušení virtuálního okruhu a mají na bitových místech 3. až 8.bitu zakódovány potřebné povely (resp.odpovědi).
- **Zabezpečovací pole (FCS)** obsahuje 16-ti bitovou posloupnost, vytvářenou na principu zabezpečení přenosu cyklickým kódem **CRC** → zabezpečení dat obsažených v polích **A, C** a **I** → při chybě přenosu rámce je vyžadováno jeho opakování.
- **Spojová vrstva (2.vrstva)** organizuje výměnu nečíslovaných, dohlížecích a informačních rámců mezi dvěma korespondujícími místy → princip jejich vzájemného potvrzování zajišťuje s vysokou pravděpodobností odstranění náhodných přenosových chyb.
- U protokolu **HDLC** existuje několik možných režimů přenosu → ve veřejné datové síti se nejčastěji užívá **asynchronní vyvážený režim ABM (Asynchronous Balanced Mode)** → provoz mezi provozně rovnoprávnými stanicemi.

Spojová vrstva – výměna rámců HDLC

stanice S_1



stanice S_2



- Stanice S_1 vyšle úvodní nečíslovaný rámeč **U** (**SABM** – pracuj v režimu **ABM**) →
 - stanice S_2 kladně odpoví nečíslovaným rámcem **U** (**UA** – potvrzeno) → stanice S_1 pak vyšle informační rámeč **I** obsahující uživatelská data → stanice S_2 potvrdí příjem informačního rámce **I** pomocí dohlížecího rámce **S** (**RR** – příjem připraven) →
 - stanice S_1 vyšle nečíslovaný rámeč **U** s povelom pro zrušení okruhu (**DISC** – rozpoj) →
 - stanice S_2 potvrdí zrušení okruhu nečíslovaným rámcem **U** (**UA** – potvrzeno)

Protokoly vyšších vrstev

- Pro datovou komunikaci v telekomunikačních sítích je klíčová **vrstva síťová** (3.vrstva) modelu **RM-OSI**, která zajišťuje doručení zpráv segmentovaných do paketů k příjemci na základě adresové informace.
- Pro veřejnou datovou síť byl standardizován protokol **ITU-T X.25** → paketový způsob komunikace s vystavěním spojení před zahájením komunikace a přenosem po vytvořených virtuálních okruzích → **vytyčovací paket**.
- Oproti tomu protokol **IP** používá paketovou komunikaci bez potřeby vytváření spojení.
- Pro zrychlení a zefektivnění komunikace byly vytvořeny koncepce přesouvající některé funkce 3.vrstvy na 2.vrstvu → technika přepojování rámců **Frame Relay**.
- Myšlenka jednotné délky rámce dala vzniknout technologii **ATM** s přepínáním buněk.
- Nejnovějším trendem je zavádění protokolu **MPLS** (**Multi-Protocol Label Switching**), který může využívat různých kombinací protokolů, ale nejčastěji se používá v páteřních sítích pro přenos paketů protokolu **IP** → zrychlení zpracování paketů v páteřní síti → adresová informace se zpracovává jen v hraničních směrovačích (**Edge Routers**) a uvnitř sítě se provádí rychlé přepínání na základě návěstí → virtuální cesty (**VP**) a virtuální kanály (**VC**) sítě **ATM**.

Konec prezentace

Děkuji za pozornost