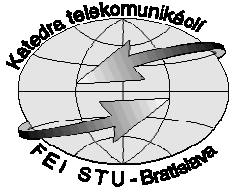


Integrácia a konvergencia digitálnych sietí a služieb

garant: prof. Ing. Ivan Baroňák, PhD.

prednášajúci: Ing. Erik Chromý, PhD.

cvičiaci: Ing. Ján Hodál, Ing. Matej Kavacký, PhD. (vedúci cvičení)



Integrácia a konvergencia digitálnych sietí a služieb

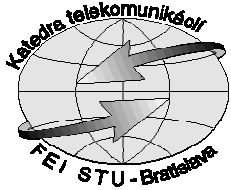
Podmienky absolvovania predmetu

- Získanie zápočtu aktívnou účasťou na cvičeniach a úspešným zvládnutím úloh.
- Úspešné absolvovanie skúšky.

Celková známka na skúške bude odvodená od bodového hodnotenia:

- a) cvičenia **max. 40 bodov**,
- b) písomná časť skúšky **max. 60 bodov**.

<http://elearn.elf.stuba.sk/moodle/>



Integrácia a konvergencia digitálnych sietí a služieb

Podmienky absolvovania predmetu

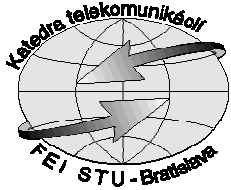
Na úspešné absolvovanie skúšky je nutné dosiahnuť celkovo (a+b) minimálne 56 bodov, pričom **úspešnosť na skúške je podmienená dosiahnutím minimálne:**

- 20 bodov za cvičenia,
- 30 bodov z písomnej skúšky.

Na prednáške bude možné získať bonusové body, ktoré sa započítajú k hodnoteniu zo skúšky.

Hodnotenie skúšky:

podľa klasifikačnej stupnice skúšobného poriadku FEI STU.



Integrácia a konvergencia digitálnych sietí a služieb

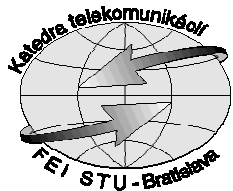
Podmienky absolvovania predmetu

Podmienky získania zápočtu:

- aktívna účasť na cvičeniach,
- **žiadna neospravedlnená** absencia na cvičeniach,
- **max. 2 absencie s lekársnym potvrdením o práceneschopnosti.**

Hodnotenie na cvičeniach:

- max. 40 bodov na základe kontrolného testu (**10. týždeň**),
- na získanie zápočtu je potrebné získať **minimálne 20 bodov.**



Integrácia a konvergencia digitálnych sietí a služieb

Základné pojmy a úvod do ISDN

Spojenie

Spojenie - predstavuje trvalý alebo dočasný komunikačný vzťah medzi dvoma alebo viacerými entitami v komunikačnej sieti

Fázy spojenia:

- vybudovanie: vyžaduje sa riadiaca informácia,
- informačná výmena: prenos, alebo vzájomná výmena informácie medzi koncovými bodmi spojenia,
- zrušenie spojenia: je riadený riadiacou informáciou.

Signalizácia - riadiaci proces na vybudovanie a zrušenie spojenia

Formy spojovania

Spojovo orientovaná komunikácia

- fáza vybudovania a zrušenia spojenia,
- typickým príkladom je klasická telefónna sieť,
- signalizácia,
- dva typy spojenia: fyzické spojenie a virtuálne spojenie.

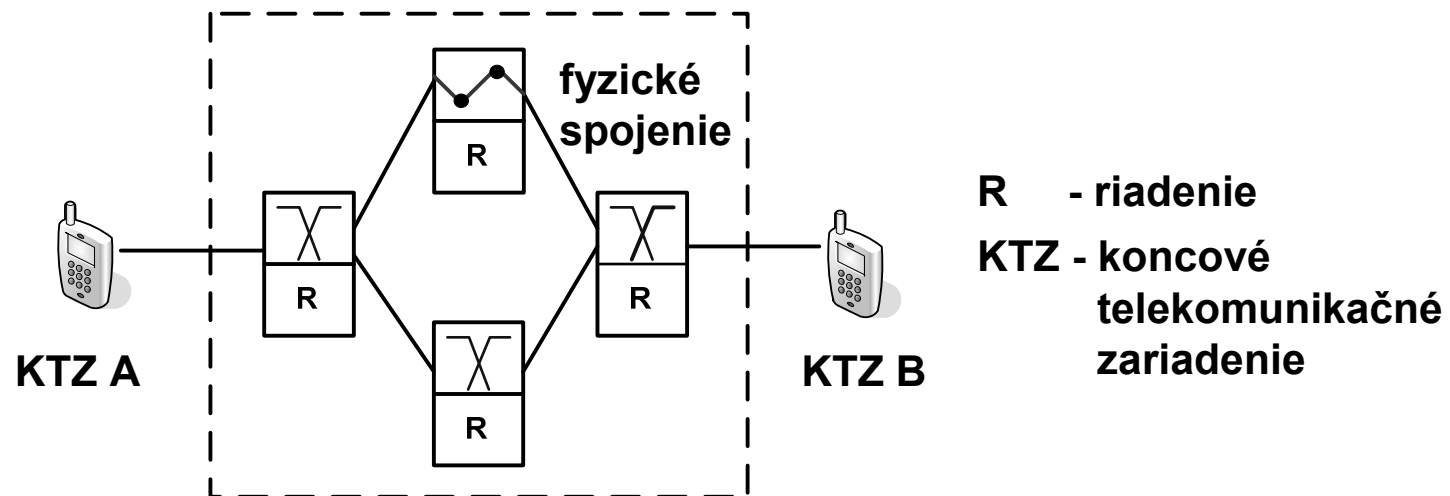
Komunikácia bez spojovej orientácie (datagramová komunikácia)

- pre sporadickú komunikáciu s malým množstvom prenášaných dát,
- nie je potrebná signalizácia: smerovaciu informáciu nesie paket.

Spojovo orientovaná komunikácia

Fyzické spojenie

- medzi koncovými zariadeniami je vytvorená trvalá komunikačná cesta,
- parametre sa počas spojenia nemenia,
- vhodné pre signály v reálnom čase,
- vytvorené spojenie je vyhradené len pre dané spojenie.



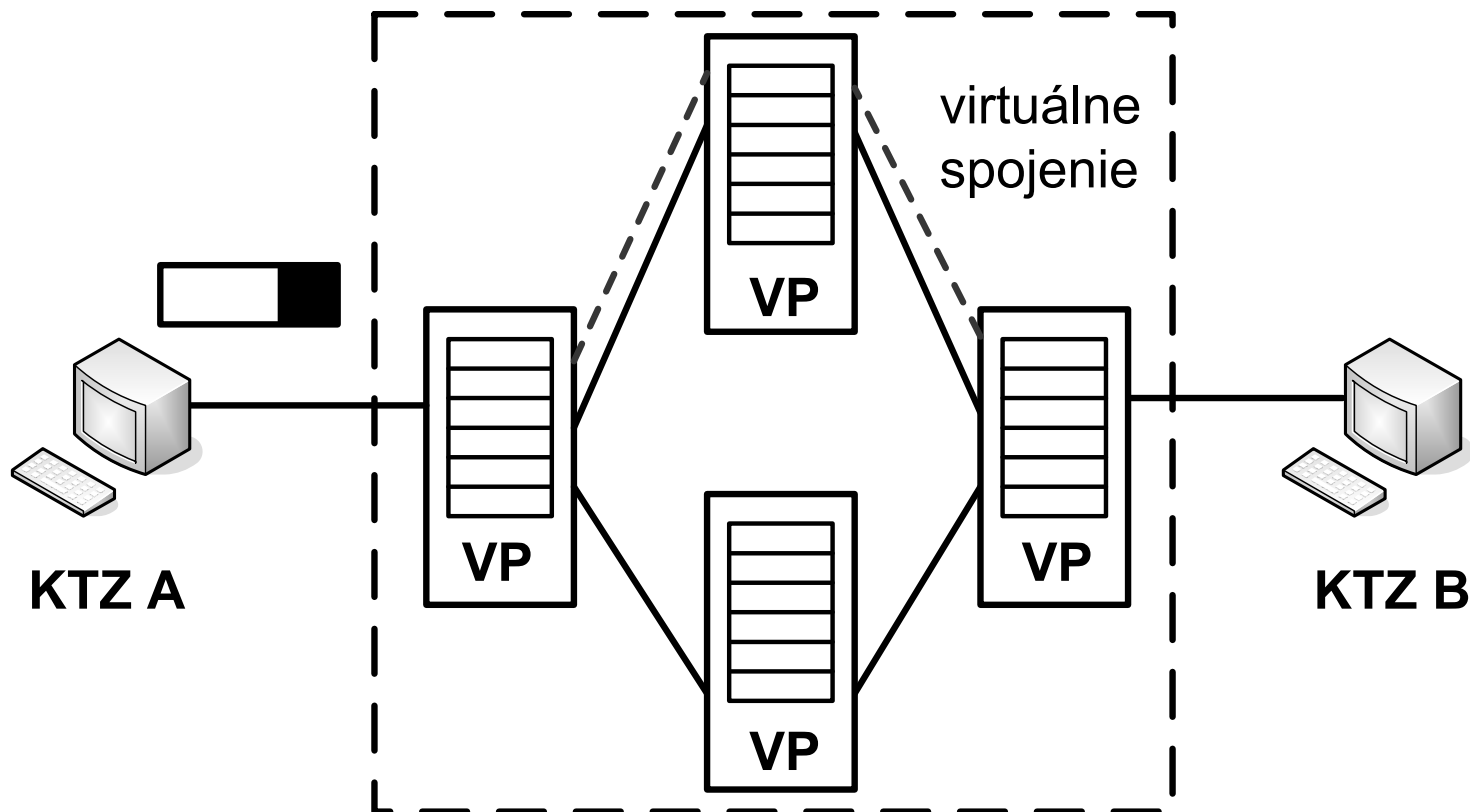
Spojovo orientovaná komunikácia

Virtuálne spojenie

- po vybudovaní spojenia nie je rezervovaná trvalá fyzická cesta,
- prenášaná informácia je delená na bloky (pakety),
- tú istú fyzickú cestu môžu využívať pakety z rôznych spojení,
- dynamické pridelovanie spojovacích a prenosových prostriedkov podľa potreby (možný konflikt medzi paketmi),
- vyrovnávacie pamäte (spôsobujú premenlivé oneskorenie),
- nie je vhodné pre signály v reálnom čase.

Spojovo orientovaná komunikácia

Virtuálne spojenie



Komunikácia bez spojovej orientácie

Datagram

- druh spojenia bez nutnosti vybudovania a zrušenia komunikačnej cesty,
- v sieti nie je vybudovaná cesta,
- datagramový paket nesie smerovaciu informáciu,
- každý datagram môže využívať ľubovoľné uzly a prenosové časti siete,
- nie je zaručené správne poradie príchodu paketov a môže dôjsť k strate paketov v sieti.

Datagram s potvrdením

- rozšírenie datagramovej prevádzky,
- prijímacia strana potvrdzuje príjem každého paketu.

Multiplexné techniky

Viacero komunikačných procesov môže zdieľať spoločné prenosové alebo spojovacie médium.

Kanálový multiplex

- každé spojenie má pridelený komunikačný kanál s pevnou šírkou pásma,
- kanál je určený fyzickým vedením vo zväzku vedení, časovou polohou v synchrónnom časovom rámci, polohou nosnej na frekvenčnej osi, alebo vlnovou dĺžkou svetelnej nosnej,
- charakteristický transfer mód je prepájane okruhov.

Multiplexné techniky

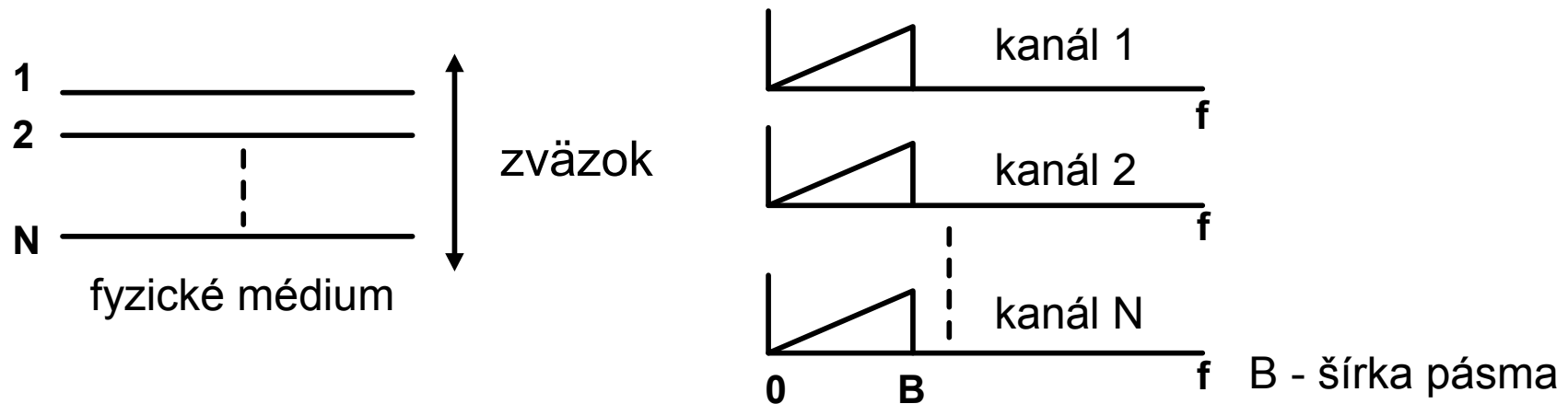
Adresový multiplex

- kanály môžu mať variabilné prenosové pásmo,
- informácia je delená na bloky (pakety) konštantnej, alebo variabilnej dĺžky,
- paket obsahuje riadiacu informáciu,
- podstatnou časťou riadiacej informácie je smerovacia informácia,
- charakteristický transfer mód je prepájanie paketov.

Multiplexné techniky

Priestorový multiplex (SDM - Space Division Multiplex)

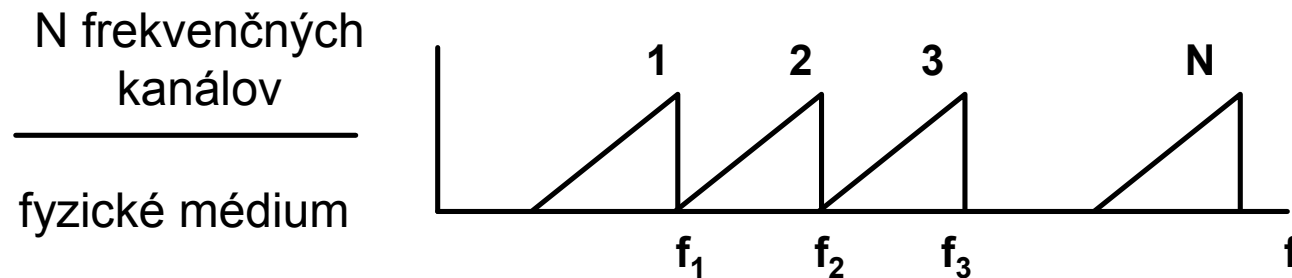
- patrí ku kanálovým multiplexom,
- jednotlivé spojenia sú oddelené fyzicky,
- prenosové médiá tvoria zväzok,
- spojenie môže byť aj dvojdrôtové, alebo štvordrôtové.



Multiplexné techniky

Frekvenčný multiplex (FDM - Frequency Division Multiplex)

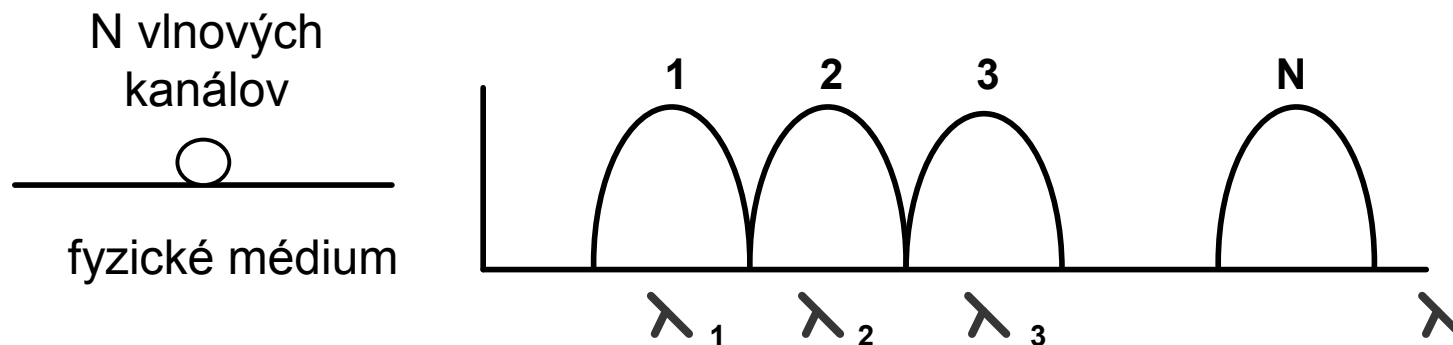
- patrí ku kanálovým multiplexom,
- jednotlivé spojenia zdieľajú to isté fyzické médium, ale sú oddelené frekvenčne,
- kanály sú na frekvenčnej osi posúvané procesom modulácie,
- typický hlavne pre analógovú prenosovú techniku.



Multiplexné techniky

Vlnový multiplex (WDM - Wavelength Division Multiplex)

- je modifikáciou frekvenčného multiplexu,
- kanál je určený polohou nosnej svetelnej vlny,
- prenosové médium je optické vlákno,
- narastá jeho dôležitosť aj v spojovacej technike.



Multiplexné techniky

Časový multiplex (TDM - Time Division Multiplex)

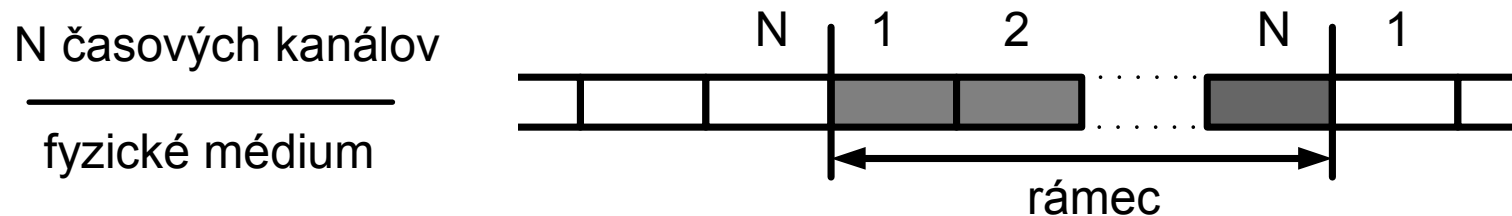
- v rôznych modifikáciách patrí ku kanálovým, alebo adresovým multiplexom,
- je základným multiplexom používaným v digitálnych spojovacích systémoch.
- **Synchronný časový multiplex**
- **Asynchronný časový multiplex**

Multiplexné techniky

Synchrónny časový multiplex

(STDM - Synchronous Time Division Multiplex)

- prideluje jednotlivým kanálom miesta na časovej osi v pravidelných intervaloch,
- intervaly sú dané vzorkovacou frekvenciou prenášaného signálu,
- signály bývajú zoskupené do vyšších hierarchií (rámce),



- je používaný v úzkopásmovej ISDN (N-ISDN),
- obsadzovanie multiplexu je realizované synchrónnym multiplexovaním.

Multiplexné techniky

Asynchrónny časový multiplex

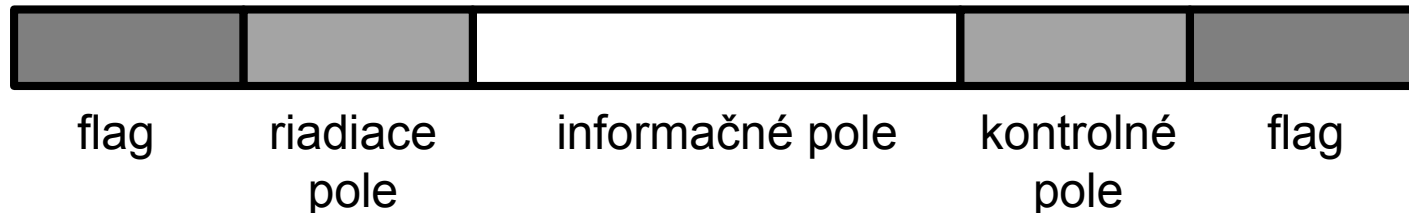
(ATDM - Asynchronous Time Division Multiplex)

- neprideluje kanály v pravidelných intervaloch (patrí k adresovým multiplexom),
- informácia je delená do paketov, ktoré sú odlíšené smerovacou informáciou.
- **ATDM s paketmi variabilnej dĺžky**
- **ATDM s paketmi konštantnej dĺžky**

Multiplexné techniky

ATDM s paketmi variabilnej dĺžky

- paket variabilnej dĺžky nemá implicitne dané hranice,
- riadiaca časť obsahuje informáciu o začiatku a konci paketu (flag),

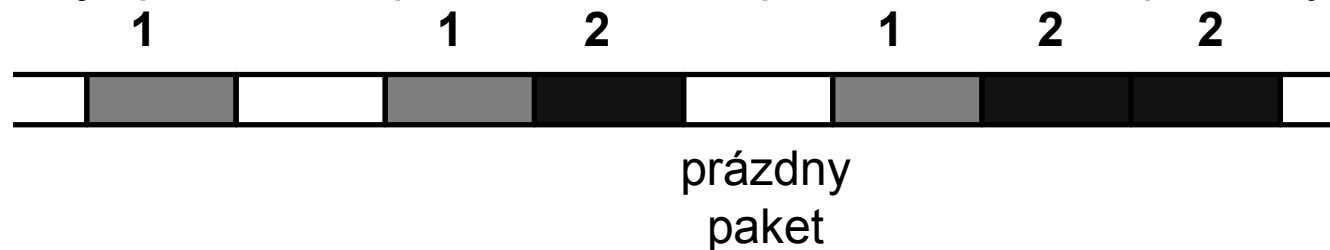


- riadiace pole,
- kontrolné pole,
- obsadzovanie miesta v multiplexe podľa požiadaviek (asynchrónne),
- štatistické multiplexovanie,
- ATDM je používané v bežnom prepájaní paketov.

Multiplexné techniky

ATDM s paketmi konštantnej dĺžky

- hranice paketu sú známe,
- paket je jednoznačne určený svojou polohou v rámci,
- časová os je rozdelená na rovnaké úseky,
- asynchrónny prenos - t.j. pakety obsadzujú miesta podľa potrieb spojenia,
- ak nie je paket k dispozícii, do multiplexu sa vkladá prázdny paket,

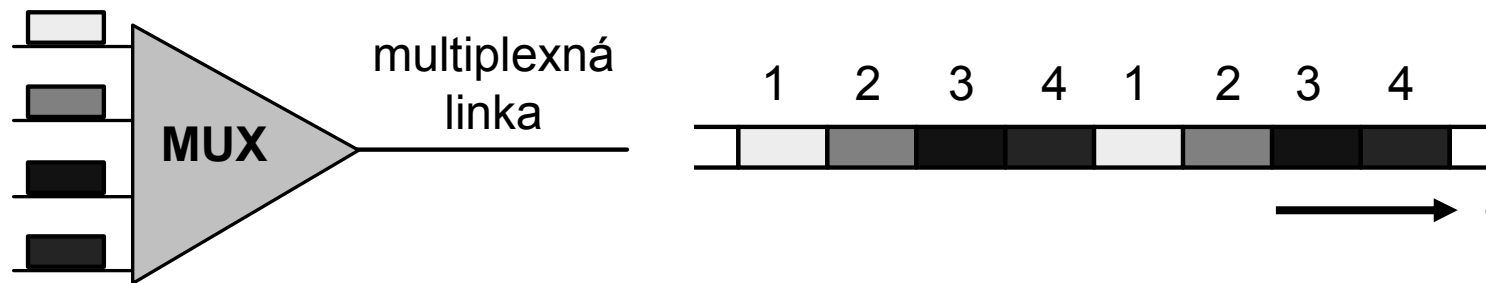


- ATDM sa používa v B-ISDN (FPS, ATM).

Multiplexné techniky

Synchrónne multiplexory

- prideluje vstupom výstupné časové kanály rovnomerne,

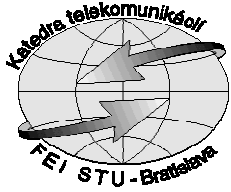


- vo výstupnom multiplexe je každý vstupný kanál určený svojou polohou,
- štruktúra rámcov je pevne daná a periodicky sa opakuje,
- nevýhoda sa prejaví, ak je na vstupných kanáloch nízka prevádzka,
- určený na prenos a prepájanie synchrónnych signálov (audio a video),
- zaručuje synchrónnosť prenosu a konštantné oneskorenie signálu.

Multiplexné techniky

Štatistické multiplexory

- výstupný multiplex je obsadzovaný podľa požiadaviek vstupu,
- kanál vo výstupnom multiplexe už nie je daný svojou časovou polohou, ale nesie so sebou aj informáciu, ktorá ho identifikuje,
- základný spôsob multiplexovania v B-ISDN.



Integrácia a konvergencia digitálnych sietí a služieb

Transfer módy

- prepájacie, prenosové a multiplexné techniky
- **Prepájanie okruhov**
- **Prepájanie paketov**
- **Rýchle prepájanie paketov**

Transfer módy

Prepájanie okruhov

- klasická telefónna sieť,
- medzi koncovými bodmi spojenia sa vytvorí komunikačný kanál (zriadený počas celej doby komunikácie).

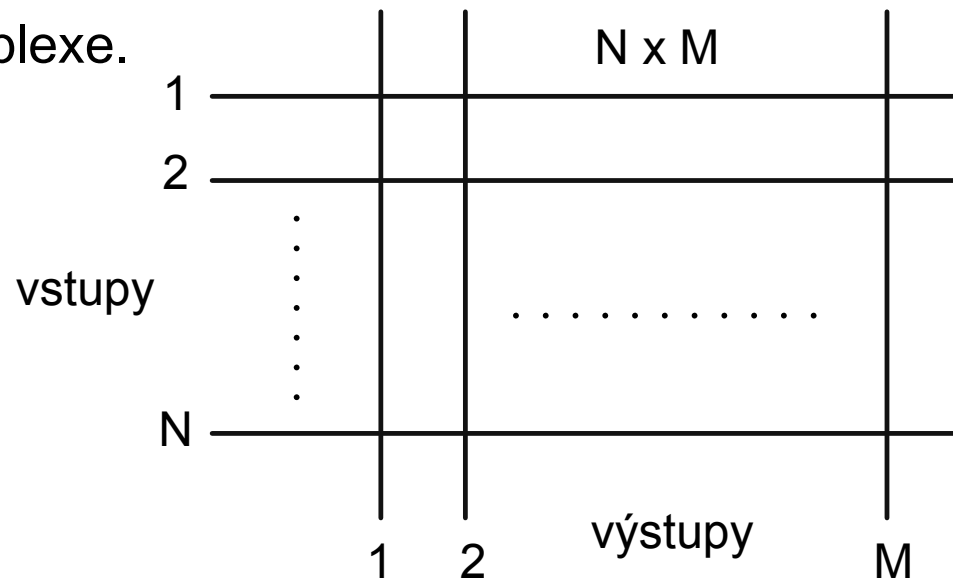
Prepájanie okruhov je možné rozdeliť na:

- prepájanie pomocou priestorového multiplexu,
- prepájanie pomocou časového multiplexu,
- prepájanie pomocou kombinácie priestorového a časového multiplexu.

Transfer módy - prepájanie okruhov

Priestorový spínač

- okruhy sú od seba oddelené priestorovo
(t.j. kanály sú nesené na rôznych prenosových médiách),
- dovoľí kanálom meniť fyzické médium, ale nie je možné meniť časovú polohu kanála v multiplexe.



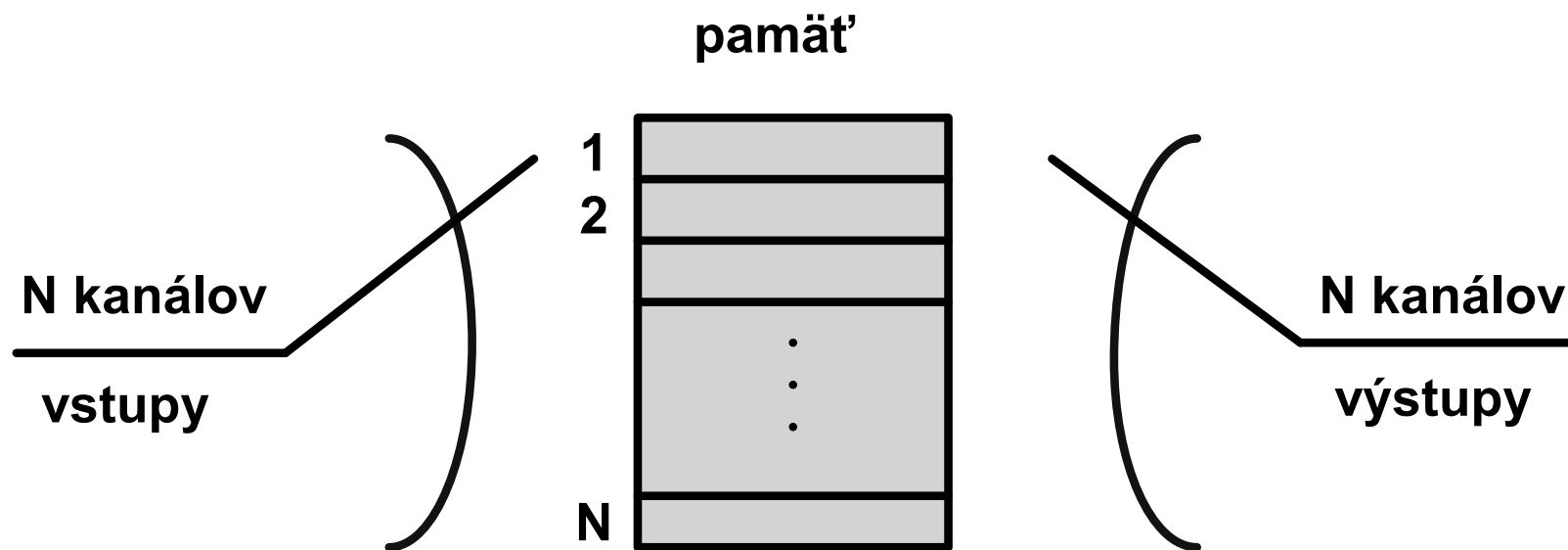
Transfer módy - prepájanie okruhov

Časový spínač

- kanály sú od seba oddelené rôznymi časovými polohami,
- všetky kanály sú fyzicky na tom istom prenosovom médiu,
- pri prechode časovým spínačom dôjde k zmene časovej polohy kanála,
- zmena je realizovaná pomocou zápisu a vyčítania z pamäti,
- časový spínač dovoľí zmenu časovej polohy kanála, ale nemôže zmeniť prenosové médium.

Transfer módy - prepájanie okruhov

Časový spínač



Transfer módy

Prepájanie paketov

- nie je zriadený trvalý okruh medzi koncovými bodmi spojenia,
- prenášaná informácia je delená na pakety,
- spojenie má virtuálny charakter,
- je možná spojovo orientovaná prevádzka a prevádzka bez spojovej orientácie,
- prepájanie paketov je výhodné pre pomalé dátové prenosy (nemajú synchrónny charakter, nie sú citlivé na zmeny oneskorenia, majú nárazový charakter).

Transfer módy

Rýchle prepájanie paketov (FPS - Fast Packet Switching)

- modifikácia paketového prepájania, ktorá odstraňuje zložitú funkcionality v smerovacích uzloch siete.

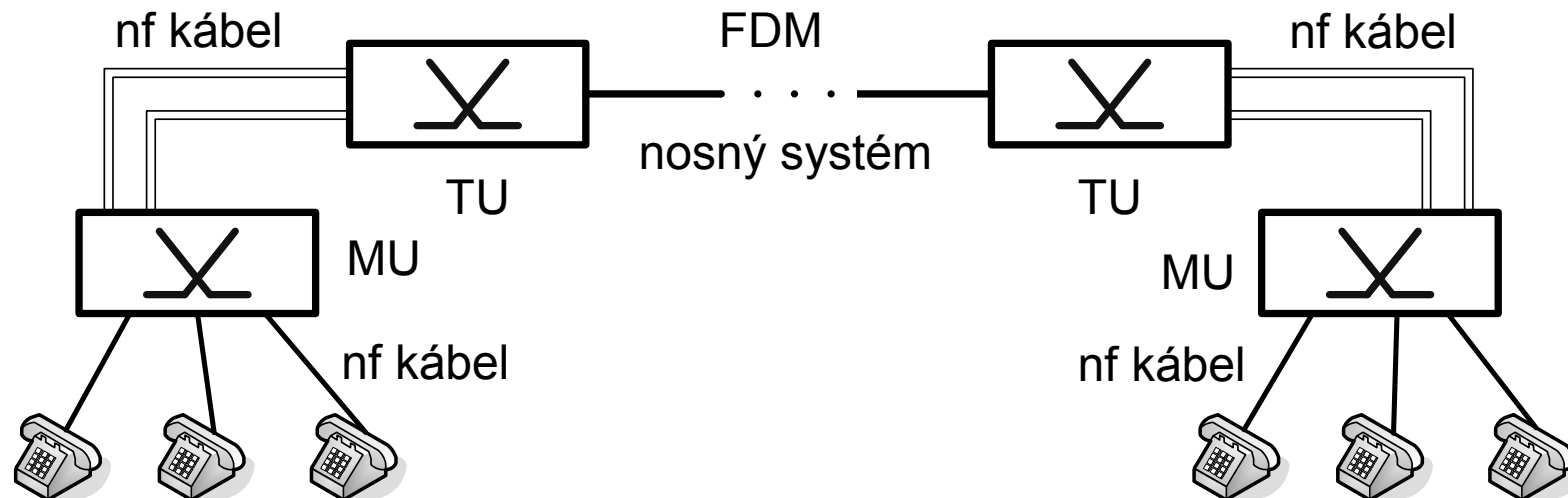
Základné vlastnosti:

- žiadna kontrola toku a kontrola chýb (optické prenosové médium),
- pakety konštantnej dĺžky,
- spojovo orientovaný mód činnosti,
- časová transparentnosť (z dôvodu minimálneho *procesingu* v sieti a paketov pomerne malej dĺžky),
- nezávislosť prenosu a spojovania od typu služby.

Vývoj k ISDN

1. Analógová telefónna sieť

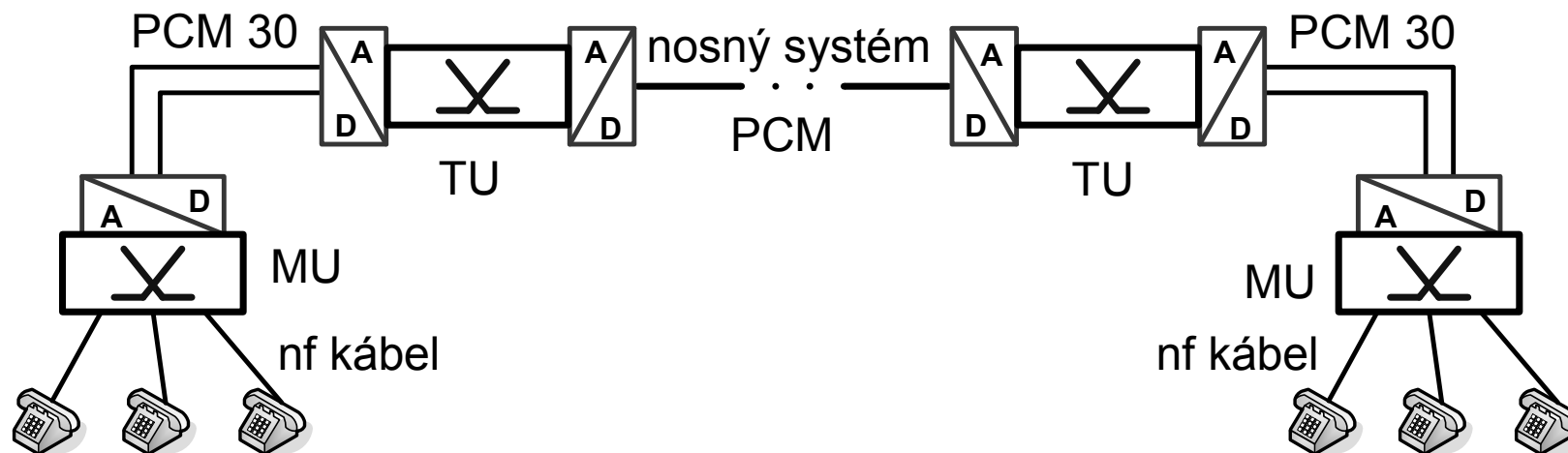
- prvý vývojový krok k zavedeniu ISDN,
- analógové spojovacie ústredne a analógový prenos medzi ústredňami.



Vývoj k ISDN

2. Analógové spojovacie zariadenia s digitálnym prenosom

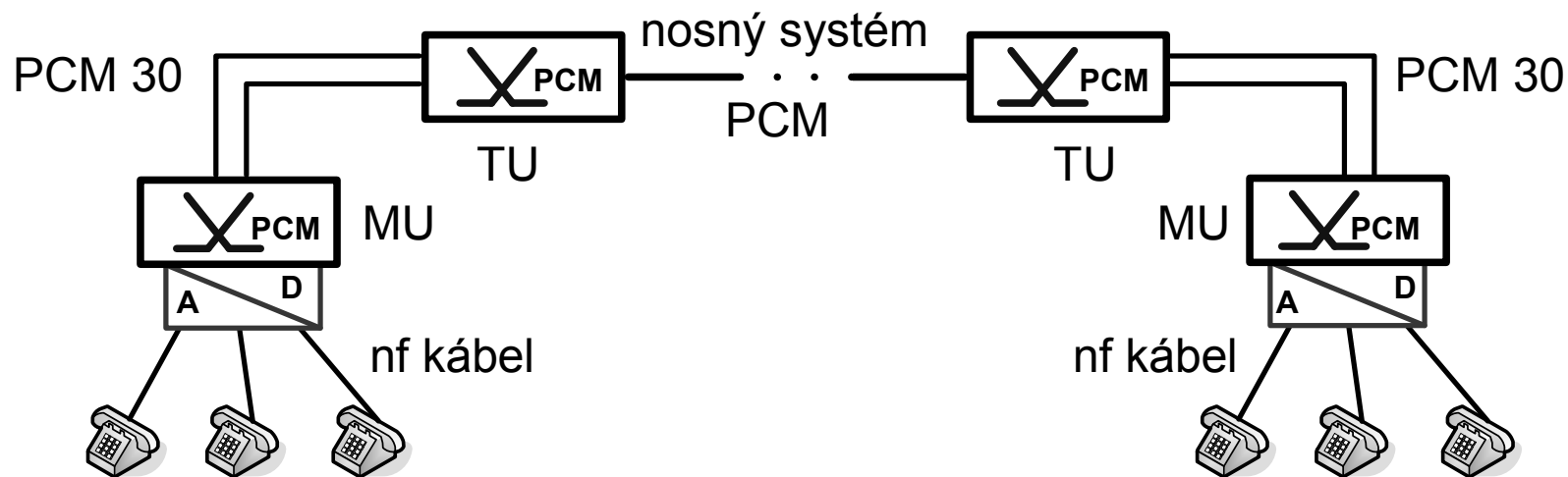
- analógové koncové zariadenia, analógová prípojka v účastníckej sieti, analógové spojovacie zariadenia,
- digitálne prenosové trasy (PCM).



Vývoj k ISDN

3. Digitálna sieť

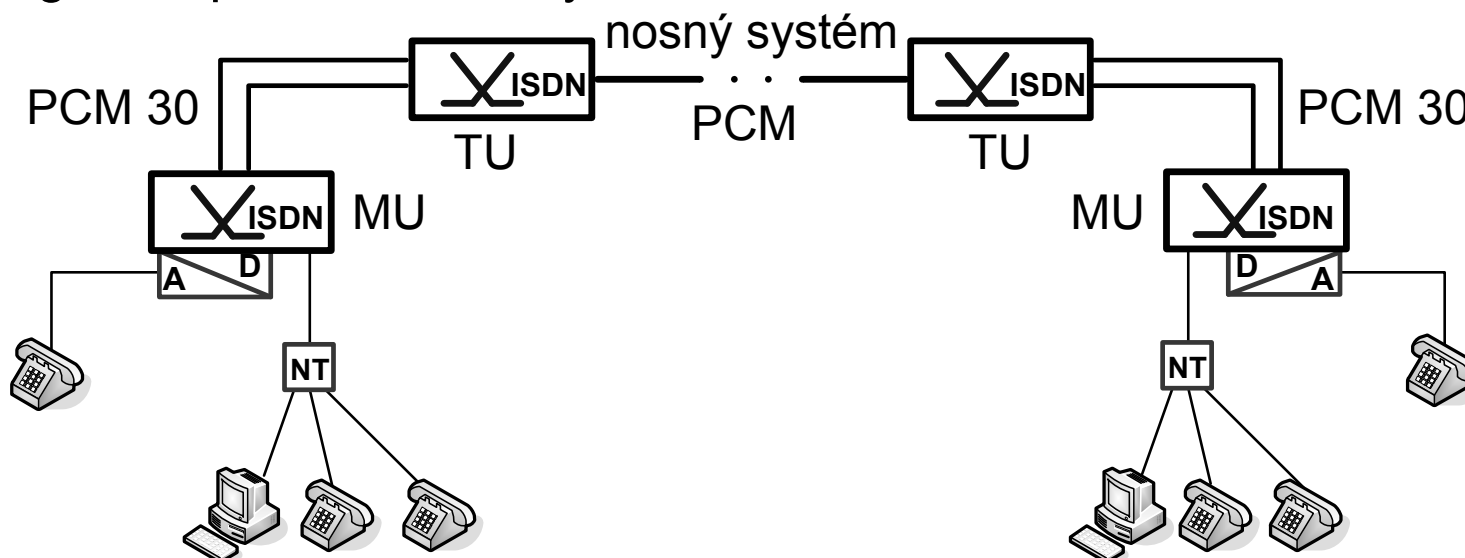
- analógové koncové zariadenia, analógová účastnícka prípojka,
- digitálne spojovacie zariadenia (priestorový aj časový multiplex),
- digitálne prenosové trasy.



Vývoj k ISDN

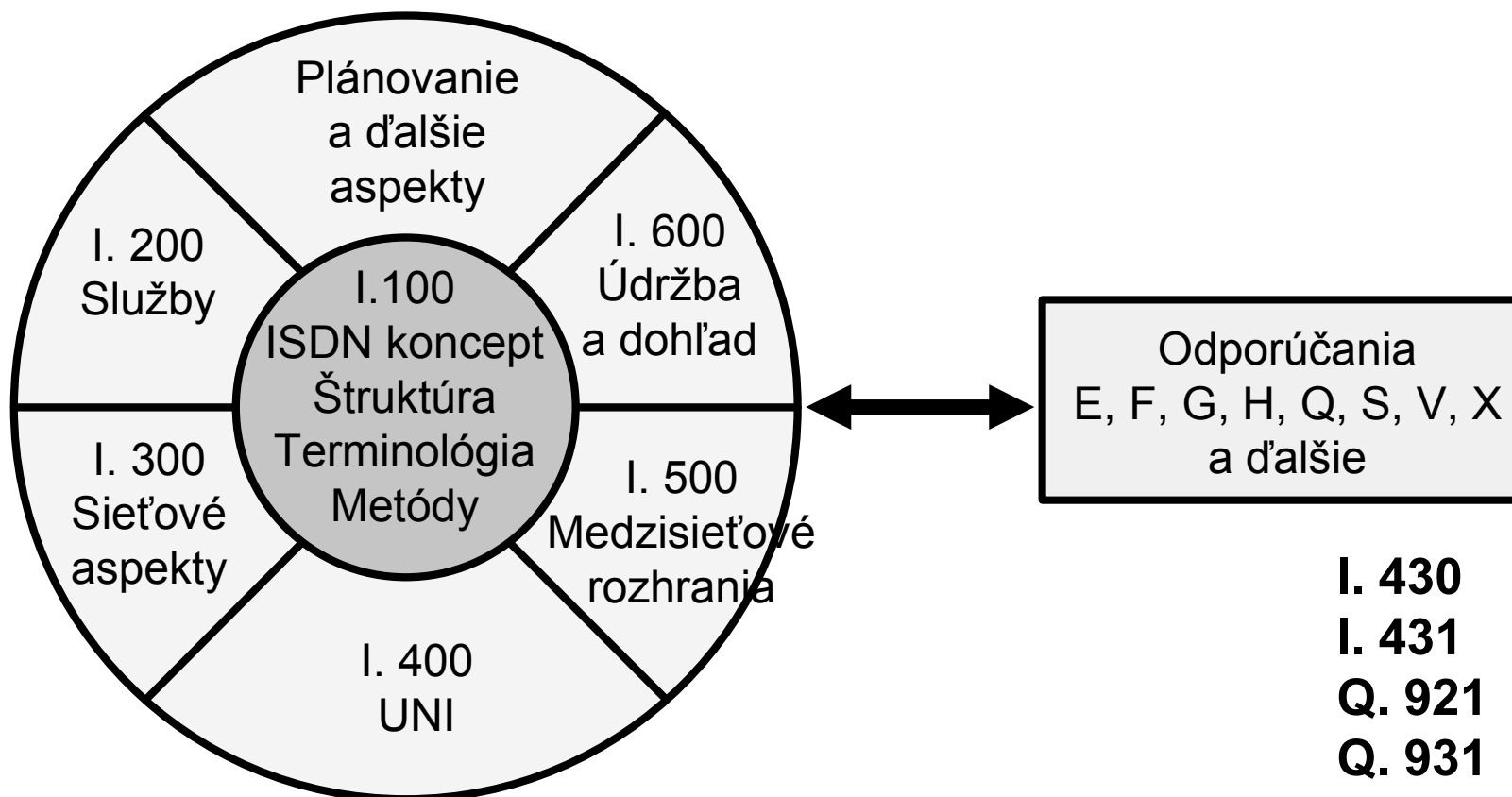
4. ISDN

- analógové aj digitálne koncové zariadenia,
- digitálna účastnícka sieť, digitálne spojovacie zariadenia, digitálne prenosové trasy.



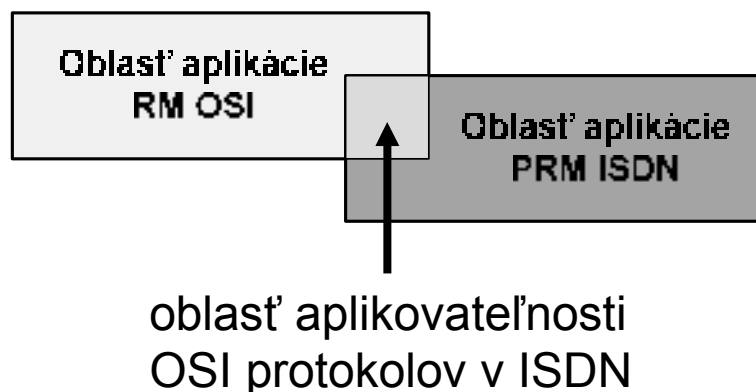
Odporúčania k ISDN

Odporúčania série I.xxx

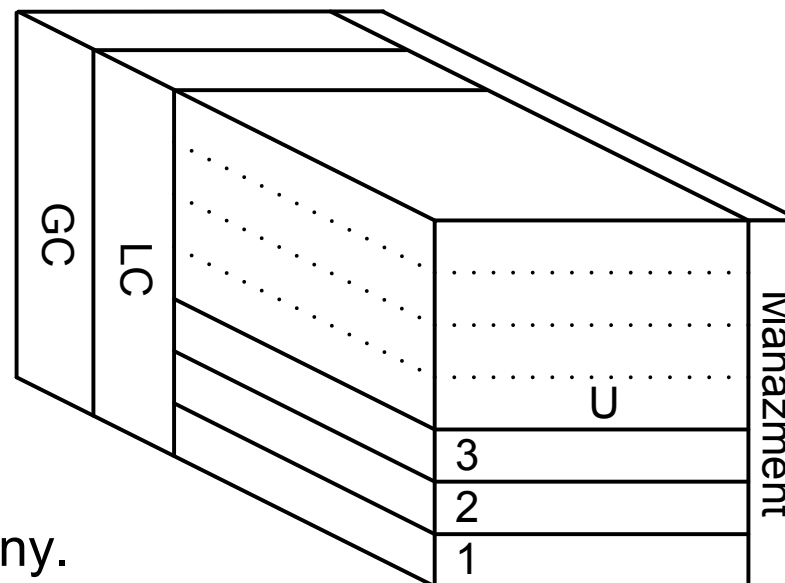


ISDN protokolový referenčný model

Cieľom ISDN protokolového referenčného modelu je modelovať spojenia a výmenu informácií cez ISDN alebo vo vnútri ISDN.



Protokolový referenčný model je členený na vrstvy a roviny.



ISDN protokolový referenčný model

Používateľská rovina (U) - prenos informácie medzi používateľskými aplikáciami.

Riadiaca rovina (C) - zabezpečuje prenos riadiacej informácie pre riadenie spojení v používateľskej rovine.

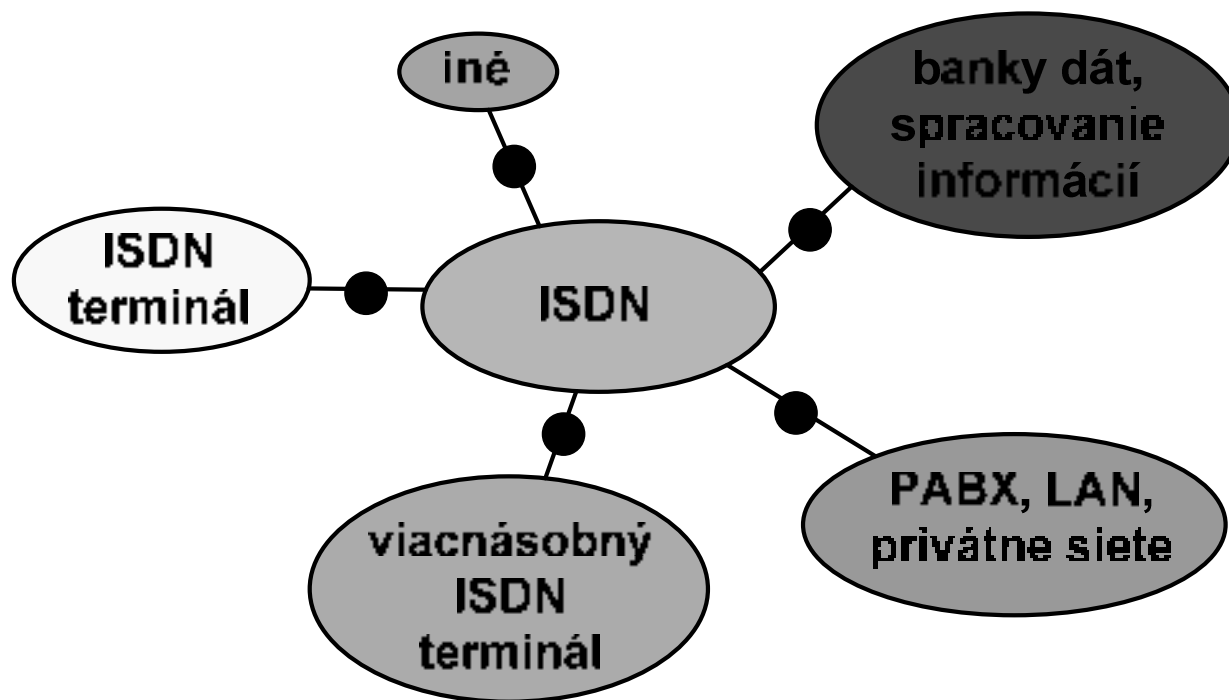
Hlavné úlohy: zostavenie a zrušenie spojenia, dohľad nad spojením a zabezpečenie doplnkových služieb.

Manažmentová rovina (M) - celkový dohľad nad sieťou a nad ostatnými rovinami.

Vzhľadom na to, že ISDN je synchrónna sieť s prepájaním okruhov, používa (až na niektoré výnimky) prvé tri vrstvy na komunikáciu.

Používateľské rozhranie - UNI

UNI (User Network Interface)



Možné prípady používateľských rozhraní UNI

Používateľské rozhranie - UNI

- jednoduchý ISDN terminál,
- viacero ISDN terminálov cez viacnásobnú účastnícku prípojku,
- neverejná telekomunikačná sieť,
- špeciálne zariadenia (napr. systémy na spracovanie informácií),
- ...

UNI podporuje univerzálnosť siete:

- to isté rozhranie používajú rôzne typy terminálov a rôzne aplikácie,
- prenositeľnosť terminálov,
- umožňuje ďalší vývoj zariadení,
- spojenie ISDN sietí s inými typmi sietí.

Používateľské rozhranie - UNI

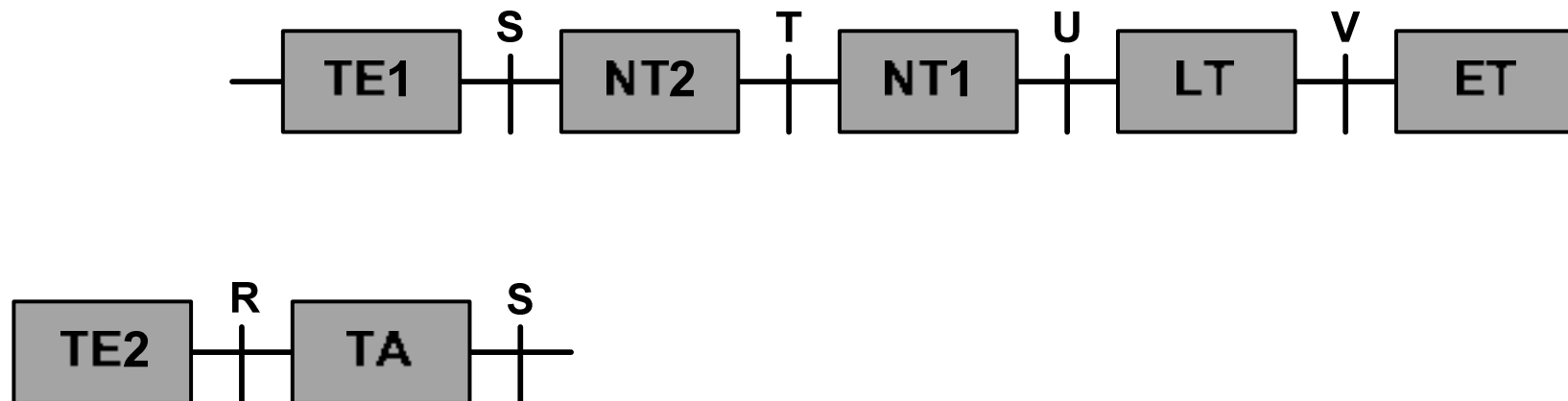
Referenčné konfigurácie - konfigurácie vhodné na identifikáciu rôznych fyzických používateľských prístupov k ISDN.

Funkčné skupiny - množiny funkcií, ktoré môžu byť vyžadované na používateľskom prístupe k ISDN.

Referenčné body - koncepčné body, ktoré oddelujú funkčné skupiny. (referenčné body môžu zodpovedať fyzickým rozhraniám medzi prístrojmi)

Používateľské rozhranie - UNI

Základná referenčná konfigurácia pre ISDN



⊕ - referenčný bod - funkčná skupina

Používateľské rozhranie - UNI

TE (Terminal Equipment) - **Terminálové zariadenie**

(digitálne telefóny, dátové terminály, pracovné stanice)

- spracovanie protokolov,
- funkcie údržby a rozhrania,
- funkcie pre spojenie k iným zariadeniam.

TE1 (*ISDN zariadenie*)

- zahŕňa funkcie TE a má rozhranie zodpovedajúce ITU-T odporúčaniam.

TE2 (*nie ISDN zariadenie*)

- zahŕňa funkcie TE, ale má rozhranie, ktoré nezodpovedá ITU-T odporúčaniam.

Používateľské rozhranie - UNI

TA (Terminal Adaptor) - **Terminálový adaptér**

- slúži na pripojenie TE2 na ISDN UNI rozhranie,
- medzi referenčnými bodmi R a S, R a T.

NT1 (Network Termination 1) - **Sieťové ukončenie 1**

- zahŕňa funkcie fyzickej vrstvy Referenčného modelu OSI,
- ukončenie prenosových liniek,
- údržba a monitorovanie vo vrstve 1,
- časovanie (synchronizácia),
- prenos napájacieho napätia,
- multiplexovanie vo vrstve 1,
- ukončenie účastníckeho rozhrania.

Používateľské rozhranie - UNI

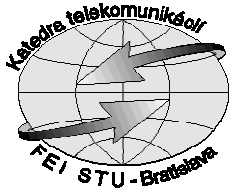
NT2 (Network Termination 2) - Siet'ové ukončenie 2

- zahŕňa funkcie fyzickej vrstvy RM OSI, ale aj vyšších vrstiev,
- vo funkcii NT2 sú PABX, LAN, ...,
- spracovanie protokolov vo vrstve 2 a 3,
- multiplexovanie vo vrstve 2 a 3,
- spojovanie,
- koncentrácia,
- funkcie údržby a monitorovania,
- ukončenie účastníckeho rozhrania.

Používateľské rozhranie - UNI

LT (Line Termination) - Linkové ukončenie

- ukončenie prenosových liniek z UNI v spojovacom zariadení, z hľadiska prenosových funkcií,
- napájanie NT,
- napájanie regenerátorov na prenosových linkách,
- slučkové testy pre linky,
- regenerácia signálov,
- konverzie kódov.



Používateľské rozhranie - UNI

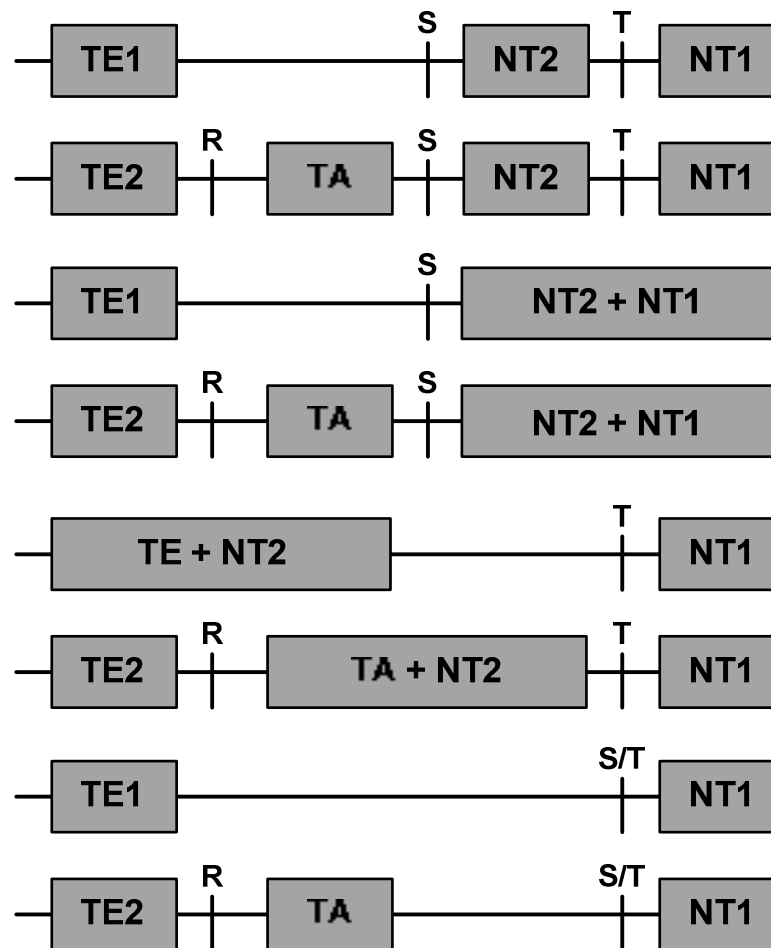
ET (Exchange Termination) - Ústredňové ukončenie

- ukončenie prenosových liniek z UNI v spojovacom zariadení z hľadiska riadenia.

LT a ET patria k spojovaciemu zariadeniu a nie sú špecifikované ako UNI.

Používateľské rozhranie - UNI

varianty
referenčnej
konfigurácie



Kanály na UNI

B kanál

- prenos používateľskej informácie,
- prenosová rýchlosť 64 kbit/s,
- pri prenose s prepájaním okruhov nikdy nenesie signalizačnú informáciu,
- B kanály môžu poskytovať viacero komunikačných módov: prepájanie okruhov, prepájanie paketov, semipermanentné spojenia.

Kanály na UNI

D kanál

- prenos signalizácie v móde prepájania okruhov,
- prenosová rýchlosť je 16 kbit/s, alebo 64 kbit/s
(závisí od typu prístupu do siete),
- je paketovo orientovaný,
- v móde prepájania paketov môže slúžiť na prenos používateľskej informácie.

Kanály na UNI

H kanál

- prenos používateľskej informácie,
- prenosové rýchlosti sú násobkami základného B kanála,

H_0 kanál: 384 kbit/s (6 x B kanál)

H_1 kanál: H_{11} 1536 kbit/s (24 x B kanál)

H_{12} 1920 kbit/s (30 x B kanál)

- prenos a prepájanie signálov: video (telekonferencia), rýchly prenos dát, kvalitné audio, multiplex viacerých signálov.

Prístupy na UNI

Základný prístup (Basic Rate Access - BRA)

(Basic Rate Interface - BRI)

- $2B + D$ ($2 * 64 \text{ kbit/s} + 16 \text{ kbit/s}$),
- B kanály sú využívané nezávisle od seba.

Prístup primárnym multiplexom (Primary Rate Access - PRA)

(Primary Rate Interface - PRI)

- rozdielne štandardy pre Európu a pre USA,
- prenosová rýchlosť pre B a D kanál je 64 kbit/s ,
- T1 (1544 kbit/s): $23B + D$,
- E1 (2048 kbit/s): $30B + D$.

Prístupy na UNI

Prístup primárnym multiplexom H_0

- kombinácia H_0 kanálov + D kanál (alebo bez D kanála),
- prenosová rýchlosť D kanála je 64 kbit/s.
- 1544 kbit/s ($4 \times H_0$)
- 2048 kbit/s ($5 \times H_0 + D$)

Prístup primárnym multiplexom H_1

- použitie kanála H_{11} (1536 kbit/s), alebo H_{12} (1920 kbit/s),
- v prípade potreby signalizácie sa použije D kanál (64 kbit/s) mimo tohto prístupu.