

30.5.2007 – RT

1. Prevodníky A/D

- typy prevodníkov používané v DPS
- komparácia prevodníkov A/D, keď sú použité v DPS PCM 3, z hľadiska rýchlosti prevodu obvodov BČ a GČI
- bloková schéma prevodníka A/D po bitoch

2. Modulácia AKM

- princíp modulácie AKM s grafickým znázornením
- bloková schéma prenosového systému s moduláciou AKM
- komparácia prenosového systému s moduláciou AKM a s moduláciou PCM

3. Siete SDH

- základné sieťové prvky SDH
- sieťové topológie SDH
- pojmy cesta/linka/sekcia a interakcia medzi týmito vrstvami siete
- základné typy ochrán sieťovej prevádzky SDH

4. Číslicové prenosové systémy PDH a SDH

- porovnanie základných vlastností systémov PDH a SDH

2008 - RT

1. Prevodník Gray-Binary

- prevodník G-B pre 5-miestnu kombináciu v Grayovom kóde v tvare 01101, pričom bit MSB je logická nula na 1. mieste vľavo
- príslušná kvantizačná úroveň
- dynamický rozsah signálu, počet kvantizačných úrovní, rozsah 1.kvantizačnej úrovne, 9.kvantizačná úroveň

2. Bloková schéma komunikačného systému

- kompletná bloková schéma kom. systému z hľadiska moderných TLK technológií
- funkcia, význam, základné parametre a vlastnosti jednotlivých blokov

3. Synchronná časovacia hierarchia SDH

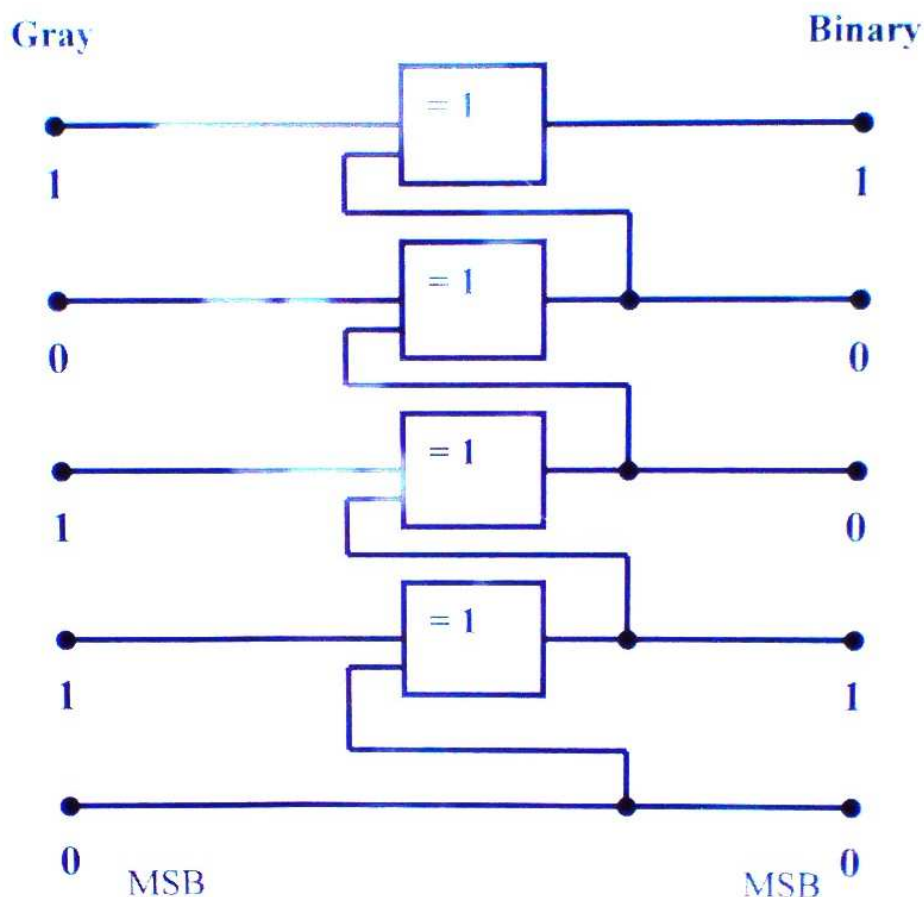
- architektúra časovania a prenosu taktovacieho signálu, úrovne stratum
- sieťové časovanie
- jitter, wander

4. Číslicový prenosový systém SDH

- základná multiplexná štruktúra, funkcia jednotlivých blokov a procedúr
- štruktúra prenosového rámca STM-1 a odvodenie prenosovej rýchlosti
- spôsob vytvorenia hierarchie SDH pomocou signálov STM-N

Prevodníky Gray-Binary

- I. Prevodník G-B pre 5-miestnu kódovú kombináciu v Grayovom kóde v tvare 01101, pričom bit MSB je logická nula na 1. mieste vľavo :



Príslušná 5-miestna kódová kombinácia v binárnom kóde s priamym usporiadaním váh je v tvare 01001, pričom bit MSB je logická nula na 1. mieste vľavo.

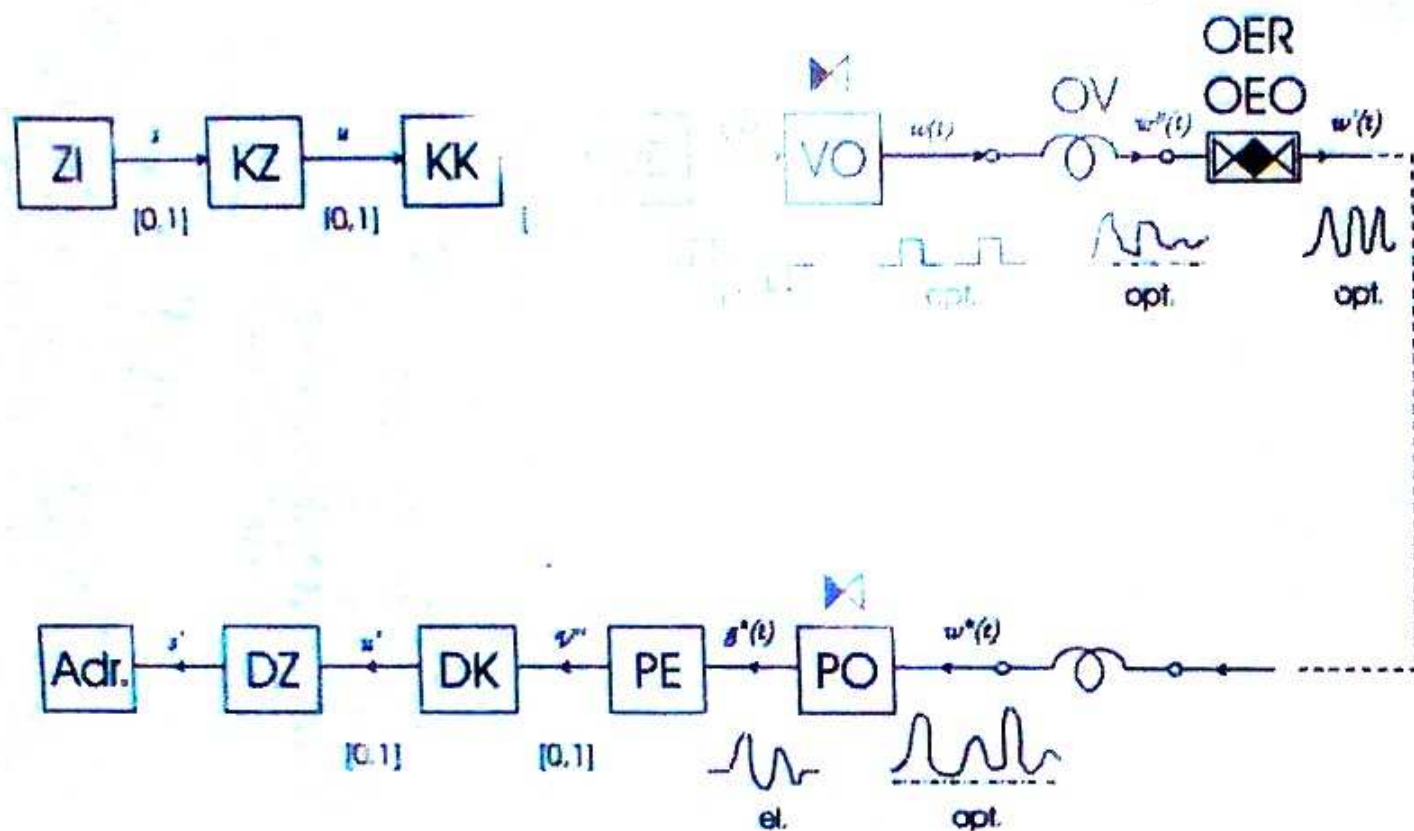
- II. Príslušná kvantizačná úroveň pre túto 5-miestnu kódovú kombináciu 01001 je $0.2^4 + 1.2^3 + 0.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0 = \underline{\underline{9. \text{ kvantizačná úroveň.}}}$

- III.

Dynamický rozsah signálu	3 V
Počet kvantizačných úrovní	$N_{KV} = 32$
Rozsah 1 kvantizačnej úrovne	$\Delta u = \frac{3V}{N_{KV} - 1} = \frac{3V}{31} = 0,096V$
9. kvantizačná úroveň	$QPAM_9 = 9. \Delta u = \underline{\underline{0,871 V}}$

Bloková schéma komunikačného systému

- I. Kompletná bloková schéma komunikačného systému z hľadiska moderných telekomunikačných technológií



- II. Funkcia, význam, základné parametre a vlastnosti jednotlivých blokov :

ZI - zdroj informácií

- spracúva pôvodnú informáciu vyjadrenú vo forme správ $s_1, s_2, \dots, s_{N_{sr}}$
- s - sú vlastne vzorky QPAM vyjadrené pomocou symbolov 0, 1 vo forme kódových slov
- je popísaný rozložením pravdepodobnostného poľa
- $s_1 \rightarrow p_1, s_2 \rightarrow p_2, s_{N_{sr}} \rightarrow p_{N_{sr}}$
- výdatnosť zdroja $N_{sr} = 2^{N_{sr}}$
- redundancia zdroja je nesystematického (stochastického) charakteru

$$R_z = H(0) - H(\alpha) \quad [\text{bit / správa}]$$

pričom $H(\alpha)$ je entropia

$$H(\alpha) = - \sum_{i=1}^{N_{Kl}} p_i \cdot \log(p_i) \quad [\text{bit / správa}]$$

a $H(0)$ je maximálna entropia, teda keď $p_1 = p_2 = \dots = p_{N_{sr}}$

KZ - kódér zdroja

- znižuje nesystematickú (stochastickú) redundanciu podľa možnosti na minimum

KK - kodér kanála

a) pridáva ku kódovým slovám na výstupe KZ systematickú redundanciu za účelom identifikácie a odstránenia chýb, ktoré vzniknú pri prenose

b) k informačným znakom „ i “ (N_{inf}) pridáva v kódovom slove kontrolné znaky „ k “, takže dĺžka kódového slova na výstupe KK bude $i + k = N_{\text{cod}}$

Z nich vyberie len tie, ktoré spĺňajú podmienku $d(x, y) \geq e + 1$, keď chcem identifikovať e chýb, keď chcem e chýb odstrániť, potom je podmienka $d(x, y) \geq 2e + 1$.

VE - priradí k symbolom 0,1 fyzikálnu interpretáciu, tzv linkové signály

VO - konvertuje signál elektrický $g(t)$ na optický výkon $w(t)$

OV - optické vlákno (vlnovod), prenosové médium

OER - konvertuje optický signál na elektrický; v elektrickej forme ho zregeneruje časovo (jitter) a tvarovo a kompenzuje straty prenosového média, potom ho konvertuje znova na optický výkon

PO - konvertuje prijatý signál na elektrický

PE - obsahuje koncový regenerátor, jeho funkcia je podobná ako priebežného regenerátora, na výstupe dostaneme kódové slová v

DK - opravuje chyby, ktoré vznikli pri prenose, pomocou systematickej redundancie

DZ - odstraňuje systematickú redundanciu

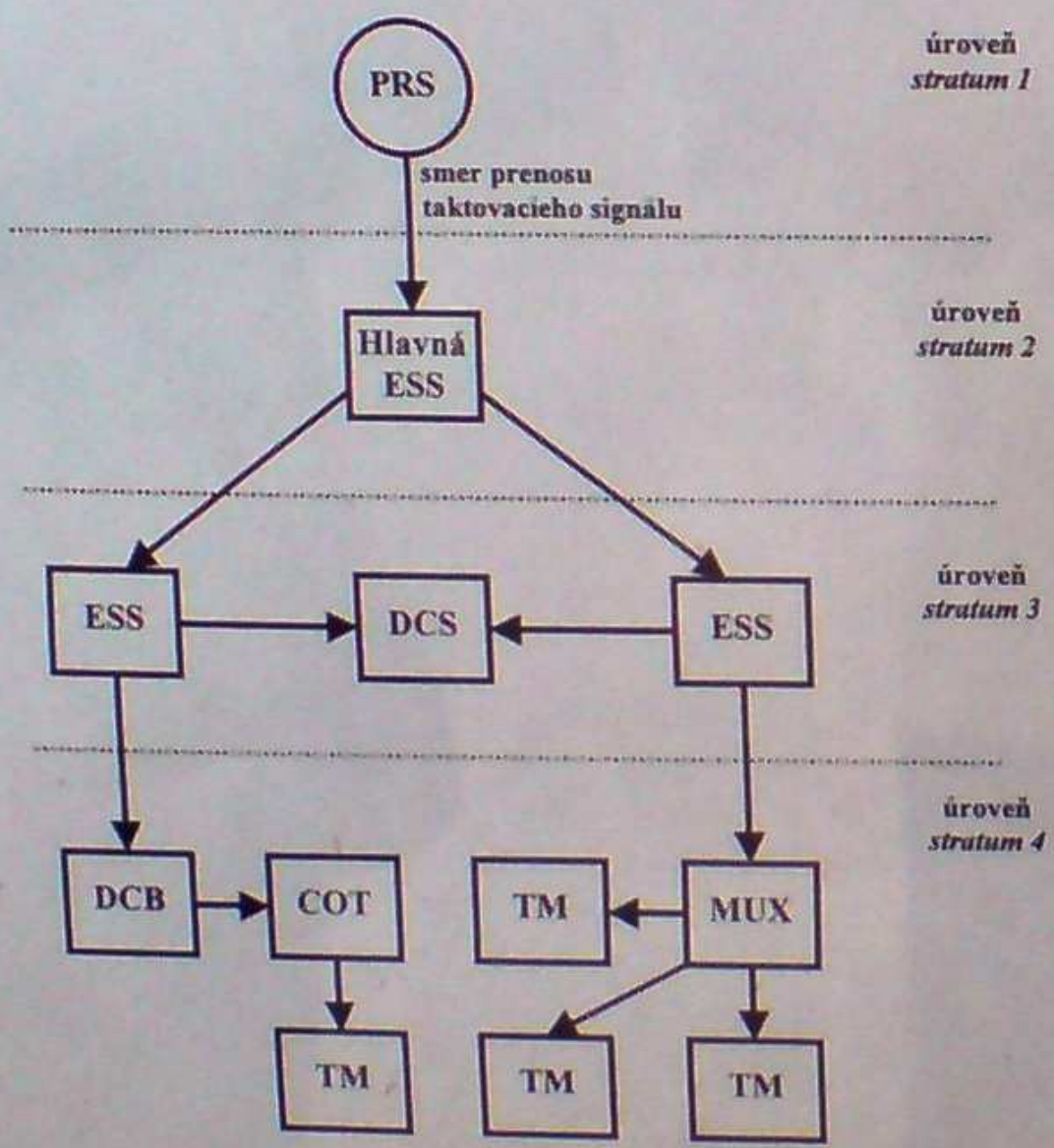
Adr - výhodnosti prijaté správy s na pôvodnú informáciu

Synchronná časovacia hierarchia SDH

- I. Architektúra časovania a prenosu taktovacieho signálu v synchronných digitálnych komunikačných sieťach je hierarchická. Každý sieťový uzol je nútený udržiavať taktovací signál s požadovanou frekvenčnou presnosťou, ktorá závisí od jeho hlavnej sieťovej funkcie, t. j. či sú od neho z dôvodu presnosti časovania ostatné sieťové uzly závislé.

Úrovne presnosti synchronnej časovacej hierarchie

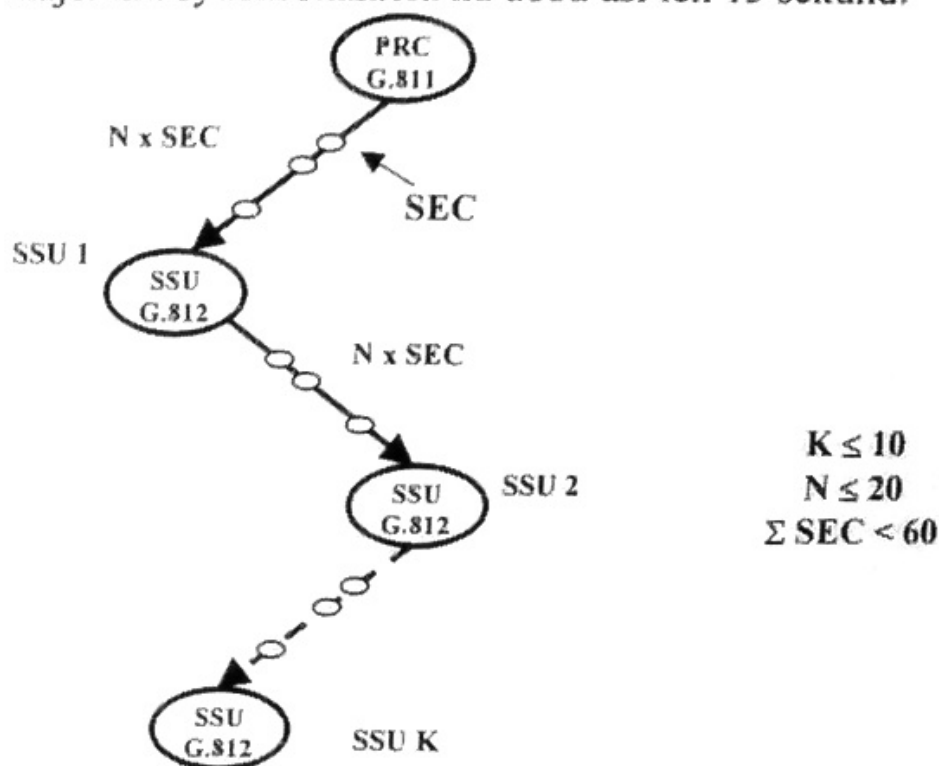
Úroveň STRATUM	Sieťové zariadenie
1	PRS
2	Hlavný ESS
3	ESS, DCS
4	MUX, PBX, DCB, COT



- II. Hlavný zdroj taktovacieho signálu PRC (ITU-T G.811) - Ak sa dodržia pravidlá platné pre synchronnú časovú hierarchiu a nevzniknú slučky taktovacieho signálu, dá sa týmto spôsobom zabezpečiť vysokokvalitná synchronizácia individuálnych sieťových prvkov.

Synchronizačná napájacia jednotka SSU (ITU-T G.812), nezávislý prvok známy ako slave hodiny - Ak je hlavný zdroj PRC neprístupný, jednotka SSU je schopná zabezpečiť synchronizáciu sieťových zariadení aspoň na dobu 24 hodín.

Najnižšou úrovňou zdrojov je synchronne taktovacie zariadenie SEC (ITU-T G.813), súčasť sieťových prvkov SDH. Jeho úlohou je minimalizácia fázových a frekvenčných zmien prijímacieho taktovacieho signálu. Ak zlyhajú všetky ostatné zdroje (PRC aj SSU), sieťové elementy SDH sú prostredníctvom zariadenia SEC schopné udržať vzájomnú synchronizáciu na dobu asi len 15 sekúnd.



Sieťové časovanie SSU a SEC

Regenerácia taktovacieho signálu je v elementoch SSU a SEC dosiahnutá použitím obvodov fázového závesu PLL (Phase-Locked Loop).

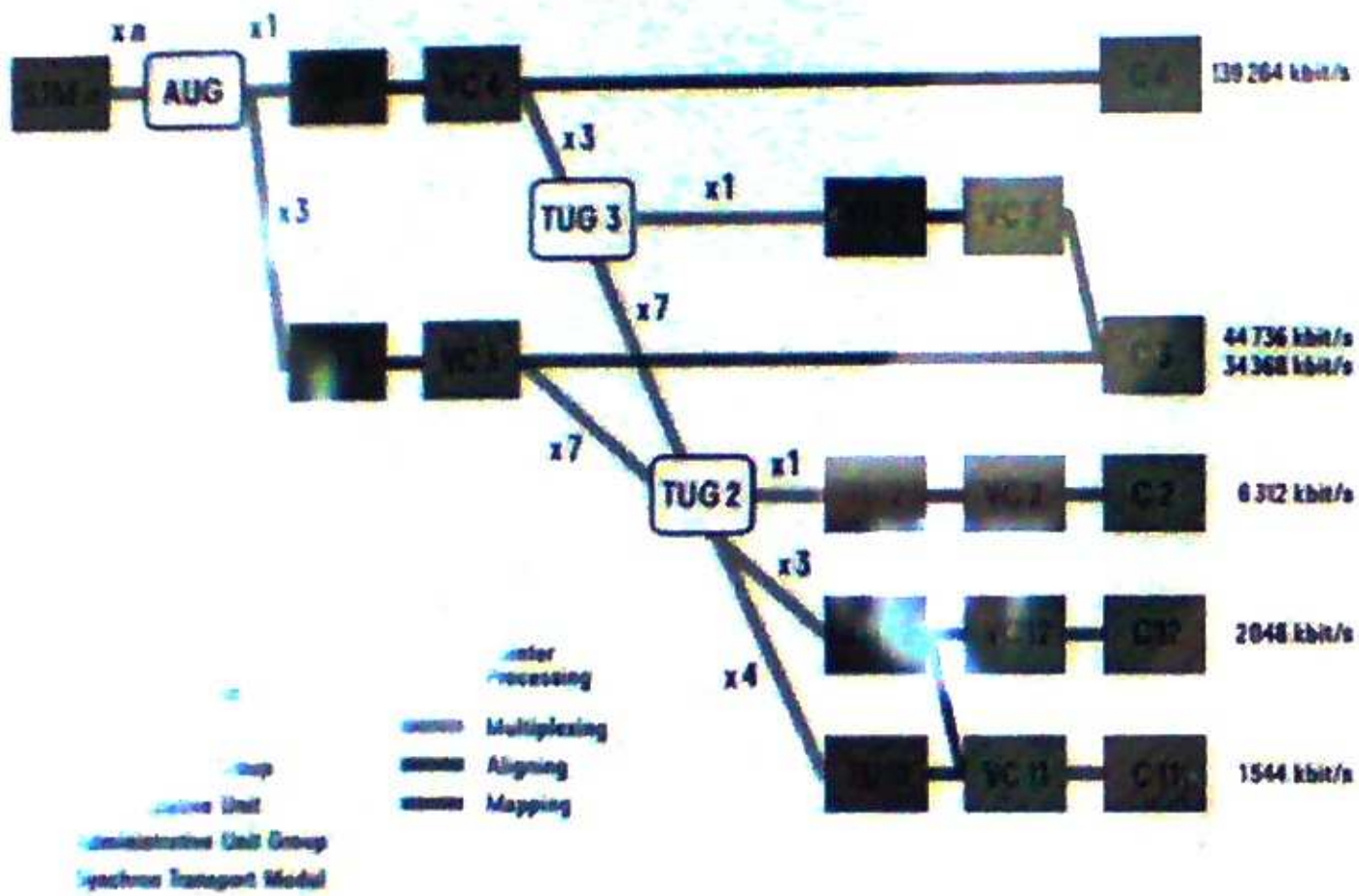
- III.

Jitter je definovaný ako krátkodobá odchýlka fázy číslicového signálu od jeho optimálnej pozície v čase, ktorá zahŕňa všetky odchýlky s frekvenciou nad 10 Hz od centrálnej frekvencie. Jitter sa rozdeľuje podľa zdroja jeho vzniku na tri základné typy – systematický (nezávislý od prenášanej postupnosti bitov), nsystematický (závislý od pseudonáhodného signálu) a stuffingový (daný vkladáním alebo vyberaním stuffingových bitov).

Wander je dlhodobá odchýlka fázy číslicového signálu a zahŕňa všetky fázové odchýlky s frekvenciou pod 10 Hz od centrálnej frekvencie. Frekvenčný wander môže vzniknúť pri hranici medzi dvoma sieťami, ktoré majú samostatné zdroje taktovacieho signálu PRC. Môže tiež vzniknúť medzi referenčnými (master) PRC a sekundárnymi (slave) SSU hodinami ako zdrojmi taktovacieho signálu v rámci jednej siete.

Číslicový prenosový systém SDH

- 1 Základná multiplexná štruktúra pre vytvorenie základného rámca STM-1 z rôznych vstupných pleziokronnych signálov z hierarchie PDH :



- 1 Funkcia jednotlivých blokov a procedúr :

kontajner C - každý kontajner zodpovedá existujúcej pleziokronnej bitovej rýchlosti, informácie z pleziokronného signálu sú mapované do kontajnera]

mapovanie - procedúra, ktorou sa upravujú prítoky do formy virtuálnych kontajnerov na začiatku multiplexnej štruktúry siete SDH

hlavička cesty POH_C - doplnková riadiaca informácia zabezpečujúca monitorovanie cesty

$$C + POH_C \rightarrow VC$$

virtuálny kontajner VC - samostatná skupina, ktorá môže byť v tejto podobe prenášaná na potrebné miesto (multiplexovaná do vyšších skupín alebo prepínaná v sieti vo svojej úrovni)

zarovnávanie - procedúra, ktorou sa informácia o posune virtuálneho kontajnera zahŕňa do prítokovej jednotky (alebo administratívnej jednotky), keď je upravovaný pre rámec danej vrstvy

smerník P - ukazuje na miesto, kde začína nižšia skupina vo vyššej relatívne k jeho polohe, ktorá je vo vyššej skupine pevne daná

Smerník má dve základné funkcie - elimináciu taktov jednotlivých prítokov a umožnenie jednoduchého skladania, resp. výberu nižších skupín z vyšších bez potreby demultiplexovania.

$$VC + P_{TU} \rightarrow TU$$

prítoková jednotka TU - skupina, ktorá obsahuje všetky potrebné typy informácií a je pripravená na ďalšie spracovanie v rámci multiplexnej štruktúry

multiplexovanie - procedura, ktorou sa viaceré signály na úrovni cesty nižšieho rádu upravujú na signály cesty vyššieho rádu alebo sa viaceré signály na úrovni cesty vyššieho rádu upravujú do sekcie multiplexu

$$n \times TU \rightarrow TUG$$

skupina prítokových jednotiek TUG - vzniká multiplexovaním niekoľkých prítokových jednotiek

V ceste vyššieho rádu (3. alebo 4.) sa jednotlivé procedúry opakujú v rovnakom poradí ako v ceste nižšieho rádu (1. alebo 2.), t.j. najprv mapovanie, potom zarovnávanie a nakoniec multiplexovanie

$$TUG + POH_{TUG} \rightarrow VC_{3,4}$$

POZOR! Hlavička cesty pri C nie je totožná s hlavičkou cesty pri TUG!

$$VC_{3,4} + P_{AU} \rightarrow AU$$

POZOR! Smerník TU nie je totožný so smerníkom AU!

$$n \times AU \rightarrow AUG$$

administratívna jednotka AU - ako pri prítokovej jednotke

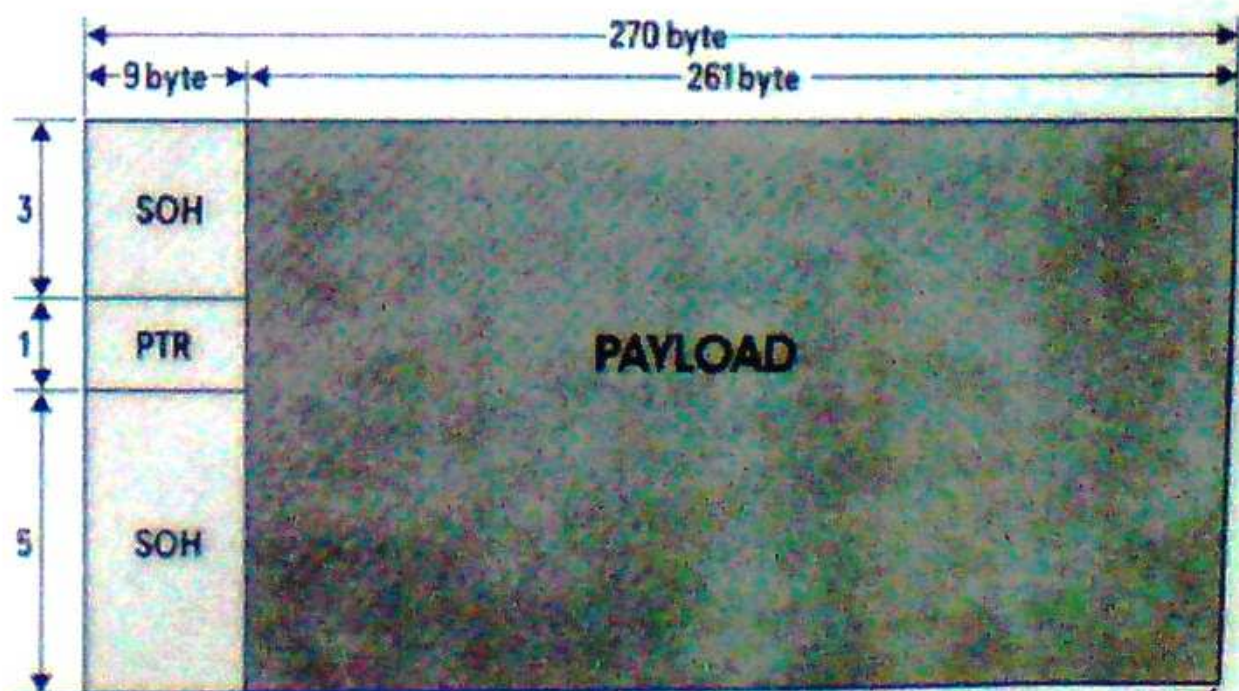
skupina administratívnych jednotiek AUG - ako pri skupine prítokových jednotiek

hlavička sekcie SOH - hlavná riadiaca informácia zabezpečujúca rámcovú synchronizáciu, prídavné dátové kanály, dohľad pre jednotlivé sekcie, identifikáciu, riadiace funkcie pre záložné zapojenia

$$AUG + SOH \rightarrow STM-1$$

synchronný prenosový modul 1. rádu STM-1 - základný rámec, najnižšia uroveň SDH

- II. Štruktúra rámca STM-1 a odvedenie prenosovej rýchlosti :



SOH - Section Overhead
PTR - Pointer

frame duration = 125 μs

$$v_{pSTM-1} = 270 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 8000 = 155,52 \text{ Mbit/s}$$

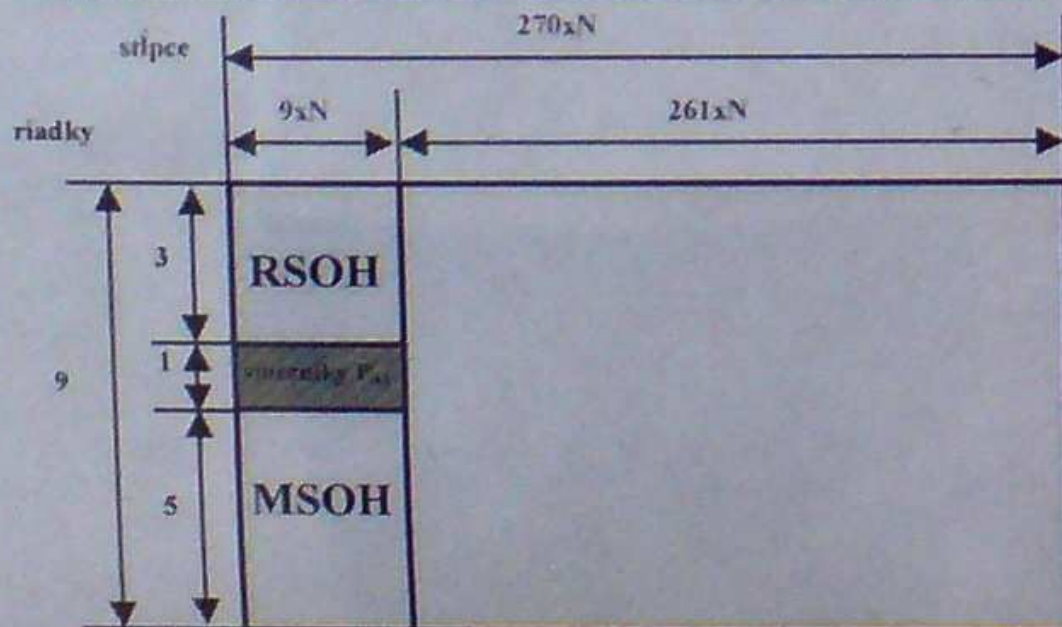
počet riadkov (v bitoch) vzorkovacia frekvencia (v Hertzoch)
 počet stĺpcov (v oktetoch, bytoch) počet bitov v oktete, byte

- III. Spôsob vytvorenia hierarchie SDH pomocou signálov STM-N :

Rámce vyšších rádoch hierarchie SDH dostaneme multiplexovaním N rámcov STM-1 na úrovni oktetrov, pričom $N = 4, 16, 64, 256, \dots$. Synchronne transportné moduly vyšších rádoch sú vytvorené zo synchronných transportných modulov nižších rádoch ich prekladáním po oktetoch (napr. 1. riadok cez celú šírku rámca, potom 2. riadok cez celú šírku rámca, atď.). Základná frekvencia opakovania rámca sa nemení, t. j. je rovná 8000 Hz, ale výsledná prenosová kapacita výstupného signálu vyššieho rádu bude oproti pôvodnej kapacite vstupných signálov nižšieho rádu presne štvornásobná. Výsledná štruktúra rámcov STM-N je podobná štruktúre rámca STM-1, v porovnaní s ňou je však počet stĺpcov N-krát väčší, pričom počet riadkov ostáva nezmenený. Taktiež sa zachováva rozloženie a štruktúra hlavičiek, smerníkov a užitočnej informácie pre každý rámec nižšieho rádu.

Prenosové rýchlosti signálov v jednotlivých rádoch hierarchie SDH

Rád SDH	STM-N	Prenosová rýchlosť
0.		51,84 Mbit/s (len SONET)
1.	STM-1	155,52 Mbit/s
2.	STM-4	622,08 Mbit/s
3.	STM-16	2 488,32 Mbit/s
4.	STM-64	9 953,28 Mbit/s
5.	STM-256	39 813,12 Mbit/s



Štruktúra rámca STM-N

STM-4

