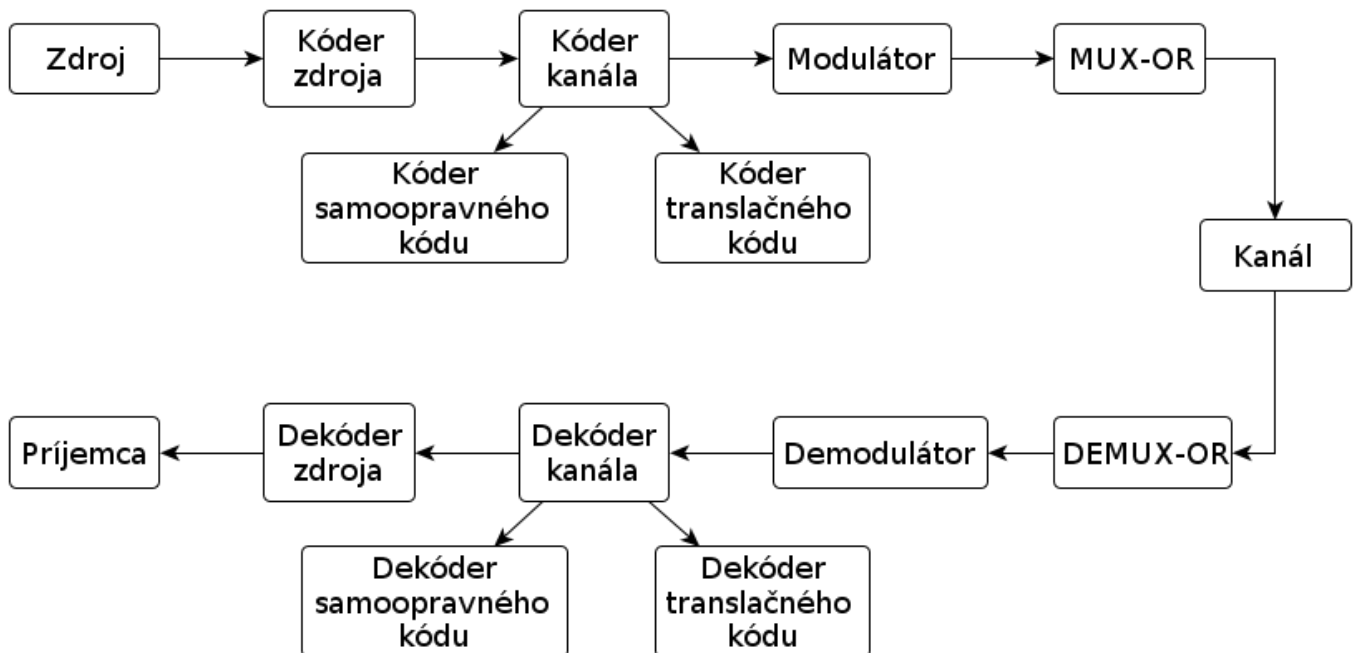


# Tematická oblasť - digitálne komunikačné siete

## Model digitálneho systému a funkcie jeho jednotlivých podsystémov



**Zdroj** – generuje správy vo forme slov nad zdrojovou abecedou.

**Kóder zdroja** – má za úlohu znížiť redundanciu zdroja v tom zmysle, že slovám s najvyššou pravdepodobnosťou sa priradujú najkratšie kódové slová (nerovnomerné kódy Shannon-Fanov, Huffmanov). Vyjadrenie informácie čo najúspornejšie.

**Kóder kanála** – má za úlohu ochrániť informáciu voči chybám a prispôbiť ju kanálu.

- Kóder samoopravného kódu** – využíva blokové kódy (RS, lineárne, hammingove...) na zakódovanie informácie, pričom vkladá redundanciu, na základe ktorej možno v dekodéri detekovať, opraviť chyby.
- Kóder translačného kódu** – úlohou je vylúčiť zo zakódovanej postupnosti symbolov také sledy symbolov, ktoré sú pre daný kanál nevhodné.

**Modulátor** – úlohou digitálneho modulátora (keďže máme digitálny prenosový systém) je preniesť tok bitov cez analógový kanál. Pri digitálnej modulácii je analógový nosný signál modulovaný tokom bitov (z kódera). Ide teda o digitálne-analógovú konverziu. Zmeny v nosnom signáli sú vyberané z konečnej M-prvkovej množiny modulačnej abecedy.

**Multiplexor** – je prítomný za účelom zdieľania prenosového média.

**Prenosový kanál** – prenosové médium „vyzbrojené“ rušivými vplyvmi. Tiež sa naň možno na digitálnej úrovni pozeráť ako na zdroj správ, ale chybových.

**Ostatné bloky** sú recipročnou analógiou (okrem príjemcu, ten nič negeneruje).

## Nástroje na opis a analýzu signálov

Delenie signálov:

- Deterministické** (vieme určiť v každom t):
  - periodické**  $x(t) = x(t+kT)$ ,  $T \rightarrow \infty$ 
    - harmonické** (Fourrierov rad -spektrum je jedna čiara, konečný počet harmon.

zložiek)

- b. **neharmonické** (Fourrierov rad - spektrum je čiarové,  $\infty$  počet harmon. zložiek)
  - 2. **neperiodické**  $x(t) \neq x(t+kT)$ ,  $T \rightarrow \infty$  (Fourrierova transformácia – spojité spektrum)
  - 3. **kváziperiodické**
- **Stochastické** – (náhodné) popisujeme štatistickými veličinami, má informačnú hodnotu

## Linkové signály používané v praxi a ich základné vlastnosti

Sú to binárne kódy, ktoré sa používajú na prenos informácií medzi zariadeniami. V závislosti od požiadaviek prenosu, možnosti kanálu a ďalších parametrov potrebných na prenos signálu sa používajú viaceré druhy linkových kódov.

Linkové signály:

1. empirický prístup - boli navrhnuté pre požiadavky praxe
  - min. jednosmerná zložka
  - min. frekvenčné pásmo
  - PB min  $f(EB/N_0) \rightarrow EB$  max.
  - podpora synchronizácie v prijímači
  - detekčné a korekčné vlastnosti
  - jednoduchosť a iné
2. modernejší (teória)

Základné rozdelenie linkových kódov 2):

	UP (unipolar)	BP (bipolar)
RZ (return to zero)	UPRZ	BPRZ
NRZ (non return to zero)	UPNRZ	BPNRZ

RZ – signál nezaberá celý char. interval

NRZ – zaberá celý char. interval

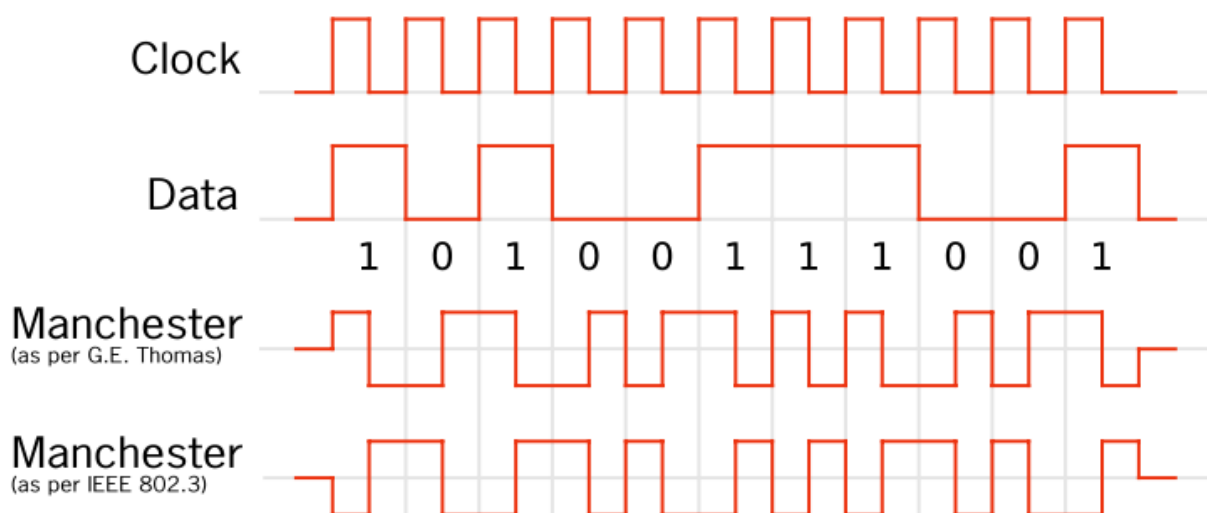
BP – dá sa dosiahnuť nulová jednosmerná zložka

UP – nedá sa dosiahnuť nulová jednosmerná zložka

Empirické translačné kódy:

**AMI** (Alternate Mark Inversion) – strieda sa polarita jednotiek; jednotka strieda polaritu, nula ostáva nulou. Prevencia výraznej jednosmernej zložky. Má vždy nulovú jednos. zložku.

**Manchester** – signál s návratom k nule - RZ



**HDBn** (High Density Bipolar) – BPNRZ AMI,

n – označuje max dĺžku behu (run-n), sled 1-tiek a 0-úl ktoré nasledujú za sebou,

$n \rightarrow$  max počet intervalov kt. sa môžu vyskytnúť v sig. bez prechodu medzi úrovňami,  
**BnZS** (Bipolar with n Zeros Substitution) – substitučný translačný kód, je to špeciálny prípad HDBn kódov, napr. B3ZS

Posledná polarita	Počet znakov od poslednej substitúcie	Počet znakov od poslednej substitúcie
	Nepárny	Párny
-	00-	+0+
+	00+	-0-

**RDS** – Running Digital Sum; **LDS** – Level Digital Disparita

## Kanály s obmedzeniami a konštrukcia translačných kódov

Úlohou translačných kódov je vylúčiť zo zakódovanej postupnosti symbolov určité sledy symbolov, ktoré sú pre daný kanál nevhodné, pričom do kódera translačného kódu môžu vstupovať ľubovoľné sledy symbolov.

Najznámejšie - Linkové kódy, HDBn, BnZS.

Čo sa týka konštrukcie, viď príklad B3ZS v predchádzajúcej kapitole.

Translačné kódy sa používajú, keď je potrebné predísť n-násobnému opakovaniu rovnakých symbolov, ďalej pre potreby lepšej synchronizácie či odstránenia jednosmernej zložky a na zakódovanie signálu aby sa mohol preniesť cez kanál s obmedzeniami.

Pri TK uvažujeme, že kanál je bez šumu (nie sú chyby, PB  $\rightarrow$  0) a pamäti (jednotlivé symboly nezávisia na predchádzajúcich signáloch).

Kanál s obmedzeniami  $\rightarrow$  max dĺžka behu.

Špecifikácia TK:

-  
-  
-  
-

slovne

stavový diagram (opisuje, čo sa mohlo stať v minulosti)

mriežka

B matica (matica susednosti)

## Zvyšovanie spoľahlivosti pomocou metód kontrolujúcich chyby, ARQ, FEC

### Lineárne binárne blokové kódy kontrolujúce chyby

### Cyklické kódy

# Nebinárne blokové kódy

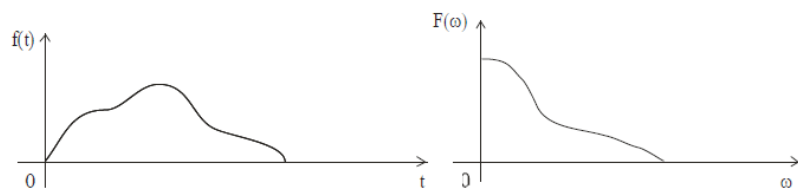
## Opis zdroja informácie.

2. Vrstvový protokolový model, referenčné modely, protokol, fyzická vrstva, linková vrstva, podvrstva MAC a LLC, IEEE 802.x, sieťový model TCP/IP, sieťová vrstva, transportná vrstva a jej protokoly v TCP/IP, aplikačná vrstva a jej protokoly.

3. Komunikačná funkcia a princíp vrstvenia; komunikačný protokol a základné princípy vrstvovej komunikácie, rozhranie vrstiev, peer-to-peer, dátové jednotky vrstiev; mechanizmy riadenia chybovosti, ohodnocovanie výkonnosti ARQ metód a ich porovnanie, optimalizácia ARQ metód; princípy a porovnanie spojovo-orientovaných sietí a sietí bez spojovej orientácie, základné metódy smerovania a algoritmy, realizácia a optimalizácia smerovacích protokolov; princípy riadenia toku, mechanizmy kvality služby v paketových sieťach; protokoly HDLC - mechanizmy riadenia chybovosti, riadenia toku, módy činnosti; protokol IP - adresovanie, spracovanie paketov v uzloch; charakteristika a mechanizmy protokolov TCP, UDP, SCTP; FrameRelay - základné princípy, riadenie toku a QoS; MPLS - základne princípy, virtuálne privátne siete, traffic engineering; mobilné dátové siete - architektúra, funkčné bloky, princípy spojenia s externými paketovými sieťami, mobility management.

# Tematická oblasť - analógové a digitálne spracovanie signálov

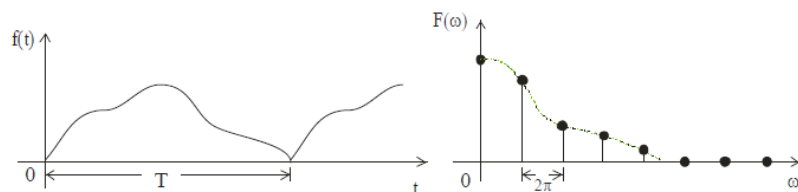
## Analógové a digitálne signály a ich časová a frekvenčná reprezentácia



### a) CTFT (Continuous Time Fourier Transform)

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

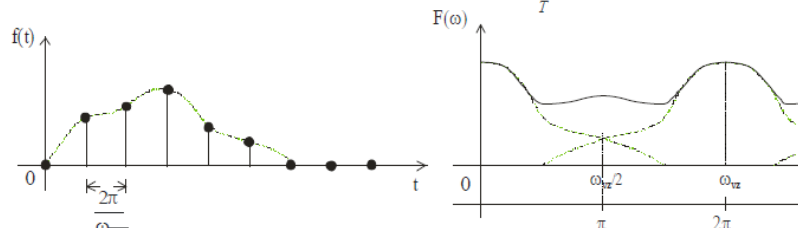
$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$



### b) CTFS (Continuous Time Fourier Series)

$$F(k) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) e^{-j2\pi kt/T} dt$$

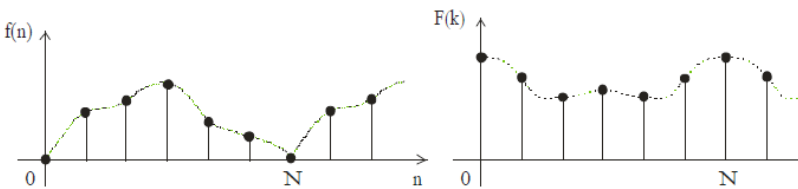
$$f(t) = \sum_k F(k) e^{j2\pi kt/T}$$



### c) DTFT (Discrete Time Fourier Transform)

$$F(\Omega) = \sum_n f(n) e^{-j\Omega n} \quad \Omega = 2\pi\omega / \omega_{vz}$$

$$f(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} F(\Omega) e^{j\Omega n} d\Omega$$



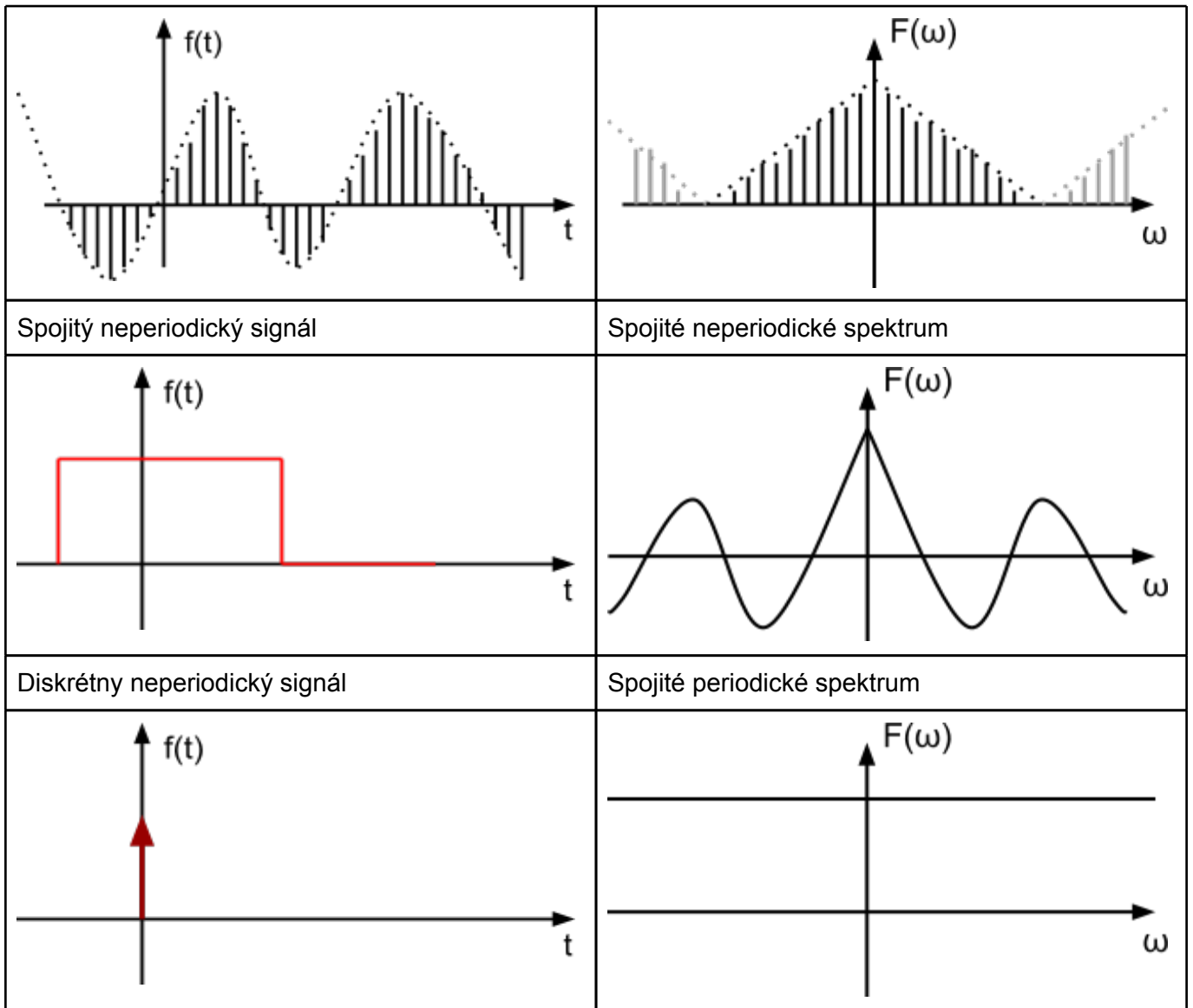
### d) DTFS (Discrete Time Fourier Series)

$$F(k) = \sum_{n=0}^{N-1} f(n) e^{-j2\pi mk/N} = \sum_{n=0}^{N-1} f(n) W_N^{-nk}$$

$$f(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} F(k) e^{j2\pi mk/N} = \sum_{k=0}^{N-1} F(k) W_N^{nk}$$

$$W_N = e^{j2\pi/N}$$

Časová oblasť	Frekvenčná oblasť
Spojité periodický signál	Diskrétné neperiodické spektrum
signál	Diskrétné periodifikované spektrum



Spektrum dostaneme ako Fourier. Transf:  
 neperiodického signálu  
 SPOJITÉHO

A ASI AJ DISKRÉTNÉHO

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot e^{-j\omega t} \cdot dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) \cdot e^{j\omega t} \cdot d\omega \quad \text{spätná transf.}$$

$$F(\omega) = A(\omega) + j \cdot B(\omega) = |F(\omega)| \cdot e^{j\varphi(\omega)}$$

kde:  $|F(\omega)|$  - spektrálna hustota amplitúd  
 argument  $\varphi(\omega)$  - fázové spektrum

Spektrum  
periódického signálu dostanem ako Fourier. Rad:  
SPOJITÉHO!!

musia platiť Dirichletove podmienky:

- integrovateľná funkcia
- konečný počet bodov nespojitosti a lokál. extrémov v reálnej obl.

**TRIGONOMETRICKÝ TVAR**

$$x(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \cos(\omega n t + \varphi_n)$$

$$A_0 = a_0$$

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

$$\varphi_n = -\arctg \frac{b_n}{a_n}$$

**ZLOŽKOVÝ TVAR**

$$x(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cdot \cos(\omega n t) + b_n \cdot \sin(\omega n t))$$

jednosmerná zložka:

$$a_0 = \frac{1}{T} \int x(t) dt$$

harmonické (spektrum):

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cdot \cos(\omega n t) dt \quad \text{nepárna} \Rightarrow a_n = 0$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cdot \sin(\omega n t) dt \quad \text{párna} \Rightarrow b_n = 0$$

**KOMPLEXNÝ TVAR**

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{j\omega n t}$$

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot e^{-j\omega n t} dt = \frac{1}{2} (a_n - j b_n)$$

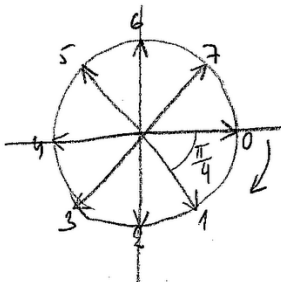
$$C_n = |C_n| \cdot e^{j\varphi_n} \quad |C_n| = \frac{1}{2} \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

Spektrum periódického signálu dostanem ako diskrétnu Fourier. transf.  
DISKRÉTNEHO

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-j \frac{2\pi}{N} n k}$$

perioda  $\rightarrow$   $N$   $\rightarrow$   $\omega = e^{-j \frac{2\pi}{N}}$

N=8:



$$\omega = e^{-\frac{2\pi}{N}} = e^{-\frac{2\pi}{8}} = e^{-\frac{\pi}{4}} \Rightarrow \text{uhol } 45^\circ$$

$X(k) = X(k+N) = X(k+2N) = \dots$  spektrum je diskrétne a periodizované (točí sa to po kružnici)

**Spôsoby opisovania vlastností analógových a digitálnych systémov (reprezentácia sústav) pomocou:**

**Prenosovej funkcie**

PRENOSOVÁ FUNKCIA

- V SPOJITEJ SÚSTAVE  $H(p) \Big|_{p=j\omega} = A(\omega) \cdot e^{-j\varphi(\omega)}$  amplitúda + fáza
- V DISKRÉTNEJ SÚSTAVE  $H(z) \Big|_{z=e^{j\Omega}} = A(\Omega) \cdot e^{-j\varphi(\Omega)}$

### Spojité

→ prenosová funkcia: v Laplaceovej oblasti (p-rovina)

$Y(p) = X(p) \cdot H(p)$

$H(p) = \mathcal{L}\{h(t)\}$  prenosová funkcia je prelapacená impulz. ch.

$H(j\omega) = \mathcal{F}\{h(t)\}$  prenosová funkcia na osi  $j\omega$ .

(fourierova oblasť je len os  $j\omega$ )

$H(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{\mathcal{L}\{y(t)\}}{\mathcal{L}\{x(t)\}}$

### Diskrétné

→ prenosová funkcia: využíva z-transformáciu, tak ako spojité systémy využívajú Laplaceovu transf.

$Y(z) = X(z) \cdot H(z)$

$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$

z diferenciálnej rovnice po z-transf.:

$$Y(z) = \sum_{k=0}^N a_k \cdot z^{-k} \cdot X(z) - \sum_{k=1}^N b_k \cdot z^{-k} \cdot Y(z)$$

$\mathcal{Z}\{x(n-k)\} = z^{-k} \cdot X(z)$

$H(z) = \frac{\sum a_k \cdot z^{-k} \cdot X(z)}{1 + \sum b_k \cdot z^{-k} \cdot Y(z)}$

### Impulzovej charakteristiky

#### Spojité

→ impulzová charakteristika systému: vlastná odozva systému na jednotkový impulz

$y(t) = x(t) * h(t)$

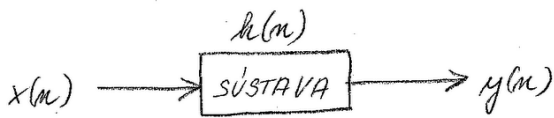
ak  $x(t) = \delta(t) \Rightarrow y(t) = h(t)$

#### Diskrétné



→ impulzová charakteristika: odpoveď sústavy na kronekerov impulz (jednotkový)

$$x(n) = \delta(n) \rightarrow y(n) = h(n)$$



$$y(n) = x(n) * h(n) = \sum_{k=0}^{Dy} x(k) \cdot h(n-k)$$

$$Dy = Dx + Dk - 1$$

## Diferenčnej rovnice

Spojité

→ diferenčná rovnica: má dosť zložitý výpočet, preto nie je najvhodnejšia na opis sústav.

$$b_m \frac{d^m y}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} y}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dy}{dt} + b_0 \cdot y = a_m \frac{d^m x}{dt^m} + a_{m-1} \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + a_0 x$$

Diskrétna

→ diferenčná rovnica:

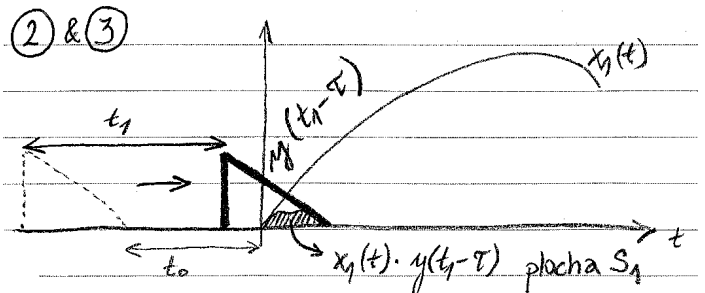
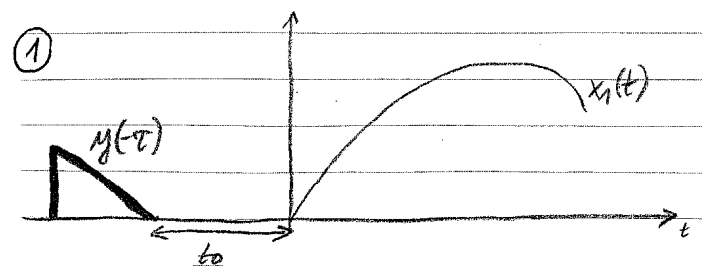
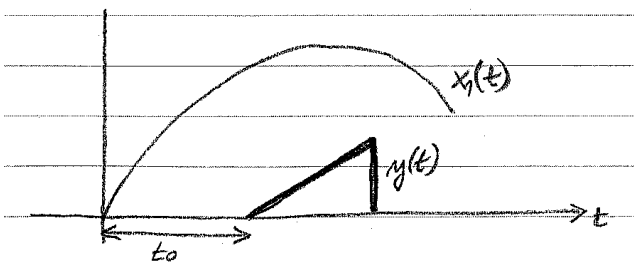
$$y(n) = \underbrace{\sum_{k=0}^N a_k \cdot x(n-k)}_{\text{FIR}} - \sum_{k=1}^N b_k \cdot y(n-k)$$

IIR (ak má aj členy  $b_k$ )

## Konvolúcie

Spojité = násobenie vo frekvenčnej oblasti

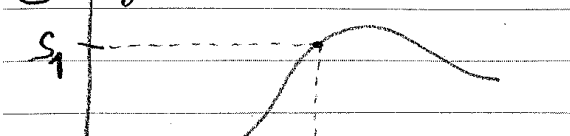
$$x_1(t) * y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x_1(\tau) \cdot y(t-\tau) d\tau$$



Algoritmus:

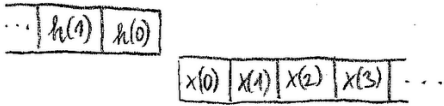
1. Jednu z funkcií otočíme o 180°
2. Posúvame v čase otočenú funkciu
3. Súčin funkcií v danom posunutí
4. Výpočet integrálu zo súčinu (plocha prieniku 2 funkcií) => hodnota konvolúcie v danom bode posunutia

4. graf konvolúcie



## Diskrétné

1. JEDNU Z FUNKCIÍ OTOČÍME

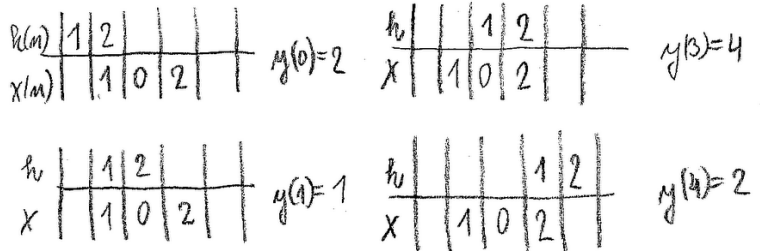
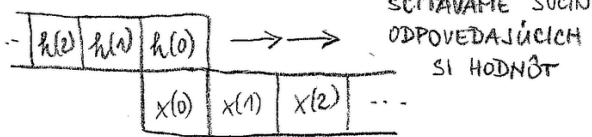


★ PŘÍKLAD:

$$x(m) = \{1, 0, 2\}$$

$$h(m) = \{2, 1\}$$

2. POSÚVAME VŽDY 0 1 HODNOTU A



# Princípy a procesy spracovania a prenosu signálov analógovým a digitálnym komunikačným prostredím

## Prenos dát

### Základné pojmy z prenosu dát

**Dáta** môžu byť stručne definované ako entity, ktoré prenášajú význam informácie. **Signál** je elektrická alebo elektromagnetická reprezentácia dát. Pod reprezentáciou možno rozumieť zobrazenie, resp. zakódovanie dát do signálových prvkov. **Prenos** je sprostredkovanie dát šírením a spracovaním signálu. Termíny analógový a digitálny zhruba korešpondujú s výrazmi súvislý (kontinuálny) a prerušovaný (nespojité). Tieto dva termíny sú často používané v kontexte s predošlými troma pojmami (dáta, signál, prenos).

### Analógové a digitálne dáta

Koncept analógových a digitálnych dát je celkom jednoduchý. Analógové dáta v nejakom intervale na seba priberajú súvislé (spojité) hodnoty. Takéto dáta sú zväčša poradené senzormi merajúcimi hodnoty ako tlak alebo teplota. Príkladom môže byť zvuk a video, čo sú súvislé variujúce vzorky intenzity. Digitálne dáta nesú v sebe nespojité hodnoty napr. text alebo čísla.

### Analógové a digitálne signály

V komunikačných systémoch sú dáta šírené z jedného bodu do iného bodu resp. iných bodov pomocou elektromagnetických signálov. **Analógový signál** je spojitá kolísajúca elektromagnetická vlna, ktorá môže byť šírená rôznymi médiami v závislosti na frekvencii. Patria tu: medené médiá ako krútená dvojlinka a koaxiálny kábel; káble z optických vlákien; atmosféra alebo kozmický priestor. **Digitálny signál** je postupnosť napäťových pulzov, ktoré je možné prenášať médiami.



Spracovanie digitálneho signálu je vo všeobecnosti lacnejšie, ako spracovanie analógového signálu. Ďalšou výhodou digitálneho signálu je jeho väčšia odolnosť voči interferencii šumu. Nevýhodou v porovnaní s analógovým signálom je rýchlejšie oslabovanie digitálneho signálu. Na obr. a) je zobrazená zdrojom generovaná postupnosť dvojúrovňových napäťových pulzov. Obr. b) zobrazuje tento signál

po tom, ako bol prenesený médiom na nejakú vzdialenosť. Signál sa po prenose oslabil a "zaokrúhlil". Takéto oslabenie môže pomerne rýchlo viesť k strate informácie obsiahnutej v šírenom signále.

### **Reprezentácia analógových a digitálnych dát**

Obe analógové aj digitálne dáta môžu byť reprezentované a šírené analógovým alebo digitálnym signálom. Analógové dáta, ktoré zaberajú limitované frekvenčné spektrum, môžu byť priamo reprezentované analógovým signálom zaberajúcim rovnaké frekvenčné spektrum. Najlepší príklad toho sú hlasové dáta. Zvukové vlny majú frekvenčné komponenty v rozsahu od 20Hz až po 20KHz. Avšak väčšina energie je sústredená v užšom frekvenčnom páse. Pre zrozumiteľný a jasný prenos ľudskej reči je postačujúce frekvenčné pásmo od 300 do 3400Hz. Takto pracuje telefónny prístroj, ktorý pre všetky vstupujúce zvuky v rozsahu 300 až 3400Hz produkuje frekvenčné vzorky elektromagnetického signálu na rovnakej frekvencii. Tento elektromagnetický signál je na opačnom konci konvertovaný späť na zvuk.

Digitálne dáta môžu byť tiež reprezentované analógovým signálom použitím modemu (modulátor - demodulátor). Modem prevádza série binárnych napätových pulzov na analógový signál modulovaný do určitého spektra. Tento signál môže byť potom prenášaný vhodným médiom. Najbežnejšie modemy modulujú digitálne dáta do hlasového spektra a umožňujú tak prenášať digitálne dáta bežnou telefónnou linkou. Na druhom konci linky modem signál demoduluje na digitálne dáta.

Funkčne podobné prevádzke modemu, môžu byť analógové dáta zakódované do digitálneho signálu. Zariadenie, ktoré kóduje hlasové dáta na digitálny signál, sa volá Codec (kóder - dekóder). V podstate Codec vzorkuje signál hlasových dát a pretvára ich na bitový tok. Na opačnom konci sú digitálne dáta codecom dekódované na pôvodné analógové dáta. Nakoniec môžu byť digitálne dáta priamo reprezentované v binárnej forme dvojúrovňovými napätovými signálmi.

Každá zo štyroch kombinácií má určité výhody, prečo je vhodná na konkrétny typ komunikačných úloh. Dôvody sú nasledovné:

- digitálny signál a digitálne dáta: zariadenia pre kódovanie dát do digitálneho signálu sú menej nákladné ako modemy
- digitálny signál a analógové dáta: konverzia analógových dát do digitálnej formy umožňuje využitie moderného vybavenia pre digitálne prenosy a prepojenie
- analógový signál a digitálne dáta: prenosové média, ako optické vlákna a éter, šíria iba analógový signál
- analógový signál a analógové dáta: analógové dáta sa jednoducho konvertujú na analógový signál

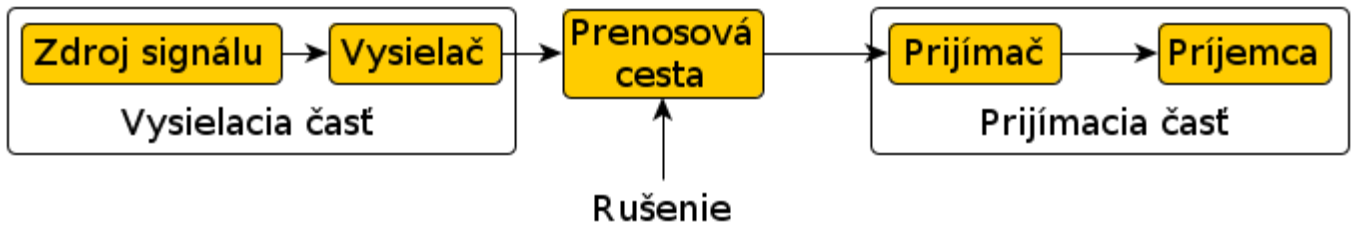
### **Analógový a digitálny prenos:**

Analógové aj digitálne dáta môžu byť prenášané vhodným prenosovým médiom, pričom komunikačný systém zabezpečuje funkciu spracovania dát. Analógový prenos je spôsob prenosu analógovým signálom bez ohľadu na jeho obsah, teda signál môže reprezentovať analógové aj digitálne dáta. Analógový prenos môže byť bez ďalších zariadení šírený na väčšie vzdialenosti ako digitálny prenos, keďže analógový signál nieje natoľko oslabovaný útlmom ako signál digitálny. Pre dosiahnutie väčších vzdialeností prenosu sa používajú zosilňovače. Tieto zosilňujú aj šumovú zložku signálu, a preto sa množstvom použitých zosilňovačov adekvátne zvyšuje skreslenie signálu. Pri analógových hlasových dátach môže byť malé skreslenie tolerované a dáta budú zrozumiteľné. Avšak pre digitálne dáta, ktoré prešli modemom a sú prenášané analógovo, môže takéto skreslenie zanášať chyby.

Digitálny prenos je na rozdiel od analógového závislý na obsahu signálu. Aj keď je digitálny signál prenášaný na veľké vzdialenosti vo väčšej miere oslabovaný útlmom, je možné útlm prekonať pomocou opakovačov (repeaters). Repeater prijíma signál, obnovuje vzorky núl i jednotiek a preposiela nový signál. S vhodne umiestneným opakovačmi je možné prenášať dáta na veľké vzdialenosti bez kumulovania chýb, ktoré by ohrozovali integritu prenášaných dát.

Opakovače je možné použiť aj pre analógový prenos, ktorý nesie digitálne dáta. Tieto sú rovnako obnovované a preposielané ďalej novým čistým analógovým signálom.

Základná koncepcia komunikačného kanála



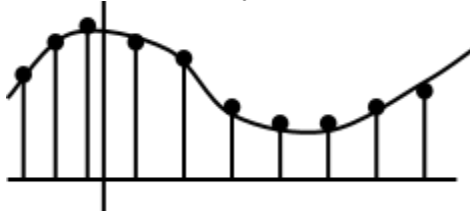
Rozdelenie signálov:

- spojité
  - periodické (FR)
  - neperiodické (FT)
- diskrétné

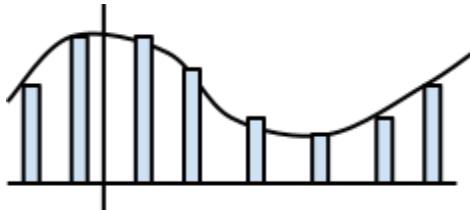
## Princípy, koncepcie a konfigurácie jednotlivých analógových a digitálnych subsystémov (techniky a systémy vzorkovania, kvantovania, kódovania, multiplexovania)

**Vzorkovanie**

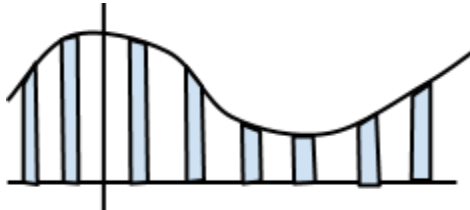
1. ideálne - Dirackovým impulzom



2. vzorkovanie 1. rádu

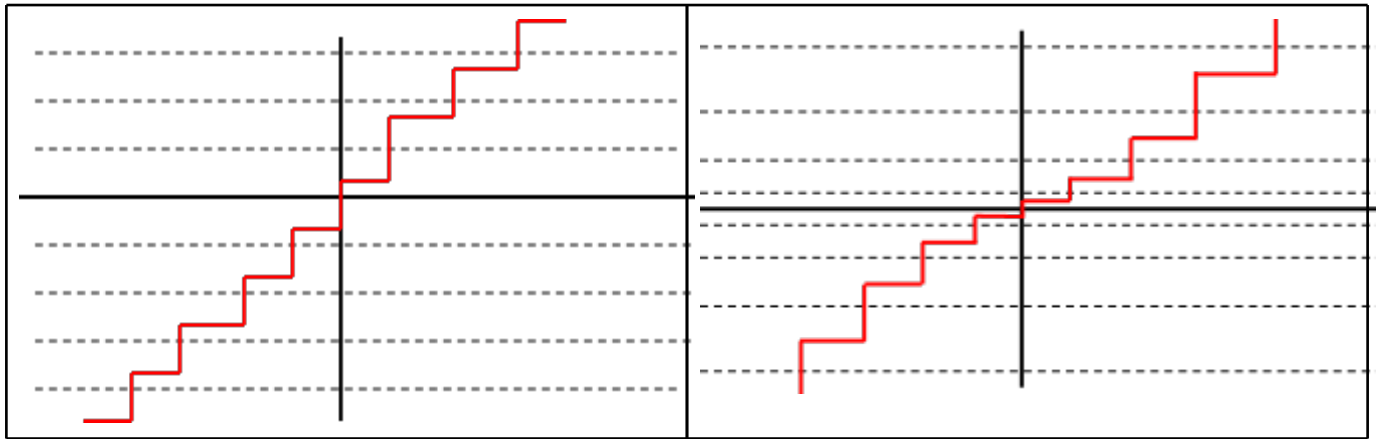


3. vzorkovanie 2. rádu



**Kvantvanie**

Lineárne	Nelineárne
----------	------------

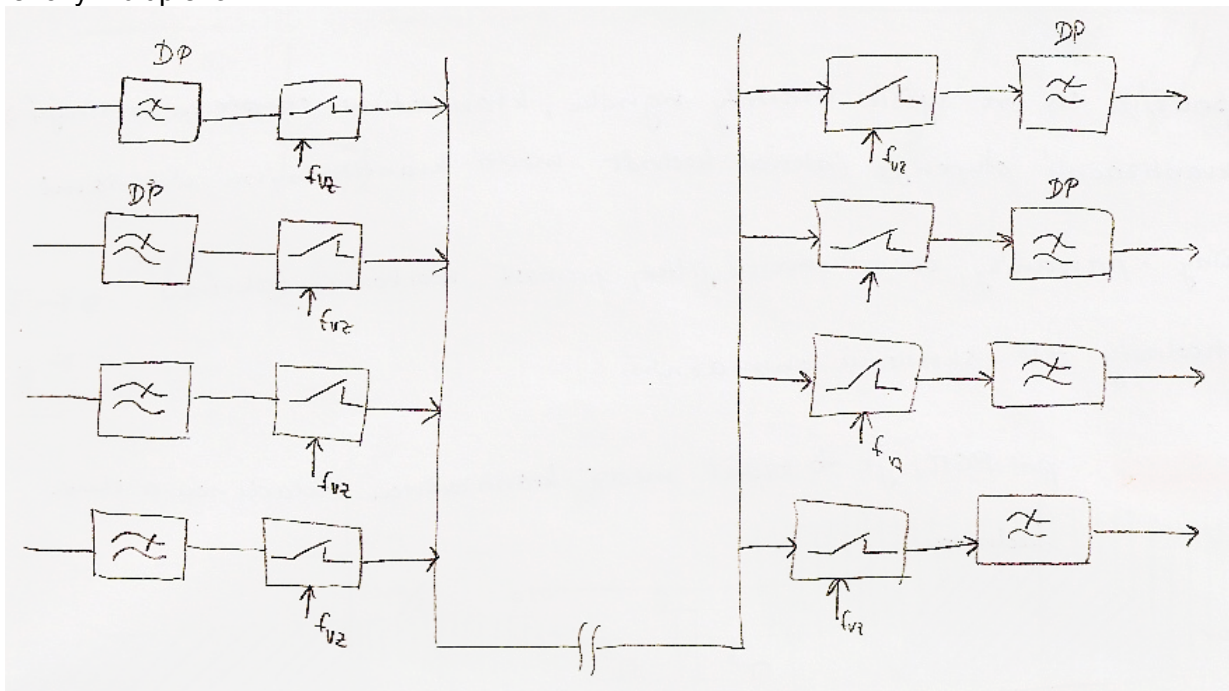


**Kódovanie** - symbolmi jednej množiny interpretuje symbolmi inej množiny

**Multiplex** je spôsob prenosu signálov pri ktorom dochádza k súčasnému viacnásobnému využívaniu jedného prenosového prostredia či časti spojovacieho zariadenia (vedenia, kábla, vzduchu). Prenos, pri ktorom sa využíva multiplex, sa nazýva multiplexný prenos.

- **priestorový multiplex** (angl. SDM - Space Division Multiplex)
- **frekvenčný multiplex** (kmitočtový multiplex; angl. FDM - Frequency Division Multiplexing): tu je prenosovým médium (elektromagnetické) vlnenie, každý informačný kanál má pridelenú inú frekvenciu (klasickým príkladom sú rozhlasové stanice)
- **vlnový multiplex** (angl. WDM - Wavelength Division Multiplex): s použitím rôznych vlnových dĺžok
- **časový multiplex** (angl. TDM - Time Division Multiplexing): informačné kanály si striedajú prenosové médium vo veľmi krátkych časových intervaloch
- **štatistický multiplex** (angl. STDM - Statistical Time Division Multiplexing)
- **kódový multiplex** (angl. CDM - Code Division Multiplexing): zakódované dáta príjemčovým kódom prijímajú všetci, každý príjemca má svoj kód a len ten jeden so správnym kódom vie, že sú určené preňho a len on ich rozkóduje (takto fungujú mobilné telefóny)

Frekvenčný multiplexor



**Modulácia** je proces ovplyvňovania nosného signálu, typicky sínusového, za účelom prenesenia informácie. Nosný signál je ovplyvňovaný modulačným signálom. Modulačný signál je signál v základnom pásme, napr. analógový signál z mikrofónu, televíznej kamery, alebo číslicový (digitálny) signál. Opačný proces sa nazýva demodulácia.

Obyčajne modulujeme jeden z trojice charakteristických parametrov elektrického signálu: **fázy, frekvencie alebo amplitúdy**. Zariadenie, vykonávajúce moduláciu -> modulátor, zariadenie, ktoré vykonáva demoduláciu -> demodulátor. Zariadenie vykonávajúce obe operácie je modem (spojenie

oboch pojmov → modulácia, demodulácia).

U číslicovej modulácie sú zmeny signálu volené z pevného zoznamu (modulačná abeceda) každého vstupu z ktorého je privádzaná rôzna časť informácie (symbol). Abeceda je obyčajne reprezentovaná konštelačným diagramom.

U analógovej modulácie sú zmeny aplikované spojito v odozve na modulačný (dátový) signál. Modulácia môže byť aplikovaná na rôzne aspekty signálu.

Modulácia sa obyčajne robí preto, aby sme vyriešili otázky súvisiace s prenosom signálu:

- Jednoduché (nízky útlm, nízky rozptyl) šírenie elektromagnetických (EM) vln
- Multiplexovanie – prenos viacerých signálov v jednom frekvenčnom pásme, na rôznych nosných frekvenciách
- Menšie, viacsmerové antény

Nosným signálom sú obyčajne vysokofrekvenčné elektromagnetické vlny. Využitie: napr. Pri bezdrôtovom prenose správ na veľké vzdialenosti.

Nosný harmonický signál:  $n(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

Model spojitě modulovaného harm. signálu má vo všeobecnosti tvar:  $a(t) = A(t) \cos\Phi(t)$

$A(t)$  – okamžitá hodnota amplitúdy modulovaného sign.

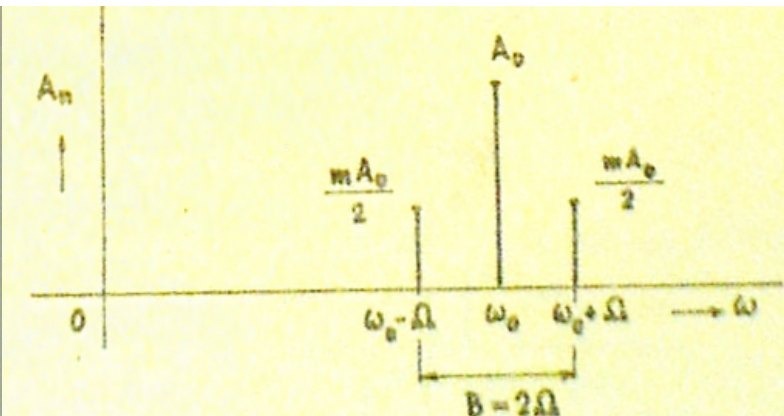
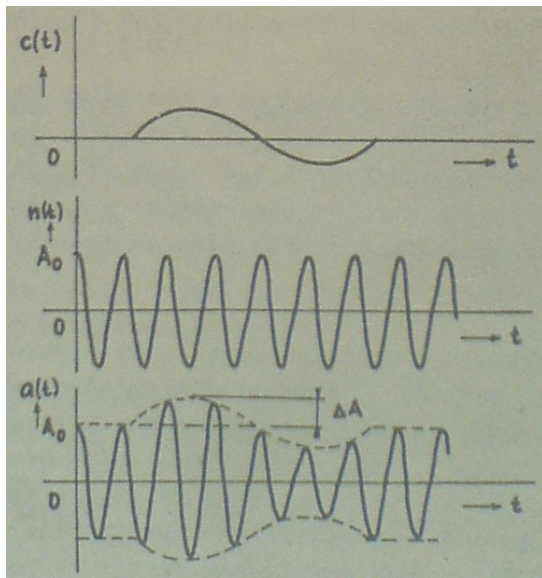
$\Phi(t)$  – okamžitá hodn. fázového uhla modulov. sign.

Delenie:

1. **Spojité modulácie** - > vstupom je modulačný signál (je spojitý) + nosný (je spojitý)
  - amplitúdová
  - frekvenčná
  - fázová
2. **Diskrétné modulácie** -> vstupom je modulačný signál (je diskretný) + nosný (je spojitý)
  - amplitúdové klučovanie
  - frekvenč. klučovanie
  - fázové klučovanie
3. **Impulzné modulácie** -> vstupom je modulačný signál (je spojitý) + nosný (je diskretný) (periodická postupnosť je impulzov je charak. štyrmi základ. parametrami: amplitúda, šírka, poloha (fáza), frekvencia)
  - PAM - pulzne amplitúdová
  - PDM – pulzne šírková
  - PPM – pulzne fázová
  - PFM – pulzne frekvenčná
4. **Číslicové modulácie** -> vstupom je modulačný signál (je diskretný) + nosný (je diskretný) (kodovanie – priradovanie súboru kódových symbolov (impulzov) prvkom diskretnéj správy)
  - PCM
  - Delta modulácie

### Amplitúdová modulácia (AM)

Pri amplitúdovej modulácii sa mení amplitúda nosnej vlny v rytme okamžitej hodnoty modulačného signálu. Frekvencia aj fáza modulovanej vlny sa nemenia, sú konštantné. Je zrejmé, že absolútna hodnota zmeny  $A(t)$  nemá byť väčšia ako  $A_0$ , aby nenastalo skreslenie prenášanej správy. To znamená, že hĺbka modulácie amplitúdy nesmie prevyšovať hodnotu 1 (alebo 100%) v opačnom prípade by nastalo premodulovanie a tým skreslenie.



↑ Časové priebehy modulačného, nosného a AM signálu. modulácia

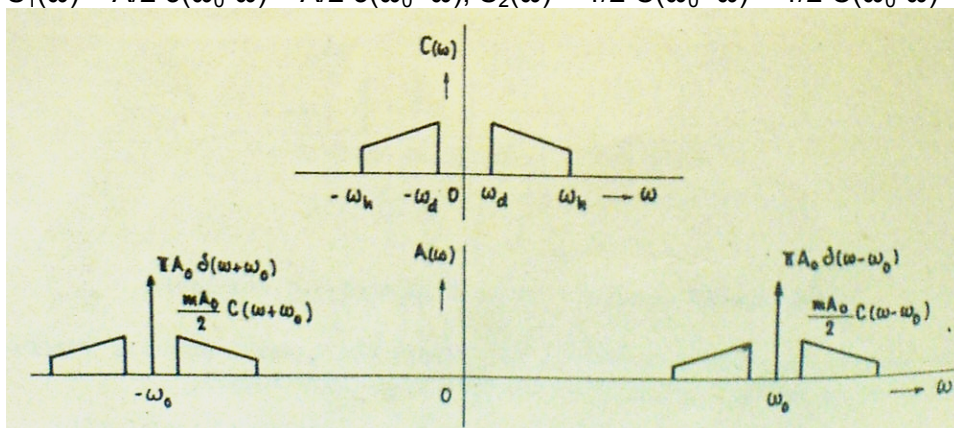
↑ Spektrum AM signálu, harm.

Šírka spektra sa rovná dvojnásobnej frekvencii modulačného signálu. Modulovaný signál v časovej oblasti:  $s(t) = A \cos \omega_0 t + V/2(\cos(\omega_0 + \omega)t + \cos(\omega_0 - \omega)t)$  (Obr.2)

Úloha spočíva nájsť súvis medzi časovou a frekvenčnou oblasťou:

$$s(t) = \{A + c(t)\} \cos \omega_0 t = A \cos \omega_0 t + c(t) \cos \omega_0 t = s_1(t) + s_2(t); \quad s_1(t) \rightarrow S_1(\omega), \quad s_2(t) \rightarrow S_2(\omega)$$

$$S_1(\omega) = A/2 \delta(\omega_0 - \omega) + A/2 \delta(\omega_0 + \omega); \quad S_2(\omega) = 1/2 C(\omega_0 + \omega) + 1/2 C(\omega_0 - \omega)$$



Modulové spektrum modulačného a AM signálu

V postranných pásmach je sústredených iba 50 % efektívneho výkonu nedomulovanej nosnej vlny, čo predstavuje 1/3 z celkového výkonu  $P_{ef}$  dodaného do antény modulovanou nosnou vlnou za jednu periódu modulačného signálu.

Pre prenos signálu pomocou AM je normou stanovený činiteľ modulácie pre rádiové vysielacie AM  $m = 0,3$ , z toho vyplýva, že pre systémy s dvoma postrannými pásmami - DSB (Dual Side Band) je účinnosť nízka. Z tohoto dôvodu sa používajú systémy s jedným postranným pásmom s čiastočne potlačenou nosnou vlnou, systémy SSB (Single Side Band).

VÝHODY:

- Jednoduchá konštrukcia modulátorov a demodulátorov AM signálov
- Pri prenose užitočného signálu má výsledný modulovaný signál presne definované a ohraničené pásmo postranných zložiek
- Na prenos informácie nám stačí preniesť iba jedno postranné pásmo, pretože z informačného hľadiska sú obidve postranné pásma identické.

NEVÝHODY:

- Malá účinnosť
- Náchylnosť na rušenie v ľubovoľnom mieste prenosového reťazca.

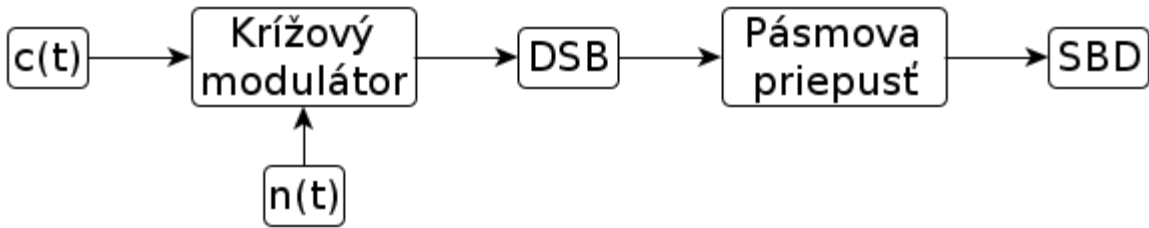
**AM s potlačenou nosnou:**  $s(t) = c(t) \cos \omega_0 t \Rightarrow S(\omega) = 1/2 C(\omega_0 - \omega) + 1/2 C(\omega_0 + \omega)$

Modulačný signál zasahuje pri modulácii aj do záporných hodnôt a nastáva zmena počiatkovej fázy modulovaného signálu. Pri demodulácii musí byť zabezpečená synchronizácia oscilátora na strane P s

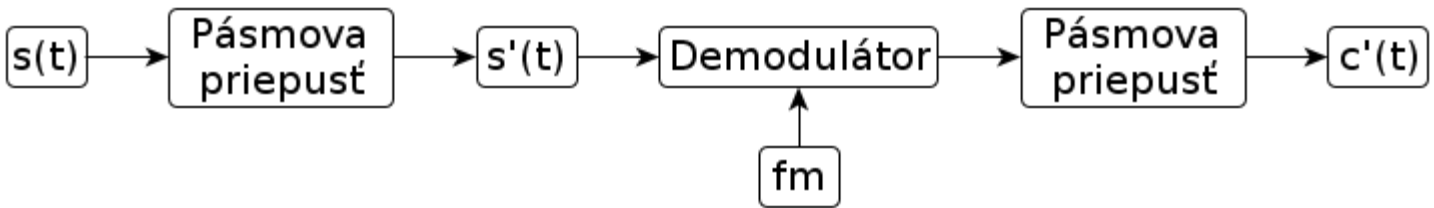
oscil. na strane V.

**AM s jedným postranným pásmom:** keďže hlavná časť výkonu pripada na prenos nosného signálu, ktorý však neprenáša žiadnu info a tým padom malá časť výkonu pripadá na postranné pásma(nositeľ prenášanej správy). Potlačeným (čiastočným alebo úplným) niektoej časti spektra AM signálu dosiahneme výhodnejšie rozdelenie výkonu medzi nosný sign. a zložky prenášanej správy. Cena je však zložitejšie modulátory a demodulátory.

Modulátor:



Demodulátor:



**Fázová modulácia:**

Pri fázovej modulácii sa mení fáza modulovanej nosnej vlny v rytme zmien modulačného signálu. Amplitúda modulovanej nosnej vlny ostáva konštantná.

$\psi(t) = m_p c(t) \rightarrow m_p$  koeficient úmernosti  
 $\Phi = \omega_0 t + \psi(t);$   
 $c(t) = V \sin \omega t \rightarrow s(t) = A \cos(\omega_0 t + \psi(t)) = A \cos(\omega_0 t + \psi_m \sin \omega t)$

Fázová a frekvenčná modulácia sú vzájomne závislé, sú to dve rôzne cesty na dosiahnutie skoro rovnakého fyzikálneho výsledku. Fázovú moduláciu je možné previesť na moduláciu frekvenčnú, keď zabezpečíme, aby sa modulačné napätie pomocou korekčného filtra v modulátore zmenšovalo úmerne s jeho kmitočtom. Tento nepriamy spôsob získania frekvenčne modulovaných signálov sa často používa, pretože fázová modulácia má oproti priamej frekvenčnej modulácii, v oscilátore nosného kmitočtu  $\omega$ , výhodu v možnosti realizovať vysielateľ frekvenčne modulovanej nosnej vlny s vysokou stabilitou nosného kmitočtu  $\omega$  (modulácia sa robí mimo oscilátora nosného kmitočtu  $\omega$ ). Čistá fázová modulácia sa v praxi používa len zriedka.

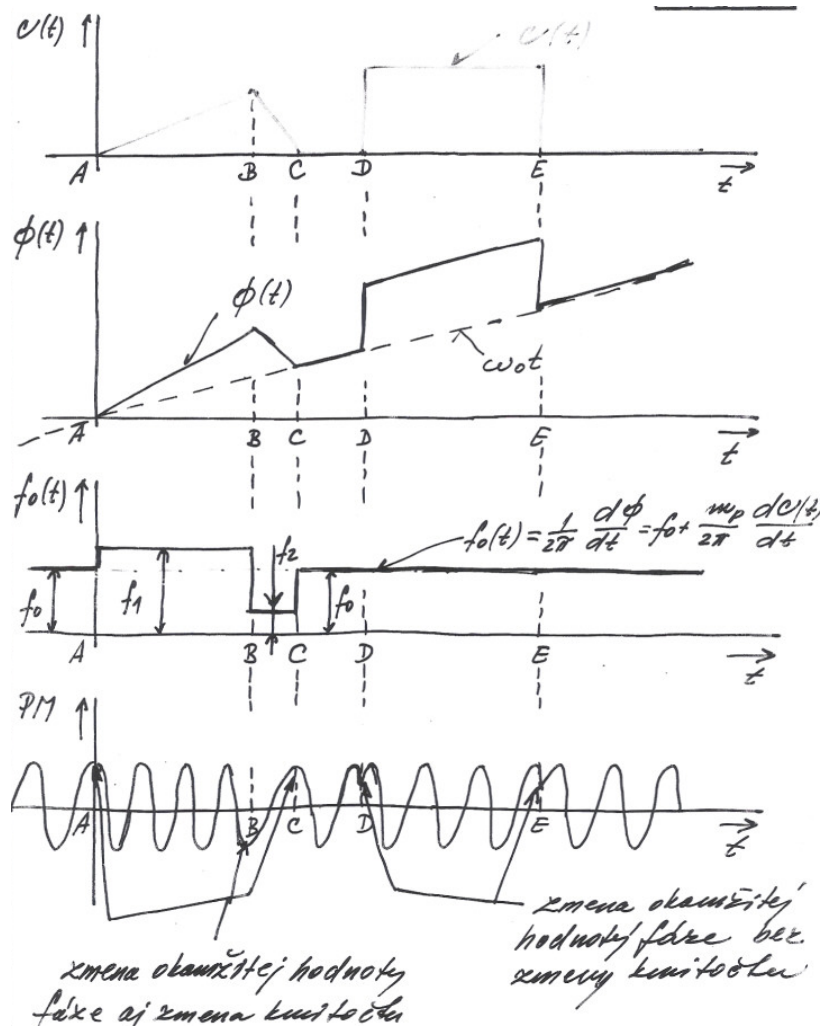
**Frekvenčná modulácia:** Pri frekvenčnej modulácii sa mení frekvencia nosnej vlny v rytme modulačného signálu. Amplitúda modulovanej vlny ostáva konštantná.

Pri frekvenčnej modulácii rozlišujeme tieto pojmy :

- kmitočtet modulačného signálu  $\Omega = 2 \cdot \pi \cdot F$
- kmitočtet nosnej vlny  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

$s(t) = A \cos(\omega_0 t + \beta \sin \omega t), \beta = f_0 / f$  – fázový zdvih

Výhody:





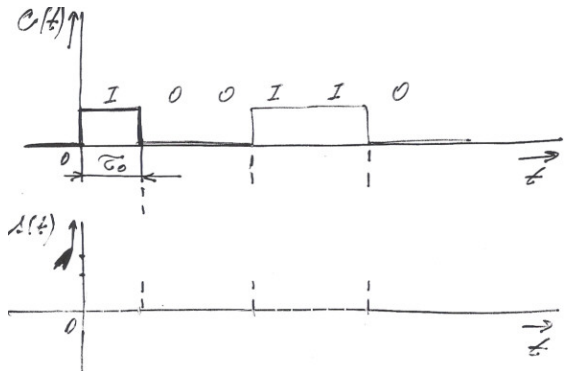
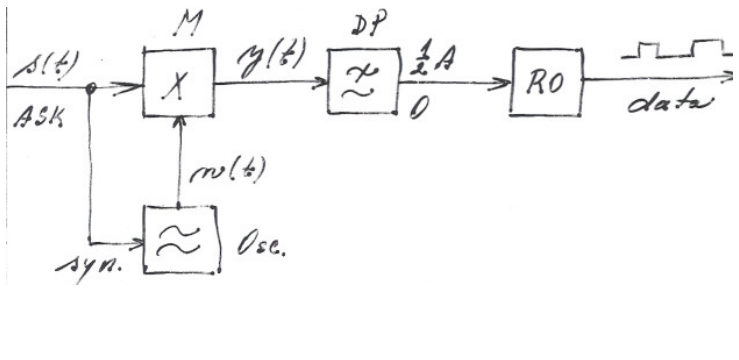
- možnosť vylúčenia porúch amplitúdového charakteru použitím obmedzovača amplitúdy v prijímači, pretože amplitúda neprenáša žiadnu zložku informácie
- jednoduchší modulátor a tým aj jednoduchší vysielač (modulácia sa môže robiť priamo v oscilátore nosného signálu)
- vysielač FM signálu je z hľadiska výkonu dobre využitý. Pri vhodnej veľkosti indexu modulácie  $M$  (okolo  $M = 5$ ) klesá výkon nosného signálu skoro k nule a skoro všetka vysielačná energia je sústredená v postranných pásmach užitočných pre prenos informácie
- menšie vzájomné rušenie dvoch vysielačov, ktoré pracujú na rovnakom alebo blízky nosných kmitočtoch
- lepší odstup užitočného signálu od hluku a šumu.

Nevýhody:

- zložitejší demodulátor
- potrebná podstatne väčšia šírka prenášaného pásma a tým možnosť použitia frekvenčnej modulácie len na frekvenčnom rozsahu veľmi krátkych vln.

**ASK:** vlastnosti:

- jednoduchá realizácia modulátora aj demodulátora
- nízka odolnosť voči rušeniu (aditívny šum) – je citlivá na zmeny zmeny amplitúdových pomerov počas prenosu
- potrebný vysoký prenášaný výkon
- modifikácie smerujúca k zúženiu potrebného pren. pásma – potlačenie nosnej, jedno postranné pásmo (SSB)

$s(t) = c(t)A \cos \omega_0 t$ $A \cos \omega_0 t$ , ak $c(t) = \text{log } 1$ $s(t) = 0$ , ak $c(t) = \text{log } 0$	Synchronný demodulátor, $s(t) = A \cos \omega_0 t$ ; $y(t) = s(t) \cdot \cos \omega_0 t = \frac{1}{2} A \cos 2\omega_0 t + \frac{1}{2} A$
	

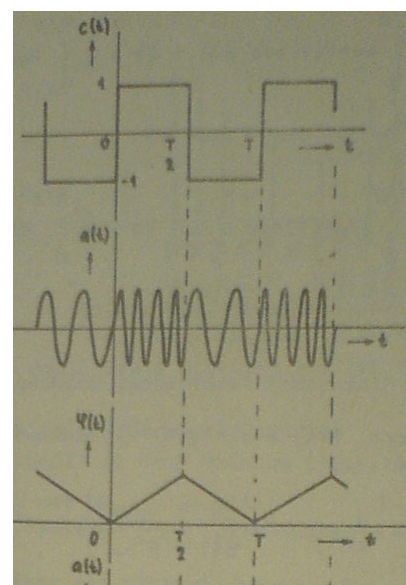
**Vlastnosti FSK:**

- modulácia s konštantnou amplitúdou
- necitlivá na zmeny amplitúdy
- nižšia efektívnosť využitia prenosového pásma ako u ASK, resp. PSK existuje ešte tzv. úzkopásmová FM (index modulácie  $\Delta F/f < 1$ )
- $\Delta F = F_2 - F_1/2$  – frekvenčný zdvih (max. rozladenie nosnej frekvencie)
- $f$  – frekv. modulačného sig. ( $f_0 = 1/2 v_m$ )
- vyššia chybovosť ako u PSK

Model FM signálu vo všeobecnosti:

$$a(t) = A_0 \cos[\omega_0 t + \varphi(t)]$$

Obrázok modulačného signálu  $c(t)$ , jej FM  $a(t)$ ,  $\varphi(t)$



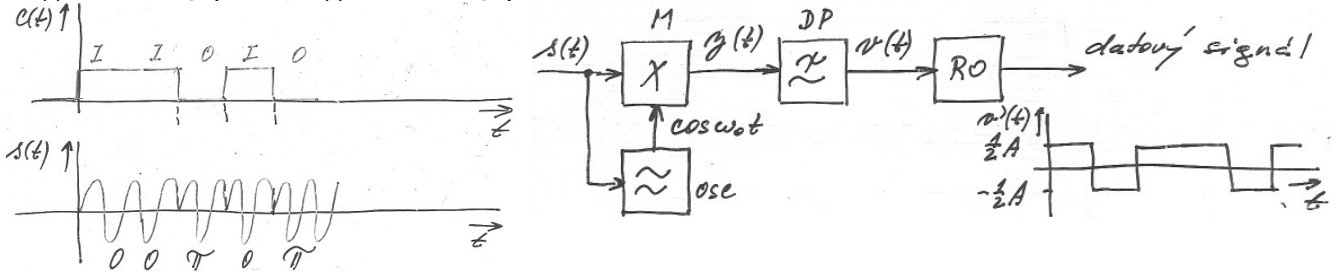
priebežná fáza FM signálu(FR), a(t) výsledný modulovaný signál

**PSK:**

$c(t) = 1 \rightarrow$  posun 0 rad  
 $0 \rightarrow$  posun  $\pi$  rad

$s(t) = A \cos(\omega_0 t + \Phi_i)$ ;  $\Phi_1 = 0$  [rad] pre 1;  $\Phi_2 = \pi$  [rad] pre 0

$s_1(t) = A \cos \omega_0 t$  pre 1;  $s_2(t) = -A \cos \omega_0 t$  pre 0



**PAM, PDM, PPM, PFM** – využívajú veľmi krátky impulz v porovnaní s časom medzi dvoma za sebou idúcich impulzmi. Medzi tieto dva impulzy je možné potom umiestniť ďalší signál → viacnásobný prenos s časovým delením, teda náš známy TDM, teda všetky tieto modulácie sa v tom využívajú. Základ týchto modulácií je teda vzorkovacia teoréma.

**PAM:** keďže využíva 2. druhy vzorkovania máme PAM1 a PAM2. Pri PAM závisia amplitúdy impulzov od veľkosti príslušných vzoriek modulačného signálu. V prípade PAM1 – vrcholové hodnoty impulzov sledujú modulačný signál. PAM2 – vrcholy impulzov sú konštantné a výška impulzov závisí od hodnoty modulačného signálu na začiatku príslušných vzoriek.

**PDM:** závisí šírka impulzov od veľkosti príslušných vzoriek, čiže sa mení v súlade so zmenou modulačného signálu. Vrcholová poloha impulzov a ich poloha vzhľadom na polohu vzoriek sa nemení. Pri PDM sa posúvajú obidve hrany každého impulzu rovnako.

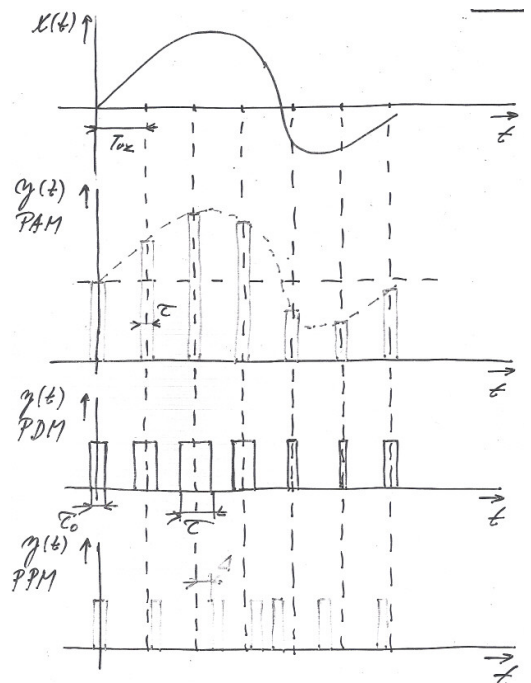
**PPM:** tu sa pôsobením modulačného signálu mení časový posun (poloha, fáza) impulzov vzhľadom na polohu vzoriek, pričom veľkosť tohto posunu nezávisí od frekvencie modulačného signálu, ale len od veľkosti príslušných vzoriek. Vrcholová hodnota E a šírka impulzov sa nemenia. Signál PPM obsahuje jednosmernú zložku, zložku úmernú derivácii modulač. signálu a zložky zodpovedajúce jednak fázovej modulácii signálom  $c(t)$ , jednak amplitúdovej modulácii deriváciou signálu  $c(t)$  každého násobku nosného signálu a frekvenciou.

Doterajšie spomenuté modulácie boli analógové. Pretože sa zaoberali zväčša spojitym premenným. Je však potreba v praxe aj nespojité (diskrétne) modulácie. Pri číslicových moduláciách sa v každom intervale vzorkovania vytvorí kódové slovo vyjadrujúce veľkosť vzorky alebo diferenciu medzi veľkosťami vzoriek. Výsledkom je číslicový, zvyčajne binárny signál. Keďže používajú kvantovanie, vzniká aj kvantizačné skreslenie (šum) obnoveného signálu na prijímacej strane.

Výhody:

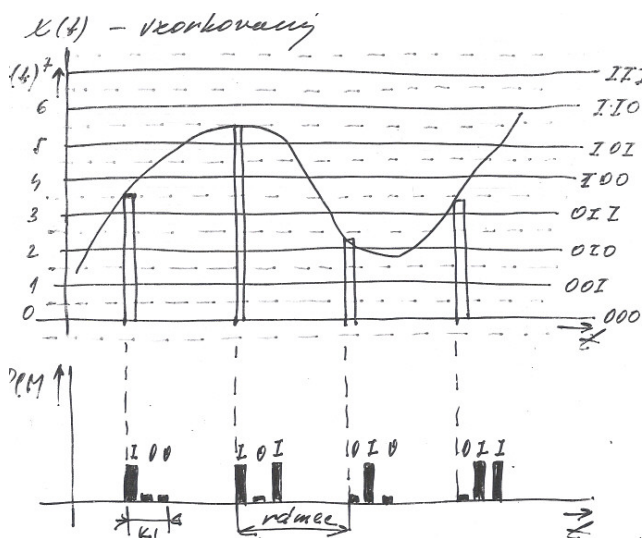
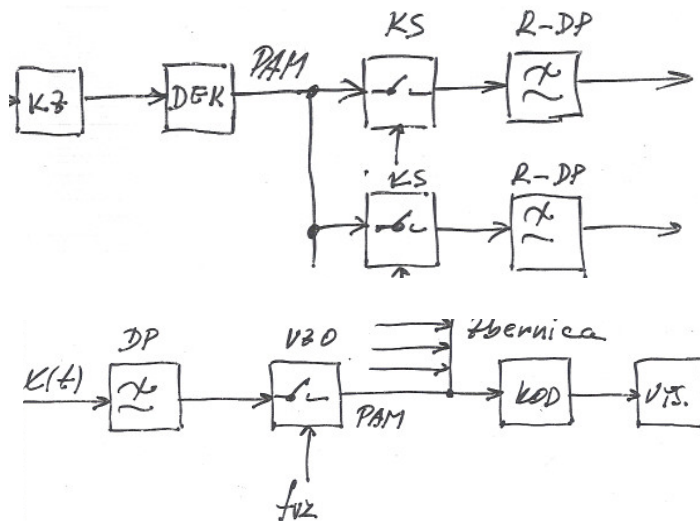
- vysoká odolnosť voči rušivým signálom v dôsledku prenosu signálu pomocou dvojkového signálu
- podstatne menší vplyv hromadenia rušivých signálov pozdĺž prenosovej cesty
- prenosová cesta pre číslicový prenos nie je citlivá na lineárne a nelineárne skreslenie.
- malé súčiastky – miniaturizácia zariadení

Nevýhoda: vyžaduje rozšírenie frekvenčného spektra prenosovej cesty.



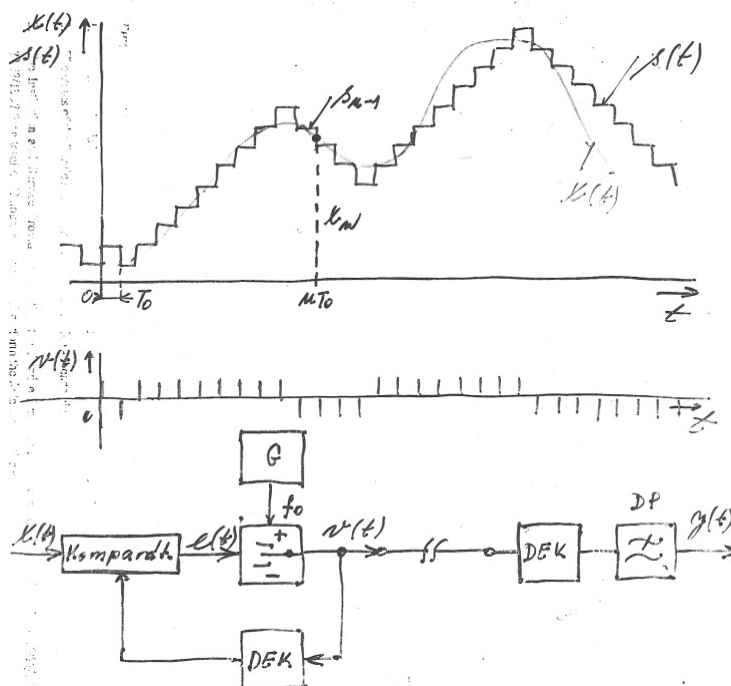
**PCM:** princíp spočíva, že prenášaný spojity signál sa vzorkuje podľa vzork. teorémy. Vzorky sa privedú do kvantizátora, ktorý priradí najbližšiu kvantizačnú úroveň. Každá úroveň je zakódovaná v kóderi skupinou impulzov. Kvantizer a kóder tvoria –A/D prevodník. Dekóder v prijímači vykoná spätné priradenie medzi kódovými slovami a kvantovacími úrovňami (D/A prevodník). Ďalej obnovenie

vzorkovacieho signálu. DP na vstupe obmedzuje spektrum vzorkovaného signálu a na výstupe vyhladzuje vzorkovaný signál.



### Delta modulácia:

Tu sa využívajú len 2 kvantizačné úrovne, čiže kódové slovo má len 1 bit (1 bitová číslicová modulácia). Vzorkovacia frekvencia musí byť omnoho väčšia ako teoreticky minimálna frekvencia podľa vzorkovacej teóremy. Korelácia medzi susednými vzorkami je potom taká veľká, že nasledujúcu vzorku možno vo väčšine prípadov vyjadriť pomocou predchádzajúcej pričítaním alebo odčítaním kvantovacieho kroku  $Q$ . Prenosovým kanálom sa prenáša len údaj, či sa má pričítať alebo odčítať  $Q$ , čo svojimi hodnotami rozlíši 1 bit. Pri DM sa spojité prenášaný signál  $c(t)$  aproximuje stupňovitým signálom  $s(t)$ , ktorý približne zodpovedá prenášanému signálu  $c(t)$ . Na vytvorenie aproximačnej funkcie  $s(t)$  v prijímači pri znalosti  $Q$  a  $T$  postačí informácia o tom, či je skok  $Q$  kladný alebo záporný. Ak je skok  $Q$  kladný  $-1$  –prípočítanie, ak záporný  $-0$  –odpočítanie.



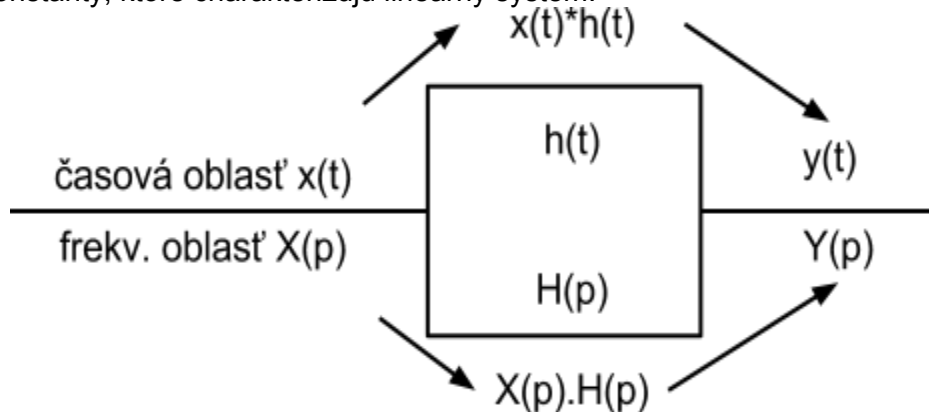
## Vlastnosti LAKI sústav, opis v časovej oblasti a v transformovanej oblasti. Prenosová funkcia LAKI systému

LAKI – Lineárne analógové konečné časovo invariantné sústavy

Systém spojitý v čase je LAKI, ak vzťah medzi jeho vstupom a výstupom môžeme popísať lineárnou Diferenciálnou rovnicou s konštantnými koeficientmi:

$$\sum_{i=0}^n a_i \frac{d^i y}{dt^i} = \sum_{k=0}^m b_k \frac{d^k x}{dt^k} \quad y(t) = y_0(t) + y_p(t)$$

kde  $a_i$  a  $b_k$  sú konštanty, ktoré charakterizujú lineárny systém.



**Vplyv koreňov na frekvenčné charakteristiky, aproximácia frekvenčných charakteristík. Vlastnosti LDKI sústav, opis činnosti v časovej oblasti, impulzová charakteristika. Prenosová funkcia LDKI systému, vplyv koreňov na frekvenčné charakteristiky, konvolúcia. Analýza dvojbrán, maticové charakteristiky. Prenosové charakteristiky dvojbrán. Filtre. Prenosová funkcia IIR a FIR systémov.**

Tematická oblasť - princípy spojovania

6. Spojovacia cesta a telekomunikačná sieť, generácie spojovacích systémov, analógové/digitálne spojovacie polia, blokáda v spojovacích poliach, princípy centralizácie/decentralizácie riadenia spojovacích procesov, zálohovanie riadiacích systémov ústredne, synchronne/asynchronne spojovacie systémy, telefónne terminály, analógové/digitálne účastnícke sady v spojovacom systéme, analógové vstupy do digitálneho spojovacieho systému, prenos digitálneho signálu na účastníckom vedení.

Tematická oblasť - prenosové technológie, systémy a siete

7. Nástroje na opis vlastností signálov a systémov (korelácia, konvolúcia, ESD, PSD...). Model kanála.

Praktické definície frekvenčného pásma. Optimálny prijímač. GFT a priestor signálov. Číslicové modulácie a ich charakteristiky. Konvolučné kódy a ich dekódovanie. Viterbiho algoritmus. Satelitné systémy. Bilancia linky satelitného systému. Šumové číslo a šumová teplota. Základy plánovania bunkových mobilných sietí. Štandardizácia a organizácie zaoberajúce sa problematikou mobilných sietí. Vývoj mobilných systémov od 1G k 2,5G. Prehľad architektúry GSM, základné podsystémy. Služby v mobilných sieťach. Rádiové rozhranie GSM. Samoopravné kódy v GSM. Viterbiho algoritmus v GSM. Kanály v GSM a ich funkcie. Rozhrania v GSM. Číslovanie v GSM. Šifrovanie v GSM. Protokoly v GSM. Základné procedúry v GSM. Vývoj GSM GPRS, EDGE. Siete WLAN a problematika konvergenzie verzus divergencia sietí.

8. Teória homogénnych vedení, vlnová impedancia, prevádzkové tlmenie, teória viacnásobných odrazov; konštrukcia a typy telekomunikačných symetrických vedení; konštrukcia a typy telekomunikačných nesymetrických (koaxiálnych) vedení; prenosové charakteristiky rôznych typov vedení; optické vlnovody – ich typy a prenosové vlastnosti.

9. Prenosové systémy s frekvenčným delením kanálov FDM, digitálne prenosové systémy PDH a SDH, ich komparácia, výhody a nevýhody; technológia SDH – hierarchický proces, multiplexné princípy a konštrukčné bloky, rámce STM-x; siete SDH – sieťové prvky, sieťové topológie, stratégie obnovy prevádzky; synchronizácia a časovanie SDH – synchronná časovacia hierarchia, jitter a wander; nové technológie v transportných sieťach – Next-Generation SDH, Carrier Ethernet, synchronný Ethernet; nové technológie v prístupových sieťach (xDSL).

# NGN – model

NGN možno rozdeliť na:

## 2 časti

- Service Stratum
- Transport Stratum

## 4 vrstvy:

- prístupová vrstva,
- transportná vrstva,
- vrstva riadenia
- vrstva služieb

Spolupráca medzi vrstvami a inými sieťami je realizovaná prostredníctvom otvorených rozhraní.

Transparentné riadenie rôznych transportných technológií (ATM, IP, TDM, FR ...)

Využíva štandardizované sieťové prvky (brány, softswith, aplikačné servery ...).

**Next Generation Network (NGN)** je paketovo orientovaná sieť schopná poskytovať telekomunikačné služby, ktorá umožňuje využitie viacerých širokopásmových, kvalitu služby podporujúcich transportných technológií a v ktorej sú funkcie týkajúce sa služieb nezávislé na použitých transportných technológiách.

Umožňuje neobmedzovaný prístup užívateľov k sieťam, poskytovateľom služieb alebo službám podľa ich výberu. Podporuje univerzálnu mobilitu, ktorá umožní nepretržité a všade dostupné poskytovanie služieb užívateľom.

**Prístupová vrstva-** Poskytuje infraštruktúru, napr. prístupovú sieť medzi koncovým používateľom a transportnou sieťou. Prístupová sieť môže byť bezdrôtová alebo pevná a môže využívať rôzne prenosové médiá.

**Transportná vrstva-**Zabezpečuje prenos medzi jednotlivými uzlami (bodmi) siete, ku ktorým sú pripojené prístupové siete. Prepája fyzické prvky umiestnené v jednotlivých vrstvách referenčnej architektúry.Umožňuje prenos rôznych typov prevádzky a médií (signalizácia, interaktívne dáta, video v reálnom čase, hlasová komunikácia a pod.).

**Vrstva riadenia-** Zahŕňa riadenie sieťových prvkov a riadenie služieb. Je zodpovedná za zostavenie, riadenie a zrušenie multimediálneho spojenia. Zabezpečuje riadenie zdrojov v závislosti od požiadaviek na službu.*Jedným z hlavných princípov NGN je oddelenie riadiacej logiky od spojovacieho hardvéru.*

**Vrstva služieb-** Ponúka funkcie základných služieb, ktoré môžu byť použité na vytvorenie komplexnejších a sofistikovanejších služieb a aplikácií. Riadi priebeh služby na základe logiky služby.

## Základné vlastnosti NGN sietí:

### NEZÁVISLOSŤ OD KOMUNIKAČNÝCH PROTOKOLOV

NGN musia byť schopné pracovať s množstvom rôznych komunikačných protokolov, aby umožnili rôzne formy komunikácie. Návrh a realizácia tradičných sietí bola založená na prenose určitých špecifických typov informácií ako sú hlas, video alebo dáta. Tento prenos si vyžadoval oddelené siete, používajúce rôzne skupiny zariadení (i keď využívajúce tie isté káble alebo transportné médiá). Protokolová nezávislosť je schopnosť siete pracovať s akýmkoľvek typom protokolu. Táto vlastnosť sa realizuje väčšinou na "inteligentnom okraji" siete .

### SPOĽAHLIVOSŤ A ZOTAVITEĽNOSŤ

Nové pokročilé aplikácie zvyšujú závislosť na spoľahlivom vybavení a je zrejmé, že v budúcnosti budú tieto nároky ešte vyššie. Zabezpečenie spoľahlivosti a kvality služieb sa spája s dosiahnutím vysokej výkonnosti sietí. Aplikácie e-commerce požadujú pre svoju činnosť vysoko pružné telekomunikačné siete, keďže podnikanie bude závisieť od funkčnosti sietí. Pre iné vysoko citlivé aplikácie ako telemedicine je nevyhnutná spoľahlivosť siete, pretože od kvality prenášanej informácie môže záležať pacientove zdravie. Siete NGN budú požadovať vyššiu rozmanitosť topológie a viac redundantných prvkov ako obsahujú dnešné siete, aby bolo možné zrealizovať a dosiahnuť potrebnú úroveň spoľahlivosti a zotaviteľnosti.

### RIADITEĽNOSŤ

Pre prevádzkovateľov siete je dôležité, aby mali možnosť ich siete navrhnuť, prispôbiť a optimalizovať tak, aby rôzne typy médií vyhovovali rozličným užívateľským požiadavkám na služby siete. Základným

problémom je kvalita služby t.j. schopnosť siete zabezpečiť požadovanú úroveň služby alebo garantovať potrebnú šírku pásma a dobu odpovede do určitého času. Napríklad aplikácie zaisťujúce videokonferencie by nemali dopustiť oneskorenie alebo stratu informačných paketov. Bezchybnosť týchto aplikácií stojí na kvalite prenosu pokiaľ ide o rýchlosť a kompletnosť prenosu. Avšak, pri klasickom surfovaní je možné pripustiť i prípadnú stratu paketov bez zníženia kvality služby. Dôležitým parametrom je možnosť ovplyvňovania a riadenia týchto aspektov siete, pretože umožňuje sieťovému managementu optimalizáciu využitia zdrojov siete a to dynamickým vyvažovaním medzi kapacitou pridelenou aplikáciám v reálnom čase a kritickými aplikáciami. Pre správcov sietí je taktiež potrebné ovládať úroveň pružnosti pridelenú službám nepracujúcim v reálnom čase ako napríklad prenos obsahu súborov (downloading).

## PROGRAMOVATEĽNOSŤ

Väčšia programovateľnosť a rekonfigurovateľnosť NGN sietí robí tieto siete pružnejšie a tým viac sú schopné vyrovnávať sa s požiadavkami užívateľov na nové služby. Programovateľnosť uľahčuje rozširovanie okruhu nových služieb, pretože umožňuje zasahovať do siete bez prerušenia jej prevádzky a dokonca i cez vzdialený prístup. Čas potrebný na zavedenie nových služieb do siete sa tak zníži z niekoľkých týždňov rádo do hodiny.

## ROZŠÍRITEĽNOSŤ

Rozšíriteľnosť je dôležitým aspektom sietí, ktorý im umožní jednoduché a flexibilnejšie prispôsobenie sa rastúcim požiadavkám na rozsah prenesených dát a kvalitu služieb. Taktiež zabraňujú tomu, aby sa siete stali zastarané.

**TISPAN architektúra: - základná architektúra pre NGN**

## OBR

**Služby v NGN:** výhoda je v tom že pri zavedení novej služby do NGN nie je potrebné dokupovať nové zariadenie, stačí len doprogramovať a rozšíriť základne služby. Hlavná a veľká výhoda. Pri poskytovaní služieb využívajú všetky prístupové siete ktoré riadi vrstva riadenia a cez vrstvu služieb poskytuje užívateľom požadované služby.

Najvýznamnejšia služba: IP Centrex - je náhradou komunikačných riešení pobočkových ústrední (PBX), obsahuje virtuálnu pobočku, grafické používateľské rozhranie, unified messaging + podpora existujúcich firemných aplikácií.

Medzi služby patrí aj: UC, VoIP, e-learning, triple-play, IPTV, video-hovory vysokej kvality a všetky možné novinky. Ešte sem patrí Emulácia PSTN/ISDN: postupná migrácia zariadení a PSTN/ISDN služieb. Simulácia ISDN/PSTN: poskytovanie služieb podobných PSTN/ISDN pre hlasové a multimedialne koncové zariadenia.

### **Rozhrania NGN:**

Funkčné vrstvy sú od seba oddelené otvorenými rozhraniami, ktoré slúžia na prepojenie s inými sieťami, ale taktiež na integráciu služieb a aplikácií tretích strán.

Rozhrania medzi vrstvou riadenia a služieb:

Otvorené štandardné rozhranie: -web služby, Parlay API, JAIN(Java advanced intelligent networks - pre java platformy). API – aplikačné programové rozhranie.

Parlay a JAIN sa implementuje pomocou Middleware (programátori nemusia poznať každú platformu, pretože umožňuje pracovať rôznymi aplikačným softom na rozličných operačných systémoch).

Middleware je integrovaný do XML, SOAP a web služieb.

### **Vonkajšie rozhrania v IMS:**

Označ.	Prepájané bloky	Popis	Protokol
Mn	MGCF (Media Gateway Control Function) – T-MGF (Trunking Media Gateway F.)	Zabezpečuje spoluprácu IMS s PSTN/PLMN. Vyhovuje odporúčaniam ITU-T H.248	Megaco (Media Gateway Control Protocol), def. v ITU-T H.248
le	MGCF – SGF (Signalling Gateway F.)	Zabezpečuje výmenu signalizácie SS7 (PSTN) cez IP prostredie.	SCTP

		Využíva architektúru SIGTRAN[1].	
Mp	MRFC (Multimedia Resource F. Controller) – MRFP (Multimedia Resource F. Processor)	Umožňuje MRFC riadenie zdrojov pre multimediálne toky pomocou MRFP. Vyznačuje sa otvorenou architektúrou.	Megaco (ITU-T H.248)
Gm	CSCF (Call Session Control F.) – UE (User Equipment)	Komunikácia medzi užívateľom (UE) a IMS, napríklad registrácia, riadenie spojenia.	SIP
Dx	CSCF (Call Session Control F.) – SLF (Subscription Locator F.)	Používa sa na získanie adresy UPSF, v ktorom je uložený profil daného užívateľa	Diameter[2]
Cx	CSCF (Call Session Control F.) – UPSF (User Profile Server F.)	Procedúry pre výber UPSF, získanie smerovacej informácie, autentifikácia, autorizácia, riadenie filtrov.	Diameter

## **PRVKY NGN SIETE**

### **PRÍSTUPOVÁ BRÁNA**

Slúži na pripojenie účastníckej linky do paketovej siete. Poskytuje konverziu mediálnych tokov analógového prístupu (napríklad POTS) na pakety. Taktiež účastníkovi poskytuje prístup do NGN siete a jej služby.

### **SIETOVÁ BRÁNA MÉDIÍ**

Jej úlohou je konvertovať informačné toky vo formáte jednej siete na formát podporovaný inou sieťou. Jednou z ďalších funkcií tohto prvku je odstránenie odozvy a DTMF. Zariadenie je pod dohľadom MGC.

### **INTELIGENTNÝ PREPÍNAČ**

Je známy ako MGC (Media Gateway Controller) alebo ako Agent spojenia. Je to softwarová aplikácia, ktorá sa nachádza na serveri alebo inom sieťovom komponente a riadi celú chrbticovú sieť. Toto zariadenie vykonáva funkcie smerovania hovoru, funkcie AAA (Authentication, Authorization, Accounting) a riadi funkcie prepájania a signalizácie sieťových brán.

### **APLIKAČNÝ SERVER**

Zariadenie podporuje vykonanie služby, riadi severy spojenia a iné špeciálne prostriedky NGN (napríklad mediálny server, server správ). Aplikačný sever taktiež poskytuje podporu pre nové moderné služby ako sú jednotné správy, videokonferencia a automatická spojovateľka. Tieto služby sú založené na prostriedkoch JAVA a Microsoft s hlasovou a dátovou integráciou.

### **Migrácia a konvergencia k NGN:**

#### **1, TDM a CCS7**

- Hlasová prevádzka je prenášaná vo forme TDM prostredníctvom hierarchicky usporiadaných miestnych a tranzitných ústrední
- Signalizácia vzťahujúca sa k hlasovej prevádzke (ISUP a INAP) je spracovávaná signalizačnou sieťou CCS7

#### **2, Služby IN**

- Služby s pridanou hodnotou sú poskytované spojovacími systémami, alebo IN.
- Najrozšírenejšie IN služby sú:
  - *calling card services,*
  - *freephone, premium rate, universal access number*



- VPN, Centrex

### **3, Prístup k Internetu**

- Prístup k ISP je realizovaný:
  - úzkopásmovo - analógové a ISDN dialup spojenia,
  - širokopásmovo – ADSL

### **4, Konsolidácia spojovacích systémov**

- Nasadením menšieho počtu veľkých ústrední (miestnych a tranzitných) s väčšou spojovacou kapacitou sa znížia prevádzkové náklady a umožní sa rýchlejšie zavádzanie nových služieb.
- Nové technológie a spojovacie polia na báze FPS znížia náklady a umožnia využitie spoj. systémov pre nové dátové služby

### **5, Konsolidácia prístupu a VoDSL**

- Nové prístupové uzly a upgrade existujúcich umožnia rozšíriť pokrytie a zvýšiť prenosovú kapacitu ponúkanú individuálnym účastníkom
- Nové prístupové technológie poskytnú bezproblémový multiservisný prístup pre hlasové (POTS, ISDN) a dátové (ADSL, ATM, IP, FR, ...) služby
- Zavedenie emulácie účastníckej slučky na báze VoDSL.

### **6, IN - Internet konvergované služby**

- Integrácia hlasu a dát v spoločných aplikáciách je realizovaná s podporou IN SCP
- Príklady:
  - *click-to-dial, internet call waiting, Web-augmented calling, unified messaging, ...*
- Z dôvodu potreby komunikácie s Internetovými servermi musí SCP podporovať IETF protokoly (napr. PINT, SPIRITS)

### **7, Otvorené rozhranie pre služby**

- ApGW s otvorenými rozhraniami (napr. OSA/Parlay, JAIN, SIP) umožnia spoluprácu s aplikačnými servermi (AS) tretích strán.

### **8, VoP zväzkovanie prostredníctvom integrovaných brán**

- Existujúce miestne ústredne budú doplnené o integrované TGW (trunking gateways) konvertujúce hlas na ATM/IP pakety
- Výhoda - ochrana investícií do TDM, možnosť zavedenia *trunkingover-packet*, zachovanie služieb s pridanou hodnotou (VAS) na báze IN.

### **9, TGW s tranzit. ústredňami na báze Softswitchu**

- Spolupráca s ústredňami bez integrovaných brán je zabezpečovaná prostredníctvom externých TGW riadených softswitchom vo funkcií tranzitnej ústredne (s využitím protokolov H.248/Megaco).
- Z funkčného hľadiska sa softswitch správa ako tranzitná ústredňa - má podobné funkcie (napr. smerovanie), signalizačné rozhrania (ISUP, INAP) a prístup k službám s pridanou hodnotou (IN).

### **10, Softswitch vo funkcií miestnej ústredne**

- Spojovacie procesy budú riadené spoločným riadiacim prvkom (*softswitch*) podporujúcim funkcie miestnej ústredne (napr. účastnícku signalizáciu).
- Realizácia hlasových brán závisí od topológie, hustoty a požiadavkách na služby zo strany koncových účastníkov.
- Softswitch komunikuje s bránami prostredníctvom protokolov H.248 a Megaco.

### **11, Brána pre rezidenčných účastníkov [M]**

- ADSL účastníci môžu byť pripojení prostredníctvom RGW (Residential Gateway), alebo IAD (Integrated Access Device) podporujúcimi VoP.

### **12, Prístupová brána v DSLAM**

- DSLAM môže byť doplnené o funkciu VoIP brány

### **13, Distribuované prístupové brány**

- Alternatívy pripojenia hlasových účastníkov priamo k dátovej sieti predstavujú nasadenie AGW (Access Gateways) a upgrade existujúcich prístupových uzlov o funkciu AGW

### **14, IP telefóny**

- Pre potreby spolupráce s novými koncovými zariadeniami – IP telefónmi musí softswitch vo funkcií miestnej ústredne podporovať nové účastnícké signalizácie (napr. H.323, SIP).

### **15, IP klienti a Multimediálny Softswitch**

- Multimediálne terminály - PC, nové špeciálne zariadenia, ...
- Na komunikáciu multimediálnych terminálov so softswitchom slúžia multimediálne signalizačné protokoly (H.323, SIP)

- Softswitch je doplnený o riadenie multimedialných relácií a riadenie QoS

## **16, Nové aplikácie**

- Predpokladá sa, že hlasové služby vo VoP sieťach budú mať menej funkčností ako v sieťach s prepájaním okruhov (špeciálne v H.323 prostredí)
- Multimedialne služby - základ budúcich ziskov
- Predpoklady masívneho nasadenia nových aplikácií – dostupnosť aplikačných serverov a terminálov, ľahko použiteľné nástroje na vytváranie služieb

## **17, Retailer portal a otvorené rozhrania**

- Nové obchodné modely a nové subjekty na trhu (napr. virtuálni sieťoví operátori, externí poskytovatelia aplikácií a poskytovatelia obsahu) vyžadujú aplikačný prístup (pre autentifikáciu, autorizáciu, spoplatnenie, roaming, účastnícke profily a pod.) a service-broker platformy (na dohodnutie schopností terminálov, prenosovej kapacity a pod).
- Umožňujú oddelenie riadenia siete od funkčnosti služieb.
- Aplikácie a služby v NGN spolupracujú prostredníctvom štandardizovaných protokolov (napr. SIP) a API (napr. JAIN, OSA/Parlay)

## **Posledný krok migrácie**

- Transformácia/výmena všetkých zariadení pôvodnej VTS na NGN kompatibilné zariadenia. Dôvody:
- ochrana vynaložených investícií (napr. prístupových koncentrátorov pripojených k lokálnym ústredniam)
- zníženie prevádzkových nákladov (paketová sieť pre prenos dát a signalizácie)

## **Výmena zariadení po skončení životnosti [V]**

- TDM ústredne a prístupové uzly sú po skončení životnosti nahradené TGW, AGW a softswitchmi

## **Migrácia k IP signalizácií [U]**

- Vyššie vrstvy signalizácie (SCCP, ISUP, TCAP, INAP) ostávajú zachované
- Nižšie vrstvy SS7 sú nahradené paketovo orientovaným ekvivalentom (viď. IETF SIGTRAN working group)