

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV



Miloš Orgoň

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

Hlavnou úlohou telekomunikačnej techniky je umožniť ľuďom prenos informácií cez také prostredia (vzdialenosti, prekážky), ktoré nemôžu bežne preklenúť pomocou svojich základných zmyslových schopností (zrak, sluch).

Ďalšou úlohou je vytvoriť možnosť na výmenu informácií medzi ľuďmi a zariadeniami na spracovanie informácií, a taktiež na výmenu informácií medzi samotnými zariadeniami (napr. zariadenia výpočtovej a automatizačnej techniky).

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

- ◆ Pod pojmom **informácia** chápeme odraz reálneho sveta vyjadrený formou **správy**, ktorá je vytváraná **zdrojom správy**. Každú správu môžeme rozložiť **na prvky (elementy) správy**. Tak napr. správa, vyjadrená textom, môže byť zložená len z obmedzeného počtu prvkov, t.j. písmen, číslíc a interpunkčných znamienok, čo dohromady tvorí tzv. **abecedu zdroja správ**. Takúto správu nazývame **nespojitou** čiže **diskrétnou správou**.
- ◆ Naproti tomu **analógová (spojitá) správa** je tvorená súhrnom prvkov správy vyberaných z neobmedzeného (nekonečného) počtu možných prvkov (všetky možné okamžité hodnoty spojitá sa meniacej fyzikálnej veličiny, napr. teploty, napätia, prúdu a pod.).

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

- ◆ Zdroje analógových či diskretných správ sú buď ľudia alebo zariadenia na spracovanie informácií. *Správa* môže byť pomocou rôznych fyzikálnych princípov zaznamenávaná na tzv. **záznamové médium (nosič)**.
- ◆ Na informáciu produkovanú zdrojom správy čaká **príjemca správy** - človek (alebo zariadenie), ktorý ju môže obdržať buď **prepravou správy** (fyzické premiestnenie správy na záznamovom médiu), alebo **prenesením správy**, pri ktorom je správa premenená na **signál**.
- ◆ Pod pojmom **signál** teda rozumieme správu premenenú do konkrétnej fyzikálnej formy, ktorá je vhodná na jej prenos určitým prostredím. V telekomunikačnej technike rozlišujeme signály akustické, optické a elektrické.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

- ◆ Informačný systém, určený na prenos správ, musí spĺňať určité logicko- organizačné predpoklady (účel prenosu správy, zostavenie správy z prvkov abecedy zdroja správ, jednoznačné priradenie správy a signálu na strane zdroja, znalosť abecedy zdroja správ i predpisu priradenia signálu a správy u príjemcu správy a pod).
- ◆ Aby mal prenos správ v reálnych telekomunikačných systémoch nejaký zmysel, musí mať správa vždy náhodný charakter.
- ◆ Príjemca správy síce musí dopredu poznať, aké správy môžu byť zo zdroja vôbec vysielané, ale nevie, ktorá správa z množiny možných správ bude skutočne vyslaná.
- ◆ Okrem obsahovej stránky nesie v sebe každá správa aj určité **množstvo informácie**, ktoré sa hodnotí pomocou pravdepodobnosti jej obdržania.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

- ♦ Správa o veľmi pravdepodobnom jave nesie v sebe málo informácie, a naopak, správa o málo pravdepodobnom jave obsahuje veľké množstvo informácie.
- ♦ **Ak má byť množstvo informácie veličinou, musí byť merateľné a musí mať príslušnú jednotku. K jednotke množstva informácie sa dostaneme nasledujúcou úvahou. Je potrebné preniesť správu o tom, či určitý elektrický spotrebič je v stave „vypnutý - V“ či „zapnutý - Z“, t.j. abeceda zdroja sa skladá iba z dvoch prvkov.**
- ♦ **Ak teraz predpokladáme, že oba prvky majú rovnakú pravdepodobnosť výskytu, potom príjem jedného z týchto prvkov predstavuje práve jednotkové množstvo informácie - jednotkové množstvo informácie I_{Sh} (shannon - podľa amerického matematika C. E. Shannona). Priemerné množstvo informácie pripadajúce na jeden prvok správy (tzv. entropia) je daná vzťahom**

$$H = \log_2 s [Sh]$$

kde s je počet prvkov abecedy zdroja, z ktorých každý má rovnakú pravdepodobnosť výskytu. V obecnom prípade nemusia však mať všetky prvky abecedy zdroja rovnakú pravdepodobnosť, takže sa pre výpočet entropie musí použiť iný vzorec.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

Poznámka:

Zo vzťahu je zrejmé, že pre dva prvky abecedy zdroja je hodnota $H=1$ a platí, že entropia môže byť vyjadrená desatinným číslom.

Donedávna sa tiež na vyjadrenie množstva informácie používala jednotka **teoretický bit**. Zaokrúhlením teoretického bitu na najbližšie vyššie celé číslo dostaneme tzv. **technický bit** alebo len bit, ktorý je formálne zhodný s definíciou tzv. dvojkovej jednotky (skratka z angl. binary digit), známej z výpočtovej techniky.

Hodnotu jedného bitu má napr. jedno dvojstavové miesto v elektronickej pamäti alebo v kódovej značke. Je treba tiež dôsledne rozlišovať ďalší pojem **byte** (bajt - slabika) -, t.j. skupina (spravidla **8**) bitov určená pre spoločné spracovanie alebo ukladanie do pamäte.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

Príklad:

Aké priemerné množstvo informácie predstavuje vyslanie jednej arabskej číslice, ak všetky číslice majú rovnakú pravdepodobnosť výskytu ?

Abeceda informačného zdroja obsahuje 10 znakov (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0), teda $s=10$. Potom priemerné množstvo informácie pripadajúce na jeden prvok je

$$**H = \log_2 s = \log_2 10 = 3,32 \text{ Sh.}**$$

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

Základným technickým predpokladom na vytvorenie informačného systému je realizácia **telekomunikačného spoja**. Pre obecné vysvetlenie tohoto pojmu sa však neobídeme bez základných definícií:

- ♦ **telekomunikačný spoj** - súbor technických prostriedkov umožňujúcich telekomunikačný prenos správ medzi dvoma miestami, bez ohľadu na druh použitých prostriedkov a druh prenosu,
- ♦ **signál** - fyzický nosič správ slúžiaci najmä na ich prenos prostredím; rozlišujeme signály akustické, optické, elektrické,
- ♦ **signál analógový (spojitý)** - signál vyjadrujúci správu pomocou neobmedzeného počtu hodnôt určitej fyzikálnej veličiny (napr. amplitúdy, frekvencie a pod.),
- ♦ **signál diskretný (nespojité)** - signál, ktorý je nespojitý buď v čase, alebo v amplitúde, alebo v čase i amplitúde,

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

- ◆ **signál digitálny (číslicový)** - signál nespojitý v čase i amplitúde vyjadrujúci správu pomocou obmedzeného počtu hodnôt určitej fyzikálnej veličiny (napr. len dvoch hodnôt),
- ◆ **kanál (telekomunikačný kanál)** - súbor technických prostriedkov umožňujúcich jednosmerný prenos signálu medzi dvoma miestami bez ohľadu na druh použitých prostriedkov,
- ◆ **kód** - a) sústava pravidiel na premenu správy na signál,
b) iný názov pre abecedu zdroja správ,
c) súbor prevodných vzťahov medzi rôznymi abecedami zdrojov správ,
- ◆ **kódovanie správy** - proces, pri ktorom sa jednotlivým prvkom správy (binárnym prvkom, slabikám, písmenám, čísliciam, obrazovým prvkom a pod.) priradujú stavy určitých parametrov signálu (amplitúda, frekvencia, dĺžka impulzu, šírka impulzu, skupina dvojstavových impulzov apod.),
- ◆ **dekódovanie správy** - proces opačný k procesu kódovania,

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

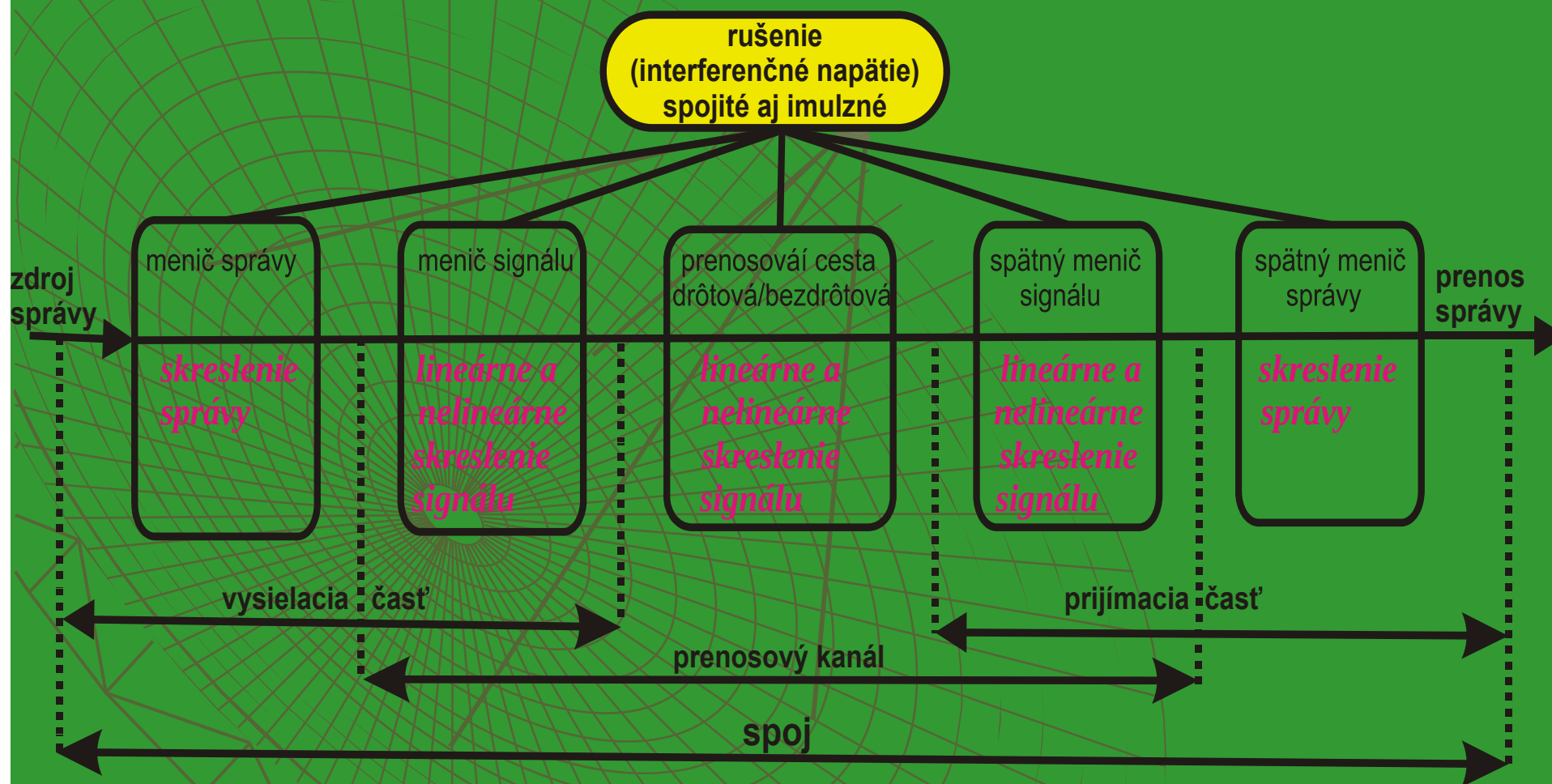
1.1 Základy z teórie prenosu správ

- ♦ **modulácia** - proces, pri ktorom sa v závislosti na zmene signálu nesúceho správu, vyvoláva zmena určitého parametra elektromagnetického vlnenia; používa sa najmä na zmenu formy elektrického signálu na vysielacej strane kanála,
- ♦ **demodulácia** - proces fyzikálne zhodný s moduláciou; používa sa najmä k zmene formy elektrického signálu na prijímacej strane kanála,
- ♦ **prenosová cesta** - súbor technických prostriedkov a prostredí, preklenujúcich vzdialenosť medzi zdrojom a príjemcom správy, po ktorom sa prenášajú vhodne premenené elektrické signály,
- ♦ **skreslenie správy (signálu)** - jav znižujúci vernosť pôvodnej správy (signálu) vplyvom vnútorných vlastností telekomunikačného spoja,
- ♦ **rušenie správy (signálu), interferencia** - jav znižujúci vernosť pôvodnej správy (signálu) v dôsledku vonkajších vplyvov (iných signálov či interferenčných napätí),
- ♦ **šum** - náhodné či systematické vplyvy pôsobiace na signál v prenosovom kanále, ktoré môžu vznikať v ňom samotnom alebo do neho vnikať zvonku; kvantitatívne sa vyjadrujú šumovým výkonom alebo napätím.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Závery z teórie prenosu správ

KÓDOVANIE MODULÁCIA PRENOS DEMODULÁCIA DEKÓDOVANIE



Bližšiu predstavu o týchto pojmoch dáva obr. 1.1, ktorý predstavuje zostavu obecného spoja pre jednosmerný prenos správ.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

Pôvodná správa S , obvykle vnímateľná ľudskými zmyslami, sa v **meniči správy** premení na **prvotný elektrický signál**. Tento signál má najčastejšie spojitý (analogový) charakter, v niektorých prípadoch však môže byť i digitálny. Väčšinou však, najmä na preklopenie veľkých vzdialeností, nebýva tento prvotný signál z technicko-ekonomických dôvodov vhodný na prenos.

Ďalším blokom preto býva **menič signálu** prevádzajúci prvotný elektrický signál na iný elektrický (resp. optický) signál, ktorého vlastnosti sa prispôsobujú možnostiam použitej prenosovej cesty. Ide buď o prenos voľným priestorom - **rádiová prenosová cesta**, alebo o prenos vedením - **metalická** či **optická prenosová cesta**.

Signál je buď analogový, alebo digitálny. **Spätný menič signálu** mení charakter preneseného signálu opäť na iný elektrický signál, ktorý je vhodný na spracovanie **spätným meničom správy**. Prijemca správy obdrží teda správu S' , ktorá sa obecné môže líšiť od pôvodnej správy S .

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

To je spôsobené hlavne týmito vplyvmi:

- ◆ nedokonalosťami základných meničov (skreslenie správy) - vnútorný vplyv,
- ◆ nedokonalosťami telekomunikačného kanála (skreslenie signálu) - vnútorný vplyv,
- ◆ rušením (interferenciou) - vonkajší vplyv.

Obečne teda môžu spôsobiť skreslenie všetky bloky spoja. Podobne sa i rušenia môžu do spoja dostávať vo všetkých jeho blokoch, i keď obvykle signál je najpodstatnejšie ovplyvňovaný prenosovou cestou - rádiovou alebo metalickou.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

Nie je ťažké do jednotlivých blokov dosadiť konkrétne časti reťazca, napr. na prenos rozhlasového signálu, avšak zostava jednotlivých častí spoja má i obecnejší charakter. Odpovedá napr. tiež reťazcu pre prenos energie od tepelného či vodného zdroja cez elektráreň, transformáciu, diaľkový prenos, spätnou transformáciu a spotrebič.

Ak však má byť **prenos obojsmerný**, je nutné mať k dispozícii ešte ďalší kanál pre opačný smer, a tým dochádza k vytvoreniu tzv. **telekomunikačného okruhu**.

Telekomunikačný okruh, často iba **okruh**, je teda pár vzájomne priradených protismerných kanálov umožňujúcich protismernú komunikáciu.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

Komunikácia môže prebiehať pomocou nasledovných spôsobov prevádzky:

- ◆ **1) Simplexná prevádzka** - iba z bodu "A" do "B" a späť nič! - jednosmerný prenos napr. rozhlas po drôte, 2 vodiče.
- ◆ **2) Polovičný duplex** - striedavo z bodu "A" do „B" a následne z "B" do "A" - napr. telefónny hovor / teda pokiaľ si neskáčeme do reči / klasicky potom d'alekopis , 2 vodiče.
- ◆ **3) Duplex** – niekedy aj "plný duplex" (*i keď neopodstatnene, pretože polovičný duplex sme si už objasnili*), je prenos oboma smermi súčasne z "A" ->"B" i z "B ->"A", **4 vodiče** /vzácné 2 vodiče- špeciálna technológia/, **klasicky d'alekopis a pripojenie modemu k PC pomocou sériového portu .**

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

Duplex sa používa predovšetkým pre pevné (prenajaté) linky, ktoré sú 4- drôtové v celom priebehu, napríklad na prepojenie pobočiek firiem, ktoré na to majú.

- ◆ **S klasickým simplexom** sa pri prenose dát nestretávame, a to z toho dôvodu, že sa jedna strana musí stále dotazovať a druhá odpovedať.
- ◆ **Klasický simplex** je možné zaznamenať napríklad pri ďalekopise, kde jedna strana iba vysiela a druhá iba prijíma, bez toho, aby bola vybavená vysielačom. Týmto spôsobom si odovzdávali napríklad denníky správy do pobočiek (Pravda), alebo i agentúry - Reuter a ČTK.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

Medzi modemom a PC je klasický duplex, pretože na príjem a vysielanie potrebujeme najmenej 3 vodiče , **RX, TX** a **zem**. Väčšinou však vodiče **4: RX data + zem** a **TX data + zem**. Pokiaľ sa zdá, že tá zem sa dá ušetriť, tak to je síce pravda, ale len pokiaľ má každý signálový vodič svoju **vlastnú zem** a poskladáme ich do „plochého vodiča“ tak, aby boli v poradí aktívny vodič **TX data - zem** , **aktívny vodič RX data - zem** , **aktívny vodič Terminál ready - zem** , atď. - vtedy jednotlivé zemné vodiče tvoria tienenie medzi signálovými vodičmi a znižuje sa úroveň presluchoch vznikajúcich indukciou.

Tu je snáď vhodné pripomenúť, že pri koaxiálnych a optických spojoch sú dokonca rozdelené do dvoch samostatných káblov - pre každý smer sa používa jeden, pri optike niekedy len dve vlákna v jednom kábli (tam, kde sa nepredpokladá postupné využitie celej kapacity pre jeden smer). Pri rádiorелеových spojoch a družiciach sa potom používajú rôzne frekvencie pre jednotlivé smery prenosu.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1 Základy z teórie prenosu správ

Z účelového hľadiska môžeme telekomunikačné prenosy rozdeliť do troch základných skupín:

- ♦ **hromadné prenosy** - jednosmerné prenosy, pri ktorých sa rovnaká správa z jediného zdroja prenáša po spoločnej prenosovej ceste (paralelne po mnohých prenosových cestách) k väčšiemu počtu príjemcov (napr. bezdrôtový a drôtový rozhlas, bezdrôtová a kábelová televízia, hromadné diaľkové ovládanie),
- ♦ **účastnícke prenosy** - obojsmerné prenosy konverzačného typu cez komutačné zariadenia (napr. medzi telefónnymi účastníkmi, medzi dátovými účastníkmi a počítačom a pod.) vo verejnej sfére,
- ♦ **služobné prenosy** - ostatné jednosmerné i obojsmerné prenosy na dorozumievanie, diaľkové merania, diaľkovú signalizáciu a ovládanie; obvykle sa používajú na služobné účely v neverejnej sfére.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.1 Telekomunikačné signály a telekomunikačné kanály

Pri prenose všetkých druhov telekomunikačných signálov je potrebné kompromisne riešiť vzťah dvoch protichodných požiadaviek.

Prvou z nich je snaha o dosiahnutie čo **najvernejšieho prenosu a vyhodnotenie pôvodnej správy**, t.j. dosiahnutie čo najmensej odlišnosti správ S a S' . To vo svojej podstate vedie k maximalistickým nárokom na konštrukciu všetkých meničov i na vlastnosti prenosovej cesty.

Druhou požiadavkou je **technicko-ekonomické hľadisko**, ktoré naopak vyžaduje, aby zložitost jednotlivých telekomunikačných blokov a ich realizácia a prevádzka predstavovali primerané finančné náklady. Z tohto dôvodu sú napr. frekvenčné šírky telekomunikačných kanálov menšie, než by odpovedalo maximálnym fyziologickým schopnostiam človeka alebo celkom vernému prenosu tvaru digitálnych signálov. Požadovaný stupeň vernosti prenosu danej správy teda závisí na stupni rozvoja telekomunikačných technológií v danej dobe, ale vždy musí byť aspoň taký, aby sa dosiahlo účelu, pre ktorý má byť správa vysielaná.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.1 Telekomunikačné signály a telekomunikačné kanály

Poznámka: Ak napríklad chceme prenášať správu vytvorenú ľudským hlasom, je dôležité, aby po prechode telefónnym spojením bola pre príjemcu zrozumiteľná. Nepožadujeme však, aby zvukové vyjadrenie hlasu na prijímacej strane malo rovnakú hlasitosť a zafarbenie ako na vysielačnej strane.

Prvotný elektrický signál na výstupe meniča správy hodnotíme po technickej stránke pomocou troch vzájomne zviazaných veličín, ktorých súhrn nazývame **objem signálu** V_s .

- ♦ Prvý z nich je tzv. **dynamický rozsah signálu** D_s , ktorý napr. u hovorového signálu predstavuje zmenu amplitúdy signálu vyjadrujúcu rozsah hlasitosti od šepotu až po najhlasitejší výkrik, u hudobného signálu zmenu vyjadrujúcu rozsah od pianissima do fortissima. V praktických prípadoch sa však musí prihliadať k odstupu amplitúdy signálu od amplitúdy šumu a dynamický rozsah signálu sa preto často vyjadruje ako odstup **strednej hodnoty výkonu signálu** P_s k **strednej hodnote výkonu šumu** $P_{\text{š}}$.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.1 Telekomunikačné signály a telekomunikačné kanály

- ♦ Druhou veličinou je tzv. **šírka pásma (šírka frekvenčného spektra) signálu F_s** . Reálne telekomunikačné signály sú zložené z jednoduchých sínusových zložiek o rôznych frekvenciách a súhrn všetkých týchto zložiek vytvára šírku pásma signálu. V prípade akustických signálov je táto veličina ohraničená najnižšími a najvyššími sluchom vnímateľnými frekvenciami (asi od **20 Hz** do **20 kHz**).
- ♦ Treťou veličinou je tzv. **doba trvania signálového prvku T_s** . Prvkom (elementom) signálu nazývame najmenšiu časť signálu, ktorá musí byť samostatne rozlíšená (napr. slabika v hovorovom signále, bit v dátovom znaku, obrazový element a pod.). Doba trvania signálového prvku sa vyjadruje v časových jednotkách (napr. v ms).

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.1 Telekomunikačné signály a telekomunikačné kanály

Vlastnosti telekomunikačného kanála vyjadrujeme obdobnými veličinami - ***dynamickým rozsahom kanála D_k , šírkou pásma kanála F_k a minimálnou dobou trvania signálového prvku T_k*** , ktorého prenos kanál umožňuje. Tieto veličiny potom vyjadrujú tzv. ***priepustnosť telekomunikačného kanála P_k*** .

Aby bolo možné daným telekomunikačným kanálom prenášať signál s definovanými vlastnosťami, **musí byť priepustnosť kanála väčšia alebo rovná objemu príslušného signálu** a menič signálu musí parametre signálu prispôbiť parametrom kanála (napr. zmenšiť šírku pásma signálu na úkor predĺženia doby signálového prvku).

Vzájomná optimalizácia vlastností signálu a kanála za účelom minimalizácie ekonomických nákladov na prenos správ je jednou z najdôležitejších úloh telekomunikačnej techniky.

1. ZAKLADY PRENOSU SPRAV

1.1.1 Telekomunikačné signály a telekomunikačné kanály

V informačných systémoch sa používa veľké množstvo rôznych signálov. Pre ich diaľkový prenos sa však využíva omnoho menší počet typov telekomunikačných kanálov, ktorých prenosové vlastnosti sú väčšinou medzinárodne štandardizované.

Najdôležitejšou svetovou normalizačnou organizáciou pre telefóniu a telegrafiu bol do r. 1992 **CCITT (The International Telegraph and Telephone Consultative Committee)**, ktorého doporučená sú teraz vydávané pod označením **ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector)**, pre rádiové prostriedky to bol **CCIR (The International Radio Consultative Committee)**, ktorého doporučená sú teraz vydávané pod označením **ITU-R (International Telecommunication Union – Radiocommunication Standardization Sector)**.

Významnou európskou normalizačnou organizáciou je v súčasnej dobe **ETSI (European Telecommunications Standards Institute)**.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.2 Telefónny kanál

Meničom i spätným meničom správy je **hovorová časť klasického telefónneho prístroja**. Prvotný elektrický signál má **spojitý (analógový)** charakter a maximálne frekvenčné pásmo je dané frekvenčnými zložkami reči.

Pri určovaní frekvenčného pásma pri prenose telefónneho signálu sa však vychádzalo z analýzy ľudskej reči pomocou telefónometrických metód.

Dolná medzná frekvencia bola určená vzhľadom na prenos energeticky bohatých zložiek hlasu, horná medzná frekvencia vzhľadom na zrozumiteľnosť.

Na základe týchto zásad bolo pre telefónny kanál v základnom pásme stanovené nasledovné pásmo:

telefónny kanál

- ♦ **pásmo:** 300 Hz až 3400 Hz
- ♦ **šírka pásma:** 3100 Hz

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.2 Telefónny kanál

Telefónny kanál je doteraz najdôležitejším telekomunikačným kanálom, okrem telefónneho signálu sa môžu prenášať i ďalšie signály.

Môže sa deliť na užšie **subkanály** (určené na prenos pomalých číslicových signálov) alebo sa z niekoľkých telefónnych kanálov vytvára **združený kanál v preloženom frekvenčnom pásme** (na prenos iných spojitých alebo číslicových signálov).

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.3 Rozhlasový kanál

Rozhlasový kanál sa používa na prenos relácií bezdrôtového i drôtového rozhlasu a zvukového doprovodu bezdrôtovej i káblovej televízie v režime jednosmerného prenosu. Meničom správy pre živé prenosy je **mikrofón**, prvotný elektrický signál je **spojitý**. Spätným meničom správy je **reproduktor**.

Na rozdiel od telefónneho prenosu, kde je hlavným kritériom zrozumiteľnosť, vyžadujeme od rozhlasového prenosu **zachovanie čo najväčšej vernosti pôvodnej informácie** (reči a hudby).

Požadujeme teda prenos nízkych i vysokých tónov, zachovanie farby zvuku (t.j. prenos základného tónu a jeho harmonických) a zachovanie dynamického rozpätia. Šírka rozhlasového kanála musí byť teda väčšia.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.3 Rozhlasový kanál

Vzhľadom na rôzne technické možnosti pri diaľkovom prenose a ďalšie spracovanie rozhlasového signálu sú medzinárodnými štandardizačnými organizáciami doporučené tri typy rozhlasových kanálov:

Pásmo rozhlasových kanálov:

- ♦ **normálne typu B:** 50 Hz až 7 kHz
- ♦ **normálne typu A:** 50 Hz až 10 kHz
- ♦ **vysoko kvalitné Q:** 40 Hz až 15 kHz

Rozhlasové kanály sa vytvárajú priamo vo svojej **základnej frekvenčnej polohe** alebo združením dvoch, troch, štyroch alebo viacerých telefónnych kanálov **v preloženej frekvenčnej polohe.**

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.4 Ďalekopisný kanál

Meničom i spätným meničom správy bol **d'alekopisný prístroj**. Vysielacia časť ďalekopisu vytvárala na svojom výstupe **prúdové impulzy**, ktorých kombinácie boli dané **d'alekopisnou abecedou**. Prenos **d'alekopisného signálu** vyžadoval relatívne malú šírku frekvenčného pásma, buď na prenášanie v **základnej polohe (jednosmerná telegrafia)** alebo v **preloženej polohe (tónová telegrafia)**.

Z hľadiska potrebnej šírky pásma mal telegrafný (ďalekopisný) kanál tieto parametre:

telegrafné (ďalekopisné) kanály

- ♦ **pásmo telegrafie jednosmerným prúdom (50 Bd): 0 až 40 Hz**
- ♦ **šírka pásma tónovej telegrafie (50 Bd): $f = 120 \text{ Hz}$**

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.4 Ďalekopisný kanál

Poznámka: *Tónová telegrafia sa obvykle prenášala pomocou telefónnych kanálov. Pri bežnej modulačnej rýchlosti 50 Bd sme mohli do jedného telefónneho kanála združiť až 24 telegrafných kanálov.*

Ďalekopisné správy slúžili jednak na **účastnícky styk** (medzinárodná služba TELEX), jednak na **prenos telegramov** (medzinárodná služba GENTEX). Na návrh ST Telecom bola táto služba TÚSR zrušená ako značne nerentabilná služba.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.5 Kanály pre obrazovú telegrafiu

Obrazová telegrafia sa používala ***na prenos nepohyblivých (statických) obrazov.***

Predloha, určená na prenos sa rozkladala na obrazové prvky, ktorým sa priradzovali elektrické signálové prvky prenášané telekomunikačným kanálom. Tieto sa potom na prijímacej strane premieňali na optické obrazové prvky. Meničom i spätným meničom správy bolo ***koncové zariadenie obrazovej telegrafie.***

Podľa typu predlohy a účelu prenosu sa členila obrazová telegrafia na dva základné druhy:

- ♦ ***poltónová telegrafia (telefoto)*** bola určená hlavne na prenos fotografií, pretože pomocou relatívne zložitého koncového zariadenia umožňovala rozlišovať tóny farieb (odtiene šedej, sýtosť). Prenosy mali obvykle služobný charakter, napr. fotografie pre tlač, letecké a družicové snímky a pod.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.5 Kanály pre obrazovú telegrafiu

- ♦ ***dokumentová telegrafia (faksimília)*** bola naopak určená na prenos takých predlôh, kde bolo potrebné reprodukovať len čierne a biele plochy. Išlo napríklad o diaľkovú reprodukciu náčrtov, máp, rukou písaného textu, strojopisu atď.

Zariadenie bolo relatívne jednoduché, používalo sa preto i v účastníckej prevádzke (napr. služba TELEFAX). Najprv sa používal signál analógový, neskôr už digitálny. Parametre signálu obrazovej telegrafie záviseli na druhu zariadenia, použitej modulácie, požadovanej kvalite reprodukcie a dobe prenosu predlohy. Šírka frekvenčného pásma signálu u bežných zariadení obrazovej telegrafie obvykle nepresahovala šírku telefónneho kanála.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.6 Televízny kanál (videokanál)

Pomocou **televízneho (video-) signálu** sa prenášajú **pohyblivé (dynamické) obrazy**. Meničom správy na vysielacej strane je **televízna (video-) kamera**, na prijímacej strane **obrazový monitor** alebo **obrazová časť televízneho prijímača**.

Obraz snímanej scény sa rozkladá na obrazové riadky, ktorých počet je daný príslušnou normou. Postupne sa snímajú najprv nepárne a potom párne riadky (polsnímkys).

Skladba úplného obrazového televízneho signálu závisí na televíznej norme. Obrazový signál má zložku jasovú a farbonosnú. Jasová zložka je obvykle vyjadrená negatívnou polaritou, t.j. biela farba scény sa elektricky vyjadruje nižším napätím (10 % maxima) a čierna farba vyšším napätím (70 % maxima). Televízny signál okrem toho obsahuje ešte **zatemňovacie (75 %) a synchronizačné (100 %)** signály. Obdĺžnikový raster obrazu je 4:3 resp. 16:9, počet obrazových riadkov je 625, počet snímok za sekundu je 25 a šírka televízneho kanála je:

pásmo: 50 Hz až 6 MHz.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.1.7 Digitálne kanály

Digitálnymi kanálmi sa prenášajú veľké množstvá rôznych digitálnych elektrických signálov. Pôvodnou informáciou je **číslícovo-abecedný text, hodnota spojitej** alebo **nespojitej elektrickej** alebo **neelektrickej veličiny, logický stav** a pod.

Meničom správy sú buď **koncové zariadenia prenosu dát** (najčastejšie počítače), **koncové zariadenia systému diaľkového merania** (telemetria), **diaľkového ovládania** atď., ale aj napr. **digitálne telefónne prístroje, koncové zariadenia dokumentovej telegrafie, koncové zariadenia digitálneho rozhlasu a digitálnej televízie, mobilné digitálne telefónne prístroje a pod.**

Na prenos týchto signálov sa používajú **digitálne kanály** s rôznymi prenosovými rýchlosťami (napr. 64 kbit/s).

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.2 Telekomunikačné siete

Telekomunikačné kanály a okruhy sa len veľmi zriedka prevádzkujú ako samostatné, obvykle sú totiž súčasťou rôznych **telekomunikačných sietí**.

Účastnícke zariadenia tvoria buď samostatné **koncové zariadenia** (napr. telefónny prístroj, personálny počítač a pod.), alebo v spojení s **účastníckymi združovacími zariadeniami** (napr. pobočkové ústredne a pod.).

Účastnícke zariadenia sú pripojené na **účastnícke okruhy** a v mieste tohoto pripojenia sa obvykle nachádza **sieťové rozhranie** telekomunikačnej siete. Účastnícke okruhy sú zatiaľ prevažne tvorené metalickými vedeniami, ale postupne sa stále viac začínajú používať aj optické vedenia a rádiové prenosové cesty.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.2 Telekomunikačné siete

Miestna ústredňa zaistuje jednak prepojovanie všetkých účastníkov, ktorí sú na ňu pripojení, a jednak smerovanie spojení k účastníkom v geograficky vzdialených miestach. Na prepojenie **miestnych ústrední** a **vzdialenej ústredne** slúžia **služobné okruhy na krátke vzdialenosti**, ktoré sú na oboch stranách zakončené **prenosovými zariadeniami na krátke vzdialenosti**.

Vzdialená ústredňa smeruje spojenia buď obdobne k inej miestnej ústredni, alebo k inej vzdialenej ústredni. Na prepojenie vzdialených ústrední sa používajú **služobné diaľkové okruhy**, vytvárané pomocou **diaľkových prenosových zariadení, diaľkových káblových okruhov** alebo **diaľkových rádiových okruhov**, vrátane **medzil'ahlych prenosových zariadení** (zosilňovacie stanice, opakovače, retranslačné body a pod.).

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.2 Telekomunikačné siete

V súčasnej dobe existuje veľké množstvo rôznorodých telekomunikačných sietí. Z účastníckych sietí je doposiaľ najrozšírenejšia **telefónna sieť**, ktorej základnou službou je prenos hovorových signálov prostredníctvom telefónnych kanálov. Býva však tiež **hostiteľskou sieťou** pre rad ďalších služieb (prenos dát, prenos ďalekopisných signálov, prenos obrazovej telegrafie a pod.).

- ♦ **Telegrafná sieť** umožňovala prevádzkovať službu na zasielanie telegramov (GENTEX) a účastnícku ďalekopisnú službu (TELEX). I keď sa táto sieť ďalej nerozširuje, jej význam v celosvetovom meradle je ešte dosť veľký. V rade krajín bola táto sieť zmodernizovaná a slúži zároveň aj ako dátová sieť.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.2 Telekomunikačné siete

- ◆ **Rozhlasová sieť** zaistuje prenos rozhlasových signálov medzi zdrojovými miestami (napr. rozhlasová štúdiá, reportážne body) a distribučnými miestami (napr. rádiové vysielacie, distribučné zosilňovače drôtového rozhlasu).
- ◆ **Televízna sieť** umožňuje prenos televízneho obrazu (videosignálu) a príslušných zvukových doprovodov (rozhlasové signály) buď medzi zdrojovými miestami navzájom, alebo medzi zdrojovými (televízne štúdiá, reportážne miesta) a distribučnými (televízne vysielacie, distribučné zosilňovače káblovej televízie) miestami.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.2 Telekomunikačné siete

- ◆ **Dátová sieť** je určená na prenos digitálnych signálov nesúcich dáta. Tieto siete majú buď miestny (lokálne dátové siete), alebo diaľkový charakter (diaľkové dátové siete). Jednotlivé dátové siete sa líšia spôsobom prenosu, spôsobom prepojovania i prenosovou rýchlosťou. Patrí k nim i sieť Internet, ktorá má celosvetový charakter.
- ◆ **Dispečerská riadiaca sieť** je vytvorená na riadenie technologických či dopravných procesov. Zaisťuje prenos služobných informácií (hovor, text), signálu zo senzorov a meradiel (telemetria), diaľkového ovládania a signalizácie, hromadné diaľkové ovládanie a pod.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.2 Telekomunikačné siete

- ◆ **Digitálna sieť s integrovanými službami (ISDN)** umožňuje realizovať v jedinej spoločnej účastníckej sieti služby telefónne, dátové, dokumentové telegrafické, obrazové a pod. Zároveň slúži ako prístupová sieť k iným telekomunikačným sieťam (telefónnym, dátovým).
- ◆ **Inteligentná telekomunikačná sieť** okrem integrácie služieb zavádza ďalšie centrálné služby umožňujúce zvyšovanie účinnosti spojovacích procesov na základe centralizovaných informácií o účastníkoch, tarifochoch, okamžitého prevádzkového stavu siete a pod.

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.2 Telekomunikačné siete

Každá z týchto sietí môže využívať najrôznejšie prenosové prostriedky (napr. metalické a optické vedenia, pozemné rádiové prostriedky, družicové spoje a pod.), na ktorých sú používané rôzne typy telekomunikačných kanálov a okruhov.

S rozvojom telekomunikačných technológií dochádza v jednotlivých telekomunikačných sieťach k nasledovným inovačným trendom:

- ♦ postupné nahradzovanie metalických káblov optickými káblami, súčasné nasadzovanie rádiových a káblových prenosových prostriedkov na realizáciu účastníckych i služobných okruhov,
- ♦ stieranie rozdielov medzi prenosovými zariadeniami na krátke vzdialenosti a diaľkovými prenosovými zariadeniami,

1. ZÁKLADY PRENOSU SPRÁV

1.2 Telekomunikačné siete

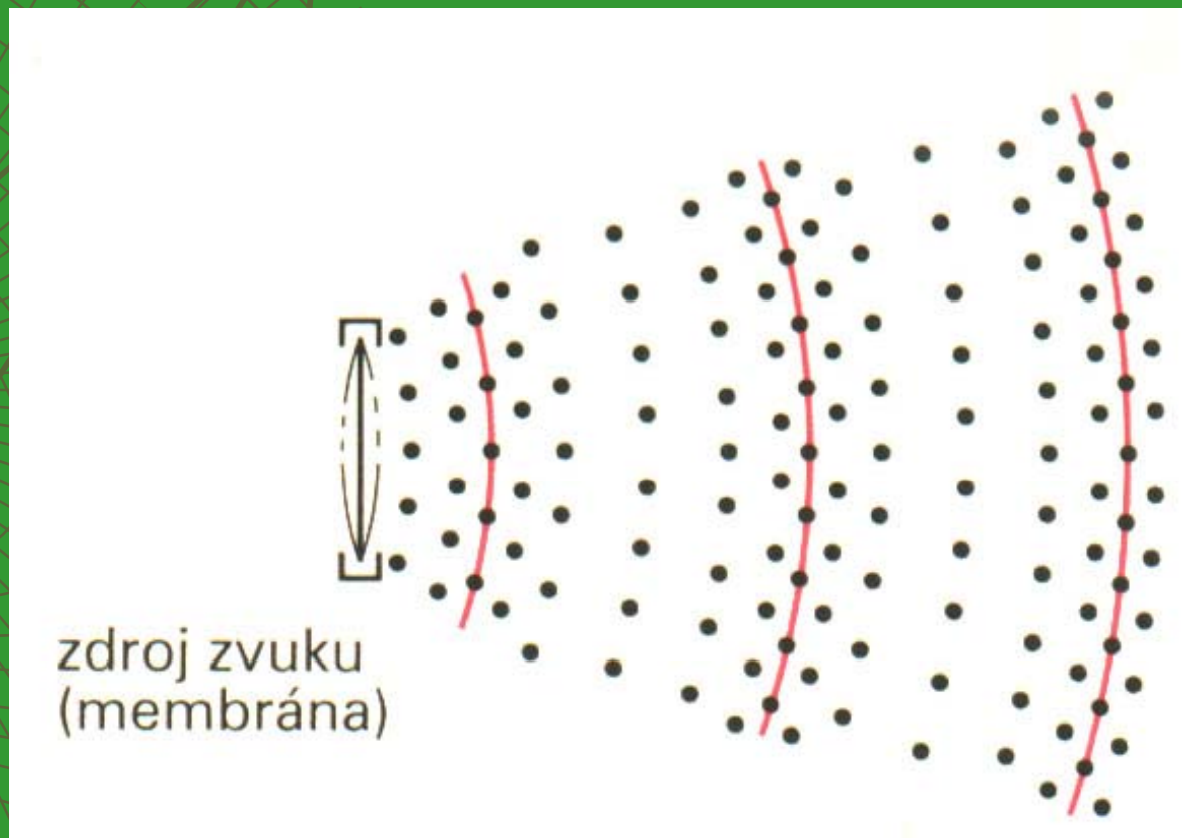
- ◆ integrácia (spojovanie do jedného celku) pôvodne oddelených spojovacích a prenosových zariadení,
- ◆ digitalizácia pôvodných analógových signálov nielen v služobných, ale i v účastníckych okruhoch,
- ◆ integrácia rôznych telekomunikačných služieb do jedinej telekomunikačnej siete, približovanie metód a technológií používaných v lokálnych a diaľkových dátových sieťach,
- ◆ prerastanie výpočtovej a telekomunikačnej techniky a zvyšovanie inteligencie" telekomunikačných sietí.

Technika prenosu informácie - Elektroakustika

Snímanie, prenos a reprodukcia zvuku pomoci elektrotechnických prvkov (súčiastok) je zaradovaná do oblasti nazývanej **elektroakustika**. **Akustika** je oblasťou fyziky, zaoberajúcej sa **zvukom**, t.j. **mechanickým vlnením**. Vlnenie je charakterizované tým, že šíri a prenáša energiu. **Zvuk počuteľný napr. zo slúchadla sa šíri od kmitajúcej membrány v guľových vlnoplochách zriedeného a zhusteného vzduchu (obr.).**

Kmitanie membrány (alebo hlasiviek) sa teda prenáša na kmitanie molekúl vzduchu. Zvuk sa šíri v plynoch, v kapalinách i v pevných látkach. Vo vákuu sa zvuk nešíri.

Obr. Membrána ako zdroj zvuku

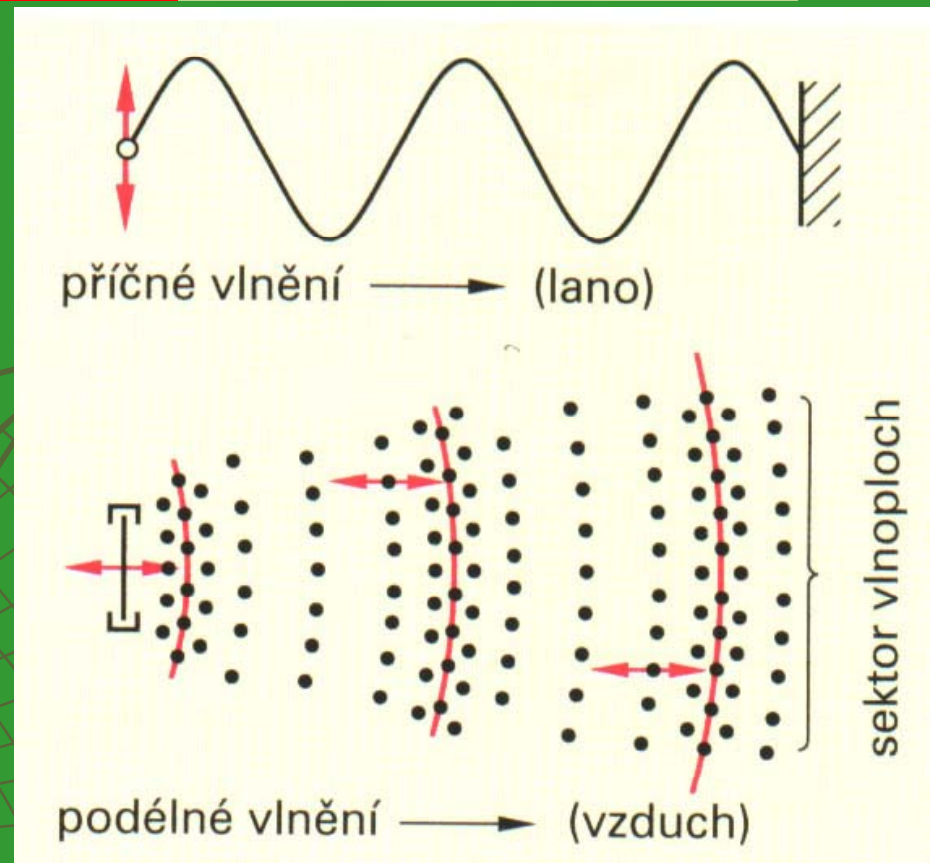


Technika prenosu informácie - Elektroakustika

Rozdiely tlaku, t.j. pretlak a podtlak voči atmosférickému tlaku sa nazývajú **akustický tlak**. Pomer akustického tlaku k atmosférickému tlaku 1:1 000 postačuje na dobrú počuteľnosť. Zvuk šíriaci sa postupnými tlakovými vlnami môže byť vnímaný ušom alebo pomocou mikrofónu.

Obr. Pričné a pozdĺžne vlnenie

Zvukové vlnenie vo vzduchu je tzv. **pozďĺžne vlnenie**, pretože molekuly prostredia kmitajú v smere šírenia zvuku, na rozdiel od stojatého vlnenia napr. lana (obr. 2), pri ktorom časti prostredia kmitajú v smeroch kolmých na smer šírenia. **Priečne vlnenie** je charakteristické aj pre struny huslí alebo vodnú hladinu. Priečne kmitajúce častice odovzdávajú kmitavý pohyb ďalej, aj keď ony samé majú len malú amplitúdu kmitania.

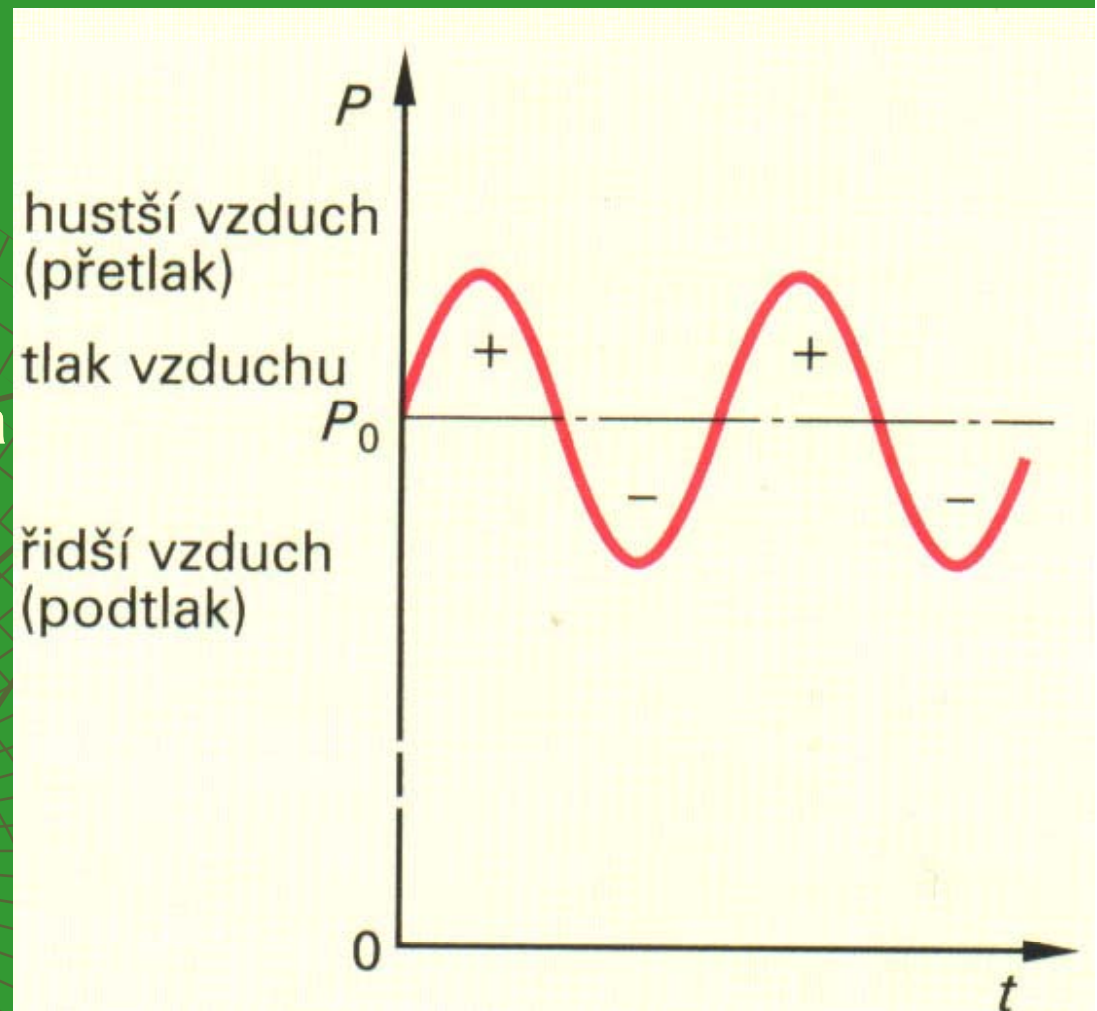


Technika prenosu informácie - Elektroakustika

Obr. Sínusový priebeh tlaku

Pozdĺžne vlnenie sa dá ťažko priamo graficky názorne zobrazit', preto sa zobrazuje časový priebeh **akustického tlaku** alebo **akustickej rýchlosti** (molekúl) v určitom mieste (obr.).

Pri znázornení tlaku predstavuje hodnota **atmosférického tlaku** referenčnú priamku, okolo ktorej tlak kmitá.



Technika prenosu informácie - Elektroakustika

Látka	c (m/s)
Vzduch (20°C)	343
Voda (20°C)	1444
Ľad (20°C)	3230
Tvrdé drevo	4100
oceľ	5000
hliník	5200
sklo	5500

Tab. Rýchlosť šírenia zvuku v rôznych látkach

Kmitočet zvuku f , alebo tiež frekvencia mechanického kmitania sa nazýva (v oblasti počuteľnosti) **výška tónu** (u čistého sínusového kmitania. Ak je λ vlnová dĺžka (vzdialenosť susedných vlnoplôch s rovnakým tlakom), potom platí:

$$c = f \cdot \lambda$$

kde f je frekvencia udávaná v [Hz], λ - vlnová dĺžka v [m] a c – rýchlosť šírenia zvuku v [m/s]

Technika prenosu informácie - Elektroakustika

- ◆ **Príklad: výpočet vlnovej dĺžky λ**
- ◆ Vypočítajte vlnové dĺžky zvukových vln pri kmitočtoch 100 Hz a 12 kHz.
- ◆ **Zadanie:** $f_1 = 100 \text{ Hz}$, $f_2 = 12 \text{ kHz}$, $c = 343 \text{ m/s}$
- ◆ **Hľadáme hodnoty: λ_1 , λ_2 .**

Řešení: Z rovnice $c = f \cdot \lambda$ plyne:

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_1}$$

$$\lambda_1 = \frac{343 \text{ m} \cdot \text{s}}{\text{s} \cdot 100}$$

$$\lambda_1 = \underline{\underline{3,43 \text{ m}}}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{f_2}$$

$$\lambda_2 = \frac{343 \text{ m} \cdot \text{s}}{\text{s} \cdot 12\,000}$$

$$\lambda_2 = \underline{\underline{0,0286 \text{ m}}}$$

Technika prenosu informácie - Elektroakustika

Reč je najdôležitejší komunikačný prostriedok medzi ľuďmi, preto je zvuk veľmi často zdrojom signálu, ktorý je potrebné prenášať. Pri vysielaní rozhlasu je okrom reči prenášaná aj hudba rovnako ako pri zvukovom doprovode televízneho signálu alebo správ MMS medzi mobilnými telefónmi.

Oblasť počuteľnosti tónu ľudským uchom leží medzi kmitočtami 16 Hz a 16 kHz.

Rozsah frekvencií	Názov oblasti
pod 16 Hz —————>	infrazvuk
16 Hz až 16 kHz —————>	počuteľný zvuk
nad 16 kHz —————>	ultrazvuk

Tab. Frekvenčné rozsahy zvuku

Oblasť tónu do 16 Hz je oblasť **infrazvuku** (kmitočet chvenia stavieb a vibrácií vozidiel, chvenie pri zemetrasení, búrke a pod.). Oblasť tónov nad 16 kHz je oblasť **ultrazvuku** (tab. 3). Na rozdiel od človeka vnímajú niektoré zvieratá (pes, myš) ultrazvuk nad 16 kHz.

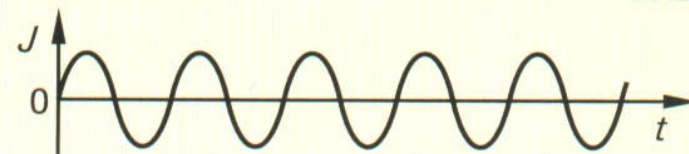
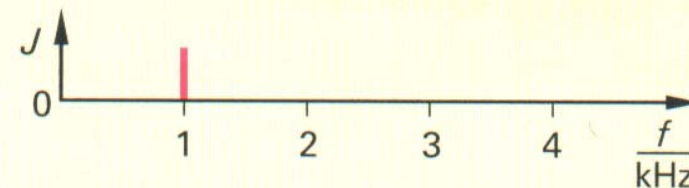
Druhy zvuku: čisté tóny, hudebné tóny a neharmonické zvuky, ako je hluk, šum, brum a pod.

Obr. Frekvenčné spektrum a časový priebeh čistého tónu, tónu a hluku

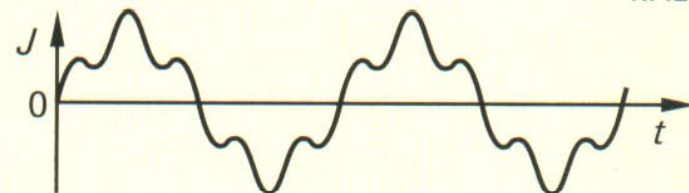
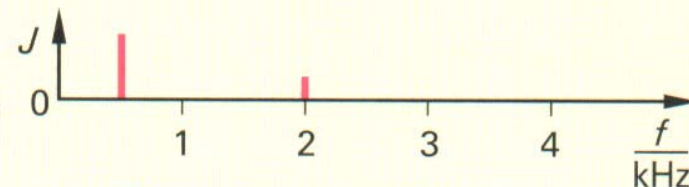
Čistý tón zodpovedá sínusovému kmitaniu a je možné ho generovať len technicky, napr. sínusovým generátorom (obr.). **Tón hudobného nástroja** obsahuje okrem základného čistého tónu ešte **vyššie harmonické** (malé násobky základnej frekvencie), ktoré určujú tzv. **farbu tónu**.

Príkladom čistého tónu je tón 1 kHz, používaný pri časovom znamení v rozhlasovom vysielaní (päť krátkych a jedno dlhšie pípnutie s časovým odstupom začiatkov 1 sekunda).

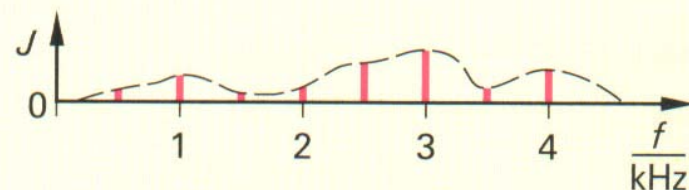
čistý tón



tón
(hudobní,
harmonický)



hluk



Technika prenosu informácie - Elektroakustika

Prirodzené zdroje zvuku neprodukujú čisté sínusové tóny, ale zvuky, ktoré je možné považovať za zmes čistých tónov rôznej intenzity. Ani **hudebné nástroje** nemajú celkom čisté tóny, majú však, na rozdiel od bežných zdrojov zvuku, základné čisté tóny obohatené len o malou prímes čistých najbližších vyšších harmonických tónov (napr. o 2-násobek a 4-násobek základného naladeného tónu), ktoré určujú farbu tónu – charakteristickú pre daný hudobný nástroj (tab.).

Tab. Analogické pojmy mechanického vlnenia a akustiky

Mechanické vlnenie	Akustika
amplitúda (napr. membrány) —>	intenzita zvuku [W/m^2] (merný akustický výkon)
harmonické spektrum ———>	farba tónu
frekvencia —————>	výška tónu

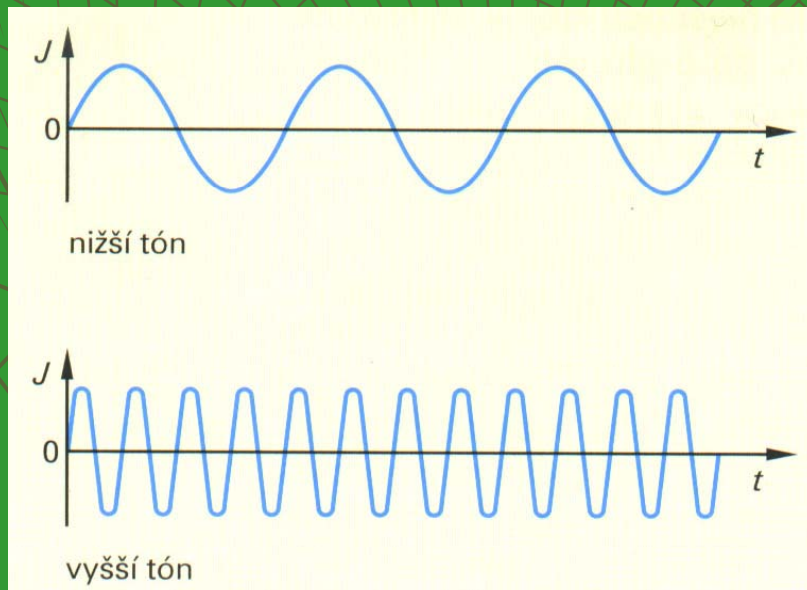
Prirodzené zdroje zvuku neprodukujú čisté sínusové tóny, ale zvuky, ktoré je možné považovať za zmes čistých tónov rôznej intenzity. Ani **hudobné nástroje** nemajú celkom čisté tóny, majú však, na rozdiel od bežných zdrojov zvuku, základné čisté tóny obohatené len o malou prímes čistých najbližších vyšších harmonických tónov (napr. o 2-násobok a 4-násobok základného naladeného tónu), ktoré určujú farbu tónu – charakteristickú pre daný hudobný nástroj (tab.).

Technika prenosu informácie - Elektroakustika

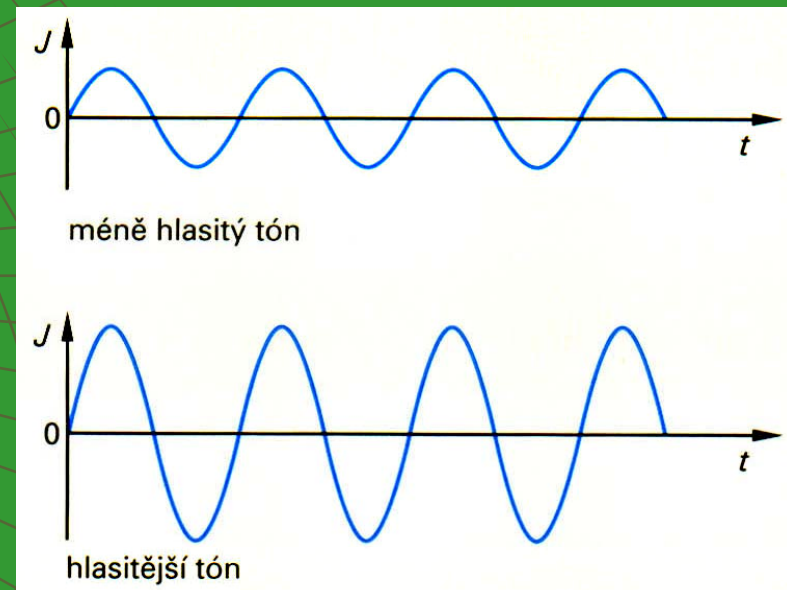
Neharmonická a premenlivá zmes tónov je označovaná ako **hluk**. Krátky silný huk doprevádzajúci napr. náraz alebo výbuch je označovaný ako **rana** alebo **tresk**. Slabý huk je niekedy označovaný ako **šum** alebo brum a veľký huk ako rachot. Špecifickými zvukmi sú napr. škripanie, drnčanie či dunenie.

Na sínusovom priebehu čistého tónu je možné vysvetliť dva základné pojmy, vzťahujúce sa aj na ostatné zvuky:

- ♦ **Výška tónu** – zodpovedá frekvencii zvuku f , t.j. počtu kmitov za sekundu (obr. 1).
- ♦ **Intenzita zvuku J** (merný akustický výkon) – je úmerná amplitúde, t.j. rozkmitu (obr. 2).



Obr. 1 Porovnanie tónov rôznych výšok



Obr. 2 Porovnanie tónov rôznych intenzít

Technika prenosu informácie - Elektroakustika

Intenzita zvuku se udáva ako výkon prechádzajúci plochou a jej jednotkou je watt na meter štvorcový (W/m^2). Závisí na akustickom tlaku p , ktorý je silou pôsobiaceou na plochu a jeho jednotkou je newton/meter štvorcový (N/m^2). Často sa udáva v mikrobaroch (μbar). **Hladina intenzity** $L_p = 10 \cdot \log J/J_0$ [dB], kde J_0 je prahová intenzita vnímania. Oficiálnou jednotkou tlaku (v sústave SI) je pascal (Pa).

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \quad 1 \mu\text{bar} = 0,1 \text{ Pa} = 0,1 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Intenzita zvuku} = \text{výkon/plocha } J = P/A \text{ v } \text{W/m}^2$$

$$\text{Akustický tlak} = \text{сила/plocha } p = F/A \text{ v } \text{N/m}^2$$

Hladina hlasitosti: Ľudské ucho má odlišnú citlivosť na tóny rôznych výšiek. Výraz hlasitý alebo tichý nie je možné priradiť univerzálne určitej intenzite zvuku, preto bol zavedený pojem hladina hlasitosti (veľičina L_s), vzťahnutý k úrovni **subjektívneho vnímania**. Hladina hlasitosti je pre tón kmitočtu 1 kHz rovná číselnej hladine intenzity a je udávaná vo **fónoch (Ph)**. Pre tóny ostatných frekvencií sú hladiny intenzity pre konštantnú hladinu hlasitosti (zodpovedajúce jednej krivke na obr. 1) stanovené experimentálne podľa subjektívneho vnemu rovnakej hlasitosti.

Technika prenosu informácie - Elektroakustika

Hodnoty intenzity zvuku J zodpovedajúce určitej hladine hlasitosti L_s , sa stanovujú na základe subjektívneho vnemu rovnakej hlasitosti pri rôznych frekvenciách tónov.

Krivky hladín hlasitosti boli po prvý raz vytvorené v roku 1933 a potom boli stanovené medzinárodne platné referenčné veličiny:

- ♦ referenčná frekvencia na porovnávanie hlasitosti ostatných tónov bola stanovená v strednej oblasti počuteľných tónov – na
- ♦ $f_0 = 1\text{kHz}$,
- ♦ prahový akustický tlak (dolná hranica na vnímanie zvuku) bola stanovená na $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ (tab. 3).

Tab.
Hladiny
hlasitosti
niektorých
zdrojov
zvuku

Hladina hlasitosti	Druh alebo zdroj zvuku (príklady)
0	prah počuteľnosti (počiatok vnímania)
0 až 20	šepkanie, šušťanie lístia pri slabom vetre
30 až 40	tichý hovor, hluk ulice tlmený oknami
50 až 60	hovor, hluk ulice a vozidiel
70 až 80	hlasité volanie, motorové vozidlo, vlak
90 až 100	budík, siréna, továrenská prevádzka v hale
110 až 120	pneumatické kladivo, výroba kotlov (nitovaných)
130 až 140	prúdový letecký motor
120	hmatový prah (počiatok vnímania hluchých)
140	prah bolesti (počiatok poškodzovania sluchu)

Technika prenosu informácie - Elektroakustika

Pokusné osoby subjektívne hodnotili, či sú tóny rôznych výšok rovnako hlasité ako referenčný tón 1 kHz. Hodnoty L_p , p resp. J , pri ktorých bol vnem hlasitosti rovnaký, boli vynesené do grafu (obr. 1).

Stupnica hladiny hlasitosti zvuku L_s začína na hodnote 0 fónov (0 Ph) a stupnica hladiny intenzity zvuku L_p začína analogicky na hodnote 0 dB, pretože pre prahové hodnoty p_0 , J_0 je $L_s = L_p = 10 - \log 1 = 0$.

Hmatový prah 120 Ph zodpovedá pri frekvencii 1 kHz akustickému tlaku $p = 20 \text{ N/m}^2$. Červenou vyznačená oblasť na obr. 1, ohraničená krivkami úrovne hlasitosti 0 Ph a 120 Ph a zvislými hranicami 20 Hz a 16 kHz je oblasťou počuteľnosti.

Je vidieť, že na vnímanie veľmi nízkych a veľmi vysokých frekvencií na okrajoch hraníc počuteľnosti je potrebný až tisíckrát väčší akustický tlak, resp. miliónkrát väčší akustický výkon, t.j. intenzita zvuku. Ucho je najcitlivejšie na tóny medzi 2 kHz a 5 kHz (zvuk píšťalky). Oblasť počuteľnosti sa tiež nazýva **sluchové pole**.