

5 PODSTATA RÁDIOVÉHO PRENOSU INFORMÁCIÍ

5.1 PRENOS INFORMÁCIÍ POMOCOU RÁDIOVÝCH VLŇ

Jednou z hlavných úloh rádioelektroniky je prenos informácií na určitú vzdialenosť, ktorá delí zdroj od adresáta. Táto vzdialenosť môže byť veľmi malá, ale aj obrovská (medzikontinentálne a kozmické spojenia). Informačný prenosový kanál je časť prenosového systému, ktorý sprostredkuje prenos informácie transformovanej na vstupný signál od zdroja k adresátovi.

Signál je fyzikálna veličina, ktorej časový priebeh je úmerný prenášanej správe, ale prispôbená prenosovému systému. Teória prenosu informácií rozpracúva dva problémy:

- problém spoľahlivosti prenosu za podmienok rušenia,
- problém určenia množstva informácií, a to pri rušení a bez rušenia v šumovom kanáli. Riešenie tohto problému má umožniť navrhnúť informačný prenosový kanál s čo najväčšou efektívnosťou prenosu.

Prenos správ možno chápať ako presun určitého súboru informácií z jedného bodu priestoročasu do druhého. Konkrétna správa je časťou tohto súboru, zostavená v určitom mieste zdrojom správ a odovzdaná na miesto, kde ju prijímač prijme. Kód môžeme charakterizovať ako vzájomné jednoznačné priradenie prvkov množiny signálov prvkom množiny správ. Kódovanie je proces, ktorý zobrazuje stavy jedného fyzikálneho systému pomocou stavov iného fyzikálneho systému. Môže byť spojité alebo nespojité (diskrétné).

Shannonova — Koteľnikova vzorkovacia poučka vyslovuje podmienku, pri ktorej možno previesť spojité signál na diskrétny a naopak. Keď chceme previesť spojité signál $f(t)$, ktorého maximálna frekvenčná zložka je F_{\max} , potom preniesieme celú informáciu obsiahnutú v $f(t)$, ak preniesieme vzorky signálu odobraté minimálne dvojnásobnou frekvenciou $2F_{\max}$: $F_{\text{vz}} \geq 2F_{\max}$, kde F_{vz} je frekvencia vzorkovania. Táto veta je súčasne základnou vetou pre diskrétné kódovanie a pre impulzovú moduláciu.

Jednotka množstva informácie je informácia I obsiahnutá v javoch, ktorá je logaritmicou funkciou rôznych stavov. Všeobecne píšeme $I = \log L = n \log m$, kde

n je počet prvkov správy,

m — počet možných stavov,

$L = m^n$ — počet určitých kombinácií na prenos celej správy.

Ak za základ log berieme 2, dostávame množstvo informácií vyjadrené v dvojkovej (binárnej) jednotke, ktorú nazývame bit (z angličtiny binary digit).

$$I_2 = \log_2 L = n \log_2 m$$

Bit sa v prenose používa najčastejšie, pretože väčšina samočinných počítačov a zariadení prenosových ciest pracuje v dvojhodnotovej logike (dvojkovej sústave).

Prenos informácií sa uskutočňuje rôznymi kanálmi, napr. káblovými, vlnovodnými a veľmi často sa používa vlastnosť elektromagnetického vlnenia šíriť sa voľným priestorom. Elektromagnetické vlnenie pri prenose informácií vystupuje vo forme sprostredkovateľa medzi zdrojom a príjemcom správy. Pretože neexistuje ideálne prenosové prostredie, musíme počítať s určitou nedokonalosťou prenosu. Rozoznávame nedokonalosti stále v čase a známe, ktorých pôvodcom je skreslenie. Ďalšie sú náhodné nedokonalosti, ktorých pôvodcom je rozptyl a šum.

Šum v prenosovom kanáli je aditívna porucha, ktorá sa vyskytuje na výstupe aj bez prítomnosti signálu na vstupe. Pri lineárnom prenosovom prostredí poznáme amplitúdové skreslenie, ktoré spôsobuje nerovnaký prenos pre signály rôznych frekvencií a nerovnaké oneskorenie pre všetky signály. Hlavným produktom skreslenia nelineárneho prenosového prostredia je harmonické skreslenie. Je to vznik signálov takých frekvencií, ktoré sú kombináciou jednoduchých harmonických.

Keď sa menia vlastnosti prenosového kanála vplyvom vonkajších fyzikálnych javov pomaly v porovnaní s vysokofrekvenčným vlnením, hovoríme o pomalom úniku, ktorý nemení kvalitu príjmu, ale len úroveň prijímaného signálu. Ak sa vlastnosti prenosového kanála menia porovnateľne s frekvenciou signálu, hovoríme o selektívnom úniku. Tento spôsobuje nielen zmenu úrovne prijímaného signálu, ale aj zmenu kvality príjmu.

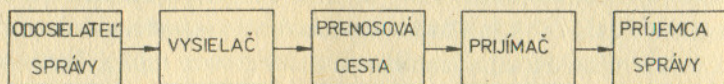
Šumy, ktoré majú pôvod v neusporiadanom pohybe nabitých častíc, spôsobujú určitú neistotu v prenosovom kanáli. Najsilnejšie sa účinkom vnútorných šumov prejavuje pri veľkom zosilnení slabých signálov.

Prenosový reťazec treba konštruovať tak, aby sa aj v najnepriaznivejšom prípade prenos uskutočnil s požadovanou presnosťou. Musíme sa preto snažiť vytvárať len také zložité funkčné operácie, ako treba (vzhľadom na hospodárnosť). Šum sa snažíme znížiť na čo najmenšiu hodnotu. Vzniká jednak v zariadeniach vysielacieho a prijímacieho reťazca a aj v prenosovej ceste vplyvom vonkajších rušivých fyzikálnych javov. Najvhodnejšie prostredie na prenos informácií je tuhé, ktoré má čo najstálejšie prenosové vlastnosti.

[Aby sa mohla informácia prenášať prenosovým kanálom na veľké vzdialenosti, signál, ktorý prenášanú informáciu v sebe zahŕňa, namodulujeme na vysokofrekvenčný nosný signál vhodným spôsobom. Využíva sa tu poznatok o dobrom šírení sa elektromagnetického vysokofrekvenčného vlnenia vo vhodnom prostredí aj na veľké vzdialenosti. Tento proces sa nazýva modulácia. Podľa toho, ktorý parameter vysokofrekvenčného nosného signálu sa ovplyvňuje signálom úmerným informácii, rozoznávame niekoľko modulačných spôsobov. Opačný proces, čiže oddelenie signálu, ktorý je úmerný pôvodnej správe od vysokofrekvenčnej nosnej, sa nazýva demoduláciou alebo detekciou.

Bloková schéma všeobecnej informačnej sústavy je na obr. 5.1. Z odosielateľa správy sa vhodný elektrický modulačný signál privádza do vysielateľa. Vysielateľ je zdrojom vysokofrekvenčného vlnenia rôzneho výkonu (od hodnôt rádovo 10^{-3} W až do niekoľko MW). Tu sa uskutoční modulácia nosného signálu modulačným signálom. Anténovou sústavou vysielateľa sa modulovaný vysokofrekvenčný signál určitého výkonu napojí na prenosovú cestu.

Anténová sústava prijímateľa prijme nepatrnú časť vyžiarenej energie, z prenosovej cesty, ktorá sa vhodne zosilní na potrebnú úroveň (v súčasných prijímačoch až $10^5 \div 10^7$). Vhodne upravený a zosilnený signál sa



Obr. 5.1. Všeobecná schéma prenosového reťazca

Skrátené delenie frekvenčného spektra

Služba	Pridelené frekvenčné pásmo																		
Rozhlas:																			
dlhovlnné pásmo (amplitúdová modulácia)	150 až 285 kHz (150 až 160 kHz a 255 až 285 kHz spoločne s inými službami)																		
strednovlnné pásmo (amplitúdová modulácia)	525 až 1 605 kHz (výhradne)																		
krátkovlnné pásma (amplitúdová modulácia)	<table border="0"> <tr> <td>2 300 až 2 498 kHz</td> <td rowspan="5">} (spoločne s inými službami)</td> </tr> <tr> <td>3 200 až 3 400 kHz</td> </tr> <tr> <td>3 950 až 4 000 kHz</td> </tr> <tr> <td>4 750 až 4 995 kHz</td> </tr> <tr> <td>5 005 až 5 060 kHz</td> </tr> <tr> <td>5 950 až 6 200 kHz</td> <td rowspan="5">} (výhradne)</td> </tr> <tr> <td>7 100 až 7 300 kHz</td> </tr> <tr> <td>9 500 až 9 775 kHz</td> </tr> <tr> <td>11 700 až 11 975 kHz</td> </tr> <tr> <td>15 100 až 15 450 kHz</td> </tr> <tr> <td>17 700 až 17 900 kHz</td> <td></td> </tr> <tr> <td>21 450 až 21 750 kHz</td> <td></td> </tr> <tr> <td>25 600 až 26 100 kHz</td> <td></td> </tr> </table>	2 300 až 2 498 kHz	} (spoločne s inými službami)	3 200 až 3 400 kHz	3 950 až 4 000 kHz	4 750 až 4 995 kHz	5 005 až 5 060 kHz	5 950 až 6 200 kHz	} (výhradne)	7 100 až 7 300 kHz	9 500 až 9 775 kHz	11 700 až 11 975 kHz	15 100 až 15 450 kHz	17 700 až 17 900 kHz		21 450 až 21 750 kHz		25 600 až 26 100 kHz	
2 300 až 2 498 kHz	} (spoločne s inými službami)																		
3 200 až 3 400 kHz																			
3 950 až 4 000 kHz																			
4 750 až 4 995 kHz																			
5 005 až 5 060 kHz																			
5 950 až 6 200 kHz	} (výhradne)																		
7 100 až 7 300 kHz																			
9 500 až 9 775 kHz																			
11 700 až 11 975 kHz																			
15 100 až 15 450 kHz																			
17 700 až 17 900 kHz																			
21 450 až 21 750 kHz																			
25 600 až 26 100 kHz																			
vkv pásma (frekvenčná modulácia)																			
I. pásmo	41 až 68 MHz (spoločne s televíziou a inými službami v ČSSR a niektorých štátoch 68 až 73 MHz)																		
II. pásmo	87,5 až 100 MHz (v ČSSR a niektorých ďalších štátoch televízie)																		
rezervované pásmo (pre prípadné využitie v budúcnosti)	11,7 až 12,7 GHz (spoločne s televíziou a inými službami)																		
Televízia:																			
I. pásmo	41 až 68 MHz (spoločne s vkv rozhlasom a inými službami; v ČSSR a niektorých ďalších krajinách 76 až 87,5 MHz)																		
III. pásmo	174 až 223 MHz (v pásme 216 až 223 MHz spoločne s niektorými inými službami)																		

Služba	Pridelené frekvenčné pásmo
IV. a V. pásmo	470 až 960 MHz (v pásmach 582 až 606 MHz a 790 až 960 MHz spoločne s niektorými inými službami)
rezervované pásmo (pre prípadné využitie v budúcnosti)	11,7 až 12,7 GHz (spoločne s rozhlasom a inými službami)

demoduluje, teda oddelí sa modulačný signál od vysokofrekvenčnej nosnej vlny. Ďalšia cesta elektrického modulačného signálu vedie k príjemcovi správy.

Veľmi dôležitú úlohu pri prenose má voľba vlnovej dĺžky, t. j. voľba frekvencie vysokofrekvenčného nosného signálu. Jej hodnota sa vyberá s prihliadnutím na vzdialenosť, na ktorú sa bude prenášať informácia. Tu je rozhodujúce šírenie elektromagnetických vln určitej frekvencie pri rôznych ročných obdobiach, atmosferických vplyvoch, slnečnej radiácii a pod. Ďalšiu úlohu tu hrajú technické a ekonomické faktory. Nesmie sa zabúdať na charakter šumov a poruchovosť vo vyhladnutom frekvenčnom pásme. Dôležitú úlohu pri výbere nosnej frekvencie má charakter informácií. V ľubovoľnom prípade platí pravidlo, že frekvencia nosnej vlny musí byť oveľa väčšia ako maximálna frekvencia spektra prenášanej informácie. Relatívna šírka prenášaného frekvenčného pásma má byť čo najmenšia.

5.2 ROZDELENIE A POUŽITIE RÁDIOVÝCH VLŇ

Rozdelenie rádiových vln na jednotlivé rozsahy, príp. frekvenčné pásma v súlade s rozhodnutím medzinárodnej komisie CCIR, je uvedené v tab. 5.1. Rádiokomunikačný poriadok (Radio Regulations) prideliuje rôznym rádiokomunikačným službám frekvenčné pásma začínajúc 10 kHz a končiac 40 GHz. Naša tabuľka je podstatne skrátená, podrobné rozdelenie možno nájsť v príslušnej odbornej literatúre.

Medzi vlnovou dĺžkou a periódou príp. frekvenciou kmitania platí známy vzťah

$$\lambda = cT = \frac{c}{f}$$

kde $c = 3 \cdot 10^8$ m/s je rýchlosť šírenia elektromagnetických vln v priestore,

λ — dĺžka vlny v m,

T — perióda v s,

f — frekvencia kmitania v Hz.

Veľmi dlhé vlny a dlhé vlny sa používali v začiatkoch rozvoja rádiotechniky. Pri ich využití sa stretávame s ťažkosťami, ktoré súvisia s realizáciou vysielateľov s veľkými výkonmi. Ich nevhodnosť sa prejaví aj pri prenose zložitejších signálov s väčšou šírkou prenášaného pásma.

Stredné vlny našli široké uplatnenie v rádiotechnike. Základným nedostatkom pri vlnách dlhších ako 100 m je ťažkosť pri prenose na väčšie vzdialenosti v dôsledku nepriaznivého šírenia povrchovej vlny.

Hlavné výhody krátkych vln spočívajú v tom, že je možný prenos na veľké vzdialenosti pri relatívne malom výkone vysielateľa. Nedostatkom je zmena prenosového prostredia, ktorá spôsobuje únik (fading). Používajú sa aj v rádiotelegrafii a pre služby v námornej a leteckej navigácii.

Veľmi krátke vlny sa používajú na prenos videosignálu, frekvenčne modulovaných signálov, kde šírka prenášaného frekvenčného pásma je podstatne väčšia, a v rádiolokácii. Zvláštnosti pri šírení týchto vln sú v tom, že sa šíria na vzdialenosť priamej viditeľnosti. Prenos signálov v tomto prípade je obmedzený. Ak chceme prenášať správu na väčšie vzdialenosti ako zodpovedá priamej viditeľnosti, používajú sa smerové antény a retranslačné stanice (prijímač — vysielateľ), umiestené v určitých vzdialenostiach pozdĺž prenosovej cesty.)

5.3 MODULÁCIA

V predchádzajúcej časti sme spomínali, že ak sa má správa previesť na určitú vzdialenosť, využívame na tento účel elektromagnetickú vlnu, nosnú vlnu, na ktorú určitým spôsobom namodulujeme signál, ktorý obsahuje prenášanú informáciu. Niektorý z parametrov nosnej vlny sa mení pritom v rytme zmien prenášaného signálu, ktorý nazývame modulačným signálom. Pri modulačnom procese nosnú vlnu modulujeme modulačným signálom.

Všeobecne okamžitú hodnotu rádiosignálu $a(t)$, ktorý nesie informáciu, môžeme vyjadriť v tvare

$$a(t) = A(t) \cos [\omega_0 t + \Theta(t)] = A(t) \cos \psi(t) \quad (5.1)$$