

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA  
Zavod za elektroničke sustave i obradu informacija

**Sustavi za prijenos i telemetriju**

Seminarski rad

**Adaptivna modulacija i kodiranje**

28. svibanja 2007.

Silvana Stojmilović

0036406546

## Sadržaj

1.	Uvod	3
2.	PCM	4
2.1	Shematski prikaz	4
2.2	Prednosti i mane IKM modulacije	4
3.	Osnove ADPCM	5
3.1	APCM	6
3.2	DPCM	6
3.3	Blok-shema ADPCM kodera	6
3.4	Blok shema ADPCM dekodera	7
3.5	Primjena ADPCM	8
4.	Zaključak	9
5.	Literatura	9

## 1. Uvod

U današnje vrijeme pojavljuje se potreba za komuniciranjem u sve težim uvjetima. Povećana je udaljenost na kojoj se komunicira, a zbog sve većeg broja uređaja povećane su i smetnje. To dovodi do nestalnih parametara komunikacijskog kanala, a time i do manje efikasnosti postupaka korištenih za prijenos signala. Kako bi nam komunikacija bila što učinkovitija, bilo je potrebno pronaći mehanizam koji će kompenzirati promjene parametara prijenosnog kanala. Adaptivna modulacija radi upravo to. Ovisno o stanju kanala odašiljač, može promijeniti jedan od parametara digitalne komunikacije. Stoga se konstantno mjere parametri kanala. Ovisno o konkretnoj primjeni može se prilagođavati snaga signala, konstelacija ili brzina prijenosa. Pošto je kod nekih prijemnika za uspješnu demodulaciju nužno poznavanje parametara odašiljača, dobiveni parametri se prenose i do prijemnika.

Potrebu za adaptivnom modulacijom pronalazimo u svakidašnjim primjenama. Kod mobilnih uređaja, bežičnih mreža pa

sve do industrijski postrojenja potrebno je osigurati efikasnu komunikaciju koja će premostiti česte promjene u prijenosnom putu. Prilagodba kanalu nam omogućuje brzu i pouzdanu komunikaciju koju nikako ne bismo mogli ostvariti u nestalnom okruženju.

Najčešće se primjenjuje u sklopu predikcijskih postupaka u kvantizaciji signala, naročito kod ADPCM<sup>1</sup> pa će o tome u nastavku biti više riječi.

ADPCM je tehnika komprimiranja digitalnih signala bez gubitka kvalitete. Ovdje je osnovni problem kako da signal prenesemo sa što manje bita, a da istovremeno zadržimo traženu kvalitetu. Standardizirani algoritmi ADPCM odnose se uglavnom na komprimiranje govornog signala, no ADPCM tehnika je nezavisna o vrsti signala, tako da je upotrebljiva u komprimiranju digitalnog zapisa glazbe, slike ili bilo kojeg drugog digitalnog signala. Kako se ADPCM zasniva na tehnici PCM<sup>2</sup>, u nastavku slijedi kratki pregled PCM.

---

<sup>1</sup> Adaptive Differential Pulse Code Modulation)

<sup>2</sup> Pulse Code Modulation

## 2. PCM

U suvremenim telekomunikacijama prijenos analognih signala sve više ustupa mjesto prijenosu digitalnih signala. Prije nego što pređemo na probleme koji se javljaju pri prijenosu digitalnih signala, vidjet ćemo na koji način se jedan analogni signal može pretvoriti u digitalni, i kako se iz tako digitaliziranog signala može ponovo rekonstruirati analogni signal. Postupak pretvaranja analognog signala u digitalni podrazumijeva tri osnovne operacije:

- 1) otipkavanje, tj. diskretizacija signala po vremenu,
- 2) kvantizacija, tj. diskretizacija signala po trenutnim vrijednostima amplitude,
- 3) kodiranje, tj. predstavljanje diskretnih vrijednosti grupom bita.

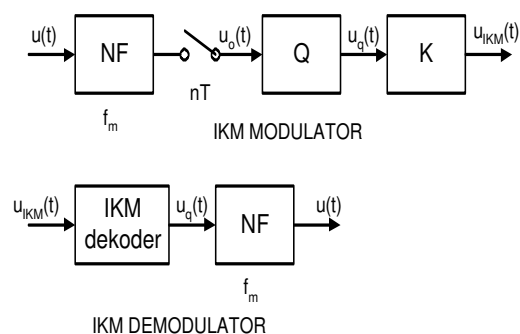
Termin PCM zapravo opisuje postupak A/D konverzije.

### 2.1. SHEMATSKI PRIKAZ

U modulatoru se modulirani signal prije svega filtrira NF filtrom, čime se osigurava da je maksimalna frekvencija u spektru bude  $f_m$ . Onda se

vrši otipkavanje u određenim intervalima (prema teoremu o otipkavanju) što daje uzorke  $u_0(t)$ .

Blok shema IKM modulatora i demodulatora :



Slika 2.1.

Zatim se vrši kvantizacija, čime se dobiva kvantizirani signal  $u_q(t)$ . Na kraju se vrši kodiranje i dobiva se modulirani signal  $u_{IKM}(t)$ .

U demodulatoru se na osnovu IKM signala generiraju kvantizirani uzorci u bloku "IKM dekode" iz kojih se rekonstruira modulirajući signal pomoću NF filtra kojim se vrši interpolacija dobivenih točaka.

### 2.2 PREDNOSTI I MANE IKM MODULACIJE

Najvažnija prednost IKM modulacije je u tome što se preko linije veze prenosi digitalni signal umjesto

analognog. U prijenosu analognog signala moramo poznavati *točnu vrijednost* signala u svakom trenutku; i najmanja izmjena vrijednosti signala, uslijed izobličenja ili uslijed šuma, manifestira se kao degradacija korisnog signala. Mi smo tu degradaciju i eksplicitno izražavali u obliku odnosa signal/šum.

U prijenosu digitalnog signala, međutim, u prijemu nije bitno prepoznati točan oblik signala, već samo otkriti da li je dobiveni signal 1 ili 0. Pošto su signali koji predstavljaju 1 i 0 međusobno dosta različiti, moguće je da signal na ulazu u prijemu bude dosta izobličen, a da ipak bude moguće otkriti da taj signal predstavlja 1 ili 0.

Što se tiče mana IKM, jedna je da smo u postupku modulacije pokvarili signal koji prenosimo time što smo unijeli grešku kvantizacije  $\epsilon(t)$ . To kvarenje modulirajućeg signala je, međutim, nebitno, jer se greška kvantizacije može učiniti proizvoljno malom povećanjem broja kvantizacijskih nivoa  $q$ .

Drugi, ozbiljniji problem je da je za prijenos signala u digitalnom obliku (dale IKM moduliranih) obično

potreban mnogo veći frekvencijski opseg u odnosu na opseg koji bi bio potreban za prijenos tog istog signala analogno moduliranog no to je cijena koja se mora platiti za ostvarenu dodatnu kvalitetu prenesenog signala.

PCM daje dobre rezultate, međutim, u oblasti prijenosa govornog signala u osnovnom opsegu, za predstavljanje signala potrebno je 11 bita, da bi smo imali odgovarajuću kvalitetu zvuka pri uniformnom kvantiziranju, tj. kada je korak kvantiziranja isti na svim frekvencijama. Zato su uvedene različite modifikacije PCM postupka od kojih su najpoznatije zasnovane na *neuniformnom kvantiziranju* koje se može realizirati slijedećim postupcima:

- trenutna kompresija
- digitalna kompresija
- nelinearno kodiranje.

### 3. OSNOVE ADPCM

Tehnika adaptivne diferencijalne impulsno kodne modulacije zapravo je kombinacija dvije tehnike koje su nastale unapređenjem PCM s ciljem smanjenja broja bita potrebnih za reprezentaciju signala. Biti će nabrojane u nastavku.

### 3.1. APCM

APCM<sup>3</sup> tehnika (adaptivna impulsno kodna modulacija) koristi činjenicu da su govorni signali relativno sporo promjenljivi signali. Zbog toga je moguće mijenjati karakteristiku kvantizacije u ovisnosti o amplitudi i načinu promjene amplitude signala (adaptivno). Korak kvantizacije moguće je mijenjati na dva načina:

1. direktnom promjenom koraka kvantizacije
2. skaliranjem signala

Pristup APCM algoritmu moguć je na dva načina:

1. Feedforward APCM (prema naprijed) - zahtijeva slanje informacije o promjeni koraka kvantizacije prijenosnim kanalom

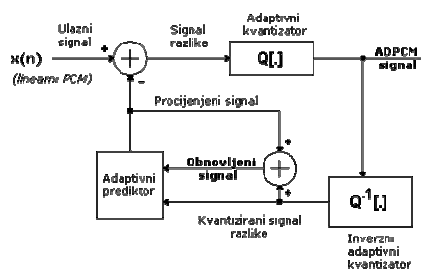
2. Backward APCM (prema natrag) - na prijemnoj strani se informacija o koraku kvantizacije izračuna iz samog APCM signala

### 3.2. DPCM<sup>4</sup>

Frekvencijski spektar govornog signala relativno je sporo promjenljiv, pa zbog toga postoji velika *korelacija* između bliskih uzoraka. DPCM

algoritmi pokušavaju iskoristi tu činjenicu. DPCM tehnika koristi **prediktor** koji na temelju nekoliko prošlih uzoraka nastoji što bolje *procijeniti* iznos sljedećeg. Prenosi se **razlika** između stvarne i procijenjene vrijednosti uzorka! U DPCM sistemima prediktori su najčešće *linearni* što znači da se vrijednost sljedećeg uzorka procjenjuje na temelju linearne kombinacije (zbroja) nekoliko prošlih uzoraka.

### 3.3. Blok-shema ADPCM kodera



Slika 3.1.

ADPCM koder radi tako da kvantizira *razliku* između uzorka i njegove procjene dobivene prediktorom. Kvantizirani signal razlike predstavlja ADPCM signal. Prediktor i kvantizator nemaju vremenski stalne karakteristike, već se one prilagođavaju (adaptiraju) prema trenutnim vrijednostima uzoraka. Treba napomenuti da se u povratnoj vezi ADPCM kodera javlja originalni (dekodirani) signal. Funkcija

<sup>3</sup> Adaptive Pulse Code Modulation

<sup>4</sup> Differential Pulse Code Modulation

dekodiranja u koderu i dekoderu se obavlja na potpuno jednak način čime je postignuto da su za dani uzorak varijable stanja koderu i dekoderu potpuno jednake. Zbog toga nije potrebno dekoderu prenositi informacije o varijablama stanja koderu (brzina promjene koraka kvantizacije, iznos koraka kvantizacija i slično).

Dijelovi ADPCM koderu:

- **Adaptivni kvantizator**

Kvantizira signale razlike trenutne i procijenjene vrijednosti uzorka na značajno manji broj bita. Mijenja funkciju kvantizacije na temelju vrijednosti amplitude i brzine promjene amplitude zadnjih nekoliko uzoraka (točan broj ovisi o varijanti ADPCM-a). Kvantizator razlikuje brze promjene amplitude uzoraka (govor, muzika) i spore promjene amplitude (tišina, pauze u govoru). Zbog kompatibilnosti s telefonskim sistemima postoje mehanizmi koji otkrivaju DTMF tonove, modemske signale i slično, koji zahtijevaju posebnu obradu.

- **Inverzni adaptivni kvantizator**

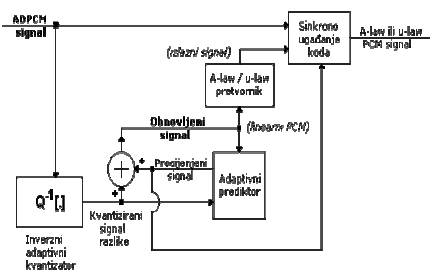
Kvantiziran signal razlike (manji broj bita) vraća u stanje prije adaptivne kvantizacije (veći broj bita). Inverzna

funkcija kvantizacije računa se po istim principima kao i funkcija kvantizacije.

- **Adaptivni prediktor**

Procjenjuje (predviđa) sljedeću amplitudu uzorka na temelju šest prethodnih vrijednosti amplituda i dvije prethodne vrijednosti signala razlike. Prediktor je linearan, tako da predviđenu vrijednost računa zbrojem ulaznih signala prethodno pomnoženih standardiziranim koeficijentima ("otežana suma").

### 3.4. Blok shema ADPCM dekoderu



Slika 3.2.

ADPCM dekoder se sastoji iz identičnog dijela kao i povratna veza ADPCM koderu. Obnovljeni (dekodirani) signal dobiva se zbrojem procijenjenog signala i kvantiziranog signala razlike.

U ADPCM dekoderu postoje još dva dodana elementa:

- **A-law /  $\mu$ -law pretvarač**

Ovaj dio nije vezan za ADPCM algoritam, ali je dio G.726 norme zbog usklađenosti s telekomunikacijskim prijenosnim sistemima. Pretvara izlazni signal u 8-bitni logaritamski kvantiziran signal.

- **Sistem za sinkrono podešavanje koda<sup>5</sup>**

Blok za sinkronizaciju koda služi kao sklop za otklanjanje grešaka, odnosno za smanjivanje količine grešaka pri višestrukim PCM-ADPCM-PCM pretvaranjima.

### 3.5. Primjena ADPCM

Danas najveću primjenu ADPCM nalazi u oblastima komercijalnog hardvera i softvera. Svaka firma koja se bavi proizvodnjom poluvodiča i koja imalo drži do svog *imagea* proizvodi integrirana kola u kojima je implementirana neka od vrsta ADPCM-a.

Neki primjeri:

- MC 145540, Motorola Semiconductor
- DS 2164 Q, Dallas Semiconductor

- TMS 320c62xx, Texas Instruments, porodica DSP procesora
- DSP chipset za ADPCM, Analog Devices,

Dok je u oblasti softvera, Interactive Multimedia Association je 1992. godina izdala preporuke za postizanje kompatibilnosti među multimedijским sistemima (*"Recommended practices for enhancing digital audio compatibility in multimedia systems (version 3.00),"*) u kojima je, između ostalih, predložen algoritam pretvaranja linearnog 16-bitnog PCM audio signala u 4-bitni ADPCM signal. Danas postoje dva komercijalno najpoznatija sistema:

- IMA-ADPCM Apple Codec

- Apple Inc. je prihvatio IMA preporuku i razvio svoj CODEC za svoja računala. Slično su postupili i ostali proizvođači ne-PC računala.

- MicroSoft ADPCM Codec

Microsoft je pristupio na, za tu tvrtku, uobičajen način. Prihvatio je većinu IMA preporuka, ali je WAV format zapisa datoteke učinio MS Codec potpuno nekompatibilnim sa svime što postoji.

---

<sup>5</sup> Synchronous Coding Adjustment



#### **4. Zaključak**

U današnje vrijeme razvoja informacijskih tehnologija ADPCM nalazi veoma široku primjenu u svim oblastima prijenosa i skladištenja podataka i informacija, jer dovodi do povećanja brzine prijenosa informacija i uštede u memorijskom prostoru. Tako da i u budućnosti možemo očekivati dalji razvoj i usavršavanje ADPCM, i njenu još širu primjenu u svim oblastima.

#### **5. Literatura**

1. Adaptive Filter Theory ,Symon Haykin
2. Wikipedia