

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA  
ZAVOD ZA ELEKTRONIČKE SUSTAVE I OBRADBU INFORMACIJA

## Napredne metode digitalne obradbe signala

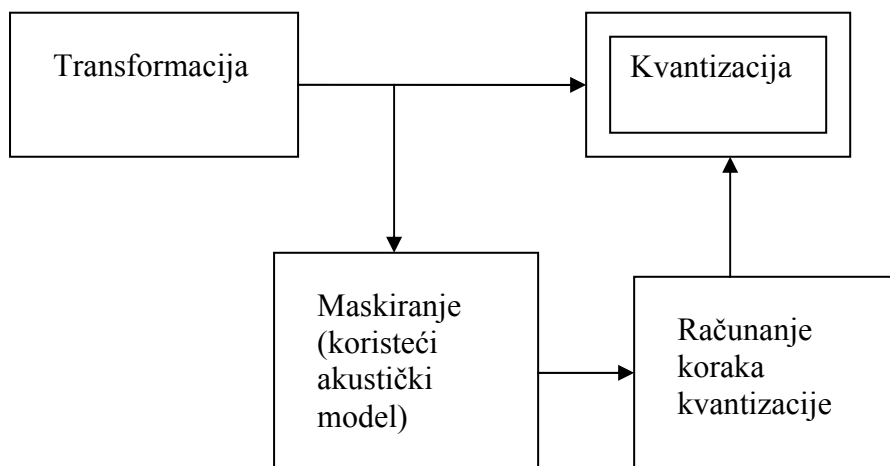
Kompresija akustičkih signala primjenom wavelet filtarskih slogova

Peter Škoda  
Tomislav Tonžetić

27.01.2005

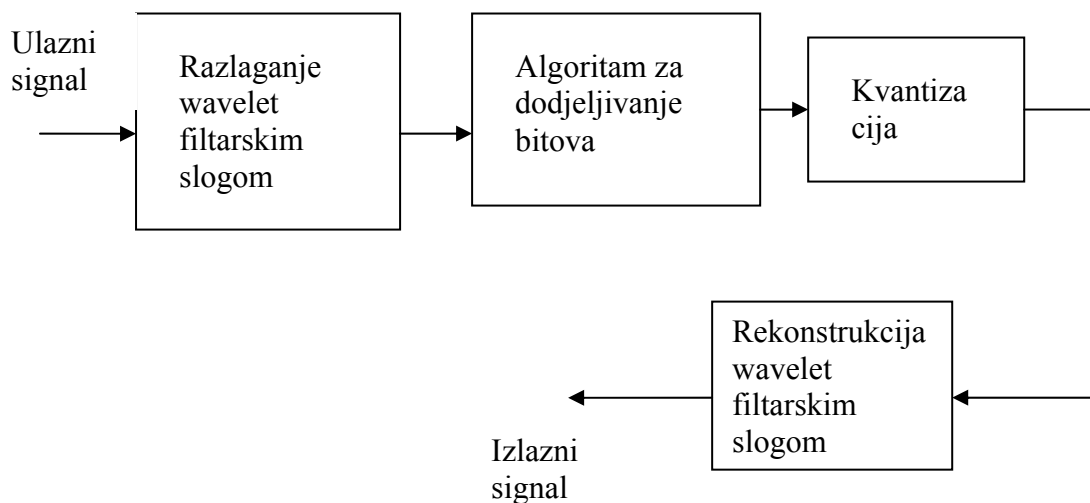
## Uvod

Kompresija zvuka mnogo je obrađivan problem. Metode kompresije se razlikuju ovisno o vrsti zvučnog signala(govor, glazba,..). Model kompresije prikazan je slikom:



U ovom radu bit će obrađena i kompresijom glazbe. Razmotrimo glazbu CD kvalitete(44100Hz, 16bit): dobivamo bitrate od 705.6kbit/s: Za razne primjene poželjno je to svesti na 64kbit/s do 192kbit/s što predstavlja kompresiju 11:1 odnosno 4:1.

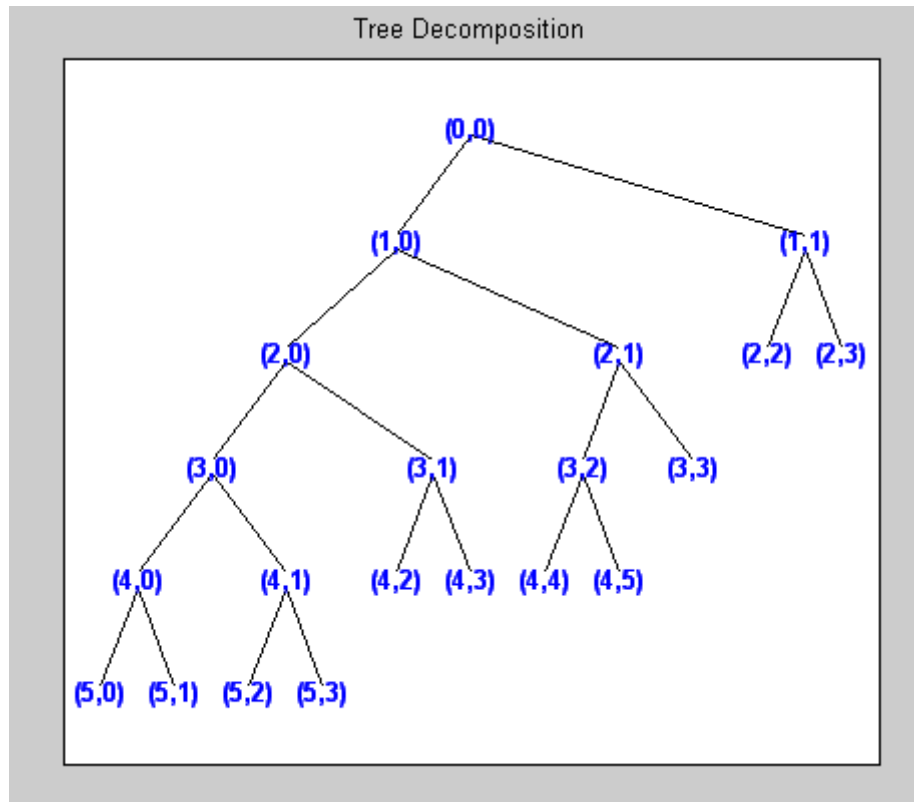
Zbog pojednostavljenja zadatka koncentrirali smo se samo na transformaciju i kvantizaciju. Blok shema prikazana je slikom:



# Realizacija sustava

## Wavelet filtarski slog

Odabrali smo wavelet filtarski slog tipa «symlet». To je najmanje asimetričan wavelet. Razlaganje vršimo u jedanaest pojaseva. Tih jedanaest pojaseva predstavlja točno polovicu broja pojaseva high fidelity filtarske banke.



## Problem dodjele bitova

Neka imamo skup slučajnih varijabli  $X_1, X_2, \dots, X_k$  čije su varijance  $E[X_i^2] = \sigma_i^2$ .

Pretpostavimo da nam je funkcija gustoće razdiobe svake varijable poznata. Promotrimo mjeru distorzije pojedine varijable. Na temelju mjere distorzije moguće je projektirati optimalni kvantizator  $Q_i$  varijable  $X_i$  uz bilo koji broj razina  $N_i$ , gdje je  $N_i$  pozitivan cijeli broj. Poželjno je da broj razina bude potencija broja 2 tako da dobijemo cjelobrojni iznos bitova.

Neka nam  $W(b_i)$  označava srednju kvadratnu pogrešku uzrokovanu optimalnim kvantiziranjem varijable  $X_i$  u  $b_i$  bitova. Funkcija  $W(b_i)$  nam govori kako možemo smanjiti izobličenje povećavajući rezoluciju. Postoji kompromis između broja bitova (cijena) i iznosa distorzije (performanse). Ukupno izobličenje definiramo kao

$$D = D(b) = \sum_{i=1}^k W_i(b_i)$$

Dakle, problem dodjele bitova definiramo kao nalaženje  $b_i$  za  $i = 1, 2, \dots, k$  tako da se

minimizira  $D = D(b) = \sum_{i=1}^k W_i(b_i)$  uz uvjet  $\sum_{i=1}^k b_i \leq B$

Postoje dva pristupa za pronalaženje optimalnog broja bitova.

Prvim pristupom točno minimiziramo ukupnu distorziju  $D$  definiranu gornjim izrazom preko svih izbora  $b$ . Mana tog algoritma je što možemo dobiti decimalni broj bitova te što nikad točno ne poznajemo funkciju distorzije  $W(b_i)$ .

U drugom pristupu minimizacije distorzije  $D$  koristimo aproksimacije usljed kvantizacije visoke rezolucije tako da možemo napisati eksplicitne izraze za optimalne distorzije  $W(b_i)$

Ako pretpostavimo da je da je prekomjerna distorzija zanemariva tada vrijedi

$$W_i(b_i) \approx h_i \sigma_i^2 2^{-2b_i}$$

## **Rezultati optimalne dodjele bitova**

Klasično rješenje problema dodjele bitova koristeći aproksimacije kvantizacije visoke rezolucije zanemarije praktični zahtjev  $b_i \geq 0$  te dozvoljava negativne vrijednosti  $b_i$ . To se rješava tako da se negativne vrijednosti promijene u 0.

## **Cjelobrojni algoritam za dodjelu bitova**

Postoji jednostavan algoritam za dodjelu bitova za nenegativne cjelobrojne rezolucije.

Algoritam nije optimalan, ali dodjeljuje bitove inkrementalno, jedan po jedan na način koji daje najbolje rezultate. Ideja je da se u svakoj od  $B$  iteracija dodijeli bit tamo gdje će najviše koristiti. U svakom koraku minimizira se ukupna distorzija uz trenutnu djelomičnu dodjelu bitova.

## **«Pohlepni» cjelobrojni algoritam za dodjelu bitova**

Ako vrijedi pretpostavka kvantizacije visoke rezolucije, idealizirana funkcija proporcionalna je varijanci  $i$ -tog kvantizatora s faktorom  $2^{-2b_i}$ , tada se algoritam pojednostavljuje. Kao početni zahtjev koristi se varijanca te svaki put kad se određenom pojasu dodijeli novi bit odgovarajući zahtjev se smanji za faktor 2. Tada tražimo sljedeću najveću varijancu te ponavljamo posupak dok ne ponestane bitova.

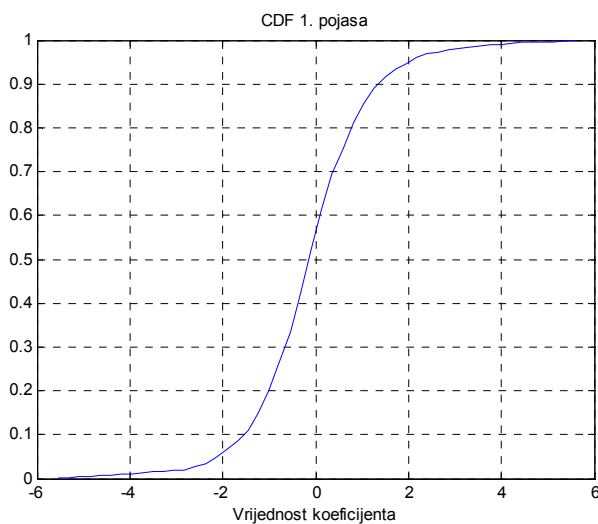
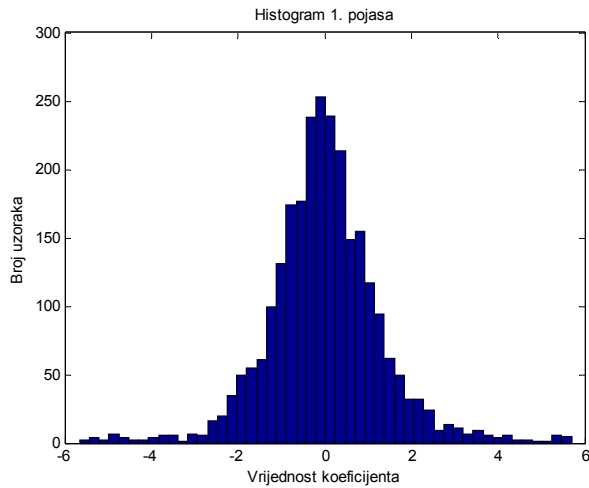
## **Kvantizator**

Koristimo dva tipa kvantizatora: uniformni i neuniformni. Kvantiziramo koeficijente wavlet transformacije (11 pojaseva).

Neka nam signal ide od neke maksimalne do minimalne vrijednosti. Unutar te dinamike signala rasporedimo broj razina određen sa brojem bitova kvantizatora( na primjer za 3 bita

imat ćemo kvantizator u 8 razina). Još možemo normirati vrijetnosti tako da se kreću od 0 do 1.

Kod neuniformnog kvantiranja postupak je sljedeći : za svaku razinu razlaganja napravimo histogram od 50 razina. Iz tog histograma (funkcije gustoće vjerojatnosti) uzastopnim sumiranjem dobivamo funkciju razdiobe.



Iz funkcije razdiobe određujemo granice područja kvantizacije na sljedeći način : po y osi napravimo uniformnu kvantizaciju određenu brojem bitova, a sa x osi za pripadne razine očitamo granice područja.

## Rezultati i zaključak

Usporedili smo odnos signal/šum za uniformni i neuniformni kvantizatora uz različite brojeve bitova.

Srednji broj bitova po uzorku	Odnos signal/šum(dB)	
	Uniformna kvantizacija	Neuniformna kvantizacija
3	10.4849	15.3806
4	14.7677	17.7183
6	17.8149	22.7148
8	18.1205	28.6201

Povećanjem broja bita poboljšava se odnos signal/šum. Očekivano je da neuniformni kvantizator daje bolje rezultate.

Srednji broj bitova po uzorku	Pojas										
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
3	11	7	6	7	4	5	2	3	4	1	1
4	12	8	7	8	5	6	3	4	5	2	2
6	14	10	9	10	7	8	5	6	7	4	4
8	16	12	11	12	9	10	7	8	9	6	6