

JEDNO REŠENJE OPTIMIZACIJE DRM SBR DEKODERA NA APX PROCESORU

Tatjana Aleksić, Siniša Grgić, Željko Lukač *MicronasNIT, Novi Sad*

Sadržaj – U ovom radu je izložen prikaz jednog rešenja implementacije SBR (*Spectral Band Replication*) dekodera na APX (*Advanced Processor with eXpandable architecture*) procesoru. Dat je kratak opis SBR dekodera, kao i osnovne karakteristike APX procesora. Na kraju su prikazani rezultati optimizacije.

1. UVOD

Digital Radio Mondiale (DRM) sistem radio prenosa [1] je razvijen od strane DRM konzorcijuma da bi se ponovo oživeli radio opsezi ispod 30 MHz. Glavni zadatak konzorcijuma je bio da značajno poboljša kvalitet primljenog analognog AM zvuka. Ovo bi moglo biti postignuto zamenjujući čist analogni prenos digitalnim sistemom sa snažnim kodovanjem kanala i korišćenjem visoko efikasnih algoritama za audio kodovanje. Nakon procenjivanja različitih audio koda koji rade na malim bitskim brzinama, kao glavni algoritam izabran je MPEG4 AAC [6], [7] u kombinaciji sa SBR sistemom (aacPlus).

Prenos DRM-om je počeo sa radom juna 2003. Audio kvalitet koji se postiže DRM-om je skoro FM kvaliteta na srednjim talasima i FM mono kvaliteta na kratkim talasima. U okviru DRM sistema se takođe nalaze i dva kodeka za govor, HVXC i CELP, koji mogu biti korišćeni sa SBR-om. Kodeci za govor su namenjeni za režime rada kada je bitska brzina mala za aacPlus ili u više-uslužnim prenosima, npr. prenos govora (vesti) na različitim jezicima.

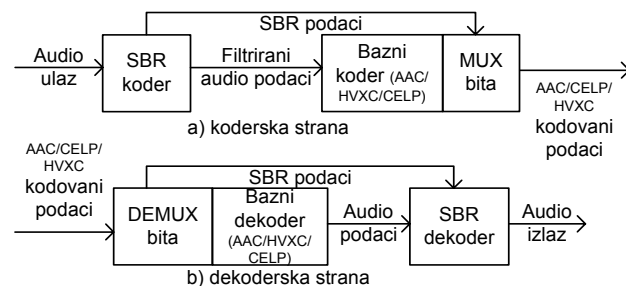
2. PROŠIRENJE FREKVENCIJSKOG OPSEGA AUDIO SIGNALA PONAVLJANJEM POJASA SPEKTRA (SBR)

Ukoliko se analiziraju vodeći talasni audio kodeci postaje jasno da kod velikog stepena kompresije, npr. 20:1 i više, rezultujući audio kvalitet nije zadovoljavajući. Kod takvog stepena kompresije, psihoakustički zahtev da se ostane ispod krive praga maskiranja u frekvencijskom domenu ne može biti zadovoljen zbog nedovoljne bitske brzine. U tom slučaju, kvantizacioni šum koji se unosi u toku kodovanja će postati čujan i neprijatan za slušaoca. Jedan način da se to prevaziđe je ograničavanje audio opsega, tako da se koduje samo deo spektra. Ovo se koristi u većini talasnih audio kodeka. Kao primer, tipičan opseg kod poslednjeg MPEG talasnog kodeka, na bitskoj brzini od 24kb/s za mono signal je ograničen na oko 7kHz. To, kao posledicu ima razumljiv ali tup zvuk.

SBR je nova tehnika za poboljšanje audio kodovanja. Ova tehnika pruža mogućnost poboljšanja karakteristika audio i govornih koda na malim bitskim brzinama, bilo povećanjem audio opsega na datoj bitskoj brzini, bilo poboljšanjem efikasnosti koda za zadati nivo kvaliteta. SBR je razvio Coding Technologies [2], a standardizovan je od strane ISO [3].

SBR koder se koristi u kombinaciji sa uobičajenim audio i govornim koderom (u daljem tekstu *bazni koder*). SBR obrađuje pre baznog koda, i nakon baznog dekodera [4], *Sl.1.*

Na strani koda, SBR izdvaja značajne kontrolne informacije koje će obezbediti optimalnu SBR obradu na dekoderskoj strani. Ovi podaci, koji čine relativno mali deo kodovanih podataka, se zovu SBR podaci.

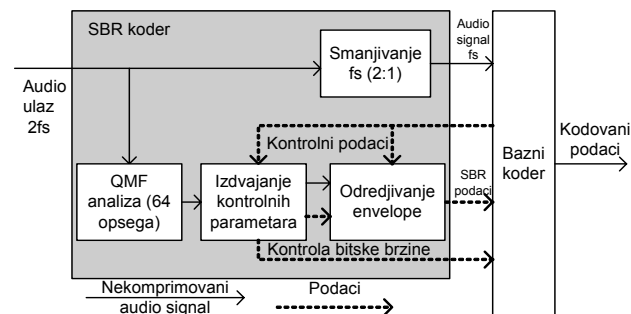


Sl.1. Kombinovanje SBR-a i baznog koda/dekodera

Osnovna ideja na kojoj se zasniva SBR je činjenica da postoji jaka korelacija između osobina višeg i nižeg frekvencijskog opsega audio signala [4]. Predpostavlja se da signal koji sadrži seriju jakih harmonika u nižem delu spektra, ima istu, možda ne tako jaku, seriju i u višem delu spektra. Pretpostavlja se da signal sličan šumu u nižem delu spektra, zadržava tu osobinu i u višem delu. Ovo pravilo daje najbolju procenu karakteristika višeg dela spektra. Naravno, postoje signali koji odstupaju od ovog modela. SBR, ima metode koje rešavaju i takve situacije. Inveržno filtriranje, dodavanje šuma i regeneracija sinusoida su metode koje poboljšavaju signal koji ima manju korelaciju karakateristika nižeg i višeg dela spektra.

U toku kodovanja [5], originalni ulazni signal se analizira i envelope višeg frekvencijskog opsega se koduje zajedno sa podacima koji predstavljaju odnos karakteristika nižeg i višeg opsega. Rezultujući SBR podaci se zatim kombinuju zajedno sa kodiranim podacima baznog koda.

U toku dekodovanja bazni dekodekter rekonstruiše vremenske odbirke nižeg dela frekvencijskog spektra. SBR rekonstruiše signal višeg frekvencijskog opsega na osnovu dekodovanja nižeg dela spektra i kontrolnih SBR podataka. Na kraju se ova dva signala kombinuju i dobija se audio signal punog opsega.



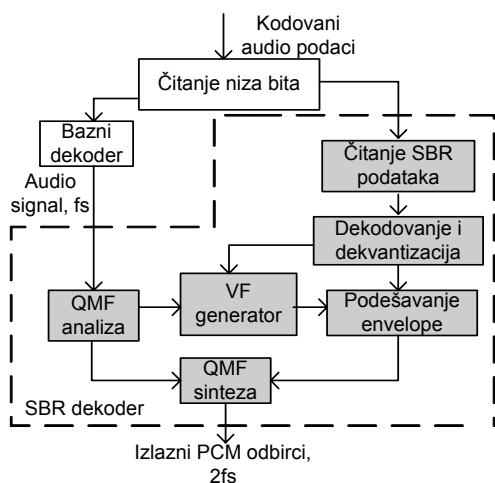
Sl.2. Blok dijagram SBR koda

Osnovni izgled **SBR koda** je prikazan na Sl.2. Ulazni signal se uvodi u blok za smanjenje frekvencije odabiranja, koji na ulaz baznog koda dovodi signal u vremenskom domenu čija je frekvencija odabiranja jednaka polovini frekvencije odabiranja ulaznog audio signala. Ulazni signal se takođe uvodi i u blok za 64-kanalnu QMF (*Quadrature*

Mirror Filter) analizu. Izlaz iz QMF banke filtera su kompleksni brojevi koji predstavljaju podopsege signala. Izlaz iz QMF banke filtera se uvodi u blok za određivanje i procenjivanje envelope nakon čega se dobijaju SBR podaci. Kodovani SBR podaci i podaci za kontrolu bitske brzine se dovode na ulaz baznog kodera.

Bitska brzina kontrolnih podataka se može menjati podešavanjem kodera u opsegu 1-3kbit/s po audio kanalu. Ova bitska brzina je daleko manja od one koja bi bila potrebna da se viši delovi spektra koduju nekim od postojećih algoritama.

Na slici 3 je prikazan blok dijagram **SBR dekodera**. Ulazni tok bita se deli na dva dela: tok bita koji pripada baznom koderu i tok bita koji pripada SBR-u. Bazni tok bita se dekoduje baznim dekodrom, a dekodovani niskofrekventni audio signal se prosleđuje SBR dekodru zajedno sa SBR podacima.

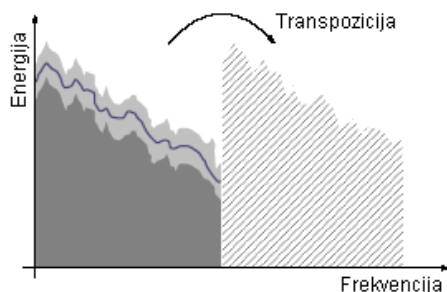


Sl.3. Blok dijagram SBR dekodera

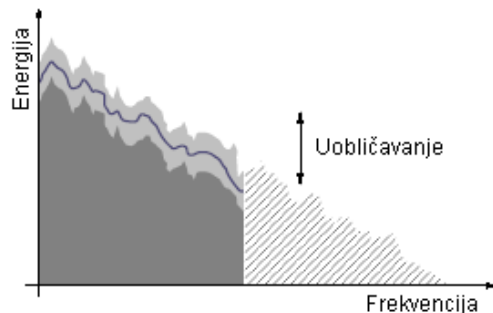
Izlaz iz baznog dekodera se prvo analizira 32 kanalnom QMF bankom filtera. Zatim generator visokih frekvencija stvara viši opseg, transpozicijom podopsega postojećeg nižeg dela spektra, *Sl.4* Nakon toga se inverzno filtrira, a ovo se bazira na kontrolnim podacima dobijenim iz SBR toka podataka. U bloku za poravnavanje envelope modifikuje se envelope rekonstruisanog višeg dela spektra, *Sl.5*, takodje se dodaju komponente kao što su šum i sinusoide, a sve to na osnovu kontrolnih SBR podataka. Generisani visokofrekventni signal i zakašnjeni niskofrekventni signal se dovode na ulaz 64-oro kanalne QMF banke filtera za sintezu. Banka filtera generiše realne brojeve koji odgovaraju odbircima izlaznog signala koji je punog opseg, a frekvencija odabiranja je dva puta veća od frekvencije odabiranja baznog dekodera.

4. PAMETRIZOVANI STEREO (*PARAMETRIC STEREO*)

Parametrizovani stereo (PS) je metod kojim se efikasnost kodovanja još više povećava. Mada je konceptualno potpuno nezavisan od SBR-a i može se kombinovati sa bilo kojim kodekom, on je integrisan sa postojećim SBR sistemom i ne



Sl. 4. Kreiranje viših frekvencija transpozicijom



Sl.5. Uobličavanje envelope

unositi veliku dodatnu kompleksnost u stereo kodek koji sadrži i SBR obradu. Osnovni princip na kom se zasniva PS je rekonstrukcija stereo signala na osnovu mono signala koji se prenosi. Osim kodovanog mono signala, koji je nastao od stereo ulaznog signala, prenose se i parametri koji opisuju stereo osobine. Ovi stereo parametri zahtevaju samo mali deo ukupne bitske brzine, garantujući visoki kvalitet mono signala na datoj biskoj brzini. Za opis stereo informacija koriste se dva parametra: panoramaski (PAN) i parametar stereo ambijenta (SA). PAN parametar sadrži podatak o razlikama odnosa između levog i desnog kanala unutar različitih frekvencijskih opsega. SA parametar odlikava stereo ambijent za skup frekvencijskih opsega.

Ako se posmatra u okviru SBR sistema, odbirci QMF podopsega dobijeni transpozicijom i podešavanjem envelope, zajedno sa odbircima podopsega dobijenih analizom izlaza baznog dekodera se uzimaju kao mono ulazni signal u PS dekodru.

3. REALIZACIJA

SBR dekodru je implementiran na APX procesoru (32-bitni DSP procesor sa Harvard arhitekturom, jedinicom sa pokretnim zarezom i MAC operacijom koja se izvršava u jednom ciklusu) u okviru implementacije DRM dekodera. Završena je prva faza optimizacije čiji je zadatak smanjenje ukupne memorije koja se koristi u referentnom SBR dekodru, na ispod 90kB kao i optimizovati funkcije u C programskom jeziku, po kriterijumu brzine izvršavanja, na ispod 50 MIPS-a. Druga faza će predstavljati finalnu optimizaciju brzine izvršavanja pisanjem kritičnih funkcija u assembleru.

Značajna optimizacija memorije je postignuta uklanjanjem struktura koje se ne koriste i reorganizacijom struktura koje su u upotrebi. Iz funkcija i globalnih struktura su uklonjeni lokalni baferi, a formiran je SBR radni bafer,

koji predstavlja deo memorije koji ima promenljiv format i čiji sadržaj se ne čuva za dekodovanje narednog SBR okvira. U slučaju da SBR dekodier radi sa AAC dekodierom, SBR i AAC, svako u svojoj fazi izvršavanja, koriste dinamičku memoriju. U slučaju HVXC i CELP dekodiera, alocirana je posebna memorija koja predstavlja dinamičku SBR memoriju. Na ovaj način je statički SBR bafer (RAM) optimizovan tako da sadrži samo one promenljive koje se pamte za dekodovanje sledećeg okvira. Potrebna programska ROM memorija je smanjena zamenom niza funkcija koje su obavljale FFT transformaciju, samo jednom funkcijom.

U tabeli 1 dato je poređenje potrebne RAM i programske ROM memorije pre i posle optimizacije. Prikazani podaci se odnose na SBR dekodier koji je namenjen radu sa sva tri dekodiera: AAC, HVXC i CELP.

Tabela 1, Rezultat optimizacije memorije

Memorija (kB)	Pre optimizacije	Posle optimizacije
RAM	99	66
PROM	74	70

U tabeli 2 dat je prikaz potrošnje memorije SBR dekodiera u zavisnosti od baznog dekodiera. Poslednja vrsta, predstavlja slučaj kada SBR podržava AAC, HVXC i CELP kao bazni dekodier. Ostale vrste predstavljaju slučajeve kada se podržava samo jedan određeni dekodier.

Tabela 2, Potrošnja memorije SBR dekodiera

	dekodier	RAM stat. (kB)	RAM din. (kB)	ROM Podaci	ROM Prog	Ukupno
AAC	stereo	19	23	10	61	90
	PS	28	37	10	61	99
	mono	10	22	10	61	81
Govor	HVXC	11	17	12	54	94
	CELP	11	17	11	54	93
AAC i govor	AAC, HVXC, CELP	29	37	14	70	113

Tehnike korišćene prilikom C optimizacije su: razvijanje petlje, uklanjanje konstantnih izraza iz petlje, pristup elementima niza preko pokazivača, spajanje dve ili više petlji, smanjenje broja pristupa memoriji, deljenje i množenje stepenom dvojke realizivano preko logičkog pomeranja kao i upotreba instrukcija poznatih APX prevodiocu (za čitanje iz ulaznog toka podataka, *max*, *min*, *abs*).

U sledećoj, finalnoj, fazi asemblerske optimizacije, zahvaljujući osobinama procesora, koristiće se sledeće tehnike: modifikacija algoritma na osnovu raspoloživih resursa (registri, pokazivači), upotreba petlje fizičke arhitekture, kružni baferi i adresiranje po principu obrnutih bita (kod FFT-a).

S obzirom da blok za PS obradu radi nad jednim kanalom, potrošnja procesorskog vremena nije kritična. I u ovom delu je provedena optimizacija, sa 24 na 12MIPS-a. Procena je da će nakon asemblerske optimizacije ovaj blok trošiti oko 7 MIPS-a.

Prilikom analize potrošnje procesorskog vremena korišćen je najzahtevniji vektor za ispitivanje koji je bio na

raspolaganju: slučaj dekodovanja dvokanalnog AAC niza sa frekvencijom odabiranja od 48kHz. Sa početnih 62.6MIPS optimizacijom je potrošnja svedena na 49.7MIPS. Rezultati profilisanja ostalih vektora za ispitivanje pokazuju da je ovakvom implementacijom za SBR dekodovanje dvokanalnog AAC ulaznog niza, odaburanog na 48kHz potrebno između 46-50 MIPS-a. Procena je da će se nakon faze asemblerske optimizacije svesti na 23-25 MIPS-a. Trenutna potrošnja procesorskog vremena za SBR dekodovanje u slučaju CELP (8 i 16kHz) je 24 i 28MIPS, a za HVXC je 24. Nakon asemblerske optimizacije i u ovim slučajevima se očekuje smanjenje od 50%.

U [8] i [5] dati su rezultati procenjene kompleksnosti i kompleksnosti jednog implementiranog rešenja. Pokazano je da je za SBR obradu, dvokanalnog AAC signala, odabiranog na 44.1kHz potrebno 15 do 20 MIPS-a.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisana optimizacija SBR dekodiera za APX DSP procesor. Optimizacija je izvedena na nivou C programskog jezika. Rezultati su sledeći: zahtev za procesorskom snagom je smanjen sa 62.6 na 49.7 MIPS. Upotreba RAM memorije je smanjena sa 99 na 66 kB, što pokazuje da su zadati zahtevi ispunjeni. U sledećoj fazi, planira se smanjenje procesorske snage za još 50%.

LITERATURA

- [1] "ETSI TS 101 980 V1.1.1 (2001-09)- Technical Specification, Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification"
- [2] www.codingtechnologies.com
- [3] "ISO/IEC 14496-3:2001/ Amd1:2003 Bandwidth extension"
- [4] Per Ekstrand, "Bandwidth extension of audio signals by spectral band replication.", IEEE Benelux Workshop on Model based Processing and Coding of Audio (MPCA-2002), Leuven, Belgium, November 15, 2002, str 53-58
- [5] Tomas Ziegler, Martin Dietz, Jonas Roden, Stefan Meltzer and Andreas Ehret, "aacPlus- Highest Efficient Audio Coding for Broadcast Applications", NAB 2003 Broadcast Engineering Conference Proceedings
- [6] Fernando Pereira and Touradj Ebrahim, The MPEG-4 Book, Prentice Hall PTR, New Jersey, 2002
- [7] International Organization For Standardization, Study on MPEG-2 AAC 13818-7, Draft Technical Corrigendum, 1998
- [8] Martin Wolters, Kristofer Kjørting, Daniel Homm, Heiko Purnhagen, A closer look into MPEG-4 High Efficiency AAC, AES, October 2003

Abstract – This paper deals with one solution of optimization of DRM SBR decoder on APX processor. Short overview of SBR is given. Optimization process and results are depicted.

ONE SOLUTION OF DRM SBR DECODER OPTIMIZATION ON APX PROCESSOR

Tatjana Aleksić, Siniša Grgić, Željko Lukač