

*Petri Kallio  
op. nro. 012843064  
s.posti [petri.j.kallio@helsinki.fi](mailto:petri.j.kallio@helsinki.fi)  
Helsingin yliopisto  
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta  
Tietojenkäsittelytieteen laitos  
Tietorakenteet ja algoritmit -harjoitustyö  
Kevät 2017*

# **DASP-5000**

## **Määrittelydokumentti**

### **versio 1.1 (31.1.2017)**

## **Työn aihe**

Harjoitustyön tarkoituksena on tuottaa ohjelmisto, jonka avulla voidaan muokata äänitiedostoja. Projektin nimi DASP-5000 on lyhenne sanoista Digital Audio Signal Processor. Käytettävä ohjelmointikieli on Java.

## **Toteutettavat algoritmit**

Algoritmeja toteutetaan järjestyksessä niin monta kuin harjoitustyöhön varattu aika sallii. Algoritmit toteutetaan pääsääntöisesti siinä järjestyksessä, jossa ne alla tässä esitellyt.

### **Äänitiedoston avaaminen muokattavaksi sekä muokatun tiedoston tallentaminen**

Tarkoituksena on tuottaa algoritmit sekä tiedoston sisältämän tavuvuon saattamiseksi muokattavaan muotoon (sanoiksi) että muokatun äänidatan saattaminen jälleen tiedostoon tallennettavaksi tavuvuoksi. Tämä vaihe on elintärkeä kaikkien alla esitellyjen algoritmien toteuttamisen kannalta. Tavoiteltava aikavaativuus on  $O(n)$ . Tavoiteltava tilavaativuus on  $O(n)$ .

### **Ääniraidan analysointi**

Tarkoituksena on tuottaa analyysi tietyistä ääniraidan ominaisuuksista, kuten äänenvoimakkuuden huipputaso, äänenvoimakkuuden minimitaso sekä ääniraidan kesto. Analysoinnin ratkaisema ongelma on ensisijaisesti alla esitellyjen algoritmien tarvitsemien tietojen tuottaminen. Tavoiteltava aikavaativuus on  $O(n)$ . Tavoiteltava tilavaativuus on  $O(1)$ .

## Ääniraidan vaiheen kääntäminen

Ääniraidan vaiheen kääntämisellä tarkoitetaan prosessia, jossa jokainen positiivinen näyte muutetaan negatiiviseksi näytteeksi ja jokainen negatiivinen näyte puolestaan positiiviseksi. Tavoiteltava aikavaativuus on  $O(n)$ . Tavoiteltava tilavaativuus on  $O(1)$ .

## Ääniraidan kääntäminen

Ääniraidan kääntämisellä tarkoitetaan prosessia, jonka jälkeen ääniraita soi lopusta alkuun. Tavoiteltava aikavaativuus on  $O(n)$ . Tavoiteltava tilavaativuus on  $O(1)$ .

## Ääniraidan normalisointi

Ääniraidan normalisoinnissa ääniraidan huippukohta etsitään ja lasketaan, kuinka paljon äänenvoimakkuutta tulee huipputasoon kohdalla muuttaa, jotta ääniraita saadaan normalisoitua haluttuun tasoon, esimerkiksi -0,1 dBFS:iin (decibels relative to full scale). Tämän jälkeen jokainen ääniraidan näyte lasketaan uudestaan niin, että se on oikeassa suhteessa uuteen, normalisoituun tasoon. Ongelma, jonka operaatio ratkaisee, on ääniraidan tätä operaatiota ei voida toteuttaa reaaliajassa, eikä puskuroimalla, sillä koko ääniraita tulee analysoida, ennen kuin muokkaus voidaan tehdä. Tavoiteltava aikavaativuus on  $O(n)$ . Tavoiteltava tilavaativuus on  $O(1)$ .

## Kahden (tai useamman) ääniraidan miksaaminen yhdeksi ääniraidaksi

Ääniraitojen miksaamisessa kaksi tai useampi ääniraita sulautetaan yhdeksi niin, ettei missään vaiheessa ylitetä tai aliteta ääniraitojen bittisyvyyttä. Tämä operaatio voidaan toteuttaa reaaliajassa, sillä raitojen analysointia etukäteen ei tarvita. Jos aikaa jää, voidaan tähän operaatioon lisätä parametrit, jonka avulla saadaan määritettyä raitojen miksaussuhde. Tavoiteltava aikavaativuus on  $O(n)$ . Tavoiteltava tilavaativuus on myös  $O(n)$ .

## Gate

Ääniraidan gate'aamisella tarkoitetaan, että tietyn raja-arvon alittavat näytteet vaimennetaan täydelliseksi hiljaisuudeksi. Tämä ominaisuus on omiaan esimerkiksi kohinan ja muiden hälyäänten poistoon. Tätä ominaisuutta ei voida toteuttaa täysin reaaliaikaisena ilman kuuluvia säröääniä ääniraidassa. Tämä johtuu siitä, että äkillinen muutos nollassa sekä siitä huomattavasti poikkeavan tason välillä aiheuttaa kaiuttimista selvästi kuultava ”naksauksen”. Liukuman sekä hiljaisuuteen, että siitä pois tulee täten olla mahdollisimman hienovarainen. Tavoiteltava aikavaativuus on  $O(n)$ . Tavoiteltava tilavaativuus on myös  $O(n)$ .

## Toteutettavat tietorakenteet

Tavuvuosta parsitut sanat tallennetaan dynaamiseen taulukkoon, joka toteutetaan projektin aikana. Äänisignaalin puskurointi niissä tapauksissa, missä sitä vaaditaan, vaatii ainakin jonorakenteen toteuttamisen. Toteutettavien tietorakenteiden tarve päivittyy projektin edetessä.

# Ohjelman syötteet

Ensisijaisesti syötteen tarkoitus antaa ohjelmalle pakkaamattomina WAV-äänitiedostoina. Äänitiedostojen näytteenottotaajuus sekä bittisyvyys rajoitetaan ainakin alussa ainoastaan 44,1 kHz:iin sekä 16 bittiin. Ääniraidat muokataan algoritmisesti tavu kerrallaan. Muokatut äänitiedostot kirjoitetaan jälleen uusiksi äänitiedostoiksi, joiden formaatti on sama kuin luetuilla tiedostoillakin. Mahdollisuutta prosessoida myös linjasisääntulosta tulevaa signaalia sekä signaalin toistamista reaaliajassa tutkitaan projektin edetessä.

## Lähteet

Cormen, Leiserson, Rivest, Stein. Introduction to Algorithms. The MIT Press, 2009.

Muller, J. M. Elementary Functions: algorithms and implementation. Birkhäuser, 2006.

Müller, Meinard. Fundamentals of Music Processing: Audio, Analysis, Algorithms, Applications. Springer 2015.

Oracle Java Documentation: The Java Tutorials, <http://docs.oracle.com/javase/tutorial/sound/>.

Toth, Viktor T. Mixing Digital Audio. [www.wtoth.com](http://www.wtoth.com) 2002.  
<http://www.vttoth.com/CMS/index.php/technical-notes/68>.

Wikipedia. dBFS. Wikipedia: The Free Encyclopedia, 2017. <https://en.wikipedia.org/wiki/DBFS>.

Wikipedia. Root mean square. Wikipedia: The Free Encyclopedia, 2017.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Root\\_mean\\_square](https://en.wikipedia.org/wiki/Root_mean_square).