



Helsinki, 1. helmikuuta 2024

## Lausunto Joel Yliluoman pro gradu -tutkielmasta “Nopea Fourier-muunnos – teoria ja toteutus modernilla C++:lla”

Työssään Joel Yliluoma käy ansiokkaasti läpi Fourier-muunnoksen nopeiden algoritmien teoriaa. Nopea Fourier-muunnos on yksi tärkeimpiä tieteellisen laskennan algoritmeja. Se esimerkiksi sisältyy *Computing in Science & Engineering* lehden vuonna 2000 julkaisemalle listalle kymmenestä tärkeimmästä 1900-luvulla kehitetystä algoritmista. Työssä esitellään klassinen Cooley–Tukey algoritmi Fourier-muunnoksen laskentaan. Algoritmi toimii hajota ja hallitse periaatteella, ja hajotus perustuu syötteen jakamiseen pienempiin paloihin joiden pituus on koko syötteen pituuden tekijä. Mikäli koko syötteen pituus on alkuluku, on käytettävä muita algoritmeja. Yliluoma esittelee näistä Raderin ja Bluesteinin algoritmit.

Tärkeä osa gradua on Cooley–Tukeyn, Raderin ja Bluesteinin algoritmien toteutus ja testaus. Erityisesti Yliluoman tekemä tehokkuusvertailu on hyvin perusteellinen, ja osoittaa että hänen toteutuksensa on yllättävän tehokas. Se ei jää paljoa jälkeen nopeimmasta tunnetusta kirjastosta (*FFTW, Fastest Fourier Transform in the West*). Yliluoma on erittäin taitava ohjelmoija.

Joelin työskentely tutkielmaprosessin aikana oli erittäin itsenäistä – tapasimme vain muutamman kerran tutkielmaan liittyen. Tutkielma on kirjoitettu erinomaisen sujuvasti ja noudattaen hyvää matemaattista tyyliä. Se on graduprosessin alun odotuksia laajempi ja perusteellisempi. Yliluoma etsi tietoa itsenäisesti ja laajensi työtä luontevalla tavalla omien kiinnostustensa pohjalta. Kaikkiaan hän osoitti suurta kypsyyttä koko prosessin ajan.

Työssä käsitellyt algoritmit perustuvat materiaaliin, joka on löydettävistä tekstikirjoista ja avoimen lähdekoodin kirjastoista, mutta Yliluoma tiivistää tietoa useasta lähteestä. Monilta osin työ osoittaa itsenäistä ajattelua, joka ei perustu mihinkään lähteeseen, mukaanlukien:

- persoonallinen pedagogissävytteinen johdanto,
- sovellus vokaalien tunnistukseen puhesignaalista,
- tehokkuusvertailu ja sen perusteella kehitetty yhdistetty algoritmi.

Edellä esitetyn nojalla esitämme Joel Yliluoman pro gradu -tutkielmasta arvosanaa 5/5.



Lauri Oksanen  
Professori



Samuli Siltanen  
Professori

# Pro Gradu -tutkielmat

Yliluoma Joel

: 5

Nopea Fourier-muunnos teoria ja toteutus modernilla C++:lla

Siltanen Samuli.

Reviewed by not yet reviewed:

No statement

Oksanen Lauri.

Reviewed by not yet reviewed:

No statement