

# Lectio praecursoria

Signal Processing Methods for Drum Transcription and Music  
Structure Analysis

(Signaalinkäsittelymenetelmiä rumpujen nuotintamiseen ja musiikin  
muotoanalyysiin)

Jouni Paulus

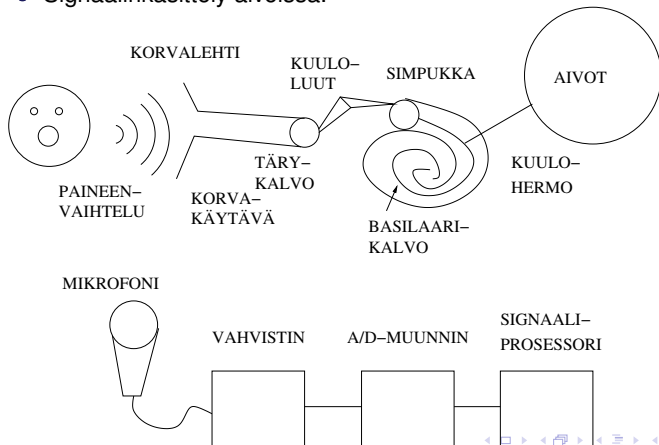
8.1.2010

# Sisältö

- 1 Signaalinkäsittely
- 2 Musiikin sisältöanalyysi
- 3 Rumpujen nuotinnos
- 4 Muotoanalyysi
- 5 Yhteenveto

## Mitä on signaalinkäsittely?

- Idealisoituna kaikki havainnointi perustuu signaalinkäsittelyyn.
  - Aistisolut rajapintana fyysiseen maailmaan.
  - Hermoissa kulkevat signaalit.
  - Signaalinkäsittely aivoissa.



# Motivaatio

- Pääsy yhä kasvavaan määrään musiikkia.
  - Henkilökohtaiset musiikkikokoelmat (esim. iTunes).
  - Kaupallinen pääsy verkossa oleviin kokoelmiin (esim. Spotify, Nokia Comes With Music).
  - Kulttuurihistorialliset kokoelma (esim. Suomen Kansan eSävelmät).
- Musiikkia levitetään kasvavassa määrin valmiiksi tiedostomuodossa.
  - Maailmanlaajuisesti muutos 2007 → 2008: fyysisten tallenteiden myynti putosi 15%, mutta digitaalinen myynti kasvoi 24%.
- Miten organisoida ja esittää tämä kaikki musiikki?

# Musiikkitiedonhaku, MIR

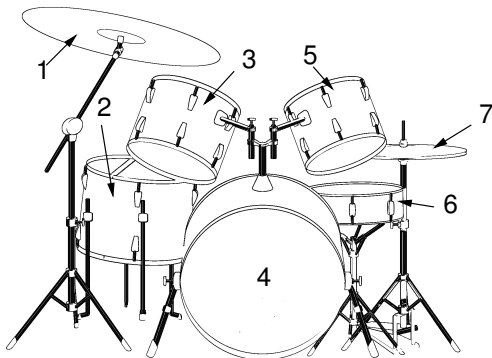
- Laaja, monitieteinen kenttä, sisältäen mm.
  - musiikin kulutuksen sosiologiset ja ekonomiset kysymykset
  - käyttöliittymät,
  - musiikin semantiikka,
  - musikologinen tutkimus
  - tietokantahaut
  - nuottinos ja esitysmuodot.
- Tutkijoita eri aloilta, mm.
  - kirjastojen informaatikot,
  - musiikkitieteilijät,
  - signaalinkäsittelijät.

# Signaalinkäsittely musiikkitiedonhaussa

- Tämän työ yhteydessä: signaalinkäsittely tarjoaa työkaluja sisältöanalyysiin.
- Akustisesta musiikkisignaalista tuotetaan kuvaus musiikillisesti merkityksellisestä asiasta, esim.
  - äänenkorkeus,
  - tempo,
  - lista käytetyistä soittimista,
  - nuottinos.

# Ongelmamäärittely

- Annettu musiikkisignaali. Tuloksena lista ajanhetkistä, jolloin jotain (kohde)rumpua on lyöty ja rumpun identiteetti.
- Keskitytään pääasiassa pop/rock-musiikissa käytettyihin rumpuihin.



# Mahdollisia sovellusalueita

- Rumpusisällön muokkaminen:
  - loppukäyttäjän kuunteluohjelmassa,
  - musiikkituotannossa äänityksen muokkaus.
- Nuotinos opetuksessa:
  - nuotit lempikappaleesta harjoittelua varten
  - harjoittelun nuotinos ja kriitikkona toimiminen.
- Tietokantahaut rumpusisällön perusteella.

## Hyödynnettyjä menetelmiä: segmentointi ja tunnistus

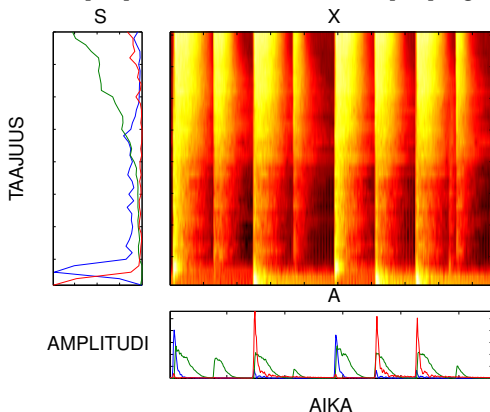
- Havaitaan äänitapahtumien alkuhetket (tai luodaan tasavälinen ristikko), irroitetaan ääntä kuvaavia piirteitä, luokitellaan.
- Ongelma: luokittelutulos voi olla epävarma.
- Ratkaisu: hyödynnetään lisäksi korkeamman tason musiikillista tietoa [P1, P2].

TATUM	1	2	3	4	5	6	7	8
TAHTI 1	BH	H	H	H	BH	H	H	H
TAHTI 2	BH	H	H	H	⊙BH	HC	SH	HT
TAHTI 3	BHC	H	SH	H	⊙BH	H	SH	H
TAHTI 4	BH	H	⊙SH	⊙H	?			

Diagram illustrating a drum notation grid with annotations. The grid shows four measures (TAHTI 1-4) across eight beats (TATUM 1-8). Annotations include circled characters (⊙BH, ⊙SH, ⊙H) and a question mark (?) in the fifth beat of the fourth measure, with arrows indicating relationships between these elements.

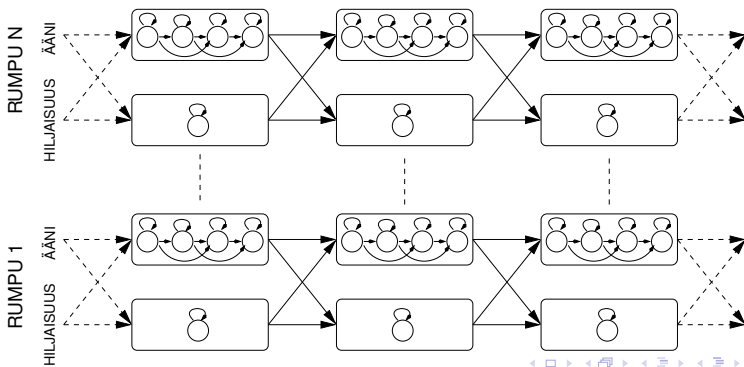
# Hyödynnettyjä menetelmiä: erottelu ja havainnointi

- Erotellaan jokainen kohderumpu omaksi signaalikseen ja havaitaan signaaleista iskujen ajanhetket.
- Erottelu spektrogrammin ei-negatiiviseen hajotelmaan perustuen 1-kanavaisesta [P3] tai monikanavaisesta [P4] signaalista,  $X \approx SA$ .



# Hyödynnettyjä menetelmiä: jatkuva HMM-pohjainen tunnistus

- Mallinnetaan piirteiden ajallinen rakenne rummuniskussa ja hiljaisuudessa [P5].
- Mallinnus huolehtii segmentoinnista ja tunnistuksesta samanaikaisesti.



# Demo

- HMM-pohjainen nuottinno polyfonisesta musiikista.

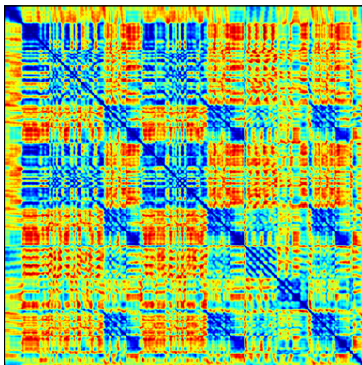
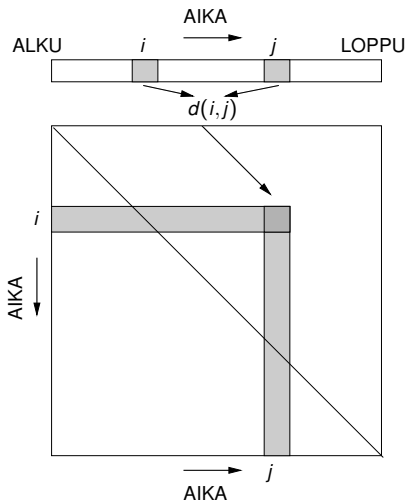
# Ongelmamäärittely

- Useat musiikkikappaleet (erityisesti länsimaisessa pop-musiikissa) voidaan jakaa ajallisesti osiin.
  - Esim. intro, säkeistö, ja kertosäkeistö.
  - Yksittäisen osa kesto yleensä n. 20–30 s.
  - Monet osat toistuvat samankaltaisina.
  - Osilla omat musiikilliset merkityksensä.
  - Esimerkkirakenne: “intro, säkeistö, kertosäkeistö, säkeistö, kertosäkeistö, soolo, kertosäkeistö”
- Järjestelmä pyrkii akustisesta signaalista
  - jakamaan kappaleen osiin,
  - ryhmittelemään saman osan esiintymät, ja
  - (nimeämään ryhmät).

# Sovellusalueita

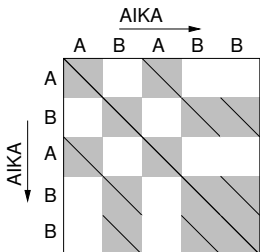
- Musiikkisisällön kuvaaminen koko kappaleen sijaan osien sisällä.
  - Osan sisällä musiikillinen sisältö “tasaisempaa”.
- Äänisignaalin pakkaus.
- Apuna nuotinnoksessa.
- Esikatselupätkän luominen.
- Yhdistelmät useista kappaleista.
- Kappaleen rakennetta hyödyntävä soitto-ohjelma.

# Samankaltaisuusmatriisi



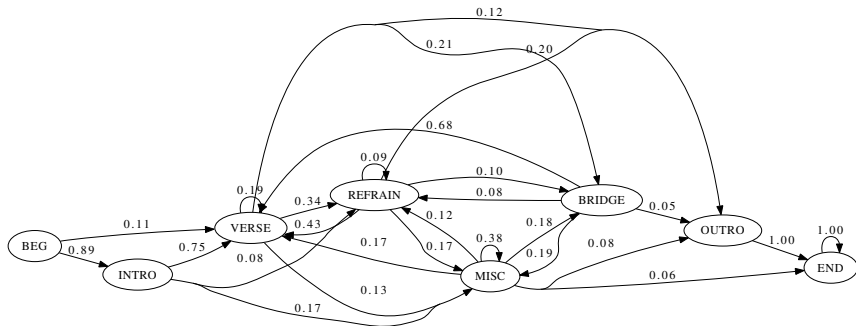
# Menetelmiä

- Kustannusfunktio [P6]
  - (Pyrkii selittämään vain toistuvat osat.)
  - Termit: akustinen samankaltaisuus, selityksen kattavuus ja selityksen monimutkaisuus.
- Hyvyysmitta [P8]
  - Idea: saman osan esiintymät mahdollisimman samanlaisia keskenään ja mahdollisimman erilaisia muiden osien esiintymistä.
  - Osien samankaltaisuuden määrittäminen:



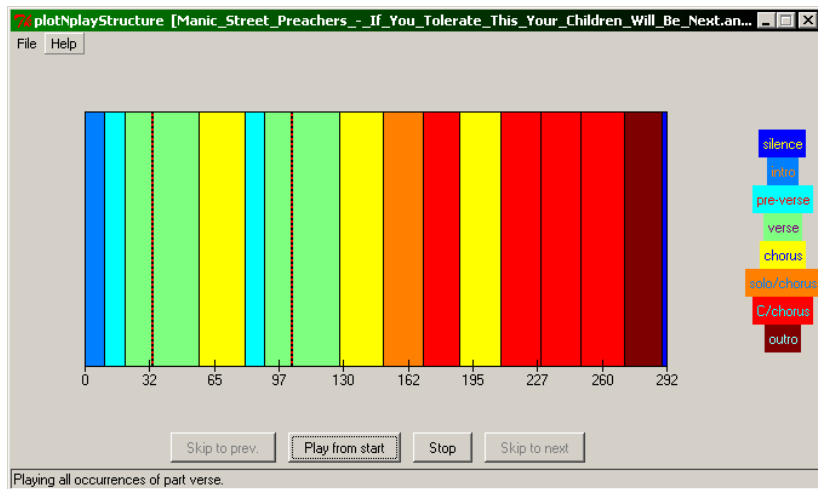
## Menetelmä: ryhmien nimeäminen [P7]

- Hyödynnetään kappaleiden ajallisten rakenteiden tyypillisiä piirteitä löydettyjen osien nimeämiseen.
- Esim. Beatlesien musiikin osasiirtymät (bigrammi):



# Demo

- Rakenteen hyödyntäminen soitto-ohjelmassa.



# Yhteenveto

- Väitöskirja esittää signaalinkäsittelymenetelmiä musiikin sisältöanalyysiin.
- Rumpujen nuottinnoksessa eri menetelmiä eri kohdesignaaleille.
  - Kun käytetty menetelmä ja kohdesignaali sopivat yhteen, tulos on varsin hyvä.
  - Oikeasta polyfonisesta musiikista tärkeimmät rummut saadaan pääosin nuottinnettua, mutta jatkokehitystä tarvitaan.
- Musiikkikappaleiden muotoanalyysisä ongelmana tehtävämäärittelyn monikäsitteisyys.
- Ihmisten muotoanalyysissä hyödyntämiä ideoita soveltava hyvyysmittapohjainen menetelmä toimii varsin kohtuullisesti.
- Signaalinkäsittelyn avulla pystytään tuottamaan monipuolista kuvausta musiikillisesta sisällöstä, mutta monissa menetelmissä on vielä parantamisen varaa.