

Übung zur musikalischen Akustik
2: Spektrale Klangeigenschaften musikalischer Instrumente

Letzter Abgabetermin: 06.07.2016

Allgemeine Hinweise:

Die Bearbeitung der Aufgaben findet in Gruppen von je drei Studenten statt. Achten Sie bei allen Abbildungen auf korrekte Achsenbeschriftungen. Abzugeben sind die Matlab Skripte, sowie eine schriftliche Ausarbeitung, in der sämtliche Abbildungen und Ergebnisse enthalten sind. Audiodateien aus dem Downloadbereich sollen nicht darin enthalten sein. Als zip-File per E-Mail: voncoler@tu-berlin.de
Oder per GigaMove.

Hinweise zum Matlab-Code:

- Stellen Sie die Ausführbarkeit der Skripte sicher.
- Die Skripte sind mit Kommentaren zu versehen, sodass jeder Schritt nachvollziehbar ist.
- Erstellen Sie Funktionen, wo dies sinnvoll ist.

In dieser Übung wird eine Auswahl spektraler Features musikalischer Instrumente betrachtet. Dabei wird die Fähigkeit der Features untersucht, zwischen sechs verschiedenen Instrumenten zu unterscheiden.

1 Implementierung der spektralen Features

Im Music Information Retrieval wird eine Vielzahl verschiedener Audio-Features verwendet, die in ganz unterschiedlichen Anwendungen Stärken und Schwächen zeigen. Diese Übung beschränkt sich auf Merkmale, die im Betragsspektrum des gesamten Signals berechnet werden. Als weiterführende Lektüre, welche weitere Features und deren Anwendungen listet, wird die Einführung von Lerch [2] empfohlen. Die Implementierungen in dieser Übung weichen in einigen Fällen von den dort gezeigten ab.

Im Rahmen dieser Übung sollen Funktionen für folgende spektrale Merkmale implementiert werden:

1. Spectral Flatness (SFM)
2. High Frequency Content (HFC)
3. Spectral Spread (SPR)

Jede dieser drei Funktionen erhält ein einseitiges Betragsspektrum X von $\omega = 0 \dots \frac{f_s}{2}$ der Länge N als Argument und gibt einen einzelnen Wert für das jeweilige Merkmal zurück. Mitunter variieren die Berechnungsvorschriften der Features in der Literatur. Hier sollen daher unbedingt die folgenden implementiert werden, um einen Vergleich der Ergebnisse zu ermöglichen.

a) Der SFM soll nach einer Abwandlung des MPEG-7 Standards berechnet werden [3], ohne Quadrierung des Spektrums [2]:

$$SFM = \frac{\exp\left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \log(X_j)\right)}{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_j} \quad (1)$$

b) Der HFC wird, ähnlich der Detection Function (Bello et. al. [1]), zusätzlich normiert:

$$HFC = \frac{\sum_{j=2}^N j X_j^2}{\sum_{j=2}^N X_j^2} \quad (2)$$

c) Der Spectral Spread beschreibt die Konzentration der spektralen Energie um den Mittelwert μ der spektralen Leistungsdichte und entspricht damit der spektralen Varianz, dem zweiten Moment der Verteilung. Berechnet wird nach [2]:

$$SPR = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (j - \mu)^2 X_j^2}{\sum_{j=1}^N X_j^2}} \quad (3)$$

μ muss im Vorfeld als erstes Moment der spektralen Verteilung berechnet werden. Erläutern Sie die Implementierung im Dokument.

2 Hauptschleife zur Analyse

Im Downloadbereich zur Lehrveranstaltung befindet sich das Paket 'Instrument_Sounds.zip'. Dieses beinhaltet sechs Unterordner, von denen jeder Einzeltöne eines individuellen Instruments enthält:

```
Saxofon: 'asax_m_et_ff_stereo_complete/'  
Fagott: 'fg_h_kl_et_ff_stereo_complete/'  
Oboe: 'ob_m_et_ff_stereo_complete/'  
Posaune: 'ps_m_et_ff_stereo_complete/'  
Stimme 's_m_et_ff_stereo_complete/'  
Violine 'va_m_et_ff_stereo_complete/'
```

a) Schreiben Sie eine Schleife, die für jeden der Einzeltöne die drei oben genannten Features berechnet und diese in drei separaten Vektoren ablegt. Achten Sie darauf, dass das Skript auf anderen Maschinen ausführbar ist, indem Sie den Anwender den Pfad zur Datenbank 'Instrument_Sounds' zu Beginn setzen lassen.

b) Stellen Sie die Dichtefunktion der drei Features in separaten Abbildungen dar.

3 Evaluierung der Features

a) Berechnen sie für jedes Feature eine ANOVA, unter der Verwendung der Funktion `anova1` und stellen Sie die Ergebnisse in Tabellen dar. Unabhängige Variable dieser Varianzanalysen ist die Instrumentengruppe (6-Stufig), abhängige Variable das jeweilige Merkmal. Diskutieren Sie die Resultate bezüglich der Signifikanz und erläutern Sie unter anderem, welche weiteren Faktoren die Varianzen beeinflussen

b) Vergleichen Sie die Ergebnisse, indem Sie für jedes Feature die Instrumente in Boxplots gegenüberstellen. Erklären Sie auffallende Besonderheiten der Mittelwerte und Varianzen.

Literatur

- [1] J.P Bello, G Monti, and M Sandler. Techniques for Automatic Music Transcription. In *First International Symposium on Music Information Retrieval (ISMIR-00)*, Plymouth, Massachusetts, USA, 2000.
- [2] Alexander Lerch. *An Introduction to Audio Content Analysis: Applications in Signal Processing and Music Informatics*. John Wiley & Sons, 2012.
- [3] Christian Uhle. An Investigation of Low-Level Signal Descriptors Characterizing the Noise-Like Nature of an Audio Signal. In *Audio Engineering Society Convention 128*, 5 2010.