TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Nachrichtentechnik, Lehrstuhl Telekommunikation

Hauptseminar zum Thema

Compressed Compute-and-Forward mit korrelierten Audiosignalen

Florian Roth, Raphael Hildebrand, Lucas Weber, Orell Garten

Betreuer:
Dipl.-Ing. Carsten Herrmann

Hochschullehrer:
Prof. Dr.-Ing. Frank Fitzek

11.08.2016
Verteidigung des Hauptseminar

Einleitung

Im Jahr 2022 werden über 500 Millionen im Internet aktive Geräte erwartet. Diese erzeugen eine große Masse an Daten, die über das Netzwerk transportiert werden müssen. Dies muss zuverlässig und möglichst schnell passieren. Idealerweise verbrauche alle beteiligten Geräte außerdem sehr wenig Energie. Zur guten Erfassung der Umgebung werden in bestimmten Szenarien massenhafte Sensoren benötigt. Damit verbunden sind großer Herausforderungen bezüglich der Netzwerkkapazität, da viele Sensoren auch enorm viele Daten generieren. In vielen Situationen, sind die Datenströme der unterschiedlichen Sensoren jedoch miteinander korreliert, sodass sich diese Korrelation ausnutzen lässt, um die Datenmenge im Netzwerk zu verringern. Unsere Arbeit bietet hier eine Möglichkeit Signale bezüglich ihrer Korrelation zu klassifizieren.

Theoretische Vorbetrachtung

Die Kreuzkorrelation

Die Basis für die Bemessung der aufgenommenen Audiosignale bildet die sogenannte Kreuzkorrelationsfunktion (KKF). Anhand ihres Verlaufes werden die Bemessungsparameter festgelegt. Aufgrund der verschiedenen Blocklängen und der Masse an Daten, die korreliert werden sollen, findet die Berechnung der KKF im Frequenzbereich statt. Hier wird die KKF eines zeitkontinuierlichen Signals betrachtet, wobei die Analogie zum zeitdiskreten Fall über Riemann-Integrale besteht.

Berechnungsvorschrift

Die KKF ist als, aus zwei verschiedenen Funktionen gebildeter Erwartungswert definiert. Hier werden die Formeln allgemein für die Korrelation der Prozesse **X** und **Y** angegeben.[ISV, S. 84]

$$\psi_{\mathbf{X}Y}(\tau) = E\{\mathbf{X}(t) \cdot \mathbf{Y}(t+\tau)\}$$

[ISV, S. 84 Formel 2.200]

Damit diese Formel interpretierbare Ergebnisse liefert muss der Prozess schwach stationär, ergodisch und die Realisierung ein Energiesignal sein. Was in diesem Fall für reale Audiosignale zutrifft.[vgl. ISV, S. 85 f]

Kreuzkorrelation im Frequenzbereich

Durch die Ähnlichkeit der Korrelation zur Faltung, kann man die KKF im Frequenzbereich berechnen:

$$\boxed{\Psi(\omega) = X^*(\omega) \cdot Y(\omega)}$$

Dabei muss man beachten, dass sich bei der FFT ein Linienspektrum ergibt. Die FFT beruht vor allem auch auf der Annahme, dass sich die N diskreten Werte periodisch wiederholen [ISV, S.135]. Durch die IFFT von $\Psi(\omega)$ ergibt sich also die periodische KKF $\tilde{\psi}(t)$.

Kennwerte

Um das Klassifizieren für eine große Anzahl an Signalen möglich zu machen, ist es erforderlich die untersuchten Sequenzen anhand von bestimmten Eigenschaften zu sortieren. Damit ein einfacher Vergleich mehrerer Signale schnell möglich ist, bietet es sich an diese Eigenschaften als Zahlenwert auszudrücken. Die beschriebenen Eigenschaften sind entweder physikalischer Natur oder versuchen die Form der Kreuzkorrelation zu charakterisieren. Beim Entwerfen der Maßzahlen besteht die Schwierigkeit darin, möglichst viel aussagekräftige Information dahingehend zu vereinfachen, dass eine Überführung in eine Zahl überhaupt möglich ist. Gleichzeitig darf durch die Vereinfachung nicht die Aussagefähigkeit der Maßzahl zerstört werden, also die Möglichkeit auf eine Eigenschaft des Signals anhand des Zahlenwertes zurück zu schließen.
Beispielhaft soll hier die Berechnung der Maßzahl σ erläutert werden, die eine Aussage über die Verteilung der größten Werte der KKF liefert. Insbesondere für stark korrelierte Kanäle fällt die KKF zu den Seiten schnell ab und die Hüllkurve erinnert stark an eine Glockenkurve (siehe Abb. 1). Ein Maß für die „Breite" einer Glockenkurve stellt das σ im Exponenten der e-Funktion dar. Um die Maßzahl aus den numerisch vorliegenden Werten zu erhalten, muss ein mathematischer Ausdruck für die Hüllkurve (*envelope*) gefunden werden. Diese erhält man durch Amplituden-Demodulation der KKF. Dabei wird das Signal gleichgerichtet und auf ein Tiefpassfilter gegeben.

$$envelope = IDFT\{DFT\{|\psi_{\mathsf{XY}}(n)|\} \cdot \mathsf{H}_{\mathsf{TP}}\}$$

Für die Hüllkurve *envelope* wird mittels Methode der kleinsten Quadrate eine Regressionsrechnung auf die Glockenkurvenfunktion vorgenommen. Die Funktionsvorschrift lautet dabei

$$y = a \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} + b$$

Mit den zu bestimmenden Konstanten a, b, μ und σ. Der der erhaltene Wert für σ stellt ein Maß für die Breite des peaks rund um den Nullpunkt der Korrelation dar.

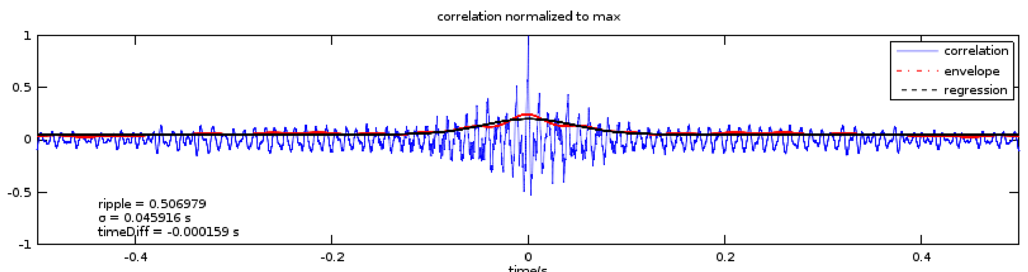

Abbildung 1: KKF mit AM-Demodulation und Regression

Weitere entworfene Maßzahlen treffen Aussagen über die Signale hinsichtlich Energieverteilung, Zeitversatz zwischen den Kanälen und den Abfall der Gesamtheit aller Amplituden.

Octave-Programm

Die im vorherigen Abschnitt vorgestellen Maßzahlen wurden im nächsten Schritt in einem Octave-Skript implementiert. Das Programm besteht aus 3 funktionalen Einheiten: Automatisches Einlesen der Audiodateien, Berechnung der Korrelation und der Kennwerte und dem Speichern der errechneten Werte in einer Exceldatei. Ein etwas detaillierterer Programmablaufplan ist in Abbildung 2 zu sehen. Im Quellcode selbst können bestimmte Parameter eingestellt werden, die die Berechnung auf verschiedenste Weise beeinflussen. Besonders zu bemerken ist, dass man beliebige Abschnitte des Signals systematisch korrelieren kann, so dass man aus wenigen Signalen bereits sehr viele Werte bekommen kann. Die genutzen Abschnitte werden wiederum als extra .wav-Datei gespeichert.

Das Skript ist modular aufgebaut, so dass es vergleichsweise einfach möglich ist weitere Analysemethoden zu entwickeln und zu implementieren. Zukünftig wäre es außerdem sinnvoll die Berechnung der Korrelationen zu parallelisieren und so die Ausführung des Programms wesentlich zu beschleunigen.

Ablaufplan

Prinzipskizze des Programmablaufs

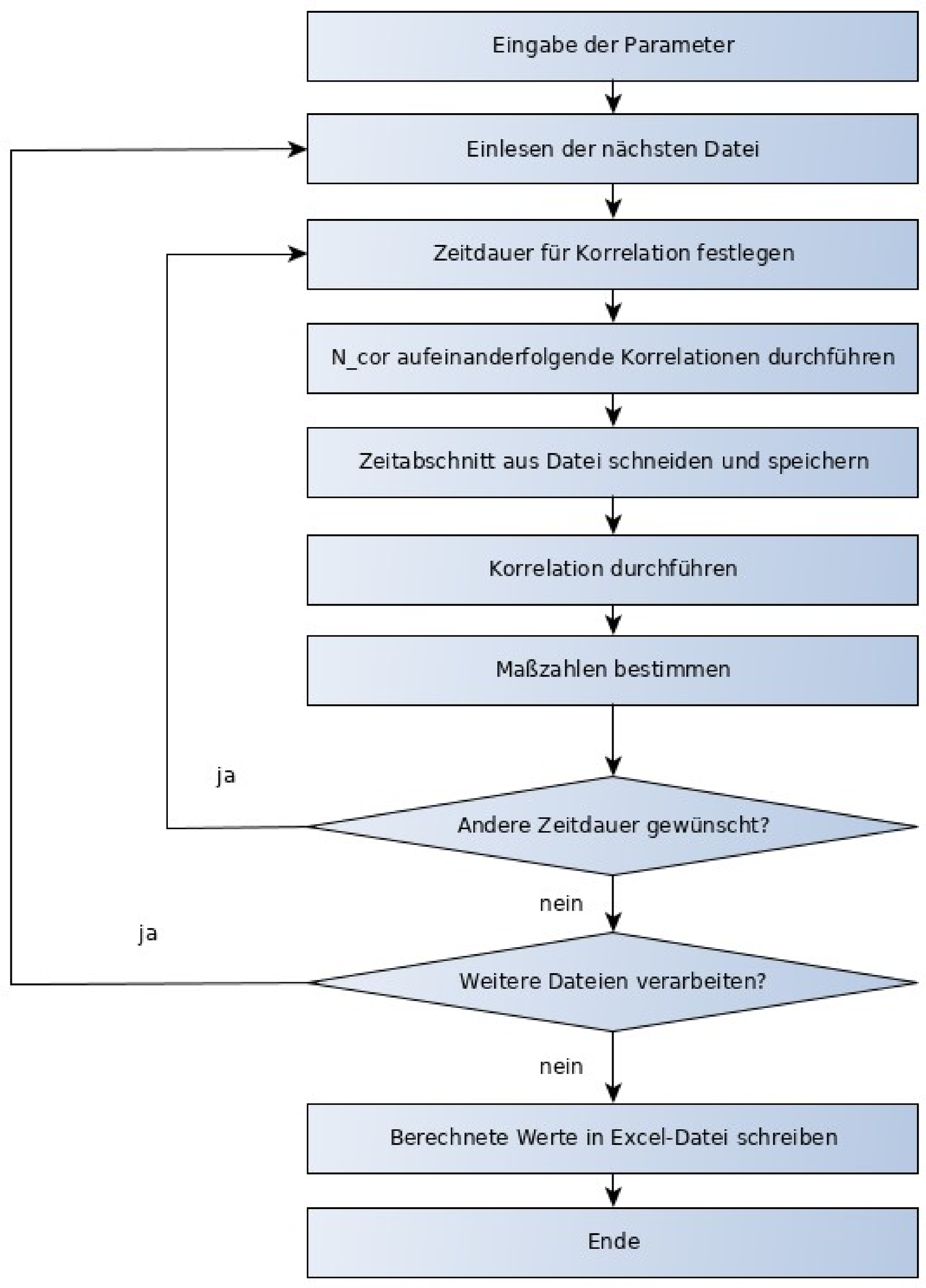

Abbildung 2: Programmablaufplan

Signalauswahl

1. Duis adipiscing venenatis risus, et condimentum risus commodo nec.
2. Quisque ut leo quis leo porta pellentesque ut sit amet leo. Phasellus quis pharetra nisl.
3. Fusce imperdiet rhoncus ante, sed iaculis elit euismod vel.

Beispielsignal

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden Modelle entwickelt, die die Korrelation der beiden Audio-Kanäle einer Stereoaufnahme bezüglich ihres Abklingverhaltens und dominierenden Anteilen beschreiben. Diese Modelle wurden als Grundlage für die Entwicklung eines Octave-Skripts genutzt, welches eine massenhafte Klassifizierung von Audiodaten bezüglich der entwickelten Kriterien ermöglicht. Abschließend wurden Testsignale aufgenommen.
In Zukunft müssen die Modelle entsprechend der genauen Anwendung weiter entwickelt werden.