

Kontrastverbesserung in akustischen Kartierungen durch sukzessives Eliminieren der Hauptschallquellen im Postprozess

Dirk Döbler¹, Gunnar Heilmann², Ralf Schröder³

¹ Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik, 12489 Berlin, E-Mail: doebler@gfai.de

² gfai tech GmbH, 12489 Berlin, E-Mail: heilmann@gfaitech.de

³ gfai tech GmbH, 12489 Berlin, E-Mail: schroeder@gfaitech.de

Einleitung

Der geringe Kontrast des Standardbeamformings [1] ist ein limitierender Faktor für den Einsatz des Verfahrens. Sind die Pegelunterschiede von Quellen in einer akustischen Szene größer als der maximale Kontrast des eingesetzten Mikrofonarrays (der Abstand der Pegel zwischen Hauptkeule und Nebenkeulen), werden schwächere Quellen durch die Nebenkeulen der stärkeren Quellen verdeckt. Ein typisches Beispiel ist in Abbildung 1 dargestellt. Es zeigt ein akustisches Photo von fünf simulierten, nicht korrelierten Rauschquellen (Frequenzbereich 100Hz - 20kHz) mit den Pegeln s1 (90 dB), s2 (80 dB), s3 (70 dB), s4 (60 dB) und s5 (50 dB). Der maximale Kontrast des Arrays (Ringarray, 48 Kanäle, Abtastrate 48 kHz) beträgt für dieses breitbandige

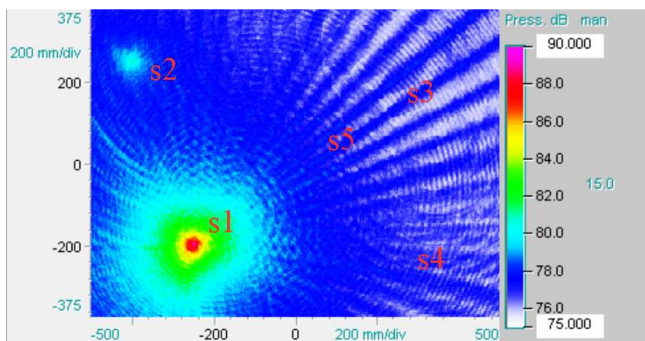


Abbildung 1: Akustisches Foto von 5 Rauschquellen (90 dB, 80 dB, 70 dB, 60 dB, 50 dB), Beamforming im Zeitbereich

Signal 12 dB. Somit ist die Quelle s2 (80 dB) in der Kartierung noch zu sehen, während alle anderen Quellen maskiert sind. Eine Trennung im Frequenzbereich ist nicht möglich, da alle Quellen breitbandig abstrahlen. In [2], [3] und [4] werden deshalb über korrelative Verfahren die Hauptquellen eliminiert und der Kontrast der Kartierung verbessert.

Im Beitrag wird nun gezeigt, das man durch rein subtraktive Signalzerlegung im Zeitbereich alle verdeckten Quellen aus Abbildung 1 kartieren kann.

Subtraktive Signalzerlegung im Zeitbereich

Dazu wird das Signal der stärksten Quelle s1 nach der Gleichung (1) und Abbildung 2 rekonstruiert.

$$\hat{f}(s_1, t) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M w_i f_i(t - \Delta_i) \quad [\text{Pa}] \quad (1)$$

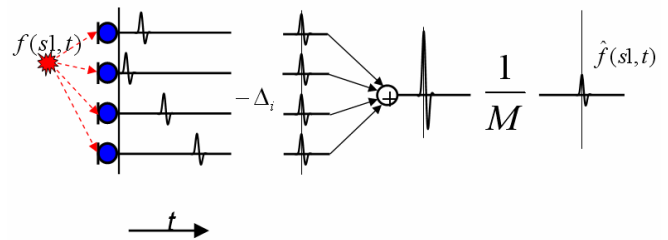


Abbildung 2: Rekonstruktion des Signals der Quelle s1

Diese Zeitfunktion wird nun verschoben um +Δi von allen Mikrofonkanälen subtrahiert (Abbildung 3).

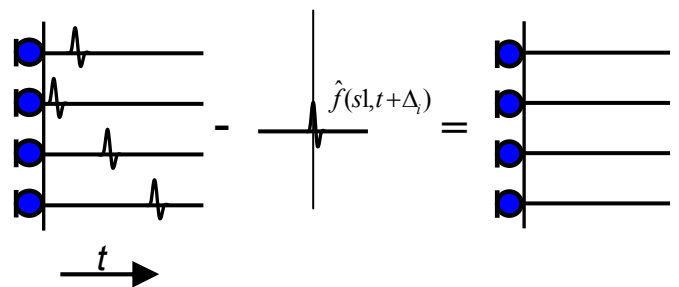


Abbildung 3: Subtraktion des rekonstruierten Signals s1 von den Originalsignalen der Arraymikrofone

Im Idealfall wird die Quelle s1 im Originalsignal vollständig entfernt. Aus dem veränderten Originalsignal wird nun ein neues Akustisches Foto berechnet, indem die Quelle s1 und alle mit ihr im Zusammenhang stehenden Nebenkeulen fehlen (Abbildung 4). Dadurch werden weitere schwächere Quellen sichtbar, in Abbildung 4 ist jetzt die Quelle s3 zu sehen. Durch rekursives Fortsetzen des

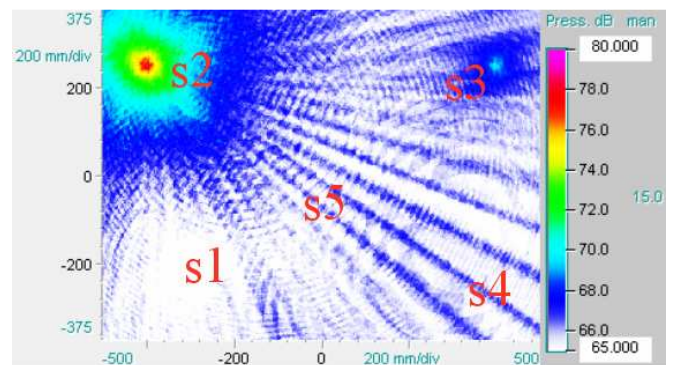


Abbildung 4: Akustisches Foto nach Entfernen von Quelle s1 und all ihrer Nebenkeulen. Die gegenüber s1 um 20 dB schwächere Quelle s3 wird sichtbar

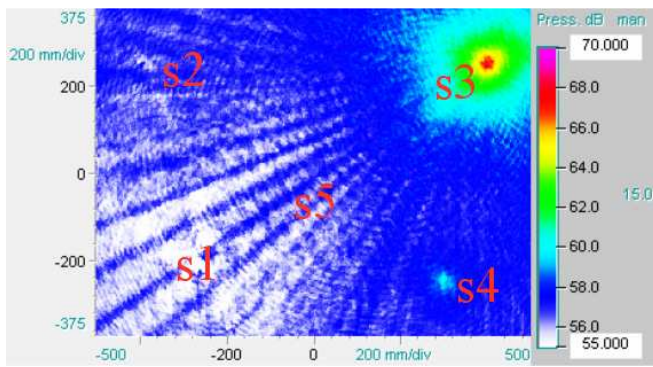


Abbildung 5: Akustisches Foto nach Entfernen von Quelle s2. Die gegenüber s1 um 30 dB schwächere Quelle s4 wird sichtbar

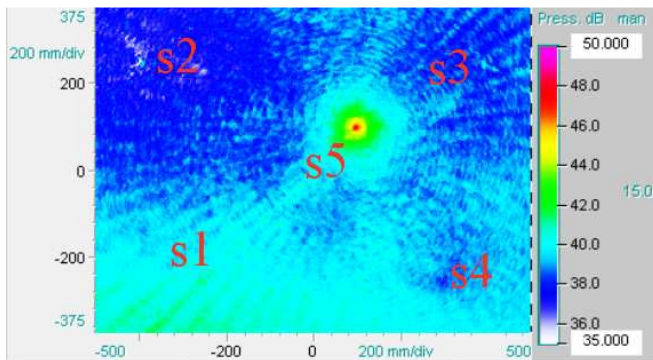


Abbildung 6: Akustisches Foto nach Entfernen der Quellen s3 und s4. Die gegenüber s1 um 50 dB schwächere Quelle s5 wird sichtbar

Verfahrens können nacheinander alle 5 Quellen detektiert werden (Abbildungen 5 und 6).

Die rekonstruierte Zeitfunktion für eine Quelle ist nicht vollständig identisch mit der Originalfunktion der Quelle. Das akustische Foto hat eine diskrete Auflösung, so dass der Punkt für das Maximum einer Quelle nicht absolut genau ermittelt werden kann. Außerdem enthält die rekonstruierte Zeitfunktion Signalanteile der anderen Quellen im Bild. Nach der Subtraktion verbleiben also Signalartefakte der gelöschten Quelle in den Zeitfunktionen der Mikrofonkanäle. Dies führt mit zunehmender Pegelabsenkung im Verlauf des Verfahrens zu einem Wiedererscheinen schon gelöschter Quellen. Durch wiederholtes Anwenden des Verfahrens auf diese Artefaktquellen können die Signalanteile der Quellen aber nahezu vollständig entfernt werden. Durch Zusammenführen aller Teilkartierungen können dann alle Quellen in einer Kartierung dargestellt



Abbildung 7: Akustisches Foto einer Geldzählmaschine mit Standardbeamforming. Hauptquelle ist die Prallplatte

werden. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen als Anwendungsbeispiel die Messung einer Geldzählmaschine. Nach der Entfernung der stärksten Quelle (Prallplatte) werden weitere schwächere Quellen sichtbar (Geldtransportrampe oben, Münzauswurfklappe und Geldsack unten).

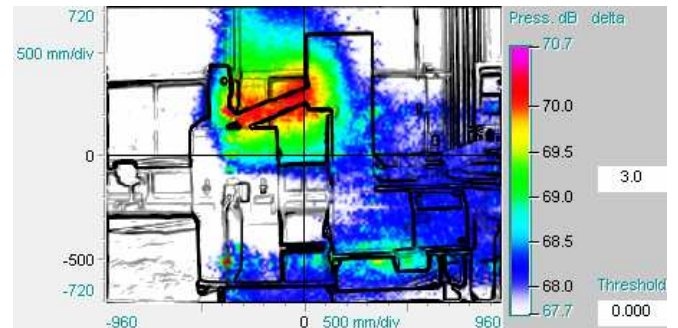


Abbildung 8: Akustisches Foto einer Geldzählmaschine nach Entfernen der Hauptquelle. Weitere Quellen werden sichtbar

Zusammenfassung

Es wurde ein Verfahren vorgestellt, welches durch rein subtraktive Signalzerlegung eine Kontrastverbesserung in akustischen Kartierungen gestattet. Das Verfahren arbeitet sehr schnell im Zeitbereich und vermeidet die bei ähnlichen, im Frequenzbereich arbeitenden Verfahren auftretenden Fensterungs- und Mittelungsfehler. Unter günstigen Bedingungen (schalltoter Raum, nahezu Punktschallquellen) können Kontrastverbesserungen bis zu 50 dB erreicht werden. Der geringe Ressourcenbedarf gestattet das interaktive Arbeiten in der akustischen Kartierung wie mit einem "Akustischen Radiergummi". Die zu einer Schallquelle gehörenden korrelierten Signalanteile, die in der Kartierung örtlich getrennt werden (Reflexionen, Quellen mit gemeinsamer Anregung, Nebenkeulen von Quellen außerhalb des Bildbereiches), können mit dem Verfahren allerdings nicht gelöscht werden.

Literatur

- [1] D.H.Johnson, D.E Dudgeon : Array Signal Processing. Concepts and Techniques, PTR Prentice Hall
- [2] Sijtsma, P., "CLEAN Based on Spatial Source Coherence", Proceedings of the 13th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, paper AIAA2007-3436, 2007
- [3] Sandro Guidati, Verfahren und Vorrichtung zur bildgebenden Darstellung von akustischen Objekten, Offenlegungsschrift DE102008026657A1 Deutsches Patent- und Markenamt
- [4] Marcus Kern, Ein Beitrag zur Erweiterung von Beamforming-Methoden, Dissertation TU Berlin 2008