



Mehrkanalige Audiosignalverarbeitung für Mikrofone in geräuschbehafteten Umgebungen

Simon Grimm, Jürgen Freudenberger | 07.07.2017 |
Institut für Systemdynamik, HTWG Konstanz

Outline

Problemstellung und grundsätzliche Idee

Das Signal Modell

Microphone Beamforming - Beispiele

- Delay-and-Sum Beamformer

- Differential Beamforming

Der Multichannel Wiener Filter

Ergebnisse

Hörbeispiele

Zusammenfassung

Problemstellung

- ▶ Sprachsignale werden bei Übertragung mit Mikrofonen (Freisprecheinrichtung, Mobiltelefon, Hörgeräte) oft in der Qualität beeinflusst

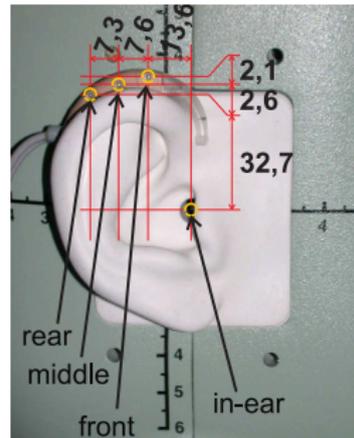
- ▶ Ursachen:
 - Hintergrundgeräusche (z.B. Automobil)
 - Windgeräusche (z.B. Hörgeräte)
 - Aber auch Einfluss von Akustik durch Nachhall, Reflexionen und spektrale Verfärbungen (z.B. Telefonkonferenz Szenario - "Konferenz-Spinne")

Lösungsansätze

Nutzung von mehreren Mikrofonen zur Signalübertragung:

→ **Ausnutzung der räumlichen Eigenschaften der Stör- und Nutzsignale**

- ▶ großer Mikrofonabstand: "Spatial Sampling":
Ausnutzen der unterschiedlichen Übertragungswege vom Sprecher zu den Mikrofonen
- ▶ kleiner Mikrofonabstand: Aufbau von Mikrofonarrays für richtungsselektive Signalerfassung ("Beamforming")
→ aber auch: Ausnutzen der unterschiedlichen Geräuscheigenschaften an den Mikrofonen! (z.B. Wind)

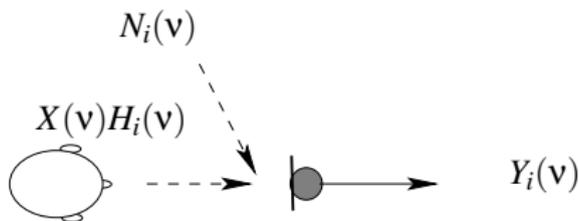


Lösungsansätze

Filterung der Signale durch Schätzung der statistischen Eigenschaften von Nutz- und Störsignalen

- ▶ Ausnutzung der Eigenschaften des **zeitlichen Verlaufs** (stationär/instationär)
- ▶ Ausnutzung der **spektralen Eigenschaften** (Leistungsdichtespektren)
- ▶ Ausnutzung der **statistischen Zusammenhänge** (Korrelationsmatrizen)

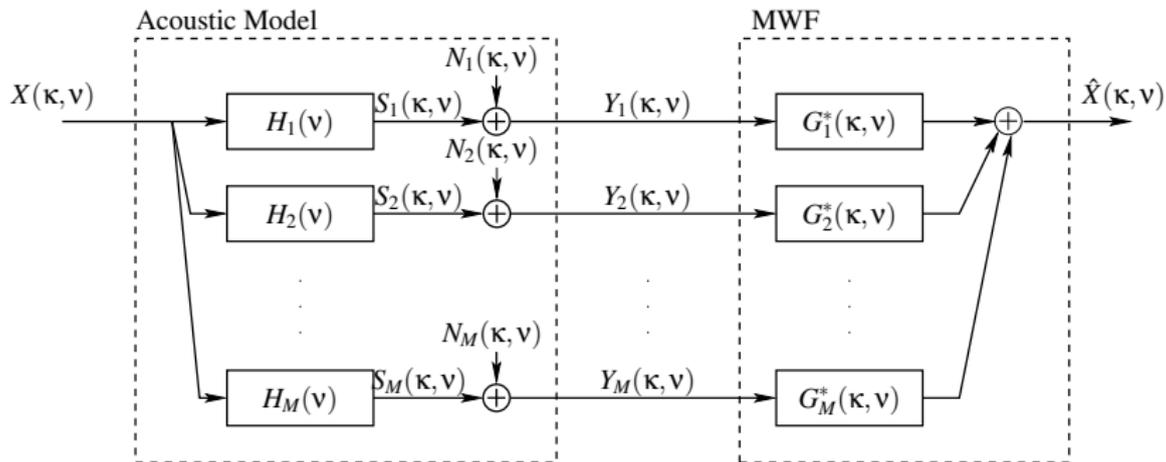
Das Signal Modell



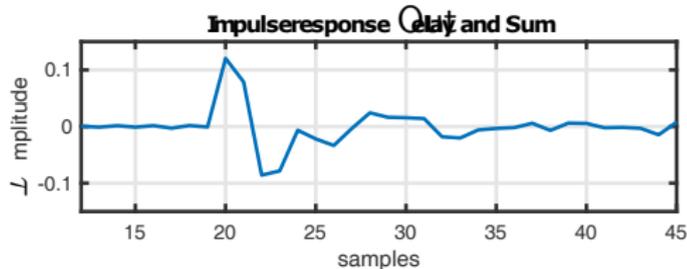
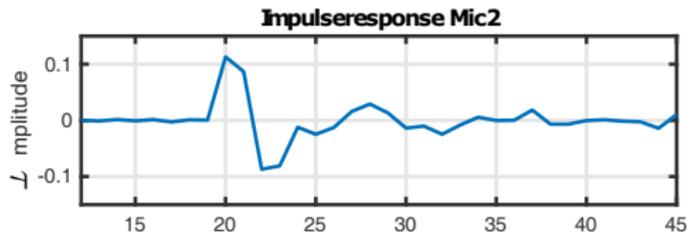
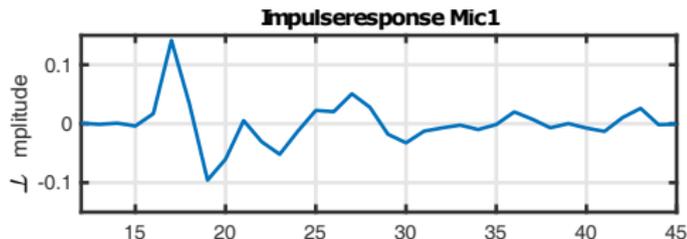
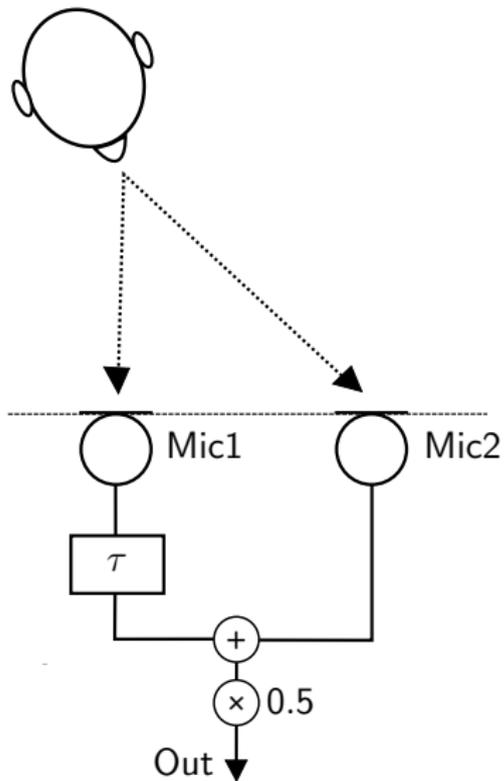
$$Y_i(\kappa, \nu) = X(\kappa, \nu)H_i(\nu) + N_i(\kappa, \nu) \quad (1)$$

- ▶ Y_i : i^{tes} Mikrofonsignal
- ▶ H_i : Akustische Übertragungsfunktion vom Sprecher zum i^{ten} Mikrofon
- ▶ N_i : Geräuschterm am i^{ten} Mikrofon
- ▶ X : Nutzsprechersignal
- ▶ (κ, ν) : Zeit und Frequenzindex

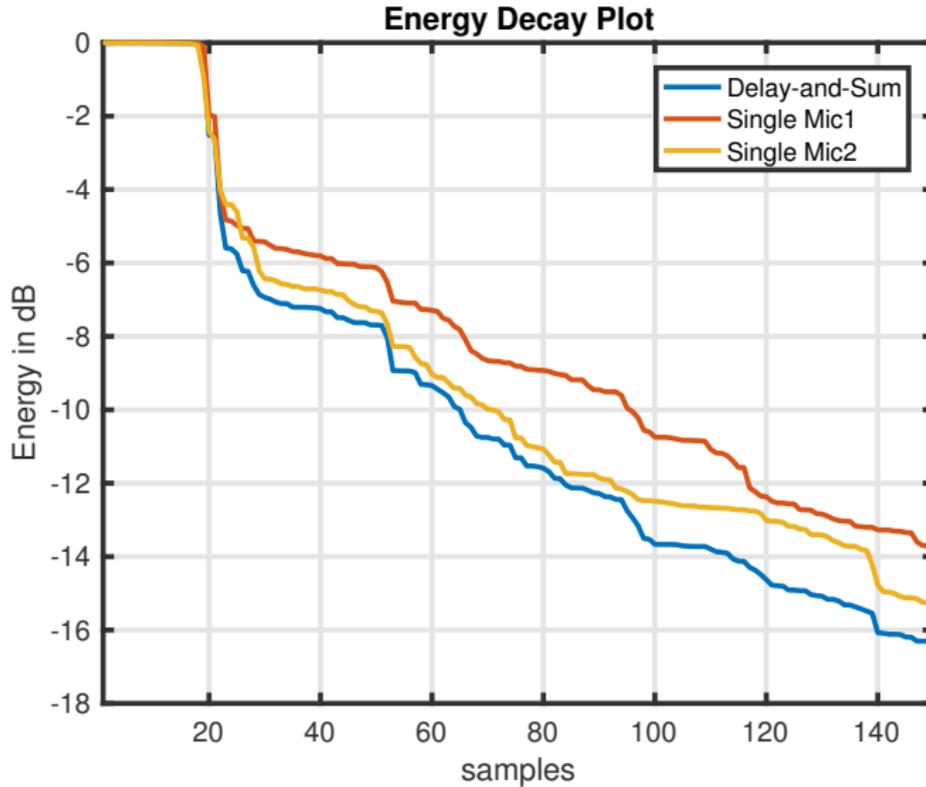
Gesamtsystem



Delay-and-Sum

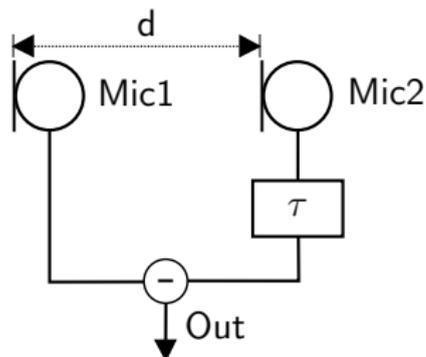


Delay-and-Sum

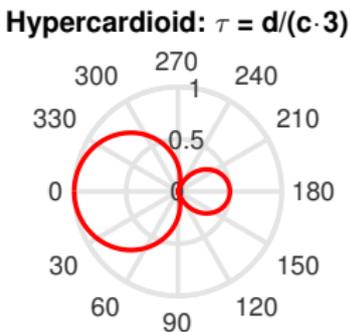
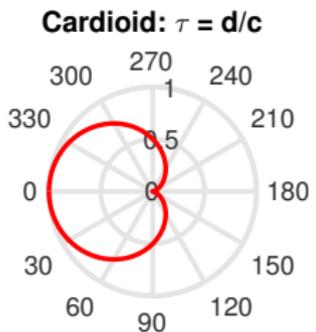
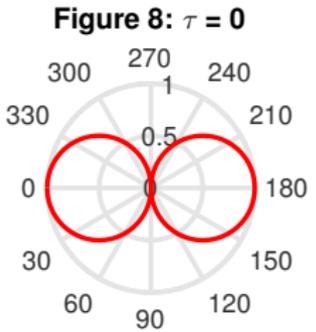
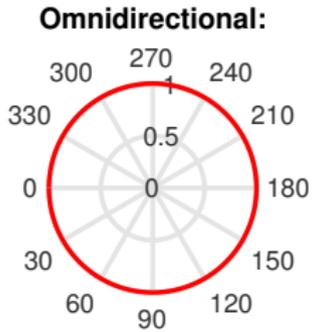


Differential Beamforming = Delay and Subtract Beamforming

- ▶ Durch geeignete Wahl des Delayelements τ lässt sich Schall aus bestimmten Richtungen unterdrücken
- ▶ d : Abstand der Mikrofone zueinander
- ▶ c : Schallgeschwindigkeit (ca. $343 \frac{m}{s}$)
- ▶ $\tau_{max} = \frac{d}{c}$



Beam Patterns



Der Multichannel Wiener Filter

- ▶ Benötigt die Schätzung der Statistik der Sprach- und Geräuschterme (Korrelationsmatrizen) zwischen den Mikrofonsignalen
→ Schätzung der Auto- und Kreuzleistungsdichtespektren!
- ▶ Schätzung lässt sich durch statistische Eigenschaften von Nutz- und Störsignal realisieren (stationär/instationär, korreliert/dekorreliert)
- ▶ MWF lässt sich in einen Beamformeranteil und einen Geräuschreduktionsfilter aufteilen

Geräuschreduktionsfilter (einkanaliger Fall)

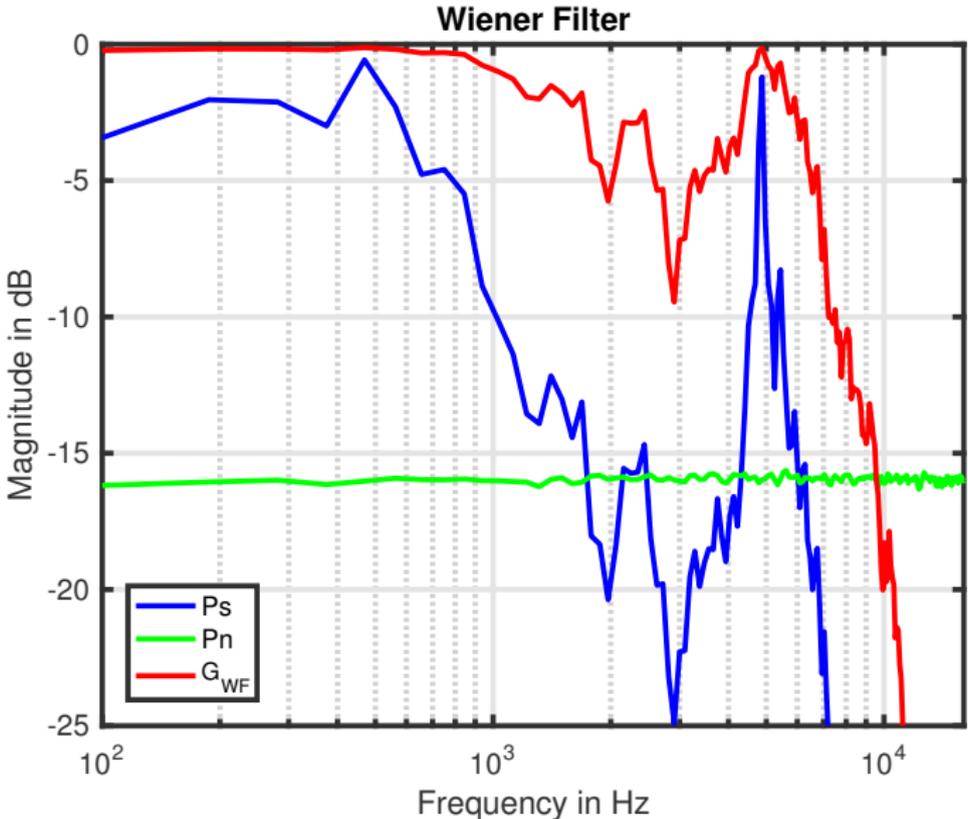
- ▶ Wiener Filter basiert auf Gewichtung des Mikrofonsignals abhängig von Verhältnis der Sprach- und Störsignalleistung:

$$G_{WF}(\nu) = \frac{P_s(\nu)}{P_s(\nu) + P_n(\nu)} \quad (2)$$

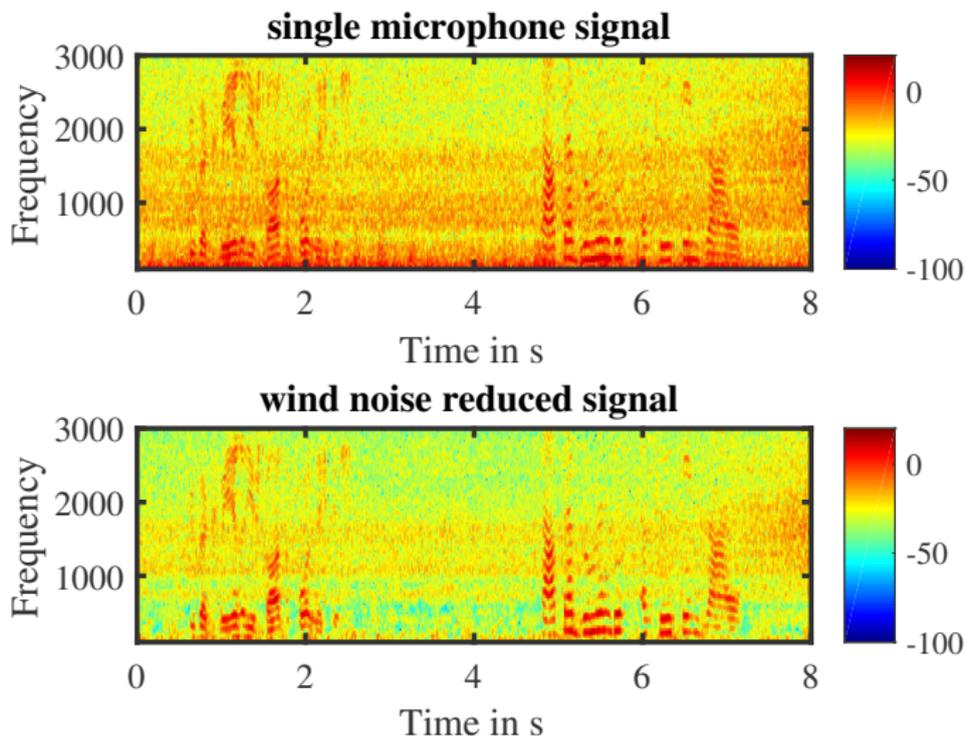
- ▶ Optimale Geräuschunterdrückung hinsichtlich des minimalen quadratischen Fehlers.

$$P_s \ll P_n : G_{WF} \rightarrow 0 \quad (-\infty \text{ dB})$$

$$P_s \gg P_n : G_{WF} \rightarrow 1 \quad (0 \text{ dB})$$



Spectrogram - Wind and Car Noise



Hörbeispiele

Single Microphone
Output



Algorithm Output



Wind **and** Car Noise
reduced signal



Zusammenfassung

- ▶ Durch die Erweiterung von einem auf mehrere Mikrofone lässt sich ein Gewinn hinsichtlich der
 - Hintergrundgeräuschreduktion
 - Windgeräuschreduktion
 - und dem Einfluss der Akustik im Vergleich zu einem einzelnen Mikrofon erzielen
- ▶ Dies wird erreicht durch:
 - Ausnützen der räumlichen Information (Richtungsselektivität)
 - Schätzung der statistischen Zusammenhänge zwischen den Mikrofonsignalen (Korrelation)

Veröffentlichungen

- ▶ Simon Grimm, Jürgen Freudenberger, and Harald Schnepf. **Microphone diversity based wind noise reduction in a car environment using MEMS arrays**. In Jahrestagung für Akustik (DAGA), Kiel, pages 1473-1476, Feb. 2017.
- ▶ Simon Grimm and Jürgen Freudenberger. **Background noise simulation in cars based on multiple input - multiple output equalization**. In Jahrestagung für Akustik (DAGA), Kiel, pages 299-302, Feb. 2017.
- ▶ Simon Grimm, Toby Christian Lawin-Ore, Simon Doclo, and Jürgen Freudenberger. **Phase reference for the generalized multichannel Wiener filter**. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, pages 1-10, 2016