

Beamforming und blinde Quellentrennung im Zeitbereich

Julien Bourgeois

Institut für Informationstechnik
Universität Ulm

Dezember 2007

Immer, wenn mehrere Quellen linear gemischt werden:

- Medizin, Telekommunikation
- Akustik: mehrere gleichzeitigen Sprecher
("cocktail-party" Problem)
Schwierigkeit: Signal und Störung sind ähnlich

Information über die Position der Quellen ist oft verfügbar

- Sprachdialogsysteme
- Freichsprecheinrichtungen im Kfz

Einführung

Terminologie

Beamforming und BSS

Kombination

Zusammenfassung und
Ausblick

Immer, wenn mehrere Quellen linear gemischt werden:

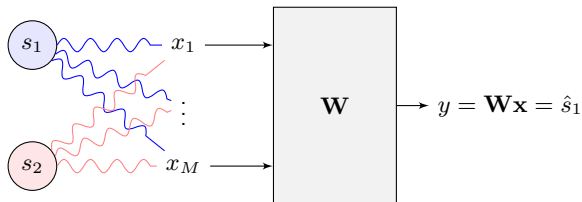
- Medizin, Telekommunikation
- Akustik: mehrere gleichzeitigen Sprecher ("cocktail-party" Problem)
Schwierigkeit: Signal und Störung sind ähnlich

Information über die Position der Quellen ist oft verfügbar

- Sprachdialogsysteme
- Freichsprecheinrichtungen im Kfz

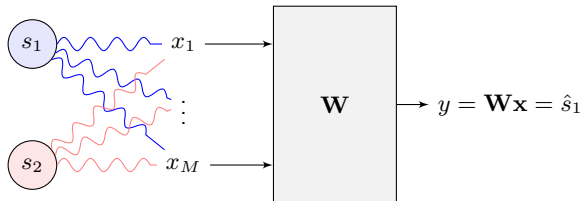


- 1 Terminologie
- 2 Beamforming und blinde Quellentrennung (BSS)
 - Signalunterdrückung
 - Partielle BSS
- 3 Kombination
 - Synergien von Beamforming und BSS
- 4 Zusammenfassung und Ausblick



- Quellensignale: *Nutzsignal* s_1 und *Störsignal* s_2
- Eingangssignale: x_1, \dots, x_M
- Trennungsfiler: \mathbf{W}
- Ausgangssignal: y
- Leistungskriterium: SIR Verbesserung

Unser Ziel besteht darin, \mathbf{W} zu finden.



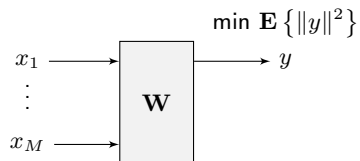
Wie wird \mathbf{W} bestimmt ?

- 1 definiere eine geeignete *Kostenfunktion* $J(y) = J(\mathbf{W}, \mathbf{x})$
- 2 minimiere $J(y)$, z.B. mit dem Gradientenabstieg

$$\mathbf{W}(p+1) = \mathbf{W}(p) - \mu \left. \frac{\partial J(\mathbf{W}, \mathbf{x})}{\partial \mathbf{W}} \right|_{\mathbf{W}=\mathbf{W}(p)}$$

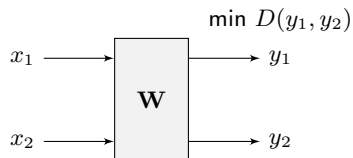
Wir adaptieren $\mathbf{W}(p)$ zu den Eingangssignalen.

Beamforming

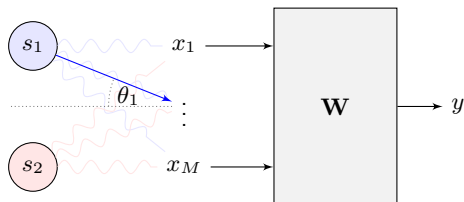


- räumliche Vorinformation

BSS



- keine räumliche Vorinformation



- minimiere die Ausgangsleistung

$$J(y) = \mathbf{E} \{ \|y\|^2 \}$$

- unter räumlicher Bedingung:
aus Richtung θ_1 kommende Signale werden übertragen

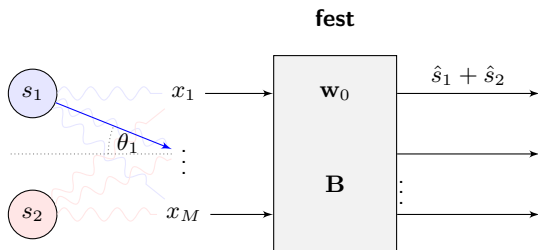
$$\mathbf{r}(\mathbf{W})(\theta_1) = \delta$$

$$J(y) = \mathbf{E} \{ \|y\|^2 \} \text{ so daß } \mathbf{r}(\mathbf{W})(\theta_1) = \delta$$

Beamforming

Generalized Sidelobe Canceller (GSC)

GSC verteilt \mathbf{W} auf zwei Filter:



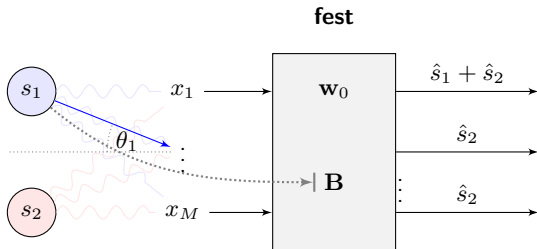
Die Blockiermatrix \mathbf{B}

\mathbf{B} löscht s_1

Beamforming

Generalized Sidelobe Canceller (GSC)

GSC verteilt \mathbf{W} auf zwei Filter:



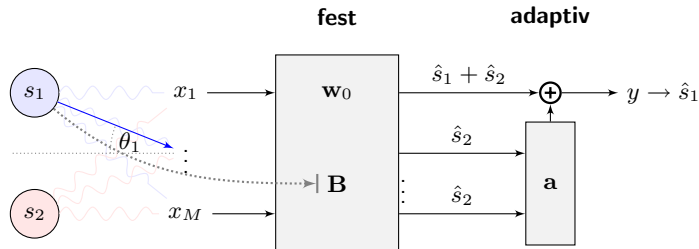
Die Blockiermatrix B

B löscht s_1

Beamforming

Generalized Sidelobe Canceller (GSC)

GSC verteilt \mathbf{W} auf zwei Filter:



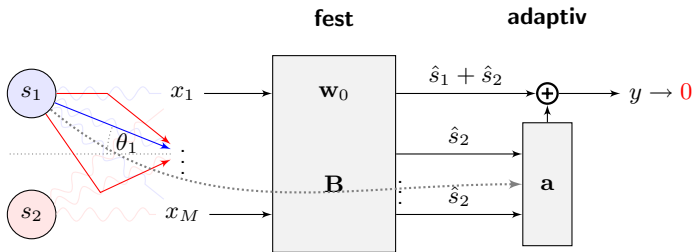
Die Blockiermatrix \mathbf{B}

\mathbf{B} löscht s_1

Beamforming

Generalized Sidelobe Canceller (GSC)

GSC verteilt \mathbf{W} auf zwei Filter:



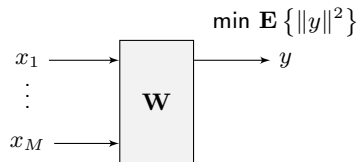
In der Praxis:
Reflexionen und
Nachhall

Die Blockiermatrix \mathbf{B}

\mathbf{B} löscht s_1 nicht

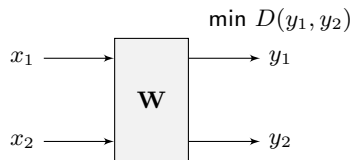
Das Nutzsignal auch wird unterdrückt!

Beamforming



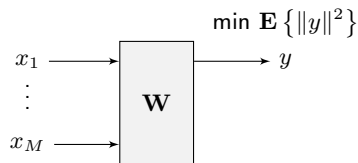
- räumliche Vorinformation

BSS



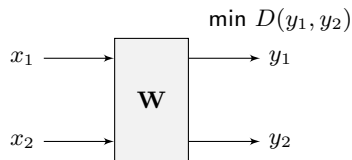
- keine räumliche Vorinformation

Beamforming

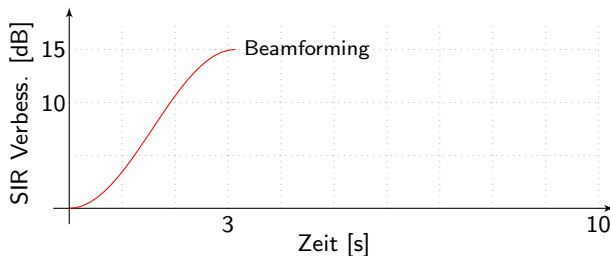


- räumliche Vorinformation
- konvergiert schnell

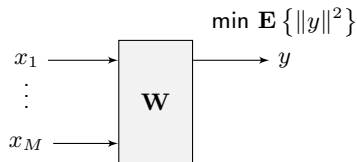
BSS



- keine räumliche Vorinformation

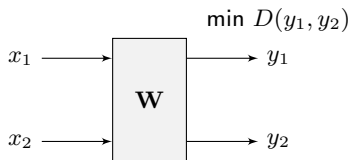


Beamforming

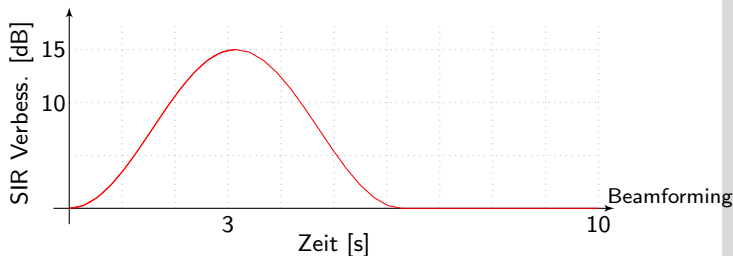


- räumliche Vorinformation
- konvergiert schnell
- **Adaptationskontrolle nötig**

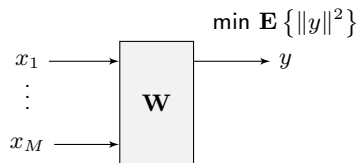
BSS



- keine räumliche Vorinformation
- selbstadaptierend

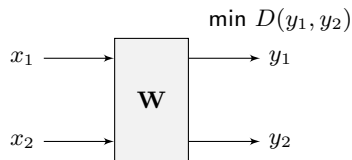


Beamforming

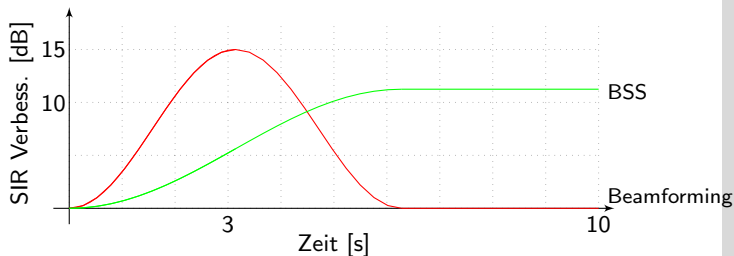


- räumliche Vorinformation
- konvergiert schnell
- **Adaptationskontrolle nötig**

BSS

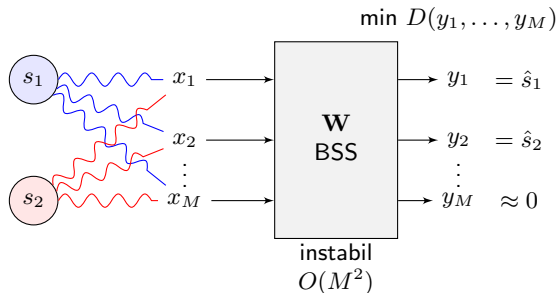


- keine räumliche Vorinformation
- **konvergiert langsam**
- selbstadaptierend



Blinde Quellentrennung

Erweiterung zu $M > 2$: Partielle BSS



Einführung

Terminologie

Beamforming und BSS

Signalunterdrückung

Partielle BSS

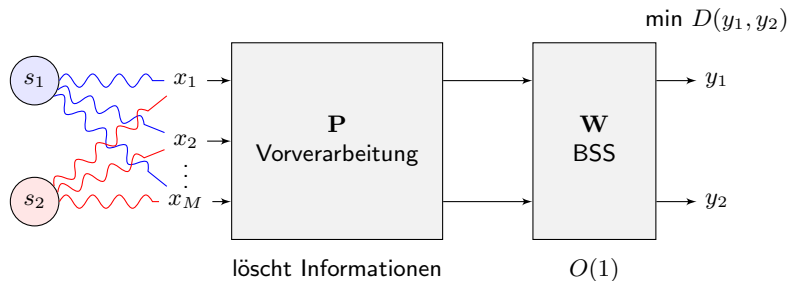
Kombination

Zusammenfassung und
Ausblick

BSS Verfahren	Komplexität	Dimension(y)	SIR Verbess.
Volle BSS	$O(M^2)$	M	(instabil)

Blinde Quellentrennung

Erweiterung zu $M > 2$: Partielle BSS



Einführung

Terminologie

Beamforming und BSS

Signalunterdrückung

Partielle BSS

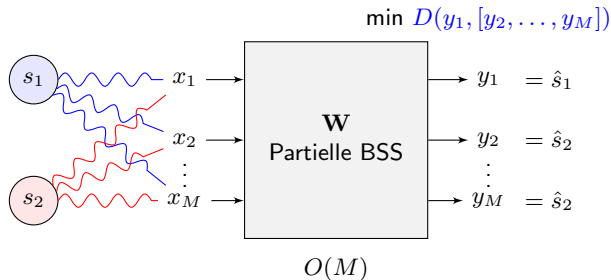
Kombination

Zusammenfassung und
Ausblick

BSS Verfahren	Komplexität	Dimension(y)	SIR Verbess.
Volle BSS	$O(M^2)$	M	(instabil)
mit Vorverarbeitung	$O(1)$	2	10 dB

Blinde Quellentrennung

Erweiterung zu $M > 2$: Partielle BSS

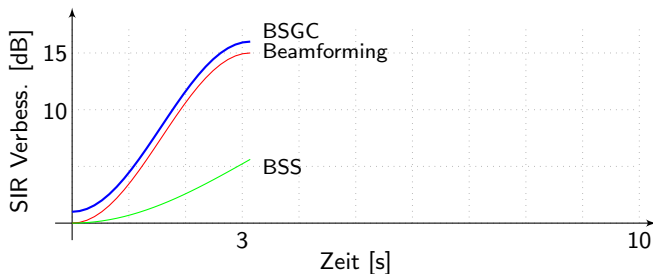
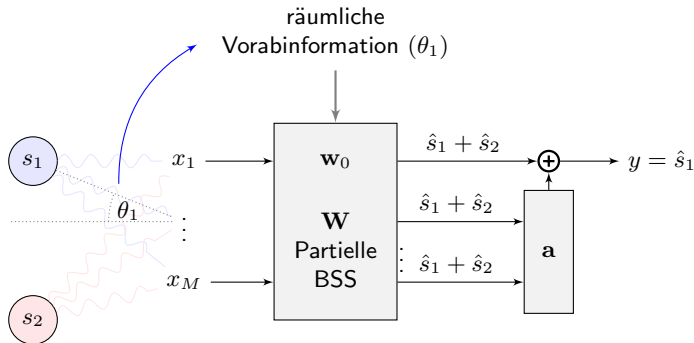


BSS Verfahren	Komplexität	Dimension(y)	SIR Verbess.
Volle BSS	$O(M^2)$	M	(instabil)
mit Vorverarbeitung	$O(1)$	2	10 dB
Partielle BSS	$O(M)$	M	12 dB

Partielle BSS ermöglicht die Trennung
ohne Reduktion der räumliche Diversität.

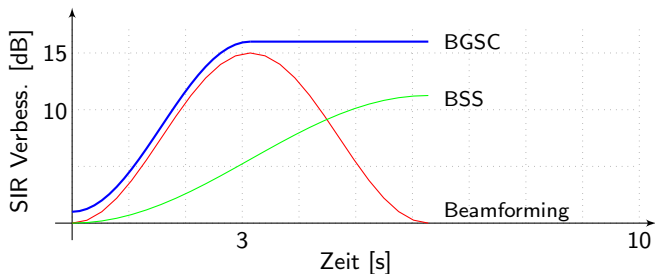
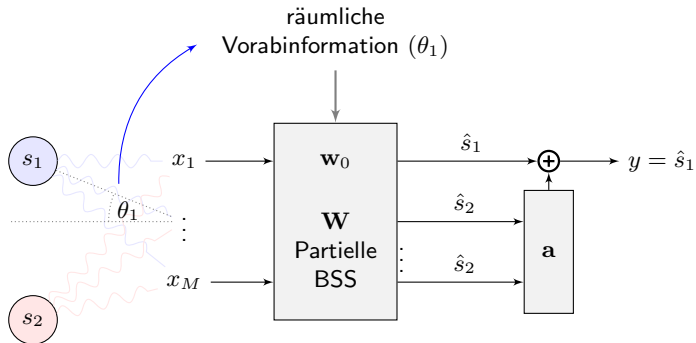
Blind GSC (BGSC)

Synergien von Beamforming und BSS



Blind GSC (BGSC)

Synergien von Beamforming und BSS

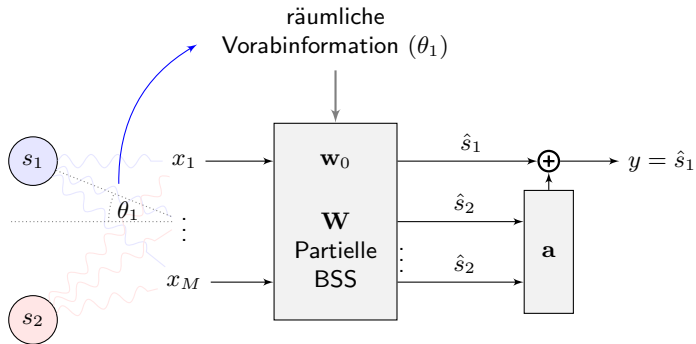


Blind GSC (BGSC)

Synergien von Beamforming und BSS

Beamforming und
blinde
Quellentrennung

Julien Bourgeois



Einführung

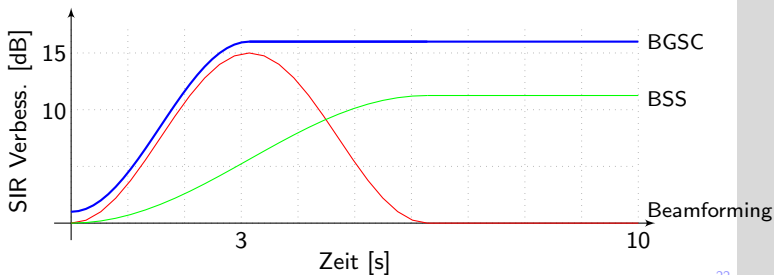
Terminologie

Beamforming und BSS

Kombination

Synergien im BGSC

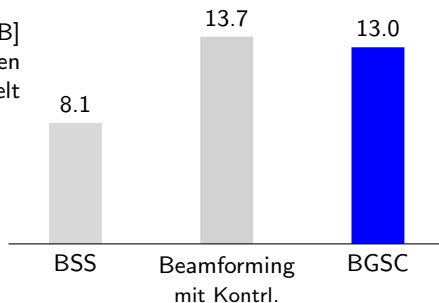
Zusammenfassung und
Ausblick



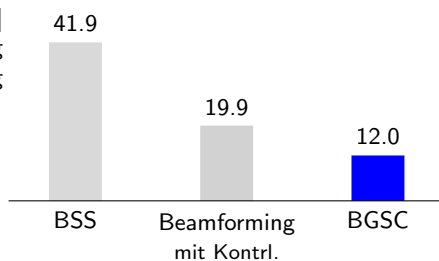
Blind GSC (BGSC)

Ergebnisse

SIR Verbesserung [dB]
über 10 Sekunden
gemittelt



WER [%]
als Vorverarbeitung
zur Spracherkennung



Zusammenfassung und Ausblick

BGSC: Synergie von Beamforming und BSS

- selbstadaptierend (keine Adaptionsteuerung nötig)
- sehr gute SIR Verbesserung
- als Vorverarbeitung zur Spracherkennung erfolgreich eingesetzt

Zusammenfassung und Ausblick

BGSC: Synergie von Beamforming und BSS

- selbstadaptierend (keine Adaptionsteuerung nötig)
- sehr gute SIR Verbesserung
- als Vorverarbeitung zur Spracherkennung erfolgreich eingesetzt

Wissenschaftliche Beiträge:

- BGSC
- Partielle BSS
- Evaluierung der Leistungsfähigkeit/Komplexität von Beamforming und BSS Ansätzen
- Untersuchung von Konsistenzproblemen
- Untersuchung von Impliziter LMS
- Analyse der Konvergenz von BSS Algorithmen
- Kombination von Beamforming und BSS Ansätzen

Zusammenfassung und Ausblick

BGSC: Synergie von Beamforming und BSS

- selbstadaptierend (keine Adaptionsteuerung nötig)
- sehr gute SIR Verbesserung
- als Vorverarbeitung zur Spracherkennung erfolgreich eingesetzt

Wissenschaftliche Beiträge:

- BGSC
- Partielle BSS
- Evaluierung der Leistungsfähigkeit/Komplexität von Beamforming und BSS Ansätzen
- Untersuchung von Konsistenzproblemen
- Untersuchung von Impliziter LMS
- Analyse der Konvergenz von BSS Algorithmen
- Kombination von Beamforming und BSS Ansätzen

Ausblick:

- Herleitung eines Stabilisierungsschemas
- Verfolgen der Quellenposition