



Jacob Benesty
Jingdong Chen
Yiteng Huang

SPRINGER TOPICS IN SIGNAL PROCESSING

Microphone Array Signal Processing

 Springer

麦克风阵列信号处理笔记

麦克风阵列信号处理笔记

一、介绍

1.1 麦克风阵列信号处理

1.2 组织结构

二、经典最优滤波(Optimal Filtering)

2.1 介绍

2.2 维纳滤波器(Wiener Filter)

2.3 Frost滤波器(Frost Filter)

2.3.1 算法

2.3.2 广义旁瓣相消结构(Generalized Sidelobe Canceller Structure)

2.3.3 在线性插值(Linear Interpolation)上的应用

2.4 卡尔曼滤波器(Kalman Filter)

2.5 均方误差的一个可行替代(A Viable Alternative to the MSE)

2.5.1 皮尔森相关系数(Pearson Correlation Coefficient)

2.5.2 与SPCC的重要关系

2.5.3 由SPCC得到的最优滤波器实例

2.6 结论

3. 传统的波束成形技术(Beamforming Techniques)

3.1 介绍

3.2 问题描述

3.3 延时求和(Delay-and-Sum)技术

3.4 固定波束成形器(Fixed Beamformer)的设计

3.5 最大信噪比滤波器(Maximum Signal-to-Noise Ratio Filter)

3.6 最小方差无畸变响应滤波器(Minimum Variance Distortionless Response Filter)

3.7 参考信号方法(Approach with a Reference Signal)

3.8 响应不变的宽带波束成形器(Response-Invariant Broadband Beamformers)

3.9 调零技术(Null-Steering Technique)

3.10 麦克风阵列模式函数(Pattern Function)

3.10.1 第一信号模型

3.10.2 第二信号模型

3.11 结论

4. 关于室内声学环境中自适应滤波器(LCMV Filter)的使用

4.1 介绍

4.2 信号模型

4.2.1 声学模型(Anechoic Model)

4.2.2 混响模型(Reverberant Model)

4.2.3 时空模型(Spatio-Temporal Model)

4.3 声学模型下的自适应滤波器

4.4 混响模型下的自适应滤波器

4.5 时空模型下的自适应滤波器

4.5.1 实验结果

4.6 频域的自适应滤波器

4.7 结论

5. 多麦克风降噪：一种统一处理

5.1 介绍

5.2 信号模型和问题描述

5.3 一些有用的定义

5.4 维纳滤波器(Wiener Filter)

5.5 子空间法(Subspace Method)

5.6 时空预测法(Spatio-Temporal Prediction Approach)

- 5.7 完全相干噪声(Perfectly Coherent Noise)的情况
- 5.8 自适应噪声对消(Adaptive Noise Cancellation)
- 5.9 卡尔曼滤波器(Kalman Filter)
- 5.10 仿真
 - 5.10.1 声学环境和实验装置(Acoustic Environments and Experimental Setup)
 - 5.10.2 实验结果
- 5.11 结论
- 6. 非因果(频域)最优滤波器[Noncausal (Frequency-Domain) Optimal Filter]
 - 6.1 介绍
 - 6.2 信号模型和问题描述
 - 6.3 性能测量
 - 6.4 非因果维纳滤波器(Noncausal Wiener Filter)
 - 6.5 参数维纳滤波(Parametric Wiener Filtering)
 - 6.6 多通道情况的归纳(Generalization to the Multichannel Case)
 - 6.6.1 信号模型
 - 6.6.2 定义
 - 6.6.3 多通道维纳滤波器(Multichannel Wiener Filter)
 - 6.6.4 空间最大信噪比滤波器(Spatial Maximum SNR Filter)
 - 6.6.5 最小方差无畸变响应滤波器(Minimum Variance Distortionless Response Filter)
 - 6.6.6 无畸变多通道维纳滤波(Distortionless Multichannel Wiener Filter)
 - 6.7 结论
- 7. 从MIMO看麦克风阵列(Microphone Arrays from a MIMO Perspective)
 - 7.1 介绍
 - 7.2 信号模型和问题描述
 - 7.2.1 SISO模型
 - 7.2.2 SIMO模型
 - 7.2.3 MISO模型
 - 7.2.4 MIMO模型
 - 7.2.5 问题描述
 - 7.3 二元麦克风阵列(Two-Element Microphone Array)
 - 7.3.1 最小二乘法(Least-Squares Approach)
 - 7.3.2 Frost算法
 - 7.3.3 广义旁瓣相消结构(Generalized Sidelobe Canceller Structure)
 - 7.4 N元麦克风阵列(N-Element Microphone Array)
 - 7.4.1 最小二乘和MINT方法
 - 7.4.2 Frost算法
 - 7.4.3 广义旁瓣相消结构(Generalized Sidelobe Canceller Structure)
 - 7.4.4 最小方差无畸变响应滤波器(Minimum Variance Distortionless Response Filter)
 - 7.5 仿真
 - 7.5.1 声学环境和实验装置(Acoustic Environments and Experimental Setup)
 - 7.6 结论
- 8. 顺序分离和去混响: 两级方法(Sequential Separation and Dereverberation: the Two-Stage Approach)
 - 8.1 介绍
 - 8.2 信号模型和问题描述
 - 8.3 源分离(Source Separation)
 - 8.3.1 2×3 MIMO系统
 - 8.3.2 $M \times N$ MIMO系统
 - 8.4 语音去混响(Speech Dereverberation)
 - 8.4.1 直接逆向(Direct Inverse)
 - 8.4.2 最小均方误差和最小二乘法(Minimum Mean-Square Error and Least-Squares Methods)
 - 8.4.3 MINT法
 - 8.5 结论
- 9. 波达方向和波达时间差估计(Direction-of-Arrival and Time-Difference-of-Arrival Estimation)

- 9.1 介绍
- 9.2 问题描述和信号模型
 - 9.2.1 单源自由场模型(Single-Source Free-Field Model)
 - 9.2.2 多源自由场模型(Multiple-Source Free-Field Model)
 - 9.2.3 单源混响模型(Single-Source Reverberant Model)
 - 9.2.4 多源混响模型(Multiple-Source Reverberant Model)
- 9.3 互相关方法(Cross-Correlation Method)
- 9.4 广义互相关方法族
 - 9.4.1 经典互相关(Classical Cross-Correlation)
 - 9.4.2 平滑相干变换(Smoothed Coherence Transform)
 - 9.4.3 相位变换(Phase Transform)
- 9.5 空间线性预测法(Spatial Linear Prediction Method)
- 9.6 多通道互相关系数算法(Multichannel Cross-Correlation Coefficient Algorithm)
- 9.7 基于特征向量的技术(Eigenvector-Based Techniques)
 - 9.7.1 窄带MUSIC
 - 9.7.2 宽带MUSIC
- 9.8 最小熵方法(Minimum Entropy Method)
 - 9.8.1 高斯源信号(Gaussian Source Signal)
 - 9.8.2 语音源信号(Speech Source Signal)
- 9.9 自适应特征值分解算法(Adaptive Eigenvalue Decomposition Algorithm)
- 9.10 基于多通道自适应盲辨识的方法(Adaptive Blind Multichannel Identification Based Methods)
- 9.11 多源TDOA估计(TDOA Estimation of Multiple Sources)
- 9.12 结论
- 10. 未解决的问题(Unaddressed Problems)
 - 10.1 介绍
 - 10.2 语音源数估计(Speech Source Number Estimation)
 - 10.3 鸡尾酒会效应和盲源分离(Cocktail Party Effect and Blind Source Separation)
 - 10.4 MIMO盲辨识(Blind MIMO Identification)
 - 10.5 结论

一、介绍

1.1 麦克风阵列信号处理

1.2 组织结构

二、经典最优滤波(Optimal Filtering)

2.1 介绍

2.2 维纳滤波器(Wiener Filter)

2.3 Frost滤波器(Frost Filter)

2.3.1 算法

2.3.2 广义旁瓣相消结构(Generalized Sidelobe Canceller Structure)

2.3.3 在线性插值(Linear Interpolation)上的应用

2.4 卡尔曼滤波器(Kalman Filter)

2.5 均方误差的一个可行替代(A Viable Alternative to the MSE)

2.5.1 皮尔森相关系数(Pearson Correlation Coefficient)

2.5.2 与SPCC的重要关系

2.5.3 由SPCC得到的最优滤波器实例

2.6 结论

3. 传统的波束成形技术(Beamforming Techniques)

3.1 介绍

3.2 问题描述

3.3 延时求和(Delay-and-Sum)技术

3.4 固定波束成形器(Fixed Beamformer)的设计

3.5 最大信噪比滤波器(Maximum Signal-to-Noise Ratio Filter)

3.6 最小方差无畸变响应滤波器(Minimum Variance Distortionless Response Filter)

3.7 参考信号方法(Approach with a Reference Signal)

3.8 响应不变的宽带波束成形器(Response-Invariant Broadband Beamformers)

3.9 调零技术(Null-Steering Technique)

3.10 麦克风阵列模式函数(Pattern Function)

3.10.1 第一信号模型

3.10.2 第二信号模型

3.11 结论

4. 关于室内声学环境中自适应滤波器(LCMV Filter)的使用

4.1 介绍

4.2 信号模型

4.2.1 声学模型(Anechoic Model)

4.2.2 混响模型(Reverberant Model)

4.2.3 时空模型(Spatio-Temporal Model)

4.3 声学模型下的自适应滤波器

4.4 混响模型下的自适应滤波器

4.5 时空模型下的自适应滤波器

4.5.1 实验结果

4.6 频域的自适应滤波器

4.7 结论

5. 多麦克风降噪：一种统一处理

5.1 介绍

5.2 信号模型和问题描述

5.3 一些有用的定义

5.4 维纳滤波器(Wiener Filter)

5.5 子空间法(Subspace Method)

5.6 时空预测法(Spatio-Temporal Prediction Approach)

5.7 完全相干噪声(Perfectly Coherent Noise)的情况

5.8 自适应噪声对消(Adaptive Noise Cancellation)

5.9 卡尔曼滤波器(Kalman Filter)

5.10 仿真

5.10.1 声学环境和实验装置(Acoustic Environments and Experimental Setup)

5.10.2 实验结果

5.11 结论

6. 非因果（频域）最优滤波器[Noncausal (Frequency-Domain) Optimal Filter]

6.1 介绍

6.2 信号模型和问题描述

6.3 性能测量

6.4 非因果维纳滤波器(Noncausal Wiener Filter)

6.5 参数维纳滤波(Parametric Wiener Filtering)

6.6 多通道情况的归纳(Generalization to the Multichannel Case)

6.6.1 信号模型

6.6.2 定义

6.6.3 多通道维纳滤波器(Multichannel Wiener Filter)

6.6.4 空间最大信噪比滤波器(Spatial Maximum SNR Filter)

6.6.5 最小方差无畸变响应滤波器(Minimum Variance Distortionless Response Filter)

6.6.6 无畸变多通道维纳滤波(Distortionless Multichannel Wiener Filter)

6.7 结论

7. 从MIMO看麦克风阵列(Microphone Arrays from a MIMO Perspective)

7.1 介绍

7.2 信号模型和问题描述

7.2.1 SISO模型

7.2.2 SIMO模型

7.2.3 MISO模型

7.2.4 MIMO模型

7.2.5 问题描述

7.3 二元麦克风阵列(Two-Element Microphone Array)

7.3.1 最小二乘法(Least-Squares Approach)

7.3.2 Frost算法

7.3.3 广义旁瓣相消结构(Generalized Sidelobe Canceller Structure)

7.4 N元麦克风阵列(N-Element Microphone Array)

7.4.1 最小二乘和MINT方法

7.4.2 Frost算法

7.4.3 广义旁瓣相消结构(Generalized Sidelobe Canceller Structure)

7.4.4 最小方差无畸变响应滤波器(Minimum Variance Distortionless Response Filter)

7.5 仿真

7.5.1 声学环境和实验装置(Acoustic Environments and Experimental Setup)

7.6 结论

8. 顺序分离和去混响：两级方法(Sequential Separation and Dereverberation: the Two-Stage Approach)

8.1 介绍

8.2 信号模型和问题描述

8.3 源分离(Source Separation)

8.3.1 2×3 MIMO系统

8.3.2 $M \times N$ MIMO系统

8.4 语音去混响(Speech Dereverberation)

8.4.1 直接逆向(Direct Inverse)

8.4.2 最小均方误差和最小二乘法(Minimum Mean-Square Error and Least-Squares Methods)

8.4.3 MINT法

8.5 结论

9. 波达方向和波达时间差估计(Direction-of-Arrival and Time-Difference-of-Arrival Estimation)

9.1 介绍

9.2 问题描述和信号模型

9.2.1 单源自由场模型(Single-Source Free-Field Model)

9.2.2 多源自由场模型(Multiple-Source Free-Field Model)

9.2.3 单源混响模型(Single-Source Reverberant Model)

9.2.4 多源混响模型(Multiple-Source Reverberant Model)

9.3 互相关方法(Cross-Correlation Method)

9.4 广义互相关方法族

9.4.1 经典互相关(Classical Cross-Correlation)

9.4.2 平滑相干变换(Smoothed Coherence Transform)

9.4.3 相位变换(Phase Transform)

9.5 空间线性预测法(Spatial Linear Prediction Method)

9.6 多通道互相关系数算法(Multichannel Cross-Correlation Coefficient Algorithm)

9.7 基于特征向量的技术(Eigenvector-Based Techniques)

9.7.1 窄带MUSIC

9.7.2 宽带MUSIC

9.8 最小熵方法(Minimum Entropy Method)

9.8.1 高斯源信号(Gaussian Source Signal)

9.8.2 语音源信号(Speech Source Signal)

9.9 自适应特征值分解算法(Adaptive Eigenvalue Decomposition Algorithm)

9.10 基于多通道自适应盲辨识的方法(Adaptive Blind Multichannel Identification Based Methods)

9.11 多源TDOA估计(TDOA Estimation of Multiple Sources)

9.12 结论

10. 未解决的问题(Unaddressed Problems)

10.1 介绍

10.2 语音源数估计(Speech Source Number Estimation)

10.3 鸡尾酒会效应和盲源分离(Cocktail Party Effect and Blind Source Separation)

10.4 MIMO盲辨识(Blind MIMO Identification)

10.5 结论