

基于麦克风阵列的语音增强算法概述

丁 猛

(海军医学研究所, 上海 200433)

【摘 要】麦克风阵列语音增强技术是将阵列信号处理与语音信号处理相结合, 利用语音信号的空间相位信息对语音信号进行增强的一种技术。文章介绍了各种基于麦克风阵列的语音增强基本算法, 概述了各算法的基本原理, 并总结了各算法的特点及其所适用的声学环境特性。

【关键词】麦克风阵列; 阵列信号处理; 语音增强

【中图分类号】TN911.7

【文献标识码】A

【文章编号】1008-1151(2011)03-0029-02

(一) 引言

在日常生活和工作中, 语音通信是人与人之间互相传递信息沟通不可缺少的方式。近年来, 虽然数据通信得到了迅速发展, 但是语音通信仍然是现阶段的主流, 并在通信行业中占主导地位。在语音通信中, 语音信号不可避免地会受到来自周围环境和传输媒介的外部噪声、通信设备的内部噪声及其他讲话者的干扰。这些干扰共同作用, 最终使听者获得的语音不是纯净的原始语音, 而是被噪声污染过的带噪声语音, 严重影响了双方之间的交流。

应用阵列信号处理技术的麦克风阵列能够充分利用语音信号的空时信息, 具有灵活的波束控制、较高的空间分辨率、高的信号增益与较强的抗干扰能力等特点, 逐渐成为强噪声环境中语音增强的研究热点。美国、德国、法国、意大利、日本、香港等国家和地区许多科学家都在开展这方面的研究工作, 并且已经应用到一些实际的麦克风阵列系统中, 这些应用包括视频会议、语音识别、车载声控系统、大型场所的记录会议和助听装置等。

文章将介绍各种麦克风阵列语音增强算法的基本原理, 并总结各个算法的特点及存在的局限性。

(二) 常见麦克风阵列语音增强方法

1. 基于固定波束形成的麦克风阵列语音增强

固定波束形成技术是最简单最成熟的一种波束形成技术。1985 年美国学者 Flanagan 提出采用延时-相加 (Delay-and-Sum) 波束形成方法进行麦克风阵列语音增强, 该方法通过对各路麦克风接收到的信号添加合适的延时补偿, 使得各路输出信号在某一方面上保持同步, 并在该方向的入射信号获得最大增益。此方法易于实现, 但要想获取较高的噪声抑制能力则需要增加麦克风数目, 然而对非相干噪声没有抑制能力, 环境适应性差, 因此实际中很少单独使用。后来出现的微分麦克风阵列 (Differential Microphone Arrays)、超方向麦克风阵列 (Superairective Microphone Arrays) 和固定频率波束形成 (Frequency-Invariant Beamformers) 技术也属于固定波束形成。

2. 基于自适应波束形成器的麦克风阵列语音增强

自适应波束形成是现在广泛使用的一类麦克风阵列语音增强方法。最早出现的自适应波束形成算法是 1972 年由 Frost 提出的线性约束最小方差 (Linearly Constrained Minimum Variance, LCMV) 自适应波束形成器。其基本思想是在某方向有用信号的增益一定的前提下, 使阵列输出信号的功率最小。在线性约束最小方差自适应波束形成器的基础上, 1982 年 Griffiths 和 Jim 提出了广义旁瓣消除器 (Generalized Sidelobe Canceller, GSC), 成为了许多算法的基本框架 (图 1)。

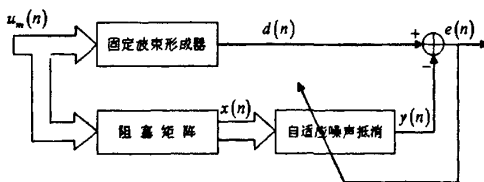


图1 广义旁瓣消除器的基本结构

广义旁瓣消除器是麦克风阵列语音增强应用最广泛的技术, 即带噪声的语音信号同时通过自适应通道和非自适应通道, 自适应通道中的阻塞矩阵将有用信号滤除后产生仅包含多通道噪声参考信号, 自适应滤波器根据这个参考信号得到噪声估计, 最后由这个被估计的噪声抵消非自适应通道中的噪声分量, 从而得到有用的纯净语音信号。

如果噪声源的数目比麦克风数目少, 自适应波束法能得到很好的性能。但是随着干扰数目的增加和混响的增强, 自适应滤波器的降噪性能会逐渐降低。

3. 基于后置滤波的麦克风阵列语音增强

1988 年 Zelinski 将维纳滤波器应用在麦克风阵列延时-相加波束形成的输出端, 进一步提高了语音信号的降噪效果, 提出了基于后置滤波的麦克风阵列语音增强方法 (图 2)。基于后置滤波的方法在对非相干噪声抑制方面, 不仅具有良好的效果, 还能够一定程度上适应时变的声学环境。它的基本原理是: 假设各麦克风接收到的目标信号相同, 接收到的噪声信号独立同分布, 信号和噪声不相关, 根据噪声特性,

【收稿日期】2010-12-30

【作者简介】丁猛 (1983—), 男, 海军医学研究所研究实习员。

依据某一准则实时更新滤波器权系数，对所接收到数据进行滤波，从而达到语音增强的目的。

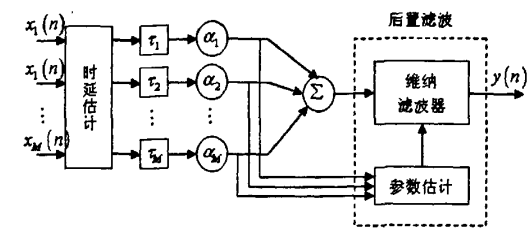


图2 结合后置滤波的固定波束形成器

后置滤波方法存在以下不足：首先，算法的性能受到时延误差的影响，使增强后的语音信号有一定失真；其次，该方法对方向性的强干扰抑制效果不佳。后置滤波方法极少单独使用，常与其他方法联合使用。

4. 基于近场波束形成的麦克风阵列语音增强

当声源位于麦克风阵列近场（即阵列的入射波是球面波）情况下，声波的波前弯曲率不能被忽略，如果仍然把入射声波作为平面波考虑，采用常规的波束形成方法来拾取语音信号，那么麦克风阵列系统输出效果会很不理想。解决这个问题最直接的方法就是根据声源位置和近场声学特性，对入射声波进行近场补偿，但是这种方法需要已知声源位置，这在实际应用中难以满足。由于近场声学的复杂性，目前有关近场波束形成麦克风阵列语音增强方法的研究相对较少。

5. 基于子空间的麦克风阵列语音增强

子空间方法的基本思想是计算出信号的自相关矩阵或协方差矩阵，然后对其进行奇异值分解，将带噪声语音信号划分为有用信号子空间和噪声子空间，利用有用信号子空间对信号进行重构，从而得到增强后的信号。由 Asano 等提出的基于相干子空间的麦克风阵列语音增强方法是一种典型的子空间方法。该方法首先将语音信号划分到不同频带，然后在每个频带再利用空间信息，进行子空间处理。

基于子空间的麦克风阵列语音增强方法虽然降噪性受噪声场是否相关影响较小，在相干和非相干噪声场中均有一定的消噪效果，但是由于计算量较大，实现实时处理具有一定困难。

6. 基于盲源分离的麦克风阵列语音增强

在很多实际应用中，信号源情况和信道的传递参数都很难获取，盲源分离技术（Blind Source Separation, BSS）就是在这种需求下提出的。盲源分离是根据输入源信号和干扰的统计特性，从传感器阵列接收到的混合信号中提取出各个独立分量的过程。法国学者 Herault, J 和 Jutten, C 在信源与信道先验条件未知的情况下，利用人工神经网络分离出了有用信号，开创了盲源分离的先河。目前为止，已有许多学者将盲源分离技术应用于麦克风阵列语音增强。

经过二十多年来国内外学者的不断深入研究，盲源分离技术已经取得了巨大的进步和发展，对盲信号分离问题的研

究已经从瞬时混迭模型扩展成为线性卷积模型和非线性瞬时混迭模型，然而由于盲源分离仍属一个新兴的研究方向，理论上还不成熟，这类方法一般运算量大，全局收敛性和渐进稳定性有待加强，距离实际应用有一段距离。

7. 其他方法

90 年代以来，一些学者将各种信号处理算法与麦克风阵列技术相融合，各种语音增强算法不断涌现，诸如倒谱分析、小波变换、神经网络、语音模型等方法已经在语音信号处理领域得到应用。虽然这些方法从不同角度对语音增强系统的性能进行了不同程度的改善，但大多计算量庞大，不适合时变性较强的声学环境，而且在需要实时处理的场合，对硬件的要求也将大大提高。

近年来国内一些高校，如清华大学、大连理工大学、电子科技大学、西安电子科技大学等也做了一些关于麦克风阵列技术的研究工作，取得了一定的研究成果。张丽艳等提出一种改进的麦克风阵列倒谱域语音去混响方法，改善混响环境下的语音质量。崔玮玮等提出一种基于一阶差分麦克风阵列的实时噪声谱估计和抵消方法，提高输出信噪比的同时降低了计算量。曾庆宁等将阵列交叉串扰信号的自适应噪声抵消方法应用于麦克风阵列语音增强，适用于在多种噪声环境中实时实现。

(三) 结论

语音信号增强是诸如智能控制、办公自动化、多媒体消费品等领域的关键技术之一，将麦克风阵列技术应用于语音增强，能够取得传统单麦克风难以达到的增强效果。语音信号作为一种宽带的非平稳信号，在传输过程中不可避免地会受到各种噪声的干扰，所以采用麦克风阵列系统时需满足在一个比较宽的声域范围抑制各种噪声干扰，减少语音的失真，同时也要降低系统成本和计算时间，以达到较好的实时性和实用性。在实际应用中应根据具体的使用环境的噪声特性，设计合适的麦克风阵列结构，选择最佳的算法及其具体的实现形式。

【参考文献】

[1] Flanagan J L, Johnston D J, Zahn R, et al. Computer-steered microphone arrays for sound transduction in large rooms[J]. Journal of Acoustical Society of American, 1985,78(5).
[2] O.L.Frost. An algorithm for linearly-constrained adaptive array processing[J]. Proc. IEEE, 1972,60(8).
[3] L. J. Griffiths, C. W. Jim. An alternative approach to linearly constrained adaptive beamforming[J]. IEEE Trans. On Antennas and Propagation. 1982,30(1).
[4] Khalil F, Jullien J P, Crilloire A. Microphone array for sound pickup in teleconference systems[J]. Audio Engineering Society, 1994,42(9).
[5] 张丽艳,等.一种适用于混响环境的麦克风阵列语音增强方法[J].信号处理,2009,25(5).

基于麦克风阵列的语音增强算法概述

作者: [丁猛](#)
作者单位: [海军医学研究所, 上海, 200433](#)
刊名: [大众科技](#)
英文刊名: [DAZHONG KEJI](#)
年, 卷(期): 2011(3)

参考文献(5条)

1. [Flanagan J L;Johnston D J;Zahn R](#) [Computer-steered microphone arrays for sound transduction in large rooms](#) 1985(05)
2. [O.L.Frost](#) [An algorithm for linearly-constrained adaptive arrayprocessing](#) 1972(08)
3. [L.J.Grifths;C.W.Jim](#) [An alternative approach to linearly constrained adaptive beamforming](#) 1982(01)
4. [Khalil F;Jullien J P;Crilloire A](#) [Microphone array for sound pickup in teleconference systems](#) 1994(09)
5. [张丽艳](#) [一种适用于混响环境的麦克风阵列语音增强方法](#)[期刊论文]-[信号处理](#) 2009(05)

本文读者也读过(10条)

1. [俞小虎](#) [基于迷你阵列麦克风技术的手持通信产品设计](#)[期刊论文]-[今日电子](#)2007(11)
2. [宋辉. 刘加. Song Hui. Liu Jia](#) [基于广义奇异值分解的通用旁瓣消除算法](#)[期刊论文]-[数据采集与处理](#) 2011, 26(3)
3. [纪元法. JI Yuan-fa](#) [一种自适应波束形成语音增强方法实现](#)[期刊论文]-[仪器仪表用户](#)2005, 12(6)
4. [谢华](#) [强背景噪声自适应离散余弦变换语音增强](#)[学位论文]2006
5. [迷你阵列麦克风为移动通信提升音质](#)[期刊论文]-[电子设计技术](#)2006, 13(12)
6. [富迪科技](#): [小型阵列麦克风技术带来高质量音讯](#)[期刊论文]-[电子产品世界](#)2006(24)
7. [王文杰](#) [麦克风阵列语音增强技术研究](#)[学位论文]2010
8. [王冬霞. 殷福亮. 金乃高. Wang Dong-xia. Yin Fu-liang. Jin Nai-gao](#) [基于盲波束形成的麦克风阵列语音增强方法](#)[期刊论文]-[电子与信息学报](#)2007, 29(10)
9. [林章儒](#) [麦克风阵列语音增强系统的设计与实现](#)[学位论文]2007
10. [李玲](#) [基于声阵列的语音增强系统的理论研究](#)[学位论文]2005

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dgkj201103008.aspx