

信号音检测在噪声消除系统中的实现

谷志茹¹, 陈顺科²

(1. 联芯科技通信设备有限公司, 上海 200233; 2. 株洲天成自动化技术有限责任公司, 湖南株洲 412007)

摘要: 将噪声消除系统应用在手机的下行链路时, 在消除环境背景噪声的同时, 发现下行信号音失真。这是因为噪声消除系统中的 VAD (Voice Activity Detection) 算法对功率剧烈变化的信号音敏感造成的。经过详细研究信号音的时频特性, 以及网络传输的误差因素, 提出了一种新的适用于下行噪声抑制系统的信号音检测算法, 这种算法利用每帧信号的频域功率变化和时域信号周期变化来检测信号音, 经过理论评估和实际验证, 该算法在不影响噪声消除系统的功能前提下, 能准确地检测出信号音, 从而避免了失真的发生。

关键词: 噪声消除; 信号音检测; 语音激活检测(VAD)

中图分类号: TN912

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2010)-01-0056-04

DOI 编码: 10.3969/j.issn1000-3630.2010.01.013

The implementation of signal tone detection in noise cancellation system

GU Zhi-ru¹, CHEN Shun-ke²

(1. Leadcore Technology Communication Device Corporation, Shanghai 200233, China;
2. Zhuzhou Tiancheng Automation Technology Corporation, Zhuzhou 412007, Hu'nan, China)

Abstract: While applying the NC (Noise Cancellation) system to the downlink of mobile telephone, the signal tone distortion is found at the same time of canceling the noise. This is because the VAD algorithm of the NC system is sensitive to dramatic changes in the power of signal tone. Considered the time and frequency domain characteristics and the error factor of the network transfers, a new algorithm of the signal tone detection fit for the downlink NC system is proposed, which uses the frequency domain power and the time domain period change to detect signal tone. The academic evaluations and practical tests prove that the algorithm can more precise detect signal tone, without degrading the performance of the NC system, so as to avoid the occurrence of distortion.

Key words: noise cancellation; signal tone detection; voice activity detection

1 引言

语音信号噪声消除系统用来消除环境背景噪声, 在通信领域中应用广泛, 如视听、语音识别、车载免提及会议电话等。当把噪声消除系统应用于移动通信终端手机的下行链路时, 发现在正常消除噪声的同时, 信号音发生了明显的失真。

本文中噪声消除系统采用的算法是典型的谱减单麦克噪声消除算法^[1,2], 该算法可有效消除各种信噪比条件下的环境背景噪声。但是对于单频信号音, 会造成令人不可忍受的失真。这是因为, 信号音是单脉冲信号, 两边分别有能量突变的上升沿和下降沿, 对于利用频域能量检测语音有无的 VAD

算法, 会产生较大误差, 从而产生噪声过估计现象。在不影响噪声消除系统功能的前提下, 如何有效地检测信号音, 是单麦克噪声消除算法必须要攻克的问题。

2 信号音特性

信号音是一种电话局向用户传送的信号, 在手机中的应用主要有以下几种:

回铃音: 被叫用户处于被振铃状态。

忙音: 本次接续遇到机键忙或被叫用户忙。

空音音: 通知主叫用户, 被叫号码为空号或受限制的号码。

以上几种信号音的参数如表 1 所示, 从表 1 可以看出, 信号音是 450Hz 单频信号, 而周期有三种。下面分别通过时域和频域分析其特性。

收稿日期: 2008-10-16; 修回日期: 2009-01-20

作者简介: 谷志茹(1979-), 女, 河南人, 工程师, 研究方向为数字信号处理。

通讯作者: 谷志茹, E-mail: guzhiru@leadcoretech.com

表 1 标准信号音^[3]
Table 1 Criterion signal tone

信号音种类	频率/Hz	信号脉冲断续比 (H)代表有音波 (L)代表无音波
回铃音	450±25	1s(H)/4s(L)
忙音	450±25	0.35s(H)/0.35s(L)
空号音	450±25	4 个 0.1s(H)/0.1s(L) 1 个 0.4s(H)/0.4s(L)

2.1 信号音的时域特性

信号音与语音流在时域的区别在于: 有无规则的周期。信号音有固定的周期, 表现为每隔固定的时间重复一次先前的波形。图 1~3 是信号音的时域波形图和周期图。

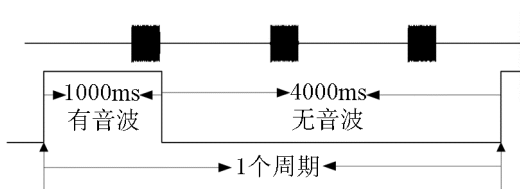


图 1 回铃音时域波形和周期图
Fig.1 The time domain waveform and periodic plot of the feedback ringing

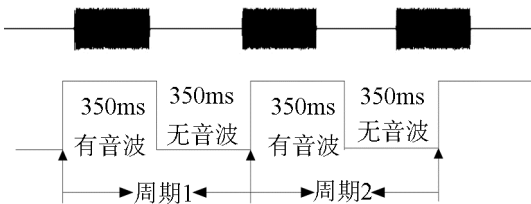


图 2 忙音时域波形和周期图
Fig.2 The time domain waveform and periodic plot of the busyness ringing

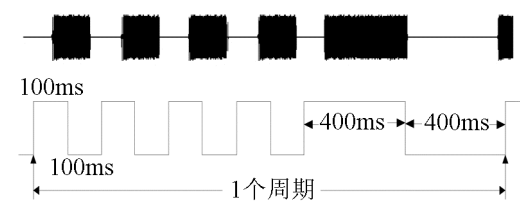


图 3 空号音时域波形和周期图
Fig.3 The time domain waveform and periodic plot of the empty number ringing

由图 1 时域特性图可见, 在时域 1 个周期内, 有音波持续的最短时间是 100ms, 是在空号音周期内, 而无音波持续的最长时间是 4000ms, 是在回铃音周期内。

2.2 信号音的频域特性

信号音可看作是单频脉冲信号, 并且频率固定为 450Hz, 所以按 20ms 一帧的数据分析, 它们的频域特性相同, 见图 4。

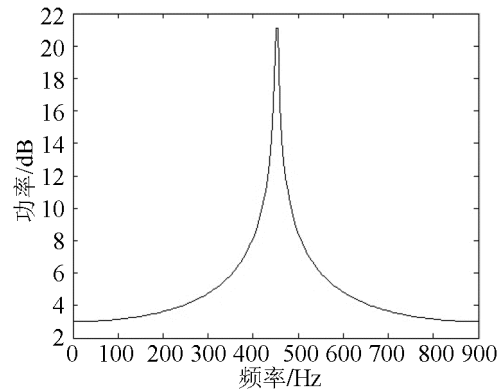


图 4 音波频谱图
Fig.4 The spectrum graph of the tone waveform

从图 4 可以看出, 信号音的有音波频谱图功率集中在 450Hz 频率值附近, 而其它频率点处功率值都很低。

3 信号音检测算法

图 5 是噪声消噪系统模块结构图, 信号音检测模块与 VAD 模块的位置并列, 在检测到帧信号为信号音时, 旁路 NC 模块, 让短时傅立叶分析^[4]的幅度值不经处理直接与先前保存的相位值相乘, 送入短时傅立叶综合模块进行反变化, 其实质是对此帧信号不做任何处理, 这样在信号音检测准确的前提下将保证信号音不会失真。

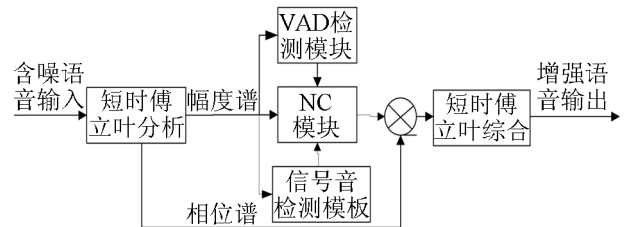


图 5 噪声消噪系统模块图
Fig.5 The system module graph of the noise cancellation

3.1 算法原理

图 6 是信号音检测结构图, 包括四个子模块: 帧功率计算模块, 计算一帧的总功率和平均功率; 音波检测模块(即 450Hz 频率检测模块), 检测此帧是不是 450Hz 单频信号; 信号音检测模块, 利用信号音的时域周期性来检测是否是信号音; 关闭信号音检测模块, 在足够长的时间未检测到 450Hz 音波

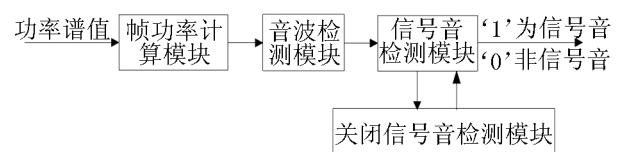


图 6 信号音检测结构图
Fig.6 The structure of the signal tone detection

则认为信号音传送完毕，关闭信号音检测模块。

信号音的检测是利用信号音频域的能量集中特性^[5]检测有无音波；利用时域的周期性检测是否是信号音和信号音是否传送完毕。语音处理系统一般取每帧 20ms 信号^[6]，这样可得信号音中 1 个周期内连续有音波的最少帧数是 5 帧，连续无音波的最大帧数是 200 帧，利用时域的这些特性设置三个计数值：*Iscount*，计数连续有音波帧数；*Nocount*，计数连续无音波帧数；*Offcount*，启动关闭信号音检测模块计数。并根据时域周期性，设置相应的计数门限。信号音检测算法的具体实现流程见图 7。具体的实现分四个步骤：

步骤一：初始化三个计数值。

$$\begin{aligned} &Iscount=0 \\ &Nocount=0 \\ &Offcount=0 \end{aligned} \tag{1}$$

步骤二：计算帧功率值，作是否有音波的判决。

输入时域信号表示为 $\tilde{x}_n(t)$ ， $X_n(\omega_k)$ 为 $\tilde{x}_n(t)$ 的短时傅立叶变换，其中 ω_k 表示频率索引。

$$X_n(\omega_k)=FFT(\tilde{x}_n(t)) \tag{2}$$

然后计算功率谱和功率均值：

$$P_n(\omega_k)=X_n(\omega_k)*X_n(\omega_k) \tag{3}$$

$$\bar{P}_n(\omega_k)=\sum P_n(\omega_k)/KK \tag{4}$$

式(3)表示每样点的功率值，式(4)是帧平均功率，*KK* 是每一帧的总样点数。

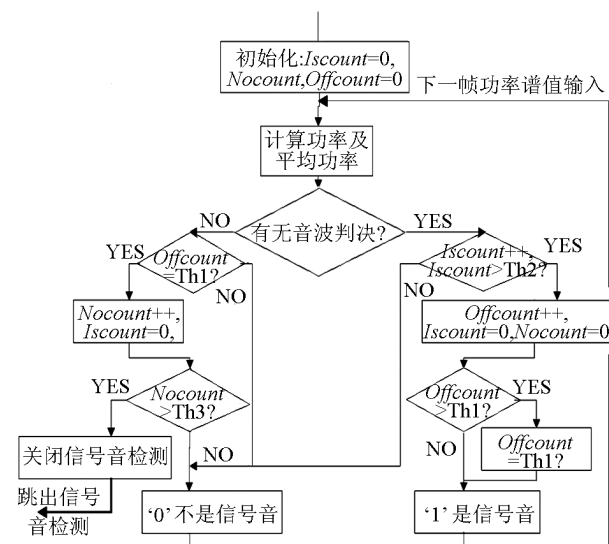


图 7 信号音检测流程图
Fig.7 The flowchart of the Signal Tone Detection

有无音波具体的判决流程如图 8，其判决原理是根据单频信号功率集中于某几个频点。首先得到平均功率，并将此帧的每一样点功率值与平均功率相比，比值如果大于门限 TH4，则 *sfcount* 加 1。当

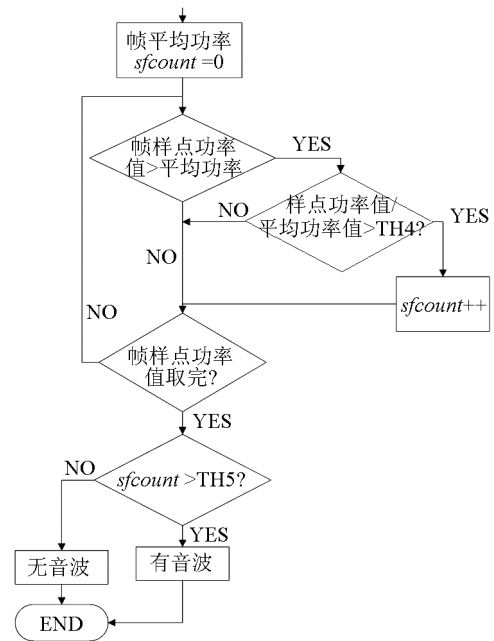


图 8 音波检测流程图
Fig.8 The flowchart of the tone waveform detection

此帧功率样点值取完后，比较 *sfcount* 与门限 TH5，如果是大于则认为是有音波，否则无音波。

步骤三：如果判决为有音波，则作是否是信号音的判决，并使 *Offcount* 有效，启动关闭信号音检测模块。门限 TH2 是按信号音 1 个周期内连续有音波的最少帧数确定的，考虑误差因素，取经验值 ‘3’。

步骤四：如果判决为无音波，在 *Offcount* 计数至 TH1 的条件下，做信号音是否结束的判决。TH3 按信号音 1 个周期内无音波的最大帧数确定，考虑误差因素，取经验值 ‘210’。

3.2 功能评测

根据以上算法实现的信号音检测技术，在实际应用中能够克服 NC 系统对信号音的失真问题。图 9 是信号音经过有信号音检测和无信号音检测 NC 系统前后的波形。

图 9 为图 1~3 三种信号音经过有信号音检测模块的 NC 系统后输出结果，显然输出的信号音没有明显变化，和原始信号基本一致；与之对比的是图 10，三种信号音经过无信号音检测模块的 NC 系统，

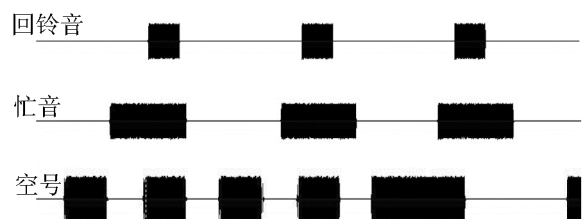


图 9 有信号音检测 NC 系统
Fig.9 The signal tone detection of the NC

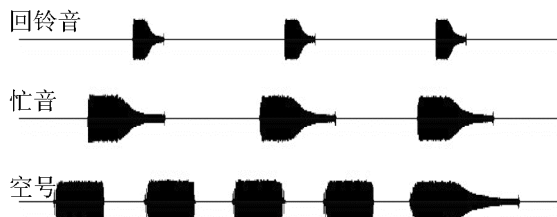


图 10 无信号音检测 NC 系统
Fig.10 the NC without the signal tone detection



图 11 信号音存在误差有信号音检测 NC 系统
Fig.11 The signal tone detection of the NC with the signal Tone having error

结果信号音发生了显著的失真, 人耳是可以觉察到的。

图 11 是在噪声环境中, 并且信号音发生频率偏移时经有信号音检测 NC 系统时的输入和输出结果。比较输入和输出可以看出, NC 系统在消除噪声的同时能够准确检测出信号音, 这说明本文所述信号音检测算具有一定的容错检测性能^[7]。

4 总结

本文所述信号音检测算法, 充分利用了信号音的时域周期性和频域能量集中特性, 在不影响 NC 系统功能的前提下, 能够准确检测信号音, 当移动

终端因传输引起频率偏移时, 同样可准确地检测出信号音。实际应用中, 因为算法容易实现, 实际操作性和独立性强, 所以不会影响 NC 系统的功能。

参 考 文 献

- [1] Akihiko Sugiyama, Masahiro Serizawa. Serizawa. Single-microphone noise suppression for 3G handsets based on weighted noise estimation[J]. Media and Information Research Laboratories, NEC. 2007 Corporation. Kawasaki, Kanagawa 211-866.
- [2] 谷志茹, 刘光军, 陈顺科. 3G 系统中背景噪声消除算法的研究[J]. 声学技术, 2008, 27(4): 547-552.
GU Zhiru, LIU Guangjun, CHEN Shunke. Research on background noise cancellation algorithm in 3G system[J]. Technical Acoustics, 2008, 27(4): 547-552.
- [3] GB/T 5443-1985. 电话自动交换网铃流和信号音技术指标测试方法[S].
GB/T 5443-1985. The test methods for the technical specifications of ringing and tone for automatic telephone switching network[S].
- [4] 拉宾纳 L R, 谢弗 R W. 朱雪龙等译. 语音信号数字处理[M]. 上海: 上海科学技术出版社. 1983.
Rabiner L R, Schafer R W. ZHU Xuelong(translator). Digital processing of speech signals[M]. Shanghai Science Technology Publishing Company. 1983.
- [5] Kabal P, Ramachandran R P. The computation of line spectral frequencies using Chebyshev polynomials[J]. IEEE Trans.on ASSP, 1986, 34(6): 1419-1426.
- [6] 3GPP TS 26.101 V3.1.0. AMR Speech Codec about Frame Structure[S]. 2000, 3.
- [7] ITU-T COM 12. Methods for subjective determination of transmission quality[S]. Recommendation. 862. 2007.