

一种全双工模拟话密系统的 自适应回波抵消器

王耀勋 陈国璋 易波

(电子技术系)

摘要 文中介绍一种全双工模拟话密系统的自适应回波抵消器, 该抵消器用块修正方法更新横向滤波器的系数。这种方法的收敛性能和计算效率均优于标准的最小梯度算法, 且满足国际电报电话咨询委员会 (CCITT) 建议的回波抵消器要求 G. 165。

关键词 模拟通信, 自适应回波抵消器, 语音加密

分类号 916. 33

由于加、解密过程的长处理延时, 模拟语音加密系统输出的密话信号通过有线电话信道传输时将产生严重的回波干扰。回波抵消问题成为话密系统的突出问题。

在话密系统中, 解决回波问题的方法有多种, 例如回波抑制法, 频带分割法, 减小时域加、解密延时, 以高复杂度的频域加、解密体制作为加、解密运算法等。人们认为, 效果较好的则是自适应回波抵消算法。文中将介绍的回波抵消器是利用数字信号处理芯片 TMS32020 实现的,

基于自适应滤波算法的最小均方误差算法, 采用块修正方法自适应更新滤波器的系数, 使滤波器的输出响应跟踪回波通道特性的变化, 从而实现回波的抵消。

图 1 为自适应回波抵消器的硬件原理方框图。

在话密系统中, 经过加密处理后的密话信号, 一方面

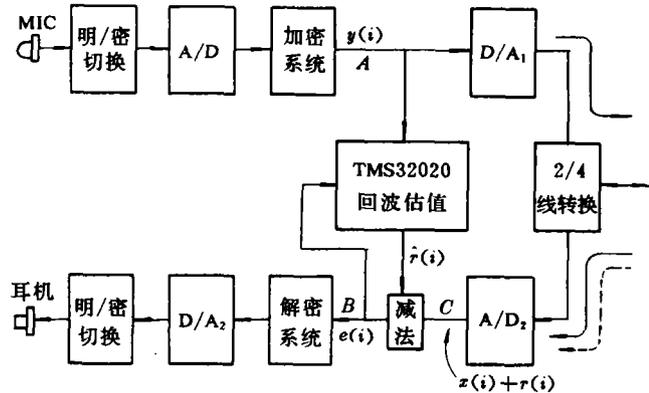


图 1 回波抵消器的硬件原理方框图

方面作为回波抵消算法中的参考信号 $y(i)$ 输入, 参加回波估值 $\hat{r}(i)$ 的运算, 另一方面将经

D/A₁ 变为模拟信号输出至信道。该信号经回波通道反射再度返回发信端，形成干扰信号 $r(i)$ 。因此接收的话音信号中，不仅有远端发送的有用语音信号 $x(i)$ ，而且还有回波 $r(i)$ 。回波抵消器根据参考信号复制出回波估值信号 $\hat{r}(i)$ ，并与接收信号相减。当回波估值 $\hat{r}(i)$ 依最小时间平均误差收敛于实际的回波信号 $r(i)$ 时，则回波抵消的效果达到最佳，回波干扰将被削弱到最小的程度，从而使得 $x(i)$ 经解密后听不到回波干扰的声音。

自适应回波估值 $\hat{r}(i)$ 是通过一个 128 点抽头系数的横向滤波器产生的。图 2 是其结构示意图。回波估值信号 $\hat{r}(i)$ 可由下式计算得到：

$$\hat{r}(i) = \sum_{k=0}^{127} a_k(i) y(i-k) \quad (1)$$

在最理想的情况，是回波估值 $\hat{r}(i)$ 等于实际回波 $r(i)$ ，这样回波抵消输出则是纯净的对方信号 x

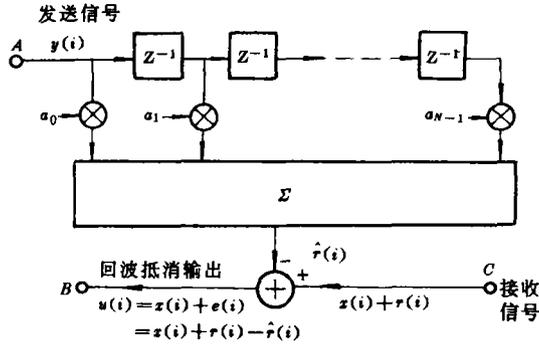


图 2 自适应横向滤波器结构

(i)。TMS32020 易实现(1)式的估值运算。它具有在一个指令周期内完成相乘、累加并带数据移位的指令 (MACD)，通过使用重复指令 (RPTK)，上式的整个估值运算仅需 131 个指令周期完成。

回波抵消算法中最耗时的是滤波器系数的更新算法。按照最小均方误差算法，系数的更新公式如下式所示：

$$a_k(i+1) = a_k(i) + 2\beta E[e(i)y(i-k)], \quad k = 0, 1, \dots, 127 \quad (2)$$

(2) 式的后一项的计算要求有语音信号 $y(i)$ 的概率分布的先验知识。实际中用 $e(i)$ 、 $y(i)$ 的瞬时值代替其数学期望值。这样更新公式改为：

$$a_k(i+1) = a_k(i) + 2\beta e(i)y(i-k) \quad (3)$$

按照上述公式修正 128 个系数所花费的指令周期是较多的。若每个系数更新要用 4~5 个指令周期的时间，那么 128 个系数的更新将要花费 625 个指令周期时间。当信号以 8KHz 采样速率采样时，一个采样周期为 125 μ s。因为本文的话密系统难以在一个采样周期的时间内完成所有的回波抵消算法与其他有关运算，因此本系统采用块修正算法。具体做法是将 128 个系数分成 16 个组，每 8 个系数为一组，这样 128 个系数的更新分成 16 组进行。每一个采样周期内修正其中一组，16 个采样周期将 128 个系数全部修改一遍。本文的语音加密系统是针对有线模拟电话线路设计的。实验表明，这种块修正方法所完成的系数更新过程能够跟踪信道特性的参数变化。更新公式可改写为：

$$a_k(i+M+1) = a_k(i) + 2\beta \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} e(i+M-m)y(i+M-m-k), \quad k = 0, 1, 2, \dots, 127 \quad (4)$$

由式(4)可见， $M=1$ 的情况就是最小梯度算法 (又称 LMS 算法)。通过实验研究证明块修正具有如下优点：

(1) 节省了时间资源。完成一组系数的更新在一个采样周期内仅需 183 个 TMS32020 指令周期时间。

(2) 收敛速度较 LMS 算法的收敛速度快。

(3) 获得的回波损耗增益 (即发送信号的功率/回波信号功率) 要高于 LMS 算法的 2 ~ 3dB。

回波抵消算法要求在双向谈话 (简称双谈) 期间停止自适应横向滤波器系数的修正, 从而避免对方信号对系数调整的干扰。话音检测器的速度和精度将直接影响到自适应回波抵消器的收敛性能、话音质量及对时变回波信道的跟踪能力。为了工程实现方便和检测性能良好的特点, 我们重点研究并采用了基于剩余回波误差的修正判决方法。它是根据实测的误差信号 $e(i)$ 及参考信号 $y(i)$ 的短时能量 $\bar{e}(i)$ 和 $\bar{y}(i)$, 估计出总的回波信号损耗 (简称回损增益) 为 ERLE:

$$\text{ERLE}(i) = -10 \lg \frac{\bar{e}(i)}{\bar{y}(i)}$$

当 $\text{ERLE}(i) < \text{ERLE}_{\text{opt}}$ 时判为双谈状态, 其中 ERLE_{opt} 为回波抵消器的稳态回损增益。为了进一步区别双谈状态和回波通道特性的变化情况, 根据双谈时间很少超过一个固定时间 T_{dmax} 的特点, 设立一个时间门限, 定义 T_d 为双谈状态的持续时间, 则当 $T_d \leq T_{\text{dmax}}$ 时, 判为双谈状态; 当 $T_d > T_{\text{dmax}}$ 时, 判为回波通道特性变化。

双谈检测功率门限的设置是关键。门限值取小有利于小信号的双谈检测, 但有可能把信道的变化情况判为双谈情况, 从而停止系数的修正和失去对信道的跟踪能力, 而且还有可能把剩余误差的变化也当作双谈检测。从这种意义上, 希望门限取得大一些。但是门限取得偏大, 小信号的双谈状态不易检测, 这时回波抑制器开始工作, 小信号被当作残余回波被抑制, 使对方的语音信号出现明显的“剪音”现象, 影响双向通话效果。

为着当采用固定的门限值判决时, 适应对方语音信号幅度之变化, 我们首次将自适应增益控制引入双谈检测过程。采用一个低阶的滤波器对接收信号中的主要近端回波能量部分进行一次抵消, 从而突出对方有用的接收话音成分。然后, 对其进行自适应放大, 经过放大后的信号再送入 128 阶横向滤波器, 以回波抵消算法进行二次抵消。由于更新过程可以对双谈检测设置较大的门限值, 从而能完成对大小信号的正常检测。

本系统采用的回波抵消全部算法均在以单片 TMS32020 实现的系统上成功运行, 其性能满足国际电报电话咨询委员会 (CCITT) 有关回波抵消性能指标 G. 165。我们认为, 该回波抵消系统可应用于话密系统。

参 考 文 献

- [1] Digital Signal Processing Applications with the TMS32020 Family Theory, Algorithms, and Implementations. TEXAS INSTRUMENTS, 1986
- [2] Sondhi M.M and Berkley D.A. Silencing Echoes on the Telephone Network. PROCEEDINGS OF THE IEEE, 1980, 68(8)

An Adaptive Echo Canceller in Full-Duplex Analog Speech Secure System

Wang Yaoxun Chen Guozhang Yi Bo
(Department of Electronic Technology)

Abstract

The paper introduces an adaptive echo canceller in full-duplex analog speech secure system. The implementation of the canceller is made possible by using a block-update method to update the transversal filter coefficients. The method has advantages in convergence properties and computational efficiency over the standard minimum gradient algorithm. It also meets the echo canceller requirements of the CCITT G. 165 recommendation.

Key words analog communication, adaptive echo canceller, speech secure