

文章编号:1671-251X(2013)03-0017-03DOI:

王树强,张平,陈韶华. 矿用 IP 广播对讲系统回声消除技术研究[J]. 工矿自动化,2013,39(3):17-19.

矿用 IP 广播对讲系统回声消除技术研究

王树强¹, 张平², 陈韶华²

- (1. 天地(常州)自动化股份有限公司, 江苏 常州 213015;
2. 国投河南新能开发有限公司, 河南 新郑 451100)

摘要:分析了矿用 IP 广播对讲系统的回声产生路径,指出其回声具有来源复杂、路径延迟时间长、路径延迟抖动大的特点;提出在广播主机采用软件算法消除回声,在广播终端采用结构设计和硬件电路设计相结合的方法消除回声的方案。实际应用表明,该回声消除方案有效地提高了矿用 IP 广播对讲系统的通信质量,系统全双工扩音对讲通话效果良好。

关键词:煤矿通信; IP 广播; 扩音系统; 对讲系统; 回声消除

中图分类号:TD655 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Research of echo cancellation technology in mine-used IP broadcast and talkback system

WANG Shu-qiang¹, ZHANG Ping², CHEN Shao-hua²

- (1. Tiandi (Changzhou) Automation Co., Ltd., Changzhou 213015, China;
2. SDIC Henan New-energy Development Co., Ltd., Xinzheng 451100, China)

Abstract: The paper analyzed echo path of mine-used IP broadcast and talkback system, pointed out that the echo has complex sources, long path delay and large path delay jitter. It proposed a scheme of using software algorithm to eliminate echo in radio host, and using combination of structure design and hardware design to eliminate echo in broadcasting terminal. The practical application shows that the scheme of echo cancellation improves communication quality of mine-used IP broadcast and talkback system, and full-duplex loud-speak and talkback of the system has good effect.

Key words: coal mine communication; IP broadcast; loud-speak system; talkback system; echo cancellation

0 引言

矿用 IP 广播对讲系统作为煤矿安全保障“六大系统”中通信联络系统的一种,在煤矿高效安全生产和应急救援中发挥着越来越重要的作用^[1-2]。通过该系统,井上调度指挥人员能够快速、大范围地向井下人员广播生产或救援信息,井下人员能够快速地向井上调度指挥人员汇报、反馈信息。与基于以太网的通信系统相比,矿用 IP 广播对讲系统由于扬声器声音更大,所以回声也更大,对通信质量造成的影

响也更大。本文结合矿用 IP 广播对讲系统的特点进行回声分析,并在此基础上研究适合煤矿广播对讲系统应用特点的回声消除方法,以提高矿用 IP 广播对讲系统的通话质量。

1 矿用 IP 广播对讲系统回声分析

1.1 回声产生路径

在通信系统中,回声一般分为电学回声和声学回声两种。矿用 IP 广播对讲系统中存在的主要是声学回声。声学回声是指广播对讲设备扬声器接收

的一部分声音信号反馈到同一设备送话器的声音。矿用 IP 广播对讲系统声学回声信号的产生路径如图 1 所示。地面广播主机调度指挥人员发出广播对讲信号,信号经过工业以太网传输到广播终端,然后通过广播终端的扬声器发出;扬声器发出的声音一方面传播到井下人员耳中,另一方面又通过广播终端的送话器传输到广播主机。因此,广播主机调度指挥人员讲话后会听到一个经过延时的自己发出的声音,即回声。同理,井下广播终端讲话时也会听到回声。

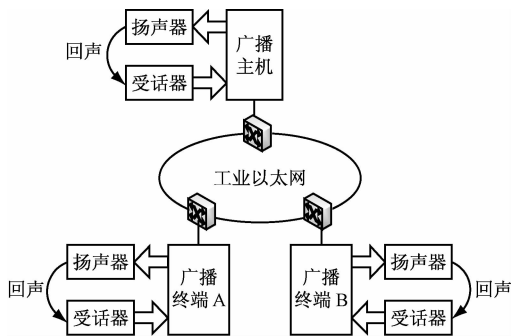


图 1 矿用 IP 广播对讲系统回声信号的产生路径

1.2 回声特点

(1) 回声来源复杂。回声根据来源不同可以分为直接回声和间接回声 2 种。矿用 IP 广播对讲系统终端设备一般安装在煤矿巷道中,声音传播过程中反射较多,回声来源复杂,系统中同时包含了直接回声和间接回声。其中直接回声是指广播终端扬声器播放出来的声音未经任何反射,通过广播终端或广播主机音箱直接进入送话器后产生的回声,其特点是延迟时间短。间接回声是指扬声器播放的声音经过广播终端内部结构反射以及经过巷道或障碍物 1 次或多次反射后进入送话器所产生的回声的集合,其特点是时变、多路径。矿用 IP 广播对讲系统回声来源如图 2 所示。

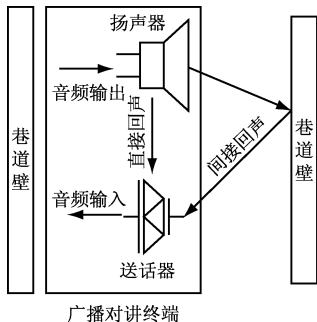


图 2 矿用 IP 广播对讲系统回声来源

(2) 回声路径的延迟时间长。在矿用 IP 广播对讲系统中,声音信息的传送存在延迟时间。分组传输是回声产生延迟的主要原因,延迟时间主要受网络和呼叫两端的网关影响。测试表明,端到端的

最大传输延迟可达 100 ms 以上。语音编码也是回声产生延迟的原因之一,H. 323 协议规定,语音编码首选的压缩标准是 G. 723. 1,压缩一帧(30 ms)的最大压缩延迟为 37.5 ms。因此,矿用 IP 广播对讲系统中回声的路径延迟时间一般比较长。

(3) 回声路径的延迟抖动大。因为矿用 IP 广播对讲系统中回声来源复杂,所以回声路径存在不确定性,送话器接收的回声延迟时间存在抖动。由于网络特性不同,数据传输速率的变化很大,这种分组传输延迟的偏差等诸多不确定因素使得回声延迟不确定且抖动大,抖动一般在 20~400 ms 之间。参考中国的电话网规定,单向时延大于 25 ms 就必须考虑回声问题。

2 矿用 IP 广播对讲系统回声消除技术

国际电信联盟(ITU)发布的关于回声消除的 G. 168 标准^[3]主要针对数字通信系统中的回声消除器,是目前数字通信系统中回声消除技术的主要参照标准。该标准描述了回声消除器的功能要求、性能指标、测试方法等,但没有给出回声消除器的详细设计建议。因此,在矿用 IP 广播对讲系统中,需针对广播主机和广播终端设备的特点采用相应的回声消除技术。

2.1 广播主机的回声消除

矿用 IP 广播对讲系统中的广播主机一般为服务器或工控计算机,其回声主要是音箱中的声音反馈至送话器所导致。根据工控计算机运算能力强、可快速进行复杂运算的特点,在广播主机软件中加入回声消除算法实现回声消除器,如图 3 所示。

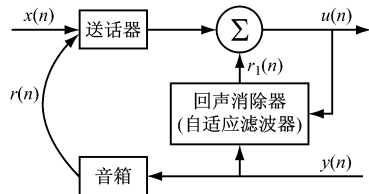


图 3 广播对讲主机回声消除原理

图 3 中, $y(n)$ 为来自远端广播设备的信号,该信号经音箱转换为声音信号,在送话器端被接收为信号 $r(n)$, $r(n)$ 即为回声信号。虽然接收信号和回声信号存在差异,但二者是高度相关的,语义和参考信号一样,因此,可以认为 $r(n)$ 和 $y(n)$ 存在回声路径函数关系: $r(n)=F(y(n))$ 。 $x(n)$ 为送话器端接收自讲话者的有用声音信号。这样送话器送出的实际信号为 $r(n)+x(n)$,为达到消除回声的目的,需要尽可能地从该信号中滤除回声信号 $r(n)$ 。对于回声消除器来说,需要将 $y(n)$ 作为参考信号来计算

估计信号 $r_1(n)$, 并从输出信号中减去 $r_1(n)$, 得到近端输出信号 $u(n)=r(n)+x(n)-r_1(n)$ 。在理想情况下, 经过回声消除后残留的回声误差信号 $e(n)$ 将为 0, $e(n)=r(n)-r_1(n)$, 即要求回声消除器的补偿信号 $r_1(n)=r(n)=F(y(n))$, 因此, 回声消除的过程就是求解回声路径函数 $F(y(n))$ 的过程。

自适应滤波器^[4]是以对输入信号和输出信号的统计特性的估计为依据, 采取特定算法自动调整滤波器系数, 使其达到最佳滤波特性的一种算法或装置。回声路径函数 $F(y(n))$ 就是一个自适应滤波器收敛的过程, 通过调整权值系数使自适应滤波器冲激响应逼近回声路径的等效冲激响应。自适应滤波器收敛后, 当回音产生时, 将 $y(n)$ 通过自适应滤波器即可得一个准确的回声补偿信号 $r_1(n)$, $r_1(n)=r(n)$, 用送话器的输出信号直接减去 $r_1(n)$, 得到实际需要发送的语音信号 $x(n)$, 从而实现回声消除。

在 IP 广播主机中, 自适应滤波器设计为一个抽头可调的有限长冲激响应 FIR 滤波器, 综合考虑自适应滤波器各种算法的收敛速度、稳态误差等性能及计算的复杂性, 最终采用 LMS 类算法, 程序流程如图 4 所示。

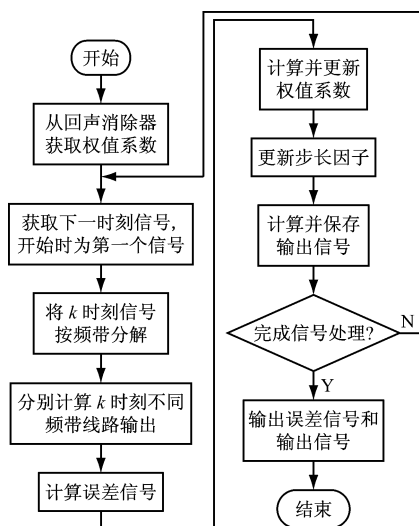


图 4 自适应滤波器流程

2.2 广播终端的回声消除

在矿用 IP 广播对讲系统中, 广播终端的回声为扬声器反馈至同一设备的送话器所产生的。因为广播终端的嵌入式处理器运算能力不强, 难以进行复杂的 DSP 运算, 所以采用软件算法难以实现回声消除。本文采用结构设计和硬件电路设计相结合的方法来达到回声消除的目的。

2.2.1 结构设计

在结构设计方面, 应尽量减小广播设备外壳内外声音耦合。送话器和扬声器的结构设计应遵循如

下原则: ① 送话器和扬声器上都具有自己独立的音腔。② 送话器和扬声器的物理位置最好调整至最远距离, 应当相互垂直。③ 送话器不应与电路板或外壳直接接触。④ 送话器最好置于没有空气间隙的橡胶圈内。⑤ 扬声器和外壳之间的安装垫使用减震材料(例如软硅胶或海绵胶)。

通过合理的结构设计, 可以在一定程度上减弱由扬声器耦合至送话器的声音, 减少回声, 但不能从根本上解决回声问题。

2.2.2 硬件电路设计

回声消除硬件电路如图 5 所示。语音处理器 FM1182 是一款低功耗、高性能的专用回声消除芯片, 它可以提升声学回声消除性能达 60 dB, 同时具备较强的抑制噪声能力^[5]。广播终端设备控制器通过 UART 接口连接至 FM1182, 通过串口对 FM1182 进行参数配置, 优化回声消除效果。FM1182 的线路输入 LINEIN 与语音编解码芯片的模拟输出相连, 线路输出 LINEOUT 与语音编解码芯片的输入相连。

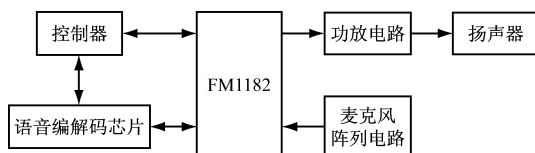


图 5 回声消除硬件电路

3 结语

在矿用 IP 广播对讲系统中采用软件算法实现广播主机的回声消除, 采用结构设计和硬件电路设计相结合的方法实现广播终端设备的回声消除。实际应用表明, 回声消除技术的应用有效地提高了矿用 IP 广播对讲系统的通信质量, 系统全双工扩音对讲通话效果良好, 回声消除各项指标均满足 G. 168 标准的要求。

参考文献:

- [1] 孙继平. 煤矿井下安全避险“六大系统”的作用和配置方案[J]. 工矿自动化, 2010, 36(11): 1-4.
- [2] 王树强, 江云, 徐炜, 等. 矿用 IP 广播对讲系统设计[J]. 工矿自动化, 2011, 37(11): 4-6.
- [3] IT U-T Recommendation G. 168: Digital Network Echo Cancellers[S].
- [4] 范锦宏. IP 电话回声消除器中自适应滤波器的研究[J]. 现代电子技术, 2005, 28(4): 21-22.
- [5] 孙锐, 徐骏, 李景, 等. 基于 UDA1341 和 FM1182 的嵌入式语音网络传输系统设计[J]. 微型机与应用, 2012, 31(2): 22-25, 28.