

# 基于CAN总线的煤矿语音通信系统的设计

程彦

(山西焦煤西山煤电(集团)有限责任公司, 山西太原 030053)

**摘要:** 为了弥补当前煤矿语音通信系统运行过程中暴露出的不足, 设计一种能满足煤矿远距离进行语音通信的专用语音通信系统。这一系统选择 PIC18F458、AMBE2000 分别作为主控芯片、语言编解码芯片, 通过 CAN 完成通信任务。较为详细地介绍了系统软、硬件的设计思路与方法, 并且为了使用语言通信质量得到更大的保障使用了静音检测技术。通过测试证实这一系统声强、失真度、可懂度等均符合煤矿通信要求, 具有较高的推广价值。

**关键词:** 煤矿语音通信; CAN 通信; 芯片; 静音检测; 系统设计

## 0 引言

CAN 自身是一种现场总线技术, 最早被用在汽车检测领域内, 性能优良, 且可靠性较高, 可以尝试将其用在不同领域内, 体现出较好的发展前景。CAN 总线是基于 OSI 模型建成的, 整合了多种通信网络技术, 在网络上能运用任意一个节点, 通信形式十分灵活。这种协议是基于分布式网络运作的, 能同时访问不同节点, 并且各个节点在传送数据过程中也能监听网络运行状态, 判断网络资源的占用情况, 若其未被占用, 那么在该节点位置就可以正常传送数据。本文结合煤矿生产环境特点, 以 CAN 总线作为基础, 运用单片机等设计了一套专用的语音通信系统。

## 1 系统介绍

本系统是专用于煤矿生产环境的一类语音通信系统, 可以将这种系统安装在煤矿调度室内对矿井下作业人员进行喊话、发布消息及通报紧急状况等, 也适用于井下人员的局部通信领域。

煤矿既有的通信系统以电话或井下局部扩音电话为主。电话能够和井上人员进行语音通话, 但音量过小, 并且只能和单一电话进行通话; 井下安装的局部扩音电话不能和调度室之间进行通话。可见以上两种传统通信模式应用时体现出一定局限性, 而本文设计出的语音通信系统运行期间不仅具备井上、井下的语音通话功能, 还能达到井下环境的局部扩音。

从宏观角度分析, 语音通信系统由井上、井下两部分构成: 井上部分有工控机、网关构成, 并被安装在调度室内; 井下部分被布置在矿井下的工作面、运输巷等位置, 语音装置与中继器是该部分的主要构成装置<sup>[1]</sup>。语音设备通过分组方式被部署在以上区域内, 结矿井下生产规模设定节点数量并动态化部署, 这种系统井下节点的最大容量达到  $31(\text{组}) \times 31(\text{个/组}) = 961$  个。

## 2 系统的设计

### 2.1 节点硬件设计

#### 2.1.1 MCU 模块

本系统选用 PIC18F458 单片机作为微处理器, 这类单片机的指令、数据通道分别达到了 16 位宽、8 位宽; 外围部署了多种模块, 集成度很高; 内部建成了 10 位 A/D 转换模块; 聚集了 CAN2.0B 的控制器等诸多特征, 在工业控制、自动化等诸多领域均得到了广泛应用。

#### 2.1.2 语音收集模块

用 Lucent 公司自主生产的 CSP1027 作为语音采集部分的核心构件。CSP1027 自身是一款高精度的语音频带编解码设备, 设计时融合了低功耗 CMOS 与低电压数字系统原理, 将音频前置放大器加装在模拟接口位置, 故而在设计电路时, 允许直接将小信号的语音传输至 CSP1027 的模拟端<sup>[2]</sup>。

#### 2.1.3 语音处理模块

CAN 通信是本系统的主要通信模式, 受 CAN 通信的

带宽制约,当增加通信速率时,实际传输距离呈现出缩小趋势。为了达到远程通信,针对语言 A/D 转换而来的数据,要对其进行压缩、编码等一系列处理。本系统设计时配备了 AMBE2000 编解码芯片产品,这种芯片能基于各种速率实现压缩、编码语音,经压缩处理后可以在 2.0~9.6 kb/s 范围中调控数据速率大小,进而满足不同信道运行的现实需求。对于误码率有差异的信道,可以酌情选用 AMBE2000 芯片的话音数据/纠错数据的配置情况:当信道误码率处于较高的水平时,可以适度增加纠错码的速率;而当信道误码率大小处于常规范围内时,为了取得最佳的语音成效,可以尝试适度增加话音数据/纠错数据配置比。

启用 AMBE2000 芯片时能间隔 20 m 将话音数据压缩成一个语音数据包,在没有输入声音信号的情景下,它能精准检出静音并将其写进标志位;解码器检测到一帧语音数据丢失时,能参照上一帧数据尽可能地推测出下一帧语音数据的具体内容,传送出相应的<sup>[3]</sup>。本系统设定的 AMBE2000 的编码速率是 24 kb/s, AMBE2000 每间隔 20 m 把编码所得的数据整合至单片机内,单片机筛选出其内有用数据并发送到 CAN 控制器,最后基于 CAN 数据帧的形式被传输至外界。

#### 2.1.4 CAN 通信模块

在 MCU 内,前期经压缩、编码处理所得的语音信号集中被打包成 CAN 报文格式,以 CAN 控制器作为载体传送到 CAN 总线上,这是和上位机控制器或他处语音节点进行通信的基础。因为 PIC18F458 内配备了 CAN2.0B 的控制器,故而只要为其连接 CAN 收发器就能设计出系统所需的 CAN 通信模块。本系统设计时选用的是 CTM8251T,这种芯片具备隔离、保护的双重功能,功能主要是把 CAN 控制器的逻辑电平转变成 CAN 总线的差分电平<sup>[4]</sup>。

### 2.2 软件设计

基于模块化思路设计系统的软件,系统的工作流程可以做出如下阐述:通电后,系统先执行 MCU、管脚、CAN 模块、AMBE2000 初始化等过程,随后即可进入到正常工作模式,系统自动检测是否按下了通信按钮,确认其按下时,开启语音采集及处理模块,基于 CAN 模块传送相关信息。当总线数据被整合到 CAN 模块内时,出现中断,CAN 模块接收相应数据并将其传输至处理模块进行语音解码。

### 2.3 创建语音通信网络

本系统传输语音数据时选定的码率是 24 kb/s,外

加 CAN 总线的数据帧及冗余信息,CAN 总线速率最小值为 40.5 kb/s。因为矿井下生产环境复杂,存在着诸多不可预测因素,很多位置存在着较明显的电磁干扰现象,可以基于 50 kb/s 速率去传输数据。参照 CAN 总线系任意两个节点之间的最大距离与位波特率之间的关联性,推导出理论传输距离为 1.3 km。假定为本系统共部署了 255 个节点,通信距离 2.6 km。

因为单路 CAN-Bus 的可驱动节点最多有 110 个,故而应用 4 路 CAN 集线器细分成 4 路,一路至地面网关,其他 3 路均通向井下各个巷道,平均各路节点总数达到 85 个,满足了 CAN 总线负载的要求。现实中,可以通过增加 CAN 中继器配置数量的方法去延长现场的通信距离。针对建设出的 CAN 语音通信网络,主要是运用 CAN 总线 4 路集线器建造出的星型网络。

## 3 静音检测技术及完善

### 3.1 技术原理

基于网络传送语音数据过程总出现一些错误难以完全规避,这些错误作答的特点是不能依照前期设计的代码排列,但不会对语言数据的最后汇总效果形成较大的影响,也不会降低

语音的清晰度,故而多数情况下无需重新传输语音数据。网络本体能为安全传输数据提供基本的保障,但当网络繁忙时就会增加部分语音数据丢失的风险。

执行语音通信过程中,声音由静音和话音两大部分组成。在数人交流的语境下,仅有一个人处于讲话状态,其他人静默,故而在对声音编码时要充分分析声音的形式,这无形中增加了处理器的运行负担,并且静音信号也会占用一些带宽,导致数据传输速率下降。故而在检测静音信号时,针对静音信号占用的带宽,要尽早将其转让给其他的数据,通过这种方式增加语音数据的整体传输效率<sup>[5]</sup>。

在业内,静音检测又被叫做语音活动检测,检测声音信号过程中,筛选出静音信号后去除无效的声音信号,以节省带宽资源。解读静音传输方式时,应采用适宜的方法减少网络的拥挤度,以从根本上确保信息传输的通畅度。

在信号被预处理后,要甄别出有效语音和无效语音,按照一定规则编码处理有效语音,剔除所有的无效语音。

### 3.2 静音检测的算法原则

运行语音通信系统过程中,静音检测的宗旨在于增

加通信系统内数据的传输效率。不管是哪种类型的语音系统内均分布着有效信号,故而在组织语音通信活动时,对静音数据要做到分层分析。基于一定算法开展静音检测活动,遵循一定原则编写算法,不可影响静音检测的效率与质量。在开展静音检测活动时,尽可能不要出现延时操作,尽可能增加算法的运算过程的精简度,以防计算过程中产生偏差,尽量用智能软件执行运算过程。

现场操作过程中,时而会出现系统资源不够的情况,以致静音检测期间产生缓冲情况,应采用适宜的方法尽量缩短检测缓冲的时间长度。在静音检测过程中严控检测时间长度,常规做法是存储各类型的语音帧,把帧设定成基本单位。检测静音时,不仅要编制好短期静音检测方法方案,也要提前制定好适用于长时间静音检测的策略。基于设定好的静音检测算法要分析噪音信号于语音信号两者的差别,在此基础上利用智能软件进行去噪。

### 3.3 完善的自适应检测静音算法

基于能量检测的方法检测静音时,尽管操作过程相对较简单,也清除掉部分噪音,但很难取得理想的成效,这主要是因为其在检测语音信号时不能实现监测的全面化。而基于自适应能量理念设计出的静音检测方法,其最大的特点是能充分利用既有资源提升检测效率,显著强化了算法的适应能力。

能量检测算法是依照语音信号与静音噪声信号内含有能量的差异,两者进行比对分析后能量偏大的被定义成语音信号,另一个即是静音信号。

用公式(1)运算出信号各帧能量大小:

$$E_j = \sum_{i=1}^N x^2(i) \quad (1)$$

当  $E_j > kE_y$  时,将第  $j$  帧定义成语音,其他均是静音。结合具体情况确定  $k$  值,  $E_y$  表示的能量阈值。

因为通话环境随机改变,故而能量阈值大小也不是固定的,故而在确定能量阈值的情景下引进自适应能量阈值,如公式(2):

$$E_{yn} = (1-p)E_y + pE_s \quad (2)$$

式中,  $p$  是加权值,通常取  $p=0.2$ 。在多变的通话环境下,伴随环境噪声能量  $\sigma$  的改变  $p$  也会随之做出一定变化,噪声能量变化如公式(3):

$$\sigma = \text{var}(E_s) \quad (3)$$

假定  $\sigma_{new}$  与  $\sigma_{old}$  分别表示矿井之下语音前后帧的噪声能量大小,如果  $\sigma_{new} > \sigma_{old}$ ,则预示着采集语音信号背景噪声能量产生了较大的波动性。可以根据  $\sigma_{new}$  与  $\sigma_{old}$  两者温度比值确定  $p$ 。

在完善静音检测算法过程中,会以语音的形式检测出静音,但基于自适应法检测静音时,能显著增加检测的准确度,能将检测误差降到最低。自适应能量的静音检测法自身有很多优点,能全面完善原有算法内的语音采样信号,实现了信号采集过程的连续性,并且显著优化了信号的质量,实现了对静音信号的全面化检测。为了在静音检测中能消除噪声带来的影响,应不断提高检测方法的如何提高检测方法的自适应能力,把信噪比作为一类变量,进而辅助增加静检测的质量,通常能获得 200 s 以上的语音数据。

## 4 系统测试

为了验证本文设计的语音通信系统的使用性能,通过实验进行检测分析。实验方法:将 1 kHz 的正弦波信号输入至信号发生器的 1 号语音节点,基于 CAN 总线传送到 2 号语音节点上,利用声级计测试检测 2 号语音节点扬声器前方 1 m 位置的声强大小。

经测试发现,扬声器声强高于 85 dB,测量失真度低于 15%,调控信号发生器,使信号频率在 350~300 Hz 范围内变动,检测发现频响好于  $\pm 6$  dB。

## 5 结束语

本文结合 AMBE 编码与 CAN 总线设计了煤矿专用语音通信系统,有效弥补了传统通信模式温度局限性,达到了远程低速率传输语音数据的目标,系统组网灵活、便捷、可靠性高,形成了广播、组播、局部通信等诸多通信模式。通过实验,检测证实了系统各项性能指标均符合设计要求,值得推广。

## 参考文献

- [1] 张战国. 煤矿带式输送机语音通信系统的设计 [J]. 煤炭与化工, 2019, 42(5): 97-99+106+109.
- [2] 何雨生. 基于 WiFi 的煤矿井下语音通信系统设计与实现 [J]. 数字技术与应用, 2017(7): 157-159.
- [3] 王江. 适于风电场及煤矿井下语音通信系统的主干网的设计研究 [J]. 山西科技, 2015, 30(1): 113-116.
- [4] 翟建淇, 杨维, 张江贵. 基于 Mesh 网络的井下救援语音通信系统的设计与测试 [J]. 煤炭技术, 2014, 33(8): 229-231.
- [5] 赵宗平. 基于 CAN 和 WSN 的煤矿语音通信系统设计 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2013, 13(12): 57-60.