

基于 ARM9-Linux 的嵌入式电子鼻系统的实现

李江勇, 骆德汉, 陈益民

(广东工业大学 信息工程学院, 广东 广州 510006)

摘 要:研制了一种以 ARM9 为控制芯片, 搭载 Linux 的电子鼻系统。系统硬件由自动进气装置、密闭气室、传感器阵列、数据采集模块构成。控制软件界面采用 QT 编写, 完成了嵌入式终端软件 and 上位机软件。该系统能够实现对气体进行自动进气、数据采样、数据保存, 采样曲线实时显示监控等功能。并能利用 MATLAB 编写的电子鼻气味识别分析软件对数据进行分类识别算法分析, 达到智能识别不同气味的目的。实验证明, 此嵌入式电子鼻系统体积小、携带方便、稳定度高、成本低, 能够实现对多种不同的气味进行准确识别。

关键词:电子鼻; ARM-Linux; 嵌入式

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2012)11-0209-03

Implementation of Embedded Electronic Nose System Based on ARM9-Linux

LI Jiang-yong, LUO De-han, CHEN Yi-min

(Faculty of Information Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: An electronic nose system is developed. The system uses ARM9 for control chip, carrying the Linux operating system. The hardware of the system consists of automatic air intake system module, gas chamber module, sensor array module, data acquisition and data preservation module. The embedded terminal software and PC software use the QT program. The system can realize the functions of automatic air intake, gas data sampling and real-time monitor. Use the electronic nose smell recognition analysis software by MATLAB to sort the data recognition algorithm analysis to achieve the purpose of intelligent identification different smell. Experiments show that the embedded electronic nose system with small size, easy to carry, high stability, low cost is able to accurately identify a variety of different smell.

Key words: electronic nose; ARM-Linux; embedded system

0 引言

电子鼻, 是由具有交叉敏感特性的电化学传感器阵列和适当的模式识别算法组成的仪器, 能识别简单和复杂的气味或气体^[1]。

近年来, 随着人类对人体嗅觉系统的原理认识的不断加深以及传感器技术和模式识别理论的快速发展, 基于仿生嗅觉技术的装置—电子鼻有了前所未有的发展。它既具有人类嗅觉的灵敏性, 又有人类嗅觉所不具有的其他优点, 比如不受主观因素的影响, 能够测量有毒气体等。气味通过电子鼻检测后, 形成气味独特的“指纹图谱”, 目前已在生物医学、环境监测、药物开发、植物保护、食品和水质量控制等领域获得应用。随着传感器和计算机的不断发展, 以及对人体嗅

觉机制的认识不断完善, 电子鼻逐渐应用于更加广泛的领域^[2]。

1 系统框架设计

电子鼻硬件结构一般有进气模块、传感器阵列模块、信号采集模块、嵌入式处理器模块和 LCD 显示控制模块组成, 具体为上位机和下位机两大部分。

上位机部分既 PC 机或笔记本电脑, 上位机通过 RS232 串口通信控制整个测量过程, 采集下位机上传的数据并进行数据处理和模式识别分析; 下位机即 ARM 2440 微处理器, 负责对整个外围硬件模块的控制, 以及对传感器阵列输出的模拟电压信号进行数字信号采集, 采集信号的预处理, 预处理后的信号经串口上传至上位机, 并接受上位机的控制。下位机由三星公司的 32 位的低功耗和高性能的小型芯片微处理器 S3C2440 实现^[3]。图 1 是电子鼻系统框架图。

电子鼻系统采用的 S3C2440A 是三星公司的 16/

收稿日期: 2012-03-04; 修回日期: 2012-06-10

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (60971105)

作者简介: 李江勇 (1985-), 男, 硕士研究生, 研究方向为嵌入式技术; 骆德汉, 教授, 研究方向为仿生嗅觉和绿色电子。

32 位精简指令集微处理器。S3C2440A 专门为手持嵌入式设备提供解决方案。S3C2440A 基于 ARM920T 内核,具有高性能、低功耗、精简等特点。特别适用于对性能、功耗要求严格的嵌入式设备。S3C2440 通过集成大量外设,提供了诸多片上功能,为采用该微处理器开发的嵌入式系统减少了成本。该芯片的最大主频为 400M,可以流畅加载运行 linux 操作系统,对设备提供智能的操作管理。S3C2440 集成了多种片上功能。

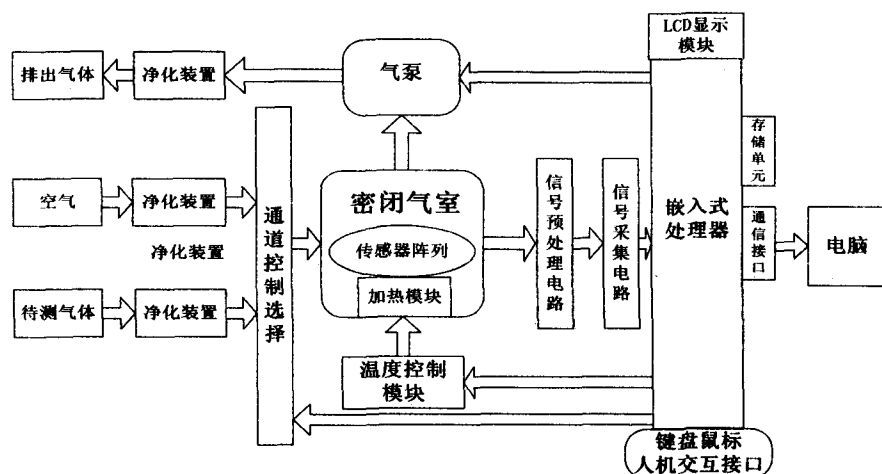


图 1 系统框架图

提供 16KB 的指令缓存和数据缓存,提供内存管理控制单元(MMU);拥有 NAND Flash 控制器和存储控制器(SDRAM);支持多种显示模式的 LCD 控制器,并提供专用 DMA;5 通道定时器,(4 通道 PWM 定时器和 1 通道内部定时器);8 通道采样精度为 10 位的 ADC,4 通道为触摸屏专用;引脚复用的 130 个 GPIO 口,24 个外部中断源;3 通道 UART(64 字节收发 FIFO);2 通道 SPI 接口和 1 通道 IIC 总线接口;2 通道 USB Host/1 通道 USB Device^[4]。

2 系统硬件设计(关键电路模块设计)

2.1 进气装置

进气装置主要解决的问题是,如何将被测的气体引入电子鼻系统中的装有传感器阵列的气泵中,在进气的过程中,涉及到气体的净化装置的设计,最重要的是对进气装置流量的控制问题。

在本系统中选用气泵的型号为 sa751.5,进气流量为 1.5L/min,工作环境为 0~40℃。在进行气体采样之前,先用空气对密闭气室进行清洗,气泵开通 10s 后再进行气体采样。在气体的净化装置中,需要对气体中夹杂的水分,以及其他一些空气中存在的干扰气体,对电子鼻装置有危害的气体,通过净化装置过滤隔除掉,净化装置位于密闭气室的尾部,主要由活性炭构成。进气装置流量的控制能对电子鼻的检测效果产生

很大的影响。因此,气泵的流量的大小选择至关重要,影响整个系统的实时性,在此系统中,要求气体在一分钟内完成采样,所以选择 1.5L/min 流量的气泵。经过测试,具有可靠的实时性和稳定性。

2.2 传感器阵列

嵌入式电子鼻系统的测量原理就是利用阵列传感器的交叉敏感特性,通过模式识别技术来实现系统的选择性并提高测量精度的。金属氧化物传感器是半导体材料构成,传感器的选择性与渗杂物的性质和浓度有关。当气味接触传感器时,传感器的电阻值改变,因气味有独特的选择性,一般的气敏传感器为金属氧化物。此类传感器的敏感度和选择性可达到 ppm—ppb 数量级,对环境温度和湿度变化的敏感度较低^[5]。

在整个电子鼻系统中,传感器的选择尤其重要,它关系到整个嵌入式电子鼻的性能,其中包括传感器对气体的响应时间,传感器对气体的灵敏度,传感器气的工作环境,包括工作温度、工作湿度。传感器的选择关系到整个电子鼻系统的性能。

QM 系列的传感器是 SnO₂ 的气敏传感器。该传感器把对气体的响应转化为电导的变化,测量电路将传感器电导变化转化为电压变化。该电压经模数转换后,送入微处理器处理。传感器加热电压为 5.0V,测量回路电压为 3.3V。放大器采用 Analog Device 的 AD620,电压工作范围为 ±2.3V ~ ±18V,采用 ±5V 供电^[6]。

在此系统中,选用 MQ 系列的传感器,一共六个,在选择传感器时,主要考虑传感器的交叉敏感特性。MQ-3 传感器对应酒精,MQ-4 对应甲烷,MQ-5 对应煤气,MP-6 对应烷烃类,MQ7-对应一氧化碳,MQ-8 对应氢气。气体的特性,都通过这六种传感器组成的传感器敏感特性曲线来表示。

在此系统中,选用 MQ 系列的传感器,一共六个,在选择传感器时,主要考虑传感器的交叉敏感特性。MQ-3 传感器对应酒精,MQ-4 对应甲烷,MQ-5 对应煤气,MP-6 对应烷烃类,MQ7-对应一氧化碳,MQ-8 对应氢气。气体的特性,都通过这六种传感器组成的传感器敏感特性曲线来表示。

2.3 密闭气室

气泵的设计也是嵌入式电子鼻系统设计的难点之一。为了使气体能够使传感器对气体进行充分快速地响应,就需要对密闭气室进行合理地设计。吸入电子鼻的气体一般都是微量的,气室足够小,微量的气体就能够快速地充满整个气室,系统的响应时间进而提高,因此密闭气室越小越好,传感器才能够在密闭气室中与传感器进行充分反应。由于密闭气室不可避免的要

装入传感器阵列,以及加热模块的影响,因此,传感器的个数以及传感器合理的布局,都将影响到密闭气室的设计。

3 系统软件设计

3.1 下位机软件设计

下位机的程序主要是由裁剪后的 Linux 系统内核,和针对外围设备的驱动程序,Linux 系统的应用程序以及下位机显示界面四部分构成^[7]。

Linux 系统的多任务、多用户特性,能够对应程序进行实时、智能处理^[8]。由于芯片外的诸多外设,需要在原有的系统驱动程序的基础上,编写额外的驱动程序,包括控制气泵开断、控制选择器芯片、控制 AD 采样、控制 LCD 显示的驱动程序、触摸屏驱动程序等。驱动程序通过相应的应用程序实现对外围器件的控制^[9]。在下位机的 LCD 界面上,可以通过触摸屏实现基本的操作控制。

3.2 上位机 QT 控制软件界面设计

上位机控制软件主要用于实现串口通信、数据实时显示、数据控制、以及数据存储功能^[10]。6 条不同颜色的曲线红、蓝、绿、黄、紫、青分别代表了六个传感器 MQ3、MQ4、MQ5、MQ6、MQ7、MQ8 对同一气体的相应值。曲线图的横坐标为时间 S,纵坐标为电压幅度 V。每秒采样一次,一共 60 个采样点构成一条传感器曲线。气体对 6 个传感器的相应特性,都反应在这六条曲线中。气体采样后的数据存储在后缀名为 nos 的文件中。Nos 文件包含 6 * 60 个采样数据点。通过这些数据,通过 MATLAB 数据处理软件进行后期的数据处理。

3.3 上位机 MATLAB 数据处理软件

用 MATLAB 编写了数据处理软件,通过选取不同的特征值,不同的分类算法,能够对数据进行分析后,产生不同的分类识别效果。实验选取曲线的各传感器的均值、各传感器的峰值、各传感器的方差、各传感器的标准差,4 个特性作为传感器的特征值,采用主成分分析加线性判别的混合分类算法^[11-13],进行分类识别。

4 实 验

实验分别采用牛奶香精、水蜜桃香精、巧克力香精,三种不同的香精通过电子鼻进行操作。先用每种

香精进行 5 次实验,每组气体对应 5 个 nos 文件。把每种气体对应的 5 个 nos 文件作为训练样本,导入用 MATLAB 编写的气味识别分析软件^[14]。再用电子鼻单独对每种气体进行一次实验,生成的 1 个 nos 文件作为待测样本。看这个待测样本能否被正确识别相应的香精,实验结果如图 2 所示。

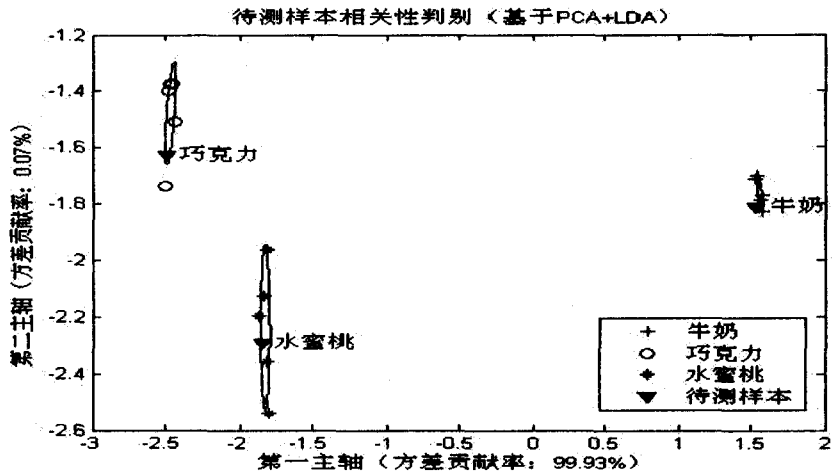


图 2 电子鼻气味识别软件实验结果图

5 结束语

图 2 中,圆圈符号代表巧克力样本,星型符号代表水蜜桃样本,十字符号代表牛奶样本,三角符号为待测样本,由图中可以清晰的看到,相同气体的样本聚集,不同气味的样本都分散。待测样本处于实验样本中间。所有的待测样本,都处于训练样本的识别范围区间。

实验结果显示表明,不同气体经过采集电子鼻通过气味分析识别软件进行分类处理后,能够清晰、准确地对不同气体进行识别,识别率达到 100%。

参考文献:

- [1] 邹宇华. 岭南中草药分类鉴别的机器嗅觉实现方法研究[D]. 广州:广东工业大学,2009.
- [2] 骆德汉,许广桂. 仿生嗅觉传感技术的研究现状与进展[J]. 制造业与自动化,2007,29(12):7-11.
- [3] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [4] 韦东山. 嵌入式 Linux 应用开发完全手册[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.
- [5] 杨建华,侯宏,王磊,等. 基于集成气体传感器阵列的电子鼻系统[J]. 传感器技术,2003,22(8):2-3.
- [6] Anglong Devices Inc. AD620 datasheet[M]. [s.l.]: Anglong Devices Inc., 2002:13-18.
- [7] Love R. Linux Kernel Development[M]. 2nd ed. Beijing:China Machine Press,2011.

(下转第 215 页)

4) 其他节点对检查的结果进行响应。向新加入的节点发送自身的样本序号

5) 新加入的节点对两个样本序号进行比较,若自身的比较小,则向相关节点发送传输数据请求;

6) 相应节点接收到请求后,向新加入的节点发送要求的数据。

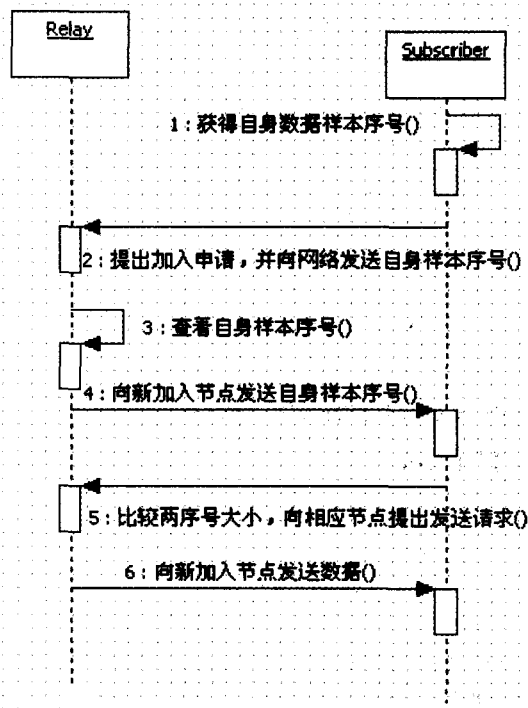


图 4 故障节点数据更新过程

3 结束语

基于 DDS 规范的航行通告分发服务,可实现在各个节点之间高效、高速地进行数据交换。通信双方在空间、时间和数据通信的松耦合性使得航行通告分发网络更易扩展。QoS 策略大大增加了通信的灵活性,

从而实现了信息分发的最优控制。总之,基于 DDS 规范的航行通告分发服务实现了“在正确的时间、正确的位置获取正确的数据”的需求。

参考文献:

- [1] 国际民航组织. 从航行情报服务 (AIS) 向航行情报管理 (AIM) 过渡 [R]. 出版地不详: 国际民航组织, 2010.
- [2] 中国民用航空局. 民用航空情报工作规则 [S]. 2010.
- [3] 陆海翔. 中国航行情报服务的回顾与展望 [J]. 江苏航空, 2003(3): 17-18.
- [4] 刘军, 孟飞. 民航航行情报处理系统的维护管理与常见故障处理 [J]. 硅谷, 2011(5): 140-141.
- [5] 卢传富, 钱兴华. 实时数据发布服务的研究 [J]. 舰船电子工程, 2006, 26(1): 64-67.
- [6] 樊志强. 实时数据分布式服务技术及其领域应用 [J]. 程序员, 2008(6): 105-108.
- [7] Zhai Lidong, Guo Li, Cui Xiang, et al. Research on Real-time Publish/Subscribe System Supported by Data-integration [J]. Journal of Software, 2011, 6(6): 1133-1139.
- [8] 张大海, 赖兰剑, 陈鼎才. DDS 在分布式系统仿真中的应用 [J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(3): 250-253.
- [9] 孙文俊, 冯燕, 张宏宇. 基于 DDS 的实时信息交换平台研究 [J]. 指挥信息系统与技术, 2011, 2(1): 49-53.
- [10] Kwon K J, Park C B, Choi H. A Proxy-based Approach for Mobility Support in the DDS System [C]//6th IEEE International Conference on Industrial Informatics. [s. l.]: [s. n.], 2008: 1200-1205.
- [11] 张冬梅, 王磊. 面向分布式网络的信息按需分层分发系统框架 [J]. 自动化仪表, 2011, 32(8): 36-39.
- [12] Chungwoo L, Jaeil H, Chulbum A, et al. Self-describing and Data Propagation Model for Data Distribution Service [C]//IFIP International Federation for Information Processing. [s. l.]: [s. n.], 2008: 102-113.
- [13] 程雄, 向慧. 对数据发布服务标准基本要素的研究 [J]. 计算机与数字工程, 2007, 35(8): 53-56.

(上接第 211 页)

- [8] 科波特. Linux 设备驱动程序 [M]. 第 3 版. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [9] 宋宝华. 设备驱动开发详解 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- [10] C++ GUI Programming with QT4 [M]. 2nd ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2008: 11-134.
- [11] 边肇祺, 张学工. 模式识别 [M]. 第 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [12] 张覃轶, 谢长生. 电子鼻模式识别算法的比较研究 [J]. 传感技术学报, 2005, 18(3): 3-4.
- [13] Luo D, Hosseini H G, Stewart J R. Application of ANN with Extracted Parameters from an Electronic Nose in Cigarette Brand Identification [J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2004, 99(2-3): 253-257.
- [14] Matlab for engineers [M]. 2nd ed. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2010.