第38卷 第17期
Vol.38 No.17

计 算 机 工 程
Computer Engineering

2012年9月
September 2012

• 物联网专题 •

文章编号：1000—3428(2012)17—0001—04 文献标识码：A 中图分类号：N945

基于物联网的环境情景感知系统设计与实现

李 征，马永涛，刘开华

(天津大学电子信息工程学院，天津 300072)

摘 要：针对特殊商品的监管问题，介绍一种基于物联网技术的环境情景感知系统解决方案，叙述情景感知网关的开发过程。该网关硬件以嵌入式ARM处理器为核心，实现多信源感知以及环境情景信息的处理与传输。软件采用Linux操作系统，配合数字降噪、非线性补偿、参数映射等技术，获得高精度的感知数据。经应用证明，该系统不仅可完成分布式多信源环境情景的监测，还能通过对数据的深度挖掘，实现多种智能服务。

关键词：物联网；情景感知；ARM处理器；分布式；环境监测；智能服务

Design and Implementation of Environmental Context Awareness System Based on Internet of Things

LI Zheng, MA Yong-tao, LIU Kai-hua

(School of Electronic Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

【Abstract】For the supervision of special goods, the solution is introduced for the environment context aware system based on Internet of Things(IoT) technology. It specifically focuses on the design process of the context awareness gateway. The hardware of the gateway is based on ARM11 processor, which can perceive on the multi-source, process and transmit environmental context information. The software of the gateway uses Linux operating system. The design can obtain high-precision sensing data by using digital filtering techniques, nonlinear compensation technology and parameter mapping technology. The application verifies that the system not only can monitor the distributed multi-source environment context, but also can realize intelligent service through data mining deeply.

【Key words】Internet of Things(IoT); context awareness; ARM processor; distributed; environmental monitoring; intelligent service

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.17.001

1 概述

食品药品是关系到人民身体健康的特殊商品，各国均对其生产、流通等环节实行严格的监督管理。目前我国食品药品经营队伍庞大，监管的手段相对落后，难以保证食品药品存放质量和生产安全。积极运用现代信息化手段、提升食品药品监管的智能服务水平迫在眉睫。为此，国家食品药品监督管理局于2012年2月28日颁布了《2011~2015年药品电子监管工作规划》，明确提出要在2015年年底前实现药品全品种全过程电子监管，保障药品在生产、流通、使用各环节的安全[1]。物联网(Internet of Things, IoT)是具有标识、感知和智能处理能力，借助通信技术互连而成的网络，目的在于为人们提供智能服务[2]。物联网主要有3种基本应用模式：对象的智能标签，环境监控和对象跟踪，对象的智能控制[3]。将物联网技术引入食品药品监管领域，构建高效协调的电子监管平台，对实现食品药品监管的科学化、信息化和智能化具有重要的意义。近年来，基于无线射频的传感器开始被应用于对蔬菜大棚、肉类跟踪追溯等食物生长、加工和物流环节的监控[4-5]，而其在医药行业的应用则主要集中在远程医疗、病患监测等领域[6-7]。

在药品生产和销售场所，温度和湿度是影响药品质量的重要因素。因此，对此类环境参数进行准确的测量和控制对于安全生产、科技发展具有重要意义[8]。通常药品经营场地具有以下特点：地点分散、数目众多且情况复杂；药品种类多且对环境的要求多样，如普通、冷链和特殊环境等。现有监测设备大多功能简单，智能化程度低，甚至需要人工现场采集信息，无法实现对药品的全程、实时监管和智能服务。目前，模糊控制已被用于中成药制药流程的温湿度监控系统[9]，但其算法的应用效果往往受到需事先设定的经验数据准确性的影响。此外，经对近年来国内

基金项目：天津市科技发展计划基金资助项目“采用嵌入式系统的无线多通道环境参量实时测控仪”(06ZHCXGX11200)；天津市科技支撑计划基金资助项目“智能航空铅封技术研究”(102CKFGX29200)

作者简介：李 征(1979－)，男，博士研究生，主研方向：多节点网元的资源优化，物联网应用技术；马永涛，讲师、博士；刘开华，教授、博士

收稿日期：2012-04-05 **修回日期：**2012-05-22 **E-mail：**hughli@gmail.com

外研究成果的总结分析发现，物联网等感知技术在药品销售环节的应用还鲜有提及。

情景感知是随着计算机及通信技术发展应运而生的新技术。情景感知获得传感器采集的情景信息以后，对信息进行智能处理，自主地为用户提供服务[10]。本文设计一种分布式药品经营场所环境情景感知系统，并对其中情景感知网关的实现进行叙述。

2 系统解决方案

系统硬件结构如图 1 所示。

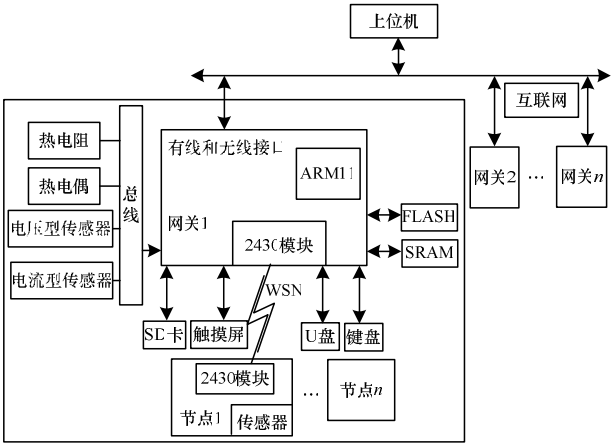


图 1 系统硬件结构

根据第 1 节的描述，本文系统应具备以下功能：可分布式，多信源协同感知和存储监管场所的温度、湿度等环境情景信息；采用有线或无线网络方式传输情景数据；海量情景信息存储管理、智能分析与处理、回馈监管信息、友好界面等高水平应用。本文系统采用分层结构[11]：环境情景感知层(简称“感知层”)和管理与应用层(简称“管理层”)。其中，感知层负责局部环境多信源情景协同感知、数据缓存与汇总和初步数据分析与处理；通过网络上传情景数据并及时回馈监管信息。感知层硬件包括：节点模块和感知网关。节点模块仅具有环境情景感知和无线数据传输功能，感知网关除具有上述功能之外，还拥有数据汇总缓存，初步数据分析与处理，传达回馈监管信息等功能。节点模块和感知网关的技术指标设计为：可连接温、湿度等多种类型的传感器，其中，温度测量范围为−100℃~1 000℃，显示分辨率为小数点后 2 位；湿度测量范围为 0~99% RH，显示分辨率为小数点后一位；其他物理参数测量指标根据实际情况而定。传感器每 30 min 采样一次，网关可实时上传采样数据，或每天集中上传一次。系统要求网关可缓存一周以上的情景数据。管理层硬件主要包括服务器和大容量存储设备，负责全局海量情景信息存储管理、数据分析与处理，并在此基础上，形成协同监管信息、智能服务、友好界面等应用。系统要求监管范围大于 500 个网点(可扩展)，可长期存储(至少一年)原始感知数据和监管记录。

对于监测环境范围较小的场所(如小型药品销售网点)，直接使用感知网关配合多传感器协同实现情景感知，并将采集的数据汇总、初步处理后通过互联网上传管理层服务器。对于范围较大的场所，或不便于布线联网的场合，采用节点模块与感知网关结合，组成局域 ZigBee 无线传感器网络，完成情景感知、数据汇总和初步处理。感知网关与管理层服务器之间采用有线或无线互联网完成数据传输与通信。感知层和管理层硬件与软件共同构成基于物联网技术的分布式医药经营环境情景感知应用系统。

3 感知网关的硬件设计

节点模块由情景感知电路和 Zigbee 无线传感器网络电路组成，与感知网关相关电路完全相同，下面将主要介绍感知网关的硬件电路设计过程。感知网关的特点是：外接传感器的数量与种类多，需预留的接口和外设多，感知信息的精度高，处理器的运算能力强。由此，网关以高性能嵌入式 ARM 处理器为核心，主要包括传感器电路、信号调理电路、A/D 转换电路、ARM 处理器与外设电路、通信与接口电路，其结构如图 2 所示。

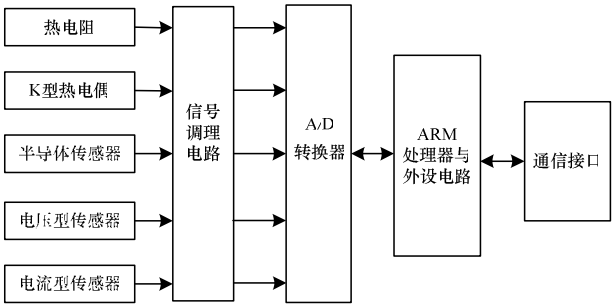


图 2 感知网关主要电路结构

3.1 ARM 处理器与外设电路设计

由于感知网关需对多通道数据实时处理，且需缓存的数据量较大，因此主处理器选用性能优良的 ARM11 处理器[12]，并设置 128 MB SDRAM、2 GB Nand Flash、8 MB Flash 存储空间；集成互联网(有线和无线)、USB2.0、ZigBee、RS-232/485、SD 卡等多种接口；可连接微型打印机、液晶触摸屏、键盘等外部设备。处理器电路设计了 8 路(可扩展)传感器数据通道，方便多传感器协同感知，且利于智能处理与剔除随机干扰。

3.2 传感器电路设计

针对普通、冷链等不同环境情景监测的需求，感知网关可外接热电阻、热电偶、半导体、电压/电流型集成温湿度等多种传感器。以热电偶温度和集成温湿度传感器为例介绍设计过程。

(1)热电偶温度传感器电路

热电偶具有结构简单、制造容易、价格便宜、惰性小、准确度高、测温范围广等优点，是工业上普遍使用的温度检测传感器之一，被用来测量−200 °C~1 300 °C 范围内的温度。其测温原理为[13-14]：热电偶的热电动势由其 A(热端)、B(冷端)2 个接点的温度所决定。表示为：

$$E_{AB}(T,T_0)=E(T)-E(T_0) \tag{1}$$

当冷端的温度 T_0 保持某恒定温度值时，有：

$$E_{AB}(T,T_0)=E(T) \tag{2}$$

通过参数映射将采集的 $E(T)$数值变换为温度值，即可实现温度的自动测试。本文网关选用由镍铬和镍硅(铝)2 种成分构成，具有测温范围宽、灵敏度高、抗氧化能力强等特点的 K 型热电偶，适于 1 000 °C 以下的应用场合。热电偶的输出为电势信号，但幅度较小，需要经过总增益为 42 dB 的 2 级放大器调理，以满足 A/D 转换器对输入信号幅度的要求。

热电偶冷端的温度往往并不恒定，会给测试结果带来误差，本文方案选用热电动势补正法消除该影响。

(2)集成温湿度传感器电路设计

对于普通室内环境应用场合，感知网关选择精度与灵敏度高、且有较好线性度的霍尼韦尔公司 CHT 系列温湿度变送器[15]。其中，电压型传感器选用 CHT3W2TLD，可测量温度范围为−10 °C~60 °C，湿度为 0~100%RH，其 0~5 V 输出可直接送入 A/D 转换器。电流型传感器选用 CHT3W1TLD，可测量温度范围为−10 °C~60 °C，湿度为 0~100%RH，其 4 mA~20 mA 输出电流信号，通过串接 250 Ω电阻变转为 1 V~5 V 电压信号送入 A/D 转换器。

3.3　A/D 转换器电路及其他电路设计

A/D 转换器选用 MAXIM 公司生产的多量程、12 位 A/D 转换器 MAX197。ZigBee 网络、USB 接口电路、有线/无线互联网等接口电路均采用常用集成芯片解决方案，热电阻等其他传感器电路设计原理与上述介绍相似，限于篇幅，不再赘述。

4　信息处理模型与软件设计

4.1　系统的信息处理模型

环境情景感知系统的信息处理模型如图 3 所示。

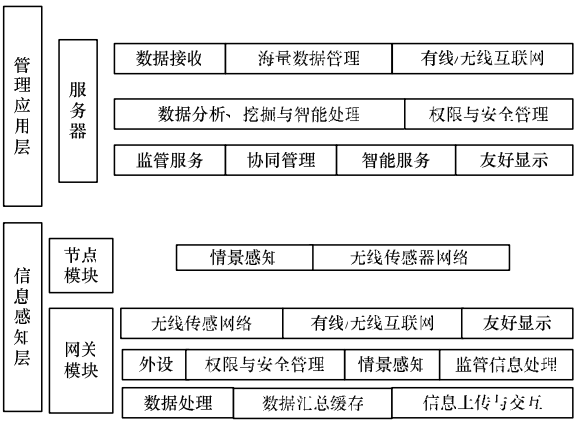


图 3　系统信息处理模型

感知层数据处理主要围绕去除噪声和干扰的影响、提高感知的正确性与准确性展开。管理层软件采用 Access 数据库技术完成 500 个监控点长达一年的海量感知数据的存储管理，并实现历史数据查询，用户信息、设备信息的管理等服务功能。同时通过数据处理，实时生成温、湿度动态信息并回馈监管场所。如发现违规现象，将以报警方式通知经营者和高层管理部门，并做好事件备案。本文系统与 RFID 技术配合，可自动记录药品的生产、配送、销售等信息，在此基础上可向经营/管理者提供药品营销统计资料、销售网点优化建议、问题药品追溯等高级智能服务。下面将主要介绍感知网关软件设计。

4.2　感知网关软件设计

感知网关软件主要任务包括：环境情景数据采集，数字降噪与补偿，数据通信与信息显示。软件选择具有开放性、可移植性、强大网络功能的 Linux 操作系统和 MiniGUI(一种可提供面向实时嵌入式系统的图形用户界面支撑系统)[16]等工具。感知网关程序流程如图 4 所示。

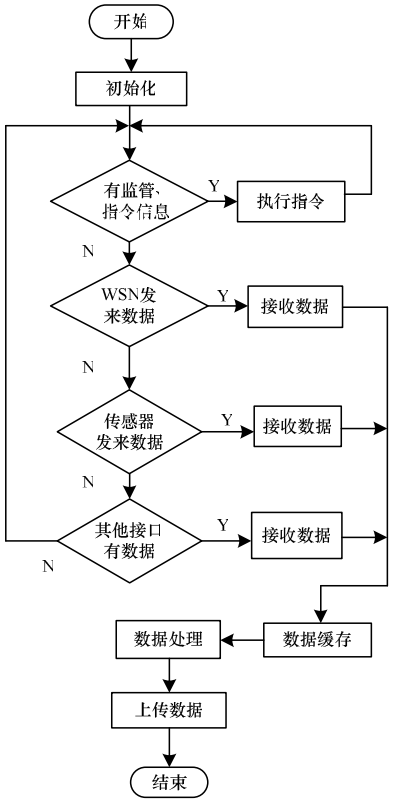


图 4　感知网关软件流程

4.3　数字降噪处理算法与措施

有效去除数据中噪声和测量误差的影响，是提高系统感知精度的关键。经分析本文系统误差主要来源于：应用场所存在的随机干扰、脉冲干扰；网关本身存在的电路、器件非理想因素的影响；数据传输过程的误码。针对上述问题，系统采用了相应措施。

(1)随机干扰和脉冲干扰处理算法

对于应用场所存在的随机干扰和脉冲干扰，采用算术平均滤波对抑制随机干扰效果比较好，而中值滤波对脉冲干扰的抑制非常有效。因而感知网关选用两者结合的去极值平均滤波方法。算法原理如下：

设网关外接 m 个传感器，每次取 n 次采样数据进行滤波处理，则 x_{ijk}表示第 j 号传感器的第 k 次采样值，其中，i 代表处理后的数据序号。首先将采样数据排序，去除其中最大和最小的累加值；然后求其余$(n-2)\times m$ 个数据的累加平均值，得到滤波处理后的结果。数学表达如下：

$$y_i=\frac{1}{(n-2)m}\cdot\left[\sum_{k=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}x_{ijk}-(\max\sum_{j=1}^{m}x_{ijk}+\min\sum_{j=1}^{m}x_{ijk}),k=1,2,\cdots,n\right] \quad (3)$$

(2)电路非理想因素的影响

由于温度测量的敏感性，各级硬件电路非理想因素带来

的测试误差影响较大。感知网关设计了软件自校准程序，具体方法为：在信号调理电路的输入端接某种标准信号，嵌入式处理器根据实际响应与标准响应的比较，调整相关系数，达到软件校准的目的。该方法可根据各种传感器的特点设计不同的软件校准程序，既避免了调整硬件电路的麻烦，简化了校准过程，也保证的测量精度。

(3)非线性特性拟合算法

热电偶等传感器件都具有不同程度的非线性特性，甚至无法用简单的数学表达式描述。所以，该类传感器通常采用查表映射法获得感知的环境参数，其精度取决于映射表格的步长。在实际应用中，往往由于存储空间有限制约了步长选取，给大范围的动态监测带来误差。综合考虑，本文系统选用查表法和线性插值相结合的方案较好地解决了该问题。即首先将传感器的非线性数据表格分为 n 个区间；然后，根据数字化的情景信息，找到其对应区间，获取区间数据；最后，采用线性插值方法确定其输出结果。补偿原理如下：

设器件的非线性特性曲线为 $y=f(x)$，则可获得数据 $y_i=f(x_i),i=1,2,\cdots,n$。当采样值 x 在(x_i,x_{i+1})之间时，其对应的逼近输出值 y 的表达式为：

$$y = y_i + (y_{i+1} - y_i)\frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i} \tag{4}$$

只需 n 取得足够大，即可获得良好得精度。

(4)传输问题

在实际应用过程中，经检测发现 RS232 串口通信和无线通信方式经常发生误码现象。针对该问题，系统一方面采用 RS485 接口代替 RS232 接口传输距离较远的信号，并利用 MODBUS 协议中的 RTU 传输模式实现传感器与感知网关之间的通信，提高数据传输的可靠性；另一方面在无线传输方式中，采用 BCH 纠错码技术代替 CRC 校验，增强了系统的纠错能力；同时在软件中采用误码重传技术。通过上述措施，基本消除了数传过程的误码现象。

(5)其他措施

本文方案选用热电动势补正法补偿热电偶冷端温度非恒定的问题，其中，热电偶冷端的热电势由半导体温度传感器间接测得。设计中对工作端和冷端的热电势同时采样，利用软件差分技术在获得两端之间热电势 $E(t,t_0)$ 的同时，还有效降低了部分共模干扰的影响。需要注意的是在查表之前，对 $E(t,t_0)$ 要乘以一个校正系数 k，以去除硬件电路带来的误差，并且为避免浮点运算，数据可能还要乘一个系数 k'。即最终输出为：

$$E'(t,t_0) = k' \times k \times E(t,t_0) \tag{5}$$

5 结束语

本文介绍了一种基于物联网技术的分布式药品经营场所环境情景感知系统，开发了其中的感知网关和管理层软件架构。经实验室和实际生产、监管部门使用验证，该感知网关可实时、全程监测医药经营场所的环境情景信息，技术指标完全满足设计要求，配合管理应用层设备，可实现分布式、多信源环境情景感知、协同数据处理和智能监管与服务。本文系统可成为食品药品生产、流通全过程电子监管平台的重要组成部分，并可根据用户需要，灵活地扩展其他功能，其设计思想对其他情景感知系统的开发也有一定的参考价值。

参考文献

[1] 国家食品药品监督管理局. 2011~2015 年药品电子监管工作规划[EB/OL]. (2012-02-27). http://www.sda.gov.cn.

[2] 顾晶晶, 陈松灿, 庄 毅, 基于无线传感器网络拓扑结构的物联网定位模型[J]. 计算机学报, 2010, 33(9): 1548-1556.

[3] 马惠英. 一门倍受关注的高新技术——物联网技术[J]. 物理通报, 2011, 40(11): 3-5.

[4] Jiang Xiao, Bei Jiang, Kan Jiangming. Design for Wireless Temperature and Humidity Monitoring System of the Intelligent Greenhouse[C]//Proc. of the 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology. Cairo, Egypt: [s. n.], 2010.

[5] 陈天华, 唐海涛, 射频识别技术在食品安全控制中的应用[J]. 北京工商大学学报: 自然科学版, 2011, 29(5): 69-73.

[6] Lu Dongxin, Liu Tao. The Application of IoT in Medical System[C]//Proc. of International Symposium on IT in Medicine and Education. Wuhan, China: [s. n.], 2011.

[7] Istepanian R S H, Hu Sijung, Philip N Y, et al. The Potential of Internet of m-health Things “m-IoT” for Non-invasive Glucose Level Sensing[C]//Proc. of the 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS. Boston, USA: [s. n.], 2011.

[8] 姜忠良, 陈秀云. 温度的测量与控制[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.

[9] Zhang Weizhao, Ma Shengqian, Fan Manhong, et al. Design of Temperature and Humidity Intelligent Monitoring System[C]//Proc. of International Conference on Electrical and Control Engineering. Wuhan, China: [s. n.], 2010.

[10] 童恩栋, 沈 强, 雷 君, 等. 物联网情景感知技术研究[J]. 计算机科学, 2011, 38(4): 9-14.

[11] Samsung Electronics Co., Ltd. S3C6410X RISC Microprocessor User’s Manual, Rev 1.20[EB/OL]. (2009-02-13). http://download.csdn.net/detail/lli_njupt/3433651/.

[12] 郝丽宏, 林 凌, 易志明, 等. 热电偶测温的若干问题[J]. 电子产品世界, 2003, 11(1): 83-85.

[13] 国家技术监督局计量司. 90 国际温标通用热电偶分度表手册[M]. 北京: 中国计量出版社, 1994.

[14] 霍尼韦尔公司. CHT 系列温湿度变送器产品说明书[EB/OL]. (2009-08-25). http://sensing.honeywell.com/.

[15] 安 健, 桂小林, 张 进, 等. 面向物联网移动感知的服务节点发现算法[J]. 西安交通大学学报, 2011, 45(12): 6-9.

[16] 北京飞漫软件技术有限公司. MiniGUI 高级图形系统[EB/OL]. (2011-05-08). http://www.fmsoft.cn/.

编辑 任吉慧