

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.12.041

基于 ZigBee 和 3G 技术的设施农业智能测控系统*

盛平¹ 郭洋洋¹ 李萍萍²

(1. 江苏大学计算机科学与通信工程学院, 镇江 212013; 2. 南京林业大学, 南京 210037)

【摘要】 为满足设施农业对精准控制与实时视频的要求,提出将基于 ZigBee 与 3G 技术的无线远程传感网络应用于设施农业中,构建一种高效的设施农业远程精准测控系统。该系统通过 ZigBee 无线传感网络实现本地环境信息的无线采集并上传到嵌入式服务器端。通过 3G 网络与 Internet 无缝连接,实现大范围的无线接入,采用 B/S 模式,实现远程实时监控环境信息与视频信息。通过内嵌的专家系统模型,实现自动化、智能化控制。试验结果表明,该系统性能稳定,信息无线采集与传输、环境自动调控及远程可视化调控均达到实际需求,同时具有很高的实时性及可扩展性。

关键词: 设施农业 远程测控 ZigBee 3G 嵌入式服务器

中图分类号: S126; TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)12-0229-05

Intelligent Measurement and Control System of Facility Agriculture Based on ZigBee and 3G

Sheng Ping¹ Guo Yangyang¹ Li Pingping²

(1. School of Computer Science and Telecommunication Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China

2. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract

Aimed at meeting the requirements of facility agriculture precision control, a kind of high efficient remote precise measurement and control system of facility agricultural based on ZigBee and 3G is proposed. Through the ZigBee wireless sensor network, the system realize the collection of local environmental information and upload the data to the embedded server. The system connect internet through 3G network, which could construct a big range and low cost wireless network. B/S (Browser/Server) structure was used in the system, which could realize remote real-time monitoring environmental data information and video information. The embedded expert system model make this system automatic and intelligent. The experimental results showed that the performance of the system was quite stable and the system satisfied the design requirements in real-time data acquisition wirelessly, environmental automatic control and environmental visualization control remotely. And this system has a very well real-time nature and expansibility. The system has a good application prospect in automatic and intelligent facility agriculture.

Key words Facility agriculture, Remote measurement and control, ZigBee, 3G, Embedded server

引言

设施农业属于高投入高产出,资金、技术、劳动

密集型的产业,首先要有一个配套的技术体系做支撑,其次还必须能产生效益。

目前中国的设施农业还处于初始发展阶段。一

收稿日期: 2012-07-13 修回日期: 2012-08-13

* 科技型中小企业技术创新基金资助项目(11C26213204549)和江苏省科技支撑计划资助项目(BE2010347)

作者简介: 盛平,高级工程师,主要从事嵌入系统、视频监控及跟踪研究, E-mail: pingsheng@ujs.edu.cn

些大型设施农业配置了环境监控系统,但大多采用 PLC(可编程逻辑控制器)作为现场监控中心,以人工观察、人工调节为手段,不仅占用人力资源,调控滞后,生产效率低,而且系统布线复杂,存在容易造成接触不良、维护困难、成本较高等缺点。韩华峰等^[1]基于 ZigBee 技术设计了一套温室环境远程监控系统,熊迎军等^[2]结合 ZigBee 和 GPRS 设计了农田图像采集与无线传输系统,这些系统前端实现了环境数据的无线采集,但是应用上具有局限性,因为一些大型的设施农业一般离办公区比较远,没有有线网络设施,无法采用普通的 Wifi 和有线方式接入 Internet 网络,而采用 GPRS 方式接入网络的方式无法满足实时视频监控的需求。

盛平等^[3]提出了将 ZigBee 与 3G 应用于污水处理厂监控中,段登等^[4]提出了将 ZigBee 与 3G 应用于电梯系统运行监控中。本文提出结合 ZigBee 与 3G 的设施农业远程测控系统,根据设施农业的实际情况,采用 3G、Wifi、有线等多种方式接入网络。

1 系统总体方案

本系统由用户控制层、网络层、嵌入式服务器层、现场设备与环境信息采集层共 4 层结构组成,如图 1 所示。

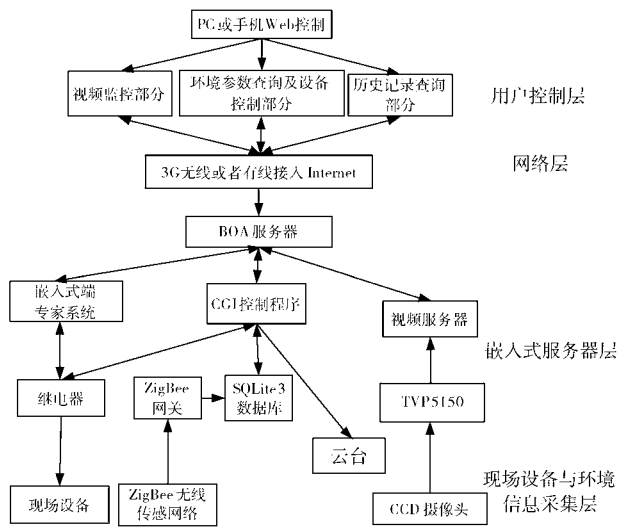


图 1 系统技术框架图

Fig. 1 Overall framework of system technology

现场设备与环境信息采集层主要包括 3 部分: ZigBee 无线传感网络,获取设施农业内温湿度等环境信息;CCD 摄像头,获取设施农业内视频信息;设施农业内可控设备,如喷灌机、电动遮阳系统、电热风机、CO₂ 产生系统等。嵌入式服务器层是该系统的核心控制部分,通过 ZigBee 网关与下层进行信息交互,通过 3G 网关与用户进行信息交互。网络层即 3G 网络,本系统采用的是电信的 3G 网络

CDMA2000,通过该层实现了实时远程测控。用户控制层主要是用户与系统进行交互,用户可以通过 PC 或手机 Web 方式登录到嵌入式 Web 服务器,实现系统实时控制监控。

本文设计的系统通过 3G 无线网络接入互联网,用户可通过 PC 或者手机浏览器远程登录到现场的嵌入式服务器端,查看现场实时视频和环境信息,可以随时精准调控设施农业内环境状态,也可根据具体的设施农业内种植或养殖种类设置专家系统,实现自动化、智能化控制^[5-6]。

2 系统功能模块设计

为了实现对设施农业内环境信息的获取和控制,现场控制站必须具备数据采集、视频图像采集、存储管理、分析处理、自动控制等功能^[4]。该系统的硬件结构如图 2 所示。

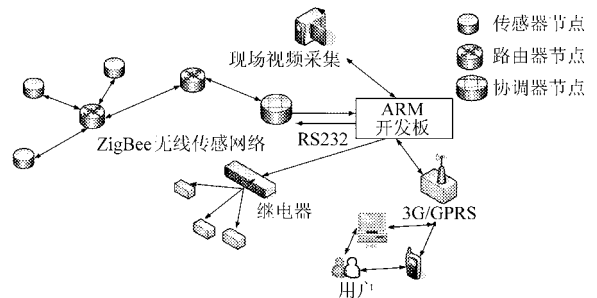


图 2 系统硬件结构图

Fig. 2 Hardware structure of system

2.1 ZigBee 无线传感网络与 3G 网络

采用低成本、低功耗、高集成度工业级 ZigBee 芯片 CC2530,具有超低电流消耗和高接收灵敏度等特点,可确保短距离通信信道的衰减小和可靠性。传感器节点可以根据设施农业的具体需求,搭载合适的传感器,如空气温湿度传感器、土壤温湿度传感器、光照传感器和 CO₂ 传感器等。ZigBee 网络有 3 种拓扑结构,分别是星状网、树状网和网状网。基于 ZigBee 自组网的特性以及设施农业需求的不同,选择适合的 ZigBee 无线传感网络^[6-9]。

系统采用的 3G 网络为电信的 CDMA2000。嵌入式服务器使用电信的 3G 上网卡连接网络,得到公网 IP,嵌入式服务器可以直接作为 3G 服务器,只要使用花生壳动态域名服务,用户可以通过 Internet 直接远程访问嵌入式服务器,极大地缩短了开发周期。本系统采用的 3G 模块为 Sierra Wireless 公司的 MC5725,通过 mini-pci 与嵌入式服务器连接,该模块支持电信的 3G 网络,上行传输速度为 1.8 Mb/s,下行速度为 3.1 Mb/s,价格低廉并可很好地满足本系统需求^[8]。

2.2 嵌入式服务器

嵌入式服务器硬件主要由 5 部分组成：ARM 控制器、3G 模块、ZigBee 协调器、TVP5150 和继电器。嵌入式服务器实物如图 3 所示。

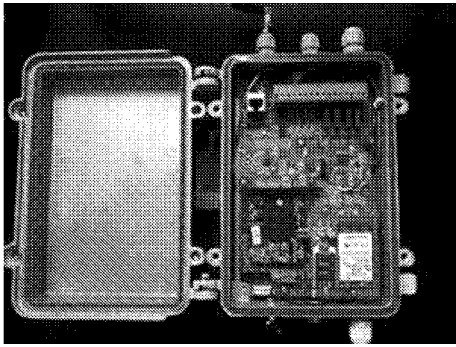


图 3 嵌入式服务器实物图

Fig. 3 Real figure of embedded server

本系统采用 ARM1176JZF - S 核作为嵌入式服务器的微处理器,该款处理器媒体处理能力强,功耗低,性能好,成本低。在软件上,嵌入式服务器集成了 BOA 服务器、SQLite3 数据库^[10]和嵌入式专家系统等。嵌入式系统软件结构如图 4 所示,虚线框内为嵌入式系统内移植的工具和应用程序。

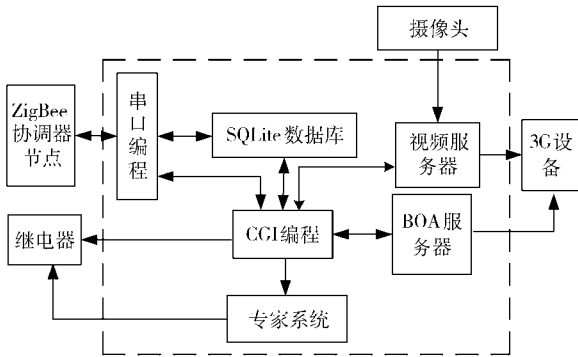


图 4 嵌入式服务器软件结构

Fig. 4 Software architecture of embedded server

ARM 控制器通过串口读取 ZigBee 无线传感网络收集的环境参数,为了方便存储、管理和查询环境数据,本系统采用嵌入式轻量级 SQLite 数据库。系统采用嵌入式 BOA 服务器软件架设 Web 服务器,采用 CGI(通用网关接口)使网页具有交互功能,解释处理来自表单的输入信息,并作出相应的处理。TVP5150 是一款超低功耗、封装极小的数字视频解码器,可以支持高清 CCD 摄像头的模数转换。

当环境温湿度等受监控参数发生变化时,传感器节点会通过 ZigBee 传感网络把数据发送到嵌入式服务器,嵌入式服务器同步更新 ARM 中的 SQLite 数据库,然后在 Web 上动态更新显示实时的环境参数。设备的控制模式有手动控制模式和专家系统自动化控制模式。手动控制模式,方便管理人员或专

家通过 Web 页面监控现场,并依据不同的设施农业类型的个性化要求进行调控。如果采用手动控制,可以随时发送控制命令到 ARM 控制器,控制远程设备的运行。手动控制模式下,可以手动切换到专家系统自动控制模式。专家系统自动控制模式下,专家系统会根据温度、湿度等实时数据,对喷灌机、电动遮阳系统、电热风机、CO₂ 产生系统等设备进行控制,精确调节设施内环境。ARM 控制器的工作流程如图 5 所示。

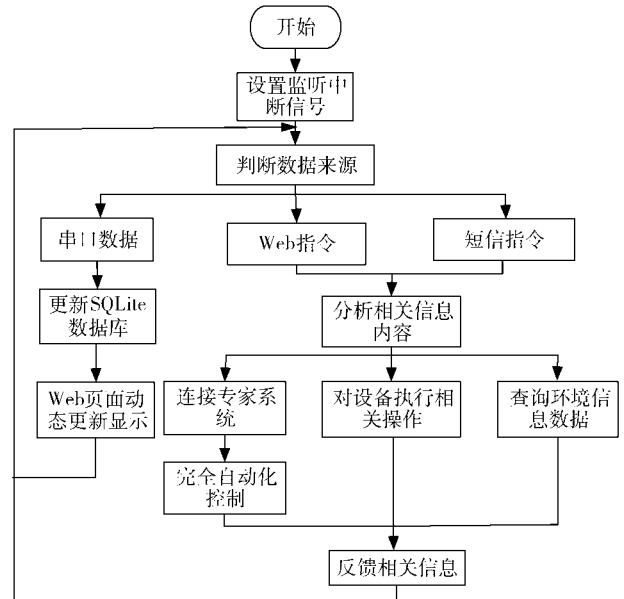


图 5 嵌入式服务器工作流程图

Fig. 5 Work flowchart of embedded server

2.3 Web 控制与专家系统

嵌入式服务器通过 3G 设备接入 Internet,用户可采用 PC 机或智能手机等实现远程访问和控制。系统采用 B/S(浏览器/服务器)模式,远程用户通过客户端浏览器登陆设施农业现场的嵌入式控制器,监测现场环境并控制设备调节环境。Web 控制界面如图 6 所示,可以实现查看现场的实时视频信息、查看实时环境数据信息、控制现场设备、查看历史记录和切换操作模式等功能。其中 Web 实时视频功能采用浏览器嵌入 VLC 播放器的方式实现。其中 VLC 播放器是一款开放支持网络视频并且可移植性很高的开源播放器^[11]。

专家系统模型采用自适应控制方式,该控制模型是 Smith 算法的改进型,对有延时的数据变化进行预先估算,根据运算结果再进行补偿。本设计在 Smith 算法中加入自适应回路,构成一种新的自适应 Smith 算法,既保留 Smith 算法克服纯滞后时间的优点^[12],又发挥自适应算法应对参数失配能力强的优势,当环境数据发生变化时可以准确地进行预估判断控制相应的设备,从而保持环境参数在预设

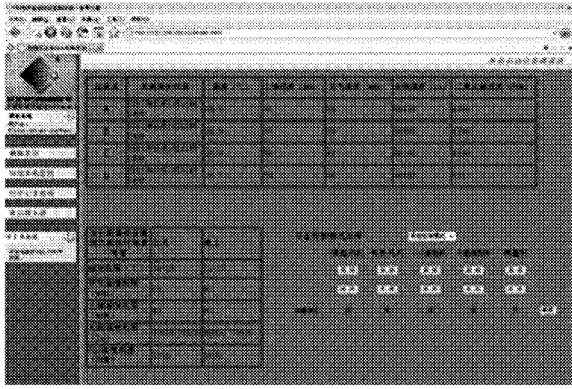


图6 Web控制界面

Fig.6 Page of Web control

范围内。

控制模式中的专家系统模式界面如图7所示。

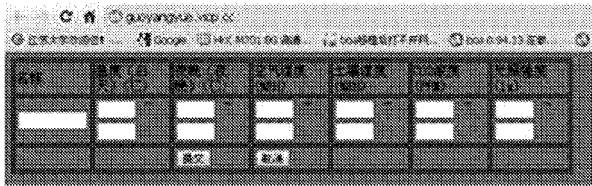


图7 专家系统参数输入界面

Fig.7 Page of expert system

以 Smith 算法为核心结合 SQLite3 数据库,封装了一个专家系统模型,根据具体的设施内对象,将适应对象最佳的环境参数范围输入专家系统模型接口中,点击确定,则嵌入式服务器将启动自适应控制。基于自适应控制的专家系统每隔 10 s 从数据库中读取一次数据,根据改进 Smith 算法进行比对分析,然后进行及时的精准调控^[13-14]。

3 实际应用

为验证该系统的可行性和实用性,选取了镇江市某科技示范园作为试验基地。该试验基地拥有多座温室,以其中一座培育番茄的温室为实施地点,该设施园艺的面积约 600 m²,试验时间为 2012 年 6 月 22 日 0:00 ~ 23:00 时,此时番茄处于结果期。因为空气温度与土壤水分对结果期番茄影响较大,本试验选取温度和土壤湿度作为环境监测试验对象,分析自适应控制模式下的环境控制能力。选用搭载高精度温度传感器 SHT0 和土壤水分传感器 HC-100TW 的 ZigBee 传感器节点,现场架设高清 CCD 摄像头,将设施内的降温设备和灌溉机接入继电器控制端口。

结果期番茄最佳的空气温度为:白天 24 ~ 26℃,夜晚 13 ~ 16℃,最佳土壤湿度是 75% ~ 85%。将最佳温度和最佳土壤湿度输入基于自适应控制的专家系统中,然后启动专家系统控制模式,根据实时

视频观察番茄生长情况以及设备运行情况,视频图像清楚,丢帧率较低。通过 Web 查看现场的实时视频图像如图 8 所示。

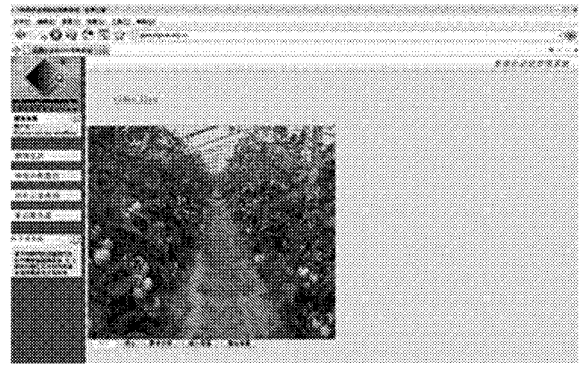


图8 Web实时视频

Fig.8 Realtime video of Web

将作物名称与适宜的环境数据输入自适应专家系统控制模式下。2012 年 6 月 22 日 0:00 ~ 23:00 设施内外空气温度与土壤湿度如图 9、10 所示。

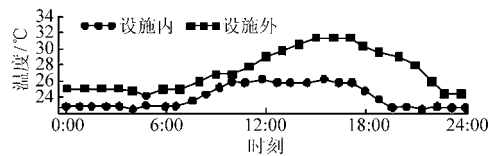


图9 专家模式下设施内外空气温度变化曲线

Fig.9 Air temperature indoor and outdoor under expert control mode

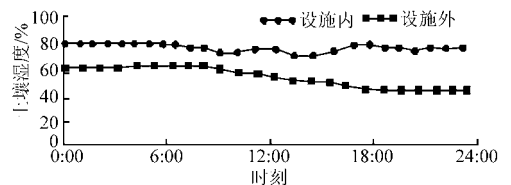


图10 专家模式下设施内外土壤湿度变化曲线

Fig.10 Soil humidity indoor and outdoor under expert control mode

如图 9、10 所示,6 月 22 日设施外晚间温度为 22 ~ 24℃,白天温度最高达 32℃,设施外土壤湿度在 55% ~ 65%。设施内晚间温度为 13 ~ 16℃,白天温度为 24 ~ 26℃,设施内土壤湿度为 77% ~ 83%。由以上数据可见,系统运行正常,并且该系统在专家控制模式下,能够根据番茄结果期对温度的特殊要求及时精准对温度和土壤湿度进行调控,确保了设施内温度和土壤湿度不因设施外的变化而发生剧烈变化,同时根据实时视频观察,设备启动正常,番茄生长情况良好,综合效果良好。

4 结束语

构建了基于 ZigBee 与 3G 技术的设施农业远程测控系统的软硬件平台。采用 BOA 服务器、SQLite3 数据库、CGI 脚本等构建嵌入式软件平台,

采用 ZigBee、Wifi、3G 等构建无线信息采集传输网络,采用改进的 Smith 算法构建专家系统。通过人工模式或者专家模式,该系统可以有效地调节设施农业内部环境。通过研究和应用表明,该系统使用

户端延伸和扩展到设施农业内设备,实现设备与 ARM 嵌入式设备之间、设备与人之间信息的交换和通信,实现设施农业环境的自动控制、精准调控和远程实时监控。

参 考 文 献

- 1 韩华峰,杜克明,孙忠富,等. 基于 ZigBee 网络的温室环境远程监控系统设计与应用[J]. 农业工程学报,2009,25(7): 158 ~ 163.
Han Huafeng, Du Keming, Sun Zhongfu, et al. Design and application of ZigBee based telemonitoring system for greenhouse environment data acquisition[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): 158 ~ 163. (in Chinese)
- 2 熊迎军,沈明霞,孙玉文,等. 农田图像采集与无线传输系统设计[J]. 农业机械学报,2011,42(3):184 ~ 187.
Xiong Yingjun, Shen Mingxia, Sun Yuwen, et al. Design on system of acquisition and wireless transmission for farm land image [J]. Transaction of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(3): 184 ~ 187. (in Chinese)
- 3 盛平,王玉秀,郭洋洋,等. 基于 ZigBee 和 3G 的多污水处理厂监控系统设计[J]. 排灌机械工程学报,2011,29(6):503 ~ 507.
Sheng Ping, Wang Yuxiu, Guo Yangyang, et al. System design for monitoring of more sewage treatment plant based on ZigBee and 3G[J]. Drainage and Irrigation Machinery, 2011, 29(6): 503 ~ 507. (in Chinese)
- 4 段登,邱意敏,周力. 基于 Zigbee 技术 + 3G 网络的多电梯远程监控系统[J]. 计算机系统应用,2012,21(3):185 ~ 189.
Duan Deng, Qiu Yimin, Zhou Li. The design of remote multi-elevator monitoring system based on Zigbee technology + 3G network[J]. Computer System & Applications, 2012, 21(3): 185 ~ 189. (in Chinese)
- 5 王美芝,田见晖,刘继军,等. 北京市繁殖猪舍高温环境控制状况[J]. 农业工程学报,2011,27(10):222 ~ 227.
Wang Meizhi, Tian Jianhui, Liu Jijun, et al. Environment control status of high temperature in reproductive piggery in Beijing [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(10): 222 ~ 227. (in Chinese)
- 6 Juan Ignacio Huircana, Carlos Munoz, Hector Young, et al. ZigBee-based wireless sensor network localization for cattle monitoring in grazing fields[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010, 74(2):258 ~ 264.
- 7 周怡颖,凌志浩,吴勤勤. ZigBee 无线通信技术及其应用探讨[J]. 自动化仪表,2005,26(6):5 ~ 9.
Zhou Yiting, Ling Zhihao, Wu Qin. ZigBee wireless communication technology and investigation on its application[J]. Process Automation Instrumentation, 2005, 26(6): 5 ~ 9. (in Chinese)
- 8 Luigi Atzoria, Antonio Ierab, Giacomo Morabito. The internet of things: a survey[J]. Computer Networks, 2010, 54(15): 2 787 ~ 2 805.
- 9 阎晓军,王维瑞,梁建平. 北京市设施农业物联网应用模式构建[J]. 农业工程学报,2012,28(4):149 ~ 154.
Yan Xiaojun, Wang Weirui, Liang Jianping. Application mode construction of internet of things (IOT) for facility agriculture in Beijing[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(4): 149 ~ 154. (in Chinese)
- 10 Bi Chunyue. Research and application of SQLite embedded database technology[J]. WSEAS Transactions on Computers, 2009, 8(1): 83 ~ 92.
- 11 郭斌,钱建平,张太红,等. 基于 Zigbee 的果蔬冷链配送环境信息采集系统[J]. 农业工程学报,2011,27(6):208 ~ 213.
Guo Bin, Qian Jianping, Zhang Taihong, et al. Zigbee-based information collection system for the environment of cold-chain logistics of fruits and vegetables[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(6): 208 ~ 213. (in Chinese)
- 12 张伟,何勇,裴正军,等. 基于无线传感网络与模糊控制的精细灌溉系统设计[J]. 农业工程学报,2009,25(增刊 2): 7 ~ 12.
Zhang Wei, He Yong, Qiu Zhengjun, et al. Design of precision irrigation system based on wireless sensor network and fuzzy control[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25 (Supp. 2): 7 ~ 12. (in Chinese)
- 13 Park P C, Lyapunov. Redesign of model reference adaptive control systems [J]. IEEE Trans. Automatic Control, 1966, 11 (4): 362 ~ 367.
- 14 刘平,马承伟,李保明,等. 猪舍夏季降温技术应用研究现状[J]. 农业工程学报,1997,13(增刊):47 ~ 52.
Liu Ping, Ma Chengwei, Li Baoming, et al. Development of cooling technique for swine housing in summer [J]. Transactions of the CSAE, 1997, 13(Supp.): 47 ~ 52. (in Chinese)