

发展中国家安全和环境数据收集的传感器节点和系统建议

皮埃尔·萨法克¹, 瓦列里·恩克梅尼¹, 布鲁诺·阿拉德²

1. 布埃亚大学电气与电子工程系 喀麦隆 布埃亚

2. 里昂应用科学研究院电气工程系 法国 里昂

摘要: 本文包括基于射频的传感器节点设计, 用于测量关键区域, 并远程收集有用的环境数据, 如污染物、雨量、温度和湿度。考虑到在调查区域的访问不良或不存, 在指定位置张贴足够的配备RF的传感器节点, 以收集数据, 由用作控制和处理单元的微控制器处理。处理单元还处理来自用户的请求并通过SMS发送反馈; 这些请求和相关反馈通过GSM模块传输。当检测到设置的参数时, 也会处理来自传感器的数据, 并自动发送相应的SMS警报或呼叫。除了在少数系统中使用基于GSM和微控制器的处理单元之外, 这里提出的系统还使用基于RF的传感器节点进行局域数据传感。这允许对给定位置进行实时调查。原型成功开发并测试了特定的COTS组件, 如用于局域网通信的RF TX/RX433MHz、用于将数据格式化为数字的PLL4046、用于远程通信的GSM SIM900以及用于数据处理的PIC16F877微控制器。

关键词: COTS组件; GSM; 微控制器; 传感器; 环境数据; 安全; 发展中国家

Sensor Nodes and System Proposal for Security and Environmental Data Collection in Developing Countries

Pierre Tsafack¹, Valery Nkemeni¹, Bruno Allard²

1. Department of Electrical and Electronics Engineering, University of Buea, Buea, Cameroon

2. Department of Electrical Engineering, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Lyon, France

Abstract: This paper consists of RF-based sensor nodes design for survey of critical areas and distance collection of useful environmental data such as pollutants, pluviometry, temperature and humidity. Given poor or nonexistent accesses in areas under investigation, adequate RF equipped sensor nodes are posted at indicated locations for collecting data to be processed by a microcontroller used as a control and processing unit. The processing unit also processes requests from users and sends feedbacks by SMS; those requests and related feedbacks are transmitted through a GSM module. Data from sensors are also processed and corresponding SMS alerts or calls are automatically sent when set parameters are detected. In addition to the use of GSM and microcontroller-based processing unit as in few systems, the proposed system here used RF-based sensor nodes for local area data sensing. That allows real time investigation of given locations. The prototype was successfully developed and tested with specific COTS components such as RF TX/RX433MHz for local area communication, PLL4046 for data formatting to digital, GSM SIM900 for long distance communication, and PIC16F877 microcontroller for data processing.

Keywords: COTS components; GSM; Microcontroller; Sensors; Environmental data; Security; Developing countries

1. 简介

多年来, 安全和控制系统已从有线方式转向无线方式; 其中一些使用ZigBee、LoRa、蓝牙、GSM和Wi-Fi技术。GSM已被证明是发展中国家通信/调查系统最有效的方法之一, 这得益于现有的遍布各个地区的部署良好

的网络及其提供的SMS服务。因此, 它是安全和控制系统中使用最多的技术之一。

与许多其他发展中国家一样, 在喀麦隆当地社区, 由于公民每天面临越来越多的安全威胁, 出于安全目的, 人们和财产都非常需要安保服务。考虑到持续快速的气

候变化，还非常需要通过使用适当的传感器节点高效实时收集相关数据，对环境进行持续调查。

因此，这项工作的主要目标是研究通信模块和技术，以设计远程、成本效益、高效和用户友好的安全与环境数据监测系统。因此，基于RF的传感器节点用于可访问和不可访问的位置。该建议的系统还使用GSM模块在用户和系统之间进行长距离和双向通信；此选项允许根据请求从系统收集数据。

为了实现上述目标，本工作安排如下：第二节回顾了用于通信、安全和控制的各种技术；比较了这些技术和一些使用GSM进行安全和控制的相关工作；第三节介绍了所采用的方法以及系统建议和分析。第四节介绍了实施、结果和讨论。我们在第五节中以结论和未来范围结束。

2. 技术、通信、控制和安全系统审查

尽管有线系统由于其优于无线局域网（LAN）的一些优点而仍在使用，但无线安全和控制系统正变得越来越流行。这是由于它们的安装灵活性，因为无需布线、易于系统升级、自动化能力以及最重要的远程访问。最常用的控制和安全无线技术包括Z-wave、ZigBee、Wi-Fi、蓝牙、LoRa和GSM。

2.1 无线技术的比较

下面的表1是上述无线通信技术的比较表。基于此，我们可以观察并得出结论，为什么选择GSM进行这项工作。事实上，与其他技术相比，GSM提供的范围更广；它在本地可用，因为蜂窝网络已经在本地部署；这有助于降低实施成本；它还与大多数（如果不是所有）用于安全和控制的设备兼容，并且便于用户理解。

表1 无线通信技术的比较^[1-3, 12, 13]

FEATURE	GSM	LORA	WI-FI	BLUETOOTH	ZIGBEE	Z-WAVE
Frequency	850MHz/1.9G Hz	868MHz 915MHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz 868MHz 915MHz	868MHz 908MHz
Type	WAN	LPWAN	LAN	PAN	PAN	PAN
Power	Very High	Low	High	Low	Very Low	Very Low
Battery Life	Hours	Years	Hours	Days	Months and years	Months and years
Mesh	No	No	30	7	65,000	232
Bandwidth	135 Kbps	27Kbps	2-100 Mbps	1Mbps	20-250 Kbps	100Kbps
Range (m)	35,000	15,000	1-100+	1-100	1-30, 100	150
Cost	Costly	Less costly	Cheap	Cheap	Cheap	Cheap
Local availability of module	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes
Compatibility with mobile /laptop	Yes	No	Yes	Yes	No	Yes

2.2 相关工程

本节涵盖了基于GSM的远程访问、控制和安全的不同方面的相关文献。

2.2.1 GSM安全和监控系统：使用PC作为处理单元

GSM安全和监控系统自2000年代初兴起。早期的系统实现使用PC进行控制，有时还结合GSM和其他技术进行通信。因此，提出了几种基于传感器网络的安全系统^[4, 5, 16, 17]。例如，2009年，一个基于GSMSMS技术的系统被设计用于远程控制家用电器^[4]。由此，客户端移动电话可以通过现有的GSM网络与服务器移动电话通信，其中消息通过SMS（短消息服务）传递。该系统利用蓝牙技术在家中远程访问控制，并利用GSM-SMS技术在户外远程访问设备。服务器移动设备通过蓝牙连接到服务器PC，PC通过电路网络连接到电器，另一方面，服务器移动设备经由GSM网络连接到客户端移动设备，确保了当所有者在家或远离家时的远程访问^[4]。图1是此类系统的架构。这种设计的一个主要缺点是使用计算机来控制系统，这是非常昂贵的。后来，微控制器被用于降

低成本。

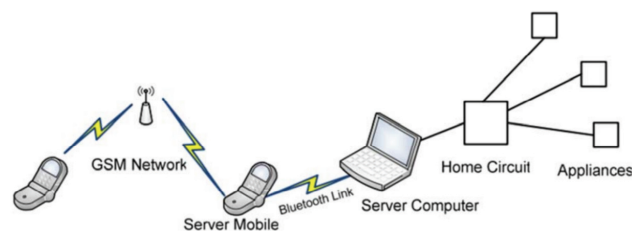


图1 用于远程控制家用电器的GSM-SMS技术架构^[4]

2.2.2 GSM安全和监控系统：使用微控制器作为处理单元

到2012年3月，为了降低成本和提高效率，使用微控制器几乎已经消除了计算机控制^[5, 6, 14-16]。例如，Sadeque Rezafor Khan等人提出了一种GSM，用于家庭低成本安全^[5]。该项目旨在加强家庭安全，防止入侵者和火灾。它采用了PIC单片机、GSM模块以及热传感器、障碍物传感器、烟雾传感器、声音传感器和触摸传感器等多种传感器。一旦发生未经授权的事件，业主、警察甚至消防队都会立即得到通知。图2是此类系统的图示。

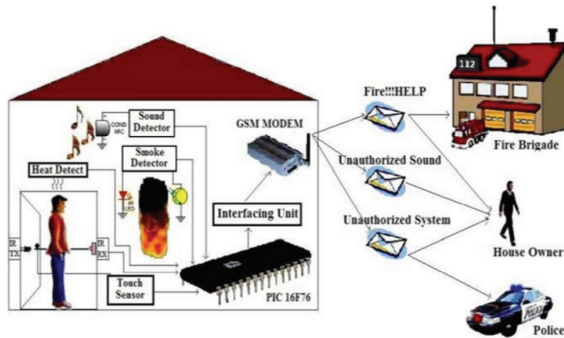


图2 使用GSM和PIC微控制器的低成本家庭安全系统示意图^[5]

2017年12月, Chandrakant Bhadranna提出了一个计算机实验室安全系统的设计^[6]。在这种情况下, PIR 传感器被用来检测是否有人存在, 以防止盗窃。他使用 ATMELE 系列微控制器来控制系统和 IP 摄像机来捕获图像和视频; 包括 GSM 模块, 用于系统和注册号码之间的通信。入侵者的视频可以在所有者的手机上实时观看, 这是通过在运动检测时使用 IP 摄像机实现的。

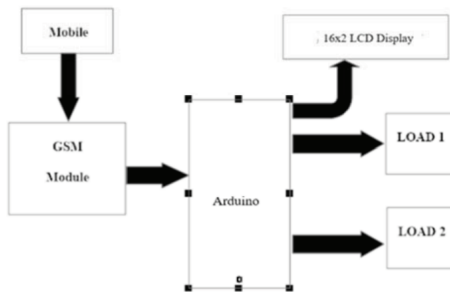


图3 基于GSM的家庭自动化系统框图^[7]

Yusuf Sharif 等人提出了另一个名为基于 GSM 的家庭自动化系统的系统^[7]。该系统设计用于控制整个房屋内的电气设备, 易于安装、易于使用, 并且设计和实施具有成本效益。它由 Arduino Uno 板、GSM 模块、基于 GSM 的电话、电源插座和家用电器组成。GSM SIM 通过 SMS 在家庭所有者和系统之间提供通信媒介。SMS 由待执行的书面命令组成。消息的格式是预定义的。SMS 消息作为具有明确预定义格式的文本消息通过 GSM 网络发送到 GSM SIM。一旦 GSM SIM 接收到消息, 微控制器就可以提取并执行发送的命令, 并通过开关模块相应地打开/关闭设备。图3是此类系统的框图。与上述系统类似, Sarkar 等人还提出了一种使用 SMS 的家用电器智能控制系统^[8]。移动单元被用作发送部分, 用户从中发送包含命令和指令的文本消息。

在同一框架中, Subhankar Chattraj 提出了一种基于不同传感器和 Arduino 作为主控制器的智能家居自动化^[9]。所提出的模型由两个主要硬件组件组成: Arduino Uno

微控制器板, 灵活、廉价, 提供各种数字和模拟输入、串行接口和 PWM 输出; 主控 Matlab GUI (图形用户界面) 平台管理的 PC 家庭服务器。Arduino Uno 控制着家用电器, 并允许用户通过语音命令访问它们。计算机通过 USB 数据传输电缆与 Arduino Uno 微控制器板通信。许多电器和传感器连接到微控制器板的通信端口, 可以远程监控和访问家用电器^[9]。图4是此类系统的框图。

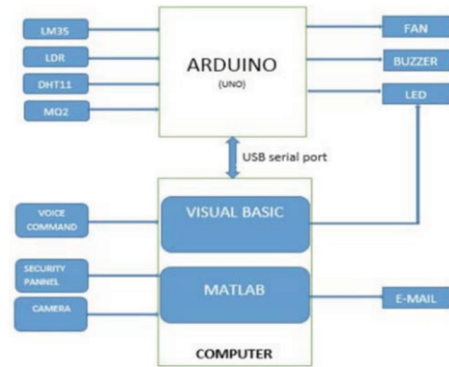


图4 基于Arduino和个人计算机的智能家居自动化框图^[9]

3. 建议的系统和分析

3.1 系统描述

所提出的系统由一个微控制器组成, 它起中央处理单元的作用; 所述基于 RF 的感测节点用于对所述环境进行调查并用于向所述中央处理单元进行短距离收集的数据传输; 然后是用于远程信息和控制的 GSM。污染物节点传感器、温度节点传感器和雨量节点传感器用于环境数据采集; 声音和运动传感器节点用于安全。框图如图 5 所示。与^[10]中实现的先前传感器系统的传感器电路类似, PLL4046^[11]用于通过 FM 调制进行 TX/RX 输入数据格式化, 如图 6 (b) 所示。事实上, TX/RX RF 模块只能传输数字信号; 因此, 我们继续使用基于 PLL4046 的数字频率调制对从原始信号到数字 TX/RX 输入的任何收集的数据或信息进行格式化。

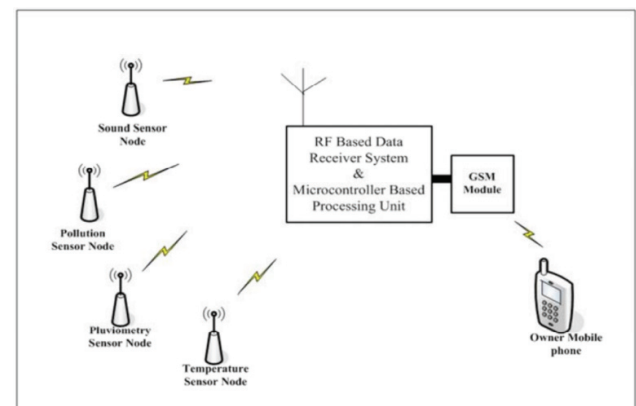


图5 拟议系统的框图

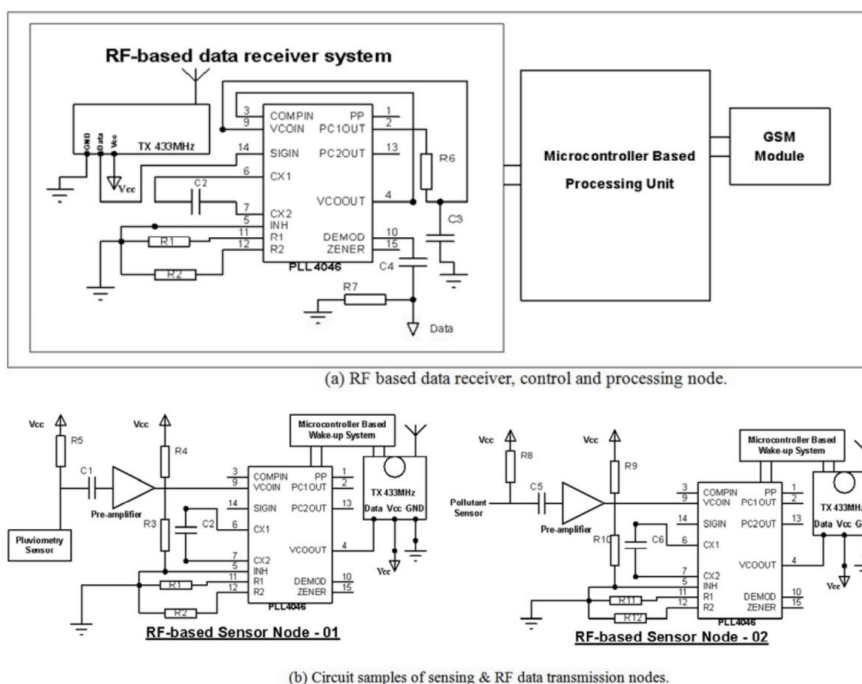


图6 节点电路概述

3.2 工作原理

运作原则包括以下活动：

一旦系统通电，各种传感器模块和微控制器端口被初始化；通信测试也在接入点传感器节点和基于微控制器的处理单元之间执行。接下来，GSM模块也被初始化为具有几秒的时间延迟，以便能够建立用于通信的网络。一旦通电，系统就会不间断地运行。在循环中，会检查用户是否向系统发送了一条短信作为控制或请求。如果系统收到SMS，它将读取并执行请求的指令。

循环中的另一个测试是调用。如果有呼叫，GSM会自动选择呼叫，然后用户可以收听系统周围正在进行的任何呼叫。

除了处理从远程传感器收集的数据/信息之外，该系统还可以使用直接连接的传感器来控制其附近的环境。

就环境跟踪而言，我们专注于温度、湿度和雨量等方面；对警告间隔进行编程，并在任何项目的状态改变时向用户发送带有所选值的SMS。除了SMS之外，一旦检测到警告值，还会向用户发出呼叫。

就安全而言，如果检测到运动，为了确保检测到入侵者，系统会检查PIR传感器是否至少触发了5次。如果该检查结果为肯定，则系统将向用户发出呼叫，同时发送短信“检测到入侵者”。当用户接收到呼叫时，他/她能够收听通过声音传感器拾取的音频声音，并能够采取适当的行动。

循环继续...

4. 实施、结果和讨论

本节介绍了硬件实现和为此工作获得的结果。

4.1 硬件系统方案

该系统方案基于COTS组件，如射频模块433MHz-TX/RX，用于将收集的数据/信息短距离射频通信至中央单元；SIM900A用于收集数据的远程传输，以及用户的最终远程请求或控制。一些传感器也直接连接到中央单元，用于控制和测量其周围区域。

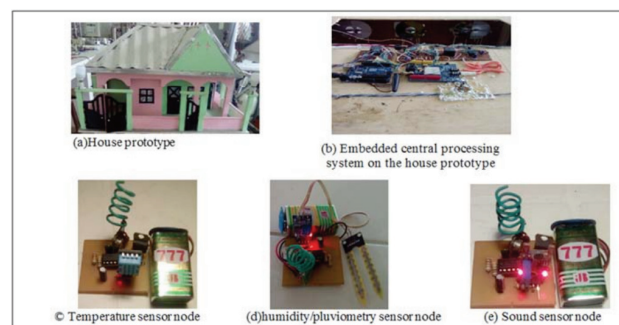


图7 房屋和传感器节点原型

使用设计的远程传感器节点进行测试，如图7(c)的温度传感器节点、集成在图7(b)中央单元上的PIR传感器和光传感器、图7(d)的湿度/雨量传感器节点和图7(e)的声音传感器节点。数据可以通过RF模块从局部区域收集到处理单元；然后通过SIM900A模块提供给用户。中央单元在本地处理必要的操作，如监控安全

灯和最终报警系统，仅将其状态发送给用户。图7(A)所示的房屋原型也用于真实的喷雾和远程传感器测试。

4.2 测试和结果

这里给出的结果主要是为了说明系统的预期功能；上述传感器原型用于该效果。就安全性而言，远程移动传感器节点监控正在调查的区域，并将其状态实时传输到中央处理单元，只有在检测到所需数量的移动（此处为5次）时，中央处理单元才能向用户发出呼叫，如图8(a)所示。此外，正如预期的那样，用户可以从远处命令很少的动作；如图8(b)所示，系统接收到“ON”信息，从而打开安全灯泡。同样，该区域上发生的所有更改都将实时发送给用户。例如，当LDR检测到黑暗时，安全灯泡点亮，并向用户发送相应的SMS，如下图8(c)所示。如图8(c)所示，温度状态经常被发送到中央单元，使业主了解数据处理后的合成情况；在任何指示的参数值突然增加的情况下，应发出额外的警告SMS/呼叫。

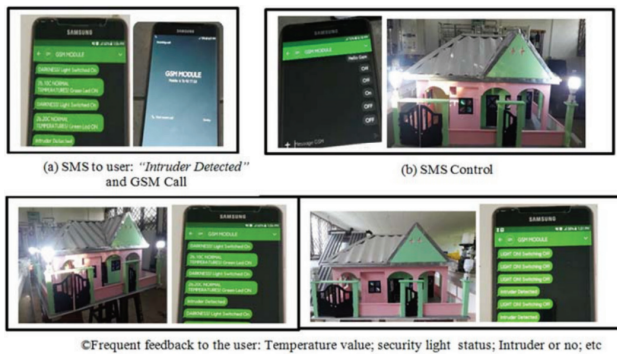


图8 典型的测试和结果

5. 结论

建立了一个功能齐全的系统，从几个调查点对当地进行安全和控制；该系统具有成本效益并且可远程访问。在这里使用基于射频的传感器子节点允许对无法访问的位置进行调查，并且与仅使用直接连接到中央处理单元的传感器时的非常有限的区域相比，还扩展了调查区域。子节点因此从它们各自的测量点收集数据并与中央处理单元通信，中央处理单元也作为系统的主节点和所有者的远程接入终端。这个系统可以安装在每个家庭，而不分社会阶层。此外，几乎每个当地居民都有一部手机，可以很容易地操作它，或者至少可以打开短信并接听电话，这使得系统非常方便和用户友好。该系统还可以在任何需要跟踪安全和环境指标（如温度、污染物和雨量）的地方实施。使用GSM使其成本低且可远程访问，尤其是通过其提供的SMS服务；它还提供双向通信能力。

该项目的未来范围将包括在系统中添加安全摄像头；

一旦检测到入侵者，就可以抓拍照片；这些图像可以存储在SD卡中，以便以后观看。

参考文献：

- [1] J. Teel, "Comparison of Wireless Technologies (Bluetooth, WiFi, BLE, Zigbee, Z-Wave, 6LowPAN, NFC, WiFi Direct, GSM, LTE, LoRa, NB-IoT, and LTE-M)," 7 November 2018. [Online]. Available: <http://www.predictabledesigns.com>. [Accessed 3 October 2019].
- [2] O. G. Aju, "A Survey of ZigBee Wireless Sensor Network Technology: Topology, Applications and Challenges," *International Journal of Computer Applications*, vol. 130, no. 9, pp. 47–55, November 2015.
- [3] J. Armstrong and C. R. Helps, "Comparative evaluation of ZigBee and Bluetooth: Embedded wireless network technologies for students and Designers," *American Society for Engineering Education*, pp. 1–12, 2007.
- [4] S. Akhter, "GSM-SMS technology for controlling home appliances remotely," *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*, pp. 1–5, January 2009.
- [5] S. R. Khan, A. A. Mansur, A. Kabir, S. Jaman and N. Chowdhury, "Design and Implementation of Low Cost Home Security System Using GSM Network," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 3, no. 3, 2012.
- [6] C. Bhadranna, "GSM Based Computer Lab Security System Using PIR Sensors," *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, vol. 6, no. 12, pp. 123–127, December 2017.
- [7] Y. Sharif, A. Gupta, R. Patni, R. Sharma, S. Shrimali and S. S. Nirban, "GSM Based Home Automation System," *International Journal of Electrical and Electronics Research*, vol. 5, no. 2, pp. 1–4, April – June 2017.
- [8] A. Sarkar, S. Sultana and M. H. Rahman, "A Smart Control System of Home Appliances Using SMS," *Global Journal of Researches in Engineering: For Electrical and Electronics Engineering*, vol. 17, no. 1, pp. 1–7, 2017.
- [9] S. Chattoraj, "Smart Home Automation based on different sensors and Arduino as the master controller," *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 5, no. 10, pp. 1–4, October 2015.
- [10] Pierre Tsafack, Jean Kamdem, Bruno Allard. Wake-Up RF Communication Node Design and Use for Communal Living and Emergency Alert in Remote Areas of Developing

Countries. *Applied Engineering*. Vol. 3, No. 1, 2019, pp. 65–70. doi: 10.11648/j.ae.20190301.18.

[11] D. K. Morgan, "Datasheet on CD4046B Phase-Locked Loop: A Versatile Building Block for Micropower Digital and Analog Applications," TEXAS INSTRUMENTS, 2003.

[12] A. M. Lonzetta, P. Cope, J. Campbell, B. J. Mohd and T. Hayajneh, "Security Vulnerabilities in Bluetooth Technology as used in IoT," *Journal of Sensor and Actuator Networks*, vol. 7, no. 28, July 2018.

[13] Rerkrai, K.; Jardak, C.; Kovacevic, A.; Riihijärvi, J.; Mähönen, P. Demo abstract: Survivable and scalable WSN solution for environmental monitoring in harsh conditions. In proceedings of 6th European conference on wireless sensor network, Cork, Ireland, U.K, february 11–13, 2009.

[14] Murty, R. N.; Mainland, G.; Rose, I.; Choudhury, A. R.; Gosain, A.; Bers, J.; Welsh, M. CitySense: An Urban-Scale

Wireless Sensor Network and Testbed. In Proceedings of the 8th IEEE Conference on Technologies for Homeland Security, Waltham, MA, USA; IEEE Computer Society: Waltham, MA, USA, 2008.

[15] Roderick Shepherd, Stephen Beirne, King Tong Lau, Brian Corcoran, Dermot Diamond, Monitoring chemical plumes in an environmental sensing chamber with a wireless chemical sensor network, *Sensors and Actuators B: Chemical* Volume 121, Issue 1, Special Issue: 25th Anniversary of Sensors and Actuators B: Chemical, 30 January 2007.

[16] Anurag Kumar et al. Wireless Sensor Networks for Human Intruder Detection, *Journal of the Indian Institute of Science* VOL 90: 3 Jul – Sep 2010.

[17] Dipanjan Bhattacharjee et. al. Design and Development of Wireless Sensor Node/ (IJCSE) *International Journal on Computer Science and Engineering*. Vol. 02, No. 07, 2010, 2431–2438.