物联网技术于人文艺术之应用

张志勇 郭经华 谢嘉浚 林志宇 邓振亚
（淡江大学资讯工程学系 台湾 25137）

摘 要 近年来，物联网(Internet of Things，IoT)产业受到许多的关注，世界各国均视其为潜在无限商机的高科技产业，并投入大量的资源从事研发与推广。由于物联网的应用非常广泛，且透过物联网技术人类得以提升生活质量，让生活更加便利，因此，本论文首先简介物联网的背景及应用，并介绍其基本概念与架构。接着，本论文以「无线感测真菌人文树道」为例，针对物联网技术应用于人文艺术领域进行说明，并详细叙述其所使用到之各项软件、韧体及硬件技术，透过真菌的感测、无线通信及异质网络连网功能的设计，使真菌网络成为物联网在人文艺术应用的一个重要典范。

关键词 物联网；无线感测网络；人文艺术

The Internet of Things Technology in Art and Culture Applications

CHANG Chih-yung KUO Chin-hwa HSIEH Chia-chun LIN Chih-yu TENG Cheng-ya
(*Department of Computer Science and Information Engineering, Tamkang University, Taiwan* 25137)

Abstract Recently, the Internet of Things (IoT) technology has attracted more and more attention. This is because the IoT technique can be widely used in a variety of applications, such as smart grid and intelligent transportation, healthcare, art, logistics, environmental monitoring and life. Today, the development of the IoT has been considered as one of the key technologies for improving the quality of daily activities of people. This paper firstly introduces the background and applications of the IoT and depicts the concept and architecture of the IoT. Then, this paper further presents the design and implementation of the Mushroom Networks, including the software, firmware and hardware designs. Several IoT technologies have been applied in the implementation of the mushroom node, including sensing, wireless communication and heterogeneous networking, making the Mushroom Networks to be a typical example of the IoT applied in art and culture domain.

Keywords internet of things; wireless sensor networks (WSN); art and culture

1 引 言

近年来，随着网络与通讯技术的创新及微机电与嵌入式技术的进步，物联网(internet of things,iot)的相关应用已逐渐受到关注。透过这些技术，感测、辨识与通讯能力已可嵌入于日常生活中的各种实体设备(appliance)或与其高度整合，使这些设备成为具有基本智能的智能对象(smart object)。物联网的应用非常广泛，如「智能电网」(smart grid)[1][2]、「智能交通」(intelligent transportation)[3][4]、「智慧医疗与照护」(intelligent healthcare)[5][6]、「人文艺术」(intelligent art)[7][8]、「智慧物流」(intelligent logistics)[9][10]、「智能环境监控」(intelligent

张志勇，淡江大学资讯工程学系专任教授，研究领域为无线感测网络及物联网，曾多次担任无线网络相关SCI索引之国际期刊客座编辑，并协助举办众多IEEE国际会议。E-mail：cychang@mail.tku.edu.tw。**郭经华**，淡江大学资讯工程学系专任教授及系主任，亦为淡江大学数字语言研究中心主任，研究领域为计算机辅助语言学习与多媒体处理技术。**谢嘉浚**，淡江大学资讯工程学系硕士研究生，研究方向为无线感测网络与物联网技术。**林志宇**，淡江大学资讯工程学系博士研究生，研究方向为WiFi无线通信及无线感测网络。**邓振亚**，淡江大学资讯工程学系硕士研究生，研究方向为嵌入式系统与物联网技术。

environmental monitoring)[11][12]与「智慧生活」(smart life)[13][14]等。这些应用主要结合各种不同的智能对象，以提升人类生活的质量，让人类的生活更加有保障。举例而言，在衣服中嵌入可感测人体生命特征(如心跳、血糖或血压)的生理感测芯片，使衣服成为「智能医疗与照护」应用中的智能对象，用以侦测病人或年长者的生命特征有无异常情形发生。

物联网最基本的概念是，将各种不同的智能对象链接成一个可与人类互动的网络，并赋予智能对象存取因特网(Internet)的能力[15]。如图1所示，现今人与人可透过Internet相互沟通，但人是生活在实体世界，而Internet为数字世界，如何使人们对实体世界每天互动的物体得到更佳的控制与状态，便是物联网所关切的议题。其中，物联网主要是透过智能对象的感测、辨识及通讯能力，提供人类各式各样的服务。举例而言，当智慧衣或贴附在受照护者身上的生理感测芯片，侦测到受照护者的血压或血糖过高或过低时，其将寻找离其最近的无线基地台(access point, AP)，透过因特网通知后端管理平台或相关单位，之后，受照护者即可获得相对应的服务(如派遣救护车或提醒家人及家庭医师)。由于物联网应用可有效率地对机器、设备及人员的状态，进行管理、控制、监控与查询，因此，物联网应用在近期已受到世界各国的关注，均视其为潜在无限商机的高科技产业，并投入大量的资源从事研发与推广。

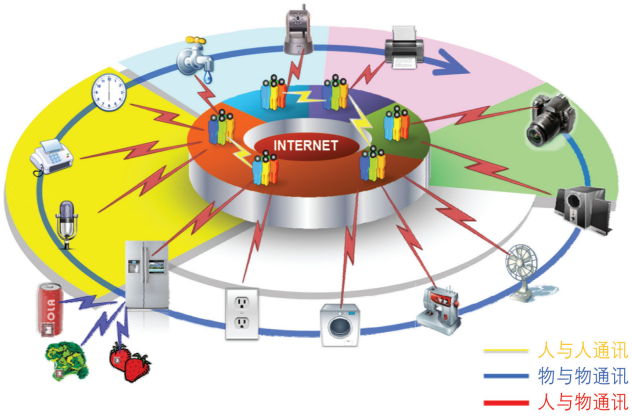

图1　物联网除了人与人之间的通讯外，更实现了物与物及人与物间的沟通和对话

有鉴于世界各国对于物联网产业的高度重视，本论文主要的目标在于介绍物联网的架构并以「台湾淡江大学」与「台湾国立台北艺术大学」所合作开发之「无线感测真菌人文树道」为例，叙述物联网技术应用于人文艺术领域目前发展的现况，及其所使用到之软硬件技术。

2　物联网的架构与其在人文艺术的应用

本章节主要首先针对物联网的架构进行简单的介绍，之后，我们将进一步以台湾淡江大学与台湾国立台北艺术大学所合作开发之「无线感测真菌人文树道」为例，叙述物联网技术如何应用在人文艺术方面。

2.1　物联网的基本架构

如图2所示，物联网的架构主要可分成「感知层」、「网络层」与「应用层」。在「感知层」中，大量的传感器将被布建于环境中，进行环境侦测的动作，之后，这些传感器将透过「网络层」所提供之无线传输技术(如ZigBee或Bluetooth)，将侦测到之数据送至后端管理系统进行处理；而「应用层」则将这些收集到的数据运用在各种不同的物联网领域，。以下，本章节将以「无线感测真菌人文树道」为例，叙述物联网技术如何应用在人文艺术方面。

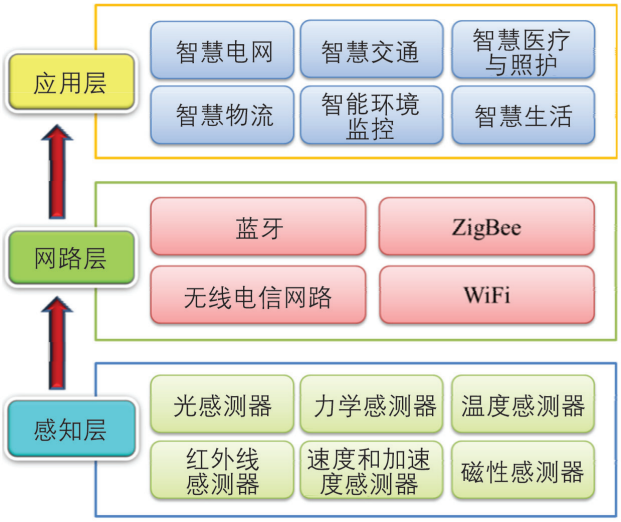

图2　物联网的架构主要可分成「感知层」、「网络层」与「应用层」

2.2　无线感测真菌人文树道

「无线感测真菌人文树道」是一个跨领域合作计划的研发成果，由台湾淡江大学与台湾国立台北艺术大学跨领域师生共同参与设计，属于物联网应用中的「人文艺术」领域。「无线感测真菌人文树道」是一具人文艺术气息的公共艺术作品，主要由许多真菌造型之音乐节点所构成。其中，每一个音乐节点均整合无线通信技术、无线传感器技术、互动科技、互动艺术、空间造型设计、建筑与环境空间建设与文化创意产业等领域。

「无线感测真菌人文树道」目前已进行压力测试，并可布建在公园或寺庙等地，让台湾的民众得以

图3 在「无线感测真菌人文树道」中，每一个节点均可搜集周遭环境信息后，与人类做互动

于开放空间中，透过互动感知行为与科技互动。由于每一个音乐节点均嵌入无线感测网络技术，因此，每一个节点均可搜集周遭环境信息后，与人类做互动。举例而言，如图3所示，当第一位民众靠近任一真菌音乐节点时，将会触发真菌节点播放交响乐的主旋律；当第二位民众靠近第二个真菌音乐节点时，将触发真菌播放交响乐中的副旋律(如打击乐)一起演奏；当第三位民众考进靠近第三个节点时，又会触发真菌播放交响乐中的副旋律(如管乐)一起演奏；而当任何一位民众离开时，该颗真菌会停止播放所对应的音乐。除此，当有人拍打真菌时，真菌也会发出「好痛喔！」等趣味的音效来响应，让民众能与真菌节点互动。「无线感测真菌人文树道」能达到上述的功能，在技术上主要是在每个真菌节点的伞帽内部装设有许多传感器，如微波传感器可感测行人接近真菌、三轴加速计可以感测真菌是否被拍打，真菌与真菌之间也以无线通信的方式彼此传递信息，使每个真菌所发出的音乐能达到彼此同步播放的效果。接下来，我们将针对每一个真菌音乐节点的「系统硬件架构及其韧体开发环境」与「韧体系统架构」进行解说。

（1）系统硬件架构及其韧体开发环境

在本子章节中，我们将分别针对真菌音乐节点主要使用到的硬件平台及其韧体开发工具进行介绍。

在真菌音乐节点中，主要使用到的硬件平台分别为「Octopus II 无线感测节点」、「VS1053音乐模块」与「微波感测组件」。Octopus II感测节点是由台湾清华大学与台湾中央大学团队所共同研发的无线传感器，其所使用的无线通信模块为CC2420 RF芯片模块，采用Zigbee通讯协议。与Moteiv公司所生产的Tmote Sky传感器相比，Octopus II 感测节点具有更强的运算能力与更多的数据储存空间，并可直接利用计算机进行程序刻录动作，以利于程序开发与整合。此外，Octopus II 采用双天线的设计，通讯传输距离可以达到200公尺。如图4所示，接下来，我们将针对Octopus II 的硬件系统架构进行解说。

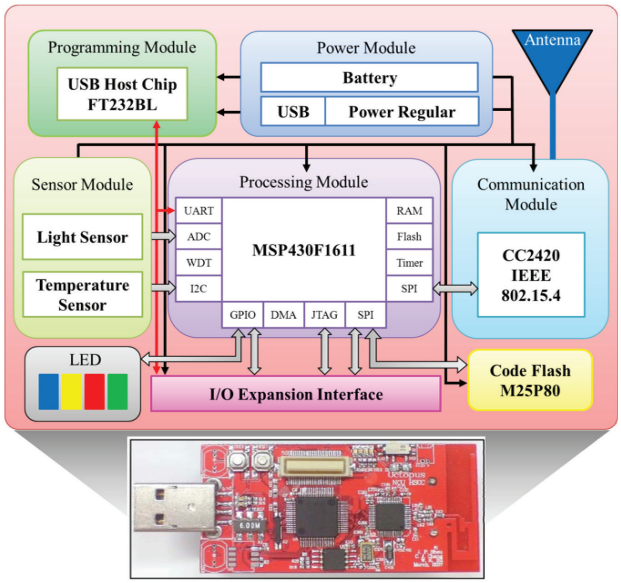

图4 「Octopus II 无线感测节点」 硬件系统架构图

「Octopus II 无线感测节点」之硬件系统架构主要包含「Power Module」、「Programming Module」、「Sensor Module」、「Processing Module」与「Communication Module」。其中，「Power Module」主要负责供应感测节点所需的电源，使用者可使用两个三号电池或是连接计算机的USB进行供电；「Programming Module」负责处理程序刻录的部分，用户可透过计算机之UART通讯接口，进行程序刻录；「Sensor Module」负责收集与分析感测组件所侦测到的环境信息，并将信息由模拟讯号转换成数字讯号后，交由「Processing Module」使用；「Processing Module」，负责运算及控制感测节点中各硬件组件之运作。此模块中包含由ST公司所生产之MP25P80芯片，负责储存程序代码，当模块中的MSP430F1611微处理器(Microprocessor)欲进行运算时，即可由MP25P80芯片中挑选相对应之程序进行运作；「Communication Module」透过无线传输技术，负责感测节点数据的收与送，其采用德州仪器公司所生产的CC2420芯片，让感测节点以Zigbee通讯协议进行数据的传输。

在「VS1053音乐模块」部分，此模块由荷兰VLSI Solution 公司所开发的多格式、高效能语音编译码器，特色是低耗电及高效能，内建的数字模拟转换器可达到100dB的噪讯比，因此，其可精确的重现所有

工业标准的语音格式。此外，「VS1053音乐模块」搭载的 HE-AAC 译码器可提供高音质且低传输率的因特网串流档案，加上取样频率转换器可随时微调到与取样频率同步，故「VS1053音乐模块」很适合于网络上串流的应用。「VS1053音乐模块」内建的立体声模拟数字转换器提供超过90dB的噪讯比，可将经由外接音乐装置line-out或耳机孔输入的声音做高质量的录音，免费的Ogg Vorbis 编码器软件可加载内建的RAM，以中等的传输率(100kbits/s)达到接近CD音质的立体声录音，或是以低于20kbits/s的传输率达到一般说话音质的单音录音。内建的16KB RAM是VLSI其它芯片内建RAM的三倍以上，这可进一步扩充「VS1053音乐模块」在其它语音应用上的功能，例如应用在手机或VoIP装置上的回音消除。

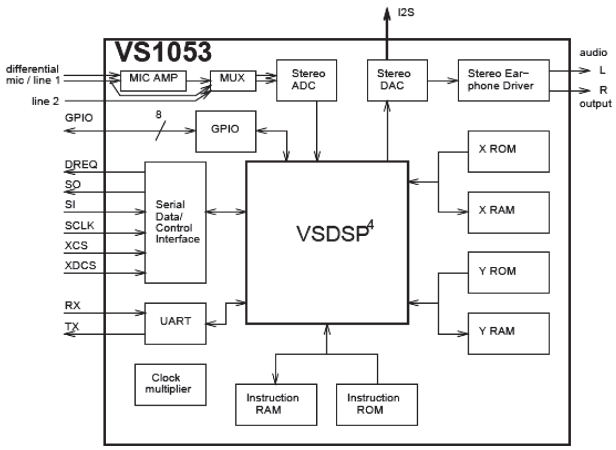

图5　「VS1053音乐模块」 硬件架构

「VS1053音乐模块」不同于以往的版本，其提供新的操作模式—Native Mode，在此模式下可直接将音乐串流传至「VS1053音乐模块」之Serial Data/Control Interface (如图5所示)，其会立即译码并播放，当SM_SDINEW设为1时及会启动此模式，在此模式下必须将音乐串流透过SPI(CS,SI,SO,SCLK)传送至VS1053，并利用XDCS脚位控制同步，其讯号为CS之反向讯号，以及利用DREQ脚位来判别VS1053之buffer是否已满，若DREQ为1则代表buffer溢满，若DREQ为0则代表至少还有32 bytes之空间。

在「微波感测组件」部分，其采用美国Parallax公司所开发的X-Band Motion Detector，并将其嵌入至真菌音乐节点，让音乐节点具有侦测是否有行人靠近的能力。「微波感测组件」可用来检测周遭物体是否有向其靠近或远离，并输出一连串High/Low的震荡波型来显示物体移动之快慢，而此感测元件亦拥有克服障碍物之能力，并可透过可变电阻调整感应的灵敏度。如图6所示，「微波感测组件」使用5V之直流电源以及至少8mA之电流，才能使感测元件正常地进行侦测并运作。为了将「微波感测组件」所侦测到得震荡波型传送至「Octopus II无线感测节点」进行讯号处理，我们需将「微波感测组件」的OUT脚位连接至「Octopus II无线感测节点」的RX脚位，使「Octopus II无线感测节点」能顺利接收到「微波感测组件」的讯号。此外，微波感测元件只需控制EN脚位之High/Low电位即可设定开启或关闭侦测的功能。

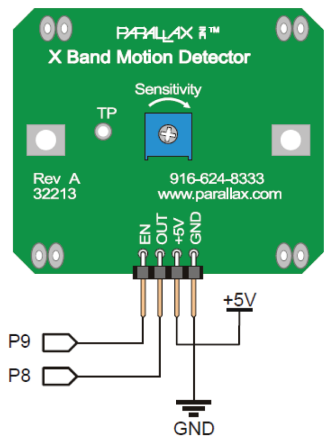

图6　「微波感测组件」硬件架构图

以下，我们将针对真菌音乐节点之韧体开发进行介绍。真菌音乐节点主要在 TinyOS 环境下开发真菌音乐节点。TinyOS是专为无线感测节点所开发出来的一种嵌入式作业系统[16]。为了解决感测节点的记忆体容量大小、MCU运算速度过慢、Flash太小而无法烧录过多程式及电池的电量有限等先天硬件限制的问题，TinyOS预先将许多经常使用到的函式模块化，如LED控制程序、RF传输控制程序及感测元件控制程序等，让使用者无需撰写过多的程序代码，以节省感测节点内有限的内存空间。

图7为TinyOS的系统架构图，红色部分为TinyOS所提供的程序代码，使用者只要撰写蓝色部分的程序代码就可以，其中Library Components为可以被重复使用的部分。TinyOS所提供的Library分别是network protocols、distributed services、sensor drivers、data acquisition tools等四种，这些组件都可以被重复使用，例如AD conversion、Random numbers、Cryptography－Routing、File System、Serial Communication、LED control等，皆可以在程序中重复使用以达到程序模块化的功能，让程序代码的大小可以精简化，以提高执行效能。

此外，我们采用nesC为在TinyOS环境中开发

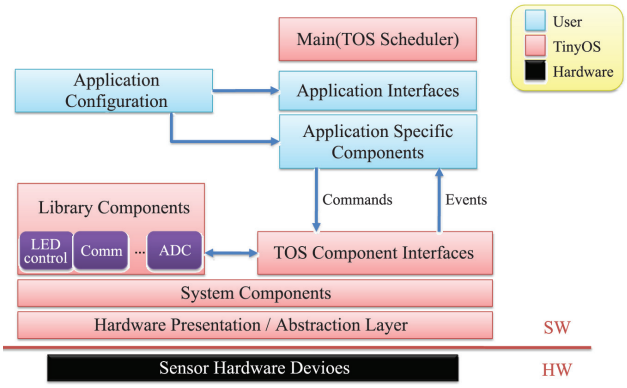

图7 TinyOS系统架构图

真菌音乐节点。nesC将各种不同的功能模块化(modulize)，每个模块皆被称为组件(component)，只有该组件被使用时才会包含在系统里，如此可以使系统最小化，适合于资源有限的感测节点使用。nesC的程序代码撰写在扩展名为 *.nc 的档案下，一个 *.nc 的内容可能是定义interface (定义存取组件的function)或component (程序代码实作部分)。接口(interface)在nesC中具有双向沟通的能力，并且描述在提供者(provider)与使用者(user)间的双向沟通管道。在接口中具有事件(event)跟命令(command)两组指令集可以使用，接口内可以定义许多functions，让组件(components)之间藉由宣告接口来达到彼此沟通的目的。接下来，我们将进一步说明在TinyOS 环境下，利用 nesC 所实制作出之音乐节点的韧体系统架构。

（2）真菌音乐节点之韧体系统架构

如图8所示，本子章节将介绍真菌音乐节点之韧体系统架构图。其包含「MicroSD记忆卡模组」、「VS1053音乐模组」、「Arduino控制模组」及「Octopus II感测节点控制模组」。

「MicroSD记忆卡模组」的功能就像桌上型电脑之硬碟，主要用来储存「VS1053音乐模组」将播放的音乐档案；「VS1053音乐模组」由「声音解码模组」、「声音编码处理模组」及「资料传输模组」组成，其中，「声音解码模组」主要功能为处理不同格式之音乐(如MP3、MP4、OGG等)；「声音编码处理模组」则是负责管控音乐声音输出之品质，其提供单声道与立体声两种模式。除此之外，此模组亦可透过Speaker输出音乐；「资料传输模组」可读取「MicroSD记忆卡模组」中之音乐档案，并将音乐档案传送至「声音编码处理模组」进行处理。

「Arduino控制模组」主要由「中央处理模组」、「记忆体处理模组」以及「通讯模组」所组成，其中，「中央处理模组」由「记忆体处理模组」获取资料并进行分析与运算的工作，之后，处理完的资料将传送回「记忆体处理模组」；「通讯模组」负责一个真菌节点内的「Arduino控制模组」与「Octopus II感测节点控制模组」之间的资料传递。

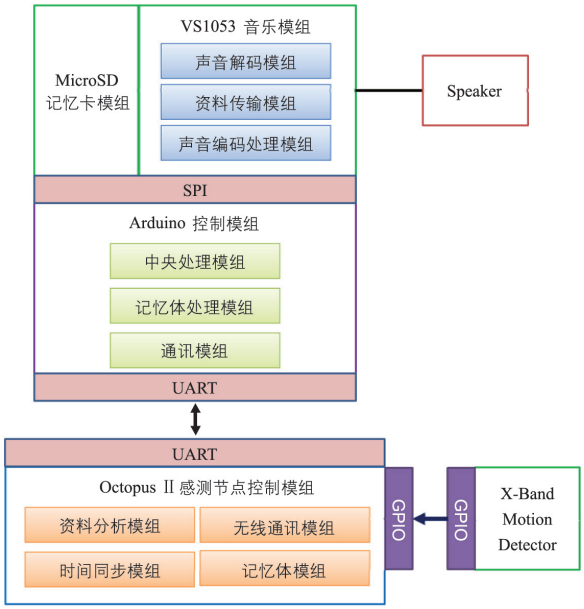

图8 真菌音乐节点韧体系统架构图

「Octopus II感测节点控制模组」由「资料分析模组」、「时间同步模组」、「记忆体模组」及「无线通讯模组」所组成，其中，「资料分析模组」主要负责分析由微波感测元件所传送过来的震荡波型，判断是否需传送播放音乐指令至「VS1053音乐模组」；「时间同步模组」负责让所有真菌音乐节点的时间同步，避免音乐播放时主旋律与副旋律不同步的情形发生；「记忆体模组」主要存储使用者所撰写的控制指令、感测元件所传送过来的资料、「资料分析模组」分析完后的资料；「无线通讯模组」采用Zigbee通讯协定，负责真菌节点之间的通讯。

「无线感测真菌人文树道」有着许多延伸性应用之潜能，如应用在更多公共艺术作品、博览会形象展、绿能建筑与小区大楼休憩空间等。尤其，近年发生诸多因工作烦躁而跳楼事件，「无线感测真菌人文树道」亦可应用在工作休憩场域，让工作休闲空间多些创意与对话，以提高工作效率与愉悦度。除此，在未来，我们亦将制作「缩小版真菌音乐节点」，使其成为交互式的音乐mp3播放器、桌上的Led台灯、可爱的闹钟或气候播报器，让音乐节点的应用范围随着人类的想象力而无限扩大。

3 结　论

随着网络与通讯技术的创新及微机电与嵌入式技术的进步，物联网的相关应用已逐渐受到关注，其主要是透过智能对象的感测、辨识及通讯能力，结合各种不同的智能对象，提供人类各式各样的服务，以提升人类生活的质量，让人类的生活更加有保障。基于物联网技术的发展前景远大，对经济与社会的影响将不言可喻。本论文首先介绍物联网的背景与应用，并对物联网之三层架构：感知层、网络层以及应用层之关系进行简单的介绍。此外，本论文亦针对物联网技术应用于人文艺术领域加以介绍。本论文所介绍的「无线感测真菌人文树道」融合了许多技术，包括真菌造型设计、音乐内容创意设计、环境感测技术、互动科技、无线传输技术、时序同步技术、异质网络联网技术及嵌入式整合技术。随着造型、内容及互动方式的变化，相信真菌人文树道的精神可以融入更多的应用场景。

参 考 文 献

[1] He M, Murugesan S, Zhang J. Multiple timescale dispatch and scheduling for stochastic reliability in smart grids with wind generation integration [C] //Proc. IEEE INFOCOM. 2011.

[2] Varaiya P P, Wu F F, Bialek J W. Smart operation of smart grid: risk-limiting dispatch [J]. Proceedings of the IEEE, 2011, 99(1): 40-57.

[3] Qu F, Wang F Y, Yang L. Intelligent transportation spaces: vehicles, traffic, communications, and beyond [J]. IEEE Communications Magazine, 2010, 48(11): 136-142.

[4] Eisenman S B, Miluzzo E, Lane N D, et al. Bikenet: a mobile sensing system for cyclist experience mapping [J]. ACM Transactions on Sensor Networks, 2009, 6(1): article 6.

[5] Lopez G, Custodio V, Moreno J I. LOBIN: e-textile and wireless-sensor-network-based platform for healthcare monitoring in future hospital environments [J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 2010, 14(6): 1446-1458.

[6] Otal B, Alonso L, Verikoukis C. Highly reliable energy-saving MAC for wireless body sensor networks in healthcare systems [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2009, 27(4): 553-565.

[7] Streitz N A, Rocker C, Prante T, et al. Designing smart artifacts for smart environments [J]. Computer, 2005, 38(3): 41-49.

[8] Ning Y, Sim T. Interactive portrait art [C] //Proceedings of IEEE WACV. 2008.

[9] Karkkainen M. Increasing efficiency in the supply chain for short shelf life goods using RFID tagging [J]. International Journal of Retail and Distribution Management, 2003, 31(10): 529-536.

[10] Qiu R G. RFID-enabled automation in support of factory integration [J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2007, 23(6): 677-683.

[11] Buragohain C, Agrawal D, Suri S. Distributed navigation algorithm for sensor networks [C] //Proceedings of IEEE INFOCOM. 2006.

[12] Li M, Liu Y, Wang J, et al. Sensor network navigation without locations [C] //Proceedings of IEEE INFOCOM. 2009.

[13] Han D M, Lim J H. Design and implementation of smart home energy management systems based on zigbee [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2010, 56(3): 1417-1425.

[14] Byun J, Park S. Development of a self-adapting intelligent system for building energy saving and context-aware smart services [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2011, 57(1): 90-98.

[15] Ucklmann D, Harrison M, Michahelles F. Architecting the internet of things [M]. New York: Springer, 2011.

[16] Levis P, Gay D. TinyOS programming [M]. New York: Cambridge University Press, 2009.