

# 物联网技术在医疗领域的研究进展\*

俞磊<sup>1,2</sup>, 陆阳<sup>1</sup>, 朱晓玲<sup>1</sup>, 冯琳<sup>1</sup>

(1. 合肥工业大学 计算机与信息学院, 合肥 230009; 2. 安徽中医学院 医药信息工程学院, 合肥 230031)

**摘要:** 从药品领域、远程监护、医疗信息化、医疗设备管理等多个方面详细讨论了物联网技术在医疗领域的应用现状,并在医疗物联网、物联网医学和健康物联网等概念的基础上,分析了目前物联网技术在医疗领域的研究现状。最后指出了医疗领域下物联网研究中有待解决的关键问题,包括面向医疗行业的物联网系统标准、电子病历的相关问题,以及病人数据安全和隐私保护问题等。

**关键词:** 物联网; 射频识别; 无线传感器网络; 医疗

**中图分类号:** TP393      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-3695(2012)01-0001-07

**doi:**10.3969/j.issn.1001-3695.2012.01.001

## Research advances on technology of Internet of things in medical domain

YU Lei<sup>1,2</sup>, LU Yang<sup>1</sup>, ZHU Xiao-ling<sup>1</sup>, FENG Lin<sup>1</sup>

(1. School of Computer & Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. School of Medical Information Technology, Anhui University of Traditional Chinese Medicine, Hefei 230031, China)

**Abstract:** This paper investigated the status quo of applying the technology of Internet of things (IoT) to medical domain detailedly, such as drug, telemonitoring, medical informatization and the management of medical equipments. Furthermore, also analysed the current research works through introducing the concept of IoT in medical care, medicine based on IoT and IoT in health care. Finally, presented the unsolved key problems of IoT in medical domain for further research, including the system criterion of IoT in medical domain, the problems related to electronic medical record, the data safety and privacy protection for patients and so on.

**Key words:** Internet of things(IoT); RFID; WSN; medicine

## 0 引言

物联网是继计算机、互联网与移动通信网之后的世界信息产业第四次技术革命,指的是将各种信息传感设备,如射频识别 RFID 装置、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等种种装置与互联网结合起来而形成的一个巨大网络<sup>[1]</sup>,目的是让所有的物品都与网络连接在一起,以便系统可以自动实时地对物体进行识别、定位、追踪、监控并触发相应事件。物联网用途极为广泛,遍及智能交通、智能家居、医疗健康、智能电网、智能物流、工业与自动化控制、精细农牧业、国防军事、环境与安全检查、金融与服务等诸多领域,受到了各国政府、企业和学术界的广泛重视。就医疗领域而言,物联网在此领域具有非常良好的应用前景,一直备受欧盟、美国、日本、韩国等世界发达国家的关注。我国政府也在积极推进医疗领域“一卡通”应用,加强卫生系统信息化建设,尤其是为 RFID 应用推广出台了許多重要的促进政策,旨在不断加大物联网在医疗领域的推进力度。下面就目前物联网技术在医疗领域的国内外应用及研究状况展开详细的讨论与分析。

## 1 物联网技术在医疗领域的应用现状

物联网技术在医疗领域中的应用几乎遍及该领域的各个环节,这里着重从药品领域、远程监护和家庭护理、医疗信息化、医院急救,以及医疗设备和医疗垃圾的监控、血液管理、传染控制等几个方面加以介绍。

### 1.1 在药品领域中的应用

#### 1) 在药品流通中的应用

目前药品在流通过程中主要存在两方面的问题:a)由于周围环境变化而导致的药品质变、失效以及假药的混入;b)流通成本问题<sup>[2]</sup>。物联网技术可对流通过程中的单个药品进行 RFID 标志,并以此为索引实时地查询和更新药品的相关信息,同时在流通的各个环节对药品进行定位和追踪,为有效解决药品流通中的问题提供了新的技术手段。基于上述思想,文献[2~5]都构建出了基于物联网技术的药品流通应用模型,如图1所示。采用欧美普遍支持的“EPCGlobal”物联网架构,具体工作过程如下:医药企业在药品生产完成后,需在药品上贴有存储 EPC 标志的 RFID 标签,此标签可记录药品的生产日期

**收稿日期:** 2011-06-22; **修回日期:** 2011-07-25      **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60873195,61070220);高等学校博士点基金资助项目(20090111110002);安徽省高等学校省级自然科学研究重大项目(ZD200905)

**作者简介:** 俞磊(1981-),女,安徽合肥人,安徽中医学院讲师,合肥工业大学博士研究生,主要研究方向为物联网技术、无线传感器网络(fish-stonehfu1006@163.com);陆阳(1967-),男,安徽合肥人,教授,博导,博士,主要研究方向为物联网技术、分布式控制技术、可靠性工程;朱晓玲(1974-),女,讲师,博士研究生,主要研究方向为物联网信息安全、嵌入式系统安全、计算机网络安全;冯琳(1979-),女,工程师,博士研究生,主要研究方向为物联网技术、无线传感器网络协议分析、分布式控制技术。

期、保质期、生产厂商、批号、单位容量、能够治疗的疾病及能够缓解的症状和禁忌人群等信息。在药品的整个生命周期内 EPC 代码将是所对应药品的唯一标志。当药品以大包装的形式出厂时,与医药企业相连接的识读器将生产出来的药品 EPC 代码通过本地计算机系统传递给中间件 Savant; Savant 将收集到的药品信息记录到本地 EPC 信息服务器 EPCIS 的同时,还通过网络将药品信息注册到对象名解析服务器 ONS 中,并通过 ONS 将药品相关信息转换为实体标记语言 PML,生成一一对应的 PML 文件存储在 PML 服务器上。PML 服务器由医药企业维护,并存储该医药企业生产的所有药品文件信息。至此 ONS 服务器便将该药品的 EPC 代码与 PML 服务器地址相匹配。今后在药品流通的任一环节,无论是药品以药箱的形式被车辆运出,还是药品从医院或药店卖出,识读器只要将识别出的药品 EPC 代码传给 Savant, Savant 就能以此为索引在 ONS 上获取包含该药品信息的 PML 服务器的网络地址,然后再根据该地址在 PML 服务器上查询,便可获得该药品的相关信息,同时还可根据实际情况更新 PML 服务器上的相关信息。

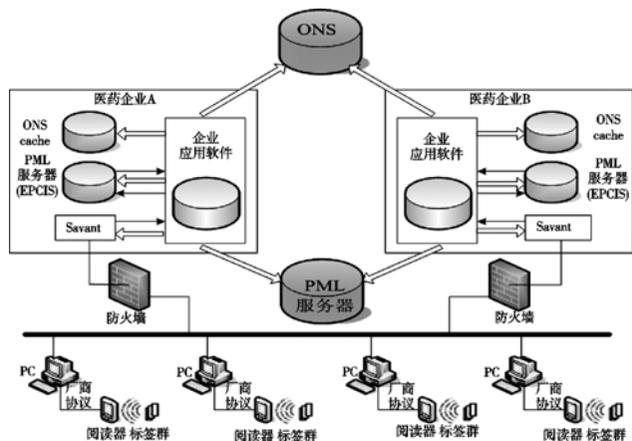


图1 基于物联网技术的药品流通应用模型

## 2) 在药品防伪中的应用

因为传统的药品防伪技术存在诸多不便,所以可采用基于 RFID 唯一标志性的防伪方法,但需对所传输的数据进行加密<sup>[5,6]</sup>,并选择合适的加密算法,如典型的 HASH 锁法<sup>[7]</sup>和极小加密法 TEA<sup>[8]</sup>,以保证所传输数据的安全。此外,还可通过数字签名方式来实现数据的安全传输,此时电子标签上的内容除具有产品的唯一标志外,还有制造商的数字签名。数字签名采用公共密钥体系,制造商用认证中心分配的私钥进行签名,签名的信息包括产品唯一编号的散列函数值和制造商提供的产品信息,如生产日期、保质期和产品批次等。在此基础上文献<sup>[9]</sup>提出了一个基于 RFID 的药品防伪系统,除了能通过药品编码对药品进行唯一标志和自动识别外,更重要的是能通过数字签名技术来保证数据安全性及不可抵赖性,同时还能利用药品历史文件补充验证药品的来源。

## 3) 在药品管理中的应用

药品管理分为两个部分:a) 药店药库或医院药房中的药品存储与发放;b) 临床上医护人员的药品发放和病人的药物服用。

药店药库或医院药房中的药品可使用 RFID 技术来管理。通过部署无线传感器网络并在贵重药品或危险药品上贴有 RFID 标签,就可以实时获取药品批次、入库时间、存货架位置、

数量、出库时间、去向、使用药品的患者和医生等信息,以便对药品进行分类存储、分发、审计和跟踪。特别是药房人员在配药时,由于每天取药的人流量多,若采用传统配药的“三看五核对”流程,工作量非常巨大,并且一旦出错后果将不堪设想。文献<sup>[10]</sup>提到了一个引入 RFID 技术的 Intelligent Medicine Dispensing Cabinet,实施通过 RFID 进行核对药品的“三看”(一看,当药剂师开始工作时将有光指示器提醒药剂师向正确的位置(方向)上找到药品;二看,当找到正确的药品后安装在桌子上的 RFID 阅读器将进行再次检查;三看,当药剂师取完药后 RFID 将检测装有药品的瓶子是否放在正确的药架上)流程。如果在上述三步中发现有错误,光指示器将通过变红并发出蜂鸣警报来提醒药剂师,有效避免了配药错误。

关于临床上医护人员的药品发放和病人药物服用方面,文献<sup>[11]</sup>就提到护士在核对从药库领取的药品时,可通过读取药品的 RFID 标签和患者的“RFID 腕带”(或移动医疗卡)信息并将其进行比对(必要时可在线调出处方和药品图片),以核实药品和患者身份是否对应,如有一项信息不匹配则发出警告,有效避免了临床上用药的错误。不仅在医院,在家里同样可以监督病人按时按量服药,文献<sup>[12]</sup>就设计了一个利用 RFID 和 Sensor 来包装药品的 iCabinET 系统。该系统在客户早晨准备出行时,通过在屏幕上显示所需服用的药品名称、药品包装照片和建议服用剂量等信息来提醒用户,接着根据从医疗中心下载的医生处方信息,每三小时提醒一下用户服药的时间和剂量,特别是夜间如果到了吃药时间系统照样会提醒客户。

## 1.2 远程监护和家庭护理

远程监护 (telemonitoring) 和家庭护理 (home health care, HCC) 都是对被监测对象的生理参数进行监测并在发生意外时实施紧急救助,它们同属于远程医疗领域,不可避免地要使用 WSN 技术。不少文献中引入了体域网 (body sensor network, BSN)<sup>[13]</sup>、生物医疗传感网络 (biomedical sensor network)<sup>[14]</sup> 或无线体域网 (wireless body area sensor network, WBASN 或 BAN)<sup>[15]</sup> 等概念,实际上是人体的生理参数收集传感器或移植到体内的生物传感器共同形成的一个无线网络,是物联网的重要感知及组成部分。

基于物联网技术的远程监护和家庭护理有许多代表性的产品和项目,如婴儿监控<sup>[16]</sup>、多动症儿童监控<sup>[17]</sup>、老人生命体征家庭监控<sup>[18]</sup>、老年痴呆病人家庭保健<sup>[19]</sup>、帕金森患者的家庭监控系统 MercuryLive<sup>[20]</sup>、术后病人家庭康复监控<sup>[21]</sup>、术后病人恢复监控系统 HIPGuard<sup>[22]</sup>、医疗健康监测<sup>[23,24]</sup>、远程健康保健系统 MOBHealth<sup>[25]</sup>、基于环形传感器的移动健康监测系统 MHMS<sup>[26]</sup>、一种用于健康监测的智能衬衫<sup>[27]</sup>、利用 streaming video 进行的远程健康护理<sup>[28]</sup>、远程医疗护理 CodeBlue 项目<sup>[29]</sup> 等。

上述这些基于物联网技术的远程监护和家庭护理的产品和项目,总体上还是遵循物联网应用的通用架构——三级层次架构,分别是感知层、传输层和应用层<sup>[30]</sup>,具体如图 2 所示。

### 1) 感知层

主要通过传感器节点获得监护对象的生理信号或所在环境信息。根据传感器节点在人体中的位置,可分为植入人体内

的传感器节点(implanted sensor)、穿戴在身体上的传感器节点(wearable sensor)和在身体周围距离身体很(较)近的用于识别人体活动或行为的周围环境传感器节点(ambient sensor)三类。传感器节点所要监控的人体信号也分为连续型时变生理信号(如脑电图、心电图、肌电图)、离散型时变生理信号(如体温、血压)以及人体活动和动作信号(如人体活动的加速度)三类。

2) 传输层

负责与外部网络进行通信,并临时存储从感知层收集的数据,同时还能接收和分析这些感知数据,并执行规定的用户程序。传输层连接的可以是短距离网络 Bluetooth、Zigbee、Wi-Fi,也可以是远程网络 GSM、GPRS、3G。

3) 应用层

主要指提供各种应用服务(如监护对象的生理参数或医疗数据的存储、专家对监护对象病情(或健康状况)的分析与预测、医护人员对监护对象医疗数据的远程访问等)的远程服务器及其外部网络,具体包括医疗数据库服务器、医疗事务管理服务器,各种专用的远程医疗分析设备、包括手机和 PDA 在内的各种移动通信终端,还有医生和专家等。

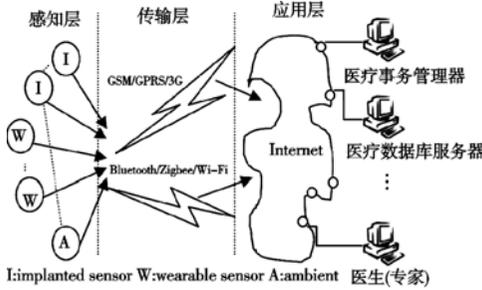


图2 基于物联网技术的远程监护和家庭护理的通用架构

1.3 医疗信息化

目前国内大多数医院都采用了医院管理信息系统 HIS, HIS 的普及使用已使医院医疗实现了一定程度的信息化,但这种传统 HIS 也有很多不足的地方,如医疗信息需人工录入、信息点固定、组网方式固定、功能单一、各科室之间相对独立等,使 HIS 的作用发挥受到了制约。物联网技术以其终端可移动性、接入灵活方便等特点彻底突破了这些局限性,使医院能够更有效地提高整体信息化水平和服务能力。

物联网技术在医疗信息化中一个应用方向就是移动医疗,它是以无线局域网技术和 RFID 为底层,通过采用智能型手持数据终端,为移动中的一线医护人员提供随身数据应用。而且并不需要重新构建一个新的体系结构去实现物联网下的医疗信息化,完全可以与现有通用的 HIS 系统集成。文献[31]就提出了一个集成 RFID 和 WSN 技术,由物理设备层、中间件层、IT 设施管理层、数据层和图形用户界面五层构成的 HIS 架构,具有一定的代表性。

采用物联网技术的移动医疗能明显改观传统的就医流程,进一步实现医院医疗的移动信息化。下面就从门诊系统和住院系统两个方面来进行分析。

1) 门诊系统的移动医疗

传统门诊流程就诊的突出特点是挂号排队时间长、交款取药时间长和医生看病时间短,从而导致就诊高峰期时滞留在门

诊大厅的患者及家属过多。结合目前医院的 HIS 系统,文献[32]提出了一个基于物联网技术的门诊流程优化方案,利用物联网的 RFID 电子标签可以让医护人员减少人员信息核对环节,同时以 RFID 标签为基础在检验环节可以采取自助获取化验单,增强了病患隐私的安全性。具体流程如图 3 所示。

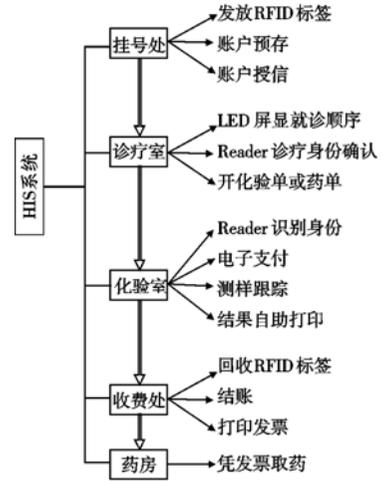


图3 基于物联网技术的医院门诊流程

2) 住院系统的移动医疗

在病房,医生在查房或者移动状态下,可通过 Wi-Fi(无线相容性认证)下载获取病人的所有病历数据并传输至护士的手持移动终端上,形成完整的电子病历数据。此外,医生还可通过佩戴在病人手上的装有 RFID 的手环,在与 PC 连接的 RFID 读卡器上查询显示该患者目前的检查进度,对比患者病情的变化情况,进行会诊和制定治疗方案。在此基础上,文献[33]提出一个医院移动诊疗系统,具体由 RFID 病患身份识别系统、医护人员手持数据终端应用系统、问卷调查与检验项目查询系统三个模块组成,真正实现了医生诊疗服务的移动化。

临床护理方面,文献[34,35]均设计了一种移动医疗下的护理方案,具体架构如图 4 所示。护士使用手持设备来读取患者佩戴的 RFID 腕带信息,再根据 RFID 腕带信息通过无线网络自动调出需要执行的医嘱执行条目,接着通过移动终端记录医嘱执行的具体信息,包括由谁执行、何时执行、患者生命体征信息、用药信息和治疗信息等,实现了动态实时的护理服务,优化了临床护理流程。

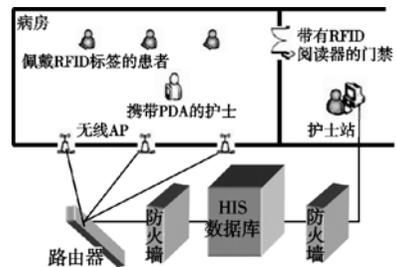


图4 基于物联网技术的临床护理架构

1.4 急救处理

院前急救是急救医学服务体系的首要环节。为了解决传统急救方式下由于医护人员在急救前难以迅速获得有价值的信息从而耽误患者救治时间的问题,对原有急救方式加以改进,引入 RFID 和 WSN 技术,提出了一种新型的医疗急救模式。文献[9]设计了一个急救系统,通过应用 RFID 卡保存用

户医疗档案和个人信息,并由医院或急救中心的服务器负责接收、处理、存储病人的医疗数据。医护人员赶到事发现场在对患者简单处理前,可通过 PDA 读取患者的 RFID 医疗卡信息,如患者是否有过敏史、患者的血型等,这对严重昏迷患者尤为重要。除了获取信息,医护人员也可通过 PDA 把患者的伤情信息和简单救治情况记录下来,并利用集成的多形式无线通信通用模块和 GPRS 网络发送给医院,使得医院在第一时间了解患者状况,并做好术前准备。这样救护车将病人带回医院的过程与医院医生的检测和准备过程同步进行,缩短了急救时间,提高了医院急救效率。文献[36]也提到一个类似的急救系统,只不过与文献[9]相比,急救过程中医生不仅可使用 PDA 对病人急救前状况和现场简单救治情况进行记录,还可通过照相机捕获救护车上病人的视频信息并将其传输到医院或急救中心的会诊单元,另外还可通过无线 cell phone 与后方医疗专家实时对话。

在 1.2 节提及的远程监护时,若监测到有异常或意外发生时,如何进行及时的急救处理,这是最关键的问题,也是远程监护的根本目的所在。文献[37]的 PMMC(portable medical monitoring computer)远程监护系统在监测到意外发生时发出警报,医生可根据现场位置的监控视频和通过 GUI 实时获得的生理参数数据事先知道应该采取怎样的抢救措施,然后再根据系统提供的监护对象突发意外时的确切位置及时赶往事发现场进行急救,提高了急救效率。

相比于文献[9,36,37]提出的急救系统,文献[38,39]把急救医疗提高到整个国家的层面,认为急救医疗不应局限于本地(市)某一家医院内,还应包括本地(市)其他医院、本地(市)医疗主管和中央政府医疗主管单位(卫生部)等,使本地(市)医疗主管和中央政府医疗主管单位(卫生部)在灾难发生时能迅速获知灾难死亡数量和急救的具体需求,更好地协调医院和地方政府的关系,最大限度地为病人分配可用的医疗资源。其系统架构如图 5 所示。

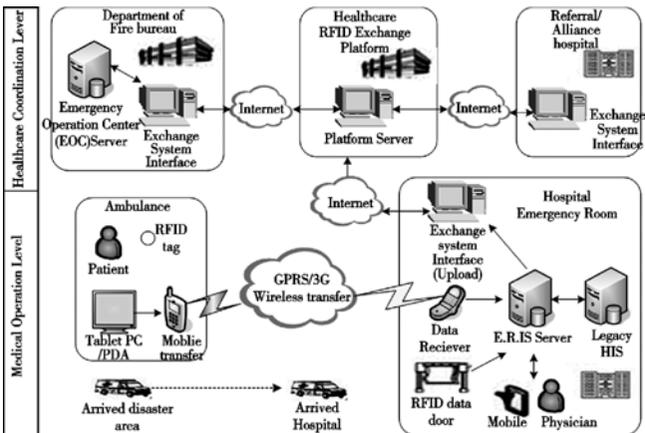


图5 基于物联网技术的国家层面急救医疗架构

### 1.5 在医疗领域的其他应用

#### 1) 医疗设备跟踪与管理

医疗设备有静态设备和移动设备两类。由于移动设备的位置不确定,有时医护人员需花大量的时间去查找其确切位置。文献[40]采用 WSN 技术,针对医院中移动设备提出了一个跟踪管理系统,大大缩短了设备的查找时间,其中附着在移动设备上的移动节点位置就可视为移动设备位置。而在文献

[41]中提到的医疗设备射频跟踪自动识别管理系统则适用于所有的静态设备和移动设备,其中每台设备上都有 RFID 芯片以存储大量的设备信息及每次维护和巡检的相应记录,不但避免了设备维护和巡检工作时的疏漏,而且避免了在出现与医疗设备相关的医疗责任事故中不能明确人为责任还是设备责任的问题。

#### 2) 医疗垃圾的处理

采用 RFID 技术可标志每袋医疗垃圾的科室(病区)、种类、数量、重量,以及何时、何人送到周转站。在文献[33]中,以网络信息化平台为基础,集成 RFID、GPS、GPRS 和视频监控等技术,设计了一个由医疗废物电子联单系统、收运车辆 RFID 管理系统、收运车辆 RFID 电子关锁系统、视频监控管理系统、GPS 收运车辆路线实时追溯系统、RFID 医疗废物焚烧核对系统、监控中心可视化平台和数据应用平台八个子系统组成的医疗垃圾监控系统,实现了对医疗垃圾及其处理流程有效、实时、可视的管理和监控。

#### 3) 医疗手术中的跟踪监控

美国匹兹堡 ClearCount 医疗服务公司、美国伊利诺斯州的经销商和西门子 IT 服务部等先后开发或销售嵌有 RFID 芯片的手术用棉球、药签、纱布、器械等物品,以此跟踪手术全过程,并保证手术过程中医疗物品的卫生及安全,防止发生手术结束后物品遗漏的现象。同时,还可跟踪手术中的医护人员,通过为手术中的每个医护人员佩戴主动式 RFID 卡来记录他们进出手术室的时间,从而记录下手术的开始和结束时间,另外还可记录每个医护人员在手术中的位置<sup>[42]</sup>。

#### 4) 血液管理中的监控

采用 RFID 技术进行血液管理,无论是在血库库房还是被调出或调入时,或是被医院使用时,每一袋血上的 RFID 标签是这袋血的唯一标志,记录了该血液的血型、RH 值、采血时间、采血量以及献血者姓名、身份证号、性别等。使用此种方法,可以对血液信息实现非接触式的快速识别,减少了血液污染,提高了工作效率。文献[43]开发设计了一个基于 RFID 技术的血液管理和跟踪系统,具有血液采集、血液入库、血液出库、血液使用、库存管理、血液信息跟踪、血站监测、血液查询等主要功能。文献[44]提出了一个在抽血输血整个过程中跟踪和监控血液温度的智能传感模型,血袋上除了有标志血液基本信息的 RFID 标签外,还有能测量整个采血过程中血液环境温度的传感器,周期性地把测量到的血液温度信息通过无线方式传送给阅读器。

#### 5) 病人定位、跟踪与管理

医院中病人特别是精神病人和痴呆病人的定位与跟踪在医院安全管理中尤为重要。文献[45,46]给出了定位与跟踪的基本原理:每个病人身上都佩戴 RFID 标签 Tag,医院病房的各个进出口都安装 RFID 阅读器 Reader。Field Generator 在其传输范围内不断发射信号,当穿戴在病人身上的 Tag 接收到 Field Generator 发来的信号时,Tag 就向阅读器提供 Field Generator 给其的 ID 号。根据这个 ID 号,佩戴此 Tag 的病人位置就可以估算出来。

此外,还可采用 WSN 技术对住院病人进行管理。通过在病房内和病房附近部署传感器网络,让病人根据病情携带具有检测血压、呼吸、心率等功能的无线传感器节点或仅仅是 RFID

标签,这样可在不影响病人活动和休息的情况下对其必要的生理指标进行监测(与前文讨论的远程监护类似),以便医生全面及时地掌握情况。文献[47]就提到利用分布式传感器系统对痴呆病人进行管理,特别是通过 wet sensor 可监测到其是否尿床;文献[48]的监控系统通过在病人床头安装 bend sensor 来监控病人以防止其患褥疮;文献[49]则给出了一个基于 WSN 的医院重症监护室的设计方案,便于今后更有效地监控危重病人。

#### 6) 医院传染控制

医院传染是由人、医疗接触或空气排泄等原因引起的,尽管许多医护人员都意识到其危险性,但却不能有效阻止。因为在现行的人工管理系统下,跟踪每个病人甚至医护人员的行为如洗手卫生、病房隔离等都是不现实的。针对此种情况,文献[50]设计了一个基于 WSN 的医院传染控制系统,其目的就是识别传染的原因并对其进行控制和管理。该系统由三个子系统组成,即人控制子系统、病房监控子系统和材料管理子系统。人控制子系统包括手卫生、接触控制和门控制;病房监控子系统包括温度监控和出口登记;材料管理子系统包括清洗控制、废弃物控制、血液控制和设备管理。该系统会在人(医生、护士、病人)、材料(医疗设备和废弃物)、地点(墙、门、楼梯)这几类物体上安装传感节点,具体有环境传感器、控制传感器、接触传感器、移动传感器以及温度和湿度传感器等几个类型。从传感器上收集到的信息将根据其类型存储到数据仓库中,系统将这些数值与预期值进行比较,如果不匹配,系统将给出反馈。相比于其他系统,此系统不需要人力去控制人的行为或者监控病房,有效减少了医院传染率。

## 2 物联网技术在医疗领域的研究现状

针对物联网技术在医疗领域的应用现状,浙江大学附属一院的何前锋副研究员提出了简约数字医疗物联网,他认为医疗物联网应从“物”(即对象,指医生、病人、器械等)、“联”(即信息交互,定义对象是可感知、可互动和可控制的)、“网”(即流程,不仅是看得见的物理网络,还须是基于标准的流程)三个方面来看待。中山医院呼吸科主任白春学教授提出了物联网医学概念,指出这种全新的诊疗能使患者的“被动治疗”转变成“及早预警、及早主动治疗”模式,可将诊治工作的成本降至最低,特别是可以缓解发达地区看病难、住院难和不发达地区医疗资源稀缺的问题。中国工程院院士俞梦孙则提出了健康物联网概念,指出今后医疗发展的主流方向是能对人类健康包括疾病进行网络式管理的新型物联网健康管理模式,同时指出此种模式框架是一个以家庭为单位的社区医疗网模式,小病医生通过网络即可解决。上述概念的提出,将物联网在医疗领域的研究上升到一个宏观的高度。

此外,无锡市第四人民医院充分利用无锡特有的物联网平台背景,通过先选择“一人”(重症监护病人)和“一物”(医疗废弃物)进行医院物联网研发以便积极打造物联网医院计划;同时,该院以程之红、刘丽为代表的课题组也在国内率先开展物联网技术在医疗领域的研究,取得了一系列的成果。具体如下:

a) 以无线传感技术为基础,提出一个采用统一的感知医

院标准规范层、通用和专用标记传感器及网络层、信息存储及中间件层、“无边界”感知医院应用服务层、无线网络信息安全保障体系的“四层一体”技术架构,并能实现“无边界”远程会诊、疑难危重病例讨论、“无边界”疾病预警和诊疗评估等功能的“无边界”感知医院模型<sup>[51]</sup>,从而建立一种新型的全时间、全空间上的医疗卫生服务新模式。

b) 把物联网技术引入临床路径管理,构建一个以“信息采集—数据传输—数据处理”为基础架构的,具有医疗行为时限管理、特殊医疗耗材和贵重药品动态管理、患者危急值管理以及临床路径变更管理等功能的实时监控与预警反馈相结合的临床路径管理新模式<sup>[52]</sup>。

c) 把物联网技术引入医院医疗过程中患者的健康管理,提出一类具有患者身份识别和定位、就诊流程管理、诊疗信息查询、母婴对应管理以及危急预警等功能的医疗过程管理模块<sup>[53]</sup>。其流程如图6所示。并指出今后可通过建立患者基本健康指标感知体系,患者慢性病指标感知体系,患者医疗健康时点和动态感知、预警、监控、就诊指导体系,患者就诊导航、身份识别、费用结算、病案信息查询服务体系等来进一步创新物联网技术在患者医疗中的健康管理<sup>[53]</sup>。

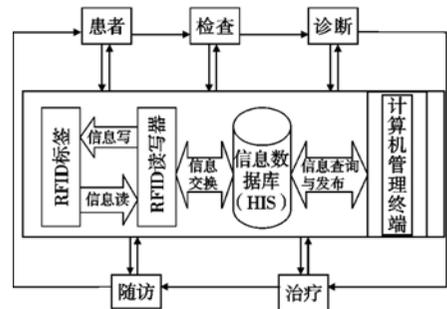


图6 基于物联网技术的医疗过程管理流程

## 3 有待解决的关键问题

### 3.1 面向医疗行业的物联网系统标准问题

物联网在医疗领域的应用特点是应用规模大、感知节点密集度较低。在感知网络层,其核心技术已成熟;在网络传输层,3G或互联网等基础网络设施也能满足产业需求,目前关键在于尽快建立面向医疗行业的物联网标准体系,规范针对医疗行业的物联网技术结构和内容。此标准体系既要依托各行业的共性技术标准,又要凸显医疗行业特色,具体包括编码标志、体系架构、组网通信协议、网络安全等几个方面。比如,为使医疗设备的干扰最小,医院在选择物联网标准时必须选择合适工作频率的有源标签和无源标签。目前,无锡市第四人民医院已向全国信息技术标准化技术委员会传感器网络标准工作组提出专门成立传感器网络医疗应用项目组的建议,旨在尽快完成并提交面向医疗行业的物联网系统标准研究报告。

### 3.2 医疗领域物联网中电子病历的相关问题

电子病历在医疗物联网中的角色举足轻重。由于是应用在物联网环境下,而物联网技术实现医疗信息化的思路就是移动医疗,所以这里的电子病历不同于传统医院信息系统 HIS 下的电子病历,确切地讲应该称为“移动病历”,又叫做“RFID 医疗卡”或“PIC 卡(personal electronic record identity card)”<sup>[38]</sup>。

其主要功能应有病人基本信息(包括病人全名、性别、出生日期、电话号码、社保卡号或身份证号及照片)和医疗信息(如血型,是否有糖尿病、癫痫病和高血压等病史,药物过敏情况)的存储、病人挂号和就诊编号的排定、医生诊疗信息(病历)的输入、医护人员对病历的读出(通过便携式手持设备和台式电脑两种方式)、医生电子医嘱的存储(结合移动查房)、病人用药治疗的记录(结合医保电子结算与支付)、病人的跟踪定位等。

由此可见,电子病历是医疗物联网的基本研究要点,目前存在着许多问题有待进一步研究,如存储介质(采用何种 RFID 卡,包括其能量供应方式)、存储容量(与病人相关的信息量大,需要大容量的存储介质)、标志格式和数据格式(传统医院信息系统 HIS 下的电子病历是采用 XML 格式,而在物联网下的移动病历应采用什么格式)、管理软件(后台医疗信息中心服务器选用何种数据库来存储这些物联网下采集到的医疗数据,采用何种分类技术来管理这些数据,以及采用何种查询技术来检索这些数据)等。

### 3.3 医疗领域物联网中数据安全和隐私保护问题

物联网除了具有传统网络的安全问题外,还产生了新的安全和隐私问题,如对物体进行感知交互的数据保密性、可靠性、完整性,以及未经授权不能进行身份识别和跟踪等<sup>[54]</sup>,这些在医疗行业中显得尤为突出。例如,非法用户可利用干扰信号使物联网中 RFID 标签与阅读器之间的无线通信链路发生阻塞,甚至可能伪造 RFID 标签向阅读器发送信息,致使医院信息系统处理混乱,对病人的安全造成严重影响;再如前面所讲的电子病历记录了病人的基本信息和诊疗信息,这都属于病人的隐私,必须严格保证其数据安全,否则将会威胁病人的合法权益,对医院和病人造成不利影响。有两点需要注意:a)防止信息丢失或篡改;b)防止非法访问。后台的医疗数据中心服务器必须保持对非授权访问途径的严格禁止,在任何情况下,只有那些被授权的人士才能进行相关数据的修改,以免造成医疗信息的丢失或篡改,这也为可能出现的医患纠纷提供原始凭证,做到有案可查。

## 4 结束语

物联网技术在医疗领域的应用一直备受国内外的广泛关注。本文详细讨论了物联网技术在医疗领域的应用和研究现状,指出了医疗领域物联网研究中有待解决的关键问题。笔者坚信,物联网在医疗领域良好广泛的应用前景必将会使国内外更多的学者去关注和从事此方面的相关研究,只有这样才能为人类提供更安全、有效的医疗卫生服务,迎来惠及全社会的“智慧医疗”,从而进一步推动物联网产业的大发展。下一步,笔者准备从医疗领域物联网中电子病历的相关问题入手,着重对移动电子病历的信息标志格式和数据格式展开相关研究,为全面推进物联网技术在医疗领域的应用奠定坚实的基础。

### 参考文献:

- [1] 王保云. 物联网技术研究综述[J]. 电子测量与仪器学报,2009,23(12):1-7.
- [2] 贾凯,刘慧,王保松. 物联网在我国医药流通中的应用研究[J]. 商业经济文荟,2005(5):50-51,40.
- [3] 孙雷. 在我国建立医药 EPC 网络的构想[J]. 物流科技,2004,27(11):76-78.
- [4] 刘建生,林自葵,王慧. 基于物联网的药品流通过程再造研究[J]. 物流科技,2007,26(5):104-106.
- [5] 李兴鹤. 基于 RFID 的室内人员跟踪及药品防伪与管理的研究[D]. 济南:山东大学,2006.
- [6] PHILLIPS T, KARYGIANNIS T, KUHN R. Security standards for the RFID market[J]. Security & Privacy Magazine,2005,3(6):85-89.
- [7] LU Kai-cheng. Computer cryptography [D]. Beijing:Tsinghua University,1998.
- [8] WHEELER D J, NEEDHAM R M. TEA, a tiny encryption algorithm [C]//Proc of the 2nd International Workshop Proceedings. [S. l.]: Springer-Verlag,1995:1-3.
- [9] 朱晓荣,齐丽娜,孙君,等. 物联网泛在通信技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2010.
- [10] LOPEZ-NORES M, PAZOS-ARIAS J J, GARCIA-DUQUE J, et al. Introducing smart packing in residential networks to prevent medicine misuse [C]// Proc of IEEE International Symposium on Consumer Electronics. 2008:1240-1247.
- [11] 王春飞. 浅谈医院药房信息化及自动化建设[J]. 医疗卫生装备,2007,28(6):40-41.
- [12] SHIEH S C, LIN C C, YANG Tai-fu, et al. Using RFID technology on clinic's pharmacy operation management and development of intelligent medicine dispensing cabinet [C]// Proc of IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. 2008:2006-2009.
- [13] BAO Shu-di, CARMEN C Y P, SHEN Lian-feng, et al. Authenticated symmetric-key establishment for medical body sensor networks [J]. Journal of Electronics,2007,24(3):421-427.
- [14] SHARMILEE K M, MUKESH R, DAMODARAM A. Secure WBAN using rule-based IDS with biometrics and MAC authentication [C]// Proc of the 10th IEEE International Conference on e-Health Networking, Applications and Service. Washington DC: IEEE Press,2008:102-107.
- [15] POON C C Y, ZHANG Yuan-ting, BAO Shu-di. A novel biometrics method to secure wireless body area sensor networks for telemedicine and m-health [J]. IEEE Communications Magazine,2006,44(4):73-81.
- [16] PARK C, CHOU P H. Eco; ultra-wearable and expandable wireless sensor platform [C]// Proc of the 3rd International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks. Washington DC: IEEE Press,2006:162-165.
- [17] PARK P, SHIN Y M, BYUN H Y, et al. Preliminary children health care service using ubiquitous technology [C]//Proc of the 5th International Joint Conference on INC, IMS and IDC. 2009:1053-1057.
- [18] GUO D G, TAY F E H, XU Lin, et al. A long-term wearable vital signs monitoring system using BSN [C]// Proc of the 11th Euromicro Conference on Digital System Design Architectures, Methods and Tools. Washington DC: IEEE Press,2008:162-165.
- [19] LIN C C, LIN P Y, LU Po-Kuan, et al. A healthcare integration system for disease assessment and safety monitoring of dementia patients [J]. IEEE Trans on Information Technology in Biomedicine,2008,12(5):579-586.
- [20] CHEN B R, PATEL S, BUCKLEY T, et al. A Web-based system for

- home monitoring of patients with Parkinson's disease using wearable sensors[J]. *IEEE Trans on Biomedical Engineering*, 2011, 58(3):831-836.
- [21] AZIZ O, LO B, YANG Guang-zhong, *et al.* Pervasive body sensor network: an approach to monitoring the post-operative surgical patient [C]// Proc of IEEE International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks. Washington DC: IEEE Press, 2006: 1-4.
- [22] ISO-KETOLA P, KARINSALO T, VANHALA J. HipGuard: a wearable measurement system for patients recovering from a hip operation [C]// Proc of the 2nd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare. 2008.
- [23] CHEN S L, LEE H Y, CHEN C A, *et al.* A wireless body sensor network system for healthcare monitoring application [C]// Proc of IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference. Washington DC: IEEE Press, 2007: 243-246.
- [24] RASHID R A, ARIFIN S H S, RAHIM M R A, *et al.* Home healthcare via wireless biomedical sensor network [C]// Proc of the 4th International RF and Microwave Conference. [S. l.]: IEEE Press, 2008: 511-514.
- [25] MobiHealth project [EB/OL]. [2009-08-20]. <http://www.mobihealth.Org/>.
- [26] WU Yu-chi, CHEN Pei-fen, HU Zhi-huang, *et al.* A mobile health monitoring system using RFID ring-type pulse sensor [C]// Proc of the 8th International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing. 2009: 317-322.
- [27] LEE Y D, CHUNG W Y. Wireless sensor network based wearable smart shirt for ubiquitous health and activity monitoring [J]. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2009, 140(2): 390-395.
- [28] FISCHER M, LIM Y Y, LAWRENCE E, *et al.* ReMoteCare: health monitoring with streaming video [C]// Proc of the 7th International Conference on Mobile Business. 2008: 288-286.
- [29] CodeBlue project [EB/OL]. [2009-08-20]. <http://www.eecs.harvard.edu/~mdw/proj/codeblue/>.
- [30] 宫继兵, 王睿, 崔莉. 体域网 BSN 的研究进展及面临的挑战 [J]. *计算机研究与发展*, 2010, 47(5): 737-753.
- [31] CHOWDHURY B, D'SOUZA C, SULTANA N. The use of emerging technology to improve the performance of health service delivery [C]// Proc of IEEE Region 10 Conference. [S. l.]: IEEE Press, 2009: 1-6.
- [32] 席丽单. 物联网在门诊流程优化中的应用 [J]. *医学动物防制*, 2010, 26(10): 978-979.
- [33] 张福生. 物联网——开启全新生活的智能时代 [M]. 太原: 山西人民出版社, 2010.
- [34] 潘媛媛. 物联网技术在医疗护理系统中的应用 [J]. *实用医院临床杂志*, 2011, 8(2): 196-198.
- [35] 王虹, 吴飞, 张鹏熹. 基于 RFID 的无线护理信息系统设计与实现 [J]. *医院数字化*, 2009, 30(2): 56-57.
- [36] XIAO Yang, SHEN Xue-min, SUN Bo, *et al.* Security and privacy in RFID and applications in telemedicine [J]. *IEEE Communications Magazine*, 2006, 44(4): 64-72.
- [37] SAX C, LAWRENCE E. Point-of-treatment: touchable e-nursing user interface for medical emergencies a portable e-nursing medical information system-approach [C]// Proc of the 3rd International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies. 2009: 89-95.
- [38] TURCU C, TURCU C, POPA V, *et al.* An RFID-based system for emergency health care services [C]// Proc of the 23rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops. 2009: 624-629.
- [39] KUO F, FU C J, LIU Li, *et al.* The implement of RFID in emergency medicine [C]// Proc of the 9th IEEE International Conference on e-Health Networking. 2007: 125-130.
- [40] KIM K, JUN J, KIM S, *et al.* Medical asset tracking application with wireless sensor networks [C]// Proc of the 2nd International Conference on Sensor Technologies and Applications. 2008: 531-536.
- [41] 张志彬. RFID 技术在医疗行业中的应用研究 [J]. *医学仪器*, 2007, 20(1): 3-5.
- [42] 程之红, 焦雅辉, 徐渊洪, 等. RFID 技术在医疗安全管理中的应用前景 [J]. *中国医院*, 2010, 14(8): 5-7.
- [43] 罗锦, 李然, 曾隽芳, 等. 基于 RFID 技术的血液管理系统研究与开发 [J]. *计算机工程与应用*, 2006, 42(23): 168-172.
- [44] ABARCA A, De La FUENTE M, ABRIL J M, *et al.* Intelligent sensor for tracking and monitoring of blood temperature and hemoderivatives used for transfusions [J]. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2009, 152(2): 241-247.
- [45] HUANG C L, CHUNG P C, TSAI M H, *et al.* Reliability improvement for an RFID-based psychiatric patient localization system [J]. *Computer Communications*, 2008, 31(10): 2039-2048.
- [46] TSAI M H, HUANG C L, CHUNG P C. *et al.* A psychiatric patients tracking system [C]// Proc of International Symposium on Circuits and Systems. 2006: 4050-4053.
- [47] WAI A A P, FOOK F S, JAYACHANDRAN M. *et al.* Implementation of context-aware distributed sensor network system for managing incontinence among patients with dementia [C]// Proc of the 7th International Conference on Body Sensor Networks. 2010: 102-105.
- [48] MANOHAR A, BHATIA D. Pressure detection and wireless interface for patient bed [C]// Proc of IEEE International Conference on Biomedical Circuits and Systems. 2008: 389-392.
- [49] O'DONOUGHUE N, KULKARNI S, MARZELLA D. Design and implementation of a framework for monitoring patients in hospitals using wireless sensors in Ad hoc configuration [C]// Proc of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference. 2006: 6449-6452.
- [50] PARK G, JAEHEUNG Y, *et al.* Suggesting infection causes monitoring system based on wireless sensor network for hospital infection control [C]// Proc of the 10th International Conference on Advanced Communication Technology. 2008: 642-647.
- [51] 程之红, 焦雅辉, 刘丽, 等. 无线传感技术在无边界感知医院中的应用展望 [J]. *中国医院*, 2010, 14(8): 8-9.
- [52] 王羽, 蒋平, 刘丽, 等. 物联网技术在临床路径质量管理中的应用探讨 [J]. *中国医院*, 2010, 14(8): 10-11.
- [53] 王羽, 徐渊洪, 杨红, 等. 物联网技术在患者健康管理中的应用框架 [J]. *中国医院*, 2010, 14(8): 2-4.
- [54] 朱洪波, 杨龙祥, 朱琦. 物联网技术进展与应用 [J]. *南京邮电大学学报: 自然科学版*, 2011, 31(1): 1-8.