

# 基于无线人员定位的养老机构通信系统<sup>①</sup>

刘鸿亮<sup>1</sup>, 唐新余<sup>1,2</sup>, 张荣辉<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院新疆理化技术研究所 感知网络信息技术研发中心, 无锡 214135)

<sup>2</sup>(无锡中科西北星科技有限公司, 无锡 214135)

**摘要:** 针对目前无线人员定位系统无法适用于养老机构的现状, 提出了一种全无线模式的人员定位通信系统, 并详细介绍了系统设计方案, 主要包括整体方案、人员定位模块方案和通信模块方案. 重点介绍了人员定位原理以及为改进定位效果而设计的时间阈值算法, 描述了系统的核心功能、软硬件结构及扩展功能设计, 最后给出了系统的实现和运行效果.

**关键词:** 无线通信; 人员定位; 基站; 移动终端; 养老机构

## Integrated Communication System Based on Personnel Wireless Positioning in Pension Agency

LIU Hong-Liang<sup>1</sup>, TANG Xin-Yu<sup>1,2</sup>, ZHANG Rong-Hui<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(Perspective Networks Information Technology R&D Center, Xinjiang Technical Institute of Physics & Chemistry CAS, Wuxi 214135, China)

<sup>2</sup>(Wuxi CAS Nor-West Star Technology CO., LTD, Wuxi 214135, China)

**Abstract:** With the problems of personnel wireless positioning in pension agency, the paper develops an integrated communication system based on personnel wireless positioning in pension agency, and introduces the design scheme of the system in detail, including the overall scheme, personnel positioning module and communication module. The paper makes an introduction about the principle of personnel positioning and the time threshold algorithm for better effect of positioning, describes the core functions, the hardware and software structure, the extended function of the system. The system implementation and operation effect is also given at last.

**Keywords:** wireless communication; personnel positioning; base station; mobile termination; pension agency

### 1 养老机构无线人员定位系统现状

养老机构人员定位系统通过监测护理对象的实时位置信息, 提供基于位置信息的多元及个性化服务, 同时提供护理对象、护工、管理人员之间的通信. 目前, 常见的人员定位系统主要有 GPS 定位系统, Wi-Fi 定位系统, ZigBee 定位系统, UWB 定位系统等<sup>[1-3]</sup>. 在养老机构的应用场景中, 人员定位系统目前仍以有线系统为主, 因其部署复杂, 成本高昂, 故而不利于大规模应用. 另一方面, 通过人员定位系统为养老机构提供基于位置信息的多元服务, 如主动呼叫、区域报警等, 能够提高养老机构管理水平, 保障护理对象的切身利益, 具有重大的实际意义. 因此, 本系统研究

的内容具有广阔的发展前景.

### 2 一种无线人员定位系统方案

#### 2.1 系统需求功能

(1)系统核心功能: a).对护理对象和护工进行实时定位, 并保证在误差范围内的实时区域跟踪. b).实现监控中心与移动终端的实时双向通信和调度信息推送. c).实现事件驱动的多种报警功能, 包括进入报警、滞留报警、主动报警等. d).对相关位置信息进行统计查询, 支持数据分析, 轨迹回放等.

(2)系统设计重点: a).考虑无线信号的衰减及干扰<sup>[4]</sup>, 在室内、走廊和室外空旷区域等不同场景下, 基站需

① 基金项目:新疆维吾尔自治区青年博士科技人才培养项目(2013731016)

收稿时间: 2013-11-05.收到修改稿时间: 2013-12-11

要支持可调的监测范围,以达到最好的定位效果. b). 移动终端进入多个基站的交叉范围时,容易发生节点漂移现象,需要采用合理的算法,以同时保证定位的实时性与准确度. c). 系统需要多种报警模式,因此要设计灵活的报警机制,实现多种定制化报警方案. d). 移动终端采用电池供电,因此必须尽量降低其功耗. e). 由于人员定位和信号传输均采用无线传输方式,因此考虑到无线信号的同频干扰问题,系统需采取双频模式.

## 2.2 系统整体设计方案

系统主要由上位机、协调器、基站及移动终端组成. 其中,上位机负责将基站与协调器的信号转化为相对位置信息,进而递交系统软件以确定人员真实位置;协调器负责整个定位及传输网络的构建;基站负责终端信号采集、预处理及定位信号的传递;移动终端与基站可进行双工通信,护理对象携带的终端仅通过用于完成定位,护工携带的终端除定位功能外,还可以实现信息推送及信息确认等交互通信功能.

为了便于部署和扩展,系统通信全部采用无线方式. 系统包含终端定位和基站通信两个部分,如果整个系统工作在一个频段,则无线信号干扰及通信碰撞将严重影响网络利用率. 因此,本系统采用双频模式,即人员定位模块和通信模块工作在两个不同的频段上,这样可以同时保证定位的实时性及网络的效率.

在一般场景中,协调器直接由上位机供电,基站采用弱电供电,终端设备采用电池供电. 其中移动终端内置振动传感器,当其持续静止时间  $t$  时,其地理位置保持不变,便进入休眠状态,从而在不影响定位效果的情况下,极大降低终端功耗.

系统的基站部署示意图如图 1 所示,基站分布在整个养老机构中,采用壁挂式或悬挂式装置于固定位置. 空旷区域的基站范围一般为 20—30 米,室内走廊则为 5—10 米. 护理对象及护工佩戴移动终端,移动终端具有休眠和工作两种状态,其移动速度一般不超过 5m/s. 移动终端通过与基站的相互通信,得以确定其佩戴者的身份信息、实时位置信息和时间信息.

在实际应用中,养老机构需求的人员定位系统具有特殊性. 首先,系统要易于部署且成本不可过高,而定位的精度只需误差保持在数米以内,便是有意义的. 其次,系统报警要具有时效性,延迟一般在数秒以内. 再次,由于移动终端采用电池供电,其功耗不

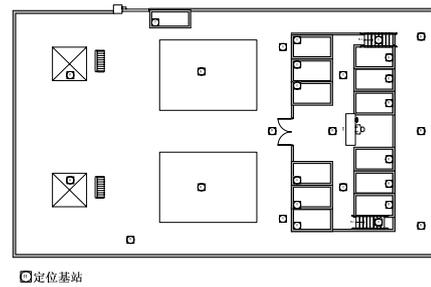


图 1 系统基站部署示意图

能过大,且应具备电源管理和休眠功能. 综合上述需求,本系统合理设计各种设备及参数,以满足养老机构的实际需求.

## 2.3 系统人员定位模块

人员定位模块通过信号强度检测进行定位,并设计时间阈值算法来解决终端漂移问题.

系统为每个基站和移动终端设置唯一编号,基站编号对应地理位置信息,移动终端编号对应佩戴者身份信息. 移动终端周期性地发送包含时间戳的广播消息,基站接收到广播消息后,检测该消息的信号强度,并将其对应的终端编号信息、时间戳、信号强度以及基站自身的编号信息封装,然后通过协调器传递给上位机,上位机系统通过提取基站编号及终端编号,将相关的地理位置信息与人员信息结合.

系统定位过程如图 2 所示,对于终端 a 和 b,基站 AB 分别独自检测到其广播消息,因此系统可判定终端 a 处于 A 区域,终端 b 处于 B 区域. 对于终端 c,由于基站 A 和 B 均检测到其广播消息,因此系统需要根据实际情况,采用合适的算法进行位置判定,确定 c 的实际区域.

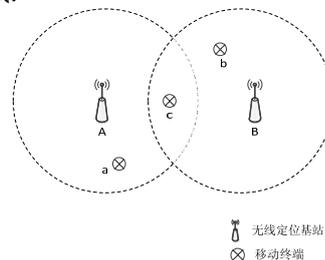


图 2 系统定位示意图

在实际应用中,考虑到天气状况、人员移动、信号遮挡等因素,如若仅通过信号强度的比较来判定移动终端 c 的位置,则会出现短时间内终端 c 在基站 AB 间漂移的现象,即同一终端在不同区域间不断快速切

换, 无法反映实际的定位效果<sup>[7-8]</sup>. 针对终端漂移问题, 系统设计了时间阈值算法, 判定是否接受移动终端的位置, 当且仅当移动终端被同一基站持续检测的时间超过特定时间阈值的情况下, 才接受基站位置为移动终端的当前位置. 该算法的工作流程如图 2 所示, 系统为每一个移动终端  $MT_i$  维护一个缓存状态, 其中存储了  $MT_i$  的当前状态信息  $MS_{i,current}$ , 包含所处位置的基站编号  $BS_{i,current}$  和时间戳  $T_{i,current}$ . 系统接收到关于  $MT_i$  的广播消息时, 选取信号强度最大的消息  $MS_{i,new}$  (包含位置  $BS_{i,new}$  和时间戳  $T_{i,new}$ ) 进行判定, 通过判断  $MT_i$  被同一基站检测的时间是否超过阈值  $T_{threshold}$ , 确定是否更新  $MT_i$  的位置信息.

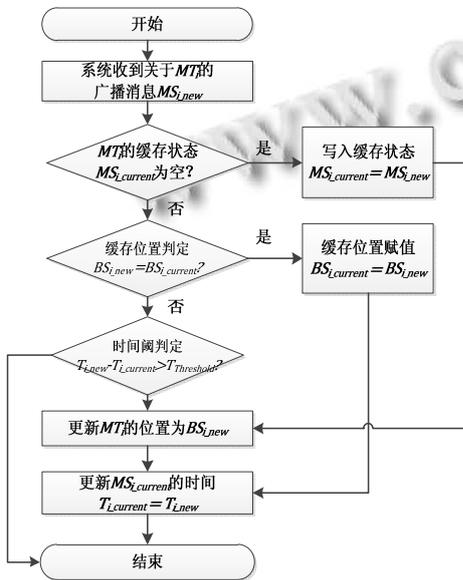


图 3 时间阈值算法工作流程

需要指出, 通过设置不同的时间阈值, 可以调整系统定位的实时性和准确度. 阈值过小, 则实时性较好, 但无法解决漂移问题; 阈值过大, 则定位对象的位置信息更准确, 但会影响到定位的实时性. 在本系统应用的养老机构中, 根据老人的移动速度、运动习惯以及基站间距等因素, 阈值设置为 3—5 秒.

### 2.4 系统基站通信模块

为了有效防止人员定位信号与通信信号的相互干扰, 基站的通信模块与定位模块选择不同的工作频率. 在本系统中, 人员定位模块工作在 2.4G 频率, 基站通信模块工作在 470MHz 频段.

基站通信模块包括中心协调器, 路由节点和普通

节点. 中心协调器是网络的中心结点, 负责网络的发起、维护和管理, 路由可传递网络数据并实现网络拓扑结构, 普通结点只进行本节点数据发送和接收<sup>[5-6]</sup>. 在本系统中, 系统协调器即中心协调器, 系统基站可设置为路由结点或普通节点.

系统网络拓扑采用树状结构, 其模型图如图 4 所示. 基站可以直接与协调器通信, 也可以作为路由转发报文. 基站接受移动终端的定位信息之后, 提取其中的定位信息并在通信模块中封装成为新的消息, 继而发送给路由基站或协调器.

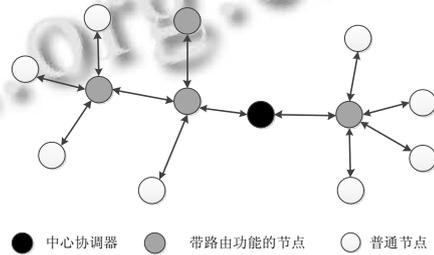
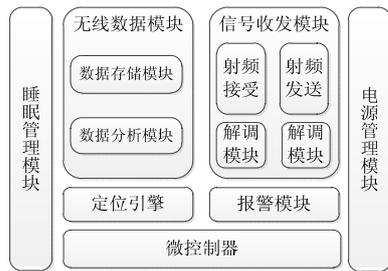


图 4 系统网络拓扑图

系统通过基站通信实现多种报警功能. 基站发送的终端定位信息包含时间戳, 系统可根据不同的时间戳计算移动终端在同一基站的滞留时间, 触发滞留报警. 系统可以预设人员与位置信息的匹配作为准入报警条件, 一旦上位机收到的定位信息中匹配到特定位置及相关人员, 便触发准入报警. 此外, 移动终端还具有主动报警功能. 按下主动报警按键时, 终端发送报警消息最近的基站, 基站接到报警消息后立即转发给协调器, 系统做出判断后做出相应处理, 如向临近护工(双工通信移动终端)推送文字消息并触发其蜂鸣报警, 自动发送短信给管理人员等.

### 2.5 系统硬件结构

前面讨论了系统人员定位模块和通信模块的工作机制, 系统基站和移动终端的硬件框架图如图 5(a)和图 5(b)所示. 需要指出的是, 图 5(a)和图 5(b)描述的是本应用系统中一般性的硬件模块, 并未给出确定的硬件型号及参数, 实际应用中可以选择不同的芯片来实现, 只需符合对应的模块功能即可.



(a) 移动终端硬件框架图



(b) 基站硬件框架图

图 5 框架图

### 2.6 系统软件设计

系统的核心功能为人员定位和通信，而软件的设计包括适用于养老机构的多种基础业务功能与扩展功能，具有较大的灵活性，因此本文不深入讨论其具体设计。结合实际应用场景，在此仅给出一般性的软件系统框架图作为参考。

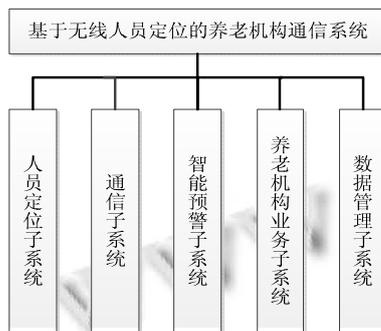


图 6 软件系统框架图

### 2.7 系统扩展功能设计

在人员定位的基础上，系统可以提供多种基于位置信息的服务。一方面，可以在原有的硬件基础上进行扩展，如通过增加 SMS 收发设备，可以在系统报警时自动向管理人员发送 SMS 信息；通过与视频监控系统融合，可以形成人员定位与视频联动系统，为系统增加可视化功能。另一方面，可以在原有的软件基础

上进行扩展，如通过人员定位对佩戴移动终端的工作人员进行自动考勤；通过保存护理对象的历史轨迹，能够让家属远程查看护理对象的活动轨迹，提供更加人性化的服务。总之，以本系统提供的人员定位为基

### 2.8 系统实现及运行效果

基于上述系统设计，本文实现了养老机构通信系统。在硬件方面，系统采用 2.3 给出的 RSSI 时间阈值定位算法，基于 CC2431 定位模块与 470M 传输模块进行开发。图 7 给出了系统样机的实物图，并对样机的硬件模块做出了说明，主要包括定位引擎、接口设计、按键功能等。



图 7 定期设备样机及其构造

在软件方面，系统采用面向对象可视化 VS C#2010 进行开发，完整实现了实时定位管理、机构业务管理、预警管理、数据管理等系统功能。图 8 给出了系统的部分运行界面，其中，图 8(a)是通信系统主界面，显示系统的功能入口，实时监测定位对象的位置，并给出报警信息的提示；图 8(b)是定位对象位置信息的管理界面，包括定位对象的基本信息，定位信息，报警信息等数据。



(a) 通信系统主界面 (b) 定位信息管理界面

图 8 系统界面图

考虑影响系统效果的因素，如天气状况、定位对象习惯和基站部署策略等，系统在多种环境下进行了

运行和测试,测试情况及平均效果如表1所示.通过系统运行效果的各项参数可以看出,该系统满足了养老机构通信系统的设计需求,具有良好的运行效果.

表1 系统测试情况及效果

参数	系统需求	测试	平均效果
室内定位精度	3m~5m	1000次	<4m
室外定位精度	5m~10m	750次	<7m
定位准确率	>95%	1750次	98%
主动报警延迟	<2s	600次	0.9s
自动报警延迟	<3s	600次	1.4s
报警误报率	<5%	1200次	2.2%
移动终端功耗	3mAh/d	90天	2.8mAh/d
测试网络规模: 基站60台; 移动终端200个			

### 3 结束语

不同的养老机构内部环境差异较大,有线设备及精确定位系统部署复杂<sup>[9]</sup>,成本较高,不能很好地应用在实际场景中.基于本方案的养老机构管理系统采用无线人员定位设备与无线信号传输设备,易于部署,成本相对较低且效果良好.系统通过提供护理对象的实时位置信息,进而提供基于位置信息的服务,提高养老机构管理质量,保障护理对象切身利益,化解养老机构与家属的潜在矛盾.具有巨大的应用价值和社会价值.

### 参考文献

- 1 梁久祯.无线定位系统.北京:电子工业出版社,2013:2-11.
- 2 Niculescu D, Nath B. Ad hoc positioning system (APS). IEEE Int.conf.GlobeCom. 2001: 2926-2931.
- 3 徐晓忻.无线定位技术及位置服务应用的研究[学位论文].杭州:浙江大学,2012
- 4 Bertoni HL. Radio Propagation for Modern Wireless Systems. London: Prentice Hall PTR, 2000: 115-137.
- 5 Ivanov S, Net t E, Schemmer S. Automatic WLAN localization for industrial automation. IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, Dresden. 2008. 93-96.
- 6 Hwang K. Enhanced self-configuration scheme for a robust Zigbee-based home automaiton. IEEE Trans. on Consumer Electronics, 2010, 56(2): 583.
- 7 章坚武,张璐,应瑛,高锋.基于 ZIGBEE 的 RSSI 测距研究.传感技术学报,2009,22(2): 285-288.
- 8 张明华,张申生,曹健.无线局域网中基于信号强度的室内定位.计算机科学,2006,34(6):68-71.
- 9 肖竹,王勇超,田斌,于全,易克初.超宽带定位研究与应用:回顾和展望.电子学报,2011,39(1):133-141.