

刘旭, 张其乐, 王立新. 基于 Wi-Fi 信号的地震埋压人员快速求救与搜救系统开发[J]. 华南地震, 2018, 38 (3): 112-118. [LIU Xu, ZHANG Qile, WANG Lixin. Development of Earthquake Trapped People Quick Search and Rescue System Based on Wi-Fi Signal[J]. South China journal of seismology, 2018, 38(3): 112-118]

基于 Wi-Fi 信号的地震埋压人员 快速求救与搜救系统开发

刘旭¹, 张其乐¹, 王立新^{2,3,4}

(1. 香港城市大学深圳研究院, 深圳 518000;

2. 广东省地震局中国地震局地震监测与减灾技术重点实验室, 广州 510070;

3. 广东省地震局广东省地震监测预警与重大工程地震安全诊断重点实验室, 广州 510070;

4. 深圳防灾减灾技术研究院, 深圳 518003)

摘要: 大震巨灾发生后, 如何在 72 h 黄金救援期挽救人民群众的生命是救援工作的重中之重, 但往往由于通信基站破坏或通信阻塞, 使得被埋压人员无法与外界取得联系, 只能通过呼救或敲击等原始方式求救, 效果不佳且耗费体力。外界搜索一般通过人工搜索、搜救犬、生命探测仪等方式, 存在探测区域小、易受干扰、价格昂贵等不足。针对这一问题, 提出了基于 Wi-Fi 的新型地震埋压人员快速求救和搜救系统, 具有覆盖范围广、传输速度快、成本低、易操作等优点, 可有效提高搜救效率。与其他 Wi-Fi 定位方法不同, 基于信号强度的 RSSI 测距定位算法不需事先收集 Wi-Fi 接入点的位置信息, 更加符合震后搜救的实际情况。借助目前普遍使用的移动智能终端, 受困人员通过客户端程序发送求救信号, 救援人员利用基于 Wi-Fi 信号强度的 RSSI 测距模型, 通过三点定位和优化处理, 快速确定埋压人员的具体位置, 从而有针对性地分配救援力量, 及时高效地开展救援。经过在国家陆地搜寻与救护基地不同废墟环境场景下的实地测试, 系统运作效果良好, 能满足地震求救、搜救人员的救援需要。

关键词: 地震搜救; RSSI 测距模型; Wi-Fi 定位; 三点定位算法

中图分类号: P315.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662(2018)03-0112-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2018.03.017

Development of Earthquake Trapped People Quick Search and Rescue System Based on Wi-Fi Signal

LIU Xu¹, ZHANG Qile¹, WANG Lixin^{2,3,4}

(1. City University of Hong Kong, Shenzhen 518000, China; 2. CEA Key Laboratory of Earthquake Monitoring and Disaster Mitigation Technology, Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China;

3. Guangdong Provincial Key Laboratory of Earthquake Early Warning and Seismic Safety Diagnosis of Major Projects, Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China;

4. Shenzhen Academy of Disaster Prevention and Reduction, Shenzhen 518003, China

收稿日期: 2018-10-28

基金项目: 广东省科技计划项目(2015A020217007); 广东省地震监测预警与重大工程地震安全诊断重点实验室开放运行项目(2017B030314082)

作者简介: 刘旭(1990-), 女, 硕士, 主要从事数据处理分析研究。E-mail: 357196215@qq.com.

通信作者: 王立新(1976-), 博士, 研究员, 主要从事地震工程研究。E-mail: wlxustc@hotmail.com.

Abstract: After severe earthquakes happened, how to save trapped people during the golden 72 hours was the most important thing. However, because of the damage of base stations or block of communication, it is hard for trapped people to contact with the outside world, and they can only seek help by shouting, knocking or other traditional ways, which were labor-consuming and ineffective. For search and rescue, traditional methods like manual searching, sniffer dogs, life detection instruments have disadvantages including limited searching region, easily got disturbed, expensive and so on. In order to address these issues, this paper proposed a fast positioning system based on Wi-Fi signal for locating trapped people. The advantages of this method include a wide scope of coverage, fast speed of transfer, low expenses, and easy to operate. With this method, the efficiency of searching was improved. Different from other mature Wi-Fi positing methods, the proposed RSSI distance measurement algorithm based on Wi-Fi strength, do not have to collect the information of Wi-Fi access points at the beginning, so it is more suitable for the situation after earthquake. With the widely use of mobile phones, the trapped people could use the client application to send distress signal, and the searching and rescuing people could use the RSSI distance measurement model to ascertain the position of the trapped people quickly through the three-point positioning and optimizing process, so helping to allocate the rescue resources more efficiently and improve the rescue effect. Through the field test under different ruin environments of National land search and rescue base, the system shows good operating effectivity, and could meet the need of search and rescue the trapped people.

Keywords: Earthquake search and rescue; RSSI location model; Wi-Fi positioning method; Three-point positioning algorithm

0 引言

我国地震灾害频发, 历次强震中众多受灾人员被坍塌的建筑材料、砖墙、土石等掩埋, 往往因为得不到及时救援而死亡。因此, 迫切需要一套切实可行的搜救方式。目前常用的搜救方法有
人工搜救、搜救犬、生命探测仪等^[1]。搜救犬是一种传统且直接的搜救方式, 虽然搜救准确度比较高, 但救援能力有限, 且效率低, 持续工作能力差。生命探测仪则主要通过感应人体所发出的超低频电波产生的电场, 如心跳、呼吸、体热等, 找到“活人”位置。然而, 传统的生命探测仪可探测的区域面积较小, 定位精度不高, 且无法确定救援地域被埋的人数^[2-3]。如何在震后利用简易工具、快速确定被埋压人员的位置和数量, 对于抗震救灾工作至关重要, 有助于有效分配救援力量, 最大限度保障群众生命安全。

随着移动通信和嵌入式技术的飞速发展, 我国智能手机的普及率逐年增加, 现代智能手机具备的移动性、便携性和丰富功能让每一部智能手机都成为了一台具备联网能力的个人计算机(Personal computer, PC)。而每部智能手机都将蓝牙和 Wi-Fi 模块作为标配, 这就让手机之间进行

不依赖于蜂窝通信网络的点对点连接成为了可能。目前国内外已经出现了大量利用智能手机进行点对点互联的应用, 而一旦智能手机之间实现了互联, 就可以建立起通过无线信号强度判断相对位置的模型, 从而实现智能手机之间的自组网和定位功能^[4]。

传统的定位方式通常采用 GPS 或基站 A-GPS 定位, GPS 作为一种利用卫星进行定位导航的系统, 在全球的应用最为广泛、技术最成熟。但其缺点也非常明显和致命, GPS 对工作环境要求较高, 卫星信号抗环境干扰和抗障碍物阻断能力比较弱, 在灾后的复杂地形地貌环境中 GPS 失效的可能性非常高, 无法提供可靠的定位导航服务。而其他常用的如 A-GPS 或蜂窝网络基站定位技术在近年来的历次自然灾害中也被证明不可靠, 这是因为这些定位技术都依赖于基站和蜂窝移动网络, 而在大震巨灾中这样的通讯模式往往最先中断。因此, 我们需要寻求一种对特殊设备和 GPS、基站等配套设施依赖最小的定位方式。

Wi-Fi 定位作为一种新兴的定位技术, 在近年来越来越受到学术界与产业界的重视与关注, 其原理是以 Wi-Fi 组网中各节点发送的无线信号强度(RSSI)为基础, 来确定各节点之间的相对位置。

虽然 Wi-Fi 并不是专业用于定位的技术,但与 GPS 定位、蜂窝移动网络定位、无迹推算等现有的流行技术相比,有着诸多的优势^[5]。国外对于自然灾害中利用手机定位研究较少。德国政府与多个大学和机构合作,共同启动了一个名为“I-LOV”的大型项目,专门针对地震、泥石流、雪崩等自然灾害状况下对被压埋受害者进行有效的搜索与救援。他们利用干扰机发射白噪声,屏蔽所有外界基站的下行信号,促使手机连接到救援基站网络,救援基站接收到手机信号,运用定位算法进行定位,取得了较好的研究成果,搭建了一套整体的搜索定位、救援基站系统^[6-7]。Ekahau 是一家专门提供实时定位系统的跨国公司,他们拥有基于 Wi-Fi 定位纯软件的解决方案。在国内,成都理工大学的郭勇教授课题组提出了一个基于智能天线搜寻手机信号的系统搜救方案^[8];优频科技公司基于标准的 IEEE 802.11 协议,借助 Wi-Fi 信号强度(RSSI)定位算法实现定位^[9];信息科技有限公司开发出 Wi-Fi 无线网络实时定位系统(RTLS)。然而在现实情况中,现有无线定位手段和技术,都存在着不确定性和定位误差^[4],将 Wi-Fi 定位技术应用于室外场景,特别是灾后救援领域,目前国内外尚欠缺成熟可靠的产品。

在大震巨灾发生后,通讯基站通常损毁严重,公用网络可能无法正常工作,基站损毁将造成灾区通信受阻,形成信息孤岛,严重影响搜救工作的开展。为了克服地震发生之后公用网络通讯受阻的情况对于搜救工作的影响,本文提出了一种基于 Wi-Fi 的新型地震埋压人员快速求救和搜救系统,建立准确的 RSSI(接收信号强度指示)测距模型。该系统不需事先收集 Wi-Fi 接入点的位置信息,更加符合震后搜救的实际情况。使用该系统,即使在公共通信网络失效的情况下,也能保障求救数据的有效传输,具有覆盖范围广、传输速度快、成本低、易操作等优点,可有效提高搜救效率。

1 系统架构

基于 Wi-Fi 的新型地震埋压人员快速定位系统是本研究的核心部分,该定位系统主要通过 Wi-Fi 技术进行信息传输。Wi-Fi 定位模块开启后会自动将 GPS 模块的实时定位信息通过 Wi-Fi 传输方式发射出去,求救人员也可以通过手机求救 APP 连接搜救模块的 Wi-Fi 将自己的位置信息发送给

Wi-Fi 定位模块。Wi-Fi 定位模块获得求救 APP 传输数据后,立即转发给搜救 APP;搜救人员在搜救 APP 上根据 Wi-Fi 信号的强弱和三点定位快速确定埋压人员位置。系统总体架构如图 1 所示。

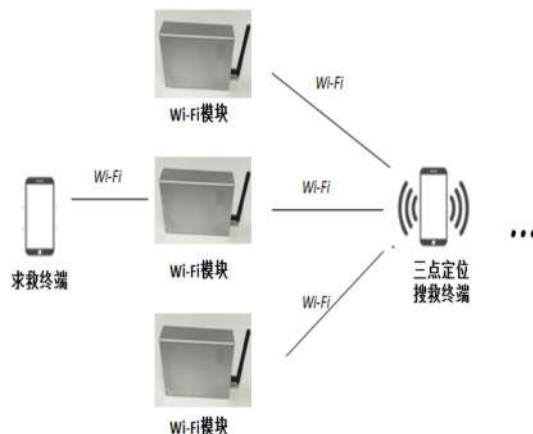


图 1 系统架构

Fig.1 Overall framework

2 系统设计

本研究设计了一套符合地震震后搜救的实际情况,同时适用于 iOS 和 Android 系统的数字化、自动化、规范化的通用三点测距求救/搜救 APP 软件。系统设计从使用者的角度出发,充分考虑到使用者的实际需求,例如求救者在震后的埋压环境中需要的功能(自动发送定位信号、Wi-Fi 信号和发送求救简讯等),以及搜救者所需的功能(搜集多点求救信号、离线地图下载等)。软件的主要功能包括求救信息录入、搜索、定位、重置、离线地图下载和系统升级等。普通公众和搜救人员可以通过应用市场下载该求救和搜救 APP 软件,以不同用户权限登陆、搜索及发送求救数据。

2.1 求救 APP 设计

为满足公众求救的需求,本研究设计开发了基于手机移动终端的求救 APP。地震发生后被困人员在手机上利用该软件,根据自定义的手机 Wi-Fi 范围和测试的距离,搜索搜救 Wi-Fi 仪器发出的 Wi-Fi,将搜索到的 Wi-Fi 仪器信号的强度信息发送到搜救终端。公众端求救 APP 主要功能包括自动连接 Wi-Fi、发送数据等。目前适用于 Android 和 iOS 系统。

求救 APP 开发的主要内容有:① 基于手机移动终端开发符合用户需求的移动采集应用,主要功能包括:自动连接 Wi-Fi、地图定位、地图下载

等。其中 Android 版本手机应用基于 Android 平台软件开发,采用百度地图 SDK 显示地理位置,并使用 http 传输协议与仪器系统通信; iOS 版本手机应用基于 xcode7.3 版本开发平台,使用 Object-C 语言开发,采用百度地图 SDK 进行地图展示。②开发与手机移动搜救终端相匹配的求救 APP,主要功能包括:自动连接 Wi-Fi 发送信息、发送求救短讯。最终开发出的求救 APP 用户界面友好,操作简单,使用方便,使得在地震发生后的紧急情况下,使用者能够在很短的时间内使用该软件,实现所需要的操作。

2.2 Wi-Fi 定位模块设计

Wi-Fi 定位模块主要基于 RSSI(接收信号强度

指示)三点测距原理,限于篇幅,其具体原理和方法另文发表。在不依赖公共通信网络的情形下, Wi-Fi 定位模块可以覆盖半径 30 余米范围。该模块采用嵌入式 Openwrt 系统开发板为系统主板(内置 Wi-Fi),主要包括通讯模块和 GPS 定位模块两大子模块。在完成主板和各个子模块的开发后,本研究通过外接 GPS 子模块来达到多种通信模式的要求。

组装完成后,我们对各个子模块分别进行调试,包括模块在 Openwrt 系统下的驱动、与主板之间的通信及模块间通信。同时,我们还对各个子模块的电源管理、指示(LED)设计、模块调度、工作方式设计。Wi-Fi 定位模块装置结构图如图 2 所示。

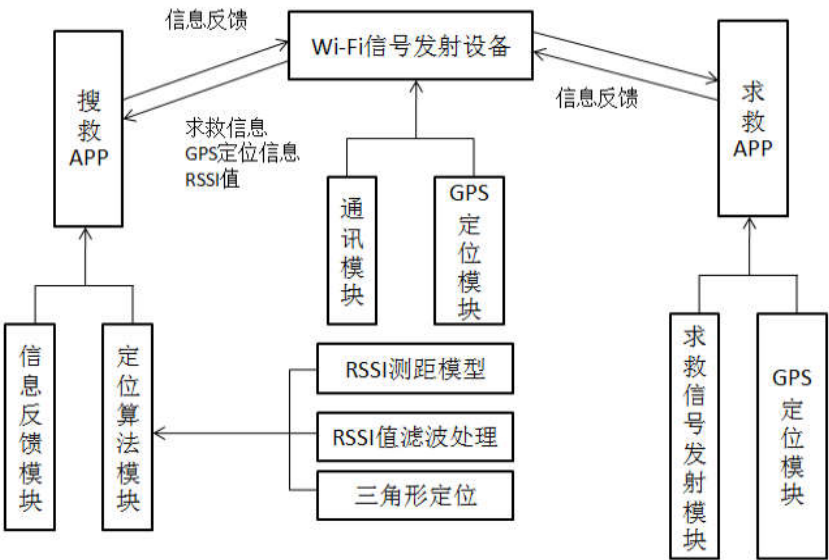


图 2 Wi-Fi 定位系统模块装置结构图

Fig.2 The module device structure diagram of Wi-Fi positioning system

2.3 搜救 APP 设计

搜救软件是从搜救人员的角度出发,结合实际可能出现的情况以及所要求实现的功能设计开发出的 APP。目前适用于 Android 和 iOS 系统。搜救人员需要在搜索区域内摆放 Wi-Fi 信号发射仪器,然后通过局域网把仪器的位置坐标显示在地图上, APP 可以实时查看仪器位置与求救人员的位置。该软件主要包含以下几个功能:定位、搜救、重置、离线地图搜索与下载等功能。

3 系统功能

3.1 埋压人员求救过程

地震发生后,被埋压的求救人员打开手机等移动终端上已下载的求救 APP 软件,根据自定义的手机 Wi-Fi 范围和测试的距离,搜索 Wi-Fi 定位模块发出的 Wi-Fi,将搜索到的 Wi-Fi 仪器信号的强度信息发送到搜救终端。搜救人员通过搜救终端所获得的信息,根据三点定位算法定位求救人员的位置。

求救 APP 主界面如图 3 所示, 可以看到该界面包含手机标志码、Longitude、Latitude、求救描述以及求救按钮。手机标志码是手机本身自带的属性, 用来标识不同的求救者手机, 而 Longitude、Latitude 是求救手机、也就是求救者所处位置的经度和纬度, 是由被困者手机自身所带的 GPS 功能

所获取的信息。该界面显示的经纬度信息可用来与搜救 APP 计算出来的定位结果进行对比, 也有可能由于 GPS 无法定位等原因没有显示, 不影响后续的 Wi-Fi 定位。求救描述是求救人员根据自身情景所做的简短描述, 求救人员可根据实际情况选择输入或者不输入。

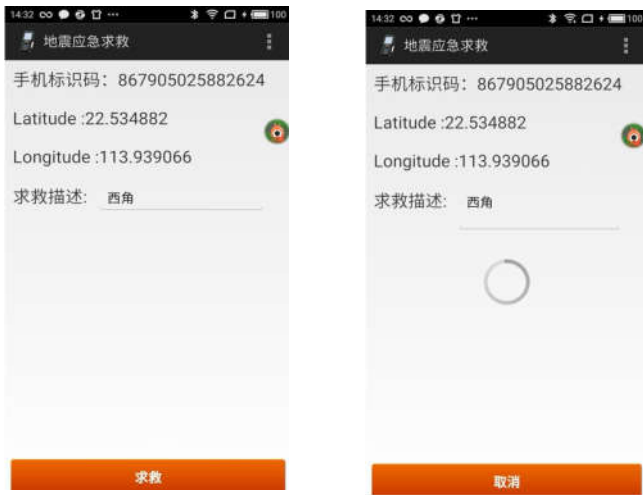


图 3 求救 APP 主界面(Android 系统)
Fig.3 The rescue APP main interface(Android system)

可以看到, 上述信息基本上是由系统自动输入的, 最大限度减少求救人员的操作。在完成所有的信息输入之后, 通过点击求救按钮即可将求救数据发送出去。而向仪器模块发送的求救数据主要为求救用户连接到 Wi-Fi 仪器后获取到的 Wi-Fi 信号强弱。当被压人员获救后, 点击取消按钮, 表示中断往仪器模块发送数据。

3.2 搜救过程

到达搜救现场后, 搜救人员打开搜救 APP, 在搜索区域内合适位置摆放 Wi-Fi 仪器, 然后通过局域网把仪器的位置坐标显示在地图上, APP 可实时查看仪器位置与求救人员的位置。该软件主要包含以下几个功能: 定位、搜救、重置、离线地图搜索与下载等功能。

3.2.1 搜救 APP 使用环境设置

图 4 所示为搜救 APP 界面, 其中左上角为可选择的使用环境, 搜救人员需要根据仪器所处的实际环境进行相应的选择。例如仪器放置在空旷的室外, 可选择环境为“室外无墙空旷”, 另外可选择的环境有: 间隔 1 门、间隔 1 墙、间隔 2 墙以及室内无墙空旷。用户点击右上角的“定位”,

可搜索 Wi-Fi 仪器并获取其位置, 点击“搜索”可获取到同时间内相匹配的求救 APP 的位置, 点击“重置”可清除掉所搜索到的仪器位置和求救 APP 位置。需要说明的是, 图中所呈现的地图在有网络时能够显示, 在无网络环境下需要下载离线地图才能显示。

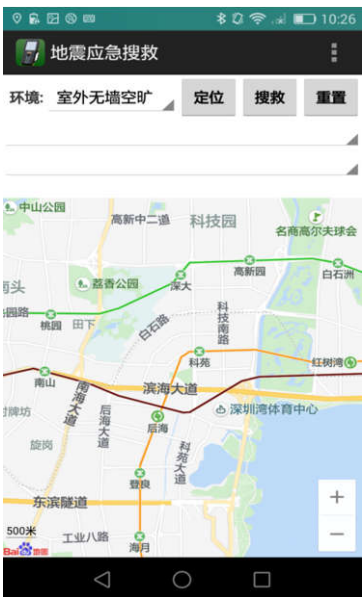


图 4 搜救 APP 主界面选择列表
Fig.4 APP main interface selection list

3.2.2 搜救 APP 主界面

搜救用户在选择仪器所对应的环境，并进行了定位和搜救之后，就能够获取到所需的信息。如图 5 所示，当 3 台 Wi-Fi 仪器摆好了位置并已开启，主页面定位搜索到仪器的位置，并以绿色 Wi-Fi 标志在相对应的位置显示出来，并且显示出每个仪器对应的型号。若有被困人员利用求救 APP 向仪器发送求救信号，并且同时搜到了三个仪器的信号，便可利用三点定位算法算出其具体位置。搜救 APP 能够在主界面中显示出求救人员的具体位置，如图中的红色标记所示，以及搜救人员的手机识别号并显示在第一个下拉列表中，如下图中的“867905025882624”。若求救人员无法同时搜索到 3 个 Wi-Fi 仪器信号，则向搜索到的任一仪器发送数据，搜救 APP 能够获取到不能同时搜索 3 个仪器的求救 APP 手机，并且在第二个列表中显示出来；由于没有同时搜到 3 个仪器，则无法利用到三点定位算法算出求救人员的具体位置。

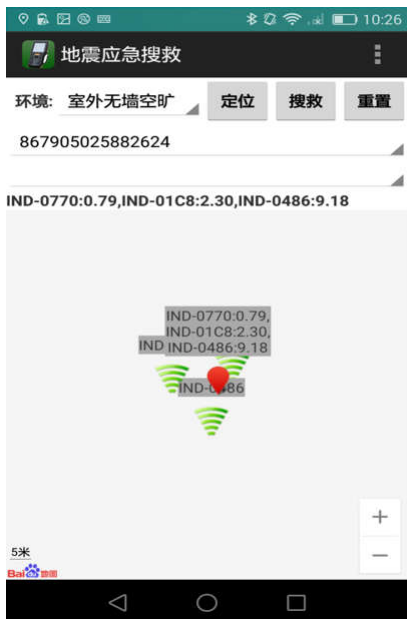


图 5 搜救 APP 主界面(Android 系统)

Fig.5 The search APP main interface(Android system)

3.2.3 地图数据离线缓存

若搜救 APP 是在无网络的环境下使用，则需要事先下载相应的离线地图。点击主页面右上角的按钮，进入地图离线地图下载页面，如图 6 所示。

离线地图功能可搜索并下载离线城市地图。搜救者根据自己所在的城市选择搜索并下载，并且提供开始与停止下载按钮，也可删除正在下载

的地图。城市列表可查看热门城市与全国城市，城市名称后面括号的内容为该城市的编号，“--”后的数字是下载该城市所需要的流量的大小。下载管理部分中可看到下载的内容，并且能够显示下载的是否为最新的版本和下载的进度百分比。用户可选择对下载的城市地图进行查看以及删除。



图 6 离线地图功能页面

Fig.6 Off-line map function page

4 结语

本文提出了一种基于信号强度 RSSI 三点定位测距模型的新型地震埋压人员快速求救与搜救系统，实现了对震后埋压人员位置和数量的快速确定。该系统具有以下四个方面的特点：

(1) 本文建立的 Wi-Fi 定位系统基于 RSSI (接收信号强度指示) 测距模型, 不需事先收集 Wi-Fi 接入点的位置信息, 更加符合震后搜救的实际情况。

(2) 本文开发的搜救、求救软件同时开发了 Android 和 iOS 两个系统版本, 可以最大限度地覆盖主流人群, 扩大成果应用范围。

(3) 所设计的 Wi-Fi 定位模块可自主选择 Wi-Fi 最优通信模式, 以使得模块的覆盖范围最大化, 即使不依赖公共通信网络, 也能快速组建有效的应急通信网络, 保障地震发生时求救数据的及时传输。

(4) 为保证求救、搜救终端软件数据传输的自动化和标准化, 本文所研发的 APP 通过 GPS 定位、基础数据自动读取等措施保证数据的自动化输入, 求救人员一键式点击主界面求救按钮即可, 既保证了数据录入的标准化, 又减少了求救人员操作的时间成本, 更加适合震后使用。

参考文献:

- [1] 廖昆. 基于灾害搜救场合的微弱信号信号检测和新型无线定位系统设计[D]. 浙江: 浙江大学, 2016.
- [2] 朱延春. 浅析生命探测技术现状及应用[J]. 科技创新导报, 2012(20): 33.
- [3] 郭山红, 孙锦涛, 谢仁宏, 等. 穿墙生命探测技术研究[J]. 南京理工大学学报(自然科学版), 2005, 29(2): 186-188.
- [4] Zorn S, Rose R, Goetz A, et al. A novel technique for mobile phone localization for search and rescue applications [C]// International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation. IEEE, 2010: 1-4.
- [5] 卢恒惠, 刘兴川, 张超, 等. 基于三角形与位置指纹识别算法的 WIFI 定位比较[J]. 移动通信, 2010, 34(10): 72-76.
- [6] Rose R, Meier C, Zorn S, et al. A GSM-network for mobile phone localization in disaster scenarios [C]// Microwave Conference. IEEE, 2011: 1-4.
- [7] Goetz A, Rose R, Zorn S, et al. A burst phase analysis technique for high precision time delay estimation of frequency hopping GSM signals[C]// Microwave Conference Proceedings. IEEE, 2011: 1446-1449.
- [8] 柴伦尚. 基于灾害现场定位搜救技术的无线信道研究[D]. 浙江大学, 2014.
- [9] 江汇, 金飞, 姚承宗, 等. 基于手机探测定位救灾系统的设计与研究[J]. 电子设计工程, 2011, 19(24): 35-37.