



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105376856 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201510698867. 3

(22) 申请日 2015. 10. 23

(71) 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号

(72) 发明人 李尔平 何蛟 廖昆 周赛琼

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公
司 33200

代理人 林超

(51) Int. Cl.

H04W 64/00(2009. 01)

G01S 5/02(2010. 01)

G01S 5/00(2006. 01)

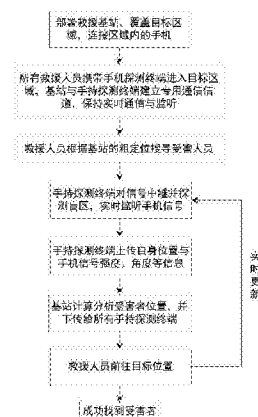
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

一种适用于灾害救援的探测系统及其协作通
讯定位方法

(57) 摘要

本发明公开了一种适用于灾害救援的探测系统及其协作通讯定位方法。紧急救援基站建立救援网络,诱发手机连接并初步定位;通过手持探测终端进行中继和实时辅助定位,手持探测终端通过专用通信信道与紧急救援基站通信,手持探测终端接收诱发信号并放大对通信盲区探测,探测后并放大发送到紧急救援基站;紧急救援基站实时广播手机信息发送到手持探测终端,手持探测终端提取手机信号信息与自身位置信息实时上传;紧急救援基站接收所有手持探测终端实时上传的数据后,对灾害区域内的所有手机进行实时再定位并广播,实时更新目标手机位置。本发明的方法可在大范围内实施多目标救援任务,较移动基站设备成本大幅低,定位精度高,实用性强。



1. 一种适用于灾害救援的协作通讯定位方法, 先通过紧急救援基站建立覆盖灾害区域的救援网络, 发射诱发信号使灾害区域内的手机连接到救援网络并诱导其发射信号, 并根据接收到的手机发射信号对手机进行初步定位, 其特征在于:

灾害区域内通过多个手持探测终端进行中继和实时辅助定位, 手持探测终端通过专用通信信道与紧急救援基站通信, 手持探测终端接收紧急救援基站的诱发信号并放大, 对紧急救援基站的通信盲区进行探测, 并将通信盲区探测到的手机信号放大发送到紧急救援基站;

紧急救援基站将已连接到紧急救援基站的目标手机的通信信息和调度信息实时广播发送到灾害区域内的所有手持探测终端, 以使得手持探测终端监听目标手机发射的信号; 手持探测终端根据紧急救援基站实时广播传送来的目标手机的通信信息和调度信息接收目标手机的发射信号, 从中提取手机信号信息, 将手机信号信息与自身位置信息通过专用通信信道实时上传给紧急救援基站;

紧急救援基站接收所有手持探测终端实时上传的数据后, 对灾害区域内的所有手机进行实时再定位, 获得更高精度的手机位置信息并广播传送给各个手持, 获得更高精度的手机位置信息, 如此循环实时探测更新目标手机位置发送手持探测终端以便现场救援。

2. 根据权利要求 1 所述的一种适用于灾害救援的协作通讯定位方法, 其特征在于: 所述的实时探测过程中, 紧急救援基站间歇诱发目标手机发射信号, 以更新目标手机位置。

3. 根据权利要求 1 所述的一种适用于灾害救援的协作通讯定位方法, 其特征在于: 所述的手机信号信息包括信号强度和信号方向。

4. 根据权利要求 1 所述的一种适用于灾害救援的协作通讯定位方法, 其特征在于: 所述的紧急救援基站广播发送的目标手机的通信信息包括目标手机识别码与时隙、频率等通信信道信息。

5. 根据权利要求 1 所述的一种适用于灾害救援的协作通讯定位方法, 其特征在于: 所述的初步定位具体采用: 紧急救援基站根据目标手机发射的信号采用 TDOA、SSOA 或者 AOA 的定位方法对目标手机位置进行初步获取; 当采用上述定位方法无法初步获取时, 初步定位位置为整个救援网络覆盖范围。

6. 根据权利要求 1 所述的一种适用于灾害救援的协作通讯定位方法, 其特征在于: 所述的紧急救援基站接收所有手持探测终端实时上传的数据后对灾害区域内的所有手机进行实时再定位所采用的定位方法是: 紧急救援基站根据各个手持探测终端位置所采集到的所有位置数据信息与手机信号信息, 利用 SSOA 或者 AOA 方法进行多锚点优化定位。

7. 用于实施权利要求 1 ~ 6 任一所述方法的一种适用于灾害救援的探测系统, 包括紧急救援基站, 其特征在于:

还包括多个进行中继和定位的手持探测终端, 通过专用通信信道与紧急救援基站通信, 接收紧急救援基站的诱发信号并放大, 对紧急救援基站的通信盲区进行探测, 并将通信盲区探测到的手机信号放大发送到紧急救援基站; 并且手持探测终端根据紧急救援基站实时广播传送来的目标手机的通信信息和调度信息接收目标手机的发射信号, 从中提取手机信号信息, 将手机信号信息与自身位置信息通过专用通信信道实时上传给紧急救援基站; 手持探测终端具有显示屏, 显示屏显示目标手机位置与调度信息;

所述的紧急救援基站, 建立覆盖灾害区域的救援网络, 发射诱发信号使灾害区域内的

手机连接到救援网络并诱导其发射信号,并根据接收到的手机发射信号对手机进行初步定位;并且将已连接到紧急救援基站的目标手机之间的通信信息实时广播发送到灾害区域内的所有手持探测终端,以使得手持探测终端监听目标手机发射的信号;紧急救援基站接收所有手持探测终端实时上传的数据后,对灾害区域内的所有手机进行实时再定位,获得更高精度的手机位置信息,并将手机位置信息与调度信息广播传送给各个手持,调度信息用以调度各个手持探测终端探测不同区域,实时探测获得更高精度的手机位置信息。

8. 根据权利要求7所述的一种适用于灾害救援的探测系统,其特征在于:所述的紧急救援基站包含:

救援网络建立模块,救援网络建立模块发射诱发信号使得灾害区域内手机连接到救援网络并发射信号;

受害者管理模块,受害者管理模块记录灾害区域内连接到紧急救援基站的手机识别码信息,并剔除工作人员、已获救受害者和无关人员的手机识别码信息;

终端通信模块,终端通信模块配置并建立与手持探测终端的通信连接,包括提供随机接入信道、分配专用广播信道和建立专用通信信道,实现相互之间的通信;

数据分析定位模块,数据分析定位模块根据接收到的手机发射信号和手持探测终端实时上传的数据分析获取目标手机的位置信息;

调度模块,根据各个手持探测终端与区域内目标手机估测位置,向手持探测终端发送调度信息以进行调度。

9. 根据权利要求7所述的一种适用于灾害救援的探测系统,其特征在于:所述的手持探测终端包含:

中继模块,中继模块对接收到的紧急救援基站和手机的信号进行放大处理再传播;

通信模块,通信模块发射专用通信信号接入紧急救援基站,接收来自紧急救援基站的广播信息,包括目标手机发射信号所在的信道信息和估测位置信息等,监听目标手机信号并与自身的位置信息一起上传到紧急救援基站;

数据处理模块,数据处理模块提取目标手机信号的信号强度和信号方向信息;

定位模块,定位模块采用GPS、北斗、惯性测量等定位模块获取自身位置;

显示模块,显示模块将来自紧急救援基站的目标手机位置与调度信息显示在显示屏上。

10. 根据权利要求7所述的一种适用于灾害救援的探测系统,其特征在于:所述的手机信号信息包括信号强度和信号方向,所述的紧急救援基站广播发送的目标手机的通信信息包括目标手机识别码与时隙、频率等通信信道信息,所述的调度信息是包括需要搜寻的目标手机识别码、路径或区域等信息用以支配各个手持探测终端协作探测。

一种适用于灾害救援的探测系统及其协作通讯定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及公共安全、电子通讯与定位技术领域,特别涉及一种适用于灾害救援的探测系统及其协作通讯定位方法。

背景技术

[0002] 随着人类文明的飞速发展,宇宙奥秘的幔纱被一层层剥下。然而时至今日,自然灾害依然难以预测,一次次突袭而来,致使难以估量的巨大损失。人命关天,生命是最宝贵的财产,灾害过后搜救受害者刻不容缓。一直以来,救援工作一直为搜救设备所掣肘:由于信号弱、干扰多,传统基于生命体征的生命探测仪效率低下,难以胜任灾害场合尤其是大范围内的搜救工作;RFID、GPS、北斗、WIFI 等精度较高的定位方式则需要受害者配有并开启相关设备,缺乏实际操作性,难以广泛应用。

[0003] 信息时代,手机已逐渐成为人们必不可少的生活用品。据统计,80%以上的受害者随身携带手机,换言之,手机是突发灾害场合下使用最广泛的电子产品。因而,利用手机搜救无疑事半功倍。近年来,一种基于建立便携紧急救援基站的方式引起了广泛的关注。通过提高紧急救援基站广播信号发射功率或者采用干扰机屏蔽已存基站的下行信号,可使有限区域内的手机触发手机重选并连接至紧急救援基站;而后紧急救援基站诱导手机发射信号,并获取手机信号的时间到达、强度或者角度信息分析定位。这对于救援无疑是一重大利好,然而该方法面临如下问题:若采用单个便携基站探测多个目标手机,定位精度很低,探测范围受限,效率低下;若采用有限几个便携基站联合探测定位,基站间存在相互干扰,难以有效协作,效率与探测范围不高;若采用很多便携基站探测,除了上述问题,由于基站设备较为精密,搜救成本会大幅提升;此外,采用多个便携基站还有一大弊端,由于搜寻的盲目性,多个便携基站对同一手机非协作式探测会造成极大的资源浪费。

发明内容

[0004] 为了解决灾害环境下基于手机搜救所面临的探测成本高、探测范围小、探测精度低、探测盲目性等问题,本发明提出了一种适用于灾害救援的探测系统及其协作通讯定位方法,实现了大范围监控与小范围精度搜索的优化搜救方式以满足实际搜救场合大范围高效定位的需求。

[0005] 为实现上述要求,本发明的技术方案包括:

[0006] 一、一种适用于灾害救援的协作通讯定位方法:

[0007] 先通过紧急救援基站建立覆盖灾害区域的救援网络,发射诱发信号使灾害区域内的手机连接到救援网络并诱导其发射信号,并根据接收到的手机发射信号对手机进行初步定位;通过近似信道传播模型与已存通信网功率等确定紧急救援基站网络的覆盖范围,连接覆盖区内的手机设备。

[0008] 灾害区域内通过多个手持探测终端进行中继和实时辅助定位,手持探测终端为救援人员所手持在受灾区域内进行使用,手持探测终端通过专用通信信道与紧急救援基站通

信,并实时监听目标手机发射的信号,同时手持探测终端接收紧急救援基地的诱发信号并放大,对紧急救援基地的通信盲区进行中继探测,并将通信盲区探测到的手机信号放大发送到紧急救援基地;

[0009] 紧急救援基地将已连接到紧急救援基地的目标手机之间的通信信息和调度信息实时广播与调度信息发送到灾害区域内的所有手持探测终端,以使得手持探测终端监听目标手机发射的信号,同时救援人员根据调度信息搜寻受害者;调度信息用以调度各个手持探测终端探测不同区域,以避免资源浪费和低效协作,实时探测获得更高精度的手机位置信息;手持探测终端根据紧急救援基地实时广播传送来的目标手机的通信信息接收目标手机的发射信号,从中提取手机信号信息,将手机信号信息与自身位置信息通过专用通信信道实时上传给紧急救援基地;

[0010] 紧急救援基地接收所有手持探测终端实时上传的数据后,对灾害区域内的所有手机进行实时再定位,获得更高精度的手机位置信息,并将手机位置信息与调度信息广播传送给各个手持,获得更高精度的手机位置信息,手持探测终端显示目标手机位置,救援人员受手持探测终端上显示信息的内容指导进行救援,可根据调度信息救援,如此循环实时探测更新目标手机位置发送手持探测终端以便现场救援。

[0011] 所述的实时探测过程中,紧急救援基地间歇诱发目标手机发射信号,以更新目标手机位置。

[0012] 所述的手机信号信息包括信号强度和信号方向。所述的目标手机为已连接到紧急救援基地的手机。所述的紧急救援基地广播发送的目标手机的通信信息包括目标手机识别码(IMSI,国际移动用户识别码)与时隙、频率等通信信道信息。所述的调度信息指紧急救援基地下达的指定搜寻目标手机识别码、路径或区域等信息,以便支配各个手持探测终端协作探测。

[0013] 所述的初步定位具体采用:紧急救援基地根据目标手机发射的信号采用 TDOA(time-difference-of-arrival,信号到达时间差)、SSOA(signal-strength-of-arrival,信号到达强度)或者 AOA(angle-of-arrival,信号到达角度)的定位方法对目标手机位置进行初步获取,以缩小搜寻区域或者发现受害者较多区域;当采用上述定位方法无法初步获取时,初步定位位置为整个救援网络覆盖范围。

[0014] 所述的紧急救援基地接收所有手持探测终端实时上传的数据后对灾害区域内的所有手机进行实时再定位所采用的定位方法是:紧急救援基地根据各个手持探测终端位置所采集到的所有位置数据信息,利用 SSOA 或者 AOA 方法进行多锚点优化定位。

[0015] 二、一种适用于灾害救援的探测系统:

[0016] 包括紧急救援基地和多个进行中继和定位的手持探测终端,手持探测终端通过专用通信信道与紧急救援基地通信,接收紧急救援基地的诱发信号并放大,对紧急救援基地的通信盲区进行探测,并将通信盲区探测到的手机信号放大发送到紧急救援基地;并且手持探测终端根据紧急救援基地实时广播传送来的目标手机的通信信息接收目标手机的发射信号,从中提取手机信号信息,将手机信号信息与自身位置信息通过专用通信信道实时上传给紧急救援基地;手持探测终端具有显示屏,显示屏显示目标手机位置与调度信息;

[0017] 所述的紧急救援基地,建立覆盖灾害区域的救援网络,发射诱发信号使灾害区域内的手机连接到救援网络并诱导其发射信号,并根据接收到的手机发射信号对手机进行初

步定位；并且将已连接到紧急救援基站的目标手机之间的通信信息实时广播发送到灾害区域内的所有手持探测终端，以使得手持探测终端监听目标手机发射的信号；紧急救援基站接收所有手持探测终端实时上传的数据后，对灾害区域内的所有手机进行实时再定位，并将手机位置信息与调度信息广播传送给各个手持，调度信息用以调度各个手持探测终端探测不同区域，以避免资源浪费和低效协作，实时探测获得更高精度的手机位置信息。

[0018] 所述的手持探测终端具体可包含天线、双工器、低噪声放大器、定位模块、功率放大器、电源、FPGA 模块和显示屏等硬件模块。

[0019] 所述的紧急救援基站包含：

[0020] 救援网络建立模块，救援网络建立模块发射诱发信号使得灾害区域内手机连接到救援网络并发射信号；

[0021] 受害者管理模块，受害者管理模块记录灾害区域内连接到紧急救援基站的手机识别码信息（IMSI，国际移动用户识别码），并剔除工作人员、已获救受害者和无关人员的手机识别码信息；

[0022] 终端通信模块，终端通信模块配置并建立与手持探测终端的通信连接，包括提供随机接入信道、分配专用广播信道和建立专用通信信道，实现相互之间的通信；

[0023] 数据分析定位模块，数据分析定位模块根据接收到的手机发射信号和手持探测终端实时上传的数据分析获取目标手机的位置信息。

[0024] 调度模块，根据各个手持探测终端与区域内目标手机估测位置，向手持探测终端发送调度信息以进行调度，包括配置救援资源、指定优先探测顺序与各个探测终端的制定探测区域，以全局调度实现探测最优与精度最优。进一步地可跟据区域内所有目标手机与手持探测终端的分布，指定优先探测顺序。结合 GDOP (Geometric Dilution of Precision, 几何精度因子) 等规划各个手持探测终端的探测路径或区域，以最小的资源实现对各个目标手机的最优探测，如将探测终端均匀分布在待测手机四周，避免分布在同一方向造成的精度骤降。

[0025] 所述的手持探测终端包含：

[0026] 中继模块，中继模块对接收到的紧急救援基站和手机的信号进行放大处理再传播；

[0027] 通信模块，通信模块发射专用通信信号接入紧急救援基站，接收来自紧急救援基站的广播信息，包括目标手机发射信号所在的信道信息和估测位置信息等，监听目标手机信号并与自身的位置信一起上传到紧急救援基站；

[0028] 数据处理模块，数据处理模块提取目标手机信号的信号强度和信号方向信息；

[0029] 定位模块，定位模块采用 GPS、北斗、惯性测量等定位模块获取自身位置，以便上传到紧急救援基站分析目标手机位置；

[0030] 显示模块，显示模块将来自紧急救援基站的目标手机位置与调度信息显示在显示屏上，如在地图上显示区域内的所有目标手机。

[0031] 所述的手机信号信息包括信号强度和信号方向，所述的目标手机的通信信息包括时隙、频率等信道信息。

[0032] 所述的目标手机为已连接到紧急救援基站的手机。

[0033] 本发明的有益效果是：

[0034] 本发明包含有手持式中继终端的方法对灾害区域进行搜救,避免了采用大量基站探测设备造成的信号相互干扰、成本高、探测精度低、探测效率低等缺点。

[0035] 本发明利用中继探测盲区,大大节省了设备成本;大量手持探测终端协作探测,并利用紧急救援基站作为服务平台协作定位,大大提高了探测精度;利用紧急救援基站估测区域内手机分布,使搜救具有全局观,大大提高了探测效率。

附图说明

[0036] 图 1 是本发明手持探测终端与紧急救援基站协作探测示意图。

[0037] 图 2 是本发明紧急救援基站建立救援网络与诱发信号的一个实施例。

[0038] 图 3 是本发明紧急救援基站、手机与手持探测终端直接的通信流程。

[0039] 图 4 是本发明手持探测终端的架构示意图。

[0040] 图 5 是紧急救援基站与手持探测终端协作定位的整体流程图。

[0041] 图 6 是实施例的定位精度与手持探测终端数量之间的函数关系图。

具体实施方式

[0042] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0043] 如图本发明方法中,通过近似信道传播模型与已存通信网功率等确定紧急救援基站网络的覆盖范围,连接覆盖区内的手机设备,注册所有用户,并剔除救援人员与已获救人员的手机 IMSI 码;紧急救援基站诱导手机发射信号,利用手机信号信息对区域内受害者手机进行初步定位;救援人员持手持探测终端进入紧急救援基站覆盖区域后,主动发起接入请求,紧急救援基站接收到请求后,发射下行信号与手持探测终端建立专用通信信道连接;紧急救援基站下传区域内手机定位信息到手持探测终端,救援人员根据紧急救援基站定位信息进行搜索;手持终端对基站广播信号进行放大并发射,探测紧急救援基站覆盖不到的盲区,如废墟下信号损耗较大的区域,并对接收到的手机反馈信号进行中继转发;紧急救援基站将与手机之间通信的信道信息下传到手持探测终端,手持探测终端监听该信道上手机发射的信号,并将信号强度、角度等手机信号信息与自身的位置信息上传给紧急救援基站;接收到各个手持探测终端上传的信号后,紧急救援基站的数据分析模块对区域内的手机进行定位,并将定位位置信息与调度信息通过专用通信信道广播给各个手持探测终端;救援人员根据基站广播的定位信息与调度信息搜寻受害者,在此过程中,紧急救援基站间歇诱发手机发射信号,对手机位置进行再更新,提高定位精度。

[0044] 紧急救援基站触发手机重选方式包括提高功率或采用干扰机屏蔽其他基站下行信号等;诱导手机发射信号方式包括位置更新、打电话、发短信等。

[0045] 紧急救援基站初步定位指根据手机发射的信号,采用 TDOA、AOA、SSOA 等定位方法对目标手机位置进行初步估计,缩小搜寻区域或者发现受害者较多区域;所述紧急救援基站定位指基站接收到手持探测终端上传的信息,利用信号角度和强度等,并根据信道模型,对受害者进行多锚点优化定位分析。

[0046] 本发明的手持探测终端可作为一种基于手机信号的生命探测仪,通过手持探测终端与紧急救援基站之间的交互实现中继探测、协作定位与救援资源调度等紧急搜救功能。

[0047] 一是功能上,其创造性地改变传统中继器的“传声筒”角色,手持探测终端在中继

功能模块基础上增加了专用终端通信模块、数据处理模块、定位模块和显示模块等功能模块,进一步和紧急救援基站配合形成建立了集合中继、探测搜寻、协作定位、资源调度等功能的探测系统及通信系统,是适用于灾害救援的新型系统。

[0048] 二是工作方式上,本发明不采用传统固定锚点的定位方式,可采用基于距离关系函数与优化计算方法定位,利用多锚点传感的动态实时协作定位方式(可多个锚点动态测量,协作定位并实时地更新),并通过紧急救援基站统筹全局的搜救工作,形成新型的搜救方式,相比传统生命探测仪具备等不可比拟的优势。

[0049] 本发明的实施例如下:

[0050] 本发明通过以下实施例以帮助本领域的技术人员实践。除非明确要求,否则单独的部件和功能可选,且操作的顺序可以变化。鉴于通信网络制式中 2G、3G、4G 乃至 5G 等之间相通性,本发明适用于各种情形。为便于说明,本实施例主要以 GSM(Global System for Mobile Communication,全球移动通信系统)为主。

[0051] 本发明实施例中手持探测终端与紧急救援基站协作探测的示意图如图 1 所示。本实施例中采用三个基站:主基站,承担服务中心角色,其自带的数据分析模块负责处理来自从基站、手机、手持式探测终端的数据;两个从基站,协作覆盖,并将接收到的信号信息传送到主基站。需注意的是,两个从基站并非必需,只有主基站存在时不影响本发明的实施。从基站功能一是辅助定位,可在大范围内实施精度较高的 TD0A 定位方式,提高对手机位置初步估计的精度。;二是更好的网络覆盖,减少覆盖盲区,最大可能地连入区域内的所有手机。

[0052] 图 5 给出了紧急救援基站建立救援网络与诱发手机发射信号的具体步骤。首先,紧急救援基站需要建立救援网络。当区域内原基站全部被毁时,手机会搜索所有频道寻找 BCCH 信道(Broadcast Channel,广播信道),此时部署好紧急救援基站,手机会自动连入救援网络;当区域内还有基站存在时,手机会连入已存基站,此时部署紧急救援基站后,需触发手机重选。手机重选方式,一种可以使紧急救援基站读取当前基站 BCCH 信号中的邻小区信息,伪装成邻小区,然后提高功率,触发手机重选,类似通信中的切换过程;二是采用干扰机,发射白噪声,屏蔽除紧急救援基站外的其他基站的 BCCH 信号,手机无法识别现存 BCCH 信道,别无选择下会自动连入紧急救援基站。

[0053] 连入区域内手机后,紧急救援基站利用受害者管理模块,及时剔除工作人员、无关人员与已获救人员的手机 IMSI 码登记信息。

[0054] 空闲模式下,手机几乎不发射信号。因此,当成功迫使手机连入救援网络后,紧急救援基站需诱发手机发射信号。手机在以下几种情况发射信号:开关机、拨打/接听电话、收发短信息、数据服务、小区重选、位置更新等。若受害者清醒且可以应答时,可以通过打电话或者数据服务等建立 TCH 信道(Traffic Channel,业务信道),语音或者数据上传时会有信号发出方便检测,甚至可以让受害者上报位置。当受害者无法应答时,可通过发短信、打电话、位置更新等方式建立 SDCCH(Standalone Dedicated Control Channel,独立专用控制信道),此时无需受害者参与,手机会自动发射信号。

[0055] 图 3 是紧急救援基站、手机与手持探测终端直接的通信流程。紧急救援基站需要与手机、手持式探测设备进行通信,因此,除一般与手机通信功能与上述的救援网络建立模块外,紧急救援基站还需要

[0056] a) 终端通信模块,配置并建立与手持探测终端的通信连接,提供一个频率作为默

认的随机接入信道,手持中继设备可在该频率发送随机接入请求,接着根据请求分配一个时隙作为与其通信的专用通信信道,并分配一个频率或时隙作为对所有手持探测终端的广播信道;

[0057] b) 定位模块,获取自身的位置信息,可利用 GPS 模块获得自身坐标;

[0058] c) 数据分析定位模块,根据获得的手机信号信息与手持式中继探测器的位置信息,通过多锚点优化定位方法对手机进行定位分析。

[0059] d) 调度模块,根据各个手持探测终端与区域内手机估测位置,对手持探测终端进行调度,合理配置救援资源。根据区域内所有目标手机与手持探测终端的分布,指定优先探测顺序发送到手持探测终端以优化配置救援资源,如优先搜寻密集区域的手机。结合 GDOP(Geometric Dilution of Precision,几何精度因子)等规划各个手持探测终端的探测路径或区域,以最小的资源实现对各个目标手机的最优探测,如将探测终端均匀分布在待测手机四周,避免分布在同一方向造成的精度骤降。救援人员可根据调度模块发送过来的调度信息在救援进行工作。

[0060] 上述模块可采用 SDR(Software Defined Radio,软件无线电)开发的方法对传统基站进行改进,配置与设计好外围硬件后,利用可编程模块(FPGA 或 DSP)实现基带信号处理、数据分析等功能。在软件上,对传统基站增加救援网络建立模块、终端通信模块、数据分析定位模块等;在硬件上增加 GPS 模块、功率放大旋钮或干扰机等模块。

[0061] 手持探测终端需具有:

[0062] A) 中继模块,对接收到的来自基站和手机的信号进行解调译码后,再经调制放大发射出去;

[0063] B) 通信模块,建立与紧急救援基站之间的专用通信连接,发射接入请求以连接紧急救援网络,并接收来自紧急救援基站的广播信息,包括目标手机发射信号所在的信道信息、目标手机的估测位置信息等,监听目标手机信号,并实时上传自身的位置信息、目标手机的信号强度或角度等信息;

[0064] C) 数据处理模块,提取目标手机信号的信号强度、角度等数据;

[0065] D) 定位模块,采用 GPS 定位模块获取自身位置,以便上传到紧急救援基站分析目标手机位置,同时利用惯性测量模块跟踪以提高精度,并增强在隧道、室内等复杂环境下的定位;

[0066] E) 显示模块,将紧急救援基站下传的目标手机位置与调度信息显示在显示屏上,如在地图上显示区域内的所有目标手机,大大提高探测效率。

[0067] 图 4 是本发明手持探测终端的位架构与方法示意图,具体实施中手持探测终端利用 SDR 开发的方式实现功能。硬件上,可采用全向天线组、低噪声放大器、滤波器、双工器、功率放大器、显示屏、GPS 定位模块、加速度计和陀螺仪等惯性测量模块、存储器、高性能 FPGA、专用 SIM 卡、电源等器件。通过软件模块实现手持探测终端的通信模块等功能,利用专用 SIM 卡的身份信息建立专用通信信道,上传或下载各类信息如广播信息、接入请求信息、手机信号信息、地图数据、路径规划信息、手机位置信息等。

[0068] 本实施例中,可采用全向天线组,以便分集接收,削弱小尺度衰落影响;基站广播信号和手机信号经天线组后进入双工器,依次经第一滤波器、低噪声放大器、第二滤波器、混频器、第三滤波器后连接到 FPGA 的接收端。FPGA 连接有存储器、专用 SIM 卡、显示屏以及

包括 GPS 模块、加速度计、陀螺仪等定位组件；FPGA 的输出端经调制器、功率放大器和发射滤波器后再通过双工器的另一路连接到天线发射。FPGA 模块基于软件开发实现包括解调译码等的基带信号处理，综合 GPS 模块与惯性测量模块定位信息获取手持探测终端自身的位置，并实现上述手持探测终端的通信模块、数据处理模块，支持中级模块与显示模块等。

[0069] 如图 2 所示，紧急救援基站间歇发起再次更新，可设置间隔为 1 分钟，待救援人员移动足够距离后更新探测，以保证测量样本之间的独立性。

[0070] 由于灾害现场散射体比较多，造成角度定位误差极大，故本发明实施例中，采用 SSOA 定位方法，对定位精度进行分析。本实施定位依据多场地的实地测试模型，大尺度传播损耗与距离之间的关系如下：

$$[0071] \quad PL_i = PL_0 + 10 \lg((x_i - x)^2 + (y_i - y)^2) + L_e + n_i$$

[0072] 其中， PL_i 为手持探测终端探测得到的路径损耗， PL_0 是距离发射源——手机 1m 处的损耗， (x_i, y_i) 是手持探测终端的坐标， (x, y) 是目标手机的位置坐标， L_e 是接收损耗与自由传播损耗之前的差值，即额外损耗， n_i 为白噪声，根据实测，废墟环境下慢衰落可用白噪声描述。本实施中已采用全向天线组通过空间分集大幅削弱小尺度随机快衰落的影响，作为辅助，但也可以基于跳频采用频率分集提高抗快衰落性能或者其他方式。

[0073] 由于非视距效应、大尺度衰落效应的影响，单个手持探测终端的定位精度误差极大，因而本发明采用协作定位方式。本发明实例中，探测区域内手持探测终端将接收到的手机信号强度信息和自身位置信息上传到紧急救援基站，基站的数据分析模块根据所有信息对手机进行定位。场强定位的一大优势是设备简单，无需复杂而昂贵的时钟同步模块。

[0074] 针对探测区域内多个手持探测终端协作定位的多锚点传感方式，本实施例采用基于迭代 SDP 法 (Semidefinite Programming, 半定规划) 的方式对目标位置进行优化。该法有且只有一个全局最优点，避免了其他方法的干扰问题。图 6 是定位精度与手持探测终端数量之间的函数关系图。定位精度与理论上的精度极限——CRLB (Cramer Rao Lower Bound, 克拉美罗极限) 非常接近，大大缩小了搜救范围。

[0075] 本发明实施例是间歇性更新位置，即救援人员携带手持探测终端逐步靠近受害者。在此过程中，利用新的手持探测终端位置和手机强度信息对目标手机位置再估计。随着搜索区域的减小，定位精度也相应逐步提高。上述示例中当在小范围内第二次探测时，定位精度达 3m 左右，由此本发明克服了只依靠基站定位的低精度问题，大大提高了探测效率和精度，相比以前的通讯定位方法具有突出的技术效果。

[0076] 此外，本发明中各功能单元可以集成在一个处理模块，或者分立在几个单独模块；部分模块可以采用硬件方式实现，也可以采用软件功能模型形式。本实例仅提供一种较好的软硬件搭配方式。

[0077] 上述实施例为本发明其中一种实施方式，但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制，其他任何未背离本发明的精神实质与原理下所做的改变，修饰，替代，组合，简化，均应为等效的置换方式，都应包含在本发明的保护范围内。

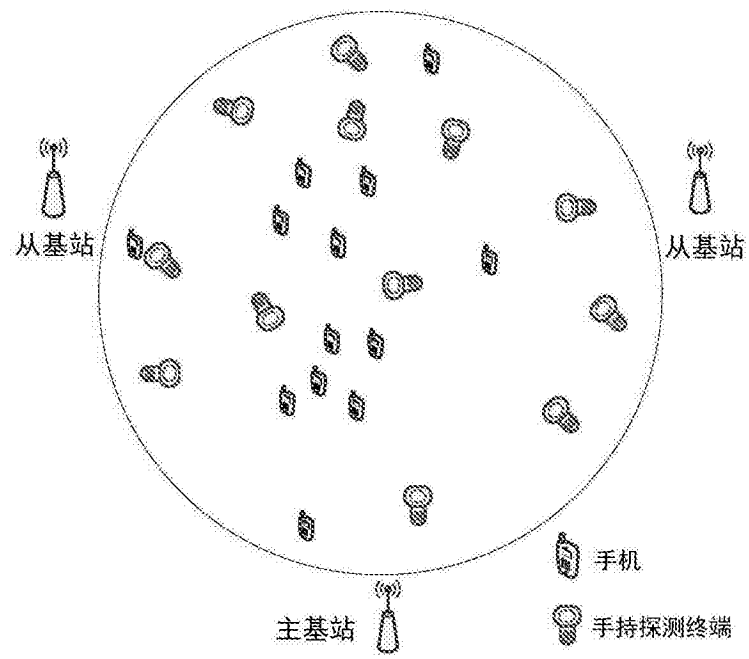


图 1

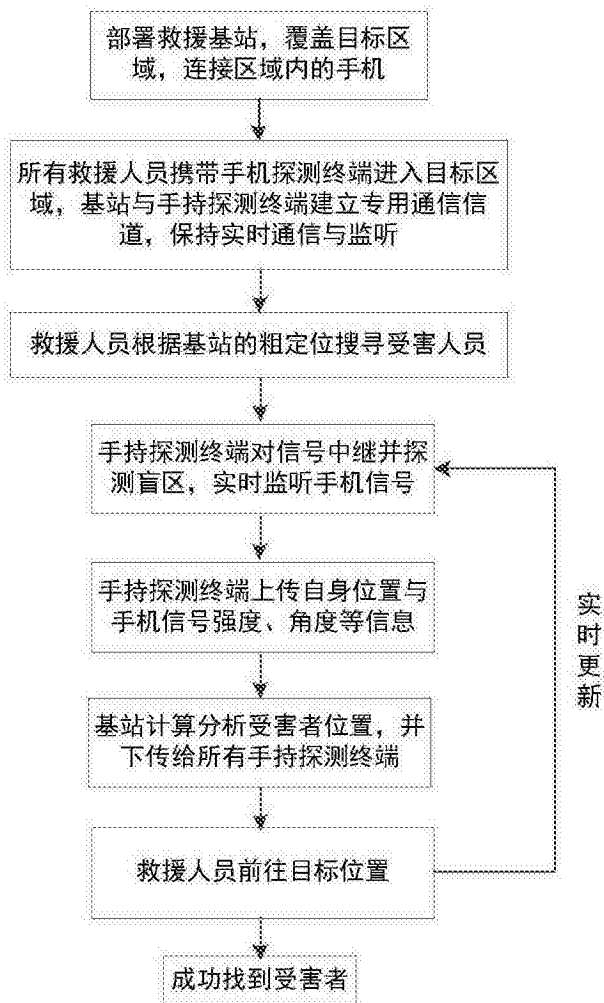


图 2

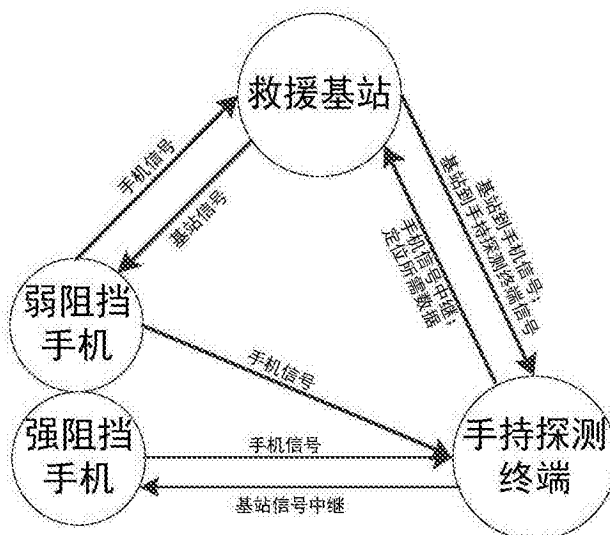


图 3

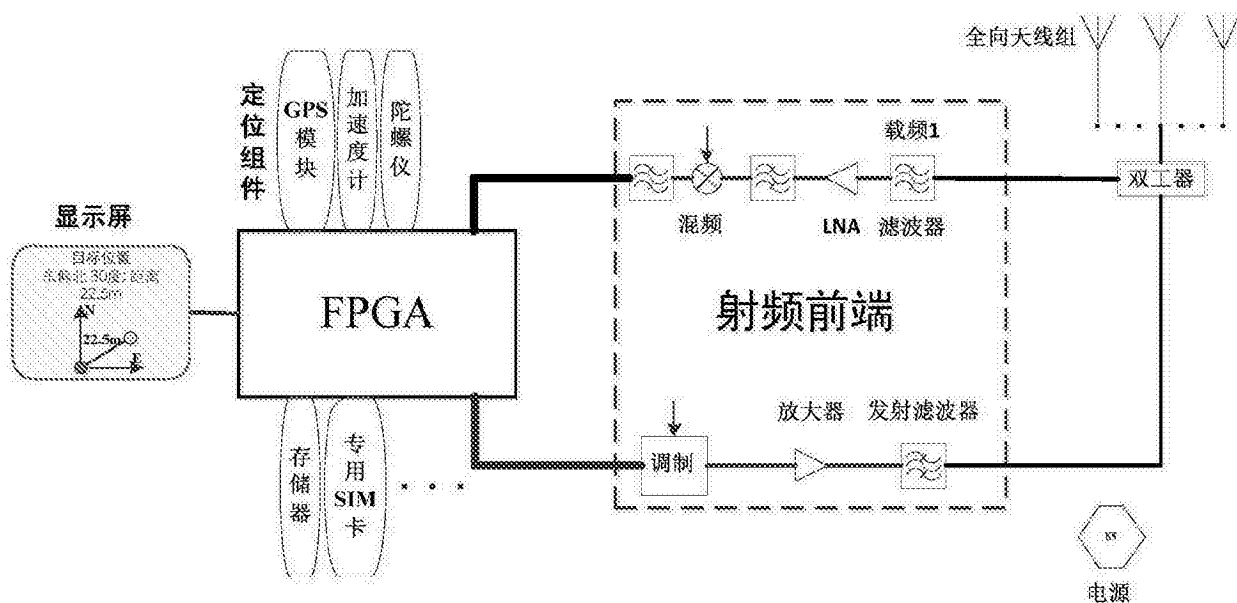


图 4

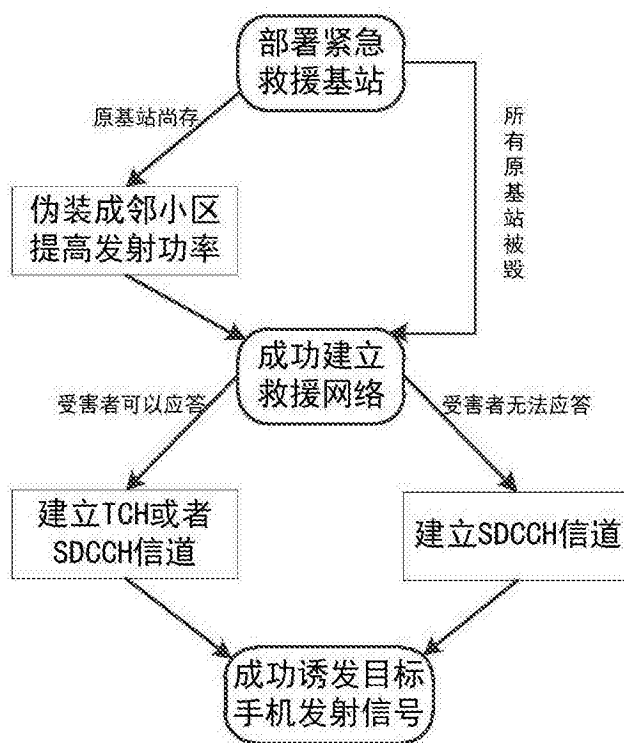


图 5

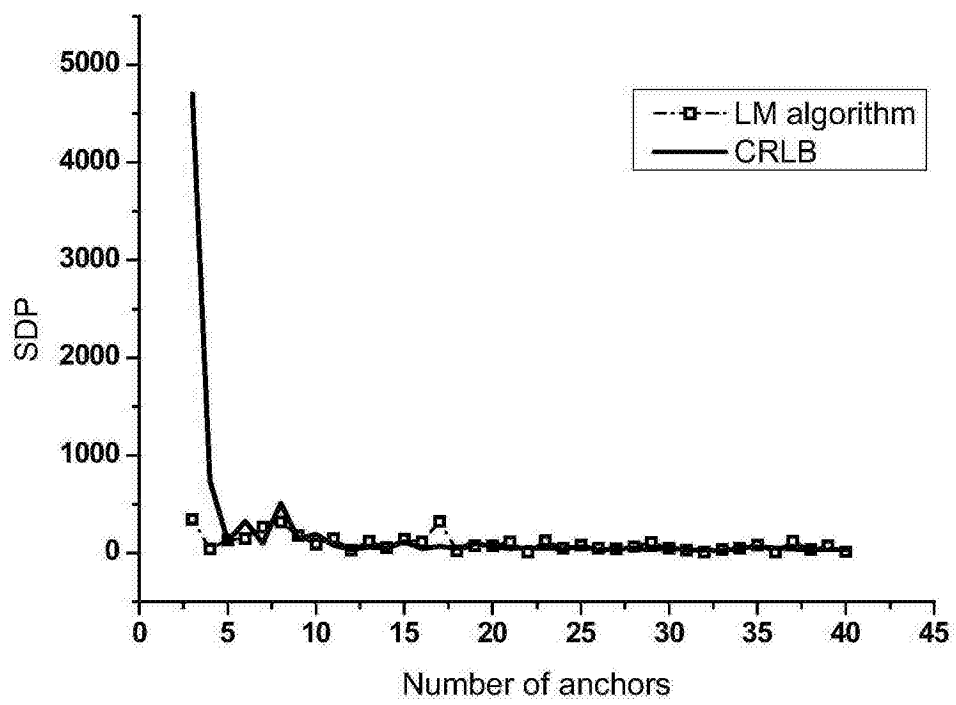


图 6