



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109812295 B

(45)授权公告日 2020.04.21

(21)申请号 201910132255.6

(22)申请日 2019.02.22

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109812295 A

(43)申请公布日 2019.05.28

(73)专利权人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历下区经十路
17923号

(72)发明人 薛翊国 王秀凯 王心语 张耀磊

邱道宏 王磊 王文峰 屈聪

李广坤

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 黄海丽

(51)Int.Cl.

E21F 17/18(2006.01)

(56)对比文件

CN 105223318 A, 2016.01.06,

CN 105373082 A, 2016.03.02,

CN 102536323 A, 2012.07.04,

CN 103354013 A, 2013.10.16,

KR 101437596 B1, 2014.09.04,

杨洋等.基于极值统计理论的瓦斯浓度预测
模型研究.《中国煤炭》.2009,第35卷(第6期),

审查员 陈晓艳

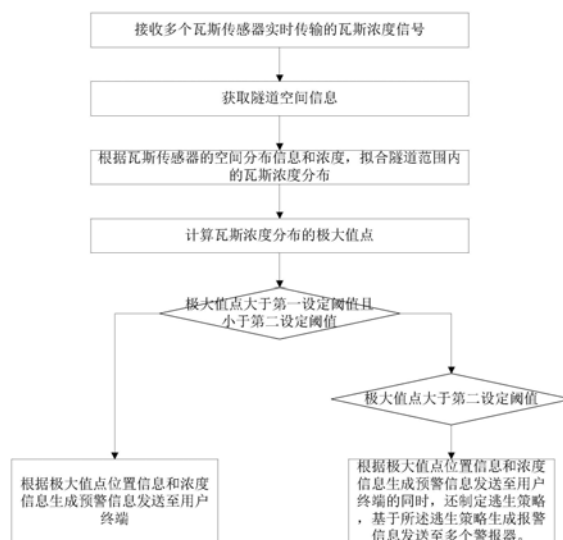
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种隧道瓦斯智能监测方法和系统

(57)摘要

本发明公开了一种隧道瓦斯智能监测方法和系统,所述方法包括:接收多个瓦斯传感器实时传输的瓦斯浓度信号;获取隧道空间信息;根据瓦斯传感器的空间分布信息和浓度,拟合隧道范围内的瓦斯浓度分布;计算瓦斯浓度分布的极大值点,若所述极大值点大于第一设定阈值且小于第二设定阈值,根据极大值点位置信息和浓度信息生成预警信息发送至用户终端;若所述极大值点大于第二设定阈值,根据极大值点位置信息和浓度信息生成预警信息发送至用户终端的同时,还制定逃生策略,基于所述逃生策略生成报警信息发送至多个警报器。本发明能够实现隧道瓦斯浓度的实时便携监测,并在发生瓦斯浓度超标时给予隧道内人员有效的警示和行为指导。



1. 一种隧道瓦斯智能监测方法,其特征在于,包括以下步骤:
接收多个瓦斯传感器实时传输的瓦斯浓度信号;
获取隧道空间信息;
根据瓦斯传感器的空间分布信息和浓度,拟合隧道范围内的瓦斯浓度分布;
计算瓦斯浓度分布的极大值点,若所述极大值点大于第一设定阈值且小于第二设定阈值,根据极大值点位置信息和浓度信息生成预警信息发送至用户终端;若所述极大值点大于第二设定阈值,根据极大值点位置信息和浓度信息生成预警信息发送至用户终端的同时,还制定逃生策略,基于所述逃生策略生成报警信息发送至多个报警器;
获取隧道空间信息和当前人员分布信息;
根据隧道空间信息获取各通道的通行能力,所述通行能力与隧道的宽度有关;
根据瓦斯浓度分布情况、隧道内各通道的通行能力,和人员分布情况确定最优逃生路线;
获取所述人员分布信息的方法为:获取连接IPv6无线传感网络中各IPv6路由器的移动终端MAC地址,用连接的路由器位置近似代替移动终端位置。
2. 如权利要求1所述的隧道瓦斯智能监测方法,其特征在于,基于所述逃生策略生成报警信息发送至多个报警器包括:基于所述逃生策略确定每个报警器所在位置的逃生方向信息并发送至相应报警器。
3. 如权利要求1所述的隧道瓦斯智能监测方法,其特征在于,每隔设定时间根据隧道中瓦斯浓度分布和人员分布信息重新制定逃生策略。
4. 一种远程控制终端,其特征在于,执行如权利要求1-3任一项所述的隧道瓦斯智能监测方法。
5. 一种隧道瓦斯智能监测系统,其特征在于,包括布设在隧道中的多个瓦斯传感器、多个报警器、无线传输单元、如权利要求4所述的远程控制终端以及一个或多个用户终端。
6. 如权利要求5所述的一种隧道瓦斯智能监测系统,其特征在于,所述无线传输单元包括多个IPv6路由器和一个或多个网关。
7. 如权利要求6所述的一种隧道瓦斯智能监测系统,其特征在于,所述多个IPv6路由器沿开挖隧道的纵深方向布设;网关安装于隧道的出口位置。
8. 如权利要求5所述的一种隧道瓦斯智能监测系统,其特征在于,所述系统还包括多个指示灯和/或播音器;每个所述报警器均包括微处理器,所述微处理器与附近的多个指示灯和/或播音器连接。

一种隧道瓦斯智能监测方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及隧道施工过程中瓦斯浓度监测领域，具体涉及一种隧道瓦斯智能监测方法和系统。

背景技术

[0002] 一般来说，隧道内发生瓦斯灾害事故的几率较小，但是一旦发生瓦斯爆炸或瓦斯突出事故，后果往往十分严重。近年来，随着我国在煤系地层中隧道建设的不断增加，瓦斯灾害事故发生的频率也相应的增加。因此，对隧道内瓦斯浓度进行实时精确监测是确保施工人员人身安全、保证施工进度的重要措施。

[0003] 目前的监测方法主要是现场人工监测和有线网络监测。人工监测存在着极大的危险性，特别是掌子面放炮后的监测，隧道内有害气体浓度大，对施工人员安全造成极大的威胁。此外，人工监测具有时间随机性和空间随机性，无法做到实时监测隧道内的任何区域。有线网络监测虽然有了很大的进步，但是该系统存在很大的缺陷，其监测需要布置大量的电缆，耗时耗力，而且还受施工环境的影响，同时，随着掌子面的不断延伸，需要及时的推进电缆。此外，该系统无法定位瓦斯浓度超标的位置，在隧道内瓦斯浓度超标时难以在短时间内做出正确的处置，极有可能延误救援任务。以上两种方法都无法做到实时的全方位监测，在隧道内瓦斯浓度超标之后，无法在短时间内确定其位置，具有很大的弊端。

[0004] 此外，目前关于瓦斯浓度预警通常是针对特定位置的，当某处传感器检测到瓦斯浓度超标时，联动报警设备进行警示。但该警示仅是告知相关人员某处发生泄露，对于工程量较大的隧道，工作人员可能并不是对隧道的整个结构都十分了解，那么尽管知道了泄露事件的发生，对于如何逃生，往哪个方向逃生并没有明确的思路，并且，当出现危险时，人们的慌乱情绪也会影响判断。

发明内容

[0005] 为克服上述现有技术的不足，本发明提供了一种隧道瓦斯智能监测方法和系统，主要应用于隧道施工期间瓦斯浓度的自动监测与预警。该系统通过自动监测单元、无线信号传输单元、远程控制单元实现实时、高效、智能的隧道内瓦斯浓度监测及预警，可实现隧道实时、全方位、有效、便捷监测的系统，且该系统应能够在瓦斯浓度超标时确定瓦斯浓度在整个隧道中的分布并给予有效警示，便于现场工作人员采取措施避免灾难的发生。

[0006] 为实现上述目的，本发明的一个或多个实施例采用如下技术方案：

[0007] 一种隧道瓦斯智能监测方法，包括以下步骤：

[0008] 接收多个瓦斯传感器实时传输的瓦斯浓度信号；

[0009] 获取隧道空间信息；

[0010] 根据瓦斯传感器的空间分布和浓度，拟合整个隧道范围内的瓦斯浓度分布；

[0011] 计算瓦斯浓度分布的极大值点，若所述极大值点大于第一设定阈值且小于第二设定阈值，根据极大值点位置信息和浓度信息生成预警信息发送至用户终端；若所述极大值

点大于第二设定阈值,根据极大值点位置信息和浓度信息生成预警信息发送至用户终端的同时,还制定逃生策略,基于所述逃生策略生成报警信息发送至多个报警器。

[0012] 进一步地,所述制定逃生策略包括:

[0013] 获取隧道空间信息和当前人员分布信息;

[0014] 根据隧道空间信息获取各通道的通行能力,所述通行能力与隧道的宽度有关;

[0015] 根据瓦斯浓度分布情况、隧道内各通道的通行能力,和人员分布情况确定最优逃生路线。

[0016] 进一步地,获取所述人员分布信息的方法为:获取连接所述IPv6无线传感网络中各IPv6路由器的移动终端MAC地址,用连接的路由器位置近似代替移动终端位置。

[0017] 进一步地,基于所述逃生策略生成报警信息发送至多个报警器包括:基于所述逃生策略确定每个报警器所在位置的逃生方向信息并发送至相应报警器。

[0018] 进一步地,每隔设定时间根据隧道中瓦斯浓度分布和人员分布信息重新制定逃生策略。

[0019] 一个或多个实施例提供了一种远程控制终端,执行所述的监测方法。

[0020] 进一步地,包括布设在隧道中的多个瓦斯传感器、多个报警器、无线传输单元、如权利要求6所述的远程控制终端以及一个或多个用户终端。

[0021] 进一步地,所述无线传输单元包括多个IPv6路由器和一个或多个网关。

[0022] 进一步地,所述多个IPv6路由器沿开挖隧道的纵深方向布设;网关安装于隧道的出口位置。

[0023] 进一步地,所述系统还包括多个指示灯和/或播音器;所述每个报警器均包括微处理器,与附近的多个指示灯和/或播音器连接。

[0024] 本发明的有益效果

[0025] 1、由固定的瓦斯传感器组成的监测网络实现了对隧道全方位的实时监测,保证了隧道内不存在监测盲区,克服了现有监测手段在时间和空间上的随机性,极大的提高了监测效果。

[0026] 2、基于IPv6的无线传感网络保证了监测信号可以实时发送到远程控制单元。IPv6无线传感网络相较于ZigBee、z-wave等更加简单,并且能够运行在低功耗资源受限的设备上,此外由IPv6路由器组成的网状网络拓扑结构可以让网络选择最快的路径传输数据。

[0027] 3、通过两级阈值的方式,当瓦斯浓度超过一级阈值时,进行预警,同时远程控制单元的瓦斯监测模块根据监测数据判断瓦斯泄漏位置,便于指导现场技术人员及时采取措施降低瓦斯浓度,避免灾难的发生;当瓦斯浓度超过二级阈值时,启动报警机制,同时制定逃生策略,通过隧道两侧的指示箭头和播音器根据逃生策略为附近工作人员指导逃生路线,避免施工人员产生慌乱。

[0028] 4、远程控制单元通过IPv6无线网络能够对隧道内人员的移动终端MAC地址进行定位,当瓦斯浓度超标时,可以结合工作人员密度进行逃生策略的制定,并且可以监控人员疏散情况,以及判断隧道内是否有人未逃离,并确定未逃离人员的具体位置。

附图说明

[0029] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示

意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。

[0030] 图1为本发明一个或多个实施例中监测系统布设图;

[0031] 图2为本发明一个或多个实施例中无线传输示意图;

[0032] 图3为本发明一个或多个实施例中系统工作示意图;

[0033] 图4为本发明一个或多个实施例中监测方法工作示意图。

[0034] 其中,1.瓦斯传感器 2.报警器 3.IPv6路由器 4.网关 5.隧道

具体实施方式

[0035] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解相同含义。

[0036] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0037] 在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0038] 实施例一

[0039] 本实施例公开了一种基于IPv6无线传感网络的隧道瓦斯智能监测系统,如图1所示,包括多个瓦斯传感器(1)、多个报警器、多个IPv6路由器(3)、一个或多个网关(4)以及远程控制终端。多个IPv6路由器(3)和一个或多个网关(4)构成无线传输单元。

[0040] 如图1所示,是本发明监测系统的布设图,多个瓦斯传感器(1)、报警器(2)和IPv6路由器(3)均沿开挖隧道(5)的纵深方向布设,其中,多个瓦斯传感器(1)和IPv6路由器(3)布设在隧道(5)的顶部,报警器(2)安装在隧道的两侧,网关(4)安装于隧道的出口位置,以上装置均具有不同的编号。并且,记录瓦斯传感器(1)、报警器(2)和IPv6路由器(3)的安装位置。

[0041] 瓦斯传感器(1)之间的间距综合考虑隧道断面面积、施工环境、隧道内风速等因素;IPv6路由器(3)的安装间距应当满足信号在隧道内稳定传输的要求。工作人员根据图纸按照规划好的安装位置进行安装。

[0042] 所述报警器(2)内部安装微处理器,所述微处理器连接相近的多组LED箭头指示灯和播音器,接收到报警信号之后,将信号反馈给LED箭头指示灯和播音器。通过LED箭头指示灯和播音器,能够给隧道里的人给予明确的指示,避免慌乱情绪。

[0043] 在工作状态下,瓦斯传感器(1)实时监测瓦斯浓度信号,并通过无线传输单元将浓度数据与传感器位置数据实时传送回远程控制终端。

[0044] 如图2所示,为本发明的无线传输单元的无线传输示意图。在瓦斯传感器(1)监测到瓦斯浓度信号之后,由安装在其内部的射频天线发射无线信号到IPv6路由器(3)。IPv6路由器(3)构成网状网络拓扑结构,可以选择一条最为便捷的信号传输通道进行传送,然后送达协议转换模块的网关(4),使信号在网关(4)汇聚。网关(4)将无线传感网络汇聚过来的信号进行协议转换,转变为远程控制终端可以接收的无线信号,然后进行发送。如图3所示,为本发明无线网络通信的工作示意图。

[0045] 此外,无线路由器产生的无线网络也供隧道内工作人员连接使用。当工作人员所携带的移动终端连接网络时,IPv6路由器获取所述移动终端的MAC地址并经由网关发送至远程控制终端。

[0046] 远程控制终端包括数据采集模块、瓦斯监测模块、人员定位模块和数据管理模块。其中,数据采集模块用于采集传感器采集的瓦斯浓度信息、移动终端MAC地址信息以及连接的路由器信息;人员定位模块根据连接到无线网络的移动终端MAC地址,以及各移动终端连接的路由器位置信息,对移动终端进行定位;瓦斯监测模块对监测信号进行分析和报警处理;数据管理模块存储各瓦斯传感器、报警器的编号、位置,和路由器位置等信息,并对接收到的监测信号进行关联存储。

[0047] 本实施例中,所述远程控制终端还预先存储一个或多个工程规划图纸(扫描文件或者数字化后的文件),这些图纸至少包括隧道的平面图,以及瓦斯传感器、报警器和IPv6路由器的标注信息,所述远程控制终端基于数字化的规划图纸提取隧道的空间信息作为面图层信息,并提取瓦斯传感器、报警器和IPv6路由器分别建立点图层信息,分别生成瓦斯传感器、报警器和IPv6路由器的属性表,该属性表中至少包括编号字段和设备信息字段,其中,编号字段写入瓦斯传感器/报警器/IPv6路由器自动生成的编号,工程人员进行设备安装的过程中,将每个瓦斯传感器/报警器/IPv6路由器的设备信息填入相应的属性表文件中,至此,实现了瓦斯传感器、报警器和IPv6路由器在隧道中位置的记录。

[0048] 所述瓦斯监测模块,如图4所示,被配置为:

[0049] 获取上述隧道空间信息,或者三维模型信息;所述三维模型可以通过用户预设的高度,结合隧道平面图信息粗略估计得到;也可以根据通过用户预设的高度,结合当前隧道两侧内壁的瓦斯浓度传感器和路由器的位置估计得到;当然,也可以是通过激光雷达扫描建模得到,在此不做限定;

[0050] 将瓦斯传感器位置与接收到的该传感器的浓度值整合为一个数据组;

[0051] 以前者为自变量后者为因变量,结合内置的函数模型,初步拟合出隧道范围内瓦斯浓度与位置坐标的关系,例如拟合得到以瓦斯浓度值为z轴的三维空间曲面;

[0052] 根据实时变化的瓦斯浓度值与传感器位置坐标不断修正三维空间曲面;

[0053] 根据三维空间曲面判定瓦斯浓度的极大值,极大值所在位置即为可能的泄漏点坐标,并实时获取整个隧道内瓦斯浓度分布情况。

[0054] 其中,利用基于马尔科夫残差修正的瓦斯浓度预测方法预测瓦斯浓度的变化趋势,增强监控的有效性;其具体步骤如下:以近期隧道内瓦斯浓度监测资料为基础,根据灰色神经网络模型,将现有的浓度数据划分为训练样本数据和预测样本数据,利用灰色神经网络模型对训练样本进行预测并得到预测值,分析预测值与样本数据的误差,划定误差符号与误差绝对值的马尔可夫链状态区间,最终得到马尔可夫残差修正后的瓦斯浓度预测值。本方法与传统方法相比加入了马尔可夫残差修正,使得预测精度更准确,增强了监控的有效性。

[0055] 进一步地,判断浓度极大值是否超过第一设定阈值,若超过,则瓦斯监测模块直接发送信号到项目负责人手机上,所述信号包括当前瓦斯浓度和估计的泄露位置,由负责人做出决定进行处理,及时控制瓦斯浓度值;若处理不及时,瓦斯浓度会持续增大,判断浓度极大值是否超过第二设定阈值,若超过,认为瓦斯浓度超标,其中第二设定阈值大于第一设

定阈值。判定瓦斯浓度超标后,执行以下操作:

[0056] 从人员定位模块实时获取人员分布情况;

[0057] 根据隧道三维模型估计各通道的通行能力,所述通行能力与隧道的宽度有关,例如设定1m宽的隧道通行能力为2,以此为基准计算每个通道的通行能力;

[0058] 根据瓦斯浓度分布情况、隧道内各通道的通行能力,和人员分布情况确定最优逃生路线。其具体步骤如下:

[0059] 根据瓦斯浓度分布,以设定阈值为界限将隧道分为危险区和安全区,以危险区为起点,考虑各通道的通行能力以及危险区人口密度,确定通往安全区的最佳逃生路线;并且根据实时的瓦斯浓度分布数据和人员分布数据进行对各个危险区的逃生路线进行修正,使得处于危险区内的人员能够选择相对最快、通行能力良好的路线进行逃生;考虑初始人员分布、瓦斯浓度分布及扩散趋势、不同出口路线的通行能力与人口密度等因素,确定不同区域人员的逃生路线,避免人群涌向同一出口。

[0060] 进一步地,根据求得的最佳逃生路线确定每个报警器所在位置相应的逃生方向,并通过无线网络分别发送至各个报警器内部的微处理器;各个报警器根据相应的逃生方向控制箭头指示灯方向。对于具有唯一出口的隧道,所有LED箭头指示灯指示的方向唯一。

[0061] 为了提高施工人员紧急情况下应对能力,防止慌乱,使逃生系统充分发挥其作用,应当定期开展逃生演习,并将疏散时间、隧道通行能力、人员路线选择与LED指示灯指示路线对比等数据反馈给远程控制终端。此外,播音器将播报瓦斯浓度超标区间以及逃生时的注意事项等内容,并每隔一定距离安置装有饮用水、面包、手电、口哨、无线对讲机和包扎纱布、消毒药水、常见外伤用药的急救箱。

[0062] 若在逃生过程中有施工人员未能成功撤离隧道,可根据移动终端定位信息对其进行施救。优选地,所述控制终端中可以存储移动终端MAC地址和人员信息的关联信息,从而能够获取具体人员的分布。

[0063] 疏散过程中,随着瓦斯浓度分布和人员分布信息的变化,每隔一段时间重新计算最优逃生策略。

[0064] 所述远程控制终端还与一个或多个移动终端建立通信连接,在危险信号处理模块接收到报警信号后还将报警信息发送到项目负责人的手机上。

[0065] 实施例二

[0066] 本实施例的目的是提供一种控制终端,用于监测隧道瓦斯浓度。

[0067] 一种控制终端,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现以下步骤,包括:

[0068] 接收多个瓦斯传感器实时传输的瓦斯浓度信号,以及人员分布信息;

[0069] 根据瓦斯传感器位置和浓度确定隧道中的瓦斯浓度分布,得到瓦斯浓度与空间坐标的拟合函数,获取瓦斯浓度分布,计算瓦斯浓度分布的极大值点;

[0070] 判断极大值点是否超过第一设定阈值,若超过,则将预警信息发送至项目负责人,若超过第二设定阈值,将预警信息发送至项目负责人的同时,根据隧道中瓦斯浓度分布图和人员分布图制定逃生策略,并基于逃生策略生成报警信息发送至多个报警器的微处理器,控制箭头指示灯根据逃生策略显示方向。

[0071] 通过施工人员移动终端接入无线路由器发出的无线网络,根据移动终端MAC地址

对隧道内施工人员进行定位,得到人员分布图。发出预警信息后,根据定位信息判断是否所有施工人员已安全逃离隧道,若有未逃离隧道的施工人员,根据定位信息组织施救;

[0072] 远程控制终端可生成报警信息发送至对应的报警器,报警信息中包括每个报警器所在位置的逃生方向,每个报警器的微处理器连接附近多个指示灯和播音器,报警器根据接收的逃生方向控制指示灯的逃生箭头显示。

[0073] 所述实施例二中的具体实现步骤可参见实施例一中的相应内容。

[0074] 以上一个或多个实施例具有以下技术效果:

[0075] 1、由固定的瓦斯传感器组成的监测网络实现了对隧道全方位的实时监测,保证了隧道内不存在监测盲区,克服了现有监测手段在时间和空间上的随机性,极大的提高了监测效果。

[0076] 2、基于IPv6的无线传感网络保证了监测信号可以实时发送到远程控制单元。IPv6无线传感网络相较于ZigBee、z-wave等更加简单,并且能够运行在低功耗资源受限的设备上,此外由IPv6路由器组成的网状网络拓扑结构可以让网络选择最快的路径传输数据。

[0077] 3、通过两级阈值的方式,当瓦斯浓度超过一级阈值时,进行预警,同时远程控制单元的瓦斯监测模块根据监测数据判断瓦斯泄漏位置,便于指导现场技术人员及时采取措施降低瓦斯浓度,避免灾难的发生;当瓦斯浓度超过二级阈值时,启动报警机制,同时制定逃生策略,通过隧道两侧的指示箭头和播音器根据逃生策略为附近工作人员指导逃生路线,避免施工人员产生慌乱。

[0078] 4、远程控制单元通过IPv6无线网络能够对隧道内人员的移动终端MAC地址进行定位,当瓦斯浓度超标时,可以结合工作人员密度进行逃生策略的制定,并且可以监控人员疏散情况,以及判断隧道内是否有人未逃离,并确定未逃离人员的具体位置。

[0079] 本领域技术人员应该明白,上述本发明的各模块或各步骤可以用通用的计算机装置来实现,可选地,它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现,从而,可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行,或者将它们分别制作成各个集成电路模块,或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。本发明不限制于任何特定的硬件和软件的结合。

[0080] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

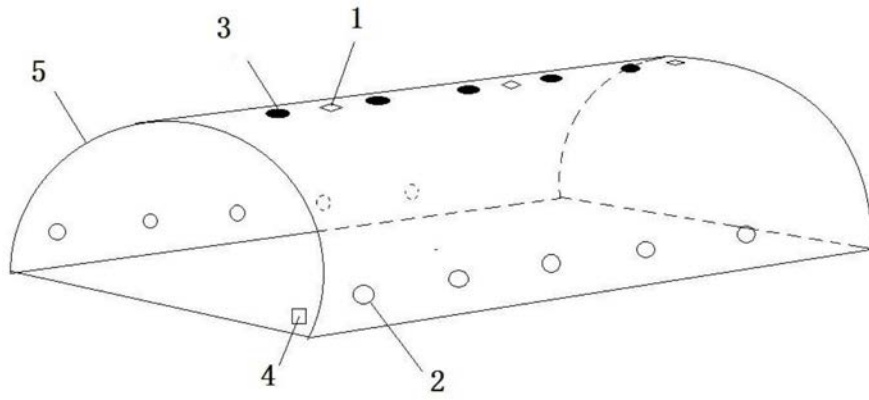


图1

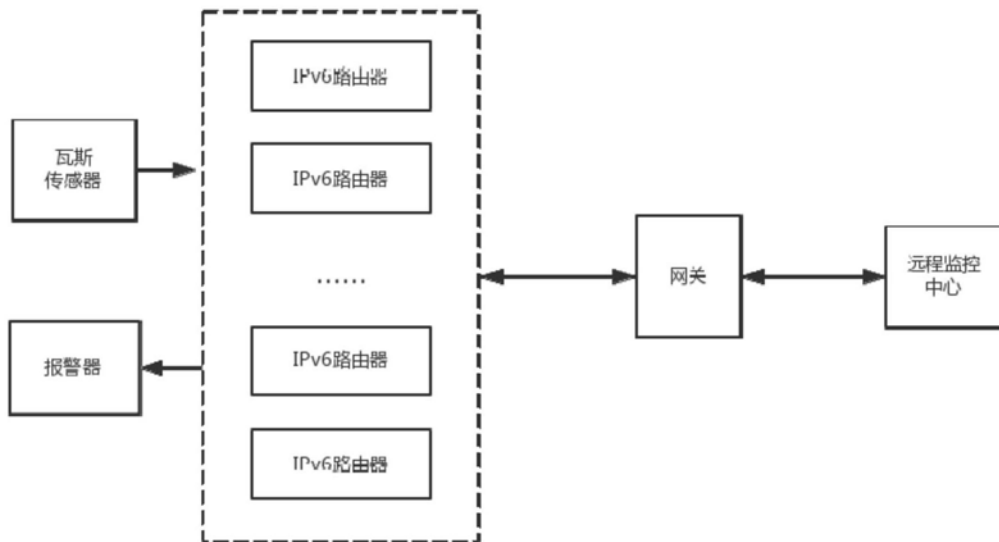


图2

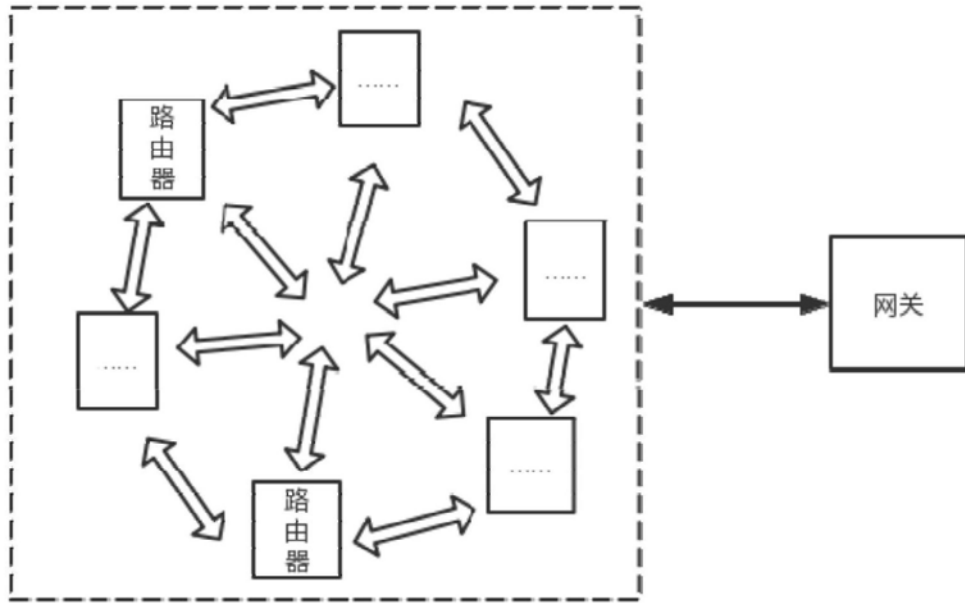


图3

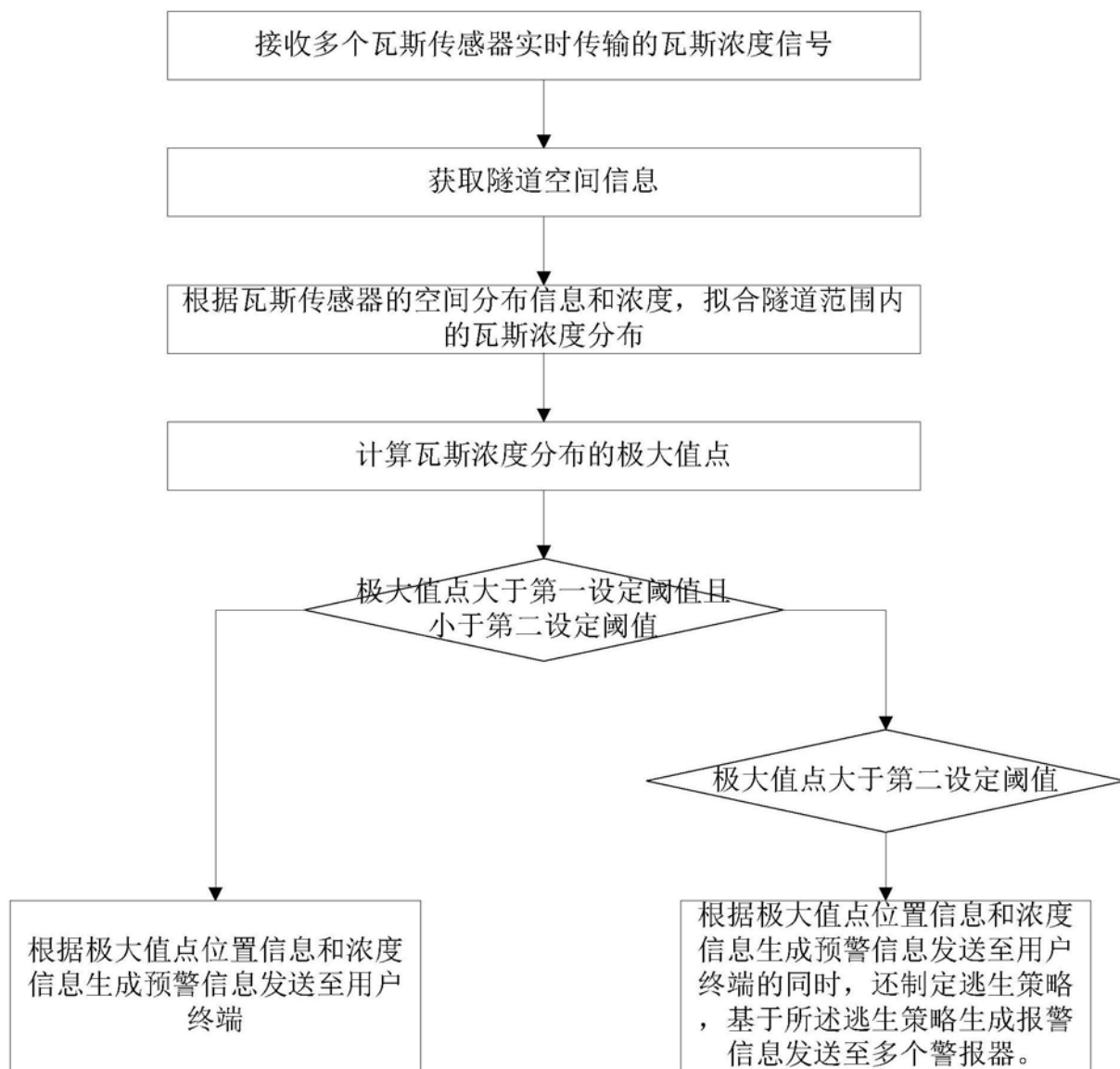


图4