



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101452629 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 19

(21) 申请号 200710168656. 4

(22) 申请日 2007. 12. 07

(73) 专利权人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌珞珈山

(72) 发明人 王海华 熊昌仑 夏晓珣 谢辉

谭福耀

(74) 专利代理机构 武汉宇晨专利事务所 42001

代理人 黄瑞棠

(51) Int. Cl.

G08C 17/00 (2006. 01)

G08C 23/00 (2006. 01)

H04L 12/28 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2004-62367 A, 2004. 02. 26, 全文 .

CN 2665723 Y, 2004. 12. 22, 全文 .

张玉成等. 《灾害学》. 《滑坡的发生与降雨关系的研究》. 2007, 第 22 卷 (第 1 期), 论文第

5 部分结束语, 表 1-3, 图 1-3.

龙剑辉等. 《地球科学与环境学报》. 《滑坡监测远程无线数据传输系统研制》. 2007, 第 29 卷 (第 2 期), 论文第 192-193 页、附图 1-2.

审查员 白莉

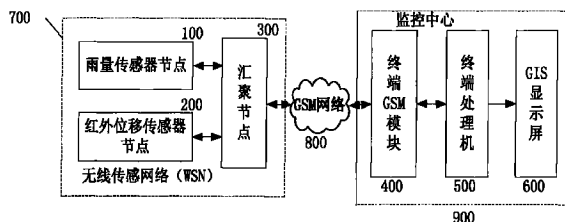
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

山体滑坡灾害远程监测系统

(57) 摘要

本发明公开了一种山体滑坡灾害远程监测系统, 涉及一种山体滑坡监测系统。本发明的结构是雨量传感器节点 (100)、红外位移传感器节点 (200) 分别和汇聚节点 (300) 连接组成无线传感网络 (700); 无线传感网络 (700)、GSM/GPRS 网络 (800)、终端 GSM/GPRS 模块 (400)、终端处理机 (500) 和 GIS 显示屏 (600) 依次连接。本发明用于实时监测滑坡、坍塌区域实际的降雨强度、降雨历时、滑坡及坍塌的状态信息和危岩滑动信息, 能够较客观地综合监测、评估临界滑坡的降雨阈值、滑坡的演变过程、状态及滑坡、坍塌等级, 为滑坡及崩塌预警提供一种新的实时监测途径。



1. 一种山体滑坡灾害远程监测系统,包括全球移动通信/通用分组无线业务网络(800),其特征在于:

还包括在第1、2-n监测区(1、2-n)内设置的无线传感网络(700)和在终端设置的监控中心(900);无线传感网络(700)包括雨量传感器节点(100)、红外位移传感器节点(200)和汇聚节点(300);监控中心(900)包括终端GSM/GPRS模块(400)、终端处理机(500)和GIS显示屏(600);

雨量传感器节点(100)、红外位移传感器节点(200)分别和汇聚节点(300)连接组成无线传感网络(700);无线传感网络(700)、GSM/GPRS网络(800)、终端GSM/GPRS模块(400)、终端处理机(500)和GIS显示屏(600)依次连接;

红外位移传感器节点(200)由一个主节点(210)和第1、2从节点(220、230)构成,分别置于封锁监测三角形的顶点处,主节点(210)和第1、2从节点(220、230)均包含一个红外发射功能块和一个红外接收功能块;

主节点(210)包括主微处理器(213)及分别与主微处理器(213)连接的主红外接收电路(212)、主无线通信模块(214)、主能量监测电路(215)、主RS485接口电路(216),以及与第1从节点(220)的第1红外接收电路(222)形成红外光束连接关系的红外发射电路(211);

第1从节点(220)包括第1微处理器(223)及分别与第1微处理器(223)连接的第1红外接收电路(222)、第1能量监测电路(224)、第1RS485接口电路(225),以及与第2从节点(230)的第2红外接收电路(231)形成红外光束连接关系的红外发射电路(221);

第2从节点(230)与第1从节点(220)为相同结构;

主节点(210)和第1、2从节点(220、230)之间的连接关系是:

主节点(210)红外发射电路(211)与第1从节点(220)的红外接收电路(222)形成红外光束连接关系;第1从节点(220)的红外发射电路(221)与第2从节点(230)的红外接收电路(232)形成红外光束连接关系;第2从节点(230)的红外发射电路(231)与主节点(210)的红外接收电路(212)形成红外光束连接关系;

汇聚节点(300)包括正弦波发生器(301)、射极跟随器(302)、反相放大器(303)、移相器(304)、正弦波/方波转换器(305)、雨量传感器前置电路(306)、乘法器(307)、有源低通滤波器(308)、能量监测电路(309)、16位低功耗微处理器(310)、无线通信模块(311)、DS1302时钟电路(312)、GSM模块(313)、测雨敏感头(314);

正弦波发生器(301)的输出接入射极跟随器(302)的2脚,射极跟随器(302)的输出既是反相放大器(303)的输入,也通过测雨敏感头(314),接入雨量传感器前置电路(306);反相放大器(303)的输出与移相器(304)的输入连接,移相器(304)的输出与正弦波/方波转换器(305)的输入连接;正弦波/方波转换器(305)的输出与雨量传感器前置电路(306)的输出同接于乘法器(307)的两输入端;乘法器(307)的输出通过有源低通滤波器(308)与16位低功耗微处理器(310)P6.0口相接;16位低功耗微处理器(310)的相关管脚分别与能量监测电路(309)、无线通信模块(311)、DS1302时钟电路(312)和GSM模块(313)相连。

## 山体滑坡灾害远程监测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种山体滑坡监测系统,尤其涉及一种基于无线传感网络的山体滑坡灾害远程监测系统。

### 背景技术

[0002] 滑坡、崩塌是山区主要的自然灾害之一。它们不仅给工农业生产以及人民生命财产造成巨大损失,而且在铁路、公路、水利水电工程等方面也造成很大危害。滑坡的发生和发展既受形成条件(地形地貌、地质岩性、地质构造、水文地质条件等)的控制,又受诱发因素(降雨、人类活动等)的影响。暴雨,尤其是连续性大量降雨是造成滑坡的重要因素之一,因此雨情信息是监测滑坡地质灾害的重要依据。另外,滑坡演变的状态历程、滑坡范围及滑坡等级评估也是滑坡、崩塌监测的重要内容。

[0003] 目前滑坡监测主要有二种,分别为常规监测和卫星遥感解译。后者主要是利用合成孔径雷达干涉技术(SAR Interferometry,简称 InSAR)从卫星上获取高分辨率地面反射复数影像;滑坡监测时,由于存在 InSAR 存档数据的时间分辨率较低(受制于卫星的过境时间),以及山区雷达波束叠掩和雷达阴影等问题,加之经济成本诸原因,该监测方案在发展中国家较少实施。

[0004] 现阶段主要使用的滑坡常规监测大致可分为二类:

[0005] 第一类采用翻斗式雨量传感器收集雨量信息,进行滑坡的预报。因为强降雨仅是滑坡发生的诱因条件,所以该类预警系统无法监测滑坡的发生及滑坡的位置、范围、状态、等级。

[0006] 第二类主要采用位移传感器或全球卫星定位系统(GPS)直接监测斜坡位移变化。位移传感器是通过安装在活动坡面的牵引钢丝,采用各种直接或间接的位移传感器,如角度传感器、伸缩位移传感器感测活动坡面相对于稳定坡面的位移量,该类传感器均存在安装施工不便的问题。而采用普通 GPS 技术监测滑坡及崩塌,测量精度偏低,若采用静态差分 GPS 技术,其设备价格较高。

[0007] 尤其要指出的是:由于滑坡的突发性、随机性以及滑坡演变过程的复杂性,监测区域内布置少量的位移传感器、其抽样分布难以可靠表征滑坡的实际状态及等级。反之,大量布置位移传感器和 GPS 全球卫星定位装置,由于存在被滑体、崩石淹没、砸烂的风险,无论是使用成本、通信还是能耗皆成为瓶颈因素,难以付诸工程实施。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的是为了克服现有技术存在的缺点和不足,提供一种山体滑坡灾害远程监测系统。

[0009] 本发明的目的是这样实现的:

[0010] 如图 1,本发明包括全球移动通信/通用分组无线业务(GSM/GPRS)网络(800),还包括在第 1、2-n 监测区(1、2-n)内设置的无线传感网络(700)和在终端设置的监控中心

(900) ;无线传感网络 (700) 包括雨量传感器节点 (100)、红外位移传感器节点 (200) 和汇聚节点 (300) ;监控中心 (900) 包括终端 GSM/GPRS 模块 (400)、终端处理机 (500) 和 GIS 显示屏 (600)。

[0011] 如图 2,本发明结构是 :雨量传感器节点 (100)、红外位移传感器节点 (200) 分别和汇聚节点 (300) 连接组成无线传感网络 (700) ;无线传感网络 (700)、GSM/GPRS 网络 (800)、终端 GSM/GPRS 模块 (400)、终端处理机 (500) 和 GIS 显示屏 (600) 依次连接。

[0012] 本发明的工作原理是 :

[0013] 在本发明中布置了若干具有代表性的第 1、2-n 监测区 (1、2-n),分别组成无线传感网络 (700),每个无线传感网络 (700) 包括多个红外位移传感器节点 (100) 及多个雨量传感器节点 (200)。各子网中,雨量传感器节点 (100) 用来采集、传输监测区的雨情信息,红外位移传感器节点 (200) 用于监测、传输滑坡及坍塌的状态信息。为了保证多跳通信的可靠性及组网的要求,每个子网内还配备有汇聚节点 (300),汇聚节点 (300) 通过 GSM/GPRS 模块直接与终端的监控中心 (900) 通信,用来将该监测区域内的降雨和滑坡、崩塌信息数据发送至终端的监控中心 (900)。在没有 GSM/GPRS 网络 (800) 的地方,则以数传电台代替汇聚节点 (300) 的 GSM/GPRS 模块与终端的监控中心 (900) 通信。

[0014] 终端处理机 (500) 设置的数据库用以监测区不同地质信息、孕灾体分类信息、历史雨洪资料、滑坡预报临界降雨模型参数等信息 ;另外,将传感节点群采集的数据进行统计分析和时段化处理包括滑坡、崩塌预警判据结果等均存放在数据库中。

[0015] 终端处理机 (500) 采用高性能的 PC 机,它利用面向对象的编程技术、图形交互拖动等技术和工具,建立基于窗体、图形、报表的界面友好的人机交互环境,形成一套完整实用的监控系统。

[0016] 本发明具有下列优点和积极效果 :

[0017] 1、本发明利用无线传感网络 (WSN) 和地理信息系统 (GIS) 技术,用于实时监测滑坡、坍塌区域实际的降雨强度、降雨历时、滑坡及坍塌的状态信息和危岩滑动信息,能够较客观地综合监测、评估临界滑坡的降雨阈值、滑坡的演变过程、状态及滑坡、坍塌等级,这将为滑坡及崩塌预警提供一种新的实时监测途径。

[0018] 2、本发明的无线传感网络 (WSN) 具有节点成本低廉、布置方便、监测数据量大、路由灵活、通信可靠、实时性好、对环境影响小诸优点,适合偏远及超大区域的滑坡远程监测。

[0019] 3、本发明终端的监控中心利用面向对象的编程技术、图形交互拖动等技术和工具,建立基于窗体、图形、报表的界面友好的人机交互环境,形成一套完整的可视化滑坡监控系统。

## 附图说明

[0020] 图 1 是本发明整体布置示意图 ;

[0021] 图 2 是本发明结构框图 ;

[0022] 图 3 是红外位移传感器节点结构方框图 ;

[0023] 图 4 是汇聚节点电路原理图。

[0024] 其中 :

[0025] 1、2……n- 第 1、2……n 监测区 ;

- [0026] 100- 雨量传感器节点；
- [0027] 200- 红外位移传感器节点，
- [0028] 210- 主节点；
- [0029] 211- 主红外发射电路；
- [0030] 212- 主红外接收电路；
- [0031] 213- 主微处理器；
- [0032] 214- 主无线通信模块；
- [0033] 215- 主能量监测电路；
- [0034] 216- 主接口电路；
- [0035] 220- 第 1 从节点；
- [0036] 221- 第 1 红外发射电路；
- [0037] 222- 第 1 红外接收电路；
- [0038] 223- 第 1 微处理器；
- [0039] 224- 第 1 能量监测电路；
- [0040] 225- 第 1 接口电路；
- [0041] 230- 第 2 从节点；
- [0042] 231- 第 2 红外发射电路；
- [0043] 232- 第 2 红外接收电路；
- [0044] 233- 第 2 微处理器；
- [0045] 234- 第 2 能量监测电路；
- [0046] 235- 第 2 接口电路。
- [0047] 300- 汇聚节点，
- [0048] 301- 正弦波发生器；
- [0049] 302- 射极跟随器；
- [0050] 303- 反相放大器；
- [0051] 304- 移相器；
- [0052] 305- 正弦波 / 方波转换器；
- [0053] 306- 雨量传感器前置电路；
- [0054] 307- 乘法器；
- [0055] 308- 有源低通滤波器；
- [0056] 309- 能量监测电路；
- [0057] 310-16 位低功耗微处理器；
- [0058] 311- 无线通信模块；
- [0059] 312-DS1302 时钟电路；
- [0060] 313-GSM/GPRS 模块；
- [0061] 314- 测雨敏感头。
- [0062] 400- 终端 GSM/GPRS 模块。
- [0063] 500- 终端处理机。
- [0064] 600-GIS 显示屏。

- [0065] 700- 无线传感网络 (WSN)。  
[0066] 800-GSM/GPRS 网络。  
[0067] 900- 监控中心。

## 具体实施方式

[0068] 下面结合附图及实施例,对本发明进一步说明:

### [0069] 一、各功能块

#### [0070] 1、雨量传感器节点 (100)

[0071] 根据监测子区域的范围及环境,雨量传感器节点 (100) 在各监测子区域布置 1 至 n 个不等,该传感器节点由测雨敏感头、信号调理电路、微处理器、存储器、无线通信模块和能量供应模块几部分组成。测雨敏感头将感知的降雨变化转换为电信号后,经信号调理电路送入微处理器内 A/D 转换后,由预置的软件进行辨识和积算降雨量,并通过无线通信模块将数据发送出去。

[0072] 雨量传感器节点 (100) 采用高能二次锂电池供电。

[0073] 雨量传感器节点 (100) 已于 2006 年 5 月 29 日申报国家发明专利 (申请号: 200610019165.9 ;公开号 :CN 1899138A。 )。

[0074] 微处理器选择 Flash 型 16 位超低功耗单片机 MSP430F149,它有一个活动模式和 5 个可软件设置的低功耗模式,能满足节点休眠的要求,中断事件可把系统从任何低功耗模式唤醒 ;外部存储器选择的是 512KB 的串行 FlashAT45DB041 ;无线通信模块采用 Chipcon 公司的支持 IEEE802.15.4/ZigBee 协议 CC2420 芯片,载波频率为 2.4GHz,数据传输速率最高达到 250kbps,通信距离 60-150m,功耗非常低。雨量传感器节点采用高能二次锂电池供电。

#### [0075] 2、红外位移传感器节点 (200)

[0076] 红外位移传感器节点 (200) 在各监测子区域布置原则及数量与雨量传感器节点 (100) 类同。

[0077] 红外位移传感器节点 (200) 已于 2007 年 12 月 06 日申报国家发明专利 (申请号: 200710168640.3)

[0078] 如图 3,红外位移传感器节点 (200) 由一个主节点 (210) 和第 1、2 从节点 (220、230) 构成,分别置于封锁监测三角形的顶点处,主节点 (210) 和第 1、2 从节点 (220、230) 均包含一个红外发射功能块和一个红外接收功能块。

[0079] 主节点 (210) 包括主微处理器 (213) 及分别与主微处理器 (213) 连接的主红外接收电路 (212)、主无线通信模块 (214)、主能量监测电路 (215)、主 RS485 接口电路 (216),以及与第 1 从节点 (220) 的第 1 红外接收电路 (222) 形成红外光束连接关系的红外发射电路 (211);

[0080] 第 1 从节点 (220) 包括第 1 微处理器 (223) 及分别与第 1 微处理器 (223) 连接的第 1 红外接收电路 (222)、第 1 能量监测电路 (224)、第 1RS485 接口电路 (225),以及与第 2 从节点 (230) 的第 2 红外接收电路 (231) 形成红外光束连接关系的红外发射电路 (221)。

[0081] 第 2 从节点 (230) 与第 1 从节点 (220) 为相同结构;

[0082] 主节点 (10) 和第 1、2 从节点 (20、30) 之间的连接关系是:

[0083] 主节点 (210) 红外发射电路 (211) 与第 1 从节点 (220) 的红外接收电路 (222) 形成红外光束连接关系;第 1 从节点 (220) 的红外发射电路 (221) 与第 2 从节点 (230) 的红外接收电路 (232) 形成红外光束连接关系;第 2 从节点 (230) 的红外发射电路 (231) 与主节点 (210) 的红外接收电路 (212) 形成红外光束连接关系。

[0084] 主节点 (210) 除了承担红外光信号的遮断、淹没辨识任务外,还通过 RS-232 或 RS-485 总线与第 1、2 从节点 (220、230) 的红外接收电路通信,然后由主节点 (210) 的主无线通信模块 (214) 将主、从节点封锁监测三角区的遮断、淹没整体信息发送出去。

[0085] 3、汇聚节点 (300)

[0086] 如图 4,汇聚节点 (300) 包括正弦波发生器 (301)、射极跟随器 (302)、反相放大器 (303)、移相器 (304)、正弦波 / 方波转换器 (305)、雨量传感器前置电路 (306)、乘法器 (307)、有源低通滤波器 (308)、能量监测电路 (309)、16 位低功耗微处理器 (310)、无线通信模块 (311)、DS1302 时钟电路 (312)、GSM 模块 (313)、测雨敏感头 (314);

[0087] 正弦波发生器 (301) 的输出接入射极跟随器 (302) 的 2 脚,射极跟随器 (302) 的输出既是反相放大器 (303) 的输入,也通过测雨敏感头 (314),接入雨量传感器前置电路 (306);反相放大器 (303) 的输出与移相器 (304) 的输入连接,移相器 (304) 的输出与正弦波 / 方波转换器 (305) 的输入连接;正弦波 / 方波转换器 (305) 的输出与雨量传感器前置电路 (306) 的输出同接于乘法器 (307) 的两输入端;乘法器 (307) 的输出通过有源低通滤波器 (308) 与 16 位低功耗微处理器 (310)P6.0 口相接;16 位低功耗微处理器 (310) 的相关管脚分别与能量监测电路 (309)、无线通信模块 (311)、DS1302 时钟电路 (312) 和 GSM 模块 (313) 相连。

[0088] 由于汇聚节点 (300) 在组网过程中,不仅要完成降雨侦听监测任务,即在降雨时及时向其所辖监测区域内传感节点广播信标帧,还要完成数据融合、积算、时钟同步校准及与终端监控中心 (900) 通信等任务,其无线通信模块 (311) 的射频覆盖范围大,故选择支持 ZigBee 协议的无线通信模块 SZ02-ZIGBEE。为保证与终端监控中心 (900) 直接通信的可靠性,汇聚节点 (300) 的 GSM/GPRS 模块 (313) 选择 SIEMENS TC35i。为保证时间同步的精准,汇聚节点 (300) 配置 DS1302 芯片作为节点时钟。

[0089] 在雨季来临前,工作人员检查已布置的无线传感网络 (700) 各节点的完好性并装置锂电池,雨量传感器节点 (100) 处于休眠态,红外位移传感器节点 (200) 处于间歇工作状态。当降雨发生时,雨量传感器节点 (100) 被唤醒工作并通过与相邻的暂时工作态的红外位移传感器节点 (200) 握手,依次传递激活所有红外位移传感器节点 (200) 进入完全工作状态。自带雨量传感器的汇聚节点 (300) 监测降雨量达到一定值时,发出信标帧并进入组网操作;监测区域中,各无线传感器节点自动搜索汇聚节点 (300) 广播的信标帧。如果信标帧搜索失败,该节点处于子节点地位,并继续与其它子节点握手,直至选定父节点申请入网。如果收到信标帧,该节点将作为父节点向汇聚节点 (300) 申请入网,若允许加入,该父节点将获得网络短地址分配权,并开始受理新唤醒的子节点的入网请求,这样通过一级级的短地址分配,传感区域内的所有节点将组成网状拓扑结构。

[0090] 汇聚节点 (300) 担负整个网络与终端监控中心 (900) 的数据交换,不采用休眠—唤醒机制,其电源采用蓄电池或多电池组,以保证供电的可靠性。

[0091] 红外位移传感器节点 (200) 和雨量传感器节点 (100) 组网完备并将采集的雨

量信息和边坡位移信息采用自路由方式接力传送给该区域的汇聚节点 (300)。汇聚节点 (300) 将融合处理后的信息数据打包后通过 GSM/GPRS 网络 (800) 直接回传至终端监控中心 (900), 终端监控中心 (900) 的计算机实时将多传感器融合的采集信息显示在 GIS 显示屏 (600) 上, 实现信息可视化显示与查询。降雨停止 72 小时后, 各无线传感子网的汇聚节点 (300) 命令各传感节点恢复至雨前工作状态; 即无线雨量传感器节点 (100) 重新休眠, 红外位移传感器节点 (200) 重新开始轮巡工作状态, 较好地解决了无线传感节点的能源制约瓶颈问题。

[0092] 4、GSM/GPRS 网络 (800)

[0093] 全球移动通信 / 通用分组无线业务 (GSM/GPRS) 网络 (800) 采用 TC35i 模块。

[0094] TC35i 模块是西门子公司专为 GSM 通信设计的专用模块, 具有数据、语音、短消息和传真功能, 工作于 EGSM900/GSM1800 频段, 通过一个 40 脚 ZIF (Zero Insertion Force, 零插力) 连接器和一个 GSC 天线插口, 可以提供较为方便的嵌入式低功耗无线连接。

[0095] 5、监控中心 (900)

[0096] 空间信息分析与查询模块利用 GIS 来实现, 它由终端 GSM/GPRS 模块 (400)、终端处理机 (500)、GIS 显示屏 (600) 组成。

[0097] 5.1、终端 GSM/GPRS 模块 (400)

[0098] 终端 GSM/GPRS 模块 (400) 亦采用 TC35i 模块。

[0099] 终端 GSM/GPRS 模块 (400) 的功能是: 将无线传感节点采集的实时雨情、边坡位移及崩塌信息实时监测滑坡统计数据, 输入到终端处理机 (500) 中, 并连接到 GIS 显示屏 (600) 上。

[0100] 5.2、终端处理机 (500)

[0101] 终端处理机 (500) 选用带双核 CPU 的 PC 机或工控机。

[0102] 终端处理机 (500) 的功能是: 结合气象预报和区域地质条件, 分析计算临界值降雨指数及滑坡发生指数, 并将分析结果以可视化的方式显示于 GIS 显示屏 (600) 的地理背景图上, 从而为滑坡预警决策提供准确、及时、直观的空间信息, 同时通过对边坡位移及崩塌信息实时监测滑坡统计数据的分析, 及时捕捉相对时间较长的蠕滑信息, 从而为滑坡的应急减灾处理提供了时间和可能。

[0103] 5.3、GIS 显示屏 (600) 选用惠普公司的 VP6315 投影仪。

[0104] 二、工作态的设置

[0105] 雨量传感器节点 (100) 设有休眠 - 工作态, 红外位移传感器节点 (200) 设有完全工作 - 间歇工作态, 自带雨量传感器的汇聚节点 (300) 具备监测降雨量达到阈值时, 自动发出信标帧并进入组网操作的功能。



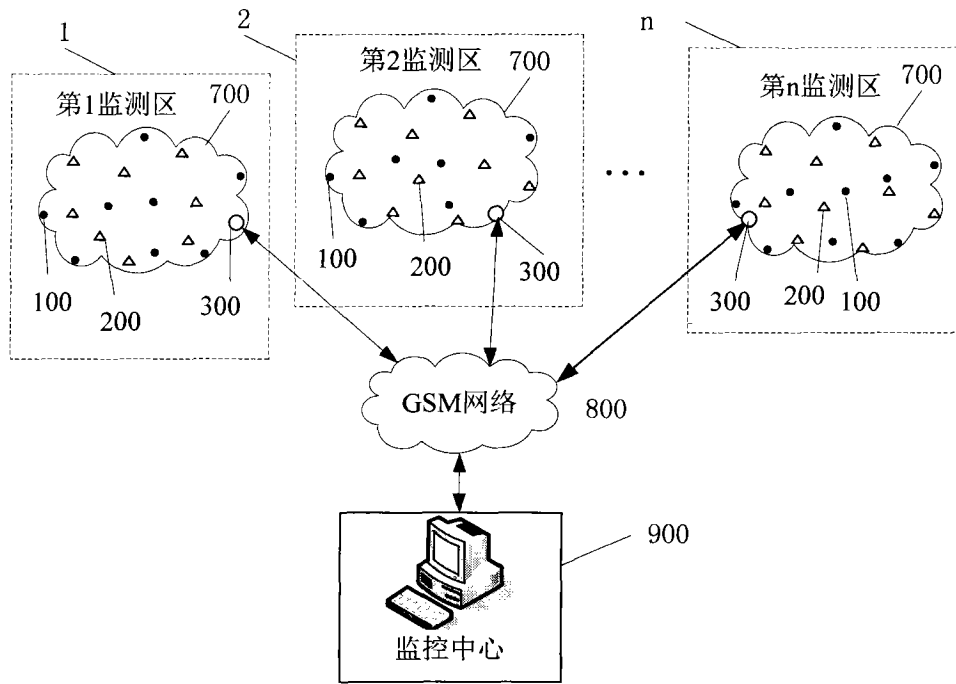


图 1

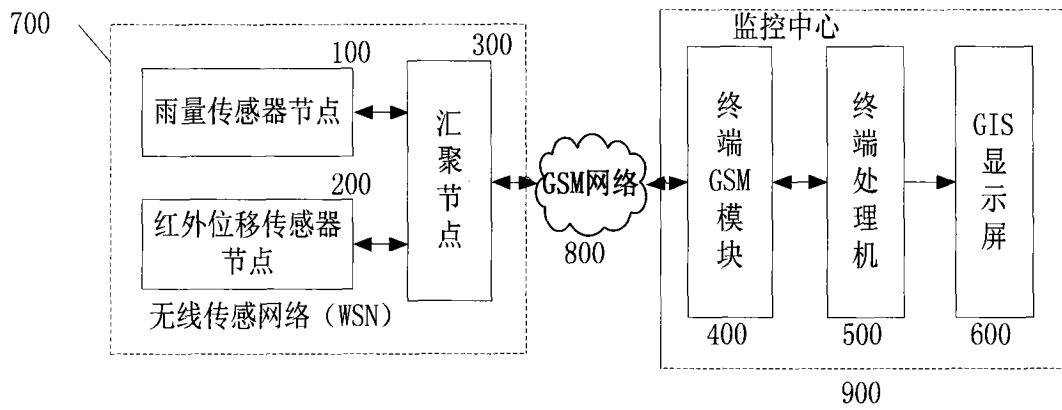


图 2

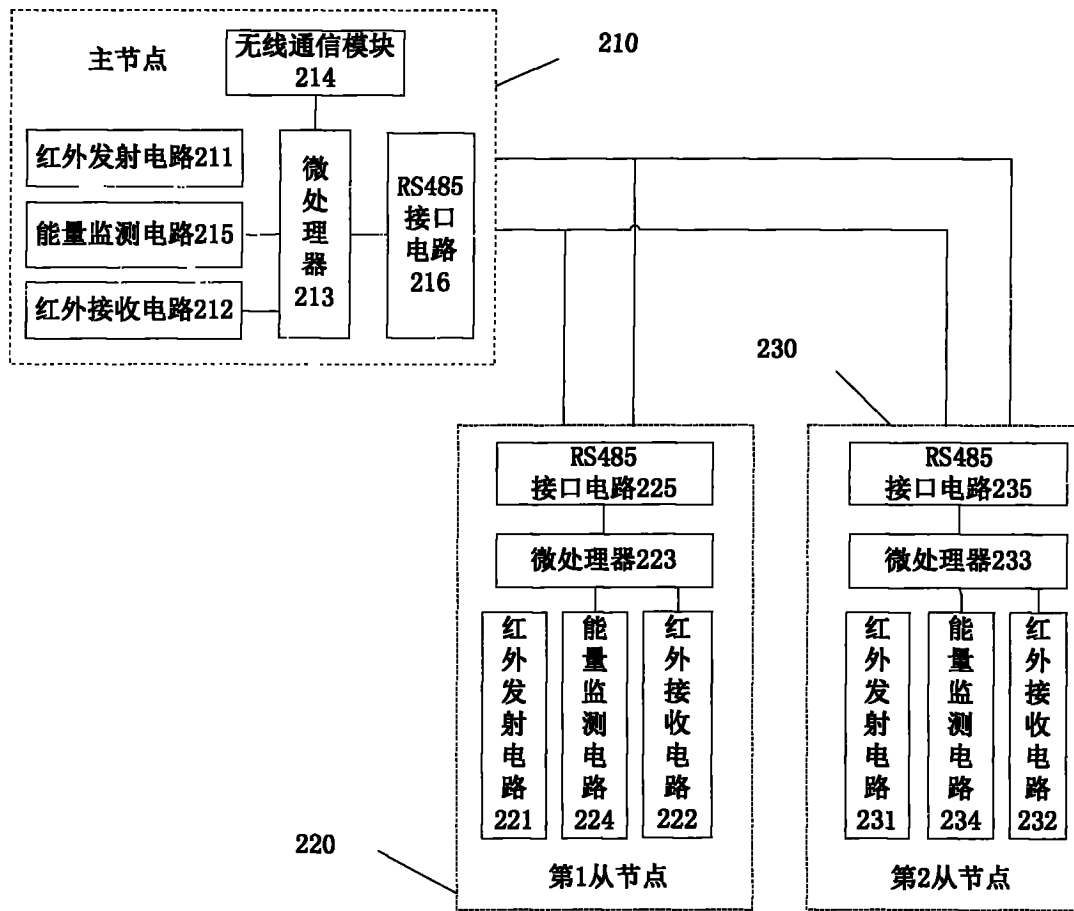


图 3

