



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109495557 A

(43)申请公布日 2019.03.19

(21)申请号 201811303478.6

(22)申请日 2018.11.02

(71)申请人 广州益牛科技有限公司

地址 510000 广东省广州市番禺区石碁镇  
市莲路官涌村段31号二楼2B04房

(72)发明人 不公告发明人

(51)Int.Cl.

H04L 29/08(2006.01)

H04L 12/26(2006.01)

H04W 40/22(2009.01)

H04W 84/18(2009.01)

G01D 21/02(2006.01)

G01H 17/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

拱坝质量智能实时监控系统

(57)摘要

本发明公开了拱坝质量智能实时监控系统,包括振动数据采集子系统、存储服务器和数据分析装置;所述的振动数据采集子系统用于采集拱坝重要位置的振动数据;所述振动数据采集子系统采集的振动数据传输到所述数据分析装置和存储服务器,所述存储服务器被配置为存储所述振动数据;所述数据分析装置对所述振动数据进行处理,得到不同位置处的振动位移曲线,通过对所述振动位移曲线的分析,实现对所述拱坝的监测。



1. 拱坝质量智能实时监控系統,其特征是,包括振动数据采集子系统、存储服务器和数据分析装置;所述的振动数据采集子系统用于采集拱坝重要位置的振动数据;所述振动数据采集子系统采集的振动数据传输到所述数据分析装置和存储服务器,所述存储服务器被配置为存储所述振动数据;所述数据分析装置对所述振动数据进行处理,得到不同位置处的振动位移曲线,通过对所述振动位移曲线的分析,实现对所述拱坝的监测。

2. 根据权利要求1所述的拱坝质量智能实时监控系統,其特征是,所述重要位置包括拱坝坝段、施工横缝、表孔、中孔、顶拱、拱冠梁、1/4顶拱轴线位置梁和3/4顶拱轴线位置梁。

3. 根据权利要求2所述的拱坝质量智能实时监控系統,其特征是,所述重要位置还包括在所述顶拱的1/8轴线位置、3/8轴线位置、5/8轴线位置和7/8轴线位置相应拱坝坝段中心点的下游坝面。

4. 根据权利要求1所述的拱坝质量智能实时监控系統,其特征是,所述数据分析装置包括依次连接的数据预处理单元、数据分析单元、数据评估单元和数据显示单元,所述数据预处理单元用于对振动数据进行预处理;所述数据分析单元用于对预处理后的振动数据进行分析,以得到拱坝重要位置的振动位移曲线;所述数据评估单元用于对所述振动位移曲线进行质量分析并判断拱坝重要位置的振动位移是否处于质量状态,输出拱坝重要位置质量状态结果;所述数据显示单元用于显示所述拱坝重要位置质量状态结果。

5. 根据权利要求1所述的拱坝质量智能实时监控系統,其特征是,所述振动数据采集子系统包括部署于监测区域内的单个汇聚节点和多个传感器节点,传感器节点采集所监测位置的振动数据并将振动数据发送至汇聚节点,进而由汇聚节点将振动数据发送至存储服务器和数据分析装置。

6. 根据权利要求5所述的拱坝质量智能实时监控系統,其特征是,传感器节点通过多跳转发的形式向汇聚节点发送所采集的振动数据,具体包括:

(1) 网络初始化时,汇聚节点向所有传感器节点广播邻居节点列表构建消息,收到该邻居节点列表构建消息后,传感器节点通过信息交互获取邻居节点信息,并构建邻居节点列表,其中邻居节点为位于传感器节点通信范围内的其他传感器节点;

(2) 传感器节点将相对于自身距离汇聚节点更近的邻居节点作为备选中继节点,并按照与其距离由近到远的顺序对各备选中继节点进行排序,建立备选中继节点列表,且初始设置其对各备选中继节点的信任度为1;

(3) 初始时,传感器节点选择排序最前的备选中继节点作为下一跳,将自身缓存的振动数据发送至所述排序最前的备选中继节点;

(4) 在一个时间段  $\Delta t$  后,传感器节点获取所述排序最前的备选中继节点在该时间段  $\Delta t$  内转发振动数据包的总数目以及帮其转发振动数据包的数目的反馈信息,并根据所述反馈信息更新其对该排序最前的备选中继节点的信任度;

(5) 设置第一信任临界值  $G_1(b)$ 、第二信任临界值  $G_2(b)$ ,对于传感器节点  $i$  的任意备选中继节点  $j$ ,当  $F_{ij}(b) \in (0, G_1(b))$  时,将备选中继节点  $j$  剔除出备选中继节点列表,当  $F_{ij}(b) \in [G_1(b), G_2(b))$  时,将备选中继节点  $j$  排在备选中继节点列表的最末位,当传感器节点的当前下一跳的信任度在  $(0, G_2(b))$  时,传感器节点重新在更新的备选中继节点列表中选择当前排序最前的备选中继节点作为下一跳。

## 拱坝质量智能实时监控系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及水利水电智能监测领域,具体涉及拱坝质量智能实时监控系统。

### 背景技术

[0002] 相关技术中,对于拱坝的监测主要为变形监测、渗流渗压监测、应力应变监测、缝隙开合度监测和温度监测等。上述监测基本为静态或准静态监测,对于坝肩稳定性以及坝体的整体位移,静态方法还是适用的,但对于反映拱坝成拱条件的内部应力应变、缝隙开合度的情况,静态监测很难把握拱坝工作状态的瞬时变化和随时间的演变过程,而拱坝的瞬时成拱失效和裂缝累积效应造成的成拱失效会威胁拱坝的安全运行。

### 发明内容

[0003] 为解决上述问题,本发明旨在提供拱坝质量智能实时监控系统。

[0004] 本发明的目的采用以下技术方案来实现:

[0005] 拱坝质量智能实时监控系统,包括振动数据采集子系统、存储服务器和数据分析装置;所述的振动数据采集子系统用于采集拱坝重要位置的振动数据;所述振动数据采集子系统采集的振动数据传输到所述数据分析装置和存储服务器,所述存储服务器被配置为存储所述振动数据;所述数据分析装置对所述振动数据进行处理,得到不同位置处的振动位移曲线,通过对所述振动位移曲线的分析,实现对所述拱坝的监测。

[0006] 本发明的有益效果为:通过设置振动数据采集子系统、存储服务器和数据分析装置,及时发现拱坝可能产生的损伤,快速找出损伤位置,以便采用各种工程措施加以修复和加固,并且该系统具有形式简单、施工方便、易于维护、工程造价低、运行管理方便的特点,运行时可实现远程控制。

### 附图说明

[0007] 利用附图对本发明作进一步说明,但附图中的应用场景不构成对本发明的任何限制,对于本领域的普通技术人员,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据以下附图获得其它的附图。

[0008] 图1是本发明一个示例性实施例的用于水利水电工程的拱坝监控系统的结构示意图。

[0009] 图2是本发明一个示例性实施例的数据分析装置的单元连接示意图。

[0010] 附图标记:

[0011] 振动数据采集子系统1、存储服务器2、数据分析装置3、数据预处理单元31、数据分析单元32、数据评估单元33、数据显示单元34。

### 具体实施方式

[0012] 结合以下实施例对本发明作进一步描述。

[0013] 参见图1、图2,本发明实施例提供了用于水利水电工程的拱坝监控系统,包括振动数据采集子系统1、存储服务器2和数据分析装置3;所述的振动数据采集子系统1用于采集拱坝重要位置的振动数据;所述振动数据采集子系统1采集的振动数据传输到存储服务器2进行存储,以及发送至所述数据分析装置3。

[0014] 所述数据分析装置3对所述振动数据进行处理,得到不同位置处的振动位移曲线,通过对所述振动位移曲线的分析,实现对所述拱坝的监测。

[0015] 本发明的上述实施例通过设置振动数据采集子系统1、存储服务器2和数据分析装置3,及时发现拱坝可能产生的损伤,快速找出损伤位置,以便采用各种工程措施加以修复和加固,并且该系统具有形式简单、施工方便、易于维护、工程造价低、运行管理方便的特点,运行时可实现远程控制。

[0016] 本发明通过无线传感器网络采集振动数据,无需布线,且监测实时便捷。

[0017] 优选的,所述重要位置包括拱坝坝段、施工横缝、表孔、中孔、顶拱、拱冠梁、1/4顶拱轴线位置梁和3/4顶拱轴线位置梁。进一步地,所述重要位置还包括在所述顶拱的1/8轴线位置、3/8轴线位置、5/8轴线位置和7/8轴线位置相应拱坝坝段中心点的下游坝面。

[0018] 本优选实施例设定了需要监测的拱坝的重要位置,使监测更具有相对性。

[0019] 优选的,所述数据分析装置3包括依次连接的数据预处理单元31、数据分析单元32、数据评估单元33和数据显示单元34,所述数据预处理单元31用于对振动数据进行预处理;所述数据分析单元32用于对预处理后的振动数据进行分析和处理,以得到拱坝重要位置的振动位移曲线;所述数据评估单元33用于对所述振动位移曲线进行质量分析并判断拱坝重要位置的振动位移是否处于质量状态,输出拱坝重要位置质量状态结果;所述数据显示单元34用于显示所述拱坝重要位置质量状态结果。

[0020] 本优选实施例构建了数据分析装置3的单元架构。

[0021] 其中,所述振动数据采集子系统1包括部署于监测区域内的单个汇聚节点和多个传感器节点,传感器节点采集所监测位置的振动数据并将振动数据发送至汇聚节点,进而由汇聚节点将振动数据发送至存储服务器2和数据分析装置3。

[0022] 在一种优选实施例中,传感器节点通过多跳转发的形式向汇聚节点发送所采集的振动数据,具体包括:

[0023] (1) 网络初始化时,汇聚节点向所有传感器节点广播邻居节点列表构建消息,收到该邻居节点列表构建消息后,传感器节点通过信息交互获取邻居节点信息,并构建邻居节点列表,其中邻居节点为位于传感器节点通信范围内的其他传感器节点;

[0024] (2) 传感器节点将相对于自身距离汇聚节点更近的邻居节点作为备选中继节点,并按照与其距离由近到远的顺序对各备选中继节点进行排序,建立备选中继节点列表,且初始设置其对各备选中继节点的信任度为1;

[0025] (3) 初始时,传感器节点选择排序最前的备选中继节点作为下一跳,将自身缓存的振动数据发送至所述排序最前的备选中继节点;

[0026] (4) 在一个时间段  $\Delta t$  后,传感器节点获取所述排序最前的备选中继节点在该时间段  $\Delta t$  内转发振动数据包的总数目以及帮其转发振动数据包的数目的反馈信息,并根据所述反馈信息更新其对该排序最前的备选中继节点的信任度;

[0027] (5) 设置第一信任临界值  $G_1(b)$ 、第二信任临界值  $G_2(b)$ ,对于传感器节点  $i$  的任意备

选中继节点j,当 $F_{ij}(b) \in (0, G_1(b))$ 时,将备选中继节点j剔除出备选中继节点列表,当 $F_{ij}(b) \in [G_1(b), G_2(b))$ 时,将备选中继节点j排在备选中继节点列表的最末位,当传感器节点的当前下一跳的信任度在 $(0, G_2(b))$ 时,传感器节点重新在更新的备选中继节点列表中选择当前排序最前的备选中继节点作为下一跳。

[0028] 本实施例设定了传感器节点向汇聚节点发送所采集的振动数据的路由转发机制,该路由机制中,创新性地建立备选中继节点列表,进而传感器节点根据每个备选中继节点的排序情况和信任度情况选择最佳的下一跳,并将不满足信任度条件的备选中继节点j剔除出备选中继节点列表,有利于在尽可能节省振动数据传输的能耗的情况下提高振动数据转发的可靠度;当传感器节点的当前下一跳的信任度在 $(0, G_2(b))$ 时,传感器节点重新在更新的备选中继节点列表中选择当前排序最前的备选中继节点作为下一跳,实现了下一跳的更换,有利于均衡各备选中继节点的能耗。

[0029] 其中,每到下一个时间段 $\Delta t$ ,传感器节点重新获取反馈信息,并根据反馈信息计算其对各备选中继节点信任度,从而传感器节点对备选中继节点的信任是动态的,保障计算的信任度能够更准确地衡量备选中继节点的状态和转发能力。

[0030] 其中, $\Delta t$ 的优选值为1小时。 $\Delta t$ 还可以设定为2小时或30分钟等。

[0031] 第二信任临界值如果设置过低,将影响判断中继节点转发能力的灵敏度,不利于各备选中继节点能耗的均衡,而第一信任临界值如果设置过高,将会把一些仍可以有效转发振动数据包的备选中继节点排除在数据传输路径之外,进而降低路由的效率。

[0032] 在一种能够实现的方式中,按照下列公式设定第一信任临界值 $G_1(b)$ 、第二信任临界值 $G_2(b)$ :

$$[0033] \quad G_1(b) = \min \left[ \min_{q=1, \dots, N_i(b)} F_{iq}(b), 0.3 \right]$$

$$[0034] \quad G_2(b) = \max \left[ \sqrt{\frac{\left( \min_{q=1, \dots, N_i(b)} F_{iq}(b) \right)^2 + \left( \max_{q=1, \dots, N_i(b)} F_{iq}(b) \right)^2}{2}}, 0.6 \right]$$

[0035] 式中, $F_{iq}(b)$ 为传感器节点i在第b个时间段 $\Delta t$ 后更新的对其当前备选中继节点列表中第q个备选中继节点信任度, $N_i(b)$ 为所述当前备选中继节点列表中备选中继节点的数目。

[0036] 本实施例提出了第一信任临界值 $G_1(b)$ 、第二信任临界值 $G_2(b)$ 的设定公式,使得信任临界值的设定能够根据信任度的变化而动态变化,从而可以更好地根据备选中继节点信任度选择剔除、更新排序位置或者保留操作,提高判断中继节点转发能力的灵敏度,进一步提高路由的效率,保障振动数据传输的实时性。

[0037] 在一种能够实现的方式中,设 $F_{ij}(b)$ 表示传感器节点i在第b个时间段 $\Delta t$ 后更新的对其备选中继节点j的信任度, $F_{ij}(b)$ 的更新公式为:

$$[0038] \quad F_{ij}(b) = F_{ij}(b-1) - c \times \sqrt{v_1 \left( 1 - \frac{y_{ij}(b)}{Y_j(b)} \right)^2 + v_2 \left( \frac{Y_{ij}(b) - y_{ij}(b)}{Y_{ij}(b)} \right)^2}$$

[0039] 式中, $F_{ij}(b-1)$ 表示传感器节点i在第b-1个时间段 $\Delta t$ 后更新的对其备选中继节点

$j$ 的信任度,  $b \geq 1$ ,  $y_{ii}(b)$  为所述备选中继节点  $i$  在第  $b$  个时间段  $\Delta t$  内帮传感器节点  $i$  转发振动数据包的数目,  $Y_j(b)$  为所述备选中继节点  $j$  在第  $b$  个时间段  $\Delta t$  内转发振动数据包的总数目,  $Y_{ij}(b)$  为传感器节点  $i$  在第  $b$  个时间段  $\Delta t$  内向所述备选中继节点  $j$  发送振动数据包的总数目,  $v_1$ 、 $v_2$  为预设的权重系数,  $c$  为信任度衰减因子,  $c \in (0.1, 0.2]$ 。

[0040] 本实施例创新性地提出了信任度的更新公式, 该更新公式在评判备选中继节点的信任度时, 不仅考虑了未帮忙传感器节点转发振动数据包的数目与该传感器节点发送振动数据包总数目的比值情况, 还创新性地考虑了备选中继节点帮传感器节点转发振动数据包的数目与已转发振动数据包的总数目的比值情况。本实施例相对于通过单一方面的数据转发情况来评判备选中继节点的信任度, 能够更准确地衡量备选中继节点的状态和转发能力, 该更新公式考虑了传感器节点由于时间推移而对备选中继节点信任衰减的情况, 具有一定的鲁棒性。

[0041] 最后应当说明的是, 以上应用场景仅用以说明本发明的技术方案, 而非对本发明保护范围的限制, 尽管参照较佳应用场景对本发明作了详细地说明, 本领域的普通技术人员应当理解, 可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换, 而不脱离本发明技术方案的实质和范围。

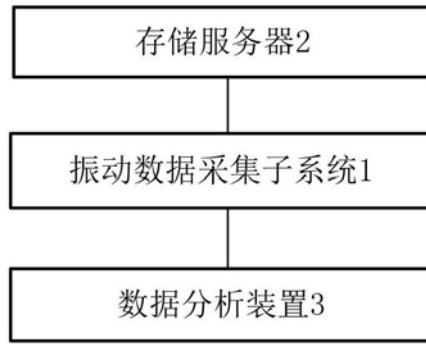


图1

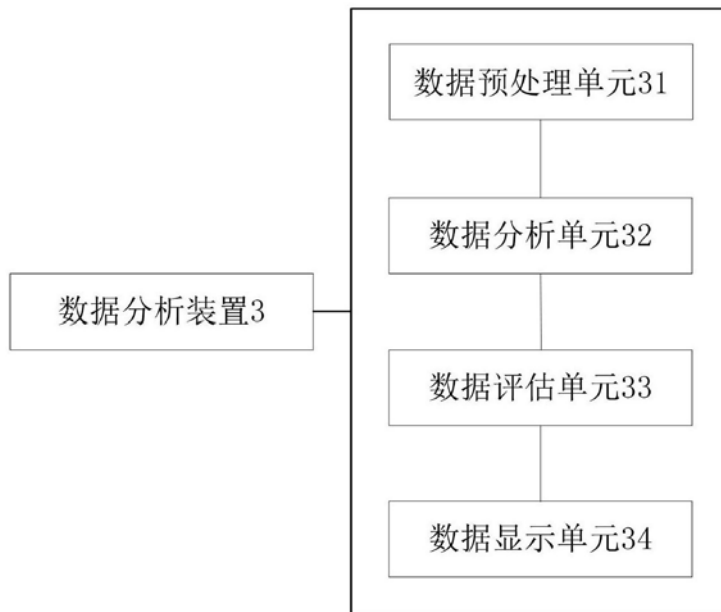


图2