

基于物联网技术的桥梁远程监测系统设计与实现

王亲武 周萍 艾宏远 任伟龙 苏磊
北京交通运输职业学院 北京 101121

摘要: 为提高物联网技术在桥梁健康安全监测管理系统中的应用水平,整合物联网、传感器、无线传输、云计算、智能管理后台等技术,研发出一套集合安全实时监测、智能分析、安全预警功能为一体的桥梁健康监测系统,实现对桥梁健康全程在线监测与安全预警。

关键词: 物联网技术;桥梁监控管理;无线传输网;桥梁安全管理

引言:物联网(Internet of Things)指的是将各种信息传感设备与各种无线通信技术相结合,与互联网进行深入的融合,从而实现物与物、人与人的规模互联^[1]。物联网技术即依托RFID、GPS、红外感应器、激光扫描器等信息传感设备,参照特定协议,连接互联网和各类接入网,依托智能通信和信息交换等,形成具备识别、定位、监控、管理等特征的智能化网络。物联网在人与物体、物体和物体之间建构关联,在它们之间形成交互和连接。物联网技术在桥梁健康安全监测管理系统中,物联网云平台则是所有信息的中转站和汇集中心,以人工智能大数据处理为基础,做出最优桥梁安全监控决策,使桥梁得到最佳安全保障。

1 物联网技术对桥梁监控管理系统的影响

现阶段,全球范围内物联网的应用均处于不断探索的阶段,实践应用中主要以射频识别技术和传感器技术为主,所应用的项目规模较小。相比较而言,美国等发达国家对物联网技术的应用更为深入、广泛,涉及桥梁、物流、安防、工业、农业、环境等多个行业和领域,并且形成了一定的规模。我国对于物联网技术的应用尚处于初级阶段,核心技术仍没有真正的突破,应用需求层次低,资源共享不足。虽然与西方发达国家的差距较大,但随着对物联网技术研究的不断深入,其在社会生活中的应用场景会变得越来越广泛,共享单车、移动POS机、电话手表等均是物联网技术的应用体现。现如今,物联网技术在桥梁监控领域也实现了一定的应用,物联网技术应用于桥梁监控管理系统设计中,采用自下而上的信息采集、处理、管理模式,在信息资源采集精度、覆盖度方面,均要比传统桥梁管理系统更有优势,两者的应用模式不同,因此所产生的社会效益也不同。桥梁监控管理系统设计中应用物联网技术,目的在于提供广泛有效的桥梁信息服务,提升桥梁设施运行效率,使桥梁运行更加的安全可靠。在未来一段时间

里,智慧桥梁远程监控领域将会是物联网技术应用的重点领域之一。

2 桥梁监控安全管理现状与存在问题

随着交通行业的迅猛发展,基础设施建设中的桥梁建设比重日益增大^[2]。由于环境侵蚀、荷载效应、材料老化、疲劳等作用,作为重要的基础设施,桥梁在运营过程中不可避免的发生损伤,极端情况下甚至会导致灾难性的突发事故。由于传统的桥梁安全监控方法不合理、监测仪器选用不当等主观因素影响,桥梁运营过程中的实时监控效率大大降低,致使服役桥梁存在许多安全隐患^[3]。近年,物联网技术迅猛发展,并越来越多集成应用于基础设施安全健康监控^[4]。

我国桥梁众多,对桥梁的安全管理和检查大多是不定期而非实时的,如人工不定期巡查,或通过桥梁检测车辆不定期巡视,这种不定期的安全检查往往会遗漏安全事故发生的时间节点,导致桥梁事故仍时有发生。对于桥梁健康的监测,国内外研究也较多。通过查阅相关资料,发现传统对于桥梁健康监测的研究,主要存在桥梁健康监测的整体性设计和系统化思维问题,且较少引入物联网和移动互联等智能化方案,在桥梁监测数据的远程传输方面,以往大都采用的是光纤传输的有线网络,很少涉及移动网络思维和无线网络实施方案,同样导致布线成本高、布线路径受限、传输距离受限等不足。本研究采用4G移动网络和物联网技术,实时地将桥梁的安全情况和健康状况远程传输给监控中心,为桥梁维护、维修和管理决策提供依据和指导,对安全隐患提前做出安全预警,供管理人员及时处理,可有效避免安全事故的发生。

3 桥梁远程监测系统方案设计

桥梁健康监测系统包括传感器数据采集子系统、物联网数据传递子系统、4G/5G移动网络子系统、远程数据后台监控子系统。

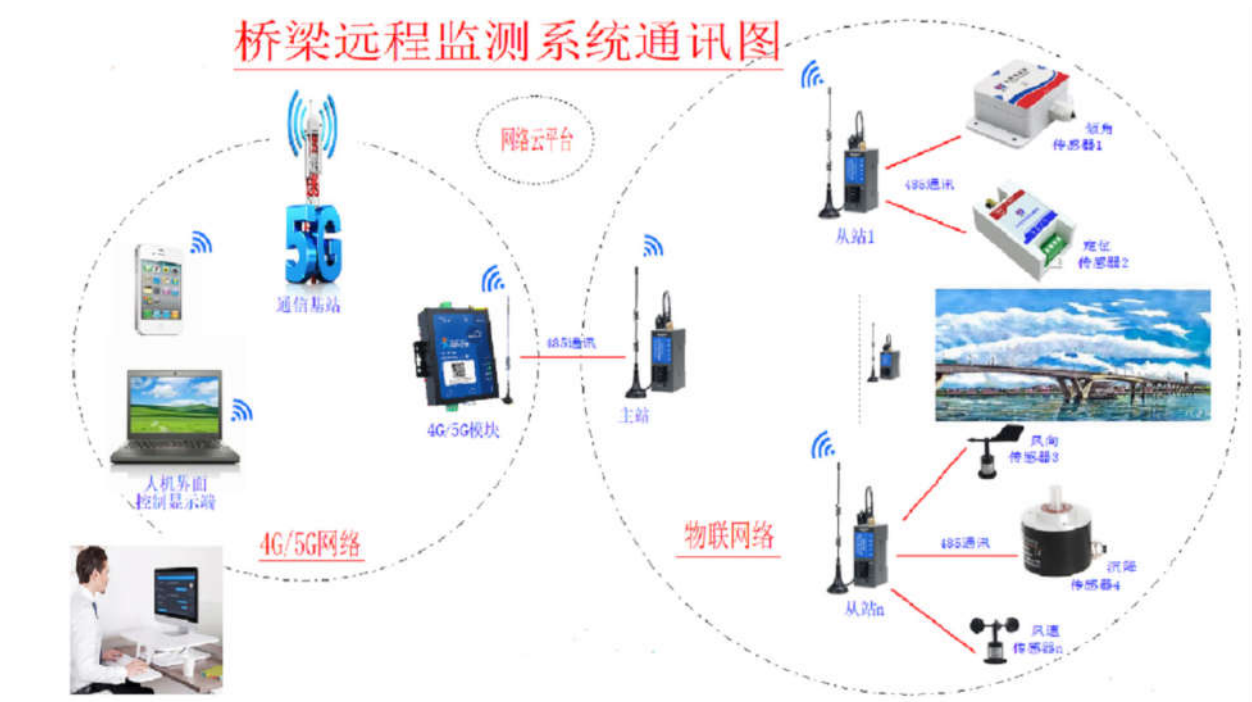


图1 桥梁远程无线监测系统

在桥梁健康监测系统设计时，首先要考虑影响到桥梁运行安全的因素，即桥梁监测的具体参数内容。结合桥梁健康监测系统的功能要求及桥梁的结构特点，桥梁健康监测系统的监测参数内容主要涉及到以下几个方面：挠度监测、沉降监测、水平位移监测、振动监测、倾角监测、应力监测、索力监测、伸缩缝监测、荷载监测、环境监测、风速风向监测等。为了掌握桥梁安全健康状况，需要准确获取上述各监测参数内容的实际数据，这就需要根据监测参数选取对应的传感器。传感器对应选择了动力水准仪、静力水准仪、GPS定位器、振动传感器、倾角传感器、表面应变计、磁通量传感器、位移传感器、动态称重传感器、温度传感器、风速/风向传感器等。

桥梁监测系统通过各传感器获取桥梁监测参数的数据后，通过物联网子系统进行收集和传输到下一站。物联网子系统是一个“物物互联”的网络系统，该网络系统由“无限”个网络节点构成，网络节点分为网络终端、网络中继、网络基站（或主站）三种类型。网络节点间可以进行随机的通讯组合，从而保证网络数据可以在网络节点间自由传递，总的原则是网络终端数据经网络中继传递到网络基站，不过网络终端数据或网络中继数据也可直接传递到网络基站。网络主站（即基站）只有一个，网络从站（即终端和中继）则数量不限。这里桥梁监测数据通过物联网系统各个网络终端对传感器的

数据进行收集后，经网络中继传递给网络基站，实现了物联网系统对各个传感器数据的无线网络收集和传递。各个物联网节点间的无线数据传输取代了有线数据通讯连接，避免了纷乱繁杂的长距离有线布线，降低了施工量和维护量，节约了人工和材料成本。

物联网的主要优点是网络节点低功耗，各节点间可以自由组合进行数据传输，但其不足是节点间的传输距离较短，节点在没有功率放大的情况下传输距离约100m，在增加功放时距离也只能传递到3km左右。因此，要将桥梁监测的传感器数据通过物联网收集后，再进行无限距离的远程传输物联网子系统肯定无能为力。数据进行无限距离的远程传输，可以采用两种方式实现，其一是通过有线的以太网网络进行数据传输，其二是采用4G/5G移动网络进行数据传输。传统的方式大多采用有线的以太网网络方式，其不足同样是涉及到网络长距离布线的问题，施工量大，成本高，受布线环境限制等。为了将桥梁监测数据进行无限距离的远程传输，本设计采用的是将物联网子系统数据的数据转换到4G/5G移动网络子系统，然后经由4G/5G移动网络将所需数据传递到远程监控后台数据中心或用户监控大厅。其优点是传输途径不受布线空间和布线距离限制，只要由移动通信的地方就可以收到远程传递来的桥梁监测数据。

远程数据后台监控子系统主要是对桥梁监测的数据进行存贮、显示和分析，以供监护人员对桥梁的健康状

况进行分析和判断,通过数据的分析和预警,可以及时地处理潜在的安全隐患,确保桥梁的运行安全。远程数据后台监控子系统包括计算机系统、人机界面软件系统、数据存贮服务器系统、监控大厅显示屏系统。计算机系统作为控制中心,其上装有人机界面软件系统,连接着数据存贮服务器系统和显示屏系统。人机界面软件系统负责将计算机系统收集到的远程监测数据进行人机对话和界面显示,数据存贮服务器系统负责数据的数据的存贮、查询和分析。

4 桥梁远程监测系统实现

4.1 传感器的选取和使用

传感器模块作为整个桥梁监控系统的关键基础部分,主要负责完成被测桥梁的状态监测工作。桥梁监测数据采集需要用到大量的传感器,传感器的选用需要考虑到以下几个方面。首先要考虑到传感器的规格参数是否能满足桥梁监测的参数要求,以及安装的方便性和可行性等。本设计中建议主要考虑的是在传感器的选型上尽量优先选用带有Modbus通讯协议的RS485接口传感器,不建议采用RS232或其他通讯方式接口的传感器。原因是RS485接口能实现一对多通讯,同时通讯距离长,且抗干扰性强,这些都是RS232接口所不具备的。另外,为保证传感器通讯接口数据的测试成功,一定要注意传感器的通讯波特率和其连接的设备的通讯接口波特率保持一致,其他的如数据位、奇偶校验位等的设置也要保持一致,通常采取默认设置即可。

4.2 物联网数据子系统的构建

物联网数据子系统由物联网节点构成,每个网络节点对应一个设备模块,这些物联网设备模块可以进行成品采购,无须另行设计。前面已经提到,网络节点分为终端、中继和基站三种类型,任何物联网设备模块均可以进行上述三种类型的设置。根据桥梁传感器的分布情况,可以将距离较近的多个传感器同时连接到某个物联网终端上,也可以将一个传感器连接到一个终端上,同时可以将其他没连接传感器的设备模块配置成网络中继模式,不过,有且只有一个设备模块配置成基站模式。物联网数据通讯中,同样应该保证物联网终端和其连接的传感器的波特率保持一致,同时注意到物联网各节点的通讯频道要设置成一致。在物联网通讯测试中,可以先通过电脑端的Modbus通讯模拟软件单独对物联网系统中的传感器进行数据读取,以验证物联网通讯子系统的正常工作。

4.3 移动网络子系统的构建

物联网数据只能局限于几公里范围内,不能进行无限远距离的传输,为实现数据的远程传输,本设计采用了4G/5G移动网络子系统。其实现方式是:将物联网主站与4G/5G移动网络模块进行数据连接,以实现物联网数据到移动网络数据的转换,也就是将物联网子系统汇集到的各桥梁传感器数据转换成移动网络数据。移动网络子系统的构建离不开4G/5G移动网络模块的选用和测试,本设计中选用带有Modbus通讯协议的RS485接口的4G网络透传模块。4G网络透传模块和物联网模块的成功对接和通讯成功非常关键,在供电正常的情况下,首先应该保证各通讯模块的串口波特率保持一致,其他的串口参数设置也应保持一致或采用默认模式;其次,4G网络透传模块的内置SIM卡应该费用充足且网络信号良好;再次,4G网络透传模块应该完成其自身所有功能的配置,如协议透传模式,自定义注册包,心跳包功能等;最后,电脑端为了能接收到4G网络透传模块传递来的网络数据,需要安装并设置好虚拟端口软件,4G网络透传模块则通过云端服务器将网络数据传递到电脑上的虚拟端口,以供计算机系统人机界面软件进行数据读取。

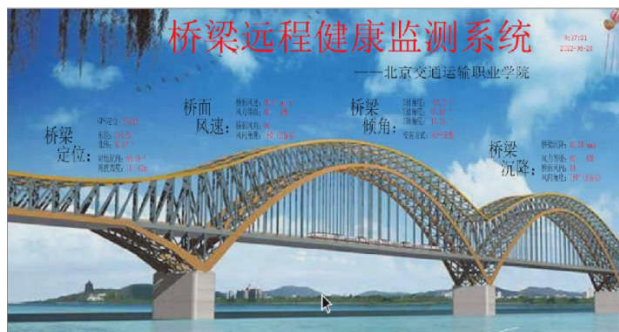


图2 桥梁远程无线监测系统实现

4.4 远程监控后台子系统的构建

远程数据后台监控子系统主要涉及到人机界面软件的设计与实现,本设计中采用组态软件进行监控后台数据的采集、分析和显示。具体表现为组态软件通过自身软件设备端口读取电脑端虚拟软件端口的数据,经过设计好的组态软件系统进行桥梁监测数据的人机界面显示。组态软件设计知识在这里不再烦述,实现的功能主要包括桥梁监测数据的实时读取和显示、历史和实时报警、各类数据的对比和分析等。同样,组态软件的通讯测试也是整个桥梁监测系统中的重要一环,为保证通讯测试成功,需要注意的是电脑端的串口通讯参数如波特率和组态软件设备端的串口通讯参数应保持一致,此外,组态软件中的画面、命令语言、结构变量、数据词典等功能设置不能出现任何差错。

结术语

本设计解决了基于物联网技术的桥梁远程监测问题。通过引入物联网、移动互联和智能信息化思维,打通基于桥梁健康系统监测的各个技术环节,采用了基于物联无线网、移动4G/5G网络以及人机界面的智能化系统架构,完成了工程设备系统的搭建和测试,实现了桥梁健康数据远程监测的实时性和无线化,通过取代传统的有线安装和布线,既实现了监测智能化,又节约了整体的人力和资源成本。桥梁远程监测系统整体运行平稳,获取的监测数据真实可靠。

参考文献:

- [1]祖巧红.物流信息系统[M].武汉:武汉大学出版社,2010,(12):38-39.
- [2]陈善棠.基于光纤传感网络的桥梁实时监测系统研究[J].公路交通科技,2010,(11):37-39.
- [3]刘山洪,魏建东,钱永久.光纤传感器在桥梁监控中的应用分析[J].重庆交通学院学报,2005,24(3):4-7.
- [4]刘军,童杏林,梁磊.高性能桥梁长期健康监测系统与集成研究[J].武汉理工大学学报,2009,31(3):52-56.