

基于几何控制的公路施工智能监控系统设计

杨志华, 李晓龙

(云南省建设投资控股集团有限公司, 昆明 650000)

摘要: 为了更好地保证公路施工质量, 保障施工人员的生命财产安全, 建设平安和谐社会, 为人民群众提供一个便利、舒适、安全地空间, 需要对公路施工监控系统进行设计; 当前的公路施工监控系统设计方法是利用图像处理板对其进行监控, 监控过程中图像处理板的体积太大, 没有设置隐蔽性屏障, 导致监控盲点多, 存在监控整体性能低, 监控系统效果差的问题; 为此, 提出一种基于几何控制的公路施工智能监控系统设计方法; 该方法首先确定公路施工监控类型, 并对公路施工监控系统进行构造, 然后以公路施工监控系统的构造为基础, 利用编码感知路由, 将各个终端监控的数据信息传输至监控系统中心, 最后采用蛇形时隙数据存储算法将公路施工终端的监控信息数据全部存储, 由此完成对公路施工的智能监控的系统设计; 实验结果证明, 所提方法可以对公路施工进行全方位, 安全可靠地智能监控, 减少了突发事件发生处理时间和监控盲点, 增加了公路施工速度, 更大程度地保障了施工人员的人身安全, 为该领域的研究发展提供了强有力的依据。

关键词: 几何控制; 公路施工; 智能监控; 系统设计

Based on the Geometric Control of Highway Construction Intelligent Monitoring System Design

Yang Zhihua

(Yunnan Construction and Investment Holding Group Co., LTD., Kunming 650000, China)

Abstract: In order to better ensure the quality of road construction, construction personnel's life and property security, peace and harmonious society construction, for the masses to provide a convenient, comfortable and safe space, need for highway construction monitoring and control system design. The current highway construction monitoring and control system design method is to use image processing surface monitoring, monitoring the process of image processing board size is too big, no concealment barriers, lead to monitor the blind spots, more is to monitor the overall performance is low, problem of poor effect of monitoring and control system. For this, put forward a kind of highway construction intelligent monitoring system based on the geometric control design method. Types, this method first determine highway construction monitoring and monitoring system for construction of highway construction, and then on the basis of the structure of the highway construction monitoring and control system, using code awareness routing, each terminal monitoring data information transmission to monitor and control system center, finally USES the serpentine time slot data storage algorithm of highway construction to the terminal monitoring information data storage, thus complete the system design of the intelligent monitoring of highway construction. Experimental results show that the proposed method can be full of highway construction, safe and reliable intelligent monitoring, reduce the processing time and monitoring blind spots and emergencies, increased the speed of road construction, a greater degree to the protection of the personal safety of the construction personnel, in the field of research and development provides a strong basis.

Keywords: The geometric control; Highway construction; Intelligent monitoring; The system design;

0 引言

当前, 随着社会经济的迅速发展和人们生活水平的不断提高, 公路施工情况随处可见, 例如银行、超市、商场、工厂、网吧、学校、十字路口交通等公共领域^[1]。公路施工作为社会建设的基础, 为人们出行便利做出了杰出的贡献, 但是在施工过程中, 经常出现突发状况, 为了保证施工质量, 更好地保障施工人员的安全, 需要利用智能监控对施工现场进行监控。智能监控不仅可以作为视频举证还原现场情况, 而且还可以保护人们的财产和安全^[2-3]。因此, 公路施工智能监控系统的设计受到了广大专家学者的高度重视和深度钻研^[4-5]。多数公路施工智能监控系统设计方法在监控时, 无法

对公路施工进行低成本、低误差, 全面稳定地智能监控, 导致施工过程出现问题不能及时得到反馈, 出现大量财产及安全受损的问题^[6]。在这种情况下, 如何减少公路施工监控成本和监控信息所占存储空间, 提高监控质量成为了待以解决的问题。而基于几何控制的公路施工智能监控系统设计方法, 对公路施工进行全面、高效地智能监控, 是解决上述问题的可行途径, 成为了该领域专家的研究课题, 同时也得出很多优秀的成果^[7]。

文献 [8] 提出了一种基于无线网络的公路施工智能监控系统设计方法。该方法首先通过公路施工视频监控与无线网络技术的介绍, 依据公路施工的实际情况, 对公路施工现场进行网络性地覆盖, 然后针对覆盖特点设计无线网络监控系统, 调整监控设备的准确位置, 最后利用无线网络的测试, 建设满足公路施工监控系统所需求的无线网络信息传输平台, 由此完成对公路施工监控系统的设计。该方法在操作过程中耗时较短, 但是存在监控视频不清晰的问题。文献 [9] 提出

收稿日期: 2017-04-13; 修回日期: 2017-04-28。

作者简介: 杨志华(1978-), 男, 云南大理人, 高级工程师, 主要从事道桥技术与管理方向的研究。

了一种基于嵌入式的公路施工智能监控系统设计方法。该方法利用 C/S 模式将嵌入式技术与现代网络传输技术结合, 采用 Linux 多线程编程, 对公路施工智能监控系统进行硬件构造, 依据 Gtk+/Gnome 技术将公路施工监控信息进行统计整理, 最后以整理过的信息为基础, 完成对公路施工监控系统的设计。该方法较为简单, 但是在监控信息整理过程中经常出现信息丢失的问题。文献 [10] 提出了一种基于数字地图的公路施工智能监控系统设计方法。该方法针对公路施工的具体情况, 分析监控系统的监控指标, 使用 SQLserver 数据库对监控数据进行存储, 最后在 VisualStudio 平台上利用 C 语言实现对公路施工智能监控系统的设计。该方法的监控质量良好, 但是存在 C 语言运用较复杂的问题。

针对上述问题, 提出一种基于几何控制的公路施工智能监控系统设计方法。该方法首先对公路施工智能监控类型进行划分, 对智能监控系统进行硬件构造, 方便监控系统的设计更清晰地展现出来, 然后利用编码感知路由, 将各终端监控信息传输至监控系统中心, 最后采用蛇形时隙数据存储算法对传输来的监控数据信息进行存储。仿真实验证明, 本文所提方法可以多方位, 全面有效地对公路施工进行智能监控。

1 基于几何控制的公路施工智能监控系统设计方法

1.1 公路施工智能监控系统硬件设计

公路施工具有灵活, 工程量大等特性, 所以针对公路施工这种复杂情况, 对公路施工智能监控类型进行分类, 便于公路施工智能监控系统的设计, 图 1 是公路施工智能监控类型。

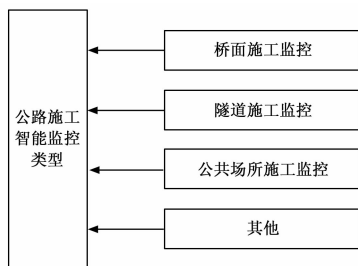


图 1 公路施工智能监控类型

从图 1 可以看出, 公路施工智能监控类型主要由桥面施工监控、隧道施工监控、公共场所施工监控以及其他方面的施工监控组成。在该图中针对每种施工场地具体情况对其监控系统进行设计, 例如在隧道中进行施工, 灯光昏暗而且容易发生地陷等问题, 所以对该地点的监控系统设计应当考虑到此方面。以此类推, 具体问题具体分析, 尽量将所有方面进行妥善安排, 由此便可以更好地保障施工现场的监控效果。图 2 是公路施工智能监控系统构造。

分析图 2 可知, 公路施工智能监控系统大致分为: 监控录像存储、监控信息数据传输、监控音频保存、监控报警系统和呼叫中心五部分。在整个公路施工智能监控系统中, 各个监控终端通过这五部分将各个监控终端的信息数据传输至监控系统中心, 如果发生意外情况, 监控报警子系统会发出警报, 工作人员可以及时勘察和处理, 也可以利用呼叫中

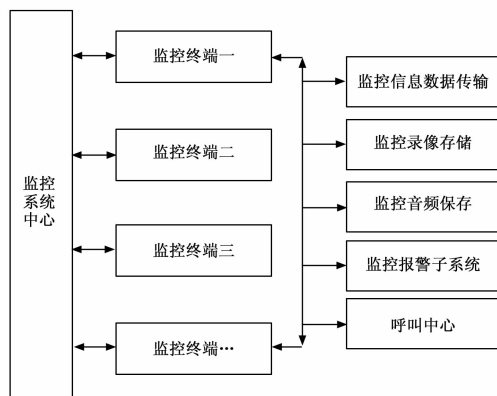


图 2 公路施工智能监控系统构造

心对监控系统中心发出请求, 解决突发状况。

1.2 监控信息数据传输模块

以 2.1 中各项信息为基础, 利用编码感知路由, 将各终端监控信息低延时高效率地传输至监控系统中心。假设, n_i 代表编码节点的对应阈值 i , 在采集监控录像样本间隔 x 内传输的监控数据个数, 其中, 有 n_{bi} 个编码监控数据, M 代表编码节点的队列长度, q_{ij} 代表编码节点的对应阈值 i , 在采集监控录像样本间隔 x 内收到的第 j 个监控数据, $D(q_{ij})$ 与 $E(q_{ij})$ 分别代表监控数据 q_{ij} 在编码队列中, 出队用时和入队用时。

由于编码本身带有两个原始监控数据的信息, 因此在采集监控录像样本间隔 x 内, 编码节点的对应阈值 i 传输成功的有效监控数据量为 $(n_i + n_{bi}) \cdot (D(q_{ij}) - E(q_{ij}))$ 代表监控数据

q_{ij} 在编码队列的等待时间, $\sum_{j=1}^{n_i} (D(q_{ij}) - E(q_{ij}))$ 代表编码节点的对应阈值 i 在采集监控录像样本间隔 x 内所传输的监控数据延时和。以上述信息为基础, 编码队列长度中每一个阈值 i 的监控数据传输平均延时为:

$$F_i = \frac{1}{n_i + n_{bi}} \sum_{j=1}^{n_i} (D(q_{ij}) - E(q_{ij})), i = 1, 2, \dots, M-1 \quad (1)$$

其中, F_i 代表编码队列长度中每一个阈值 i 的监控数据传输的平均延时值。对阈值 i 进行初始化, 初始化为 0, 由监控终端传输的监控信息数据编码节点通过队列长度的缓存方式, 将来自不同监控终端的监控数据进行高效传输或者等待, 当监控数据传输稳定时, 在固定的采集监控录像样本间隔 x 内, 记录每个监控终端的传输数据 q_{0j} , 在编码缓存队列中入队时间 $E(q_{0j})$ 以及出队时间 $D(q_{0j})$, 对传输的监控数据个数 n_0 和编码个数 n_{c0} 进行统计, 根据式 (1) 计算阈值 i 为 0 时, 监控数据传输的平均延时为:

$$F_0 = \frac{1}{n_0 + n_{c0}} \sum_{j=1}^{n_i} (D(q_{ij}) - E(q_{ij})) \quad (2)$$

其中: F_0 代表阈值 i 为 0 时, 监控数据传输的平均延时值, 将阈值 i 加 1, 对上式进行迭代计算, 编码节点对应的阈值 i 在间隔 x 内的监控数据传输延时均值 F_0, F_1, \dots, F_{M-1} 。经过上述得到的 F_0, F_1, \dots, F_{M-1} 中找到监控数据传输最小的元素下标, 并称为最优阈值, 则最优阈值的寻找方式为:

$$F_e = (F_0, F_1, \dots, F_{M-1}) \Leftarrow \quad (3)$$

其中, F_e 代表找到的最优阈值。以该阈值为依据, 假设,

M^* 代表监控数据信息传输延时训练时, 编码节点获取的队列长度最优阈值。在编码的中间节点, 当接收到的监控数据为编码时, 则该编码的中间节点检测缓存解码中, 是否有可以对此编码进行解码的监控数据流信息, 如果有, 则将解码的信息流分离出来; 如果没有, 则将此编码删除。删除函数为:

$$A_{i,j} = M^* \sqrt{n_i + n_0} \sum_{i=1} E(q_0) - D(q_0) \tag{4}$$

其中, $A_{i,j}$ 代表编码删除函数值, 对分离出来的监控数据信息流进行判断, 判断其中间节点是否为编码的节点, 假如不是编码节点, 则将此数据流利用路由进行转发传输, 假如是编码节点, 则观察该编码节点中是否有其他监控终端的监控数据到达, 如果有, 则对来自不同监控终端的监控数据进行编码传输, 本文不对没有监控数据到达的情况做分析。为了使进行编码传输的监控信息延时达到最低, 设置了监控信息数据传输延时控制参数 f , 则:

$$f = M^* \times \sum_{j=1}^{n_i} (D(q_{ij}) - E(q_{ij})) \tag{5}$$

综上所述, 通过监控数据传输延时控制参数的影响, 使公路施工过程的监控数据可以低延时地传输至监控系统中心。

1.3 监控信息数据存储模块

以 1.2 中各项数据为依据, 采用蛇形时隙数据存储算法对传输来的各个终端监控数据进行存储。

假设, 将传输过来的各个终端的监控信息数据放在网格内进行存储, 那么它的横纵坐标分别为:

$$X_l = \sqrt{\frac{(\zeta X_l^2 + Y_l^2) \times X^2}{X^2 + Y^2}} \tag{6}$$

$$Y_l = \sqrt{\frac{(\zeta X_l^2 + Y_l^2) \times Y^2}{X^2 + Y^2}} \tag{7}$$

其中, X_l 代表横坐标在 l 处的坐标点, Y_l 代表纵坐标在 l 处的坐标点, X 和 Y 分别代表网格的横纵坐标。网格的横纵坐标建立后, 具体监控信息数据存储流程如下。

1) 根据监控区域的大小和突发事件类型, 为每个监控数据的节点分配一个真实坐标和一个虚拟坐标, 分别为 U_P 和 U_Q , 设定其初始值 $U_Q = U_P$;

2) 对网格内的监控数据节点个数, 以及各个监控信息数据节点到网格中心点的距离进行计算, 按照距离的大小将数据节点进行编号, 为每个数据节点分配睡眠时隙;

3) 对网格内的各个存储节点剩余存储空间进行查询, 达到数据存储阈值节点的虚拟坐标为 (∞, ∞) 时, 为编号后的监控信息数据选择存储节点, 并进行存储, 其公式为:

$$(X_l, Y_l) = (\infty, \infty) \times \frac{U_P}{U_Q} \tag{8}$$

其中, (X_l, Y_l) 代表编号后的监控信息数据存储函数值。

4) 对于漏掉的监控信息数据, 在网格中找不到正确地存储位置, 便在网格中从上至下, 从左至右开始分配时隙, 如果遇到网格矩阵边界, 则垂直到下一行, 以反方向继续分配时隙, 这种存储方式就是蛇形时隙数据存储算法, 重复此步骤, 直到将公路施工终端的监控信息数据全部存储为止, 由此完成了对监控信息数据的有效存储。

2 仿真实验结果与分析

为了证明基于几何控制的公路施工智能监控系统设计方法的整体可行性, 需要进行一次仿真实验。在 matlab7. x 的环

境下搭建公路施工智能监控实验仿真平台。实验数据取自于北京东三环公路施工现场, 将本文所提方法应用到实验数据中, 观察本文所提方法的可行性和可靠性。表 1 是不同方法下的监控数据传输耗时 (s) 对比。

表 1 不同方法下监控数据传输耗时对比

监控数据传输量/万个	文献 [8] 方法数据传输耗时/s	文献 [9] 方法数据传输耗时/s	本文方法数据传输耗时/s
1 000	8	7	3
2 000	12	15	5
3 000	15	19	8
4 000	19	22	11
5 000	23	27	15

分析表 1 可知, 文献 [8] 所提方法监控数据传输耗时在一定程度上略优于文献 [9] 所提方法, 而本文所提基于几何控制的公路施工智能监控系统设计方法, 在进行监控信息数据传输时, 利用了编码感知路由将各终端监控数据传输至监控系统中心, 提升了数据传输速度, 减少了数据传输耗时, 证明了本文方法是可靠有效的。表 2 是同一时间段公路施工突发事件 (个), 不同方法下的监控系统报警器反应时间 (s) 对比。

表 2 不同方法下监控报警器反应时间对比

突发事件数量/个	文献 [10] 监控报警器反应时间/s	本文监控报警器反应时间/s
1	5	2
2	7	3
3	10	5
4	13	6
5	15	8

通过表 2 得知, 在同一时间段内公路施工突发事件数量的多少, 或多或少都在影响着监控报警器的反应速度, 也就是反应时间。依据表 2 中各项数据的对比, 本文所提方法明显优于文献 [10] 所提方法, 这主要是因为利用本文方法在公路施工监控系统设计之前, 针对施工环境的不同, 监控器设计的类型就不同, 报警器的设计也就不同, 所以在突发事件发生时, 本文所提方法下的监控报警器反应速度相对较快。图 3 是不同方法下监控信息数据存储功率 (%) 的对比。监控信息数据存储功率 (%) 的表达式为:

$$\text{监控数据存储功率} = \frac{\text{监控数据总数量}}{\text{数据存储所用时间}} \times 100\% \tag{9}$$

图 3 中各项数据显示出, 本文方法在监控信息数据存储中存在绝对地优越性, 在监控数据相同的情况下, 文献 [9] 所提方法和文献 [10] 所提方法的监控数据存储功率相对较低, 文献 [9] 所提方法存储功率曲线前半部分较为平缓, 有上升趋势, 但随着监控数据量增加, 存储功率呈下降状态; 文献 [10] 所提方法整体存储功率较低, 而且存储功率曲线波动起伏较大, 应用效率低; 综上所述, 进一步证明了本文所提方法的可实践性较强。图 4 是不同方法下监控数据存储覆盖率 (%) 的对比描述, 监控数据存储覆盖率公式为:

$$\text{监控数据存储覆盖率} = \frac{\text{已存数据量}}{\text{监控数据总量}} \times 100\% \tag{10}$$

由图 4 可知, 文献 [8] 所提方法和文献 [10] 所提方法 (下转第 135 页)

表 5 模块匹配性测试

弹量	指挥中心与中间层匹配性	中间层与前端执行系统匹配性
1	✓	✓
2	✓	✓
X	✓	✓

表 6 体积与人员需求对比

	本系统	当前型号
体积	2m×4m×1.6m	2m×30m×1.6m
人员数量	3	——

从上述验证系统试验结果看, 本文提出的基于 VPX 系统的集成化设计思路基本正确, 技术实现也具有可行性, 系统间信号匹配良好, 测试速度非常高, 系统体积也比当前型号体积大大减小, 装备操作人员数量也大大减少。

5 结束语

根据上述分析, 一枚导弹的测试与控制只需两块板卡即可

(上接第 131 页)

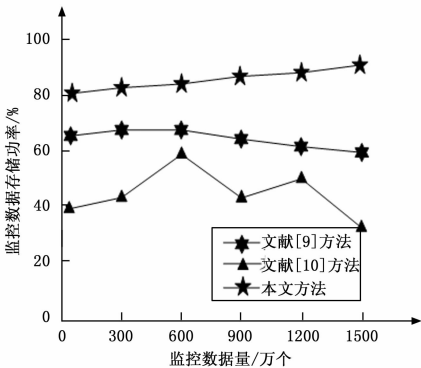


图 3 不同方法下监控信息数据存储功率对比

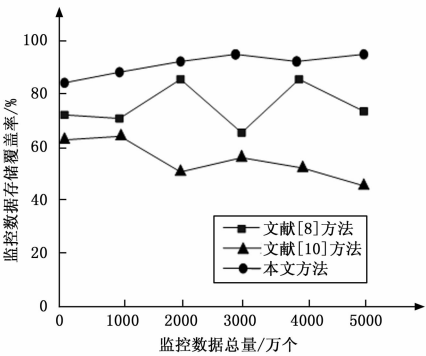


图 4 不同方法下监控数据存储覆盖率对比

对监控数据的存储, 没有基于几何控制的公路施工智能监控系统数据存储覆盖率高, 这表示文献 [8]、文献 [10] 所提方法在数据存储过程中丢包率很高。因为在利用本文方法对监控数据进行存储时, 采用了蛇形时隙数据存储算法对传输来的监控数据进行存储, 存储中重复蛇形时隙过程, 直到将公路施工终端的监控信息数据全部存储到监控系统中心。证明了本文所提方法在进行数据存储时, 数据丢失率低, 稳健性强, 是切实可行的公路施工智能监控系统设计方法。

仿真实验证明, 所提方法可以稳定高效地对公路施工监控

完成, 一个 8 槽 VPX 机箱可同时完成 4 枚导弹的测试与控制, 大大缩小了装备体积, 且数据传输速率、处理速度有了很大幅度的提高, 由于 VPX 在制冷、可靠性等方面要求与 VXI 总线相近, 完全可以满足潜射导弹测控系统的设计要求。本文提出的验证方案只是对若干发导弹进行的, 且软件模块采用的是模拟软件, 与实际软件有一定的差异, 但是对系统验证效果影响不大。

参考文献:

[1] 吉玉洁, 张小林. VPX 总线标准研究及其在无人机中的应用展望 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (4): 1112-1115.

[2] VPX: VMEbus for the 21 Century [DB/OL]. [http://pdf, www. ge. com](http://pdf.www.ge.com).

[3] 王 燕, 曹子剑, 水道雁. 基于 VPX 总线的高速数字电路测试系统研究及应用 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (1): 4-6.

[4] 蒙 仨. VPX 抗恶劣环境通信计算平台关键技术研究 [J]. 测控技术, 2012, 31 (10): 88-92.

[5] 郑东卫, 陈 矛, 罗丁利. VPX 总线的技术规范及应用 [J]. 火控雷达技术, 2009, 38 (4): 73-77.

系统进行设计, 成为了公路施工安全因素的重要体现形式, 在公路区间测速、公路施工突发事件检测分析、施工质量等方面有着重要意义, 减少了公路施工误报警率, 提高了监控夜视性能, 鲁棒性较好, 为公路施工监控系统的设计开辟了新路径。

3 结束语

采用当前方法对公路施工监控系统进行设计时, 无法监测到施工盲点, 导致监控效果误差大, 存在公路施工质量低, 施工人员人身安全无法得到保障的问题, 提出一种基于几何控制的公路施工智能监控系统设计方法。并通过仿真实验证明, 所提方法可以低延时, 高精度地对公路施工监控系统进行设计, 具有良好的应用价值, 为该领域的发展指明了方向, 可借鉴意义较强。

参考文献:

[1] 余建辉, 林荣安, 习艳会. 公路路面施工监测信息化管理系统研究 [J]. 筑路机械与施工机械化, 2015, 32 (5): 34-39.

[2] 张伟龙, 李 刚, 王雨翔. 高速公路高清智能视频监控系统架构与功能设计 [J]. 小型微型计算机系统, 2014, 35 (7): 1667-1670.

[3] 李佳伟. 某地铁延伸线视频监控系统设计方案研究 [J]. 铁道工程学报, 2015, 32 (2): 97-102.

[4] 王江丽, 刘德强, 王 俊, 等. 高速公路综合监控管理系统实现 [J]. 测绘科学, 2015, 40 (1): 117-121.

[5] 张显伟, 薛 晔, 杨 杰. 丰满水电站重建工程三期独立运行计算机监控系统设计方案 [J]. 水利水电技术, 2016, 47 (6): 111-114.

[6] 沈叶飞, 陈一馨, 董华祥, 等. 压路机施工过程监控信息化管理系统研究 [J]. 筑路机械与施工机械化, 2014, 31 (12): 103-106.

[7] 刘东海, 孙源泽, 巩树涛, 等. 水电工程进场公路路基压实质量实时监控系统 [J]. 水力发电, 2015, 41 (6): 81-85.

[8] 刘 洋, 韩泉泉, 赵 娜. 无人机地面综合监控系统设计与实现 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (14): 110-112.

[9] 李智慧, 刘卫景, 刘文峰, 等. 地铁施工对上部建筑结构安全性影响的在线监测系统设计与实践 [J]. 隧道建设, 2014, 34 (10): 990-996.

[10] 张晓峰, 黄林冲. 黄土隧道施工过程自动化监测系统构建与安全性分析 [J]. 铁道科学与工程学报, 2016, 13 (5): 914-920.