

工程挖掘机引导系统的设计与研究*

陈智博, 刘 强

(华侨大学 机械与自动化学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 介绍了工程挖掘机引导系统(ENS), 并对该系统所采用的软硬件及算法等进行了研究。实地测试结果表明, 该引导系统操作直观性强, 能有效减少施工失误并且更容易引导挖掘区域施工, 基本满足挖掘机工程使用要求。

关键词: 引导; GPS/GPRS; 数字挖掘机

中图分类号: TP23; TN967.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)15-0070-03

Design and research of excavator navigation system

Chen Zhibo, Liu Qiang

(College of Mechanical Engineering and Automation, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: An excavator navigation system(ENS) is established and its applied algorithms and hardware and etc are investigated. Experimental results indicate that the system has a simple operation, it can reduce the incorrect operation and make navigation of the excavator easier.

Key words: navigation; GPS/GPRS; digital excavator

对于高精度定位挖掘, 数字挖掘机在工程机械上具有很重要的作用^[1]。使用数字技术的挖掘机, 施工人员可以及时监控挖掘机各项性能指标并进行高效的施工作业。然而如何远程获取挖掘信息以及如何安全智能引导挖掘机施工, 在目前的数字化挖掘机研发中是一个难点^[2]。现有的研究结果虽已较好地解决了挖掘机远程数据监控管理的问题, 但引导挖掘系统仍有待研究。

一些挖掘机的机载数据, 如电气参数、运动参数和挖掘负载等数据, 可以通过无线网络等实时捕获并发送到总控室。因此, 基于这种无线传输的远程挖掘决策(如挖掘机车辆管理系统、远程监控系统等)已经得到部分实现^[3]。

可是在许多挖掘地区, 地下管道或者其他潜在的地下设施却常在施工时被施工人员无意破坏。这些隐形的地下设备将对地面施工人员造成很大程度的困难。同样, 这种情况对于精密挖掘及引导也带来相当的难度。因此, 本文提出一种挖掘机引导系统来解决这个问题, 该系统远程监控管理将用于记录挖掘机的各项机载信息, 而边界算法和定位算法将辅助挖掘机进行挖掘引导。

* 基金项目: 福建省高校产学研合作重大项目(2010H6015)

1 系统架构

挖掘机引导系统包括 GPS 系统、GSM/GPRS 系统、天线系统、微处理器、服务器以及相关运行程序。图 1 所示为挖掘机引导系统的总体架构及原理图。

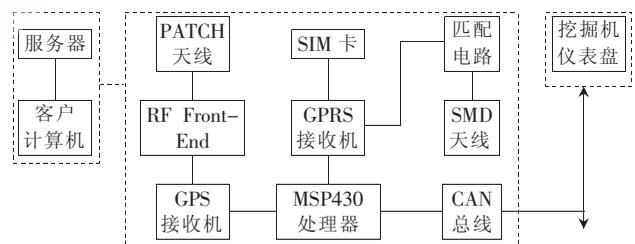


图 1 挖掘机引导系统的原理图(服务器-嵌入式系统-仪表盘)

ENS 嵌入式系统记录 GPS 信息和挖掘机机载数据, 同时将检测这些数据是否完整并对其进行优化, 并通过 Web 网络发送给服务器。在服务器端, 挖掘机管理系统从 ENS 嵌入式系统接收车载数据以及城市管道图数据。这些数据将以数据包的形式存放在 SQL 服务器里, 地下设备显像、挖掘区域重现、挖掘机机载实时监控、挖掘任务制定等都可以一并调用处理。与此同时, 这些数据也将由 CAN 总线传送到挖掘机的机载仪表盘上, 由仪表

技术与方法 Technique and Method

盘显示^[4]挖掘任务、可挖掘区域、禁止挖掘区域、挖掘机机载情况等动态信息。如图2所示。

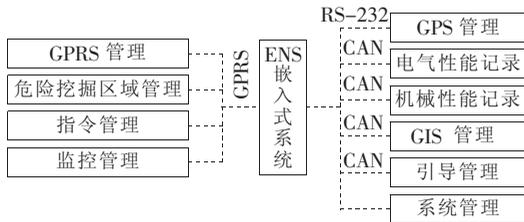


图2 ENS嵌入式系统构架图

2 ENS 系统开发

2.1 ENS 嵌入式系统开发

ENS 嵌入式系统是整套 ENS 的设计核心,负责监控整合各种车载传感器数据、与服务器通信、显示引导任务等功能。如图3所示 ENS 嵌入式系统的实物图。

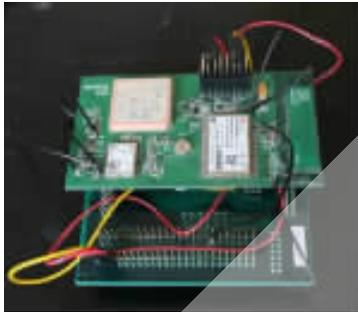


图3 ENS嵌入式系统

ENS 嵌入式系统主要由4大硬件模块组成:GPS系统、GPRS系统、天线系统及微处理器系统。

(1)GPS系统。其中包括GPS接收机、信号匹配电路、RF Front-End等。信号匹配电路使用 50Ω 与天线信号相接,最大化信号的传输质量。RF Front-End可以改善CMRR值并且降低输入信号噪声。GPS接收机使用3.3V电压供电,同时配备LED状态指示灯。

(2)GPRS系统。其中包括一个GSM/GPRS接收机,信号匹配电路和一张SIM卡。GSM/GPRS负责与服务器进行双边通信,上传挖掘机机载数据和下载决策指令与数据。

(3)天线系统。GPS和GSM/GPRS使用PATCH型内置天线和SMD型内置天线,这能保证在恶劣环境施工下挖掘机仍能接收可靠的数据信号。相比外置型天线,内置型天线有利于降低SAR及更不容易被恶意破坏。

(4)微处理器系统。负责边界处理算法和定位算法的实现。除此之外,该系统还负责与挖掘机各电气子系统的数据通信。本系统使用MSP430低功耗处理器。

2.2 ENS 远程服务器的挖掘机管理系统开发

ENS 挖掘机管理系统用于管理 ENS 嵌入式系统、与挖掘机数据交换、图像显示挖掘信息并提供挖掘决策指令等。

管理系统由 Windows Server 2008 (IIS)、C#.NET、Silverlight 和 MySQL 共同设计完成。同时还集成有支持

GIS 功能的 Google earth API^[5]。挖掘机操作人员与工程师们能够登录该管理系统网站实时观察指定挖掘机的各种施工情况。

3 引导的关键问题

挖掘机的工作环境通常是较为恶劣而且没有固定的行驶轨迹,因此普通车载导航仪上的地图算法并不适用。挖掘机引导问题还应考虑最大化挖掘机效率及减少挖掘机停机时间。

除了基于GPS/GPRS的监控系统,危险挖掘区域引导和命令控制管理也联合起来一同避免挖掘事故。挖掘机操作人员能从相关的政府部门网站和他们的GIS系统里找到掩埋在地下的各种管道及设施数据^[6]。得到危险挖掘区域的数据后,ENS远程服务器将该地理位置数据及地图发送给ENS嵌入式系统,同时嵌入式系统也将根据现场泥土情况、挖掘机机载数据和边界检测等动态修改引导数据。

通常情况下,挖掘机工作处在两种工作姿势的其中一种(行走或相对路面静止)。为了能改进引导效果,ENS嵌入式系统应实现定位算法和边界算法。

3.1 定位问题

尽管一般的GPS接收机能够输出比较好的定位轨迹,但仍不适用于工程机械,特别是挖掘机。零点漂移问题在GPS接收机中很普遍,这种情况将导致挖掘机将使用失效的定位数据进行引导以及将其上传至远程服务器从而导致远程决策失误。

卡尔曼滤波(Kalman Filter)、扩展卡尔曼滤波、粒子滤波(Particle filter)、简易定位法等都可在一定程度上提高定位的精度以及在工程机械中有一定的应用。卡尔曼滤波法应用得比较广泛,其只需当前的一个测量值和前一个采样周期的预测值就能进行状态估计,主要用来解决航迹的最佳估计问题。扩展卡尔曼滤波器采用混合坐标系进行滤波和残差计算的卡尔曼滤波器,能比较好地处理非线性的状态方程,并在实际运算时采用线性的动态方程和测量方程。粒子滤波的思想是基于蒙特卡洛(Monte Carlo)的方法,利用通过从后验概率中抽取的随机状态粒子来表达其分布。简易定位法则基于一旦检测到挖掘机运动速度小于某个数值时,将强制锁定其输出位置,使其处于静止显示。

本文根据以上几种定位算法,并结合挖掘机特有的运动属性,设计了一种自适应速度约束卡尔曼滤波算法。不考虑速度数值,只利用速度方向避免瞬时速度与平均速度不同所带来的误差,即在普通卡尔曼滤波算法中,将速度方向对载体的运动轨迹进行约束,使其在迭代运算中不允许出现跳跃变化。这样,不仅整体运算速度更快,而且精度更准确。

3.2 边界问题

挖掘区域的标定可以由几个关键的定位点来确定。

《微型机与应用》2012年第31卷第15期

技术与方法 Technique and Method

但一些边界算法需要大量的计算机耗时导致不能在实际中使用。区域建模法、人工测量法、图片拍摄法等是比较常用的方法,但这些方案都将耗费大量的设备或者人力,使得在工程使用中变得较难实现。本文采用由挖掘区域的中心点和其边界的垂直距离可以判断出挖掘机是否在挖掘区域内,这种方法可以有效避免误差扩大导致的引导失误。其方案为从挖掘机的 GPS 中读取当前挖掘机位置,配合有卫星图片所观测到的挖掘区域地图坐标信息,从几何运算可推算出挖掘机与挖掘区域的位置关系,然后判断挖掘区域的中心位置分别到挖掘机与其对应的边界的垂直距离。当挖掘机与挖掘区域中心位置的数值大于边界与挖掘区域中心位置的数值,则可判断挖掘机处在挖掘区域外,反之,则在挖掘区域内。

4 可靠性分析

从图 4 可以看出挖掘区域关键点的标定对整个精密挖掘引导的影响是很大的。在这个实验里,挖掘机使用 ENS 在挖掘区域内行驶。地底管道信息由当地通信公司与水利局公司 GIS 平台提供,这些禁止挖掘区域由红色的标记点标记在服务器里。在此实验中,挖掘机以较低速度行驶到这些区域而不进行任何挖掘动作。挖掘路线也同样由各种不同颜色进行标定。

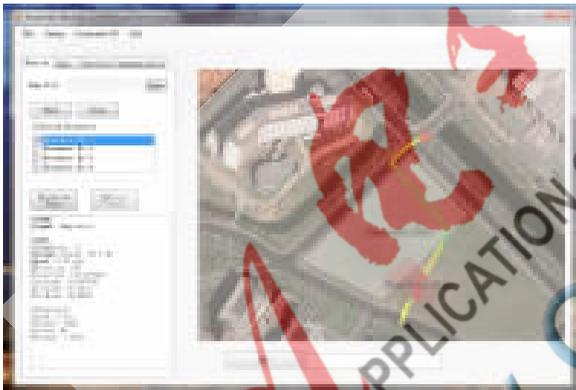


图 4 服务器显示的边界测试实验

所在的地图信息来源于 Google Earth 程序的支持,

通过这种预先下载机制把地图信息通过服务器下载到 ENS 仪表盘里,可以避免因导航时出现瞬时大量下载数据包的情况,从而导致显示异常。不同的引导颜色与引导报警声可以时刻提示挖掘机操作人员当前所处的挖掘情况。在工时,操作人员不仅可以清楚地知道当前所在挖掘区域和挖掘任务,远程服务器也可以实时监控挖掘机的施工情况及机载情况。

本文提出了一个新的挖掘机引导系统(ENS)。挖掘机操作人员可以通过网络远程监控挖掘机并实施挖掘计划,使用边界算法用于挖掘机引导可以得到更精确、更有效的引导方案。ENS 同时也可适用于挖掘机管理与普通监控。今后,使用多卫星数据融合方案可以更进一步提高引导精度并用于更精密的智能挖掘。

参考文献

- [1] JOON Y S, LEE K W, KWON S W. Building an digital model of an earthwork site for autonomous excavator operation [C]. ICCAS-SICE 2009-ICROS-SICE International Joint Conference 2009.
- [2] 张宏,张箭.国内外小型挖掘机发展综述[J].工程机械,2007,38(4):48-51.
- [3] 何清华,吴焯,纪云锋.液压挖掘机的电子监控系统[J].机电工程技术,2003,32(5):92-94.
- [4] 王理停,刘强.工程机械图形仪表信息系统设计与研究[J].微型机与应用,2011,30(4)86-88.
- [5] 孙育春.Google Maps API 开发大全[M].北京:机械工业出版社,2010.
- [6] Tian Yu, Ma Liya, Lei Xiaohui. Construction of water supply pipe network based on GIS and EPANET model in Fangcun District of Guangzhou[C]. 2010 2nd IITA International Conference on Geoscience and Remote Sensing, 2010.

(收稿日期:2012-02-25)

作者简介:

陈智博,男,1987年生,硕士,主要研究方向:GPS/GPRS 嵌入式应用,机电一体化。