

基于 ZigBee 的施工现场人员定位系统的设计

张天择, 高 岩

(中冶(北京)交通科技发展有限公司, 北京 100176)

摘要: 针对特殊环境下传统通信方式的局限性, 结合 ZigBee 技术的特点和优势, 提出了一种基于 ZigBee 的施工人员定位系统的设计方案, 并着重介绍了该系统的构成、功能和无线通信组网方式。该系统通过建立网状无线网络, 利用人员终端信号强度检测的方法, 可以实现管理中心对现场施工人员的实时通信、定位与环境监测。使人员考勤和紧急情况疏散救援等功能得到完善。

关键词: 施工现场; ZigBee; 人员定位; 无线网络

中图分类号: TN925

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)22-0047-03

Positioning system design for construction workers based on ZigBee

Zhang Tianze, Gao Yan

(MCC Communication Technology Development Co., Ltd, Beijing 100176, China)

Abstract: The special circumstances of the limitations of traditional means of communication, combined with the features and advantages of ZigBee technology, this paper presents the design of a construction workers positioning system based on ZigBee technology, and highlights the system's composition, function, and build a wireless communication. The system through the establishment of a mesh wireless network, the use of staff terminal signal strength detection method can achieve the real-time communication on-site construction personnel of the management center, positioning and environmental monitoring. Staff attendance and emergency evacuation and rescue and other functions has been improved.

Key words: construction site; ZigBee; staff positioning; wireless network

随着国家经济的迅速发展, 高速公路、铁路以及城市道路的建设越发的加快。由于城市地铁、铁路施工单位和高速公路施工单位改善了路线技术指标, 缩短了路程和行车时间, 提高了运营效益, 因此国家不断加大施工单位的建设力度; 然而施工单位建设的造价高、运营管理相对复杂, 所以各地对施工单位的建设都十分重视。尽管如此, 施工事故还是频繁发生。

本文针对以上情况提出了一种基于 ZigBee 技术^[1-2]的施工现场人员定位系统解决方案, 为施工单位的安全建设提供了崭新的安全管理理念和强有力的保证。

1 ZigBee 网络结构

基于 ZigBee 技术的定位系统一般采用自适应组网的网状拓扑结构^[3], 一个网络最多可容纳 255 个设备, 传输方式可以是单跳也可以是多跳, 并且使用的地址范围宽泛。网络中的节点由协调器、路由器和终端设备组成。根据其在节点中不同的功能分为全功能设备 (ZigBee FFD 节点) 和精简功能设备 (ZigBee RFD 节点)。协调器主要负

责整个网络的组网、设备连接和网络断开, 一个网络中只能有一个协调器。路由器主要负责网络信息转发和网络地址分配。终端设备负责发送数据给 FFD 设备。协调器和路由器是 FFD 设备, 终端设备可以是 FFD 设备也可以是 RFD 设备。ZigBee 网络结构如图 1 所示。

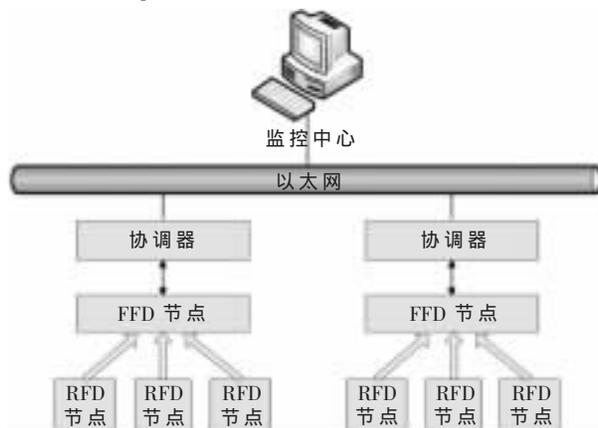


图 1 网络结构

网络与通信 Network and Communication

基于 ZigBee 的无线网络定位系统与基于传统移动网络和固定网络的定位系统相比具有以下优点:

(1) 在施工现场可以设置多个 ZigBee 子网, 其中每个子网中所有的 RFD 节点都可随时加入或者离开任意 ZigBee 子网;

(2) RFD 节点开机后会迅速组成一个独立的网络;

(3) RFD 节点在使用过程中可根据需要随意移动以及开关机, ZigBee 网络会动态构建拓扑结构;

(4) 无线路由提供多跳的通信方式, RFD 节点会选择合适的最优路径。

2 人员定位的关键技术及算法

不同的 ZigBee 网络之间由网络 ID 和频段来区分。每个 ZigBee 节点都具有 64 bit 的永久地址, 可以将其作为唯一标识。协调器作为一个 ZigBee 的组织者, 可以通过无线网桥与以太网连接^[4]。携带 RFD 设备的工作人员可以从一个 ZigBee 网络进入另一个 ZigBee 网络, 可以在 RFD 设备接收到的 RFD 设备的通信协议包中设置无线信号参数, 并根据其参数值大小、强弱确定人员的位置。

在系统工作时, 现场人员需要佩戴 RFD 设备, 该设备定时发出通信协议包, 并由放置于距施工现场最近的 FFD 设备接收, 根据通信协议包中所设置的无线信号参数判断位置信息。FFD 模块依据一定算法选择合适的通信路径, 通过其他 FFD 模块以多跳通信或直接的方式将数据包传送到协调器, 再传入以太网, 最终形成数据通过基于 ZigBee 技术的无线自组织网络实时地传输至监控中心, 使监控人员能够集中管理, 实时掌握人员位置。

根据施工现场的环境以及结构布置各个 ZigBee 网络设备, 协调器与中央控制台以线缆连接。在现场各处每隔几十米放置一个 FFD 设备, 作为定位参考节点。RFD 节点、FFD 节点、网络协调器开机后自动建立网络。人员佩戴的终端节点周期性地与附近的定位参考节点进行通信, 通过测量信号强度确定终端节点的具体位置。FFD 模块通过算法选择最优的通信路径, 通过其他的 FFD 模块以多跳通信的方式把数据传到协调器, 再传入以太网, 最终发送到监控中心。

人员定位管理算法主要依据定位卡与基站通信的信号强度和信号质量来进行计算, 具体算法如下:

设人员定位卡的信号强度为 RSSI, 信号质量为 LQI, 卡号为 ID。如图 2 所示, 由于信号强度与距离成正比, 可求得:

$K=S_1/S_2=RSSI_1(w)/RSSI_2(w)$, 实际采集输出信号单位为 dB。

$$\text{转换后为: } K=10^{\frac{RSSI_1-RSSI_2}{10}}$$

因此, 两点定位公式推导为:

$$S_1=K \times S_2=10^{\frac{RSSI_1-RSSI_2}{10}} \times S_2 \quad (1)$$

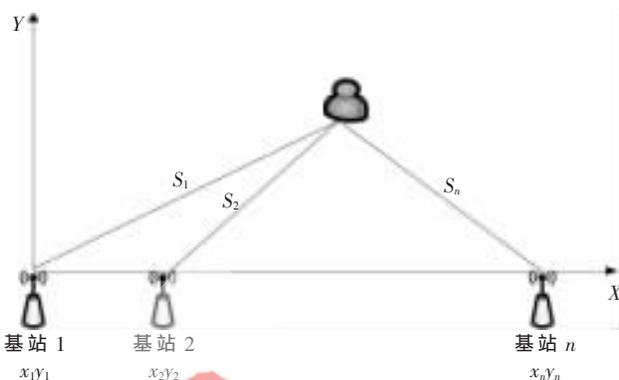


图 2 人员定位示意图

$$S_1=\sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2}$$

$$S_2=\sqrt{(x-x_2)^2+(y-y_2)^2}$$

其中 $y_1=0, y_2=0, x_1, x_2$ 为已知基站里程。

利用基站 1 和基站 2 求得:

$$x=\frac{x_1-kx_2}{1-k} \quad (2)$$

通过基站 1、基站 2 求得定位卡 ID 的 x_{12} , 同样可利用基站 2 和基站 3 求得 x_{23}, x_{34}, \dots , 共 n 个 x 方向的坐标值。按照各基站与定位卡的信号质量 LQI 进行加权处理, 可进一步提高式(2)的计算精度。要进一步求得 y 值还需测试定位卡随基站距离变化强度的衰减梯度 $G=\Delta RSSI/\Delta S$ 。

3 系统功能设计

(1) 隧道人员定位: 在隧道的进出口、交叉道口、工作面、地面主要出入口等位置安装基站。当携带有识别卡的人员进入基站检测范围时, 基站可以将相关人员的身份等信息读出并传回管理中心。定位信息经过管理软件处理后生成人员分布图和人员分布表, 从而在洞外就可以直观地看到隧道内人员的分布情况。

(2) 路径跟踪: 该系统可以跟踪人员在洞内的运动轨迹, 记录他们经过的监测点和在各监测点的停留时间。

(3) 实时通信: 洞外管理中心可以通过管理软件发送短消息呼叫洞内人员, 洞内人员可以通过带液晶屏的识别卡发送短消息到洞外管理中心。

(4) 考勤统计: 该系统具有强大的考勤功能, 人员无需排队靠近基站, 100 人同时快速进洞也能正确考勤。系统自动记录人员的进洞、出洞时间, 并自动统计生成每日考勤、每月考勤等报表, 为隧道施工提供考勤管理基础信息。

(5) 区域统计: 系统可自动统计出各区域的人数, 根据不同的情况采用两种区域统计方法。对于有狭长入口的区域, 可以采用入口统计法, 与洞口考勤统计方法相同; 对于没有狭长入口的区域, 可以采用基站和统计法, 即将区域中各基站检测到的人数相加得到区域总人数。

网络与通信 Network and Communication

(6) 环境设备监测:对施工现场的某些重要仪器设备进行监控以及对重要区域进行环境监控。无需专职人员看管,并将信息及时反馈给管理中心。

(7) 数据存储:系统具有长期保存数据的能力,将考勤定位信息存入数据库,并随时可以方便地查询到考勤定位历史信息。

(8) 网络共享:系统具有网络共享功能,可以通过局域网访问考勤定位信息,为隧道各部门及上级各层领导及时提供实时监测信息与历史信息,为监督指挥决策提供重要依据。

软件设计采用模块化设计方法,在增强可读性的同时便于日后改进和升级。系统软件流程图如图3所示。

本文根据施工现场安全和信息化建设的需要提出的基于 ZigBee 技术的施工现场人员定位系统能够有效提高管理效率,减少安全隐患,控制施工成本。该系统能耗低,通信范围广,对于施工现场无线通信的设计具有一定的参考意义。

参考文献

[1] 刘杰,李长录.基于 ZigBee 技术的矿井人员定位应用研究[J].煤矿安全,2008(12):71-73.

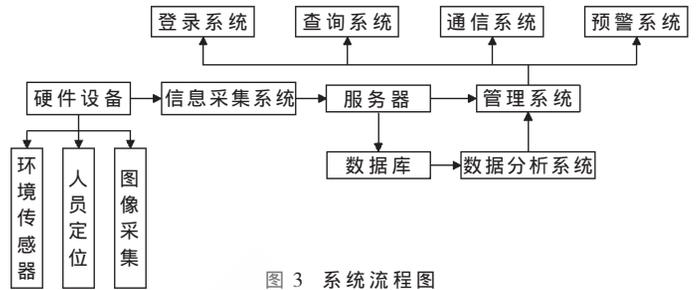


图3 系统流程图

[2] 吕治安.ZigBee 网络原理与应用开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008.

[3] 王秀梅,刘乃安.利用 2.4 GHz 射频芯片 CC2420 实现 ZigBee 无线通信设计[J].国外电子元器件,2005,12(3):59-62.

[4] 原羿,苏鸿根.基于 Zigbee 技术的无线网络应用研究[J].计算机应用与软件,2004,21(6):89-91.

(收稿日期:2012-06-18)

作者简介:

张天择,男,1989年生,助理工程师,学士,主要研究方向:人员定位。

高岩,男,1982年生,工程师,学士,主要研究方向:人员定位。