

文章编号:1671-251X(2014)04-0110-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.04.028

刘志高,丁青青.基于802.11n的多功能无线传输平台的设计与应用[J].工矿自动化,2014,40(4):110-114.

基于802.11n的多功能无线传输平台的设计与应用

刘志高, 丁青青

(清华大学 电机工程与应用电子技术系, 北京 100084)

摘要:针对现有煤矿井下人员定位系统存在功能单一、定位精度不高的问题,设计了一种基于802.11n的煤矿本安型多功能无线传输平台。该平台基于802.11n传输协议和采用信号强度测量模块,不仅实现了数据、语音和视频等的高速传输,还可同时通过WiFi信号实现井下人员的实时定位。煤矿井下实际测试结果表明,该平台的无线传输速率达到了120 Mbit/s,信号覆盖范围为500 m,实时定位精度为9.68 m,满足了煤矿安全信息的传输要求。

关键词:井下人员定位;无线传输平台;无线收发模块;数据处理;802.11n

中图分类号:TD655 文献标志码:B 网络出版时间:

网络出版地址:

Design and application of multi-functional wireless information
transmission platform based on 802.11n

LIU Zhigao, DING Qingqing

(Department of Electrical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract:In view of problems of single function and low positioning accuracy existed in underground personnel positioning system, an intrinsic safety and multi-functional wireless information transmission platform based on 802.11n was designed. The platform is based on 802.11n transmission protocol and uses signal strength measurement module, which not only can realize high speed transmission of data, voice and video, but also can realize real-time positioning of underground personnel through WiFi signal. The actual test results show that wireless transmission rate of the platform reaches 120 Mbit/s, the signal coverage is 500 m, real-time positioning accuracy is 9.68 m, satisfy requirements of coal mine safety information transmission.

Key words: underground personnel positioning; wireless transmission platform; wireless transceiver module; data processing; 802.11n

0 引言

煤炭生产作为我国能源生产的一个支柱产业,在国民经济中占有十分重要的地位。近年来,无线通信技术、传感器技术、无线定位技术、计算机技术的飞速发展,为煤矿矿井通信信息平台的构建提供了更多的选择。当前在煤炭行业中,依托井下人员

定位搭建的多功能信息平台,提高了煤矿的综合调度指挥能力,实现了职工安全行为动态管理,但多数平台的实际应用效果不能很好满足煤矿的管理需求。为此,人们对煤矿井下人员精确定位系统的综合多功能信息平台展开了研究。在定位方法上,已有文献大多集中在RFID及ZigBee定位方面^[1-4],直接利用WiFi信号进行实时定位的研究成果也有

收稿日期:2013-07-25;修回日期:2014-01-20;责任编辑:张强。

作者简介:刘志高(1975—),男,河北曲阳人,助理研究员,博士,现为清华大学电机工程与应用电子技术系博士后,研究方向为矿山自动化,已发表文章10余篇,E-mail:liuzhigao2011@163.com。

少量文献报道^[5-8]。马卜林设计了煤矿井下 WiFi 人员定位 GIS 系统,利用空间数据库分类描述井下巷道的图形和属性信息,借助 WiFi 无线定位,实时确定井下各类人员的空间位置、分布和动态变化^[9];蒋磊等人提出了一种基于 WiFi 和 ZigBee 技术的井下人员无线跟踪与定位系统的设计方案及一种符合矿山实际要求的基于一维线性空间的实时定位方法^[10];陆音等人研制了一种将反向射频识别技术和 WiFi 技术结合的新型煤矿井下人员精确定位系统^[11-12]。但这些系统普遍存在功能单一、定位精度不高等问题。

为解决以上问题,本文提出了一种基于 802.11n 的多功能无线传输平台的设计方案,该平台采用基于 802.11n 的传输协议,最高无线传输速率达到 300 Mbit/s。同时在平台内部还集成了信号强度测量模块,可以通过实时测量信号的强度数值计算出发射源和接收装置之间的距离,实现人员实时定位和数据通信双重功能。

1 平台开发设计

基于 802.11n 的多功能无线传输平台在网络传输层实现网络互连,连接不同网络的软件和硬件。它能够完成煤矿井下工业以太网的协议转换,通过矿井工业以太网传输,把各种现场信息数据汇接到矿井骨干通信网络,用于煤矿井下监测信息的转发和传输。该平台使用的电路全部为本质安全电路,极大提高了井下通信的安全性。

1.1 平台结构

基于 802.11n 的多功能无线传输平台由天线、802.11n 的 WiFi 无线信号收发模块、以太网模块、数据处理模块和电源模块 5 个单元组成,如图 1 所示。电源模块稳压单元将 DC 17~19 V 电源分别转换为 DC 5、3.3 V 及 2 个 8 V 电压,为其他单元供电。以太环网部分含有光口和电口,可以组建环网。数据存储部分可以存储识别卡等的数

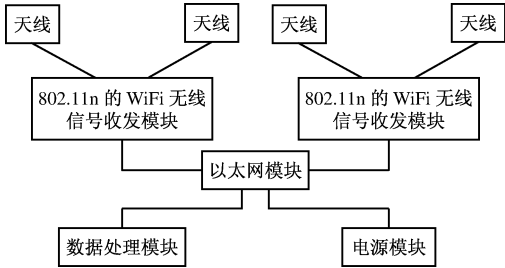


图 1 多功能无线传输平台结构

1.2 无线信号收发模块设计

基于工业级 AP(Access Point, 无线访问节点)在煤矿的实际应用需求,要求供电方便,通信带宽大,处理能力强(一个 AP 要同时支持 80 张标志卡、20 部手机和 2 台无线摄像机),这就要求选用运算速度够快的 CPU(核心处理电路)。因此,无线信号收发模块选用 AR7242 作为主芯片,AR7242 的处理速度高达 400 MHz,集成了 DDR 和 FLASH 控制器,集成了千兆以太网 MAC,性能非常优秀,其功能框图如图 2 所示。

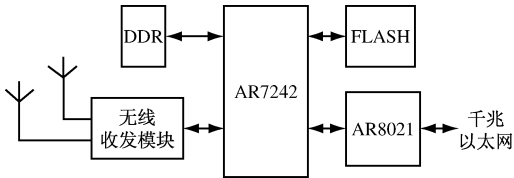


图 2 AR7242 功能框图

1.3 本安电路设计

多功能无线传输平台要实现本安型,关键就是电源技术。本安电源的带载能力和可靠性一直是本安电源研究的课题。本文所采用的本安电源设计方案中,采用新型的截流型保护电路和功率监测电路相结合的方式,具有功能强、可靠性高、一致性好的优点,提高了本安电源的可靠性、带载能力和电源效率。

本安电源可等效为理想电压源、电阻、电感、电容的串联电路,如图 3 所示。

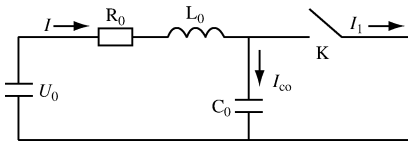


图 3 本安电源等效电路

电源电流 I 由负载电流 I_1 和暂态电流 I_{co} 两个部分叠加而成。在电源上电期间,电容 C_0 要产生很大的暂态充电电流。当电源电流 I 峰值达到本安电源短路保护值时,本安电源保护开关 K 动作,切断电源的输出。为了减小等效电容 C_0 、暂态电流 I_{co} 的影响,可采取减小电容、增加等效电阻、限制电压上升率的方法,减小暂态的冲击电流,提高本安电源的带载能力和可靠性。

2 平台应用

由多功能信息平台(KJ98-F 本安矿用通信分站,以下简称 KJ98-F 分站)组成的矿井安全生产综合系统结构如图 4 所示。

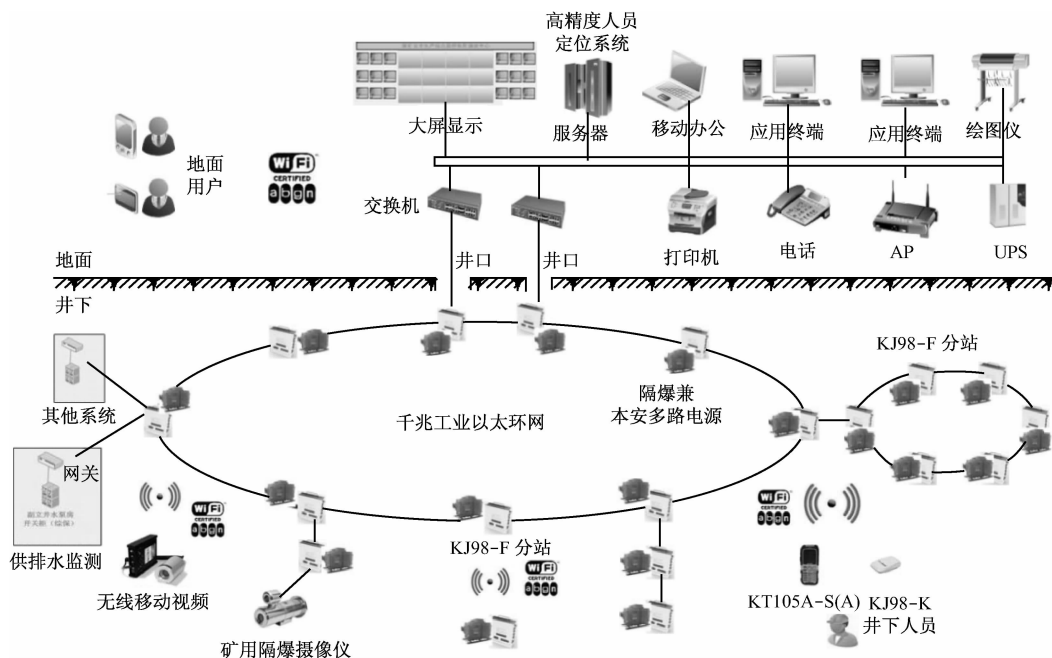


图4 煤矿安全生产综合系统结构

该系统以 KJ98-F 分站为基础,搭建成千兆工业以太环网平台。井上和井下的设备通过千兆以太环网相连接,井下的各类设备通过有线加无线的方式连接到基站上,从而将语音、视频、定位等数据和其他系统应用,通过统一的平台传输到地面综合调度指挥中心,为煤矿提高综合调度指挥能力提供有力技术保障。系统支持 802.11n 协议,最高无线传输速率达到 300 Mbit/s。由于多功能无线传输平台同时具备 WiFi 接口,能够在井下同时实现无线移动视频接入、基站间无线级联和手机通信等丰富应用。

系统综合人员定位、安全行为管理、无线通信、视频监控于一体,并具有一定的扩展性,可以接入其他各类煤矿系统。系统由 3 个层次组成:

(1) 设备层:各类应用的基础设备,产生数据和支持基本功能,包括标志卡、矿用手机、移动摄像机和隔爆摄像机等。

(2) 基于 802.11n 的高速网络平台层:高速无线接入的千兆工业以太环网,实现各类设备和系统的有线加无线方式接入,包括本安型基站、本安电源、核心交换机等。

(3) 应用层:综合多种信息的应用管理平台,通过信息系统汇聚网络平台的数据,集成人员高精度定位、安全行为管理、无线通信和视频监控等应用,为煤矿管理者提供多功能的信息平台。

系统软件结构划分为 3 个层次:数据层、逻辑层和展示层。

(1) 数据层:采用了数据库、地图文件和(原始)数据日志文件 3 种形式存储和管理数据,依靠数据库完成最主要的数据存储和管理,依靠地图文件来完成 GIS 应用的展示,使用数据日志文件来备份标志卡原始位置数据。

(2) 逻辑层:包括数据采集程序(定位引擎)、数据引擎、GIS 服务和系统服务程序 4 个部分。数据采集程序负责接收设备(主要是标志卡)发送来的原始数据,加工处理后发送给数据引擎;数据引擎接收数据采集程序发送的数据,进行业务逻辑处理,并将处理结果写入数据库;GIS 服务程序负责矿图数据展示,处理矿图浏览、放大等操作;系统服务程序负责为 Web 应用程序提供读写数据的处理逻辑。

(3) 展示层:主要内容为人员定位系统主要的功能页面,由监控中心、报表统计、安全行为管理、历史查询、业务管理及参数设置和系统管理等模块组成。

3 试验测试

3.1 试验系统搭建

受试多功能无线传输平台使用规定的传输介质,如图 5 所示。图中光衰减器模拟交换机之间最大传输距离的光缆。

3.2 电气性能试验

3.2.1 有线网络测试

网络性能测试使用专用的工具——IxChariot。IxChariot 是目前唯一成为工业界标准的 IP 网络与

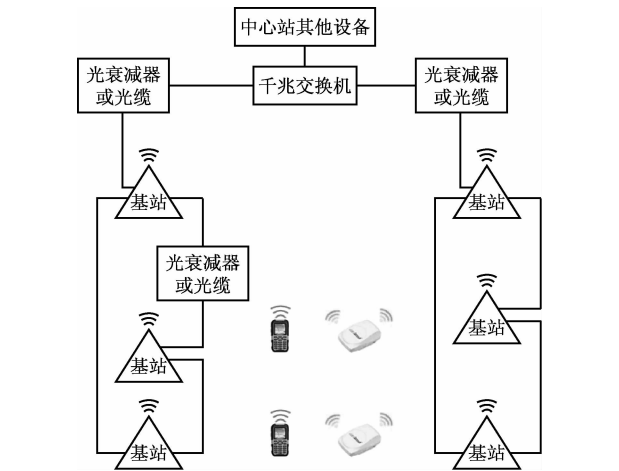


图5 试验系统传输原理

网络设备应用层测试系统。IxChariot 测试原理是采用主动式定量的测试方式,产生真实的流量,测试网络设备或网络系统在真实应用下端到端的性能。

分别在2台终端测试设备安装 IxChariot 测试客户端软件,进行 100 Mbit/s 网络压力测试。测试 10 min 内的网络吞吐量,曲线如图 6 所示。该网络可承载 92~94 Mbit/s 网络流量。

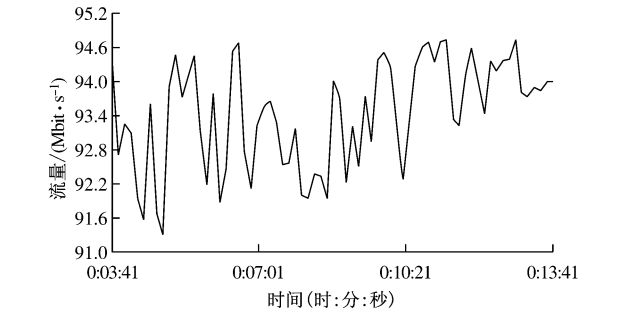


图6 网络吞吐量曲线

图7为吞吐量分布曲线,流量在90 Mbit/s 以上。

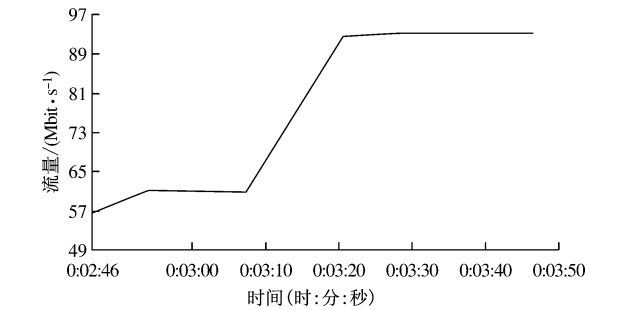


图7 吞吐量分布曲线

3.2.2 无线网络测试

用专业测试软件 Chariot Endpoint 进行测试,2台笔记本通过无线通信基站交换数据,测试结果如图8所示。测试的峰值速率可以达到120 Mbit/s。

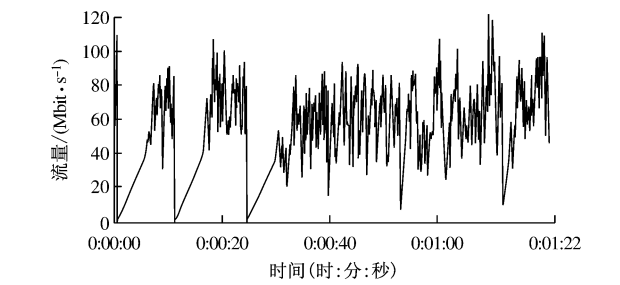


图8 吞吐量测试

3.2.3 最大无线收发距离测试及并发测试

最大无线收发距离:标志卡从识别区外接近多功能平台,直到平台正确识别标志卡时停止,测量标志卡与平台的距离,即为标志卡与平台间的无线传输距离,测试距离为>500 m。

3.3 定位精度测试

选取同煤集团某矿井12号层2处巷道作为测试区域。位置1——12号轨道巷400 m;位置2——12号主运输巷180 m。

测试人员分为2个部分,一部分携带一定数量的标志卡进入巷道,站在距平台指定距离的位置上;另一部分人使用系统距离测量功能,记录标志卡距平台的显示距离。

在平台信号覆盖范围内,即10~150 m内,每隔10 m设置一个测试点,每个测试点每隔2 min测试一组,共计测试5组数据,选择多段巷道进行测试。对每一组、每一个测试点、每一段巷道的位置误差进行记录。根据选定的2处巷道,每处巷道布置15个测试点($d_1, d_2, \dots, d_{15}$)、每个点5组结果、每个结果10张卡数据,共计1500项测试记录。部分测试结果见表1。

综合1500项测试数据,本次测试的定位精度为9.63 m。从测试结果的统计分布特性来看,距离基站较近处,由于信号相对稳定,定位精度相对较高,而随着距离的增加,定位精度相对降低。

4 结语

基于802.11n的多功能无线传输平台采用本安型电路设计和高性能数据处理芯片,能够实现数据、语音和视频的高速无线传输。该平台除了具备数据传输功能外,还可以根据接收到的定位标签 WiFi 信号强度,实现井下人员的实时定位,达到多种功能的集成,节省了投资。在井下实际环境测试结果显示,该平台的无线传输覆盖范围为500 m,无线传输速率达到120 Mbit/s,人员定位精度为9.63 m,试验结果验证了设计的有效性。

表 1 测试平均误差(其中每项数据为 10 张卡误差的算术平均值)

%

位置	组别	测试点														
		d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈	d ₉	d ₁₀	d ₁₁	d ₁₂	d ₁₃	d ₁₄	d ₁₅
位置 1	1	6.50	8.08	7.07	8.68	7.55	9.86	8.80	7.96	9.72	10.15	9.84	12.13	8.44	12.00	13.23
	2	7.09	7.89	7.39	7.52	9.04	7.99	8.41	8.21	9.14	9.64	11.91	11.59	9.22	12.83	15.37
	3	7.12	7.49	8.11	7.80	8.90	8.36	8.49	9.85	10.53	10.42	9.78	11.31	11.82	12.88	14.16
	4	7.06	6.30	8.76	8.12	8.71	9.26	8.66	8.98	9.62	10.09	11.17	10.86	8.76	13.21	14.35
	5	6.77	7.06	8.21	9.63	8.03	9.88	9.66	9.68	9.12	9.73	9.59	11.50	8.75	10.47	15.73
位置 2	1	6.07	6.33	7.95	8.89	9.69	8.87	9.41	9.39	9.74	11.32	10.29	10.36	12.33	11.47	14.16
	2	7.67	7.57	6.86	9.38	9.08	7.89	8.83	8.63	9.54	9.33	11.99	10.85	9.51	10.55	13.59
	3	7.00	6.47	8.99	8.84	7.81	9.39	9.81	9.15	9.09	9.48	9.61	12.73	11.63	13.16	14.48
	4	6.98	6.95	7.77	8.60	7.86	8.43	9.70	8.62	9.98	9.84	11.17	12.22	10.84	12.62	14.40
	5	6.95	7.59	8.08	7.85	7.64	9.02	9.00	8.65	10.42	11.76	12.20	12.73	10.75	10.32	13.65
平均误差		6.92	7.17	7.92	8.53	8.43	8.90	9.08	8.91	9.69	10.17	10.76	11.63	10.21	11.95	14.31
总平均		9.63														

参考文献:

[1] 杨维,周嗣勇. 煤矿安全监测无线传感器网络节点定位技术[J]. 煤炭学报,2007,32(6):652-656.

[2] 张治斌,徐小玲. 基于 ZigBee 井下无线传感器网络的定位方法[J]. 煤炭学报,2009,34(1):125-128.

[3] 刘志高,李春文. 带盲区巷道网络人员全局定位系统[J]. 煤炭学报,2010,35(8):236-242.

[4] 刘志高,李春文. 巷道网络全局定位系统关键技术分析与实验[J]. 煤炭学报,2011,36(3):519-526.

[5] 尚伟,胡戡. 基于 WiFi 的矿用移动定位服务终端设计[J]. 工矿自动化,2012,38(10):37-42.

[6] 黄伟力,李增翠. 一种基于 WiFi 的煤矿通信采集定位系统[J]. 科技信息,2012,32(7):212-213.

[7] 王斌,王春毅. WiFi 无线通信定位技术在露天矿中应用研究[J]. 金属矿山,2011,42(7):123-126.

[8] 孙弋,徐瑞华. 基于 WiFi 技术的井下多功能便携终端的设计与实现[J]. 工矿自动化,2007,33(3):60-63.

[9] 马卜林,杨帆. 煤矿井下 WiFi 人员定位 GIS 系统设计与实现[J]. 西安科技大学学报,2012,32(3):301-305.

[10] 蒋磊,于雷. 基于 WiFi 和 ZigBee 的井下人员无线跟踪与定位系统的设计[J]. 工矿自动化,2011,37(7):1-6.

[11] 陆音. 新型煤矿井下人员定位系统方案设计与实现[D]. 西安:西安科技大学,2011.

[12] 杨柳. 煤矿井下新型人员定位系统方案研究设计[D]. 西安:西安科技大学,2010.