

MEIKUANG JINGXIA WUXIAN
CHUANGGANQI WANGLUO JISHU

煤矿井下 无线传感器网络技术

王峰 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

本书的研究工作得到山西省普通高校特色重点学科项目(项目名称:煤矿运输系统物联网安全监控关键技术开发与应用)、山西省科技重大专项项目:煤矿重大水灾超前探测和场景三维可视化关键技术研究(项目编号:20121101004)、山西省自然科学基金项目(项目编号:2012011013-4)等项目的资助。

煤矿井下无线传感器网络技术

王峰 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是作者根据多年的研究总结而成,较为全面地介绍了煤矿井下通信技术的发展和主要技术,特别是无线传感器网络技术在煤矿井下的应用。全书共分为6章,重点研究了无线传感器网络技术在煤矿井下的路由技术、定位技术、数据融合技术和无线传感器节点技术。

本书可作为无线传感器网络相关领域的研究人员以及工程技术人员、爱好者的参考书,也可作为高等院校计算机、通信、电子和自动化等专业的研究生、本科生教材。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿井下无线传感器网络技术 / 王峰著. —北京:

国防工业出版社, 2015.4

ISBN 978-7-118-10157-7

I. ①煤… II. ①王… III. ①煤矿—矿山通信—传感器—网络—技术 IV. ①TD65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 148331 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 10 $\frac{3}{4}$ 字数 193 千字

2015 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1500 册 定价 79.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

无线传感器网络(WSN)是当前在国内外备受关注的、知识高度集中的、涉及多学科高度交叉的热点研究领域,传感器技术、现代网络、微机电系统和无线通信等多种技术的进步,很大程度上推动了现代 WSN 的发展。WSN 增强了人们感知信息水平,把客观世界的物理信息和传输网络连接成一体,将在下一代网络中扮演着重要的角色,为人们提供最有效、最直接、最真实的信息。借助于该手段,人们将从更加细微的角度了解个体对象或是周围环境所处的状态、所出现的对象或者所发生的个体行为,并据此来反向控制物理环境或者物理对象,从而有效地提高社会生产效率,改善人们的生活水平与便捷程度并提高科学认知水平与层次。WSN 能够获取大量客观物理信息的能力使得它的应用前景非常广阔,除了能应用于国防建设、工农业控制外,还能应用于日常生活,例如环境监测、生物医疗、抢险救灾、城市管理等领域。相当多的国家各界对其非常重视,认为 WSN 是影响 21 世纪的巨大技术之一。

近年来,全国各地矿难事故时有发生,给人民的生命和国家的财产造成了重大损失。采用无线传感器网络为井下复杂多变环境下的通信服务提供了一种可行的方案。本书的主要内容围绕无线传感器网络在矿井环境下的应用问题,结合无线传感器网络和无线传输技术的特点,采用无线网络中多维设计的思想,分别对路由协议、信道模型、定位、数据融合和无线传感器微型节点等关键技术进行了研究。

全书共 6 章。第 1 章介绍了通信在煤矿井下的发展过程、研究现状和面临的挑战。第 2 章首先介绍了无线传感器网络的基本概念、体系结构和发展趋势,其次介绍了煤矿井下无线传感器网络的概念。第 3 章介绍了煤矿井下无线传感器网络的路由协议以及对协议的优化改进。第 4 章介绍了井下无线定位的模型和算法,简要介绍了无线定位的各种算法,分析了井下无线定位算法的特点和困难,提出了一种定位模型并对该模型进行了算法验证。第 5 章介绍了煤矿井下无线传感器网络的数据融合技术。第 6 章利用现有的单片机和无线传感技术设计了一款无线微型多参数传感器。

本书的研究工作得到了山西省普通高校特色重点学科项目(项目名称:煤矿运输系统物联网安全监控关键技术开发与应用)、山西省科技重大专项项目:煤矿

重大水灾超前探测和场景三维可视化关键技术研究(项目编号:20121101004)、山西省自然科学基金项目(项目编号:2012011013-4)等的资助,衷心感谢太原理工大学信息工程学院院长张雪英教授、王子中教授,感谢太原理工大学测控研究所乔铁柱副所长,感谢已经毕业的王茂峰硕士、王康硕士和蒋馥珍硕士,感谢尚超硕士、籍锦程硕士、王聪硕士和时磊硕士。在本书编写过程中参阅了大量的国内外有关专业文献,谨向文献的作者表示感谢。

由于作者水平有限,加之还有很多内容需要进一步深入研究探索,疏漏之处在所难免,敬请读者不吝赐教。

作者
2015年4月

目 录

第1章 煤矿井下通信概述	1
1.1 煤矿井下通信介绍	1
1.1.1 煤矿井下通信概念	1
1.1.2 煤矿井下通信体系结构	1
1.1.3 煤矿井下通信特征	1
1.1.4 煤矿井下通信应用	2
1.2 煤矿井下通信的研究现状	3
1.2.1 煤矿井下通信发展历程	3
1.2.2 煤矿井下通信关键技术	5
1.2.3 煤矿井下通信面临的挑战	12
参考文献	12
第2章 煤矿井下无线传感器网络	15
2.1 无线传感器网络介绍	15
2.1.1 无线传感器网络概念	15
2.1.2 无线传感器网络特征	15
2.1.3 无线传感器网络体系结构	17
2.1.4 无线传感器网络发展历程	20
2.1.5 无线传感器网络关键技术	20
2.2 煤矿井下无线传感器网络	23
2.2.1 煤矿井下无线传感器网络现状	23
2.2.2 煤矿井下无线传感器网络关键技术	25
2.2.3 煤矿井下无线传感器网络面临的问题	26
参考文献	27
第3章 煤矿井下无线传感器网络路由协议	29
3.1 无线传感器网络路由协议	29

3.1.1	平面路由协议	29
3.1.2	层次路由协议	30
3.1.3	路由协议的优化	30
3.2	煤矿井下无线传感器网络路由协议	31
3.2.1	煤矿井下无线传感器网络路由协议现状	31
3.2.2	煤矿井下无线传感器网络路由协议需求分析	31
3.2.3	煤矿井下无线传感器网络路由协议特点及关键技术	32
3.3	面向井下 LEACH 算法及其优化	33
3.3.1	LEACH 算法	33
3.3.2	LEBUC 路由算法	34
3.3.3	仿真和讨论	37
3.3.4	结论	39
	参考文献	40
第 4 章	煤矿井下无线传感器网络定位技术	41
4.1	定位技术简介	41
4.1.1	定位技术概述以及意义	41
4.1.2	基本概念和算法	42
4.2	无线传感器网络定位算法	48
4.2.1	基于测距的定位算法	48
4.2.2	基于非测距的定位算法	52
4.3	煤矿井下 DV - Hop 定位算法	60
4.3.1	DV - Hop 定位算法第二阶段改进	60
4.3.2	DV - Hop 定位算法第三阶段改进	73
4.3.3	总结与展望	81
4.4	煤矿井下三维定位算法	81
4.4.1	煤矿井下节点拓扑模型	81
4.4.2	基于粒子群算法的煤矿井下三维定位算法	84
4.4.3	煤矿井下三维混合定位算法	91
4.4.4	几何计算学在煤矿巷道三维定位中的应用	95
	参考文献	102
第 5 章	煤矿井下无线传感器网络数据融合技术	104
5.1	无线传感网络数据融合技术	104

5.1.1	数据融合技术概述	104
5.1.2	网络层中的数据融合	107
5.1.3	数据融合基本算法	111
5.2	煤矿井下无线传感网络数据融合技术	111
5.2.1	分簇路由的描述	112
5.2.2	基于簇内源节点的双层滤波机制的设定	114
5.2.3	基于簇首模糊逻辑算法的改进	122
	参考文献	132
第6章	煤矿井下无线传感器硬件开发	134
6.1	无线芯片的原理介绍	134
6.1.1	CC2530 芯片	134
6.1.2	CC2591 芯片	140
6.2	传感芯片的介绍	142
6.2.1	ME2 - CO 一氧化碳传感器	142
6.2.2	MG811 型 CO ₂ 气体传感器	145
6.2.3	ME3 - O ₂ 型氧传感器	146
6.2.4	STH1X 数字温湿度传感器	147
6.2.5	MC113/113C 催化燃烧式气体传感器	150
6.3	传感器的设计	151
6.3.1	电源模块设计	152
6.3.2	主控模块设计	153
6.3.3	数据采集模块设计	153
6.3.4	无线传输模块设计	156
6.3.5	软件程序开发	156
6.4	结语	157
	参考文献	158
附录	英汉缩略语对照表	159

第 1 章 煤矿井下通信概述

1.1 煤矿井下通信介绍

信息技术已经进入了一个飞速发展的时期,它不仅改变了人们的生活方式,同时也向煤炭企业的管理模式和生产方式注入了新的活力。煤矿井下通信系统作为煤矿六大系统之一,在煤炭生产、调度、管理、救援等各环节中占有举足轻重的地位。讨论和研究煤矿通信技术的必要性在于,这不仅有利于掌握煤矿通信技术的发展趋势及方向,而且有助于通信系统建设目标的成功制定。

1.1.1 煤矿井下通信概念

煤矿井下通信是指以矿为中心通过传输介质(导线、电缆、波导、电子波、脉冲等)在煤矿生产运营的各个环节进行模拟数字信息、网络数据信息等各种信息的传递。由 IP 多媒体调度系统统一指挥,可以保证通信信息能够更快、更准并以更多样化的手段传递信息,主要包括有线通信系统和无线通信系统。

1.1.2 煤矿井下通信体系结构

煤矿井下通信联络系统由调度机房系统主机设备(数字程控调度交换机,卡接式配线架,矿用安全耦合器,后备电源等及地线工程等组成;调度室操作平台(计算机主机、调度台(按键式和触摸屏式));布线系统(地面布线不做要求,矿井下布线有矿用通信电缆、矿用接线盒、矿用电话线等)及终端设备(地面普通电话机,矿用防爆电话机)四个部分组成(图 1-1)。

1.1.3 煤矿井下通信特征

我国煤炭开采条件恶劣,地下开采高达 95%,开采条件差,瓦斯、水、火、粉尘、顶板、高温、岩爆(冲击地压)等灾害频频发生,严重威胁着煤矿的生产安全,致使煤炭行业成为高危行业。井下灾害也会对井下通信产生影响,例如煤矿井下易产生瓦斯等易燃、易爆气体,巷道顶板冒落和瓦斯爆炸等事故会破坏有线电缆和光缆。煤矿井下是一个特殊的工作环境,因此矿井通信系统不同于一般的地面通信

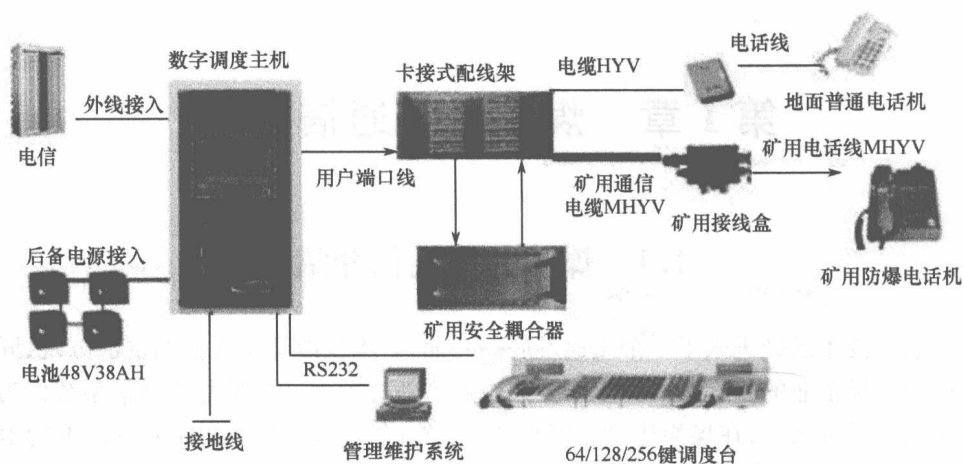


图 1-1 煤矿井下通信体系结构

系统,地面信息传输技术和设备在煤矿井下无法直接应用。因此,必须根据煤矿井下以及井下信息传输技术的特点,构建适合煤矿井的信息传输平台。该平台可以同时传输监控数据、语音和图像等多种信息,对全矿安全状况和生产过程进行实时监测、监视、控制和调度管理。

信息传输、网络结构和信息传输设备三方面应具备以下特点:

(1) 信息传输要求传输带宽大、传输距离远,既要满足监控数据、语音和图像等多种信息实时传输的要求,又要满足采掘工作面数据、语音和图像等信息的长距离传输。

(2) 网络结构宜采用树状形式,而且应有线与无线相结合,以便于系统安装维护、节约传输电缆和光缆、降低系统成本。

(3) 信息传输设备必须防爆,抗干扰和抗故障能力强,另外体积和发射功率尽可能小,以适应井下的环境,保证安全。

1.1.4 煤矿井下通信应用

通信技术在煤矿中的应用十分广泛,既体现在设备与设备之间利用工业控制网络进行信号的传递,又体现在人与设备之间经由工业以太网进行人机信息交互,还体现在人与人之间通过各种有线、无线设备进行实时调度、管理,可以说煤矿通信技术对煤矿生产、生活的方方面面产生了重要的影响。

1. 井下调度

矿用调度通信系统一般由矿用本质安全型防爆调度电话、矿用程控调度交换

机(含安全栅)、调度台、电源和电缆等组成。矿用程控调度交换机(含安全栅)、调度台和电源设置在地面,矿用本质安全型防爆调度电话设置在煤矿井下。

矿用调度通信系统除用于日常生产调度通信联络外,煤矿井下作业人员可通过通信系统汇报安全生产隐患、事故情况、人员情况等,并请求救援等。调度室值班人员及领导通过通信系统通知井下作业人员撤离以及逃生路线等。

2. 视频监控

通过有线或者无线传输方式,对井上/井下的重要、敏感地点、设备及周围情况进行实时视频监控,为煤矿安全管理提供全新直观的管理手段和全方位综合信息平台。

3. 安全监测

通过有线无线互补实现对井下的无缝覆盖,完成对井下重要、敏感地点的瓦斯、矿压、温湿度等情况的实时监测,组建完整的井下安全监测网络,为煤矿生产、生活提供安全保障。

4. 人员定位

利用诸如 TD-SCDMA 网络手机终端等实现井下人员(或设备)精确定位,能够及时、准确地将井下各个区域人员(或设备)的动态情况反映到地面,使管理人员能够随时掌握井下人员(或设备)的分布状况和运动轨迹。

5. 移动互联

与移动通信网络互联,支持智能终端用户通过网络对企业生产、安全、管理状况进行实时查询和处理,为企业管理人员提供 4A(Anytime 任何时间、Anywhere 任何地点、Anyone 任何人、Anyway 任何方式)级的业务服务。

1.2 煤矿井下通信的研究现状

1.2.1 煤矿井下通信发展历程

在以手工生产为主的矿井中,通信工具很简陋。随着采矿生产机械化和自动化水平的提高,通信的作用逐渐被人们所认识。矿井通信已由最初的磁石电话和简单信号。发展为多种新型电话和复杂的数据传输系统。20 世纪初的矿用电话机,仅将普通电话机配以坚固外壳。20 世纪中叶出现隔爆型磁石电话机,目前仍在中国广泛使用。60 年代后,中国个别煤矿使用了带有本质安全型电话机的矿用自动交换机,有些煤矿还使用了多路载波机、微波中继等新通信装备。近二十年来无线电通信在欧美各国矿井中发展较快。

2012 年以前,煤矿井下广泛使用的无线通信方式是矿用小灵通无线通信系

统。经防爆处理后的矿用小灵通无线通信系统是把公网应用成熟的小灵通技术引入煤矿井下以解决矿井下通信问题。2011 年国家相关部门规定,为了满足国家 3G 移动通信发展的要求,小灵通无线通信技术所占用的频段需完成清频退网工作,以便 TD-SCDMA 移动通信频段使用。目前,中兴通信和 UT 斯达康两家小灵通核心技术制造商已停止小灵通相关设备的生产。所以,矿用小灵通相关技术设备不再有货源。另外,在政策上,使用小灵通已经不符合国家无线频段相关规定和要求。

继小灵通无线通信技术之后,WiFi 无线设备又被部分煤矿用户尝试使用。首先,采用无线机制的 WiFi 技术,设计上没有考虑到移动的问题,一旦终端与基站网络连接中断就必须重新搜索。其次,无线以太网作为 WiFi 技术的根源,它的设计目标是用于数据业务。高带宽是数据业务的要求,同时,数据业务对实时性不做过多要求。因此 WiFi 终端存在语音通话不连续,从而存在不能保证语音通信实时性要求的问题。再者,国家规定 2.4GHz 频段无线发射功率需小于 20mW,这样一来,WiFi 技术无线发射功率很小,需要在井下每隔两百米左右安装一套基站,这就给设备维护及施工带来极大麻烦;煤矿井下绝大部分的 RFID 人员定位卡使用 2.4GHz 这个频段,WiFi 技术与它们之间存在同频干扰的问题。因此,目前矿用 WiFi 技术的使用情况不好。

Femtocell 又称为家庭基站、毫微微小区,是近年来根据移动宽带化趋势和 3G 发展推出的超小型化、低功率移动基站。Femtocell 具有安装方便、发射功率小,即插即用、自动配置等特点。Femtocell 最先应用是在家庭消费电子产品上,随着对 Femtocell 技术研究的深入,它的应用越来越广泛。人们逐渐将它应用在石油、煤炭等行业领域,在矿用 Femtocell 无线通信系统中,矿井下的无线通信的网络架构可采用标准的 Femtocell 网络架构实现井下井上通信,通过工业以太网与 Femtocell 地面主系统相连,使用目前矿区已经部署的井下工业以太环网进行传输。Femtocell 包含了 RNC 的功能和移动基站,移动基站一般由传输子系统、控制子系统、天馈子系统、中频/基带子系统、射频子系统等部分组成。但是,Femtocell 技术也存在切换问题、无线干扰问题、网络架构安全问题、同步问题等。

目前,将中国移动的第三代通信技术 TD-SCDMA 技术应用到大中型煤矿也在进一步设计实现中。TD-SCDMA 无线接入网技术不仅能提供图像和数据传输功能,还能提供高质量的语音通信;目前该技术已经在中国移动公网成功应用,是统一、完善、先进的信息系统解决方案,具有高可靠性、技术先进、高安全性、业务丰富等特点,有成熟的产业链,完全符合煤矿矿井环境下对通信技术标准的需求,表 1-1 中给出了四种上述矿用无线通信技术相关参数的对比。

表 1-1 四种矿用通信技术相互对比

系统名称	矿用小灵通	矿用 WiFi	Femtocell	矿用 3G
终端	一机双号	WiFi	—	TD-SCDMA
通话信道数	3	16	4~6	72
覆盖方式	定向天线及全向天线	—	—	定向天线
覆盖距离	500m	300m	50~200m	单向 500m
使用频段	1900MHz	2.4GHz	—	1880~1920MHz
调度功能	支持	支持	支持	支持
数据传输	128KB	54MB	2.8MB	2.8MB
人员定位	不支持	RFID 人员定位卡	不支持	LBS
视频监控	不支持	支持	可视电话/无线摄像头	可视电话/无线摄像头
安全性	隔爆型	本安型	尚未相关产品	隔爆型/本安型
发展方向	退网	不明朗	不明朗	第四代移动通信 LTE

然而无线传感在传感上所涉及的范围较为广泛,在环境检测方面也具备了其独有的优势,因此在煤矿井下的环境检测过程中采用无线传感网络得到了世界范围内的广泛关注。该网络所具有的节点数量大、自组织、以数据为中心等特性正适用于煤矿安全生产与检测需求。

1.2.2 煤矿井下通信关键技术

1.2.2.1 煤矿井下有线通信技术

煤矿井下有线通信方式主要有三种形式:光纤通信、井下电话和井下广播。

1. 光纤通信

光纤传输具有抗干扰能力强、传输距离远、传输容量大等优点,在系统传输网络的主干线建设中得到了广泛应用。井下光纤通信一般采用环网形式,井上和井下统一设计、统一建设,采用宽带传输技术将矿井下与地面局域网相连,形成一个安全、可靠、经济、有效、完整的服务于矿井生产的网络系统。规模较大的煤矿信息传输量大、系统构成复杂,规划设计时常采用双环结构,按照业务量、重要程度等因素将各种业务部署在不同的环网中。规模较小的煤矿通常采用较为简单的单环结构,在满足使用要求的同时可有效降低建设成本。

光纤环网较好解决了以往现场总线传输方式中各层不同协议之间的兼容性、不能满足传输距离和传输速度的要求问题,提高了数据的实时性,使各层系统无缝兼容,为提升矿井自动化生产水平提供了良好的基础平台。近年来,随着 VOIP 及视频编解码技术的日益发展,基于网络的语音、视频产品逐渐增多,伴随而来的是

数字广播、网络视频监控系统在矿井安全生产中快速应用。在解决设备层数据传输需要的的问题上,光纤环网所具有的响应速度快、带宽容量大、传输距离长、部署方便等特点,因此,光纤环网成为这些新生系统最合理的承载平台。从使用效果上看,矿用光纤环网的应用满足了煤矿高容量快速数字通信的要求,简化了施工和维护的复杂程度,提高了井下通信的安全性、可靠性和扩展性,有力促进了矿井综合自动化的发展,并为进一步建设数字矿山、物联网矿山等新型煤矿提供了有力的基础保障。

2. 井下电话

井下电话主要用于井下、井上生产调度指挥及地面辅助部门的通信联络,对保障矿山生产调度、生产安全有着重要的作用,因此,要求在所有煤矿中安装。矿用调度电话系统一般由矿用本质安全型防爆电话、矿用程控调度交换机、安全栅、调度台、录音设备、矿用通信电缆、电源、接线盒、避雷器和其他必要设备组成,通常包含丰富的用户和中继接口,而且可以兼容多种信令和协议,能够满足与行政通信系统、无线通信系统等多种系统的互联要求。

3. 井下广播

近年来,井下广播系统在煤矿通信系统中得到快速推广,早期主要应用在皮带运输、斜巷运输等局部区域,其作用主要是在设备启停、移动时发出告警信号,提醒周边人员注意安全。随着人们对广播系统认识的提升,矿井广播系统已经突破了原有的局部应用,而成为发生灾害时调度指挥中心通过广播系统向井下覆盖地点下达安全指令,指导井下矿工逃生的重要工具。目前大多数矿井广播系统都是基于 IP 的数字广播系统,主要由广播分站、语音网关、上位机以及备用电源组成,主要功能有全体广播、区域广播以及单独广播。

1.2.2.2 煤矿井下无线通信技术

1. 应急局部无线通信方式

(1) 中频感应通信。矿用感应通信是一种通过架设专用的感应线或者利用巷道内已有的导体(如电机车架空线、照明线、动力线等)进行导波的通信方式,一般工作在中频段。从中频感应传输的具体过程来看,可以分为电磁波从移动台天线到传输线(或相反)的耦合过程和电磁波沿传输线传输的过程。中频感应通信系统有结构简单、成本低等优点。但受巷道内导体影响较大,信道性能不稳定,能量损耗较大,通信距离短,信道容量小,电磁干扰强。所以,感应通信不能作为宽带无线传输技术在矿井中应用,但可用于煤矿井下救灾通信等。中频感应通信系统结构框图如图 1-2 所示。

(2) 漏泄通信。矿用漏泄通信系统采用在巷道中架设一条特制的同轴电缆

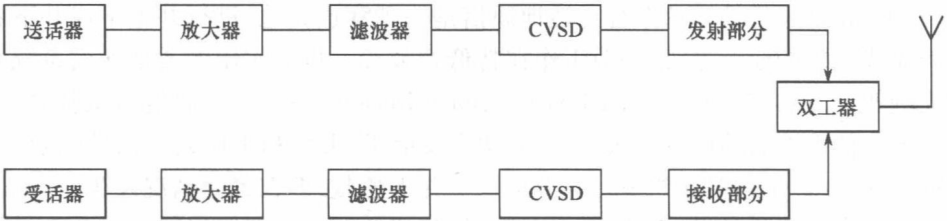


图 1-2 中频感应通信系统结构框图

(漏泄电缆)作为天线的通信技术,使高频无线信号在矿道内均匀辐射,实现了在地下坑道中的移动通信一般工作在甚高频频段。漏泄通信系统结构框图如图 1-3 所示。

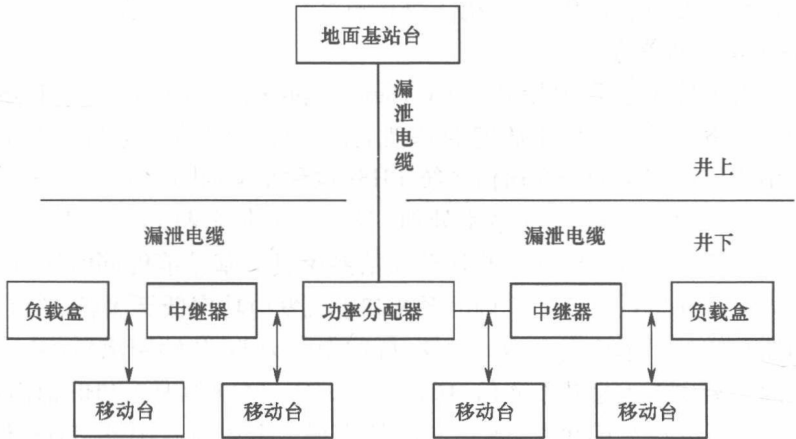


图 1-3 漏泄通信系统结构框图

漏泄通信具有受巷道形状、截面、分支、拐弯、倾斜和巷道围岩介质等外界环境影响小,信道稳定、电磁干扰较小等优点。但也存在以下缺点:

① 系统可靠性较差,抗故障能力差。任一中继器和电缆故障将会造成该中继器以下的部分瘫痪;并且,随着中继器的增加,噪声易累加,信号易失真。

② 各个通道指定用于固定的设备,信道利用率不高。当井下各种监测监控系统和通信系统都要接入漏泄系统传输时,会出现某些信道长期空闲不用而总的信道数又不够使用的状况。

③ 维护和管理的成本高。移动台接收距离通常限制在距漏泄电缆 30m 的范围内,并且耦合技术复杂,漏泄电缆架设要求高。

因此,漏泄通信不能作为宽带无线传输技术在矿井中应用,通常用于煤矿井下距离较近、不需要中继器的局部通信等。

(3) 超低频透地通信系统。透地通信是一种穿透大地、进行井上下或井下巷道间无线通信的通信方式,一般工作在特低频频段。目前实用的透地通信系统有澳大利亚开发的 PED(Personal Emergency Device)井下无线通信与急救系统。该系统由位于地面的信息输入设备、大功率发射机、天线和工作人员携带(也可固定放置或机载)的传呼机组成。主要应用于井下急救,即在紧急情况发生、其他通信方式完全中断时,通过 PED 发射系统,使其超低频信号穿透岩层到达井下任何位置,从而可以迅速有效地与井下人员进行通信。因其本身特性,当井下发生灾变时,透地通信系统受到的影响小,因此,系统抗灾变能力强。但其存在信道容量小、不适宜井下向地面传输、抗电磁干扰能力差、应用范围受限制、施工难度大等问题。因此,透地通信一样不能作为宽带无线传输技术在矿井中应用,但可以在避难硐室安装低功率发射装置和天线,用于避难硐室与地面双向通信。

2. 井下语音通信方式

(1) 个人手持式电话系统(Personal Handy-phone System, PHS)。PHS 通信系统是一种在井下无线通信应用研究的基础上,一改传统思路,把目前在全国各大中小城市中应广泛应用的公众通信系统 PHS(也称小灵通)按《煤矿安全质量标准化考核评级办法》标准做了安全技术处理,移植,延伸到煤田井下,从而作为井下无线通信网络服务平台。PHS 矿井移动通信系统具有基站能够同时服务于地面、井下的个人无线通信系统或生产调度系统和手机发射功率低等优点,缺点主要有:基站控制器和基站非本质安全型非防爆、抗灾变能力差、传输距离短(井下分站至地面最大通信距离不满足井下通信 10km 要求)等。特别是地面 PHS 退出市场后,PHS 通信系统及其产品的供货、维护和配件变得十分困难。因此,PHS 不能用作矿井宽带无线传输技术。PHS 通信系统结构框图如图 1-4 所示。

(2) 码分多址(Code Division Multiple Access, CDMA)。CDMA 通信系统属于第二代移动通信技术(简称 2G),传输带宽窄,主要用于语音移动通信。基于 CDMA 技术的矿井无线通信系统集语音、数据和图像传输功能于一体,不仅可实现全矿井的移动通信、语音调度、监测数据和图像的无线传输,还可实现与有线通信网的无缝连接等。CDMA 矿井移动通信系统具有通话容量大、通话清晰、抗干扰能力强、全矿井无线通信、井下无线覆盖方式多、可以在工作面等区域使用、可无线传输数据及图像等优点。系统中通过光缆将地面主机和井下远端模块直接连接,远端模块没有交换功能,远端模块不能脱网工作,一旦接入的光缆发生断缆,系统将瘫痪,抗灾变能力差。因此,CDMA 不能用作矿井宽带无线传输技术。

(3) 全球移动通信系统(Global System for Mobile communication, GSM)。GSM 全球移动通信系统是一种移动语音通信系统,同 CDMA 通信系统一样也属于 2G,传输带宽窄,主要用于语音通信,在地面 2G 系统中占有较大的市场份额。GSM 在我国煤矿

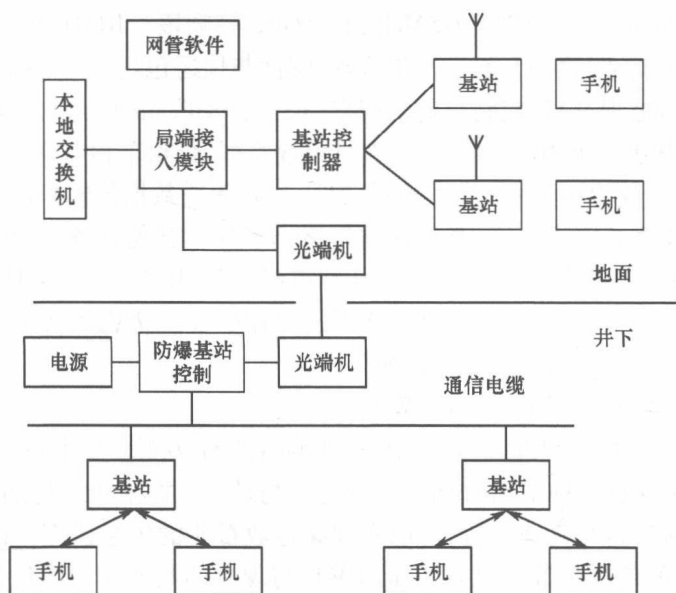


图 1-4 PHS 通信系统结构框图

井下未见有应用。GSM 传输带宽窄,因此,GSM 不能用作矿井宽带无线传输技术。

3. 井下短距离通信方式

(1) IrDA 技术。IrDA 是一种利用红外线进行点对点的视距传输的技术。它利用红外光的通断表示计算机中的 0—1 逻辑,传输数据时两个设备之间不能有阻挡物。

作为一套标准,IrDA 的收/发组件已经有了成熟的标准化产品。使用红外线做信号载波的优点很多:成本低,传播范围、方向及距离容易控制,保密性强,不产生电磁辐射干扰,不受干扰等;不需要专门申请特定频率,传输速率可达 16Mb/s。但 IrDA 技术只限于两台设备间通信,无法灵活构成网络,无法在移动设备中使用。

(2) 蓝牙(Bluetooth)。Bluetooth 技术是一种采用跳频扩频技术的无线通信技术,运行在 2.4GHz 的非授权 ISM 频段,采用高斯频移键控(GFSK)调制技术,数据传输速率为 1Mb/s,传输距离一般不大于 10 m,采用 IEEE 802.15 标准。具有低成本、低功耗、体积小、抗干扰能力强、支持语音与数据混合传输等优点。Bluetooth 主要用于无线鼠标、无线键盘、无线打印机、无线耳机、无线话筒、游戏机、汽车、医疗保健、体育健身、家用电子等,在煤矿井下应用较少。Bluetooth 传输速率低、传输距离短,因此,Bluetooth 不能用作矿井宽带无线传输技术。

(3) 射频识别技术(Radio Frequency Identification,RFID)。RFID 是一种非接触式的射频识别技术,它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据,工作在