

实验研究

文章编号: 1671-251X(2010)07-0036-04

认知无线电技术在煤矿井下的应用研究

汤良，张申，干玲，杜艳

(中国矿业大学信电气学院，江苏徐州 221008)

摘要: 针对现有煤矿井下无线通信系统载频和调制方式等参数固定、无法适应巷道信道模型变化而导致通信可靠性低的问题, 提出了在煤矿井下无线通信系统中应用认知无线电技术的方案, 即利用认知无线电技术感知通信系统所处巷道的频谱和信道模型, 实时、自适应地调整载频、调制方式等传输参数的特点, 从而优化煤矿井下无线通信网络的传输性能; 综合分析了认知无线电在煤矿井下应用的可行性; 最后给出了认知无线电在煤矿井下应用的实现模式。

关键词: 矿井；无线传输；认知无线电；决策引擎；自适应

中图分类号: TD655.3 **文献标识码:**A

Application Research of Cognitive Radio Technology in Coal Mine Underground

TANG Liang, ZHANG Shen, GAN Ling, DU Yan

(School of Information and Electrical Engineering of CUMT., Xuzhou 221008, China)

Abstract: In order to solve the problem of bad reliability of data transmission of wireless communication system of coal mine underground because the system's parameters such as carrier frequency, modulation mode are settled and so it can't adapt to change of tunnel's channel model, the paper proposed a scheme of applying cognitive radio technology in wireless communication system of coal mine underground. The cognitive radio technology can perceive frequency spectrum and channel model of tunnel through which radio signal of communication system passes, and realtimely and selfadaptively adjust some transmission parameters such as carrier frequency, modulating mode and so on, so as to optimize transmission performance of wireless communication network of coal mine underground. The paper comprehensively analyzed the feasibility of cognitive radio applied in coal mine underground too. At last, it concluded concrete realization mode of cognitive radio applied in coal mine underground.

Key words: mine, wireless transmission, cognitive radio, cognitive system monitor, self adaption

0 引言

为保证煤矿安全生产, 需要对井下隧道的环境参数进行监测, 对各种设备进行基于网络的控制, 同时还需要实现移动语音和图像通信。但目前煤矿使用的无线通信系统, 如小灵通通信系统、漏泄通信系统基本还是依赖于有线部分, 井下无线传输系统还

存在着在不同矿井无法通用的现象。煤矿井下的巷道是一种纵向有弯道和分支的有限空间, 具有截面、弯曲、倾斜等特点, 周围存在煤、岩等介质, 并布置有一些设备, 通信环境极为恶劣。传统无线通信系统的载频和调制方式等参数一般都是固定的, 由固定参数构成的通信系统可能比较适合隧道中某一段的通信, 但是随着巷道环境的变化, 通信信道模型也在改变, 使得原有的载波和基带信号处理方案不能适应传输的需要, 造成信号不能可靠传输甚至中断的现象。这是导致无线通信系统在井下巷道中一直不能得到有效应用的重要原因之一。基于认知科学的

收稿日期: 2010-03-21

作者简介: 汤 良(1983-), 男, 江苏镇江人, 中国矿业大学信电气学院在读硕士研究生, 主要研究方向为煤矿井下无线通信技术。

E-mail: huakefans@163.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

煤矿井下认知无线电(Cognitive Radio, CR)技术能够较好地解决上述难题。认知无线电是一种智能无线电通信系统, 它能感知通信系统所在的频谱和信道环境, 并通过实时改变载频、调制方式等传输参数来适应所处的频谱、信道环境的变化。认知无线电在不同巷道和巷道的不同区域段中传输时, 要求认知无线电节点能够根据无线通信环境动态地对自身重新配置, 节点与节点之间要相互协作, 使网络整体性能最优。基于此, 笔者提出在煤矿井下建立认知无线电系统的方案。本文重点介绍认知无线电的工作原理及其在煤矿井下应用的可行性分析和具体应用模式。

1 认知无线电技术

认知无线电的概念是由 MITOLA J 博士于 1999 年在其发表的一篇论文^[1] 中提出的。他描述了认知无线电怎样通过一种叫做“无线电知识表达语言”的新语言来提高个人无线业务的灵活性, 并给出了由 RKRL 支持的认知推理模型, 如图 1 所示。该模型描述了认知无线电如何与外部环境进行信息交互, 即外界刺激和变化进入认知模型, 最终得到响应的这样一个认知无线电持续观察环境、自身定位、制定计划、学习、判决并执行的流程。所有这些阶段都设置了机器学习的能力。认知无线电通过分析接收到的能提供环境辨识信息的信息流来观察它所处的环境。在观察阶段, 认知无线电也通过读取测位、温度等传感器来推断用户的前后通信环境。

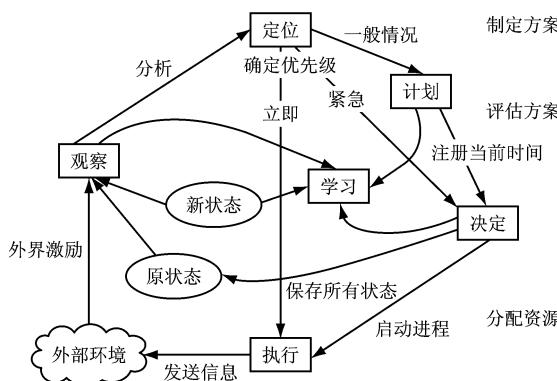


图 1 由 RKRL 支持的认知推理模型

认知无线电也被称为智能无线电, 广义上是指无线终端具备足够的智能或者认知能力, 通过对周围无线环境的历史和当前状况进行检测、分析、学习、推理和规划, 利用相应结果调整自己的传输参数, 使用最合适的无线资源(包括频率、调制方式、发射功率等)完成无线传输。认知无线电能够帮助用

户自动选择最好的、最廉价的服务进行无线传输, 甚至能够根据现有的或者即将获得的无线资源延迟或主动发起传送^[2]。

2 煤矿井下通信

2.1 煤矿井下通信环境

煤矿井下巷道、采掘工作面为封闭空间, 基本都呈隧道状, 采煤工作面长度、矿井巷道长度不定, 宽、高受限, 形状没有规则, 所以无线电波的井下传播空间是非自由、不规则空间。煤矿井下巷道对无线电波的自由传播可视为带阻型, 各频段的传输效果不同: 在甚低频段、低频、中频的低端, 频率越大, 衰减越大; 在中频高端、高频频段, 衰减达到最大, 其中又以 30 MHz 电波的衰减最大、最不利于传输; 进入甚高频后, 衰减随频率上升而减小^[3]。

电磁波在传播过程中会频繁地发生反射和折射现象, 经过反射和折射的电磁波又会发生新的发射和折射, 产生严重的多径效应, 导致电磁波在矿井巷道和工作面中仅能传播数十米, 与无线电波的地面上空间传输有着不同的特点, 具体体现: 煤矿设备的机械化、自动化程度在不断提高, 生产设备及人员具有流动性, 作业点分散, 环境中又存在着大量的有爆炸危险的 CO、瓦斯及煤尘等空气混合体, 无线通信系统的整机功耗也受到制约; 由于巷道和工作面顶底板形状起伏, 巷道水平方向又会因为煤层和岩层的走向变化形成各种不同的角度, 导致了通信的非可视性问题; 衰减随着巷道曲率增大而增大, 对平直而不受阻挡的巷道而言, 频率越高则传输衰减越小, 但当频率升高时, 无线电波的拐弯能力变差, 拐角处的损耗增大, 传输距离减小, 拐角处的损耗随频率的升高而增大; 非可视距的无线通信也大大降低了巷道和工作面上无线信号的传输距离, 影响了无线通信传输的质量。

2.2 煤矿井下通信现状

目前矿井移动通信的主要形式有动力线载波通信、漏泄无线通信和感应通信等。动力线载波通信在矿井架线电机车上有些应用, 但因传输阻抗匹配困难和抗干扰性能差等缺点, 至今性能尚未完善。漏泄无线通信是利用表面开孔的同轴电缆在巷道中起到长天线的作用, 实现移动电台之间或移动电台与基站之间的可逆耦合, 已获得较好的通信质量; 其缺点是系统造价昂贵, 又需敷设专用传输线, 且信号接收局限在离导线 30 m 以内, 传输线架设和维护需花一定代价。感应通信是利用电磁感应原理实现

的通信形式,发话时移动通信机的磁性天线十分接近感应线,且发射天线尺寸较大,因传输参数不稳定和干扰噪声大,国内使用情况普遍不好。上述几种井下移动通信系统存在的问题较多,抗干扰性能不好,背景噪声大,且系统对使用环境的适应性很差。几十年的实践表明,在煤矿井下的特殊条件下,通信技术应该有新的突破^[4]。

3 认知无线电在煤矿井下的应用探讨

3.1 可行性分析

在煤矿井下,频谱是一个开放的资源,频谱资源紧缺的情况不明显。但是与地面空间相比,煤矿井下地质电磁特性和生产环境对通信信道影响较大,在不同通信信道对频谱的选择性比较高。针对特定的环境,在不同通信条件下选择不同的频谱有不同的通信效果,所以频谱资源只是相对开放和丰富。不同的巷道环境对无线电波的影响不同,同时伴随着多种井下干扰。

为了建立一个高效、可靠的煤矿井下无线通信系统,首先要解决系统的抗干扰问题,即系统能够根据无线信道的变化改变通信参数,获得通信系统的最优配置,实现实时有效的通信。

通过对煤矿井下无线通信现状的分析可知,现有的煤矿井下通信系统的通信效果并不理想。针对复杂、时变的无线通信环境,需要一种能够实现实时性能优化的通信方式,认知无线电技术是解决这一问题的有效无线通信技术。

认知无线电可以自适应地感知无线通信环境,并通过分析感知参数,根据一定的学习和决策算法,自适应地改变通信系统参数,从而获得有效通信;能够通过感知通信环境,快速搜索空白频谱,拥有不同的无线链路,在自动调整参数的基础上,对当地通信环境改变作出快速的物理反应,并实现信道的共享和功率控制,适应不同类型网络的频谱共享,提高频谱的利用率;具有多任务性,与多种无线电技术协作,通过高层协议实现频谱切换,使通信系统自适应地调整发射频率、数据速率和纠错算法,从而获得最好的数据吞吐量,通过智能天线的调整,接收或发射最大化的信号。

认知无线电在接收端和发射端可以通过传感器等技术测定通信所处的信道环境信息,在观测感知到通信环境参数后,通过自适应分析将观测结果告知其它认知无线电,这些观测结果的交互分析可对无线电通信信道的性能产生影响。认知无线电接收

机可以测量信号的特征参数,甚至能够预测认知无线电发射机将要发射的信号。认知无线电接收机将要分析的信息转换成发射消息回传给发射机,告诉发射机如何改变波形、功率等参数来抑制干扰。

认知无线电接收机和发射机可以通过 Java 反射的方式衡量调制解调器状态的变换,从而使认知无线电理解通信信道参数对发射信号的影响。图 2 给出了认知无线电的工作原理,无线电 1 为发射机,无线电 2 为接收机。接收机使用 Java 反射询问接收机调制解调的内部参数,提高链路性能。设计接收机时常用的测量值,如信噪比、频偏、定时偏移、均衡抽头等都可以从 Java 反射中发回的参数中获得。通过分析这些参数值的特征,接收机根据一定的算法能够决定如何在发射机端改变参数,从而改善通信状况。接收机通过多路复用技术将 Java 反射组成消息反向链路,根据发射机返回参数判断发射机在进行了相应改变后,链路性能是否得到了提高^[5]。

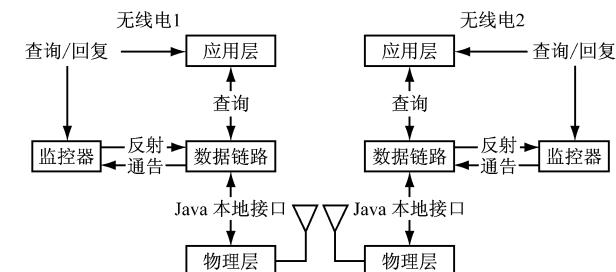


图 2 认知无线电的工作原理

3.2 认知无线电在煤矿井下的实现流程

煤矿井下认知无线电首先感知煤矿井下无线电信道和通信需求信息,然后经过认知系统学习、分析感知信息,通过决策引擎(Cognitive System Monitor, CSM)调整认知无线电通信参数信息。

煤矿井下认知无线电的工作流程分为 3 个阶段:首先,通过无线信道感知煤矿井下的无线通信环境,获得基本统计性能指标;然后,认知无线电系统通过获取的信道参数建立信道模型和调整无线电参数;最后,根据认知无线电系统的决策引擎调整和改变认知无线电系统的参数设置,实现有效的通信,并将学习后融合的信道和相应调整信息存储到信息库中。整个工作流程如图 3 所示。

煤矿井下认知无线电决策引擎合成感知的无线信道和认知无线电系统参数信息,指导认知无线电的通信参数调整过程。

4 结语

认知无线电在煤矿井下的应用是个相当复杂的

文章编号: 1671-251X(2010)07-0039-03

巷道掘进过程中煤炮现象发生范围及机理研究

王军辉¹, 李宝富², 张涛¹

(1. 义马煤业集团常村煤矿, 河南 义马 472300; 2. 河南理工大学能源学院, 河南 焦作 454000)

摘要:为了说明煤炮现象的发生范围和发生机理,采用RFPA^{2D}数值计算软件对某煤矿巷道掘进过程中围岩的变形破坏过程和声发射现象进行了数值模拟研究。研究结果表明,矿井工作面回采巷道发生的煤炮现象是在巷道两帮15 m及顶板约10 m范围内在巷道变形破坏过程中积聚的大量弹性能量释放的过程,是一种能级相对较小的动力现象,不是冲击地压发生的前兆信息。

关键词:矿井; 工作面; 巷道掘进; 煤炮; 冲击地压; 声发射; 数值模拟; RFPA^{2D}

中图分类号:TD315 **文献标识码:**A

Research of Action Range and Mechanism of Coal gun Phenomenon in Drifting Process

WANG Jurrhui¹, LI Baofu², ZHANG Tao¹

(1. Changcun Coal Mine of Yima Coal Group, Yima 472300, China.

2. School of Energy Science and Engineering of Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: In order to explain action range and mechanism of coal gun phenomenon, numerical

收稿日期: 2010-03-19

基金项目: 河南省教育厅自然科学研究计划项目
(2009B440009), 河南理工大学青年基金资助项目(Q2009-10)

作者简介: 王军辉(1978-), 男, 河南辉县人, 助理工程师, 现
主要从事采矿工程技术与管理工作。E-mail: 5894010@163.com

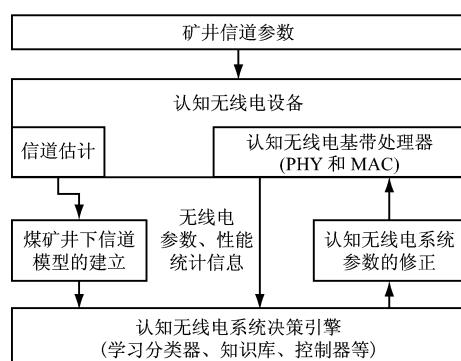


图3 煤矿井下认知无线电的工作流程

研究课题,对于它的研究刚刚开始^[6]。根据认知无线电理论,笔者设计了认知无线电决策引擎性能仿真平台,下一步的研究重点是对不同类型巷道中的无线电波传输进行仿真,从而建立更适合矿井巷道的、具有一般性的无线电波传输模型。另外,认知无线电节点在调整收发机参数、改变工作频段时会带来时延,而处于同频段的多个认知无线电节点会通过退避策略竞争频谱资源而带来退避时延,这些延

时对通信网络性能的影响也是下一步的研究内容。

参考文献:

- [1] MITOLA J, MAGUIRE G Q. Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal[J]. IEEE in Personal Communications, 1999, 6(4): 13-18.
- [2] HAYKIN S. Cognitive Radio: Brain Empowered Wireless Communications [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2005, 23(2): 201-220.
- [3] 曹育红. 矿井无线通信系统的频率选择[J]. 工矿自动化, 2004(4): 38-40.
- [4] 张守祥, 王汝林, 刘芳. 基于OFDM的巷道和工作面无线移动通信研究[J]. 煤矿安全, 2006(3): 13-16.
- [5] 赵雅丽. 基于软件无线电技术的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2006.
- [6] 陈桂真, 丁恩杰, 张申, 等. 浅析认知无线电在矿井通信中的应用[J]. 工矿自动化, 2009(6): 12-14.