

基于 IEEE802.11 协议的巷道网络无盲区覆盖研究

史岩岩^{1,2}, 丁恩杰^{1,2}, 奚锦锦^{1,2}, 张耀^{1,2}

(1. 中国矿业大学 信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221116; 2. 中国矿业大学 物联网(感知矿山)研究中心, 江苏 徐州 221008)

摘要: 基于 WiFi 通信系统 Infrastructure 模式, 结合矿井巷道截面大小和几何形状, 研究了网络桥接器 AP 的放置位置对巷道中网络覆盖的影响。对 2 种常用的煤矿巷道中 AP 的布置位置进行分析, 分别得出 2 种方案所需要 AP 的最小覆盖半径以及 AP 之间的最佳距离, 使得 2 种情况下 AP 覆盖区域之间有重叠, 并且重叠区域最小, 满足网络的无盲区覆盖要求, 进而提高了网络的服务质量。结合以上参数, 对 2 种布置方式从成本的角度进行了比较, 得出最佳布置方案。

关键词: 巷道; 网络覆盖; AP 位置; 盲区; 无线网络

中图分类号: TN929.4 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2012)05-0086-03

Reserch on Network Covering Without Blind Area in Mine Roadway Based on IEEE802.11 Protocol

SHI Yan-yan^{1,2}, Ding En-jie^{1,2}, XI Jin-jin^{1,2}, ZHANG Yao^{1,2}

(1. School of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;

2. Research Center of Internet of Things (Perception Mine), China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: Based on the Infrastructure mode of the WiFi communication system, in combination with the cross section size and the geometric shape of the mine roadway, the paper had a study on the layout location of AP (Access Point) affected to the network covering in the mine roadway. An analysis was conducted on two conventional AP layout locations in the mine roadway. The min AP covering radius and the optimized distance between the AP required in the two plans were obtained. Thus, under the two conditions, there would be an overlap between the AP covering areas. The overlap area would be min and could meet the covering requirement of the network blind area. Therefore the service quality of the network could be improved. In combination with the above parameters, a comparison was conducted on the two layout modes from the cost point and an optimized layout plan was obtained.

Key words: mine roadway; network covering; AP location; blind area; wireless network

井下通信系统是保证煤矿生产安全及生产调度必不可少的设施。由于井下环境恶劣、巷道分布复杂、干扰信号源多, 我国煤矿井下以有线通信方式为主。随着煤炭安全生产日益受到重视, 无线通信技术作为矿井通信与监测的一种有益补充, 也在煤矿中得到广泛的应用^[1]。WiFi 是 IEEE 在 1997 年提出 802.11 无线网络规范的基础上发展来的, WiFi 技术在地面短距离无线通信系统中已有广泛应用, 技术相对成熟可靠。由于其协议本身限制设备的功率, 使这类设备可以设计成符合煤矿要求的本质安全型设备, 增加在井下的使用范围^[2]。

IEEE802.11 定义了 Infrastructure 模式和 Ad Hoc 模式 2 种结构模式。在 Infrastructure 模式中, IEEE802.11 无线终端设备同无线 AP 一起构成网络通信系统。AP 称为网络桥接器或接入点, 是作为传统有线局域网络与无线局域网络之间的桥梁。在这种模式下, 网络覆盖由 AP 构成。

覆盖问题是无线传感器网络中一个比较重要的问题, 它不仅涉及到网络的服务质量, 而且会对网络中其他问题的研究产生影响^[3]。例如, 井下温度、甲烷浓度等环境参数以及液压支架、机车调度等生产方面的监测研究都需要可靠的网络服务^[4]。

收稿日期: 2011-12-10; 责任编辑: 赵瑞

作者简介: 史岩岩(1987—), 女, 江苏徐州人, 硕士研究生。Tel: 15862180415, E-mail: sycumt@126.com

网络出版时间: 2012-05-15 14:31; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120515.1431.024.html>

引用格式: 史岩岩, 丁恩杰, 奚锦锦, 等. 基于 IEEE802.11 协议的巷道网络无盲区覆盖研究 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(5): 82-88, 92.

在进行煤矿井下无线信号覆盖设计时，必须考虑巷道的截面大小、巷壁介质和几何形状。文献 [5] 在节点布置的基础上，研究了矿井巷道无线传感器网络模型的连通覆盖性。文中以井下人员定位系统为背景，建立了一种层次型无线传感器网络模型。在节点的布置思路上，先考虑感知节点的位置间隔，再考虑中继节点，重点考虑了固定位置的感知节点。文献 [6] 采用图论的方法分析了煤矿巷道内基于监测覆盖范围的无线瓦斯传感器节点无盲区覆盖问题。主要考虑了传感器节点的位置部署，更好地监测节点间的风流流经时间，整个网络覆盖过程完全依据矿井通风网络结构。文献 [7] 提出一种基于行为的混合无线传感器网络覆盖增强算法，根据每个移动节点的停止、漫游、避让固定传感器节点等基本行为提出优化策略。笔者结合 WiFi 技术，针对 Infrastructure 模式下 AP 放置位置对网络覆盖的影响，结合煤矿巷道的实际情况，对 AP 在巷道中放置的位置进行规划，以实现网络覆盖优化，服务于静止或者移动的客户端节点。

1 应用环境

1) 通信系统。巷道中监控系统如图 1 所示，移动节点通过携带的各种监测传感器采集巷道中的相关数据，传送到 AP 所构成的接入网络，再通过 AP 构成的网络由工业以太网传送至井上的监控中心。监控中心或 AP 接入网对井下移动节点发送控制命令或者其他信息^[8]。各个 AP 之间可以通过有线连接或无线 Mesh 进行通信。文中主要考虑在煤矿巷道中，各个 AP 之间的最优距离，以实现网络在巷道中的无盲区覆盖。

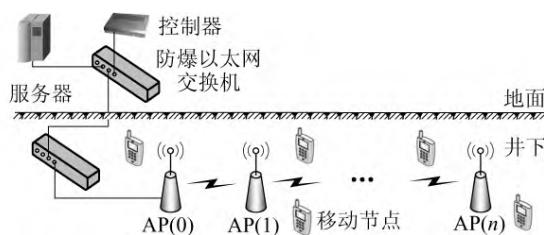


图 1 监控系统

2) 巷道描述。根据 AP 安装 5 个步骤^[9]，可以将 AP 置于相对较高的位置，有效消除 AP 与无线终端之间固定的或移动的遮挡物，从而保证 WLAN 的覆盖范围，保障 WLAN 的畅通。考虑到巷道中机车、工人运动情况及其他装备，2 种 AP

节点安装布置方案如图 2 所示。AP 信道分配设置为智能选择，巷道顶端弧度相对较为平坦，文中将巷道理想化为长方体来计算。

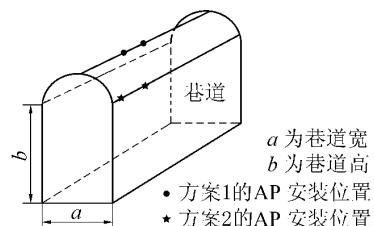


图 2 巷道示意

2 网络覆盖分析

1) AP 覆盖范围。无线 AP 的信号覆盖范围与很多因素有关，主要是环境因素和 AP 本身的参数。一般 AP 带有出场默认的全向天线，覆盖范围可近似为一个圆柱形，但是巷道本身的结构影响 AP 的覆盖范围。在室外情况下，AP 信号的传输距离可达 300 m，如果受到障碍物影响，覆盖范围甚至只有 20~60 m。木制品、草坪和玻璃等并不会造成很大的衰减，但是砖或水泥墙壁的影响很大，金属类物质影响最大。理想情况下，AP 覆盖形状如图 3 所示。将 AP 的覆盖形状理想化为 3 个同轴圆柱体^[10]。其中半径为 R_0 的圆柱表示 AP 所在位置处的覆盖范围。半径为 R 的 2 个圆柱表示 AP 水平放置面的上方和下方覆盖范围， $R < R_0$ 。为保证无盲区，计算覆盖范围时参数选择 R ，即将 AP 覆盖范围理想化为一个底面半径为 R 的圆柱体。

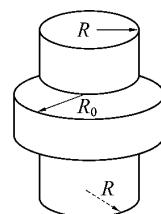


图 3 AP 理想覆盖范围

AP 的位置首先应根据实际的场景和需求初步进行选择，再通过实地测量进行调整。定位需要遵循以下原则：AP 覆盖区域之间无间隙，保证所有的区域都能覆盖到；AP 之间重叠区域最小，以尽可能减少所需的 AP 数量。

2) 方案 1 分析。方案 1 选择将 AP 放置在巷道顶端中间最高位置，该方案的 AP 分布俯视图如图 4 所示。AP 的覆盖半径满足条件 $R_1 \geq a/2$ ，AP

之间最佳距离 $d_1 = 2 \sqrt{R_1^2 - (a/2)^2}$ 。

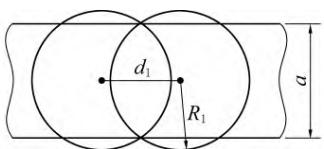


图4 方案1的AP分布俯视图

3) 方案2分析。方案2选择将AP放置在侧面上方,该方案的AP分布俯视图如图5所示。AP的覆盖半径满足条件 $R_2 \geq c/2$,其中, $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ 。AP之间最佳距离 $d_2 = \sqrt{R_2^2 - (c/2)^2}$ 。

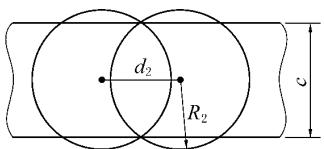


图5 方案2的AP分布俯视图

3 数据分析

根据实际情况,在计算时,煤矿巷道的宽度取4~8 m,高度取4 m。AP理想覆盖情况下,可得出以下结论。

1) 如图6所示,在巷道结构相同时,方案1

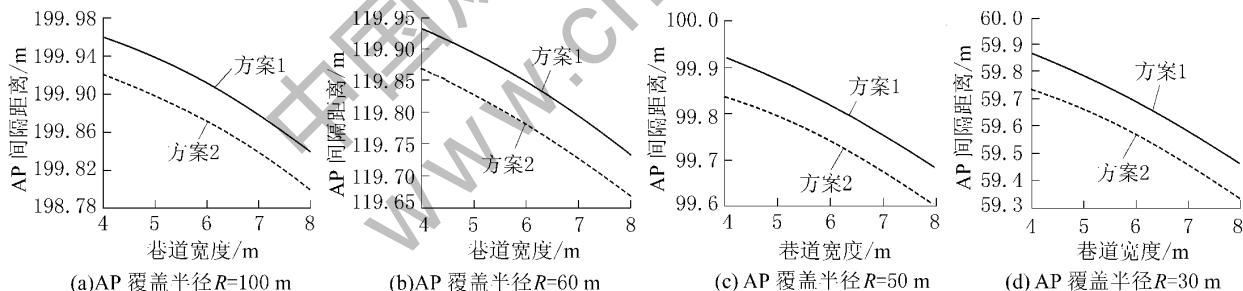


图6 AP最小覆盖半径

3) 假设巷道宽为5 m,AP的覆盖半径为60 m,巷道高度变化选择为3~6 m。方案1中,AP之间最佳距离计算得119.90 m。方案2所得AP的间隔如图8所示。巷道越高,AP之间最佳间隔距

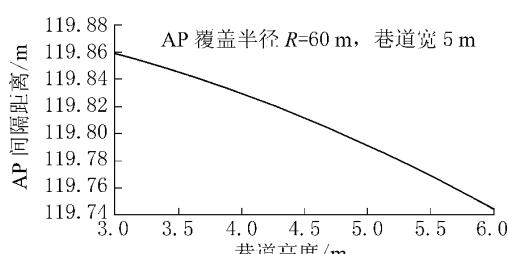


图8 方案2巷道高度对AP间隔的影响

所要求的AP最小覆盖半径(也即最小发射功率)小于方案2。AP的价格随覆盖半径的增加而增加,因此方案2会增加成本。

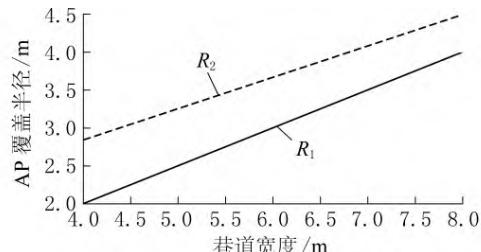


图7 AP最小覆盖半径

2) 假设巷道结构相同,在进行网络覆盖时,选择同款AP产品。如图7所示,分别在AP的覆盖半径为100、60、50、30 m时对2种方案进行对比。方案1中AP之间的最佳间隔大于方案2中AP之间的最佳间隔,即在同等需要覆盖的区域中,方案1所需要的AP数量小于方案2。随着AP的数量增加,成本也会增加。但是由于矿井结构的独特性,其巷道的高度相对AP的覆盖半径来说较小,因此2种方案中AP的位置间隔差别很小。随着AP的覆盖半径变小,2种方案中AP的位置间隔差别逐渐增大,方案1的优势也就越明显。

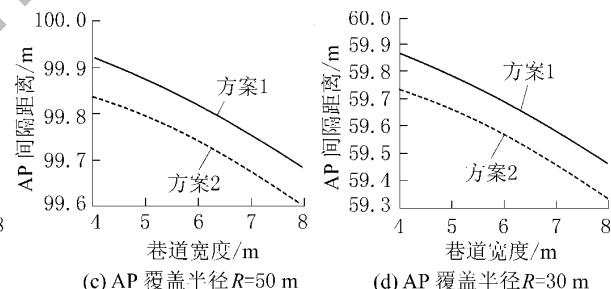


图7 覆盖半径对AP间隔的影响

离越小。覆盖同等区域时,方案2需要的AP数量就越多。

4 结语

无线信号的重叠是非常重要的,它保证漫游的顺利实现,但是考虑到信号干扰和成本,需要尽可能减少AP的数量。在巷道中利用AP进行网络覆盖时,既要使得AP覆盖区域之间无盲区,又要使AP之间的重叠区域最小。影响AP信号覆盖范围的因素很多,笔者讨论了巷道结构及AP放置位置

(下转第92页)

作面、34下二中车场、34下部变电所、34下部水仓、3410运输巷掘进工作面、34下运输联络巷、34下绞车房回风巷、34下上部变电所、84回风巷掘进工作面、321变电所、32轨道下部车场、714泵站、81提料巷漏风、34运输联络巷漏风、34轨道与回风联络巷、342工作面、34运输上山配风、34轨道上山、326变电所、3410回风巷掘进工作面、714备用工作面、714联络巷、西大巷炸药库、充电硐室、713联络巷、713集中巷掘进工作面、31总回风段掘进工作面、31提料风门漏风、东翼一部运输巷、东翼二部运输巷掘进工作面、31回风上山掘进工作面、1013工作面、1013上部车场、101三部输送带用风、101绞车房回风巷、101上部变电所、101中变电所、101下变电所、10113工作面、101泵站、101东翼回风掘进工作面、82运输上山、82绞车房、7122回风巷掘进工作面、82采区中部漏风、6121回风巷掘进工作面、102回风联络巷、82中部变电所、82车场、南轨道大巷掘进工作面；网络图下方只出不进的节点数；网络图上方只进不出的节点数，从图3a可知该通风系统有1个进风井，2个回风井；各分支两侧的文字标注显示了网络结算结果，如图3b所示，该分支的风阻 $R = 0.047 \text{ N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^8$ ，需风量 $Q_1 = 1.67 \text{ m}^3/\text{s}$ ，风量 $Q_2 = 21.25 \text{ m}^3/\text{s}$ ，风压 $h = 21.196 \text{ Pa}$ 。

5 结语

最长路径算法实现了通风网络结构数据向物理图形数据的智能转换功能；AutoCAD二次开发技术实现了物理图形数据向通风网络图的转换功能；步骤模仿技术实现了人性化的图形编辑功能。使用了多个煤矿的网络结构数据对算法的合理性及系统适应性进行了测试，测试结果表明，此系统可很好地完成通风网络图的绘制任务，为通风系统的分析和计算工作提供参考。通风网络图自动生成与编辑软件的实现使通风网络图绘制和修改困难的状况得到很大程度上的改变。

参考文献：

- [1] 王海涛. 矿井风量预测中网络图自动生成系统的研究 [D]. 太原：太原理工大学，2006：13–47.
 - [2] 吴兵，卢本陶，水林娜. 由通风网络结构数据自动生成通风网络图研究 [J]. 中国安全生产科学技术，2005，1(6)：25–28.
 - [3] 王欣，程耀东，孟凡相. ObjectARX 二次开发运行机制及应用研究 [J]. 测绘科学，2009，34(S0)：182–185.
 - [4] 张明勇，杨波. 基于 AutoCAD 二次开发的齿轮工程图自动生成技术研究 [J]. 机床与液压，2011，39(4)：20–22.
 - [5] 汪昌成，段成龙，曾小惠. AutoCAD 的二次开发技术 [J]. 机械设计与制造，2005，(6)：59–60.
 - [6] 黄力波，刘彦伟. 矿井通风网络图 [J]. 焦作工学院学报：自然科学版，2002，21(1)：12–13.
 - [7] 杨应迪，张国枢，秦汝祥，等. 矿井通风系统平面图专用绘制软件研制 [J]. 中国安全科学学报，2008，18(4)：124–125.
 - [8] 张国枢，谭允祯，陈开岩，等. 通风安全学 [M]. 2 版. 徐州：中国矿业大学出版社，2008：85–94.
 - [9] 吴奉亮，常心坦，李龙清. 多风机通风系统的网络图自动生成 [J]. 西安科技大学学报，2006，26(3)：293–295.
 - [10] 石德乾，杨随先，吕松. 基于 ObjectARX 的焊接符号标注系统开发 [J]. 四川大学学报：工程科学版，2004，36(1)：94–97.
- (上接第 88 页)
- 对网络覆盖的影响，结合巷道的实际情况，对适合放置 AP 的 2 种方案进行了分析和比较，在实际工程和项目应用中，可提供一定的理论参考。

参考文献：

- [1] 陈湘源. 煤矿无线通信系统的现状与发展 [J]. 煤炭工程，2009(1)：62–65.
- [2] 丁恩杰，刘学瑞，黄艳秋，等. 基于 WiFi 的巷道离层和变形监测节点的设计 [J]. 煤炭科学技术，2011，39(1)：75–79.
- [3] 王伟，林锋，周激流. 无线传感器网络覆盖问题的研究进展 [J]. 计算机应用研究，2010，27(1)：32–35.
- [4] 牛春雷，杨维. 瓦斯监测层次型无线传感器网络拓扑控制机制 [J]. 煤炭科学技术，2009，37(9)：100–103.
- [5] 周公博，朱真才，陈光柱，等. 矿井巷道无线传感器网络分层拓扑控制策略 [J]. 煤炭学报，2010，35(2)：333–337.
- [6] 孙继平，唐亮，陈伟，等. 基于监测覆盖范围的瓦斯传感器无盲区布置 [J]. 煤炭学报，2008，33(8)：946–950.
- [7] 陈静. 一种基于行为的无线传感器网络覆盖优化方法 [J]. 计算机应用，2008，28(6)：1486–1489.
- [8] 刘静伟. 基于 IEEE802.11 的无线收发器在井下监控系统中的应用研究 [D]. 西安：西安科技大学，2009.
- [9] Lee Youngseok, Kim Kyungae, Choi Yanghee. Optimization of AP Placement and Channel Assignment in Wireless LANs [C]. LCN'02: Proceedings of the 27th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks, Washington, 2002: 831–836.
- [10] Alex Hills. Large-scale Wireless LAN Design [J]. IEEE Communications Magazine, 2001, 39(11)：98–104.