

## 分布式天线系统在煤矿井下的应用

孟玲玲

(中国矿业大学(北京) 北京 100083)

**摘要:** 煤矿井下的特殊性, 制约了矿井通信系统的发展。分布式天线系统(DAS)以其能够增加通信服务距离、提高资源利用率、改善无线覆盖的可靠性和高效性等特点得到越来越多的关注。本文将DAS应用到煤矿井下, 构建了适用于煤矿井下的系统结构。为了研究天线节点与汇聚节点之间距离的问题, 利用NS-2工具针对不同的距离进行模拟仿真, 结果为: 在长1000m的巷道内, 将基站放在中间的位置, 相邻的天线距离为170~180m时, 从系统的平均端到端时延、丢包率和吞吐量三方面综合考虑, 系统的性能相对较好。

**关键词:** 分布式天线; NS-2; 煤矿应用

### 1 引言

分布天线的概念最早由R.A. Isberg, P.E., James C. Cawley, Robert L. Chufo在1982年提出, 以用来测量煤矿井下无线信号衰落。Saleh A, Rustako A, Roman R.最早在室内环境下提出DAS (Distributed Antennas System 分布式天线系统), 并利用泄漏同轴电缆广播信号以解决室内无线通信的覆盖问题。分布式天线系统 (Distributed Antennas System, DAS) 是指通过光纤、电缆或无线传输方式将多个天线统一连接到基站而组成的系统<sup>[1]</sup>。经国内外学者研究发现, 分布式天线可以对抗多径衰落和补偿阴影衰落<sup>[2]</sup>, 改善接收信号的质量, 提高系统容量。

目前已经有500多家煤矿采用PHS无线通信技术, 2004年6月, 神华神东上湾煤矿安装了小灵通井下无线通信系统, 平均每800m设一基站, 井下信号覆盖为36km, 共安装井下防爆基站35个<sup>[3]</sup>。大量的基站必将导致成本的上涨和管理的困难, 因此, 考虑将基站处理单元和天线分开, 天线保留有最少的硬件单元, 而将大部分的信号处理部分集中在基站, 用一个基站控制多个天线单元, 由此引出分布式天线系统在煤矿井下的应用。

### 2 分布式天线系统在煤矿井下的应用

适用于煤矿井下分布式天线系统的结构。

#### (1) 信源选择

井下无线通信分布系统有两种可行的信号接入方式: 微蜂窝接入和直放站接入<sup>[1]</sup>。表1是两种接入方式的比较。

表 1 微蜂窝和直放站接入方式的比较

接入方式	特点
微蜂窝接入	设备体积小，安装简单灵活，可快速解决热点地区的容量与覆盖问题； 无须改变网络结构； 可明显提高系统容量。
直放站接入	设备价格低、配套要求低； 建设周期短、使用灵活 没有基带处理电路，不解调无线信号，仅仅是双向中继和放大无线信号。 易造成对其他基站的干扰

考虑到煤矿井下的实际需求，信号接入方式选用微蜂窝接入。

(2) 分布方式的选择

分布天线的特点在于“分布”，通过大量的低功率天线分散安装在井下，全面解决覆盖问题。常用的信号分布式方式及其特点见表2。

表 2：常用的信号分布方式

分布方式	特点
无源分布方式	通过无源器件和天线、馈线，将信号传送和分配到室内所需环境，以得到良好的信号覆盖。
有源分布方式	通过有源器件(有源集线器、有源放大器、有源功分器、有源天线等)和天馈线进行信号放大和分配。
光纤分布方式	主要利用光纤来进行信号分布。适合于大型和分散型室内环境的主路信号的传输。
泄漏电缆分布方式	信号源通过泄漏电缆传输信号，并通过电缆外导体的一系列开口，在外导体上产生表面电流，从而在电缆开口处横截面上形成电磁场，这些开口就相当于一系列的天线起到信号的发射和接收作用。

考虑到煤矿井下特殊的电磁环境和防爆要求，信号分布方式选择无源接入方式。

根据井下的环境特点和信号覆盖要求，从实际情况出发，本文提出：距离短的直巷道可以用基站进行直接覆盖；长直巷道中可以采用微蜂窝+分布天线+无源系统来进行覆盖；弯曲巷道中采用微蜂窝+泄露电缆分布系统来完成覆盖问题。

在长直巷道中，分布式天线系统如下：

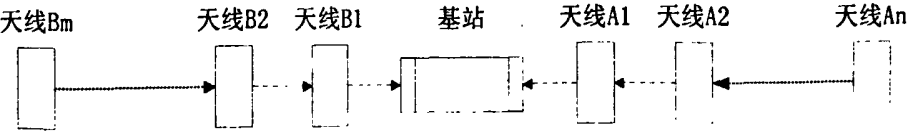


图 1 长直巷道中分布式天线系统示意图

### 3 NS-2体系概述

#### 3.1 NS-2简介

NS-2 (Network Simulator, version2) 是一款面向对象的网络仿真软件, 最初由加州大学伯克利分校 (UC Berkeley) 开发, 它开放源代码, 任何人可以获得、使用和修改其源代码。NS-2采用分裂对象模型的开发机制, 采用C++和OTcl两种开发语言进行开发, 它们之间采用TclCL进行自动连接和映射。为了减少分组和事件的处理时间, 事件调度器和数据通道上的基本网络组件对象都使用C++编写, 这些对象通过TclCL映射对OTcl解释器可见<sup>[4]</sup>。

#### 3.2 NS-2仿真过程

仿真过程一般分为三个部分:

(1) 修改源代码: 如果NS-2提供的模拟Tcl脚本不能满足实际仿真的需要, 需要利用NS-2来实现其本身不能实现的功能, 此时需要修改源代码。由于NS-2是用C++和OTcl两种语言编写的, 所以在修改源代码的同时, 要修改相应的OTcl代码。

(2) 编写Tcl/OTcl脚本: Tcl (Tool Command Language) 是一种解释型的可扩展脚本语言, 由脚本语言和相应的解释器组成<sup>[5]</sup>。主要是创建模拟器对象、设置跟踪文件、创建网络拓扑结构、设置代理和应用层协议、设置节点事件和时间的对应关系、执行模拟等。

(3) 模拟结果分析: 当仿真完成以后, 可以使用动画演示工具NAM将整个仿真过程展示出来。同时NS-2将会产生一个或多个文本格式的跟踪 (trace) 文件, 文件中的数据可以用AWK语言进行下一步的分析处理。

### 4 煤矿井下分布式天线系统的仿真

#### 4.1 模型设置

采用分层路由机制, 属于有线/无线网络。如图2所示

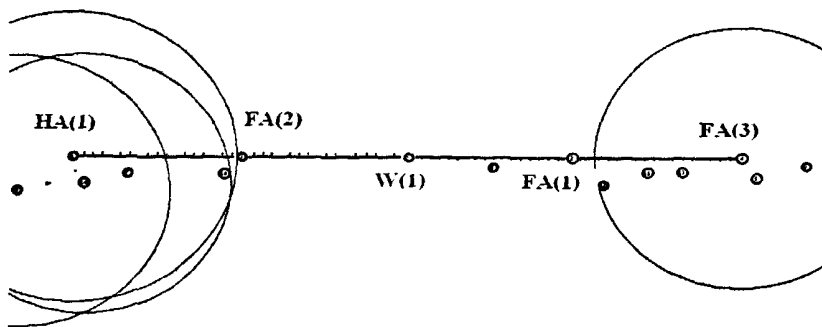


图 2 Nam 演示模拟过程

拓扑区域：1000m\*50m

1个有线节点：W（1），同时也是汇聚节点（sink）。

14个无线节点：HA(1)（Home Agent）、FA(1)（Foreign Agent）、FA(2)、FA(3)、node\_（0）、node\_（1）.....node\_（9）。节点HA1、FA(1)、FA(2)、FA(3)连接有线网络和无线网络，不能够移动。另外 10个无线节点在拓扑为1000m\*40m的区域内运动，运动的轨迹和速度是随机生成的，同时发送CBR（固定比特率）数据流，发送时间也是随机的，每个节点的通信距离是100m。

4.2 NAM动画演示

NS-2可以通过Nam工具对整个模拟过程进行动画演示。Tcl脚本运行完毕后，模拟过程将以可视化的方式（如图2所示）显示出来。

4.3 天线与基站之间距离的模拟与分析

图2中sink节点（W(1)）位于（500，50），相邻节点间的距离是相等的，通过改变它们之间的距离，可以得到不同的丢包率、平均端到端时延和网络吞吐量。如图3、图4、图5所示。

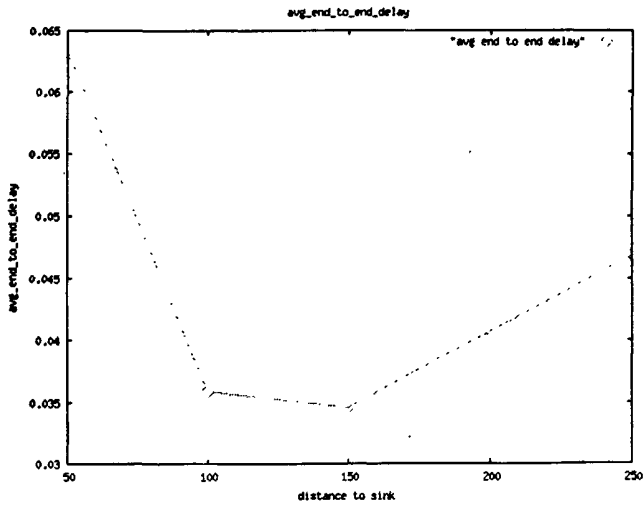


图 3 不同距离下的丢包率

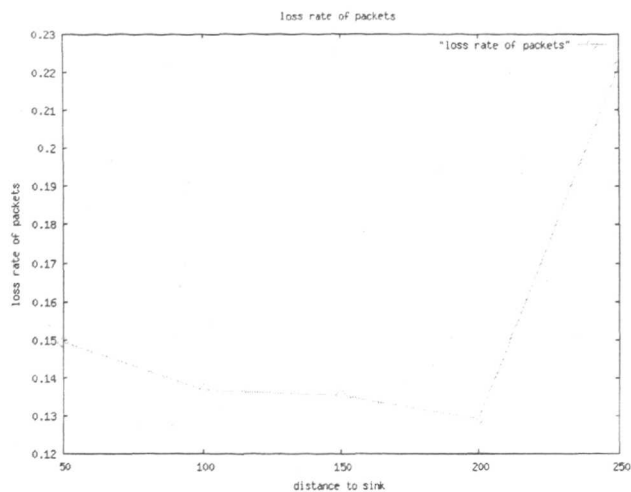


图 4 不同距离下的平均端到端时延

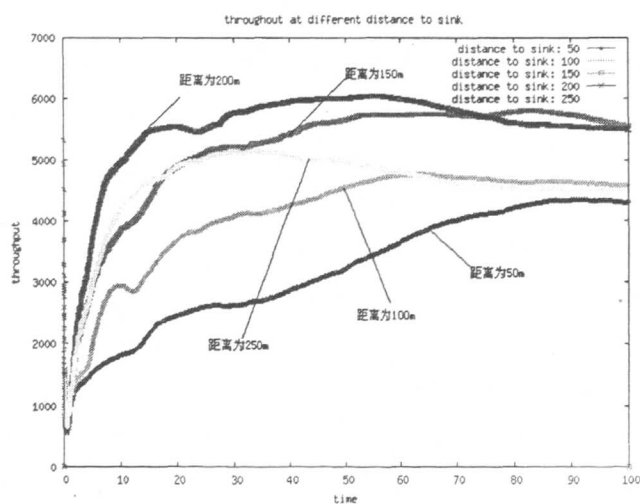


图 5 不同距离下的网络吞吐量

根据前面三幅图我们可以得出这样的结论：当距离sink节点150m~200m的时候，从系统的平均端到端时延，丢包率和吞吐量三方面考虑，系统的性能相对较好。

为了得到更精确的数据，将距离分别设置成160m, 170m, 180m, 190m进行下一步的仿真。

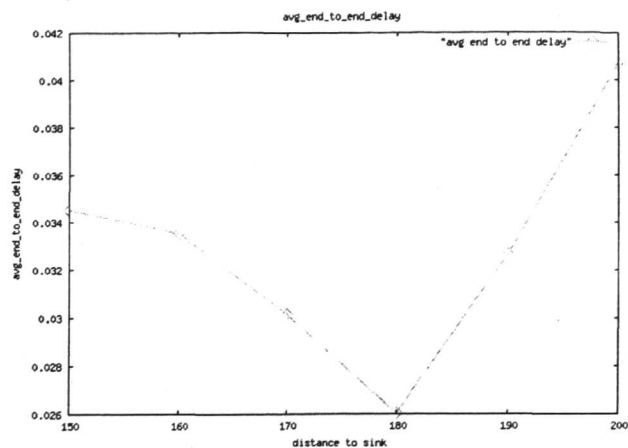


图 6 平均端到端时延

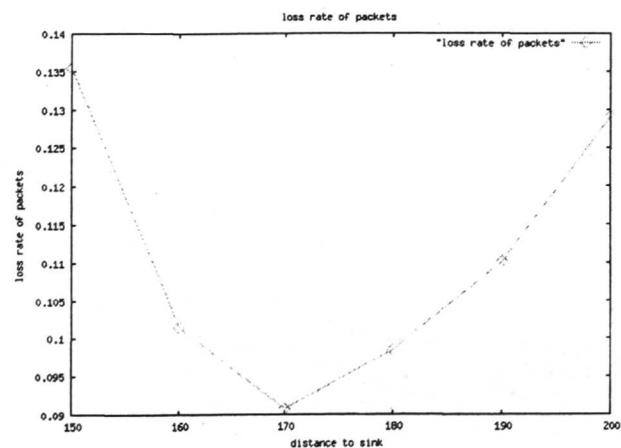


图 7 丢包率

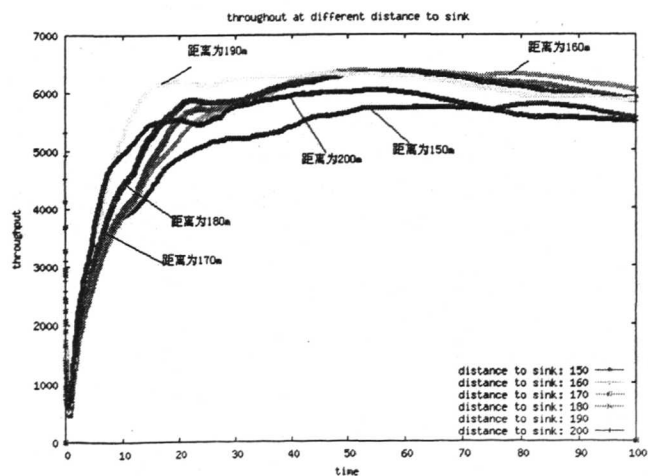


图 8 吞吐量

根据前面三幅图我们可以得出这样的结论：当距离sink节点170m~180m的时，系统的性能相对较好。

距离为170m时：总发包151157个，丢失13724个，丢包率为0.090793，平均端到端时延为0.030165

距离为180m时：总发包150608个，丢失14829个，丢包率为0.098461，平均端到端时延为0.026040

## 5 结论

分布式天线系统能够对抗多径衰落获得分集增益，补偿阴影衰落，增加频谱利用效率，减少对其他系统的干扰，应用到井下将有巨大的实用价值。本文针对这一创新性的应用，研究了信号接入方式和分布方式，并且根据井下地理位置的不同，提出了适用于煤矿的分布式天线系统。另外，研究了NS-2仿真软件，通过对提出的方案进行模拟，得出了在特定区域内分布式天线与汇聚节点之间较佳的距离，同时得出这一方案适用于煤矿井下、并且将提高无线通信可靠性和高效性的结论。

### 参考文献：

- [1] 唐苏文，陈明. 分布式天线系统的功率有效性分析[J]. 通信技术，2009，3(42)，30
- [2] 刘彤，贾世楼，张林波. 分布式天线无线通信系统性能分析[J]. 哈尔滨工程大学学报，2005，26(3)，391
- [3] 刘东明，刘保和. 井下无线通信系统在神东矿区的应用[J]. 陕西煤炭，2007.3，61
- [4] 贺爱萍. PHS 无线通信系统在煤矿井下的应用研究[硕士论文]. 辽宁工程技术大学. 2008
- [5] 方路平，刘世华 陈盼 郭笋 陈小乐. NS-2 网络模拟基础与应用[M]. 国防工业出版社，北京，2008

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>





## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>