

山区无线信道现场测量技术及应用

冯菊香^{1,2}, 温世成³, 周景林³, 赵利¹

(1. 桂林电子科技大学, 广西 桂林 541004;

2. 广西玉林师范学院, 广西 玉林 537000;

3. 桂林市青狮潭库区管理站, 广西 桂林 541003)

摘要: 根据山区无线信道特征, 提出了无线信道测试的方案和基本测试方法, 并结合桂林市某山区通信系统无线信道的实地勘察设计, 论证了方案的可行性和科学性。

关键词: 无线信道; 信道测试; 传输损耗

中图分类号: TN919.72

文献标识码: A

Field measurement techniques and application of wireless communication channel in the mountains

FENG Ju Xiang^{1,2}, WEN Shi Cheng³, ZHOU Jing Lin³, ZHAO Li¹

(1. Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China;

2. Yulin Normal University, Guangxi, Yulin 537000, China;

3. Qingshitian Management Station of Guilin, Guilin 541003, China)

Abstract: This article puts forward testing program and the basic test method of wireless field strength in accordance with the characteristics of wireless channel in mountains, and combined communication systems in a mountainous area of the field survey and design wireless channel in Guilin, and demonstrated the feasibility and scientific of the program.

Key words: wireless communication channel; communication channel test; transmission loss

随着山区旅游资源的开发以及村村通工程建设, 山区通信显得尤为重要, 但山区人员稀少, 地形复杂, 考虑到铺设条件和经济成本等因素, 采用无线通信是解决山区通信难的一种有效的办法。而无线通信也存在信道特征复杂的问题, 随机衰落是其主要特点。因此, 对山区无线信道进行勘察设计显得尤为重要。目前计算或测量路径传播损耗常用的方法主要有: 利用电波传播损耗预测模型进行理论计算; 利用地形地物特征进行仿真分析; 运用场强仪进行电场强度现场测试等。所有这些方法中, 运用场强仪测试电场强度是最直接的一种方法。

1 山区无线信道的特征

一个无线通信系统质量的好坏, 在很大程度上取决于无线信道传输质量的好坏^[1]。无线通信靠的是无线电波的传播, 由于山区山高林密, 地形复杂, 有高山阻挡, 无线电波传播环境复杂, 在传播时既可能有直射波, 也可能产生大量的反射波、折射波、散射波和绕射波等, 将

引起较大的传输损耗以及传输信号的随机衰落, 使信号衰落起伏大, 场强分布不均匀, 甚至出现信号盲区。为了减小无线电波传播损耗, 保证无线通信的质量, 确保无线电波发射的业务覆盖服务区和电波传播的可靠程度, 在山区无线电波频段一般采用甚高频(VHF), 但因受频谱资源限制, 也采用超高频(UHF)的低频段。同时, 因传播环境不断变化, 电磁波在无线信道中传播会存在多种传播机制, 这使得接收端信号的幅度、频率和相位等均可能处于一种不断变化、极不稳定的状态之中^[2]。因此, 在无线链路设计过程中, 需要预留相当的衰落余量。

2 无线信道测试的方案

要做好山区通信系统无线信道的勘察设计, 必需对无线传输的路径损耗进行现场测试。

2.1 测试工具选择

采用日本安立公司 MS2711D 测试仪 1 台、日本日精公司 ND889A 专业数传电台 2 台、佛山市健博通电讯实

网络与通信 Network and Communication

业有限公司 TQJ-230c 全向天线及馈线等。

MS2711D 测试仪是一款便携式频谱分析仪,具有工作频段宽、灵敏度高、噪声底电平低的特点。

ND889A 电台工作在 UHF 频段上,收发机均采用最先进的 FET 低噪声放大电路,发射功率大,接收灵敏度高,数传误码率低,带有 RSSI 电平指示输出。

2.2 测试方案示意图

测试方案示意图如图 1 所示。

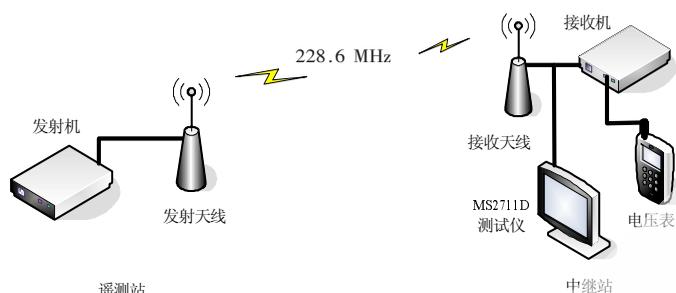


图 1 测试方案示意图

图中的发射机和接收机使用的是 ND889A 电台, ND889A 电台工作在 228.6 MHz 的频段上,发射天线和接收天线采用 TQJ-230c 全向天线。发射机把射频信号由发射天线发射到空中,接收机通过接收天线接收到信号后,通过机内 RSSI 检测器输出相应的电压值,再由电压表测量并换算得到相应的接收信号电平,同时可以通过连接到接收天线上的 MS2711D 测试仪直接测出接收信号的强度。

2.3 基本测试方法

无线信道传输性能的测试方法很多,可以采用频谱分析仪实测信号功率电平,客观推算路径传输损耗;可以监听接收信号质量主观评价;也可以用 ND889 数传电台自带的接收信号强度指示来参考比较,全面测定无线信道的传输性能。

2.3.1 路径传输损耗测量

假设发射功率为 P_t (dBm),发射天线增益为 G_t (dB),发射端天馈损耗为 L_t (dB),接收灵敏度为 S_r (dBm),接收天线增益为 G_r (dB),接收端天馈损耗为 L_r (dB)。并假设路径传输损耗为 L_M (dB),则 MS2711D 实测接收信号功率 L_S 为:

$$L_S = P_t + G_t - L_t + G_r - L_r - L_M \quad (1)$$

因此,实测的该路径传输损耗 L_M 为:

$$L_M = P_t + G_t - L_t + G_r - L_r - L_S \quad (2)$$

进一步地,该路径的衰落余量 L_f 为:

$$L_f = L_S - S_r \quad (3)$$

2.3.2 接收信号监听以及主观评价

在给定测试环境下,监听接收机输出音频的语音质量,加以主观评定,确定优、良、中、差、劣 5 个等级,用以主观评定通信质量的优劣。主观评定依据如表 1

所示。

表 1 主观评定依据

主观评定等级	评定依据
优	清晰,无噪音
良	清晰,稍有噪音
中	清晰,有噪音
差	能听清,噪音大
劣	无法听清,噪音大

2.3.3 接收信号强度测量

利用 ND889A 电台自带的接收信号强度指示 (RSSI) 可以作为通信质量的近似参考。RSSI 以直流电压方式输出,接收信号强度在 $0 \mu\text{V} \sim 500 \mu\text{V}$ 变化时输出直流电压范围约为 $0.5 \text{ V} \sim 2.5 \text{ V}$,强度与电压近似关系如表 2 所示,可用电压表方便地测量。

表 2 接收信号强度与 RSSI 信号的关系

序号	接收信号强度/ μV	RSSI 信号电平/V	RFSK 输出信号信噪比/dB
1	0	0.58	/
2	0.18	0.77	4
...
17	300	2.23	30
18	500	2.30	30

2.3.4 测试方法分析

路径传输损耗测量较为精确,测试数据可作为主要依据;接收信号强度测量较为粗糙,其结果具有一定参考价值;接收信号监听以及主观评价更为粗糙,仅供对比和参考。因此,测试方案以路径传输损耗测量为主,参考对照接收信号监听以及主观评价和接收信号强度测量,通过多种手段测量信道的通信质量,从主观和客观两个方面评价信道性能。

3 工程应用实例及分析

3.1 测试环境

桂林市某水库总库容约 6 亿立方米。水库流域呈扇形,流域内河道狭窄,坡降陡,山高林密,植被茂盛,属山区河流,河床坡降 5‰。测试时间为中午,晴天气候条件;采用全向天线,测试频率 228.6 MHz;测试仪采用日本安立 MS2711D,工作频段为 0~3 GHz,噪声底电平为 -135 dBm ^[3]。日精 ND889 电台和天线的参数^[4]如表 3 所示。

表 3 收发机和天线的基本参数

日精 ND889 电台	发射功率	25 W (44 dBm)
	接收灵敏度	$0.25 \mu\text{V} (-119 \text{ dBm}) @ 12 \text{ dB SNR}$
$P_e = 10^{-7} @ 2.4 \text{ Kb/s}$ 要求接收信号强度		优于 -105 dBm
TQJ-230c 天线	全向天线增益	8.5 dB
	天线高度	8 m
	天馈系统总损耗	2.4 dB

3.2 通信站点的初选

对山区来说,选择的通信站址既要能满足观测需要又要能满足无线数据传输需要,站址的选择对网络覆盖

网络与通信 Network and Communication

范围的作用非常大^[5]。考虑到库区的地形以及站点分布,该系统必须采用无线中继方式,才能实现有效覆盖。中继站选择距离市区较近海拔 900 m 的一个山顶,建站条件好,便于维护,天线高度达 8 m。从经济情况出发遥测站尽可能利用现有建筑物,因此选择在现有的观测站附近,地势较高,通信方向无障碍物阻挡,维护方便。

3.3 数据分析

某通信站到中继站接收信号强度采用 MS2711D 频谱仪测试的数据如图 2 所示。

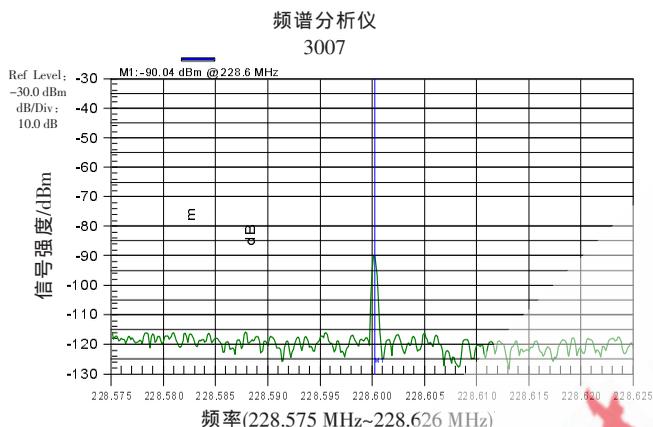


图 2 测试时接收的信号强度数据图

由图 2 可知,实测的接收信号功率 $L_S = -90.04$ dBm, 则其传输损耗可由式(2)计算如下:

$$\begin{aligned} L_M &= P_t + G_t - L_t + G_r - L_r - L_S \\ &= 44 + 8.5 - 1.2 + 8.5 - 1.2 + 90.04 = 148.64 \text{ (dB)} \end{aligned}$$

3.4 无线链路设计与分析

3.4.1 设计考虑

在数传电台选定的情况下,站点选址与天线配置必须考虑数传系统对通信链路质量的要求以及信道的衰落。系统总体方案中要求误码率优于 10^{-5} @2 400 b/s, 而国家技术规范要求通信电路余量为 5 dB, 考虑到库区地形复杂,通信条件恶劣,历来信道衰落严重,因此必须增大设计余量。本设计方案对山地复杂和重要站址设计要求通信电路衰落储备必须不低于 10 dB, 而一般条件站点通信电路衰落储备不低于 5 dB, 接收信号强度必须大于 105 dBm, 以保证数据链路的通信成功率为 98% 以上, 配合系统信道编码技术, 可保证全年全季节数据通信的畅通率达到 99.9%。

3.4.2 链路设计与分析

发射机和接收机均采用日精 ND889A 专业数传电台, ND889A 电台工作在 230 MHz 的频段上, 发射天线采用 6.5 dB 的定向天线, 接收天线采用 8.5 dB 的全向天线。根据公式(1), 可计算出接收端信号功率

$$\begin{aligned} L_S &= P_t + G_t - L_t + G_r - L_r - L_M \\ &= 44 + 6.5 - 1.2 + 8.5 - 1.2 - 148.64 \\ &= -92.04 \text{ dBm} > -105 \text{ dBm} \end{aligned}$$

可见, 满足通信误码率优于 10^{-5} @2 400b/s 的指标要求

根据公式(3), 可计算出信道的衰落余量

$$L_f = L_S - S_r = -92.04 + 105 = 12.96 \text{ dB} > 10 \text{ dB}$$

其中, S_r 是相对于满足 10^{-7} @2.4 Kb/s 要求的接收信号功率。可见, 满足了通信电路衰落储备不低于 10 dB 的指标要求。

3.4.3 现场工程验证

根据上节站点选址、天线配置以及无线信道设计方案, 进行现场工程验证, 所测试的接收信号强度数据如图 3 所示。

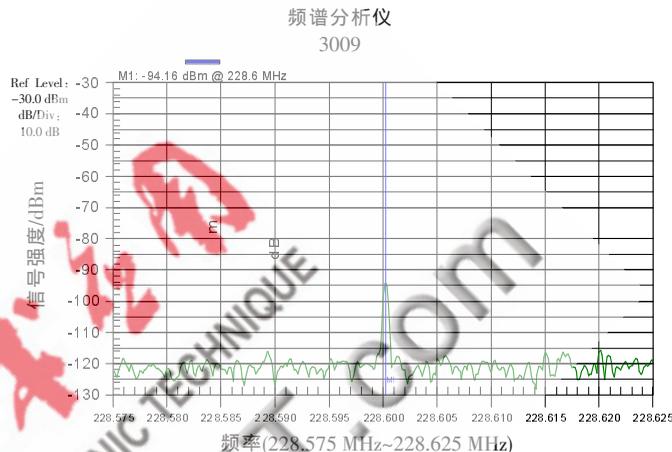


图 3 工程验证接收信号强度数据图

由图 3 可知, 实测接收信号功率为 -94.16 dBm, 与链路设计结果基本相符。同时, 通过接收信号监听以及主观评价方法测试, 语音质量达到优质; 通过接收信号强度测量方法测试, ND889 电台自带的接收信号强度指示 (RSSI) 信号输出为 1.75 V, 相当于接收信号电平 $30 \mu\text{V}$ 。现场测试结果表明, 该设计完全满足系统性能要求。

本文采用 MS2711D 频谱仪, 以测量路径传输损耗技术为主, 辅以接收信号质量监听和数传电台 RSSI 为参考, 对山区无线信道现场的测量技术方案进行了分析和工程验证, 通过多种手段从主观和客观两个方面评价无线信道的性能, 完成了无线链路的设计分析与验证工作。实践表明, 该技术简单、方案可行、成果有效, 具有一定的工程应用价值。

参考文献

- [1] 樊昌信, 张甫翊, 徐炳祥, 等. 通信原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004: 65-84.
- [2] 郭梯云, 邬国扬, 李建东. 移动通信[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006: 94-132.
- [3] 安立公司. Spectrum Master MS2711D 频谱分析仪操作说明书. 2003.
- [4] 日精电子工业株式会社. 日精 230 MHz 专业数传电台 ND886A/ND889A 用户操作说明书. 2004.
- [5] 周成国, 范玉山, 赵修涛. 基于 GIS 技术的沂蒙山区无线通信基站选址与网络优化[J]. 城市勘测, 2005(6): 13-15.

(收稿日期: 2009-07-13)