

隧道内数字电视信号覆盖方式比较分析

戴懿贺 夏秀靖 章丽君

(上海东方明珠广播电视研发中心, 上海 200120)

摘要 为解决隧道内数字电视信号的覆盖问题,可以采用天线方式和泄漏电缆方式,文中对这两种方式进行了理论分析和实际测试比较,并介绍了两种方式各自的优缺点和适用场合。

关键词 数字电视 隧道覆盖

中图分类号: TN949.197 文献标识码: B 文章编号: 1006-8961(2007)10-1693-03

The Comparison and Analyze of the Coverage Resolution of Digital Television in Tunnel

DAI Yi-he, XIA Xiu-jing, ZHANG Li-jun

(Shanghai Oriental Pearl TV & Broadcasting R&D Center, Shanghai 200120)

Abstract In order to solve the coverage problem of digital TV in tunnel, we can adopt the antenna or radiating cable. In this paper we made comparison between the two modes according to theoretical and practical test. We also introduced the advantage and disadvantage based on the two modes, and suitable application of each one.

Keywords digital television, tunnel coverage

1 引言

随着公交移动电视的不断发展,地面的信号接收质量在不断地提高,但车辆一进入隧道就会出现信号中断,严重影响了节目收看的连续性。为了提升移动电视运营商的品牌,解决隧道内信号覆盖一直是数字电视网络覆盖的关键问题。

解决隧道覆盖的常用方法有两种:即天线模式和泄漏电缆模式。本文利用上海某隧道的数字电视覆盖工程,分别对这两种模式进行试验并加以比较,提出这两种方式的各自优缺点,为不同的应用提供理论依据。

2 覆盖方式的比较与分析

2.1 天线方式

采用同轴馈电无源分布式天线进行隧道覆盖是

一种可选的方式,这种覆盖方案设计比较灵活、价格相对低、安装较方便。同轴电缆的馈管衰减较小,天线的增益的选择主要是取决于安装环境的限制,在不受安装条件限制的情况下,可选用增益相对高的天线,覆盖效果更为理想。采用这种模式最简单的覆盖方式是利用单副定向天线对隧道进行覆盖,这种方案对较短的隧道是一种成本最低的解决方案。

无线电波在自由空间的传播损耗^[1]为

$$L_a = 32.45 + 20\lg f + 20\lg d \quad (1)$$

其中, L_a 为自由空间损耗(单位为dB), f 为频率(单位为MHz), d 为距离(单位为km)。自由空间是指在理想的、均匀的、各向同性的介质中传播,其中电波不发生反射、绕射、散射和吸收等现象,因此式(1)只能得到覆盖理论上的最优值。显然在隧道中传播时具有隧道效应,信号传播是墙壁反射与直射的结果,直射为主要分量。华为公司基于ITU-R建议,根据试验数据对传播模型进行了修正,得出了简单实用的隧道传播模型,用来进行隧道覆盖设计。

收稿日期:2007-07-16;改回日期:2007-07-25

第一作者简介:戴懿贺(1975~),男,工程师。2006年于上海交通大学获工学硕士学位。主要研究领域为无线电波的传播与覆盖。

E-mail: adai@opg.cn

该传播模型^[1]为

$$L_{\text{path}} = 20\lg f + 30\lg d - 28 \quad (2)$$

其中, L_{path} 为路径损耗, 单位为 dB, f 为频率, 单位为 MHz, d 为距离, 单位为 m。

表1为自由空间损耗与隧道模型损耗对比, 根据上述计算, 在采用华为模型计算得出, 在2km处隧道信号衰减约为128dB。

表1 自由空间和隧道内的传输损耗

Tab.1 Transmission loss of free space and tunnel

	距离(km)										
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	
自由空间 损耗(dB)	76	82	85	88	90	91	93	94	95	96	
隧道模型 损耗(dB)	98	107	113	116	119	122	124	125	127	128	

用下式计算可以得到直放站的输出功率。

$$P_r = P_t + G_t + G_r - \eta - L \quad (3)$$

其中, P_r 为接收功率(单位 dBm), P_t 为发射功率(单位 dBm), G_t 为发射天线增益(单位为 dBi), G_r 为接收天线增益(单位为 dBi), η 为馈线损耗(单位为 dB), L 即传输损耗(单位 dB)。

已知 G_t 为6dBi, G_r 为0dBi, η 为1dB, 数字电视 DVB-T 成功覆盖的要求是信号强度大于 -80dBm^[2]。根据上述公式计算得到: 当直放站输出功率 P_t 为43dBm时, 使用天线方式能够完成隧道内2km的覆盖。

利用上述方式对上海某隧道进行实地试验, 由于该隧道是非常繁忙的路段, 经过测试发现夜间的车流密度小, 因此覆盖效果与华为模型预测非常近似, 然而在车流密度大的日间, 信号空间衰减急剧上升, 大大影响了覆盖效果, 图1为各种情况下的测试比较结果。场强 ≤ -100 dBm, 仪器无法测试。

一般直放站最大输出不会大于47dBm, 由此可

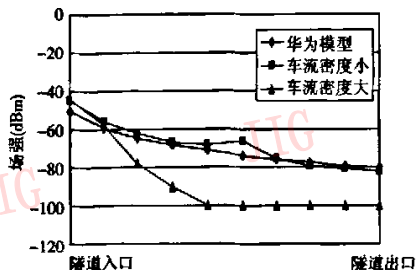


图1 某隧道天线覆盖测试数据

Fig.1 Test data of antenna coverage in tunnel

见, 在车流密度较小、长度不超过2km的隧道内, 使用单天线模式进行覆盖是最为经济的覆盖方式。在距离稍长的隧道内, 也可以使用两个直放站, 从隧道两端向中间发射信号, 完成整条隧道的覆盖。对于长度大于2km的隧道, 可以适当地增加定向天线和耦合器, 使用级联的方式进行分布才能保证覆盖质量。

2.2 漏缆方式

采用泄漏电缆来进行隧道覆盖是一种最为常用的方式, 该方式有以下优点:

(1) 可减小信号阴影及遮挡, 在地形复杂的隧道中, 若采用天线方式, 在某些区域里, 接收机与某个特定的天线之间可能会受到遮挡导致无法正常接收信号;

(2) 信号波动范围减少, 采用泄漏电缆与采用其他的天线系统相比, 隧道内信号覆盖更均匀;

(3) 可对多种服务同时提供覆盖, 泄漏电缆本身就是一种宽带系统, 多种不同的无线系统可以在同一泄漏电缆中进行共缆传输, 考虑在隧道中经常使用一些无线系统(如寻呼系统、告警系统、广播、移动电话), 因此可避免系统重复建设而造成资源浪费。

采用泄漏电缆覆盖方式的关键指标是传输损耗 L_t 和耦合损耗 L_c 。传输损耗随着频率增高而上升, 电缆半径越粗, 损耗越小。耦合损耗是频率的函数, 由于漏缆开槽的大小及间距的不同, 对于不同的频率具有不同的辐射增益。为了表示这个辐射能力, 通常使用2m处测得的信号强度统计值来表示该指标。

同样, 在上海某隧道内进行了泄漏电缆覆盖试验, 该隧道内使用安德鲁1.5/8漏缆, 型号为RCT7-CPUS-2, 在722M频段内传输损耗为2.15dB/100m, 2m处95%耦合损耗为76dB。确定漏缆的性能指标及与其他通信系统合路的指标后, 可以对覆盖效果进行估算。

泄漏电缆空间耦合损耗与距离的对应关系为

$$L_c(\text{dB}) = 76 + 10\lg(d(\text{m})/2) \quad (4)$$

整个漏缆的损耗(包括传输损耗和空间耦合损耗)的计算公式为

$$L(\text{dB}) = L_t + L_c = 2.15 \times S(\text{m})/100 + 76 + 10\lg(d(\text{m})/2) \quad (5)$$

式(5)中, S 表示漏缆的长度, d 为接收机与漏缆的距离(单位为 m)。

以下以某隧道为例进行边缘场强和近馈入点场强的理论估算,信号分别从 A,B(图 2)二口馈入,传输距离最大分别为 350m 和 600m,具体计算如表 2 所示。

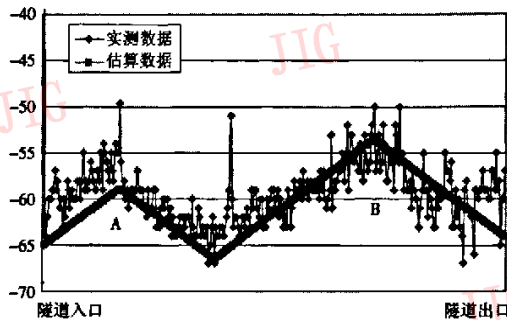


图 2 理论与实测数据比较

Fig. 2 The data comparison between theory and measurement

表 2 边缘场强计算表

Tab.2 The calculation of margin field strength

序号	参数	数值 (A 点馈入)	数值 (B 点馈入)
I	信号源输出功率(dBm)	33	38
II	漏缆末端最大传输损耗(dB)	-7.52(350m)	-12.9(600m)
III	8m 处泄漏电缆的耦合损耗(dB)	-82	-82
IV	车体阻挡(dB)	-10	-10
V	覆盖边缘场强 = I + II + III + IV (dBm)	-66.5	-66.9
VI	近馈入点的场强 = I + III + IV (dBm)	-59	-54

经过计算,该系统的覆盖边缘场强可以满足数字电视系统最低接收电平 $\geq -80\text{dBm}$ 的覆盖要求。

图 2 是上海某隧道实际覆盖场强分布图与理论计算分布的比较,图中“A”“B”两点是隧道内泄漏电缆的输入端,根据泄漏电缆的信号衰减特性,信号强度由输入端向两侧线性衰减,从图中可以看出,该隧道内采用泄漏电缆方式可以满足最低接收电平的要求,并且理论估算和实际测试结果较为接近,受隧

道内车流密度的影响较小。但由于测试车辆在隧道内无法匀速前进,图 2 中横坐标仅代表隧道内的大致位置,另外图中隧道出口处(即泄漏电缆的末端)由于隧道公司自行安装了一副发送天线,因此此处测试与理论值略有误差。

2.3 两种方式比较

通过上述分析和实践的经验,对天线和漏缆两种方式进行比较结果如表 3 所示。

表 3 两种方式的比较

Tab.3 The comparison of two resolutions

	天线方式	漏缆方式
覆盖距离	短	长
覆盖密度	不均匀	均匀
适用条件	车流密度小	无限制
建设条件	限制小	需铺设漏缆或已有漏缆
建设周期	短	根据具体条件确定
建设成本	低	根据具体条件确定

3 结 论

主要介绍了用于隧道覆盖两种方法(即天线方式和漏缆方式)的理论计算方法,同时通过对实地试验的结果进行分析,比较了两种方式不同的应用场合和覆盖效果,其中天线方式实施比较简单和经济,适用于车流密度一般的隧道使用,场强计算方法可以参考华为模型;漏缆方式的场强覆盖比较均匀,同时受车流密度的影响较小,对于地形复杂的隧道建议采用此种方式,同时如果和采用与已有的泄漏电缆共缆传输可以节约建设成本。

参考文献 (References)

1 Song Wen-tao, Luo Han-wen. Mobile Communication [M]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University Press, 1998. [宋文涛, 罗汉文. 移动通信 [M]. 上海:上海交通大学出版社,1998.]
2 Sophia Antipolis. Measurement Guidelines for DVB Systems [R]. ETSI TR 101 290 V1. 2. 1, Cedex, France; European Telecommunication Standards Institute, 2001.