

# CMMB 无线网络测试

日本芝测公司 戴闽鲁、金学广、周玉坤、小岛正人

zhou@shibasoku.co.jp

CMMB 是有我国自主知识产权的无线多媒体广播系统。截至到 2008 年底,CMMB 的网络已经覆盖了全国 40 多个重点城市,发展了超过 100 万的用户,这些数字还在不断的增加。随着 CMMB 产业链的日趋成熟和完善,不断提高的用户需求,对于建立稳定、高效的网络环境的需求也迫在眉睫。

CMMB 采用天地一体的技术。用大功率 S 波段覆盖全国大部分国土,用 U 波段地面网络实现对城市人口密集区的覆盖,利用通信网络实现上、下行通信功能。因此 CMMB 无线网络的性能是 CMMB 成功的一个决定性因素。CMMB 无线网络的测试包括以下几个方面,

- (1) 对网络规划的性能进行确认
- (2) 给运行商提供网络优化必要的基础数据
- (3) 日常的网络维护,故障查找

本文介绍 CMMB 无线网络的主要测试参数以及测试要求,并针对这些参数和测试要求,讨论 CMMB 无线网络的测试方案。

## CMMB 无线网络测试参数

### (1)RSSI (Received Signal Strength Indicator)

RSSI是接收信号的强度,在无线环境下信号的衰减是反比于距离的平方。RSSI在通信和广播网络中是网络覆盖的一个重要参数,可用mW和dBm来表示。

### (2)载噪比 C/N

载噪比 (Carrier to Noise Ratio) 又被简写成 CNR 或者 C/N。是被调制信号的信噪比。是接收到的调制载波功率  $P_c$  和接收机滤波器后噪声功率  $P_n$  的比。

$$CNR = \frac{P_c}{P_n} = \left( \frac{V_{c-RMS}}{V_{n-RMS}} \right)^2$$

$P_c$  是接收到调制载波功率

$P_n$  是接收到的平均噪声功率

$V_{c-RMS}$  是载波信号电压的平均平方根 (RMS Root Mean Square) 值

$V_{n-RMS}$  是噪声电压的平均平方根 (RMS Root Mean Square) 值  
工程上常用 dB 值来表示载噪比

$$CNR(dB) = 10 \log_{10} \frac{P_c}{P_n} = 20 \log_{10} \frac{V_{c-RMS}}{V_{n-RMS}}$$

### (3) 信噪比 SNR

信噪比 (Signal to Noise Ratio) 通常由被简写成 SNR 或者 S/N。是信号功率和背景噪声功率的比值。是系统规划的一个重要指标, 与载噪比有一定的关系。接受端具有一定的信噪比是系统解码的一个必要条件。

$$SNR = \frac{P_s}{P_n} = \left( \frac{A_s}{A_n} \right)^2$$

$P_s$  是信号的功率

$P_n$  是背景噪声的功率

在实际应用中由于信号的动态范围比较宽, 信噪比通常用 dB 来表示

$$SNR(dB) = 10 \log_{10} \left( \frac{P_s}{P_n} \right) = 20 \log_{10} \left( \frac{A_s}{A_n} \right)$$

### (4) 误码率

在数字电视中, 为了纠正在传输中的误码, 大多数系统都对原始的数据进行编码后再传送 (卷积码, LDPC 码, RS 码)。接收机在对数据进行解调后也需要对解调后的数据进行解码, 实际上用误码率来衡量解码后的数据与发射机发送的数据之间的相似度。

误码率是在解调后评价码流质量的一个参数, 它的定义为:

$$BER(\text{Bit Error Rate}) = \frac{\text{误比特数}}{\text{总比特数}}$$

如果发射机不发送特定的码流, 在接收端很难进行 BER 的分析。

在实际应用中, 常常用误块率 BLER (Block Error Rate) 来评估接解调后码流的质量。

LDPC 解码的误块率的定义为:

$$LDPC\text{-BLER} = \frac{\text{误块数}}{\text{总块数}}$$

RS 解码的误块率的定义为:

$$RS\text{-BLER} = \frac{\text{误块数}}{\text{总块数}}$$

### (5) 多径

不同的发射机的信号通过不同的方向到达接收点的接收机，由于各种反射体折射体的存在，到达信号点的时间是不一样的，这样的路径被称为多径。我们把从发射点直接到达接收点没有经过反射和折射的波形或信号称为直接波，而把从发射点经过反射和折射到达接收点的波形或信号称为延时波。

### (6) 时间延时

时间延时是不同发射机的信号之间的时间差。时间延时是一个相对的概念，是选定一个发射机的信号为基准信号，其他发射机的信号与基准发射机信号的时间差就是它们之间的时间延时。对多个发射机来讲，基准发射机不同，它们之间的时间延时可能会不同。

通常情况下，都是靠调整各个发射机内的延时器来抵消这种时间延迟的影响。图 1 从原理上解释了这样一个方法（为了简化说明，我们仅仅考虑发射机主径）。

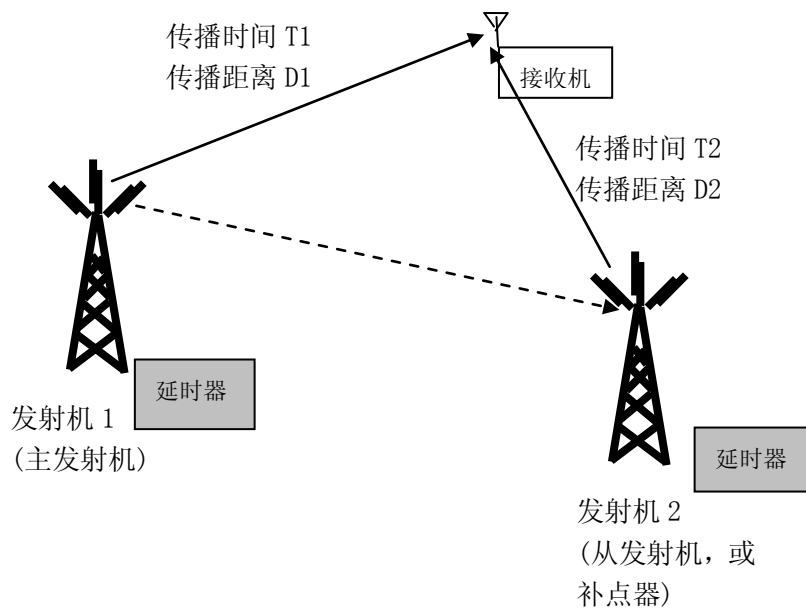


图 1 发射机同步的调整

图 1 中，从发射机 1 到接收端的传播距离  $D_1$  > 从发射机 2 到接收端的传播距离  $D_2$ 。这样从发射机 1 到接收端的传播时间  $T_1$  > 从发射机 2 到接收端的传播时间  $T_2$ 。如果这时

$$T_1 - T_2 > GI \text{ (保护间隔)}$$

则需要在调整发射机 2 延时器的相对延迟时间  $T_{off}$  (Time Offset) 使得

$$T_1 - (T_2 + T_{off}) < GI。$$

这样的调整就保证了从发射机 1 和发射机 2 发出的信号到达接收点的时间差在时间的保护间隔内。

(7) MER

是直接测量调制质量的一个参数，可以理解为数字调制信号的信噪比，它表示为

$$\text{MER(dB)} = 10 \lg \frac{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \bar{I}_j^2 + \bar{Q}_j^2}{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N [(I_j - \bar{I}_j)^2 + (Q_j - \bar{Q}_j)^2]}$$

在这里 N 是符号的个数， $\bar{I}_j$ ， $\bar{Q}_j$  分别是理想点的实部和虚部。 $I_j$ ， $Q_j$  是本次测量值的实部和虚部。

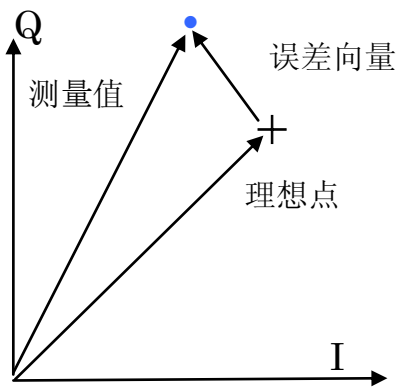


图 2 调制误差率

图 2 是调制误差率原理图。

在计算 MER 时，测量点的样本数 N，影响最终的计算结果。

- (1) 当样本数较小时，可以观察到瞬时结果（突发脉冲、漂移等影响）。
- (2) 当我们的样本数选取足够大时，星座图中符号出现概率应该接近相同，可以使得 MER 的计算有一个稳定的变化。

这个测量的结果是比例与  $1/N$  的。即 10000 个样本的结果的稳定性将是 100 个样本稳定性的 10 倍。

在用 MER 来评价调制质量时 MER 值愈大，则调制质量愈好。调制方式不同，评价 MER 的阈值也不同，对 BPSK，QPSK，16QAM，32QAM，64QAM，256QAM 等调制方式来说，在评价他们调制质量的 MER 值是递增的。

(8) EVM

EVM 是实际发射信号与完美理论信号间偏差。在系统监测是 EVM 也是非常有效的参量，可以从整体上分析信号调制质量，了解信号和接收机性能，功效的非线性、滤波器、VCO 中的相位噪声及调制器。整体质量都影响 EVM 值的变化。它

的计算公式 
$$\text{EVM \%} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N [(I_j - \bar{I}_j)^2 + (\theta_j - \bar{\theta}_j)^2]}{|V_{\max}|} \times 100\%$$

在这里 N 是符号的个数， $\bar{I}_j$ ， $\bar{Q}_j$  分别是理想点的实部和虚部。 $I_j$ ， $Q_j$  是本次测量值的实部和虚部。 $V_{\max}$  是在星座图上功率最大的理想点的值。

图 3 给出了 EVM 的定义：

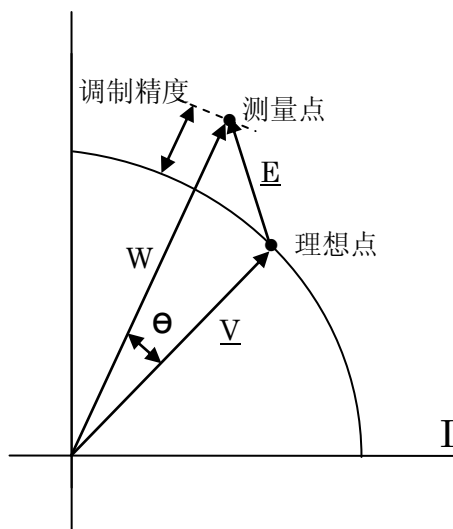


图 3 EVM 的定义

这里

V 是理想点的向量

W 是测量点的向量

W-V 是幅值误差

$\theta$  是角度误差

E=W-V 是误差向量

EVM=E/V (EVM 通常给出归一化的数值，%)

角度误差 (Phase Error) 为

$$\text{PhaseError} = \arctg \frac{\theta}{I} - \arctg \frac{\theta_j}{I_j}$$

## CMMB 无线网络测试测试仪基本功能

CMMB 网络运营商希望高效的建设网络，比如他们希望高质量的信号尽可能的覆盖，使用最少的发射机来降低成本。发射机的覆盖范围通常使用传播模型来

模拟,但是对于实际情况有些不同。对于实际覆盖情况需要使用路测仪进行测试。特别是数字广播网络,信号质量不只取决于信号强度,也包括 MER, SNR 等测量参数。在实际网络建设中,运营商为了减少发射机数量和增加小区间无缝切换,大部分都采用了单频网。在单频网的测试中,各个发射机的相对时延及其强度的测量是必要的。日本芝测公司推出的 TX701A 提供了 CMMB 测量功能,可实现多频网和单频网的路测功能。

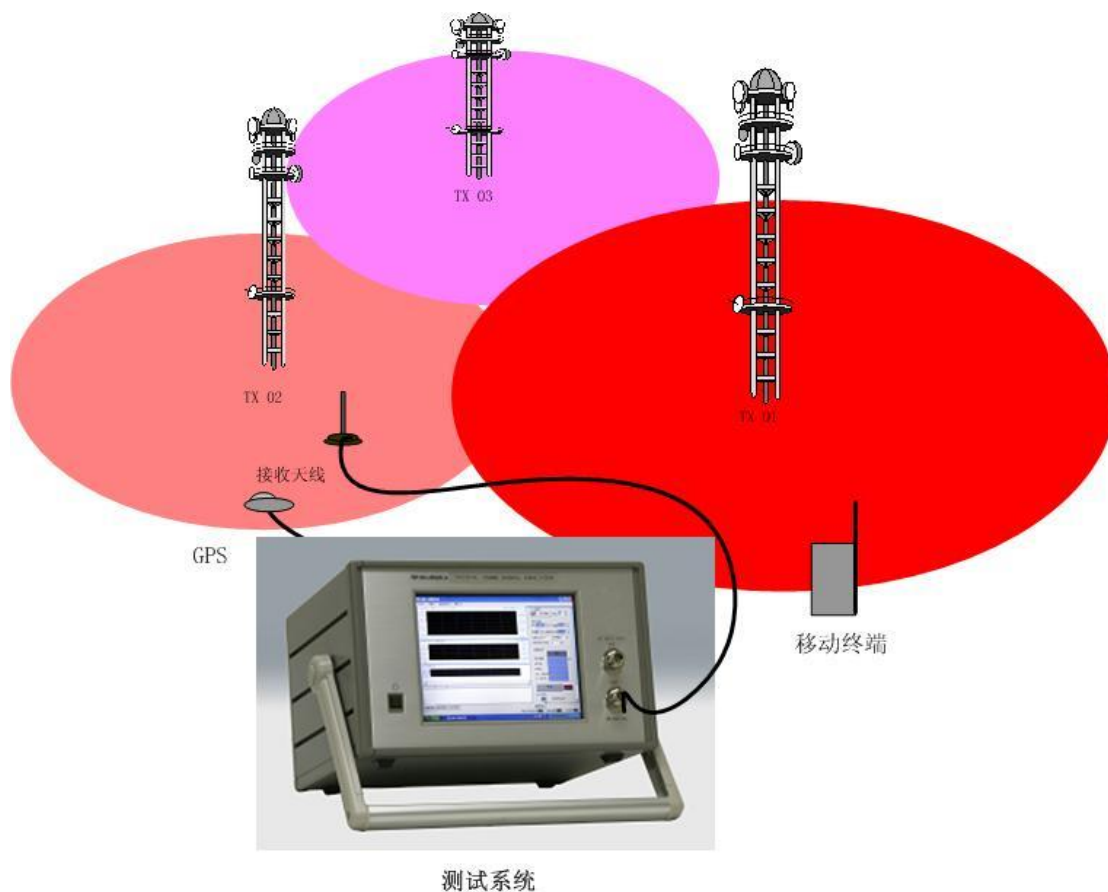


图 4 TX701A 测试示意图

TX701A 路测系统由 GPS, 接收天线和 TX701A 组成, 如图 4 所示。TX701A 具有如图 5 的功能。结合 GPS, 这套路测系统提供了基于地理信息的测试参数的显示。

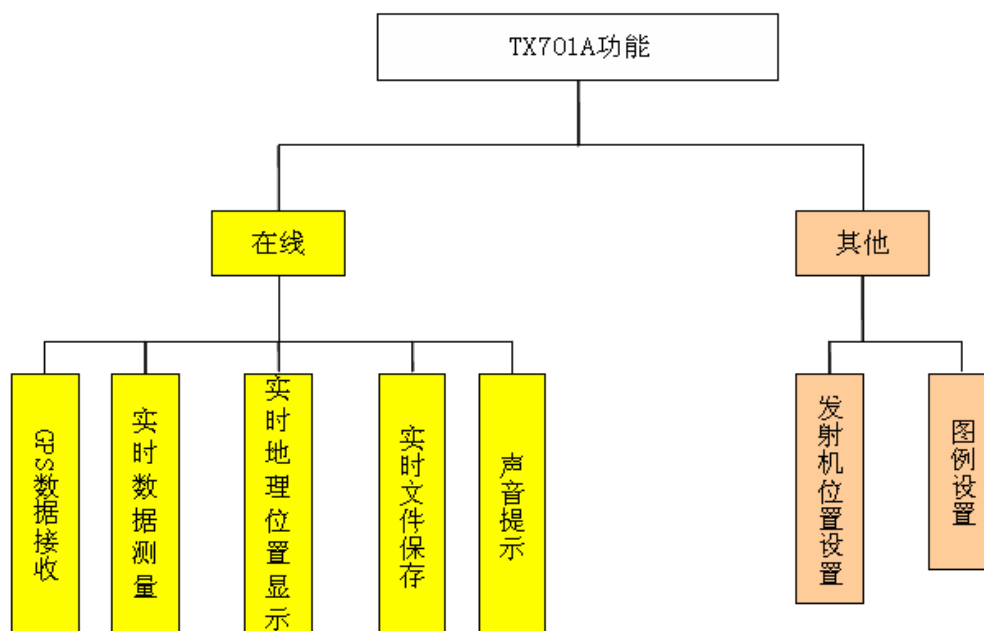


图 5 TX701A 功能框图

TX701A 路测系统可以实时记录基本物理参数测量（如图 6），在地图上实时或者综合显示信号覆盖情况（如图 7），实时数据测量主要针对于测试现场的实际数据测量包括星座图测量（如图 8）和时延测量（如图 9），在时延测量中可以直观的观察每个发射机的相对时延和相对强度，对实时分析和调整单频网提供依据。TX701A 还提供数据统计功能（如图 10），为运营商网络整体覆盖情况提供依据。

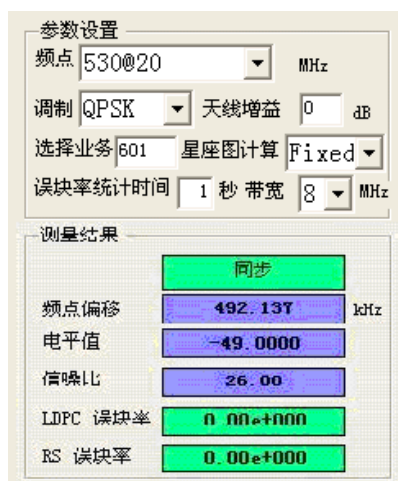


图 6 实时数据测量

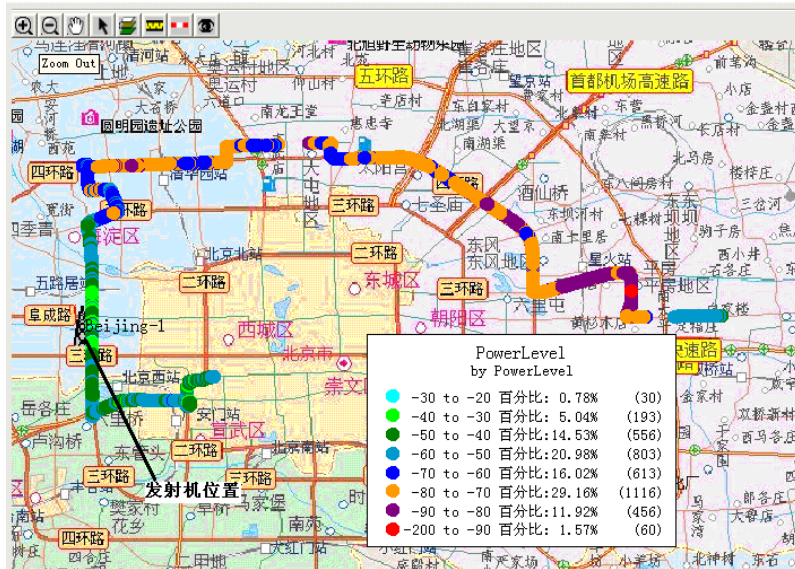


图 7 覆盖状况显示

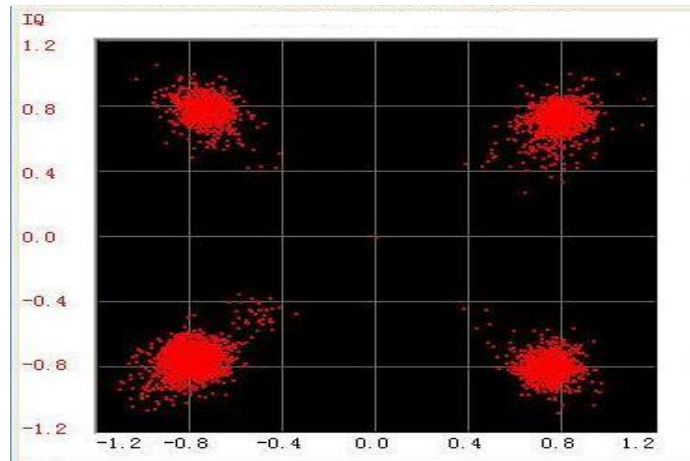


图 8 星座图测量

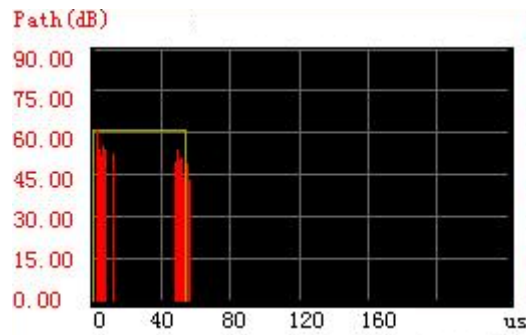


图 9 时延测量



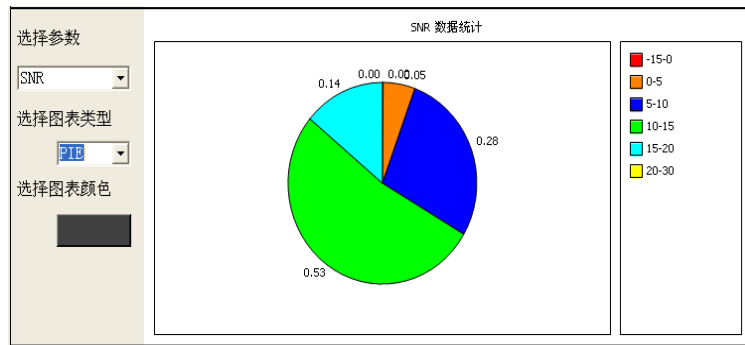


图 10 覆盖

TX701A 路测系统具有友好直观的操作界面，用户可以自定义参数等级范围以及相对应的颜色。它可以帮助网络运营商通过调整发射机参数或者增加发射机或 GAP FILLER 提高网络覆盖。网络覆盖图和统计图可以存为图片，可供报告或者打印使用。

结合路测系统提供的发射机位置地图显示（如图 7），运营商可以直观的了解网络现状。测量数据可以导入数据库。TX701A 在有干扰的地方可以结合频谱仪及定向天线使用。

## CMMB 无线网络测试

### （1）单发射机测试

在组网之前需要对单个发射机的覆盖进行测试，覆盖测试包括的参数主要是功率值 RSSI、信噪比 SNR、MER 和多径。

覆盖测试的主要参数是功率值 RSSI 和 SNR。但是仅仅靠功率值对网络进行评价是远远不够的，功率越强网络性能越好，这是最早的模拟网络使用的方法，对于现在的复杂多变的无线网络已不再适用。在现在的网络分析与设计中，若要准确了解发射机覆盖的性能情况，必须要对系统的功率值 RSSI 和信噪比 SNR 进行测试，在无线传播复杂地段和移动状态下需要对频偏和多径进行测试，综合测试结果对网络进行调整。

TX701A 提供的信号功率，信噪比和多径的测量可以满足以上要求。通过 TX701A 实测出网络覆盖范围，并结合 TX701A 提供的实际基站的覆盖地图，为调整发射机覆盖范围提供依据。

### （2）单频网测试

单频网是使用同样的频率覆盖服务区的广播网络。在单频网中，所有的发射机或补点器是用同样的频率传送同样的广播信号（音频/视频/数据服务）。要求所有的信号到达接收点的时间必须同步或者是在设定的时间保护间隔内。对使用 OFDM 技术单频网系统来说所有到达接收点信号的子载波的频率和相位在时间上需要高度一致，并且每一个子载波必须承载相同的数据。

单频网由于仅仅使用一个频点，所以有较高的频谱利用率，很容易实现补点功能（Gap-filling）。而且由于多个发射机用同样的频率发射同样的信号，有网络增益，这样每个发射机可以使用较小的发射功率。

单频网测试除了满足功率和信噪比要求外，测试的重点就是多径和时间延

迟。在单频网测试中，要求在测试地点能测到不同基站的相对时延。

时间延时和多径是影响网络的重要参数。在实际应用中，这两个参数很容易混淆。特别是对接收终端来说，是不能区分它所接收到的多径信号是不同发射机信号的时间延时还是某一发射机信号的多径。

在 OFDM 系统中，延迟时间长的多径信号是用保护间隔来抵消这个影响的。如果这个信号的延迟时间小于系统的保护间隔，这样没有内部符号干扰产生。这样的信号是我们期望的接收信号。如果这个信号的延迟时间大于系统的保护间隔，这就是一个干扰信号，又被称为自干扰信号。这样不仅是噪声，在时间保护间隔外到达接收端的信号对系统的覆盖及接收质量都有影响。

在单频网调试中，就是要保证在接收端各发射机之间的相对时间延时和多径在保护间隔内。在实际的网络中，如果路径在矩形框（保护间隔）外，就表示信号的多径或发射机的延时在保护间隔以外。这时必须通过调整发射机参数，天线角度高度等方法，把这些延时或多径调整到保护间隔内。否则这会造成画质下降，甚至完全不能收视。通过 TX701A 提供的时延测量可以清楚的看到发射机之间的相对时延及相对强度（如图 9），结合对单基站覆盖的测试，调整发射机参数，使其满足保护间隔以及信号强度的要求。网络优化后可以通过 TX701A 测量得到整体网络的覆盖地图和覆盖统计。