

## VoIP 产品声音测试方式及技术注意事项

2006 年 9 月应 NEC 澳洲要求，需要对我们的 VoIP 产品进行权威的音质测试，经了解目前国内只有北京泰尔实验室有专门的 VoIP 产品声学测试设备。泰尔实验室使用的是测试声音品质最具权威的 HEAD acoustics 针对 VoIP 产品的专门测试设备，该设备能测试 VoIP 产品诸如声音“主观平均分数 (MOS)”，Jitter，延时抖动，丢包补偿等 VoIP 产品的重要参数。在测试过程中我完全感觉到做 VoIP 产品的复杂程度和国外客户对产品的要求之高不是我们用耳朵可以听出来的。本文就是记录测试方法和改善的一些经验供同事交流。

### 一、 测试环境

设备：本次测试使用 HEAD acoustics 的人工头进行测试，跟一般电话厂所使用的人工头不同的是 HEAD acoustics 的人工头是非密封接触，更接近人的使用方式。而这种方式 and 一般工厂 QC 用的人工耳嘴有一个重大的区别，耳机部分的非密封接触使声音能量有所丢失，这种丢失在不同频率下面是非线性的。因此，测试的许多结果和一般实验室的结果有相当大的区别，特别是频率响应部分。



人工头（据说这个塑料假人头要几十万）



主测试设备



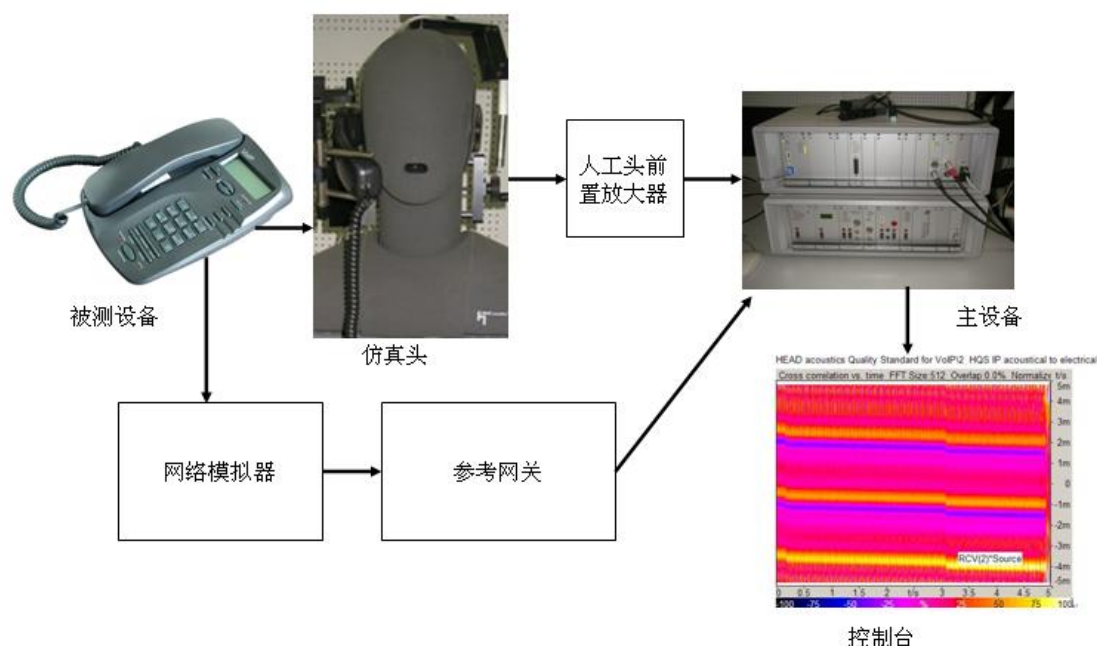
前置放大（上）和参考网关（下）



人工头安装话柄时话柄安装在一个压力传感器上

测试房间：测试房间是一个负 80 分贝的静音房，里面除了被测试设备以外不能有任何发出振荡的设备。进入这个静音房关起门以后能听到自己的心跳，时间长了人会感到寂寞和恐惧。测试当中要把灯光全部熄灭，因为人工头会听到电灯的振荡。

连接方式：



从上图可以看到，被测设备的手柄夹在人工头上，夹的力度严格控制在10牛力。这样更仿似一般人听电话时的接触力度。仔细观察接触的地方可以看到手柄和假耳不是完全密封，有比较大的间隙。仿真头是一个材质、结构类似人体特性的特殊材质制作的音响和人工嘴。这个人工头还考虑了肩部的反射等特性(贵得有道理)。人工耳是一支灵敏度为负90dB的全频带拾音器。人工头的喇叭和拾音器连接在另外一个房间里的前置放大器上然后将输出的信号连接到主检测设备上。

网络方面，被测设备的网络接口连接在一个网络模拟器上，这个模拟器能模拟网络上的各种情况，诸如丢包、延时、多经传输等。通过了这个网络模拟器再连接到参考网关上，测试当中我们的设备和参考网关进行对打。参考网关的电信号输出连接到主测试设备上（一开始我就对这个参考网关的质量有所怀疑，但是实验室的工程师说这个网关是经过效验的）。

控制台是对测试过程进行控制的一台电脑，运行专门的测试软件。

## 二、 测试过程和项目

开始测试前，测试工程师先对房间、设备进行了自动校准，校准的主要项目是房间背景噪声、仿真头增益校准、各种线路延时校准、参考网关的延时和背噪校准等。校准以后得出的所有环境因素将排除在测试结果以外。

开始测试前用我们的设备呼叫连接到测试网关上，然后关灯关门走人。

测试的项目如下：

- 1、Idle channel noise SND 静态背噪
- 2、Frequency response SND 频率响应
- 3、Sending loudness rating (SLR) 响度

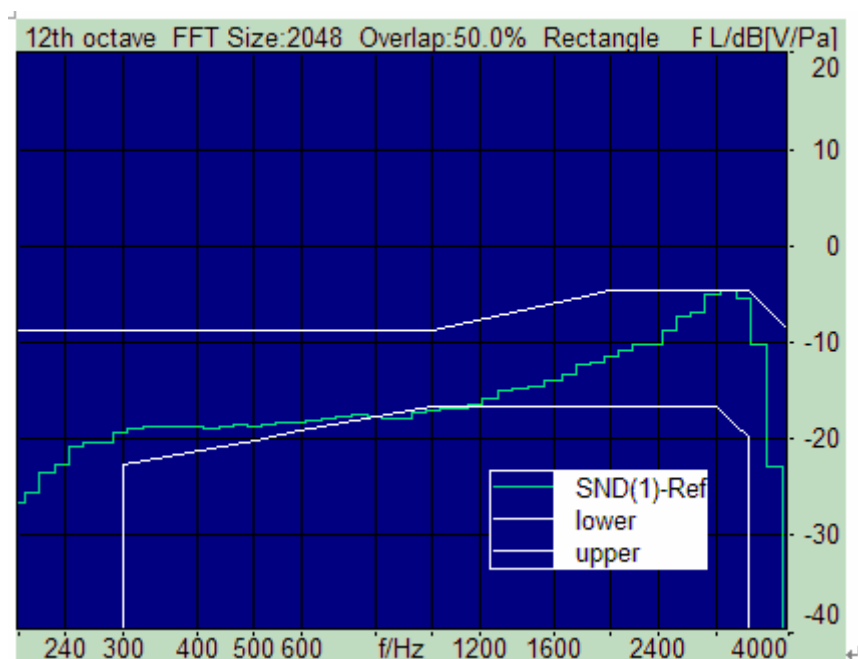
- 4、AGC test SND 音量自适应测试
- 5、Switched level SND 声音变换幅度测试
- 6、Activation sensitivity SND 响应速度 (测 3 种模式)
- 7、Attenuation range SND 渐变范围 (测 3 种状态)
- 8、Attenuation range SND (double talk) 对讲渐变范围
- 9、Distortion SND 300-3400Hz 失真测试
- 10、Delay vs. time (120 s) 120 秒延时
- 11、Delay - cross correlation 总延时
- 12、MOS-LQO objective MOS (P.800.1) SND, German 用 ITU 德文样品声音测 MOS 分
- 13、PLC implementation RCV 丢包补偿测试, 按照 1%到 3%分 3 次测试每种 CODEC 测试一遍, 另外测试 MOS 分

以上测试分别对发送和接收两边的性能进行测试, 按照测试报告的项目有四十多项, 其中有些项目是以上项目的衍生项目, 这里就不详细介绍。12 项之前的项目是单个特征项目测试, 这些特征项目是让开发人员找到 MOS 分不高的原因的单项。任何一个不及格都会影响到最后的评分。下面的图示是我在测试报告上截下来的, 让同志门看图理解, 具体内容就不详细说明了。

HEAD acoustics Quality Standard for VoIP\2 HQS IP acoustical to electrical

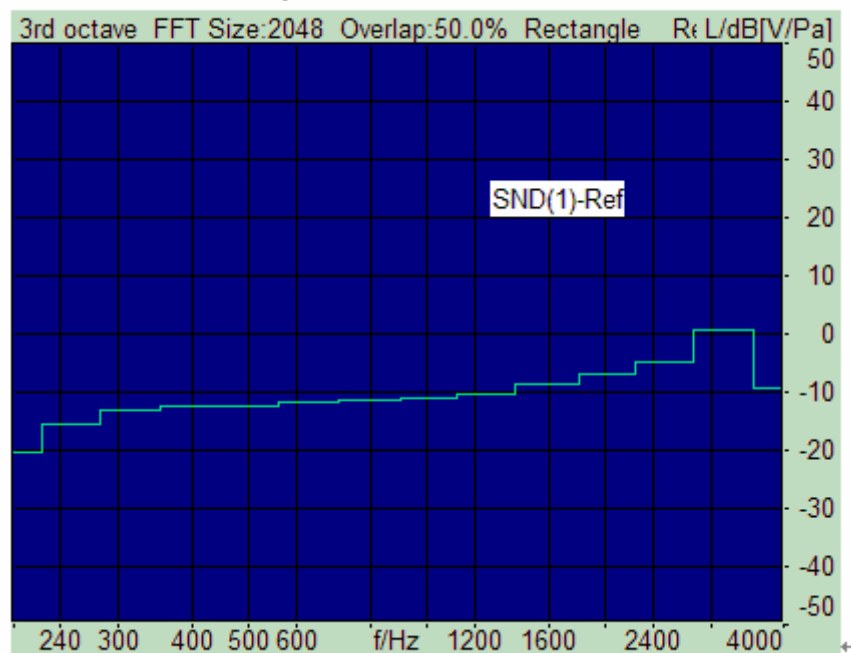


静态背噪



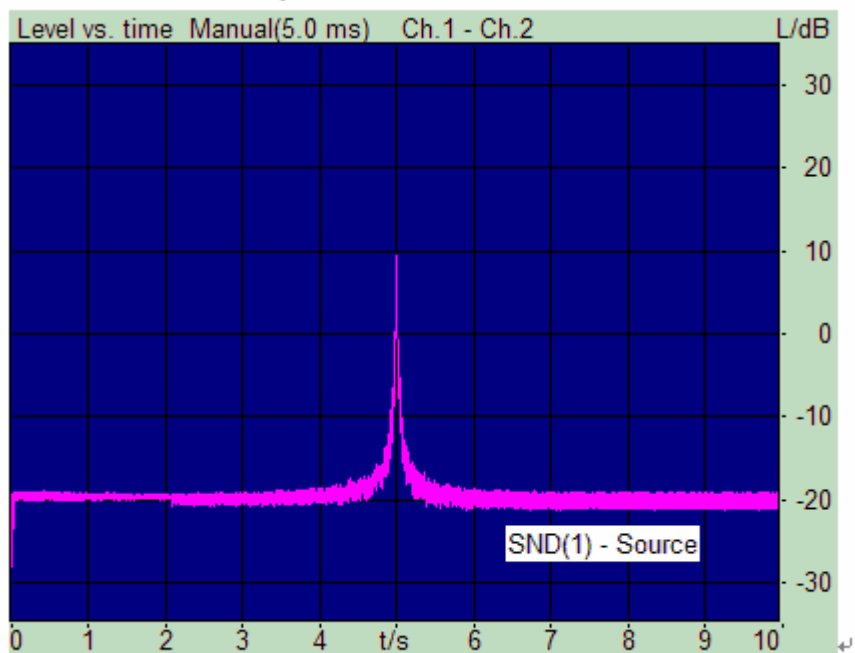
频率响应

HEAD acoustics Quality Standard for VoIP\2 HQS IP acoustical to electrical



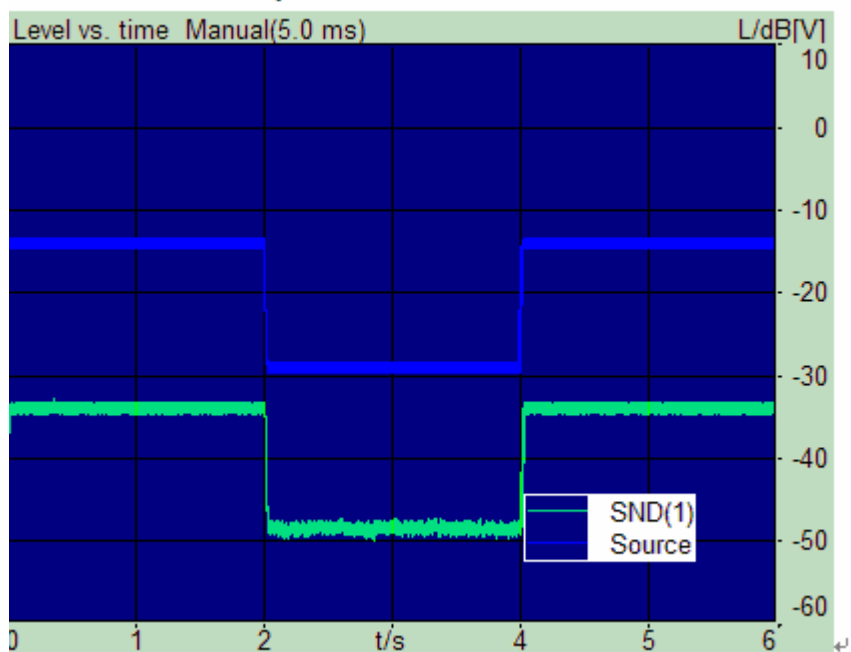
SLR: 5.54 dB Ok

响度

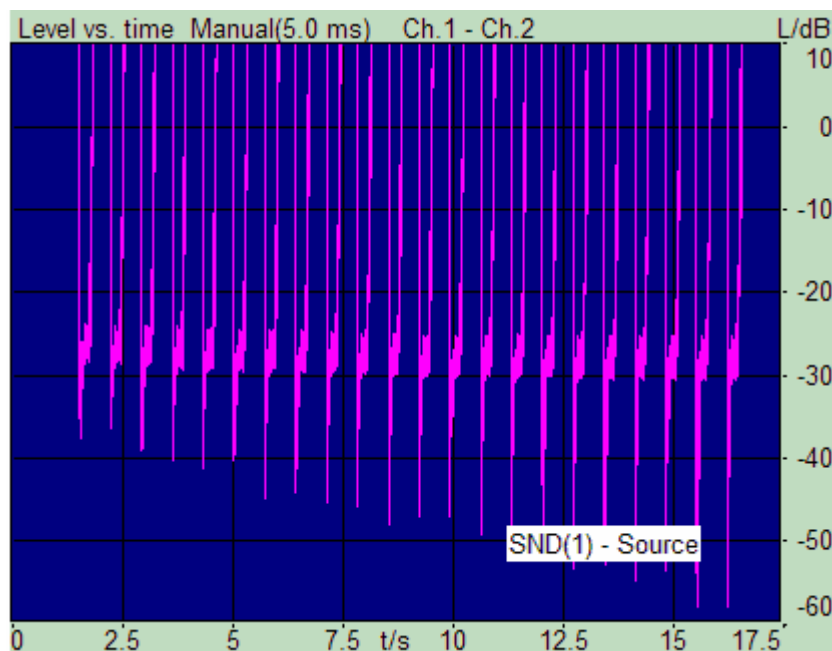


AGC 测试

HEAD acoustics Quality Standard for VoIP\2 HQS IP acoustical to electr



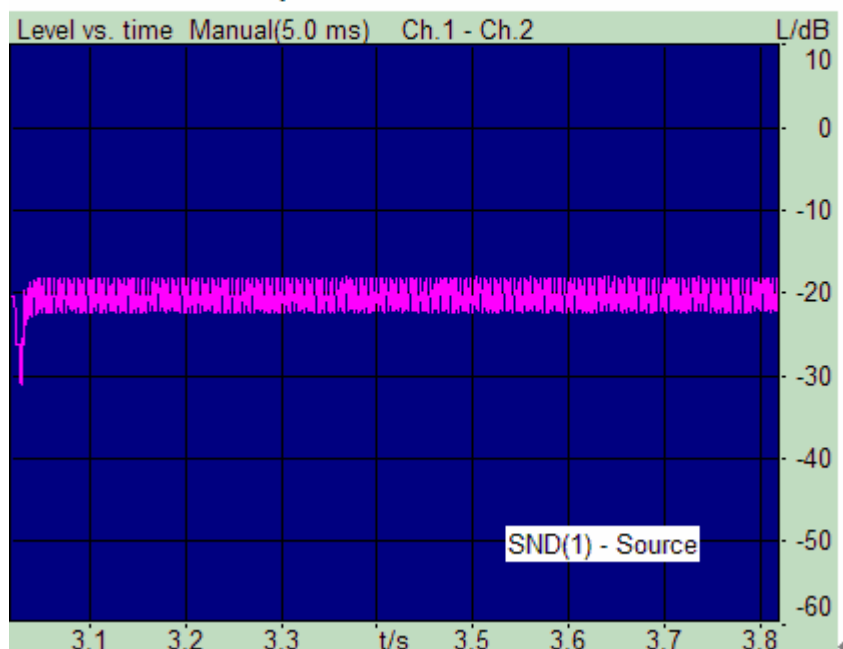
声音变换幅度测试



响应速度

### 2.1.15 Attenuation range SND (switch over), Index: 1

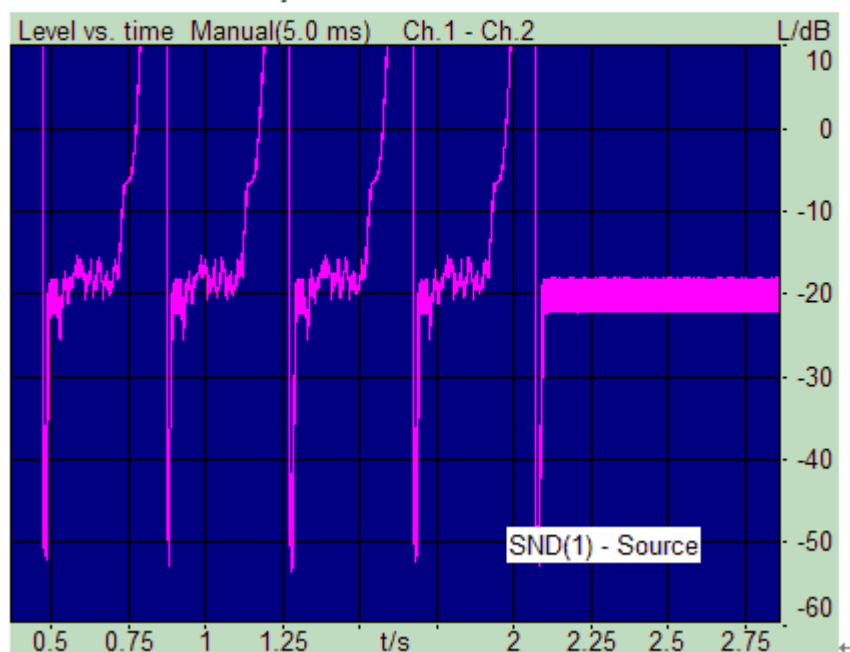
HEAD acoustics Quality Standard for VoIP\2 HQS IP acoustical to electrical



渐变范围之一

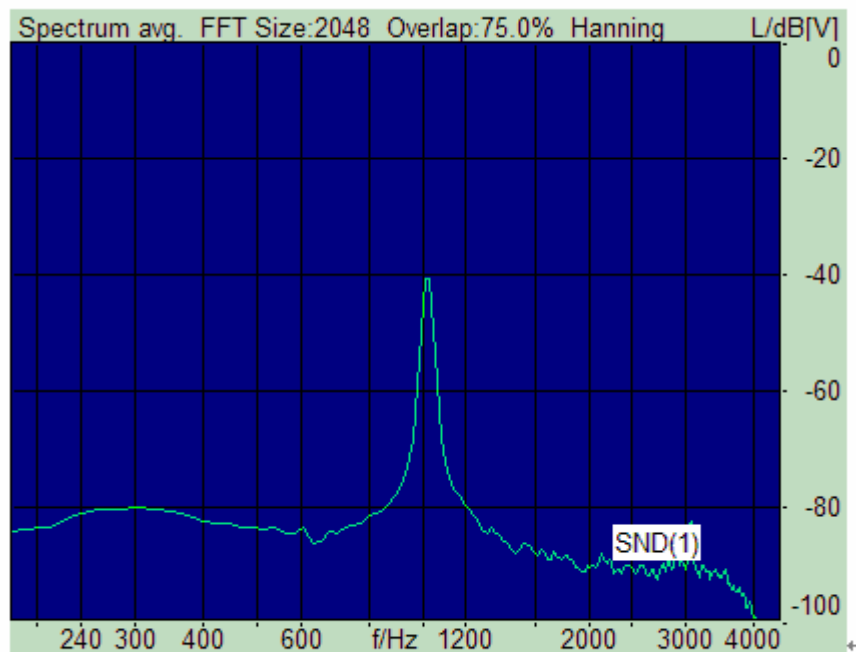
### 2.1.16 Attenuation range SND (double talk), Index: 1

HEAD acoustics Quality Standard for VoIP\2 HQS IP acoustical to electrical



渐变范围（对讲）

HEAD acoustics Quality Standard for VoIP\2 HQS IP acoustical to electrical

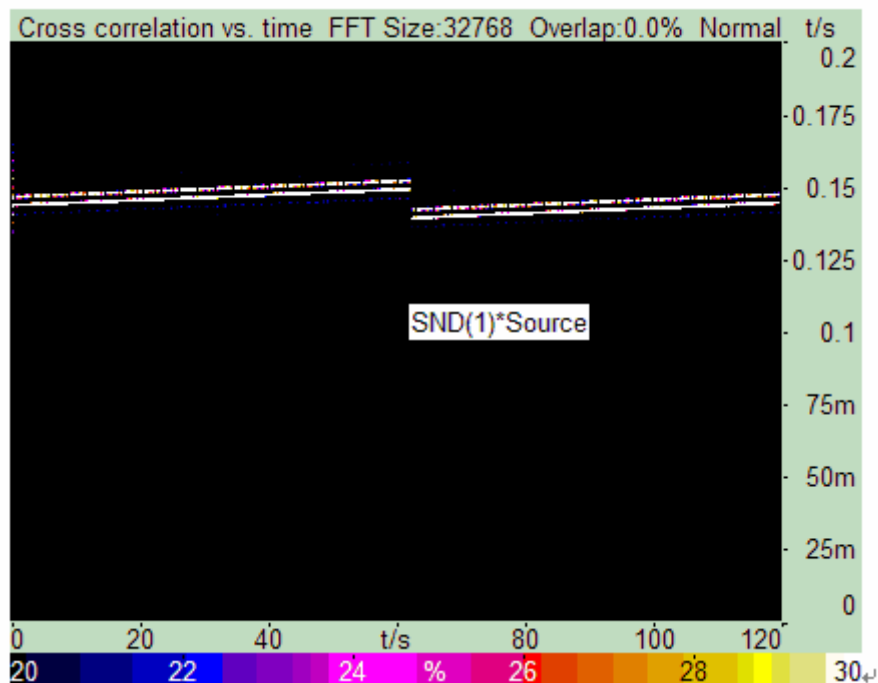


Level: -37.0 dB Freq.: 1020 Hz

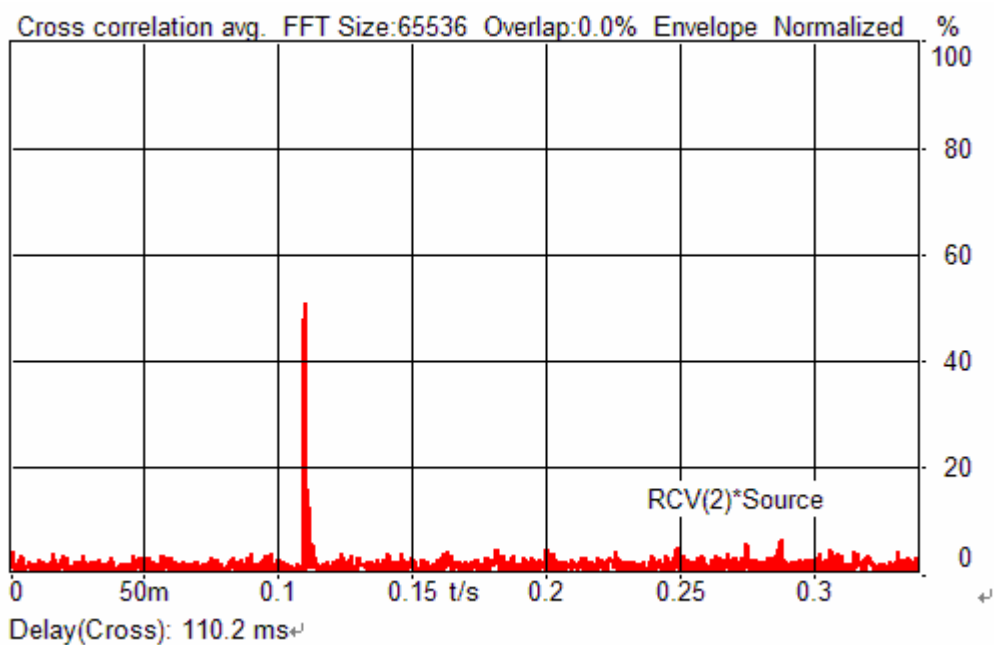
Distortion SND(1): 32.67 dB (2.33%)

失真

HEAD acoustics Quality Standard for VoIP\2 HQS IP acoustical to electrical+

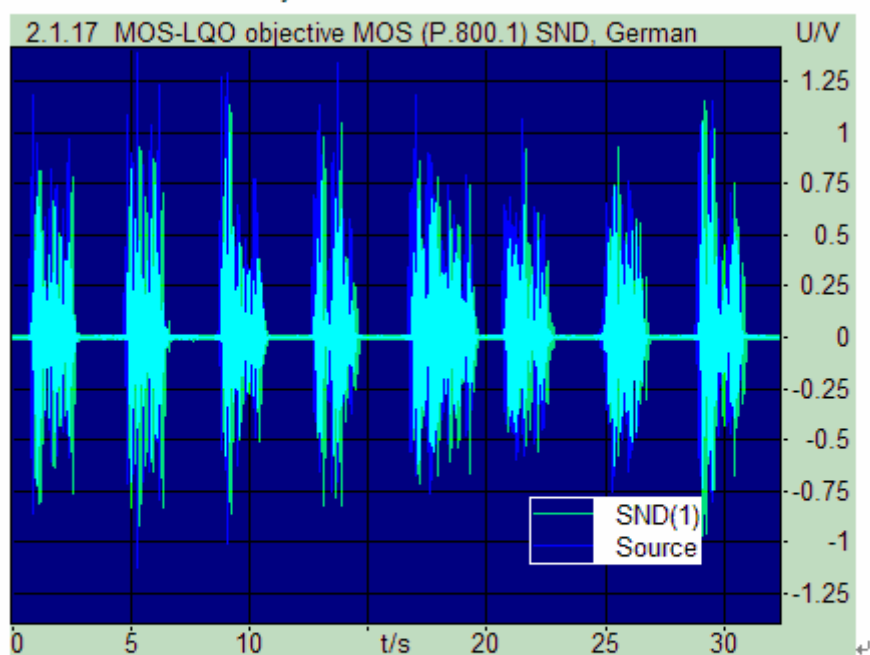


120 秒延时



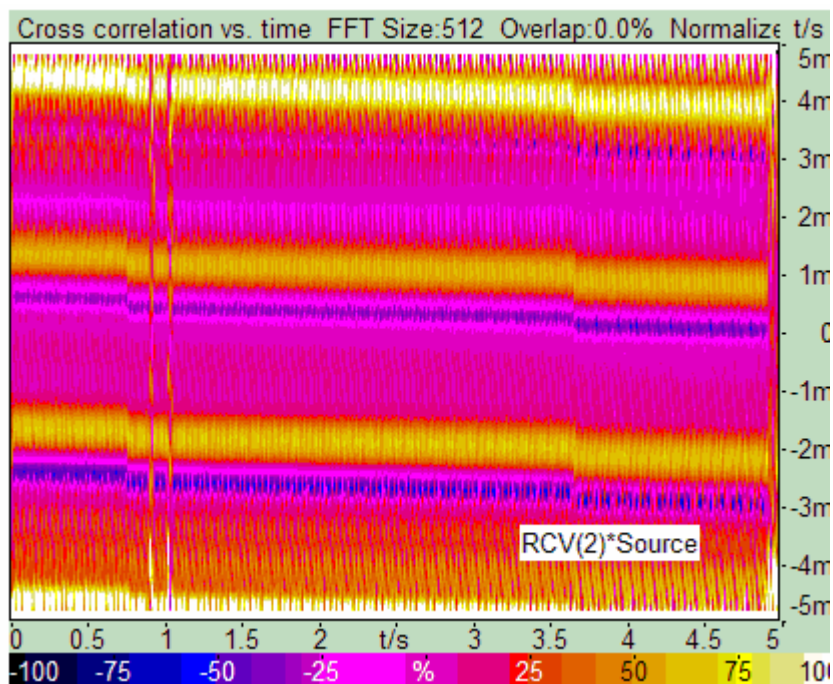
总延时

HEAD acoustics Quality Standard for VoIP\2 HQS IP acoustical to electrical



TOSQA <sup>+</sup>	98.4 <sup>+</sup>
Estimated TMOS Factor <sup>+</sup>	4.05 <sup>+</sup>
Estimated Impairment Factor <sup>+</sup>	1.3 <sup>+</sup>
Calculated Delay <sup>+</sup>	143.0 ms <sup>+</sup>

MOS 评分



丢包补偿

### 三、 主观评价分数

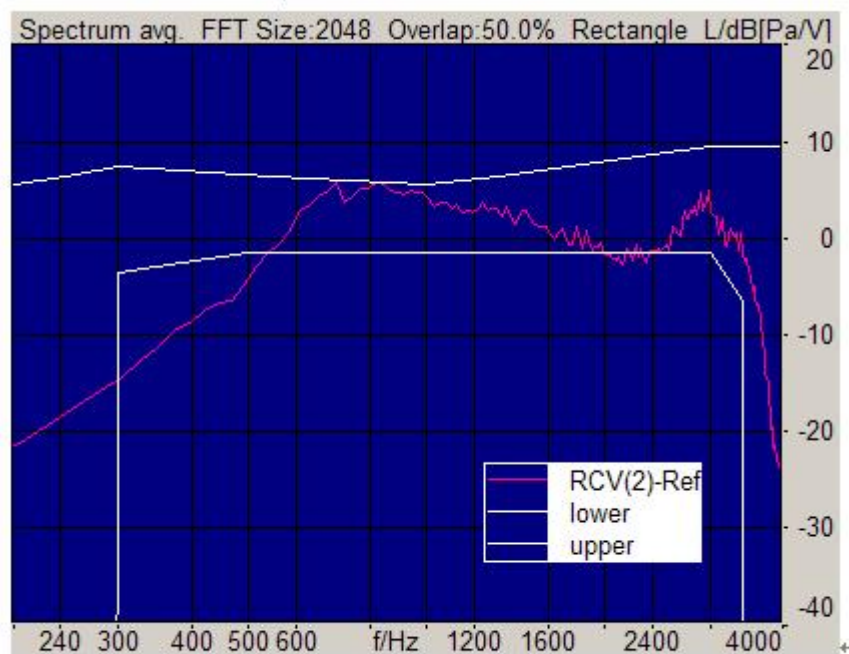
MOS 分，经常被客户问起的 MOS 分就是主观平均分数 Mean Opinion Score。计算 MOS 分的数学模型非常复杂我都说不清楚，但是在测试当中大概可以知道影响 MOS 分的几项因素，这里大概介绍一下。

MOS 分从一分到 5 分，最低为一分，其中 5 分为很好 (Excellent)，4 分为好 (Good)，3 分为中 (Fair)，2 分为差 (Poor)，1 分为不可接受。一般来说国外客户接受的标准为 G711 要高于 4 分，G729 要高于 3.8 分。所以这次我要拿到的测试结果要达到这个标准。但是 EP-636 V95 第一次的测试结果为 711: 3.4 分 729: 3.2 分，当时心都凉了。但是为我们测试的工程师说，这个结果在他们那里已经算很好的了。还好我们总共预定了 3 天的时间，我们可以现场进行调整。

调整一：响度，响度对 MOS 分的影响实在是太大了，EP-838 只对音量进行调整就能达到客户要求的标准。但是在调整的手段上要注意，调整硬件放大倍数效果要比使用数字放大效果好很多，使用数字增益有些时候在响度一样的时候会降低 MOS 评分。原因很简单，因为使用数字增益一定会降低总谐波失真 THD 性能。因此，响度不够时尽量使用硬件方式调整增益，甚至要更换电声器件。

调整二：频率响应，前面说过了，使用人工仿真头测试时耳机和人头的接触是非紧密接触，会有能量丢失。哪怕你在电性能测试时频率响应做得再好在这个环境都会不及格。下图是调整前的特性，

HEAD acoustics Quality Standard for VoIP\2 HQS IP acoustical to elect



Absolute minimal distance

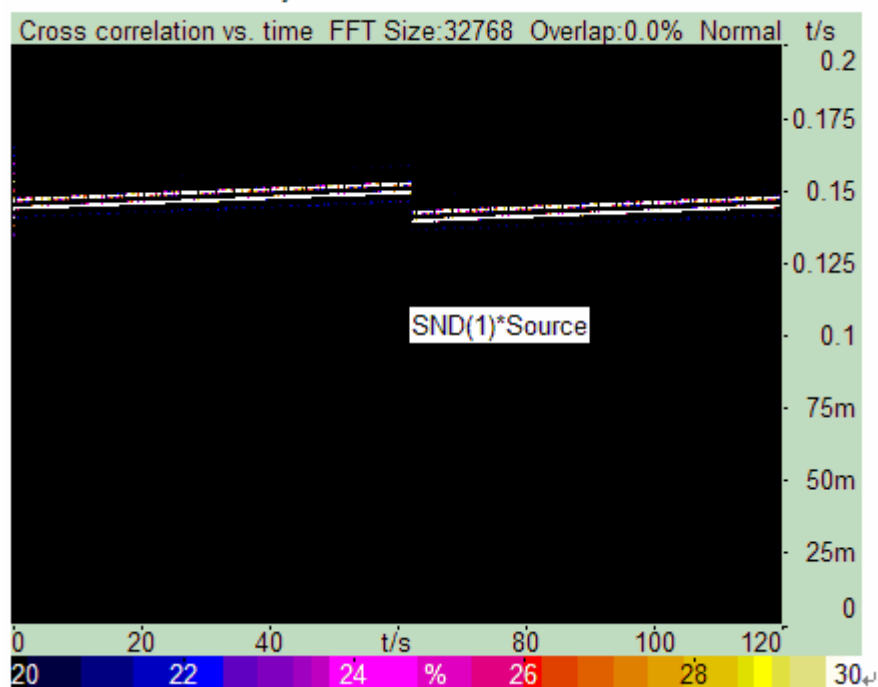
-11.14 dB at 300.0 Hz Not Ok

从图上我们基本可以知道功率丢失的特性了，主要是低频部分丢失比较严重，高频部分有共振引起的增益，因此要想办法调整频响的特性，选低频特性好的耳机是最简单的办法，但是选频的耳机价格太高了。因此在软件和电路设计上要做修改，但是修改的时候还是要注意 THD 的影响。

调整三：延时，放音延时差不多每 10mS 就扣 0.1 分，因此软件在播音的时候要严格控制 jitter buffer 的最小值，能做多小就做多小。但是不能抖动，一但因为其他因素引起 jitter buffer 的清空导致抖动又要扣分了。

调整四：延时平均度，什么是延时平均度呢？延时平均度是测试设备的每一个采样点的延时时间是否一致，一般来说因为采样电路，系统时钟等因素会导致延时不平均。举个简单的例子，两个 VoIP 设备间通讯，由于两边的系统时钟源（晶体振荡器）的一致性差异导致两边的采样时间有快有慢，累计的误差就会导致快的一边 jitter buffer 清空，慢的一边会有溢出。主观听到的声音是延时有一边越来越大，最后咯的一声复位，参考下图。解决延时平均的方法有：1、选高精度的晶体使自己的时钟比别人的准（当然可以在生产线上调整时钟）；2、把播音进程的优先级调到最高。

HEAD acoustics Quality Standard for VoIP\2 HQS IP acoustical to electrical



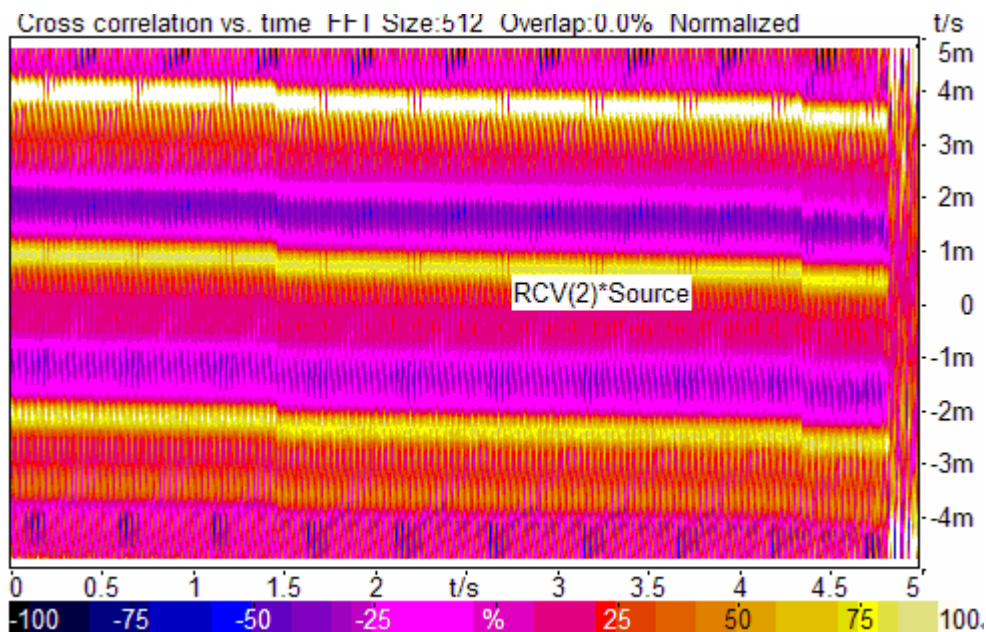
调整五：送话的 MOS 分，原则上送话的 MOS 分是限制在诸如麦克风、DSP（AD 转换器）、系统时钟等因素上面。调整完响度以后我们可以做的事情就不多了。和放音不同，频率响应完全取决于 MIC 的质量，电路上的频率响应问题不会很大。但是在实际测试时发现，手柄的设计影响很大。MIC 安装的方式很重要，拾音孔的长度、机械尺寸都会影响到某个频段的响应。因此去测试之前先测好手柄的电声特性，然后回家骂机械工程的同事。

原则上如果 DSP 软件不是太糟糕，做好以上几点 MOS 分是不难做到 4 以上的。

## 四、 丢包补偿

平常经常看到别人声称丢包 40% 都能做到音质不受影响，这次终于知道都是吹牛的。试验室的工程师告诉我，2% 的丢包时不影响 MOS 就已经很不错了。丢包补偿算法没可能做到完全预测人说话的内容。一般来说测量丢包补偿只做 1% 到 3% 的丢包测量。

影相丢包补偿评分的最重要因素是包的大小，5 毫秒的包最好，20 毫秒的包在实际测量时 MOS 分就急剧下降，如果使用 60 毫秒的包分数简直惨不忍睹。原则上丢包补偿算法已经固定，想在这个地方找分数想都别想，测试的时候想拿高分唯一办法就是降低包的大小。建议销售的同事不要象别的公司那样说自己的丢包补偿有多牛，会被大公司测出来的。下图是我们测试 3% 丢包时的声音连续情况。



## 五、 硬件设计注意事项

硬件设计对音质的影响太大了，涉及到各个方面，一下是几点：

- 1、 电源要噪音低，特别是模拟部分要增加滤波，你耳朵感觉静音的时候没有噪音不等于设备听不到。我在测试的时候发现一个问题，电话还没有打通，声音设备还没有打开已经收到负 70 分贝的噪音。后来才发现是 DC/DC 电路里面的电感振荡被他收到了。
- 2、 PCB layout 时模拟线要避让数据线，防止数字噪音耦合到声音电路。
- 3、 不要乱加高通、低通，反正会吃亏的
- 4、 选零件要严格按照 SPEC 采购，半点余地都没有
- 5、 电路增益要留有余量，但是要尽量满足 AD 转换器的 full scale 范围，这样 THD 和强弱音量的表现会好
- 6、 回音，在 IP 电话机设计时要将耳机和 MIC 严格声源隔离，耳机的振荡尽量不能被 MIC 收到，要不回音就会不及格，这个就靠机械工程师了

## 六、 ATA 的测试

ATA 的整个测试相对来说好过多了，因为只测电不测声，没有了那个黑人头的影响。但是容易是相对的，要在回音这关过得去还真不容易。因为要求在全音量范围内能做到同样的消除回音效果。一般来说声音太大消除回音算法会直接把对端关掉导致单通（当然人耳一般感觉不到，因为自己说话太大声了），声音很小的时候不消除回音，因为回来的回音很小人耳主观感觉不强，但是仪器收到的完全不同。所以在调整网关音量时要同时考虑 2 转 4 的动态范围和频率响应，我的方法比较简单在 2 转 4 的输出端加了一点低通然后把 2 转 4 的转换灵敏度降低（当然这可能和我们的 DSP 算法有关）就过了。

总的来说 ATA 在 2 转 4 电路和回音算法上下点功夫要拿高分不是很难。当然 SLIC 的频响、响度控制、静噪等影响也是不能低估的。

Wrote by Tim

2006-10-8