

基于军标的短波信道语音质量估计算法性能分析*

罗 宁** 陈尚勤 吴昱静

(电子科技大学信息所 成都 610054)

【摘要】 介绍了短波通信中估计语音质量的主要方法,针对文献[1]中 SINAD 估计算法的缺点,采用了文献[2]提出的新的短波信道语音质量估计算法——AI 估计法,并对其在典型的短波模拟信道上进行了测试,将测试结果与 SINAD 估计法作了一致性对比分析。结果表明由于调解器的体制限制,AI 法仍不能很好地估计语音质量,需用新的探测方案进行改进。此分析可供参照军标定制时参考。

关键词 高频; 信道估值; 语音; 清晰度系数; 链路质量分析

中图分类号 TN919

1 短波信道上的语音质量估计

短波信道的一个重要功能就是用于通模拟话。尽管短波高速调制解调器和低速率声码器的出现已经使短波数字话取得了重大发展,形成了很多成熟的技术,但是短波模拟话在短波通信中一直有着不可替代的重要作用。因为短波信道的各种衰落、失真和干扰都非常严重,而模拟话音具有在恶劣条件下传输的高度稳健性,一直以来它都是短波通信中沟通和建立链路的重要手段。为了保证短波模拟话的通话质量,就需要有相关的技术对话音在短波信道上的传输特性进行分析,最早的方法就是主观评价,通信双方直接在规定的频率或频率组上进行呼叫,用人耳评判收听到的语音质量来估计信道的传输特性。这种方法很直观,但需要人工呼叫,规范性差,已经不能满足现代短波通信,特别是组网通信的要求。现代短波通信一般都采用实时链路质量分析技术(Link Quality Analysis)进行信道质量评价,它通过探测信道,估计信道参数为通信双方提供最佳的通信频率。短波 LQA 技术中最重要的标准是美军标 MIL-STD-188-141A^[1],该标准规范了 LQA 的各种协议和参数,并且已被广泛应用。

141A 军标中有两个主要的信道参数:BER(误码率)和 SINAD(信号 + 噪声 + 失真比噪声 + 失真)。根据语音业务的特性,人们一般都采用 SINAD 作为语音链路的质量参数。但利用 141A 的 SINAD 估计法,还不能很好地估计信道传输话音的特性。为了改善这种情况,美国国防部在军标 MIL-STD-187-721 中提出了链路可获得的语音质量参数 AVQ(Achievable Voice Quality)作为评价短波信道传输语音特性的综合指标^[2]。AVQ 是指通过探测信道的清晰度指数 AI(Articulation Index)或 SINAD,结合信道的占用情况,完成对信道传输话音性能的估计。AVQ 中信道占用率的估计是一种流量控制方案,它本身并不体现语音信号在信道上的传输特性,是用 SINAD 或 AI 参数估计的准确度和精度来反映 AVQ 参数的优劣。本文就是针对军标提出的 SINAD 和 AI 估计法进行性能分析和比较。

1997 年 12 月 18 日收稿

* 电子部预研基金资助项目

** 男 25 岁 博士

2 SINAD 和 AI 估计法性能分析

2.1 SINAD 估计法

从 SINAD 的定义可以看出,它表征了信道上的信噪比。141 A 采用的是 8FSK 的探测信号,若对接收的信号进行频谱分析,那么接收到一个信号音时,就可以用该频率的谱线强度表示该频率上的总能量(信号 + 噪声 + 干扰) P_T ,同时用其他信号频率位置的谱线强度表示对应频率上噪声干扰的能量和 P_{ND} ,在收到一个信令字后,对 P_T 和 P_{ND} 求平均,就可以估计出信道的 SINAD

$$SINAD = \overline{P_T} / \overline{P_{ND}} \quad (1)$$

其中 $\overline{(\cdot)}$ 表示时平均。

我们对 SINAD 法的估计性能进行了测试,为了能够定量地控制信道的传输性能,根据 CCIR 的建议,采用基于 Watterson 高斯散射模型的标准短波信道模拟器^[3]。信道类型选择了三种典型信道,即:AWGN(无多径,无多普勒展宽,加性高斯白噪声),CCIR-POOR(多径 2 ms,多普勒展宽 1.0 Hz,加性高斯白噪声)和 CCIR-GOOD(多径 0.5 ms,多普勒展宽 0.1 Hz,加性高斯白噪声)。探测信号采用 141 A 的标准呼叫信号,地址码随机产生,以避免特殊的 FSK 音组合影响系统估计的有效性。表 1 是 SINAD 法的测试结果。

表 1 SINAD 估计性能

	AWGN					CCIR-GOOD					CCIR-POOR				
SNR/dB	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
$SINAD_e$ /dB	1.1	5.2	10.2	15.2	20.1	-1.9	3.7	7.9	11.1	13.3	-2.1	1.0	3.6	5.1	6.6
$SINAD_s$ /dB	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	4.8	2.9	2.3	2.6	2.8	2.9	2.7	2.7	2.9	3.7

注:SNR 为设定的信噪比, $SINAD_e$ 为估计的 SINAD 均值, $SINAD_s$ 为估计的均方根。

2.2 AI 估计法

尽管 SINAD 法综合反映了信噪比、衰落和谱失真等多种效应对信道传输特性的影响,但是它对信道语音传输特性的估计和实际通话效果仍缺乏很好的相关性,为此在 MIL-STD-187-721 军标中建议使用 AI 参数,并明确指出在一切可用的场合,都应使用 AI 代替 SINAD 作 AVQ 估计。然而这种方案并没有被实际应用和测试过,因此 721 军标也明确指出希望测试这种方案是否可行或有效,而且这些技术一旦被证明有效,它就可能从建议性的标准转化为强制性的标准。

AI 被称为清晰度指数,它是贝尔实验室很早就提出的关于语音清晰性评价的参数。它把话带(300 Hz ~ 3 400 Hz)划分成 20 个子带,每个子带提供最大值为 0.05 的清晰度分量,这样就可以测试出话带的整体清晰度。AI 估计式如下

$$AI = \sum_{i=1}^n F_i W_i \quad (2)$$

其中 F_i 为人耳对不同话带中不同频率子带的灵敏度, W_i 是第 i 个子带上规一化的 SINAD,它表明了人耳在第 i 个子带上从噪声背景中辨别声强的敏感程度。141 A 军标采用的是 125 Baud 的 8FSK 调制器,其 8 个音分别为 750 Hz,1 000 Hz,1 250 Hz, ..., 2 500 Hz,覆盖了从 625 Hz ~ 2 625 Hz 共 2 000 Hz 的有效频带。为了能够反映整个话带的清晰度,721 军标对子带进行了重新划分,并重新修正每个子带的耳敏性系数(见表 2)。

表2 AI法子带划分

子带	中心频率/Hz	频带/Hz	子带耳敏性系数
1	750	625 ~ 875	0.161
2	1 000	875 ~ 1 125	0.147
3	1 250	1 125 ~ 1 375	0.142
4	1 500	1 375 ~ 1 625	0.131
5	1 750	1 625 ~ 1 875	0.131
6	2 000	1 875 ~ 2 125	0.113
7	2 250	2 125 ~ 2 375	0.095
8	2 500	2 375 ~ 2 625	0.080

子带 $SINAD_i$ 的计算式如下

$$SINAD_i = \bar{P}_{T_i} - \bar{P}_{ND_i} \quad (3)$$

其中 \bar{P}_{T_i} 是第 i 个子带上平均的接收信号谱密度, \bar{P}_{ND_i} 是第 i 个子带上平均的噪声和干扰谱密度。

表3 AI法估计性能

SNR	AWGN					CCIR-GOOD					CCIR-POOR				
	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
AI _r	0.31	0.46	0.64	0.80	0.97	0.21	0.38	0.50	0.60	0.66	0.20	0.28	0.35	0.38	0.43
AI _i	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	0.08	0.07	0.09	0.10	0.07	0.08	0.10	0.11	0.14

表中 AI 法的估计结果显示:和 SINAD 法类似,用 AI 法测试的数据和设定的信噪比 SNR 保持单调,也随信道失真和衰落的变化表现出较大的均方根。

2.3 AI法和 SINAD法估计性能比较

为了比较 AI 法和 SINAD 法的测试结果,我们分别依据 SINAD 法和 AI 法的测试结果,对上述 15 种信道进行了排序,信道标号记为 XNN。X 表示信道类型,可用的符号分别为“A”——AWGN 信道,“G”——CCIR-GOOD 信道,“P”——CCIR-POOR 信道;NN 表示该信道的设定信噪比。

表4 AI与 SINAD估计一致性比较

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SINAD	P00	G00	P05	A00	P10	G05	P15	A05	P20	G10	A10	G15	G20	A15	A20
AI	P00	G00	P05	A00	P10	G05	P15	P20	A05	G10	G15	A10	G20	A15	A20

从表中可看出:AI法和 SINAD法在对信道质量的评价上表现出高度的一致性,这种结果最终表明:二者对信道评价是基本一致的,也就是用任何一种方法都能从一组信道中选出同样的最佳信道。和 SINAD 估计法相比,AI法并没有表现出更多的优越性,相反增加了 LQA 过程计算和处理时间。不过值得注意的是:AI法和 SINAD法虽然生成的信道排序相同,但产生的信道等级分差异很大。表5是根据 721 军标设计的参数—得分映射表计算的以上 15 种信道得分的比较。

表5 AI和SINAD估计法信道得分

得分	AWGN					CCIR - GOOD					CCIR - GOOD				
SNR	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20	0	5	10	15	20
SINAD	0	1	4	6	9	0	0	2	4	5	0	0	0	1	2
AI	6	8	10	13	14	4	6	8	10	10	4	5	6	6	7

从表中数据可以看出: SINAD法对各信道的打分较AI法低得多,因此这两种方法在定量评价信道的优劣时具有很大差别。不过即使AI法定出的信道等级更符合实际听觉效果,我们也完全可以通过改变军标中SINAD和得分的映射关系,完成同等性能的信道质量估计,用AI法代替SINAD法估计短波信道的语音传输特性是没有必要的。

3 小结

AI本身是反映话音质量的重要指标,但采用141A军标的8FSK调解器用,AI法和SINAD法估计时的性能差异小,因此AI法并不能很好地代替SINAD法完成对短波信道语音传输性能的估计。其原因在于,8FSK调解器的信号和实际的语音信号特性存在较大的差别,如8FSK信号中存在很强的线谱分量;而且在估计子带信噪比时,调解器的8个音是串行发送的,因此每根谱线上的信噪比不仅受频率衰落影响,还受到不同的时域衰落影响,而一个短时的语音信号谱则只受频率选择性衰落的影响。这些差异造成AI估计和实际信道语音传输特性的差异,而解决的方法可能只有寻求新的探测参数,或采用新的探测体制,这些分析可供参照军标制定制式时参考。

参 考 文 献

- 1 MIL-STD-188-141A interoperability and performance standards for medium and high frequency radio equipment. Philadelphia: Nava Publications office, 1988
- 2 MIL-STD-187-721 planning and guidance standard for automate control applique for HF radio. Pheladelphia: Nava Publications office, 1993
- 3 Watterson C C, Juroshek J R, Bensema W D. Experimental confirmation of an HF channel model. IEEE Trans Comm Tech, 1970, 18: 792 ~ 803

Performance Analysis of Voice Quality Measurement on HF Channel

Luo Ning Chen Shangqin Wu Yujing
(Inst. of Information System, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract Some major methods of the voice quality measurement on HF channel are introduced. To improve the performance of measurement by SINAD evaluation, a new method of AI evaluation suggested by MIL-STD-187-721 is adopted and tested. Articulation Index(AI) is a parameter to indicate the intelligibility of speech sound, which is not verified experimentally. This paper design a test to check the AI validation. The measurement is made on a standard HF channel simulator based on Watterson's model. The result of the evaluation is collected and compared with that of the SINAD evaluation. Since there is a little difference between those two methods, it is not necessary to adopt the AI evaluation on voice quality measurement on HF channel.

Key words high frequency; channel quality evaluation; voice; articulation index; link quality analysis