

·学术论文与技术报告·

# 利用 chirp 调解器的短波信道话音传输特性估计<sup>\*\*</sup>

罗 宁<sup>\*\*</sup> 陈尚勤

(电子科技大学信息所 成都 610054)

**【摘要】** 介绍了关于短波信道话音传输特性 AVQ 估值的方法, 提出了一种适用于新型短波 chirpALE 系统的 AVQ 估值算法, 对算法的参数进行了优化设计, 并和军标的测量方案性能进行了对比, 证实了该算法的性能符合军标规定。

**关键词** 短波; 链路质量分析; 话音; 相关函数  
中图分类号 TN011

## 1 chirp 调解器和短波信道话音传输特性 AVQ 的估计

短波自动链路建立(ALE; Automatic Link Establishing)系统是现代短波通信系统的重要组成部分, 它具有信息传输、实时信道估值等多种功能。ALE 系统的核心是 ALE 调解器, 它必须具备在恶劣的信道条件下(包括严重的多径、衰落以及各种干扰)进行工作的能力。chirp(线性调频)调解器是现代短波调解器的研究热点之一, 它采用 chirp 信号进行数传(如图 1 所示), 具有很高的可靠性和稳健性<sup>1,2)</sup>, 而且 chirp 调解器具有很强的实时信道估值功能, 因此 chirp 调解器也是 ALE 系统的一个研究热点。

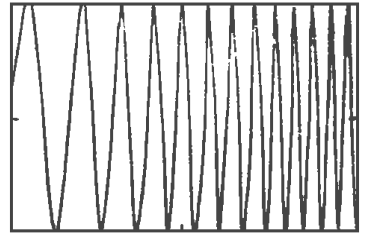


图 1 chirp 信号波形

短波信道对模拟话音传输特性的估计是 ALE 系统实时信道估值功能中的重要内容。模拟话音通信是短波通信中最早、最重要的一种业务。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, 历来都是短波通信中沟通和建立链路的重要手段。随着网络技术的发展, 模拟话音通信也成为短波网与其他网络间最实用的一种互连业务(如短波网络和电话网的互连)。为了保证模拟话音在短波信道上的传输质量, 需要有相关的技术对短波信道传输模拟话音的特性进行分析, 以便选择最佳的通话信道。最早采用的方法是人工呼叫, 并由操作人员评判收听质量来估计信道的传输特性。这种方法虽然很直观, 符合人的听觉特性, 但是采用人工呼叫效率低, 也缺乏规范性, 已经不能满足现代短波通信特别是组网通信的要求。由于实时信道估值技术在现代短波通信系统中普遍采用, 对短波信道传输模拟话音特性的估计也就成为实时信道估值技术的重要内容。实时信道估值伴随着通信过程同时进行, 它通过处理通信中的信号波形、频谱等提取信道的特性参数。短波通信中关于实时信道估值技术最重要的标准就是美军军标 MIL-STD-188-141A<sup>[3]</sup>(以下简称 141A 军标), 在 141A 军标中采用 SINAD(信号+噪声+失真比噪声+失真)作为话音链路的质量参数。为了进一步改善对短波话音传输特性的估计, 美军标 MIL-STD-187-721<sup>[4]</sup>(以下简称 721 军标)中又提出了用 AVQ(Achievable

\* 1998 年 3 月 10 日收稿

\* 电子部预研基金资助项目

\*\* 男 25 岁 博士

Voice Quality, 可获得链路语音质量) 作为评价短波信道语音传输特性的综合指标。除了基于 SINAD 估计的 AVQ 算法, 721 军标中还建议了基于 AI (Articulation Index, 清晰度指数) 估计的 AVQ 算法。AI 是贝尔实验室提出的关于语音清晰性评价的参数。它把话带(300 ~ 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, 这样对各子带的清晰性进行累计就可以测试出话带的整体清晰度。AI 估计式为

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

式中  $F_i$  为人耳对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  $i$  个子带对信噪比的敏感度。因为 141A 采用的是 125 波特的 8FSK 调制器, 所以频率子带的划分也是以信号音为中心, 分为 8 个子带。子带 SINAD<sub>*i*</sub> 的计算式如下

$$SINAD_i = \overline{P_{T_i}} - \overline{P_{ND_i}} \text{ (dB)} \quad (2)$$

式中  $\overline{P_{T_i}}$  是第  $i$  个子带上平均的接收信号谱密度;  $\overline{P_{ND_i}}$  是第  $i$  个子带上平均的噪声和干扰谱密度。

## 2 基于 chirp 调制器的 AVQ 算法——相关函数算法

为了使在 chirp 调制器上设计出的 AVQ 算法能达到军标的要求, 我们希望采用类似 141A 和 721 军标的子带 SINAD 累计法来估计 AVQ。但是估计 chirp 信号子频带信噪比较 8FSK 信号困难得多, 因为 8FSK 信号在每个码元内只具有一个以调制音为中心频率的频率子带, 而 chirp 信号在一个码元内, 信号频带覆盖了几近整个传输带宽, 因此不能象 141A 军标那样, 通过简单的频域变换就能够估计带内的信号和噪声能量。另外 chirp 信号的幅度谱和 8FSK 信号也不相同, 需要重新修正耳敏性和声强敏感性的加权系数, 但这点稍显次要。为了能够准确估计 chirp 信号子带信噪比, 我们采用了相关函数 CF (Coherent Function) 估计法。

1991 年, Bauquin 和 Faucon 发展了一种利用相关函数进行噪声消除的算法<sup>[5]</sup>。即: 当两路输入信号中, 具有相关性极强的有效信号成分和几乎不相关的噪声成分, 就可以通过计算两路信号的频谱相关函数  $MSC(\omega)$ , 并辅以一定的滤波算法, 就可以改善输出信号的信噪比, 其定义如下

$$MSC(\omega) = \frac{|\sum_n X_n^*(\omega) Y_n(\omega)|^2}{\sum_n |X(\omega)|^2 \sum_n |Y(\omega)|^2} \quad (3)$$

式中  $X_n(\omega)$  和  $Y_n(\omega)$  分别为两种输入信号  $x(t)$  和  $y(t)$  的在第  $n$  个分段上的短时傅氏变换谱, 不难看出  $MSC(\omega)$  表示信号  $x$  和  $y$  在频率分量  $\omega$  上的规一化互相关函数。假定  $x(t)$  是干净信号, 而  $y(t)$  是加入平稳高斯白噪声的失真信号, 即  $y(t) = x(t) + \text{Noise}(t)$ , 经过分析得知,  $MSC(\omega)$  包含了子带信噪比的信息式(4), 而且它还是子带信噪比的单调递增函数。因此  $MSC(\omega)$  可以作为子带信噪比的一种度量。对全话带的  $MSC(\omega)$  加权求和就能得到整个话带的相关函数为

$$\lim_{n \rightarrow \infty} MSC(\omega) = \frac{SNR(\omega)}{SNR(\omega) + 1} \quad (4)$$

$$CF = \sum_{i=1}^L MSC(i) \quad (5)$$

式中  $MSC(i)$  表示信号经 DFT 变换后的频谱中, 第  $i$  条谱线上的相关函数;  $L$  表示话带内的有效谱线总数。

图 2 是基于相关函数的 AVQ 算法框图, 估计中采用汉明窗的目的是为了消除频谱泄漏效应对谱分析的影响。重叠缓存的设置是为了克服窗函数的边缘效应给数字计算带来的误差。该算法中

较为困难和复杂的是标准参考信号的获得, 因为以上相关函数的计算是基于输入-输出信号比较的算法, 这一类算法要求输入和输出信号严格同步, 否则会严重影响测量结果的准确性。因此调解器系统必须能够产生精确的位同步, 而且还需要由译码等相关过程予以辅助, 以保证对信号内容的正确估计, 最终才能产生和输入信号精确同步的标准参考信号。

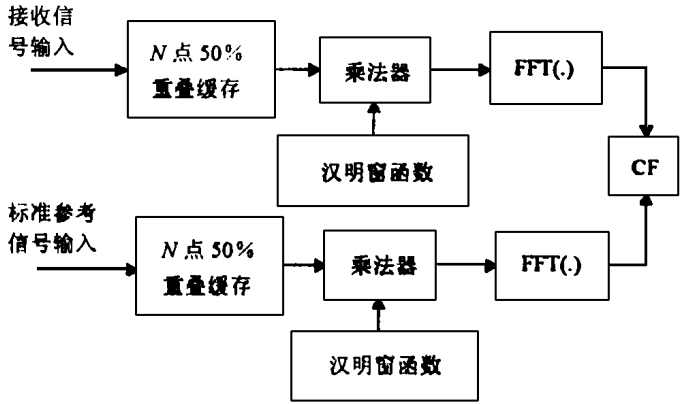


图 2 基于相关函数估计的 AVQ 算法框图

### 3 相关函数法性能分析

依据 CCIR 关于短波信道模拟器的建议, 我们在以下三种典型的短波模拟信道上测试了基于 chirp 调解器的 AVQ 算法性能。AWGN (信道传输无失真, 加性高斯白噪声), CCIR-Good ( $M=0.5$  ms,  $D=0.1$  Hz, 加性高斯白噪声) 和 CCIR-Poor ( $M=2.0$  ms,  $D=1.0$  Hz, 加性高斯白噪声), 信噪比 SNR 分别取 0 dB, 5 dB, 10 dB, 15 dB 和 20 dB。由于短波模拟信道只能模拟典型信道 15 min 左右的变化情况, 因此每个信道的单次测试时间为 15 min。标准参考信号由一个二进伪随机码发生器以 125 bps 的速率对 chirp 调解器进行差分调相产生的。表 1 是在 5 种信噪比和 3 种信道条件下测得的平均相关函数数据。

表 1 多种信道条件下 CF 均值对比

SNR/dB	0	5	10	15	20
CCIR-Poor	34.5	47.7	57.1	62.4	65.1
CCIR-Good	41.8	58.1	71.1	79.2	83.7
AWGN	48.9	67.6	79.3	85.1	87.6

为了比较 chirp 调解器的相关函数算法估计 AVQ 的性能和军标算法的估值性能, 我们根据各种算法的估计值对以上 15 种信道按传输质量由差到好进行了排序。排序结果见表 2。表 2 数据 XNN 中, X 表示信道类型, 可取值为 A、P、G, 其中 A 为 AWGN 信道, P 和 G 分别代表 CCIR-Poor 和 CCIR-Good 信道; NV 表示信道的信噪比。

表 2 各种 AVQ 测度一致性对比

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
C-CF	P00	G00	P05	A00	P10	G05	P15	P20	A05	G10	G15	A10	G20	A15	A20

比较结果表明: 141A 军标的 AI 测度、SINAD 测度和 chirp 调解器的相关函数测度在评价短波信道的 AVQ 时具有非常近似的性能。这证明了 141A 军标的 SINAD 和 AI 测度同 chirp 调解器的相关函数 CF 都准确地反映了话音通带上的子带信噪比, 因此 chirp 调解器的相关函数法在性能上完全符合军标的要求。

## 4 结束语

chirp 调制器是短波自动链路建立系统中很具潜力的一种调制器,本文的工作是为了完善其实时信道估值功能,以保证其在建立模拟话音链路时具有优良性能。上述的研究结果表明,相关函数技术准确有效地实现了对 chirp 信号的子带信噪比估计,使 chirp 调制器上的 AVQ 估值算法性能达到了军标的要求。

### 参 考 文 献

- 1 Darbyshire E P, Gott G F. A chirp modem incorporating interference excision. Proc IEE, 1992, 139(4): 395 ~ 406
- 2 Scholz J B, Giles Timothy C, Gill Martin C. A unique, robust low-rate HF radio modem. IEEE Milcom, 1993, 1: 333 ~ 337
- 3 Military standard: MIL-STD-188-141A: interoperability and performance standards for medium and high frequency radio equipment. Philadelphia: Naval publications office, 1988
- 4 Military standard: MIL-STD-187-721: planning and guidance standard for automated control applique for HF radio. Philadelphia: Naval publication office, 1993
- 5 Faucon Le Bouquin G. Using the coherence function for noise reduction. IEE Proc, 1992, 139(3): 276 ~ 282

## Evaluation of Voice Quality on HF Channel Based on Chirp Modem

Luo Ning      Chen Shangqin

(Inst. of Information Systems, UEST of China, Chengdu 610054)

**Abstract** Analogue voice is an important service in HF communication. In order to get a good effect of voice transmission, the channel feature of achievable voice quality should be evaluated. Based on the US military standards an AVQ evaluation algorithm used in a new type of ALE modem—chirp modem is developed, which is originated from a coherent function algorithm in voice signal processing. From the experiment, it is proved that the performance of this algorithm meets the request of the military standards.

**Key words** short wave; link quality analysis; voice; coherent function

编辑 黄 莘