

一种频域自适应滤波器的信号检测方法*

苗 家 林

(中国科学院电子学研究所)

近来自适应滤波器已被用于信号处理. 自适应滤波器与傅里叶变换组合在一起可以用来进行信号检测. 把时域自适应滤波器的权进行傅里叶变换后可以做出信号和噪声的谱特性的估计. 图1就是一个自适应线增强器与DFT联用的结构框图^[1]. 同样这样的谱估值问题也可以在频域中进行. 图2给出一个频域自适应滤波器的示意图.

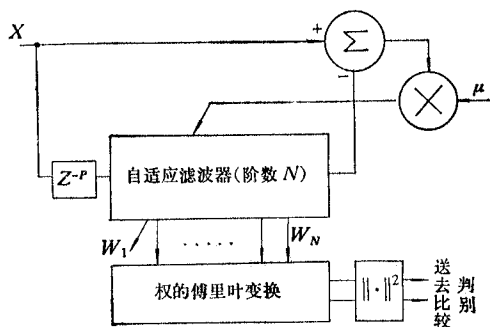


图1 自适应线增强器与傅里叶变换器的组合

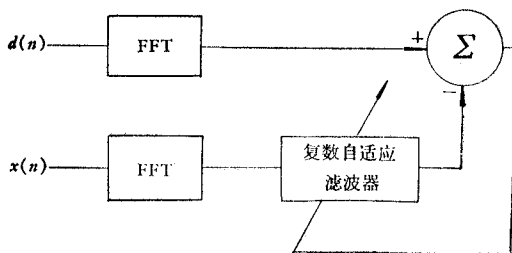


图2 频域中的自适应滤波器

为了比较时域和频域中的抽头延迟线结构的自适应滤波器与DFT组合的检测特性, 我们选取一种频域自适应系统, 其结构如图3所示. 该系统首先对输入的被测信号数字

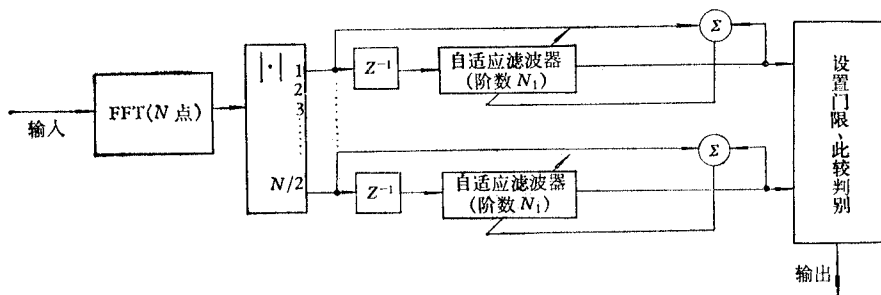


图3 频域中的自适应系统

化,并取其系列的 N 点的傅里叶变换;(由于变换后的对称性,实际有效的输出通道个数为 $N/2$ 个.)再将DFT的 $N/2$ 个输出分别接到 $N/2$ 个阶数为 N_1 的自适应滤波器上(本文接成自适应线增强器);最后将自适应线增强器的输出输入到比较器进行比较. 例如,当噪声是白高斯噪声时,可以先将这样的噪声输入,从而得到各路输出的统计值,然后再输入

* 1982年11月24日收到, 1983年12月19日修改定稿.

带有白高斯噪声的被测信号,在各路比较输出,也可以一次输入信号加噪声的被测信号,在各路输出间进行比较。

在进行时域和频域自适应滤波器的检测特性比较时,刷新滤波器的权值的算法采用 LMS 算法即:

$$\mathbf{W}_{m+1} = \mathbf{W}_m + 2\mu E \mathbf{X}_m,$$

式中 $\mathbf{W}$ 为权值; μ 为收敛因子,要人为选定; E 为误差信号; $\mathbf{X}_m$ 为第 m 族输入信号矢量,计有 N_1 个分量。

计算机模拟在 VAX-11/780 计算机上进行。输入信噪比为 -10dB 。选 DFT 为 16 点。时域自适应滤波器阶数取为 16。频域自适应滤波器阶数分别取 2、4。为了比较它们的检测概率 P_D ,取固定的虚警概率 P_F 小于 2×10^{-3} ,这靠在比较器中设置门限来保证。计算机模拟结果如表 1 所示。

表 1 计算机模拟结果

DFT 变换器 $N = 16$, 信噪比 $\text{SNR} = -10\text{dB}$, 噪声类型为白高斯噪声,信号频率 $F_s = 31.25\text{Hz}$, 取样频率 $F_{\text{sam}} = 500\text{Hz}$, 虚警概率 $P_F \leq 2 \times 10^{-3}$, 观察点 $N_T = 250$

时 域		频 域			
滤波器阶数 $N_1 = 16$		$N_1 = 4$		$N_1 = 2$	
μ	P_D	μ	P_D	μ	P_D
0.005	0.092	1.56×10^{-6}	0.526	1.56×10^{-6}	0.498
1.5625×10^{-3}	0.444	1×10^{-6}	0.5479	1×10^{-6}	0.484
6.25×10^{-4}	0.468	5×10^{-7}	0.5479	5×10^{-7}	0.476
3.125×10^{-4}	0.47	3×10^{-7}	0.544		
1×10^{-3}	0.464	2×10^{-7}	0.5479		
5×10^{-6}	0.44	1×10^{-7}	0.552		

由表 1 可以看出,对信噪比相同的输入信号,为了获得相同的检测概率,两种方法均使用了一个 16 点的 DFT。频域用阶数为 2 的自适应滤波器 8 个;时域中用阶数为 16 的自适应滤波器 1 个。从硬件上看,所需要的自适应滤波器的总阶数相同。因此,对检测未知信号频率的输入而言,两种结构有相同的特性。但从频域中的检测方法上可以看到,如果被测的信号频率是已知的,那么,在 $N/2$ 路中,仅用一路或两路(取决于比较方法)即可。显然可以省去不少硬件。

参 考 文 献

- [1] W. S. Burdick, *IEEE Trans. on AES*, **AES-14** (1978), 578.

A SIGNAL DETECTION METHOD USING FREQUENCY-DOMAIN ADAPTIVE FILTER

Miao Jialin

(Institute of Electronics, Academia Sinica)

The detection performance of the frequency-domain adaptive filter is compared with the time-domain one. Comparisons are based on the computer digital simulation with a sinusoidal signal and white Gauss noise. The performance of the frequency and time-domain adaptive filters are shown to be the same for an unknown frequency signal, but for the detection of known frequency the frequency-domain adaptive filter length is much shorter to get the same detection probability.