

# Study for Synchronous Acoustic Signal Processing System Based on MATLAB

Wengang Xu<sup>1</sup>, Yiyang Yao<sup>2</sup>, Xiaodong Wang<sup>3,4</sup>, Huan Yang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aeronautical Computing Technique Research Institute Seventh Department, Xi'an Shanxi

<sup>2</sup>State Grid Zhejiang Electric Power Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang

<sup>3</sup>School of Computer Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shanxi

<sup>4</sup>Research and Development Institute of Northwestern Polytechnical University in Shenzhen, Shenzhen Guangdong

Email: 105537429@qq.com

Received: Apr. 16<sup>th</sup>, 2020; accepted: May 1<sup>st</sup>, 2020; published: May 8<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

A processing system based on broadband filter plus narrowband filter was presented, which was suitable for synchronous acoustic signal processing because its parameters were known. Detector was finally used to estimate former edge and pulse width of synchronous acoustic pulse. The simulated result demonstrates that the system can well detect synchronous acoustic signal pulse even in low SNR (signal noise ratio) input signal, the system has a certain applied value.

## Keywords

SNR, Broadband Filter, Narrowband Filter, Detector

# 基于MATLAB的同步声信号处理系统研究

徐文岗<sup>1</sup>, 姚一杨<sup>2</sup>, 王晓东<sup>3,4</sup>, 杨欢<sup>3</sup>

<sup>1</sup>航空工业西安航空计算技术研究所, 陕西 西安

<sup>2</sup>国家电网浙江省电力有限公司, 浙江 杭州

<sup>3</sup>西北工业大学计算机学院, 陕西 西安

<sup>4</sup>西北工业大学深圳研究院, 广东 深圳

Email: 105537429@qq.com

收稿日期: 2020年4月16日; 录用日期: 2020年5月1日; 发布日期: 2020年5月8日

## 摘要

根据同步声信号参数已知的特点, 提出一种对同步声信号进行宽带滤波加窄带滤波预处理, 然后采用包

文章引用: 徐文岗, 姚一杨, 王晓东, 杨欢. 基于 MATLAB 的同步声信号处理系统研究[J]. 建模与仿真, 2020, 9(2): 136-141. DOI: 10.12677/mos.2020.92015

络检波器估算同步声脉冲前沿与脉冲宽度的信号处理系统。仿真结果表明当输入信号信噪比较低条件下，本系统仍能较好地检测出同步声信号，具有一定应用价值。

## 关键词

信噪比，宽带滤波器，窄带滤波器，包络检波器

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

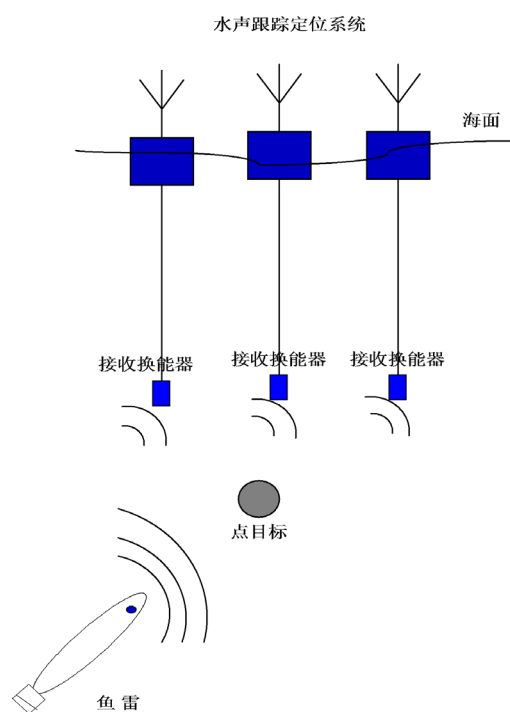
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

鱼雷试验中为了解鱼雷攻击目标性能，通常在鱼雷加装同步声信标，由布放在目标附近的水声跟踪定位系统来跟踪鱼雷的运动轨迹[1]。如图 1 所示，鱼雷同步声信标发出同步声脉冲信号，经过海洋信道传输后，到达水声跟踪定位系统接收端，接收端接收同步声信号并对之进行处理，估算出一个同步周期内同步声信号前沿相对同步周期开始时刻的时间差，进而可以估算鱼雷的距离等参数[2] [3]。



**Figure 1.** Schematic diagram of synchronous acoustic beacon and underwater acoustic tracking and positioning system

**图 1.** 同步声信标与水声跟踪定位系统示意图

由于海洋声信道是随机时 - 空 - 频变参、强多径、高噪声和有限带宽的信道。因此，在水声跟踪定位系统中接收端除了接收同步声信号外，还掺杂海洋环境噪声和舰船、鱼雷自噪声等[4]。海洋环境噪声主要分布在低频段，而鱼雷自噪声与航行速度有关，且随着速度的增加而急剧增大，结果同步声信号在

传输过程中被噪声所“淹没”。因此，为了获取鱼雷方位、距离等信息，必须对被噪声“污染”信号进行处理，将感兴趣的同步声信号提取出来[3] [4] [5]。

2. 同步声信号处理系统

假设某接收端输入信号为

$$X(k)=s(k)+n(k)$$

式中， $s(k)=A\cos(w_0k+\theta)$  为同步声信号， $A$  为其信号幅度， $\theta$  为信号相位， $w_0=2\pi f_0$  为信号载频， $n(k)$  为零均值高斯白噪声。本文采用 MATLAB 的 randn 函数产生噪声，如图 2 所示。

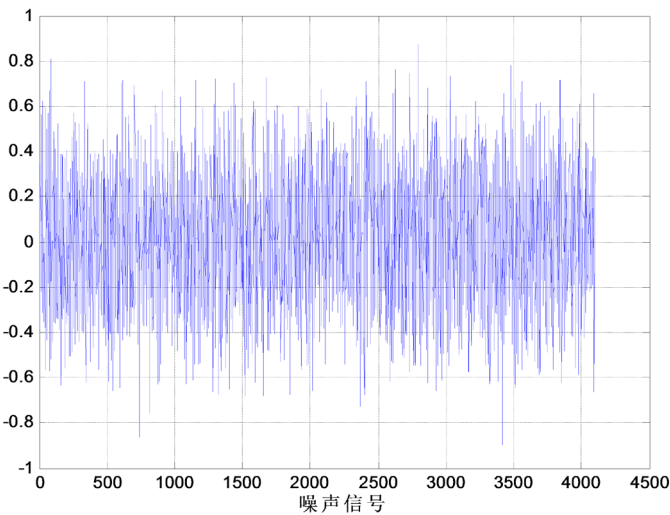


Figure 2. Noise generated by randn function  
图 2. randn 函数产生的噪声

由于同步信号的各种参数，如高频信号频率  $f_0$ 、周期  $T$ 、脉冲宽度  $d$  等已知。因此，根据这些特点建立如图 3 所示为同步声信号处理系统。

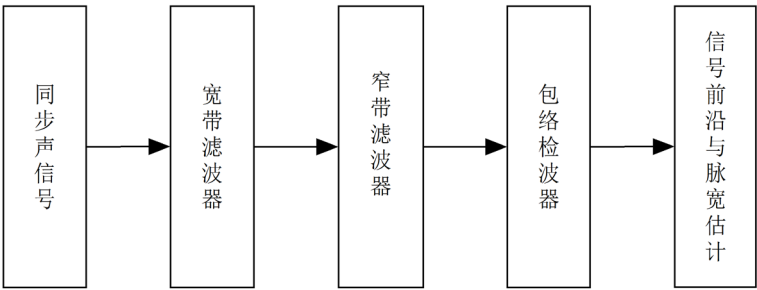


Figure 3. Synchronous acoustic signal processing system  
图 3. 同步声信号处理系统

图 3 中，首先采用宽带滤波器对接收端输入的同步声信号进行滤波，再由窄带滤波器对宽带滤波器输出进一步滤波。经过两级双重滤波后，采用包络检波器估计信号前沿与脉冲宽度以便估算时延并剔除由于多途干扰引入的虚假脉冲。

由于噪声带宽比较宽并且主要分布在低频段，而宽带滤波器和窄带滤波器通频带相对于噪声带宽小

很多,并且滤波器的中心频率相距零频很大。因此,可将噪声近似看成带通滤波器和窄带滤波器通带内的白噪声。当被白噪声所“淹没”的同步声信号通过中心频率为  $f_0$  的高通宽带滤波器后,带宽外的噪声将受到抑制,而通带内的同步声信号几乎无衰减地通过,被测信号的信噪比得到改善。此后再经过窄带滤波器处理后,窄带外的噪声再次被大幅度地衰减。与此同时,窄带内同步声信号仍几乎无损耗地通过滤波器。经过两级滤波处理的被测信号信噪比得到大幅度提高,相当于有用信号得到增强[6] [7]。

### 3. 仿真实验与结果分析

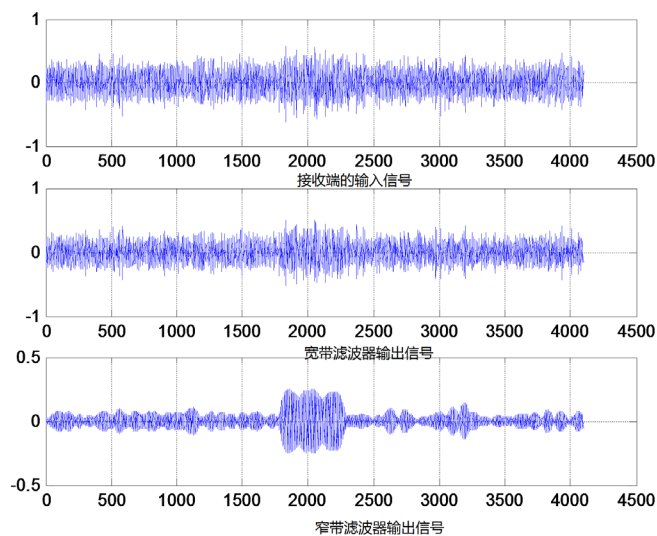
基于第2节的论述与分析,为验证文中构建系统的可用性,对其进行 MATLAB 仿真验证。仿真中为更好表述系统检测性能,仿真参数设置如下:采样数据长度为 4096,采样率为 260 KHZ,同步声脉冲所在区间为[1800, 2269],仿真参数设置如表 1 所示。

**Table 1.** Simulation parameter setting

**表 1.** 仿真参数设置

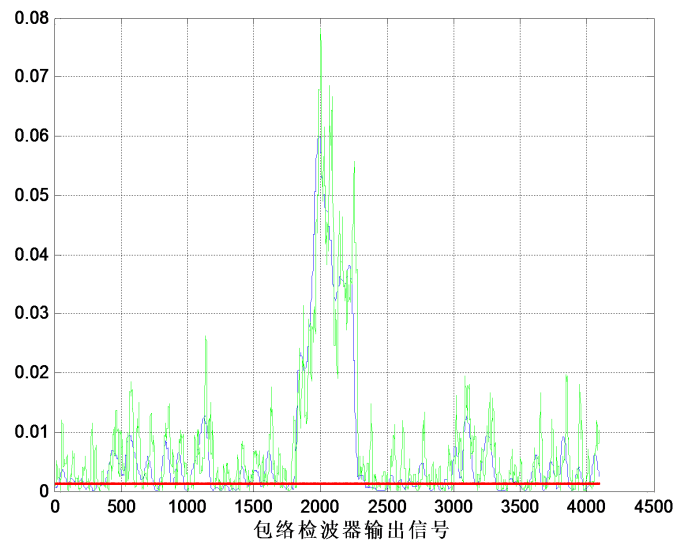
| 同步声信号参数              | 载波频率 $f_c = 65$ KHz | 周期<br>$T = 5$ ms                                  | 脉冲宽度 $\tau = 1.8$ ms                                     |
|----------------------|---------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 宽带滤波器参数<br>(阶数: 8)   | 中心频率 $f_c = 65$ KHz | 带宽<br>$\Delta\sigma 1 = f_{h1} - f_{l1} = 20$ khz | 上限截止频率 $f_{h1} = 80$ khz<br>下限截止频率 $f_{l1} = 60$ khz     |
| 窄带滤波器参数<br>(阶数: 128) | 中心频率 $f_c = 65$ KHz | 带宽<br>$\Delta\sigma 2 = f_{h2} - f_{l2} = 1$ khz  | 上限截止频率 $f_{h2} = 65.5$ khz<br>下限截止频率 $f_{l2} = 64.5$ khz |

图 4 展示了信噪比 0 dB 条件下接收端的输入信号、宽带滤波器输出信号以及窄带滤波器输出信号仿真波形图。对比三个信号波形可看出,由于信噪较低,从接收端的输入信号中几乎看不到同步声信号,经过宽带滤波器处理后,信噪比得到改善。但是,在宽带滤波器输出信号中同步声信号还是不够清楚,通过窄带滤波器滤波后可明显看到一个同步声信号包络。由于该信号包络前后沿不够陡,因此不利于估计同步声前后沿。图 5 则是包络检波器的输出波形。



**Figure 4.** Receiver input signal, wideband filter output signal, narrowband filter output signal waveform with 0 dB SNR

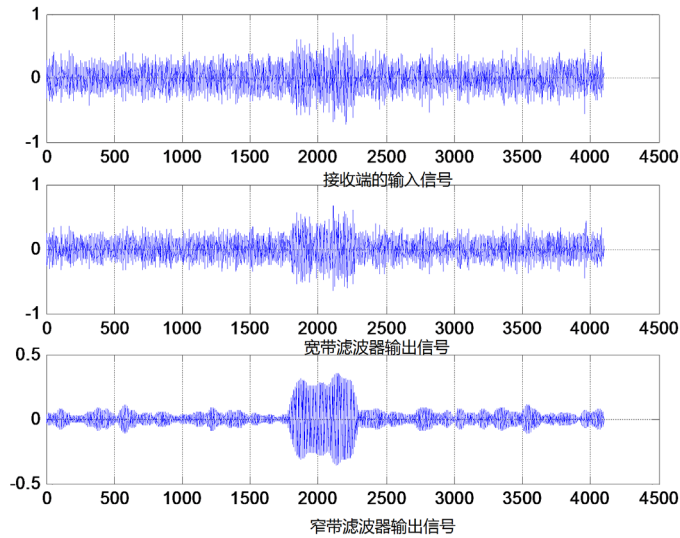
**图 4.** 0 dB 信噪比接收端输入信号、宽带滤波器输出信号、窄带滤波器输出信号波形



**Figure 5.** Output signal waveform of envelope detector with 0 dB SNR  
**图 5.** 信噪比为 0 dB 条件下包络检波器的输出信号波形

由图 5 可看出，窄带输出经过包络检波器后包络前后沿非常陡，因此能较容易估算出信号脉冲前沿以及脉冲宽度。

图 6 给出了信噪比为 3 dB 条件下接收端的输入信号、宽带滤波器输出信号以及窄带滤波器输出信号仿真波形图。由于信噪比较大，从接收端的输入信号图可较明显看出幅度稍大的同步声信号包络，即图 6 中区间[1800, 2269]。



**Figure 6.** Receiver input signal, wideband filter output signal, narrow-band filter output signal waveform with 3 dB SNR  
**图 6.** 信噪比为 3 dB 接收端的输入信号、宽带滤波器输出信号以及窄带滤波器输出波形

由图 7 包络检波器输出信号图可以看出，经过两级滤波处理后的噪声信号幅度已经非常低，能较准确估算出信号脉冲前后沿以及脉冲宽度，而且输入信号信噪比越大，系统的检测性能越好。

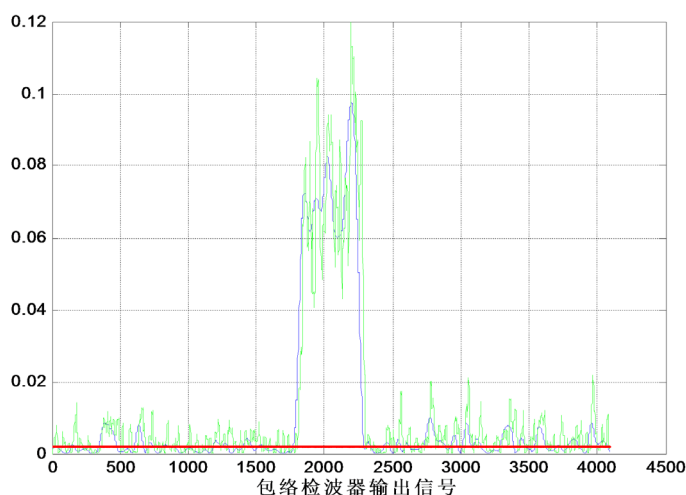


Figure 7. Output signal waveform of envelope detector with 3 dB SNR

图 7. 信噪比为 3 dB 条件下包络检波器的输出信号波形

由于鱼雷攻击目标时鱼雷与水声跟踪定位系统之间距离较小, 而且同步声信标的声源级一般设计比较大。因此, 接收端输入信号的信噪比往往可达 10 dB 以上。由此可见, 在信噪比较低条件下, 本文构建信号处理系统能较好地估算信号前沿和脉冲宽度, 可以满足大多数实际应用需求。

#### 4. 结论

本文针对水下同步声信号参数已知并且是高频窄带信号的特点, 构建了一种对同步声信号进行宽带滤波预处理, 再进行窄带滤波, 最后采用包络检波器估算信号前沿与脉宽的同步声信号处理系统。仿真结果表明即便在输入信号信噪比较低情况下, 该系统仍能较好地检测出同步声信号并具有较高的时延估计性能, 具有很好应用潜力。

#### 致 谢

感谢国网浙江省电力有限公司温州供电公司对本论文的支持。

#### 基金项目

国家某重点科研项目(MJ-2016-S-42, MJ-2018-S-34), 国防基础科研项目, 国网浙江省电力有限公司科技项目(2020 年), 陕西省创新能力支撑计划项目(2019PT-03)以及全军共用信息系统装备预研专用技术项目、装备预先研究项目(共用技术)。

#### 参考文献

- [1] 孙涛, 侯代文. 鱼雷试验中雷靶水声信号识别方法[J]. 鱼雷技术, 2013, 21(1): 58-61, 80.
- [2] 熊鑫, 章新华, 高成志, 等. 水中目标被动定位技术综述[J]. 舰船科学技术, 2010, 32(7): 140-143.
- [3] 李帅, 袁蓉, 代伟. 双同步水下合作目标跟踪定位方法[J]. 舰船科学技术, 2015, 37(8): 114-117.
- [4] 黄紧德. 多路完全同步采样的声信号采集系统的设计与实现[J]. 软件, 2013, 34(2): 17-21.
- [5] 韩冲, 张效民, 李通旭, 陈瑜. 一种新型水声信号同步的 DSP 实现[J]. 电子设计工程, 2014, 22(14): 107-109.
- [6] 张进. 一种新的宽带信号 DOA 估计算法[J]. 电路与系统学报, 2012, 7(6): 70-75.
- [7] 田甜, 李启虎, 王磊, 孙长瑜. 基于虚拟仪器技术的多路水声信号同步采集及处理平台设计[J]. 应用声学, 2011, 30(4): 314-319.