

최대최소진폭차와 령교차률에 기초한 목적신호의 검출

한금일, 신일철, 엄철남

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학과 기술이 매우 빨리 발전하고있는 오늘의 현실은 기초과학을 발전시킬것을 더욱 절실하게 요구하고있습니다.》(《김정일선집》 증보판 제11권 138페이지)

음향신호의 검출과 식별은 음성인식, 기계고장진단체계, 료전기재소음식별체계, 무기식별체계 등에 리용된다.

신호검출방법에는 단시간에너지법, 스펙트르감산법, 령교차률법, 피치(pitch)와 포르만트(formant)[4]를 리용한 방법, 멜주파수케프스트라姆결수(MFCC)[1]를 리용한 방법들이 있다.

선행연구에서는 료전기재소음을 제거하는 방법[2]과 스펙트르붕우리에 의한 포구파검출방법[3]이 제안되였다.

폭음과 같은 목적신호를 검출하는데 이 방법들을 적용한 결과 검출오인률이 높아져 응용에 적합치 않았다.

본문에서는 피동음향탐지기개발에서 나서는 임펄스형의 목적신호를 검출하는 문제를 론의한다.

1. 목적신호에 대한 분석

다음의 그림에 4통로음향수감부로 수감된 1개 표본렬의 신호파형을 보여주었다. 표본렬의 길이는 2 048이다.

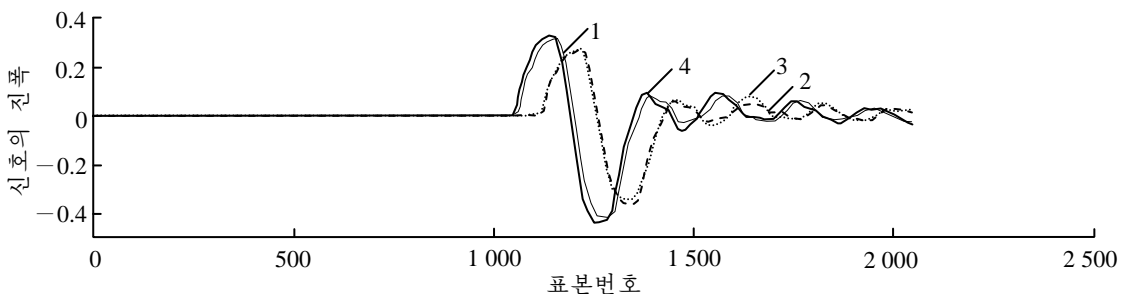


그림. 수감된 1개 표본렬의 신호파형

그림에서 보여주는바와 같이 공간적으로 떨어져있는 4개의 음향수감부들에 의해 수감된 신호파형 1, 2, 3, 4들은 음원의 방향에 따라 위상이 차이난다. 앞부분에는 잡음신호뿐이고 뒤부분에 목적신호가 있다.

우리는 1 000여개의 목적신호를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

분석 1 목적신호는 지속시간이 매우 짧은 비정상신호이다.

목적신호는 료전기재소음이나 기계소음, 말소리와 같이 지속시간이 긴 신호와는 달리

0.1~0.2s의 지속시간을 가진 비정상음향신호이다. 그러므로 검출응답시간이 빨라야 하고 정확도가 높아야 한다.

분석 2 목적신호파형은 시간영역에서 1~2개의 높은 봉우리를 가진다.

목적신호는 처음 세기가 높은 1~2개의 봉우리를 가지고있으며 그외 세기가 낮은 여러개의 봉우리를 가진다. 목적신호가 포함된 표본렬에서의 봉우리개수(2~15개)는 지속시간이 상대적으로 긴 신호와 차이다.

분석 3 7km이상의 거리에서 발생한 음원에 대해 수감된 신호는 저주파신호이다.

음원에서 발생한 음향신호는 광대역신호이지만 공기매질을 통해 먼거리로 전파될 때 고주파성분이 저주파성분에 비해 많이 감쇠되므로 수감된 신호는 저주파신호로 된다.

분석 4 목적신호가 들어있는 신호에 대하여 표본렬을 어떻게 선택하는가에 따라 방위판정정확도가 차이다.

수감되는 음향신호에는 여러가지 잡음들이 섞여있는데 이 잡음들은 음원위치추정의 정확도를 떨어뜨린다. 분석결과에 의하면 최대봉우리를 중심근방에 포함한 표본렬에서는 방위판정정확도가 높아졌다.

연구목적은 바람소리, 룬전기재소음, 말소리를 비롯한 환경소음속에서 목적신호만을 검출하고 실지 위치를 포함하고있는 표본렬을 선택하는것이다.

2. 목적신호의 검출

일반적으로 m 번째 수감부출력신호는 다음과 같이 표시된다.

$$x_m(t) = s(t - \tau_m(\theta)) + \eta_m(t), \quad 1 \leq m \leq M \quad (1)$$

여기서 M 은 수감부개수이고 $s(t)$ 는 광대역원천신호, $\eta_m(t)$ 는 m 번째 수감부에서의 잡음, θ 는 원천의 도달방향, $\tau_m(\theta)$ 는 m 번째 수감부에서의 원천신호의 지연이다.

A/D변환된 한 표본렬의 수감부출력신호는 $M \times N$ 형식의 행렬 $\mathbf{x} = (x_{mn})$ 으로 쓸수 있다. 여기서 N 은 표본렬의 길이이고 x_{mn} 은 m 번째 수감부에서의 n 번째 표본이다.

목적신호에 대한 분석결과에 따라 다음과 같은 수법을 제안한다.

① 최대최소진폭차에 기초한 적응성봉우리검출

분석 2로부터 목적신호는 높은 봉우리를 가진다. 이것은 현재표본렬의 최대진폭과 최소진폭의 차이를 리력값과 비교하여 판정할수 있다.

매 수감부번호 m 에 대하여 최대최소진폭차

$$U_m = \max\{x_{mn}\} - \min\{x_{mn}\} \quad (2)$$

을 정의한다.

수감부출력신호표본렬에 대하여 최대최소진폭차 U_m 을 계산하고 모든 m 에 대하여 다음의 식을 만족시키면 어떤 음향신호가 있다고 판정한다.

$$U_m / U_m^{hist} > U^{thred} \quad (3)$$

여기서 U^{thred} 는 최대최소진폭차에 대한턱값이다.

U_m^{hist} 는 평균리력최대최소진폭차로서 다음과 같이 갱신된다.

$$U_m^{hist} = (1 - U_\alpha)U_m^{hist} + U_\alpha U_m^{hist} \quad (4)$$

여기서 U_α 는 현재표본렬에 대한 평균리력최대최소진폭차의 의존도로서 경험값으로 준다.

② 저통과려파기의 적용

분석 3으로부터 고찰하는 목적신호는 저주파신호이다. 경험적으로 10~512Hz대역으로 저통과려파한다.

③ 령교차률판정에 의한 목적신호의 검출

분석 1과 2로부터 봉우리개수를 목적신호판정파라미터로 볼수 있다. 봉우리개수는 령교차률에 의해 계산할수 있다.

매 수감부번호 m 에 대하여 령교차률(ZCR)을 계산한다.

$$Z_m = \sum_m |\text{sign}(x_{mn}) - \text{sign}(x_{mn-1})| / 2 \quad (5)$$

여기서 x_{mn} 은 려파된 신호이다.

모든 m 에 대하여 령교차률이 유효구간안에 있으면 목적신호가 있다고 판정한다.

$$Z_m \in Z^{thred}, \quad Z^{thred} = [2, 15] \quad (6)$$

④ 봉우리의 집초성판정에 의한 신호표본렬의 선택

분석 3으로부터 목표의 위치추정정확도를 높이기 위해서는 최대봉우리를 중심으로 하는 표본렬을 선택해야 한다. 여기서 문제로 되는것은 4개의 수감부로 수감된 신호표본렬의 봉우리가 시간지연을 가지고있는것이다.

다음과 같이 최대봉우리가 집초된 신호표본렬을 선택하자.

매 수감부번호 m 에 대하여 최대값으로 되는 표본번호 I_m 들의 평균번호를 유효표본렬의 중심으로 설정한다.

$$C = \sum_{m=1}^M I_m, \quad I_m = \arg \max_n \{x_{mn}\} \quad (7)$$

우와 같은 4가지 수법으로 최종적으로 목적신호가 들어있는 유효표본렬을 얻는다.

맺는 말

제안된 수법으로 목적신호검출과 유효표본렬추출을 진행하였으며 1 000여개의 목적신호에 대한 실험을 통하여 파라미터들과 턱값들을 확정하였다.

$U^{thred} = 1.7$, $U_\alpha = 0.067$, $Z^{thred} = [2, 15]$ 이고 려파대역은 10~512Hz이다.

모의실험결과에 의하면 최대진폭을 리용할 때보다 최대최소진폭차를 리용할 때 검출 성능이 높아진다.

오인거부률(실지목적신호를 거부함으로써 생기는 오인률)은 1%, 오인접수률(목적신호가 아닌 신호를 목적신호로 판정함으로써 생기는 오인률)은 2%로서 선행방법보다 성능이 4배로 올라갔다.

참 고 문 헌

- [1] P. Mahalakshm; Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 9, 3, 360, 2016.
- [2] Gao Ruipeng et al.; International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering, 11, 3, 13, 2011.
- [3] N. Pierre et al.; 19th International Congress on Acoustics, Madrid, 1, 2007.
- [4] H. Beigi; Fundamentals of Speaker Recognition, Springer, 143~199, 2011.

주제 107(2018)년 2월 5일 원고접수

Detection of the Objective Signal Based on Max-Min Amplitude Difference and ZCR

Han Kum Il, Sin Il Chol and Om Chol Nam

Using the max-min amplitude difference and ZCR, we proposed a method, to detect the objective signal and to extract an available sample frame. This method has 4 times of the prior method in detection accuracy.

Key words: acoustic radar, ZCR(zero-cross rate), max-min amplitude difference