

소나표적의 식별을 위한 진화적 PSR 추정기

김현식*

*동명대학교

Evolutionary PSR Estimator for Classification of Sonar Target

Hyun-Sik Kim*

*Tongmyong University

E-mail : hyunskim@tu.ac.kr

요 약

일반적으로, 소나 표적의 식별을 위한 PSR(Propeller Shaft Rate) 추정 알고리즘은 다음의 문제점들을 가지고 있다. 즉, 주파수 스펙트럼으로부터 하모닉군을 구별하는 것은 필수적이면서도 어렵기 때문에 정확하고 효율적인 구별법을 요구한다. 나아가, 구조와 파라미터에 있어서 용이한 설계 절차를 요구한다. 이 문제들을 해결하기 위해서 전문가 지식 및 진화 전략(ES : Evolution Strategy)을 이용하는 진화적인 PSR 추정기가 제안되었다. 시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘이 그 문제점들을 효과적으로 해결할 수 있음을 보여준다.

ABSTRACT

Generally, the propeller shaft rate (PSR) estimation algorithm for the classification of the sonar target has the following problems: it requires both accurate and efficient the fundamental finding method because it is essential and difficult to distinguish harmonic family from the frequency spectrum, and further, it requires an easy design procedure in terms of its structures and parameters. To solve these problems, an evolutionary PSR estimation algorithm using an expert knowledge and the evolution strategy, is proposed. Simulation results show that the proposed algorithm effectively solves the problems in the realtime system application.

키워드

소나 표적, 특징정보추출, PSR 추정, 고조파, 진화 전략

1. 서 론

일반적으로, 해양 표적(target)은 다양한 소음원(noise source)들을 가지고 있으므로, 다양한 주파수 성분의 수중 방사소음을 생성하고 있다[1]. 이로 인해 소나 신호를 이용한 소나 표적의 탐지 및 추적 결과인 주파수 스펙트럼은 다양한 주파수 성분들을 가지고 있는데, 이들 가운데에서도 소나 표적의 식별에 있어서 가장 지배적인 협대역(narrowband) 성분은 고유 하모닉군(harmonic family)을 형성하고 있다. 이는 주파수 스펙트럼 기반의 소나 표적의 식별에 있어서 다중의 스펙트럼선들로부터 기본 주파수(fundamental)와 그 고조파(harmonic)들로 구성된 하모닉군을 구별하

는 것이 필수적이면서도 매우 어려움을 의미한다. 특히, 속도연관 성분 가운데에서 PSR(Propeller Shaft Rate)[2]은 소나 표적 특징정보의 하나로써 관련 하모닉군의 기본주파수를 의미하는데, 차수(order) 집합의 추출 및 특징정보 DB의 효과적 이용을 가능하게 한다. 따라서, PSR 추정은 소나 표적의 식별에 있어서 가장 기본적이면서도 핵심적인 요소임을 알 수 있다.

일반적으로, PSR 추정에 있어서 숙련된 전문가 는 제한적으로 그래픽 보조선들을 활용하는 비실시간 적인 추정을 한다. 따라서, PSR의 자동 및 실시간 추정의 관점에서 정확하고 효율적이면서도 그 구조와 파라미터에 있어서 용이한 설계 절차를 갖는 PSR 추정 알고리즘이 요구된다.

이러한 문제들을 해결하기 위해서 전문가 지식 (expert knowledge) 및 진화 전략(ES : Evolution Strategy)을 이용하는 진화적인 PSR 추정 알고리즘이 본 논문에서 처음으로 제안되었다.

II. 진화적 PSR 추정기의 설계

설계의 첫 번째 단계로서, 합정 방사소음 관련 주파수 스펙트럼의 일반화 표현에 있어서는, 소나 표적의 특징정보 추출을 위한 PSR 추정 문제의 이해를 돕기 위하여 기존의 주파수 스펙트럼 표현[1]을 변형하여 보완하였다.

설계의 두 번째 단계로서, 주파수 스펙트럼 패턴의 분류에 있어서는, 주파수 스펙트럼으로서의 토널 집합(tonal set)을 순수 하모닉군만으로 구성된 정상 집합(normal set), 하모닉군 이외의 토널 주파수가 첨가된 첨가 집합(inserted set), 하모닉군 중의 토널 주파수가 누락된 누락 집합(omitted set) 및 혼합 집합(mixed set)으로 세분화하였다. 또한, 간접 및 거시적 추정을 하는 전문가의 지식을 분석하였다.

설계의 마지막 단계로서, 맞춤형 진화전략의 구성에 있어서는, 앞서 언급한 기준 하모닉 모델을 활용한 전문가의 수동 PSR 추정 과정을 분석한 내용을 바탕으로 하여 전문가의 거시적 방법을 자동 및 실시간의 관점에서 구현하기 위해서, 기존 하모닉 모델의 삼각형 멤버십 함수의 중심 값들 뿐만 아니라 그 폭을 동시에 사용하여 문제에 맞게 잘 정의된 적합도(fitness) 함수를 최대화 하는 문제로 변환하였다. 적합도를 최대화하기 위해서는 ES[3]를 사용하였다. 또한, PSR 추정의 관점에서 국부 및 전역 탐색을 통하여 탐색의 효율성을 높이기 위해서 ES를 맞춤형으로 변형하였다. 맞춤형 ES를 포함하는 PSR 추정기를 나타낸 블록선도는 다음의 그림 1과 같다.

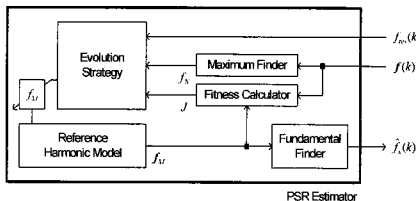


그림 1. 제안된 PSR 추정기의 블록선도

III. 시뮬레이션 결과

진화적 PSR 추정 알고리즘의 성능 검증은 프로펠러 축(shaft)의 회전속도가 변화하는 모의 소나 표적의 주파수 스펙트럼을 생성한 후, 이를 기반으로 하여 PSR을 추정하는 문제에 대해서 이루어졌다. 여기서는 소나 신호처리 과정은 생략하

고 그 결과만을 고려하는 형태로 구현하였다.

프로펠러 축의 회전 운동 발생 시나리오는 가속, 감속, 등속, 감속, 가속, 등속 운동의 순서로 주어졌다. 그 결과는 그림 2에 보여지는데, 첫번째 토널 주파수가 누락되고, 특정 토널 주파수가 첨가된 혼합 토널 집합의 경우에 대해서 제안된 알고리즘에 의해서 자동 및 실시간으로 PSR을 추정한 결과이다. 위에서 아래로 각각 토널 주파수의 잡음 레벨, 주파수 그래프, 추정된 PSR 인데, 제안된 간접 및 거시적 추정 방법은 기본 주파수 성분이 존재하지 않는 혼합 토널 집합에 대해서도 PSR을 정확히 추정하고 있다.

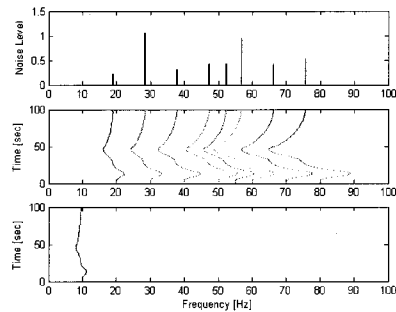


그림 2. PSR 추정 결과

V. 결론

본 논문에서는 전문가 지식 및 진화 전략을 이용하는 PSR 추정 알고리즘이 제안되었다.

제안된 알고리즘은 다음의 장점을 갖는다. 즉, 본 알고리즘은 소나 시스템의 운용과 관련된 전문가 지식에 기반하므로 정확한 PSR 추정이 가능하며, 진화 알고리즘의 일종으로서 지역 탐색 특성이 우수한 진화 전략을 이용하므로 효율적인 PSR 추정이 가능하다. 또한, 알고리즘의 구조와 파라미터 관점에서 용이한 설계가 가능하다.

시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘이 실시간 시스템 적용에서 존재하는 문제점들을 효과적으로 해결할 수 있음을 보였다.

참고문헌

- [1] X. Lurton, AN INTRODUCTION TO UNDERWATER ACOUSTICS Principles and Applications, Springer, 2002.
- [2] A. Kummert, "Fuzzy technology implemented in sonar system," IEEE Journal of Oceanic Engineering, vol. 18, no. 4, pp. 483-490, 1993.
- [3] D. B. Fogel, Evolutionary Computation : Toward a New Philosophy of Machine Intelligence, IEEE Press, 1995.