

# 수중 생체 모방 음향 통신을 위한 k-means 알고리즘 기반 흑범고래 휘슬음 분류

김민호<sup>1</sup>, 설승환<sup>1</sup>, 김용철<sup>1</sup>, 박근호<sup>2</sup>, 정재학<sup>1\*</sup>  
인하대학교<sup>1</sup>, 국방과학연구소<sup>2</sup>

ho2617@naver.com<sup>1</sup>, koe3400@naver.com<sup>1</sup>, dydcjf4691@naver.com<sup>1</sup>, ghpark57935@add.re.kr<sup>2</sup>,  
jchung@inha.ac.kr<sup>1\*</sup>

## Classification of False Killer Whale Whistles based on K-means Algorithm for Underwater Biomimetic Acoustic Communication

Min ho Kim<sup>1</sup>, Seol Seung Hwan<sup>1</sup>, Kim Yong Cheol<sup>1</sup>, Park Geun Ho<sup>2</sup>, Chung Jae Hak<sup>1\*</sup>  
Inha Univ.<sup>1</sup>, Agency for Defense Development<sup>2</sup>

### 요약

본 논문은 수중 생체 모방 음향 통신을 위해 흑범고래의 휘슬음을 k-means clustering 를 통해 분류하였다. 분류된 휘슬음은 형태에 따라 분류되었으며, 수중 생체 모방 통신의 LPD/LPI 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

### I. 서론

수중 생체모방 통신은 low probability intercept/exploitation (LPI/LPE) 성능을 향상시키기 위해 수집된 휘슬의 특징을 분류하고 각 상황에 맞게 적절히 사용해야 한다.[1] 이를 위해 본 논문에서는 faster region-based convolutional neural network(Faster R-CNN)을 통해 검출한 흑범고래 휘슬을 k-means clustering 을 통해 분류하였다.

### II. 본론

K-means clustering 은 데이터를 k 개의 클러스터로 그룹화하는 비지도 학습 알고리즘으로, 각 클러스터의 중심을 계산하고 데이터 포인트를 해당 중심에 할당하여 클러스터링을 수행한다. 본 논문에서는 취득한 흑범고래 휘슬의 주파수 평균이 0 이 되도록 정규화한 휘슬 데이터를 입력으로 사용하였으며, cluster 내의 밀집도와 cluster 간의 분리도를 측정하는 Davies-Bouldin Index 를 사용하여 최적의 클러스터 수를 결정하였다.

### III. 결론

K-means clustering 의 적용결과, 클러스터의 수는 6 개로 설정되었으며, 총 10 회의 반복을 통해 클러스터의 중심을 설정되었으며 클러스터간 최적의 거리 총합은 46.82 였다. Cluster 에 따른 휘슬들을 그림 1 에 나타내었다. 각 cluster 별 휘슬을 살펴보면 upswEEP, downswEEP, convex, concave 등 휘슬의 형태에 따라 분류가 이루어진 것을 확인할 수 있다. 수중 생체모방 통신 기법에 따라 K-means clustering 의 입력 파라미터 조정을 통해 분류하면 수중 생체 모방 통신의 LPD/LPI 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

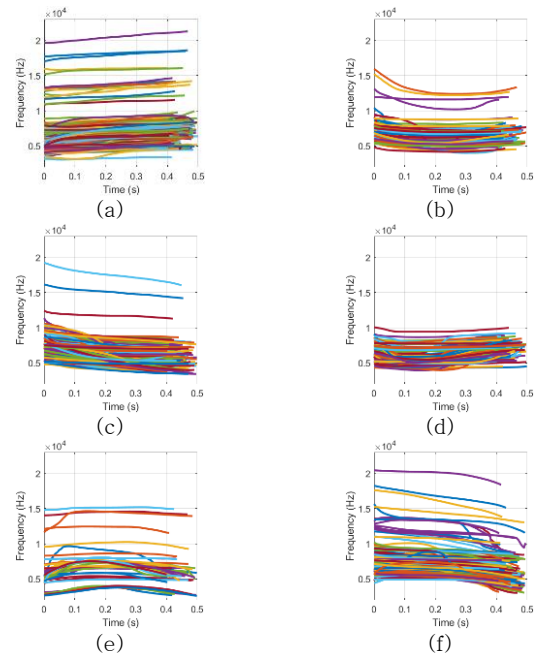


그림 1. K-mean clustering 결과 (a) cluster 1, (b) cluster 2, (c) cluster 3, (d) cluster 4, (e) cluster 5, (f) cluster 6

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2024 년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임 (UI237029DG).

### 참고 문헌

- [1] Seol S.H et al., "Research trends of biomimetic covert underwater acoustic communication," J. Acoust. Soc. Kr. 41(2), pp. 227-234.