

# 수중 생체 모방 음향 통신을 위한 흑범고래 휘슬음 조건부 생성 기법 연구

김민호<sup>1</sup>, 설승환<sup>1</sup>, 이상화<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>, sanghwa0224@naver.com<sup>1</sup>,  
ghpark57935@add.re.kr<sup>2</sup>, jchung@inha.ac.kr<sup>1\*</sup>

## A Study on Conditional Generation of False Killer Whale Whistles for Underwater Biomimetic Acoustic Communication

Kim Min-Ho<sup>1</sup>, Seol Seung-Hwan<sup>1</sup>, Lee Sang-Hwa<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 통신에서 수중 생체 데이터 부족 문제를 해결하기 위해 CGAN을 활용한 흑범고래 휘슬음 생성 기법을 제시하였다. CGAN의 조건부 입력은 계층적 클러스터링을 통해 얻은 5개의 휘슬 형태 군집 라벨로 구성하였으며, 각 군집 특성에 맞는 휘슬음을 생성하도록 학습하였다. 생성된 휘슬음은 기존 신호와 다른 시간·주파수 특성을 가지면서도 군집 특성을 반영하여, LPD 및 LPI 성능 향상에 기여할 수 있음을 확인하였다.

### I. 서 론

수중 생체 모방 통신에서는 LPI/LPE(low probability of intercept/exploitation) 성능 확보를 위해, 작전 구역 내 서식하는 수중 생물의 다양한 생체음을 지속적으로 확보하고 이를 통신 신호로 활용해야 한다[1]. 그러나 모방 가능한 고래 휘슬음 데이터의 규모가 매우 제한적이다. 이러한 문제를 해결하기, 본 연구에서는 조건부 생성 적대 신경망(Conditional Generative Adversarial Network, CGAN)을 활용하여 사용자가 원하는 형태의 흑범고래 휘슬음을 생성하는 기법을 제안한다.

### II. 본론

조건부 생성 적대 신경망은 기본적인 GAN 구조에 조건 정보를 추가하여, 특정 클래스나 속성에 따른 데이터를 생성할 수 있도록 확장된 생성 모델이다. 일반적인 GAN은 생성자와 판별자 간의 적대적 학습을 통해 데이터를 생성하는데, CGAN은 여기에 조건 벡터를 함께 입력하여 지정된 조건에 따라 원하는 형태의 데이터를 생성할 수 있도록 학습된다. 이로 인해 CGAN은 제어 가능한 데이터 생성이 가능하며, 본 연구에서는 이를 통해 흑범고래 휘슬음의 특정 형태를 유도하도록 구성하였다.

### III. 결론

본 논문에서는 CGAN 학습을 위해 흑범고래 휘슬음을  $128 \times 128 \times 1$  크기의 스펙트로그램 이미지 형태로 전처리하였으며, 조건부 입력으로는 계층적 클러스터링 기법을 통해 도출된 5개의 휘슬 형태 군집 결과를 클래스 라벨로 활용하였다. 각 라벨은 one-hot 인코딩되어 생성자와 판별자에 각각 조건 정보로 결합되었으며, 이를 통해 CGAN은 특정 군집에 해당하는 휘슬 형태를 선택적으로 생성할 수 있도록 학습되었다. 학습에는 Adam 옵티마이저를 사용하였고,

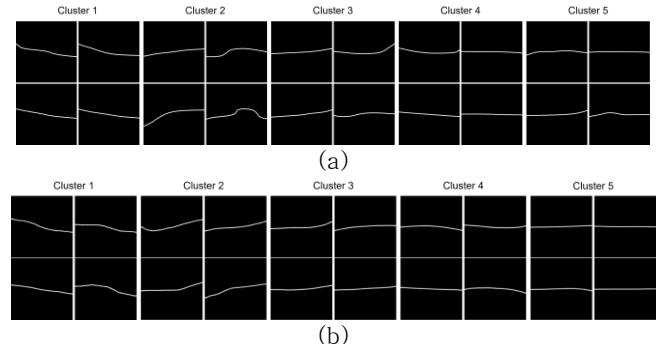


그림 1. 흑범고래 휘슬음 생성 결과 예시 (a) 군집별 흑범고래 휘슬음, (b) 군집별 생성된 휘슬음

학습률은 0.0001, 배치 크기는 128로 설정하였다. 또한 과적합을 방지하기 위해 early stopping 기준을 20 에폭으로 적용하였다. 실험 결과, CGAN은 각 군집 형태에 부합하는 휘슬음을 생성하였으며, 이를 통해 실제 휘슬 데이터의 분포를 효과적으로 보완할 수 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 향후 수중 생체모방 통신에서 생체 데이터 결핍 해소와 LPD 및 LPI 성능 향상에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2025년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임 (UI237029DG).

### 참 고 문 헌

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