

사물인터넷 기반 해양 침적 쓰레기 관리 시스템

김혜정¹, 양혜연¹, 김지태¹, 한희수¹, 구자훈², 김영갑^{3*}

¹세종대학교 정보보호학과 학부생

²세종대학교 정보보호학과 박사후연구원

³세종대학교 교수

hey4447@gmail.com, 22011769@sju.ac.kr, 22011771@sju.ac.kr, gksqmltn0706@naver.com,

gksqmltn0706@naver.com, sigmao@sejong.ac.kr, alwaysgabi@sejong.ac.kr

A Management System for Marine Deposited Debris based on Internet of Things

Hye-Jeong Kim¹, Hye-Yeon Yang¹, Jitea Kim¹, Huisu-Han¹, Jahoon Koo¹,
Young-Gab Kim^{2*}

¹Dept. of Computer and Information Security, Sejong University

²Sejong University

요 약

기존에 존재하는 해양쓰레기 처리 기술은 처리할 수 있는 쓰레기의 종류와 양이 한정되어 있거나, 장치를 설치하는 데 많은 시간을 소비하는 문제점이 존재한다. 본 연구에서는 효율적으로 해양 침적 쓰레기를 수거하기 위한 관리 시스템과 시나리오를 제안한다. 특히, 시나리오는 센서 배치, 감지, 분류, 처리와 같이 4단계로 구성되며, 각 단계에서 기존 문제점 해결을 위한 방안을 제시한다.

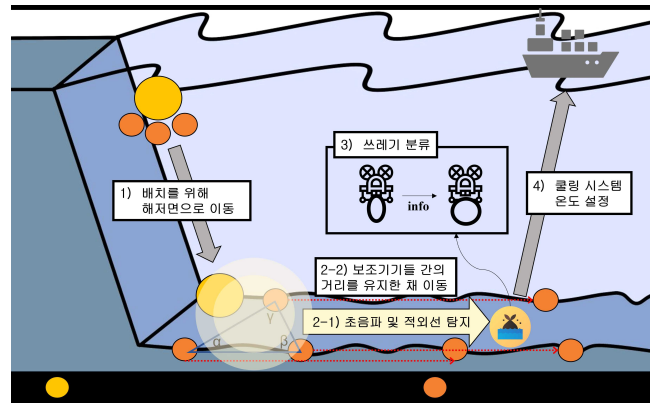
1. 서론

코로나 19 때문에 쓰레기 배출량이 늘어나면서 대량의 쓰레기가 해양으로 유입되었다. 정부는 해양쓰레기 관리 사업에 투자하였지만, 재해 쓰레기 대응에 역량을 집중하였기에 침적 쓰레기는 부유·해안쓰레기보다 상대적으로 수거량이 적게 나타났다. 기존의 침적 쓰레기 수거 방식은 물 위에서 빨아들이거나 인간이 직접 거둬가는 방식을 주로 사용한다. 이 방식은 쓰레기 인양과정에서 생태계 훼손과 고액을 요구한다. 또한, 분포도를 조사하여 밀집 지역 위주로 거둬가기 때문에 정확성이 떨어진다. 따라서 본 연구에서는 침적 쓰레기의 수거량을 효율적으로 관리하는 시스템을 제안한다. 또한, Ad-hoc 네트워크를 활용함으로써 무선 노드 간 자유로운 네트워크를 구성하고, 적외선과 초음파를 사용하여 탐지 정확성은 높이되 비용은 낮추는 방식을 제안한다.

2. 해양 침적 쓰레기 관리 시스템

2장에서는 사물인터넷(Internet of Things) 기반 침적 쓰레기 관리 시스템을 4단계로 나누고, 단계마다 기존 기술의 문제점을 해결하는 방안에 대하여

설명한다. 그림 1은 센서 배치부터 침적 쓰레기 처리까지의 단계를 포함한 사물인터넷 기반 해양 침적 쓰레기 관리 시스템의 개요와 시나리오를 나타낸다.



(그림 1) 해양 침적 쓰레기 관리 시스템 개요

2.1. 센서 배치 및 환경 구축 단계

쓰레기를 탐지하는 센서를 내장한 3개 이상의 보조기와 쓰레기의 부피, 종류를 구분하는 자율수중로봇(AUV; autonomous underwater vehicle)을 바다 수천 미터 아래에 배치한다. 보조기기 간의 정보 연동이 너무 먼 곳에서 시작하지 않도록 AUV에 케이블로 연결하고 해저면에 도착하기 전까지 전원공급을 한다. 해저면에 도착하면 보조 기기들이 일정한 거리만큼 떨어지며 각 보조 기기에 부착된 다리

* 교신저자

를 땅속에 깊이 박아 위치를 고정·저장한다. 보조기 배치에 성공하면 연결된 모든 케이블을 회수한다. 또한, AUV에 환경 탐지 센서를 탑재하여 해당 환경에서 제어될 수 있는 기간을 계산하고, 제어 기간이 끝나면 처리 시스템과 통신하여 AUV의 부력 제어를 멈추고 해수면 위로 올라오게 설정한다.

2.2. 침적 쓰레기 감지 단계

기존에 침적 쓰레기 감지를 위해서는 측면 주사 음향탐사(side scan sonar)기술이 사용되나, 주파수 특성상 저주파는 먼 거리를 갈 수 있지만 상세하지 못하며, 고주파는 거리는 가깝지만 상세한 정보를 얻을 수 있다. 이러한 투과·해상력 제한점을 보완하기 위해서 본 연구에서는 적외선과 초음파를 이용한 위치 식별[1]을 침적 쓰레기 감지 단계에 적용한다. 감지 단계에서는 적외선을 수직으로 쏘아 튕겨 나오는 반사각을 이용해 거리를 측정하는 방식과 초음파의 속도와 물체에 반사된 후 도착한 시간을 계산해 거리를 측정하는 2가지 방식을 이용한다. 적외선은 일직선에 있는 물체만 인식하며 좁은 범위를 정확하게 측정할 수 있고 초음파는 넓은 범위를 측정할 수 있기에 범위와 정확성을 둘 다 높일 수 있다.

2.3. 침적 쓰레기 분류 단계

분류 단계에서는 딥러닝(deep learning)을 기반으로 학습된 인공지능을 통하여 해양 침적 쓰레기를 인지하고 분류한다[2]. 쓰레기의 이미지는 AUV의 스캐닝 센서와 광학 카메라로 찍고 소나 이미지를 수집하여 데이터 세트를 생성한다. 3개의 센서는 삼각측량법을 통해 쓰레기의 정확한 경도, 위도, 수심, 보조기기와의 거리, 크기를 계산하여 데이터를 저장한다. 정보가 측정되면 기기 간 통신하여 쓰레기의 부피에 맞게 스캐닝 센서 크기를 조절한다. 크기 조절이 완료된 AUV 스캐닝 센서 가운데로 쓰레기를 통과시키면 해양쓰레기의 종류, 수거 여부, 재활용 여부를 파악하여 데이터를 저장하고 관련 정보를 전달한다.

2.4. 침적 쓰레기 처리 단계

처리 단계에서는 선박을 통해 운반할 수 있는 쓰레기양을 늘리기 위해 부피를 줄일 수 있는 분쇄 방법을 사용하며, 분류를 통한 쓰레기 종류별 쿨링 시스템 온도를 설정한다. 먼저 종류에 따라 녹는점과 분쇄 시 마찰력으로 인한 온도 상승 등을 고려해야

한다. 저온 분쇄 방식(LTP; low temperature pulverization)을 사용하면 플라스틱 같은 재질은 낮은 녹는점을 갖기 때문에 분쇄 과정에서 마찰로 인해 플라스틱이 녹을 수 있다[3]. 따라서, 저온도를 유지하기 위해서 친환경 연료인 액화천연가스(liquefied natural gas)를 사용하여 쿨링 시스템을 만들고 LTP 방식을 수행하여 부피가 더 작은 쓰레기 더미를 만든다. 분쇄 과정에서 대기에 날려 바다에 떨어지는 것을 방지하고자 나노 코일 기술을 사용한다. 나노 코일은 분해 과정에서 일산화탄소와 물을 배출하며 증발하기에 주변 환경을 재오염시킬 문제가 없고 운반 쓰레기 종류를 줄일 수 있다.

3. 결론

다양한 재해와 사회문제로 쓰레기가 증가함에 따라, 관리가 어려운 해양 침적 쓰레기의 수거량이 증가하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 기존 분포도 기반 밀집 지역 위주의 쓰레기 수거 방식과 달리 다양한 센서를 배치함으로써 인간의 개입을 최소화하고, 적외선과 초음파를 사용한 정확도 높은 쓰레기 감지를 제안하였다. 또한, 쿨링 시스템과 나노 코일 기술 통하여 친환경적으로 쓰레기의 부피를 줄이는 것에 집중하였다. 이를 기반으로 무인화된 해저 사물인터넷 쓰레기 처리 시스템의 문제들을 보완하였고, 향후 연구로는 침적 쓰레기 이미지를 수집 후 학습하는 알고리즘을 보완하는 연구를 진행할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1A2C2012635).

참고문헌

- [1] 노찬휘 et al. 적외선 및 초음파센서 그리드를 활용한 태그가 없는 실내위치식별 시스템. 한국산업정보학회논문지, 27(1), pp. 27-35, 2022.
- [2] 김찬미. 딥러닝을 이용한 해양침적쓰레기 분류에 관한 연구. 한국지능정보시스템학회 학술대회는 문집, pp. 151-152, 2022.
- [3] Dong-Ha Lee et al. Proposing a new solution for marine debris by utilizing on-board low-temperature eco-friendly pulverization system. Scientific Reports, 11(1), p.24364, 2021.