

컨테이너 유실 감지를 위한 센서 위치 최적화 알고리즘 기술 개발

김성현¹, 김형훈^{2,*}

¹상명대학교 휴먼지능정보공학전공 학부생

^{2,*} (주) 삼성전자

rlatiguls@gmail.com, pastelom@gmail.com

Development of Sensor Position Optimization Algorithm for Container Loss Detection

Seong-Hyun Kim¹, Hyung-Hoon Kim^{2,*}

¹Dept. of Human-Centered Artificial Intelligence, SangMyung University

^{2,*} Samsung Electronics

요 약

컨테이너 해상 유실 사고는 매해 적지 않은 수로 발생하고 있으나 기존에는 사후적 대응, 사전 대응 관점의 대응책들이 대부분이다. 그렇기에 항해 간 컨테이너 유실에 대한 모니터링이 필요한데, 선원들이 항해하는 선박에 적재된 수천 개의 컨테이너를 일일이 들여다보거나 모든 곳에 센서를 부착해 감지하는 것에는 물리적, 경제적 한계가 존재한다. 본 연구는 선박에 적재된 컨테이너들을 3차원 좌표 화하여 선박의 경사시험에서 모티브를 가져와 일정 정도의 기울기를 선박에 적용하였을 때, 기울기 중심을 기준으로 회전운동이 가장 큰 좌표에 해당하는 컨테이너들을 K-평균 군집화를 통해 최적화 위치로 선정하여 센서 위치를 최적화시켜 효율적인 컨테이너 유실 감지를 위한 기반을 마련한다.

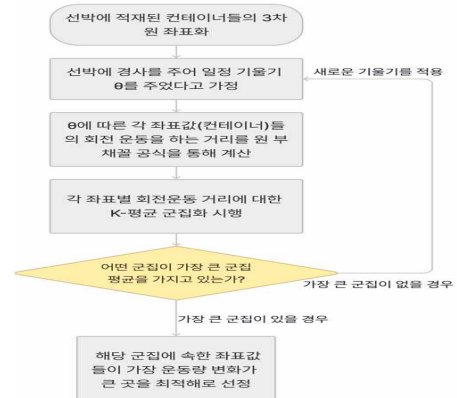
1. 서론

매해 해상에서 분실된 컨테이너 숫자는 변동적이거나 약 600개 이상 꾸준히 발생하고 있고[1], 그 원인으로서는 컨테이너 선박 대형화, 기상악화에 따른 운항 안정성 저하, 컨테이너 고박장치 불량 등이 제시되고 있다. 이러한 사고를 막기 위해 항해 간 컨테이너 상태에 관한 모니터링이 필요하지만, 기존에는 국제협약 이행의 통합 모니터링 강화, 설계 부분의 (풍)하중 증가, 고박장치 강화 등의 요소기술 개발[2] 혹은 현대중공업의 ‘라싱 프리’ 컨테이너선 같은 새로운 선박 개발[3] 등 사후적, 사전적 대응이 대부분이다. 본 연구에서는 항해간 컨테이너 선박에 적재된 컨테이너들의 유실을 감지를 위해 컨테이너들을 3차원 좌표 화시켜 특정 기울기를 주었을 때 회전운동 거리를 원 부채꼴 길이 공식을 통해 구하고, K-평균 군집화를 진행하여 최적의 센서 위치로 선정한다. 이를 통해 컨테이너 유실 감지를 위한 효율적인 센서값 수집 환경 조성에 목적을 두고 있다.

2. 알고리즘 기술 구성

2.1 알고리즘 흐름도

본 연구는 선박의 컨테이너들을 3차원 좌표 화하여 특정 기울기에 따른 회전운동 거리를 원의 부채꼴 공식을 이용해 구하고, 이를 군집화 알고리즘을 이용해 군집화하여 가장 평균이 큰 군집을 컨테이너 유실 감지 최적화로 선정하는 해법을 제공한다.

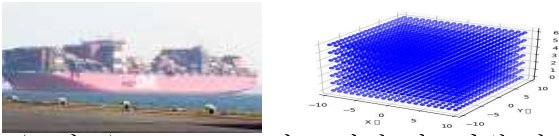


(그림 1) 알고리즘 흐름도

2.2 컨테이너 3차원 좌표화

선박에 적재된 컨테이너 공간을 3차원 공간으로 생각해 컨테이너 1개를 좌표점 1개로 본다. 본 연구에서는 실제 2019년 컨테이너 유실 사고가 발생했던 One Apus를 대상으로 선정하였다. (그림 2)는 선박의 컨테이너 적재량을 20x20x7 크기로 가정하고

python mpl_toolkits의 Axes3D library를 이용하여 좌표들을 시각화시킨 모습이다.



(그림 2) One Apus 사고 사진 및 3차원 좌표화

2.3 원 부채꼴 공식을 통한 회전 운동 거리 계산

3차원 좌표점을 (x,y,z)라고 두고 일정 기울기 θ 를 주었을 때, 각 컨테이너 좌표점들은 기울기 중심을 기준으로 회전운동을 하게 된다. 이를 이용하여 좌표점들의 이동 거리를 원의 부채꼴 공식 l 을 통해 구할 수 있다. r 은 원점까지의 거리이다.

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, l = 2\pi r \times \frac{\theta}{360}$$

위 식을 이용해 (그림 2)의 2800개의 3차원 좌표들의 회전운동 거리 l 을 구하면 다음과 같다.

```
2800
[1.17183307 1.17507466 1.18474622 ... 1.22266766 1.25035421 1.28338245]
```

(그림 3) (그림 2)의 컨테이너 좌표점 2800개의 5도 기울기 회전운동 거리 l 의 계산 결과

2.4 군집화 알고리즘을 이용한 최적해 좌표 선정

계산된 회전운동 거리 l 을 이용하여 K-평균 군집화(K-means clustering)를 진행한다. 군집 개수 (n_cluster)는 군집 개수별 거리 제곱 합의 합 (inertias)을 통해 최적 개수를 선정한다. X, Y, Z는 각각 컨테이너별 x, y, z의 좌푯값이다. skikit-learn library의 KMean module을 사용하였다.

<표 1> 센서 최적화 알고리즘을 통한 최적화 선정

```
1. X, Y, Z ← 각 컨테이너별 좌표값
2. X, Y, Z ← linspace 통한 좌표 그리드 생성
3. # 각 좌표별 원점까지 거리 계산
4. distance ← np.sqrt(X**2 + Y**2 + Z**2)
5. distance ← flatten을 통한 1차원 배열 전환
6.
8. angle ← 임의의 기울기 세팅
9. angle_radians ← 기울기의 radians 변환
10. # 회전운동거리 계산
11. length ← distance * np.sin(angle_radians / 2)
12.
13. ks ← range from 1 to 15
14. inertias = []
15. for k in ks:
16.     model ← KMeans(n_clusters=k)
17.     model fit about distance_cluster
18.     inertias ← append model's inertia
19.
20. kmean ← KMeans(n_clusters=4, random_state=42)
```

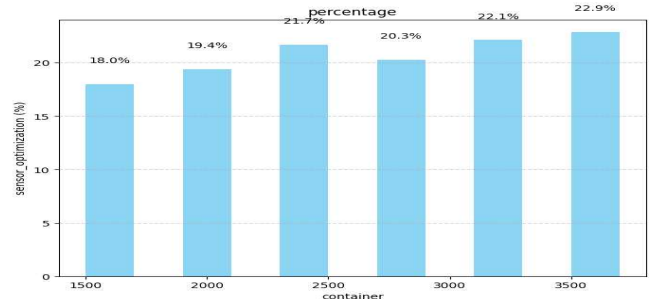
```
21. kmean.fit(length.reshape(-1,1))
22. cluster_centers ← kmean.cluster_centers
23. cluster_labels ← kmean.labels
24. largest_cluster_idx ← np.argmax(cluster_centers)
25. largest_cluster_indices ← np.where(labels == largest_cluster_idx)
```

3. 결론

<표 2>는 <표 1>의 센서 최적화 알고리즘을 레싱 바(Lashing Bar)로 고정되는 3단 이상의 높이인 4단부터 One Apus 최대 적재 높이인 9단까지 각 case 별로 산출한 결과이다.

<표 2> 컨테이너 개수 별 최적화 개수 비율

	컨테이너 개수(적재방식)	기울기(θ)	최적화 개수(개)
경우 (1)	1600(20x20x4)	5	288
경우 (2)	2000(20x20x5)	5	388
경우 (3)	2400(20x20x6)	5	520
경우 (4)	2800(20x20x7)	5	568
경우 (5)	3200(20x20x8)	5	708
경우 (6)	3600(20x20x9)	5	824



(그림 4) 컨테이너 적재개수 별 센서 최적화 비율

(그림 4)를 보면 알 수 있듯 센서 최적화를 진행한 결과 전체적으로 약 20% 전후의 좌표만 모니터링할 좌표로 선정되었음을 알 수 있다. 다만 컨테이너 개수가 늘어날수록 모니터링할 센서 최적화 좌표의 개수 비율 또한 늘어남을 관찰할 수 있다.

※ 본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

[1] World Shipping Council, "Containers Lost at Sea - 2023 Update", 2023, page 2
 [2] 황대중, "선박 운항 중 컨테이너 해상유실 사고 및 대응에 관한 고찰", 한국항해항만학회지 제46권 제4호, pp. 331-337, 2022
 [3] 김미영, "세계 첫 고정작업 필요 없는 '래싱프리 컨선'개발", 울산신문, 2022, 11.01.