

컨테이너 유실 방지에 관한 연구

박주현¹, 김동욱², 김성현³, 김형훈^{4,†}
¹국민대학교 소프트웨어학과 학부생
²영남대학교 화학과 학부생
³상명대학교 휴먼지능정보공학전공 학부생
^{4,†}(주) 삼성전자

ian0125@kookmin.ac.kr, donguk0808@gmail.com, rlatiguls@gmail.com, pastelom@gmail.com

A Study on the Prevention of Container Loss

Ju-Hyeon Park¹, Dong-Uk Kim², Seong-Hyun Kim³, Hyung-Hoon Kim^{4,†}
¹Dept. of Software, Kook-Min University
²Dept. of Chemistry, Yeung-Nam University
³Dept. of Human-Centered Artificial Intelligence, Sang-Myung University
^{4,†}Samsung Electronics

요 약

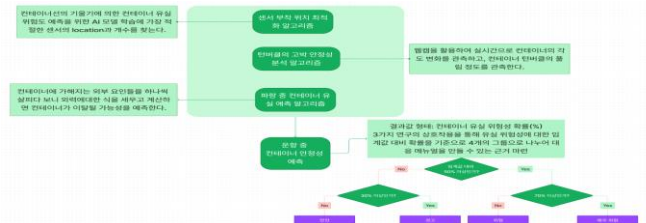
컨테이너선의 컨테이너 유실이 빈번한 상황 속에서 이를 방지하고자 유실에 영향을 미칠 수 있는 분야 3 가지를 선정했다. 센서 최적화 알고리즘, 턴버클 회전 감시, 컨테이너 외부에 작용하는 힘의 합이 3 가지를 합하여 컨테이너 유실 방지를 위한 연구를 진행했다. 센서 위치의 최적화를 통해 총 컨테이너의 20%만 센서만 부착하여도 모니터링이 가능하여지도록 만들어 물리적, 경제적 비용을 절감할 수 있다. 이를 토대로 부착된 카메라를 통해 턴버클의 풀림을 관측하여 선원의 감시구역을 35% 정도 줄여주며, 라싱에서 지탱할 수 있는 상태의 범위를 넘어서는 식을 통해서 컨테이너의 유실 가능성이 어느 정도인지 확인이 가능해지도록 한다.

1. 서론

컨테이너선의 컨테이너 유실은 컨테이너선의 대형화[1]와 함께 점점 증가하는 추세이다. 실제 컨테이너 유실을 방지하기 위해서 여러 선행 연구가 이어지는 중이나 운항 안전성 증진을 중점으로 연구하였기 때문에 근본적인 대응 방안이 제시되지 않는 실정이다. [2] 이에 따라 본 논문에서는 센서 부착 위치를 결정하고 결정된 위치에 카메라를 부착함으로써 턴버클의 회전을 감시한다. 이를 토대로 컨테이너 유실 방지를 위한 알고리즘을 세워서 컨테이너의 유실 가능성을 낮추고자 한다.

2. 컨테이너 유실 방지를 위한 알고리즘

본 논문은 컨테이너 유실 감지의 효율적인 모니터링을 위한 센서 최적화 알고리즘, 컨테이너 유실 방지 장치인 턴버클(Turn Buckle)의 카메라를 통한 모니터링 알고리즘, 그리고 컨테이너에 가해지는 외부에서의 작용 힘을 분석, 임계 값 계산을 통한 유실 가능성 예측 등 3 가지 분야에 대한 컨테이너 유실 방지 연구이다.



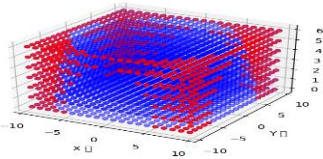
(그림 1) 컨테이너 유실 방지 연구 구성도

2.1. 센서 최적화 알고리즘

선박에 적재된 모든 컨테이너의 기울기, 가속도 센서 등을 통한 모니터링은 물리적, 경제적 어려움이 존재한다. 이를 해결하기 위해 선박에 특정 기울기를 주었을 때 각 컨테이너별 3 차원 좌표상에서의 회전 운동 거리를 구해 이를 K-평균 군집모형을 통해 분류하여 회전 운동 거리가 가장 큰 컨테이너 좌표를 선정하는 알고리즘을 제안한다. 회전 운동 거리는 각 컨테이너를 3 차원 좌표화 시켰을 때, 각 좌표별 특정 기울기에 따른 원 부채꼴 길이 공식을 통해 계산해낸다.

(그림 3)은 센서 최적화 알고리즘을 통해 산출해낸 좌표를 Alex3D 라이브러리로 시각화한 것이다. 센서

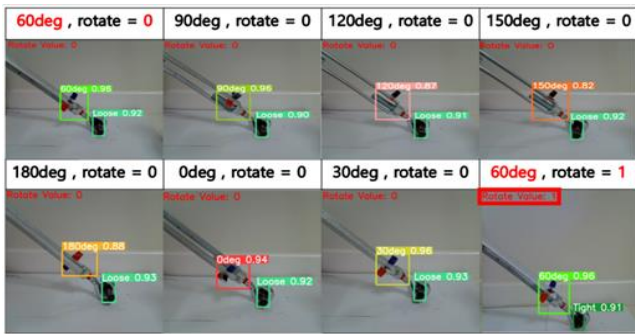
최적화로 약 20% 정도의 컨테이너에 대한 집중적인 모니터링이 가능해짐으로써 컨테이너 유실 감지를 위한 효율적인 물리적, 경제적 여건을 조성할 수 있다.



(그림 2) 20x20x7 적재 시 센서 최적화 위치

2.2. 턴버클 회전 감시

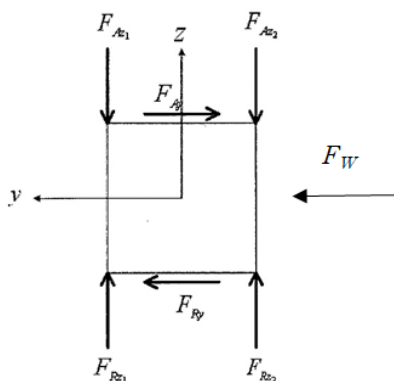
Trun buckle(턴버클)은 컨테이너선의 컨테이너 유실을 방지하기 위한 장치이다. 턴버클은 컨테이너선의 지속적인 항해로 인해 발생하는 진동 등 여러 데미지로 인해 풀리게 된다. 이러한 풀림을 카메라를 통해 관측하여 선원에게 턴버클의 회전을 알리도록 한다. 이를 통해 턴버클의 회전에 대해 24 시간 무인 감시가 가능해지므로 선원들이 선박의 라싱 상태를 확인하기 위해 돌아다니는 구역을 11,400TEU 컨테이너선을 기준으로 약 35% 줄여주는 효과가 발생한다.



(그림 4) 턴버클 회전 검출

이때 카메라의 부착 위치는 센서 최적화 알고리즘을 통해 부착된 센서들의 위치 중 라싱브릿지(Lashing Bridge)와 가까운 위치에 센서가 부착되는 경우 카메라를 부착하도록 하여 카메라 설치 개수를 줄이도록 한다.

2.3. 컨테이너 외부에 작용하는 힘의 합



(그림 5) 컨테이너에 가해지는 외력

컨테이너에 가해지는 외부 외력들을 물리학적 식을 세워 계산하면 컨테이너가 이탈될 가능성을 예측할 수 있다고 생각하였다. [3] 먼저 선박의 6 자유도 운동에 의한 컨테이너의 관성력을 계산하게 되면 다음과 같은 식이 도출된다.

$$F_v = m_c(\ddot{v} - w\dot{p} - y_c\dot{p}^2 - z_c\dot{p} + x_c\dot{q}\dot{p})$$

$$F_l = m_c[\ddot{w} + u\dot{q} + v\dot{p} - z_c(\dot{p}^2 + \dot{q}^2) - x_c\dot{q} + y_c\dot{p}]$$

$$M_l = I_x\dot{p}$$

이러한 관성력에 대응되는 힘에는 중력과 컨테이너 간의 마찰력, 풍력, 그리고 라싱에 의한 장력이 있다.

$$F_v = F_{G_v} + F_{A_v} + F_{R_v} + F_L \cos\alpha + F_W$$

$$F_l = F_{G_l} + F_{A_l} + F_{A_n} + F_{R_n} - F_L \sin\alpha$$

$$M_l = \frac{b}{2}[(F_{A_n} - F_{A_n'}) + F_{R_n} - F_{A_v} + F_{R_v} + F_L(\cos\alpha + \sin\alpha)]$$

컨테이너의 이탈은 두 개의 평형식이 깨질 때 발생하므로 계산된 라싱에 걸릴 힘이 라싱에서 지탱할 수 있는 범위를 넘어서게 되면 컨테이너 유실을 예측할 수 있다.

3. 결론

컨테이너의 각 위치를 3 차원의 점으로 치환하여 센서가 부착될 위치와 개수를 최적화하는 알고리즘을 통해 컨테이너의 외부 환경을 적은 비용으로 모니터링할 수 있다. 그렇게 모니터링된 값들을 분석하여 각 컨테이너에 가해지는 외력을 선박의 6 자유도 운동과 풍력 그리고 컨테이너의 하중 계산에 대입하여 고박장치에 걸리는 힘의 크기를 정확하게 계산할 수 있다. 또한 턴버클의 회전을 검출하여 턴버클이 풀리는 경우를 선원에게 알림으로써 제대로 고정되지 않은 고박장치를 알려주고 이에 대응하는 매뉴얼에 따라 대처하여 발생할 사고를 미연에 방지할 수 있다.

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

참고문헌

- [1] 원승환, 조성우, 이주호, “컨테이너선 대형화에 따른 부산항의 대응 방안”, 한국해운물류학회지 제 31 권 제 2 호(통권 86 호), pp. 249-274, 2015
- [2] 황대중, “선박 운항 중 컨테이너 해상유실 사고 및 대응에 관한 고찰”, 한국항해항만학회지 제 46 권 제 4 호, pp. 331-337, 2022
- [3] 윤현규, “파랑 중 선박의 운동을 고려한 갑판적 컨테이너의 Securing 및 Lashing 하중 계산 (I)”, 한국항해항만학회지 vol29, no4, pp. 377-382 (6 pages)