

컨테이너 크레인 스프레더의 흔들림 제어에 관한 연구

손정기·배종일^{*}·이만형^{**}·안두수^{***}
한국항만연수원 부산연수원^{*}·부산공업대학교^{**}·부산대학교^{***}·성균관대학교^{****}

A Study on Control of the Spreader Swing in Container Crane

Jeong-Gi Son^{*} · Jong-Il Bae^{**} · Man-Hyung Lee^{***} · Doo-Soo Ahn^{****}
Korea Port Training Institute Pusan Training Institute^{*} · Pusan National University
of Technology^{**} · Pusan National University^{***} · Sung Kyun Kwan University^{****}

Abstract-The main purpose of this study is to achieve the effective port works by using of container-crane, to disposer of many containers rapidly by using of vision sensor in order to control the swing of spreader. It is examined the possibility of automation in container-crane through a test in the field.

본 논문에서는 트롤리상단에 비젼센서를 부착하여 트롤리가 목표값에 도달하면 반드시 거치는 저속구간에서 스프레더의 흔들림을 센서를 통하여 감지하고 그 흔들리는 정도에 따라 가속도로 제어할 수 있다.

2. 연구목적 및 시스템 구성

1. 서론

최근 항만의 물동량 증가로 인하여 물류 비용이 큰폭으로 증가하고 있다. 그런데도 하역장비의 부족 또는 노후로 인하여 더욱더 하역효율이 떨어지고, 컨테이너 크레인의 조종방법이 조종자의 숙련도에 의존하고 있기 때문에 안전에 심각한 문제를 야기시키고 있으며, 컨테이너 크레인의 흔들림현상으로 운송물이 파손 혹은 훼손되는 경우가 종종 발생되며 이 흔들림현상으로 적·양하하는데도 많은 부담이 되고 있다.

컨테이너 크레인의 주요 구성부분은 다음과 같다. 주행장치는 2대의 전동기로서 각각 2개의 차륜을 구동하여 계류 및 작업을 시작할 때 알맞은 위치에 정착한다. 트롤리(Trolley)는 전동기의 정·역회전에 의해 와이어로프를 통하여 트롤리를 바다 또는 육지쪽으로 이동시키는 장치로 구동부를 기계실에 장치하고 있다. 호이스트(Hoist)는 전동기의 정·역회전에 의하여 와이어로프를 통하여 운송물의 권상, 권하를 행하는 장치로 트롤리 상부에 설치되어 있다. 항만크레인에 설치된 동요방지 시스템은 오히려 작업속도가 늦어 지금은 사용하지 않으며, 컨테이너의 적·양하 및 이송의 자동화나 무인화를 위해서 조종자를 대신하여 스프레더가 컨테이너를 인식하여 자동으로 컨테이너를 착상할 수 있어야 하며 크레인으로 컨테이너를 이동시킬 때 스프레더의 흔들림을 가능한 최소화하여 빠른 시간내에 많은 양의 컨테이너를 처리할 수 있어야 한다. 이러한 기능을 만족시키기 위해 항만크레인이 갖추어야 할 가장 중요한 문제는 흔들림을 가장 정확하게 측정할 수 있는 센서를 채택하고 외란에 대해 강한 센서를 부착해야 한다.

2.1 연구목적

컨테이너 크레인 장비로 통한 컨테이너의 적·양하를 신속하게 처리하기 위해서는 트롤리에 의한 스프레더의 흔들림이 제거되어야 한다. 트롤리가 정지하고 있을 때는 스프레더의 흔들림이 없으며 운동을 개시하면 매순간 가속도가 상승하여 흔들림이 증가하게 될 것이다. 목표값에 도달하기 위해 필연적으로 저속구간이 만들어지므로 이 저속구간에서 흔들림을 제거하는 것이 가장 좋은 방법이 될 것이다. 그리고 트롤리의 이동으로 생긴 흔들림을 제거한 후에 정확한 착지를 위해 스프레더의 끝단에 센서를 설치하여 스프레더를 저속으로 권하가 가능하도록 구성하였다.

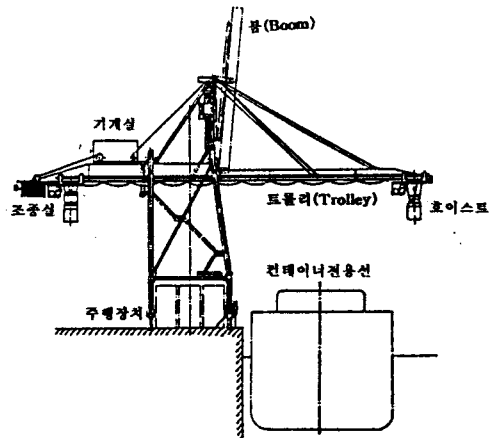


그림 1 컨테이너 크레인의 모습

2.2 시스템 구성

컨테이너 크레인의 흔들림을 자동으로 제어하기 위해 그림 2와 같이 Flowchart로 나타내었다.

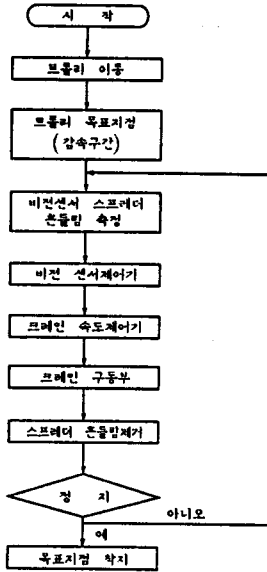


그림 2 흔들림 측정 Flowchart

한개의 비전센서로 스프레더의 흔들림을 측정하여 비전 센서제어기를 통하여 측정량을 크레인 속도제어기에 전송하는 부분과 흔들림의 대응값으로 크레인 구동부에 전달하는 부분으로 구성한다.

2.2.1 측정 센서

비전센서를 사용하면 스프레더의 흔들림에 대한 오차를 최대한으로 줄일 수 있지만 바람과 진동에 의하여 원점이 틀어지는 경우가 발생하므로써 고정방법과 센서 자체의 충격을 최소화해야 하므로 내구성이 우수한 제품을 선정해야 한다. 그리고 조도에 의한 감도가 떨어질 수 있으므로 유지보수에 신경써야하는 단점이 있다.

사용된 비전센서는 약 20°(원점에 대하여 -10, +10)의 측정각을 가지고 최대 25m에서 2cm 간격의 해상도를 가진다.

스프레더의 흔들림은 (x,y)좌표값으로 전송되며 본 연구에서는 x축에 대해서 논한다.

2.2.2 크레인 속도제어기

크레인 속도제어기는 트롤리의 수평이동 혹은 스프레더의 수직 이동속도를 조종자의 레바에 의해 결정된다. 그러나 본 연구에서는 자동화를 실현하기 위해 트롤리 속도를 가속-등속-감속 구간으로 3등분하여 최초 가속구간은 트롤리의 이동으로 가속도가 증가되며 최대속도에서는 가속도가 증가하지 않으므로 최대속도로 운행하여 목표값에 도달하기 위해 감속구간에서 스프레

더의 흔들림을 제어하여 크레인 구동부에 속도값을 전송한다.

3. 스프레더의 흔들림 산출

트롤리가 목표값에 도달하기 위해 감속구간을 통과할 때 관성에 의해 스프레더는 트롤리의 뒤에서 앞으로 이동할 것이다. 이때 비전센서의 원점을 지나게되며 이 원점이 평형조건이 되므로 관성력이 제거되는 시간만큼 트롤리는 전진방향으로 스프레더를 따라 이동시키면 흔들림이 제거된다.

결국, 스프레더는 (x,y)좌표축에 놓이게 되므로 이때의 계산식은 다음과 같이 나타낸다.

$$x = l \cos \theta, \quad y = l \sin \theta \quad (1)$$

식 (1)을 운동방정식으로 표현하면 다음과 같다.

$$T = \frac{1}{2} m_L v = \frac{1}{2} m_L (x^2 + y^2) \quad (2)$$

l : 와이어 로프의 길이 [m]

m_L : 트롤리의 중량 [Kg]

v : 속도 [m/s]

x, y : 좌표값

4. 실험 및 결과

4.1 실험장치

그림 3과 같이 10[t] 컨테이너 크레인을 이용하여 자동으로 아드에 있는 20[피트] 컨테이너를 착상하여 가속-등속-감속을 통하여 목표지점인 호울드에 내려놓는 과정을 실시하였다.

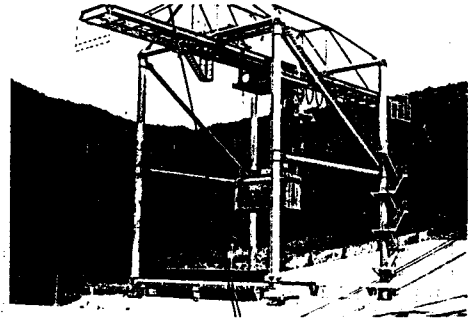


그림 3 실험장치로 이용된 컨테이너 크레인 모습

4.2 결과

그림 4는 트롤리가 최대속도로 이동하여 목표 지점에 도달하기 위해 감속할 때 스프레더의 최대 흔들림을 보여주고 있다.

그림 5은 트롤리 아래부분에 설치된 비전센서를 원점으로 x축 좌표에 흔들림이 센서를 통해 측정되므로 스프레더가 감속구간 초기에 센서의 원점을 통과한다. 이때 프로그램된 시간만큼 1단 속도값으로 스프레더를 따라가는 모습을 보여주고 있다.

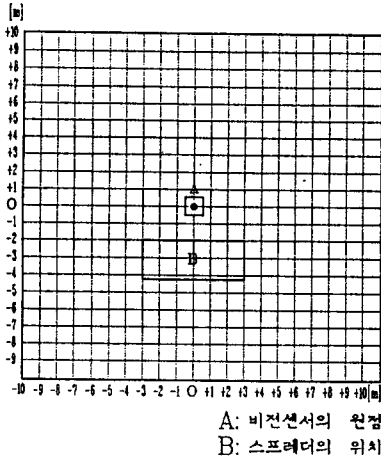


그림 4 최대속도로 이동할 때 스프레더의 흔들림

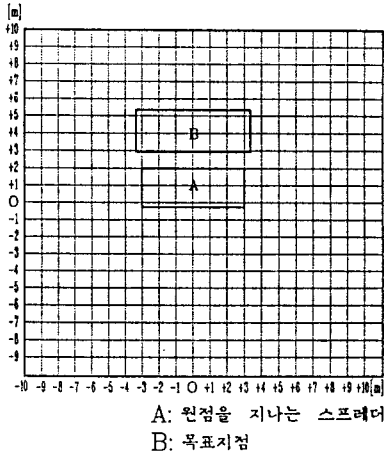


그림 5 비전센서로서 원점을 감지하여 트롤리가 따라가는 모습

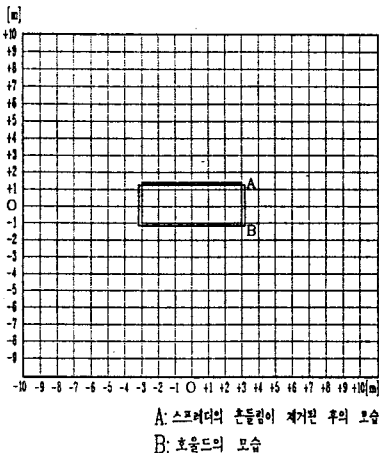


그림 6 목표지점에서 스프레더 흔들림

그림 6은 스프레더의 흔들림에 대해 트롤리가 1단 속도로 목표지점에 정지된 모습을 보여주고 있으며 트롤리 관성에 의해 조금 밀려있는 상태를 나타낸다. 목표지점에서 권하를 개시하고 관성에 의해 발생된 흔들림은 하강하는 스프레더의 자중에 의해 중심을 잡는다.

5. 결론

본 논문은 컨테이너를 신속하게 운반할 수 있는 컨테이너 크레인을 대상으로 실험을 실시하였다. 트롤리의 가속으로 발생되는 스프레더의 흔들림을 비전 센서를 통하여 정확한 흔들림을 측정하여 신속한 대응값을 크레인 제어기에 전송하여 스프레더의 흔들림을 제거하는 방식을 제안하였다.

그러나 항만에는 해풍과 인계등으로 주변환경이 시시각각으로 변하므로 이러한 자연현상도 고려하여 연구가 이루어져야 하며 자동화 및 무인화를 실현하는 데 많은 실험을 통해 가능하리라고 사료된다.

참고문헌

1. C.F. Alsop, G.A. Foster and F.R. Hoimes. "On Unloader Automation - A Feasibility Study, IFAC 東京大會論文集, 1966.
2. J.W. Auernig, H. Troger, "Time Optimal Control of Overhead Cranes with Hoisting of the Load," Automatica, Vol. 23, No. 4, pp 437-447, 1987.
3. 박병석, 윤지섭, 이재설, "무전동 크레인을 이용한 흔들림제어에 관한 연구," KACC, Vol. 1, pp. 292-297, 1990.
4. 이태영, "퍼지이론을 적용한 Overhead Crane의 Anti-swing 제어," 경북대학교 석사논문, 1994.
5. 홍금식, "컨테이너크레인의 모델링 및 제어에 관한 연구," KACC, pp 609-612, 1996.