

기울기 센서를 이용한 타워크레인의 기울어짐 측정방안에 관한 연구

*강신혁, **공정식, ***권오상, ****장운석, *****신운철, *이동광 *장철웅, *정기호, *염운진, *이영혁
*한국산업기술대학교 지식기반기술 에너지대학원 정보통신공학과, **대덕대 마이크로로봇과, ***경기공업대 자동화로봇과, ****
인하대학교 전자공학과
*****한국산업안전공단 산업안전 연구원

A study on the Inclination measurement with tilt sensor on the tower crane

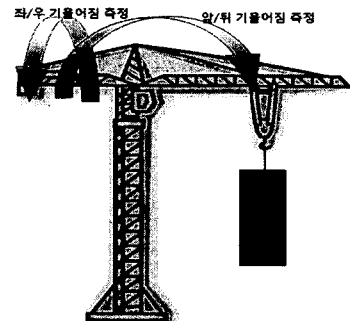
*Shin-Hyuk Kang, **Jung-Shik Kong, ***Oh-Sang Kwon, ****Mun-Suk Jang, *****Woon-Chul Shin, *Dong-Kwang Lee, *Chol-W
oong Jang, *Ki-Ho Chung, *Moon-Jin Yeom *Eung-Hyuk Lee
* Department of Electronic Engineering, Korea Polytechnic University
** Department of Microrobot, Daeduk College
*** Department of Automation and Robot, Kyonggi College
****Department of Electronic Engineering, Inha University
*****Korea Occupational Safety and Health Agency

Abstract - 산업현장에서 사용되는 타워크레인의 전도 상황을 측정하기 위한 시스템은 현재 풍속계에 의존하고 있는데, 풍속계의 경우 타워크레인의 기울어짐을 정량적으로 측정할 수 없는 센서이기 때문에 정확한 상황 판단이 어렵고, 운전자나 관리자의 판단이 필요한 문제를 갖는다. 그래서 보다 정확한 정도를 측정하기 위해 타워크레인의 지브(jib) 휘어짐과 타워축의 휘어짐을 측정하여 정량적인 위험 상황을 경보 할 수 있는 전도 측정 장치가 필요하기 때문에 타워크레인의 좌/우 및 상/하 기울어짐에 대한 정량적인 측정이 가능한 기울기 센서를 이용한 센서 시스템을 구축하고, 타워크레인의 동작 위험성을 알리기 위한 경보 기법을 구축 했다.

의 운전자가 위험상황을 더 정확하게 직시할 수 있다.



<그림 1> 시스템도



<그림 2> 타워의 기울어짐 방향

1. 서 론

타워크레인의 기울어짐은 운반물을 운반하는 보통의 작업에서도 발생하기 때문에, 강한 바람이 부는 환경에서 타워크레인의 기울어짐은 더해져서 나타난다. 때문에 적정량의 운반 작업과, 자연환경 변화(바람)를 고려하지 않는 작업은 타워크레인의 사고 원인이 될 수 있다. 그래서 타워크레인의 사고 예방을 위한 전도 측정 장치로 풍속계가 주로 사용되었으며, 타워크레인의 사용중지 최대순간풍속을 국제표준법 적용, 20m/s로 정하여 사용하고 있다.[1] 하지만, 풍속의 정도를 측정하고 운전자와 근처 관리자에게 풍속만을 알릴 수 있는 풍속계는 정량적인 전도 측정용 센서가 아니기 때문에 타워크레인의 전도 측정에는 부적합한 장비이다.[2] 또한 풍속과 풍속의 방향에 따라서 타워크레인의 기울어짐 정도가 달라질 수 있기 때문에 운전자와 관리자는 이를 무시하고 작업을 수행하여 사고가 발생한다.

그래서 보다 정확한 정도를 측정하기 위해 타워크레인의 지브(jib) 휘어짐과 타워축의 휘어짐을 측정하여 정량적인 위험 상황을 경보 할 수 있는 전도 측정 장치가 필요하다.

본 논문에서는 이런 문제 해결을 위해 기울기 센서를 기본으로 하여 타워크레인의 지브(jib)단 혹은 타워크레인 위에 설치된 조종실에 센서 모듈을 설치하여 타워크레인의 기울어짐을 측정하는 시스템을 구축하였다. 또한 기울기 센서를 이용한 타워크레인의 전도 측정 시스템은 타워크레인 운전자나 관리자에게 판단을 맡기지 않아도 되는, 실시간으로 정량적인 위험 상황을 타워크레인 운전자와 관리자에게 인지시켜서, 안전사고를 줄이는데 기여할 것으로 예상된다.

2. 본 론

2.1 시스템도

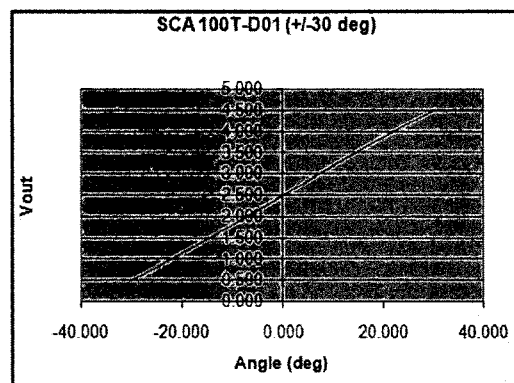
기울기 센서를 포함하는 전체 시스템은 <그림 1>과 같고, <그림 2>는 산업현장에서 사용되는 타워크레인을 나타낸다. 그리고 타워크레인의 기울어짐이 앞/뒤, 좌/우의 방향으로 기울어질 수 있기 때문에 2축의 방향에 대한 기울어짐을 측정할 수 있도록 2축방향의 기울기 센서를 측정할 수 있는 기울기 센서를 타워크레인에 적용한다. 기존의 풍속계는 풍속을 측정하는 방식과 비교해서 기울기센서를 사용한 타워크레인의 기울어짐 측정 방법은 정량적으로 측정할 수 있는 장점을 갖는다.

타워크레인의 앞/뒤, 좌/우측 방향으로의 기울어짐을 측정하기 위해, 2축의 기울기 센서를 타워크레인의 기둥과 지브가 연결되는 위치에 장착한다. 타워크레인에 설치된 기울기센서는 바람의 영향이거나, 작업의 파격 운반인지에 상관없이 타워크레인의 기울어짐 변화를 감지할 수 있게 된다. 작업시에는 타워크레인이 운반체를 들어 올리거나, 내리는 동작을 하게 되며, 이때 타워크레인의 앞/뒤 기울어짐이 생기게 되는데, 이러한 변화의 패턴이 안정된 작업에 의한 변화인지 아닌지를 비교할 수 있고, 이를 통해 타워크레인

2.1.1 센서의 기계적 구조

시스템을 제어하기 위해서 제어부는 8비트 마이크로 컨트롤러인 ATMEL사의 Atmega128을 사용하였다. 이는 16MIPS의 명령처리 속도를 갖는 저가의 시스템으로 주로 선택되는 컨트롤러이다.

기울기 센서는 지구의 중력 가속도를 측정해서 기울어진 정도를 측정하는 장치이다. VTI사의 SCA100T 기울기센서는 가속도, 진동, 충격 등의 동적 힘을 감지하며, 판성력, 전기변형, 자이로의 응용 원리를 이용한 것이다. 가속도 센서는 물체의 운동 상태를 순시적으로 감지할 수 있다. 주요 특징으로 공급전원은 5V이고, 2축의 기울기를 측정할 수 있는 MEMS형 가속도센서 기반의 기울기센서이다. +/-30도의 범위로 중력 방향에 수직으로 센서를 위치할 때, 0도라 할 수 있다. 센서가 -30도 기울어졌을 때 출력되는 전압은 0.5V이고, +30도 기울어졌을 때 출력되는 전압은 4.5V이다. 1.2mV의 변화시 0.02도의 변화에 해당한다.



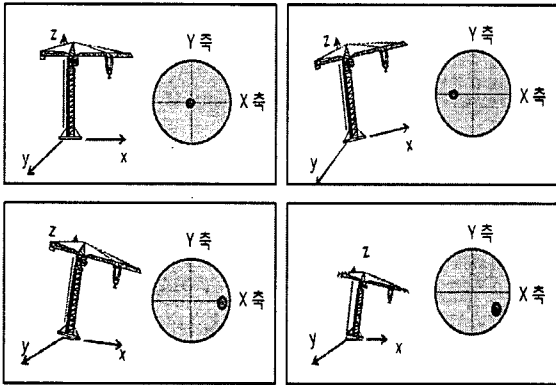
<그림 3> 기울기센서와 센서의 성능

2.2 타워크레인의 기울어짐 방향 측정과 좌표 변환

6자유도 운동은 3축 방향으로서의 선형 운동성분, 즉 서어지(Surge), 스웨이

이(Sway), 히브(Heave)와 이들 축을 중심으로 한 회전 운동성분, 즉 롤(Roll), 피치(Pitch), 요(Yaw)로 구분된다. 타워크레인의 운전시에 한하여 작업과정이나 바람 등의 영향은 6자유도 운동성분 중 롤, 피치, 요 방향의 회전 운동으로 나타난다. 이 세 가지 회전 운동 중에서 롤과 피치에서 나타나는 변화는 타워크레인의 기울어짐과 직접적인 관련을 갖고 있다. 때문에 타워크레인의 기울어짐 정도 측정을 위하여 롤과 피치의 회전변화를 2축의 기울기 센서로 검출했다.

타워크레인의 중심부에 장착된 기울기센서는 아날로그 전압을 출력하기 때문에, 전압을 각도변환 하는 과정이 필요하다. 각도변환 과정에서 아날로그 신호를 디지털신호로 변환 할 수 있는 컨버터가 사용되며, 디지털로 변환된 값을 각도로 환산하게 된다. 그림 4처럼 x,y,z좌표계의 원점과 x축과 y축으로 이루는 평면위에 타워크레인을 z축과 나란하게 표시하였다. 그리고 타워크레인의 기울기센서가 동작을 하게 되면, 기울기 값을 그림 4에서 제시된 X,Y좌표계로 표시할 수 있다. 이렇게 해서 X,Y좌표계의 움직임은 점 은 타워크레인의 기울어짐 정도와 방향을 나타낸다. 즉, 센서의 출력은 타워크레인의 절대적인 기울어짐이기 때문에 이를 이용하여 타워크레인의 기울어짐 정도를 알 수 있게 된다.



<그림 4> 타워크레인의 기울어짐 방향 및 z좌표의 변화

그림 4은 타워크레인의 x와 y축의 기울어짐 변화를 z축에서 내려다 봤을 때를 도식화 하였다. 좌측상의 그림부터 타워의 기울어짐이 없을 때, +x방향으로 기울어졌을 때, -x 방향으로 기울어졌을 때, 마지막으로 -x, -y방향으로 기울어졌을 때를 보이고, 이를 X,Y좌표계에 나타냈다.

센서의 신호를 이용하여 중앙점을 기준으로 식(2.1)을 적용한 각도와 방향을 알아낼 수 있다.[3],[4]

$$th_i = \arctan\left(\frac{CY - Y_i}{CX - X_i}\right) \quad (\text{수식 2.1})$$

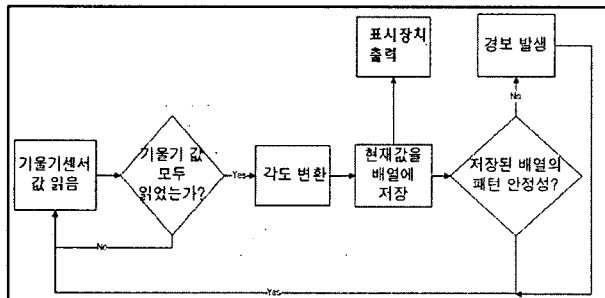
$$L_i = \sqrt{(X_i - CX)^2 + (Y_i - CY)^2}$$

CX, CY: 중앙점 th: 기울어짐 정도 L: 방향

타워크레인의 동작 속도가 느리면 점의 위치는 이전과 현재값 사이의 간격이 조밀하게 표현되며, 동작 속도가 빠르면 이전과 현재값 사이의 간격이 넓게 표현된다. 시간에 따라서 표현된 값들은 타워크레인의 기울어짐이 안정한지 그렇지 않은지를 판단하는데 쓰이게 된다.

2.2.1 시스템 제어

2축의 기울기 센서의 출력을 2차원의 좌표계로 변환하여 타워크레인의 기울어짐 정도를 나타낼 수 있었다. 기울어짐에 대한 정보를 타워크레인 운전자에게 알릴 수 있도록 하며, 위험상황이 예상될 때, 지상의 타워크레인 안전 관리자에게도 상황을 알릴 수 있는 시스템을 제안한다.

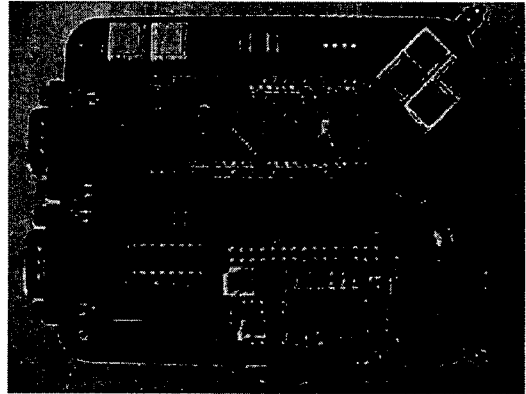


<그림 5> 시스템 제어 블록도

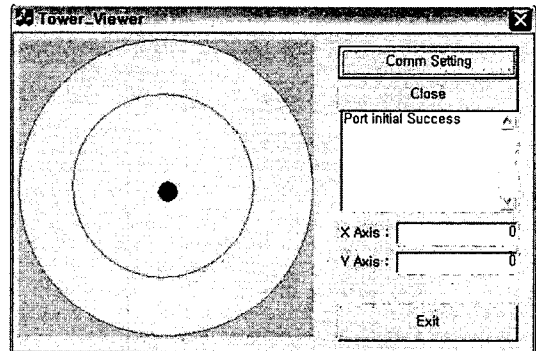
그림 5는 시스템 제어 블록도를 나타낸다. 2축의 기울기 센서값을 읽어서 그 값을 각도로 변환하였다. 그리고 그림 4에서 처럼 X,Y좌표계로 변환시킨, 시간에 대한 센서 값들을 배열에 저장시키고, 배열값들이 안정된 작업을 하는지 안하는지를 판단하게 한다. 즉, 타워크레인의 기울어짐의 정도 및 위치 변화를 정량적인 값으로 나타낼 수 있고, 운전자 및 관리자에게 타워크레인의 동작 위험성을 알릴 수 있는 정보 기법을 구축하고자 했다.

3. 실험

그림 6은 기울기센서를 이용한 타워크레인의 전도 측정 장치 기구이다. 그림의 뒷면은 Atmega128 컨트롤러이며, 아랫면에 보이는 센서가 SCA100T 기울기 센서이다. 외부와의 통신을 위해 시리얼 인터페이스를 추가하였으며, 그림 7처럼 기울기 센서의 성능 실험 확인을 위한 외부 PC에서의 모니터링 할 수 있도록 하였다.



<그림 6> 제작된 전도 측정 장치



<그림 7> 외부 PC에서의 모니터링

4. 결론

본 논문에서는 기존의 타워크레인은 풍속계를 이용한 전도측정 시스템의 경우, 풍속의 방향과 크기만을 측정하여 타워크레인의 작업 방향을 고려해서 작업을 계속할지 안할지를 운전자와 관리자가 판단한다. 이런 비효율적인 전도 측정 시스템의 문제를 개선하고자 풍속계 대신 기울기센서를 이용한 타워크레인의 기울어짐 방향과 크기를 정량적인 값으로 나타낼 수 있도록 하는 전도 측정 방안을 연구했다. 또한 정량적인 값으로 나타낼 수 있게 되어 운전자나 안전 관리자에게 판단을 맡기지 않아도 타워크레인의 동작 위험성을 알릴 수 있게 하였다. 그러나 2축의 기울기센서만을 이용한 전도 측정 시스템은 타워크레인의 작업에 따른 회전성을 판단하기 어려워 타워크레인의 회전 정도는 알아내지 못한다. 만약 회전 정도를 알아낼 수 있다면, 타워크레인의 작업 상황까지도 알아낼 수 있으며, 전도 위험성을 인지하는데 더 효과적인 방법이 될 수 있을 것으로 판단한다.

향후에는 타워크레인의 회전 정도를 알아 낼 수 있는 전자나침반센서를 본 시스템에 적용하여 타워크레인의 움직임은 더 정확하게 알아내어 안전 사고를 방지하는데 기여할 수 있도록 한다.

[참고 문헌]

- [1] "타워크레인의 지지, 고정 및 운전 에 관한 기술지침" 한국산업안전공단, 2005.7
- [2] 최운교, "건축용 타워크레인의 국내 풍하중기준을 적용한 작용하중 해석", 중앙대 건설대학원, 13~19, 2005.3
- [3] 김용호, "MEMS 센서를 이용한 무인항공기용 자세측정장치의 특성에 대한 연구", 인화대학교대학원, 39~52, 2005.3
- [4] 김지현, "가속도 센서를 이용한 동작인식", 숭실대 정보과학대학원, 16~18, 2006.3