

ROS를 이용한 IIOT 원격 제어 로봇에 관한 연구

정승호¹, 손영대², 전창우¹, 이주연¹, 정오성¹

¹국립 한국교통대학교 전자공학과

²국립 한국교통대학교 컴퓨터공학과

jshooreo612612@naver.com, smon0376@naver.com, jjco817@naver.com,

juyeon_0427@naver.com, pucar0809@naver.com

A Study on ROS-based IIOT, Remote Control Robot

Seung-ho Jeong¹, Young-dae Son², Chang-woo Jeon¹, Ju-yeon Lee¹,
O-sung Jung¹

¹Dept. of Electric Engineering, Korea National University of Transportation

²Dept. of Computer Engineering, Korea National University of Transportation

요 약

기술의 무궁한 발전을 이루고 있는 현대사회에서도 전기 산업 현장에서는 크고 작은 사고가 빈번하게 발생하고 있다. 그에 따라 해당 장비는 안정성, 자율성, 내구성을 검비하고, 무선 통신 시스템을 갖추어 위험 요소와 작업자 간 사이를 이격시켜 안전한 작업 환경을 구축 및 제공한다. 원격 제어 외에도 장비 자체의 결함 감지, 악력 측정, 실시간 영상 제공, 작업 데이터 저장 기능 등 다양한 서비스를 추가하여 제품의 완성도 및 실용성을 증가, 사용자의 작업 편의를 보장한다.

1. 서론

2020년 기준 5년 동안 한국전력공사와 한전 외주 업체에서 발생한 안전사고로 333명에 달하는 사상자가 발생했다. 사고 원인 비율은 감전 34%, 추락 20%, 넘어짐 12.6% 등으로 나타났고 결코 적지 않은 사상자가 꾸준히 발생하는 실정이다[1].

의 개발을 위한 연구가 필요하다.

2. 시스템 설계 및 구성

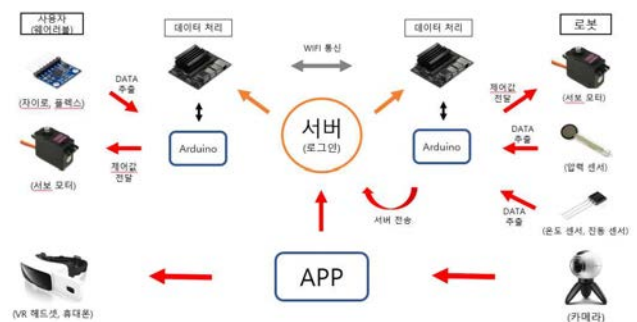
기존 문제점을 개선하고자 사용자의 동작 데이터를 수신하고 DATA 가공 후 로봇을 제어하는 시스템을 갖춘 장치를 개발한다.

<표 1> 사고 원인 세부사항

(단위 : 명. () : 사망)

구분	2016년		2017년		2018년		2019년		2020년 8월	
	한전	협력사	한전	협력사	한전	협력사	한전	협력사	한전	협력사
감전	1(0)	21(3)	1(0)	24(2)	1(0)	37(4)	2(0)	12(1)	2(1)	7(0)
넘어짐	2(0)	17(2)		14(5)	2(0)	14(2)	2(0)	11(5)	1(0)	4(1)
떨어짐		15(0)		13(0)		2(0)		9(0)		4(0)
말을		7(0)		4(1)		7(0)		6(0)		2(0)
끼임		4(0)		4(0)		6(0)		3(0)		5(1)
베임							1(0)		3(0)	
팔릴		10(1)		4(1)		1(1)		2(0)		
기타	3(0)	5(0)	3(0)	9(0)	1(0)	3(1)	1(0)	10(0)	2(0)	4(0)
합계	6(0)	79(6)	4(0)	72(9)	4(0)	70(3)	6(0)	52(6)	9(1)	26(2)

이러한 실태에 한국전력에서는 안전사고 근절을 위해 정전 후 작업 확대, 간접 활선작업 확대 등 특별대책을 공표했다[2]. 하지만, 정전 후 작업은 주위 반경 내 가정에 전력 공급이 중단되어 불편함을 초래하고 금전적·시간적 손해가 발생할 수 있다. 또한, 간접 활선작업은 작업자의 근골격계 질환을 유발하고 사용 미숙으로 여러 문제가 발생하고 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위한 혁신적인 안전장비



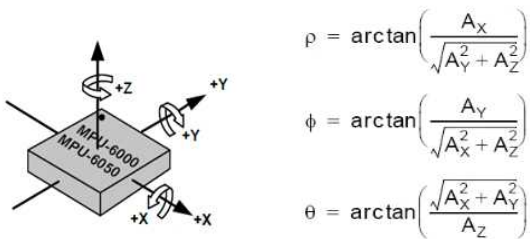
(그림 1) 작품 구성도

- Arudino를 연결한 Jetson Nano에 ROS 환경을 구성하여 Wearable, 로봇 간 상호 무선 통신 시스템을 가능하게 한다.
- USER의 동작을 Gyro, Flex Sensor 등을 통하여 자유로운 팔의 움직임을 로봇 관절 구조 방식으로 해석한다.

- firebase로 noSql DB를 운영한다.
- flask를 이용한 웹 페이지 제작한다.

2-1. 센서 데이터의 Noise 제거 방법

Mpu-6050은 가속도와 각속도(Gyro)를 측정하는 센서이다. 가속도는 지구 중력을 기준으로 x, y, z축의 가속도 크기이고, 각속도는 시간당 x, y, z축의 회전속도이다. 3차원의 회전 좌표계로 x축 회전을 roll(ρ), y축 회전을 pitch(ϕ), z축 회전을 yaw(θ)라고 부른다.



$$\rho = \arctan\left(\frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}}\right)$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}}\right)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}}{A_z}\right)$$

Mpu-6050의 가속도 센서는 움직이거나 회전할 때 민감하게 반응하여 Noise가 심하게 나타난다. 이로 인해 정적 상태에서의 각속도(Gyro) 측정은 비교적 정확하지만 모터와 같이 미세한 떨림이 있는 상태에서의 측정은 Noise 때문에 정확하지 않다. 또한, 각속도는 측정값이 시간에 따라 누적되는데, 계속해서 누적되어 오차가 발생하게 된다. 즉, 시간이 지남에 따라 더 큰 오차가 발생하게 된다. Mpu-6050은 짧은 시간에 정적 상태에 대해서는 정확한 값을 제공하지만 오랜 시간에 대한 값에는 큰 오류가 발생한다.

위의 두 가지 문제점을 보완하기 위해 상보 필터와 칼만 필터 중 하나를 사용하는데, 상보 필터는 가속도 센서의 평균값과 각속도 센서의 순간 각도값을 합쳐서 Noise를 제거하는 방식이고, 칼만 필터는 2가지 구조로 이전 시간에 추정된 상태에 따라 사용자의 입력이 들어왔을 경우 예상되는 상태를 계산한 후 보정 단계에서 앞의 예측값과 측정값을 토대로 Noise를 제거한다.

본 연구에서는 동작하는 로봇의 특성상 가동 범위를 예측할 수 없으므로 값을 예측하여 보정하는 칼만 필터가 아닌 낮은 주파수대역을 가진 각속도 센서와 높은 주파수대역을 가진 가속도 센서의 값을 보완하는 상보 필터를 사용하여 자세 각을 알아낼 수 있는 상보 필터를 사용하기로 하였다. 아래는 상보 필터에 대한 계산식이다[3].

$$\text{Filtered Angle} = \alpha \times (\text{Gyroscope Angle}) + (1$$

$$- \alpha) \times (\text{Accelerometer Angle})$$

where

$$\alpha = \tau / (\tau + \Delta t) \text{ and } (\text{Gyroscope Angle}) = (\text{Last Measured Filtered Angle}) + \omega \times \Delta t$$

Δt = 샘플링 속도, τ = 일반적인 가속도계 Noise의 시간 척도보다 큰 시간 상수

2-2. Wearable과 로봇 간 통신

Remote Control Robot은 Sensor를 통해 모방한 사용자(Wearable)의 동작 데이터를 기반으로 Robot이 동작한다. 이를 위해 ROS(Robot Operating System)의 기능을 사용한다. 통신 간 발생하는 data의 Noise 최소화를 위한 알고리즘인 Smoothing 기법을 사용한다. 통신의 delay를 줄이기 위해 data size에 대한 실험을 진행한다.

Sensor의 Value를 받아오기 위해 Aduino가 연결된 Jetson Nano에 ROS 환경을 구성한다. Sensor 측 Jetson Nano와 Robot 측 Jetson Nano의 통신을 연결하기 위해 Ubuntu 상의 .bashrc 파일에 ROS_MASTER_URI (MASTER_PC의 IP 주소)의 정보와 ROS_HOST_NAME (MASTER_PC의 IP 주소)의 정보를 저장해준다. ROS_MASTER로 지정한 Jetson Nano에서 roscore 명령어를 실행한다. ROS_MASTER에서 roscore가 실행되고 있고 양측 Jetson Nano가 실행되고 있다면 통신은 유지된다.

사용자(Wearable)와 연결된 Sensor를 통해 Sensor Value를 Python으로 가져온다. 이렇게 가져온 Sensor Value는 움직이는 정도와 관계없이 이상치가 종종 발생한다. 이상치를 제거하기 위해 median smoothing 기법을 이용한다. median smoothing 기법은 중간치를 이용하여 이상치의 값을 대체하여 Noise를 줄이는 방식이다.

delay를 최소화하기 위해 검증 코드의 data size를 바꿔가며 걸리는 시간을 측정한다. data size는 받아오는 변수 size, queue size 등 data 처리에 직접적인 영향을 줄 수 있는 요소들을 중점적으로 실험한다.

Remote Control Robot의 목적에 따라 Noise와 delay가 없는 이상적인 통신상태에 근접한 환경을 구축한다.

2-3. 효율적인 힘 분배를 위한 모터 토크 계산

해당 로봇의 손가락 모터는 $1.8\text{kg} \cdot \text{cm}$ 의 토크로 선정한다. 손가락의 길이는 10cm 이므로, 한 손가락이 견딜 수 있는 예상 무게는 $0.18\text{kg} \cdot 0.1\text{m}$. 즉, 하나의 손가락으로 180g 의 무게를 견딜 수 있을 것으로 판단된다.

손가락 개수와 여러 가지 변수를 고려하여 최종적으로 합산하면, $180 \times 5 = 900\text{g}$, ($\pm 50\text{g}$)로 예상된다.

앞선 방식과 같은 공식으로 손목과 어깨를 계산하면,

$0.2\text{m} \rightarrow 11\text{kg} \cdot \text{cm} \rightarrow 0.55\text{kg} \cdot 20\text{cm} \rightarrow 550\text{g} \cdot 20\text{cm}$

$15\text{kgf} \cdot \text{cm} \rightarrow 15000\text{gf} \cdot \text{cm} \rightarrow 300\text{gf} \cdot 50\text{cm}$

위와 같은 예상치를 얻을 수 있다.

본 로봇은 연구를 위한 프로토타입이므로 토크의 여유를 크게 두지 않았다. 비율을 맞추어 강한 토크의 모터를 삽입하여 제작하면, 후에 더 강한 힘을 출력할 수 있을 것이다.

3. 결론

현재 연구개발 중인 장비는 시민 의식이 높아지는 현대사회에서 지속해서 사고가 발생하는 상황을 개선하기 위한 안전성, 효율성, 범용성을 갖추고 있다. 원거리에서 작업하며 안전성을 보장하고, 비교적 간단한 사용법과 요구되는 힘의 최소화로 효율성을 보장한다.

사람의 팔 움직임을 로봇의 관절 구조로 해석할 때 Gyro Sensor에서 발생하는 Noise를 최소화하기 위한 필터를 설계하여 높은 정밀도와 유연성으로 사용자 부담을 줄이고, ROS 환경을 통한 사용자, 로봇 간의 통신 시스템을 바탕으로 이상적인 통신 환경에 근접한다.

기술의 발전이 빠르게 이뤄지고 있지만, 노동자의 안전보장에 대한 대책은 발전의 속도가 더딘 것이 현실이다. 이러한 상황에서 인력을 대체할 수 없는 환경에 효과적으로 접목 가능한 장비를 개발하여 안타까운 사고 발생을 예방하고 간편한 작업을 보장

하고자 한다.

참고문헌

- [1] 황해동, “위험작업 외주업체에 떠넘기는 공기업 행태 여전”, 굿모닝충청, 2020.10.14, <https://www.goodmorningcc.com/news/articleView.html?idxno=239934>
- [2] 한국전력공사, 2022년 01월 09일, https://home.kepco.co.kr/kepco/PR/ntcob/ntcobView.do?pageIndex=1&boardSeq=21055078&boardCd=BRD_000117&menuCd=FN06030103&parnScrpSeq=0&searchCondition=total&searchKeyword=
- [3] Debra, 2013.03.31., <http://www.geekmomprojects.com/gyroscopes-and-accelerometers-on-a-chip/>

※ 본 프로젝트는 과학기술정보통신부 정보통신망의 인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.