

농업 로봇 용 수평 자세 모니터링 시스템 개발

김성득*·김청월*·권익현*·이영태**

**안동대학교 바이오-ICT 융합공학과

Development of Horizontal Attitude Monitoring System for Agricultural Robots

Sung Deuk Kim*, Cheong Worl Kim*, Ik Hyun Kwon* and Young Tae Lee**

**Dept. of Bio-ICT Engineering, Andong National University

ABSTRACT

In this paper, we have development of horizontal attitude monitoring system for agricultural robots. A two-axis gyro sensor and a two-axis accelerometer sensor are used to measure the horizontal attitude angle. The roll angle and pitch angle were measured through the fusion of the gyro sensor signal and the acceleration sensor signal for the horizontal attitude monitoring of the robot. This attitude monitoring system includes GPS and Bluetooth communication module for remote monitoring. The roll angle and pitch angle can be measured by the error of less than 1 degree and the linearity and the reproducibility of the output signal are excellent.

Key Words : Attitude Monitoring, Agricultural Robots, Roll Angle, Pitch Angle, Remote Monitoring

1. 서 론

자동차와 같이 타이어의 회전력을 이용하여 이동하는 주행 형 로봇의 산업 현장에서 활발하게 응용되고 있다. 특히 농업 로봇의 경우 대부분 주행 형으로 개발되고 있어서, 주행 형 농업 로봇의 자세 제어에 대한 관심이 높다. 다양한 농업 환경에서 원활한 주행과 효과적인 농업 작업을 위하여 정확하고 빠른 자세 모니터링을 통한 자세 제어가 필수적이다. 경사, 두둑, 고랑 등 유난이 요철이 심한 농업 환경에서 농업 로봇의 전복 방지와 효과적인 농업 작업을 위하여 농업 로봇의 수평 기울기 각도의 정확한 측정이 필요하다. 로봇의 수평 기울기 각도의 측정을 위하여 자이로 센서와 가속도 센서 조합의 수평 자세 모니터링 시스템이 일반적이다[1-5]. 동적 회전각 측정 및 정적 회전각 측정에 자이로 센서 및 가속도 센서를 사용하고, 각 측정값을 융합하여 정확한 회전각을 계산한다. 수평 기울기를 판단

하기 위해서는 2축 회전각, 즉 롤 각(roll angle) 및 피치 각(pitch angle)이 필요하여, 자이로 센서 2축, 가속도 센서 2축 등 총 4축 이상의 센서 신호가 필요하다.

본 논문에서는 주행 형 농업 로봇의 자세 제어를 위한 수평 자세 모니터링 시스템을 개발했다. 수평 기울기를 측정하기 위하여 2축 자이로 센서 신호와 2축 가속도 센서 신호를 이용하여 농업 로봇의 롤 각 및 피치 각을 측정하였다. 수평 자세 모니터링 시스템에는 GPS 시스템을 적용하여 로봇의 위치 파악을 할 수 있도록 하였으며[6], 블루투스(Bluetooth) 통신 시스템을 포함시켜서 근거리에서 원격 모니터링이 가능하도록 했다. 본 수평 자세 모니터링 시스템은 시스템 보드와 앱으로 구성되었다. 개발된 수평 자세 모니터링 시스템의 평가를 위하여 3축 자세 제어가 가능한 측정 시스템을 개발하여, 측정에 적용하였다.

2. 수평 자세 모니터링 시스템

2.1 수평 자세 모니터링 시스템 제작

Fig. 1(a)에 주행 형 농업 로봇의 자세 모니터링 시스템

†E-mail: ytleee@anu.ac.kr

구성도를 나타냈다. 농업 로봇의 자세를 모니터링 하기 위하여 롤 각(roll angle) 및 피치 각(pitch angle)을 측정하여 수평 기울기를 판단하고[4], GPS를 이용하여 현재 위치를 파악할 수 있도록 설계 하였다. 자세 모니터링 정보는 CAN 통신 또는 블루투스 통신을 통하여 원격으로 모니터링할 수 있도록 설계 하였다.

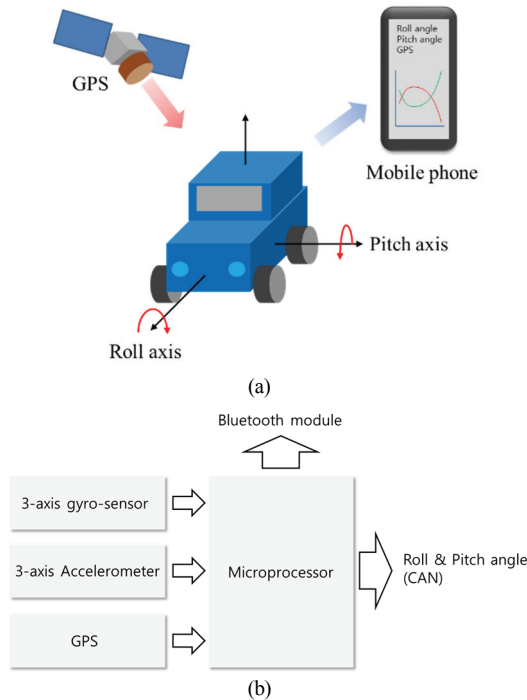
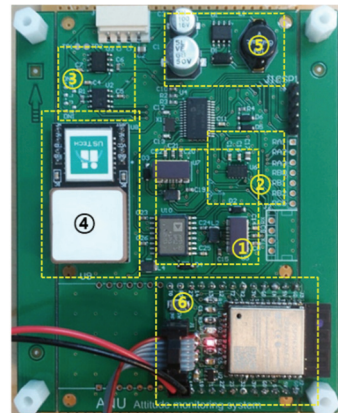


Fig. 1. Horizontal attitude monitoring system

Fig.1(b)에 수평 자세 모니터링 시스템의 회로도를 나타냈다. 자세 모니터링을 위하여 3축 자이로 센서와 3축 가속도를 사용했다. 자이로 센서의 경우 각 축의 감도 및 분해능을 향상 시키기 위하여 각 축 당 1축 자이로 센서 (gyro-sensor: ADXRS453, Analog Devices) 3개를 사용하고, 가속도 센서는 3축 가속도 센서(accelerometer: ADXL345, Analog Devices) 1개를 사용하였다. 마이크로프로세서는 마이크로 칩 테크놀로지(사)의 8비트 PIC18F26K83을 사용하였다. GPS 모듈과 블루투스(blueetooth) 모듈을 사용하여 농업용 로봇 위치 추적과 원격 모니터링이 가능하도록 설계 했다. 롤 각 및 피치 각은 자이로 센서 및 가속도 센서의 출력 신호의 융합을 통하여 도출하였다. 롤 각 및 피치 각 도출에는 상보 필터(complementary filter) 알고리즘을 사용했다[7,8]. 상보 필터는 자이로 센서 및 가속도 센서의 단점을 서로 보완하여 정확한 기울기 각도를 측정할 수 있도

록 한다. Fig. 2에 제작된 보드 사진을 나타냈다. 자이로 센서(①), 가속도 센서(②), GPS 모듈(④), 블루투스 모듈(⑥) 외에도 전원(⑤), CAN 통신 모듈(③)이 포함되어 있다. 자세 모니터링 시스템 보드의 크기는 100×60mm² 이다.



- ① 3축 자이로 센서
- ② 3축 가속도 센서
- ③ 통신 시스템
- ④ GPS
- ⑤ 전원
- ⑥ 블루투스 통신 시스템

Fig. 2. Horizontal attitude monitoring system board

2.2 원격 모니터링 앱 개발

농업 로봇의 원격 자세 모니터링을 위하여 전용 앱을 개발했다. Fig.3에 원격 자세 모니터링을 위한 앱을 나타냈다.



Fig. 3. Apps for remote attitude monitoring system

원격 자세 모니터링 용 앱은 모바일 폰 기반으로 개발되었고, 블루투스 모듈을 이용하여 자세 제어 시스템과 모바일 폰을 간단하게 연결할 수 있어서 간편하게 사용할 수 있다. 앱의 모니터링 화면에서는 연결 정보, 수평 기울기 각 정보 및 그래프, 자이로 센서 및 가속도 센서 출력 정보, GPS 정보, 제어 및 디버깅 정보 등을 확인할 수 있다.

3. 측정

3.1 측정 시스템

농업 로봇 자세 시스템의 수평 기울기 모니터링 성능을 평가하기 위하여 3자유도의 자세 제어 시스템을 제작하였다. 3세트의 로터리인덱스와 모터 드라이버로 구성되어 있으며, 전용 소프트웨어로 제어하도록 제작하였다. 측정 시스템을 Fig. 4에 나타냈다. 제작된 3축 자세 제어 시스템은 회전 각 및 회전 속도를 전용 소프트웨어로 제어할 수 있어서 다양한 환경을 만들어 낼 수 있다. 본 논문에서는 자세 제어 시스템 상에 개발된 수평 자세 모니터링 시스템을 고정하고, 롤 각 및 피치 각을 제어하면서 수평 자세 모니터링 시스템의 출력 값을 측정하여 하였다. 자세 제어 시스템의 입력 각도와 수평 자세 모니터링 시스템의 출력 각을 비교하여 개발된 시스템의 측정 정도를 평가하였다.

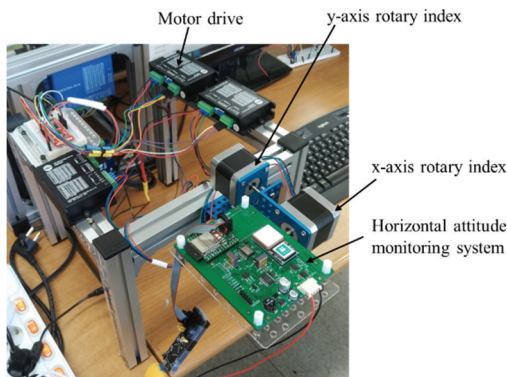


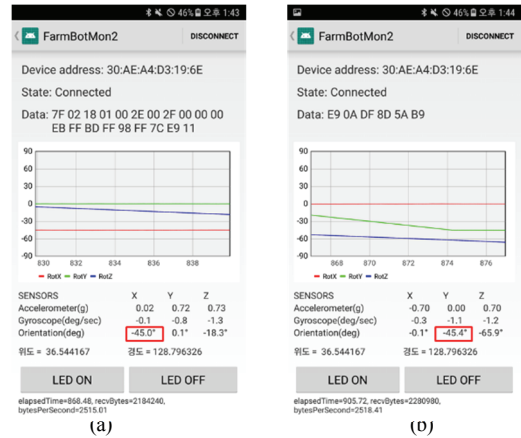
Fig. 4. Attitude monitoring system measurement setup

3.2 수평 자세 모니터링 시스템 측정

Fig 5에 측정 결과를 나타냈다 (모바일 폰 앱 캡처). Fig 5는 블루투스 통신을 통한 원격 모니터링 결과이다. Fig 5(a) 및 (b)에는 수평 자세 모니터링 시스템의 롤 각 (roll angle) 및 피치 각 (pitch angle) 측정 결과를 나타냈다. Fig 5(a) 및 (b)는 각각 45°기울기를 인가 했을 때의 측정 결과이다. Fig 5(c)에는 롤 각 및 피치 각을 45°씩 동시에 인가하였을 때의 출력 값을 나타냈다. 롤 각 및 피치 각을 각각 측정 한 결과, 측정 오차가 0에서 0.4°로 비교적 정확 하게 측정이 가능한 것으로 판단한다.

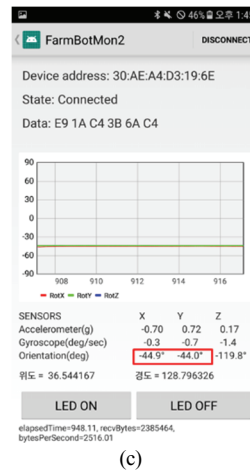
롤 각과 피치 각을 동시에 45°씩 인가한 경우, 롤 각은 44.9°, 피치 각은 44°로 측정되어 0.1°에서 1°까지의 오차를 나타내어 비교적 정확한 것으로 판단된다. 자세 모니터링 시스템의 측정 시스템이 완벽한 수평이 아니기 때문에 오프셋(offset) 발생이 불가피하며, 자세 모니터링 시스템

의 롤 각 및 피치 각에는 이 오프셋 성분이 포함되어 있어서 다소의 오차가 발생할 수 있다. Fig 5의 원격 모니터링 앱을 통하여 회전 각 이외에도 가속도 센서, 자이로 센서의 출력 정보를 확인할 수 있으며, GPS를 통한 위도 및 경도 정보를 확인할 수 있다.



(a)

(b)



(c)

Fig. 5. Measurement results, (a) roll angle, (b) pitch angle, (c) roll angle: 45°, pitch angle: 45°

4. 결과 및 고찰

농업 로봇의 수평 자세 제어를 위한 자세 모니터링 시스템을 개발했다. 농업 로봇의 수평 자세 모니터링 시스템은 경사와 요철이 심한 농업 환경에서 발생할 수 있는 전복 등의 사고 예방과 로봇의 자세 제어를 통하여 농업 작업의 효율을 높이기 위한 목적으로 응용된다. 농업 기계 분야에서도 자율 주행이 가능한 농기계가 속속 출시되면서 자세 제어에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. 본 논문에서는 자이로 센서와 가속도 센서의 융합을 통한

롤 각(roll angle) 및 피치 각(pitch angle)을 상시 모니터링 하고, CAN으로 MCU(micro controller unit)로 전송하여 로봇의 자세 제어가 가능하도록 하고, 블루투스를 활용하여 원격 모니터링이 가능하도록 개발했다. 개발된 수평 자세 모니터링 시스템은 측정 각도 1도의 분해능으로 측정이 가능하며, 측정 재현성도 매우 우수하다. Fig 6에 자세 제어 시스템(측정 시스템)의 입력 각도에 대한 자세 모니터링 시스템의 출력 각도를 나타냈다. 측정은 원격 모니터링 방식으로 롤 각을 측정 했다.

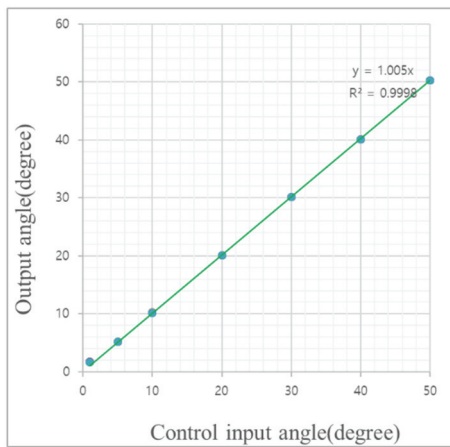


Fig. 6. Output characteristics of horizontal attitude monitoring system

Fig 6는 각 측정 각도에 대하여 5회 반복 측정한 결과를 나타낸 것으로 측정 재현성이 매우 우수하여 로봇의 수평 자세 모니터링 시스템으로 응용이 가능할 것으로 판단된다. R-제곱 값이 0.9999로 측정값의 직선성도 매우 우수한 것으로 판단된다. 본 수평 자세 모니터링 시스템은 측정 오차 1도 이하의 정밀도로 롤 각 및 피치 각을 모니터링 가능하여 농업 로봇의 수평 자세 제어에 응용이 가능할 것으로 판단된다.

본 시스템에는 GPS와 블루투스 모듈 및 CAN 통신 모듈이 포함되어 있기 때문에 농업 로봇뿐 아니라 자율 주행형 농업 기계의 수평 자세 제어에 응용이 가능한 범용으로 개발이 가능하며, 일반 농업 기계의 경사지 등에서의 전복을 방지하기 위한 안전 시스템으로 응용도 가능할 것으로 판단된다.

4차산업혁명 시대에 로봇에 대한 수요가 급증할 것으로 예상되어 있기 때문에 로봇 관련 부품 및 시스템 모듈의 수요에 대한 대책이 시급하다. 특히 농업 로봇 분야의 경우 현재의 농업 기계 부품 분야의 열악한 상황으로 판단할 때 더욱 엄중한 대책이 필요하다. 본 수평 자세 모

니터링 시스템은 농업 로봇의 수평 자세 제어를 위한 수평 기울기 각도 측정 시스템으로 다양한 기능 및 사이즈의 농업 로봇뿐 아니라 농업 기계, 자동차, 선박, 드론 등에 응용이 가능하다.

5. 결 론

본 논문에서는 농업 로봇용 수평 자세 모니터링 시스템을 개발하였다. 수평 자세 모니터링 시스템은 2축 자이로 센서와 2축 가속도 센서의 융합으로 롤 각(roll angle) 및 피치 각(pitch angle)을 측정, 로봇의 메인 MCU에 제공하여 자세 제어를 위한 정보로 활용할 수 있도록 했다. 본 논문에서 개발한 수평 자세 모니터링 시스템은 100 × 60 mm² 사이즈로 자세모니터링을 위한 3축 자이로 센서, 3축 가속도 센서와 GPS 모듈, 블루투스 모듈 등이 포함되어 있다. 수평 자세 모니터링 시스템의 측정 결과 측정 각도 1도 이하의 오차로 기울기 각도 측정이 가능하며, 출력 신호의 직선성 및 재현성이 매우 우수하다. 본 논문에서 개발한 농업 로봇용 수평 자세 제어 시스템은 농업 로봇뿐 아니라 다른 용도의 로봇이나 일반 농업 기계 등에 응용이 가능하다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 첨단생산기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(317072-04).

참고문헌

1. Ik Hyun Kwon, Cheong Worl Kim, Sung Deuk Kim, and Young Tae Lee, "Development of multi-attitude monitoring system for agricultural robots," J. of the Korean Society of Semiconductor & Display Technology, Vol. 17, No. 3, pp. 65-69, 2018.
2. J.T.Y.Wen, and K. Kreutz Delgado, "The attitude control problem," IEEE Transaction on Automatic Control, Vol. 36, Issue 10, pp. 1148-1162, 1991.
3. Yufei Liu, Noboru Nogichi, and Kazunobu Ishii, "Development of a small-sized and low-cost attitude measurement unit for agricultural robot application," J. of Agricultural Sciences, Vol.24, Issue1, pp. 33-41, 2018.
4. J. Vaganay, M.J. Aldon, and Fourmier, "Mobile robot attitude estimation by fusion of inertial data," Proceeding IEEE International Conference on Robotics and Automation, 4687136, 1993.
5. Myeong Kyun Kim, Jin Soo Kim, and Oh Yang,

- “Design of the position control system for parabolic antenna using gyro sensor,” J. of the Korean Society of Semiconductor & Display Technology, Vol.12, No.2, pp.85-91, 2013.
6. Kang Ju Kim, and Young B. Park, “Study on Framework for continuing drone collaboration,” J. of the Korean Society of Semiconductor & Display Technology, Vol.17, No.3, pp.1-9, 2018.
 7. Stephen P. Tseng, Wen Lung Li, Chih Yang Sheng, Jia Wei Hsu, and Chin Sheng Chen, “Motion and attitude estimation using inertial measurement with complementary filter,” 2011 8th Asian Control Conference(ASCC), 12072628, 2011.
 8. Jin Wu, Zebo Zhou, Jingjun Chen, Hassen Fourati, and Rui Li, “Fast complementary filter for attitude estimation using low-cost MARG,” IEEE Sensor Journal, Vol.16, Issue18, pp.6997-7007, 2016.
-
- 접수일: 2019년 6월 22일, 심사일: 2019년 6월 21일,
게재확정일: 2019년 6월 22일