

팬틸트 카메라 제어를 위한 자세측정 장치 기반 이동로봇플랫폼 구현

Implementation of Mobile Robot Platform Based on Attitude Reference System for Pan-tilt Camera Control

박세준*

Se-Jun Park*

요약 비상체가 자세를 유지하기 위한 자세기준에는 비상체의 무게중심을 지나 서로 직교하는 3축을 취하는데 그것을 각각 롤(roll)축, 피치(pitch)축, 요(yaw)축이라 부른다. 자세측정 장치는 이 3축에 대한 변동을 검출하는 센서이다. 본 논문에서는 HMD에 자세측정 장치를 부착하고, 이동로봇플랫폼에 팬틸트를 장착하여 카메라를 제어한다. 가속도센서는 진동에 매우 취약하기 때문에 센서데이터에 노이즈가 심하게 발생하며, 센서데이터를 매핑(mapping)하는 과정에서 데이터들의 간격이 많이 벌어지는 문제도 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 평균필터와 Cosine Interpolation을 적용하여 팬틸트 동작을 방해하는 요소를 제거하였다. 제안한 성능을 평가하기 위해 실외환경에서 HMD에 부착한 센서데이터를 원격으로 전송하여 이동로봇에 탑재된 팬틸트 카메라를 제어하였다. 실험결과 약간의 지연은 발생하였으나 비교적 안정하게 팬틸트 카메라가 제어됨을 확인할 수 있었다. 또한, 이동로봇은 평지나 경사면 등 어떠한 지형에서도 주행이 가능함을 확인할 수 있었다.

Abstract Aircraft have a cross axis of the three each other for maintenance of aircraft position. It is called roll axis, pitch axis and yaw axis. Attitude reference system is a sensor for detecting a change of the three axis. In this paper, mobile robot platform install part of Pan-tilt and HMD attitude reference system, because of we use control camera. The acceleration sensor is very weak a lot of noise to vibration, also problem with data from process of mapping to the data problems to arise. However to solve this problem, we removed the average filter and Cosine Interpolation for Pan-tilt. Using capacity evaluation for outdoor environment for we are proposing. Mobile robot has HMD and equipped Pan-tilt. We control mobile robot camera. In this experiment result is little bit delay happening, however Pan-tilt camera is relatively stable control checking. Also, we will checking any terrain and slopes is no problem for mobile robot driving skills.

Key Words : Attitude reference system, Pan-tilt, Mobile robot platform, HMD, Cosine interpolation

1. 서론

관성 센서(inertial sensor)를 이용하여 로봇이나 차량,

또는 항공기 등의 동체의 자세를 측정하는 장치를 ARS(Attitude Reference System)라고 한다. 대부분의 ARS는 가속도계와 자이로를 이용하여 자세를 계산한다

*정회원, 목원대학교 지능로봇공학과
접수일자 : 2016년 2월 4일, 수정완료 : 2016년 3월 4일
게재확정일자 : 2016년 4월 8일

Received: 4 February, 2016 / Revised: 4 March, 2016 /

Accepted: 8 April, 2016

*Corresponding Author: sjpark@mokwon.ac.kr

Dept. of Intelligent robot Engineering, Mokwon University, Korea

[1]. 관성 센서 및 지자기 센서로 이루어진 자세측정 장치는 여러 오차 요인을 내포하고 있으며, 성능을 향상시키기 위해서는 각 센서의 보정과 오차 제거가 선행되어야 한다^[2, 3].

팬틸트 카메라는 좌우로 움직이는 팬(Pan) 기능과 상하로 움직이는 틸트(Tilt) 기능을 이용하여 영상을 모니터링하거나 움직이는 객체를 추적하는 용도로 사용된다.

웨어러블 컴퓨팅(Wearable Computing)은 신체에 부착해 컴퓨팅 행위를 할 수 있는 모든 것을 포함한다. 이 중 포터블 형태는 스마트폰처럼 휴대할 수 있거나 혹은 안경, 시계, 팔찌 형태의 디바이스들로 최근 나오는 웨어러블 기기들이 해당된다^[4]. 웨어러블은 키보드 및 터치 기술에서 음성인식, 영상추적, 센싱 맥락 추론 기술로의 이행을 의미하기도 한다^[5].

본 논문에서는 웨어러블 기기인 HMD에 자세측정 장치를 부착하여 머리의 움직임으로 주행 중에 이동로봇플랫폼에 장착된 팬틸트 카메라를 제어하여 주위 환경을 모니터링 하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 팬틸트 카메라 제어에 대해 알아보고, III장에서는 이동로봇플랫폼에 대해 알아본다. IV장에서는 실험을 통하여 시스템의 성능을 검증한다. 마지막으로, V에서는 본 논문의 결론과 향후 진행될 연구과제에 대해 고찰하고자 한다.

II. 팬틸트 카메라 제어

1. 자세측정 장치

비행기나 로켓 등의 비상체가 올바르게 비행하기 위해서는 바른 자세가 확보되어야 한다. 자세를 유지하기 위한 자세기준에는 비상체의 무게중심을 지나 서로 직교하는 3축을 취하는데 그것을 각각 피치(pitch)축, 요(yaw)축, 롤(roll)축이라 부른다.

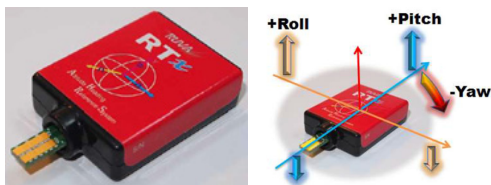


그림 1. RTx 외형과 회전 방향
Fig. 1. The shape and rotation direction of RTx

자세측정 장치는 이 3축에 대한 변동을 검출하는 센서로 본 논문에서는 Ruva Tech사의 자세 추정 시스템(RTx)을 사용하였다. RTx는 초소형 사이즈의 9축(자이로/가속도/지자기 각 3축) 센서로 칼만 필터를 포함한 몇 가지 알고리즘을 내장하고 있으며 초소형 무인항공기의 자세제어, 쿼드콥터의 안정화 제어, 무인자동차 등에 응용할 수 있다^[6]. 그림 1은 RTx 외형과 회전 방향을 보여준다.

2. 팬틸트 카메라 제어

사람의 머리 움직임과 비슷하게 동작하기 위해 Yaw(Pan)와 Pitch(Tilt)를 적용하여 팬틸트를 설계하고 제작하였다. 그림 2는 팬틸트 설계도와 외형을 보여준다.

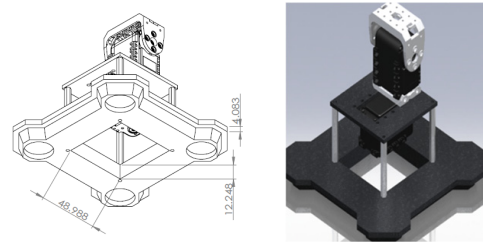


그림 2. 팬틸트 설계도와 외형
Fig. 2. Design and shape of pan-tilt

제작한 팬틸트에 Dynamixel(AX-12A)을 부착하고, HMD(Head Mount Display)에 자세측정 장치(RTx)를 부착하여 팬틸트를 제어하였다. 센서데이터 중 Yaw(Pan)와 Pitch(Tilt)의 값을 파싱(parsing)하고 (0~1023)의 값으로 매핑(Mapping)하여 패키지를 통해 팬틸트에 전송하였다.

그러나 가속도 센서는 진동에 매우 취약하기 때문에 센서데이터에 노이즈가 심하게 발생한다. 노이즈 문제를 해결하기 위해 평균필터를 사용하였으며, 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다^[7].

$$\bar{x}_k = a\bar{x}_{k-1} + (1-a)x_k \quad (1)$$

그림 3은 평균필터 전/후의 센서데이터를 보여주며, 파란색 부분이 필터 전, 빨간색 부분이 필터 후의 센서데이터이다. 그림 3에서와 같이 평균필터를 사용하여 얻은 센서데이터의 진동이 없어짐을 확인할 수 있다.

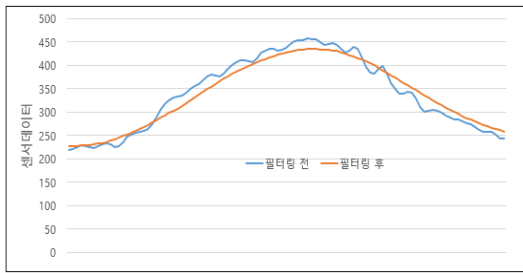


그림 3. 평균필터 전(Blue)/후(Red)의 센서데이터
 Fig. 3. Sensor data of average filter before (blue)/after(red)

또한, 센서데이터를 매핑하는 과정에서 데이터들의 간격이 많이 벌어지는 문제가 발생하여 팬틸트의 동작할 때 끊어지는 현상이 나타났다.

이러한 현상은 Cosine Interpolation을 적용시켜 해결 하였으며, 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다^[8].

$$V_R = (V_p \times (1 - (1 - \cos(V_i \times \pi)) / 2)) + (V_t \times (1 - \cos(V_i \times \pi)) / 2) \quad (2)$$

여기서, V_i (데이터 간격), V_p (이전 데이터), V_t (목표 데이터) 그리고 V_R (결과 데이터)를 나타낸다.

표 1. Cosine interpolation
 Table 1. Cosine interpolation

적용전		적용후	
Yaw	Pitch	Yaw	Pitch
796	179	795	178
794	181	795	179
792	185	792	180
789	189	791	181
786	192	789	181
784	195	788	181
780	199	787	182
777	200	786	183
772	203	786	184
769	205	785	185
764	208	784	186
759	210	783	188
754	212	783	189
750	215	782	190
747	217	780	190
743	220	779	191

표 1은 센서를 같은 방향과 같은 속도로 움직였을 때 Cosine interpolation 적용 전/후의 센서데이터를 나타낸

것이다. Cosine interpolation 적용 전에는 센서데이터들의 간격 차이가 심하게 나타났지만 적용 후의 센서데이터들의 간격은 현저하게 줄어들었음을 확인할 수 있다. 팬틸트 제어를 위한 최종적인 센서데이터는 각각 2Byte에 해당된다.

본 논문은 평균필터와 Cosine interpolation을 적용하여 얻은 센서데이터로 팬틸트 카메라를 제어하여 보다 안정적인 결과를 얻을 수 있었다. HMD에 부착된 자세측정 장치(Master)로부터 받은 센서데이터를 이동로봇플랫폼(Slave)에서 팬틸트 카메라에 Pitch 데이터와 Yaw 데이터를 연속적으로 전송하여 제어하였다. 그림 4는 팬틸트 제어를 위한 패킷을 보여준다.

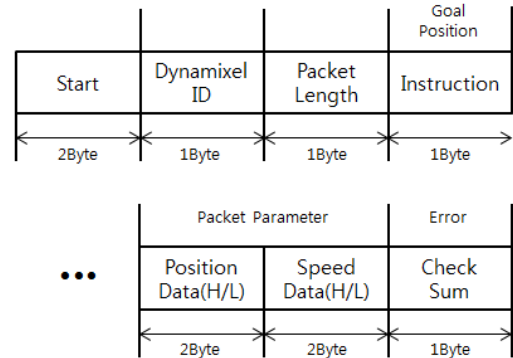


그림 4. 팬틸트 제어를 위한 패킷
 Fig. 4. Packet for pan-tilt Control

III. 이동로봇플랫폼

자신의 힘으로 외부 환경에 대응하여 위치를 변화시키며 주행이 가능한 로봇을 이동로봇이라 한다. 본 논문에 사용한 이동로봇플랫폼은 구동부와 팬틸트로 구성되어 있다. 캐터필러는 평지, 장애물 그리고 험한 지형을 이동할 수 있도록 사용하였으며, DC기어드모터는 앞쪽의 캐터필러를 Up/Down 하여 계단 등을 오르내리게 하였다. 또한, 팬틸트에는 IP카메라를 장착하여 HMD 움직임에 따른 센서데이터를 이용하여 실시간으로 주변 환경을 모니터링 할 수 있다. 표 2는 이동로봇플랫폼의 주요 사양을 보여준다.

표 2. 이동로봇플랫폼의 주요 사양

Table 2. Main specifications of mobile robot platform

항목		모델
구동부	모터드라이브	MAI-1MT-4DC V2.0(*6)
	캐터필러	NT-TRACK S05-WHEEL II(*4)
	DC기어드모터	DC기어드모터(*2)
팬틸트	다이나믹셀	AX-12A(*2)
	IP카메라	VSTARCAM -100BP

그림 5는 이동로봇플랫폼 제작과정을 보여주며, 그림 6은 이동로봇플랫폼 구동을 위한 모터드라이브를 보여준다. 모터를 구동하기 위하여 아두이노를 사용하였다.

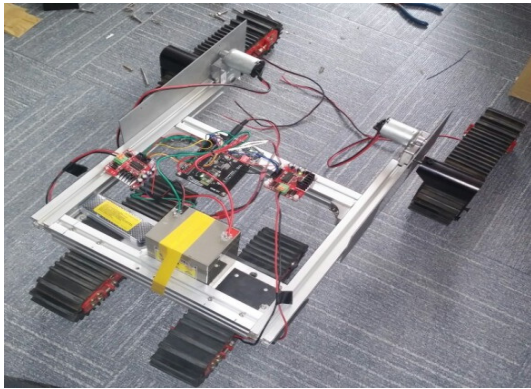


그림 5. 이동로봇플랫폼 제작
Fig. 5. Production of mobile robot platform

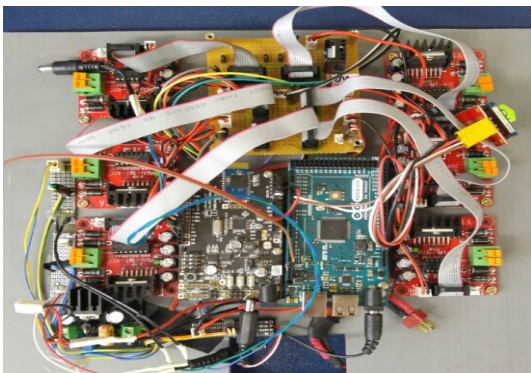


그림 6. 모터드라이브
Fig. 6. Motor drive

그림 7은 HMD 움직임에 의한 주변 환경을 모니터링 할 수 있는 팬틸트 카메라를 보여준다.



그림 7. 팬틸트 카메라
Fig. 7. Pan-tilt Camera

IV. 실험 및 결과고찰

본 논문에서는 실험을 수행하기 위해 자세 센서를 HMD라는 웨어러블기에 부착하였으며, 팬틸트에 IP 카메라를 부착하고, 이동로봇에 탑재하였다. 그림 8은 완성된 HMD(Master)와 IP카메라가 장착된 이동로봇플랫폼(Slave)을 보여준다.

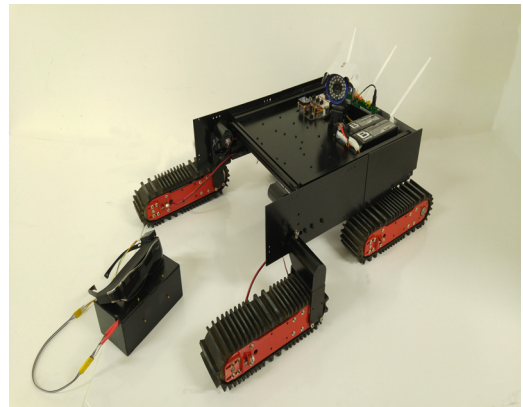


그림 8. HMD와 이동로봇플랫폼
Fig. 8. HMD and mobile robot platform

시스템 구성은 크게 Master와 Slave로 구분할 수 있

다. Master 부분은 PC에 연결된 HMD의 센서데이터를 Zigbee 통신을 이용하여 Slave 부분의 팬틸트 카메라에 전송하고, Slave 부분은 팬틸트 동작에 의한 카메라 영상을 WIFI 통신을 통해 사용자가 착용하고 있는 HMD에 전송하여 실시간으로 모니터링 할 수 있다. 그림 9는 전체 시스템 블록선도를 보여준다.

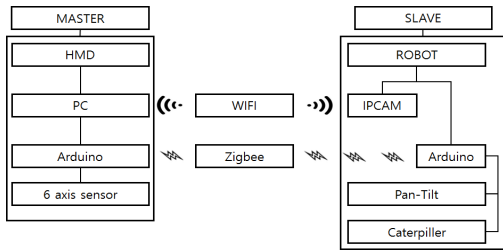


그림 9. 시스템 블록선도
 Fig. 9. System block diagram

또한, 로봇조종기(키보드, 조이스틱)로 1Byte 명령어를 전송하여 이동로봇플랫폼 주행을 수행하였다. 패키지의 크기는 총 5Byte며 Start를 2Byte로 설정하여 안전하게 데이터를 전송하도록 하였으며, 팬틸트 제어와 로봇 주행을 위해 3Byte의 데이터를 전송하였다. 그림 10은 팬틸트 제어와 이동로봇 제어에 필요한 패키지를 보여준다.

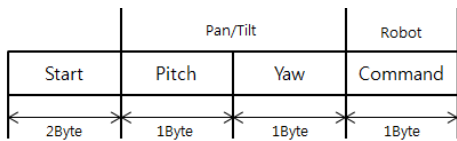


그림 10. 팬틸트와 이동로봇 제어를 위한 패키지
 Fig. 10. Packet for pan-tilt and mobile robot control

실험의 성능을 평가하기 위해 총 3단계로 실험을 수행하였다. 첫 번째 HMD를 활용한 팬틸트 카메라를 제어하였다. 그림 11은 HMD를 활용한 팬틸트 카메라 제어 결과 사진을 보여준다.



그림 11. HMD를 활용한 팬틸트 카메라 제어
 Fig. 11. Pan-tilt camera control using HMD

그림 11에서 볼 수 있듯이 팬틸트 카메라가 안정하게 제어됨을 확인할 수 있었다.

두 번째는 명령어 셋을 이용하여 이동로봇의 주행을 수행하였으며 표 3은 명령어 셋을 보여준다.

표 3. 명령어 셋
 Table 3. Command set

Command	기능
2	BACK
4	LEFT
6	RIGHT
8	GO
3	ALL STOP(initial)
5	STOP
7	UP
9	DOWN

이동로봇은 캐터필러와 DC기어드모터를 사용하여 평지, 장애물, 계단 그리고 험한 지형을 이동하도록 하였다. 그림 12는 이동로봇플랫폼의 주행모드를 보여주고 있으며, 그림 12에서 알 수 있듯이 평지 그리고 험한 지형도 주행이 잘 수행됨을 확인할 수 있었다.



그림 12. 이동로봇의 주행 제어
 Fig. 12. Driving control of mobile robot

마지막으로 성능 평가를 위해 실외환경에서 이동로봇에 탑재된 팬틸트 카메라와 이동로봇의 주행을 원격으로 제어하였다. HMD 장착된 자세측정 장치의 센서데이터를 원격 전송하여 팬틸트 카메라를 제어하였으며, 약간의 지연은 발생하였으나 비교적 안정하게 제어됨을 확인할 수 있었다. 또한, 이동로봇은 평지나 경사면 등 어떠한 지형에서도 주행이 가능함을 확인할 수 있었다. 그림 13은 최종 실험 결과 사진을 보여준다.



그림 13. 최종 실험
Fig. 13. Final experiment

V. 결론

본 논문에서는 HMD에 부착한 자세측정 장치의 데이터를 활용하여 주행 중에 탑재된 팬틸트 카메라를 제어하는 이동로봇플랫폼을 구현하였다.

가속도 센서의 경우 진동에 매우 취약하기 때문에 센서데이터에 노이즈가 심하게 발생하였으며 또한, 센서데이터 매핑 과정에서 데이터들의 간격이 많이 벌어지는 문제점도 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 평균필터를 사용하여 센서데이터의 진동을 완화하였으며, Cosine Interpolation을 적용하여 Yaw 데이터는 53에서 16으로, Pitch 데이터의 경우 41에서 12로 데이터의 간격을 줄여 팬틸트 동작을 방해하는 요소의 오차를 줄여 비교적 안정하게 제어할 수 있었다.

또한, HMD를 사용하여 사람의 머리 움직임에 따라 팬틸트 카메라를 제어함으로써 카메라영상을 실시간 모니터링이 가능함을 확인하였다.

향후, 자율주행을 위한 센서 융합과 제어 알고리즘 연구를 지속적으로 진행할 것이며, 드론과 같은 UAV 시스템에도 HMD를 접목시켜 계속 연구를 진행할 계획이다.

References

[1] Chul Woo Kang, Young Min Yoo, and Chan Gook

Park, "Performance Improvement of Attitude Estimation Using Modified Euler Angle Based Kalman Filter", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems Vol. 14, No. 9, pp.881-885, September 2008.

- [2] Yeonghwan Bae, Minseok Oh, and Youngmo Koo, "Attitude Estimation of Agricultural Unmanned Helicopters using Inertial Measurement Sensors", Current Research on Agriculture and Life Science, Vol.32, No.3, pp.159-163, 2014.
- [3] Park CG, Lee JG and Park HW "Inertial navigation system technology", Journal of Institute of Control Automation and System Engineers 3: pp.51-57, 1997
- [4] Ahyoung Choi, Jae-In Hwang, "Research and Industry Trends of Wearable Mixed Reality", Communications of the Korea Information Science Society, Vol.33, No.11, pp.19-26, 2015.
- [5] Won-Tae Lee, Jang-Mook Kang, "Deduction of Humanistic Metaphor based on Searching, Participation, Sharing and Analysis of Wearable Device", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (JIIBC), Vol. 14, No. 3, pp. 125-130, Jun, 2014.
- [6] <http://www.RUVA.kr/>
- [7] Kim SF, "Essential Kalman Filter", Ajin, 2010
- [8] <http://paulbourke.net/miscellaneous/interpolation/>

저자 소개

박 세 준(정회원)



- 1992년 : 목원대학교 전자공학과(공학사)
- 1997년 : 목원대학교 전자및컴퓨터공학과(공학석사)
- 2010년 : 목원대학교 IT공학과(공학박사)
- 2011년 3월~현재 : 목원대학교 지능로봇공학과 조교수

<주관심분야 : 지능로봇, 자율주행로봇, 로봇통신>