

보행로봇의 자세제어를 위한 위치 추정 퓨전 센서

Position Estimating Fusion Sensor for Attitude Control of Biped Robot

박진성† · 박영진* · 박윤식**

Jinseong Park, Youngjin Park and Youn-Sik Park

1. 서론

인간형 로봇 분야에서 비전 센서는 로봇-인간 상호작용을 위해 사람을 인식하거나 최적의 길을 찾기 위해 장애물을 감지하는 용도 등으로 사용하고 있다. 하지만 비전 센서를 로봇의 자세제어를 위한 경사각을 측정하는 센서로 사용하기에는 많은 문제점이 있다. 자세 제어를 위해 로봇의 경사각을 측정하는 비전 센서는 Ryo Kurazume의 템플릿 매칭(template matching)방법과 Hong의 특징점 추출(feature point extraction)방법 등이 있다. 각각의 방법은 병진운동에 강건하지 못하거나 계산 시간이 긴 단점이 있다.

본 연구에서는 Hong의 방법과 센서 퓨전을 이용하여 병진 운동에 강건하며 로봇의 자세제어를 할 수 있도록 자세를 추정 할 수 있는 퓨전 센서를 제시하고 도립 진자를 제어 함으로써 그 실용성을 알아보고자 한다.

2. 카메라의 자세 추정 방법

2.1 Vision Sensor의 자세 정보 추정 방법

본 연구에서는 비전 센서를 이용한 자세 추정 방법으로 병진 운동에 강건한 Hong의 특징점 추출 방법을 사용하고자 한다.

식 (1)과 같이 카메라의 회전운동에 관련된 행렬인 R_{21} 와 병진운동에 관련된 행렬인 T_{21} 을 모두 계산하므로 병진 운동에 강건하다.

$$X_e = KR_{21}K^{-1}X_2 + Kt_{21}/Z_{1x} \quad (1)$$

하지만 Hong의 방법의 경우 계산 시간이 길고 일정하지 않기 때문에 샘플링 주파수가 최대 25Hz,

† 교신저자; 카이스트(KAIST)

E-mail : kai-js@kaist.ac.kr

Tel : (042) 350-3075, Fax : (042) 350-8220

* 카이스트(KAIST)

** 카이스트(KAIST)

추정 시간 지연이 최대 0.1초까지 발생한다. 보행 로봇의 자세제어를 위해서는 1초에 100개 이상의 자세정보가 필요한 것이 잘 알려져 있으므로 비전 센서를 이용해 자세제어를 하기 위해서는 성능을 개선할 필요가 있다.

2.2 비전 센서와 자이로 센서의 융합

비전 센서의 성능을 개선하기 위하여 Song의 퓨전 필터를 도입하고자 한다. Song의 퓨전 필터는 비전 센서와 자이로 센서를 융합함으로써 샘플링 주파수를 높이며 추정 시간 지연을 해결 할 수 있는 방법이다. 퓨전 필터의 구조는 그림 1과 같이 확장형 칼만 필터를 기반으로 한 수정된 개별 융합 모델(Modified Track to track Fusion Model)을 적용한다. 두 센서의 샘플링 시간을 고려하여 공통된 예측과정과 각각의 개정과정을 사용하여 상태변수를 융합한다.

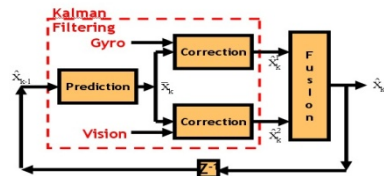


그림 1. 센서 융합 필터 구조

또한 비전 센서의 추정 시간 지연 문제를 보완하기 위해 지연 양 만큼 자이로 신호의 적분 값을 사용한다.

하지만 이 방법의 경우 비전 센서의 샘플링 주파수와 추정 시간 지연의 양을 정확히 알 때 보상할 수 있는 방법이다. 따라서 비전 센서의 계산 시간이 가장 긴 경우를 경험적으로 파악하여 외부 트리거 신호를 비전 센서의 자세 추정 알고리즘에 추가적으로 사용함으로써 계산 시간을 일정하게 한다.

기존의 비전 센서와 퓨전 센서의 성능을 요약하면 표 1과 같다. 퓨전 센서의 경우 로봇의 자세제어에 필요한 요구사항인 100Hz 보다 큰 1kHz로 샘플링 하였다.

	비전 센서	수정된 비전 센서	퓨전 센서
샘플링 주파수	최대 25Hz	10Hz	1kHz
추정 시간 지연	최대 0.1sec	0.1sec	.

표 1. 센서들의 성능 비교

3. 비전 센서와 퓨전 센서의 자세제어 성능 비교

비전 센서와 퓨전 센서의 자세제어 성능을 비교하기 위하여 그림 2 와 같이 실험 장치를 구성하였다. 도립 진자가 모터와 직접적으로 연결되어 토크 제어를 하는 시스템으로 보행 로봇이 자세제어를 수행하기 위해 발목에 위치한 모터를 이용하여 토크 제어를 하는 것과 같은 원리다.

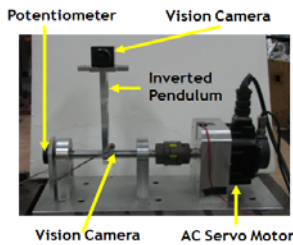


그림 2. 도립 진자 하드웨어

따라서 도립 진자의 제어를 통해 비전 센서와 퓨전 센서가 로봇의 자세제어에 응용이 가능한지를 알아 볼 수 있다. 센서의 성능을 비교하기 위하여 기계적 위치 센서인 전위차계(Potentiometer)를 사용하였다.

3.1 Vision Sensor 의 자세제어

실험은 도립 진자가 -4 도의 초기 위치에서 0 도로 돌아오도록 제어를 수행하였다. 비전 센서를 이용한 자세제어 결과는 그림 3 와 같다. 이 경우 수정하지 않은 비전 센서를 사용하였다. 결과에서 볼 수 있듯이 비전 센서의 샘플링 주파수가 전위차계보다 훨씬 낮고 추정 시간 지연 또한 발생하여 도립 진자를 제어하지 못하고 발산하는 것을 알 수 있다.

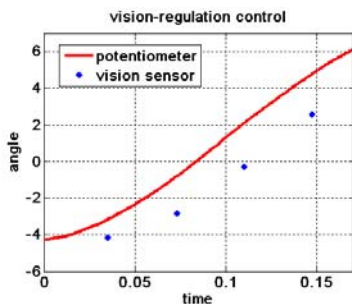


그림 3. 비전 센서의 자세제어 결과

3.2 Fusion Sensor 의 자세제어

퓨전 센서의 경우 도립 진자를 0 도로 다시 돌아오도록 제어가 가능한 것을 그림 4 를 통해 알 수 있다. 퓨전 센서가 전위차계와 비슷한 값을 가지므로 도립 진자의 자세정보를 잘 추정 하는 것을 알 수 있다. 또한 보행 로봇의 경우 걸거나 쉴 때 진동을 하게 되므로 도립 진자가 일정한 주파수로 진동하도록 제어 하였다. 현재 휴머노이드 로봇의 경우 쉴 때 2Hz 정도로 진동을 한다. 그림 5 로부터 도립 진자가 2Hz 의 기준 값을 추종하도록 제어가 가능한 것을 알 수 있다.

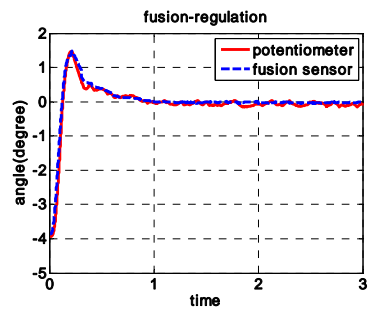


그림 4. 퓨전 센서의 자세제어 결과(Regulation)

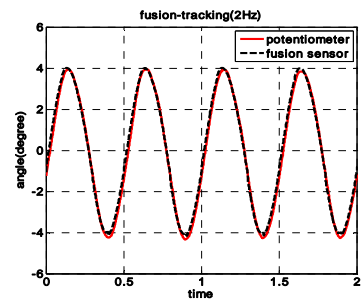


그림 5. 퓨전 센서의 자세제어 결과(Tracking)

4. 결 론

본 논문에서는 비전 센서로 보행 로봇의 자세제어가 가능하도록 하기 위하여 센서 퓨전 방법을 사용하였다. 실험 결과를 통해 실제로 비전 센서만으로는 자세제어가 불가능한 것을 알 수 있었다. 문제점을 보완한 퓨전 센서를 이용해 도립 진자가 초기 위치를 유지하는 것뿐만 아니라 자세 추종을 하도록 제어가 가능한 것을 확인하였다.

후 기

본 연구는 한국과학기술원 국방무인화기술평화연구센터를 통한 국방과학연구소 연구비 지원과 두뇌 한국(BK)21 사업의 협력으로 수행되었습니다.