

영상정보에 의한 자세변화 감지 시스템

Posture Change Recognition System using Visual Information

조 성 원*, 한 경 호**
Sung-Won Jo*, Kyongho Han**

Abstract

This paper handles, pitching and rolling posture change detection using the visual image changes due to the road slope conditions. When the moving vehicle is slanted to a direction, the objects in the visual images of the vehicle are moving to up or down and right or left. This is similar to the human's balancing behavior depending on the visual image change detection as well as the vestibular organs and semicircular canal in the ear. The proposed method shows the visual image through the camera can be used for the image information itself and for the posture change detection through the experiments.

요 약

본 논문에서는 카메라 등에 의한 영상정보에서 주행로의 환경에 의한 주행체의 전후 및 좌우로 기울어지는 자세 변화를 감지하는 방법을 제시한다. 주행체의 자세가 어떤 방향으로 기울게 되면 그에 따라 영상정보의 피사체 위치가 상하 또는 좌우로 기울어져 변화한다. 이는 사람이 평형기관 외에 시각에 의하여 자세 변화를 감지하고 그에 따라 반응하는 것과 같은 원리이다. 본 논문에서 제시한 방법은 카메라를 통하여 얻은 영상에서 영상정보뿐 아니라 부수적으로 자세변화 감지동작도 수행할 수 있음을 제시하였고 그 내용을 실험을 통하여 확인하였다.

Key words : Posture change, Vision Image, Rolling, Pitching, Object position change.

I. 서론

사람은 보행환경의 다양한 경사변화에 따라 자세가 기울어짐을 인식하고 그에 따라 양다리의 쉼 각도, 폭과 양다리의 높낮이를 변경하여 평형자세를 유지하게 된다. 평형감각의 3요소는 시각, 세반고리관, 전정기관이다. 세반고리관과 전정기관은 귀의 내부에 있는 기관으로 세반고리관은 몸의 회전을 주

로 감지하고 전정기관은 가속도를 주로 감지한다. 시각은 영상의 변화에 의한 자세변화 전반을 감지한다. 세반고리관 등의 감각기관에 의하여 몸의 기울어짐을 인지하지만, 눈을 감을 경우에는 평형자세를 유지할 수 없어 넘어지게 된다. 즉 자세변화 인지 기능의 주 기능은 시각정보에 의존한다는 것을 의미한다. 본 논문에서는 사람과 같이 카메라 등에 의하여 수집된 영상정보에서 자세의 변화를 감지하는 방법을 제시하고 이를 실험을 통하여 구현하였다.

II. 자세변화 감지

이동체는 주행로의 경사에 따라서 두 가지 상태의 자세변화를 갖게 된다. 그림 1에서 이동체가 진행 방향축(x-축)을 중심으로 좌우로 기울어지는 것을 롤링(rolling) 운동, 좌우축(y-축)을 중심으로 전후로 기

* 檀國大學校 電子電氣工學部
(School of Electronics, and Electrical Engineering, Dankook University)
★ 교신저자 (Corresponding author)
※ 감사의 글 (Acknowledgment) 본 연구는 2009년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 수행되었음
接受日: 2010年 12月 3日, 修正完了日: 2010年 12月 30日

울어지는 것을 피칭(pitching) 운동이라고 한다. 그리고 두 가지 경우의 복합에 의한 경사로에서의 자세변화가 있으며 이는 롤링운동과 피칭운동 각각에 대하여 감지하고 그 결과를 복합적으로 처리하면 된다. 피칭운동은 상향 피칭운동과 하향 피칭운동의 두 가지 경우가 있다[1][2][3][4].

1. 상하 피칭운동 감지

그림 2 와 같이 상향 피칭운동인 경우에는 카메라가 위로 이동하고 피사체 B와 C의 영상은 카메라 이동의 반대 방향인 아래로 이동한다. 그리고 이전 영상에 보이지 않았던 A가 영상에 보이게 된다.



Fig 1. Rolling and pitching of moving object
그림 1. 이동체의 롤링 및 피칭 운동

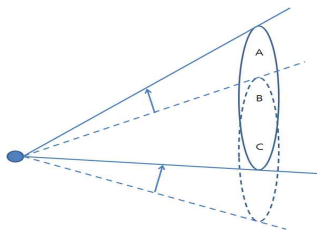


Fig 2. Position change on pitching up
그림 2 상향 피칭운동시 피사체의 변화

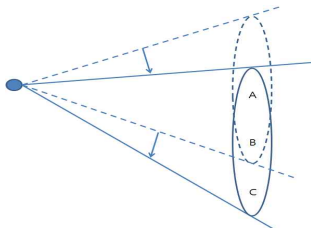


Fig 3. Position change on pitching down
그림 3 하향 피칭운동시 피사체의 변화

하향 피칭운동인 경우에는 그림 3와 같이 카메라가 아래로 이동하므로 영상은 피사체 A와 B가 카메라 이동의 반대 방향인 위로 이동하게 된다. 그리고 이전 영상에 보이지 않았던 피사체 C가 영상에 보이게 된다. 피칭운동이 발생하는 경우 회전의 정도에 따라서 일부 피사체가 사라지거나 새로운 피사체가 나타나며 이는 자세변화 검출에 사용될 피사체가 하나 이상만 존재하면 피칭운동을 검출하는데 문제가 발생하지는 않으며 피칭운동이 계속될 때, 새로운 피사체를 감지하고 이상의 방법을 반복하면 된다.

2. 좌우 롤링운동 감지

롤링운동시 회전축의 위치에 대해서 고려한다. 회전축이 피사체 A, B에 대하여 A, B 보다 우측 또는 좌측 외부에 있는 경우와 A 또는 B에 있는 경우 그리고 A, B 사이에 있는 경우의 다섯 가지에 대하여 그림 4 부터 그림 8 에서 보인다. 모든 경우에서 동일한 각도로 기울어진다면 피사체 A,B를 잇는 선의 각도변화는 θ 로 회전축의 위치에 관계없이 동일함을 알 수 있다.

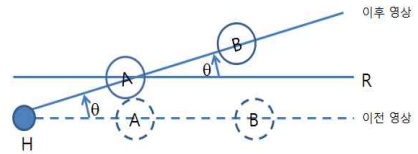


Fig.4 Rolling right with axis on left of A
그림 4 회전축이 A의 좌측에 위치한 우측롤링

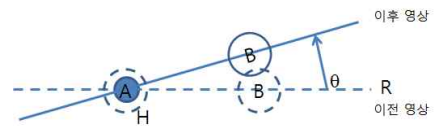


Fig.5 Rolling right with axis on A
그림 5 회전축이 A에 위치한 우측롤링

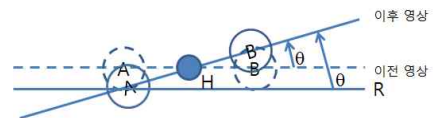


Fig.6 Rolling right with axis between A and B
그림 6 회전축이 A와 B 사이에 위치한 우측롤링

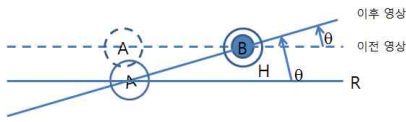


Fig.7 Rolling right with axis on B
그림 7 회전축이 B에 위치한 우측롤링

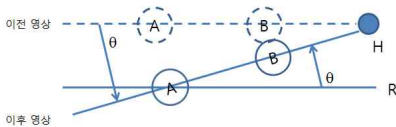


Fig.8 Rolling right with axis on right of B
그림 8 회전축이 B 우측에 위치한 우측롤링

좌측 롤링운동의 경우에는 롤링방향이 반대인 것을 제외하고 우측 롤링운동과 동일한 방법을 사용한다.. 즉 직선 R을 기준으로 하여 피사체 B가 A보다 상대적으로 아래로 내려가는 경우이며 A를 기준으로 B의 상대 각도의 값이 음수가 되는 것만 다를 뿐 우측으로 롤링 운동하는 경우와 동일한 방법을 사용한다. 이와 같이 영상 정보의 두 피사체의 중심을 연결한 선의 상대적 회전각의 변화값에 의하여 좌측 또는 우측의 롤링 방향 과 롤링 정도를 감지할 수 있다.

III. 실험 및 결과

영상정보에서 사용할 피사체를 검출하기 위한 영상처리과정은 그림 9에서 보인다. 영상에서 삼각형, 사각형, 원의 세 가지 형태를 검출할 피사체 대상으로 정하였다. 이를 위하여 기존의 영상처리기법인 레이블링(Labeling) 기법[5], 허프 원 변환(Hough Circle Transform)[6], 해리스 모서리 검출(Harris Corner Detection)[7]을 사용하였다. 먼저 이진화된 영상정보에 레이블링을 실시하여 피사체들에 고유한 숫자를 부여한 다음 전체 피사체 중에서 사용할 피사체를 검출한다[8]. 먼저 허프 원 변환을 이용하여 피사체의 원형태 여부를 판단하고 원일 경우에는 원의 중심의 좌표값을 구한다. 원이 아닌 경우 해리스 모서리 검출법을 이용하여 다각형이 삼각형 혹은 사각형인지를 판단하고 각 도형의 중심 좌표값을 구한

다[9][10]. 영상정보의 입력을 위하여 2 Mega 화소의 Logitech社의 QuickCam Sphere AF 웹캠 2개를 사용하여 사람의 두 눈과 같이 좌우측각각에 1600x1200 화소의 영상정보를 얻도록 하였다.

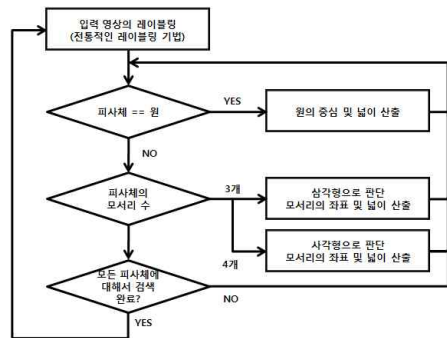


Fig 9. Input image processing procedure
그림 9 입력영상의 처리 과정

자세변화감지 프로그램은 팬티엄4 3GHz의 CPU 의 PC를 이용하여 Visual Studio 6.0을 이용하여 프로그램을 작성하였으며, 프로그램의 윈도우 구성은 그좌우측 카메라에 대하여 피사체의 자세 변화이전과 이후의 영상과 영상위치변화의 궤적을 보이고, 그에 따른 자세 변화감지 결정을 보이도록 작성하였다 [11][12][13].

1. 피칭 자세변화 검출 실험

그림 10, 11의 실험 결과에서 상/하향 피칭운동시 피사체 중심의 수직축 값(X)의 변화가 크며 수평축 값(Y)의 변화는 매우 작다.

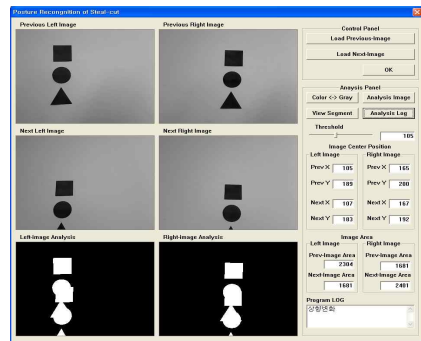


Fig.10 Detction of pitching up
그림 10 상향 피칭운동감지 결과

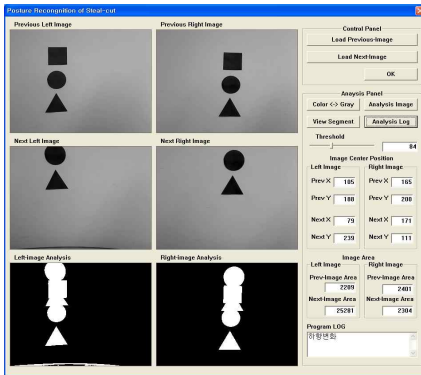


Fig. 11 Detection of pitching down
그림 11 하향 피칭운동감지 결과

이론적으로는 수평축 값의 변화가 없어야 하나 상/하향 피칭 실험시 카메라가 약간의 좌/우롤링이 있어 수평축 값이 약간 변화하였다. 영상정보 수집에서부터 상향/하향 피칭운동을 판단하기까지 10회 수행한 각 과정별 평균 소요시간을 표 1에서 보인다. 허프 원 변환시간과 해리스 모서리 검출시간이 1차보다 2차에서 작은 이유는 레이블링된 피사체의 수가 1차 영상에서 3개, 2차영상에서는 2개 이며 이 과정이 가장 많은 소요시간을 차지하므로 검출할 피사체의 수가 작을수록 판단속도가 빨라짐을 보인다.

Table 1. Average up/down pitching detection time
표 1 상/하향 피칭운동 과정별 평균소요시간

수행 과정	처리시간(msec)
레이블링시 소요시간	35.080
허프 원 변환 1차	51.388
허프 원 변환 2차	26.625
해리스 모서리 검출 1차	58.867
해리스 모서리 검출 2차	29.536
피칭방향 판단시간	0.087
전체판단소요시간	201.583

2. 롤링 자세변화 검출 실험

롤링운동 자세변화 감지에 대하여 롤링회전축 위치의 다섯 가지 경우에 대한 실험결과를 그림 12 부터 그림 16에서 보인다.

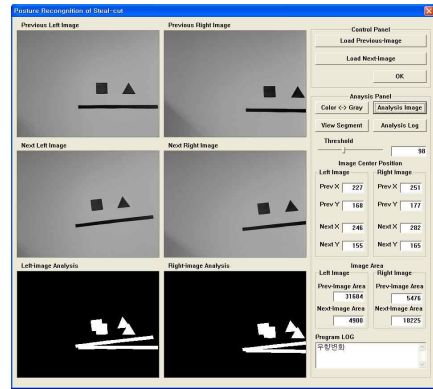


Fig.12 Case with axis on outside of the left object
그림 12 회전축이 좌측 피사체 밖에 있는 경우

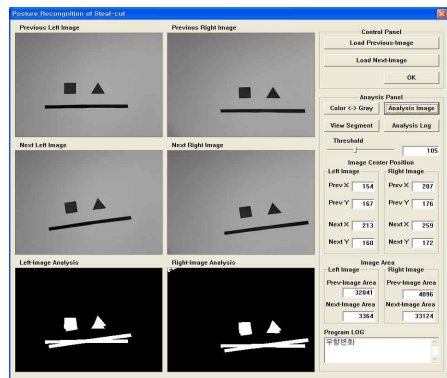


Fig.13 Case with axis between two objectst
그림 13 회전축이 두 피사체 사이에 있는 경우

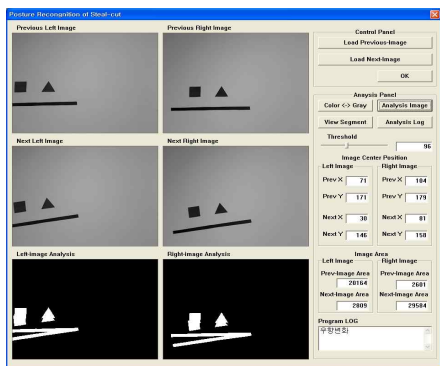


Fig.14 Case with axis on outside of the right object
그림 14 회전축이 우측 피사체 밖에 있는 경우

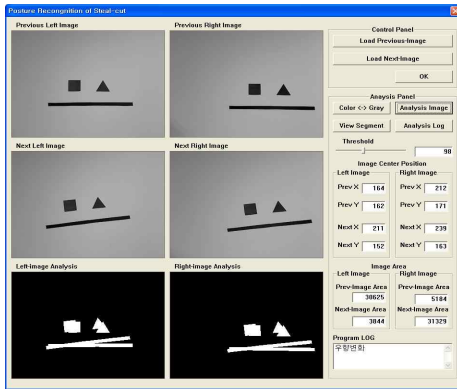


Fig.15 Case with axis on the left object
그림 15 회전축이 좌측 피사체에 있는 경우

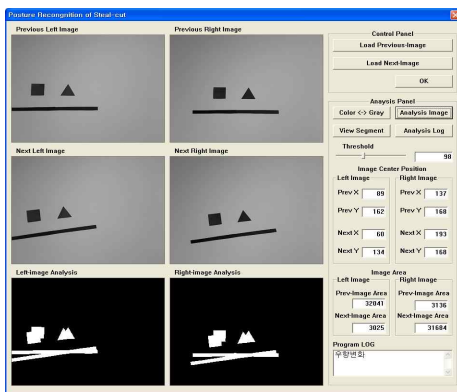


Fig.16 Case with axis on the right object
그림 16 회전축이 우측 피사체에 있는 경우

Table 2. Average left/right rolling detection time
표 2. 좌/우측 롤링운동 과정별 평균소요시간

수행 과정	처리시간(msec)
레이블링시 소요시간	31.928
허프 원 변환 1차	70.160
허프 원 변환 2차	52.227
해리스 모서리 검출 1차	60.913
해리스 모서리 검출 2차	58.425
롤링방향 판단시간	0.018
전체판단소요시간	273.671

영상에 수평선을 넣어서 회전각의 변화를 확인하였다. 각각의 회전축 위치의 경우에 대하여 피사체 영상위치는 다르지만 피사체 영상의 회전각 변화는

같음을 알 수 있었다. 제시된 실험 영상에서부터 각 10회의 좌측/우측 롤링운동을 판단하는 과정별 평균 소요시간을 표 2에서 보인다. 1, 2 차에서 레이블링된 피사체에 대하여 허프 원 변환 및 해리스 모서리 검출을 2회 수행하며 롤링 변화 전후의 사각형 및 삼각형의 피사체의 수가 2개로 동일하므로 해리스 모서리 검출시간은 1차와 2차가 거의 같다[14][15].

이상과 같이 영상의 피사체의 위치변화에서 주행체의 자세변화를 검출하기 위하여 제시된 방법을 실험을 통하여 보았다. 피칭운동의 경우에는 영상의 세로축값의 변화는 피사체의 이동에 따라 변화하였으며 가로축값의 변화는 상대없으며 y축 값의 변화에 따라 상/하향 피칭운동을 판단할 수 있다. 좌/우측 롤링운동의 경우, 롤링운동의 회전축의 위치에 따라서 각 피사체의 위치변화가 다르지만, 피사체를 연결한 직선의 회전각 변화 값에 의하여 회전축의 이동은 각각 다른 경우의 회전축에 대하여도 동일한 판단 방법을 적용할 수 있었다.

주행체의 속도와 영상처리속도의 실시간 관계에서 영상입력의 화소수를 320×240로 하였을 경우 영상입력에 대해서 전체 과정의 평균수행시간은 레이블링은 10msec 이내, 허프 원 변환은 18msec 이내, 해리스 모서리 검출은 16msec 이내로 수행이 되어 1600x1200 화소의 경우보다 빠르게 수행됨을 보였다. 각각의 영상에 대해서 레이블링은 1회만 수행하지만, 허프 원 변환 및 해리스 모서리 검출은 피사체의 수만큼 반복을 하기 때문에 피사체의 양이 많아지는 경우에는 처리시간이 늘어난다. 자세변화 판단을 위하여 변화전과 변화후의 영상입력이 필요하며 주행체가 이동함에 따라 피사체가 영상에서 사라지면 새로운 피사체를 선택하기 위한 레이블과정부터 다시 수행한다. 전체 수행시간에서 피사체의 종류를 검출하는 과정이 대부분을 차지하며 그 이후 자세변화를 검출하는 과정은 거의 모두 0.02 msec 이내에 수행되므로 1600x1200 화소의 경우 초당 3회, 320x240 화소의 경우 초당 20회의 속도로 자세 변화를 검출할 수 있다.

물체의 주행속도 및 주행경로 경사도의 변화의 빈도에 따라 속도가 높거나 주행로의 경사도 변화가 높은 경우, 영상의 화소수를 줄여서 처리시간을 단축하여 자세변화를 실시간으로 감지할 수 있다.

IV. 결론

이상과 같이 본 논문에서는 차량 또는 로봇 등의 주행체에 영상정보의 수집을 위하여 설치되어 있는 카메라 등의 장치에서 얻은 영상정보에서 사람의 자세변화를 판단하는 과정을 일부 모방하여 상하 피칭 및 좌우 롤링 변화를 검출하는 방법들을 제시하였고 실험을 통하여 실현하였다. 이는 별도의 센서를 사용하지 않고 주행체의 자세 변화를 감지하는 수동적 방법이다. 영상정보에서 기존의 영상처리기법을 사용하여 피사체를 선정하고 피사체의 수직 좌표값의 변화 방향 및 정도에 따라 상하 피칭운동에 의한 자세변화를 감지할 수 있음을 보였다. 또한 피사체의 회전각 변화의 방향 및 크기에 따라 좌우 롤링 운동에 의한 자세 변화를 감지할 수 있다. 실험 과정에서 프로그램을 작성하여 카메라의 자세를 변화하며 이에 따른 영상의 피사체 변화를 보고 카메라의 자세 변화를 판단할 수 있었다. 본 연구의 결과는 차량, 로봇 등의 주행체 및 고정물체가 주행로 경사환경에서 자세 변화를 감지하여 주행체 또는 물체의 자세를 수평으로 유지하는 분야 등에 응용될 수 있다. 자세 변화가 롤링운동과 피칭운동이 복합적일 때에는 각각의 운동에 의한 자세 변화를 판단하고 피사체의 상하 위치 변화 및 회전변화에 따른 각각의 결과를 조합하여 판단할 수 있다.

참고문헌

- [1] 배현, 김영진(2010) 지능형 로봇 기술 동향, 정보통신산업진흥원, 주간기술 동향 통권 1433호 5p.
- [2] 백유광(2009) 다중로봇의 설계 및 구현, 단국대학교 대학원.
- [3] 명현석, 이효기, 이경중, 권오윤(2008) 균형 측정을 위한 디지털 경사계 설계, 전자공학회 논문지, Vol.45-SC, NO.1
- [4] 이승준(2009) 자율 보행 로봇의 자세보정을 위한 실시간 영상 기술기 검출에 관한 연구, 단국대학교 대학원
- [5] Rosenfeld, A. and Pfalz J.L.(1966) Sequential Operations in Digital Picture Processing, Journal of the ACM, vol. 13, No. 4, October 1966, pp 471-494
- [6] Hough P.V.C.(1962) Method and means of recognizing complex patterns, U.S. Patent 306965418
- [7] C. Harris and M. Stephens(1988) A Combined Corner and Edge Detection
- [8] M.Roushdy(2007) Detection Coins with Different radii based on Hough Transform in Noisy and Deformed Image, GVIP Journal 7(1), pp 25-29
- [9] M. Pollefeys(2000) Tutorial on 3D Modeling from Images, ECCV2000
- [10] 박양섭(2006) 효율적인 영상정합을 위한 개선된 Harris 모서리 검출기, 금오공과대학교 대학원.
- [11] 황선규(2007) IT EXPERT 영상처리 프로그래밍 by Visual C++, 한빛미디어, 서울
- [12] 황선규 역(2009) OPENCV 제대로 배우기, 한빛미디어, 서울.
- [13] 정성환, 이문호(2007) OPENCV를 이용한 컴퓨터 비전 실무 프로그래밍-기본편, 홍릉과학출판사, 서울.

저 자 소 개

조 성 원 (학생회원 신청중)



2008년 : 단국대학교 전기전자컴퓨터공학과 졸업 (공학사)
2010년 : 단국대학교 대학원 전자전기공학과 <주관심분야> 마이크로프로세서응용

한 경 호 (정회원)



1982년 : 서울대학교 전자공과 졸업 (공학사)
1984년 : 서울대학교 대학원 전자공학과 (석사과정)
1992년 : Texas A&M대학교 대학원 Elec. Engr.과 (공학박사)
1993년 9월~현재 : 단국대학교 전자전기공학부 <주관심분야> 임베디드 시스템, 지능형 교통시스템, 지능형 로봇 시스템