

단일 카메라와 Tracking 기법을 이용한 이동 물체의 모션 분석

신 명 준\*, 손 영 익\*\*, 김 갑 일\*\*\*

명지대학교 전기공학과 \*석사과정, \*\*조교수, \*\*\*교수

Motion Analysis of a Moving Object using one Camera and Tracking Method

Myong-Jun Shin, Young-Ik Son, Kab-Il Kim

Department of Electrical Engineering, Myongji University

**Abstract** - When we deal with the image data through camera lens, much works are necessary for removing image distortions and obtaining accurate informations from the raw data. However, the calibration process is very complicated and requires many trials and errors. In this paper, a new approach to image processing is presented by developing a H/W vision system with a tracking camera. Using motor control with encoders the proposed tracking method tells us exact displacements of a moving object. Therefore this method does not require any calibration process for pin cushion. Owing to the mobility one camera covers wide ranges and, by lowering its height, the camera also obtains high resolution of the image. We first introduce the structure of the motion analysis system. Then the constructed vision system is investigated by some experiments.

다음 절에서는 우선 새로운 영상처리 방법의 구조에 대해 알아보고, 실제 구성된 시스템에 적용함으로써 그 성능을 검증한다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

본 시스템은 그림 1과 같이 구성된다. 시스템의 가장 큰 특징은 카메라의 이동성이다. PC는 이미지 캡처보드로부터 들어온 영상을 처리하여 물체의 중심값을 산출하고 이를 모터 컨트롤러로 전송한다. 모터 컨트롤러는 수신한 물체 중심값(목표값)과 엔코더로부터 들어온 펄스의 값을 픽셀로 환산하여 모터를 제어한다. 즉, 물체의 중심이 항상 카메라의 중심과 일치하도록 Tracking하는 것이며, 물체의 변위연산은 픽셀을 사용하는 것이 아니라 모터의 엔코더를 통해 이루어진다. 실질적인 물체의 변위연산은 모터 컨트롤러에서 수행되며 PC의 연산량은 어느 정도 줄일 수 있다. 본 시스템에서는 33ms (30Frame/s) 주기로 영상을 처리하고 있으며 모터의 제어주기가 1.024ms이기 때문에 모터의 제어를 통한 영상 처리가 가능하다고 판단한다.

1. 서 론

물체의 모션을 분석하기 위해서는 영상의 픽셀을 사용하는 것이 일반적인 방법이다. 물체의 무게 중심과 모서리 등을 추출하는 알고리즘을 사용하고 각 프레임의 픽셀 변화량을 통하여 물체의 변위를 측정하게 된다.

물체와 CCD 칩과의 거리가 멀면 넓은 범위를 관찰할 수는 있으나 물체의 화소수가 작아져 물체를 인식하는 알고리즘이 심한 오차를 보일 수 있다. 반면에 물체와 CCD 칩과의 거리가 가까우면 CCD 칩의 가장자리에 영상이 맺힐 수 있으며 pin-cushion 등의 에러가 나타나게 된다. 현재는 영상 왜곡 현상과 관련하여 보정(calibration)과정을 추가적으로 사용하고 있으나[1][2], 기존의 방법에는 몇 가지 문제점이 있다.

일반적으로 60Frame/s 또는 30Frame/s의 처리능력을 가진 영상처리 보드가 사용되고 있으며 연속 영상처리를 할 경우 최대 16ms(60Frame/s경우)내에 영상처리 알고리즘과 에러 보정과정이 수행되어야 한다는 것이다. 만약 영상처리 알고리즘이 길어진다면 최악의 경우에는 연속 영상처리가 불가능한 경우도 발생할 수 있다.

또한 물체의 화소와 영상처리가 가능한 영역사이에 존재하는 반비례적 성향에 대해 시스템이 유연하지 못하다는 점이다. 그 이유는 넓은 범위를 측정하기 위해 카메라와 물체의 거리를 멀게하는 것은 화소의 크기와 공간적인 제약이 따를 수 있으며[3], 고배율의 렌즈를 사용하는 것은 왜곡현상 때문에 정확성을 요구하는 영상처리에 있어서 바람직하지 못하기 때문이다.

본 논문에서 제안하는 시스템은 카메라에 이동성을 제공함으로써 넓은 영역을 측정할 수 있으며, 카메라의 높이를 조정함으로써 원하는 해상도의 영상을 얻을 수 있다. 또한 위치센서인 엔코더를 사용함으로써 영상의 왜곡현상을 고려하지 않아도 되는 장점을 지닌다.

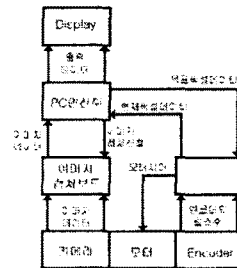


그림1. 시스템 구성도

2.2 시스템 설계

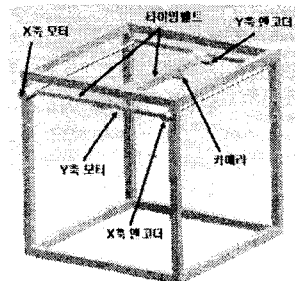


그림2. 시스템 설계

본 시스템은 그림 2와 같은 프레임 구조를 갖는다. 그림에서 볼 수 있듯이 XY축의 길이를 조절함으로써 카메라의 이동범위를 넓힐 수 있으며 넓은 영역의 영상도 처리가 가능하다. 카메라의 높이 설정은 모터의 구동축과 독립적이기 때문에 높이를 적절히 조절하여 물체를 인식하는 것이 가능하다 (원하는 화소가 가능).

본 시스템은 33ms(영상처리주기) 사이에 불필요한 알고리즘(예를 들면 핀쿠션 보정)을 줄이고 영상처리가 가능한 영역을 넓히며 원하는 물체의 화소를 얻을 수 있다. 그러나 부가적으로 모터제어 이론과 별도의 하드웨어(모터 컨트롤러)가 필요하다. 모터는 기본적인 PID제어를 하고 있으며 제어이론에 관련된 내용은 다른 참고 문헌을 참조하기 바란다.[4]

### 2.3 하드웨어 설계 및 구현

모터 컨트롤러는 TMS320F2812를 사용하고 있다. 모터제어용 프로세서로 그림3과 같이 구성되어 있으며 PC와의 시리얼통신을 위한 회로를 함께 탑재하고 있다.[5]

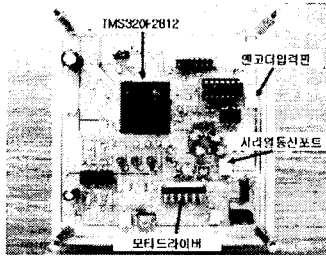


그림3. 모터컨트롤러

엔코더는 모터의 변위를 펄스로 출력하는 소자이다. 본 시스템에 사용된 엔코더는 증가형 엔코더로서 DSP프로세서에서 2000pulse/rev으로 사용되며, 360degree/2000 pulse = 0.18degree/pulse의 resolution을 가진다.

CCD는 640×480의 해상도를 가지며 초점거리가 8mm이고 0.01mm×0.01mm의 픽셀 크기를 사용한다. 평면에서 높이 1.35m에 설치하고 비례식을 사용하면 X축의 실제 영상처리가 가능한 거리는 1.08m이며 Y축의 실제 영상처리가 가능한 거리는 0.81m가 된다. X축에 모두 640개의 픽셀을 가지므로 한 픽셀은 실제 0.169cm×0.169cm의 정사각형 면적(1.08m/640pixel = 0.169cm/pixel)과 매칭된다. 엔코더 연산에서 1.08m에 10500pulse를 출력하므로 아래 비례식에 의해

$$1.08m : 10500pulse = 0.00169m : p \quad (1)$$

p = 16.43이 되며 16.43개의 펄스는 1픽셀과 같다. 이후 컨트롤러의 내부연산 과정에서 PC로부터 들어온 픽셀과 엔코더로부터 들어온 펄스를 비교할 때 식 (1)으로부터 구한 결과를 이용하게 된다.

식 (1)에서 알 수 있듯이 엔코더의 resolution이 픽셀의 resolution 보다 정밀하다. 물체의 화소가 높아야 하는 이유가 여기에 있다. 물체의 화소가 높아야 오차에 덜 민감하기 때문이다.

물체가 이동을 하고 있는 경우에 PC에서는 33ms마다 중심값이 변하게 된다. PC는 33ms마다 시리얼 통신을 통하여 모터컨트롤러에 X, Y 픽셀값을 전송하게 된다. PC측에서는 물체의 현재 중심값이지만 컨트롤러에서는 제어해야할 새로운 목표값이 된다. 33ms후 다음의 목표값이 들어올 때까지 타이머 인터럽트를 사용해 1.024ms 주기로 모터를 제어한다. 엔코더의 펄스를 이용해서 픽셀로 환산하고 다시 PC로 데이터를 보내면 모니터링 시스템은 현재의 위치를 디스플레이하게 된다. C++Builder로 작성한 모니터링 시스템이 그림4에 있다.

킬러 영상처리를 위해 YUV포맷을 사용한다.[6] YUV의 임계값 설정이 가능하도록 구성되어 있으며 그림 4에서는 실제 픽셀에 의한 연산과 엔코더 값으로 연산한 결

과를 동시에 디스플레이 함으로써 비교가 가능하도록 프로그래밍 되었다.

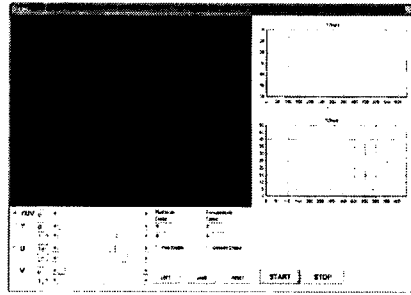


그림4. 모니터링 시스템

### 3. 실험

그림 5는 전체 시스템의 모습이다. 각각 1.5m의 정육면체의 구조로 되어있으며 카메라는 높이 1.35m위치에 설치되었다.

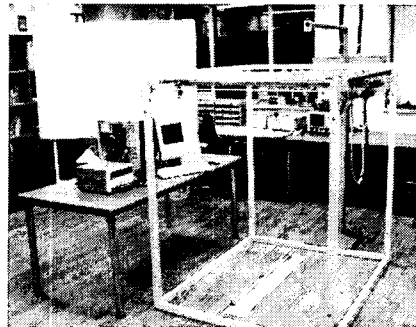


그림5. 실험용 시스템

본 논문에서 관심을 가지는 곳은 그림 6에서 보는 것처럼 왜곡현상이 심하게 일어나는 CCD 칩의 가장자리 픽셀이다. Tracking 기법을 이용해 물체의 무게중심이 카메라의 무게중심과 일치하도록 모터를 제어하고 엔코더를 통한 물체의 변위연산이 가능함을 실제 실험을 통해 검증한다.[7]

그림 7은 육안으로 확인이 가능하도록 5cm 간격으로 그려놓은 격자와 변위를 측정하게 될 오렌지색 공의 모습이다. 일정 기술기에서 일정한 가속도를 가지며 움직이는 공의 변위를 측정하게 된다.

먼저 0.5도의 경사면에서 공을 굴리고 처음에는 픽셀로 연산한 물체의 변위를 디스플레이 하고 다음에는 엔코더를 통한 물체의 변위를 디스플레이 하였다.

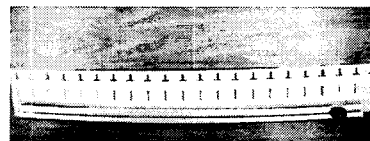


그림6. 왜곡영상

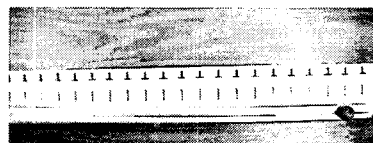


그림7. 정상영상

그림 8은 실험 결과를 나타내고 있다. 쉽게 알아볼 수

있도록 공을 직선 등가속도 운동을 시켰으며 픽셀로 연산한 결과와 엔코더로 연산한 결과를 동시에 보여주고 있다. 그림 8과 그림 9는 실험결과를 확대하여 출력한 그림이다. X축은 640픽셀을 나타내고 있으며 Y축은 480픽셀중 일부를 나타내고 있다.

그림 6과 그림 9에서 알 수 있듯이 정지된 카메라를 이용한 영상에서 픽셀을 사용하여 연산한 결과는 직선 운동을 했음에도 불구하고 Y축의 픽셀 변화량을 보이고 있다. 영상왜곡에 의해 일어나는 현상이며 보정과정이 반드시 필요함을 반증하고 있다.

그림 10은 tracking 기법과 엔코더를 사용한 물체의 변위연산 결과이다. Y축으로 미세한 변화를 보이지만 직선 운동을 하고 있음을 알 수 있다.

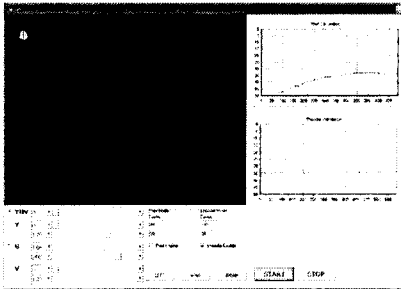


그림8. 실험결과 모니터링

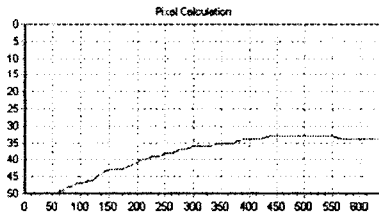


그림9. 픽셀을 사용한 연산 결과

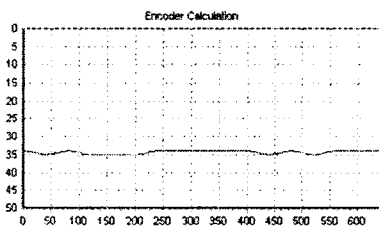


그림10. 엔코더를 사용한 연산 결과

#### 4. 결 론

본 논문에서는 영상처리를 이용한 물체의 모션분석에 있어서 픽셀을 사용하는 고전적인 방법이 아니라 모터제어를 접목시킨 새로운 방법을 제시하였다. 제시된 시스템은 tracking기법을 이용하여 물체의 중심을 CCD 칩의 중심과 일치시킴으로써 CCD 칩의 가장자리에서 발생하는 영상왜곡현상을 피할 수 있으며 보정작업이 필요치 않음을 실험을 통해 입증하였다. 또한 카메라의 높이를 적절하게 조절함으로써 원하는 해상도를 얻을 수 있었고, 시스템의 축간 거리를 설정함으로써 충분히 넓은 영역의 영상처리가 가능하였다.

DSP프로세서 중에는 영상처리가 가능한 시리즈도 있다. 모터컨트롤러와 영상캡처보드를 통합시켜 사용한다

면 보다 간단한 시스템을 구성할 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 박중조, 탁영봉 “비전시스템에 의한 열간 선재 단면 측정”, 제어자동화시스템공학논문지 제6권, 제12호, pp.1108-1109, 2000
- [2] 신효필, 이종광, 강이석 “비전센서를 이용한 유연한 로봇팔의 끝점 위치 측정”, 제어자동화시스템공학논문지 제6권, 제8호, pp.683, 2000
- [3] 임주진, 허경무 “머신 비전을 이용한 ALC 블록 생산공정의 자동 측정 시스템개발”, 제어자동화시스템공학논문지 제10권, 제6호, pp.494-495, 2004
- [4] Richard C. Dorf, Robert H. Bishop, “Modern Control Systems”, Eighth Edition, Pearson Education, 2000
- [5] 백종철, “DSP 하드웨어설계”, 싱크웍스, 2004
- [6] Rafael C. Gonzalez, Richards E. Woods, “Digital Image Processing”, Prentice Hall, pp.295-350, 2003
- [7] 한영준, 한현수 “하나의 카메라를 이용한 이동로봇의 이동물체 추적기법”, 제어자동화시스템공학논문지 제9권, 제12호, pp.1033-1041, 2003