

비전 시스템을 이용한 매체의 이송 제어 Paper Feeding Control Using Vision System

*#범선호¹, 이순걸²

*S. H. Bum¹,(shbum99@gmail.com), S. G. Lee²

¹ 경희대학교 기계공학과, ² 경희대학교 테크노공학대학

Key words : media, lateral behavior, vision, two-pair roller

1. 서론

매체이송장치(MTS)란 디지털프린터, 복사기, ATM 등의 기기에서 가장 중요한 부분의 하나이다. 매체이송장치는 위의 장비들의 주요 공정에 종이나 필름, 지폐 같은 일정한 크기의 매체를 한 쌍 또는 연속된 롤러의 회전을 이용해서 공급해준다. 매체와 롤러 사이의 이송속도, 정확성, 마찰력 등은 프린터, 복사기, ATM 등의 품질을 결정한다.³ 주요공정에 매체가 공급될 때 항상 정확한 위치로 보내지는 것은 아니며 정확한 방향을 갖지 않을 수도 있다. 만약 종이가 비스듬한 방향으로 이송 된다면 그것은 미끄러짐과 마찬가지로 기기의 성능을 저하시킨다. 이전의 매체이송장치에 대한 연구는 한 쌍 롤러의 미끄러짐 문제와 이의 성능을 향상 시키는 것이었다. 본 논문에서는 두 쌍의 롤러와 비전시스템을 이용하여 매체의 사행 거동간의 발생하는 문제점을 해결 하고자 한다.²

매체의 비틀림 각을 측정하는 방법으로 비전시스템을 사용한다. 비전 시스템은 카메라로부터 입력된 영상을 Canny Edge 연산자를 적용하여 Edge를 추출한다. 추출된 Edge영상을 Labeling하여 검사에 필요하지 않는 노이즈 Edge는 제거한다. 그러면 원하는 매체의 직선 선분 Edge만 존재한다. 선분 Edge를 8방향 Tracking 하여 시작 좌표점과 끝 좌표점을 얻어 직선의 방정식을 적용하면 매체의 틀어진 각도를 구할 수 있다. 매체이송실험에 사용되는 장비는 마찰력이 높은 2개의 구동롤러와 이와 맞물려 회전하는 2개의 중동롤러로 구성된다. 즉, 4개의 축들은 서로 독립적으로 회전할 수 있으며 구동롤러의 속도는 각각의 모터와 연결된 엔코더를 이용해서 회전수를 측정한다.

실험의 결과로 일정 각 이내에서는 틀어진 각도만큼 각각 롤러의 속도를 제어하여 매체의 사행거동을 정방향 주행으로 변환시킬 수 있음을 확인하였다.

2. 실험장치 구성

본 논문에서는 MTS를 실제로 구현하기 위해 실험장비를 직접 설계하고 구성하였다. MTS는 종이와 롤러의 움직임을 측정하기 위해 다양한 센서와 계측기기 들이 사용되었다. 그림<1>은 경희대 MTS팀에서 자체 제작한 실험 장비이다.

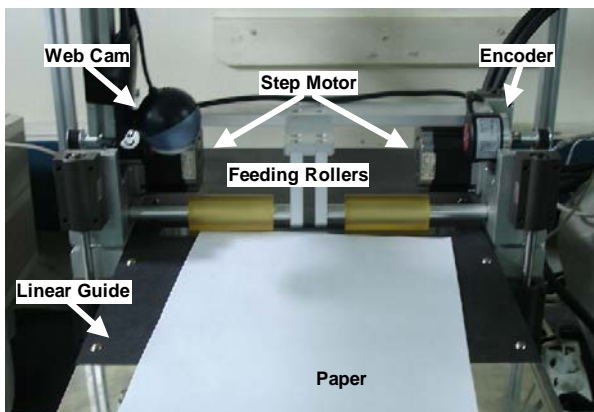


Fig 1. Experimental Equipment

실험 장치의 주요부분은 각각 독립적으로 구동되는 2쌍의 롤러와 이 롤러 사이를 지나는 종이의 비틀어진 각을 측정하는 영상처리 시스템 그리고 전송된 데이터를 처리하는 x-PC Target

이다. 두 쌍의 롤러는 각각 독립적으로 구동될 수 있게 분리되어 있으며 구동축과 중동축으로 이루어져 있다. 회전축에 고정되어 있는 롤러들은 마찰계수가 높은 우레탄으로 코팅되어 있고, 이 실험에서 축에 가해지는 수직항력은 일정하다. 롤러를 구동시키는 모터는 스텝모터이고 스텝각이 1.8도로서 상단의 회전축을 구동시킨다. 모터 드라이버는 마이크로 스텝 드라이버(LB340, Convex)를 사용하였다.⁵

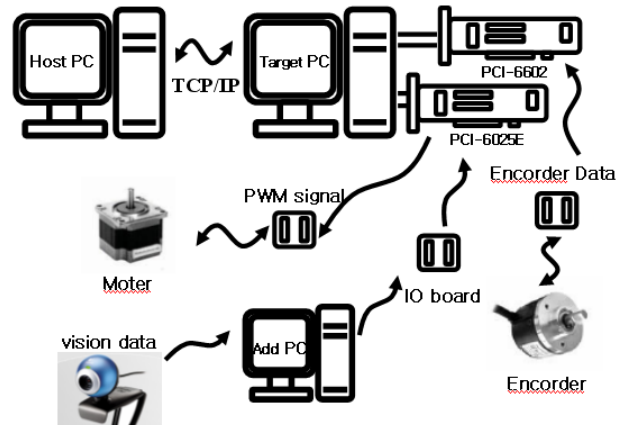


Fig 2. Data Acquisition Apparatus

각 회전축에 부착된 엔코더의 신호는 PC에 설치된 DAQ board(PCI-6602, National Instrument)에 의해 수집된다. 모터의 구동은 DAQ board(PCI-6025E, National Instrument)를 이용한다. 실험장비의 계측은 MATLAB의 Simulink를 이용하며 전체적인 시스템은 MATLAB사 xpc-target을 기반으로 구성된다. 먼저 영상시스템을 통해 용지의 비틀림 값이 측정되고, 이 값은 디지털 I/O보드를 통해 x-PC로 전달된다. x-PC에서는 Simulink 상에서 각도 값에 따른 모터의 회전속도를 계산하고 명령을 내려 구동 속도를 제어한다.

3. 영상처리 방법

본 장에서는 computer Vision을 이용한 종이 각도 측정 방법을 설명한다. Fig. 3 은 영상을 이용하여 종이 각도를 측정하는 순서를 보여준다.

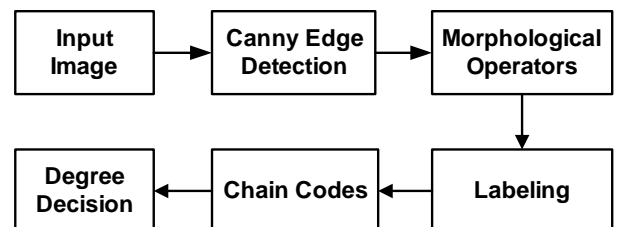


Fig 3. The Flow of Degree Measurement

영상으로부터 종이의 각도를 얻기 위해 입력영상이 주어지면 먼저 Canny Edge Detector를 이용하여 Edge Image를 검출한다.¹ Canny Edge Detector는 Gaussian Filter를 사용하여 잡음을 제거하고, 각 pixle의 1차 미분 취하여 구한 Edge magnitude와 orientation 값으로 Edge Point로 추정한다. 두 개의 임계값을 이용해 낮은 임계값으로 검출한 에지점 중에서 높은 임계값으로 검출한 에지점과 연결된 에지점들로 최종 에지를 얻어낸다. Fig. 4 (b)는 Fig. 4 (a)의 입력 영상을 Canny Edge Detector로

에지를 검출한 결과를 보여준다.

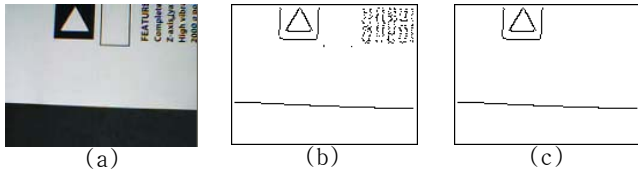


Fig 4. (a) Input Image (b) Canny Edge Image (c) Morphological Operators Image

이와 같이 얻어진 Edge 영상 중에 각도 측정에 필요한 Line 을 얻기 위해 Morphological Operators를 적용하여 작은 Pixel 의 노이즈를 제거하고(Figure. 3(c)), 8-neighbor Line Tracking하여 최종 Line을 얻는다. 8-neighbor Line Tracking 방법을 이용한 각도 추정은 아래와 같다.

- 1) Edge 선분들을 Labeling하여 Line Segments를 분리한다.
- 2) 각각의 분리된 Line Segment에 대해 8-neighbor Line Tracking 한다. 여기서 Tracking 순서는 시작 Edge Point로부터 Clockwise(시계방향)로 추적한다.
- 3) Line Segment의 시작 Pixel 좌표와 끝 좌표의 Euclidean Distance의 값이 최대인 Line Segment를 얻는다
- 4) 시작 Pixel 좌표와 끝 좌표를 직선의 방정식에 적용하여 기울기를 얻는다.

Fig. 5는 8-neighbor Line Tracking 방법을 보여준다.

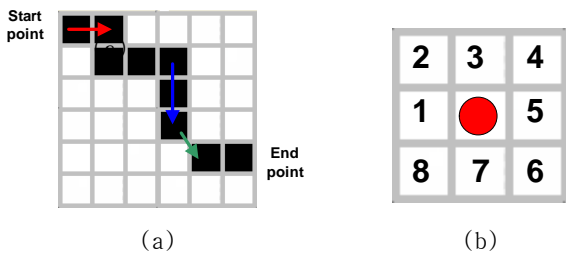


Fig 5.

- (a) 8-neighbor Line Tracking method between start pixel and end pixel
- (b) Representing the directions between Start Pixel to linked edge points

4. 매체이송 시스템의 2D모델

매체 이송 시스템의 가장 간단한 모델은 Fig. 6와 같이 종이와 구동롤러, 종동롤러로 구성되어 있다. 대부분의 매체이송 시스템은 롤러의 회전력이 롤러와 매체사이의 마찰을 이용하여 매체를 밀어내는 힘으로 변환하여 매체를 이송하게 된다.⁴

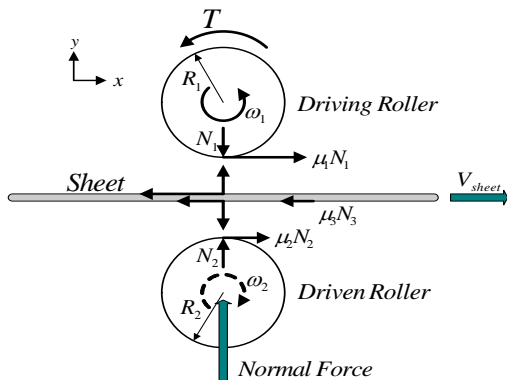


Fig 6. Basic Model

5. 실험결과

사행거동을 하는 종이를 웹캠을 이용하여 종이의 비틀어진 각도를 측정하고, 이 값을 데이터 전송하여 x-PC Target을 통해 양 쪽 모터의 속도를 제어하는 실험을 하였다. 다음은 Simulink

내에서 s-Function과 PID제어기를 사용한 제어 Loop 구성이다.

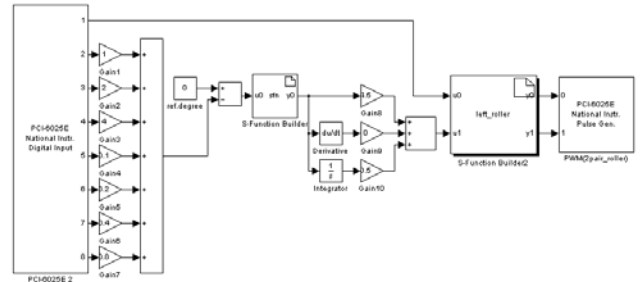


Fig 7. Simulink Control Loop

위의 실험을 통해서 종이의 사행거동이 1.9도부터 시작하여 2.4초가 지나는 동안 0도에 가까워 졌다.

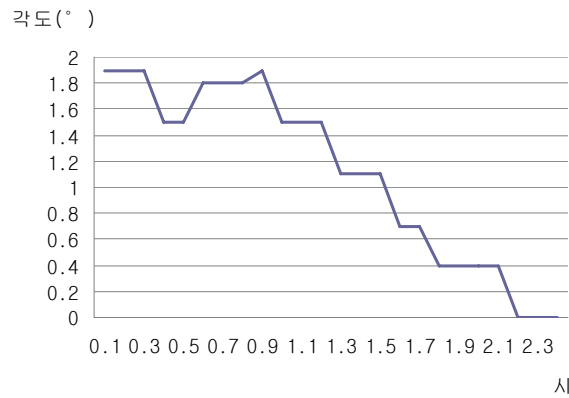


Fig 8. Degree Variation

6. 결론

본 연구에서는 종이의 사행거동을 제어하기 위하여 MATLAB Simulink를 사용하여 시스템을 구성하였다. 웹 캠을 이용한 영상처리를 통해 종이의 각도를 소수점 첫째자리까지 측정하고, 이를 IO보드를 통해 전송하였으며, 전송된 각도 값을 판단하여 두 쌍 롤러의 속도를 조절하여 종이를 다시 정 방향으로 진행시키는데 성공하였다. 그러나 종이의 비틀어진 각도 값이 커지면 종이가 롤러를 통과하는 시간동안 제어가 되지 않았으며, 롤러와 종이의 마찰력에 따른 구겨짐이나 찢김 현상도 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 차후에는 Normal force의 변화에 따른 매체이송장치 및 컨트롤러를 연구할 계획이다.

후기

본 논문은 2단계 BK21사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. J.F. Canny. A computational approach to edge detection. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6):679-698, November 1986.
2. Kee-Hyun Shin, Soon-Oh Kwon, "이송중인 웹의 장력 및 사행제어", 2003 Nurimedia Co., Ltd
3. Ryu, Jae-Kwan, I. H. Song, S.G. Lee, S. S. Rhim, J. H. Choi, 2004, "Simulation and Experimental Methods for Media Transport System: Part II, Effect of Normal Force on Slippage of Paper", Proceedings of ACM'D'04, The Second Asian Conference on Multibody Dynamics 2004.
4. Si-Eun Kim, "Media Transport 시스템의 동적 성능 향상을 위한 제어법 연구", 경희대학교 2006
5. Ho-Young Cha, "Decoupling control을 이용한 Media Transport 시스템의 이송속도와 사행거동 제어", 경희대학교 2008