

# 비전센서를 이용한 롤투롤 시스템의 폭방향 변위 제어 Vision Sensor-Based Lateral Control of Roll-to-Roll System

\*호양구엔, #이상윤

\*Nguyen Hoang, #Sangyoon Lee (slee@konkuk.ac.kr)

<sup>1</sup> 건국대학교 기계설계학과

Key words : fuzzy control, lateral control, vision sensor, roll-to-roll system

## 1. 서론

롤투롤 (roll-to-roll) 공정은 플라스틱, 금속, 종이 등의 유연소재로 만들어진 웹 (web)이 이송되면서 이루어지는 연속공정이다. 웹은 시작 부분의 롤에서 풀려 여러 개의 롤러를 통과한 뒤 다시 마지막 과정에서 롤 형태로 감기는데 이 과정에서 폭방향의 변위가 발생할 수 있다. 전통적인 인쇄 분야에서는 폭방향 변위(오차)의 허용 범위가 상대적으로 큰 편이다. 그러나 롤투롤 인쇄전자 분야에서는 이 폭방향 변위가 매우 정밀하게 제어되어야 한다. 이 논문은 비전센서를 제어시스템의 센서로 활용하고 퍼지제어기를 이용하여 롤투롤 공정의 폭방향 변위 제어를 수행한 연구 결과이다.

## 2. 실험 방법 및 결과

### A. 실험장치

실험을 위하여 롤투롤 시뮬레이터를 구축하였다. 시뮬레이터는 Fig. 1 과 같이, 두 개의 가이드 (guide)로 구성되는데, 가이드 1 은 폭방향 변위를 발생시키는 역할을 한다. 한편



Fig. 1 Roll-to-roll simulator



Fig. 2 Camera for lateral displacement detection

가이드 1 에 의해서 발생된 폭방향 변위를 가진 웹이 롤러를 지나서 가이드 2 로 접근할 때 가이드 2 는 이 변위를 상쇄시키는 역할을 한다. 이를 위해서 가이드 2 다음에 카메라를 설치하였다. 카메라는 폭 방향으로 움직이고 있는 웹의 에지 (edge) 위치를 감지하여 폭방향 위치를 판단하는 역할을 한다. 퍼지 제어기는 이 카메라로부터 전달되는 신호를 이용하여 연산한 뒤 신호를 가이드 2 의 모터에 신호를 보낸다.

Table 2: Simulation condition

Parameter	Value
Web width	0.33 m
Web thickness	100 $\mu$ m
Elastic modulus	3.98 GPa
Operating tension	3 kgf
Web speed	10 mpm
Span Length of guide L	0.380 m
Entrance Span length $L_p$	0.380 m
Distance from roller to center point $x_l$	0.450 m

### B. 퍼지 제어기

고전적인 제어 방법에서는 정확한 시스템의 모델과 신호가 필요하다. 하지만 실제 시스템에서는 정확한 신호를 얻기가 쉽지 않다. 이러한 경우에는 퍼지제어기가 유용하다. 퍼지 제어기의 핵심 요소는 Mamdani 추론방법 [2]에 기반을 두고 있다.

### C. 실험 결과

폭방향 변위 제어를 위한 퍼지 제어기는 Labview 를 이용하여 구현하였다. 실험조건은 RFID 안테나의 롤투를 인쇄생산 조건에 기초한 것으로 Table 2 와 같다. Fig. 3 은 가이드 1 이 발생시킨 폭방향 변위 곡선으로 진폭은 5 mm 이다. Fig. 4 는 10 mpm 으로 구동되고 있는 웹의 폭 방향 변위를 나타내고 있다. 오차는 0 에서 0.2 mm 사이 값을 나타낸다.

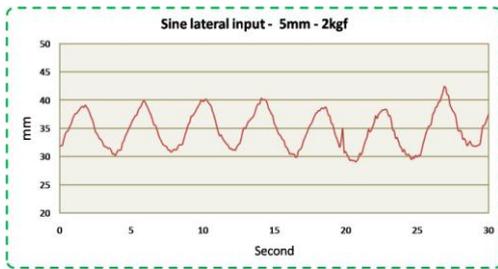


Fig. 3 Lateral error input at Guide 1

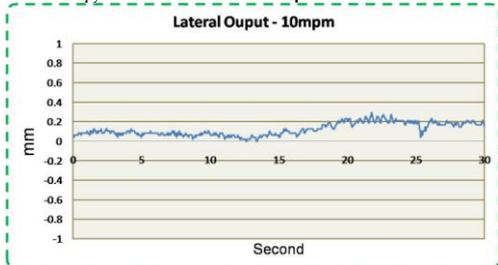


Fig. 4 Lateral Output at 10 mpm of speed

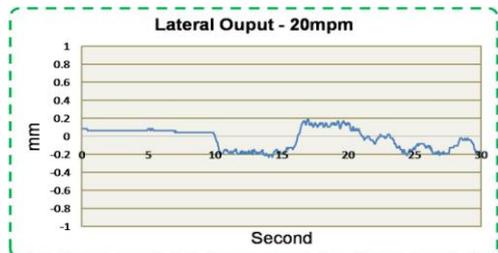


Fig. 5 Lateral Output at 20 mpm of speed

웹의 속력을 20 mpm 으로 올렸을 때 오차의 변이는 0.2 mm 정도로 전 단계보다 0.1 mm 정도 증가함을 알 수 있다. 웹의 속력이 30 mpm 일 때 폭방향 오차는 -0.3 mm 에서 0.2 mm 사이에서 변이하고 있는 것을 확인하였다. 이를 통해 비전센서를 이용한 퍼지제어기가 빠른 속력의 이송 조건에서도 우수한 변위 제어 능력을 갖추고 있음을 확인 할 수 있다. 퍼지제어기를 활용하였을 때 발생하는 오차는 인쇄 전자에서 요구되는 오차 범위에 근접하고 있다고 할 수 있다.

### 3. 결론

이 논문은 비전센서를 퍼지 제어 시스템에 적용하여서 웹의 폭방향 변위 제어를 수행한 연구 결과이다. 롤투를 시뮬레이터를 이용한 실험에서 웹의 이송 속력을 변화시키면서 연구한 결과, 퍼지제어기를 활용한 폭 방향 변위 제어는 전반적으로 개선된 결과를 제공하였다. 이 결과를 통해 퍼지제어기는 인쇄전자 분야에서 상당히 적합한 제어 방법이라는 결론을 내릴 수 있다.

### 후기

이 논문은 서울시 산학연 협력사업(10848)의 지원과 교육과학기술부의 재원으로 국제과학기술협력재단의 지원을 받아 수행된 연구임 K20701040600-09A0404-05410.

### 참고문헌

1. J. J. Shelton and K. N. Reid, "Lateral dynamics of a real moving web", *Trans. ASME J. Dyn. Syst. Meas. Control*, ser G, no. 3, pp. 180-186, 1971.
2. E. H. Mamdani and S. Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller", *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 7, no. 1, pp. 1-13, 1975.
3. Kazuo Tanaka, *An Introduction To Fuzzy Logic For Practical Applications*, Springer, 1997.