

영상처리를 이용한 레지스터 컨트롤러 인쇄기법 연구

(A Study for Register Controller Printing Method using Image Process)

홍선기* · 정 훈

(Sun-Ki Hong · Hoon Jung)

Abstract

Scanning head has used to detect the error signal in register controller. However the resolution of the system is not enough for E-printing(Electronic-paper printing). In this paper, the register mark shapes and process techniques are studied using a smart camera which can detect the register mark and calculate the printing error. With these, a register controller within 10[μ m] of error range is developed for e-printing system and confirmed with experiments.

Key Words : Register Controller, Gravure, E-Printing, Roll-to-Roll, Image Processing, Smart Camera

1. 서 론

최근 인쇄 방법에서는 그라비아 타입의 인쇄기가 널리 사용되고 있다[1-3]. 이 중 주 전동기 하나로 구동되는 방식에서 축을 없애고, 각 인쇄 실린더를 개별적인 서보 전동기로 구동하는 섹션형(sectional type) 방식의 사용이 점점 늘고 있다. 이러한 섹션형의 장점은 고속 인쇄가 가능하며, 각 인쇄 부분에 대하여 빠른 오차 보정이 가능하고 주변 축 등을 없애 구조적으로 간단해지는 등의 여러 장점을 가지고 있다. 하지만 기존의 스캐닝 헤드식 오차검출 레지스터 컨트롤러는 그라비아 인쇄에서 오차의 범위가 100[μ m] 내외로 전자인쇄에는 적합하지 않다. 본 연구에서는 그라비아

인쇄기에 영상처리 기법을 적용하여, 전자인쇄에 필요한 인쇄기의 에러의 범위를 10[μ m]로 줄일 수 있는 레지스터 컨트롤러를 개발한다. 이를 위하여 에러검출용 마크 형상 연구와 이에 대한 처리 기법을 연구하여 레지스터 컨트롤러에 적용하고, 이에 대한 시뮬레이터를 제작, 실험을 통해 타당성을 확인한다.

2. 레지스터 컨트롤러

2.1 레지스터 컨트롤러의 기본 동작

섹션형 그라비아 인쇄기는 각 도마다 전동기를 개별적으로 구동하여 각각의 오차를 검출하고 각각의 레지스터 컨트롤러에서 처리하여 오차를 총괄 관리하는 PPC에 보낸다. PPC는 다시 각 도의 전동기 제어장치에 보정 오차 신호를 보내 섹션 전동기의 속도 제어를 통해 인쇄 오차를 제거하는 것이다. 보정방식은 펄스 형태로 보정파형을 받은 다음 PWM(Pulse Width

* 주저자 : 호서대학교 시스템제어공학과 교수
Tel : 041-540-5674, Fax : 041-540-5587
E-mail : skhong@hoseo.edu
접수일자 : 2010년 4월 22일
1차심사 : 2010년 4월 27일
심사완료 : 2010년 7월 5일

Modulation)을 이용하여 미리 정해져 있는 각도 만큼 오차를 보정하게 된다. 일축형과 섹션형의 인쇄기의 개념도는 그림 1, 2와 같다.

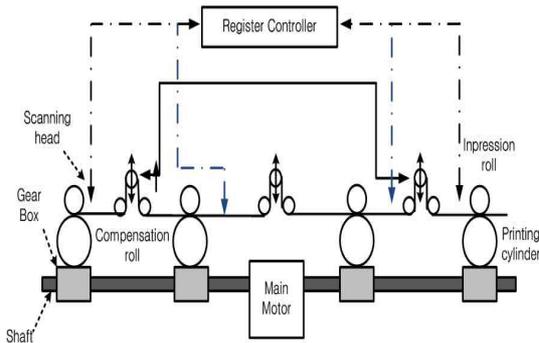


그림 1. 그라비어 일축형 인쇄기
Fig. 1. Shaft type printing machine

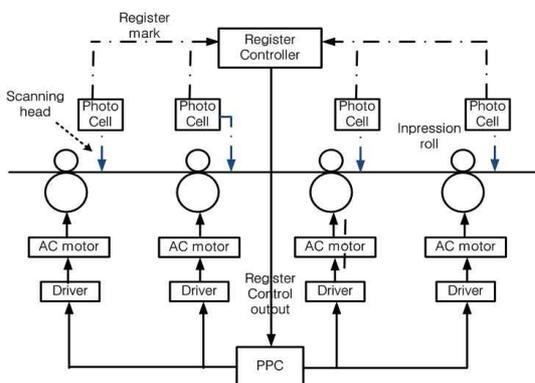


그림 2. 그라비어 섹션형 인쇄기
Fig. 2. Sectional type printing machine

2.2 스캐닝 헤드를 이용한 에러 검출법

스캐닝 헤드 오차 검출 방식은 그림 3과 같이, 에러 마크간 거리가 표준 거리에 있다면 동일한 시간대에 T1, T2 신호가 같이 나오게 되어 에러가 존재하지 않는 것이고, 신호의 차이가 있다면 에러가 존재하는 방식이다. T1, T2의 펄스의 간격과 인쇄기의 속도를 계산하여 오차의 량을 계산할 수 있다. 기존의 스캐닝 헤드 방식의 레지스터 컨트롤러는 광범위한 속도 범위에서 에러 검출이 가능하지만, 에러의 범위가 100 μm 로서, 높은 정밀도를 요구하는 전자인쇄 분야에 적용하기에는 어려운 점이 있다.

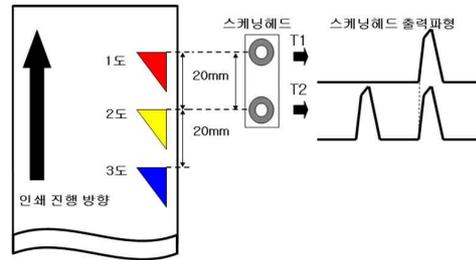


그림 3. 스캐닝 헤드에 의한 에러 검출
Fig. 3. Error detection using scanning head

3 카메라를 이용한 영상처리

기존 방식인 스캐닝 헤드를 이용한 시스템의 경우 오차 범위가 100 μm 에 이르기 때문에 10 μm 이내를 요구하는 전자인쇄에 적용하기는 곤란하다. 하지만 최근의 1 메가 픽셀 정도의 해상도를 갖는 카메라들을 이용하면 카메라의 해상도와, 각 셀 간의 내삽법을 통해 매우 높은 정밀도를 갖는 인쇄 마크를 검출할 수 있다. 본 연구에서 사용된 영상처리 카메라는 1,280×1,024 픽셀의 해상도를 가지고 있다. 따라서 레지스터 마크 폭을 10.24[mm]가 되도록 제작하면, 1 픽셀의 폭이 10 μm 가 되어, 1 픽셀의 오차가 발생하였을 경우 10 μm 의 오차에 해당되고, 셀간 내삽법으로 더 정밀한 오차를 측정할 수도 있다.

3.1 영상처리용 레지스터 마크

레지스터 마크 제어시 카메라를 이용한 계측 정확도 향상 및 다도 인쇄 시의 레지스터 제어 안정도를 확보하기 위한 각 인쇄 유닛에서의 마크 모양과 이들의 중첩관계를 정의하고자 그림 4와 같은 마크를 선정하였다[4]. 그림에서 알 수 있듯이, 9개 부분으로 나뉘어져, 가운데 십자 마크는 기준이 되는 1도 인쇄 마크이며, 각 도마다 마크가 다르게 되어 있어, 9도 인쇄까지 사용할 수 있는 마크이다. 이 형상은 그라비어 인쇄 방식에서 카메라를 통한 영상 분석시 분별이 쉬울 뿐 아니라, 중심좌표를 구하는 데도 용이하여 본 연구에 적당하다[4].

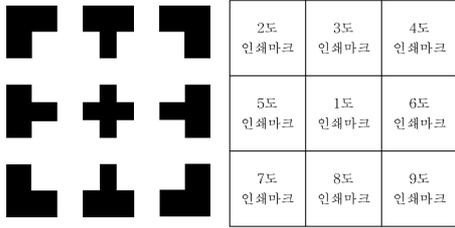


그림 4. 레지스터 마크의 중첩
Fig. 4. Reiterate form register mark

3.2 마크 선정 시 고려사항

그라비아 인쇄에서 인쇄물에 남은 잉크를 제거 하기 위하여 그림 5와 같이 닥터 블레이드를 이용하여 남은 잉크를 제거 하게 되며, 이때 남은 잉크가 롤의 아랫 방향으로 흐르게 된다. 따라서 레지스터 마크의 형상을 선정할 경우에는 아래 부분의 잉크가 흐르는 것을 고려해야 한다.

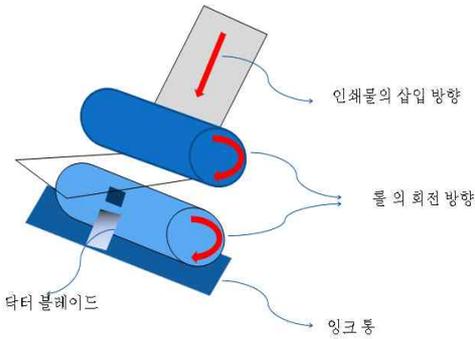


그림 5. 그라비아 인쇄기 롤
Fig. 5. Gravure Printer Roll

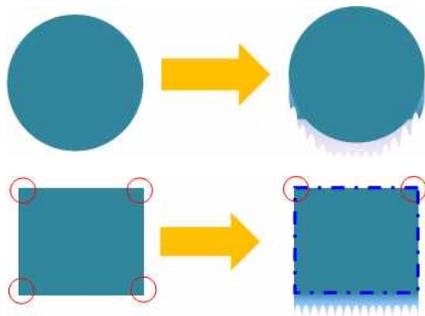


그림 6. 구분 점과 마크형상의 손실
Fig. 6. Division point and mark shape loss

그림 6은 닥터 블레이드의 사용시 잉크 번짐의 예를 보여주며 표 1은 기준 마크와 마크의 번짐 현상이 있을 경우에 마크로서의 성능을 표시하는 스코어(Score)를 나타낸 것이다. 스코어를 보면 각형의 레지스터 마크의 점수가 더 높게 나오는 것을 알 수 있다. 그리하여 본 논문에서는 각형의 마크를 선정하였다.

표 1. 7 마크의 점수
Table 1. Score of mark

Results_원형		Results_각형	
X Position	59.00	X Position	172.07
Y Position	56.00	Y Position	212.99
Score	846	Score	953.8
Angle	0.0	Angle	0.0

4. 시스템의 구성

4.1 전체적인 시스템의 구성

레지스터 마크를 인식하기 위해선 별도의 마크가 있어야 하는데 이를 컬러 센서가 인식을 하게 된다. 이때 카메라에 트리거 출력을 하게 되고, 신호를 입력 받은 카메라는 영상을 수집하게 된다. 카메라는 수집된 영상을 처리를 통하여 각 유닛(unit) 간의 거리를 계산하여 FPGA 모듈을 내장한 산업용 컴퓨터로 계산 값을 전송하게 된다. 산업용 컴퓨터는 수신한 유닛 간의 거리 값을 연산 후 에러보정을 통해서 PPC로 전송한다. 그림 8은 레지스터 컨트롤러의 전체적인 시스템을 보여준다.

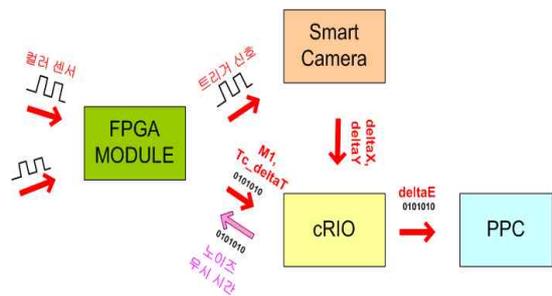


그림 8. 레지스터 컨트롤러의 전체 블록도
Fig. 8. Register controller system diagram

4.2 FPGA Module

산업용 컴퓨터에 내장된 FPGA 모듈에서는 구동 전동기의 속도 계산을 M/T법을 이용하여 수행한다.

4.2.1 전동기의 속도계산

모터의 속도 측정은 엔코더를 주로 이용하며, 그림 9와 같이 M방법과 T방법을 조합한 M/T법에 의한 속도 측정 방법이 많이 사용된다. 그림 9에서와 같이 전체 측정시간 T_D 는 주어진 샘플링 시간 T_c 이후에 처음으로 발생되는 엔코더 펄스에 동기되어 결정되며 측정된 속도는 식 (1)과 같이 정의된다[5].

$$N_{M/T} = \frac{m_1 \times 60}{P_{pr}(T_c + \Delta T)} = \frac{60f_c m_1}{m_2 P_{pr}} \quad [rpm] \quad (1)$$

FPGA 모듈에서 M/T법에 필요한 파라미터 m_1 , $T_c + \Delta T$ 를 얻는다. 이 시간 동안의 엔코더 펄스 수 m_1 과 타이머 펄스 수 m_2 및 회전당 엔코더 펄스수 P_{pr} 을 식 (1)에 대입하여 인쇄기를 회전속도를 계산할 수 있다. 롤 회전속도를 알면, 인쇄를 반지름을 이용하여 인쇄 속도를 계산할 수 있게 된다.

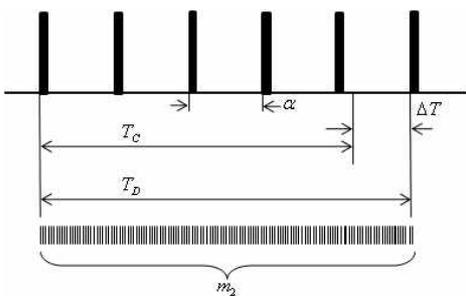


그림 9. M/T 법에 의한 속도 측정
Fig. 9. Motor speed using M/T method.

4.2.2 트리거 입력에 따른 처리

레지스터 마크를 카메라가 정확히 획득하기 위해서 별도의 트리거 마크가 있으면 편리하다. 이 별도의 마크도 레지스터 마크처럼 같은 간격으로 떨어져 있는데 이 트리거 마크와 마크사이에 다른 노이즈가 있으

면 오류가 발생할 수 있기 때문에, 이러한 노이즈 가능 구역에서는 입력 신호를 무시할 수 있도록 하면, 노이즈에 따른 오류는 방지할 수 있다[1].

4.3 산업용 컴퓨터를 이용한 오차 보정

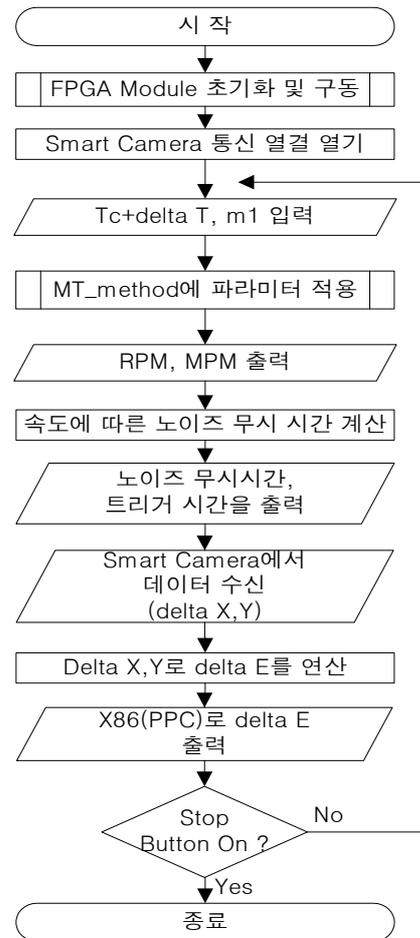


그림 10. 전체 레지스터 컨트롤러
Fig. 10. Total Register controller system

그림 10은 산업용 컴퓨터를 이용한 최종적인 오차 보정의 흐름도를 나타내고 있다. FPGA는 M/T 법을 이용하여 인쇄 속도 계산을 하고, 트리거 펄스 간의 발생 가능한 노이즈를 무시하기 위한 처리도 되어 있다. 이러한 결과와 스마트 카메라에서 얻은 인쇄 마크 좌표로부터 인쇄 오차를 검출하고, 이 결과를 PPC에 보내 주는 역할을 한다.

5. 실험 결과

5.1 FPGA에서의 실험 결과

본 연구에서는 산업용 컴퓨터는 NI사의 CRio를 이용하였으며, 여기에는 고속 연산을 위한 FPGA가 내장되어 있다.

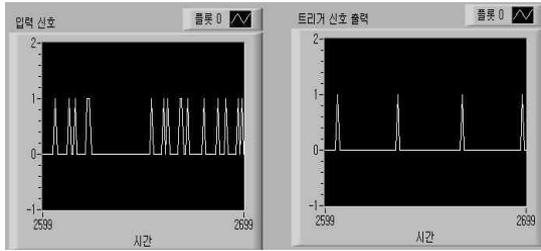


그림 11. 트리거 간 노이즈 무시
Fig. 11. Ignoring noise between trigger pulses

인쇄마크 획득을 위한 트리거 펄스 사이에 다른 인쇄 흔적 등에 의해 노이즈가 발생할 수 있다. 따라서 이 사이에 들어오는 신호는 무시할 필요가 있으며, 이는 속도에 따라 바뀌게 된다. 이 속도는 FPGA 모듈에서 M/T 법에 필요한 $T_c + \Delta T$ 를 알아낸 후 그 데이터를 산업용 컴퓨터에서 M/T 법으로 구해진다. 이로부터 전동기의 속도에 대한 노이즈 무시 시간을 계산할 수 있다. 그림 11 왼쪽 그림에선 트리거 신호 입력을 보여주며 오른쪽은 노이즈 무시 후 트리거 출력을 나타낸 것이다. 왼쪽 그림에서 트리거 신호 입력에 노이즈가 발생하는 것을 볼 수 있지만 오른쪽은 일정 시간에만 트리거 신호 출력(스마트카메라 입력)을 내보내는 것을 확인할 수 있다.

5.2 카메라에서의 실험 결과

레지스터 컨트롤러의 실험을 위하여 그림 12와 같은 인쇄기 시뮬레이터를 제작하였다. 제작된 시뮬레이터는 그림 2처럼 전 과정의 다도 인쇄를 위한 것이 아니고, 한 섹션에 대한 것이다. 롤에 인쇄 필름이 감겨 있으며, 롤이 회전하면, 카메라에서 인쇄마크를 획득하여 분석 후, 좌표를 컨트롤러에 전송한다.



그림 12. 시뮬레이터의 실험 환경
Fig. 12. The experiment environment of a simulator

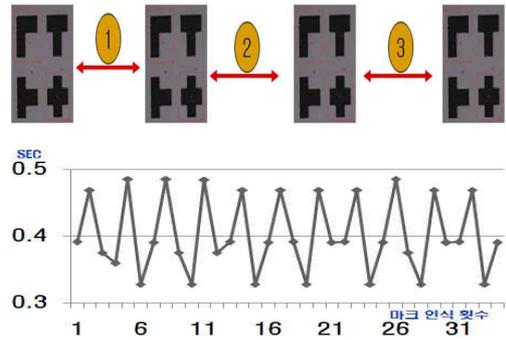


그림 13. 마크 거리에 따른 카메라의 영상처리 속도
Fig. 13. Mark distance and image processing time check

그림 13은 70[mpm]으로 인쇄 필름이 회전할 때, 시뮬레이터로부터 측정된 레지스터 마크간의 거리에 따른 영상처리 시간을 보여준다. 레지스터 마크 간격이 1~3으로 표시된 것은 시뮬레이터에서 롤 1회전 당 3개의 인쇄마크가 있기 때문이고, 이 마크들 간격이 서로 다르기 때문에 각각에서 측정된 시간 간격 역시 다르다. 표 2는 이들 마크간의 거리를 나타내 주고 있다. 1~2도간 간격이 넓기 때문에 측정된 시간도 길다.

표 2. 레지스터 마크간 거리와 70[mpm]시 소요시간
Table 2. Distance between register marks and marks arrival time at 70[mpm]

1~2 unit (d1)	2~3 Unit (d2)	3~1 Unit (d3)
564[mm] (t1)	431[mm] (t2)	434[mm] (t3)
483.29[ms]	369.32[ms]	371.89[ms]

그림 13에서 알 수 있듯이, 영상처리 시간에 대한 3개의 점이 연속하여 반복되고 있는 것은 70[mpm] 속도에서 영상처리가 누락 없이 처리되고 있음을 의미한다. 카메라의 영상처리 시간은 13 FPS[frame/s]이다. 본 연구에서는 70[mpm] 수준에서는 무난한 결과를 얻었다. 인쇄 마크 3개를 처리할 경우 패턴 매칭 시간이 3/13[sec], 이외 데이터 수집, 오차거리계산, 전송에 약 17.5[ms]가 소요되어 평균 272[ms]가 소요된다. 따라서, 마크간 이동시간이 표 2에서와 같이 최소 372[ms]보다 작아 무난한 처리가 가능해진다. 마크의 인식 영역을 감소하게 되면 처리해야할 영역이 줄어들게 되고, 이는 처리과정의 복잡도가 줄어들게 되므로 이에 소요되는 시간이 줄어들어, 인쇄 속도를 향상시킬 수 있게 된다. 여기서는 인식 영역을 전 영역의 1/3으로 줄일 때, 마크 인식 시간이 85[ms]에서 55[ms]로 감소하였다. 이 관계는 단순히 영역의 면적에 비례하지는 않고, 또한 마크 형상 복잡도에도 영향을 받으므로, 다른 조건의 인쇄가 요구될 경우, 실험을 통해 검증할 필요가 있다.

카메라에서 처리한 데이터 값을 TCP/IP통신을 이용하여 산업용 컴퓨터로 보내준다. 카메라에서 넘어온 1, 2 유닛 인쇄마크 간의 dX, dY거리로부터 기준거리를 빼서 오차 계산 후 PPC로 넘겨 주게 된다. PPC로 전송되는 보정 데이터는 PPC에서 인쇄 에러에 대한 보정, 즉 전동기의 속도를 조절하게 된다.

6. 결 론

전자 소자를 대량으로 생산할 수 있는 롤투롤(Roll to roll) 방식 중의 그라비아 인쇄에서 요구하는 10[μ m] 이하 오차를 만족하기 위하여, 에러 마크를 카메라로 영상 수집하고 분석하여 오차를 검출하고, 이 결과를 처리하여 인쇄기 구동 모터 제어 장치에 제어 신호를 전송하여 인쇄 오차를 처리하는 방식을 제안하였다. 이를 검증하기 위하여 이러한 기능을 수행하는 레지스터 컨트롤러를 제작하였다. 제작된 컨트롤러는 인쇄 속도를 검출하여 신호 보정을 할 수 있으며, 발생할 수 있는 노이즈를 무시할 수 있도록 고려되었다. 또한 인쇄기 시뮬레이터를 제작하여, 여기에 장착, 실험을

수행하였고, 에러 마크 검출 오차가 수[μ m] 이내로 만족함을 확인하여 제안된 방법의 타당성을 확인하였다. 제안된 방식은 전자 인쇄뿐 아니라, 더욱 고정밀을 요하는 경우의 일반 그라비아 인쇄에도 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

References

- (1) 권혁기, 홍선기, 이덕형, "LabMEW를 이용한 고속 인쇄기의 레지스터 컨트롤러의 개발에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1728-1729, 2008.
- (2) 정 훈, 이덕형, 홍선기, "영상처리를 이용한 레지스터 컨트롤러의 위치제어 알고리즘 개선에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1705-1706, 2009.
- (3) 정훈, 이덕형, 윤의중, 홍선기, 이장환, "영상처리를 이용한 레지스터 컨트롤러 인쇄기법 연구", 대한 기계학회 춘추학술대회, pp. 1094-1099, 2009.
- (4) 홍선기, 이덕형, 정훈, "유연 디스플레이를 위한 인쇄 마크 형상 연구", 한국조명전기설비학회 논문지, Vol. 24, No.2, pp.51-57, 2010.2.
- (5) 설승기, "전기기기 제어론", 브레인코리아, 2002.

◇ 저자소개 ◇



홍선기(洪瑄基)

1965년 1월 24일생. 1987년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1993~1995년 렉스산전 선임연구원. 1995년~현재 호서대학교 시스템제어공학과 교수.



정 훈(鄭勳)

1985년 1월 12일생. 2009년 호서대학교 시스템제어공학과 졸업. 2009년~현재 호서대학교 반도체디스플레이공학과 석사과정.