

# 유연 디스플레이 인쇄를 위한 인쇄 마크 형상 연구

(A Study of Printing Mark Shape for the Flexible Display)

홍선기\* · 이덕형 · 정 훈

(Sun-Ki Hong · Duck-Hyoung Lee · Hoon Jung)

## 요 약

인쇄의 품질은 영상처리용 레지스터 마크 간의 오차에 의해 결정되므로 영상처리용 레지스터 마크의 형상이 중요하게 된다. 본 논문에서는 롤투롤(roll-to-roll) 인쇄에서 많이 사용하는 그라비아 방식의 인쇄에 영상처리를 이용하여 해상도가 높고, 속도가 빠른 유연 디스플레이 인쇄에 적용될 수 있는 마크를 개발한다. 본 연구에서는 70[mpm] 속도 범위에서 레지스터 마크의 형상을 명확히 인식할 수 있고, 전자 인쇄에서 요구되는 인쇄오차 10[ $\mu\text{m}$ ]이내가 가능한 레지스터 마크 형상을 개발하고, 실험을 통해 타당성을 확인하였다.

## Abstract

The shape of the register mark for the image processing becomes very important, because the printing quality is determined by the error correction between the register marks for the image processing. In this paper, printing marks are developed using the image process for the gravure printing method which is commonly being used in roll to roll, high resolution printing. The marks which can be cited to the flexible display print are developed. The developed register marks which satisfies 10[ $\mu\text{m}$ ] error tolerance are tested under 70[mpm] printing conditions and confirmed through the experiments.

Key Words : Gravure, Printing Machine, Roll-to-roll, Image Processing, High Resolution Printing

## 1. 서 론

유연 디스플레이 기술은 종이처럼 얇고, 유연한 전자 소자인 OLED, RFID 태그, 스마트 센서, 태양 전지 등의 생산 프로세스를 개발하여 제품을 대량으로 생산하는 기술이다. 이러한 유연 디스플레이용 전자소자를 대량으로 생산할 수 있는 방법으로 주목되고 있

---

\* 주저자 : 호서대학교 시스템제어공학과 교수  
Tel : 041-540-5674, Fax : 041-540-5587  
E-mail : skhong@hoseo.edu  
접수일자 : 2009년 10월 14일  
1차심사 : 2009년 10월 16일  
심사완료 : 2009년 12월 11일

는 것이 롤투롤(Roll-to-Roll) 인쇄 방식이고, 이 중에서도 많이 사용되는 방식이 그라비아 방식이다[1]. 그라비아 인쇄에서는 에러보정을 하는데 스캐너 방식을 이용했는데 이때의 인쇄 허용 오차가 100[μm] 정도였다[2]. 하지만 유연 디스플레이 인쇄기에서는 인쇄 허용 오차가 10[μm] 범위 이내가 요구된다[2]. 따라서 스캐너 방식을 이용한 방법으로 유연 디스플레이 인쇄기에 적용할 수 없기 때문에 정밀도가 높은 영상처리 방법으로 에러를 보정한다[3]. 영상처리를 이용해서 에러를 보정할 때 쓰이는 영상처리용 레지스터 마크의 형상에 따라서 오차의 정밀도가 달라진다[4]. 따라서 본 논문에서는 그라비아 인쇄기의 섹션(section) 타입에서 다양한 인쇄조건 하에서 빠른 시간 안에 명확히 인식할 수 있는 영상처리용 레지스터 마크를 찾고, 다도 인쇄를 고려한 영상처리용 레지스터 마크를 설계, 요구되는 범위를 만족할 수 있도록 한다.

## 2. 그라비아인쇄 시스템

그라비아 인쇄기는 축방향 타입(Shaft Type)과 섹션타입으로 구분된다. 축방향 타입(Shaft Type)은 그림 1과 같이 메인 모터(Main Motor) 하나로 구동되는 방식으로 각 인쇄기 실린더의 속도가 메인 축의 속도에 제한되어 개별적인 속도제어를 수행할 수 없기 때문에 스펀의 길이 변화를 이용하고 있다. 보정 롤(Compensation Roll)의 길이 변화는 한 스펀에서의 장력변화의 원인이 되며 장력의 변화로 인하여 원단의 변하게 되고, 이는 소재의 위치 변화를 가져오게 됨으로써 원하는 위치로 소재를 이송하는 원리이다[5].

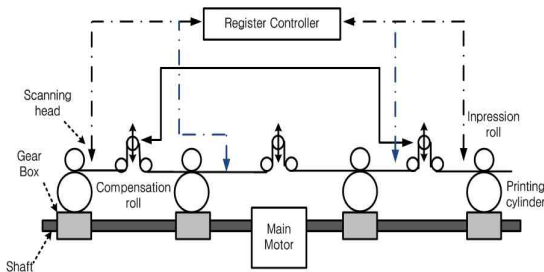


그림 1. 그라비아 인쇄기의 축방향 타입  
Fig. 1. Shaft Type of Gravure printing machine

섹션타입은 메인 모터 하나로 구동되는 방식에서 벗어나 축을 없애고, 각 인쇄 실린더를 개별적인 모터로 구동하는 방식이다. 장점은 고속 인쇄가 가능하며, 각 인쇄 부분에 대하여 빠른 오차 보정이 가능하고 주변 축 등을 없애 구조적으로 간단해지는 등의 여러 장점을 가지고 있다. 섹션타입의 구동은 각각의 오차를 각도의 모터로 보내 속도제어를 하는 것이다. 이는 각각의 도를 구동하기 위한 모터 드라이버를 사용하여 구동을 하고, 이 모터는 PPC를 통하여 제어 된다. 각도의 1회전 마다 광센서인 스캐닝 헤드(Scanning Head)를 통해 원단에 인쇄되는 레지스터 마크를 입력 받고 오차를 판단한 후 인접한 도와의 비교를 통해 오차를 계산한 다음 네트워크를 통하여 레지스터 컨트롤러에 전달하고 레지스터 컨트롤러는 전달 받은 오차의 양을 화면에 출력하여 인쇄 상황을 파악할 수 있게 하며 산업용 컴퓨터는 전달받은 오차의 만큼 각도의 상을 조절하여 오차를 보정하게 된다. 보정방식은 펄스 형태로 보정과형을 받은 다음 PWM을 이용하여 미리 정해져 있는 각도만큼 각도를 조정하게 된다. 그라비아 인쇄기의 섹션타입은 그림 2와 같다[6].

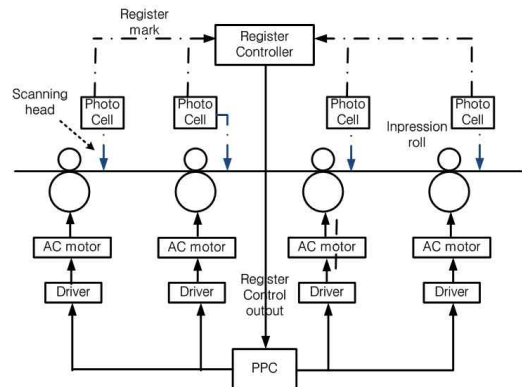


그림 2. 그라비아 인쇄기의 섹션타입  
Fig. 2. Sectional Type of Gravure printing machine system

스캐닝 헤드 오차 검출 방식은 동일한 시간대에 T1, T2신호가 같이 나온다면 에러가 존재하지 않는 것이고, 신호의 차이가 있다면 에러가 존재하는 방식이다. T1, T2의 Pulse의 간격과 인쇄기의 속도를 계산하여 중점에서 떨어진 위치를 알 수 있다. 그림 3은 스캐닝

헤드 방식을 이용한 레지스터 컨트롤러의 개념이다. 스캐닝 헤드 방식의 인쇄기는 고속의 동작 상태에서도 에러의 유무를 판단할 수 있다는 장점은 가지고 있으나 에러의 범위가 10[μm] 정도인 유연 디스플레이 분야에 적합하지 않고, 레지스터 마크의 모양도 전자 인쇄분야에 적합하지 않기 때문에 스캐닝 헤드 방식을 유연 디스플레이 인쇄기에 적용하는 데는 어려움이 있다[7].

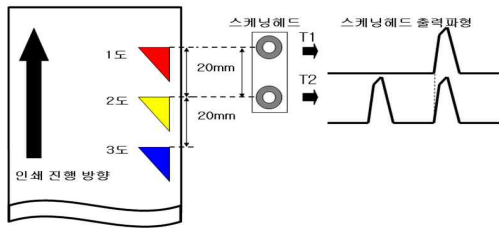


그림 3. 스캐닝 헤드에 의한 에러 검출  
Fig. 3. Error detection using scanning head

### 3. 마크 형상 선정

그라비아인쇄는 인쇄 판동에 인쇄될 모양을 음각하여 잉크를 채워 넣고, 인쇄를 하는 방식으로 이때 2가지 문제가 발생하게 된다. 첫째는 잉크가 모자라게 된 경우 이고, 둘째는 잉크가 적정량 이상보다 많이 채워진 경우이다. 하지만 그라비아인쇄에서는 인쇄판동에 잉크의 양을 조금 많게 하여 남은 잉크를 제거하는 방법으로 인쇄를 한다.

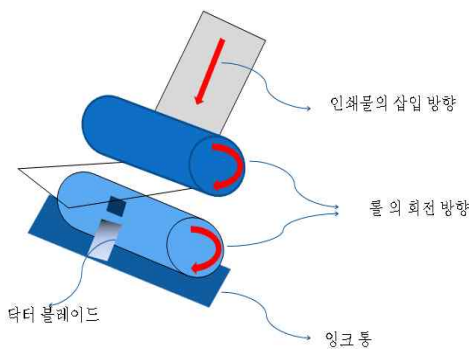


그림 4. 그라비아 인쇄기의 롤  
Fig. 4. The roll of the gravure printing machine

그라비아인쇄에서 남은 잉크를 제거하기 위해서 그림 4와 같이 닥터 블레이드를 이용해서 남은 잉크를 위에서 아래로 닥터 블레이드를 움직여 제거하게 되는데 이때 아랫방향으로 잉크가 흐르게 된다. 따라서 레지스터 마크의 형상을 선정할 시 아랫부분으로 잉크가 흐르는 것을 고려하여야 한다. 따라서 잉크가 아랫방향으로 흘렀을 때도 구분을 짓기 위한 부분이 필요하게 된다.



그림 5. 영상 처리용 레지스터 마크  
Fig. 5. Register marks for image processing

본 논문에서는 그림 5와 같은 삼각형, 원, 각형의 형태 중 가장 구분하기 좋은 형상을 연구한다.

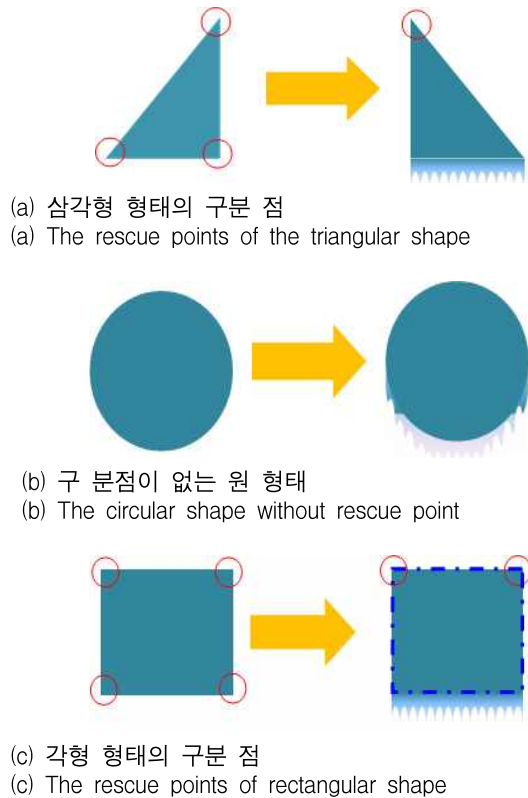


그림 6. 연구된 형상  
Fig. 6. The mark shapes for printing

그림 6의 (a)는 삼각형 형태의 구분 점 3개를 갖는다. 하지만 닥터 블레이드에 의해서 잉크가 아래로 흐르게 되고, 구분 점은 1개만이 남게 된다. 1개의 구분 점으로 전체의 윤곽을 알기는 쉽지 않다. 그림 6의 (b)는 구분을 짓기 위한 모서리 부분이 없기 때문에 구분 점을 갖고 있지 않아 적합한 형태라고 할 수 없다. 그림 6의 (c)는 각형 형태의 기본이 되는 사각형 모양으로서 구분을 짓기 위한 모서리가 4개나 존재한다. 따라서 구분점이 4개 존재하게 된다. 잉크가 아래방향으로 흐르게 되더라도 최소 2개의 구분 점은 갖게 된다. 따라서 각형 형태가 가장 적합했다.

그라비아인쇄기는 그림 7의 다도 인쇄기는 인쇄를 할 때 인쇄되는 모양 등에 따라서 인쇄 판동(unit)이 하나가 아니라 여러 판동으로 나누어서 인쇄를 하게 된다. 그림 3의 (c)와 같은 형태로 모든 판동을 배치할 경우 어느 판동에 관한 레지스터 마크 인지를 구분하지 못한다. 각 인쇄판동마다 각기 다른 형상으로 레지스터 마크를 설계를 해야 한다.

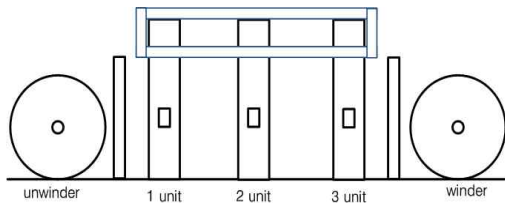
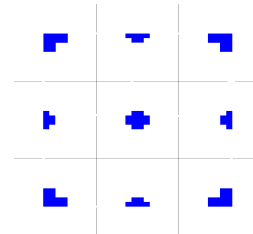


그림 7. 다도 인쇄기  
Fig. 7. Multi section printing machine

본 논문에서는 인쇄 판동이 9 개인 9도를 고려한 레지스터 마크가 1280×1024 픽셀보다 클 경우 여러 번에 걸쳐서 영상을 수집해야 한다. 여러 번에 걸쳐서 영상을 수집하게 되면 수집 시간이 늘어나고 메모리가 많이 필요하게 된다. 수집 시간이 늘고, 메모리가 많이 필요하게 된다는 것은 레지스터 마크를 인식하는데 그만큼 지연을 초래하므로 고속 인쇄시 단점이 될 수 있게 된다.

영상의 수집 시간은 짧고 메모리는 작게 고려하여 9도 그라비아 인쇄기의 레지스터 마크를 그림 8의 (a)와 같이 설계하였다. 그림 8의 (a)는 본 논문에서 새롭게 제시해 설계한 방법으로서 카메라의 FOV (Field

Of View) 영역의 크기와 거의 동일하게 하였다. 영상을 수집 시 한 번에 레지스터 마크를 획득해 올 수 있도록 하였다.



(a) 9도 레지스터 마크의 형상  
(a) The shape of 9 units register mark

2도 인쇄 마크	3도 인쇄 마크	4도 인쇄 마크
5도 인쇄 마크	1도 인쇄 마크	6도 인쇄 마크
7도 인쇄 마크	8도 인쇄 마크	9도 인쇄 마크

(b) 9도 레지스터 마크의 위치  
(b) The location of 9 unit register mark

그림 8. 9도 레지스터 마크의 형상 및 위치  
Fig. 8. The location of 9 units register mark

그림 8의 (b)는 각 인쇄 판동의 레지스터 마크를 가장 적합하게 배치하기 위해 레지스터 마크의 위치를 정의하였다.

그림 9는 영상 처리용 레지스터 마크를 수집 할 때 별도의 레지스터 마크 수집 시작 마크를 두어서 9도 레지스터 마크가 전부 수집될 수 있도록 하기 위한 마크이다.

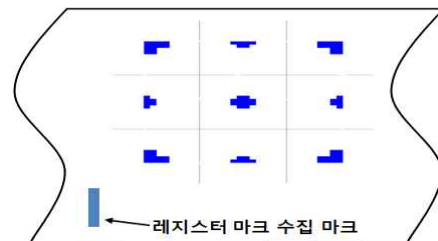


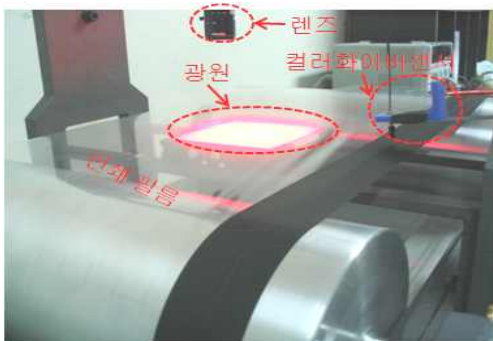
그림 9. 레지스터 마크 수집 마크  
Fig. 9. The trigger mark for capturing

#### 4. 실험 및 결과

그림 10의 (a), (b)는 본 논문의 실험을 하기위한 환경을 나타낸 그림이다.



(a) 시뮬레이터의 기구부 구성  
(a) The station configuration of a simulator



(b) 시뮬레이터의 동작 모습  
(b) The operation feature of a simulator

그림 10. 시뮬레이터의 실험 환경  
Fig. 10. The experiment environment of a simulator

시뮬레이터는 인쇄필름을 장착하는 롤, 롤을 회전시키는 모터, 모터를 제어하는 모터 드라이버, 영상처리용 레지스터 마크를 인식하기 위한 카메라, 광원, 레지스터수집마크를 인식하는 컬러화이버 센서, 인쇄필름으로 구성되어 있다. 시뮬레이터에서 원단은 무한궤도 형식으로 장착되게 되는데, 이때의 영상처리용 레지스터의 마크는 3개가 있게 된다. 하지만 이 3개의 마크는 서로간의 떨어져 있는 거리가 각각 달라서 각 마크를 구분 짓기 위해서 그림 11과 같이 구분 기호를 삽입하였고, 떨어져 있는 거리를 나타내었다.

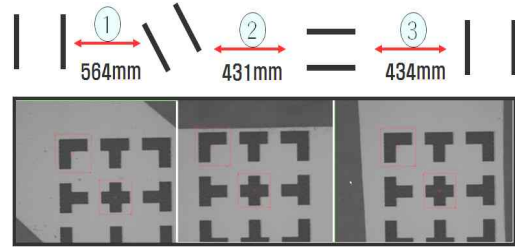
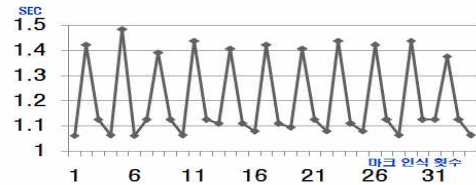
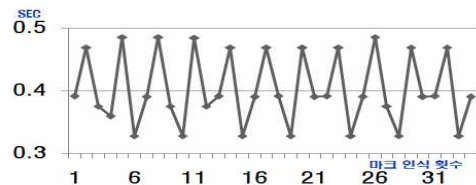


그림 11. 각 마크를 구분하기 위한 구분 기호  
Fig. 11. The unblind for classifying each mark

시뮬레이터에서 원단은 무한궤도 형식으로 장착되게 되는데, 이때의 영상처리용 레지스터의 마크는 3개가 있게 된다. 하지만 이 3개의 마크는 서로간의 떨어져 있는 거리가 각각 달라서 각 마크를 구분 짓기 위해서 그림 11과 같이 구분 기호를 삽입하였고, 떨어져 있는 거리를 나타내었다.



(a) 23.5[mpm]일 경우 영상처리 시간 그래프  
(a) 23.5[mpm] image processing time graph



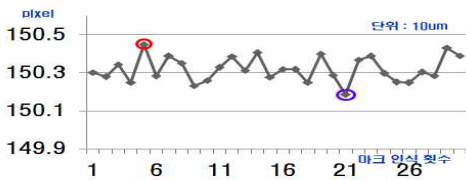
(b) 70[mpm]일 경우 영상처리 시간 그래프  
(b) 70[mpm] image processing time graph

그림 12. 영상처리 시간에 따른 마크 도달시간 측정  
Fig. 12. Image processing time register mark

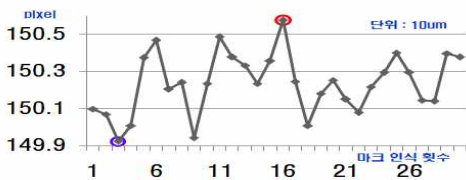
그림 12는 시뮬레이터의 속도에 따른 카메라의 영상처리 속도를 비교한 것이다. 그림 12의 (a), (b)는 각각 인쇄속도가 23.5[mpm], 70[mpm]인 속도에 따른 레지스터 마크를 보여주며, 3개마다 반복적인 패턴이 이루어 지고 있으며, 이것은 3개의 마크를 모두 정상적으로 검출된 것을 의미한다. 즉, 영상처리의 시간이 마크

의 도달시간보다 작다는 것을 알 수 있다. 그림 13의 (a), (b)는 23.5[mpm]일 때와 70[mpm] 일 때 영상처리용 레지스터 마크를 인식했을 때의 레지스터 마크의 중심좌표 값을 구한 값을 그래프로 나타낸 것이다. 단위는 1 픽셀당 10[μm]를 나타내며, Y축이 픽셀을 나타내고, X축이 마크 인식 횟수를 나타낸다. 레지스터 마크 인식 기대값이 0.2픽셀인데, 1픽셀당 10[μm]을 의미하므로, 2[μm]이내로는 측정되어야 한다.

따라서 23.5[mpm]일 때의 표준편차가 0.0693 픽셀이고, 70[mpm]일 때의 표준 편차가 0.1819 픽셀이다. 1 픽셀당 10[μm]임을 감안한다면 0.693[μm], 1.819[μm]임을 확인 할 수 있다. 즉, 허용범위 기대값 이내로 측정된 것을 확인할 수 있다.



(a) 23.5[mpm]일 경우 마크 인식 그래프  
(a) 23.5[mpm] register mark graph



(b) 70[mpm]일 경우 마크 인식 그래프  
(b) 70[mpm] register mark graph

그림 13. 속도에 따른 마크 인식 그래프  
Fig. 13. Reference Register mark

표 1은 그림 13의 (a), (b)의 실험 결과를 요약한 것이다. 오차의 표준 편차로부터, 마크가 주어진 속도에서 원활히 측정되고 있음을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 인쇄 전자소자(Printed Electronics)를 대량으로 생산할 수 있는 방법으로 주목되고 있는

표 1. 속도에 따른 마크 인식 표

Table 1. The mark identification tag according to a speed

속도 [mpm]	23.5	70
허용범위 기대값 [pixel] [μm]	0.2	
	2	
위치 평균 [pixel] [μm]	150.3187	150.2297
	1503.187	1502.297
위치 최대값 [pixel] [μm]	150.447	150.576
	1504.47	1505.76
위치 최소값 [pixel] [μm]	150.186	149.926
	1501.86	1499.26
오차 표준편차 [pixel] [μm]	0.0693	0.1819
	0.693	1.819

것이 롤투롤(Roll-to-Roll) 인쇄 방식 중에서 많이 사용하고 있는 방식이 그라비아 방식이다. 기존의 그라비아는 주로 인쇄방식은 스캐닝헤드를 이용하여 오차를 측정하여 왔고, 인쇄 에러의 범위가 보통 100[μm]이내가 요구 되었다. 그러나 현재에 요구하는 전자인쇄에서는 10[μm]이내의 정밀도가 요구 된다. 이와 같은 스캐닝 헤드 방식의 단점을 극복하고자 카메라를 이용한 영상처리 방식을 사용하여 에러의 범위를 10[μm]이내로 만족할 수 있도록 하였다. 영상처리를 이용해서 오차를 보정할 때 쓰이는 영상처리용 레지스터 마크의 형상에 따라서 오차의 정밀도가 달라진다. 따라서 본 논문에서는 원, 삼각형, 각형 형태에서 구분 점을 고려하여 각형 기반의 영상처리용 레지스터 마크를 설계하였다. 다양한 인쇄 조건하에서도 레지스터 마크의 형상을 빠른 시간 안에 명확히 인식할 수 있는 형태를 찾았고, 다도 인쇄에 적용 가능한 영상처리용 레지스터 마크를 설계하였다. 실험을 통해서 측정 에러의 범위를 2[μm]이내로 만족시킬 수 있었다. 결과적으로 유연 디스플레이 인쇄기에 적용할 수 있는 레지스터 마크의 형상을 설계하였다.

## References

- [1] 권혁기, 홍선기, 이덕형, “LabMEW를 이용한 고속 인쇄기의 레지스터 컨트롤러의 개발에 관한 연구”, 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1728-1729, 2008.
- [2] 최병오, 류병순, 김중환, 이택민, 김동수, 윤소남, 이명훈, 임규진, “전자 소자 프린팅을 위한 롤 투 롤 프린팅 장비 개발”, 대한기계학회 추계학술대회, pp. 2365-2370, 2005.
- [3] 정 훈, 이덕형, 홍선기, “영상처리를 이용한 레지스터 컨트롤러의 위치제어 알고리즘 개선에 관한 연구”, 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1705-1706, 2009.
- [4] 이덕형, 정훈, 홍선기, “전자 종이 인쇄를 위한 마크 형상 연구”, 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1759-1760, 2009.
- [5] Chen-Dechuan, Zhang-Hao, “A multi-axis synchronous register control system for color rotogravure printer”, Technology and Innovation Conference, pp. 1913-1918, 2006.
- [6] Pavicic-MJ., “Wallpaper computers: Thin, flexible, extensible and R2R ready, Flexible Electronics & Displays Conference and Exhibition, pp. 1-5, 2009.
- [7] Jain-K., Klosner-M., Zemel-M., Raghunandan-S., “Flexible Electronics and Displays: High-Resolution, Roll-to-Roll, Projection Lithography and Photoablation Processing Technologies for High-Throughput Production”, Proceedings of the IEEE, pp. 1500-1510, 2005.

## ◇ 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 시스템 제어공학과 교수.

**이덕형(李德炯)**

1981년 5월 22일생. 2007년 호서대학교 정보제어공학과 졸업. 2007~2008년 위닉스 연구원. 2008년~현재 호서대학교 제어계측공학과 석사.

**정 훈(鄭勳)**

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