

## 비접촉 ID카드 계수를 위한 자동화 시스템 개발

강대화<sup>a</sup>, 홍준희<sup>b\*</sup>, 곽양양<sup>b</sup>, 이혁원<sup>a</sup>

## Study on Development of Automation System for Non-Contact Counting of ID Card

Dae-Hwa Kang<sup>a</sup>, Jun-Hee Hong<sup>b\*</sup>, Yang-Yang Guo<sup>b</sup>, Hyok-Won Lee<sup>a</sup><sup>a</sup> Korea Minting, Security Printing & ID Card Operating Corp., Republic of Korea<sup>b</sup> Dept. of Mechanical Engineering, Graduate School, Chungnam National University, Republic of Korea

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received	8	April	2013
Revised	2	August	2013
Accepted	2	August	2013

## Keywords:

ID Card  
Optical Fiber Displacement Sensor  
Non-Contact Counting

## ABSTRACT

In this study, we developed a counting method for non-contact ID cards using an optical fiber displacement sensor instead of the traditionally used friction counting method. The proposed method has the advantage of high speed and automated measurement. For counting non-contact ID cards, an H-type optical fiber sensor, jig part, and counting program are developed separately to build the system and adjust it. Through the experimental test results, it was confirmed that counting is possible with one type of international ID card and one type of financial security card based on ISO7810. Furthermore, by applying the proposed method to 100 ID cards 100 times repeatedly, it was confirmed that it has high accuracy and an error ratio of 0%. We experimentally demonstrated that the proposed counting method for non-contact ID cards using an optical fiber displacement sensor can perform measurements with high accuracy and high speed.

## 1. 서론

일반인 및 공직자의 신분 확인을 위해 발행하는 ID카드<sup>[1]</sup>는 미군이 가지 내에 출입하는 군 관계자에 휴대를 의무화시켜 출입구에서 본인임을 확인하기 위한 사진첨부 증명서로 처음 사용되었으며, 현재 전 세계 국가 신분증은 대부분이 플라스틱 형태의 카드로 발급되고 있다.

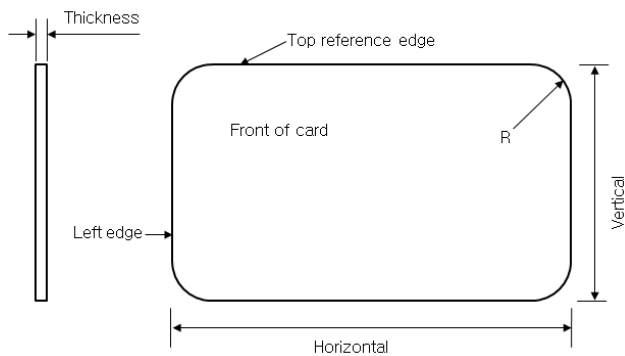
우리나라는 대표 ID카드인 주민등록증을 발급하고 있고, 이 외에도 외국인등록증, 전자공무원증, 운전면허증, 복지카드 등이 제조·발급되고 있다<sup>[2]</sup>. ID카드 외에도 금융보안카드, 신용카드, 주유카드, 놀이공원카드 등 다양한 카드가 사용되고 있다. 대부분의 ID카드는 한국조폐공사에서 제조하는데 생산과정에서 공정 간 필수적으

로 계수 공정을 통과해야 한다. 사람 개개인의 신분을 증명하는 수단인 ID카드가 계수의 실수로 더 많이 또는 적게 발급된다면, 심각한 사회 문제로 떠오를 수 있다. 실제로 주민등록증을 관리하는 각 동사무소 등은 수많은 주민등록증을 손을 이용하여 수작업으로 계수하고 있으며 이는 계수 사고의 잠재적 요인이 되고 있다. 기존 카드 계수기는 검색에 의하면 기계식 카드 계수기로서 투입부에 카드를 넣으면, 카드가 유입식 롤러에 의해 투입되어 계수되고 배출부에 카드가 쌓이면서 적재되는 방식의 계수기가 있다. 또한, 일반 카드 제조사 등에서 현재 사용하고 있는 핸드타입 계수기는 계수기를 손으로 잡고 카드에 접촉하면서 밀어 측정하는 방식으로 계수가 이루어진다. 이러한 방식은 카드 표면을 마찰하거나, 접촉하므로 카드 표면이 손상되어 카드 수명을 단축시키거나 외관상

\* Corresponding author. Tel.: +82-42-821-5642

Fax: +82-42-822-5642

E-mail address: hongjh@cnu.ac.kr (Jun-hee Hong).



Dimensions	Horizontal		Vertical		Round		Thickness	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Size	85.72	85.47	54.03	53.92	3.48	2.88	0.84	0.68

Fig. 1 ID-1 Card size dimensions (ISO7810)

좋지 않을 수 있다. 이에 본 논문은 비접촉식 자동화 시스템에 의한 ID카드 계수 방법을 제안하며 이를 위해 광섬유 변위센서를 응용하였다.

ID카드의 규격은 국제 표준인 ISO7810에 정의되어 있으며 Fig. 1과 같고 국내의 ID카드도 이 규격을 준용해 제조하고 있다.

## 2. 비접촉 ID카드 계수 모델링

Fig. 2는 본 연구에 적용한 비접촉 광학식 ID카드 계수 원리를 2차원으로 모델링한 것이다. 투광섬유를 통해 조사된 빛이 카드 표면에서 반사되어 투광섬유와 나란히 배치된 수광 섬유 내부로 일부 입사되는 모습을 2차원적으로 모델링한 것이다. Fig. 2에서 카드와 광섬유 센서 끝단까지의 거리  $D$ 를 일정하게 고정하면 카드의 표면 형상에 따라 빛이 반사되는 광속이 변화한다.

즉 Fig. 2의 카드와 카드 경계면에서 발생하는  $\Delta D$  만큼의 광속 변화가 조도 분포를  $\Delta r_r$ 로 변화시켜 결국  $\Delta A$ 로 입사하여 출력 파형을 그리게 된다. 여기서  $\Delta r_r$ 는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\Delta r_r = r_c + (2D + \Delta D) \tan \alpha \quad (1)$$

이 때의 광속은

$$E_r = \frac{r_c^2}{(r_r + \Delta r_r)^2} E_t \quad (2)$$

결과적으로 수광 섬유 입사 광속  $\phi_r$ 은 Fig. 3에 도식된 바와 같이 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

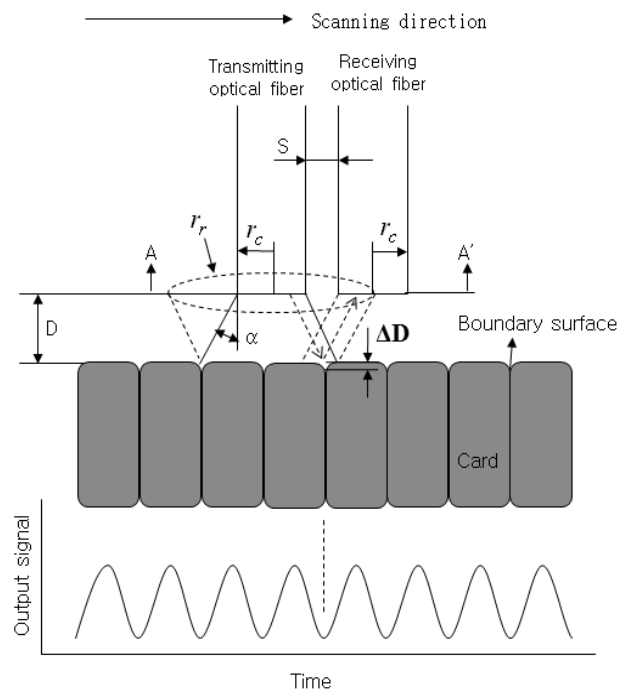


Fig. 2 The model of id card counting by using optical fiber displacement sensor

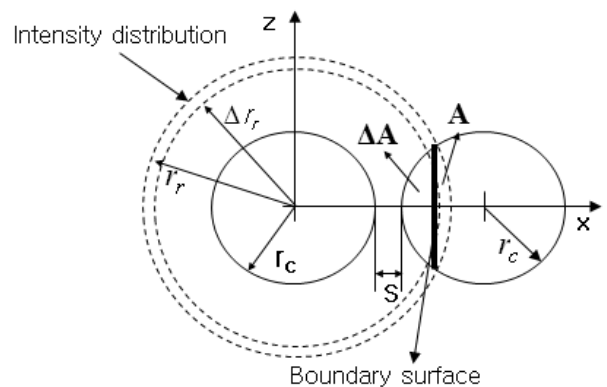


Fig. 3 Light distribution of transmitting and receiving optical fiber probe end section

$$\phi_r = (A + \Delta A) E_r \quad (3)$$

이 모델은 광 강도 변조 방식<sup>[3-4]</sup>에서 변위를 고정하고 카드의 수와 광속의 변화를 대응시키는 방법이다. Fig. 3에 도식된 바와 같이 광섬유 센서를 이용한 ID카드 계수는 교차 영역에 카드의 경계면이 스캔되면서 신호 파형으로 출력되는 것이다.

### 3. 광섬유 변위 센서 제작 및 성능 평가

Fig. 4는 본 연구에 사용된 플라스틱 광섬유로 투광섬유와 수광 섬유 하나씩으로 구성된 평행형 광섬유 프로브의 단면 형상을 나타낸다. 플라스틱 광섬유는 근거리 광전송 분야에서 폭넓게 응용되고 있으며<sup>[5]</sup>, 개구수 NA (Numerical Aperture)가 높아서 접속 효율이 좋다. 광섬유 입력 끝단이 공기라고 할 때 플라스틱 광섬유의 개구수는 다음과 같다.

$$NA = \text{Sin}\alpha_o = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (4)$$

여기서  $\alpha_o$ 는 광섬유의 수광 허용각,  $n_1, n_2$ 는 각각 코어와 클래드의 굴절률을 나타낸다<sup>[6]</sup>.

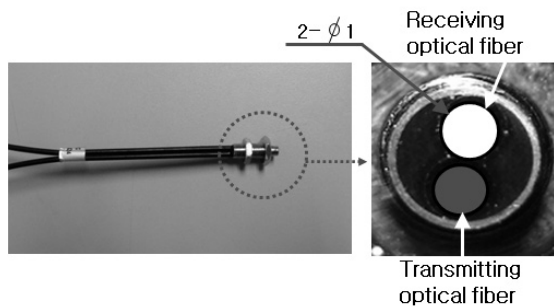


Fig. 4 Optical fiber displacement sensor probe

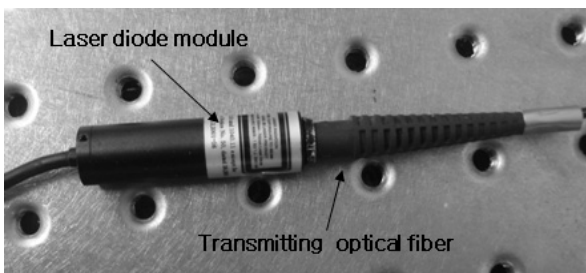


Fig. 5 Light emitting part of optical fiber displacement sensor

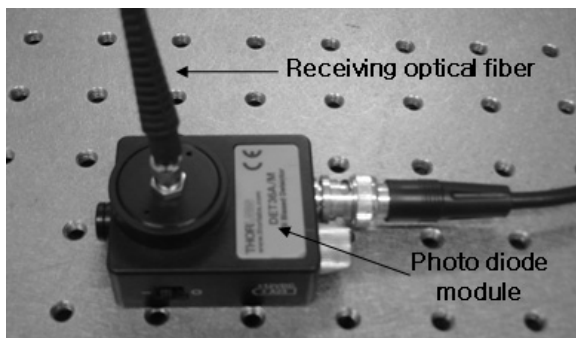


Fig. 6 Light receiving part of optical fiber displacement sensor

Fig. 4에서 보여주듯이 본 연구에 사용한 광섬유 센서 프로브는 매우 간단한 구조를 하고 있다. 직경 1 mm의 플라스틱 광섬유로 Autronics Corp.의 FD 620-10를 사용하였다.

Fig. 5는 발광부로서 투광섬유(코어 직경 1 mm), 광섬유홀더, 레이저다이오드 모듈(Lanics Co. Ltd LM-6505NG)로 구성되어 있다. 레이저다이오드 모듈은 레이저다이오드와 드라이버가 일체화된 것으로 파장 650 nm 광출력 5 mw의 레이저를 방출한다. 레이저다이오드의 광출력은 구동전류에 민감하게 반응하기 때문에 안정적으로 전류를 공급해 줄 필요가 있는데 드라이버 내에는 ACC (Auto Current Control)회로가 있어 레이저다이오드로 안정한 전류를 공급할 수 있다.

발광부는 구조상 광 손실에 가장 큰 영향을 미친다. 레이저 다이오드와 광섬유는 광 손실을 줄이기 위하여 레이저 다이오드 모듈과 광섬유홀더를 나사 체결로 고정하여 레이저 다이오드와 광섬유가 섬유의 흔들림이나 외력에 영향을 적게 받을 수 있도록 제작되었다. Fig. 6은 수광부로서 포토다이오드를 사용하였으며, THORLABS INC.의 DET B36/A/M을 적용하였다. 이 포토다이오드는 13 mm<sup>2</sup> (3.6×3.6 mm)의 수광 면적을 가지고 있으며 400~1,100 nm 범위의 파장에 대하여 측정이 가능하다<sup>[7]</sup>. 본 연구에 사용된 광섬유 변위 센서 Fig. 7과 같은 선형성을 나타내고 있다

센서의 선형성을 알기 위해 선형 회귀 곡선식을 구하였으며 다음과 같다.

$$Y = -1.57691 + 7.29X \quad (5)$$

이를 근거로 센서의 선형성은 2.54% FSO으로 평가되었으며 5% 미만이면 상당히 좋은 성능을 발휘한다고 평가할 수 있으므로 편차 2.54%는 매우 신뢰성이 있다.

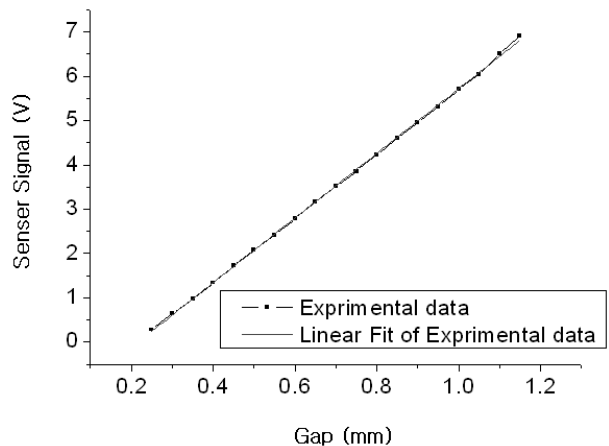


Fig. 7 Linearity of optical fiber sensor

#### 4. 기구부 설계 및 제작

Fig. 8은 프로엔지니어(pro-engineer) 모델링 프로그램을 이용하여 3차원 형상으로 구현한 기구부를 보여주고 있다. 카드의 수량에 따라 유동적으로 적용할 수 있도록 조절 나사를 사용하여 적재된 카드가 쉽게 정렬될 수 있도록 설계하였다. 그리고 카드 위쪽으로 센서를 위치시켜 지그가 움직이면서 센싱 될 수 있도록 설계, 제작하였다.

Fig. 9는 입력받은 신호를 분석하여 계수하는 알고리즘을 도식화 한 것이다. 샘플링에 의해 입력되는 각 이산 신호의 최고 피크값을 기준으로 전·후 신호의 크기 변화를 비교하여 식 (6)을 만족하면 1개씩 카운트 되는 알고리즘이다.

$$(A[i+2] < A[i+1]) (A[i+1] > A[i]) = 1 \text{ Count} \quad (6)$$

자동화를 위해 카드 표면에서 전달되는 출력 파형을 분석하여 실시간으로 계수할 수 있는 프로그램을 개발하였고 Fig. 10과 같다.

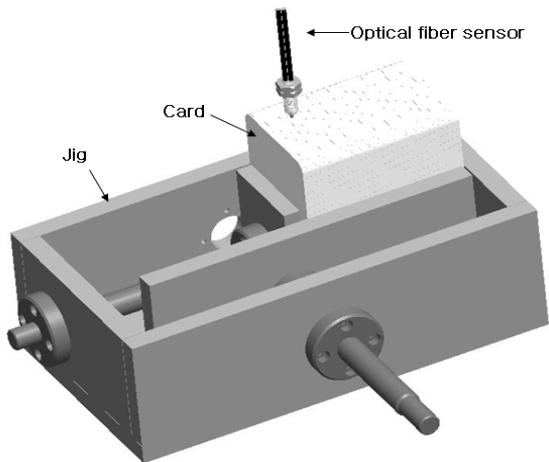


Fig. 8 Modeling of experimental jig for ID card counting

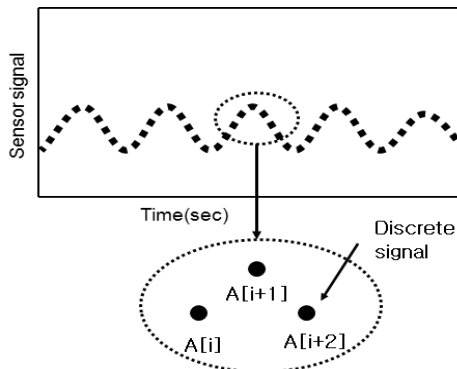


Fig. 9 Algorithm of ID card counting system

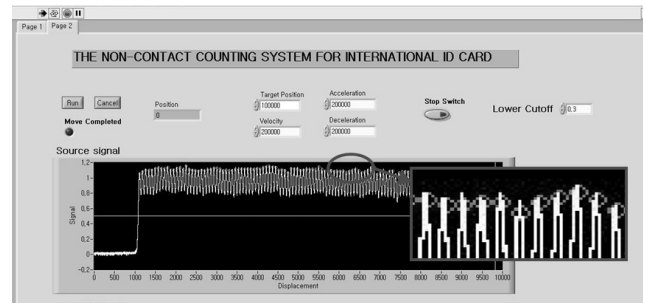


Fig. 10 Developed counting program for international ID card

입력된 신호 분석을 위해 National Instruments사의 Labview 신호 측정 소프트웨어를 사용 하였다. 레이저 다이오드에서 발생한 빛은 투광섬유, 카드표면, 수광섬유, A/D 변환기를 통해 전기적인 신호로 계수 프로그램으로 입력된다. 입력된 신호는 저역통과필터 (low pass filter)를 통해 필터링 되고 최종 필터링된 신호를 분석하여 계수할 수 있게 프로그래밍 하였다.

#### 5. 시스템 구성

제작된 광섬유 센서, 클램핑 장치, 계수 프로그램 등을 조합하여 ID카드 계수 시스템을 구성하였고 Fig. 11에서 보여주고 있다. 광섬유 변위 센서는 고정시키고, 제작된 지그에 카드를 적재하고, 스테이지를 구동시켜 카드 표면을 스캐닝 하여 비접촉으로 계수하는 시스템이다. Fig. 12는 시스템 흐름을 나타낸 블록다이어그램이다.

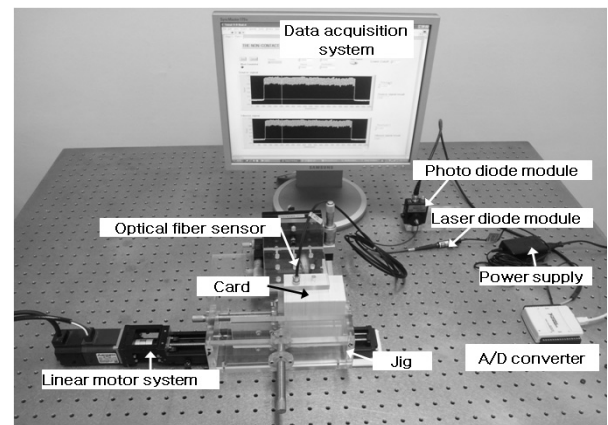


Fig. 11 Counting system for ID card

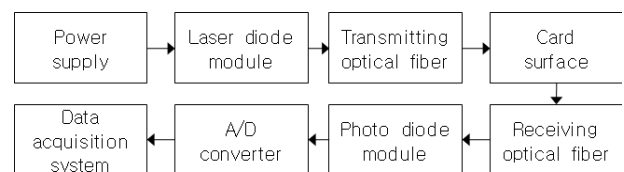


Fig. 12 Block diagram of the counting system for ID card

## 6. 실험 결과 및 고찰

### 6.1 실험 조건

Fig. 13은 비접촉 ID카드 계수를 위한 실험 장치를 보여주고 있다. ID카드 계수 실험에 적용한 시험품은 1장 서론에서 기술한 ISO7810에 정의되어 있는 규격의 ID카드 100장과, 금융거래 시 사용하는 금융보안카드 50장을 선정하였다. 금융보안카드의 경우 ISO7810에서 규정하고 있는 규격과 가로, 세로는 동일하지만 두께는 0.4 mm로 규격 차이가 있다. 실험 조건은 기초 실험 결과를 토대로 카드 표면과 광섬유 끝단면까지의 거리 즉 air gap은 0.6 mm, 스캐닝 속도는 10.64 mm/sec로 설정하였다. XYZ스테이지에 광섬유 변위 센서를 고정시키고 제작된 카드 적재 장치에 카드 100장을 적재 장치를 이동시키는 시스템이다. 이때 적재장치의 이동은 LM시스템을 적용하였다.

### 6.2 자동화 계수 실험 결과

Fig. 14는 ID카드 및 금융보안카드의 광학식 계수 실험 결과이다. 정확하게 100장과 50장이 계수되었음을 확인 하였다.

본 연구에 적용된 LM시스템의 속도 한계로 10.64 mm/sec로

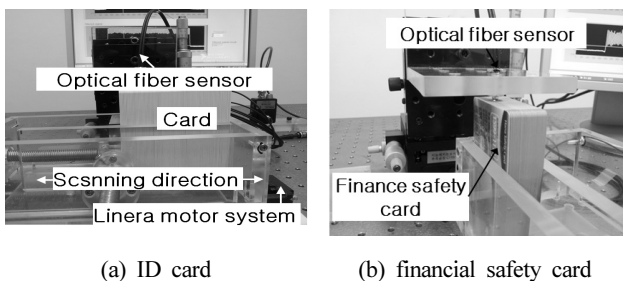


Fig. 13 Experimental set up for non-contact counting of ID card and financial safety card

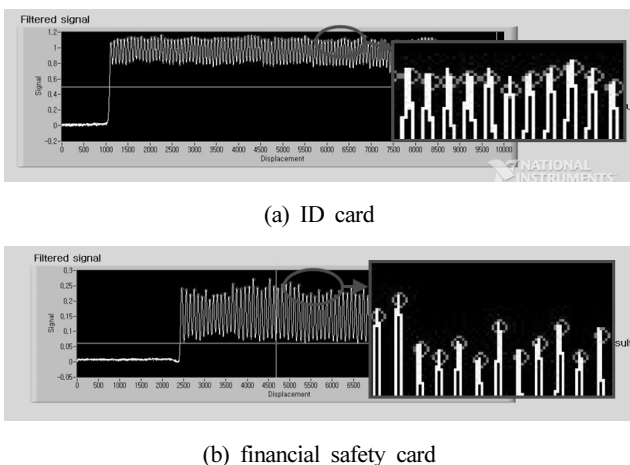


Fig. 14 Experimental result of ID card and financial safety card

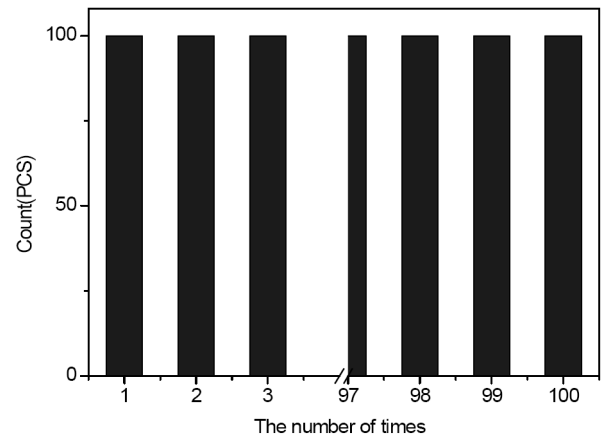


Fig. 15 Repeatability

실험을 하였지만, 이것은 더욱 빠른 스테이지를 적용함으로써 해결이 가능하다. 따라서 자동화를 실현하는 생산라인에 도입하면 고속으로 카드 계수가 가능함으로 생산 효율성을 제고할 수 있을 것으로 사료된다.

### 6.3 반복성 실험 결과

Fig. 15에서 제작된 ID카드 계수 시스템의 반복성 실험 결과를 보여주고 있다. 100장의 카드를 우향과 좌향 각각 50회 스캐닝 하여 계수 프로그램에 적용한 결과 에러율이 0 (Zero) 였다. 따라서 본 연구에서 제안한 광섬유 변위센서는 ID카드 계수 장치로서 매우 유용함을 확인하였으며, 고정확도를 요하는 곳에 자동 ID카드 계수시스템 도입이 가능하다고 판단된다.

## 7. 결론

본 연구는 평행형 광섬유 변위센서와 기구부, 계수 프로그램을 설계, 제작하여 비접촉식 자동 ID카드 계수 시스템을 구성하였고, 자동 ID카드 계수에 적용하였다. 적용 결과 ID카드 계수가 가능함을 확인하였다. 구체적으로 카드표면과 광섬유 센서의 공극, 스캔 속도 등에 따른 변위 응답 특성을 알아보고 이를 배경으로 광학식 비접촉 카드 계수 원리를 정립하였다. 그리고 개발된 계수시스템에 대한 반복 실험을 통하여 신뢰성을 검증하고 유용함을 확인하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째 본 논문에 적용한 LM시스템의 최대 이송 속도는 10.64 mm/sec였으나 보다 고속의 LM시스템 적용으로 측정 속도 향상이 가능하며, 둘째 ID카드 100장과 금융보안카드 50장에 대해 반복성 실험 결과 에러율 0%로 고정확성을 가지고 있음을 확인하였다. 따라서 ISO7810의 정의된 규격의 국제 ID카드와 상용 금융보안카드의 계수가 가능함을 실험 결과를 통해 확인하였다.

## References

- [1] Tak, S. H., 2004, Let's Smart Card, Sungandang, Republic of Korea.
- [2] Korea Minting Security Printing & ID Card Operating Corp, n.d., viewed 11 March 2013, <[http://www.komsco.com/contents/business/05/business\\_0200.do](http://www.komsco.com/contents/business/05/business_0200.do)>.
- [3] Hong, J. H., Shin, W. C., 2006, Design Model of Intensity Modulation Type Displacement Sensor Using Step-index Multimode Optical Fiber, *Journal of the Optical Society of Korea*, 17:6 500-506.
- [4] Lee, K. S., Hong, J. H., Shin, W. C., 2005, Development of Optical Fiber Displacement Sensor for Non-contact Vibration Measurement in the High Speed Rotation System, *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 22:8 50-56.
- [5] Kang, D. H., Hong, J. H., 2012, A Study about the Discrimination of Counterfeit ₩50,000 Bills Using Optical Fiber Sensor, *Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, 21:1 15-20.
- [6] Kjell, J. G., 1995, *Optical Metrology*, John Wiley & Sons, New York.
- [7] Kang, D. H., 2012, A Study on the Development of Integration System for Non-contact Counting and Counterfeit Discrimination of International Security Products, A Thesis for a Doctorate, Chungnam National University, Republic of Korea.