

# 원단 변사 감지를 위한 비접촉식 원단 변사 검출 센서 개발

## Developing the Non-contact Detection Sensor for sensing Fiber Selvage

이 대 희\*<sup>★</sup>, 이 재 용\*

Dae-Hee Lee\*<sup>★</sup>, Jae-Yong Lee\*

### Abstract

Generally, fix the end of the fabric to pin with the fabric tenter process. At this time, the pin fixing part of the fiber fabric bulges and deforms. The deformation of the textile causes deterioration of the quality of the textile product. Detection of fiber fabric selvage portion is always required in the processing of the fabric. This research is a non-contact sensor for sensing fiber selvage. In this study, Developed a non-contact fabric selvage detecting sensor for use in automatic selvage cutting system. For the production of the fabric selvage detecting sensor prototype it was produced by placing thirty two sensor 2.5 mm interval. The selvage sensor system experimentally confirmed that actual selvage detection is possible.

### 요 약

일반적으로 원단 후가공시 원단의 가장자리를 핀으로 고정하게 되는데, 이때 원단의 고정 부분의 흠집으로 인해 감긴 원단의 포장 보관 시 변사부분이 부풀어 올라 전체적으로 원단의 변형이 발생한다. 원단의 변형 및 손상은 섬유제품의 품질 저하로 이어지기 때문에 원단 변사부분의 검출은 원단 마무리 가공에서 반드시 필요하다. 본 연구에서는 원단제조시 제품의 품질을 좌우하는 자동 변사 커팅(auto selvage cutting)시스템에 사용하는 비접촉식 변사검출 센서를 연구하였다. 이를 위해 32개의 센서를 2.5mm 간격으로 배열하여 감지하는 센서시스템을 개발하였고 이 변사검출센서 시스템으로 실제 변사 검출이 가능한 것을 실험으로 확인 하였다.

*Key words* : Textile detecting sensor, Selvage, Non-contact sensors, Selvage cutting, Auto tracking

\*Mechatronics Team, Korea Textile Machinery Research Institute

★ Corresponding author

Email : [dhlee@kotmi.re.kr](mailto:dhlee@kotmi.re.kr), Tel : 053-819-3169

Manuscript received Dec. 5, 2016; revised Dec. 13, 2016; accepted Dec. 23, 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

현재 국내에서 생산되는 원단은 고품질, 고가격의 원단이 주류를 이루고 있으나, 현재 기술은 텐터기의 변사 커팅을 위해 산업용 일반 커팅기를 사용하여 작업하고 있다. 고품질 원단의 변사를 검출하고 정확하게 추종 커팅하여 원단의 고급화를 이루기 위해서는 원단용 자동 추종 커팅기가 필요하고 원단 변사를 정밀하게 검출하는 변사 검출센서 개발이 필요하다. 본 연구에서는 원단의 변사 부분만 센싱하고 측정값을 표시하는 검출센서 제작과 원단 변사 센싱 실험을 하였다.

II. 본론

1. 변사 검출센서 개발

가. 32개의 투·수광 센서로 구성된 변사 검출 센서

개발한 변사 검출센서는 32개의 투수광 센서로 구성되어 있으며 개발 센서구조는 Fig. 1과 같이 발광부의 빛을 확산하여 수광센서 전체에 균등한 빛이 조사되도록 개발 하였다. 수광 및 발광 센서는 위치에 따라 센싱 분해능에 차이가 있으므로 ㄷ자 모양 형태의 일체형으로 개발하여 수광 및 발광부의 센싱 분해능을 최적화 하는 기구 모양으로 개발 하였다.

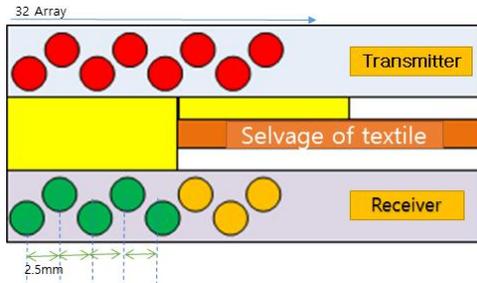


Fig. 1 Receiving and emitting unit design  
그림 1. 변사 검출을 위한 수광 및 발광부 설계

(1) 변사검출센서 회로설계

Fig. 2와 Fig. 3은 수광신호 센서 최대 증폭을 위해 아날로그 멀티플렉스를 통하여 증폭단 신호를 전달하도록 설계하고 신호를 전달받은 아날로그 멀티플렉스는 개별 신호를 선택 증폭하여 MCU에 전달하도록 설계 하였다.[1][2]

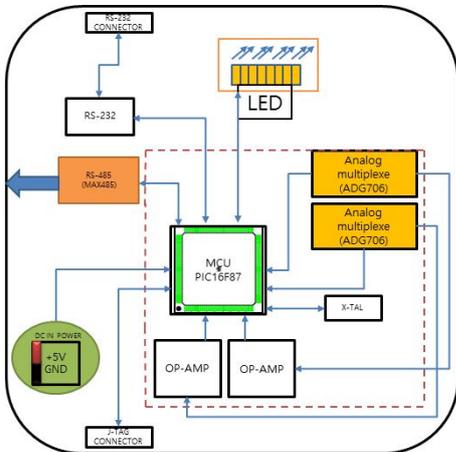


Fig. 2 Sensor circuit block diagram  
그림 2 변사 검출 센싱을 위한 제어회로 블럭도

(2) 투광 및 수광센서 신호 증폭 설계

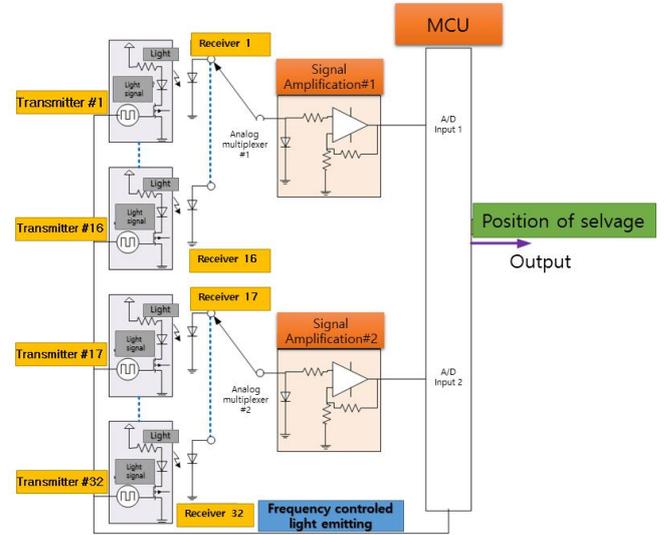


Fig. 3 Sensor signal amplifier design  
그림 3. 투광 및 수광센서 신호 증폭 설계

(3) 프로그램 설계

수광부로부터 증폭부를 통해 증폭/정류된 깨끗한 Analog 신호는 MCU의 AD Converter에서 제어 신호와 비교 분석하여 Digital신호로 변환된다. 각각의 Analog신호를 신호의 세기에 따라 5단계의 Digital 신호로 분할함으로써 0.5mm 단위로 원단의 위치를 분석한다.

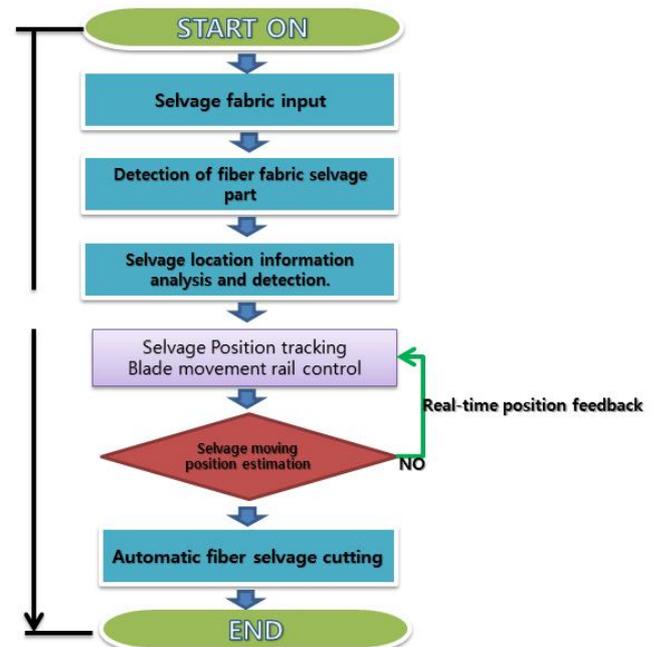


Fig. 4 Sensor operation Program flowchart  
그림 4. 센서동작 프로그램 순서도

## 2. 원단용 변사 검출센서 제작 및 실험

### 가. 변사 검출센서 제작

#### (1)센서 수발광부 및 제어신호처리 보드제작

Fig.5와 같이 센서 수발광부 제어보드를 제작 하였다. 적외선광원을 감지하는 수광부는 정확한 위치 검출을 위하여 32개의 수광 센서가 16개씩 2Part로 구분(RH, LH)되어있으며, MCU의 발광주파수 제어신호를 받은 2개의 Multiplexer가 각각 1~16, 17~32의 Analog수광 신호 2개를 순차적으로 증폭단으로 보내어 준다.

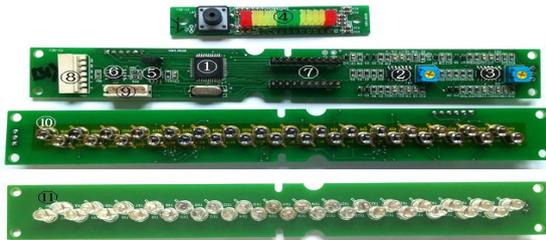


Fig. 5 Receiving and emitting unit design  
그림 5. 변사 검출을 위한 수광 및 발광부 설계

#### (2)최적 센싱을 위한 외함 제작

변사 검출 센서는 32개의 센서를 케이스에 넣어 ㄷ자 모양으로 Fig. 6과 같이 제작 하여 원단이 통과하면서 센싱 가능하도록 제작 하였다. 센서 외함은 가벼우면서 부식에 강하고 가공이 수월한 AL(알루미늄) 재료를 적용하였으며, 그 형상은 ‘ㄷ’자형으로 케이스 제작하고 내측 상부에는 수광소자가 하부에는 발광소자가 1:1로 마주 보는 구조로 정렬될 수 있도록 설계하였다. 발광소자와 수광소자의 거리는 50mm를 유지할 수 있도록 설계 되어 있다.

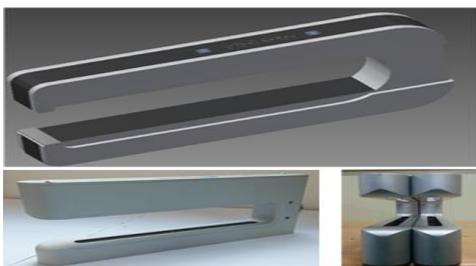


Fig. 6 Receiving and emitting sensor unit case design  
그림 6. 변사검출 센서 케이스 설계 제작

### 나. 변사검출센서 성능평가장치 제작 및 성능평가

#### (1) 변사검출센서용 성능평가장치 제작

변사 검출 센서 센싱 성능을 검증하기 위해 변사 측정 센서 시뮬레이터를 Fig. 7과 같이 제작 하였다. 변사 검출 센서의 성능 평가시 롤러에 감긴 원단을 일정한 속도 및 회전수를 가변하여 실험할 필요가 있으며 롤러에 감긴 원단이 저속에서 동작할 경우에 변사 검출 센서의 센싱 성능을 시험하기 위해 144pulse/rev(18bit)의 고분해능 엔코더 및 최대 회전속도는 6000r/min으로 고정밀 운전이 가능하도록 설계 하였다.



Fig. 7 Performance evaluation device of fiber selvage sensor  
그림 7. 변사검출센서 성능평가장치

#### (2) 원단 특성에 따른 수·발광부 센서 분해능 시험

텐터기 변사 검출 센서 개발을 위하여, 최우선으로 진행되어야 하는 것은 수발광소자들의 선정이다. 우수한 특성을 지닌 변사 검출 센서를 구현하기 위하여서는 다음과 같은 특성을 지녀야 한다.[2][3]

발광소자는 좁은 파장대의 단색광 발광과 빛의 굴절 및 회절이 작고 직진성이 강하여 발생된 빛의 손실 없어야 하며 용이한 광 출력제어와 빠른 응답 특성을 가져야 한다. 수광소자는 특정 파장별 빛을 선택적으로 선별하여 받아들일 수 있는 우수한 분광감도와 암전류가 낮아 매우 미약한 광신호도 검출할 수 있는 높은 Detect 능력(고감도 특성)을 가져야 한다.[4] 이와 함께, 광신호 입력제어 처리가 가능한 빠른 응답 특성도 가져야 한다. 선정된 수발광소자로 최상의 검출능력을 설정하기 위하여 발광부와 수광부의 주파수 특성을 실험하였다. 두 소자(LED)는 5cm의 간격을 두고

발광용 LED에 10KHz부터 100MHz 로 주파수 가변시의 변화특성과, 발광부의 Duty값 변화에 따른 수광 파형의 변화를 Oscilloscope로 확인하는 방법으로 진행하였다.

Fig. 8의 실험 결과, 수광 특성은, 발광부의 주파수 변화 보다는 Duty rate의 변화와 더 밀접한 관계가 있는 것을 알 수 있었다. 특히, Duty의 증가에 따라 수광 신호의 Noise 변화(증가) 현상이 두드러지는 것을 알 수가 있었다.

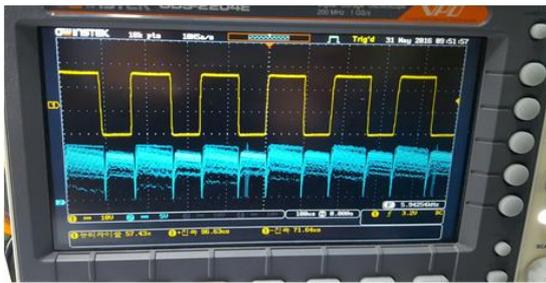


Fig. 8 Receiving and emitting sensor waveform  
그림 8. 발광파형(노랑,Duty 70%) & 수광파형(파랑,Noise 60%)

위와 같은 방법으로 텐터기용 변사 검출 센서를 개발하기 위하여 필요한 기본적인 소자와 검출파형 선정을 완료 하였으며, 원단 특성에 따른 검출력 수준시험을 그림 과같이 시험 하였다. 시험에 사용한 원단은 면직 2종, 실크직 2종, 폴리 8종이며[5], 시료에 따라 광택 유무의 차이가 존재 한다. 표 1의 시험결과는 변사 검출 센서에 준비된 원단 시료를 삽입하고 센싱 후 제어 박스에 표시 되는 Level과 역산한 투과율 값과 비교하는 방식으로 진행하였다. 실제 센서의 투과율을 보기위해 16단계의 명암비 Sheet와 원단을 함께 스캔하여 명암비 Level이 인식되는 수치를 역산하여 Data를 산출 하였다. 표 1에서 센싱데이터는 원단의 끝부분을 기준으로 변사가 튀어나온 부분인 좌측 (-)방향의 길이측정 센싱 데이터를 보여준다. 표 1의에서 원단의 역산한 투과율이 60% 이상일 경우에는 투수광형 검출센서의 특성상 검출력이 낮아짐을 알 수가 있었으며 70%이상일 경우 급격히 낮아짐을 보였다. 특이점으로는 강한 광택원단에 투과율이 약 68%정도 되어도 센싱이 가능하였으며 약한 광택 원단에 주름이 있을 경우, 투과율이 높아도 검출력을 유지하고 있으며음을 알 수가 있었다. 원단 특성에 따른 센싱 실험결과 Poly 및 Silk, Cotton원단과 주름진 광택소재원단도 투과율이 70%이하이면 센싱 가능한 것을 확인 하였다.

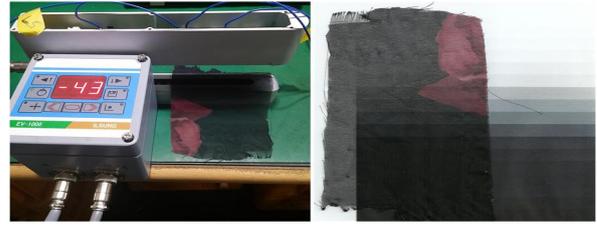


Fig. 9 Sensor detection characteristic test of fiber fabric  
그림 9. 원단특성에 따른 검출특성 시험(좌:sensing data, 우:명암비 sheet 비교)

Table 1. Sensing test result according to the characteristics of fiber fabric

표 1. 원단 특성에 따른 원단 검출 시험 결과

No.	Transmissivity (%)	Sensing Data (mm)	Type	Luster	Color	Surface
1	75	-66	Poly	Weak	White	Flat
2	65.625	-43	Poly	None	Black	Flat
3	68.75	-31	cotton	None	Black	Flat
4	68.75	-31	Poly	Weak	Maroon	Flat-wave
5	62.5	-30	Poly	None	White	Flat
6	62.5	-28	cotton	None	Dark Brown	Flat
7	62.5	-28	Poly	None	Yellow	Flat
8	68.75	-27	Poly	None	Black	Flat
9	65.625	-26	Poly	Strong	Gray	Flat
10	68.75	-26	Poly	Weak	Light Brown	Flat
11	62.5	-19	Silk	Weak	Gray	Wave
12	12.5	0	Poly	Weak	Black	Wave

다. 변사 검출센서 시뮬레이터 장착 성능실험

(1) 원단 변사 센싱 실험

원단 변사부분을 Fig. 10에서처럼 표시후 100 mm/sec의 속도로 회전을 하면서 변사 검출 센서 가능 여부를 시험하였다. 직관적으로 변사 검출을 표출하도록 LED ON/OFF를 통해 정확한 지점에서 변사가 센싱되는 것을 확인 하였다. 원단 색상은 흰색에서도 반사가 없이 센싱이 되는 것을 확인 하였다.



Fig. 10 Selvage sensing test  
그림 10. 변사 검출 실험

(2) 변사검출센서 측정 정확도 실험

변사 검출센서의 원단 변사부 검출 감지 범위를 측정하기 위하여 Fig. 11과 같이 원단의 변사 검출 지점을 측정 하였다. 원단이 감긴 롤이 일정한 속도 600mm/sec ~ 700mm/sec로 변화 하면서 변사검출센서에 부착된 0.5mm단위 눈금의 자와 변사검출센서 LED 감지 표시창과 직선이 되게 비교 하였다. 원단 변사 검출 능력은 원단에서 변사부까지 0.3mm까지 가능한 것으로 측정 되었다.

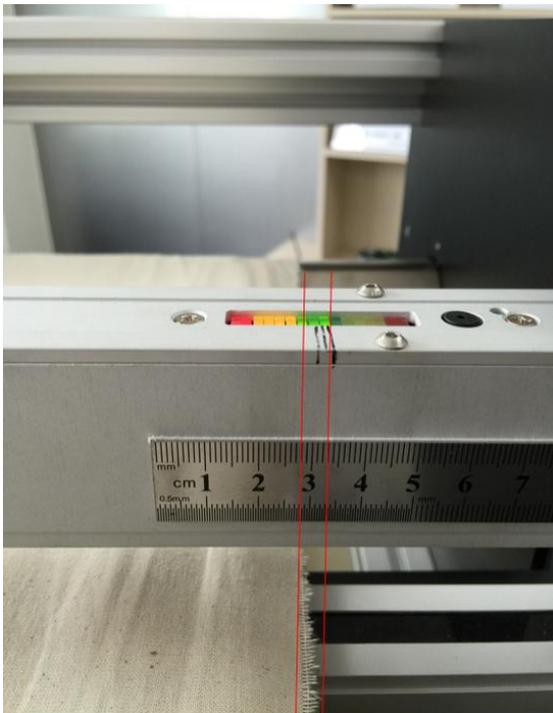


Fig. 11 Selvage sensing test  
그림 11. 변사 검출 실험

III 결론

본 연구로 개발한 변사위치 검출 센서는 비접촉식으로 32개 투수광 센서만을 사용하여 부품 가격을 낮추었다. 또한 밝은색 원단에서 센서 빛 반사 없이 정확한 변사 검출이 가능하였다. 향후 원단 변사 자동 추종 컷팅기 시스템에 적용하여 원단 변사 감지 센서로 활용 가능할 것이다.

References

[1] K. Lynch, *Embedded Computing and*

*Mechatronics with the PIC32 Microcontroller*, Elsevier, 2015.

[2] P. Naidu, *Sensor Array Signal Processing (2nd Edition)*, CRC Press, 2009.

[3] S. Solomon, *Sensors Handbook (2nd Edition)*, McGraw-Hill, 2009.

[4] K. Kalantar-zadeh, *Sensors: An Introductory Course*, Springer, 2012.

[5] A. Horrocks and S. Anand, *Handbook of Technical Textiles (2nd Edition)*, Elsevier, 2016.

BIOGRAPHY

Dae-Hee Lee (Member)



2007 : BS degree in Electronic Engineering, Kumoh National Institute of Technology.  
2010 : MS degree in Electricity and Electronic Engineering

2007~2011 : Research Engineer, Center for Embedded Software Technology.

2011~Current : Associate Researcher, Korea Textile Machinery Research Institute.

Jae-Yong Lee (Member)



1998 : MS degree in Mechanical Engineering, Yeungnam University.  
2010 : PhD degree in Mechanical Engineering, Yeungnam University.

1998~2001: full-time professor, Yanbian University of Science & Technology.

2001~2003 : Research engineer, Institute of Industrial Technology Yeungnam University.

2003~2006 : Department Manager, Technology Research Information Center.

2006~2007 : Research engineer, Gumi electronics information technology research institute.

2010~Current : Team Manager, Korea Textile Machinery Research Institute.