

<응용논문>

DOI <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-A.2014.38.10.1085>

ISSN 1226-4873(Print)  
2288-5226(Online)

## 광센서를 이용한 로터리 보빈용 단채널 밀실 감지기 개발에 관한 연구<sup>§</sup>

정용섭\* · 조장현\* · 변지수\*\*

\* 경북대학교 기계공학부

### Development of Single-Channel Thread Sensor for Rotary Bobbin by Optical Sensing

Yong-Sub Jung\*, Janghyun Cho\* and Clare Chisu Byeon\*\*

\* School of Mechanical Engineering, Kyungpook Nat'l Univ.

(Received February 20, 2014 ; Revised July 20, 2014 ; Accepted July 21, 2014)

**Key Words:** Optical Sensor(광센서), Bobbin Thread(밀실), Single-Channel(단일 채널), Optical-Fiber(광섬유), Quilting Machine(누비기), Embroidery Machine(자수기)

**초록:** 광센서를 이용한 로터리 밀실 감지기를 개발하여 출력 변화에 따른 신호 특성을 분석하였다. 로터리 보빈과 결합되는 광센서 마운트는 ABS(acrylonitrile-butadiene-styrene) resin으로 3D 프린터를 이용하여 형상화하고 로터리 밀실 감지 상태에 따른 출력 변화를 분석하였다. 로터리 밀실 상태에 따라 상대적으로 변화하는 광신호는 충분한 출력신호대비가 관측되어 안정된 제어가 가능하였으며, 이를 통하여 로터리 밀실의 끊김이나 풀림이 효과적이고 신속하게 감지되고 제어되는 방직시스템의 개발이 가능하여 고가원단 손실 감소의 효과를 기대할 수 있다.

**Abstract:** We developed a single-channel thread sensor for a rotary bobbin by optical sensing and analyzed the signal characteristics. A specially designed mount made of ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene) resin that encapsulated an optical sensor was fabricated by using a 3D printer and was attached to the rotary bobbin system. Stable control on a weaving machine was achieved by observing the difference in the output signals of an optical sensor system, which vary significantly according to the states of the thread in the weaving operation. The optical sensor effectively detects an unintentional thread cut and run-out during weaving fast enough to enable prompt stopping of the weaving machine, thereby minimizing the loss of expensive fabrics.

- 기호설명 -

#### 1. 서론

- $b$  : Slit의 가로 길이 (mm)
- $h$  : Slit의 세로 길이 (mm)
- $h_n$  : 밀실의 두께 ( $\mu\text{m}$ )
- $\theta$  : 밀실의 최대 경사각 ( $45^\circ$ )
- $O_d$  : 광신호의 감지

생산자동화 시스템에 있어서 광센서기술은 물체 식별의 중요한 역할을 하고 있으며, 광센싱에 의한 물체식별기술은 반사, 투과, 흡수, 산란 등 다양한 빛의 성질을 이용하여 다양한 응용기기들의 개발에 응용되고 있다. 최근 개발된 광센서 응용시스템의 예를 들자면, 가공된 제품의 불량 관정을 경면물체의 반사성질을 이용하여 자동 검사하는 시스템 개발이 진행되고 있다.<sup>(1)</sup> 또한 소자에 인가되는 자계의 세기(MFI, magnetic field intensity)에 따라 입사되는 선형편광면이 회전하는 Faraday 효과를 이용한

§ 이 논문은 대한기계학회 2013년도 학술대회(2013. 12. 18.-20., 강원랜드) 발표논문임.

† Corresponding Author, [byeon@knu.ac.kr](mailto:byeon@knu.ac.kr)

© 2014 The Korean Society of Mechanical Engineers

광자계센서는 기존의 과전류 계전장치에 광센서를 이용한 시스템이다.<sup>(2)</sup> LNG(liquefied natural gas)배관계의 누설을 실시간으로 감지하기 위한 광섬유시험기(OTDR, optical time domain reflect meter)를 이용한 시스템 개발에 관한 연구도 진행되고 있다.<sup>(3)</sup> 헤테로코어형 광파이버센서는 전송로 역할을 하는 광파이버를 임의의 위치에서 절단하고 그 사이에 전송로보다 작은 직경의 광파이버를 삽입하여 융착한 것으로 각종 환경정보를 모니터링 하는 광네트워크형 멀티환경 모니터링 시스템에 응용되고 있다.<sup>(4)</sup> 하중 및 윈도우 트랩 센싱을 위한 ITS (intelligent transportation system)에 응용되는 차량용 광센서 기술은 차량용 광섬유 센서 FBG(fiber bragg grating)를 이용한 압력센서에 대한 것으로 자동차 각 축의 현가장치에 설치되어 자동차의 하중을 모니터링 함으로써 현가장치의 보정에 이용되는 기술이다.<sup>(5)</sup> 광센서를 이용한 차량용 전자동 선바이저는 햇빛이 운전자의 시야를 방해하지 않도록 마이크로컨트롤러를 이용하여 운전자의 편리성과 안전성을 도모하는 자동화 시스템이다.<sup>(6)</sup> 지능형 미소 비균일체 계수기는 적외선 LED(light emitting diode)를 이용한 광센서를 LBSSA(light beam screen sensor array)에 이용한 것으로 적외선 LED와 LBSSA 사이에 미소물체가 통과할 때 발생하는 광 파동을 검출하는 시스템이다.<sup>(7)</sup> 이와 같이 전기, 전자, 기계, 환경 등 다양한 분야에 광센싱이 응용되고 있으나, 외부환경의 변화에 민감한 특성 때문에 보다 안정적인 센서구조물, 센싱메카니즘 및 광신호처리 알고리즘의 개발이 필수적이다.

분리형 자수봉제기는 바늘 및 부가장치를 봉제기에 사용하여 직물 및 기타 소재에 다양한 무늬를 나타내거나 여러 가지 장식물을 부가하는 자동화 시스템으로, 현재 산업용 방직시스템은 생산성 향상을 위하여 고속, 대면적화 되어 가는 추세이다.<sup>(8)</sup> 가정용 및 산업용 봉제기 등을 중심으로 기존 설비의 운용 편의성, 불량률 감소, 작업편의성, 생산성 향상을 위한 다양한 보조기구들의 개발이 주를 이루고 있다.<sup>(9)</sup> 생산성 향상을 위해 봉제속도 증가에 따른 봉합강도 손실을 연구함으로써, 효율적이며 적절한 직물과 봉사의 조합으로 생산성 향상을 모색하고 있다.<sup>(10)</sup> 또한, 봉제 밀실 감지와 관련한 디자인 및 특허는 밀실 보빈을 투명하게 제작하여 광원부와 수광센서부를 구비하고,<sup>(11,12)</sup> 광원부에서 빛을 밀실이 감긴 보빈으로 조사시켜 잔사가 없으면 회전 가

마의 중심축에 삽입 설치된 수광부 회로가 작동하는 방식과 밀실 권취용 보빈에 반사판을 부착하여 재봉기용 밀실 권취용 보빈 및 자수기용 밀실 권취용 보빈의 회전을 감지하는 방식 등이 있다.<sup>(13)</sup>

그러나 이상과 같은 기존의 방법들은 로터리 보빈용 밀실의 끊어진 상태를 측정하는 것이 목적이 아니고 밀실교체를 위한 밀실의 소진만을 감지하기 때문에 작업 중 원하지 않게 갑자기 밀실이 끊긴 상태에서는 계속 작업을 진행하게 되어 밀실의 율이 빠진 불량제품을 생산하게 되며, 고가의 원사가 사용되는 고급제품의 경우 불량에 의한 고가원단 손실이 발생하게 된다.

본 연구에서는 고가의 원자재의 손실을 미연에 방지할 목적으로 광센서를 이용한 로터리 보빈용 단채널 밀실 감지기<sup>(14)</sup>를 제안하고, 로터리 밀실의 끊김이나 풀림(소진)을 효과적으로 순간 감지하여 방직시스템의 순간적 멈춤 제어신호 출력가능함을 실험을 통하여 증명하고자 한다.

## 2. 광센서 시스템

### 2.1 광센서 시스템

광센서 시스템은 Fig. 1과 같이 봉제기 하단부에 설치되어 밀실의 끊김과 풀림 상태를 감시함으로써, 작업 시 발행할 수 있는 공회전 및 봉제 불량을 사전 차단할 수 있다. 광센서 시스템은 광센서, 신호발생을 위한 광검출기, 밀실 동작을 방해하지 않으면서도 안정되게 센싱이 이루어 질 수 있도록 광센서와 광검출기를 방직기에 부착할 광센서 마운트, 그리고 신호처리를 위한 제어회로 등으로 이루어져 있다.

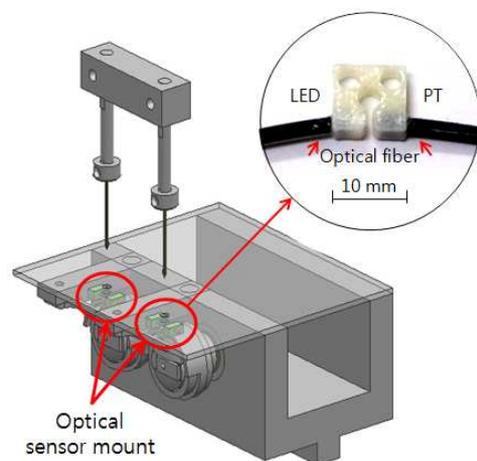


Fig. 1 Optical sensor system

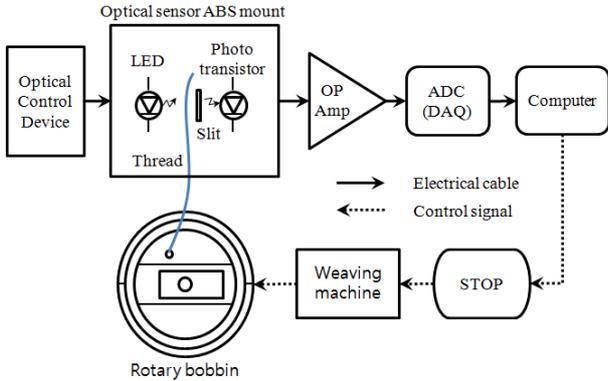


Fig. 2 Structure of the sensor system

2.1.1 측정 원리 및 장치

광센서 시스템의 구성은 밀실을 공급하는 로터리 보빈 시스템, 밀실의 끊김과 풀림(소진) 상태를 검출하는 LED광원 및 광검출기(PT, Phototransistor)와 특수하게 제작된 mount, 밀실의 상태를 측정된 신호를 증폭하는 Operational Amplifier(OP Amp), 증폭된 신호를 컴퓨터 제어기로 전송하는 ADC(analog to digital converter) & DAQ(data acquisition), 밀실의 상태에 따라 봉제 시스템을 제어하는 컴퓨터로 구성되어 있다. 광센서 시스템에 사용된 LED는 직경 3 mm이며, 파장 522 nm의 녹색광을 발생한다. 광검출기로는 넓은 파장대(500 ~ 1050 nm)의 광신호를 변환할 수 있는 수광부 직경 4 mm의 고감도 NPN 실리콘 Phototransistor를 사용하였다.

광센서를 이용하여 밀실의 끊김과 풀림(소진) 상태에 따른 광신호를 측정하기 위하여 Fig. 2와 같이 광센서 시스템의 측정 원리를 표현하였다. LED의 빛이 센서마운트에 부착된 슬릿을 통과하여 조사되고, 이때 밀실이 LED와 슬릿 사이를 통과하며 적당량의 빛 투과량이 감소하게 된다. 슬릿을 통과하는 빛의 양이 광검출기에 의해 전기신호로 전환된다. 변환된 전기신호는 증폭되고 디지털화된 제어신호로 변환되어 밀실이 끊기거나 소진되었을 때 방직기의 멈춤신호로 이용된다.

2.1.2 광센서 마운트 형상화

최소로 예상되는 밀실의 두께 100 μm를 감지하기 위한 광센서 마운트는 Fig. 3과 같이 투과형으로 형상화 하였다.<sup>(15)</sup> 마운트의 한 쪽 끝단에 LED가 장착되며 반대쪽에 광검출기가 장착되고,

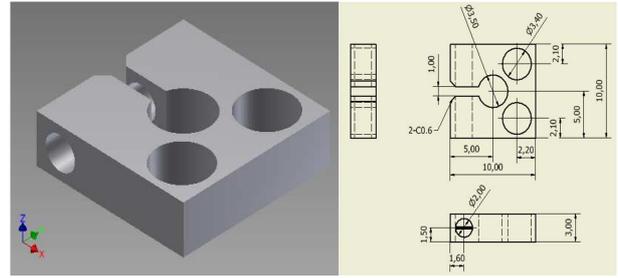


Fig. 3 Design of the optical sensor mount

광검출기의 앞단엔 슬릿이 장착된다. 밀실이 마운트의 LED 광원과 광검출기쪽의 슬릿 사이를 통과하는 공간의 간격은 1 mm × 2 mm이며, 광검출기 앞단에 위치한 슬릿의 최대 면적은 0.1 mm × 2 mm이다. 광센서 마운트는 기존 방직기의 밀판 아래에 쉽게 설치할 수 있도록 하였다. (Fig. 1)

2.1.3 광 신호 해석

조사되는 입사광은 밀실의 정상동작에 따라 슬릿을 통과하는 빛투과량이 일정 부분 감소하였다가 밀실이 끊어지거나 소진되었을 때 빛투과량이 정상상태보다 증가하게 된다. 이때 광투과량에 따른 광신호의 차이는 밀실의 상태에 따라 슬릿과 밀실을 포함한 광투과 면적의 차이에 의해 나타나게 된다.

검출된 광신호는 OP Amp를 통하여 1차 증폭된다. 증폭된 신호는 ADC 및 DAQ를 통하여 컴퓨터(PC)로 전송되며, 전송된 증폭 신호를 2차 증폭하여 밀실 상태에 따른 신호를 정형화한다.

Fig. 4는 LED 광신호가 센서마운트를 통과할 때 밀실의 상태에 따라 슬릿의 투과 면적이 변화하여 광손실 또는 광증가가 발생함을 표현하였다. Fig. 4의 (a)는 초기상태에 밀실이 존재하지 않거나, 운전 중에 밀실이 끊김 및 풀림(소진) 상태를 표현한 것으로, 이때의 투과면적은

$$(a) O_{max} = bh \tag{1}$$

으로 표현할 수 있다. 이때 광신호는 최대치가 된다.

Fig. 4의 (b)는 운전 중에 밀실이 마운트를 수직으로 통과할 때 슬릿의 방향과 직각인 상태를 표현한 것으로

$$(b) O_{nor} = O_{max} - hh_n \tag{2}$$

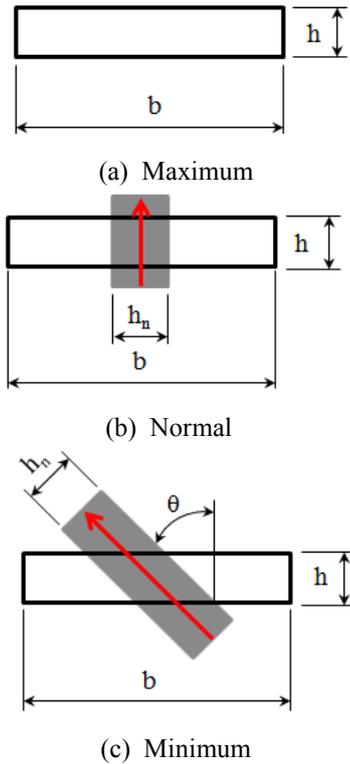


Fig. 4 Effective slit area by the states of bobbin thread for light transmission

으로 표현할 수 있으며, 가장 일반적인 정상운전 일 때의 밀실 상태이다.

Fig. 4의 (c)는 운전 중 밀실이 마운트를 통과할 때 정상운전 중이나, 기계적인 진동 등에 의해 정확한 수직방향에서 진로가 다소 벗어났을 때의 상태를 슬릿의 방향과의 상대적인 기울기를 가짐으로 표현한 것으로

$$(c) \quad O_{min} = O_{max} - \sqrt{2}hh_n \quad (\theta = 45^\circ) \quad (3)$$

$$= O_{nor} - (\sqrt{2} - 1)hh_n$$

으로 표현할 수 있으며, 정상운전 중에 밀실의 최대기울기( $\theta$ )는 센싱마운트의 밀실 가이드 구조에 의해  $45^\circ$ 를 초과할 수 없도록 설계하였다.

검출되는 광신호는 밀실의 상태에 따라 슬릿의 투과 면적이 식 (1)에서 최대가 되고, 식 (3)에서 최소가 된다. 또한 정상운전 시에는 식 (2)의 값이 모든 각  $\theta$ 에 대해 최대값으로 나타난다.

Fig. 4의 (b)와 (c)는 정상운전 중임을 나타내며, 식 (2)와 (3)에 따른 정상운전 시 광신호는 식 (1)의 광신호에 비하여 다소 감소된다. 따라서 정상운전시의 광신호는 밀실이 끊기거나 소진되었을 때 투과면적의 증가로 인해 급속히 증가하여

Table 1 Transmission (T) of the optical signal by transmitted area on the rectangular slit

State	Transmitted area	T
$O_{max}$	0.200 mm <sup>2</sup>	100.0%
$O_{nor}$	0.190 mm <sup>2</sup>	95.0%
$O_{min}$	0.186 mm <sup>2</sup>	92.9%

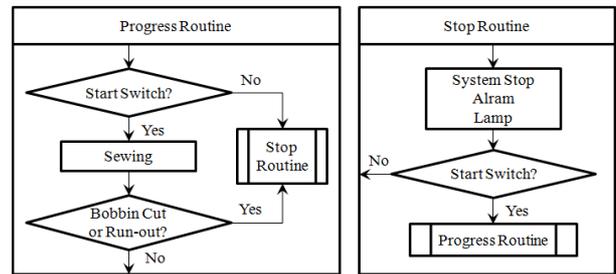


Fig. 5 Algorithm of bobbin thread detection

식 (1)과 같은 최대신호를 발생하게 된다. 이렇듯 광센서 시스템에서 발생하는 광신호의 실시간 증감 변화를 이용하면, 밀실의 끊김과 풀림(소진) 상태를 알 수 있다.

밀실 상태에 따라 슬릿을 투과하여 검출되는 광신호의 투과면적에 따른 이론적인 광투과율을 Table 1에 정리하였다. ( $b = 2 \text{ mm}$ ,  $h = 0.1 \text{ mm}$ ,  $h_n = 100 \mu\text{m}$ ,  $\theta = 45^\circ$ )

### 2.2 밀실 감지 알고리즘

식 (4)와 Fig. 5는 정형화된 광신호를 로터리 보빈이 구동되는 방식시스템의 제어 신호로 활용하는 방법 나타낸 것이다. 밀실 감지 알고리즘은 Fig. 5와 같이 진행 루틴과 정지 루틴으로 구분되며, 진행 루틴에서 시작 스위치를 누르면, 방식시스템이 작동하게 된다.

밀실의 상태에 따라 광신호의 감지는 식 (4)에서와 같이 슬릿의 광투과 면적이 최대가 되는  $O_{max}$ 와 일반적으로 운전 중일 때의  $O_{nor}$ 과의 절대차가 0.05 미만이면 작동 중에 밀실이 끊어지거나 풀림(소진) 상태로 판단되어 정지 루틴을 수행하게 된다.

$$O_d = \begin{cases} 0, & \text{if } |O_{max} - O_{nor}| \geq 0.05 \\ 1, & \text{if } |O_{max} - O_{nor}| < 0.05 \end{cases} \quad (4)$$

정지 루틴은 시스템 정지를 수행하고, 동시에 알람과 램프를 on하여 공회전 및 봉제불량을 사전 차단할 수 있는 제어 알고리즘이다.

### 3. 실험 및 고찰

밀실은 광센서 마운트를 슬릿의 너비이내(2 mm)에서 수직으로 통과하고, 보빈구동 모터는 360 rpm으로 회전한다. 밀실 상태에 따른 검출되는 광신호의 출력 변화는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6의 (a)는 방직기가 정지되어 있는 초기상태로써 처음부터 밀실이 없을 때의 광신호이고, 출력전압은 1.13 V이다. Fig. 6의 (b)는 방직기가 정지되어 있는 초기상태에서 밀실이 장착되었을 때의 광신호이고, 출력전압은 0.90 V이다.

Fig. 6의 (c)는 방직기가 동작 중인 상태에서 밀실이 계속 공급될 때의 광신호이고, 출력전압은 0.84 V이다. Fig. 6의 (d)는 방직기가 동작 중인 상태에서 밀실이 운행 중 장력의 순간적인 감소로 인한 순간 멈춤을 반복할 때의 광신호이고, 출력전압은 0.89 V이다.

Fig. 6의 (e)는 방직기가 동작 중인 상태에서 밀실이 공급되다가 예기치 않게 끊어질 때의 광신호이다. 적색타원으로 표시된 구간은 밀실이 갑자기 끊어지면서 출력전압이 급격히 증가하는 모습을 보여준다. 급격한 신호증가는 초기신호보다도 높은 1.31 V로 이는 출력전압의 상승부의 오버슈트에 의한 것으로 볼 수 있다. 순간적인 오버슈트 이후에는 초기의 최대 신호 값인 1.13 V로 돌아감을 알 수 있다.

Fig. 6의 (f)는 방직기가 동작 중인 상태에서 밀실이 공급되다가 풀림(소진) 상태의 광신호이다. 밀실이 공급 중에는 출력 전압이 (c), (d)의 상태와 같으나 풀림이 시작되며 전압이 0.82 V 정도로 다소 감소하였다가, 밀실이 완전히 풀려 소진된 상태가 되었을 때는 투과면적의 급격한 증가로 인해 출력전압이 (e)의 경우와 같이 상승하게 된다. 출력전압의 상승부 오버슈트는 1.14 V로 밀실이 갑자기 끊어질 때의 오버슈트보다는 매우 낮았다. 이는 밀실이 끊어질 때는 장력의 갑작스런 감소와 밀실의 탄성으로 인해 슬릿에 의한 감지구간에서 밀실이 급속히 사라지는 것에 비해 소진 시에는 상대적으로 천천히 밀실이 사라져 감으로 설명할 수 있다. Fig. 6(f)의 적색타원으로 표시된 구간은 이와 같은 신호의 변이를 잘

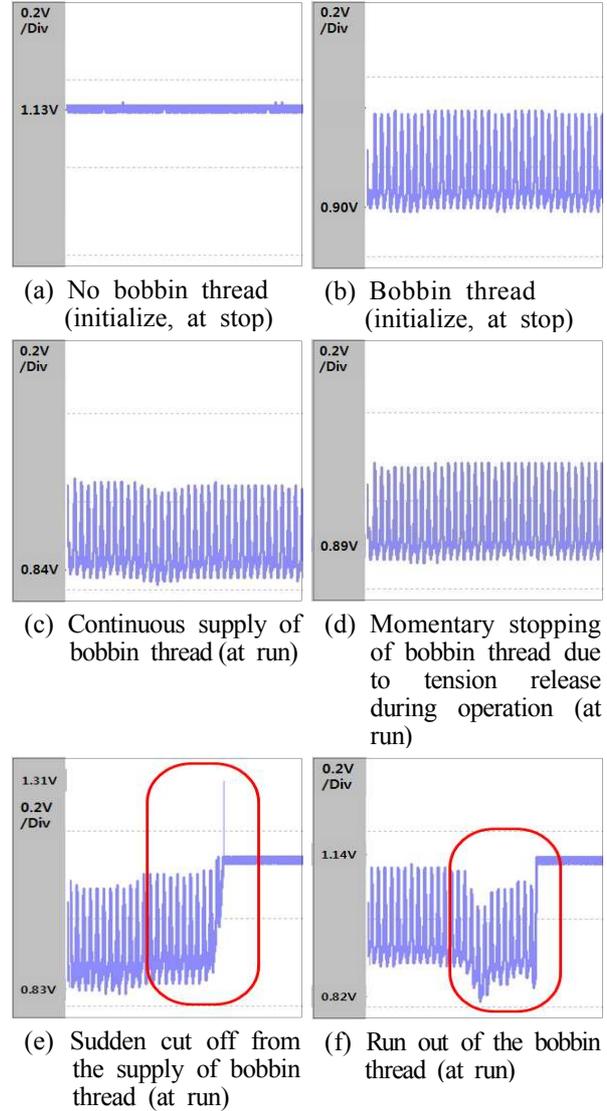
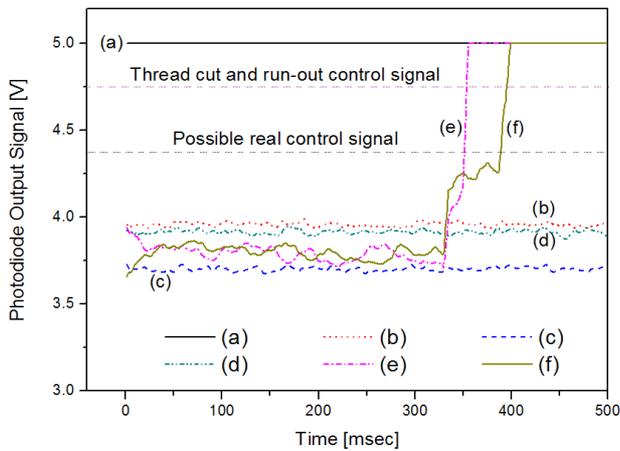


Fig. 6 Waveform on the state of the bobbin

나타내주고 있으며, 끊김 상태와 마찬가지로 완전히 소진된 후에는 초기상태의 최대 신호 값으로 돌아감을 보여준다.

이상의 결과에서 보여진 것과 같이 밀실의 상태에 따라 검출되는 광신호의 출력전압이 현저하게 변화였고, 비교적 안정되고 정확한 결과를 얻었다. Fig. 6에서 보이듯이 각각의 상태에 대한 출력전압은 noise가 존재하고 있다. 이를 해결하기 위하여 각각의 출력전압을 noise filter하고, 이를 증폭하였다. 그 결과를 Fig. 7과 같이 표현하였다. Table 1의 단순 투과면적 대비에 의한 광투과율을 고려하여 로터리 밀실의 끊김과 풀림(소진) 상태를 판단할 수 있었다. Table 1의 광투과율을 고려하여  $O_{nor}$ 에 해당하는 최대출력전압의



**Fig. 7** Changes of the modified optical signals representing the different states of the thread in weaving operation

95%를 초과할 때 식 (4)와 같은 제어신호를 출력하여 방직 시스템을 정지하도록 하였다. 최대 출력값(Fig. 7(a))의 95% 기준점은 정지루틴이 필요한 경우인 풀림(Fig. 7(e))과 소진(Fig. 7(f))상태를 정상동작 상태인 Fig. 7(a)~(d)와 뚜렷하게 대비되어 안정적으로 구분하기에 충분한 여유를 확보하고 있음을 보여준다.

Fig. 7에서 보여지는 밀실상태에 따른 실제 신호대비는 Table 1에서 보여진 단순 투과면적 차이에 의한 투과율 대비보다는 훨씬 향상된 신호 대비를 보여주고 있는데, 이는 센서의 광원인 LED beam의 공간분포가 슬릿 전체에 균일하게 조사되지 않고, 중심에 집중되어 있어 밀실에 의한 투과율의 감소가 단순한 면적대비 투과율 감소보다는 슬릿의 중심에서 실제로는 크게 일어나기 때문이다. Fig. 7의 정상 동작 상태는 Table 1의 단순 투과면적 차이에 의한 신호  $O_{nor}$ (95%)나  $O_{min}$ (93%) 보다 현저히 낮은 75% ~ 80%의 신호를 보이고 있다. 그러므로 Fig. 7(f)에서 보여지는 85% 근처의 약간의 신호 불안정을 감안하여도  $O_{nor}$ (95%)보다는 신호대비( $\Delta T$ )가 두 배 이상 향상된 85% ~ 90% 사이의 기준점에서 밀실의 풀림(Fig. 7(e))과 소진(Fig. 7(f))을 보다 빠르고 안정적으로 감지하여 정지루틴을 수행하는 것도 가능함을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 광센서를 이용하여 로터리 밀실의 풀림이나 풀림(소진) 상태에 따른 광신호 출력

변화를 실시간으로 측정하고, 제어신호를 발생시킴으로써 산업용 방직기 및 자수기를 신속하게 제어할 수 있는 로터리 보빈용 단채널 밀실 감지기 시스템을 제시하였다.

제시된 시스템에는 LED기반의 소형의 광센서를 이용하여 밀실의 상태에 따른 미소한 광신호의 출력 변화를 비교하였고, 이를 제어알고리즘을 통해 제어신호로 바꾸어 밀실의 갑작스런 풀림 및 소진시 수십 ms 내에 정상신호 대비 10% 내의 신호차이에서도 안정적이고 신속한 방직기 운전정지가 가능함을 실증하였다. 또한 이러한 소형 광센서를 방직기에 장착할 수 있게 특별히 설계된 마운트가 제작되어 사용되었다.

산업현장의 방직기에 직접 응용할 수 있는 자동제어 시스템을 개발하기 위하여 단채널 신호에 의한 제어기능을 다채널신호에 의한 제어기능으로 확대하고, 추가적으로 고속(1,000 rpm 이상) 운전에서의 광센싱을 통한 제어를 위한 연구가 현재 진행 중이며, 이러한 연구결과는 산업현장에서 고가의 원단 손실을 예방하여 경제성을 향상시키고, 방직기 및 자수기의 고급화를 통하여 향후 세계 섬유산업의 발전에 중요한 역할을 하리라 기대된다.

#### 후 기

이 논문은 2009학년도 경북대학교 신입교수정착연구비에 의하여 연구되었음.

#### 참고문헌 (References)

- (1) Ryu, Y. K. and Cho, H. S., 1995, "A New Optical Sensing Method for Shape Recognition of 3-Dimensional Specular Objects," *Trans. Korean Soc. Mech. Eng.*, Vol. 19, No. 10, pp. 2446~2461.
- (2) Park, B. S., Ahn, S. J. and Cho, H. G., 1997, "Response Characteristic of Over Current Relay using Optical Sensor," *Proceedings of the 12th KACC*, pp. 1364~1366.
- (3) Yoon, J. T., Choi, S. H., Kim, T. J. and Youn, B. D., 2012, "LNG pipe leakage detection using Optical Time Domain Reflectometer(OTDR)," *KSME12CA028*, pp. 71~72.
- (4) Kim, Y. B., Lee, G. S., Kazuhiro Watanabe,

- Sasaki Hiroyuki and Choi, Y. W., 2007, "Hetero-core Spliced Fiber Optical Sensing System for an Environment Monitoring," *CASS*, pp. 544~549.
- (5) Kim, K. H., Im, J. H. and Lee, K. S., 2004, "Car Sensor Technology for ITS : Optical Sensing for Loading and Window Trapping," *Optical Society of Korea Annual Meeting*, pp. 244~245.
- (6) Lee, C. S., Lim, D., Hong, D. and Lee, S.-H., 2006, "Control and Mechanism Design of Fully Automatic Sunvisor Using Photo Sensor," *KSPE*, pp. 319~320.
- (7) Cho, S.-H., Park and C.-W., 2009, "Development of Smart Counter for Uneven Small Grain," *KIEE Annual Meeting*, pp. 14~17.
- (8) Han, M. S. and Lee, J. W., 2013, "A Study on High-Speed Synchronous Control of Embroidery Machine," *KSPE*, pp. 887~888.
- (9) Chun, D. H., 2012, "The Recent Trends of Sewing and Embroidery Machine," *Fashion information and technology*, Vol. 9, pp. 34~45.
- (10) Kim, J. J. and Jang, J. D., 1999, "A Study on Seam Strength According to Sewing Speed," *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, Vol. 23, No. 7, pp. 998~1006.
- (11) Yoon, K. K., 2004, "Thread Supply Device Checking Spare Thread at Sewing Machine," *Korea Intellectual Property Office*, pp. 1~10.
- (12) HYUNAM INC., 2008, "Apparatus for Detecting Spare Thread Amount of Sewing Machine," *Korea Intellectual Property Office*, pp. 1~9.
- (13) BobbINTEL INC., 2011, "Bobbin Rotary Detecting Reflector," *Korea Intellectual Property Office*, pp. 1~4.
- (14) Kyungpook National University Industry Academic Cooperation Foundation, 2014, "Development of Single-Channel Thread Sensor for Rotary Bobbin by Optical Sensing," *Korea Intellectual Property Office*, applying for a patent.
- (15) Kyungpook National University Industry Academic Cooperation Foundation, 2014, "Bobin Thread Sensor Mount for Textile Machine" *Korea Intellectual Property Office*, Applying for a Patent.