

1차원 시각센서를 이용한 위치 감지방법

중신회원 최 규 남*

Position Sensing Method using Linear Camera Sensor

Kyoo Nam Choi* *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 롤 형태로 감거나 풀리는 원단이나 금속판의 위치를 가려지지 않은 부분에서 투과되어 오는 광을 감지하여 정확히 추정 할 수 있는 방법에 대하여 제안한다. 기존의 아날로그 광전도감지방식 및 비디오 이미징 방식 위치 감지 센서는 센서표면에 이물질이 흡착되거나 주변온도 변화에 의해 소자의 특성이 변화되면 위치 감지에 오차가 발생하게 되는 단점이 있었다. 제안하는 1차원 시각센서를 이용한 위치감지 센서는 1차원 CCD 를 사용한 디지털 신호방식을 도입하여 센서표면의 이물질이나 주변온도 변화의 영향을 받지 않고 위치를 감지할 수 있었다. 원단 가장자리 정렬용으로 제작된 1차원 시각센서를 이용한 디지털 방식 위치감지센서는 분진이 많은 환경에서도 가장자리 위치제어에 적용할 때 mm 해상도를 갖는 정밀도로 위치를 감지할 수 있음을 보여주었다. 특히 주변 조명에 대하여도 1:50 이상의 콘트라스트를 보여주었다.

Key Words : Sensor, Position Sensor, Camera Sensor, EPC Sensor, Optoelectronic Sensor

ABSTRACT

In this paper, we propose an accurate way of monitoring the position of fabric sheet or metal sheet from winding or unwinding roll by detecting transmitted light from uncovered portion of fabric sheet or metal sheet. The conventional center or edge positioning method using analog photo-conductive or analog video image method had shortcoming because of erroneous position measurement which is caused by dust on sensor surface or variation in device characteristic due to environmental temperature change. The proposed position detection method utilizing CCD-based digital linear camera sensor was accurate to measure the position without any effect from dust on sensor surface or variation in device characteristic due to environmental temperature change. The experimental position detection system using digital linear camera sensor showed particular accuracy in mm resolution when it is applied to control edge position of fabric sheet under dust hazardous environment. Also it showed contrast ratio which is more than 50 to environmental lighting.

1. 서 론

롤에 감거나 풀리는 원단이나 철판의 가장자리 또는 중앙을 감지하는 위치 감지 센서는 제철, 섬유, 제지 산업 분야에서 중요한 응용분야를 갖고 있다. 위치 감지를 위하여 여러 가지 방식이 제안되고

있지만 광전자 방식을 제외한 다른 전자식 방법은 위치에 비례하는 전기적 출력을 얻는데 못 미치는 신뢰성으로 제한적으로 사용되며 현재는 광전자 방식이 사용의 편의성 때문에 적용이 확산되는 추세이다.

송신기와 수신기 사이에 전송되는 전자파가 그

※ 본 연구는 인천전문대학 교내 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

* 인천전문대학 정보통신과 (knchoi@icc.ac.kr)

논문번호 : 09066-1128, 접수일자 : 2009년 11월 28일

중간에 위치한 금속판의 영향으로 감소되는 정도를 측정하는 인덕티브 센서방식^{[14][12]}은 전자파의 전송량에 영향을 미치는 도전체만 인식이 가능하며, 마이크로 웨이브를 사용하는 시간영역에서 반사파의 도달시간을 측정하여 거리를 측정하는 방식^{[3][15]}은 수직방향에 대해서는 해상도를 갖으나 수평방향에서는 인식이 어려운 제한점이 있으며, CdS 셀 등을 사용하는 광전자 방식^{[6][17]}은 아날로그 방식으로 위치를 인식하므로 분진 등이 센서 표면에 흡착되면 위치 정보에 오류가 나타나는 단점이 있었다. 상용 비디오 카메라를 이용한 위치 감지 방식은 별도의 신호처리 장치가 필요하며 자중이 무거워 거치형으로만 적용이 가능하였다.

본 논문에서 제시하는 1차원 시각센서와 디지털 신호처리부를 일체화 할 수 있는 위치 감지 센서 방식은 거치형은 물론 초경량 이동형으로도 구현이 가능하며 센서표면에 흡착되는 분진이나 주변광의 영향을 받지 않으므로 다양한 용도로 신뢰성 있는 위치 감지를 할 수 있는 장점이 있다.

본 논문의 구성은 2장에서는 시각센서 위치 감지 방법에 대하여, 3장에서는 1차원 시각센서 방식 위치 감지 시스템에 대한 실험에 대하여 기술하고, 끝으로 4장에서 결론으로 맺는다.

II. 시각센서 위치 감지

1차원 시각센서를 이용한 위치감지 방식은 그림 1과 같이 크게 광학계, 1차원 시각 센서, 구동부, 신호처리부로 나누어진다. 이 중 광학계는 가장 중요한 부분으로 일정 이격거리에서 목표로 하는 측정 부분에 대한 영역을 정확히 커버할 수 있어야 하며 주변의 반사광을 포함한 불필요한 광이 광센서로 유입되지 않도록 차광을 필요로 한다.

또한 1차원인 선 인식 카메라인 점을 감안하여

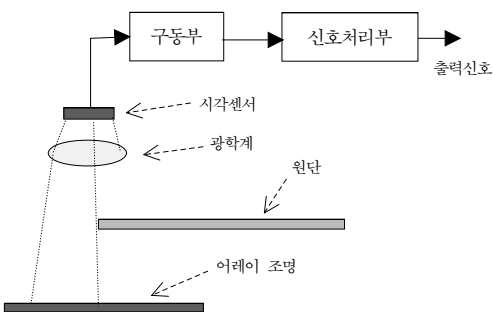
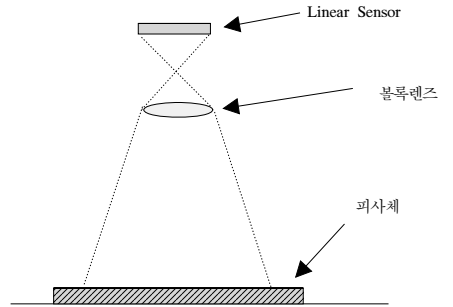
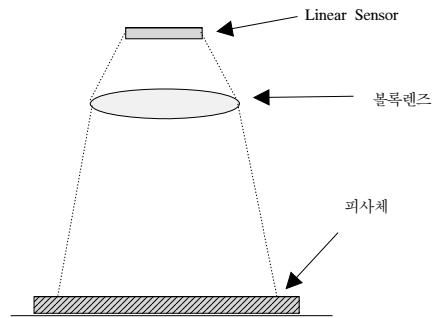


그림 1. 1차원 시각센서 이용 위치감지 방식 개념도



(a) 소구경 렌즈 사용 광학계



(b) 대구경 렌즈 사용 광학계

그림 2. 볼록렌즈를 사용한 광학계 구성 개념도

선 형태의 광신호만 유입되도록 선형 공간필터를 장착하여야 한다. 시각센서와 피사체의 위치에 따라 집속광을 형성시키는 볼록렌즈의 기본 구성은 그림 2와 같이 구성 가능하다.

1차원 시각 센서인 경우에는 피사체 중 위치를 측정하는 1차원 선상 관련 정보만 수집하면 되므로 1차원 공간 필터가 요구된다. 그림 3에 1차원 공간 필터를 사용 구성한 광학계를 나타내었다.

x축 방향으로 배열된 어레이 조명에서 방사되는 조도의 전계를 $E_o(x,t)$ 라고하고 공간필터를 포함한 광학계로 구성된 변조전달함수(MTF: Modulation Transfer Function)를 $\Phi(x,y,z,t)$, 측정 하려고하는 피사체에 의해 어레이 광원의 빛이 가려지는 정도를 나타내는 측정함수를 $M(x,t)$ 라고 하면, 1차원 시각센서에 인입되는 광전계 $E_i(x,t)$ 는 아래 식 (1)과 같이 나타난다.

$$E_i(x,t) = E_o(x,t)\Phi(x,y,z,t)M(x,t) \quad (1)$$

이때 1차원 시각센서에서 얻어지는 광전변환전류 $I(x,t)$ 는 식 (2)와 같이 나타내어진다.

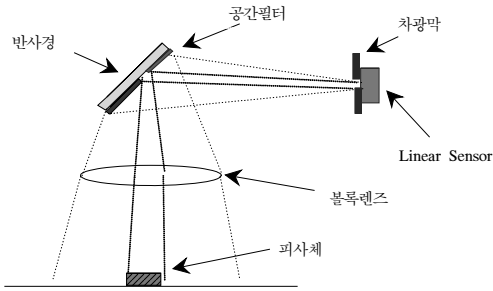


그림 3. 공간필터를 사용한 광학계 구성 개념도

$$I(x,t) = \sum_{i=1}^{128} R_i |E_i(x,t)|^2 \quad (2)$$

여기서 R 은 1차원 시각센서의 광전변환효율 (Responsivity)을 나타낸다. 실제로 광전변환전류는 각 화소마다 개별적으로 발생되고 이들 개별 정보를 위치 감지에 사용하므로 i 번째 화소의 광전변환 전류는 $R_i |E_i(x,t)|^2$ 가 된다. 피사체에서의 위치측정 가능거리 l 는 광학계의 변조전달함수에 의해 $x = \phi \cdot l$ 로 축소되어 1차원 시각센서의 화소수 N_p 와 일치하게 되므로 해상도 Res 는 식 (3)과 같이 나타내어진다.

$$Res = \frac{l}{N_p} \quad (3)$$

피사체 주변에 있는 어레이 광원의 표면이나 센서 표면에 분진 등이 흡착되면 측정함수 $M(x,t)$ 에 바람직하지 않는 변화가 일어나게 된다. 따라서 임계전압 V_{th} 를 초과하는 정보만을 디지털 “1”로 인식하게 하여 잡음의 영향을 제거시키는 방법을 사용한다. 실제 위치 측정시 m 번째 화소까지만 피사체에 안 가려져서 임계전압을 초과하는 광이 수광되었다면 출력전압 V_o 은 식 (4)와 같이 간략화 될 수 있다.

$$V_o = \sum_{i=1}^m R_i |E_o(x,t) \phi_i(x,y,z,t)|^2 \quad (4)$$

III. 실험

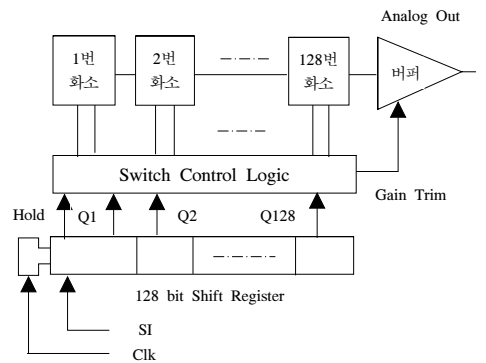
1차원 시각센서의 구성은 이미지 시각센서부와

이를 구동하는 구동부로 구성되는데 구동에 필요한 타이밍파형과 구동파형을 그림 4에 나타내었다. 이동거리의 계산방법은 균일한 발광을 유지하는 조명판을 가리는 비율을 계산하는 방법을 사용하였다.

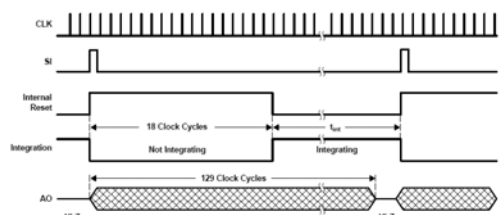
조명을 가리지 않을 때는 광신호가 수광소자 화소들 전역에 도착하므로 총 128개의 신호가 수신된다.

이렇게 광이 수신된 화소 수에 8을 곱하면 1024가 되어 10bit 해상도를 갖는 ADC를 사용하여 5V 아날로그 출력을 얻도록 하였다. 이미지 시각센서부에서 출력되는 신호는 디지털이징 회로를 거쳐 디지털 신호로 변환시킨 후 펄스계수기를 사용하여 1프레임 사이클 동안 광신호가 수신된 화소수를 합산하는 방법을 사용하였다. 그림 5에 이러한 1차원 시각센서를 이용한 위치감지기의 블록도를 나타내었다.

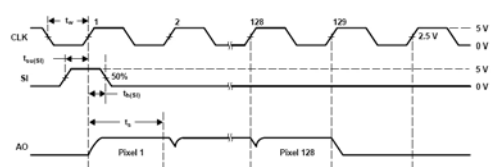
그림 6(a)에 이미지 시각센서가 피사체에 의해 완전히 가려졌을 때의 측정파형을 나타내고, 그림



(a) 이미지 시각 센서부



(b) 타이밍 파형



(c) 구동 파형

그림 4. 이미지 시각센서 구성도

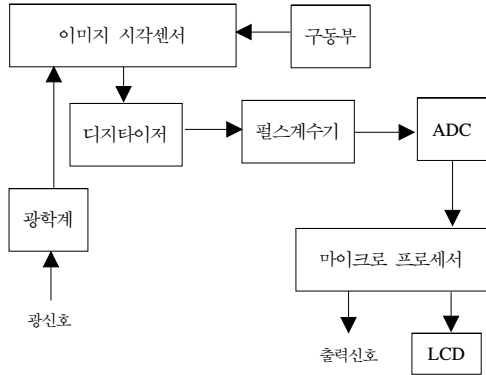


그림 5. 위치감지기의 블록도

6(b)에 이미지 시각센서가 피사체에 의해 노출되었을 때의 측정파형을 나타내었다.

그림 6에서 하부 파형은 1 프레임 당 트리거 펄스를 나타내고 상부 파형은 이미지 시각센서의 출력파형을 나타낸다. 이미지 시각센서의 일부가 가려졌을 때의 출력 파형을 디지털타이저 한 파형을 그림 7에 나타내었다.

이렇게 디지털타이저 된 파형은 128개의 이미지 센서 화소 중 어느 것인지를 판별하여야 하므로 각 화소 당 트리거 신호에 맞추어 샘플링(Sample & Hold)하였다. 2개의 완전한 프레임이 보이는 파형을 그림 8(a)에 나타내고, 그 파형을 확대한 파형을 그림 8(b)에 나타내었다.

이렇게 샘플링 된 파형 개수 n 를 합하여 해상도 Res 를 곱하면 아래 식 (5)와 같이 피사체로 안 가

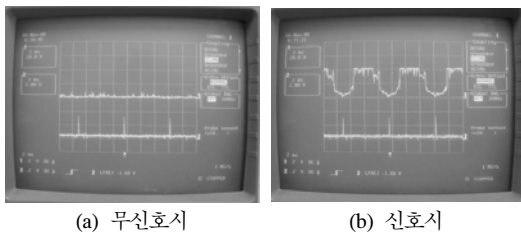


그림 6. 이미지 시각센서 출력파형

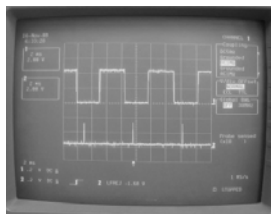
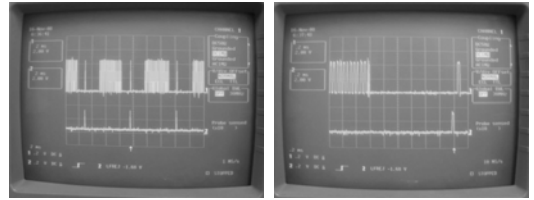


그림 7. 디지털타이저 출력파형



(a) 축소시 (b) 확대시

그림 8. 디지털타이저 출력 샘플링 신호파형

려진 부분의 거리 d 를 측정할 수 있게 된다.

$$d = M(x,t) \cdot l = n \cdot Res = \frac{nl}{N_p} \quad (5)$$

즉 12.8cm 길이의 입력광이 입사되었을 때 이미지 시각센서가 100% 조명되도록 시각센서와 피사체와의 거리를 조정하였다면 해상도는 1mm가 되고 피사체가 1mm를 이동 하였을 때 디지털 펄스 1개가 더 생기거나 감소하게 된다.

실험에서 이미지 시각센서를 구동하는 구동부에서 각 화소를 제어하는 클락 펄스의 주기는 $50\mu s$ 가 되도록 설정하였고 전체 감지 가능거리를 나타내는 적분 주기인 SI 펄스의 주기는 6.5ms로 설정하였다. 즉 매 6.5ms 마다 거리를 측정하는 것이다.

측정을 위한 실험에서는 그림 9와 같이 이미지 시각센서와 구동부를 카메라 함체에 수납하여 제작하였고, 펄스계수기와 아날로그-디지털 변환기와 표시장치를 포함한 마이크로프로세서를 프로세서 함체에 수납하여 제작하였다.

광학계는 직각프리즘을 사용한 광학계를 채용하여 수평으로 고정된 카메라 함체가 아래 부분에 있는 피사체를 측정할 수 있도록 하였다. 어레이 조명은 CCFL 형광등 위에 광확산판을 설치하여 균일한 조명효과를 얻도록 하였다.

위치감지기의 출력신호는 피사체에 의해 가려지지 않은 부분이 전체 128개 화소 중 몇 %인지를

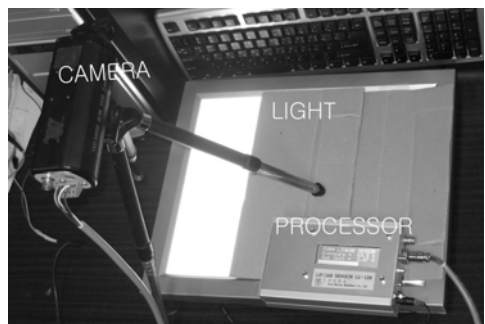


그림 9. 위치감지기 실험 측정장치

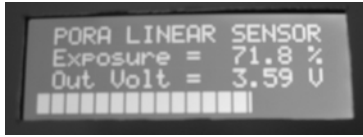


그림 10. 위치감지기의 LCD 표시장치

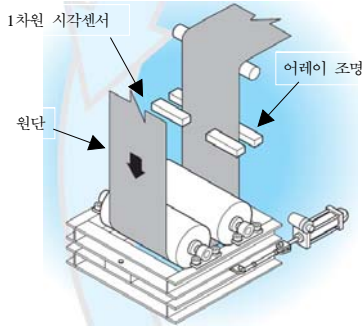


그림 11. 위치감지기를 사용한 가장자리 제어장치 적용 예

LCD 표시장치에 나타나도록 하였다. 하드웨어적으로는 표시장치에 나타난 피사체에 의해 가려지지 않은 부분에 해당하는 직류전압이 출력되도록 하였다. 그림 10에 위치감지의 LCD 표시장치에 표시되는 내용을 표시하였다.

디지털이저의 아날로그 신호를 디지털 신호로 판별하는 임계전압 V_{th} 를 수동으로 조정하여 주변광에 대한 콘트라스트를 조정하도록 하였다. 실험결과는 50 이상의 콘트라스트를 보여주었다. 1차원 시각감지 센서를 이용한 위치감지기를 적용한 원단의 가장자리제어(EPC: Edge Position Control) 장치의 적용 예를 그림 11에 나타내었다.

IV. 결 론

롤 형태로 감거나 풀리는 원단이나 금속판의 위치를 가려지지 않은 부분에서 투과되어 오는 광을 감지하여 정확히 추정할 수 있는 위치감지 방법에 대하여 연구하였다. 128 화소수를 갖는 1차원 시각센서를 채용한 디지털 신호감지 방식을 사용하여 주변광의 영향을 최소화하고 신호 대 잡음비를 향상시켰다. 특히 주변광의 변화나 신호광의 강도 변화에 대하여도 1:50 이상의 콘트라스트를 보여주었다. 실험결과는 분진이 많은 작업환경에서도 센서표면에 부착된 먼지 등의 영향을 받지 않으며 주변 온도의 변화폭이 큰 공장 환경에서도 소자의 특성 변화에 영향을 받지 않고 위치를 감지할 수 있어 원단의 가장자리 정렬용으로 적용 가능함을 보여주

었다. 시작된 1차원 시각센서를 사용한 위치 감지 센서는 원단 롤의 감는 공정에서 가장자리 정렬에 적용할 때 1mm 단위의 해상도로 위치제어가 가능하였다. 제한한 1차원 시각센서를 이용한 위치 감지 센서는 별도의 비디오카메라와 신호처리부를 필요로 하지 않고 소형 경량으로 일체화가 가능하므로 고속 이동형 위치 감지 센서로 적용 가능한 장점을 가졌다.

참 고 문 헌

- [1] J. J. Carr, Sensors and Circuits, Prentice Hall, pp.54-55, 1993.
- [2] K. N. Choi, "Inductive Sensor for Center Position Control of Sheet Metal in High Temperature Environment, Technical Report (unpublished), 2008.
- [3] ASTYX GmbH, "Microwave proximity sensor," Communication & Sensors, Oct., 2005.
- [4] N. M. Calvin, "Microwave Proximity Sensor," WIPO Pub. No. WO-1988 -007732, Jun. 1988.
- [5] D. S. Nyce, Linear Position Sensor: Theory and Application, New Jersey, John Wiley & Sons Inc., 2003.
- [6] J. Y. Lee and S. W. Kim, "Design of a non-contact type displacement sensor based on optical triangular method," J. KSME, Vol.16, No.6, pp.609, 1992.
- [7] L. Matuszyk et al, "Stereo panoramic vision for monitoring vehicle blind-spots," 2004 IEEE Intelligent Vehicle Symposium, pp.31-36, 2004.

최 규 남 (Kyoo Nam Choi)

중신회원



1976년 1월 서울대학교 공과대학
1989년 12월 미국 Texas A&M
University 전자공학과 석사
1992년 8월 미국 Texas A&M
University 전자공학과 박사
1992년 7월~1994년 8월 LG
전자기술원 연구실장

2000년 8월~2002년 7월 미국 CEMDAS연구소 연구원

1994년 8월~현재 : 인천전문대학 정보통신과 교수
<관심분야> 광센서, 광통신