

컨벌루션 함수를 이용한 자동두께측정 영상의 성능분석☆

Performance Analysis of Automatic Thickness Image using Convolution Function

강 민 구* 조 문 신**
Mingoo Kang Moon-shin, Zo

요 약

본 논문에서는 LCD TV용 필름의 균일성을 개선하고자, 소프트 엑스레이(soft X-ray)를 이용하여 볼트 연결기법과 컨벌루션(convolution) 함수기반의 영상처리를 결합한다. 필름의 프로파일에서 두께를 측정하는 라인 스캔과정에서 선원 변경 시 오프셋 오류가 발생한다. 이러한 선원의 오프셋 오류를 제거하고자, 인접한 3개 볼트의 영상에 대해 컨벌루션 함수를 적용함으로써 자동으로 두께 측정이 가능하고, 영상분석 성능을 향상한다.

ABSTRACT

In this paper, film uniformity is improved by the bolt-mapping of convolutional image processing between bolts and a film using soft X-ray based in-line LCD TV film thickness controls. The automatic film thickness analysis of 3 inter-bolt's convolution function is proposed for the reduction of offset error from the X-ray changing of line scan in film profiles.

☞ KeyWords : 컨벌루션함수, 소프트 엑스레이, 자동두께측정, 영상맵핑분석, 필름 프로파일 분석

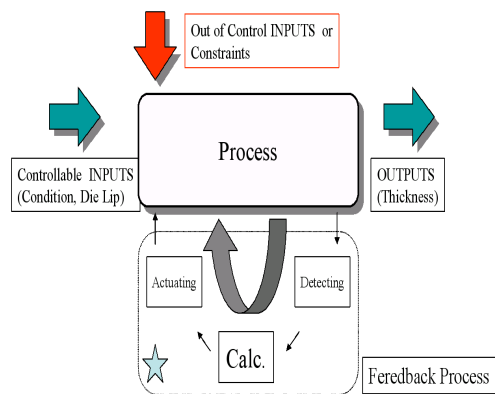
1. 서 론

LCD TV용 평판 필름 생산공정에서 두께 자동 측정과 제어(ATC, Auto Thickness Control)를 위해 (그림.1)과 같은 필름생산용 반응기를 이용한 사출기에서 T-다이와 슬롯-다이의 제어가 필요하다. 영상 검출기로는 방사선원(Gamma, Beta, XRay, NIR..)을 사용하는 실시간 영상 두께측정기로 영상을 분석한다.

평판 필름에서 두께편차가 제품의 품질을 좌우하며, 필름의 두께편차가 클 경우 코팅, 증착, 재단, 인쇄 등의 후 가공 공정상 폐해가 야기되어 최종 제품의 품질가치를 저하 시키는 주요한 원

인이 된다.

이때, 필름의 균일성을 위해 볼트와 필름을 볼트- 연결시키는 작업은 매우 중요한 작업이다. 연결이 제대로 이루어져야 영상 제어가 가능하다. 볼트와 필름의 연결(Mapping)이라 함은 각 볼트에 필름의 특정한 위치를 연결하는 작업이다[1].



(그림 1) 자동 두께측정 영상제어 구성도

* 종신회원 : 한신대학교 정보통신학과 교수

kangmg@hs.ac.kr(교신처자)

** 정 회 원 : 카사테크(주) 대표이사

casa911@hanmail.net

[2009/01/15 투고 - 2009/01/21 심사(2009/05/12 2차)

- 2009/05/19 심사완료]

☆ 이 논문은 한신대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

볼트-연결을 확인하는 방법으로 몇 개 특정한 볼트의 온도는 높이고, 또 다른 몇 개 볼트는 온도를 올린 후 필름 영상의 프로파일 상에서 두께 변화를 관찰하여 연결을 조절하게 된다[2].

이를 위해 본 논문에서는 컨벌루션(convolution) 함수를 영상처리에 적용한 자동 두께측정이라는 간접적인 볼트-연결을 확인하는 방법을 제안하고, 획득한 영상의 성능분석을 통해 LCD TV용 평판 필름의 제품공정을 개선한다.

2. 필름의 두께 제어방식 분석

LCD TV용 평판 필름의 두께를 자동으로 제어하기 위해 제어루프에 적용하는 열 반응기 방식에 제어방식을 설명한다.

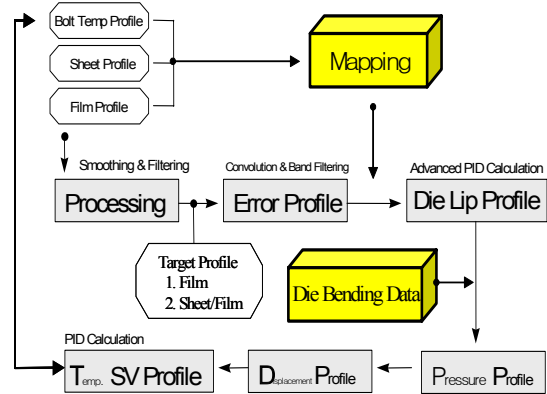
1. 서보 모터 방식 : 모터를 이용하여 볼트를 자동으로 밀고 당김으로서 간격을 변하게 하여 유량을 제어한다. 밀고 당김의 정도는 압전소자를 이용한 하중측정 방식.
2. 수지 온도조정 방식 : 온도를 제어하여 면을 지나는 수지의 유속을 변하게 하는 유량제어 방식
3. 열변위식(열 볼트) : 볼트의 온도를 제어하여 볼트의 팽창력으로 Lip을 밀고 당겨 Lip의 간격을 변하게 하여 유량 제어방식.

특별히, 본 논문에서는 적은 고장율과 저렴한 특징을 갖는 열 변위방식은 LCD TV용 평판 필름의 두께를 제어하기 위해 Lip을 밀고 당겨 Lip의 간격을 변하게 하는 직렬방식을 적용한다[6].

3. 자동두께측정 영상알고리즘 제안

본 논문에서 제안하는 컨벌루션 함수를 이용한 영상처리 기법을 적용한 필름의 두께 제어방식에 따라 필름의 균일성 시험에 결과를 미친다. (그림.2)는 필름의 두께 제어모델 설명으로, 컨벌루션

함수를 이용한 영상처리 알고리즘과 두께를 조절하는 자동두께측정 제어 알고리즘을 적용한 영상처리 기반의 두께제어시스템 구조도이다 [6][7].



(그림 2) 자동두께측정 제어시스템 구조도

3.1. 두께 프로파일 데이터의 걸름장치 설계

자동 두께측정기의 센서가 운동하는 방향은 필름의 진행방향에 대하여 수직 방향이지만, 필름이 진행하고 있기 때문에 실제의 측정은 사선방향으로 이루어진다. 이때, 측정기의 선원 변동에 따른 측정두께의 오프셋오류를 피하는 방법의 특징을 분석한다[2].

1. 이동 평균법 (Moving Average Method) : 각 스캔 종료시, 그 스캔 프로파일을 포함한 지난 N개의 스캔 프로파일의 평균 프로파일을 구한다. (여기서 N은 제어주기시간을 고려하여 정한다.)
2. 자기회기법 (Auto Regress Method) : 각 스캔 종료시, 그 스캔 프로파일을 $(0 \leq k \leq 1)$ 만큼, 이전 스캔에서 구한 프로파일을 측정기의 정확도에 따라 자기 회기값을 정한다.
3. 평균중심 (Mean Centering) : 원래의 프로파일 평균이 0이 되게 각 성분 데이터에 평균을 빼준다. 이로서 측정기의 오프셋 오류를 제거한다.

3.2 오류프로파일의 제거알고리즘

LCD TV용 평판 필름의 두께 자동측정 및 제어를 위해 필름 반응기의 급격한 작동방지와 볼트의 동작이 상호 연동을 위해 되돌아 오는 오류와 무관한 자동 영상제어 알고리즘으로 컨벌루션 함수와 대역필터의 결합 방식을 제안한다.

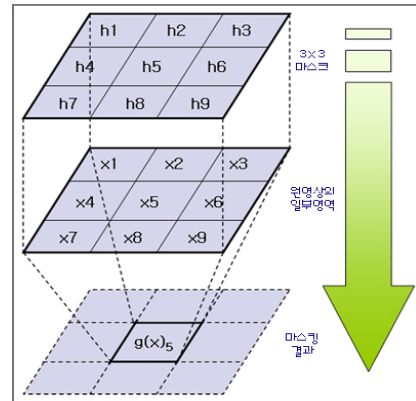
평균 창을 이용한 이동과 합 연산을 컨벌루션 함수를 이용한 컨벌루션 마스크는 영상에 특정한 마스크(Mask, 윈도우(Window) 또는 커널(Kernel)이라고도 함)를 씌워 컨벌루션(Convolution) 연산을 수행함으로써 각 픽셀의 값들을 결정하는 방법이다. 컨벌루션을 이용한 배열의 값들을 이진값으로 만들려면, 가중합을 임계값과 비교하면 된다[5][7].

마스크 기반 처리를 하는 선형 필터의 응답은 $g(x)_5 = x_1h_1 + x_2h_2 + \dots + x_8h_8 + x_9h_9$ 이며, 결과 값은 정중앙 위치에 저장된다

평균은 독립된 미세 노이즈 부분을 무시하는 경향이 있으나 화상의 손상되기 쉬운 성질(crispness)을 감소시키고, 필요 없는 작은 화상요소를 없애기도 한다. 화상처리에서, 컨벌루션의 2차원 이산처리 형태는 다음과 같다.

$$f(x,y) = f(x,y) * M(x,y) = \sum_x \sum_y f(x,y)M(x-x_0, y-y_0)$$

여기서 $f(x,y)$ 는 원 화상 배열이고, $M(x,y)$ 는 컨벌루션 가중치 함수이다[3].



(그림 3) 컨벌루션함수 이용한 컨벌루션 마스크

본 논문에서는 컨벌루션 연산이 갖는 화상 계층부근에서 간선 효과와 대역필터를 결합한 자동 두께 영상측정 방식을 다음과 같은 함수로 제안한다[6]..

- 1) 컨벌루션: $Y_i = (P_{ij} * X_j), P = \text{확률분포함수}, P_j = 1$
 $y_i = X_{i-1} * 0.25 + X_i * 0.5 + X_{i+1} * 0.25$
- 2) 대역필터 : 인접 볼트 간에 상호연동이 크므로 3개의 볼트에 해당하는 필름의 영상데이터의 점 만큼 대역을 적절히 유지하도록 설계한다.

이때, 열 볼트의 온도제어를 위해 열 볼트 푸쉬/풀형 제어기를 이용하며, 고정기가 고정되고 열 볼트가 다이 립(Lip)을 밀고 당기는직렬제어 방식이다.

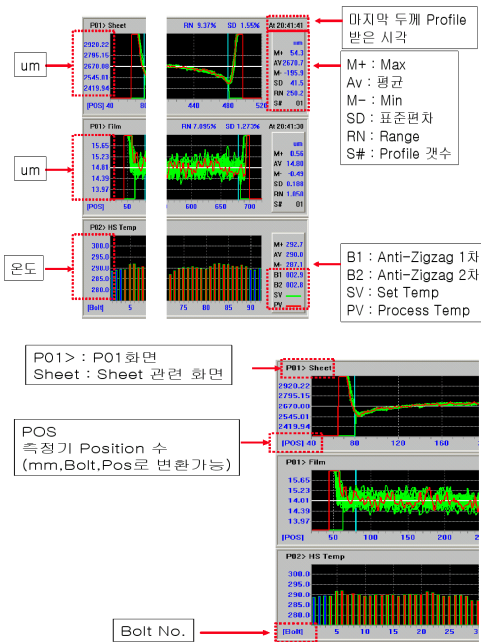
4. 자동두께측정용 영상분석 결과고찰

(그림.4)는 본 논문에서 제안하는 컨벌루션 함수를 적용한 필름 영상기반의 자동 두께 측정기의 성능분석을 위해 구현된 화면이다.

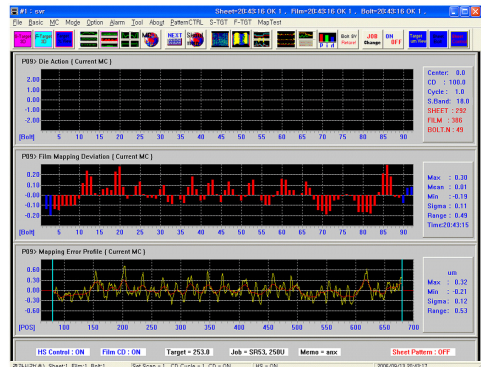
4.1 영상처리 결과와 성능분석고찰

LCD TV용 평판 필름의 자동 두께 측정을 위해 연결된 오류 프로파일은 밴드(Band)와 요소 걸름장치(Factor Filtering)가 연결되어 있다. 밴드는 측정기 데이터를 횡 방향으로 걸름장치가 가능을 하는 값이고, 요소(Factor)는 종 방향으로 걸름장치를 하는 값이다.

본 논문에서는 밴드와 요소를 적정하게 조정하여 자동제어를 최적화하도록 2~3개 볼트 영역을 포함하도록 위치 값을 설정하고, 요소의 경우 걸름장치가 없는 값으로 설정해서 사용한다. 연결 오류프로파일로는 각 볼트의 출력 예상 값을 화면에 보며 제어 상황을 확인, 점검 할 수 있도록 설계하였다.



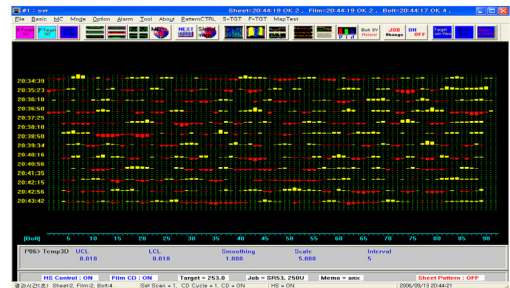
(그림 4) 자동두께측정용 영상 구현결과



(그림 5) 연결오류프로파일과 볼트의 영상 구현결과

4.2 3D 볼트 화면의 성능분석 결과고찰

LCD TV용 평판 필름의 자동두께측정 영상 화면을 3D로 시간대별 볼트의 온도제어 상황을 확인 할 수 있도록 설계하였으며, 제어가 원활한 지 확인할 수 있다. 또한, 제어가 원활한 경우 볼트의 온도를 시간에 따라서 올리고, 내리는 동작을 반복하도록 설계되었다.

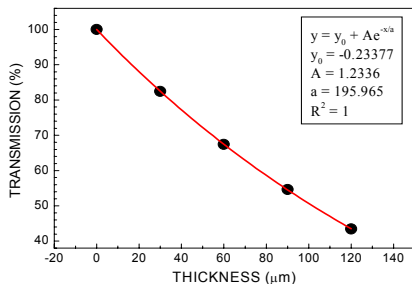
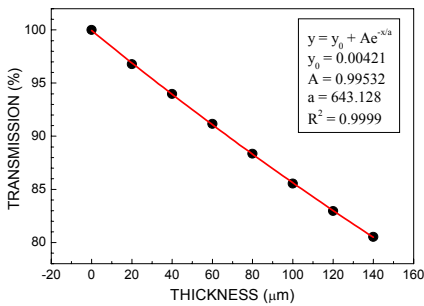


(그림 6) 볼트의 3D 영상분석 화면 구현결과

제안한 컨벌루션함수를 적용한 필름 영상기반의 자동 두께 측정기는 처음에는 넓은 영역별로 제어되다가 차츰 세분화되면서 제어가 안정적으로 이루어지게 된다. 예를 들어, 특정 볼트에서 계속 온도를 내리거나, 올리는 경우 고정굴곡으로 수동조정이 필요한 상황이며, 제어 상황을 시간에 따라 3D로 보여줌으로써 제어상황전달을 즉각적, 시각적으로 할 수 있도록 설계되어 필름의 균일성을 향상하게 되었다.

4.3 컨벌루션함수기반의 자동 두께측정 결과 고찰

(그림 6)과 같이 제안한 컨벌루션함수를 적용한 필름 영상기반의 자동 두께 측정기의 결과를 비교하기 위해 영상화면처럼 CPP 필름과 우레탄 필름의 투과율 특성을 비교한 것이다. CPP 필름과 우레탄 필름의 투과율이 확연히 개선되었다. 또한, 제안하는 컨벌루션함수 기반의 자동두께측정 알고리즘의 결과로 CPP 필름의 경우 120 μ m일 때 약 80%정도가 투과하지만, 같은 두께의 우레탄 필름의 경우는 42% 정도만 투과함을 알 수 있었다. 아울러 자동두께측정 알고리즘의 영상분석 결과를 활용한 두께와 투과율의 관계는 지수함수로 조정된 함수와 잘 일치하고, 이 함수를 이용하면 측정된 투과율로부터 두께를 역산할 수 있다.



(그림 7) 필름투과 영상의 데이터 성능분석 결과
CPP 필름(상), 우레탄필름 투과성능분석(하)

5. 결 론

본 논문에서는 볼트-연결(Mapping)기반의 LCD TV용 평판 필름 생산 공정에서 영상분석에 의한 필름의 자동두께 측정과 공정제어를 위해 컨벌루션함수와 대역통과필터를 적용한 영상처리 알고리즘을 제안하고, 실시간 필름 두께 측정과 제어를 이용하여 필름의 균일성 향상이란 제품 생산성을 향상하였다.

특히 인접한 3개의 볼트의 공정제어를 위해 각 볼트별로 컨벌루션 함수를 이용한 영상처리를 기반으로 자동두께측정이 가능하게 되었으며, 3D 영상처리 알고리즘에 의한 필름의 자동 두께측정과 공정제어의 성능을 개선하는 소프트 x-ray를 선원 기반의 컨벌루션함수와 대역통과필터를 적용한 자동두께 측정용 영상처리시스템이 구현되었다. 향후 카메라의 영상보정을 위해, 등거리 스테레오 전방위 렌즈의 위치 측정 알고리즘이 적용된 자동두께 측정용 영상처리시스템의 연구가 계속 되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Fredette A. and Cleaveland R., "A Generalized to Real-Time Schedulability Analysis.", 10th workshop on real-time operating System and software, 1993.
- [2] John L., Sha L., Strosnider K. and Tokuda H., "Fixed Priority Scheduling Theory for Hard Real-Time Systems.", Foundations of real-time computing : Scheduling and Resource Management, pp.1-30., Mar., 1990.
- [3] Chetto H., "Some Results of the Earliest Deadline Scheduling Algorithm.", IEEE Transactions on Software Engineering, vol.15, no.10, pp.1261- 1269, Oct. 1989.
- [4] Daniel P. and Marco C., "Understanding the Linux Kernel.", O'Reilly, 2001.

- [5] 최영호외, “등거리 스테레오 전방위 렌즈의 위치 측정 알고리즘을 위한 파라미터 측정에 관한연구,” 한국인터넷정보학회논문지 8권5호, 2007.10.30
- [6] 조문신외, “NGC 영상시스템 기반의 패턴 결함검출기 설계,” 2007년 한국콘텐츠학회 추계학술발표대회 논문집, 한국콘텐츠학회, 2007.11.17

- [7] 이병호, “3차원 디스플레이 기술의 연구동향,” 광과학기술 7호, pp 26-36, 2004

● 저 자 소 개 ●



강 민 구(Mingoo Kang)

1986년 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1989년 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1994년 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
1985~1987 삼성전자 통신연구소
1997~1998 오사카대학 통신공학과(Post Doc.)
2000~현재 한신대학교 정보통신학과 교수
관심분야: 멀티미디어 통신시스템 etc.

E-mail : kangmg@hs.ac.kr



조 문 신(Moon-shin, Zo)

1987년 연세대학교 물리학과(이학사)
1989년 연세대학교 대학원 물리학과(이학석사)
2008년 영남대학교 센서및시스템공학과(공학박사)
1991~2000 SKC(주) 시스템개발팀(선임연구원)
2000~현재 카사테크(주) 대표이사
관심분야: 영상검출, 영상정보시스템, AOI, etc.

E-mail : casa911@hanmail.net