

고속 필름 인쇄 장치용 미세 라인 오류 검출 시스템의 개발

Development of Narrow Line-Error Inspection System for High-Speed Film Printing Machines

박영규*, 이재혁**

Young-Kyu Park, Jae-Hyeok Lee

*한국의국어대학교 전자정보공학과 (전화:031-330-4573)

**한국의국어대학교 전자정보공학부 (전화:031-330-4258, E-mail:jhlee@hufs.ac.kr)

Abstract - This paper proposes a printing quality inspection system of film-type envelopment. Since the printing system is running at very high-speed (140m/min.) and the line error has very narrow width, we have to choose one-dimensional high-speed and high-resolution line scan camera. The vibration of the printing machine and the illumination environment make the inspection problem more harder. To obtain reliable inspection results, many software image processing techniques are applied and many parameters are tuned. The performance of the proposed system is proved by many simulations and long time real-plant experiments.

Key Words : line scan camera, file-printing, inspection, image processing

I. 서론

우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 식품 포장재는 폴리프로필렌과 같은 투명 필름이며 스넵 종류는 보존 기간을 연장하기 위해 필름 사이에 알루미늄 박을 접착하여 자외선 및 유해 산소를 차단하여 보존 기간을 증대시키고 있다. 이러한 필름 용 인쇄는 여러 가지 면에서 품질 관리에 어려움을 겪고 있다. 먼저 분당 140m의 고속 인쇄로 인하여 육안 검사가 절대 불가능하다. 따라서 인쇄기 운영자는 스트로브 조명을 이용하여 육안으로 검사를 수행하고 있다. 하지만 이 방법은 사람이 고속으로 깜박거리는 조명아래서 오랫동안 감시할 수 없는 문제가 있으며 더욱이 아주 가는 실선의 에러는 찾아내기 힘들다. 따라서 현장 작업자들은 카메라를 이용한 자동 감시 시스템을 도입하여 감시하고자 하고 있다. 하지만 이 역시 플래시를 사용하여 얻은 순간 영상 획득에 그치고 있고 자동 검사 알고리즘이 없이 단지 모니터 상에 보여줌으로 해서 사람의 육안 검사의 문제점을 모두 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 고속 인쇄기에서 인쇄 상태를 감시하는 시스템을 구성하고 감시 알고리즘을 구현하는 것을 목표로 삼았다. 특히 여러 가지 인쇄 에러 중에서 미세 라인 발생 에러를 주 목표로 삼았다. 그 이유는 프린팅에서 제일 중요하고 할 수 있는 칼라의 핀트와 같은 문제는 이미 인쇄기에서 LED를 사용하여 자동으로 수행되고 있기 때문이다. 하지만 라인 발생 에러의 경우 자동 검출이 안 되며 최대 폭이 겨우 90 μ m이하로써 일반적인 해상도를 가지는 장비로는 검출이 불가능하기 때문이다. 결국, 현재 필름 포장재의 인쇄 업체에서는 뚜렷한 검사 방법을 가지지 못한 채 손실을 감당하며 사업을 진행하고 있다. 라인 발생 에러의 경우 앞에서 말한

것과 같이 그 폭이 매우 가늘어 일반 해상도의 카메라에 의해서는 검출 될 수가 없다. 그렇기 때문에 본 논문에서는 구현하고자 하는 감시시스템의 스펙을 검토한 후 적합한 고해상도의 고속 라인 카메라를 선정하였다.[1-5]

II. 인쇄시스템

식품 포장용 필름 인쇄 시스템을 블록도도 간단히 나타낸면 그림 1과 같다. 이 시스템은 크게 언와인더, 리와인더, 인쇄부 그리고 히터기의 네 부분으로 구분할 수 있다. 그림의 오른쪽부터 리와인더가 있고 그 옆에 언와인더가 있다. 그리고 현장에서 '도'라고 말하는 인쇄부가 위치하게 되는데 이 인쇄부는 하나가 한 색을 인쇄하게 된다. 즉 여러 개의 인쇄부가 인쇄를 해야 하나의 완성된 인쇄물이 만들어지는 것이다.

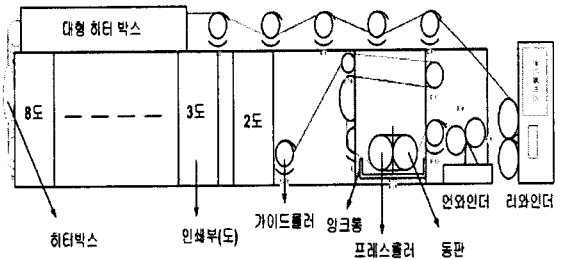


그림 1. 식품 포장용 필름 인쇄 시스템

III. 영상 감시 시스템의 제작

1. 카메라 스펙의 분석

먼저 해상도 문제에서 8192pixel을 가지는 고 해상도의 흑백 라인 스캔 카메라를 이용하였는데 이 카메라의 실제 해상도는 20 μ m이므로 라인의 폭을 3pixel정도로 검출해 낼 수 있다. 다음으로 식품 포장용 필름 인쇄의 가장 일반적인 인쇄 속도가 분당 140m이다. 선정된 카메라는 그 샘플링 속도가 최대 80Mbit로 라인 간격이 110 μ s의 고속 스캔 속도로 동작하기 때문에 분당 140m의 속도로 지나가는 필름의 20cm길이를 대략 1000pixel로 스캔할 수 있다. 속도를 극복하는 가장 확실한 극복 대안이라 할 수 있다.

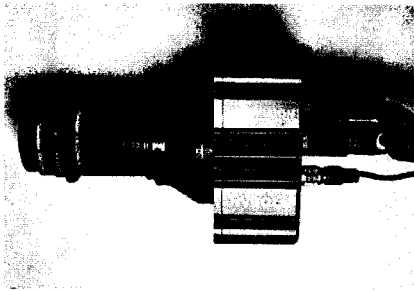


그림2. 선택된 카메라의 모습

2. 획득된 영상의 문제점

원하는 스펙의 고속 라인 카메라와 적당한 조명 장치를 가지고 영상을 획득하여도 감시 소프트웨어를 구현하는 것은 매우 어려운 문제이다.[2,3,5] 그 이유는 고해상도와 고속의 인쇄 속도에서는 사소한 문제가 전체 이미지에 큰 영향을 끼치게 된다. 특히, 인쇄 시스템의 진동과 고속의 인쇄 속도에 의한 필름의 늘어짐, 떨림 그리고 출력임으로 인한 영상 왜곡이 매우 심하다. 만약, 필름이 0.1cm만 흔들려도 이미지는 50pixel이상을 이동하게 된다. 이는 상당히 심각한 왜곡일 수 있다. 특히, 영역 카메라와는 달리 흔들림이 가로 열마다 다르기 때문에 영역 카메라에서 이미지의 흔들림을 보정하는 방법으로는 불가능하다. 그렇기 때문에 이 흔들림을 최소화하여 입력되는 영상마다 그 왜곡을 가장 적게 하는 것이 필요하다. 또한 주위의 조명이 매일 매 시간이 달라지는 것도 영상 정보 왜곡에 큰 요소이다. 또한 영상에 영향을 미치는 잡음(noise)도 무시할 수 없다. 따라서 이미지를 캡처한 후 전처리 과정에서 다양한 알고리즘으로 영상 왜곡에 대처하여야 한다.

3. 영상 감시 시스템 구성

기본적인 하드웨어 구성은 그림 3과 같다. 우선 동판에 의해서 필름이 인쇄되고 있다. 이 필름은 고속으로 가이드 롤러 사이를 이동하고 있고 라인 스캔 카메라 앞에서 스캔된다. 카메라 옆에는 두 개의 할로젠 조명이 전방 확산 방식으

로 위치해있다. 카메라에 의해 획득된 영상은 32비트 채널(8비트 4채널)을 통해 Horizon 보드의 메모리에 적재된다. 우리가 사용할 영상은 1000라인이므로 1000라인이 되면 보드의 메모리는 호스트 컴퓨터에 적재된다. 이 영상을 알고리즘이 가져다 처리 하게 된다.

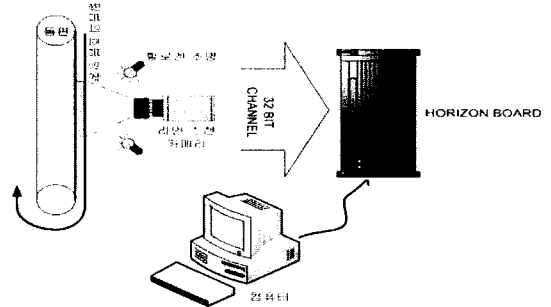


그림 3. 전체 시스템 구성도

4. 감시 소프트웨어의 구성

그림 4는 소프트웨어의 구성 블록도이다. 보는 것과 같이 검사 이미지에서 검사 영역을 찾게 되면 그 검사 영역에서 라인 발생 에러를 검사하게 되는 것이다.

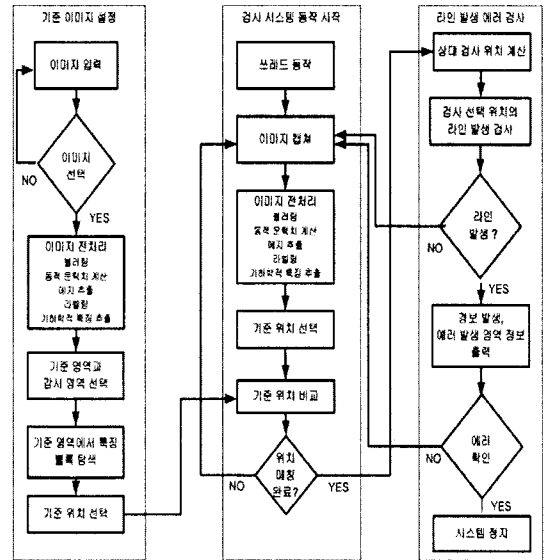


그림 4. 소프트웨어 구성도

본 논문에서는 기존의 영상처리 알고리즘을 라인 스캔 카메라를 이용한 식품 포장용 필름 인쇄의 품질 검사 시스템에 도입하여 원하는 작업을 수행할 수 있도록 기존에 나와 있는 다양한 영상처리 기법([7]-[10])을 사용하여 다음과 같은 알고리즘을 제안한다. 첫째, 노이즈로 인한 이미지의 에러

를 제거하기 위해 블러링을 실시한다. 블러링(Blurring)은 원 영상과 가우시안 스무딩 마스크를 사용하여 영상의 노이즈를 제거하게 된다[8]. 또한 제거되지 못한 노이즈들은 Labeling을 통해서 다시 한번 제거하게 된다. 둘째 시스템의 흔들림으로 인한 보상을 위하여 특징 점을 이용한다. 특징 점으로 점, 선, 에지, 코너점등이 있을 수 있을 것이다. 본 논문에서는 이 특징점 중에서 이미지 전반에서 나타날 수 있는 에지를 이용하여 흔들림에 대해서 보상한다.

IV. 실험 결과

감시 소프트웨어 수행 절차는 우선 기준 선택 영역을 선택하고 그 영역 내에서 기준 점을 찾게 된다. 그리고 검사 영역을 선택받게 되는데 이 과정이 끝나고 나면 스레드를 가동 시킨다. 스레드는 이미지를 캡처하게 되고 캡처된 이미지는 전처리 과정을 거쳐서 기준 점을 찾게 되는데 이 기준점이 기준 영상의 기준 점과 매치가 되면 그 흔들림 값을 계산하여 검사 영역을 생성하고 그 영역에서 에지를 검출하여 라인 발생 에러를 감시하게 된다. 각 영상 처리 과정에서 흔들림, 잡음, 조도에 의해 매번 캡처된 영상이 달라지므로 이를 극복하기 위하여 각 단계 별로 전처리 알고리즘을 강화하였다. 전처리 과정에 대해 설명하면 다음과 같다.

- Mopology에 의한 처리

모포로지에 의한 처리는 우선 흔들림으로 복잡해진 에지의 외곽선을 정리하는 작업이다. 이렇게 정리를 하는 이유는 흔들림으로 복잡해져서 변화된 정보를 최소화시키기 위한 것이다. 흔들림이 최소화된 에지를 매치시킴으로써 기준 점을 선택하고 라인 발생 에러를 감시하는 것이다. 그

- 노이즈의 제거

노이즈를 제거하기 위해서 일반적으로 사용하는 가우시안 스무딩 마스크를 이용한 블러링 기법을 사용하였으나 완전히 제거되지 않아 Labeling에서 픽셀 수 제한을 통한 노이즈 제거법을 추가적으로 사용하였다. 경험적으로 픽셀수는 300픽셀 정도가 적당하였다.

- 조도에 의한 왜곡 처리

조명의 조도가 낮은 경우, 대상 이미지가 유사한 색을 가지는 경우 Gray Level로 변화시키면 그 에지부위가 명확해지지 않아. 에지들이 상당량 잘린 영상을 얻게 된다. 이를 해결하기 위해서는 일반적으로 사용하는 소벨 마스크의 깊이를 튜닝할 필요가 있다. 실험에서는 2배의 튜닝 마스크를 이용하였고 경우에 따라서는 3배의 튜닝 마스크를 사용할 필요성도 있었다. 그리고 Dynamic threshold 값을 이용하여 영상 획득 시 조도 상태에 의존적인 획득 영상의 명도 값을 독립화 하였다.

실제 인쇄기에 카메라를 부착하여 얻어진 영상에 대해 위와 같이 전처리 과정을 잘 거친 영상의 경우 여러 차례 실제 실험을 통하여 본 논문에서 제시한 방법이 매우 효과적으로 잘 수행되고 있는 것을 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 고속, 고 해상도의 비전 검사 시스템에서 발생하는 흔들림 문제의 해결 방안과 라인 발생 에러 검출에 대한 방안을 제시 하였다. 분당 140m 의 고속의 인쇄 시스템에서 가장 중요한 문제는 역시 조명과 흔들림에 대한 보장이었다. 조명은 다양한 기구적인 방법으로 개선하였고 결국 소프트웨어적으로 흔들림을 보상하는 것이 관건이 된다. 흔들림 보정을 위한 모든 에지 픽셀에서의 방향 데이터를 가지고 그 주위 에지에 대해서 비교하여 흔들림 정도를 계산 하였으나 성공률이 거의 제로에 가까운 결과를 나타내었다. 결국, 에지의 검출에서 세로 에지만을 이용하는 방법과 이 세로 에지를 재구성한 또 하나의 에지 정보를 이용하여 그 성공률을 향상 시킬 수 있었다. 이때 잘 획득된 기준영상에서 기준 선택 영역을 사용자가 선택하게 하고 감시하고자 하는 영상의 전체 영역 중에서 특별히 라인 발생시 특징이 두드러지게 나타나는 영역(검사영역) 또한 사용자가 선택하게 함으로써 그 성공률은 거의 100%에 가까운 것을 확인 할 수 있었다.

향후 개선점으로는 인쇄기에서 발생하는 외부 트리거 신호를 사용하지 않는 본 논문에서의 품질 검사 시스템은 세로 영역을 모두 검사하여 검사 시간이 길어졌지만 만약 외부 트리거를 사용하여 선택 영역만을 전 처리하였을 경우 이미지 크기에 따라 수행시간을 크게 개선시킬 수 있을 것이다. 또한 컬러 라인 스캔 카메라를 사용할 경우 인쇄 잉크가 묻게 되는 질감 에러를 검출하는 기능 추가와 기준 색상과 크게 달라지는 색상 오류 검출 기능을 추가할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 기명석, 2001, 주변 마스크와 일반화 대칭변환 알고리즘을 이용한 인쇄물 검사 시스템, 전남대학교 석사학위 논문.
- [2] 夫暢完, 1996, Line Scan Camera를 이용한 검사시스템에서의 새로운 영상 처리 알고리즘, 고려대학교 석사학위 논문.
- [3] 林進城, 1999, 라인 스캔 카메라를 이용한 E Type 코아의 자동 검사에 관한 연구, 인하대학교 석사학위 논문.
- [4] Nexteye Machine Vision, 2002, 머신비전응용, 강의자료.
- [5] 한영수, 1999, 라인 스캔 카메라를 이용한 현미의 온라인 품위 판정 시스템 개발, 서울대학교 석사학위 논문.
- [6] Vision Tek, 1999, 조명 기술, 기술 자료.
- [7] Gonzalez & Woods, 1998, Digital Image Processing, 도서출판 그린.
- [8] 장동혁, 2001, 디지털 영상처리의 구현, 정보게이트.
- [9] 정성환 & 이문호, 2003, 영상처리 이해와 활용, 영한출판사.
- [10] 강동중 & 하중은, 2003, 디지털 영상 처리, 사이텍미디어.