

# MMX기술을 이용한 식품 포장용 투명필름의 실시간 검사시스템 개발

## Development of Real-Time Inspection System for Foods Packaging Film using MMX Technology

유주현\*, 이재혁\*\*

Joo-Hyun Yoo, Jae-Hyeok Lee

\*한국의국어대학교 전자정보공학과 (전화:031-330-4573, E-mail:jhyu@seyeon.co.kr)

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

**Abstract** - Film printing companies have many problems during a printing process. Most of all, even an insect or dirt stick to the transparent film may cause severe errors until the end of printing job, which means big economic damage to the company. To prevent some insect-dots or dirt-dots, we have to inspect the total area of film. However, it is very difficult to inspect the film in real-time due to the high-speed of printing that usually more than 150 m/min. A hardware based approach, for example DSP-based approach can be the one of solution candidates, but the total cost and the complexity increases the very high-level. In this paper, we suggest a software based approach, using MMX technology, to inspect the film in real-time. By Many real-plant experiments, we can see the suggest approach is applicable for the inspection of food packaging film in real-time.

**Key Words** : MMX Technology, LED, Line scan camera, Image processing

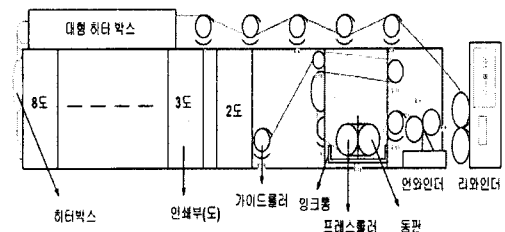
### I. 서론

현재 식품 포장용 필름의 인쇄 업체에서는 여러 가지 인쇄상의 문제들을 안고 있다. 식품 포장지의 특성상 식품과 직접 닿아 소비자에게 전달이 되고 여기에 조그만 벌레 한 마리라도 섞여 들어가게 되면 기업의 이미지에 심각한 지장을 초래할 수 있으나 빠른 인쇄공정상 사람의 눈으로 이러한 오류를 감시해 낸다는 것은 불가능 하다. 투명 필름 오류의 경우 너무나 작을 수 있고 또한 오류율도 낮기 때문에 검사 자체를 포기하고 있으며 투명필름은 일단 이상이 없는 것으로 간주, 식품 포장지를 생산해 내고 있다. 현재 식품 포장용 필름 인쇄 업체에서는 자체적으로 생산라인에 벌레가 섞이지 않도록 하는 노력을 하고 있지만 공장의 출입구에 방충망을 설치하는 것으로 그치고 있다. 곤충류는 인쇄 과정에서 섞여 들어갈 경우 잉크가 곤충류들의 이물질에 묻어 뭉쳐서 인쇄되거나 하여 대략 8km에 달하는 전체 생산물의 인쇄 오류에도 영향을 미칠 수 있다. 이러한 잠재적인 인쇄 오류는 식품 포장지 인쇄 업체에게 고스란히 전가 된다. 비록 오류율이 낮더라도 기업에 심각한 치명타를 가할 수 있는 인쇄오류는 검사를 하여 배제되어야 함은 당연하다. 식품 포장지의 보통의 인쇄 속도는 분당 140미터 이며 이 인쇄물을 영상화해서 감시하려면 라인스캐너를 사용한 방법이 필수적이며 실시간 전수 검사가 가능해야 한다. 본 논문에서는 라인스캐너를 이용하여 실시간 투명필름 검사 시스템 개발에 대하여 다루게 될 것이다. 가장 중점적으로 다루게 될 내용은 막대한 데이터 량의 고속 영상처리이며 라인스캐너의 영상 특성을 극복하기 위한 조명설계에 관해 논의 할 것이다.

### II. 필름 검사 시스템

#### 1. 식품 포장용 필름 인쇄 시스템

다음의 그림은 식품 포장용 인쇄 시스템이다. 간략히 설명하면 투명필름이 사진 우측에서 풀어져 각 도별로 한 가지 색깔이 포장지에 입혀지게 되며 인쇄된 포장지는 건조되어 다시 감기게 된다. 인쇄가 완료되면 마지막 단계로 알루미늄 호일을 부착하게 된다. 투명필름은 언와인더 부분으로부터 각 도를 인쇄하는 프레스 롤러로 공급되게 되며 인쇄되기 전 인 언와인더와 1도 프레스롤러 사이에 투명 필름 검사 장비를 장착하게 된다.



<그림 1 : 식품 포장용 필름 인쇄기>

#### 2. 라인스캐너를 이용한 필름검사의 문제점

##### 2.1 일반적인 조명 사용으로 인한 문제점

라인스캐너로 영상 획득 시 가장 일반적으로 고려할 수 있는 조명의 종류는 형광등류와 백열전구, 그리고 할로겐 조명이다. 그러나 형광등과 백열전구는 모두 주파수 특성이

있으며 백열전구는 그 특성이 심하지 않으나 균일한 밝기를 표현하기 어렵고 할로겐조명은 주파수 특성은 없으나 열이 너무 많이 발생한다. 따라서 다른 형태의 조명을 고려하지 않으면 안된다.

## 2.2 Blob검출의 어려움

빛을 쪼이는 부분을 제외한 가장자리 부분에는 Blob이 생겨도 검출할 수가 없다. 아래의 영상은 라인스캔카메라의 일반적인 영상이며 I2S라는 라인스캔카메라 프레임그래버 생산업체에서는 하드웨어를 사용, 영상의 위치별로 Gain을 주어<sup>(3)</sup> 전체적으로 평활화 전처리를 거친 다음 영상 처리를 실시한다.<sup>(4)</sup> 그러나, 이 방법은 어둠에 속해 있는 윤곽선을 근본적으로 드러낼 수는 없고 또 영상 노이즈를 증폭하는 효과가 있으며 따로 하드웨어구입을 해야 하므로 비용면에서도 이득이 없다.



<그림 2 : 가장자리가 어두워지는 현상>

## 2.3 실시간 처리에 어려운 이미지의 크기

인쇄 오류의 경우 매우 작을 수 있고 발생빈도와 위치를 예상 못하기 때문에 고해상도의 라인스캔 카메라를 사용하고 실시간으로 전수 검사가 가능해야 한다. 현재 사용한 라인스캔카메라는 0.12sec의 촬영시간에 8192\*1000의 해상도를 가지는 2D 이미지가 촬영되며 이 이미지는 다음 장면이 촬영되는 0.12sec동안에 이미지 검사를 마쳐야 한다. 따라서 실시간 검사를 위해선 한 프레임 처리시간을 단축시키는 것이 주요 문제이다. 고속 처리를 위해 DSP등 하드웨어 적인 도움을 받는 방법 외에 펜티엄4부터 삽입된 SIMD(Single Instruction Multiple Data) Instruction을 사용하는 방법이 있다. 하지만 DSP 하드웨어 처리방법을 채택할 경우 DSP와 카메라와의 연동을 위해 DSP전용보드를 개발해야하고 PC와의 연계 처리도 어려우며 무엇보다도 가격이 상승하는 단점이 있다. 따라서 순수하게 소프트웨어 작업만으로 실시간 처리를 할 수 있는 MMX Technology를 채택하였다.

## 3. 비전 검사 시스템의 제작

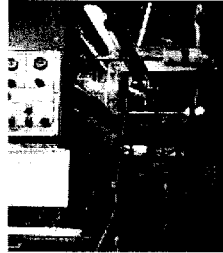
### 3.1 기구부

그림 3은 실제 인쇄기에 검사 장비를 장착한 사진이다. 몇 개의 프레임으로 기구부와 촬영부를 장착하였다. 와인더에서 풀려 1도 인쇄하기 바로 직전에 검사 장비를 장착하게 된다.

### 3.2 조명부

Luxpia사의 LWH5000W를 사용, LED를 두 줄로 배열해 조명장치를 제작하였다. 조명은back-light<sup>(5)</sup>로 구성하였으며 결과적으로 그림 4의 형태와 같이 조명을 제작함으로써 전체적으로 균일한 영상을 얻어내었다. 화면의 기본바탕은 영상 프레임 전체에 걸쳐 조급의 음영도 없이 흰색으로 처리되었으며 0.5mm 이상의 물체는 성공적으로 촬영이 되었다. 그러나 LED에서 나오는 빛은 직진성을 가지고 있으나 카메라와 조명 사이에 실제 촬영되는 영상에 LED끼리의 간섭이 생겨 윤곽선에 블러가 발생한다. 즉 윤곽선에 블러가 생겨 단순한 미분의 방법으로는 물체의 윤곽선을 판별하기 어려우나 복잡

한 알고리즘을 사용하면 실시간성이 방해된다.



<그림 3 : 카메라 장착>



<그림 4 : 제작된 조명장치>

## 3.3 영상 입력 장치, 처리 장치

라인스캔카메라로 (주)한비전의 HVSOLLO-84-LVDS를 사용하였다. 이 카메라는 흑백이며 한 라인이 8192pixel을 갖는다. 픽셀 Rate은 80Mhz이며 20cm를 8192 픽셀로 보고 있으므로 해상도는 20μm이다. 영상 처리장치로는 Pentium IV 2.4 GHz CPU를 사용하였고 그래픽 카드는 Nvidia사의 Geforce2 MX400, RAM는 PC2100, 512MB를 사용하였다.

## 4. 영상의 처리

실시간 처리를 위하여 MMX 명령을 사용해서 소프트웨어적으로 영상을 처리, 실시간 영상처리를 구현한다. 8192\*1000의 해상도를 가지는 한 프레임의 촬영시간은 0.12sec로서 더블 버퍼링으로 실시간 캡처를 보장하고 촬영시간 동안에 이미지 프로세싱을 하여 오류여부를 검출해 낸다. MMX 명령어는 연속적인 대용량 데이터 처리에 적합하다.

### 4.1 라인단위 처리의 필요성

2D 영역기반 알고리즘은 일반적으로 시간이 많이 걸린다. 사방으로 윤곽선을 추출할 수 있는 Laplacian<sup>(6)</sup> 알고리즘만 하더라도 9번의 뿔셈과 덧셈이 혼합된 마스크 연산이 이루어지며 이 과정은 매 픽셀마다 이루어진다. 시간요인을 제외하고라도 라인단위로 20픽셀 정도 진동이 생길 수 있는 라인스캔 카메라의 촬영영상에선 사방으로 윤곽선을 추출할 수 있는 마스크 연산은 의미가 없다. 결국 라인 스캔 카메라의 영상에선 라인단위의 연속적인 데이터만이 의미가 있으며 따라서 1D 방향으로 윤곽선을 탐지하는 알고리즘이 적합하다. 또한 2D기반 알고리즘은 MMX에 적합하지 않다. MMX는 data가 연속적일 경우에 최적화되어 있고 2D기반 윤곽선 검출 알고리즘은 이미지 데이터를 건너뛰어 데이터를 액세스한다. 따라서 복수의 단위로 데이터를 다룰 수 있는 MMX는 2D기반 영상처리 알고리즘에 적절치 않다. 따라서 라인단위의 변화량을 감시하는 일종의 미분의 방법으로 윤곽선을 추출, 물체를 검출해 내는 방법이 MMX적용에 효과적이다.<sup>(7)</sup>

### 4.2 MMX(MultiMedia eXtension)<sup>(8)</sup> 개요

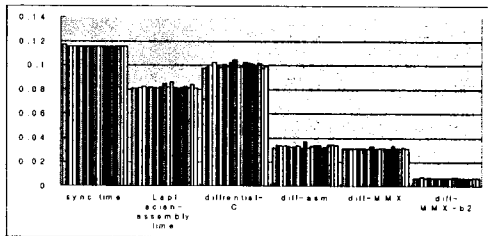
정수 연산만 가능하며 64bit register를 쪼개서 각 데이터를 한 번에 병렬로 연산할 수 있는 기능이다. 자료 형태는 다양하게 사용할 수 있도록 명령어가 제공되고 있으며 부동소수점 연산을 할 수 없다. 주요 특징이라면 연산 결과가 Condition flag을 건드리지 않는다는 것이다. Condition명령어가 따로 존재하며 그 결과는 Register에 0/1로 저장된다. 이

것을 각각 구분해 Conditional jump에 반영한다.

### III. 실험 결과

#### 1. 시간 측정 결과

다음의 그래프는 한 프레임의 시간측정의 결과 이며 Differential은 이웃 픽셀과의 차이를 일정값으로 문턱치화 하여 일정값 이상의 변화량이 나오면 이것을 물체로 판정하는 방법이다. 이 알고리즘을 C언어로 만들어 측정하고 같은 기능을 하는 프로그램을 각각 일반 어셈블리와(diff-asm) MMX코드와(diff-MMX) 개선된 (diff-MMXb2)의 시간 그래프를 산출하였다. 결과적으로 MMX 코드를 구성하여 Display 하는 시간을 더하다라도 Sync Time에 모든 처리가 완료되는 빠른 처리시간을 보여주었다. 표1에서는 diff16-MMX은 16pixel건너의 픽셀 값과의 미분치를 Thresholding하는 알고리즘이며 절대 Thresholding은 일정한 값이면 무조건 에러로 판단하는 코드를 더한 것이고 count blob은 에러 픽셀의 크기를 계산하는 알고리즘을 더한 것이다.



<그림 5 : MMX사용시의 성능향상>

diff-MMX	diff-MMX -b2	diff-MMX -b3	diff16-MMX -절대thresholding	diff16-MMX -count blob
0.031038	0.006556	0.012028	0.011154	0.007105

<표 1 : 알고리즘별 처리 시간 (단위:sec)>

#### 2. 실시간 영상 처리의 실현

MMX사용으로 영상처리루틴이 고속화되면서 Sync time내에 영상처리시간에 여유가 생겼다. 즉 모든 처리가 0.07sec내에 종료되어 실시간 처리가 구현되었다. 소프트웨어 작업만으로 실시간 검사장비 개발 실현의 의의는 다음과 같다.

첫째 DSP등의 외부 장비 없이 순수한 소프트웨어 작업만으로 실시간 검사를 실현하는 것은 비용절감 효과를 낳는다. 둘째 MMX, SSE 등 SIMD기능의 위력을 검증하였다. 대부분의 프로그램은 C코드만으로 이루어져 있으며 펜티엄 CPU의 능력을 전부 사용하지 못한다. 이렇게 대부분의 프로그램에서 SIMD명령을 사용하지 않는 이유는 SIMD명령이 요구하는 데이터 형이 보통의 논리적인 프로그램에서 적합하지 않다는 것인데 동영상등의 대용량 자료의 사용은 최근 들어 급속히 대중화 되고 있으며 따라서 이러한 영상신호처리 분야에서 SIMD명령의 사용은 반드시 필요한 응용이다.

특별 제작한 LED 조명기구를 사용하여 화면 전체가 모두 밝게 처리되어 물체가 어둡게 잡히는 back-lighting의 특성에 부합, 픽셀의 보정 없이 물체를 효과적으로 검출할 수 있게 되어 전처리 장비의 비용 없이 소프트웨어 작업만으로 물체

를 검출할 수 있다. 이미지의 구별 level과 최소값, 혹은 최대값과의 차이가 줄어들게 되면 그만큼 에러 검색능력은 떨어지게 되며 본 논문에서는 이러한 오류자체를 원천적으로 제거하여 성공적으로 물체를 검출해 내었다. 그러나 LED조명의 특성상 물체의 윤곽에 블러가 생길 수밖에 없는데 16 pixel이후의 픽셀 값과 비교를 함으로써 어느 정도 연속적으로 변화하는 픽셀 값에 대해 분별력을 가질 수 있게 하였다. 또한 절대적인 문턱치 값도 사용자로부터 하여금 튜닝할 수 있게 하여 기기의 민감도를 조정할 수 있게끔 하였다.

### IV. 결론

본 논문에서는 고속, 고 해상도의 비전 검사 시스템에서 적절히 응용될 수 있는 조명방법과 실시간성의 고속 영상 처리방법을 제안하였다. 본 시스템을 이용하여 실험한 결과로 얻은 수확은 첫째로 고휘도 LED의 조명장치로서의 유용함을 확인한 것이다. 할로겐램프를 사용하는 경우 충분한 광량을 얻을 수 있으나 열이 많이 발생하여 필름에 부적절하고 휘발성 잉크를 사용하기 때문에 화재의 위험이 있게 된다. 하지만 LED램프는 전류 효율이 좋아 열도 많이 나지 않고 CCD에 인식되는 광량도 충분히 공급이 되고 또한 주파수 특성을 가지지 않아 고휘도 LED를 사용한 조명은 투명필름 검사에 적절함을 알 수 있었다. 둘째로 MMX, SSE2등의 SIMD 명령어의 위력을 검증한 것이다. Pentium 4 CPU의 SIMD명령어를 사용함으로써 실로 엄청난 시간 감축의 효과를 보았는데 대용량의 연속적인 데이터 처리의 경우에 더욱더 빛을 발하는 처리 방법이다. 기존에 DSP와 같은 하드웨어 기반 시스템에서만 가능했던 고속 실시간 검사 시스템이 PC 기반의 저렴한 소프트웨어 방식으로 가능하다는 것을 확인하였다. 실제로 이러한 고속처리는 영상의 실시간 전송이나 영상/음성 신호의 실시간 Encoding/Decoding에 광범위하게 응용되는 방법이다. 또한 본 논문에서 다루어진 것과 같은 실시간성이 필요한 대용량의 작업 처리와 같은 검사시스템에서 그 효율성이 더욱더 크다고 할 수 있다. 향후 이러한 시스템을 병렬로 설치, 검사 범위를 넓혀 실시간 전수 검사시스템의 개발에 응용될 수 있으며 또한 필름 생산 공장에서 필름 생산시에 검사시스템을 운용함으로써 식품 포장지 인쇄의 오류발생을 원천적으로 막을 수도 있다.

#### 참 고 문 헌

- [1] "Introduction to Intel MMX(TM) technology", Intel Documentation.
- [2] "조명의 기초", "http://www.lumin.co.kr/infomation.htm"
- [3] "패턴매칭을 이용한 실시간 PCB 검사", 이영아 박우석 고성제, 고려대학교 2003
- [4] "High Speed Blob Analysis", i2s line scan application notes,
- [5] Vision Tek, 1999, 조명 기술, 기술 자료.
- [6] 정성환 & 이문호, 2003, 영상처리 이해와 활용, 영한출판사.
- [7] "MMX 기술을 이용한 AC-3 복호기 구현", 박성오,기창서,정익주
- [8] "Intel Architecture Software Developer's Manual " Intel Documentation, 1999