

블러가 심한 물체 검출을 위한 고속 MMX 영상처리

High-speed Image Processing for Blurred Image for an Object Detection

이재혁* (Lee Jae-Hyeok)

* 한국의국어대학교 전자정보공학부 부교수, 공학박사

Abstract - This paper suggests a high-speed blurred blob image inspection algorithm. When we inspect some products using high-resolution camera, the detected blob images usually have severe blur. And the blur makes it hard to detect an object. There are many blur-processing algorithms, but most of them have no real-time property for high-speed applications at all. In this paper, an MMX technology based algorithm is suggested. The suggested algorithm was found to be effective to detect the blurred blob images via many simulations and long time real-plant experiments.

Key Words : 영상처리, 물체검출, 블러영상, MMX, 실시간처리

1. 서 론

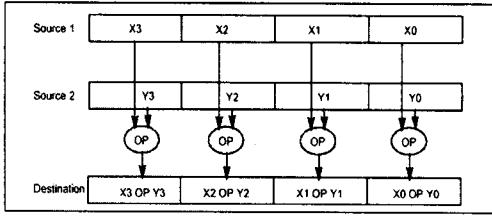
1.1 고속 영상 처리의 필요성

고속으로 대량 생산되는 제품에 대해 카메라를 이용한 품질 검사를 수행하는 경우 카메라 자체가 특수한 고속 카메라여야 한다. 하지만 고속의 2차원 카메라는 매우 고가의 장비여서 일반적인 생산 공정에 사용할 수 없기 때문에 대부분 1차원 카메라를 이용하고 있으며 이를 흔히 라인 스캔 카메라라고도 한다.[1] 이러한 라인 스캔 카메라는 고속의 장점과 함께 까다로운 조명 장치를 요구하며 또한 촬영된 영상에 기본적으로 블러(Blur)가 발생하게 되는 문제가 있다. 즉 영상의 경계 부분이 깨끗하게 되지 않고 서서히 밝기가 변하는 현상이 발견된다.[2] 이러한 블러는 에지와 같은 영상 처리의 중요 정보에 문제를 발생시켜 영상에서 정확한 정보를 추출하는 것을 방해한다. 따라서 이러한 블러를 영상처리 알고리즘을 이용하여 다루는 여러 가지 방법들이 제안되어 있다.[3] 하지만 대부분의 알고리즘은 시간이 많이 소요되어 실시간 고속으로 처리하여야 하는 생산 라인에는 직접 적용하기 어려운 문제가 있다. 이런 어려움을 극복하기 위한 방법으로 PC용 프로세서인 인텔의 펜티엄에는 고속의 멀티미디어 데이터 처리를 위한 MMX 기술을 적용하였는데 이 명령어를 이용할 경우 기존의 처리 시간보다 4-5배 정도 빠른 성능이 입증되어 있다.[4] 하지만 MMX 특유의 독특한 데이터 처리 방식 때문에 기존의 블러 처리 알고리즘을 그대로 사용할 수 없고 또한 MMX 성능을 최대로 발휘할 수 있도록 MMX 방식에 적합한 새로운 알고리즘을 구현되어야 한다. 본 연구에선 빠른 속도로 생산되어 움직이는 투명필름을 대상으로 필름에 부착되는 오염원을 라인 스캔 카메라를 이용하여 실시간으로 검출하는 시스템을 구성하였다. 조명으로는 경제적인 LED 백라이트 조명을 사용하였으나 LED간 간섭으로 블러가

심해지는 문제점이 발생하였고 라인 스캔 카메라 특유의 블러 문제가 발생하여 이물질 부착 여부를 검출하기 어려운 문제가 발생하였다. 본 논문에서는 고속, 고해상도의 라인 스캔 카메라를 이용하여 유리나 필름과 같이 투명한 물체에 대해 검은 이물질 등이 부착되었는지를 검사하는 자동 검사 시스템을 구성하여 얼룩(blob)을 실시간으로 검출하는 MMX 명령어 기반 알고리즘을 제시하였다.

1.2 MMX(Multi-Media eXtension) 개요

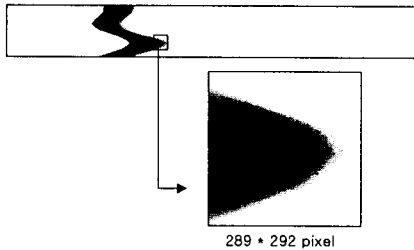
MMX명령어는 1996년 펜티엄 출시 시 멀티미디어 연산에 적합한 대용량 자료처리 명령어로서 발표되었다. 여러 데이터를 한번에 access 할 수 있는 SIMD(Single Instruction Multiple Access) process를 탑재, 단순 연산의 고속화가 목적이다. MMX명령어는 정수 연산만 가능하며 이후 SSE(Streaming SIMD), SSE2[4]가 펜티엄 시리즈에 추가됨으로서 부동소수점 연산도 대용량의 처리가 가능하게 되어 현재 SSE3까지 발표되었다. MMX명령어의 기본 개념은 패킷모드연산, 64비트 레지스터를 쪼개서 각 데이터를 한 번에 병렬로 연산할 수 있다는 것이다. 다시 말해 한 바이트씩 8개의 데이터가 레지스터 두 개에 채워져 있다면 이것을 연산하여 다시 한 바이트의 결과 8개를 산출한다. 자료 형대는 다양하게 사용할 수 있도록 명령어가 제공되고 있으며 부동 소수점 연산, 즉 나눗셈을 할 수 없다. 주요 특징이라면 연산 결과가 조건 플래그를 건드리지 않는다는 것이다. 조건 명령어가 따로 존재 하며 그 결과는 레지스터에 참(True) 또는 거짓(False)으로 저장된다. 또한 SSE명령어는 펜티엄3에서부터 추가됨으로써 128비트 레지스터가 8개 추가가 되었다. MMX명령어의 피연산자(operand)에는 이 8개의 추가된 128비트 레지스터와 함께 기존의 64비트 레지스터도 혼용할 수 있다. MMX의 처리 방식을 도식으로 나타내면 그림1과 같다.



<그림 1 : MMX 기본개념>

2. 블러된 영상의 검출

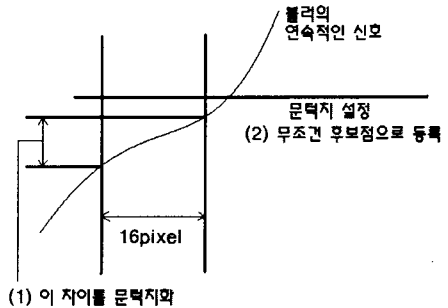
다음은 투명한 필름에 LED 백라이트 조명을 한 후 임의의 필름에 검은 물체를 붙여서 발생시킨 블러된 영상이다.



<그림 2 : LED조명에 의한 블러 현상>

그림에서 보듯이 영상의 밝기의 변화가 서서히 이루어지므로 단지 이웃 픽셀 값과의 차이만을 가지고 불순물이 붙었는지를 확인 할 수 없게 된다. 물론 이물질의 판단의 기준인 기준치(threshold)를 아주 작게 하면 되지만 그 경우는 필름의 진동에 의한 회미한 그림자까지 오류로 검출할 염려가 있다. 따라서 이렇게 픽셀 값에 변화가 오면 먼저 오류의 감시 대상으로 올려놓고 계속적으로 다음 라인에서 발생하는지 모니터링 하여야 한다. 이를 위해서 본 연구에선 윤곽선 판별 방법을 사용하였다. 윤곽선 판별 방법으로 라인단위 알고리즘으로써 생각할 수 있는 방법은 간단한 방법은 라인단위 미분이다. 본 논문에서는 픽셀과 이웃픽셀의 차이인 픽셀 값의 미분치를 문턱치화 하는 방법을 사용하였는데 미분을 하여 픽셀 간 값의 차이가 어느 정도 이상으로 커지게 되면 이를 일단 에러후보 점으로 기록한 다음 기계 운영자에게 일단 보고하고 계속되는지를 감시하는 것이다. 하지만 이 방법은 앞에서 설명한 바와 같이 블러에 취약하므로 별도의 블러 처리 방안을 강구하여야 한다. 블러의 원인을 보면, 먼저 라인 스캔 카메라는 일반적으로 해상도가 높기 때문에 초점이 안 맞거나 해서 블러가 생기게 되면 보통 100 픽셀 이상으로 생긴다. 블러가 그렇게 대규모로 생기게 되면 연속적인 픽셀 값의 변화가 일어나게 되며 따라서 미분에 의한 윤곽선 판별 방법은 소용이 없게 된다. 또한 본 논문에서 사용한 LED 백라이트 조명에 의해 자체적으로 발생하는 블러 현상은 필연적이다. LED가 직진성이 있지만 LED끼리의 조명의 간섭이 약간씩 일어나기 때문이다. 여러 개의 LED를 사용하기 때문에 광원 자체가 여러 개가 존재한다. 이러한 시스템에서의 블러 현상은 피할 수 없으므로 이런 현상을 극복하기 위해 알

고리즘을 개선하였다. LED간 간섭 때문에 실제 물체가 나타나지 않을 수도 있는데 실험결과 0.2mm이하의 물체는 화면에 나타나지 않는 현상도 발생하였다. MMX 명령어를 사용하여 영상처리를 할 경우 이러한 블러에 대한 극복 방안으로, 그림 3에 나타낸 것처럼, 먼저, 바로 이웃한 픽셀과의 비교가 아닌 약간 떨어져 있는 픽셀과 비교하는 방법을 도입하였다. 본 연구에선 16 픽셀, 32 픽셀 이후의 픽셀과 미분하는 방법을 사용하였다. 이는 카메라의 해상도와 연관이 있는데 현재의 카메라가 해상도가 매우 높아서 작은 얼룩도 검출할 수 있는 장점이 있는 반면 보통 얼룩이 큰 영상으로 나오기 때문이다. 다음으로 절대적으로 문턱치 값을 지정해 그 값을 넘어서는 값들은 일단 무조건 에러 후보로 등록한다. 이는 블러가 생겨 픽셀 값이 연속적으로 변하더라도 일정 값 이상의 픽셀은 무조건 등록이 되기 때문에 이 두 가지 방법을 혼용하여 사용하였다. 실험 결과 블러가 있어도 얼룩을 잘 검출하는 것을 확인할 수 있었으며 0.2mm의 점 (기기의 최소 검출 물체 크기, 화면에 잡히는 최소의 크기)도 성공적으로 에러로 등록 되었다.



(1) 이 지이를 문턱치와

<그림 3 : 블러에 대한 극복방안>

3. 실험 및 결과

3.1 실험 환경

전체시스템 구성도는 그림 4와 같다. 고휘도 LED 조명을 필름 뒤에 제작 설치하였고 조명과 카메라 사이로 투명 필름이 분당 140미터 이상의 속도로 지나가면 라인스캔 카메라로 실시간 얼룩을 검출하는 알고리즘을 PC에서 수행한다. 각 사양은 다음과 같다.

(1) 영상 입력 장치

1. Line Scan camera (흑백) : HVSOLO-84-LVDS (주)한비전) - 총 픽셀 : 8192 픽셀, 총 픽셀 Rate : 80MHz (20MHz * 4channel) - 최대 라인 Rate(Lines/sec) : 9600, 해상도 : 200mm / 8192 \times 20 μ m
2. Optical Lens : FOV:200mm WD:200mm (schneider 25mm)
3. Frame Grabber : HORIZON 4LC LVDS (I2S INC) -픽셀 클럭 Rate : 40MHz, hardware buffer : 4M bit

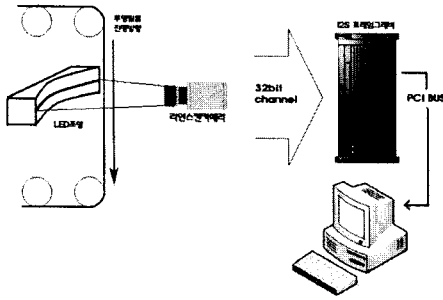
- (2) 영상 처리 장치 : CPU : Pentium IV 2.4GHz
- (3) 조명 장치 : 고휘도 LED 조명
- (4) 프로그램 개발 환경 : Microsoft Visual C++ 6.0

4. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 투명 필름이나 유리와 같이 투명한 제품을 고속으로 대량 생산하는 공장에서 사람의 육안으로 오염원을 검출할 수 없는 경우 고속, 고해상도의 라인 스캔 카메라를 이용하여 유리나 필름에 검은 이물질 등이 부착되었는지를 검사하는 자동 검사 시스템을 구성하였다. 그리고 고속으로 흐르는 제품에 대해 실시간으로 전수검사를 하기 위해 하드웨어적인 방법이 아니라 인텔사의 펜티엄 MMX 기술을 활용하였다. 또한 조명으로는 고휘도 LED 조명을 백라이트로 활용하였는데 이 경우 여러 LED를 사용함에 따라 필연적으로 발생하는 블리(blur) 문제를 MMX 기술을 활용하여 해결하기 위해 단순한 이웃 픽셀과의 비교가 아닌 어느 정도 떨어져 있는 픽셀과의 비교를 통하여 극복하는 방안을 제시하였다. 기존에 잘 알려진 일반적인 영상처리 알고리즘은 MMX 기술에 적용하기 어렵고 또한 다양한 영상 처리 알고리즘의 적용은 시간적 제약 때문에 실시간으로 적용할 수 없으나 본 논문에서 제안한 MMX 방식 얼룩(blob) 검출 알고리즘은 고속의 처리가 가능하여 실시간으로 검사할 수 있음을 입증하였다. 추후로는 제안된 원형 모양의 LED 조명이 직선형 LED 조명과 비교하여 장단점을 좀 더 분석해 볼 필요가 있으며 특히 원형 조명과 영상의 블러문제와 연관성에 대해 체계적이며 집중적으로 분석할 필요가 있다고 본다.

참 고 문 헌

- [1] 한영수, 노상하, "라인 스캔 카메라를 이용한 곡물 품위 판정 시스템 개발", 서울대학교 생물자원공학부, 2003.
- [2] 이재혁, 유주현, "MMX 기술을 이용한 투명필름의 실시간 검사시스템 개발", 2004년도 정보및제어 학술회의 논문집, 대한전기학회, pp.156-158, 2004.11.
- [3] 김기만, *Image Segmentation*, 2000, 기술자료.
- [4] Intel Documentation, *Introduction to Intel MMX(TM) technology*, 2000.
- [5] 이재혁, "고속 라인 스캔 카메라를 위한 LED 조명의 설계", 한국의국어대학교정보산업공학 연구소 논문집, 특별호, 2005.
- [6] i2s, *High Speed Blob Analysis*, i2s line scan application notes.
- [7] Vision Tek, *조명 기술*, 1999.



<그림 4 : 전체 시스템 구성도>

3.2 Blur된 Blob의 검출

실험 결과의 하나를 그림5에 나타내었다. 그림5는 조명과 카메라의 거리를 27cm으로 하고 초점을 맞추어 촬영한 영상이다. 필름과 카메라의 거리는 20 cm이다. 그림4에 나타난 것처럼 LED 백라이트 조명은 영상의 좌우끝부분이 어두워지는 라인스캔 카메라의 특성을 극복하기 위하여 LED를 직선으로 배치한 것이 아니라 카메라의 CCD 센서를 향하여 둥근 원호 모양으로 특수 제작하여 사용하였다. 하지만 이런 둥근 형태의 틀에 나란히 배치되어 있는 여러 개의 LED는 영상에 블러를 심화시키는데 그 이유는 LED에서 나온 빛들이 간섭을 일으켜 영상의 경계부분이 깨끗하지 못하기 때문이다. 실제로 그림 5에 나타난 것과 같이 시험 발생시킨 얼룩영상(blob)들이 블러된 영상으로 캡처되었다. 실험을 위해서 임의의 에러를 4개 만들어 촬영하였으며 그 크기는 좌측으로부터 1.5mm 0.5mm 0.2mm 0.1mm 크기이다. 그림에서 0.1 mm의 영상은 잡히지 않았는데 이는 앞에 설명한대로 LED에 의한 간섭 현상 때문이다. 여러번의 반복 실험에서도 0.2mm 보다 큰 물체들은 블러가 심하여도 본 논문에서 설명한 알고리즘을 적용할 경우 정확하게 에러로 보고 되었다. 하지만 그림5에서 가장 오른쪽에 보이는 0.2mm크기의 점은 종종 에러로 잡히지 않는 현상이 발생하였는데 이 문제를 보완하기 위해 2장에서 설명한 바와 같이 알고리즘의 변수를 적절히 조절하여 절대값 역치화(Thresholding)하여 물체를 검출하는 과정을 추가하였다. 이 때 변수 값은 필름 고장의 필름 생산 기계의 동작환경에 대해 경험이 많은 운전자로부터 노하우(know-how)를 정량화하여 검사 프로그램의 메뉴를 통하여 직접 입력받아 사용하였다. 적절한 값을 세팅한 후에는 매번 블러가 발생되어도 얼룩을 정확하게 검출하는 것을 확인할 수 있었다.



<그림 5 : 블러된 얼룩 영상>