

공정 중 불량 감소를 위한 영상 자동검사 시스템의 구축 사례 연구

송명식*
유한킴벌리(주)*

A Case Study on Installation and Optimization of Machine-Vision System for Reducing Inferior Products

Myung-Sik Song*
Yuhan-Kimberly Co., Ltd.*

Key Words : Machine-Vision, Consumer complaint, Inspection system, Total inspection

Abstract

Recently, enterprises have focused on quality improvement for delighting their customers. Especially, all business sector have checked, analyzed their consumer complaints in detail on their products and made a plan to reduce them. But there is a limitation not to solve them. This paper presents one of tools to reduce non qualified product on their operation line directly by modernized IT technology after analyzing and making the plan.

1. 서론

1.1 논문의 구조

‘Y사’에서는 여성용품 생리대, 유아용품 기저귀 및 가정용품 미용티슈의 세 가지 품목을 생산한다.

이 글에서는 여성용품 생리대를 중심으로 생산 중에 발생하는 불량품을 검출 및 제거하기 위해, 즉 여성소비자들에게 보다 좋은

양품을 제공하기 위해 영상 자동 검사 장비(Vision System)를 2002년 한 해 동안 제1공장에 설치하면서 첨단 기술을 접목하여 장비 개발과 설치과정을 포함한 구축사례를 기술하고자 한다.

서론에서는 영상 자동 검사 장비(Vision System)를 설치하게 된 배경에 관하여 다루고, 본론에서는 개발 및 설치의 과정, 공정 제어 부문으로의 적용 확대, 설치 후의 결과, 그리고 현재 새롭게 개발 중에 있는 유아용 기저귀에서도 불량품을 감지하여 제

* 건국대학교 산업공학과 박사과정

거하기 위한 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 개발 방향 등에 대한 서술이 이루어 질 것이며 결론부에서 이 글을 정리하도록 하겠다.

1.2 SYSTEM 적용의 배경

‘Y사’에서 여성용품 생리대를 처음 만들기 시작한 이후로 부터 30여년 동안, 품질 검사 방법으로는 시간당 혹은 로트(LOT)당으로 샘플링 검사를 하는 것이 품질보증을 위한 거의 유일한 방법이었다. 그래서 지금까지의 방법으로는 매일 시간당 제품 2 Bag씩을 샘플링하여 모은 후 품질관리팀에서 이를 한꺼번에 품질 검사를 하거나, 한 달에 한번 이미 창고에 보관중인 제품 중에서 임의로 골라 그 제품의 품질을 검사하고, 1년에 2번은 직접 시장에서 소비자가 구입하는 제품을 똑 같은 형태로 구입해서 조사하는 방법을 채택하고 있었다. 그러나, 이러한 방법으로는 각기 생산되는 제품에 대한 확률적 보증을 하거나 공정 이상의 징후를 판단하고 사후조치를 할 수는 있을지라도, 우연히 돌발적으로 발생하는 날개 제품에 대해 미미한 불량까지 알아내어 외부로 유출되는 것을 막아낸다는 것은 어려운 일이다. 소비자들이 구입하는 제품에서 불량품이 전혀 발생되지 않도록 하려면 오직 생산되는 모든 제품에 대해 전수 검사를 실시해야 가능하기 때문이다. 그러나, 한정된 검사인원으로 1초당 제품이 10개 가까이 생산되는 공정에서 불량품을 일일이 눈으로 확인한다는 것은 거의 불가능한 일이다.

특히, 생리대 제품의 특성상 제품 불량은 여성들에게 있어서 불쾌한 기분을 안겨줄 수 있는 중요한 사항이기 때문에 불량품이

제공되어서는 안되나, 지난 30여년 간은 제품을 비파괴 전수검사 할 수 있는 기술적 도구나 장비가 없었으므로, 만약 생리대 표면에 벌레나 이물질이 묻어있는 돌발적 불량 제품이 생산되더라도 생산 과정상에서 이를 감지하여 모두 제거하지 못하고 일부 제품으로 혼입되고 있다.

2001년, ‘Y사’에서는 새롭게 부각되는 신종 검사 장비인 영상 자동 검사 장비(Vision System)에 관심을 갖기 시작하였다. 여기서 생산팀과 기술지원팀은 영상 자동 검사 장비(Vision System)를 사용한 생리대 공정의 불량품 검사 시스템을 구축하기로 하고, 이 장비(System)의 가능성을 확인하기 위해서 2001년 거의 한 해 동안은 10여개 관련 업체와 기술적 협의 및 실시방안에 대하여 접촉하였던 바, 이 중 대부분의 업체가 난해함을 표명하였으나, 한 두개 업체는 성공의 가능성을 제시하였다. 기술지원팀과 관련업체는 지속적인 검토와 간이 테스트를 거듭하면서 2002년을 맞이하게 되었고, 몇 차례 시험 장비의 라인검증이 있었으며 이후 안양시 소재의 (주)NEXTEYE와 영상 자동 검사 장비(Vision System) 개발 프로젝트(Project)를 계약하여 작업을 시작하게 되었다.

2. 기술적 개관

영상 자동 검사 장비(Vision System)이란 사람이 눈으로 보고 확인하는 종래의 직접 검사 작업(조립, 가공, 검사 등) 대신, 카메라로부터 얻은 정보를 컴퓨터가 분석하고 처리하는 일종의 공장 자동화 시스템을 말한다.

과거의 생산 작업방식은 가공, 조립, 검사 공정 등에 많은 인력이 투입되어 인간의 눈과 손을 이용한 방식이 주류를 이루었으나, 점차 가공 기계의 고속화 및 노동 생산성의 증대가 절실히 요구되면서 제품의 검사에 있어서도 이전 방식의 적용으로 검사를 한다는 것은 불가능하게 되었으며, 새로운 제품검사 기술이 요구되었다.

이의 요구에 부응하기 위하여 80년대 후반부터 개발되기 시작한 것이 영상 자동 검사 장비(Vision System) 처리 기술이며, 인간의 시각보다 훨씬 정밀한 광학용 카메라에 디지털 기술이 접목되고, 초고속 마이크로 프로세서를 탑재한 PC(Personal Computer)가 범용화 됨에 따라 이를 이용하는 영상 자동 검사 장비(Vision System) 처리 기술은 최근 급속히 발전하고 있고 그 영역을 넓히고 있다.

최근에는 라인 스캔 (Line Scan) 검사 방식¹⁾이 개발되어 널리 응용됨에 따라 보다 정밀한 측정 및 사용자 위주의 인터페이스가 가능하게 되었으며, 따라서 패턴 매칭 (Pattern Matching)을 통한 2차원 바-코드 (Bar Code) 분석 등 다양한 응용을 통한 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 활용이 점차 증가하는 추세이다.

이런 기술적 발전과 더불어 영상 자동 검사 장비(Vision System) 처리 기술은 CIM (Computer Integrated Manufacturing) 등 현대적 자동화 개념에 필수적인 요소가 되었으며, HMI(Human Machine Interface)등과 연계되어 자동 운전, 공정 관리, 전수 검사 등에 응용되고 있다. 덧붙여 'Y사' 제1공장에서 운용 중인 영상 자동 검사 장비(Vision System)는

본래 생산제품의 전수 검사 목적으로 도입하였으나, 이후 지속적인 성능 개선을 통하여 현재는 자동화 운전 및 공정 데이터 관리 등 다방면으로 활용하고 있다.

- 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 직접적인 활용
 - 정밀한 품질 검사
 - 공정 자동화
 - 노동 생산성 증대
 - 재 작업 및 불량률 감소
- 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 간접적인 활용
 - 통합 생산(CIM) 실현
 - 생산 관리 및 공정 관리
 - 위험 환경 내 안전성 확보

3. 적용 과정

3.1 초기 개발 과정상의 시행착오

검사 시스템 구축에 착수하기 전 검토 단계에서 생산팀과 기술지원팀은 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 개발 방향과 필요 수량 및 응용 프로그램 개발을 위해, 일정기간 동안 소비자들로부터 접수된 불만 사항들을 집계하고 내용 및 불만 발생원인을 분석하였다.

<표 1>은 일정기간 동안 소비자들만으로 접수된 건수를 합계하여 불만건수 우선순위로 열거를 한 것이다.

6개월간의 불만접수건수를 보면 상위 4가지 불만항목이 상대적으로 높게 나타났고, 냄새나 피부 트러블 등의 항목들과 같이 소

1) 피사체를 Pixel 단위로 분할 주사하여 검사하는 방식.

< 표 1 > 여성용품 생리대의 소비자불만 접수건수

(집계기간: 2001.10-2002.3)

| 항 목 | 발 생 원 인 | 접수건수 | 백분율 | 비 고 |
|------------|-------------------------------|------|-----|----------|
| 이 물 질 | 핫멜트, 미세먼지 누적 혼입, 벌레, 연결테이프 등 | 103 | 52% | 주로 펄프 변색 |
| 테이프 없음 | 핫멜트 노즐 막힘, 컨트롤러 트러블 | 32 | 16% | |
| 개별포장 잘림 | 타이밍 및 폴딩(Folding)불량, 이송벨트 마모 | 28 | 14% | |
| 흡수층 없음, 잘림 | 나이프 마모, 타이밍 불량, 위치불 일치 등 | 16 | 8% | |
| 불쾌한 냄새 | 보관불량, 장기 보관, 핫멜트 변형, 자재 등 | 6 | 3% | 대리점과 협의 |
| 피부 트러블 | 인체에 부적합, 미생물, 장시간 사용 등 | 5 | 3% | |
| 점착력 강함 | 핫멜트 과다 투입, 제조성분, 외부온도 차이 | 3 | 2% | |
| 봉합면 터짐 | 실러(Sealer) 트러블, 온도 및 압력 불일치 등 | 2 | 1% | 히터 정기검사 |
| 기 타 | 작은 수량의 불만건수 합 | 4 | 2% | |

비자의 주관적 성향에 의한 요인도 가미된 내용들이 집계되었다. 6개월간의 소비자 불만 집계결과를 토대로 상위 4가지 주요인을 해결하기 위한 영상 자동 검사 장비(Vision System)을 개발하기로 결정하였는데, 이는 시스템 개발의 초기투자비가 다소 부담스러울 수 있으나, '불량 제로(0)를 목표로 한 제품생산'이라는 의미를 상기해 볼 때 당연한 결정이라고 본다.

따라서, 생리대 제조공정에 적용하여야 할 4개 항목의 검사 대상을 확정하게 되는데, 이에 한 기계(Machine)에 4대의 영상 자동 검사 장비(Vision System)을 설치하게 되므로 기계 4대에 설치할 수량은 총 16대가 되는 셈이다.

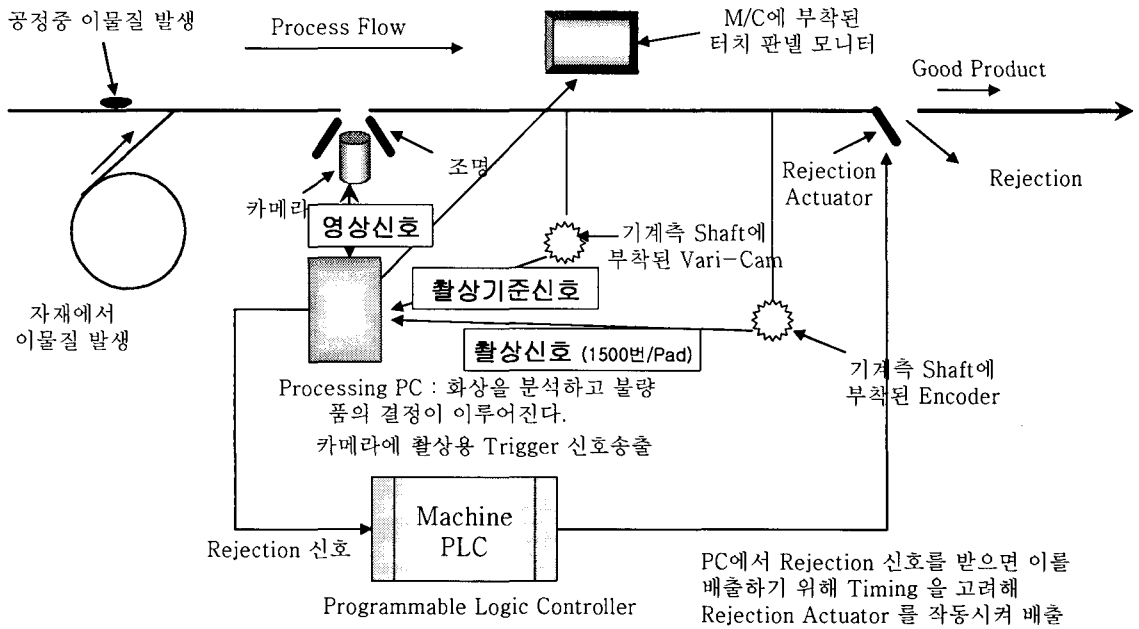
다시 요약해 보면, 4개소의 검사 항목은 다음과 같다.

- 이물질 검사 : 생리대 커버에 붙은 벌레 등의 이물질 검사
- 테이프 검사 : 생리대를 팬티에 부착하기 위한 점착제에 붙는 테이프의 유무 및 위치 검사

- 개별 포장 검사 : 생리대 1개씩을 개별적으로 포장한 후, 포장상태 검사
- Mat & MFAL 검사 : 생리대 내부 흡수층의 유무 및 위치 검사

개발 초기에는 먼저 상위 2개 항목(이물질 검사, Mat & MFAL 검사)에 대한 영상 자동 검사 장비(Vision System)를 설치하였고, 여러 번 하드웨어적인 시행착오의 과정을 거친 후에 원하는 생리대의 영상을 촬영할 수 있게 되었으며 원하는 영상을 얻은 후에는 곧바로 VISUAL C를 기반 언어로 하는 검사 프로그램의 개발에 착수하였다.

여러가지 불량 가능성을 고려하여 다양하게 나타날 수 있는 형태를 가정하고, 이를 전부 감지하여 제거해내는 동시에 정상 제품을 불량으로 인식하는 경우가 발생하지 않도록 하기 위하여 수많은 프로그램의 수정 작업을 거친 후에야 만족할 만한 검사 프로그램을 완성할 수 있었는데, 이 방법은 과거의 샘플링 검사로 인한 품질보증의 신뢰성 한계를 전수검사로 해결하는 획기적인 검사방법이라고 볼 수 있다.



<그림 1> 이물질 감지용 영상 자동 검사 장비의 계통도

상위 2개 항목의 검사 장비를 어느 정도 완성한 후에, 하위 2개 항목(테이프 검사, 개별 포장 검사)의 검사 장비 개발에 착수하였다. 따라서, 테이프 검사는 원하는 화상을 쉽게 얻을 수 있었고, 검사 프로그램의 개발도 순조로워서 빠른 시간 내에 검사 장비를 완성할 수 있었으나, 개별 포장 검사는 원하는 영상을 얻기 위하여 기계를 개조하여야 하였고, 기계 개조 후에도 장비가 설치될 위치의 협소함 및 공정상의 문제로 원하는 화상이 촬영되지 못하였다. 불완전한 화상을 해결한 검사 프로그램을 개발하기 위하여 여러 기법을 동원하였으나 만족스러운 결과를 얻지 못하였고, 결국 개별 포장 잘림 검사의 초기 개발은 실패하게 되었다.

3.2 초기 단계의 개발 완료

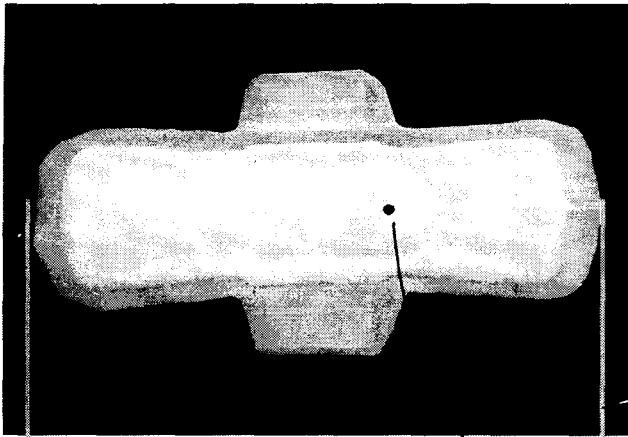
'Y사'의 제1공장에는 4대의 생리대 제조 기계가 있다. 앞서 언급한 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 개발과 적용은 그 4대 중에서 우선 3호기에 첫 번째로 적용을 하고, 불량 검출과정을 분석하게 되는 데, 여기에 먼저 적용을 하게 된 이유는,

첫째, 기계의 공정간 공간(Space)이 넓어 장비의 장착 및 촬영이 용이한 것으로 검토되었고,

둘째, 기계의 가동률이 비교적 안정되어 시운전이 원활하게 이루어지게 되며,

셋째, 초기 개발단계에서의 불안정하게 영향이 미쳐질 수 있는 기계의 진동이 적게 발생하고 있다는 점과,

넷째는 단일 제품만을 생산하므로 프로그램의 변수를 최소화할 수 있기 때문이었다.

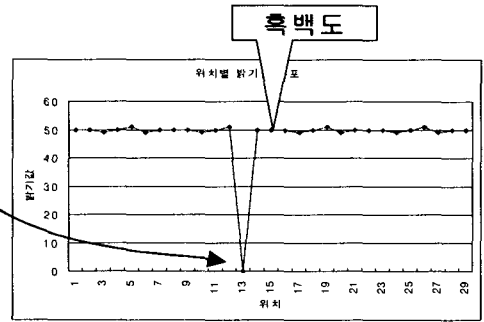


※ 검사방법 : 생리대의 표면을 0-255 의 밝기 값 (밝은 곳: 255, 어두운 곳: 0)으로 구분한 후, 이물질이 발생되면 주위의 밝기보다 어두워 지므로 이를 이용하여 불량판정을 함.

Variable Cam 신호 (1회/1Pad)



Encoder 신호 (1500회/1Pad)
 : Pad 당 1500회의 촬상신호를 M/C의 Encoder 에서 받아서 연속적으로 촬상함.
 이 촬상한 영상을 컴퓨터로 보내어 1500개의 조각영상을 이어 붙이면, 완성된 1Pad의 제품 영상이 나온다. 이 영상을 기준으로 컴퓨터에서는 이물질 유무를 판별한다.



<그림 2> 이물질 제품의 영상 촬영 기법

이런 조건을 반영하여, 3호기에 설치한 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 성능 및 안정성은 많은 수정절차 없이 비교적 수월하게 입증이 되었고 이어서 나머지 3대의 기계에 대한 장비의 설치가 이루어지게 되었다. 3호기 설치 후 5개월에 걸쳐 단계적으로 1,2,4호기 3대의 기계에 영상 자동 검사 장비(Vision System)를 설치하였는데, 이 기간 중에 기계 운전자가 영상 자동 검사 장비(Vision System)를 사용하는 과정 중 발생하는 여러가지 불편한 사항에 대한 수정 작업이 끊임없이 계속되었다. 그러면서 설치 초기에 새로운 장비에 대해 거부감을 나타내고 혹은 무관심하던 기계 운전자들이 차츰

관심을 보이기 시작하였고, 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 활용에 익숙해지자 시스템의 일부인 카메라(Camera)를 가동 중인 기계를 바라보는 눈과 같은 존재로 여기게 되어 오히려 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 모니터를 보지 않고 기계를 가동하는 것은 기계 운전자들에게 있어 매우 불편한 일로 여겨지게 되었다.

개별 포장 잘림에 대한 검사 장비의 프로그램 개발은 초기에 실패를 하였다. 이미 앞서 개발한 타 공정의 경우와 조건이 달라서 같은 방식으로는 성공을 거둘 수 없었다. 따라서, 이의 성공을 위하여 다각적인 접근 방법을 시도하던 중, 어차피 공정상의

<표 2> 2002년 제조월별 소비자 불만 접수 건수 - 10월 31일 기준

| | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 흡수층 | 0 | 1 | 2 | 4 | 5 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| 이물질 | 15 | 15 | 16 | 19 | 11 | 10 | 12 | 2 | 1 |
| 테이프 | 7 | 4 | 3 | 2 | 6 | 10 | 6 | 1 | 0 |
| 개별포장 | 6 | 5 | 4 | 4 | 10 | 10 | 6 | 4 | 1 |
| 합계 | 28 | 25 | 25 | 29 | 32 | 34 | 35 | 7 | 2 |

정확도(Accuracy)를 확인하기 위해서인데, 배출된 제품을 수집하여 육안으로 확인해 본 결과 미세한 입자의 검은 점도 판독을 하는 정확도를 확인할 수 있었다. 여기에서 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 신뢰성에 대한 검증은 생략하기로 한다. 그 이유는 장비의 초기 설정값(즉 정밀도와 판독가능성)에 따라 배출되는 수량이 달라지고 가장 합리적인 설정값을 구하기에는 좀더 시간이 필요하므로 영상 자동 검사 장비(Vision System)를 지속적으로 개선하면서 다음 단계로 미루겠다.

성공적인 측면으로는 영상 자동 검사 장비(Vision System)가 전체적으로 설치된 시점이 8월말이고, 9월에는 이를 보완하면서 시운전을 계속하였는데, 위의 표에 나타난 바와 같이 7월까지 30건 이상의 월별 소비자 불만 건수로 접수되던 추이가 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 설치를 계속하였던 8월에 급격히 감소하였고, 설치 완료 후 시운전 중이던 9월에는 거의 접수가 되지 않았다. 물론, 8월과 9월에 생산된 제품 중에서 이후에 소비자 불만으로 돌아오는 불량품이 더 있을 수 있지만 장비 설치 이전까지의 소비자 불만 회수 양상과는 많은 차이를 보이고 있다. 9월에 접수된 극소수의 소비자 불만 건수는 고무적이며, 이후에

영상 자동 검사 장비(Vision System)의 안정성이 더욱 증진되면 생리대 제품에 있어서 불량 제품을 출하하지 않는 단계로까지 진입하게 되기를 기대하고 있다.

5. 결론 및 향후 과제

5.1 추가적인 개발 과제

‘Y사’ 제1공장에서 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 성공을 확인하고 난 후, 같은 종류의 생리대 제품을 생산하는 ‘Y사’의 제3공장에서 같은 형태의 영상 자동 검사 장비(Vision System)를 이어서 설치하게 되었다. 제3공장의 실무 담당자들이 제1공장에 와서 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 여러 기능과 정확성을 검증한 후, 제3공장의 실정에 맞는 장비(System)로 일부 개조하여 설치하였다. 이로써 ‘Y사’의 전체 생리대 기계에 영상 자동 검사 장비가 설치되었고 완제품의 품질을 전수 검사하는 시작점이 되었다.

제1공장에서는 여성용 생리대 뿐만 아니라, 유아용 기저귀도 생산한다. 여기에서 ‘Y사’는 기저귀를 생산하는 기계에 새롭게 영상 자동 검사 장비(Vision System)를 설

치하여 품질 수준을 높여서 소비자 만족도를 증대시키기 위해, 생리대 제조 공정의 영상 자동 검사 장비(Vision System)에서 성능이 입증된 자동 보정 방식의 공정제어 시스템을 확대하여 적용코자 한다. 이것이 성공하면 품질 향상은 물론, 작업자의 기계 운전 효율과 생산성의 향상을 가져올 것이라고 확신한다.

기저귀 기계에 영상 자동 검사 장비(Vision System)를 설치하면서, 기계의 핵심 제어장치인 PLC (Programmable Logic Controller)와 영상 자동 검사 장비(Vision System)를 연계시키는 네트워크를 구성하여, 각 구성요소의 운전상황 모니터링(Monitoring)과 더불어 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 정보를 기계의 최적화 운전 제어에 적극 활용하고자 하는 계획을 수립하고 있다. 많은 장애물과 시행착오를 겪을 수도 있겠지만, 그러한 가운데 지속적 발전으로 현재보다 더 나은 시스템을 구축할 것이라 확신한다.

5.2 맺음말

지금까지 'Y사'의 사례를 통하여 2002년 설치한 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 개발 배경과 과정, 그리고 향후의 과제 등 전반적인 사항을 서술하였다. 복잡한 검사의 방법 등 기술적인 사항은 깊이 언급하지 않았으나, 품질 향상 의지를 담은 데에는 부족함이 없다고 생각한다.

2002년 7월부터 'Y사'에도 제조물 책임법(Product Liability)이 발효되는 등 이제 품질은 기업의 생존과 직결되는 충분조건이 되었다. 이 글에서 다룬 영상 자동 검사 장비(Vision System)의 설치와 성공도 결국 이러

한 시대적 요구에 부응하고, 또한 이를 기회로 삼아서 'Y사'를 포함한 유사 업계의 산업 발전에 밑거름이 되었으면 하는 바람이다.

지속적인 품질 경쟁력 확보를 위한 혁신을 계속할 것을 기약하며, 이 글을 마친다.

참고문헌

- [1] Nalwa, Vishvjit S. (1993.2), "A Guided Tour of Computer Vision", 「Addison Wesley Pub Co.(Sd)」, p. 86-p.99.
- [2] Umbaugh, Scott E. (1997.10), "Computer Vision and Image Processing", 「Prentice Hall」, p. 143-p.166.
- [3] Pau, L.F. (1990.3), "Computer Vision for Electronic Manufacturing", 「Kluwer Academy Pub」, p. 35-p.42.
- [4] 장동혁 (2001.7), "디지털 영상처리의 구현", 「정보게이트」, p. 22.
- [5] Panieli, Damon & Embree, Paul M. (1998.10), "C++ Algorithm for Digital Signal Processing", 「Prentice Hall」, p. 240-p. 278.
- [6] 편인범 저 (1983.2), "신품질관리 연습", 「대광인쇄 공사」.
- [7] 이유재, 박찬수 편역 (1998.8), "신상품 마케팅", 「시그마프레스」.
- [8] 렉 컨설팅 그룹, 최병진 옮김 (1993.11), "일본기업의 신 경영 혁명", 「21세기 북스」.