

# 품질 검사자의 외관검사 검출력 향상방안에 관한 연구

한 성 재\*·함 동 한\*\*

\*LG이노텍 광학솔루션 사업부·\*\*전남대학교 산업공학과

## A Study on the Improvement of Human Operators' Performance in Detection of External Defects in Visual Inspection

Sung-Jae Han\*·Dong-Han Ham\*\*

\*Optics Solution Division, LG Innotek

\*\*Dept. of Industrial Engineering, Chonnam National University

### Abstract

Visual inspection is regarded as one of the critical activities for quality control in a manufacturing company. It is thus important to improve the performance of detecting a defective part or product. There are three probable working modes for visual inspection: fully automatic (by automatic machines), fully manual (by human operators), and semi-automatic (by collaboration between human operators and automatic machines). Most of the current studies on visual inspection have been focused on the improvement of automatic detection performance by developing a better automatic machine using computer vision technologies. However, there are still a range of situations where human operators should conduct visual inspection with/without automatic machines. In this situation, human operators' performance of visual inspection is significant to the successful quality control. However, visual inspection of components assembled into a mobile camera module belongs to those situations. This study aims to investigate human performance issues in visual inspection of the components, paying more attention to human errors. For this, Abstraction Hierarchy-based work domain modeling method was applied to examine a range of direct or indirect factors related to human errors and their relationships in the visual inspection of the components. Although this study was conducted in the context of manufacturing mobile camera modules, the proposed method would be easily generalized into other industries.

**Keywords :** Visual Inspection, Quality Assurance, Quality Control, Human Performance, Human Errors

## 1. 서론

### 1.1 연구배경

ISO 9001 품질경영시스템은 구매한 제품이 규격된 구매 요구사항을 충족시킨다는 것을 보장하는 데 필요한 검사를 실행하여 구매 제품을 검증토록 규정하고 있다. 또한 생산한 제품이 규격된 제품 요구사항에 충족되었다는 것을 검증하기 위해 제품의 특성을 모니터링하고 측정토록

규정하여 품질을 보증하도록 요구하고 있다[1]. 이를 위해 기업은 구매 제품 검증을 위해 수입검사(Incoming Inspection), 생산 제품 검증을 위해 공정검사(Process Inspection) 및 출하검사(Outgoing Inspection)를 실시하고 있다[2] [3]. 이러한 제품검사의 검사항목은 크게 외관, 특성(성능), 치수(조립성) 등으로 구분할 수 있으며, 이 중 외관검사는 일반적으로 검사자의 관능에 의한 검사, 자동검사장비에 의한 검사, 또는 두 방식이 혼합된 방법으로 진행된다[4] [5]. 검사자에 의한 검사는 인간 수행도의

<sup>†</sup>이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 원자력연구개발사업임 (과제번호: NRF-2017M2A8A4019814)

<sup>†</sup>Corresponding Author : Dong-Han Ham, Industrial Engineering, Chonnam National Univ., 77 Yongbong-Ro, Buk-Gu, Gwangju, MP: 010-3417-4607, E-mail: donghan.ham@gmail.com

Received October 20, 2019; Revision December 13, 2019; Accepted December 16, 2019

변동성 때문에 안정적인 결과를 기대하기 어렵다고 알려져 있다[6], 이를 극복하기 위해 많은 기업들이 자동검사 시스템을 구축하고자 카메라 등을 활용한 비전 시스템(Vision System)을 개발하고 있다[7] [8] [9].

그러나 아직까지 기술 및 재정상의 한계로 검사자에 의한 외관검사에 의존할 수밖에 없는 기업 및 부품이 존재한다. <Table 1>은 이러한 상황의 전형적인 예라 할 수 있는 국내 소재부품 기업 A사에서 생산하는 모바일 카메라 모듈의 주요 부품별 외관검사 불량검출 및 판정 방법을 나타낸 것이다.

<Table 1> Methods for inspecting external appearance by components

| Component    | Inspection                             | Judger    |
|--------------|--|-----------|
| Image Sensor | Automatic machine                      | Inspector |
| RF-PCB       | Automatic machine + Inspector (Manual) | Inspector |
| Lens         | Inspector (Manual)                     | Inspector |
| VCM          | Inspector (Manual)                     | Inspector |

Image Sensor는 AVI(Auto Visual Inspection)라는 자동검사기로 불량을 찾고 불량 판정은 검사자가 진행한다. RF-PCB(Rigid Flexible-Printed Circuit Board)는 Wire Bonding Pad 영역과 그 외 영역으로 구분하여 Wire Bonding Pad 영역은 AFVI(Auto Focusing Visual Inspection)라는 자동검사기로 불량을 찾고 불량 판정은 검사자가 하며, 그 외 영역은 검사자가 직접 현미경으로 불량을 찾고 판정까지 진행한다. Lens와 VCM(Voice Coil Motor)은 모든 영역을 검사자가 직접 현미경으로 불량을 찾고 판정하고 있다. 이렇듯 외관검사는 상당 부분 검사자에 의존하고 있음을 알 수 있다.

<Table 2> Percentage of each type of defects

| Component    | Percentage of defect type(%) |          |      |      |
|--------------|------------------------------|----------|------|------|
|              | Cosmetic                     | Property | Size | Etc. |
| Image Sensor | 100                          | 0        | 0    | 0    |
| RF-PCB       | 90                           | 6        | 0    | 4    |
| Lens         | 36                           | 55       | 0    | 9    |
| VCM          | 27                           | 33       | 7    | 33   |
| Average      | 74                           | 16       | 1    | 9    |

또한 A사에서 2014년도에 구매한 모바일 카메라 모듈 주요 부품의 수입검사 불량 및 공정 반품 불량을 분석한 결과 <Table 2>와 같이 이물(Alien Material), 흠집(Scratch), 얼룩(Stain), 오염(Contamination) 등의 외관불량(Cosmetic Failure)이 74%를 차지하였다(외관불

량 건수는 87건). 해당 결과에서 알 수 있듯이 검사자에 의해 진행된 외관검사에서 적지 않은 불량이 필터링 되지 못하고 고객 공정으로 유출되고 있는 실정이므로 이를 개선할 필요가 있다.

## 1.2 연구목적

본 연구는 외관검사를 검사자에게 의존할 수밖에 없는 현실의 전형적인 사례기업이라 할 수 있는 국내 소재부품 기업 A사의 자료를 중심으로 외관검사자의 불량 검출력 향상을 위한 방안의 제시를 목표로 한다. 이를 위해 검사자에 의해 최종 외관불량이 판정되는 A사의 모바일 카메라 모듈 주요 부품인 Image Sensor, RF-PCB, Lens, VCM의 2014년도 수입검사 및 공정 반품 외관불량을 분석하여 유출 원인을 유형 별로 구분하였고 이를 개선할 수 있는 방안을 기업의 품질경영시스템에 내재화할 수 있도록 그 방법을 제안하였다.

## 2. 외관불량 유출 원인분석

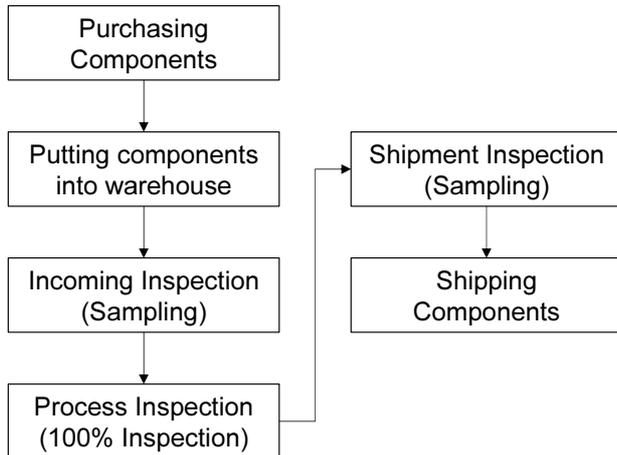
### 2.1 분석대상 및 자료수집

국내 소재부품 기업인 A사에서 생산하는 모바일 카메라 모듈은 약 20여종 이상의 부품으로 구성되어 있으며 그 중 주요 부품은 Image Sensor, RF-PCB, Lens, VCM이다. 주요 부품별 협력사(공급자) 현황은 <Table 3>과 같으며 Image Sensor는 국내외 대기업에서 생산하고 RF-PCB, Lens, VCM은 국내외 중견기업에서 생산하고 있다. 해당 기업 모두 ISO 9001 또는 ISO/TS 16949 품질경영시스템 인증을 취득하였다.

<Table 3> List of suppliers of main parts

| Component    | Company | Site   | Sales (10 <sup>9</sup> KRW) | Certification |
|--------------|---------|--------|-----------------------------|---------------|
| Image Sensor | S       | Japan  | 2,300                       | ISO 9001      |
|              | H       | Korea  | 400                         | ISO/TS 16949  |
|              | SS      | Korea  | 1,320                       | ISO/TS 16949  |
| RF-PCB       | O       | Korea  | 300                         | ISO/TS 16949  |
| Lens         | K       | Korea  | 80                          | ISO/TS 16949  |
|              | L       | Taiwan | 1,500                       | ISO 9001      |
| VCM          | M       | Japan  | 119                         | ISO 9001      |
|              | Y       | Korea  | 35                          | ISO 9001      |

이들 기업으로부터 구매한 부품은 [Figure 1]과 같이 A사에 입고되면 로트 단위로 수입검사를 진행한 후 공정 (Line)에 투입하고, 투입 된 부품은 모듈 생산 공정을 거치면서 전수검사를 받게 된다. 이러한 수입검사 및 공정검사에서 검출된 불량은 데이터베이스화 되어 관리되는데, 이 데이터베이스에서 2014년도 외관불량 데이터를 추출 하였다.



[Figure 1] Process of inspecting purchased parts

## 2.2 외관불량 유출 원인 유형 구분

2.1에서 수집한 외관불량 데이터 87건에 대해 부품별 원인 별로 구분한 결과 <Table 4>와 같이 검사자 인적 오류(Human Error)에 의한 유출이 51%, 협력사(공급자)와 모기업(구매자)의 외관검사 방법 차이에 의한 유출이 23%, 외관 Specification 미설정 및 오설정에 의한 유출이 23%, 기타 관리 부주의에 따른 혼입 등에 의한 유출이 9%를 차지했다.

<Table 4> Causes of cosmetic failure components

| Component    | Percentage of causes(%) |                                  |                             |      |
|--------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------|
|              | Human error             | Difference in Inspection Methods | No Spec. or Incorrect Spec. | Etc. |
| Image Sensor | 38                      | 25                               | 25                          | 25   |
| RF-PCB       | 67                      | 15                               | 15                          | 10   |
| Lens         | 50                      | 25                               | 25                          | 0    |
| VCM          | 50                      | 25                               | 25                          | 0    |
| Average      | 51                      | 23                               | 23                          | 9    |

또한 이에 따른 손실비용을 산정한 결과 <Table 5>와 같이 외관불량에 의한 손실비용은 453,000달러로 전체 손실비용인 514,000 달러의 88%를 차지했다. 이렇듯 외

관불량 유출은 고객 공정 불량 증가 및 검사 공정 추가 등에 의한 생산성 저하, 최종 사용자에게 불량 유출 가능성 증가에 따른 기업 이미지 하락 우려 등 협력사(공급자)와 모기업(구매자) 모두에게 직·간접적으로 경제적 손해를 입힌다는 것을 알 수 있다.

<Table 5> Economic loss due to defective components

| Component    | Loss(\$)    |                   |
|--------------|-------------|-------------------|
|              | All defects | Cosmetic failures |
| Image Sensor | 290,000     | 290,000           |
| RF-PCB       | 50,000      | 34,000            |
| Lens         | 24,000      | 2,000             |
| VCM          | 150,000     | 127,000           |
| Sum          | 514,000     | 453,000           |

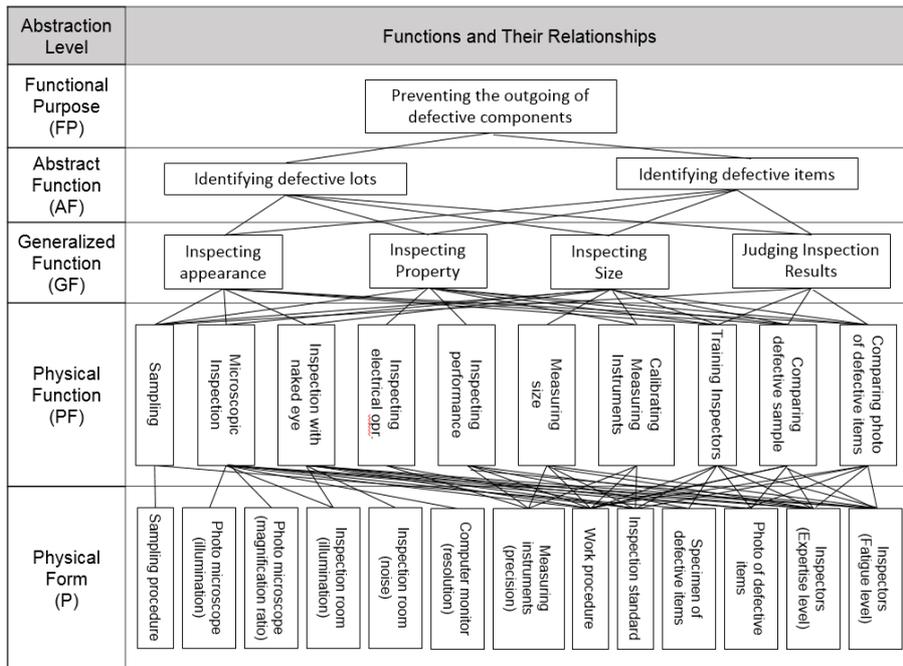
## 2.3 검사공정에 대한 작업영역분석

2.2에서 살펴본 바와 같이 인적오류에 의한 불량유출은 전체 유출불량의 51%를 차지하였다. 이 수치는 항공 분야 사고 중 인적오류에 의한 사고가 70~80%를 차지하고, 원자력분야 사고 중 인적오류에 의한 사고가 50% 이상을 차지하는 것과 유사한 수준이라 할 수 있을 것이다[10] [11] [12]. 제조업의 경우 이와 같이 항상 불가피하게 발생할 수밖에 없는 인적오류의 근본 원인을 체계적이고 구체적으로 파악하여 개선하기 보다는 단순히 검사원 교육 강화, 검사 기준 세분화, 검사원 Gage R&R 등 검사원의 역량강화 활동이 인적오류 개선 활동에 주를 이루고 있는 것이 현실이다. 이에 인적오류에 영향을 줄 수 있는 다양한 원인들을 보다 체계적으로 파악하기 위해 추상화계층(AH: Abstraction Hierarchy)을 활용하였다.

AH는 원래 시스템의 다양한 추상화수준을 표현하기 위한 작업영역의 지식모델링 기법이다[13]. 특정 작업영역을 AH를 이용해 모델링 할 때 추상화수준의 수에 대해서는 정해진 규칙은 없으나 일반적으로 다섯 개의 수준이 활용된다. [Figure 2]는 다섯 개의 추상화수준의 의미를 설명하고 있다. 다섯 개의 추상화수준으로 구성된 AH를 이용해 작업영역을 분석할 때 여러 장점을 지닌다. 특히 상위수준은 시스템의 목적 및 기능에 관련된 정보를 표현하고 하위수준으로 내려갈수록 기능을 달성하기 위해 필요한 가시적인 수단 내지는 물리적 수준의 정보를 표현한다. 또한 근접해 있는 상하위 최상위 수준의 기능들 간에는 목적-수단 관계(Goal-Means Relationship)가 존재한다. 이러한 이유로 상위수준으로 갈수록 시스템이 정상적으로 작동되는 이유가 설명되고 하위수준으로 갈수록 시스템이 비정상적으로 작동되는 혹은 고장난 이유가 설명된

| Abstraction Level         | Represented Functions and Characteristics   |  |
|---------------------------|---|--|
| Functional Purpose (FP)   | The ultimate functions that a system should accomplish;<br>The constraints that should be considered in the interaction between a system and its environments   | ↑<br>The Causes of abnormal working states<br>↓<br>The reasons for normal working states |
| Abstract Function (AF)    | Causal structure in terms of mass, energy, information, value, etc.;<br>A set of criteria that determines the priority of GF-level functions and the way that GF-level functions work together;<br>A set of indicator representing whether or not the FP is satisfied |  |
| Generalized Function (GF) | Purpose-related functions to achieve the ultimate functions of FP   |  |
| Physical Function (PF)    | Functions to achieve to implement GF-level functions, which are identified from the behaviours and states of physical components and devices  |  |
| Physical Form (P)         | Actually visible forms (e.g. shape and colour) and layout of components and devices designed in a system  |  |

[Figure 2] Abstraction Hierarchy with five abstraction levels [13]



[Figure 3] AH-based work domain model of inspection process

다[13] [15].

AH에 기반한 작업영역분석은 대형 시스템의 정보화면 설계, 훈련요건 설계, 정보지원시스템 설계, 시스템 안전 사고 분석, 시스템 품질특성 분석 등을 포함한 다양한 영역에서 다양한 시스템 공학적 문제에 활용되어 왔다 [14] [15] [16]. 위에서 언급한 AH의 특성을 고려하면 AH에 기반한 작업영역분석이 검사 공정에서 발생하는 인적오류에 직간접적으로 연관된 원인을 파악하는데 유용하게 활용할 수 있다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 AH를 검사공정의 인적오류 원인분석에 활용하였다.

AH를 활용하기 위해 검사 공정을 대상 작업영역 (Work Domain)으로 설정하였다. 검사 공정의 기능적 목적은 불량부품의 유출방지라고 할 수 있다. 이러한 기능적 목적을 위해 올바르게 수행되거나 만족되어야 하는 기능들을 추상화수준에 따라 분류하고 각 수준의 기능간 관계를 목적-수단 관계에 근거해 파악하였다. [Figure 3]은 도출된 검사 공정의 작업영역모델(WDM: Work Domain Model)을 보여준다. 작업영역분석을 위해 Ham[16]이 제시한 AH에 기반한 작업영역분석의 모델링 개념 및 적용 원칙을 참고하였다. 이러한 모형화를 통해 검사 공정에

서의 외관불량 유출에 영향을 줄 수 있는 요소를 체계적으로 파악할 수 있다.

기술한대로 검사 공정의 기능적 목표(FP)는 제조공정 또는 다음 공정으로 불량부품이 투입되는 것을 방지하는 것이다. 추상적 기능(AF)은 불량부품 투입방지를 위해 일반적 기능(GF)인 여러 유형의 검사 및 불량관정을 통해 불량품 또는 불량로트를 검출하는 것이며, 물리적 기능(PF)은 검사의 방법, 검사의 세부 내용, 검사를 위한 사전 준비 등으로 기능적 목표를 달성하기 위해 보다 구체적으로 구현되는 물리적인 행위이며, 검사공정의 구성 요소와 구성 요소의 관계들에 대한 특성 정보를 제공한다. 최하위 수준인 물리적 형태(P)는 검사공정의 실제적이고 가시적인 구성요소로 절차서 및 기준서, 검사기기, 검사환경 등이 이에 해당한다.

## 2.4 인적오류의 근본원인 분석

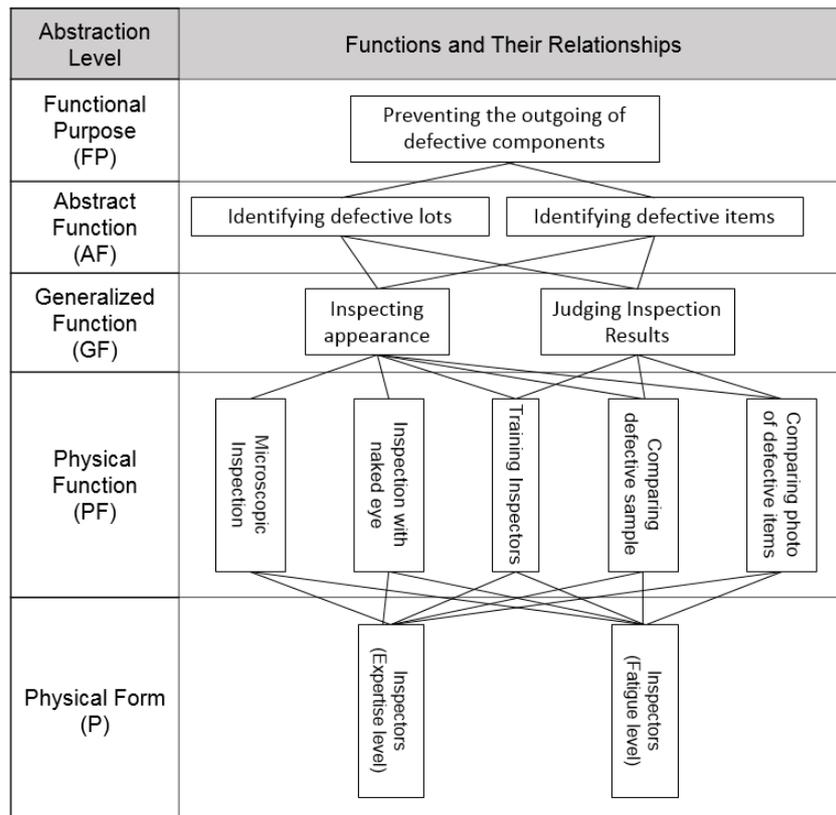
검사자가 불량을 유출하는 근본원인을 파악하기 위해 2.3에서 도출된 WDM을 바탕으로 국내 소재부품 기업인 A사의 수입검사, 공정검사, 출하검사 검사자 각 5명을 대상으로 일대일 대면 인터뷰를 진행하였다. 인터뷰 결과 일반적으로 검사자들은 인적오류를 발생시킨 이유에 대해 정확히 알고 있지 않았다. 검사 판정 당시 왜 그런 판정을

했는지 정확히 기억하지 못하였고 단지 몇가지 이유를 추정할 뿐이었다. 이러한 인터뷰 대상자의 추정 결과와 연구자의 해당 문제에 대한 경험을 바탕으로 검사공정의 WDM에서 인적오류의 근본원인을 추출하였다. 그 결과 검사자의 불량유출 원인은 검사방법, 검사기기, 검사환경 등 보다는 [Figure 4]와 같이 검사기준 (Inspection Criteria) 미숙지 같은 검사자 숙련도 문제와 검사자의 일시적 또는 장기적 피로 누적에 의한 검출력 저하가 주원인으로 파악되었다.

## 3. 검사자의 외관검사 검출력 향상 방안

2.4에서 파악한 것과 같이 검사자 인적오류의 근본원인은 검사자의 검사기준 미숙지와 일시적 또는 장기적 피로 누적에 따른 검출력 저하이다. 이에 인적오류의 근본원인을 개선하기 위해 검사공정의 프로세스를 개선하는 방향으로 접근하여, 인적오류를 최소화 할 수 있도록 기업의 품질경영시스템에 내재화 함으로써 검사자의 외관검사 검출력을 향상 시킬 필요가 있다.

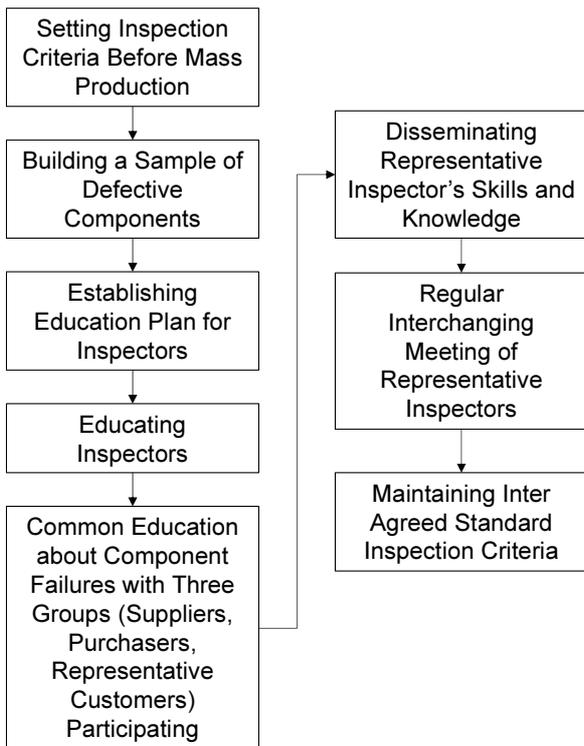
검사자가 검사기준을 충분히 숙지하지 못하는 것은 검사자 양성 프로그램이 없거나 형식적인 운영에 의해 나타날 가능성이 높다. 기업은 별도의 교육 프로그램을 운영하



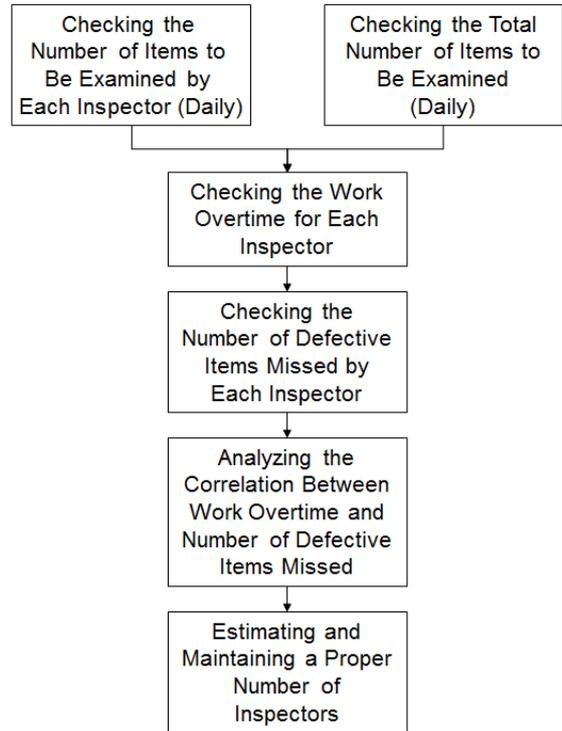
[Figure 4] Analysis of root causes of human errors

지 않고 검사자의 경험에 의존하여 검사를 진행하거나 설정된 검사기준에 해당하는 불량샘플(Real Defect Sample)도 없이 단순히 불량사진(Defect Image)만을 보여주는 식의 교육을 진행하기도 한다. 이렇듯 검사자에 대한 충분한 교육이 이루어지지 않아 검사기준을 숙지하지 못하는 경우가 발생하게 되고 결국 불량유출까지 발생하게 되는 것이다. 이에 검사기준에 해당하는 모든 불량유형은 불량샘플을 확보하여 견본화하고 이를 검사자가 직접 육안으로 확인하면서 눈으로 익히도록 해야 한다. 또한 [Figure 5]와 같이 견본화된 불량샘플을 바탕으로 공급자, 구매자, 고객의 검사자가 같이 직접 불량현상을 육안으로 확인하는 프로세스를 구축하게 되면 검사자간의 눈높이가 동일하게 유지되어 불량유출 뿐만 아니라 양품을 불량으로 판정하는 1종오류(Type I Error)도 저감할 수 있을 것으로 기대된다.

검사자의 일시적 또는 장기적 피로 누적에 따른 검출력 저하는 적정 수준의 검사자를 유지하지 못했기 때문이다. 기업은 최소 인원으로 최대 효율을 내고자 하기에 항상 검사자는 부족할 수밖에 없다. 그렇기에 더욱 적정 수준의 검사자를 유지하는 것이 중요하다. 적정 검사자 유지를 위한 방안은 [Figure 6]과 같이 검사자 별 검사 수량과 일단 위 검사 요구 수량을 비교하여 검사자 초과근무 시간을 파악 한 후, 초과근무와 불량유출률 간의 상관관계를 분석하여 검사자 적정 인원 유지의 필요성을 경영진에게 지속적으로 주시시키는 것이다.



[Figure 5] Process of educating quality inspectors



[Figure 6] Process of maintaining a proper number of quality inspectors

### 4. 결론

기업들은 제품의 품질을 보증하기 위해 지속적으로 검사를 진행하고 있고 이 검사는 사람에 의해 주로 수행되어 왔다. 하지만 사람에 의해 진행된 검사가 안정적인 결과를 내지 못하면서 검사장비를 개발하고 적용하여 왔지만 아직까지도 사람에 의한 검사에 의존할 수밖에 없는 것이 현실이다.

이에 본 연구는 국내 소재부품 기업인 A사의 카메라 모듈 부품에 대한 외관불량 유출 원인 자료를 대상으로 조사한 결과 외관불량 유출의 상당 부분이 인적오류에 의한 것임을 확인하였다. 이 인적오류 발생의 근본원인을 파악하기 위해 추상화계층을 활용하여 검사공정의 작업영역분석을 통해 WDM을 도출하였다. 도출된 WDM을 바탕으로 검사자 인터뷰를 통해 검사자 인적오류의 근본원인이 검사 기준 미숙지와 피로누적에 따른 검출력 저하임을 확인하였고 이를 개선할 수 있는 방안을 기업의 품질경영시스템에 내재화 할 수 있도록 그 방법을 제안하였다.

첫째, 검사자가 검사 기준을 충분히 숙지 할 수 있도록 불량샘플 실물로 교육을 진행하고 공급자, 구매자, 고객 대표 검사자가 상호 눈높이를 같게 유지할 수 있도록 눈높이 일치화 교육 및 정기 교류회 진행을 활성화할 필요가 있다.

둘째, 검사자의 일시적 또는 장기적 피로 누적에 따른 검출력 저하 방지를 위해 검사자 초과근무시간과 불량 유출율 간 상관관계 분석을 일단위로 진행하여, 검사자의 적정수준 유지의 필요성을 경영진이 인지할 수 있도록 할 필요가 있다.

현재까지 많은 기업에서는 검사자 인적오류에 의한 불량 유출은 피할 수 없는 현실이고 단기간에 개선되지 않는다고 간주하여 시스템 개선의 범주에 포함하지 않으려는 경향이 있었다. 본 연구의 결과는 이러한 기업 문화를 변화시키면서 지속적인 개선활동을 추진할 수 있도록 하는 기초자료가 될 수 있을 것으로 기대한다. 그러나 본 연구는 모바일 카메라 소재부품 기업을 대상으로 하였기에 일반화하는 데는 무리가 있을 수 있다. 또한 제안된 방안의 효과성의 실제적 검증도 이루어지지 않았다는 한계점이 있다. 이러한 한계점은 향후 추후 연구를 통해 보완되어야 할 것이다.

## 5. References

- [1] Korea Agency for Technology and Standards (2014), KS Q ISO 9001 Quality Management Systems-Requirements.
- [2] S. R. Lee(2012), Modern Quality Management, Paju: Bomunsa (In Korean).
- [3] J. H. Yoon(2012), Quality Management Theory, Seoul: Hankyungsa (In Korean).
- [4] T. Hou, L. Lin, C. G. Drury(1993), "An empirical study of hybrid inspection system and allocation of inspection function." *International Journal of Human Factors in Manufacturing*, 3(4):351-367.
- [5] X. Jiang, M. T. Khasawneh, R. Master, S. R. Bowling, A. K. Gramopadhye, B. J. Melloy, L. Grimes(2004), "Measurement of human trust in a hybrid inspection system based on signal detection theory measures." *International Journal of Industrial Ergonomics*, 34(5):407-419.
- [6] C. G. Drury(1992), Inspection performance. In: Salvendy, G (Ed.), *Handbook of Industrial Engineering* (2nd ed.), New York: Wiley.
- [7] V. B. Thapa, A. K. Gramopadhye, B. J. Melloy(1996), "Evaluation of Different Training Strategies to Improve Decision-Making Performance in Inspection." *International Journal of Human Factors in Manufacturing*, 6(3):243-261.
- [8] S. K. Hwang, K. H. Kim(2012), "Development of automatic inspection system of painted bodies." *Proceedings of the Korea Society of Automotive Engineers*, 2012(11):2188-2190.
- [9] J. S. Lee, O. M. Kwon, H. N. Joo, J. S. Kim, K. H. Rew(2008), "Development of inspection system for the IC package." *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 14(5):453-461.
- [10] J. Reason(1990), *Human Error*, New York: Cambridge University Press.
- [11] D. A. Wiegmann, S. A. Shappell(2003), *A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System*, Hants: Ashgate.
- [12] J. W. Lee, Y. H. Lee, G. O. Park(1996), "Analysis of human errors involved in Korean Nuclear Power Plant Trips." *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 15(1):27-38.
- [13] D. H. Ham(2015), "Modelling work domain knowledge with the combined use of abstraction hierarchy and living systems theory." *Cognition, Technology, and Work*, 17(4):575-591.
- [14] J. Rasmussen, A. Pejtersen, L. P. Goodstein(1994), *Cognitive Systems Engineering*. New York: John & Wiley Sons.
- [15] N. Naikar(2013), *Work Domain Analysis: Concepts, Guidelines, and Cases*. Boca Raton: CRC Press.
- [16] D. H. Ham(2013), "Work domain analysis based on abstraction hierarchy: Modelling concept and principles for its application." *Journal of Korea Safety Management & Science*, 15(3):133-141.

## 저자 소개



### 한 성 재

현재 LG이노텍 광학솔루션사업부 QA팀 근무 및 전남대학교 산업공학과 박사과정 재학중임. 금오공과대학교 재료공학과 공학사, 전남대학교 산업대학원 산업공학과 공학석사를 취득하였음. 2008~2010년 LG디스플레이 Cell 공정/장비 엔지니어로 재직.

관심 분야: 품질경영시스템, 시스템 안전공학 등  
주 소: 광주광역시 광산구 장덕동 978-1 LG이노텍 광학솔루션사업부 QA팀



### 함 동 한

현재 전남대학교 산업공학과 교수 및 AI융합대학 부학장. 인하대 산업공학과 공학사, KAIST 산업공학과 공학석사 및 공학박사를 취득하였음. 2001~2005년 ETRI 선임연구원 재직. 2005~2012년 영국 미들섹스대학교 공학 및 정보과학부 중신연구중심교원 재직.

연구 분야: 인지시스템공학, 지식서비스공학, 서비스과학, 인간-컴퓨터 상호작용, UX 기반 제품 및 기술혁신, 시스템 안전공학 등  
주 소: 광주광역시 북구 용봉로 77 전남대학교 공과대학 산업공학과