

## 휴대용 카메라 모듈(CCM) 제조 라인에 대한 데이터마이닝 기반 품질관리시스템 구축

유성진

한국해양대학교 해운경영학부 교수  
(coppers@hhu.ac.kr)

강부식

목원대학교 서비스경영학부 교수  
(bookang@mokwon.ac.kr)

홍한국

동의대학교 경영정보학과 교수  
(honghk@deu.ac.kr)

제조 분야에서 품질관리를 위해 가장 많이 사용되는 도구는 관리도이다. 하지만 휴대용 카메라 모듈과 같은 소형 전자부품의 제조 라인은 자동화되어 여러 개의 공정이 유기적으로 연결되어 있는 경우 관리도의 적용이 쉽지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 공정의 흐름을 파악할 수 있는 모니터링체계와 수율 예측 및 주요공정 변수 파악 등의 주요 공정 파라미터 추출 체계로 구성된 데이터마이닝 기반 품질관리시스템을 구축하고자 한다. 데이터마이닝을 위해 품질관리시스템은 의사결정나무, 신경망, 패턴분석 등의 모듈을 사용한다. 제안된 시스템을 통해 제조 공정은 안정적인 품질의 유지 및 공정 이상 유무의 신속한 파악, 수율 예측 등 품질관리를 위한 유용한 정보를 제공하고 공정의 신뢰성을 높이는데 기여할 수 있을 것이다.

논문접수일 : 2008년 11월    논문수정일 : 2008년 12월    게재확정일 : 2008년 12월    교신저자 : 홍한국

### 1. 서론

전자제품의 소형화, 경량화, 다기능화 추세에 따라 전자부품 또한 소형화 되고 있다. 이러한 성향은 전세계적으로 수요가 폭발적으로 증가하고 있는 휴대폰에서 두드러진다. 또한 제품의 품질을 균일하게 유지하면서 제품의 생산성을 제고하기 위해 부품을 모듈화하는 경향이 커지고 있다. 또한 소비자 품질에 대한 관심 증대, 소비자 보호운동의 확산, 제품제조물책임 등으로 산업 현장에서 효과적인 품질관리활동이 더욱 강조되고 있다(유성진, 1995).

최근 대부분의 휴대폰에 삽입되어 있는 카메라의 생산공정인 CCM(Compact Camera Module) 패키징 공정과 같이 여러 개의 공정을 거쳐서 제

품이 만들어지는 경우 각 공정마다의 유기적인 연결과 각 공정에서의 신뢰도가 아주 중요하다. 이를 위해서는 부품의 수입검사에서도 생산 공정의 이상 유무 판정 및 원인진단을 파악할 수 있는 효율적인 품질관리시스템의 개발이 필요하다.

과거에는 주로 완성품을 선별 검사하여 낮은 품질의 제품에 대해서는 폐기 처분이나 재가공 조치를 취하는 등 사후의 품질관리에 큰 비중을 두었다. 하지만 이는 품질관리에 투입되는 비용에 비해 제품의 품질 향상이 크게 이루어지지 않기 때문에 완성품에 대한 조치보다는 제조공정과정을 관리하여 불량품이 생산되지 않도록 하거나 품질에 대한 신뢰도를 보증할 수 있는 사전의 품질관리에 더 큰 비중을 두기 시작했다.

생산 공정의 모니터링을 위한 중요한 도구로 가

장 많이 사용되는 도구는 관리도이다. 컴퓨터 및 통신기술의 발달에 따른 설비 자동화로 여러 개의 생산 공정에서 수집되는 공정 변수를 동시에 모니터링하는 것이 일반화되고 있다. 그에 따라 얻어진 여러 개의 공정 변수들을 최대한 이용할 수 있는 다양한 다변량 관리도가 제시되어 왔다(이장희 등, 2001).

통계적 공정 모니터링 방법은 양질의 공정 데이터만 주어진다면 통계적 처리를 접목하여 비교적 쉽게 모니터링을 할 수 있고 공정의 데이터 분석에 이용할 수 있는 도구를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 그러나 실제 공정에서는 비선형성, 다중 운전모드, 공정상태변화로 인해 기존의 다변량 통계적 방법을 이용한 공정 모니터링 기법은 비효율적이거나, 공정 감시 성능의 저하, 종종 신뢰할 수 없는 결과를 야기한다. 이러한 경우 기존의 방법으로는 더 이상 공정을 정확히 감시할 수 없기 때문에 최근에 많은 새로운 방법들이 개발 되었다(유창규 등, 2008).

본 논문에서는 기존의 통계적 방법론에 기반을 둔 품질관리의 대체 방안으로 데이터 마이닝 기반 품질관리시스템을 구축하여 CCM 제조 공정의 흐름과 공정 간의 연계관계를 파악하여 제품생산과 관련된 모든 과정을 관리할 수 있는 체계를 만들고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 제 2장에서 제조업 분야에 적용된 데이터 마이닝 기반 시스템에 대해 살펴보고, 제 3장에서 CCM 제조 공정의 흐름 및 주요 공정변수에 대해 기술하였다. 제 4장에서는 CCM 제조 공정에 사용된 데이터 마이닝 기반 품질관리시스템의 모형과 활용방안을 제시하였고, 마지막으로 제 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 기존 관련 연구

제조업분야에서 데이터마이닝 기법은 공학설계, 제조시스템, 의사결정지원시스템, 불량 검출과 품질향상 분야에서 주로 사용되고 있다(고영관 등, 1997; 최진성 등, 1996).

공학설계분야에서는 가스터빈의 생산 데이터베이스로부터 의사결정나무와 신경망을 사용하여 균형, 진동테스트 간의 관계를 설정하고 정량화하기 위해 사용되었으며, CAD 시스템을 사용하는 설계 활동을 관측하여 설계단계에서의 지식획득을 위해 데이터마이닝 시스템이 활용되고 있다.

제조시스템분야에서는 반도체 산업에서 웨이퍼(wafer) 제조에서의 수율문제를 개선하기 위해 의사결정나무와 신경망을 적용하여 원가를 절감할 수 있었으며, 웨이퍼의 품질 향상을 위해 주요 공정변수를 추출하고 공정변수의 범위를 결정하는데 사용되고 있다(Kang et al., 1998; 백동현 등, 2003). 전자부품산업에서는 공정의 이상유무 및 부품 수입검사, 완제품 출하검사 등 종합적인 공정의 이상 유무를 판단하기 위해 신경망의 군집화(Clustering) 알고리즘을 활용한 패턴분석 시스템을 구축이 시도되었다(이장희 등, 2001).

또, 트럭엔진 성능의 전체 테스트 시간의 감소를 위한 최적화 테스트 기준을 설정하기 위해 유전알고리즘(Genetic algorithm)을 이용하였다. 의사결정지원시스템에서는 신경망과 OLAP을 조합하여 비즈니스 파트너 선정, 생산 공정의 분배조정, 생산문제 예측 등에 사용되었으며, 신경망을 활용한 제조, 제품설계와 지식경영을 위한 에이전트 시스템을 개발하였다.

불량검출 및 품질향상 분야에서는 군집화, 신경망, 규칙기반추론(Rule-based induction)의 기법을 이용하여 하드디스크드라이브 제조라인에서의 성

능테스트 실험의 횟수를 줄일 수 있었으며, 용접결합의 검출을 위한 퍼지군집화(Fuzzy clustering) 기법이 적용되었으며, 용접부에 대한 방사선검사 데이터를 추출하기 위한 다층신경망이 적용되었다(최창현 등, 2007). 또한, 제조공정에서의 품질향상을 위해 수많은 데이터들 가운데 주요변수들을 추출하여 각 변수들의 관리범위를 결정할 수 있었으며 신경망과 주성분분석 등의 다양한 기술을 활용하여 공정모니터링에 이용하였다(유창규 등).

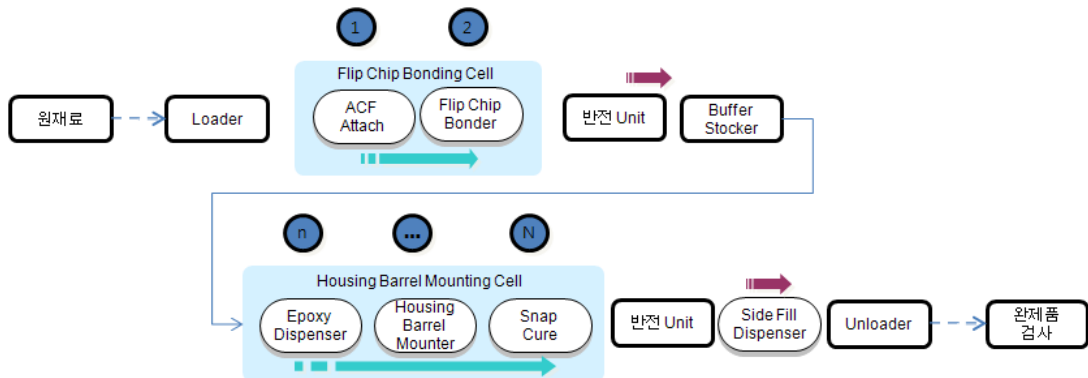
### 3. CCM 제조 공정 흐름 및 주요 공정 변수

CCM 조립 공정에 대한 간략한 흐름은 <그림 1>과 같다. 가장 먼저 원재료인 ACF 필름과 빛으로 들어온 영상을 디지털로 변환하는 CIS(CMOS Image Sensor)가 Loader에 투입된다. ACF 필름은 회로기판과 CIS를 접합시키면서 기판과 CIS간에 전류를 흐르게 하여 CIS의 데이터를 기판으로 전송할 수 있게 해 준다. 다음으로 ACF 접합 공정(Flip Chip Bonding Cell에 해당)에서 ACF 필름을 절단, 성형하고 기판에 접착시킨다. 그 다음으로 플립칩 마운틴 공정(Housing Barrel Mounting Cell

에 해당)에서 CIS가 접합될 부분에 대해 ACF 필름을 제거하고 그 자리에 CIS를 얹히고 접합한다. 그 후 접합된 부분에서 부분적으로 나온 재료를 제거하여 CCM 모듈을 완성한다.

CCM 모듈 제조 공정에서 수집되는 주요 공정 변수는 원재료에 대한 품질 특성과 <그림 1>에서 숫자로 표현되어 있는 본딩 공정과 접착 공정 등의 공정에서 생성된다. 주요 원재료의 하나인 ACF 필름의 품질 특성은 크게 경화 특성(경화 온도, 경화시간), 기계적 특성(CTE, Modulus), 접합 특성(칩의 보호막 특성, 기판 재료), 전도입자 특성(입자 분포, 입자 밀도)의 네 가지 부분에서 다양한 특성을 가진다.

한편 CCM 모듈 제조 공정은 공정별로 다수의 부품이나 모듈 등으로 구성되는 장비들로 구성되며, 각 공정 장비들이 유기적인 운용되어야 하므로 부품·모듈 및 장비별 고도의 신뢰도가 요구된다. 다시 말해, 각 부품의 신뢰성이 곧 전체 시스템의 신뢰성을 좌우하게 되며 전자부품의 조립 및 패키징 장비의 성능 특성 및 신뢰성 평가는 제품의 신뢰성 향상에 직결된다. CCM 모듈 제조 공정 중에서 가장 핵심 공정인 플립칩 마운팅과 ACF 접합 공정을 살펴보면, 플립칩 접합 방법 뿐만 아니라,



<그림 1> CCM 조립 공정 흐름도

장비의 특성에 따라서 제품의 성능에 많은 영향을 미친다. 전기적 특성으로 대표되는 제품의 성능은 실제로 본딩 장비에서는 가압을 할 때의 조건(온도, 시간, 압력) 뿐만 아니라, 본딩 헤드와 스테이지와의 평행도, 가압 헤드와 칩과의 정렬성, 가압 변동을 등의 다양한 특성에 영향을 받는다.

이와 같은 특성들은 장비를 처음 개발할 때와 장비를 가동한 후 일정 시간이 흐른 후의 특성이 다르게 나타나는데, 일정 시간이 흐른 후에는 기계적인 마모, 소착, 변형, 피로 등 다양한 형태의 특성이 변화하여, 실제로 기계의 성능이 저하되고, 이는 공정의 불안정화화 더불어 제품의 성능과 신뢰도를 떨어뜨리는 요인이 되고 있다. 따라서 장비 및 시스템의 신뢰성 저하는 제품의 성능 및 신뢰성 저하로 직결될 수 있다.

하지만 장비 및 시스템의 신뢰성 저하를 직접적으로 신속히 파악할 수 있는 방법은 없다. 시스템을 관리하고 운영하는 엔지니어의 경우도 장비의

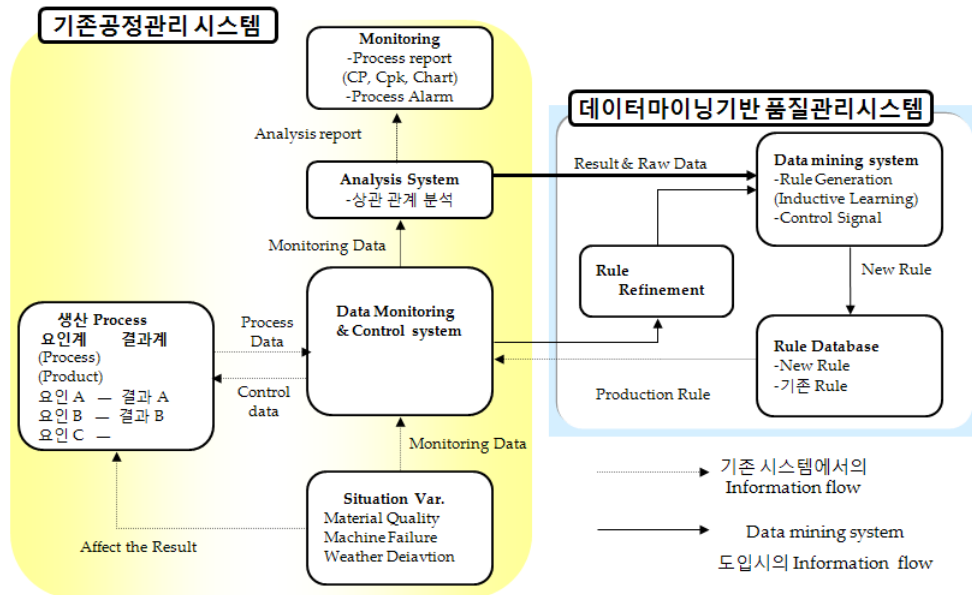
작동 여부 및 장비의 파라미터 설정에 대한 지식만을 가질 뿐 장비 및 시스템의 신뢰성이 어떻게 변화하는지 잘 알지 못하는 실정이다.

따라서 이러한 제조 공정의 이상 유무 파악 및 신뢰성 파악을 하기 위해서는 제조 공정으로부터 나오는 수많은 공정변수를 데이터베이스에 축적하고 데이터마이닝 기법을 사용한 품질관리시스템의 구축이 필요하다.

## 4. CCM 인라인 조립 공정에 대한 품질관리 시스템 모형 개발

### 4.1 기존공정관리시스템과 데이터마이닝 기반 품질관리시스템의 비교

일반적인 제조공정의 관리는 <그림 2>에서 왼쪽 부분과 같은 모형을 가진다. 대부분 기본적인 제조공정 프로세스가 존재하여 생산프로세스의



<그림 2> 기존의 공정관리시스템을 확장한 품질관리시스템 모형

결과계(각 제조공정에서 산출되는 품질 특성치 또는 수율)의 원인이 되는 요인계(각 제조공정에서 장비 또는 공정의 설정치, 그리고 제어가 불가능한 외부 환경 요인)를 모니터링하고 제어하는 자동화된 설비가 부가된다. 모니터링 시스템에서 읽어 들인 공정 데이터는 주어진 설정치의 영역 내에서 존재하도록 자동적으로 제어되거나, 공정의 담당 엔지니어가 수동적으로 제어하며 또한 이러한 공정 데이터는 통계적인 분석을 통하여 공정능력이 계산되고 공정이 안정한 상태에 있는지를 알려준다.

제조공정에서 요인계와 결과계가 어떤 관련성을 가지는지 파악하기란 쉽지 않은 일이지만 안정된 품질과 수율의 향상 등 생산성 향상을 위해서는 그 상관관계를 알아내는 것이 매우 중요하다. 요인계의 개별 요인과 결과계의 개별 결과가 어떻게 연결되는지 그리고 요인계 사이의 교호작용은 결과계에 어떤 영향을 미치는지를 파악하기 위해서 기존 방법으로는 실험계획법, 회귀분석 등의 통계적인 방법을 주로 사용한다.

여기에 적용되는 데이터마이닝 기반 품질관리시스템의 기능은 각 공정에서 읽어 들인 수많은 공정변수(요인계)와 품질변수(결과계)로부터 최적 품질을 만들어 낼 수 있는 공정의 새로운 설정치 조합을 구해내는 것이다. CCM 모듈 제조 공정과 같은 장치산업에서 생산의 중단 없이 거의 실시간으로 그 때의 상황에 최적인 공정규격을 수시로 새롭게 만들어 냄으로써 공정규격이 고정된 값(static fixed value)이 아니라 상황에 대응하여 변화되는 동적인 값(dynamically changing value)이 되는 것이다.

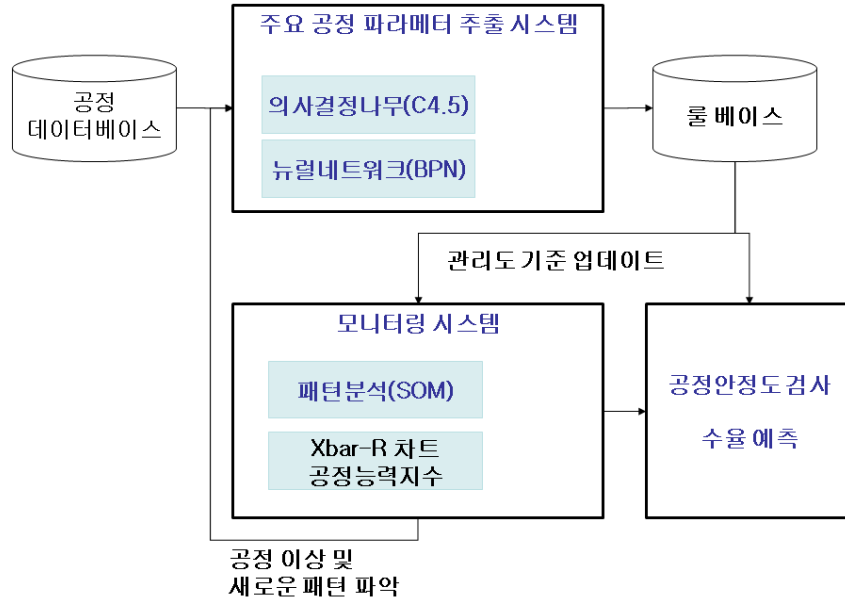
품질관리시스템이 공정변수와 품질변수로부터 새로운 규격을 만들어 내는 과정을 <그림 2>를 통해서 보면, 먼저 읽어 들인 자료 중에서 잘못 읽

어 들인 값을 제거하는 과정이 데이터 필터링 과정으로, 감시설비가 순간적으로 오동작하거나 데이터 전송 오류를 막기 위하여 일반적인 값이라 여겨지지 않는 데이터의 범위를 설정하여 데이터를 제거한다. 그러나 연속적으로 이상치가 읽어 들여질 경우에는 설비의 이상으로 볼 수 있으므로 구분할 수 있는 시스템을 고려해야 한다.

선별된 자료는 신경망이나 의사결정나무를 사용한 학습을 통하여 공정변수와 품질변수와의 관계가 설정된다. 결과에 미치는 각 요인의 비중(weight)이 계산되고, 각 요인들의 교호작용이 결과에 미치는 영향도 계산된다. 이와 동시에 또는 다른 과정을 통하여 가장 좋은 결과를 가져오는 요인(공정인자)의 수준이 각 요인별로 계산된다. 새로 만들어진 규격의 검증을 위하여 공정변수만을 사용하여 예측한 값이 공정에서의 결과와 맞는지를 확인한 후에 새 규격으로 설정하면 된다. 이렇게 새롭게 설정된 규격은 규칙 데이터베이스(Rule Database)에 저장되고 새로 설정된 규격은 공정에 적용되어 그 규격에 의하여 생산되는 공정에서 읽어 들인 데이터에 의하여 또 다른 새로운 규격이 만들어져 나가며 이러한 순환은 계속된다.

<그림 3>은 데이터마이닝 기반 품질관리시스템의 세부 시스템 및 구성요소를 보여준다. 제시된 시스템은 크게 주요 공정의 공정변수인 공정 파라미터를 추출하여 수율을 예측할 수 있고 수많은 공정변수 중에서 품질에 미치는 영향이 큰 주요 변수를 파악해 주는 시스템과 공정의 안정도 및 공정에 대한 모니터링을 수행하는 시스템으로 구성되어 있다.

룰 베이스(Rule-base)는 데이터마이닝의 결과로 도출된 생산 규칙들을 저장해 두는 역할을 수행하는 데이터베이스이다. CCM 모듈 제조 공정의 안정화 정도에 따라 생산 규칙들은 변화하게 되고,



<그림 3> 품질관리시스템의 세부 시스템 및 구성 요소

제조 공정에서 중요한 공정변수들도 변화할 수 있으므로 일정 기간마다 정기적인 생산규칙의 갱신이 필요하게 된다. 공정 안정화 정도에 따라 최종 제품의 수율에 영향을 주는 변수들이 변화할 수 있고, 주요 공정변수들에 대한 관리 상한, 하한이 변화할 수 있기 때문이다. 이렇게 주기적으로 갱신되며 저장되는 룰 베이스의 생산규칙들은 정기적으로 제조 공정을 모니터링하는데 적용된다.

제안한 품질관리시스템을 이용하여 각종 공정 변수와 품질자료를 통해 얻을 수 있는 지식과 활용방안을 요약하면 <표 1>과 같다.

## 4.2 품질관리시스템에 사용된 데이터마이닝 기법 및 적용 방안

### 4.2.1 의사결정나무

의사결정나무란 클래스(class)를 구분해 주는 규칙(rule)에 의해서 새로운 자료가 미리 정의되어

있는 클래스 중 어디에 속하는 것인지를 판단해주는 것을 의미한다. 규칙을 생성하기 위해서는 클래스가 정의되어 있는 데이터가 필요하며 규칙을 만들기 위한 알고리즘(algorithm), 그리고 도출된 규칙을 어떤 형태로 보여줄 것인지에 대한 고려가 필요하다.

의사결정나무를 생성해 주는 프로그램 가운데 가장 널리 쓰이고 있는 것은 쿼린(J. R. quinlan)에 의해 개발되고 상업화된 C4.5와 Salford System에서 개발한 CART 라는 프로그램이다. 이 두 개의 프로그램은 트리구분기준(splitting criteria), 정지 조건(stopping criteria), 가지치기(pruning), 다룰 수 있는 변수의 종류에서 차이점을 보인다. C4.5에는 사용자들의 편의를 위해 생성된 의사결정나무를 규칙으로 바꾸어주는 기능(rule induction)이 포함되어 있으며, 효율적인 분류를 위해서 gain ratio 라는 새로운 구분기준을 이용한다. 본 연구에서는 의사결정나무 생성을 위해 C4.5를 사용하였다.

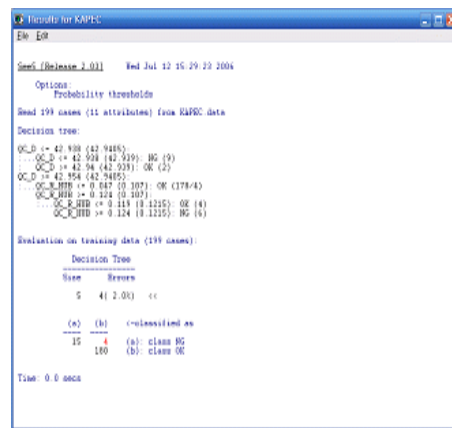
<표 1> 공정에서 생성되는 데이터에 기반한 품질관리 시스템의 분석 모듈에 대한 활용방안

No	공정 변수	품질 변수	최종생산 결과	분석 모듈	활용방안
1		○		패턴분석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시기별 데이터 패턴분석을 통한 공정의 안정화, 경향도 파악</li> <li>• 이상 패턴 발생시 2의 분석을 수행</li> </ul>
2		○		의사결정 나무	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 패턴분석에서 이상패턴과 기존 패턴의 분류화에 차이를 일으키는 주요 품질변수 파악 및 특성 분석. 이를 통해 관리 변수로 지정하고 FMEA 분석의 변수로 활용</li> </ul>
3		○	○	의사결정 나무	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최종생산결과에 영향을 주는 품질변수의 영향력 순위 파악</li> <li>• 최종 제품의 이상 유무를 판별하기 위한 규칙 도출</li> </ul>
4	○		○	의사결정 나무	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최종생산결과에 영향을 주는 공정변수의 영향력 순위 파악</li> <li>• 최종 제품의 이상 유무를 판별하기 위한 규칙 도출. 이를 통해 많은 공정변수 중 영향력이 있는 변수만을 따로 추출하여 관리 변수로 지정하고 FMEA 분석의 변수로 활용</li> </ul>
5	○		○	신경망	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공정변수와 최종생산결과와의 관계설정으로 미래의 공정변수에 대한 수율 예측</li> </ul>
6	○	○	○	의사결정 나무	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최종생산결과에 영향을 주는 공정변수 및 품질변수의 우선순위 파악</li> </ul>
7	○	○	○	의사결정 나무	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 최종생산결과에서 이상 발생에 대한 규칙으로부터 미리 선정한 공정 변수의 기준과 비교를 통한 신규 생산 기준 설정 및 고장원인 추출</li> </ul>
8	○			관리도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 각 장비에 대한 공정변수 관리 및 공정능력 모니터링</li> </ul>

공정분석에서 가장 유용하게 쓰일 수 있는 기법 가운데 하나가 의사결정나무를 이용한 방법이다. 일반적으로 각 공정에서 측정되는 데이터의 항목은 그 수가 매우 많으며, 측정결과 또한 ‘양호’ 또는 ‘불량’의 명확히 구분된 2개의 클래스를 결과값으로 가지게 된다. 이러한 데이터의 특성상 의사결정나무, 특히 C4.5를 이용한 공정 데이터의 분석은 각 공정에서 양호와 불량을 구분하는 가장 중요한 특성이 무엇인지 도출해 낼 수 있다.

<그림 4>와 같이 C4.5의 수행결과로 생성된 의사결정나무에서 가장 상위 루트 노드(root node)에 나타난 변수가 양호와 불량을 구분하는데 가장 중요한 역할을 하는 변수가 된다. 이러한 관점에서 의사결정나무에서 루트 노드를 포함한 상위 3개~5개 정도의 변수들이 집중적으로 관리해야 할 필요가 있는 중요 변수들이 될 수 있다. 또한 의사결정나무를 만들기 위한 데이터들을 성능테스트에 관련된 것으로 제한하면 수많은 성능테스트 항목

가운데 꼭 해야만 하는 항목과 하지 않아도 되는 항목을 구분할 수 있다. 이러한 분석을 통해서 어떠한 테스트가 최종 성능에 영향을 미치는지를 파악함으로써 테스트에 걸리는 시간과 비용을 줄이는데 도움을 줄 수 있다.



<그림 4> 주요 공정 변수 파악을 위한 의사결정나무 생성 예시

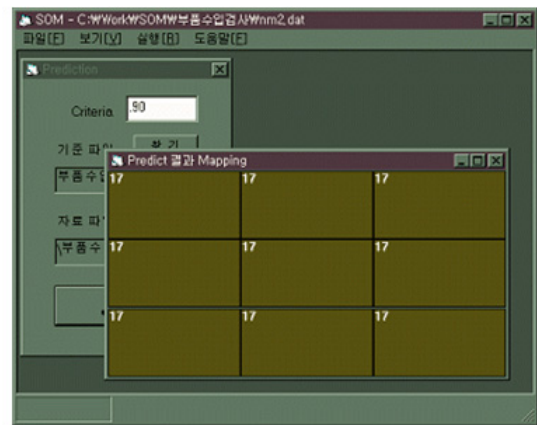
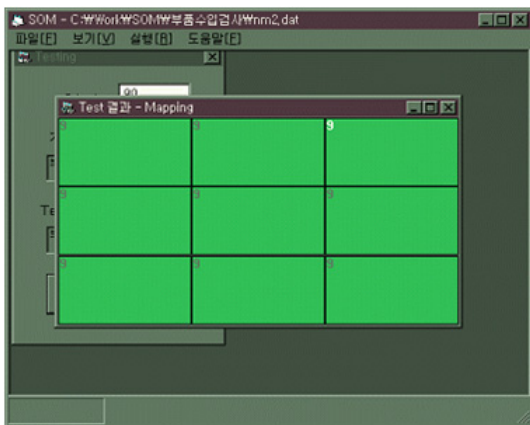
#### 4.2.2 군집화(Clustering)를 이용한 패턴분석

군집화는 분류(classification)와 다르게 데이터에 미리 정의된 클래스가 존재하지 않으며, 정해진 알고리즘에 따라 비슷한 성격을 지니는 데이터들끼리 모아주는 역할을 하게 된다. 가장 일반적으로 쓰이는 군집화 알고리즘에는 신경망의 일종인 Self-Organizing Map(SOM)이 있다. SOM에서는 뉴런이 n 차원으로 구성된 격자의 노드에 위치하게 되며, 각각의 뉴런은 경쟁학습관계에 있는 입력 패턴이나 입력 패턴의 클래스에 따라 선택적으로 구성된다. 즉, 격자에 있는 뉴런의 공간의 위치가 입력패턴의 고유 특성과 일치하도록 입력 패턴의 자형적인 지도를 형성하게 된다.

CCM 모듈 제조 공정에서 측정할 수 있는 공정 변수의 종류는 매우 많이 존재한다. 게다가 외부로부터 수입하는 부품과 모듈에 대한 품질변수도 다양하고 앞에서 언급하였듯이 공정 간의 유기적인 작용으로 공정변수들 간에 서로 상호작용으로 최종 수율 및 품질의 안정성이 복잡한 형태로 나타날 수 있다. 이런 경우 모든 공정 변수에 대해 관리도를 사용하여 공정 안정도를 모니터링을 하여

도 공정 안정도나 안정적인 품질을 기대하기가 힘들다. 통계적인 기법의 대안은 다변량 관리도를 사용하는 것이나 CCM 모듈 제조 공정에는 다수의 공정변수가 존재하므로 이에 대한 상관관계를 파악하는 것이 거의 불가능하므로 군집화를 통한 패턴분석으로 공정안정도를 파악하는 것이 현실적이다. 또한 이를 이용할 경우 공정안정도 뿐만 아니라 부품 및 모듈의 수입검사에도 적용할 수 있어 수입한 원자재들에 대해 품질 안정도가 어느 정도인지 모니터링할 수 있다. 그리고 클러스터링을 통한 패턴분석으로 제조 공정에서의 특정 기간 단위별(런 단위 또는 일, 주, 월 등)로 공정변수의 변동성 및 공정 안정도를 확인할 수 있다.

한편 공정 패턴에 대한 특성 분석을 할 수 있게 되어 공정 패턴별로 어떠한 통계적인 특성을 가지는지 파악할 수 있고, 특정 패턴을 형성하는데 있어서 중요하게 영향을 미치는 공정변수가 어떠한 것인지 파악할 수 있다. 이를 통해 장비기술자에게 익숙한 관리도를 중요한 공정변수에 대해서 보여줌으로써 제조 공정의 현황을 쉽게 파악할 수 있게 한다.



<그림 5> SOM을 이용한 패턴분석시스템 예시-부품수입검사를 수행하는 경우



<그림 5>는 부품수입검사 단계에서 SOM을 이용한 패턴분석을 수행한 결과를 보여준다. CCM 제조 공정에서는 ACF 필름의 품질이 최종 제품의 수율에 많은 영향을 미치므로 품질이 안정된 필름의 수입을 통해 최종 제품의 안정된 수율을 얻을 수 있다. 하지만 ACF 필름의 특성 변수는 제 3장에서 보듯이 다양한 종류가 존재하므로 이를 동시에 고려하여 품질을 평가해야 한다. 이를 위해 SOM 학습을 통해 ACF 필름의 특성에 대한 대표적인 특성 분포를 런 단위로 얻고, 각각의 런 단위에 대해 특성 분포가 같은지 다른지를 비교하여 ACF 필름의 품질이 안정적인지를 판단할 수 있다.

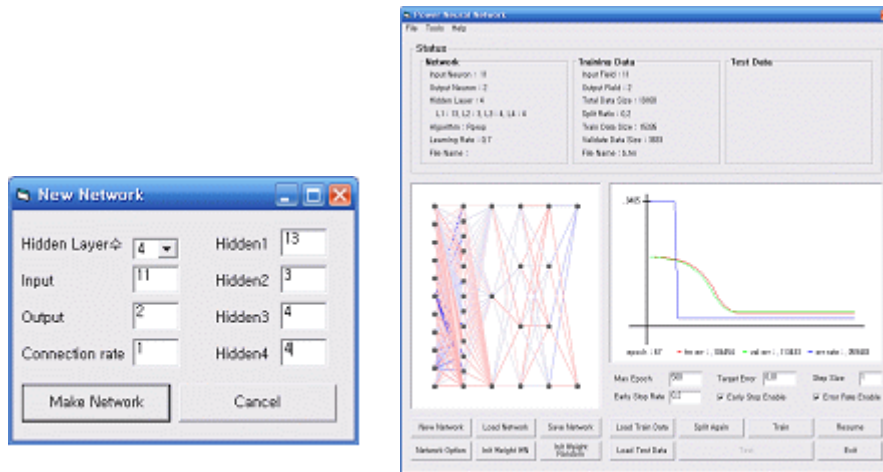
#### 4.2.3 신경망(Neural Network)

신경망은 인간 대뇌의 기본 단위인 뉴런의 생리학적 모델을 본 떠 만든 것으로, 외부로부터 입력을 받아들이는 노드(node)와 외부로 출력을 담당하는 노드가 있고 이들 사이에 은닉 노드가 존재하면서, 노드와 노드사이의 연결에 가중치(weight)가 있어 하나의 노드의 값이 다른 노드로 연결 가중치와 곱

해져서 전달된다.

일반적으로 신경망에서는 역전파 알고리즘(back propagation algorithm)이 주로 사용되는데, 이는 LMS(least mean square) 알고리즘을 일반화 한 것이다. 즉, 초기 파라미터(parameter)값을 가중치로 사용하여 반복적으로 학습함으로써 가중치 값을 조정한다. 많은 학습자료를 이용하여 일정한 값으로 수렴하는 특징을 지닌 점은 HMM(hidden markov model)과 비슷한 점이나, 신경망은 자동적으로 분류를 계속하면서 스스로 학습되어 가는 것이 HMM과 다른 점이라고 할 수 있다.

품질관리시스템에서 신경망은 주로 수율 예측(yield forecasting)에 주로 사용된다. 각 공정에서 중요한 변수들을 도출하고 이러한 변수들이 최종 수율(yield)에 어떠한 영향을 미치는지를 파악할 수 있으며 이에 대한 학습을 통해 새로운 환경으로 바뀌었을 때 또는 새로운 변수가 추가되었을 때 최종 수율이 어떻게 바뀔 것인지에 대해 예측을 하는데 도움을 줄 수 있다. 이렇게 학습된 신경망의 특성 분석(Feature extraction)을 통해 수율에 영향을 미치는 주요 공정변수들을 파악하고 이에 대



<그림 6> 수율 예측 및 중요 변수들 간의 교호관계 파악을 위한 신경망 학습 모형

한 값들의 범위가 어떻게 되는지를 파악하여 관리도의 상한, 하한값에 적용할 수 있다.

#### 4.3.4 관리도 및 공정능력 모니터링 시스템

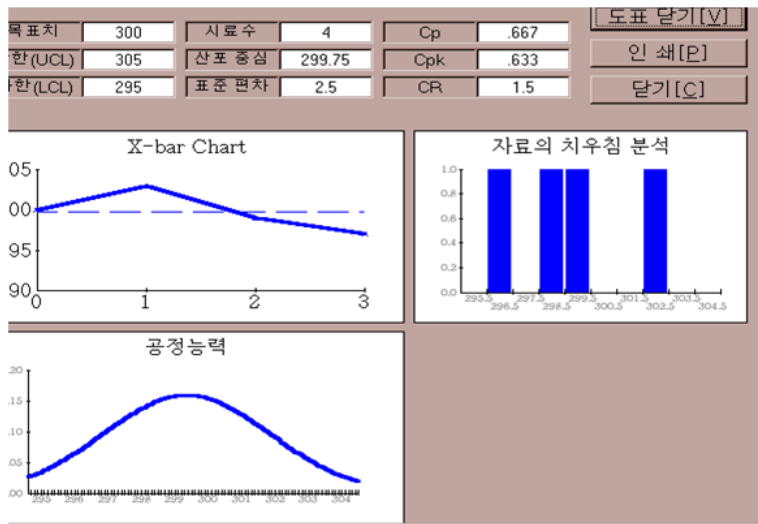
일반적인 장비기술자들은 각자 맡은 장비에 대한 공정변수 설정과 관리만을 담당하는 경우가 일반적이다. 이러한 장비기술자들이 품질관리시스템의 전반적인 내용을 이해하여 품질관리에 활용하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하다. 그러므로 기존의 관리도 형태를 제공해 줌으로써 각 장비에 대한 관리를 용이할 수 있게 지원해 주어 전반적인 제조공정에 대한 품질관리는 하지 못하더라도 최소한의 공정에 대한 관리를 할 수 있게 함으로써 단순한 공정 이상의 문제는 즉각적으로 대처할 수 있도록 지원해주는 기능을 한다.

### 5. 결론

복잡한 장치를 갖는 제조업에서의 공정 및 품질

관리는 다양하고 복합적인 공정 및 환경 요인으로 인해 관리치를 제대로 설정하기가 대단히 어렵고 공정 설정치대로 관리하기도 쉽지 않다. 더욱이 주변의 환경이 시간에 따라 변동이 생길 경우에는 이를 해결할 대안을 빠른 시간 내에 생산 라인에 반영하기는 더 어렵다.

기존의 품질관리시스템이 제품의 품질관리 측면에서 국지적으로 적용되는 반면에 데이터마이닝 기반 품질관리시스템은 제품의 원자재에서부터 제품의 출하 때까지 제품을 종합적이고 포괄적으로 관리할 수 있으므로 신뢰성이 있는 제품을 만들 수가 있다. 신뢰성 있는 제품은 고객의 만족으로 이어져 고객에 의한 피드백이 잘 이루어지므로 관리 가능한 항목의 파악이 용이해지고 원인 분석이 용이해진다. 이것은 다시 품질관리시스템의 룰 베이스로 피드백이 되므로 더욱 정교한 관리와 운영을 할 수 있게 된다. 또 품질관리시스템에 의해 수집된 공정변수 및 품질변수의 자료를 FMEA 기법으로 분석하면 공정 개선의 우선순위,



<그림 7> 품질관리시스템으로부터 도출된 주요 공정변수에 대한 모니터링 시스템 화면

가장 문제가 많은 공정 등 여러 유용한 정보를 얻을 수 있다.

본 연구에서 제시한 데이터마이닝 기반 품질관리시스템 모델은 이러한 복잡한 상황에서 안정된 생산 라인의 운영을 가능하게 해 주고 최고의 품질에 이르는 새로운 공정 조건의 설정을 가능하게 해 준다는 가능성을 보여준다. 이러한 방법은 많은 제조기술자들의 부담을 덜어줄 것이고 환경변동시에 그 환경에 맞는 새로운 조건의 설정을 위하여 생산 라인을 중단해야 하는 경제적 손실도 해결해 줄 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 고영관, 박상혁, 서민수, 임여중, “사례기반추론을 이용한 열연제품 품질설계지원시스템”, *한국지능정보시스템학회 논문지*, 3권 1호(1997), 101~109.
- 김창현, 유홍연, 홍성훈, “용접결함 패턴인식을 위한 신경망 알고리즘 적용”, *한국콘텐츠학회논문지*, 7권 1호(2007), 65~72.
- 백동현, 한창희, “데이터마이닝을 이용한 반도체 FAB공정의 수율개선 및 예측”, *한국지능정보시스템학회 논문지*, 9권 1호(2003), 157~177.
- 유창규, 최상욱, 이인범, “공정 모니터링 기술의 최근 연구동향”, *화학공학*, 46권 2호(2008), 233~247.
- 이장희, 유성진, 박상찬, “인공 신경망의 패턴분석에 근거한 지능적 부품품질 관리시스템의 설계”, *품질경영학회지*, 29권 4호(2001), 38~53.
- 최진성, 서태설, 한순홍, “플라스틱 사출성형의 진단과 불량대책을 위한 지식기반 전문가시스템”, *한국지능정보시스템학회 논문지*, 2권 1호(1996), 1~9.
- Benitez, J. M., Castro, J. L. and Requena, I., “Are Artificial Neural Networks Black Boxes”, *IEEE Transactions On Neural Networks*, Vol.8(1997), 1156~1164.
- Kang, B. S., Lee, J. H., Shin, C. K., Yu, S. J. and Park, S. C., “Hybrid Machine Learning System For Integrated Yield Management in Semiconductor Manufacturing”, *Expert Systems With Applications*, Vol.15(1998), 123~132.
- Kohonen, T., “Self-organized formation of topologically correct feature maps”, *Biological Cybernetics*, Vol.43(1982), 59~69.
- Quinlan, J. R., “C4.5 : Programs for Machine Learning”, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1992.

Abstract

## Building the Quality Management System for Compact Camera Module(CCM) Assembly Line

Song Jin Yu\* · Boo Sik Kang\*\* · Han Kook Hong\*\*\*

The most used tool for quality control is control chart in manufacturing industry. But it has limitations at current situation where most of manufacturing facilities are automated and several manufacturing processes have interdependent relationship such as CCM assembly line. To Solve problems, we propose quality management system based on data mining that are consisted of monitoring system where it monitors flows of processes at single window and feature extraction system where it predicts the yield of final product and identifies which processes have impact on the quality of final product. The quality management system uses decision tree, neural network, self-organizing map for data mining. We hope that the proposed system can help manufacturing process to produce stable quality of products and provides engineers useful information such as the predicted yield for current status, identification of causal processes for lots of abnormality.

**Key Words** : QMS, Decision Tree, Neural Network, Self-Organizing Map, Data Mining

---

\* Professor, Div. of Shipping Management, Korea Maritime University

\*\* Professor, Div. of Service management, Mokwon University

\*\*\* Professor, Dept. of Management Information Systems, Dongeui University

## 저자 소개



**유성진**

KAIST에서 경영정책 학사, 동대학원에서 산업경영 석사와 박사를 취득하였음. 현재 해양대학교 해운경영학부 조교수로 재직 중이며, 주요 관심분야는 지식기반시스템, 데이터마이닝, AI 등임.



**강부식**

경희대학교에서 산업공학 학사, KAIST에서 산업경영 석사와 박사를 취득하였음. 현재 목원대학교 서비스경영학부 부교수로 재직 중이며, 주요 관심분야는 지능정보시스템, CRM, 데이터마이닝, 서비스품질경영 등임.



**홍한국**

고려대학교에서 통계학 학사, KAIST에서 산업공학 석사와 경영정보공학 박사를 취득하였음. 현재 동의대학교 경영정보학과 부교수로 재직 중이며, 주요 관심분야는 지능정보시스템, 데이터마이닝, 서비스품질경영 지식경영 등임.