

카메라 모듈 조립·평가라인 지능형 통합시스템 개발

Development of integrated management system for phone camera module assembly and evaluation line

*#하태호¹, 송준엽¹, 김동훈¹, 김천호², 김원태³

*#T. H. Ha¹(taehoha@kimm.re.kr), J. Y. Song¹, D. H. Kim¹, C. H. Kim², W. T. Kim³

¹ 한국기계연구원 지능형생산시스템 연구본부, ²유성정밀(주), ³(주)IT이노베이션

Key words : Camera module, Lens module, Assembly line, Integrated management system

1. 서론

전 세계 휴대폰 시장은 1996 에서 2000년 사이의 신규소비 주도로 연평균 56.7 % 라는 경이적인 급성장을 하였다. 2015년의 전 세계 휴대폰 출하량은 1억 3천여 대로 예상되고 있으며, 이 중 약 80 % 이상이 카메라 기능을 가진 카메라 폰이 차지할 것으로 추정되고 있다 [1,2,3]. 또한, 3G 휴대폰의 증가에 따라 대에 각각 영상통화용과 비디오/사진 촬영용의 두 개의 카메라 모듈을 장착한 듀얼 카메라 폰의 일반화가 진행되어 카메라 모듈의 수요가 급증하고 있다. 수요의 급증과 더불어 휴대폰은 멀티미디어 기능을 가진 IT 단말기로 발전하여 기존의 VGA급 카메라 모듈에서 디지털 카메라에 버금가는 성능을 가진 고메가 픽셀급의 모델이 출시되고 있다.

폰 카메라 모듈은 크게 렌즈 모듈과 이미지 센서 모듈로 나눌 수 있으며, 고 메가 픽셀급의 영상을 획득하기 위해서는 이미지 센서는 물론 메가 픽셀급 렌즈 모듈의 성능 확보가 필수적이다. 지금 시장에서 주류를 차지하고 있는 3 Mega급 렌즈 모듈의 경우, 일반적으로 렌즈 배럴, 쉘드, 스페이서, 그리고 다수 개의 렌즈로 구성되어지며 이들 제품은 사출 성형을 통하여 생산되어진다. 일반적인 조립품과 달리 렌즈 모듈의 경우, 각 부품이 조립되어 최종적으로 광학적인 특성까지 만족시켜야 한다. 렌즈의 최종적인 성능에 영향을 미치는 인자로는 각 단 렌즈의 특성 및 결합여부, 각 부품의 최적 조립여부, 최종 조립 렌즈 모듈의 결합 여부 등 다양한 요인이 존재한다. 특히, 각 부품 및 공정에 대한 정보가 수집되지 않으면 제품 양산시에 제품 불량 발생 등의 문제가 발생하였을 경우, 불량의 원인 추정이 불가능하여 제품의 품질 확보는 물론 불량품에 대한 대처가 곤란하게 된다.

이와 같이 최종적인 렌즈 모듈의 수율향상은 물론 나날이 높아지는 품질에 대한 요구를 만족시키기 위해서는 사출 성형된 단렌즈의 성형기 정보, 금형 정보, 캐비티 정보, 생산일, 단렌즈 검사 결과, 조립장비 정보, 조립 조건, 최종 측정 결과와 같이 각 정보의 수집 및 트래킹이 필요하다. 본 연구에서는 휴대폰에 사용되는 카메라 모듈의 주요 부품인 렌즈 모듈 제작에 관련된 부품 및 장비에 대한 모니터링 및 트래킹 기능을 가진 조립·평가라인의 지능형 통합 시스템을 개발하였다. 이 시스템을 이용하여 불량에 대한 신속한 대응 및 원인 분석을 통한 Yield 향상이 가능할 것으로 기대된다.

2. 조립·평가 라인 지능형 통합 시스템

본 절에서는 개발한 조립·평가 라인 지능형 통합시스템의 개요 및 기능에 대해서 논한다. 전술한 바와 같이 렌즈 모듈은 각 부품의 성능 및 종합적인 조립결과에 의해 그 성능이 결정되어진다. 기존의 반자동 또는 수작업으로 이루어지던 렌즈 모듈 조립 장비의 전자동화 라인을 구축하였으며 [4], 이를 통합시스템을 통하여 모니터링 및 트래킹을 행하였다. 단렌즈 검사기, 렌즈 모듈 조립라인, 본딩/경화/마킹 라인, MTF 검사기, 완성품 검사기를 대상설비로 선정하였다. 본 시스템은 실시간 모니터링이 가능하며 표준화된 통신 프로토콜을 사용하였다.

Fig. 1은 지능형 통합시스템의 전체 구성을 나타낸다. 렌즈 모듈 조립시스템은 사출성형으로 제작된 각 단렌즈의 검사를 행하는 단렌즈 검사기로부터, 렌즈 조립기, UV 본딩/경화/마킹,

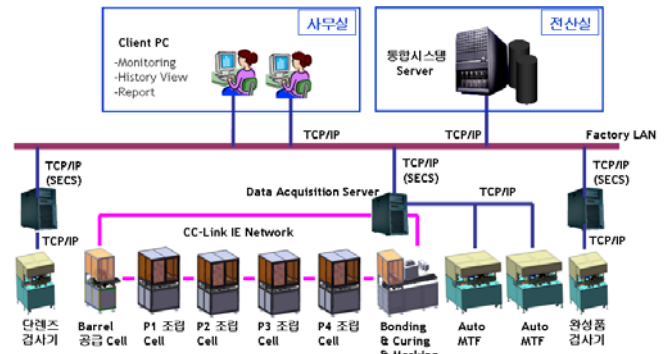


Fig. 1 Structure of the integrated system

MTF 검사, 완성품 검사의 순으로 진행된다. 렌즈 조립 장비는 총 4대가 투입되어 각각 첫 번째 렌즈 및 스페이서, 두 번째 렌즈 및 스페이서, 세 번째 렌즈 및 스페이서, 그리고 마지막 네 번째 렌즈 및 쉘드의 조립을 행하게 된다. 마지막 쉘드의 조립까지 마친 렌즈 모듈은 UV 본딩 및 경화를 통해 최종 고정을 하게 된다. 조립 공정을 마친 렌즈 모듈은 배럴 하단 측면부에 레이저 조사를 통한 코드를 부여하게 된다. 각 장비는 셀 타입으로 설계 제작되어 있어 배럴이 안착된 보트를 이송계를 통해 각 셀 장비로 이송시켜 작업을 행하게 된다. 조립 및 코드 부여가 끝난 렌즈 모듈은 MTF (Modulation Transfer Function) 검사 및 완성품 검사를 행한다. 렌즈 모듈의 이물, 결함, 왜곡, MTF 등을 검사하며 이에 따라 최종적으로 등급에 따른 분류를 행하게 된다.

그림에서 보는 바와 같이 통합 시스템은 크게 메인 서버와 데이터 수집 서버로 구성되며 각 데이터 수집 서버는 단렌즈 검사기, 렌즈 조립 장비 및 완성품 검사기로부터 데이터를 수집하도록 설계하였다. 각 검사기들은 데이터 수집 서버와 TCP/IP 소켓 통신을 통하여 데이터를 교환하고, 렌즈 조립 셀 장비는 데이터 수집 서버와 CC-Link IE 컨트롤러 네트워크를 이용한 광통신을 통해 데이터를 교환하도록 하였다. 각 데이터 수집 서버는 공통적으로 메인 서버와 표준화된 통신 프로토콜인 SECS (SEMI Equipment Communication Standards) 프로토콜을 사용하여 데이터를 교환하도록 설계하였다. 이와 같이 표준화된 통신 프로토콜을 사용함으로써 셋업 및 테스트 시간의 단축, 시스템 불량의 최소화 및 용이한 유지 보수성을 확보하였다.

메인 서버는 크게 모니터링, 데이터 매니저, 데이터 수집의 기능을 한다. 모니터링 서버는 클라이언트 어플리케이션과 직접 통신하는 프로세스이며 실시간 모니터링 데이터를 클라이언트 어플리케이션으로 전송하는 프로세스이다. 각 클라이언트로 브로드캐스팅 방식으로 실시간 데이터를 전송하고 또한 각 클라이언트의 연결 상태를 관리하는 역할을 한다. 데이터 매니저는 통합 시스템의 모든 데이터를 관리하는 역할을 행하며, 데이터 수집 프로세스는 데이터 수집 서버의 데이터 수집 어플리케이션과의 SECS 통신을 통하여 데이터를 수집하는 기능을 행한다. 데이터 어플리케이션과 1대1 통신으로 데이터를 수집하며 데이터 수집 서버와의 연결 상태 관리와 수집된 데이터를 데이터 매니저로 전달하는 역할을 한다.

지능형 통합시스템을 위해 정의 된 데이터 및 프로토콜의

에는 다음과 같다. 크게 장비의 기본정보, 알람 정보, 자체 부품 정보, 구입 부품 정보, 장비의 상태 정보, 시간당 등급별 양품 정보, 단렌즈 정보, 단렌즈 결합 정보, 검사항목 정보, 시간당 양품/불량 수 정보, 렌즈 모듈 정보, 모듈 검사 결과 정보, 해상력 검사 정보, 완성 렌즈 모듈 정보 등이 있다.

Table 1 에 한 예로 렌즈 모듈 정보를 저장하는 테이블의 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 렌즈 모듈의 아이디는 물론 각 조립 공정에서의 변수, 즉 조립 높이 및 압력과 사용된 부품의 이력, 검사 결과 등의 모든 정보를 저장하게 된다.

이와 같은 구조로 설계·제작된 통합 시스템의 주요 기능을 정리하면 다음과 같다. 사용 부품의 및 검사 이력 조회와 같은 트래킹 조회, 조립 이력 조회, 생산 이력조회, 장비 이력조회, 검사결과 이력조회, 알람 이력 조회, 양품률 이력조회 등의 기능을 가지고 있다. 사용부품 및 검사 이력 조회 기능은 완성품 출하 후 불량 발생 시 불량 원인 추적 데이터를 제공하며, 불량 발생원인 분석을 통한 Yield 향상에 사용되게 된다. 조립 이력 조회 기능의 경우는 조립 설비의 불량 발생 데이터를 제공하며, 불량을 발생시키는 조립 설비 및 부품을 추정 가능하여 조립 단계의 불량을 감소가 가능하다. 장비 이력 조회 기능의 경우 불량 발생 시 설정된 장비 설정 값의 조회가 가능하며 장비 설정 값 변화에 따른 Yield 분석용 데이터의 확보를 할 수 있다. 검사 결과 이력 조회 기능의 경우 불량 발생 분석용 불량 경향을 파악 할 수 있게 된다. 양품률 이력 조회의 경우, 양품률 관리를 위한 양품률 경향의 파악이 가능하다. 정리된 보고를 위해 생산이력의 조회 기능을 추가하였다. 이들은 전부 실시간 모니터링이 가능하여 문제 발생 시 신속한 대처가 가능하며 유선 및 무선 랜을 사용하여 공장은 물론 사무실 등 위치에 관계없이 모니터링이 가능하게 구축하였다.

Fig 2 는 한 예로 실시간 모니터링용 유저 인터페이스 화면을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 각 조립 장비의 상태, 일일 생산 계획과 생산 현황의 모니터링이 가능하다. 배럴 공급 장비, 렌즈 조립 장비, 본딩 및 경화 장비, MTF 검사 장비의 상태를 색깔로 쉽게 구분할 수 있도록 하였다.



Fig. 2 Real-time monitoring user interface

예를 들자면 녹색은 정상 운행, 적색은 에러, 황색은 수리 중을 나타낸다. 장비 모양 이미지 아래의 숫자는 장비에 투입되어진 보트의 번호 그리고 보트에 조립되어 있는 렌즈 모듈의 양/불량 상태 등을 표시한다. 그 아래 부분의 각도는 조립 시 방향성을 나타내는 각도 값을 나타낸다. 전 절에서 서술한 것과 같이 각 렌즈는 멀티 캐비티 금형에 의해 사출 성형되는 데, 이 경우 각 캐비티 별로 렌즈 특성의 차이가 존재하게 된다. 본 시스템에서 대상으로 한 렌즈 모듈의 경우 총 4 개의 렌즈가 투입되며 서로 다른 금형 그리고 캐비티에서 생산된 서로 다른 종류의 단렌즈들을 어떠한 방향성 조합으로 조립하느냐에 따라서 최종 렌즈 모듈의 성능에 영향을 미치게 되므로 이에 관한 관리가 필요하다. 하단부의 시트는 생산 날짜 및 생산 기종, 작업 시간별 생산계획, 투입량, 생산량, 수율, 달성율을 나타낸다.

3. 결론

본 연구에서는 휴대폰에 사용되는 카메라 모듈의 급속한 수요의 증가에 따른 대량생산 및 고성능화에 대응하기 위하여 카메라 모듈의 주요 부품인 렌즈 모듈 제작에 관련된 부품 및 장비에 대한 모니터링 및 트래킹 기능을 가진 조립·평가라인의 지능형 통합 시스템을 개발하였다. 일반 부품과 달리 본 연구에서 대상으로 한 렌즈 모듈의 경우, 부품의 적절한 조립 여부는 물론 결합 존재 여부 및 조립 후 최종적인 광학적 특성까지 만족시켜야 한다. 최종적인 특성에 영향을 미치는 인자로는 단렌즈의 특성, 조립 조건, 장비의 상태 등 실로 다양한 원인이 존재한다. 본 시스템을 통하여 생산된 최종 렌즈 모듈이 몇 번 사출기의 어떤 금형의 몇 번 캐비티에서 생산되었는지, 어떤 조립 조건으로 생산되었는지의 이력은 물론 각 검사기로부터의 검사 결과를 통합적으로 관리가능하게 하였다. 또한, 통합 시스템은 각 부품의 트래킹 기능은 물론 장비의 실시간 모니터링 및 생산관리가 가능하도록 하였다. 이 시스템을 이용함으로써 각 부품의 조합으로 이루어지는 렌즈모듈의 불량에 대한 신속한 대응 및 원인 분석이 가능하여 제품 Yield 향상에 주요할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 알렌디 비즈, "휴대폰 시장 리포트", 2007
2. 삼성전기, "휴대폰 시장 동향 보고서", 2004
3. 이운우, "휴대폰 카메라 모듈 산업동향", 전자부품연구원 전자정보센터, 2008
4. 김천호, 송정근, "렌즈 모듈 조립·평가 시스템 개발". 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, 673-674, 2008

Table 1 Data table for lens module

Field	Contents
LensModuleID	ID for Lens Module
MarkTime	Laser Marking Time
InspectTime	Inspection Time for MTF
BoatID	Boat ID
BoatIndex	Boat Index
InspectResult	Inspection Results
InsepectGrade	Product Grade (A, B, C)
MeasureId	ID for Inspection Result
PartID_Barrel	BARREL PART INDEX
PartID_P1Lens	P1Lens PART INDEX
PartID_Spacer1	SPACER_1 PART INDEX
PartID_P2Lens	P2Lens PART INDEX
PartID_Spacer2	SPACER_2 PART INDEX
PartID_P3Lens	P3Lens PART INDEX
PartId_Spacer3	SPACER_3 PART INDEX
PartID_P4Lens	P4Lens PART INDEX
PartID_Shield	SHIELD PART INDEX
A1Height	P1 Lens Assembly Height
A1Press	P1 Lens Assembly Pressure
A2Height	P2 Lens Assembly Height
A2Press	P2 Lens Assembly Pressure
A3Height	P3 Lens Assembly Height
A3Press	P3 Lens Assembly Pressure
A4Height	P4 Lens Assembly Height
A4Press	P4 Lens Assembly Pressure