

폰 카메라 렌즈모듈의 Cluster Type 조립시스템 설계

송준엽*, 이창우(한국기계연구원), 정연욱(레이시스), 김영규(유성정밀)

Design of Cluster Type Assembly System for Lens Module of Phone Camera

J. Y. Song, C. W. Lee (KIMM), Y. W. Jung (RAYSYS Co.), Y. G. Kim (Yoosung Precision Co.)

ABSTRACT

Automatic lens assembly system is used for automatically assembling the lens module of phone camera. In this paper, we are trying to develop the cluster type automatic lens assembly with standard tray for applying for assembly field directly. This paper proposes the principle of cluster type lens assembly system and the related assembly production line concept for optimal automatic lens production line.

Key Words : 폰 카메라(Phone Camera), 렌즈모듈(Lens Module), 조립시스템(Assembly System), 클러스터(Cluster)

1. 서론

휴대폰 산업의 발전추세를 살펴보면 20년 초반 아날로그 휴대폰(1세대)이 출시된 이후 CDMA 상용화(2세대)를 시작으로 소형화, 경량화 되고, 최근에는 무선 인터넷, 카메라, MP3 등이 지원되는 고기능화 휴대폰(3세대)으로 발전되고 있다. 특히 휴대폰의 다기능화에 따라 폰 카메라의 장착이 앞으로 보편화되고 있는 추세(Table 1 참조)이다.

Table 1 World market trend of the cellular phone and the camera cellular phone.

(Unit: million sets, %)

	2003	2004	2005	2006	2007
Cellular Phone	432	478	521	562	618
Rate of Increase	-	10.6%	9.0%	7.87%	9.96%
Camera Cellular Phone	63	135	266	365	464
Market Share	14.6%	28.3%	51%	65%	75%

* Remarks: Deutsch Bank Report, August 2003

CMOS 센서를 사용하여 11만(CIF 급) 화소급 폰 카메라 휴대폰(Sharp, J-Phone)이 처음 출시된 2000년 후반이후 급속한 발전을 이루어 현재는 VGA, Mega Pixel(MP)급 2MP, 3MP 등의 폰 카메라가 출시되고 있다. 하지만 급속한 기술진보에 따른 핵심부품의 수급부족 및 공정정립에 기초한 생산체계의 구축 등이 정착되지 못하고 있어 관련업계에서는 대량 생산체계 구축 및 품질 안정화 방안에 촉각을 세우고 있다.

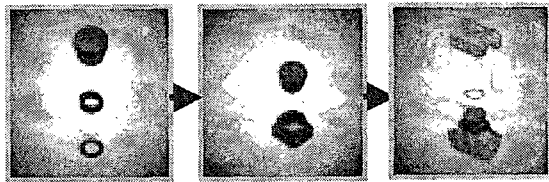
폰 카메라 모듈의 성능을 좌우하는 핵심 유니트의 하나인 렌즈모듈은 마이크로 스케일의 부품으로 구성되어 있고, 광학적 특성, 평가가 동반되어야 한다는 점에서 아직까지 조립자동화가 미진한 상태로 현재까지는 거의 수작업에 의존하고 있다. 한편 렌즈 모듈을 생산하고 있는 여러 제조업체들은 렌즈 모듈의 자동화 제조공정을 구축하기 위하여 많은 노력을 기울이고 있는 상황이다.

따라서 본 연구에서는 1차적으로 폰 카메라 모듈의 주력시장이 형성되고 있는 1.3MP 급 마이크로 렌즈모듈에 대한 제조, 조립공정 등을 분석, 고찰하고, 생산성, 품질 등을 최적화할 수 있는 자동 조립시스템 구조를 제안코자 한다.

2. 폰 카메라 렌즈모듈의 공정분석

폰 카메라 모듈의 생산공정을 살펴보면 Fig. 1

에 제시된 것처럼 크게 렌즈모듈, Packaging, 카메라 모듈 공정으로 세분시켜 정립할 수 있으며, 모듈성을 좌우하는 렌즈모듈 공정을 주 검토대상으로 하여 특성과 요구사항 등에 대해 분석한다.



①Lens Module ②Sensor Packaging ③Camera Module

Fig. 1 Representative process of phone camera module

폰 카메라 렌즈모듈은 일반적인 광학계와는 달리 소형화, 저가격화 및 대량 생산화가 요구되기 때문에 Fig. 1①에 제시된 렌즈 단품 및 구성 기구 부품들이 사출물로 구성되어 있다.

따라서 렌즈모듈의 대표 제조공정은 렌즈의 사출, 커팅(Cutting), 코팅(Coating), 검사 프로세스를 거친 단렌즈와 기타 사출된 기구 부품들이 조립되어 렌즈모듈을 구성한다. 조립된 모듈은 제조업체의 특성에 따라 최종적으로 외관 검사 및 성능 검사 단계를 거쳐 반제품 상태로 완성되는 것이다.

본 연구에서 검토대상으로 하는 1.3MP 용 렌즈모듈은 Fig. 2 에 제시된 것처럼 렌즈 3 매, Spacer(Mask) 2 매, Shield 및 Holder 각 1 매씩 총 7 개의 단순 부품으로 구성되어 있다.

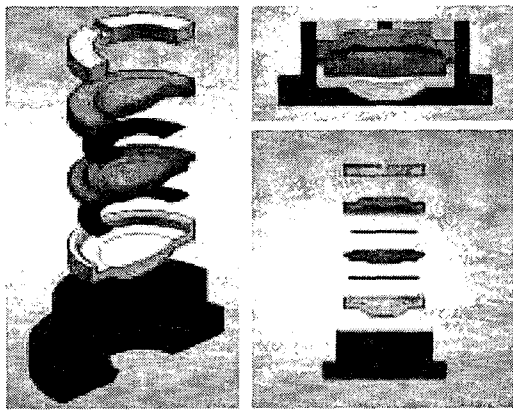


Fig. 2 1.3M lens module of phone camera

상기 7 개의 구성 부품들의 조립은 Holder 투입과 함께 P1 Lens → Mask → P2 Lens → Spacer → P3 Lens → Shield 순으로 진행되고, Bond 도포, UV 경화, 외관 및 해상력 검사 등의 프로세스를 거쳐 모듈화 된다. 특히 조립된 렌즈모듈은 설계사양으로서 다음과 같은 기본적인 성능조건을 만족시켜

야 한다.

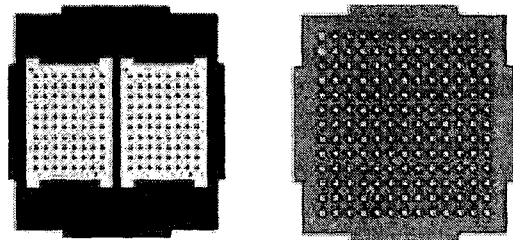
- 1) 해상도 : MTF 50% 이상(100lp/mm, center)
MTF 30% 이상(100lp/mm, edge)
- 2) 왜곡 : 1.5% 이하 (at the full field)
- 3) 조도 균일도 : 60% 이상
- 4) Field Angle: $\pm 25^{\circ}$ ~ 30° degrees

한편 단렌즈 및 구성 부품들의 설계사양에 의하면 Stop 을 중심으로 상하에 배치된 Lens P1, P2 의 공차(외경기준 $\pm 0.01\text{mm}$)가 매우 엄격하게 적용되어 수 μm 정도의 어긋남이 발생해도 전체 렌즈모듈의 성능에 영향을 줄 정도로 Tilt 및 Decenter 에 민감한 것으로 분석되었다. 따라서 렌즈모듈 단품간의 조립공차를 5 μm 이내에서 유지시켜야 하는 불가분의 조건이 조립시스템 설계에 반드시 반영되어야 한다.

이 외에도 고려되어야 할 대표적인 공정조건을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 렌즈 방향성 : 90 / 180°
- 2) 렌즈 외경 : Max \varnothing 10mm
- 3) 조립압력 : 2 kgf 이하
- 4) 본딩 위치정밀도 : 50 μm 이내
- 5) 경화 대기시간 : UV 본딩 후 20sec 이내
- 6) 본딩량 조절단위 : 0.01g

이상의 공정조건을 수용하며, 기존 숙련된 수작업자의 생산성 등에 기초하여 개발될 자동 조립시스템의 성능지수는 Tack time 3.0sec 이내, 수율 99% 이상, MTBF(Mean Time Between Failure) 5,000 시간 이상, 장비 설치공간(Footprint) 최소화 및 Fig. 3 과 같은 표준 Tray 의 채용 가능성이 요청되고 있다.



(a) STD. Tray for Lens (b) STD. Tray for another part

Fig. 3 Structure of standard tray for lens module

특히 상기와 같은 표준 Tray 가 채용된다면 다음과 같은 조건을 전제되어야 하며, 이와 같은 조

건이 만족되면 본 연구에서 구상하는 조립시스템의 거시적 자동화는 상당히 용이할 것으로 사료된다.

- 1) 표준 Tray 의 외곽치수는 일정할 것
- 2) 렌즈용 표준 Tray 는 Coating Tray 를 탑재할 수 있는 구조를 갖고 있으면 Coating Tray 단위로 렌즈부품의 이력을 관리할 수 있는 임의 형태의 ID Tag 를 Tray 외곽에 탈•부착할 수 있다.
- 3) 부품 공급 Buffer 의 Stack 구조의 채용으로 부품의 흐트러짐 방지 및 공급량 조절 등이 용이하다.
- 4) 표준 Tray 를 제품 출하용 Tray 로도 사용 가능하다.

3. Cluster Type 조립시스템 설계

앞장에서 기술된 것처럼 MP 급 렌즈모듈은 μm 단위의 조립정밀도가 요구되어 허용공차 내에서 정렬되지 않고 조립되면 영상이 왜곡되는 (해상력)불량이 발생한다. 조립 메커니즘에서 μm 단위의 정밀도가 달성되기 위해서는 다음과 같은 2 가지 방법이 고려될 수 있다. 방법은 기구부의 정밀도에 전적으로 의존하여 설계하는 방법과 측정에 의해서 장착오차를 측정하고 보정하는 방법이다. 그러나 상기 방법들은 조립장치 기구부가 μm 단위의 위치분해능 및 반복정밀도를 가져야 한다.

따라서 본 연구에서는 조립하려는 2 개 이상의 부품을 조립장치의 기준으로 한 고정 좌표계로 부품의 위치정보를 획득하고, 고정 좌표계를 기준으로 정렬오차를 측정하여 조립장치에 의해 위치가 보정되어 조립작업이 이루어지는 메커니즘을 병행시키고자 한다.

상기 조립메커니즘을 토대로 단위 조립공정을 모듈화하는 것을 전제로 하고, 시스템 차원에서의 조립방식을 검토하게 되었다. 검토될 수 있는 방식으로는 크게 In-line 방식과 Cluster 방식이 고려될 수 있다. 2 가지 조립방식에 대해 특징을 살펴보면 다음 Table 2 처럼 정리될 수 있다.

조립방식은 Table 2 에 제시된 것처럼 장단점을 갖고 있다. 요약하면 In-line 방식은 추후 예상되는 3MP 급 렌즈모듈의 부품수(9 개) 증가에 따른 시스템의 가변성(Flexibility) 및 시스템 Down 에 따른 단위공정별 수작업의 병행성이 상대적으로 우수하고, Cluster 방식은 공간의 최소화, 반복정밀도 등 집적도, 고정정도의 유지 및 시스템 가격 등에서 In-line 방식보다 우수한 것으로 분석되었다.

Table 2 Characteristic comparisons between in-line and cluster method

	In-line	Cluster
System structure	Adjustable	Fixed
Modularity	General	General
Scalability	Low	High
Repeatability	Low	High
Cleanliness	Hard	Easy
Design focus	Part	Machine
System cost	High	Relatively low

이러한 분석결과는 상대적인 비교이며, 개발시스템을 도입코자 하는 제조라인의 특성, 요구사항에 의해 결정되어야 할 것으로 사료된다. 하지만 렌즈모듈의 조립특성 상 Holder 부품의 위치변경이 가능하면 이루어지지 않고, 기구부의 반복정밀도 향상차원의 축소 최소화 및 정렬메커니즘의 안정적 고속화를 위해서는 Cluster 방식이 타당할 것으로 판단되어 시스템을 고안하게 되었다. 고안된 Cluster 방식의 조립시스템의 구성도가 Fig. 4 이다.

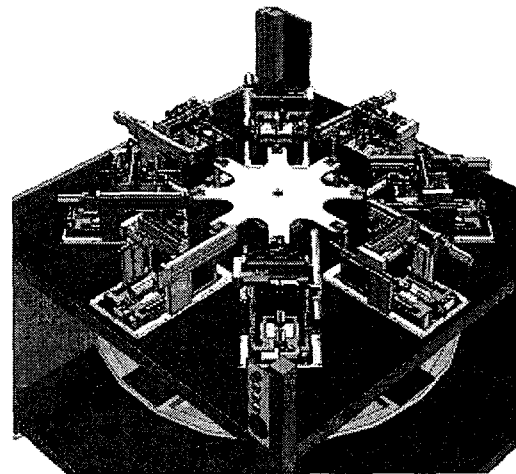


Fig. 4 Cluster type assembly system

고안된 시스템은 Fig. 4 에 제시된 것처럼 모듈화된 단위 조립머신(Cell)을 조립 부품수량에 기초하여 분할시키고, 시스템 중앙에 Index table 를 배치시키는 구조이다. 이러한 구조를 채용함으로써 구성된 조립머신에서 동시에 부품조립이 이루어질 수 있어 Tack time 과 작업공간을 최소화할 수 있고, 기준 Holder 를 고정시킴으로써 조립부품의 이송에 따른 상대 위치오차 발생을 기구적으로 감쇄시킬 수 있을 것으로 기대한다. 특히 단위 조립머신을 고정도 Rotary motor 를 채용한 X-Y stage 를 기본 구조로

하여 고안함으로써 위치 반복정밀도 $\pm 3\mu\text{m}$ 이내의 구현이 가능할 것이다.

또한 Fig. 5 처럼 Flying optic vision 계를 기본 메커니즘에 활용시켜 본 연구에서 채택한 조립메카니즘(위치이동→측정→보정)의 수용에 따른 Tack time 지연문제(영상처리에 의한 오차 측정시간)를 최소화할 수 있도록 고안하였다.

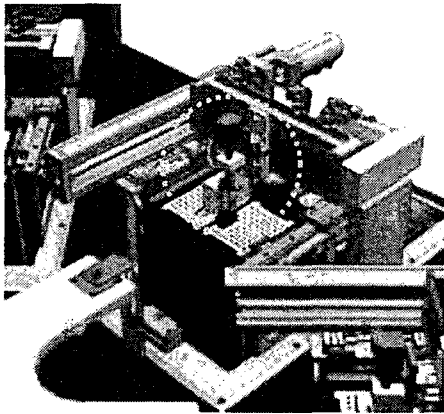


Fig. 5 Pickup head unit using a flying optic

4. 모의 성능실험

본 연구에서 고안한 Cluster 조립시스템의 설계 사양(이송/검사속도, Stroke 등) 및 조립 프로세스를 근거로 Tack time 를 분석해 보았다. 그 결과가 Table 3 에 제시된 Time table 이다.

Table 3 Analysis of tack time for lens module assembly

(Unit: msec)

	Start time	End time	Operating process
1	0	250	Pickup nozzle down
2	250	500	Part hold & nozzle up Mirror moving
3	500	1,000	X, Y moving Part vision/Part rotation/Vision
4	1,000	1,100	Holder (barrel) vision
5	1,100	1,400	$\Delta X, \Delta Y$ calibration
6	1,400	1,700	Nozzle down & Pressing
7	1,700	1,900	Nozzle up
8	1,900	2,300	X, Y Moving (origin)

모의 성능실험에 의하면 부품을 Pickup 할 Nozzle 를 up/down 하는데 각 200~250msec, 스트로

크(Stroke)를 고려한 조립위치로의 이동시간, 400~500msec, 조립위치 보정시간, 300~400msec 정도로 산출되었다. 특기사항은 본 고안시스템에서 Flying optic 를 채용함으로써 위치이동 중에 위치측정을 동시에 병행할 수 있어 500msec 정도의 시간 단축이 가능할 것으로 보인다. 따라서 렌즈모듈 조립에 필요한 Tack time 은 약 2.5sec 내에서 달성이 가능할 것으로 기대한다.

5. 결 론

이상 본 연구에서 고안한 Cluster 방식의 렌즈모듈 조립시스템은 현 생산라인에서 요구하는 사양, 조립정밀도 $5\mu\text{m}$, Tack time 3.0sec 이내 등을 충족시키면서 생산성 80 만 set/월(가동시간 25 일/월, 22 시간/일 기준)은 달성이 가능할 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서 제안한 표준 Tray 가 전공정에 활용된다면 렌즈사출에서부터 렌즈모듈의 평가에 이르는 In-line 자동화 시스템 구축의 최적화 및 운영상의 부품 Tracking 기능의 부가 등이 쉽게 구현될 수 있을 것으로 판단된다.

향후에는 조립공정 상에서 예상되는 Picking, 조립위치 이동에 따른 상대오차 문제를 Self adjustment 할 수 있는 보정기술의 개발, 모델변경에 따른 시스템의 재구성성 부가 및 공간 최소화를 위한 Scale down(마이크로화) 연구 등을 진행시켜 발전된 모델을 실용화할 계획이다.

참고문헌

1. Song, J.Y., Lee, C.W. and Kim, Y.G., "The design of an intelligent assembly robot system for phone camera modules," 2005 Int. Conf. on Control, Automation and Systems, Paper No. 542, 2005. 6.2~6.5.
2. Lee, C.W., Song, J.Y. and Ha, T.H., "The design of a self adjustment module for μ -part assembly," Proc. of KSMTE, 2005. 5. 21.
3. Song, J.Y., Kang, J.H, and et al., "Development of intelligent robot system for assembly of phone camera," A report of industrial analysis, KIMM/MOCIE, 2004. 11
4. Martellucci, S., Chester, A.N. "Diffractive Optics and Optical Microsystems?" Kluwer Academic Pub.
5. J-B. Pourciel, E. Lebrasseur, T. Bourouina, T. Masuzawa, H. Fujita, "Micro system tool for micro-systems characterization. profile measurement of high aspect-ratio micro-structures", SPIE's Int. Symposium on Micro/Mems, Adelaide, Australia, pp. 244~251, 2001.