

# $\mu$ -부품 조립용 Self Adjustment Module 개발

이창우\*, 송준엽+, 하태호+

## The Design of a Self Adjustment Module for $\mu$ -part Assembly

Changwoo Lee\*, Junyeob Song+, Taeho Ha+

### Abstract

According to the ubiquitous times that is new important topic, the miniature is demanded in the industry at large. The high accuracy and accumulation make the assembly equipment and the production equipment huge from the size of view. The huge equipment brings about the expensive price of the equipment, a low flexibleness and a low productivity. It makes the manufacturing equipment huge that the accuracy only depends on the mechanism stiffness. The position of two assembled parts is transformed with the global coordinate system whose datum is machine coordinate system. The purpose of this research is invention of the module that can adjust one part to the order part automatically. The module that has a function of self adjustment only takes a stiffness in assemble direction and can be moved freely in the other direction so this function makes a self adjustment. The self adjustment module reduces the tact time and also diminishes the inferior goods and makes reconfigurable machine in  $\mu$ -part assembly.

**Key Words :**  $\mu$ -부품, assembly, self adjustment, reconfigurable, lens module

## 1. 서론

유비쿼터스는 무선기술을 근간으로 Mobile 네트워크 제품의 형태로 출시되고 있다. 이러한 제품의 요구조건은 소비 전력과 크기가 작아 휴대가 간편해야한다. 이러한 이유로 본 연구에서는 이러한 경향을 잘 나타내는 연구대상으로 정밀한 초소형  $\mu$ -부품인 핸드폰 카메라모듈을 선택하였다.

핸드폰 카메라 렌즈모듈은 핸드폰 시장의 확대와 더불어 그 시장규모가 가파르게 상승하고 있다. 카메라 폰은 일본 Sharp사에서 2000년 11월 11만 화소의 256 컬러가 출시 되어 단순히 메시지에 영상을 첨부하여 PC나 휴대폰에 전송하는 기능에서 시작해서 현재는 몇 백만 화소를 가지고 동영상까지 촬영 가능한 복합 AV 단말기로 발전하고 있다. 특히 카메라 기능은 현재 국내에 출시되는 단말기 신

\* 발표자, 한국기계연구원 지능기계연구센터  
(lewlejkimm.re.kr)  
주소: 305-343 대전광역시 유성구 장동 171

+ 한국기계연구원 지능기계연구센터

기종의 85% 이상이 채택하고 있는 실정이다. 휴대폰은 유비쿼터스 시대를 선도하면서 시장의 크기를 날로 확대해 나가고 있다. 이러한 현상은 Table 1의 도이치방크에서 발표한 세계 휴대폰 시장동향과 카메라 폰의 시장점유율에 잘 나타난다. 휴대폰의 증가 추세는 매년 10% 내외인 반면 카메라 폰은 80%이상의 증가율을 가진다. 때문에 카메라 폰에 장착되는 렌즈모듈은 산업적 파급효과가 큰  $\mu$ -부품 조립에 대한 적합한 연구대상이다.

Table 1 핸드폰 세계시장과 카메라 폰 시장점유율 (단위: 백만대, %)

	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%

## 2. Self Adjustment Module의 필요성

Fig. 1은 Mega Pixel용 카메라렌즈의 조립에 대한 개략도를 나타낸다. 렌즈모듈은 화소수가 백만 화소를 넘으면서 보통 1개의 홀더, 3개의 렌즈, 2개의 스페이서, 1개의 실드의 7개의 파트로 구성된다. 7개의 파트 간에는  $\mu\text{m}$  단위의 조립 정밀도가 요구되며 정렬되지 않고 조립이 되면 화상이 왜곡되는 불량 발생한다.

$\mu\text{m}$  단위의 조립정밀도를 달성하기 위해서는 기존에는 크게 2가지 방법이 사용되었다. 첫 번째 방법은 기구부의 정밀도에 전적으로 의존하여 디자인 하는 방법과 다른 하나는 측정에 의해서 장착오차를 측정하여 보정하는 방법이다. 그러나 기존의 두 가지 방법 모두는  $\mu\text{m}$  단위의 조립정밀도를 달성하기 위해서는 조립장치 기구부가  $\mu\text{m}$  단위의 위치분해능 및 반복정밀도를 가져야 한다. 기구부의 정밀도에 의존하는 방법은 조립하려는 2개 이상의 부품을 조립장치를 기준으로 한 기계좌표인 고정좌표계로 부품의 위치정보를 획득하여 조립하는 방법이다. 조립하고자 하는 2개 이상의 부품의 좌표가 획득되면 고정좌표계를 기준으로 정렬오차를 측정하여 조립장치에 의해 보정되어 조립되는 방법이다.

첫 번째 방법인 기구부의 정밀도에 전적으로 의존하는 방

법은 조립되는 부품이 그리퍼에 의해서 항상 일정하게 Picking 된다는 가정이 있어야 정확하게 고정좌표계를 중심으로 위치정보를 획득할 수 있다.

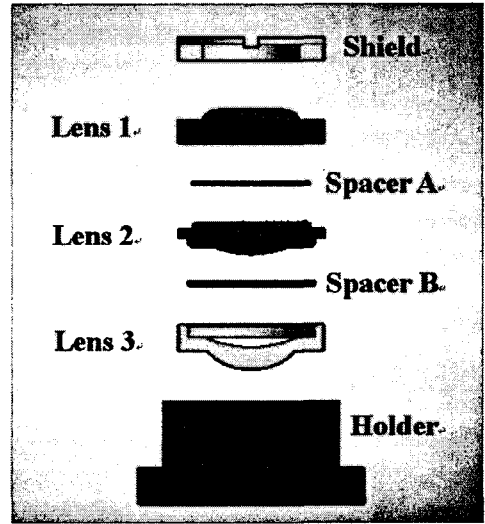


Fig. 1 Mega Pixel용 핸드폰 카메라 렌즈모듈

만약 Picking시 오차가 발생하면 곧바로 조립정렬 오차가 발생하게 된다. 본 연구대상인 핸드폰 카메라 렌즈모듈은 대부분 플라스틱 사출에 의해서 제작된다. 플라스틱 사출일 경우는 보통 공차를 관리하는 면과 관리하지 않아도 되는 면이 존재하는데 기구부의 정밀도에 전적으로 의존하는 방법을 사용하면 공차관리를 하지 않아도 되는 부분을 조립 때문에 관리해야하므로 금형을 수정하거나 사출 비용이 많아져 단가 상승 요인이 된다. 기구부의 정밀도에 전적으로 의존하는 방법은 기구부 정밀도에 전적으로 의존하는 방법으로 조립장치 뿐 아니라 조립하려고하는 부품전체가  $\mu\text{m}$  단위의 고정밀도의 가공오차를 가져야하므로 제품생산의 단가를 상승시킬 수 있는 요인이 된다.

두 번째 방법은 그리퍼에 의해서 Picking 될 때 발생하는 오차를 측정기에 의해서 측정하는 방법으로 기구부의 정밀도에 전적으로 의존하는 방법과는 달리 조립되는 부품을 설계변경하지 않아도 된다. 그러나 Picking시 발생하는 오차를 측정해야 하므로 조립장비의 가격을 상승시키고 측정시간으로 인해서 Tack Time을 증가시켜 생산성을 떨어뜨린다. 현재 Picking 오차측정 장치로 비전시스템을 많이 사용하고 있는데 영상을 획득하기 위해서 시스템이 정지해야하고 위치

정보를 정확히 획득하기 위해서는 계산량이 많아지므로 Tack Time이 길어지는 단점을 가진다.

기존에 사용되는 두 가지 방법 모두는 장비자체가 커져 단가 상승요인과 함께 더 큰 문제는 조립하고자하는 제품의 모델이 변경되었을 때 시스템을 쉽게 변경하지 못하는 단점을 가진다. 기구부의 정밀도에 전적으로 의존하는 방법의 경우는 부품전체의 정밀도 관리를 해야 함은 물론이고 Picking 시 반복정밀도가 원하는 수준이상 이 되도록 그리퍼를 설계 검증의 단계를 매번 밟아야한다. 비전을 이용하는 두 번째 경우는 비전시스템의 경우 많은 경우 case-by-case 인 경우가 많아 매번 조정조건이나 측정알고리즘을 다시 개발해야 하는 어려움이 있다. 특히 렌즈는 투과도가 높아 영상을 획득하기에 어려운 점이 많다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 연구에서는 조립되는 두개의 부품이 결합력 방향으로만 하중을 받고 나머지 방향으로 자유롭게 움직이는 구조의 Module을 이용하여 Self Adjustment가 되도록 하여 이러한 문제를 해결하고자 한다.

### 3. Self Adjustment Module의 요구조건

Fig 2. 나타난 것처럼 물체는 3차원 자유공간상에서 6자유도를 가지게 된다. 두개의 부품이 조립될 때도 상대운동 오차는 6개의 자유도를 가지게 된다.

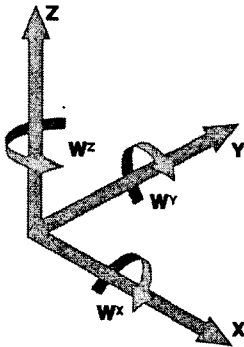


Fig. 2 강체의 6자유도 운동

만약 Z축 방향으로 조립이 된다고 가정하면 나머지 5개의 운동은 정밀하게 구속되는 것이 일반적인 조립 방법이다. 그러나 본 연구에서는 나머지 5개의 운동이 매우 자유롭게 움직이도록 기구적으로 구성하여 조립이 되면서 자동 정렬이

되도록 하였다. 그런데 렌즈모듈은 Fig. 1에서 보는 것처럼 조립되는 모든 부품은 원형타입으로  $W^z$  방향으로의 대칭구조를 가지므로  $W^z$  방향으로의 구속이 되어있거나 자유롭게 움직이거나 관계가 없다. 기본적으로 카메라 렌즈조립용 Self Adjustment Module의 가장 기본적인 요구조건은 X,  $W^x$ , Y,  $W^y$ 의 4방향으로 자유롭게 움직이는 기구부를 구성하는 것이다.

두 번째로 요구되는 조건은 쉽게 Reconfigurable 할 수 있는 구조로 생산라인을 재구성한 후 정상적인 생산을 시작할 때까지 시간인 Ramp-up Time을 최소화 하여야한다. 현재 핸드폰은 성능이 비약적인 발전하고 거기에 패션상품화 되는 경향까지 가지고 있어 국내시장의 경우 신제품 출시시기가 6개월 이하로 모델변화는 매우 빠른 속도로 진행 중이다. 때문에 Reconfigurable한 생산구조는 중요한 요소가 되었고 무엇보다 독립적인 구조의 Module이어야 한다.

세 번째는 컴팩트한 디자인이 되어야한다. 이것은 두 번째 조건과 관계가 있는 것으로 Self Adjustment Module은 독립적으로 사용이 되는 것이 아니고 시스템의 일부로 사용되기 때문에 장착의 용이성을 가져야 한다. Fig. 3는 이물과 기포에 의해서 발생한 불량렌즈를 나타낸다. 조립불량의 원인 중에서 많은 부분이 이물에 의한 렌즈 오염이다.



Fig. 3 이물과 기포에 의한 렌즈불량

렌즈오염을 방지하기 위해서 조립장치가 대부분 클린룸에 설치되는데 Self Adjustment Module이 커지면 전체 시스템이 커지게 되어 클린룸 공간을 많이 차지하게 된다. 클린룸은 유지하는데 비용이 많이 소요되므로 원가 상승의 용인이 되기도 한다. 특히 공간만 고정정도를 요구할 경우 사용되는 클린부스의 경우는 더욱더 컴팩한 디자인이 요구된다. Fig.

4는 집적도가 우수한 Cluster구조의 조립 시스템을 보여준다. 이 경우 Module이 커지면 Cluster방식은 기구부적으로 간섭이 발생하여 시도하기 어려운 구조가 된다.

이러한 모든 조건들을 만족하는 Self Adjustment Module이 개발되면 조립장비의 기계정밀도가 조립정밀도에 크게 영향을 주지 않고 안정적으로 빠른 속도로 조립이 가능해진다.

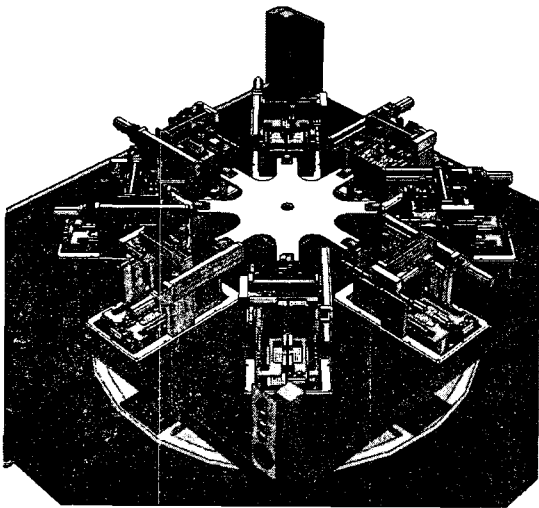


Fig. 4 Cluster 방식의 조립시스템

#### 4. 3가지 Type의 Self Adjustment Module

렌즈모듈은 홀더의 안쪽 면을 기준으로 6개의 부품이 하나씩 차례로 조립된다. 홀더는 그리퍼에 의해 조립 위치에 오차를 가지고 안착되고 다른 그리퍼에 의해서 제일 먼저 렌즈가 Picking되어 조립위치로 이동한다. 이때도 물론 Picking시에도 오차는 발생하여 중첩된 오차로 조립위치에 정렬된다. 이러한 상대오차는 조립이 되면서 Self Adjustment Module에 의해서 상쇄되어 조립된다. 본 연구에서는 이러한 요구조건을 만족시키는 3가지 Type의 Self Adjustment Module을 제안 한다.

##### 4.1 Type 1 : Ball을 이용한 한점 지지를 이용한 방법

두 평판 사이에 Ball이 위치하면 두 평판은 Ball의 구름 운동으로 상대운동이 발생한다. Ball의 구름 운동으로 인한 상대운동은 X, Y 병진운동뿐만 아니고  $W^x$ ,  $W^y$ 의 회전운동

도 원활해져 4자유도 운동에  $W^z$ 까지 Z축을 제외한 5자유도 운동이 가능해진다. Fig. 5는 Ball을 이용한 Self Adjustment Module로 Ball 장착부가 Ball 보다 직경이 약 200  $\mu\text{m}$  크게 제작되어있어 200  $\mu\text{m}$  범위 내에서 자유롭게 상판이 5자유도 운동을 한다. 200  $\mu\text{m}$ 는 기구부에 의해서 발생하는 최대상대오차가 100  $\mu\text{m}$  이하가 될 것으로 예상되기 때문이다. 홀더를 Fig. 5에 나타낸 것처럼 홀더 안착부에 장착하고 상부에서 렌즈를 조립하면 렌즈가 조립지그에 의해서 홀더에 조립되면서 홀더 안착부가 움직여 홀더와 렌즈의 상대 오차를 상쇄하기 때문에 고정도의 조립장비가 필요하지 않아 기구부를 컴팩트하게 디자인하기 용이하다. 홀더 안착부가 작은 힘에도 좀더 쉽게 움직이게 하기 위해서 무게를 최소화하는 작업이 필요하다. 이 Type은 Z방향으로는 기구부 강성이 강하므로 Z축 방향의 과도한 힘을 상쇄시킬 수 있는 스프링이나 Force 센서에 의한 제어와 같은 안전장치가 필요하다.

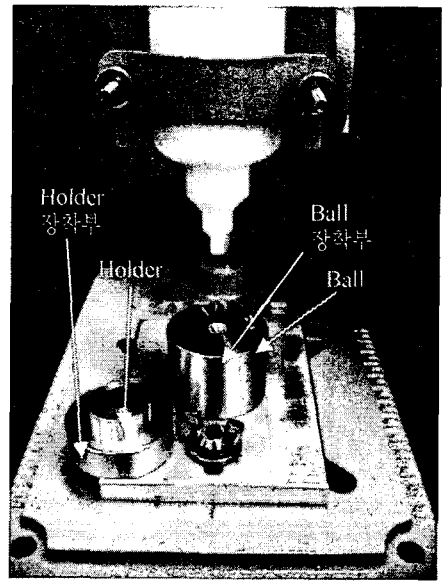


Fig. 5 Ball을 이용한 Single Point 지지방법

##### 4.2 Type 2 : 다공질 에어베어링을 이용한 방법

기계요소 부품 중 무마찰 안내기구로 많이 사용되는 요소 부품이 에어베어링이다. 에어베어링에는 여러 가지 타입이 있는데 오리피스 방식이 많이 사용된다. 그러나 오리피스 방

식은 공압이 한점에서 나와 힘이 집중이 되므로 질량이 큰 물체를 안내할 경우에는 평균화 효과에 의해서 안정화 되지만 질량이 작을 경우에는 불안정하기 쉽다. 때문에 컴팩트한 Module 디자인에는 부적합한 타입이다. 본 연구에서는 제작하기 어렵고 가격은 비교적 고가이나 안정성이 우수한 다공질 에어베어링을 사용하여 Module을 구성하였다. Fig. 6은 다공질 에어베어링을 나타낸다. 사진에서 중앙부의 색깔이 다른 부분이 직경이 7  $\mu\text{m}$ 의 입자로 소결되어 만들어진 다공질 소자를 연삭한 부분이다. 이 방식은 X, Y의 병진운동과  $W^z$ 운동은 원활한 반면 요구되어지는  $W^x$ ,  $W^y$ 의 회전운동은 할 수 없는 구조다. 그래서  $W^x$ ,  $W^y$ 의 회전운동이 가능한 구조를 제작하여야 하는 번거로움은 있지만 Ball을 이용한 방식보다 X, Y 방향의 병진운동이 훨씬 자유로운 장점을 가진다. 또한 이방식도 Ball을 이용하는 방법과 동일하게 Z축 방향으로는 강성이 강해서 과도한 힘을 상쇄시킬 장치가 필요하다.

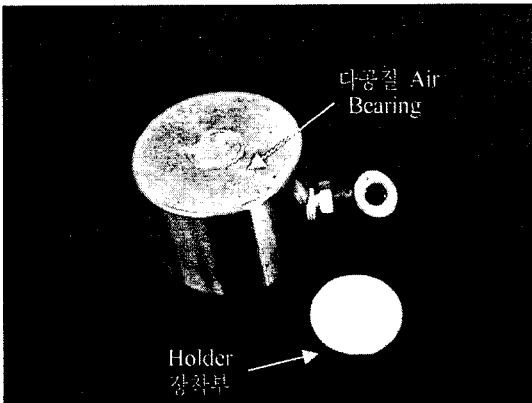


Fig. 6 다공질 에어베어링을 이용한 Module

### 4.3 Type 3 : 공압 Chamber를 이용한 방법

이 방식은 홀더 장착부가 공압에 의해서 Chamber내에 떠 있는 형태로 Z축을 제외한 5자유운동이 가능한 구조로 되어 있다. 특히 앞의 2방법과 달리 Z축 방향의 조립력이 공압에 의해서 제어 가능하므로 과도한 힘으로 부품이 파손되지 않는다. Fig. 7에서 보는 것처럼 압축공기가 외부에서 공급되면 다공질 필터에 의해서 균일하게 상부의 Chamber에 공급된다. 원추형의 홀더 장착부는 공압에 의해 부상되어있는 무마찰 상태로 매우 자유로운 운동이 가능하다. 홀더 장착부가

원추형으로 제작된 것은 초기에 어느 한도의 오차범위를 가지고 장착될 수 있는 구조를 만들기 위해서이다. Chamber 벽면에 공기가 흐를 수 있도록 한 구조는 홀더 장착부의 경사면에 생기는 간극에 의해서 많은 공기의 유동이 발생하게 되면 와류현상으로 불균일한 양력의 영향을 최대한 줄이기 위한 방안이다.

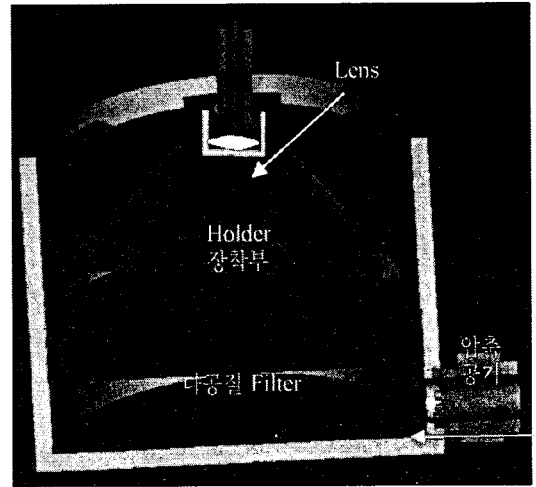


Fig. 7 Air Chamber를 이용한 Module

## 5. 결론

앞에서 언급한 것처럼 카메라 폰의 세계시장 동향을 통해 보면 렌즈모듈은 상업적 가치와 산업적 파급효과 큰 제품이다. 렌즈 모듈과 같이 모델변화가 빠르게 일어나고 정밀한  $\mu$ -부품 조립라인에서 시스템은 Reconfigurable 해야 한다. 이러한 기능을 구현하기 위해서 기구부 전체가 정밀도를 유지해야 한다면 장비의 크기가 대형화되거나 센서를 많이 설치해야 한다. 이것은 장비가격을 상승시킴은 물론이고 전체시스템이 Reconfigurable하지도 않게 된다. 본 연구에서는 Z방향으로만 강성을 가지고 나머지 X, Y 방향의 병진운동과  $W^x$ ,  $W^y$ ,  $W^z$  회전운동의 5자유도 운동이 원활한 Module을 개발함으로써 조립시 발생하는 부품간의 정렬오차를 보정한다. 이러한 Self Adjustment Module은 시스템의 기계정밀도에 크게 영향을 받지 않으면서 부품간의 정밀한 조립을 수행하게 된다. 조립시스템의 기계정밀도에 큰 영향을 받지 않게 되어 시스템을 저렴하고 작게 디자인하기 용이해진다.

## 참 고 문 헌

- (1) Deutsch Bank Report, August, 2003
- (2) Koren, Y. and A.G. Ulsoy, 1997, "Reconfigurable Manufacturing Systems," *Engineering Research Center for Reconfigurable Machining Systems (ERC/RMS) Report # 1* The University of Michigan, Ann Arbor.
- (3) Koren, Y. Ulsoy, A.G. and Z. Pasek, 1997 "Reconfigurable Manufacturing Systems: A New Paradigm," *to appear in the SAE International Manufacturing Conference.*
- (4) Alexander H. Slocum, *Precision Machine Design*, Massachusetts Institute of Technology, pp. 581 ~ 600
- (5) J-B. Pourciel, E.Lebrasseur, T.Bourouina, T.Masuzawa, H.Fujita, 2001 "Micro system Tool for Microsystems Characterization. Profile Measurement of High Aspect-ratation Micro-structures", *SPIE's International Symposium Micro/Mems, Adelaide, Australia*, pp. 244 ~ 251.