

## 폰 카메라 조립용 그립퍼 시스템에 대한 연구

이경수\* (한국과학기술원), 임동현 (한국과학기술원), 최재성 (한국과학기술원),  
송준엽 (한국기계연구원), 이창우 (한국기계연구원),  
곽윤근 (한국과학기술원), 김수현 (한국과학기술원)

### Development of the Gripping System for Phone-camera Assembling

K. S. Lee\* (Mech. Eng. Dept., KAIST), D. H. Im (Mech. Eng. Dept., KAIST),  
J. S. Choi (Mech. Eng. Dept., KAIST), J. Y. Song (KIMM), C. W. Lee (KIMM),  
Y. K. Kwak (Mech. Eng. Dept., KAIST), S. H. Kim (Mech. Eng. Dept., KAIST)

#### ABSTRACT

This paper reports on the development of the gripping system for automation of phone-camera module assembling. If manual assembling is shifted by automation, it will increase the fabrication speed and reduce the defective rate. In the gripping mechanism design, we need self-adjustable passive mechanism that minimize the number of the parts. The self-adjusting system compensates the positioning errors that have been made in translations. And also we need gripper system that can be modules of parts. That makes it easy to change or repair the parts. The forces put on the objects is another considerable in the system. It must not cause dropping, breakage, scratch, and large deformation. So final target of this research is how to develop the system that is speedy, small, simple, and safe

**Key Words** : phone camera, gripper, self-adjust

#### 1. 서론

우리나라 최초의 카메라 폰은 2000년경에 출시된 삼성 애니콜 SCH-V200 모델이다. 그 후 외장카메라 방식에서 내장카메라 방식으로 변하면서 카메라폰은 대중화되었다. 현재 200백만 화소 이상이 되는 고화질의 카메라가 탑재되어 출시되고 있고, 동영상 기능의 확대, 카메라 기능의 확대 등 성능 또한 지속적으로 향상되고 있다. 휴대폰은 현재 우리나라가 상당한 기술 및 제품 경쟁력을 가지고 있고, 지금까지의 추이로 볼 때, 카메라 폰 시장은 계속 성장할 것이고, 카메라폰의 성능 또한 계속 향상될 것이다.

그러나 현재 메가픽셀급 폰카메라 모듈은 그 수요에 비해서 공급이 크게 부족하다. 이것은 대량생산체제가 아직 구축되어 있지 않기 때문이다. 현재 대부분의 폰 카메라 생산업체들은 수작업에 의해 폰 카메라를 조립 생산하고 있고, 이로 인해 제품의 생산성이 많이 떨어진다.

만약 폰 카메라 모듈 조립공정을 자동화하게 된다면, 인건비를 줄여 생산단가를 낮출 수 있고, 생

산속도를 늘려 시장수요에 맞는 경쟁력 있는 제품에 대한 대량생산이 가능할 것이다. 또한 수작업이 아닌 기계를 사용한 자동화는 조립 및 정렬 작업시 정밀도를 향상하여 조립불량을 줄임으로서 수율을 향상시키는 효과 또한 있기 때문에 생산단가를 더욱 낮출 것이다.

폰 카메라 모듈은 크게 렌즈부와 센서부로 이루어져 있고, 이중에 우선으로 조립 되는 부분은 렌즈부라고 할 수 있다. 렌즈부는 경통과 여러종류의 렌즈, 마스크, 실드로 구성되어있는데, 렌즈부 조립시 각각의 부품을 집어 경통에 넣게 된다. 본 연구는 이 조립공정에서 가장 기본이 되는 부품 핸들링장치인 그립퍼의 개발을 목표로 한다.

#### 2. 그립퍼의 특징 및 연구동향

그립퍼가 목표로 하고 있는 부품은 5mm 내외의 외경을 갖는 초소형 렌즈, 그리고 이와 비슷한 크기의 마스크, 실드이다. 그립퍼가 대상으로 하는 부품의 크기가 매우 작기 때문에 엔드이펙터의 영향이

매우 중요하다. 대상물과의 집적적인 접촉으로 인해 대상물에게 미치는 영향력이 크고, 접촉으로 인한 그립퍼의 정밀도 변화가 부품의 위치 설정에 매우 큰 영향력을 주기 때문이다. 또한 부품들이 매우 작기 때문에 스케이링 이펙트에 의해 점성력, 정전기력 등의 영향력 또한 커진다. 그리고 부품들이 쉽게 파손되거나 굽힐 수 있기 때문에 부품 핸들링시 그립핑 방식 및 잡는힘 등을 제한하고 제어할 필요가 있다.

광 부품에 대한 그립퍼는 각 나라별로 부분적으로 진행되고 있다. Fig. 1(a)는 독일 Karlsruhe 대학에서 개발한 광 부품 자동화 조립시스템으로, 20  $\mu\text{m}$ 의 절대 정밀도를 가지며, 힘 센서를 이용하여 조립 작업시 힘 제어가 가능한 자동화 그립퍼 시스템이다. Fig. 1(b)는 미국 Carnegie Mellon 대학에서 개발한 2자유도의 그립퍼이다. 공압을 이용한 그립핑 방식이고 비전을 사용하여 0.15  $\mu\text{m}$ 의 정밀도를 구현하였다.

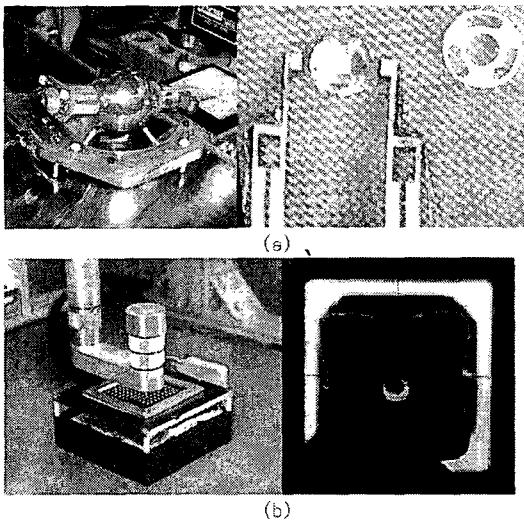


Fig. 1(a) Miniman at the Gel-Pak, Uni. Karlsruhe [2]  
 (b) Manipulator in AAA, Uni. Carnegie Mellon [3]

그립핑 시스템은 무엇보다도 실제 집어야 하는 대상이 무엇이고, 어떤 작업을 수행할 것인가를 가장 엄두에 두고 설계해야 한다. 부품에 따라 그립핑 방식이 달라질 것이고 조립할 때의 허용오차, 파지력 등의 제어 또한 달라질 것이다.

### 3. 폰 카메라 모듈의 조립

다음은 본 연구가 조립을 목표로 하는 폰 카메라 모듈의 구조와 조립에 대한 설명이다.

### 3.1 폰 카메라 모듈의 구성 및 조립과정

폰 카메라 모듈을 크게 렌즈 어셈블리와 이미지 센서부로 구성되어 있다. 이 가운데 조립 공정상에서 최우선적으로 조립되는 것이 렌즈 어셈블리이다.

렌즈어셈블리는 일반적으로 경통, 초소형 렌즈들과 렌즈사이에 삽입되는 마스크(또는 스페이스), 그리고 실드로 구성된다. 구조는 다음과 같다.

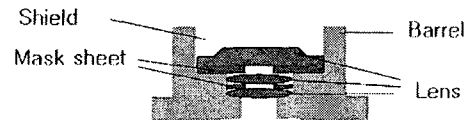


Fig. 2 Lens assembly

조립하는 순서는 트레이에서 각 부품들을 그립핑한 후에 경통이 있는 곳으로 이송을 하고, 정확한 위치를 찾아 상하운동을 통해 부품들을 삽입하는 순이다. 각각의 렌즈와 마스크들을 끼운 후에는 실드를 끼우고 마지막으로 실드를 경통에 본딩하게 된다. 이때 각각의 부품들은 그 특성과 크기가 다르므로 한 가지 형태의 그립퍼만으로는 조립작업이 어렵기 때문에, 다양한 형태의 그립퍼를 비롯한 여러 가지 핸들링 모듈들이 필요하다.

### 3.2 조립과정 간에 발생할 수 있는 문제점

부품은 가공오차 뿐만이 아니라 그립퍼가 부품을 집어서 조립할 경우, 이송간에 평면오차, 기울임오차 등의 오차가 발생할 수 있다. 이때 억지 조립을 시도할 경우 렌즈가 홀더의 벽을 긁게 되어 이물질이 생성되기도 하고, 렌즈나 경통을 파손할 수가 있다. 또한 파손없이 조립되었다 하더라도 렌즈의 초점이 서로 안맞을 수가 있다. 따라서 조립공정상 시스템의 반복도에서 허용되는 최대오차와 부품간 정렬에서 허용하는 최대오차에 대한 제한이 필요하다.

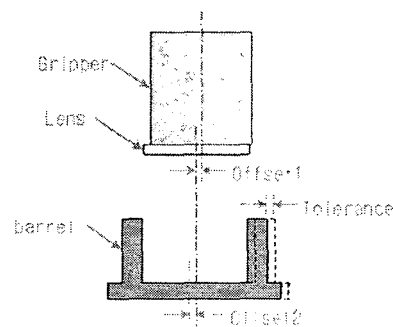


Fig. 3 Error in manipulation

또한 그립핑하는 힘이나 조립하는 힘이 클 경우에 유리/플라스틱 부품들이 파손이 될 수가 있고, 지나친 변형에 의해 조립에 제한이 생길수도 있다. 따라서 자동화장비를 설계할 경우, 부품이 받는 힘을 능동 제어할 수 있는 방안도 고려되어야 한다.

#### 4. 폰 카메라 조립용 그립퍼 시스템에 필요한 기능 및 설계 제안

본 연구에서는 렌즈부와 조립공정을 자동화하기 위해 모듈화구조와 자가정렬 기능, 능동제어가 가능한 그립퍼 시스템의 설계를 제안한다.

##### 4.1 모듈화 구조

폰 카메라용 렌즈 어셈블리에는 여러 가지 다양한 부품들이 들어간다. 이런 여러 다른 부품들에 적용이 가능한 모듈화된 그립퍼의 개발 또한 그립퍼 설계에서 중요한 개념이 된다. 그립퍼의 구동 및 그립핑부를 각각 모듈화 시킴으로써, 부품의 종류와 크기가 바뀌는 경우에서도, 기본적인 그립퍼 시스템의 변경 없이 일부 모듈부분만 손쉽게 교체함으로써 조립 작업이 가능하도록 한다. Fig. 4처럼 모듈화된 설계를 통해, 추후 부품과의 접촉부 몇 가지만을 교체함으로써 그립퍼의 재구현을 가능하게 한다. 이는 장비의 신속한 교체 및 수선을 용이하도록 해준다.

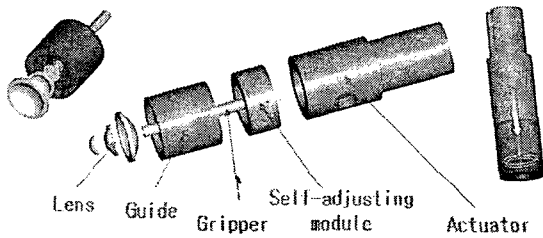


Fig. 4 Gripping modules for each parts

##### 4.2 자가 정렬 기능

만약 이송간에 평면오차, 기울임오차 등의 오차가 발생하여 조립공정에서 부품의 정확한 위치를 파악하기 위해 비전(vision)을 사용할 경우, 정확도는 매우 높아지겠지만, 작업속도가 늦어질 것이고, 에너지도 또한 많이 소비할 것이다. 하지만 이에 비해 비전없이 부품간 자가정렬이 가능한 시스템의 경우, 구동오차가 조립과정 동안 자동으로 보정되어 작업속도가 빨라지고, 에너지가 덜 소모되며 장치의 구조 또한 간단해진다. 그리고 비전을 사용한 시스템에서 억지조립을 피하기 위해 요구되는 조립오차에 비해, 더 큰 조립오차에도, 힘의 적정분배위치를 찾아 자가 정렬됨으로써 구동오차에 더욱 여유를 줄 수 있다.

그리고 시스템의 자유도가 과도하게 많아지면, 구동에 필요한 모터의 수가 증가하고 장치의 부피 또한 증가하게 된다. 따라서 구동에 필요한 부품의 수를 최소한으로 하면서도, 자가정렬이 가능한 수동형 메커니즘이 필요하다.

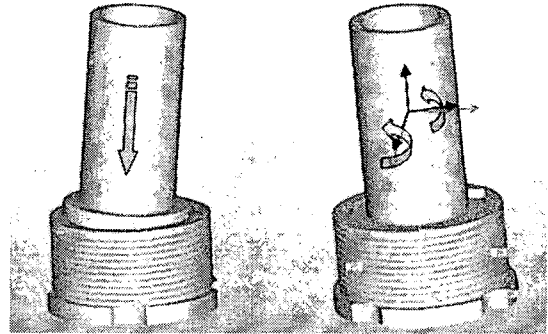


Fig. 5 Self-adjusting system

##### 4.3 능동제어 기능

그립퍼 설계시 또한 고려해야 하는 사항은 부품을 떨어뜨리지 않는 것은 물론, 파손되거나 흠집이 생기지 않아야 하고, 또한 지나친 변형에 의해 조립에 제한이 생기는 경우가 없어야 한다. 이를 위해서 그립핑 및 조립하는 힘에 의한 응력 및 변형에 대해서 전산해석과 실험이 필요하고, 그립핑하는 힘을 제한하고 조립하는 힘을 제어할 수 있는 능동설계가 필요하다.

일반적으로 2kg중/cm<sup>2</sup> 이상의 압력으로 조립된 렌즈 어셈블리를 눌렀을 경우, 본딩이 끊어지고, 경통에 변형이 생기는 것으로 알려져 있다. 자동화시스템에서는 이러한 파괴강도 뿐만 아니라 그립핑과 조립시 렌즈, 마스크, 실드, 경통에 걸리는 응력 및 변형 등이 모두 고려되어야 한다. 그립핑과 조립시 제품의 소성변형 뿐만 아니라, 탄성변형량 또한 형상의 변화로 인해 조립시 제한요소가 될 수가 있다. 만약 과도하게 변형된 상태에서 조립을 시도할 경우 조립이 되지 않을 수도 있고, 기울림 오차(tilting error)등을 만들 수 있는 요인이 될 수도 있다. 또한 렌즈나 경통의 파손에 의해 이물질 또한 생길 수

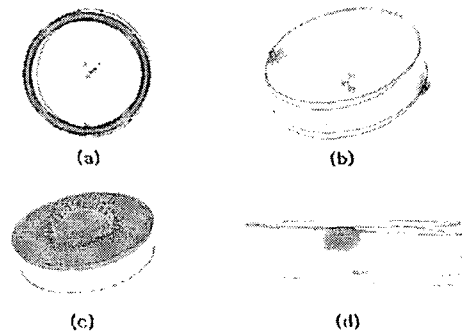


Fig. 6 (a) Shield elastic deformation (b) Concentrated stress by clog (c) Stress by suction gripping (d) Tilting by clog

가 있기 때문에 이에 대해 렌즈 및 실드, 경통이 받는 응력과, 변형들에 대한 모의계산 및 실제 실험값 등을 통해서 안전한 파지력 및 조립력을 찾아내고, 이를 능동적으로 제어할 수 있는 설계가 필요하다.

수직방향의 힘에 대한 능동제어의 경우 그립핑 모듈과 구동부 사이에 압력센서를 넣어 능동제어가 가능할 것이다. 이때 아래의 그립핑 모듈의 무게가 센서에 영향력을 줄 수 있으므로 그립핑 모듈은 최대한 가볍게 설계가 되어야 한다.

#### 4.4 그립핑 모듈에 대한 제안

##### 4.4.1 공압그립퍼

렌즈, 마스크의 경우 공압을 이용한 그립핑이 가능하다. 공압식 그립퍼의 경우 구조가 간단한 장점이 있다. 집착부는 부품의 형상에 따라 다르게 설계가 가능하다. 구멍이 없는 렌즈의 경우 Fig. 7의 왼쪽과 같은 구조의 공압 그립퍼를 사용하여 물체를 그립핑할 수 있고, 마스크 또는 실드의 경우엔 Fig. 7의 가운데 혹은 오른쪽과 같은 구조를 사용하여 그립핑이 가능하다. 사용되는 공압의 크기는 집고자 하는 부품의 종류에 따라 달라진다. 예를 들어 마스크를 집을 경우에 변형을 고려하여 압력은 가능한 낮게 해야 할 것이다.

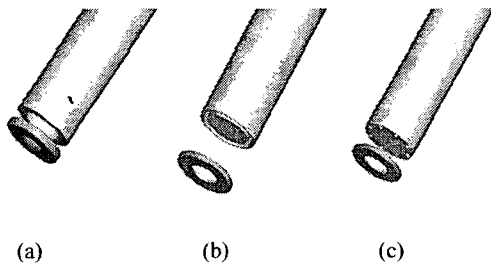


Fig. 7(a) Center-hole type suction gripper (b) Round-hole type suction gripper (c) multi-hole type suction gripper

##### 4.4.2 집게식 그립퍼

실드는 림 형태이 여러 가지 구조로 되어있는데, 이중에 내경이 크고, 두께가 얇은 실드의 경우, 공압 그립퍼를 이용한 부품의 그립핑이 불가능할 수가 있다. 이런 경우에는 집게식 그립퍼가 대신 사용될 수가 있다. 그립핑하는 방식은 Fig. 8(a)와 같이 집게가 캠(rotating or sliding)에 의해 늘어나 실드를 그립하고, 외팔보(cantilever), 혹은 스프링의 복원력에 의해 다시 줄어드는 방식이다. 만약 슬라이딩 캠을 사용할 경우 multi-pod의 그립퍼 또한 동시에 제어할 수 있는 장점이 있다. 그리고 집게식 그립퍼는, Fig. 8(b)처럼 그립퍼가 실드를 경통에 결합할 수 있도록 밀어주는 기능 또한 구현이 가능하다.

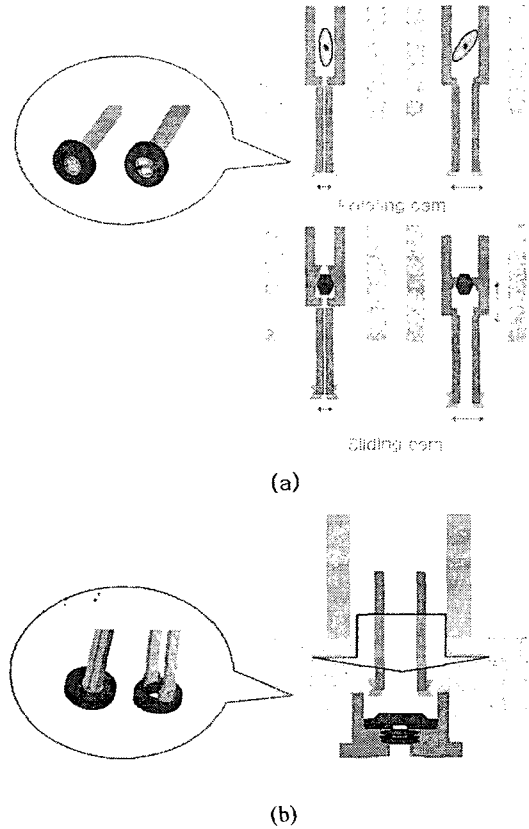


Fig. 8 (a) Method of gripping-control (b) Method of pushing-control

## 5. 결론

폰 카메라 모듈 조립공정의 자동화는 생산 단가를 낮추고 생산속도를 높이줌으로서 폰 카메라 폰의 대량생산을 가능하게 할 것이다. 이를 위해서 작업속도가 빠르면서, 간단하고 안전하게 부품을 핸들링 할 수 있는 그립퍼가 필요하다.

이에 폰 카메라 모듈의 조립시에 사용될 핸들링 구조로서, 모듈화된 구조의 자가정렬이 가능하고, 능동제어가 가능한 그립퍼 시스템의 설계를 제안한다. 모듈화 구조는 장치의 신속한 교체와 용이한 수선을 가능하게 할 것이고, 자가정렬 기능은 부품 조립시 가공, 이송오차 등을 해결해 줄 것이다. 그리고 또한 능동제어 기능은 조립시 부품의 파손을 방지할 것이다.

## 후기

본 연구는 산업자원부의 지역산업기술개발사업

'차세대 폰 카메라 모듈 자동 조립평가 정렬시스템 개발' 의 지원에 의해서 이루어진 것입니다.

#### 참고문헌

1. 유성정밀(주), 한국기계연구원, "폰 카메라 조립용 지능 로봇시스템 개발에 관한 산업분석(연구 기획보고서)" 산업자원부, 2004
2. Worn,H. From decimeter- to centimeter-sized mobile microrobots: the development of the MINIMAN system? Proceedings of SPIE--the international society for optical engineering, v.4568, pp.175-186, 2001
3. WingChoi Ma, Optical Coordination Sensor for Precision Cooperating Robots? IEEE International Conference on Robotics and Automation, v.2, pp. 1621-1626, 2000