

초소형 렌즈 모듈의 조립 자동화를 위한 지능형 민첩 생산시스템

김원*, 강희석, 조영준(한국생산기술연구원), 정지영(RND)

Agile and Intelligent Manufacturing System for a Subminiature Lens Assembly Automation

W. Kim, H.S. Kang, Y.J. Cho,(KITECH), J.Y. Jung(RND)

ABSTRACT

Tiny camera module using in modern cellular phone requires precise assembly processes. Higher camera resolution and more functions such as zoom lens make the number of camera parts bigger. As market grows rapidly, automatic assembly process is required. However, diverse product line and short life cycle make it difficult. To attack this, a flexible and expandable lens assembly system is proposed. For the fast manufacturing line formation, modular concept is adopted. Also each module is designed to have intelligence to save system formation time. The assembly system is built up on the standard flat-form which provides vibration free base, air and electric supply, controllers, etc. Futhermore, the assembly cell has the capability of handling tiny, thin, or transparent parts which are very difficult to align with vision.

Key Words : manufacturing system(생산시스템), agility(민첩), intelligence(지능), lens assembly process(렌즈 조립)

1. 서론

지능형 민첩 생산 시스템(Agile and Intelligent Modular Manufacturing System)은 Fig. 1에서 보듯이 초소형, 정밀화되어 가는 차세대 전자부품(Digital Fusion이 이루어지는 제품, Micro Sensor System, Micro Machine 등)의 정밀, 고속, 자유 조립과 생산을 위하여 자율진단, 자율보정, 자율학습이 가능한 지식 기반의 차세대 지능형 생산 시스템으로 Robot, Vision, Control, Virtual Reality, Sensing, Teaching 등의 기법을 통하여 독립적인 시스템으로서의 자율적 공정수행과 동시에 여러 가지 부품정보를 공유하기 위하여 타 시스템과의 통신이 가능한 Fractal 개념의 생산 시스템이다.

기존 조립 시스템의 경우 생산 장비의 구성이 고가인데다가 생산라인의 교체와 장비구성의 어려움으로 인해 다양한 제품을 생산하기 어려운 문제점을 안고 있다. 특히, 초소형 제품(렌즈) 모듈을 조립하는

데 있어서는 더욱 그러하다. 대부분의 초소형 렌즈 모듈의 경우 수작업을 통해 모든 조립이 이루어지고 있는데, 무엇보다도 카메라 렌즈의 해상도 증가와 줌 렌즈화에 따라서 부품 종류가 다양해지고 그 수도 급속히 증가하고 있어서, 조립시스템을 구성하기에 힘든 면이 있다.

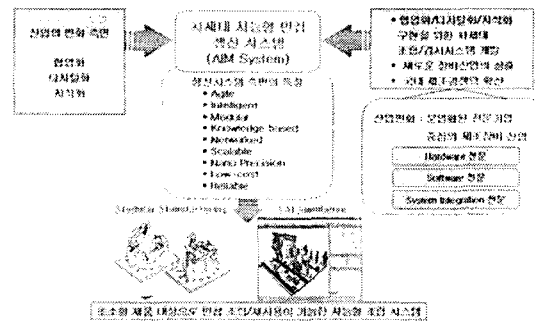


Fig. 1 지능형 민첩 조립 시스템의 정의

본 연구에서는 AIM(Agile and Intelligent Manufacturing System)을 통해 이러한 문제점들을 보완하고, 초소형 제품(렌즈 모듈)을 대상으로 민첩 조립과 재사용이 가능한 지능형 조립 시스템의 개발하고자 하였다.

초소형 Lens 조립작업은 공정의 증감에 유연하게 대응해야하고, Sequence / Nonsequence 작업 가능하도록 하여 단위 Cell 별로 특성에 맞는 모듈화가 가능하도록 하는 것이다. 따라서, 단위 Cell 과 전체 시스템간의 Standard- Platform / Interface 개발하는 데 중점을 두었다.

우선 렌즈 분석을 통해 대응 모델의 종류를 결정하고, 다양한 렌즈 모듈에 적용이 가능한 시스템을 구현하고자 한다. 또한, 다품종 소량 생산 및 대량생산 체제에 민첩하게 대응할 수 있는 생산시스템 구축에 방향성을 제시하고 수요업체에서 요구하는 조립정밀도를 만족시키고자 한다.

2. 조립 대상품 비교 검토

2.1 카메라 폰 용 렌즈 모듈

저해상도의 카메라 렌즈에서 고해상도의 카메라 렌즈로 바뀌어 감에 따라 부품수가 증가하게 된다. 또한 줌 렌즈화 도입시 모터와 구동부 추가 등으로 부품의 수가 급격히 증가하게 된다.

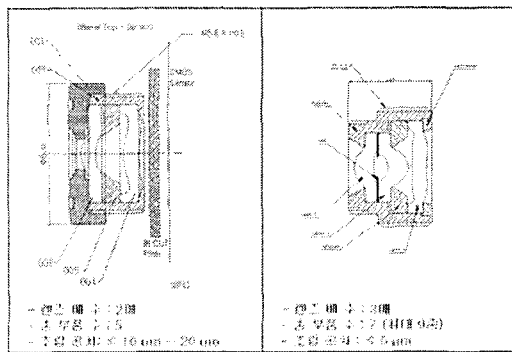


Fig. 2 해상도 증가에 따른 spec변경

Fig. 2에서 알 수 있듯이 렌즈 매수가 2대에서 3대로 1대 증가했다고 할지라도 총 부품수는 7개에서 최대 9개까지 증가되었음을 볼 수 있다. 그에 따른 조립공차 또한 5um 이내로 설정되도록 하였다.

3. 렌즈 부품 테스트 결과

3.1 렌즈 부품 테스트

렌즈의 경우, 기존에 사용했던 카메라, 로봇, 알고리즘을 사용했을 때 조립상태가 양호하다. 그러나 실제 측정결과 부품 자체의 공차가 5~15um을 넘어 감을 확인 할 수 있었다. Iris의 경우, 기존 툴을 이용해서 검사한 결과 Iris의 두께가 얇아서 현재의 배치상태에서 거의 카메라에 잡히지 않음을 알 수 있다. Vision을 이용한 Align 검사가 불가능함을 알 수 있다.

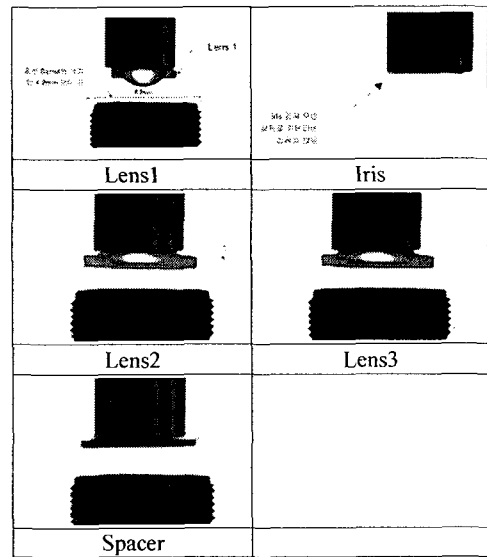


Fig. 3 렌즈 부품 테스트

4. 렌즈 조립셀 구성

4.1 모듈간 integration 기술 개발

전체 조립 시스템은 플랫폼과 모듈 개념을 적용하여 대상 모델의 변화에 대응할 수 있으며 조립셀의 추가, 삭제가 용이하도록 설계하였다.

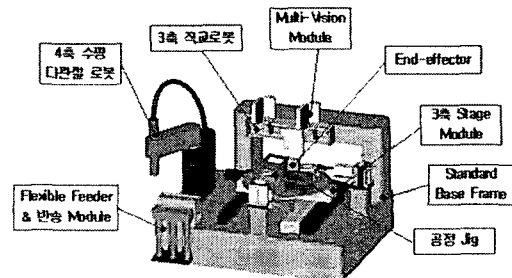


Fig. 4 2½차원 조립용 Agile Cell의 Prototype 구성도

Fig. 4 에 보여지는 바와 같이 제품 조립 공차 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 이내의 Agile Cell을 구성 하였고, 표준화된 Base Frame 위에 Flexible Feeder 를 포함한 제품 공급 및 반송 장치와 3자유도의 정밀 Stage, 핸들링용 직교 3축 로봇, 4축 수평 다관절 로봇으로 구성되어 2차원 조립 및 복잡한 조립공정을 수행할 수 있는 Agile Cell의 개발 및 Prototype을 제작하였고, 2.5차원 조립을 위한 3차원 비전시스템과 4자유도의 조립 시스템을 개발하였다.

4.1.1 공정에 따른 자동화 개발 Schedule

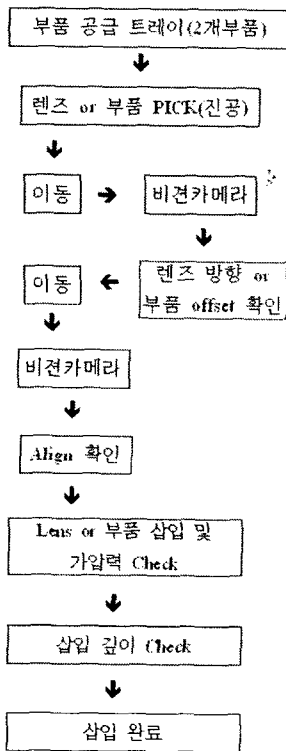


Fig. 5 Lens or 부품 조립 공정

4.1.2 Unit Cell 설계

단위 공정을 수행하는 작업 셀인 Unit Cell은 부품 공급장치, 정밀 스테이지, 비전시스템, 제어기 등으로 이루어진다. 여기서 각 작업 공정에 따라 엔드 이펙터를 제외하고는 공통된 플랫폼을 사용하여 효율성을 높이고 조립셀 구성 시 빠르게 대응할 수 있다. 또한 Fig. 6의 그림에서와 같이 2.5차원 조립을 위해서 3차원 비전 시스템을 구성하였다.

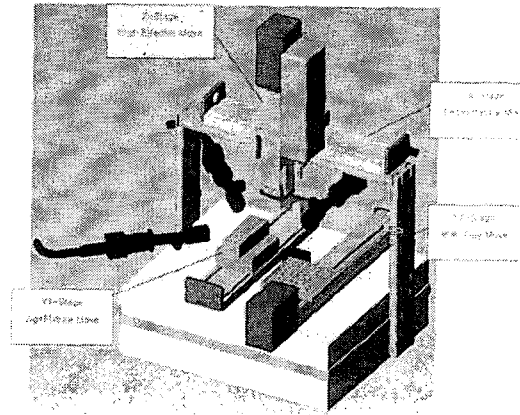


Fig. 6 Linear Pulse Motor를 이용한 고정밀도 Lens Assembly Cell

4.1.3 Lens Assembly Cell 설계 구성

조립셀의 형태는 기존 데스크탑 형태를 유지한다. 4축의 수평 다관절 로봇과 5축의 수직 다관절 로봇을 사용하였으며, 렌즈 모듈의 부품수가 증가하더라도 Cell의 개수가 증가하지 않도록 구성하였다.

렌즈의 복잡하고 다양한 형상에 대응하고, 2.5mm ~ 10.0mm 크기의 대상제품에 대해서 대응하기 위해서 Vacuum type gripper와 Finger type gripper를 사용하였고, 반복 정밀도도 기존 $\pm 10.0 \mu\text{m}$ 에서 $\pm 5.0 \mu\text{m}$ 로 향상시켰으며, 매니플레이터는 수평다관절 형태만 사용하던 것을 수평다관절 및 수직다관절 형태로 구성하였다. Vision align system의 분해능 또한 $12.0 \mu\text{m}$ 에서 $1.0 \mu\text{m} \sim 5.0 \mu\text{m}$ 로 향상시켰다.

부품공급 시스템은 수동으로 공급하던 형태에서 자동 공급 장치로 변환을 꾀하였다. 1.0mm ~ 10.0 mm 크기의 대상 제품에 대응하기 위해 적재수량 36 ~ 96개의 정밀 트레이/피더를 사용 부품공급을 하도록 하였다. 작업모듈은 기존 Gripper & Finger와 Force control에서 Dispensing 공정을 추가하여 도트 도포의 정확도 및 신뢰성 테스트가 가능하게 하였다.

다양한 종류의 Assembly Module의 표준화된 Platform 및 Interface 개발에서 나아가 시스템 조립 및 작업구현 시간 단축방안을 개발하는데 중점을 두었다.

전체 시스템의 구성방법에 따라 자동화의 단계를 효율적으로 설정할 수 있으며 빠른 시간 내에 생산 라인을 구성할 수 있다. 또한 부품을 최대한 공유하여 비용을 절감할 수 있도록 하였다.

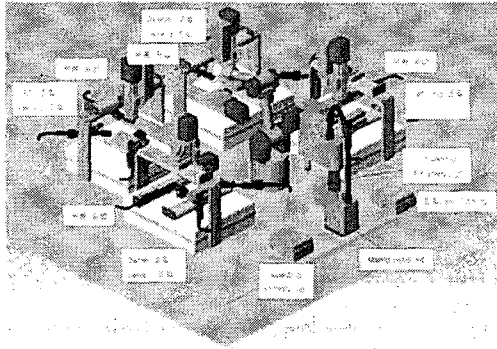


Fig. 7 Flexibility and Modular Assembly System

4. 결론

초소형 렌즈 모듈의 조립 자동화를 위한 지능형 민첩 생산시스템을 설계하였다. 초소형 렌즈조립에 대응하기 위해서 AIM(Agile and Intelligent Manufacturing System)의 개념을 이용하였다.

기존의 개념을 확장해서 Flat form과 일부 모듈을 공유해서 사용하였고, 적용 대상 제품 확대해서 3매 렌즈 모듈 대응하도록 하였다. 고해상도 렌즈를 사용하여 정밀도를 보다 더 향상시켰으며, 관리제어시스템과 통합 작업을 통해 척능화 및 완성도 향상시켰다.

아직까지는 광범위한 응용에는 한계가 있으나, 앞으로는 기존의 모듈을 재활용해서 필요에 따라 Cell을 추가하거나 제거하므로써 2주~3주안에 다양한 공정에 대응할 수 있는 시스템을 구축할 수 있을 것이다.

후기

Acknowledgements

This research was supported by the project, 'Development of Knowledge-based Collaborative Manufacturing System', one of 'Next Generation New Technology Development' programs funded by MOCIE(Ministry of Commerce, Industry and Energy), Republic of Korea.

감사의 글

본 연구는 산업자원부에서 추진하는 차세대신기술 개발사업의 하나로 수행되고 있는 '글로벌 정보공유 및 지식기반의 차세대 생산시스템 개발' 과제의

지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. John J. Craig, Simulation-based robot cell design in AdeptRapid", Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 3214-3219,1997.
2. W. Foslien and V. Nibbe, "A Robotic workcell for small-batch assembly," Robotics Today, pp. 1-5, 2nd quarter 1990.
3. Seok Joo Lee 외 3인, "Multiple Magnification Images Based Micropositioning for 3D Micro Assembly", ICARCV, 2002
4. C.R. Witham 외 4인 "Fiber-optic pigtail assembly and attachment alignment shift using a low-cost robotic platform", Electronic Components and Technology Conference 2000
5. Seok Joo Lee 외 4인, "Recognizing and tracking of 3D-shaped micro parts using multiple visions for micromanipulation", International Symposium on Micromechatronics and Human Science, 2001
6. M.A.Arbib, R.O.Eason and R.C.Gonzalez, "Autonomous Robotics Inspection and Manipulation Feedback", IEEE Trans. on Computer, 24(4), 17-31
7. C.J.Paul et. al., "An Intelligent Reactive Monitoring and Scheduling System", IEEE Control Systems, 12(3), 78-86
8. D.M.Lyone and M.A.Arbib, " A Formal Model of Computation for Sensor-Based Robotics:, IEEE Trans. on Robotics and Automation, 2(3), 280-293