

# 수직다관절 사과수확로봇의 메뉴퍼레이터 개발(I)

- 설계·제작 -

## Development of manipulator for vertically moving multi-knuckle apple harvesting robot

- Design·Modeling -

장 익 주\*

정회원

I. J. JANG

### 1. 서론

과실 수확 로봇은 대상물을 찾아서 동작을 행하는 것이므로 지능로봇이 아니면 작업을 행할 수 없다. 또한 과실을 잡을 때의 감각과 잡는 힘을 제어하는 감각제어 로봇이나 과실의 크기나 색도를 학습하면서 정확하고 빠르게 수확하려면 학습로봇으로 발전하는 것이 된다. 과실수확 로봇은 공장 내에서 작업을 행하는 것이 아니고 야외 또는 하우스 내에서 작업하는 것이므로 환경조건이 나쁘다. 대상물에 대해서도 형상이나 색도가 부정확하고 잎이나 가지 등에 부분적으로 가려져 있는 것이 많다. 또한 이것을 취급하는 사용자도 공장내의 로봇과는 달리 일반 농가이고 일반기계나 전자전기장치의 운전 유지관리에 관한 기술 수준이 낮다. 이와 같이 이러한 로봇의 특징을 보더라도 기술적으로 특이한 로봇이 된다.

이러한 특수한 기술을 활용하여 노동집약적인 과수경영의 규모확대와 생산성 향상 및 우리나라 과수산업의 국제경쟁력강화를 위하여 노동력 절감문제를 농업기계화를 통하여 접근하고자 과수원 작업 중 종래의 기계화 방법으로는 작업이 불가능한 수확 작업에 대하여 메카트로닉스 기술을 활용하여 무인작업이 가능한 로봇을 개발하고자 하였다. 개발하고자 하는 자율이동 다관절 과실(사과) 수확 로봇은 9축 수직 다관절 메뉴퍼레이터의 핸드 로봇이며, 화상처리에 의한 수형 분석이 가능하고, 작업 필드내에 있는 과실을 선별 수확 할 수 있는 인공지능의 과실 수확 로봇을 개발하는데 최종 목표를 두었다. 본 연구는 수직 다관절 과실(사과) 수확 로봇의 메뉴퍼레이터를 개발하는 연구이며, 개발(I)은 메뉴퍼레이터의 설계·제작에 관한 것을 발표하고, 개발(II)은 메뉴퍼레이터의 제어에 대하여 발표할 계획이다.

### 2. 구성 및 동작

#### 가. 구성 및 동작 계획

수직다관절 사과로봇은 관절축을 중심으로 회전운동을 하는 수직 다관절 로봇이다. 직교좌표형의 경우는 로봇 팔의 선단이 최초 수평이면 x, y, z축이 움직여도 수평이 유지되지만

---

\* 경북대학교 농업기계공학과

좌표형의 경우는 로봇 팔의 선단이 최초 수평이면 x, y, z축이 움직여도 수평이 유지되지만 다관절형은 만약 제1, 제2, 등의 관절 하나가 움직이면 로봇의 선단에도 그 영향이 미쳐서 위치변화가 발생하기 때문에 최초의 수평상태를 유지하기 위해선 수정 동작이 필요하므로 위치 데이터의 연산처리에 시간이 걸린다. 그러나 컴퓨터의 발달로 연산처리에 걸리는 시간에는 별로 문제되지 않을뿐더러 인간의 팔과 같은 운동을 하기 때문에 로봇 같은 운동을 한다. 따라서 작업하는 것만의 기계가 아니라 인간에 가까운 동작을 하는 기계라고 생각할 수 있다. 본 연구에서는 과실 수확용 로봇을 개발하는 것이 주된 목적이므로 과실의 위치와 장애물의 회피에 가장 적합하다고 생각되어 다관절 로봇 형태의 과실 수확 로봇을 개발하고자 하였다. 수직 다관절 과실수확로봇은 베이스 선회, 제1아암의 회전, 제2아암의 회전 및 선회, 제3아암의 회전 및 선회, 종단관절의 회전 및 선회, 수확 hand로 구성되어 있고, 동작의 형태는

- 1) 베이스 선회 : 로봇 전체를 회전시키고, 그 각도를  $\theta_1$ 로 한다. 위에서 봐서 시계방향으로 회전하는 경우를 정(+)으로 하고, 반시계 방향으로 회전하는 경우를 부(-)로 한다. 선회범위는  $270^\circ$ 로 한다.
- 2) 제1아암의 회전 : 제1아암의 회전각을  $\alpha$ 로 하고 수직위치로부터 전방으로 회전시킬 경우를 정(+)으로 하고, 후방으로 회전시킬 경우를 부(-)로 한다. 선회범위는  $90^\circ$ 이다. 제1아암의 회전축을 제1관절로 한다.
- 3) 제2아암의 회전 : 제2아암의 회전각을  $\beta$ 로 하고 수평위치로부터 상향으로 회전시킬 경우를 정(+)으로 하고, 하향으로 회전시킬 경우를 부(-)로 한다. 선회범위는  $90^\circ$ 이다. 제2아암의 회전축을 제2관절로 한다.
- 4) 제2아암의 선회 : 제2아암 이후의 모두를 선회시키고,  $\theta_2$ 로 한다. 앞에서 봐서 시계방향으로 회전하는 경우를 정(+)으로 하고, 반시계 방향으로 회전하는 경우를 부(-)로 한다. 선회범위는  $300^\circ$ 로 한다.
- 5) 제3아암의 회전(제1손목의 굽힘) : 제3아암의 회전각을  $\gamma$ 로 하고 수평위치로부터 상향으로 회전시킬 경우를 정(+)으로 하고, 하향으로 회전시킬 경우를 부(-)로 한다. 선회범위는  $270^\circ$ 이다. 제3아암의 회전축을 제3관절로 한다.
- 6) 제3아암의 선회(제1손목의 뒤틀림) : 제3아암 이후의 모두를 선회시키고,  $\theta_3$ 로 한다. 앞에서 봐서 시계방향으로 회전하는 경우를 정(+)으로 하고, 반시계 방향으로 회전하는 경우를 부(-)로 한다. 선회범위는  $300^\circ$ 로 한다.
- 7) 종단관절의 회전 (제4아암의 회전, 제2손목의 굽힘) : 제4아암의 회전각을  $\delta$ 로 하고 수평위치로부터 상향으로 회전시킬 경우를 정(+)으로 하고, 하향으로 회전시킬 경우를 부(-)로 한다. 선회범위는  $270^\circ$ 이다. 제4아암의 회전축을 제4관절 또는 종단관절로 한다.
- 8) 종단관절 선회(제4아암의 선회, 제2손목의 뒤틀림) : 제4아암 이후의 모두를 선회시키고,  $\theta_4$ 로 한다. 앞에서 봐서 시계방향으로 회전하는 경우를 정(+)으로 하고, 반시계 방향으로 회전하는 경우를 부(-)로 한다. 선회범위는  $300^\circ$ 로 한다.
- 9) 수확 hand (잡는장치) : 수확할 사과를 잡는 장치

이와 같이 동작이 9개인 다관절 로봇으로서 인간의 팔과 허리의 기능에 가능한 한 접근시

켜서 과실수확을 고정도, 고능률로 가능하도록 하였다. 특히 종단관절은 사람의 손목에 해당하고 제3관절은 사람의 팔꿈치에 해당한다고 가정했을 때 사람의 팔꿈치에 해당하는 관절을 1개 더 가지고 있는 이유는 사람이 과실수확을 할 때 손이 과실에 닿지 않으면 허리를 굽히던지 뒤돌아서 과실을 잡으려고 하는 경우가 많다. 따라서 본 연구의 로봇은 사람의 허리와 어깨에 해당하는 베이스 선회와 제1관절만으로는 사람의 허리와 등뼈의 기능을 충분히 수행하지 못하므로 허리와 등뼈의 기능 대신에 팔꿈치의 기능을 수행하는 제2관절로 대체한 것이다. 또한 로봇의 동작은 9축 동시 제어도 가능하지만 과실을 수확할 때, 과실을 잡던지 놓으면서 팔을 움직이는 경우는 없으므로 본 연구의 로봇에서는 8축 동시제어를 행하여 팔의 위치를 결정한 후 9축체인 hand의 제어를 행하도록 할 계획이다.

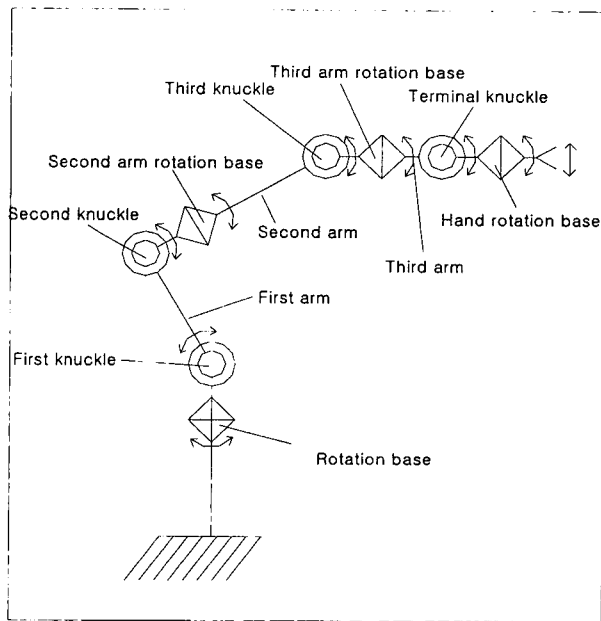


Fig 1. Robot device

#### 나. 구동제원의 결정

로봇 아암을 회전하기 위하여 최대한의 토크가 필요한 것은 그림2 와 같이 암이 수평으로 될 때이다. 여기에서 각부의 치수나 중량을 다음과 같이 가정(假定)한다.

- 1) 제1 Arm의 제1, 제2 관절 축간 거리를 570mm로 하고 중량을 16kgf로 하여 제1관절로부터 285mm의 지점에 중심(重心)이 있는 것으로 한다.
- 2) 제2 Arm의 제2, 제3관절 축간거리를 870mm로 하고 중량을 32kgf로 하여 제2관절로부터 435mm 지점에 중심이 있는 것으로 한다.
- 3) 제3 Arm의 제2, 제3, 종단관절 축간거리를 1360mm로 하고 중량을 7kgf로 하여 제2관절로부터 1115mm의 지점에 중심이 있는 것으로 한다.
- 4) 종단암 및 잡음장치를 포함하여 5kgf로 하고, 제2 관절로부터 축간 거리는 1800mm로 하여 1580mm의 지점에 중심이 있는 것으로 한다.
- 5) 최대 가반 중량을 0kgf로 하고 제2 관절로부터 1800mm의 지점에 있는 것으로 한다.

#### 다. 로봇의 작동 범위

종단 관절과 종단 아암은 제3관절과 동일한 구조로 제작되었으나 사용된 모터와 감속기는 소출력의 것이고 그림 3과 같이 제작되었다. 로봇의 축간거리는 베이스 높이

-780mm, 제1아암-570mm, 제2아암-870mm, 제3아암-490mm, 종단관절 아암과 hand-440mm이고, 작동할 수 있는 회전각도 및 선회 각도의 범위는 베이스 선회 -270°, 제1아암의 회전 - 전방 45°, 후방 45°, 제2아암의 회전 - 상향 45°, 하향 45°, 제2아암의 선회-270°, 제3아암의 회전 - 상향 135°, 하향 135°, 제3아암의 선회-270°, 종단관절 아암의 회전 - 상향 135°, 하향 135°, 종단관절 아암의 선회-270° 이다. 작동 범위는 그림4와 같이 수평거리 860 ~ 2220mm, 수직거리 1440 ~ 2260mm, 선회 각도 270°, 회전각도 90°, 270° 이다.

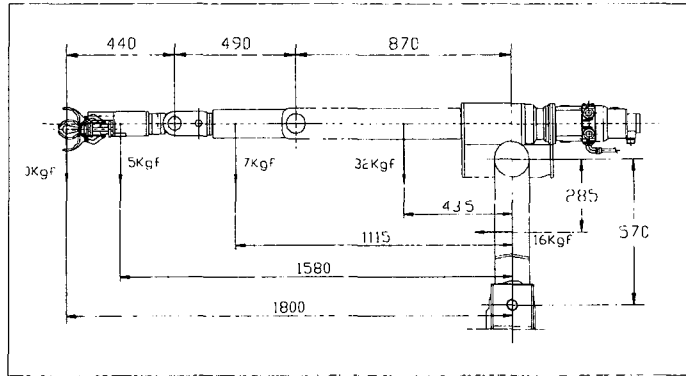


Fig 2. Weight of arm

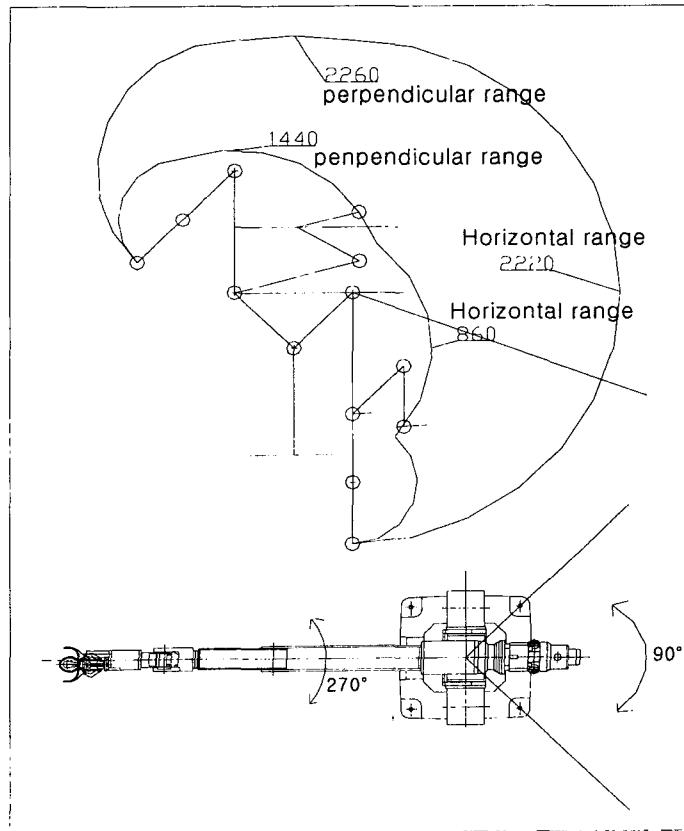


Fig 3. Working range of robot

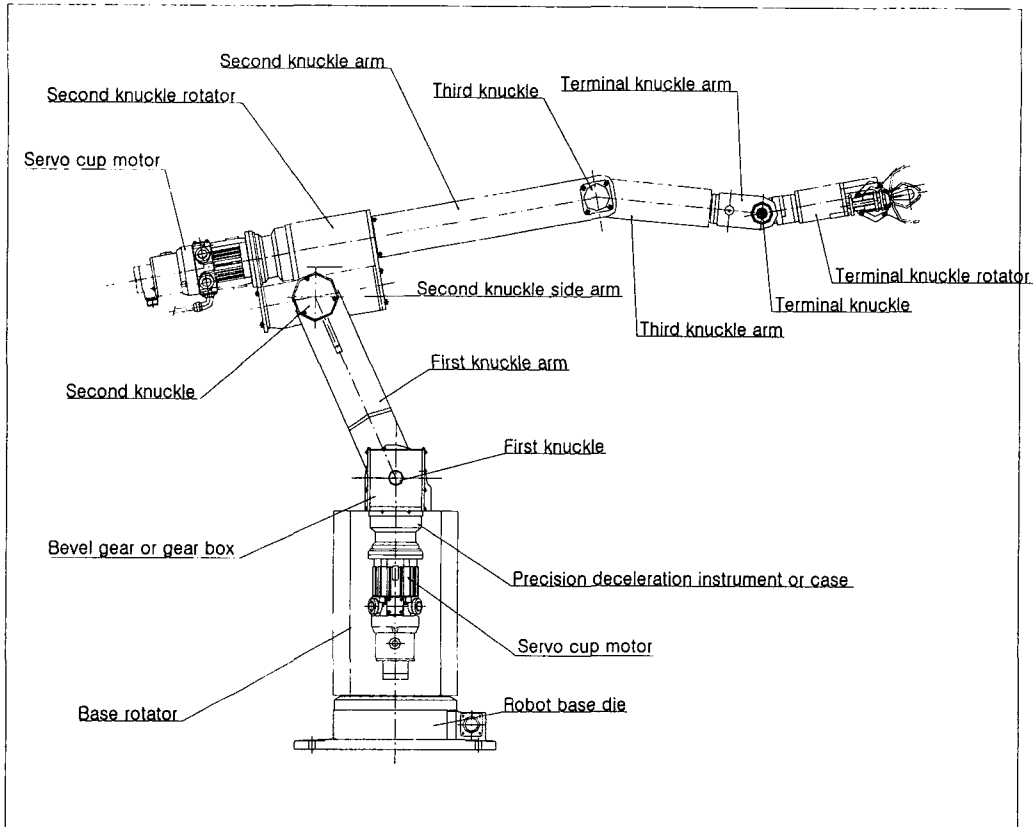


Fig 4. Terms of robot modules

### 3. 결론

본 연구는 노동 집약적인 과수 경영의 규모 확대와 생산성 향상 및 우리 나라 과수 산업의 국제 경쟁력 강화를 위하여 노동력 절감 문제를 농업기계화를 통하여 접근 하고자 과수원 작업 중 종래의 기계화 방법으로는 작업이 불가능한 수확작업에 대하여 메카트로닉스 기술을 활용하여 무인작업이 가능한 로봇을 개발하는 데 목적이 있다. 본 연구의 수직 다관절 사과 수확 로봇은 9축 수직 다관절 로봇으로서 잎, 가지 등의 장애물을 회피할 수 있는 고능력 사과 수확 로봇의 메뉴퍼레이터로서 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 1) 수직 다관절 사과 수확 로봇은 베이스 선회, 제1아암의 회전, 제2아암의 회전 및 선회, 제3아암의 회전 및 선회, 종단관절의 회전 및 선회, 수확 hand로 구성되어 있다.
- 2) 로봇의 축간거리와 무게는 베이스 높이: 780mm, 270kg, 제1아암: 570mm, 16kg, 제2아암: 870mm, 32kg, 제3아암: 490mm, 7kg, 종단관절 아암과 hand: 440mm, 5kg이고 총 중량은 330kg이다.

- 3) 로봇의 작동범위의 각도는 베이스 선회:  $270^\circ$  , 제1아암의 회전: 전방 $45^\circ$  , 후방  $45^\circ$  , 제2아암의 회전: 상향  $45^\circ$  , 하향  $45^\circ$  , 제2아암의 선회:  $270^\circ$  , 제3아암의 회전: 상향 $135^\circ$  , 하향  $135^\circ$  , 제3아암의 선회:  $270^\circ$  , 종단관절 아암의 회전: 상향  $135^\circ$  , 하향  $135^\circ$  , 종단관절 아암의 선회:  $270^\circ$  이다
- 4) 로봇의 작동 범위의 거리는 수평거리 860 ~ 2220mm, 수직거리 1440 ~ 2260mm, 선회 각도  $270^\circ$  , 회전각도  $90^\circ$  ,  $270^\circ$  이다

### 3. 참고문헌

1. 장익주, 과수원 무인 작업 로봇 개발에 관한 연구, 농촌진흥청 연구보고서. pp.51-85.1995
2. Naoshi Kondo, K.C.Ting. Robotics for Bioproduction Systems, Design and Control of Manipulators. ASAE/The Society for engineering in agricultural, food, and biological systems. pp.31-36. 1998.5
3. M.브코브라토ッチ /V.보토코냐시크. 로봇공학의 기초---마니퓰레이터의 동역학. 슈프링거·퓨어라크 東京株式會社, Springer-Verlag Tokyo Berlin Heidelberg New York London Paris. pp.5-12. Dec. 1961
4. 三菱株式會社. MITSUBISHI 三電機 마이크로로봇 RV-M2 MOVEMASTER RP-M2. pp1-26.