

벤치재배용 딸기수확 로봇시스템 개발 (시작기 1)

Development of Strawberry Harvesting Robot under Bench Type Cultivation (Prototype 1)

한길수* 김시찬* 황 현** 이용범* 김상철* 임동혁* 최홍기* 김유용*
K. S. Han* S. C. Kim* H.Hwang** Y. B. Lee* S. C. Kim* D. H. Im* H. G. Choi* Y.Y. Kim*

1. 서론

국내 2004년도 딸기 생산량은 20.3만톤으로 생산액은 6,923억원으로 추정되고 있으며 이는 원예생산액 비중 2위, 농업생산액의 1.8%에 해당하고 재배농가수는 16,000여호에 달한다. 또한 2004년도 FAO에 따르면 딸기 생산 재배면적은 7,600ha로 세계 7위, 생산액은 210,000MT으로 4위에 기록되어질 만큼 국내 원예산업에 미치는 영향은 크다고 볼수 있다. 국내 딸기 산업은 육보(레드필), 장희(아끼히메) 육성자의 국내 에이전트를 통한 로열티 요구가 예상되고 있어 농촌진흥청에서도 품종육성 및 보급을 위한 우량묘 시범사업을 추진하고 있다.

2005년도 국내 딸기 재배품종은 레드필(육보)52.7%, 아끼히메(장희)33.2%, 매향 9.2%, 기타 4.9%로 나타났고 10a 당 소요노력은 반축성의 경우 622.4시간, 축성은 655.2시간으로 높게 나타나 작업방법을 개선하기 위해 벤치를 이용한 우량묘 생산과 벤치재배가 확대되고 있어 익은 딸기만 수확할 수 있는 기계화 자동화가 요구되고 있다.

따라서 본 연구는 벤치재배 딸기의 수확을 위한 매니플레이터와 엔드이펙터를 개발하기 위한 기초기술을 제공하기 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

공시 재료의 품종명은 '장희'이며, 시중에서 벤치재배 되고 있는 딸기를 이용하였다.

나. 실험방법

벤치재배의 규격을 조사하여 매니플레이터를 설계하기 위한 기초자료로 이용하였고, 벤치재배 되고 있는 딸기의 매달려 있는 자세를 분석하여 엔드이펙터를 개발하기 위해 수행하였다.

딸기 수확시스템은 딸기의 색상을 판별하여 익은 것만 수확하도록 영상처리를 수행하였고, 그림 1과 같이 딸기 과육은 상처가 발생하지 않도록 줄기를 파지하여 절단한 후 수집장치로 이동하여 절단하는 시스템으로 구성하였다.

본 연구는 2005년도부터 농촌진흥청 농업공학연구소 박사후연수과정지원사업에 의해 이루어진 것임

* 농촌진흥청 농업공학연구소

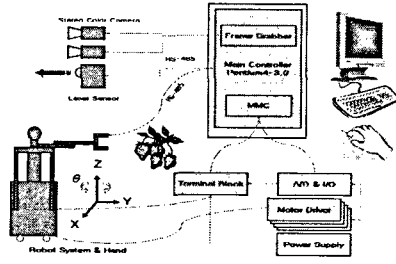


Fig. 1 Block diagram of strawberry harvesting robot system

다. 벤치재배 규격

딸기 벤치재배는 재배 및 관리 작업의 편의성 증대와 상품성 향상을 위해 증가 추세에 있으며 경상남도 산청지역 및 충남 논산지역을 중심으로 M형식과 X형식이 사용되고 있다.

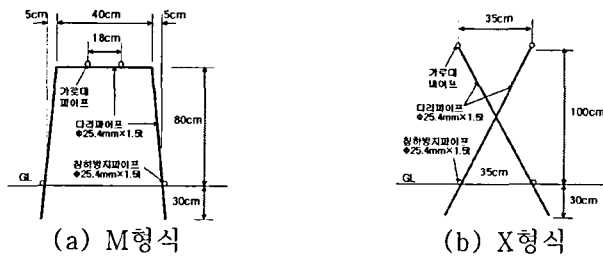


Fig. 2 Specification of bench for strawberry cultivation

라. 벤치재배용 딸기 수확작업 범위

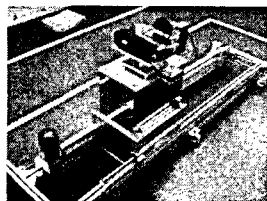
- 딸기 수확높이 : 지면으로부터 70~80cm 범위
- 수확작업 통로 : 80~90cm 범위

3. 결과 및 고찰

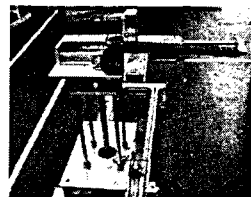
가. 시작기 제작

(1) 매니플레이터

매니플레이터는 그림 3과 같이 하이브리드형(병렬형 + 직렬형 조합)으로 제작하였으며 병렬형 매니플레이터의 기능은 작업통로 이동, 높낮이 조절, 직렬형 매니플레이터를 회전시킨다. 또한 직렬형 매니플레이터는 딸기 대상체에 접근하는 기능과 끝단에 엔드이펙터를 탑재하도록 하였고 직렬형 매니플레이터 몸체에 영상처리장치를 탑재하였다. 주요제원 및 사양은 표1과 같다



(a)



(b)

Fig. 3 Figure of manipulator

Table 1 Specification of manipulator

구 분	규 격
크기(가로×세로×높이)cm	43×35×74
자유도	병렬형 3, 직렬형1
행정(cm)	X축 100, Y축 30, Z축 30, 회전 340도
가반중량(kgf)	4
동작속도(cm/sec)	0.3 ~ 8

(2) 엔드이펙터

엔드이펙터는 그림 4와 같이 서보모터 + 핸드 + 절단 일체형으로 마디별 서보 제어가 가능하고 공압식 2중 절단장치를 장착하였고 잘려진 줄기를 제거할 수 있도록 제작하였다. 엔드이펙터의 주요 제원 및 사양은 표2와 같다. 엔드이펙터의 작업공정은 핸드열림(초기상태) → 서보모터회전 → 핸드닫힘(줄기파지) → 줄기상부절단 → 수집대 이동 → 줄기하부절단 → 딸기수집 → 핸드열림(줄기제거)으로 이루어진다.



Fig. 4 Figure of end-effector

Table 2 Specification of End-effector

구 분	규 격
크기(가로×세로×높이)cm	13×6×5
자유도	2
행정(cm)	그리퍼 0.6, 가이드 1.6, 제1관절 90도, 제2관절 135도
토크(kg·cm)	10(+9.5V 기준)
응답회전수(rpm)	80(+9.5V 기준)
회전정밀도(도)	0.65

(3) 영상처리 시스템

영상처리 시스템은 그림 5와 같이 영상획득부 및 센서부에 대한 사진이다. 시스템은 2대의 컬러 카메라(STC-620, Sensor Technologies America, inc), 레이저 거리센서(S80L-Y, DATASENSOR), 프레임 그래버(morphis, Matrox), 컴퓨터(Pentium4, 512Mbyte)로 구성하였다. 주요제원 및 사양은 표3과 같다.

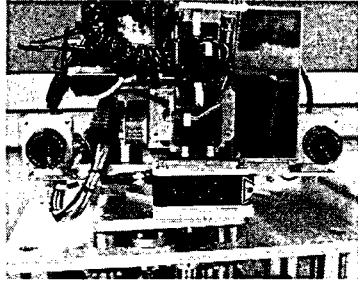


Fig. 5 Camera and laser sensor

Table 3 Specification of image processing system

구분	규격
영상보드	Matrox Meteor-II
프레임그래버	Matrox CD, 캐나다, Morphis
카메라	Jai, CV-C3200, NTSC칼라, 640×480, 12V
렌즈	Vari-focal lens(0.1~)
거리측정기	레이저거리측정 30~400cm

(4) 통합시스템 및 소프트웨어

수확시스템은 그림 6과 같이 딸기가 매달려 있는 위치까지 구동하는 매니플레이터와 익은 딸기를 수확하는 엔드이펙터 그리고 영상을 습득하는 영상처리장치로 통합 구성하였다.

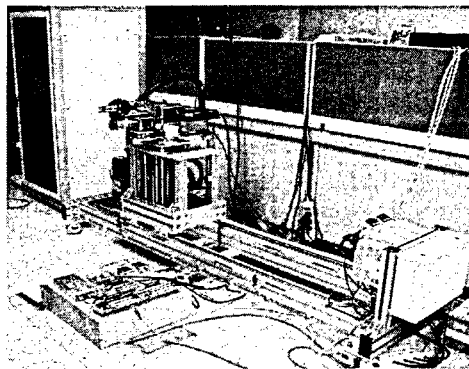


Fig. 6 Strawberry harvesting robot system

시스템 소프트웨어는 그림 7과 같이 가변성이 있는 광 환경 하에서 영상처리를 이용한 실시간 특징추출 기능과 특징추출의 안정성을 부여하고자 색상기반, 형태기반의 딸기의 영상추출 알고리즘을 개발하였다.

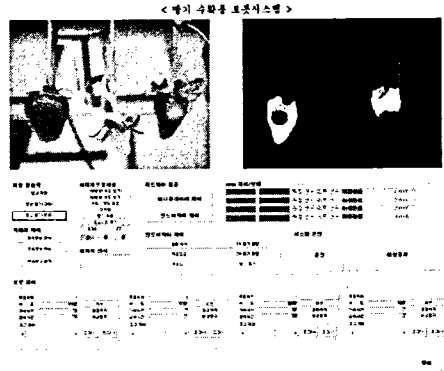


Fig. 7 System software

나. 시작기 제작 결과 분석

- (가) 태양광+형광등 조건에서의 영상처리 기술은 가능하였으나 작업현장에서 적용 가능한 영상처리 기술 보완이 필요하였다.
- (나) 딸기의 줄기가 수직인 경우 수확 성능은 양호하였으나 기울어져 매달린 경우에는 수확하기 어려웠다.

4. 요약 및 결론

- 딸기수확에 필요한 매니플레이터와 엔드이펙터 및 영상처리장치를 제작하였다.
- 영상처리 장치와 딸기를 색도에 의해 감지하고 3차원위치를 제어장치로 보내는 알고리즘을 개발하였다.
- 벤치채배용 딸기의 수확작업은 가려지지 않은 상태에서의 예비수확성능은 개당 14초로 나타났으며 수확작업시 상처 발생이 없었다.

5. 참고문헌

1. Umeda, M., M. Iida and S. Kubota. 1997. Development of Watermelon Harvesting Robot Stork, Bio-Robotics 97, Spain, 137-142.
2. Kondo, N., Nishitsuji, P., P.Ling and K. C. Ting. 1996, VisualFeedback Guided Robotic Cherry Tomato Harvesting. Trans of ASAE, 39:2331-2338.
3. Arima, S. and N. Kondo et al., 1994. Study on Cucumber Harvesting Robot. J. of JSAM, 56(6)L69-76
4. Kondo, N. and K. C. Ting. 1998. Robotics for Bioproduction systems, ASAE.
5. H. Hwang, S. C. Kim, D. Y. Choi. 2003. Development of Multi-functional Tele-operative Modular Robotic System for Watermelon Cultivation in Greenhouse. 한국농업기계학회지. 28(6): 517-524