

반 자율기능을 갖는 원격 제초 시스템

A Semi-Autonomous Tele-Weeding System

배종민*, 김종만**, 김형석***
(Jongmin Bae, Jongman Kim, Hyongsuk Kim)

Abstract - A concept of the semi-autonomous tele-weeding-system which performs weeding tasks through co-operation of human and machine intelligence is proposed. The tele-weeding system consists of weeding robot, communication networks and operating server. The images of plants taken by the weeding robot are transferred through the communication networks to the human operator. Positions of the weeds are indicated at the operating host by the operator and transferred back to the weeding robot. Such position informations are converted to the world space and the weeding is done based on the robot intelligence. Feasibility of such concept has been tested through development of a laboratory model of the system.

Key Words : 텔레로봇, 원격제초, 인터넷 이용한 원격 노동력 활용, 잡초위치 원격지정

1. 서론

최근 많이 사용하는 제초방법은 제초제를 사용하는 방법과 비닐을 씌우는 방법이 있다. 제초제를 사용하는 방법은 독성이 강한 농약을 작물이 흡수할 수 있으므로 인체에 해가 될 수 있으며, 비닐을 씌우는 방법은 작업에 인력이 많이 필요하고, 넓은 면적에 대한 이용이 어려울 뿐만 아니고, 폐비닐은 환경황폐화의 주범이 되고 있다. 이를 위해서 농업에도 로봇의 도입 및 활용이 필요하지만, 현재까지는 농업용 로봇 구현의 기술적인 어려움 때문에 실용화 단계까지 개발되지 못하고 있다. 농 식물 관리의 로봇화가 가능하기 위해서는 영상 인식 기술이 고도화되어 식물과 잡초 및 물체 간의 구별을 이간 수준으로 할 수 있어야 하나, 현재까지의 기술로는 그 실현이 매우 어렵다.

이에 대한 절충안으로 제안하는 바는 인간의 식별능력과 함께 기계적 조작능력 및 기계 지능을 결합한 반 자율 텔레로봇을 이용하는 것이다. 즉, 카메라에서 포착한 작물들의 영상을 원격지의 컴퓨터에 디스플레이하게 하고, 농부는 농지 인근의 차량이나, 농가에서 모니터에 나타난 영상 중 잡초나 작물들을 마우스에 의해 지시해 주면, 잡초제거 장치가 해당 식물에 접근하여 지적인 잡초를 제거하게 하는 기술이다. 이 기술을 이용하면, 제초제로 인한 환경적 피해를 줄일 수 있고, 원격잡업화가 가능하여 부녀자나 노약자들의 저급 노동력을 이용해도 잡초제거가 가능하다. 또한, 인터넷을 이용해서 원격으로 농작업을 가능케 함으로써, 도시의 유희 인력, 저임금 국가의 노동력까지 원격으로 활용할 수 있으므로 FTA 체제 극복을 위한 중요한 대안이 될 것으로 기대된다.

2. 반 자율 잡초 제거시스템

제안한 잡초제거로봇과 서버의 전체 시스템도는 그림 1과 같이, 잡초 제거용 로봇이 작업장의 농작물 영상을 획득하여 원격지의 운영자에게 전송하면, 원격지 운영자는 영상위에서 잡초를 식별하고 위치를 지정하여 잡초의 위치정보를 제초장치에 전송한다. 제초 로봇은 전송되어온 잡초의 위치를 상기 농작물의 영상 위에 표시한다. 또, 다시 새로운 영상을 얻어서 상기 잡초의 위치를 새로운 영상위에 추적하여 표시하고, 제초기구의 위치좌표로 변환한 후, 제초 기구를 상기 위치좌표로 이동시켜서 제초작업을 수행한다. 이를 위한 로봇시스템과 서버 시스템은 다음과 같다.

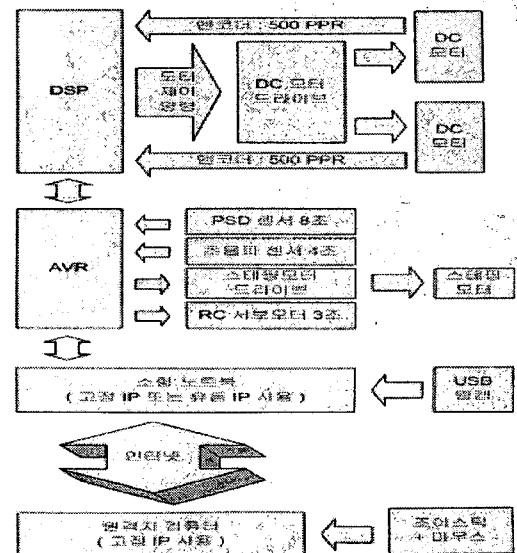


그림 1. 전체 시스템도

저자 소개

- * 배종민 : 全北大學 電子情報工學部 碩士課程
- ** 김종만 : 全道大學 컴퓨터應用電氣學科 副教授 · 工博
- *** 김형석 : 全北大學 電子情報工學部 教授 · 工博

2.1 로봇 시스템

로봇을 제어하기 위해서 Wireless 인터넷(802.11b, 802.11g)을 지원하는 노트북을 사용하였으며, 노트북에는 USB 인터페이스 웹캠이 연결되어 영상을 획득하였다.(그림 2.) 또한 여분의 USB 포트에 USB-to-Serial 컨버터를 사용하여 AVR(ATmega128)과 UART로 연결 되어 모터제어, 센서값 획득 등의 프로세싱을 맡겼다.

AVR(ATmega128)에서는 노트북에 연결되어 있는 웹캠의 PAN/TILT 를 제어하기 위한 RC 서보모터 2개를 제어한다.(그림 2.) 또한 이 로봇은 실제로 잡초를 제거하지는 않고 잡초제거 위치에 표시를 하는 메카니즘으로 대체되어 있는데, 이 부분을 처리하기 위해 AVR 에서는 실제로 잡초를 제거하고자 하는 위치로 잡초제거표시장치를 이동시키는 스테핑 모터를 고속으로 가감속 제어하며, 잡초를 제거했다는 표시를 남기기 위한 펜을 이동시키기 위하여 RC 서보모터 1개를 제어한다. (그림 3.)



그림 2. 웹캠(PAN/TILT)

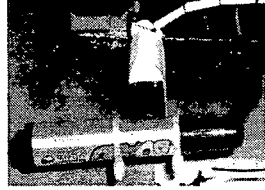


그림 3. 잡초제거 표시장치

기본적으로 로봇은 원격지 서버의 사람에 의해서 제어되지만 로봇 주변의 장애물을 스스로 감지하여 충돌을 방지하도록 하였다. 충돌 방지를 위해서 8개의 PSD 센서와 4개의 초음파 센서가 사용되었으며 각 센서의 방향과 감지거리는 그림 4. 와 같다.

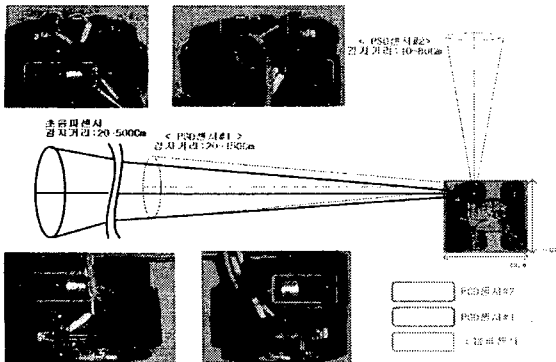


그림 4. 각 센서의 감지 방향 및 거리

로봇 이동용 DC모터 구동을 위하여 DSP(TMS320LF2406)를 사용하는데 DSP는 AVR과 SPI 인터페이스로 연결 되어 있다. 모터는 DC 기어드 모터가 이용되었으며 각 모터의 최종 샤프트 축은 500PPR 엔코더와 1:1 기어비로 연결되어 있다. 여기에서 사용된 DSP 는 내부에 2개의 QEP 로직을 내장하고 있어서 2개의 500PPR 엔코더가 각각 QEP 로직에 연결되어서 4체배 되어 각 바퀴가 1회전에 2000 펄스의 출력을 얻을 수 있다. 각 모터의 제어주기는 10 ms이며, 뱅뱅제

어로 제어된다. 이 때 각 모터는 PWM 제어방식을 사용하는데 30 KHz의 PWM 주파수를 가진다.

노트북에서 실행되는 로봇용 프로그램은 클라이언트 모드로 셋팅되어 고정 IP 나 유동 IP를 가지고 서버와 무선랜 통신으로 연결되어져 있다.

구현된 로봇 시스템의 전체 모습은 그림 5. 와 같다.

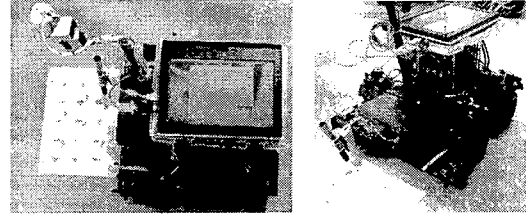


그림 5. 완성된 로봇 시스템

2.2 서버 시스템

서버 프로그램이 실행되는 컴퓨터는 반드시 고정 IP를 가지고 있어야 한다. 서버는 로봇과 TCP/IP 로 2개의 포트를 열어 연결된다. 첫 번째 포트로는 로봇으로부터 보내져 오는 압축된 영상을 받고, 두 번째 포트는 로봇으로 제어명령을 보내거나 상태정보나 센서정보를 획득하는데 이용된다.

서버 프로그램이 구동되는 모습은 그림 6.과 같다.

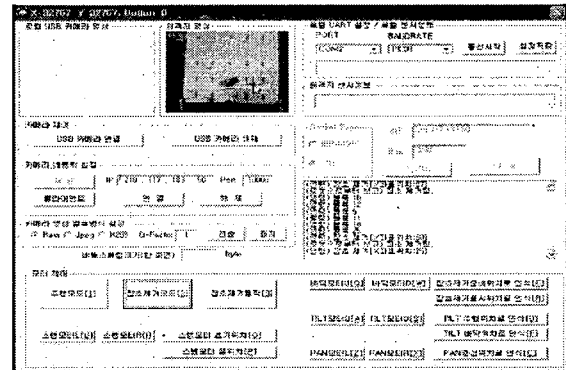


그림 6. 서버 프로그램

서버 프로그램에서 원격지 영상은 로봇에서 보내져 오는 영상을 보여주는 부분이다. 로봇에서는 웹캠의 영상을 Raw, Jpeg 또는 H.263 중 한가지로 선택하여 전송이 가능하며, 실험시에는 보통 H.263 동영상 압축 방식을 사용하였다. 각 압축방식마다 일정한 패킷 통신을 하며 압축 방식을 헤더에 실어서 보내기 때문에 서버에서는 자동으로 적절한 압축방식으로 풀어서 원격지 영상 부분에 영상을 디스플레이 시킨다. 모터제어 부분에서는 PAN/TILT 모터를 제어하고 캘리브레이션 시키는데 사용된다. 이 때 캘리브레이션된 위치는 로봇의 EEPROM에 저장되어 로봇이 전원이 꺼졌다 다시 들어와도 지정된 위치부터 다시 시작이 가능하다. 또한 이 곳에서는 잡초제거 표시장치를 이동시키기 위한 스테핑 모터를 제어할 수 있으며 초기화 위치로 이동시키는 기능을 가지고 있다. 모터제어 부분에 추가로 주행모드, 잡초제거모드 키가 있는데 이것은 로봇에 카메라가 1개밖에 없는 관계로 로봇이

주행을 하기 위해서는 카메라의 방향을 빠르게 주행방향을 주시하게 하고, 잡초제거를 할 경우에는 다시 카메라를 빠르게 바닥을 주시해야 할 경우에 사용된다. 추가로 잡초제거 동작 키는 수동으로 사람이 잡초제거 표시 동작을 테스트 할 때 사용한다.

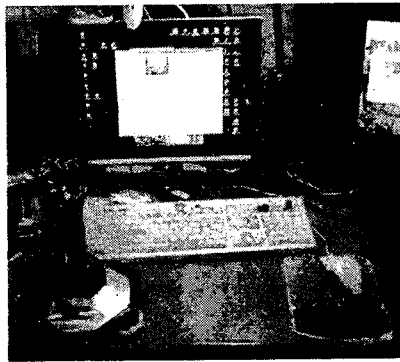


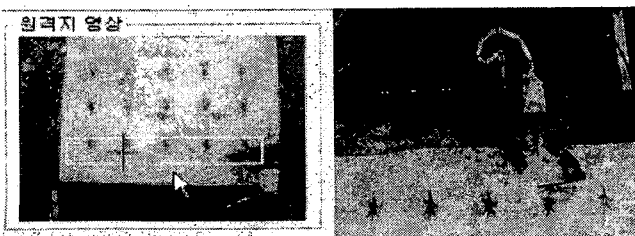
그림 7. 서버가 구동된 환경

원격지의 사용자는 그림 7.에서 보이는 바와 같이 조이스틱을 이용하여 로봇을 조종하며, 웹캠이 잡초제거모드로 바닥을 주시한 상태에서는 서버 프로그램의 원격지 영상내에 노란색의 직사각형 내에 잡초 부분을 마우스로 클릭하면 적색 십자가 모습으로 목표물을 표시하게 된다. 목표물의 좌표는 로봇으로 전송되고, 로봇은 목표지점에 펜을 이용하여 잡초제거 표시를 하고 서버에게 잡초제거 완료를 통보하면, 서버의 원격지 영상내에 표시된 적색 십자가 표시는 사라지게 된다.

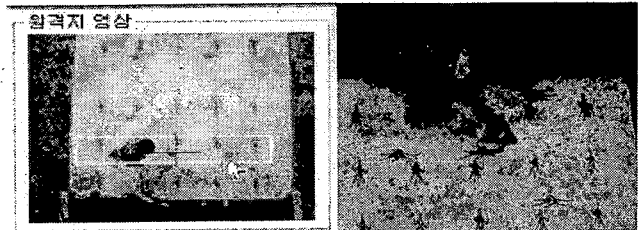
조이스틱의 값은 그림 6.의 상단에서 확인할 수 있으며, 로봇은 조이스틱의 방향에 따라 속도와 방향이 결정된다.

3. 실험 및 결과

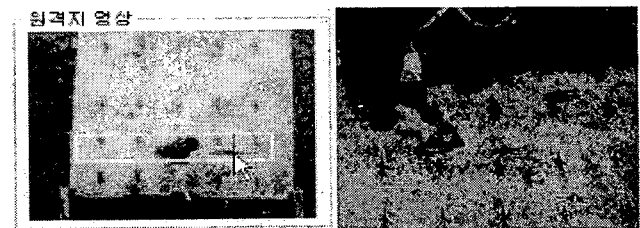
잡초 제거 동작은 서버와 로봇과의 유기적인 연동작업에 의하여 진행이 된다. 그림 8. (a)를 보면 원격지 서버에서 사용자가 원격지 영상 화면내에서 노란색 직사각형 박스안의 한 지점 즉, 첫 번째 잡초 제거 부분에(잡초제거 표시 장치가 이동이 가능한 유효범위를 노란색 직사각형으로 표시함) 마우스를 이용하여 클릭을 하면 그림 8. (b) 와 같이 잠시 후에 로봇이 사용자가 원하는 부분에 잡초를 제거하였다는 표시를 남김으로서 실제로도 잡초를 제거가 가능하다는 것을 보여주고 있다. 이와 같은 순서로 그림 8. (c) ~ (h) 까지는 연속적으로 사용자가 잡초를 선택해주면 로봇이 정확하게 그 위치에 표시를 함으로서 잡초제거가 원격지에서에서도 가능하다는 사실을 보여주고 있다.



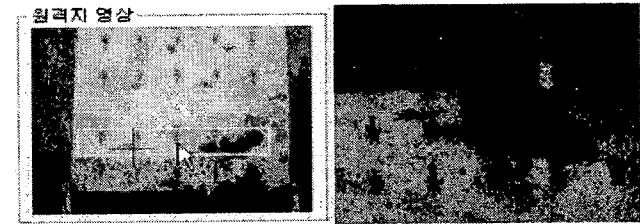
(a) (서버)첫 번째 잡초 클릭 (b) (로봇)첫 번째 잡초 제거



(c) (서버)두 번째 잡초 클릭 (d) (로봇)두 번째 잡초 제거



(e) (서버)세 번째 잡초 클릭 (f) (로봇)세 번째 잡초 제거



(g) (서버)네 번째 잡초 클릭 (h) (로봇)네 번째 잡초 제거
그림 8. 잡초 제거 과정

4. 결론

이 연구에서는 인터넷을 통하여 원격지의 작업자와 로봇의 지능이 결합되어 로봇에 의한 반 자율 제조작업이 가능함을 보였다. 제조장치의 카메라에서 비춰주는 농작물들의 영상은 원격지의 제조 관리컴퓨터에 디스플레이되고, 관리자가 제조 관리컴퓨터에서 영상 중 잡초를 지정해 줌으로써 그 위치가 제조장치에 재전송되어 제조 로봇이 해당 위치의 잡초를 제거하게 한다. 이 시스템의 실험실 모델을 구성하여 시연해 본 결과, 로봇과 인간 지능의 결합에 의한 유용한 작업이 가능함을 확인하였으며, 향후 다양한 농기계에 제안한 기술을 활용하면, 농업 자동화 및 생산성 향상에 큰 효과를 얻을 것으로 기대된다.

감사의 글

“이 연구에 참여한 연구자는 2단계 BK21사업의 지원비를 받았음”

참 고 문 헌

- [1] P. X. Liu, M. Q.-H. Meng, and J. J. Gu, "Adaptive scaling control for the internet-base teleoperation," *Proc. of 2001 IEEE int. symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation July 2001*.
- [2] S. Grange, T. Fong and C. Baur, "Effective vehicle teleoperation on the world wide web," *Proc. of the 2000 IEEE International Conference on Robotics & Automation, April 2000*
- [3] www.itu.org