

## 자율주행 시스템 개발

### Development of Automatic Vehicle System

민병로<sup>1\*</sup> · 김웅<sup>1</sup> · 김동우<sup>1</sup> · 서광욱<sup>1</sup> · 이창우<sup>1</sup> · 이대원<sup>1</sup> · 김창수<sup>2</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교 바이오메카트로닉스학과

<sup>2</sup>상주대학교 기계공학부

Min, B.R<sup>1\*</sup> · Kim, W<sup>1</sup> · Kim, D.W<sup>1</sup> · Seo, K.W<sup>1</sup> · Lee, C.W<sup>1</sup> · Lee, D.W<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Bio-Mechatronic Engineering, Sungkyunkwan National University

<sup>2</sup>School of Mechatronic Engineering, Sangju National University

## 서 론

노동 집약적이던 농업은 급속한 기계화로 인하여 노동력의 절감은 여러 분야에서 활성화되고 있지만, 농업은 수익성이 높지 않아 여전히 사람들이 농동을 기피하는 산업중의 하나이다. 온실 자동화는 특용 작물 등의 고부가가치 상품에만 한정되어 있으므로 이를 개선해야 한다.

대부분의 기계분야 및 생산설비는 점차적으로 무인자동화로 변화하고 있으며, 작업의 편리성을 강조하고 있다. 앞으로의 농업기계는 무인자동화 시스템의 도입으로 인하여 누구나 손쉽게 작업설정을 하고 기계 스스로 원활하게 수행할 수 있도록 개선되어야 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험장치

휠형차량은 궤도형 차량에 비해 그 구조가 간단하고 내부 에너지의 손실이 적고, 단단한 지형에서 기동성이 좋은 장점을 갖고 있으나, 연약한 지형에서는 높은 접지압으로 침하가 크게 발생하기 때문에 주행저항이 크게 나타나 견인성능면에서 비효율적이다. 궤도형차량은 구조가 복잡하고 내부 운동 저항이 커서 에너지 손실은 많으나 휠형에 비해 같은 중량의 차량일 경우 접지압이 작으므로 연약지에서 높은 견인성능을 낼 수 있는 장점이 있다. 따라서 농업용으로 로외에서 사용하는 차량에는 이러한 궤도형 차량이 많이 사용되고 있다. 그러나 일반적으로 사용되고 있는 강성 궤도형 차량은 무게가 많이 나가고 주행부가 단단하기 때문에 골의 손상 및 표면 토층의 파괴 등 많은 문제점을 가지고 있다.

주행장치는 궤도형과 유인형 및 대차 시스템으로 나눌 수 있다. 시설재배의 경우 궤도형 및 유인형을 많이 사용하고 있다. 궤도형의 경우는 궤도를 바닥에 설치하는 방법이며, 유인형은 온실 상부에 유인 장치를 하는 것이다. 궤도형은 토양 슬립이 적어 방향 전환이 안정적인 궤도형 주행장치를 많이 연구하고 있으나, 초기 투자비가 많이 들고 작업자의 작업 공간 축소에 따른 안전사고의 위험이 따르고 있다. 유인형의 경우는

온실 상부에 레일 및 연마봉을 설치하고, 주행장치가 상부에 고정되어 주행되는 것이다. 이 경우 작업공간의 확보는 가능하지만, 초기 투자비가 많이 들고 기존의 농가에서 설치하는데 있어서 어려움이 많다. 또한 채광이 좋지 않아 작물의 생육환경에 불리한 단점이 있다. 대차 시스템은 초기 투자비가 케도형, 유인형에 비해 적게 들고, 작업 형태에 따라 적용범위가 크지만 소프트웨어적으로 제어가 어려운 단점을 가지고 있다.

대차 시스템은 고온 다습한 온실에서 작동하기 때문에 각 부품에 대한 설계는 듀랄루민(Duralumin)과 ABS 수지를 이용하여 설계하였다. 모터의 토크는 대차와 매니폴레이터 및 엔드이펙터의 부하하중을 60kgf로 하여 설계부하를 계산하였다. 대차 시스템은 바퀴를 좌·우 축을 각각 구동할 수 있도록 2개의 모터를 두었으며 좌·우축 모터의 회전을 역으로 하여 방향전환이 가능하도록 하였다. 우측의 모터가 정회전하고, 좌측의 모터가 역회전하면 지면에서 슬립이 발생하는 원리를 이용하여 방향전환이 되도록 하였다. 온실내의 고랑을 따라 주행 중 방향전환은 미리 정해놓은 거리에 따라서 일정거리를 주행 후 자동으로 방향전환이 가능하도록 하였다. 거리는 모터의 회전수와 바퀴의 지름과의 관계를 이용하여 정하였다.

대차가 작업하는 지형은 포장되어 있는 도로가 아니기 때문에 4개의 구동 바퀴가 모두 지면에 접촉하는 것이 아닌 경우가 발생할 수 있기 때문에 3개의 바퀴만이 지면에 밀착할 경우를 가정하여 다음과 같은 방법으로 부하를 계산하였다.

$$W_0 = \frac{(\text{부하하중} + \text{외력}) \times \text{안전율}}{\text{바퀴수}} = \frac{(60 + 5) \times 1.5}{3} = 32.5\text{kgf}$$

바퀴는 링크에 의해 힌지로 고정되어 있으면서 대차 시스템이 작동 중 방향전환을 하는 위치에 도착하면 대차 시스템이 정지하게 되고 토양과 바퀴의 슬립을 이용하여 정회전 90°, 180° 및 역회전 90°, 180° 로 회전이 가능하도록 하였다. 만약 다른 경로에서 사용 시 거리에 대한 데이터 값만 수정하면 어느 환경에서든지 적용시킬 수 있다. 대차의 경로설정은 고랑이 끝나는 지점까지의 거리를 PC에 저장하여 놓고 바퀴의 지름을 감안하여 모터의 회전수를 결정하였다. 환경 설정부분에 있어서 주요 인자는 주행속도, 지면의 형태, 온실의 형태, 고랑 사이의 간격 등이 있다.

무인 자동화 대차 시스템은 온실내의 상황에 따라서 ‘ㄷ’자 형태의 90° 또는 180°의 회전을 원칙으로 하고 있지만, 상황에 따라서는 90° 및 180° 이외의 회전이 발생할 우려가 있기 때문에 고랑의 형태를 PC에 저장하면 상황에 맞추어서 대차 시스템이 회전할 수 있도록 되어있다.

본 연구에서는 대차 시스템의 경로 설정에 중점을 두었으므로 구동 소프트웨어는 Visual C++ 프로그램으로 구현하였다. 설계는 3D-MAX을 이용하였으며, 구동은 2개의 DC모터를 이용하였다. Fig. 1은 정면도, Fig. 2는 평면도, Fig. 3은 우측면도를 나타내고 있다.

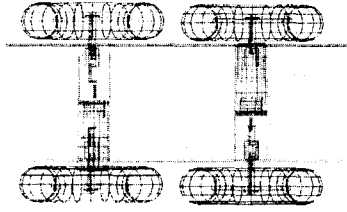


Fig. 1 Top view

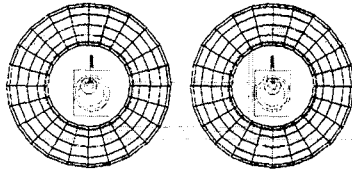


Fig. 2 Front view

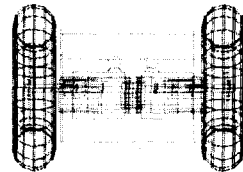


Fig. 3 Right view

## 2. 실험방법

재배 양식에 따른 대차 시스템은 주위환경보다는 토양에 의한 영향을 받기 때문에 대차 시스템을 이용하여 적응성을 알아보았다. 재배 양식에 따른 적응성은 Table 1과 같이 일반농가, 직립 후 횡 유인, 직립 후 가로줄 유인의 3가지 유인 방법과 0.1m/s, 0.5m/s, 1.0m/s의 3가지 속도에 따라 각각의 경우에 대하여 통로를 10회 반복 주행하여 대차 시스템의 적응성에 대하여 실험 설계를 하였다.

유인방법 중 일반농가는 관행적으로 재배하는 방식으로서 2m의 높이에 정식간격 24cm마다 비닐 끈을 늘어뜨려 여기에 덩굴을 매달아 놓고 성장에 따라 줄을 내려주어 재배하는 방법이다. 직립 후 횡유인은 2m의 높이에 봉을 X축으로 설치하여 덩굴이 봉을 따라 성장하는 방법이다. 직립 후 가로줄유인은 직선으로 성장시킨 뒤 X축으로 5° 이동시켜 재배하는 방법으로 2m의 높이에 20cm간격으로 철사 줄을 연결하여 유인하는 방법이며 적심재배을 하여 측지로 부터 오이를 수확하는 재배방법이다.

Table 1 Experimental design for cucumber cultivation methods

Induction method Velocity	Normal farmhouse	Horizontal Induction after erection	Horizontal line Induction after erection
0.1m/s	Test 1	Test 2	Test 3
0.5m/s	Test 4	Test 5	Test 6
1.0m/s	Test 7	Test 8	Test 9

DC모터는 영진산업의 TD115100-12-18 모델이며, 토크는 11.1kgf-cm이고 12볼트의 20.3암페어를 가지고 있는 것을 사용하였다.

## 결과 및 고찰

일반농가의 경우 지면이 일정하지 않아서 Test 7에서 0.1m/s의 저속에서 토양과 바퀴에 슬립이 발생하여 10회 반복 주행한 것이 20%로 낮게 나타났다. 오이가 재배되는 이랑은 180~200cm이며 두둑의 경우 120~130cm이고 통로는 60~70cm가 일반적인 통로의 형태이나 일반농가에서 재배하는 경우 통로의 폭이 일정하지 않아서 측정값이 33.3%로 낮게 나타났다.

직립 후 횡 유인은 지면의 상태가 일정하여 속도에 관계없이 항상 100%로 가장 좋은 측정값을 나타냈다. 직립 후 가로줄 유인의 경우 일반 농가에 비해서 통로가 일정하지만 직선으로 성장시킨 뒤 X축으로 5° 이동시켜 재배하기 때문에 채광이 좋지 못하여 1.0m/s의 고속의 경우에 카메라의 인식이 불량하여 70%로 나타났다.

Table 2 The driving success cutting rates in the greenhouse < unit : % >

Induction method Velocity	Normal farmhouse	Horizontal Induction after erection	Horizontal line Induction after erection
0.1m/s	40	100	100
0.5m/s	40	100	100
1.0m/s	20	100	70

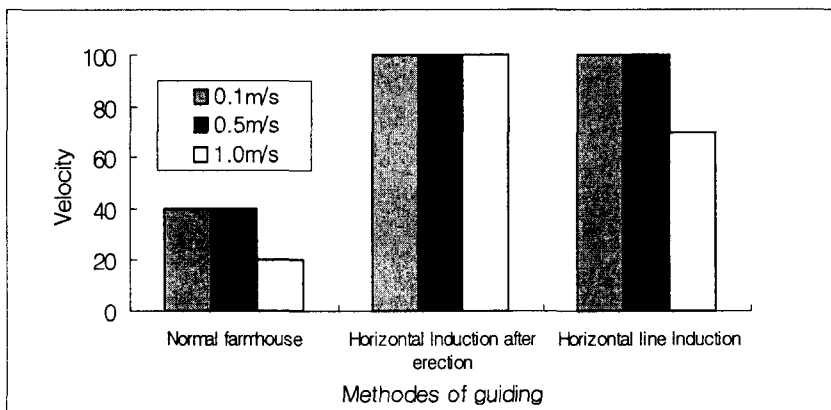


Fig. 4 Success cutting rate for three methods

Fig. 4에서 일반농가의 경우 0.1m/s, 0.5m/s, 1.0m/s의 경우 40%, 40%, 20%로 낮게 나타났으나 직립 후 횡유인의 경우 속도에 관계없이 항상 일정하고 정확도가 높게 나타났다.

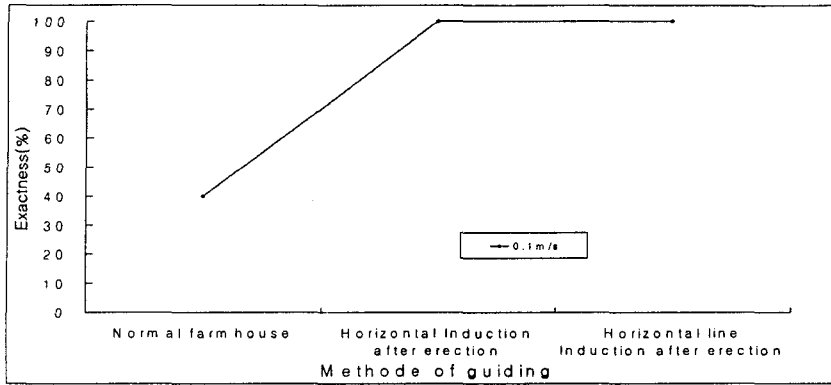


Fig. 5 Success driving rate at 0.1m/s velocity

본 실험에서 0.1m/s의 경우에 일반농가는 재배 환경이 일정하지 못하기 때문에 40%로 낮게 나타났고, 직립 후 횡 유인과 직립 후 가로줄 유인의 경우에는 100%로 정확도가 높게 나타났다.

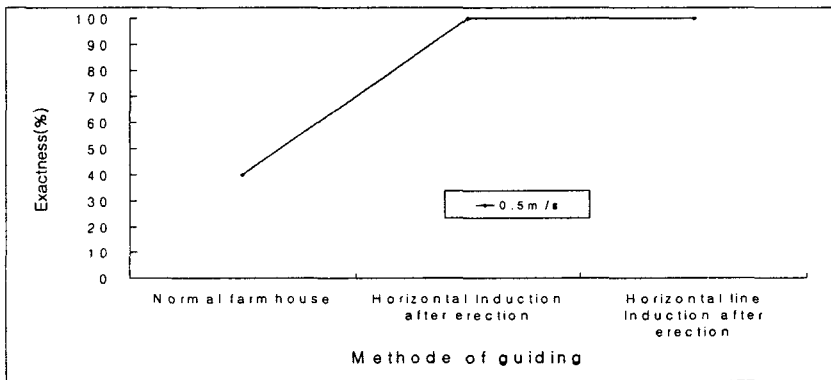


Fig. 6 Success driving rate at 0.5m/s velocity

Fig. 6에서 0.5m/s 속도의 경우에 일반농가는 재배 환경이 일정하지 못하기 때문에 40%로 낮게 나타났고, 직립 후 횡 유인과 직립 후 가로줄 유인의 경우에는 100%로 정확도가 높게 나타났다.

Fig. 7에서 1.0m/s 속도의 경우에 일반농가는 재배 환경이 일정하지 못하기 때문에 지면과 바퀴에 대해서 속도의 증가로 슬립이 증가해서 20%로 낮게 나타났고, 직립 후 횡 유인의 경우에는 속도의 증가에 대하여 영향을 받지 않았지만, 직립 후 가로줄 유인의 경우에는 속도의 증가로 인해서 카메라의 인식을 저하로 70%로 나타났다.

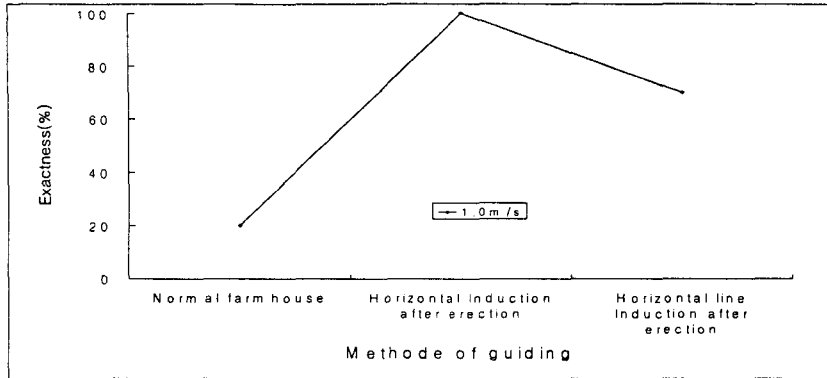


Fig. 7 Success driving rate at 1.0m/s velocity

## 요약 및 결론

주행시스템은 시설재배에서 사용하고 있는 작업기를 무인으로 동작하도록 하기 위해 휠형 차량을 개발하였다. 휠형차량은 궤도형 차량에 비해 그 구조가 간단하고 내부 에너지의 손실이 적고, 단단한 지형에서 기동성이 좋은 장점을 가지고 있다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 대차 시스템은 바퀴를 좌·우 축을 각각 주행할 수 있도록 2개의 모터를 설치하여 좌·우 모터의 회전을 역으로 하여 방향전환이 가능하도록 하였다.

나. 직진성은 일반농가의 경우 지면이 일정하지 못해서 0.1m/s일 때 슬립이 발생하여 40%로 낮게 나타났고, 시설재배를 하는 경우는 지면이 일정하기 때문에 100%로 정확도가 높게 나타났다.

## 인용문헌

1. Dwyer, M. J., J. A. Okello and A. J. Scarett, 1993, A theoretical and experimental investigation of rubber tracks for agriculture. Journal of Terramechanics, Vol. 30, No. 4, 285~298
2. Kutz, L. J., G. E. Miles, P. A. Hammer and G. W. Krutz, 1987, Robotic transplanting of bedding plants. Trans. of the ASAE 30(3). 586~590
3. Wong, J. Y., 1984, On the study of wheel-soil interaction. Journal of Terramechanics, Vol. 21, No. 2, 117~131
4. Wong, J. Y., 1989, Terramechanics and off-road vehicles. Elsevier Publishers.
5. Lee, Chulhee and David A, 1997, Decision Boundary Feature Extraction for Neural Networks. IEEE Trans. Neural Network. Vol.8(1);75~83