

# 건설기계 자율화 교육 과정 소개

## Introduction of Curriculum for the Autonomous Construction Machinery

이철희

Chul-Hee Lee

### 1. 서 론

1960년대 경제개발과 함께 국내에 건설기계가 처음으로 건설현장에 등장하여 사용되어져 왔다. 건설기계 장비의 수요증가에 따라 수입 대체의 목적으로 기술 제휴 등으로 국내에서 건설기계 장비의 생산을 시작으로 국내에서 건설기계 시장이 형성되어 왔다. 건설기계 산업은 소재, 부품에서부터 완성품에 이르기까지 기계 산업 전반의 기술이 종합적으로 요구되는 산업으로 장기적인 기술개발이 요구되는 분야이다. 최근 건설기계 산업은 저소음, 저연비, 하이브리드 등 친환경, 고효율 기술과 사용자의 안전을 중시한 기술의 융합을 통한 차세대 건설기계의 형태로 변모하고 있다.

일본, 미국, 유럽 등 전 세계적으로 건설기계 자율주행에 대한 기술을 개발하고 있다. 일본의 코마츠 건설은 세계최초의 텔레매트릭스 솔루션인 콤텍스 서비스를 개시하였고, 정보화 시공을 개시하여 가장 지능화된 굴삭기를 통해 특정 작업에 대해서 작업시간이 20~64%가 단축된다고 발표하였다. 미국의 캐터필러사의 CAT Command는 광산 자동화 기능을 통하여 작업을 진행하고 있으며, 현재는 굴삭 및 적재 장비의 원격 제어 및 반자동 작동을 포함한 운반 트럭의 완전한 자율적 작동이 포함되고 있다. 이처럼 건설기계 자율주행에 대한 기술이 발전하고 있으며, 한국은 후발주자로 나서고 있는 것을 알 수 있다<sup>1)</sup>.

자동차, 조선, 항공분야 등은 국내 유수의 대학에 별도의 학과 및 대학원을 보유하고 있지만, 건설기계 관련 학과를 보유한 대학원은 전무했다. 이에 따라 국내 건설기계산업의 연구 인력이 산업규모에 비해 매우 낮은 것을 알 수 있으며, 건설기계산업의 부족한 연구 인력 해소와 글로벌 기술 추세에 대응하기 위해 국내 최초 건설기계 특성화 대학원을 선정하여 운영하기로 하였다. 기계관련 전공자를 채용하는 기존 인력수급 실태를 보완하고 차세대 건설

기계기술을 선도하는 고급인력양성을 목표로 하고 있다.

산업통상자원부의 지원으로 건설기계부품연구원이 주관이 되어 서울·경기권에는 인하대학교, 충청·호남권에는 군산대학교, 경상권에는 울산대학교를 선정하여 건설기계공학 전공 대학원을 설립하였다.

주관기관은 건설기계산업의 산학연 전문가로 구성된 수요기업협의회와 운영위원회를 구성/운영하여 IT 융복합 건설기계 특화 석·박사과정인 산업과 연계된 실무 중심 교육이 될 수 있도록 방향을 수립하였다. 인하대학교와 울산대학교는 굴삭기, 지게차 등 주력 완성차 및 부품, 군산대학교는 핵심소재 부품 및 어태치먼트류 개발품에 관한 전문 인력 양성을 목표로 하고 있으며, 이 글에서는 건설기계공학과의 교육과정과 건설기계 종합설계 과목에 대해 설명 예정이다.

### 2. 건설기계공학과 교육 커리큘럼

건설기계의 유압, 제어, 센서, 동력시스템, 생산기술, 종합설계 등을 기반으로 하는 IT 융복합 설계기술과 응용기술을 중점으로 교육함으로써 건설기계 분야의 인재를 양성하고자 한다. 교육과정에는 실습 교육 비중이 높으며 현장 실습 및 산업체 경험이 풍부한 전문가의 지도를 통해 현장 기술 관련 교육을 받고 있으며, 해외 탐방을 통하여 외국 건설기계 전시회와 산업체 방문을 통하여 외국 건설기계 현황과 기술에 대한 이해력을 높이고 있다. 건설기계공학과 교육과정은 대학원 석·박사 인력과정으로 건설기계공학개론, 유압공학, 제어공학, 윤활공학, 신뢰성공학, 소음공학, CAD/CAM 등의 과목을 통하여 산업체에 필요한 건설기계 전문 인력을 양성하고 있으며, 전체적인 과정은 Fig 1에서 확인 할 수 있다.

이러한 커리큘럼과 산업체와 산학과제를 진행함으로써 실전에 대한 능력을 키우고 있다.

특화과정	건설기계 기초	IT관련 교과목	융합 교과목
	건설기계 유압공학	전기회로 이론 및 실습	건설기계실습
	신뢰성 이론	메카트로닉스 응용	
	건설기계 하이브리드 시스템	건설기계제어공학	
		센서 및 액추에이터	
현장실무과정	생산제조-품질공학		종합설계I
			종합설계II

Fig. 1 인하대학교 건설기계공학과 석·박사 인력 양성 커리큘럼

### 3. 건설기계 자율주행 교육

2장에서 소개된 건설기계 공학과 교육 커리큘럼 중 자율주행과 관련된 과목은 ‘건설기계 종합설계’이다. 이 과목을 통하여 대학원생들은 건설기계의 모형에 자율주행기술을 접목하여 실습을 통한 건설기계 자율주행에 대한 설계를 학습한다.

건설기계나 산업 차량에 자율주행을 접목함으로써 얻는 이점 중 현장의 사고 발생률을 낮추고 생산성을 높이는 것을 목적으로 하여 교육 및 실습을 진행하고, 이를 해결하는 과정에서 자율주행에 필요한 이론과 실습 교육을 통하여 관련 기술을 습득하는 것을 목표로 한다. 실제로 실습 교육에 사용된 모델은 ‘Lego Technic Volvo L350F’ 제품으로 볼보의 휠로더 모형을 소형화 한 모델로 Fig 2에서 확인할 수 있다. 이 휠로더 모형을 제어하기 위한 하드웨어는 Fig 3에서 볼 수 있듯이 오픈소스인 아두이노(Arduino)를 사용하여 실습 교육을 진행한다.

아두이노는 다수의 스위치나 센서로부터 값을 받아들이며, LED나 모터와 같은 외부 전자 장치들을 통제함으로써 환경과 상호작용이 가능한 물건을 만들어내는 데 사용된다. 임베디드 시스템 중의 하나로 쉽게 개발할 수 있는 환경을 이용하여 장치를 제어하는데 사용하고, 주어진 알고리즘에 따라 제어시스템을 구성한다. 이 실습교육에는 Fig 4에서 보는 것 같이 아두이노 IDE를 사용하여 휠로더 구동 프로그램을 구성한다.

로봇 팔에는 두 개의 DC 모터로 높이와 기울기를 설정하고, 구동부에는 DC 모터와 서보모터로 주행과 방향전환이 가능하도록 모델을 구성한다.

실제로 자율주행의 개념을 적용하기 위해 주행, 작동, 구동 세 가지 분야로 나눠 실습 교육을 실시하고, 주행 분야는 적외선 센서, 색 인식 센서, 초음파 센서 등 센서를 사용하여 라인트레이싱을 통한



Fig. 2 휠로더 모형과 자율화된 휠로더 모형

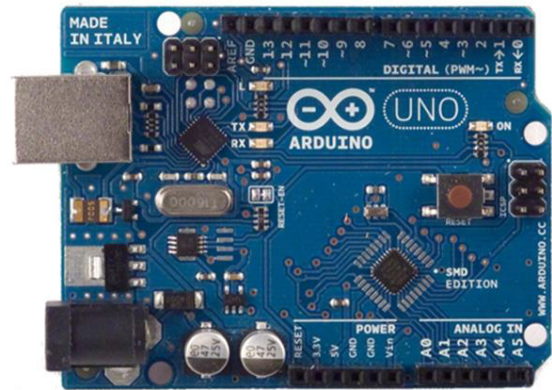


Fig. 3 아두이노 우노 모델

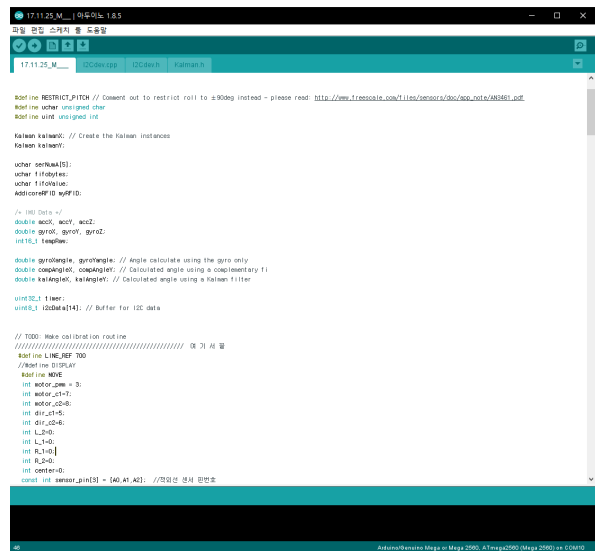


Fig. 4 아두이노 프로그램(IDE) 코딩 화면

자율주행의 조향제어 설계를 수행하며 적용된 센서는 Fig 5를 통하여 확인할 수 있다. 작동 분야는 크레인의 작업 동작을 구현하기 위한 제어 알고리즘을 설계하고, 구동 분야는 제어 알고리즘을 종합하는 역할과 함께 휠로더의 액추에이터를 설계한다. 학습한 이론과 제어시스템을 활용하여 자율주행 시

시스템을 집합한 휠로더 자율주행 실습은 Fig 6와 같은 트랙과 Fig 7과 같은 알고리즘을 가지고 수행한다.

휠로더 자율주행 실습은 Fig 6의 트랙과 같이 라인트레이싱, 장애물 회피 그리고 로봇 팔구동이 있으며, Fig 7의 알고리즘에 따라 수행한다. Table 1은 라인트레이싱의 프로세스, Fig 8은 장애물 회피 프로세스, Fig 9는 로봇 팔구동에 대한 프로세스가 나타나져 있다. Fig 10는 라인트레이싱 프로세스에 대한 휠로더 결과물, Fig 11은 장애물 회피에 대한 휠로더 결과물, Fig 12은 로봇 팔 구동 프로세스에 대한 휠로더 결과물을 나타내었다.

라인트레이싱은 적외선 센서, 장애물 회피는 초음파 센서 그리고 로봇 팔구동은 모터와 자이로, 적외선 센서와 관련이 있으며, 각각의 동작을 나타내는 것을 아두이노를 이용하여 휠로더가 주행하도록 프로그램을 구성한다<sup>2)</sup>.

라인트레이싱의 프로세스는 위에서 말한 것과 같이 Tabel 1과 같으며 근거리 적외선 센서를 통하여 라인을 탐색한다. 이를 통해 모터를 제어함으로써 지정 트랙에 따라 휠로더가 주행하게 된다.

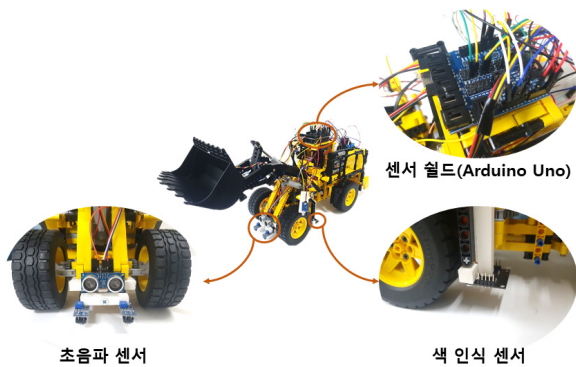


Fig. 5 휠로더에 장착된 센서

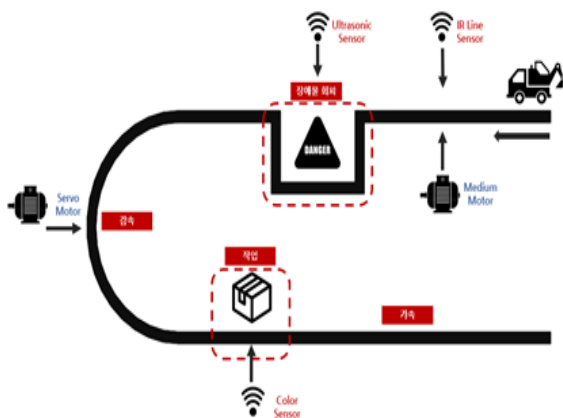


Fig. 6 휠로더 자율주행 실습 트랙

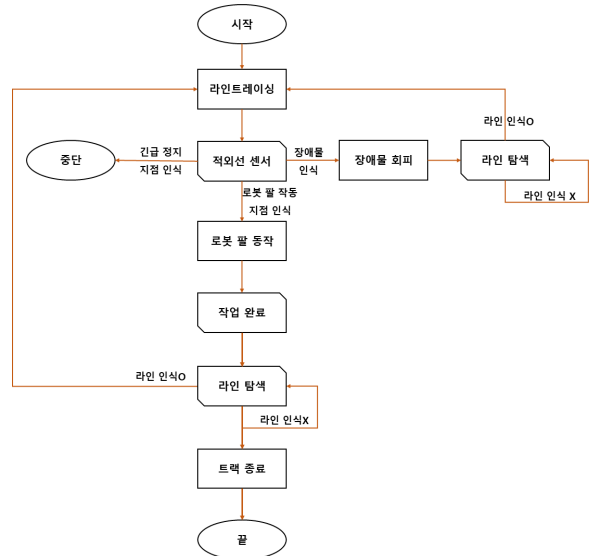


Fig. 7 휠로더 자율주행 실습 구동 알고리즘

Table 1 라인트레이싱 프로세스

라인트레이싱 프로세스				
왼쪽	가운데	오른쪽		구동결과
X	X	X	→	정지
O	X	X	→	큰 좌회전
O	O	X	→	작은 좌회전
O	O	O	→	직진
X	O	O	→	작은 우회전
X	X	O	→	큰 우회전

장애물 회피의 프로세스는 Fig 8과 같으며 근거리 적외선 센서, 초음파 센서를 통하여 장애물을 인식한다. 장애물이 인식되면 장애물을 회피하여 다시 트랙으로 복귀하도록 프로그램을 구성한다.

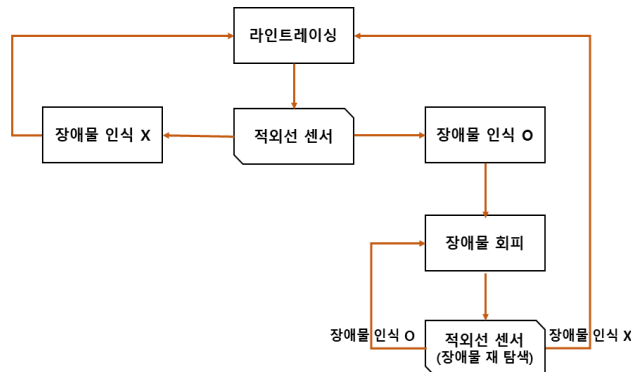


Fig. 8 장애물 회피 프로세스

마지막으로 로봇 팔구동 프로세스는 Fig 9를 보면 알 수 있듯이 가속도, 자이로 센서를 통해 버킷과

팔에 장착되어 기울기 값으로 작업을 통제하여 작업물을 적재하고 하차하도록 프로그램을 구성한다.

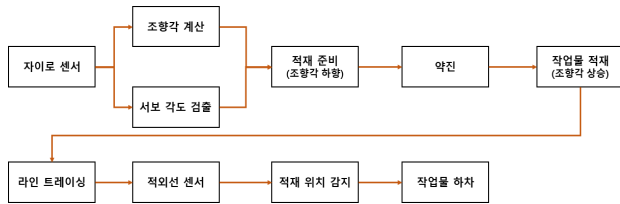


Fig. 9 로봇 팔구동 프로세스

휠로더 자율주행 실습은 휠로더의 주행 및 작업을 구현하는 실습이며, 이 과정에서 액추에이터를 구동하고, 센서를 통해 측정된 데이터를 계측 분석하며, 제어 및 알고리즘의 직접적인 설계를 통하여 문제 해결 능력과 건설기계 자율화 기술에 대한 능력이 향상되도록 한다.

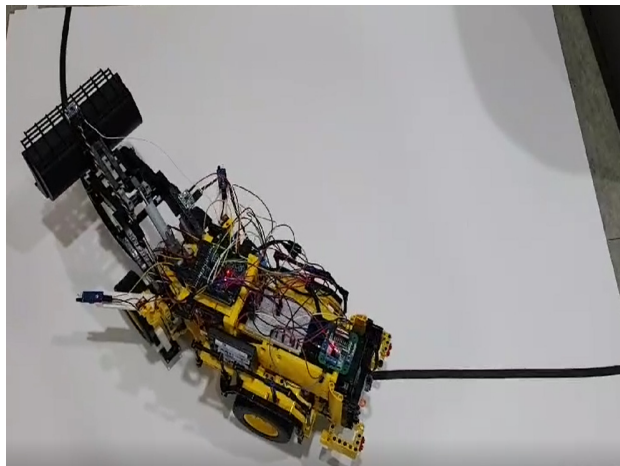


Fig. 10 라인트레이싱 동작

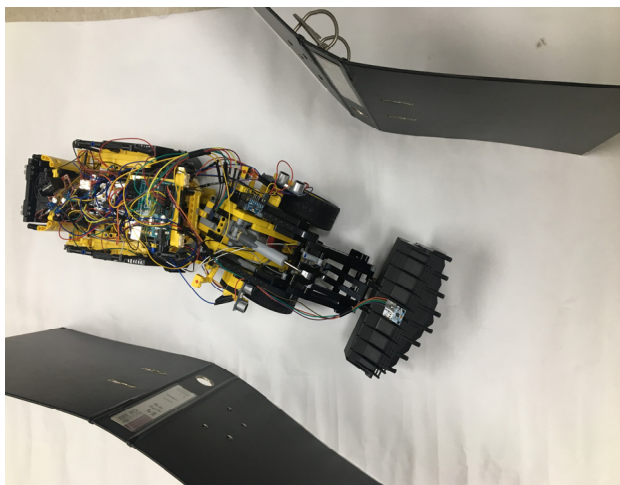


Fig. 11 장애물 회피 동작

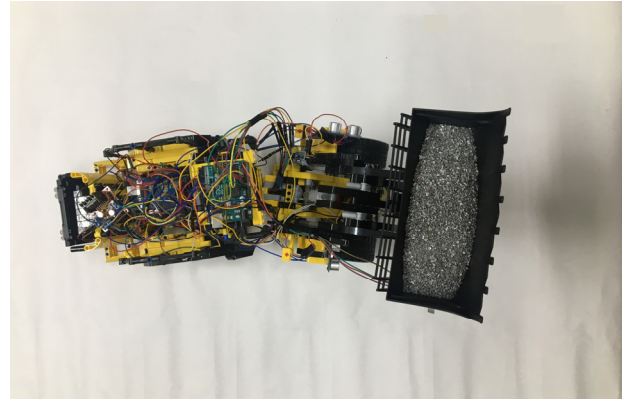


Fig. 12 로봇 팔구동 동작

#### 4. 결 론

4차 산업이 새로운 기술 혁신으로 떠오르는 가운데 건설기계에도 ICT(무인화/원격화) 기술개발이 요구되고 있다. 이러한 상황 속에서 인하대학교 건설기계공학과는 건설기계 종합설계 과목을 통하여 건설기계 자율주행기술을 접목하였고, 실습을 통하여 자율주행에 대한 개념과 기술을 교육하는 것을 볼 수 있다. 또한, 액추에이터를 구동하고, 센서를 통해 측정된 데이터를 계측 분석하며, 제어 및 알고리즘의 직접적인 설계를 통하여 문제 해결 능력과 건설기계 자율화 기술을 향상시키는 것을 알 수 있다.

건설기계 최신 동향을 반영하며 실습위주의 교육을 통하여 졸업 후 현장에서 크게 기여할 것으로 예상되며, 학과와 컨소시엄 협약을 맺은 기업의 기술적 문제 해결을 산학연계 R&D 과제를 통하여, 건설기계 자율주행, 제어, 생산기술 등을 기반으로 하는 IT 융복합 설계기술을 가진 전문 인력을 산업체가 필요한 인재로 양성 할 것이다. 향후 자율주행 분야의 과제를 통하여 비전 센싱을 이용한 라인트레이싱에 관련한 교육을 개발하여 건설기계 자율주행 발전에 기여할 것이다.

#### 참고 문헌

- 1) K. Y. Jo, M. K. Seo and S. H. Nam, "Technology Trends and Industrial Outlook of Intelligent Construction Machinery", KEIT PD Issue Report, pp.27~35, 2016
- 2) D. B. Yoon, K. Y. Lee, S. G. Han and S. D. Lee, "A Study on Flight Stabilization of Drones by Gyro Sensor and PID Control", Journal of the KIECS, pp. 591~598, vol.12, no.4, 2017

## [저자 소개]



이철희

E-mail : chulhee@inha.ac.kr

Tel : 032-860-7311

2006년 일리노이 대학교-어바나 샴페인  
(미국) 기계공학과 박사. 2007년~현재  
인하대학교 기계공학과, 미래형자동차공  
학과, 건설기계공학과 교수. 1996~2002년

현대자동차 연구소 연구원. 2004~2007년 미국 캐터필러 중  
앙연구소 선임연구원. 부품 설계 및 최적화 기술. 트라이블러  
지공학. 기계시스템 동역학 및 제어 기술. 자율주행 기술. 대  
한기계학회, 윤활공학학회, 유공압건설기계학회, 한국소음진  
동공학회, 한국자동차공학회 회원, 공학박사.