

20% 공사비 절감이 가능한 AI기반 Smart Construction AI-based Smart Construction that Can Reduce Construction Costs by 20%

최평호

Choi Pyung Ho

1. 기술개발의 배경

국내 건설산업은 숙련공 부족 현상, 고령화 문제, 안전상의 문제로 인한 노무 생산성 저하, 임금상승으로 인한 채산성 악화, 품질의 균일성 및 안전성 확보의 어려움 및 시공기술 경쟁력의 약화는 국내 건설 산업이 해결해야 할 필수적인 과제가 되었다.

기존 인력에 의존하여 토공작업을 수행하는 경우에는 장비의 움직임이나 최적경로등 지능화된 기능을 고려하지 못하고 운전자의 직관적인 판단에 의해 임의대로 작업을 수행함으로써 작업의 생산성 및 효율을 극대화하지 못하고 있다. 토공사의 건설 공정관리는 프로젝트의 설계, 구매, 시공, 시운전, 유지보수의 과학적, 체계적 관리를 가능하게 하는 건설기술의 필요성이 절실하지만, 국내 건설현장의 공정관리에 대한 정보, 경험, 지식은 건설기업의 지적 자산임에도 불구하고 체계적으로 저장, 활용되지 못하고 현장의 종료와 함께 사라지거나 이를 담당 하였던 개인 중심으로만 보유하고 있는 것이 현실이다.

해외 선진국의 경우에는 지능형 건설기계와 토공 작업에 ICT융합 및 지능화와 자동화를 통해 기존의 방법에 비해서 생산성과 관리효율을 높인 독자적인 자동화 기계와 지능형 솔루션 상품을 출시하고 있다. 일본의 건설중장비 업체 코마츠(KOMATSU)는 스마트 건설이라는 개념을 전면에 내세워 스마트 건설 개념을 시장에 선보였으며, 기존 텔레메틱스 시스템인 Komtrax와 Komtrax Plus를 통하여 취득한 시장정보를 ICT 기술을 이용하여 장비생산라인과 직접 연결하였음. 장비상태정보를 활용하여 시스템 동작 및 부품의 마모 조건을 분석함으로써 부품의 수명을 예측하고 유지보수에 필요한 시간까지 정확히 예측하여 소비자에게 제공하는 서비스를 시작하고 있다. 미국의 Trimble사는 토공자동화 시스템을 개발하여 그래픽을 이용한 머신 가이드의 예로서 이들 시스템은 불도저, 다짐기, 굴삭기 등의 토공장

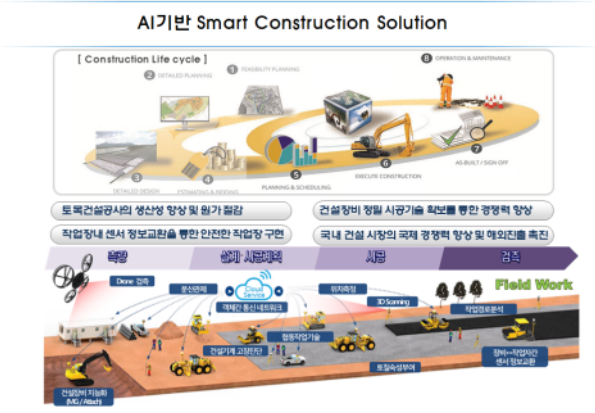
비의 실시간 위치정보를 GPS 시스템을 이용하여 실시간으로 업데이트하여 장비 내에 설치된 모니터 상에 CAD 설계정보와 오버랩하여 보여줌으로써 장비 운전자에게 절토위치와 성토위치에 대한 정보를 제공하는 등 선진화된 시스템을 시장에 선보였다. 세계적인 추세에 발맞추어 국내 건설기계의 자동화 및 지능화된 공정관리 솔루션을 개발하게 되었다. 보수적인 건설 산업에서는 기술개발과 현장실증을 통해서만 그 효과가 입증되기에 개발에 그치지 않고 실증까지 추진하였다.

최신 정보통신 기술을 이용하여 토공현장에서 발생할 수 있는 다양한 Parameter(지형정보, 장비패턴, 장비조합, 고장진단,환경, 공사중 변수)들에 대한 정보를 수집하고, 건설기계의 지능화된 협업기술을 개발하고, AI 기반으로 최적공정을 추론하여 환경변화에 따른 재계획(Re-Planning)을 통해 의사결정을 지원하는 기술을 개발하여 시공현장 단위공정에서 공사비를 20%이상 절감 할 수 있는 Smart Construction 기술 개발을 목표로 연구개발 및 현장 실증을 하게 되었다.

2. 연구개발 내용

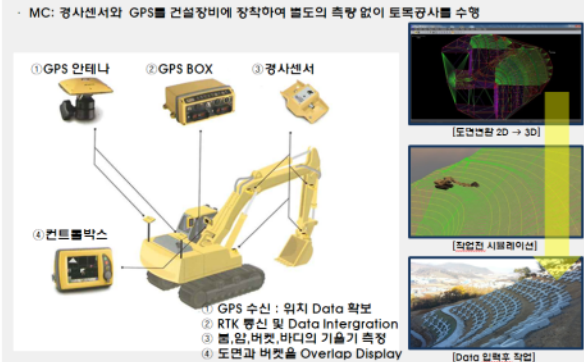
토공공사 현장에서는 굴착기와 덤프등 중장비로 작업을 수행하는데 생산성 향상을 위해 장비 대형화에 치중하였다. 토공사 현장에서의 생산성 향상을 위해서는 장비간의 최적조합 및 장비의 작업중 상태정보 및 환경정보등 다양한 정보의 분석을 통한 개선활동이 필요하다. 또한, 측량 및 검측 등의 관리 절차에 ICT기술을 접목하여 현장작업 중 Idle Time을 최소화하고 사람의 실수로 인한 재시공 방지 등 휴먼에러를 최소화하는 것이 공사비에 큰 영향을 주는 것에 착안하여 인력작업을 기술로 극복하고 경험에 의존한 공사관리 기법을 AI(Artificial Intelligence)기반의 솔루션의 개발로 해결하고자 하였다. 공사 착수 시에 드론 촬영을 통하여 토공 현

항정보를 획득하고 보링주상도를 근거로한 전구간 토질속성정보를 추출하여 최적의 장비배치 및 작업 순서를 AI기술을 통해 가이드하고 현장작업은 측량 기술자의 지원 없이 장비 스스로 작업위치를 파악하고 설계면(시공기면) 대로 한번에 정확하고 빠르게 시공할 수 있는 AMG(Automated Machine Guidance)와 MC(Machine Control System)를 투입하고 자체개발한 AMG와 MC에는 발주처에서 원하는 검측기능



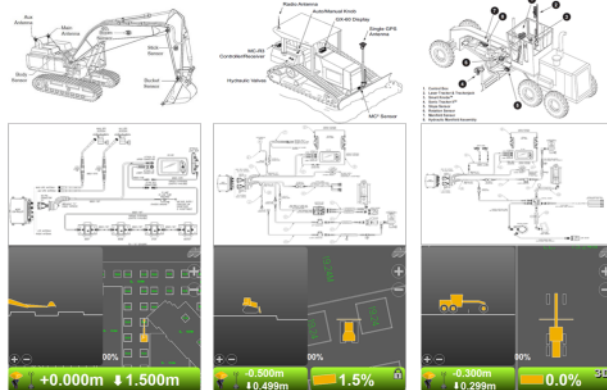
<Smart Construction 시스템 개념도>

◎ AMG(Automated Machine Guidance)



<AMG 개념도>

◎ MC장비별 시스템 구성도



<MC 시스템 구성도>

을 탑재하였으며, 건설장비에는 고장을 사전 예측하는 알고리즘을 개발하였으며, 건설장비와 설계정보는 네트워크를 통하여 실시간으로 관리할 수 있는 시스템을 개발하였다.

3. 연구개발 실증

본 과제를 통하여 개발된 자동화장비 및 솔루션의 생산성 향상을 측정하기 위해 LH(한국토지주택공사)와 한국도로공사와 함께 각각의 현장에 적용하여 기존방식의 작업과 자동화 시공방법의 생산성을 비교 하였다.

◎ 비교검증 Case 1

◆ LH공사 (과천지식타운연장)

- 개요 : LH공사가 시행하고 있는 과천지식타운연장에 2단 절면(H=10m), 40m 구간을 기존 시공방법과 당사가 개발한 자동화 기술 시공방법을 적용하여 시공일자, 시공속도, 시공품질, 투입인원을 비교 검증함.

- 기존 시공방법과 자동화 기술 공사비 비교

구분	기존 시공 방법	자동화 기술 방법	비고
일제비	602,468 원	418,792 원	작업시간 + 시공시간
유류비	355,133 원	248,867 원	작업시간 + 시공시간
인건비	75,000 원	8,333 원	작업시간 + 지공전 제방시간 + 지공중 제방시간 + 자동화 기술방법 + 1인 기준
합계	1,032,592 원	676,992 원	자동화가 34.7% 절감

- 기존 시공방법과 자동화 기술 공사기간 비교

▶ 기존 시공방법 : 776분 (시공 전 측량 15분 + 시공 761분)
▶ 자동화 기술 시공방법 : 549분 (도면작업 20분 + 시공 529분) 29.3% 감소

<LH와 법면공사 생산성,비교 테스트>

◎ 비교검증 Case 2

◆ 한국도로공사 (대구외곽순환건설공사)

- 개요 : 한국도로공사가 시행하고 있는 대구외곽순환건설공사 6구구에 침투도랑 40m 구간을 기존 시공방법과 당사가 개발한 자동화 기술 시공방법을 적용하여 시공일자, 시공속도, 시공품질, 투입인원을 비교 검증함.

- 기존 시공방법과 자동화 기술 공사비 비교

구분	기존 시공 방법	자동화 기술 방법	비고
일제비	102,917 원	67,292 원	작업시간 + 시공시간
유류비	60,667 원	38,667 원	작업시간 + 시공시간
인건비	11,333 원	4,167 원	작업시간 + 지공전 제방시간 + 지공중 제방시간 + 자동화 기술방법 + 1인 기준
합계	174,917 원	110,125 원	자동화가 36.5% 절감

- 기존 시공방법과 자동화 기술 공사기간 비교

▶ 기존 시공방법 : 136분 (시공 전 측량 6분 + 시공 130분)
▶ 자동화 기술 시공방법 : 95분 (도면작업 10분 + 시공 85 분) 30.1% 감소

<도로공사와 관로공사 생산성, 비교 테스트>

Case1의 경우에는 재래식 시공방법 대비 34.7%의 원가절감과 29.3%의 공사기간을 단축할 수 있었으며, Case2의 경우에는 재래식 시공방법 대비 30.1%의 원가절감과 30.1%의 공사기간을 단축하였다.

MC(Machine Control System)의 경우에는 AMG 보다 더욱 높은 생산성 향상을 검증할 수 있었다.

법면작업의 경우에는 기존 시공방법 대비 60.7%의 공사비 절감효과를 확인하였으며, 관로면 작업의

경우에는 기존 시공방법 대비 48.6%의 공사비 절감 효과를 확인하였다. 시공품질 면에서도 자동화 장비의 품질이 우수함을 확인할 수 있었다.



<기존 시공 방법 VS Machine Control System>

구분	기존 시공	MC 시공	계산식
장비비	25,333원	12,667원	장비월대/작업일/8/60m×작업시간
유류비	11,733원	5,867원	160Liter/8/60m×작업시간
인건비	15,417원	2,083원	측지기사 일급/8/60m×작업시간×1인
합계	52,483원	20,617원	※ 시공원가 60.7% 절감

<법면공사 : 기존 시공 방법 VS MC>

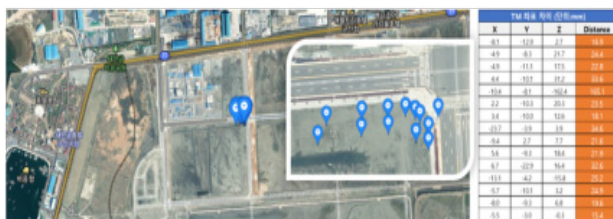
구분	기존 시공	MC 시공	계산식
장비비	13,458원	8,708원	장비월대/작업일/8/60m×작업시간
유류비	6,233원	4,033원	160Liter/8/60m×작업시간
인건비	9,167원	2,083원	측지기사 일급/8/60m×작업시간×1인
합계	28,858원	14,825원	※ 시공원가 48.6% 절감

<관로공사 : 기존 시공 방법 VS MC>

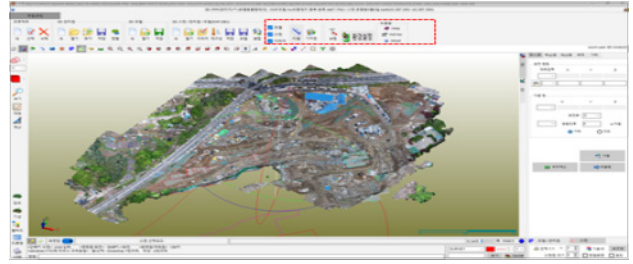
건설장비 자동화 시스템인 AMG와 MC로 장비 조합 및 공정관리 개선을 위한 다양한 콘텐츠를 적용하여 기존시공방법에서 탈피한 Smart Construction 플랫폼을 구축하여 실제 시공중인 건설현장에 적용하여 현실 적용성을 강화하였다.



<AI기반의 Smart Construction Solution>



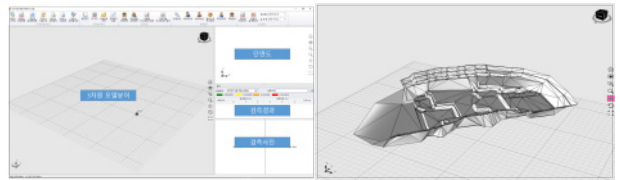
<IoT 네트워크 객체 위치 정밀도 검증>



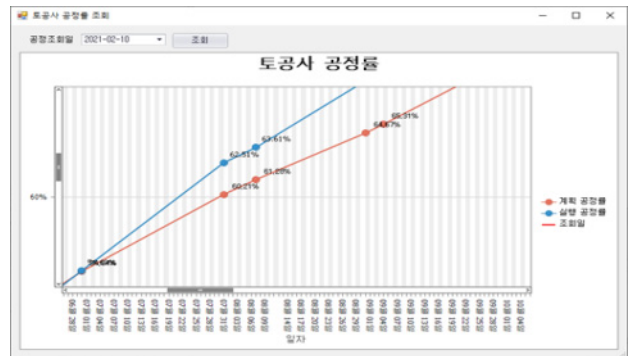
<월드맵(글로벌맵+로컬맵) 통합 플랫폼 개발>



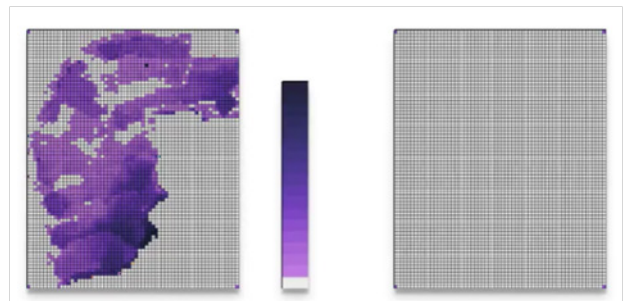
< 3차원 지반지형 속성정보 입력시스템 >



<플랫폼 U. Interface> <3차원 모델뷰어>



<실시간 공정을 관리>



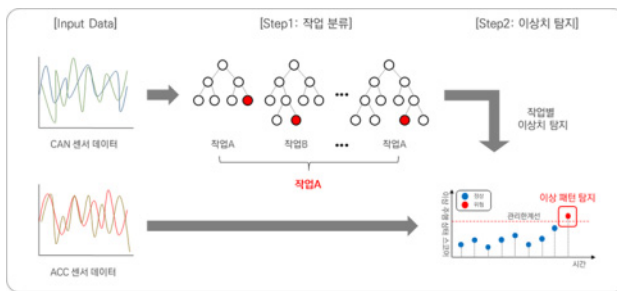
<토공일자별 시기반 토공 시뮬레이션 플레이어>



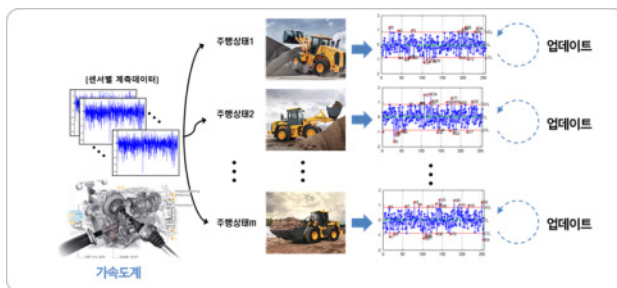
<기간별 장비 가동률 및 Idle Time 분석>



<덤프이동 동선 분석 및 운행정보 분석>

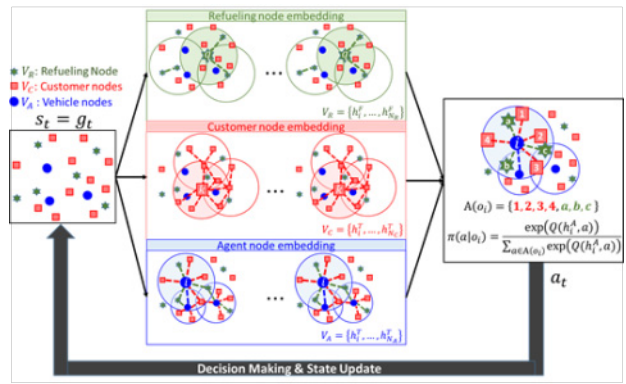


<전체 이상 탐지 알고리즘 과정>



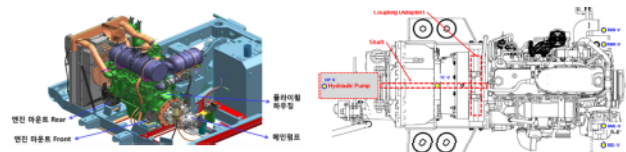
<주행상태 별 정상 장비 상태 판단>

이와 같이 건설현장에서 실제로 이루어지는 공사 중 발생할 수 있는 갑작스러운 장비고장을 AI기반의 사전 예측알고리즘과 토질별 잔여공사 구간을 드론 촬영 및 분석한 데이터를 AI알고리즘이 최적화된 경로와 장비조합을 현장관리자에게 가이드해 주면, 현장에서는 생산성이 높은 자동화 굴착기가



$N_c = 25$				$N_c = 50$				$N_c = 100$			
N_v	CPX	ORT	RL	N_v	CPX	ORT	RL	N_v	CPX	ORT	RL
2	20 (∞)	15 (3.9)	20 (0.96)	2	-	34 (38.3)	30 (4.8)	5	-	27 (510.3)	29 (11.9)
3	14 (∞)	10 (36.6)	16 (1.01)	3	-	22 (2.2)	22 (4.1)	10	-	-	20 (12.1)
5	12 (∞)	-	8 (0.98)	5	-	14 (1.7)	14 (3.8)				

<Attention mechanism 및 Proximal Policy Optimization 기법의 덤프 공정 최적화 알고리즘>



<굴착기, 휠로더 동력전달계 가속도신호 계측 위치>

작업을 수행하고 덤프는 최적의 경로로 이동하며 싸이클 타임을 줄이며 이동할 수 있게 되었다. 공사 관리자는 직접 현장에 나가서 검측등의 관리를 최소화할 수 있으며, 이러한 프로세스를 통해 공사기간을 효과적으로 관리할 수 있었다.

4. 결론

최근 세계 건설시장 발주현황은 지속적으로 상승세를 보이고 있다. 하지만 이에 반해 국내기업의 해외건설 수주 성과는 저조한 실적이다. 해외건설 수주실적이 저조한 요인에는 중동플랜트공사의 발주와의 연관성이 가장 큰 요인이라 생각되며, 그 외의 요인으로 기존에 선진국들과의 경쟁에서 가격면에서 갖고 있던 경쟁력이 중국 및 제3신흥국 들과의 저가 경쟁력에 자리를 빼앗기고 있다.

선진국과는 건설장비 자동화 기술과 스마트건설의 기술경쟁력에서 우위를 선점하지 못하고 있기 때문이라고 판단 된다. 이러한 건설장비 자동화와 선진화 된 스마트건설 솔루션 기술 개발 및 보급 확산이 시급한 실정이며, 이는 건설기계의 해외 수출 확대 및 해외 건설수주와도 연계될 것이다. 정부에서는 건설장비 자동화의 중요성을 인지하여 R&D

에 투자를 하고 있긴 하지만, 현실적인 적용 확대를 위한 제도화 및 법제화에 대한 추진속도가 부족한 상황이다. 미국과 일본등 선진국처럼 정부가 법제화에 좀 더 노력한다면 한국은 건설장비 자동화 및 스마트 건설 솔루션의 고도화를 통한 대내외 경쟁력을 확보하여 세계 건설기계 시장 및 세계건설시장의 점유를 높일수 있다고 생각한다.

[저자 소개]

최평호

E-mail : cceagle@youngshine.net

Tel : 031-8060-1111

1998년 홍익대학교 토목공학과 졸업

(주)영신디엔씨 미래전략본부 본부장

기술연구소 연구소장

국토부 정책수립 자문위원



주요연구실적 : '지능형 굴삭 시스템 개발'

'고정밀 GPS를 장착한 자동측량 굴삭시스템'

'IoT기반 건설현장 안전관리 시스템', '중장비 접근

제어 시스템', '건설현장 품질 및 안전성 향상을

위한 스마트 성토다짐관리 시스템'

산업통상자원부 '20%공사비 절감이 가능한 AI기반 Smart

Construction 기술개발' 연구단장