

자율계측 기반 초정밀 디지털맵 구축 기술의 개념 설계 -토공사 및 포장공사를 중심으로-

박재우*, 염동준*, 강태경*

*한국건설기술연구원

e-mail: djyeom@kict.re.kr

Conceptual Design of Detailed Digital Map Generation Technology based Autonomous Geo-survey

Jae-Woo Park*, Dong-Jun Yeom*, Tai-Kyung Kang*

*Dept. of Construction Policy Research, Korea Institute of
Civil Engineering and Building Technology

요약

스마트 건설기술은 건설사업 전 단계에 정보통신기술(ICT), 드론·로봇 등 다른 분야의 기술을 적극 도입하고 업무에 융합하며, 알기 쉬운 3차원 시각 정보를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 특히, 토공사 및 포장공사 현장에서 실시간으로 형성되는 지형정보는 토공량 산정 및 시공관리의 기초가 되며, 지형정보의 안전·신속·정확한 취득은 공사 전 공정의 진척도 파악을 통한 생산성 향상, 비용절감을 가능케 한다. 따라서 본 연구의 목적은 토공 및 포장공사를 대상으로 작업자 간섭을 최소화할 수 있도록 하는 자율계측 기반 초정밀 디지털 맵 구축 기술의 개념 설계를 도출하는 것이다. 본 연구를 통해 도출된 자율계측 기반 초정밀 디지털 맵 구축 기술의 개념 설계가 실제 개발되어 현업에 투입될 경우 토공사 및 도로공사 등의 현장에 대한 실시간 지형정보 데이터 기반 시공관리를 통해 건설사업 전반의 생산성 향상, 비용절감이 가능해질 것으로 기대된다.

1. 서론

국내·외 건설산업 환경에서 최신 스마트 기술 기반의 업무 변화가 큰 이슈로 대두되고 있다. 이러한 스마트 건설기술은 건설사업 전단계에 정보통신기술(ICT), 드론·로봇 등 타 분야의 기술을 적극 도입하고 업무에 융합하며, 알기 쉬운 3차원 시각 정보를 제공하는 것을 목표로 하고 있다.

특히, 대형 건설사업에 있어 모든 공종의 기반이 되는 토공사 및 포장공사는 다수의 영역에서 동시다발적으로 굴착, 운반 등 작업이 진행되므로 현장 여건의 변화가 매우 크며, 강우 및 기온 등 기상 조건에 영향을 많이 받는다는 특징을 지닌다. 이러한 토공사 및 포장공사 현장에서 실시간으로 형성되는 지형정보는 토공량 산정 및 시공관리의 기초가 되며, 지형정보의 안전·신속·정확한 취득은 공사 전체 공정의 진척도 파악을 통한 생산성 향상, 비용절감을 가능케 한다.

본 연구의 목적은 토공 및 포장공사를 대상으로 작업자 간섭을 최소화할 수 있도록 하는 자율계측 기반 초정밀 디지털 맵 구축 기술의 개념 설계를 도출하는 것이다. 본 연구를 통해 도출된 개념 설계가 실제 개발되어 현업에 투입될 경우 토공사, 도로공사 등의 현장에 대한 실시간 지형정보 데이터 기반 시공관리가 가능해질 것으로 기대된다.

2. 자율계측 기반 초정밀 디지털맵 구축 기술의 정의

현재 건설산업은 공사기간 연장 및 지연, 생산성 저하 발생, 4차 산업혁명 대두로 인한 건설기술 융/복합 발전 등으로 다양한 문제에 직면하고 있는 상황이며, AI기술을 기반으로 이종 계측데이터의 정합, 3D 포인트 클라우드 획득, 객체인식 등 스마트 건설 기술의 육성이 필요한 상황이다. 특히, 해외 글로벌 건설기계 기업의 기술선점으로 인한 기술종속에 대한 피해가 예상되며, 따라서 AI기반 3차원 지형변화분석 알고리즘, 3D 포인트 클라우드 객체인식 알고리즘 및 이를 통합하는 이종 데이터 정합기술의 개발이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 상기의 문제점을 개선하기 위해 자율계측 기반 초정밀 디지털맵 구축 기술을 ①AI 기반 자율 군집 드론 계측시스템(UAV; Unmanned Aerial Vehicle), ②지상 무빙플랫폼 기반 지형정보 자율 계측시스템(UGV; Unmanned Ground Vehicle)을 통해 취득한 현장 지형의 3D 포인트 클라우드 데이터를 통합하여 ③토공사 및 포장공사의 초정밀 디지털맵을 생성하고 시시각각으로 변화하는 지형을 자동으로 업데이트 하는 기술로 정의하였다.

3. 자율계측 기반 초정밀 디지털맵 구축 기술의 개념 설계

3.1 AI 기반 자율 군집 드론 계측시스템

드론을 활용한 사진측량은 수치지도, 정사영상 등과 같은 높은 정확도의 공간정보 획득과 각종 모니터링 목적으로 활발하게 활용되고 있으나, 현재 드론의 측량 기술은 측량 후 수작업을 통한 작업자의 간섭이 필수적으로 필요하므로 현재까지는 단독으로 시행될 수 없으며, 지상측량과 도화수작업의 보완이 있어야 측량성과로 활용이 가능하다. 또한, 드론을 활용한 사진 측량 기술은 영상을 기반으로 하는 기술적 한계성으로 인해 구현되는 디지털맵의 정확도가 다소 부족하다는 문제점을 지닌 것으로 조사되었다.

본 연구에서는 상기의 문제점을 개선하기 위해 아래 그림 1과 같이 AI 기반 자율 군집 드론 계측시스템의 개념 설계를 도출하였다. AI 기반 자율 군집 드론 계측시스템은 기존 드론을 활용한 사진측량 방식 대비 우수한 정확도를 확보하기 위해 양자라이다 기반 자율 계측 기능을 적용하였으며, 자율운영에 반드시 필요한 자동 충전 기능, 자율운영 중 안전사고 발생을 방지하기 위한 비상용 낙하산 및 에어백 기능이 적용되었다. 또한, 군집 드론을 활용함으로써 기존 드론을 활용한 사진측량 방식 대비 디지털 맵 구축의 생산성을 향상시킬 수 있도록 설계되었다.



[그림 1] AI 기반 자율 군집 드론 계측시스템

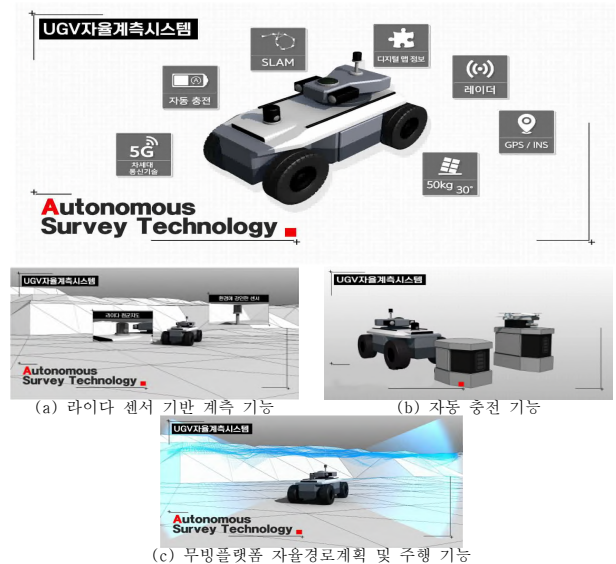
3.2 지상 무빙플랫폼 기반 지형정보 자율 계측시스템

토공사 및 포장공사 현장에 대한 통합 품질관리를 위해서는 변화하는 건설 현장의 정보를 정확하고 신속하게 파악할 필요성이 있다. 그러나 이를 정확하게 취득하기 위해서는 많은 인력과 시간이 요구되어 실시간으로 정보를 수집하는 데에 한계가 있는 상황이다.

본 연구에서는 상기의 문제점을 개선하기 위해 아래 그림 2와 같이 지상 무빙플랫폼 기반 지형정보 자율 계측시스템의 개념 설계를 도출하였다. 지상 무빙플랫폼 기반 지형정보 자

율 계측시스템은 비정형 토목현장을 측량 시간 동안 자유롭게 탐사하기 위해 수 시간동안 km단위의 경로를 주행할 수 있는 지속성능뿐만 아니라 비정형 환경에서의 단차 극복 능력 및 경사로 등판능력을 갖추어야 한다. 따라서 무빙플랫폼에는 연속적 활용을 위한 자율 충전 시스템 및 타 계측 시스템과 무빙플랫폼의 연계 기능이 적용되었다.

또한 시시각각 변화하는 비정형 건설 현장에서 정밀한 지형정보 수집을 위해 단수의 측량방법만 사용하는 것이 아닌 다중 센서 시스템을 구축하고 이를 기반으로 한 무빙플랫폼의 실시간 위치추정 및 지형정보 수집 기능을 적용하였다. 무빙플랫폼의 효율 향상과 시시각각 변화하는 건설현장의 특수한 환경에 맞추어 비정형 환경에서 정밀한 위치추정의 수행뿐만 아니라 최소한의 작업자 개입으로 임무를 수행하기 위한 자율경로계획 기능이 개념 설계에 반영되었다.



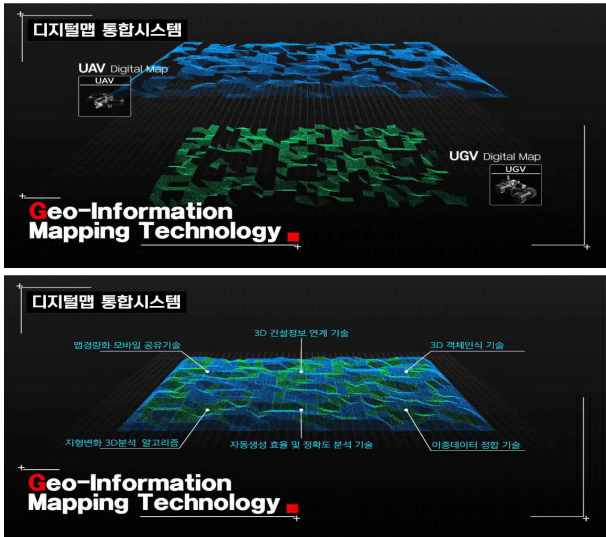
[그림 2] 지상 무빙플랫폼 기반 지형정보 자율 계측시스템

3.3 현장 지형정보 통합 초정밀 디지털맵 생성 시스템

토공사 및 포장공사 현장에서 지형정보의 정확도는 시공계획, 토공량 산정 및 시공관리의 기초가 되며, 지형정보를 얼마나 안전하고, 신속·정확하게 취득하는지 여부에 따라 공사 전 공정의 진척도를 파악하고 생산성 향상, 비용절감을 가능케 한다.

따라서 본 연구에서는 AI 기반 자율 군집 드론 계측시스템과 지상 무빙플랫폼 기반 지형정보 자율 계측시스템을 통해 획득되는 포인트 클라우드 데이터를 정합하여 현장 디지털맵을 생성하는 현장 지형정보 통합 초정밀 디지털맵 생성 시스템의 개념 설계를 아래 그림 3과 같이 도출하였다. 현장 지형정보 통합 초정밀 디지털맵 생성 시스템은 AI 기반 자율 군집 드론 계측시스템의 장점인 속도 및 자율성과 지상 무빙플랫폼 기반 지형정보 자율 계측시스템의 장점인 계측 정밀도 및 효율성을 함께 활용함으로써 기존 방식 대비 우수한 정밀도

를 지닌 디지털맵의 생성이 가능하다. 또한, 해당 기술은 단순히 이중데이터 정합을 통해 토공사 및 포장공사의 지형 디지털맵을 형성하는 것에서 그치는 것이 아니라 3D 건설정보 연계, 3D 객체인식, 지형변화 3D분석 등이 가능하도록 설계되었으며, 실시간 모바일 공유를 위한 맵경량화, 디지털맵 자동 생성 및 정확도 분석을 통해 구현 기술의 활용도를 제고하고자 하였다.



[그림 3] 현장 지형정보 통합 초정밀 디지털맵 생성 시스템

최종적으로 상기 세 가지 시스템의 유기적인 연동을 기반으로 설계된 자율계측 기반 초정밀 디지털맵 구축 기술의 개념(안)은 아래 그림 4와 같다.

4. 결론

본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 스마트 건설기술의 발전 방향 분석 결과, AI기반 3차원 지형변화분석 알고리즘, 3D 포인트 클라우드 객체인식 알고

리즘 및 이를 통합하는 이중 데이터 정합기술의 개발이 시급한 것으로 분석되었다.

2) 자율계측 기반 초정밀 디지털맵 구축 기술의 정의 결과, 그 세부 기술이 ①AI 기반 자율 군집 드론 계측시스템, ②지상 무빙플랫폼 기반 지형정보 자율 계측시스템, ③현장 지형정보 통합 초정밀 디지털맵 생성 시스템의 세 가지로 정의되었다.

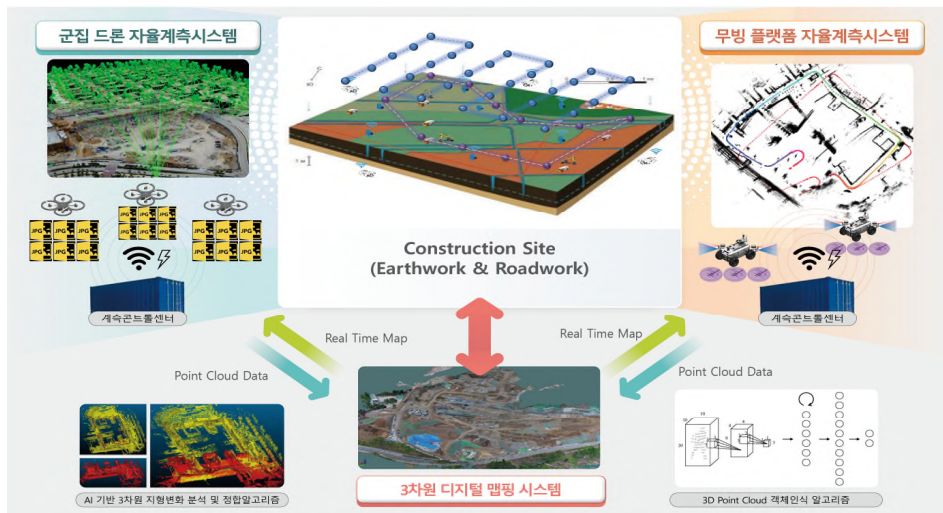
3) 자율계측 기반 초정밀 디지털맵 구축 기술의 구현을 위한 요구 기능 분석 결과, AI 기반 자율 군집 드론 계측시스템은 양자라이다 기반 자율 계측, 자동 충전, 비상용 낙하산 및 에어백 등이, 지상 무빙플랫폼 기반 지형정보 자율 계측시스템은 실시간 위치추정 및 지형정보 수집, 자동 충전 및 자율 경로계획 등이, 현장 지형정보 통합 초정밀 디지털맵 생성 시스템은 3D 건설정보 연계, 3D 객체인식, 지형변화 3D분석, 맵경량화, 디지털맵 자동 생성 및 정확도 분석 등이 요구 기능으로 분석되었다.

4) 최종적으로 상기의 연구 결과를 기반으로 개별 시스템의 개념 설계가 도출되었으며, 이를 통합하여 자율계측 기반 초정밀 디지털맵 구축 기술의 개념(안)이 도출되었다.

기존 도공현장은 건설정보를 육안으로 확인하거나 설계 일정을 통해 확인 가능한 반면, 본 연구에서 제안한 자율계측 기반 초정밀 디지털맵 구축 기술은 자율계측을 활용하여 촬영한 이미지 및 영상을 기반으로 인력 투입 없이 디지털맵을 신속하게 구축하여 시각적으로 토공사 및 도로공사 현장의 현황을 한눈에 확인하는 것이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 스마트건설기술연구사업의 연구비 지원(20SMIP-A156876-01)에 의해 수행되었습니다.



[그림 4] 자율계측 기반 초정밀 디지털맵 구축 기술의 개념 설계