

작업의 효율성을 고려한 최적 플랫폼 위치 선정 방안 -굴삭기 제원에 따른 최적화-

Decision of Optimal Platform Location Considering Work Efficiency -Optimization by Excavator Specification-

이 승 수^{*}, 박 진 응^{**}, 서 종 원^{***}, 김 성 근^{****}
Lee, Seung-soo, Park, Jin-woong, Seo, Jong-won, Kim, Sung-keun

요 약

현재, 국토해양부 건설기술혁신사업의 일환으로 2006년 말부터 토공자동화를 위한 '지능형굴삭시스템개발'이 진행되고 있다. 지능형 굴삭시스템의 세부핵심요소기술 중, Task Planning System(TPS)은 토공 작업의 효율성, 안전성, 경제성 등을 고려하여 토공 설계데이터와 작업환경 인식기술에 근거한 작업환경 데이터를 분석하여 최적의 작업계획을 수립하는 시스템이다. 작업계획생성 시 효율적인 토공작업을 위해서는 플랫폼 생성 시 그 위치가 최적의 점을 형성하여야 중첩되는 작업영역의 크기가 줄어들어 비효율적인 작업을 제거할 수 있으며 작업 시간을 최소화할 수 있고 굴삭작업의 생산성을 극대화할 수 있다. 또한, 최적 플랫폼 위치 선정 시 굴삭기 제원에 따른 최적화가 되어야 굴삭기의 규격에 따른 로컬 영역의 산출 알고리즘과 호환이 될 수 있다. 본 논문은 영역 분할 과정에서 산출된 로컬영역을 기준으로 굴삭기 제원에 따른 최적화된 플랫폼 위치 선정 방안에 대하여 살펴보고 검증을 통하여 효율성을 판단하고자 한다.

키워드: Task Planning System, 로컬 영역, 플랫폼, 지능형굴삭시스템, Local Package

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

2006년 말부터 국토해양부 건설기술혁신사업의 일환으로 토공자동화를 위한 '지능형굴삭시스템개발'이 진행되고 있다. 지능형 굴삭시스템의 세부핵심요소기술 중, Task Planning System(TPS)은 센서 데이터에 기초하여 실시간으로 업데이트 되는 실제 작업 상황과 동일한 컴퓨터 내의 가상 작업환경을 바탕으로 하여 최적의 토공작업 계획을 수행할 수 있도록 토공작업 및 감독자의 지식을 부여하는 기술이다. 작업 계획 생성은 전체 지형에 대한 작업계획 수립과 분할된 지형에 대한 작업계획이 수립되어야 하며 이러한 작업계획의 주된 대상은 토공사에서 작업 수행에 있어 주요 건설기계장비인 굴삭기를 중심으로 작업계획을 생성하게 된다. 따라서 굴삭기작업계획생성 시 효율적인 토공

작업을 위해서는 굴삭기의 최적의 플랫폼 위치선정이 중요하다. 전체 지형에 대하여 플랫폼이 어떻게 위치하느냐에 따라 중첩되는 작업영역의 크기가 줄어들어 비효율적인 작업을 제거할 수 있으며 굴삭기 이동에 대한 최소비용모형을 만족하여 작업 시간의 최소화 및 경제성을 향상시킬 수 있고 이에 따른 굴삭작업의 생산성을 극대화할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 굴삭기의 플랫폼 위치 생성에 중요한 변수인 굴삭기의 제원 및 이에 따른 로컬 패키지(Local Package)에 대하여 살펴보고 이를 고려한 최적의 플랫폼 위치선정 방안에 대하여 제안하고자한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 Local Package Algorithm을 통하여 생성되는 로컬영역(Local area)을 바탕으로 전체 작업지형의 영역분할 과정 중 단위작업영역 생성 시 고려되는 플랫폼의 위치선정 방안에 대하여 연구하고 연구에 대한 작업 효율성을 검증하는 것으로 연구의 범위를 한정하였다.

본 연구에서 주된 연구 방법은 굴삭기의 제원에 따른 로컬패키지를 중첩을 최소화하여 배열하였을 때의 위치를 정량화시켜서 모듈화 시키는데 있다. 중첩의 최소화를 통하여 작업 현장에서의 플랫폼의 개수를 최소화 시켜서 굴삭기의 불필요한 이동 및 방향전환을 최소화 시켜 작업의 효율성 및 경제적인 작업계획을 수립할 수 있으며 굴삭기의

* 일반회원, 한양대학교 토목공학과, 석사과정 rokhnor99@hanmail.net
** 일반회원, 한양대학교 토목공학과, 석사과정 okboard@hanyang.ac.kr
*** 종신회원, 한양대학교 토목공학과 부교수, 공학박사, P.E, 교신저자 jseo@hanyang.ac.kr
**** 종신회원, 서울산업대학교 건설공학부 조교수, 공학박사 cem@snut.ac.kr

본 연구는 국토해양부 첨단융합건설기술개발사업의 연구비 지원(과제번호 06첨단융합C01)에 의해 수행되었습니다.

이동 시 발생하는 전도 위험을 줄일 수 있다. 최적의 플랫폼 위치선정 알고리즘 개발은 지능형 굴삭시스템의 Task Planning System의 핵심 기술인 단위작업영역 설정의 기준이 되며 되는데 있어서 의미가 있다.

2 지능형 Task Planning System (TPS)

2.1 지능형 굴삭시스템의 주요 핵심 기술

지능형 굴삭시스템은 크게 세 가지 주요핵심기술로 구분할 수 있다. 첫 번째 기술은 '지능형 Task Planning System 개발 및 응용'으로서 지능형 굴삭 시스템의 핵심적인 두뇌역할을 할 계획 생성 시스템의 개발이다. 작업 환경의 센싱을 통한 모델링으로 지형 정보를 디지털화 하고 이는 Task Planning System을 통하여 영역 분할, 최적 플랫폼 생성, 작업 순차 생성, 굴삭기 이동 경로 계획 수립, 작업 내용의 품질 제어 등 계획 생성에 관련된 과제를 수행하고 시공 관리 모듈(PMIS)과의 연계를 통하여 효율적인 작업 진행이 되도록 한다. 특히, Task Planning System은 효율적이고 안전한 계획 생성을 위하여 숙련된 작업자 및 감독관의 휴리스틱스(Heuristics)를 DB화하여 개발을 하고 있다. 두 번째 기술은 '작업 환경 인식기반 지능형 제어기술 개발'로서 굴삭로봇이 작업 환경에 따른 최적의 매니플레이터 경로를 생성하는 등 자율 제어에 관련된 기술 개발이다. 세 번째 기술은 '작업특성을 고려한 지능형 굴삭시스템 개발 및 시스템 통합'으로서 생성된 계획에 대한 제어 명령에 대하여 정확한 추종제어를 할 수 있도록 하는 제어 알고리즘 및 하드웨어를 개발하고 개발된 모든 시스템을 통합 및 관리하게 된다. 다음 그림 1은 지능형 굴삭시스템의 주요 핵심기술에 대한 내용이다.

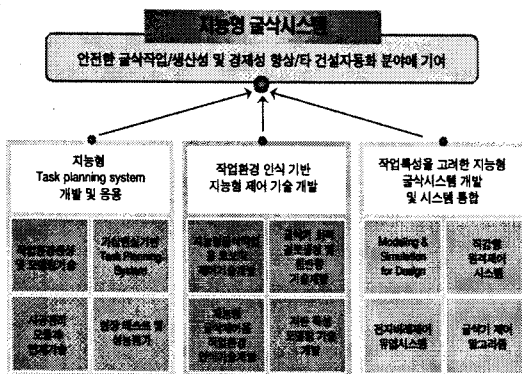


그림 1. 지능형 굴삭시스템의 주요 핵심 기술

2.2 지능형 TPS의 구성 모듈

지능형 TPS는 크게 영역분할, 영역별 작업순차생성, 최적 플랫폼 위치선정, 장비 이동경로 생성 및 계획, 품질 제어 모듈로 구성할 수 있다. TPS를 구성하는 모듈은 각자 독립적인 기능을 가지도록 설계가 되었지만 서로 유기적으로 기능이 얽혀 있어 모듈 간 호환성이 뛰어나야 한다. 또한, 지능형 TPS를 구성하는 각 모듈의 개발은 숙련된 작

업자의 휴리스틱스(heuristics)를 DB화하여 적용하였으며 이를 통하여 작업계획 수립에 있어 효율성 향상, 안전성 확보 및 작업 시 시행착오의 최소화를 고려하였다. 다음 그림 2는 지능형 TPS를 구성하는 모듈 및 수행 Process에 대한 그림이다.

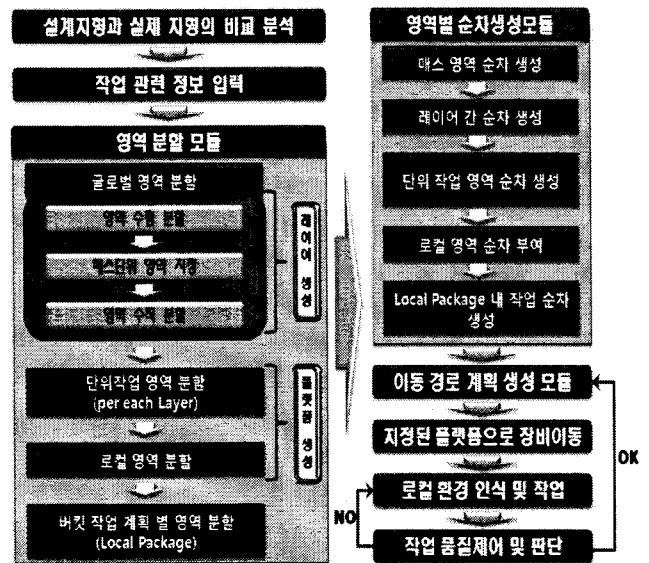


그림 2. 지능형 TPS 모듈 및 수행 Process

2.3 로컬영역을 구성하는 Local Package

플랫폼이란 작업 시 굴삭기가 고정되어 위치하는 지점을 말하며 굴삭기가 한번 위치하여 작업을 하는 규격화된 영역을 플랫폼 작업 단위 영역 즉, 로컬영역(Local area)라고 한다. 로컬영역은 TPS의 영역분할 모듈 중 가장 작은 단위로 분할된 영역이며 로컬영역을 구성하고 있는 세부작업 계획 수립을 위한 구성요소를 통틀어 Local Package라고 한다. 다음 그림 3은 CAD를 활용하여 설계된 Local Package에 대한 그림이다.

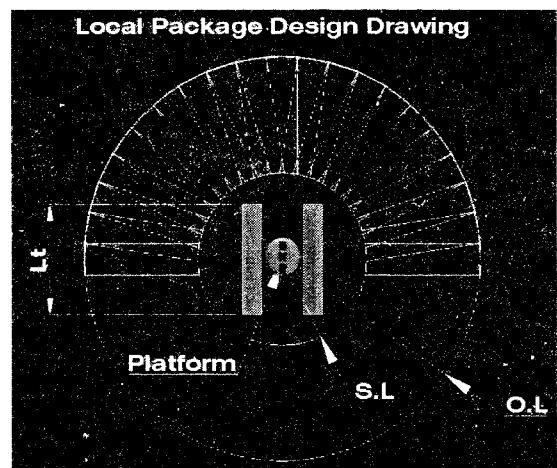


그림 3. 로컬영역을 구성하는 Local Package

로컬영역은 굴삭기의 제원에 따라 최적화된 규격이 되어야 작업의 효율성 및 안전성을 제고할 수 있으며 생산성을 향상 시킬 수 있다.

로컬영역은 크게 수평굴삭 범위(O·L), 수평굴삭각도(O·D) 및 집토 및 안전확보구간의 반경(S·L)을 통해 구성된다. O·D는 한 플랫폼에서 숙련된 작업자의 휴리스틱스(Heuristics) 및 작업의 효율성을 고려하여 180°를 적용하며 O·L 및 S·L은 굴삭기 제원에 따른 최적의 수치를 구하기 위하여 알고리즘을 개발하였다. 다음 그림 4는 굴삭기 제원에 따른 로컬영역의 규격 산출을 위한 O·L 및 S·L을 구하기 위한 식이다.

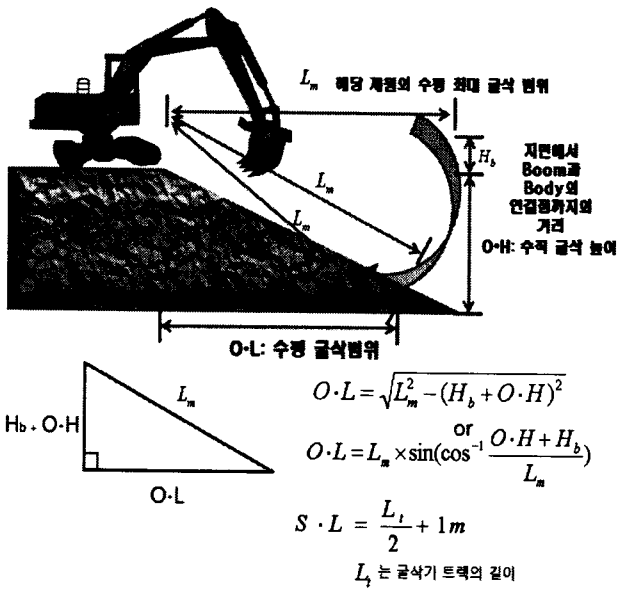


그림 4. 굴삭기 제원에 따른 O·L 및 S·L 산출

3. 최적의 플랫폼 위치선정

3.1 최적 플랫폼 위치선정 방안

굴삭기는 절토 작업 시 항상 일정한 방향성과 연속성을 가지고 후진을 하며 작업을 실시한다. 이는 굴삭기의 이동 거리 및 방향전환을 최소화하고 상차 작업을 용이하기 위한 방법이다. 따라서 토공사에서의 작업계획 생성 시 플랫폼의 중 방향 및 횡 방향에 있어서 중첩이 로컬영역 간 중첩이 최소화된 최적의 플랫폼 위치를 생성하는 것이 무엇보다 중요하다. 중첩이 최소화됨으로서 절토 영역에서의 플랫폼 개수가 줄어들어 불필요한 굴삭기의 이동 및 방향전환을 줄일 수 있으며 불필요한 작업 계획이 줄어들어 효율적이고 경제적인 작업이 가능하다.

로컬영역의 형상은 막힌 원호의 형태이기 때문에 횡 방향 배열 시 중첩된 공간이 생길 수밖에 없으며 로컬영역의 규격 또한 굴삭기 제원에 따라 틀려지므로 지능형 TPS가 자율적으로 위치를 선정하기 위해서는 정량화된 알고리즘이 필요하다. 따라서 CAD를 활용하여 중첩이 최소화된 배열을 설계하였으며 다음 그림 5와 같다.

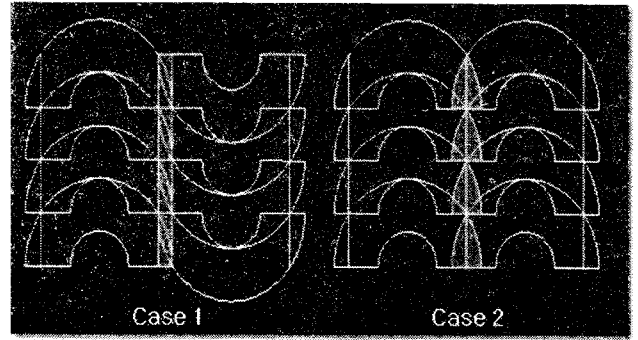


그림 5. 중첩의 최소화를 고려한 횡 방향 플랫폼 배열

다음 그림 6은 중첩의 최소화를 고려한 플랫폼의 위치를 산출하기 위해서 중 방향 배열 시 중첩되는 지점을 삼각함수를 이용하여 구하여 보았다.

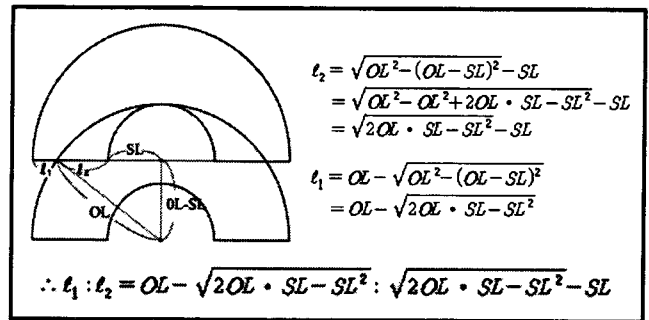


그림 6. 최적 플랫폼 위치를 선정하기 위한 정량화 과정

위의 산출된 공식을 기준으로 횡 방향 배열 시 플랫폼간 거리를 산출하면 다음 그림 7과 같다.

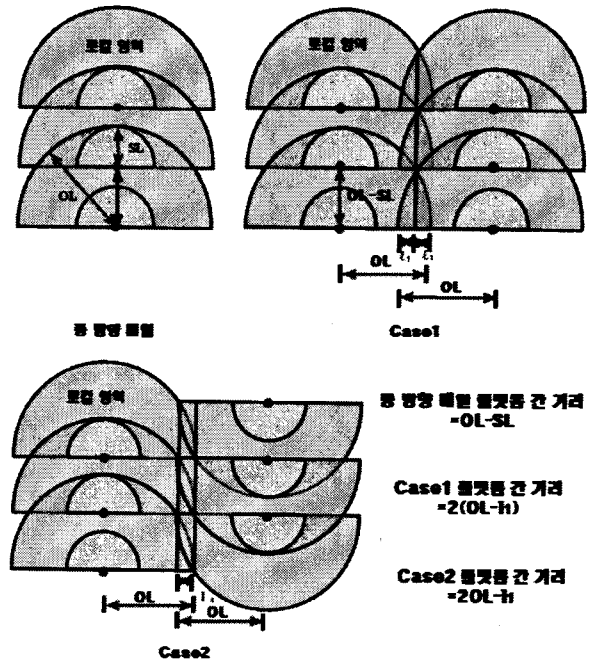


그림 7. 배치 유형 별 최적 플랫폼 간 거리 산정

3.2 최적 플랫폼 위치 산정의 효율성 검증

다음 그림 8은 최적 플랫폼 위치 산정을 위한 정량화된 식을 사용하였을 경우와 기존의 중첩을 고려하지 않은 경우를 비교하여 CAD를 활용하여 중첩된 면적을 비교하여 보았다.

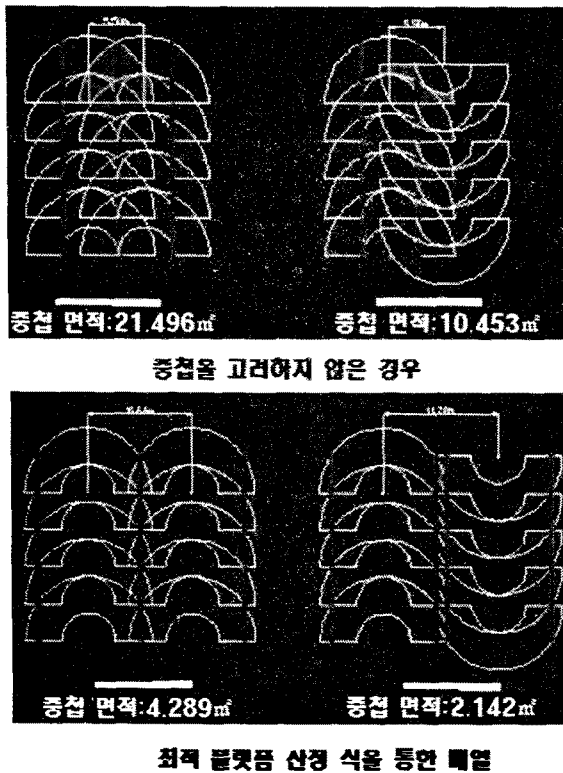


그림 8. 최적의 플랫폼 위치 산정식의 검증

산정 식을 이용하여 플랫폼의 위치를 산정하였을 경우 중첩을 고려하지 않고 배열하였을 때보다 플랫폼 당 훨씬

넓은 면적이 로컬영역으로 지정되어 효율적이고 경제적인 작업을 가능하게 할 것이다. 전체 작업 대상 지형에서 플랫폼의 개수가 현저히 줄어들어 굴삭기의 최소이동비용 모델을 만족시키고 작업의 생산성을 향상 시킬 것이다.

5. 결론

IT기술의 눈부신 발전에 따라 자동화 로봇의 개발이 활발히 진행되고 있다. 특히, 건설 산업에서 비중이 높은 굴삭 로봇의 개발이 활발히 진행되고 있으며 많은 시행착오를 겪으며 보다 완성도 높은 연구가 진행 중에 있다. 토공 자동화를 위한 지능형 굴삭시스템은 보다 완전하고 실용적인 개발을 이룩하기 위해서는 작업의 효율성 및 경제적인 작업이 가능하도록 개발을 해야 한다. 본 논문은 굴삭기의 작업 시 최적 플랫폼의 위치 산정을 통하여 작업의 효율성 및 경제성을 제고할 수 있도록 하여 생산성을 향상 시키는데 의의가 있다.

참고문헌

1. Ha, Q., Santos, M., Nguyen, Q., Rye, Durrant-Whyte, H., "Robotic excavation in construction automation", Robotics & Automation Magazine, IEEE, Volume 9, Issue 1, 2002, pp. 20 - 28
2. Stone, W. C., Cheok, G., Ripman, R., "Automated Earthmoving Status Determination", ASCE conference on Robotics for Challenging Environment, 2006
3. 두산인프라코어 외, "지능형 굴삭기 개발", 첨단융합건설기술개발사업 연구계획서, 건설교통부, 2006
4. 서종원의, "지능형 굴삭시스템 개발 -연구단 소개-", 정기학술발표대회논문집, 2007, pp. 197-204
5. 이원식, 송순호, 이승수, 서종원, 김성근, "지능형 굴삭을 위한 토공작업계획 시스템의 구조 설계", 한국건설관리학회 정기학술발표대회논문집, 2007, pp.921-924

Abstract

Recently, Intelligent Excavating System(IES) for earthwork automation is on progress since the end of 2006 as a part of construction technology innovation projects in Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. Task Planning System(TPS), one of the detail core technologies of IES, is an optimal work planning system in conditions of effectiveness, safety and economic efficiency by analyzing the work environment data based on earthwork design and work environment recognition technology. For effective earthwork planning, the location of platform must be the most optimal spot for minimization of time, maximization of productivity and reduction of overlapped work spaces and unnecessariness. Besides, the decision of optimal platform location is to be based on the specifications and then is able to be converted with the local area calculation algorithm. This study explains the decision of optimal platform location on the basis of local area from the work space separate process and judges the effectiveness.

Keywords : Task Planning System, Local area, Platform, Intelligent Excavating System, Local Package