

# Hole Navigation System(HNS)을 활용한 정밀 천공기술 Precision Drilling Technology Using Hole Navigation System(HNS)

함영국 · 신대영

Young Gook Hahm and Dae Young Shin

## 1. 서론

건설장비의 스마트화는 전자, 통신, 정보기술의 발달과 함께 한때는 기술적 한계로 여겨지던 부분을 뛰어넘고 있으며, 보다 효율적이고 정밀한 작업이 가능한 장비로 발전되고 있다. 특히 GNSS(Global Navigation Satellite System)를 사용한 토목측량 기술이 적용된 고정밀 작업위치 제어 기술이 선진화된 작업현장에서 다양한 장비에 활용되고 있으며, 본 연구에서는 지반공사용 어스드릴(earth drill)작업용 접이식 텔레스코픽 토목 장비의 작업 홀(hole)천공 작업 기능에 활용된 정밀 천공 기술의 개발내용을 진행하였다.

## 2. 지능형 제어모듈 기구부

### 2.1 HNS(Hole Navigation System) 구성설계

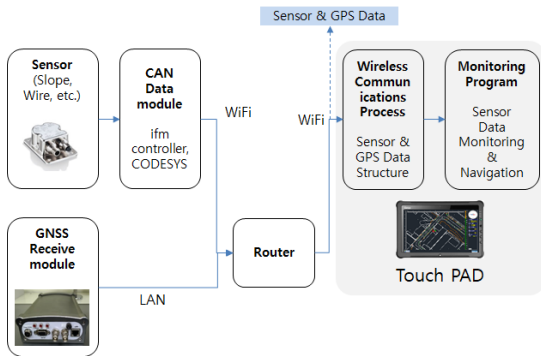


그림 1 HNS 구성도

정확한 좌표 위치를 알기 위해 토목측량용 표준 장비인 GNSS가 사용되며, 본 연구에서는 Septentrio 사의 AsteRx-m2 모듈이 사용되었다. HNS에서는 위성측위 데이터의 가공, 연산 좌표값과 지도의 매핑(mapping), 센서 및 통신 인터페이스 등의 소프트웨어 기술이 매우 중요한 요소임.

사용자 인터페이스 단말기는 Touch pad 이며, 실시간 데이터 처리와 연산 및 제어기능을 수행하는 통합제어기 기능을 수행한다.

### 2.2 대상장비 작업위치 계산

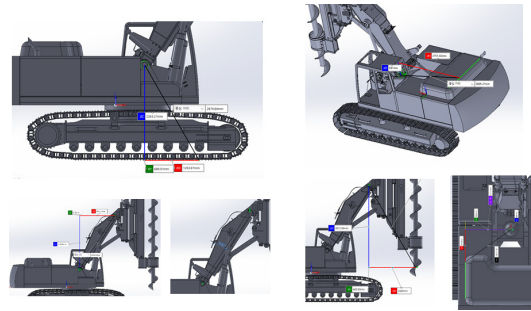
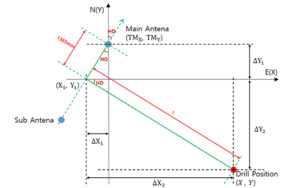
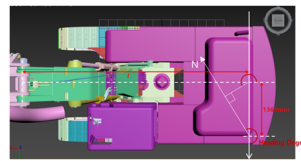


그림 2 텔레스코픽 토목장비 치수측정

GNSS 장치는 크게 안테나와 수신모듈로 구성되며, 안테나의 위치가 위성 측위 위치이므로, 작업 위치를 파악하기 위해 안테나의 위치로부터 작업 위치를 변환하는 계산식을 도출해야 한다. 이를 위해 장비 각 관절의 기울기 변수에 의한 삼각함수를 적용하여 계산식을 도출하였다.



Head Antenna로부터 드릴 위치까지의 거리와 안테나의 Heading Degree를 이용하여 최종 드릴 위치 좌표 계산

$$X = TM_x - 1365 \cdot \sin HD + l \cdot \cos HD$$

$$Y = TM_y - 1365 \cdot \cos HD - l \cdot \sin HD$$

$$\Delta X_1 = 1365 \cdot \sin HD$$

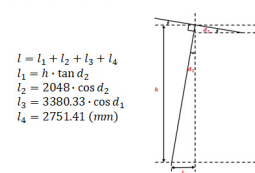
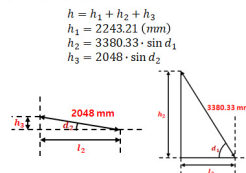
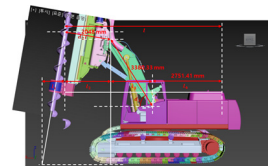
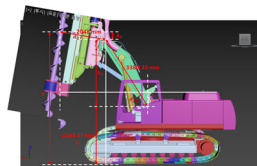
$$\Delta X_2 = l \cdot \cos HD$$

$$\Delta Y_1 = 1365 \cdot \cos HD$$

$$\Delta Y_2 = l \cdot \sin HD$$

$$X = TM_x - \Delta X_1 + \Delta X_2$$

$$Y = TM_y - \Delta Y_1 - \Delta Y_2$$



$$h = h_1 + h_2 + h_3$$

$$h_1 = 2243.21 \text{ (mm)}$$

$$h_2 = 3380.33 \cdot \sin d_1$$

$$h_3 = 2048 \cdot \sin d_2$$

$$l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$$

$$l_1 = h \cdot \tan d_1$$

$$l_2 = 2048 \cdot \cos d_2$$

$$l_3 = 3380.33 \cdot \cos d_1$$

$$l_4 = 2751.41 \text{ (mm)}$$

그림 3 안테나 위치에 따른 작업위치 계산

### 3. 지능형 제어모듈 소프트웨어부

HNS 소프트웨어는 GNSS모듈, 센서모듈, 모니터링모듈, 통신인터페이스모듈 그리고 사용자 화면 등으로 구성하였다.

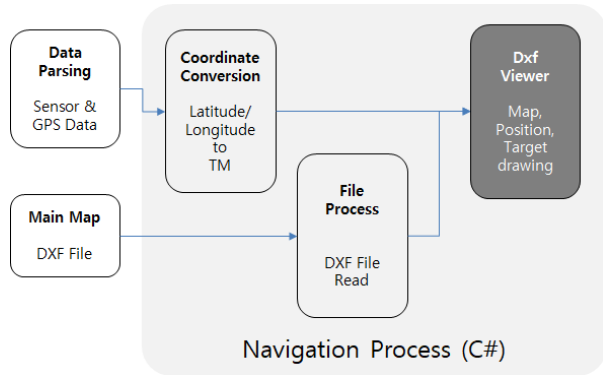


그림 4 네비게이션 프로세스 블록도

GPS Data를 분석하여 위도와 경도 값(각도 단위)을 얻어내는 Data Parsing, 미터 단위 계산을 위하여 위·경도 값을 TM좌표(X, Y)로 변환하여 주는 Coordinate Conversion, DXF File을 읽는 File Process, 지도와 위치, 타겟을 화면에 그려주는 DxfViewer로 구성하였다.

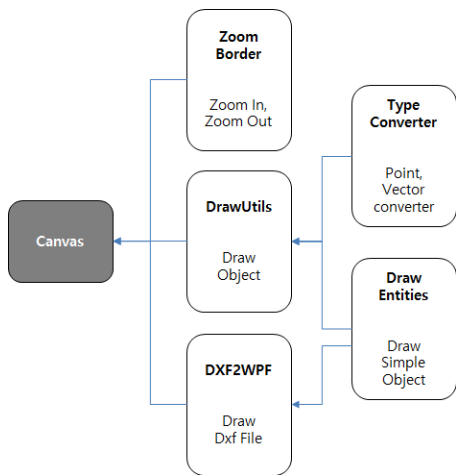


그림 5 Dxf Viewer 블록도

화면에 지도, 위치 및 타겟 등을 그려주는 DxfViewer의 구조로, 화면의 확대 축소 기능을하는 Zoom Border, 물체를 그려주는 DrawUtils, Dxf파일을 그려주는 DXF2WPF, 포인트와 벡터를 변환해주는 Type Converter, 점 또는 선이나 사각형 등을 그려주는 Draw Entities 클래스로 구성하여 프로그래밍 하였다.

### 4. 실차 적용 및 시험

실차 적용은 14M급 텔레스코픽 토목장비인 어스 드릴 장비에 적용하여 구동 시운전과 기능테스트를 진행하였다.

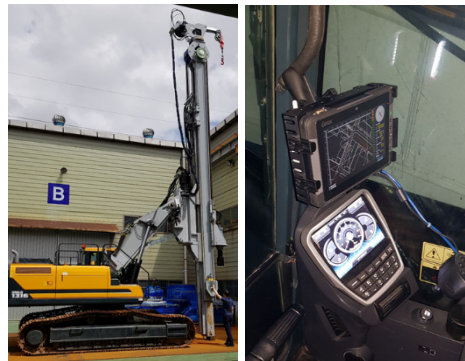


그림 6 실차 적용 장비와 HNS 설치

설치된 HNS 화면의 안내에 따라 정확한 작업 위치 안내기능을 구동하였으며, 100mm 이내의 정밀한 위치 추종이 가능함을 확인하였다.



그림 7 HNS화면 및 실제 천공위치 확인

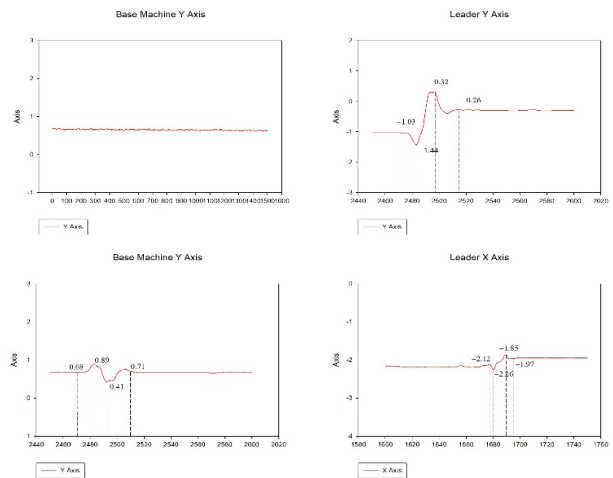


그림 8 구동모드별 기울기 센서 출력신호

장비의 시동, 주행, 작업기동 모드별로 장비 각 부위의 움직임 모니터링을 통해 장비의 흔들림에서 오는 오차를 줄이고, 작업 위치 안내기능의 정밀도

를 확보하였음.

### 5. 결론

Hole Navigation System의 기능 구성과 소프트웨어를 설계, 개발하여 천공작업 기능을 갖는 드릴 장비에 설치하고, 100mm이내의 오차를 구현하는 정밀한 천공작업이 가능한 시스템을 구축하였음. 향후, 다양한 장비에 HNS 기능을 탑재하고 실차 사용할 수 있도록 기능고도화를 계획하고 있으며, 스마트 건설 현장에 대응할 수 있는 작업성을 높일 수 있도록 3D 지도에 의한 실시간 작업 모니터링, 텔레메틱스 기능 등을 추가하여 연결성을 확보할 계획이다.

### 후 기

본 연구는 중소벤처기업부 지원으로 수행되는 World Class-300 프로젝트 사업의 일환으로 수행되었습니다. [세부사업명 : 텔레스코픽 접이식 모바일 리더 시스템을 갖는 14M 급 지능형 다목적 토목장비 개발]

### 참고 문헌

- 1) 이복남, 우성권, 장철기, 구본상, “건설기능인력 수급 불균형 문제 해결의 대안 제시”, 대한토목학회논문집, 제26권, 제6 D호, pp. 969-974, 2006년 11월.
- 2) Wikipedia, 범지구 위성 항법 시스템, On-line: <https://ko.wikipedia.org/wiki/범지구위성항법시스템>.

- 3) R.E. Kalman, “A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems”, in J. Basic Eng 82(1), pp. 35-45, Mar 01, 1960.
- 4) 국토지리정보원, 1/1,000수치지형도 좌표변환 표준작업지침(ver1.0) : <http://www.ngii.go.kr>.
- 5) 서종원, 박창우, 장달실, “지능형 굴삭시스템 개발”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.197-204, 2007
- 6) 진일권, 신윤석, 조훈희, 강경인, “시공 자동화 시스템에 적합한 부재 디자인 프로세스 개발”, 한국건설관리학회 논문집, 제10권 제4호, pp.76-86, 2009년 7월

### [저자 소개]



**함영국**  
 E-mail : yghahm@kitech.re.kr  
 Tel : 041-589-8536  
 1993년 한양대학교 전자통신공학과 석사. 1991년~현재 한국생산기술연구원 청정생산기술연구소 스마트제조기술그룹 수석연구원. 스마트생산자동화 시스템, 사이버물리시스템(CPS) 가시화 및 AR, 지능형 건설기계 연구에 종사. 한국정밀공학회, 제어로봇시스템학회, 등의 회원.



**신대영**  
 E-mail : dyshin@kitech.re.kr  
 Tel : 031-8084-8635  
 2000년 한양대학교 정밀기계공학과 박사. 1991년~현재 한국생산기술연구원 수석연구원. 유압과 최적설계와 건설기계 연구에 종사, 대한기계학회, 한국정밀공학회 회원, 공학박사