

GNSS와 AHRS 융합 데이터를 활용한 덤프트럭의 전역 좌표 생성 및 실시간 가시화

김진우, 황정훈, 박민철*

한국전자기술연구원, 한국전자기술연구원, *한국전자기술연구원

wlsdn5860@keti.re.kr, hwangjh@keti.re.kr, *mincheol.p@keti.re.kr

Generation of Global Coordinates and Real-time Visualization for Dump Trucks using GNSS/AHRS Data Fusion

Kim Jin Woo, Junghoon Hwang, Park Min cheol*

Korea Electronics Technology Institute, Korea Electronics Technology Institute, *Korea Electronics Technology Institute

요약

본 논문은 덤프트럭 자율주행 제어 시스템이 요구하는 고주파수 위치 정보와 RTK-GNSS 센서가 제공하는 저주파수 데이터 간의 시공간적 불일치 문제를 해결하기 위해, 10Hz 대역의 위성 항법 데이터를 30Hz 대역으로 실시간 업샘플링(Up-sampling)하는 위치 추정 및 가시화 시스템을 제안한다. 이를 위해 GNSS의 위도·경도 좌표를 투영 좌표계(UTM)로 변환하여 선형성을 확보하고, AHRS 센서로부터 취득된 고속의 각속도(Angular Velocity) 정보를 활용하여 회전각(Yaw)을 정밀하게 보정하는 동기화 알고리즘을 설계하였다. 제안된 알고리즘은 ROS 2 기반의 미들웨어 형태로 구현되었으며, 덤프트럭의 이동 궤적을 3차원 공간상에 실시간으로 가시화하고 QGIS와의 정합성 분석을 수행한 결과, 안정적인 연속 좌표를 생성함을 정성적으로 검증하였다.

I. 서론

스마트 건설(Smart Construction)의 핵심 요소인 자율주행 덤프트럭은 비정형의 거친 노면 환경에서 수십 톤의 적재물을 싣고 주행해야 하므로, 일반 승용차보다 훨씬 정밀하고 즉각적인 위치 제어가 요구된다. 이를 위해 cm급 정밀도를 가진 RTK(Real-Time Kinematic) GNSS가 널리 사용되나, 통상적인 GNSS 수신기는 10Hz 내외의 낮은 데이터 갱신 주기를 갖는 한계가 있다. 반면, 자율주행 제어기는 안정적인 경로 추종을 위해 최소 30Hz 이상의 고주파수 위치 데이터를 필요로 하므로, 이 간극으로 인해 제어 지연이나 시스템 불안정이 발생할 수 있다.

기존 연구에서는 이를 해결하기 위해 EKF(Extended Kalman Filter)[1] 등을 활용하였으나, 시스템 복잡도가 높고 휠 오도메트리 없는 덤프트럭 환경에서는 적용이 까다롭다는 단점이 있다. 이에 본 논문에서는 GNSS의 위치 데이터에 대한 선형 보간(Linear Interpolation)과 AHRS의 각속도 융합을 결합한 경량화된 위치 추정 미들웨어를 독자적으로 개발하고, 이를 통해 생성된 전역 좌표의 정확성과 실시간성을 검증하고자 한다.

II. 본론

2.1 시스템 구성

본 연구의 시스템은 정밀 위치 측위를 위한 Septentrio사의 RTK GNSS와 차체 회전 감지를 위한 AHRS IMU 센서로 구성된다. 수집된 이기종 센서 데이터는 본 연구에서 개발된 ROS 2 기반의 처리 노드(Data Processing Node)로 전송되어 동기화 및 융합 과정을 거친다.

2.2 고주파수 위치 추정 및 보간 알고리즘

개발된 시스템은 10Hz로 입력되는 GNSS 데이터를 제어 주기에 맞는

30Hz로 변환하기 위해 다음과 같은 3단계 알고리즘을 수행한다.

1. 좌표계 변환 및 선형화: 지구 타원체 기반의 위도, 경도(LLH) 데이터를 미터 단위의 유클리드 거리 연산이 가능한 UTM(Universal Transverse Mercator) 좌표계로 변환한다. 이때 부동소수점 연산 오차를 최소화하기 위해 최초 수신된 GNSS 위치를 로컬 원점으로 설정하는 오프셋(Offset) 처리를 수행하였다.

2. 시간 기반 선형 보간 (Temporal Linear Interpolation): 덤프트럭의 거동 특성상 급격한 위치 도약이 발생하지 않는다는 점에 착안하여, 이전 프레임(t_{k-1})과 현재 프레임(t_k) 사이의 위치 변화를 시간 경과에 따라 선형적으로 추정한다. 이를 통해 별도의 복잡한 예측 모델 없이도 계산 부하를 최소화하며 30Hz의 연속적인 위치 데이터를 생성한다.

3. AHRS 융합 기반 회전각 보정: 단순 위치 보간만으로는 차량의 회전 운동을 정밀하게 반영하기 어렵다. 따라서 GNSS가 제공하는 헤딩(Heading) 정보를 기준으로 하되, AHRS에서 100Hz로 출력되는 Z축 각속도(Yaw Rate)를 융합하여 미세한 회전 변화를 실시간으로 보정한다. 특히 GNSS 신호 지연이 0.2초 이내인 유효 구간에서만 각속도 보정을 가중 적용함으로써 드리프트(Drift) 오차를 방지하였다.

2.3 실시간 가시화 및 검증 환경

제안된 알고리즘을 통해 생성된 좌표 데이터는 ROS 2 표준 메시지 규격인 nav_msgs/Odometry 형태로 발행되며, TF(Transform) 트리를 통해 map 좌표계에 실시간으로 투영된다. 이를 시각화 도구인 RViz와 연동

하여 덤프트럭의 3차원 궤적을 모니터링할 수 있는 환경을 구축하였으며, 사후 분석을 위해 오픈소스 지리 정보 시스템인 QGIS에 주행 로그를 매핑하여 정밀도를 검증하였다.

III. 결론

본 논문에서는 덤프트럭의 자율주행 제어 성능 향상을 위해 RTK GNSS와 AHRS 센서를 융합한 고주파수 전역 좌표 생성 시스템을 제안하였다. 개발된 미들웨어는 저주파수의 GNSS 데이터를 30Hz로 업샘플링하여 제어 시스템과의 동기화 문제를 해결하였으며, AHRS 각속도 융합을 통해 회전 구간에서의 추정 성능을 개선하였다.

실차 실험 결과, 제안 시스템은 33ms 이내의 실시간성을 확보하였으며, 단일 코어 CPU 점유율 5% 미만의 높은 효율성을 보였다. 향후 연구에서는 도심지의 빌딩 숲과 같이 GNSS 신호가 빈번하게 차단되는 환경에서도 강건한 위치 추정이 가능하도록, IMU 기반의 데드 레코닝(Dead-Reckoning) 기능을 고도화할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부의 기계장비산업기술개발사업(No. 00442974, 대규모 토석 운반 자동화를 위한 덤프트럭용 자율작업 및 운영시스템 개발)의 지원을 받았습니다.

참 고 문 헌

- [1] T. Moore and D. Stouch, "A Generalized Extended Kalman Filter Implementation for the Robot Operating System," in Proceedings of the 13th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (IAS-13), Padua, Italy, 2016, pp. 335-348.