

IMU 센서 신호 기반 종·횡방향 도로 형상 변화 추정기 설계

최 호 식¹⁾, 김 주 희^{*1)}

창원대학교 전기전자제어공학부 제어계측공학전공¹⁾

IMU-based Longitudinal-Lateral Road Profile Estimator Design

Hosik Choi¹⁾, Juhui Gim^{*1)}

Changwon National University¹⁾

Key words : Longitudinal-lateral road profile estimation(종·횡방향 도로 노면 추정), Inertial Measurement Units(관성 센서), Unknown input Kalman filter(외란 추정을 위한 칼만 필터), Virtual Measurement(가상 측정값)

* 김주희, E-mail: juhuigim@changwon.ac.kr

도로 노면의 노후는 운전자의 승차감 및 노면 접지력에 대한 차량의 안정성에 중요한 영향을 미친다. 따라서, 지속적인 도로 노면 측정을 통한 노면 관리가 필요하다. 도로 노면은 Profilograph 장비나 Automated Pavement Profiler가 장착된 특수 차량을 통해 측정된다. 해당 방법들은 정확한 노면 상태 정보를 제공하지만, 특수 장비 및 이를 운용하기 위한 전문 인력이 요구되며, 시간 및 비용적으로 비효율적이다. 한편, 차량의 움직임으로부터 도로 노면을 간접적으로 측정하는 방식도 존재한다. 도로 노면의 움직임에 의해 반응하는 차량의 상태로부터 역으로 도로 노면을 추정하는 것이다. 그 중에서도 한 연구에서는 추가적인 센서 장착 없이, 차량에 장착된 관성 센서(Inertial Measurement Units, IMU) 신호만으로 노면을 추정할 수 있다는 가능성을 선보였다. 하지만, 해당 연구는 차량의 수직-피치 동역학만을 반영하였기 때문에 종방향에 대한 도로 형상 변화만 추정 가능하다는 한계점이 존재한다.

본 연구에서는 롤 동역학을 추가 반영하여 종·횡 방향에 대한 도로 형상 변화를 추정함으로써, 간접적 도로 노면 측정 방식의 확장성을 높이려 한다. 수직-피치-롤 움직임이 포함된 7자유도 차량 모델은 모든 바퀴 축의 도로 노면 신호를 포함하고 있으며, 네 바퀴 축으로부터 전달되는 도로 형상 변화에 대한 신호는 수직 가속도, 피치 각속도, 롤 각속도, 횡 가속도 형태로 측정된다. 이때 추정하고자 하는 신호는 도로 형상 변화이므로 시스템의 외란에 해당된다. 따라서, 설계된 모델을 외란 추정이 가능한 칼만 필터에 도입하여, 도로 형상 변화를 추정할 수 있다. 하지만, IMU 센서 신호를 모두 활용하여도 외란 추정에 대한 가관측성 조건이 만족하지 않는다. 즉, IMU 센서만으로 도로 형상 변화를 추정할 수 없다. 본 연구에서는 이 문제를 가상 센서 도입을 통해 해결한다. 차량의 휠베이스보다 더 긴 도로 높이 변화 및 차량의 폭보다 더 긴 Bank 각은 차량의 상태에 거의 영향을 주지 않으므로, IMU 센서 신호에도 낮은 주파수 영역에 나타난다. 가상 센서는 도로 형상 변화의 저역 통과 필터로 모델링 되어 0의 신호로 측정된다고 가정함으로써 해당 조건을 충족한다. 가상 센서를 포함한 차량 모델은 외란 추정에 대한 가관측성 조건을 만족하며, 따라서 IMU 센서만으로 도로 형상 변화 추정이 가능하다는 것을 입증한다. 마지막으로, IMU 센서 장착 위치 오차

에 따른 센서 바이어스 보정을 위하여 센서 바이어스 모델이 포함된다. 그림 1은 제안된 종·횡 방향에 대한 도로 형상 변화 추정기를 보여준다. 이때, 제안된 시스템은 비선형성을 포함하고 있으므로 외란 추정이 가능한 칼만 필터 역시 **Extended** 형태로 변형하여 적용한다. 그 결과 설계된 추정기는 IMU 센서만으로 종·횡 방향에 대한 도로 형상 변화를 추정 가능하게 한다.

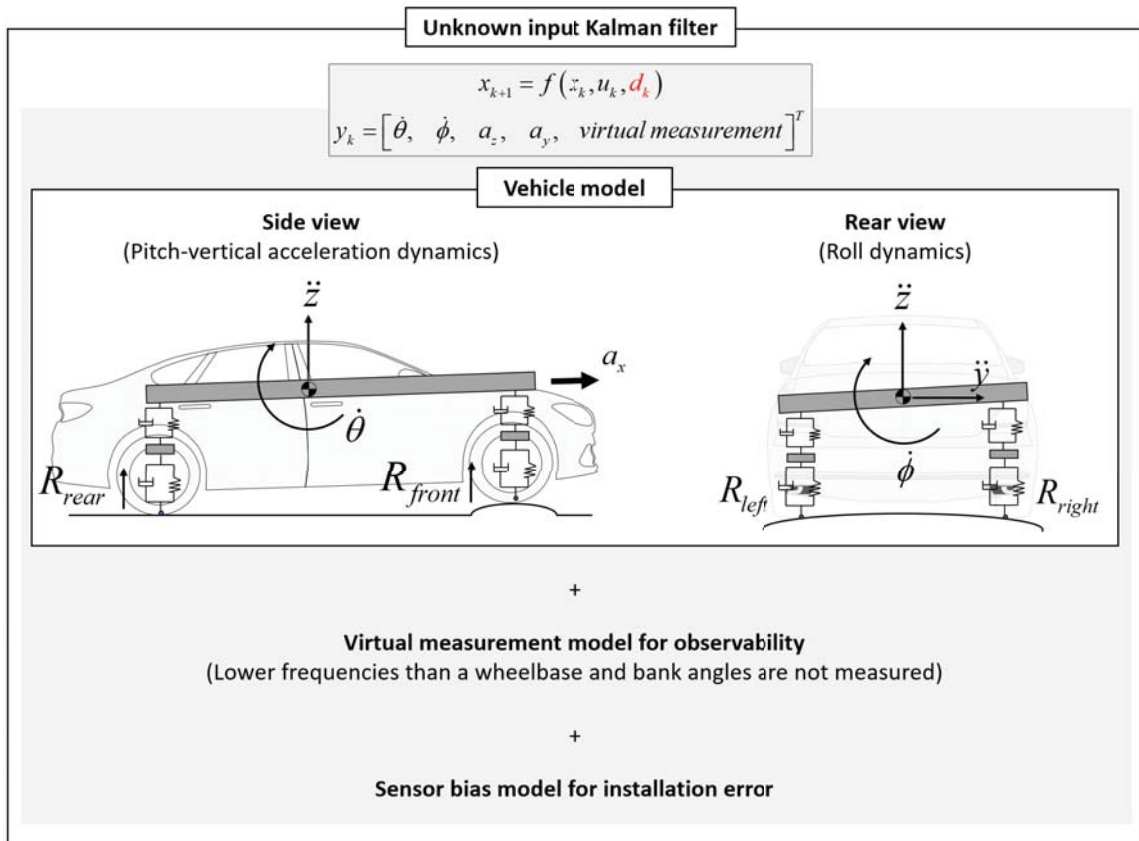


Fig. 1 Configuration of the observer for longitudinal-lateral road profile estimation

Acknowledgement

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2022-00166628)