

전동식 조향 시스템 성능평가용 HILS 시스템 개발 Development of HILS system for EPS performance evaluation

*#김태욱¹, 권재준¹, 김선희¹, 박기홍², 허승진²

*#T. W. Kim¹(zx1026r@hotmail.com), J. J. Kwon¹, S. H. Kim¹, K. H. Park², S. J. Heo²

¹ 국민대학교 자동차공학대학원, ² 국민대학교 자동차공학과

Key words : EPS(Electric Power Steering), HILS(Hardware in the loop simulation), Vehicle Dynamaics, 실시간 해석(Real Time Simulation)

1. 서론

최근 친환경규제에 따른 연비절감 효과 및 공간 활용측면의 여러 장점을 갖고 있는 전동식 조향 시스템의 적용이 대두되고 있다. 하지만 전동식 조향 시스템은 차량 동역학 측면에서 차량의 조종안정성에 직접적인 영향을 미치는 안전시스템으로 개발단계에서 그 신뢰성 및 안정성을 입증하고 평가하는 일에는 많은 제약이 따른다.

본 연구에서는 전동식 조향 시스템이 조향장치로써 갖추어야 할 조종안정성 및 운전자의 편의를 위한 보조 장치로써 조향 입력에 대한 응답성능을 다면적으로 평가하기 위한 HILS(Hardware in the Loop Simulation) 시스템을 개발하고자 한다. 본 HILS 시스템은 양산 적용중인 EPS(Electric Power Steering) 부터 AFS(Active Front Steer), SBW(Steer by Wire) 같은 선행 조향 시스템까지 호환 적용 가능한 HILS 시스템으로 구축하고자 한다. 이는 전동식 조향 장치의 개발 과정에서의 안전성을 확보하고, 개발기간 단축을 통한 개발비용의 절감을 위함이다. 효율적인 성능 평가를 위해 실차 테스트 조건과 부합하는 실시간 가상환경을 구성하며, 다양한 측면에서 전동식 조향 장치의 조종안정성과 조향 성능을 평가 가능하도록 전동식 조향 시스템 성능 평가용 HILS 시스템을 개발 하였다.

2. 실시간 시뮬레이션 환경 구성

전동식 조향 시스템 성능평가용 HILS 시스템 구축을 위해서는 운전자의 조향입력과 차량의 운전조건에 따른 차량거동 변화를 모사할 수 있어야 한다. 따라서 평가하고자 하는 전동식 조향 시스템이 구동 가능하도록 특성에 맞는 차량의 센서 신호를 재현 가능하여야 한다. 또한 조향입력에 따른 실시간 차량모델 해석을 통하여 타이어 횡 방향 힘에 대한 노면반력을 생성하도록 한다. 이를 위해 실시간 연산처리를 위한 모니터링용 Host PC와 수학적 모델의 연산 수행과 제어 및 계측 작업을 수행하는 Target PC를 구성하였다.



Fig.1 Concept of hardware and software interface

3. HILS Hardware 구성

3.1 Real-time 시스템 구성

본 연구에서는 실시간 시뮬레이션 수행 시 모니터링을 위한 Host는 일반 윈도우 운영 체제의 PC를 적용하였으며, Target의 경우 PC를 대신하여 National Instrument사의 PXI 장비를 적용하였다. PXI는 실시간 환경에서 AI/O, DI/O, Counter, CAN 통신 등의 다양한 보드를 적용할 수 있기 때문에 차량의 센서 신호를 재현하는 Emulator 및 타이어의 노면반력생성을 위한 서보모터의 Controller 역할을 수행하도록 하였다. 또한 성능평가 및 제어를 위한 각종 센서의 신호를 계측 가능하도록 구성하였다.

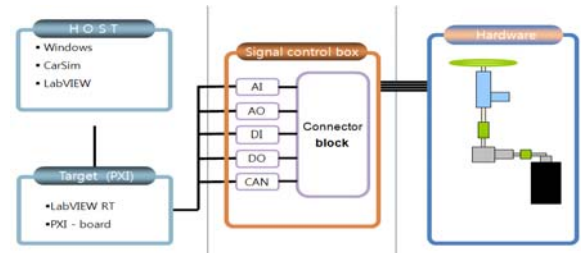


Fig.2 Configuration of real-time simulation environment

3.2 노면반력제어 시스템

노면반력제어 시스템은 Fig.3에서 보는것과 같이 운전자의 조향입력과 운전조건에 대한 차량거동 모사를 위하여 수학적 모델에 대한 수치연산을 통해 노면반력을 제어 하도록 하였다. 차량모델로부터 계산된 킹핀 모멘트(King-pin Moment) 값을 환산 적용하였다. 환산된 렉 하중 값은 렉바에 장착된 로드셀과 아웃 샤프트(Out Shaft) 단의 토크센서 값을 Feed-back 받아 PID 제어를 통해 서보모터를 구동시켰다. 타이어의 노면반력에 따른 횡 방향 힘을 타이로드로부터 렉(Rack), 전동식 조향시스템에 전달되어 조향입력에 반응하도록 구현하였다. 노면반력은 서보모터로 구현하였으며, 실차와 달리 전륜 윈편에 1축으로 구성하였다. B class (중소형)급 차량의 정차 시 최대 전륜하중 약 500kgf 정도 구현 가능하도록 서보모터의 용량을 사용하였다.

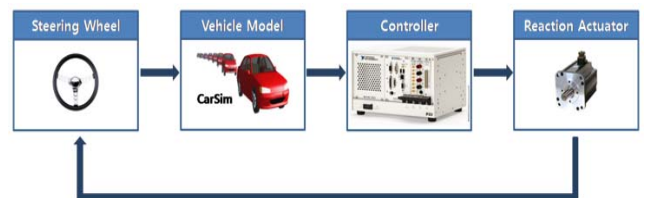


Fig.3 Configuration of Road surface reaction force device

4. HILS Software 구성

4.1 Real-time 연산처리

본 연구에서는 National Instrument사의 LabVIEW RT를 사용하였다. 실시간 연산처리를 위하여 LabVIEW RT를 적용하였기 때문에 Host PC에서 실시간 모니터링 및 제어입력을 변경 가능하도록 Host용 LabVIEW 프로그램을 구현하였으며, Target PC를 대신하여 PXI 장비의 RT모드 환경에서 실시간 계측 및 제어가 가능하도록 Target 용 LabVIEW 프로그램을 별도로 구현하였다.

4.2 차량모델

HILS 시스템은 차량의 수학적 모델 해석을 통한 주행상태 예측에 따른 시뮬레이션을 수행하기 때문에, HILS의 신뢰성은 차량모델의 정확도에 기인한다. 따라서 본 연구에서는 MSC의 CARSIM 차량모델을 최적화 하여 적용하였다. CARSIM 차량모델은 27 DOF의 전체차량모델로 실시간 연산처리를 위하여 LabVIEW와 인터페이스가 가능하도록 CARSIM LabVIEW RT를 적용하였다. A사 B class (중소형)급 차량의 제원과 실차테스트를 통해 얻어진 데이터를 적용, 실차데이터기반 파라미터 추정 방법

을 활용하여 특성제원들을 설정한 차량모델을 구성하였다.

5. 실차 및 HILS 데이터 비교검증

전동식 조향 시스템 성능평가용 HILS 시스템의 실시간 시뮬레이션 성능을 검증하고자, 앞서 차량모델 구성 시 적용한 A사 B class (중소형)급 차량의 실차테스트 데이터와 HILS 데이터를 비교하였다.

5.1 DLC(Double Lane Change) Test

DLC 시험조건은 차선변경 후 복귀에 따른 조향성능과 접지력에 따른 차량자세안전성능 파악을 목적으로 한다. 시험조건은 Table.1 과 같다.

Table.1 Test Condition

| | |
|---------------|--------------------|
| Vehicle Speed | 80kph |
| Test Mode | Double Lane Change |
| Road Friction | 0.85u |

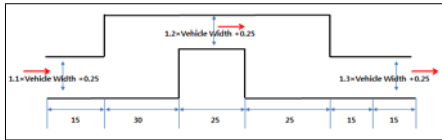


Fig.4 ISO 3888-1 DLC Test

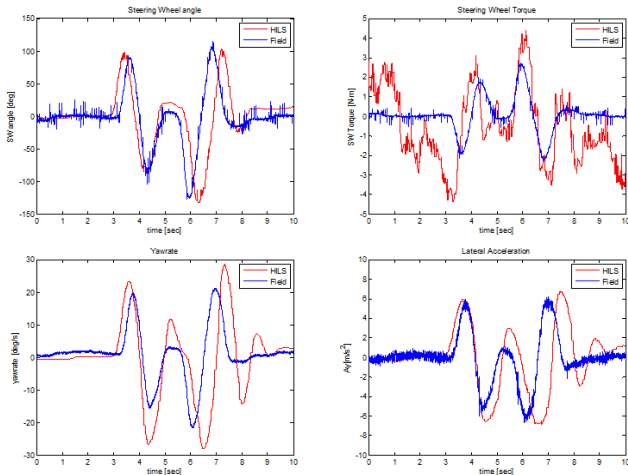


Fig.5 Comparison of Vehicle and HILS (DLC Test)

Fig.5는 Fig.4의 DLC 시험조건에 따라 HILS와 실차 시험 데이터를 비교한 것이다. 조향 입력 모션제어 장치가 아닌 사람에 의한 Steering Wheel 과 Accel Pedal 을 운전자의 입력으로 사용한 시험결과 이기 때문에 이상적인 시험조건에 따른 일정한 조향입력과 차속이 아니다. 이런 점을 감안 한다면 기본적인 차량의 동역학적 거동특성 값들에 대한 경향성은 잘 유지되고 있는 것으로 보인다.

5.2 Slalom Test

Slalom 시험조건은 반복적인 조향입력 변경을 통하여 조향응답성 및 롤 안정성을 판별한다. 시험조건은 Table.2 과 같다.

Table.2 Test Condition

| | |
|---------------|--------|
| Vehicle Speed | 60kph |
| Vehicle Speed | Slalom |
| Road Friction | 0.85u |

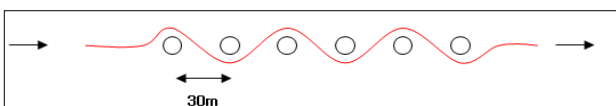


Fig.6 Slalom Test

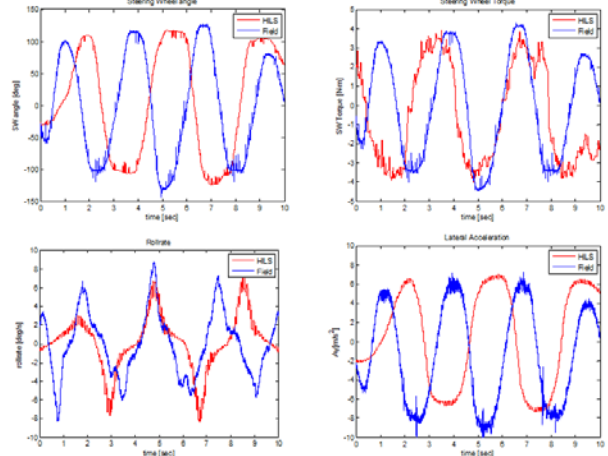


Fig.7 Comparison of Vehicle and HILS (Slalom Test)

Fig.7은 Fig.6의 규격에 따라 Slalom 시험을 한 결과이다. Fig.7에서도 Fig.5와 마찬가지로 비전문적인 운전자에 의한 시험결과임을 감안 한다면, HILS 의 경향성이 실차의 거동과 거의 비슷하다고 볼 수 있다.

6. 결론

본 논문은 전동식 조향 시스템의 조향입력에 대한 차량거동 변화에 따른 동역학적 조향 성능을 평가해 보고자 연구를 진행하게 되었다. 특히 저비용으로 효과적인 HILS 시스템 구축을 위해 National Instrument의 PXI장비와 LabVIEW RT를 적용하여 Host와 Target을 구성하였다. LabVIEW RT와 GUI기반 LabVIEW 프로그램 적용을 통하여 실시간 제어 및 계측 프로그램을 빠르고 쉽게 구현 할 수 있었다.

또한 실차데이터를 기반으로 CARSIM 차량모델을 구성하였으며 HILS에 적용하였다. 적용된 차량모델의 실시간 수치 연산을 통하여 노면반력제어를 수행하였다. 구축된 HILS 시스템의 성능을 검증하고자 실차 테스트를 통해 HILS 데이터와 비교하였다. 비전문적인 운전자에 의한 실차와 HILS 시험 결과의 비교임을 감안 한다면, 실차의 거동특성을 HILS 가 잘 나타내고 있음을 확인하였다. 향후 보다 신뢰성 있는 HILS 개발을 위한 모션제어 시스템을 구축 하고자 한다. 이는 HILS 결과의 신뢰성을 높이기 위한 반복적인 시험 데이터의 획득을 하기 위함이다. 이상적인 시험조건에 따른 일정한 조향입력을 그대로 모사할 수 있다면, 보다 정확한 HILS 의 성능을 실차와 비교 가능할 것이다.

후기

본 연구는 전동식 조향 시스템 성능평가용 HILS 시스템 구축 및 성능평가방법 연구를 위해 지능형차량설계 실험실과 차량구조안전 실험실 공동으로 진행되었습니다.

참고문헌

1. 장봉춘, 소상균 저, "전동 조향 장치와 차량의 동시 시뮬레이션 기술개발", 한국정밀공학회지 제21권 제1호, pp.94~100, 2004.
2. 김기현, 김창준, 신현수, 한창수 저, "HILS를 이용한 R-MDPS 제어 알고리즘 개발", 한국자동차공학회 춘계학술대회, pp.94~100, 2007.
3. 정도현, 노기환, 정창현, 최형진 저, "전동식 동력 조향 장치 시험을 위한 HILS 시스템 개발", 한국자동차공학회논문집 제7권 제9호, pp105~111, 1999.
4. 강민철, 유은영, 이강원, 오나미, 황태훈, 박기홍, 허승진 저, "차량 제어용 가변 파라미터 동시 추정에 대한 연구", 한국자동차공학회 춘계학술대회, pp.907~912, 2007.
5. 박보영, 허승진 저, "차량동역학", 문운당, 2005
6. T.Gillespie, "Fundamentals of Vehicle Dynamics", 1992.
7. ISO 3888-1, "Double Lane Change", First edition, 1999