

대형 차량용 ABS의 성능분석을 위한 DAS 구현

이 기 창 · 전 정 우 · 남 택 군 · 황 돈 하 · 김 용 주
 한국전기연구원 산업전기연구단 메카트로닉스연구그룹

Implementation of DAS for Performance Analysis of Heavy-Vehicle ABS

Ki-Chang Lee · Jung-Woo Jeon · Taek-Kun Nam · Don-Ha Hwang · Yong-Joo Kim
 Mechatronics Research Group, Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)

Abstract - 전자 제어식 미끄럼 방지 제동 장치 (ABS, Anti-lock Brake System)를 장착한 차량의 실차 제동 시험은 시험용 차량을 비롯하여, 많은 분석 장비를 필요로 한다. 이러한 고가의 장비는 구하기가 어려울 뿐만 아니라 사용방법을 학습하는 데에도 상당한 시간을 필요로 하므로, 개발중인 ABS에 대하여 적용해 보기에는 그 사용에 제약을 받는다. 본 논문에서는 개발 중인 미끄럼방지 제동 알고리즘과 전자제어장치 (ECU, Electronic Control Unit)를 대형 버스에 장착하여, 저 점착 노면에서 주행 시험을 시행하였고, 그 주행 기록의 분석을 위하여 DAS(Data Acquisition System)를 구현하였다. 개발 ABS 알고리즘 및 ECU의 기능과 성능 검증이 목적인 DAS는 부가적인 센서 및 고가의 장비를 사용하지 않고 제어보드와 휴대용 노트북 컴퓨터를 이용하였다. 고정밀도의 자료를 획득할 수는 없었지만, 개발 DAS를 이용한 차량 실차 제동 시험은 경제적 이면서도 효과적인 ECU 및 알고리즘의 성능 분석을 이룰 수 있었다. 특히 개발 DAS는 제어 및 Data Acquisition을 동일한 보드를 사용하여 구현함으로써, ABS 장착 실차 주행 시험 결과를 제어알고리즘에 즉각적으로 반영시킬 수 있었다. 이러한 One Board System 및 On-Vehicle Programming을 이용한 방법은 개발 알고리즘의 빠른 Debugging 및 파라미터 조정 (Tuning)을 가능하게 하였으므로, 실차 제동 시험을 위한 한정된 기간 내에 개발 ABS ECU 및 제어 알고리즘의 성능을 효과적으로 검증할 수 있었다.

맞게 조정하는 것이 필수적이다. 이와 같은 용도에 필요한 시스템이 바로 DAS로서, 지금까지 여러 종류의 제품이 출시되었지만, ABS 실차 시험에 필요한 여러 가지 요구 기능을 통합한 전용 시스템은 드물다. 또한 필요한 시스템들을 개별적으로 구입할 경우 시스템간의 인터페이스가 복잡해지고 데이터 분석에 한계가 발생하고, 비용과 부피 또한 커지게 된다. 특히 신차종이 증가될 경우에는 필요한 시스템의 수량이 많아짐에 따라 문제가 더욱 심각해진다. 이에 따라 기능을 하나의 시스템으로 통합하면서 요구조건을 만족시키는 저 비용의 새로운 실차 전용 ABS 자료 획득 시스템이 개발되기도 하였다.[7] 하지만, 이 경우에도 ABS ECU와의 통신을 위하여 고가의 Logger를 별도의 하드웨어로 제작하여 사용해야 했으며, 실차 시험 결과를 제어 프로그램에 곧바로 Feedback할 수가 없었다. 본 논문에서는 부가적인 Logger 대신 휴대용 Notebook과의 고속 시리얼 통신을 이용하는 DAS를 구현하여 ABS ECU 보드의 개발과 동시에 실차 장착 주행 시험을 시행하고 그 성능을 분석할 수 있었다. 개발 DAS는 상용 제품 사용 시에 요구되는 복잡한 인터페이스 및 비용문제를 극복할 수 있으며, 프로세서 내부 제어 변수들의 실시간 분석이 가능하여 빠른 제품개발을 이룰 수 있다. 또한 ABS의 성능분석을 위한 신호의 정의 및 실차 시험 자료의 기록, 현시 및 분석을 실차 시험 중에 실시하여 새로운 알고리즘의 적용을 바로 해볼 수 있는 장점이 있다.

1. 서 론

전자제어식 미끄럼방지 제동장치는 차량의 급 제동 시에 차량의 제동력 및 조향 능력을 향상시키기 위해 개발된 안정장치이다. 현재 유압을 사용하는 승용차용 ABS는 국내에서도 M사에서 이미 양산 중에 있지만, 공압을 사용하는 대형차량 장착용 ABS는 간단한 구조에도 불구하고 상용화되지 못하고, 현재 수입에 의존하거나 개발 중에 있다.[1][2][3] 특히 버스에 장착 목적으로 개발된 공압용 ABS ECU는 버스에 장착되는 실제 부품으로 구성된 HILS(Hard-ware In-the-Loop Simulation)를 사용하여 그 성능이 실험실적으로 검증된 상태이다.[4][5] 이 ABS ECU의 개발을 완료하기 위해서는 적용 차량의 특성과 요구에 부합하도록 성능을 조정 (Turning)하는 실차 주행 시험 과정이 반드시 요구된다. 실차 주행 시험은 고객인 자동차 운전자의 주관적/객관적인 평가기준을 최종적으로 만족시키기 위해 수행되는데, 이에 필요한 일반적인 평가로는 제동거리, 감속도 및 안정성 등과 같은 객관적인 평가와 페달 감각 (Pedal Feeling), 차체진동(Vibration), 소음(Noise) 등과 같은 주관적인 평가기준이 대표적이다.[6] 고객의 평가 기준을 만족시키는 성능의 시스템을 개발하기 위해서는 ECU 내부의 제어 변수 및 차량의 상태에 관한 종합적인 정보를 획득하고 이를 분석하여 고객의 요구에

2. DAS의 기본 설계

시험 차량에 센서를 설치하는 것은 부가적인 비용을 요구하므로, ECU를 제어 및 데이터 획득보드로 사용하고, 휴대용 노트북 PC를 Host로 사용하였다. Host PC와 ABS ECU와의 연결은 115 kB/S의 고속 직렬 통신을 사용하였다. 그림 1에 ECU 장착 실차 제동시험 및 DAS의 개념도를 보였다. 차량에 탑재된 ECU는 차량 제동 시 차륜 미끄럼을 방지하고 모든 제어 변수를 Host PC로 실시간으로 전송시킨다. Host PC에서는 이 실시간 정보를 Recorder 프로그램을 이용하여 메모리에 저장시킨다.

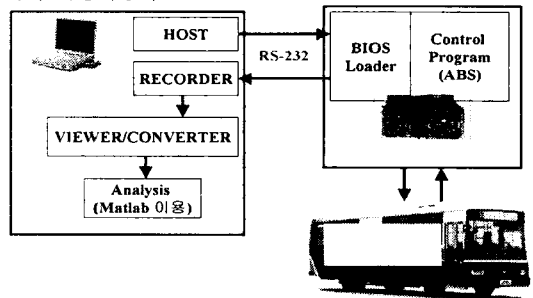


그림 1. 개발 DAS의 블록도

2.1 ECU 측 프로그램

ECU는 ABS 제어 프로그램과 더불어 Host PC와의 연결 및 데이터 전송을 담당하는 BIOS Loader로 구성된다. BIOS Loader는 Host PC와 ECU를 연결시켜주고, 응용 프로그램인 ABS 제어 프로그램을 Download 시켜주는 역할을 수행하며, 그 기본 기능은 다음과 같다.

1. ECU의 메인 프로세서와 Host PC와의 연결 채널을 형성하고, Host PC에서 ECU 보드를 제어하고 진단할 수 있다. 제어 및 진단 명령은 Host PC상의 Command Line Interface를 통하여 이루어지고, 그 결과는 Host PC의 모니터 상에 디스플레이 된다.
2. ECU 보드의 메모리에 응용 프로그램인 ABS 제어 프로그램을 Download 시킨다. 이 때 ABS 제어 프로그램은 Host PC에서 2진 코드로 Compile된 후 보드로 전송된다.
4. Application Program인 ABS 제어 프로그램이 동작중일 때, 현재의 ECU가 가지고 있는 정보를 Host PC로 실시간으로 전송한다. ABS 제어 프로그램은 분석을 위하여 Host PC로 어떠한 자료를 전송하여야 할 지를 정의하며, BIOS Loader는 자료의 전송을 담당한다.

ABS 제어 프로그램은 실제 미끄럼 방지 제어를 담당하는 프로그램으로서 차륜속도의 계산, 차체속도의 추정, Slip 및 차륜 가속도의 감시 및 슬레노이드 밸브의 제어 등을 담당한다. 실차 시험 시에는 잦은 파라미터 수정이 반드시 필요하므로, 제어 프로그램은 Host PC에서 컴파일 된 후, BIOS Loader를 통하여, ECU의 메모리에 Download된다.

2.2 Host PC 측 소프트웨어

Host PC에서의 소프트웨어는 ABS 제어 프로그램 초기화, ABS 제어 프로그램 모듈을 만들기 위한 Compiler, 제어 프로그램을 ECU로 Download 시키기 위한 Host Program, ECU로부터 받은 정보를 실시간으로 감시하고 데이터로 저장하기 위한 Recording Program, 저장된 데이터의 경향을 보이기 위한 Viewer 및 보다 심층적인 분석을 위해 MATLAB 파일 형식으로 저장하는 Data Converter 등으로 구성된다.

ABS 제어 프로그램은 C 언어와 어셈블리어로 구성되며, Tasking C196/296 Compiler Ver. 5.0을 사용하여 2진 코드로 컴파일 한다. ABS Host Program은 직렬 통신을 이용하여 이 2진 코드를 ECU로 Download 하고, 실행시킨다.

ECU의 매 제어주기마다 제어정보들이 직렬 채널을 통하여 Host PC로 전달되면, ABS Recorder 프로그램은 제어 변수들의 현재상태를 Host PC의 모니터에 출력시켜 주고, 실차 시험 데이터를 디스크에 저장시킨다.

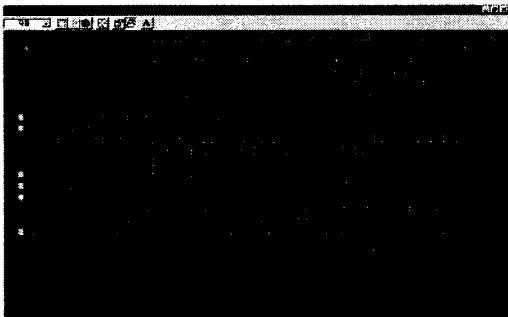


그림 2 ABS Recorder 프로그램

감시 및 저장되는 ECU의 내부 변수들은 차륜의 현재 속도, 가속도 및 Slip, 밸브의 동작 상태, 차량속도의

추정 값 및 기타 논리변수와 진단코드 등이다. 이러한 데이터는 ABS Viewer/Converter를 이용하여 사용자의 선택 옵션에 따라 디스플레이 해볼 수 있으며, 보다 상세한 분석을 위해서 상용 프로그램인 MATLAB에서 분석할 수 있는 m-file로도 저장이 가능하다.

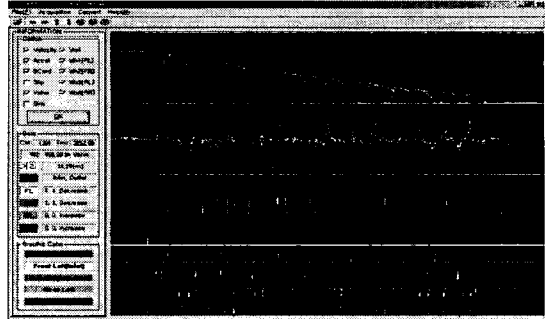


그림 3 ABS Viewer/Converter 프로그램

2.3 ABS 알고리즘의 On-Vehicle Programming

개발 DAS는 개발 단계에서 구현된 미끄럼방지 제동 알고리즘 및 ECU의 차량 장착 제동 시험을 통한 기능 확인과 성능 평가를 목적으로 한다. ABS 제어 알고리즘은 실험실적으로 구축된 HILS를 통하여 충분히 입증되었음에도 불구하고, 현장 실차 시험을 통한 파라미터 조정 작업은 여전히 필요하다. 이를 위하여 개발 알고리즘 장착 실차 주행 시험은 ABS Recorder를 이용하여 기록되고, ABS Viewer/Converter를 통하여 해석되며, 이러한 해석 결과를 바탕으로, ABS 제어 프로그램에서 제어 파라미터가 수정되어 실차 시험 중에 ECU로 Download되어 새로운 제동 시험을 해볼 수 있다. 이러한 On-Vehicle Programming 기법을 사용함으로써, 시험에 소요되는 시간 및 비용을 줄일 수 있었다.

3. DAS를 통한 ABS ECU의 성능 분석

그림 4는 러시아 모스크바 근교의 한 시험장소에서 실시한 ABS ECU 장착 차량의 제동 데이터를 MATLAB을 이용하여 분석한 파형이다. 시험차량으로는 Mercedes O-303 City Bus를 사용하였으며, 승객은 탑승하지 않았다. 시험 장소의 노면은 미끄러운 빙판 길이었으며, 초기속도 40km/h에서 급 제동하였다. 그림 4에 제동실험 시 각 차륜의 속도 및 ECU의 추정 차량 속도를 나타내었다. 차량 속도는 각 차륜의 Slip 계산을 위한 기준 값이 되므로, 정확한 차량 속도를 안다는 것은 올바른 ABS 동작 수행을 위한 충분조건이다. 본 DAS 시스템은 ECU가 추정하고 있는 차량속도 뿐 아니라, 수집된 데이터를 이용하여 차량 속도를 새롭게 추정할 수 있으며, 새로운 추정 차량속도는 ECU에 바로 Feedback 될 수 있다.

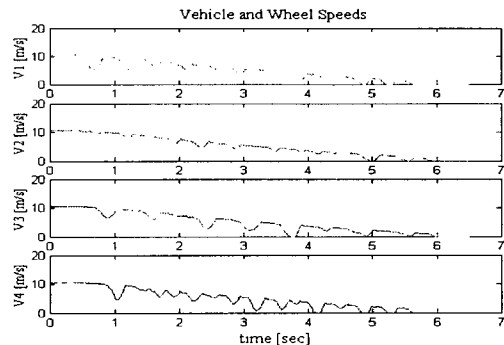


그림 4. 실차시험 결과 (low μ , 제동 초기속도 : 40km/h)

3.1 브레이크 제동 압력의 추정

각 차륜에 인가되는 제동 압력을 알기 위한 확실한 방법은 각 차륜의 브레이크 챔버에 압력 센서를 설치하여 인가된 제동 압력을 직접 측정하는 것이다. HILS를 이용한 실험실적 시뮬레이션에서는 이러한 방법이 가능하지만, 실차 제동 시험에서는 차량을 개조해야 한다는 어려움에 직면한다. 개발 DAS를 이용한 실차 시험에서는 ECU가 가지고 있는 솔레노이드 밸브 제어 신호를 이용하여, 각 차륜의 제동 압력을 추정하는 알고리즘을 개발하였다. 이 제동압력 추정 알고리즘은 구축된 HILS의 실험 결과를 이용하여 최적화되었으며, 센서 취부가 어려운 실차 시험 기록 분석에 유용하게 사용되었다. 그림 5에 실차제동 시험 시 한 개의 차륜에 대해서 차량의 속도 및 차륜속도와 그에 따른 ECU의 제동 모드, 그리고 추정된 제동압력을 표시하였다.

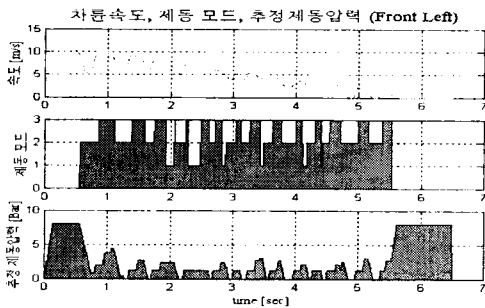


그림 5. ECU 제어 알고리즘에 따른 제동모드, 추정 제동압력, 차량속도 및 차륜속도

3.2 차륜가속도, Jerk

자동차 ABS의 목적은 탑승자가 느끼는 감정을 최대한 좋게 유지하면서 가장 빨리 차량을 감속시키는데 있다. 탑승객의 감정에 관련된 변수로는 제동시 차량의 가속도 및 가속도의 변화량인 Jerk를 그 예로 들 수 있으며, ABS 개발 시 ECU의 제어 알고리즘에 고려해 넣어야 될 사항이다. 그림 6에 저점착 노면에서 시험 차량이 제동했을 때의 차량속도와 차륜가속도 및 Jerk를 나타내었다. 그림의 값들은 ECU가 가지는 제어 변수들을 이용하여 계산된 값이므로 그 정도(Resolution)가 많이 떨어지지만, 차량의 제동 경향은 충분히 파악할 수 있었다.

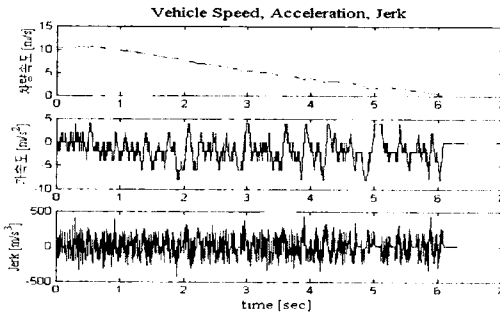


그림 6. 차량 제동시 차륜속도 및 차륜가속도 및 Jerk

5. 결 론

본 논문에서는 자동차의 제동 시 차륜 미끄러짐을 방지하는 ABS ECU를 개발하였으며, 그 기능 및 성능평가 등을 위하여 대형차량에 장착하여 러시아의 테스트 장소

에서 제동시험을 실시하였다.

이러한 실차 장착 제동 시험을 하기 전, ABS ECU 및 알고리즘은 실험실적으로 구축된 HILS를 통하여 충분히 그 기능 및 성능이 입증되었다. 하지만 ABS ECU의 개발을 완료하기 위해서는 제어 파라미터를 최적적으로 조정하는 수많은 실차 시험을 실시하여 그 결과를 제어에 반영하는 과정이 필요하며, 이러한 과정은 수많은 기간과 비용을 요구한다. 본 논문에서는 한정된 기간 내에 비용 효과적인 차량 탑재 실차 시험을 시행하기 위하여 휴대용 컴퓨터와 ECU만을 이용하는 DAS를 구현하였다. 이를 위하여 ECU는 제어 기능과 DAS 기능을 한 개의 보드로 구현되었으며, 부가적으로 필요한 센서 및 인터페이스를 줄일 수 있었다. 이러한 One-Board 구현은 또한 부가적인 Logger 사용으로 인한 데이터 변환 작업이 필요 없으므로, 제동 시험 중에 그 시험 결과를 알 수 있고, 그 결과의 분석을 통하여 ABS 제어 파라미터 조정을 차량 실험 중에 할 수 있는 On-Vehicle Programming이 가능하였다.

정확한 실차 시험 정보를 획득하기 위해서는 각 차륜의 브레이크 실린더에 가해지는 압력과 이때의 차량 거동을 알 필요가 있다. 또한 Yaw moment 및 차량 가속도 등의 값은 측정 장비를 사용하여 정확한 값을 측정하여야 보다 정확한 성능분석을 이룰 수 있다. 개발 DAS는 이러한 정밀 센서를 사용하지 않지만, 실차 시험 데이터의 즉각적인 Feedback을 통한 ABS ECU의 알고리즘 수정 보완작업 및 개발 ECU의 기능과 성능을 파악할 수 있었다. 향후 자동차 시험 트랙에서 상용 DAS 장비를 사용하여, 보다 정밀한 성능 분석을 해봄으로써 개발 ABS ECU의 성능 및 개발 DAS의 효과를 보다 정확하게 입증할 예정이다.

본 연구는 민군겸용기술사업(Dual Use Technology Program) 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

(참 고 문 헌)

- [1] 이기창 외 5명, "상용차용 ABS의 ECU 설계 및 제어 알고리즘에 관한 연구", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp. 612-613, 2000. 11.
- [2] 하연철 외 5명, "전자제어식 미끄럼방지 제동장치의 제어기 설계에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 2564-2566, 2000. 7.
- [3] 황돈하 외 5명, "상용차용 ABS ECU 개발을 위한 HILS 시스템 설계 및 구현", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp. 609-611, 2000. 11.
- [4] J.M. Cho et al, "Design and Implementation of HILS System for ABS ECU of Commercial Vehicles", 6th IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Vol. 2, pp. 1272-1277, 2001. 6.
- [5] D.Y. Park et al, "Development of HILS system for ABS ECU of Commercial Vehicles", SAE ATTCE 2001
- [6] 김기원, "ABS 개발 및 실차시험 사례", 대한기계공학회 추계학술대회 강연집, 1997
- [7] 신희갑, 한정훈, "ABS/TCS 개발을 위한 자료 획득 시스템 개발", 만도기계(주) Homepage