

모델 기반 개발(MBD: Model Based Development)

[글] 민승재 한양대학교 seungjae@hanyang.ac.kr

전체 차량의 제어 시스템에 모델 기반 개발을 적용하는 움직임이 활발해지고 있다. 방대해지는 소프트웨어 및 기능 안전 규격 등에 대응하기 위해 적용이 필수적이다. 그 적용 영역은 소프트웨어 개발뿐 아니라 하드웨어 디자인에도 확산되고 있다.

자동차 업계에서는 대규모의 복잡한 자동차 제어 시스템의 개발 효율 향상을 위한 모델 기반 개발(MBD: Model Based Development)의 적용이 꾸준히 증가하고 있다. MBD는 개발하는 시스템으로 실현하고 싶은 기능을 추상적인 「모델」로 표시하고 해당 모델을 사용하여 개발 프로세스를 진행시켜 나가는 방법이다. 1990년대에 엔진 ECU(전자 제어 장치)에서 도입이 시작되어, 현재는 변속기와 스티어링, 서스펜션, 브레이크는 물론 계기판이나 전동 슬라이딩 도어 등 다양한 제어 시스템의 ECU에 적용되고 있다. 최근에는 유럽을 중심으로 개별 제어 시스템뿐만 아니라 차량 전

체의 개발에 MBD를 적용하는 움직임이 활발해지고 있다. MBD는 실제 차량이 없는 상태에서 제어 시스템의 동작 테스트에 「HILS(Hardware In the Loop Simulation)」라는 실시간 시뮬레이터를 사용한다. 예를 들어 독일의 Daimler사는 전체 차량의 거동을 모의하는 전체 차량 HILS를 차량의 플랫폼에 구축하고 차량 1대분의 ECU를 동시에 테스트 할 수 있는 환경을 갖추고 있고, 스웨덴 대형 트럭 제조업체인 SCANIA사는 ADAS(첨단 운전자 지원 시스템)의 검증을 지원하는 풀 차량 HILS를 도입하였다. 자동차 전체에 MBD를 적용하는 흐름은 다른 메이커에서도 현저하다. 예를 들면 어느 유럽 메이커는 사내의 네가지 도메인(파워트레인, 차량운전제어, 바디, 바디 주변품)에서 3단계의 테스트를 실시하고 있다. ECU 부품을 테스트한 후 각 도메인의 테스트를 실시하고, 마지막으로 전체 차량 HILS에서 도메인에 걸친 테스트를 실시하는 흐름이다.

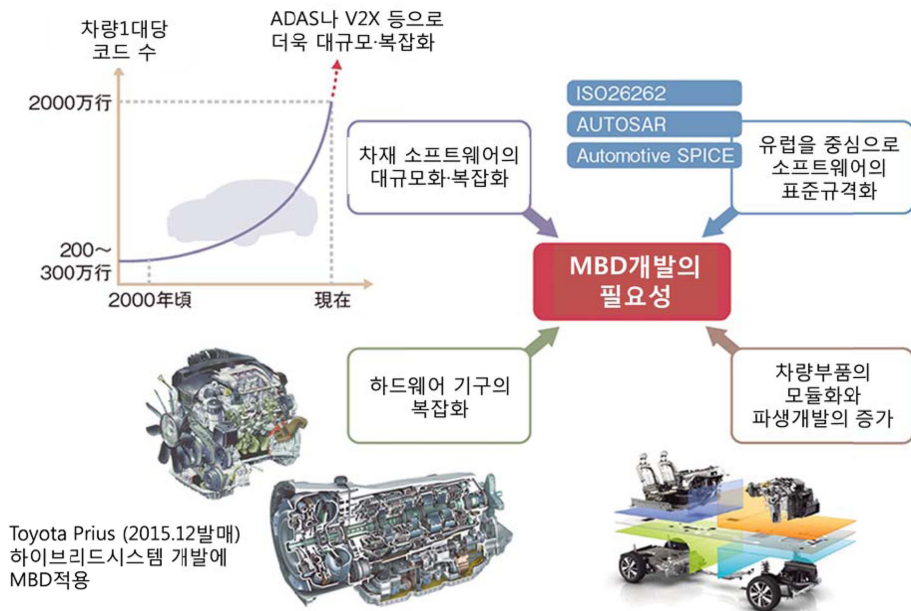


그림 1. MBD의 도입이 가속화되고 있는 배경

자동차 소프트웨어 및 하드웨어 장치가 함께 복잡해지고 자동차 소프트웨어의 표준화와 차량 부품의 모듈화 등이 진행되면서 전면 도입이 필요한 상황이 되고 있다.

HILS에 의한 일련의 테스트를 전문으로 관리하는 부서가 사내에 존재한다. 반면 일본 업체 대부분은 부분적인 적용에 그치고 있는 실정이다.

이러한 유럽과 일본의 상황 차이에서 “일본은 극히 일부 고급 사용자를 제외하면 유럽에 비해 MBD의 도입이 5~7년 늦어지고 있다”(MBD 톨 벤더)는 의견도 나오고 있다. 어느 일본 메이커의 개발 담당자는 “지금 은 조직력으로 어떻게든 버티고 있지만 늦기 전에 만회하지 않으면 경쟁력이 크게 떨어질지도 모른다”고 위기감을 표출한다. MBD의 전면 도입이 시급한 배경은 네 가지가 있다(그림 1). 우선 하나는 전장화가 진행되어 제어 시스템의 소프트웨어(제어 소프트웨어)의 규모와 복잡성이 증가하고 있는 것이다. 차량 1대(내비게이션 시스템도 포함)당 소프트웨어의 코드 행 수는 2000년대 초반에 200~300만 라인 정도였지만, 현재는 1500~2000만 행으로 늘어나고 있다. 이것은 중소 은행의 기간계 시스템과 동등한 규모이다. 첨단 기능을 갖춘 고급차 소프트웨어는 더 크고, Daimler사의 현행 메르세데스 벤츠 S클래스는 6500만 줄인 것으로 알려져 있다. 또한 향후 ADAS의 고도화 및 자동 운전 기능의 탑재가 진행되어 1억 라인에 달할 것으로 예상된다. 두 번째는 자동차 제어 시스템의 기능 안전 규격 「ISO 26262」 나 시스템 기반의 표준

「AUTOSAR」, 개발 과정 표준 「Automotive SPICE」 등이 MBD의 채용을 전제한 내용인 것이다. 특히 유럽 시장에서는 이러한 규정 준수가 필수적이기 때문에 공급 업체는 MBD를 적용하지 않으면 경쟁할 수 없다. 아이신정기와 KYB 등의 공급 업체는 유럽 대응을 고려한 MBD의 적용을 급속히 추진하고 있다. 셋째는 엔진과 변속기 등 하드웨어의 기구도 복잡해지고 있는 것이다. HILS를 비롯한 MBD의 시뮬레이션을 활용하여 제어 시스템의 개발과 동시에 병행하여 효율적인 하드웨어 설계가 요구되고 있다. 그리고 넷째는 차량 부품의 모듈화 및 파생 개발이 진행되고 있는 점이다. MBD의 적용에서 소프트웨어 자산의 재사용성을 높이기 위해 기능의 추가·변경이 용이하게 될 것으로 예상할 수 있다. 예를 들어 도요타 자동차는 향후 기능 추가 및 차종 전개를 내다보고 2015년 12월에 발매한 현행 프리우스의 하이브리드 시스템 개발에 MBD를 적용했다.

MBD의 흐름은 V자 형태를 취하기 때문에 「V 다이어그램」 이라고 불리고 있다(그림 2). 왼쪽이 시스템의 설계, 중간 구현, 우측이 검증 단계이다. 먼저 시스템 사양을 정의한 후 사양에 기반한 시스템 전체의 제어 및 기능 단위(모듈)의 제어를 설계한다. 이 공정에서는 일반적으로 미국 MathWorks사의 「MATLAB/

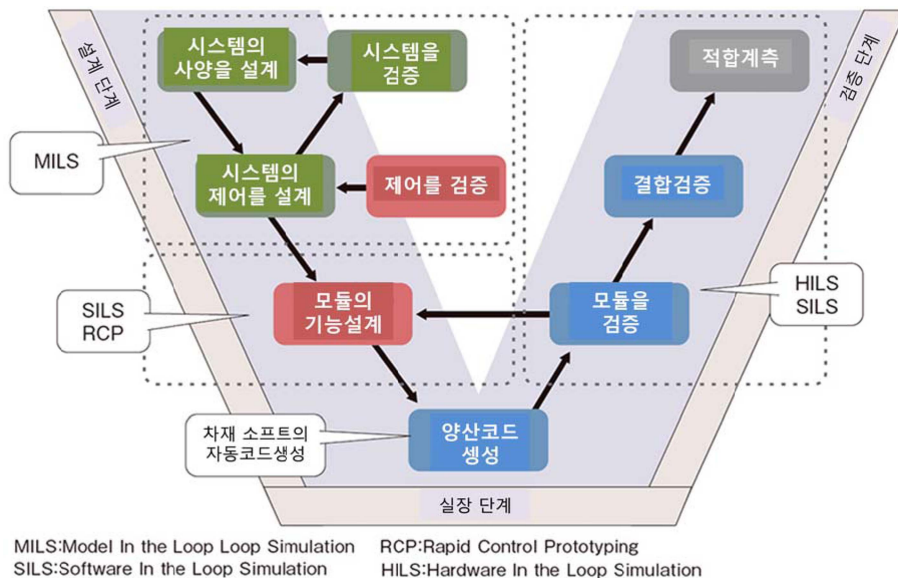


그림 2. V자 사이클에 따라 MBD에서 차량 시스템 개발의 흐름 다양한 시뮬레이션 등의 방법을 이용하여 검증을 진행하면서 시스템의 완성도를 높여 간다.

Simulink」을 사용하여 수학적으로 모델링된 제어 요소의 블록을 컴퓨터에 연결하여 맞추어 나가면서 제어 소프트웨어 로직 (제어 로직)을 설계한다. 한편, 제어 대상이 되는 엔진 등의 하드웨어는 MathWorks사의 「MATLAB/Simscap」 나 프랑스 Dassault Systemes 사의 「Dymola」 라는 도구로 모델링한다. 이러한 제어 대상의 모델을 「플랜트 모델」 이라고 부른다. 이 플랜트 모델을 MATLAB/Simulink로 읽어 들어 제어 로직 모델에 연결하여 컴퓨터 상에서 실행시켜서 시스템 사양 및 제어 로직의 타당성을 검증할 수 있다. 이러한 제어 측과 제어 대상의 모델을 사용하여 테스트하는 방법을 「Model In the Loop Simulation (MILS)」 라고 부른다. 모델을 작성하여 즉시 실행할 수 있기 때문에 설계 상 문제를 조기에 발견하는 것이 가능하다. 또한, 제어 로직 테스트는 「Rapid Control Prototyping(RCP)」 라는 방법을 이용하는 경우도 있다. 제어 로직 모델을 포함하는 범용 컨트롤러를 공장의 하드웨어에 연결하여 작동시키는 방법이다. 다음으로 설계된 제어 로직을 기반으로 C 코드의 소프트웨어를 작성한다. 이 C 코드의 소프트웨어를 플랜트 모델에 연결하여 컴퓨터에서 실행시킴으로써 제어 로직 및 소프트웨어의 타당성 등을 검증할 수 있다. 이러한 테스트 방법을 「SILS(Software In the Loop Simulation)」 라고 부른다. 소프트웨어는 컴퓨터의 개체 코드로 작동하기 때문에 MILS보다 빠른 확인이 가능하다. 이전에는 C 코드 소프트웨어를 수동으로 작성하는 것이 일반적이었지만, 최근에는 MATLAB/Simulink의 자동 코드 생성 기능과 독일 dSPACE사의 자동 코드 생성 도구 TargetLink 등을 사용하여 이 공정을 자동화하는 사례가 늘고 있다. 모듈마다 소프트웨어의 타당성을 검증한 후 각 모듈의 소프트웨어가 설계된 대로 상호연계 여부를 검증한다. 결합 검증이라 불리는 이 테스트는 앞서 설명한 SILS나 시작 부분에서 소개한 HILS를 사용한다. HILS는 플랜트 모델의 행동을 실시간으로 시뮬레이션할 수 있는 전용 하드웨어에서 액추에이터 및 제어 소프트웨어를 구현한 ECU를 연결하여 테스트한다. 실제 ECU와 액추에이터를 사용하기 때문에 실차에 가까운 상태에서 확인이 가능하다. CAN (Controller Area Network) 통신 등의 전기 신호 레벨에서도 테스트할 수 있는 것도 특징이다.

최근에는 ADAS나 그 전의 자동 운전 기능을 위한 개발 경쟁이 활발해지고 있지만, 이 영역도 MBD의 적용이 필수인 것으로 알려져 있다. 그 이유는 크게 두

가지이다. 하나는 안전성을 검증하기 위해 모든 상황을 상정한 검증이 필요한 것이다. ADAS에 만전의 안전성을 확보하기 위해 수천 만 km의 주행 테스트가 필요한 것으로 알려져 있다. 도로와 날씨, 사람이나 자동차 등의 장애물, 차량 상태 등 무한한 장면의 조합을 검증해야 하기 때문이다. 실차에서 모두 확인하는 것은 불가능하다고 할 수 있다. 그래서 방대한 테스트를 시뮬레이션으로 수행할 수 있는 MBD가 필수가 된다. ADAS 센서와 탑재 차량 등의 하드웨어가 완성되지 않은 단계에서 SILS 및 HILS를 이용하여 ADAS의 제어 로직을 검증하고 안전성을 확보할 수 있는 논리를 마무리한다. 충돌 등의 위험이 높은 위험한 주행 테스트도 가상으로 실시할 수 있으므로, 완성도 높은 ADAS를 안전하게 개발할 수 있는 장점이 있다. 두 번째는 같은 ADAS의 하드웨어를 탑재할 경우 차종에 따라 통합 기능이 다른 경우가 있는 것이다. 예를 들어 자동차 카메라에서 자동 브레이크와 차간 거리 유지 기능을 실현하는 경우 동일한 카메라를 탑재하고 있어도 카메라의 ECU에 모든 기능을 구현하는 차종도 있고, 카메라의 ECU는 이미지 처리만으로 자동 브레이크와 차간 거리 유지 기능을 새시 측의 ECU에 구현하는 차종도 있다. 그래서 MBD를 적용하고 ADAS의 전체 제어 및 모듈의 제어를 모델링하여 두는 것으로, 각 기능의 배치를 유연하게 변경할 수 있으므로 개발 효율이 향상된다. 이러한 MBD 적용의 움직임을 받아 들여, 툴 벤더들이 속속 ADAS 지원 도구를 투입하고 있다. 예를 들어 MathWorks사는 이미지 인식과 레이더 제어 알고리즘 센서 퓨전 분석 기술 등을 준비한다. 이러한 기능을 MATLAB/Simulink의 모델로 제공하고 있으며, ADAS의 제어 시스템을 신속하게 설계할 수 있다. dSPACE사는 HILS에 의한 주행 시뮬레이션을 3D 애니메이션으로 표시하는 도구와 그 애니메이션과 실제 주행 영상을 바탕으로 ADAS의 동작을 테스트하는 환경을 제공하고 있다. 이 밖에 National Instruments(NI)사는 자동차 레이더 등의 테스트 환경을 HILS에서 작성하는 도구를 제공하고 있으며, Audi사 등의 도입 실적이 있다고 한다.

원래는 제어 시스템의 개발 방법으로 자동차 업계에 도입된 MBD이지만 최근에는 그 영역이 하드웨어 디자인에도 확산되고 있다. 자동차의 고성능화에 따라 소프트웨어와 하드웨어 모두가 복잡해지고 기능의 분리가 어려워지고 있기 때문이다. MAZDA는 차세대 기술 「SKYACTIV」의 엔진 개발에 있어서 CAE의

한 하드웨어 디자인의 시뮬레이션도 MBD에 포함된다 고 정의하고, MBD의 개발 과정에서 하드웨어 설계 및 제어 시스템의 개발을 일체화하여 진행했다. 실제 하드웨어 설계에 사용되는 CAE 도구의 MBD 대응도 신속하게 진행되고 있다. Dassault사의 CAE 도구 「CATIA Dynamic Behavior Modeling」은 CAD에서 만든 하드웨어의 3차원 모델에서 MBD용 플랜트 모델을 생성하는 것이 가능하다. MILS 등의 플랜트 모델의 동작을 3차원 모델에서 시각적으로 나타낼 수도 있다. 예를 들어 “서스펜션 제어 시스템 매개 변수를 변경하면 댐퍼가 간섭하는 것을 파악했기 때문에 하드의 설계를 변경하는”등 개발이 가능하게 된다. JSOL의 CAE 도구 「JSOL-RT」는 전자기장 유한요소 해석(FEA) 모델에서 MBD용 플랜트 모델을 생성하는 기능을 갖추고 있다. FEA는 HEV 구동용 모터 등의 설계에 사용된다. dSPACE사, 독일 ETAS, 미국 NISA 등이 JSOL-RT의 플랜트 모델이 작동 HILS를 제공하고 있으며, 예를 들어 NISA의 HILS는 후지 중공업의 XV 하이브리드의 개발 등에 실적이 있다고 한다. 앞으로 CAE 도구의 모델과 MBD의 플랜트 모델의 울타리는 점점 없어져 가는 것으로 보고 있다.

일본 대형 자동차 업체 9개사가 참여하는 「자동차용 내연 기관 기술 연구 조합(AICE)」도 엔진 설계의

고도화를 위한 MBD의 활용에 임하고 있다. 향후 HEV나 플러그인 HEV 전기자동차 등 전기자동차가 세계의 주류가 되고 있는 가운데, 각 사에게 내연 기관의 개발 비용 절감이 불가피 할 수 있다. 그러나 다른 한편으로 환경 규제 강화에 따라 연비·배기 가스 성능 향상의 요구는 높아지고 각국의 규제에 대응하기 위해 파생 개발이 더욱 늘어날 전망이다. 이러한 상황을 배경으로 AICE가 임하고 있는 것이 산학관 제휴로 각 사의 공동 과제를 해결하는 시도이다. 가솔린/디젤 엔진의 연소와 디젤 배기 가스 후처리의 기초적인 물리 현상의 「규명」과 「수학 모델링」을 공동 과제로 국내의 대학·연구 기관에 연구를 위탁한다. 대학·연구 기관이 실험·계산으로 밝혀낸 물리 현상의 수학적 모델은 AICE를 통해 각 사에서 공유한다. 그리고 각각의 코어 기술을 담은 각 사 고유의 MBD용 플랜트 모델에 내장되어 내연기관의 하드웨어 설계 및 제어 시스템의 개발에 이용한다. 플랜트 모델이 정교하기 때문에 고급 MBD에 의한 내연기관의 개발이 기대된다.

<<본 기사는 한양대학교 미래자동차공학과 민승재 편집위원이 NIKKEI AUTOMOTIVE 2016년 11월호 특집기사(pp.42-47)에서 발췌하였습니다.>>