

강 병 식 현대차그룹 자동차부문연구개발본부 연구위원 | e-mail : bkang@hyundai.com

자동차산업은 CAx(CAS, CAD, CAE, CAM, CAT)로 대변되는 디지털 기법들을 '80년대부터 도입하여 개발효율을 높이고 제품품질을 향상시키는 데 활용해 왔다. 현재는 특정기법을 활용한 해당 부문의 업무효율을 높이는 단계를 넘어서, CAx 기법들을 차량개발프로세스에 접목하여 전체 개발효율을 극대화시키는 관점의 디지털 개발 프로세스 구축이, 선진 자동차사의 관심사이다.

자동차산업의 특성과 개발기간 단축

자동차 산업의 특성은 제품이 2만 개 이상의 부품 수를 갖는 수많은 기술의 복합체이면서도 일반대중을 고객으로 하는 대량 생산품이라는 점에서, 항공산업과 같은 치밀한 관리 시스템과 전자제품의 시장전략과 같이 치열한 경쟁구도에서 우수한 제품을 보다 빨리 시장에 출시하는 완성도와 신속성을 요구하게 된다. 이러한 요구에 부응하기 위해서는 개발 기간 단축과 상품성 향상이라는 상반되는 요소를 만족할 수 있는 개발 방법론을 구축하여야 한다. 이에 자동차산업은 CAx 기법을 적극적으로 활용해 왔다.

'디지털 개발'이라는 용어가 자동차산업 전반에서 사용되게 된 것은 1997년에 BMW가 추진한 'Digital Car' 프로젝트에 기인한다. 기존의 60개월 걸리던 차량 개발 기간을, CAx 기법을 최대한 투입하는 계획을 수립하여, 전 기간의 50%를 축소한 30개월 만에 개발할 수 있게 되었다. 이를 시작으로 각 선진 자동차사들은 CAx 적용을 확대하여, CAS의 도입으로 스타일링 기간을 줄이고, CAD의 다양한 기능을 활용하여 설계작업의 효율을 높이며, CAE와 CAM의 적용을 확대해 감으로써 성능검증 기간을 줄였다. 디지털기법의 적용은 각 단위업무의 시간을 축소함은 물론, '90년대 말 5~6단계로 구

성되어 있던 개발 프로세스를 현재는 '시범제작차량(시작차) 시험' 단계, 즉 차량을 제작하고 시험하여 검증하고 개선설계를 반복하는 시험검증 개발단계를, 2단계 이상 축소하여 전체 3~4 개발단계로 구성하여 개발 기간을 획기적으로 단축하는 데 성공하였다. 현재는 선진사 대부분이 모델고정 이후, 15개월 이내에 신차 개발 및 생산검증을 완료하는 프로세스를 구축해 놓고 있으며 머지않아 10개월 이내의 신차 개발 프로세스를 제시할 것으로 예상된다.

조기 검토 및 동시개발 구현

제품개발의 전반 프로세스는 결국 '설계'와 '검증'의 연관관계이다. 제품개발은 스타일링 디자인과 파워트레인, 바디, 샤시, 내외장 설계 등을 망라하는 '설계영역(design)'과 법규, 상품성 등을 포괄하는 모든 성능의 완성도를 확인하는 '검증영역(evaluation)'으로 구분할 수 있다. '얼마나 많은 검증을 설계수행 단계에서 동시에 고려할 수 있는가'(Concurrent Engineering) 또한 '최대한 많은 문제점을 가능한 설계초기 단계에서 검증함으로써 후행단계에서 발생하여 설계변경을 초래하는 비효율을 제거 할 것인가'(Upfront Engineering)라는 두 가지의 기본적인 개발 효율화 방안을 구현하는 것이

기간 단축과 완성도 향상을 좌우한다. 즉 개발 프로세스의 효율 향상은 '설계'와 '검증' 간의 상호 작용을 얼마나 많이, 동시에, 설계초기 단계에서 해결하는가 하는 난제를 풀어낼 수 있는 방법론을 찾아 내는 것이 핵심이다.

과거에는 실물 차량을 제작하여야, 성형성, 조립성 등의 생산 문제점과 스타일, 기구학적 작동, 성능 및 인간공학적 안락감, 편의성 등의 제품 완성도를 평가할 수 있었다. 최악의 경우는 문제점이 너무 많아, 이전 단계까지 투입한 설계, 제작, 시험의 노력에도 불구하고 새로운 개념으로 다시 개발을 시작하여야 하는 경우도 발행하였다. 이러한 개발 비효율성을 디지털기법을 활용함으로써 스타일링 디자인 단계나 설계개념단계에서 즉각적으로 검증하고 설계에 반영함으로써 설계-검증 단계가 반복되지 않고 일괄된 개발흐름을 갖도록 하는 것이 디지털 개발 프로세스의 성공요소이다.

디지털 개발 프로세스 구축 방향

CAX가 단위부문 기법으로 효율을 높이는 데 기여하고 있으나, 이 기법들을 전체로 연결하는 데는 PLM(Product Lifecycle Management) 시스템의 구축이 필수적이다. '90년대에 도입된 PDM(Product Data Management) 시스템은 차량개발에서 생성되는 자료를 축적하여 데이터 재활용(Data Recycling) 개념으로 차량개발 효율을 높이는 목적으로 시작되었으나 곧 data만으로는 효과적으로 문제점을 해결할 수 없음을 인지하고 개발과정에 필요한 전반적인 지식정보 재활용(Knowledge Recycle) 개념으로 확대한다.

PLM적용 초기에는 설계프로세스 위주의 데이터베이스 구성과 정보교환, 프로세스 정립, 단위업무 효율화를 위한 시스템 및 업무 자동화 템플레이트(Template) 구축에 역점을 두고 개발되었으나, 현재는 향상된 다양

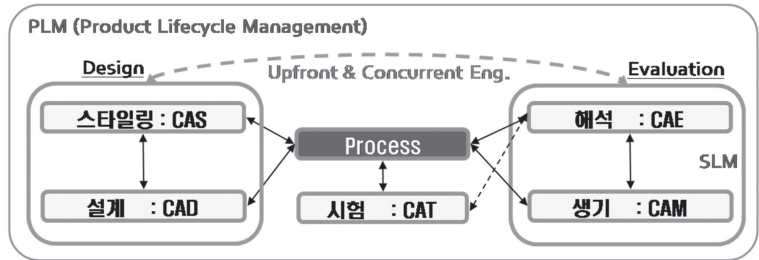


그림 1 디지털 개발 프로세스 구성 개념

한 CAx 검증기법들을 PLM에 연결하여 전체 개발프로세스의 혁신을 추구하는 방향으로 시스템을 개발하고 있다.

이러한 시스템은 차량개발 현황에 대한 정보를 현업 부서 담당자들뿐 아니라, 상위관리자 및 전반 개발상황을 파악하고 결정을 내려야 하는 PM(Project Manager) 부문에 실시간 전달하여, 문제해결을 위해 관련된 많은 팀들의 유기적인 협업의 유도를 가능하도록 구성한다.

PLM시스템은 설계단위업무 및 개발전반의 프로세스를 포괄하지만, 전체 디지털 개발 시스템 구축 용이성을 위해 PM부문의 PMS(Project Management System), 시험부문의 TDM(Test Database Management)와 해석부문의 SLM(Simulation Lifecycle Management) 등의 시스템을 별도로 개발하여 PLM에 연계하는 것이 보편화된 시스템 구축 방법이다.

이중 SLM은 설계안에 대해 수백 가지 항목의 기본해석수행 및 결과분석과 개선 최적안을 도출하고, 설계데이터 공유 및 결과 feedback 등 방대한 자료의 취급과 연관부서와의 정보교환 및 의사소통 시스템이 필요하고, 신속한 해석업무 수행을 위한 프로세스 자동화 등을 포함하고 있어서 PLM과 유사한 수준의 시스템구축 노력이 필요하다.

결국 각 부문에서 연관 CAx기술을 활용하여 각기 업무효율을 극대화하는 목표를 만족하고, 각 부문의 업무수행으로 연결되는 개발프로세스상에서 디지털데이터의 원활한 흐름을 통해 상호 필요한 정보를 얼마나 효과적으로 연결되게 시스템을 구축하는가 하는 프로세스

기법을 창출해 내는 것이 디지털 개발 프로세스의 완성도를 높이는 작업이다. 현재는 기존 개발프로세스에 디지털기법을 적용하여 프로세스의 효율을 향상시키는 목표로 추진되고 있으나, 정립이 된 후에는 디지털기법으로 인해 가능해지는 새로운 업무 흐름 형태를 반영한 새로운 개념의 프로세스가 창출될 것으로 기대한다.

디지털기술의 확대

디지털기법의 적용은 무한히 확대 개발되어 가고 있다. 기존 개발된 기법들은 완성도와 정확도를 높여가고 있고, 새로운 분야 즉 전기전자, 재료, 제어기술, 4대 역학을 결합하는 융합기술 등 지속적으로 영역이 확대되어 가고 있다. 제품 개발-생산 프로세스상에서 동시 개발(Concurrent Engineering) 수행의 장애였던 개발부문과 생산기술부문 간의 장벽도 디지털기술에 의해 연결되고 있다.

스타일링의 CAS기법에 연동되는 검증기법으로는, DMU(Digital Mock Up) 기법이 CAS로 구성된 차량디자인 결과를 영상으로 품평 가능하게 한다. 이로써, 이전에 스타일링 초기단계에 여러 개의 스타일링 가능방안에 대해 Clay 모델을 제작하여 품평하던 작업을 최소화하였다.

설계작업을 하는 CAD와 연계되는 검증기법은, DPA(Digital Pre-Assembly) 기법으로 수많은 부품의 CAD 도면을 조합하여, 한 차량모델에 대해서도 사양별로 각각 조립성을 검토하는 설계품질 검증회의를 영상회의실에서 실시하며, 또한 DPA에 인체모델을 투입하여 각종 장치 등을 조작하는데 근육 피로도를 파악함으로써 인체공학적인 설계를 진행하는 것이 가능해졌다. 또한 PLM에 연계되어 설계안의 중량산출과 원가검토가 실시간으로 파악할 수 있게 함으로 설계방향 설정의 효율을 높이고, GD&T(Geometric Dimensioning & Tolerancing) 설계기법의 활용으로 설계허용공차 최적화를 수행하는 등 도면의 완성도를 높인다.

스타일링과 설계조립성, 조작성을 설계영역에서 직접 검증하는 반면, 차량제작에 필요한 생산기술 관점에 대한 검증은 CAM을 활용하고, 제작된 차량의 성능관점의 검증은 CAE를 활용한다.

즉 CAM은 강판재질의 Stamping이나 고분자재료의 사출 성형성을 검토하고, 생산공장의 효율적인 layout 구성, 생산라인의 flow 검증, robot 작업의 사전검증 및 한 공장에 라인에서 다양한 차량을 조립하기 위해 필요한 공구 및 jig를 최소화, 최적화하는 혼류생산 검증까지 진행하며, 차량이 출고한 후 서비스 공장에서의 작업공정까지 사전에 검토한다.

CAE는 모든 시험에 의한 성능검증을 최소화하기 위해 설계도면을 해석모델로 변환하여 충돌안전, 진동소음, 내구강도 등의 구조성능, 공력 공조 등의 열유체 성능, Ride & Handling의 동역학 성능을 검증하고 전기/전자 부문의 안테나 수신, 전자파 간섭, 통신영역까지 성능검토를 하고 있다. 현재는 각 역학부문 단위로 수행되던 성능검증 기법이 보다 정확한 예측을 위해 multi-physics 개념으로 발전하여, 하이브리드 차량이나 전기차에 사용하는 모터개발을 위한 전자기-구조-열유체 연동해석, 횡풍 조건에서의 차량자세제어 기술을 개발하기 위해 유체역학과 차량동역학을 연동해석하는 등의 다양한 융합해석기술이 개발되어 적용되고 있다.

또한 점차 복잡해지고 있는 제어장치들을 검증하기 위해 메카트로닉스 기법을 적용하여, 산재해 있는 제어장치들을 통합하는 통합제어 시스템의 설계 및 검증에 활용하며, 경량화 등에 필요한 재료개발 부문에서도 multi-scale CAE기법을 활용하여 양자역학, 나노, 마이크로 및 매크로 단위로 해석기법을 연계하는 방법으로 다양한 재료의 특성을 파악하고, 재료개발 효율을 향상시키는 데까지 활용하고 있다.

아직 완성차 단위에서 보면 CAE 결과의 정확도는 더 많은 발전을 하여야 하지만, 부품이나 시스템 단위에서는 인증시험 영역에서도 해석결과를 시험결과 대체로 인정하는 움직임이 있다. 일례로 차량이 보행자를 충돌



그림 2 개념 모델링 형상 변화 기법(모핑) 사례 : 현대차

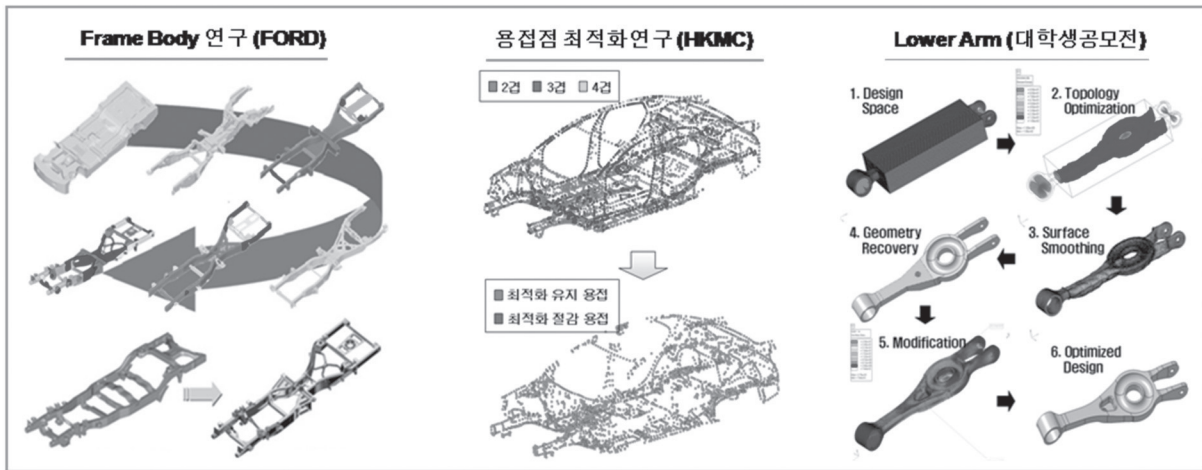


그림 3 위상최적화(Topology Optimization) 사례 : Ford, 현대차, Altair Korea

하는 경우 보행자의 상해를 최소화하는 개념의 ‘보행자 보호’ 인증시험에 있어서, 보행자의 머리가 차량 후드(hood)나 전면 유리창(windshield glass)에 충격하여 받는 상해를 검증하고 있다. 유럽 법규는 현재 후드 및 전면유리창의 영역별 48개소에 대한 머리충격 상해를 시험만으로 검증하는 것을, 2013년부터는 최대 170개소로 타격부위를 확대하면서 일부 타격위치의 검증은 해석결과로 대체하는 것으로 추진한다.

디지털 개발 기술의 발전 방향

디지털 개발 기술은 설계작업 과정 중 또는 이후의 검증을 수행하는 데 집중하여 발전하고 정착되어 왔다. 그 일환으로 최근에는 설계진행 중 설계자가 직접 부품

단위의 실시간 해석검증을 수행할 수 있는 설계자용 해석 Tool이 개발되고 있다. 해석부서에 의뢰해서 진행하던 부품해석을 설계자들이 손쉽게 직접 수행할 수 있도록 CAD Tool에 연동하여 해석지식이 없이도 기본해석을 수행할 수 있도록 지원한다. 즉, 부품단위의 선행검증은 설계자가 직접 수행하여 설계진행 효율을 높이고, 해석부문은 시스템, 완성차 단위의 해석을 수행하는 역할 분담이 진행되어가고 있는 것이다.

또한 선진사들의 관심사는 설계작업이 시작되기 전에 최적 설계개념 도출하는 기술 확보하는데 집중되고 있다. 이에 따라 새로운 디지털기술 개발 방향은 사용이 용이한 개념모델 구성기법과 최적화 기법 등에 초점을 맞추고 있다.

설계도면 작업이 진행되지 않은 개념단계 초기에 검

증을 하여야 하기에, 이전 차량모델 등을 활용하여 원하는 설계개념으로 모델을 변환할 수 있는 기술이 필요하다. 이를 해결할 수 있는 기법을 형상변경, 즉 모핑(Morphing) 기술이라 통칭하며 개념 해석모델 구성을 위해 개발된 기법이 현재는 CAS 및 CAD에서도 적용되어 부품들이 조립된 상태에서 제원 등 변경 시 연관된 부품들이 동시에 형상변경 될 수 있도록 기반기법 개발되고 있으며, 현재는 사용자의 활용 용이성 관점에서 기술을 발전시켜가고 있다.

일반 최적화 기술이 사용자가 설계인자를 설정하여야 하는 제약이 있는 반면, 최신에 도입된 위상최적화(Topology Optimization) 기술은 가용한 설계공간을 설정만 하면 하중 전달관점에서 최적의 형상을 찾아주는 기법이기에 혁신적인 최적개념 도출방법으로 활용되고 있다. 아직은 NVH나 내구 등의 선형성능 조건에 대해서만 적용 가능하나, 차량동역학 등 비선형 성능영역으로 확대되고 있어 멀지 않은 미래에 복잡한 비선형 분야인 충돌성능에 대해서도 활용이 가능해 질 것으로 기대되고 있다.

맺음말

이렇듯 다양하고 발전된 디지털 개발 기술들을 활용하여 각 산업체에서 디지털 개발 프로세스를 구축해가고 있으나, 대부분의 기술은 외국 소프트웨어사의 기술에 의존하고 있어서, 대기업을 제외하고 나면 전반 산업체에서 비용부담 등으로 이러한 기술을 활용하지 못하고 있는 실정이다. 전반적으로 국내 소프트웨어 개발

이 미흡한 것으로 알려져 있으나, 특히 공학용 소프트웨어의 개발 저변은 매우 취약하여, 산학 및 정부의 공동노력으로 국내기술이 발전할 수 있는 환경을 구축해가는 것이 시급하다. 국내 산업체의 발전을 위해서는 이러한 프로세스 기술 즉 PIDO(Process Integration & Design Optimization) 기술의 보급이 필요하다. 또한 검증부문에 있어 급속히 확대되어가는 CAE 부문의 인력육성에 대한 관심 부족으로 북미, 유럽, 일본, 중국 등 대비 전문인력이 턱없이 부족하여, 중소기업에서는 인력확보 및 기술 활용이 매우 어려운 상황이어서 중소기업의 기술발전에도 저해가 되는 상황이다. 따라서 디지털기술 확보 및 인력육성에 더 많은 관심과 투자가 요구되는 바이다.

〈용어설명〉

모델고정 (M0): 제품개념의 결정을 의미하며, 차량개발에서는 제원, 성능목표, 설계개념 및 스타일링이 결정되는 시점을 말한다. 개발기간은 모델고정을 기준으로 모델고정 이전단계와 이후 단계로 나뉘게 되며, '90대 말까지는 대체적으로 총 60개월의 개발기간이 소요되었고, 모델 고정 전 20개월, 고정 후 40개월의 수준이었다. 이를 자동차개발에서는 일반적으로 M-20, M0(zero), M+40로 표현한다. '신차' 개발이 가장 시간이 많이 걸리고, 기존차 대비고객특성이나 판매지역 특성을 고려하여 변경된 제품개념으로 개발하는 '파생차' 개발이나, Facelift 개념의 스타일링 변화 및 파워트레인, 샤시시스템 upgrade 등을 포함하는 '개조차' 개발은 개발기간이 축소된다.