

# 철도차량에서의 Virtual Engineering 기술 적용

## A Study on the Methodology of Virtual Engineering Technique for Rolling Stock.

전현규\*, 옥민환\*\*, 양도철\*\*\*, 정흥채\*\*\*

Jun Hyun Kyu Ohk, Min Hwan Yang, Doh Chul Chung, Heung Chai

---

### ABSTRACT

The virtual engineering technologies have been broadly used for the design, testing, manufacturing and maintenance works of industrial product. Recently many VR systems with walk through navigation and web databases; such as design and installation database, load history database, maintenance history database et al. are developed. However, the virtual engineering in railroad industry is not well developed compared to other industries like automobile, air, shipbuilding.

In this paper, we explain the strategy that we have applied the virtual engineering technology to the design works of rolling stock and our plan to build the virtual testing laboratory(VTL) in the Korea Railroad Research Institute.

---

### 1. 서론

가상공학(Virtual Engineering : VE)기술은 “컴퓨터에 의해 생산된 3차원 가상공간상에서 이루어지는 모든 기술”로 정의될 만큼 매우 광범위하며, 대표적으로 가상현실장비를 착용하고 3D 공간을 경험해 볼 수 있는 가상현실(Virtual Reality : VR)기술<sup>(1)</sup>과 3D 컴퓨터모델을 이용하여 공간적 제약, 환경적 제약 및 위험도에 따라 현실에서는 수행하기 힘든 물리적 시험을 대체하는 가상시험(Virtual Testing : VT)기술<sup>(2)</sup>, 3D 모델을 이용하여 가공, 조립, 생산공정 등 전 제조과정을 시뮬레이션 할 수 있는 가상운영(Virtual Operation)기술 및 가상생산(Virtual Manufacturing) 기술<sup>(3)</sup> 등이 있다. 최근 소비자의 욕구가 다양해지고 제품개발기간이 단축됨에 따라 자동차, 항공, 선박분야를 중심으로 활발하게 적용되고 있으며 점차 그 영역이 확대되고 있다.

국내 철도분야에서는 CAD시스템과 연계하여 제품데이터관리 및 3D 디지털 목업(Digital Mock-up)을 생성하는 수준의 가상공학이 적용될 뿐 독일, 프랑스, 일본 등의 철도선진국과 같이 철도차량의 주행안정성, 신뢰도, 승차감 등을 연구할 수 있는 수준에 도달하지 못하고 있다. 국외 철도선진국의 경우를 살펴보면, 국내에서 운행중인 KTX의 제작사로 잘 알려진 프랑스 Alstom<sup>(4)</sup>에서는 차량설계시 고객의 요구사항을 최대한 수용하기 위하여 Optionic Design개념을 적용하여

---

\*한국철도기술연구원, 선임연구원, 정회원

\*\*한국철도기술연구원, 주임연구원, 정회원

\*\*\*한국철도기술연구원, 책임연구원, 정회원

2층 객차인 Coradia Duplex를 개발하였다. 이 시스템에서는 운전석(driver's cabin), 전방도어(front access), 객차(intercity) 및 후반부(rear end)를 각각 모듈화 하여 고객이 원하는 사양을 선택하면 가상의 공간에서 조립하여 가상시제를 즉시 생성한 후 고객이 검토할 수 있도록 하였다. 또한 가상시험모듈과도 연계하여 내구도 시험, 주행시험 등을 수행함으로써 차량의 신뢰도를 높일 수 있도록 함으로써 제품관리시스템 및 생산시스템과도 연결하여 개발기간을 단축하고 개발비용을 최대도로 줄이고 있다. 일본의 중앙철도회사(Central Japan Railway Company)<sup>(5)</sup>는 동적거동 시뮬레이터를 도입하여 승객이 실제 열차를 타고 있는 것과 동일한 환경을 구성하고 가상의 공간에서 주행시험을 함으로써 열차운행의 고속화 과정에서 필히 수반되는 승차감의 저하에 대한 연구를 수행하고 있다. 이 시스템에서는 열차의 기계적 거동을 다물체 동역학(Multi-body Dynamics : MBD)으로 모델링하고 모션베이스 액추에이터와 연결한 후 고속운행을 하는 열차에서 승객이 받는 진동을 재현하고 있다.

본 연구는 철도차량개발에 가상공학을 적용하기 위한 가상시험실(Virtual Testing Lab : VTL)을 개발하기 위한 기초연구로서 본 논문에서는 철도차량 설계데이터의 원활한 관리를 위한 제품관리시스템 개발과 향후 VTL 개발에 적용하기 위한 전체적인 전략에 대해 소개하고자 한다.

## 2. 관련이론

### 2.1 제품데이터관리시스템

철도차량에 가상공학을 적용하기 위해서는 3D CAD를 기반으로 한 철도차량 3D 형상모델이 필요하다. 또한 각 부품이 갖는 기계적 특성 데이터가 필요하며 동적거동특성에 대한 해석모델에 관한 데이터도 필요하다. 이러한 모든 데이터는 대상제품이 복잡할수록 기하급수적으로 증가하며 이를 체계적으로 정리하여 통합된 환경에서 관리하기 위하여 제품데이터관리(Product Data Management : PDM)시스템이 필요하다. PDM 시스템이 구축되면 각 부품들을 가상의 공간상에서 조립해봄으로써 발생할 수 있는 문제점들을 사전에 방지하고 각 부품들간의 간섭과 생산라인에서 발생될 수 있는 문제점을 사전에 점검할 수 있는 디지털 목업(Digital Mock-up : DMU)의 적용이 가능하다. 철도차량의 DMU가 개발됨으로써 가상공학을 적용하기 위한 기반이 마련된다.



그림 1. 철도차량 디지털 목업

### 2.2 가상현실

가상현실은 철도차량 주행시험시 차량의 운동특성을 가시적으로 보여줌으로써 설계의 품평, 조작의 용이성 등을 평가할 수 있는 기술로 실물을 제작하지 않고도 차량의 운동특성을 체험할 수 있으므로 차량개발 초기단계에서 여러 가지 사항을 검토할 수 있다. 또한 사용자가 가상공간에서 철도차량을 대화식으로 운전(Man in the Loop System : MILS)할 수 있으므로 기관사의 조종성, 승객의 쾌적성 향상을 위한 감성공학적인 설계도 가능하다. 뿐만 아니라 기존의 방법으로는

언기 어려운 극한조건에서의 운동특성을 시뮬레이션 할 수 있는 용도로도 활용될 수 있으며 실물을 제작하는 것이 아니므로 필요에 따라 모델을 쉽게 수정할 수도 있다.



그림 2. 철도차량 가상운전실

### 2.3 가상시험(Virtual Testing)

철도차량의 경우 차량개발에 통상 5~6년이 소요되며 시제차량의 개발 후에도 시험선에서의 각종 주행시험을 통과해야만 비로소 차량개발이 완료된다. 따라서 차량개발초기에 가상공간에서의 주행시험을 통한 설계사양의 도출은 차량개발기간의 단축과 신뢰도 확보에 필수적이다. 가상공간에서의 철도차량 주행시험을 위해서는 차량부품에 대한 수학적 모델의 개발이 필요하며 현가계, 구동계 해석을 위한 MBD의 적용이 필요하다.

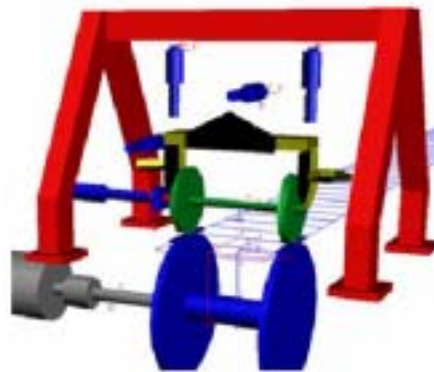


그림 3. 철도차량 주행시험을 위한 가상모델<sup>(6)</sup>

## 3. 철도차량 VTL환경 개발

그림 4는 한국철도기술연구원에서 개발하고자 하는 가상공간에서의 철도차량 설계, 해석 및 주행시험을 위한 VTL의 구성도이다. VTL은 3D CAD 모델을 기반으로 하고 있으므로 먼저 철도차량의 3D 마스터 모델과 이를 관리하기 위한 제품데이터관리(Product Data Management : PDM)시스템을 개발하고자 하며, 이를 기반으로 차량개발에 관한 각종 데이터, 기술문서, CAE 해석자료 및 지적 노하우(know-how)를 체계적으로 정리하여 DB형태로 구축하고자 한다. 또한 차량 시스템을 이루는 각 부품에 대한 기계적 특성 및 물리적 특성을 체계적으로 분석하고 각각의 특성을 시뮬레이션하기 위한 해석모델을 개발하고자 한다. 또한 전체 시스템의 동적거동을 파악하기 위하여 가상모델(virtual model)과 실제모델(physical model)과의 검증시험을 부품 수준 및 시스템 수준에서 각각 수행하고자 하며 해석모델의 검증을 통하여 가상공간에서의 VTL을 검증하고자 한다.

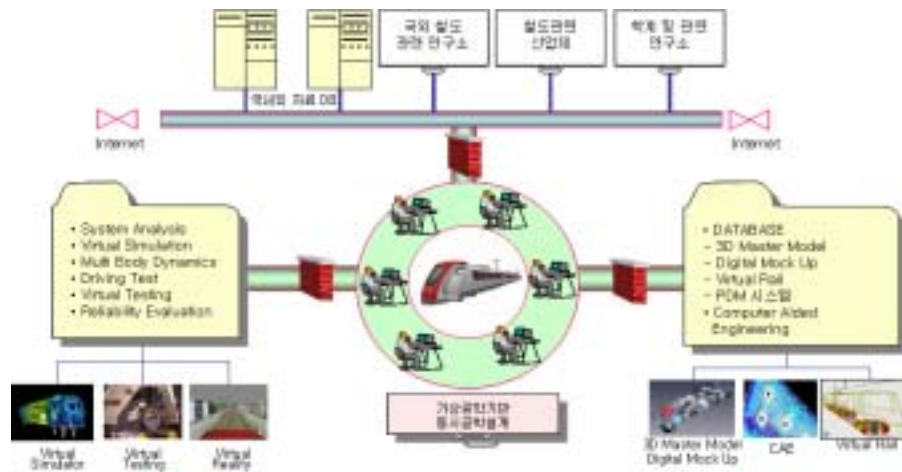


그림 4. 철도차량 VTL 환경 구성도

### 3.1 PDM 시스템을 기반으로 한 3D CAD 모델구성

철도차량 가상시체의 구축은 향후 해석하고자하는 모델의 종류에 따라 생성된 3D CAD 모델이 DMU를 위한 자료뿐만 아니라 시뮬레이션, VR시스템에서도 이용될 수 있도록 구성하고자 한다. 3D CAD 데이터는 철도차량 관련 산업체에서 널리 사용되는 CATIA를 기본으로하며, 고가의 CAD 장비가 확보되지 않은 중소기업체를 위하여 AutoCAD파일도 관리할 수 있도록 한다. 또한 차량의 좌석배치 등은 Macro와 CATIA의 Design Table 개념을 적용하여 Parametric하게 모델링하고자 한다. PDM 시스템은 철도관련 산업체에서 많이 사용되는 CATIA와 동일회사 제품인 SmarTeam을 이용하고자 한다.

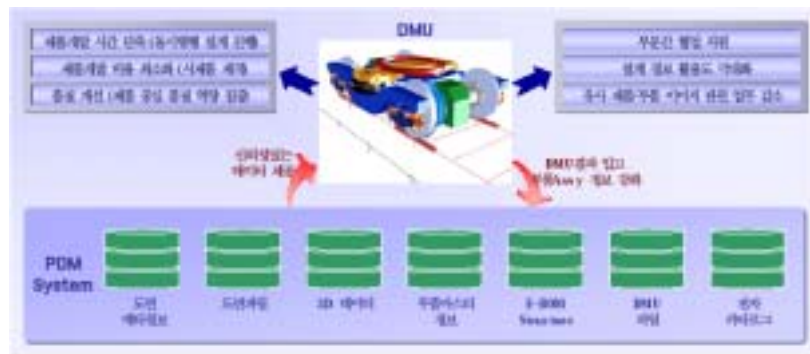


그림 5. 철도차량 PDM 시스템 개념도

### 3.2 가상현실기반의 동시공학설계

철도차량의 3D 모델이 완성되면 CAE 소프트웨어와 연계한 통합설계 연구시스템을 구성하고자 한다. VE 환경과 CAE 해석환경을 접목시킴으로써 철도차량 개발을 위한 각종 설계 및 해석정보들을 자연스럽게 통합데이터베이스에 저장하고자 하며 향후 새로운 차량을 설계하고자할 때 이를 참조하여 신속하고 정확한 설계가 가능하도록 구성한다. 이러한 모든 과정은 PDM 서버를 중심으로 웹상에서 이루어지도록 하며 지역적인 거리에 상관없이 동시공학설계가 가능하도록 한다.

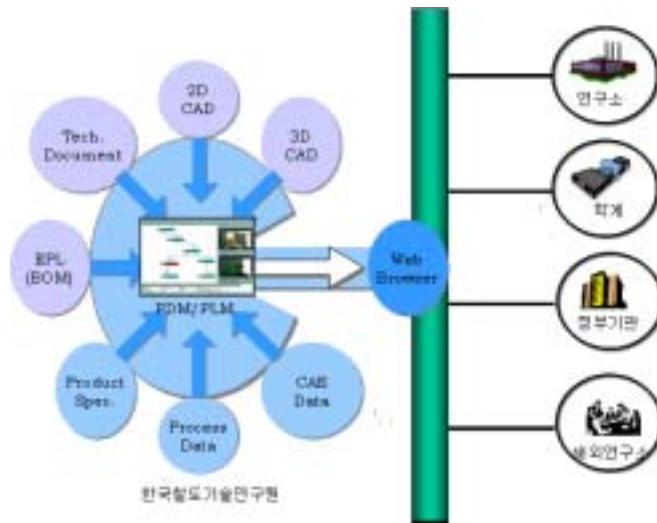


그림 6. 가상공학기반의 동시공학설계 시스템 개념도

### 3.3 철도차량 가상주행시험

철도차량의 주행시뮬레이터는 철도차량의 3D CAD 모델을 개발하고 이를 3채널 구형 스크린에 디스플레이 함으로서 사용자의 시야를 확보하며, 철도차량 운전실과 동일한 목업을 제작함으로써 실제 철도차량을 운전하는 것처럼 몰입감을 줄 수 있도록 한다. 또한 철도차량의 주행특성을 수학적 모델로 나타내기 위하여 대차프레임, 현가부품(댐퍼, 스프링), 차륜, 궤도 등의 동특성모델을 개발하며 MSC사의 ADAMS/Rail, INTEC의 SIMPACK, AEA의 VAMPIRE 등의 MBD해석 소프트웨어와 연계하여 가상공간에서의 VTL을 구성하고자 한다.

- MILS(Man In the Loop System) 기술을 통한 철도차량 주행시험
- HILS(Hardware In the Loop System) 기술을 통한 현가계 및 제동계의 가상주행시험
- 기존의 열차부품 및 신제품의 성능특성에 따른 열차의 주행특성 시뮬레이션
- 계획 중의 열차노선을 시뮬레이션 함으로써 주행안정성 및 환경친화적인 설계가능

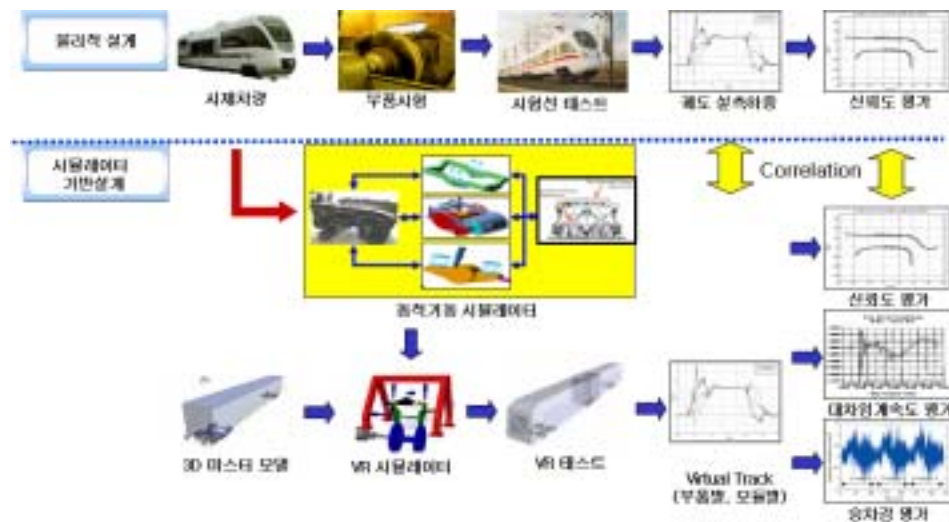


그림 7. 철도차량 VTL환경 개념도

#### 4. 결 론

본 논문에서는 철도차량개발시 가상공학을 적용하기 위하여 고려할 사항과 체계적인 구축방법을 제시하였으며 현재 한국철도기술연구원에서 추진하고 있는 VTL의 기본개념에 대해 설명하였다. 철도분야에 VTL이 성공적으로 적용될 경우 가상시체의 개발을 통해 설계초기에 다양한 시험을 수행할 수 있으므로 차량의 신뢰도를 확보할 수 있으며 차량개발기간의 단축 및 비용감소에 크게 기여할 것으로 생각된다.

#### 후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 2004 기본사업 “철도시스템선진화 기술연구사업(철도차량 Virtual Engineering 기술연구)”의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참고문헌

- (1) P. David(2003), "Virtual mock-up for concept train," The world congress on railway research 2003, pp.1203~1208.
- (2) A.T. Huizinga, M.A. Ostaijen and G.L. Slingeland(2002), "A practical approach to virtual testing in automotive engineering," Journal of Engineering Design, Vol.13, No.1, pp.33-47.
- (3) 노상도외 7인(2000), "가상생산기술 적용을 위한 자동차 가상플랜트 구축에 관한 연구," 대한 기계학회 추계학술대회논문집 A, pp.718~723.
- (4) Alstom(2004), "Coradia Duplex 홍보용 CD,"
- (5) K.Sakanoue(2003), "Evaluation of train ride comfort using a vehicle dynamic simulator," The world congress on railway research 2003, pp.1171~1181.
- (6) Alexander Schmid(2003), "Generation of excitation data for a wheel/rail system test rig using simulation," SIMPACK User's meeting 2003.