제품 개발의 당면 과제들을 해결하는 디지털 시뮬레이션

발췌인 _ 노상도 _ 성균관대학교 시스템경영공학과 _ sdnoh@skku.edu

과거의 제품 설계, 제작과 마케팅은 상당히 간단했다. 제작자는 이미 고객을 알고 있었으며, 고객의 요구와 가격의 영향을 파악하고 있어서 이를 만족시키는 제품을 직접 고안하고 제작할 수 있었다. 제품 판매 이후에도 직접 제품을 수리하고 재활용했으며, 후속 제품 출시를 위해 필요한 지식들이 긴밀하게 유지되고 쉽게 적용되었다.

상거래의 범위가 마을에서 지역, 전세계로 확장되면서 이러한 상황은 매우 복잡해졌다. 오늘날 기업은 다양한 소비자의 요구를 수집하고, 변화하는 글로벌 수요를 만족할 수 있는 제품을 설계하기 위해 여러 개의 부서를 운영하고 있다. 그 중, 엔지니어링 조직은 해석을 수행하고, 설계 변경에 대처하며 생산 방법과 tool을 개발하기 위해 설계에 여러 가지 세부 사항들을 추가하는 기능을 수행한다. 또한 제조와 판매, AS 지원을 수행하는 조직들도 운영된다. 각 영역에서 단계별로 생성되는 정보는 이후 제품 개선에 매우 유용하게 사용된다. 과거에 장인의 머리 속에 있던 지식들이 이제는 수백, 수천의 각 분야 전문가들의 네트워크를 통해 만들어지고, 활용되는 것이다. 오늘날의 성공적인 공급망은 완전하게 구성된 피드백 루프를 통해 관리되고 있으며, 제품 개발을 위한 모든 업무에서 최선의 의사결정이 가능하도록 필요한 정보를 필요한 시간에 제공한다.

신속한 혁신은 적기에 제품을 시장에 출시하기 위한 가장 확실한 방법이며, 빠른 시장 대응을 통하여 다음과 같은 목적들을 달성할 수 있다.

- 가장 최근의 고객 요구 사항이 명확하게 정의되어 제품이 고객의 요구 사항을 더 잘 만족시킬 수 있다.
- 고객은 참신하고 새로운 설계에 기꺼이 더 많은 대가를 지불한다.
- 초기에 시장에 진입한 회사는 경쟁 회사들이 시장에 진입하기 전까지 시장을 "소유"할 수 있기 때문에 상당한 시장 점유율을 차지할 수 있다.

이러한 이득들은 제조 회사의 위험 부담을 크게 줄여주며, 이는 설계 프로그램이 더 짧아지면 제품이 시장에 출시될 때 성공 가능성이 더 높아지기 때문이다. 그렇다면 이와 같은 이득들을 취하면서, 동시에 다른 여러 경영 활동을 원활하게 수행하도록 하는 IT 투자는 어떤 것인가?

본 기사에서는 글로벌 기업인 포드 유럽(Ford Motor Company of Europe)에서 이상과 같은 비즈니스 요구를 충족하기 위해 대부분의 제품개발 프로

세스를 재설계한 방법을 소개한다. 포드 유럽의 C3P (CAD/CAM/CAE/PDM) 팀은 PLM(Product Lifecycle Management) 도구의 효율적인 사용과 IT 지원체계가 경기가 불안정한 시기에도 고객 요구를 만족시키고 성장을 준비하는 데 이바지할 것으로 보았다. 포드 유럽의 프로세스 재설계는 다음과 같다.

- 설계와 엔지니어링 업무가 동시에 진행되어 신제품 출시 기간을 단축한다.
- 꼭 필요한 경우에만 최종 데이터를 사용하도록 하여 효율성을 크게 향상시킨다.
- 효율적인 데이터 관리 솔루션을 사용, 중요한 데이터를 단일 소스로 관리, 제공하여 정확성을 향상시킨다.
- 중요한 설계 변경 사항에 대한 해석을 자주 수행해 위험을 줄인다.
- 엔지니어링 소요 시간이 현저히 감소하면, 이를 더 많은 대안들에 대한 평가에 활용한다.

포드 유럽은 기존의 설계 프로세스와 IT 도구들을 면밀하게 조사하고, 이를 제품 개발을 위한 설계 환경의 확실한 비전과 연계하면 상당한 비용 절감과 효율성 향상을 얻을 수 있음을 확인하였다.

최근 포드 자동차를 운전해 본 적 있습니까?

각각 수십 개의 모델이 있는 8개의 자동차 브랜드를 보유하고, 145개국 이상에서 운영되는 자동차 회사가 어떻게 시장에서 경쟁력을 가질 수 있는가? 이는 자동차를 설계하고 생산하는 방식을 완전히 변경함으로써 가능하다.

포드 자동차는 2002년에 Ford, Lincoln, Mercury, Mazda, Volvo, Jaguar, Land Rover, Aston Martin이라는 브랜드 명으로 전세계에서 750만 대 이상의 차를 판매했다. 포드 유럽 차체 제품 개발의 수석 엔지니어인 John Sullivan에 따르면 750만대의 자동차 생산을 위한 개념 설계에서 제조까지의 프로세스가 급격하게 변화하고 있다고 한다. Sullivan은 시장이 대량 생산(단일 모델 연간 500,000개 생산)에서 다수 모델의 소량 생산으로 변하고 있다고 말한다. (5개 모델 각각 연간 100,000개씩 생산) 경쟁력 유지를 위해서 포드 사는 표준 플랫폼(완충 장치, 바닥, 엔진, 변속기) 위에 더 다양한 바디와 트림을 조합할 수 있어야 한다. 즉, 차량 한 대를 설계하던 것을 추가 자원 투입 없이 다섯 대를 설계할 수 있도록 자동차 설계 프로세스를 재구성해야 하며, 이것은 자동차 설계와 생산의 효율을 증가시켜야만 가능하다. 설계 기간을 단축시키거나 사업을 중단해야 하는 것이다.

포드 유럽의 C3P팀은 설계를 빠르게 하기 위해서는 설계, 엔지니어링, 생산 공정을 근본적으로 변경해야 한다고 결정했다. Sullivan는 "우리는 제품개발 프로세스에서 하루나 이틀을 줄이는 것이 아니라 최소한 달 이상을 단축하기 위해 집중했다." 당면한 기술적 도전을 극복하기 위해 포드 유럽 C3P팀은 다음과 같은 몇 가지 개선 영역들을 선정하였다.:

- 스타일리스트와 엔지니어링 팀 사이에 보다 빨리 데이터가 이동되도록 한다.
- 개념 설계 완료에서 생산 전 제품 설계 완료 사이의 소요 시간을 단축한다.
- 생산에 이용되는 tool 설계와 자동차 엔지니어링을 통합한다.
- 제품 개발 엔지니어링의 모든 과정에서 개발 팀의 디지털 시뮬레이션의 활용 능력을 향상시킨다.

마지막 영역이 자동차 차체 설계 팀에 특히 중요했다. 유럽 지부의 C3P 관리자인 John Scholfield에 따르면, "당시에는 설계가 완료된 후 해석이 끝날 때까지 통상 3개월이 걸리곤 했다. 아무리 모든 엔지니어를 투입해서 업무를 빠르게 진행해도 필요한 모든 해석들을 빠르게 완료할 수 없다는 것이 분명했기 때문에, 기존 프로세스의 전환이 필요했다. - 해석 결과는 설계 완료 후 반나절 안에 필요했고, 따라서 패러다임

의 전환이 요구되었다."

포드 유럽 C3P팀은 프로세스와 병목지점을 조사하고, 해석 결과를 설계 후 반나절 안에 배포할 수 있도록 하는 4가지의 주요 변경 사항들을 결정하였다.:

1. 설계 모델(CAD 이용)과 해석 또는 디지털 시뮬레이션 모델(CAE)의 결합을 위한 정합성을 유지한다.
2. Component-level 뿐만 아니라 assembly-level의 CAE 모델을 작성한다.
3. 모든 해석에서 단일한 CAE 참조 모델이나 CAE BOM(bill of materials)을 이용한다.
4. 순차적으로 수행되던 설계와 해석 업무를 동시적으로 진행한다.

이러한 개선을 통한 신속한 해석 수행 능력을 통하여 포드 유럽 차체 개발 팀의 경쟁력은 크게 향상되었다.

Associative model은 신속한 해석을 가능하게 하며, 데이터 관리가 중요

3년 전, 포드 유럽 BMDG팀의 최고 관리자인 Ulrich Fox는 설계/해석 주기를 빠르게 개선하기 위하여 새로운 도구와 절차를 모색하기 시작했다. Fox에 의하면 "그 당시는 자동차 설계가 검토 시점에 들어가면 데이터가 묶여서, 발송되었으며, mesh팀은 해석 모델을 만들고, 결과를 얻는 데 여러 주를 보냈다. 모두가 기다려야만 했다."

포드 유럽 C3P팀이 자사의 workflow를 조사한 결과, 차체 설계의 일부 요소는 항상 전체 자동차 설계 프로세스의 초기 단계에 완료되고, 남은 설계 기간 동안은 거의 변경되지 않는다는 것이 발견되었다. 이러한 사실을 감안하여 해석을 수행하면 전체 설계 프로세스를 단축할 수 있다는 것을 알아냈다.

CAD와 CAE 그리고 각종 모델과 데이터를 신중하게 관리해야만 이러한 과정이 성공할 수 있다. 포드 유럽에 따르면 여러 개의 도구를 사용하는 경우 인터페이스와 사용자 프로그램 사이에 많은 양의 파일 전송이 필요하고, 그 결과 사실상 일반적인 제품 콘텐츠의 관리가 불가능해졌다. CAD와 CAE 모델이 끊임없이 변화하기 때문에 해석 수행을 위해서는 모델들이 동기화되어 유지, 관리되어야 한다.

포드 유럽은 현재 설계와 해석, 작업그룹의 데이터 관리 기능이 통합된 엔지니어링 정보관리 시스템을 도입, 활용하고 있다. 또한 모든 CAD 모델에 대한 mesh 모델을 구축하기 위해서 전용 BOM 관리 소프트웨어를 개발하여 사용하고 있다. 이 CAE BOM은 해석 영역에 한정되며, 동일한 조립부품에 대해서도 제조 BOM은 상이할 수 있다. 예를 들어 조립 부품의 component들 중에서는 하나만을 mesh화하고 해석하는 것이 일반적이나, 제조 작업을 위해 모든 부품과 component들이 명확히 관리되어야 한다. CAE BOM은 모든 component들에 대해 가장 최근의 CAD 모델을 모아 관리하며, 필요에 따라 조립부품의 mesh화를 지원하고, 재료와 물리적 속성을 할당한다.

이러한 데이터 관리 도구를 사용하면 많은 이점을 얻을 수 있다. component들의 최신 설계가 해석에 사용된다는 것이 보장될 뿐만 아니라, 데이터 관리 도구가 개정 내역을 관리하고, 소유권을 추적하여 설계가 만족스럽게 변경되지 않았을 경우 이전 모델로 다시 복구할 수 있도록 한다. Fox는 데이터 관리 전략을 위해 한 가지 충고를 했다: CAE 해석 결과 파일은 용량이 크기 때문에 저장 과정에 문제가 생기므로 현실적인 타협이 필요하다. 포드 유럽은 CAE 모델과 start-up 파일, CAD 파일 그리고 해석 결과 요약을 시스템에 저장한다.

Component-level이나 assembly-level의 수정을 용이하게 하는 데이터 관리 환경

포드 유럽 C3P팀은 또한 component-level과 assembly-level의 해석 사이의 정보 전달을 위한 전략을 조사했다. 앞에서 설명한 것처럼 포드 유럽 C3P팀은 com-

ponent가 준비될 때마다 해석을 실시하기로 결정했다. 즉, 설계 싸이클의 모든 시점마다 component의 해석 준비가 완료되며, component들의 해석 준비는 조립 부품 설계가 완료되기 전에 시작된다. 따라서 하나의 component는 종종 최종적인 부품의 조립 상황을 고려하지 못한 채 다른 component와는 독립적으로 mesh화 될 수 있다.

포드 유럽 C3P팀은 또한 component-level이나 assembly-level에 관계없이 향후 업데이트를 용이하게 할 새로운 도구를 정의하였다. Component-level에서 해석 엔지니어들은 CAD 모델의 변화를 신속하게 파악하고, 그것들을 적절하게 통합하는 능력이 필요하며, assembly-level에서 해석 엔지니어들은 component 수준의 변화를 선택적으로 통합할 수 있어야 한다.

이러한 요구를 충족시키기 위해 포드 유럽 C3P팀은 component 업데이트를 제어할 수 있는 Smart Update 프로세스를 정의하였다. Smart Update 기능은 데이터 관리 시스템에 정의된 CAE BOM과 해석 시스템에 내재된 유한 요소 모델링 도구를 사용한다. Smart Update을 이용하여 해석 엔지니어들은 CAE 모델과 CAD 모델을 비교할 수 있게 되었고, 당면한 설계 변경 사항의 영향도 신속하게 파악할 수 있다. 해석 엔지니어들은 이러한 지식을 이용해 변경 사항이 없는 기존 mesh 요소들은 재사용하고, 변화된 설계 영역에 관해서만 새로운 mesh 요소를 생성한다. Component 모델이 Smart Update 프로세스를 통해 업데이트 되고 나면, 전체 조립 CAE 모델은 최신 CAE component 모델을 반영하여 업데이트된다. 해석 엔지니어는 조립 CAE 모델에서 개별적인 component들을 수정, 교체 또는 삭제하여 전체 조립 CAE 모델을 신속하게 업데이트할 수 있으며, 설계가 변경되는 동안 설계자들과 협업할 수 있다.

Reference model은 시간을 절약하고, 정확도를 향상

포드 유럽이 찾아낸 프로세스의 가장 효과적인 변화는 모든 해석을 reference CAE 모델 로 표준화하는 것이다. Fox에 따르면 안전성, 내구성, CFD, NVH 등 각 해석 그룹들이 독창적으로 그들 특유의 목적에 부합되는 reference 모델을 만든다. 이 작업은 굉장히 많은 노력이 필요했으며, 모든 reference model은 CAE 모델을 중심으로 만들어진다.

Reference model은 설계 싸이클을 통과하면서 일정한 주기로 재구성되며, 24개월 제품 개발의 경우 매 3~4달마다 완전히 업데이트 된다. 데이터 관리 시스템을 통해 CAD와 CAE 를 연결함으로써 이러한 관리가 가능하며, 조립 프로세스는 데이터 관리 시스템의 CAE BOM을 활용한다.

동시적 Workflow가 획기적인 개발 기간 절감을 달성

포드 유럽은 모든 엔지니어링 및 해석 업무를 중심으로 설계 확정, 해석, 설계 확정, 해석이 반복되는 프로세스를 좀 더 병렬적인 workflow로 구현하였다. 분석할 준비가 되어있는 모든 요소는 어떤 경우에도 reference model 로 통합될 수 있으며, reference model을 기반으로 한 해석 결과는 정확하고, 항상 최신의 것이 된다. 설계와 해석은 독립적으로 진행 되지만 데이터 관리 시스템을 통해 동기화된다.

Fox는, 이러한 접근 전략은 강력한 데이터 관리 시스템 외에도 CAD 와 CAE 그룹 간의 긴밀한 협동이 필요하다는 점을 지적한다. CAD 팀은 당연히 CAD 데이터를 소유하지만, CAE 조직이 가능한 빠르게 설계 데이터를 사용 가능하도록 해야 하며, 빠른 처리와 높은 정확도를 보장해야 한다. 포드 유럽 C3P팀은 설계 개념과 관련된 끊임없는 커뮤니케이션, 설계 변경 요구, 그리고 세부적인 부품 모델링의 지속적인 진행을 위하여 제품 설계와 해석 그룹들을 같은 조직에 넣는 것이 필요함을 느꼈다. Fox는 말했다. "중요한 설계 변경이 발생할 경우 우리는 mesh 수정을 즉시 시작할 수 있다. 하지만 이것은 우리가 그것을 알고 있는 경우에만 가능하다."

디자인 프로세스의 개혁

John Sullivan이 지적했던 것처럼, 포드 유럽의 설계 싸이클타임을 줄이기 위해선 근본적인 변화가 필요했다. 이들은 그것을 어떻게 파악할 수 있었을까?

포드 유럽 C3P팀은 그들의 차체 설계와 해석 프로세스를 평가하기 위해서 외부의 지원을 요청했다. Scholfield가 말한다. "우리는 신차 개발 시간을 줄이기 위해 bottom-up과 top-down적 접근 둘 다를 원한다." 또한 Fox는 "공정 분석이 열쇠다. 기업은 대개 그들 자신의 프로세스와 입력, 출력을 이해하지 못한다. 좋은 외부 컨설턴트는 무엇이 가능하고 무엇이 불가능한지 알고 있으며, 새로운 시각을 가지고 문제에 접근할 줄 안다. 그들은 또한 어떠한 도구들을 활용할 수 있는지 알고 있다." 라고 덧붙인다.

Fox는 프로세스 개선을 하기 위한 기업의 여러 조직들이 반드시 참여해야 한다고 강조한다. "외부 컨설턴트는 대개 정보를 찾기 위해 고위 경영진들과만 이야기를 하지만 전문가와 작업 그룹과 이야기하는 것도 필요하다." 이러한 방식으로 얻어진 훨씬 더 효율적인 프로세스를 만드는데 기여하며, 그 결과는 당사자들에게 좀 더 쉽게 받아들여진다. Fox는 성공적인 해결책을 구현하기 위해서는 외부 컨설턴트의 긴밀한 협업이 중요하다고 강조했다.

개선의 효과

포드 유럽은 새로운 설계와 해석 방법을 구현하기 시작했으며, 프로젝트는 굉장한 성공을 거두었다. Fox에 따르면 이 동시적인 설계/해석 방법은 CAE팀에게 같은 수준의 업무를 조금 더 빠르게 수행할 수 있도록 했으며, 직원을 25% 줄이고, 획기적인 비용 절감을 가능하게 하였다.

Scholfield는 프로세스 개선팀의 성과를 매우 자랑스러워했다. Scholfield는 말했다. "우리는 CAE 싸이클타임의 절반이 넘는 시간을 줄였으며, 4~6주가 걸리던 초기 분석 준비 시간을 3일로 단축하였다." 그는 프로세스 개선을 수행하는 다른 팀에게 다음과 같은 조언을 한다.

- "Remodeling을 하지 마라. 버전이 다른 완성 모델들을 비교하여 필요한 부분만 변경하라. 모델은 그대로 사용할 수 있을 정도로 유사한가? 만약에 특정한 부위만 설계가 변경되었다면, 그 부분의 CAE 모델만 바꿔주면 된다."
- "당신의 tool에 자신감을 가져라. 우리는 모델 변경을 추적할 수 없었기 때문에 지금까지는 전체모델을 remodeling 했다. 이제 우리는 변경을 추적할 수 있기 때문에 remodeling을 할 필요가 없다."
- "변경사항에 대한 정확한 기록이 관리될 수 있는 환경을 구성하라. 이것은 조직과 문화에 영향을 미치며, 설계 변경에 대한 적절한 대응을 가능하게 한다."
- "향상을 위해 새로운 영역을 시도하라. 우리는 프로세스 개선에 관한 노력을 하는 동안 혁신을 이루었고, 도전할 만한 새로운 영역을 발견하게 되었다."

마지막으로, John Sullivan 은 기업이 너무 자주 ROI와 관련된 근시안적 관점에 사로 잡혀 큰 그림을 보지 못한다고 말한다. 우리는 6~9달에 맞춰진 ROI 목표에 얽매이지 말아야 한다. 시야를 넓혀야 프로세스 개선이 가능하다. "어떻게 해야 두 배 빠르게 차를 설계 할 수 있을까?" 이런 혁신을 이루지 못하는 기업은 사라진다. 기업은 경쟁력을 유지하기 위해 엄청난 속도로 진화해야 한다.

설계 싸이클 타임 단축을 위한 설계 프로세스의 재설계

지금까지 살펴보았듯이, 제품 생산 및 제조 프로세스의 재설계를 통하여 높은 효율성, 낮은 가격, 향상된 엔지니어링으로 인한 높은 품질 등과 같은 효과를

얻을 수 있다. Ford 유럽이나 다른 제조회사들로부터 얻을 수 있는 교훈은 다음과 같다.

- 현재의 프로세스가 요구 사항들을 만족시키고 있는지 검사하라. 대개, 프로세스는 시간이 지남에 따라 변화하며, 지금 프로세스가 최선이라고는 할 수 없다.
  - 모든 open loop들과 병목을 찾기 위해 현재의 프로세스를 모든 각도에서 살펴보라.
  - 현재 어떠한 IT tool이 설계, 엔지니어링, 그리고 해석 업무에서 쓰이는지 확인하라.
  - 인터페이스의 수, 혹은 데이터 변환을 줄일 수 있는 방법이 있는지 확인하라.
  - 포드 유럽은 보다 더 나은 소통을 위해서 제품 설계와 해석이 같은 조직 내에서 이루어지는 것이 필수적임을 알아냈다. 조직의 구조가 설계와 해석 사이의 원활한 협력을 이끌어내도록 구성되었는지 검토하라.
- 현재의 데이터 흐름을 파악해라. "설계 웹"에서 데이터가 어떻게 잘못 사용 되고 있는지 알게 되다면 아마도 깜짝 놀랄 것이다.
  - 현재 프로세스에서 "reference model"을 만들 수 있는 방법이 있는가?
  - 데이터가 필요할 때 추상화된 데이터를 사용하여 대기 시간을 줄일 수 있는가?
- 현재의 데이터 관리 전략을 검토하라. 모든 설계 수정본에 대한 설계와 해석 결과를 추적, 검색할 수 있는가?
  - 적절한 데이터 관리 솔루션이 어떻게 도움이 될 수 있나?
  - 데이터를 적절하고 면밀하게 관리하지 않을 경우 리스크는 무엇인가?
- 2년에서 5년 후를 염두에 두고 최적의 프로세스를 결정한다.
  - 예상되는 제품 계획과 일정 (제품 개발 도중에 프로세스를 바꾸는 것은 쉽지 않다.)
  - 어떤 업무는 동시적으로 처리될 수 있다. 포드 유럽은 CAE와 CAD의 동시적인 workflow를 만들어 냄으로써 제품 개발 시간을 크게 단축하였다.
- 설계와 지식의 재사용을 위한 전략을 준비해야 한다. 이를 위한 주요 전략 요소는 다음과 같다
  - 데이터 관리 - 찾아낼 수 없다면 다시 사용할 수도 없다.
  - 설계자와 엔지니어의 설계와 지식 재사용을 유도하고 권장하는 프로세스 변화
- 대담한 목표를 세우라.
  - John Scholfield가 말했다. "패러다임의 변화를 일으킬만한 힘을 가지려면, 대담한 목표를 정하고 진심으로 그것에 도달하고자 해야 한다." 공격적으로 목표를 정하고 팀을 도전으로 이끌어라.
- 비즈니스 목표 달성을 위해 프로세스 재설계 과정을 연계하라.
  - 포드 유럽은 설계와 해석 프로세스의 개선 없이는 경쟁력을 유지할 수 없다고 믿었으며, 실제로 변화하지 않았더라면 몇 년이 지나지 않아 사라졌을 것이다. 비즈니스 우선 순위에 맞는 프로세스를 만들어 내야 한다.
- 세계 수준의 제품 설계와 해석은
  - 설계/해석 조직에 굉장한 효율성을 부여할 수 있다.
  - 설계 데이터의 정확도를 높여 제품 품질을 향상시킬 수 있다.
  - 보다 자주 해석을 수행함으로써 예상하지 못한 위험을 줄일 수 있다.
  - 더 많은 설계 대안에 대한 평가를 수행할 수 있다.
  - 궁극적으로 제품 출시 시간을 단축 시킬 수 있다.

신속한 혁신은 기업이 고객 요구를 만족하는 제품을 신속하게 출시할 수 있도록 하며, 이윤을 극대화하고 높은 시장 점유율을 달성하게 한다.

본 기사는 성균관대학교 노상도 편집위원이 시스템경영공학과 정진우, 강희진 학생과 함께 Daratech, Inc.에서 2003년 12월에 발표한 기사, "Digital Simulation to Meet Today's Product Development Challenges"를 발췌, 정리하여 작성하였으며, 기사의 출처는 다음과 같다.

Daratech, Inc.
Web site: http://www.daratech.com/