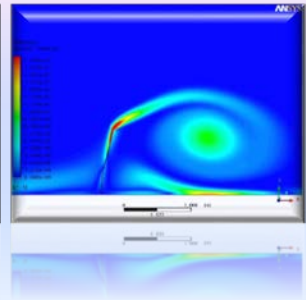
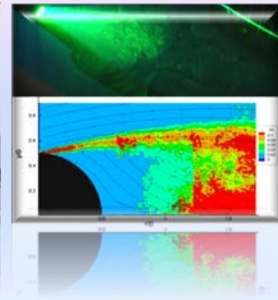




SNUTT
Seoul National University
Towing Tank



CFD 주권회복 & 민주화

서울대학교 공과대학 조선해양공학과
교수 이신형

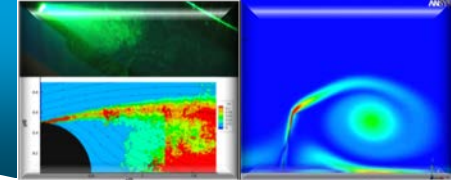
9th OKUCC

2017년 9월 21일 [목]

원자력연구원



Sovereignty & Democratization



□ 주권?

1. 가장 주요한 권리.
2. 국가의 의사를 최종적으로 결정하는 권력. 대내적으로는 최고의 절대적 힘을 가지고, 대외적으로는 자주적 독립성을 가진다.

□ 민주화?

민주적으로 되어 가는 것. 또는 그렇게 되게 하는 것.

□ Democratize (Merriam-Webster online dictionary)

- To make a country or organization more democratic
- To make (something) available for all people
- To make it possible for all people to understand (something)

Democratization

□ 기술의 민주화?

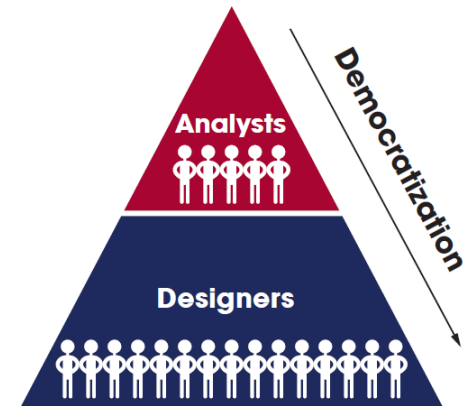
- Henry Ford의 자동차 민주화
- Steve Jobs의 스마트폰 민주화
- WWW의 민주화

□ CFD의 민주화?

- Making engineering simulation accessible and usable by a much wider audience in a way that supports how they get their work done.

□ What's the concern?

- Only about 0.3M ~ 0.5M regular or part-time CFD users (including students) out of a possible user base of 30M ~ 50M engineers and scientists.



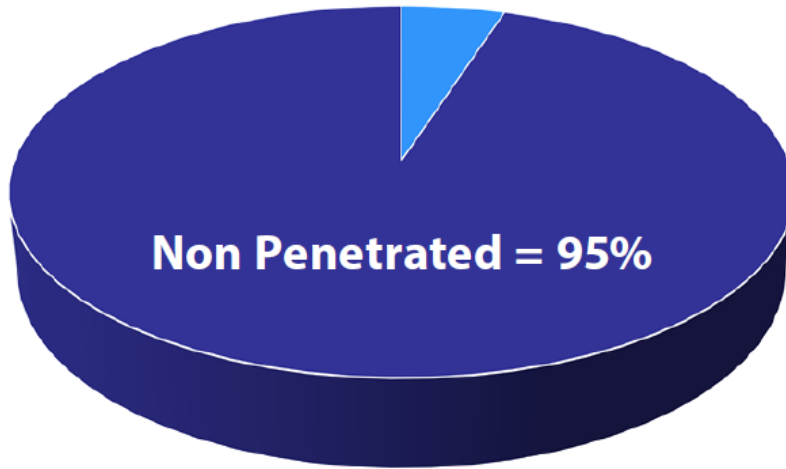
Democratization of CFD from Analysts to Designers

Current Status

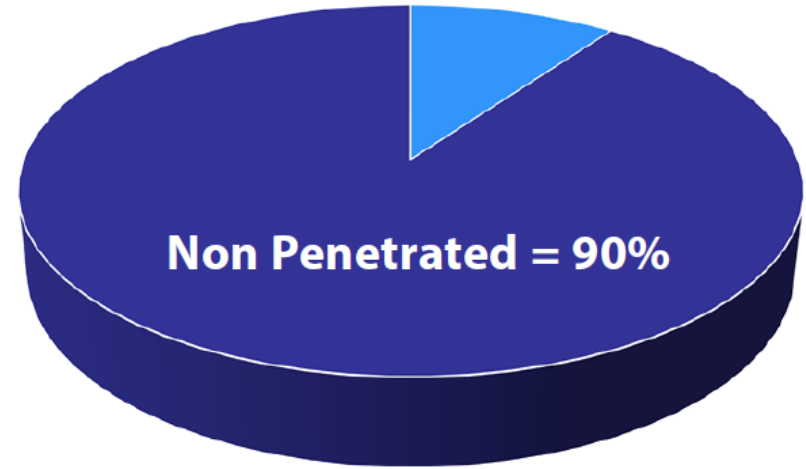
□ CFD market

- 이미 2013년에 연 10억 불 이상의 시장으로 성장한
- CFD는 이미 성숙된 분야라고 인지됨에도 불구하고
- 아직 잠재 시장의 10% 정도 밖에 침투하지 못한 상황

CFD Market Penetration
2011 = 5%



CFD Market Penetration
2017 = 10%



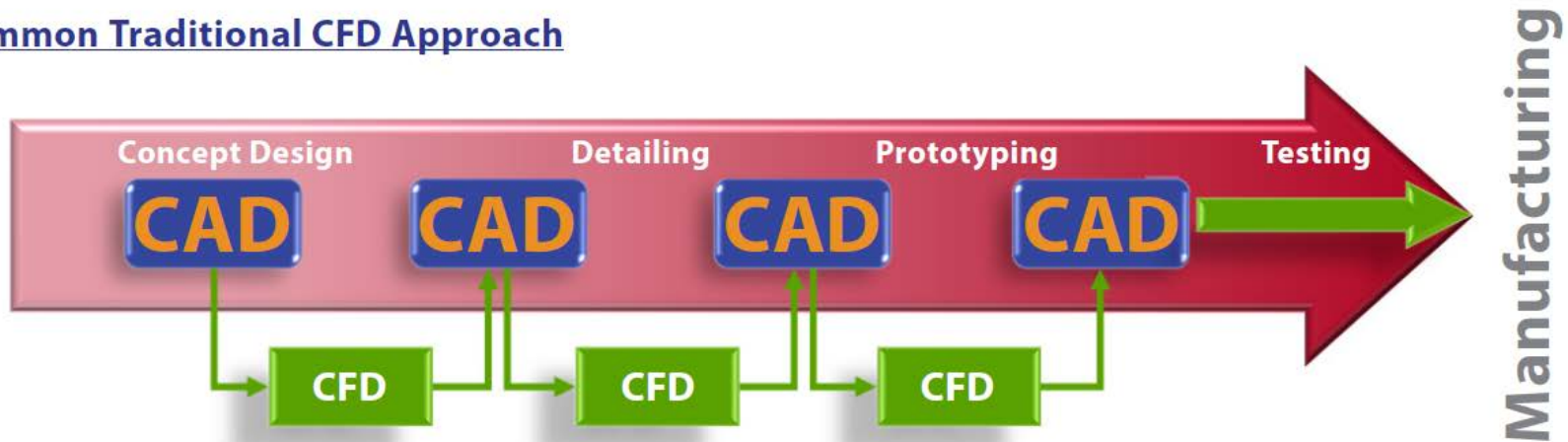
Any Problem?

□ 그렇다면 문제는?

- 지난 30여 년 동안 CFD 활용법은 거의 달라진 게 없음

□ Common approach

Common Traditional CFD Approach



□ Misuse? Mismatch? Conspiracy?

Conspiracy?

□ 그 동안 무슨 노력을 했던가?

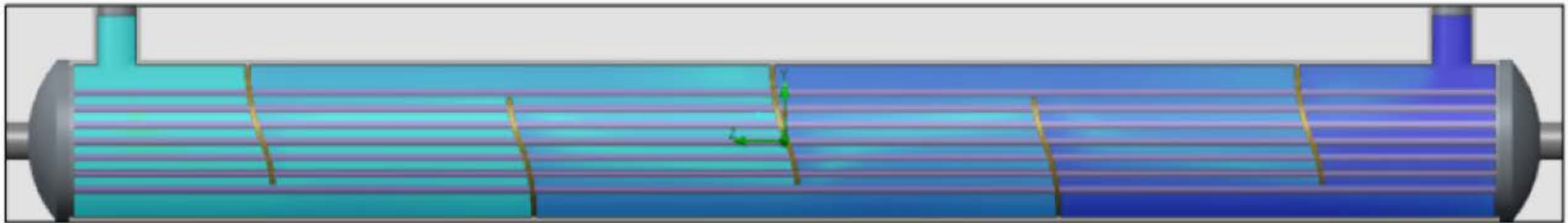
- CFD 활용 절차의 가장 큰 걸림돌은 역시 CAD와의 연동 + 격자 생성
- 그 동안 geometry clean-up과 surface/volume meshing technology 개발에 많은 노력이 있어 왔지만...
- “빠른 말” 을 키우기 위한 노력이었지 “자동차” 를 만들기 위한 발상의 전환은 아니었음

□ 왜 그랬을까?

- CFD 전문가는 CFD가 설계 인력이 쓰기에 너무 어려워야 그 존재감을 확보할 수 있음
- CFD 업체는 결국 이런 CFD 전문가들이 하찮은 일에 오용되게 하는데 일조함
- 전문가들은 혁신적인 CFD 활용법을 창조해 내기보다 자잘한 일(geometry clean-up, solution convergence technique)에 치중하며 악순환에 빠짐

Difficulties

- 그런 이유 때문일까? 악한 생각을 가진 사람들 때문?
- CFD로 해를 찾는 것 자체가 어려운 문제
 - 간단한 tube-in-shell heat exchanger 문제만 해도



Pressure drop in a tube-in-shell heat exchanger vessel (with wavy baffles)

- 연관된, 즉 올바른 해를 얻기 위해 우리가 알아야 할 또는 확실하게 이해해야 할 물리적 현상들이 너무 많음

Difficulties

□ 간단한 열교환기 문제에 이해해야 할 물리적 현상들

- i) Condensation
- ii) Chemical reaction
- iii) Evaporation
- iv) Sublimation
- v) Cavitation
- vi) Pressure waves
- vii) Fluid-structure interaction
- viii) Particulate flows (dispersed and discrete elements)
- ix) Droplet flows
- x) Erosion
- xi) Deposition
- xii) Surface reactions
- xiii) Fogging and misting
- xiv) Agglomeration
- xv) Acoustic effects and vibration
- xvi) Transonic flows
- xvii) Sintering
- xviii) Biological reactions and processes, and
- xix) Multiple phases co-existing and moving together through the vessel...

Quick, but Wrong Solutions

- 결과적으로 CFD code를 돌리는 HW의 속도는 빨라졌지만 그를 뒷받침할 물리적인 현상에 대한 modeling (CAD의 geometry modeling이 절대 아님, 전혀 다름)의 발전이 늦어짐
- “More people can get the wrong answer in CFD faster than ever before!” - Ferit Boysan (Fluent 전 CEO), 2004

Vicious Cycle

- 위와 같은 연유로 악순환이 시작됨
- CFD가 어려우므로 CFD는 소위 analyst들의 손아귀에서 벗어나지 못함
 - CFD는 고도의 high-tech이므로 반드시 analyst가 필요하다는 생각을 심어 줌
 - 실상은 반대 - CFD code에 기반 기술이 열악하기 때문에 할 수 없이 analyst들에게 의존할 수 밖에 없는 상황

What about Designers?

□ Designer들도 책임을 회피할 수 없음

- CFD simulation의 workflow를 무작정 따라 하려니 engineering design workflow에 맞추지 못함
- 따라서 CFD 결과로부터 설계에 필요한 유의미한 feedback을 받지도 못함
- 또한 응용력을 발휘하지 못하면서 날개 주위 유동 해석 simulation으로 자동차 주위 유동으로 확장하지 못함
- Engineering sense를 발휘해서 문제를 효율적으로 해석하지 못하고 점점 realistic한 형상과 현상의 simulation만 원하면서 CFD 해석의 부담은 더욱 증가됨
- 결국 CFD는 "고립된 해석 도구" 로 취급되면서 design process에서 멀어짐
- CFD SW 구입비용 + 전문가의 인건비 + HW 구입/운영 비용 >> USD 75K + USD 60K + USD 50K
- 설상가상으로 일부 CFD 전문가들은 본인들의 직업 안정성을 위해 design process에 협조하지 않거나 폐쇄적인 기술 전수의 행태를 보임

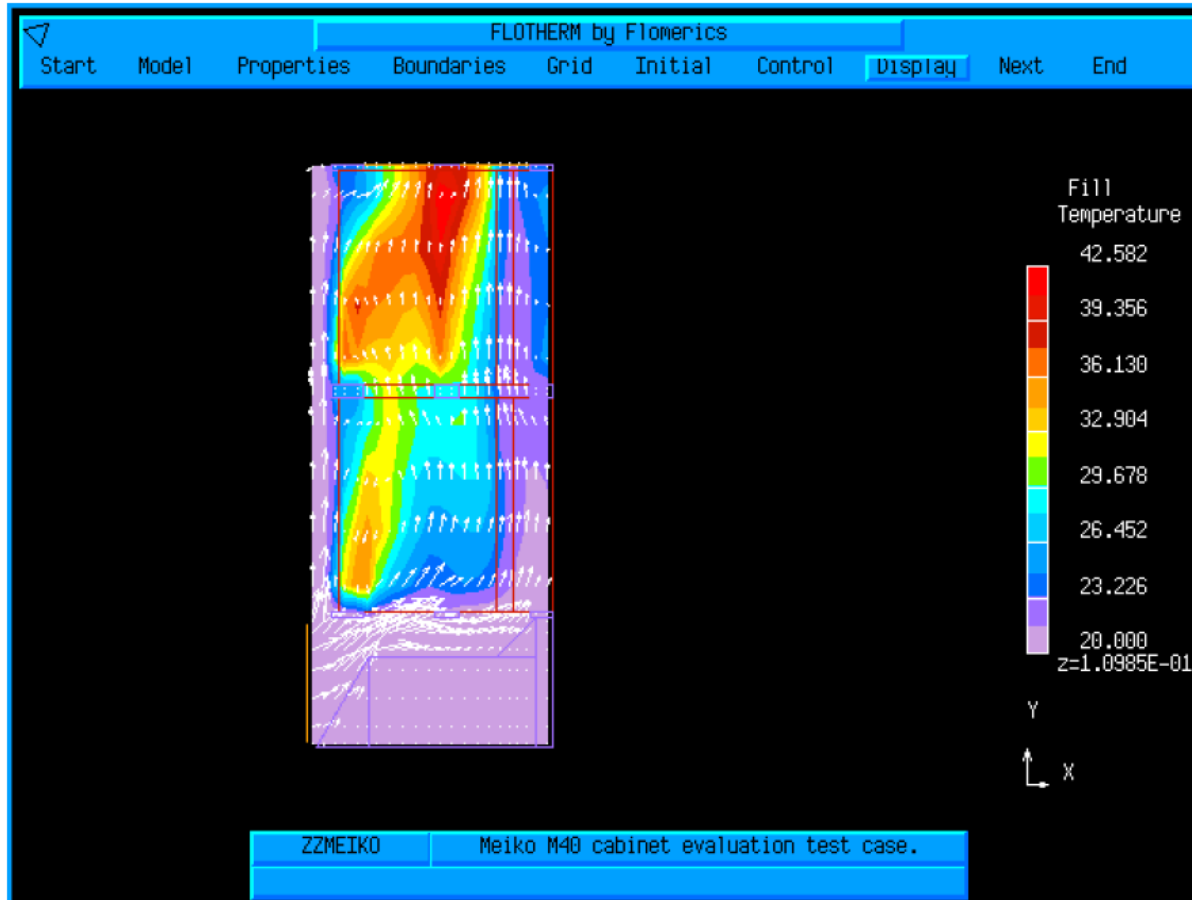


Possible Options?

- ❑ **CFD apps - appification**
- ❑ **High performance computing**
- ❑ **Multi-variable design optimization tools**
- ❑ **Cloud deployed solutions**
- ❑ **Open-source CFD**
- ❑ **User experience (UX) and user interface (UI)**
- ❑ **CAD-embedding and PLM enablement**
- ❑ **1D/2D/2.5D fluid systems**

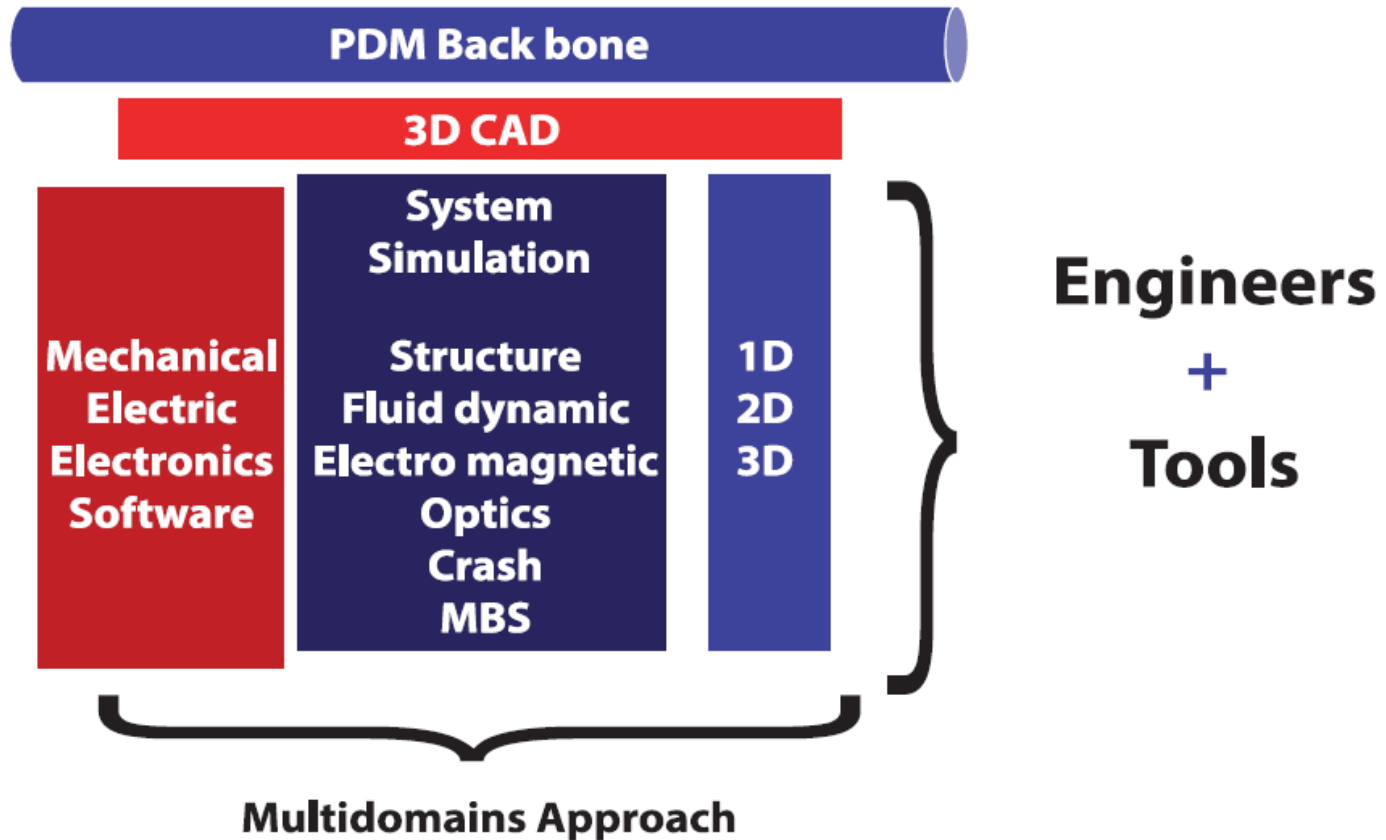
CFD Apps

□ 1990 FloTHERM



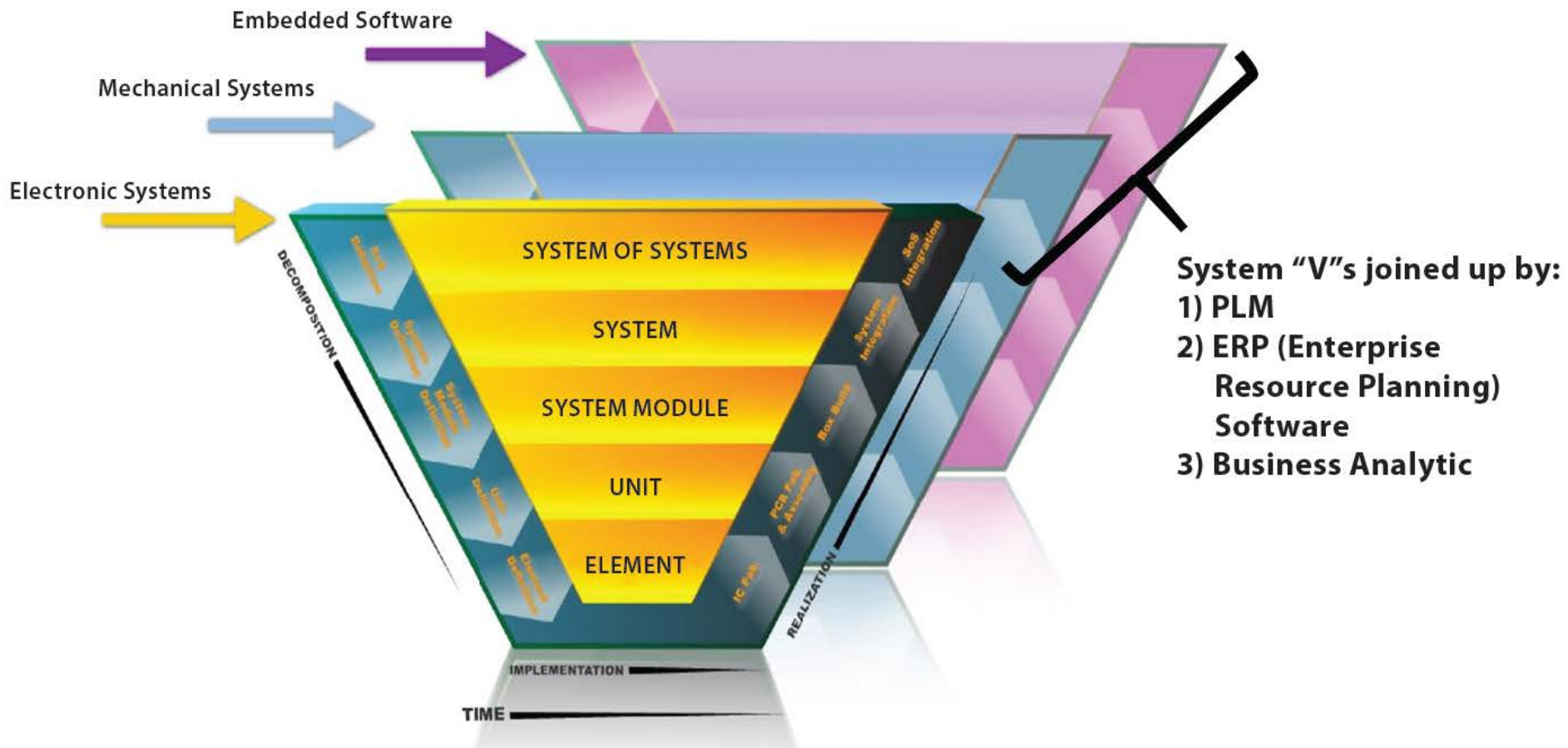
PLM enablement

Multi simulation technologies



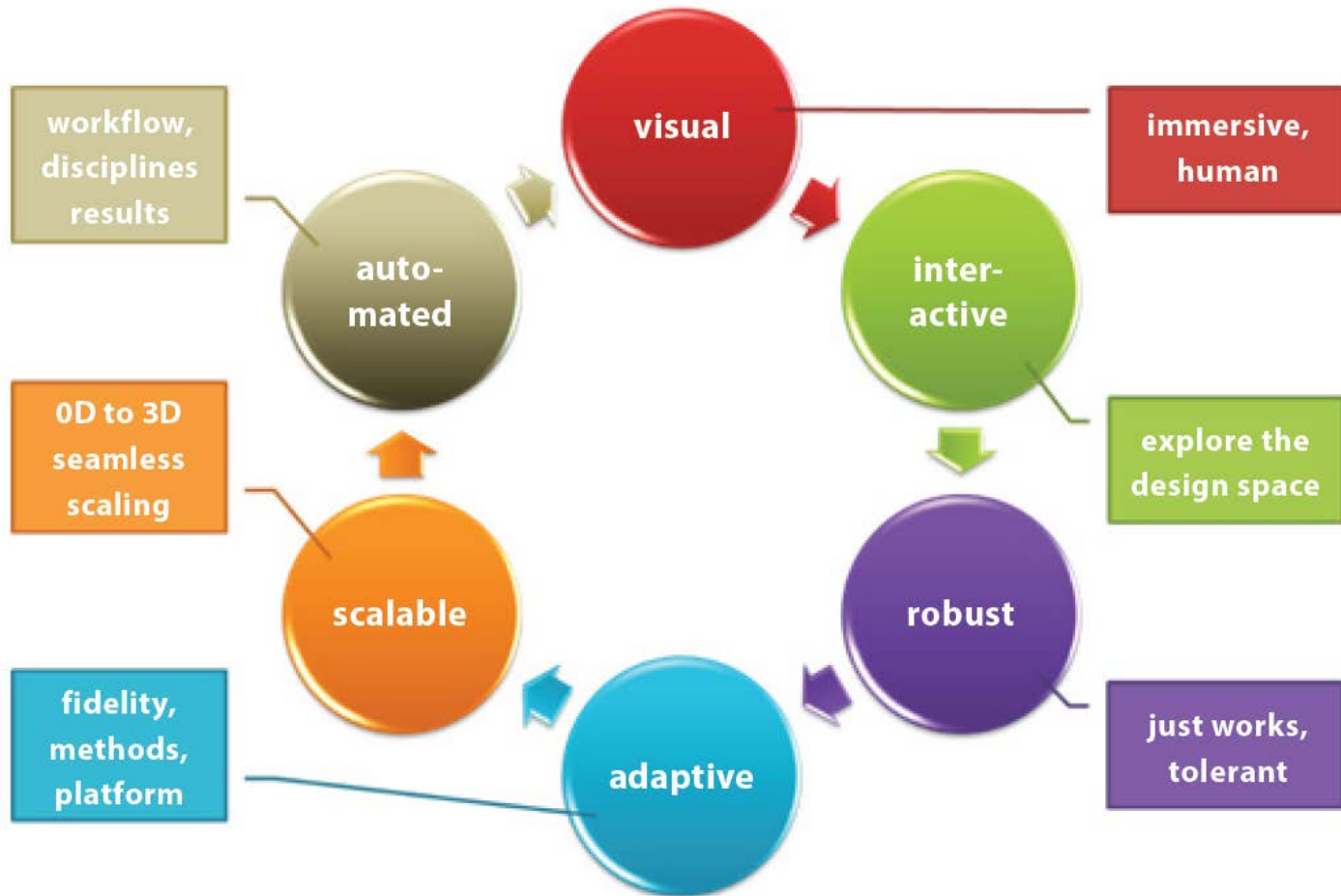
Holy Grail

□ Corporate-wide parallel system of V's



CFD should be...

□ Circle of factors for ideal CFD code



Solutions

□ Frontloading CFD

- CAD의 geometry 변경이 즉시 CFD의 domain 변경으로
- Domain 변경을 수용한 격자 생성의 초고속화
- Domain과 격자의 변경을 감지함으로써 solver parameter와 setting의 실시간 변경
- 얻어진 해로부터 CAD로의 feedback 자동화

□ 주권이 회복된 나만의 코드, 전 세계가 함께 개발하는 공개 소스 코드로 CFD의 민주화를 향한 출발

CFD 주권회복!

CFD 민주화!

STOP! 외화누출 & 기술종속

CFD 복지국가



Q&A