

Review of Chapter 0

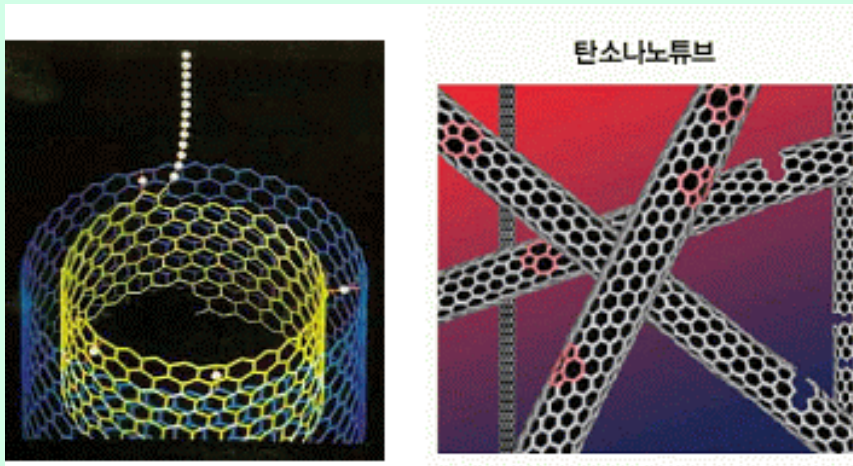
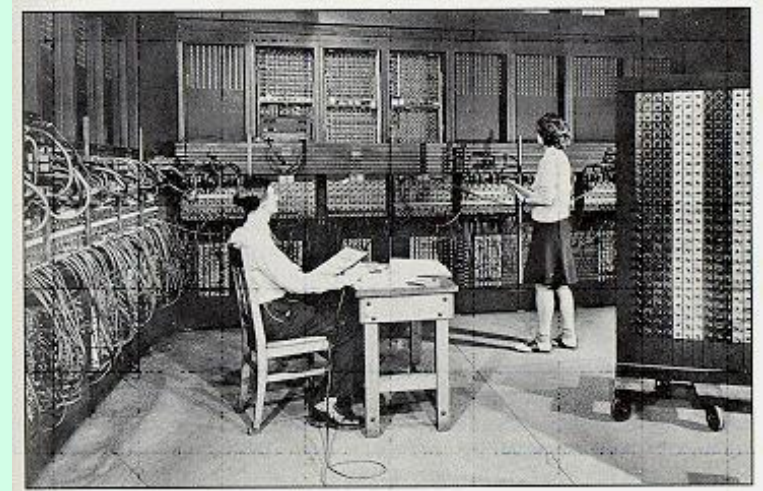
• Good Designer vs. Bad Designer

Good Designer		Bad Designer
해석적, 분석적	문제 접근법	정성적, 직관적
그래픽적인 접근 스마트한 생각	생각 습관	수식을 전개 “만약 ~라면 ~인데” 정의 많은 생각
다른 사람도 해결하려면?	문제 정의	내가 해결하려면?
How?, Why?, Where?, Who?	물음	이전에는 어떻게? 보스의 생각은?
구조 이해 다른 구성원의 업무 이해 스트레스 없이 계획대로 수행	디자인 프로세스	전체구조보다는 나의 역할에 집착 밤늦게까지 일하면서 일을 미룬다. 프로세스를 무시

Review of Chapter 0

• 창의적 설계의 근원

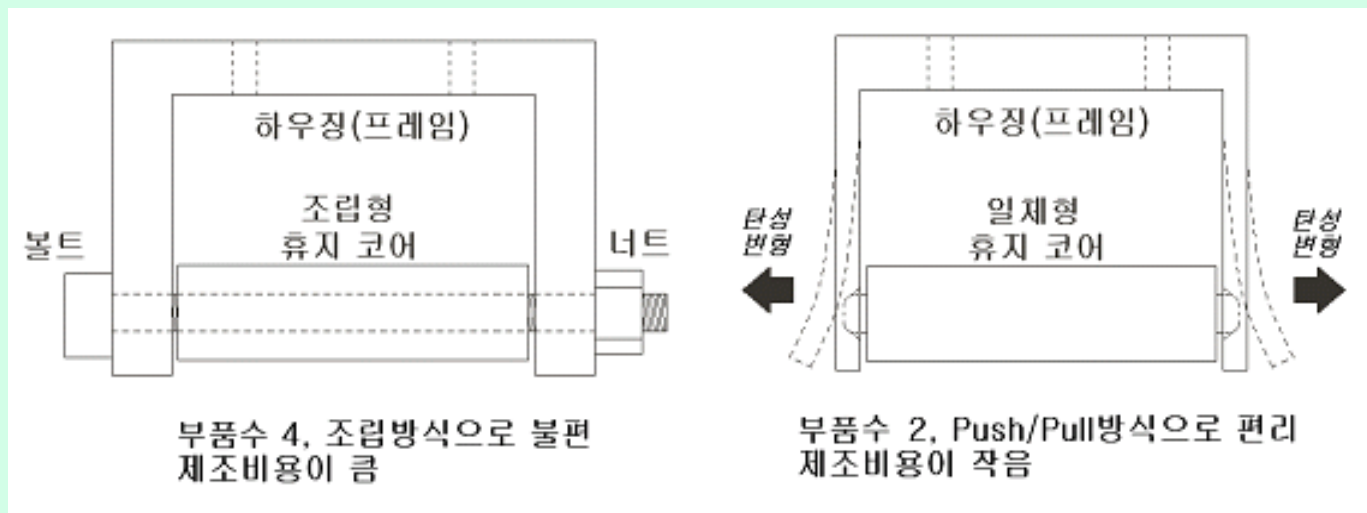
- ❑ 새로운 변화에 대한 추구
- ❑ 역발상
- ❑ 세렌디피티(serendipity)
- ❑ 간결한 사고(simple thinking)
- ❑ 독서를 통한 사고의 장벽 극복



Review of Chapter 0

• 창의적 설계의 근원

- ❑ 새로운 변화에 대한 추구
- ❑ 역발상
- ❑ 세렌디피티(serendipity)
- ❑ 간결한 사고(simple thinking)
- ❑ 독서를 통한 사고의 장벽 극복



The skills required to be good designer

London industrial designer Rob Bye

CREATIVE THINKING

This is what effectively makes a person a designer. It is the way of looking at problems or situations from a fresh perspective, suggesting new solutions.

RESEARCH

Having a detailed understanding of the target market you are designing for will help allow the final solution to be useful, effective and appropriate.

MANUFACTURING

Knowing the best process and material for your product from the vast number available. To reduce cost, speed production, and create efficient designs.

BRANDING

The ability to design products that visually fit into a brand's identity and ethos. This may be your own brand or a company you are working for.

WEB DESIGN

Having your own website or design blog will allow others to view your portfolio and see what you are doing. It is also a great way to increase publicity.

COMMUNICATION

As a designer it is crucial to be able to accurately express your ideas and concepts to other people in an understandable and comprehensible way.

TEAM WORK

The ability to work effectively in a group. Nearly all design projects are done in teams of people with different skills, abilities and knowledge.

USER CENTRED

Having a design process that focusses on how the end user will interact with the product, increasing the final design's usability and effectiveness.

MARKETING

Promotion of yourself and the products you have designed allows you to have a bigger impact within the industry and the market as a whole.

PHOTOGRAPHY

Taking appealing photos of your design, surrounding and work can assist in visualising your design process to others. It is also a good way to get inspiration.

DRAWING

Being able to communicate your thoughts through quick, accurate sketches allows you to explain your ideas when talking is not enough.

CAD

Designing on a computer is an effective way to build and test ideas, whilst also allowing for attractive visualisations through detailed renderings.

AESTHETICS

Knowing what makes a design eye catching and attractive creates a more appealing design. A product's appearance is the first thing a consumer notices.

ADOBE CS

The Adobe Creative Suite. Use by nearly all companies to build layouts, presentations, websites, 2D sketches and also mock up designs attractively.

GRAPHIC LAYOUT

Presenting your work in a professional manner whilst still showing creativity. It is how to visually communicate your more finalised concepts to others.

ENGINEERING

An understanding of how a product should be put together using correct materials and processes, to ensure a product can last in the environment it is used.

TIME MANAGEMENT

Working on multiple projects efficiently whilst still managing priorities. Reaching deadlines with enough time to improve the finishing touches.

ERGONOMICS

How a product fits with the end user's physical shape and abilities. To increase, comfort, efficiency and usability; whilst decreasing fatigue and wear.

INTERFACES

The visual communication between a product and its user. This can be through hardware or software, making a product understandable.

PACKAGING

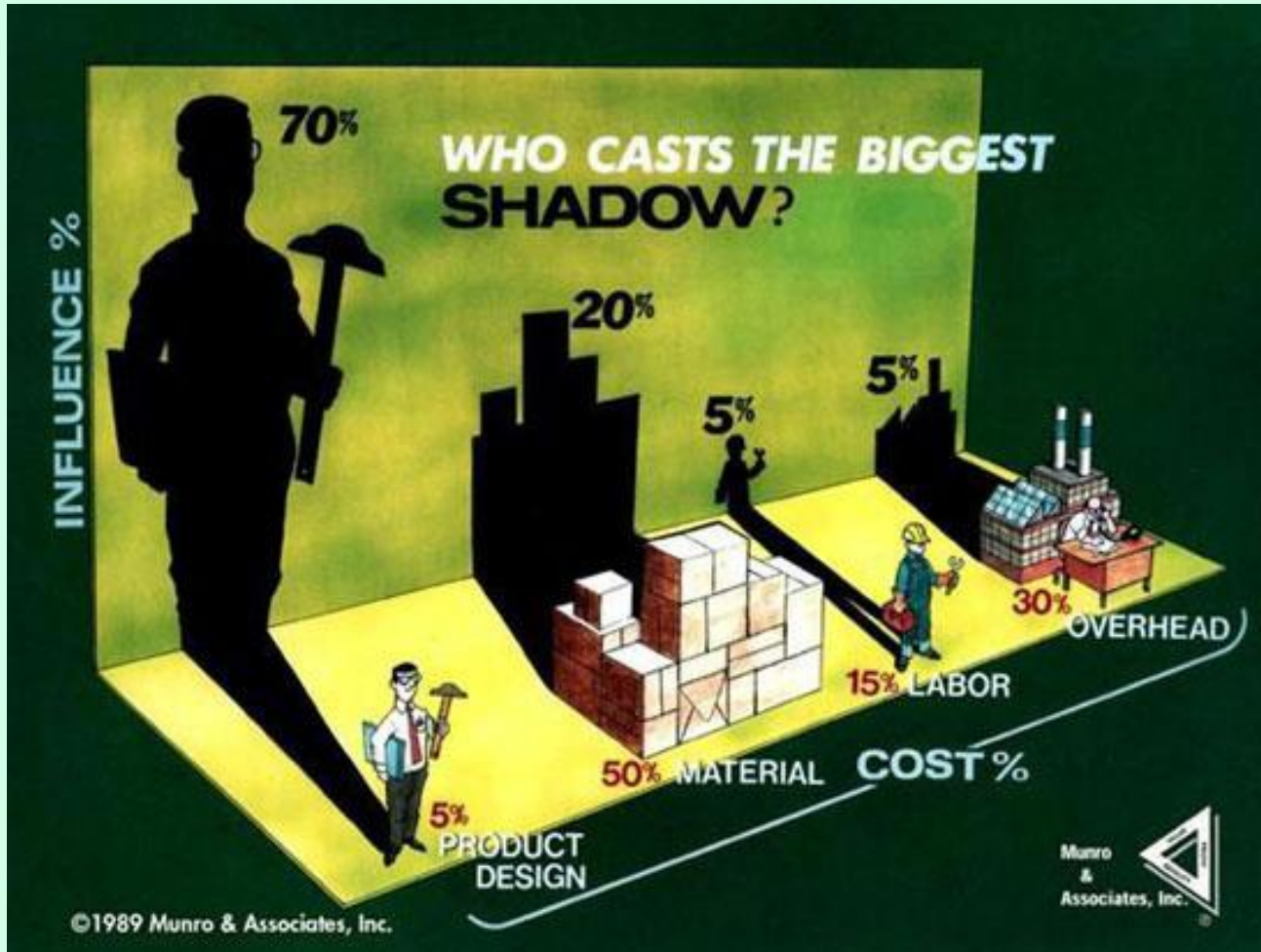
Producing a protective surround for your product that not only compliments the design but also protects it during transit and helps to attract customers.

The skills required to be good designer

by Ben Terrett, a designer in London.



설계와 COST(Shadow Diagram)



- ポカヨケ
 - Shigeo Shingo
- B.O.B.
 - Sandy Munro



정밀공학 (Precision Engineering)

제 1 장 창의적 설계법





제1장 수업내용

● 창의적 설계법

■ 창의적 설계 과정 맛보기

■ 창의적 설계를 위한 기법과 응용 예를 습득

- 문제의 정의
- 예비 아이디어 또는 개념설계 : 창의적 사고 창조기법 학습
- 문제의 정제 및 예비/상세설계
- 해석 및 분석: 세부 이론에서 학습
- 평가 및 최종설계
- 최종적인 실행

■ 개인별 창의설계 사례 조사(5페이지 이내)

- 성공적인 창의설계 예제를 실생활에서 선택
- 창의설계 과정과의 비교를 통한 창의설계 근거 제시



공학적 의미의 설계란?



□ 설계?

- 기계, 반도체, 건축, 토목, 플랜트, 전력망, 도시설계 등
- 재무설계? 보험설계? 인생설계? 노후설계?

□ “설계한다(design)”라는 말은 인위적인 제품(products), 구조물(structures) 또는 요소(components)를 창작하거나 개발하기 위한 일련의 행위를 말하는 것

□ “설계(designs)”라는 말은 최종적인 계획 - 어떤 문제에 대한 해결책 - 이나 그 계획을 실현시킨 **결과물**

- 해결책 : 제안서, 도면, 모델, 명세
- 제조된 물건이나 공정의 결과 등

□ 창 의(innovation) : 행위의 실현하는 철학적인 방법론

- 고부가가치, 높은 경쟁력을 부여
- **Innovation! Not Creation!**

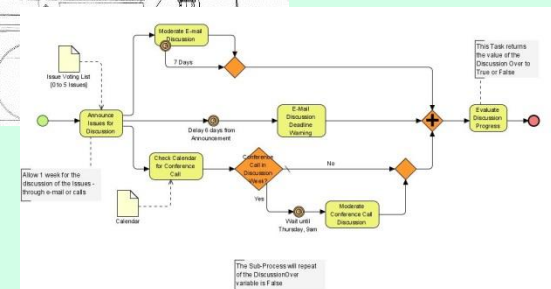
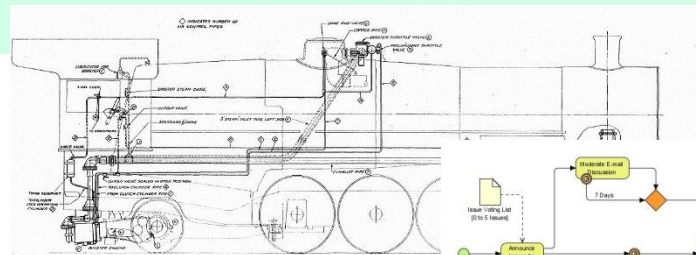


공학적 의미의 설계란?



□ Wikipedia

- Design is the creation of a plan or convention for the construction of an object or a system (as in architectural blueprints, engineering drawings, business processes, circuit diagrams and sewing patterns).
- Another definition for design is a roadmap or a strategic approach for someone to achieve a unique expectation. It defines the specifications, plans, parameters, costs, activities, processes and how and what to do within legal, political, social, environmental, safety and economic constraints in achieving that objective.

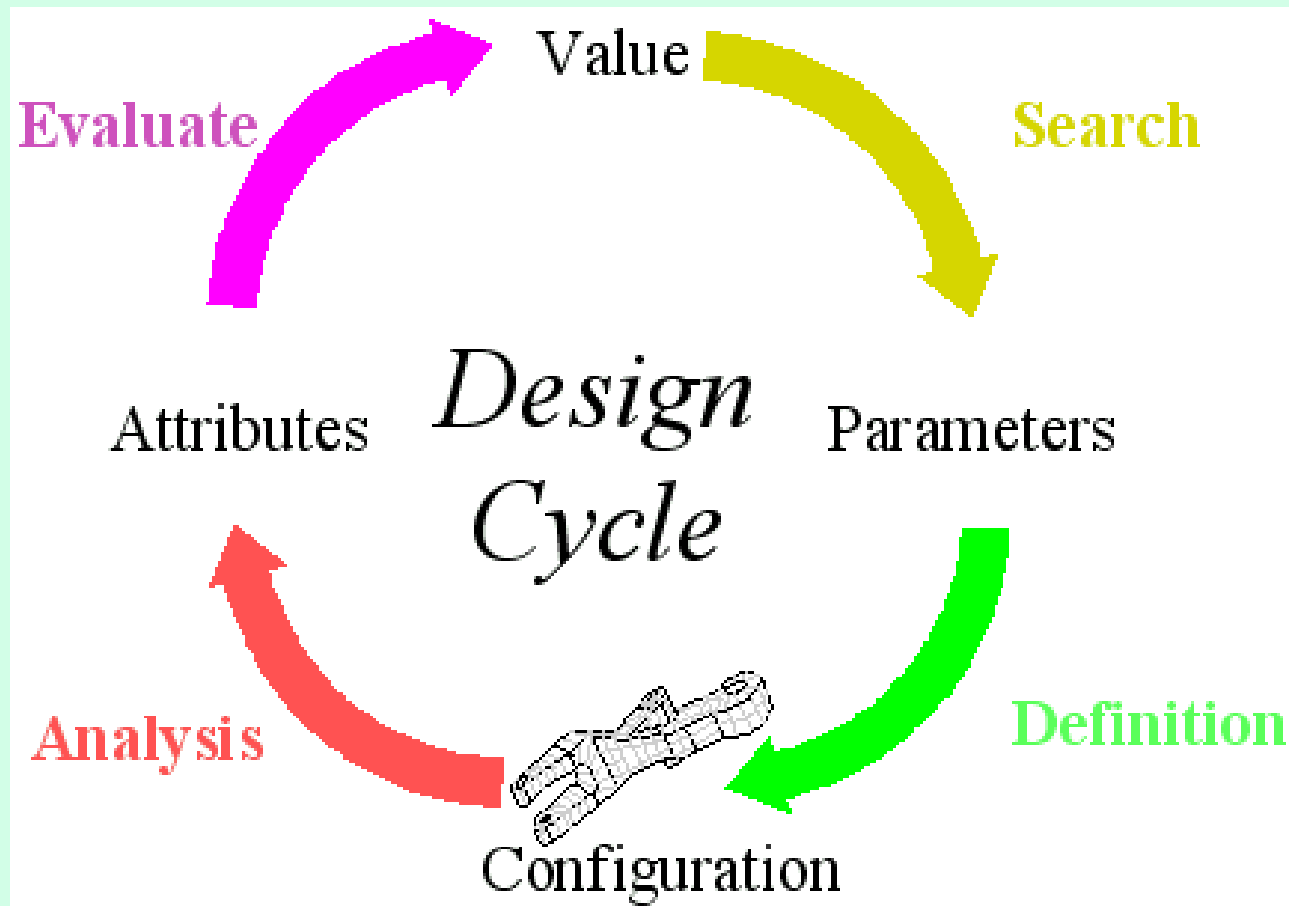




일정한 방식에 따른 설계법



□ 일반적인 설계단계 예 1





일정한 방식에 따른 설계법



□ 일반적인 설계단계 예 2

문제의 정의

예비 아이디어 또는 개념설계

문제의 정제 및 예비/상세설계

해석 및 분석

평가 및 최종설계

최종적인 실행

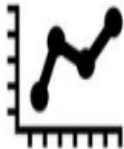


일정한 방식에 따른 설계법



EXAMINE

Dig into the problem. Look at the history, the context, the objects, and (most importantly) the people involved.



UNDERSTAND

Go deeper and find patterns. Establish open questions to build on.



IDEATE

Have lots of ideas, good and bad. Don't stop at the obvious or the impossible.



EXPERIMENT

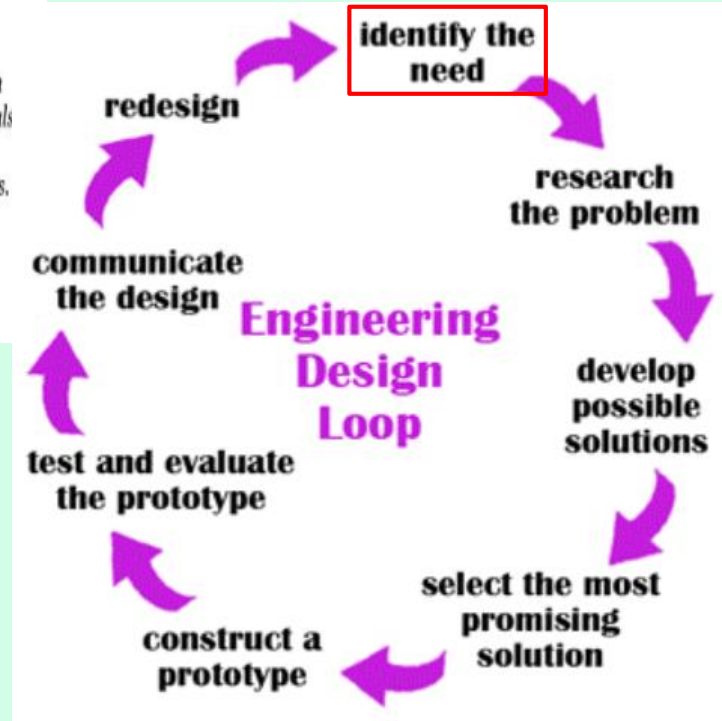
Try some things out. Make some things. Fail cheap and fast.



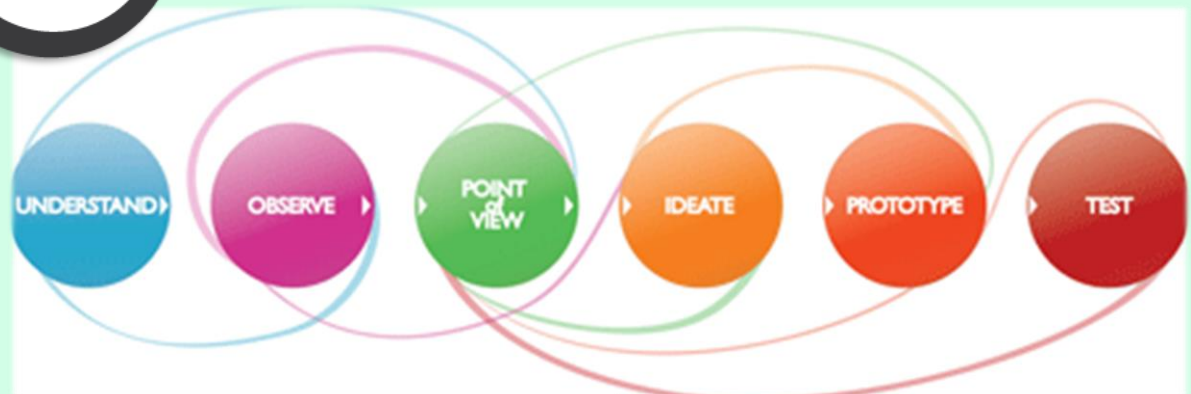
DISTILL

Strip your solution down to the essentials and tell the story to others.

empathy



Design Thinking





3 Ways to Fail Cheap



1. Lower the costs of experiments.

- Running experiments need not be expensive.
- There are tons of low cost ways to test critical assumptions

2. Change the order of experiments.

- Many companies spend a lot of money answering the wrong questions.
- They'll seek to perfect a technology without understanding whether there's a market need.
- Assess strategic risks first, because they are often what sink an idea.

3. Increase the pace of decision making.

- Entrepreneurs with clearly bad ideas typically don't have the luxury of spending money on those ideas for too long.
- Companies can let bad ideas linger for inordinate amounts of time because of slow decision-making processes.
- Shutting down flawed projects early avoids needless spending and focuses resources on the best ideas.



설계 1단계: 문제의 정의



□ 문제 정의(problem identification/task clarification)

- 문제에 대한 원인과 이유 또는 요구를 정의하는 단계
- 중립적인(solution-neutral)인 사고/정의: 선입견 배제

선입견적인 정의	해 중립적 정의
키를 이용한 축/허브 결합부의 설계	축을 허브에 고정하는 방법 고안
포장기계의 설계	재료를 포장하는 방법을 고안
신장을 측정하라	길이를 측정하라
배에 기중기를 설치하라	배의 내부로부터 외부로 물체를 옮기는 방법을 고안하라.
차고의 문을 설치하라.	자동차를 날씨변화와 침입자로부터 보호하는 방법을 고안하라.
레버를 사용하라.	힘의 방향을 변경하라.
샌드 블래스팅을 이용하여 점화플러그를 청소하라	표면으로부터 탄화물과 기름을 제거하라.



설계 1단계: 문제의 정의



□ 문제 정의(problem identification/task clarification)

- 문제에 대한 원인과 이유 또는 요구를 정의하는 단계
- 중립적인(solution-neutral)인 사고/정의: 선입견 배제

***SOLUTION NEUTRAL PROBLEM
STATEMENT (SNPS) GENERATION***



설계 1단계: 문제의 정의



□ 문제 정의(problem identification/task clarification)

- 문제에 대한 원인과 이유 또는 요구를 정의하는 단계
- 중립적인(solution-neutral)인 사고/정의: 선입견 배제

선입견적인 설계사고를 버리기 위한 자세 (Munro)

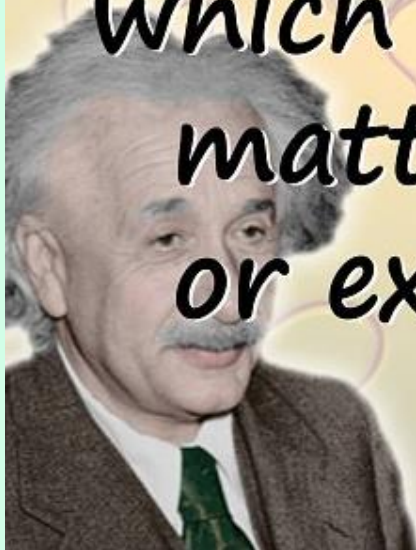
- ① 기존의 설계에 도전하라.
- ② 외부적 시각을 견지하라.
- ③ 새로운 생각을 위해 회사 밖을 살피라.
- ④ 작업의 bench mark를 위해 외부 회사를 이용하라.(out-sourcing)

〈창의적 사고의 창〉

문제를 잘 정의하기만 하여도 문제의 반을 푼 것과 같다. 잘 정형화된 문제는 거의 해결된 문제이다.

- 존 터닌코의 “체계적인 이노베이션”

The formulation of a problem is often more essential than its solution, which may be merely a matter of mathematical or experimental skills.



Albert Einstein



설계 1단계: 문제의 정의



□ 문제 정의 사례 : PCB의 정밀조립을 위한 홀 크기 문제

➤ 날카로운 드릴 개발 (X) vs. SMT 기술 개발 (O)

➔ 설계 목표는 “작은 구멍을 뚫는 문제”가 아니라 “전기요소들의 연결이 문제”라고 문제를 정확히 정의

□ 문제 정의 사례 : 온도를 측정하기 위한 장치

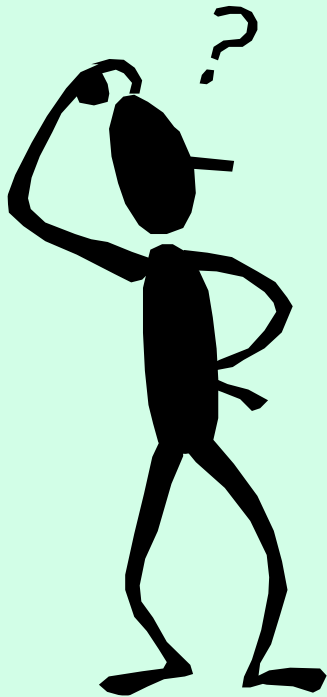
사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발
단계	문제 정의
결과	주변 환경의 온도를 시각적으로 지시하라



설계 1단계: 문제의 정의



- ☐ Is the problem important?
- ☐ Is the problem solvable?
- ☐ Who need(s) What because Why.



What is real
problem?

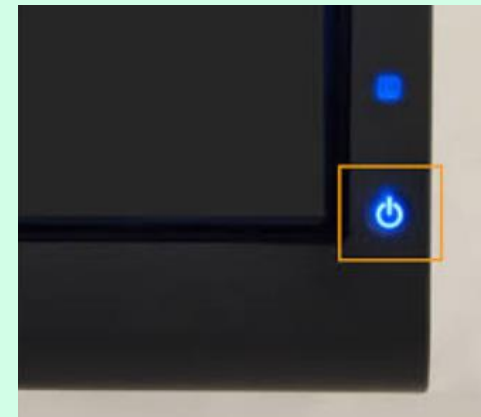
Who won?



Who won?



VS



What is different?

**Palmtop
computer**



VS



Tablet



설계 2단계: 예비 아이디어



□ 개념설계(Conceptual design)

- 예비 아이디어(preliminary ideas) 단계
- 해 중립적인 사고 하에서 다양한 아이디어들(대안)을 도출해 내는 과정이며 이를 위해서는 **창의적 아이디어 도출을 위한 특별한 방법론**이 필요

문헌추적분석

기존 시스템 분석

봉투배면법

직관법

자연계 분석

스캠퍼기법

시행오차법

- 개념설계 단계에서 제품의 제조비용의 대부분이 결정되는 경우가 많으므로 **문제의 기능적 요구(functional requirements)**를 정확히 정의하는 것이 중요

〈참의적 사고의 참〉

“무엇인가를 이해하려면 그것의 기능이 무엇인지 보아야한다”

– 아리스토텔레스



설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법

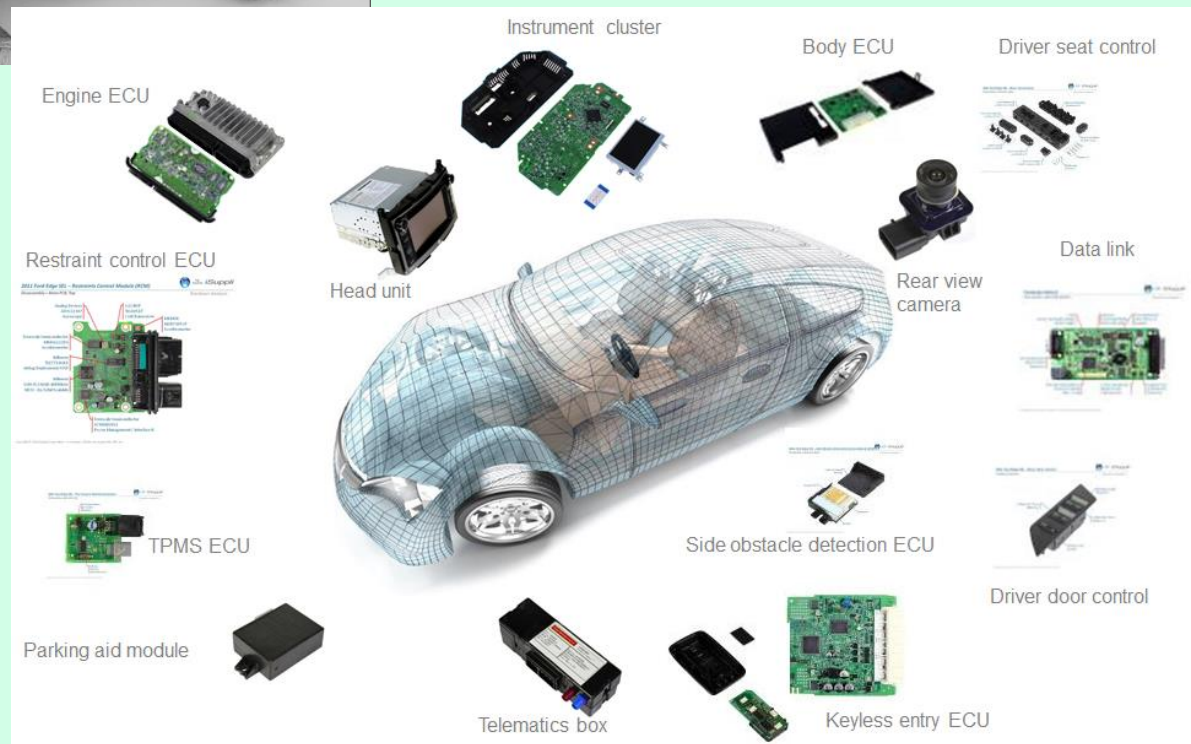
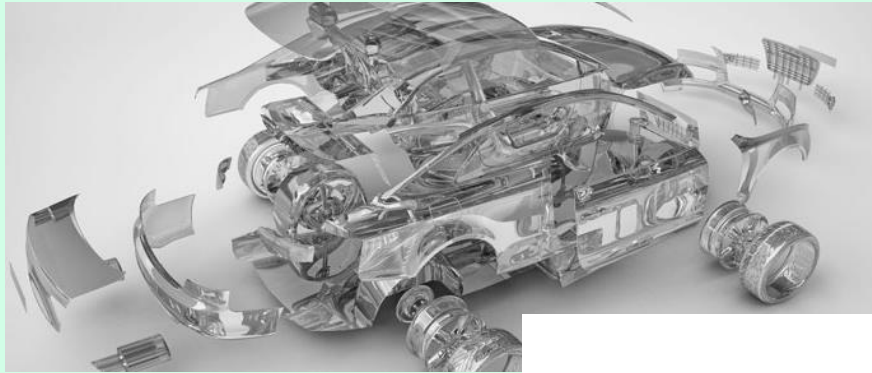
➤ 문헌추적분석(Search and Analysis of literatures)

- ➔ 현존하는 서적, 논문, 전문자료, 인터넷 자료, 신문기사 등으로부터 문제 해결의 실마리나 방법론을 제공받는 기법
- ➔ 창의성을 상실할 수 있는 여지
- ➔ 학술훈련이 잘되어 있는 연구자들이 주로 사용

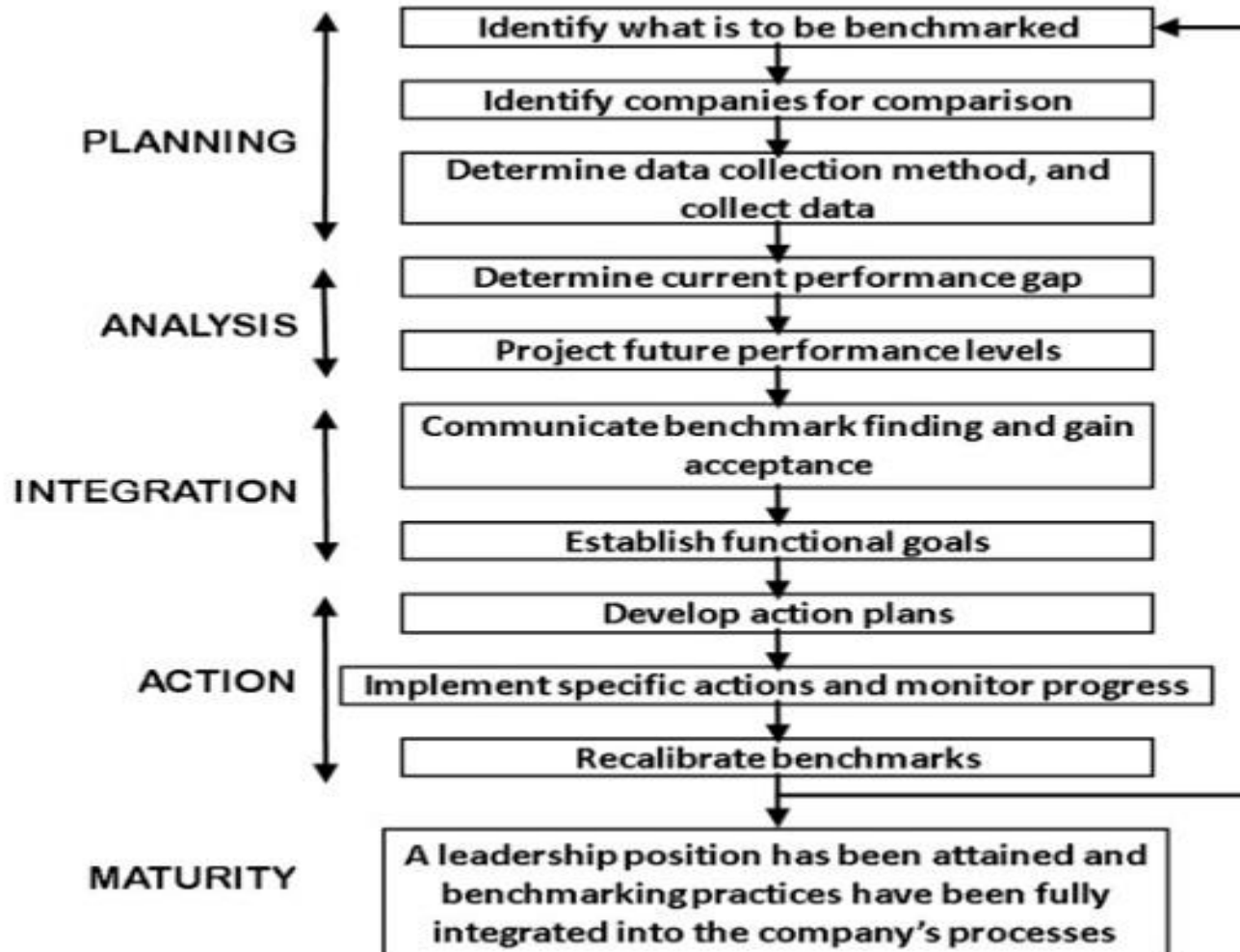
➤ 기존 시스템 분석(Analysis of current systems)

- ➔ 완성된 제품(경쟁사의 제품이나 생산방법, 자사의 과거제품이나 생산방법, 목적하는 부분기능을 수행하고 있는 유사 제품)을 개념적이거나 물리적으로 해부하여 그 설계적 특성을 발견하는 **구조분석법으로 제품을 부분기능으로 분리하고 그 부분기능을 세부적으로 분석**하여 관계된 물리적 효과나 원리를 인지하는 기법
- ➔ 충분한 분석과 고찰이 이루어지지 않을 경우 설계자가 새로운 아이디어를 추구하기 보다는 **기존의 시스템과 유사한 해결책**에 매달리게 될 수 있는 단점

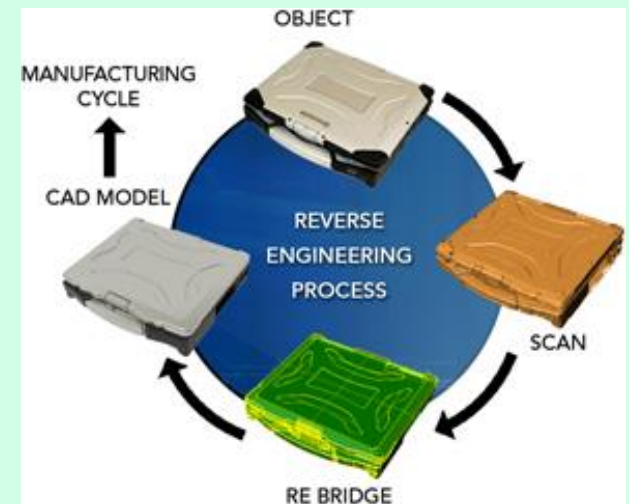
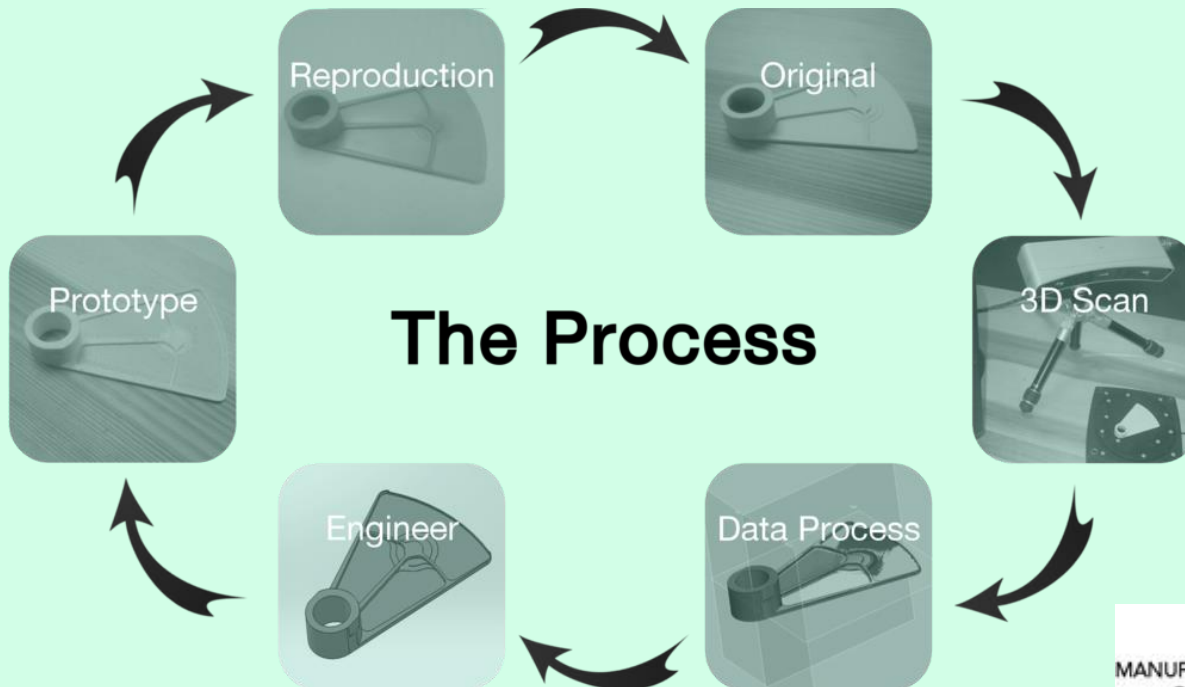
Teardown Bench Marking



Teardown Bench Marking



Reverse Engineering





설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법

➤ 봉투배면법(back-of-the-envelope calculation)

➔ 편지봉투의 뒷면을 이용하여 가지고 있는 공학적 지식을 기반으로 간단한 계산 등을 통해 직관적인 판단근거를 마련하는 방법을 원용한 것이다.

➔ 봉투 뒷면을 이용한다는 것은 상징적으로 큰 계산도구 없이 즉흥적으로 계산하는 것을 의미

(예) 어떤 사람이 당신에게 0.2mm 길이의 알루미늄 부품을 10 μ m의 정밀도로 가공하여 제공하여 줄 수 있다고 제안, 제안자의 공장을 방문하였더니 공장 창문으로 햇빛이 들어오고 겨울기간에는 특별한 난방장치를 사용하고 있지 않은 것을 발견

알루미늄의 팽창계수 $\approx 20\mu\text{m}/^{\circ}\text{C}$

제안자의 작업장의 동절기의 온도변화 $> 10^{\circ}\text{C}$

\Rightarrow 온도변화에 의한 알루미늄 부품의 정밀도 차이 : $20\mu\text{m}/^{\circ}\text{C} \times 10^{\circ}\text{C} = 20\mu\text{m}$

\Rightarrow 10 μ m의 정밀도를 확보할 수 있다는 제안자의 말은 거짓이다.



설계 2단계: 예비 아이디어

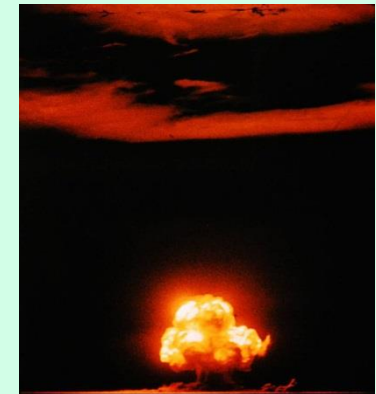


□ 창의적 사고 창조기법

➤ 봉투배면법(back-of-the-envelope calculation)

Fermi's anecdote

The most famous instance came during the first atomic bomb test(Trinity) in New Mexico on 16 July 1945. As the blast wave reached him, Fermi dropped bits of paper. By measuring the distance they were blown, he could compare to a previously computed table and thus estimate the bomb energy yield. He estimated 10 kilotons of TNT; the measured result was 18.6



Victor Weisskopf's anecdote in the pamphlet "Modern Physics from an Elementary Point of View (1970, CERN, European Organization for Nuclear Research)"

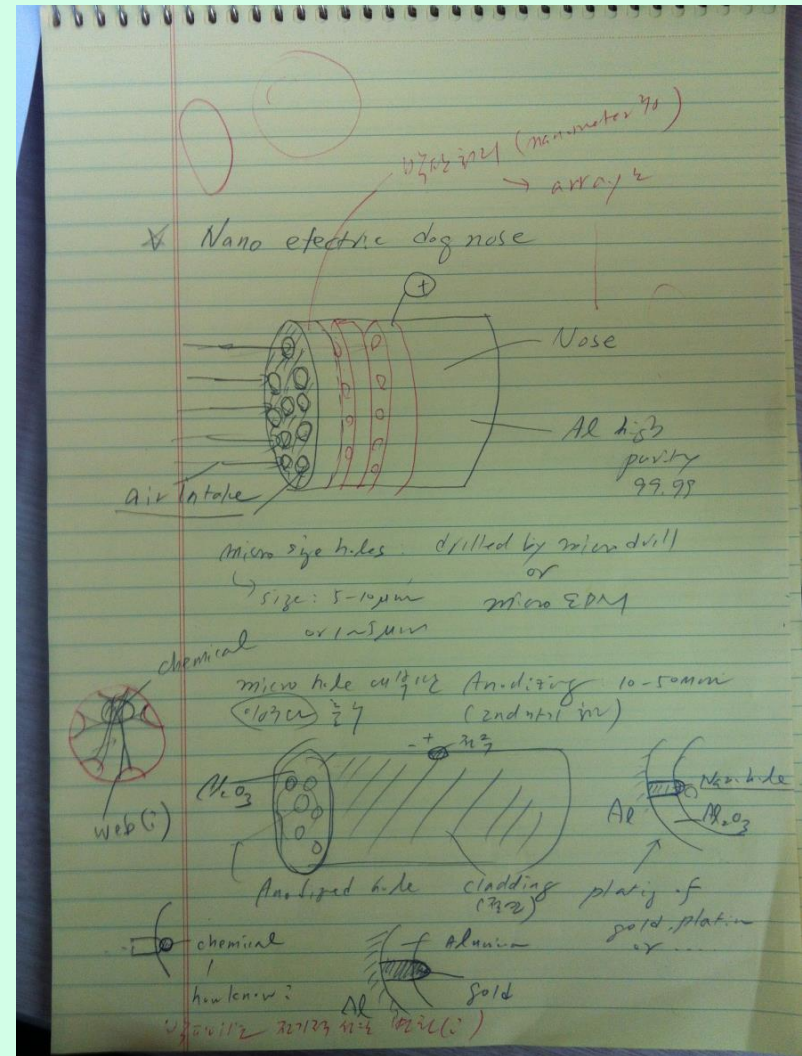
In these notes Weisskopf used back-of-the-envelope calculations to calculate the size of a hydrogen atom(an example), a star, and a mountain, all using elementary physics.

The hydrogen atom



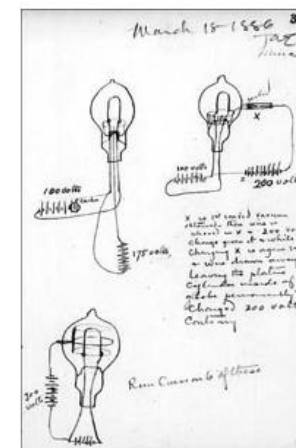
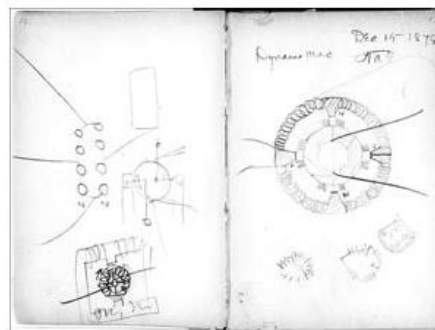
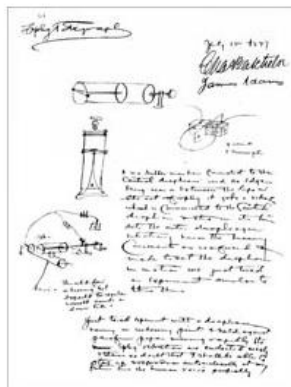
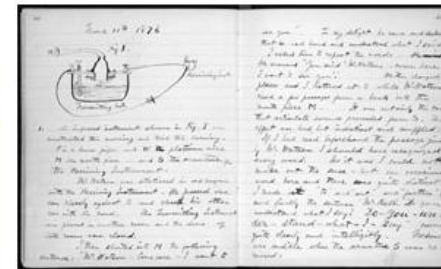
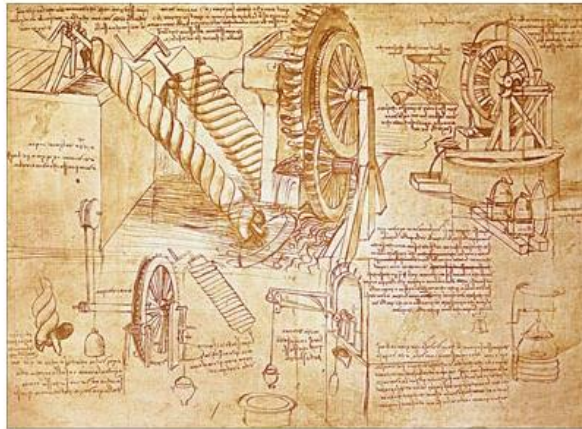
$$a_0 = 0.53 \text{ \AA}$$

$$E_0 = -13.6 \text{ eV} = -1 \text{ Ry}$$



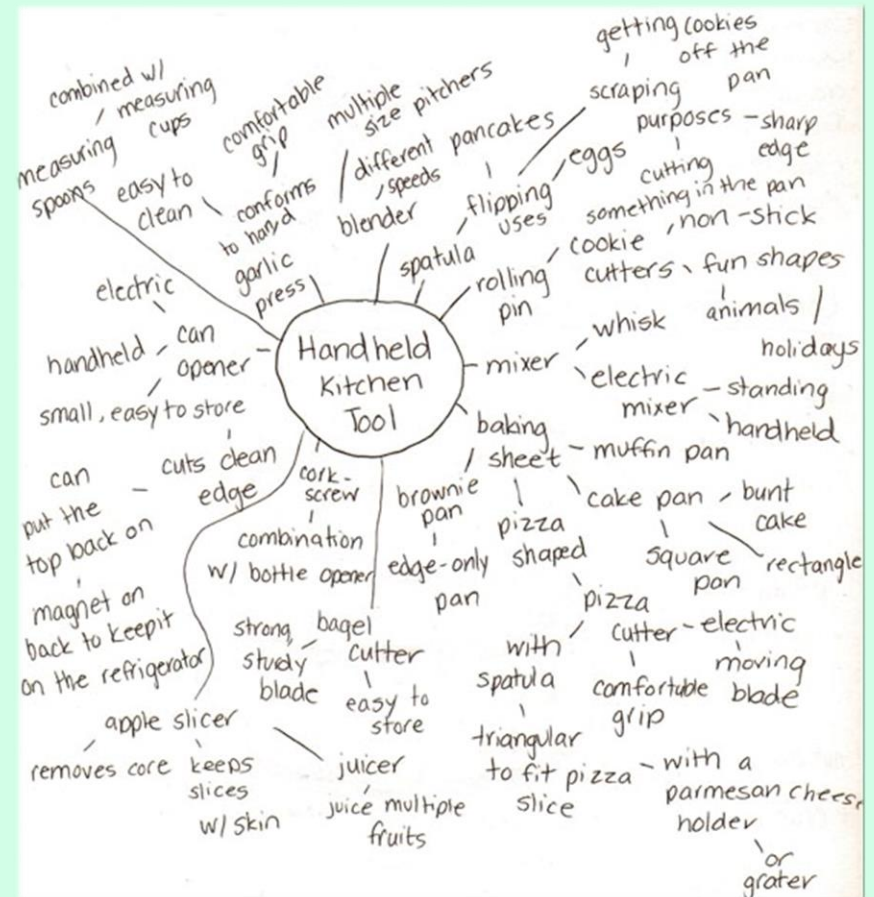
Design Tips

- Record all the bug list in your Design Notebook!!!



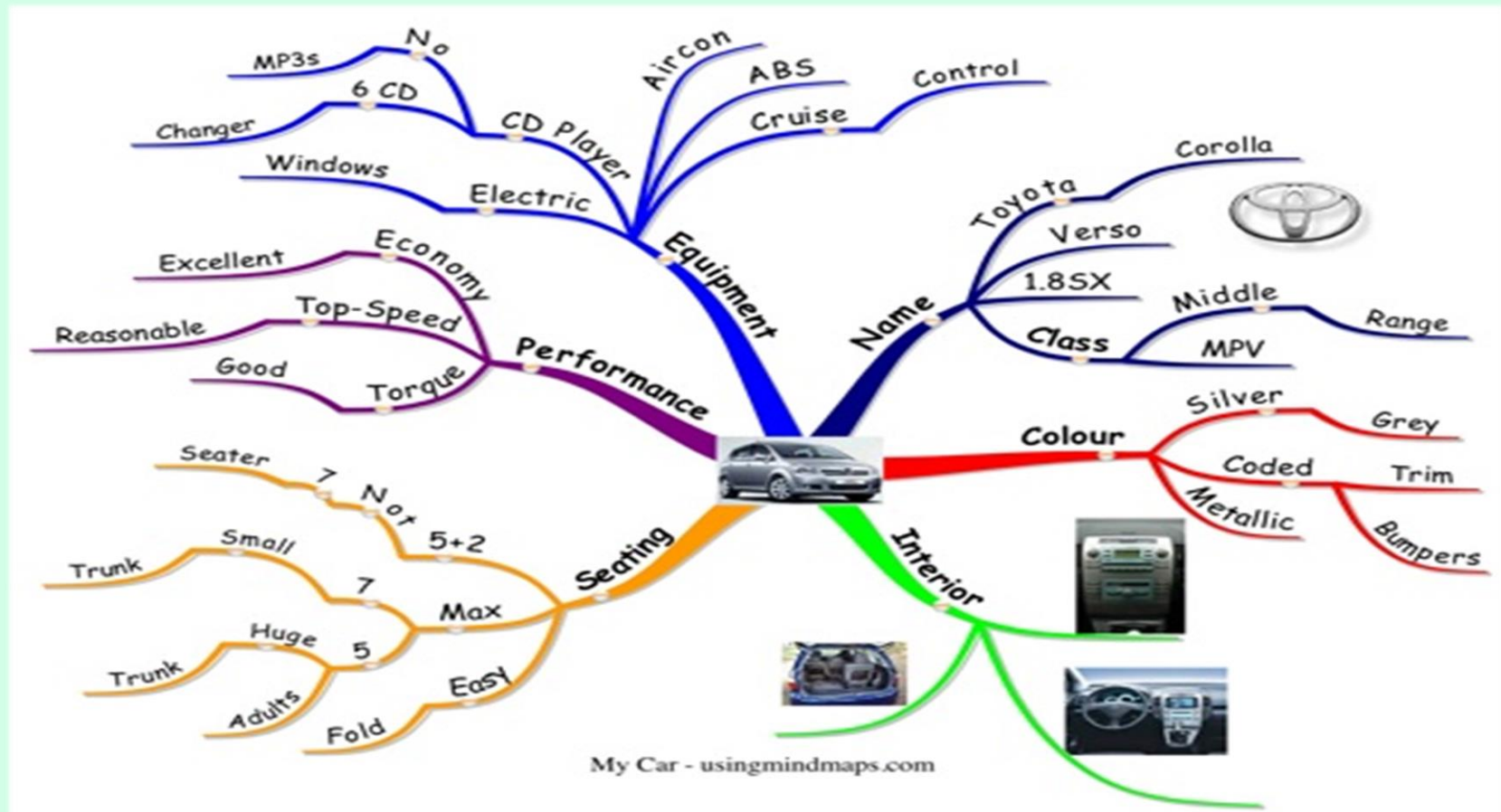
Design Tips

- Use mind map!!!



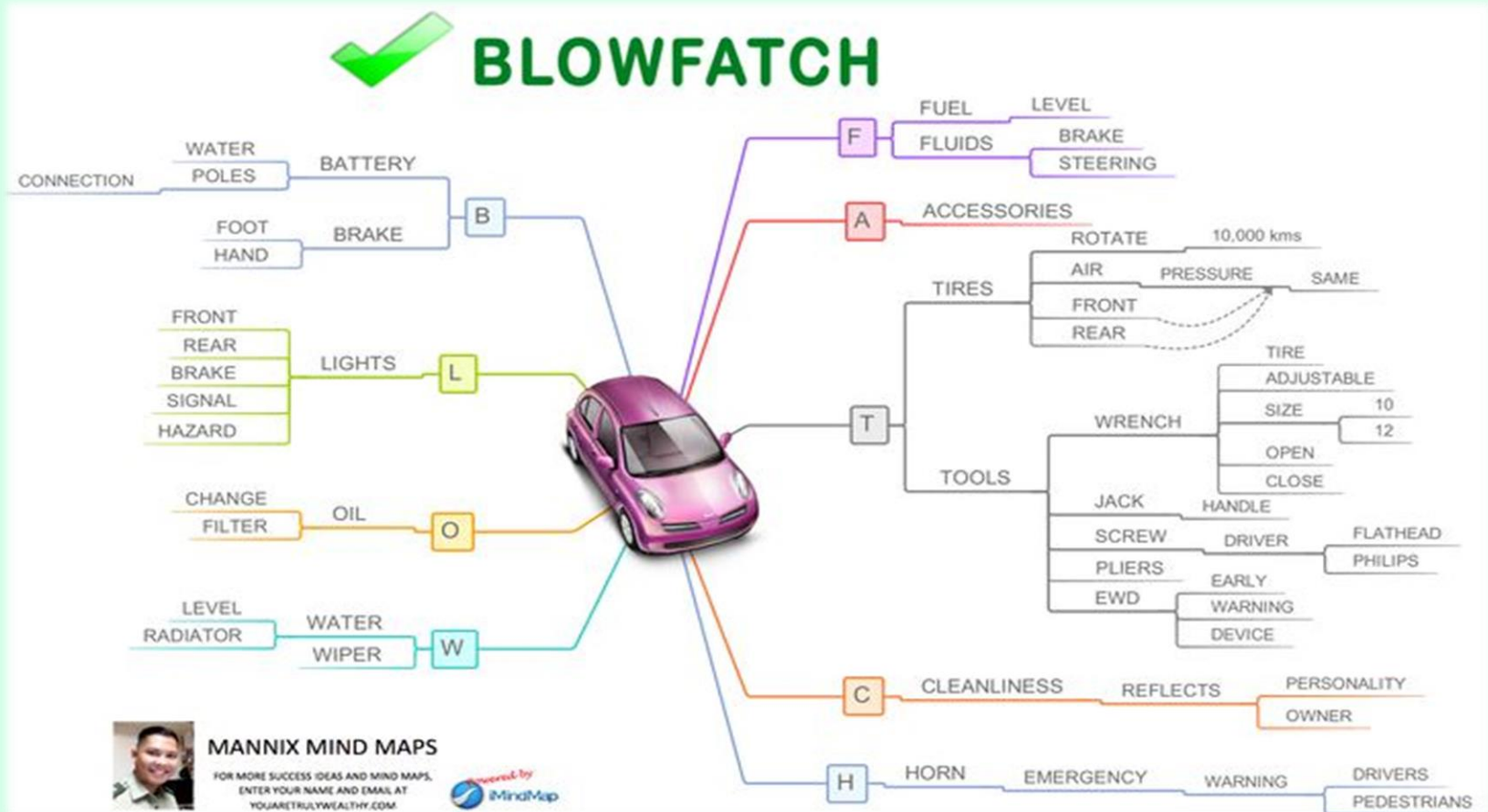
Design Tips

- Use mind map!!!



Design Tips

- Use mind map!!!



1st design exercise

- Solution neutral problem identification 연습
- Design note – 봉투배면법 연습
- Mind map 연습
- FYI
 - 일정: 2017년 5월 14일 pm3:00~
 - 연습 내용 :
 - ✓ 3가지의 편견을 가진 설계목표를 해중립적으로 재정의
 - ✓ Mind map을 이용한 아이디어의 확장(기능과 제한조건)
 - ✓ 봉투배면법 방식의 간단한 개념설계

**Bad
design**





설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 브레인라이팅(Brain writing)/635기법 (독일, 홀리겔 개발)

➔ 6명의 사람이 각각 3가지의 아이디어나 문제해결방법(solutions)을 5분 내에 쓰거나 스케치하도록 하고, 그룹의 구성원들이 그 내용을 토의하여 정리하는 방식.

➔ 635법을 개량한 것으로 반드시 숫자에 연연할 필요는 없다.

➔ 브레인라이팅 기록지를 사용하면 편리

문제점			
구성원 번호	해결 방안 1	해결 방안 2	해결 방안 3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			



설계 2단계: 예비 아이디어



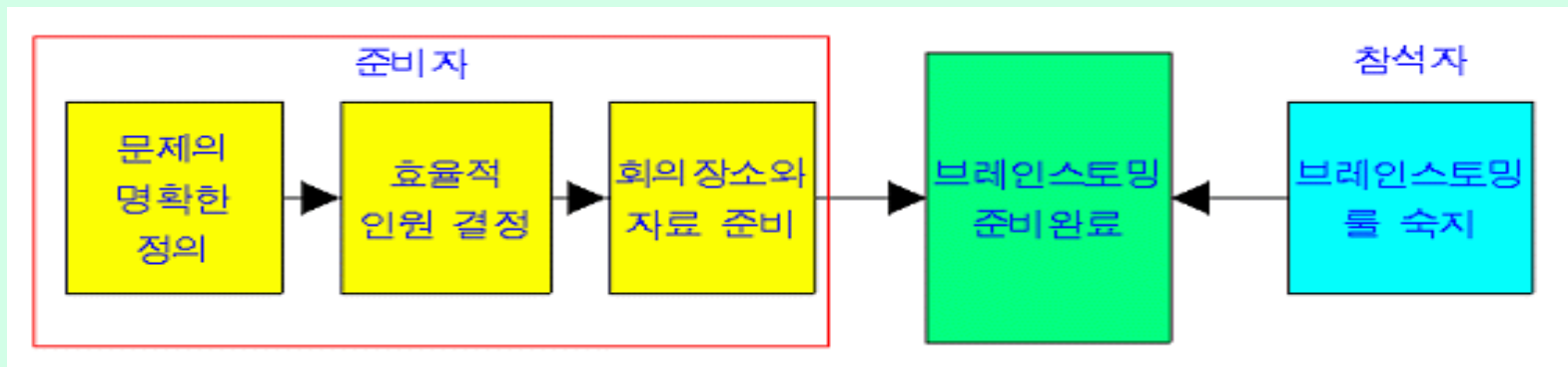
□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 브레인스토밍(brain storming) : 알렉스 오스본 개발(1939)

➔ 멤버들의 모든 아이디어를 동시에 모아 특정한 문제의 해결책을 찾기 위한 일종의 컨퍼런싱(conferencing) 기법

➔ 브레인스토밍의 네 가지 법칙

- ① 자유분방 : Encourage wild and exaggerated ideas!
- ② 비판금지 : Every person and every idea has equal worth!
- ③ 수량추구 : Quantity counts at this stage, not quality!
- ④ 결합개선 : Build on the ideas put forward by others!





설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 화랑법

→ 브레인

→ 일반

→ 화랑

① 그룹의

② 개개인

기록 : 시

③ 개인/그

④ 약 15분

른 참가자나 그룹들이 작성하여 무작한 송이를 걸으면서 검색

⑤ 순회한 후 자리로 돌아와서 아이디어를 통합한 후 평가를 시작



가 많다

등을 통해

순회하며 다



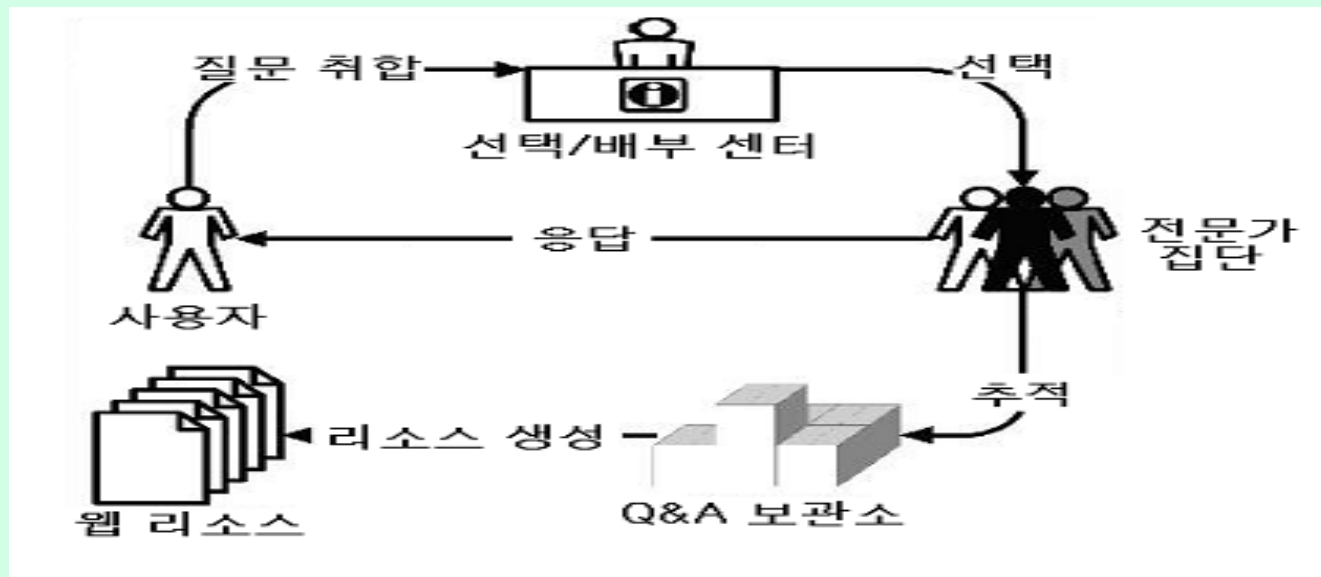
설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 델파이법(Delphi method) : 미 랜드연구소

➔ 1950대에 미국의 랜드연구소(RAND Corporation) 에서 핵무기 공격에 의한 잠재적인 피해를 예측하는 전문가집단의 능력을 향상시키기 위하여 개발



➔ 소요되는 시간이 길고 응답자에 대한 통제가 힘들다는 단점



ōrāre
"to speak"

〈참의적 사고의 참〉

그리스 신화에 의하면 자신의 미래의 운명을 알기 원하는 사람은 델파이 지성소(Delphic Oracle)의 도움을 얻을 수 있었다고 한다.



설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 시넵틱스(Synectics) : 고든(W. Gordon)이 개발

➔ 낮익은 것을 낯선 것처럼 만들고, 낯선 것을 낮익은 것으로 만드는 발상법으로 브레인스토밍과 유사 : 7명 정도의 인원



➔ 사전계획(preliminary planning): 사전계획 회의를 통해 “진정 문제 점이 있는가?”, “과제를 해결해야 할 그룹(또는 개인)을 만족시키고 실행해낼 만한 새로운 해결책이 제시될 가능성이 있는가?” 등의 원론적인 부분부터 문제를 가진 그룹의 문제분야에 대한 인식정도, 요구되는 해결책의 수와 그 질적수준, 해결 가능성에 대한 구성원의 확신 정도 등에 대하여 체크



설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 시넵틱스(Synectics) : 고든(W. Gordon)이 개발

➔ 낮익은 것을 낯선 것처럼 만들고, 낯선 것을 낮익은 것처럼 만드는 발상법으로 브레인스토밍과 유사 : 7명 정도의 인원



➔ **과제의 제시** : 문제점을 가진 개인이나 그룹은 먼저 **표제(headline)**와 **바램(wish)**를 제시. 표현방법은 "내가(우리가) 원하는 것은... (I wish ..., **IW**로 표현)"이나 "어떻게 하면... (How to..., **H2**로 표현)" 등과 같이 표현되는 것이 바람직하며, 참석자들은 분석적이기 보다는 상상적인 자세로 경청하는 것이 바람직(Not analytically, but imaginatively!).



설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 시넵틱스(Synectics) : 고든(W. Gordon)이 개발

➔ 낮익은 것을 낯선 것처럼 만들고, 낯선 것을 낮익은 것처럼 만드는 발상법으로 브레인스토밍과 유사 : 7명 정도의 인원



➔ 스프링보드 생성 : 생각의 도약대라는 개념의 해결방안들을 생성. 해결책들을 위한 아이디어라기보다는 유기적으로 통합되어 새로운 발명을 위한 공간을 여는 과정으로 볼 수 있다. 예를 들면, “만약에 우리가 A를 할 수 있다면 좋지만, 아직 우리는 어떻게 하는지를 모르고 있다.” 하는 식으로 위시를 생성. 스프링보드들을 유인하기 위한 기술 - 유추, 탈선, 역설, 불규칙적 자극 기법 등



설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 시넵틱스(Synectics) : 고든(W. Gordon)이 개발

➔ 낮익은 것을 낯선 것처럼 만들고, 낯선 것을 낮익은 것처럼 만드는 발상법으로 브레인스토밍과 유사 : 7명 정도의 인원



➔ 관심 스프링보드의 선택 : 과제를 제시한 그룹이나 개인은 참석한 전문가들에 의하여 제시된 스프링보드들 가운데에 마음에 드는 것을 선택



설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 시넵틱스(Synectics) : 고든(W. Gordon)이 개발

➔ 낮익은 것을 낯선 것처럼 만들고, 낯선 것을 낮익은 것처럼 만드는 발상법으로 브레인스토밍과 유사 : 7명 정도의 인원



➔ **아이디어의 창출** : 선택된 스프링보드를 이뤄낼 수 있는 아이디어를 생성해

➔ 새로운 아이디어의 창출을 위하여 “**결합을 통한 유추기법**”을 사용
 . 직접적 유추(direct analogy), 의인(대인) 유추(personal analogy),
 상징적 유추(symbolic analogy), 환상적 유추(fantasy analogy)



설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 시넵틱스(Synectics) : 고든(W. Gordon)이 개발

➔ 낯익은 것을 낯선 것처럼 만들고, 낯선 것을 낯익은 것처럼 만드는 발상법으로 브레인스토밍과 유사 : 7명 정도의 인원



➔ **아이디어의 선택** : 최종적으로 리스트화된 아이디어 중 최적의 것을 해결방안으로 선택한다. 해결방안은 “해야 할 일은 ... (What you do is..., **WYDI**...)”의 형태로 표현.



설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 시간장소활용법

➔ 시간장소활용법은 우선 아이디어가 가장 잘 떠오르는 시간과 장소를 발견한 후, 그 시간과 장소에서 평소보다 오랜 시간 아이디어를 떠올려보는 아이디어발상법.



➤ 연꽃기법(Lotus blossom)

➔ 연꽃 모양의 발상 카드를 채워 가는 창의적 사고 방법으로 일본 크로바 경영리서치의 마쓰무라 야스오가 개발

➔ 8개의 새로운 아이디어를 확산시켜 각각 또 다른 8개의 아이디어로 발전시켜 구체화하는 기법

아이 디어 11	아이 디어 12	아이 디어 13	아이 디어 21	아이 디어 22	아이 디어 23	아이 디어 31	아이 디어 32	아이 디어 33
아이 디어 18	아이 디어 11	아이 디어 14	아이 디어 28	아이 디어 2	아이 디어 24	아이 디어 38	아이 디어 3	아이 디어 34
아이 디어 17	아이 디어 16	아이 디어 15	아이 디어 27	아이 디어 26	아이 디어 25	아이 디어 37	아이 디어 36	아이 디어 35
아이 디어 81	아이 디어 82	아이 디어 83	아이 디어 1	아이 디어 2	아이 디어 3	아이 디어 41	아이 디어 42	아이 디어 43
아이 디어 88	아이 디어 8	아이 디어 84	아이 디어 8	기본 주제	아이 디어 4	아이 디어 48	아이 디어 4	아이 디어 44
아이 디어 87	아이 디어 86	아이 디어 85	아이 디어 7	아이 디어 6	아이 디어 5	아이 디어 47	아이 디어 46	아이 디어 45
아이 디어 71	아이 디어 72	아이 디어 73	아이 디어 61	아이 디어 62	아이 디어 63	아이 디어 51	아이 디어 52	아이 디어 53
아이 디어 78	아이 디어 7	아이 디어 74	아이 디어 68	아이 디어 6	아이 디어 64	아이 디어 58	아이 디어 5	아이 디어 54
아이 디어 77	아이 디어 76	아이 디어 75	아이 디어 67	아이 디어 66	아이 디어 65	아이 디어 57	아이 디어 56	아이 디어 55



설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ DO IT 기법

- ➔ D - 문제의 정의(Define problem)
- ➔ O - 오픈 마인드로 창의적 기술 적용(Open mind and apply creative techniques)
- ➔ I - 최적의 해법을 확인(Identify best solution)
- ➔ T - 변환(Transform)

➤ 스캴퍼 기법(SCAMPER method)

- ➔ 알렉스 오스본(Alex Osbone)이 소개하고 로버트 에벌리(Robert Eberle)가 재구성한 아이디어 촉진 질문법
- ➔ **S**ubstitute, **C**ombine, **A**dapt, **M**odify (Magnify), **P**ut to other use, **E**liminate, **R**earrange (Reverse) 의 첫 음을 따서 기억하기에 좋게 만든 두문자어



설계 2단계: 예비 아이디어



□ 창의적 사고 창조기법 : 직관법

➤ 스캴퍼 기법(SCAMPER method) 계속

두음	의미	적용 예
S	Substitute(대체)	진공관을 트랜지스터로 대체 항공기 조립용 볼트를 리벳으로 대체 CRT모니터를 LCD모니터로 대체
C	Combine(조합)	휴대폰과 TV를 결합한 DMB폰 전기모터와 엔진을 조합한 하이브리드 카 팩스/프린터/복사 복합기
A	Adapt(적용/적용)	자동차의 범퍼에 장착된 거리센서 컬러잉크를 적용한 컬러프린터 성어지느러미 효과를 전신수영복에 적용
M	Modify(변환) Magnify(확대)	핸드폰 키패드의 축소와 재확대 위는 트랜지스터의 개발 유연한 조립용 스카라 로봇 개발
P	Put to other use (타 용도 사용)	페타이어를 이용한 교통 안전시설
E	Eliminate(제거)	MP3 player에 의한 Macro recording media 제거 스마트 키에 의한 자동차 열쇠의 제거 카페인 없는 콜라, 커피
R	Rearrange(재배열) Reverse(역전)	치즈를 피자 안에 집어넣은 치즈크러스트 피자 양방향으로 열리는 지퍼

<창의적 사고의 창> 로봇 연구자의 정신

로봇기업을 만들거나 로봇연구자가 되려면 두 가지 정신이 필요하다. 우선 매우 창조적이어야 한다. 미래에 대한 꿈을 꿀 수 있어야 한다. 그러나 반대로 매우 현실적이어야 한다. 창조적이기만 하면 돈을 벌지 못하는 멋진 로봇만 만든다. 또 실용적이기만 하면 새로운 일을 할 수 있는 로봇을 만들지 못한다.

– 콜린 앵글 美 아이로봇 CEO

창의적 사고의 창

Thinking Differently *Speaking for creative collaboration*

Headline first, then elaboration. Keep your notes to tell your backstory of where your idea has come from, the triggers, connections and builds that sparked your idea...

Start your headlines with...

“I wish...”

“How to...”

“What you could do is...”



창의적 사고의 창

Thinking Differently *Excursions*

Creative excursions enable your team to open up new creative possibilities and provide them with playful breaks from the work of solving the main task



We need more speculative ideas...We are up against a roadblock...We need a climate lift



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록(function requirement list) 작성

- 정의 : 아직 존재하지 않는 제품에 대하여 **제품의 기능과 제한 조건을 정의**하는 것
 - ➔ 소비자의 요구(needs)/욕구(expectations)/문제점(problems)/원하는 혜택(benefits)/ 개선점(improvements) 등을 중심으로 설계자와 제작자가 함께 작업하여 작성
 - ➔ 공학적 문서(engineering documents)나 제조계획 (X)
 - ➔ 시장에 출시되기 위한 구체적인 사양(specifications) (X)
 - ➔ 물리적 특징들을 고려하고, 가능하면 추상적(abstract).
 - ➔ 잘못된 제한조건을 포함, 다양한 설계옵션을 배제해서도 안됨.
 - ➔ **제품이 사용되어야 할 환경을 특별히 고려**해야 한다.
- 기능적 요구목록은 일상표현보다는 보다 정확한 설계자의 언어로 표현 : 해 중립적인 표현이 필요
- 창의적 사고기법 이전에 작성되어 창의적 설계안 도출을 위한 기초자료로 활용되어야 큰 효과를 볼 수가 있음.

The system's through manufacture and in test.
Has the customer sent the requirements spec yet?





설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성 (특징)

- **Necessary:** Something that must be included or an important element of the system is missing and other system components can't compensate for its absence.
- **Concise (minimal, understandable):** Stated in language that is easy to read, yet conveys the essence of what is needed.
- **Attainable (achievable or feasible):** A realistic capability that can be implemented for the available money, with the available resources, in the available time.
- **Complete (standalone):** Described in a manner that does not force the reader to look at additional text to know what the requirement means.
- **Consistent:** Does not contradict other stated requirements nor is it contradicted by other requirements. In addition, uses terms and language that means the same from one requirements statement to the next.
- **Unambiguous:** Open to only one interpretation.
- **Verifiable:** Must be able to determine that the requirement has been met through one of four possible methods: inspection, analysis, demonstration, or test.

Start of FR Lists

Step 1 Needs analysis

Establish current or latent economic existence of need using problems and opportunities based on knowledge of

- stakeholder/habitat study
- market/business study
- product/technology study

Step 2 Define stakeholder requirements of market segment

Identify what the market and its stakeholders might find attractive

Step 3 Define consumer-specific Function Requirements

Identify possible technical, economic, legal, ergonomic, aesthetic, environmental etc. requirements for the product

Step 4 Assign importance

Assess relative importance of the requirements



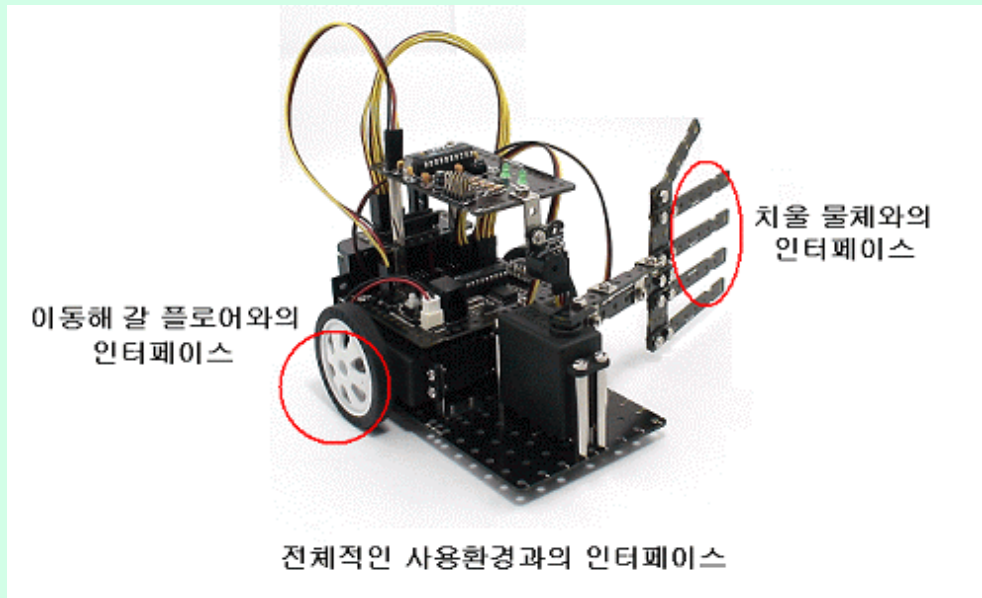
설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)



• 모든 시스템이나 제품은 대부분 이미 존재하는 어떤 시스템 또는 환경과 경계를 가지거나 또 다른 시스템의 내부에 위치하도록 설계.

➔ 기능적 요구목록의 작성의 첫 번째는 설계될 시스템이 주변 시스템이나 환경과 안정적으로 인터페이스 되기 위하여 필요한 특성을 미리 열거.



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)

요구(demands) : 반드시 만족되어야 할 기능적 요구

- ▶ 고정 요구(fixed commands) : 변경이나 허용(공차 등)이 없는 요구

ex) “자전거는 10단이어야 한다.”, “로봇의 손목의 자유도는 3자유도 이어야 한다.”

- ▶ 최소/최대 요구(min/max demands) : 설계 범위가 최대값이나 최소값을 가지는 경우

ex) “엔진의 출력은 적어도 5마력은 되어야 한다.”, “바퀴이동 로봇의 무게는 최대 2kg중을 넘지 말아야 한다.”

희망(wishes) : 제품이 가지면 좋지만 반드시 필요하지 않은 기능적 요구

- ▶ 희망의 구현은 일반적으로 성능이 향상되거나 비용이 절감되는 결과

ex) “가능하면 로봇의 무게는 가벼웠으면 좋겠다.”, “좀 더 작은 모터를 사용하고도 로봇의 출력을 0.5마력을 얻을 수 있으면 좋겠다.”



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)

공학적 요구
경제적 요구
인간공학적 요구
법률적 요구
환경적 요구
기타 요구

제품 수명주기	요구의 종류					
	공학적	경제적	인간공학적	법적	환경적	기타
계획 planning						
설계 design						
생산 Manufacturing						
마케팅 Marketing						
제품사용 Product use						
폐기 Disposal						



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)

공학적 요구
경제적 요구
인간공학적 요구
법률적 요구
환경적 요구
기타 요구

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발		
단계	예비 아이디어 (기능적 요구의 정의)		
결과	기능적 요구 리스트 작성		
	기능/성능	기능적 요구	목표값
	전체기능	온도를 시각적으로 표현하여야 한다.	-
	부가기능	온도를 신호로 변경해야 한다.	-
	부가기능	신호를 시각적으로 표시해야 한다.	-
	요구성능	측정영역	-30 - 50℃
	요구성능	시각적으로 표현	-
	요구성능	부가적인 에너지 없이 작동	-
	요구성능	정밀도	± 1℃
	요구성능	단위가격	< 5000원
	요구성능	크기	< 30mm
	요구성능	무게	< 200g
	요구성능	읽을 수 있는 최대거리	> 1m



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)

공학적 요구

점검 목록		세부항목
기하 정보		길이, 중량, 높이, 직경, 면적, 부피, <u>요구공간</u> , 수, 연결, 배열
에너지	기구학	변위, 속도, 가속도 방향과 형태(Static or Dynamic?)
	동력학	힘과 모멘트, 중량, 하중, 마찰 안정성(Stability)
	전기	전압, 전류, 전력(power) DC or AC?, 주파수
	열/유체	온도, 압력 Heating or Cooling?
	기타	저장, 효율, 변환 등
재료	유량 특성(물리적, 화학적 등), 상태(고체, 유체, 액체)	
	고체	연성, 소성, 취성 <u>균질</u> or <u>불균질</u> , 복합재료, 크기(덩어리 or 입자)
신호	형태	기계, 전기, 광 등 아날로그 or 디지털?
	기능	저장, 표시, 알람



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)

공학적 요구

life phase	공학적 요구
planning	기술수준
design	회사의 지식수준 단위설계의 가능성
manufacturing	생산과정, 생산량, 조립 특별한 장비의 필요성 장비의 유용성
marketing	저장(공간, 기후) 포장, 운송(크기, 충격, 진동)
product use	현장 조립 시설, 신설 제품의 기능, 기하학적 요구 작업의 전문성 정도 자동화의 등급, 유지보수
disposal	재 활용가능성, 폐기물 처리 제품의 재사용성



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)

공학적 요구

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발		
단계	예비 아이디어 (기능적 요구의 정의)		
결과	기능적 요구 리스트 작성		
	기능/성능	기능적 요구	목표값
	전체기능	온도를 시각적으로 표현하여야 한다.	-
	부가기능	온도를 신호로 변경해야 한다.	-
	부가기능	신호를 시각적으로 표시해야 한다.	-
	요구성능	측정영역	-30 - 50℃
	요구성능	시각적으로 표현	-
	요구성능	부가적인 에너지 없이 작동	-
	요구성능	정밀도	± 1℃
	요구성능	단위가격	< 5000원
	요구성능	크기	< 30mm
	요구성능	무게	< 200g
	요구성능	읽을 수 있는 최대거리	> 1m



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)

경제적 요구

제품 수명주기	경제적 요구
계획 planning	계획, 설계, 라이선싱 비용
설계 design	-
생산 Manufacturing	생산, 조립, 검사비용
마케팅 Marketing	저장, 포장, 검사비용
제품사용 Product use	설치, 작동, 유지, 보수비용
폐기 Disposal	재활용비용, 폐기비용



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)

경제적 요구

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발		
단계	예비 아이디어 (기능적 요구의 정의)		
결과	기능적 요구 리스트 작성		
	기능/성능	기능적 요구	목표값
	전체기능	온도를 시각적으로 표현하여야 한다.	-
	부가기능	온도를 신호로 변경해야 한다.	-
	부가기능	신호를 시각적으로 표시해야 한다.	-
	요구성능	측정영역	-30 - 50℃
	요구성능	시각적으로 표현	-
	요구성능	부가적인 에너지 없이 작동	-
	요구성능	정밀도	± 1℃
	요구성능	단위가격	< 5000원
	요구성능	크기	< 30mm
	요구성능	무게	< 200g
	요구성능	읽을 수 있는 최대거리	> 1m



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)

인간공학적 요구

제품 수명주기	인간공학적 요구
계획 planning	-
설계 design	-
생산 Manufacturing	부품취급의 용이성, 조립의 용이성, 부품/형상에 대한 명확한 인식
마케팅 Marketing	운송의 용이성, 취급의 용이성, 문이나 다른 입구의 크기
제품사용 Product use	안전, 명확한 조작법과 표시, 취급의 용이성, 실증나지 않을 것, 소음이나 진동 억제
보수유지 Maintenance	분해 및 재조립의 용이성, 부품의 명확한 인식, 취급의 용이성
폐기 Disposal & Salvage	분해의 용이성, 부품의 명확한 인식, 취급의 용이성, 재료의 특성



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)

인간공학적 요구

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발		
단계	예비 아이디어 (기능적 요구의 정의)		
결과	기능적 요구 리스트 작성		
	기능/성능	기능적 요구	목표값
	전체기능	온도를 시각적으로 표현하여야 한다.	-
	부가기능	온도를 신호로 변경해야 한다.	-
	부가기능	신호를 시각적으로 표시해야 한다.	-
	요구성능	측정영역	-30 - 50℃
	요구성능	시각적으로 표현	-
	요구성능	부가적인 에너지 없이 작동	-
	요구성능	정밀도	± 1℃
	요구성능	단위가격	< 5000원
	요구성능	크기	< 30mm
	요구성능	무게	< 200g
	요구성능	읽을 수 있는 최대거리	> 1m



설계 2단계: 개념설계

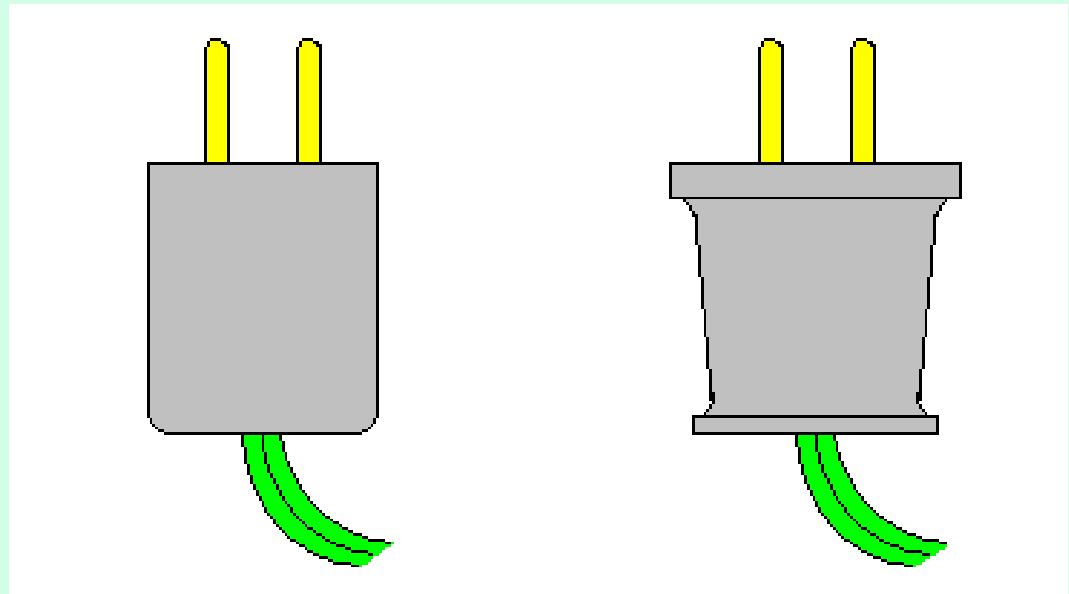


□ 기능적 요구목록 작성

➤ 기능적 요구목록의 분류

- ➔ 시스템 인터페이스(system interface)
- ➔ 각 요구의 상대적 중요성(relative importance)
- ➔ 요구의 종류(types)

경제적 vs. 인간공학적





설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록 분석

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발		
단계	예비 아이디어 (기능적 요구의 정의)		
결과	기능적 요구 리스트 작성		
	기능/성능	기능적 요구	목표값
	전체기능	평가 성능	-
	부가기능	온도를 신호로 변경해야 한다.	-
	부가기능	신호를 시각적으로 표시해야 한다.	-
	요구성능	측정영역	-30 - 50℃
	요구성능	시각적으로 표현	-
	요구성능	부가적인 에너지 없이 작동	-
	요구성능	정밀도	± 1℃
	요구성능	단위가격	< 5000원
	요구성능	크기	< 30mm
	요구성능	무게	< 200g
	요구성능	읽을 수 있는 최대거리	> 1m

Exam

Example 2.1: Reduction of Materials Cost

Perceived Needs: A major instrument maker in the United States uses several million pounds of impact-grade polystyrene each year. When the company analyzed its manufacturing costs, it discovered that the materials constituted 75% of the manufacturing cost. Therefore, they asked their research and development division to devise a means of reducing the cost of materials by 20% without sacrificing the mechanical properties of the part, particularly its toughness, and the dimensions of the part. How would you deal with the problem?

Problem Definition: The problem definition in terms of FRs that can satisfy the perceived needs is straightforward.

FR₁ = Reduce the material cost by 20%.

FR₂ = Maintain toughness of the plastic part to equal or exceed that of the original part made of impact-grade polystyrene.

Constraint = The overall manufacturing cost must be less than the current cost.

Exam

One possible design solution is to introduce microvoids whose dimensions are smaller than the critical flaw size in the polystyrene, so they cannot act as crack-initiation sites. Microvoids could act as crack arresters or crack-tip blunters, or perhaps as a crazing initiation site, any of which would produce a material that is tougher than the original material. For this design solution, the DPs may be written as

DP_1 = Volume fraction of microvoids.

DP_2 = Characteristic dimension of the microvoids.

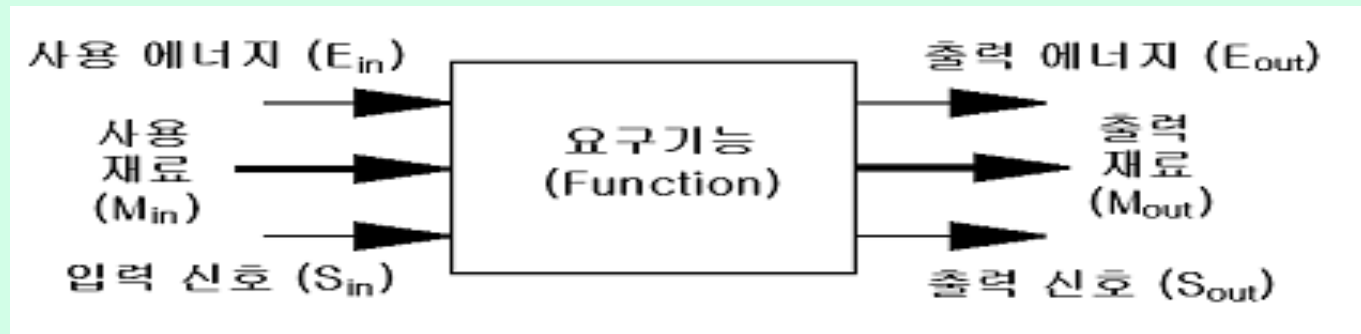


설계 2단계: 개념설계

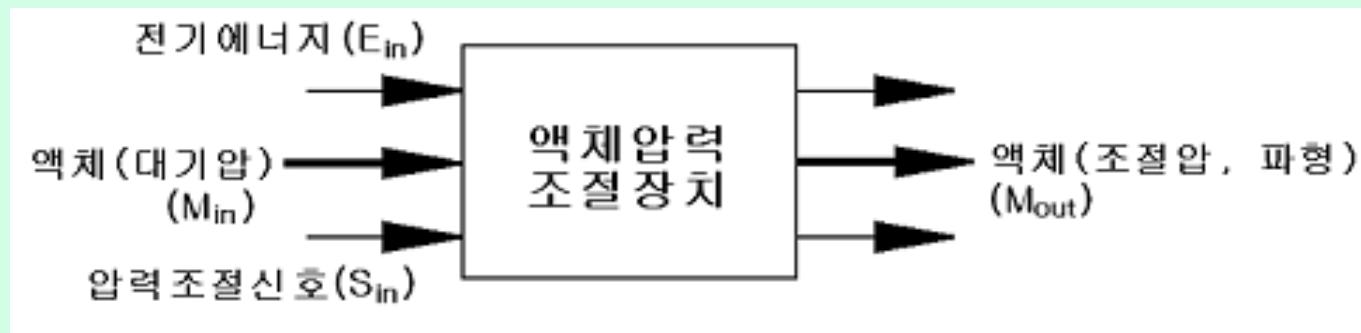


□ 대안의 제안 및 물리적 효과 도출

- 기능적 요구목록을 이용한 기능체계 구성(기능 블록 이용)



예) “유체압력조절기능”의 기능체계(기능 블록)





설계 2단계: 개념설계



□ 대안의 제안 및 물리적 효과 도출

➤ 기본기능 블록의 기능 변화를 통한 물리적 효과 도출

➤ 기본기능으로 분류

1) 저장/공급(**store/supply, STSP**): 재료/에너지/신호 등을 저장/공급하는 기능, “저장”, “공급”, “빔”, “수신”, “멈춤”, “정지”, “해제” 등

2) 결합(**connect, CONN**): 두 개 이상의 물리적인 양을 하나로 합치는 기능. “혼합”, “전환”, “비교”, “산술연산” 등

3) 분기(**branch, BRCH**): 결합의 반대기능. “분할”, “절단” 등

4) 채널(**channel, CHNL**): “전송”, “운송”, 운반” 등

5) 확대/축소(**change magnitude, CHMG**): 입력 형태의 변화 없이 크기만 변화. “에너지/신호의 크기 변화”, “재료특성치 변화”

6) 변환(**convert, CVRT**): 변환은 확대/축소와는 달리 입력과 출력의 형태가 변하는 기능. “물질의 상 변화”, “신호/에너지의 형태 변화”



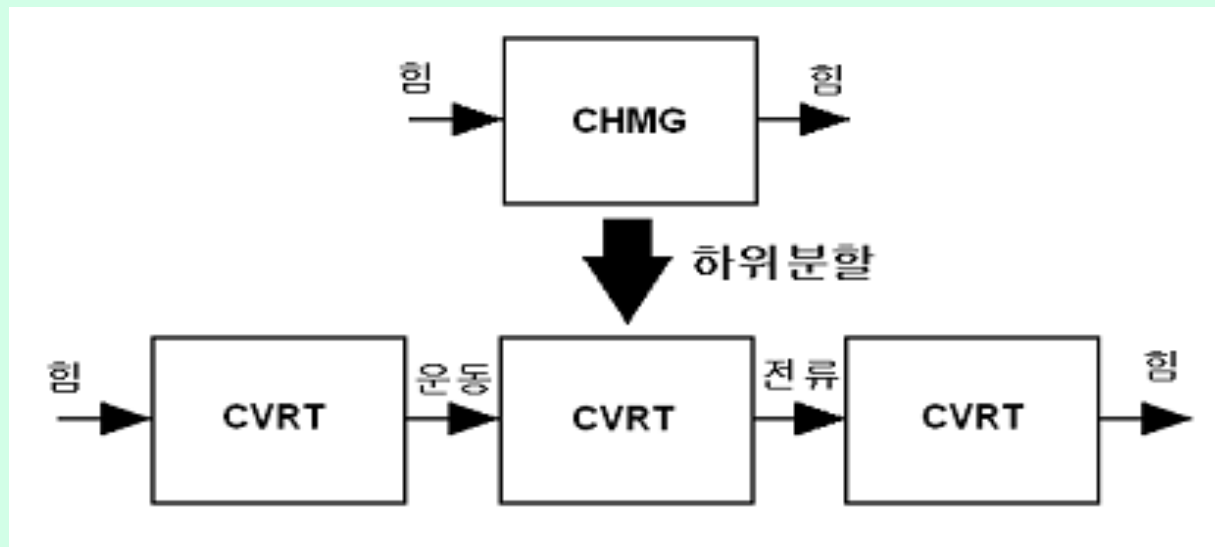
설계 2단계: 개념설계



□ 대안의 제안 및 물리적 효과 도출

- 기본기능 블록의 기능 변화를 통한 물리적 효과 도출
- 기본기능의 변화 활용

- 1) 기능 재배치 : 예) 로봇시스템 내부전원을 외부공급전원으로 대치
- 2) 하위분할 : 예) “힘의 증폭”을 ”힘 \Rightarrow 운동 \Rightarrow 전류 \Rightarrow 힘 변환
- 3) 기능의 결합 또는 제거 : 포울러의 예 참조



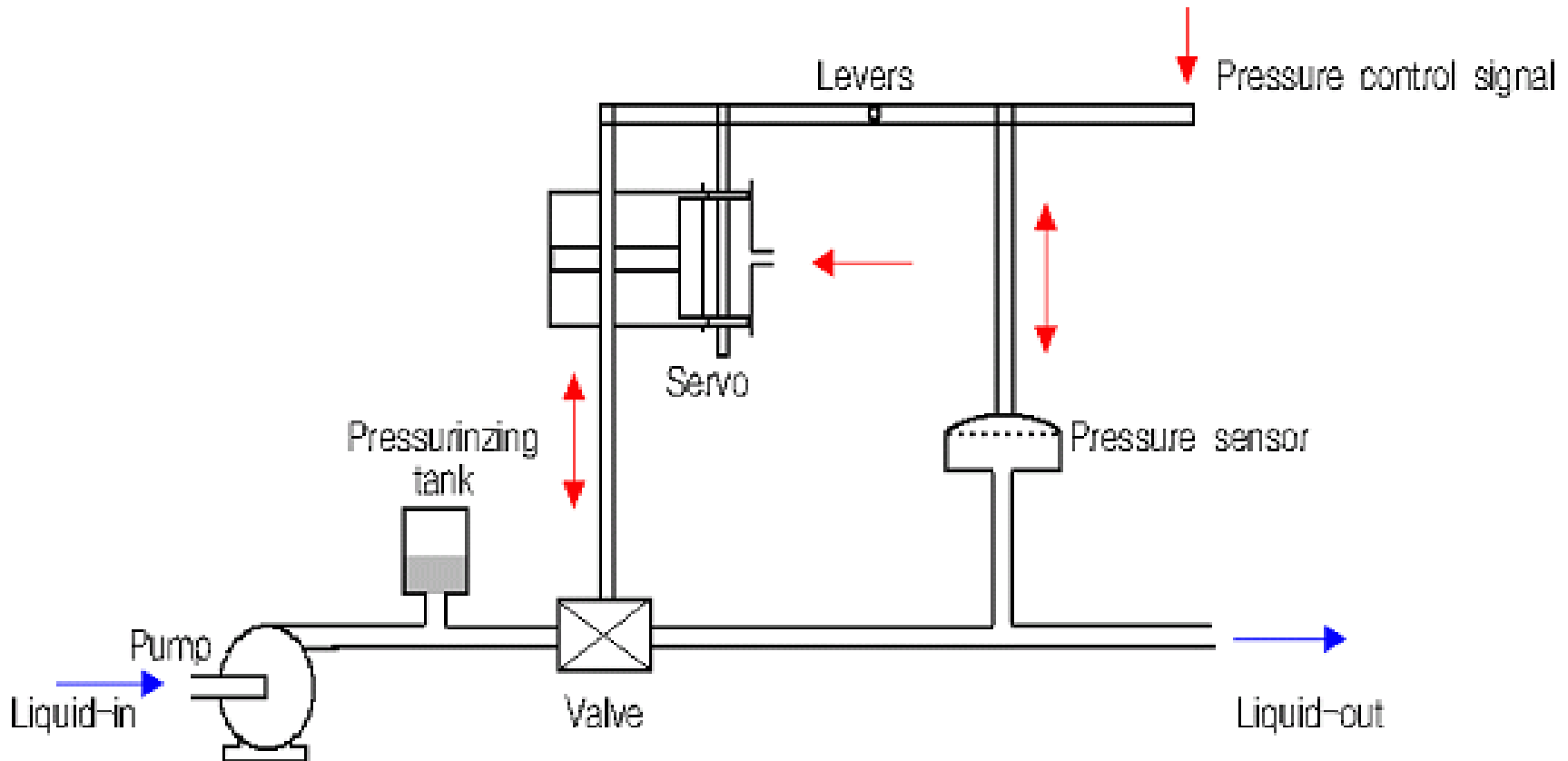


설계 2단계: 개념설계(참고)



□ 포울러(Fowler)의 기능의 결합/제거의 원리 예

➤ 액체압력조절장치의 설계 중에서 : 추상적 개요도



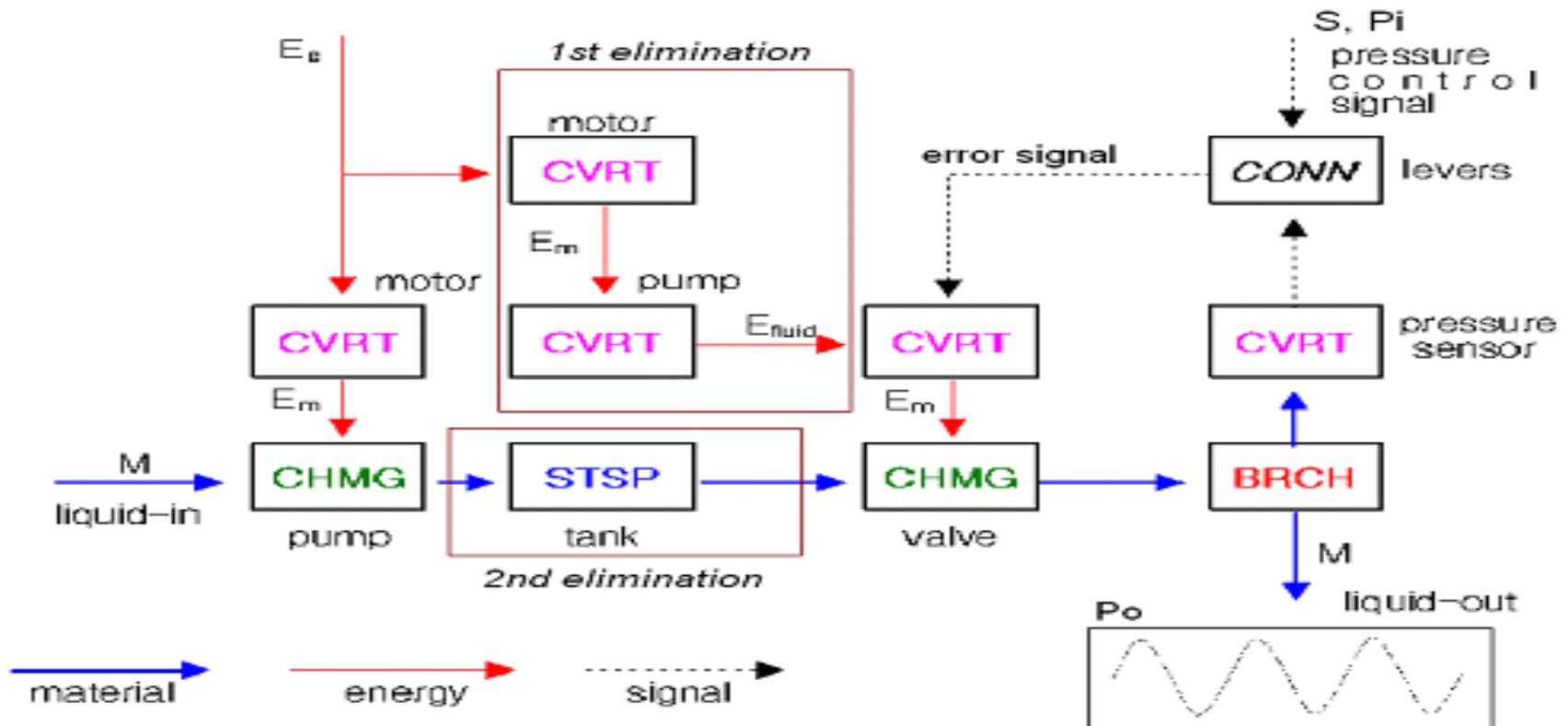


설계 2단계: 개념설계(참고)



□ 포울러(Fowler) 기능의 결합/제거의 원리

- 액체압력조절장치의 설계 중에서 발체
- 포괄적인 기능체계



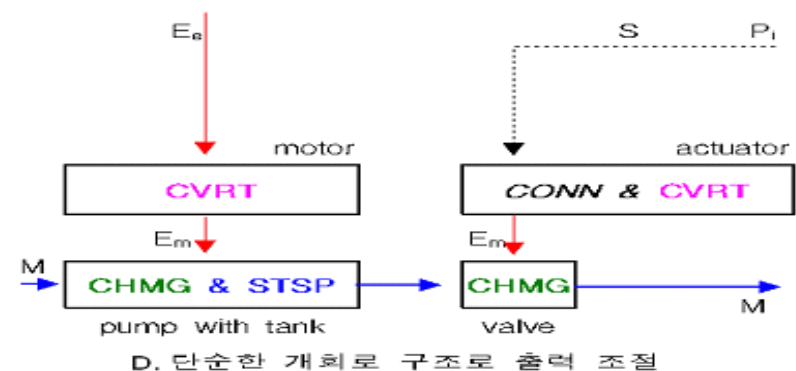
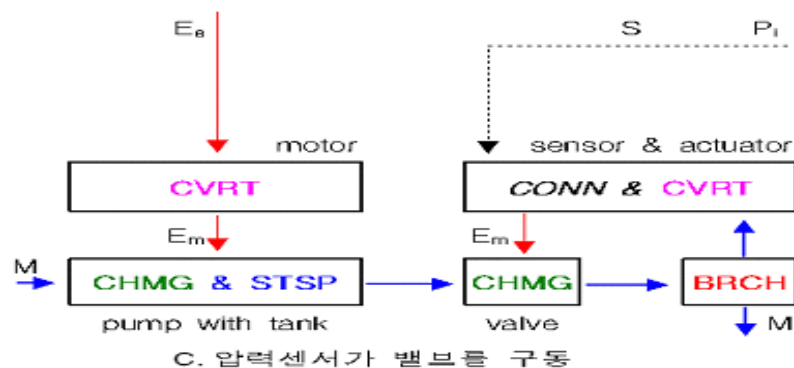
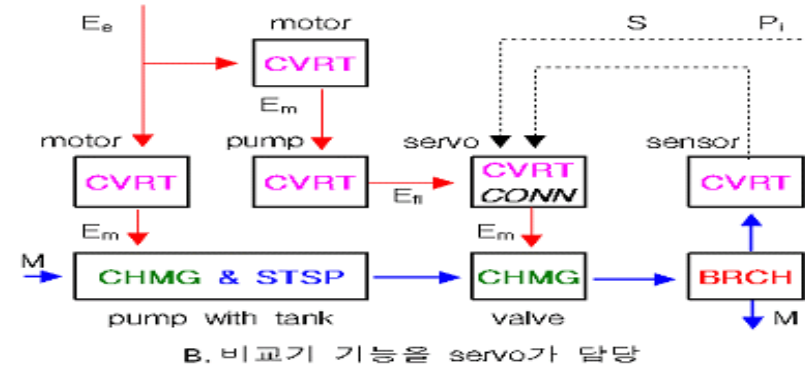
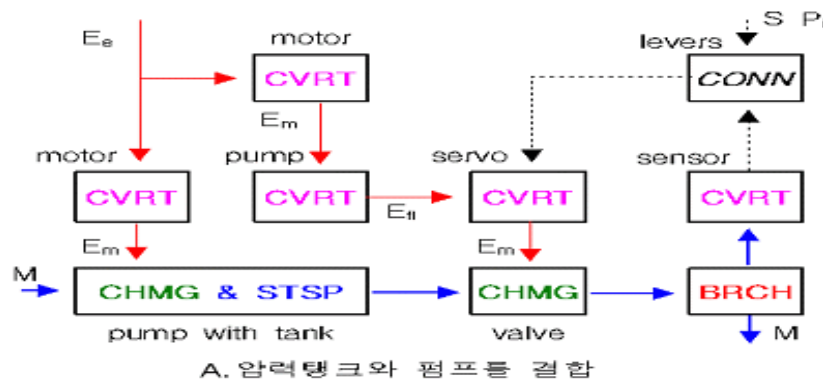


설계 2단계: 개념설계(참고)



□ 포울러(Fowler) 기능의 결합/제거의 원리

- 액체압력조절장치의 설계 중에서 발체
- 기능체계 단순화 예 (기능의 결합 및 제거)

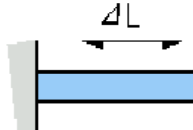
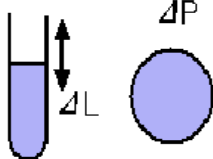
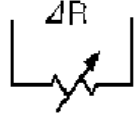





설계 2단계: 개념설계



□ 대안의 제안 및 물리적 효과 도출


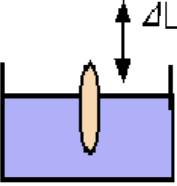
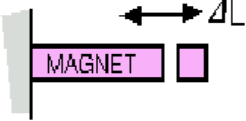
사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발			
단계	예비 아이디어 (개념설계)			
결과	물리적 효과의 도출 및 다양한 대안 제안 및 스케치 (문헌추적분석법과 자연계 분석을 활용)			
	온도가 입력일 때의 다양한 출력을 발생시키는 물리적 효과			
	Input	Physical Effect	Solution Sketch	Output
	Temp	고체의 열팽창		Displacement, Force
	Temp	유체의 열팽창(밀도의 변화)		Volume/pressure change
	Temp	열저항효과		Resistance change
	Temp	열전효과		Voltage
				external E



설계 2단계: 개념설계



□ 대안의 제안 및 물리적 효과 도출

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발			
단계	예비 아이디어 (개념설계)			
결과	물리적 효과의 도출 및 다양한 대안 제안 및 스케치 (문헌추적분석법과 자연계 분석을 활용)			
	변위를 출력으로 발생시키는 입력과 물리적 효과			
	Input	Physical Effect	Solution Sketch	Output
	Displacement	레버		Displacement
	밀도변화	부력		Displacement
	전류	전자기적 효과		Displacement



설계 3단계: 문제의 정제



□ 개념설계에서 제안된 대안들을 물리적으로 구체화

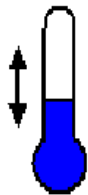
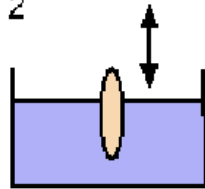

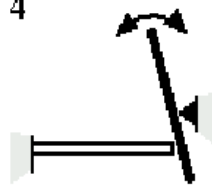
사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발			
단계	문제의 정제(problem refinement)			
결과	대안들의 특성별 정리 (물리적 구체화)			
	Solution matrix			
	Sub-solutions			
		$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$
		$j = 4$		
	$i = 1$ 온도 검출	I=temp 고체의 열팽창 O=displacement	I=temp 액체의 열팽창 O=density change	I=temp 액체의 열팽창 O=displacement
	$i = 2$ 신호 변환	I= voltage 증폭기 O=voltage	I=displacement 압전효과 O=voltage	I=temp 열전효과 O=voltage change
	$i = 3$ 표식으로 변환	I= displacement 레버 O=displacement	I=density 부력 O=displacement	I=voltage 압전소자 O=displacement
				I=voltage 액체수정 O=optical



설계 3단계: 예비설계

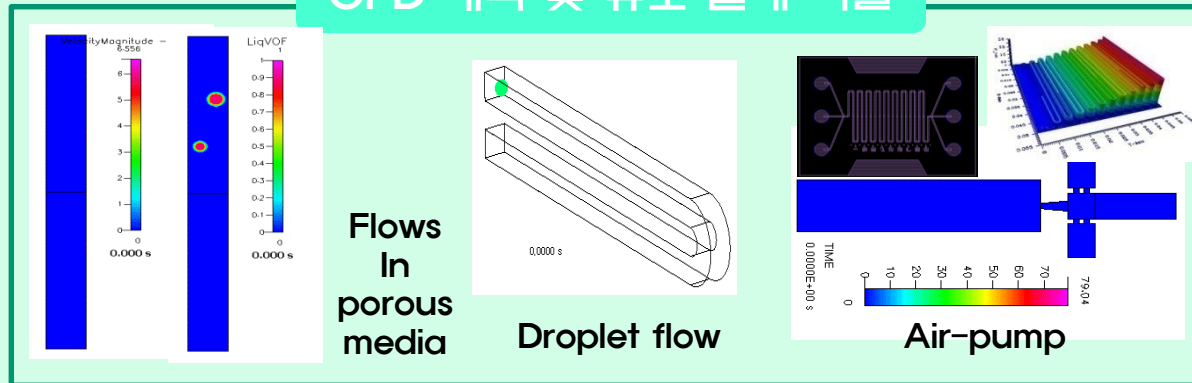


□ 개념설계에서 제안된 대안들을 부분적 상세설계

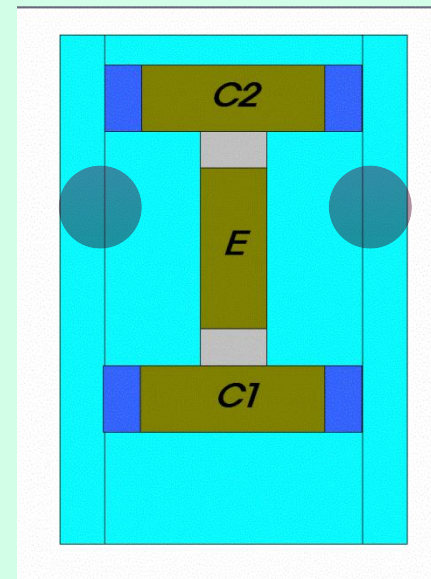
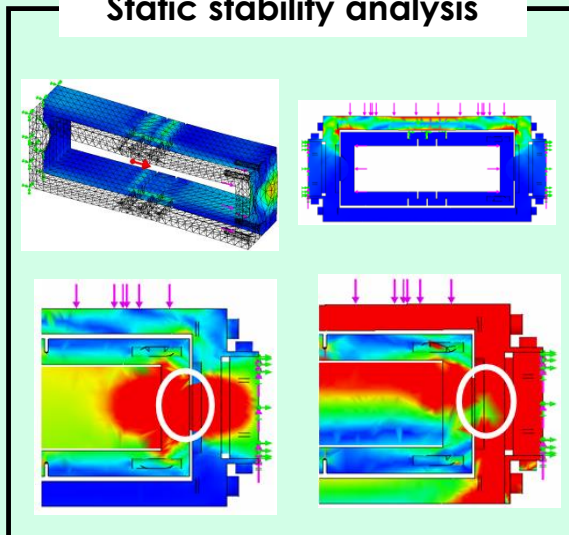
사례	“온도를 측정하기 위한 장치“ 개발				
단계	예비/상세 설계				
결과	대안들의 부분적 상세설계				
	physical effect critrion	액체의 열팽창		고체의 열팽창	
	형 상	cylinder	cylinder	spiral	straight
	주된 재료 특성	부피팽창계수	부피팽창계수	선팽창계수	선팽창계수
	운동형태	유체의 팽창 직선	액체속의 고체 직선	진선-arc 변환	직선-회전 변환
	sketch	1 	2 	3 	4 

설계 4단계: 해석 및 분석

CFD 해석 및 유로 설계 기술



Static stability analysis

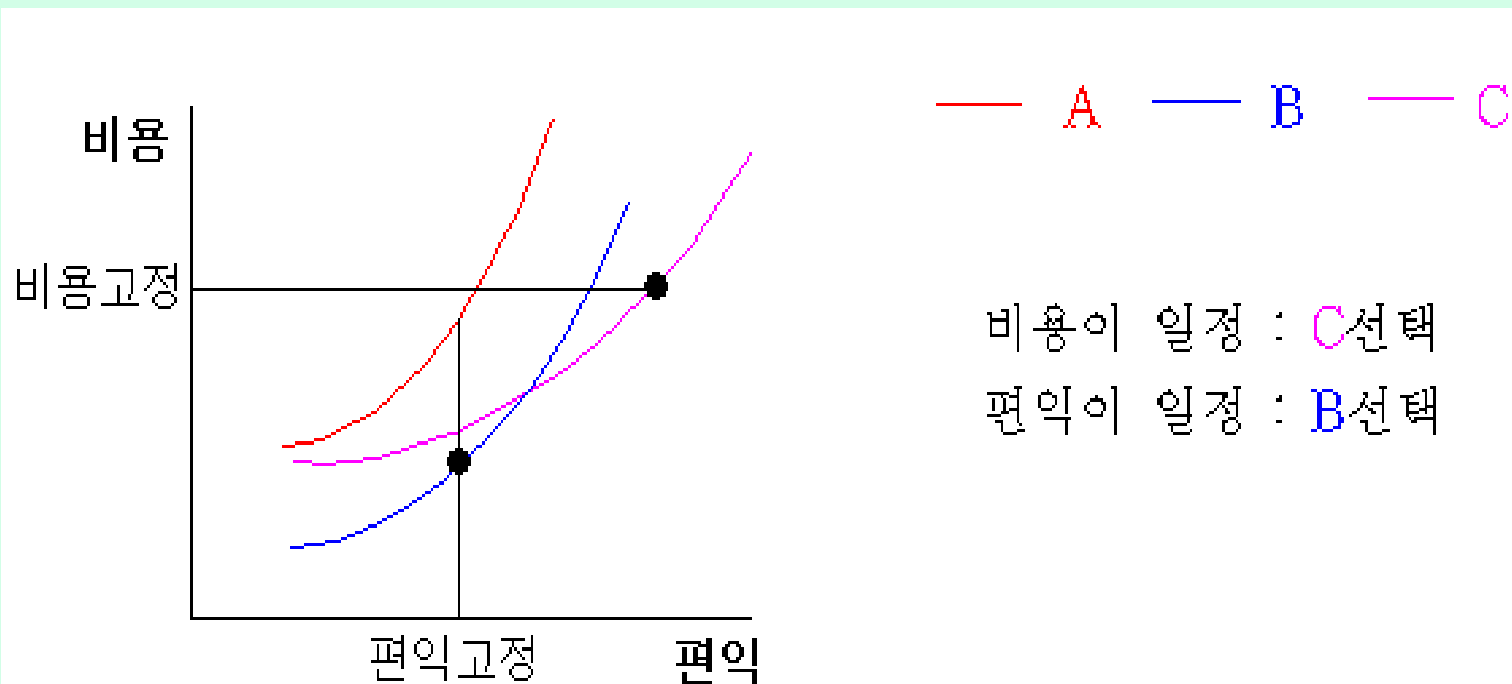




설계 5단계: 평가



- 예비설계들의 비교를 통한 최적안 도출
 - 비용편익 분석법(cost-benefit analysis)
 - 점수평가법(point evaluation method)
 - 정보적산법(information integration method)



〈참의적 사고의 참〉

어떤 행위든 그에 따르는 추가비용보다 그로부터 얻는 편익이 큰 경우에만 합리화된다.

– 로버트 프랭크



설계 5단계: 평가



□ 예비설계들의 비교를 통한 최적안 도출

- 비용편익 분석법(cost-benefit analysis)
- 점수평가법(point evaluation method)

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발																																																																																															
단계	평가(evaluation)																																																																																															
결과	비교평가 및 최적대안 선정 : 1번 안 선정																																																																																															
	대안 1: (i, j) = (1, 1)+(3, 1) = 고체의 열팽창+레버																																																																																															
	대안 2: (i, j) = (1, 2)+(3, 2) = 액체밀도 변화+부력																																																																																															
	대안 3: (i, j) = (1, 3) = 튜브 내 액체의 열팽창																																																																																															
	대안 4: (i, j) = (1, 4)+(2, 1)+(3, 3) = 열전쌍+증폭기+전압표시기																																																																																															
	<table><tr><th rowspan="3">평가내용</th><th rowspan="3">weight w_j</th><th colspan="8">개념의 변형</th></tr><tr><th colspan="2">variant 1</th><th colspan="2">variant 2</th><th colspan="2">variant 3</th><th colspan="2">variant 4</th></tr><tr><th>V_{11}</th><th>W/V_{11}</th><th>V_{12}</th><th>W/V_{12}</th><th>V_{13}</th><th>W/V_{13}</th><th>V_{14}</th><th>W/V_{14}</th></tr><tr><td>설계에 사용된 부품의 수</td><td>0.20</td><td>7</td><td>1.4</td><td>5</td><td>1.0</td><td>8</td><td>1.0</td><td>3</td><td>0.6</td></tr><tr><td>예측되는 비용</td><td>0.15</td><td>8</td><td>1.2</td><td>5</td><td>0.75</td><td>7</td><td>1.05</td><td>2</td><td>0.3</td></tr><tr><td>장치의 정밀도</td><td>0.30</td><td>6</td><td>1.8</td><td>2</td><td>0.6</td><td>7</td><td>2.1</td><td>10</td><td>3.0</td></tr><tr><td>외부 에너지의 필요성</td><td>0.15</td><td>10</td><td>1.5</td><td>10</td><td>1.5</td><td>10</td><td>1.5</td><td>5</td><td>0.75</td></tr><tr><td>제품의 견고성</td><td>0.15</td><td>8</td><td>1.2</td><td>1</td><td>0.15</td><td>1</td><td>0.15</td><td>5</td><td>0.75</td></tr><tr><td>최종합계</td><td></td><td>39</td><td>7.1</td><td>23</td><td>4.0</td><td>33</td><td>6.4</td><td>25</td><td>5.4</td></tr></table>										평가내용	weight w_j	개념의 변형								variant 1		variant 2		variant 3		variant 4		V_{11}	W/V_{11}	V_{12}	W/V_{12}	V_{13}	W/V_{13}	V_{14}	W/V_{14}	설계에 사용된 부품의 수	0.20	7	1.4	5	1.0	8	1.0	3	0.6	예측되는 비용	0.15	8	1.2	5	0.75	7	1.05	2	0.3	장치의 정밀도	0.30	6	1.8	2	0.6	7	2.1	10	3.0	외부 에너지의 필요성	0.15	10	1.5	10	1.5	10	1.5	5	0.75	제품의 견고성	0.15	8	1.2	1	0.15	1	0.15	5	0.75	최종합계		39	7.1	23	4.0	33	6.4	25	5.4
	평가내용	weight w_j	개념의 변형																																																																																													
			variant 1		variant 2		variant 3		variant 4																																																																																							
			V_{11}	W/V_{11}	V_{12}	W/V_{12}	V_{13}	W/V_{13}	V_{14}	W/V_{14}																																																																																						
	설계에 사용된 부품의 수	0.20	7	1.4	5	1.0	8	1.0	3	0.6																																																																																						
예측되는 비용	0.15	8	1.2	5	0.75	7	1.05	2	0.3																																																																																							
장치의 정밀도	0.30	6	1.8	2	0.6	7	2.1	10	3.0																																																																																							
외부 에너지의 필요성	0.15	10	1.5	10	1.5	10	1.5	5	0.75																																																																																							
제품의 견고성	0.15	8	1.2	1	0.15	1	0.15	5	0.75																																																																																							
최종합계		39	7.1	23	4.0	33	6.4	25	5.4																																																																																							
* 가중치 (weight)는 설계자나 평가자의 주관적인 평가에 의하여 주어지며 그 합은 1이 되도록 한다.																																																																																																



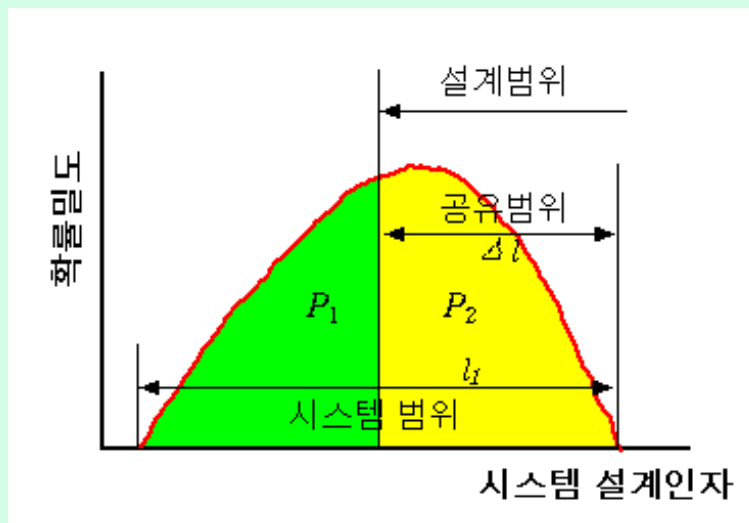
설계 5단계: 평가



□ 예비설계들의 비교를 통한 최적안 도출

- 비용편익 분석법(cost-benefit analysis)
- 점수평가법(point evaluation method)
- 정보적산법(information integration method)

➔ 정보적산법은 시스템의 성능이 가지는 범위(시스템 범위)와 시스템에 요구되는 설계상의 범위(설계 범위) 간의 공유 범위를 정의하고 정보량 I 를 계산하는 방식



$$I = \ln P - \ln P_2 = \ln \frac{P}{P_2} = \ln \frac{1}{P_2}$$



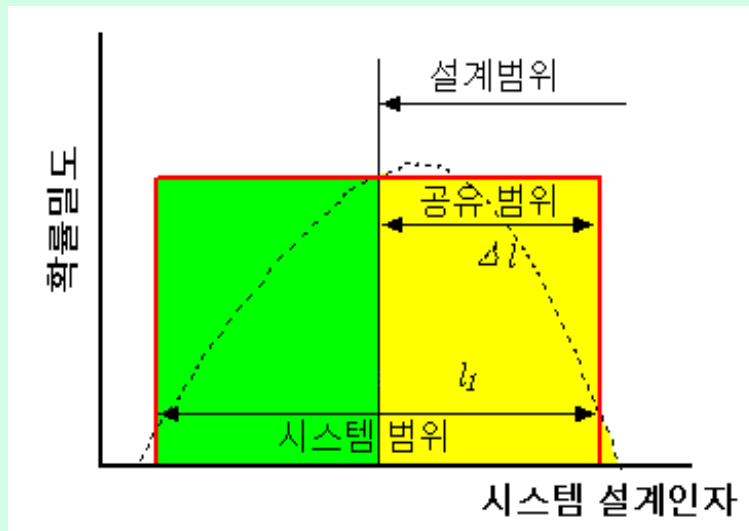
설계 5단계: 평가



□ 예비설계들의 비교를 통한 최적안 도출

- 비용편익 분석법(cost-benefit analysis)
- 점수평가법(point evaluation method)
- 정보적산법(information integration method)

➔ 정보적산법은 시스템의 성능이 가지는 범위(시스템 범위)와 시스템에 요구되는 설계상의 범위(설계 범위) 간의 공유 범위를 정의하고 정보량 I 를 계산하는 방식



$$I = \ln \frac{I_1}{\Delta I}$$



설계 6단계: 최종적인 실행



□ 세부설계도면 및 공정 설계안/목업제작 등

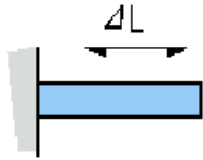
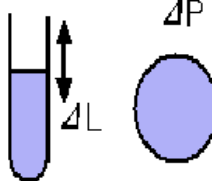


사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발
단계	최종적인 실행
결과	<p>설계도면 작성 및 제작 (선정된 대안 1의 구현)</p> <div data-bbox="450 594 1760 1300">  <p>온도계 설계 및 <u>실제작</u> 예 (<u>바이메탈형</u> 냉장고용 온도계)</p> </div>

Summary


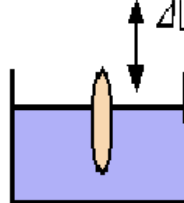
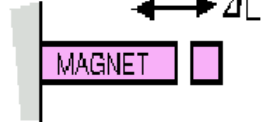
사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발
단계	문제 정의
결과	주변 환경의 온도를 시각적으로 지시하라

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발		
단계	예비 아이디어 (기능적 요구의 정의)		
결과	기능적 요구 리스트 작성		
	기능/성능	기능적 요구	목표값
	전체기능	온도를 시각적으로 표현하여야 한다.	-
	부가기능	온도를 신호로 변경해야 한다	-
	부가기능	신호를 시각적으로 표시해야 한다.	-
	요구성능	측정영역	-30 - 50℃
	요구성능	시각적으로 표현	-
	요구성능	부가적인 에너지 없이 작동	-
	요구성능	정밀도	$\pm 1^{\circ}\text{C}$
	요구성능	단위가격	< 5000원
	요구성능	크기	< 30mm
	요구성능	무게	< 200g
	요구성능	읽을 수 있는 최대거리	> 1m

Summary

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발			
단계	예비 아이디어 (개념설계)			
결과	물리적 효과의 도출 및 다양한 대안 제안 및 스케치 (문헌추적분석법과 자연계 분석을 활용)			
	온도가 입력일 때의 다양한 출력을 발생시키는 물리적 효과			
	Input	Physical Effect	Solution Sketch	Output
	Temp	고체의 열팽창		Displacement, Force
	Temp	유체의 열팽창(밀도의 변화)		Volume/pressure change
	Temp	열저항효과		Resistance change
	Temp	열전 효과		Voltage

Summary

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발			
단계	예비 아이디어 (개념설계)			
결과	물리적 효과의 도출 및 다양한 대안 제안 및 스케치 (문헌추적분석법과 자연계 분석을 활용)			
	변위를 출력으로 발생시키는 입력과 물리적 효과			
	Input	Physical Effect	Solution Sketch	Output
	Displacement	레버		Displacement
	밀도변화	부력		Displacement
	전류	전자기적 효과		Displacement

Summary

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발																																																																																															
단계	평가(evaluation)																																																																																															
결과	비교평가 및 최적대안 선정 : 1번 안 선정																																																																																															
	대안 1: (i, j) = (1, 1)+(3, 1) = 고체의 열팽창+레버																																																																																															
	대안 2: (i, j) = (1, 2)+(3, 2) = 액체밀도 변화+부력																																																																																															
	대안 3: (i, j) = (1, 3) = 튜브 내 액체의 열팽창																																																																																															
	대안 4: (i, j) = (1, 4)+(2, 1)+(3, 3) = 열전쌍+증폭기+전압표시기																																																																																															
	<table><tr><th rowspan="3">평가내용</th><th rowspan="3">weight w_i</th><th colspan="8">개념의 변형</th></tr><tr><th colspan="2">variant 1</th><th colspan="2">variant 2</th><th colspan="2">variant 3</th><th colspan="2">variant 4</th></tr><tr><th>V_{i1}</th><th>WW_{i1}</th><th>V_{i2}</th><th>WW_{i2}</th><th>V_{i3}</th><th>WW_{i3}</th><th>V_{i4}</th><th>WW_{i4}</th></tr><tr><td>설계에 사용된 부품의 수</td><td>0.20</td><td>7</td><td>1.4</td><td>5</td><td>1.0</td><td>8</td><td>1.0</td><td>3</td><td>0.6</td></tr><tr><td>예측되는 비용</td><td>0.15</td><td>8</td><td>1.2</td><td>5</td><td>0.75</td><td>7</td><td>1.05</td><td>2</td><td>0.3</td></tr><tr><td>장치의 정밀도</td><td>0.30</td><td>6</td><td>1.8</td><td>2</td><td>0.6</td><td>7</td><td>2.1</td><td>10</td><td>3.0</td></tr><tr><td>외부 에너지의 필요성</td><td>0.15</td><td>10</td><td>1.5</td><td>10</td><td>1.5</td><td>10</td><td>1.5</td><td>5</td><td>0.75</td></tr><tr><td>제품의 견고성</td><td>0.15</td><td>8</td><td>1.2</td><td>1</td><td>0.15</td><td>1</td><td>0.15</td><td>5</td><td>0.75</td></tr><tr><td>최종합계</td><td></td><td>39</td><td>7.1</td><td>23</td><td>4.0</td><td>33</td><td>6.4</td><td>25</td><td>5.4</td></tr></table>										평가내용	weight w_i	개념의 변형								variant 1		variant 2		variant 3		variant 4		V_{i1}	WW_{i1}	V_{i2}	WW_{i2}	V_{i3}	WW_{i3}	V_{i4}	WW_{i4}	설계에 사용된 부품의 수	0.20	7	1.4	5	1.0	8	1.0	3	0.6	예측되는 비용	0.15	8	1.2	5	0.75	7	1.05	2	0.3	장치의 정밀도	0.30	6	1.8	2	0.6	7	2.1	10	3.0	외부 에너지의 필요성	0.15	10	1.5	10	1.5	10	1.5	5	0.75	제품의 견고성	0.15	8	1.2	1	0.15	1	0.15	5	0.75	최종합계		39	7.1	23	4.0	33	6.4	25	5.4
	평가내용	weight w_i	개념의 변형																																																																																													
			variant 1		variant 2		variant 3		variant 4																																																																																							
			V_{i1}	WW_{i1}	V_{i2}	WW_{i2}	V_{i3}	WW_{i3}	V_{i4}	WW_{i4}																																																																																						
	설계에 사용된 부품의 수	0.20	7	1.4	5	1.0	8	1.0	3	0.6																																																																																						
예측되는 비용	0.15	8	1.2	5	0.75	7	1.05	2	0.3																																																																																							
장치의 정밀도	0.30	6	1.8	2	0.6	7	2.1	10	3.0																																																																																							
외부 에너지의 필요성	0.15	10	1.5	10	1.5	10	1.5	5	0.75																																																																																							
제품의 견고성	0.15	8	1.2	1	0.15	1	0.15	5	0.75																																																																																							
최종합계		39	7.1	23	4.0	33	6.4	25	5.4																																																																																							
* 가중치 (weight)는 설계자나 평가자의 주관적인 평가에 의하여 주어지며 그 합은 1이 되도록 한다.																																																																																																

Summary

사례	“온도를 측정하기 위한 장치” 개발
단계	최종적인 실행
결과	<p>설계도면 작성 및 제작 (선정된 대안 1의 구현)</p> <div data-bbox="421 489 1765 1293"> <p>지렛대에 의한 눈금 표시</p> <p>헬리컬 바이메탈에 의한 고체팽창</p> <p>온도계 설계 및 <u>실제작</u> 예 (<u>바이메탈형</u> 냉장고용 온도계)</p> </div>

Design Example

Test setup
for experiments with live human cells.



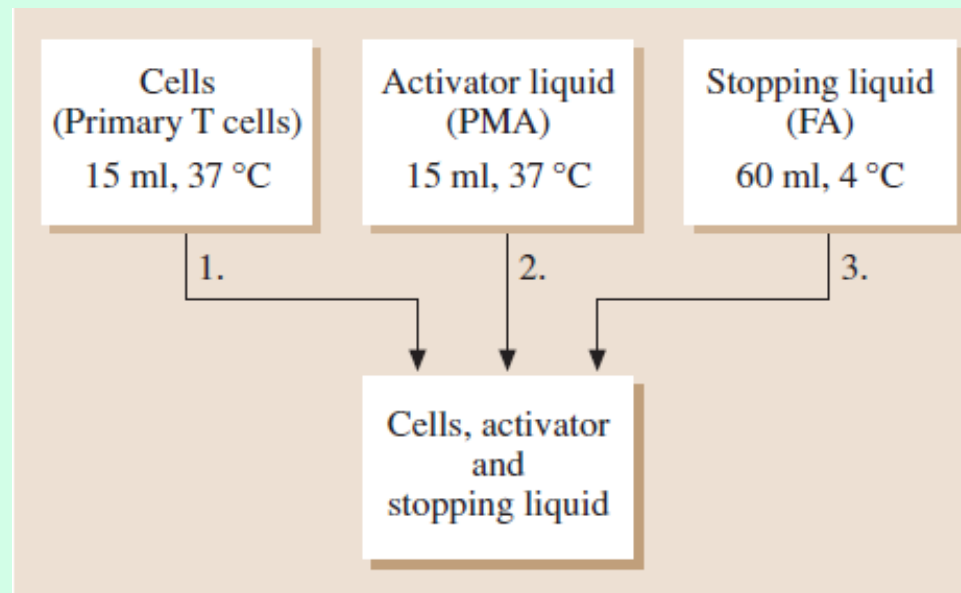


설계 1단계: 문제의 정의



□ 문제 정의

A test setup that enables 3 different cell lines(세포주) to be mixed, to a large extent homogeneously, with certain Activator liquids(활성액) at the start of the Weightlessness phase. Just before the end of the weightlessness phase a Stopping liquid(정지액) is to be added to the Cell vessels filled with a cell type and an activator liquid.





설계 2단계: 예비 아이디어



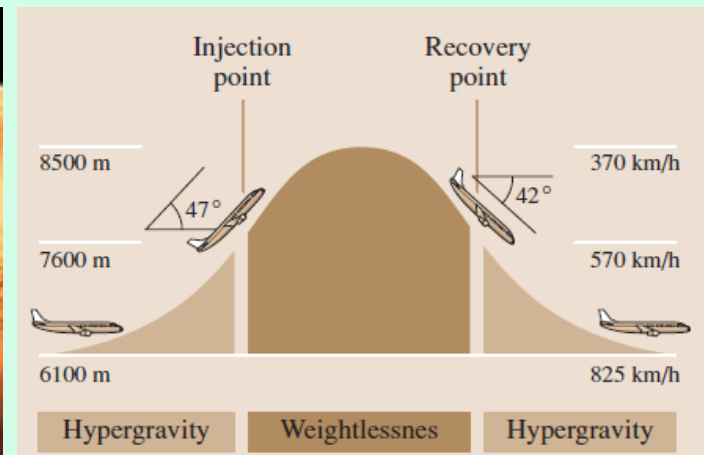
□ Weightlessness phase

- 문헌 자료분석 및 전문가 협의를 통한 방법론(대안) 도출

Space on the International Space Station (ISS)

Flights to Mars

Parabolic (ballistic) flights



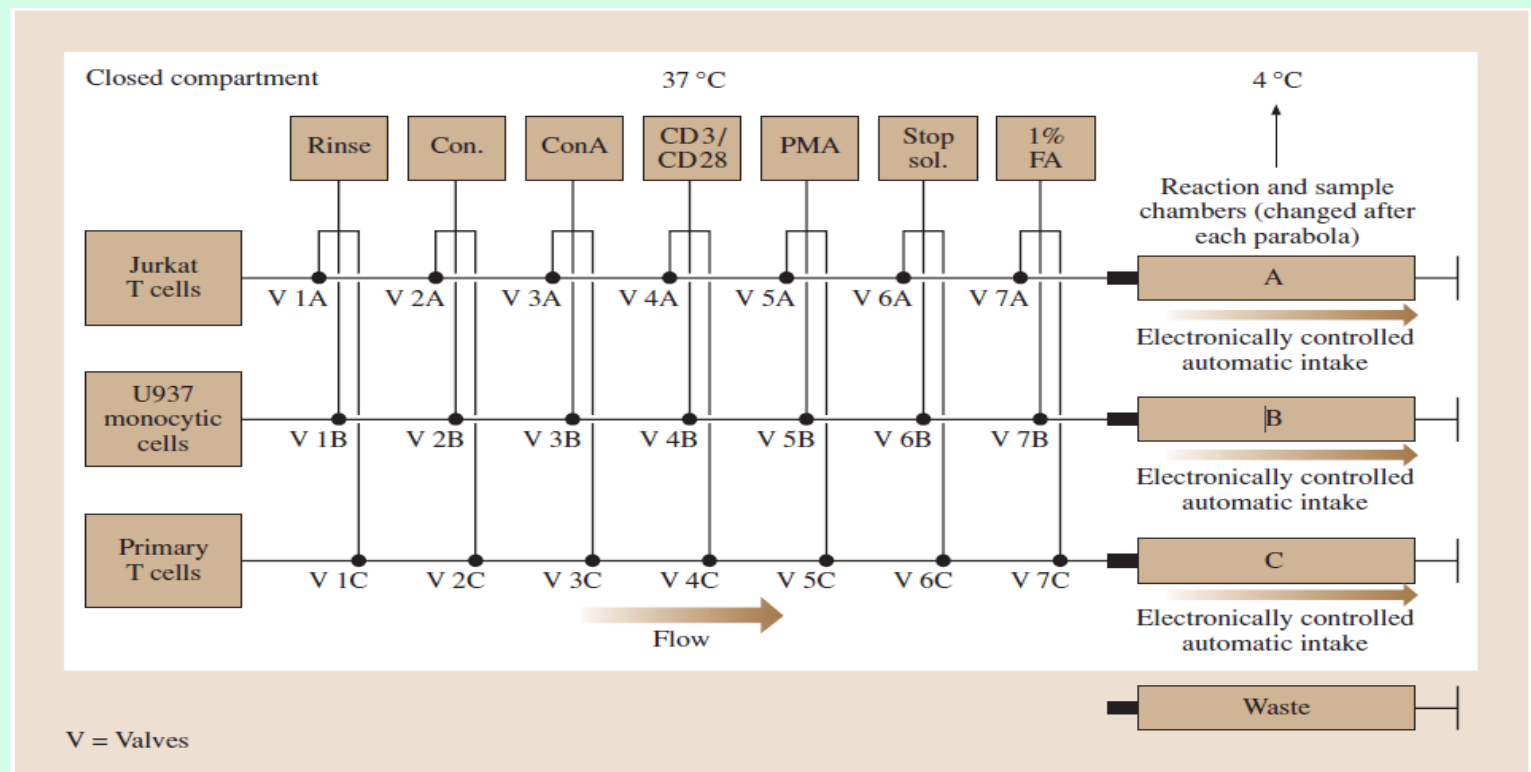


설계 2단계: 예비 아이디어



□ Medical Test Setup

- Interdisciplinary meeting을 통한 방법론 도출
- Functional description from a medical point of view





설계 2단계: 예비 아이디어



□ Medical Test Setup

- Interdisciplinary meeting을 통한 방법론 도출 (Demand/Wish)
- Functional description from a engineering point of view
 - 1) enable fast and easy equipping with liquids
 - 2) realization of the direct safety stage (leakproof in the aircraft)
 - 3) clear functional sequences
 - 4) good miscibility(혼화성) of the liquids in the cell culture bag
 - 5) fill under exclusion of air
 - 6) to a large extent transparent construction for observation of whether air inclusions exist
 - 7) low weight (mass)
 - 8) small space requirement
 - 9) good cost-effectiveness



설계 2단계: 개념설계



□ 기능적 요구목록(function requirement list) 작성

	Product: <i>Parabolic Flight</i>		Date: 06.02.06	Sheet 03
	Requirements			Source
	No.	Descriptive information	Numerical info/comments	Responsibility
Overall space required/ connection dimensions/ installation conditions		Aircraft door width	- 1.07 m	
		Aircraft door height	- 1.93 m	
		Cabin length	- 20 m	
		Maximum rack height	- 1,500 mm	
		Fixing points for experimental setup	- Mean rail spacing (y-axis) a) 503 mm b) 1006 mm - Hole diameter for screw M10 = 12 mm - Hole spacing in x direction = $n * 25.4 \text{ mm} > 20 \text{ inches}$ (1 inch = 25.4 mm)	
		Maximum load per unit area over 1 m fixing rail length	- 100 kg	
		Rack structure	- Baseplate or frame connected to the seat rail system of the aircraft - There must not be any parts protruding from the baseplate in the direction of the flooring	

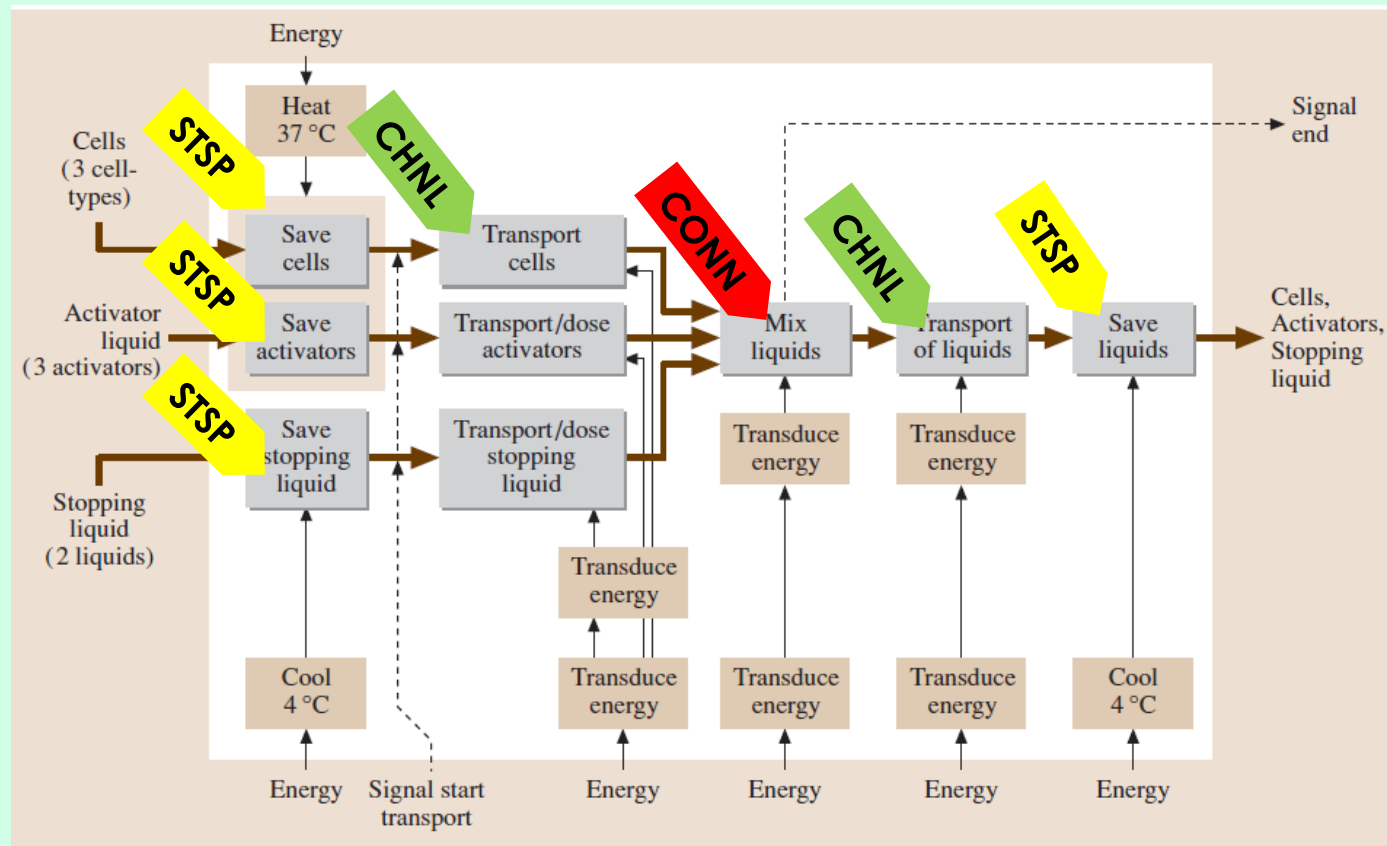


설계 2단계: 개념설계














□ 대안의 제안 및 물리적 효과 도출

➤ 기능적 요구목록을 이용한 기능체계 구성




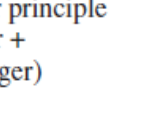










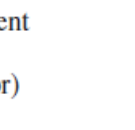


설계 3단계: 문제의 정제

□ 대안의 제안 및 물리적 효과 도출(morphological box)

Option	1.	2.	3.	4.
Function	Cool Cooling accumulators  Source: Novodirect	Peltier cooler  Source: Rübsamen & Herr GmbH	Cryogenics	Refrigerator principle (compressor + heat exchanger)
	Heat Sheet-type heating elements (silicon heating mats)  Source: Hewid GmbH	Heat cartridges  Source: Hewid GmbH	Infrared radiators  Source: Hewid GmbH	Chemical reaction (thermal accumulators)  Source: riedborn-apotheke
	Transport/meter Flexible tube pump  Source: ismatec	Piston pump  Source: Novodirect	Diaphragm pump  Source: Novodirect	Gear pump  Source: Novodirect
	Mix Use of the pumps, pressure surge	Magnetic stirrer principle  Source: Novodirect	Swivel movement of the vessels (shaker, vibrator)	

□ 대안의 제안 및 물리적 효과 도출(대안 결정)

Option	1.	2.	3.	4.
Function	Cool Cooling accumulators  Source: Novodirect	Peltier cooler  Source: Rübsamen & Henrich	Cryogenics 	Refrigerator principle (compressor + heat exchanger) 
	Heat Sheet-type heating elements (silicon heating mats)  Source: Hewid GmbH	Heat cartridges  Source: Hewid GmbH	Infrared radiators  Source: Hewid GmbH	Chemical reaction (thermal accumulators)  Source: www.riedborn-apotheke.de
	Transport/meter Flexible tube pump  Source: ismatec	Piston pump  Source: Novodirect	Diaphragm pump  Source: Novodirect	Gear pump  Source: Novodirect
	Mix Use of the pumps, pressure surge 	Magnetic stirrer principle  Source: Novodirect	Swivel movement of the vessels (shaker, vibrator) 	
— Efficacy structure 1 — Efficacy structure 2 — Efficacy structure 3				



설계 5단계: 평가



□ 예비설계들의 비교를 통한 최적안 도출

➤ 점수평가법

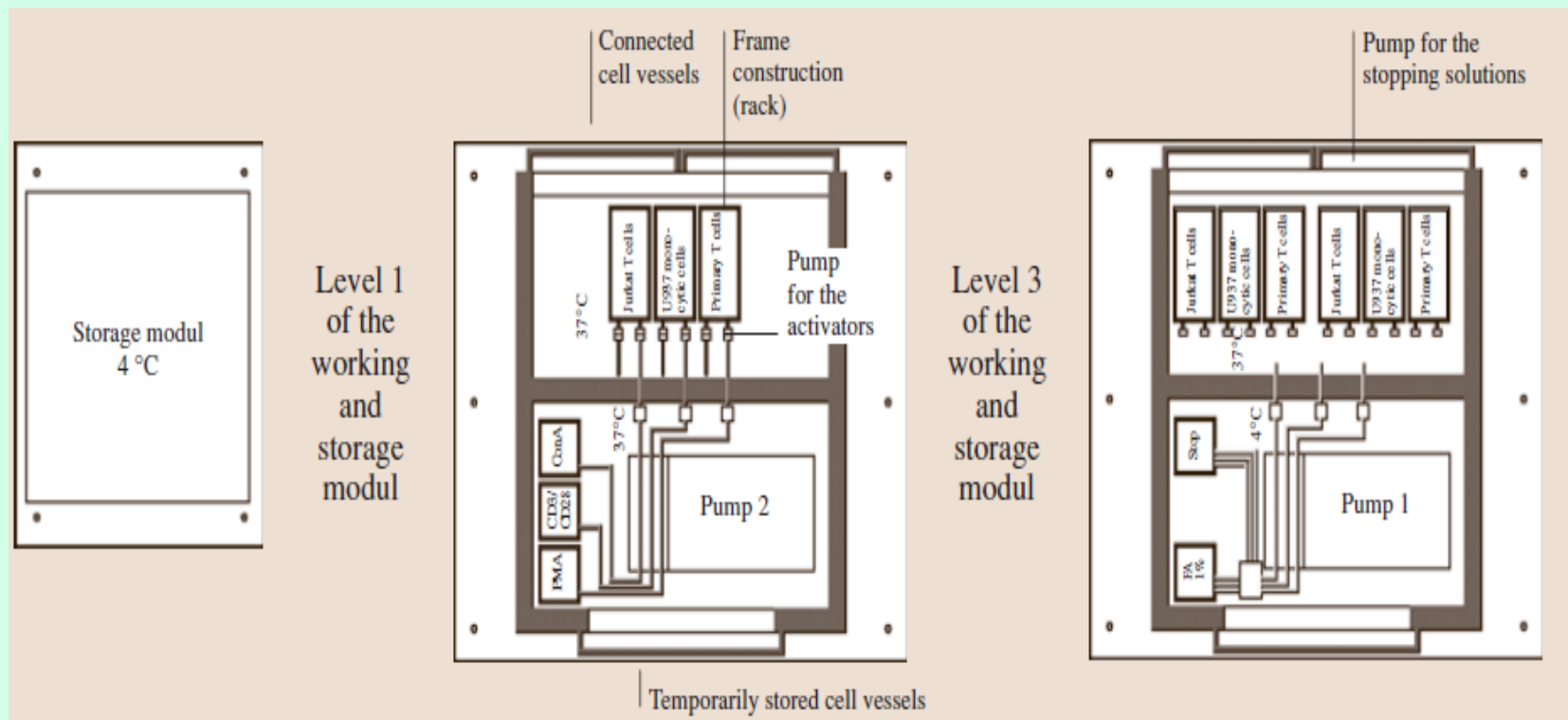
Assessment criteria	Weighting (W)	Opt. 1		Opt. 2		Opt. 3	
		Item (P)	W x P	Item (P)	W x P	Item (P)	W x P
37 °C uniformly distributed in the area of the cell storage and the activator liquids	0.8	4	3.2	1	0.8	3	2.4
4 °C uniformly distributed in the area of the stopping liquids and in the subsequent storage system	1.0	4	4	1	1	4	4
Low energy requirements	0.6	2	1.2	4	2.4	2	1.2
Low mass	0.7	3	2.1	3	2.1	2	1.4
Sterile pumping system with few mechanical components in area of contact with the pumped media	0.5	4	2	2	1	2	1
Total			30.0		25.3		27.1
Percent			0.83		0.70		0.75



설계 6단계: 최종적인 실행



□ 세부설계 도면 및 공정 설계

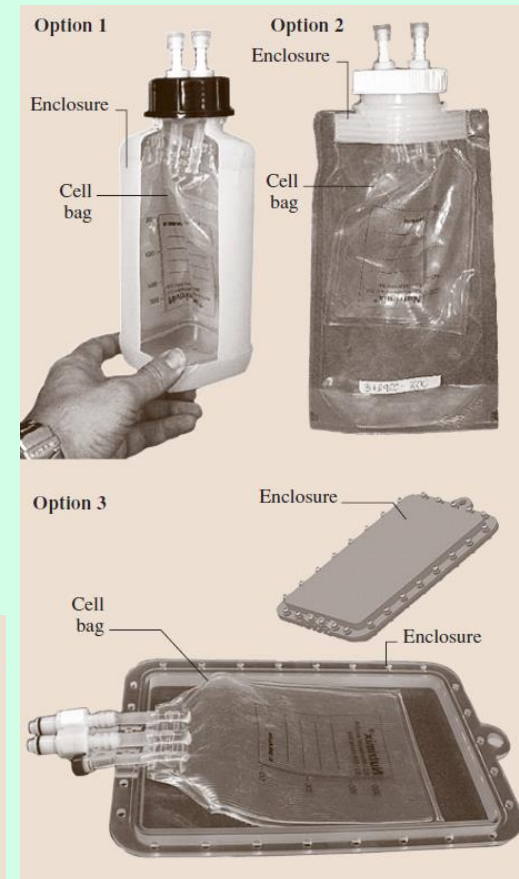
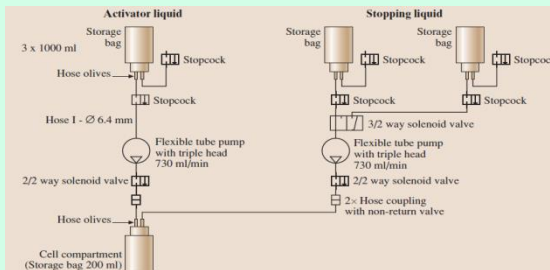
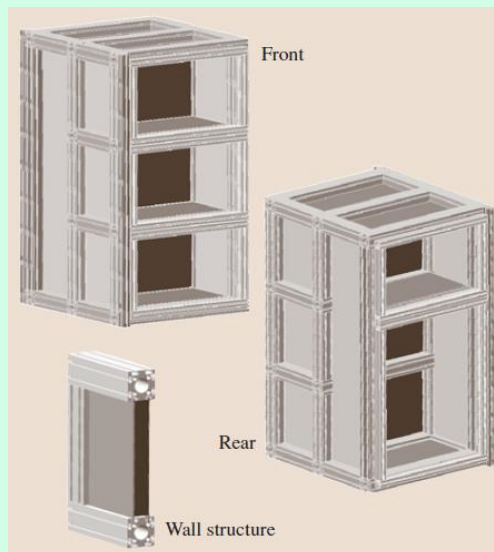
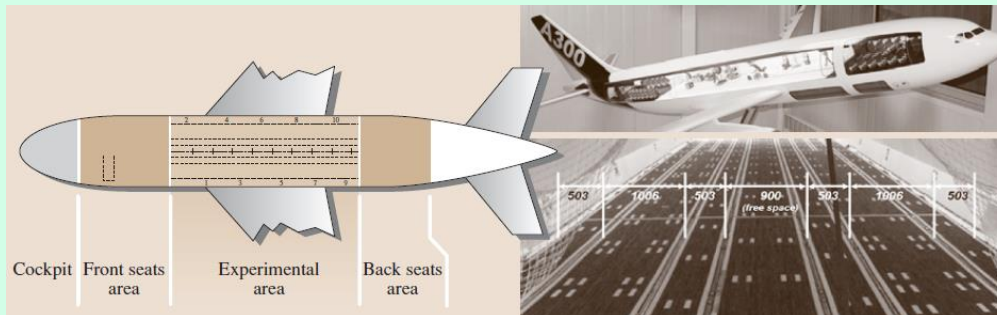




설계 6단계: 최종적인 실행



□ 세부설계 도면 작성

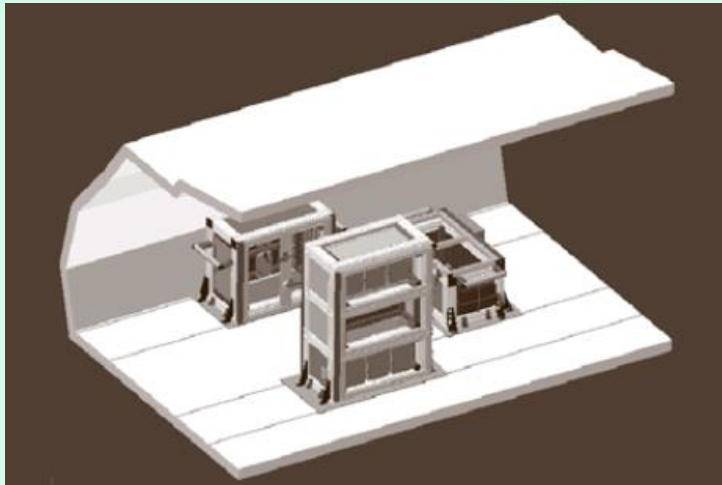




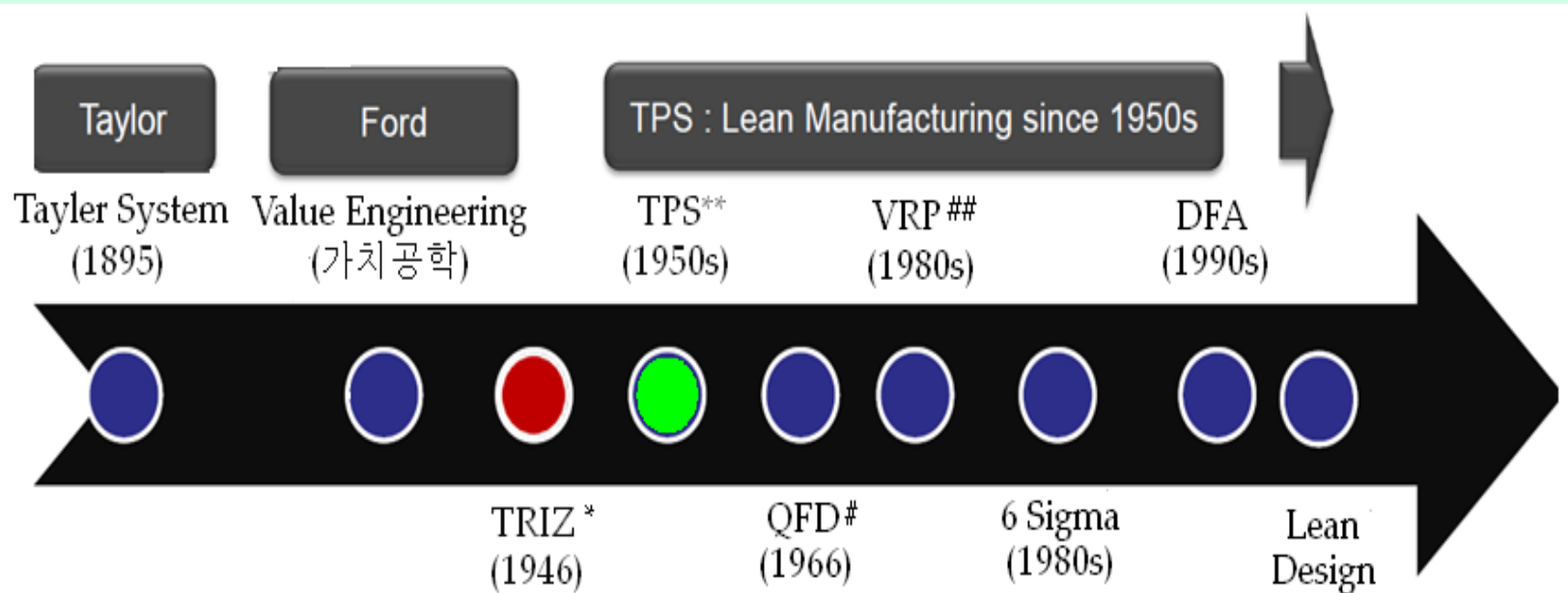
설계 6단계: 최종적인 실행



□ 세부설계 도면 및 제작



Lean Design & Manufacturing



* *Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch (TRIZ)*, Theory of Inventive Problem Solving

** *Toyota Production System (Just-In-Time & Automation)*

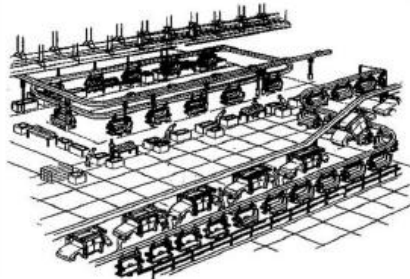
Quality Function Deployment (Related to FR)

Variety Reduction Program

Lean Design & Manufacturing



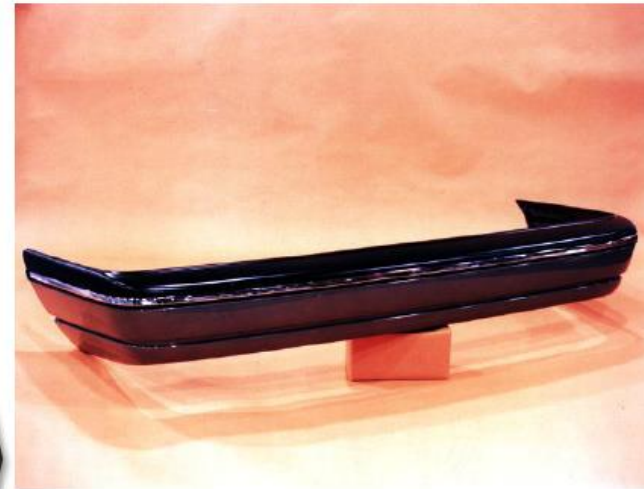
GM FRONT BUMPER



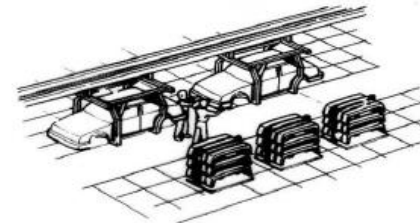
FLOOR SPACE	8400 SQ. FT.
#OPERATORS	18 (11 SUB-ASSEMBLY, 7 MAIN LINE)
#WORKSTATIONS	11 SUB-ASSEMBLY, 4 MAIN LINE
TOOLS	15 POWER TOOLS MINIMUM
CAPITAL-FACILITIES & TOOLING	\$ 17.2 MILLION

© Munro & Associates, Inc. • www.leanesign.com

Copyright 1988 through 2008



FORD TAURUS FRONT BUMPER



FLOOR SPACE	800 SQ. FT.
#OPERATORS	2 (0 SUB-ASSEMBLY, 2 MAIN LINE)
#WORKSTATIONS	0 SUB-ASSEMBLY, (2 MAIN LINE)
TOOLS	2 POWER TOOLS MAXIMUM
CAPITAL-FACILITIES & TOOLING	\$2.1 MILLION

© Munro & Associates, Inc. • www.leanesign.com

Copyright 1988 through 2008

출처: sandy Munro (1988)

<창의적 사고의 창> 문제해결의 5단계

- 제1단계 : 문제해결의 필요성을 인식하고 목적을 달성하라.
- 제2단계 : 문제를 분석하라.
- 제3단계 : 문제를 정의하고 목표를 세워라.
- 제4단계 : 문제의 해결방안을 찾고 점검하라.
- 제5단계 : 해결방안을 실행하고 평가하라.

– 양민양 저 “연구정신의 능력” 중에서