

# QFD와 TRIZ의 통합에 의한 설계 단계에서의 창의적 문제 해결 방안

정해성

서원대학교 멀티미디어학과

## Integration of QFD and TRIZ to Solve the Inventive Problem in the Design Process

Hai Sung Jeong

Dept. of Multimedia Engineering, Seowon Univ.

### Abstract

QFD(Quality Function Deployment) is a very important tool to improve market share by reducing the gap between the voice of customer and the product's performance. But QFD is not a problem solving tool, although it is very useful in identifying what has to be solved or improved in order to meet the customer's desires. TRIZ has proved to be a very strong tool to solve the difficult problems that requires inventive thinking. QFD integrated with TRIZ becomes hot research recently. But merely linking between HOQ(House of Quality) in QFD and the contradiction matrix in TRIZ can not provide designers with a concrete method to solve the technical problem in the design process. Practically, the contradiction matrix and 40 inventive principles are not helpful for solving the technical problem. To solve the technical problem using TRIZ, a search for the tool and the object involved in the problem is made, from which the wanted result should be derived. A practical method to integrate QFD and TRIZ is proposed in this paper.

Keywords : contradiction, HOQ, QFD, TRIZ, voice of customer

## 1. 서론

QFD(Quality Function Deployment)는 제품 기획 단계에서 고객의 요구(voice of customer; VOC)를 기술특성(engineering characteristic; EC)으로 변환시키고, 이를 부품특성이나 공정 특성으로까지 전개해주는 도구(tool)이다. 이를 통해 고객의 기대와 제품 성능의 차이를 줄여줌으로써 시장점유율을 증대시킬 수 있다. 고객의 요구는 주관적이고 정성적이기 때문에 이를 전개하여 설계에 반영할 수 있는 객관적이고 정량적인 기술특성을 얻고자 하는 것이 QFD의 핵심개념이다. 그러나 QFD는 고객의 요구를 만족시키기 위해 무엇을 해결해야 하는가(What to do)에 대한 식별수단으로서는 매우 유용하지만, 어떻게 해결해야 하는지(How to do)를 알려주지는 못한다. 최근에 창의적 문제 해결 도구로서 TRIZ가 각광을 받고 있다. TRIZ는 알츠슐러가 수십만 건의 창의적인 기술 특허를 분석하여 문제해결의 방법론으로 완성한 이론으로 ‘Theory of Inventive Problem Solving’의 러시아어 머리글자를 조합한 단어이다. 따라서 QFD와 TRIZ를 통합하면, 제품 설계단계에서 무엇을 해결해야 하는가(What to do)와 어떻게 해결해야 하는지(How to do)에 대한 해답을 얻을 수 있을 것이다.

<표 1> 39 모수(parameters)

1. 움직이는 물체의 무게	14. 강도	27. 신뢰성, 내구성
2. 정지한 물체의 무게	15. 움직이는 물체의 작동시간	28. 측정의 정확도
3. 움직이는 물체의 길이	16. 정지한 물체의 작동시간	29. 제조의 정밀도
4. 정지한 물체의 길이	17. 온도	30. 물체에 작용하는 유해요소
5. 움직이는 물체의 면적	18. 밝기	31. 유해한 부작용
6. 정지한 물체의 면적	19. 움직이는 물체가 소비하는 에너지	32. 제조의 편의성
7. 움직이는 물체의 부피	20. 정지한 물체가 소비하는 에너지	33. 사용의 편의성
8. 정지한 물체의 부피	21. 파워(힘 × 거리)	34. 유지보수의 편의성
9. 속도	22. 에너지 손실	35. 적용성
10. 힘	23. 물질의 손실	36. 장치의 복잡성
11. 장력, 압력	24. 정보의 손실	37. 조정의 복잡성
12. 모양	25. 시간의 손실	38. 자동화 정도
13. 물체의 안정성	26. 물질의 양	39. 생산성

이미 Domb(1998), Royzen(1998), Retseptor(2003), 정해성(2012) 등에서 신뢰성과 품질 문제를 TRIZ를 활용하여 해결하고자 하는 연구들이 있었다. Domb(1998)은 품질관리의 각각의 영역과 TRIZ를 포함한 창의성 기법의 연계성을 연구하였고, Royzen(1998)은 제품의 신뢰성 문제를 TRIZ의 물질장 모델(Su-Field Model)을 이용하여 해결하는 연구를 하였고, Retseptor(2003)와 정해성(2012)은 신뢰성과 품질 향상을 위한 40 발명원리의 적용에 관한 연구를 하였다. 이와 같은 원론적인 연구를 넘어, 제품 R&D 과정에서 QFD와 TRIZ의 통합을 통해 기술적 문제를 해결하기 위한 연구가 Noel and Humberto(1998), Yamashina et al.

(2002), Lu et al. (2006), Yeh et al. (2011) 등에서 이루어졌다. 하지만 이들 연구에서는 QFD의 산출물인 HOQ(House of Quality)의 상관행렬(correlation matrix)과 TRIZ의 모순테이블(contradiction table)의 연결에 따른 39 모수(parameters)와 40 발명원리의 활용에 주안점을 두었다. 그러나 모순테이블과 40 발명원리는 TRIZ의 해결 도구 중 극히 일부분일 뿐이며 이외에도 여러 가지 TRIZ의 핵심 개념과 해결 도구가 있다.

본 연구에서는 QFD에 의해 도출된 EC들 간에 기술적 모순이 발생하게 되는 경우, 이를 해결하는 TRIZ의 일반적인 방법론을 제시하고자 한다.

<표 2> 40 발명원리

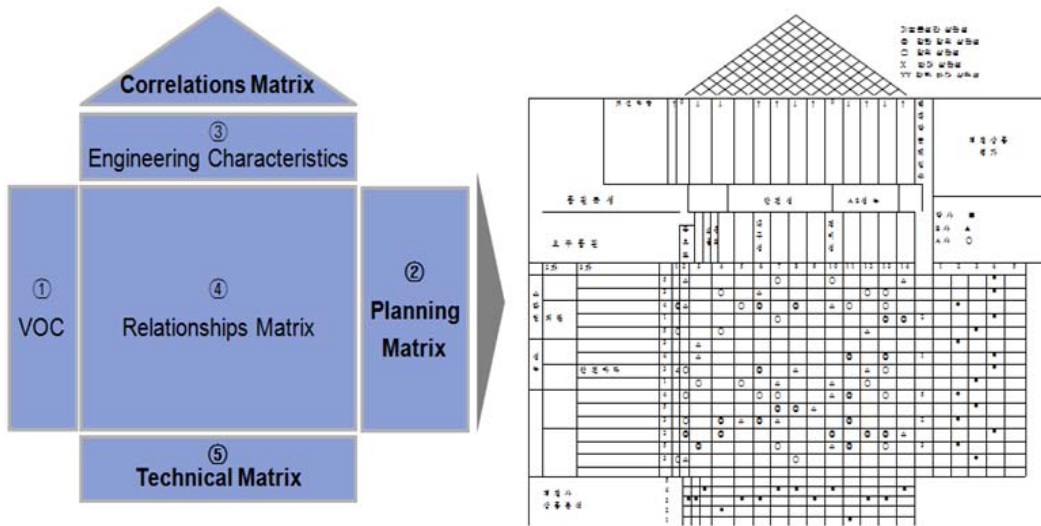
01. Segmentation	분할	21. Rushing Through	고속처리
02. Extraction	추출	22. Convert Harm into Benefit	해로움을 이로움으로
03. Local Quality	국소 품질	23. Feedback	피드백
04. Asymmetry	비대칭	24. Mediator	매개체
05. Consolidation	병합	25. Self Service	셀프서비스
06. Universality	다용도	26. Copying	복제
07. Nesting	포개기	27. Cheap Short Life	일회용으로 처리
08. Counterweight	균형추	28. Replace a Mechanical System	기계시스템의 대체
09. Prior Counteraction	사전대응조치	29. Pneumatics and Hydraulics	공기나 유압 활용
10. Prior Action	선행조치	30. Flexible Shell and Thin Film	박막
11. Cushion in Advance	사전예방조치	31. Porous Material	다공성 물질
12. Equipotentiality	높이 맞추기	32. Color Change	색상변화
13. Do It in Reverse	반대로 하기	33. Homogeneity	동질성
14. Spheroidality	구형화	34. Rejection and Regeneration	폐기 및 재생
15. Dynamicity	역동성	35. Parameter Change	모수 변화
16. Partial or Excessive Action	과부족 조치	36. Phase Transition	상전이
17. Dimension Change	차원 바꾸기	37. Thermal Expansion	열팽창
18. Vibration	진동	38. Accelerated Oxidation	산화촉진
19. Periodic Action	주기적 조치	39. Inert Environment	불활성환경
20. Continuity of Useful Action	유용한 조치 지속	40. Composite Material	복합재료

## 2. QFD와 TRIZ의 통합의 근거

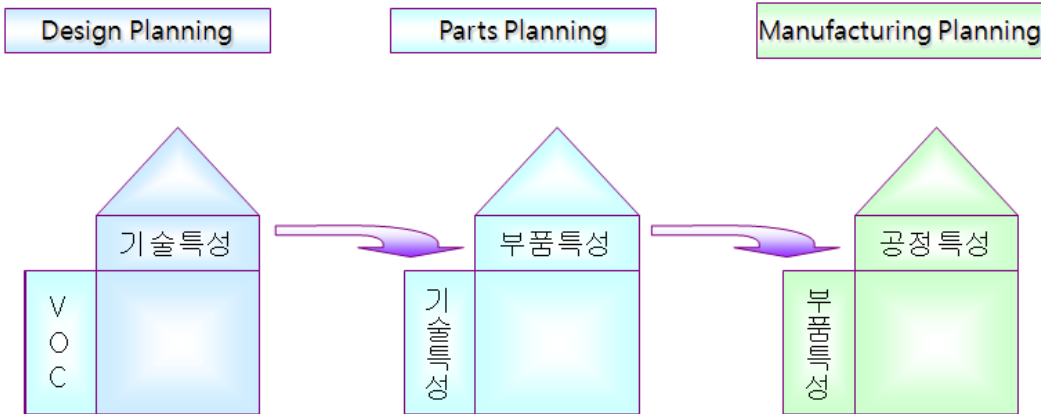
QFD는 <그림 1>과 같은 HOQ에 의해 다음과 같은 단계로 전개된다.

- ① VOC  $V_1, V_2, \dots, V_m$  조사
- ② VOC에 대한 자사 제품의 고객 만족 수준 조사 및 중요도 결정
- ③ EC  $T_1, T_2, \dots, T_n$  설정
- ④ VOC와 EC와의 대응 관계표 작성
- ⑤ EC들의 기술적 중요도(technical importance)  $I_1, I_2, \dots, I_n$  결정

즉, QFD에서는 위의 과정을 통해 고객의 요구에 맞는 기술특성 EC를 결정한다. 이어서 <그림 2>와 같은 전개 과정을 통해 기술특성 EC에 맞는 부품의 특성을 설정하고, 각 부품 특성에 해당하는 제조공정상의 공정특성을 도출한다.

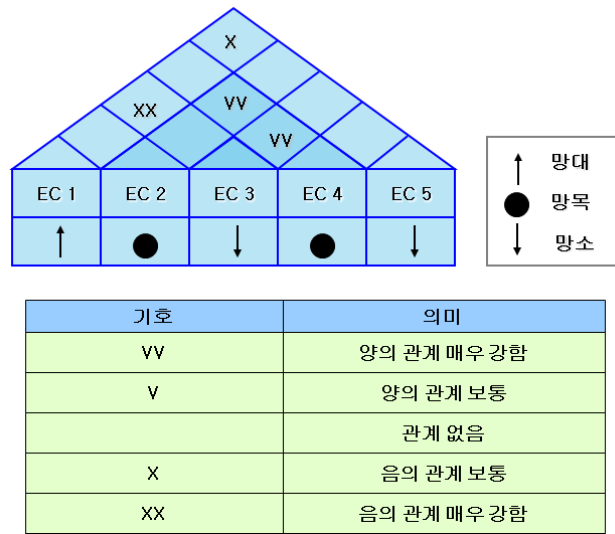


<그림 1> HOQ의 형태



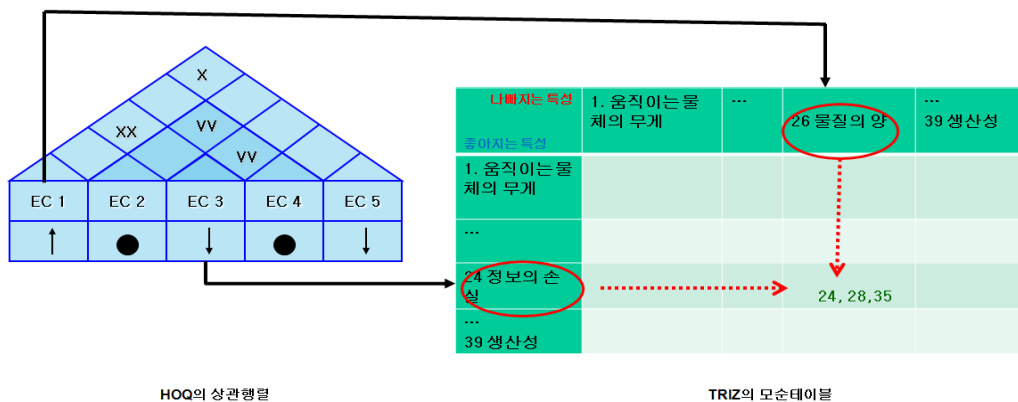
<그림 2> QFD 전개 과정

QFD의 전개과정 중 <그림 2>의 1단계인 Design Planning에서는 제품 설계를 위한 EC를 선별한다. 이 때, VOC와 관련성(영향 정도)이 높은 EC를 선별하기 위해 기술적 중요도  $I_1, I_2, \dots, I_n$ 을 결정한다. 이 과정에서 종종 기술특성인 EC 간에 서로 대립이 발생하게 되는 경우가 있다. 이러한 대립은 HOQ의 지붕부분(top roof)에 해당하는 상관행렬에 음(-)의 상관관계로 나타난다. <그림 3>은 HOQ 지붕부분에서의 EC간의 상관관계의 예이다.



<그림 3> HOQ의 상관행렬(correlation matrix)의 예

<그림 3>에서와 같이 EC 1의 향상이 EC 3의 악화를 초래하는 모순이 발생하게 되는 경우, 이제까지는 부서간의 의견조정이나 전문가의 판단에 의해 절충하는 식으로 해결했다. 그러나 최근 Noel and Humberto(1998), Yamashina et al. (2002), Lu et al. (2006), Yeh et al. (2011) 등에서 QFD와 TRIZ 통합에 관한 연구를 통해 EC들 간에 모순의 문제를 절충이 아닌 모순해결을 통해 풀어보고자 하는 시도가 있었다. HOQ에서 EC간의 음의 상관관계는 TRIZ에서 정의한 기술적 모순에 해당한다고 볼 수 있다. 즉, 음의 상관관계가 있는 EC간에는 한 EC를 개선시키면 다른 EC가 악화된다. 따라서 이를 기술적 모순으로 정의하여 TRIZ의 모순테이블을 이용하게 되면 HOQ 상의 음의 상관관계를 근본적으로 해결할 수 있다는 것이다. 하지만 이들 연구에서는 HOQ의 상관행렬과 TRIZ의 모순테이블과의 연결을 통한 40 발명원리의 활용에 주안점을 두고 있다. <그림 4>은 QFD의 HOQ와 TRIZ의 모순테이블을 통합한 모형을 간단하게 나타낸 것이다.



<그림 4> QFD와 TRIZ의 연결의 예

### 3. QFD와 TRIZ의 통합을 위한 제언

QFD는 고객의 요구를 만족시키기 위해 무엇을 해결해야하는가에 대한 식별수단으로서 매우 유용하지만, 문제를 해결하는 도구는 아니다. QFD를 통해 도출된 EC는 VOC로부터 전개된 기술적 특성일 뿐, 이 자체로 문제 해결의 구체적인 방안까지 기대할 수는 없다. 즉, QFD는 EC를 어떻게 구현해야 할지를 제공해 주지는 못한다. 예를 들면, '무게(weight)를 줄인다.'라는 기술적 특성을 달성하는 방법은 복합재료를 쓰는 방법에서부터 분할, 국소품질, 통합, 과부족 조치, 다공성 물질 이용 등 다양하다. 또한 특정한 기술적 특성의 달성은 다른 특성을 악화시킬 수 있다. TRIZ는 이와 같은 문제를 해결하는 방법을 제공한다. TRIZ는 특히, 창의적 문제 해결을 위한 강력한 도구로 알려져 있다. TRIZ에서 창의적 문제란 하나 이상의 모순을 가지고 있고, 그 해결안이 알려지지 않은 문제를 뜻한다. 물론 VOC로부터 도출된 EC들이 모두 모순을 품고 있지는 않다. 모순을 품고 있지 않은 대부분의 EC는 설계 전문가들의 경험과 지식으로 구현될 수 있다. 그러나 모순을 품고 있는 EC들에 대해서는 2장에서도 언급했듯이 <그림 4>과 같이 TRIZ의 모순테이블을 이용하여 문제 해결이 가능하다는 연구들이 있다. 예를 들어, Yeh et al. (2011)의 노트북 R&D 사례를 살펴보자.

#### (1) 모순 EC 선정

(LCD functionality, Power management efficiency)

(LCD functionality, Battery efficiency)

VOC로부터 도출된 모순을 품고 있는 EC 중에 'LCD functionality'와 'power management efficiency' 및 'LCD functionality'와 'Battery efficiency'를 선택한다. 'battery service life'가 가장 중요한 VOC 중의 하나일 뿐 만 아니라, LCD 모니터의 해상도가 크면 클수록, 전력수요가 증대되기 때문이다.

#### (2) 모순테이블 적용

선정된 모순 EC의 해결 방안으로 모순테이블을 적용하기 위하여, 39 모순 중 좋아지는 특성을 '18. 밝기(illumination intensity)'로 나빠지는 특성을 '20. 정지한 물체가 소비하는 에너지(use of energy by a stationary object)'로 설정했다. 모순테이블에서 이에 해당하는 발명원리가 32. 색상변화(color change), 35. 모순변화(parameter change), 1. 분할(segmentation) 및 15. 역동성(dynamicity)이다. 이 발명원리들을 이용하여 혁신적인 해결책을 마련한다.

Yeh et al. (2011)의 연구에서도 EC들이 품고 있는 기술적 모순을 해결하는 데 있어서, 모순테이블과 40 발명원리의 활용에 주안점을 두고 있다. 물론 EC들이 품고 있는 기술적 모순을 해결하는 데 있어서, 모순테이블과 40 발명원리는 유용할 수 있다. 그러나 다음과 같은 면에서 한계가 있다.

첫째, QFD에 의해 도출된 EC와 TRIZ의 모순테이블을 구성하는 39 개의 모순을 연결시키기 어렵거나 연결이 무의미한 경우가 많다. 이는 QFD에 의해 전개된 EC는 세부적인

데 반해, 39 개의 모수는 신뢰성, 유해한 부작용, 생산성 등 그것이 의미하는 바가 하나의 학문 분야일 정도로 광범위함에 기인한다.

둘째, HOQ의 지붕부분의 상관행렬과 TRIZ의 모순테이블과의 연결을 통해 40 발명원리 중 해결 원리를 구했을 경우에도 해당원리가 실제로 설계 문제 해결에 도움이 되지 못할 때가 많다.

본 연구에서는 QFD에 의해 도출된 EC들 간에 기술적 모순이 발생하게 되는 경우, 이를 해결하는 TRIZ의 일반적인 방법론을 제시하고자 한다. 이제까지의 QFD와 TRIZ의 통합에 관한 연구에서는 모순된 기술적 인자를 찾고 모순테이블을 활용하는 데 집중되어 왔다. 그러나 TRIZ를 통해 문제를 해결하는 과정에서는 충돌되는 인자를 찾는 것 뿐 만아니라, 도출된 EC 자체를 구현하는 방법 제시가 중요하다. 즉, 도출된 EC를 구현하는데 관련된 요소를 찾고, 도구(tool)와 대상(object)을 통해 바람직한 결과가 도출되도록 하는 것이 핵심인 것이다. 따라서 포괄적인 QFD와 TRIZ의 통합을 위해서는 다음 개념의 도입이 필요하다.

### 3.1 이상해결책

TRIZ의 핵심 중에 하나가 이상해결책(Ideal Final Result; 이하 IFR)의 개념이다. IFR은 추가적인 비용이나 악영향이 없으면서 원하는 바를 달성한 상태를 말한다. IFR 관점에서 기술적 모순에 대한 이상적인 해결책은 나쁜 영향이 없으면서 유용성을 증가시키는 것이다. IFR은 당면한 문제 상황에서 가장 ‘바람직한’ 해결안을 얻을 수 있도록 안내자 역할을 하거나 목표가 된다. 이상성(ideality)은 식 (1)과 같이 표현된다.

$$Idealitity = \frac{\sum_i U_i}{\sum_j H_j + \sum_k C_k} \quad (1)$$

여기서,  $U_i$  는 원하는 결과를 얻기 위한 조치(action)의 유용한 기능(useful function)이며,  $H_j$ 는 유해한 영향(harmful effects)이고,  $C_k$ 는 비용을 나타낸다.

### 3.2 모순

알츠슐러는 창의적이라고 판단되는 4 만 건의 특허를 분석한 결과, 창의적인 문제 해결의 가장 중요한 공통점이 ‘모순(contradiction)의 극복’이란 점을 발견했다. 이를 통해 알츠슐러는 ‘창의적 문제 해결 방법론’인 TRIZ를 창시했다. 따라서 TRIZ에서는 문제 해결책을 찾기 전에 문제가 품고 있는 모순이 무엇인지를 명확히 하는 것이 중요하다.

모순에는 관리적 모순(administrative contradiction), 기술적 모순(technical contradiction)과

물리적 모순(physical contradiction)이 있다. 가령 얇은 사각형 관유리의 모서리를 둥근 형상으로 가공해야 한다고 가정하자. 문제는 유리 두께가 너무 얇아서 연마기를 통해 가해지는 힘이 조금만 세면 깨진다는 점이다. 사용 구조상 유리를 두껍게 만들 수 없다고 하자. 얇은 유리 모서리를 둥글게 연마하는 방안을 도출해내지 못한다면 매출 손실은 불가피하다. 이와 같이 뭉가(뭉가)를 해야 하는데 하지 못하는 상황, 이것이 바로 관리적 모순이다. 관리적 모순 상황에서 해결책이 나올 수 있다. 예를 들면, 연마하는 시간을 오래 끌어서 유리가 깨지지 않게 할 수 있다. 그러나 연마 속도를 낮추면 생산성이 떨어져 문제 해결에 도움이 되지 않는다. 기술적 모순이란 '연마 시간'과 '생산성' 같이 서로 다른 2 가지 기술적 특성이 서로 충돌하는 것을 뜻한다. 정리하면, 기술적 모순은 '한 특성을 개선하면, 다른 특성이 악화되는 상황, 즉 서로 다른 두 특성이 충돌하는 상황'을 말한다. 기술적 모순이 2 개의 서로 다른 기술적 특성이 충돌하는 것이라면, 물리적 모순은 하나의 특성이 서로 다른 목표를 동시에 달성해야 하는 것이다. 형상 가공을 위해 유리 연마 속도는 낮게 유지하는 것과 생산성 때문에 연마 속도를 높게 유지하는 것이 충돌하는 게 물리적 모순이다. 다시 말해, 연마 속도는 낮추기도 해야 하고 높이기도 해야 하는 물리적 모순을 갖게 된다. 이와 같이 기술적 모순을 해결하다 보면 물리적 모순이 문제의 핵심에 자리 잡고 있는 경우가 많다.

### 3.3 표준 해결 도구

TRIZ에서 추구하는 문제 해결 방법은 문제를 직접 해결하지 않고, 먼저 문제를 일반화하여 표준 모델로 전환하고, 해당 모델에 적용되는 표준 해결 도구를 활용하는 절차를 통하는 것이다. <표 3>은 TRIZ에서의 문제 유형과 해결기법을 정리한 것이다.

<표 3> TRIZ에서의 표준 모델과 해결 도구

문제 유형	표준 해결 도구 및 방법론
기술적 모순	모순테이블, 40 발명원리
물리적 모순	분리원리
물질장 모델	76가지 표준해
비표준 문제	ARIZ

이상을 종합하여 QFD와 TRIZ의 통합을 위해 다음과 같은 절차를 제안한다.

#### (1) 문제를 분석한다.

<그림 1>과 같이 HOQ에 의해 고객의 요구에 맞는 기술특성 EC를 전개하는 과정은 TRIZ에서의 문제 분석 과정에 해당된다. 그 외에 다음을 고려한다.

- 문제가 되는 유해한 영향(harmful effect)이 무엇인가?
- 향상시키고자하는 유용한 기능(useful function)이 무엇인가?
- 구조 및 기능 분석(hardware block diagram, function block diagram)



- 근본 원인 분석(root cause analysis)

**(2) 문제를 모델링을 하고 문제 모델을 분석한다.**

이 단계에서는 해결하고자 하는 기술특성을 도출한다. 즉, HOQ로부터 가장 핵심적인 관리적 모순과 기술적 모순을 선정한다. 이 과정에는 다음이 포함된다.

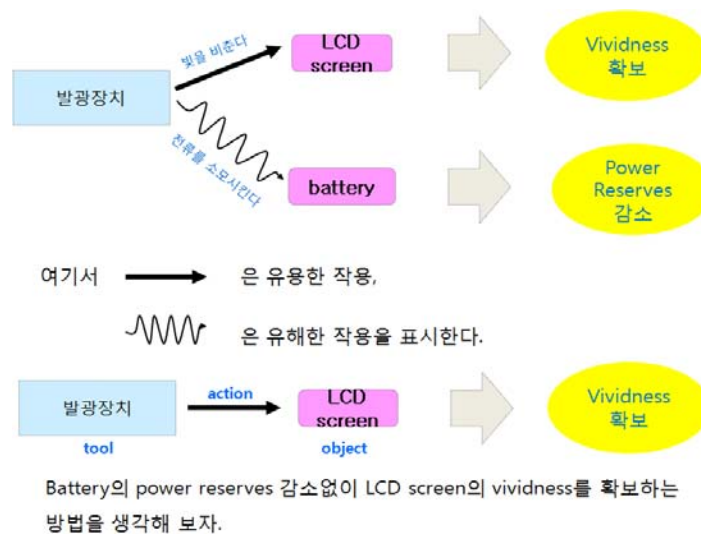
- 핵심 문제(core problem) 도출
- 관리적 모순 정의
- 도구(tool)와 대상(object) 도출
- 기술적 모순 도출

**(3) 도식화를 통해 문제해결을 추구한다.**

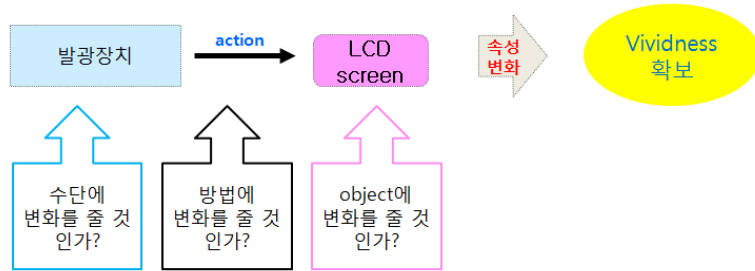
이 단계에서 IFR의 개념이 도입될 수 있으며, 물리적 모순이 정의되고, 다음과 같은 사고를 통해 해결책을 찾는다.

- <그림 5>와 같이 충돌되는 EC와 이에 관계되는 도구(tool)와 대상(object)을 관계를 도식화한다.
- 기존의 주변 자원을 활용하여 최소한의 변화를 통해 문제를 해결해 본다. 이 때, 주로 40 발명원리와 분리원리가 활용된다.
- 동일 요소에 대해 반대 상황을 기술해보고, 그 결과를 가상해 본다. <그림 5>의 예에서는 발광장치의 차원(dimension) 감소를 가정해보는 것이다.
- 최소한의 변화를 통해 원하는 결과를 얻을 수 없다면, <그림 6>와 같이 유용한 작용을 구현하거나 유해 작용을 제거하기 위해 새로운 구성요소의 투입을 고려한다. 이 때, 주로 76가지 표준해가 활용된다.

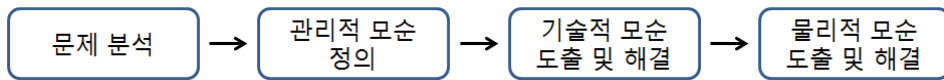
이상의 문제 해결 단계를 <그림 7>과 같이 정리할 수 있다.



<그림 5> 문제 모델의 도식화



<그림 6> 76 가지 표준해의 적용 예



<그림 7> 문제 해결 단계

#### 4. 결론

TRIZ는 ‘창의적 문제 해결 방법론’이다. 여기서 창의적 문제란 하나 이상의 모순을 가지고 있고, 그 해결안이 알려지지 않은 문제를 뜻한다. 전통적인 QFD 연구에서는 기술특성들 간에 모순이 발생하게 되는 경우, 부서간의 의견조정이나 전문가의 판단에 의해 적당한 선에서 절충하는 식이었다. 최근 QFD와 TRIZ의 통합을 통해, 제품 개발 과정에서 나타나는 기술특성간의 모순문제를 절충하는 대신 근본적으로 해결하려는 연구가 활발하다. 이제까지의 QFD와 TRIZ의 통합에 관한 연구에서는 모순된 기술적 인자를 찾고 모순테이블을 활용하는 데 집중되어 왔다. 그러나 QFD의 HOQ와 TRIZ의 모순테이블을 단순히 연결하는 것만으로는 제품 설계 단계에서의 기술적 문제해결이 어렵다. 실제로 모순테이블과 40 발명원리는 기술적 문제해결에 크게 도움이 되지 않는다. TRIZ를 활용해 기술적 문제해결을 위해서는 문제에 관련된 도구(tool)와 대상(object)을 찾고 이를 통해 바람직한 결과가 도출되도록 해야 한다. 본 연구에서는 QFD에 의해 도출된 기술특성들 간에 기술적 모순이 발생한 경우, 이를 해결하는 TRIZ의 일반적인 방법론을 제시하였다. 향후에는 QFD와 TRIZ의 통합을 통해 TRIZ의 일반적인 방법론을 적용하는 구체적인 사례 연구가 이루어질 것이다.

## 참고문헌

- [1] 정해성(2012), 신뢰성 향상을 위한 40 발명원리의 활용, 신뢰성응용연구, 12권, 4호, 239-253.
- [2] Domb, E.(1998), Increase Creativity to Improve Quality, The TRIZ Journal, November.
- [3] Lu, C., Liao, Z., Jiang, S. and Liu, G. (2006), Research on Innovative Product Design System Based on QFD and TRIZ, 2006, Materials Science Forum, Vols. 532-533, 1144-1147.
- [4] Noel, L. and Humberto, A. (1998), A new Model of the Conceptual Design Process using QFD/FA/TRIZ, The TRIZ Journal, July.
- [5] Retseptor, G.(2003), 40 Inventive Principles in Quality Management, The TRIZ Journal, March.
- [6] Royzen, Z.(1998), Case Study: TRIZ Solves a Hard Drive Reliability Problem, The TRIZ Journal, December.
- [7] Yamashina, H., Ito, I. and Kawada, H.(2002), Innovative Product Development Process by Integrating QFD and TRIZ, International Journal of Production Research, Vol. 40, No. 5, 1031-1050.
- [8] Yeh, C. H., Huang, Jay C. Y. and Yu, C. K. (2011), Integration of four-phase QFD and TRIZ in product R&D: a notebook case study, Research in Engineering Design July, Volume 22, Issue 3, 125-141.