

TRIZ 인과관계 모순트리와 통합원리를 이용한 물리적 모순의 창의적 해결방안의 고찰 및 적용방안

최성운*

*가천대학교 산업공학과

Review and Application of Creative Problem-Solving Processes for Technical and Physical Contradictions Using Cause-And-Effect Contradiction Tree and Integrated Principles of TRIZ

Sung-woon Choi*

*Department of Industrial Engineering, Gachon University

Abstract

A creative innovation and an innovative problem-solving of industrial companies can be achieved by overcoming the challenges of technical and physical contradictions. The approaches to address conflicting and paradoxical problems, such as technical and physical contradictions have a crucial role in advancing the quality assessment for manufacturer and service provider. The term, technical contradiction, depicts the state that improvement of one ends of IFR (Ideal Final Result) leads to unfavorable condition of the other ends, and results in conflicting problem. Another type of contradictions that's discussed in this study is a physical contradiction which is due to two mutually opposing states of the means of ends, and gives paradoxical situation.

By integrating the means-ends chain perspectives, the physical contradiction that is a specifically root-causes, "means", can be initially addressed to resolve the downstream problem of technical contradiction which represents a general and abstract goals, "ends". This research suggests IFR resolution processes to handle both physical contradiction of means and technical contradiction of ends by employing causal relationship with IFR, effects and causes.

In summary, the study represents three major processes that resolve such contradictions are demonstrated as follows: 1) Derivation of causal and hierarchical relationship among IFR, ends and means by considering CAED (Cause-And-Effect Diagram) and LT (Logic Tree). 2) Identification of causal relationship between physical contradiction and technical contradiction by using TPCT (TRIZ Physical Contradiction Tree) and TCD (Technical Contradiction Diagram). 3) Application of integrated TRIZ principles by classifying 40 inventive principles into 4 general conditions of the separation principle of mutually opposite states in space, in time, based on conditions, and between the parts and the whole. In order to validate the proof of proposed IFR resolution processes, the analysis of the TRIZ case studies from National Quality Circle Contest in the years, 2011 to 2014 have been proposed. The suggested guidelines that are built based on TRIZ principles can uniquely enhance the process of quality innovation and assessment for quality practitioners.

Keywords : TRIZ, Physical Contradiction, Technical Contradiction, IFR, Ends Means, Causal Relationship, CAED, LT, TPCT, TCD, Integrated Principles, Case Studies

†Corresponding Author : Sungwoon Choi, Email : swchoi@gachon.ac.kr

Received April 20, 2015; Revision Received June 13, 2015; Accepted June 14, 2015.

1. 서론

기업은 경쟁과 협력, 통제와 자율, 하향식과 상향식, 분석과 직관등의 두가지 상반관계의 공동수단을 모두 충족해야, 상충되는 고객만족의 효과성과 기업의 효율성의 두 목적에 대한 갈등관계를 창의적으로 해결할 수 있다. 이와같이 기업은 패러독스(Paradox) 원인의 모순을 갖는 딜레마(Dilemma) 결과문제를 창의적으로 방향을 설정하고 도전적으로 해결하는 과정속에 혁신을 추구하게 된다.

TRIZ에서는 두 목적결과 모두 장점을 갖고 있어 둘 중하나(Either~or)의 목적에 대한 장점을 선택할 경우 다른 결과에 대한 장점이 상충되는 딜레마의 갈등(Conflict)관계를 기술적 모순(Technical Contradiction)이라 한다[14]. 이러한 상충되는 두가지 목적을 모두 충족시키기 위해서 상반관계의 패러독스인 공통 원인수단을 둘다모두(Both~and) 충족해야 문제가 해결되는 관계를 물리적 모순(Physical Contradiction)이라 한다[20]. 기업의 TRIZ활동의 경우 최소한 하나이상의 해결되지 않은 기술적 모순, 물리적 모순을 갖는 창의적 문제를 끊임없이 극복하는 혁신과정을 거치면서 성장하는 원동력을 얻게 된다[26,30].

TRIZ 40가지 발명원리(40 Inventive Principles)에 관한 연구로는 76가지 표준해(Standard Solution)와의 관계[5], 시스템적용의 하위특성별 분류[11], 역발상문제해결[33], Business TRIZ와의 관계[15-17], 분리원칙(Separation Principles)과의 유형별 분류[9,18,22]가 있으나 분류체계가 서로 상이하며 기술적 모순과 물리적 모순을 동시에 해결하려는 통합적 관점에서 4가지 분리원칙과 40가지 발명원리를 유형화한 연구는 미비한 실정이다.

TRIZ 40가지 발명원리의 응용에 관한 연구로는 생물학과 생태학[32], 마케팅[2], 품질경영[24], 공리설계[27], TOC(Theory of Constraints)[28], 설비유지보수[10], 에르고노믹스(Ergonomics)[8], ICT소프트웨어[1], 반도체[21], 마이크로일렉트로닉스(Microelectronics)[23], 식품[13], 화학공학[7], 시공관리[29], 재무[6], 사회[31], 교육[19], 속담[25]이 있고 식스시그마 품질개선사례분석에 관한 연구로는 품질척도에 의한 혁신효과분석[4]과 연구통계가설에 의한 통계적 실무적 유의성분석[3]이 있으나 TRIZ 품질개선 적용사례를 40가지 발명원리와 4가지 분리원칙 통합적 관점에서 분석한 실증연구는 전혀 수행되고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 상충되는 두 목적에 대한 양

자택일의 피상적인 기술적 모순이 해결될수 있도록 상반관계의 원인이 되는 물리적 모순을 근본적으로 충족하는 TPCT(TRIZ Physical Contradiction Tree)에 의한 IFR(Ideal Final Result) 해결프로세스와 TRIZ 통합원리를 제시한다. IFR 해결프로세스에는 일반적인 목적(Ends)과 구체적인 수단(Means)이 필요, 충분조건 특성요인도와 로직트리(Logic Tree)에 의해 도출되고 TPCT[18,22,34,35]와 TCD(Technical Contradiction Diagram)[22]에 의해 해결해야 할 기술적 모순과 물리적 모순의 인과관계가 명확하게 정의된다. 그리고 본 연구에서는 과거 기술적 모순을 해결하기 위해 모순행렬에만 이용했던 40가지 발명원리를 공간, 시간, 조건, 전체와 부분관점에서의 4가지 분리원칙과 유형화[9,18,22]하여 패러독스 원인이 되는 물리적 모순을 해결하기 위한 TRIZ 통합원리를 제안한다. 또한 2011년-2014년 국가품질분임조 경진대회에 출전한 TRIZ 분야 26가지 사례[36]를 대상으로 본 연구에서 제안한 IFR 해결프로세스 5단계를 이용하여 오적용 사례를 분석하고 기술적 모순과 물리적 모순의 올바른 설정방안과 TRIZ 통합원리의 타당성있는 적용방안을 제시하고자 한다.

2. 특성요인도와 로직트리를 이용한 TRIZ 모순트리 작성방안

2.1 TRIZ의 물리적 모순과 기술적 모순

TRIZ(Theory of Inventive Problem-Solving)는 모순이 되는 좋은 일을 찾아(Do the right thing, Effective) 일정한 패턴이 되는 솔루션으로 일을 잘 하려는(Do the thing right, Efficient) 혁신도구이다. 따라서 TRIZ는 [Figure 1]과 같이 추상화된 모순 모형과 일정한 원리의 해법이 존재하는 이노베이션 알고리즘의 형태를 나타낸다.

TRIZ 문제해결의 첫단계는 [Figure 1]과 같이 기업에서 당면한 결과에 대한 딜레마문제와 원인에 대한 패러독스문제의 특수한 문제(My Unique Problem)를, TRIZ의 기술적 모순과 물리적 모순의 정의에 의해 일반화 모형으로 형식화하는 모델링단계이다. 두 번째 단계는 40가지 발명원리, 4가지 분리원칙, 76가지 표준해를 이용하여 두가지 모순을 해결하여 IFR(Ideal Final Result)의 일반해를 얻는 단계이다. 세 번째 단계는 TRIZ의 IFR을 효과성, 경제성, 해결가능성, 기술성 등으로 검토한 후 현장여건에 맞는 타당성 있는 특수해(My Unique Solution)적용에 의해 유무형 혁신효

과를 추구하는 단계이다.

물리적 모순(Physical Contradiction)의 도르레 원리(Pulley Principle)에 의하면 [Figure 2]와 같이 목적(Ends) A를 향상하기 위해서는 수단(Means) C가 커야 하고, 목적(Ends) B를 향상하기 위해서는 수단(Means) C가 작아야 되는 즉 수단 C가 크기도 하면서 작기도 해야하는 패러독스(역설)의 원인이 되는 모순이다. 여기서 모두 향상되어야 하는 목적 A, B는 상충하는 기술적 모순이 되며 물리적 모순과의 관계를 목적(Ends)과 수단(Means)의 필요,충분조건으로 나타낸 그림이 TPCT(TRIZ Physical Contradiction Tree)이다.

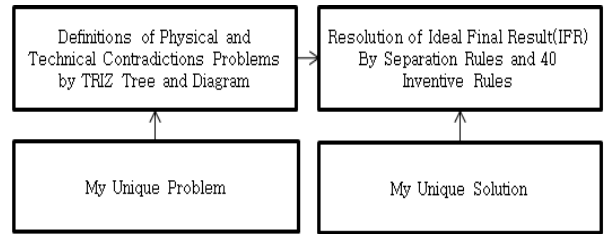
기술적 모순(Technical Contradiction)의 시소원리(Seesaw Principle)에 의하면 [Figure 3]과 같이 지렛대를 오른쪽으로 이동하여 수단(Means) C를 크게 하면 목적(Ends) A가 향상되고 목적(Ends) B는 약화된다. 만약 지렛대를 왼쪽으로 이동하여 C를 작게하면 목적(Ends) A가 약화되고 목적(Ends) B는 향상된다. 기술적 모순은 두가지 상충되는 목적을 유용한 작용(Useful Action)과 유해한 작용(Harmful Action)의 TCD(Technical Contradiction Diagram)로 나타낼 수 있으며 TPCT에 의한 물리적 모순과의 관계를 검증할 경우 사용될 뿐만 아니라 개선전(As-Is)과 개선 후(To-Be)의 목적방향성을 분명하게 제시하여 해당 원인의 물리적 모순해결에서 시행착오를 줄일 수 있다.

따라서 드러난 피상적인 목적결과의 기술적 모순만을 타협안(Compromise)으로 해결하려고 해서는 안되고 [Figure 4]와 같이 숨어있는 원인수단의 물리적 모순을 극복해야 이상적인 최고해(IFR)에 도달할 수 있다.

2.2 TPCT에 의한 IFR 해결프로세스

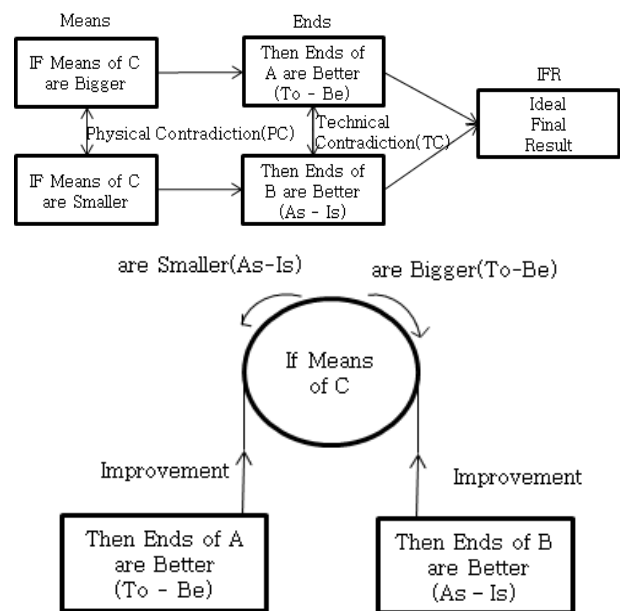
TPCT에 의한 IFR 해결프로세스는 [Figure 5]의 5 단계에 의해 다음과 같이 수행된다.

단계1: 생선뼈 그림(Fish-Bone Diagram)인 특성요인도(Cause-and-Effect Diagram)를 이용하여 생선머리에 해당하는 특성으로 IFR(Ideal Final Result)을 설정한다. IFR을 달성하기 위한 목적(Ends)을 큰 가시로 표시하고 이 목적을 달성하기 위한 수단(Means)을 세부가시로 도출한다.

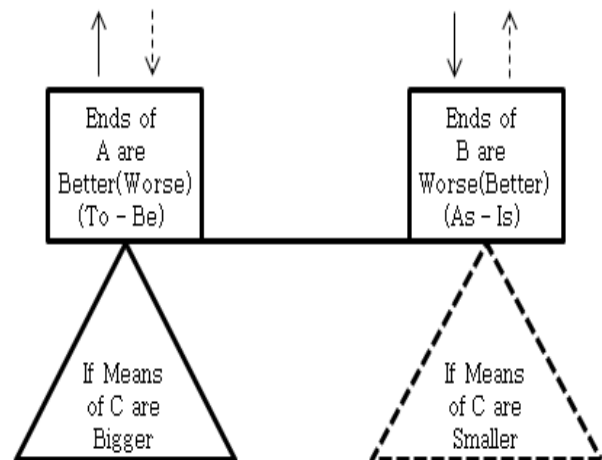


<Figure 1> The TRIZ Problem-Solving Processes of Physical Contradiction[18]

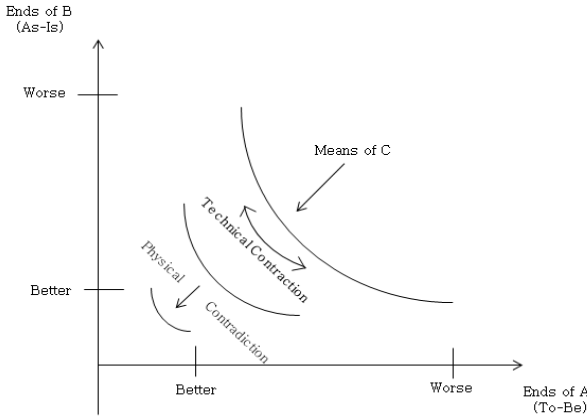
[Figure 1] The TRIZ Problem-Solving Processes of Physical Contradiction [18]



[Figure 2] TRIZ Physical Contradiction Tree and Pulley Principle (For Ends A and B to Improve, Means C Must Move One way to Another Simultaneously) [18, 22, 34, 35]



[Figure 3] Technical Contradiction Diagram and Seesaw Principal (As Ends A are Improved, Ends of B are worsened) [22]



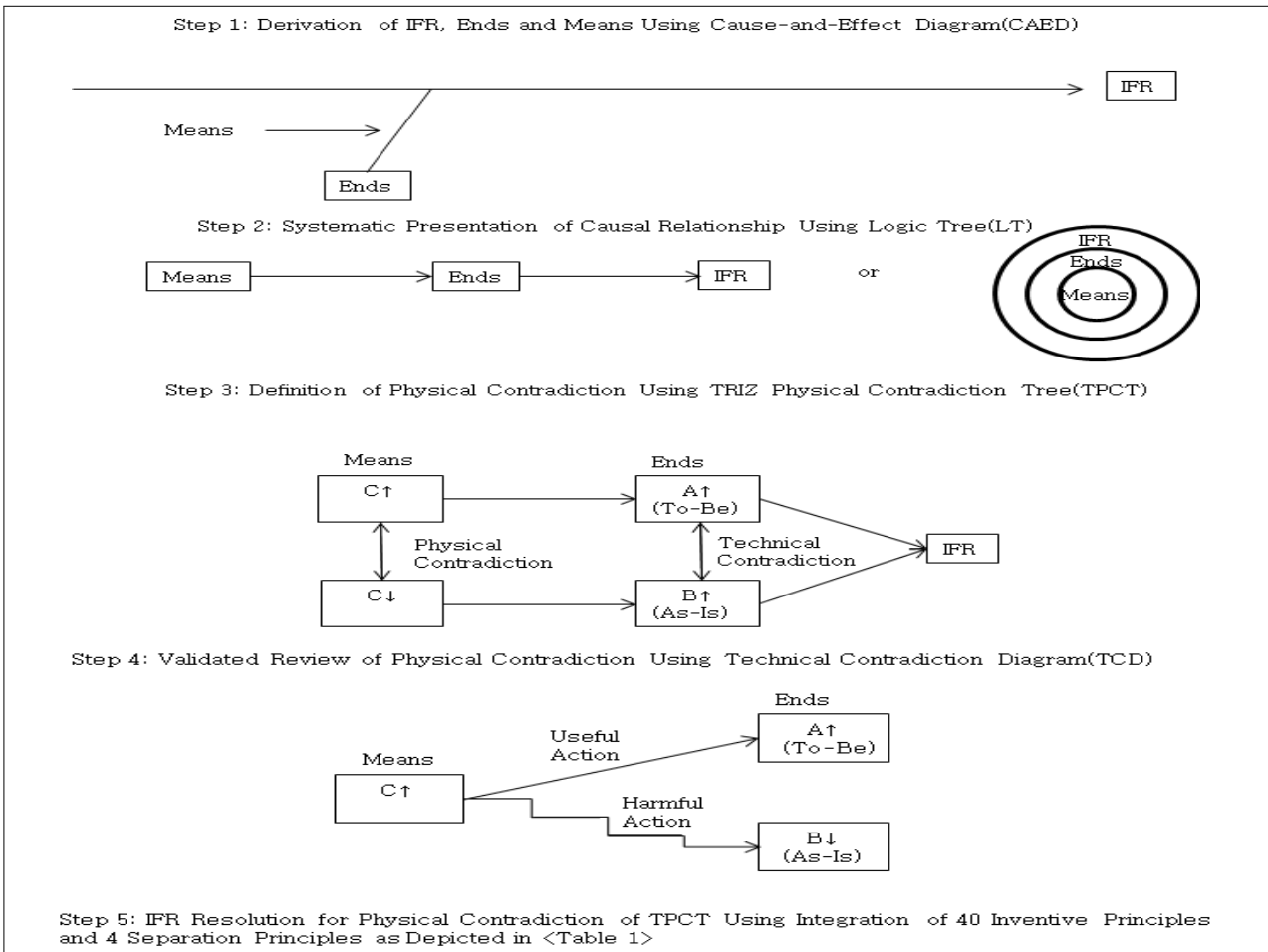
[Figure 4] Graphic Presentation of Technical and Physical Contradictions

단계2: 일반화되고 추상적인 필요조건 목적(Ends) 중심에서 구체화되고 다양한 충분조건 수단(Means) 관점으로 모순의 근본적인 원인해결방향으로 설정될 수 있도록 특성요인도의 IFR, Ends, Means를 로직트리(Logic Tree)를 이용하여 계층적으로 분류 정리한다.

단계3: 로직트리에서 IFR을 달성하기 위해 상충하는 두 목적(Ends)의 기술적 모순(Technical Contradiction)과 이 상충하는 두 결과(Ends)를 모두 충족하는 상반관계의 수단원인(Means)인 물리적 모순(Physical Contradiction)의 관계를 나타내는 TPCT(TRIZ Physical Contradiction Tree)를 작성한다.

단계 4: TPCT의 물리적 모순과 기술적 모순 정의의 타당성을 검토하기 위해서 하나의 원인(Means)에 의해 상충하는 두 목적(Ends)을 유익효과(Useful Action)와 유해효과(Harmful Action)로 나타내는 TCD(Technical Contradiction Diagram)을 작성한다. TCD에서 유해효과는 개선전(As-Is)의 목표, 유익효과는 개선후(To-Be) 목표로 미리 구분설정하여 불필요한 모든 해결의 시행착오를 줄인다.

단계 5: TRIZ 40가지 발명원리(TRIZ 40 Inventive Principles)와 4가지 분리원칙(4 Separation Principles)의 상호보완적인 통합원리를 이용하여 기술적 모순과 물리적 모순을 동시에 해결하여 IFR을 구한다.



[Figure 5] IFR Resolution Processes by TPCT

3. TRIZ 4가지 분류원칙과 40가지 발명 원리의 통합방안

TRIZ 40가지 발명원리(TRIZ 40 Inventive Principles)는 [Figure 3]의 기술적 모순을 해결하기 위해서 39가지의 파라미터를 유익효과의 행(Row)과 유해효과의 열(Column)에 의한 모순행렬(Contradiction

Matrix)로 구성되어 있다. 그러나 기술적 모순은 피상적이고 일반적인 두가지 목적이 상충되는 딜레마같은 명목적인 해결방안으로 40가지 원리를 적용한다고 해서 근본적인 원인의 모순이 충족되지 않는다.

공간(Space), 시간(Time), 조건(Condition), 전체와 부분(Parts and Wholes)에 의한 4가지 분리원칙(4 Separation Principles)은 패러독스의 상반관계 원인을 다른 장소와 시점, 조건과 구조로 기능시켜 근본적인 물리적 모순을 제거하려는 경우 사용된다. 그러나 4가지 분리원칙은 40가지 원리에 비해 가지수가 적어 효율적인 반면에 범위가 크고 추상적이어서 구체적인 적용이 힘들 수 있다.

따라서 본 연구에서는 <Table 1>과 같이 공간(In Space), 시간(In Time), 조건(On Condition), 전체와 부분(Between the Parts and the Whole)관점에서의 4가지 분리원칙과 밀접한 관계가 있는 40가지 원리를 유형화[9,18,22]하여 물리적 모순의 근본적인 원인을 해결할 수 있는 효율적이고 효과적인 TRIZ 통합원리를 제시하였다.

공간분리에 관련한 40가지 발명원리에는 #1 분할(Segmentation), #2 추출엑기스(Taking Out), #3 국부적품질(Local Quality), #4 대칭성변경(Asymmetry), #7 포개기(Nested Doll), #13 거꾸로하기(The Other Way Around), #14 곡선화(Curvature), #17 차원변경(Another Dimension), #24 중간매개물(Intermediary), #26 복사(Copying), #30 유연한 막과 얇은 필름(Flexible Shells and Thin Films)이 있다.

시간분리에 관련한 40가지 발명원리에는 #1분할(Segmentation), #9 사전반작용(Preliminary Anti-Action), #10 미리조치(Preliminary Action), #11 사전안전장치(Beforehand Cushioning), #15 동적특성증가(Dynamization), #16 과부족(Partial of Excessive Actions), #18 기계적진동(Mechanical Vibration), #19 주기적작용(Periodic Action), #20 유용한 작용의 지속(Continuity of Useful Action), #21 급히통과(Skipping), #26 복사(Copying), #29

공기 및 유압의 사용(Pneumatics and Hydraulics), #34 폐기 및 복원(Discarding and Recovering), #37 열팽창(Thermal Expansion), #39 불활성환경(Inert Atmosphere)이 있다.

조건분리에 관련한 40가지 발명원리에는 #1 분할(Segmentation), #2 추출엑기스(Taking Out), #8 상승효과(Anti-Weight), #13 거꾸로하기(The Other Way Around), #26 복사(Copying), #28 필드변경(Mechanics Substitution), #29 공기 및 유압의 사용(Pneumatics and Hydraulics), #31 다공성물질(Porous Materials), #32 색깔변경(Color Changes), #35 속성변화(Parameter Changes), #36 상전이(Phase Transition), #38 산화가속(Strong Oxidants), #39 불활성환경(Inert Atmosphere)이 있다.

전체와 부분분리에 관련한 40가지 발명원리에는 #1 분할(Segmentation), #3 국부적품질(Local Quality), #5 동질합병(Merging), #6 이질다용도(Universality), #8 상승효과(Anti-Weight), #12 높이 맞추기(Equipotentiality), #13 거꾸로하기(The Other Way Around), #22 전화위복(Blessing in Disguise), #23 피드백(Feedback), #24 중간매개물(Intermediary), #25 셀프서비스(Self-Service), #27 일회용(Cheap, Short-Living Objects), #33 동질성(Homogeneity), #40 복합재료(Composite Materials)가 있다.

결국 패러독스의 원인을 근본적으로 해결하려는 경우 새로운 아이디어에 의존하는 것보다 40가지 원리와 4가지 분리원칙등과 같이 이미 존재하고 있는 해결방안을 <Table 1>과 같이 상호보완적이 관점에서 활용하는 경우 물리적 모순을 더욱 창의적으로 충족시킬 수 있다.

4. 국가품질분임조 경진대회 TRIZ분야 사례분석

4.1 조사대상 사례기업의 특성

본 연구에서는 2011년-2014년에 국가 품질분임조 경진대회에 출전한 <Table 2>와 같은 특징을 갖는 TRIZ분야 26개 사례(Cases) [36]를 대상으로 TRIZ 분석을 실시하였다. 기업의 규모로는 대기업 21개, 중소기업 5개로 대기업에서 TRIZ를 많이 적용하고 있으며 연도별로는 2011년 2개, 2012년 6개, 2013년 8개, 2014년 10개 사례로 최근에 TRIZ에 대한 기업의 관심도가 높아지고 있다는 것을 알 수 있다. TRIZ 개선타를 추진한 프로젝트팀의 직무는 제조직무, 설비 유지직무 각각 7개이고, 기술직무, 분석관리직무 각각

6개로 모든 직무에서 골고루 수행하고 있다는 것을 알 수 있다.

<Table 1> Classification of 40 Inventive Principles for 4 Separation Principles [9,18,22]

TRIZ 40 Inventive Principles	Separation Principles			
	In Space	In Time	On Condition	Between the Parts and the Whole
#1	0	0	0	0
#2	0		0	
#3	0			0
#4	0			
#5				0
#6				0
#7	0			
#8			0	0
#9		0		
#10		0		
#11		0		
#12				0
#13	0		0	0
#14	0			
#15		0		
#16		0		
#17	0			
#18		0		
#19		0		
#20		0		
#21		0		
#22				0
#23				0
#24	0			0
#25				0
#26	0	0	0	
#27				0
#28			0	
#29		0	0	
#30	0			
#31			0	
#32			0	
#33				0
#34		0		
#35			0	
#36			0	
#37		0		
#38			0	
#39		0	0	
#40				0

또한 TRIZ 개선 프로젝트 목적은 부적합품감소를 위한 사례가 18건으로 제일 많았고 공정장비개발, 안전 및 아차사고감소, 수리정비로스시간단축을 위한 사례가 각각 2건이 있었고 미검출품감소와 부자재비용감소사례가 각각 1건 있어 TRIZ분야가 품질개선에 가장 많이 활용되고 있다는 것을 볼 수 있다.

<Table 2> Characteristics of Subject in Case Studies

Year	2011	2012	2013	2014	Total		
Number	2	6	8	10	26		
Firm Size	대기업		중소기업		Total		
Number	21		5		26		
Job Type	제조 직무	기술 직무	설비유지 직무	분석관리 직무	Total		
Number	7	6	7	6	26		
Project Aim	부적 합품 감소	공정 장비 개발	안전 및 아차 사고 감소	수리 정비 로스 시간 단축	미검 출품 감소	부자재 비용감 소	Total
Number	18	2	2	2	1	1	26

4.2 TRIZ 사례분석

본 연구에서 제안한 [Figure 5]의 TPCT에 의한 IFR 해결프로세스를 <Table 2>의 26개 사례(Cases)에 적용하기 위해서 특성요인도, 로직트리에 의한 물리적 모순과 기술적 모순의 작성수준과 정의의 타당성여부, 40가지 발명원리와 4가지 원칙의 적용유무와 타당성여부를 기준으로 하여 <Table 6>과 같이 분석하였다. 분석결과는 다음과 같다.

1) TPCT에 의해 물리적 모순을 작성한 사례는 26개 중 6개 23.1%이고 물리적 정의가 보완이 요구되는 수준에서 올바르게 작성된 사례는 2개 7.7%이며 TPCT, 물리적 모순이 모두 올바르게 작성되고 정의된 사례는 1개 3.8%에 불과하다.

2) TCD에 의해 기술적 모순을 작성한 사례는 26개 모두 작성했으나 기술적 정의가 보완이 요구되는 수준에서 올바르게 작성한 사례는 10개 38.5%이며 TCD, 기술적 모순이 모두 올바르게 작성되고 정의된 사례는 4개 15.4%에 해당한다.

3) 모순행렬과 40가지 원리를 사용한 사례는 26개 중 24개 92.3%이고 모순행렬과 40가지 원리가 보완이 요구되는 수준에서 올바르게 작성한 사례는 9개 34.6%이며 두가지를 모두 사용하고 올바르게 적용한 사례는 7개 26.9%에 해당한다.

4) 4가지 분리원칙을 사용한 사례는 26개중 7개 26.9%이고 4가지 분리원칙이 보완이 요구되는 수준에서 올바르게 작성한 사례는 2개 7.7%이고 4가지 분리원칙을 사용하면서도 올바르게 적용한 사례는 1개 3.8%에 불과하다.

이상의 26가지 TRIZ 사례를 분석해 보면 피상적이고 일반적인 상충되는 두 목적을 해결하려는 기술적 모순에서조차도 정의의 타당성과 40가지 원리가 올바르게 적용된 사례가 각각 15.4%와 26.9%밖에 해당되지 않으며, 근본적이고 구체적인 패러독스의 상반되는 원인을 해결하려는 물리적 모순에서는 정의의 타당성과 4가지 분리원칙이 올바르게 적용된 사례가 각각 3.8%에 불과하다. 특히 40가지 발명원리와 4가지 분류원칙의 TRIZ개선훈어를 역지로 사용하기 위하여 기술적 모순과 물리적 모순 정의의 타당성 검토없이 TRIZ원리를 무리하게 적용할 경우, 향후 기업경쟁력에서 중요한 역할을 수행할 창의적 도구인 TRIZ를 유행에서 사라지는 기법중의 하나로 간과할 수 있다.

<Table 3> Application and Validation of Contradictions and Principles for 26 Cases

Case #	TPCT		TCD		40P		SP	
	PR E	VA L	PR E	VA L	AP P	VA L	AP P	VAL
Case 1	X	X	△	△	CM	X	X	X
Case 2	O	X	O	X	40P	X	SP	X
Case 3	X	X	△	△	CM	X	X	X
Case 4	X	X	O	O	X	X	SP	O
Case 5	O	O	O	O	CM	X	SP	X
Case 6	X	X	O	X	CM	O	X	X
Case 7	X	X	O	O	CM	△	X	X
Case 8	X	X	O	X	CM	O	X	X
Case 9	X	X	△	△	40P	O	X	X
Case 10	X	X	△	△	40P	X	X	X
Case 11	△	X	O	X	CM	X	X	X
Case 12	X	X	O	O	CM	O	X	X
Case 13	X	X	O	X	CM	O	X	X
Case 14	O	X	O	X	CM	X	SP	X
Case 15	X	X	O	X	CM	X	X	X
Case 16	X	X	△	△	40P	X	X	X
Case 17	X	X	O	X	40P	O	X	X
Case 18	X	X	O	X	CM	△	X	X
Case 19	O	X	△	X	X	X	X	X
Case 20	X	X	O	X	CM	X	X	X
Case 21	O	△	O	△	40P	O	SP	△
Case 22	X	X	O	X	CM	X	X	X
Case 23	X	X	O	X	40P	X	SP	X
Case 24	X	X	O	X	CM	X	SP	X
Case 25	X	X	O	X	40P	X	X	X
Case 26	X	X	O	X	CM	X	X	X

*TPCT: TRIZ Physical Contradiction Tree, TCD: Technical Contradiction Diagram, 40P: 40 Inventive Principles, SP: 4 Separation Principles, PRE: Preparation, VAL: Validation, APP: Application, CM: Contradiction Matrix
 Legend : O : Upper Level, △ : Middle Level, X : Lower Level or Not Existed

4.3 Case #1~Case #6 사례분석

사례분석은<Table 3>과 같이 물리적 모순 정의를 위한 TPCT(TRIZ Physical Contradiction Tree)작성과 타당성, 기술적 모순 정의를 위한 TCD(Technical Contradiction Diagram)작성과 타당성, 40가지 발명원리의 적용유무와 타당성, 4가지 분리원칙의 적용유무 및 타당성에 대해 실시했다. 대부분의 사례가 물리적 모순을 정의하지 않거나 타당성이 결여되어 TRIZ분석이 가능한 사례에 대해 <Table 4>와 같이 새롭게 TPCT를 작성하여 분석하였다. <Table 4>에서 괄호안의 B는 개선전의 목표(Ends)이고 괄호안의 A는 개선후의 목표(Ends)로 서로 상충되는 기술적 모순(TC: Technical Contradiction)관계이고 괄호안의 C는 개선후의 목표(Ends)를 달성하기 위한 수단(Means)으로 개선전의 목표 - C와는 패러독스의 상반관계인 물리적 모순(PC: Physical Contradiction)관계이다. 따라서 TRIZ 품질개선은 서로 상충하는 개선전 목표 B, 개선후 목표 A를 모두 만족하기 위해 개선전 수단 - C이기도 하고 개선후 수단 C이기도 한 원리를 적용해야 기술적 모순과 물리적 모순 모두를 해결할 수 있다.

1) Case #1은 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 개선전 목표 B는 “PCB안착후 유동이 발생하여 커팅부적합품발생”은 “PCB안착후 유동이 발생함”으로 수정하고 “커팅부적합품발생”은 <Table 4>와 같이 IFR로 사용하는 것이 바람직하다. 또한 개선후 목표 A도 “PCB가 원활하게 안착가능함”도 “PCB가 원활하게 장착되어 작업생산성이 올라감”으로 명확하게 표현하는 것이 좋다. 모순행렬에 의해 선정된 40가지 발명원리는 #1 분할(Segmentation)로 Pin Size \varnothing 1.63mm의 끝단인 Pin Bit Size를 \varnothing 0.95mm로 크기를 다르게 개선하는데 적용하였다. 그러나 끝단의 크기를 다르게 한 것은 From Uniform to Non-Uniform의 원리인 #3 국부적품질(Local Quality)을 적용해야 하며 이는 <Table 1>과 같이 공간분리 또는 전체와 부분의 분리원칙에 의해 개선할 수 있다.

2) Case #2는 <Table 3>과 같이 TPCT를 작성하였으나 Capacitor특성의 정전용량을 확보하는데 NFC 두께 변경의 한계가 있어 물리적 모순을 극복하는데 제한이 있어 물리적 모순 정의의 타당성에 문제가 있을 수 있으며 4가지 분리원칙중 공간분리를 사용하려고 했으나 정전용량의 상반관계 원인해결의 근거없이

단순한 언급만 하고 있다. TCD는 작성되었으나 전기 신뢰성을 증가하려는 목표가 이루어지지 않았으므로 기술적 모순 정의의 타당성에 문제가 있을 수 있으며, 40가지 원리는 모순행렬을 이용하지 않고 #1, #4, #11, #14, #15, #26, #37등의 원리를 <Table 4>와 같이 강건성증가(A)에만 적용하여 부적합품을 감소(B)시키기 때문에 이는 단순한 최적화 문제에 해당한다. 부적합이 많이 발생하는 NFC1의 두께를 두껍게 한 것은 Irregular원리인 #4 대칭성변경(Asymmetry)을 올바르게 적용한 개선사항이다. SN높이를 길게하여 응력값을 작게 설정한 것은 #15 동적특성증가(Dynamization)가 아니고 Over Design의 원리인 #16 과부족(Partial or Excessive Actions)개선에 해당한다. Nitroide 증착온도를 응력감소를 위해 저온으로 내린 것은 #37 열팽창(Thermal Expansion)이 아니고 Temperature변경원리인 #35 속성변화(Parameter Change)이고, 사각 NFC구조를 삼각 SN Array로 개선한 것은 #1 분할(Segmentation), #26 복사(Copying)가 아니고 Move To a New Dimension원리인 #17 차원변경(Another Dimension)에 해당한다. Pick-Up조건에서 1단면적대비 90%이상 개선한 것은 #15 동적특성증가(Dynamization)가 아니고 Overfilling원리인 #16 과부족(Partial or Excessive Actions)이고, 3단, 다단, 역다단 Pick-Up 방식은 #14 곡선화(Curvature)가 아니고 Multiaxis 원리인 #17 차원변경(Another Dimension)의 개선사항이다. #11 사전안전장치(Beforehand Cushioning)는 원리만 제시했을 뿐 개선에는 실제 사용하지도 않았다. 적용된 40가지 원리 #4, #16, #17, #35는 <Table 1>과 같이 4가지 분리원칙인 각각 공간분리, 시간분리, 공간분리, 조건분리에 의해서도 개선할 수 있다.

3) Case #3는 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 <Table 4>와 같이 개선후 수단 C는 “고정이 한쪽으로 치우쳐”를 “핸들고정위치 방식이 아니면”으로 물리적 모순의 원인을 잘 정의할(Well Defined)필요가 있다. 모순행렬에 의해 설정된 40가지 발명원리는 #15 동적특성증가(Dynamization)로 나사 삽입 공간을 넓힌 것에 개선하기 위해 적용하였다. 그러나 소켓여유공간은 개선전 큰 것에서 개선후 작은 것으로 나사삽입홀은 개선전 작은 것에서 개선후 큰 것으로 변경하여, 핸들고정방식을 소켓위치방식으로 개선했기 때문에 이는 Opposite원리인 #13 거꾸로하기(The Other Way Around)를 적용해야 하며 <Table 1>과 같이 공간분리, 조건분리, 전체와 부분분리 등의

4가지 분리원칙에 의해서도 개선될 수 있다.

5) Case #5는 <Table 3>, <Table 4>와 같이 TPCT, TCD가 작성되고 물리적 모순, 기술적 모순 모두 정의의 타당성이 입증되었다. 모순행렬의 40가지 원리와 4가지 분리원칙인 #10 미리조치(Preliminary Action)와 조건분리를 적용하여 와이어 연삭을 통해 와이어 간섭을 제거했으나, 이는 Prevent Negation원리인 #9 사전반작용(Preliminary Anti-Action)에 해당하며 <Table 1>에 의하면 시간분리의 원칙에 의한 개선을 할 수 있다. 만약 낸드칩깨짐부적합품이 검출될 수 있는데 와이어 때문에 분석이 곤란하다면 와이어를 제거하면 되는 단순한 개선문제로 물리적 모순과 기술적 모순에 해당되지 않는다. 또한 와이어 간섭이 제거되기 전까지는 낸드칩이 적합품인지, 부적합품인지를 알 수 없는 경우 검출분석을 위해 와이어를 연삭할 경우 적합품일 경우 데이터 저장능력에 문제가 발생하는지를 검토해야 한다.

6) Case #6은 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 <Table 4>에서 개선후 원인(C)인 “클립 오픈너 높이가 높아지면”으로 기술적 모순이 정의되어야 하나 개선전 원인(-C) “클립오픈너 높이가 낮아지면”으로 잘못 기술되어 있다. 모순행렬로 선정된 40가지 발명원리인 #3 국부적품질(Local Quality)로 클립오픈너의 끝부분의 높이와 깊이를 변경하였는데 이는 From Uniform To Nonuniform원리를 올바르게 적용하였다. 만약 TPCT를 클립이 적게 벌어지면(C)의 새로운 개선 아이디어로 <Table 4>와 같이 물리적 모순을 정의할 경우 적정클립각도를 위한 Pressure설정원리로 #35 속성변화(Parameter Change)로 개선을 추구할 수도 있다. 사용된 발명원리 #13과 #35는 <Table 1>에 의하면 각각 공간분리, 전체와 부분분리와 조건분리에 해당한다.

4.4 Case #7~Case #11 사례분석

1) Case #7은 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었고 기술적 모순정의의 타당성도 존재한다. 모순행렬에 의해 선정된 40가지 원리는 #35 속성변화(Parameter Change)와 #13 거꾸로하기(The Other Way Around)로 배관유연성과 내구성향상을 위해 재질을 바꾼 개선은 Transformation of Physical Properties원리인 #35를 올바르게 적용하였다. 그러나 배관접합부가 스윙암을 개선전 바깥에서 개선후 안

으로 연결한 것은 #13이 아니고 Inside Another 원리인 #7 포개기(Nested Doll)에 해당한다. 사용된 발명원리 #35, #7은 <Table 1>에 의하면 각각 공간분리, 조건분리에 해당한다.

<Table 4-1> TPCT for Case #1 ~ #6

Case #	TRIZ Physical Contradiction Trees
Case #1	Means : 판리권이 작으면(C) → Ends : PCB가 원활하게 장착되어 작업생산성 증대 (A) Means : 판리권이 크면(-C) → Ends : PCB 안착 후 유동이 발생하지 않음 (B) PC, TC, IFR : 모듈분리공정 커빙 부적합품 감소
Case #2	Means : 정전 용량 증가하면 → Ends : 전기신뢰성 증가 Means : 정전 용량 감소하면 → Ends : NFL 강건성 증가 (A) PC, TC, IFR : 모바일 메모리 NPC 공정개발을 위한 부적합품 감소 (B)
Case #3	Means : 핸들고정위치가 아니면 (C) → Ends : 고정되지 않음 (A) Means : 핸들고정위치가 아니면(-C) → Ends : 나사조이기 쉬움(B) PC, TC, IFR : 모듈실장공정돌림 부적합품감소
Case #4	Means : 소켓쇠하중을 줄이면 (C) → Ends : 소켓 현저버튼 피손 감소 (A) Means : 소켓쇠하중을 늘리면(-C) → Ends : 소켓현치가 잘 열림 (B) PC, TC, IFR : 초박형제품변공정 돌림 부적합품감소
Case #5	Means : 와이어가 없으면 (C) → Ends : 칩손손음 (A) Means : 와이어가 있으면(-C) → Ends : 데이터 저장 (B) PC, TC, IFR : 반도체케지 깨짐 미정출물감소
Case #6-1	Means : 클립오르너높이가 높아지면 (C) → Ends : 제품중격해지않음(A) Means : 클립오르너높이가 낮아지면(-C) → Ends : 체결각업생산성향상(B) PC, TC, IFR : 서버용 반도체모듈 방열판 체결공정 부품피손 부적합품 감소
Case #6-2	Means : 클립이 격개 벌어지면 (C) → Ends : 제품중격해지않음(A) Means : 클립이 크게 벌어지면(-C) → Ends : 체결각업생산성향상(B) PC, TC, IFR : 서버용 반도체모듈 방열판 체결공정 부품피손 부적합품 감소

2) Case #8은 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 <Table 4>와 같이 개선후 원인(C)를 특성요인도에 있지도 않은 “12층 기판을 사용하면”을 “기판이 휘지 않으면”으로 수정해야 하고 개선후 목표(A)의 “기판휨을 개선함”을 “납입쇄 밀림거리가 작아짐”으로 수정해야 기술적 모순과 물리적 모순의 타당성이 확보될 수 있다. 모순행렬에 의해 선정된 40가지 원리는 #35 속성변화(Parameter Change)로 응용점 170° c인 High Tg의 열에 강한 재질로 변경한 것은 Transformation of Chemical Properties원리를 올바르게 적용하였다. 그러나 미납땜부적합품감소의 목표달성이 미달되어 추가대책을 위한 새로운 아이디어를 [Figure 4]와 같이 기판과 마스크를 일치시키는 인

식매칭센서제어를 개선하면 Closed Loop원리로 #23 피드백(Feedback) 개선을 실시하는 것이 바람직하다. 사용된 발명원리 #35, #23은 <Table 1>에 의하면 각각 조건분리, 전체와 부분분리에 해당한다.

3) Case #9는 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 <Table 4>와 같이 개선후 원인(C)의 “고무재질을 사용하지 않으면”으로 기술적 모순을 정의해야 하는데 거꾸로 “고무재질을 사용하면”으로 작성되어 있다. 모순행렬을 사용하지 않은 40가지 발명원리는 #3 국부적품질(Local Quality)과 #30 유연한 막과 얇은 필름(Flexible Shells and Thin Films)으로 칩접촉면에 폴리머증착코팅을 한 것은 Different or Varying 원리인 #3과 Protective Covers원리인 #30을 올바르게 적용하였다. 사용된 원리 #3과 #30은 <Table 1>과 같이 각각 공간분리, 전체와 부분분리와 공간분리에 해당한다.

4) Case #10은 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 <Table 4>와 같이 개선후 수단(C)를 “가장자리 단차 적용”에서 “가장자리 압력이 높아지면”으로, 개선후 목표(A)를 “압력이 높아져 칩들뜸이 적어짐”에서 “칩들뜸이 적어짐”으로 수정해서 인과관계를 명확하게할 필요가 있다. 모순행렬을 이용하지 않은 40가지 원리는 #3 국부적품질(Local Quality)로 중앙, 가장자리를 순차적으로 누르는 개선을 실시하였으나 칩가장자리들뜸과 칩중앙기포를 동시에 없애려면 균형된 힘으로 칩의 전체를 고르게 누르는Self-Leveling Devices 원리인 #12 높이맞추기(Equipotentiality)와 Matching Properties원리인 #33 동질성(Homogeneity)을 적용하는 것이 바람직하다. 사용된 #12와 #33은 <Table 1>과 같이 전체와 부분의 분리원칙에 해당한다.

5) Case #11은 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았으나 물리적 모순을 핀셋크기로 잡아서 문제가 잘 정의되지(Well Defined) 않아서 [Figure 4]와 같이 개선후의 수단(C)를 “핀간 간격이 크면”으로 수정해야 한다. 또한 TCD를 작성하지 않고 기술적 모순을 “수리하면서 근접핀을 손상시켜서는 안됨”으로 타당하지 못하게 정의되어 이를 개선후 목표(A) “근접핀을 손상하지 않음”, 개선전 목표(B) “Test특성을 향상시킴”으로 수정해야 한다. 모순행렬에 의해 선정된 40가지 원리는 #24 중간매개물(Intermediary)로 핀개별단위 교체수리를 Block단위 교체수리로 개선한 것은 Related Together원리인 #5 동질합병(Merging)을 적용해야 하며 <Table 1>에서 전체와 부분분리 개선에 해당한다.

<Table 4-2> TPCT for Case #7 ~ #11

Case #	TRIZ Physical Contradiction Trees
Case #7	<p>Means: 배관결합부가 스물달린채 연결되어 있으면(C) → PC → Ends: 배관경직도 증가(A) → TC → IFR: 식각용액 배은 피운 안전사고감소</p> <p>Means: 배관결합부가 스물달린채 연결되어 있으면(-C) → PC → Ends: 변형이되지 않음(B) → TC → IFR: 식각용액 배은 피운 안전사고감소</p>
Case #8-1	<p>Means: 기판이 휘지 않으면(C) → PC → Ends: 납인쇄 밀릴 거리가 작아짐(A) → TC → IFR: 서버용제품 부품실장공정 미납할 부적합률 감소</p> <p>Means: 기판이 휘면(-C) → PC → Ends: 재료비 감소(B) → TC → IFR: 서버용제품 부품실장공정 미납할 부적합률 감소</p>
Case #8-2	<p>Means: 기판과 마스크가 일치하면(C) → PC → Ends: 납인쇄밀릴 거리가 작아짐(A) → TC → IFR: 서버용제품 부품실장공정 미납할 부적합률 감소</p> <p>Means: 기판과 마스크가 일치하지 않으면(-C) → PC → Ends: 생산속도 빨라짐(B) → TC → IFR: 서버용제품 부품실장공정 미납할 부적합률 감소</p>
Case #9	<p>Means: 고무재질을 사용하지 않으면(C) → PC → Ends: 이물질 유착되지 않음(A) → TC → IFR: 반도체키지결착공정 결점률 부적합률 감소</p> <p>Means: 고무재질을 사용하면(-C) → PC → Ends: 칩삽착성개선(B) → TC → IFR: 반도체키지결착공정 결점률 부적합률 감소</p>
Case #10	<p>Means: 가열거리 단면이 넓어지면(C) → PC → Ends: 실물품이 면어짐(A) → TC → IFR: 고온방반도체키지결착공정 칩물품 부적합률 감소</p> <p>Means: 가열거리 단면이 넓어지면(-C) → PC → Ends: 칩물량도 발열이 면어짐(B) → TC → IFR: 고온방반도체키지결착공정 칩물품 부적합률 감소</p>
Case #11	<p>Means: 핀간 간격이 크면(C) → PC → Ends: 균열변을 손상하지 않음(A) → TC → IFR: 반도체패시웨이퍼테스트 프로브카드 분해공정수리시간단축</p> <p>Means: 핀간 간격이 작으면(-C) → PC → Ends: Test특성을 향상(B) → TC → IFR: 반도체패시웨이퍼테스트 프로브카드 분해공정수리시간단축</p>

4.5 Case #12~Case #17 사례분석

1) Case #12는 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으며 <Table 4>와 같이 기술적 모순의 타당성이 입증되었다. 모순행렬에 의해 선정된 40가지 발명원리는 #3 국부적품질(Local Quality)로 특정부위의 두께를 증가한 개선은 From Homogeneous To Heterogeneous 원리를 옳게 적용했으며 <Table 1>에서 공간분리 또는 전체와 부분분리의 개선에 해당된다.

2) Case #13는 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 <Table 4>와 같이 개선전 수단(C) “방풍막 설치로 덕트구멍을 차단하면”은 즉개선(Quick Fix)으로 고온공기가 나가지 않게 하려면 “매치플레이트와 덕트사이의 틈새가 좁아지면”으로 새로운 개선전 수단(C)의 아이디어로 물리적 모순과 기술적 모순을 정의해야 한다. 모든 행렬에 의해 선정된 #7 포개기(Nested Doll)로 매치플레이트가 덕트로 들어가도록 개선한 것은 Contain Smaller Units원리를 올바르게 적용했다. 또한 매치플레이트를 작게 하고 덕트를 크게 하는 Slightly More, Slightly Less원리를 이용하는 #16 과부족(Partial or Excessive Actions)으로 개선이 가능하다. 사용된 원리 #7과 #16은 <Table 1>과 같이 각각 공간분리와 시간분리에 해당한다.

3) Case #14는 <Table 3>에서 TPCT와 TCD가 작성되었으나 브러시가 있어서 문제가 아니고 브러시 위치가 잘못된 것이기 때문에 <Table 4>와 같이 개선전 수단과 개선후 수단이 상반관계가 아닌 동일하게 “브러시 위치가 잘 설정되어 있으면”이 되고 그럼으로 해서 클리닝이 잘되고 이물적층이 안되는 목표가

동시에 해결되기 때문에 물리적 모순, 기술적 모순의 정의가 성립될 수 없다. 이는 모순을 정의할 필요가 없는 즉개선의 문제로 TRIZ의 오용에 해당한다. 모순행렬에 의해 선정된 40가지 원리는 수평구동방식을 수직구동방식으로 개선했기 때문에 #18 기계적진동(Mechanical Vibration)과 #17 차원변경(Another Dimension)으로 각각 Oscillation원리와 Re-Orient원리를 올바르게 적용하였다. 4가지 분리원칙은 공간분리를 적용하였는데 사용된 원리 #18, #47은 <Table 1>에서 각각 시간분리, 공간분리에 해당한다.

4) Case #15는 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 개선전 수단(C)이 “웨이퍼 접촉줄임”에서 “슬로터전체가 웨이퍼를 들어 올리지 않으면”으로 물리적 모순의 상반원인이 잘 정의되게(Well Defined) 수정하여야 기술적 모순의 타당성이 확보된다. 모순행렬에 의해 선정된 40가지 원리는 #13 반대로하기(The Other Way Around)로 나이프를 설치하여 웨이퍼만 들어 올리는 개선을 실시했으나 이는 Targeted Focus Group원리로 #3 국부적품질(Local Quality)에 해당하며 <Table 1>에서 공간분리, 전체와 부분분리의 개선에 해당한다.

5) Case #16은 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 개선전 수단(C) “퍼지시간연장”을 “밸브각도를 크게하면”으로 수정해서 특성요인도의 근본원인(Root Cause)으로 물리적 모순을 설정해야 한다. 모순행렬을 이용하지 않은 40가지 원리는 #26 복사(Copying)로 가스를 충전하여 압력복원시간을 제거하였으나 이는 Enriched Atmosphere원리인 #38 산화가속(Strong Oxidants) 또는 Prevent Negative원리인 #9 사전반작용(Preliminary Anti-Action)에 해당한다. 또한 밸브각도를 크게하여 불순물을 급히 배출하는 개선은 Quicking원리로 #21 급히통과(Skipping)에 해당한다. 사용된 원리 #38과 #21, #9는 <Table 1>과 같이 각각 조건분리와 시간분리의 개선에 해당한다.

6) Case #17은 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 수동의 교체시간을 자동으로 줄인다고 캐필러리 세정의 사용수명이 증가하는 것이 아니고, 단지 개선전의 금선제거(10초)→캐필러리세정(40초)→금선재삽입(60초)→교전류방전(10초)→업무프로세스가 금선커팅(2초)→캐필러리세정(40초)→금선꼬리형성(8초)→교전류방전(10초)으로 시간을 단축한 사무간접개선행동에 지니지 않는다. 따라서 <Table 4>에서 기술

적 모순, 물리적 모순의 정의가 이루어질 수 없는 문제로 업무프로세스를 단축하고 작업시간을 감소하는 단순한 개선활동이다. 모순행렬을 이용하지 않은 40가지 원리는 #26 복사(Copying)로 듀얼금선클램프를 적용한 Copy원리를 올바르게 적용했으며 <Table 1>에서 공간분리, 시간분리, 조건분리의 개선에 해당한다.

<Table 4-3> TPCT for Case #12 ~ #17

Case #	TRIZ Physical Contradiction Trees
Case #12	Means: 쇼켓 핀동작부위 두께가 두꺼우면(C) → Ends: 내부핀이 파손되지 않음(A) Means: 쇼켓 핀동작부위 두께가 얇으면(-C) → Ends: 제품삽입이 간편(B) IFR: 모듈안착부적합품 감소
Case #13-1	Means: 방충막실외로 덕트구멍을 차단하면(C) → Ends: 공기가 새지 않음(A) Means: 방충막실외로 덕트구멍을 차단하지 않으면(-C) → Ends: 기구동작 간섭을 받지않음(B) IFR: 왜까지정밀고온도제어동작경사 장비에서 온도이탈시간감소
Case #13-2	Means: 왜까지정밀고온도제어 장비에서 온도이탈시간감소 Means: 왜까지정밀고온도제어 장비에서 온도이탈시간감소 Means: 왜까지정밀고온도제어 장비에서 온도이탈시간감소
Case #14	Means: 브러시위치가 잘 설정되어있으면(C) → Ends: 이물격증이 안됨(A) Means: 브러시위치가 잘 설정되어있으면(-C) → Ends: 윤리닝 간편(B) IFR: 고온형초박형제품 생필용량 수거오염 부적합품 감소
Case #15	Means: 슬롯터 전제가 웨이퍼를 들어올리지 않으면(C) → Ends: 슬롯터와 웨이퍼가 접촉하지 않음(A) Means: 슬롯터 전제가 웨이퍼를 들어올리면(-C) → Ends: 웨이퍼안정성 이득어남(B) IFR: CIS제품 FAB제조 세정공정 변인 부적합품 감소
Case #16	Means: 별브라더를 크게하면(C) → Ends: 불순물을 배출(A) Means: 별브라더를 작게하면(-C) → Ends: 압력원복시간이 필요없이 생산성 향상(B) IFR: 반도체 박막공정 월드분비교체 장치포스시간 감소
Case #17	Means: 캐필러리 세정하면(C) → Ends: 사용수명증가(A) Means: 캐필러리 세정하지 않으면(-C) → Ends: 세정업무감소(B) IFR: 왜까지 결속공정에서 부가제이용감소를 위한 캐필러리 교체장치포스시간 감소

4.6 Case #18~Case #21 사례분석

1) Case #18은 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 <Table 4>에서 과전류가 제어되면(C) 즉 정정확도가 나빠져서(-B), 오픈불량에 영향을 준다면 개선은 해서는 안되므로 기술적 모순으로 정의될 수 없다. 이 사례는 과전류를 제어하고자 한다면 $V=IR$ 에서 R의 저항으로 전류 I를 제어하는 단순개선을 수행하면 된다. 모순행렬로 선정된 40가지 발명원리는 #28 필드변경(Mechanics Substitution)으로 저항 300Ω을 삽입하여 과전류를 제어하는 개선을 Electric Field 원리로 올바르게 적용하였고 <Table 1>의 조건분리와 같은 개선에 해당한다.

2) Case #19는 <Table 3>에서 TPCT와 TCD를 모두 작성했지만 <Table 4>에서 흡수충금불조건을 강하게 한다(A)는 것은 금붙접착력을 좋게한다(B)는 의미와 같아 특성요인도에서 근본적인 원인(Root

Cause)에 의한 물리적 모순의 명확한 정의가 요구된다. <Table 4>에서 금붙접착력부족(-A)은 빠진선부적합품이 되고 접합면깨짐(-B)은 불듄부적합품의 서로 다른 2개의 부적합품을 1개의 TPCT로 작성해서 물리적 모순과 기술적 모순의 정의에 타당성이 결여되어 있다. 따라서 하단금붙은 빠진선부적합품을 방지하기 위해 평균접착력을 42.282g유지하기 위해서 초음파세기 1112.0mA, 접합하중28.0g, 하강속도 0.5mils/sec로 공정개선을 취하고, 상단금붙은 불듄부적합품을 감소하기 위해서 평균접착력을 43.139g 유지하기 위해서 초음파세기 85.0mA, 접합하중 30.0g, 불의 크기 1.9mil로 공정최적화를 별도로 수행해야 한다. 40가지 발명원리와 4가지 분리원칙 모두 사용되지 않았으며 TRIZ 모순정의가 될 수 없는 2개의 서로 다른 공정개선사례이다.

3) Case #20은 <Table 3>에서 TPCT를 작성하지 않았고 4가지 분리원칙도 적용하지 않았다. TCD는 작성되었으나 <Table 4>에서 전면개방 작업을 안하면(C) 즉 테이블 후면 상단 테이블에 걸터앉아 있으면 설치공간이 풍부하다(B)는 것은 물리적 모순의 정의가 성립되기 어렵다. 호스트 PC이동시 내부설치공간이 부족한 것은 모순이 아닌 전면개방작업시 당연히 고려해야 할 사항으로 TRIZ모순 정의가 불필요한 즉개선(Quick Fix)사례이다. 모순행렬로 선정된 40가지 발명원리는 #2 추출액기스(Taking Out)로 호스트 PC를 분할하였으나 이는 Taking Apart원리로 #1 분할(Segmentation)에 해당하며 <Table 1>과 같이 공간분리, 시간분리, 조건분리, 전체와 부분분리의 4가지 분리원칙에 해당한다.

4) Case #21은 <Table 3>, <Table 4>와 같이 TPCT, TCD가 작성되고 Case #21-2의 추가대책에서 기술적 모순의 유익, 유해작용이 거꾸로 그려져 있는 것을 제외하고는 물리적 모순, 기술적 모순 모두 정의의 타당성이 입증되었다. Case #21-1은 모순행렬을 이용하지 않은 40가지 원리는 #29 공기 및 유압의 사용(Pneumatics and Hydraulics), #23 피드백(Feedback)으로 압축공기를 사용하여 플럭스를 밀어내는 개선을 취했는데 Air원리와 Controlled원리를 올바르게 적용했으며 <Table 1>에서 사용된 원리는 각각 시간분리, 조건분리와 전체와 부분분리이나 본 사례에서는 시스템분리를 제시했는데 분리원칙에는 존재하지 않는 개선방법이다. Case #21-2는 #21-1의 추가대책으로 플럭스핀홀더감소를 위해 밀도가 낮은 플럭스핀홀더의 재질사이에 작은 알맹이가 들어있는 재료를 넣어 강도를 높이는 40가지 발명원리 #40 복합

재료(Composite Materials)를 사용했는데 이는 From Uniform To Multiple Materials원리에 맞게 옳게 적용했다. <Table 1>에서 #40 발명원리는 전체와 부분 분리 개선에 해당한다. Case #21-3은 모순행렬을 이용하지 않은 40가지 원리는 #3 국부품질(Local Quality)로 플렉스핀 아래부분을 얇게 하여 플렉스 이동을 막는 개선을 했는데 이는 Varying원리에 맞게 옳게 적용했다. 4가지 분리원칙중 공간분리를 제시하였는데 <Table 1>의 공간분리, 전체와 부분분리와 일치한다. Case #21-4는 #21-3의 추가대책으로 플렉스가 적게 도포되는 것을 방지하기 위해서 플렉스핀을 얇게 하면서 밑둥그러운부분을 직사각형으로 접촉면을 확대하는 40가지 발명원리 #33 동질성(Homogeneity)를 사용했으나 이는 From Uniform To Uniform원리인 #3 국부품질(Local Quality)의 Reversibility로 <Table 1>에서 전체와 부분의 분리에 해당한다. Case #21-4는, #21-3의 공간분리, 발명원리 #3 국부적품질을 처음부터 심도있게 원리를 적용했으면 역으로 돌아갈 필요없는 추가대책이다.

개업체도 2012년 TRIZ교육을 받은후 첫 번째 출전하는 사례이다. <Table 3>과 같이 모든 사례가 TCD와 40가지 발명원리는 전부 사용했으나 기술적 모순과 물리적 모순이 정의될 수 없거나 정의할 필요없는 단순 개선에 무리하게 TRIZ를 적용한 사례가 대부분을 차지하고 있어 사례분석의 의미가 없었다. 특성요인도와 관련한 원인계의 물리적 모순과 결과계의 기술적 모순을 연계하여 정의하지 않고, 기술적 모순은 모순행렬을 찾기 위해 유익작용, 유해작용을 억지로 만들고 물리적 모순은 수단C이기도 하고 수단-C이기도 하는 상반관계로 목적없이 임의로 기술하며 무분별하게 40가지 원리와 4가지 분리원칙을 적용하는 우를 범하고 있다.

4.8 사례에서 적용된 TRIZ 통합기법의 특징

이상의 21개 사례에서 적용한 40가지 발명원리를 올바르게 수정한 후 중복집계하면 총 39가지가 된다. 발명원리 #3 국부적품질(Local Quality)과 #35 속성변화(Parameter Change)는 각각 8번, 4번이 사용되었으며 이는 2004년 조사된 40가지 발명원리를 1, 2순위로 가장 많이 사용된 연구결과[9]와 일치한다. #16 과부족(Partial or Excessive Actions), #17 차원변경(Another Dimension)은 각각 3번, #4 대칭성변경(Asymmetry), #7 포개기(Nested Doll), #12 높이 맞추기(Equipotentiality), #23 피드백(Feedback)은 각각 2번씩 사용되었는데 이는 품질개선을 위한 생산기술과 제품기술에 적합한 원리라 빈번하게 사용된 것으로 판단된다. 또한 #1 분할(Segmentation), #5 동질합병(Merging), #9 사전반작용(Preliminary Anti-Action), #13 거꾸로하기(The Other Way Around), #18 기계적진동(Mechanical Vibration), #21 급히통과(Skipping), #33 동질성(Homogeneity), #26 복사(Copying), #28 필드변경(Mechanics Substitution), #29 공기 및 유압의 사용(Pneumatics and Hydraulics), #30 유연한 막과 얇은 필름(Flexible Shells and Thin Films), #38 산화가속(Strong Oxidants), #40 복합재료(Composite Materials)가 각각 1번 사용되었는데 이들은 2004년 조사된 40가지 발명원리중 순위가 낮은 원리인데도 불구하고[9] 부적합감소를 위한 품질공정기술적인 개선에 적합하여 고루 사용되지 않은가 생각된다.

<Table 4-4> TPCT for Case #18 ~ #21

Case #	TRIZ Physical Contradiction Trees
Case #18	Means: 과전류가 제어되면(C) → Ends: 민손상이 발생안함(A) → IPR: 모방일반도의 모호보 발인공정 오존 부력합동감소 ↓ PC Means: 과전류가 제어되지 않으면(-C) → Ends: 축정밀정확도(B) → TC
Case #19	Means: 흡수율 증분 조건을 강하게하면(C) → Ends: 음용강택이 좋아짐(A) → IPR: 초박형집 레키 결합 필속공정 부력합동감소 ↓ PC Means: 흡수율 증분 조건을 강하게하지 않으면(-C) → Ends: 집합면패드가 깨지지 않음(B) → TC
Case #20	Means: 전면개방 작업을 하면(C) → Ends: 작업공간이 넓어져 사고위험이 적어짐(A) → IPR: 모듈실강공정 아차사고 인수감소 ↓ PC Means: 전면개방 작업을 하지 않으면(-C) → Ends: 설치공간이 충분함(B) → TC
Case #21-1	Means: 압축공기를 사용하면(C) → Ends: 플렉스를 밀어냄(A) → IPR: 반도체레키 불경합공정 플렉스를 클리닝정비시간단축 ↓ PC Means: 압축공기를 사용하지 않으면(-C) → Ends: 인입플렉스와 연결(B) → TC
Case #21-2	Means: 플렉스 핀 용더밀도가 높으면(C) → Ends: 플렉스핀 용더 강도가 높아진다(A) → IPR: 플렉스핀용더 피손 부력합동감소 ↓ PC Means: 플렉스 핀 용더밀도가 낮으면(-C) → Ends: 모양변형이 안된다(B) → TC
Case #21-3	Means: 플렉스 핀 표면이 매끄럽지 않다면(C) → Ends: 편상부로 견인 안됨(A) → IPR: 플렉스핀 클리닝정비시간 단축 ↓ PC Means: 플렉스 핀 표면이 매끄러우면(-C) → Ends: 용더용접압부로 플렉스가 온반(B) → TC
Case #21-4	Means: 플렉스핀이 두꺼우면(C) → Ends: 플렉스양이증분(A) → IPR: 용더불 결합부에 플렉스 적재 활용 ↓ PC Means: 플렉스핀이 얇으면(-C) → Ends: 용더로 플렉스 이송이 쉬움(B) → TC

4.7 Case #22~Case #26 사례분석

이 사례들은 2014년 국가품질분임조 경진대회 TRIZ분야에 출전한 5개 중소기업체의 사례로 4개업체는 2012년-2013년 신생분임조이거나 2005년 결성된 1

5. 결론

본 연구에서는 TRIZ 모순트리와 통합원리를 이용하여 물리적 모순을 해결하는 프로세스를 제시하고 TRIZ 실증사례분석을 다음과 같이 실시하였다.

1) 특성요인도, 로직트리를 이용하여 IFR, 목적(Ends), 수단(Means)의 필요,충분조건의 계층적 분류의 도출방안과, 기술적 모순과 물리적 모순의 인과관계 및 모순정의의 타당성확보를 위한 TPCT와 TCD작성 방안을 제시하고 사례분석을 실시하였다.

2) 기술적 모순을 해결하던 40가지 발명원리를 공간, 시간, 조건, 전체와 부분등 4개 분리원칙과의 관계를 고려하여 유형화한 후 상호보완적인 관점에서 물리적 모순을 해결하는 통합원리를 제안하고 사례분석을 실시하였다.

3) 2011년-2014년 국가품질분임조정대회 TRIZ 분야에 출전했던 26가지 사례분석결과 상충하는 피상적인 두 목적을 해결하려는 기술적 모순의 정의와 40가지 발명원리를 올바르게 적용한 사례는 각각 15.4%와 26.9%밖에 되지 않았다. 또한 패러독스의 근본적인 원인을 해결하는 물리적 모순의 정의와 4가지 분리원칙을 올바르게 적용한 사례는 각각 3.8%에 불과한 것으로 분석되었다.

4) 사례분석결과 40가지 발명원리를 올바르게 수정한후 중복집계된 39가지 원리중 #3 국부적품질과 #35 속성변화가 8번, 4번으로 가장 많이 활용되었으며 #17 차원변경등 나머지원리들도 부적합품감소를 위한 생산기술과 제품기술조건의 개선에 적합한 원리들이 주로 사용될 수 있다는 것을 보여주었다.

5) 품질분임조활동시 상충하는 두 목적의 기술적 모순, 패러독스의 상반원인관계인 물리적 모순의 정의에 대한 타당성검토없이 TRIZ 40가지원리와 4가지 분리원칙을 무리하게 적용할 경우 TRIZ는 현장개선의 유효행으로 없어지는 하나의 기법으로 간주될 수 있다.

6. References

[1] Beckmann H.(2014), "Method of Transferring the 40 Inventive Principles to Information Technology and Software", *Procedia CIRP* : 1 - 5.
[2] Choi C.(2007), *TRIZ Marketing, Thenanbiz*.
[3] Choi S.(2013), "Implementation of Statistical Significance and Practical Significance using Research Hypothesis and Statistical

Hypothesis in the Six Sigma Project", *Journal of the Korea Safety Management and Science*, 15(1) : 283 - 292.
[4] Choi S.(2014), "The Characteristics and Implementation of Quality Metrics for Analyzing Innovation Effects in Six Sigma Projects", *Journal of the Korea Safety Management and Science*, 16(1) : 169 - 176.
[5] Domb E., Terminko J., Miller J., MacGran E.(1999), "The Seventy-Six Standard Solutions : How They Relate to the 40 Principles of Inventive Problem Solving", *The TRIZ Journal*, May.
[6] Dourson S.(2004), "The 40 Inventive Principles of TRIZ Applied to Finance", *The TRIZ Journal*, October.
[7] Hipple J.(2005), "40 Inventive Principles with Examples for Chemical Engineering", *The TRIZ Journal*, June.
[8] Hipple J., Caplan S., Tischart M.(2010), "40 Inventive Principles with Examples : Human Factors and Ergonomics", *The TRIZ Journal*, February.
[9] Hipple J.(2012), *The Ideal Result*, Springer.
[10] Hsia T., Pu L.(2013), "Using TRIZ to Improve Maintenance and Repair Services at Jung-Xian Auto Repair", *AISS*, 3(9) : 409 - 419.
[11] Jeon Y.(2011), *Creative Problem Solving Using TRIZ*, GS Intervision.
[12] Korea TRIZ Association(2009), *Business TRIZ*, Kybobook.
[13] Mann D.(2001), "40 Inventive (Food) Principles with Examples", *The TRIZ Journal*, October.
[14] Mann D.(2002), *TRIZ Companion*, CREAM Press.
[15] Mann D.(2002), *Hands-On Systematic Innovation*, CREAM Press.
[16] Mann D.(2003), *Matrix 2003 : Updating the TRIZ Contradiction Matrix*, CREAM Press.
[17] Mann D.(2007), *Hands on Systematic Innovation for Business & Management*, IFR Press.
[18] Mann D.(2010), *Hands on Systematic Innovation for Technical Systems*, Lazarus

- Press.
- [19] Marsh D.G., Waters F.H., Marsh T.D.(2004), "40 Inventive Principles with Applications in Education", The TRIZ Journal, April.
- [20] Orloff M.A.(2006), Inventive Thinking Through TRIZ, 2 Edition, Springer.
- [21] Platt R.(2013), "40 Inventive Principles with Examples from Semiconductor and High Tech", Strategy Innovation Group.
- [22] Rantanen K., Domb E.(2007), Simplified TRIZ, 2 Edition, Auerbach Publications.
- [23] Retseptor G.(2002), "40 Inventive Principles in Microelectronics" The TRIZ Journal, August.
- [24] Retseptor G.(2003), "40 Inventive Principles in Quality Management", The TRIZ Journal, March.
- [25] Retseptor G.(2008), "The Characteristics and Implementation of Quality Metrics for Analyzing Innovation Effects in Six Sigma Projects", Journal of the Korea Safety Management and Science, 16(1) : 169 - 176.
- [26] Semyon D.S. (2000), Engineering of Creativity, CRC Press.
- [27] Shirwaiker R., Okudan G.E., "TRIZ and Axiomatic Design : A Review of Manufacturing Case-Studies & Their Compatibility", PICMET 2006 Proceedings : 9 - 13.
- [28] Stratton R., Mann D.(2003), "Systematic Innovation and the Underlying Principles Behind TRIZ and TOC" Journal of Materials Processing Technology, 139 : 120 - 126.
- [29] Teplizkiy A., Kourmaer R.(2005), "Application of 40 Inventive Principles in Construction", The TRIZ Journal, May.
- [30] Terninko J., Zusman A., Zlotin B.(1998), Systematic Innovation, St. Lucie Press.
- [31] Terninko J.(2001), "40 Inventive Principles with Social Examples" The TRIZ Journal, June.
- [32] Timokhov V.I. (1995), Natural Innovation : Examples of Creative Problem - Solving in Biology, Ecology and TRIZ, CREAM Press.
- [33] Williams T., Domb E.(1998), "Reversability of the 40 Principles of Problem Solving", The TRIZ Journal, May.
- [34] <http://ebooks.narotama.ac.id/filesmechanical%20Engineers%20Handbook%20>
- [35] <http://www.osaka-gu.ac.jp/php/nakagawa/TRIZ/eTRIZ/eforum>
- [36] <http://www.q-korea.net>

저 자 소 개

최 성 운



현 가천대학교 산업공학과 교수. 한양대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사 학위를 취득하고, 1994년 한국과학재단 지원으로 University of Minnesota에서 1년간 Post-Doc을 수행했으며, 2002년부터 1년반 동안 University of Washington에서 Visiting Professor를 역임하였음. 주요 관심분야는 BCM, 자동화 생산 및 장치 산업에서의 품질관리이며, 통신, 정보시스템의 보안, 신뢰성 설계 및 분석, 서비스 사 이언스, 재무금융공학, Wavelet, Business Dynamics & Analytics, TRIZ에도 관심을 가지고 있음.