

Triz와 공리설계의 상승작용

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 신효순
(0637shin@reseat.re.kr)

1. 서론

- 혁신이 모든 산업의 성장과 발전에 필수적인 역할을 한다. 결과적으로 회사들은 그들의 경쟁적 우위와 생존을 보장하기 위하여 그들의 설계법의 효율을 묻게 된다.
- 올바른 응용을 위해 올바른 도구를 사용하는 것이 필수적이다. 많은 경우에 도구의 결합이 목적을 달성하기 위해 더 효율적인 것처럼 보인다. 마찬가지로 문헌에 많은 문제 해결 도구가 제안되었는데 문제를 해결하기 위하여 적절한 도구나 도구의 결합을 선택하는 것이 중요하다.
- 문제 공간에 관련된 모든 매개변수들을 고려해서 문제를 정확하게 정의하고 구성하는 것이 필요하다. 작은 기본수준의 문제들로 분해하기 위하여 문제의 철저한 분석이 필요하다. 일단 이것이 되면 혁신적인 해법이 궁극적으로 주요 문제를 해결하는 각각의 기초적인 문제들을 위해 개발될 수 있다.
- TRIZ(theory of inventive problems solutions)는 혁신적 해법을 구하기 위한 체계적인 접근법이다. 이것은 특징분석을 기초로 하는데 다양한 원칙으로부터 여러 해결 패턴을 통합한다. TRIZ는 더 좋고 새로운 해법이 존재하는 데도, 쉽고 흔한 방법으로 끌리게 하는 설계팀의 심리적 타성을 제거시킨다.
- 공리설계(AD: Axiomatic Design) 접근법은 주어진 문제를 체계적으로 해결하기 위한 2개의 공리 응용에 근거한다. 두 개의 공리는 그것이 제품, 공정 또는 시스템 설계이건 간에 좋은 설계에 항상 존재하는 공통적인 요소들을 고찰함으로써 확인될 수 있다.

- 첫 공리인 독립공리는 문제의 기능적 요구(FR: Functional Requirement)가 각각 독립적이어야 한다고 진술한다. 두 번째 공리인 정보공리는 더 좋은 해법은 최소의 정보내용, 즉 복잡성이 적은 것이라고 진술한다.

2. TRIZ 응용에 대한 문헌 검토

- 문제는 생산 단계의 여러 다른 수준에서 발생할 수 있다. 생산에 관계된 문제의 성질에 따라 생산 설계, 생산 공정 및 생산 시스템으로 구분할 수 있다.
- TRIZ는 생산에 관계된 설계 문제 해결을 위한 개념 생성을 돕는다. Skinner는 생산에 관계된 모순되는 성능 파라미터를 인식하고 관리하는 것을 돕기 위하여 기계설계 절충개념을 사용하였다.
- 항공모함에 착륙할 수 있는 500명 탑승의 여객기를 설계하고, 또한 음속 벽을 깨는 문제를 제시했다. Stratton과 Mann은 이 문제를 해결하기 위하여 TRIZ의 사용을 제안했다. 설계 문제는 기술적 모순의 향으로 체계적으로 분류되었고, 모순 매트릭스에 의하여 제안된 원칙들이 중요한 해결 개념을 개발하기 위한 절충을 해결하기 위하여 사용되었다.
- 자동차 산업에서 TRIZ 응용이 Cascini 등에 의하여 설명되었는데 여기서 TRIZ가 플라스틱을 사용하여 모터스쿠터의 알루미늄 휠을 재설계하였다. Bariani 등은 위성 안테나를 재설계하기 위하여 생산 및 조립을 위한 설계(DSFM)와 조화하여 TRIZ를 사용하였다.
- TRIZ가 생산 공정의 개선을 위해서도 성공적으로 실행되었다. Monplaisir 등은 플라스틱 병의 플루오르화 공정을 개선하기 위해 TRIZ의 사용에 근거한 사례연구를 제안하였다. 플루오르화 공정은 투과성을 감소시키고 폴리머의 표면 처리를 통한 화학적 저항을 개선한다.
- 이들은 더 좋은 가스 유동성을 위하여 공정반응기의 위에 샤워꼭지를 설치하여 가스입구가 가스실의 옆에 있던 기존 설계와 반대로 균일한 분포를 하도록 중력을 이용한 플루오르화 공정을 제안해서 원가도 절감하고 플루오르화의 균일성도 향상시켰다.

3. 공리설계 응용에 대한 문헌 검토

- 공리설계는 공학설계 영역에서 시작했지만 생산에 상당히 응용되었다. TRIZ의 응용과 비슷하게 AD응용은 생산을 위한 설계, 생산 공정 및 생산 시스템이다.
- AD접근은 설계문제를 기능적 영역에서 명확한 기능적 요구 사항으로 세분화한 후 물리적 영역에서 설계 요소(DP: Design Parameter)로 도식화한다.
- Yang 등은 간단한 병/캔 따개가 어떻게 응용할지를 설명한다. 따개는 병을 따고 캔을 여는 두 개의 기능적 요구사항을 갖는다. 이들 두 FR은 AD의 첫 독립공리를 만족한다.
- 기능적 연결이 없는 물리적 통합은 제품의 복잡성이 줄어들기 때문에 유리하다. 한 설계가 두 가지 기능을 만족시킴에 따라 이것은 더 좋은 생산성을 의미한다.
- Durmusoglu 등은 전통적인 생산 배치를 셀 방식의 생산시스템(CMS)으로 변환하는데 AD원리에 근거한 기본 구성을 제안하였다. 전통적인 공정지향 배치의 금속제 램프/계단 생산을 제안된 기본구성에 의한 셀 방식 생산으로 변환하는 사례연구가 설명 보고되었다.

4. TRIZ와 공리설계의 양립성

- TRIZ가 혁신적인 해법을 찾아주는 능력을 가진 반면 AD는 주요한 문제를 체계적으로 정의하여 분해하고 2개의 공리를 만족하는 해법의 효율성을 분석하는 능력을 가지고 있다.
- AD는 설계자에게 설계 초기 단계에 그들의 사고과정을 구성하는 도구를 제공하고, TRIZ는 현존하는 시스템의 모순에 대한 해법에 설계자를 안내하는 도구로서 명성을 얻었다.

- 저자들은 2개의 기술을 협력해서 적용하는 기본구성을 제안한다. 상승적인 접근은 우선 문제를 분석하고, 기초적 문제의 계층으로 분해하기 위하여 AD를 사용한다. TRIZ는 기능적 요구사항을 분리하고(만약 그들이 연결되어 있으면) AD 계층에 있는 기본 문제에 혁신적인 해법을 생성한다.

5. 사례 연구

- 회사가 전기식 공기회로차단기(ACB)의 여러 다른 등급을 생산 조립한다. ACB의 기능적으로 중요한 하위부품은 트립래치롤러핀 서브어셈블리(TLRPSA)이다. 자주 발생하는 결함을 영구히 제거하여 조립불량을 방지하기 위해 TLRPSA가 훈련계획의 일부로 재설계되었다.
- 기능적으로 TLRPSA는 트립래치 어셈블리와 롤러핀 서브어셈블리의 2부품으로 분리될 수 있다. 최초의 설계에 근거한 총 TLRPSA 조립 공정은 5개 작업으로 구성되었다. 수정된 설계에서는 마지막의 2회 리베팅작업을 1회로 통합시킴으로써 4개의 작업으로 감소시켰다.
- 첫 3개 작업은 수동이어서 개개의 작업장에서 수행될 수 있는 반면 마지막 작업은 공압 리베팅 프레스에서 수행된다. 설계가 변했기 때문에 현존하는 리베팅 절차가 수정된 설계에 적용될 수 없다. 리베팅 작업은 빠르고 정확해야 되고 리베팅이 TLRPSA에 마지막 가치를 추가하는 작업이므로 부정확한 리베팅은 매우 높은 품질 비용을 가져온다.

6. 결론

- 산업에서 발생하는 문제들을 다루기 위하여 올바른 문제해결 도구를 사용하는 것이 필수적이다. 생산과 설계에 관련된 문제를 해결하는 데 있어서 TRIZ와 AD의 산업적 응용에 대한 검토에 있어 TRIZ 응용이 제품설계와 생산 공정에 관계된 문제에 일차적으로 집중하는 반면, AD는 여러 층의 시스템과 관련된 문제를 해결하기 위하여 일차적으로 적용된다.

- AD는 문제를 규정하고 분석하는 데 가장 효율적인 반면 TRIZ는 창의적인 해법을 찾아내기 위한 최선의 시스템적 기술 가운데 하나인 것이 밝혀졌다.
- 그래서 TRIZ와 AD의 사용에 근거한 새로운 문제해결 접근법이 문제를 체계적으로 규정하고 기능적 요구사항을 개개의 계층적 요소들로 분산하는 데 사용된다.
- TRIZ가 관련된 기능적 요구사항(FRs)을 만족하기 위한 설계 파라미터(DP)를 개발하기 위하여 사용되었다. 설계 매트릭스가 연결된 경우에는 TRIZ 분리 원칙이 비독립적인 FRs를 분리하기 위하여 적용될 수 있다.
- 추가로, 하나 이상의 해법이 TRIZ를 사용하여 생성될 경우 적합한 개념선택법(CSM)이 최적 해법을 선택하기 위하여 사용될 수 있다. 생산성을 개선하기 위한 공구설계의 사례연구가 제안된 문제해결 접근법을 설명하기 위하여 고찰되었다.
- 사례연구를 통해서 본 것처럼 TRIZ와 AD는 양립할 수 있다. TRIZ와 AD를 사용한 이 접근법은 문제 해결 효율과 품질을 향상시킬 것이 기대된다.

출처 : Rohan A. Schirwaiker et. al., "TRIZ and axiomatic design: a review of case-studies and a proposed synergistic use", *J Intell Manuf*, 19, 2008, pp.33~47

◁ 전문가 제언 ▷

- 시장에서 경쟁이 증가하면서 문제해결과정을 촉진시키는 것이 산업에서 중대하게 되었다. 그래서 많은 문제해결 기술들이 여러 특징을 갖는 문제들을 효율적으로 다루기 위하여 고안되었다.
- 이와 같은 2개의 기술인 발명적 문제해결원리(TRIZ)와 공리적 설계(AD)가 최근 여러 산업체와 서비스업체에 널리 적용되었다. 이 논문은 생산과 설계에 관계된 산업적 문제를 해결하는 데 TRIZ와 AD의 실질적인 응용을 검토했다. 또한 TRIZ와 AD의 양립성이 검토되었다.
- 저자들은 검토에 근거해서 문제해결과정에서 효율과 품질을 얻기 위하여 문제해결에 이 두 기술을 동시에 적용하는 새로운 접근법을 제안한다. 이 접근법이 제조업에서 생산성 향상의 실생활 사례 연구를 통해 시범적으로 설명되었다.
- 공리설계는 좋은 설계를 위한 효율적인 도구와 논리적 분석절차를 제공한다. 그러나 공리설계는 한계가 있다. 기능적 구조가 아직 표준화되어 있지 않고 설계 문제를 해결할 방법이 없다. 공리설계에 적용될 기술인 기반에 TRIZ를 결합해서 해결할 수 있다.
- 설계에서 문제 해결을 위한 이론적 기본으로 TRIZ를 효율적으로 사용할 수 있다. 공리설계에서 독립공리는 기능적으로 의존이 적을수록 시스템 성능이 좋다고 설명한다. 제안된 비 연결(uncoupling)법은 기능적 의존을 피하고, 잘 어울리는 매개변수나 대체할 수 있는 기술적 아이디어를 찾을 수 있다.
- 공리설계는 1990년대 초에 설계의 원리(Principles of design)에 관한 강의에서 전 MIT 공대 서남표 교수로부터 직접 수강할 기회가 있었다. 제품 설계, 생산 공정 및 시스템 설계에 많은 공헌을 했다. TRIZ의 혁신적인 해결방안과 결합해 사용하면 금상첨화의 결과를 얻는다고 생각한다.