

정보량에 의한 굴삭기 설계 전문가 지식의 평가

장준현*(두산인프라코어), 전찬모(두산인프라코어), 노태성(AMS)

The Evaluation of Expert Knowledge for the Excavator Design Using Measure of Information

J. H. Jang (Doosan Infracore Company), C. M. Jeon(Doosan Infracore Company), T. S. Noh(AMS)

ABSTRACT

We develop the evaluation method of functional requirements for excavator design. The functional requirement of the product can be deduced from voice of customer. QFD method is used in order to convert customer requirement to functional requirement. The measure of information index is used to evaluate quantitatively the product quality characteristics. The correlation score between customer requirements and functional requirements and benchmarking score of competitors are basic data for the measure of information.

Key Words : Quality Function Deployment(품질기능전개), Expert(전문가), Axiomatic Design(공리적 설계), Measure of Information(정보량), Excavator(굴삭기)

1. 서론

다원화 된 현대사회에서 제품을 생산하는 기업체 입장에서는 고객의 다양한 요구에 부응하는 제품을 개발하는 것이 기업의 수익 증대와 직결된다. 고객 중심의 제품 기획을 하기 위해서 본 논문에서는 다음과 같은 두 단계로 제품의 기능적 특성을 평가하였다. 첫째, QFD(Quality Function Deployment)를 이용하여 고객이 가지고 있는 상품 특성에 관한 비전문가적 요구사항을 제품이 가져야 하는 기능적 요구 사항으로 전환하는 작업을 수행하였다. 둘째, 사내 전문가들에 의하여 도출된 기능 요구를 평가하기 위하여 공리적 설계기법에 기반을 둔 정보량(Measure of Information)을 평가 인덱스로 사용하였다. 이렇게 하여 고객이 요구하는 굴삭기의 프런트 그룹(Boom, Arm & Bucket)의 제품 품질 특성 중 가장 중요한 특성들을 선정하였다.

2. 굴삭기의 품질기능 전개(QFD)

2.1 품질기능 전개

제품기획 단계에서 시장 조사와 분석을 통하여

고객의 요구사항을 파악하게 된다. 고객의 제품에 대한 요구와 실제로 생산되는 제품의 품질 특성에는 항상 차이가 존재하게 된다. 이 차이를 메우기 위한 하나의 방법으로 QFD(Quality Function Deployment)^{1,2}를 사용한다. QFD의 목적은 소비자의 제품에 대한 요구 사항을 정확하고 체계적으로 분석하여 설계 및 생산의 제품 개발 단계에서 반영할 수 있도록 하는 것이다. QFD는 통상 4 단계로 전개되는데, 가장 제일 처음에는 제품 기획 단계로서, 고객의 요구 사항을 제품의 품질 특성으로 전환시키는 것이다. 즉, 소비자의 요구를 만족시키기 위한 가장 중요한 제품 품질 특성을 파악하고 또한 경쟁사 제품의 품질 특성과의 벤치마킹을 통하여 자사 제품에서 제일 먼저 개선해야 할 특성을 파악한다. 2 단계에서는 전 단계에서 분석된 주요 품질 특성을 결정짓는 부품의 특성으로 기능을 전개한다. 3 단계에서는 전 단계에서 분석한 부품 특성을 구현하기 위한 각각의 부품의 설계 변수들을 결정하는 단계이다. 4 단계에서는 부품들의 주요 품질 특성을 구현하기 위하여 생산에 필요한 공정을 설계하는 단계로써 공정에 영향을 미치는 공정 변수들을 파악한다.

2.2 굴삭기 프론트 그룹의 QFD

제품 개발 환경을 개선하여 설계자가 과거의 직용 규칙이나 실패 사례를 잘 가공하고 데이터베이스화하여 설계 시에 도움을 줄 수 있는 시스템을 개발한다면 품질·납기·비용적인 측면에서 매우 효과적인 시스템이 될 것이다. 그러기 위해서는 사내의 각 전문가나 조직이 수행하는 설계 관련 업무가 입력 정보, 출력 정보 그리고 입/출력 정보로 변환시키는 각종 판단의 기준들이 구조화 하여야 한다. 이러한 구조화를 통하여 의사 결정 과정을 명시화하고 설계 리뷰 단계에서 Check List 로서의 역할을 하게 되면 Knowledge Ware 와 Digital Meister의 형태로의 전환은 용이하게 된다. 이러한 요구에 의해 굴삭기 설계에 있어서 스마트 설계 시스템을 개발하는 초기 과정으로 QFD 기법을 사용하여 고객 요구를 제품의 설계 제원으로 변환하는 작업을 하였다.

제품 개발의 각 단계에서 각 업무 분야가 수행하는 특성들을 파악하고 전문가의 Interview를 통하여 설계 절차와 설계 과정에서 사용되는 각종 입력·출력 서류와 설계 애로 분야 및 시행착오가 많이 수행되는 업무를 파악하였다. 설계 관련 각종 입력·출력 서류와 양산 시에 만들어지는 품질 보고서들의 분석을 통하여 각 단계에서 수행하고 있는 주요 특성에 대하여 추출된 특성들은 다시 제품 설계 각 단계로 분류하고, 제품 개발 과정에서의 시작 시험 평가나 해석을 통해서 수행하는 제품 개선의 결과가 영향을 주는 인자에 대하여 분석하였다. 이를 기초로 하여 각 특성 인자들 간의 Lost Chain을 찾고, Couple 이나 Trade-Off 된 특성들 찾았으며, 얻어진 Lost Chain, Couple 된 분야가 설계 애로 분야나 시행착오가 많은 분야와 일치하는 지를 검증하였다. Lost Chain, Couple 된 분야를 해결하기 위한 방향을 검토하여 설계 절차 개선 필요 여부와 제품 개발시의 필요로 한 지식을 구한다.

Fig. 1(a)는 이런 작업 과정을 거쳐 얻어진 결과의 일부이며 QFD의 첫 단계인 고객 요구 - 기능 요구 부분만 나타내었다.

(a) Customer & Functional Requirement

(b) Benchmarking Score

Fig. 1 QFD of Front Group of Excavator

Fig. 1(b)의 오른쪽은 3 개의 경쟁사를 벤치마킹하여 점수로 나타낸 것이다. Fig. 1에서 고객 요구와 기능 요구의 상관 관계를 전문가 집단의 관련 지식을 수집하여 판단하고 Table 1 과 같이 표시하였다.

3. 정보량에 의한 지식의 평가

3.1 정보량의 정의

웹스터 사전에 의하면, “정보(Information)란, 읽거나 보거나 듣거나 하여 수집한 제 사실들의 집합” 이라고 정의되어있다. 그러나 본 연구에서의 정의는 좀 다르게 사용하고자 한다. 즉 “정보란, 대상물의 상태가 불확정의 상태에 놓여 있을 때, 이 상태를 변환하여 보다 확정적인 상태로 구별할 수 있는 것” 이라고 정의한다. 그리고 정보량(Measure of Information)³ 이란 정보의 정량적인 측정치를 말한다.

정보량과 관련된 몇 가지의 용어를 아래에 정의한다.

- (1) 시스템(System) : 개발하고자 하는 대상의 제품이나 상품을 시스템이라 정의한다.
- (2) 시스템 변수(System Parameter) : 시스템을 평가하기 위해서 사용되는 대표 변수
- (3) 시스템 범위(System Range : SR) : 제품이 기본적인 성능을 갖기 위해서 시스템 변수가 필히 가져야 하는 변수의 범위를 시스템 범위라 한다.
- (4) 디자인 범위(Design Range : DR) : 요구 기능이 어떤 값을 반드시 가져야 할 범위를 디자인 범위라 정의한다.
- (5) 공통 범위(Common Range : CR) : 디자인 범위와 시스템 범위의 공통 부분이다.
- (6) 정보량(Measure of Information) : 샤논의 정보이론(Shannon's Information Theory)⁴ 에 의하면 사상

a 가 발생 할 확률을 $p(a)$ 라 하면 사상 a 가 발생하는데 필요한 정보량(Measure of Information) $I(a)$ 는 다음과 같다.

$$I(a) = \ln \frac{1}{p(a)} \quad (1)$$

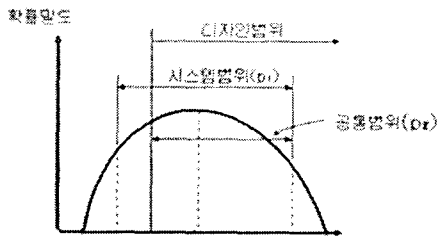


Fig. 2 System Range, Design Range & Common Range

또한 어떤 시스템이 상태 1에서 상태 2로 변환되는데 필요한 정보량은 다음과 같다.

$$I = \ln \frac{1}{p_2} - \ln \frac{1}{p_1} = \ln \frac{p_1}{p_2} \quad (2)$$

위의 정의를 Fig. 2와 결부해서 생각해 보면, p_1 은 어떤 시스템의 해당 시스템 변수가 시스템 범위 내의 값을 가질 확률을 나타내고 p_2 는 어떤 시스템 변수가 공통범위 내의 값을 가질 확률을 나타낸다.

최적의 시스템은 시스템 정보량 I 가 최소일 때⁵이며 정보량이 최소가 되게 시스템 변수를 최적적으로 조정하여야 한다. 따라서 제품을 설계 한다는 것은 가능한 범위(시스템 범위)내에서 요구 기능이 최적인 상태를 만들어 낼 수 있는 디자인 변수로 상태 변화 시키는 것이므로 시스템 정보량 I 에 의해 제품의 설계 항목을 평가할 수 있다.

3.2 굴삭기 프론트 그룹의 기능요구 평가

전문가 집단에 의해서 고객의 요구 사항에 해당하는 설계 변수들을 브레인스토밍에 의해 도출하였으나 전문가들의 지식은 전문가들 사이에서도 상충하거나 중첩되거나 혹은 간과되어서 정량적으로 분별·평가하기가 어렵다. 정보량을 이용하여 품질기능 전개 방법에 의해 도출된 제품의 기능적 요구 사항을 평가한다.

2장에서 구한 QFD 도표의 고객 요구와 기능요구의 상관 관계에 따라 Table 1과 같이 점수를 부여하였다.

Table 1. Symbol & Score Definition

Symbol	●	◎	○	◦
Relation	강	←	→	약
Score	9	5	3	1

상관관계 점수와 벤치마킹 점수를 이용하여 시스템 범위와 디자인 범위를 구하기 위하여 퍼지 집합론에서 사용하는 멤버십(Membership Function) 함수를 이용한다. 즉 멤버십 함수는 Fig. 3과 같이 정의되며 시스템 변수에서 상관관계 점수가 높으면 시스템 범위는 작아지고 점수가 낮으면 범위는 커진다. 다시 말하면 점수가 높으면 그만큼 요구 사항도 까다로워서 설계 제원을 만족하는 시스템 변수를 선택 할 폭이 좁다는 뜻이다. 경쟁사 제품을 벤치마킹 한 평균 점수를 디자인 변수로 사용하고 이 점수를 이용하여 디자인 범위를 결정한다. 시스템 범위를 결정하는 방법과 같은 방법으로 벤치마킹한 경쟁사의 점수를 이용하여 디자인 범위를 결정한다. 즉 고객이 판단한 경쟁사의 성능이 디자인 범위를 결정하는 변수가 된다. 시스템 범위와 마찬가지로 벤치마킹 점수가 높으면 디자인 범위가 좁아져서 경쟁사 제원을 만족하는 제품을 만들기 어렵다는 뜻이다.

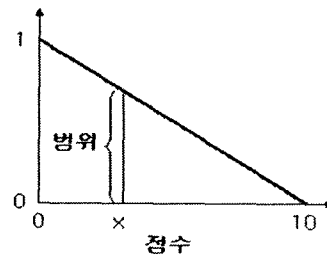


Fig. 3 Membership Function

본 논문에서는 멤버십 함수로 일차 함수를 사용하였으나 점수가 가지고 있는 성격이나 맵핑 목적에 따라서 지수함수나 Sigmoid 혹은 arctan 함수 등을 사용할 수도 있다.

앞에서 정의한 것과 같이 공통범위는 시스템 범위에서 디자인 범위를 뺀 것과 같고 정보량은 다음과 같다.

$$I = \ln \left(\frac{\text{SystemRange}}{\text{CommonRange}} \right) \quad (3)$$

Fig. 4 에는 QFD 의 상관 관계 점수와 벤치마킹 점수를 이용하여 정보량을 구한 결과의 일부이다.

Fig. 4 Measure of Information of QFD

3.3 기능요구 평가 결과

고객 요구 항목에 대한 기능 요구의 각 정보량을 전부 더하면 총정보량(Total Measure of Information)이 되며 이 값이 작은 것이 제품 설계자가 유의해서 설계해야 하는 중요 품질 특성이다. Fig. 5 는 위에서 구한 총 정보량의 분포를 나타내며 x-축의 번호는 기능 요구 항목에 대응하는 번호이다.

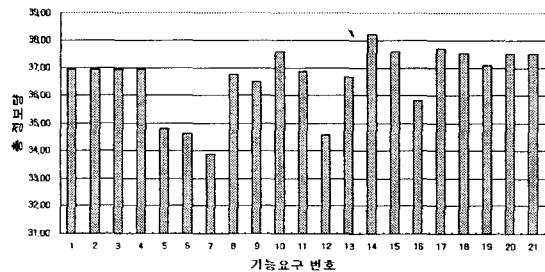


Fig. 5 Total Measure of Information

Table 2. Most Important Functional Requirement

순위	번호	총 정보량	기능요구 항목
1	7	33.9	암 최대 굴삭력
2	5	34.8	봄,암,버킷의 parking 위치
	6	34.6	버킷 최대 굴삭력
3	12	34.6	토출압-작업/주행
	16	35.8	연비
	23	35.9	전자파 특성
	24	35.1	컨트롤 밸브 특성

38 개의 총정보량의 평균은 36.8 이고 이 가운데 36

보다 작은 항목은 7,5,6,7,16,23 그리고 24 항이며 Table 2 는 이에 상응하는 기능 요구 항목을 나타낸다. Table 2 에서 보듯이, 고객이 요구하는 가장 중요한 제품의 기능적 품질 특성은 암의 최대 굴삭력이며 그 다음으로 중요한 특성은 프런트 그룹의 파킹 위치, 버킷의 최대 굴삭력 그리고 토출 압력이다. 제품 설계자는 전문가 그룹에 의해 구조화 된 위 프로세스에 의해 결정된 특성 인자를 충분히 고려하여 부품 설계를 하여야 한다.

4. 결론

고객의 소리(VOC)로부터 나온 요구 기능을 기존의 설계 전문가들의 지식으로 맵핑하는 도구로써 QFD 를 이용하고 QFD 의 제품의 기능적 품질 특성의 중요도를 평가하는 기준으로 정보량을 이용하였다. 본 연구에서는 QFD 의 첫째 단계에서 정보량에 의한 평가를 실시하였으나 차후에는 QFD 의 전 단계에 걸쳐서 전문가의 지식을 수렴하고 평가하는 단계를 밟아 부품의 설계 제원 중에 가장 중요한 요인을 찾아내어 제품 설계 및 조립에 반영할 수 있도록 할 계획이다.

참고문헌

1. Ronald G. Day, A., Quality Function Deployment – Linking a Company with its Customers, ASQC Quality Press, 1993.
2. Lou Cohen, Quality Function Deployment – How to Make QFD Work for You, Addison-Wesley, 1995.
3. Nakazawa, H., 情報積算法, Corona, 1987.
4. Shannon, C.E., The Mathematical Theory of Communication, Univ. of Ill Press, 1949.
5. Suh, N.P., The Principle of Design, Oxford Univ Press, 1990.