

복합시스템 장비의 위험성 평가체계 개발 및 적용

- Risk Assessment System and its Application for Complex Equipment -

김 종 결 *, 정 진 호 **

Abstract

Consumers require various quality characteristics including safety. The reduction of risk concerned on product safety becomes urgent issue in leading companies. The strategy for customer satisfaction by choosing attractive quality characteristic is not enough for risk reduction in view of producer.

This paper presents a method for choosing quality characteristics and risk characteristics by integrating QFD based on quality requirements and AHP based on safety requirements, also shows its application for complex equipment.

Key Words : CTQ, QFD, AHP, quality, risk

1. 서 론

제품이나 프로세스의 품질에 영향을 미치는 요소인 CTQ(Critical to Quality)를 선정하는 방법은 여러 가지가 있지만 주로 사용되는 방법이 QFD (Quality Function Deployment) 전개방법이다. 그러나 QFD 방법은 고객만족 중심의 매력특성을 효과적으로 선정하여 투자효율을 높이는 데는 효과적일 수 있지만, 기술 중심으로 접근할 수 있는 리스크 및 안전관련 특성에 따른 비용절감에는 한계가 있다. 특히, 제조물책임법 (PL 법)의 시행 등 제품의 안전성과 신뢰성이 요구되는 시장상황에서 QFD만으로 이에 대응하기에는 부족하다. [5][10]

이에 본 논문에서는 고객만족을 극대화 시킬 수 있는 CTQ 선정을 위해 기존의 QFD 방법에 안전성 확보를 위한 엔지니어들의 품질특성치에 대한 의사결정을 AHP 기법으로 가중치를 산출하여 비교·결합시킴으로써 안전성을 포함한 고객만족을 달성할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

본 논문은 2003년도 산학협동재단 연구비 지원에 의해 작성되었음.

* 성균관대학교 시스템경영공학과

2. 통합 QFD 모델 설계

2.1 QFD 분석의 특징 및 한계

QFD(Quality Function Deployment)는 소비자의 요구를 제품의 특성으로 전환하여 완성품의 설계품질을 결정한 다음, 이를 다시 부품특성, 공정특성 그리고 결국 생산을 위한 구체적 사양에 이르기까지 이들 간의 관계를 계통적으로 전개하는 체계적인 제품 개발 방법이다. [1]

이런 QFD의 장점으로는 제품 품질의 향상과 보다 낮은 가격으로의 제품 출시를 동시에 가능케 하며, 제품의 개발 사이클을 줄일 수 있다. 또한 지식의 보존, 적은 초기 문제, 짧은 리드 타임, 적은 클레임의 보장, 쉬운 문서화, 그리고 고객 만족과 같은 장점이 있다. 하지만, QFD 의해 도출된 CTQ들은 반드시 최적의 해를 주는 것이 아니라 단순히 소비자의 욕구가 어디에 있는지를 파악하는데 사용된다. 또한 신제품 개발 시 사용되는 QFD는 다음과 같은 단점을 가지고 있는데 첫째, 제품전체를 보지 못하고 품질주택(HOQ : House of Quality) 자체에 치우치는 경향이 있다. 둘째, 제품특성치 사이에 상충관계를 파악하기에 미흡하며 셋째, 매력적 품질요소를 찾아내는데 있어서도 부족한 점이 있다. 따라서 QFD를 사용함에 있어서는 결과로 나온 특성치들에 대해서 QFD의 단점을 보완할 수 있는 다른 기법이나 방법들을 보완해서 사용한다면 보다 더 고객 지향적인 제품 개발의 목적을 달성할 수 있다. [2][4][13]

2.2 AHP 기법의 특징 및 한계

우선순위 선정과 관련된 해석기법 중에 하나인 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법은 대안의 우선순위 선정문제에서 주관적인 평가요인까지 포함하여 해석할 수 있는 유연한 해석방법으로 정보시스템 구축문제, 군사 War game & 시뮬레이션 등 다기준 의사결정문제에 널리 사용되고 있다. [11]

AHP 기법은 객관적인 평가요인은 물론이고 주관적인 평가요인도 수용하는 매우 유연한 의사결정기법으로 수학적 이론보다는 직관을 바탕으로 하기 때문에 그 논리가 매우 쉽다는 장점을 가지고 있다. 하지만, 평가치로 일반수를 사용함에 따라 평가대안에 대한 평가자의 판단이 정확하게 정량화되지 못할 수도 있다는 단점이 있고, 또한 평가에 있어 주로 분명한(crisp) 의사결정문제에만 사용되며, 평가자의 판단을 수치로 정확히 변환하는데 있어 불확실한 요소들을 고려하지 않고 있다. 그리고 평가에 있어 균등하지 못한 크기로 평가될 수 있다. [6][9][12]

2.3 QFD와 AHP 통합 모델

본 논문에서는 고객만족과 안전성을 동시에 확보할 수 있는 최선의 대안을 선정하기 위하여 QFD와 AHP의 통합 모델을 제시한다. 기존의 QFD 방법은 고객요구사항을 분석하고 대응특성을 선정함으로써 고객만족이라는 매력특성을 도출하는 데는 유용하지만 안전이라는 당연특성은 실제로 사고가 나기 전까지는 고객이 인식하기 힘들기 때문에 필드데이터와 시장조사를 통한 QFD 방법만으로는 안전성을 확보할 수 있는 대안을 도출하기에 부족하다. 이에 본 논문에서는 안전성을 확보하기 위해 QFD가 가지는 한계를 극복하기 위한 대안으로 복잡하고 불분명한 문제를 쉽고 명확하게 분석할 수 있는 AHP 기법을 사용하고자 한다.

본 논문은 상용화된 제품을 기초로 재설계를 위한 연구이므로 품질특성과 부품전개를 통합한 QFD를 활용하며, 고객의 요구사항의 가중치를 AHP 기법을 사용하여 우선순위를 결정하는 것이 아니라 고객의 요구사항은 필드 데이터를 활용하여 가중치를 결정하고, 제품의 안전관련 특성을 포함하기 위한 방안으로는 안전성을 고려한 엔지니어들의 의사결정을 AHP기법을 활용하여 우선순위를 선정하고, 두 순위 간에 스피어만 순위상관계수(Spearman's rank correlation coefficient)를 통해 상관관계를 분석하여 이를 근거로 두 가지 대안의 가중치를 결합하는 모델을 제안한다. [3][7][14]

3. 통합 QFD의 적용

휴대폰 검사장비에 대한 고객요구와 안전성을 동시에 확보할 수 있는 CTQ의 우선순위 선정을 위해 본 논문에서 제안한 AHP 기반 통합 QFD 방법을 적용하고자 한다.

3.1 QFD를 통한 고객요구사항 분석

QFD 분석을 위해 먼저, 수집된 원시 데이터를 품질에 관한 간결한 표현인 요구품질로 변환하였다. 본 논문은 초기 개발을 목표로 하는 것이 아니라 기존 제품의 리스크를 파악하고 보완하기 위한 연구이므로 <표 1>과 같이 고객의 요구 품질과 휴대폰 검사 장비의 부품 전개를 바탕으로 품질표를 작성하였고, 고객이 요구하는 품질이 어느 부품에 더 많은 영향을 미치는지 확인하였다. <표 1>에서 가중치는 필드 데이터를 활용하여 구한 값이고, 품질특성의 가중치는 정량적 측정치 값과 고객요구사항의 가중치를 곱하여 관계있는 고객요구사항을 더한 값이다.

<표 1> QFD 결과

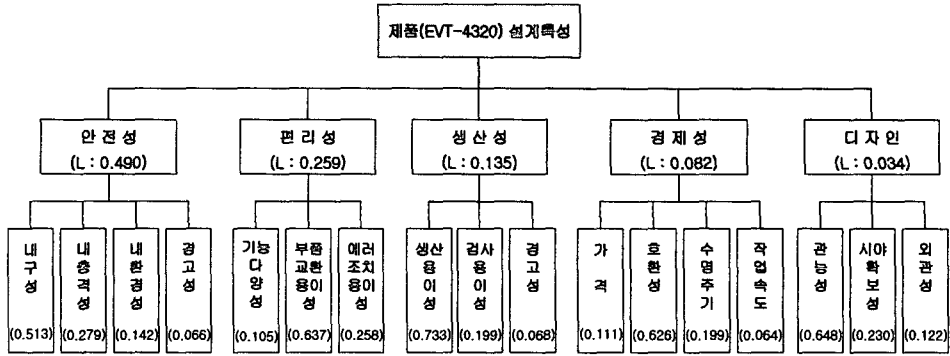
대용 특성	Cover	Frame	LM Motor	Servo Motor	Monitor	Sens	Air Part	Plate	Hole	Blacket	Block Cylinder	Clam	Sensor Block	Stopper	Sensor Stopper	Switch	Vacuum Pad	Sub Base	Servo Drive	Flexibl	Fitting	Ball Castu	가중치
기계소음이 적을 것			●	●			○				○						○		○				0.094
모니터 화면이 선명할 것	○				●	○																	0.096
작동이 편리할 것					○	○							○		○	●							0.163
이물질 유입이 적을 것	●	○					●															○	0.042
청소가 쉬운 것								○	○										○			●	0.076
모델교환이 용이할 것								○	○	●	○	○	○	○	○		○	○					0.213
장비의 이동이 용이할 것																						●	0.026
에러조사가 쉬운 것					○	●							○		○	○			○				0.175
외부환경에 변화가 없을 것	○	○	○	○		○											○						0.057
Frame Edge가 라운딩 될 것	○	●																					0.041
전선의 경리가 깔끔할 것										○											●		0.026
중질(부품)작성 weight	0.64	0.46	1.017	1.017	1.788	2.32	0.47	0.44	0.87	1.965	0.921	0.21	0.551	0.213	0.901	1.64	1.092	0.291	0.457	0.234	0.276	0.22	

요구품질과 대용특성과의 관계 : 강한관계 (●)=9, 보통관계 (◎)=3, 약한관계 (○)=1

3.2 안전성 확보를 위한 AHP 기법의 적용

휴대폰 검사장비의 제품설계특성을 결정하기 위한 계층구성과 가중치는 <그림 1>과 같다. 제품설계특성을 3수준으로 구성하고 이들 각 수준의 속성들을 쌍대비교 함으로써 각 속성별 가중치를 구하였다.

본 논문의 목적이 제품의 안전성 확보에 있고, 계층분석 결과도 안전성(0.490)이 제품설계특성에 대해 가장 높은 가중치를 얻었기 때문에 본 논문에서는 여러 속성들 중에서 안전성에 대해서만 대안의 평가를 실시하였다. 안전성을 확보하기 위한 대안들은 앞서 실시한 QFD의 대용특성 22개 부품으로 선정하였다. 하지만, 대안이 많은 모델에서 쌍대비교를 하게 되면 각각의 최하위 목적요소에 대해 $N \times (N-1) / 2$ (N : 대안의 수) 만큼의 쌍대비교를 해야 하는데 이것은 너무 많은 시간을 필요로 하게 된다. 그러므로 본 논문에서는 대안들에 대한 쌍대비교 대신 절대측정을 하고자 한다. 절대측정을 하게 되면 많은 대안들을 평가할 수 있을 뿐만 아니라, 계층구조와 쌍대 비교를 이용해서 얻을 수 있는 능률을 동시에 얻을 수 있다. [6][12]



※ L: 상대적 가중치

<그림 1> AHP에 의한 제품설계특성 모델

이 단계에서 AHP에 의한 부품들의 절대측정 결과의 우선순위와 QFD에 의해 얻어진 부품들의 가중치 우선순위를 비교해 보면 고객들은 안전성에 관한 요구사항 보다도 실제적으로 사용하는데 불편한 사항들을 요구사항으로 표출하고 있다. 물론 고객의 요구사항을 100% 수용하는 것이 바람직한 일이나 본 연구의 목적이 안전성을 확보할 수 있는 CTQ 선정이기 때문에 QFD 결과의 우선순위만을 고려하는 것은 연구 목적에 벗어나는 결과를 초래할 것이다. 그러나 일반적인 고객의 품질요구사항과 엔지니어들이 생각하는 안전성을 통합하여 고려한다면 일방적인 우선순위 결정보다는 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

<표 2> 대응특성의 우선순위

대응 특성	Cover	Frame	LM Motor	Servo Motor	Monitor	Sensor	Air Part	Platu	Hokk	Blacket	Block Cylinder	Clam	Sensor Block	Stopper	Sensor Stopper	Switz	Vacuum Pad	Sub Base	Servo Drive	Flethki	Fitting	Ball Caster
QFD에 의한 순위	11	14	6	7	3	1	13	16	10	2	8	21	12	22	9	4	5	17	7	19	18	20
AHP에 의한 순위	9	15	4	3	8	1	14	20	5	10	6	22	7	19	11	2	13	16	12	17	21	18

3.3 순위 상관관계 분석

두 가지 분석결과를 결합하기에 앞서 두 순위 간에 상관관계를 분석할 필요가 있다. 순위의 상관관계를 분석하는 방법으로는 스피어만의 (Spearman) 순위상관계수와 굿맨과 크루스칼의 순위상관계수(Goodman and Kruskal's coefficient of ordinal association)가 있다. 본 논문에서는 스피어만의 순위상관계수를 통하여 QFD에 의한 대응특성의 순위와 AHP에 의한 순위 간에 상관관계를 분석하였다. [8]

<표 3> 대용특성별 순위차이

대용 특성	Cover	Frame	LM Motor	Servo Motor	Monitor	Sensor	Air Pane	Platu	Hokk	Blacket	Block Cylinder	Clam	Sensor Block	Stopper	Sensor Stopper	Switu	Vacuum Pad	Sub Base	Servo Drive	Flexibk	Fiting	Ball Caster
QFD에 의한 순위 (X)	11	14	6	7	3	1	13	16	10	2	8	21	12	22	9	4	5	17	7	19	18	20
AHP에 의한 순위 (Y)	9	8	3	2	11	1	14	6	19	16	7	21	5	17	10	13	12	15	4	22	20	18
D = X-Y	2	6	3	5	-8	0	-1	10	-9	-14	1	0	7	5	-1	-9	-7	2	11	-3	-2	2
D'	4	36	9	25	64	0	1	100	81	196	1	0	49	25	1	81	49	4	121	9	4	4

따라서 순위상관계수 r_s 는

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum D^2 i}{n^3 - n} = 1 - \frac{6 \cdot 864}{22^3 - 22} = 0.512$$

이다. 순위평가에 대한 순위상관계수는 낮은 상관관계를 나타내고 있다. 즉, 고객의 요구를 만족시키기 위한 대안과 안전성을 확보하기 위한 대안 간에는 차이가 있음을 알 수 있고, 어느 하나의 순위만으로는 이들을 동시에 만족시킬 수 있는 대안의 순위를 선정하는 것은 어렵다.

3.4 통합 모델 적용

분석결과 고객들은 품질에 대한 일반적인 요구사항 즉, 안전성을 최우선으로 고려하지 않고 작동의 편리성, 예러조치의 용이성 등을 선호하였고, 실제적으로 QFD에 의한 결과만으로는 안전성 확보가 목적인 본 연구에서 적용하기에는 많은 문제점들이 있다. 또한 엔지니어들이 AHP를 활용하여 산출한 안전성을 고려한 부품들의 우선순위만을 활용하기에도 고객의 요구사항과 부합되지 않는 문제들이 제기 되었다. 결과적으로 안전성을 우선시한 AHP의 결과와 품질에 관한 고객들의 일반적인 요구사항인 QFD의 결과를 모두 고려하여 우선순위를 결정하도록 하고 다음 <표 4>과 같이 AHP와 QFD를 통합하여 가중치를 산출하고 우선 부품들의 우선순위를 결정하였다.

<표 4> AHP의 절대측정치와 QFD 가중치의 결합표

대용 특성 weight	Cover	Frame	LM Motor	Servo Motor	Monitor	Sensor	Air Pane	Platu	Hokk	Blacket	Block Cylinder	Clam	Sensor Block	Stopper	Sensor Stopper	Switu	Vacuum Pad	Sub Base	Servo Drive	Flexibk	Fiting	Ball Caster
품질(부품)특성 weight	0.644	0.468	1.017	1.017	1.788	2.321	0.47	0.44	0.87	1.995	0.921	0.21	0.551	0.213	0.901	1.64	1.092	0.291	0.457	0.234	0.276	0.22
AHP에 의한 weight	0.537	0.643	0.781	0.845	0.514	0.874	0.48	0.71	0.38	0.430	0.659	0.37	0.759	0.423	0.534	0.49	0.499	0.465	0.765	0.388	0.372	0.40
결합 weight	0.384	0.301	0.794	0.859	0.919	2.029	0.22	0.31	0.33	0.858	0.607	0.07	0.418	0.090	0.481	0.81	0.545	0.135	0.350	0.091	0.103	0.09
통합 우선순위	11	15	6	3	2	1	16	14	13	4	7	22	10	21	9	5	8	17	12	20	18	19

<표 5> AHP기반 통합 QFD의 결과

우선순위	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
QFD에 의한 순위	Sensor	Bracket	Monitor	Switch	Vacuum Pad	LM Motor	Servo Motor	Block Cylinder	Sensor Stopper	Holder	Cover	Sensor Block	Air Panel	Frame	Servo Drive	Plate	Sub Base	Fitting	Flexible	Ball Caster	Clamp	Stopper
AHP에 의한 순위	Sensor	Servo Motor	LM Motor	Servo Drive	Sensor Block	Plate	Block Cylinder	Frame	Cover	Sensor Stopper	Monitor	Vacuum Pad	Switch	Air Panel	Sub Base	Bracket	Stopper	Ball Caster	Holder	Fitting	Clamp	Flexible
통합 순위	Sensor	Monitor	Servo Motor	Bracket	Switch	LM Motor	Block Cylinder	Vacuum Pad	Sensor Stopper	Sensor Block	Cover	Servo Drive	Holder	Plate	Frame	Air Panel	Sub Base	Fitting	Ball Caster	Flexible	Stopper	Clamp

이 단계에서 고객요구와 안전성이 고려된 부품들의 우선순위가 도출되게 된다. 이 순위는 고객의 요구사항을 반영한 것으로 엔지니어의 기술적 분야와 고객의 안전성 관련 요구사항이 결합된 AHP 기반 통합 QFD라고 할 수 있다. <표 5>에서 보듯이 엔지니어들이 안전을 고려한 부품과 고객이 요구하는 부품에는 약간의 차이가 있다. 즉, 고객들의 요구사항을 만족시키기 위한 대안들은 sensor, bracket, monitor, switch, vacuum pad와 같이 작동의 편리성과 오류 조치의 용이성을 위한 부품들이 높은 순위를 차지한 반면, 엔지니어들의 안전성을 고려한 대안들은 sensor, servo motor, LM motor, servo drive, sensor block과 같은 기능성 부품들이 높은 순위를 차지하고 있음을 알 수 있다. 두 가중치를 결합한 통합 순위는 이들 대안들이 반드시 고객만족과 안전성을 동시에 확보할 수 있는 부품이라기보다는 두 가지 목적을 동시에 추구하고자 할 때 우선적으로 고려되어야 하는 순위이다. 또한, 이들 대안은 바로 개선되거나 교체되어야 하는 것이 아니라 기업들의 R&D 투자비율 및 기업 상황을 고려했을 때 우선적으로 선택되어야 하는 대안들이다. [3]

4. 결 론

기존의 QFD 전개만으로는 매력특성을 선정하여 고객만족을 확보할 순 있지만 리스크/ PL대응을 위한 제품의 안전이라는 당연특성을 선정하는 데는 어려움이 있다. 일반적인 고객요구가 안전관련 특성을 많이 고려한다면 문제가 없겠지만 본 논문의 제품인 휴대폰 검사장비의 경우에는 그렇지가 못하다. 실제로 사고가 발생하기 전까지는 안전에 관한 것을 인식하기 힘들다. 지금까지의 논문들을 살펴보면 제품의 특성이 고객의 요구사항에 초점을 맞추고 있어 고객요구사항의 가중치를 AHP기법을 활용하여 우선순위를 얻었지만 사실 정확한 고객요구사항의 가중치는 필드 데이터라는 것은 어느 누구도 반론을 제기하지 못할 것이다.

이에 본 논문에서는 고객요구사항의 가중치는 필드 데이터로 결정하고, 제품의 안전 관련 특성은 엔지니어들의 의사결정을 AHP 기법을 통하여 결정하였다. 그러나 여기에도 문제가 남아있다. 단순히 일반적 품질요구인 고객의 요구사항과 안전에 국한된 제품 품질특성의 비교 및 통합한다는 것 자체에 모순이 있기 때문이다. 그래서 일반적 QFD에 의해 도출된 우선순위와 AHP에 의해 도출된 우선순위 간에 상관계수를 구하여 상관관계를 분석하고 이를 근거로 두 가지 분석에 의해 산출된 특성의 가중치를 결합하였다.

본 논문은 안전성을 확보하기 위한 활동과 고객만족이라는 두 가지 목적을 동시에 얻을 수 있도록 노력했다는 것이 성과라 할 수 있다. 하지만, 각 결과 순위들의 유효성 및 실증적인 결과 비교가 이루어져야 할 것이며, 현재 적용한 제품 이외에 다른 제품에도 적용하여 연구 되어야 할 것이다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 김광재, "QFD를 통한 설계단계에서의 품질향상", 대한산업공학회, IE 매거진 2권 1호, 1995, pp.16~19
- [2] 김성희 · 차상현 · 한창희 · 김재경 · 임성국, "품질기능전개를 이용한 정보시스템 개발 우선순위 결정방법 : 자동차 회사 적용사례를 중심으로", 한국경영정보학회, 경영정보연구 8권 1호, 1998, pp.29~30
- [3] 김진국, 「리스크 경영시스템 기반 PL 대응시스템 구축에 관한 연구」, 석사학위논문: 성균관대학원, 2003, pp.43~55
- [4] 김재배, "Six Sigma 추진단계에서의 QFD의 효율적 활용방안", 한국 시그마 경영 컨설팅, 월간 시그마 경영 2000. 9월호 (webzine), 2000
- [5] 민경찬, "6시그마를 통한 L사의 혁신활동사례", 한국 시그마 경영 컨설팅, 월간 시그마 경영 2001. 12월호 (webzine), 2001
- [6] 민재형, "AHP를 이용한 측정과 평가", 서강대학교 경영학 연구원, 서강경영총론, 7권 1996, pp.63~69
- [7] 박노국 · 손문익 · 문희영, "품질기능전개와 AHP기법을 이용한 기능평가", 한국품질경영학회, 21권, 제 2호, 1993, pp.86~91
- [8] 박성현 · 조신섭 · 김성수, 「한글 SPSS」, SPSS아카데미, 2001
- [9] 서의호 · 황현석 · 김수연, "AHP를 이용한 의사결정 사례연구", 한국경영학회, '98 추계 학술발표 논문집, 1998, pp.35~39
- [10] 이승식, "6시그마 품질프로그램과 CTQ 선정 과정 방법론 소개", 안전회계법인, webzine 2002-1호, 2002
- [11] 허길환 · 조현관 "제한 자원하에서의 연구개발 과제 선정을 위한 최적의사결정 기법 연구", 한국경영과학회/ 대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, 2001, pp.51~54
- [12] C.K. Kwong and H. Bai, "A fuzzy AHP approach to the determination of importance weights of customer requirements in quality function deployment", Journal of Intelligent Manufacturing, Vol.13 No.5, 2002, pp.365~377
- [13] Kwang-Jae Kim, 「Herbert Moskowitz, Integrated Product, Process and Enterprise Design, Ch 4. Quality function deployment: optimizing product designs」, Chapman & Hall, 1997, pp.64~89
- [14] P.-T. Chuang, "Combining the analytic hierarchy process and quality function deployment for a location decision from a requirement perspective", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.18, No.11, 2001, pp.842~849