

QFD를 활용한 함정 요구조건 관리 방안 연구

정연환*

해군사관학교 조선공학과

A Study on Requirement Management of Naval Surface Ships by Using QFD

Yeon Hwan Jeong*

Department of Naval Architecture, Republic of Korea Naval Academy

Abstract : The weapon system applies the rule that the system engineering procedure must be applied at the acquisition stage. Naval ships, which are one of the important naval weapon systems, take a long period of time to acquire, and the leadership must be commissioned. Therefore, in order to acquire a naval ship, high risk management is necessary, and it is necessary to promote business success through effective application of system engineering which is a scientific management method. However, in the case of naval ships, there are no specific procedures and methods for applying the system engineering. Therefore, research on application method of system engineering which can be easily used by person in charge is necessary. This should have a simple approach to ensure effective business performance by systematically refining and simplifying existing works. QFD (Quality Function Deployment) is a way to improve product satisfaction, impress customers, reduce defective products, reduce design errors, and reduce costs. This systematically develops these mutual relationships by converting the needs of customers into quality characteristics of products and defining them as the design quality of products considering the functions, quality, and process elements of parts. The purpose of this research is to present concrete methodology at the practical level using QFD in a way to ensure traceability of requirements which is an important element of system engineering.

Key Words : Naval Ship Acquisition, QFD (Quality Function Deployment), HOQ(House Of Quality), Traceability, MOE (Measure of Effectiveness), MOP (Measure of Performance), Requirement Management

Received: November 25, 2019 / **Revised:** December 16, 2019 / **Accepted:** December 30, 2019

* 교신저자 : Yeon Hwan Jeong, pobrain@naver.com

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

시스템엔지니어링(SE ; Systems Engineering)은 함정을 비롯한 무기체계 획득 과정에 적용하는 과학적 사업관리 기법 중 하나로써, 국내 국방획득 절차를 규정하고 있는 방위사업청의 방위사업관리 규정에서도 2010년부터 효율적인 연구개발을 위하여 대상 무기체계 대한 모든 이해관계자와 총 수명 수기를 고려하여 시스템엔지니어링(SE) 절차를 의무적으로 적용하도록 규정화하고 있다.

그러나 해군의 핵심 무기체계 중 하나인 함정 획득업무의 경우, 시스템엔지니어링 적용을 위한 구체적인 방법이나 절차에 관한 연구사례는 거의 존재하지 않으며, 또한 관련 내용 중 극히 일부에 대해서 제한적으로 공개되고 있는 것이 현실이다.

한편 함정의 경우 획득 기간, 고유특성 및 전력화 방법 관점에서 타 무기체계와 다른 독특한 특징을 갖는다. 표 1에서와 같이 획득기간 관점에서 소요반영 이후 첫 번째 함정인 선도함이 전력화되기까지 최소 10년 이상 소요되므로 많은 인력이 투입되고 참여 인력의 잦은 변화로 인한 요구조건에 대한 체계적인 관리가 요구된다. 그리고 함정은 수 십개 이상 다수의 단일 무기체계가 탑재되어 연동되어야 하는 통합무기체계이며, 함정 그 자체가 고유 부대

로서 365일 훈련 및 정비를 수행해야 하고, 수 백명의 승조원이 업무 및 생활을 동시에 해야하는 이중적 공간이다. 전력화 방법에서도 함정은 선도함이 실전 배치되고 후속함이 선도함과 병행 건조되는 특성이 있다. 그러므로 함정은 고도화된 기술이 결합된, 복잡한 무기체계이며, 장기간 다수의 인원들이 참여하면서도 잦은 인원변경으로 큰 위험성을 내포하고 있으며, 선도함이 실전 배치되는 즉, 100% 성공을 전제로 하는 획득사업이므로 고도의 사업관리를 위해 무엇보다 과학적인 방법론인 시스템엔지니어링 기법 적용이 필요하다.

그러므로 함정 획득 과정에서 시스템엔지니어링 기법의 적용을 통해 효과적으로 업무를 수행하기 위해서는 함정 획득 절차와 시스템엔지니어링 관련 절차들을 적절히 맵핑(Mapping)하고 정제한 후, 기본적으로 복잡성을 내포하고 있는 함정 획득 관련 절차들에 대해 단순화를 통한 적용의 용이성을 확보할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 함정의 고유 특성에 따른 복잡한 함정 획득 과정에서 발생하는 요구조건들을 시스템엔지니어링(SE) 기법을 적용하여 효과적으로 관리할 수 있는 전략적 접근법을 제시하는 것으로, 개념 및 절차의 단순화를 통해 시스템엔지니어링 기법 적용의 용이성을 확보하는 것이다. 따라서 함정 획득 과정에서 적용 가능한 핵심적인 시스템엔지니어링 기본 절차들을 식별하여 적용 개념들을 명확히 정립하였으며, 함정 획득 절차 관점에서의 요구조건 관리와 시스템엔지니어링 절차 관점에서의 요구조건에 대한 추적성(Traceability) 확보를 위해, 요구사항(Need)을 정제하고 합리적인 요구에 접근이 가능한 효율적인 방안의 하나로 언급되는[1] 품질기능전개(QFD, Quality Function Deployment) 도구를 활용한 국외 사례들을 분석하여 한국화 및 단순화된 QFD 프레임워크를 제시하였으며, 제시된 프레임워크에 따라 그 일부를 사례로 구현하였다.

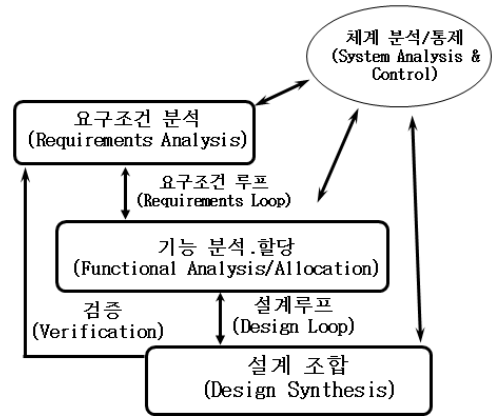
<Table 1> Naval Ship Acquisition

| 구분 | 내용 |
|--------|--|
| 획득기간 | <ul style="list-style-type: none"> • 획득 기간 장기간 소요 (소요 반영 이후 최소 10년) <ul style="list-style-type: none"> - 참여 인력의 잦은 변화 - 요구조건의 장기간 관리 필요 |
| 성격 | <ul style="list-style-type: none"> • 통합 무기체계 <ul style="list-style-type: none"> - 수 십개 이상의 고도화된 무기체계가 탑재되므로 복잡도 증가 및 각 탑재 무기체계 획득 업무가 병행 진행 • 부대 (훈련, 정비, 1년 365일 거주)- 업무 / 생활 요구 사항 반영 필요 |
| 전력화 방법 | <ul style="list-style-type: none"> • 선도함 (시제품 개념)부터 실전배치 • 후속함 (양산품 개념)을 선도함 건조와 병행 <ul style="list-style-type: none"> - 시제품 시험평가 완료 전 착수 |

2. 시스템엔지니어링 적용 개념

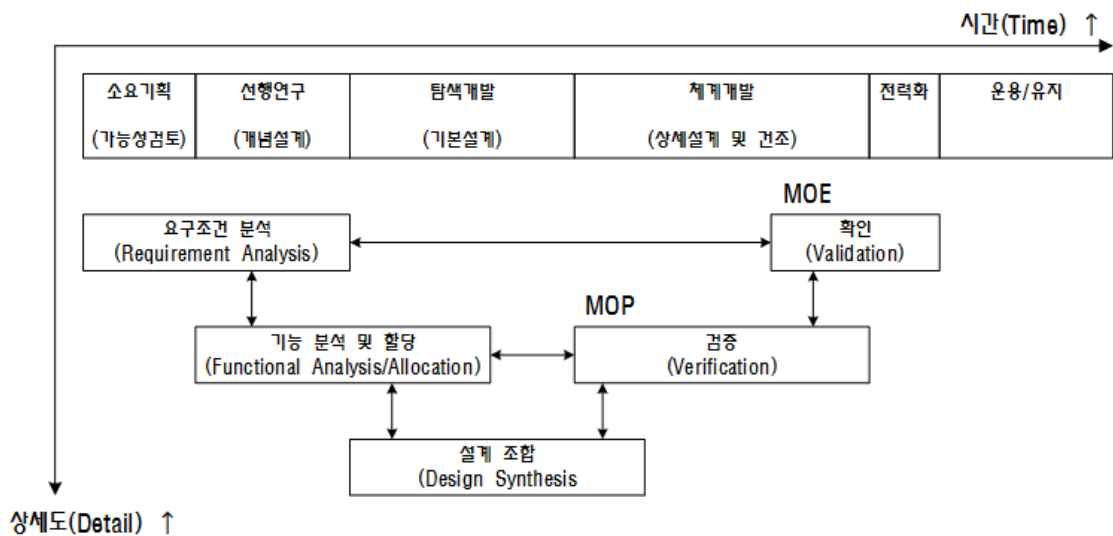
국제 시스템엔지니어링 학회(INCOSE)에서는 시스템 엔지니어링(SE)을 ‘An interdisciplinary approach and means to enable the realization of successful systems’(INCOSE 2015)이라 정의하고 있으며 [2], 이것은 「개발하고자 하는 시스템을 성공적으로 구현하기 위한 통섭(統攝, consilience)적 접근과 수단」으로 표현할 수 있다. 여기에서 통섭은 학문의 크로스오버(crossover), 분과 학문간의 융합, 학제 간 연구를 의미하는 것으로, 스티브 잡스의 4단계 혁신 이론인 모방-통섭-노력-단순의 두 번째 단계에 포함되는 개념이다. 그리고, 이러한 절차와 방법론의 최종 목표가 단순화로 귀결되어야 함을 의미하는 것이기도 하다.

그리고 시스템엔지니어링 절차는 IEEE1220, ISO15288 등과 같은 몇 가지가 존재하는데 [3], 국방 획득분야에서는 제안되는 절차는 그림 1에서와 같은 요구조건 분석(Requirement Analysis), 기능 분석 및 할당(Functional Analysis/Allocation), 설계조합(Design Synthesis), 설계루프(Design loop), 요구조건 루프(Requirement loop) 그리고 검증(Verification) 절차 이다[4].



[Figure 1] Systems Engineering Process

이러한 시스템엔지니어링 절차는 함정 획득 절차와 결합하기 위하여 요구조건(Requirement) 분석, 기능분석 및 할당, 설계 조합, 기능에 대한 검증(Verification) 그리고 요구조건(Requirement)에 대한 확인(Validation) 절차로 단순화 할 수 있으며, 해군 함정 획득절차인 소요기획, 선행연구, 탐색개발, 체계개발, 전력화 그리고 운용/유지 단계와 결합하면 그림 2와 같이 표현된다[5]. 이것은 앞서 언급한 함정의 고유특성에 따른 복잡도의 증가와 타 무기체계 대비 상대적으로 장기간 소요되는 함정 획득 기간에 기인하여 무엇보다 추적성의 확보가 필수적이며, 시간의 증가는 복잡도의 증가를 동반하



[Figure 2] Naval Acquisition process and SE process

기 때문에 요구조건(Requirement)에 대한 추적성의 관리가 시스템엔지니어링 구현의 핵심요소이기도 하다.

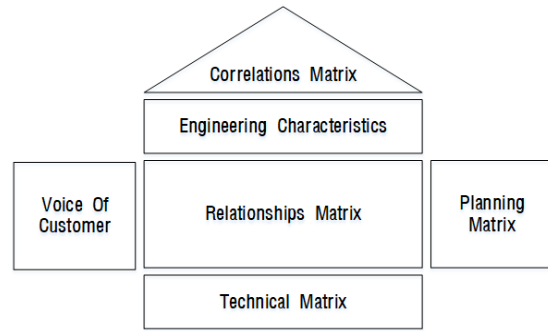
여기에서 최종 개발된 체계를 시험평가함에 있어서 요구조건(Requirement)에 대한 부합 여부를 판단하는 것이 확인(Validation) 절차이며 이것은 무기체계가 운용되어야할 통제되지 않은 운용 환경조건에 대한 적절성을 의미하는 효과(Effectiveness)를 판단하게 되며, 이러한 판단의 척도가 되는 것이 효과도 척도(MOE ; Measure Of Effectiveness)이다. 그리고 설계결과가 구현하고자 하는 체계 기능(Function)에 부합하는지를 판단하는 것이 통제된 환경에서 실시하는 검증(Verification) 절차이며, 이때 효율(Efficiency)을 판단하게 되며, 효율에 대한 판단의 척도가 되는 것이 기능 관점에서의 성능 척도(MOP ; Measure of Performance)가 된다.

일반적으로 무기체계의 효과도는 실제 운용환경을 고려한 결과이며, 효율(Efficiency)은 실험실 환경이나 설계 환경 또는 이상적인 환경에서 얼마만큼 좋은 성능이 구현되는지는 판단하는 것을 의미한다.

3. QFD 기반 요구조건 관리

3.1 QFD 개요

QFD(Quality Function Deployment)는 품질기능전개라 불리는 것으로, 1972년 일본 미쯔비시 중공업의 고베 조선소에서 처음 적용하였으며, 이후 일본 도요타 및 미국 GM사 등 자동차산업을 중심으로 확대 적용해오고 있다. 이것은 고객의 요구를 제품의 품질(Quality) 특성으로 변환하고, 이를 기반으로 제품의 설계 품질을 정의하고, 이것을 부품의 기능(Function) 품질 및 공정요소까지 고려하여, 이들의 관계를 체계적으로 전개(Deployment)하는 것이다. 이를 통해 제품에 대한 만족도를 높여 고객을 감동시키고, 불량품의 감소와 설계 오류를 최소화시켜 궁극적으로 비용을 줄이고 하는 것이다.



[Figure 3] House of Quality

QFD는 제품의 설계 및 생산단계에서 그림 3과 같은 품질의 집(HOQ, House of Quality)를 활용하여 적용하게 된다. HOQ에서 요구사항(Need)에 해당하는 고객의 목소리(Voice of Customer)는 이해관계자(Stakeholders)들이 제시하는 요구조건(Requirement)에 대한 체계화된 목록이며, 설계특성(Engineering Characteristics)은 이해관계자들의 요구조건(Requirement)을 만족시키기 위한 기술적 요소이다.

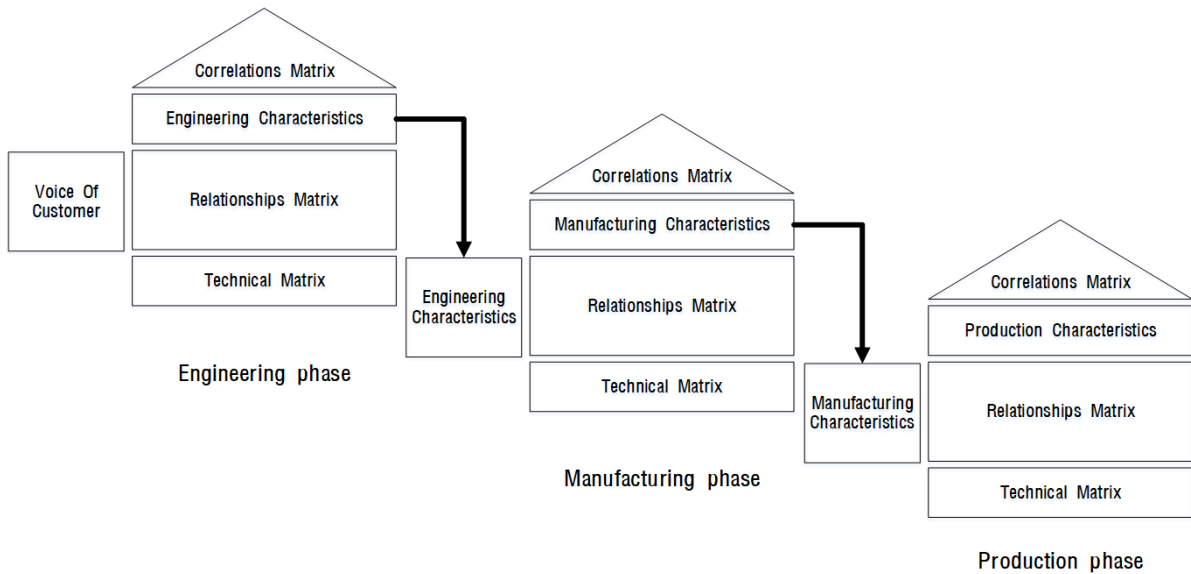
상관관계 매트릭스(Correlations Matrix)는 설계특성(Engineering Characteristics)들간의 상관관계를 설명하며, 관계 매트릭스(Relationships Matrix)는 고객의 목소리(Voice of Customer)와 설계특성들 사이의 관계를 설명하며, 기술요소 매트릭스(Technical Matrix)는 설계 특성들 간의 상대적 중요도를, 계획 매트릭스(Planning Matrix)는 신제품이나 서비스에 대한 전략적 목표를 의미한다.

이러한 HOQ 는 설계 및 생산의 각 단계별로 전개하는 과정을 거치게 되며, 그림 4에서와 같이 이전 단계의 특징이 다음 단계의 입력이 됨으로, 전체 단계에서 추적성(traceability)을 확보할 수 있게 된다.

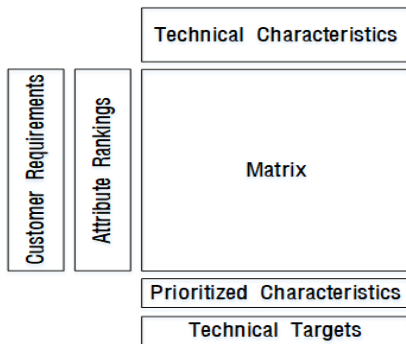
3.2 QFD 적용 개념

미 해군에서는 함정 설계단계에 그림 3과 같은 기존의 품질의 집을 변형하여, 그림 5와 같은 HOQ를 사용한다[6].

그림 5의 HOQ 에서, 운용 요구조건(Customer



[Figure 4] Traceability of HOQ



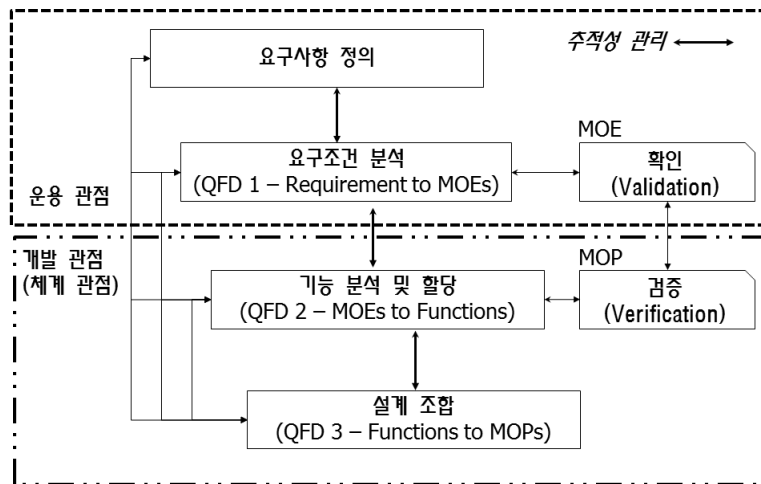
[Figure 5] HOQ for Naval ship

Requirements)에는 획득되는 무기체계의 이해관계자(Stakeholders)들로 부터 도출된 사용자 요구 조건들을 도출하여 분해(Decomposition) 및 정제 한 후 목록화하여 기술한다. 속성 가중치(Attribute Rankings)에는 도출된 각각의 운용 요구조건(Requirement)들에 대한 상대적인 가중치 또는 우선 순위를 기술하며, 기술적 특징(Technical Characteristics)은 핵심적인 기술적 특징을 말하는 것으로, 무기체계의 설계 및 운용에 영향을 미치는 측정 가능한 요소들을 기술하게 된다. 매트릭스(Matrix)에는 각각의 개별 운용 요구조건 속성들(Customer attributes)에 대한 기술적 특징(Technical characteristics)들의 영향도에 대한 가중치를 기술한다. 우선 순위 특징

(Prioritized Characteristics)에는 운용 요구조건(Customer requirements)들을 충족시키기 위한 기술적 특징들(Technical characteristics)의 영향도를 정량적인 수치화하여 기술하며, 기술적 목표(Technical Targets)는 각각의 기술적 특징들의 상대적인 비율을 표시한다.

3.3 QFD 적용 사례분석

미 해군에서는 요구조건(Requirement)의 효과적인 도출과 요구조건(Requirement) 관리를 위한 추적성 확보를 위해 QFD의 HOQ를 적용하고 있다. 즉 그림 5와 같은 HOQ의 기본형태를 사용하면서, 설계가 진행됨에 따라 각각의 요구사항(Need)에 대한 추적성 확보를 위해 QFD 1, QFD 2, QFD 3.와 같은 형태로 전개하여 적용하고 있다[5]. 설계 초기단계에 적용하는 QFD 1.에서는 사용자 요구조건들(Customer Requirements)과 기술적 특성들(Technical Characteristics)을 식별, 도출하여 목록화하고, 이들 간의 정량적 상관관계를 분석하여 수치화하며, 도출된 기술적 특성들은 다음 단계인 QFD 2.의 입력으로 사용된다. QFD 2.는 개발하는 체계의 기능들(Functions)을 도출하여, 전 단계의 기술적 특성들과의 관계를 분석하게 되며, 이 때 제



[Figure 7]

[Figure 6] QFD Framework based on SE

시되는 체계의 기능들은 다음 단계인 QFD 3.의 입력이 된다. QFD 3.는 개발하는 체계의 물리적인 형상(Form)을 도출하여, QFD 2.의 출력인 체계 기능들(Functions)을 입력으로 받아서 이들 간의 관계를 분석 단계이다.

그러므로 QFD 1.은 요구조건(Requirement)을 기술적 특성으로 전개하고, QFD 2. 기술적 특성을 체계 기능으로 전개하며, QFD 3.는 체계 기능을 체계 형상으로 전개하게 되므로, 궁극적으로 QFD 1, QFD 2, QFD 3.로 전개되는 과정은, 개발하고자 하는 체계에 대한 사용자 요구조건(Requirement)들이 개발 체계의 물리적인 형상으로 변환되는 과정이 되며, 이를 통해 요구조건들에 대한 추적성 확보와 더불어 각각의 요소들에 대한 가중치를 통해서 상충하는 상황에서 최적화 문제 해결이 용이해진다.

4. QFD 기반 함정 획득 요구조건 관리

4.1 시스템엔지니어링 기반 QFD 프레임워크

함정 획득 절차와 SE 절차가 결합된 그림 2와 같은 SE 기반의 함정 획득 프레임워크로부터 효과적인 요구조건(Requirement) 관리를 위한 SE 기반 QFD 프레임워크는 그림 6과 같이 표현된다.

요구조건 분석(Requirement Analysis) 과정에서는 요구조건들을 식별 도출하고, 최종 단계에서 개발된 체계에 대한 요구조건 만족여부를 확인(Validation)하는 척도가 되는 효과도 척도(MOE)를 사전에 도출하여야 한다. 따라서 QFD 1.을 통해서 요구조건(Requirements)들과 효과도 척도(MOE)들을 식별하여 이들 간의 상관 관계를 가시화해 줌으로써 추적성을 확보 여부에 대한 판단근거를 제시할 수 있게 된다.

기능 분석 및 할당(Functional Analysis and Allocation) 과정에서는, 식별된 요구조건들로부터 개발하고자 하는 체계의 기능(Functions)들을 도출하고, 도출된 기능들을 물리적인 체계에 할당하게 되는 과정이다. 이 때, 이전 단계인 QFD 1.에서 요구조건과 MOE의 관계가 명확히 정립되었으므로, QFD 2. 는 MOE가 기능(Function)으로 전개되는 과정으로 정의되는 것이며, 이것은 추적성을 고려할 경우 요구조건(Requirement)에서 기능으로 전개되는 SE 절차를 표현하게 되는 것을 의미한다. 또한, 기능 분석 및 할당 단계에서 도출된 기능들에 대한 적절성 판단 과정이 검증(Verification)이며, 판단의 척도가 되는 것이 MOP이다.

설계 조합(Design Synthesis) 과정에서는, 이전 단계에서 식별된 체계의 기능들로부터 설계 과정을

<Table 2> Requirements

| 구분 | 요구조건 |
|----|--|
| 1 | 탄도미사일을 추적하고 요격할 수 있어야 한다. |
| 2 | 적 위협으로 부터 탐지나 표적이 되는 것을 회피할 수 있어야 한다. |
| 3 | 다른 아군의 군수 지원을 받지 않고 임무를 수행할 수 있어야 한다. |
| 4 | 실시간으로 센서, 무기, 발사 통계 등의 자료를 아군과 공유 할 수 있어야 한다. |
| 5 | 위협을 감지하고 가장 높은 확률로 대응할 수 있는 보유 자산을 스스로 선택할 수 있어야 한다. |
| 6 | 최대한 다른 자산이 위협 받지 않도록 타겟을 지정할 수 있어야 한다. |
| 7 | 자유롭게 목표지역을 통행 할 수 있어야 한다. |
| 8 | 수상함이나 지상 및 항공 기반 센서로부터 적절한 지휘통제를 받을 수 있어야 한다. |
| 9 | 탄도미사일의 추적과 요격을 위한 최적의 장소에 위치할 수 있어야 한다. |
| 10 | 전 /평시에 장기간 전진 배치된 유닛으로 자신을 운영하고 유지할 수 있어야 한다. |
| 11 | 악조건에서도 작전을 지속할 수 있는 안정된 통신 체계를 보유하여야 한다. |
| 12 | 필요시 해상 기반 플랫폼을 신속히 전개할 수 있어야 한다. |

통해 물리적인 체계의 아키텍처를 개발하는 것으로 체계의 물리적인 형상들을 결정하는 과정이다. 이 과정에서는 결정되는 물리적인 형상들로부터 체계에 대한 성능 척도(MOP)가 식별, 도출되며, 도출된 MOP는 검증(Verification) 과정에 활용된다. 이전 단계인 QFD 2.에서 MOE와 기능(Function)의 관계가 명확히 정의되었으므로, QFD 3.에서는 기능(Function)이 성능척도(MOP)로 전개되는 과정으로 정의되며, 추적성 관리 관점에서 최초단계의 요구조건에서 물리적인 체계의 성능인 기능의 MOP

로 전개되는 일련의 절차를 표현하게 된다.

그러므로, QFD 1.은 요구조건 분석 과정에서 요구조건에 대하여 최종단계의 확인(Validation) 과정에 필요한 MOE로 전개하는 것이며, QFD 2.는 기능 분석 및 할당 과정에서 QFD 1.에서 도출된 MOE를 입력으로 받아서 체계의 기능(Function)으로 전개하는 것이며, QFD 3.는 설계 조합 과정에서 QFD 2.에서 도출된 기능(Function)을 입력으로 받아 체계의 성능척도(MOP)로 전개하는 것이다.

그러므로, QFD 1., QFD 2., QFD 3., 과정을 통해서 요구조건, 기능, 검증(Verification)을 위한 MOP, 확인(Validation)을 위한 MOE를 식별하고, 이에 대한 추적성을 확보할 수 있게 되므로, 초기 단계에서 최종 단계인 요구조건에 대한 시험평가 방법과 절차를 명확히 할 수 있게 되며, 이것은 개발하는 체계에 대하여 전체적인 개념과 수명주기 관점을 동시에 고려해야 하는 시스템엔지니어링의 기본 개념을 반영하게 되는 것이다.

4.2 QFD 프레임워크 적용 사례 구현

QFD 프레임워크 구현을 위해 적용한 사례는 국내 사례 적용에는 보안상 제약사항으로 인해, 미국의 Virginia Tech 대학교에서 2008년 개념설계한 Ballistic Missile Defense Submarine(SSBMD) 함정으로 결정하였다[7].

QFD 1.을 구현하기 위하여 표 2 및 표 3과 같은 요구조건(Requirement)과 MOE를 식별하였다.

식별된 요구조건과 MOE를 활용하여 QFD 1.에 적용한 결과는 그림 7과 같다. 실제 설계 과정에서

<Table 3> MOE

| 탐지능력 | | | | 작전 지속성 | 요격능력 | | 통신 능력 | 이동성 | | | | 은밀성 | |
|------------|-------------|-------|--------------------------------|-------------|-------|-----------------------------|--------------------------|-------|-------|--------------|---------|-------------|-------|
| 정확히 식별할 확률 | 오경보를 일으킬 확률 | 탐지 확률 | 분 당 동시에 추적하고 식별할 수 있는 최대 타겟의 수 | 최대 작전 지속 일수 | 격추 확률 | 분 당 효과적으로 교전할 수 있는 최대 타겟의 수 | 작전 시 아군과 정보교환을 할 수 있는 확률 | 작전 심도 | 최고 속력 | 스노켈 항해 항속 거리 | AIP 지속성 | 최고 속력 유지 시간 | 피탐 확률 |
| % | % | % | #/min | days | % | #/min | % | ft | knot | nm | days | h | % |

| MOE | 탐지 능력 | | | | 위협 지능성 | | 요격 능력 | | 추적 능력 | | 이동성 | | 손상 능력 | |
|--|-------|------|-------|------|--------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 탐지율 | 탐지속도 | 탐지정확도 | 탐지시간 | 탐지정확도 | 탐지속도 | 탐지정확도 | 탐지속도 | 탐지정확도 | 탐지속도 | 탐지정확도 | 탐지정확도 | 탐지속도 | 탐지정확도 |
| 요격조건 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 탐지대상물 추적하고 요격할 수 있어야 한다. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 특 위험으로 부하 탐지나 포착이 되는 것을 파악할 수 있어야 한다. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 다른 적군의 군수자원을 탐지 않고 임무를 수행할 수 있어야 한다. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 임의적으로 적의 위치, 탐지 능력 등을 저울질 할 수 있어야 한다. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 위협을 감지하고 탐지 능력으로 위협을 저울질 할 수 있는 포화 지점을 스스로 선별할 수 있어야 한다. | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| 탐지된 다른 적의 위치를 탐지 할 수 있어야 한다. | 0 | 0 | 0 | 0 | X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | X |
| 저우능력 확보능력을 향상 할 수 있어야 한다. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 우상능이나 지능 및 동향 기반 열적탐지력 저울질 저위협을 할 수 있어야 한다. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 탐지대상물 추적의 요격을 위한 최적의 장소에 위치할 수 있어야 한다. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 탐지대상물 탐지 능력 기반 적의 위치를 저울질 할 수 있어야 한다. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 임의적으로 적의 위치, 탐지 능력 등을 저울질 할 수 있어야 한다. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 위협을 감지하고 탐지 능력으로 위협을 저울질 할 수 있는 포화 지점을 스스로 선별할 수 있어야 한다. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 탐지된 다른 적의 위치를 탐지 할 수 있어야 한다. | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

[Figure 7] QFD 1

| MOE | 기능(Function) | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------------|--------|-------|-------|-----|-------|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | 탐지 능력 | 위협 지능성 | 요격 능력 | 추적 능력 | 이동성 | 손상 능력 | 탐지율 | 탐지속도 | 탐지정확도 | 탐지시간 | 탐지정확도 | 탐지속도 | 탐지정확도 | 탐지시간 |
| 탐지 능력 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 위협 지능성 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 요격 능력 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 추적 능력 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 이동성 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 손상 능력 | 0 | 0 | 0 | X | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X |

[Figure 8] QFD 2

<Table 4> Functions

| | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-----------|-------|----|----|-----------|------|------|
| 타겟 획득 / 탐지 | 타겟 식별 | 타겟 추적 | 정보 교환 | 정보 신호 송수신 | 신호 처리 | 흡음 | 추진 | 암호화 / 복호화 | 사격통제 | 손상통제 |
|------------|-------|-------|-------|-----------|-------|----|----|-----------|------|------|

매트릭스 영역(Matrix field)은 고려요소들 중 상대적 가중치를 이용하여 최적화하는 의사결정 방법인 AHP(Analytical Hierarchy Process)를 적용하기 위해 정량화된 수치를 입력하게 되지만 본 연구에서 추적성 확보 여부에 대한 가시화 관점에서 가(○), 부(×)만을 표시하였다.

QFD 2.를 구현하기 위해 기능(Function)들을 표 4와 같이 식별하였다.

식별한 기능들과 QFD 1.에서의 할당받은 MOE를 활용하여 QFD 2.를 구현하였으며, 그 결과는 그림 8과 같고, QFD 1.에서와 마찬가지로 추적성에 대한 가시화를 위해 가(○), 부(×)만을 표시하였다.

다음으로, QFD 3.를 구현하기 위하여 MOP를 식별하였으며, 식별된 결과는 표 5와 같다.

식별 확인한 MOP와 QFD 2.로부터 할당받은 기능(Function)들을 활용하여 QFD 3.을 구현하였다. 구현한 결과는 그림 9와 같고, 앞서 구현한 QFD 2. 및 QFD 3.에서와 마찬가지로 추적성에 대한 가시화를 위해 가(○), 부(×)만을 표시하였다.

<Table 5> MOP

| 이동성 | | 임무 | | | | | | | 생존성 | | | | | |
|------|--------|-------------|---------|------|--------------|---------|---------|---------------|---------|----------|------|--------|--------|------|
| 최고속도 | 최소유지시간 | 스노클 항해 항속거리 | AIP 지능성 | 작전심도 | 탐지된 탐도미사일의 수 | 오경보의 회수 | 동시교전 회수 | 평균 탐지 값 처리 시간 | 데이터 전달률 | 통신 지연 시간 | 요격속력 | 요격가능시간 | 선체 취약성 | 소음원위 |
| knot | hour | nm | days | ft | # | # | # | sec | byte | sec | Mach | sec | % | dB |

| MOP | 이동성 | | | | 임무 | | | | 생존성 | | | | | |
|--------------|------|--------|-------------|---------|------|--------------|---------|---------|---------------|---------|----------|------|--------|---|
| | 최고속도 | 최소유지시간 | 스노클 항해 항속거리 | AIP 지능성 | 작전심도 | 탐지된 탐도미사일의 수 | 오경보의 회수 | 동시교전 회수 | 평균 탐지 값 처리 시간 | 데이터 전달률 | 통신 지연 시간 | 요격속력 | 요격가능시간 | |
| 기능(Function) | knot | hour | nm | days | ft | # | # | # | sec | byte | sec | Mach | sec | % |
| 타겟 획득/탐지 | X | X | X | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | X | X | X |
| 타겟 식별 | X | X | X | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | X | X | X |
| 타겟 추적 | X | X | X | X | X | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | X | X | X |
| 정보 신호 송수신 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 0 | 0 | X | X | X |
| 신호 처리 | X | X | X | X | X | X | X | X | 0 | X | X | X | 0 | X |
| 추진 | 0 | 0 | 0 | 0 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| 암호화/복호화 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 0 | 0 | X | X | X |
| 흡음 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 0 |
| 사격통제 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 0 | 0 | X |
| 손상통제 | X | X | X | X | 0 | X | X | X | X | X | X | X | 0 | X |

[Figure 3] QFD 3

5. 결론

본 연구에서는 획득기간이 장기간 소요되고, 선도함을 전력화시켜야 하는 등의 고도의 위험관리가

요구되는 함정을 획득함에 있어서, 성공적인 사업 관리를 위해 SE 절차와 함정 획득 절차가 결합된 한국화된 QFD 기반의 프레임워크를 제안하였으며, 시스템엔지니어링(SE)의 추적성 확보 가시화 관점에서 사례 구현을 통해 적절성을 검증하였다.

연구 과정의 핵심사항 중 하나는 SE 적용의 용이성을 확보하는 것으로, 핵심적인 SE 적용 요소를 식별하여, 적용 절차 및 개념을 단순화시켰으며, 실무자 수준에서의 구체적인 사례 방법론을 제시하였다. 이러한 방법론은 요구조건의 명확화 및 추적성 관리로 개발 기간 중 추가 비용발생 및 개발기간 지연을 억제할 수 있으며, 정확한 요구조건 설정, 할당 및 추적성 확보로 저비용, 고성능, 적기 전력화를 통한 효과적인 시험평가 실시가 가능하고, 업무 내 실화를 통한 획득업무의 전문성 및 투명성 확보가 가능할 것으로 판단된다.

향후, 항공모함 또는 핵추진 잠수함 설계시 성공적인 사업 추진을 위해 이러한 구체적이고 검증된 방법론 적용이 필수적으로 요구되며, 또한 운용요구서(ORD, Operational Requirement Document) 작성의 기본 자료로 활용된다.

References

1. Park J.W. and Lee J.W., Study on Application Method of QFD in the Test Evaluation Phase in Connection with SE Process, Journal of KOSSE, p7, 2018.12.
2. INCOSE, Systems Engineering Handbook, Fourth Edition, p11, 2015.
3. INCOSE, Survey of Model-Based Systems Engineering (MBSE) Methodologies. 2008.
4. Defense Acquisition University, Systems Engineering Fundamentals, Department of Defense, Systems Management College, p6, 2001.
5. Jeong, Y.H., An Integrated Framework of Systems Engineering and Modeling & Simulation for Simulation-Based Acquisition of a Submarine, Naval Architecture and Ocean Engineering Department of Industrial Engineering and Naval Architecture Graduate School, Seoul National University, p93, 2010.
6. Summer Naval Surface Ship Design Program Lecture Note, 2007.
7. Virginia Tech, Design Report Ballistic Missile Defense Submarine SSBMD, 2008.