

차세대 주력전차의 개념설계를 위한 동시공학의 적용

Application of Concurrent Engineering for Conceptual design of a Future Main Battle Tank

김진우 · 소한균
군사과학대학원

ABSTRACT

The main objective of this study is systemization of the technique of ROC quantification and optimization of baseline design by applying CE principle to the acquisition process of a weapon system. QFD and TOA techniques can be employed to a good working example of the conceptual design of a future main battle tank.

In this paper, Product Planning Phase, the first phase of four QFD phases, is deployed in terms of eight steps including customer requirements and final product control characteristics.

TOA is carried out considering only combat weight. In order to perform combat weight analysis and performance TOA, Preliminary Configuration Synthesis Methodology is used. Preliminary Configuration Synthesis Methodology employs the method of least squares and described linear equations of weight interrelation equation for each component of tank.

As a result of QFD based upon the ROC, it was cleared that armor piercing power, main armament, type of ammunition, cruising range, combat weight, armor protection, power loading, threat detection and cost are primary factors influencing design and that combat weight is the most dominant one. The results of TOA based on the combat weight constraint show that 5100 lb reduction was required to satisfy the ROC.

The baseline design of a future main battle tank is illustrated with assumption that all phases of QFD are employed to development and production process of subsystems, components, and parts of main battle tank. TOA is applied in iterative process between initial baseline design and ROC. The detailed design of each component is illustrated for a future main battle tank.

주요기술용어: 동시공학(Concurrent engineering), QFD(Quality Function Deployment) 작전요구성능(ROC), 대안분석
(TOA: Trade-Off Analysis)

1. 서 론

오늘날 복잡하고 다변화되는 상황에서 무기체계의 개발은 제한된 조건하에서 사용자의 요구사항을 최적화하면서 기존의 무기체계 성능개량과 비용감소, 개발기간 단축을 목표로 하고 있다.

지금까지 무기체계 개발에 이용되어온 순차공학 설계법의 결함을 보완한 동시공학 설계법은 개념설계로부터 폐기에 이르는 전 순기에 제품의 품질과 비용, 계획 및 사용자의 요구사항 등 모든 분야를 동시에 고려하는 설계 방법^[1]으로서, 이를 무기체계 개발에 적용한다면 개발기간 단축, 비용절감 및 성능 개량으로 경쟁력있는 무기체계 개발을 할 수가 있을 것이다.

최근 우리나라에서도 무기체계 획득과정에서 동시공학의 시스템을 일부 무기체계 시스템개발에 적용하여 연구하고 있지만, 그 연구는 미진한 상태이고 제반 환경도 극히 빈약할 뿐만 아니라 실제 적용사례도 아주 드문 상태이다.

본 연구의 주 목적은 무기체계 획득과정의 개념설계단계에 동시공학의 원리를 적용하여 최초 사용자 요구사항(ROC: Required Operational Capabilities) 정량화 기법의 체계화와 설계 개발자의 기초설계를 최적화하는데 있다.

본 연구는 동시공학 원리 적용의 구체적인 예로서 차세대 주력전차 무기체계 시스템의 개념설계 문제를 고려하며, 동시공학에서 중요한 기법으로 사용되어지고 있는 QFD(Quality Function Deployment)와 TOA(Trade-Off Analysis)를 이용하여 전개하려고 한다.

본 연구에서는 QFD의 4단계^[2]중 1단계인 제품계획 단계에 적용하여 기술하였으며, QFD적용시 제품계획 단계에서 중요한 요소로 사용되는 최초 사용자 요구사항(ROC)는 무기체계개념 특화연구센터의 “미래형 전차 OMS/MP 개발 및 전차전 임무분야”의 연구결과

를 참조^[3]하였다. 제품관리특성은 성능특성을 장갑과 괴력 외 27개, 운용특성을 속도 및 조향장치 외 25개를 선정하여 매트릭스 전개에 사용하였고, 매트릭스 전개간 사용된 가중치(Weights)는 조지아 항공우주공학 연구소의 “고속 민간 수송기에 대한 통합 설계 및 제작” 연구결과를 참조로 하여^[4], 상호 관련 정도에 따라 Strong(9), Medium(3), Weak(1)를 부여하였다.

TOA의 적용을 위해 전차의 성능변수를 승무원수, 톤당마력, 항속거리, 주무장의 포구에너지, 주무장의 탄약 적재량, 평균 장갑두께를 선별하였고, TOA기법 적용은 전차에 대한 기술적 수준에서의 각 성능 변수별 평가와 비용 및 RAM-D의 분석은 실시하지 않고 전투중량만을 고려하여 TOA를 실시하였다. 또한 중량분석과 성능대안분석을 위해 배열 합성법을 사용하였으며, 배열 합성법의 공식화된 기법으로 최소 자승법을 사용하여 전차의 각 구성품에 대한 중량 상호관계식을 선형 방정식으로 묘사하였고^[5], 이를 기초로 각 구성품 중량을 합산한 전차의 총 중량방정식을 이용하여 TOA를 실시하였다.

전투중량에 대한 대안분석에서는 사용자 요구사항의 제약조건 전투중량과 선정된 6개 변수들간의 상호영향분석을 실시하였으며, 성능 대안분석은 제약조건 전투중량을 고정된 상수로 하여 선정된 변수들간 대안분석을 실시하여, 고정된 전투중량에 대한 각 성능 변수의 상호 영향을 분석하였다.

차세대 주력전차의 기초설계 도면은 하부시스템과 구성품, 부품등에 대한 개발 및 생산공정에 QFD 전 단계의 적용과 개발자에 의한 최초 개념설계가 사용자에게 피드백 되어서 요구사항을 다시 확인, 검증, 수정하는 세부적인 TOA의 반복과정을 수행한 것으로 가정하여 개략화한 것이며, 기초설계의 세부적인 각 구성품의 위치는 미국의 21세기 주력 전차의 내부형상 단면도를 참조로 하여 도식화 하였다.^[6] 본 논문

서 사용되어지는 수치는 절대적인 수치는 아니며, 예제의 도식화를 위한 임의 수치이다.

2 동시공학

(1) 동시공학 정의

동시공학(Concurrent Engineering)은 제품의 제작 및 지원을 포함하여 제품 및 관련 공정설계를 동시에 종합적으로 접근하는 체계적인 공학활동으로써, 개발자로 하여금 품질, 비용, 계획 및 사용자 요구사항에 대하여 개념설계로부터 폐기에 이르기까지의 시스템 전 반사항을 고려하도록 하는 활동으로 정의되어진다.^[2]

이러한 동시공학의 목적은 초기에 모든 사용자 요구사항을 총체적으로 종합함으로써 시스템 및 제품의 품질과 효과를 향상시키는 것과 시스템 개발기간을 단축시키는데 있다. 이는 곧 총순기 시스템 비용을 감소시키는 효과를 가져온다.

기존의 순차공학(Sequential Engineering)과는 달리 동시공학은 Fig. 1에서와 같이 모든 기능이 설계과정에 동시에 통합되어지고, 매단계마다 제품순기 모든 단계의 제약조건을 고려한 상태에서 결정이 이루어진다.^[2] 설계과정동안 동시공학은 사용자가 요구하는 성능, 크기, 중량, 비용, 정비능력, 시험능력등을 동시에 고려하여 설계하며, 필요시 이들을 조절하는 다양한 기능을 갖는다.

Fig. 2와 같이 동시공학은 시스템 요구, 생산공정 및 운용유지의 3가지 요소가 동시에 관리되어지고^[7], 이는 제품의 지원시스템에 대한 수명주기 뿐만 아니라 생산공정에 대한 수명주기를 동시에 포함한다. 세부적으로 설명하면, 먼저 제품면에서 사용자의 개념형성 과정을 거쳐 요구된 시스템은 개념형성 및 기본 시스템 설계, 세부 설계 및 개발, 제품생산 또는 건설, 운용유지 및 폐기

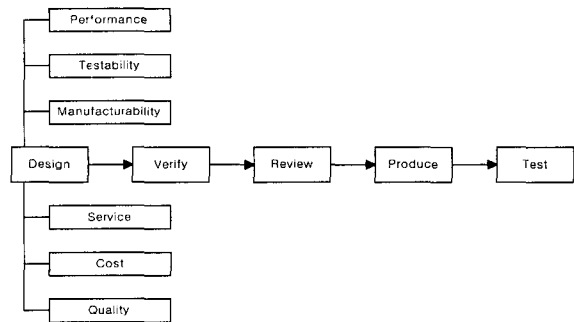


Fig. 1 동시공학의 기본 흐름도

그리고 운용유지 및 폐기단계까지 관리하며, 생산공정 면에서는 제작형상설계 후 이를 제작공정으로 운용하게 된다. 그리고 이를 총순기 동안 운용유지하기 위하여 제품유지형상을 설계하여 개발하고 정비유지하는 활동을 말한다. 여기서 크게 요구 시스템을 개발하여 생산조달하는 획득단계와 이를 총순기동안 운용유지 하다가 폐기하는 운용단계로 나누어진다.

제품의 총순기 비용곡선에서 알수가 있듯이^[7], 개념설계에 필요한 연구 투자비는 일반적으로 총비용의 1~2% 미만임에 비하여 시스템 총순기 비용의 약 70% 이상에 해당하는 요구 시스템의 세부 내용이 실질적으로 확정되어진다는 사실을 볼 수 있다. 따라서 무엇보다도 중요한 것은 최초 요구 시스템에 대한 개념설계를 어떻게 하느냐 하는 것이다.

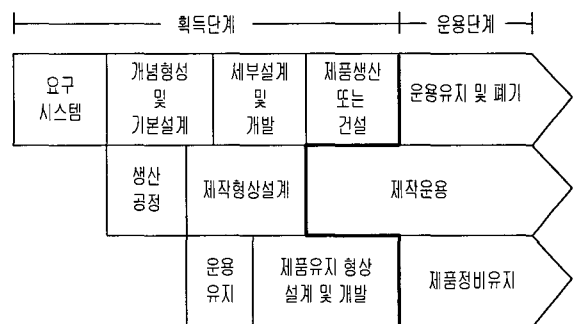


Fig. 2 시스템 총순기 관리 모델

(2) 동시공학 기법

1) QFD 기법

QFD는 동시공학의 통합된 환경에서 시스템 설계를 위해 적용되는 하나의 기법이며, QFD는 제품 및 공정 특성들을 사용자 요구사항과 연관시켜주는 것으로, 제품개발과 생산의 각 단계에 대한 사용자의 요구사항을 적절한 기술적인 요구사항으로 전환시키게 하는 수단이다.

QFD는 제품계획단계(Product Planning Phase), 부품 전개단계(Part Deployment Phase), 공정전개단계(Process Deployment Phase), 생산전개단계(Production Deployment Phase)의 4 단계로 구성되어 있으며, 본 연구에서는 차세대 주력전차 개념설계를 위해 1단계 제품계획단계에 적용하여 기술한다.

제품계획단계는 사용자 요구사항을 제품에 대한 시장조사와 경쟁사들과의 비교로부터 도출해내고, 이러한 것을 제품과 직접적으로 연관있는 구체적인 제품관리특성(product control characteristic)으로 전환시킨다. 이러한 것을 위해서 제품계획 매트릭스를 사용한다. 이 매트릭스는 다음과 같은 8단계로 세분화되어 전개된다.^[28]

① 사용자가 원하는 제품의 요구사항을 사용자의 관점에서 기술한다. 최초 사용자 요구사항은 더욱 명확한 요구사항을 얻기 위하여 제2, 3의 요구사항으로 확장되고, 이러한 것은 시장 조사 자료, 판매상들로부터의 자료, 판매점의 요구사항, 특수계층의 사용자 조사와 같은 다양한 출처로부터 얻어진다.

② 사용자의 요구사항과 일치하는 제품관리특성들을 기록한다. 이러한 제품 특성들은 직접적으로 사용자의 요구사항과 관련된 제품에 대한 요구사항이다.

③ 사용자의 요구사항과 제품관리특성들간의 상호 연관 매트릭스를 전개시킨다. 기호는 Strong, Medium, Weak의 상호관계를 나타낸다. 기호를 사용하여 매트릭스를 작성하는 것은 제품관리특성들이 사용자 요구사항의 적절한 반영 여부를 확인하는데 도움을 준다.

④ 기술된 요구사항에 대해 사용자의 인지도와 현존하는 제품에 대한 경쟁 평가 자료를 포함한 시장 평가를 실시한다

이것의 목적은 상호 제품을 경쟁 비교하여 향상시켜야 할 분야를 명확하게 찾기 위해 제품의 강점과 약점을 평가하는 것이다. 이것은 제품에 대한 사용자의 인지도를 나타낸다. 또한 이것은 사용자의 요구사항을 충족시키기 위해 어느 분야를 개선시켜야 하는가를 알려준다.

⑤ 제품관리특성 경쟁평가를 실시하고, 이 평가를 시장 경쟁 평가와 비교한다. 이러한 평가는 사용자와 개발자가 공감할 수 있는 객관적이고 측정 가능한 용어나 수치로써 표현되어야만 한다.

이것은 사용자의 요구사항과 개발자 자신이 실시한 평가간의 모순점을 발견하게 하는데 도움을 준다.

⑥ 신제품에 대한 판매 주안점, 즉 매대시 현재의 시장구도와 연관하여 광고효과를 유발시킬 수 있는 제품특성을 결정한다. 이러한 주안점을 기초로 제품 마케팅, 제품 유통, 판촉 전략들이 결정된다.

⑦ 사용자의 인지도와 현재 제품의 강점과 약점을 기초로 판매 주안점과 일치하는 제품관리특성들에 대해 달성 가능한 목표를 전개시킨다. 이러한 달성 목표는 제품 개발과 시험공정의 각 단계에서 측정되어진다.

⑧ 사용자의 제품특성에 대한 인지도, 판매 주안점, 경쟁평가를 기초로 관리특성들을 선택한다.

선택된 특성들은 제품 순기 전 단계를 통하여 사용자 요구사항을 반영하기 위한 각 부분별 활동과 통제들의 형태로 변환되어야만 한다.

2) 대안분석(TOA) 기법

대안분석(TOA)은 설계 개념의 대안들을 선택된 기준과 제약조건에 의해서 평가하는데 사용되어지는 기법이며, 대안분석은 보다 더 우선 순위가 높은 다른 성능들을 향상시키는데 힘쓰도록 현존 시스템의 타성능을 상대적으로 희생시킴으로써 설계개념을 평가한다. 대안분석과정의 최종 목표는 보다 덜 중요한 성능들을 희생시켜 가장 중요한 운용성능들이 앞서 결정되는 것을 극대화시키는 것이다.¹⁹⁾

① 대안분석의 적용 방법

대안분석기법(TOAM: Trade-Off Analysis Methodology)은 설계 형상대안의 열거와 사용자의 요구사항을 기초로한 최적의 설계 주안점 선택, 기술적 수준에서의 상호 모순되는 자료에 적용되어 사용된다. 대안 분석 기법의 적용은 주로 새로운 요구사항의 초기 고려 사항에 적용되지만 절차에 있어서는 기술적 수준에서의 향상 및 요구사항과 어떤 성능향상에 동반하여 나타나는 상대적 성능 희생에 대한 공정과정에서의 시스템 변화에 따른 영향을 비교하여 사소한 변경에 대해서도 적용된다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 대안 분석 기법은 2개의 부분으로 되어 있으며¹⁹⁾, 첫 번째 부분은 사용자의 요구사항을 일련의 형상대안으로 전환시키고, 두 번째 부분은 최적의 설계 주안점을 선택하기 위하여 형상의 대안들이 차세대 주력 전차의 임무에 의해서 평가되어진다.

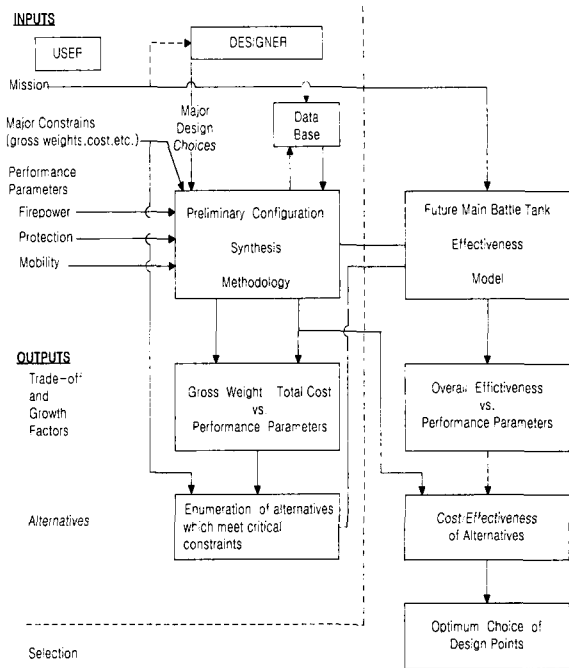


Fig. 3 대안분석 기법 개요

대안분석의 기법 적용을 위해 사용자의 요구사항은 주요 제약조건과 성능 변수로 나누어진다. 주요 제약 조건은 사용자들이 절대적으로 침범해서는 안되는 특성들이다. 이것의 전형적인 예는 시스템 총중량이다. 밖으로 표출되지는 않지만 시스템 총비용도 아주 중요한 제약조건이다.

본 연구에서는 총 중량의 제약조건을 명시하여 대안분석을 실시하고, 제약조건들을 시스템의 특성치들과 연관된 것으로 구성한다.

② 성능 변수의 선정

전차에 대한 대안분석(TOA)을 하기 위해서는 전차와 전차의 성능을 나타낼 수 있는 적절한 일련의 성능 변수들을 정의하는 것이 필요하다. 이러한 성능변수들은 기술적인 요구사항으로부터 도출되며, 일반적으로 전차의 요구사항은 전체적으로 중요하고 다양한

수준의 아주 많은 특정한 요구사항이 포함되어 있으며, 이러한 요구사항은 전차의 실질적인 세부 설계시에 중요하다.

또한 대안분석의 목적을 위해서는 전차와 전차의 성능을 적절하게 나타낼 수 있는 가장 최소의 성능변수를 사용하는 것이 바람직하다. 결국 성능변수들은 전투중량의 제한과 같은 간략한 제약조건의 형태로써 나타나게 되고, 초기에는 화력, 방호력, 기동력요소들의 대략적인 범주에 속해서 선정된다.

전차와 전차의 성능을 적절하게 나타낼 수 있는 성능 변수들은 승무원수, 기동력 요소(엔진출력, 항속거리), 화력(주무장의 포구에너지, 주무장 탄약발수), 방호력(평균 장갑 두께)들이 있다.

승무원수는 화력과 방호력 및 기동력 변수들과 밀접한 관계에 있고, 장갑 체적에 큰 영향을 미치는 중요한 요소이다.

전차의 기동성과 관련하여 특별히 많은 것을 나열할 수 있지만 전체적인 설계에 영향을 미치는 주요 요구사항은 속도, 경사, 지형의 극복능력과 전차의 항속거리이다. 다행스럽게도 전차의 속도, 경사, 지형의 극복능력은 요구되어지는 엔진출력에 의해서 쉽게 요약될 수가 있다.

전차의 화력을 나타내는데 선택된 성능 특성치들은 단순하고 직접적인 지침이 되는 주무장 파괴력 및 크기와 주무장을 지원하는 탄약 적재량이다. 주무장의 크기와 파괴력을 나타내기 위하여 선택되어진 변수는 포구에서의 추진 운동에너지이다. 주무장의 탄약 적재량은 그 자체가 화력의 한 면을 직접적으로 측정할 수가 있다. 또한 주무장의 탄약 적재량은 요구되는 하중과 장갑 체적의 한 측정부분이기 때문에 성능변수로서 선택된다.

방호력에 대한 적절한 측정은 전차의 형상과 총중량뿐만 아니라 장갑의 두께, 장갑경사, 배분을 포함한

다. 여기에서 가장 방호력수준을 잘 묘사할 수 있고 동시에 전차의 중량과 비용에 직접적으로 연관있는 변수는 평균장갑두께이다.

③ 중량 분석

대안분석기법(TOAM)의 적용은 전차의 총중량과 비용에 대한 성능변수의 세부적인 상호관계의 전개를 요구한다. 이러한 일련의 상호관계를 배열 합성법(Preliminary Configuration Synthesis Methodology)이라고 일컫는다. 이 기법을 적용하기 위해서는 일련의 상호관계를 구성하는 것이 필요하다.

접근 방법은 주요 구성품 중량의 작은 항들의 수를 합산함으로써 전차의 전투중량을 나타내는 것이다. 구성품은 중량이 앞에서 논한 특정한 성능변수들과 가장 직접적으로 연관되어 있는 것들이 선택된다. 본 연구에서는 전차의 주요 구성품들을 승무원, 무장, 탄약, 조립체 및 장비, 현수장치 및 궤도, 동력장치, 연료 및 연료탱크량, 헬, 포탑구조 및 장갑 등으로 선택하였다.

구하고자 하는 상호관계는 하나 혹은 그 이상의 성능변수의 함수로서 각 구성품들의 독립된 무게로 묘사된다. 이때 전차의 총 중량은 구성품들의 무게를 합산함으로써 평가되어질 수가 있다.

요구되는 중량의 상호관계는 특정한 전차에 대한 성능변수의 값과 실제전차 설계에 대한 구성품의 중량을 상호 연관시킴으로써 구할 수가 있다. 이 같은 경험적인 접근이 본 연구에서 적절히 고려되었지만 대안분석기법(TOAM)의 사용을 가시화할 경우에는 이같은 상호관계는 분석적으로 보강되어야하고, 설계에 있어서 공식화된 기법이 있어야만 한다. 자료를 상호 연관시키는데 있어서 가용한 자료를 가지고 가장 근사한 목표치 달성을 위하여 최소 자승법이 사용되었다. 모든 경우에 있어서 상호관계는 다음과 같은 식

(1)의 선형방정식으로 묘사된다.^[9]

$$y = ax + b \quad (1)$$

여기서, y : 구성품의 중량

x : 성능변수

a, b : 최소 자승법에 의해서 결정된 상수

최소 자승법에 의한 식 (1)의 선형방정식 방법이 자료의 제한범위를 벗어나 불합리한 값을 도출해낼 수도 있지만 제한된 범위 안에서 가장 최상의 근사한 평가값을 객관적으로 결정하게 해준다. 각 구성품의 중량에 대한 상호관계의 성능함수 선형방정식을 합산한 전차의 총 전투중량 방정식은 식 (2)와 같다.^[9]

$$\begin{aligned} W_o = & 256C + 1252 \times 10^{-6}E + 684 \\ & + (12.42 \times 10^{-6}E + 1.83)N + 700 \\ & + 0.1272 W_o - 309 \\ & + 0.2332 W_o - 527 \\ & + 5.268 \times 10^{-3}H W_o + 1185 \\ & + 0.1263 \times 10^{-3}R W_o \\ & + 39.075t [47C + 8.571 \times 10^{-6}E \\ & + (0.1823 \times 10^{-6}E - 0.0392)N + \\ & 0.06724 \times 10^{-3}H W_o \\ & + 0.002581 \times 10^{-3}R W_o \\ & + 97.1] + 1638 \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, W_o : 전투중량, lb

C : 승무원수

E : 추진 포구에너지, ft-lb

N : 탄약 적재량

H : 톤당 마력, bhp/ton

R : 항속거리, mile

t : 평균 장갑두께, inch

④ 성능 대안 분석

성능 변수간의 대안분석은 전투중량을 상수로 하여 항속거리, 톤당 마력, 평균 장갑두께, 주포 포구에너지, 탄약적재량, 승무원 수간의 대안분석을 실시한다. 전투중량을 한 개의 일정한 상수로 제한하였지만 각 성능변수에 대한 대안분석은 일정한 전투중량에 대한 여러 가지의 그래프의 군으로써 나타낼 수가 있다.

3. 차세대 주력전차 ROC

(1) 개념형성

미래 장차전의 양상을 보면 선제기습전과 첨단무기를 이용한 정밀공격 및 탈 대량파괴전이 보편화될 것이다. 또한 아군의 자유로운 정보사용을 보장하고 적의 정보사용을 억제하는 정보전이 될 것이며, 전장공간이 우주로 확대되는 항공·우주전이 될 것이다. 전장영역은 과거의 지·해·공 영역에서 우주 및 정보 분야까지 전장영역이 확장될 것으로 예측하고 있다.^[10]

미래의 대전차 위협은 현재와 유사한 위협이 지속될 것이고, 발전추세는 탄을 지능화시키므로써 원거리에서도 높은 명중률로 전차의 취약부위를 선별적으로 공격할 수가 있을 것이다. 주요 위협 및 전투형태는 다음과 같다.[11]

- ① 전차포탄 - MBT 발사(APFSES, HEAT류): 적 전차와의 교전(대 전차전)

- ② 대전차유도미사일 - 지상 launcher
발사, 헬기/항공기발사(HEAT류)
- 중, 경장갑차량(AIFV, 정찰차)과의 교전
- 전투헬기(공격헬기)와의 교전
- ③ 대전차로켓(보병발사)(HEAT류)
- ④ 무반동총(보병, 차량발사)(HEAT류)
- ⑤ 각종 형태의 대전차 지뢰
- ⑥ 기관포(Cannon) - 중, 경장갑차량, 공격헬기
- ⑦ 자주포 발사 포탄, 다련장 로켓 - Bomblet, Dumb munitions(bomblets)
- ⑧ 화생방(NBC)위협

전차의 세계적 발전추세 및 전망을 각 기능별로 알아보면, 화력분야의 포구속도 증대면에서 현재까지 실전 배치된 모든 전차는 고체추진제를 갖는 포 시스템을 유지하고 있으며, 서방의 경우는 120밀리이며 러시아 전차의 125밀리가 최대 구경이다. 전차의 내부적으로 적보다 빠른 대응능력을 갖추기 위해 열상장치, 자이로, 거리측정기, 표적자동탐지장치, 피아식별장치, 표적자동추적장치, 자동장전장치, 무장 구동장치 및 디스플레이장치 등을 장착하고 있다. 특히 자동장전 장치는 주포의 구경증대 등으로 인한 탄약의 중량증가와 지속장전 속도 유지를 위한 측면에서 선택이 필요할 것으로 판단된다.

기동력분야에서는 톤당마력의 경우에는 향후에도 크게 달라진다는 기대는 불가능하나 주포 위력 증대 및 방호력 향상으로 전투중량 증가가 필연적이므로 최대한 중량을 억제하고 고효율 소형과외팩 탑재와 경량·고성능 현수장치의 도입 및 관성항법장치를 갖춘 전장관리시스템과 연계된 항법장치의 운용이 기대된다.

생존성분야에서는 장갑에 의한 직접 방호력외에 간접방호 측면의 기능을 부여함으로써 전차 및 승무원의 생존성을 높이는데 관심을 기울이고 있다. 생존성 향상을 위해 화생방 양압장치와 화재진압장치 외에 위협경고장치가 여러 전차에 적용되고 있으며, 일부 전차는 능동방호장치를 적용하고 있다.

(2) 차세대 주력전차의 ROC 정의

무기체계 요구운영능력서(ROC)는 임무분야 분석(MAA: Mission Area Analysis), 운용형태 종합 및 임무 유형(OMS/MP: Operation Mode Summary/Mission Profile), RAM-D의 절차에 의해 도출되며, 전개과정은 무기체계개념 특화연구센터의 과제인 “미래형 전차 OMS/MP 개발 및 전차전 임무분야”의 연구결과를 참조하였으며[3], 연구결과를 기초로 세부 성능요소별 차세대 주력전차 ROC를 도출하면 Table 1과 같다.

[표 1] 차세대 주력전차 ROC

주요성능	단위	기준	주요성능	단위	기준
전투중량	톤	55이하	호통과능력	m	3±
폭	m	3.7이하	수직장애물 통과능력	m	1±
높이	m	2.5이하	도섭/도하능력	m	1/3.5
길이	m	7.9이하	현수장치		유기압식
지상고	m	0.5수준	소화장치		유
승무원	명	3	화생방 방호장치		유
엔진출력	HP	1500	전차포구경	mm	120
톤당마력	HP/톤	24	포신형태		활강포
접지압	kg/cm ²	0.865수준	탄적재량	발	32
항속거리	km	500	전차포고/저각	°	+20, -10이상
최대속도	km/h	60	포탄장전형태		유
등판능력	%	60이상	방호력	mm	평균63

4. 무기체계 획득과정의 동시공학 적용

Fig. 4는 무기체계획득과정에 대한 설명과 동시공학의 특징들이 어디에서 통합되는지를 구체적으로 설명하고 있고, 사용자와 무기체계 개발자와 산업체간의 상호 작용(영향)을 보여주고 있다. 과정 전체의 흐름을 세분화하면 숫자로 명시한 6개의 요소로서 설명할 수가 있다.^{[1],[2]}

① 대부분의 주요 무기체계는 적 위협요소에 대한 아군 능력의 기술적 예측에 기초한다. 임무분석(MAA)이 수행되고, 보통 이러한 분석으로부터 성능이 개선된 무기체계가 요구된다.

② 최근에는 기존의 접근방법보다는 경쟁력이 강한 전략을 구사하도록 한다. 이러한 전략하에서 군은 능력면에서 적 위협을 실질적으로 압도하는 시스템의 설계보다는 적 위협의 취약점과 그 강점을 이용하는

시스템을 구축한다. 일반적으로 MAA의 결과는 활동의 다양성에 대한 메커니즘을 유발시키는 무기체계 개념형성에 매우 중요한 초기 운용요구사항이 된다.

③ 일단 운용/기구계획(O & O Plan Operational and Organizational Plan)초안이 군 사용자에게 의해 작성되면 대안결정(TOD: Trade-Off Determination)이 개발자에게 의해 시작된다. TOD는 기술할당에 기초하여 개념설계를 형성하는 것으로, 이 분야에 대해서 사용자 요구 단계에서부터 전문연구가 수행되는 것이 보통이다.

임무요구기술(MNS: Mission Need Statement)은 새로운 주요 시스템의 획득을 정당화하고 Milestone 0(MS.0) 계획을 시작하게 한다. 군 사용자는 TOD의 결과를 사용하여 시스템 요구사항을 재확인하고 구체화하는데 주안을 두고 대안분석(TOA: Trade-Off Analysis)을 수행한다.

Fig. 4에 제시한 것처럼 반복은 기초설계 및 전 순기비용분석의 사이에서 발생하고 TOA는 설계통합과 분석에 좌우된다. 전 순기비용(Life Cycle Cost: LCC)의 약 70%가 개념설계단계의 초기 반복에서 결정된다. Fig. 4에서 LCC에서 TOA까지 반복되는 동안, 비용이 주된 문제일 때 획득비용에 대한 결정과 대안이 얻어진다. 이것이 현행 무기체계획득과정에서 주요 문제중의 하나이다.

④ 시스템 차원에서 기술할당과 지원능력, 생산능력을 향상시키는 것은 쉬운 것이 아니다. 예시된 바와 같이 기술베이스는 개념적인 연구단계에서 새로운 기술을 평가하거나 기존 시스템을 수정함으로써 구사된다.

⑤ Milestone I(MS. I)결정을 통하여 무기체계 개념을 성공적으로 정의하게 되면 획득과정의 표명 및 확정단계로 들어간다. 이것은 무기체계의 예비설계

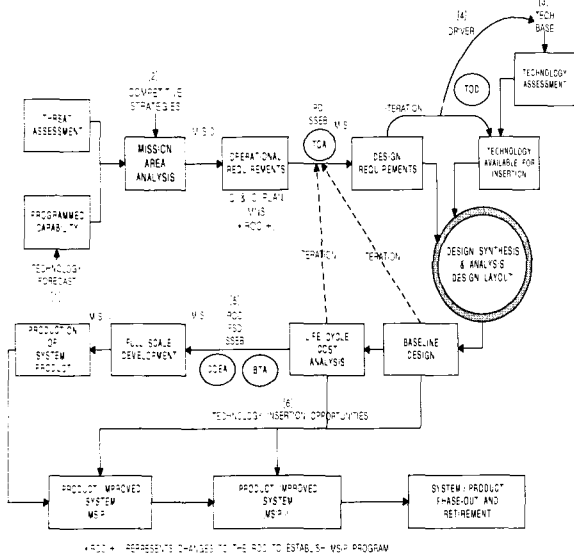


Fig. 4 설계 통합 및 분석
(무기체계 획득과정에서의 동시공학의 특징 적용)

단계이며 TOD는 설계가 반복된 것처럼 다시 이루어지고 더욱더 명확하게 정의되어진다. 표명 및 확정 단계의 결과는 비용운용 효과 분석(COEA: Cost and Operational Effective Analysis)에서 평가될 수 있는 최상기술접근법(BTA: Best Technical Approach)이 되어야 한다.

요구사항 정의 과정은 요구운용능력서(ROC)가 작성되면서 처음 완성된다. 표명 및 확정단계가 성공적으로 완성되면 쉽게 Milestone II(M.S. II)를 결정할 수 있고 실물 개발(Full Scale Development: FSD)계획을 시작할 수 있다. 실물개발이 전체 시스템의 세부설계를 시작하는 동안에 각 구성품과 하부시스템에서는 예비설계가 시작된다.

④ 기술 삽입 기회가 다단계 향상 프로그램(Multi-Stage Improvement Programs: MSIP's)이라 불리어지는 기존 시스템의 제품개선에 주어진다. 이들 기술삽입 기회가 P3I(Preplanned Product Improvement)를 통하여 적절히 계획된다면, 기술 베이스를 변화시키는 원인이 된다. Fig. 4를 보면 설계 통합 및 분석뿐만 아니라 제품개선 시스템에 대해서까지도 기술삽입의 기회에 핵심경로가 됨을 보여주고 있다.

무기체계 획득과정에서 동시공학의 원리를 성공적으로 적용시키기 위해서는 동시공학의 몇가지 핵심적인 특성들을 구사하여야 한다.

그 첫 번째 특성은 시스템 공학 접근법으로 사용자 요구사항을 설정하고 시스템 및 공정특성들을 사용자의 요구사항들과 관련시키는 것이다. 이것을 하기위한 하나의 기법이 QFD이다. Fig. 4에서 이 QFD기법의 가장 적합한 사용시기는 개념설계 대안설정을 위해 TOA에서 사용된다.

두 번째 특성은 통합 시스템 및 공정설계 수행을 위한 다기능 분야의 전문팀(Multi-Discipline Teams)의

운용이다.

QFD를 비롯한 유사한 방법들 외에 GFBD (Generalized Feature-Based Design)기법이 개발되었으며 이것은 공정 및 생산 종사자들을 설계 합성 및 해석에 적극적으로 참여토록 하는 것이다.

세 번째 특성은 시스템 및 공정 최적화를 위한 QEM(Quality Engineering Methods)을 적용하는 것이다. 통상적으로 설계 합성 및 해석과정에서 유도되는 기초설계는 중량의 최소화와 같은 최적화를 목표로 하고 있지만 전 순기 비용분석(LCC)는 과거의 자료에 의존하고 있고, 신뢰도, 정비도, 지원능력, 제작공정의 다양성은 고려하지 않고 있다. 그러나 PDOM(Parameter Design Optimization Method)과 같은 QEM을 적용함으로써 최적화 문제를 해결할 수가 있게 되었다.

네 번째 동시공학의 특성은 전체 시스템 공정을 통하여 신속하고 현명한 의사결정을 위한 정보를 제공하는 통합된 CAD/CAE/CAM 환경이다. 동시공학과 QFD 및 PDOM과 같은 QEM은 CAD/ CAE/CAM환경의 시스템으로 통합되어져서 다기능 팀의 구성원들이 설계특성의 효과를 분석할 수 있고 설계공정간 가능한 빠른 단계에서 생산공정들을 계획할 수 있어야 한다.

(1) QFD 기법 적용

본 연구에서는 차세대 주력전차의 ROC를 기초로 QFD의 4단계중 1단계인 제품계획단계(Product Planning Phase)에 적용시켜 전개한다.

1) 사용자 요구사항 기술

Table 1의 차세대 주력전차 ROC를 기초로하여 전차의 주요 기능별로 세분화시켜 사용자 요구사항을 구체적으로 기술하며, 세부 기술 내용은 생략한다.

2) 제품 관리 특성 기술

사용자가 제시한 제품 요구사항과 일치하는 결정적인 제품 관리 특성들을 성능 및 운용특성으로 구분하여 기술한다. 본 연구에서 제시한 성능특성은 장갑과 괴력의 27개, 운용특성은 속도 및 조향장치외 25개의 특성을 제시하였다. 세부적인 내용은 Table 2와 같다.^[13]

3) 상호관계 매트릭스 전개

사용자 요구사항과 제품 관리 특성들간의 매트릭스를 Fig. 5 및 Fig. 6과 같이 전개시킨다. 기중치는 Strong(9), Medium(3), Weak(1)의 상호관계를 나타낸다.^[4]

Fig. 5에서의와 같이 사용자 요구사항과 성능 특성상 호관계 매트릭스에서 상호 관련 있는 항의 수는 강한 관계에 있는 것이 65개, 중간 관계에 있는 것이 82개, 약함의 관계에 있는 것이 59개로써 총 206개의 항이 상호 관련이 있음을 알 수가 있다. 이들의 상대적인

Table 2. 품 관리 성능 및 운용특성

구분	특 성
성 능 특 성 (28)	장갑괴력, 연속사격, 탄종/탄적재량, 주무장, 접지압력, 항속거리, 저판지상고, 수직장애물, 등판능력, 참호통과, 도하능력, 최대속도, 전투중량, 궤도길이/폭, 차량항법, 외부통신, 능동방호, 장갑보호, 표출면적, 톤당마력, 탄적재위치, 정보통제, 소화능력, 화생방, 연료안정화, 표적탐지, 위협탐지, 내부통신
운 용 특 성 (26)	속도/방향조종기, 조향/가속연료차단, 제동장치, 주차제동기, 전방탐재, 후방탐재, 스폰슨연료장치, 엔진실연료장치, 엔진전기/전자장치, 기동전기장치, 사격전기장치, 수송성, 의자/해치, 난방장치, 방수, MKBF, MTTR, MR, 현수장치, 정비특수공구, 시험지원장비, 심수도하장비, 비용 연막발사기, 배기가스, 도색/표식

구분	장갑괴력	연속사격	탄종/탄적재량	주무장	접지압력	항속거리	저판지상고	수직장애물	등판능력	참호통과	도하능력	최대속도	전투중량	궤도길이/폭	차량항법	외부통신	능동방호	장갑보호	표출면적	톤당마력	탄적재위치	정보통제	소화능력	화생방	연료안정화	표적탐지	위협탐지	내부통신	외부통신						
가	전투중량	3	9	9	9	9					1	9	9	3	1	9	1	9								3	1	1							
가	차적충격완화																																		
가	(속하감)																																		
가	차적항속거리	1	1	1		9						3	9	1	1	9	9									3									
가	좌/무시계보장																																		
가	조향악물이상		1																																
가	기동속도		1	3	3	3	1					3	3	3	3	9	9	1	1	1	9	9													
가	도하/도입/등판능력																																		
가	장애물극복능력																																		
가	최적차량과	9	1	9	9																														
가	상/항합사격	1	1	3		1																													
가	탄약적재량	1	1	9	9	1	3						3	9	1	3	3	3								1									
가	직항거리대응																																		
가	운료시거리중대	3	1	9																															
가	자동장전장치	1	9	3	9																														
가	명중률중대																																		
가	전치승무원내부통신																																		
가	지휘관유치/위치식별																																		
가	정보통신장치																																		
가	정보공유시스템																																		
가	직위합치/식별																																		
가	피탄면적감소	1	1	1		3	1																												
가	지휘관유치/식별																																		
가	화생방안																																		
가	화재탐지/진압																																		
가	장갑방호력																																		
가	방호방호																																		
가	장비의용이																																		
가	장비소요시간																																		
가	인간공학친내부설계	3	3	3	3	1																													
가	소음최소화																																		
가	복합/운용/용	3	3	3	3																														
가	안전후임부수형	3																																	

Fig. 5 요구사항과 제품 관리 성능특성의 상호관계 매트릭스

비율을 보면 강함이 31.6%, 중간 관계가 39.8%, 약함이 28.6%를 나타내고 있어 강함과 중간의 상호관계에 비해 약함의 상호관계가 전체의 30%도 미치지 못함을 확인할 수가 있다. 이를 통해 제품 관리 성능특성은 사용자 요구사항을 적절하게 반영하였다는 것을 확인시켜준다.

Fig. 6에서 나타난바와 같이 사용자 요구사항과 제품 관리 운용 특성간의 상호관계를 확인하면, 상호 강한 관계에 있는 항의수가 32개, 중간 관계에 있는 것이 61개, 약함의 관계에 있는 것이 43개로써 총 136개의 항이 상호 관련이 있음을 알 수가 있고, 상대적인 비율을 보면 강함이 23.5%, 중간 관계가 44.9%, 약한 관계항이 31.6%의 결과로 나타나서 운용특성은 사용자 요구사항을 적절하게 반영하였음을 알 수가 있다. 또한 운용특성은 성능특성에 비해 설계에 미치는 영

구 분	장갑 파괴력	주무장	탄중/탄적재량	항속거리	전투중량	장갑보호	톤당마력	위협탐지	시장조사 (검정평가)			
									1	2	3	4
장갑파괴력	9	9	9	9	9	9	9	9	D	A	C	B
주 무 장	9	9	9	3	9				D	B	C	A
탄 중 / 탄적재량	9	9	9	3	9		1		D	A	C	B
항속거리		3	3	9	1	9			D	B	C	A
전투중량	9	9	9	9	9	9	1		B	C	D	A
장갑보호				1	9		3		A	B	D	C
톤당마력			1	9	9	3			D	B	C	A
위협탐지					1				D	A	C	B
절대평가	27	30	31	25	55	13	22	1	B	C	D	A
상대평가	13	14	15.2	12	27	6	10	0.5	D	A	B	C
Weight: Strong(9), Medium(3), Weak(1)												

Fig. 8 주요 특성 상호관계 매트릭스

적재량, 주무장, 항속거리, 전투중량, 장갑보호, 톤당 마력, 위협탐지, 비용의 9개 주요 특성치가 선별되었다. 결과에서와 같이 운용 특성중 비용을 제외한 타 운용특성은 설계시에 큰 영향을 미치지 못함을 알 수가 있다.

그리고 주요 특성치간의 상호 관련정도를 비교함으로써 주요 특성치중에서 설계시 가장 큰 영향을 미치는 특성을 선별해낼 수가 있을 것이고 차후 대안 분석(Trade-Off Analysis)시 지배적인 성능변수로서 활용할 수가 있을 것이다. 주요 특성 상호 관계 매트릭스는 Fig. 8과 같다.

Fig. 8에서와 같이 전투중량의 상대평가 비율이 27%로서 시스템 설계시 큰 영향을 미치는 성능변수임을 알 수가 있다.

4) 시장 평가 실시

요구사항에 대한 사용자 인지도와 현존 제품의 경

구 분	사용자 중요도	상대평가	주무장	탄중/탄적재량	항속거리	전투중량	장갑보호	톤당마력	위협탐지	시장조사 (검정평가)					
										1	2	3	4		
기	전투중량	4.56	3	9	9	9	9	9	9	1	D	A	C	B	
	차체충격완화 (순차감)	2.64						1	1		B	C	A	D	
	작전항속거리	3.06	1	1	1	1	9	9	9	9	D	B	C	A	
	차/후시계보장	1.2							1	1	D	B	C	A	
	조작의용이성	1.2								1	D	A	C	B	
중	기동속도	3.86		3	3	9	9	9	9		D	B	A	C	
	도하/도착/동반능력 장애물극복능력	6.48			3	3	3	9	1	D	B	C	A		
	작전차피기	13.63	9	9	9	1	1	3	1	3	D	B	C	A	
	상/회항사격	2.17	1	3	1					1	B	C	A	D	
	탄약적재량	2.7	1	9	9	9	9	3	3	3	A	D	B	C	
하	적함공기대응	2.7						1	1	1	D	B	C	A	
	유효사거리중대	1.07	3	9	1			3	1	1	D	B	C	A	
	자동전장장치	5.66	1	9	3	9	1	1	3	3	C	D	B	A	
	명중률중대	1.07		9	1					3	B	C	D	A	
	전차승무원내부통신	1.76								1	C	B	D	A	
중신	지휘함유지/위치식별 정보통신장치 정보공유시스템	9.24								1	6	C	D	A	
	적위협탐지/식별	3.8				1		3		9	B	C	D	A	
	피탄면적감소	2.9		1	1	3	1	3	1		A	B	D	C	
	지휘함지/계획	1.45							3		1	D	B	C	A
	회생형전	3.74								1					
생존성	화재탐지/진압	1.74								1					
	잠입탐지/견역	7.67		3	3	3	9	9	3		B	D	C	A	
	능동방호	5.7						1	3	*	3	B	C	D	A
	장비의용이	1					1	3	3	1		D	A	C	B
	장비소요시간	1													
기타	인간공학적인부실계	0.5			3	3	3	3	3	1		B	C	A	D
	소음취소회	0.5						1	3	*	3	B	C	D	A
	확속/운동비용	6	3	3	3	9	3	3	3	3	D	A	B	C	
	적화무임무수행	1				1	1	1	1	1		B	C	D	A
	절대평가	100	2083	171.2	329	290.3	276.2	278.5	299.2	261.4	157.6				
상대평가	100	8.295	15.94	14.07	13.39	13.5	14.5	12.67	7.639						
관리특성치	MBI														
	A - K														
	B - A														
	C - J														
검정평가	D - R														

Fig. 9 사용자 요구사항에 대한 시장평가

구 분	시장조사 (검정평가)				
	A전차	B전차	C전차	D전차	
기	전투중량	3.192	1.824	0.456	4.56
	차체충격완화 (순차감)	1.056	2.64	1.848	0.264
	작전항속거리	0.306	2.142	1.224	3.06
	차/후시계보장	0.12	0.84	0.48	1.2
	조작의용이성	0.84	0.12	0.48	1.2
중	기동속도	1.544	2.702	0.386	3.86
	도하/도착/동반능력 장애물극복능력	0.648	4.536	2.592	6.48
	작전차피기	1.36	9.52	5.44	13.6
	상/회항사격	0.868	2.17	1.519	0.217
	탄약적재량	2.7	1.08	0.27	1.89
하	적함공기대응	0.27	1.89	1.08	2.7
	유효사거리중대	0.107	0.749	0.428	1.07
	자동전장장치	0.566	2.264	5.66	3.962
	명중률중대	0.107	1.07	0.749	0.428
	전차승무원내부통신	0.176	1.76	1.232	0.704
중신	지휘함유지/위치식별 정보통신장치 정보공유시스템	0.924	9.24	6.468	3.696
	적위협탐지/식별	3.8	3.8	2.66	1.52
	피탄면적감소	2.9	2.03	0.29	1.16
	지휘함지/계획	0.145	1.015	0.56	1.45
	화재탐지/진압	0.767	7.67	3.068	5.369
생존성	회생형전	3.74			
	화재탐지/진압	1.74			
	잠입탐지/견역	7.67			
	능동방호	0.57			
	장비의용이	1			
기	장비소요시간	0.4			
	인간공학적인부실계	0.4			
	소음취소회	0.5			
	확속/운동비용	4.2			
	적화무임무수행	0.15			
계	24.696	69.762	43.95	69.37	

Fig. 10 각 전차별 기중치에 의한 인지도 분석

쟁 평가자료를 포함한 시장 평가를 Fig. 9와 같이 실시한다. 시장평가를 위해 임의의 4대 전차 모델을 선정하여 사용자 인지도를 평가한다.

인지도 시장조사 결과분석을 위해 우선 순위에 의한 가중치를 1순위 1.0, 2순위 0.7, 3 순위 0.4, 4순위 0.1을 적용하여 각 기능별 사용자 요구사항 중요도와의 곱으로 합산한 각 전차별 가중치 합은 Fig. 10과 같다.

Fig. 10과 같이 사용자 중요도와 우선 순위의 가중치를 고려하여 산출된 각 전차별 가중치 합은 A전차가 24.696, B전차는 69.762이며 C전차와 D전차는 각각 43.95와 68.37임을 알 수가 있고 A전차를 기준으로 기본지수를 1.0으로 하면 B전차의 기본지수는 2.825이고 C전차와 D전차의 기본지수는 각각 1.78과 2.79이다.

결론적으로 사용자의 신뢰도와 특성치에 대한 성능은 A전차에 비해 B전차는 283%, C전차와 D전차는 각각 178%, 279%가 우세한 것으로 판단할 수 있다.

또한 A전차의 경우에 시장조사와 사용자 요구사항을 비교하였을 때 개발자의 관점에서 기술력 개발에 힘써야 할 분야를 살펴보면, 기능면에서는 화력과 통신 및 생존성분야에 대한 사용자 요구사항이 많음을 알 수가 있고 세부적으로는 화력기능에서는 적전차 파괴, 자동장전장치, 명중률증대가 요구되고 있고 통신기능에서는 자체 기술력 부족에 따른 내부 및 외부 통신에 대한 신뢰성의 저하가 현저하며, 생존성기능에서는 적위협에 대한 탐지 및 식별 능력과 화재탐지 및 진압, 장갑 방호력, 능동방호에 대한 현 시스템의 개량을 요구하고 있다.

구분	사용자 중요도	장갑비율	주무장	탄종/탄적재량	항속거리	전투중량	장갑보호	톤당 마력	위협탐지	시장조사 (경쟁평가)				
										1	2	3	4	
가	전투중량	4.56	3	9	9	9	9	9	*	D	A	C	B	
	자체충격완화 (승차감)	2.64			1	1		1		B	C	A	D	
	작전항속거리	3.06	1	1	1	9	9	9	9		D	B	C	A
	탄/무기 체포량	1.2						1		*	D	B	C	A
	주석의무이성	1.2								*	D	A	C	B
	기술수도	3.66		3	3	9	9	9	9		D	B	A	C
	도어/도심/등판/타타에 등크기/타타	6.48			3		3	3	9	1	D	B	A	C
나	적전차파괴	13.62	9	9	9		7		1	3	D	B	C	A
	장/파탄사격	2.17	1	3	1				1	B	C	A	D	
	탄/탄적재량	2.7	1	9	9	9	9	3	3	A	D	B	C	A
	작전거리/대공	2.7		1			1	9	1	3	D	B	C	A
	유요사거리/중대	1.07	3	9	1	3	1	1	1	*	D	B	C	A
	자동장전장치	5.66	1	9	3	9	1	1	3		C	D	B	A
	명중률증대	1.07		9	1					3	B	C	D	A
다	전자신무기/무기/무기	1.76							*	B	C	D	A	
	신무기/무기/무기/무기	9.24							*	B	C	D	A	
	신무기/무기/무기/무기	9.24							*	B	C	D	A	
라	적위협탐지/속명	3.8			1		3		9	B	C	D	A	
	과민연착감소	2.9		1	1	3	1	3	1	A	B	D	C	
	지뢰탐지/파괴	1.45						3		*	D	B	C	A
	화염방사	3.74									D	B	C	A
	화재탐지/조함	1.74									D	B	C	A
	장갑보호대	7.67		3	3	3	9	9	3		B	D	C	A
	능동방호	5.7					1	3	1	3	B	C	D	A
마	장비비용/장비	1			1	3	3	1		D	A	C	B	
	장비수요/장비	1		3	3	3	3	3		B	C	A	D	
	소음최소화	0.5					1	3			D	B	C	A
	획득/운행비용	6	3	3	3	9	3	3	3	D	A	B	C	
	악천후임가수행	1.5				1	1	1	1	*	B	C	D	A
총대평가	100	200	171.2	329	290.3	276.2	278.5	299.2	261.4	157.6				
상대평가	100	8.295	15.94	14.07	13.39	13.5	14.5	12.67	7.839					
관리특성치	MBT		344	105	47	500	51	105	73	95				
	A : K													
	B : A	520	120	40	465	63	105	26	110					
	C : J	510	120	40	340	50	105	24	105					
D : R	525	125	33	550	46	110	22	90						

Fig. 11 관리 특성 경쟁 평가와 시장 경쟁 평가간 비교

5) 관리특성경쟁평가와 시장경쟁평가간 비교

성능특성에 대한 설계개발자의 관점에서의 평가와 시장조사결과를 기초로 하는 상호 비교 평가 및 분석을 Fig. 11과 같이 실시하여 상호 모순점을 발견한다.

Fig. 11에서와 같이 설계 개발자 관점에서의 주요 성능에 대한 4대의 전차성능 비교치는 상호 비교가 가능하고 사용자나 개발자가 알 수 있도록 현재의 각 전차 성능수준의 수치를 기재하였다.

개발자 관점의 경쟁평가를 보면 A전차의 경우는 탄종 및 탄적재량과 항속거리를 제외한 타 성능치에 대한 개량이 요구됨을 나타내고 있고, B전차는 탄종 및 탄적재량, 항속거리, 전투중량, 톤당 마력의 개량을 요구하고 있고, C전차와 D전차는 각각 항속거리와 탄종 및 탄적재량, 장갑보호, 위협탐지에 대해서 성능향상이 요구됨을 나타내고 있다.

설계개발자 관점평가와 시장 평가결과를 A전차와 비교해보면 상호 일치하는 것은 장갑파괴력, 탄종/탄적재량, 전투중량, 톤당 마력, 위협탐지, 장갑보호등 6가지의 성능특성들로서 무기체계 개발시 공통된 의견

접근을 이룰 수 있는 인자들이며, 상호 모순된 평가를 나타내고 있는 항속거리에 대해서는 유기적인 협조체 제하에 상호 의견 교환이 이루어져야할 것이다.

6) 연구 개발 주안점 기술

사용자의 요구사항을 충족하기 위한 설계 개발자 관점에서의 연구개발 주안점을 Fig. 12와 같이 기술한다. 이러한 주안점은 사용자에게 충분히 이해되는 성능 특성치들이며, 설계 개발자에게 있어서는 차기 무기체계 개발시에 설계에 영향을 미치는 주요 인자가 된다.

또한 이러한 개발 주안점은 설계 개발자에게 있어서 사용자에게 홍보와 전차의 성능 우수성을 예측하게 해주는 역할을 한다.

Table with columns for '구분' (Category), '사용자 중요도' (User Importance), and '개발주안점' (Development Focus). It lists various technical specifications like '전투중량', '항속거리', and '타격정확도' with corresponding evaluation values.

Fig. 12 사용자 요구사항에 대한 개발 주안점

7) 관리특성목표 기술

사용자의 요구사항과 설계 개발자의 관점에서 평가한 결과를 기초로 실현 가능한 관리특성목표를 Fig. 13과 같이 기술한다. 작성시 현 시스템에 대한 신뢰도를 바탕으로 현재의 수준유지 특성치와 개량이 요구되는 특성치로 구분하여 결정한다. Fig. 13에서와 같이 A전차의 경우에는 탄종 및 탄적재량과 전투중량, 항속거리는 현 수준을 유지하도록 하고 다른 5개의 성능 특성치에 대해서는 정도에 따른 목표를 설정하였다.

Table for '관리특성목표 기술' showing '구분' (Category), '관리특성치' (Management Characteristic Value), and '경쟁평가' (Competitive Evaluation). It lists various technical specifications with management targets and competitive benchmarks.

Fig. 13 관리특성목표 기술

(2) 대안분석(TOA) 기법의 적용

차세대 주력전차의 ROC를 식 (1)의 전투중량 방정식에 대입하여 예측된 전투중량의 결과는 126,400 lb이다. ROC에서 제기된 최대의 전투중량 121,300 lb와 비교시 전투중량은 대략 5,100 lb의 감소가 요구된다. ROC에서 제기된 성능 변수의 기준값은 승무원(3명), 톤당마력(24bhp/ ton), 항속거리(310mile), 포구에너지(1.34×10^6 ft/lb), 탄적재량(32발), 장갑두께(2.48 inch), 전투중량(예상값: 126,400 lb, 제약값: 121,300 lb)이다.

1) 중량 대안 분석

중량 대안분석은 총중량(제약전투중량 121,300 lb)과 승무원의 수, 톤당마력, 항속거리, 포구에너지, 탄약적재량, 평균장갑두께간의 상호 영향을 비교한다. 예로서 총중량과 톤당마력에 대한 대안분석 그래프는 Fig. 14와 같다. Fig. 14는 톤당마력이 증가함에 따라 전투중량이 증가하는 것을 보여주고 있다. 또한 속도, 등판능력, 지형극복과 민첩함의 요구사항들이 증가되기 때문에 중량의 불리함은 점차적으로 더욱더 심각

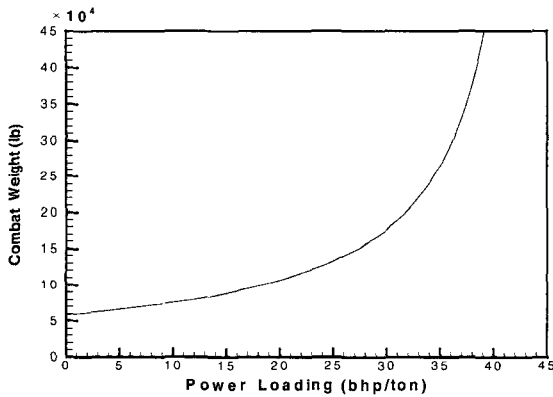


Fig. 14 톤당마력의 영향

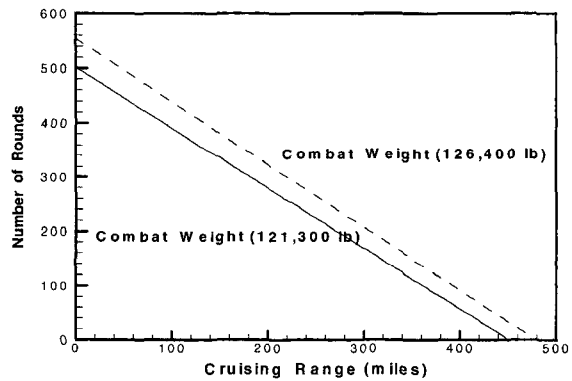


Fig. 15 항속거리와 탄약적재량의 상호관계

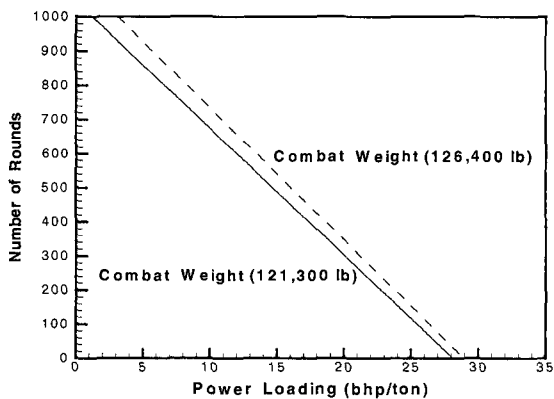


Fig. 16 톤당마력과 탄약적재량의 상호관계

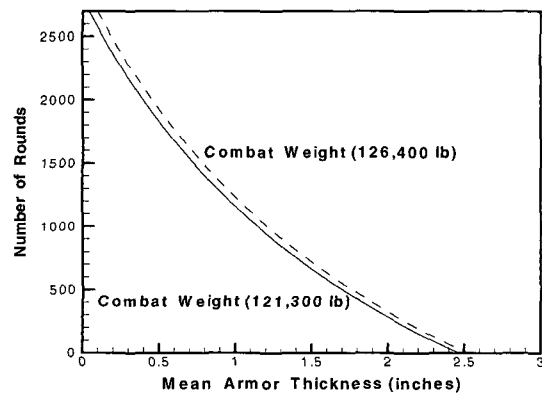


Fig. 17 장갑두께와 탄약적재량의 상호관계

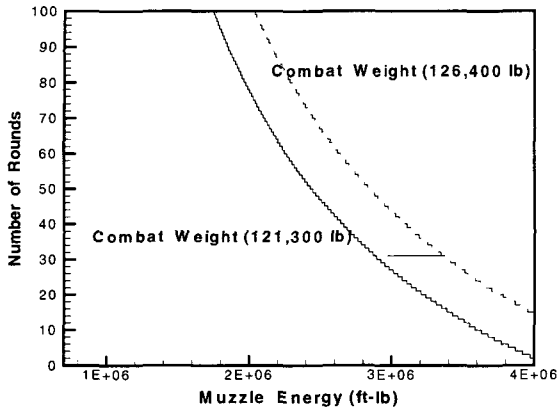


Fig. 18 포구에너지와 탄약적재량의 상호관계

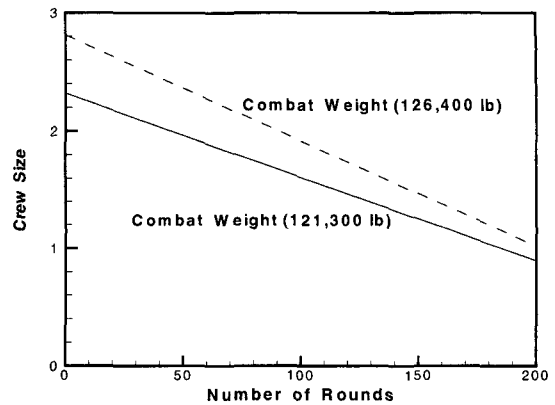


Fig. 19 탄약적재량과 승무원수의 상호관계

하게 될 것이다.

제약조건 전투중량 121,300 lb를 기준시에 톤당마력은 23.1 bhp/ton으로써 성능요구조건 24 bhp/ton과 비교시 0.9 bhp/ton의 증감이 있음을 알 수가 있다.

2) 성능 대안 분석

전투중량을 일정한 제약조건값의 상수로하여 항속거리, 톤당마력, 평균장갑두께, 포구에너지, 탄약적재량, 승무원수에 대한 대안분석을 실시한다.

항속거리에 대한 대안분석은 톤당마력, 평균장갑두께, 포구에너지, 탄약적재량, 승무원수간의 상호영향을 비교한다. 예로서 항속거리와 주포의 탄약 적재량간의 대안분석은 Fig. 15와 같다. Fig. 15에서와 같이 탄약을 모두 소모하더라도 최대의 항속거리가 전투중량 121,300 lb에서는 452mile, 예상 전투중량 126,400 lb에서는 478mile을 초과할 수 없다는 것을 보여주고 있고, 연료를 모두 소모하였을 경우의 탄적재량은 전투중량 121,300 lb에서는 502발, 예상 전투중량 126,400 lb에서는 555발을 나타내고 있다.

톤당마력 대안분석은 평균장갑두께, 포구에너지, 탄약적재량, 승무원수간의 상호영향을 비교한다. 예로서 주포의 탄약적재량과 톤당마력간의 가능한 대안

분석은 Fig. 16과 같다. Fig. 16에서와 같이 탄약이 모두 소모되더라도 톤당마력이 전투중량 121,300 lb에서는 28.1 bhp/ton, 예상 전투중량 126,400 lb에서는 29.0 bhp/ton 이 필수적이고, 탄적재량을 32발에서 64발로 2배를 증가시킬 경우에 톤당마력이 전투중량 121,300 lb에서는 27.3 bhp/ton에서 26.4 bhp/ton으로의 감소가 뒤따르고, 예상 전투중량 126,400 lb에서는 28.1 bhp/ton에서 27.3 bhp/ton으로의 감소를 요구한다.

평균 장갑두께 대안분석은 포구에너지, 탄약적재량, 승무원수간의 상호영향을 비교하고, 예로서 탄약적재량과 장갑두께간 대안분석은 Fig. 17과 같다. Fig. 17에서와 같이 주포의 탄약을 하나도 적재하지 않더라도 가능한 최대의 효율적인 평균 장갑두께는 전투중량 121,300 lb에서는 2.46 inch, 예상 전투중량 126,400 lb에서는 2.52 inch를 약간 초과함을 알 수가 있고, 탄약적재량을 32발에서 64발로 2배를 증가시킬 경우에 전투중량 121,300 lb와 예상 전투중량 126,400 lb에서는 각각 2.41 inch에서 2.35 inch로의 감소와 2.47 inch에서 2.41 inch로의 평균 장갑두께가 감소함을 알 수가 있다.

포구에너지 대안분석은 탄약적재량, 승무원수와의 영향을 비교하며, 예로서 주포 포구에너지와 탄약적

재량간의 대안분석은 Fig. 18와 같다. Fig. 18에서와 같이 주포의 포구에너지를 1.34×10^6 ft-lb 대신에 2.8×10^6 ft-lb를 적용한 성능개량 무기설계시 탄약적재량이 전투중량 121, 300 lb에서는 154발에서 34발로 감소되고, 예상 전투중량 126,400 lb에서는 192발에서 52발로 감소된다.

탄약적재량 대안분석은 승무원수간의 상호 영향을 비교하며, 승무원수와 주포 탄약적재량간의 대안분석은 Fig. 19와 같다. Fig. 19에서와 같이 전투중량의 변동 없이 승무원을 4명에서 3명으로 줄였을 경우에 탄약적재량이 크게 증가됨을 알 수가 있다.

3) 대안분석 결과 종합 및 대안 설정

① 대안분석 결과 종합

성능변수의 대안분석 결과를 종합하여 기술하면 Table 5와 같다. 중량 대안분석은 제약조건의 전투중량 55톤을 초과하지 않는 범위 내에서 가장 우선순위의 값을 도출하였고, 사용자 요구사항과 비교시 승무

Table 5. 성능 대안분석 결과

성능 변수	중량 분석	항속 거리	톤당 마력	장갑 두께	총구 에너지	탄약 적재량
승무원수 (명)	3	2	2	2	2	2
톤당마력 (bhp/ton)	23.1	23.0
항속거리 (mile)	281
포구에너지 (ft-lb)	0.8×10^6	2.9×10^6	2.8×10^6	0.8×10^6	.	.
탄약적재량 (발)	0	157	154	0	153	.
장갑두께 (inch)	2.42	2.41	2.41	.	.	.

원수를 제외한 모든 성능 변수값이 감소하였음을 알 수가 있다.

500 mile 기준의 항속거리 대안분석 결과는 포구에너지가 증대되는 결과를 도출하였고, 탄약적재량은 157발까지 적재 가능한 것으로 판단되어 대안 설정시 융통성 있는 변수로 취급할 수가 있겠다.

톤당마력(24 bhp/ton)과 탄약적재량(32발) 대안분석 결과는 항속거리 대안분석과 유사하게 탄약적재량이 각각 154발과 153발을 적재할 수가 있어 대안 설정시 효율적인 적용이 요구된다.

② 대안설정 및 최적의 대안 설정

대안분석 결과를 바탕으로 실현 가능한 대안을 설정한다. 대안 설정을 위해 각 성능 변수가 다른 변수와 직접적인 관련이 없는 것은 사용자 요구사항을 수용하여 제한된 범위를 설정하고, 범위 설정시 승무원수는 3명을 기준으로 하였다. 전투중량이 55톤(121, 300 lb)이하에 대한 각 성능변수들의 대안설정 제한 범위는 Table 6과 같다.

대안분석 결과를 이용하여 각 성능별 대안분석 전투중량을 산출하고 가능한 대안을 설정한다. 성능변

Table 6. 대안설정시 성능변수의 제한범위

성능 변수	제한 범위	사용자 요구사항
승무원수 (명)	3	3
톤당 마력 (bhp/ton)	23.0 ~ 24	24
항속거리 (mile)	281 ~ 310	310
포구에너지 (ft-lb)	0.8×10^6 ~ 2.9×10^6	1.34×10^6
탄약적재량 (발)	0 ~ 157	32
장갑두께 (inch)	2.41 ~ 2.48	2.48

Table 7. 성능변수별 전투중량 산출 결과

성능 변수	중량 분석	항속 거리	톤당 마력	장갑 두께	포구 에너지	탄약 적재량
승무원수 (명)	3	3	3	3	3	3
톤당마력 (bhp/ton)	23.1	23.0	24	24	24	24
항속거리 (mile)	281	310	310	310	310	310
포구에너지 (ft-lb)	0.86×10^6	2.9×10^6	2.8×10^6	0.8×10^6	1.34×10^6	1.34×10^6
탄약적재량 (발)	0	157	154	0	153	32
장갑두께 (inch)	2.42	2.41	2.41	2.48	2.48	2.48
전투중량 (lb)	104,110	172,785	176,743	116,938	145,222	126,450

수별 전투중량 산출 결과는 Table 7과 같다.

Table 7을 보면 전투중량 및 장갑두께 대안분석의 전투중량을 제외한 4개의 성능변수 전투중량은 제약 조건 전투중량 121,300 lb(55톤)를 초과함을 알 수가 있다. 이것은 대안 설정을 보다 쉽고 빠르게 해준다. 사용자 요구사항과 성능에 대한 사용자 중요도를 고려하여 대안을 설정한다.

사용자 요구사항의 제약조건(전투중량)과 사용자의 성능 및 기능에 대한 중요도, 성능별 대안분석의 결과를 기초로 Table 8과 같은 설계개발자 관점에서의 4개 대안을 설정할 수가 있다.

4개의 대안을 분석하면 전투중량은 제약조건 전투중량 121,300 lb에 모두 포함되며, 대안 1은 항속거리 및 장갑두께의 성능변수가 사용자 요구사항을 충족시키지는 않지만 어떤 한 개의 성능 및 기능에 편중됨이 없이 균형되게 각 성능변수가 제약조건내에서 최대한

Table 8. 가능한 대안 설정

구분	승무원수 (명)	항속 거리 (mile)	포구 에너지 (ft-lb)	탄약 적재량 (발)	장갑 두께 (inch)	전투 중량 (lb)	톤당마력 (bhp/ton)
대안1	3	290	1.34×10^6	37	2.45	121,183	24
대안2	3	310	1.38×10^6	32	2.41	120,482	24
대안3	3	250	2.9×10^6	32	2.35	121,154	23.5
대안4	3	250	0.8×10^6	32	2.66	120,993	23.5

의 효율적인 성능발휘를 할 수 있도록 하는데 주안을 둔 대안이다.

대안 2는 장갑두께의 성능변수만이 사용자의 요구사항을 충족시키지 못하고 있고, 전체적으로 볼 때 기동 성능 및 기능에 주안을 둔 대안이다.

대안 3은 항속거리와 장갑두께 및 톤당 마력의 성능변수가 사용자의 요구사항을 만족시키지 못하고 있지만, 높은 포구에너지를 이용한 화력의 성능 및 기능에 주안을 두고 있는 대안이다.

대안 4는 사용자의 요구사항을 만족시키지 못하고 있는 성능변수는 항속거리와 포구에너지 및 톤당 마력이다. 하지만 장갑두께를 강화하고 장갑의 방호력을 증대시켜 생존성을 향상시킨 대안이다.

최적의 대안 선정시 각 성능별 기술적인 수준 평가 및 성능별 비교 평가와 비용에 대한 평가, RAM-D를 포함해야 하지만 본 연구에서는 총 전투중량만을 고려하여 선정하였다.

미래의 전장 환경을 고려할 때 어느 특정한 성능 및 기능에 편중된 무기체계의 개발은 위험성을 초래한다. 물론 명확한 사용자의 요구사항에 따라 일부의 차이가 있을 수는 있으나, 예측치 못한 상황에 대비하기 위해서는 균형된 성능이 요구될 것이다. 무기체계

의 특성상 어느 한 분야의 성능을 향상시키기 위해서는 타 분야의 성능이 희생되는 것을 감수해야 하고, 사용자의 어느 특정한 성능에 대한 요구사항이 있는 경우를 제외하고는 사용자의 최초 요구사항에 가장 근사한 최적의 성능값을 도출해 내는 것이 중요하다고 할 것이다.

4개의 대안중 최적의 대안은 설계 개발자 관점에서 제약조건 전투중량의 값에 가장 근사하고 각 성능 및 기능을 균형 있게 제시한 대안 1을 선정하는 것이 타당할 것이다. 이렇게 선정된 최적의 대안(설계 개발자 관점에서의 ROC)은 사용자에게 피드백되어서 최초 사용자 요구사항과 비교하여 확인·검증·수정되며, 사용자의 설계 변경 요구시에는 설계 개발자는 변경된 ROC를 가지고 다시 대안분석을 실시하여 최적의 대안을 재설정하며, 이러한 과정은 계속해서 반복수행된다.

본 연구에서와 같이 최초 설계개발자 관점에서 4개의 대안을 선정할 경우에는, 사용자에게 반복되는 대안분석 과정에서 사용자의 어느 특정한 성능에 대해 요구사항이 있을시 빠른 시간내에 용이하게 사용자 요구사항에 근접한 최적의 대안을 설정하여 사용자에게 제시할 수가 있을 것이다.

5. 차세대 주력전차의 기초설계

QFD에서 도출된 주요 설계 성능특성중 전투중량과 다른 주요 성능특성간의 대안분석을 실시하여 상호 미치는 영향을 검토하였다. 결과에서 나타나듯이 다른 주요 성능특성들의 변화에 따라 전투중량은 민감하게 변화함을 알 수가 있다.

또한 QFD에서 도출된 주요 설계 성능인자들을 기초로 차세대 주력전차에 대해서 전투중량을 제약조건으로 TOA를 수행할 경우에 어느 특정한 설계성능특성이 증가할 때 관련된 타 성능들도 동시에 증가함으

로써 시스템 설계시 상호 미치는 영향이 큼을 알 수가 있었다.

본 연구에서는 QFD기법에서 1단계인 제품계획단계 전개와 이를 통해 선정된 장갑파괴력, 주무장, 탄종 및 탄적재량, 항속거리, 전투중량, 장갑보호, 톤당마력, 위협탐지, 비용의 주요 설계 성능특성중 전투중량만을 고려한 TOA를 실시하였으나, 다른 성능특성에 대해서도 분석이 가능할 것이다.

차세대 주력전차의 기초설계 도면은 전차의 하부시스템과 구성품, 부품등에 대한 개발 및 생산공정에 QFD 전 단계의 적용과 개발자에 의한 최초 기초설계가 사용자에게 피드백 되어서 사용자 요구사항을 다시 확인, 검증, 수정하는 세부적인 TOA의 반복과정을 수행하여 최초 사용자의 요구사항에 가장 근접화시키는 최적화 과정이 수행된 것으로 가정하여 개략화한 것이며, 설계 개발자 기초설계의 세부적인 각 구성품 위치는 미국의 21세기 주력 전차의 내부형상 단면도를 참조⁶⁾로 하여, 도식화하였다.

이러한 제약사항의 가정하에서 최초 사용자 요구사항(ROC)에 대한 설계개발자 관점에서의 ROC, 즉 대안 1의 차세대 주력전차에 대한 기초설계 도면과 제원은 Fig. 20~ Fig. 22와 같다.

6. 결 론

본 연구는 무기체계의 획득과정중 개념설계단계에 동시공학의 원리를 적용하였으며, 구체적인 예로써 차세대 주력전차 무기체계 시스템의 개념설계 문제를 고려하여, 동시공학에서 중요한 기법으로 사용되어지고 있는 QFD와 TOA를 이용하여 전개하였다.

본 연구에서는 QFD의 4단계중 1단계인 제품계획단계에 적용하여 기술하였으며, 무기체계개념 특화연구센터의 “미래형 전차 OMS/MP 개발 및 전차전 임무분

야”의 연구결과를 참조한 사용자 요구사항을 기초로 제품계획단계는 8단계로 세분화시켜 전개하였다. TOA기법 적용은 전차에 대한 기술적 수준에서의 각 성능 변수별 평가와 비용 및 RAM-D의 분석은 실시하지 않고 전투중량만을 고려하여 TOA를 실시하였다. 이를 위해 배열합성법에 의한 공식화된 기법으로 최소자승법에 의한 선형방정식을 유도하고, 각 구성품들의 중량을 합산한 총 중량방정식을 이용하여 대안 분석을 실시하였다.

본 연구에서 사용자 요구사항을 기초로한 QFD의 결과는 장갑과괴력, 주무장, 탄종 및 탄적재량, 항속거리, 전투중량, 장갑보호, 톤당마력, 위협탐지, 비용의 특성들이 설계에 큰 영향을 미치는 주요 인자임을 알 수가 있었고, 이중에서 비용을 제외할 경우에는 전투중량이 가장 지배적인 성능 변수임을 알 수가 있었다.

전투중량을 제약조건으로한 TOA의 결과는 사용자 요구사항(ROC)을 충족시키기 위해서는 약 5100 lb의 감소가 요구되고 있고, 최초 사용자 요구사항의 각 성능변수값이 감소됨을 알 수가 있었다.

개념설계단계가 무기체계의 전 수명주기동안 전체 비용의 70%이상이 결정됨을 감안할 때, 본 연구에서 제시한 무기체계 개념설계단계에서의 사용자 요구사항의 정량화 기법과 동시공학 기법 적용은 개발비용 및 개발기간의 단축에 기여할 수가 있어 그 이점은 크다고 할 것이다. 또한 본 연구에서는 개념설계 단계까지 동시공학의 원리를 적용하였지만 무기체계 획득과정의 전 순기에 적용하면 보다 더 큰 효과를 가져올 것으로 기대된다.

본 연구에서 논하지 못한 무기체계 개념설계단계에서의 QFD기법 전 단계 적용과 대안분석시 전투중량 외에 기술적인 수준에서의 각 성능변수별 평가와 비용의 제약조건, RAM-D 등을 고려하여 설계 개발자에 의한 최초 기초설계가 사용자에게 피드백 되어서 요

구사항을 다시 확인, 검증, 수정하는 세부적인 대안분석 반복수행 연구의 지속적인 발전이 요구된다.

참 고 문 헌

1. 이희각, "무기체계 개념설계를 위한 동시공학의 적용", 군사과학회/군사연구 세미나 논문집, pp.59-74, 1996.
2. Singh, N., 1995, "Systems Approach to Computer-Integrated Design and Manufacturing", John Wiley & Sons Inc., pp. 103-143.
3. 무기체계개념 특화연구센터, "미래형 전차 OMS/MP 개발 및 전차전 임무 분야 분석연구 1차년도 결과보고서", 육군사관학교, 1998.
4. Daniel P. S. et. al., 1994, "Integrated Design and Manufacturing for the High Speed Civil Transport", School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia.
5. M. Owen et. al., 1963, "Application of Trade-Off Method to Armored Vehicle Design Evaluation", DDC, Virginia.
6. Asher H. Sharon and Lawrence D. Bacon, 1994, "A Main Battle Tank for the 21st Century", 국방과학연구소 기술정보자료(지상무기), Vol.2 51 호, pp.43-47.
7. 민성기, "시스템 엔지니어링", pp.17-30, 문원, 1996.
8. L. P. Sullivan, 1986, "Quality Function Deployment", Quality Progress, pp.39-50.
9. USMA, 1985, "Design of Mechanical System", Department of Engineering, West Point, NY.
10. 주남연, "무기체계 기획업무 발전방향", 군사과학회/군사연구 세미나 논문, pp.117-131, 1996.
11. 한기상, "21C 전차 발전 전망과 소요 기술", 현대

정공기술연구소 기술연구부, 1997.

12. Daniel P. S. et. al., 1989, "An Example of Concurrent Engineering Principles Applied to The Preliminary Design of A Light Commercial Utility

Helicopter", School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia.

13. 김의환외 3명, "미래전차의 성능평가 모델", 국방 과학연구소, 1997.

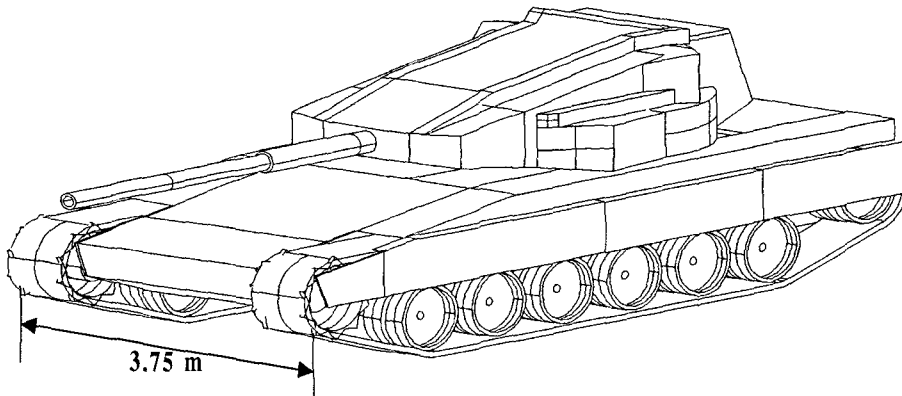


Fig. 20 차세대 주력전차의 외부 형상도

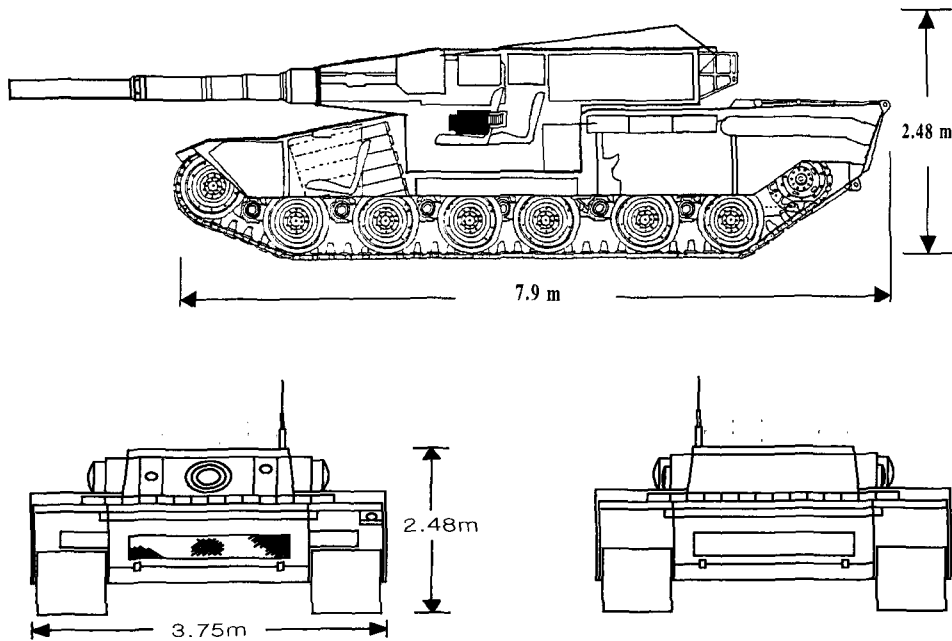


Fig. 21 차세대 주력전차의 측면도·정면도·배면도

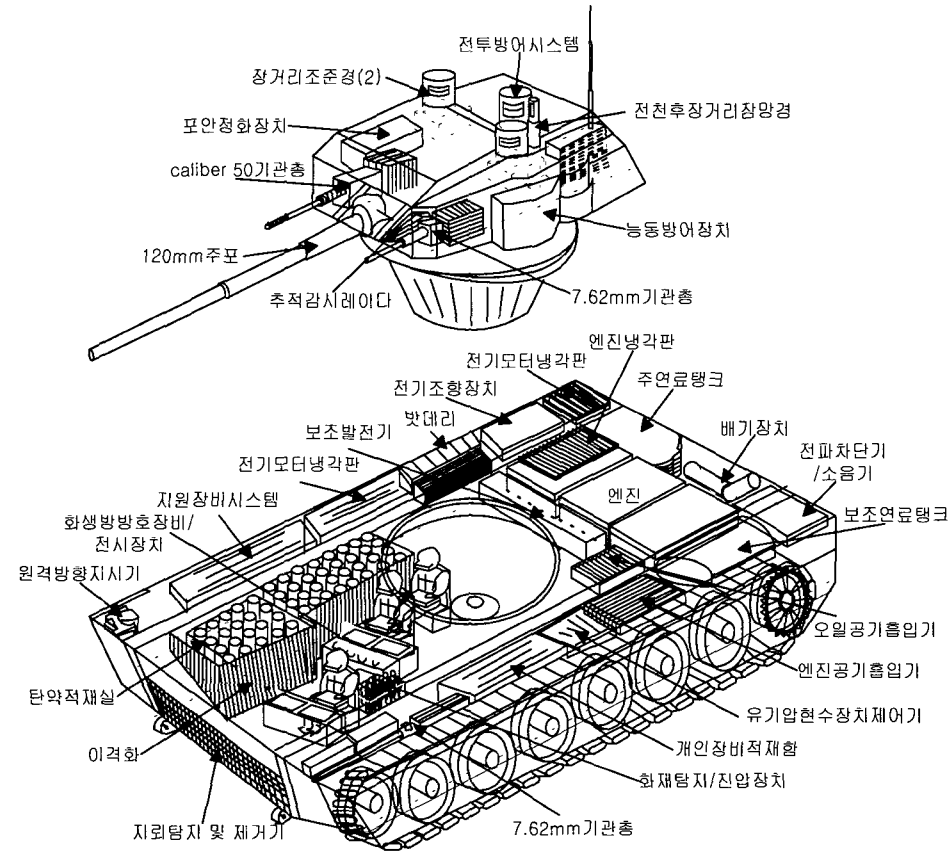


Fig. 22 차세대 주력전차의 내부 형상도 및 제원

구 분	제 원	구 분	제 원
전투중량	55톤	항속거리	290mile
너 비	3.75m	최대속도	65km/h
높 이	2.48m	등판능력	60%
길 이	7.9m	도섭/도하	1m/3.5m
지상고	0.5m	수직장애물	1m
승무원	3명	호통과능력	3m
엔진출력/위치	1500 HP/후방	화재진압	탐지 및 진압
톤당마력	24 bhp/ton	NBC방호	양압장치
접지압	0.865kg/cm ²	주포/형태	120/활강
장갑두께	최저 2.45inch	탄약적재량	37발