

통합개념설계 방법론을 이용한 지상 발사장비 개념설계 연구

Conceptual Design of a Ground Launcher System, Using ICDM - Integrated, Customer Driven, Conceptual Design Method

이재율*
Jae-Ryul Lee

박영원**
Young-Won Park

ABSTRACT

It is well known and widely accepted that the conceptual design is the most influential step in the design process of a product or a system and that about 75% of the life cycle cost is committed as the results of this stage. The purpose of this paper is to present and demonstrate the step of ICDM(Integrated, Customer Driven, Conceptual Design Method) for the development of a ground launcher system, TEL (Transporter, Erector and Launcher). The results of the study show the effectiveness of the method during the conceptual design phase of new complex systems or high-tech products.

주요기술용어(주제어) : ICDM(통합개념설계방법론), Systems Engineering(시스템엔지니어링), Conceptual Design(개념설계), IPTs(통합제품팀), AHP(계층분석적프로세스), QFD(품질기능 전개)

1. 서론

시스템 개발과정에서 개념설계단계는 시스템의 특성에 가장 큰 영향을 미치는 최초단계로서, 수명주기 비용의 75%정도가 이 단계에서 결정하게 된다는 사실은 잘 알려져 있다^[1]. 그래서 개념설계단계에서 효과적인 방법론과 수행방안을 적용하는 것이 고객의 요구사항을 가장 만족시키며 성공적인 시스템 개발을 위한 필수적 요소이다. 그러나 시스템이 복잡해지고 기술의 변화속도가 빠르게 이해당사자의 요구사항이

다양해지면서 과거와 같이 필요한 모든 know-how를 가진 전문가 한 사람에게 의해 설계가 이루어지기 점점 어려워지고 있다. 그래서 최근에는 복잡한 시스템이나 많은 비용이 투자되는 사업을 수행하기 위해서 통합제품팀(IPT : Integrated Product Team)을 구성하여 고객중심의 설계 개념을 도입하고 있다^[2]. 이러한 통합제품팀에서 사용할 수 있는 유용한 개념설계방법론으로 Hari와 Weiss는 통합개념설계방법론(ICDM : Integrated Conceptual Design Method)을 제안하였다^[3].

본 논문의 목적은 ICDM 기법을 이용하여 새로운 시스템의 개념설계 방안을 시연하는 것이며, 사례연구로 지상 발사장비의 개념설계과정을 단계별로 시연하므로 ICDM 기법이 새로운 복합 시스템 또는 High Technology 제품의 개념설계 기법에 응용할 수

† 2006년 5월 30일 접수~2006년 8월 4일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

** 아주대학교 시스템공학과(Ajou University)

주저자 이메일 : leejy830@add.re.kr

있음을 보여주는 것이다.

새로운 제품 설계방법은 1970년초 유럽에서 시작되었다. 이 설계방법은 전문가의 연구 개발의 바탕이 되었으며 공학발전의 전 영역의 혁신적인 역할을 하였다. 일반적으로 설계기법은 기술적(Descriptive), 규정적(Prescriptive), 공리적(Axiomatic) 설계 방법의 3가지로 분류한다^[9]. 주로 사용하는 방법은 규정적인 기법으로 독일의 시스템적 접근법을 기본으로 신제품의 설계에 필요한 여러 단계를 step-by-step 절차와 기술로 수행하는 것으로 전 세계에 널리 퍼져 있다.

QFD(Quality Function Deployment)는 일본 도요다 자동차 회사에서 처음 소개하여 프로세스의 기본적인 효과적인 도구가 되었으며^[5], 미국은 가치공학 기법으로 FAST(Functional Analysis System Technique)를 소개하였다^[6]. 문제해결의 해법 창출방법으로 미국은 브레인스토밍 방법을 시도하였으며, 많은 속성의 다양한 해법을 선택하는 방법으로 Saaty에 의해 의사결정이론으로 발전하였다^[7]. 러시아에서는 새로운 설계 아이디어를 창출하는 방법으로 TRIZ(Theory of Problem Solving Method)를 소개하였다^[8].

ICDM은 이러한 몇 가지 해석적인 도구를 통합하여 십 단계 포괄적 규정방법론을 구성하여 Top-Down 방식으로 설계할 수 있도록 개발한 새로운 개념설계 기법이다. 이 기법은 새로운 시스템이나 제품의 개발에 있어 통합제품팀의 활동을 더 원활하게 지원해주는 것을 목표로 하고 있다.

2. 본 론

가. ICDM의 제안

개념설계단계에서 통합제품팀이 직면하는 어려움은 다음과 같다^[9].

- (1) 초기단계에는 보통 프로젝트를 위해 완전한 팀이 구성되어 있지 않아 다른 프로젝트에 참여하고 있는 사람들의 지원을 받아 업무를 수행해야 한다.
- (2) 새로운 시스템개발에 대한 필요한 자원(인적, 물적)이 충분하지 않으므로 설계 작업이 어렵다.

- (3) 제안서 제출기한, 설계검토 기간이 충분하지 않아 개념설계단계는 항상 시간적 압박을 받는다.
- (4) 이 단계에서는 설계 해법을 알 수 없으므로 기술적, 경제적, 지원요소에 대한 무엇이 부족한지 알 수 없다.
- (5) 이 단계에서는 수많은 해법이 존재하는데 어느 것 하나라도 포기하거나 제외할 수 없으므로 두어 가지 해법을 동시에 고려해야 할 수도 있다. 이러한 어려움을 극복하는 방법은 유용한 방법론을 적용하는 것인데 설계 방법론이 없을 경우에는

- (1) 대안검토 없이 최초 제안한 개념이나 주요 의사결정권자(프로젝트관리자)가 선호하는 개념을 선택하기 쉽다.
- (2) 부분 최적화된 개념(비용, 성능, 개발기간 등)을 선택하기 쉽다.
- (3) 몇 가지 약점이 있음에도 불구하고 가장 최근에 제안한 개념을 선택하기 쉽다.
- (4) 선택한 개념이 특정측면에서 좋지 않다는 의견이 있을 때 공감대를 형성하기 어렵다.
- (5) 의사결정에 시간이 많이 필요하고 비효율적이다.
- (6) 방법론의 부재는 창의성을 억제하여 더 나은 시스템 합성을 방해하므로 더 열악한 시스템을 선정할 수 있다^[9].

이러한 문제 때문에 합리적인 개념을 선택하지 못하여 개발도중 설계개념을 변경하는 경우에는 막대한 비용과 기간의 손실을 유발한다. 개념설계단계에서 변경은 단지 문서작업에 불과하지만 개발이 진행된 상태에서는 시제품 제작, 시험, 제작 및 시험장비의 변경이 포함되어 개발일정 지연과 비용초과로 프로젝트 자체가 위험해 질 수 있다.

최상의 해법을 생성하기 위해 팀 Coordinator는 새로운 아이디어와 열린 토론을 통해 다양한 해법을 합성하여 모든 구성원이 공감하는 방법을 찾아야 한다. 이러한 목적을 위해 ICDM이 제안되었다^[9].

ICDM의 십 단계는 다음과 같다.

단계 1 고객과 고객의 필요를 식별

단계 2 고객의 요구를 제품정의 및 규격으로 변환

단계 3 기본적인 문제 추상화, 기능분석 및 정의

- 단계 4 기본 문제의 해법원리 생성
- 단계 5 평가기준 선택
- 단계 6 초기 개념 합성
- 단계 7 초기 개념평가 및 심층분석 주요개념 선택
- 단계 8 주요개념의 설계, 아키텍처, 분석 및 개선
- 단계 9 최종 개념선택
- 단계10 프로젝트 착수

사례연구는 유도무기체계 지상 발사장비(TEL : Transporter-Erector-Launcher)를 개발하기 위한 개념설계를 ICDM 절차를 이용하여 시연하였다. 지상 발사장비는 미국의 MLRS M270A1이나 러시아의 MAZ79306과 같은 유도무기를 탑재하여 이동하여 진지에서 유도탄을 수직으로 세워 발사하는 장비로 이동방식에 따라 자주식과 견인식으로 구분하며, 구동방식에 따라 궤도형과 차륜형을 구분한다. 본 논문에서는 설계에 필요한 설계변수 및 판단기준은 개념연구를 위해 이해당사자인 개발자와 사용자, 제작자의 의견을 반영하여 결정하였다.

나. ICDM을 이용한 지상 발사장비 개념설계 시연

1) 단계 1 : 고객과 고객 필요 식별(Identification of the Customer and Their Needs)

시스템이 성공적으로 배치되기 위해서는 적어도 누가 시스템을 사용하며 누가 필요로 하는가하는 고객의 식별이 필수적이다. 기술 중심의 많은 좋은 시스템을 개발하였을지라도 고객과 이해당사자를 만족시키지 못한다면 시스템 구축사업으로 채택되지 못해 결국 연구개발로 끝나게 된다. 물론 최종사용자가 가장 중요한 고객이지만 설계자, 생산자, 군수지원 및 정비, 운용유지에 관련된 모든 인원이 이해당사자(Stakeholder)라 할 수 있다.

이 단계에서 필요한 도구는 시장조사, 인터뷰, 고객 가치관리(CVM : Customer Value Management) 등의 방법이 있다^[10].

본 연구에서는 설문과 인터뷰를 통해 고객의 요구사항을 도출하고 사용자의 측면에서 초기 시스템요구사항(System Requirement)을 개발하였다. 이 과정은 일반적인 시스템엔지니어링 기법을 적용한다.

지상 발사장비의 기본적인 고객 요구사항을 다음과 같이 가정하였다. **방탄기능과 화생방 방호기능을 갖추고 유도탄을 탑재하고 이동하여 발사가 가능한 발사장비를 개발한다. 발사장치는 기존의 시스템과 호환성이 있어야 하고 성능은 동등 이상이어야 하며, 짧은 개발기간 내에 최소 비용으로 개발해야 한다.**

개발팀이 기본적인 요구사항으로부터 분석한 요구사항은 크게 7가지 요소로 식별하였다. 7가지 기본요소에서 기술적인 요구사항은 표 1과 같으며 기술적 요구사항을 구현하기 위해 필요한 기능을 식별하였다.

[표 1] 지상 발사장비 고객요구사항 분석

사업명 : 지상 발사장비 개발		0000 연구소		2006. 1.		
고객 요구 분석(Customer Needs Analysis)						
임무 정의 : 방탄능력, 화생방 방호능력을 갖춘 이동형 지상발사 장비의 개발						
순번	기본 고객 요구사항	순번	요구사항 기능식별	순번	기술적 요구사항	비고
1	기본성능을 만족하여야 한다. (TEL기능)	1.1	이동기능	1.1.1	장비 이동속도	
				1.1.2	등판 능력	
				1.1.3	수송 진동	
		1.2	직립기능	1.2.1	수평정지 기능	
				1.2.2	수직직립 기능	
		1.3	발사 기능	1.3.1	발사통제기능	
1.3.2	전원공급기					
		1.3.3	점화안전기능			
1.4	유도탄 탑재능력	1.4.1	유도탄 탑재능력			
		1.4.2	발사후 안전 기능			
2	방탄기능이 있어야 한다.	2.1	캐빈 방탄 기능	2.1.1	전면 방탄기능	
				2.1.2	하부 방탄기능	
				2.1.3	측면 방탄기능	
				2.1.4	상부 방탄기능	
3	화생방 방호 능력	3.1	화생방 작전기능	3.1.1	화생방 작전기능	
4	작전 운용성이 좋아야 한다.	4.1	운용인력 최소화	4.1.1	운용인력 최소화	
				4.2	우발적 발사방지	
				4.3	BIT 기능	
				4.4	장전/탈착용이	
				4.5	피탄 이동가능	
		4.6	차량 제원 제한			
		4.6.1	차량의 총중량			
		4.6.2	차축당 중량			
		4.6.3	차폭			
		4.6.4	차량 높이			
5	기존 장비와 호환성이 있어야 한다.	5.1	작전 운용호환성	5.1.1	작전 운용호환성	
				5.2	탑재장비 호환성	
				5.3	운용 S/W 호환성	
6	군수지원성이 좋아야 한다.	6.1	정비성	6.1.1	정비성	
				6.2	신뢰성	
				6.3	부품조달 용이	
7	개발가능성이 높아야 한다.	7.1	개발기간	7.1.1	개발기간 단축	
				7.2	기술 위험성	
				7.3	비용	
		7.2.1	기술 위험성			
		7.3.1	비용 감소			

[표 2] QFD를 이용한 제품특성 및 의사결정표

		사업명 : 지상 발사장비 개발																								
회사 : OOO 연구소		제품 특성(Product Characteristics)																								
요구 사항 번호	제품 구조	고객의 필요사항 (Customers Needs)	A	B	C	D	E	F	G	G	I	J	K	L	M	N	O	P	상대적 가중치	순위	Trade-off	M270A1 (레도형)	MAZ79306 (자판형)	목표값 (Target Value)		
1	기본성능	장비 이동속도	9	9	3	3	3	3	3	3	9	3	1	3	1	1			51	3.80	14	2, 1.3, 4.4, 7.7	00m/sec	same	00 km/hr	
1	기본성능	등반 능력	9	9	3	3	3	3	3	3	9	3	1	3	1	1			51	3.80	14	2, 4.4, 7.7	bad	same	deg	
1	기본성능	수송 선동	3	3	3			1				3	1	3	1				18	1.34	21	1.6, 7.7	good	n/a	00.0 grms	
1	기본성능	수립설치 기능	3	3	3	1	9	1	9	3	3	1	1	1	3	9	3	9	62	4.62	10	1.5,	n/a	same	0분 이내	
2	기본성능	방사 가능		3	9		9	9	9	1	1	3	1	1	9	9	9	9	82	6.11	3	-	-	same	00분 이내발사	
2	기본성능	중량을 탑재 성능	9	9	3		3	1	1	1	1	9	1						38	2.83	19	1.3, 1.1, 4.4	good	-	0 ton 탑재	
2	기본성능	방사후 안전 확보				9			3	9	9	3	3					9	54	4.08	13	4.5,	good	-	회전/낙하물 보호	
2	원활기능	케이블방탄기능	9	9	3	9	3	1	3			9	3	1					50	3.73	15	1.1, 7.7	yes	yes	0mm방탄	
3	화성발	화성지역에서 작전가능		9	9				3	1	3	9			3				40	2.98	17	7.7,	yes	yes	0시간	
4	작전운용	운용인력		3	9	3	3	9			3	3	9				9	9	60	4.47	12	4.3, 4.4	same	bad	3명	
4	작전운용	무발착 발사 방지				1	1	9				3		3	3	9	9		38	2.83	19	3.3,	-	-	안전키 적용	
4	작전운용	자체상태 모니터링 기능	3			3	3	9	9	1		3	3		9	9	9	9	64	4.77	8	4.1, 5.3	n/a	n/a		
4	작전운용	중전 탈착용이		3		1	3	3				9			3				22	1.64	20	1.6, 4.1	good	-	자동착륙 장치	
5	작전운용	터이어 피팅시 이동							3				9						15	1.12	22	7.7, 1.7	yes	-	run flat 타이어	
5	작전운용	차량 중량차폭높이	9	9	9	9	3	3		3	9	3	1	3					61	4.55	11		over	over	일방도로주행	
5	호환성	작전 운용호환성		9	3	3	3	9				3		3	3	9	3		48	3.38	16	6.1, 7.1, 7.7	no	no	기준장비 발사	
5	호환성	탑재장비의 호환성		9	9	3	3	9				3		9	9	9			63	4.7	9	6.1, 7.1, 7.7	-	-	부수장비 적용	
5	호환성	운용소프트웨어 호환성			3			9						9	9	9			39	2.91	18	4.3,	-	-	기준장비 발사	
6	지원성	성비성	9	9	9	9	3	3	9	1	3	3	3	3	3	9	9		85	6.34	2	6.1,	-	-		
6	지원성	신뢰성		3		3	9	9	9		3	9	3	3	9	9	9	3	81	6.01	4		high	-	MTBF	
6	지원성	부품조달 용이	3	9	3	3	9	9	9		3	3	1	3	3	9			67	5	7		bad	bad	국산화 비율	
7	개발위험	개발기간	9	9	9	9	3	3	3		9	3	3	3	9	9	9	9	99	7.38	1	1, 2, 3, 4, 5,	long	long	3년 이내개발	
7	개발위험	기술적 위험성	9	9	9	9	3	3	3		9	3	3	1	3	3	3	3	73	5.44	6	1, 2, 3, 4, 5, 6	high	high	기반기술 적용	
7	개발위험	비용	9	9	9	9	3	3	9	1	9	3	3	3	3	3	1	3	80	5.97	5	1, 2, 3, 4, 5			00억 이하	
		중요도 합계	90	105	108	112	77	68	127	29	55	68	67	38	80	92	97	90	1341	100						
		상대적인 가중치	6.7	7.8	8.1	8.4	5.7	5.1	9.5	2.2	7.1	4.9	5.6	2.8	6.0	6.9	7.2	6.7	100							
		순위	8	4	3	2	10	11	1	14	6	13	12	14	9	7	5	8								

2) 단계 2 : 고객의 요구를 시스템 정의 및 규격으로 변환(Translation of the Voice of the Customer into the System Definition and Specification)

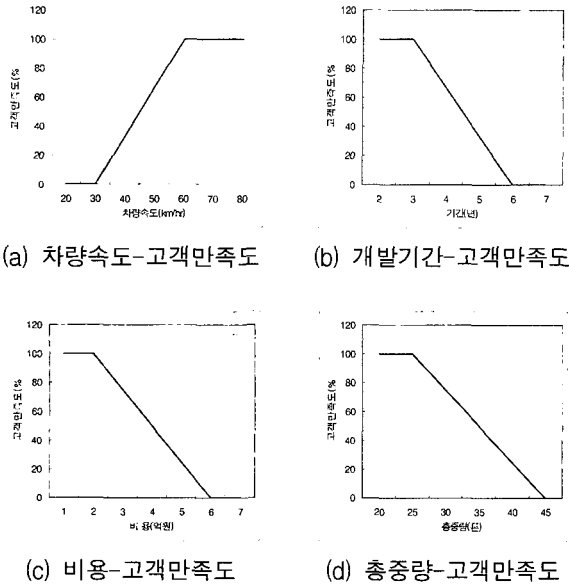
고객의 요구를 시스템에 반영하기 좋은 방법은 QFD (Quality Function Deployment) 도구를 사용하는 것이다^[5]. 단계 1에서 식별한 정성적 기능과 가치를 이 단계에서 입력으로 사용한다. QFD의 출력물은 시스템을 분석한 정량적인 특성이다. 이것은 새로운 시스템과 기존 유사시스템의 강점과 약점을 보여주며 고객만족지수(CSR : Customer Satisfaction Rating) 기능을 각 목표값을 만족하는 척도로 표현한다. 이 단계에서는 프로젝트가 목표로 하는 주요변수를 고려하여야 하는데 성능이나 기능적인 측면보다 비용, 개발기간, 호환성과 같은 관리적인 측면이 시스템의 규격을 결정하는 더 중요한 요소가 될 수 있다.

표 2는 지상발사장비에 대한 QFD 프로세스로 변형한 품질하우스를 생성하였다. 이 단계에서 품질하우스는 기능으로부터 장치를 식별하기 위해 설계하였

으며 고객만족지수를 산출하기 위해 상대적 우선순위를 결정한다. 품질하우스 결과를 이용하여 초기 시스템의 목표규격과 난이도 및 유사체계와 비교표를 작성 의사결정표를 작성한다. 또한 상대적중요도, 상충되는 요구사항(Trade-off), 목표값, 난이도를 포함한 의사결정표를 구성한다. 마지막으로 주요 성능에 대하여 고객을 만족시키기 위한 목표성능을 정량화하기 위해 CSR을 구성한다^[4]. 그림 1은 고객만족지수 특성그래프의 예를 나타낸다.

3) 단계 3 : 기본적인 문제 추상화 및 기능분석, 정의(Abstraction and Functional Analysis, Definition of the Basic Problems)

이 단계에서는 문제의 성질과 필요를 더 깊이 이해하기 위해 분석도구를 사용한다. 일반적으로 분석 도구는 기능분석, 기능흐름도(Flow Chart) 또는 블록 다이어그램(Block Diagram)을 사용할 수 있다. 문제의 정량적인 분석과 물리적 척도의 논리적인 평가가 이 단계에서 수행되어야 한다.



[그림 1] 고객만족지수 특성그래프(예)

문제를 추상화하는 목적은 해법에 대한 무제한적인 아이디어를 생성하기 위해서 수행한다. 기본 문제가 생성되면 새로운 시스템의 해법을 도출한다.

사례연구에서 기본적인 문제는 발사장비의 기본성능을 만족하기 위해 차량을 어떤 형태로 개발할 것인가? 시스템의 운용환경을 고려한 방탄수준은 얼마로 해야 하는가? 등으로 검토하였다. 기본문제 정의는 다음과 같다.

- (가) 차량의 기본구조를 어떻게 할 것인가?
- (나) 방탄 수준을 어떻게 할 것인가?
- (다) 차량의 전원시스템은 어떻게 구성할 것인가?
- (라) 유압공급시스템은 어떻게 구성할 것인가?
- (마) 호환성의 수준을 어떻게 할 것인가?

4) 단계 4 : 기본 문제의 해법 원리 생성 (Creation of Principal Solution to the Basic Problems)

이 단계에서는 앞 단계의 각 기본 문제에 여러 가지 해법을 창의적 도구를 사용하여 생성한다. ICDM의 절차중 처음으로 창의적인 절차이다. 이러한 방법으로는 직관적으로 브레인스토밍, Syntectics, TRIZ 또는 설계지침서가 있다^[9]. 이러한 해법은 제거하고

분류한 후 문자나 그림을 이용하여 Morphologic Diagram^[13]이라는 매트릭스를 구성한다. 이 매트릭스는 가능한 해법원리를 아이콘으로 나타내므로 설계프로세스의 가장 강력한 도구중 하나이다.

사례연구에서 설계검토 및 브레인스토밍을 거쳐 기본적인 문제와 해법원리는 다음과 같이 정의하였다.

(가) 차량 구조

- (1) 본체구조 : 셸(Shell)형, 프레임(Frame)형
- (2) 구동구조 : 궤도형(Track), 차륜형(Wheel)

(나) 방탄문제 : 운용개념에서부터 도출

- (1) 방탄소재 : 알루미늄, 스틸, 복합재, 방탄재
- (2) 방탄수준 : 작전차량, 지원차량, 일반차량

(다) 차량 전원시스템

- (1) 전원종류 : 직류, 교류, 혼합
- (2) 동력원 : 축전지, 직류발전기, 교류발전기, 외부발전기

(라) 유압공급시스템 : 직류유압구동, 교류유압구동

(마) 호환성 수준 : 체계 호환성, 유사체계 호환성, 미래체계 확장호환성

5) 단계 5 : 평가기준 선택(Selection of Evaluation Criteria)

IPT는 기본 주요 개념에 대한 평가에 적용할 기준을 선택한다. 가장 중요한 기준은 목표값과 중요도를 기준으로 작성된 규격이다. 순위는 순위평가방법인 Saaty의 계층분석적프로세스(AHP : Analytic Hierarchy Process)나 Nominal Group Technique방법을 사용한다.

필수적인 제한사항과 최소 임계성능의 합격/불합격은 이 단계에서 실질적인 판단기준이 될 수 있다. 이때 불합격 판단이 내려진 대안은 제외한다.

기준은 두 개의 그룹으로 구성한다. 그룹 A는 최초 평가를 위해 단계 7에서 사용되는데 중요하지만 상대적으로 약한 기준으로 더 이상의 해석 없이 사용할 수 있는 기준이다. 이 그룹은 고객요구사항의 70% 정도를 만족시키는 기준이다.

더 중요한 기준이 있는 그룹 B는 95% 정도의 고객만족을 포함한다. 이 기준은 단계 9에서 마지막 개념선택에 사용한다. 이들 기준은 대안 개념의 심층해석이 요구된다.

[표 3] 지상 발사장비 판단기준표(Criteria Table)

번호	기준 항목 (Criteria)	상대적 가중치	Group A (73%)	Group B (100%)	목표 값 (Target Value)	비고
1	잠비 이동속도	3.80	+	+	00 km/hr	
2	등판 능력	3.80	+	+	> deg	
3	수송 진동	1.34	-	+	00.0 grms	
4	수평정지 기능	4.62	+	+	0분 이내	
5	전원용량	6.11	+	+	000 A 이상	00분 이내 성능
	유압성능				00 ga/min	
	통신방식				I553B	
6	중량물 탑재 성능	2.83	-	+	0 ton 탑재	
7	발사후 안전확보	4.03	-	+	화염/낙하물 보호	
8	캐빈방탄기능	3.73	+	+	0mm방탄	
9	화생지역에서 작전가능	2.98	+	+	0시간	
10	운용인력	4.47	+	+	3명	
11	우발적 발사 방지	2.83	-	+	안전키 적용	
12	자재상태 모니터링 기능	4.77	-	+		
13	장전 탈착용이	1.64	-	+	자동장착 장치	
14	타이어 피탄시 이동	1.12	+	+	run flat 타이어	
15	차량 중량/차폭/높이	4.55	+	+	일반도로주행	
16	직전 운용호환성	3.58	+	+	기존장비 발사	
17	탑재장비의 호환성	4.7	-	+	부수장비 적용	
18	운용소프트웨어 호환성	2.91	+	+	기존장비 발사	
19	정비성	6.34	+	+		
20	신뢰성	6.04	+	+	MTBF	
21	부품조달 용이	5	-	+	국산화 비율	
22	개발기간	7.38	+	+	3년 이내개발	
23	기술적 위험성	5.44	+	+	기반기술 적용	
24	비용	5.97	+	+	00억 이하	

본 사례연구에서 그룹 A와 그룹 B는 표 3과 같이 분류하였으며 기준항목에서 □ 항은 필수적인 제한사항이다. 여기서 '+' 표시는 이 단계에서 고려할 기준이며 '-' 표시는 좀 더 심층검토 또는 분석을 통해 결정해야 할 사항을 의미한다.

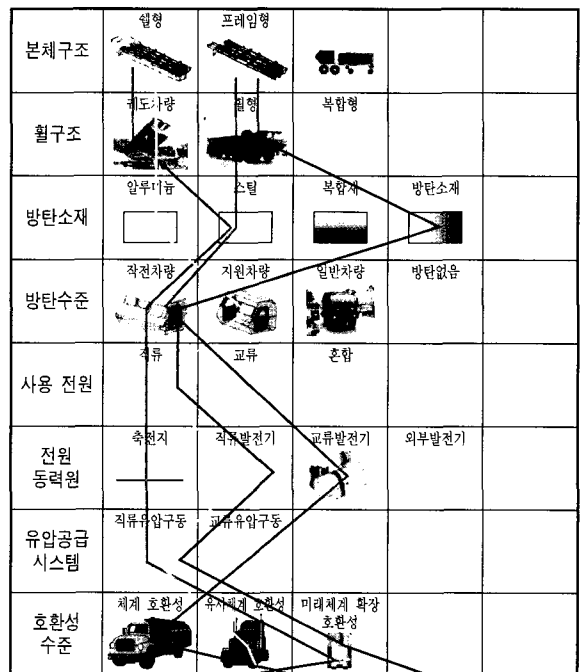
6) 단계 6 : 초기 개념의 합성(Synthesis of Primary Concepts)

개념설계 단계에서 가장 중요한 이 단계는 많은 개념 가운데 해법 원리를 합성하여, 가장 좋은 하나를 새로운 시스템으로 선택한다. 형태학(Morphology)에 의한 합성은 오래 전에 소개되어, 가치 있고 실질적인 새로운 개념 설계도구로 사용되고 있다. 개념은 모든 기본적인 문제를 가능성 있는 개념 해법의 조합을 만드는 것이다. 문제에 대한 모든 가능한 해를

합성하고 이들 중에 실현가능성이 희박한 해를 모두 추려낸 후 가장 실현가능성이 높은 해를 선택한다. Morphology Map의 사용은 직접 합성할 수 있어 많은 서로 다른 적절한 개념 변수를 쉽게 생성할 수 있는데 실제로 수백 개 또는 수천 개 생성되며 각 하부 시스템별로 그 수만큼 생성될 수 있다. 그러나 너무 많은 가능성 조합이 생성되므로 오히려 최적의 해를 간과할 수 있으므로 최적 개념 해법으로는 부족하다고 비판한다.

이 단계의 출력은 새로운 제품의 실현가능한 기본 개념을 가능한 많이 생성하는 것이다. 지상장비의 사례연구에서 합성한 해법 원리 Morphology는 그림 2와 같다. 왼쪽에 기본 문제에 대한 가능한 해법을 나열하였으며 실현가능한 시스템은 각각의 해를 하나씩 선택하여 선으로 연결하면서 특정 해법을 조합한다. 각 조합 해법은 단계 7에서 평가하여 선택한다.

이 단계에서 선택한 가능한 해는 다음과 같다. 선택 1은 셀형, 궤도차량으로 작전차량 수준의 방



선택 1 선택 2 선택 3 선택 4

[그림 2] 지상 발사장비 Morphological Table

호력을 가지며 직류전원을 사용하므로 미래확장성을 고려한 시스템이다.

선택 2는 쉘형 본체에 휠을 장착한 차량으로 경량화를 위해 알루미늄 소재를 사용하고 직류전원을 사용하며 유사체계 호환성 유지하는 보다 타협한 시스템이다.

선택 3은 프레임형의 휠장착 장비로 작전수준 방호 기능을 고려하였으며 기존 장비를 최대한 사용하여 호환성을 유지하므로 개발기간이나 비용을 고려한 사업측면의 시스템으로 선정하였다.

선택 4는 프레임형 휠장착 장비로 복합재 소재로 방탄성능을 최대화하고 미래확장성을 고려하여 직류전원 및 유압시스템을 적용하였다.

7) 단계 7 : 초기 개념평가 및 심층분석 주요 개념 선택(Evaluation of the Primary Concepts and Selection of Main Concepts for further Development)

단계 6에서 생성한 초기개념은 5단계에서 제안한 그룹 A의 기준에 따라 평가한다. Pugh 개념선택표(Concept Selection Table)와 같은 평가표(Evaluation Table)를 사용한다^[12]. 평가프로세스를 통해 몇 가지 우수한 방안을 찾아내는데 평가과정 중에 선택한 방안에서 기본 개념의 단점이 나타나며 이를 보완하는 새로운 개념을 몇 가지 만들 수도 있다.

Pugh 개념선택표에서 배점은 성능규격 자료와 동등한 경우 's', 우수한 경우 '+', 더 나쁠 경우 '-'를 부여하고 각 열마다 합계를 적는다. 표 4는 지상 발사장비 사례연구의 선택평가표로서 선택한 개념이며 이를 Pugh 개념선택표를 이용하여 분석한 결과를 나타낸다. 여기에서 □ 항목은 선택의 복잡성을 줄이기 위해 이 단계에서 고려하지 않는 항목이다.

Pugh 개념선택표를 분석결과 '+'의 합과 '-'의 합을 계산하여 합계를 산출한다. 이 값에서 가장 높은 점수를 받은 시스템을 선호시스템으로 다음 단계의 설계, 아키텍처 분석에 반영한다. 이 때 상대적가중치를 고려하여 단순한 합을 계산하지 않고 가중치를 고려한 합계를 산출하여 비교할 수도 있다.

여기서 선호시스템은 선택 3의 시스템으로 단계 8의 주요 개념의 설계, 아키텍처, 분석을 실시한다.

[표 4] 지상 발사장비의 Pugh 개념선택표

번호	기준 항목 (Criteria)	상대적 가중치	선택 1	선택 2	선택 3	선택 4	비고
1	장비 이동속도	3.80	--	+	+	+	
2	동판 능력	3.80	-	-	+	+	
3	수송 진동	1.34					
4	수평정지 가능	4.62	++	++	-	-	
5	발사 가능	6.11	전원용량	-	+	+	+
			유압성능	s	s	s	s
			통신방식	s	s	s	s
6	중량물 탑재 성능	2.83					
7	발사후 안전확보	4.03					
8	캐빈방탄기능	3.73	++	+	+	++	
9	화생지역에서 작전가능	2.98	++	++	s	s	
10	운용인력	4.47	-	-	+	+	
11	우발적 발사 방지	2.83					
12	자체상태 모니터링 기능	4.77					
13	장전 탈착용이	1.64					
14	타이어 피탄시 이동	1.12	++	s	s	s	
15	차량 중량/차폭/높이	4.55	-	-	+	+	
16	작전 운용호환성	3.58	-	+	+	-	
17	탑재장비의 호환성	4.7					
18	운용소프트웨어 호환성	2.91	s	s	s	s	
19	정비성	6.34	-	-	+	-	
20	신뢰성	6.04	s	s	s	s	
21	부품조달 용이	5					
22	개발기간	7.38	--	-	+	-	
23	기술적 위험성	5.44	--	-	+	-	
24	비용	5.97	--	-	++	--	
21	SUM +		8	8	12	7	
23	SUM -		14	7	1	7	
23	합 계		-6	1	11	0	

8) 단계 8 : 주요 개념의 설계, 아키텍처, 분석 및 개선(Design, Architecture, Analysis and Improvement of the Main Concepts)

이 단계에서는 몇 가지 우수한 개념별로 최종 선택을 위한 심도 있게 개념연구를 수행한다. 시스템 설계초안으로 생산, 재료, 기술, 저장, 취급, 군수지원, 시험평가 등을 개념적으로 결정해 본다. 부가적으로 단계 5에서 결정한 그룹 B의 평가기준 검토한다. 검토는 개념에 대해 정량적인 값으로 표시하여 단점과 강점이 나타나도록 한다. ICDM에서 사용할 수 있는 일반적인 분석도구는 개념적 고장모드 분석(CFMA : Conceptual Failure Mode Analysis)^[14], 개념적 설계대 비용분석(CDTC : Conceptual Design to Cost)^[15], 위험 및 시장분석(RTMA : Risk and Time to Market

Analysis)¹⁶⁾ 등이 있다.

개념적 고장모드분석(CFMA)은 개념설계 시스템의 Failure Mode를 상세한 설계나 부품의 특성을 고려하는 것이 아니라 경험적인 기능적 요소를 고려하여 예상되는 고장을 분석하는 것이다. 초기 설계단계에서 분석한 고장에 대하여 심각성(Severity, S), 발생빈도(Frequency of Occurrence, F), 검출능력(Detection Capability, D)을 고려하여 각각 1~10 사이의 값을 추정하고 이들의 곱(SFD)으로 개량화한 후 이 값이 100이하이면 만족한 고장수준이지만 100을 넘을 경우 절감대책을 세워 개념설계를 보완한다.

사례연구에서 유압잭 불량률의 경우 심각성은 '7'이며 유압공급시스템 불량률의 발생빈도 '5', 검출능력 '5'이므로 수동 작동 기능을 부여하여 심각성을 '4'로 감소시키고, 유량센서를 장착할 경우 검출능력이 향상되므로 '2'로 낮아져 결과적으로 SFD 수준이 40 이하가 되도록 개념설계를 변경할 수 있다.

[표 5] 개념적 고장모드 분석(전기/유압계통 예)

고장 모드	고장 결과	S	고장원인	F	검출방법	D	SFD	수정활동	New SFD
발전기 작동 불가	전원생성 불가	10	축전지 전원공급 불량	2	작동음 확인	2	40	램프로 확인	40
		10	커넥터 접촉 불량	3	작동음 확인	2	40		60
		10	PTO기어 불량	4	작동상태 확인	3	120	PTO 작동확인 램프 추가, D=2	80
		10	발전기 코일 소손	1	멀티미터 측정	5	50		50
유도탄 전원공급 불량	유도탄 작동 불능	10	전원공급기 고장	4	육안확인/ 램프	1	40		40
		10	전원공급 스위치 고장	4	작동성 확인	3	120	램프 추가, 2pole 적용, F=2	60
		10	전원케이블 불량	1	저항측정/ 육안	6	60		60
유압잭 작동 불량	수평정지 불가	7	유압공급 시스템 불량	5	시험장비	5	175	수동정지 장치 S=4, 유량센서 설치 D=2	50
		7	수평잭 제어기 고장	4	자체진단 기능	2	56		56
		7	공급유량 부족	5	유량 모니터	1	35		35

이와 같은 활동은 각 개념설계로 채택된 시스템별로 전문 통합제품팀을 구성하여 개념적 분석을 통해 성능기능을 향상하여 최종적으로 고객만족수준을 달성하도록 수정 보완한다.

비용측면에서도 채택된 시스템의 개념적 비용분석을 통해 비용부담이 높은 부품이나 공정을 분석하여 비용절감 분석을 실시하고 고객만족도를 향상시켜 최종 선택시스템을 결정할 수 있도록 한다.

[표 6] 최종 개념설계 시스템 규격

번호	기준 항목 (Criteria)	상대적 가중치	목표 규격	설계 결과 규격	고객 만족 지수 (CSR)	비고
1	장비 이동속도	3.80	> 00 km/hr	> 60 km/hr	100	
2	동반 능력	3.80	> 0.0 deg	> 0.0 deg	100	
3	수송 진동	1.34	00.0 grms	00.0 grms	100	
4	수평정지 기능	4.62	0분 이내	0분 이내	100	
5	발사 기능	6.11	전원용량	000 A 이상	000 A 공급	100
			유압성능	00 ga/min	00 ga/min	100
			통신방식	1553B	기존 방식적용	100
6	증량물 탑재 성능	2.83	0 ton 탑재	0 ton 탑재	100	
7	발사후 안전확보	4.03	화염/낙하물 보호	만족	100	
8	캐빈방탄기능	3.73	0mm방탄	지원자량 수준	80	운용개념 보완
9	화생지역에서 작전가능	2.98	0시간	규격 만족	100	
10	운용인력	4.47	3명 이하	3명 이하	100	
11	우발적 발사 방지	2.83	안전키 적용	안전티 적용	100	
12	자체상태 모니터링 기능	4.77	Yes	Yes	100	
13	장전 탈착용이	1.64	자동장착 장치	만족	100	
14	타이어 피탄시 이동	1.12	Run Flat 타이어	만족	100	
15	차량 중량/차폭/높이	4.55	일반도로주행	중량 초과	70	설계시 보완
16	작전 운용호환성	3.58	기존장비 발사	만족	100	
17	탑재장비의 호환성	4.7	부수장비 적용	일부 개발	90	개발가능
18	운용소프트웨어 호환성	2.91	기존장비 발사	만족	100	
19	정비성	6.34	N/A	N/A	100	ILS 검토
20	신뢰성	6.04	1000 MTBF 이상	만족	100	
21	부품조달 용이	5	국산화 비율	만족	100	
22	개발기간	7.38	3년 이내개발	3.5년	90	
23	기술적 위험성	5.44	기반기술 적용	만족	95	본체개발
24	비용	5.97	00억 이하	00 억원	75	상세설계

9) 단계 9 : 최종 개념 선택(Final Concept Selection)

통합제품팀은 선호하는 시스템에 대하여 단계 8에서 수행한 업무 결과를 제시한다. 개발된 시스템은 그룹 B의 판단기준으로 평가한다. 채택된 개념은 개선목록과 설계활동을 선정한다. 개념은 고객만족지수에 따라 분석한다.

표 6은 최종 선택한 시스템 규격을 나타내었다. 규격에 따르면 상대적인 중요도와 목표값, 최종 선택한 개념설계 시스템의 추정규격을 표시하고 있으며 고객만족지수를 계산하였다. 표 6에 따르면 고객만족지수는 92.59%이다.

10) 단계 10 : 프로젝트 착수(Project Launch)

마지막 단계에 제품개발팀은 프로젝트 관리자, 전문가와 판매자, 심지어 고객의 대리인이 참석한 가운데 개념설계와 시스템의 정의결과를 설명하는 착수회의 또는 시스템 설계검토 회의를 갖는다. 이 회의의 목적은 앞으로 개발할 시스템의 규격과 개념에 대하여 검토하고 승인을 받는 것이다. 이 회의에서는 본격적인 개발을 위해 필요한 자원에 대해서 승인받는 회의이기도 하다.

그러므로 관리자나 고객은 프로젝트에 대한 권한과 예산에 대한 책임을 가지고 있으므로 충분히 만족스럽지 못할 경우 프로젝트를 중단하거나 변경할 수 있다. 그래서 선택한 개념을 잘 이해하고 받아들일 수 있도록 만반의 준비를 해야 한다.

3. 응용사례 검토 및 고찰

일반적으로 개념 개발단계는 필요분석(Needs Analysis), 개념탐색(Concept Exploration), 개념정의(Concept Definition)의 단계로 정의하고 하부 활동을 전개한다^[18]. 필요분석단계에서는 운용분석, 기능분석, 실현가능성정의, 필요검증, 시스템운용 요구사항을 개발하고, 개념탐색단계에서는 요구사항개발, 운용요구사항분석, 성능요구사항 조성, 구현개념탐색, 성능요구사항검증을 실시하고, 개념정의단계에서 시스템개념을 선정, 성능요구사항분석, 기능분석 및 조성,

개념선택, 개념검증, 시스템개발계획수립 및 시스템규격화의 단계로 진행한다^[18].

본 논문의 ICDM은 Korsakoff가 정의한 개념개발 단계를 십 단계로 정의하고 여러 가지 기법을 적용하여 개념설계방법론을 구체화 하였다. 실제 개념설계에서 시스템엔지니어가 부딪히는 문제점은 '무엇을 하느냐'가 아니라 '어떻게 하느냐'이다. 그래서 본 논문의 십 단계 개념설계방법론의 응용사례 연구는 개념설계 규격을 지원하고 프로젝트 관리자의 의사결정을 도와주며 시스템 개념설계에 대한 객관적인 분석 및 판단자료를 제시할 수 있는 실용적 방법을 시험하는 기회가 되었다.

4. 결론

본 논문에서는 통합개념설계방법론 ICDM을 소개하고 이 기법을 이용하여 지상 발사장비 개념설계에 적용하여 그 유용성을 확인하였다. ICDM은 기존의 여러 가지 기법을 통합하여 하나의 개념설계절차를 구성한 프로세스이다. 이 기법은 단계별로 제품설계팀이 수행해야 할 업무를 제품의 정의, 평가기준결정, 통합을 통한 개념의 합성, 선택한 개념 분석 및 최종 선정의 과정을 통해 고객이 만족하는 최적의 개념을 설계하는 과정을 보여준다.

본 논문의 사례연구를 통하여 복잡하고 새로운 기술이 접목된 새로운 개념의 제품을 개발하는 개념설계에 매우 유용한 기법임을 시연하였으며 다분야의 전문가로 구성된 통합제품팀의 활동에 적합한 방법론임을 보여준다.

개념설계의 결과는 본격적인 시스템 개발의 규격화 또는 새로운 사업의 시작을 위한 의사소통 및 투자판단자료로 사용할 수 있는 기본 자료가 된다.

참 고 문 헌

[1] B. S. Blanchard, Systems Engineering Management, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, p.4, 1997.

- [2] Office of the Under Secretary of Defense, DoD IPPD Handbook, pp.8~9, 1998.
- [3] A. Hari, M. P. Weiss and A. Zonnenshain, A Critical Review of Methods for Conceptual Design in Concurrent Engineering Environmental, Proceeding of the 11th International Conference of the Israel Society for Quality, Jerusalem Israel, pp.19~21, 1996.
- [4] A. Hari, M. P. Weiss, and A. Zonnenshain, ICDM-An Integrated Methodology for the Conceptual Design of New Systems, Proceeding of System Engineering/Test and Evaluation Conference SETE 2004, Adelaide, Australia, November, 2004.
- [5] J. R. Hauser and D. Clausing, The House of Quality, Harvard Business Review 66, pp.63~73, May-June 1988.
- [6] J. R. Wixson, Function Analysis and Decomposition using Function Analysis Systems Technique, Proceedings of the 9th Annual International Symposium of INCOSE, Brighton, England pp.963~968, 1999.
- [7] 조태근, 조용곤, 강현수, 계층분석적 의사결정, 동현출판사, p.3~4, 2003.
- [8] <http://www.triz.co.kr/TRIZ/frame.html>
- [9] M. P. Weiss, A. Hari and A. Zonnenshain, Design of the concept of a new system, using ICDM-Integrated, Customer Driven, Conceptual Design Method, Proceedings of the 9th Annual International Symposium of INCOSE, Las Vegas, Nevada, USA, July 2002.
- [10] A. Hari, and C. Scher, How to Increase the Chances to Win the Competition of a Development Project Using CVM, Proceeding of the 45th congress of the European Organization for Quality(EOQ), Istanbul, Turkey pp.19~21, 2001.
- [11] A. Griffin and J. R. Hauser, The Voice of Quality Customer, Marketing, Vol. 12, No. 1, pp.1~27, 1993.
- [12] J. Herscovitz and A. Hari, Systems Engineering with ICDM-A Case Study, Proceedings of the 9th Annual International Symposium of INCOSE, Las Vegas, Nevada, USA, July 2002.
- [13] S. Pugh, Concept Selection-a Method that Works, Proceeding of ICED 81, Rome, pp.479~506, 1981.
- [14] A. Hari and M. P. Weiss, CFMA - An Effective FMEA Tool for Analysis and selection of the Concept for a New Product, Proceeding of DETC99 : Design Theory and Methodology, Las Vega, Nevada Sep. 1999.
- [15] W. P. Michaels & W. P. Wood, Design to Cost, Wiley & Sons, 1989.
- [16] D. Slasky and A. Hari, Implementation of Conceptual Design and Risk Analysis Methodologies for Optimal Concept Design, Presented at the 5th National Conference of the Israel Society of Quality, Haifa Israel, 1999.
- [17] J. Herscovitz and A. Hari, Systems Engineering with ICDM-A Case Study, Proceedings of the 13th Annual International Symposium of INCOSE, Toulouse France, 2003.
- [18] Kossiakoff A. and Sweet, W. N., Systems Engineering Principles and Practice, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, pp.117~193, 2003.