

무기체계 소프트웨어 기술변경 원인분석을 통한 개발단계 품질관리 강화 방안연구 - 8대 무기체계 중 기동화력분야 소스코드 관점으로

오진우*, 윤재형, 김종규, 류지선
국방기술품질원

Research on the Strengthen Quality Management in the Development Stage of the Analysis of the Causes of Software Engineering Change - Focused on Land Weapon System Source Code Through

Jin-Woo Oh*, Jae-Hyeong Yun, Jong-Kyu Kim, Ji-seon Yu
Defense Agency for Technology and Quality

요약 현재 무기체계 개발 시, 전력공백을 방지하고 체계 조기도입으로 인한 국방력 강화를 위해 제한된 개발기간 및 예산이 적용되고 있는 상황이다. 따라서 실제 설계 시 모든 운용환경을 반영하지 못한 설계내용이 포함되거나, 소스코드 상에서 개발자의 예외처리 누락 및 예기치 못한 운용자의 실수 등이 발생되고 있다. 그로 인하여 양산 이후 운용단계에서 문제점이 지속적으로 발생되며, 기술변경 역시 증대되고 있다. 현재 양산 이후 운용유지단계에서 발생하는 소프트웨어 기술변경 원인분석 결과, 구현단계에서 발생하는 소스코드 관점의 결함은 지속적으로 증가하고 있는 상황이다. 따라서 본 논문에서는 국방기술품질원에서 '21년도에 수행된 무기체계 기동화력분야 소프트웨어 기술변경 원인에 대한 데이터베이스를 구축하고, 기술변경 원인 분석을 통해서 소스코드 관점의 개발단계 품질관리 강화 방안을 제시한다. 기동화력 분야 개발단계 품질관리 활동인 QCG와 연계한 소스코드 리뷰 프로세스를 추가하여, 양산단계에서 주로 발생하는 결함을 조기 식별하고자 함이다. 위 강화방안을 통해 그동안 수행되지 않았던 소스코드 관점의 품질관리를 적용함으로써 향후 개발되는 무기체계 소프트웨어 품질 확보에 기여할 수 있음을 보인다.

Abstract When developing a weapon system, a limited development period and budget are given to prevent a defense forces vacuum and introduce the weapon system early to strengthen the defense forces. Therefore, engineering changes by design insufficiency and missing exception handling are increasing in the weapon system development. Currently, source-code related defects continue to increase in the mass production of weapon systems. Therefore, we propose a method to strengthen the quality management in the developmental stage of a source code in a land weapon system from 2021 by analyzing the causes of software engineering change in the source code. In particular, we try to identify the source-code related defects that occur in the mass production of the weapon system in advance by adding the source code review process linked to QCG to the mass production. The implementation of the proposed method showed the feasibility of source code quality management for weapon systems, which was not developed in the past. It is also expected that this quality management can contribute to the development of quality weapon system software in the future.

Keywords : Software, Software Quality Assurance, Weapon System, Software Engineering Change, Source Code

*Corresponding Author : Jin-Woo Oh(DTaQ)

email: jwoh@dtaq.re.kr

Received April 13, 2022

Accepted July 7, 2022

Revised May 24, 2022

Published July 31, 2022

1. 서론

무기체계란 지휘정찰, 유도탄약, 기동화력 등 전장에서 전투력을 발휘하기 위한 이를 운용하기 위해 필요한 제반요소를 통합한 종합적인 체계를 의미하며, 소요제기 및 선행연구/탐색개발, 체계개발을 거쳐서 시험평가를 통해 최종 획득하게 되고, 소요군에서 운용유지된다. 탐색개발은 선행연구로 도출된 체계개념에 대하여 부체계 또는 주요 구성품에 대한 분석 및 시뮬레이션을 통해 체계개발단계로 전환할 수 있는 가능성을 확인하는 단계이며, 군사요구도 확정 및 소요군의 동의를 통해 체계개발에 진입하게 된다[1]. 체계개발 단계에서는 체계 요구사항 분석부터 하드웨어와 소프트웨어 설계 및 구현, 최종적으로 체계통합 및 시험평가(개발시험평가, 운용시험평가)등의 개발관리를 거치고 있으며[2], 국방분야 소프트웨어 기술지원기관에서 개발기간동안 프로세스 적인 측면에서 기술지원을 수행하고 있다. 하지만 무기체계 개발 시, 전력공백을 방지하고 조기도입을 통한 국방력 강화를 위한 제한적인 개발기간과 예산으로 인하여 실제 소요군의 운용환경을 모두 설계에 반영하지 못하거나, 구현단계에서 임베디드 시스템의 특성상 발생될 수 있는 다양한 예외처리에 대한 대비가 미흡한 상황이다. 따라서 구현단계의 문제로 인하여 양산 이후 운용유지 단계에서 많은 결함이 발생되고 있고, 그로 인하여 소프트웨어 관련 기술변경 역시 증대되고 있다. 소프트웨어 관련 기술변경이 증대되고 있다는 의미는 소요군이 필드에서 체계를 운용하다가 사고 또는 훈련수행에 차질이 빚어진다는 의미이다. 따라서 이는 운용자가 상해를 입거나 국방전력 측면에서 큰 공백을 발생시키는 문제이기 때문에 양산 이후 발생할 수 있는 결함에 의한 소프트웨어 기술변경을 최소화시킬 수 있는 개발단계 품질관리 개선책이 요구되는 상황이다.

체계개발단계를 거쳐 시험평가 후에 규격화가 완료되어 국방표준종합정보시스템(KDSIS :Korea Defense Standard Information System, 이하 KDSIS)에 등록되는 소프트웨어 기술문서는 아래 Fig. 1과 같이 점차 증가되고 있으며, 국방기술품질원(이하 기품원) 국방SW팀에서 기술지원한 양산단계 소프트웨어 기술지원 건수 역시 아래 Table 1과 같이 매년 지속적으로 증가하고 있다. Fig. 1은 KDSIS에 등재된 소프트웨어 기술자료에 대해서 '08년부터 '20년도까지 연도별로 등록된 건수를 상대적 비율로 변환한 그래프이다.

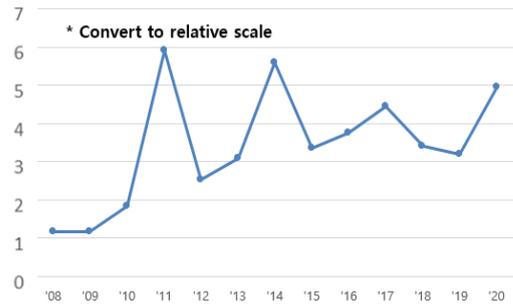


Fig. 1. Status of software technical data registered in 2008~2020

Table 1. Status of software technical support in 2018~2021

Year	No.
2018	38
2019	52
2020	78
2021	149
Total	317

운용유지단계에서 발생하는 무기체계의 소프트웨어 기술변경 원인분석 및 개선안 내용은 그동안 종합적으로 관리되고 있지 않았으나, 최근 기품원 국방SW팀에서 자체적으로 수행한 소프트웨어 기술지원 내용과 기술변경 원인분석 내용을 데이터베이스(이하 DB)화하여, 향후 기품원의 개발단계 참여 시 유사체계에 대하여 참고자료로 활용할 수 있도록 추진하고 있는 상황이다[2].

본 논문에서는 DB화 된 무기체계 소프트웨어 기술변경 원인 중 '21년도에 기동화력분야에 대해서 수행된 내용들을 분석하여 어떤 문제가 지속적으로 발생되고 있으며, 전력화 공백을 야기하는 양산단계 소프트웨어 기술변경을 감소시키기 위해서 소스코드 관점의 개발단계 소프트웨어 품질관리 강화 방안을 제시하고자 한다. 기술변경 발생 원인분석 결과를 DB화 하여 총 2 Step의 분류로 구분하고, 분류된 내용을 토대로 군수품 전순기 중 어떤 시점에서 결함이 유입되고, 어떤 결함 유형이 있는지를 분석하였다. 분석한 결과를 바탕으로 기품원 개발단계 소프트웨어 품질관리 수행 시 추가적인 분석 과정을 추가함으로써 품질관리를 강화하는 방안을 제시하였다.

2장에서는 이론적 배경을 나열하고, 3장에서는 소프트웨어 기술변경 원인 분석 내용을 제시한다. 4장에서는 분석한 내용을 바탕으로 개발단계 소프트웨어 품질관리 강화방안을 제안하고, 5장에서는 결론을 담고 있다.

2. 이론적 배경

2.1 형상통제

형상통제는 형상과 형상식별서의 변경을 통제하는 활동으로 양산 및 운영유지단계의 형상통제는 기술변경, 규격완화, 면제로 분류한다. 형상통제의 분류 중, 기술변경은 국방규격 제정 이후에 발생하는 물품의 형상, 특성 및 기능 등의 변경을 말하며, 기술변경은 해당 기술자료 묶음의 수정을 필요로 한다. 기술변경은 작전운용성능에 영향을 미치거나 전력화 일정 및 비용변동이 예상되는 수정계약 대상여부에 따라 I급 또는 II급 기술변경으로 구분된다[3]. 양산 및 운용단계에서 발생하는 기술변경은 주로 운용 시 발생될 수 있는 상황에 대한 예외처리가 누락되었거나, 잘못 구현된 경우로 인해 발생되고 있다. 따라서 기술변경 원인분석을 통해 유사체계 개발단계에서 집중적 소프트웨어 품질관리를 통해 조기 결함을 식별하여, 운용중에 발생하는 결함을 최소화 할 필요가 있다.

2.2 소프트웨어 기술변경 원인분석 DB 분류

기품원 국방SW팀에서는 생산품질경영본부 내 품질보증센터로부터 요청받은 소프트웨어 기술변경 검토의견 및 기술변경의 원인을 DB화 하여 관리하고 있으며, 기술변경 원인분석 내용의 경우에는 결함 또는 문제가 발생된 현실태, 발생 원인, 양산업체의 개선안으로 분류하여 관리하고 있다. 이전 연구에서 도출한 개발단계별 품질관리 요소[2]에 따라서 기술변경 원인분석 내용과 대조하여 변경이 발생된 원인을 식별하였다. 기존 연구에서는 기술변경의 원인이 되는 결함이 유입되는 시점을 개발단계 프로세스에 따라 요구사항 분석단계, 설계 단계, 구현 단계, 시험평가 단계, 규격화 단계로 구분하였고, 양산 이후 발생하는 문제에 대해서 구분하기 위하여 운영유지 단계까지 총 6단계로 구분하였다[4]. 변경 발생원인은 총 2 Step로 구분하였으며, 기존 연구에서는 1 Step을 6 단계의 결함 유입시점으로 구분하였지만, 본 연구에서는 더 강화하여 운영유지 단계의 분류를 추가하여 총 7개로 구분하였다. 요구사항 분석단계는 요구사항 미흡, 설계 단계에서는 설계 미흡, 구현 단계에서는 구현 미흡, 시험평가 단계에서는 시험 계획 미흡, 규격화 단계에서는 소프트웨어 기술자료 오류, 운영유지 단계에서는 기능 개선과 부품대체로 구분하였다. 기존 연구에서는 2 Step을 12항목으로 구분하였으나, 본 연구에서는 6항목 확대하여 총 18개로 구분하였다. 요구사항 미흡은 요구사항 내용 누락, 요구사항 내용 미흡, 설계 미흡은 설계내용 누

락, 설계내용 미흡, 설계 오류로 구분하였다. 코딩 미흡의 경우에는 불필요한 코드, 데이터 처리 미흡, 통상적인 기능 미구현, 단순 오기로 구분하였고, 시험계획 미흡은 시험 환경조건 설정 미흡으로, 소프트웨어 기술자료 오류의 경우에는 내용누락, 문서 오기, 타문서와 연계 미흡, KDSIS 등재 미흡으로 구분하였고, 기능개선은 노후화에 따른 기능 개선, 품질개선으로 구분하고, 부품대체는 단종 대체 및 부품 대체로 구분하였다. 본 연구에서 강화된 DB 분류를 바탕으로 21년도에 수행한 기술변경 내용을 DB화 하고, 분석하였다.

3. 소프트웨어 기술변경 원인 분석

3.1 분석 대상

기술변경 원인 분석 대상은 무기체계 8대 분류 중 기동화력분야, '21년 국방SW팀으로 요청된 소프트웨어 기술변경 검토의견에 대해서 수행하였다. 보통 무기체계마다 적용되는 플랫폼이 다양하기 때문에 DB 분석내용을 개발단계 유사무기체계로 환류하기 위해서는 체계별 특성을 적용한 분석내용이 필요하다고 판단하였다. 따라서 기동화력분야로 한정된 이유는 8대 무기체계 중 '21년도 기술변경 검토건수가 가장 많으며(39.6%), 특히 타 무기체계들 보다 적용 플랫폼이 일반화(전차,장갑차 등)되어 있기 때문에 급변 연구에서는 해당 체계로 한정하여 연구를 수행하였다.

제안서 기준으로 총 기술변경 지원 건수는 59건이며 세부적인 내용은 아래 Fig. 2와 같다. Fig. 2의 가로축은 기동화력 무기체계를 의미하며 ETC는 기술검토가 각 1 건씩 요청된 체계로 총 4건이 수행되었고, 세로축은 각 무기체계별로 '21년에 기술검토된 건수를 의미한다. 하나의 기술변경 제안서 내에 다수의 기술변경 원인분석 및 변경내용이 포함됨에 따라 총 소프트웨어 기술변경 원인분석 건수는 139건이다.

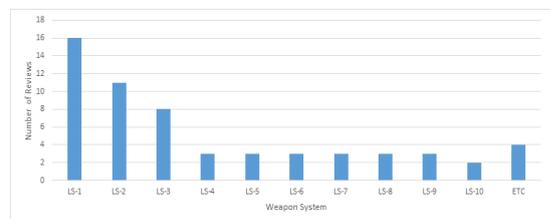


Fig. 2. Number of Reviews for Land Weapon Systems in 2021

3.2 분석 결과

소프트웨어 기술변경 139건에 대한 원인분석 결과를 변경 발생원인 1단계로 구분하였을 경우, Fig. 3과 같이 구현 미흡이 55%로 가장 높은 비율을 차지하였고, 다음으로 기능 개선 항목이 17%, 소프트웨어 기술자료 오류가 15%순으로 식별되었다. 이후 설계 미흡(7%), 부품대체(5%), 요구사항 미흡(1%) 순이다.

변경 발생원인 2단계까지 구분하였을 경우, 아래 Table 2와 같이 구현 미흡의 데이터 처리 미흡 항목이 57건으로 가장 많이 식별되었으며, 그 다음으로는 기능 개선의 품질 개선 항목이 18건, 소프트웨어 기술자료 오류의 문서 오기가 14건 순으로 식별되었다. 그 이후로는 코딩 미흡의 단순 오기(12건), 설계 미흡의 설계 내용 미흡(7건), 코딩 미흡의 통상적인 기능 미구현 및 부품대체의 단종 대체(6) 순이었다.

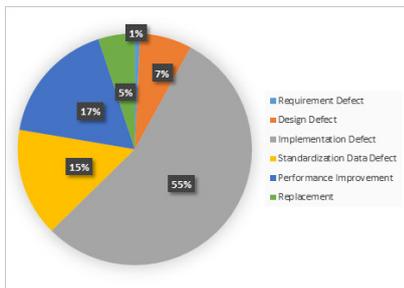


Fig. 3. Classification of Analysis Contents of the Cause of Engineering Change in the Land Weapon System(Category Step 1)

가장 많이 식별된 분류 항목인 구현 단계의 데이터 처리 미흡 항목의 경우에는 임베디드 시스템에서 타 연동 장비간 또는 개발된 CSCI(Computer Software Configuration Item)간에 인터페이스 되는 입력데이터에 대한 검증 프로세스가 누락되어, 예기치 않는 동작 혹은 데이터에 의하여 장비에 결함이 발생된 경우를 식별한 사항이다. 위 분류의 경우에는 전체 기술변경의 41%에 달할 정도로, 기동화력분야 소프트웨어 기술변경에 많은 비율을 차지하고 있었다.

다음으로 운용유지 단계의 품질 개선 항목의 경우에는 유사 장비의 개선사항에 대한 내용을 반영하거나, 결함이 발생되기 전에 소요군의 요청 또는 개발업체의 자체 개선으로 인하여 기술변경을 수행한 사항을 식별하였고, 규격화 단계의 문서 오기의 경우에는 소프트웨어 기술자료의 실행파일 정보 또는 KDSIS에 등재된 파일 정보가

잘못 등재되어 있는 경우 수행하는 기술변경 사항을 식별하였다.

앞선 분석을 통해서 예기치 않는 동작이나 입력데이터에 대한 검증 프로세스 작성 여부를 구현단계에서 확인할 수 있다면 전체 기술변경의 41%에 달하는 결함을 개발단계에서 조기에 예방할 수 있음을 식별하였다. 또한 이 강화방안은 기동화력분야 뿐만 아니라 전 무기체계 플랫폼에 공통적으로 해당되는 부분이므로 확대 적용이 가능하다.

Table 2. Classification of Analysis Contents of the Cause of Engineering Change in the Land Weapon System(Category Step 2)

Development Stage	Category (Step 1)	Category (Step 2)	No.
Requirement Analysis	Requirement Defect	Requirement Missing	1
		Requirement Insufficiency	0
Design	Design Defect	Design Insufficiency	7
		Design Error	2
		Design Missing	1
Implementation	Implementation Defect	Insufficient Data Processing	57
		Simple Typo	12
		Non-Implementation of Common Functions	6
		Unnecessary Code	1
Testing	Test Defect	Software Test Plan Insufficiency	0
Standardization	Standardization Data Defect	Documentation Typo	14
		Missing Contents	3
		Insufficient KDSIS Registration	3
		Insufficient Linkage with Other Documents	1
Operation Maintenance	Performance Improvement	Quality Improvement	18
		Function Improvement According to Aging	6
	Replacement	Replacement by Discontinued	6
		Replacement of Parts	1
Total			139

4. 개발단계 소프트웨어 품질관리 강화방안

'21년도 수행한 기동화력분야 무기체계 소프트웨어

기술변경 원인을 분석한 결과, 구현단계에서 데이터 처리 미흡항목이 가장 많이 식별되었으며, 해당 항목의 경우에는 개발단계 품질관리 시, 핵심 모듈에 대한 인터페이스 입력데이터 검증여부를 확인하고, 분기문 활용 시 예외처리가 포함되어 있는지를 확인하는 절차가 추가된다면 충분히 예방할 수 있는 결함이라고 식별할 수 있다. 현재 개발단계에서 소프트웨어 기술지원기관들이 방위사업청 ‘무기체계 소프트웨어 개발 및 관리 매뉴얼’에 따라 소프트웨어 개발 프로세스 및 산출물에 대한 품질관리를 충분히 수행되고 있으나, 구현단계의 소스코드 관점에 대해서 양산단계에서 발생하는 문제점을 식별하여 적용하는 활동은 수행되지 못하는 상황이다. 따라서 본 논문에서는 기품원에서 현재 수행하고 있는 무기체계 개발단계 품질관리 활동인 QCG(Quality Control Gate)의 일환으로 구현단계에서 데이터 처리 미흡항목에 대한 소스코드 관점의 품질관리를 수행함에 따라 양산단계에서 발생될 수 있는 결함을 최소화 하는 품질관리 강화방안에 대해서 제안하고자 한다. QCG는 총 3단계로 구분하여 해당 기간동안 품질협업체 활동, 현장품질회의, 현장점검을 수행함에 따라 CDR(Critical Design Review) 이후에 수행되는 QCG 2단계 기간에 현재 수행항목으로 포함되어 있는 ‘소프트웨어 구현 및 통합’ 항목에서 아래 Fig. 4와 같이 본 내용을 추가하여 수행하는 것을 제안한다. 기존의 소프트웨어 구현수준 검토 이후 소스코드에 대한 분석을 수행하고, 수정된 사항을 반영하는 내용이다.

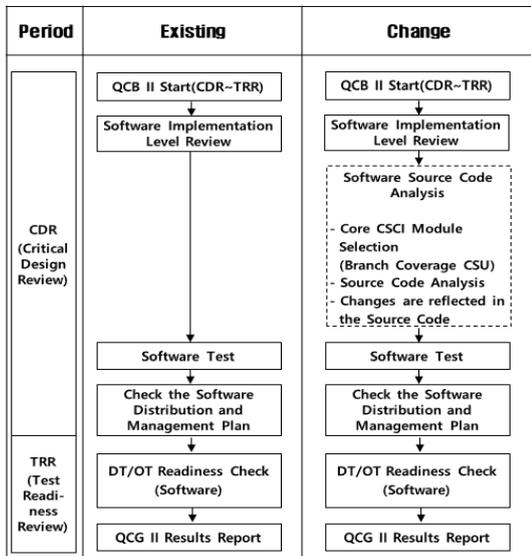


Fig. 4. Flow Chart of Measures to Strengthen Software Quality Management in the Development Stage

수행방법으로는 개발 CSCI의 핵심모듈을 선정하는데, 핵심모듈의 경우에는 개발 프로세스 상에서 위험도 분석을 통해서 동적시험 범위가 분기실행률 이상의 CSU(Computer Software Unit)에 대해서 선정하여, 핵심모듈에 대한 품질관리를 강화하고자 함이다. 대상을 선정하고, 소스코드 관점에서 해당 CSU 외부에서 입력되는 데이터에 대하여 개발자가 의도한 데이터 범위/종류인지에 대한 검증 코드가 작성되어 있는지를 검토하고, 분기문이 사용 되었을 경우에는 분기문의 예외처리 항목이 대비 되었는지를 확인한다. 세부적인 사항은 아래 Table 3과 같다.

Table 3. Strengthen of Quality Management in the Development Stage

Type	Details
When to Perform	· QCG(Quality Control Gate) 2 Step (CDR ~ TRR)
Target Selection	· Software Dynamic Test(Above Branch Test Coverage) Targer CSU
Review Contents	· Check whether Input Data from outside the target CSU is being Validated · Check whether an Exception is handled in a Brance Statements (ex. Check whether ELSE statement is Written in IF Statement)

본 논문에서 제안한 소스코드 관점의 개발단계 소프트웨어 품질관리 강화방안을 실제 개발단계 품질관리 참여 시 적용함으로써 향후 개발되는 무기체계에 대해 운용유지 단계에서 발생될 결함을 최소화 할 수 있을 것으로 기대한다.

5. 결론

현재 무기체계 운용중에 발생하는 결함문제가 DB화되어 유사무기체계 개발 시 환류되지 못하고, 유사한 결함이 지속적으로 도출됨에 따라 기술변경으로 인한 전력공백이 발생되고 있는 상황이다. 따라서 본 논문에서 양산단계에서 수행되고 있는 기동화력분야 무기체계 소프트웨어 기술변경 원인을 분석하여 어떤 결함이 어떤 단계에서 주로 발생되고 있는지를 식별하였고, 그 결함을 최소화 하기 위해서는 개발단계 소프트웨어 품질관리 참여 시, 소스코드 관점에서 품질관리해야 하는 강화방안에 대해서 제시하였다. DB 분석을 통해서 주요 결함발생 원인인 구현단계의 데이터 처리 미흡에 대한 내용을 식

별하였고, 개발단계 소프트웨어 품질관리 QCG 활동 시 소스코드 분석을 위한 프로세스를 추가하였다. 추가된 프로세스를 바탕으로 개발단계 소프트웨어 품질관리 시 기품원 개발품질연구센터와 협업하여 실제 연구결과를 적용하여, 운용중 발생될 수 있는 결함을 조기에 조치하고자 한다.

금번 연구에서는 기동화력분야로 한정하여 연구결과를 도출하였으나, 다양한 플랫폼으로 범위를 확대하여 향후에는 무기체계 전반적인 분야에 대해서 소스코드 관점의 검토내용을 확대하고, 핵심모듈에서 인터페이스 관련 전반적인 모듈로 검토범위를 확대하는 방안에 대해서 연구할 계획이다. 본 논문에서 제시하는 개발단계 소프트웨어 품질관리 강화방안으로 현재는 미수행되고 있는 소스코드 관점의 품질관리를 강화함으로써 양산단계에서 주로 발생하는 데이터 처리 미흡항목에 대하여 조기에 예방하고, 기술변경으로 발생하는 군 전력의 공백을 최소화 할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] Ministry of National Defense(MND) Instruction 2568, "Defense Forces Development Work Instruction", MND, Korea, pp.267~283, 2021.
- [2] J. W. Oh, J. K. Kim, J. S. Yu, J. H. Yun, C. H. Song, "Research on DB Construction and Utilization Measure to Analyze the Cause of Weapon System Software Engineering Change and Derive Improvement Plan", *Korea Academy Industrial Cooperation Society*, Vol.22, No.4, pp.331-337, Apr. 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.4.331>
- [3] Defense Acquisition Program Administration(DAPA) Instruction 687, "Standardization Business Regulation", DAPA, Korea, pp.13-17, 2021.
- [4] J. K. Kim, J. H. Yun, J. S. Yu, "Analysis of Engineering Change Cause and Defect Inflow Stage of Weapon System Software", *Korea Academy Industrial Cooperation Society*, Vol.23, No.3, pp.131-137, Mar. 2022.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.3.131>

오진우(Jin-Woo Oh)

[정회원]



- 2018년 2월 : 경상대학교 정보과학과(정보과학석사)
- 2014년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

무기체계 소프트웨어, 소프트웨어공학

윤재형(Jae-Hyeong Yun)

[정회원]



- 2017년 2월 : 건국대학교 전자공학부(전자공학석사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 무기체계 소프트웨어, 소프트웨어 품질

김종규(Jong-Kyu Kim)

[정회원]



- 2019년 8월 : 동국대학교 정보통신공학과(정보통신공학석사)
- 2019년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 무기체계 소프트웨어, 소프트웨어공학

류 지 선(Ji-Seon Yu)

[정회원]



- 2018년 8월 : 고려대학교 정보보호대학원 정보보호학과(정보보호학석사)
- 2018년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

〈관심분야〉

무기체계 소프트웨어, 소프트웨어품질