

무기체계 SW 결함의 효과적인 환류 방안 연구

엄원용*, 오진우, 윤재형, 김종규
국방기술품질원

A Study of Efficient Feedback Method for Weapon Systems Software Defection

Wonyong Eom*, Jin-Woo Oh, Jae-Hyeong Yun, Jong-Kyu Kim
Defense Agency for Technology and Quality

요약 각종 무기체계에서 소프트웨어(Software, 이하 SW)가 차지하는 비중과 중요도가 날로 증가하고 있다. 운용중인 무기체계에서 다양한 SW 결함이 발생 되어 기술변경이 이뤄지고 있으나, 이를 신규 무기체계 개발단계로의 환류는 제한적으로 이뤄지고 있다. 이에 본 논문에서는 개발단계 참여자들이 효율적으로 유사 무기체계의 운용단계 SW결함을 식별할 수 있도록 도와줄 수 있는 위험관리맵(Risk Management Map)을 제안한다. 위험관리맵이란 운용중인 무기체계의 SW 기술변경 내용을 데이터베이스로 구축하고, 이를 무기체계별로 시각화한 자료이다. 복잡한 SW결함 분석 내용을 무기체계 및 부체계별로 확인할 수 있도록 도와주며 각각의 SW결함의 위험도를 확인할 수 있다. 이를 통해 SW 비전공자들도 데이터베이스 내용을 쉽게 이해할 수 있고, 개발단계에서부터 SW결함 예방을 할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract The utilization of software in weapon systems is steadily increasing. However, software defections commonly occur, and many are caused by engineering changes to these systems. Furthermore, details of these software defections are not effectively fed back to weapon system developers. We addressed this shortcoming by devising a risk management mapping system, based on a database of engineering changes made to operating weapon systems, that provides feedback to those responsible for weapon and sub-weapon system development. The devised mapping system provides a means of better understanding complicated software defects and checking associated risks. We believe that the described risk management map system allows software non-experts to better understand and utilize the software defects database and help prevent software defects during the development phase.

Keywords : Weapon Systems, Software Defection, Feedback, Operation, Development, Risk Management Map

1. 서론

지휘정찰, 기동화력, 유도탄약 등 전장에서 전투력 발휘를 위해 이를 운용하기 위한 제반 요소를 통합한 종합적인 체계를 무기체계라 한다. 무기체계는 소요제기, 선행연구/탐색개발 및 체계개발을 거쳐 시험평가를 통해

최종 획득 후 소요군에서 운용한다[1]. 최근 전장 환경의 변화로 현대 무기체계에서는 소프트웨어가 차지하는 비중이 꾸준히 증가하고 있다[2]. 이와 동시에 SW 결함에 따른 무기체계의 오작동 역시 증가하는 추세이다. 이는 우리군에서 운용 중인 무기체계의 SW 기술문서 개정 건수 확인을 통해 확인할 수 있다.

*Corresponding Author : Wonyong Eom(Defense Agency for Technology and Quality)

email: ewony@dtaq.re.kr

Received January 10, 2023

Accepted March 3, 2023

Revised February 2, 2023

Published March 31, 2023

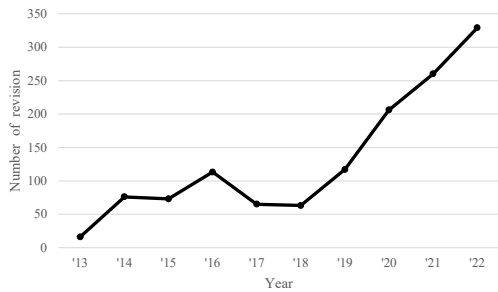


Fig. 1. Number of SW documents revision for each year

Fig. 1은 2013년도부터 2022년까지 형상통제를 통한 SW 기술문서 개정 건수를 나타낸다. 가로축은 연도를 의미하고, 세로축은 연도별 SW 기술문서의 개정 건수이다. 아래 Table 1은 위 Fig. 1의 내용을 수치화한 표이다. 2013년 16건에서 2021년 260건, 2022년 329건으로 SW 기술문서 개정이 지속적으로 증가하고 있는 것을 확인할 수 있다. 데이터는 방위사업청의 국방표준종합정보 시스템(KDSIS)을 통해 획득하였다.

SW 기술문서 개정은 형상통제를 통해 이루어진다. 형상통제는 무기체계 개발 시 제한된 기간 및 예산으로 인하여, 모든 운용환경을 반영하지 못하는 설계와 예기치 못한 운용자의 실수 등으로 발생하는 오작동을 정정하기 위해 수행하는 활동을 의미한다. 형상통제는 기술변경, 규격 완화 및 면제로 분류한다. 기술변경은 작전 운용성능에 영향을 미치거나 전력화 일정 및 비용 변동이 예상되는 I급 및 그 외 II급으로 구분된다[3].

기술변경 시 국방기술품질원(이하 기품원) SW 지원부서에서는 SW 결함 수정내용의 타당성 검토 등 기술지원을 수행하며, SW 기술변경의 원인분석 데이터를 종합적

Table 1. Number of SW documents revision for each year

Year	Number of SW document revision
2013	16
2014	76
2015	73
2016	113
2017	65
2018	63
2019	117
2020	206
2021	260
2022	329

으로 관리할 수 있도록 기술변경 데이터베이스(이하 기술변경 DB)를 구축하였다[4].

기술변경 DB는 운용 중 발생한 문제를 개선하기 위해 시행한 SW 기술변경의 주요 내용을 DB화한 것으로, 운용 중인 무기체계의 주요 SW 결함을 확인할 수 있는 자료이다. 특히 SW 결함이 유입된 이유와 유입 시점을 분석한 내용을 포함한다. 이를 개발단계에 효과적으로 환류한다면 유사한 SW 결함이 신규 개발 무기체계에서 발생하는 일을 방지할 수 있을 것이다[5,6]. 이를 위해 기품원 SW 지원부서에서는 무기체계 개발단계에 참여하여 기술변경 DB를 기반으로 다양한 의견을 제시하고 있지만, 담당자의 숙련도에 따른 편차가 존재하는 한계점이 있다.

이에 본 논문에서는 기술변경 DB의 내용을 효과적으로 개발단계에 반영할 수 있는 위험관리맵을 제안한다. 위험관리맵이란 방대한 기술변경 DB 내용을 분류 및 분석하여 무기체계 및 부체계 별로 시각화한 자료로, 이를 통해 사업관리자 및 기술지원 인력 등 개발단계 사업 참여자들 중 SW 비전문가도 해당 무기체계의 SW 결함의 원인과 유입 시점을 파악할 수 있도록 돕는다. 위험관리맵을 이용하여 신규개발 무기체계에서 기 발생한 SW 결함과 유사한 결함의 재발을 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문은 2장에서 형상통제와 기술변경 DB에 대하여 설명하고 3장에서 제안하는 방법인 위험관리맵을 소개한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. 이론적 배경

2.1 형상통제

형상통제는 형상식별 및 문서화, 형상확인, 형상자료 유지와 함께 형상관리의 한 종류이다. 형상통제는 개발 단계와 양산단계로 구분되며 개발단계에서의 형상통제는 개발형상변경, 양산단계에서의 형상통제는 기술변경, 규격완화 및 면제로 분류한다.

형상통제 중 기술변경은 기술자료 묶음을 수정하는 것을 의미한다. 기술변경 내용에 따라 작전 운용성능에 영향을 미치거나 전력화 일정 및 비용 변동이 있는 경우 I급으로 분류하고, 이외 기술변경은 II급으로 구분한다. 형상통제 절차는 제안서 접수, 제안서 타당성 검토, 관련 기관 검토, 형상통제심의회 운영, 형상통제 결과 통보, 후속 조치의 순서로 이뤄진다.

양산단계에서의 기술변경은 주로 운용 간 발생 가능한 상황에 대한 예외처리가 미흡하거나, 구현과정의 실수로 발생한다[7]. 따라서 SW 기술변경 원인분석 결과를 유사체계 개발 시점에 환류하는 등의 방법으로 유사결함을 조기에 식별 및 통제할 수 있다.

2.2 SW 기술변경 DB

기품원 SW 지원부서에서는 기품원 내 품질보증부서로부터 검토 요청받은 SW 기술변경의 원인 및 검토의견을 DB화하여 관리하고 있다. 기술변경 원인분석 내용은 결함 또는 문제가 발생된 현실태, 발생 원인, 양산업체의 개선안으로 분류하여 관리하고 있다. 기술변경의 원인이 되는 결함이 유입되는 시점을 개발단계 프로세스에 따라 요구사항 분석단계, 설계 단계, 구현 단계, 시험평가 단계, 규격화 단계로 구분하였고 양산 이후 발생되는 문제에 대해서 운용유지단계를 추가하여 총 6가지로 구분하였다[4,8].

변경 발생 원인은 총 2단계로 구분하였다. 1단계는 위의 개발단계별 6가지에 기능개선을 추가하여 요구사항 미흡, 설계미흡, 구현미흡, 시험계획 미흡, SW 기술자료 오류, 기능개선 및 부품대체 7가지로 구분한다. 2단계 분류는 총 18가지로 구분하였으며, 1단계 분류 별 2단계 분류내용은 다음과 같다[9].

- 요구사항 미흡 : 요구사항 내용 누락, 요구사항 내용 미흡
- 설계미흡 : 설계 누락, 설계 미흡, 설계 오류
- 코딩미흡 : 불필요한 코드, 데이터 처리 미흡, 통상적인 기능 미구현, 단순 오기
- 시험계획 미흡 : 시험 환경조건 설정 미흡
- SW 기술자료 오류 : 내용누락, 문서 오기, 타문서와 연계 미흡, KDSIS 등재 미흡
- 기능개선 : 노후화에 따른 기능개선, 품질개선
- 부품대체 : 단종 대체, 부품 대체

Table 2. Number of SW defections for development Stage

Development Stage	Number of SW Defections
Requirement Analysis	109
Design	102
Implementation	142
Testing	1
Standardization	38
Operation Maintenance	60

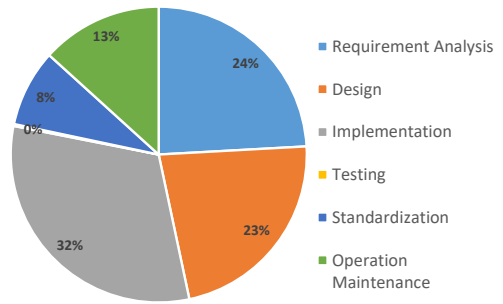


Fig. 2. SW defect percentages for development stage

2017년부터 2021년까지 취합된 기술변경 내용 중 분석이 가능한 SW결함 개수는 1,688건이다. 해당 기간 중 일부 제안서는 자료 삭제 등의 사유로 확보하지 못하였다. 총 1,688건의 원인분석 대상 중 452건에 대한 분석을 완료하였다. 원인분석 작업은 각 결함의 내용을 확인하여 유입 시기, 위험도 등을 분석해야 하여 많은 인원과 노력을 필요로 하는 작업으로 모든 결함에 대한 원인분석을 수행하지 못하였다. 분석한 결과 중 SW 결함이 유입된 시점에 따른 결과는 위 Table 2와 같다. Fig. 2는 이를 도식화한 그래프로 요구사항 분석단계부터 구현되는 동안 대부분의 SW 결함이 유입된 것을 확인할 수 있다.

뒤 페이지의 Table 3는 분석한 결과를 SW 결함 원인별로 정리한 표로 1·2단계 분류에 따른 SW 결함 발생 원인별 개수를 확인할 수 있다. 요구사항 내용 누락이 88건, 데이터 처리 미흡이 87건으로 전체 데이터의 약 38.7%로 많은 부분을 차지하였다. 반면 시험 환경조건 설정 미흡, 부품 대체는 각 1건으로 가장 적은 비중을 차지하였다.

3. 제안하는 방법

3.1 기술변경 DB의 한계점

2.2장에서 기술한 기술변경 DB의 분석결과는 SW 결함 전체를 대상으로 한 통계자료라는 한계가 있다. 기술변경 DB에 정리된 세부 내용을 보더라도 SW에 대한 지식이 있어야 이해할 수 있어 SW 비전공자가 참고하는 자료로는 부적합하다. 이러한 한계를 해소하기 위해 SW를 전공하지 않은 사업관리 및 기술지원 인력이 기술변경 DB의 내용을 파악할 수 있도록 하는 방안이 필요하며, 이를 통해 운용단계의 SW 결함이 개발단계로 효과적인 환류를 기대할 수 있다.

3.2 위험관리맵

본 논문에서는 운용단계에서 식별한 SW 결함들이 개발단계로 효과적인 환류가 가능하도록 위험관리맵을 제안한다. 위험관리맵은 각 무기체계와 관련된 SW 결함들을 쉽게 확인할 수 있도록 기술변경 DB 내용을 정리하여 시각화한 자료로 정의할 수 있다. 예를 들면 K2전차 전체형상을 메인으로, 부체계들을 선택할 수 있도록 화면을 구성한다. 부체계를 선택하면 양산-운용 간 해당 부체계에서 식별 되었던 SW 결함을 기술변경 DB에서 확인하여 세부 내용과 발생 원인 및 결함 유입 시점들을 시각화 해주는 것이다.

무기체계별로 위험관리맵을 제작하고, 체계개발 시점에 해당 무기체계와 유사한 체계의 위험관리맵을 사업관리자 및 기술지원 인력이 참고할 수 있도록 하여 기술변경 DB내용을 효과적으로 환류하고 유사 SW 결함을 예방할 수 있는 것이다.

위험관리맵 제작을 위해서는 기술변경 DB를 무기체계 및 부체계 별로 분류하고, 이를 시각화하는 작업이 필요하다. 본 논문에서는 엑셀을 이용하여 개념도를 제안한다.

3.3 위험관리맵 제작 및 구성

위험관리맵 제작은 크게 두 단계로 나누어 진행한다.

첫 번째 단계는 SW기술변경 제안서로부터 기술변경 DB를 구축하는 작업이고, 두 번째 단계는 구축된 DB내용을 분류 및 시각화하는 작업이다.

첫 번째 단계 수행을 위해 먼저 형상통제(기술변경) 제안서를 수집하여 제안서 내용 중 SW 결함과 관련된 내용을 모두 취합한다. 다음으로 SW 결함이 발생한 항목 별로 결함의 현상, 발생 원인, 조치 방안을 요약하여 정리한다. 이후 각 SW결함 별 발생 원인, 유입 시점을 및 위험도를 분석한다. 위험도는 High, Medium, Low 3단계로 구분하여 무기체계 SW전문가가 결함 내용을 보고 판단한다. 위험도 High는 제품의 기능 수행 중 고장이 발생하여 전체기능이 동작하지 않아, 더 이상 어떤 기능도 수행할 수 없는 상태인 경우로 정의 하였다. 위험도 Medium은 기능이 성공적으로 완료되지 않거나 구현되지 않은 경우 또는 기능은 동작하지만, 수행결과가 예상 결과 일치하지 않은 경우로 정의하였다. 마지막으로 위의 구분에 포함되지 않은 UI나 입력범위 제한기능 등의 경미한 결함은 위험도 Low로 정의하였다.

두 번째 단계인 시각화 작업을 위해, 위에서 정리한 SW 결함별 내용을 무기체계 및 부체계 단위로 분류한다. 분류한 SW 결함들을 각 체계의 결함관리맵에 시각화 도구에 맞도록 변환한다.

위험관리맵의 개념도는 뒤 페이지의 Fig. 3과 같다.

Table 3. Number of SW defections for each class

Classification		Number of SW Defections	Percentage of SW Defections
1st level	2nd level		
Requirement Defect	Requirement Missing	88	19.5%
	requirement Insufficiency	21	4.6%
Design Defect	Design Missing	16	3.5%
	Design Insufficiency	38	8.4%
	Design Error	48	10.6%
Implementation Defect	Unnecessary Code	4	0.9%
	Implementation Insufficiency	87	19.2%
	Implementation Missing	23	5.1%
Test Defect	Implementation Typo	28	6.2%
	Test Environment Insufficiency	1	0.2%
	Standardization Defect	Documentation Missing	6
Documentation Typo		18	4.0%
Documents Linkage Insufficiency		9	2.0%
KDSIS Upload Insufficiency		5	1.1%
Performance Improvement	Function Improvement for Deterioration	25	5.5%
	Quality Improvement	18	4.0%
Replacement	Replace for Discontinuance	16	3.5%
	Replace for Parts	1	0.2%

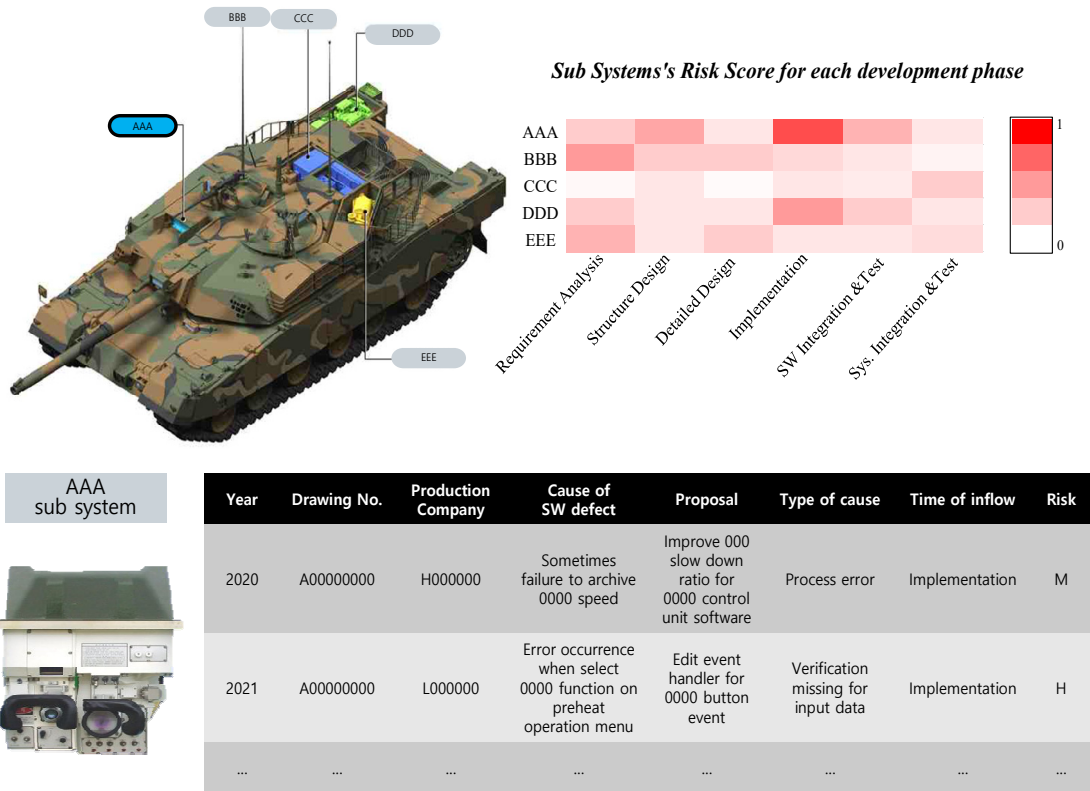


Fig. 3. A concept of risk management map for a tank when selected AAA sub system

전차 체계를 예로 작성하였으며 AAA부터 EEE까지 부체계로 구성되었고, AAA부체계를 선택했을 때를 가정하였다. 화면의 상단 좌측은 체계 전체형상과 부체계의 구성을 나타내고, 우측은 SW결함 별 발생빈도와 위험도를 기반으로 부체계의 위험점수(risk score)를 산출하고 이를 한눈에 볼 수 있도록 나타낸다. 위험점수는 부체계 및 개발단계별 SW결함의 발생빈도와 위험도를 이용한 가중스코어(Weight Scoring)링 방법을 이용한다[10]. 예시의 경우 AAA부체계가 구현단계의 위험도가 가장 높다는 것을 확인할 수 있다. 화면 하단 좌측은 선택한 부체계의 형상을 보여주며 오른쪽 표를 통해 해당 부체계의 SW결함 세부 내용을 확인할 수 있다. 결함의 발생연도, 도면번호, 제조사, SW 결함의 원인 내용, 해결방안, SW 결함 원인 분류, SW 결함 유입 시점, 위험도 등을 표로 나타내 손쉽게 관련 내용을 확인할 수 있다. SW 결함의 유입 시점 및 위험도를 한눈에 보여줘 비전공자도 쉽게 이해할 수 있다.

4. 결론

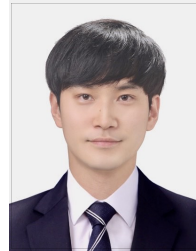
본 논문에서는 무기체계 운용 간 식별한 SW 결함을 개발단계로 효과적인 환류 방법으로 위험관리맵을 제시하였다. 위험관리맵은 운용단계의 무기체계에서 발생하는 SW 기술변경 내용을 분석하여 데이터베이스로 구축하고, 이를 전문지식이 없더라도 손쉽게 각 무기체계 및 부체계 별 SW 결함을 확인할 수 있는 시스템이다. 이를 통해 신규 무기체계 개발 시 운용 간 식별한 결함과 유사한 결함을 사전에 방지할 수 있을 것으로 기대된다. 다만 제안하는 방법은 신규개발 무기체계와 유사한 체계가 운용된 이력이 있어야 적용할 수 있다는 한계가 있다. 본 논문에서는 엑셀을 이용한 개념도를 제시하였지만 HTML, 파이썬 등의 도구를 이용하여 사용자 친화적 인터페이스를 구성하면 가시성이 증가할 것으로 기대된다.

References

- [1] Ministry of National Defense(MND) Instruction 2568, "Defense Forces Development Work Instruction", MND, Korea, pp.267~283, 2021.
- [2] J. Yu, "The Process of Software Quality Assurance About Initial Product in Weapon System", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 22, No. 1, pp. 285-293, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.1.285>
- [3] Defense Acquisition Program Administration (DAPA) Instruction 687, "Standardization Business Regulation", DAPA, Korea, pp.13-17, 2021.
- [4] J. W. Oh, J. K. Kim, J. 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", Journal of the Korea Academy-Industrial cooperation Society, Vol. 22, No. 4, pp. 331-337, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.4.331>
- [5] H. S. Kim, Y. H. Yoon, "Development Quality Increasing using Quality Data in Mass Producing Weapon Systems," *Proceeding of the Korean Society for Quality Management Conference*, Korean Society for Quality Management, Seoul, Korea, pp.161-161, Oct 2022.
- [6] H. K. Kim, "A Study on Handset Software Defect Minimization Method for Quantitative Management," Master's thesis, Hanyang University, Seoul, Korea, pp. 1-3, 2009.
- [7] F. Huang, B. liu, "Software defect prevention based on human error theories," *Chinese Journal of Aeronautics*, Vol. 30, No. 3, pp. 1054-1070, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2017.03.005>
- [8] J. K. Kim, J. H. Yun, J. 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>
- [9] J. W. Oh, J. H. Yun, J. K. Kim, J. Yu, "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", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 23, No. 7 pp. 265-271, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.7.265>
- [10] A. Jadhav, R. Sonar, "Analytic Hierarchy Process (AHP), Weighted Scoring Method (WSM), and Hybrid Knowledge Based System (HKBS) for Software Selection: A Comparative Study," *Second International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology*, Nagpur, India, pp. 991-997, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICETET.2009.33>

엄 원 용(Wonyong Eom)

[정회원]



- 2009년 2월 : 충북대학교 전자공학전공
- 2011년 2월 : 한국과학기술연구원 전기및전자공학 (공학석사)
- 2012년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

무기체계 소프트웨어, 무기체계 품질관리

오 진 우(Jin-Woo Oh)

[정회원]



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

<관심분야>

무기체계 소프트웨어, 소프트웨어공학

윤 재 형(Jae-Hyeong Yun)

[정회원]



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

<관심분야>

국방, 무기체계 소프트웨어, 소프트웨어 품질

김 종 규(Jong-Kyu Kim)

[정회원]



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

〈관심분야〉

국방, 무기체계 소프트웨어, 소프트웨어공학