

운용중인 무기체계의 SW 결함 현황 분석

엄원용*, 김종규, 조한별, 채신영, 장지형
국방기술품질원 SW/IT연구실

The Analysis of Operating Weapon Systems Software Defections

Wonyong Eom*, Jong-Kyu Kim, Hanbyeol Cho, Shinyeong Chae, Jihyung Chang
SW/IT Research Department, Defense Agency for Technology and Quality

요약 무기체계에서 소프트웨어(Software, 이하 SW) 비중이 꾸준히 증가하고 있고 이와 동시에 SW 결함에 따른 무기 체계 오작동이 증가하고 있다. SW란 운영 프로그램뿐만 아니라 이를 지원하는 모든 산출물을 포함하는 개념으로 기술문서의 오류 역시 SW 결함이다. 이러한 결함이 발생하면 결함을 제거하기 위해 SW 기술변경을 수행한다. SW 기술변경은 계약 건 별로 이뤄지고 있어, 무기체계 전반에 대한 파악이 제한된다. 이러한 제한을 극복하기 위해 국방기술품질원에서는 SW 기술변경 내용을 이용하여 데이터베이스(Database, 이하 DB)로 구축하였다. 본 연구에서는 DB 구축방법과 구축한 DB 현황 분석결과를 제시한다. DB는 제안서에 포함된 무기체계명, SW 결함의 현실태, 제안기관이 분석한 원인, 조치내용과 SW 기술지원기관에서 추가로 분석한 결함원인의 분류, 결함의 유입시점, 체계 영향도 등으로 구성하였다. 2017년부터 2022년까지 국방기술품질원 SW기술지원부서에서 검토한 SW 기술변경 제안서 386건을 분석하여 2,540건의 SW 결함을 DB로 구축하였다. 무기체계 SW 결함 현황 파악을 위해 본 DB내용을 분석하였다. 분석 결과 '구현 미흡'에 따른 SW 결함의 비중이 가장 높음을 확인하였으며, 무기체계별 분석 결과 화력 무기체계가 721건으로 가장 많은 결함이 나타났다. 본 연구를 통해 운용 중인 무기체계의 SW 결함을 종합적으로 파악할 수 있었고, 이를 개발단계로 환류하면 유사결함을 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract The ratio of software (SW) in weapon systems is steadily increasing, and with it, the number of weapon system malfunctions caused by SW defects. When such defects occur, SW engineering changes are performed to eliminate them. SW engineering changes are performed on a contract basis, limiting understanding of the entire weapon system. In this study, a database (DB) was constructed using SW engineering changes to overcome this limitation. This paper presents a DB construction method and the results of analyzing the DB. From 2017 to 2022, 386 SW engineering changes were analyzed, and a DB of 2,540 SW defects was constructed. The number of SW defects steadily increased by the year. When analyzed according to the weapon system, it was possible to identify SW defects in operational weapon systems. Hence, similar defects can be prevented by identifying them in the development stage.

Keywords : Weapon System, Software Defect, Failure, Statistic, Analysis

1. 서론

무기체계는 전장에서 전투력 발휘를 위해 이를 운용하기 위한 제반요소를 통합한 종합적인 체계를 의미한다.

무기체계는 보통 소요제기, 선행연구/탐색개발 및 체계 개발 이후 시험평가를 통해 최종 획득하여 소요군에서 운용한다[1].

제한된 개발 기간 및 비용으로 인해 모든 운용환경을

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

email: ewony@dtaq.re.kr

Received January 18, 2024

Accepted April 5, 2024

Revised February 20, 2024

Published April 30, 2024

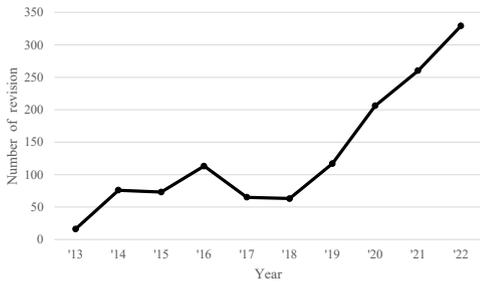


Fig. 1. Number of SW documents revision for each year

반영하여 개발할 수 없고, 예기치 못한 운용자의 실수 등으로 발생하는 오작동의 정정이 필요하다. 이를 위해 기술변경, 규격 완화 및 면제 등의 형상통제 활동을 무기체계 운용 간 수행한다[2].

특히 최근 전장 환경 변화에 따라 현대 무기체계에서는 소프트웨어(Software, 이하 SW)의 비중이 꾸준히 증가하고 있다[3]. 동시에 SW 결함으로 인한 무기체계 오작동도 증가하고 있다. SW란 프로그램뿐만 아니라 그 설치, 운영, 수리 및 향상을 위해 지원하는데 필요한 모든 산출물을 포함하는 개념으로 기술문서의 오류도 SW 결함으로 분류한다[4].

위에서 밝힌 바와 같이 SW 결함이 발생하면 형상통제를 통해 SW 기술자료를 수정한다. 즉, 형상통제 통계를 이용하면 SW 결함의 추세를 간접적으로 확인할 수 있다. Fig. 1은 방위사업청에서 운영하는 국방표준종합정보시스템(KDSIS)에 등록된 SW 기술변경이 포함된 무기체계 형상통제 건수를 연도별로 나타낸 그래프이다. 이를 통해 SW 결함 해소를 위한 형상통제가 증가추세임을 알 수 있다. 연도별 정확한 건수는 Table 1과 같다. 하나의

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

형상통제에 다수의 SW 결함 수정사항이 포함되어 있을 수 있다.

국방기술품질원(이하 기품원) SW 기술지원부서는 기술변경 간 SW 결함 수정사항이 포함된 경우 변경내용의 타당성 검토 등의 기술지원을 수행하고 있다[5]. 기술변경은 대부분 양산 계약 건별로 이뤄지고 있어 무기체계 전체에 대한 기술변경내용 파악이 제한된다. 이러한 제한을 극복하기 위해 운용중인 무기체계 SW 결함에 대한 종합적인 관리를 할 수 있도록 SW 기술변경 주요 내용을 데이터베이스(Database, 이하 DB)로 구축하였다[6]. 본 논문은 2장에서 DB 속성 및 구축방법에 대해 기술하고, 3장에서는 구축한 DB내용 분석을 통해 2017년 이후 SW 기술변경 현황을 확인한다. 그리고 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. SW 결함 DB

2.1 DB 속성

운용중인 무기체계의 SW 결함 DB는 기품원 SW 기술지원부서로 기술검토가 요청된 기술변경을 대상으로 하였다. 한 건의 기술변경 제안서에는 다양한 SW 결함이 포함될 수 있다. DB 속성은 기술변경 제안서에서 발췌한 내용과, 발췌한 부분으로부터 SW 기술지원부서에서 분석한 내용으로 구분하여 아래에 설명한다.

기술변경 제안서로부터 발췌하는 속성은 기술변경 제안연도, 기품원 내 품질보증 담당부서, 무기체계명, 부체계명, 해당 SW 결함의 현실태, 제안기관에서 분석한 원인 그리고 조치사항이다[7]. 체계명과 부체계명은 분석 시 활용할 수 있도록 무기체계부터 결함이 발생한 부체계까지의 BOM (Bill of material) 구조를 추가하였다.

위와 같이 기술변경 제안서에서 발췌한 내용을 이용하여 SW 기술지원부서에서는 국방전력발전업무훈령에 따른 무기체계 분류, 결함원인 분류, 결함 유입시점, 그리고 무기체계에 미치는 영향도를 분석한다.

결함의 발생 원인은 대분류, 중분류 2단계로 구분하여 분류한다. 대분류는 '요구사항 미흡', '설계 미흡', '구현 미흡', '시험 미흡', '규격화자료 오류' 그리고 '기능 개선' 6종류로 구분하였다. 대분류 별 하위 결함 발생 원인은 Table 2와 같이 구분하였다. 결함 유입 시점은 결함의 발생 원인의 대분류와 관련하여 '요구사항 분석단계', '설계 단계', '구현 단계', '시험평가 단계', '규격화 단계', '운용유지 단계' 6종류로 구분하였다.

Table 2. Categorize the causes of SW defects

High Category	Low Category
Insufficient Requirements	Missing Requirements
	Insufficient Requirements
Insufficient Design	Missing Design
	Insufficient Design
	Design Error
Insufficient Implementation	Unnecessary Codes
	Insufficient data processing
	Insufficient function
	Not implementation function
	Code Typo
Insufficient Test	Insufficient Plan
	Insufficient Execute
	Insufficient Follow-up
Standardization Error	Missing Content
	Document Typo
	Insufficient Linkage
	Insufficient Upload Data
Enhancements	Update Commercial SW
	Compatibility Improvement
	Performance Improvement
	Additional User Needs

결함의 영향도는 결함이 발생했을 때 무기체계에 미치는 영향을 기준으로 'H', 'M', 'L' 세 종류로 분류하였다. 영향도 'H'는 제품의 기능 수행 중 해당 결함으로 고장이 발생하여 전체기능이 동작하지 않아 더이상 어떤 기능도 수행할 수 없는 상태로 정의한다. 'M'은 기능이 성공적으로 완료되지 않거나 구현되지 않은 경우 또는 기능이 동작은 하지만 수행 결과가 예상결과와 일치하지 않은 경우로 정의하였다. 마지막으로 'H', 'M'에 해당하지 않는 사용자인터페이스(User Interface, UI)나 입력 범위 제한 기능 등의 경미한 결함은 'L'로 정의하여 구분하였다.

2.2 DB 구축 결과

2017년부터 2022년까지 기품원 SW 기술지원부서에서 검토한 제안서 368건을 대상으로 DB구축결과 전체 SW 결함의 수는 2,540건이었다. 하나의 기술변경 제안서에서 가장 많이 식별된 결함은 100건이었으며, 평균적으로 제안서 당 약 7.6개의 결함이 식별되었다. Fig. 2는 각 기술변경 당 포함된 SW 결함 건수의 분포도이다. 그래프의 x축은 기술변경 제안서에 포함된 SW 결함의 건수를 나타내고, y축은 x축의 숫자와 같은 SW 결함을 포

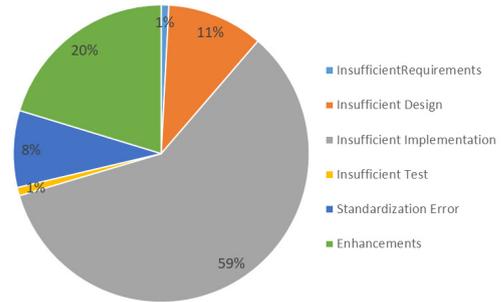


Fig. 3. Ratio of SW Defect Causes

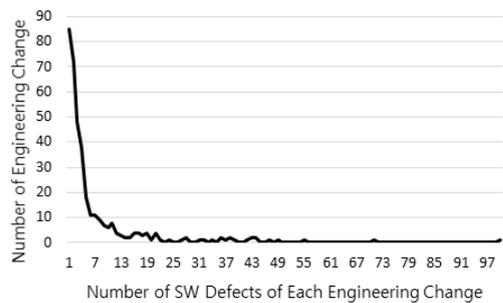


Fig. 2. Distribution of Number of SW Defects for Each SW Engineering Change

함한 기술변경 제안서의 건수를 나타낸다. 제안서에 1건의 SW 결함만 포함된 경우가 85개로 가장 많고, 2개의 SW 결함이 포함된 제안서가 72개였다. 이를 통해 10개 이하의 SW 결함이 포함된 제안서가 대부분인 것을 확인할 수 있다. 전체 SW 결함의 원인분포는 Fig. 3과 같다. '구현 미흡'이 59%(1,501건)로 가장 많은 비율을 차지하고, 20%(516건)인 '기능 개선'이 두 번째로 높은 비율을 나타냈다.

3. SW 결함 현황분석

연도별 SW 결함의 발생원인 비율은 Fig. 4와 같다. 연도별 그래프 우측에는 해당연도의 전체 SW 결함 건수를 표기하였다. 2017연도를 제외하고 모든 연도 공통으로 '구현 미흡'이 가장 높은 비중을 차지하였다. 2017년도에는 '설계 미흡'이 가장 높았다. 이는 전체 결함 수가 많지 않아 발생한 결과로 판단된다. 2017년도 외 모든 연도에서 '기능개선'이 두 번째로 높은 비중을 차지하였다. SW 규격화가 2010년 중반에 본격적으로 시작됨에

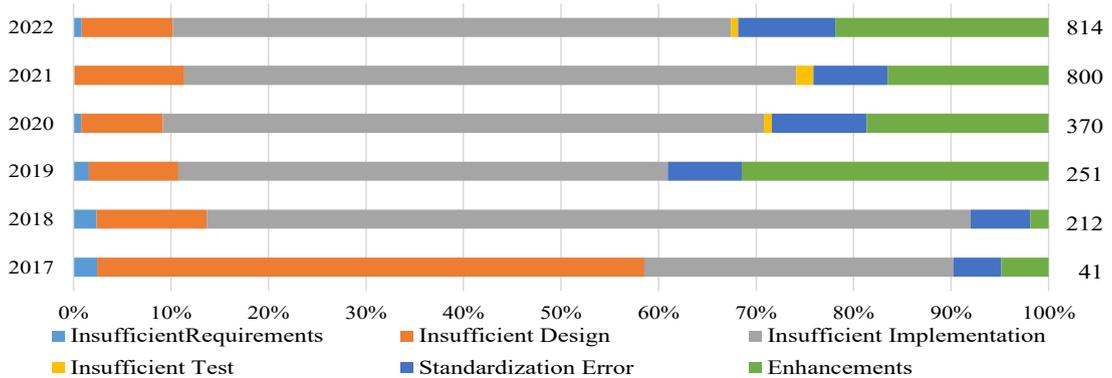


Fig. 4. Ratio of SW Defect Causes for each year

따라, SW 결함 발생에 따른 규격화 자료 개정이 많이 이루어진 것으로 판단된다. 세 번째로 많은 비중을 차지하는 원인은 '규격화자료 오류'였다.

1,501건의 '구현미흡'의 하위 발생 원인을 분석한 결과는 Fig. 5(a)와 같다. 기능이 구현되어 있긴 하지만 의도한 대로 작동되지 않는 '기능 미흡'이 48%(722건)로 가장 많은 비중을 차지하였다. 예외처리가 제대로 되어 있지 않거나 데이터 전달 시 오류가 발생한 '데이터 처리 미흡'이 두 번째로 많은 비중인 28%(424건)를 차지하였다. 이 두 개의 원인이 전체의 76%로 대부분을 차지하였다. 세 번째로 많은 비중을 차지한 건 필요한 기능이나, 구현되어 있지 않은 '기능 미구현'이 12%(176건)로 분석되었다.

'기능개선'의 하위 발생 원인 분석결과는 Fig. 5(b)와 같다. 전체 516건의 SW 결함의 74%(385건)가 개발 완료 이후 사용자의 추가요구로 이뤄진 개선이었다. 무기체계 개발 간 IT 기술의 발전 및 운용환경의 변화에 따른 추가요구사항이다. 타 SW 변경 등 연계된 SW 변경에 따른 호환성 개선이 16%(81건), 상용 SW 업데이트 반영을 위한 개선이 6%(30건)의 비중을 차지하였다.

무기체계 종류별 SW 결함 원인의 분포는 Fig. 6과 같다. 그래프 좌측에는 위에서부터 '화력', '지휘통제', '방호', '기동', '감시정찰', '항공', '함정', '그 외' 순으로 무기체계의 종류를 표시하였다. 우측에는 각 무기체계 종류별 SW 결함 건수의 합을 표시하였고, 주요 SW 결함 원인의 비율을 소수점 셋째 자리에서 반올림하여 그래프에 표기하였다. '화력' 무기체계의 SW 결함 건수가 721건으로 가장 높았고 그 중 '구현 미흡'이 원인인 SW 결함이 61.6%를 차지하였다. '지휘통제' 무기체계

도 '구현 미흡'이 63.1%(366건)로 가장 많은 비율을 차지하였고, 기능개선이 17.1%(99건) 두 번째로 많은 SW 결함 원인을 확인할 수 있다. '항공' 무기체계의 경우 전체 수는 적지만 다른 무기체계와 달리 '설계 미흡'이 가장 많은 비중을 차지하였다. 미흡 내용은 주로 SW 설계 시 변수 및 행렬 초기화 오류, 프로세스 절차 순서 오류 등이었다.

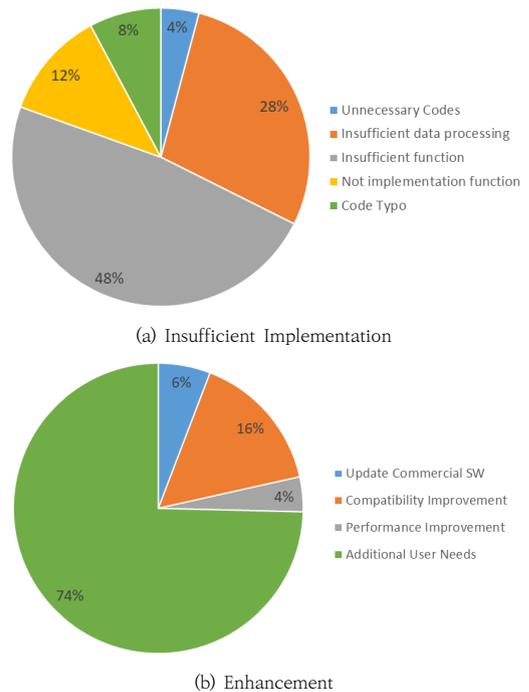


Fig. 5. Ratio of SW Defect Causes(Low Category) in Insufficient Implementation and Enhancement

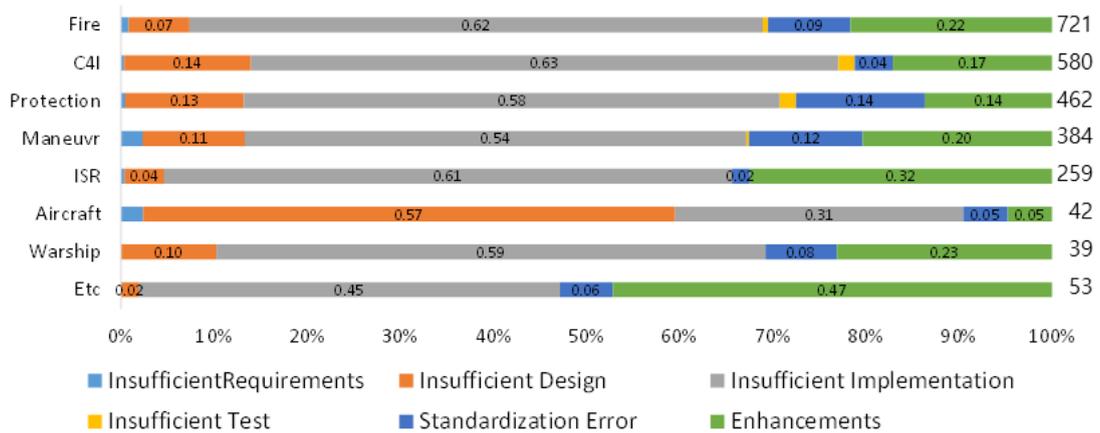


Fig. 6. Distribution of SW Defection Causes by Weapon System

4. 결론

본 연구는 우리 군에서 운용 중인 무기체계에서 발생한 SW 결함을 DB로 구축하는 방안을 제시하고, 구축한 현황을 분석하였다. 2,540건의 SW 결함을 분석하여 ‘구현 미흡’으로 발생한 결함이 가장 많은 비중을 차지하는 것을 확인하였다. 이를 통해 빈번히 발생하는 미흡 사례를 SW 개발자에게 공유하면 ‘구현 미흡’을 예방할 수 있을 것으로 판단된다. 결함 발생 원인별 분포 외에 추가로 무기체계별, 연도별 SW 결함의 원인분포를 확인하였다. 구축된 SW 결함 DB로 운용 중인 무기체계의 주요 결함을 체계적으로 개발단계에 환류하여 유사결함을 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

References

[1] Ministry of National Defense(MND) Instruction 2568, "Defense Forces Development Work Instruction", MND, Korea, pp.267~283, 2021.

[2] 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>

[3] S. Shin, "A Study on Compliance of Data and Control Coupling of Weapon System Software Airworthiness Certification", Journal of KIISE, Vol.50, No.11, pp.995-1001, Nov. 2023. DOI: <https://doi.org/10.5626/IOK.2023.50.11.995>

[4] Y. Lee, "A Study on the Income Characterization

Criteria for Outbound Software Payments in Highly Digitalized Society", Seoul Tax Law Review, Vol.27, No.1, pp.363-418, Apr. 2021.

DOI: <https://dx.doi.org/10.16974/stlr.2021.27.1.009>

[5] 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>

[6] W. Eom, J. W. Oh, J. H. Yun, J. K. Kim, "A Study of Efficient Feedback Method for Weapon Systems Software Defection", Journal of the Korea Academy-Industrial cooperation Society, Vol. 24, No. 3, pp. 159-165, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.3.159>

[7] Defense Acquisition Program Administration (DAPA) Instruction 687, "Standardization Business Regulation", DAPA, Korea, pp.13-17, 2021.

엄 원 용(Wonyong Eom)

[정회원]



- 2011년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학 (공학석사)
- 2012년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학 (박사수료)
- 2012년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

무기체계 소프트웨어, 무기체계 품질관리

채 신 영(Shinyeong Chae)

[정회원]



- 2023년 2월 : 강원대학교 컴퓨터학부 (컴퓨터정보통신공학학사)
- 2023년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 무기체계 소프트웨어, 소프트웨어공학

김 중 규(Jong-Kyu Kim)

[정회원]



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

<관심분야>

국방, 무기체계 소프트웨어, 소프트웨어공학

장 지 형(Jihyung Chang)

[정회원]



- 1991년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학 (학사)
- 2003년 1월 : 국방대학교 무기체계학과 (석사)
- 1995년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 책임연구원

<관심분야>

국방, 무기체계 소프트웨어, 소프트웨어공학

조 한 별(Hanbyeol Cho)

[정회원]



- 2019년 2월 : 성신여자대학교 컴퓨터소프트웨어학 (공학사)
- 2023년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 무기체계 소프트웨어, 소프트웨어공학