

무기체계 소프트웨어 규격화 누락여부 검증 방안 - 펌웨어 중심으로

송치훈
국방기술품질원

The Verification Method for Missing Software Standardization in Weapon System - Focused on Firmware

Chi-Hoon Song
Defense Agency for Technology and Quality

요약 군에서 사용하는 무기체계의 경우 경제적이고 효율적인 조달·관리 및 유지를 위하여 국방규격을 제정하여 관리한다. 국방규격은 제품 및 용역에 대한 기술적인 요구사항과 요구필요조건의 일치성 여부를 판단하기 위한 절차와 방법을 서술한 문서로, 작성된 국방규격은 무기체계의 생산, 품질보증, 형상관리 등에 활용된다. 소프트웨어도 국방규격의 하나로 다른 국방규격(국방규격서, 품질보증요구서, 도면, 부품/BOM 목록)과 같이 작성되고 관리되나, 소프트웨어의 일부(또는 전부)를 포함하지 않고 규격화를 수행하는 경우가 있다. 이 경우 개발업체를 제외하고는 다른 업체들은 제품을 생산할 수 없어 경쟁계약이 제약될 뿐만 아니라, 승인 없이 업체가 임의로 소프트웨어를 변경할 수 있어 무기체계의 품질에도 큰 영향을 미친다. 따라서 소프트웨어의 규격화 누락 여부의 검증은 반드시 필요하나, 하드웨어 내부에 탑재되는 펌웨어의 경우 개발업체 외에는 규격화 누락 여부의 확인이 매우 어렵다. 본 연구에서는 실제 품질보증 업무 수행 시에 활용할 수 있는 소프트웨어 규격화 누락 여부의 검증 방안을 제시하였으며, 이를 통해 무기체계의 효율적인 생산, 품질보중에 기여할 것이다.

Abstract In the case of weapon systems used by the military, defense standards are applied for economical and efficient procurement, management, and maintenance. Defense specifications are documents describing procedures and methods for determining whether technical requirements for products and services are consistent and apply to the production of weapon systems, quality assurance, and configuration management. Software is also subject to defense specifications, and is documented and managed in the same way as other defense specifications. Sometimes it happened to be standardized without some(or all) software. In this case, a competitive contract is impossible and it may affect the quality of weapon systems because the manufacturer arbitrarily changes the software without prior approval. So, software standardization is required, but it is very difficult to verify for firmware installed in hardware.

This paper proposed a verification method for g software standardization, and we expect it will contribute to the efficient production and quality assurance of weapon systems.

Keywords : Software, Software Quality Assurance, Weapon System, Standardization, Parts/BOM, Firmware

*Corresponding Author : Chi-Hoon Song(Defense Agency for Technology and Quality)

email: coolhoony@dtq.re.kr

Received December 18, 2020

Accepted March 5, 2021

Revised January 26, 2021

Published March 31, 2021

1. 서론

군수품은 국방부 및 그 직할부대·직할기관과 육·해·공군이 사용·관리하기 위하여 획득하는 물품으로서 무기체계 및 전력지원체제로 구분한다.

각 군에서 사용하는 무기체계의 경우 경제적이고 효율적인 조달·관리 및 유지를 위하여 국방규격을 제정하여 관리한다.

국방규격은 제품 및 용역에 대한 기술적인 요구사항과 요구필요조건의 일치성 여부를 판단하기 위한 절차와 방법을 서술한 문서로, 무기체계 연구개발 기간 동안 작성되고 무기체계 개발이 완료되면 방위사업청에서 관리하는 국방표준종합정보시스템(KDSIS: Korea Defense Standard Information System, 이하 KDSIS)에 등록하여야 한다[1]. 등록된 국방규격은 무기체계의 생산, 품질보증, 형상관리 등에 활용된다.

소프트웨어의 경우 2003년에 국방규격으로 포함되었으며, 다른 국방규격들과 마찬가지로 KDSIS에 등록하여 관리하고 있다[2]. 컴퓨터에 탑재되는 소프트웨어는 규격화 누락 여부를 확인이 쉽게 확인할 수 있지만, 하드웨어 내부에 탑재되는 펌웨어(firmware: 하드웨어 장치에 탑재되고 실행과정에서 변경이 불가능한 읽기전용 소프트웨어)의 경우 개발업체 외에는 규격화 누락의 확인이 매우 어렵다.

그런데, 개발업체 담당자의 실수, 개발업체의 기술 유출 우려 등의 사유로 국방규격 제정시 소프트웨어의 일부(또는 전부)를 포함하지 않고 규격화를 수행하는 경우가 있다. 소프트웨어가 규격화가 되지 않으면 개발업체를 제외하고는 다른 업체들은 제품을 생산할 수 없어 경쟁계약이 제약될 뿐만 아니라, 업체에서 임의로 소프트웨어를 변경할 수 있어 군수품의 품질에도 큰 영향을 미친다. 따라서 소프트웨어의 규격화 누락 여부의 검증은 반드시 필요하다.

하지만, 국내외 무기체계 소프트웨어의 규격화 누락 여부 검증에 관련된 연구는 전무하여, 무기체계 양산 품질보증 업무 수행시 상기한 문제들이 지속적으로 발생하고 있다.

본 연구에서는 무기체계 양산 품질보증을 위해 필수적인 소프트웨어 규격화 누락 여부의 검증 방안을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 국방규격

국방규격은 제품 및 용역에 대한 기술적인 요구사항과 요구필요조건의 일치성 여부를 판단하기 위한 절차와 방법을 서술한 문서로 정의된다.

국방규격은 군수품 관리 또는 전·평시 군수지원을 위해서 국가 표준화 정책에 따라 제정되고, 수요자의 군사적인 사용목적에 적합성 성능이 발휘되고 품질 보증이 되도록 작성되어야 한다. 또한 특정업체 규격을 지양하고, 다른 경쟁업체에게 참여의 균등성이 보장되도록 작성된다.

국방규격은 방위사업청 예규인 「표준화업무지침」에 따라 제정되며, 개략적인 국방규격 제정 절차는 Fig. 1과 같다. 무기체계의 연구개발이 완료되면 국방규격 작성기관은 국방규격(안)을 작성하여 국방규격 작성관리기관에 제출하고, 국방규격 작성관리기관은 기술검토 기관의 검토를 거쳐 규격 제·개정 심의제안서를 작성하여 방위사업청 방위사업정책국에 제출되며, 실무위원회의 심의를 거쳐 확정된다[1].

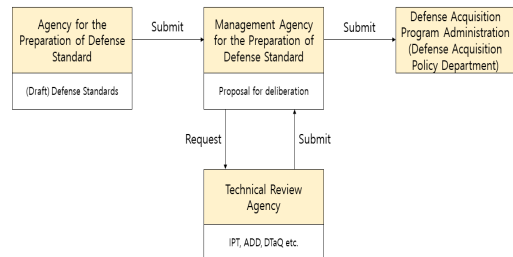


Fig. 1. Process of Establishing the Defense Standards

확정된 국방규격은 KDSIS에 등록되어, 양산시 무기체계의 생산, 품질보증, 형상관리 등에 활용된다.

국방규격에는 국방규격서, 도면, 품질보증요구서, 부품/BOM(Bill Of Materials)목록, 소프트웨어 기술자료 등이 있다.

2.1.1 국방규격서

국방규격서는 제품 및 용역에 대한 기술적인 요구사항과 요구필요조건의 일치성 여부를 판단하기 위한 절차와 방법을 서술한 문서를 말한다. 체계 단위(필요시 부체계까지 포함)에서 관련 규격, 시험방법 등을 명시하며 한글 문서로 작성된다. Fig. 2는 국방규격서의 예시이다.

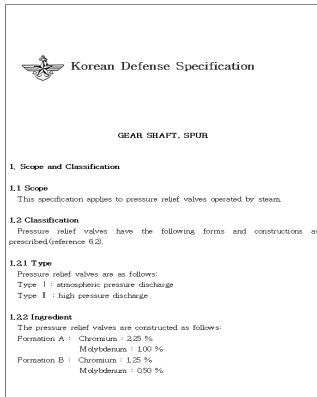


Fig. 2. Korean Defense Specification(example)

2.1.2 품질보증요구서

품질보증요구서는 부품, 조립체의 형상 및 기능, 안전과 관련되는 특성에 대한 품질보증을 위하여 항목의 위치, 확인 항목, 합격품질수준(AQL: Acceptable Quality Level)을 명시하며 한글 문서로 작성된다.

제품도면 외에 적절한 규격서가 없고 도면만으로 품질보증이 불가능한 품목, 국산화 개발대상품목, 수정·수리·개조작업에 사용하는 부품 등은 품질보증요구서를 작성하여야 한다. Fig. 3은 품질보증요구서의 예시이다.

Quality Assurance Report(QAR)		QAR No.																					
UNIT Name : ○○○○○○		Page	1 of 7																				
Applied Equipment : ○○○○○○		Original	○○○○○○○○○																				
		Revised																					
		Name of Specification Management Agency																					
<p>1. Applied Documents The following documents shall be part of Quality Assurance Report(QAR), and this document shall be applied first unless otherwise provided for: Standard Book MIL-STD-187-1 Department Of Defense Test Method Standard Mechanical Vibration Of Shipboard Equipment MIL-9-901 Shock Tests, High-Impact Shipboard Machinery, Equipment, And Systems, Requirements For.</p> <p>Drawing ○○○○○○ Valve, check type ○○○○○○ Actuator assembly, for valve</p> <p>2. Remarks / Remark Item 2.1 Inspection Responsibility Unless otherwise specified, the contractor is responsible for conducting the inspection as prescribed in this Request and may use its own or other facilities suitable for the performance of the inspection. The Government shall have the right to conduct inspections if deemed necessary to ensure compliance with the requirements set forth in this request, and the contractor shall be responsible for the preparation and maintenance of the equipment necessary for the inspection.</p> <p>2.2 Classification of defects</p> <p style="text-align: center;">표 3. Classification of defects</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Defect Rank Item</th> <th>Number</th> <th>Category</th> <th>Inspection method</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fatal defect</td> <td>101</td> <td>Performance Test</td> <td>4.2</td> </tr> <tr> <td>Major defect</td> <td>102</td> <td>Environment Test</td> <td>4.3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>103</td> <td>Durability Test</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>Minor defect</td> <td>201</td> <td>Visual Inspection</td> <td>4.1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Writing department: ○○○○ Writer: ○○○○ Approver: ○○○○</p>				Defect Rank Item	Number	Category	Inspection method	Fatal defect	101	Performance Test	4.2	Major defect	102	Environment Test	4.3		103	Durability Test	4.4	Minor defect	201	Visual Inspection	4.1
Defect Rank Item	Number	Category	Inspection method																				
Fatal defect	101	Performance Test	4.2																				
Major defect	102	Environment Test	4.3																				
	103	Durability Test	4.4																				
Minor defect	201	Visual Inspection	4.1																				

Fig. 3. Quality Assurance Requirement

2.1.3 도면

도면은 체계, 부체계 뿐만 아니라 조달단위가 될 수 있는 부분품 단위까지 품목별 모양, 재질, 치수, 공정 등의 제조에 필요한 정보를 명시하며 그림 형식(CAD파일 등)으로 작성된다. 도면은 내용에 따라 조립도, 부품도, 상세도, 공정도, 계통도, 배치도, 장치도, 외형도 등이 있다.

2.1.4 소프트웨어 기술자료

소프트웨어 기술자료는 컴퓨터파일과 소프트웨어기술 문서로 구성된다. 컴퓨터파일은 소스코드, 라이브러리, 실행파일 등의 전산파일이며, 소프트웨어 기술문서는 소프트웨어를 개발에 필요한 문서로 국방에서 작성해야 하는 소프트웨어 기술문서는 Table 1과 같다.

소프트웨어 개발 계획서(SDP), 소프트웨어 요구사항 명세서(SRS), 소프트웨어 설계 기술서(SDD), 소프트웨어 통합시험 계획서(STP), 소프트웨어 통합시험 절차서(STD), 소프트웨어 통합시험 결과서(STR), 소프트웨어 산출물 명세서(SPS), 소프트웨어 목록 명세서(SCS)는 필수 규격화 문서로 반드시 작성하여야 한다.

Table 1. Software Technical Document

Acronym	Software Technical Document
SDP	Software Development Plan
SRS	Software Requirement Specification
SDD	Software Design Description
IDD	Interface Design Description
DBDD	Database Design Description
STP	Software Test Plan
STD	Software Test Description
STR	Software Test Report
SIG	Software Installation Guide
SVD	Software Version Description
SIP	Software Install Plan
SPS	Software Product Specification
SCS	Software Catalog Specification

소프트웨어 기술자료는 형상항목(CSCI: Computer Software Configuration Item) 단위로 작성함을 원칙으로 하며(예외 : 소프트웨어 목록 명세서(SCS)는 체계별 작성), 관련 규격(국방규격서, 도면, 부품/BOM 목록, 품질보증요구서)과 연계되도록 작성되어야 한다[3].

2.1.5 부품/BOM목록

부품/BOM목록은 특정 제품이 어떤 부품들로 구성되는가에 대한 데이터로 최종 제품과 부품들과의 관계를 계층적으로 표현하여 제품을 구성하는 부품정보 및 부품구조정보가 결합된 구조 목록으로 엑셀 파일로 작성된다. 부품/BOM목록은 Table 2와 같이 품목을 구성하는 전 부품, 조립품 및 관련 문서들에 대한 도면번호와 명칭, 부품번호, 구성수량, 부품수준(level) 및 수정여부, 원제작사 부품명 등의 정보들을 기입한다.

Table 2. Part/BOM list

Attribute	Remarks
Part management number	Conditional required
Item designation number	Conditional required
Designated Item number	Conditional required
Classifications of military	Conditional required
Non-designated item number(KOR)	Conditional required
Non-designated item number(EN)	Conditional required
Drawing number	Conditional required
Drawing part number	Conditional required
Original producer producer's code	Conditional required
Original producer part number	Conditional required
Original producer product name	Conditional required
Original producer business license number	Conditional required
Original producer business operator name	Conditional required
Basic unit	Required
Weight	Optional
Weight unit	Optional
Volume	Optional
Volume unit	Optional
Specification	Optional
Inspection Equipment Quantity	Optional
Company producer's code	Required
Company part number	Required
Company Item name(KOR)	Required
Company Item name(EN)	Optional
Specification type	Conditional required
Specification number	Conditional required
Specification part number	Conditional required
Commercial part status	Optional
Revision status	Required

기본단위, 업체생산자부호, 업체부품번호, 업체한글명칭은 필수 항목으로 반드시 작성하여야 하며, 부품관리번호, 품목식별번호, 지정품명번호, 군급 분류, 비지정품명, 도면번호, 도면부품번호, 원생산자 부품번호, 원생산자품명, 원생산자사업자번호, 원생산자사업자명은 조건부 필수 항목이며, 중량, 부피, 사양, 검사장비 수량, 업체영문품명 등은 선택 항목이다.

2.2 소프트웨어 규격화 누락 여부 검증 방법

무기체계는 연구개발 중 물리적 형상 확인(PCA : Physical Configuration Audit) 단계에서 하드웨어는 물론 소프트웨어도 규격 작성을 여부를 확인한다[4, 5]. 하지만, 컴퓨터에 탑재되는 소프트웨어의 경우 설치된 소프트웨어를 점검해보면 누구나 쉽게 설치된 소프트웨어의 확인이 가능하지만, 장비 내 전자부품에 탑재되는 펌웨어의 경우 개발자가 아니라면 설치된 소프트웨어를 확인하기가 쉽지 않다. 개발자가 아닌 인원이 전자제품에 탑재된 소프트웨어를 확인하는 방법은 다음과 같다.

첫 번째, 실제 제품을 직접 확인하여 설치된 소프트웨어를 확인하는 방법이다. 제품에서 소프트웨어가 설치되어야 하는 전자부품을 확인하여, 이 전자부품에 탑재된 소프트웨어가 규격화가 되었는지 확인하면 된다. 하지만, 이 방법은 완성품 상태에서는 확인이 불가능하여, 조립된 완성품을 분해하여 회로카드 조립체 단위에서 점검해야 확인이 가능하다. 또한, 회로카드 조립체에서 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 전자부품을 식별할 수 있는 전문적인 지식이 필요하다.

두 번째, 도면 검토를 통해 설치된 소프트웨어를 확인하는 방법이다. 국방 도면에는 도면 우측하단에 Fig. 4와 같이 표제란이 있으며, 표제란에는 도면에 사용되는 부품 목록을 작성하여야 한다. 이 부품목록에서 소프트웨어가 설치되어야 동작하는 전자부품을 확인하여, 전자부품에 탑재된 소프트웨어가 규격화가 되었는지 확인하면 된다. 하지만, 이 방법은 수 천장 이상의 도면에 표기된 부품목록을 보고 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 전자부품을 식별할 수 있는 전문적인 지식이 필요하다.

Replaceable material		No.	Drawing No.	Qty	Part No.	Drawing No.	
Original Drawing	Common tolerance	Part List				Name of Specification Management Agency	
		Approved Department		Name of Drawing			
	Material	Reviewer	Approver				
		Confirmer	Reviewer				
	Heat treatment	Design	Reviewer				
		Design Department					
Reference Drawing	Applied Equipment	Scale	Unit	Weight	Size	Drawing No.	
Part No.	Protective Painting					Page of Drawing	

Fig. 4. Parts List in Drawing

세 번째, 부품/BOM 목록 검토를 통해 확인하는 방법이다. 부품/BOM 목록에서 소프트웨어가 설치되어야 동작하는 전자부품을 확인하여, 이 전자부품에 탑재된 소프트웨어가 규격화가 되었는지 확인하면 된다. 이 방법은 하나의 부품/BOM목록을 확인하면 되지만, 수만 라인의 부품 목록을 확인해야 하고, 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 전자부품을 식별할 수 있는 전문적인 지식이 필요하다.

하지만 장비내 전자부품에 탑재되는 소프트웨어를 확인하는 3가지 방법 모두가 검증을 위해 시간이 많이 소요되고, 전문지식이 필요하며, 또한 휴먼 에러가 발생할 가능성이 항상 존재하므로 검증을 위한 추가적인 개선이 필요하다.

2.3 프로그램을 활용한 소프트웨어 규격화 누락 여부 검증 방법

소프트웨어 규격화 누락 여부 검증은 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 전자부품을 식별하고, 식별된 전자부품에 탑재된 소프트웨어 관련 내용이 소프트웨어산출물 명세서에 기술되어 있는지를 확인하면 소프트웨어 규격화 누락 여부를 확인할 수 있다. 이를 도식화하면 Fig. 5와 같다.

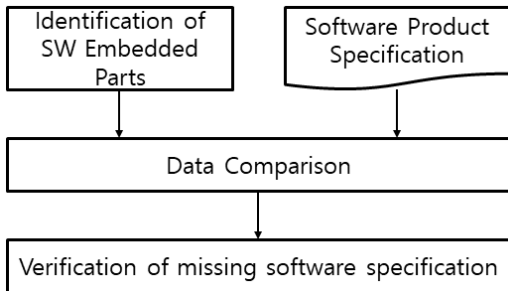


Fig. 5. Verification method of missing software specification

하지만, 2.3에서 살펴본 바와 같이 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 전자부품의 식별은 실제 제품을 확인, 도면을 통한 확인, 부품/BOM 목록 검토를 통해서 할 수는 있으나, 검토시간이 많이 소요되고, 전문적인 지식이 필요하며, 또한 휴먼 에러의 가능성이 항상 존재하였다. 따라서 이런 문제를 해결하기 위해 소프트웨어가 탑재되어야 하는 전자부품을 확인하기 위한 Fig. 6과 같이 동작하는 프로그램을 활용하였다.

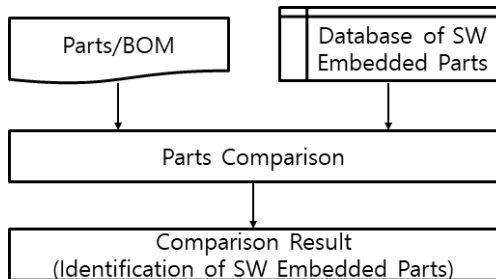


Fig. 6. Identification of SW Embedded Parts using Parts/BOM and Database

규격화를 위해 제출되는 장비의 부품/BOM 목록에서 필수 작성 항목인 업체부품번호와 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 데이터베이스의 부품번호를 비교하면 부

품/BOM 목록에 있는 부품이 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 부품인 것을 식별할 수 있다. 이렇게 식별된 부품이 소프트웨어 기술자료에 포함되어 있는지 확인하면 소프트웨어 규격화 누락 여부 검증을 아주 쉽고 간단하게 할 수 있다.

부품/BOM 목록의 업체부품번호와 데이터베이스의 부품번호를 비교하는 기능 및 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 데이터베이스는 프로그램을 개발하여 활용하면 된다. 이를 통해 검토 시간을 획기적으로 절감할 수 있으며, 전문지식이 없어도 검토가 가능하고, 또한 검토 시 발생할 수 있는 휴먼 에러를 완전히 없앨 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 전자부품 데이터베이스는 주기적으로 업데이트 할 필요가 있다.

Table 3. Advantages and Disadvantages of Improved Method

Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> • Saving in Verification Time • No Expertise Required • Human Error Reduction 	<ul style="list-style-type: none"> • Requires Periodic Database Updates

소프트웨어 탑재되어야 동작하는 전자부품 데이터베이스는 소프트웨어가 설치되어야 동작하는 부품으로 마이크로 컨트롤러(MCU : Micro Controller Unit), 마이크로 프로세서(MPU : Micro Processor Unit), 디지털 시그널 프로세서(DSP : Digital Signal Processor), 필드 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA : Field Programmable Gate Array), 복합 프로그래머블 논리소자(CPLD : Complex Programmable Gate Array) 등이 있으며, Table 4는 작성된 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 전자부품 데이터베이스의 예시이다.

Table 4. Software Embedded Parts Database(example)

No.	Manufacturer	Part Number	Remarks
1	Texas Instruments	MSP430F2012IPW	MCU
2	Zilog	Z84C3008PEC	MCU
3	Analog Devices	AD8027ARZ	MCU
4	Renesas Electronics	D12320VF25V	MCU
5	Texas Instruments	AM1806BZWT3	MCU
6	NXP	BSC9131NXE1KHKB	MCU
7	Microchip Technology	COM20022I3V-HT	MCU
8	Texas Instruments	AM3505AZCNA	MCU

No.	Manufacturer	Part Number	Remarks
9	Renesas Electronics	HD6417706F133V	MCU
10	Analog Devices	AD8007ARZ	DSP
11	Microchip Technology	DSPIC33FJ32GP102-1/SO	DSP
12	NXP	MSC8256TAG1000B	DSP
13	Atmel	ATMEGA8535L-8AU	FPGA
14	Microsemi	AX500-PQ208I	FPGA
15	Altera	EP1K50TC144-3N	FPGA
16	Texas Instruments	5962-8515509SA	FPGA
17	Xilinx	XC2VP20-6FF896I	FPGA
18	Philips	PLUS173DN	FPGA
19	Atmel	ATF1504AS-10AU44	CPLD
20	Xilinx	XC95288XL-10TQ144C	CPLD
21	Rochester Electronics	EP1810LC-35	CPLD
22	Atmel	ATF1504AS-10AC100	CPLD
23	Lattice Semiconductor	LC4064ZE-7TN48C	CPLD
24	Altera	EPM7128SQC100-15N	CPLD
25	Xilinx	XCR3256XL-10PQG208C	CPLD

3. 결론

본 연구에서는 무기체계 소프트웨어 규격화 누락 여부를 검증하는 방법을 제안하였다. 실제 제품을 확인, 도면을 통한 확인, 부품/BOM 목록 검토를 통해 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 전자부품의 식별하고, 식별된 전자부품에 탑재된 소프트웨어 관련 내용이 소프트웨어산출물명세서에 기술되어 있는지를 확인하면 소프트웨어 규격화 누락여부를 확인 할 수 있다. 하지만, 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 전자부품의 식별에 과다한 시간이 걸리며, 전문지식을 갖추어야 하는 문제가 있어 이를 해결하기 위해 소프트웨어가 탑재되어야 동작하는 전자부품 데이터베이스와 부품/BOM 목록을 비교하는 프로그램을 활용하였다. 이를 통해 무기체계 소프트웨어 규격화 누락 여부를 효과적으로 검증할 수 있어, 무기체계의 효율적인 생산 및 품질보증에 기여할 것이다.

References

[1] Defense Acquisition Program Administration(DAPA), Standardization Business Guide, Guide, DAPA, Korea, 2020, pp.70

[2] J. S. Song, S. H. Son, I. C. Sung, "A Study on Korean Defense Specification Practice Standard Development Initiative", Journal of the KIMST, Vol.11, No.6, pp.99-101, Dec. 2008.

[3] Defense Acquisition Program Administration(DAPA), Guide to Form and How to Write a Korean National Defense Specification and Standard, Guide, DAPA, Korea, 2020, pp.97

[4] Defense Acquisition Program Administration(DAPA), Regulations for Supporting the Development of Weapon System Software, Regulation, DAPA, Korea, 2020, pp.12

[5] Y. S. Cho, J. E. Kim, J. H. Yoon, S. O. Kim, "A Proposal to Improve Standardization Process on Defense R&D for Quality and Reliability of Missile System", The Korean Society for Aviation and Aeronautics, Vol.25, No.3, pp.115-122, Oct. 2017. DOI: <https://doi.org/10.12985/ksaa.2017.25.3.115>

송 치 훈(Chi-Hoon Song)

[정회원]



- 2002년 2월 : 창원대학교 전기공학과 (전기공학석사)
- 2002년 2월 ~ 2006년 10월 : 한국항공우주산업(주) T-50/KHP 비행제어팀 연구원
- 2006년 11월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

국방, 전기전자, 소프트웨어, 품질