

유도조종장치 회로카드조립체 고장률 분석

안석찬
국방과학연구소

Failure rate analysis for Guidance and Control Unit circuit card assembly

Seok Chan An
Agency for Defense Development

요약 기능안전은 주로 자동차, 철도, 의료기기 분야에서 널리 활용되고 있는 하드웨어 및 소프트웨어 신뢰성 평가 개념이다. 기능안전의 주요 목적에는 시스템이 능동적으로 특정 기능의 동작을 보장하도록 설계하는 것이 포함된다. 국제 표준 IEC 61508, ISO 26262에서는 체계화된 기능안전 평가 규격을 제시하고 있다. 본 논문에서는 기존 기능안전 고장 분석 기법을 무기 부체계 설계 단계에 활용하기 위한 기초 사례 연구로서 유도조종장치(Guidance and Control Unit)의 일부 회로 카드 조립체를 대상으로 고장률(FIT, Failure In Time)을 산출하였다. 고장률 산출 근거로는 SN-29500을 활용하였다. 본 논문에서 산출한 고장률은 향후 FMEA(Failure Modes, Effect Analysis), FMEDA(Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis)와 같은 보다 정밀한 기능안전 평가 고장 분석 기법의 기초 자료로 활용될 수 있다. 본 연구의 최종 목표는 체계화된 기존 기능안전 평가 기법을 무기체계 부체계 개발 단계에 적용하는 것이다. 향후 하드웨어와 소프트웨어 모듈을 대상으로 적용할 경우 현재 방산 부문에서 널리 수행되고 있는 RAM(Reliability, Availability, Maintainability) 분석을 보완하여, 부체계 개발 단계에서의 설계 개선 및 체계 신뢰도 향상에 실질적으로 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract Functional safety is a hardware and software reliability evaluation concept that is used widely in automobiles, railways, and medical devices. The primary purpose of functional safety involves designing a system to ensure the operation of specific functions. IEC 61508 and ISO 26262 present systematic functional safety evaluation standards. In this paper, the failure rate was calculated for circuit card assemblies of the guidance control unit as a basic study to utilize the existing functional safety failure analysis technique in the design stage of the weapon subsystem. SN-29500 was used to calculate the failure rate. The failure rates can be used as basic data for more precise techniques for functional safety evaluations and failure analysis, such as FMEA (Failure Modes and Effect Analysis) and FMEDA (Failure Modes, Effects, and Diagnostic Analysis). The ultimate goal of this study was to apply the existing systemized functional safety evaluation techniques to the weapon subsystem development stage. In the future, when applied to both hardware and software, it is expected to supplement RAM (Reliability, Availability, Maintainability) analysis, which is performed widely in the defense industry, and contribute to design and system reliability improvement at the subsystem development stage.

Keywords : Guidance and Control Unit, Failures in Time, Failure Rate, Functional Safety, Reliability

*Corresponding Author : Seok Chan An(Agency for Defense Development)

email: anseokchan@add.re.kr

Received April 27, 2023

Revised June 1, 2023

Accepted June 2, 2023

Published June 30, 2023

1. 서론

본 논문에서는 유도조종장치의 SBC(Single Board Computer) 회로카드조립체(Circuit Card Assembly)를 대상으로 고장률 분석 방법을 제시하고 그 결과를 분석하였다.

유도조종장치(Guidance and Control Unit)는 유도탄의 구성품으로서 탑재된 기타 전자장치에 전원을 공급하고, 유도 및 조종 알고리즘을 계산하여 구동명령을 출력하는 임무를 수행한다. 발사 전에는 발사절차에 따라 유도탄의 상태를 종합하여 발사통제장치(Fire Control System)와 통신하며, 비행 중에는 비행절차에 따라 탑재된 전자장치들을 제어하고 비행자료를 수집하여 원격측정장치(Telemetry)로 전달한다.

유도조종장치는 크게 회로카드조립체, EMI 필터, 배선장치, 하우징으로 구성되어 있다. 개략적인 구성도는 Fig. 1과 같다. 그 중 회로카드조립체에는 SBC(Single Board Computer) 카드, 아날로그입출력용 카드, 마더보드 이상 3가지가 있는데, 본 논문에서는 그 중 SBC 보드를 대상으로 고장률 분석을 수행하였다.

SBC 회로카드 조립체의 주요 기능은 유도조종 알고리즘을 포함한 비행 소프트웨어 실행, 탄내 탑재장비 및 지상 발사통제장비와의 1553B 채널, 이산입출력 채널 통신이다. 이를 구현하기 위해 해당 회로카드 조립체의 기판 상에는 MPU(Micro Processor Unit), FPGA(Field Programmable Gate Array), ADC(Analog-to-digital converter), 레귤레이터, 트랜시버 등 주요부품과 저항, 캐패시터, 다이오드, 옵토커플러와 같은 전자소자들이 배치되어 있다. 본 논문에서는 이상 전자부품들의 고장률을 각각 도출하여 최종적으로는 SBC 회로카드조립체의 고장률을 산출하였다.

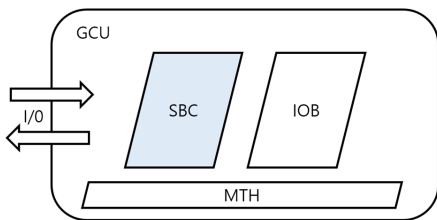


Fig. 1. Guidance and Control Unit conceptual diagram

자동차, 철도, 의료기기와 같이 안전이 특히 중요한 산업 분야에는 IEC 61508, ISO 26262와 같은 표준을 바탕으로 기능안전(Functional Safety)이라고 알려진

신뢰성 평가 개념이 의무화되는 추세다[1]. 항공 부문에서도 기능안전과 관련하여 감항인증의 일환으로서 DO-178C, DO-331 등을 바탕으로한 소프트웨어 설계 및 평가가 지속되고 있다[2].

기능안전은 안전기능을 식별하고, 비정상적인 외부, 내부, 사용자 동작(risk)에 의해 발생할 수 있는 안전기능의 오작동, 중단을 식별하고 그로 인해 사용자의 안전이 위협(harm)받지 않는 설계를 보장하는 것을 목표로 한다.

일반적인 안전 시스템과 기능안전이 반영된 시스템과의 가장 큰 차이는 시스템이 능동적으로 안전기능의 동작을 보장하도록 설계된다는 점이다[3]. 간단한 예시를 들자면, Fig. 2와 같이 일반 안전 시스템에서 절연체를 설치하여 과열을 방지한다면, 기능안전을 반영하여 설계된 시스템에서는 센서로 감지하여 제어가 발열원을 차단하고 사용자에게 경고를 표시하는 등 설계상의 조치를 통해 안전기능 동작을 보장한다.

IEC 61508에서는 안전 기능(Safety Function)의 안전무결성수준(Safety Integrity Level)을 신뢰도가 가장 낮은 SIL1부터 가장 높은 SIL4까지 총 4단계로 구분한다[4]. SIL등급 판정을 위해서는 시스템의 하드웨어, 소프트웨어에 대한 정성적 평가 기법과 정량적 평가 기법이 모두 활용된다[5]. 그 중 대표적인 정량적 평가 지표로는 PFD(Probability of Failure on Demand), PFH(Probability of Failure on Demand per Hour), SFF(Safe Failure Fraction)가 있으며 이를 도출하기 위해 FTA(Fault Tree Analysis), FMEA(Failure Modes, Effect Analysis), FMEDA(Failure Modes, Effects and Diagnostic Analysis)와 같은 고장분석 기법들이 사용된다[6]. 그리고 이와 같은 분석 기법들에서 공통적으로 사용하는 기초자료로는 각 전자부품들의 고장률, 고장모드, 고장모드 별 발생확률 등이 있다[7].

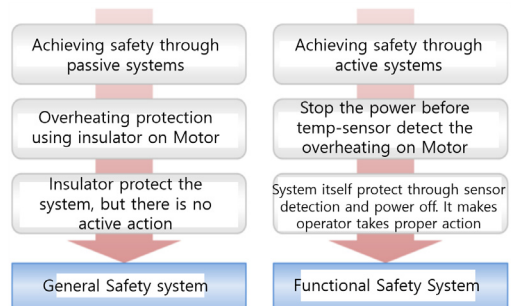


Fig. 2. Functional Safety Concept

본 논문에서는 기능안전 개념이 안전기능 동작의 무결성을 위해 소프트웨어, 하드웨어 두 가지 모두의 부문에 걸친 체계화된 시스템 엔지니어링 도구라는 점에 주목하였다. 그리고 사용자에 가하는 위해(Harm)를 능동적으로 방지하는 시스템 설계라는 기능안전의 본래 목적 대신 무기체계 주요 임무수행을 보장하는 능동적 시스템 설계를 목적으로 기능안전 평가 기법을 적용하기 위한 연구를 수행하였다. 이를 위한 기초 연구로서 본 논문에서는 유도조종장치를 구성하는 회로카드조립체를 대상으로 SIL등급 판정 및 고장분석기법의 기초자료가 되는 하드웨어 고장률 산출을 수행하였다.

방산 부문에서도 이미 RAM 분석을 통한 신뢰도 평가가 수행되고 있으나 사업관리, ILS(Integrated Logistics Support) 근거자료 도출을 주요 목적으로 수행되고 있다. 기능안전 평가 기법을 개별 부체계의 설계 및 개발 단계에 적용할 경우 부체계의 능동적 오동작 방지 알고리즘 설계, 고장률 개선, 이중화 등을 통해 실질적으로 체계 전체의 신뢰도 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 본론

2.1 고장률 분석 관련 규격

신뢰성 분석을 위한 각 전자부품의 고장모드 및 고장률 도출 시, 보편적으로 IEC 61709 (IEC TR 62380), SIEMENS사의 SN-29500, Telcordia사의 Telcordia SR-332, 미 국방성 표준 MIL-HDBK-217F 이상 3가지가 널리 사용된다. 각 문서에서는 다양한 전자소자의 고장률 산출을 위해 통계적 데이터를 바탕으로 환경에 따른 고장률 산출식 혹은 확률값을 제시하고 있다. 각 규격에 대한 설명은 다음과 같다.

IEC TR 62380은 자동차 산업에서 주로 사용되는 표준이며 전자부품의 신뢰성 평가를 위해 Mission profile에 따른 하드웨어 부품의 Failure rate, Failure Mode, 각 고장 형태에 따른 고장확률 Distribution을 제공한다. Mission profile이란 해당 전자부품이 PCB에 장착되었는지, 패키지 처리되었는지, 다른 시스템과 인터페이스를 갖추고 있는지와 같이 설치된 환경에 따른 분류이며, 물론 조건에 따라 해당 부품은 서로 다른 고장률을 갖게 된다. 현재 IEC TR 62380은 IEC 61709에 통합되어 관리되고 있다.

SN-29500은 독일 기업인 SIEMENS사가 발간한 문

서로서 IEC TR 62380과 마찬가지로 모델 계산식을 기반으로 전자 부품 신뢰성 평가를 위한 고장률을 제공한다. 집적회로, 반도체, 수동 소자, 커넥터 및 소켓, 릴레이, 스위치 및 버튼, 신호 및 램프, 커넥터, 광학 소자 등의 다수의 세부문서들로 구성되어 있다. 이 규격 역시 자동차 산업에서 널리 활용되고 있다.

Telcordia SR-332는 미국 기업 Telcordia사에서 발간한 문서다. Telcordia사는 'Bellcore 규격'을 개발한 AT&T 연구소의 신뢰도 업무팀이 분사한 기업이다. 이에 따라, Telcordia SR-332는 Bellcore 규격을 계승하고 있다. Bellcore 규격은 초기에 기업 연구소의 자체 신뢰성 예측 모델에 추가로 미 국방성의 신뢰성 예측 관련 규격인 MIL-HDBK-217F의 모델을 수정 및 단순화하고, 반영하는 과정을 거쳐 개발되었다. 현재 SR-332는 국가 혹은 국제규격이 아닌 업체 개발 규격임에도 불구하고 세계적으로 다수의 민수용 전자부품기업들이 제품의 신뢰성 예측을 위해 사용하고 있다.

MIL-HDBK-217F는 1965년 미 국방성에서 제정하였으며, 국외 및 국내에서 가장 많이 사용되는 전자부품 신뢰도 예측 규격 중 하나이다. 실제 운용되는 실전 장비의 고장 데이터를 바탕으로 고장률을 예측하는 기법을 채택하였다. 대표적으로 철도 RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, and Safety) 관련 규격인 IEC 62278 부속서 B에서도 신뢰성 예측 규격으로서 MIL-HDBK-217을 제시하고 있다.

이상 3가지 규격은 민수, 방산, 철도 등의 산업 분야에서 전자부품의 신뢰성 분석을 위해 널리 사용되고 있다. 본 논문에서는 유럽에서 보편적으로 사용되고 있으며 유도조종장치에 사용된 전자부품의 고장률을 비교적 세부적으로 기술하고 있는 SIEMENS사의 SN-29500을 채택하여 유도조종장치 SBC 회로카드조립체의 고장률을 도출하였다.

2.2 신뢰도 관련 지표

각 부품의 신뢰성 분석에 사용되는 지표 중 고장률 관련 지표로는 대표적으로 MTBF, MTTF 및 FIT가 있다. 각 지표의 의미는 다음과 같으며, 분석 목적 및 산업분야에 따라 선택적으로 사용된다. 방산 분야에서는 무기체계 RAM 분석 중 신뢰도(Reliability) 관련 정량 지표로 주로 활용되고 있다.

MTBF는 Mean time Between Failure로서 평균 고장 간격을 의미한다. 해당 부품의 고장과 다음 고장 사이의 평균 시간이며, 단위는 시간이다. 예를 들어 MTBF가

10시간인 부품이 들어간 제품이 4개 있는 경우, 이후 500시간 동안 고장 날 것을 예상되는 제품의 수는 $4 \times 500 \text{시간} \div 10 \text{시간} = 2$ 개와 같은 방식으로 활용할 수 있다. 일반적으로 수리가 가능한 제품을 대상으로 사용된다.

MTTF는 Mean Time To Failure로서 고장 평균 시간을 의미한다. 해당 부품이 사용되기 시작한 후 초기 결함이 발생하기까지의 시간이며, 단위는 시간이다. MTBF와 유사한 지표이며, 소형 온보드 제품과 같이 수리가 어려운 제품을 대상으로 사용된다.

FIT는 Failure In Time으로서 10^9 시간의 작동 중 고장 횟수를 의미한다. 단위는 고장 회수/ 10^9 시간이다.

이상 3가지 지표 간의 관계를 수식으로 표현하면 각각 Eq. (1), Eq. (2)와 같다.

$$FIT = \frac{1}{MTBF} \times 10^9 \quad (1)$$

$$FIT = \frac{1}{MTTF} \times 10^9 \quad (2)$$

2.3 규격에 따른 고장률 비교

서로 다른 규격 문서에서 MTTF, MTBF, FIT와 같은 신뢰도 관련 지표에 대한 개념은 동일하지만, 이를 도출하기 위한 계산식, 통계 데이터, 표현 방식에는 다소 차이가 있다. 예를 들어, 저항(Resistor) 부품에 대해 MIL-HDBK-217F와 SR-332(2001, 2011)를 기반으로 산출한 고장률 분석 결과의 차이는 다음 예시와 같다[8].

미 국방성의 MIL-HDBK-217F의 경우 FIT를 10^9 이 아닌 10^6 시간당 고장 횟수로 표현하고 있고, Telcordia社의 SR-332의 경우 10^9 시간당 고장 횟수로 표현하고 있다. 따라서 1,000을 곱하거나 나뉘야 두 가지 문서로 산출한 고장률을 비로소 비교할 수 있다. 또한, SR-232에서는 MIL-HDBK-217F와 달리 필름, 와이어, 복합 방식에 추가로 저항 값 $1M \Omega$ 을 기준으로 분류를 세분화하여 고장률을 제시하고 있다.

미 국방성의 MIL-HDBK-217F의 경우 FIT를 10^9 이 아닌 10^6 시간당 고장 횟수로 표현하고 있고, Telcordia社의 SR-332의 경우 10^9 시간당 고장 횟수로 표현하고 있다. 따라서 1,000을 곱하거나 나뉘야 두 가지 문서로 산출한 고장률을 비로소 비교할 수 있다. 또한, SR-232에서는 MIL-HDBK-217F와 달리 필름, 와이어, 복합 방

식에 추가로 저항 값 $1M \Omega$ 을 기준으로 분류를 세분화하여 고장률을 제시하고 있다.

Table 1. Resistor FIT based on different standards

Device Type	MIL-HDBK-217F	SR-332 (2001 개정)	SR-332 (2011 개정)
Resistor, Fixed			
Composition	11		
$\leq 1M \Omega$		2	1.02
$> 1M \Omega$		8	4.2
Film	16		
$\leq 1M \Omega$		1	1.02
$> 1M \Omega$		6	2.4
Film, Power(0.1W)	41		
$\leq 1M \Omega$		6	3
$> 1M \Omega$		14	7.2
Wirewound, Accurate	10		
$\leq 1M \Omega$		32	16.4
$> 1M \Omega$		82	42

추가로, SR-332내부에서도 2001년 개정 문서에서 제시한 고장률과 2011년 개정 문서에서 제시한 고장률에 차이가 있다. 이는 제작 공정이 변화, 발전함에 따라 달라진 전자부품의 고장률이 반영된 것이다. 실제로 10년 동안 저항 고장률이 절반 가까이 감소한 것을 확인할 수 있다.

이와 같이 고장률 산출의 근거가 되는 규격에 따라 동일한 전자소자를 대상으로 분석하더라도 소자의 분류가 상이하거나, 해당 규격의 개정 시기에 따라 고장률이 다르게 산출될 수 있다. 따라서 각 민수, 방산, 항공, 자동차 등 산업 분야에 따라 업계에서 일반적으로 통용되는 최신의 규격을 적용하는 것이 타당하다.

2.4 고장률 분석 도구

전자부품의 고장률, 고장모드, 신뢰성 분석을 보다 용이하게 할 수 있도록 지원하는 상용 소프트웨어는 다양하게 개발되어 있다. 수명 데이터 분석을 위한 Weibull++, 가속수명분석을 위한 ALTA, 고장률 및 MTBF 예측을 위한 Lamda Predict, 신뢰성 모델링 및 FTA를 위한 Reliasoft Package 등이 존재한다.

고장률 도출을 위한 대표적인 도구 중 하나는 Ansys社에서 개발한 Medini Analyze이다. Medini Analyze는 자동차 기능안전 표준인 ISO 26262 기반의 FMEDA

(Failure Mode, Effect Diagnostic Analysis), FTA(Fault Tree Analysis), 기능안전 등급(ASIL) 산출을 용이하게 수행할 수 있는 인터페이스, 자동화 기능을 지원하는 것으로 알려져 있다. ISO 26262 외에도 고장률 관련 규격 문서인 SN-29500-2011, MIL-HDBK-217F-NOTICE 2(1995), IEC 62380과 같은 다수의 규격 또한 지원한다.

이와 같은 도구의 인터페이스를 활용하는 경우 각 전자소자의 세부 분류, 설치 조건, 그리고 온도, 습도 등과 같은 운용환경을 보다 용이하게 입력하여 고장률을 도출할 수 있으며, 경우에 따라 하부 모듈별 고장률을 산출하는 것도 가능하다.

2.5 SBC 회로카드조립체 고장률 산출 결과

본 논문에서는 유도조종장치 중 SBC 회로카드 조립체의 고장률을 산출하였다. SN-29500(2011 개정문서)를 기반으로 회로기판에 설치된 각 전자소자들이 고장률을 도출하고, 각 고장률을 모두 더해 최종적으로 SBC 회로카드의 전체 고장률(FIT)을 산출했다[9].

예를 들어 단순한 전자소자 중 하나인 다이오드의 경우, 용도 및 종류에 따라 신호표시/정류/제너/쇼트키 다이오드인지 등을 구분하고, 이어서 설치되는 회로가 drift에 대한 민감도가 있는 회로인지 아닌지를 선택하고, 운용되는 온도를 40℃로 정하고, 자체 발열에 의한 온도 증가를 가정하는 일련의 과정을 거쳐 쇼트키 다이오드의 경우 고장률(FIT) 0.5075135를 도출하였다. 이 값은 10⁹시간의 작동 중 캐패시터에 0.5075135회 고장이 발생하는 것을 의미한다. 물론, 발광 다이오드(LED)인 경우 FIT는 1.026848로 값이 상이하다.

또 다른 예로 가장 중요한 부품 중 하나인 MPU는 마이크로프로세서로 구분한 후에 NMOS, CMOS, Bipolar, BICMOS 중에 BICMOS로 세부 구분하였다. 유도조종장치 SBC보드에 탑재된 MPU에 특정 종류의 반도체가 사용되었다고 판단하기 어렵기 때문에 이 경우에는 4가지 구분 중 가장 고장률이 높은 선택지인 BICMOS를 선택하였다. 이와 같이 SN-29500이 제시한 소자 구분에 정확히 들어맞지 않는 경우에는 최대한 유사한 분류, 혹은 고장률이 높은 방향으로 고장률을 도출하였다. 산출한 고장률이 향후 정비 및 교체 시기 등 전체 체계의 신뢰도 및 유지보수에 활용될 것을 고려했기 때문이다.

Table 2. SBC main component FIT based on SN-29500:2011

Component	FIT
Capacitor	0.7850942
Resistor	0.2123324
Inductor	2.655251
Connector	1.5
LED	1.026848
Schottky Diode	0.5075135
Regulator	5.972138
Relay	6.4247933
Buffer	1.644314
Transceiver	5.972138
Oscillator	30
Crystal	30
Clock Generator	20.45164
Transistor	1.644314
Latch	12.320233
Memory	12.320233
FPGA	12.320233
MPU	12.1505
Delay Supervisroy	4.908393
Converter	5.972138
Transducer	5.972138
Optocoupler	6.4247933

다른 예시로, 전압 레귤레이터가 있다. 아날로그 집적 회로 구분 중 amplifier가 사용된 소자를 채택하고, 그 안에서 다시 사용된 amplifier의 개수를 3개 구간으로 나누어 선택하였다. 이후에는 1W 초과 전력의 소모되는 레귤레이터인지, 그 이하인지 선택하고 마지막으로 drift에 대한 민감도가 있는 회로인지 아닌지를 선택하였다. 이 경우에도 마찬가지로 운용되는 온도를 40℃로 정하고, 자체 발열에 의한 온도 증가를 가정하는 일련의 과정을 거쳐 고장률(FIT) 5.972138을 도출하였다.

이상 3가지 예시와 같이 SN-29500은 근거로 여러 단계의 분류와 가정을 통해 SBC 보드에서 사용된 총 1,122개, 주요 전자소자 22종의 고장률을 모두 도출하였다. 22종 전자소자 각각의 고장률은 표2와 같다.

이를 통해 산출한 유도조종장치 SBC 회로카드조립체의 고장률(FIT)은 1312.533654이다. 이는 유도조종장치 SBC가 10⁹ 시간 동안 동작할 때, 탑재된 전자 소자 1,122개 중에서 1,312.533654회 고장이 발생할 수 있음을 의미한다.

3. 결론

본 논문에서는 SN-29500을 근거로 유도조종장치의 SBC 회로카드조립체를 대상으로 고장률을 도출하였다. 도출된 고장률은 FMEA, FMEDA, FTA 등 기능안전 관련 고장분석 기법의 핵심 기초자료로 활용될 수 있다.

본 논문에서는 시스템의 일부만을 대상으로 고장률을 도출하였고, 고장률을 바탕으로 각 소자의 고장모드, 고장모드별 발생확률, 목표로 하는 동작에 영향을 미치는 고장인지 여부를 판단하는 등 고장분석 기법을 추가로 진행하지 않지 않았다. 향후 유도조종장치 전체를 분석 대상으로 확대하고 고장분석 기법을 추가로 진행한다면 유도조종장치의 PFD, PFH, SFF 등을 도출할 수 있을 것이다. 그리고 최종적으로는 이 수치들을 근거로 개발 단계에서 하드웨어 및 소프트웨어 개선방안을 모색할 수 있을 것이다.

기존 방산 부문에서 체계 전체를 대상으로, 혹은 사업 관리를 주요 목적으로 수행되는 RAM 분석[10]과 달리 본 논문에서 제시한 기능안전 평가 기법은 개별 부체계의 주요 기능의 무결성을 목적으로, 부체계 설계 단계에서 실질적으로 활용 가능한 장점이 있다. 또한, 사용자 안전과 무기체계의 임무 수행 무결성이라는 목적에 차이가 있을 뿐, 기능안전 분야의 체계화된 표준과 평가 기법은 그대로 무기체계 설계에 적용이 가능하다. 본 논문에서는 기존 무기체계 개발 시 수행되는 RAM 분석[11]을 보완하기 위한 시스템 엔지니어링 수단으로서, 기능안전에서 사용하는 국제규격과 평가 기법을 제시하고 이를 활용한 기초적인 사례 연구로서 고장률을 도출하였다.

향후 고장분석 기법이 추가된 사례 연구를 수행함으로써, 기능안전 평가 기법이 무기체계 하드웨어 및 소프트웨어 개발 단계에서 활용 가능한 시스템 엔지니어링 도구임을 증명하고 활용 범위를 확대할 계획이다.

References

[1] ISO 26262 Road Vehicles - Functional Safety, 2011.
 [2] Joongyong Park, Seung-Kil Paek, "Functional Safety and Model-Based Systems Engineering - focusing on ISO 26262/DO-178C", *Journal of KOSS*, Vol. 13, No. 1 pp. 57-65, 2017. 6.
 DOI: <https://doi.org/10.14248/JKOSSE.2016.13.1.057>
 [3] "Overview and prospect of Automotive Functional Safety International Standard(ISO 26262)", Korea

Tesing laboratory, 2011.

[4] IEC 61508, Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems, 2010.
 [5] You-Ho Kim, Soo-Hwan Lee, Kang-Hun Park, Tae-kuk Ko, "Railway System Functional Safety and Certification", *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers* Vol. 63P, No. 4, pp. 226-235, 2014.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEEP.2014.63.4.226>
 [6] Jong-yong Keum, Yong-suk Suh, Jun-koo Lee, Je-yun Park, "Measurement of a Diagnostic Coverage for a Digital Signal Processor Board Using an FMEDA", *Journal of Applied Reliability* v.8, no.2, pp.101-111, 2008.
 [7] Sung Kyu Kim, Yong Soo Kim, "A Study on FMEDA Process for SIL Certification - A Case Study of a Flame Scanner", *IE Interfaces*, Vol. 25, No. 4, pp. 422-430, December 2012.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.7232/IEIF.2012.25.4.422>
 [8] Cha-Jung Yun, "A Study on Electronic Component Failure Rate Trend Based on Technology Changes", *KSR Conference 2011*, Jeju, Republic of Korea, 10a pp. 2527-2538, 2011.
 [9] Siemens Norm SN29500, 2011.7.
 [10] Seok Cheol Choi, Mun Kuk Son, "A Study on the Improvement for RAM for Weapon Systems", *Journal of Applied Reliability* Vol. 5, No. 1, pp39-59, 2008.
 [11] Sung-Chul Ha, "Study on Weapon System Operation Reliability Assessment Using Development Reliability Goals", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* Vol. 23, No. 5 pp. 225-231, 2022.
 DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.5.225>

안 석 찬(Seok Chan An)

[정회원]



- 2017년 8월 : 연세대학교 전기전자공학과 (공학 석사)
- 2018년 12월 ~ 2020년 9월 : 국방기술품질원 연구원
- 2020년 10월 ~ 2022년 5월 : 한국산업기술시험원 연구원
- 2022년 6월 ~ 현재 : 국방과학연구소 연구원

〈관심분야〉

전자회로, 기능안전