

# 유도무기체계 SW 신뢰도 예측 및 추정 방안 고찰

김무철\*

\*한화에어로스페이스(주) PGM연구소

e-mail:mckim0424@hanwha.com

## Study of Guided weapon system SW reliability prediction and estimation methods

Moo-Cheol Kim\*

\*PGM R&D Institute Hanwha Aerospace Corporation

### 요 약

현대 무기체계에 탑재되는 소프트웨어의 중요성이 날로 강조되고 있다. 무기체계와 같은 하드웨어와 소프트웨어가 결합된 임베디드 시스템은 고객의 다양한 요구사항을 구현하기 위해 소프트웨어의 복잡도가 높아지고, 대부분의 중요한 기능들이 소프트웨어에 의해 수행됨에 따라 소프트웨어의 중요성이 증대되고 있다. 특히 일회성 사용(One-shot) 목적으로 개발되어 사용되는 유도무기체계에 대해서 하드웨어 뿐만 아니라 소프트웨어는 더욱더 중요하다. 단 한 번의 실행으로 모든 임무가 결정되는 유도무기체계에서 SW에 대한 중요도는 나날이 중요해지고 있다. 따라서, 유도무기체계 시스템의 신뢰도 평가 프로세스에 대한 논의가 중요한 요소로 자리 잡고 있다. 이에 본 논문에서는 유도무기체계의 신뢰도를 예측(prediction)하고 추정(estimation)하기 위한 모델을 소개하고, 이에 대한 적용 방안을 고찰해보자 한다.

### 1. 서론

기존 무기체계는 하드웨어 위주의 단순한 구조로 운용되었으나 최근 들어 컴퓨터 시스템 등 다양한 기능들이 탑재되고 자동화된 시스템으로 진화함에 따라 시스템 내 소프트웨어의 비중이 점차 커지고 있다. 과거의 경우 하드웨어가 중요하게 여겨졌으나 점차 하드웨어와 소프트웨어가 복합적으로 구성되는 임베디드 시스템이 일반화되면서 소프트웨어에 대한 중요성이 점점 커지고 있다. 하드웨어와 소프트웨어가 복합적으로 구성된 임베디드 시스템 형태에서 하드웨어가 소프트웨어에 의해 제어되는 경우가 많고, 시스템에 중대한 역할을 하는 일부 기능들은 소프트웨어만으로 동작하는 경우가 많아 소프트웨어의 중요성이 점차 증대되고 있다.

특히 일회성 사용(One-shot) 목적으로 개발되어 사용되는 유도무기체계에 대해서 소프트웨어의 역할은 더욱더 중요하다. 단 한 번의 실행으로 모든 임무가 결정되는 유도무기체계에서 SW에 대한 중요성은 나날이 커지고 있다.

소프트웨어가 복잡해지고 다양한 분야에 활용되면서 소프트웨어 신뢰도에 대한 관심과 연구가 상당히 높아졌다. 본 논문에서는 유도무기체계에서 소프트웨어 신뢰도 예측 및 추정 적용 방안에 대해 고찰해보자 한다.

### 2. 소프트웨어 신뢰도 특성

일반적으로 소프트웨어 신뢰도는 설계 범위 내에서 고장 없이 소프트웨어가 작동할 가능성을 의미하며, 운용 중 소프트웨어로 인한 고장이 발생하지 않을 확률을 말한다. 소프트웨어는 하드웨어와 다르게 운용 빈도가 신뢰도에 영향을 주지 않는다. 소프트웨어는 동일한 운용을 반복적으로 수행하여도 고장이 발생하지 않는 특성을 가지고 있다. 소프트웨어는 하드웨어가 가지고 있는 마모 스트레스가 발생하지 않기 때문이다. 하지만 소프트웨어는 개발자가 수정 또는 디버깅을 할 경우 추가적인 오류가 발생할 수 있는 특징을 가지고 있다.

하드웨어의 신뢰도를 평가하기 위해서는 먼저 구성요소에 의한 시스템의 구조적 모델을 작성한다. 구성요소는 전기적, 기계적 소자와 집적회로, 어셈블리로 분류한다. 각각의 구성요소별 고장률은 환경조건을 감안하여 계산한 후, 고조적 모델에 대응시키는데 이것이 신뢰도 모델이다. 소프트웨어의 경우에서도 마찬가지로 방법론이 존재한다. 매크로 모델은 구조적 모델에 마이크로 모델은 구성 요소적 성격으로 대응시킨다는 개념이다. 다만, 하드웨어에서는 구성요소별 정의가 잘 되어 있으나 소프트웨어에서는 아직 그렇지 못하다는

차이점이다. 소프트웨어 신뢰도 평가에서는 데이터의 분석 기법이 추가적으로 개발될 필요성이 있다.

하드웨어의 신뢰성은 완벽한 제품을 대상으로 그의 시간적 특성변화와 고장발생, 수명기간 등을 분석하고 평가하게 되나, 소프트웨어 신뢰성은 처음부터 불완전한 제품에서 출발하므로 평가방법은 달라진다. 소프트웨어 신뢰도는 임의기간 중 에러없이 동작하게 될 확률로 논하는 것이다.

### 3. 소프트웨어 신뢰도 모델

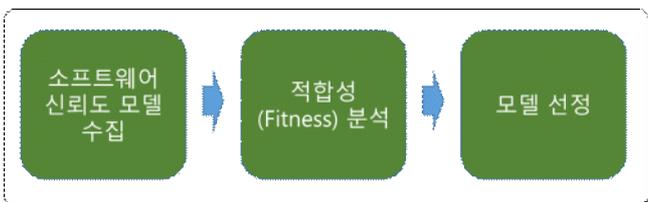
소프트웨어 신뢰도란 주어진 기간 동안 주어진 조건 및 환경에서 소프트웨어 또는 시스템이 고장 없이 가동할 확률을 말한다. 하지만 소프트웨어 개발 과정에서 결함이 생기는 것은 어쩔 수 없는 현상이며 모든 결함을 제거한다는 것은 힘든 상황이다. 따라서 개발자들은 소프트웨어와 관련된 신뢰도 척도들을 추정하게 되고, 시험 동안 고장이 발생하는 현상을 수리적으로 표현한 것을 통계적 모형이라고 한다. 또한, 상기 소프트웨어 신뢰도 척도들을 평가하기 위한 통계적 모형을 소프트웨어 신뢰도 모델(Software Reliability Model)이라고 한다.

어떤 소프트웨어 시스템을 완성할 때에는 일정한 과정을 거친다. 그리고 그 과정에 따른 소프트웨어 신뢰도 평가 방법이 있다. 소프트웨어 신뢰도 평가 방법에는 크게 두가지로 나뉜다. 첫 번째로 신뢰도 예측(Early Prediction) 방법은 초기 결함 밀도를 예측하고 테스트 방향을 결정한다. 두 번째로 신뢰도 추정(Late Estimation) 방법은 남은 고장 및 고장 간 시간 추정을 하고 테스트 종료 시점을 결정한다.



[그림 1] 개발단계에서의 신뢰도 예측과 추정

또한, 적절한 신뢰도 평가 방법을 찾기 위해 소프트웨어 신뢰도 모델을 수집하고 그 모델의 적합성을 분석하는 과정을 거친 다음에 모델을 선정하는 프로세스를 거친다.



[그림 2] 모델 선정 프로세스

### 4. 유도무기체계 소프트웨어 신뢰도 모델 고찰

해외에서는 소프트웨어 신뢰도 분석 모델에 대한 연구가 활발히 진행되었으나 국내에서는 아직까지 미비한 상태이다. 소프트웨어 신뢰도 분석 모델에 있어 가장 많이 이용되는 있는 예를 아래 표와 같이 제시하였다.

[표 1] 산출기법에 따른 소프트웨어 신뢰도 분석 모델

구분	모델
예측방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>● RL-TR-92-52</li> <li>● MUSA Execution Time Model</li> </ul>
추정방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Goel-Okumoto NHP (Nonhomogeneous Poisson Process)</li> <li>● Yamada delayed S-Shaped SRGM</li> <li>● Ohab inflexion S-Shaped SRGM</li> <li>● Jelinski &amp; Moranda Model(1972)</li> <li>● Schneidewind Model</li> <li>● RL-TR-92-15</li> </ul>

소프트웨어 산출 기법은 예측 모델과 추정 모델로 구분할 수 있는데 예측 모델은 경험 데이터를 바탕으로 수학적인 계산법을 적용하는 것이고 추정 모델은 시험 또는 결과를 이용하여 Sample Data Collection 방법으로 신뢰도를 추정하는 것이다. 이중 예측방법과 추정방법에서 각각 한 모델씩 선정하여 유도무기체계에 적합한 신뢰도 분석 모델을 제안하였다.

#### 4.1. 유도무기체계 신뢰도 예측방안

소프트웨어 신뢰도 예측 방법에 적용 가능한 다양한 소프트웨어 신뢰도 예측 모델이 있으나 본 논문에서는 유도무기 개발 단계별 척도를 반영하는 RL-TR-92-52 모델을 활용한 예측 방법을 제시하고자 한다.

[표 2] RL-TR-92-52

구분	모델	
시스템 분석단계	A	시스템 유형
	D	시스템 개발 환경
단계 결합 밀도 : $A \times D$		
요구사항 분석/설계 단계	SA	예외 처리 관리
	ST	추적성
	SQ	품질 검토
단계 결합 밀도 : $SA \times ST \times SQ$		
구현/유닛 테스트 단계	SL	구현 언어 유형
	SX	복잡도
	SM	모듈성
	SR	표준검토
단계 결합 밀도 : $SL \times SX \times SM \times SR$		
신뢰도 예측	신뢰도 예측 최종 결합밀도 = $(A \times D) \times (SA \times ST \times SQ) \times (SL \times SX \times SM \times SR)$	

RL-TR-92-52은 유도무기 개발과정 중 소스코딩이 완료되지 않은 시점에서 예측결함밀도를 산출하는데 활용된다. 또한 모델에서 개발단계 별로 3단계로 나뉘어서 분석하며 시스템 분석단계, 요구사항 분석/설계단계/구현 유닛테스트 단계로 각 단계의 항목마다 체크리스트가 제공된다.

## 참고문헌

각 단계의 항목들의 결합 예측 가중치를 곱하여 단계별로 결합 밀도를 산출할 수 있으며 각 단계에서 산출된 결합밀도를 곱하여 신뢰도 예측 최종 결합밀도를 산출할 수 있다. 이 값은 추후 SW 신뢰도 추정 모델인 RL-TR-92-15 모델 팩터 값에 활용된다.

## 4.2. 유도무기체계 신뢰도 추정방안

소프트웨어 신뢰도 추정 또한 적용 가능한 다양한 소프트웨어 신뢰도 추정 모델이 있으나 본 논문에서는 유도무기 개발단계에 적용할 수 있고 고장률과 MTBF를 산출할 수 있는 217PLUS 모델과 RL-TR-92-15 모델을 활용해볼 수 있다.

RL-TR-92-15 모델은 소프트웨어 예측 모델인 RL-TR-92-52에서 구한 예측 결합밀도를 초기 결합밀도로 활용 가능하다. 그리고 다른 각각의 팩터들의 값은 개발환경 및 소스코드에 대한 기본정보 CHECKLIST 획득을 통해 획득 가능하다. 217PLUS 모델 또한 각각의 팩터들의 값은 개발환경 및 소스코드에 대한 기본정보 CHECKLIST 획득을 통해 가능하다. 217PLUS 모델과 차이점은 개발 하드웨어에 영향을 받으며 개발기간 및 안정화 기간 등에 영향을 받지 않는다는 점이다.

## 5. 결론

일회성 사용(One-shot) 목적으로 개발되어 사용되는 유도 무기체계에 대해서 소프트웨어의 역할은 더욱더 중요하다. 특히, 단 한 번의 실행으로 모든 임무가 결정되는 유도무기체계에서 SW 중요성에 따라 개발 간 수행되는 소프트웨어 신뢰도도 중요한 상황이다.

최근 국내외로 RL-TR-92-52 모델을 통한 소프트웨어 신뢰도 예측이 무기체계에 적용하는 연구가 서서히 진행되고 있고, 217PLUS MODEL 및 RL-TR-92-15 또한 무기체계 개발 사업에 활용되고 있는 추세이다.

본 논문에서는 소프트웨어 신뢰도 예측/추정방법을 유도무기체계에 적용하는 방안을 제시해보았다. 다만, 제안된 소프트웨어 신뢰도 예측/추정방안에 대해 구체적인 사례 적용이 제한되어 아쉬운 점으로 남아 있다. 향후, 유도무기개발 단계에서 보다 정확한 팩터들을 수집하고, 본 제안에 대응해본다면 실질적인 유도무기체계 소프트웨어 신뢰도 예측/추정이 가능하고, 그에 따른 교훈과 제한점도 확인이 가능할 것으로 판단된다.

- [1] MIL-HDBK-338B, Military Handbook Electronic Reliability Design Handbook, DOD, 9-1p, 9-32p, 9-43-44p
- [2] Handbook of 217Plus Reliability Prediction Models, RIAC, 64p, 142p
- [3] Reliability Toolkit : Commercial Practices Edition, RIAC, 195p
- [4] Rome Laboratory, RL-TR-92-52 VoL-1, "Software Reliability and Test Integration", 1992년
- [5] Rome Laboratory, RL-TR-92-52 VoL-2, "Software Reliability and Guidebook for Software Reliability Measurement and Testing", 1992년
- [6] Rome Laboratory, RL-TR-92-15, "RELIABILITY TECHNIQUES FOR COMBINED HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEMS", 1992년
- [7] 김기창, "국방 무기체계의 소프트웨어 신뢰도 향상을 위한 신뢰도 모델 적용 사례", 정보과학회 논문지 pp. 405-418, 2011년
- [8] 서무경, 최효준, "217 Plus 모델 및 Musa 모델을 적용한 소프트웨어 신뢰도 예측 및 추정 사례연구", 한국신뢰성학회 2016 춘계학술대회, pp. 272-279, 2016년
- [9] 이성경, "신뢰성 공학의 발전사적 고찰", 전자통신동향분석 1권 2호, pp. 83-90, 1986년