

수중무기 체계의 정비 시간 예측

신주환* · 김상부** · 윤원영***

On the Maintenance Time Prediction of an Underwater Military System

Shin-Ju Hwan · Sang-Boo Kim · Won-Young Yun

(Abstract)

The maintainability prediction of an underwater military system is considered. A general and practical prediction method for maintainability using MIL-HDBK-472 is presented. We develop a computer program to predict MTTR of an underwater military system. A case study is made to explain the proposed maintainability prediction method.

1. 서 론

오늘날 무기체계의 전투 수행능력 평가에 있어서 가장 중요한 요소는 무기체계의 살상 능력(Kill Probability)과 가용성(Availability)이라고 할 수 있다. 이러한 무기체계의 살상 능력은 신뢰도와 직결되어 있으며, 가용성은 정비성과 연결되어 임무 수행 시의 동원 가능한 전투력을 의미한다. 따라서 신뢰성, 가용성, 정비성(Reliability, Availability, Maintainability; RAM)은 무기체계의 개발 및 운용에 있어서 가장 중요한 평가 요소가 된다[3].

신뢰성, 가용성, 정비성은 장비 운용자, 개발자, 정비 유지요원에게 요구되는 장비의 품질, 설계 기술, 생산 공정, 품질 관리 등 임무 수행상의 운용 측면과 설계 및 공정 수행상의 공학적 측면을 포함한다. 장비 운용 유지 요원에게는 인력 소요, 수리 부족, 지원 책임의 한계 설정, 지원 장비 등의 군수 지원 요소를 결정하는데 영향을 미치며[4,7], 장비 개발자 및 군수 공학자에게는 RAM 파라메타(Parameter)를 산출하여 개발 장비에 반영하여 군수 지원 측면에서의 비용을 감소 시킬 수 있도록 한다.

무기체계 설계 특성인 신뢰성, 가용성, 정비성 파라메타는 무기체계 개발 과정 중에는 정확한 추정이 매우 어려우나 효율적 운영 계획을 위해 반드시 필요한 지수들이다. 따라서 개발 단계에 있는 무기체계가 얼마나 자주 고장 날 것인가, 고장이 났을 때 정비하는 시간이 얼마나 소요되는가를 개발 초기 단계부터 설계 과정의 일부가 되어 분석을 통하여 구체화시켜야 한다. 막대한 예산을 투입하여 개발한 무기체계가 고장 빈도가 높고, 정비하는데 소요되는 시간이 과도하게 걸리면 무기체계는 정비 시설에서 대부분의 시간을 낭비하여 군 전투 준비 태세(Readiness)에 막대한 지장을 초래할 수 있으므로 이런 사항을 미연에 방지하기 위해서는 개발 과정별로 RAM 분석을 철저히 수행하여야 한다[1,2].

본 논문에서는 무기체계 설계 특성의 하나인 시스템의 정비 시간 예측에 관한 연구로서 이러한 정비 시간 예측 결과는 체계 개발 과정 중에 정비 용이성, 신속성, 경제성 등의 설계 검토(Design Review)를 통해서 무기체계 설계에 반영되도록 하여야 한다.

본 논문의 구성은 제2절에서 정비성 예측의 중요성, 제3절에서는 정비성 예측 방법 고찰, 제4절에서는 분석 대상 무기

* 국방과학연구소(Agency for Defense Development)

** 창원대학교 산업공학과(Dept. of Industrial Engineering, Changwon National University)

*** 부산대학교 산업공학과, 기계기술연구소(Dept. of Industrial Engineering, Pusan National University)

체계에 대한 정비성 분석 및 절차, 정비성 예측에 사용된 프로그램 소개, 정비성 예측 결과를 제시하였으며, 제5절에서는 결론 및 추후 연구 방향에 대해 다룬다

2. 정비성 예측의 중요성

무기체계가 고장이 나서 정비 상태에 있을 때 얼마나 고장 난 상태로 있을 것인가를 예측하는 것은 장비 운용자에게는 매우 중요한 요소이지만 정비 시간을 정확히 예측 한다는 것은 상당히 어렵다. 왜냐하면 신규 무기체계의 정비성에 대한 기초 자료 부재 및 유사 무기체계의 운용 자료에 대한 수집 체계가 미흡할 뿐만 아니라 신규 무기체계를 개발할 경우에는 몇 단계의 설계 과정을 거치면서 성능 위주의 시제 장비 개발이 이루어 지므로 무기체계가 야전에 배치된 후 운용 유지 측면이 상당히 소홀하게 취급되어 왔기 때문이다. 그리고 시제 장비 개발 완료 단계에서 수행하는 지원성 시험 평가에서 정비 용이성 저하 및 과도한 정비 시간 등 문제점이 지적된다면 설계 개선에 따른 설계 변경 비용 상승 및 개발기간 지연을 초래한다. 따라서 이러한 사항을 미연에 방지하기 위해서는 개발 초기 단계부터 무기체계에 대한 정비성 분석 및 예측이 무엇보다 중요하다.

정비성 예측의 가장 중요한 이점은 정비성 예측이 설계자들로 하여금 무기체계의 개선과 수정, 설계 보완이 필요한 부분, 즉 정비성이 나쁜 부분을 알게 해준다는 것이다. 이러한 과정을 거치면서 무기체계의 정비성은 향상된다[5,6]. 또 다른 장점으로는 정비성 예측을 통하여 시스템 운용자가 사용 초기에 예측 고장 시간, 품질, 정비 소요 인원, 지원 장비 소요 등이 적절한지를 알 수 있다는 점이다. 궁극적으로 정비성 분석 및 예측의 목적은 무기체계의 타당성 평가(Feasibility Evaluations), 경쟁 되는 설계 대안간의 비교, 잠재하는 정비성의 문제점 확인, 유지 보수 및 군수 지원 정책(Logistic Support Strategies)의 수립, 제품의 수명 주기 비용(Life Cycle Cost) 분석 등의 활동에 중요한 자료가 된다. 따라서 개발단계에 있는 무기체계는 정비성 분석 및 예측이 설계 과정의 일부가 되어 공학적 요소와 정비성 요소를 상호 관련시켜 정비성이 무기체계의 설계에 반영될 수 있도록 하여야만 한다

3. 정비성 예측 방법 소개

MIL-HDBK-472[8,9]는 미 국방성에서 프로젝트 매니저와 설

계 엔지니어에게 정비성 예측 절차를 익히게 할 목적으로 개발한 것이다. 1966년에 만들어진 MIL-HDBK-472에는 Procedure I, II, III, IV 등 모두 4개의 예측 방법이 소개 되어 있으며 1984년 추가된 Procedure V를 포함하여 모두 5 가지의 예측 방법을 제시하고 있다.

MIL-HDBK-472에서 사용하는 기본 가정 및 해석은 다음과 같다. 우선, 각각의 정비성 예측 절차 (Procedure I ~ V)는 유사한 운용 및 사용 조건하에서 얻어진 신뢰성 자료나 정비성 자료, 경험 등을 이용하여 정비성 예측 절차를 수행한다. 또한 "전이의 원리" (Principle of Transferability : 하나의 시스템으로부터 구한 정비성 관련 자료는 그 시스템과 유사한 시스템의 정비성을 예측할 때도 사용할 수 있다는 원리)를 적용하여 정비성 예측을 할 수 있다.

MIL-HDBK-472에 나와 있는 각 정비성 예측 절차는 (1) 특정한 조립체의 부품 고장률 (Failure Rate) 과 (2) 정비 수준 (Maintenance Level)에 따른 요구 수리 시간의 두 가지 파라메타가 필요하다. 일반적으로 고장률은 단위 시간당 고장 회수로 나타내는데 보통 "10⁶ 시간당 고장 수"로 사용한다. 이는 설계 시에 사용되는 부품들의 상대적인 고장 빈도수를 예측할 수 있게 한다. 수리 시간은 과거의 경험이나, 수리 작업의 모의 실험, 유사한 상황에서의 과거 자료 등을 사용하여 구한다. 대부분의 예측 절차는 '정비 행위'를 각각의 기본 정비 작업 요소로 구분하여 요소 작업의 수행 시간을 구하고 이를 모두 합하여 정비 행위 시간을 예측한다. 시스템의 고장이 발생하였을 때 고장에 따른 수리 시간의 분포가 정규분포라면 정비성을 나타내는 장비 수리 시간 (Equipment Repair Time)은 MTTR 과 같아지게 된다. (ERT 이 분포의 중앙값으로 정의되기 때문이다.)

따라서 $ERT = \frac{\sum \lambda R_p}{\sum \lambda}$ 가 된다.

단, λ 는 백만 시간 당 평균 부품 고장률이고 R_p 는 고장 정비를 하는데 드는 수리 시간 (단위 : hr) 이다. 고장 유형에 따른 수리 시간의 분포에 따라 ERT의 형태가 변하는 만큼 수리 시간의 분포에 대한 검증이 필요하다. 수리 시간의 분포 형태는 주로 정규분포, 지수 분포, 대수 정규분포 등이 많으므로 이 분포들에 대한 적합도 검정을 실시해 보아야 할 것이다.

적절한 정비는 인원, 자재, 경비 등을 줄이므로 커다란 경제적인 이익을 가져올 수 있으며, 이러한 정비를 통한 이익은 정비성 예측이 뒷받침 될 때 이루어질 수 있다. 따라서 정비성 예측은 관리자나 엔지니어 모두에게 유용한 도구이며 이로 인

해 시스템의 효율을 제고할 수 있고 관리비용이나 정비 비용을 줄일 수 있다.

아래의 <표 1> 은 MIL-HDBK-472 의 정비성 예측 절차 I ~ IV 에 대한 비교표이다.

<표 1> MIL-HDBK-472 의 정비성 예측 절차

구분	절차 I	절차 II	절차 III	절차 IV
획득 단계	설계 개념 설정 후	최종 설계 단계	초도 생산 단계	설계 및 개발 기간
적용 단계	항공기 장비의 모듈 교환 수 준 정비	합정 전자 장비	항공 장비의 평균/최대 정비 시간 예측	평균/총 정비시간 예측
기본 요소	정비/수리 시간, 체계 고장 시간 분포	기하대수 평균 시간, 연간 인시, 평균 정비 활동/준비 시간	평균 최대 정비 시간, 평균 고장 시간	평균 정비 시간, 운용 중 총 정비시간
필요한 자료	고장률/고장 위치 부품 관련 정보, 평균 임무 수행 시간, 정비 일정 계획	진단 절차, 수리 방법, 부품 목록, 운용 부하, 설치 방법, 조정/검사 소요, 고장 정비 실제 소요 시간	구조도, 기본 구성도, 운용 기능, 지원 장비, 환경	기능 선도, 구성도, 전면판 구성도, 고장률, 부품 목록

<표2> 정비 계단별 정비 지원 체계 및 정비 방침

구분	부대 정비	야전 정비	창 정비
정비 부대	○ 합	○ 병기탄약창	○ 국내/외 제작업체
정비 업무	○ 운용요원에 의해 수행되는 정비 - 주장비의 GO-NO 시험 - 육안 검사 - 장비 세척	○ 탑재 전 정비 - 주장비 성능 점검 - 구성품 성능 점검 - 전문 기술병에 의한 수리부속품 교환 및 수리 · 구성품 수리 및 교체 · 조립체 수리 및 교체 · 모듈 수리 및 교체 · 장비 교정 · 시한성 소모품 교체	○ 주장비 완전 분해 수리 ○ 시험 장비 교정 ○ 회로 기판 수리 ○ 야전 정비 지원
		○ 탑재 후 정비 ○ 발사 후 정비 ○ 예방 정비 ○ 부대 정비 지원	

<표3> 수중 무기 체계 정비 개념

단계	정비 수행 업무	정비 계단		
		부대	야전	창
1	○ 주장비 발사 가능 여부(GO-NO TEST)	●		
2	○ 시스템 정비 장비를 이용한 주장비 성능 점검		●	
3	○ 주장비 고장 발생시 고장 부위 식별 및 제거		●	
4	○ 주장비에서 고장난 고장난 구성품 제거 및 교체		●	
5	○ 주장비 성능 재시험(고장 발생시 단계 3부터 반복)		●	
6	○ 구성품 정비 장비를 이용한 고장난 구성품 고장 위치 확인		●	
7	○ 고장난 구성품에서 유니트 분해		●	
8	○ 고장난 모듈 제거 및 교체		●	
9	○ 구성품 재시험(고장시 단계 6부터 반복)		●	
10	○ 모듈의 고장 위치 확인			●
11	○ 부품 제거 및 교체			●
12	○ 모듈 시험			●

4. 수중 무기 체계의 정비성 분석

4.1 수중 무기 체계의 정비 개념 분석

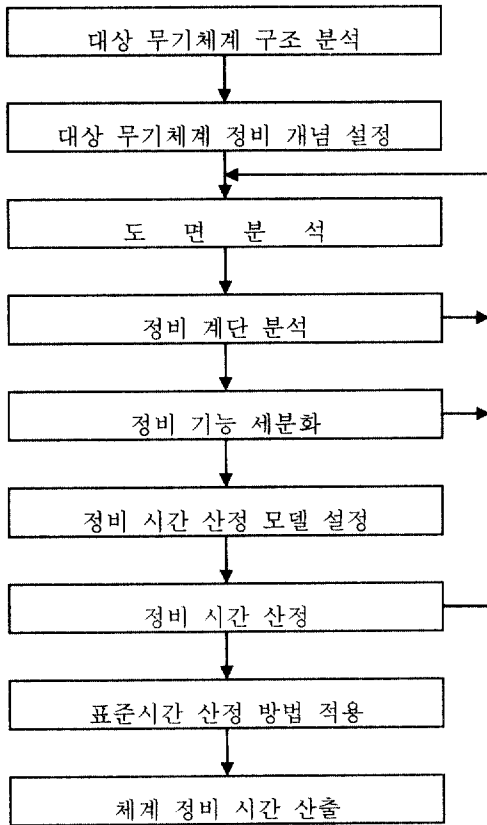
수중 무기 체계의 정비 지원은 소요 군의 임무 및 운용 개념을 근본으로 하여 정비 목표, 정비 원칙, 정비 지원 체계, 정비 기능 등을 설정하여 과학적 분석 방법을 통하여 소요를 산출하여야 한다.

수중 무기 체계의 정비 계단은 3계단 정비로 부대 정비, 야전 정비, 창 정비를 구분하였으며 정비 계단별 정비 지원 체계 및 정비 방침은 <표 2>와 같다. 그리고 수중 무기 체계의 정비 개념을 설정 할 때 고려하여야 할 사항으로는 배치 대수와 현 해군의 정비 방침 및 정비 요원의 기술 수준, 정비 단계별 주요 기능 및 체계 운용 부대의 작전 개념에 따른 정비 허용 시간 등을 포함하여 정비 개념을 설정하여야 한다. 이런 사항을 고려하여 수중 무기 체계의 정비 개념은 <표 3>와 같다.

4.2 수중 무기 체계의 정비성 분석 절차

개발 과정에 있는 무기체계의 정비성 분석을 효과적으로 수행하기 위해서는 체계적인 분석 절차가 필요하다. 그러나 기존의 분석 절차는 아직까지 정립되어 있지 않은 상태이며 개

발자의 경험에 의존하여 업무 수행이 이루어지고 있다. 따라서 수중 무기 체계의 정비성 분석을 효과적으로 수행하기 위해서는 우선 정비성 분석 절차에 대한 체계적인 정립이 선행되어야 한다는 인식하에 수중 무기 체계의 정비성 분석 절차를 <그림 1>과 같이 수립하였다. 이런 분석 절차는 어떤 종류의 시스템이나 제품에도 적용될 것으로 판단된다. 예를 들면 대형 시스템이나 소형 시스템, 상업용이나 군사용, 제조 시스템, 통신 시스템, 물류 시스템 등에도 적용할 수 있다.



(그림 1) 수중 무기 체계 정비성 분석 절차

수중 무기 체계의 정비성 분석 절차에 대한 내용을 좀 더 상세하게 설명하면 다음과 같다

[단계1] 대상 무기체계 구조 분석

대상 무기체계의 물리적 구조는 조립 및 분해 순서에 따라 최말단 부품까지 시스템에 대한 구조분석

을 수행한다. 이러한 분석은 계층 구조 분석(H/W Family Tree) 및 총 부품 목록(GBL ; General Break Down List) 분석으로 수행한다.

[단계2] 대상 무기체계 정비 개념 설정

시스템에 대한 구조분석이 완료되면, 분석된 자료를 토대로 유사 무기체계와의 비교 분석 및 장비 개발자와의 협의를 통해 대상 무기체계에 대한 정비 개념을 설정한다. 설정된 정비 개념에는 무기체계 및 구성 품목에 대한 정비 범주 및 정비 내용에 대해 정의한다.

[단계3] 도면 분석

시스템 개발은 예비 설계 검토(Preliminary Design Review ; PDR), 상세 설계 검토(Critical Design Review ; CDR), 최종 설계 검토(Final Design Review ; FDR) 등 여러 단계의 설계 검토를 통하여 시제를 개발한다. 이러한 설계 검토 과정 중에 시스템을 개발과 관련하여 생성된 도면을 분석함으로써 개발 무기체계의 정비 용이성, 정비 업무 시 과도한 정비 시간 소요가 예상되는 부위 등을 정성적으로 검토하여 설계 변경 사항을 도출하여 무기체계의 정비성 향상을 위한 노력을 수행한다.

[단계4] 정비 계단 분석

이 단계에서는 시스템 구조 분석, 정비 개념, 도면 분석 등의 결과를 토대로 무기체계를 구성하고 있는 하부 시스템, 구성품, 모듈, 단일 부품 등이 어느 정비 계단에서 정비를 수행하여야 할 것인가에 대한 분석을 수행한다. 이 과정에서 고려하여야 할 사항은 분석 대상 무기체계의 정비 개념에 부합하는지, 정비 요원이 해당 정비 계단에서 정비업무를 수행하는데 기술적으로 가능한지를 파악하여야 한다.

[단계5] 정비 기능 세분화

체계에 대한 정비는 여러 정비 기능들의 조합으로 이루어진다. 따라서 정비 수행시 필요한 요소 작업(위치 확인, 격리, 제거, 설치, 시험 등)을 세분화하여 이들 작업에 대한 시간을 합성하여 정비 시간을 산출할 수 있도록 하여야 한다.

[단계6] 정비 시간 산정 모델 설정

무기체계의 경우 MIL-HDBK-472의 절차를 그 특성에 맞추어 선택한다. 수중 무기 체계의 경우는 미군사 규격서인 MIL-HDBK-472 절차 II를 적용하였

다.

[단계7] 정비 시간 측정

시제 개발이 완료 되지 않으면 정비 시간을 정확하게 측정하기는 어렵다. 하지만 개발이 진척됨에 따라 가용 자료를 최대한 활용하여 정비 시간을 계속적으로 보완 하여야 한다. 그러한 방법으로는 정비 시간에 대한 개발 경험자의 추정 시간을 활용하는 방법, 시제 개발된 장비 조립 시 비디오 촬영에 의한 정비 시간 측정법, 실제 정비 시간 측정 등으로 해당 무기체계의 정비 시간을 측정한다. 이러한 과정을 거치면서 과도한 정비 시간이 소요되는 부분에 대한 설계 개선이 이루어 질 수 있다.

[단계8] 표준시간 산정 방법 적용

전 단계에서 측정한 정비 시간은 실제 정비 수행 시 소요되는 시간으로 정비 요원에 대한 여유 시간은 무시한 것이다. 작업 관리에서 이러한 여유율을 고려하여 표준시간을 산정 하는 것처럼 정비 시간 산정에도 이러한 개념을 적용하여야 한다. 다만 수중 무기체계의 경우, 체계의 특성상 일단 수중 무기가 함에 탑재되면 시스템의 고장이 발생하더라도 고장난 수중 무기를 정비를 위해 다시 정비 장소로 이동시키는 것이 거의 불가능하다. 또한 정비 행위가 대부분 수중 무기가 창에 보관되어 있는 상태에서 이루어지기 때문에 입,출고시 행정처리시간, 정비 장소로 이동시간, 수리 후 임무 재투입까지 소요시간 등이 다른 무기 체계의 경우와 달리 큰 비중을 차지하지 못한다.

[단계9] 체계 정비 시간 산출

단계1에서 8을 거치면서 분석 대상 무기체계에 대한 정비 시간이 산출된다.

4.3 수중 무기 체계의 정비성 예측 방법

수중 무기 체계의 정비성 예측에는 MIL-HDBK-472 의 절차 II 를 이용하는 것이 타당하다고 판단된다. <표 1>에서 본 바와 같이 절차 II 는 함정의 전자 장비 뿐만 아니라 이와 유사한 다른 체계에서도 일반적으로 사용할 수 있기 때문이다. MIL-HDBK-472 의 절차 II 에는 두 가지 예측 방법이 제시되어 있다. 첫 번째 PART A 라 불리는 방법은 주로 과거의 경험으로부터 얻은 각 정비 업무에 대한 수리 시간을 이용하여

정비성을 예측하며, PART B 는 과거 경험이나 장비에 대한 설계 분석을 통하여 인시(Man-Hour)를 측정하여 사용하는 방법이다. MIL-HDBK-472 에서 제시한 정비 업무 시간 기준표는 미 해군에서 실제로 관측한 300 개가 넘는 정비 시간을 바탕으로 만든 것이다. 따라서 임의의 체계에 적용할 때 정확한 예측값을 기대하기는 어렵다. 다만, 정비 작업의 각 요소 작업은 체계가 변하더라도 거의 비슷하다는 점에서 사용할 수 있을 것이다. 따라서 수중 무기 체계의 정비성 예측을 위한 기초 데이터를 구하는 문제가 가장 먼저 해결되어야 한다고 사료된다.

MIL-HDBK-472 의 정비성 예측 방법을 적용하기 위해서는 시스템이나 장비의 상세한 기능적 분해를 하여야 한다. 기능적 분해 (Functional Breakdown) 는 장비의 설계 특성과 부품의 고장률을 기반으로 하여 정비 작업이 수행되는 기능적/물리적 수준을 정하는데 도움을 준다. 이 예측 방법의 기본적인 이론적 바탕은 전체 정비 작업의 소요 시간은 각 정비 요소 작업 소요 시간의 합이라는 것이다. 이 절차에서 고려하는 요소 작업은 고장 부위 확인 (Localization), 고장 배제 (Isolation), 분해 (Disassembly), 교환 (Interchange), 재조립 (Reassembly), 조정 (Alignment), 검사 (Checkout) 의 7 가지이다. 또한 전체 정비에 드는 시간은 시스템의 기능적 구조에 있어 수준에 따라 달라진다는 가정을 하고 있다. 즉, 하부 조립체에서의 수리 시간보다 한 단계 위에 있는 조립체에서의 수리 시간이 더 많이 걸릴 가능성이 높다는 것이다.

정비성 예측의 지표로는 사후 정비 (Corrective Maintenance) PART A 의 경우 앞서 언급한 ERT 를 사용하며 각 분포에 따라 다음과 같이 변하게 된다.

- 정규분포의 경우

$$ERT = \frac{\sum \lambda R_p}{\sum \lambda} = MTTR(\text{Meantime to Repair})$$

- 지수 분포의 경우

$$ERT = 0.69MTTR$$

- 대수 정규분포의 경우

$$ERT = \frac{MTTT}{\text{antilog}(1.15\sigma^2)}$$

사후 정비의 PART B 의 경우에는(Mean Corrective Maintenance Time)

$$\overline{M}_c = \frac{\sum(AM_c)}{\sum\lambda}$$

이 된다. 단, M_c 는 고장 정비 업무를 수행하는데 드는 인시 (Man-Hour) 이다.

예방 정비 (Preventive Maintenance) PART B 의 경우는 (Mean Preventive Maintenance Time)

$$\overline{M}_p = \frac{\sum(IM_p)}{\sum f}$$

을 사용한다. 단, f 는 10° 시간마다 발생하는 PM 빈도수이고, M_p 는 예방 정비 업무를 수행하는데 드는 인시이다.

절차 II 는 앞서 언급한 바와 같이 장비의 설계 특성 (기능 적인 시스템 분해) 과 부품의 고장률을 근거로 정비성 예측을 수행한다. 이에 따른 구체적인 정비성 예측 수행 단계는 아래와 같다.

첫째, 시스템의 기능적 / 물리적 체계도를 작성한다. 둘째, 고장 부위 확인, 고장 배제, 접근, 조정, 검사의 절차가 필요한 기능적/물리적 수준을 정한다. 셋째, 정비도 워크시트를 작성한다. 넷째, 각 부품별로 작성된 정비도 워크시트로부터 평균 수리 시간 등 필요한 정비성 관련 지표를 계산한다.

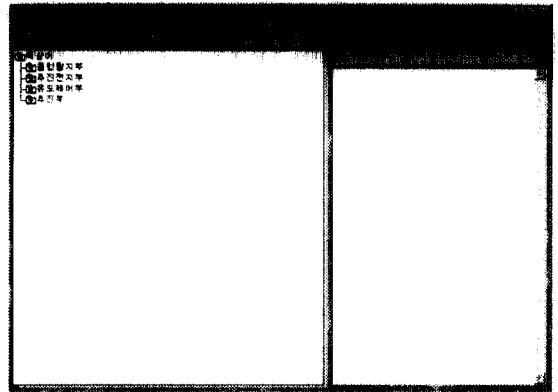
4.4 PC 를 이용한 MTTR 계산

시스템의 구조가 복잡한 경우 전체 시스템의 정비성 예측값을 계산하는데 어려움이 있다. 즉, 각 수준별로 정비성을 예측하고 이를 상위 수준에서의 정비성 예측을 위해 다시 계산할 때 시스템의 복잡 정도에 따라 많은 계산이 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 수중 무기 체계의 수준에 따른 정비성 예측을 손쉽게 할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발하였다. 개발한 프로그램은 Microsoft 사의 Visual FoxPro 3.0 을 이용하여 프로그래밍 하였으며, Windows 95 를 운영 체제로 하는 Personal Computer 에서 사용할 수 있다.

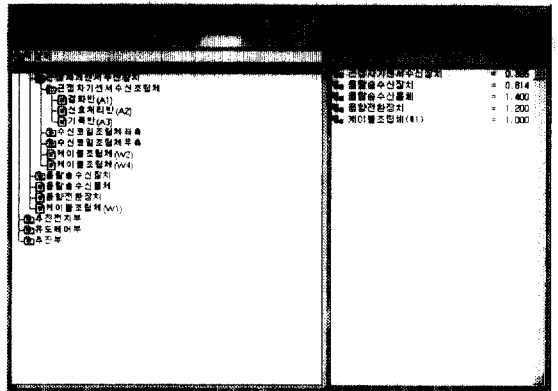
프로그램의 사용법에 대한 간단한 설명은 다음과 같다.

수중 무기 체계의 정비성 예측을 위한 초기 화면은 <그림 2>와 같다. 왼쪽 화면은 시스템의 계층을 나타내며 하위 계층을 보기 위해서는 해당 부분을 두 번 클릭하면 된다. 오른쪽 화면은 상위 시스템과 바로 아래의 하위 시스템 평균 정비 시간(MTTR)을 보여준다(그림 2 참조). 화면 상단에 있는 세계의 아이콘은 (1) 시스템 하부 항목의 추가, (2) 시스템 하부 항목의 삭제, (3) 분석 프로그램 종료를 위한 것이다. 시스템 하

부 항목을 추가하기 위해서는 추가 버튼 아이콘을 클릭한 후 '품목 입력' 박스가 나타나면(그림 2 참조) 여기에 입력하고 ENTER를 누른다. 항목 삭제의 경우는 왼쪽 화면에서 해당 항목으로 커서를 이동한 뒤 삭제 아이콘을 클릭하면 된다.



<그림 2> 초기화면



<그림 3> 음향탐지부의 정비성 분석

정비성 데이터의 입력, 출력 및 수정 방법은 다음과 같다. <그림 3>의 근접자기센서 수신 조립체의 경우 검파반(A1), 신호처리반(A2), 기폭반(A3)의 세가지 모듈로 구성되어 있다. 하위 시스템을 더블 클릭하면 그에 해당되는 데이터 입력 화면이 나타나며(그림 4 참조) 각 모듈의 정보를 입력하기 위해서 화면 상단의 데이터 추가 아이콘(첫번째 아이콘)를 먼저 클릭한다. 각 모듈에 관한 데이터(4. 수량, 5. 고장률, 8-13, 각 요소 정비 업무에 소요되는 시간)를 입력하면 나머지 항목의 값

들이 자동으로 계산되며 근접자기센서 수신 조립체의 MTTR 이 0.40571이 된다.

검파관	1.0	1.40	0.43	0.500	0.580	0.650	0.750	0.700	4.200	0.5000	0.6250	0.5072
신호처리관	1.0	1.50	0.150	0.600	0.600	0.550	0.350	0.750	4.000	0.6000	0.6021	0.3803
	1.0	2.00	0.200	0.400	0.300	1.000	1.000	0.300	4.000	0.8000	0.6021	0.1804
Total									1.3800			0.2979

〈그림 4〉 정비성 데이터 입력 화면

〈그림 5〉는 음탐 송수신 장치의 계층 구조와 각 계층의 MTTR, 그리고 음탐 송수신 장치의 MTTR을 보여준다.

검파관(A1)	0.600
신호처리관(A2)	0.380
신호발송기(A3)	0.380
신호수신기(A4)	0.380
신호처리관(A5)	0.380
신호처리관(A6)	0.380
신호처리관(A7)	0.380
신호처리관(A8)	0.380
신호처리관(A9)	0.380
신호처리관(A10)	0.380
신호처리관(A11)	0.380
신호처리관(A12)	0.380
신호처리관(A13)	0.380
신호처리관(A14)	0.380
신호처리관(A15)	0.380
신호처리관(A16)	0.380
신호처리관(A17)	0.380
신호처리관(A18)	0.380
신호처리관(A19)	0.380
신호처리관(A20)	0.380
신호처리관(A21)	0.380
신호처리관(A22)	0.380
신호처리관(A23)	0.380
신호처리관(A24)	0.380
신호처리관(A25)	0.380
신호처리관(A26)	0.380
신호처리관(A27)	0.380
신호처리관(A28)	0.380
신호처리관(A29)	0.380
신호처리관(A30)	0.380
신호처리관(A31)	0.380
신호처리관(A32)	0.380
신호처리관(A33)	0.380
신호처리관(A34)	0.380
신호처리관(A35)	0.380
신호처리관(A36)	0.380
신호처리관(A37)	0.380
신호처리관(A38)	0.380
신호처리관(A39)	0.380
신호처리관(A40)	0.380
신호처리관(A41)	0.380
신호처리관(A42)	0.380
신호처리관(A43)	0.380
신호처리관(A44)	0.380
신호처리관(A45)	0.380
신호처리관(A46)	0.380
신호처리관(A47)	0.380
신호처리관(A48)	0.380
신호처리관(A49)	0.380
신호처리관(A50)	0.380
신호처리관(A51)	0.380
신호처리관(A52)	0.380
신호처리관(A53)	0.380
신호처리관(A54)	0.380
신호처리관(A55)	0.380
신호처리관(A56)	0.380
신호처리관(A57)	0.380
신호처리관(A58)	0.380
신호처리관(A59)	0.380
신호처리관(A60)	0.380
신호처리관(A61)	0.380
신호처리관(A62)	0.380
신호처리관(A63)	0.380
신호처리관(A64)	0.380
신호처리관(A65)	0.380
신호처리관(A66)	0.380
신호처리관(A67)	0.380
신호처리관(A68)	0.380
신호처리관(A69)	0.380
신호처리관(A70)	0.380
신호처리관(A71)	0.380
신호처리관(A72)	0.380
신호처리관(A73)	0.380
신호처리관(A74)	0.380
신호처리관(A75)	0.380
신호처리관(A76)	0.380
신호처리관(A77)	0.380
신호처리관(A78)	0.380
신호처리관(A79)	0.380
신호처리관(A80)	0.380
신호처리관(A81)	0.380
신호처리관(A82)	0.380
신호처리관(A83)	0.380
신호처리관(A84)	0.380
신호처리관(A85)	0.380
신호처리관(A86)	0.380
신호처리관(A87)	0.380
신호처리관(A88)	0.380
신호처리관(A89)	0.380
신호처리관(A90)	0.380
신호처리관(A91)	0.380
신호처리관(A92)	0.380
신호처리관(A93)	0.380
신호처리관(A94)	0.380
신호처리관(A95)	0.380
신호처리관(A96)	0.380
신호처리관(A97)	0.380
신호처리관(A98)	0.380
신호처리관(A99)	0.380
신호처리관(A100)	0.380

〈그림 5〉 음탐 송수신장치의 MTTR 계산

5. 결 론

본 연구에서는 수중 무기 체계의 정비성을 예측하는데 필요한 제한 절차를 제시하고, 실제로 정비성 예측을 수행한 결과를 보였다. 정비성 예측 방법은 MIL-HDBK-472를 기준으로 하였으며, 이를 적용함에 있어 보다 손쉽게 계산할 수 있도록

개발한 PC용 컴퓨터 프로그램을 이용하였다. 또한 수중 무기 체계를 포함하여 일반적으로 시스템의 정비성을 예측을 하는데 고려해야 할 점을 살펴보면 정비성 예측이 설계와 동시에 도면 분석을 통하여 이루어 질 수 있어야 하며, 설계자의 경험 정보를 정량화하여 이를 정비성 예측 자료로 활용, 예측된 총 정비 시간에 여유 시간을 고려, 초기 설계 단계에서 추정 한 정비성 지표가 시스템 개발의 진행에 따라 단계별로 계속 재추정 되어야 한다.

추후 연구 방향으로 정비성의 예측 결과는 주로 MTTR 등의 대표값을 사용하고 있으나 실제로는 같은 MTTR을 갖는 경우라 하더라도 정비 시간의 산포는 매우 다를 수 있다. 따라서 정비 빈도와 정비 시간에 대한 자료를 이용하여 확률적 모의 실험을 수행하여 분석을 시도하는 것이 필요하리라 사료되며, 다양한 분석과 절차들을 포함하는 정비성 예측 소프트웨어의 개발에 관한 연구도 진행되어야 할 것이다.

【참 고 문 헌】

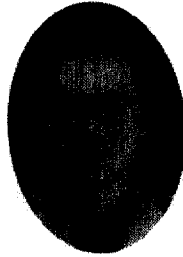
- [1] 신주환, "백상어 체계 종합 군수 지원 개발 사업실용 개발 단계", 국방과학연구소, NWSD-519-960317, 1996.
- [2] 신주환, "백상어 체계 종합 군수 지원 계획서(선행 개발 단계)", 국방과학연구소, NWSD-819-960414, 1996.
- [3] 정민근 외, "무기체계 신뢰성 예측 기법에 관한 연구", 국방과학연구소, OPAM-415-91354, 1991.
- [4] Blanchard, B.S., Logistic Engineering and Management, Prentice Hall, 1992.
- [5] Cunningham, C.E., and Cox, W., Applied Maintainability Engineering, John Wiley & Sons, 1972.
- [6] Geise, J, and Holler, W. W., Maintainability Engineering, U.S. Army, 1965.
- [7] Jones, J. V., Integrated Logistics Support Handbook, McGraw-Hill, 1995.
- [8] MIL-HDBK-472, Military Handbook Maintainability Prediction, Department of Defense, 1966.
- [9] MIL-HDBK-472, Military Handbook Maintainability Prediction Procedure V, Department of Defense, 1984.



신주환
 1988년 경남대학교산업공학과 학사
 1990년 성균관대학교 산업공학석사
 현 재 국방과학연구소 선임연구원
 관심분야 군수공학, 신뢰성/정비성, CALS 및 IETM분야



김상부
 1983년 서울대학교산업공학과 학사
 1985년 한국과학기술원 산업공학석사
 1990년 한국과학기술원 산업공학과박사
 현 재 창원대학교산업공학과 부교수
 관심분야 품질경영, SPC, RAM 분석



윤원영
 1982년 서울대학교산업공학과 학사
 1984년 한국과학기술원 산업공학석사
 1988년 한국과학기술원 산업공학과 박사
 현 재 부산대학교 산업공학과 부교수
 관심분야 정비정책, 제품보증, 시뮬레이션

97년 7월 최초 접수, 97년 10월 최종 수정