

원전 디지털 시스템의 신뢰도 평가도구 개발
Development of Reliability Assessment Tool for Nuclear Digital
I&C System

최종균, 성풍현

한국과학기술원

대전광역시 유성구 구성동 373-1

요약

원자력 발전소에서 사용을 목적으로 하는 디지털 시스템의 신뢰도를 평가하기 위한 소프트웨어 도구가 개발되었다. 개발도구에서 사용되는 하드웨어의 부품들의 신뢰도자료는 미국 국방성에서 제시하고 있는 MIL-HDBK-217F와 상업용으로 널리 쓰이는 Bellcore 에서 제공된 신뢰도 자료를 이용하였으며 또한, 원자력발전소에서 비정상적으로 높은 온도, 습도, 진동과 충격, 연기, 방사선, 전자기파와 같은 것들은 전체 보드에서 더 많은 고장을 일으키도록 하고, 이에 따라 보드 전체의 신뢰도를 하락시킨다. 따라서, 각 부품의 고장율의 계산 외에도 이러한 요인들을 고려하기 위하여 스트레스 분석을 함께 고려할 수 있도록 하였다

Abstract

The software tool for reliability assesment of digital system in nuclear power plants was developed. The hardware reliability model in this tool was based on the MIL-HDBK-217F provided by department of defence in U.S.A and Bellcore databook which is used by many commercial industries. The abnormal stresses such as high temperature, humidity, vibration shock, smoke, radiation and EMI in nuclear power plants can cause the failure of digital system more frequently. Thus, they decrease the reliability of digital system. The algorithm for stress analysis together with calculation of failure rate of hardware devices by data handbook was included in this tool.

1. 서론

근래의 선진 외국의 경우, 원자력발전소 계측제어 분야에 많은 신기술이 도입되고 있다. 특히 디지털화의 추세가 두드러지고 있으며, 디지털화에 수반되는 지능화, 다기능화, 자동화에 관한 연구 적용이 활발하다. 국내의 경우에도 최근에 건설되어 운전을 시작한 발전소의 경우, 디지털 시스템을 도입하고 있다. 또한 건설 후 오랜 세월이 지난 원자력발전소의 경우 기존의 계측제어 장비의 노화 및 부품 품귀 현상으로 인해 새로운 디지털 계측제어 시스템으로 교체하려는 시도도 있다. 그러나, 디지털 시스템의 신뢰성에 대한 많은 논란이 있다. 그 중 하나가 디지털 시스템의 신뢰도를 평가하기 위한 적당한 방법이 존재하고 있지 않다는 것이다. 즉, 아날로그 시스템의 신뢰도를 평가하기 위해 개발되어 있는 기존의 신뢰도 평가방법들은 디지털 시스템의 복잡한 기능 및 고장형태들을 적절하게 고려 할 수 없다는 것이다. 본 연구는 이런 문제점을 극복하고자 하는 초기 연

구로써, 우선 원전에 사용되기 위한 하드웨어의 신뢰도를 적절하게 평가하기 위한 소프트웨어 도구를 개발하는 것이다.

신뢰도 평가에 있어서 가장 기본이 되는 것은 하나의 보드 안에 있는 각 부품이 가지는 고장율을 구하는 것이다. 이러한 고장율 계산에는 MIL-HDBK-217F[1]나 Bellcore[2] 혹은 그 외의 여러 가지 표준(standard)[3]들이 적용이 된다. 이러한 계산에 의해 각각의 부품에 대한 신뢰도가 계산이 되었다면 그 이후에 이들 부품이 가지는 각종 결합구조(예를 들면 직렬, 병렬, n중k구조, 혹은 네트워크 구조 등)를 함께 고려하여 이러한 각각의 결합구조에 따라 그 보드의 신뢰도를 구하게 된다.

RelPredic은 MIL-HDBK-217F와 Bellcore의 자료를 이용하여 각각의 부품이 가지는 고장율을 계산해 주는 소프트웨어이다. 또한 각 부품들이 직렬구조로 연결된 시스템에서는 '한 부품의 고장은 전체 시스템의 고장을 일으킨다'라는 명제가 성립하게 되는데, 이 경우의 시스템의 전체 고장율은 각 부품의 고장율의 합이 된다. RelPredic은 이러한 경우에 대한 시스템의 전체 고장율에 대한 계산을 수행한다. 또한, 원자력발전소에서 비정상적으로 높은 온도, 습도, 진동과 충격, 연기, 방사선, 전자기파와 같은 것들은 전체 보드에서 더 많은 고장을 일으키도록 하고, 이에 따라 보드 전체의 신뢰도를 하락시킨다. 따라서, 각 부품의 고장율의 계산 외에도 이러한 요인들을 고려하기 위하여 스트레스 분석을 함께 고려할 수 있도록 하였다

2. 평가도구의 개발

2.1 RelPredic의 구성

그림 1은 RelPredic의 전체구조를 나타내고 있다. 그림의 가장 왼쪽에 있는 RelPredic의 주화면(Main Window)의 가운데 있는 목록상자(List Box)에 현재 세 부품들이 추가되어 있음을 볼 수 있다. 여기에 추가되어 있는 각각의 부품은 그림의 중간 부분에 놓여있는 부품대화상자(Component Dialog Box)와 일대일로 대응이 된다. 하나의 부품대화상자에는 MIL-HDBK-217F, Bellcore, Customed Data의 세 가지 고장율 계산 방법이 있는데, 각각의 고장율 계산 방법은 그에 해당하는 고장율계산대화상자와 다시 일대일로 대응이 된다. 그림 오른쪽 상단의 MIL-HDBK-217F 고장율계산대화상자와 오른쪽 중간의 Bellcore 고장율계산대화상자는 각각 여러 동적연결라이브러리(Dynamic Linked Library, DLL)을 가지며, 이들을 통해서 한 부품의 고장율을 계산한다

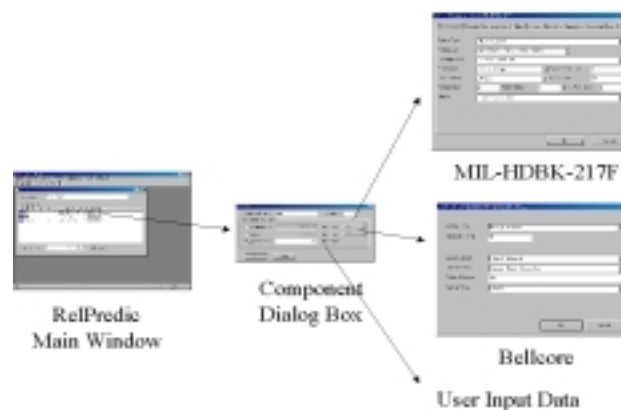


그림 1 RelPredic의 전체 구조

2.2 RelPredic의 세부구조 및 알고리즘

그림 2는 RelPredic에 대한 초기화면을 보여주고 있다. 그림에서 RelPredic은 MDI(Multiple Document Interface)로 작성되어 있으므로, 하나의 프로그램 안에 여러 개의 창을 띄울 수 있음을 볼 수 있다. 하나의 창에는 계산하고자 하는 보드(board)의 이름을 넣는 편집상자(Edit Box)가 있고, 앞으로 추가하게 될 부품들의 목록을 표시할 목록상자(List Box), 그리고 각각의 부품들에 의해 구해진 보드의 고장율을 보여주는 편집상자가 있다.

하나의 부품의 추가하고자 할 때는 “명령” 메뉴에서 “추가”를 선택한다. 그림 3은 부품 추가 창을 보여주고 있다. 이 대화상자에는 부품명을 적을 수 있는 대화상자, 부품의 수량을 적을 수 있는 대화상자, 그리고 고장율을 표시하기 위한 그룹상자(Group Box)가 있다. 고장율계산(Failure Rate Calculation) 그룹상자에는 세 개의 라디오버튼(Radio Button)이 있는데, 이를 통해서 사용자는 고장율 계산을 어떠한 모델을 통해서 할 것인지를 결정할 수 있게 된다. 고장율을 입력할 수 있는 방법은 MIL-HDBK-217F, Bellcore 그리고 사용자가 직접 고장율을 기록할 수 있는 Customed Data의 세 방법이 있다.

부품의 이름과 그 수량을 기록한 후에는 부품의 고장율을 계산하게 되는데, 이때는 우선 MIL-HDBK-217F, Bellcore, Customed Data 이 세가지 라디오버튼 중 하나를 클릭하여 고장율을 계산하고자 하는 방법을 선택한다. 이 후, MIL-HDBK-217F나 Bellcore의 경우는 Properties 버튼을 눌러 각 방법에 따라 고장율을 계산하기 위해 보다 세부적인 정보들을 입력하게 되고, Customed Data의 경우에는 편집상자에 고장율을 직접 입력하게 된다.

각각의 방법에 의해 계산된 부품의 고장율은 라디오버튼 옆에 있는 편집상자에 기록이 된다. 화면에 나타나있는 세 편집상자들 중에서 사용자가 실제로 값을 변경할 수 있는 편집상자는 Customed Data의 편집상자 뿐이며, MIL-HDBK-217F나 Bellcore의 경우는 이러한 수정 작업이 불가능하고, 단지 Properties 버튼을 눌러서 계산된 값을 표시해 주는 창으로서의 역할을 한다.

한 부품의 고장율을 계산하는 방법을 세 가지나 둔 것은 사용자에게 보다 넓은 선택의 폭을 주기 위해서이다. 지금까지 몇몇 신뢰도 관련 소프트웨어를 살펴본 결과 고장율 계산에 있어서 여러 가지 모델을 선택적으로 적용하거나 혹은 부품의 고장율을 직접 입력할 수 있는 방법을 가진 소프트웨어는 그리 흔하지 않았다. 더군다나 여러 가지 모델에 의해 계산된 값들 및 제조사에서 제공하는 부품의 고장율을 한 화면안에서 비교해서 선택할 수 있는 기능을 제공하는 소프트웨어는 매우 찾아보기 어려웠다. 부품의 고장율이라는 값이 언제나 정확한 값이 아닌 근사치를 나타내는 것이고, 또한 계산 방법 자체가 지금까지의 측정된 고장율을 통해서 새로운 부품의 고장율을 추론하는 과정이므로, 언제나 하나의 모델이 적절한 값은 낸다고 할 수는 없다. 이에 따라, 여러 모델에 의해 계산된 값들을 비교하는 과정 및 이러한 값들 중에서 가장 적합하다고 생각되는 값을 선택하는 과정이 필요하다고 생각되어 RelPredic의 구조는 이러한 기능을 포함할 수 있도록 설계되었다.

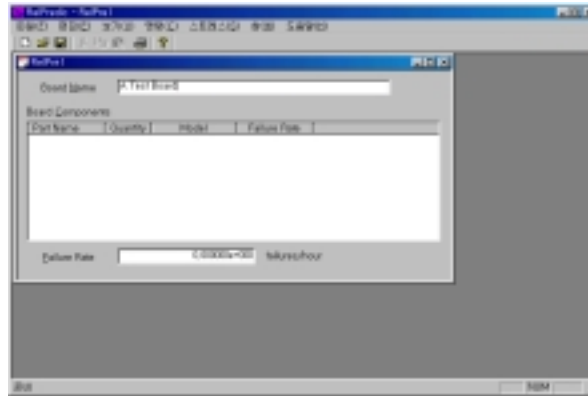


그림 2 RelPredic의 초기 화면

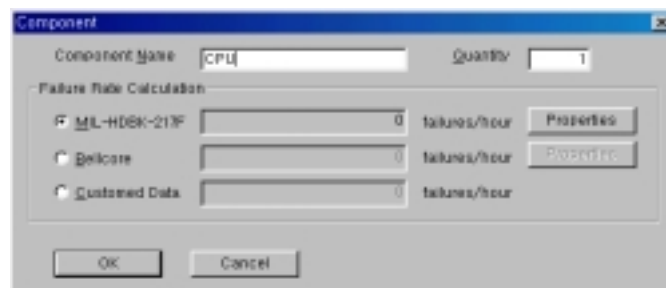


그림 3 부품 추가 대화 상자 초기 화면

2.2 MIL-HDBK-217F에 따른 부품의 고장을 계산

A. 부품의 고장모델

MIL-HDBK-217F에서 제공하고 있는 부품의 고장모델은 크게 두 부분으로 나뉜다. 첫 번째 부분은 "Part Stress Analysis"이고 두 번째 부분은 "Part Count Analysis"이다. Part Stress Analysis 부분은 부품에 대한 자세한 정보를 알고 있을 때 사용하는 방법이고 Part Count Analysis는 부품의 자세한 정보가 없이 대략적으로 부품의 고장율을 계산해 내는 방법이다. 따라서, 이미 제작된 부품의 고장율을 계산하기 위해서는 Part Stress Analysis 방법을 사용하고, 부품의 설계단계에서, 개략적으로 이 부품의 고장율을 알아보기 위해서는 Part Count Analysis 방법을 사용할 수 있다.

부품의 고장율을 구하기 위해서는, 문헌 분석과 현장자료 그리고 실험실에서 실험한 자료들을 바탕으로 분석을 하여, 결국에는 부품의 고장율을 구하기 위한 식을 다음과 같이 만들어 냈다.

$$\lambda_p = (C_1 \pi_T + C_2 \pi_E) \pi_Q \pi_L$$

여기에서 유의해야 할 점은 부품의 고장율을 구하기 위한 식 안에 환경인자들과 부품의 제작공정에 대한 정보를 고려한 항이 있다는 것이다. 즉, 부품의 고장율을 구하기 위해서는, 부품의 사용조건과 환경조건 등을 고려해야한다. 환경조건을 고려하기 위해서 부품의 사용 온도, 사용환경 하에서의 진동 및 충격조건을 군사적인 사용 용도에 적당하게 계급을 분류하여 각 계급에 속하는 환경에서 부품이 사용될 때, 부품의 고장율을 구해낸다. 제품을 많은 기간동안 제작해왔다면 부품의 제작과정에서 공정상의 이유로 부품에

π_T (온도인자)는 부품이 사용되는 온도를 고려한 항이며 사용온도가 높아질수록 큰 값

을 가진다. π_E (환경인자)는 부품이 사용되는 진동조건을 고려한 항이다. π_E 의 값은 사용환경에 따라 14 계급을 갖고 있다. π_L (학습인자)는 부품의 제작사가 부품을 제작하기 시작한 기간을 고려한 항이다. 즉, 제작사가 결함원인을 발견하고 제작공정을 개선하여 더 신뢰성 있는 부품을 생산할 것이라는 가정 하에, 이러한 항을 부품의 고장율을 계산할 때 고려하였다. π_Q (품질인자)는 부품의 제작환경을 고려한 항이다. 즉, 좋은 제작환경에서 제작된 부품일수록 더 좋은 신뢰도 값을 갖게 된다.

B. 고장모델의 적용

그림 4는 그림 3에서 MIL-HDBK-217F 라디오버튼을 선택하고, 이에 따라 활성화되는 Properties 버튼을 눌렀을 경우 나타나는 대화상자의 초기화면으로, 이 대화상자를 통해 MIL-HDBK-217F에 따른 부품의 고장율 계산을 할 수 있다. 그림 4의 대화상자는 기본적으로 MIL-HDBK-217F의 형식을 따르고 있다. MIL-HDBK-217F의 경우 각 부품의 종류나 타입(type)에 따라 고장율을 계산하기 위한 질문 항목들이 달라진다. 그림 4에서는 대화상자에 아무런 질문 항목이 없는 것을 볼 수 있는데, 이는 아직 부품에 대한 종류나 타입에 대한 선택을 하지 않았기 때문이다.

MIL-HDBK-217F를 이용하여 고장율을 선택하기 위해서 가장 먼저 해야 할 일은 우선 부품의 종류를 탭제어(tab control)에서 선택하는 것이다. 그림 4에 나타난 대화상자에서 탭제어에는 MIL-HDBK-217F 18가지 부품의 종류가 주어진다.

위에서 선택된 부품의 종류에 따라 고장율 계산에 필요한 적절한 질의항목들이 대화상자에 나타난다. 그림 3에서 CPU에 대한 항목을 계산하고 있었으므로, 이에 해당하는 Microcircuits 탭을 선택하면 Device Type이라는 질의항목이 대화상자에 나타난다. 이때 콤보상자(Combo Box)에서 Microprocessor를 선택하면 그 외의 다른 질의항목들이 모두 나타내게 된다. 그림 5는 이러한 질의항목들에 대해 필요한 여러 정보들을 차례대로 입력한 이후의 MIL-HDBK-217F 대화상자를 보여준다. 여기에서 대화상자의 OK 단추를 누르면 그림 6에서 볼 수 있는 것과 같이 부품 추가 대화상자로 돌아오게 되는데, 이 대화상자에서 MIL-HDBK-217F에 의해 부품의 고장율이 1.028051×10^{-8} failures/hour로 계산되어졌음을 볼 수 있다.

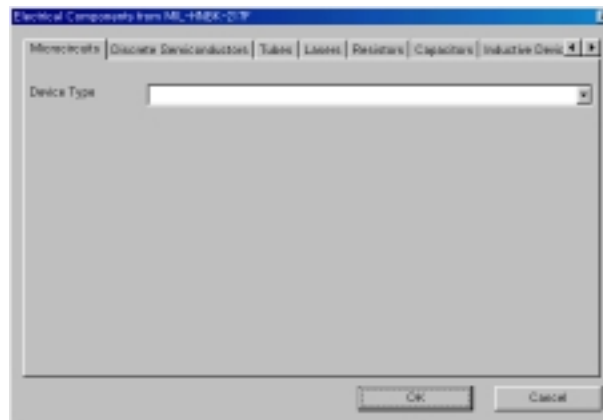


그림 4 MIL-HDBK-217F 고장율 계산 대화상자 초기화면

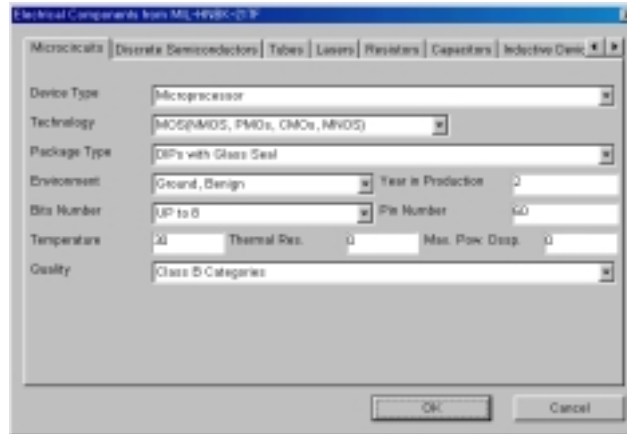


그림 5 CPU에 대한 자료 입력 후의 MIL-HDBK-217F 대화상자

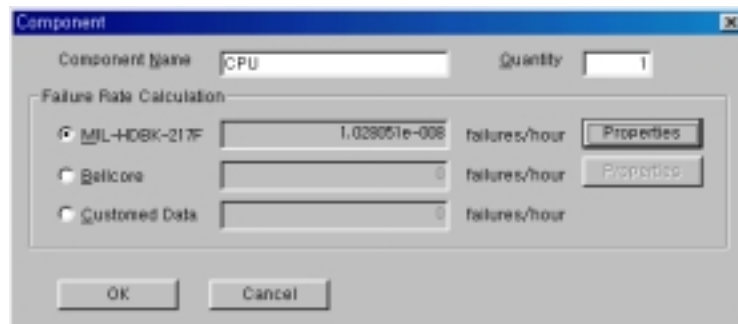


그림 6 MIL-HDBK-217F에 의한 부품 고장율 입력

2.3 Bellcore에 의한 고장율 계산

A. 고장모델

이 모델은 MIL-HDBK-217F에서 제시하고 있는 Part Count Analysis 방법을 이용하고 있다. 시스템의 고장율은 시스템을 구성하고 있는 각 부품들의 고장율의 합과 같다는 가정 하에 시스템의 고장율을 구하는 방법이 Part Count Analysis 방법이다. 부품의 고장율은 기본적으로 MIL-HDBK-217F와 같이 부품의 기본 고장율(λ_G)에 여러 보정인자(온도인자 π_T , 품질인자 π_Q , 환경인자 π_E , 스트레스 인자 π_S)들을 곱하여 계산하고 있다.

$$\text{부품의 고장율: } \lambda_{SS_i} = \lambda_{G_i} \pi_{Q_i} \pi_{S_i} \pi_{T_i}$$

$$\text{시스템의 고장율: } \lambda_{SS} = \pi_E \sum_{i=1}^n N_i \lambda_{SS_i}$$

λ_{G_i} = i 번째 부품의 기본 고장율

π_{Q_i} = i 번째 부품의 품질 인자

π_{S_i} = i 번째 부품의 스트레스 인자

π_{T_i} = i 번째 부품의 온도 인자

B. 고장모델의 적용

여기에서 Bellcore 표준에 의해 부품의 고장율을 계산하고자 하면, Bellcore 라디오버튼을 클릭한 후, 이에 따라 활성화되는 Properties 단추를 클릭하면 된다. 그림 7은 이때 활성화되는 대화상자의 초기화면을 나타낸 것이다. Bellcore의 경우도 MIL-HDBK-217F의 경우처럼 선택되는 항목에 따라 질의항목이 달라지므로, 그림 7에서도 Device Type의 선택에 따라 서로 다른 질의항목들이 나타나게 된다. CPU에 대한 고장율을 구하기 위해서 Device Type에서 Microprocessors를 선택한 다음, 이에 따라 나오는 여러 가지 질의사항들에 대해 필요한 정보들을 입력한 이후의 Bellcore 대화상자가 그림 8에 나타나 있다. 여기에서 OK 단추를 누르면 다시 부품추가 대화상자(그림 9)로 넘어가게 되는데, 여기서 Bellcore를 이용해서 계산된 고장율이 1.011478×10^{-9} failures/hour 임을 알 수 있다.

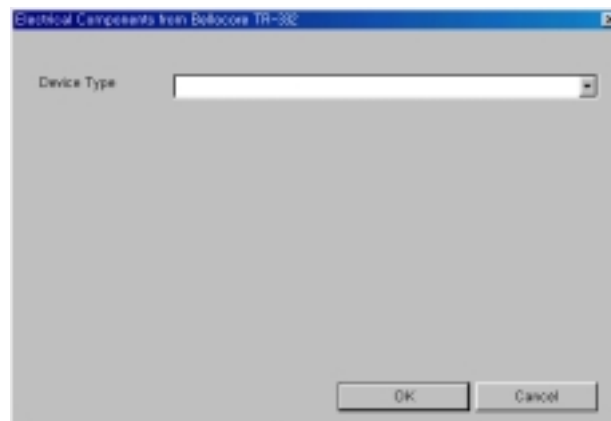


그림 7 Bellcore 고장율 계산 대화상자의 초기화면

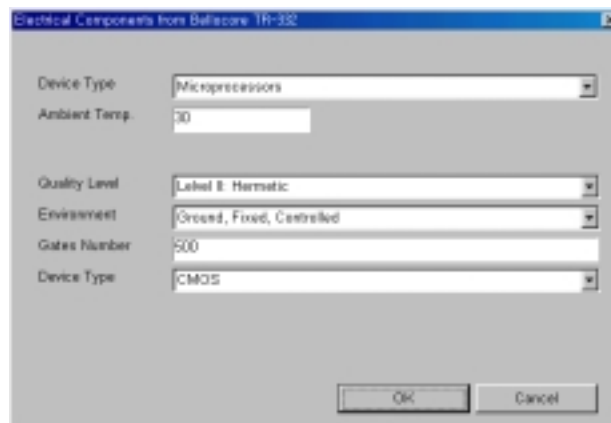


그림 8 CPU에 대한 자료 입력 후의 Bellcore 대화상자

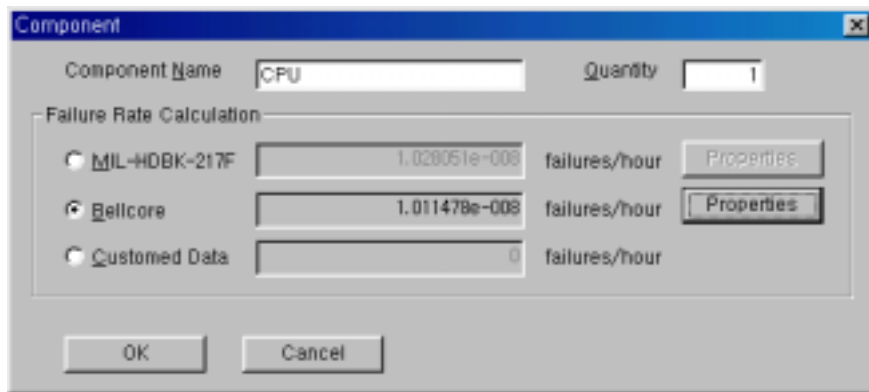


그림 9 Bellcore에 의한 부품 고장율 입력

2.4 Customed Data 항목을 이용한 고장율 직접 입력

마지막으로 제조사로부터 부품의 고장율에 대한 정보를 입수할 수 있는 경우 등에는 MIL-HDBK-217F이나 Bellcore의 계산법에 의존하지 않고, Customed Data 라디오 단추를 선택하여 직접 그 부품에 대한 고장율을 입력할 수도 있는데, 이는 그림 10에 나타나있다.

Customed Data 항목은 단일 부품의 고장율 뿐만 아니라, 여러 부품들로 이루어진 하나의 부품군 혹은 보드의 고장율을 표현할 수도 있으므로, 여러 부품들이 모여 하나의 기능을 하는 계층적 구조를 가지는 보드의 고장율을 계산하는데에도 이용이 된다.

하나의 부품의 고장율을 계산하는데 있어서 그림 10와 같이 MIL-HDBK-217F, Bellcore, Customed Data의 세 경우를 모두 입력할 수도 있지만, 항상 그래야만 하는 것은 아니다. 이는 한 가지 혹은 두 가지의 방법으로 고장율을 계산하여 그 중에서 선택할 수도 있음을 의미한다. 그림 10의 경우는 볼 수 있는 바와 같이 세 가지 방법 모두에 대한 계산을 수행하였다. 이들 중 가장 적합하다고 생각되는 하나의 값을 선택하여 OK 단추를 누르게 되면 그 값이 바로 그 부품에 대한 고장율 값으로 이용이 되는 것이다. 그림 11은 이러한 과정을 거쳐 하나의 부품이 추가된 것을 보여주고 있다. 이 그림에서 Board Name에는 고장율을 계산하고자 하는 보드의 이름이, Board Components를 기록하는 목록상자(List Box)에는 위의 일련의 과정을 거쳐서 추가된 부품들의 이름과 수량, 고장율을 계산한 방법, 그리고 계산된 고장율이, 마지막으로 창 의 하단에 있는 Failure Rate에는 계산된 보드 전체의 고장율이 기록된다.

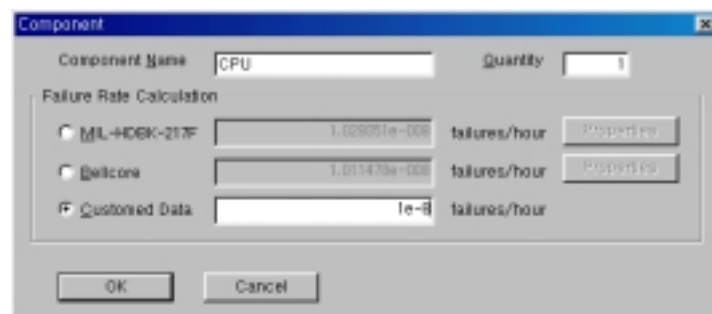


그림 10 Customed Data 항목에 고장율 직접 입력

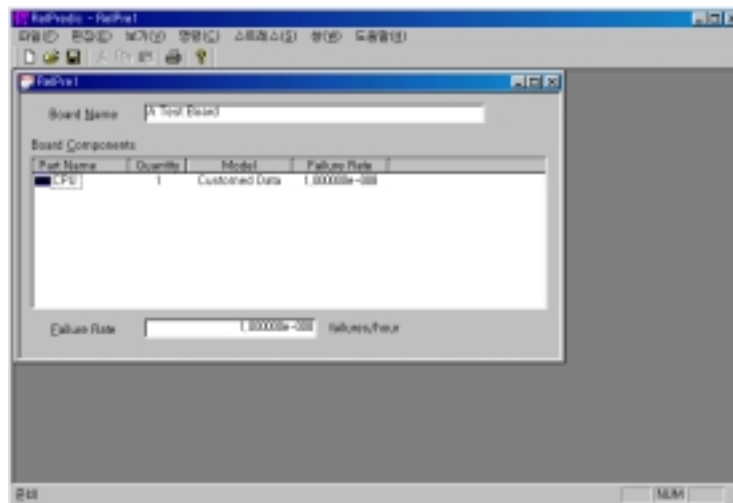


그림 11 하나의 부품을 추가한 후의 RelPredic 화면

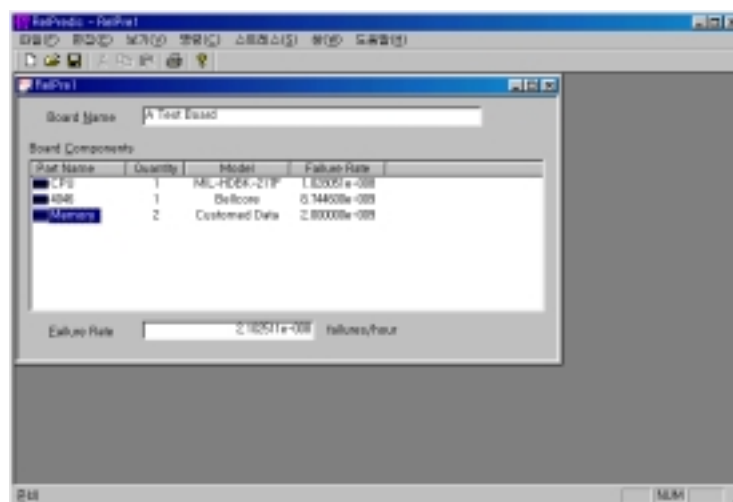


그림 12 세 종류의 부품이 추가된 RelPredic 화면

2.5 스트레스 분석

A. 고장모델

원자력 발전소에서 사용되는 하드웨어의 고장은 크게 두 가지 형태로 볼 수 있다. 첫째는 정상적인 운전상황에서, 제작자가 설정한 부품의 사용환경에서 부품이 사용되었을 때의 부품의 우발적인 고장, 둘째는 발전소의 비정상상황에서의 디지털시스템의 사용환경이 악화되었을 경우에 부품의 고장이다. 본 장에서는 발전소의 비정상상황에서의 각 stressor(온도, 습도, 연기, EMI, 진동 및 충격)들에 의해 부품고장의 증가율을 계산하는 모델을 제시한다. 이런 경우, 부품고장의 증가율은 네 가지 인자에 의해 결정된다.

L: The likelihood of the stressor

F: The failure rate of the affected components by stressor

CF: The increase in failure rates of the affected components

Stressor에 의한 부품들의 고장율이 알려져 있을 때는 다음과 같은 모델을 사용하여 시스템의 고장증가율이 다음과 같이 구할 수 있다[4].

$$F_{sys} = \sum L_i F_i CF_i$$

여기서 i 는 stressor에 의해 영향받는 부품들의 열거한다. 위에서 언급한 stressor에 의한 각 부품들의 고장증가율이 알려져 있지 않고 Stressor에 의한 시스템의 고장증가율만이 알려져 있을 때는 다음과 같은 모델을 사용할 수 있다.

$$F_{sys} = fp$$

여기서 f 는 Stressor의 발생 빈도, p 는 Stressor가 발생했을 경우 시스템의 고장율이다.

B. 고장모델의 적용

그림 12는 지금까지 설명된 방법을 통하여 세 종류의 부품을 추가한 결과를 보여주고 있다. 같은 방법으로 그 이상의 부품들을 추가할 수 있다. RelPredic의 원형(prototype)에서는 100개까지의 부품을 지원한다. 한 보드의 신뢰도를 평가함에 있어서 각 부품의 고장율 외에도 주위 환경이 보드 전체의 신뢰도에 주는 영향 또한 함께 고려되어야 한다. 비정상적으로 높은 온도, 습도, 진동과 충격, 연기, 방사선, 전자기파와 같은 것들은 전체 보드에서 더 많은 고장을 일으키도록 하고, 이에 따라 보드 전체의 신뢰도를 하락시킨다. RelPredic에서는 각 부품의 고장율의 계산 외에도 이러한 요인들을 고려하기 위하여 '스트레스 분석'을 함께 고려할 수 있도록 하였다. 하지만, 아직까지 이러한 스트레스 영향을 일반적으로 고려할 수 있게끔 할 수 있는 지침은 명확하게 정의되어 있지 않다. 이러한 것들은 각각의 보드의 특성에 따라 변하는 값이므로, 하나의 보드에 대한 경험적인 자료를 통해서 사용자가 직접 입력하여야 하는 값이다.

스트레스 분석을 수행하기 위해서는 RelPredic의 메뉴에서 스트레스를 선택한 다음, 스트레스 분석을 선택한다. 그러면 그림 13과 같은 스트레스 분석 대화상자가 나타나게 되는데, 이는 크게 회소사건(Rare Event)와 항시사건(Always Event)의 두 탭(tab)으로 나뉘어져 있다. 회소사건에서는 사고 상황과 같이 일어나는 회수가 확률적으로 구해지는 경우에 대한 정보들을 입력하는 것이고, 항시사건에서는 항상 일어나고 있는 사건에 대한 정보들을 입력하는 것이다. 따라서, 회소사건의 경우 시간당 일어나는 회수(/hr)를 먼저 입력하고, 이러한 사건이 일어날 때 보드에 고장을 일으킬 수 있는 확률을 입력하게 된다. 그림 13에서는 이러한 스트레스 효과의 한 예로 10,000시간당 어떤 규정치 이상의 방사선이 영향을 줄 수 있으며, 이러한 방사선의 영향으로 보드가 고장을 일으킬 확률은 십만분의 1임을 표현하고 있다. 항시사건 탭에는 운전온도나 운전습도와 같이 언제나 주위에 존재하는 환경이 보드의 신뢰도에 주는 영향을 입력한다. 이러한 입력이 끝난 후 OK 단추를 누르게 되면 회귀사건과 항시사건에 의한 고장율의 증가가 보드 전체의 고장율 값에 반영이 된다. 그림 14을 보면 그림 12에 비해 스트레스 영향만큼의 고장율의 증가가 일어났음을 볼 수 있다.

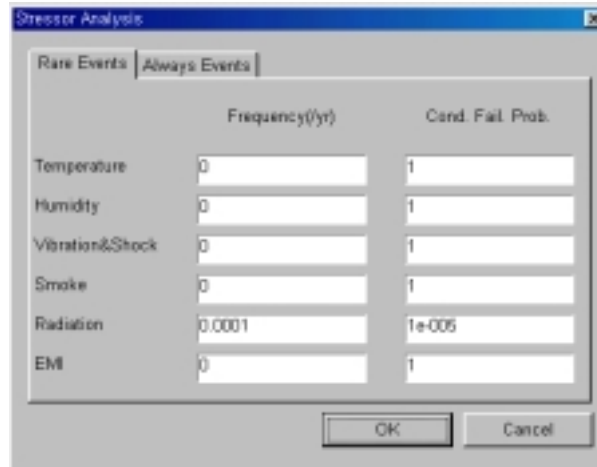


그림 13 스트레스 분석의 대화 상자

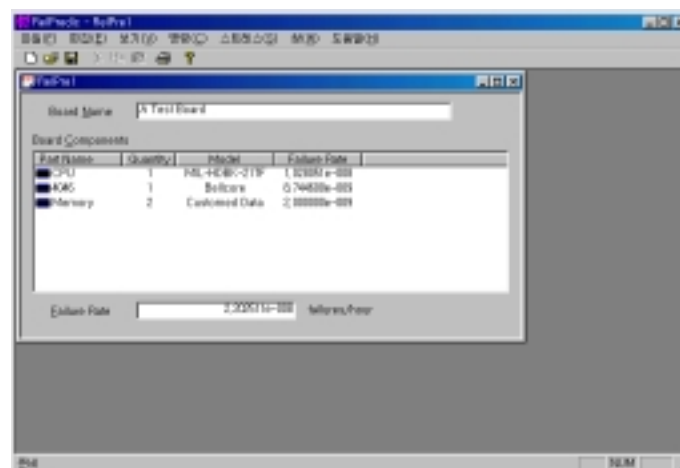


그림 14 스트레스 영향의 고려에 따른 고장율의 증가

3. 결론 및 추후개발목표

본 연구에서는 아날로그 시스템의 신뢰도를 평가하기 위해 개발되어 있는 기존의 신뢰도 평가방법들의 문제점은 디지털 시스템의 복잡한 기능 및 고장형태들을 적절하게 고려할 수 없다는 것이다. 본 연구는 이런 문제점을 극복하고자 하는 초기 연구로써, 우선 원전에 사용되기 위한 하드웨어의 신뢰도를 적절하게 평가하기 위한 소프트웨어 도구를 개발하는 것이다.

본 연구에서는 원자력 발전소에서 사용을 목적으로 하는 디지털 시스템의 신뢰도를 평가하기 위한 소프트웨어 도구가 개발되었다. 개발도구에서 사용되는 하드웨어의 부품들의 신뢰도자료는 미국 국방성에서 제시하고 있는 MIL-HDBK-217F와 상업용으로 널리 쓰이는 Bellcore 에서 제공된 신뢰도 자료를 이용하였으며 또한, 원자력발전소에서 비정상적으로 높은 온도, 습도, 진동과 충격, 연기, 방사선, 전자기파와 같은 것들은 전체 보드에서 더 많은 고장을 일으키도록 하고, 이에 따라 보드 전체의 신뢰도를 하락시킨다. 따라서, 각 부품의 고장율의 계산 외에도 이러한 요인들을 고려하기 위하여 스트레스 분석을 함께 고려할 수 있도록 하였다.

디지털 시스템은 단순히 하드웨어 부품들만으로 이루어진 것은 아니다. 디지털 시스템의

신뢰도 평가에 가장 큰 문제는 소프트웨어의 신뢰도 평가이다. 즉, 소프트웨어 자체의 신뢰도뿐만 아니라, 하드웨어와 소프트웨어의 상호작용들을 평가 할 수 있어야만 디지털 시스템의 신뢰도를 정확히 평가 할 수 있다. 추후 디지털 시스템의 신뢰도 평가를 위한 소프트웨어 도구개발에 있어서 이러한 문제를 해결하기 위한 모델이 개발되어야 한다.

4. 참고문헌

- [1] MIL-HDBK-217F: Reliability Prediction of Electronic Equipment
- [2] Bellcore Technical Reference TR-NWT-332: Reliability Prediction Procedure for Electronic Equipment
- [3] EPRD-97: Electronic Parts Reliability Data - A Compendium of Commercial and Military Device Field Failure Rates
- [4] NUREG/CR-6579: Digital I&C Systems in Nuclear Power Plants