정보 가전기기의 임베디드 소프트웨어 신뢰성 측정방법에 관한 연구

주영훈*, 황종선**
*고려대학교 컴퓨터 공학과
e-mail : hoon78@korea.ac.kr*

A Study on Evaluation method for Reliable Embedded Software in Digital Appliance

Young-Hoon Joo*, Chong-Sun Hwang**
*Dept of Computer Science and Engineering, Korea University

요 약

기존의 소프트웨어 신뢰성 측정 방법으로는 하드웨어와 소프트웨어가 유기적으로 얽혀있는 정보 가전기기 임베디드 시스템에서는 적용하기 어려운 점이 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 임베디드 소프트웨어 신뢰성 측정 시 소프트웨어에 따른 하드웨어 부분을 포함하는 방법으로 신뢰성 측정이 이루어져야 한다. 본 논문에서는 정보 가전기기의 임베디드 소프트웨어 개발에서의 하드웨어와 결합된 신뢰성 측정 방법을 제시하고 세탁기를 기준으로 성능평가를 통해 임베디드 소프트웨어 신뢰성을 확보하였다.

1. 서 론

임베디드 시스템이란 마이크로 프로세스를 탑재한 제어 시스템을 의미하는 용어로 이용된다. 이는 프로세서가 탑재된 기기의 목적이 연산이 아닌 시스템, 달리 말하면 프로세서의 수행 결과가 무엇인가를 제어하기 위한 형태로 나타나는 시스템을 말한다. 이러한 임베디드 시스템은 핸드폰, PDA 등의 첨단 정보통신기기부터 냉장고, 세탁기 등의 정보 가전기기, 심지어 의료 기기나 화성 탐사선, 핵발전소 운영 등 인간의 생명, 활동과도 직결된 여러 분야에 사용되고 있으며 앞으로도 기하급수적으로 증가하고 있는 추세이다. 그중 우리의 생활과 밀접하게 관련이 있는 정보 가전기기 임베디드 시스템은 빠르게 발전하고 있는 하드웨어 기술과 좀더 편리한 기능에 목적을 둔 사용자의 요구로 인해 소프트웨어의 복잡성은 날로 증가하고 있다. 그에 따라 시스템의 오류 중 소프트웨어가 차지하는 비중이 점점 증가하는 추세이다. 하지만 임베디드 시스템은 일반 컴퓨터 개발 환경과는 달리 하드웨어 부분과 소프트웨어 부분이 유기적으로 얽혀있어서 개발이 어렵고 개발 후에도 내재되어 있는 오류를 찾기 어렵다. 설사 오류를 찾았다고 해도 그 오류를 일반 컴퓨터 환경과 같이 쉽게 찾아서 수정하기 어렵고 그에 따른 손실도 비교할 수 없을 정도로 크다. 이에 따라 정보가전기기의 임베디드 소프트웨어 개발에 따른 신뢰성 확보방안이 중요한 쟁점으로 대두되고 있다. 본 논문에서는 정보 가전기기 임베디드 소프트웨어의 신뢰성 측정 방법을 제시하여 임베디드 소프트웨어의 신뢰성을 확보하고자하는데 목적을 두고 있다.

2. 관련연구

현재 소프트웨어 프로세스의 심사 및 개선을 위한 모형으로는 미국 카네기 멜론 대학 SEI (Software

Engineering Institute)에서 제시한 CMM (Capability Maturity Model), 캐나다 BNR (Bell Northern Research)의 Trillium, 유럽의 Bootstrap 등의 많은 모형이 제시되었으나 조직 규모나 유형에 따라 적용의 범용성이 부족하여 모든 경우에 적용되지 못하는 한계점이 있었다. 또한, 현재 국제 표준화 과정을 거치고 있는 ISO/IEC 15504(일명, SPICE : Software Process Improvement & Capability Determination)는 이러한 다양한 모형들의 장점을 흡수하면서 조직 유형 및 프로젝트 규모에 제약 없이 프로세스 심사를 위한 개념들을 제공하기 위한 것이다. 하지만 이러한 모델은 일부의 기업이나 개발 환경에서 적용하고 있고 소프트웨어 부분에 치중해 있기 때문에 하드웨어와 소프트웨어를 포괄하는 임베디드 시스템의 모델에는 적용하기 어려운 실정이다. 임베디드 시스템에서의 오류는 일반 소프트웨어와는 달리 주로 하드웨어적으로 나타나기 때문에 시스템 전체의 오류라든지 사용자의 불편을 일으키는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 임베디드 시스템에서의 개발에 대한 표준화된 개발 환경과 소프트웨어 개발 및 측정에 관한 연구가 절실히 요구되고 있다.

3. 임베디드 소프트웨어의 특징

초창기의 임베디드 소프트웨어는 단순한 부하를 제어하기 위해서 사용되었고 사용범위도 산업용으로만 사용되는 등 활용범위가 아주 한정적 이였다. 하지만 기술이 발전함에 따라 고성능의 저렴한 마이크로프로세서의 등장으로 점점 우리의 생활에 밀접하게 다가왔고 최근에는 사용자의 다양한 요구를 소프트웨어적으로 풀어 나가고 이에 따라 소프트웨어 기술이 임베디드 시스템 상품의 가치를 좌우하는 기술집약적 고부가가치 산업으로 발전하고 있다. 최근에는 가전제품이나 개인 정보 단말기 등과 같이 우리 생활과 밀접하게 사용되고 있고 멀티미디어 처리나 네트워크 기능 등을 처리하는 임베디드 소프트웨어도 주목을 받고 있다. 이와 같은 임베디드 소프트웨어의 특징을 간략히 정리하면 다음과 같다.

임베디드 소프트웨어가 실행되는 시스템의 용도에 따라 연성 혹은 경성 실시간 처리를 지원하여야 하고 원자력 발전이나 항공기 제어 등 소프트웨어의 오동작 및 작동 중지가 허용되지 않는 임베디드 시스템에서는 고도의 신뢰성이 요구된다. 그리고 임베디드 시스템은 크기, 가격 및 발열 등을 이유로 제한된 하드웨어 자원으로 구성되므로 임베디드 소프트웨어는 경량화, 저 전력 지원, 자원의 효율적 관리 등의 하드웨어에 최적화되는 기술을 지원하여야 한다. 그리고 특정 시스템에서의 실행을 목적으로 개발됨에 따라서 풍부한 하드웨어 지식과 시스템 소프트웨어 개발 경험을 요구된다. 임베디드 소프트웨어의 목적이 하드웨어 제어이기 때문에 하드웨어의 풍부한 지식뿐만 아니라 소프트웨어 개발 및 검증 시 하드웨어 와 연계된 측정이 필연적으로 수행되어야 한다. [그림1]은 임베디드 소프트웨어에 의해 제어되는 임베디드 시스템의 구조이다.

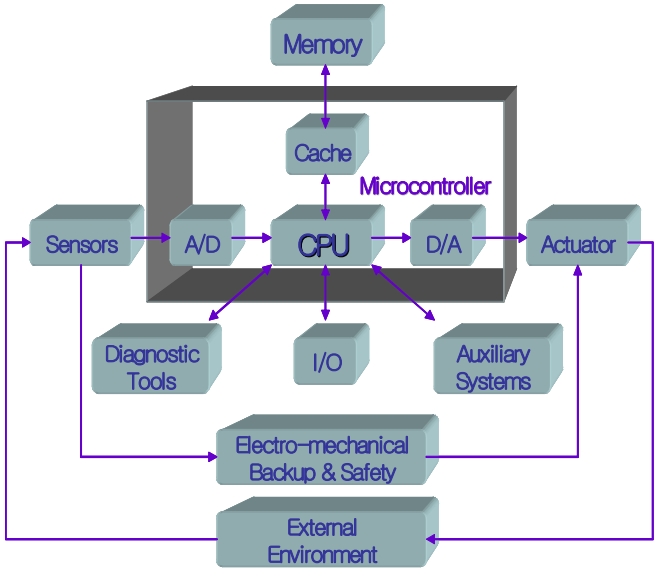

그림 1. 임베디드 시스템의 구조

4. 임베디드 소프트웨어 신뢰성 측정 방법

임베디드 소프트웨어 개발은 임베디드 시스템의 하드웨어적인 측면을 명확히 이해한 후에 개발을 하여야 하고, 소프트웨어 개발 후에 나타나는 임베디드 시스템의 오류는 이러한 소프트웨어 와 하드웨어의 잘못된 인터페이스에 의해서 발생되고 개발자는 적절한 신뢰성 측정 방법을 통해서 오류 원인이 소프트웨어인지 하드웨어인지 찾고 수정을 할 수 있어야 한다. 임베디드 소프트웨어 신뢰성 측정에 있어서 가장 중요한 요소를 하드웨어와의 소프트웨어와의 인터페이스로 보고 Emulator를 이용한 [그림2]와 같은 소프트웨어 신뢰성 측정 방법을 다음과 같이 제안했다.

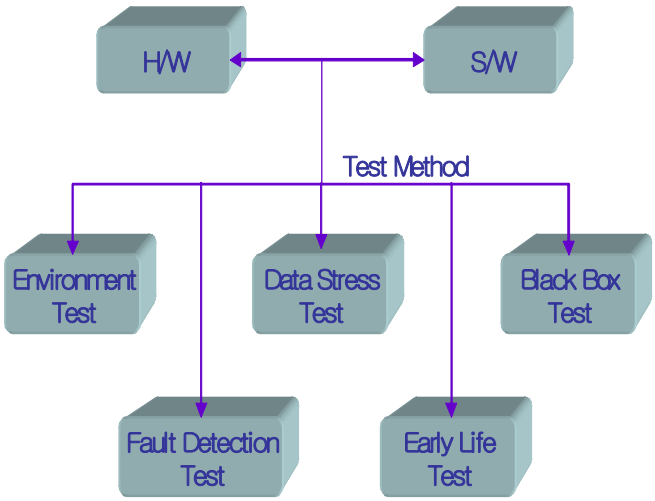

그림 2. 임베디드 S/W 측정 방법

(1) Environment Test : 대부분의 정보 가전기기 임베디드 시스템은 그 특성에 따라서 온도, 습도, 전자파, 사용자의 특성 등 다양한 환경적 요소에 영향을 받는다. 세탁기의 경우 습도와 온도에 영향을 많이 받고 휴대폰의 경우 전자파의 영향을 받는 등 환경적 요소가 시스템에 치명적인 영향을 줄 수 있기 때문에 이러한 환경적 요소를 가만하여 소프트웨어 개발 및 신뢰성 측정이 이루어져야 한다.

(2) Data Stress Test : 정보 가전기기 임베디드 시스템이 동작되면 사용자의 조작에 따른 각 기능들이 작동되기 위해서 Microprocessor 에서 각 부하 부를 제어하기 위한 신호가 나오는데 실제로 발생하는 신호보다 더 많은 데이터를 생성시켜서 동작시키면 소프트웨어가 신호를 처리함에 있어서 데이터 폭주로 인한 비정상적 동작으로 부하 부의 잘못된 제어, 신호의 소멸, 타이밍 에러 등의 에러가 발생될 수 있고, 임베디드 소프트웨어 개발자는 시스템의 오류 허용범위 안에서 오류가 생기지 않도록 소프트웨어적으로 보완을 해야 한다.

(3) Black Box Test : 정보가전 기기의 소비자 Claim 중 약 30%를 '재현 안 됨'이 차지하고 있다고 한다. 소비자는 시스템의 잘못된 작동으로 인하여 Claim을 제기하였지만 막상 개발자가 원인 분석 중에는 재현이 안 되는 것이다. 이러한 원인을 찾기 위해서는 신뢰성 측정 중에 제어신호를 분석할 필요가 있다. 각 입력 데이터에 대하여 허용범위의 결과 값을 벗어나는 데이터가 출력될 시 Event 가 발생되어 입력 데이터, Microprocessor 신호, 출력 데이터 등의 정보를 EEPROM에 저장하여 특수한 경우에서 발생되는 오류를 검출하여 특수한 환경이나 다양한 사용자의 사용패턴에 의해서 발생되는 오류를 검출하여야 한다.

(4) Fault Detection Test : 정보 가전기기 임베디드 시스템에서 기능적인 정상적 작동보증 만큼 중요한 것이 시스템 오류에 따른 오류검출 및 안전성 보장을 들 수 있다. 기능적으로 제대로 동작하지만 불안전한 전압, 온도 상승 등의 사소한 환경적 변화로 시스템이 비정상적으로 동작을 한다면 시스템의 아무런 의미가 없는 것이다. 따라서 신뢰성 측정 시 오류를 발생하는 데이터를 임의적으로 입력하고 그에 따른 오류 검출과 시스템의 기능적인 보완 루틴을 Call 하는지를 측정하는 Test가 필요하다. 이 측정에서 필요한 오류 데이터는 기본적인 기능적 오류 데이터뿐만 아니라 앞에서 제시한 각종 Test에서 발생한 데이터를 DB화하여 측정하도록 하여야 한다.

(5) Life Cycle Test : 정보 가전기기 임베디드 시스템은 사용자가 구입 후에 최소 몇 년은 사용되어 진다. 따라서 일시적인 신뢰성 Test만으로는 실제 장기적으로 작동되는 시스템의 오류를 모두 검출하기에는 무리가 있다. 따라서 신뢰성 측정에 있어서도 그 시스템의 Life Cycle에 맞는 신뢰성 측정이 이루어 져야 한다.

위에서 제시한 신뢰성 측정 방법은 순차적으로 행하여 져야 하는 것이 아니라 병렬 적으로 이루어져야 한다. 다양한 환경을 갖추고 다양한 사용자의 사용패턴에 따른 데이터와 지금까지 검출된 오류 데이터를 입력하여 안정적인 시스템 작동과 에러 검출 능력을 측정하고 Reset 없이 시스템의 Life Cycle 동안 오류 없이 제대로 작동하는지를 측정하고 오류 검출 시 EEPROM에 저장되어 있는 데이터를 분석하여 소프트웨어를 보완하여야 만이 좀더 신뢰성 있는 임베디드 소프트웨어를 개발 할 수 있는 것이다.

5. 성능 평가

앞에서 제시한 임베디드 소프트웨어 신뢰성 측정 방법에 대하여 효과를 검증하고 보완 사항을 추출하기 위해 Emulator를 이용한 신뢰성 측정 시험을 실시하였다. 신뢰성 측정을 위한 정보 가전기기 모델은 출력 데이터를 쉽게 확인할 수 있는 세탁기로 정하였으며 세탁기 부하부중 주 제어부인 Motor와 물의 온도를 알기 위한 Thermistor를 측정하기로 하였다. Motor RPM과

Thermistor값은 7-Segment에 출력되도록 하여 쉽게 데이터를 읽을 수 있도록 하였다. Microprocessor는 TOSHIBA의 TMP88CS43F 8bit Chip을 사용하였고 사용자의 입력을 받는 Tact Switch 와 Data를 보여줄 7-Segment, 부하 부는 RPM 제어가 가능한 Motor와 Thermistor가 사용되었다. 프로그램은 Asm으로 짜여졌으며 Motor 작동 및 온도 Sensing에 따른 Data 출력은 7-Segment에 표시되도록 프로그래밍 되었다. 시험 환경 및 결과는 [표1]과 같다.

표 1. 시험 환경 및 결과

시험 횟수	3회
회당 시험 시간	72시간
측정 값	· Motor RPM · Thermistor 값 (7-Segment 표시 값으로 측정)
Data 종류	· 100rpm~100rpm의 Motor제어 · 10°~50° 범위의 Thermistor 값 (Spec에 따른 오차 범위 허용) · 1000rpm, 50° 이상의 오류 Data
EEPROM 정보	· 기능 선택 레벨, Motor RPM, · Thermistor 측정 값
시험 결과	Motor rpm : 이상 무
	Thermistor 값 : 이상 무
	EEPROM 정보 : 이상 무

시험 결과에서 보듯이 신뢰성 측정동안 각 부하 부의 오류는 단 한 건도 발생되지 않았으며 오류 데이터 입력에 따른 오류 루틴 Call 및 Event에 따른 EEPROM 정보도 이상이 없었다. 이와 같은 결과는 시험 대상 시스템이 실제 시스템의 구조에 비해 비교적 단순하고 정보 가전기기 임베디드 시스템이 작동되는 여러 가지 환경을 위한 Environment Test가 이루어지지 않았다고 볼 수 있지만 무엇보다도 시험을 위해 개발된 임베디드 소프트웨어의 신뢰성이 높은 것으로 판단되었다. 시험 결과 비록 오류는 발생하지 않았지만 H/W 와 병행한 Test를 실시하여 보다 효과적이고 실질적인 신뢰성 측정을 할 수 있었다. 이러한 임베디드 소프트웨어 신뢰성 측정 방법이 지속적으로 적용되고 그에 따른 보완이 이루어진다면 나아가 전체 시스템의 높은 신뢰성의 향상을 이룰 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결 론

현재 정보 가전기기 임베디드 시스템에 대한 품질 요구 수준은 매우 높아지고 있으며 그에 따른 임베디드 소프트웨어 신뢰성이 점차 중요한 문제로 대두되고 있다. 하지만 정보 가전기기 임베디드 시스템은 소프트웨어와 하드웨어의 긴밀한 상호작용과 시스템의 다양한 사용 환경, 사용자의 패턴에 의한 많은 변수 등으로 소프트웨어적으로만 신뢰성을 측정하기에는 시스템 전체의 신뢰성을 확보할 수 없다. 이러한 정보 가전기기의 임베디드 소프트웨어 신뢰성 확보를 위하여 Environment Test, Data Stress Test, Black Box Test, Fault Detection Test, Life Cycle Test 방법을 제시함으로써 임베디드 소프트웨어의 오류에 의한 시스템 전체 오류를 미연에 방지할 수 있고 이에 따라 보다 높은 신뢰성을 확보할 수 있을 것이다. 나아가 본 논문에서는 세탁기를 기준으로 임베디드 소프트웨어 신뢰성 측정 방법을 제시하였지만 세탁기뿐만 아니라 모든 정보 가전기기를 포괄하는 신뢰성 측정 방법을 찾아 제시하고 앞으로 임베디드 소프트웨어의 통합적인 개발 환경이나 소프트웨어와 하드웨어의 최적화를 통한 임베디드 시스템의 성능에 향상 등의 연구가 활성화된다면 미약하게 실시되고 있는 임베디드 시스템 신뢰성 연구의 활성화를 도모할 수 있을 것이다.

참고 문헌

[1] Lord Kelvin, "Quality Software Management", Dorset House Pub Co., 1993

[2] Felice Balarin, "Hardware-Software Co-design of Embedded Systems", Kluwer Academic Publisher, 1997

[3] Claude Baron "Embedded System Applications", Kluwer Academic Publisher, 1997

[4] Paulk.M.C.et al, "The Capability Maturity Model : Guidelines for Improving the Software Process", Addison-Wesley Pub Co.,1995

[5] Jean J.Labrosse, "Embedded Systems Building Blocks", Acon, 2003