

## 동적 존 할당이 가능한 번인 시험 시스템

오삼권<sup>1\*</sup>, 신중환<sup>2</sup>

### A Burn-in Test System with Dynamic Zone Allocation

Sam Kweon Oh<sup>1\*</sup> and Joong Han Shin<sup>2</sup>

**요약** 번인 시험(burn-in test)은 초기 장애가 예측되는 반도체 소자들을 제거하기 위한 시험으로서, 보통 소자에 전압, 온도 및 시간 등의 가혹 조건을 가하며 행해진다. 이런 번인 시험을 위해서는 시험할 소자들을 가진 번인 보드들을 해당 슬롯(slot)들에 삽입할 필요가 있다. 이런 슬롯들의 집합을 존(zone)이라 부른다. 한 존을 구성하는 슬롯들은 동종 반도체 소자들을 가진 번인 보드들만을 가질 수 있다. 따라서 많은 이종 반도체 소자들의 시험을 위해서는 존 수가 많도록 번인 시험 시스템을 구성하는 것이 바람직하다. 존을 제어하는 존 컨트롤러는 번인 시험을 수행하고 결과를 수집하는 장치이다. 기존 시스템의 경우, 각 존 컨트롤러는 일정 수의 슬롯들로 구성된 한 존의 시험을 담당한다. 대개, 존 컨트롤러는 번인 시험의 전반을 통제하는 한 워크스테이션 내에 내장되어 있으므로 이들의 추가는 물리적 공간의 제약을 받는다. 본 논문은 이런 문제들의 해결이나 완화를 위한 한 방법으로서 존의 슬롯 수를 동적으로 할당할 수 있는 동적 존 시스템을 제안한다. 이 시스템은 존의 슬롯 수를 가변시켜 빈 슬롯을 최소화함으로써 시스템의 운영 효율을 극대화한다. 또한 기존 시스템의 경우에는 정비를 위해 진행 중인 시험을 모두 중지시켜야 하지만, 동적 존 시스템의 경우에는 시스템에 전력을 공급하는 주 전원이 문제가 되지 않는다면 슬롯별로 개별적인 유지보수가 가능하다.

**Abstract** Burn-in test is one for eliminating semiconductor devices that are subject to early failures and other operational problems; it is usually carried out on the devices by imposing severe test conditions such as elevated voltages, temperatures, and time. In order for such a test to be performed, each burn-in board having devices to be tested, needs to be inserted into a corresponding slot. A set of such slots is called a zone. The slots comprising a zone can only have the burn-in boards with the devices of the same type. In order to test many different types of semiconductor devices, it is desirable to build a burn-in test system to have as many zones as possible. A zone controller controlling a zone, is a device that performs a burn-in test and collects test results. In case of existing systems, each zone controller takes care of a zone that consists of a fixed number of slots. Since a zone controller is, in most cases, embedded into a workstation that controls the overall testing process, adding new zone controllers is restricted by the spaces for them. As a way to solve or alleviate these problems, a dynamic zone system in which the number of slots in a zone can be dynamically allocated, is presented. This system maximizes the efficiency of system utilization, by altering the number of slots and hence minimizing the idle slots of a zone. In addition, all the test operations being performed must be aborted for maintenance in existing systems. In dynamic zone systems, however, a separate and independent maintenance is allowed for each slot, as long as the main power supply system has no problem.

**Key Words** : Semiconductor Failure, Burn-in Test, Dynamic Zone Allocation

---

본 논문은 2007년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임

<sup>1</sup>호서대학교 컴퓨터공학부

<sup>2</sup>(주)지에스테크

\*교신저자 오삼권(ohsk@hoseo.edu)

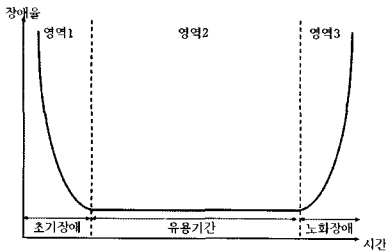
접수일 08년 12월 01일

수정일 09년 01월 2일

게재 확정일 09년 01월 16일

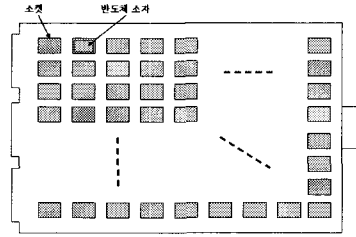
## 1. 서론

반도체의 경우 제조에서부터 폐기될 때까지의 전 기간에 걸쳐 발생하는 고장 발생 확률을 관찰하면 그림 1과 같은 육조 모양을 가진다[1]. 즉, ‘초기장애’ 영역에서 반도체 제품의 생산 초기에 다량의 불량 발생하고 일정 기간이 지나면 ‘유용기간’ 영역에서 안정된 모습을 보이다가 제품의 수명이 다하는 ‘노화장애’ 영역에서는 다시 급격하게 불량 발생하는 것을 알 수 있다. 제품 생산 초기에 많은 불량 발생 현상을 ‘초기불량’ (infant mortality, 영아 사망률과 같은 개념)이라 부른다. 반도체로 구성된 시스템의 경우, 소자의 초기불량을 효과적으로 제거해야 시스템의 초기 신뢰도를 높일 수 있다. 초기 불량 소자들의 제거를 위해 가속 환경 하에서 초기불량이 발생할 소자를 검출하는 시험을 번인 시험이라고 부른다. 번인 시험은 반도체 소자의 품질을 높이기 위한 매우 중요한 수단이 된다[1, 2].



[그림 1] 육조 곡선

번인 시험 시스템은 시험에 필요한 전기신호를 생성하고 반도체 소자에 신호를 보내는 제어부와 온도 조건을 변화시키는 밀폐 공간인 챔버(chamber)로 구성된다. 챔버는 그림 2와 같은 번인 보드들을 삽입을 위한 슬롯들을 가지는 공간으로서 챔버 컨트롤러에 의해 제어된다. 번인 시험을 위해서는 소자가 올려진 소켓들을 가진 번인 보드를 챔버 내의 한 슬롯에 삽입한다. 이런 슬롯들의 집합을 존(zone)이라 부른다. 한 존에 속한 슬롯들은 동종의 반도체 소자만을 가질 수 있다. 즉, 동시에 시험할 수 있는 소자 종류는 존 수에 의존적이다. 따라서 많은 이종 반도체 소자들을 동시에 시험하려면 존 수가 많도록 시스템을 구성하는 것이 필요하다. 존 컨트롤러는 번인 시험을 수행하고 결과를 수집하는 장치이다. 기존 번인 시험 시스템의 경우, 존 컨트롤러는 일정 수의 슬롯들로 구성된 한 존을 담당한다. 대개 존 컨트롤러는 시스템을 제어하는 워크스테이션에 내장되어 있으므로 이들의 추가나 확장은 물리적 공간의 제약을 받는다.



[그림 2] 번인 보드

본 논문은 이런 문제들을 최소화하여 다양한 이종 반도체 소자들을 동시에 시험할 수 있도록 존의 슬롯들을 동적으로 할당해 주는 동적 존 시스템을 제시한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 번인 시험 시스템에 대하여 알아보고 그에 따른 문제점들을 살펴본다. 3장에서는 동적 번인 시험시스템 모델을 제시하고, 4장에서는 구성 프로그램과 시스템 동작을 설명하며, 5장에서는 성능평가에 대해 설명한다. 그리고 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

### 2.1 기존 번인 시험 시스템 구조

기존 번인 시험 시스템의 구조는 그림 3과 같다. 실질적인 검사를 담당하는 제어부와 반도체 소자에 온도를 조절할 수 있는 밀폐 공간인 챔버(chamber)로 구성된다. 제어부는 워크스테이션, 챔버 컨트롤러, 주전원 공급 장치, 그리고 신호생성기로 구성된다. 워크스테이션은 번인 시험을 위한 사용자 인터페이스, RS-232C 포트, 그리고 존의 제어를 위한 존 컨트롤러들로 구성된다. 사용자 인터페이스는 번인 시험을 위한 시험 값을 설정하고 시험결과를 효율적으로 확인할 수 있도록 구성된다. RS-232C 포트는 챔버 컨트롤러와의 통신을 위해 존재한다. 각 존 컨트롤러는 한 개의 존을 담당한다. 이 경우 존은 최소 하나 이상의 슬롯으로 구성된다. 챔버 컨트롤러는 챔버 온도를 제어하고, 주전원 공급 장치는 번인 시험에 필요한 전력을 공급한다. 신호 생성기는 반도체 소자를 검사할 때 전기신호를 만들어 낸다. 챔버는 일련의 존들로 구성된다. 또한 각 존은 동종 반도체 소자들을 가진 번인 보드들의 삽입을 위한 슬롯들로 구성된다[3, 4].

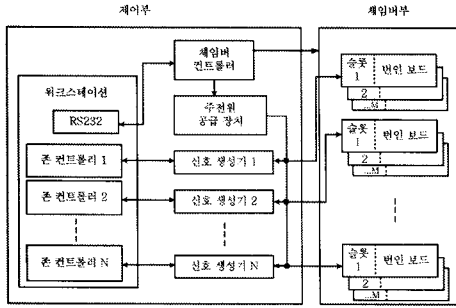
사용자는 워크스테이션의 사용자 인터페이스 프로그램을 통해 번인 시험을 수행한다. 사용자 인터페이스를 통해서 시험에 필요한 전압, 시간 및 온도 같은 조건들을 기록한 시험조건 파일을 로드하면 존 컨트롤러는 해당

신호 생성기로 시험조건 파일에 명시된 바에 따라서 검사 명령을 보낸다. 검사 명령을 받은 신호 생성기는 전원 공급 장치에서 전력을 공급받고 번인 보드로 신호를 보내 번인 보드에 있는 반도체 소자의 작동을 확인한다.

들의 시험도 중단해야 한다.

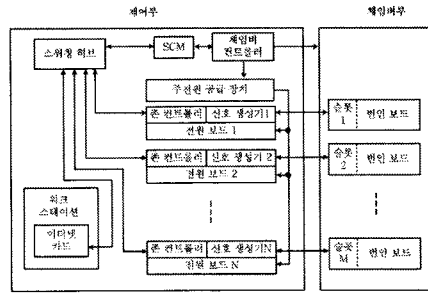
이런 문제들의 해결을 위해서는 장애 발생 부분만을 국한하여 처리하는 시스템이 필요하다[6, 7].

### 2.2 기존 번인 시험 시스템의 문제점



[그림 3] 고정 존 시스템 구성도

### 3. 동적 존 할당 시스템 모델



[그림 4] 동적 존 할당 시스템 구성도

그림 3은 기존 시스템들의 구성을 보여준다. N은 시스템이 처음 출하될 때 결정되는 존 수로서 주로 1, 2, 4, 8 등의 2의 배수 값으로 고정된다. 예를 들어, 전체 슬롯 수가 48개인 4-존(N=4) 시스템의 경우, 한번에 4 종의 반도체 소자 시험이 가능하며 각 존의 슬롯 수는 12 개이다. 만약 한 존을 구성하는 12 개의 슬롯 중 단지 10 개의 슬롯에만 번인 보드들을 삽입하여 시험한다면 2 슬롯은 사용이 되지 않고 낭비 된다. 존의 슬롯 수는 변경이 불가능하므로, 이런 유향 슬롯들로 인해 시스템의 운영 효율이 떨어진다. 반도체의 생산 원가 중 시험 비용이 차지하는 비율이 50%가 넘는다[5]. 따라서 합리적인 수준의 이익 창출을 위해서는 번인 시험 시스템의 운영 효율을 높이는 것이 필요하다.

그림 4는 동적 존 할당 시스템을 보여준다. 기존 시스템과 유사하게, 이 시스템도 제어부와 체임버부로 구성된다. 제어부는 스위칭 허브, 워크스테이션, SCM(System Control & Monitor)과 체임버 컨트롤러, 주전원 공급 장치, 그리고 존 컨트롤러와 전원 보드를 가지는 신호 생성기로 구성된다. 스위칭 허브는 워크스테이션과 존 컨트롤러, SCM간의 연결을 연결해 준다. 워크스테이션은 사용자 인터페이스와 이더넷 카드로 구성된다. 사용자 인터페이스는 번인 시험을 위한 시험 값을 설정하고 시험결과를 효율적으로 확인할 수 있도록 구성된다. 이더넷 카드는 SCM과 존 컨트롤러의 제어를 위해 존재한다. SCM은 체임버 컨트롤러를 제어하는 장치인데, 체임버 컨트롤러는 이 장치를 통해 체임버의 온도를 제어한다. 주전원 공급 장치는 신호 생성기에 내장된 전원 보드에 전력을 공급한다. 신호 생성기는 반도체 소자의 검사를 위해 전기 신호를 만들어 낸다. 신호 생성기와 함께 있는 존 컨트롤러는 하나의 존을 담당하고, 하나의 슬롯을 가진다. 이것은 존을 논리적으로 할당하여 슬롯 수를 가변시키기 위한 구조이다. 전원 보드는 번인 시험에 필요한 개별적인 전력을 공급한다. 체임버부는 밀폐 공간으로서 신호 생성기와 번인 보드를 일대 일로 연결하기 위한 슬롯들로 구성된다.

또한 시스템 제어를 위한 존 컨트롤러 같은 장치들이 한 워크스테이션 내에 내장되어 있다. 이로 인해 다음과 같은 문제점들이 발생할 수 있다.

첫째, 워크스테이션의 고정 인터페이스 슬롯 수는 존 컨트롤러 수를 늘리는데 제약을 준다.

둘째, 워크스테이션이 다운되면 체임버 컨트롤러와의 통신이 중단되고 존 컨트롤러의 기능이 마비된다. 이 경우 모든 시험을 처음부터 다시 시작해야 한다.

셋째, 한 존 컨트롤러에 문제가 발생하면 이의 유지보수를 위해 해당 존이나 시스템 전체의 가동을 중단해야 한다.

마지막으로, 시험에 필요한 전력의 공급을 위해 주전원 공급 장치를 공유하므로, 시험 도중 한 존에 문제가 발생하면 이의 해결을 위해 주전원을 공유하는 다른 존

번인 시험을 위해 사용자는 워크스테이션의 사용자 인터페이스 프로그램을 통해 시험조건 파일을 로드 한다. 사용자 인터페이스 프로그램은 TCP/IP를 이용하여 해당 존 컨트롤러에게 명령을 전송한다. 명령을 받은 존 컨트롤러는 번인 보드 위의 반도체 소자에 검사 신호를 보내

작동을 확인한다.

기존 시스템의 경우에는 시스템의 제어가 워크스테이션에 집중되어 있어서 여러 문제들이 발생한다. 이런 문제점들을 개선한 동적 시스템의 특징은 다음과 같다.

첫째, 사용자 인터페이스 프로그램을 통해 동적으로 존을 할당할 수 있다. 워크스테이션의 사용자 인터페이스와 존 컨트롤러의 시험 프로그램은 이런 존 할당 정보를 가지고 있다.

둘째, 존 컨트롤러들이 워크스테이션에 내장되지 않고 이더넷을 통해 워크스테이션과 연결되므로 존의 추가나 확장에 대한 제약이 완화되었다. 또한 스위칭 허브를 통해 다른 동적 변인 시스템을 연결하여 시스템을 확장시킬 수 있다[8].

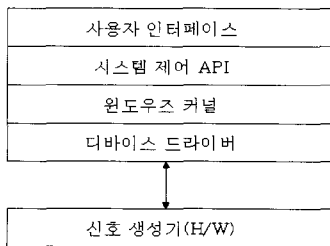
셋째, 워크스테이션이 다운되어도 다른 워크스테이션을 임시로 사용할 수 있다. 반도체 소자 시험은 존 컨트롤러에 의해 진행되므로, 이 경우 시험을 중단하지 않고도 워크스테이션을 교체할 수 있다.

넷째, 한 존 컨트롤러의 문제가 다른 존들에 영향을 주지 않는다.

마지막으로, 독립 전원 보드를 통해 시험에 필요한 전력을 공급받으므로, 일부 존들에서 문제가 발생하더라도 전체 시스템의 중단 없이 그 존들에 해당하는 전원만 차단하고 장애처리가 가능하다.

#### 4. 구성 프로그램과 시스템 동작

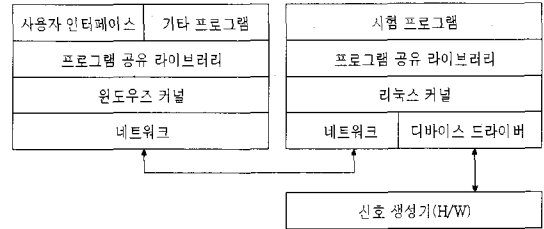
그림 5에서 보는 것처럼, 기존 시스템의 사용자 인터페이스는 윈도우즈 환경의 시스템 제어용 API를 통해 윈도우즈 커널과 통신하고 커널이 존 컨트롤러의 디바이스 드라이버를 수행하여 반도체 소자 시험을 직접 제어하는 프로그램 구조를 가진다.



[그림 5] 기존 시스템의 프로그램 구조

동적 존 할당 시스템은 워크스테이션의 사용자 인터페이스 프로그램과 존 컨트롤러의 시험 프로그램이 분리된

구조를 가진다. 그림 6을 보면, 시험 담당자가 워크스테이션의 사용자 인터페이스를 통해 존 컨트롤러로 명령을 보내면, 존 컨트롤러는 이 명령에 해당하는 신호를 생성하여 반도체 소자 시험을 제어한다.

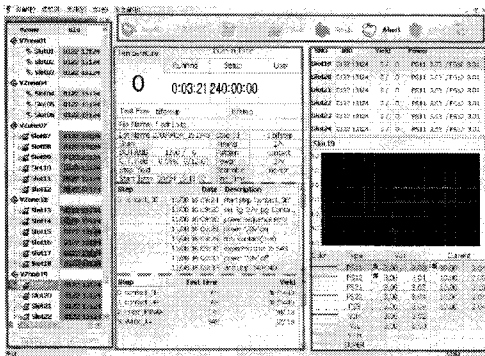


(a) 워크스테이션 (b) 존 컨트롤러  
[그림 6] 동적 존 할당 시스템의 프로그램 구조

사용자 인터페이스 프로그램은 윈도우즈 환경에서 Visual Studio C++ 2005를 사용하여 구현하였고, 존 컨트롤러용 시험 프로그램은 리눅스 2.4 버전 환경에서 GCC 컴파일러를 사용하여 구현하였다. 사용자 인터페이스 프로그램은 윈도우즈 환경에서 실행되어 화면에 그래픽한 사용자 화면을 보여주지만, 사용자 인터페이스 프로그램을 통해 명령을 받고 그 수행 결과를 알려주는 시험 프로그램은 화면에는 보이지 않는, 리눅스 환경에서 실행되는 백그라운드 프로그램이다.

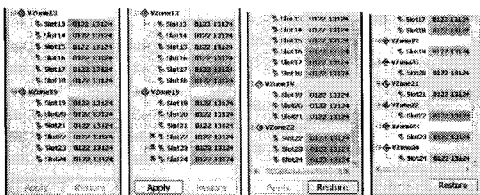
그림 7은 사용자 인터페이스를 보여준다. 크게 네 부분으로 구성되는데, 최 상위부분은 시험의 진행을 위한 기능 버튼들로 구성된 툴바(toolbar)이다. 이 버튼들을 가지고 파일 로드, 소자접촉 시험, 그리고 시험 시작 및 중지 등의 기능을 수행 할 수 있다. 왼쪽 부분은 각 존과 그에 해당하는 슬롯정보, 변인 보드 식별번호를 나타내는 것이다. 존의 명칭은 VZone01이고 그에 속하는 슬롯들은 Slot01, Slot02, Slot03이다. 존의 명칭은 가장 상위의 슬롯 번호를 기준으로 생성한다. 중간부분은 반도체 소자의 시험 상태정보를 나타내며 세 부분으로 구성된다. 상부는 체임버 내의 변인 온도, 변인의 진행 시간, 시험조건 파일 등의 정보를 보여준다. 중앙은 시험조건 파일에 명시된 시험 순서인 스텝(step)의 동작 정보를 하향 순으로 보여준다. 스텝 명은 contact\_38로서 스텝이 시작될 때 출력된다. 작동시간은 11월 08일 16시 09분 24초이고, 작동내용은 start step 'contact\_38', 즉 contact\_38의 스텝을 시작했다는 것이다. 'set tg'는 소자의 작동 타이밍을 세팅하고, 'power on'은 소자에 실제 전압을 인가하는 것이다. 'run'은 소자 시험이 시작된 것이고, 'expected time'은 예상 시험 시간이다. 'power off'는 소자에 인가된 전압이 차단하는 것이고, 'end step'으로 스텝이 끝난다. 'start step'

부터 'end step'까지가 한 스텝을 이룬다. 하부는 각 스텝별 시험 시간과 수율, 즉 정상인 반도체 소자의 비율을 보여준다. 마지막으로, 우측 부분은 번인 보드위에 올려진 소자에 가해지는 전압을 슬롯별로 보여준다. Slot19번에 대한 전압과 전류를 그래프와 숫자로 출력하고 있다. 반도체 소자들의 작동을 위해 복수개의 전압을 사용하는데 여기서는 PS11과 PS12로 명시되어 있다. PS11의 기준 입력 전압과 측정 전압은 3.00V와 3.03V이고, 제한 전류와 측정 전류는 10.00A와 2.12A이다. PS11과 PS12에 대한 전압 정보의 그래프로의 출력을 위해 기준값 앞의 체크박스를 활성화 한다.



[그림 7] 사용자 인터페이스

그림 8은 동적 존 할당의 모습으로 ①은 존 초기화면, ②는 슬롯 선택, ③은 존 분배, ④는 개별 슬롯 분배를 보여준다. 기존 시스템의 경우, 그림 8의 ①번 그림처럼 존이 이미 정의된 상태에서는 변경이 불가능하다. ②번 그림은 VZone19로 명명된 존의 슬롯 분할을 위해 Slot22, Slot23, Slot24를 선택하는 것을 보여준다. ③번 그림은 APPLY 버튼을 누른 후 VZone22라는 이름의 새로운 존이 생성된 것을 보여준다. 이때 존 명칭은 그 존을 구성하는 첫 슬롯의 번호를 가지고 생성된다. ④번 그림은 존당 한 슬롯씩 할당된 존들을 보여준다. 24개 슬롯을 가진 시스템의 경우, 존당 한 슬롯씩을 할당하면 24종의 반도체 소자 검사를 동시에 진행할 수 있다.



[그림 8] 동적 존 할당

## 5. 성능 평가

기존시스템의 경우, 조립 작업이 복잡한 선 연결을 수반하므로 조립에 상당한 시간, 즉 많게는 1-2주 정도의 시간이 필요했다. 이에 반해, 동적 시스템의 경우에는 대부분의 부품들이 모듈화 되어 있으므로 1-2일 정도면 시스템을 완성할 수 있다. 하지만 모듈의 삽입 작업이 복잡해지는 문제가 발생한다. 이로 인한 문제는 기존시스템의 조립작업 시간에 비하면 월등히 앞서는 동적시스템의 조립시간으로 충분히 보상 할 수 있다. 동적 존 할당 시스템에서는 1 존 1 슬롯부터 N 존 M 슬롯(N = M, N > M, N < M)의 구성이 가능하다. 따라서 소량의 다종 소자들에 대한 시험을 동시에 진행할 수 있다. 기존 시스템에서는 별도의 장비를 결선하고 서로 다른 소자를 위해 시스템을 재구성해야 하는 문제점이 있었다. 또한 분리된 전원 보드의 형식을 가지므로, 문제 부분의 해당 전원만 차단하여 정비가 가능하다. 기존 시스템은 전체의 전원을 인가하여야 하므로 대용량 전원이 필요하며 일부분만을 제어할 수 없는 문제가 있었다. 모듈화된 전원 시스템으로 검사 중 전원을 자유로이 제어함으로써 전체적인 작업 시간의 단축이 가능하다. 마지막으로, 실질적인 시험은 존 컨트롤러에서 진행되므로, 워크스테이션이 비정상적으로 종료되더라도 시험에 영향을 주지 않는다. 표 1은 이런 사항들에 대한 요약표이다.

[표 1] 성능 비교

항목	기존 시스템	동적 시스템	장점 & 차이점
조립	1-2주	1-2일	동적시스템:삽입 작업 기존시스템:복잡 결선
동적 존 할당	No	Yes	효율성 극대화(동시 시험), 존 확장성
전원구조	대용량 전원사용	분리보드 형식	가동 중 전원분리 정비기능, 조립및검사시간 단축
서브 컨트롤러 기술	No	Yes	원격 제어 기능, 자동 복구 기능

## 6. 결론

본 논문은 슬롯 수를 변경할 수 없는 기존의 번인 시험 시스템의 제약 사항들을 설명하고 이 문제들의 해소를 위한 동적 존 할당 번인 시험 시스템을 제시했다. 동적 존 할당 시스템의 경우, 존 컨트롤러들을 워크스테이션에

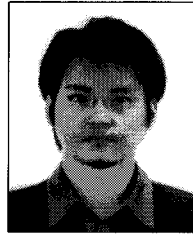
서 독립시킴으로써 동적 존 할당을 가능하게 했고 모듈 형태의 설계를 통해 시스템 생산 및 유지보수를 용이하게 했다. 향후에는 이런 동적 시스템들을 함께 연결하고 확장하여 통합 운영이 가능한 복합 시스템의 구성을 위한 구조 및 기법에 대해 연구를 진행할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] 강성호, 김규철, 소병세, 홍성제, "메모리 테스트", 대영사, 2001
- [2] Robert L. Gussman, "Automated burn-in system", Reliability Inc., Mar., 1992.
- [3] Hanson, "Environmental Test Chamber for Circuit Card", IBM Tech. Disc. Bull., vol. 20, #5, pp. 1837-1838, Oct., 1977.
- [4] James I. Bradshaw, "Burn-in chamber", Reliability Inc., Feb, 1983.
- [5] 유장우, 김후성, 윤지영, 황상준, 성만영, "IC 신뢰성 향상을 위한 내장형 고장검출 회로의 설계 및 제작", 전기전자재료학회논문지, 제18권 제5호, pp. 431-438, 2005
- [6] Craig Hollabaugh, "Embedded Linux Hardware, Software, and Interfacing", Addison Wesley, pp. 7-11, 2002.
- [7] 이정배, 이두원, "임베디드 시스템 연구 동향.", 정보처리학회지, 제9권, 제1호, pp. 17-18, 2002.
- [8] LEVINE, D.A., and AKYILDIZ, I.A.: "PROTON: A Media Access Control Protocol for Optical Networks with Star Topology", *IEEE/ACM Trans. on Networking*, vol. 3, pp. 158-168, April, 1995.

### 신 중 한(Joong Han Shin)

[정회원]



- 2008년 6월 호서대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 (컴퓨터공학 석사)
- 2006년~ (주)지에스테크

<관심분야>  
임베디드 시스템, 반도체검사장비

### 오 삼 권(Sam Kweon Oh)

[중신회원]



- 1980년 한국항공대학교 항공전자공학(학사)
- 1980~1984년 삼성전자 통신연구소(연구원)
- 1986년 University of South Florida (USA)(컴퓨터과학석사)
- 1994년 Queen's University (Canada)(컴퓨터과학박사)
- 1994~1995년 한국전자통신연구소(선임연구원)
- 1995년~ 호서대학교 컴퓨터공학부(교수)

<관심분야>  
Real-Time and Distributed Systems, Operating Systems, Communications Protocol, Fault Tolerance