

논문 2009-46SC-2-4

LCD 구동 모듈 PCB의 자동 기능 검사를 위한 Emulated Vision Tester

(Emulated Vision Tester for Automatic Functional Inspection of LCD
Drive Module PCB)

주영복*, 한찬호**, 박길흠*, 허경무***

(Young-Bok Joo, Chan-Ho Han, Kil-Houm Park, and Kyung-Moo Huh)

요약

본 논문에서는 LCD 구동 모듈 PCB의 기능 검사를 위한 자동 검사 시스템인 EVT (Emulated Vision Tester)를 제안하고 구현하였다. 기존의 대표적인 자동검사 방법으로는 전기적 검사나 영상기반 검사방식이 있으나 전기적 검사만으로는 Timing이 주요한 변수가 되는 LCD 장비에서는 검출할 수 없는 구동불량이 존재하며 영상기반 검사는 영상획득에 일관성이 결여되거나 Gray Scale의 구분이 불명확하여 검출결과의 재현성이 떨어진다. EVT 시스템은 Pattern Generator에서 인가된 입력 패턴 신호와 구동 모듈을 통한 후 출력되는 디지털 신호를 직접 비교하여 패턴을 검사하고 아날로그 신호 (전압, 저항, 파형)의 이상 여부도 신속 정확하게 검사할 수 있는 하드웨어적인 자동 검사 방법이다. 제안된 EVT 검사는 높은 검출 신뢰도와 빠른 처리 속도 그리고 간결한 시스템 구성으로 원가 절감 및 전공정 검사 자동화의 실현을 가능케 하는 등 많은 장점을 가진다.

Abstract

In this paper, an automatic functional inspection system EVT (Emulated Vision Tester) for LCD drive module PCB has been proposed and implemented. Typical automatic inspection system such as probing methods and vision-based systems are widely known and used, however, there exist undetectable defects due to critical timing factors which they may miss to catch from LCD equipments. Especially typical vision-based systems have inconsistency on acquisition of images so that distinction between gray scales can be difficult which results in low level of performance and reliability on the inspection results. The proposed EVT system is pure hardware solution. It directly compares pattern signals from a pattern generator to output signals from LCD drive module. It also inspects variety of analog signals such as voltage, resistance, wave forms and so forth. The EVT system not only shows high performance in terms of reliability and processing speed but reduces costs on inspection and maintenance. Also, full automation of entire production line can be realized when EVT is applied in in-line inspection processes.

Keywords : LCD Drive Module, Automatic Inspection, Emulated Vision Tester, Pattern

* 정희원, 경북대학교 전기전자컴퓨터공학부

(Department of Electrical Engineering and Computer Science Kyungpook National University)

** 정희원, 강원대학교 방송영상학부

(Department of Broadcasting Visual media and Technology Kangwon National University)

*** 정희원, 단국대학교 전자컴퓨터학부

(Department of Electronics Engineering Dankook University)

※ “본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2008-(109008040002-0001000100100))”

접수일자: 2008년10월31일, 수정완료일: 2008년12월31일

I. 서 론

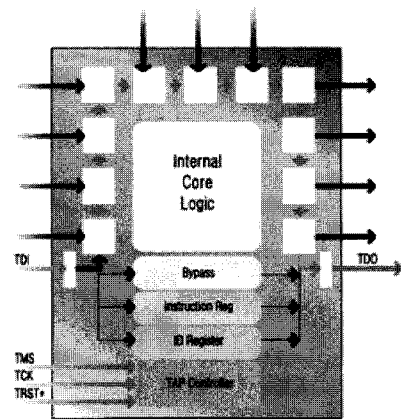
LCD 디스플레이 산업군은 2000년대 들어 괄목할 만한 성장을 거듭하고 있으며, 향후에도 지속적인 성장이 예상되어지는 산업이다. 그 중에서도 특히 LCD 구동 모듈은 막대한 규모의 시장을 형성하고 있으며 차세대 주요 성장 동력사업 중의 한 분야이다^[1]. 매년 증가하는 LCD 디스플레이의 수요와 날로 치열해 지는 가격경쟁에 적절히 대처하기 위해서는 관련 부품 생산 공정의 효율화 및 자동화가 반드시 필요하다. 특히 생산 공정의 마지막 단계인 검사공정 자동화에 대한 많은 연구가 있었다^[2~3]. 본 논문에서는 LCD 디스플레이의 구동모듈 PCB의 자동 기능 검사에 대해 기존의 여러 가지 방법들을 살펴보고 이를 개선하는 시스템을 제안하고 구현하였다.

기존의 LCD 구동 모듈의 자동 기능 검사 방법으로는 전기적 검사나 영상 기반 검사의 방식이 있다. BST (Boundary Scan Test)와 같은 전기적 검사는 ICT 단계에서 Probe Pin만으로는 검사가 어렵거나 불가능한 부품의 검사에 유용한 검사 방법이다. 하지만, Timing이 주요한 변수가 되는 LCD 장비에서는 검출할 수 없는 구동 불량이 존재한다. 한편 영상기반 검사는 장비의 가격이 고가이며 Gray Scale의 구분이 불명확하며 영상획득에 일관성이 결여되어 검출 결과의 재현성이 떨어지는 단점이 있다. 본 논문의 EVT 시스템은 Pattern Generator에서 생성된 입력 패턴 신호와 이를 인가받아 구동 모듈 PCB에서 출력되는 디지털 신호를 직접 비교하여 패턴 이상 여부를 검사하는 새로운 개념의 자동 검사 방법이다. 본론에서는 기존의 검사방법에 대한 설명과 그 장단점을 고찰하고 EVT 시스템의 개념과 구현의 구체적인 내용에 대해 설명한다. 아울러 기존의 방법과 그 성능을 비교하여 정리하였다. 결론에서는 본 논문의 내용을 요약하고 향후 연구 방향에 대해서 논의한다.

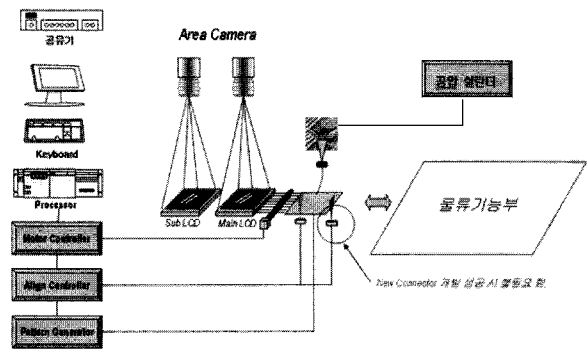
II. 본 론

1. 기존의 자동 기능 검사 방법

기존의 자동 기능 검사 방법으로는 전기적 검사나 영상 기반 검사의 방식이 있다. 반도체 디바이스 시장의 경박화 및 단소화 현상이 가속되면서 일반적인 Probe Pin을 사용하는 방식으로는 In-Circuit 검사기술을 적용



(a)



(b)

그림 1. 기존의 대표적 LCD 구동 모듈 자동 기능 검사 방법, (a) BST Device 구조 그리고 (b) 영상기반 검사시스템의 개념도

Fig. 1. Typical automatic functional inspection methods for LCD drive module PCB (a) BST Device Structure and (b) Vision-based inspection system.

하기에 한계점에 도달하였다. 이를 극복하기 위해 1980년대 중반, JTAG (Joint Test Action Group)에 의하여 그림 1 (a)와 같은 Boundary Scan 방식이 개발되었고, 1990년에 IEEE는 이를 검사표준안으로 채택하였다^[4]. 그러나 BST와 같은 전기적 검사만으로는 Timing이 주요한 변수가 되는 LCD 장비에서는 검출할 수 없는 구동불량이 존재한다. 한편 영상기반의 자동검사방법은 보편적으로 이루어지는 패턴에 대한 목시 검사를 그대로 따라하는 개념으로 육안대신 카메라를 사용하여 무결점이 확인된 LCD패널에서 출력되는 패턴영상을 획득하고 이를 처리하고 분석하여 구동모듈의 기능적인 결함을 검출하는 방법이다^[5]. 이러한 방식으로 BST 방식에서 검출하지 못하는 구동 불량을 그림 1 (b)와 같은 영상기반 검사기에서 검출할 수 있다. 하지만 영상기반 검사는 장비의 가격이 고가이며 입력된 영상에서

의 Gray Scale의 구분이 불명확하여 미검 발생의 가능성이 높을 뿐 아니라 영상획득에 일관성이 결여될 수 있고 알고리즘에 적용되지 않은 불량은 미검 처리 되는 등 검출 결과의 재현성이 떨어지며 처리시간이 많이 걸리는 등의 단점이 있다. 그러므로 기존의 대표적인 자동검사방법을 혼재하여 동시에 사용한다 하더라도 비용의 증가 외에 각각의 단점으로 인해 자동검사 시스템의 성능 저하 요인이 존재한다.

이 논문에서는 위와 같은 현재의 자동 검사 방식의 결점을 개선하기 위해 전기적 검사와 영상기반의 검사의 장점만을 통합한 EVT (Emulated Vision Tester) 시스템을 제안하고 구현하였다. 다음 장에서는 EVT 시스템의 구체적인 개념과 그 구현 내용에 대해 설명한다.

2. EVT (Emulated Vision Tester)

EVT 시스템은 Pattern Generator에서 인가된 입력 패턴 신호와 구동 모듈을 통한 후 출력되는 디지털 신호를 직접 비교하여 패턴의 이상 여부를 검사하는 새로운 개념의 하드웨어적인 검사방법이다. 아울러 아날로그 신호 (전압, 저항, 파형 등)도 사용자가 선택적으로 신속 정확하게 검사할 수 있는 하드웨어적인 방법이다. 그림 2는 EVT 시스템의 개념도를 보여준다. 우선 고속 패턴 생성기(PG)에서 패턴이 생성되면 그 데이터가 검사 대상인 구동모듈 PCB와 지그 PCB로 입력되고 출력 신호가 Interface Board에 전달되면 이를 표준화된 Data 형식으로 변환시킨 후 각 부분별로 이 신호 데이터를 PIC 인터페이스 보드를 통해 PC로 전송한다. 전송이 완료되면 PC에서는 패턴생성기로부터 생성된 원 패턴 데이터를 바탕으로 구동모듈의 출력신호를 비교 분석하여 그 결과를 출력하고 각각의 입력 패턴과 출력 패턴의 영상을 재구성하여 사용자가 시각적으로 확인할 수 있도록 하였다.

EVT 시스템은 구성은 크게 기구부, Hardware 부 및 Application부로 나뉜다. 기구부에서는 검사대상의 Loading부를 2 Bay 방식으로 구성하여 검사대상을 적재할 수 있도록 하고 구동 모듈의 출력 단자를 Jig를 통하여 체결한다. Hardware부에는 고속 패턴 생성기 (PG), EVT Processor를 구성하는 핵심 보드들, 그리고 이 핵심 보드들과 PC를 연결하는 PCI 인터페이스 보드로 구성되어 있다. Application에서는 기구 및 Hardware를 제어하고 알고리즘을 실행하며 데이터베이스를 유지 관리하며 사용자 인터페이스 (UI)를 제공한다

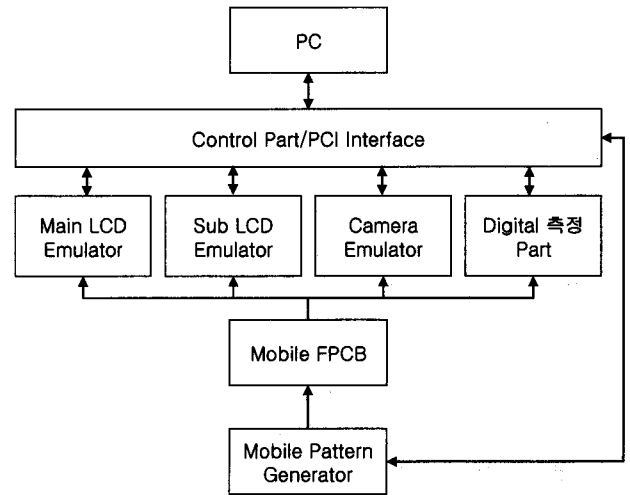


그림 2. EVT 시스템의 개념도
Fig. 2. Conceptual diagram for EVT system.

다. 다음 절에서는 이상에서 설명한 구성부들 중 Hardware 핵심 보드, 알고리즘 및 Application의 구현, 그리고 기구 및 장치의 구성에 대해 상세히 설명한다.

가. 핵심 보드의 구현

EVT 시스템의 핵심 보드에는 고속패턴생성기 (PG), PCI Controller, Emulator, LVDS Buffer, JIG, MUX 그리고 아날로그 신호측정을 하는 Measure 보드가 있다. 고속패턴 생성기는 사용자가 검사 패턴을 프로그램 할 수 있도록 유연하게 구성되어 있으며 최대의 해상도는 QXGA (2046 X 1536)까지 지원된다. PG에는 FPGA와 DSP가 탑재된 Multi-processor 구조이며 각각의 Processor가 독립적 Pipeline 방식으로 동작하여 병렬 처리 구조를 갖도록 구현하였다.

그림 5 (a)는 구현된 고속 패턴 생성기 (PG)와 이로부터 인가된 패턴의 한 예를 보여 준다. PCI Controller는 MUX, Measure Unit 및 Emulator와 Address Data

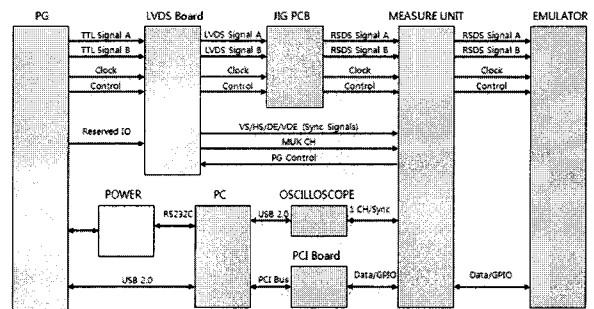
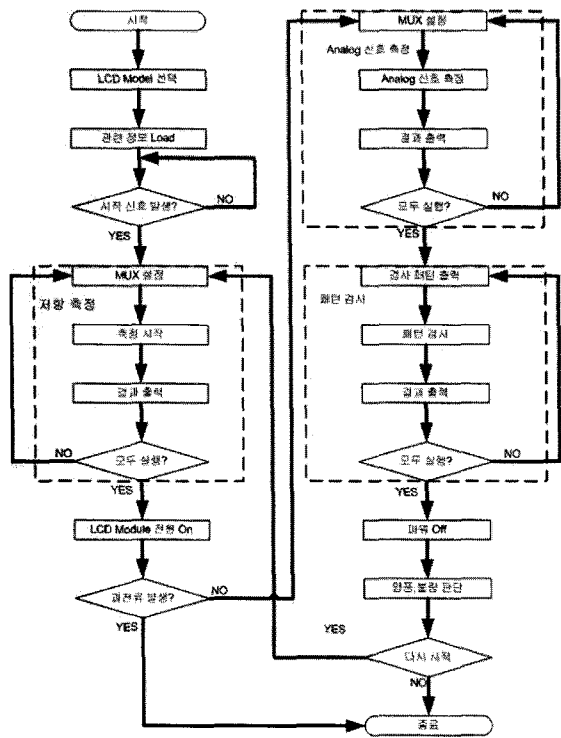
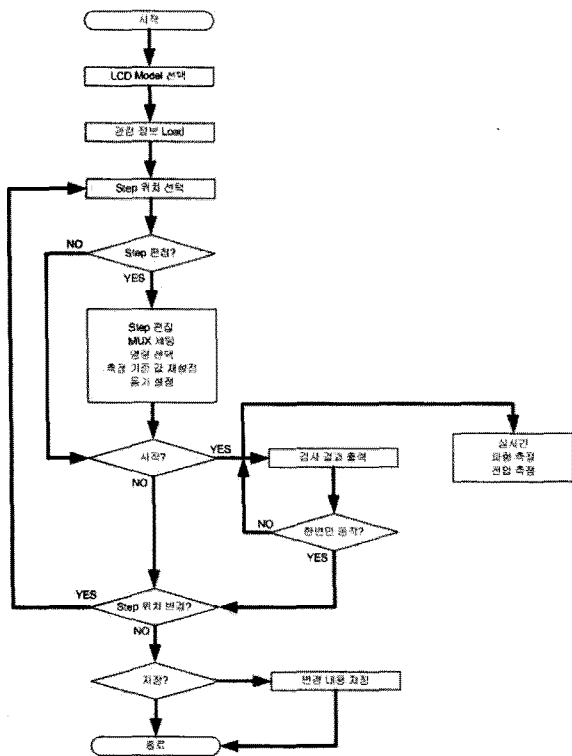


그림 3. EVT 시스템의 구성도
Fig. 3. System configuration for EVT system.



(a)



(b)

그림 4. EVT 시스템의 검사 방식 흐름도, (a) 자동식 실행방식 그리고 (b) 단계식 실행방식
 Fig. 4. Flow charts for EVT system.
 (a) Auto Run mode and (b) Step Run mode

Line으로 연결되어 Main PC와 통신을 할 수 있게 하는 가교 역할을 한다. MUX와 Measure 보드는 MUX Control로부터 선택된 신호의 전압을 PG의 Sync 신호와 동기를 맞춰 측정하여 그 결과를 PC로 전달한다. Emulator는 LCD Module에서 나오는 RSDS 출력 신호를 받아 그 신호를 재구성하여 실제 데이터와 비교하여 그 결과를 PC로 전달한다. 그림 2와 그림 3은 위에서 설명한 핵심보드로 이루어진 EVT 시스템의 개념도와 구성도를 각각 보여준다.

나. Application의 구현

EVT 시스템의 검사방식은 크게 자동식 실행방식 (Auto Run)과 단계식 실행방식 (Step Edit)의 두 가지로 나뉜다. 자동식 실행방식 (Auto Run)은 사용자가 검사 패턴, 아날로그 신호, 측정 임계값, 검사 시나리오 등을 미리 정의한 후 이에 대해 일괄 (Batch) 처리하는 방식이며 단계식 실행방식 (Step Edit)은 검사 흐름의 편집, 검사 대상 신호를 선정할 수 있는 Mux의 설정, 명령의 선택, 측정 기준값 및 동기 등을 설정할 수 있는 대화식(Interactive) 처리 방식이다. 그림 4 (a)와 (b)는 각각 자동식 실행 방식 (Auto Run)과 단계식 실행 방식 (Step Edit) 처리의 흐름을 순서도로 보여준다.

다. 기구 및 장치

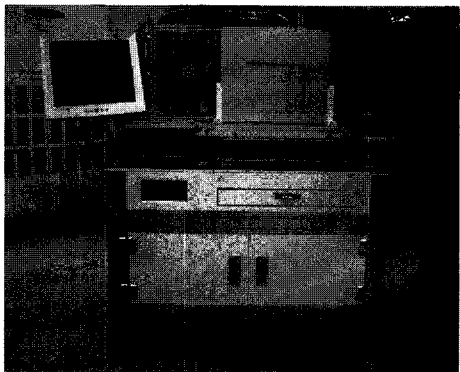
EVT 시스템의 기구 설계 시에는 고도의 재현성 및 신뢰성을 고려한 항목에 대한 검토가 선행되어야 한다. 기구 구성은 PCB 모듈을 Probing하기 위한 모듈 출력 단자 JIG 부를 비롯하여 PCB로부터의 Main LCD 출력 연결부, Up/Down 구동부, LCD Input Connector 연결부, 구동 Stage로 이루어져 있다. 그림 5 (b)는 각 구성부를 통합한 EVT 시스템 장비의 사진이다.

III. 실 험

성능 테스트는 117개의 구동모듈 샘플 (S社의 17" LCD 구동 모듈 - GH17LS, 1280 X 1024)을 사용하였다. 검사에는 7여개의 Test 패턴을 사용하였으며 그림 5 (a)는 그 한 예이다. 본 성능 비교 실험에서는 각 구동모듈 샘플 및 Test 패턴에 대해 EVT 시스템의 검출 결과를 기록하고 같은 환경에서 목시검사를 각각 시행한 후 그 결과를 비교 판정하였다. 검출력 실험 결과 기존 RGB Gray 패턴 검사 중 하위 Bit 이상으로 인한 미



(a)



(b)

그림 5. EVT 시스템의 기구 및 장치, (a) 고속 패턴 생성기 그리고 (b) EVT 시스템 장비

Fig. 5. EVT system equipments, (a) Pattern generator and (b) EVT system equipment.

세한 Gray 단차 불량에 대해서도 높은 신뢰성으로 검출이 가능하였다. T/T 비교를 위한 기존 방식은 BST를 탑재한 목시검사용 패턴 검사기와 영상기반의 시스템을 기준으로 하였다. 표 1과 2는 EVT 시스템의 검출력 실험 결과 및 영상기반 시스템과의 처리시간 (T/T)을 비교한 표이다. 구현된 시스템은 기존의 육안검사 부분을 Emulator Unit의 하드웨어로 대체함으로써 처리시간 (T/T)을 기존 방식에 비해 1/3이하로 줄였다.

특히 EVT 시스템은 입/출력 신호를 단순히 하드웨어적으로 비교하는 간단한 방법을 도입함으로써 복잡도가 높고 처리시간이 많이 필요한 영상처리 알고리즘을 탑재한 영상기반의 기존방식에 비해 디지털 패턴에 대한 검사만을 기준으로 약 3배 이상 향상된 처리시간을 보여 주었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 LCD 구동 모듈의 자동 기능 검사에

표 1. EVT 시스템 검출력 실험 결과

Table 1. Experiment results for EVT system.

항목	미검(%)	과검(%)	검출력(%)
저항(open, short) 측정	0.5	1.2	98.3
Analog 신호 측정	0.7	0.9	98.4
패턴 검사	0.3	0.5	99.2

표 2. EVT 시스템과 영상기반 시스템의 T/T 비교

Table 2. Comparison of T/T to vision based system.

항목	EVT 시스템	기존 방식
저항(open, short) 측정	1~2 [Min]	1~2 [Min]
Analog 신호 측정	3~4 [Sec]	10~12 [Sec]
패턴 검사	1~2 [Sec]	5~10 [Sec]
Total (저항측정시간 제외)	4~6 [Sec]	15~22 [Sec]

대해 기존의 대표적인 방법들을 살펴보고 그 장단점에 대해 고찰한 후 이를 개선하기 위해 새로운 개념의 EVT 시스템을 제안하고 구현하였다. 기존의 대표적인 자동검사 방법으로는 전기적 검사나 영상기반 검사방식이 있으나 그 각각의 시스템 특성의 제약으로 인해 높은 신뢰성 및 재현성 확보에 어려움이 있다. EVT 시스템은 기존 시스템의 장점들을 통합한 새로운 개념의 검사시스템이다. EVT는 Pattern Generator에서 인가된 입력 패턴 신호와 구동 모듈을 통한 후 출력되는 디지털 신호를 직접 비교하여 패턴을 검사하고 아날로그 신호 (전압, 저항, 파형 등)의 이상 여부도 신속 정확하게 검사할 수 있는 하드웨어적인 자동검사 방법이다. 그러므로 검사 결과의 신뢰성 및 재현성이 우수할 뿐만 아니라 검사 처리 시간 (T/T)도 기존의 방법에 비해 매우 빨라 효율적이다. 특히 EVT는 패턴 검사용 모니터가 불필요하며 전체 시스템도 간결하고 검사 장비의 원가가 저렴해지므로 검사 장비 및 관리에 드는 비용을 절감할 수 있다. 아울러 EVT 시스템을 In-line 생산 및 검사 공정에 도입하면 현재 목시 검사로 진행되는 최종 패턴 검사를 자동 검사 방식으로 대체할 수 있어 LCD 모듈 PCB 생산의 전공정 라인의 자동화를 실현할 수 있다. 실험 결과 EVT 시스템은 디지털 패턴 신호 검사에서 우수한 성능과 처리 속도를 보여 주었다. 한편 아날로그 신호 측정 및 검사에서는 그 처리 속도가 기존의 방식과 비교하여 차이가 많지 않았다. 이는 향후 하드웨어의 최적화 작업을 통해 개선할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 이상호, 장선호, “평판디스플레이 구동 IC 시장 및 기술동향”, *전자공학회지*, 제33권, 제5호, 499-507 쪽, 2006년
- [2] E. Malamas, E. Patrakis, M. Zervakis, L. Petit and J. Legat, “A Survey on Industrial Vision Systems, Applications and Tools,” *Image and Vision Computing*, vol. 21, issue 2, pp. 171-188, Feb. 2003.
- [3] U. Khan, J. Iqbal and M. Khan, “Automatic Inspection System Using Machine Vision,” *34th Applied Imagery and Pattern Recognition Workshop*, pp. 210-217, Apr. 2005.
- [4] H. Blecker, P. Eijnden and F. Jong, “*Boundary-Scan Test: A Practical Approach*,” Springer, 1993년
- [5] 조석빈, 백경훈, 이운근, 남기근, 백광렬, “PDP 패턴검사를 위한 실시간 영상처리시스템 개발”, *전자공학회지*, 제42권, 제3호, 121-128쪽, 2005.

저 자 소 개



주 영 복(정회원)
 1989년 연세대학교 전산과학과 학사.
 1991년 연세대학교 전산과학과 석사.
 1997년 UNSW 컴퓨터공학과 석사.

2001년 UNSW 컴퓨터공학과 박사.
 2003년 UWA 컴퓨터학과 초빙연구원.
 2009년 현재 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 BK 교수.
 <주관심분야 : 영상신호분석 및 처리, 자동결합검사시스템>



한 찬 호(정회원)
 1990년 경북대학교 전자공학과 학사.
 1992년 경북대학교 전자공학과 석사.
 2003년 경북대학교 전자공학과 박사.

1992년 현대전자 미디어연구소 주임연구원.
 2000년 경운대학교 멀티미디어공학부 전임강사.
 2007년 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 BK 교수.
 2009년 현재 강원대학교 방송영상학부 교수.
 <주관심분야 : 임베디드 시스템, 디지털 TV, 멀티미디어>



박 길 흠(정회원)
 1982년 경북대학교 전자공학과 학사.
 1984년 한국과학기술원 전기전자공학과 석사.
 1990년 한국과학기술원 전기전자공학과 박사.

2009년 현재 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수.
 <주관심분야 : 영상신호처리, 패턴인식, 영상압축>



허 경 무(정회원)
 1979년 서울대학교 전자공학과 졸업,
 1981년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사.
 1981년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사.

2009년 현재 단국대학교 전자컴퓨터학부 전자공학전공 부교수
 <주관심분야 : 제어 분야, 자동결합검사시스템>