

논문 2017-2-3

정보기기 시스템 감정에서 유사성 설정 기준

이규태*, 이현창*, 조현묵**, 권기영**

A Similarity Basics for Hardware Evaluation on IT Device

Kyu-Tae Lee*, Hyun-Chang Lee*, Hyun-Mook Cho**, Kee-Young Kwon**

요 약

저작물 감정은 원 개발자의 저작물과 복제로 의심되는 저작물과의 유사성을 판별하는 작업이다. 공정하고 객관적인 감정을 위해서는 원개발자와 피의자의 목적물이 제출되어야하나 대부분의 경우 피의자측의 불성실한 자료제출로 일대일 비교가 어려운 상황이 발생한다. 특히 하드웨어와 연관되는 목적물의 경우, 시스템을 구성하는 회로도면, PCB 거버파일, 부품목록 등이 제출되어야 하지만, 완성품으로 구성된 시스템만 제출되어 구조적 비교에 어려움이 있다. 본 연구에서는 하드웨어감정에 대한 감정기준 및 유사성 판단 기준에 대해 감정사례를 통하여, 객관적인 감정기준의 유사성 설정에 대해 분석하였다.

Abstract

Copyright evaluation is a work for seeking the similarity between original product and suspected one. Generally, objective materials of both should be submitted to the official authority, but suspected one be declined with uncomfortable status. Especially in case of related to hardware material, such as circuit diagram, PCB gerber file, and elementary part list, there is only hand over a market released final system. In this paper, we show a case study for guideline threshold to decision of evaluation for hardware materials.

한글키워드 : 하드웨어 감정, PCB 비교, 회로도 유사성, 회로패턴 비교, 하드웨어감정 항목

keywords : hardware evaluation, PCB, circuit similarity, Pattern compare, evaluation items

1. 서 론

정보기기는 하드웨어, 소프트웨어로 구성되며, 하드웨어는 전자회로, 프로세서, 로직회로 그리고 이들을 하나로 연결하여 일체화한 PCB 기판과 케이스로 구성된다. 소프트웨어는 프로그램 소스 코드와 운영체제가 해당된다. 일반적인 감정은

이들 전체에 대한 유사성을 비교하고, 차이점에 대한 유의미를 검증하는 작업이다, 이때 공지기술에 해당하는 회로나, 부품 또는 공개 프로그램이 적용된 경우는 유사성 검증에서 제외된다. 감정요청의 경우는 크게 다음과 같은 종류로 나눌 수 있다.

- 전체적인 비교감정을 수행하는 경우,
- 표준 하드웨어 사용으로 프로그램 소스코드에 대한 감정이 수행되는 경우
- 하드웨어 관련 전자회로부 또는 프로세서

* 공주대학교 정보통신공학부
(email: ktleee@kongju.ac.kr)

** 공주대학교 전기전자제어공학부
접수일자: 2017.11.25. 심사완료: 2017.12.16.
게재확정: 2017.12.20.

를 중심으로 하는 로직 회로 감정을 수행하는 경우

- 하드웨어나 프로그램의 특정 부분에 대한 유사성 비교를 요청하는 경우

위의 경우는 고소인과 피고소인의 감정 목적물 자료가 정상적으로 제출된 경우에 해당된다. 즉, 일대일 비교가 가능한 자료가 제출되었을 때, 감정도구를 사용하여 유사도 도출이 가능하고, 이에 대한 기술적인 복제 여부를 판단할 수 있다.

프로그램 소스코드와 달리 하드웨어 부분은 일대일 비교의 기준이 모호한 경우가 있다. 하드웨어부분의 도용은 회로도의 변형, 프로세서의 대체 모델 사용, PCB의 개작, 사용되는 부품의 형식 변경 등에 따라, 일대일 비교로는 유사성이 노출되지 않는 상황이 발생된다. 프로그램 소스코드 도용에서 변수명이나, 함수명을 대체하는 방법과 같이 시스템의 동작이나, 동작순서는 동일해도, 일대일 비교로는 동일하다고 판정하기 모호한 상황이 하드웨어에서도 존재한다. 본 연구에서는 하드웨어감정에 대한 감정기준 및 유사성 판단 기준에 대해 감정사례를 통하여, 객관적인 감정기준의 설정에 대해 분석하였다.

2. 감정 목적물의 특징

2.1 감정 목적물의 특징

감정대상 시스템은 관속에서 저속으로 흐르는 액체의 속도를 측정하는 장치로 초음파 방식의 유속 측정 기능을 갖는 제품이며, 해당 시스템은 유동성 액체가 관속으로 이동하는 상태에서 액체의 이동속도에 영향을 주지 않으면서 정확한 측정이 가능해야하는 특징을 갖는다.

시스템은 원통형의 유관을 통해 흐르는 액체

의 유속을 측정하는 시스템으로 그림 1과 같이 초음파센서를 양쪽에 거리를 두고 설치하여, 양쪽의 초음파가 도달하는 시간차를 측정하여, 속도를 계산하는 방식으로 구성된다. 그림 1과 같이 A에서 초음파를 발사한 후 B에 도달하는 시간차를 측정하여 액체 속에서 초음파가 진행하는 속도를 계산하는 원리로 동작된다. 초음파의 발생과 수신 및 속도계산은 제어기로 표현된 부분에서 수행된다. 제어기(Controller)로 표현된 부분에는 펄스발생기, 초음파 모듈을 제어하는 CPU, 속도를 계산하는 구동프로그램, 정밀시간을 카운트하는 계수기 및 아날로그 회로로 구성된다. 초음파를 이용하는 유속측정기술은 도플러효과를 이용하는 원리로서, 많은 논문과 저서에 기술되어 있는 공지기술로 판단된다. 그러나 제품을 제작하는 과정에서 사용되는 부품과 지연시간을 계산하는 구현기술은 개발자 고유의 독창성이 포함된 것으로 보아야한다.

감정대상 시스템은 유속이 30m/s 이하의 저속용 측정을 목적으로 하기 때문에 정밀한 시간을 계산하는 기술이 사용된다. 감정대상 시스템의 주요특징은 정밀속도 계산을 위해 측정된 펄스의 개수에서, 추가적인 마지막 한주기 이하의 펄스에 대해 미세시간을 추출하는 콘덴서의 충·방전 기술로 보인다. 즉, 빠른 충전과 느린 방전회로의 구현 및 방전기간 동안 단위펄스의 1000배의 정밀도로 시간측정을 하는 기술이며, 이 방법으로 유속이 느린 경우의 정밀속도를 측정할 수 있는 시스템이 제작된다.

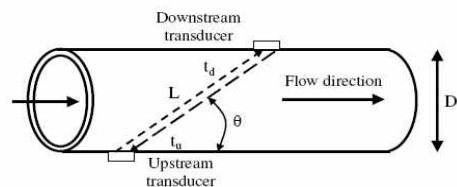


그림 1. 초음파 flowmeter
Fig. 1. Ultrasonic flowmeter

초음파 유량계의 측정원리는 도플러효과(Doppler effect)를 이용하여 시간지연 구간을 속도로 계산하는 이론을 적용한 것으로, 1896년 L. Rayleigh에 의해 발표된 ‘The theory of sound’ 논문을 시작으로 많은 논문이나 특허를 통해 알려진 기술이다. 이 기술은 파이프를 통과한 액체나 가스(Gas)의 속도, 용량을 측정하는 분야에 계속 적용되고 있다.

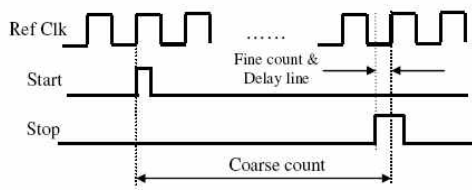


그림 2. coarse-fine 시간 구간
Fig. 2. Coarse-fine delay

그러나 실제적인 구현과정에서 사용되는 환경, 센서의 성능, 정밀 측정을 위한 사용부품의 종류, 그리고 정밀 조정(calibration) 및 속도계산을 위한 구동프로그램 등에 개발자의 고유기술이 적용되기 때문에 시스템 고유의 특징을 갖는다.

정밀시간을 측정하는 기술이 2007년 논문 ‘The Development of CPLD-Based Ultrasonic Flowmeter’에서 소개되고, 구현결과를 검증한 내용이 발표되어 1펄스 이하의 구간을 측정하는 기술 개념이 알려져 있다.

2.2 감정 소스의 분석

고소인의 시스템은 80386계열의 프로세서가 초음파 센서 제어와 시스템의 디스플레이에 사용되도록 구현 되었으며, 피고소인 시스템은 도시바의 프로세서가 초음파센서 제어용과 디스플레이용으로 각각 구현 되어 있다.

일반적으로 프로세서가 상이하면 같은 C계열의 소스코드인 경우도, 사용하는 문법과 프로그램

작성 과정이 다르다.

본 감정에서도 고소인의 소스코드 10개 파일(10170 라인), 피고소인의 소스코드 11개 파일(3827 라인)으로 설계되었지만, 상이한 파일명으로 작성되어 있다.

표 1. 감정사례 파일 종류
Table 1. Files of materials

NO	suspected	lines
1	ini92ml.c	227
2	int.c	944
3	int.h	84
4	io92cy23.h	796
5	lnc92.lcf	22
6	main.c	820
7	main.h	84
8	speed.c	671
9	speed.h	77
10	stc92ml.asm	102
11	typedef.h	182
Total		3,827

비교 도구는 Scooter Software의 Beyond Compare ver3.1.11을 사용하였다. 이 도구는 그림 3과 같이 text 단위, 파일 단위, 폴더 단위의 비교가 가능한 기능을 가지고 있다.

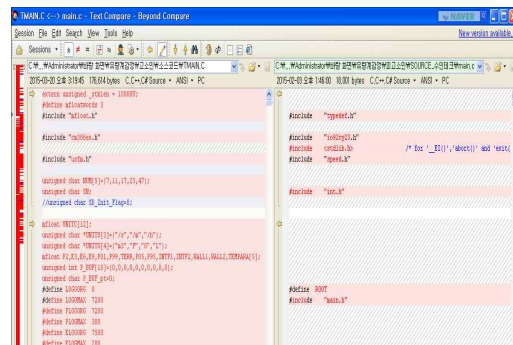


그림 3. Beyond compare 비교도구
Fig. 3. Compare tool for Beyond compare

웨어의 실행화일은 HEX 코드 단위의 비교

가 가능하나, 본 사례의 감정목적물 비교는 대부분 파일 단위 비교를 수행하여, 파일 내의 라인 단위 텍스트 검사를 통해 동일성 여부를 도출하였다. 화면의 적색으로 표시되는 부분은 두 파일 간의 동일성이 검출된 부분을 나타내며, 육안판별이 가능한 상황을 제공한다.

3. 하드웨어 감정 기준

감정 대상에서 예시한 회로도의 경우 그림 4, 그림 5와 같이 동일한 회로도로 보이지만, 원으로 표시한 위치와 같이 회로의 일부 모습을 변형하고, 부품의 이름도 다시 설정한 회로도를 보인다. 이러한 경우 일대일로 매칭되는 기준으로 보면 동일하지 않은 회로도로 판정된다. 그러나 부품의 형식이 동일하고, IC 칩의 핀배치가 동일한 관점에서 보면, 회로의 기능과 동작에 있어서 같은 동작으로 하는 것으로 판단할 수 있다. 그러나 9, 10번 핀에 연결된 두 개의 저항으로 보면, 실제 동작에서의 영향이 어떠한지는 판단할 수 없는 상황에서도 다른 회로로 판단할 수 있는 근거가 된다.

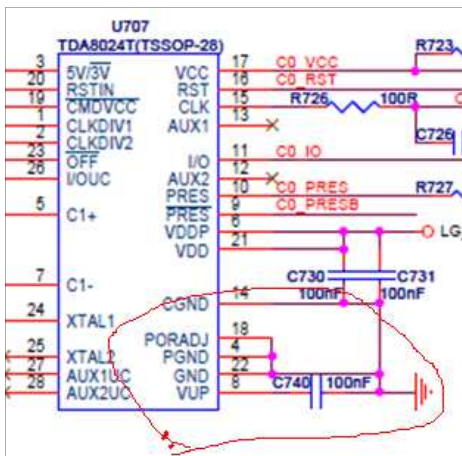


그림 4. 원회로도
Fig. 4. Source circuit

실제동작회로에서 각 핀에서의 로직파형이나 신호파형을 비교하면 동작의 유사성을 판단할 수 있으나, 회로도면 만으로 판단하는 경우 두 회로는 동일하지 않은 것으로 감정결과를 도출하는 것이 타당함을 알 수 있다.

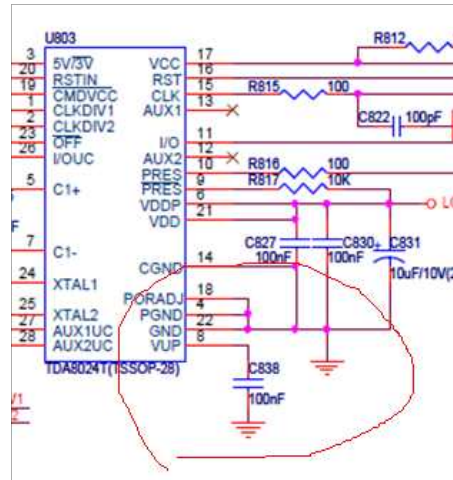


그림 5. 변형된 회로도
Fig. 5. Modified circuit

따라서 회로도의 감정 기준은 일대일 동일하게 매칭되는 경우 동일성이 있다고 판단하고, 일대일 매칭이 않되는 경우에는 감정 전문가의 기술적 판단에 따라 보완적인 유사성 결과를 추가하는 것이 타당하다.

PCB의 비교감정에서 유사성은 회로도와 같이 일대일 매칭의 결과를 동일성으로 판정한다. 그러나 개발에 참여하거나, 실제 개발자인 경우 개발 도구를 활용한 개작(변형)이 가능하며, 이런 경우 피의자의 생산품은 기능은 같아도 회로패턴이 다르게 구성된다.

그림 6, 7과 같은 사례에서 좌하단의 패턴은 일대일로 매핑되어, 동일한 PCB로 판단할 수 있으나, 좌상단의 패턴은 동일 PCB에서 다른 모습의 패턴을 구성하고 있는 것을 확인할 수 있다. 이 경우 두 개의 PCB는 동일성이 없다고 판

단된다. 일부패턴이 같아도, 전체적인 시스템에 영향을 주는 정도를 판단할 수 없고, 피의자가 원개발자의 PCB를 참조하여 독자적으로 개발하였다고 보아야하는 기술적용이 포함된다.

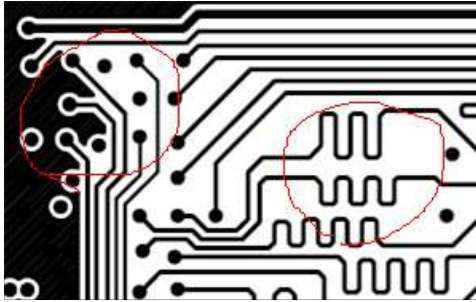


그림 6. 원개발자의 PCB 패턴
Fig. 6. PCB pattern for original

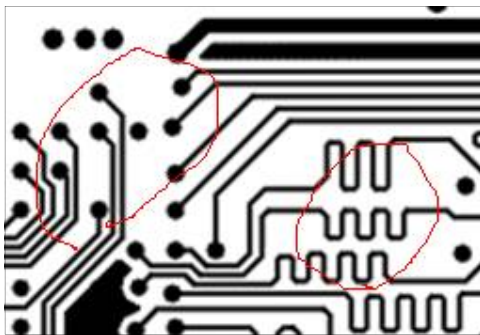


그림 7. 도용이 의심되는 PCB 패턴
Fig. 7. PCB pattern for modified one

4. 하드웨어감정 수행

시스템의 소스코드는 2가지로 구성되는데, 하나는 기기내의 Flash ROM에 저장된 기기 프로세서용 프로그램이고 다른 하나는 Visual C++로 작성된 PC에서 동작하는 운용프로그램이다. 첫 번째 Flash ROM에 저장된 프로세서용 프로그램의 경우 소스파일이 제공된 상태라면 소스 프로그램의 구성이나 라인별 분석을 통해 유사감정

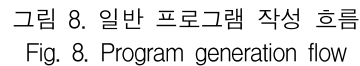
수행이 가능하나, 본 감정의 경우 양측에서 일부의 소스파일부분을 프린터 출력물 형태로 제공하고 있다. Flash ROM에 저장된 object code(binary code)의 경우도 보통 코드를 읽을 수 없도록 하는 보호기능이 사용된 경우, 판독이 불가능할 수 있어 이에 대한 분석이 요구된다.

PC에서 실행되는 운용 프로그램의 경우 Visual C++로 작성된 프로그램과 라이브러리로 작성된 DLL 파일이 제출되었는데, 원고는 소스파일을 제출하였으나, 피고는 실행파일만을 제출하였다. DLL의 경우 양 당사자 모두 소스파일은 제출하지 않았다. 본 감정대상 시스템은 USB 케이블을 통해 PC에 연결되고, PC에서 운용프로그램을 실행시켜 데이터를 주고 받는다. 따라서 소스파일이 확보되지 않은 상태에서 두 프로그램의 유사성을 비교하는 것은 일반적으로 불가능하며, 이런 경우 프로그램을 실행시키면서 동작에 대한 응답을 비교하거나 UI(User Interface)를 비교하는 방법으로 간접적인 코드의 유사성을 추론할 수 있다. 이는 프로그램이 논리적으로 실행되고, 일정한 논리순서로 동작하기 위해서는 유사한 프로그램 코드를 가져하는 특징 때문이다. 프로그램의 실행화면을 보면, 화면의 구성이나, 동작을 위한 기능버튼의 기능이 일반적인 내용인지, 각 회사의 독창적인 사양인지 검증하여야 한다. 이 경우 소스파일이 제출되지 않은 환경이므로, 감정은 두 프로그램의 실행과정 및 동작결과로 차이점을 파악한다.

이 경우 피고측의 소스파일이 제출되지 않았기 때문에, 원고의 소스코드를 통하여 각각의 모듈별 기능에 대한 비교를 시행하고, 이를 통하여 양 소스코드의 유사성을 비교할 수 있을 것으로 보인다. 이는 프로세서에서의 직렬통신(RS232, USB)은 상호간의 특별한 약속(프로토콜이라 함)에 의하여 통신을 하게 되며, 이때 사용되는 프로토콜은 프로그램 작성자가 독자적으로 정의해

본 감정 사례의 경우는 프로그램의 목표 및 프로그램의 흐름도 설계를 개발자가 기존의 단순 프로그램을 개선하여 아이디어를 추가하고, 검증 과정을 반복해야하는 노력이 추가된 특징이 있다.

두 기기는 동일한 프로세서로 ATMEL사의 'mega128을 사용하고 있다. 프로세서가 동일기 때문에 내부 메모리에 저장되어 있는 프로그램이 같을 경우, 두 업체의 기기에서 동일하게 실행될 것이다. 따라서 내부 메모리(Flash ROM) 프로그램 내용의 동일 여부를 파악하면 양 프로그램의 복제 여부를 어느 정도 추정해 볼 수 있다. 프로세서의 내부 Flash ROM을 읽고 쓰는 기능으로 ISP가 있으며, 이 기능을 통하여 새로 프로그램의 다운로드, 수정된 프로그램으로의 변경 등이 가능하다. 이 기능을 사용하기 위해서는 USB-ISP 연결케이블과 프로세서의 단자에 연결이 가능하게 하는 커넥터가 있어야 한다. 그런데 고소인의 회로판에는 ISP 연결이 가능한 커넥터가 장착이 되어 있어 손쉽게 내부프로그램을 읽을 수 있었으나, 피고소인의 회로판에는 커넥터가 장착되지 않았다. 검사 장치를 구성하여 내부 ROM을 읽어본 결과 고소인의 회로판에서는 완전한 프로그램 코드가 확보되었지만, 피고소인의 회로판에서는 read protect, 즉 외부에서 내부 프로그램을 읽지 못하게 하는 특수기능을 사용하고 있어 내부프로그램 확보에 실패하였다. 이 기능은 ATMEL 제조회사에서 제출한 기능으로 저작권 보호를 위해 프로세서에 내장된 프로그램 메모리의 내용을 원천적으로 읽지 못하게 하는 기능으로, 모든 프로그램을 완전히 복제하고 다시 쓰는 방법 외에는 프로세서 내용 접근 할 수 없다.



드라이버의 기능은 펌웨어에서 직렬 통신 USB로 전달하는 데이터를 수신하고, 분석하는 부분과 다수의 좌표(멀티 좌표)를 가공하는 부분, 그리고 사용자의 편의를 위한 기능 설정 GUI 등이 해당된다. 감정대상 기기는 USB를 통해 PC와 통신을 함으로써 상호간의 정보를 교환하는 구조로 동작하고 있다. USB 통신은 직렬통신방식으로 이 방법은 비동기방식으로 통신을 하기 때문에 언제 어떤 정보가 송수신되는지 서로 알려주기 위한 약속(통신규칙)을 정의하고 있어야 한다. 이 약속은 사용자가 임의로 정하는 것이다. 따라서 직렬통신방식에서의 통신규칙 정보는 동일하게 작성될 가능성이 없는 부분이다. 예를 들어 정보를 보내기 위해 앞부분에 [00 01 02 03 04] 의 5바이트를 전송하고 중요정보를 전송한다고 약속하면, 수신측에서는 약속된 5바이트가 수신될 때만 중요정보로 인식하는 방식이다. 몇 개

의 바이트로 약속하고, 바이트 내용이 무엇인지는 작성자가 임의로 정하고 사용한다.

검증결과에서 보듯이 각사의 직렬통신을 보면 아래 표에 예시한 바와 같이 [02 00]으로 시작해서 [03]으로 종료되는 동일 패턴을 사용하고 있다.

임의로 작성되는 통신규칙이 모든 기능에 대해 똑같이 사용되고 있다는 것은 누군가 복제를 했을 것이라는 강한 증빙이 된다.

감정사례에서의 유사성 비교결과는 표 2와 같이 회로도 PCB의 비교결과에 구동프로그램의 유사성 결과를 포함한 종합결과를 나타내었다. 하드웨어 부분은 회로도와 PCB 부분을 중심으로 비교 판정한 결과이며, 동일성의 판단에 대한 기술적 판단을 포함하기 위하여, ‘△’의 판정을 사용하여 동일하지는 않아도 개작을 통한 유사성이 인정되는 결과를 표현한다.

표 2. 감정사항의 결과
Table 2. results of evaluation

구분	동일 · 유사성
회로도	△
PCB	×
구동프로그램	×

5. 결 론

감정수행에서 프로그램 소스코드와 달리 하드웨어 부분은 일대일 비교의 기준이 모호한 경우가 있으며, 하드웨어부분의 도용은 회로도의 변형, 프로세서의 대체 모델 사용, PCB의 개작, 사용되는 부품의 형식 변경 등에 따라, 일대일 비교로는 유사성이 노출되지 않는 상황이 발생된다. 프로그램 소스코드 도용에서 변수명이나, 함수

수명을 대체하는 방법과 같이 시스템의 동작이나, 동작순서는 동일해도, 일대일 비교로는 동일하다고 판정하기 모호한 상황이 하드웨어에서도 존재한다. 본 연구에서는 하드웨어감정에 대한 감정기준 및 유사성 판단 기준에 대해 감정사례를 통하여, 객관적인 감정기준의 설정에 대해 분석하여 회로도와 PCB 등의 감정에서 판정 기준을 제시하였다. 프로그램의 경우와 달리 지능적인 도용의 경우가 많이 발생하는 이유로, 감정인의 전문성이 요구되는 부분이다.

참 고 문 헌

- [1] Ian Maxwell, "Information Display article", Information display, Dec. 2007.
- [2] 이규대, "유사성 비교에서 세부항목 설정 기준", 한국소프트웨어감정평가학회 논문지, 12권 1호, pp21-26, 2016.06.
- [3] 임경수, 박종혁, 이상진, "디지털포렌식 현황과 대응방안", 보안공학연구논문지, 2008.11.
- [4] 류희수, "정보보호: 디지털 세상의 CSI, 그 가능성은", 정보통신진흥협회, 2007.
- [5] 조용현, "디지털 포렌식을 위한 절차와 도구의 중요성", (주)시큐아이닷컴 CERT팀, 2007.
- [6] 김도완, 윤영선, "SW소스코드 저작권보호를 위한 통합 가이드", 컴퓨터프로그램보호위원회, 2009.04.
- [7] 길연희, 홍도원, "디지털 포렌식 기술과 표준화 동향", IT standard & test TTA journal, 2008.08.
- [8] 변정수, "한국형 디지털 증거분석 표준화: 경찰청 디지털 증거처리 표준가이드라인 및 증거분석 전문매뉴얼의 고찰", 디지털 포렌식 연구 창간호, 2007.11.
- [9] 방효근, 신동명, 정태명, "소프트웨어 포렌식: 프로그램 소스코드 유사성 비교 및 분석을 중심으로", 디지털 포렌식 연구 창간호, 2007.11.
- [10] 이규대, "임베디드시스템의 이진코드 추출 및 분석", 한국소프트웨어감정평가학회 논문

- 지, 5권 1호, pp27-38, 2009.05.
- [11] 전병태, “프로그램 복제도 감정기법 및 감
정비 산출에 관한 연구”, 프로그램심의조정
위원회 결과보고서, 2002.
- [12] 이규태, 권기영, “정보기기 감정에서 세부항
목 설정 사례”, 한국소프트웨어감정평가학회
논문지, 12권 2호, pp.9-14, 2016.12.

— 저 자 소 개 —



이규태(Kyu-Tae Lee)

1984 고려대 전자공학과 졸업
1986 고려대 전자공학과 석사
1991 고려대 전자공학과 박사
2001 미 조지아텍 교환 교수
2006 미 일리노이주립대 교환
교수

2007~2009 한국전자통신연구원 이동통신연
구소 초빙연구원
1992.3~현재 공주대 정보통신공학부 교수
<주관심분야> 회로 및 시스템, 신호처리,
VLC, 저작권보호



권기영(Kee-Young Kwon)

1981.2. 고려대 전자공학과 졸업
1983.2. KAIST 전기및전자공학
과 석사
1988.2. KAIST 전기및전자공학
과 박사

1988.3.~1991.2 (주)삼성전자 기흥 반도체연구소
선임연구원
1991.3.~현재 공주대학교 공과대학 전기전자
제어공학부 교수
2000.3~2001.2. Southern Methodist
University 방문교수
<주관심분야> 반도체, 광통신



이현창(HyunChang Lee)

1986 단국대 전자공학과 학사
1989 단국대 전자공학과 석사
1996 단국대학교 대학원
전자공학과 박사
1996~2004 국립 천안공업대
학 정보통신과 부교수

2005년~현재 국립 공주대학교 공과대학
정보통신공학부 교수
<주관심분야 : 멀티미디어 회로, 전동기제어,
마이크로프로세서 >



조현묵(Hyun-Mook Cho)

1994.3.~현재 공주대학교 공과
대학 전기전자제어공학부 교수
<주관심분야 : 반도체 설계, 회로
및 시스템, SoC 설계>