

필름형 센서를 이용한 센서 제어기 및 모니터링 시스템 구현

Implementation of Sensor Controller and Monitoring System Using Film Type

박노진*
(No-Jin Park)

이호웅**
(Ho-Woong Lee)

유흥근***
(Hong-Kyeun Yu)

요약

누수 검출(Leak Detection)은 인류의 소중한 자원인 물을 제어하여, 자연재해에 대비하고, 건물 및 각종 산업 시설 등의 피해를 방지하기 위한 시스템이다. 특히 화학물질이나 기름의 유출은 심각한 환경적 오염이 발생하기 때문에, 각종 액체(기름, 물)의 누출을 감지하고, 액체가 누출되는 지점을 초기에 감지하여, 환경오염을 최소화하고, 누수로 인한 장비의 파손방지 및 국가의 소중한 물 자원을 안전하게 사용할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하여 특화된 필름형 센서를 이용하여, 숙련된 엔지니어가 아니라도, 설비나 벽면 등 어느 곳이라도 누구나 쉽게 설치할 수 있다. 또한 불필요한 회로를 줄이고, 필름 센서와 연동 구동 시 큰 가격 경쟁력을 갖고, 검출하고자 하는 액체 및 주변 사용 환경에 따라 민감도를 설정할 수 있는 필름형 센서를 이용한 센서 제어기 및 모니터링 시스템을 구현하였다.

핵심어 : 누수 감지 센서, 케이블 센서, 포인트 센서, 밴드센서, 필름 센서

Abstract

Leak detection, the system is controlled by humanity's precious water resources, prepare for natural disasters and prevent damage to buildings and various industrial facilities. Especially because it causes serious environmental pollution, chemicals or oil spills, leak detection of various liquid(oil, water), the point at which the liquid leak is detected early on, and minimize environmental pollution, prevent damage of the equipment due to the leak, and the country's precious water resources to be used safely. In this paper, we solve these problems by using specialized film sensor, any person who is not a skilled technician, equipment or walls anywhere can be easily installed. also reduce unnecessary circuit, If film sensor is connected to operate, have a big competitive price, the detection of liquid and the surrounding environment according to, the sensor film that can set the sensitivity control, and monitoring system was implemented.

Key words : Leak Detector, Leak Fluid, Film Sensor, Cable Sensor, Point sensor

* 주저자 : ㈜유민에스티, 연구소장

** 공저자 : 동원대학교 정보통신과 교수

*** 공저자 : ㈜유민에스티, 대표이사

† 논문접수일 : 2012년 11월 12일

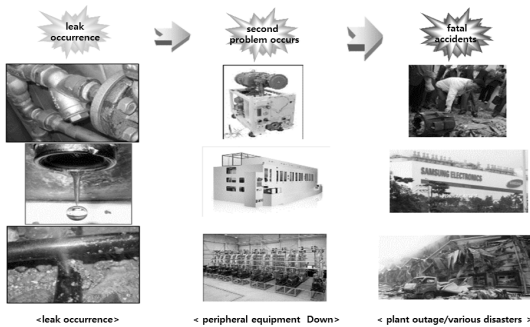
† 논문접수일 : 2013년 1월 31일

† 논문접수일 : 2013년 2월 6일

I. 서 론

누수는 물 공급 순환, 공기정화기, 냉각기 등에 심각한 문제를 발생시키며, 초고층화에 따른 위험성 증대, 콘크리트 강도하락, 노화속도 증대 등 건물 및 각종 시설물에 심각한 피해를 발생시키고, 도시의 배수구를 막히게 하여 심각한 자연재해 및 인적 재해를 발생시키는 원인이 된다. 또한 물을 포함한 각종 다양한 액체들이 파이프나 저장 용기에 의하여 이송되거나 저장되어 있는데 만약 이것들이 누출된다면 빌딩이나 공장의 전 시스템을 마비시키는 엄청난 결과를 초래하므로, 이의 방지를 위한 누수탐지기술은 없어서는 안 될 필수적인 안전 예방 장치이다[1].

누수 검출(Leak Detection)시 누수탐지기만 보유했다고 모두 찾아내는 것은 아니다. 누수인데 방수 공사를 해놓고 계속 물이 잡히지 않을 경우, 누수로 밝혀져 비용만 이중으로 지불하는 경우도 있다.



〈그림 1〉 누수에 의한 사고의 발생
〈Fig. 1〉 Leak due to the occurrence of an accident

또한 위에 방법은 고전적인 방법으로 시간이 많이 소요되고, 주로 가정용으로나 사용되기 때문에 장거리의 수도 파이프, 정유 시설, 기계 기발시설, 반도체 등 전자 산업의 생산 시설 등에 적용하기에는 어려움이 있다[2-3].

따라서 본 논문에서는 기존 누수 감지 센서의 설치의 어려움, 경제성, 유지보수 문제점 등을 보완한 신개념의 특화된 필름형 센서를 이용한 센서 제어 장치 및 각종 센서정보를 수집, 분석하는 모니터링

시스템 구현하였다.

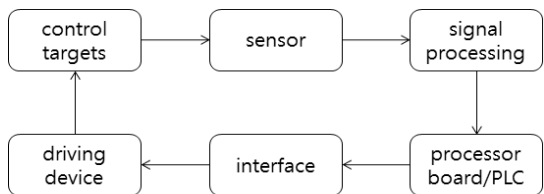
II. 센서 시스템과 누수감지 센서

1. 일반적인 센서 시스템

센서는 현대의 지식정보 사회에서 기계, 정보통신, 전자, 전기, 화학, 기상, 건설 분야 등에서 필수적으로 사용되는 소자로서 더욱 중요시되고 있다. 특히, 대부분의 센서가 피측정 물리·화학적량을 전기적 신호로 변화시키는 기능으로 정밀측정, 생산 자동화 및 자동제어 등에 다양하게 사용되고 있다 [4-5]. 과거의 시스템은 입력부, 제어부, 출력부의 3부분으로 구분하였으나 최근에는 센서의 사용이 반도체 기술의 발전과 더불어 여러 분야에서 응용되고 있는 관계로 이러한 추세를 고려하면 시스템은 <그림 2>와 같은 형태로 구성되어 진다[3,6].

2. 누수 감지 센서(Leak Detection Sensor)

물을 감지하는 Sensor를 Leak Detection Sensor라고 한다. 누수 및 누유감지 센서 인터페이스는 각종 액체(물, 기름등)의 누출을 감지하여 액체가 누출되는 지점까지 정확하고 신속하게 알려주기 위해 <그림 2>와 같이 구현된다.

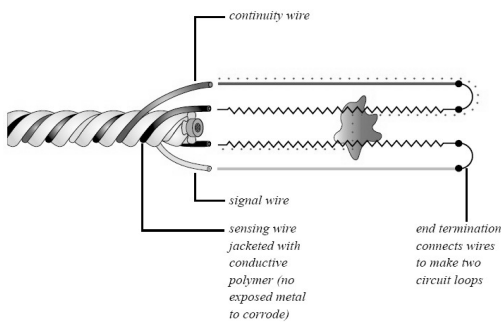


〈그림 2〉 센서 인터페이스
〈Fig. 2〉 sensor interface

Band Type형 Lead Detection Sensor로 전선을 통해 전류가 흐르는 동안 물이 전선을 닿게 되면 저항 값이 변하게 되며 저항 값의 변화에 따라 누수 여부를 감지 할 수 있다. 따라서 일반적으로 사용되는 누수감지 센서는 케이블형, 포인트형, 밴드형 및 테이프 형이 있다[7].

1) 케이블 센서(Cable Sensor)

케이블은 일정한 저항 값을 갖는 2개의 도선을 스크류 방식으로 꼬아 제작된 센서로서 해당 위치에서 리크 발생 시 액체의 저항 값을 수신하여 거리 감지 및 액체 유무를 감지한다. 흡착형으로 액체를 감지한 후 재사용까지 별도의 건조시간을 필요로 하며, 손상 시 전 라인을 들어내야 하기 때문에 경제성이 떨어지며, 바닥면 고정을 위한 브래킷 등이 필요하고, 고정 이후라도 작업자의 이동에 방해를 줄 수 있다[8-9].



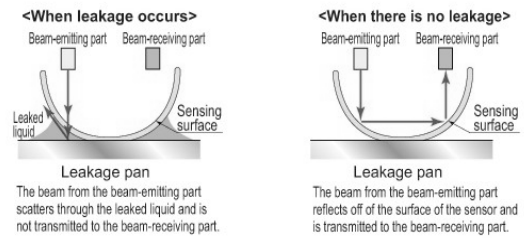
<그림 3> Cable Sensing 원리
<Fig. 3> Cable sensing principle

2) 포인트 센서(Point Sensor)

Point 센서에는 포토센서의 빔(Beam)과 액체의 굴절율 차이에 따른 액체의 유무를 감지한다. 따라서 누액의 상태 즉, 누액 유·무 판단으로 Alarm Signal을 외부로 보내준다. 센싱과 알람 기능이 일체화 되어있고, 점 단위의 설치 방식으로 커버 면적 대비d에 비해 높은 가격이다.

3) 밴드센서(Band Sensor)

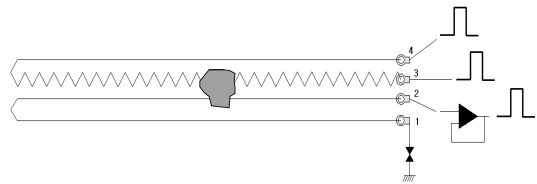
Band 센서는 1개의 도선에는 일정한 전류가 흐르고, 나머지 도선은 액체(도전체)를 통해 넘어오는 전류치를 수신하여 액체 유, 무를 감지한다. 하지만 바닥 면에 따로 고정하여야 하고, 작업자의 이동에 방해를 줄 수 있으며, 압력을 가할 시 쉽게 파손되는 단점이 있다[10].



<그림 4> 포인터 센서의 누액 검출 원리
<Fig. 4> Leak detection principle of the pointer sensor

4) 필름 센서(Film Sensor)

필름형 센서는 정확한 누수/누설 발생지점 계산을 위해 단위 면적당 정확한 저항값을 갖는 회로 설계로, 누수의 양, 센서의 단선 확인, PET 필름, PTFE 소재 사용 및 박막 필름형 센서로 바닥 밀착성이 우수하여 설치 편리성 및 유지관리의 편리성 등이 장점이다.



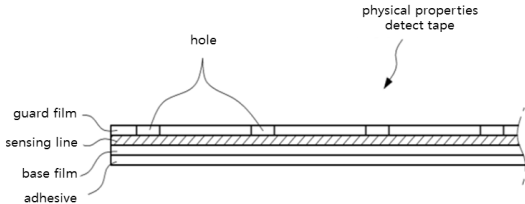
<그림 5> 필름 센서의 누수 검출 원리
<Fig. 5> The film sensor leak detection principle

Ⅲ. 필름형 누수감지센서 구조

1. 필름센서의 물리적인 구성

<그림 6>은 필름센서의 단면을 나타낸 것으로, 접착 계층은 리크가 발생하는 곳에 부착하기 위한 것으로 테이프 형태로 구성되고, 베이스필름 계층은 전도라인 계층이 상부에 형성되기 위한 층으로서, 절연과 전도라인 계층의 패턴을 인쇄 방식에 형성하기 위해 PET, PE, PTFE, PVC 또는 기타 테프론 계열의 재질로 형성된다. 전도라인 계층은 복수개의 도체 라인과 저항 라인이 패턴 형태로 형성되는 계층으로서, 물성감지 테이프의 길이방향으로 서로 이격되어 평행하게 스트립 형태로 베이스필

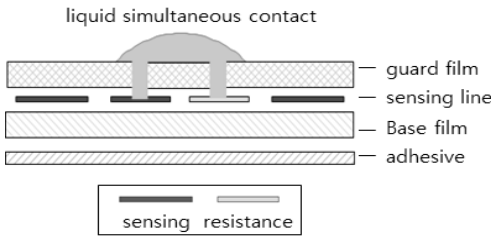
를 계층의 상부 표면에 배치된다. 보호필름 계층은 전도라인계층의 상부에 적층되어 전도라인 계층의 패턴을 외부의 자극으로부터 보호하기 위한 층으로서 PET, PE, PVC 또는 테프론 계열의 재질로 형성된다.



<그림 6> 테이프 형태의 누수 감지기
<Fig. 6> leak detection device of the tape type

2. 필름 센서의 누수 감지 원리

전도라인 계층에 전원을 정방향과 역방향으로 교번하여 인가함으로써 수분이 이온화되는 것을 방지(수분이온화 → 저항값 증가 → 거리측정 오차발생)하고, 정방향과 역방향에 의해 감지된 각 저항값으로 정확한 리크 발생 위치를 확인할 수 있다.

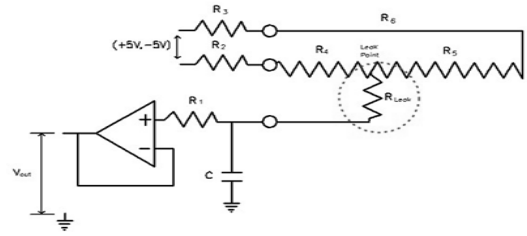


<그림 7> 필름형 센서의 단면도 및 sensing 원리
<Fig. 7> Cross-sectional view of the film type sensor and the sensing principle

또한 누수에 따른 위치 감지는 리크의 위치에 따라 달라지는 R4, R5 에 대한 전압 계산의 수식으로 나타나는데 식 (1)과 식 (2)와 같다.

+5V 전위일 때

$$V_{out1} = \frac{(R2 + R4) \cdot 5V}{R2 + R3 + R4 + R5 + R6} \quad (1)$$



<그림 8> 누수 위치 검출 회로
<Fig. 8> leak location sensing circuit

-5V 전위일 때

$$V_{out2} = \frac{(R3 + R5 + R6) \cdot 5V}{R2 + R3 + R4 + R5 + R6} \quad (2)$$

IV. 구현된 누수 감지 센서 제어기 및 모니터링 시스템

본 논문에서는 특화된 필름형 센서를 이용하여, 센서설치 시 별도의 배선(케이블)공사 필요 없이 접착방식의 단순설치가 가능하도록 하여, 각종 센서 정보를 수집, 분석하는 필름형 센서를 이용한 센서 모니터링 시스템 구현하였다.

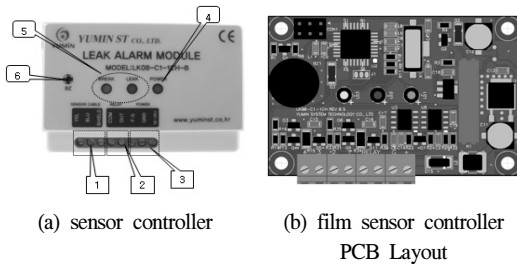
1. 센서 제어기 구현

<표 1>은 구현된 필름센서 제어기의 기본 특성을 나타낸 것이고, <그림 10>은 개발된 필름 센서 제어기의 PCB Layout을 나타낸 것이다.

<그림 9>에서 ①리크센서 연결단자, ②릴레이 접점 출력단자, ③전원연결 단자, ④전원표시 LED, ⑤상태 표시 LED(Leak: Red, Broken: Yellow), ⑥Buzzer 표시 LED 등을 나타낸다. 따라서 PCB 상의 CON1 포트를 이용하여 검출하고자 하는 액체 및 주변 사용 환경에 따라 민감도를 설정 할 수 있으며, 전원입력 후 황색 적색 녹색의 LED가 세 번 점등 후 설정된 0 ~ 5.6MΩ(Default)의 민감도에 따라 Buzzer 소리가 출력된다.

<표 1> 개발된 필름센서 제어기의 기본 특성
 <Table 1> Basic characteristics of the developed film sensor controller

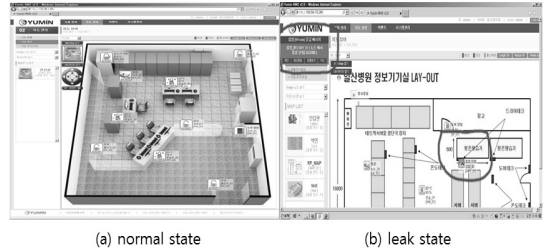
function	detailed characteristic
Main Function	- Leak Detection - Sensor Film Broken Detection
Input Voltage	20Vd.c. - 34Vd.c.
Input Current	Max : 1W
LED Display	GreenLED (PowerOn) YellowLED (Broken) RedLED (Leak)
Sound(Buzzer)	85dB
Out Put	Relay (NO)
Relay	30Vd.c. 5A
Film Length Set	Min : 0.5m Max : 50m
Response Time	Below 50ms ~ 3 sec (Depends on Sensitivity Level)
Operating Temperature	-10 °C ~ +65 °C
Operating Humidity	5 % ~ 80 %



<그림 9> 개발된 필름 센서 제어기
 <Fig. 9> Developed film sensor controller

2. 구현된 누수 감지 모니터링 소프트웨어

센서 모니터링 소프트웨어의 개발은 Linux Server를 기반으로 구축하고, 센싱 데이터를 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 Network용 Software를 구현하였다. 개발된 Monitoring Software 화면 구성은 메인메뉴, 토폴로지 구성, Map 표시, Alarm Data 통계, Log In, 관리자모드 등으로 구분하여 소프트웨어를 구성으로 별개의 상위 모니터링 소프트웨어와 상호통신 및 신호전달이 가능하도록 하게 개발되었다. <그림 10>은 모니터링 소프트웨어의 화면 예시를 나타낸 것이고, <표 2>는 개발된 Monitoring Software의 View Control 기능을 나타낸 것이다.



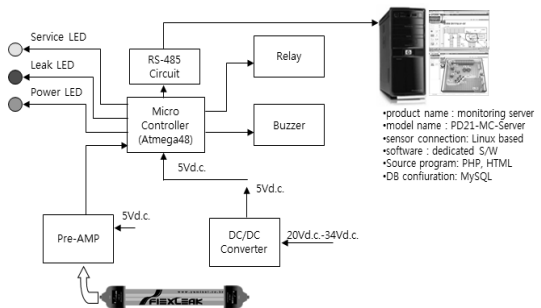
<그림 10> 센서 모니터링 소프트웨어의 화면 예시
 <Fig. 10> Screen examples of sensors monitoring software

(a) to detect a leak, thermo-hygrostat, door and relay state for IDC layout shows
 (b) If the leak occurred, the alarm signal depending on the location of the sensor device shown in red, is an example.

V. 실험 및 측정 결과

1. 누수 감지 센서 모니터링 시스템 실험 환경

필름형 액체감지 센서 제어기의 정상 동작을 확인하기 위하여 <그림 11>과 같은 센서 제어 모니터링 시스템의 실험 환경을 구성한 것이다.



<그림 11> 구현된 필름형 누수 감지 센서 모니터링 시스템 실험 환경

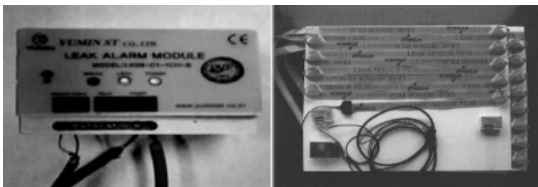
<Fig. 11> Film-type leak detection sensor monitoring system implementation and experimental environment

<그림 11>에 연결된 것처럼 개발된 필름센서 제어기는 필름형식의 누수감지센서에 연결되어, 센서 부에서 감지된 누수액을 수초 이내 반응하여, 경고를 발생한다. 개발된 센서 제어기는 DC 전원 20Vdc ~ 34Vdc를 사용하고, 설비에서 직접 전원 연

결이 용이하고, 3색의 LED로 현재의 동작 상태, 경보 상태를 구별하게 된다. 필름 센서의 단선시 별도의 LED로 구별 확인 할 수 있으며, 출력 릴레이 단자는 누수 발생 또는 센서의 단선 발생 시 출력 단자를 통해 경보음, 또는 밸브 차단 장치를 통해 누수의 지속을 방지 할 수 있다.

2. 센서 제어기 측정 결과

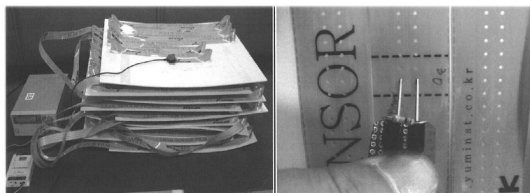
<그림 12>는 개발된 센서 제어기를 이용한 필름 센서의 누수 감지 실험 예이며, <그림 13> 개발된 센서 제어기의 안정성을 실험한 결과이고, <그림 14>는 누수의 위치를 감지하는 실험의 예를 나타낸 것이다.



<그림 12> 개발된 센서 제어기를 이용한 누수 감지 실험
<Fig. 12> Sensor controller was developed using leak detection experiments,

test item	test standard and method	unit	results			
			resistance	0Ω	1MΩ	10MΩ
the simple sensing leak detection accuracy test by the numerical value of the resistance	-sensor length: 100m -resistance: 0Ω, 1MΩ, 10MΩ -point of contact: 1m, 30m, 60m, 90m -check occur of the controller alarm	m	point of contact			
			1m	occur	occur	occur
			30m	occur	occur	occur
			60m	occur	occur	occur
			90m	occur	occur	occur

<그림 13> 누수 감지 실험 값
<Fig. 13> leak detection experimental values



<그림 14> 개발된 센서 제어기를 이용한 누수 위치 감지 실험
<Fig. 14> Sensor controller was developed using leak location sensing experiments

3. 센서 모니터링 소프트웨어의 센서 데이터 수신 기능

필름 센서 Module로부터 각종 신호를 수신하고, 반대로 사용자의 각종 명령전달을 센서 Module로 전달하기 위해서는 다음과 같은 구조로 개발되었다.

- 근접센서 대상물의 감지시 Map상에 표시 및 센싱 위치 표시기능 개발
- 센싱 데이터, 알람상황 기록 및 편집기능(엑셀 파일 저장)
- 알람상황 음성 안내 기능(영문/한글지원) 개발
- Map상 센서 편집 및 추가 기능 개발
- Serial 통신 및 무선 통신용 Protocol 개발 (RS-485/무선통신)

VI. 결 론

본 논문에서는 기존 누수 감지 센서의 설치의 어려움, 경제성, 유지보수 문제점 등을 보완한 필름형 센서를 이용한 센서 제어장치 및 각종 센서정보를 수집, 분석하는 모니터링 시스템 구현하였다. 본 논문을 통해 개발된 필름 센서의 모니터링 시스템의 사용 분야는 반도체 및 LCD 등 전자산업의 생산 라인의 누수 탐지, 배관 연결 부위 및 배관의 누수 탐지, 화학 및 위험 물질을 이용하는 정유, 화학 공정 산업, 냉각수를 사용하는 각종 기계 설비의 내부, 누수에 치명적인 서버 룸 및 네트워크 룸, 건물 내벽 및 바닥, 천정 등에 적용될 수 있다. 추후 연구 분야는 다양한 유기성 액체검출 센서 필름 개발과 함께 기존의 산업시설 등에 설치 및 관리가 용이하고, 산업 설비 등의 유기성 액체 유출시 실시간으로 모니터링 시스템에 보고함으로써 정밀한 유기성 액체검출 위치정보를 파악할 수 있어 정확도를 향상시킬 수 있는 스마트 모니터링 시스템 및 서로 다른 센서 경로를 복수개 연결하여, 각기 다른 공간의 설비나 시설 또는 여러 배관의 누수 여부를 통합 관리할 수 있는 모니터링 시스템을 개발하고자 할 것이다.

참고문헌

- [1] Yuminst Sensor Division, *Film sensor technology*, 2011.10, <http://www.yuminst.co.kr>
- [2] K.J.Choi, Y.H.Kim, "Determination of Marine Pollution Using Activated Carbon Coated Sensor," *Journal of the Korean Institute of Navigation and Port Research 2000 Autumn Conference*, pp.79~83, Donga University, 2000
- [3] D.K.Yu, *A Study of Optimization and Development of Tape-type Liquid Leak Sensor Film by the Electronic Printing*, Kwangwoon University, 2009
- [4] D.H.Kim, *Technical Information sensors theory*, p2-3, Hanbat National University, 2005
- [5] I.H.Seo, *Sensors Theory*, Korea University of Technology and Education, 2006
- [6] J.Y.Cheon, P.D.Cho, *Silicon-based pressure sensor technology trends*, 2007
- [7] Seo Jung, Han YuHee, "Development of roll engraving technology using laser", *Machine and Material*, KiMM, 39, 99-110, 1999
- [8] Xiuyan Yin, Staish Kumar, "Flowvisualization of the liquid-emptying process in scaled-up gravure grooves and cells" *Chemical Engineering Science*, 61, pp.1146~1156, 2006
- [9] D.S.Kim, T.M.Lee, *Printed electro-mechanical system technology trends*, *Journal of the Korean Society for Mechanical Engineering*, vol. 46, no. 12, pp.38~44, 2006
- [10] B.O.Choi, D.S.Kim, *Study on the roll printing process for fine line=width printhing*, *Journal of the Korean Society for Mechanical Engineering*, vol. 46, no. 12, p67~73, 2006

저자소개



박 노 진 (Park, No-Jin)

2002년 2월 : 광운대학교 대학원 전자통신공학과 공학박사
 1990년 8월 ~ 1993년 7월 : 한국방송공사(KBS) 카메라취재부
 2002년 3월 ~ 2006년 6월 : 서정대학교 정보통신과 교수
 2006년 8월 ~ 현재 : 한국정보통신기술대학 시간강사
 2012년 4월 ~ 현재 : (주)유민에스티 연구소장
 e-mail : parknj@yuminst.co.kr



이 호 웅 (Lee, Ho-Woong)

2000년 2월 : 광운대학교 대학원 전자통신공학과 공학박사
 1988년 4월 ~ 1996년 2월 : (주)LG전자 영상미디어연구소 선임연구원
 1990년 8월 ~ 1995년 8월 : Zenith Electronics, U.S.A (Senior Engineer)
 1997년 3월 ~ 현재 : 동원대학교 정보통신과 교수
 2008년 1월 ~ 2012년 12월: 한국ITS학회 상임이사(총무이사, 기획이사, 재무이사 역임)
 2013년 1월 ~ 현재 : 한국ITS학회 부회장
 e-mail : hwlee@tw.ac.kr



유 홍 근 (Yu, Hong-Huen)

1997년 2월 ~ 1999 11월 : 아남반도체 개발 엔지니어
 2000년 1월 ~ 2005년 8월 : 풍산테크 기술개발
 2011년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 대학원 전자물리과 재학중
 2004년 6월 ~ 현재 : (주)유민에스티 대표이사
 e-mail : yumin@yuminst.co.kr