

# 유비쿼터스를 이용한 지하수 오염과 고갈방지를 위한 펌핑시스템의 원격제어<sup>†</sup>

(Remote Control of Pumping System for Underground Water  
Pollution and Running Dry Prevention Using Ubiquitous)

탁 한 호\*  
(Han Ho Tack)

**요 약** 본 논문은 온실하우스 시설내의 지하수 오염방지를 위한 유비쿼터스를 이용한 펌핑 시스템의 원격제어기 개발에 있다.

본 연구에서는 수막재배에서 펌프 살수에 대한 온도와 습도를 자동으로 제어한다. 이는 지하수의 무분별한 개발을 방지하고, 또한, 물 부족한 폐공의 경우 보완조치를 못하여 환경오염의 피해가 발생하는 것을 방지할 수 있다. 연구 결과, 최적의 농작물 관리와 펌프 제어를 통해 무분별한 지하수 사용과 고갈을 막고 전기료 절감 등의 장점을 확인하였다.

**핵심주제어** : 온실하우스, 지하수, 오염방지, 유비쿼터스.

**Abstract** This paper was development of remote controller of pumping system by using ubiquitous for underground water contamination prevention in the area of glasshouse facility.

This paper automatically controls from to temperature and humidity for pumping sprinkler at water hanging cultivation. This prevents indiscreetive development of underground water, and prevents damage of environmental pollution without complementary measures in case of water lacked humble-void. The result of this research, confirms decrease of electrical fee, prevention of indiscreet underground water usage and its drying up thought optimum farm products management and pumping control system.

**Key Words** : glasshouse, underground water, contamination prevention, ubiquitous.

## 1. 서 론

지구상의 물중에서 직접 활용할 수 있는 물은 강이나 호수, 그리고 지하수 중의 일부로, 전체 물의 약 0.05%도 되지 않으며, 이를 이용할 수 있는 지역도 매우 적다. 어떤 곳에서는 한꺼번에 너무 많은 물이 비로 공급되어 홍수를 일으키기도 하지만, 사막과 같이

극도로 건조한 지역도 있다. 이와 같이, 수자원의 불균일한 공급을 극복하기 위해 우리는 저수지, 관정, 보 등의 수리 시설을 이용하여 수자원의 이용 효율을 높이고자 노력하고 있다. 오늘날 인간의 여러 가지 활동으로 인해 물의 순환 단계에서 양적, 질적 변화가 발생하고 있다. 예를 들면, 도로로 포장하고 수로를 만들어 흙이 빗물을 일정 시간 저장할 수 있는 기능을 잃게 하고, 습지를 매립하여 그 자리에 건물을 짓거나, 수목을 베어 냈으므로 바다로 흘러 보내는 물의 양을 증가시키고 땅으로 스며드는 침투량을 감소시키고 있

<sup>†</sup> 이 논문은 2011년도 경남과학기술대학교 연구비 지원에 의하여 연구되었음

\* 경남과학기술대학교 전자공학과(fmtack@gntech.ac.kr)

다. 이러한 일들은 모두 지표에 내린 비가 땅에 머무는 시간을 줄임으로써 물의 순환 과정을 촉진하게 된다. 더욱이 토사 발생에 의해 저수지가 매몰되고, 각종 유형의 오염이 가중되어 양질의 수자원 공급이 점점 어려워지고 있는 현실이다.

본 유비쿼터스를 이용한 지하수 오염과 고갈방지를 위한 펌핑 시스템의 모니터링 및 원격제어기의 개발은 갈수록 심각해지고 있는 지하수를 관리하기 위한 것이다. 예로 특히 농촌의 시설하우스 수막재배의 경우 현재 지하수를 이용하고 있으며, 보통 하우스의 습도나 온도에 관계없이 연속적으로 제어가 되지 않는 상태에서 1일 14~15시간 계속 펌핑함으로 인해 물의 공급이 부족한 경우가 발생하고, 실제 원예작물에 물이 필요할 경우에 지하수를 사용하지 못하는 일이 자주 발생하는 실정이다. 그리고 전국의 시설재배 면적이 5만2,000ha로 이 가운데 1/5인 1만 ha는 수막 재배법을 사용한다. 수막 재배를 위해서 1,000㎡에 필요한 지하수 양은 분당 250ℓ, 연간 15억 톤의 지하수가 필요하므로 그 근본 대책이 요구되며, 펌프가 하루 14~15시간 계속 살수시 불필요한 펌핑으로 전기요금도 증가되고, 시설재배 하우스 집단지역에서 하우스마다 지하수를 동시에 펌핑함으로 전체적으로 물부족 사태가 발생한다. 특히 자정 이후부터 최저온도로 내려가는 1~2시간 정도만 살수가 중단되어도 작물은 치명적인 피해가 발생된다.

물 부족으로 지하수개발이 무분별하게 굴착돼 폐공의 경우 사후조치를 못하여 환경오염의 피해가 발생하는 시점에서 수막 재배에서 펌프 살수는 온도와 습도를 자동으로 제어하고, 유비쿼터스 환경에서 수질, 수위, 유량 등 펌핑 시스템의 모니터링과 원격제어가 가능한 시스템이 개발된다면 체계적인 지하수 관리가 가능하며, 이를 통해 미래의 안정적인 수자원 확보와

하수 사용과 고갈을 막고 전기료 절감을 가져올 수 있다. 그리고 연구시스템의 개요는 다음 그림 1과 같다.

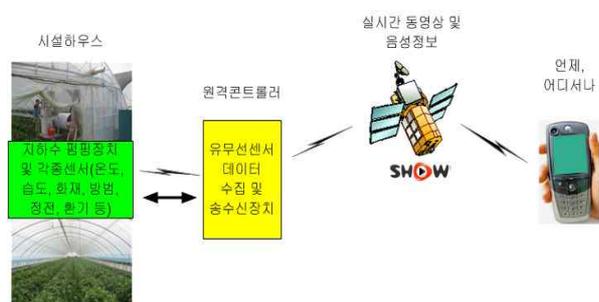
### 1.1 기술개발의 필요성

대수층의 물은 자연적으로 내린 비와 눈에 의해 충당되지만 그 속도는 매우 느리다. 특히, 건조한 지역에 있는 많은 대수층들의 물은 다시는 채워지지 않거나 또는 매우 느리게 충당되어 지나치게 많은 물을 뽑아 올리면 지하수위가 심각하게 낮아지거나 고갈되어 계속 사용할 수 없게 된다. 이러한 지하수위의 심각한 저하나 고갈은 해안이나 도서 지역에서 염수 침해와 같은 오염을 일으킨다. 또한, 지하수는 광물과 같이 지반을 떠받치는 역할을 동시에 하고 있기 때문에 지질 구조가 취약한 지역에서는 지하수 고갈로 인해 지반 침하가 일어나기도 한다.

대부분의 도시와 공장, 농촌에서는 많은 양의 지하수를 음용수나 공업용수 등으로 사용한다. 이 경우 나타나는 가장 큰 위험을 지하수의 오염이다. 지하수는 한 번 오염되면 정화하기가 거의 불가능하거나 정화시키기 위해서는 엄청난 자원과 시간이 필요하다. 왜냐 하면, 지하수에는 오염 물질을 분해할 수 있는 미생물들이 살기 어렵기 때문이며, 강이나 호수에서 일어나고 있는 자연 정화 과정이 거의 없다. 이미 많은 지역에서 지하수 오염으로 인해 지하수를 더 이상 식수로 사용할 수 없게 되었다. 이와 같이 환경 자원의 오염은 연속되는 많은 문제를 파생시키므로 무엇보다도 오염 자체를 막는 일이 대단히 중요하다. 그리고 세계적으로 지하수의 약 70% 정도는 관개 농업에 사용되는 것으로 알려져 있다. 농업용수로 지하수를 사용하는 경우에는 토양에 소금 성분이 축적되는 토양 염화 현상이 나타날 수 있다.

본 유비쿼터스를 이용한 지하수 오염과 고갈방지를 위한 펌핑 시스템의 모니터링 및 원격제어기의 개발에 대한 중요성은 다음과 같다.

- 수질, 수위, 유량 등의 센서를 이용함으로 인해 지하수의 환경오염과 고갈 방지
- 유비쿼터스를 이용하여 수막 재배의 펌프를 컨트롤함으로 한정된 지하수 고갈을 방지
- 온습도 센서를 사용하여 농작물의 수분 조절과 지하수의 무분별한 사용으로 인한 펌프의 전기료 절감
- 펌프로 끌어올린 지하수는 연중 13~14도로 이



<그림 1> 시스템의 개요

환경보전에 기여하고, 온도, 습도 등의 센서를 이용해 최적의 농작물 관리와 펌프 제어를 통해 무분별한 지

를 활용해 여름철에는 시원한 바람, 겨울철엔 더운 바람을 내뿜어 비닐하우스 내 온도를 일정하게 유지하므로 시설하우스내의 작물을 무공해로 재배가 가능

- 가스 센서를 이용하여 화재 시 사용자에게 원격 알림과 내부 환기를 위해 원격제어가 가능
- 방법 센서를 통해 안전하게 농작물과 재산을 보호

## 1.2 국내·외 관련 기술현황

2005 울진 세계친환경농업엑스포 행사장에 국내 처음으로 지하수를 이용한 농업용 지열(地熱) 냉·난방 시스템이 설치되어있으나 센서를 이용한 펌프제어 기술은 없다.

경남 고성군 영오면에서 애호박을 재배하는 농민 K씨는 겨울마다 치솟는 하우스 난방비를 줄이기 위해 여러 방법을 시도한 끝에 온수보일러를 설치, 난방을 라디에이터(방열) 방식으로 바꿨다. 또 지하수를 활용한 보통 수막(水幕)식 하우스와 달리 천장에는 환기창을, 내부에는 보온 커튼을 설치해 내부 온도를 자연적으로 6도 정도 높이는데 성공했다는 기사는 있으나 유비쿼터스를 이용한 하우스 시설재배의 내부 온도, 습도 컨트롤과 지하수 펌프 제어모니터링 시스템은 없는 실정이다.

## 2. 제어시스템의 설계

### 2.1 설계목적

시설하우스의 수막재배를 위해 무분별한 지하수 사용은 미래의 지하수고갈과 환경오염 등을 사전에 예방하고, 재해예방으로 생산성 향상 및 소득증대와 시설 현대화로 과학적 영농실현이 가능하다. 시설농가 고령화를 대비한 자동화와 원격지에서 무선원격제어로 연료비 및 인건비 절감되며, 농장주 외출 및 여행 시 불안 해소로 삶의 질 향상시킬 수 있으며, 사고발생시 즉각적인 조치로 재산피해 최소화하고, 글로벌 IT 시스템으로 환경감시기능 등이 가능하도록 유비쿼터스를 이용한 지하수 오염과 고갈방지를 위한 펌핑 시스템의 모니터링 및 원격제어장치를 개발하고자 한다.

1) 수막 재배를 위한 시설하우스 내의 온도와 습도를 자동으로 측정하여 지하수를 공급하는 기능과 넓은 지형에 부분별 온습도를 측정하여 개별적으로 물의 양을 제어하여 친환경적인 기술을 사용하는데 있다.

#### ① 온도 및 습도 제어기능

- 수막에 의해 정확한 온도와 습도조절을 통해 실내의 최적 환경과 토양속의 수분을 안정적으로 공급하게 한다.

#### ② 각종 유량밸브 제어기능

- 물을 공급하는 과정에서 측정된 온습도를 통하여 펌프를 제어함으로써 한정 되어있는 지하수 고갈 방지와 전기의 사용량을 줄일 수 있으며, 모터의 공회전으로 과열에 의한 화재를 사전에 방지하게 한다.

#### ③ 자연온도의 지하수를 사용하는 친환경적 시스템 설계

- 펌프로 끌어올린 연중 13~14도 정도인 지하수를 활용하여 여름철에는 시원한 온도와 겨울철엔 따뜻한 온도를 비닐하우스에 공급함으로써 적정한 온도를 일정하게 유지하는 저탄소배출 시스템으로 설계한다.

2) 가스 누출 및 화재에 대처하고 사용자에게 알림으로써 안전사고의 피해를 최대한 줄일 수 있도록 한다.

#### ① 화재 및 가스 감지센서

- 화재 및 가스 감지센서를 통해 실내에 가스 누설이나 화재에 빠르게 대처한다.

#### ② CCTV 및 방법센서

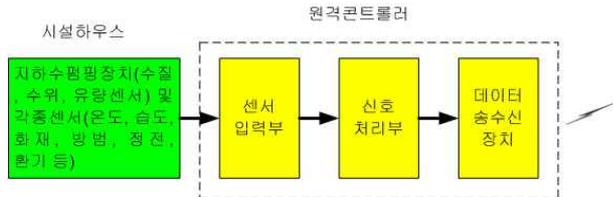
- CCTV 및 방법센서를 통하여 효과적으로 실내를 감시 및 재산을 보호한다.

최종적으로는 무선통신을 이용하여 개별적인 동작과 관리를 통하여 사용자에게 편의성을 제공하며, 태양전지를 접목시켜 에너지 절약과 수자원의 불필요한 낭비를 줄이는데 최종 목표를 두고 있다.

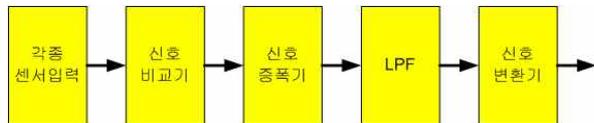
### 2.2 설계내용

농촌의 시설하우스 수막재배의 경우 현재 지하수를 많이 이용하고 있으며, 보통 하우스의 습도나 온도에 관계없이 연속적으로 제어가 되지 않는 상태에서 1일 14~15시간 이상 계속 펌핑함으로써 인해 물의 공급이 부족한 경우가 발생하고, 실제 원예작물에 물이 필요할 경우에 지하수를 사용하지 못하는 일이 자주 발생하는 실정이다. 수막 재배에서 펌프 살수는 온도와 습

도를 제어하기 때문에 체계적인 지하수 관리를 위하여 유비쿼터스 환경에서 수질, 수위, 유량, 시설하우스 환경조건에 필요한 온도, 습도 조절을 위한 펌핑 시스템의 모니터링과 수동 원격제어가 가능한 시스템이 개발되어야 하며, 이를 위한 시스템의 구성도는 다음 그림 2와 같으며, 그림 3은 센서 입력부이다.



<그림 2> 시스템의 구성도



<그림 3> 센서 입력부

그리고 유비쿼터스를 이용한 지하수 오염과 고갈방지를 위한 펌핑 시스템의 모니터링 및 원격제어장치의 개발내용 및 범위의 기능은 다음과 같다.

- 기계, 침입, 환경을 위한 실시간 동영상기능
  - 정전, 복전, 전압감시, 화재예측을 위한 전원 제어 기능
  - 온도, 습도, 유량 등의 모니터링 및 제어기능
- 이러한 기능으로 설계된 시스템은 유무선 전화로 24시간 실시간 영상과 음성 정보를 관리자에게 서비스가 가능하므로 다음과 같은 특징을 가진다.
- 이동 중 언제, 어디서나 시설하우스의 환경정보와 펌핑시스템의 정보 제공
  - USN(Ubiquitous Sensor Network) 적용시스템
  - M2M(Mobile to Machine) 동영상 모바일 기술 실현
  - 휴대폰으로 이동 중 펌핑시스템 및 기타 기기의 원격제어 가능

### 3. 실험 및 평가

#### 3.1 시스템의 구현

다음은 기술개발 내용의 기능이 실행되도록 부품에

대한 연구와 회로설계 과정을 통하여 완성되도록 하였고, 이러한 기능의 실행을 프로그램화하여 조작자가 원하는 동작이 되도록 하였으며, 메인보드의 CPU는 PIC24FJ64GA004를 이용하였다. 사진 1은 무선 USN 개발에 따른 Data 송수신부 PCB로 RF 무선 모듈과 연결이 가능하고, USN 기능 및 유무선 통신 기능을 할 수 있으며, 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

- 양방향 통신
- 232C/485 통신
- 447.525MHz
- 가시거리 : 2Km 통신
- 기본통신거리 : 100m 권장
- 출력 : 10mw

사진 2는 Main Firmware PCB로서 기능은 다음과 같다.

- 영상, 음성 기능, 유비쿼터스 기능, 3G/M2M 기능
- 환경 감시를 위한 실시간 동영상기능
- 정전, 복전, 전압, 온도, 화재예측 감시
- 원격제어기능
- 온도, 습도, 유량 등 모니터링 및 제어기능

그리고 기능으로 설계된 시스템은 유무선 전화로 24시간 실시간 영상과 음성 정보를 관리자에게 서비스가 가능하므로 다음과 같은 특징을 가진다.

- 이동 중 언제, 어디서나 시설하우스의 환경정보와 펌핑시스템의 정보 제공
- USN 적용시스템
- M2M 동영상 모바일 기술 실현
- 휴대폰으로 이동 중 펌핑시스템 및 기타 기기의 원격제어 가능



<사진 1> 무선 USN-Data 송수신부 PCB



<사진 2> Main Firmware PCB

### 3.2 시스템의 성능 확인

본 과제의 완벽한 동작성능의 검정을 위하여 산청의 농가에 적용하여 실제적인 현장 점검을 수행 하였으며, 현장에 설치된 시스템의 예를 사진 3, 4, 5에 나타내었고, 사진 6은 실제 언제 어디서나 원격으로 환경을 확인하고 제어가 가능하도록 한 단말기이다. 일반적으로 딸기의 겨울 하우스 재배의 경우 생육 최적 온도는 14~21℃이다. 수정이 가장 잘되는 온도는 23℃이다. 화아가 분화한 뒤에 30℃가 넘어서면 런너로 분화하므로 좋지 않다. 그러므로 주간온도는 27~28℃, 야간온도는 5~8℃ 정도가 적당하다. 또한 습도는 50%이하의 건조한 상태에는 가습기를 가동하고, 80% 이상 과습상태의 경우는 환기를 해야하며, 60%가 적당하므로 보통 최적습도 50-80%로 실내 습도를 조절한다.



<사진 3> 현장에 설치된 시스템 예(1)



<사진 4> 현장에 설치된 시스템 예(2)



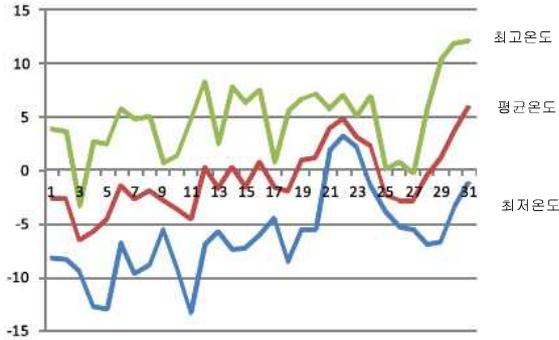
<사진 5> 현장에 설치된 시스템 예(3)



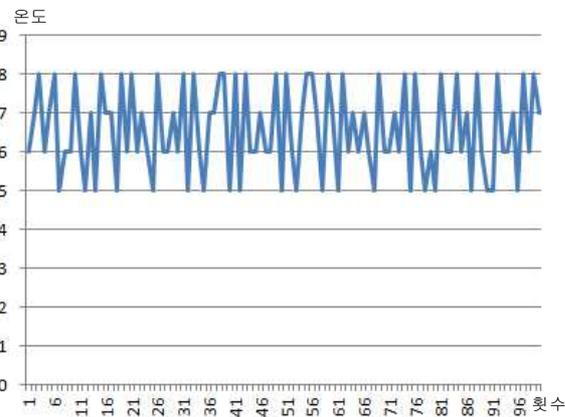
<사진 6> 원격제어가 가능한 단말기

성능확인용 딸기재배 하우스에 설치한 시스템이며, 수막재배는 추운겨울에 주로 밤에 사용하는 방법이지만 낮의 기온이 5℃이하로 떨어질 경우 히터와 같이 사용을 하기도 한다. 본 논문에서는 1월 중 하우스 외부의 온도의 변화량과 하우스 내부의 온도 및 습도변화량을 분석하였다. 그림 4는 하우스 외부의 온도의 변화량을 나타낸 것으로 최저 -13.3℃, 최고 3.2℃, 평균 -6.1℃를 나타냈으며, 외부온도의 최대변화폭이 무려 20℃에 가깝게 변화하였다. 그림 5는 수막재배에 의한 하우스 내부의 온도변화량으로 많은 데이터 중 일부만 나타내었다. 그림 5에서 보듯이 추운 1월의 외부온도에 비해 하우스 내부 밤의 온도는 설정 온도에서 작물이 성장할 수 있도록 유지하며, 온도가 유지되

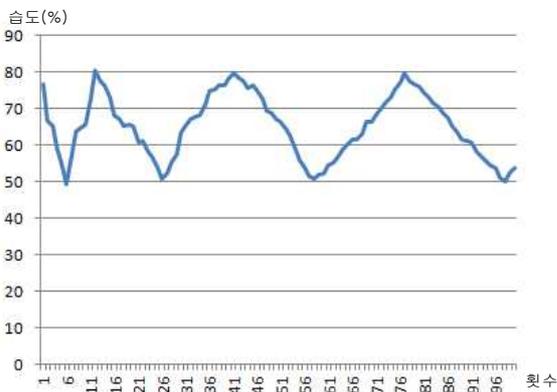
도록 지하수 펌프의 작동이 아주 양호한 것으로 나타났다. 그림 6은 하우스 내부의 습도변화량으로 설정습도는 최저 52% 이하가 되면 가습기가 작동하고, 최고 75% 이상이 되면 가습기가 동작을 멈추고, 80% 이상



<그림 4> 하우스 외부의 온도의 변화량



<그림 5> 하우스 내부의 온도변화량  
이때 환풍기가 작동하도록 설정한 결과 최적의 습도 상태를 유지하였다.



<그림 6> 하우스 내부의 습도변화량

### 3.3 기술적 성과

- ① 시설하우스의 수막재배를 위해 무분별한 지하수 사용은 미래의 지하수고갈과 환경오염 등을 사전에 예방하고,
- ② 재해예방으로 생산성 향상 및 소득증대와 시설 현대화로 과학적 영농실현,
- ③ 시설농가 고령화를 대비한 자동화, 원격지에서 무선원격제어로 연료비 및 인건비 절감,
- ④ 농장주 외출 및 여행시 불안 해소로 삶의 질 향상,
- ⑤ 사고발생시 즉각적인 조치로 재산피해 최소화,
- ⑥ 글로벌 IT 시스템으로 환경감시기능 등이 가능하도록 유비쿼터스를 이용한 지하수 오염과 고갈방지를 위한 펌핑 시스템의 모니터링 및 원격제어장치 등이다.



<그림 7> 산청군 농업기술센터 시범사업 구성도

그리고 그림 7은 산청군 농업기술센터 시범사업 구성도를 나타낸 것으로 실제 시범농가에 설치하여 운영한 결과 만족한 성능을 발휘하였으며, 기능의 우수성도 입증되었다.

### 4. 결론

본 연구는 현재 농촌에서 물 부족으로 지하수개발이 무분별하게 굴착돼 폐공의 경우 사후조치를 못하여 환경오염의 피해가 발생하는 시점에서 수막 재배에서 펌프 살수는 온도와 습도를 자동으로 제어하고, 유비쿼터스 환경에서 수질, 수위, 유량 등 펌핑 시스템의 모니터링과 수동 원격제어가 가능하도록 시스템을

개발하였다. 본 시스템으로 체계적인 지하수 관리가 가능하며, 이를 통해 미래의 안정적인 수자원 확보와 환경보전에 기여하고, 온도, 습도 등의 센서를 이용해 최적의 농작물 관리와 펌프 제어를 통해 무분별한 지하수 사용과 고갈을 막고 전기료 절감을 가져올 수 있는 장점으로 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

- 재해를 미리 예방 생산성 향상 및 소득증대.
- 지하수 오염 및 고갈을 막고, 전기료를 절감
- 현장 실용화 기술 조기보급으로 과학적 영농실현.
- 언제 어디서나 원격지 무선원격 제어로 인건비 절감.
- 외출 및 여행시 불안 걱정 해소로 삶의 질 향상.
- 사고 발생시 즉각적인 조치로 재산피해 최소화.
- 펌프 원격컨트롤 배전반 사용으로 농민 감전사고 예방
- 유틸리티스 농업(u-Farm)시대 실현
- 글로벌 IT 시스템으로 환경감시 가능.

### 참 고 문 헌

[1] 장성식, 변태영, “원격장치 제어를 위한 임베디드 기술기반의 개인용 커뮤니케이터 설계 및 구현”, 한국산업정보학회 논문지, 제16권 제2호, pp. 99-110, 2011.

[2] 서범경, 이봉재, 정기정, 노승용, “표면오염 모니터링용 자동 시료채취기 개발”, 대한방사선학회 춘계 학술발표회 논문집, 2002.

[3] 백윤수, 심재경, 임경호, 황재혁, “기구학”, 회중당, 1996.

[4] 이왕현, “모터제어기술”, 성안당, 1994.

[5] 박승만, 허경, 윤준영, “제어용 마이크로컴퓨터 제작과 기술”, 교학사, 1993.

[6] 김인경, 류정탁, “다기능센서를 이용한 임베디드 홈오토메이션 시스템 개발”, 한국산업정보학회 논문지, 제11권 제5호, 2006.

[7] NUREG-0770, “Glossary of Terms, Nuclear Power and Radiation”, 1981.

[8] ISO 7503-1, “International Organization for Standardization. Evaluation of surface contamination-part 1 : beta emitters and alpha emitters”, 1988.

[9] “U.S Nuclear Regulatory Commission. Health physics surveys for byproduct materials at

NRC-licensed processing and manufacturing plants. Regulatory Guide 8.21”, Washington DC; 1979.

[10] “U.S Nuclear Regulatory Commission. Health physics surveys during enriched uranium-235 processing and fuel fabrication. Regulatory Guide 8.24”, Washington DC; 1979.

[11] U.S DOE: DOD/EH-0256T Revision 1, “U.S. Department of Energy. Radiological control manual”, Washington DC, 1994.



탁 한 호 (Han Ho Tack)

- 중신회원
- 부경대학교 전자공학과 공학사
- 동아대학교 전자공학과 공학석사
- 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사

- 신일전기<주> 전기기기설계담당
- <주>홍창 부설연구소(연구원)
- University of British Columbia(UBC), Vancouver, CANADA, 연구교수
- 경남과학기술대학교 융합기술공과대학 전자공학과 교수
- 관심분야 : 멀티미디어시스템, 신경회로망, 퍼지시스템, 로봇틱스, 공장자동화, 트랜스포테이션, 기계진동 및 동역학

논문접수일 : 2013년 04월 18일  
 1차수정완료일 : 2013년 05월 16일  
 2차수정완료일 : 2013년 06월 18일  
 게재확정일 : 2013년 06월 21일