

U-온실 시스템 기술에 대한 분석

Survey for U-Greenhouse System Technology

박상오*, 이양선**, 김세한***, 박지수****, 이기정*****, 박종혁*****

Sang-Oh Park*, Yang-Sun Lee**, Se-Han Kim***, Ji-Soo Park****, Ki-Jung Yi*****
and Jong-Hyuk Park*****

요 약

본 논문에서는 U-온실 시스템에 관한 국내외 동향 및 관련 연구들을 소개한다. USN(Ubiquitous Sensor Networks)은 네트워크 및 과학기술의 발전과 함께, 사용자 중심의 물리적인 활동 공간과 가상 전자·컴퓨팅 공간의 융합으로 언제, 어디서나 주변 환경 변화에 따라 동적으로 구성된 서비스를 제공 받을 수 있는 새로운 컴퓨팅 패러다임이다. u-온실 시스템이란, IT 기술 활용이 상대적으로 미흡했던 농업 생산, 물류 및 유통관리 분야에 USN 신기술을 적용한 것이다. 이와 같이 u-IT 기술을 농업에 적용함으로써 생산량 증가, 물류 및 유통관리에 따른 비용 절감 등의 효과를 통해 농업 분야의 국제 경쟁력을 강화 할 수 있다.

Abstract

This paper introduces domestic and international trends and researches related with U-Greenhouse systems. USN (Ubiquitous Sensor Networks), along with the development of networks as well as science and technology, is a new computing paradigm which is the convergence of user-oriented physical activity space and virtual space of electronics and computing and also provides services according to change in surrounding environment at anytime and anywhere. The U-Greenhouse system is to apply USN to agricultural production, logistics and distribution management which are relatively insufficient to utilize IT technology. Thus, applying u-IT technology to agriculture can reinforces international competitiveness of the agricultural sector through the effects such as cost cutting as a rise in output, logistics and distribution management.

Key words : USN, U-Greenhouse, U-Greenhouse System, Control system

I. 서 론

USN은 네트워크 및 과학기술의 발전과 함께, 사용자 중심의 물리적인 활동 공간과 가상 전자·컴퓨

팅 공간의 융합으로 언제, 어디서나 주변 환경 변화에 따라 동적으로 구성된 서비스를 제공 받을 수 있는 새로운 컴퓨팅 패러다임이다. USN의 출현으로 실생활공간이 보다 분산화 및 정보화되어 가고 있다.

* 중앙대학교 정보통신연구소(Chung-Ang University)

** 조선대학교 정보통신공학과(Chosun University)

*** 한국전자통신연구원 RFID/USN 연구부(ETRI)

**** 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과(Seoul National University of Science & Technology)

***** 서울과학기술대학교 e-Business 경영학과(Seoul National University of Science & Technology)

· 제1저자 (First Author) : 박상오

· 교신저자 (Corresponding Author) : 박종혁

· 투고일자 : 2011년 12월 6일

· 심사(수정)일자 : 2011년 12월 7일 (수정일자 : 2012년 2월 22일)

· 게재일자 : 2012년 2월 28일

U-온실 시스템이란, IT 기술 활용이 상대적으로 미흡했던 농업 생산, 물류 및 유통관리 분야에 USN 기술을 적용한 것이다. 이와 같이 U-IT 기술을 농업에 적용함으로써 생산량 증가, 물류 및 유통관리에 따른 비용 절감 등의 효과를 통해 농업 분야의 국제 경쟁력을 강화 할 수 있다. 그러나 U-농촌 구축은 현재 초기단계로 관련 기술연구는 아직 미비한 상황이다. U-IT 기술을 접목한 U-농촌이 활성화되면 현재 농업 생산자의 노령화, 노동인구의 감소, FTA 및 WTO에 의한 농업시장 개방의 압력을 극복할 수 있는 좋은 방안이 될 것이다[1, 2]. 본 논문에서는 U-온실 시스템에 관한 국내외 동향 및 관련 연구들을 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 국내·외 기술 현황에 대해 알아보고, 3절에서는 기존 연구들을 분석한다. 4절에서는 결론과 향후 연구 과제에 대해서 기술한다.

II. 국내·외 기술 현황

u-온실 시스템 구축을 위한 응용 서비스 중 온실에 USN 기술을 접목한 유비쿼터스 온실관리시스템(Ubiquitous Greenhouse Management System, UGMS)이 필요하다. 기존 온실 모니터링 시스템은 대부분 해외의 시스템을 도입하고 있는 실정이다. 이러한 시스템은 대부분 온/습도를 모니터링하고 온도에 의한 제어만을 하고 있다. 또한 모니터링 및 제어를 위해 생산자가 온실 내의 관리실에 상주하여 처리해야만 하며, 우리나라 농촌 현실에 적합한 서비스를 제공하기에는 한계가 있다 [2].

특히, 농작물의 성장 및 수확량에 영향을 미치는 필수 5요소로 빛, 공기, 물, 온도, 토양이 있지만 그 중에서 토양은 농작물 생육에 근간을 이루고 있으며 가장 큰 영향을 미치는 요소이다. 그러나 이렇게 정확한 생육정보의 수집은 작물 생산성 및 품질 향상에 영향을 미치고 있기 때문에 센서를 활용한 관련기술의 개발이 요구된다. 국외의 경우 센서 네트워크를 이용한 연구들이 진행되고 있다. NASA의 Jet Propulsion Lab.은 미국 캘리포니아 주 Huntington 식물원의 온실 내부, 실외 종묘원, 수분 온실 등에 태양열을 사용한 센서를 설치하여 이를 통해 기온, 토양 온도 및 수분, 습도, 일사량, 산소량 등을 측정하였다. 2001년에 저 전력 소형으로 Sensor Web 3.0을 적용하

였으며, 현재는 더 섬세하게 진화된 Sensor Web 3.1을 이용하여 정보를 수집하고 있다. 이스라엘 Phytalk사의 식물생장 모니터링 시스템은 작물과 생장 환경을 모니터링하는 센서와 소프트웨어를 개발하고 이스라엘 오렌지 농장 등에 적용하였다. 환경센서들을 통해 토양습도, 온도, 대기습도 등 재배환경을 측정하고, 식물에 부착된 센서들은 5분에서 10분 간격으로 정보를 수집하여 케이블이나 무선연결을 통해 재배자의 집에 있는 컴퓨터로 전송된다. 소프트웨어는 식물의 컨디션을 그래프와 색깔로 표시하고 작물이 스트레스 상태와 원인을 분석해준다. 이스라엘 오렌지 농장에 적용한 결과 환경정보를 측정하여 관수방법을 개선한 결과 톤당 700달러의 소득이 증가하였다. 이와 같이 센서를 이용한 많은 연구들이 진행되면서 농업용 센서, 로봇(무인헬기, 모심기 로봇) 등이 개발되고 있으며, 이를 이용한 다양한 응용들이 개발되고 있다 [3].

UGMS는 온실 내외의 토양센서, 기상센서, CCTV를 이용하여 토양, 기상, 영상 정보를 수집하고 다양한 인터페이스(랩탑, 웹, 모바일폰)를 통해 이를 실시간으로 모니터링 및 재배작물의 최적생장환경에 맞추어 온실의 설비장치를 제어한다. 즉, UGMS는 토양센서, 기상센서, CCTV, 설비장치들의 그룹으로 구성된 물리계층, 물리장치와 응용 사이의 통신을 지원하고 온실의 정보를 데이터베이스화 하여 모니터링 및 제어 서비스를 통해 재배작물의 최적 생장환경 조성을 지원하는 중간계층, 온실 모니터링 및 제어 서비스를 지원하는 응용들이 존재하는 응용계층으로 구성된다[2].

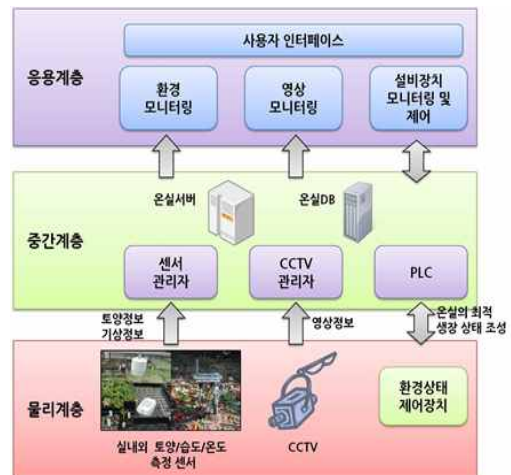


그림 1. UGMS 구조
Fig 1. UGMS Structure

물리계층은 온실의 존재하는 모든 센서와 CCTV를 통해 토양정보, 기상정보 및 영상정보를 수집하고, 온실의 최적생장 상태 조성을 위한 환경상태를 제어할 수 있는 설비장치들로 구성된다. 수집된 정보를 이용하여 사용자에게 온실의 토양, 기상, 영상 모니터링 서비스와 설비장치를 통해 온실의 자동 및 수동 제어서비스를 제공한다. 중간계층은 물리계층의 센서 및 설비장치들을 관리하기 위한 센서관리자, CCTV관리자 및 PLC(Programmable Logic Controller)와 온실 정보가 저장된 온실데이터베이스, 그리고 온실의 모니터링 및 제어를 위한 온실서버가 존재한다. 본 계층에서는 물리장치들을 논리적으로 그룹화하고, 센서로부터 수집되는 데이터를 온실데이터베이스에 저장한다. 또한, CCTV로부터 들어오는 영상 데이터를 저장 후 스트림 서비스를 제공하며, 설비장치의 제어 및 모니터링 서비스를 제공한다. 응용계층은 다양한 인터페이스를 통해 응용 서비스를 제공한다. 응용 서비스로는 온실의 토양, 기상의 정보를 사용자에게 보여주는 환경 모니터링 및 온실의 실제 영상을 보여주는 영상 모니터링 응용 서비스, 그리고 설비장치의 모니터링 및 제어 응용 서비스를 제공한다 [2].

물리계층의 구성요소는 다음과 같다. 토양센서는 송신부, 수신부, 센서부로 이루어져 있다. 토양에 프로브 형태의 센서부를 삽입하여 일정주기 마다 토양에서 수분, 온도, 전기기전도(Electronic Conductivity, EC)를 측정하여 송신부를 통해 수신부에 센싱 데이터를 전송한다. 기상센서는 Atmega128 마이크로 컨트롤러와 2.3GHz Zigbee Transceiver인 CC2420 기반이며 센서 노드와 싱크 노드로 구성된다. 센서 노드에서 온실 내외의 온도, 조도, 습도 값을 측정하여 일정 시간마다 싱크 노드로 전송한다. 센서들 간의 통신은 트리 기반의 멀티홉 통신을 하며, 네트워크의 자가 구성, 자가 치유 능력을 갖추어 센서가 추가 또는 제거 되면 스스로 네트워크를 구성하여 센서 간 통신거리 연장과 동적으로 통신경로를 형성한다. CCTV는 온실의 영상정보를 스트림 데이터로 CCTV 관리자로 보낸다. 마지막으로 온실 내 환경을 관리하는 설비장치로는 PLC로 제어되는 천창, 온풍기, 환풍기, 조명, 관수장치, 양액기가 존재한다 [2].

중간계층의 구성요소로 센서관리자는 센서로부터

들어오는 데이터를 온실데이터베이스에 저장한다. 주된 기능으로는 센서로부터 들어오는 스트림 형태의 데이터를 온실데이터베이스에 저장할 수 있는 포맷으로 가공하는 입력 스트림 처리, 센서로부터 들어오는 데이터를 측정요소에 맞는 단위로 바꿔주는 단위 변환, 가공된 데이터를 업데이트 질의를 사용하여 온실데이터베이스에 저장하는 데이터 저장 기능이 있다. 수행 과정을 보면 센서관리자가 센서로부터 토양, 기상센서의 원시데이터가 들어온다. 원시데이터의 특정 위치에서 토양센서의 아이디, 온도, 수분, EC, 배터리 상태 값 및 기상센서의 아이디, 온도, 습도, 조도, 배터리 상태 값을 추출하여 각 단위에 맞게 변환한다. 이 변환된 데이터는 네트워크를 통하여 온실데이터베이스에 저장된다. 온실데이터베이스는 온실 내외에서 토양센서와 기상센서로부터 수집된 토양온도, 토양수분, EC, 온도, 조도, 습도 데이터와 설비장치 상태 및 컨트롤 데이터, 설비장치를 자동 제어 하기 위한 기준 값을 각각의 테이블로 나누어 저장한다. 온실서버는 응용 GUI와 온실 데이터베이스 사이에 존재하며 온실데이터베이스를 일정 시간간격으로 검사하여 설비장치 컨트롤 테이블의 값의 변화가 있으면 그 값에 따라 해당 설비장치를 가동 또는 중지시킨다. 또한 PLC로부터 물리장치의 상태 값을 받아 온실데이터베이스에 저장하고 온실을 자동제어할 경우 미리 정의된 기준 값과 실제 온도 값을 비교하여 환풍기, 천창, 온풍기를 제어하고 조도 값에 따라 조명을 제어한다. 응용계층에는 다양한 플랫폼(웹, 모바일 폰)을 지원하는 응용 서비스로 구성된다. 세부적으로 온실 및 토양 모니터링 서비스, 온실 설비장치 제어서비스, 소비자 안심 서비스, 위험상황 경고 서비스를 제공한다 [2].

그러나 이러한 자동화되고 손쉽게 정보를 얻을 수 있는 환경에서는 보안에 있어 심각한 결과를 초래할 수 있다. RFID 태그의 사용에 있어서 사용자 개인의 프라이버시 문제(위치정보 또는 구매이력 노출 등)가 심각하게 인식하여야 하며, RFID 태그의 ID는 쉽게 식별되며, 태그는 사용자가 알지 못하는 사이에 모든 리더에게 자동적으로 응답한다. 이러한 우려들이 RFID의 상용화에 걸림돌이 되며, 성공적인 산업화를 위해서는 제반 프라이버시 문제를 해결해야 하는 것

이 선결 과제로 되고 있다. 또한, 현재 단계에서 USN 환경에서의 공격의 형태나 공격자에 대한 명확한 추정 은 아직까지 센서 네트워크 자체가 미성숙한 단계에 있기 때문에 어렵지만, 현재의 공격보다는 광범위한 범위와 대상을 목표로 하는 것으로 예상되고 있다. USN 환경에서의 공격(침해) 대상은 기존 환경의 컴퓨터에 저장된 정보 또는 통신 정보만이 아닌, 사물이나 신체 등 개인의 모든 정보가 되며 공격 범위는 기존의 개인의 컴퓨터에 국한되지 않고, 개인의 사적인 모든 공간이 된다. 따라서 공격에 대한 피해 범위는 이러한 공격범위 확대 및 공격의 용이함에 의해 매우 확대될 것이다 [4].

III. 기존 연구 분석

3-1 온실 관제 시스템에서의 모니터링 서비스

온실 모니터링 서비스는 온실의 실내외 상태를 파악하기 위해 토양센서, 기상센서로부터 수집된 데이터를 사용자에게 보여주는 서비스이다. 본 서비스의 세부적인 동작과정을 살펴보면 온실에 설치된 토양센서, 기상센서로부터 토양의 온도, 수분, EC량과 온실 내외 온도, 습도, 조도를 측정하여 센서관리자에게 주기적으로 전달한다. 센서관리자는 전달받은 데이터를 분석하여 각 센싱 값을 추출 및 포맷 변환 후 온실데이터베이스의 각 테이블에 저장한다. 온실서버는 온실데이터베이스에 저장된 토양, 온실 내외 환경정보를 각 사용자 GUI에 전송하며, 이를 통해 사용자는 온실의 토양, 환경, 작물 정보를 모니터링 할 수 있다 [2].

3-2 온실 설비장치 제어 서비스

온실 설비장치 제어 서비스는 각종 센서와 CCTV에서 관측된 정보를 바탕으로 온실서버가 자동으로 온실 설비장치를 제어하거나 사용자가 수동으로 제어할 수 있는 서비스이다. 자동 제어 서비스의 동작과정을 살펴보면 온실서버가 일정 주기마다 온실데이터베이스를 모니터링하여 온실정보(토양, 환경)를

확인한다. 이 정보를 기준 설정값과 비교하여 초과하거나 미만일 경우에 PLC에 제어 할 온실의 설비장치 동작 신호를 변환 시켜준다. PLC는 변환 된 값에 따라 해당 설비장치를 가동 또는 중지 시킨다. 마지막으로 온실서버가 PLC의 설비장치 상태 값을 GUI에 보내어 설비장치의 상태를 표시해준다 [2].

3-3 USN의 보안 문제 해결을 위한 연구 동향

USN 환경에 적합한 공개키 알고리즘의 하드웨어적인 구현은, 2004년 Rabin, NTRU, ECC 등의 공개키 알고리즘에 대한 구현 결과 제시에 의해 NTRU의 경우 $20\mu\text{W}$ 의 저전력에 3000개의 게이트만 필요하며, 경량화 된 센서 노드에 탑재 가능한 것으로 알려져 있다. 그러나 현재는 기존의 알고리즘을 개선하여 사용하고 있으며 향후에는 새로운 알고리즘 개발이 요구된다. USN 환경의 그룹키 관리의 경우 대칭키 방식은 RFID의 경우 리더와 태그간의 키를 공유해야 하며, 각 태그마다의 유일한 키를 관리하는 등의 많은 계산량 때문에 사용하기 어려우며, 또한 키의 유출에 의한 태그 무력화, 또한 장기간의 사용에 대한 노출 가능성 증가 등의 문제가 있다. 또한, 센서 노드에 암호키를 탑재하는 방식은 에칭(etching), 탐침, TEMPEST 등의 물리적 공격에 취약하며 암호키의 노출 가능성이 있다. 버클리 대학의 SmartDust 프로젝트에서 채택한 센서 네트워크의 보안 프로토콜인 SPIN(Security Protocols for Sensor Network)은 μ TESLA와 SNEP로 구성되어 있으며 메시지 인증, 무결성, 기밀성, 적시성 등의 서비스를 제공하고 있다. 랜덤키 사전 분배방식은 키 DB를 선택하고 무작위로 키를 선택하여 센서 노드에 할당하며, 두 개의 노드는 자신의 키DB를 탐색하여 상대방이 같은 공통키를 소유하고 있으면 이 키를 세션키로 사용하는 방식이다 [5, 6, 7].

3-4 IEEE 802.15.4

MAC sublayer는 상위계층에 의해 요구되는 송수신 프레임에 대한 접근제어, 데이터 기밀성, 무결성, 프레임 재사용 방지 등의 보안 서비스를 제공해 준다. IEEE 802.15.4 에서는 unsecured mode, ACL mode,

secured mode 세가지 보안 모드를 가진다. Unsecured mode는 기본 보안 모드로 MAC layer에서 보안 서비스를 제공하지 않는다. ACL mode는 상위계층에 대해 ACL(Access Control List)에 속해있는 디바이스로부터 온 것인지 판별하여 필터링만 하는 프레임에 대한 암호화나 다른 보안 서비스를 제공하지 않는다. Secured mode는 MAC 계층에서 ACL 기능과 송수신 프레임에 대한 보안 서비스를 제공한다. 이 표준에서는 보안이 구현되는 디바이스들은 AES 블록암호를 사용하도록 하며 AES-CCM-64 security suite를 반드시 지원하도록 하고 있다. 기본으로 지원해야 할 CCM 모드는 CTR 모드의 암호화와 CBC 모드의 인증을 수행하여 기밀성과 무결성 서비스를 제공한다 [8].

3-5 SPINS (Secure Security Protocols for Sensor Networks) 프로토콜

SPINS 프로토콜은 SNEP(Secure Network Encryption Protocol)과 μ TELSA(Timed Efficient Stream Loss-tolerant Authentication)를 이용한 구조이다. SNEP를 이용하여 데이터의 기밀성과 노드 간 데이터 인증 과정, 과거에 사용된 데이터의 재사용 공격이 불가능하도록 하기 위한 키 재설정(freshness) 기능을 제공한다. TELSAs 프로토콜의 변형된 형태인 μ TELSA 프로토콜은 키를 알고 있는 노드에 의해 해석이 가능하도록 하는 대칭키 기반의 인증 방식을 제공한다. 이 μ TELSA는 두 노드 사이에 공유하여야 하는 비밀키의 노출을 최대한 늦춤으로써 비대칭 암호키 방식을 사용하는 듯한 효과를 누릴 수 있다. 하지만 이 방식은 인증하여야 하는 노드 수가 많아질 경우에는 지연 시간이 길어져서 활용이 어렵고 각 노드 간 시간의 싱크 과정도 필요하다는 단점이 있다 [9].

3-6 LEAP (Localized Encryption and Authentication Protocol) 프로토콜

하나의 키를 사용하는 메커니즘으로는 대량의 센서가 흩어져 있는 센서 네트워크에서는 안전한 키 메커니즘의 설계가 어렵다는 판단으로 4개의 암호키와 키 설정 프로토콜을 가진 LEAP 프로토콜이 제시되

고 있다. 각각의 암호키는 개인키, 그룹키, Pairwise 키, Cluster 키를 가진다. 개인키는 베이스 스테이션과 공유하는 키, 그룹키는 네트워크에 있는 모든 노드와 공유하는 브로드캐스팅 키, Pairwise 키는 다른 센서 노드와 공유하는 키, Cluster 키는 몇 개의 이웃 노드와 공유하는 키를 말한다.

이 방법은 공격 노드는 개인키를 가질 수 없으며, Pairwise 키와 Cluster 키는 주위의 이웃 노드를 인증하기 위해서만 사용되고 그룹키는 방송되는 메시지를 복호화하기 위해서만 사용되므로 위협 노드를 가진 센서 네트워크 생존성을 극대화 할 수 있는 방법이다. 그러나 한 노드가 포획되어 공유키의 노출되면 차후 노드 추가가 불가능하고 기존에 안전하게 생성된 키의 값들이 통신 분석을 통해 모두 드러나게 된다는 단점이 있다 [1].

3-7 PIKE

2005년에 카네기 멜론 대학에서 새로운 키 관리 기법인 PIKE를 제안하였다. SPINS와 비슷하게 제 3의 노드를 경유하여 이웃노드 사이의 세션키를 설정한다. 그러나 SPINS처럼 베이스 스테이션을 이용하지 않고, 일반 노드를 신뢰 노드로 사용하기 때문에 SPINS 보다는 작은 통신과 베이스 스테이션에 집중되는 공격을 분산시켜 준다. 노드 캡처에 대한 강한 안전성을 보장해주기도 하지만 여전히 통신량이 전체 센서 노드 수에 의해 증가되기 때문에 대규모 네트워크 구성에 제한적이다 [11].

IV. 결론과 향후 연구 방향

본 논문에서는 U-온실시스템에 대하여 조사 및 분석을 하였다. USN 관련 프라이버시 보호에 대한 핵심 연구주제 중 하나는 낮은 비용으로 암호화 프로세스가 가능한 RFID를 개발하고 구현하는 것이다. 여기에는 해쉬함수, 난수 생성기 그리고 대칭키 암호, 비대칭키 암호 (공개키 암호) 등의 경량화 연구가 포함된다. 최근 Crypto2004 암호학회에서는 RFID 프라이버시 보호용으로 널리 알려진 해쉬함수(Haval,

MD4, MD5) 등이 해독되는 사례가 발표되어 새로운 해쉬함수의 설계가 요구된다. 현재 RFID의 보안 요구 사항으로 태그 정보의 보호, 임의의 태그에 대한 추적방지 등이 제시되고 있다. 가장 최근에 연구되고 있는 프라이버시 보호를 위한 해쉬체인 기법 등의 연구는 RFID의 보안 요구사항을 어느 정도 만족하고 있다. 그러나 연산량을 줄이는 방법, 초경량 해쉬함수의 구현문제 사항들이 더욱 연구 되어야만 한다. 또한, 재기록이 가능한 태그 (rewritable tag)에 대한 무결성 보장 등도 연구주제로 진행되고 있다. 그러나 현재는 기존의 알고리즘을 개선하여 사용하고 있으며 이 프로토콜들이 온실 관제 시스템의 보안 환경을 위하여 어떤 프로토콜로 적용되어야 할지를 위해 향후에는 새로운 알고리즘 개발이 요구된다 [5].

감사의 글

본 논문은 지식 경제부 산업원천융합기술개발사업(스마트 성장환경 시스템 기술 개발, 과제번호:10037299)으로 지원된 연구입니다.

참 고 문 헌

- [1] 고영삼, "지역간 격차해소를 위한 지역혁신 관점의 u-농촌 모델 연구", *한국지역정보학회지* 제 10권 제4호, pp.165~195, 2007.
- [2] 서종성, 강민수, 김영곤, 심춘보, 주수중, 신창선, "센서 네트워크를 활용한 유비쿼터스 온실관리시스템 구현", *한국 인터넷 정보학회* 제9권 제3호 2008
- [3] 정부만. "u-Farm 해외 적용 사례집", *한국정보사회진흥원*, 2006.
- [4] 이영진, 문형진, 정윤수, 이상호, "랜덤 부분 ID를 이용한 저비용 RFID 상호인증 프로토콜", *한국통신학회논문지*, 2006
- [5] 김광조, "RFID/USN 정보보호 기술", TTA 저널 95호, 2004
- [6] 김신효, 강유성, 정병호, 정교일, "u-센서 네트워크 보안 기술 동향", *전자통신동향분석* 제20권 제1호, 2005.
- [7] 홍도원, 장구영, 박태준, 정교일, "유비쿼터스 환경을 위한 암호 기술 동향", *전자통신동향분석* 제20권 제1호, 2005.
- [8] Yang Xiao, Sethi, S., Hsiao-Hwa Chen, Bo Sun, "Security Services and Enhancements in the IEEE 802.15.4 Wireless Sensor Networks", *Global Telecommunications Conference*, 2005. GLOBECOM '05. IEEE, 2004
- [9] 정연일, 이승룡, "유비쿼터스 센서 네트워크를 위한 공개키 기반의 보안 프로토콜 설계 및 구현", *한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집* 제 14권 제1호, 2007.
- [10] 김진수, 이정현, "무선 센서 네트워크에서 안전하고 에너지 효율적인 클러스터 기반 프로토콜", *한국콘텐츠학회논문지* '10 Vol. 10 No. 2, 2010.
- [11] H. Chan and A. Perrig, "PIKE: Peer Intermediaries for Key Establishment in Sensor Networks", *In IEEE Proc. the 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies Vol. 1*, pp.524-535, 2005.

박 상 오 (朴 像 吾)



2005년 중앙대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
 2007년 중앙대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
 2010년 중앙대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
 2011년 9월~현재 : 중앙대학교 정보통신연구소 연구교수

관심분야 : 내장형시스템, 사이버물리시스템, NAND 플래시 메모리 파일시스템, 저전력 시스템, 유비쿼터스 컴퓨팅

이 양 선 (李洋先)

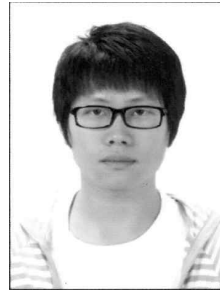


2001년 동신대학교 전기전자공학과 졸업(공학사)
2003년 동신대학교 대학원 전기 전자공학과 졸업(공학석사)
2007년 목원대학교 대학원 IT 공학과 졸업(공학박사)
2007년 2월~2009년 9월 : (주)휴메이트 기술연구소 기획팀장

2009년 10월~현재 : 조선대학교 정보통신공학과 연구교수

관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, UWB통신, 무선통신시스템

박 지 수 (朴智秀)



2011년 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
2011년 3월~현재 : 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과 석사과정
관심분야 : 정보보호, 스마트폰 보안, 클라우드 컴퓨팅

김 세 한 (金世翰)



1998년 한국항공대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
2000년 한국항공대학교 통신정보공학과 졸업(공학석사)
2004 ~ 현재 충남대학교 정보통신공학과 박사과정

2000 ~ 현재 한국전자통신연구원 RFID/USN연구부 선임연구원

관심분야 : RFID/USN, 농/수/축 • IT융합, IoT/M2M, 임베디드 시스템, 무선통신 프로토콜

박 종 혁 (朴鍾赫)



2002년 순천향대학교 컴퓨터공학부 졸업(학사)
2004년 고려대학교 정보보호대학원 졸업(석사)
2007년 고려대학교 정보보호대학원 졸업(박사)
2007년 경남대학교 컴퓨터학부 전임강사

2009년 2월~현재 : 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과 조교수

2009년 1월~현재 : 한국정보기술융합학회 회장
관심분야 : 정보보증, 디지털 포렌식, 멀티미디어 보안, 보안 프로토콜, 상황 인식, 스마트 홈, 유비쿼터스 컴퓨팅 및 보안

이 기 정 (李奇貞)



2001년 경희대학교 생활과학부 졸업 (학사)

2010년 3월 ~ 현재 : 서울 과학기술대학교 e-Business 경영학과 석사과정

관심 분야 : 기업 보안, 정보보호