

알코올 측정 데이터 수집 및 관리시스템 구현

김기영*

Implementation of Alcohol Concentration Data Measurement and Management System

Ki-Young Kim*

요약 IoT는 관련 기술의 발전으로 인해 사용범위가 넓어졌으며 다양한 서비스의 구현을 위한 수요를 충족하기 위해 다양한 센서가 개발되고 보급되었다. 센서를 이용한 알코올 농도의 측정은 음주운전 방지에 활용할 수 있으며 이를 가능하게 하기 위해서는 정확한 알코올 농도를 측정하고 스마트폰에서 서버로 안전한 전송을 보장하여야 한다. 또한 측정된 알코올 농도 값을 음주 수준을 판단하는 기준값으로 변환하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 센서를 사용하여 알코올 탐지 기술을 적용한 음주측정기에서 수집한 알코올 농도 정보를 보정 알고리즘을 통해 수치를 변환하고 원격지에 위치한 서버에 안전하게 전송하고 관리하는 시스템을 제안하고 구현한다. 원격지 서버와의 보안은 네트워크 계층의 SSL을 적용하여 데이터의 무결성과 기밀성을 보장하도록 하였으며 서버는 수신된 정보를 암호화하여 데이터베이스에 저장하여 추가적인 보안을 제공하도록 하였다. 알코올 농도 측정의 정확성, 통신의 효율성을 분석한 결과 여러 허용치 내에서 측정되고 전송되는 것을 확인하였다.

Abstract The scope of IoT use has expanded due to the development of related technologies, and various sensors have been developed and distributed to meet the demand for implementing various services. Measuring alcohol concentration using a sensor can be used to prevent drunk driving, and to make this possible, accurate alcohol concentration must be measured and safe transmission from the smartphone to the server must be guaranteed. Additionally, a process of converting the measured alcohol concentration value into a standard value for determining the level of drinking is necessary. In this paper, we propose and implement a system. Security with remote servers applies SSL at the network layer to ensure data integrity and confidentiality, and the server encrypts the received information and stores it in the database to provide additional security. As a result of analyzing the accuracy of alcohol concentration measurement and communication efficiency, it was confirmed that the measurement and transmission were within the error tolerance.

Key Words : IoT, BAC, Alcohol, SSL, Cloud

1. 서론

IoT기술의 발전은 센싱기술 기반의 다양한 센서에 대한 수요를 증가시켰으며 형성된 시장에는 다양한 센서가 공급되고 있다. 기존의 측정 장비들은 센서를 포함한 IoT기기는 범용 사용이 아닌 특수목적에 사용되도록 설계되어 기기의 가격이 높아 보편적으로 사용되

기 어렵었다. 하지만 IoT기술의 보급과 함께 센서와의 연동이 용이하게 되었고 센서의 대량생산으로 인해 센서의 가격은 하락하고 있다. 알코올의 농도를 측정하는 기술은 음주여부를 판단에도 활용할 수 있고 관련 법규 집행 및 개인의 건강을 포함한 다양한 분야에서 사용될 수 있다. 현재 알코올 농도 측정기기는 네트워크와 연결되어 서버에 전송하는 방식이 아닌 기기 자

체에 측정정보를 저장하거나 스마트폰에 저장하는 방식으로 운영된다. 본 논문은 알코올 농도 측정을 실시간으로 측정한 후 보정 알고리즘을 통해 적정한 수치로 변환하고 전송하시는 시스템 구성을 제시한다. 정확한 알코올 농도 측정을 위한 알코올 농도 측정 관련 기술 조사, 알코올 농도 값을 음주 수준으로 변환하는 수식과 보정 알고리즘을 제시하고 알코올 측정 결과를 안전하게 전송하고 저장하는 시스템 기능을 설계하고 구현한다. 본 논문의 구성은 2장에서는 알코올 측정 기술 등의 관련기술에 대해 기술하고 3장 제안하는 시스템, 4장 구현내용, 5장 결론으로 구성하였다.

2. 관련연구

2.1 알코올 측정 방법

알코올 농도 측정에 사용되는 센서 기술은 반도체 센서, 연료전지 센서 및 적외선 분광법 등이 있다. 브레스 측정은 일반적 방법 중 하나로 호흡에서 나오는 에탄올을 산화시켜 산소를 생성하고 이 과정에서 발생하는 전류를 측정하는 촉매 산화법이다. 둘째, 에탄올이 특정 파장의 적외선을 흡수하는 특성을 이용하여 에탄올의 농도를 측정하는 적외선 흡수법이 있다. 셋째 피부 표면에 놓인 센서가 초음파를 이용하여 에탄올 증발에 따른 온도 변화를 감지하고 이를 통해 알코올 농도를 계산하는 피부표면 측정법이 있다. 넷째 피부 표면의 기체가 센서에 반응하여 알코올 농도를 감지하는 기체감지기 방법 등이 있다[1-3]. 이와 같은 알코올 농도 측정기는 다양한 원리와 기술을 결합하여 정확하고 신속한 알코올 농도 측정을 가능하게 한다. 알코올 농도 측정은 대중운송 수단에서 운전자의 음주 운전을 방지하고 안전을 증진에 사용되고 있으나 알코올 농도 측정 기기의 단독 사용으로 시스템화 되어 있지 않아 지속적이고 체계적인 관리는 가능하지 않다.

2.2 BAC 모델

알코올 농도 측정을 통해 측정된 수치는 정량화된 수치로 변환하는 보정 단계를 거치며 정확성과 신뢰성을 향상시킬 수 있는 알고리즘이 필요하다.

본 절에서는 사용자별 패턴에 기반한 동적 보정을 위한 기계 학습 및 통계적 접근법을 분류한다. 알코올 농도를 음주 수준으로 변환할 수 있도록 알코올 측정 테스트에서 얻은 알코올 농도 값을 유의미한 음주 수준으로 변환하는 BAC 모델은 위드마크(Widmark)의 공식과 같은 다양한 변환 모델이 존재한다. 다음과 같은 BAC 모델을 활용하여 사용자의 알코올수치를 통해 음주 수준으로 변환 가능한 실시간 피드백 시스템을 구성한다.

$$BAC = \left(\frac{BW \times r \times WM}{Alcohol\ consumed} \right) \times 100 \quad \text{식1}$$

BAC은 혈중 알코올 농도의 단위이며 그램 단위로 소비된 알코올 그램 단위로 소비된 알코올의 순수한 알코올 양을 그램으로 표시한다. BW(Body weight)은 체중으로 개인의 체중을 그램으로 측정한다. r은 알코올 분포 비율로, 여성은 일반적으로 0.55 정도이고 남성은 0.68 정도이다. WM은 위드마크 요소로 알코올의 밀도(약 0.789 g/ml) 및 체내의 물 함유량과 같은 다양한 요소를 고려한 상수이다. 음주측정 BAC(혈중알코올 농도)는 일반적으로 다음의 수식을 통해 계산한다. 기존 알코올 측정기기는 네트워크와 연결되지 않은 독립된 시스템으로 구성되며 저장된 정보를 별도의 방식으로 확인 전송하는 방법이 보편적이다. 정확한 측정과 함께 안전하게 저장보관을 위해서는 제2의 장소에 위치한 서버에 전송하는 것이 필요하다. 이를 위해 LTE를 통한 안전한 데이터 전송을 고려할 수 있다. 별도의 통신 네트워크 구축에 시간과 비용 없이 무선망을 사용할 수 있으며 LTE모듈을 통해 기능연동과 구현도 용이하여 알코올 측정 결과를 전송하는 데 적합하다[4-6].

무선망은 자체 보안이 지원되지만 기밀성을 보장할 수 있는 정보 전송을 위해 네트워크 계층의 암호화 방식을 적용하였다. 네트워크 계층에서 지원하는 암호화 표준인 SSL은 스마트폰과 서버 간 통신 채널을 보호하기 위한 SSL 암호화를 지원한다. SSL 핸드셰이크 프로세스, 키 교환 메커니즘을 통해 데

이터의 전송 중 암호화를 가능하게 한다. 알코올 측정 기기에서 수신한 수치데이터를 통신망을 통해 서버에서 수신한 후에 데이터의 안전한 저장을 위해 서버 측 암호화 및 데이터베이스 보안이 필요하다. 서버 측 암호화 기술에서는 최신 암호 알고리즘 및 키 관리 전략, 데이터베이스 보안 조치와 접근 제어, 감사 및 안전한 구성과 같은 데이터베이스 보안 기술을 적용하여 보안성을 향상시켜야 한다.

3. 알코올 측정 시스템

3.1 보정 알고리즘

음주측정 BAC(혈중알코올 농도)는 [8]에서 제시한 수식 2을 통해 계산한다. 액의 부피(v)당 알코올의 질량(w)(% w/v), 또는 혈액의 질량(w)당 알코올의 질량(w)(% w/w)의 퍼센트 단위로 나타낸다. BAC는 통상 alcohol% 또는 mg/100 mL of blood로 표시하며 법적, 의학적 기준 값으로 사용한다. 음주측정에서 사용되는 측정기기는 운전자의 체중을 고려하지 않고 호흡을 통한 알코올 농도를 측정한다. 제안하는 시스템의 측정기도 호흡을 통한 알코올 농도를 측정하는 방식으로 보정은 서버에 저장된 알코올 농도를 사용하여 보정을 통해 개인별 신체 특징을 반영할 수 있도록 하였다. 하지만 현행 음주운전의 기준은 알코올 농도를 기준으로하기 때문에 측정기기에서 측정한 알코올 수치를 저장하고 개인의 신체정보를 제공한 경우에 참조 용도로 [8]에서 제시한 보정 계수를 통해 신체 특징을 고려한 알코올 수치를 참고할 수 있도록 하였다. 이는 음주운전 등의 법에서 정한 방법만을 인정하고 법으로 규정하고 있어 법적 근거가 없기 때문이다.

3.2 IoT와 통신

알코올 측정기와 스마트폰 간의 블루투스 통신은 주로 Bluetooth Low Energy (BLE)를 활용하였다. BLE는 저전력 소비와 빠른 연결을 제공하며, 주로 주변 장치와의 간단한 데이터 교환에 적합하며 저전력 통신으로 장기간 배터리 등의 전원 교체 없이 사용 가능 하다. 기기와 스마트폰과의 보안은 블루투

스 페어링(Bluetooth Pairing)을 통해 상호 인증할 수 있도록 구성할 수 있다. 측정된 알코올 농도는 개인정보로 제3자에게 노출되어서는 안 되며 위,변조가 가능하지 않도록 하여야 한다. 알코올 측정 기술을 개선하고 스마트폰에서 서버로의 안전한 데이터 전송이 가능하도록 SSL 및 서버 측 암호화를 통해 보안성을 향상할 수 있도록 하였다. 센싱기술을 IoT와 접목하여 알코올 농도를 측정할 수 있는 시스템의 기능을 정의하고 IoT, 스마트폰, 서버와의 통신연결을 구현하였다.



그림 1. 알코올 측정 기기

Fig. 1. Instance of Measurement Device

스마트폰에는 측정된 알코올 농도를 표시하고 관리하기 위한 전용 앱이 필요하며 Bluetooth API를 사용하여 측정기와 통신하고 데이터를 받아들 수 있도록 구성할 수 있다. 그림 1은 알코올 측정을 지원하는 측정 기기이다. 측정기기들은 정확성, 민감도, 및 보정 방법에 따라 다양하게 구성할 수 있다.

3.3 서버간 통신망

본 논문에서는 대상 네트워크를 Open RAN을 가정하였다. O-RAN은 네트워크 아키텍처에 다각적인 접근 방식을 제공함으로써 다양한 통신 서비스를 사용할 수 있다.

O-RAN은 통신 비용 절감, 상호 운용성, 신기술의 적용이 용이하고 상호 협업 등이 가능하다. 기존의 네트워크를 개방적이고 분리된 환경으로 구성할 수 있어 Open RAN은 통신 비용 절감을 도모할 뿐만 아니라 소프트웨어 기능 및 하드웨어 구성 요소의 독립적인 도입을 가능하게 한다. 또한 여러 공급업체 간의 상호 운용성을 향상시켜 유연하고 적용 가능한 네트워크 인프라를 구축할 수 있다[7].

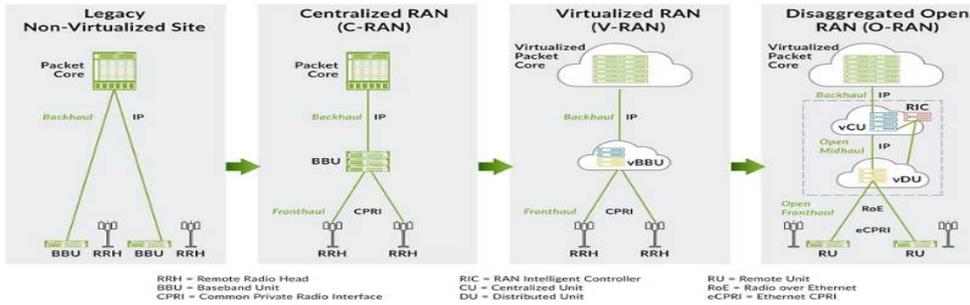


그림 2. O-RAN 네트워크 구성[7]
Fig. 2. O-RAN Network

Open RAN의 특징은 모듈식은 신기술과 표준간의 통합을 용이하게 한다. 그러나 Open RAN의 구현에는 원활한 상호 운용성을 보장하고 잠재적인 보안 문제를 해결해야 하며 지속적인 보안성을 고려한 Open RAN의 구축은 기존 네트워크 사업자와 지역에 따라 효율적인 네트워크 구축이 가능하다. 또한 암호화에 있어 확률 방식을 적용하였다. 집합 사이의 중복되는 경우 확률변수의 k개의 인스턴스(k = n)의 1과 n 사이에 균등 분포를 갖는 정수가 주어졌을 때, 두 집합이 서로소가 아닐 확률인 R(n, k)는 두 집합 모두에서 적어도 하나의 값이 발견될 확률은 두 집합 X, Y의 각각 원소 {x1, x2, ... xk}, {y1, y2, ..., yk} 라고 하면 x1의 값이 주어졌을 때 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$\Pr[\text{no match in } Y \text{ to } x_1] = \left(1 - \frac{1}{n}\right)^k \quad \text{식 399}$$

$$\Pr[\text{no match in } Y \text{ to } X] = \left(1 - \frac{1}{n}\right)^{k^2} = \left(1 - \frac{1}{n}\right)^{k^2} \quad \text{식 400}$$

$$R(n, k) = \Pr[\text{atleast one match in } Y \text{ to } X] = \left(1 - \frac{1}{n}\right)^{k^2} \quad \text{식 4}$$

스마트폰이 알코올 측정 결과를 서버로 전송하려면 스마트폰이 인터넷에 연결된 상태를 유지하여야 하며 Wi-Fi, 셀룰러 데이터, 또는 다른 통신 기술을 활용하여 연결을 설정이 가능하다. 알코올 측정과 같은 민감한 데이터를 전송할 때는 데이터 보안을 하여야 하며 HTTPS 및 암호화 프로토콜을 사용하여 데이터를 안전하게 전송할 수 있어야 한다. 서버

는 클라이언트에서 전송된 데이터를 수신하고 처리하며 데이터베이스에 측정 결과를 저장하고 필요에 따라 특정 절차를 수행할 수 있어야 한다. 그 외에 스마트폰 앱과 서버 간에는 필요에 따라 Push 알림을 통해 사용자에게 정보를 전송할 수 있도록 한다. 예를 들어, 측정 결과가 특정 기준을 초과할 경우 사용자에게 경고를 보낼 수 있는 기능이 필요하다. 서버는 실시간으로 알코올 측정 결과를 모니터링하고 필요한 경우 즉시 대응할 수 있어야 한다. 이와 같은 시스템은 응용 프로그램에 따라 상세 요구 사항이 다를 수 있다

4. 구현

시스템의 주요 구성 요소는 알코올 측정 센서를 포함하는 IoT기기와 BLE모듈을 지원하는 중계기기로 구성된다. 본 논문에서는 LTE, WiFi 모듈 지원하는 스마트폰을 사용하였다. 측정 장소에서 알코올 측정기는 스마트폰과 연동되고 스마트폰을 통해 원격 서버로 측정된 값을 전송한다.

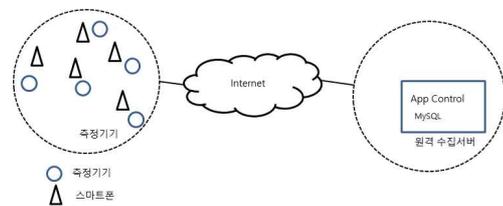


그림 3. 원격 측정 시스템
Fig. 3. Remote Measurement System

그림 3의 왼쪽은 운송관련 조직이 될 수 있으며 각자의 근무위치에서 측정을 개별적으로 진행할 수 있다. 운송은 버스, 항공, 해운 등 다양한 분야가 될 수 있다. 인증과 암호화 기능을 앱 형태로 스마트폰에 설치하였다. 사용자는 인증절차를 통해 본인 여부를 검증하고 알코올 측정을 진행하고 스마트폰을 통해 서버로 전송된다. 알코올 농도 측정 데이터를 수신한 서버는 측정대상자 별로 측정 데이터 수치를 저장하고 허용 범위 내의 수치인지를 표기한다. 측정된 농도 값을 보정을 통한 수치정보가 정확히 서버로 전송되는 것을 확인하였으며 보안 취약서 점검 결과 위협요소는 없는 것으로 확인되었다. 서버에 측정된 수치를 저장하고 기준치 이상의 알코올 농도 값은 음주로 판단하고 별도의 데이터로 관리하도록 하였다. 수치는 통계관리를 하며 그림 4, 그림 5와 같다.

순번	회사명	이름	생년월일	측정일시	측정장소	측정결과
1	테스트 사이트 999	****	2023-12-27	2023-12-27 22:47:21	테스트 차고지	정상 (9%)
2	테스트 사이트 999		2023-12-27	2023-12-27 22:32:25	테스트 차고지	정상 (9%)
3	테스트 사이트 999		2023-12-27	2023-12-27 21:25:50	테스트 차고지	음주 (0.022%)
4	테스트 사이트 999		2023-12-27	2023-12-27 21:26:45	테스트 차고지	정상 (0.022%)
5	테스트 사이트 999		2023-12-27	2023-12-27 20:49:48	테스트 차고지	음주 (0.033%)
6	테스트 사이트 999		2023-12-27	2023-12-14 17:55:26	테스트 차고지	정상 (9%)

그림 4. 알코올 측정 관리 화면
Fig. 4. Alcohol Management Panel

측정 연도	등록운전자수	측정운전자수(정상)	측정운전자수(음주)	측정비율(%)
2023	37	0.29	0.08	1

그림 5. 통계 관리 화면
Fig. 5. Probability Management Panel

스마트폰 애플리케이션은 서버와 데이터 송수신에 있어 L3계층에서 암호화를 지원하고 응용계층에서 암호화하여 데이터베이스에 저장하여 수집된 데이터의 위변조, 보안침해에 대한 위험성을 낮출 수

있다.

본 논문에서 가정하는 네트워크 환경인 O-RAN은 개방적이고 분리된 환경으로 구성할 수 있어 유연성 있는 네트워크 구성이 가능하며 통신비용을 낮추고 소프트웨어와 하드웨어 구성 요소에 종속적이지 않은 독립적인 운영이 가능하다. 또한 여러 공급업체 간의 상호 운용성을 향상시켜 유연하고 적용 가능한 확장성 있는 네트워크 인프라를 구축할 수 있다.

Open RAN의 특징인 모듈식 방식은 다양한 새로운 기술과 표준 기술 간의 통합을 용이하게 한다. 그러나 Open RAN의 구현에는 원활한 상호 운용성을 보장하고 잠재적인 보안 문제를 해결해야 하며 지속적인 보안성을 고려한 Open RAN의 구축은 기존 네트워크 사업자와 지역에 따라 효율적인 네트워크 구축이 가능하다. 구현 시스템은 성능검증은 알코올 농도 측정값의 정확성을 다양한 측정값을 활용하여 검증하였으며 통신의 효율성은 전송속도, 오류율을 측정하여 분석하였다.

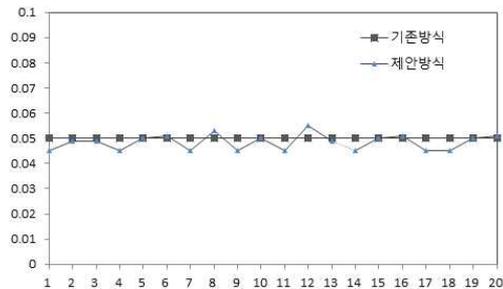


그림 6. 알코올 측정 정확도 비교
Fig. 6. Comparison of Alcohol Measurement

알코올 농도를 0.05을 기준으로 정확도를 측정하였으며 그림 6과 같이 오차범위 내의 측정되는 정확도를 나타냈다. 기준 값은 ISO9001기준을 충족하는 측정방식을 사용하였다.

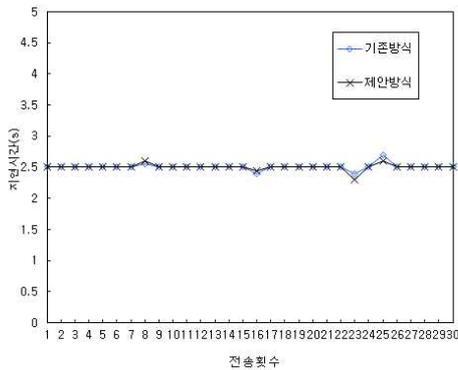


그림 7. 알코올 측정 정확도 비교

Fig. 7. Comparison of Alcohol Measurement

시스템의 전송 성능 비교는 알코올 측정 기기에서 측정된 알코올 농도 값은 스마트폰으로 전달되고 다시 서버로 전송되는 성능측정은 전송지연 시간을 비교분석하였다. 암호화 과정 없이 전송하는 기존 방식과 제안하는 해쉬 기반 암호화를 사용한 방식으로 데이터를 전송하여 지연시간을 측정하였다. 측정 기기로부터 측정된 값을 수신한 스마트폰이 서버로 전송지연은 그림 7과 같이 허용치 이내의 성능을 보이는 것을 확인하였다.

5. 결론

본 논문에서는 센서를 통해 알코올 농도를 측정하고 현행 음주측정의 단위로 변환할 수 있는 보정 계수를 적용하였다. BAC모델은 일반적으로 사용하고 있는 수식으로 적정한 수치 변환을 위한 보정 알고리즘이 필요하다. 이를 위해 알코올 농도의 변환에 적용할 수 있는 보정 알고리즘을 사용하였다. 측정된 알코올 수치는 보정을 통해 적정한 수치로 변환이 가능하였다. 수집한 알코올 측정 데이터는 BLE통신을 통해 스마트폰으로 전송하고 스마트폰은 LTE 또는 WiFi를 통해 원격지의 서버로 데이터를 전송하도록 하였다. 또한 디바이스 간의 데이터 전송 시에 발생할 수 있는 위변조, 보안침해에 대비하여 암호화를 진행하였다. 알코올 농도의 측정은 센서의 성능에 따라 결정되기 때문에 정확성과 신뢰

성을 보장하는 센서의 사용이 중요하다. 향후 연구로는 수집된 알코올농도의 정보를 비식별화하여 알코올 농도 데이터간의 유의미한 관계를 유추하고 학습데이터의 활용을 진행할 계획이다.

REFERENCES

- [1] Deep learning for network intrusion detection: A review" Jianxin Wang, Jianfeng Ma, Jun Yan, et al., IEEE Access, 2018.
- [2] "A survey of machine learning techniques in intrusion detection systems", Hassan B. Kazem, Mohammad Sharef, et al. Published in: Journal of Network and Computer Applications, 2012.
- [3] "Using Machine Learning Algorithms for DoS Attack Detection in Cloud Computing", Thanh Van Le, Abdul Hanan Abdullah, et al., The Scientific World Journal, 2015.
- [4] "Applying Machine Learning Algorithms for Anomaly Detection in Network Security", Shojafar Mohammad, et al., Proceedings of the 2017 International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS), 2017.
- [5] "Using deep learning for network intrusion detection: A review", Yang Hu, Yulong Fu, et al., IEEE Access, 2019.
- [6] "Adversarial Machine Learning in Network Security: A Survey", Bülent Yener, et al., IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2019.
- [7] <https://www.juniper.net/>
- [8] Elimination Rate and Pharmacokinetics of Alcohol in Korean Healthy Male Adults", J Korean Neuropsychiatr Assoc Boram Lee et al. pp.427-434. 2015.

저자약력

김기영 (Kiyong Kim)

[종신회원]



- 2003년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터학과(공학박사)
- 2004년 3월~현재 : 서일대학교 컴퓨터소프트웨어과 부교수

〈관심분야〉 모바일 컴퓨팅, 사물인터넷, ITS, 네트워크보안