

단일 센서 이벤트 기반 옥외활동 안전 식별 방안

서동혁^{*} · 오영환^{**}

A Novel Way of Safety Awareness on the Walking with Single Sensor

Dong-Hyok Suh^{*} · Young-Hwan Oh^{**}

요약

단일 센서만을 운용하여 옥외활동 중에 있는 사용자의 안전도를 측정하고 판단할 수 있는 방안을 제안한다. 3축 가속도 센서는 다른 센서와 비교하여 가격대비 인지 성능이 우수한 면이 있다. 크기가 작고, 측정하는 값이 상대적으로 애러와 장애로부터 독립적인 측면이 있다. 3축 가속도 센서를 부착한 개인이 옥외에서 비정상적인 상태로 돌입하는 것을 감지할 수 있도록 하기 위하여 3축 가속도가 감지하여 보고하는 에너지 값을 분석하고 이를 계산하여 실시간 안전도를 정량적으로 표기할 수 있도록 하였다.

ABSTRACT

This study suggests a novel way of safety cognition with single sensor. It is beneficial to make the most of the 3-axis acceleration sensor for context inference. It has remarkable advantages that size is too small and less malfunction or error. This study shows the calculation of the common life safety through the events data from the 3-axis acceleration sensor only. That includes the analysis of the volume of energy and converting quantitative numerical value.

키워드

Internet of Things, Safety Warranty, Context Inference, Single Sensor

사물인터넷, 안전 보장, 상황 인지, 단일 센서

I. 서 론

사물인터넷 기술에 기반하여 스마트 생활안전 보장에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 2000년대에 이르러 미국, 유럽, 일본에서는 CPTED(Crime Prevention Through Environment Design)연구를 통하여 범죄 발생율을 낮추는 성과가 있었으며, 이 연구는 국내에 도입되어서 활발한 연구가 진행되고 있다.

하지만, 선진국에서의 사례와 달리 국내의 CPTED 연구 및 사업에서는 구체적인 성과가 보고되지 않고 있다. 이런 현상의 원인으로써는 종합안전네트워크와의 연동 미비, 지역별 위험상황에 대한 세부적인 분석 및 적용의 미흡을 들 수 있다. 생활 주거환경에서의 안전 보장은 재해로부터의 안전, 재난으로부터의 안전, 범죄로부터의 안전 등 크게 세 분야로 나눌 수 있는데, 이중에서 범죄로부터의 안전을 보장하기 위하여 사물

* 남서울대학교 연구교수 (hanhwaco@naver.com)

• Received : Dec. 30, 2015, Revised : Feb. 13, 2016, Accepted : Feb. 24, 2016

** 교신저자 : 나사렛대학교 정보통신학과

• Corresponding Author : Young-Hwan Oh

• 접 수 일 : 2015. 12. 30

Dept. of Information and Communication , Korea Nazarene University

• 수정완료일 : 2016. 02. 13

Email : yhoh@kornu.ac.kr

• 게재확정일 : 2016. 02. 24

인터넷 기술을 도입하는 연구가 여러 가지 측면에서 다양하게 진행되고 있다.[3],[5]

본 연구에서는 자동차나 기타 이동체와 같이 충분한 전원공급 장치와 고급 센서를 장착할 수 있는 환경이 아닌 조건에서 최소한의 센서와 통신 시스템만으로 생활안전을 보장할 수 있는 방안을 제안한다. 정보통신 기기에 대한 거부감을 나타내는 노인들이나 장애인 등의 수요층에서는 정보통신 기기의 최소화 및 착용 은닉성을 요구하는 경우가 있는데, 이런 경우에는 활용할 수 있는 센서와 통신 네트워크에서 제한이 있을 수 있는 것이다.

따라서, 본 연구에서 단일 센서만을 운용하여 옥외활동 중에 있는 사용자의 안전도를 측정하고 판단할 수 있는 방안을 제안한다. 3축 가속도 센터는 다른 센서와 비교하여 가격대비 인지 성능이 우수한 면이 있다. 크기가 작고, 측정하는 값이 상대적으로 애러와 장애로부터 독립적인 측면이 있다. 3축 가속도 센서를 부착한 개인이 옥외에서 비정상적인 상태로 돌입하는 것을 감지할 수 있도록 하기 위하여 3축 가속도가 감지하여 보고하는 에너지 값을 분석하고 이를 계산하여 실시간 안전도를 정량적으로 표기할 수 있도록 하였다. 3축 가속도 센서가 감지하여 전송하는 x, y, z축 변화 양상과 전체 에너지 값의 변화로부터 사용자의 상태를 추론하는 추론 알고리즘을 제안한 것이라 할 수 있다.

II. 이론적 배경

다중센서 데이터융합을 이용하는 상황인식 연구는 생활환경에서 위험 상황을 인지하기 위한 좋은 방안으로 활용되고 있다. 서로 다른 센서들을 활용하는 것은 더 나은 상황 정보를 획득할 수 있으며, 상황 인식의 성능을 향상시킬 수 있다. 그렇지만, 서로 다른 센서들이 획득하여 보고한 센서의 이벤트 신호는 물리적인 성질과 계량단위가 다르므로 이를 융합 처리하기 위하여 별도의 처리 과정이 필요하다[10-12]. 물리적 계량 단위가 다른 센서 데이터를 융합하는 방안으로는 첫째, 베이지안 정리 등의 통계적 방법, 둘째, 인공신경망을 이용하는 방법, 셋째, 칼만 필터를 이용하는 방법, 넷째, 퍼지이론을 이용하는 방법이 대표적인 융합처리 방안들이다. 이러한 융합 처리를 통하여 센

서를 이용하는 네트워크 시스템에서의 상황 인식 성능을 향상 시킬 수 있다.[1-9]

한편, 치매를 앓고 있는 노인이나 시각 장애인의 경우, 센서를 포함하고 통신 기능이 있는 웨어러블 기기나, 보조기기에 대한 거부감을 보여 웨어러블 기기나 보조기를 기피하는 양상이 있으며, 특히 시각 장애인은 기존의 사용해오던 장애인 용품과 부피, 무게가 거의 일치하는 것을 선호하는 경향을 보인다. 이런 경우에도 센서의 감지활동과 무선 통신 네트워크를 이용하는 보고활동을 통하여 실시간 안전 상태를 인지하고 안전 상태에서 벗어나는 상황에 대하여 신속한 지원, 보호 조치를 할 필요가 있는 것이다.

III. 단일 센서 이벤트 기반 옥외활동 안전 식별 방안

웨어러블 기기에 대한 거부감이나 불편함을 최소화하기 위하여 단일 센서를 기반으로 하는 옥외활동 안전 식별 방안이 필요하다고 하겠다. 이에 본 연구에서는 착용감을 최소화시키고 부착 유무에 대한 사용자의 부담감을 현저하게 줄일 수 있도록 하면서도 옥외활동에서 발생할 수 있는 비정상적인 상황 인지와 비정상 상태에 대한 판별이 가능할 수 있도록 하는 방안을 보이도록 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 3축 가속도 센서를 이용하였다.[9-11]

3.1 상황인지와 상태 판별

본 연구는 비정상 상황을 인지하는 것에서 나아가 비정상 상태에 대한 차등적 판별이 가능함을 보이고자 하는 것이다. 즉, 보행자가 옥외활동 중 정상적인 활동을 보이지 않을 때, 이를 인지할 뿐 아니라 비정상적인 상태의 정도가 어느 정도인지, 얼마나 심각한지 여부를 판별하기 위한 것이다. 이를 판별하기 위하여 판별기준을 세워야 하는데, 본 연구에서는 3축 가속도 센서가 측정한 에너지 값의 변동 폭을 설정하였다.

3축 가속도 센서의 에너지 값 변동 폭은 3축 가속도 센서의 x축과 y축의 가속도 성분 값의 변화 폭이라 할 수 있는데 이것들의 변동에 따른 분석은 비정상으로 옥외활동 하고 있을 때 x축과 y축의 가속도 성분 값들의 변화를 정상 기준 데이터 값에 대조하여 측정하는 것이다.

3.2 3축 가속도 센서를 이용한 옥외활동의 비정상 유무 인지 및 상태 판별

사용자의 옥외활동의 비정상 유무를 인지하고 비정상 상태일 경우 상태의 정도를 판별하기 위한 절차는 다음과 같이 정리할 수 있다.

1) 1초에 1000회씩 데이터 값 샘플링 하고, 30결음의 실험 데이터로써 기준 결음 값 설정

2) 상황에 따른 비정상적인 결음걸이(비틀거림)으로 위와 같이 30회 실시 후 SVM 연산을 이용하여 에너지 값을 도출

3) 최소 임계값을 1.2로 정의, 최대 임계값을 10으로 정의 후 적용

4) 한 결음걸이에서 샘플링 된 데이터의 x_t, y_t 축 성분의 가속도 값이 비정상 판단 임계 값 기준에 만족하면 비정상 변수(Beetle)가 증가

5) 한 결음걸이 안에서의 샘플링 개수(N)와 비정상 변수와 비교하여 비정상 변수의 개수가 N의 60%이상이면 비정상결음걸이라고 판단 후 비정상 결음 변수의 개수(Count_Beetle)를 증가

6) $\frac{\text{Count}_\text{Beetle}}{\text{Count}}$ 의 값이 0.5보다 크거나 같으면

매우 위험, 0.25보다 크거나 같으면 위험, 그 이하는 안전으로 간주

7) x_t, y_t 축의 가속도 성분 값이

(비정상임계값 + 정상임계값) $\times \frac{3}{4}$ 이상이면 매우 위험, 1/2이상이면 위험, 그 이하는 안전으로 간주

8) 6)과 7)에서 구한 위험도 수치를 더하여 0~1사이의 값으로 나타낸 값을 DV(Danger Value)라고 할 때, $DV \geq 0.8$ 이면 매우위험, $0.6 \leq DV \leq 0.8$ 이면 위험, $0.4 \leq DV \leq 0.6$ 이면 약간위험, 그 이하는 안전으로 간주

위의 단계를 설명하면 다음과 같다.

기준이 되는 데이터 값을 설정한 이후, 비정상의 결음으로 30결음을 걸은 후 SVM 연산을 활용하여 에너지 값을 도출한다. 그 이후 실험을 통해서 얻은 최소 임계 값 1.2 와 달리고 있음을 판단 할 수 있는 최대 임계 값 10을 적용한다. 한 결음 안에서의 샘플링 개수를 10 이라고 가정하고 기준이 되는 데이터

값에 비해서 x_t, y_t 축의 가속도 성분 값이 벗어 날 때마다 비정상 변수(Beetle) 가 증가시킨다. 만약 기준이 되는 데이터 값에 비해 x_t, y_t 축의 가속도 성분 값이 6번 벗어나서 비정상 변수(Beetle) 값이 6이 된다면 10번의 샘플링 중 6번이 벗어났기에 이는 비정상의 걸음이라고 판단하고 비정상 걸음 변수의 개수(Count_Beetle)를 증가시킨다. Count_Beetle 값이 정해지면 식1를 활용하여 빈도수에 따른 결음걸이의 위험도 수치를 알아낼 수 있다.

$$\frac{\text{Count}_\text{Beetle}}{\text{Count}} \quad (1)$$

식1를 이용하여 빈도수에 따른 결음걸이의 위험도 수치의 값이 0.5보다 크거나 같으면 매우 위험, 0.25보다 크거나 같으면 위험, 그 이하는 안전으로 간주한다. 그 다음 단계는 x_t, y_t 축의 가속도 성분 값에 따른 위험도 수치를 알아내는 것이다. 비정상 상태의 걸음으로 측정된 x_t, y_t 축의

$$(비정상임계값 + 정상임계값) \times \frac{3}{4} \quad (2)$$

가속도 성분 값이 식2의 값 이상이면 매우위험, 1/2이상이면 위험, 그 이하는 안전으로 간주한다. 이 때, 식2는 많은 실험을 통해 x_t, y_t 축의 가속도 성분 값이 위험한 수치를 나타낼 때의 가장 적합한 기준이 되는 값을 수식으로 표현한 것이다. 이렇게 빈도수에 따른 비정상 상태의 결음걸이의 위험도 수치와 x_t, y_t 축의 가속도 성분 값에 따른 비정상 상태의 결음걸이의 위험도 수치를 더하여 0~1 사이의 값으로 나타낸다. 본 연구는 이 값을 DV(Danger Value)라고 표현하겠다. 이렇게 구해진 최종 DV값의 범위에 따라서 매우위험, 위험, 약간위험으로 위험도의 등급을 설정하고 결과를 세부적으로 표현하여 연구를 진행하였다.[11-12]

3.3 문제점과 해결

첫 번째는 임계값을 설정하는데 있어서 발생하는 문제점은 다음과 같다. 기존의 논문 중 “SVM 기반의 결음 검출 분석기의 구현”에서 사람의 걸음을 유추

하기에 적합한 임계값은 1.125라고 설정한 바 있다. 초기에 본 연구도 임계값을 1.125 값으로 정해 주었다. 하지만 임계값을 1.125라고 설정하고 연구를 진행 하였을 때 임계값이 너무 낮은 값이라는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 약간의 움직임에도 걷고 있다고 판단하는 것이다. 이 문제점이 발생한 것은 임계값을 도출 할 때 사용했던 3축 가속도 센서들이 저마다 다른 특성을 가지는 것으로 볼 수 있었다. 직접 실험을 통해 임계값을 1.2로 수정하고 실험을 진행하였으며, 정상 사용자가 달리는 것을 위험한 상황을 직면 했다고 오펜을 내릴 수 있기 때문에 최대 임계값을 설정하였다. 측정 에너지 값이 최대 임계값보다 크면 뛴다고 판단할 수 있고, 뛰지는 않지만 최대 임계값보다 조금 작은 에너지 값을 뛰고 있다면 이 사람은 비정상 상황에 직면했다고 추정할 수 있다. 본 연구에서는 걷고 있음을 판단하는 임계값과 뛰고 있음을 판단하는 최대 임계값을 설정하는 것이 필요하였다.

다음으로는 센서가 측정한 데이터 값을 원하는 에너지 값으로 변환하는데 있어서 발생한 것으로 센서가 측정한 데이터들은 PC로 전송될 때 전압 값으로 전송되기 때문에 이 값을 원하는 값으로 변환하는 절차가 필요하다. 본 연구에서 필요한 에너지 값을 구하기 위하여 가속도 값으로 변환하는 방안이 필요한 것이다. 이를 위하여 식3을 이용하여 측정된 전압 값을 가속도 성분 값으로 변환하였고, 변환된 가속도 성분 값을 이용하여 에너지 값을 구할 수 있었다. 여기서 Read 값은 센서가 읽은 데이터 값이다.

$$\frac{Read - 511.5}{470.2} \quad (3)$$

세 번째는 기준이 되는 정상 걸음의 에너지 값과 비정상 걸음의 에너지 값의 차이를 명확하게 구분할 수 있도록 하는 것이다. 이를 위하여 3축 가속도 센서의 x축과 y축의 순수 가속도 성분 값들의 변화를 비교하여 정상인지 비정상 상태인지를 구분하였다.

IV. 실험 및 평가

표1은 x_t , y_t 축의 가속도 성분 값들의 평균, 걸음당 에너지 값, 걸음 당 샘플링 횟수의 평균값이 비정

상 걸음 일 때의 수치와 정상 걸음 일 때의 수치를 나타내고 있다. 본 연구에서 비정상 걸음 인지를 판단할 때는 기준이 되는 데이터 값에 비해 비정상 변수가 60% 이상인지와 x_t , y_t 축의 가속도 성분 값의 변화를 비교하여 비정상 상태의 걸음을 판단한다. 표 1은 그러한 특성을 보여주고 있다.

표 1. 정상걸음과 비정상걸음에 대한 각 평균 값

Table 1. Average value of normal step and abnormal step (a: acceleration)

| | abnormal step | normal step |
|----------------------|---------------|-------------|
| x-axis a^2 average | 0.213092 | 0.007205 |
| y-axis a^2 average | 0.134506 | 0.026164 |
| Enerage average | 4.66 | 4.52 |
| Samples average | 3.23 | 3.6 |

그림1은 정상 걸음으로 30걸음 보행하여 정상 기준 에너지 값을 설정한 그래프이다. 또한 1.2라는 임계값도 보여주고 있다. 그림2는 비정상 상태의 걸음으로 30걸음 보행하여 측정한 에너지 값이다. 이 에너지 값들은 정상 기준 에너지 값과 상당한 차이를 보이고 있고, 규칙적이 아닌 불규칙적인 그래프 양상을 보이고 있다.

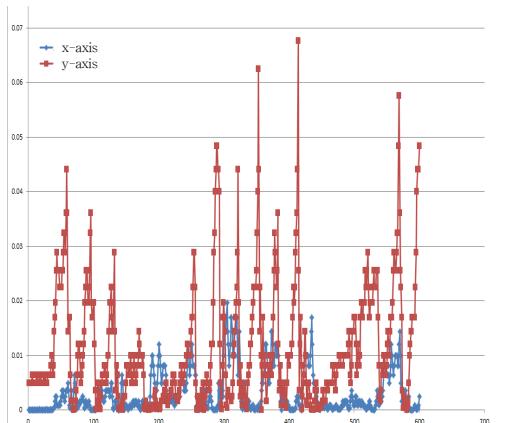


그림 1. 정상 에너지 값

Fig. 1 Normal energy value

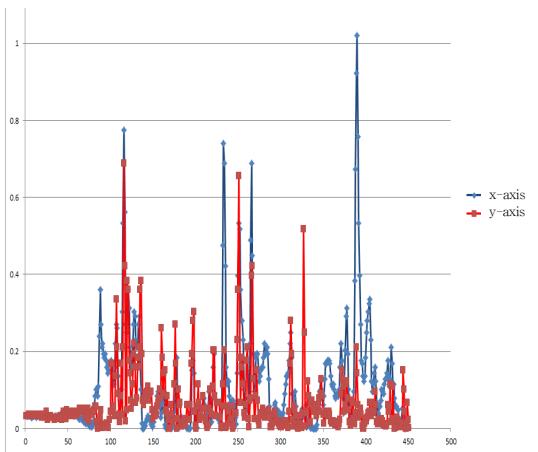


그림 2. 비정상 에너지 값
Fig. 2 Abnormal energy value

표2는 식1, 식2, 식3을 모두 이용하여 출력 되어지는 수치들을 나타내고, 표2의 제일 마지막 출력된 수치의 final 부분을 보면 DV 값이 0~1 사이의 값으로 출력됨을 볼 수 있다. 이 DV값의 범위에 따라서 매우 위험, 위험, 약간 위험으로 위험한 정도를 나눌 수 있었다. 이상의 실험을 통하여 단일 센서만을 이용하여 옥외활동에서 발생하는 비정상 상황에 대한 인지와 상황의 심각성 여부를 판별하는 방안을 구현하였다.

표 2. 각 수치에 의한 최종 위험도 출력 데이터
Table 2. Output data of final danger by values(a: acceleration, DV: Danger Value)

| Final danger | 0.33 | 0.5 | 0.67 | 0.83 | |
|--------------|------|------|------|------|--|
| count | 4 | 7 | 6 | 5 | |
| count_Beetle | 0 | 2 | 2 | 1 | |
| x-axis a | 0.33 | 0.21 | 0.07 | 0.21 | |
| | 0.25 | | 0.01 | | |
| | 0.21 | | 0.04 | | |
| | 0.16 | 0.32 | 0.09 | 0.21 | |
| | | | 0.17 | 0.17 | |
| y-axis a | 0.36 | 0.39 | 0.47 | 0.68 | |
| | 0.40 | | 0.53 | | |
| | 0.42 | 0.39 | 0.40 | | |
| | 0.38 | | 0.43 | 0.62 | |
| | | | 0.46 | 0.46 | |

| | | | | |
|----------|------|-----------------|---------------|--------------|
| z-axis a | 1.18 | 1.25 | 1.46 | 1.47 |
| | 1.27 | | 1.54 | |
| | 1.23 | | 1.38 | |
| | 1.14 | 1.31 | 1.26 | |
| | | | 1.33 | |
| E | 1.27 | 1.32 | 1.54 | 1.64 |
| | 1.35 | | 1.63 | |
| | 1.31 | 1.40 | 1.43 | |
| | 1.22 | | 1.34 | |
| | | | 1.29 | |
| DV | Safe | negligible risk | moderate risk | serious risk |

V. 결 론

충분한 전원공급 장치와 고급 센서를 장착할 수 있는 환경에서는 고성능 고가의 센서나 크기에 구애받지 않는 다양한 센서들을 이용하여 상황을 인식하고 각 상황에 대한 대응 방안을 강구할 수 있다. 그에 비하여 정보통신 기기에 대한 거부감을 나타내는 노인들이나 장애인 등의 수요층에서는 정보통신 기기의 최소화 및 착용 은닉성을 요구하는 경우가 있다.

본 연구에서 최소한의 단일 센서만을 운용하여 옥외활동중인 사용자의 안전도를 측정하고 비정상적인 상황에 처하였을 경우 그 상태를 판단할 수 있는 방안을 제안하였다. 3축 가속도 센서는 크기가 작고, 측정하는 값이 애리와 장애로부터 상대적으로 낮은 특성이 있다. 3축 가속도 센서를 부착한 개인이 옥외에서 비정상적인 상태로 돌입하는 것을 감지할 수 있는 방안과 비정상 상태에 대한 판별이 가능하도록 하였다. 이를 위하여 3축 가속도 센서가 감지하여 전송하는 x, y, z축 변화양상과 전체 에너지 값의 변화로부터 사용자의 상태를 추론하는 추론 알고리즘을 제안하였다. 향후 이러한 연구를 기반으로 실시간 안전도 또는 위험도를 고지할 수 있는 배포 알고리즘을 고안하고 본 연구의 알고리즘과 결합하여 더욱 복합적인 서비스가 가능하도록 할 필요가 있다.

감사의 글

본 논문은 2015년도 나사렛대학교에서 교내 연구 지원사업의 지원으로 수행되었음

References

- [1] J. Malpica, M. Alonso, and M. Sanz, "Dempster-Shafer Theory on geographic information systems : A survey," *Elsevier Science B. V.*, Amsterdam, *Expert systems with applications*, vol. 21, no. 1, 2007, pp. 45-55.
- [2] Y. Bae, V. Lohweg, and U. Monks, "Sensor fusion by two-layer conflict solving," *2010 2nd Int. Workshop on IEEE*, Paris, France, Jun., 2010, pp. 370 -375.
- [3] D. Koks and S. Challa, "An Introduction to Bayesian and Dempster-Shafer Data Fusion," *Defence science and technology*, DST-TR-1436, Aug., 2003.
- [4] W. Huadong, M. Siegel, and S. Ablay, "Sensor Fusion using Dempster-Shafer Theory II: Static Weighting and Kalman Filter-like Dynamic Weighting," *IMTC (IEEE annual Instrumentation and Measurement Technology Conf.) 2003 Proc.*, Vail, USA, May, 2003, pp. 907-912.
- [5] G. Shafer, "A Mathematical Theory of Evidence.", Princeton: Princeton University Press, vol. 1, 1976.
- [6] E. Hollnagel, *Cognitive Reliability and Error Analysis Method-CREAM*. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- [7] A. Dempster, "Upper and Lower Probabilities Induced by a Multivalued Mapping," *The Annals of Mathematical Statistics*, vol. 38, no. 2, 1967, pp. 325-339.
- [8] U. Rakowsky, "Fundamentals of Dempster-Shafer theory and its applications to system safety and reliability modeling," *Reliab. Theory Appl.*, vol. 3, no. 4, Dec., 2007, pp. 173-185.
- [9] A. Dempster, "New Methods for Reasoning towards Posterior Distributions based on Sample Data," *The Annals of Mathematical Statistics*, vol. 37, no. 2, 1966, pp. 355-374.
- [10] B. Oh and Y. Choi "Stair Locomotion Method of Quadruped Robot Using Genetic Algorithm," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10 no. 9, 2015, pp. 1039-1048.
- [11] P. Sajina and S. Hwang, "A TOA Shortest Distance Algorithm for Estimating Mobile Location," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 12, 2013, pp. 1883-1890.
- [12] H. Woo, Y. Joo, S. Jang, and M. Choi, "Analysis about technology requirements for Development of Disaster Detecting Satellite Sensor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 11, 2015, pp. 1205-1216.

저자 소개



서동혁(Dong-Hyok Suh)

1989년 단국대학교 전자공학과 졸업(공학사)
2005년 호서대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2012년 충북대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학박사)

2014년 남서울대학교 건축학과 연구교수

2015년 ~현재 친안시 정책자문단 자문위원

※ 관심분야 : 사물인터넷, 상황인식, 빅데이터



오영환(Young-Hwan Oh)

1991년 인하대학교 전자계산학과 졸업(이학사)

1997년 인하대학교 대학원 전자 계산학과 졸업(이학석사)

2001년 인하대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학박사)

2002년 나사렛대학교 정보통신학과 교수

※ 관심분야 : Data Stream Processing, 빅데이터