

# IoT 기반의 스마트 알람 시스템

누머너브 일리요스벡 라크힘전 우글리<sup>1</sup>, 김태국<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>국립부경대학교 인공지능융합학과 석사과정, <sup>2</sup>국립경대학교 컴퓨터·인공지능공학부 교수

## IoT-based Smart alarm system

Ilyosbek Rakhimjon-Ugli Numonov<sup>1</sup>, Tae-Kook Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Master's Student, Department of Artificial Intelligence Convergence, Pukyong National University

<sup>2</sup>Professor, School of Computer and Artificial Intelligence Engineering, Pukyong National University

**요약** 바쁜 생활로 인해 수면 시간이 점점 단축되고 있고, 이에 따라 효율적인 수면 방법에 대한 관심이 증가하고 있다. 정해진 시간에만 울리는 알람은 효율적인 수면을 방해하고, 피곤을 증가시킬 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 라즈베리 파이(Raspberry Pi)를 활용한 스마트 알람(Smart Alarm) 시스템을 제안하였다. 제안한 알람은 기존의 알람 기능인 설정한 시간에 맞춰 알람음을 울리는 것뿐만 아니라 라즈베리 파이에 적외선 센서를 장착하여 사용자의 수면 시작 시간을 감지하고 최적의 수면 시간을 계산하여 해당 시간에 알람을 설정하도록 도와준다. 또한, 정해진 낮잠 시간으로 졸린 낮에 간편하게 잠을 청할 수 있도록 '낮잠 알람' 기능을 추가하였다. 이러한 스마트 알람 시스템은 MIT 앱 인벤터(MIT App Inventor)를 통해 구현하였다. 제안한 스마트 알람 시스템은 효율적인 수면에 기여할 것으로 기대한다.

**주제어** : 사물인터넷, 라즈베리 파이, 수면 주기 분석, MIT 앱 인벤터, 기상 시간 모니터링

**Abstract** Due to increasingly busy lifestyles, sleep time is gradually being reduced, leading to a growing interest in effective sleep methods. Traditional alarms that only ring at a set time can disrupt efficient sleep and increase fatigue. To solve this problem, a smart alarm system utilizing Raspberry Pi has been proposed. The proposed alarm not only rings at a preset time, like conventional alarms, but also helps by using an infrared sensor attached to the Raspberry Pi to detect the user's sleep onset time and calculate the optimal sleep duration, setting the alarm accordingly. Additionally, it allows for easy naps during the day by setting a fixed nap time. This Smart Alarm system was implemented using MIT App Inventor. The proposed Smart Alarm system is expected to contribute to more efficient sleep.

**Key Words** : Internet of Things(IoT), Raspberry Pi, Sleep Cycle Analysis, MIT App Inventory, Wake Time Monitoring

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경

오늘날 사물인터넷(Internet of Things, IoT)은 생활 속 깊이 자리 잡고 있으며 사람들의 편리함을 극대화하

고 있다. 다양한 기기가 연결되어 일상생활을 더욱 효율적이고 편리하게 만들어주고 있다. IoT를 활용한 실내 자율주행, 스마트 우산꽃이, 무선 버스 정보 및 재내 정보 시스템 등 다양한 분야에서 활용되고 있다[1-3].

제안한 IoT 기술을 활용한 스마트 알람 시스템은 센

이 논문은 2023학년도 국립부경대학교 산학협력단의 지원을 받아 수행된 연구임(202311680001).

\*교신저자 : 김태국(king@pknu.ac.kr)

접수일 2024년 07월 03일 수정일 2024년 07월 22일 심사완료일 2024년 08월 14일

서로부터 수집된 정보를 수집하여 개인의 수면 패턴을 분석하고 최적의 기상 시간을 제공함으로써 더욱 상쾌한 아침을 맞이할 수 있도록 도와준다.

알람이 필요 없었던 원시 시대에는 해가 뜨면 일어나고 해가 저물면 잠드는 생활이었다. 점점 시대를 거쳐 현대 사회에서는 시간의 가치가 높아져 해와 잠을 연관시키지 않는다[4]. 이러한 시대의 상황에 맞게 시간을 조절하기 위한 알람 기능의 필요성은 점점 더 커지고 있다. 직장, 학교 등 출근 시간은 물론이고 낮잠이나 요리 시간 등 여러 곳에서 알람의 필요성을 느낄 수 있다. 수면은 일상생활에 필수적이며 기억력, 면역체계, 신진대사와 관련이 있다[5,6]. 잠이 모자란 아침 혹은 불편한 시기의 기상으로 졸리거나 늦잠 자느라 지각한 경험이 누구나 있을 수 있다. 또는 원했던 만큼 긴 시간 잠을 자도, 기상 시 상쾌하지 못한 기분으로 일어날 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위하여 수면 주기와 알람에 관련된 연구를 IoT 기술을 활용하여 해결하고자 한다.

## 1.2 연구 목적 및 구현 필요성

사회가 점점 바쁘게 움직이면서 수면 시간이 줄어들고 있다. 그리고 전 세계적으로 수면 장애가 늘고 있으며 수백만 명의 사람들이 영향을 받고 있다[7]. 따라서 효율적인 수면 방법에 대한 관심이 해마다 증가하고 있다. 효율적인 수면을 위해 적절한 수면 환경을 만드는 것이 중요하다. 이전의 알람은 정해진 시간에 소리만 나게 하는 것이 전부였다.

수면 주기에 따라 일어나면 짧은 수면 시간이라도 깨어날 때 상쾌한 느낌을 줄 수 있다. 더군다나, 15분 정도의 낮잠은 오후 작업 능력 향상과 건강, 밤의 이상적인 수면에 좋은 영향을 준다[8]. 그래서 수면 주기에 맞는 알람을 개발하기 위해 관련 연구를 조사하고, 라즈베리 파이(Raspberry Pi)를 활용한 스마트 알람(Smart Alarm)을 제시하고 구현하였다. 라즈베리 파이에 적외선 센서를 장착하여[9] 사용자의 수면 시작 시간을 감지하고 이상적인 수면 시간을 보장하도록 도와주는 시스템을 구현하였다[10]. 제안한 스마트 알람은 현대인의 효율적인 기상에 기여할 것으로 기대한다.

## 2. 관련 연구

본 장에서는 스마트 알람과 관련된 수면 주기와 관련된 연구를 조사하였다.

## 2.1 수면 주기

### 2.1.1 렘 수면

렘수면(Rapid Eye Movement sleep, REM sleep)은 가벼운 수면 상태를 말한다[11,12]. 렘수면은 하루 동안의 정신적 활동을 정리하고 이 시간에 정신적 스트레스와 피로를 줄여준다. 이런 기능을 하는 렘수면이 부족하면 감정 조절에 문제가 생길 수 있으며 정신적인 측면에서 능력이 저하된다. 하루 종일 겪은 일들이 장기 기억으로 바뀌는 과정은 렘수면 중에 일어나고, 이때 기존의 장기 기억들과 섞여서 왜곡된 꿈을 꾸게 된다. 렘수면은 처음에는 짧지만 수면 주기가 반복될수록 점점 길어져서 기상 전 수면 주기에서는 대략 50분 정도의 렘수면 상태를 유지한다[13]. 강형우 등의 논문에서는 가속도 센서 데이터를 기반으로 수면단계 예측 및 수면주기를 추정하였다. 가속도 센서 모듈을 이용하여 수면 중 움직임이 이용하여 수면 단계를 예측하였다[14].

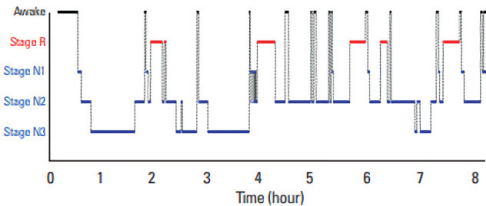
### 2.1.2 비렘수면

비렘수면(Non-Rapid Eye Movement sleep, N-REM sleep)은 깊은 수면 상태다. 비렘수면에서는 신체적인 활동에 따른 피로를 이 시간에 줄여준다. 즉, 비렘수면에서는 뇌와 신체의 피로를 모두 복구시켜주는 시간이다. 비렘수면은 수면의 깊이에 따라 N1 수면, N2 수면, N3 수면으로 나뉜다. 더 높은 단계의 수면이 더 깊은 수면을 의미하며, 일어날 때 더 강한 자극이 필요하다. 비렘수면 중에 성장호르몬이 분비되는데, 이를 통해 피로를 회복하고 신체에 영양을 공급하여 에너지를 채워준다[13].

### 2.1.3 수면 주기 단계

수면은 하루에 한 번 반복된다. [Fig. 1]은 수면의 주기를 보여준다. 성인의 수면은 비렘수면부터 시작하고 대략 80분 뒤에 렘수면이 일어난다. 잠을 자는 동안에 비렘수면과 렘수면은 대략 90분 간격으로 나타난다. 성인의 첫 수면주기는 1단계 수면부터 시작한다. 1단계 수면은 1~7분 정도 계속되며 작은 소리에도 잠이 깨고, 잠이 들지 않았다고 느낀다. 1단계 수면 다음에 2단계 수면이 일어나며 10~25분 정도 계속된다. 이때는 잠을 깨우기 위해서는 1단계 수면보다 더 큰 자극이 필요하다. 1단계 수면에서 잠이 깨는 정도의 자극은 2단계 수면에서는 잠이 깨는 정도의 자극이 되지 못한다. 2단계 수면 다음 3단계 수면은 몇 분 동안만 계속되고 4단계로 넘어간다. 4단계 수면은 20~40분간 계속되고 1, 2단계 수면보다

더 큰 자극이 있어야 3, 4단계 수면에서 잠이 깰 수 있다. 처음 비렘-렘수면 주기는 대략 70~100분 정도이지만 두 번째 주기부터 비렘-렘수면 주기가 바뀌어 결국 밤 동안의 평균 길이는 대략 90분이다[13,15].



[Fig. 1] Sleep cycle

### 2.2 현재 알람의 한계점

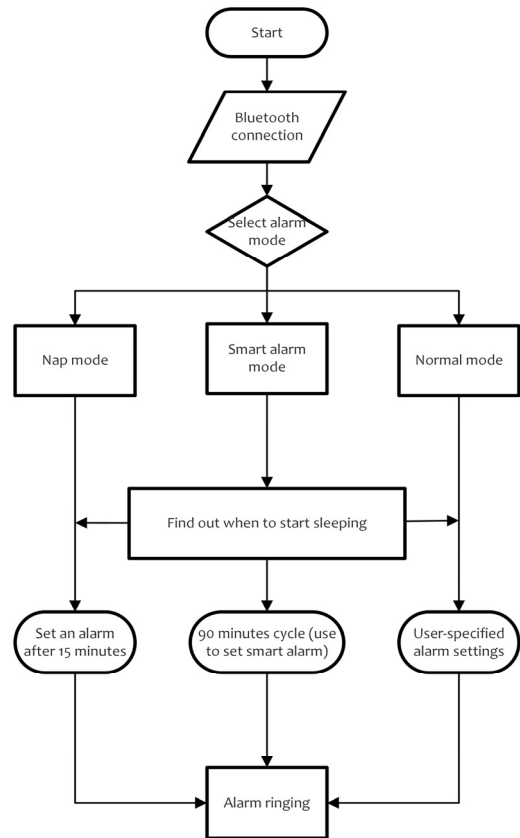
현재 대부분의 알람은 사용자가 정한 특정 시간에 울리며 사용자가 어느 수면 단계에 있다는 것을 고려하지 않는다. 이는 사용자의 비렘수면에 일어나게 할 상황을 발생시킬 수 있으며 이러한 경우 정신적 피로감과 반갑지 못한 경험으로 기상을 하게 한다.

## 3. 제안한 스마트 알람 시스템 구현

본 스마트 알람 시스템은 라즈베리 파이를 활용하여 환경 및 수면 상태를 측정한다. 인간의 수면 루틴을 바탕으로 최적의 일어나는 시간을 구현된 알고리즘으로 계산하여 알람을 설정 및 울린다. 이를 통해 사용자의 최적 수면 컨디션이 보장된다.

### 3.1 스마트 알람 이론 및 작동 흐름

스마트 알람은 앱으로 조작할 수 있으며 [Fig. 2]로 전체적인 동작 과정을 확인할 수 있다. 스마트폰에서 앱을 실행하면 라즈베리 파이와 스마트폰이 블루투스로 연동되어 알람을 설정할 수 있다. 알람의 종류는 스마트 알람 모드, 낮잠 모드, 일반 모드의 3가지가 있다. 스마트 알람 모드는 사용자가 알람을 설정하면 사용자의 수면 시작 시간을 감지해 인간의 수면 주기인 1시간 30분을 기준으로 최적의 시간에 알람을 맞춘다. 낮잠 모드는 사용자의 수면 시작 시간을 감지해 낮잠의 이상적인 시간인 15분 뒤에 알람을 맞춘다. 일반 모드는 일반 알람처럼 사용자가 정한 시간에 알람이 울린다[6-7].

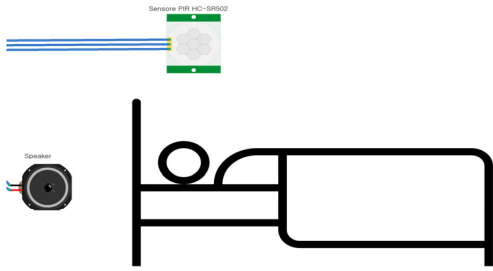


[Fig. 2] Full operation flowchart

### 3.2 PIR 센서를 활용한 수면 측정

적외선 인체 감지 센서(PIR 센서, Passive Infrared Sensor)는 적외선 방출을 이용해 열을 감지하고 움직임을 파악한다. 110도의 각도 안에서 최대 7m의 거리까지 감지 가능하며, Sensitivity Adjust와 Time Delay Adjust로 적외선 감지 거리와 신호지속(지연) 시간을 조절할 수 있다. 외부에서 나온 적외선을 적외선 집광렌즈인 프레넬 렌즈에서 모아서 센서 표면에 있는 window에 적외선이 감지되고 전압으로 출력된다. PIR 센서를 사용자 침대 위에 설치하여 사용자의 움직임을 감지하여 라즈베리 파이로 전송한다[Fig. 3]. 라즈베리 파이는 이러한 신호를 판독하여 특정 시간이 지나도 움직임이 없을 경우 수면이 시작되었다고 판단하여 알람 설정에 활용한다.

습득된 데이터는 향후 연구에서 인공지능과 빅데이터 기술을 적용하여 최적의 수면시간과 알람 시간을 도출하는데 활용할 수 있다.

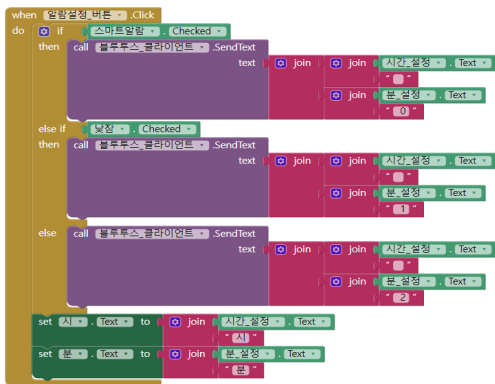


[Fig. 3] PIR sensor setting angle

### 3.3 알람 앱 구현

앱 인벤터[16]를 통해 사용자의 스마트폰에서 실행할 수 있는 알람 앱을 구현하였다. 이 앱에서는 알람 시간을 설정할 수 있고, 스마트 알람 모드, 낮잠 모드 또는 일반 알람 모드를 선택하여 원하는 알람을 설정할 수 있게 하였다. 알람이 울렸을 때 알람을 끌 수 있는 기능도 스마트폰 앱으로 이루어진다.

[Fig. 4]는 알람 설정을 위한 블록이며 앱 인벤터를 통해서 개발한 앱의 일부 블록이다. 이 소스코드 블록은 스마트 알람 체크 박스와 낮잠 체크 박스를 만들어 스마트 알람을 선택하면 스마트 알람 모드가, 낮잠을 선택하면 낮잠 모드가 아무것도 선택하지 않으면 일반 모드로 작동한다. 각각의 경우에 라즈베리 파이에 사용자가 설정한 시간과 분을 전송하고 스마트 알람은 0, 낮잠은 1, 일반은 2를 전송하여 구분한다.



[Fig. 4] MIT App Inventor: Blocks for alarm settings

### 3.4 알람 알고리즘 구현

제안된 알람은 스마트 알람 모드, 낮잠 모드, 일반 알람 모드의 3가지 종류의 알람을 포함한다. 첫째 일반 알람 모드는 사용자가 지정한 시간에 알람을 울린다. 둘째

낮잠 모드는 사용자가 지정한 시간이 아니라 수면 시작 후 15분 후 알람이 울린다. 이때 사용자가 지정한 시간을 넘어가지 않으면서 15분 조건을 만족하여 알람을 울린다. 마지막 스마트 알람 모드는 사용자가 지정한 시간을 초과하지 않으면서 아래의 조건을 만족하는 알고리즘으로 알람을 맞춘다. <Table 1>은 스마트 알람의 소스코드를 나타낸다.

<Table 1> Smart alarm algorithm pseudo code

```

# 입력: mode (알람 모드)
# alarm_time (알람 시간)
# 출력: alarm (알람 소리)
INPUT mode, alarm_time
pir_sensor ← 0

WHILE True:
    pir_sensor ← PIR 센서 신호
    IF pir_sensor가 움직임 감지 일정 기간 없음 THEN:
        current_time ← 현재 시간
        sleep_start_time ← current_time
        BREAK
    ENDF
ENDWHILE

IF mode = 스마트 알람 THEN:
    cycle ← 0
    WHILE cycle < 사용자 설정 시간:
        cycle ← cycle + 90
        sleep_end_time ← sleep_start_time + cycle
    ENDWHILE
    alarm_time ← sleep_end_time - 90
ENDIF

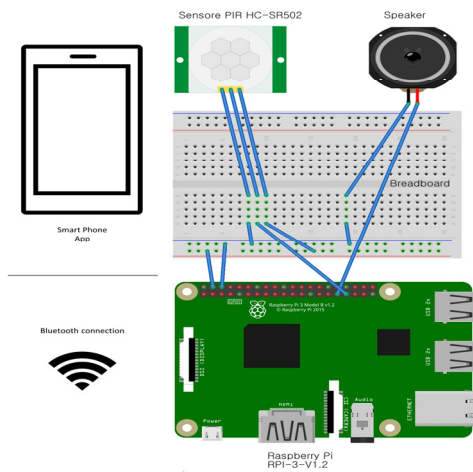
IF mode = 낮잠 알람 THEN:
    alarm_time ← sleep_start_time + 15
    IF alarm_time > 사용자 정한 시간 THEN:
        alarm_time ← 사용자 정한 시간
    ENDF
ENDIF

IF mode = 일반 알람 THEN:
    alarm_time ← 사용자 정한 시간
ENDIF

WHILE True:
    current_time ← 현재 시간
    IF current_time >= alarm_time THEN:
        PLAY alarm
        BREAK
    ENDF
ENDWHILE
    
```

## 4. 전체 구조 및 동작 결과

제안한 IoT 기반의 스마트 알람 시스템은 라즈베리 파이, 센서, 블루투스 통신, 앱 등으로 구성된다. [Fig. 5]는 제안한 스마트 알람 시스템에 전체 구조 및 설계도이다. 알람 시스템과 스마트폰 앱은 블루투스 통신을 통해 정보를 주고 받을 수 있다.



[Fig. 5] Raspberry Pi and peripheral device connection circuit

#### 4.1 일반 알람 테스트

일반 알람은 사용자가 지정한 시간에 알람을 울린다. 일반 모드는 아무것도 선택하지 않은 상태에서 알람을 설정하면 된다. [Fig. 6]은 일반 알람 모드를 나타낸다.



[Fig. 6] General alarm settings screen

그림과 같이 테스트한 시각의 2분 뒤인 19시 54분으로 알람을 설정하여 테스트를 진행하였다. 설정 버튼을 누르면 라즈베리 파이에 19, 54, 2가 전송되며 각각 알람 설정 시, 분 그리고 일반 모드를 의미한다.

#### 4.2 스마트 알람 테스트

스마트 알람은 사용자의 수면 시작 시각에 수면 주기를 더해 알람을 설정하는 방식이다. [Fig. 7]에서 테스트를 위해 7시 10분으로 알람을 설정했으며 현재 시각은 19시 55분이다.



[Fig. 7] Smart alarm settings screen

스마트 알람을 설정하면, 마찬가지로 [Fig. 8]과 같이 7, 10, 0이 전송된다. 각각 시, 분, 스마트 알람 모드를 의미한다. 먼저 PIR 센서를 통해 움직임을 감지하고 10초간(테스트 여건상 임의 기간인 10초가 입력되었다. 실제로 수면이 시작되면 개인에 따라 움직이지 않는 기간이 분 단위로도 길어질 수 있다) 움직임을 감지되지 않아 수면 시작 시각을 설정했다. 수면 시작 시각은 19시 55분이므로 1시간 30분 수면 주기 중 사용자가 설정한 알람 시간을 넘지 않는 시간은 6시 25분이다. 따라서 6시 25분에 알람이 설정되었다. 테스트 여건상 6시 25분까

지 기다릴 수 없지만, 일반 모드와 같이 6시 25분이 되면 알람이 울릴 것이다.

```

0
0
0
수면시작시간 : 11 월 15 일 19 시 52 분 42 초
알람 = 19 시 54 분
알람울림
0
알람을 설정하세요
['b'07', b'10', b'0']
7
10
0
0
0
0
0
0
0
0
0
수면시작시간 : 11 월 15 일 19 시 55 분 55 초
스마트 알람 모드
알람 = 6 시 25 분
    
```

[Fig. 8] Raspberry Pi screen for Smart alarm

### 4.3 낮잠 알람 테스트



[Fig. 9] Nap alarm settings screen

낮잠 모드는 사용자가 알람을 설정하면 수면 시작 후 15분 뒤에 알람이 설정된다. 먼저 [Fig. 9]와 같이 낮잠 모드를 선택하고 알람을 설정하게 되면, 라즈베리 파이에서는 [Fig. 10]과 같이 수면 시작 시각을 파악한다.

수면 시작 시각을 파악하면 수면 시작 시각으로부터 15분 후에 알람을 설정한다. 마찬가지로 알람이 울리고 나면 다시 알람을 설정할 수 있다.

```

Python 3.9.2 (/usr/bin/python3)
>>> %Run alarm3.py

pygame 1.9.6
Hello from the pygame community. https://www.pygame.org/contribute.html
연결된 주소 : ('F0:F5:64:43:53:F1', 22)
알람을 설정하세요
['b'20', b'30', b'1']
20
30
0
0
0
0
0
0
0
0
0
수면시작시간 : 11 월 15 일 19 시 57 분 2 초
낮잠 모드
알람 = 20 시 12 분
    
```

[Fig. 10] Raspberry Pi screen for Nap alarm

## 5. 결론

본 논문에서는 라즈베리 파이를 활용하여 스마트 알람 시스템을 제시하였다. PIR 센서로 움직임을 인식하고, 수면 시작 시간을 파악한다. 수면 주기에 따른 스마트 알람을 개발하여 앱 인벤터로 개발한 앱과 연결하여 작동하게 하였다. 이를 통해 편안한 수면과 쾌적한 기상을 가능하게 할 것으로 예상된다. 더불어 낮잠 기능으로 짧은 시간 동안 충분한 숙면을 통해 컨디션 개선에 도움을 줄 것으로 기대한다. 본 논문에서 앱으로 조작하는 방법과 음성 인식 기능을 추가하여 편의성을 증진할 수 있을 것으로 생각한다. 사용자의 환경과 개인마다 조금씩 다른 수면 주기를 정밀하게 측정하여 개인에 맞춘 수면 주기 설정으로 성능을 개선할 수 있다. 기상에 필요한 알람음과 빛에 대한 추가적인 연구를 통해 발전된 스마트 알람을 제작할 수 있을 것으로 기대한다. 수면 시간을 분석하여 수면장애 해결 방안으로도 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

## REFERENCES

- [1] S.H.Lee, A.E.Kwak, S.H.Lee, T.K.Kim, "Indoor autonomous driving system based on Internet of Things," *Journal of the Korean Internet of Things Society*, Vol.10, No.2, pp.69-75, 2024.
- [2] J.H.Moon, B.Peng, J.H.Kwon, T.K.Kim, "Implementation of Smart Umbrella Stand Based on IoT," *Journal of Internet of Things and Convergence*, Vol.9, No.1, pp.57-64, 2023.
- [3] T.K.Kim, "Self-powered wireless bus information and disaster information system based on Internet of Things (IoT)," *Journal of Internet of Things and Convergence*, Vol.8, No.1, pp.17-22, 2022.
- [4] H.J.Lee, L.Kim, "Effects of Chronic Insufficient Sleep on Society," *Sleep Medicine and Psychophysiology*, Vol.10, No.2, pp.77-83, 2003.
- [5] S.Sharma, M.Kavuru, "Sleep and metabolism: An overview," *International Journal of Endocrinology*, pp.1-12, 2010.
- [6] M.Dollander, "Etiology of adult insomnia," *L'Encephale*, Vol.28, No.6, pp.493-502, 2002.
- [7] K.Harding, M.Feldman, "Sleep disorders and sleep deprivation: An unmet public health problem," *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, Vol.47, No.4, pp.473-474, 2008.
- [8] M.M.Amin, M.Graber, K.Ahmad, D.Manta, S.Hossain, Z.Belisova, W.Cheney, M.S.Gold, A.R.Gold, "The Effects of a Mid-Day Nap on the Neurocognitive Performance of First-Year Medical Residents: A Controlled Interventional Pilot Study," *Academic Medicine*, Vol.87, No.10, pp.1428-1433, 2012.
- [9] D.L.Yoon, "Sleep Cycle Analysis Using Infrared-Ray Sensor," *Journal of IT Marketing Society*, Vol.1, No.1, pp.144-146, 2015.
- [10] S.Y.Shin, K.S.Shin, Y.W.Rhee, "Enhancement of Sleep Environment Using Sensor," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.14, No.11, pp.2485-2490, 2010.
- [11] C.G.Yang, "REM Sleep and Memory," *Sleep Psychophysiology*, Vol.3, No.1, pp.15-24, 1996.
- [12] C.Iber, S.Ancoli-Israel, A.L.Chesson, S.F.Quan, "The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules Terminology and Technical Specifications," *American Academy of Sleep Medicine*, 2007.
- [13] D.L.Koo, J.H.Kim, "The Physiology of Normal Sleep," *Hanyang Medical Reviews*, Vol.34, No.4, pp.190-196, 2013.
- [14] G.W.Gang, T.S.Kim, "Prediction of Sleep Stages and Estimation of Sleep Cycle Using Accelerometer Sensor Data," *Journal of IKEEE*, Vol.23, No.4, pp.158-164, 2019.
- [15] R.Dhand, H.Sohal, "Good sleep, bad sleep! The role of daytime naps in healthy adults," *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, Vol.12, No.6, pp.379-382, 2006.
- [16] B.H.Kim, "Computer Programming Education Using App Inventor for Android," *The Journal of the Korean Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.17, No.2, pp.467-472, 2013.

## 누머너브 일리요스벡 라크힘전 우글리

(Ilyosbek Rakhimjon-Ugli Numonov) [준회원]



- 2023년 8월 : 국립부경대학교 컴퓨터공학부(공학사)
- 2023년 9월 ~ 현재 : 국립부경대학교 인공지능융합학과 석사과정

&lt;관심분야&gt;

사물인터넷(IoT), 인공지능(AI)

## 김 태 국(Tae-kook Kim)

[중심회원]



- 2004년 8월 : 고려대학교 전기전자전파공학부(공학사)
- 2006년 8월 : 고려대학교 메카트로닉스학과(공학석사)
- 2014년 8월 : 고려대학교 모바일솔루션학과(공학박사)

- 2016년 3월 ~ 2022년 2월 : 동명대학교 AI학부 교수
- 2022년 3월 ~ 현재 : 국립부경대학교 컴퓨터공학부 교수

&lt;관심분야&gt;

사물인터넷(IoT), 콘텐츠 전송 네트워크(CDN), 이동성, 인공지능(AI), 빅데이터, 모바일 서비스