

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2022.22.1.89  
JIIBC 2022-1-14

# IoT를 활용한 지능형 스마트 휠체어

## Intelligent Smart Wheelchairs Using IoT

최유리\*, 고경은\*, 박희주\*, 이기영\*\*

Yu-Ree Choi\*, Kyung-Eun Ko\*, Hee-Joo Park\*, Ki-Young Lee\*\*

**요약** 최근 고령화 사회가 가속화되며 휠체어 사용이 늘고, 이에 따른 휠체어 사고 또한 증가하고 있다. 그러나 이러한 상황 속에서도 국내 휠체어 시장은 휠체어의 충돌, 넘어짐 사고를 막을 추가적인 기능들의 개발이 미진한 상태이다. 그리하여 본 논문에서는 4차 산업혁명 시대에 발맞추어 휠체어가 장애물을 자동으로 피해가고, 넘어짐이 감지되면 연동 어플리케이션에 알림이 가며 어플리케이션에서 카메라 모니터링이 가능하고, 계단을 오를 수 있는 계단용 바퀴와 자동 조도 감지 센서 전조등의 기능들이 탑재된 지능형 스마트 휠체어를 설계하고 구현하고자 한다. 이에 따라 점차 늘어나는 휠체어 사용자들의 편의를 증대시키고 빈번히 일어나는 휠체어 사고를 막을 수 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** With the recent acceleration of an aging society, the use of wheelchairs is increasing, and wheelchair accidents are also increasing. However, despite this situation, the domestic wheelchair market is lacking in development of additional functions to prevent wheelchair collisions and falls. Therefore, this paper aims to design and implement intelligent smart wheelchairs equipped with functions such as stair wheels and automatic illumination sensor headlights that allow wheelchairs to automatically avoid obstacles, notify interlocking applications when falls are detected. Accordingly, it is expected to increase the convenience of wheelchair users and prevent frequent wheelchair accidents.

**Key Words** : Wheelchair, IoT, Arduino, GPS, Bluetooth

### 1. 서론

최근 소비자가 휠체어 사용 중 넘어지거나, 휠체어가 전복되어 뇌진탕을 입는 등 안전사고가 지속적으로 발생하고 있다. 한국소비자원 소비자안전국 생활안전팀에 따르면, 2011년의 경우, 1.1 ~ 8.8일까지 36건의 위해사례가 접수되어 2009년도(34건), 2010(30건)의 한 해 접수 건을 이미 상회하는 등 휠체어 안전사고가 증가하고 있는 실정이다. 접수 건에서 전동휠체어 사고 유형을 확인해보면 걸림, 충돌이 가장 높은 비중을 차지하고 있다.

또한 사고 장소는 주로 내리막길이며, 장소 별 사고 현황을 살펴보면 가정, 도로, 심지어 의료 복지 시설에서도 사고가 일어나므로 장소에 관계 없이 사고가 일어난다고 봐도 무방하다. 추가적으로 소비자들은 휠체어 제작 시 안정성과 기능적 측면을 가장 중요하게 생각하고 있으며, 사고 사례들을 살펴보면 걸림과 충돌을 막을 기술들이 중점적으로 필요함을 알 수 있다<sup>[1]</sup>. 국외 시장에는 무게중심을 이용한 휠체어나 캐터필러를 이용한 휠체어 등 다양한 휠체어들이 개발되고 있는 반면, 국내에는 어플리케이션 연동이나 계단 오르기 등 다양한 편의 기능이

\*준회원, 을지대학교 의료IT학과 학생

\*\*종신회원, 을지대학교 의료IT학과 교수(교신저자)

접수일자 2022년 1월 4일, 수정완료 2022년 1월 31일  
게재확정일자 2022년 2월 4일

Received: 4 January, 2022 / Revised: 31 January, 2022 /

Accepted: 4 February, 2022

\*\*Corresponding Author: kylee@eulji.ac.kr  
Dept. of Medical IT, Eulji University, Korea

있는 휠체어들의 개발이 미진한 실정이다. 이에 반해 휠체어 사고 사례는 증가하고 있고, 4차 산업혁명에 맞는 휠체어의 발전도 필요하기 때문에 이에 대한 대책으로 지능형 스마트 휠체어 개발이 필요하다.

본 논문은 시스템을 구현하기 위해 상대적으로 저렴한 아두이노를 사용하였다. 블루투스 모듈을 통해 휠체어와 어플 간 소통을 가능하게 하고 위급 상황이 발생했을 때 사용자와 관리자에게 어플리케이션으로 알림과 카메라 영상을 보낼 수 있게 하며 휠체어가 장애물을 자동으로 피해가고, 조도를 감지하여 자동으로 전조등이 켜지며 계단용 바퀴를 추가해 계단을 편하게 오르는 등의 기능을 추가한 지능형 스마트 휠체어를 개발하고자 한다. 이를 개발함으로써 자주 일어나는 휠체어 충돌 사고로 인한 환자의 부상을 줄일 수 있으며, 휠체어 이용이 보다 편리해질 수 있다.

## II. 관련 연구

### 1. 아두이노 (Arduino)

아두이노 보드는 현재 전 세계에서 가장 널리 사용되고 있는 오픈 소스 기반의 피지컬 컴퓨팅 플랫폼이다. 컴퓨터나 다른 기기와 연결되지 않고서도 독립적으로 작동하여, interactive object를 개발하는데 효과적이다<sup>[2]</sup>.

### 2. 블루투스 (Bluetooth)

블루투스란 근거리에서 놓여 있는 컴퓨터와 이동 단말기, 가전제품 등을 무선으로 연결하여 쌍방향으로 실시간 통신을 가능하게 하는 규격을 말한다. 마스터(Master)기기와 슬레이브(Slave) 기기 모두 블루투스를 지원해야 하는데, 이 연구에선 스마트폰을 마스터(Master) 기기로 슬레이브(Slave) 기기를 휠체어 장비로 설정한다<sup>[3,4]</sup>.

### 3. 기울기 센서

가속도계와 기울기 센서의 경우 중력 방향에 대하여 기울어진 경사각 즉, 절대좌표계에서의 경사각을 측정할 수 있다. 하지만 두 센서 모두 선형 가속도에 영향을 받는 단점이 있고, 특히 기울기 센서의 경우 로봇의 움직임에 비해 주파수 대역폭이 작은 한계가 있다<sup>[5,6]</sup>.

### 4. GPS

GPS(Global Positioning System)는 위성을 통해 위

치·시각정보를 제공하는 범지구 위성항법시스템(GNSS)으로, 21세기에 접어들면서 차량용 네비게이션, 스마트폰 등의 일상생활에서 사용되고 있으며 이동통신망, 전력망, 금융망 등 국가 기간통신망에 활용되고 있다<sup>[7,8]</sup>.

## III. 시스템 설계

본 논문에서는 아두이노 보드를 기반으로 보다 편리한 휠체어를 개발하기 위한 시스템을 설계하였다. 휠체어 몸체에 있는 RC카는 아두이노의 초음파 센서와 연결된다. 초음파 센서가 전방의 장애물을 인식하면 로봇과 같은 역할을 하는 RC카가 그 장애물을 피해갈 수 있도록 설계하였다. 계단을 쉽게 오르도록 하는 계단용 바퀴는 아두이노의 모터와 연결된다. 계단용 바퀴가 스스로 작동하려면 그에 맞는 모터가 필요하기 때문에 모터와 바퀴가 연동되어 작동되도록 설계하였다. 자동 전조등과 후방등은 아두이노의 조도센서와 각각 연동되도록 하였다. 조도센서가 설정된 일정 어두움을 감지하면, 전조등과 후방등의 역할을 하는 LED가 켜지도록 하였다. 기울기 감지 센서는 휠체어의 넘어짐 방지를 위하여 추가하였다. 휠체어가 넘어지거나 기울는 등의 기울기가 감지되면, 기울기 센서가 GPS 모듈이 작동되도록 신호를 보낸다. GPS 모듈은 블루투스를 이용하여 앱에 넘어짐 감지 알림이 가도록 하고, 휠체어가 있는 곳의 GPS도 전송한다. 어플리케이션에서 휠체어 몸체에 연동된 카메라를 모니터링 할 수 있으며, 자이로 센서는 GPS 모듈과 연동하여 기울기가 감지되면 GPS를 인식하고 이를 자동으로 어플리케이션에 알림으로 전송할 수 있도록 한다. 이러한 스마트 휠체어를 이용해 충돌과 넘어짐으로 인한 부

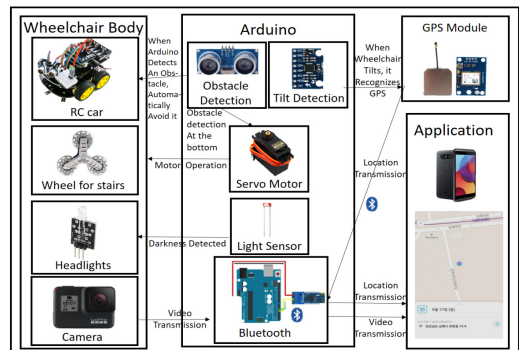


그림 1. 시스템 설계도  
Fig. 1. System Architecture

상이나 사고를 예방할 수 있고 휠체어 사용자들이 보다 편리한 삶을 살 수 있도록 하는 시스템을 제안한다. 이에 대한 시스템 설계도를 그림 1에 나타내었다.

#### IV. 시스템 구현

##### 1. 시스템 알고리즘

본 논문의 시스템은 Microsoft Windows 10 64bit 운영체제에서 구현되었으며, 아두이노와 연동 가능한 Arduino IDE와 Dev C++ 프로그램을 통하여 스마트 휠체어 시스템을 구현하였다.

아래 그림 2는 아두이노를 활용한 장애물 감지 알고리즘과 기울기 감지 알고리즘을 나타낸 순서도 그림이다. 다음 장애물 감지 알고리즘을 통해 처음에는 전동 휠체어를 작동시키고, 초음파 센서가 전방의 장애물을 발견하면 소리 안내를 한 후 장애물을 피하여 전동 휠체어를 작동한다. 장애물은 RC카를 사용하여 자동으로 피해가도록 설계하였다. 만약 장애물을 발견하지 않으면 원래대로 전동 휠체어를 작동하도록 한다. 이와 같은 순서가 끝나면 장애물 감지 알고리즘을 종료한다.

기울기 감지 알고리즘은, 전동 휠체어가 작동하다가 어떠한 충격이나 걸림으로 인해 기울기가 감지되면 위 알고리즘이 진행된다. GPS 모듈은 휠체어가 위치한 곳의 GPS를 추적하여 블루투스를 활용해 설정된 휴대폰 어플리케이션에 알림을 전달한다. 휴대폰 어플리케이션은 아두이노에서 시리얼 모니터에 뜨는 GPS를 전달 받는 것과 같아 위치가 혹시 변동되더라도 실시간으로 확

인이 가능하다. 이렇게 GPS가 어플리케이션으로 전송까지 완료되고 전동 휠체어의 작동이 멈추면 알고리즘이 종료된다. 반대로 기울기가 감지되지 않는다면 전동 휠체어는 계속 작동하고 알고리즘은 종료된다.

아래 그림 3은 아두이노를 활용한 조도 감지 자동 전조등, 계단용 바퀴 작동 알고리즘을 나타낸 순서도이다. 다음 조도 감지 알고리즘에 의하면 전동 휠체어가 작동되는 중에 조도 센서가 어두움을 감지하면, 휠체어의 전방과 후방에 있는 LED가 작동되도록 한다. 계단용 바퀴 알고리즘은 전동 휠체어가 작동하는 중 휠체어 아래쪽에 부착된 초음파 센서가 경사를 감지한다. 경사가 감지된다면, 계단용 바퀴에 부착된 네 개의 모터가 작동한다. 이후 계단용 바퀴와 전동 휠체어가 동시에 작동하고, 알고리즘은 종료된다.

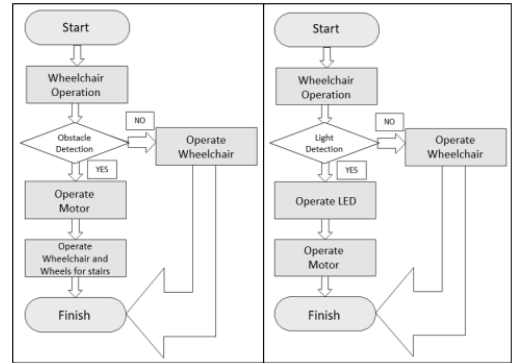


그림 3. 계단용 바퀴 알고리즘, 자동 전조등 알고리즘  
 Fig. 3. Stairway Wheel Algorithm, Automatic Headlight Algorithm

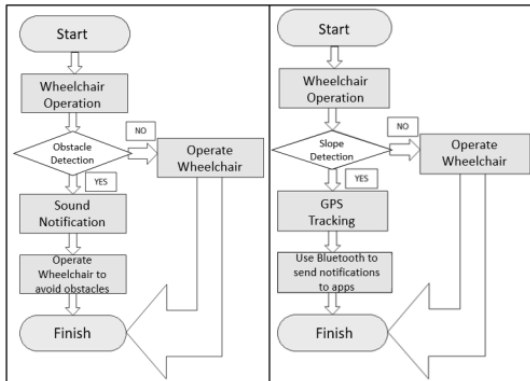


그림 2. 장애물 감지 알고리즘, 기울기 감지 알고리즘  
 Fig. 2. Obstacle Detection Algorithm, Tilt Detection Algorithm

본 논문에서 제안하는 시스템의 구현 결과는 그림 4, 그림 5, 그림 6과 같다.

아래 그림 4는 장애물 감지 센서 작동 사진이다. 초음파 센서가 설정된 거리에 있는 장애물을 감지하게 되면, 휠체어의 작동을 멈추게 된다. 그림 5는 기울기에 따른 GPS 작동 화면이다. GPS 모듈이 위치를 감지하면 시리얼 모니터에 위도와 경도가 뜨고 이를 지도에 입력하면 바로 위치가 뜨도록 설계되었다. GPS는 사용자의 선택대로 확인할 수도 있고, 기울기를 확인하여 GPS가 뜨도록 할 수도 있다.

그림 6에서 보는바와 같이 기울기가 감지 될 때 GPS가 뜨도록 되어있기 때문에 몸체를 기울여 기울기가 감지되면 GPS가 나타나게 된다.

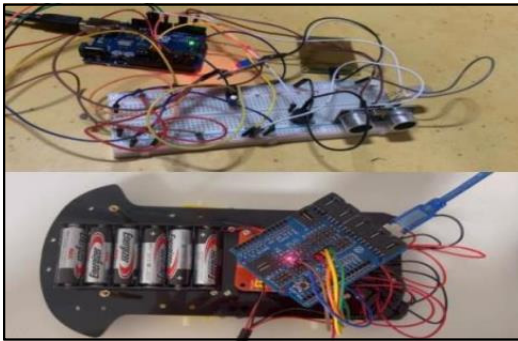


그림 4. 시스템 구현 결과 1  
Fig. 4. System Implementation Results 1

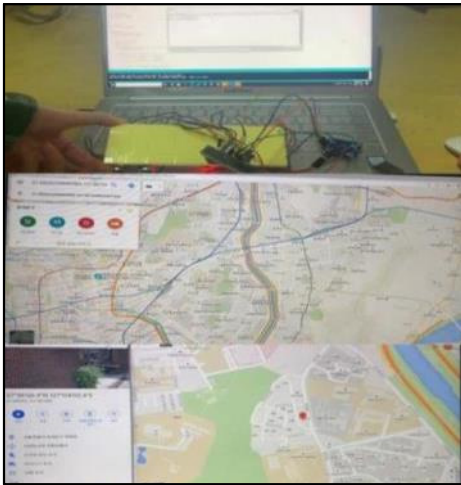


그림 5. 시스템 구현 결과 2  
Fig. 5. System Implementation Results 2

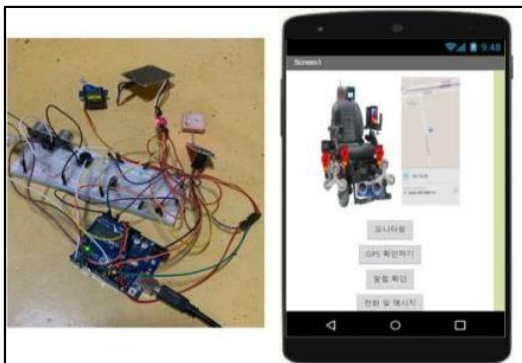


그림 6. 시스템 구현 결과 3  
Fig. 6. System Implementation Results 3

또한 그림 6에서는 아두이노 전체 모습과 어플리케이션 화면을 나타낸 것이다. 왼쪽에 보이는 아두이노 모듈

은 브레드보드와 우노보드를 연결한 후 기능을 구현한 것이다. 바퀴와 연결할 서보모터, 기울기를 인식한 자이로 센서, 위치를 감지할 GPS와 조도센서, LED, 장애물 감지용 초음파 센서들이 연결된 것을 확인할 수 있다.

오른쪽에 나타난 어플리케이션에서, 모니터링에서는 현재 휠체어의 상태를 확인할 수 있고 GPS 확인하기에서는 그림 6과 같이 휠체어의 위치를 확인할 수 있다. 알림 확인은 기울기에 따른 GPS 확인이나 보호자와의 메시지 내용 등이 알림으로 기록되도록 하였다. 전화 및 메시지는 휴대폰과 연동되도록 설계하였다.

## V. 성능 평가

아두이노를 활용한 스마트 휠체어 시스템의 성능 평가는 자이로 센서가 기울어짐을 인식했을 때에 GPS가 얼마나 정확하게 측정되는지에 대한 성능평가로 진행하며, 그에 따른 결과는 아래 그림 7, 표 1과 같다.

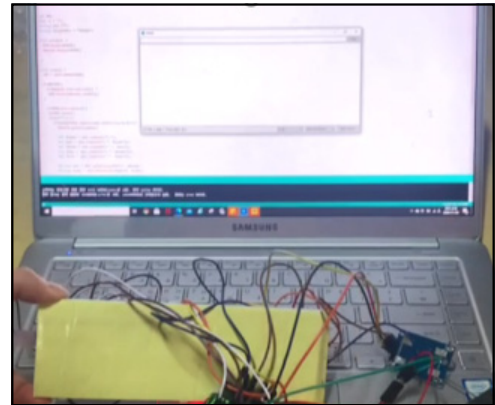


그림 7. 시스템 성능 평가 1  
Fig. 7. System Performance Evaluation 1

그림 7은 기울어진 본체로 인해 자이로 센서가 기울기를 인식하고, 그에 따라 GPS가 인식되는 과정이다. 이는 휠체어의 위치를 정확하게 파악하는데에 필요한 과정이며, 그 성능 평가 결과를 아래 표 1에 나타내었다.

표 1은 GPS 모듈이 인식한 위도와 경도를 시리얼 모니터에 나타낸 값과 이를 지도 상 위도, 경도로 변경한 것을 나타낸 표이다. 측정된 위도, 경도와 실제 위도, 경도를 보면 소수점 셋째 자리까지 위도와 경도가 일치한다.

표 1. 시스템 성능 평가 2  
 Table 1. Syetem Performance Evaluation 2

	Measure Latitude	Measure Longitude	Actual Latitude	Actual Longitude
On Serial Monitor	37.58526229 858398	127.06734566 55273	37.5853142	127.0672805
On Map	37°35'06.9" N	127°04'02.4"E	37°35'07.1"N	127°04'02.2" E

아래 그림 8은 표 1을 그래프화 하여 나타낸 것이다. 파란색 꺾은선 그래프는 GPS 모듈이 측정한 값을, 빨간색 꺾은선 그래프는 실제 값을 나타내고 있다. 그래프를 보면 측정 값과 실제 값의 차이를 알아보기 어려울 정도로 오차가 거의 없다는 것을 확인할 수 있다.

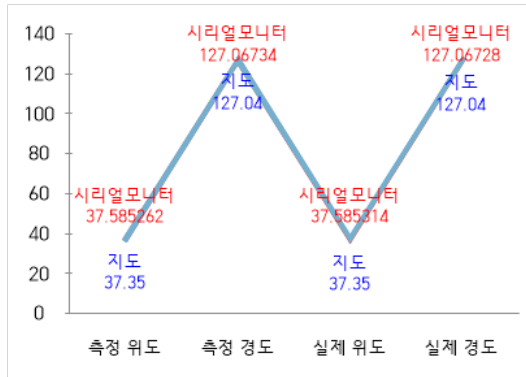


그림 8. 시스템 성능 평가 3  
 Fig. 8. Syetem Performance Evaluation 3

## VI. 결 론

본 논문에서는 아두이노 보드, GPS 모듈, 블루투스 통신 모듈, 초음파 센서, 조도 센서, 서보모터, 안드로이드 등을 이용해 스마트 휠체어를 구현하였다. 이로써 휠체어 이용자의 사고로 인한 환자의 부상을 줄일 수 있으며, 자동화된 시스템으로 휠체어 이용자가 편리하게 휠체어를 이용할 수 있다. 더 나아가 이 휠체어는 일반 휠체어와 전동 휠체어 두 가지 모두에 활용이 가능하기 때문에 보편성이 있다고 생각되며, 꼭 휠체어 뿐 아니라 다른 이동 수단에도 기능 추가가 가능하다. 현재 계단용 바퀴는 모터만으로 확연한 계단 이동을 보이기 어렵으나 향후에는 강력 모터를 부착하고 계단용 바퀴에 RC카를 연동하여 계단을 무리없이 이동할 수 있도록 보완해 나갈 예정이다.

## References

- [1] <https://www.kca.go.kr/smartconsumer/board/download.do?menukey=7301&fno=10007032&bid=00000146&did=1001205221>
- [2] Jung-Ihl Kim, Mee-Rhan Kwon, Seung-Jung Shin, "The Wheelchair Communication System was Developed in The Convergence of Broadcasting and Communication Environments for People with Disabilities", Journal of the Institute of Internet Broadcasting and Communication, Vol. 12, No. 6, pp. 273-278, 2012.  
DOI : <https://doi.org/10.7236/IJWIT.2012.12.6.273>
- [3] Sang-Hyun Kim, Seung-Min Lee, Gun-Hee Kim, Hyun Kim, Young-Jun Ko, "Smart Helmet With Two Ultrasonic Sensors", The Autumn Conference of the Korean Society for Information Processing, pp. 1220-1221, 2017, Nov 01.  
DOI : <https://doi.org/10.3745/PKIPS.y2017m11a.1220>
- [4] Dong-Sung Seo, Min-Soo Kang, Yong-Gyu Jung, "The Development of Real-time Information Support Cart System based on IoT", International Journal of Advanced Smart Convergence(IJASC), Vol. 6, No. 1, pp. 44-49, 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.7236/IJASC.2017.6.1.44>
- [5] Jin-Seong Park, Young-Jin Park, Youn-Sik Park, Deok-Hwa Hong, "Attitude Estimation for the Biped Robot with Vision and Gyro Sensor Fusion", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol. 17, No. 6, pp. 546-551, 2011.  
DOI : <http://dx.doi.org/10.5302/J.ICROS.2011.17.6.546>
- [6] Yo-Hoon Hong, Seung-June Song, Jung-Kyu Rho, "Real-time Tracking and Identification for Multi-Camera Surveillance System", International Journal of Internet, Broadcasting and Communication(IJIBC), Vol. 10, No. 1, pp. 16-22, 2018.  
DOI:<https://doi.org/10.7236/IJIBC.2018.10.1.3>
- [7] In-One Joo, Jeom-Hun Lee, Sang-Uk Lee, Jae-Hoon Kim, "Implementation and Test of GPS Jamming Monitoring Equipment", Journal of Satellite, Information and Communications, Vol. 8, No. 4, pp. 95-99, 2013.
- [8] Yoo-jung Shin, Kyung-Hee Oh, Hyo-Kyung Ban and Hyo-Jung Kang, "Attitude correction guidance system using Arduino and pressure sensors", Conference of the Korean Association of Telecommunications, pp. 262-263, 2014.

저 자 소 개

최 유 리(준회원)



- 2019년 ~ 현재 : 을지대학교 의료 IT학과 학생
- 주관심분야 : 빅데이터, 데이터베이스, 인공지능 등

고 경 은(준회원)



- 2019년 ~ 현재 : 을지대학교 의료 IT학과 학생
- 주관심분야 : 빅데이터, 데이터베이스 등

박 희 주(준회원)



- 2019년 ~ 현재 : 을지대학교 의료 IT학과 학생
- 주관심분야 : 인공지능, 빅데이터, 데이터베이스 등

이 기 영(중신회원)



- 제 10 권 1호 참조
  - 2019년 ~ 현재 : 한국인터넷방송통신학회 부회장
  - 2020년 ~ 현재 : 국제문화기술진흥원 부원장
  - 1991년 ~ 현재 : 을지대학교 의료 IT학과 교수
- 주관심분야 : u-Healthcare, 공간 데이터베이스, GIS, LBS, USN, 텔레매틱스, 빅데이터 등