

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.2.157>

IIBC 2018-2-19

환자 위치 확인을 위한 비콘 기반 공간 분할 기법

A Beacon-based Space Partition Scheme for Patient Location Tracking

윤여동¹, 장영환², 피경준³, 조광수⁴, 안준혁⁵, 민 홍⁶

Yeo-Dong Yoon¹, Yeong-Hwan Jang², Kyung-Joon Pi³, Kwangsoo Jo⁴,
Junhyuk An⁵, Hong Min⁶

요약 의료시설 내에서 이동하고 있는 환자의 위치를 확인하는 것은 환자의 안전을 보장하고 의료서비스 질의 향상을 위해서 중요하다. 기존의 블루투스를 활용한 실내위치확인 시스템에서는 정확도 향상을 위해서 많은 사전 정보와 다수의 장치를 활용해야하는 문제가 있었다. 본 논문에서는 서로 다른 공간에 다른 패턴으로 비콘을 배치하고 동일한 수신신호강도를 갖는 비콘들을 그룹화하여 사전 정보 없이 소규모의 비콘만으로 공간을 인식하는 기법을 제안한다. 제안 기법에서는 인접 패턴간의 간섭을 고려하여 이를 최소화 할 수 있는 패턴 배치 기법을 연구했다. 또한 실험을 통해 제안 기법이 환자 위치 확인 시스템에 적용가능하다는 것을 검증하였다.

Abstract Tracking the location of patients in medical facilities is important to guarantee the patients' safety and to improve the service quality. Previous studies related to location tracking systems based on Bluetooth communication need numerous prerequisite information and multiple devices to improve the accuracy. In this paper, we propose a beacon-based space partition scheme that assigns different arrangement patterns of beacons to different spaces and composes groups with the similar value of RSSI to minimize prerequisite information and the number of beacons. The proposed scheme considers a pattern arrangement scheme to minimize interference between neighbor patterns. We also verified the applicability of our scheme to monitor the patient location by using experimental results.

Key Words : Beacon, Patient location, Grouping, Beacon arrangement

1. 서 론

최근 스마트폰은 GPS (Global Positioning System)를 포함한 위치 인식 모듈과 LTE (Long Term Evolution) Wi-Fi, 블루투스 (Bluetooth, Bluetooth Lower Energy

(BLE) 포함)등 다양한 통신 모듈을 탑재하고 있다. GPS의 경우 실내에서는 사용할 수 없기 때문에 통신 모듈의 수신신호강도(Received Signal Strength Indication, RSSI)를 활용한 실내위치확인시스템이 활용되고 있다. 또한 IoT (the Internet of Thing) 기기들이 활용되면서

¹정회원, ㈜폴스타헬스케어, 대표이사

²정회원, ㈜폴스타헬스케어, 연구1팀

³정회원, ㈜폴스타헬스케어, 스마트헬스케어팀

⁴준회원, 호서대학교, 컴퓨터정보공학부

⁵준회원, 호서대학교, 컴퓨터정보공학부

⁶중신회원, 호서대학교, 컴퓨터정보공학부

접수일자: 2018년 1월 29일, 수정완료: 2018년 3월 4일

게재확정일자: 2018년 4월 6일

Received: 29 January, 2018 / Revised: 4 March, 2018

Accepted: 6 April, 2018

*Corresponding Author: hmin@hoseo.edu

Division of Computer and Information Engineering, Hoseo University, Korea

실내에서도 다양한 형태의 위치기반 서비스가 제공되는 환경이 조성되고 있다^[1]. 특히 다수의 AP (Access Point)가 설치되어 있고 복잡한 건물 구조와 사람의 이동이 많은 병원, 쇼핑몰, 복합 스포츠 센터와 같은 대형 건물에서는 실내위치확인시스템의 활용도가 높다^[2].

인구 고령화가 가속화되고 대형 요양 시설이 늘어나면서 자신의 의사를 정확하게 표현하지 못하는 다수의 환자를 효율적으로 관리해야 하는 시스템에 대한 필요성이 높아지고 있다. 이러한 시설에서 의료 서비스의 질을 높이기 위해 위치 확인의 정확성, 시스템의 안전성 등을 확보하는 것이 중요한 이슈로 부각되고 있으며 위급 상황에 대한 응답 속도를 높이는 것 또한 중요시되고 있다^[3].

기존 Wi-Fi 기반 실내위치확인시스템에서 발생하는 부정확성, 제한된 AP의 개수, 과도한 에너지 소비 등의 문제를 해결하기 위해서 BLE 기반의 시스템 설계를 통해 설치 비용과 에너지 소모를 줄이는 연구가 활발히 진행되고 있다^[4]. 실제로 BLE 비콘을 병원에 설치하여 환자의 위치 정보를 추적한 결과 97.22%까지 정확도를 높인 연구도 있다^[5]. 이와 같이 실내위치확인시스템에서는 정확도가 중요하기 때문에 비콘의 배치가 중요하다. 비콘의 배치와 장애물에 따라 수신신호강도의 편차가 발생하며 이로 인해 측정된 위치값에 오차가 발생하기 때문이다^[6]. 따라서 안정적인 수신신호강도 확보를 위해 장애물을 고려한 최적의 설치위치를 찾는 연구들이^[7, 8] 있으며 라디오 맵(radio map)을 생성하여 측정된 위치값을 보정하는 기법들도 있다^[9].

기존 BLE 기반 위치 보정 기술은 주로 필터링 사용하여 정확성을 향상시키기 위한 부분에 집중하고 있다. Kim 등^[8]은 Feedback 필터와 평균 필터의 조합을 통해 정확성을 향상 시키고자 하였고, Lee 등^[10]은 Double-Gaussian 필터를 사용하여 이동하는 환자의 비콘(beacon)의 RSSI를 측정하였다. 본 논문에서는 이러한 필터링 방식이 아닌 시설의 각 구역마다 서로 다른 패턴의 비콘을 배치하여 공간을 인식하게 하는 기법을 제안한다.

II. 그룹핑 기법

그림 1은 제안된 그룹핑(grouping) 기법의 개요를 보여준다. 기존의 기법들이 구조물의 통로에 일괄적으로

비콘을 설치하는데 비해 제안 기법에서는 특정 공간을 서로 간섭이 되지 않도록 여러 구역으로 나누고 각 구역마다 서로 다른 패턴으로 비콘을 배치한다. 이렇게 비콘을 서로 다른 형태의 패턴으로 배치하면 비콘 신호를 수신하는 사용자가 해당 구역을 지나는 동안 특정한 패턴으로 수신신호강도의 변화가 발생하고 변화값이 유사한 비콘들을 그룹핑하면 비콘의 배치 패턴을 인식할 수 있다.

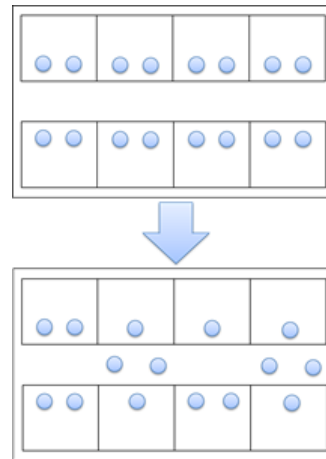


그림 1. 그룹핑 기법의 개요
Fig. 1. Overview of grouping scheme

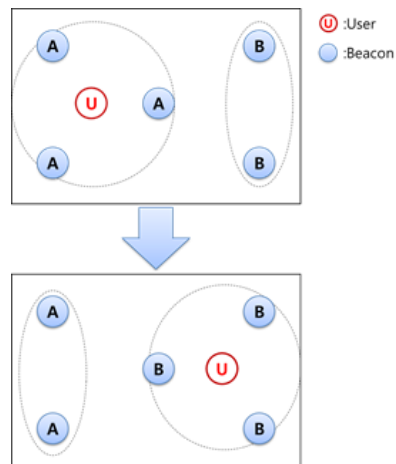


그림 2. 사용자 위치에 따른 비콘 그룹핑
Fig. 2. Beacon grouping with user' location

그림 2는 제안기법에서 사용자 위치에 따른 비콘 그룹핑의 의미를 보여준다. 비콘이 사각형의 형태로 배치되어 있고 사용자가 왼쪽에서 오른쪽으로 이동했을 때 초

기 위치에서는 좌측 3개와 우측 2개의 비콘이 수신신호 강도의 값이 유사하여 두 개의 그룹으로 각각 묶인다. 이동 후에는 좌측 2개와 우측 3개의 비콘이 그룹으로 각각 묶인다.

III. 비콘 패턴 배치 기법

그림 3은 앞서 언급한 그룹핑 기법을 사용하여 다양한 패턴을 생성하고 이를 효율적으로 배치하기 위한 기법의 개요를 보여준다. 아무런 고려 없이 패턴들을 배치할 경우 서로 다른 패턴 사이의 간섭으로 인해 정확한 결과를 얻지 못한다. 따라서 간섭을 줄여 위치 인식의 정확도를 높이기 위한 패널의 구성이 필요하다. 패널의 크기는 물리적으로 차단된 외부 공간에 존재하는 비콘의 간섭을 차단하기 위해 물리적인 벽을 사이에 두고 측정된 비콘의 RSSI를 기준으로 지정하였다. 패턴의 배치 방식으로는 5개의 패턴을 이용하여 +모양으로 배치하였다. 이 배치를 하나의 큰 패턴으로 보고 동일한 모양의 패턴을 이어 붙이면 자율 이동체가 사선의 방향으로 이동하지 않았다고 가정하였을 경우 이동 경로를 추적할 수 있다.

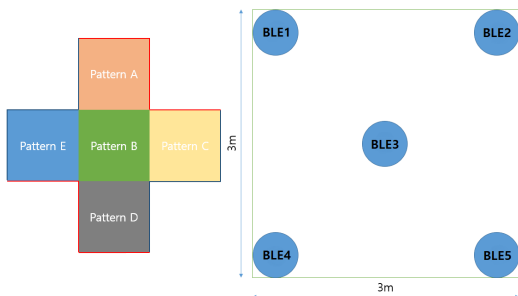


그림 3. 패널의 구성
 Fig. 3. Pannel composition

패턴들 사이의 간섭은 상하좌우 관계뿐만 아니라 사선으로 배치된 패턴들 사이에서도 발생한다. 그림 4는 대각선상의 두 패턴 사이에 간섭을 보여준다. 두 패턴 사이에 가장 가까운 2개의 비콘을 측정했을 때 사용자가 속해있는 그룹에 있는 비콘은 측정되고 다른 그룹에 속해있는 비콘은 측정이 되지 않는 값을 바탕으로 패턴의 패턴 크기를 정한다.

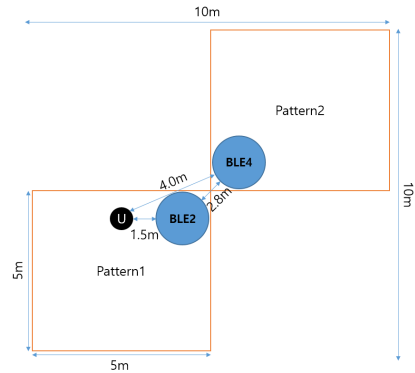


그림 4. 사선으로 배치된 패턴 사이의 간섭
 Fig. 4. Interference between diagonally-located patterns

실제 건물에 패널을 배치할 경우 건물의 구조에 따라 패널의 모양이 달라지고 시간에 따라 건물의 구조가 달라지는 문제가 발생한다. 이러한 경우에도 각 패턴간의 간섭과 패턴 재배치를 최소화하기 위해서 Archetti 등이 제안한 GCP (Graph Coloring Problem)의 해결 방법을 사용한다^[11]. 그래프에서 노드를 비콘의 배치 패턴으로 에지를 인접 노드로 정의하면 그림 5의 (a)와 같은 그래프의 형태로 새로운 패턴을 도식화할 수 있다. 그림 5의 (b)는 현재는 패턴 간에 간섭이 발생하지 않지만 향후에 건물의 구조가 변경되어 두 패턴 사이에 간섭이 발생할 가능성을 보여준다. 이러한 가중치를 바탕으로 수식 (1)과 같은 목적함수를 사용하여 노드 i, j 간 간섭의 가능성 (p_{ij}) 이 가장 높은 노드에 서로 다른 패턴을 부여한다. 예를 들어 그림 5 (b)에서 $p_{ij} = \frac{4}{(1+2+2+4)} \cong 0.44$ 으로 다른 에지(edge)들에 비해 향후 간섭 비율이 높기 때문에 우선적으로 다른 패턴이 적용된다.

$$\begin{aligned} & \text{Min} \left(\sum_{i,j \in E} (1-p_{ij})y_{ij} \right), \text{ where } G = (V, E), \\ & \bar{E} = \{ij \mid i, j \in V, i \neq j, ij \notin E\}, \\ & \text{and } y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if vertices } i, j \text{ belong to the same pattern} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

그림 5의 (c)와 (d)는 건물 구조의 변화를 반영하여 3개, 4개의 패턴을 제공했을 때 최적의 비콘의 배치 패턴의 결과를 각각 보여준다.

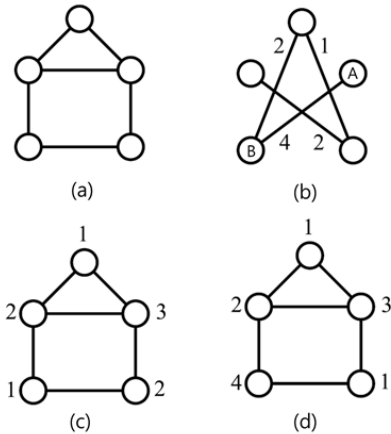


그림 5. GCP 기반 패널 내 비콘 패턴 배치 기법
Fig. 5. Beacon pattern arrangement in a panel based on GCP

IV. 실험 및 결과

실험을 위해서 표1의 수신강도측정기기와 표2의 비콘을 사용하였고 3가지 비콘 배치 패턴에 따라 각 비콘의 수신신호강도의 값을 측정하였다. 사용자는 진입점, 동선의 1/3, 2/3 지점, 그리고 이탈점에서 각각의 RSSI 값을 측정하였다.

표 1. 수신강도측정기기의 규격

Table 1. Specification of a RSSI measuring instrument

List	Device	Specification
Model	LG Google Nexus 5X	
OS	Android Nougat (7.1.1)	
CPU	Hexa-core (4x1.4GHz Cortex-A53 & 2x1.8GHz Cortex-A57)	
Bluetooth	4.2, A2DP	
WLAN	Wi-Fi 802.11 a/b/g/n/ac, dual-band, Wi-Fi Direct, DLNA, hotspot	
RAM	2 GB	

표 2. 비콘의 규격

Table 2. Specification of beacons

List	Device	Specification
Model	MIDASCON	
Size	32mm x 66mm x 7.9mm	
Battery	Non-removable Li-Po 2700mAh battery (up to 2 years)	
Bluetooth	Bluetooth® Smart 4.1	
Chipset	CSR1010 chipset	

표 3과 4는 사각형과 마름모형으로 비콘을 배치했을 때의 RSSI 측정 결과를 보여준다. 사각형과 마름모형의 경우 측정 기기의 위치의 변화에 따라 일정한 패턴의 그룹이 생성되는 것을 확인할 수 있었고 이를 통해 서로 다른 공간을 인식할 수 있음을 확인하였다.

표 3. 사각형 비콘 배치 결과 (단위: dBm)

Table 3. Grouping result of rectangle shape arrangement

	Beacon1	Beacon2	Beacon3	Beacon4	Beacon5
Entry	-58.9 (A)	-58.9 (A)	-70.1 (B)	-87.3 (C)	-84.3 (C)
1/3	-62.8 (A)	-64.3 (A)	-58 (A)	-80.7 (B)	-80 (B)
2/3	-85 (B)	-83.1 (B)	-69.7 (A)	-70 (A)	-71.5 (A)
Exit	-89 (C)	-88.8 (C)	-84.3 (B)	-67.7 (A)	-68.9 (A)

표 4. 마름모 비콘 배치 결과 (단위: dBm)

Table 4. Grouping result of diamond shape arrangement

	Beacon1	Beacon2	Beacon3	Beacon4	Beacon5
Entry	-62.8 (A)	-80 (B)	-80.2 (C)	-78.4 (B)	-85.4 (D)
1/3	-69.7 (A)	-75.5 (B)	-69 (A)	-75.8 (B)	-85.7 (C)
2/3	-85.6 (C)	-75.9 (B)	-70.5 (A)	-76.7 (B)	-69.6 (A)
Exit	-89.2 (D)	-82.9 (B)	-80.2 (C)	-82.7 (B)	-64.2 (A)

그림 6은 측정된 RSSI값들을 이용하여 그룹핑을 한 결과로 주변 비콘의 패턴을 분석한 결과 실제 패턴과 일치한 정확도를 보여주고 있다. 이 그래프를 통하여 패널의 크기와 정확도에는 연관성이 있음을 알 수 있다. 이는 협소한 공간에서 제안 기법을 적용할 경우 정확도를 약간 낮추면서 패널의 크기를 줄이면 협소한 공간에서도 제안 기법을 사용할 수 있다. 또한 BLE의 특성상 RSSI 값의 페이딩이 심해 일부 거리 구간에서는 사용이 어렵다는 결과도 보여준다.

표 5는 한 패널의 크기를 10m x 10m로 하고, 내부 패턴의 크기를 3m x 3m로 하였을 때 두 패턴이 서로 인접한 상황에서 측정 기기가 속해있는 패턴 판별 정확도를 보여준다. 실험결과 같은 패턴이 인접한 경우에는 판별이 불가할 정도로 정확도가 떨어지고 서로 다른 패턴이 인접한 경우에는 높은 확률로 판별가능함을 보여준다.

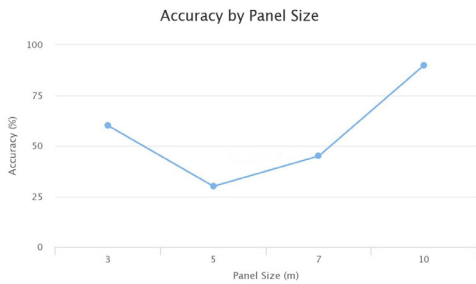


그림 6. 패널 크기에 따른 정확도 변화
 Fig. 6. Variation of accuracy by panel size

표 5. 인접 패턴에 따른 판별 가능성
 Table 5. Discrimination possibility by neighbor patterns

Neighbor Source	Square	W	Diamond
Square	18.21%	91.37%	90.11%
W	81.2%	21.72%	92.19%
Diamond	92.41%	91.13%	54.42%

V. 결론

다양한 의료 시설에서 환자의 실내위치확인시스템은 유용하게 사용되고 있고 위치의 정확성을 향상시키기 위한 많은 연구들이 진행되었다. 그러나 대부분의 연구들이 사전 정보가 필요하거나 비콘 설치 위치에 따른 영향만을 제시하고 있다. 본 기법에서는 다양한 패턴으로 비콘을 배치하고 유사한 수신신호강도를 갖는 비콘들을 그룹화하는 기법과 실제 배치 시 간섭을 최소화할 수 있는 방법을 제안하였다. 실험결과 비콘의 배치 패턴에 따라 그룹핑 결과가 달라지는 것을 확인하였고 이를 바탕으로 여러 공간에 비콘의 배치 패턴을 다르게 함으로써 해당 공간을 인식할 수 있음을 보였다. 또한 제안 기법을 통해 여러 패턴의 조합으로 간섭을 줄여 환자의 이동 경로를 파악할 수 있음도 보였다.

References

[1] P. Davidson and R. Piche, "A Survey of Selected Indoor Positioning Methods for Smartphones," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol.19, No.2, pp.1347-1370, Apr. 2017.

DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2637663>.

[2] C. Chiu, J. Hsu, and J. Leu, "Implementation and Analysis of Hybrid Wireless Indoor Positioning with iBeacon and Wi-Fi," in *Proc. of the 8th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops*, pp.80-84, Oct. 2016.
 DOI: <https://doi.org/10.1109/ICUMT.2016.7765336>

[4] P. Kriz, F. Maly, and T. Kozel, "Improving Indoor Localization Using Bluetooth Low Energy Beacons," *Mobile Information Systems*, pp.1-11, Mar. 2016.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/2083094>

[5] X. Lin et al., "A Mobile Indoor Positioning System Based on iBeacon Technology," in *Proc. of the 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp.4970-4973, Aug. 2015.
 DOI: <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7319507>

[6] H. Nam, I. Lim, and J. Lee, "Location Estimation Method of Positioning System utilizing the iBeacon," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.19, No.4, pp.925-932, Apr. 2015.
 DOI: <https://doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.4.925>

[7] M. Kouakou et al., "Cost-efficient sensor deployment in indoor space with obstacles," in *Proc. of IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks*, pp.1-9, Jun. 2012.
 DOI: <https://doi.org/10.1109/WoWMoM.2012.6263688>

[8] J. Kim, Y. Kim, and G. Hoang, "A Study on Indoor Position-Tracking System Using RSSI Characteristics of Beacon," *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.17, No.5, pp.85-90, Oct. 2017.
 DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.5.85>

[9] C. Lo, L. Hsu, Y. Tseng, "Adaptive radio maps for pattern-matching localization via inter-beacon co-calibration," *Pervasive and Mobile Computing*, Vol.8, No.2, pp.282-291, Apr. 2012.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2012.01.001>

[10] J. Lee et al, "A Location Tracking System using BLE Beacon Exploiting a Double-Gaussian Filter," KSI Transactions on Internet and Information Systems, Vol.11, No.2, pp.1162-1179, Feb. 2012. DOI: <https://doi.org/10.3837/tis.2017.02.031>

[11] C. Archetti, N. Bianchessi, and A. Hertz, "A branch-and-price algorithm for the robust graph coloring problem," Discrete Applied Mathematics, Vol.165, No.1, pp.49-59, Mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dam.2013.02.013>.

피 경 준(정회원)



- 1994년 : 중앙대학교 체육교육학과 졸업(학사).
- 2016년 ~ 현재 : ㈜폴스타헬스케어 스마트헬스케어팀 팀장.
<주관심분야 : 사물인터넷, 헬스케어 시스템, 의료공학>

조 광 수(준회원)



- 2015년 ~ 현재 : 호서대학교 컴퓨터정보공학부 (학사과정).
- <주관심분야 : 사물인터넷, 헬스케어 시스템, 무선 통신, 네트워크>

저자 소개

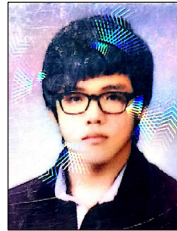
윤 여 동(정회원)



- 1989년 : 가톨릭대학교 의과대학 졸업(학사).
- 2002년 : 가톨릭대학교 의과대학 졸업(박사).
- 2012년 : 고려대학교 경영대학원 경영학 졸업(석사).
- 2000년 ~ 현재 : ㈜폴스타헬스케어 대표이사.

<주관심분야 : 사물인터넷, 헬스케어시스템, 의료공학>

안 준 혁(준회원)



- 2013년 ~ 현재 : 호서대학교 컴퓨터정보공학부 (학사과정).
- <주관심분야 : 사물인터넷, 헬스케어 시스템, 무선 통신, 네트워크>

장 영 환(정회원)



- 2010년 : 한국방송통신대학교 컴퓨터과학과 졸업(학사).
- 2016년 ~ 현재 : ㈜폴스타헬스케어 연구1팀 팀장.
- <주관심분야 : 사물인터넷, 헬스케어 시스템, 의료공학>

민 흥(중신회원)



- 2004년 : 한동대학교 전산과학 졸업(학사).
- 2011년 : 서울대학교 컴퓨터공학부 졸업(박사).
- 2013년 ~ 현재 : 호서대학교 컴퓨터정보공학부 조교수.

<주관심분야 : 운영체제, 사물인터넷, 무선 센서 네트워크, 스마트폰 센싱, 임베디드 시스템, 결합허용 시스템>

※ 본 연구는 중소기업청의 중소기업기술개발 지원사업(기술혁신 개발사업) [S2410390, IoT 기술기반의 쌍방향 병원 입원환자 식별 및 안전관리 시스템]의 연구수행으로 인한 결과물임