

## Indoor Localization Technology Survey

Cheong-Mi Kim\*, Beakcheol Jang\*\*

### Abstract

In this paper, we introduce indoor localization technologies categorizing them into ON/OFF switch and sensor based, wireless communication based, and image based technologies. Then we describe several representative techniques for each of them, emphasizing their strengths and weaknesses. We define important performance issues for indoor localization technologies and analyze recent technologies according to the performance issues. Our analyses show that ON/OFF switch based technologies are difficult to install, but accurate and not limited by light. Wireless communication technologies are not limited by light nor distance (space) and do not need additional device. Image based technologies do not need additional device but are limited by light, and their accuracies are affected by light. We believe that this paper provide wise view and necessary information for recent indoor localization technologies.

▶Keywords : indoor localization technology, ON/OFF switch and sensor based, wireless communication based, image based

## I. Introduction

사물인터넷(IoT: Internet of Things)은 네트워크를 통해 사람-사물, 사물-사물 간의 정보를 소통하고 지능적 서비스를 제공하는 기술이다[1]. 1999년에 최초로 사물인터넷 용어를 사용한 P&G사의 케빈 애쉬튼(Kevin Ashton)은 “RFID 및 기타 센서를 일상 속의 사물과 결합시킴으로써 사물인터넷이 구축될 것이다”라고 언급하였다[2]. 이렇게 탄생한 사물인터넷은 현대 사회에서 빼 놓을 수 없는 핵심적인 기술로 발전해 나가고 있다.

이런 사물인터넷 기술을 기반으로 네트워크를 통해 사람과 사람 등이 연결된 사회를 초연결사회라고 한다. 현대 사회에서는 이러한 초연결사회를 만들어가기 위한 노력으로, 사물인터넷 기술을 기반으로 한 각종 창의적인 제품을 창출해 내고 있다[3]. 사물 인터넷의 대표적인 서비스 분야로는 위치 추적, 자동차, 원격관리, 물류, 보안, 의료 등으로 다양하게 들 수 있는데[4], 이러한 사물인터넷을 통해 기존의 산업 생산성이 높아짐으로서, 산업 경쟁력이 강화될 것으로 기대된다[2]. 이렇듯 앞으로의 발전이 기대되는 대표적인 기술 중 하나인 사물인터넷 시스템이 발전함과 동시에, 그의 대표 분야 중 하나로 꼽히는 위치 인식 기술도 함께 발전하고 있다.

위치 인식 기술은 위치추적 시스템을 이용하여 이동체의 위치를 찾아내는 기술로, 앞으로 발전 가능성이 무한한 기술 중의 하나이다. GPS를 이용해 길을 안내하는 내비게이션을 시작으로 꾸준히 발전하고 있으며, 이제는 차량 뿐 아니라 사람을 포함하여 온갖 이동체들을 대상으로 하는 서비스로 확대되고 있다. 기존에는 군용이나 항해용으로 주로 쓰이던 위치 인식 기술이 이제는 상업 기술로 전환하여 현재 사회에 없어서는 안 될 기술로 평가되고 있다[5].

최근 들어서는 실외뿐만 아니라 실내에서 사용할 수 있는 위치 인식 기술 또한 크게 발전하고 있다. 실외에서만 사용 가능한 기존의 GPS 기술 대신, 스마트폰과 연계되어 WiFi나 적외선, 블루투스 등의 무선 통신 기술을 기반으로 위치를 인식해 낸다. 그 뿐만 아니라, 물리적인 접촉을 통해서 혹은 카메라에 찍힌 이동체를 인식해서 위치를 추적하기도 한다. 이렇게 실내 위치 인식이 발전하면서 그 용도는 점차 다양하게 확대되고 있는데, 대표적으로 미아 또는 노인 위치 추적, 버스나 지하철 도착 알림, 박물관 또는 백화점에서의 매장 안내, 긴급 구조 출동 등을 예로 들 수 있다.

본 논문에서는 실내에서 쓰일 수 있는 위치 인식 기술들에 대해 설명한다. 먼저, 이런 위치 인식 기술들을 ON/OFF 스위치 및 센서 기반 위치 인식 기술, 무선 통신 기반 위치 인식 기술, 영상 기반 위치 인식 기술로 나눈다. 그리고 각각의 기술에 대한 소개와 사용 방법, 향후 발전 방향을 기술한다. 그리고 나서는 위치 인식 기술에서 중요시 되는 조건들을 하나하나 각 기술에 부합하여 분석하고, 각 기술별로 장단점을 표로 정리하

여 한 눈에 볼 수 있도록 하였다. 본 논문에서 쓰이는 조건은 공간의 제약, 노동력, 비용, 정확성, 빛의 제약, 추가 장치이다. 이러한 조건들로 기술들을 분석하고 평가한 다음, 전체적인 논문의 결론을 맺는 것으로 마무리 짓는다.

## II. ON/OFF Switch and Sensor Based Indoor Localization

ON/OFF 스위치 및 센서 기반 위치 인식은 ON/OFF 스위치 및 센서를 통해 물리적 접촉의 방법으로 사용자의 위치를 알아내는 방법이다. 본 논문에서는 ON/OFF 스위치 및 센서 기반 위치 인식 기술들의 대표로 Smart Floor와 시설물·가전제품 등에 부착하는 기술에 대한 설명과 향후 발전 방향을 기술한다.

### 1. Smart Floor

Smart Floor는 바닥에 압력 센서 혹은 ON/OFF 스위치를 부착하여 사용자의 위치 추적을 할 수 있는 방법이다[6]. 이 시스템은 물리적인 접촉을 통한 시스템으로 정확하게 사용자가 있는 장소를 가리킬 수 있다. 또 압력 센서 혹은 ON/OFF 스위치를 이용함으로써 사용자의 위치 인식뿐만 아니라 발걸음 패턴 정보까지 알아낼 수 있어 사용자 정보 인식 기능까지 확대할 수 있다[6].

Smart Floor 시스템을 사용하는 방법은 다음과 같다. 먼저 위치 추적을 할 영역을 지정한다. 바닥에 센서를 부착해야 하기 때문에, 영역을 정확하게 지정해 둘 필요가 있다. 사용자가 해당 영역에 있을 때만 위치 추적이 가능하기 때문이다. 그리고 나서 센서들을 위치시켜야 한다. 그림 1은 하나의 블록에 센서 4개를 위치시킨 것을 그림으로 나타낸 것이다. 두 블록을 하나의 셀(처리 영역)로 보고, 세 개의 셀을 하나의 데이터 케이블로 묶는다. 이렇게 묶인 총 여섯 개의 데이터 케이블을 마이크로프로세서 보드에 연결하여 이를 분석한 결과를 PC로 전송한다[6].

Smart Floor 시스템을 구축할 때는 압력 센서보다는 ON/OFF 스위치를 사용하는 것이 가격 측면에서 효율적이다. 압력 센서를 이용하면 무게 측정이 가능해지기 때문에 사용자의 보다 정확한 정보를 획득할 수 있지만, 가격이 비싸다는 면에서 설치 영역에 한계가 생긴다[6]. 본 논문에서는 사용자의 정보보다는 위치 인식 기능에 초점을 두었기 때문에 Smart Floor 시스템을 ON/OFF 스위치 및 센서 기반 위치 인식 기술에 포함시켰다.

앞으로 이 시스템에서는 바닥에 일일이 부착해야 하는 등의 노동력 문제를 해결하고, 무거운 이동체의 위치도 정확하게 인식할 수 있는 기술이 요구된다.

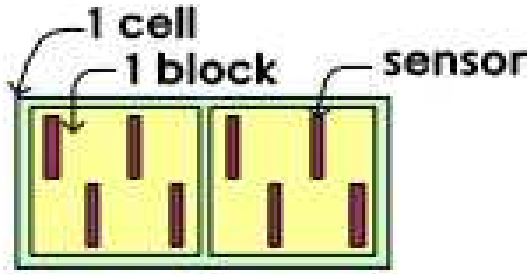


Fig. 1. Sensor Arrangement Architecture [6]

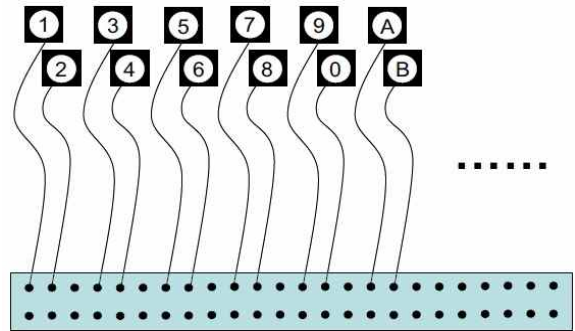


Fig. 3. Signal Detection in ON/OFF Switch Technology [3]

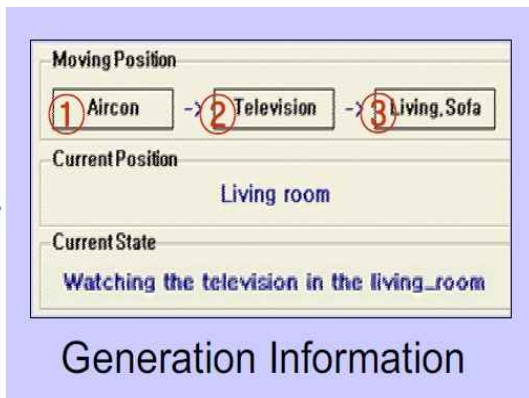
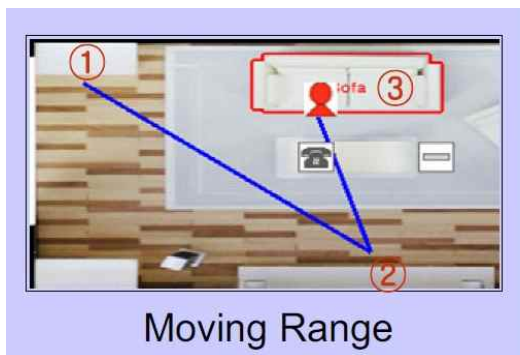


Fig. 2. Indoor Localization using ON/OFF Switches[8]

## 2. On/OFF Switch

이 시스템은 각종 시설물과 가전제품에 ON/OFF 스위치를 부착하는 기술로, 가정집 거주자의 위치를 파악하는 데 주로 사용된다. 집에 ON/OFF 스위치를 개폐 기능이 있는 전자기기와 각종 시설물에 부착한다. 그리고 거주자가 이를 개폐할 때마다 스위치가 작동하여, 홈 서버가 이를 수신하게 된다[7].

시스템 수행 방법을 차근차근 설명하자면 이렇다. 먼저, ON/OFF 센서들의 위치를 각각 등록한다. 그리고 각 센서의 ID를 초기화시킨 다음, 새로운 센서 ID를 홈 서버 시스템으로 전송한다. 그러면 홈 서버 시스템에서는 등록된 위치들을 참조하

여, 해당 센서 ID가 등록되어있는 ID인지 검사하는 작업을 한다. 만약 등록된 ID가 아닐 시에는 새로 등록하고, 등록된 ID라면 센서의 신호를 받기 위해 수신대기 모드로 들어간다. 그리고 거주자가 센서가 부착된 제품을 사용하여 해당 센서가 신호를 보내면, 그 센서 ID의 현재 시간 및 위치를 얻을 수 있게 된다 [7].

그림 2에서는 거주자가 에어컨-텔레비전-소파 순서대로 움직였다는 정보를 통해, 현재 거주자는 거실에서 에어컨을 켜고 소파에 앉아 텔레비전을 보고 있다는 정보를 알려 준다. 이런 식으로 홈 서버 시스템에서는 거주자가 사용하는 제품들의 위치 정보를 차례대로 받게 되고, 이를 통해 거주자의 이동패턴 파악, 위치 추적 등을 할 수 있다. 그 뿐만 아니라 원격통신을 통해 실시간으로 모니터링이 가능하여 거주자의 보호자, 담당 의사 등에게 거주자의 현재 위치와 상황을 그 때 그 때 알려 긴급 상황이 발생했을 시 빠른 대처가 가능하다[7].

또다른 방법으로는, 핀 번호를 이용하여 신호를 검출하는 방법이 있다. 그림 3와 같이 ON/OFF 스위치를 FPGA핀과 1:1로 연결하는 방법이다. FPGA 보드에서 각각 고유한 핀 번호를 가지도록 변환시키고, 스위치가 눌리면 해당 핀 번호와 연결된 좌표값을 통해 위치를 파악할 수 있다[8].

향후, 이 시스템에 블루투스, RFID, WLAN 등과 같은 무선 통신 기반의 위치인식 시스템을 혼합하여 보다 효율적이고 안정적인 위치기반 서비스를 연구할 예정이다[7]. 이 시스템은 거주자 자체를 인식하는 대신에, 그가 사용한 제품들을 인식함으로써 거주자의 현재 상황과 위치를 충분히 파악할 수 있고, 가정에서 쓰일 수 있는 시스템으로서 감시나 보호가 필요한 거주자에게 효율적인 시스템으로 볼 수 있다.

## III. Wireless Communication Based Indoor Localization

무선 통신 기반 위치 인식 기술은 전파를 이용해 선에 의한 연결 없이 위치를 알아내는 기술이다. 본 논문에서는 무선 통신 기반 위치 인식 기술로 Fingerprint 기술과 RFID, Beacon에 대한 설명과 그의 장단점에 대해 기술한다.

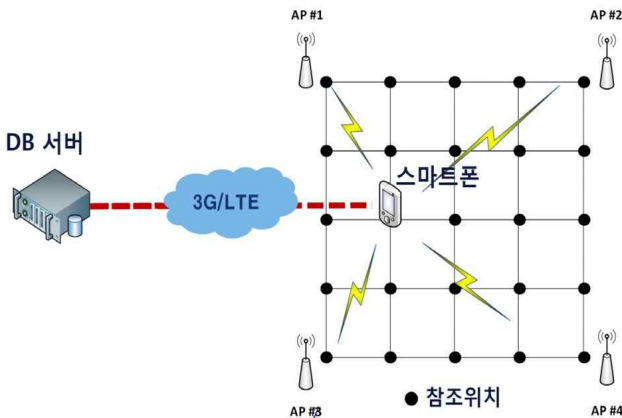


Fig. 4. Fingerprint System Architecture[10]

1. Fingerprint

Fingerprint 시스템은 임의로 여러 위치들을 지정해 놓고, 그 위치에서 받아 오는 신호 세기 정보를 이용하여 위치를 알아내는 방법이다[9]. 임의로 지정해둔 위치를 참조지점이라고 한다. 이 참조지점들을 가지고 그림 4와 같이 사용자 스마트폰과 Wi-Fi Access Point 간의 신호 세기를 측정해, 데이터베이스에 저장한다. 그렇게 저장해 둔 각 신호 세기들과, 위치를 측정할 사용자 스마트폰의 신호 세기를 하나 하나 비교해 보면서 그 중 가장 세기가 유사한 신호를 고른다. 그리고 해당 신호의 참조지점에 사용자가 위치해 있다고 판단한다.

이 시스템은 참조지점을 최대한 밀도 있게, 많이 지정해야 한다는 점에서 매우 번거롭다는 단점이 있다. 그러나 그만큼 정확도가 높아 사용자의 위치를 파악하기 유용하다. 향후에는 이러한 장단점을 보완하여 노동력과 시간의 한계를 줄임과 동시에 위치 오차가 발생하지 않는 기술로의 발전이 요구된다.

2. RFID

RFID(Radio Frequency IDentification)란 단어 그대로 번역하면 ‘전파식별’이라는 뜻으로, Radio Wave를 이용한 시스템이다[11]. RFID는 크게 Tag와 Reader로 분류할 수 있는데, 이 둘의 교신 작업으로 위치 인식이 이루어진다.

먼저 사용자가 스마트폰을 소지하고 공간에 진입하면, 사용자 스마트폰에 부착된 RFID Tag가 Reader에 감지되어 현재 위치 정보를 알 수 있게 된다[12]. RFID Reader 내부에서 신호를 보내면 근처에 있는 Tag가 자신의 고유 ID를 보내고, 이를 통해 Reader는 근처에 어떤 Tag들이 존재하고 있는지 알 수 있게 된다[5]. 이러한 RFID 기술은 유아, 노인, 애완동물 등의 위치를 추적하는 등 다양한 목적으로 쓰이고 있는데[13], 특히 유통에서 재고 관리하는 부분까지 효율적인 처리를 할 수 있어 유통분야에서 가장 많이 활용된다[14].

RFID Tag는 능동형과 수동형으로 나뉜다. 먼저 능동형 RFID Tag는 배터리가 부착되어 있다. 이를 통해 Reader의 전력을 줄일 수 있어 인식 거리가 길기 때문에 원거리에서 사용

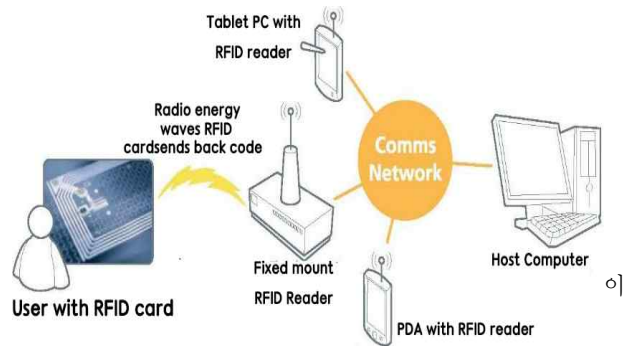


Fig. 5. RFID System Architecture[16]

가능하다. 그러나 비교적 크기가 큰 편이고 가격이 비싸다는 단점이 있다[15].

수동형 RFID Tag는 능동형 Tag와는 달리 배터리가 없고, 원거리용으로 쓰이는 능동형과는 반대로 최대 10m를 이내의 근거리에서 사용된다. 배터리가 없기 때문에 크기가 작고 가벼우며 가격이 저렴하다. 그러나 인식 거리가 짧고 Reader의 전력을 줄일 수 없어 많은 전력이 쓰이는 단점이 있다[15].

향후 이러한 단점을 보완하여 저렴한 가격에 인식 거리를 늘려 보다 효율적인 위치 인식을 가능케 하는 기술적 발전이 요구된다.

3. Beacon

Beacon이란 블루투스 기술을 이용한 무선 통신 장치 중 하나로, 근처에 스마트폰이 있을 경우 이를 감지하여 그에 관한 서비스 및 정보를 제공해 주는 기술이다. 사용자가 스마트폰을 소지한 채 매장 근처에 들어서면, Beacon이 이를 인지하여 스마트폰을 통해 사용자에게 매장 물품의 할인 정보나 각종 서비스 정보 등을 제공해 준다[17]. 사용자는 이러한 정보들을 가지고 매장에 방문하여 알뜰한 쇼핑을 즐길 수 있으며 기업 역시 홍보 효과를 통해 이익을 얻을 수 있으므로 서로 윈윈할 수 있는 시스템이라 볼 수 있다.

이렇듯 Beacon은 마케팅 분야에서 매우 효율적으로 사용될 수 있다. 그러나 실제로 Beacon을 이용한 사례는 더욱 다양하다. 낯선 곳을 여행하는 여행객들에게 근처의 여행지에 대한 정보를 제공해 준다거나, 박물관이나 전시회 안내 기능, 내비게이션 기능 등으로 활용도가 매우 높다.

Beacon의 작동 원리는 다음과 같다. 먼저, 매장 근처에 들어선 사용자의 스마트 기기에 Beacon이 특정 ID 값을 전송한다. 이를 인식한 스마트 기기가 받은 ID 값을 서버에 전달한다. 그리고 나서 서버에서는, 스마트 기기의 위치를 인식하여 그 위치에 해당하는 A 매장의 각종 정보 및 서비스를 스마트 기기에 전송하는 원리이다[17].

향후 Beacon은 과도한 사용으로 전파 자원이 낭비되는 것을 방지하고, 중복 투자를 예방하기 위한 공공 Beacon 통합 관리 가이드라인 제정 등의 정책적인 관리 또한 요구된다. 또한 이용

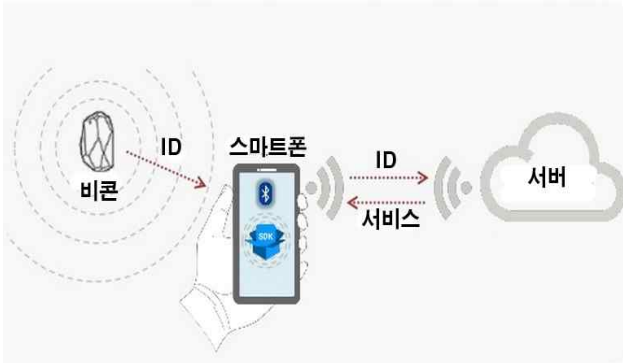


Fig. 6. Beacon service [17]

자가 아무런 행동을 취하지 않아도 알아서 이용자의 위치를 파악하여 관련 서비스를 제공한다. 마케팅 분야에서 크게 발전할 수 있을 것으로 보인다[18].

#### IV. Image Based Indoor Localization

영상 기반 위치 인식은 카메라로 촬영한 영상을 기반으로 시각적인 기술로 이동체를 인식하여 위치를 인식하는 기술이다. 본 논문에서는 이러한 영상 기반 위치 인식 기술의 대표적인 예로 CCTV와 천장 영상 기반 기술에 대해 설명하고 각각의 장단점을 기술한다.

##### 1. CCTV

CCTV 실내 측위 기술은, 실내에 설치된 감시 카메라 즉 CCTV를 통해 추출한 영상을 분석하여 보행자의 위치를 알아내는 기술이다. 이 기술은 Full-HD & 30fps 디지털 동영상을 분석하여 측위영역을 추출하여 보행자를 검출하고 위치를 알아낸다[19]. 말 그대로 카메라로 촬영한 영상을 가지고 그 영상 속에서 보행자를 인식해 내는 것이다.

위에서 설명한 무선 통신 기반 위치 인식은 사용자가 가지고 있는 스마트 기기와 해당 장소의 기기가 서로를 인식하여 위치를 나타낸다면, 이 기술은 사용자가 어떠한 기기를 소지하고 있지 않아도 위치를 측정해 낼 수 있다. 건물마다 흔히 있는 감시 카메라를 기반으로 한 기술이라면 더욱 발전시킬 필요가 있다고 보인다.

이 기술은 아직 본격적인 사업화가 진행되지 않은 기술이다. 그러나 무선 통신 기반 위치 인식 기술이 많이 발전해 나가는 가운데, 영상 자체를 분석하여 위치를 인식하는 기술은 차별성을 지니며 상황에 따라 더욱 효율적인 기술이 될 수 있다. 본 논문에서는 이 기술을 CCTV 기술로 표했지만 실제로는 그 뿐만 아니라 다른 카메라로 촬영된 영상이어도 이 기술을 이용한다면 영상 분석을 통한 위치 인식이 가능할 것이다.



Fig. 7. CCTV indoor localization[19]

##### 2. Ceiling Image

로봇을 이용한 위치 인식 기술 역시 현대 사회에서 무시할 수 없는 기술이다. 삼성에서 개발한 로봇 청소기를 그의 한 예로 들 수 있다. 대표적인 로봇의 위치 인식 기술로는 SLAM 기법을 들 수 있다. SLAM 기법이란 로봇이 각종 다양한 센서를 이용하여 수집한 정보로 주위 환경에 대한 지도를 작성하여 그 지도로부터 자신의 위치를 알아내는 기법을 말한다[20][21]. 본 논문에서 논할 기법은 로봇을 이용해 천장 영상을 기반으로 하는 위치 인식 기술이다.

먼저 천장 지도를 작성해야 한다. 그러기 위해서는 로봇이 이동을 하면서 일정한 간격으로 천장 영상 정보, 위치 정보를 저장해야 한다. 처음 촬영한 천장 영상에 두 번째로 촬영한 천장 영상을 통합시키고, 그 다음에 세 번째로 촬영한 천장 영상을 통합시키는 식으로 천장 지도를 완성해 나간다. 그렇게 완성된 천장 지도와 현재 위치에서 촬영되는 천장 영상을 가지고 현재 위치를 파악할 수 있다. 이 과정을 ‘영상정합’이라고 하는데, 이렇게 두 영상(완성된 천장 영상지도와 현재 위치에서 촬영된 천장 영상)을 정합하면 천장 영상지도에서 현재 위치의 천장 영상의 지점 좌표를 알 수 있다[21]. 이러한 좌표변환 방식으로 위치 인식이 가능하다.

향후에는 보다 넓은 공간에서 천장 영상을 분석하여 위치를 인식하는 기술로 발전할 것으로 보인다. 또한 천장에 대한 제약 조건 없이 어떠한 환경 속에서도 위치인식을 가능케 하는 기술적 부분이 요구된다.

Table 1 Analysis of Indoor localization technologies O: Good, △: Medium, X: Bad

	ON/OFF Switch and Sensor		Wireless Communication			Image	
	Smart Floor	On/Off Switch	Fingerprint	RFID	Beacon	CCTV	Ceiling Image
Space Limitation	O	△	O	O	O	O	△
Labor	X	△	X	△	O	O	△
Cost	O	O	△	△	O	X	O
Accuracy	O	△	O	O	△	△	△
Light Limitation	O	O	O	O	O	X	X
Additional Installation	△	O	O	O	O	O	△

## V. Analysis

본 논문에서는 실내 위치 인식 기술에서 가장 중요시 되는 조건들을 정의하고, 앞서 소개한 기술들을 이에 따라 분석한다. 중요시 되는 조건에는 공간의 제약, 노동력, 비용, 정확성, 빛의 제약, 추가 장치 등이 있다.

- **공간의 제약** : 어떠한 공간에서도 효율적인 위치 인식이 가능한 지를 판단하는 사항이다.
- **노동력** : 위치 인식 기술을 사용하려 할 때 노동력이 많이 요구되는 지를 판단한다.
- **비용** : 위치 인식 기술을 위한 장비 준비 등의 소모되는 비용이 어느 정도인지 나타낸다.
- **정확성** : 이동체의 위치를 얼마나 정확하게 인식하여 나타내는 지를 판단한다. 위치 인식 기술에서 가장 핵심적인 사항이다.
- **빛의 제약** : 시각적으로 이동체를 인식하는 기술이라면 빛의 제약이 따를 수 있다.
- **추가 장치** : 위치 인식 기술에 대표 기술 장비 말고도 추가 장치들이 얼마나 필요한지를 나타낸다.

표 1은 각 대표적인 기술들을 중요시 되는 조건들에 대해 분석한 표로써, O, △, X 기호들은 각각 좋음, 보통, 나쁨을 의미한다. 먼저 공간의 제약 측면에서는 대체로 큰 제약이 없었다. 그러나 그 중에서 ON/OFF 스위치 및 센서 기반 기술인 시설물·제품 등에 부착 방법과 영상 기반 기술인 천장 영상 방법은 각각 개폐 기능 제품들이 존재해야 한다는 점, 천장의 특이성이 존재해야 한다는 점에서 어느 정도 공간의 제약이 있다고 보인다.

그리고 ON/OFF 스위치 및 센서 기반 기술인 Smart Floor와 무선 통신 기반 기술인 Fingerprint, 는 노동력이 많이 요구된다는 단점이 있다. Smart Floor는 사용자가 이동하는 곳의 바닥에 일일이 설치를 해야 하고, Fingerprint는 밀도 높게 참조 지점을 지정해 주어야 한다. 무선 통신 기반 기술인 Beacon

은 인지 거리가 최대 50m 된다는 점에서 밀도 있게 설치하지 않아도 되며, 영상 기반 기술인 CCTV 시스템에서는 카메라 설치를 제외하곤 크게 노동력이 요구되지 않는다.

또, ON/OFF 스위치 및 센서 기반 기술들은 비용적 측면에서 효율적이다. 별다른 장비보다 스위치가 주된 장비가 되므로 큰 비용이 발생하지 않는다. 무선 통신 기반 기술인 Beacon 또한 하나당 20~30달러 정도의 부담되지 않는 가격이다. 그에 비해 같은 무선 통신 기반 기술인 Fingerprint와 RFID는 각각 참조 지점 지정, 태그 가격 면에서 어느 정도 비용이 발생한다. 영상 기반 기술들도 상반 된 결과가 나오는데, CCTV 기술의 경우는 감시 카메라 하나 가격도 저렴하지 않을뿐더러 여러 대를 설치해야 하므로 만만치 않은 비용이 예상된다. 그에 반해 천장 영상 기술은 모노카메라를 이용하면 저렴한 가격으로 쓰일 수 있다.

무엇보다 중요한 정확성 부분에서는 바닥에 부착된 ON/OFF 스위치 및 센서로 직접 사람의 발걸음을 인식하는 Smart Floor, 참조 지점이 많은 만큼 정확도가 올라갈 수밖에 없는 Fingerprint, 장애물에 의한 오차가 없는 RFID 기술이 가장 뛰어나다. 다만, RFID는 인지 거리가 짧기 때문에 밀도 있는 설치가 요구된다. 그 밖의 시설물·제품 등에 부착 기술은 사용자 인식이 아닌 사용자가 사용한 제품을 인식한다는 면에서 정확도에 한계가 보이고, Beacon은 개수가 많을수록 오차가 발생하기 쉬워진다. 영상 기반 기술인 CCTV와 천장 영상은 시각적인 인식이기 때문에 정확성이 보장되지 않는다.

그러므로 시각에 영향을 주는 빛의 제약 조건에서 CCTV와 천장 영상은 오차가 발생할 확률이 높아진다. 그에 비해 ON/OFF 스위치 및 센서 기반 기술들은 빛에 관계 없이 사용할 수 있으며, 무선 통신 기반 기술인 Fingerprint, RFID, Beacon 역시 빛의 제약을 받지 않는다.

다른 기술들에 비해 추가 장치가 필요하다고 보이는 기술은 Smart Floor와 천장 영상 기반 측위 기술이다. 이 기술들은 각각 마이크로세서 보드, 로봇 등의 추가 장치가 있어야 구현이



가능하다.

이렇듯 각 조건별로 대표적인 기술들을 살펴본 결과, ON/OFF 스위치 및 센서 기반 기술들은 대체로 저렴한 비용, 그리고 빛의 제약을 받지 않는다는 장점이 나타났다. 무선 통신 기반 기술들은 빛뿐 아니라 공간의 제약도 없어 다양한 곳에서 사용할 수 있으며, 별다른 추가 장치도 요구되지 않는다. 또한 영상 기반 기술들은 시각적인 기술들이라는 점에서 정확성과 빛의 제약에 한계성을 보인다.

## VI. Conclusions

본 논문에서는 실내 위치 인식 기술들을 세 가지 ON/OFF 스위치 및 센서 기반 기술, 무선 통신 기반 기술, 영상 기반 기술로 나누어 각 기술에 대한 설명과 향후 발전 방향을 기술하였다. 각각의 기술의 대표 기술들을 살펴보니, 오늘날 과학의 많은 발전으로 인해 위치 인식 기술이 실외 뿐 아니라 실내에서도 유용하게 쓰일 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한 위치 인식 기술에서 중요시 되는 조건들을 각 기술에 부합하여 분석하고, 각 기술별 장단점을 표로 정리하여 나타났다. 기존의 위치 인식 기술들을 세 파트로 나누어 기술한 본 논문을 통해 앞으

로의 실내 위치 인식 기술은 더욱 효율적으로 발전할 수 있을 것이다. 본 논문은 미래의 실내 위치 인식 기술의 발달에 보탬이 되고자 한다.

앞으로의 실내 위치 인식 기술은 공간의 제약 없이 다양한 곳에서 사용이 가능하고, 노동력이 많이 요구되지 않으며, 저렴한 비용으로 높은 정확성을 자랑하고, 빛의 제약을 받지 않으며 추가 장치를 필요로 하지 않는, 누구나 어디서든 쉽게 이용할 수 있는 기술로 발전해야 할 것이다.

## REFERENCES

- [1] Jongam Jeon, Naesoo Kim, Jeonkil Go, Taejoon Park, Hoyong Kang, Cheolsick Pyo, "IoT device products and technology trends"
- [2] Hyuk Jeong, Deoho Lee, "Evolution and policy recommendations of IoT", 2014.
- [3] SeonTae Kim, Jongsoo Jeong, Joonken Song, Haeyong Kim, "Trends of IoT Device Platforms and Building its Ecosystems", 2014.
- [4] Yoonzi kim, "Present and Future of IoT market"

Table 2 Advantages and disadvantages of indoor localization technologies

	Advantage	Disadvantage
Smart Floor	위치 인식 뿐 아니라 발걸음 패턴을 통한 사용자 인식까지 가능하여 폭넓은 기능을 자랑하며, 바닥에서 물리적 접촉으로 인한 직접적인 인식을 하는 시스템이므로 어떤 환경 속에서도 정확하게 측정이 가능하다는 장점이 있다. 또한 ON/OFF 스위치를 이용함으로써 저렴한 비용으로 설계가 가능하다.	바닥에 직접 부착을 해야 하기 때문에 사용자 이동 거리가 긴 경우에는 설치 시 꽤나 많은 노력이 요구된다. 또한 바닥에서 인식을 하는 시스템이다 보니 무게가 무거운 차량 등의 이동체는 인식하는 데 무리가 될 수 있다.
On/Off Stitch	사용자가 어떤 순서로 이동하였는지(이동궤도), 얼마나 이동하였는지(이동거리) 등을 파악할 수 있다. 또한 실시간 모니터링이 가능하여 위급한 일이 생겼을 때를 대비할 수 있고, 간단히 스위치를 이용한 시스템이므로 비용이 많이 들지 않는다.	사용자를 인식하는 게 아닌, 센서가 부착된 시설물이나 제품만을 인식한다는 점에서 오차 발생의 가능성이 있으며, 거주자의 사생활 침해로 악용되거나 문제가 생길 수 있다는 단점이 있다.
Fingerprint	정확도가 매우 높은 편이고, 복층 구조 같이 복잡한 실내 공간에서도 위치 측정이 가능하다.	참조지점에서의 신호 세기 정보를 수집하는 건 수동적인 일이므로, 참조지점의 수가 많이 요구될수록 많은 노동력과 시간이 요구된다[9]. 또한 사용자 스마트폰과 Access Point 간의 거리가 멀어질수록 신호 세기가 크게 변화하지 않기 때문에 그 만큼의 오차가 발생하기 쉽다[10].
RFID	근접 센서이므로 장애물로 인한 오차가 발생하지 않는다. 또한 수동형 Tag의 경우에는 가격이 저렴하고 가벼우며, 능동형 Tag는 작은 안테나를 부착하여 인식 거리를 늘릴 수도 있다[5].	능동형 Tag의 경우 크기가 크고 가격이 비싸며, 수동형 Tag는 인식 거리가 짧다. 그렇기 때문에 수동형 Tag를 사용하여 이동 거리가 많은 사용자의 위치를 측정할 경우에는 여러 개를 배치해야 하는 번거로움이 있다.
Beacon	저전력 블루투스를 지원하는 블루투스 4.0 기술 기반으로 작동되므로 스마트 기기의 배터리 소모량이 적다는 장점이 있다. 또 최대 50m까지 인지 가능하다는 점에서 인지 거리 기술이 뛰어난 편이고, 기업 입장에서는 매우 효과적인 마케팅이 될 수 있다.	비콘이 많아질 경우, 신호 간섭 등으로 인해 수신율에 문제가 생겨 제대로 작동하지 않을 수도 있다는 단점이 있다[18].
CCTV	영상 내에서 객체를 검출하여 위치를 알아내는 방식이라는 면에서, 사람은 물론 동물이나 차량 같은 기타 이동체에도 적용이 가능하며, 감시 카메라를 이용한 기술로서 공공안전, 보안 분야와의 융합도 가능하다[19]. 또한 사용자가 별다른 장비를 소지하고 있지 않아도 영상에서 보행자를 검출해 내기 때문에 위치 인식에 문제가 없다는 것이 큰 장점으로 보인다.	여러 명의 보행자가 겹쳐 촬영될 경우 문제가 생길 수 있고, 주위 환경에 따라 위치 측정에 오류가 발생할 수 있다[19]. 또한 CCTV 가격으로 인해 비용이 많이 든다.
Ceiling Image	로봇 주변의 동적 장애물(ex. 사람, 차량)이 카메라의 시야를 방해하는 일이 없어 지속적으로 관찰이 가능하고, 연산의 양이 많지 않으므로 임베디드 시스템의 사양에 크게 영향 받지 않는다[20].	환경에 따라 천장의 개별적인 특징이 부족하여 오차가 생길 확률이 높아질 수 있다[20].

- [5] Youngsoo Cho, Seongyeon Cho, Byungdo Kim, Seongho Lee, Jaecheol Kim, Wansik Choi, "Technical Trend of Indoor/Outdoor Seamless Positioning", June. 2007.
- [6] Jaeseok Yun, Seunghun Lee, Youngjung Suh, Jeha Ryu, Woontack Woo, "Information Integration System for User Recognition and Location Awareness in Smart Environment"
- [7] Dong-In Ahn, Myung-Hee Kim, Su-Chong Joo, "Location Tracking and Remote Monitoring System of Home Residents using ON/OFF Switches and Sensors", 2005.
- [8] Chung-Sub Lee, Hi-Soon Park, Nam-Gyun Kim, Su-Chong Joo, School of Electrical, Electronic and Information Engineering, Wonkwang University, Division of Bionics and Bioinformatics, Chonbuk National University, "Indoor\_Location Tracking System Based on ON/OFF Switches and Sensors", 2005.
- [9] Sanghyun Son, Youngjoon Park, Beomjun Kim, Yunju Baek, "Wi-Fi Fingerprint Location Estimation System Based on Reliability", 2013.
- [10] Dev Anand Priya, Sohyang Lee, Yoonjeong Lee(Ajou University), Joohyun Lee, Minsoo Kwak(Ewha Women's high school), Soohyun Lee, Hyunjin Kim(Seomoon Women's high school), "Development and performance analysis of Fingerprint technology-based indoor location estimation system", 2014.
- [11] <http://www.repia.com/product/rfid01.html>
- [12] Jaeho Sim, Seungjin Han, Kiwook Rim, Junghyun Lee, "User Localization System for SmartHome Service", 2007.
- [13] Sang-Sun Lee, "Location system using RFID Tag", <http://www.google.com/patents/WO2010067947A1?cl=ko>, 2009.
- [14] Bonggi Jun, "Design of Spatio-temporal Indexing for searching location of RFID Objects". 2014.
- [15] Hakyong Kim, "RFID Tag technology"
- [16] Ruckus Wireless, "Wifi에서의 위치 기반 서비스" "Location-based services in Wifi"
- [17] Nasmedia, "Another innovation of location-based technology, Beacon", <http://www.slideshare.net/nasmedia/ss-42950860>, Dec 22, 2014.
- [18] Korea Information Agency, "Beacon service emerges and new business diffusion No. 8", Dec 10, 2014.
- [19] Seonghoon Kwak, "Image analysis -based indoor positioning technology", Mar 2, 2015.
- [20] Jae-Bok Song, Seo-Yeon Hwang, "Past and State-of-the-Art SLAM Technologies", Jan 24, 2014.
- [21] Heo Hwan, Song Jae-Bok, "Global Localization Based on Ceiling Image Map", 2014.

## Authors



Cheong-Mi Kim is an undergraduate student in the department of Media Software from Sangmyung University, Seoul, Korea. Miss Kim entered the Department of Media Software at Sangmyung University, Seoul, Korea in 2013. She is interested in computer network and localization technologies.



Beakcheol Jang received the B.S. degree from Yonsei University in 2001, the M.S. degree from Korea Advanced Institute of Science and Technology in 2002, and the Ph.D. degree from North Carolina State University in 2009, all in Computer Science. Dr. Jang joined the faculty member of the department of Media software at sangmyung University, Seoul, Korea, in 2012. He is currently an assistant professor in the Department of Media Software, Sangmyung Univerisy. He is interested in wireless networking with an emphasis on ad hoc networking, wireless local area networks, and mobile network technologies.