

융합연구리뷰

Convergence Research Review

이택진 (한국과학기술연구원 책임연구원)
위치, 콘텐츠와 결합하다

김학일 (인하대학교 정보통신공학과 교수)
인공지능 시대 보안 위협에 대응한 바이오인식 기술 동향

CONTENTS

- 01 편집자 주
- 03 위치, 콘텐츠와 결합하다
- 53 인공지능 시대 보안 위협에 대응한 바이오인식 기술 동향



융합연구리뷰 | Convergence Research Review
2020 May vol.6 no.5

발행일 2020년 5월 11일

발행인 김주선

편집인 최수영·권영만

발행처 한국과학기술연구원 융합연구정책센터

02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

Tel. 02-958-4980 | <http://crpc.kist.re.kr>

펴낸곳 주식회사 동진문화사 Tel. 02-2269-4783



● 위치, 콘텐츠와 결합하다

스칸디나비아에서 활동하던 바이킹(viking)은 그들의 뛰어난 항해술을 바탕으로 영국과 유럽의 해안지역을 휩쓸고 다니며 그 위세를 떨쳤다. 바이킹이 다른 뱃사람들보다 우월했던 이유는 물론 뛰어난 항해술이 기본이었지만, 태양과 별의 위치, 해안 지형지물을 활용한 위치 파악 등 드넓은 해양에서 정확한 위치 파악이 가능했기 때문이다. 이후 나침반의 발명으로 방향파악이 한결 정교해지며 고전 항법의 시대가 열렸고, 기술이 지속적으로 발달하면서 기계·전자 기술을 이용한 항법 기술이 발달하게 되었다.

이에, 본 호 1부에서는 최신 위치 인식 기술 동향, 실외 및 실내 위치서비스가 분야별 콘텐츠와 결합했을 때 발생 가능한 시너지에 대해 알아보았다. 또한, KIST에서 현재 진행 중인 차세대 'seamless' 위치인식 기술과 해당 기술이 실제로 적용된 카카오톡 사례를 간략히 알아보았다. 'Seamless' 기술은 터널, 지하도로, 지하주차장, 실내 등에 적용되어 언제, 어디서나 끊임 없는 내비게이션 서비스를 받을 수 있도록 해주며, 이를 통해 현재 실외에서 높은 위치정확도를 보이는 위치인식 기술을 한 단계 끌어올려 줄 것으로 예상된다.

본 호 1부를 통해 단순히 공간 속 사용자의 위치를 파악하던 기술에서, 지금은 위치정보를 기반으로 추가적인 콘텐츠를 제공하는 단계까지 발전한 위치인식 기술에 대해 알아보았다. 단순한 위치정보(주소, 좌표 등)를 통해 기본 적 없던 곳을 내비게이션 안내로 한 번에 찾아가고 낯선 곳에서의 위치를 지도 앱을 통해 정확히 파악할 수 있는 시대에서, 앞으로는 처음 방문하는 실내공간 내에서의 위치 또한 다양한 방법으로 알 수 있을 것이다. 이를 통해 지금보다 다양한 콘텐츠가 발굴되어 이전에는 없던 '위치기반-x'를 기대해 본다.

● 인공지능 시대 보안 위협에 대응한 바이오인식 기술 동향

불과 10여 년 전만 하더라도 지문인식으로 개인인증을 하여 결제를 하고, 출입문을 열고, 홍채 또는 정맥인식을 통해 은행거래를 하는 것은 미션 임파서블과 같은 영화에서만 가능한 일이었다. 현재는 지문인식 기능이 있는 스마트폰을 가진 누구나 지문·얼굴인식으로 핸드폰 잠금 해제를 할 수 있고 본인인증을 통해 전자상거래 또는 은행 업무를 간편하게 처리할 수 있다. 바이오인식은 여러 분야에서 사용자의 신원을 확인하는 기술로 폭넓게 보급되어 지금은 실생활 깊숙이 자리 잡고 있다.

이에, 본 호 2부에서는 개인마다 다른 신체적 특징인 지문, 얼굴, 홍채, 정맥 등과 행동적 특징인 음성, 서명, 걸음걸이 등을 이용하여 개인의 신원을 확인하는 사용자 인식 기술인 바이오인식과 인식 시스템의 보안 이슈에 대해 알아보았다. 2023년 418억 달러(약 51조 5,600억 원)의 시장 규모를 형성할 것으로 예상되는 바이오인식 기술은 다른 시스템과 비교하여 편리성과 동시에 보안성이 강하다는 장점이 있으나, 위변조를 통한 우회 인증이 이루어질 경우 제 3자가 개인의 바이오 정보를 변경·저장할 수 있다는 취약점이 있다.

본 호 2부를 통해 간편하고, 보안성이 강한 바이오인식 기술의 발전 가능성 및 차기 연구 가능 분야(보안 및 인식 정밀도 향상 등)에 대해 알아보았다. 최소한의 접촉으로 본인인증 및 각종 관리가 가능한 바이오인식은 점차 저비용-고효율의 추세로, 더 많은 기기 및 장소에서 사용됨과 동시에 위변조 선별 기술도 지속해서 연구되고 있다. 가까운 미래에는 완벽에 가까운 인식 시스템을 통해 빠르게 보안을 확실한 바이오인식 기술을 기대해 본다.



융합연구리뷰

Convergence Research Review 2020 May vol.6 no.5



01

위치, 콘텐츠와 결합하다

이택진(KIST 센서시스템연구센터 책임연구원)

I 위치를 경험하다

1. 항법의 역사

인류는 오래전부터 목적지에 가기 위해 자신의 위치를 알고자 했다. 위치를 아는 가장 좋은 방법은 주위의 지형지물을 이용하는 것이다. 주위의 지형지물을 보고, 나의 상대적인 위치를 인식하고, 이를 기반으로 내가 가야 할 방향과 거리를 추정하는 것이다. 하지만 실제적으로 가장 먼저 항법(navigation)에 눈을 뜬 사람들은 바다에 있는 사람들이었다. 항법은 영어로 Navigation(내비게이션)으로 라틴어 Navigere에서 유래되었으며, ‘배’를 뜻하는 Navis와 ‘움직이다, 인도하다’를 뜻하는 agere의 합성어로 항해와 관련 기술을 의미한다(윤선일, 2017). 바다위 배를 움직이는 선원들은 활용 가능한 지형지물이 많지 않기 때문에, 태양이나, 별자리를 보고 위치를 파악하였다. 이후 나침반의 발명은 선원들에게는 큰 도움이 되었을 것이다.

그림 1. 한나라 시대의 국자 나침반



(출처: 위키피디아, 나침반)

나침반과 같은 고전 항법의 시대가 저물고, 기술이 발달하면서 기계·전자 기술을 이용한 항법기술이 발달하게 된다. 새로운 항법기술은 크게 두 방향으로 발전하게 되는데, 하나는 관성항법 시스템(Inertial Navigation System)이고 다른 하나는 전파항법시스템(Radio Navigation System)이다.

관성항법 시스템은 추측항법(Dead Reckoning) 기술로, 가속도 센서(Accelerometer)를 2회 적분하여 이동 거리를 추정하고, 자이로스코프 센서(Gyroscope)를 1회 적분하여 이동 방향을 추정한 후, 이동 거리와 방향을 기반으로 사용자의 이동 위치를 추정하는 방법이다. 관성항법은 적분을 통해 위치해를 추정하기 때문에, 시간이 지남에 따라 위치해가 발산하는 경향을 보인다. 이를 보정하기 위한 다양한 기술이 발달했으나, 실제 항법이 가능한 수준의 시스템 가격은 수천만 원 수준으로 주로 미사일이나, 항공기에서 활용되었다.

전파항법은 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 지상에 설치된 전파 송신기를 이용하는 시스템으로 오메가(Omega), 로란(Loran: Long Range Area Navigation), VOR/DME(VHF Omni-directional Range/Distance), 자동 계기착륙장치(ILS: Instrument Landing System) 등이 있다. 오메가는 잠수함이 사용했던 군용 항법 시스템이고, 로란은 배나 항공기, VOR/DME와 자동계기착륙장치는 항공기에서 사용하는 항법 시스템이다. 모두 일반 사용자는 사용이 불가능한 시스템이었다.

전파항법 시스템의 또 다른 하나는 바로 위성에서 전파를 송신하는 위성항법 시스템이다. 최초의 위성항법은 Transit이라는 미국의 항법 시스템으로, 주로 배에서 사용한 시스템이다. 실제 대중화된 것은 '전 지구 위성항법 시스템(GNSS: Global Navigation Satellite System)'으로 미국의 GPS, 러시아의 GLONASS, 유럽의 Galileo, 중국의 Beidou가 있다. 이중 가장 널리 사용되는 것이 미국의 GPS이다.

표 1. 세계 각국의 위성항법시스템

시스템	GPS	GLONASS	Beidou	Galileo
운영국가	미국	러시아	중국	유럽
Coding	CDMA	FDMA/CDMA	CDMA	CDMA
궤도	20,180km	19,130km	21,150km	23,220km
위성 주기	11.97 hours (11h 58m)	11.26 hours (11h 16m)	12.63 hours (12h 38m)	14.08 hours (14h 5m)
위성수(설계)	24기 이상	31기	35기	24기
Frequency	1.57542GHz(L1 signal) 1.2276GHz(L2 signal)	Around 1.602GHz(SP) Around 1.246GHz(SP)	1.561098GHz(B1) 1.589742GHz(B1-2) 1.20714GHz(B2) 1.26852GHz(B3)	1.164-1.215GHz (E5a and E5b) 1.215-1.300GHz(E6) 1.559-1.592GHz (E2-L1-E11)
Status	정상운영	정상운영	진행 중	진행 중

2. GPS의 등장과 개인 항법의 시작

미국의 GPS는 1973년 미국 국방부(U.S. Department of Defense) 주도로 개발이 시작되었고, 1978년 첫 GPS 위성을 발사하였다. 1993년까지 총 24개의 위성이 발사되어, 궤도에 올라 정상운용(FOC: Full Operational Capability)이 시작되었다. 이후 1990년대에 걸프전을 거치면서 GPS의 사용이 폭발적으로 증가하게 되었고, 2000년 5월 2일, GPS에 포함된 고의 성능 저하 오차를 제거하면서, 민간에서도 쉽게 사용할 수 있게 되었다. 2000년대부터 GPS를 쉽게 사용할 수 있게 되면서, 일반인들도 차량 항법인 내비게이션을 통해 GPS를 사용하였고, 항법이라는 것을 인식하기 시작하였다.

예를 들면, 새로운 여행지에 도착하여, 여행안내소에서 지도부터 찾았던 여행 경험은 이제 기억으로만 남아있고, 대부분 사람은 전자지도와 GPS를 이용해 길을 찾고 있다. GPS는 위치 기반 서비스(LBS: Location Based Service)를 가능하게 했고, 많은 사람은 새로운 여행지에서 구글지도 등을 통해 관광지, 상점, 식당 등에 대한 다양한 정보를 얻고 있다. 이 모든 것이 GPS를 통해 시작되었다고 보는 것은 결코 과하지 않다.

GPS는 최소 24기의 항법 위성, 지상제어국으로 구성된다. 현재는 약 30기 이상의 항법위성이 지상 약 20,000km 상공의 궤도에서 운용되고 있다. 또한 위성은 약 12시간 마다 지구를 한 바퀴씩 돌고 있다. 각 위성은 2개 이상의 원자시계를 탑재하고 있으며, 위성 간 시각이 모두 동기되어 있다. GPS 위성에서는 다양한 주파수로 신호를 방송하게 되는데, 민간이 주로 사용하는 신호는 L1 주파수(1575.42MHz)로, 총 4개의 위성에서 신호를 수신하여 자신의 위치를 계산할 수 있다. 이는 사용자의 3차원 위치(x, y, z)와 사용자 수신기 시계와 GPS 시간과의 시계오차(Clock Bias)의 총 4개의 미지수를 계산해야하기 때문이다. GPS 사용자는 4개 위성까지의 거리를 추정하고, 이를 기반으로 삼각측량을 통해 자신의 3차원 위치와 함께 GPS 시간과의 차이인 시계오차를 계산할 수 있다. GPS의 위치 오차는 수평에서 대략 5m~10m 수준으로 알려져 있으며, 수직 방향 오차는 수평 오차의 약 1.5배 수준이다. 다만 GPS는 위성 신호를 사용하기 때문에, 다양한 오차 요인이 발생하게 되며, 특히 위성의 가시성에 큰 영향을 받는다. 따라서 실내에서는 사용이 불가능하며, 빌딩이 많은 도심에서는 위치 오차가 수십 미터에 이르기도 한다.

그림 2. GPS Block II-F 위성



(출처: 위키미디어 커먼스)

3. 최신 위치 인식 기술 동향

3.1. 위성항법의 정확도를 높여라

GPS가 제공하는 위치정확도는 대략 10~20m 수준이다. 이러한 위치정확도에 만족하지 않고, 정확도를 더 높이기 위한 시도가 있는데 그중 하나가 보정 항법(augmentation system) 기술이다. 보정 항법은 그 방식에 따라 두 가지로 나뉘는데, 하나는 지상 기반 보정 항법(GBAS: Ground Based Augmentation System)이고, 다른 하나는 위성 기반 보정 항법(SBAS: Satellite Based Augmentation System)이다. 보정 항법 시스템은 위성항법 신호 중, 보정 가능한 전리층 및 대류층 지연 보상치 제공을 주목적으로 한다. 지상 기반 보정 항법 시스템을 사용하는 대표적인 나라는 호주로 GRAS(Ground-based Regional Augmentation system)를 운영하고 있다. 많은 나라는 아래 그림과 같이 위성 기반 보정 항법 시스템을 사용하고 있다. 미국은 WAAS(Wide Area Augmentation System), 유럽은 EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service), 러시아는 SDCM(System for Differential Correction and Monitoring), 일본은 MSAS(Multi-functional

Satellite Augmentation System), 인도는 GAGAN(GPS Aided Geo Augmented Navigation) 등을 운영하고 있다. 우리나라 역시 2022년 운영을 목표로 'KASS'라는 이름의 위성 기반 보정 항법 시스템을 제작·구축 중에 있다. 우리나라의 경우도 위성 기반 보정 항법 시스템이 구축되면 GPS 위치 오차가 미터급으로 향상되고, 시스템의 신뢰성을 크게 높여줄 수 있다.

그림 3. 전 세계 위성 기반 보정 항법 시스템 서비스 커버리지



전세계 운영 및 개발중인 SBAS 시스템

구분	WAAS	EGNOS	MSAS	GAGAN
국가	미국	유럽	일본	인도
주관기관	미연방항공청	유럽우주청, 유로컨트롤	국토교통성	인도항공공사
운용개시	2003	2011	2007	2015
사용위성	INMARSAT 등 (3기)	INMARSAT 등 (3기)	MTSAT (1기)	GSAT (3기)

(출처: KASS SBAS 사업단)

3.2. 위성항법이 안되는 곳에서도 위치가 필요하다

앞에서 언급한 보정 항법 시스템은 보정이 가능한 전리층, 대류층 지연 오차를 보정하는 것이다. 하지만 위성항법 시스템은 보정이 어려운 오차를 포함하고 있다. GPS는 지상 20,000km 궤도에 있는 위성에서 방송하는 신호를 이용하기 때문에, 위성의 가시성이 성능에 매우 큰 영향을 준다. 즉, 주변에 높은 건물이 없는 평지에서는 매우 우수한 측위 성능을 보이나, 높은 건물이 많은 도심에서는 위치 오차가 커질 수밖에 없다. 무엇보다도 건물 내부로 들어갈 경우, 대부분은 GPS를 사용하는 것이 불가능해진다. GPS를 사용할 수 없는 공간은 실내, 지하주차장, 지하차도, 터널 등이다. 사실상 사람들이 생활하는 공간 대부분이 포함된다고 할 수 있다.

위성항법 기술의 사용이 불가능한 실내환경에서 위치를 인식하기 위한 실내위치인식 기술에 대한 연구는 매우 오래전부터 진행되어왔다. <표 2>는 다양한 실내위치인식 기술에 대해 간단하게 비교해놓은 표이다. 크게는 삼각측량, 핑거프린팅, DR(Dead Reckoning), 이미지 매칭 등이 있다. 삼각측량은 사용자와 신호 송신기 간의 거리를 추정한 후, 삼각측량을 통해 위치를 추정하는 기술이다. 동시에 3개 이상의 신호를 수신해야 하며, 신호 송신기와 사용자 간 LOS(Line of Sight)가 매우 중요하다. 따라서 신호 송신기 혹은 비콘(beacon)의 설치 위치가 매우 중요한데, 해당 시스템의 성능을 위해서는 비콘을 천장 쪽에 설치해야 하는 제약이 따른다.

핑거프린팅은 신호 세기를 데이터베이스에 저장한 후, 사용자가 측정한 신호 세기를 데이터베이스와 비교하여 위치를 추정하는 기술이다. 가장 큰 과제는 데이터베이스를 구축해야 한다는 점이다. 이미지 매칭 역시 핑거프린팅과 유사한 기술이다. 다만 신호 세기가 아닌 이미지 데이터를 데이터베이스화해야 한다는 것이 다르다.

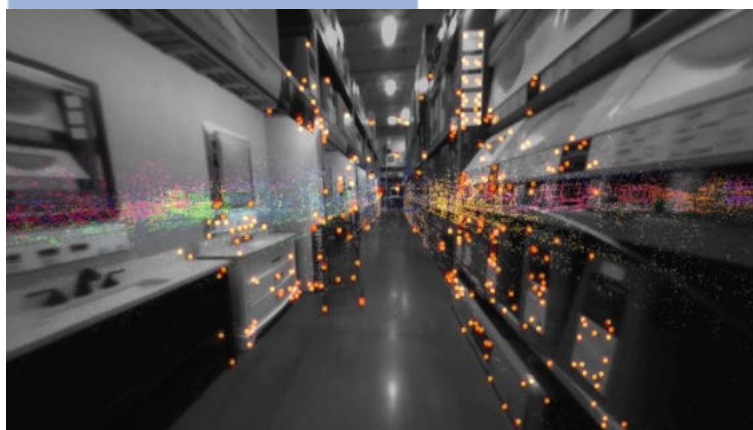
DR(Dead Reckoning) 기술은 속도 혹은 가속도를 적분하여 위치를 추정하는 기술이다. 외부 환경에 대한 제약을 받지 않고, 추가적인 인프라 설치가 필요 없다는 장점이 있지만, 시간이 지남에 따라 발산한다는 치명적인 약점을 갖고 있다. 많은 연구기관 혹은 기업에서는 아래 기술을 결합하여, 서로의 약점을 보완하는 형태로 개발을 하고 있다.

표 2. 실내위치인식 기술 비교

기술		사용 가능 신호	DB 필요 여부	발산 여부	프로세싱 파워	LoS 영향	사용자 단말 제약	비용
삼각 측량	Timing 기반 ranging	RF, 초음파 등	필요없음	해당없음	낮음	매우 높음	높음	높음(동시 수신 신호 3개 이상 필요)
	Received Signal Strength 기반 ranging				낮음		낮음	
	Angle of Arrival				보통		높음	
핑거프린팅		RF, 초음파 등	필요	해당없음	보통	낮음	낮음	보통
Dead Reckoning		필요없음	필요없음	시간에 따라 발산	낮음	해당 없음	낮음	낮음
이미지 매칭		필요없음	필요	해당없음	높음	해당 없음	높음	높음

실내위치인식 기술과 관련하여 대표적인 몇 가지 기술에 대해 소개를 하고자 한다. 가장 앞서가는 구글은 과거 와이파이 신호 기반 핑거프린팅 기술을 주로 사용하였다. 특히 particle filter를 이용하여 실내위치인식 정확도를 향상시켰다. 다만 최근에는 딥러닝 기술을 이용한 이미지 매칭 기반 VPS(Visual Positioning Service) 기술을 주로 활용하고 있다. 해당 기술은 이미지 데이터베이스를 구축해야 한다는 문제를 안고 있으나, 정확도가 매우 높다는 장점이 있다. 다만 카메라를 사용(단말로 주변을 촬영해야 위치해결을 얻을 수 있음)하기 때문에 배터리 과소모 등의 단점이 있다.

그림 4. 구글의 VPS, Tango



(출처: 구글 트위터)

NXP는 UWB(Ultra Wide Band) 신호를 이용한 삼각측량 기반의 실내위치인식 시스템을 개발하고 있다. UWB는 매우 넓은 밴드를 지닌 신호로, 시간 정밀도가 매우 높아, 높은 정확도의 위치를 제공할 수 있다. 다만 별도의 UWB Anchor로 구성된 인프라를 추가로 구축해야 한다는 문제가 있다.

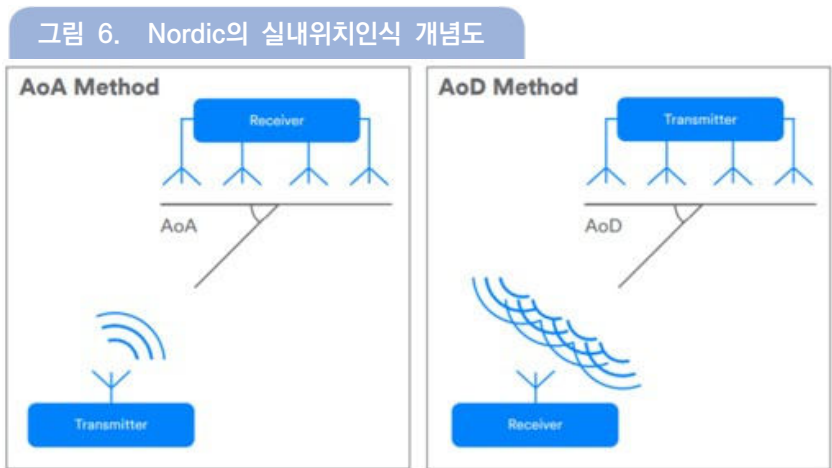
그림 5. NXP의 실내 위치인식 시스템 개념도



(출처: NXP)

Nordic에서는 블루투스(Bluetooth) 5.1을 이용한 AoA/AoD 기반의 실내위치인식 기술을 개발하고 있다. 아래 <그림 6>의 두 가지 방법은 사실상 같은 기술인데, 핵심은 안테나 어레이(array)를 이용하여 전파가

날아오는 방향을 감지하는 것이다. 이 역시 UWB 기반 삼각측량과 매우 유사한 특성을 갖는다. 즉, 매우 높은 정확도의 위치를 제공할 수 있으나, 별도의 블루투스 5.1 비콘으로 구성된 인프라를 추가로 구축해야 한다.



(출처: Nordic semiconductor)

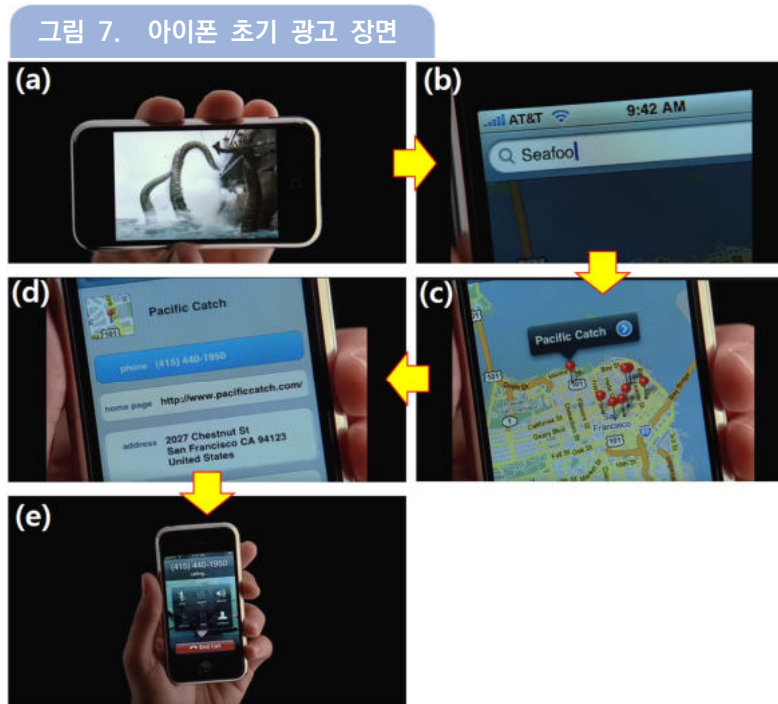
하지만 현재 가장 많이 사용되는 기술은 와이파이(WiFi) 네트워크를 이용한 핑거프린팅 기술이다. 사전에 와이파이 신호에 대한 라디오맵을 데이터베이스화해놓고, 이를 이용하여 사용자의 위치를 인식하는 기술이다. 안드로이드 폰의 경우 지도를 쳤을 때, 와이파이를 켜면, 더 정확한 위치를 제공한다는 안내를 볼 수 있는데, 이것이 바로 와이파이 네트워크를 이용한 핑거프린팅 기술이다. 해당 기술은 이미 구축된 인프라를 사용한다는 점에서 매우 큰 장점을 갖고 있으나, 와이파이 전파환경에 따라 성능이 크게 좌우되는 문제를 안고 있다. 즉, 와이파이 AP(Access Point)가 많이 설치된 공간에서는 정확도가 비교적 높으나, 와이파이 AP가 적게 설치된 공간에서는 정확도가 크게 저하되는 문제를 보인다.

II 위치를 활용하다

1. 스마트폰의 등장

2007년 1월 9일 미국 샌프란시스코 모스콘센터에서 거행된 2007 맥월드 엑스포 행사에서 당시 애플 CEO였던 스티브 잡스는 mp3 플레이어였던 아이팟(iPod), 전화기, 인터넷 세 가지를 하나로 결합한 새로운 시대를 여는 하나의 제품, 아이폰(iPhone)을 발표했다. 아이폰이 첫 번째 스마트폰이라고 할 수는 없으나, 실질적인 첫 번째 스마트폰이었음은 분명하다. 그리고 1년 뒤인 2008년 아이폰 3G가 출시되었고, 아이폰 3G는 내부에 GPS 센서를 탑재하였다.

초기에 아이폰이 출시되었을 때, 아래 <그림 7>과 같은 광고가 나왔다. 광고의 내용을 요약하면 다음과 같다.



(출처: Jeruhmeee 유튜브)

- (a) 사용자는 아이폰에 저장된 캐리비안의 해적 영화를 본다. 영화에 등장하는 대왕문어인 크라켄을 보다가 문득 해산물이 먹고 싶어졌다.
- (b) 사용자는 보던 동영상을 멈추고, 지도에서 'seafood(해산물)'를 검색한다.
- (c) 내 위치 주변의 해산물 레스토랑이 검색되어 지도에 나타난다.
- (d) 'Pacific Catch'라는 해산물 레스토랑을 선택한다.
- (e) 'Pacific Catch' 레스토랑에 바로 전화를 하여 예약을 한다.

그리고 광고에는 나오지 않지만, 사용자는 GPS 내비게이션으로 길 안내를 받아, 레스토랑으로 갈 것이다. 지금 관점에서 보면, 우리가 항상 하는 프로세스이나, 그전에는 생각하지도 못했던 것이었다. 기존 내비게이션은 GPS를 이용하여 내 위치를 찾았고, 또 목적지를 입력하면 목적지까지 최단 경로의 길을 안내해주는 것이 전부였다. 하지만 위치와 통신을 연결하는 순간 위치는 또 다른 것을 할 수 있는 발판이 되었다. 스마트폰의 등장은 위치정보의 활용을 통째로 바꾸어버렸다.

2. 위치기반 서비스

위치기반 서비스(LBS: Location Based Service)는 위치를 이용하는 서비스를 의미한다. 위치와 통신이 결합하기 전에도 위치기반 서비스가 미래에 각광을 받을 것으로 추정하였다. 하지만 사실상 위치기반 서비스는 길 안내가 전부였다. 차량에 부착한 내비게이션 모듈로는 할 수 있는 것이 별로 없었다. 하지만 2007년 아이폰이 등장한 이후 즉, 스마트폰을 통해 위치정보와 통신이 결합 된 이후, 다양한 위치기반 서비스에 관한 연구가 시작되었다. 아래 <그림 8>은 2016년부터 2021년까지 위치기반 서비스 시장 매출액에 대한 추이 및 전망 그래프이다. 2021년 매출 예상액은 960억 달러, 우리 돈으로 110조 원이 넘는 시장이다.

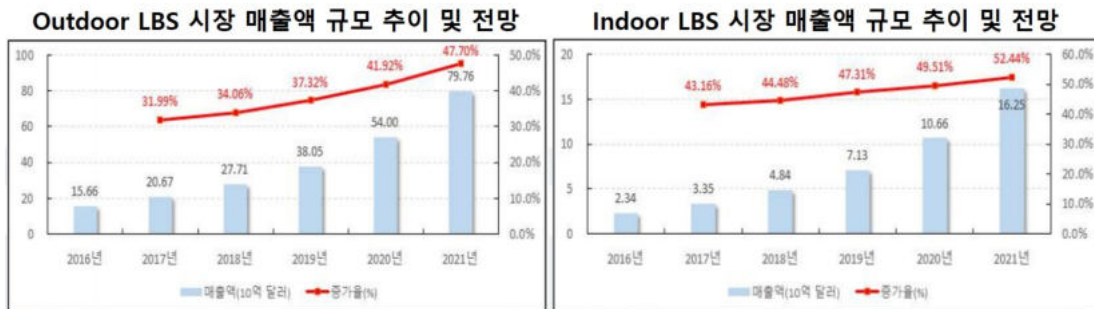
그림 8. 글로벌 LBS 시장 매출액 규모 추이 및 전망(2016-2021)



(출처: Global LBS market)

위치기반 서비스의 매출 증가율 역시 30~40% 수준으로, 지속적인 증가 추세를 보인다. 위치기반 서비스에 있어 기술적으로 중요한 부분은 위치를 어떻게 인식하느냐는 것이다.

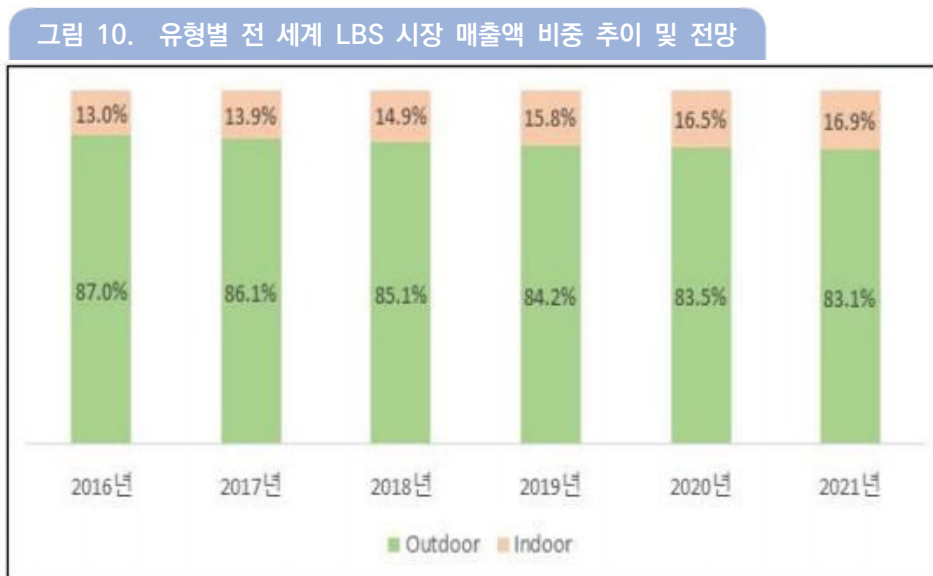
그림 9. Outdoor/Indoor LBS 시장 매출액 규모 추이 및 전망



(출처: Global LBS market)

앞의 <그림 9>에서 볼 수 있듯이 LBS 시장은 크게 아웃도어 / 인도어 두 가지로 나뉜다. 이는 현재의 LBS를 위한 기술의 근간이 위성항법이기 때문이다. 즉, 실외에서는 정확하고, 신뢰성 있는 위치해를 제공하지만, 실내에서는 기술적 특성으로 인해 정확하고 신뢰성 있는 위치정보를 제공하지 못한다. 문제는 사람들이 주로 생활하고, 소비하는 공간은 실외가 아닌 실내라는 점이다. 2016년 실내 LBS 시장 매출 규모는 실외 LBS 시장의 약 15%에 불과했다. 하지만 2021년 전망치는 약 20%에 달한다. 실내 LBS 시장의 매출액 증가율

역시 실외에 비해 다소 높게 추정되고 있다. 이는 아래의 실내외 LBS 시장 매출액 비율에서 확인할 수 있다. 2016년 실내 LBS 시장 매출액 비중은 13%에서, 2021년 16.9%로 추정이 된다. 이는 앞에서 언급한 것처럼 사람들이 주로 생활하는 공간, 소비하는 공간이 실내이기 때문이다.



(출처: Global LBS market)

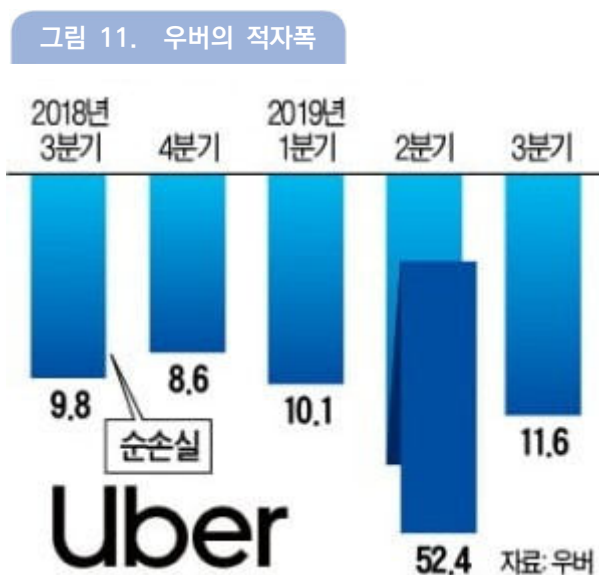
문제는 실외에서는 GPS를 이용하여 매우 쉽고, 편리하게, 비교적 정확한 위치해를 얻을 수 있지만, 실내에서는 그러한 수준의 대응기술이 없다는 점이다.

3. 모빌리티, 공유경제

2009년 3월 미국 캘리포니아주 샌프란시스코에서 '우버(Uber)'가 창립되었다. 우버의 기업가치는 2015년 690억 달러를 달성했고, 12억 달러가 넘는 투자금을 유치하였다. 2019년 우버의 기업가치는 1,200억 달러(약 134조 9,000억 원)로 평가받는다. 이는 미국의 전통적인 자동차 업체인 GM, 포드, FCA를 합친 것보다도 많은 수준이다. 현재 우버는 크게 4가지의 서비스를 제공한다.

서비스 종류	제공 서비스
Uber X(우버 엑스)	개인차량을 콜택시처럼 이용할 수 있는 서비스
Uber Black(우버 블랙)	고급차량으로 서비스하는 'Uber X'의 프리미엄
Uber Taxi(우버 택시)	택시회사와의 파트너십으로 이루어진 Uber 서비스
Uber Eats(우버 이츠)	음식 주문자와 생산자를 연결해주는 플랫폼 서비스

현재 우버는 적자기업이다. 2019년 2분기 손실액은 무려 52억 4,000만 달러에 달한다. 그럼에도 불구하고, 엄청난 기업가치를 갖는 이유 '미래가치' 때문이다.



(출처: 뉴노벨, 2020)

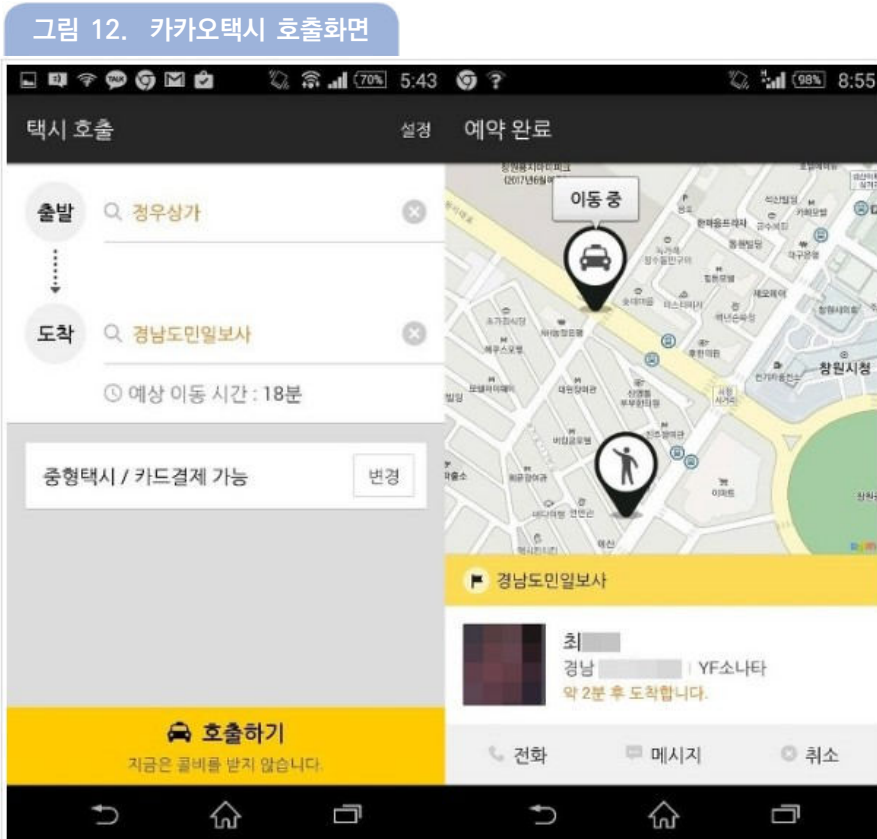
우버는 플랫폼 기업이다. 현재 서비스되고, 또 기획되고 있는 공유경제 서비스의 바로미터가 되는 바로 그 플랫폼이다. 플랫폼에 붙는 서비스가 많아질수록 그 플랫폼의 미래가치는 높아질 것이다.

그리고 이 플랫폼의 핵심은 아니지만, 중요한 정보 중 하나가 바로 '위치'이다. 플랫폼은 수요자와 공급자를 연결해주는 역할을 한다. 수요자와 공급자가 전화로 연결되는 것이 아니라 플랫폼에 의해 자동으로 연결된다. 온라인 연결은 통신과 인터넷을 통해서 손쉽게 가능하지만, 온라인의 연결을 오프라인으로 확장하려면 무엇이 필요할까? 바로 서로의 '위치' 정보를 공유하기 때문에 온라인 정보를 오프라인 연결로 확장할 수 있다. 위치정보와

통신기술이 만나, 위치정보가 공유되면서, 다양한 형태의 서비스가 가능해졌다. 온라인의 장점은 콘텐츠와 서비스를 서버가 허용하는 한도 내에서 무한하게 연결할 수 있다는 점이며, 이러한 온라인 플랫폼을 오프라인으로 확장하는데 있어, 그 기반이 되는 것이 바로 '위치'이다.

우리나라의 경우 콜택시는 예전부터 제공되던 서비스였다. 전화로 가고자 하는 목적지와 현재 위치를 이야기하면, 택시를 배차하는 서비스다. 고객에게는 택시의 차량번호가 문자로 송신되고, 고객은 택시를 기다리다가 차량번호가 일치하는 택시가 오면, 이용하면 된다. 현재 서비스되고 있는 카카오택시와 기능적으로는 동일하다. 수요자(택시를 타고자 하는 고객)와 공급자(택시회사, 혹은 택시)를 만나게 하는 데 있어 콜택시는 모든 것을 아날로그에 의존한다. 수요자와 공급자가 오프라인에서 만나기 위해서는 위치정보가 필요한데, 위치를 아날로그 방식으로 획득하고, 연결해준다. 반면 카카오택시는 이 모든 것을 디지털 안에서 해결한다.

아날로그 위치는 정보화되기 쉽지 않다. 예를 들어 사용자가 경남도민일보 앞에 있다면, 해당 건물의 어디 즈음에 있는지 알기가 쉽지 않다. 이에 대해 전화로 상세히 설명해야 하는데, 이 자체가 정보가 되기가 쉽지 않다. 마찬가지로 콜센터에서 해당 위치에 가까이 있는 택시를 호출할 때도 전화로 택시기사에게 물어야 할 것이다. 하지만 카카오택시는 GPS를 통해 수요자와 공급자의 실시간 위치정보의 획득이 가능하다. 해당 플랫폼 안에서 수요자와 공급자는 서로의 위치와 예상 도착시간을 실시간으로 확인할 수 있다. 오프라인에서 연결되는데 있어, 연결의 신뢰성을 높일 수 있다. 공급자인 택시는 수요자인 고객의 목적지를 미리 알고, 수요자인 고객은 공급자인 택시에 대한 모든 정보를 갖고 있다. 플랫폼은 이 모든 것을 데이터화할 수 있다. 데이터는 지역별, 시간별로 공급자와 수요자의 수, 그리고 택시의 이동 경로 등을 예측할 수 있게 해준다. 이는 공급 최적화를 위해 사용이 가능하다.



(출처: 종(Bell)을 올려라)

이뿐만이 아니다. 이러한 플랫폼은 다양한 또 다른 서비스를 엮을 수 있게 해준다. 실제로 Uber X는 카풀 형태의 서비스다. 우리나라에서는 택시의 합승이 법으로 금지되어 있다. 안전문제, 요금 배분 문제 등이 맞물려있기 때문이다. 우버의 Uber X는 시스템에서 차량에 탑승해있는 사용자의 현재 위치, 목적지 위치 및 차량의 탑승을 원하는 또 다른 사용자의 현재 위치, 목적지 위치를 기반으로 모든 사용자의 손해를 최소화하는 최적의 솔루션을 제공해준다. 모든 사용자는 서로의 인적 정보를 실시간으로 볼 수 있기때문에, 비교적 안전이 보장되고, 공급자는 추가 수익을 얻고, 수요자는 요금 할인을 받는 것이 가능해진다. 무엇보다 수요와 공급의 불균형에 대한 조정이 가능해진다.

정리하면 공급자와 수요자를 연결하는 공유경제는 디지털 플랫폼에서 가능해지고, 디지털 연결을 오프라인 연결로 확장하기 위해 꼭 필요한 것이 바로 '위치'가 된다.

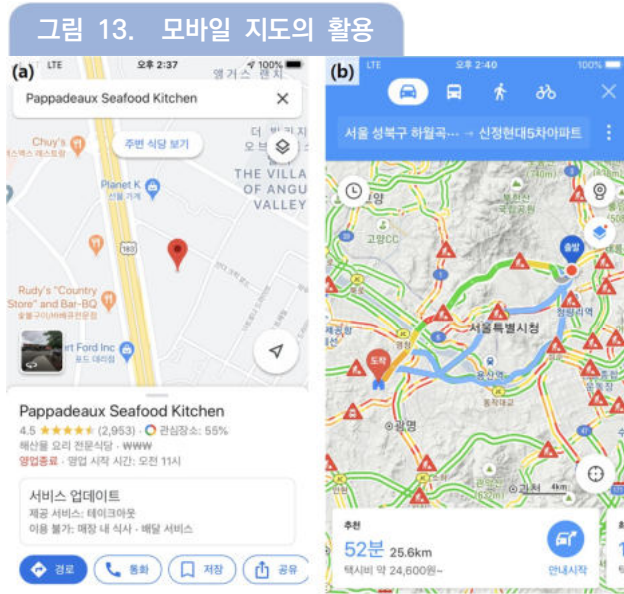
III 위치, 콘텐츠와 결합하다

1. 위치와 콘텐츠의 결합

위치는 그 자체로 목적이 될 수 없다. 목적이 된다하더라도, 매우 제한적일 수밖에 없다. 위치는 콘텐츠를 오프라인에서 연결해주는 기반기술이다. 특히 위치가 통신기술과 접목되어, 위치정보의 공유(혹은 모니터링)가 이루어질 때, 무수히 많은 콘텐츠와의 결합 혹은 융합이 가능해진다. 앞에서 언급한 것처럼 스마트폰은 이것들을 너무나 자연스럽게 구현해버렸다.

1.1. 위치와 지도의 결합

우리가 현재 가장 많이 사용하는 서비스이다. 지도에서 자신의 위치를 파악하고, 목적지를 확인하고, 목적지까지의 경로를 확인하고, 길 안내를 받는다. 식당을 지도에서 검색하면, 식당의 위치뿐만 아니라, 영업시간, 메뉴, 방문객 평점 등의 많은 정보가 지도 위에 얹혀져 있다. 우리는 많은 정보를 지도에서 찾고, 확인하고, 선택한다. 지도에서 위치와 길만 찾았던 것은 이미 과거가 되어버렸다.

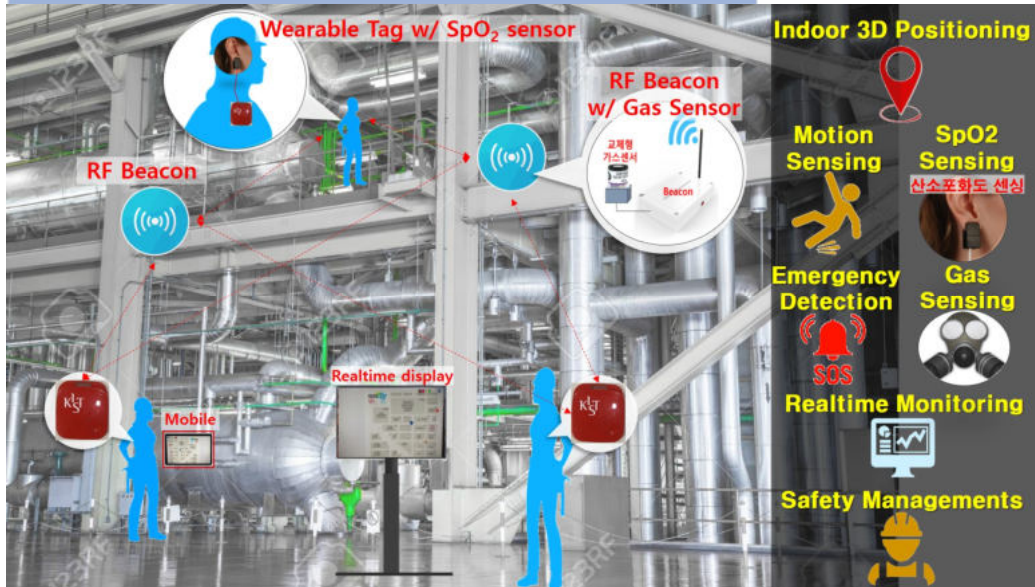


1.2. 위치 기반 안전 관리

‘김용균법’이란 이름으로 28년 만에 전면 개정되는 산업안전보건법이 2020년 1월부터 시행됐다. 해당 법은 하청 노동자의 산업재해에 대해 원청의 책임을 강화하는 것이 핵심이다. 산업현장에서의 안전사고는 지속적으로 발생하고 있으며, 특히 하청업체 노동자들의 안전문제는 사회 이슈화가 될 정도가 되었다. 노동자들의 안전은 두 가지 관점에서 접근할 수 있다. 하나는 사고에 대한 예방이며, 다른 하나는 사고 발생 시, 빠른 사고 대응이다.

화학 사고나 가스 사고 현황을 보면, 작업자 부주의 혹은 취급 부주의 같은 작업자에 의한 사고 발생 비율이 50%에 육박한다. 즉, 작업자 중심의 안전관리가 필요하다는 것이다. 작업자 중심의 안전관리를 위해서는 움직이는 작업자에 대한 정보 획득이 무엇보다도 중요하다. 작업자의 위치, 이동 경로, 작업장 시설 정보, 작업 공정 정보 등이 결합된 예방형 안전관리가 가능하다. 작업자의 위치 및 이동 경로의 획득과 데이터화는 매우 중요한 키포인트가 된다. 사고 발생 시, 빠른 대응을 위해 작업자의 실시간 위치가 필요하다는 것은 설명할 필요조차 없다. 다만 작업자의 위치를 모니터링하는 것은 개인정보 혹은 인권 문제가 있기 때문에, 정보 보안에 대한 고려와 함께 신뢰성이 높은 규정 정립과 준수가 필수적이라 할 수 있다.

그림 14. (예시)화력발전소 내 작업자 안전관리시스템 개념도



1.3. 위치 기반 효율 관리

이미 온라인 구매와 오프라인 구매의 경쟁은 의미가 없어졌다고 할 수 있을 정도로 온라인 구매 시장이 급격히 커지고 있다. 온라인 구매를 구성하는 여러 가지 요인이 있으나, 그중 하나가 바로 수요자와 공급자를 연결해주는 물류다. 온라인 구매 시장이 커짐에 따라 물류의 규모는 점점 커지고, 물류의 이동 속도는 엄청나게 빨라졌다. 대규모 물류를 빠르게 처리하기 위해 필요한 것이 바로 '효율'이다. 물류의 특성은 내부에서 인력과 물품이 이동하는 것이 아니라, 물품이 외부에서 들어오고, 내부에서 분류되고, 다시 나간다는데 있다. 물류의 핵심인 물품이 들어오고, 나가는 것은 외부에서 들어오는 차량을 이용하게 된다. 물론 차량의 스케줄이 정해져 있겠지만, 항상 제시간에 움직이는 것은 불가능할 것이다. 만약 외부에서 들어올 물품이 20분 늦게 온다면, 내부에서 움직이는 인력, 장비 등은 20분간 쉬어야 할 것이다.

아마도 외부에서 들어오는 물품을 실은 차량의 위치와 예상 도착시간은 실시간으로 파악하고 있을 것이다. 또한, 물품을 싣고 나갈 차량의 위치와 예상 도착시간 역시 실시간 파악이 가능하다. 만약 물류센터 내부에서 작업 중인 모든 인력과 장비의 실시간 위치 파악이 가능하고, 각 물류 작업의 중요도, 혹은 긴급성이나 비용 등이 데이터화되어 있다면, 외부에서 진입하는 차량의 실시간 도착시간 변화에 맞춰, 물류 효율을 극대화하는

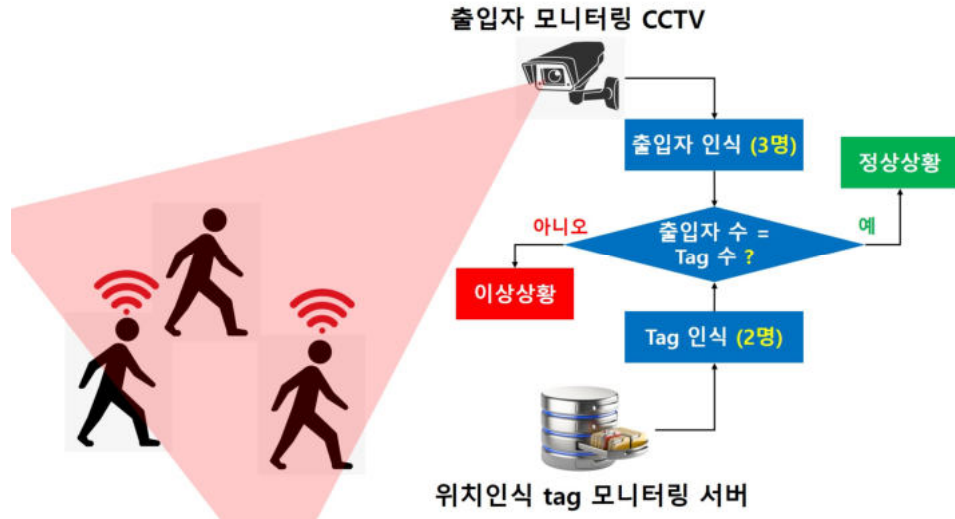
방향으로 물류센터 내부의 인력 및 장비에 대한 실시간 조정이 가능할 것이다. 위에선 언급한 정보들이 음성통신을 통해 공유되고, 이를 기반으로 효율화를 진행하는 것과 정보들이 디지털 데이터 형태로 공유되고, 딥러닝 등의 인공지능을 통해 인력과 장비의 배치를 조정한다면, 물류 효율이 현재보다 향상될 것이 자명하다. 물류에서 시간은 바로 돈이다. 효율화를 통해 시간을 절약하게 되고, 이는 바로 물류비용의 감소로 이어질 수 있을 것이다.

1.4. 위치 기반 보안 관리

위치정보를 이용하는데 가장 적극적인 분야가 바로 보안 분야이다. 현재 보안을 위해 가장 많이 사용되는 기술은 CCTV와 사용자 출입증이라 할 수 있다. CCTV가 출입을 모니터링하는 것이라면, 출입증은 일반적으로 ID가 내장된 tag 타입으로 출입 자체에 대한 허가와 제약이라 할 수 있다. 하지만 이 두 가지만으로는 한계가 있는 것이 사실이다. 만약 다수의 사람이 동시에 들어온다면, 출입증을 인가하지 않고, 들어오는 사람에 대한 실시간 모니터링에 제약이 있을 수밖에 없다. 특정 출입문에서 인가받은 두 사람과 인가받지 않은 한 사람이 들어올 때, 인가받은 사람의 출입증으로 문을 열고 들어오면, 인가받지 않은 한 사람 역시 함께 들어올 수 있게 된다. 해당 기술로는 이에 대한 검출이 쉽지 않다.

만약 위치 인식이 가능한 tag 기반 출입증을 사용한다면, 아래 <그림 15>처럼 시스템 구성이 가능해진다. 마찬가지로 인가받은 두 사람과 인가받지 않은 한 사람이 들어온다고 가정했을 때, CCTV를 통해 전체 출입자 3명에 대한 인식이 가능해진다. 동시에 tag의 위치 인식을 통해 해당 출입문에 총 2명이 들어오는 것이 모니터링된다. 해당 문을 들어오는 tag 장착 출입자 수와 CCTV를 통해 인식된 출입자 수를 비교하면, 인가받지 않은 사람이 들어오는 것을 실시간으로, 용이하게 검출할 수 있게 된다. 이럴 경우, 이상 상황을 감지하고, 비상 프로세스를 운용할 수도 있게 된다.

그림 15. (예시)위치 기반 보안 관리

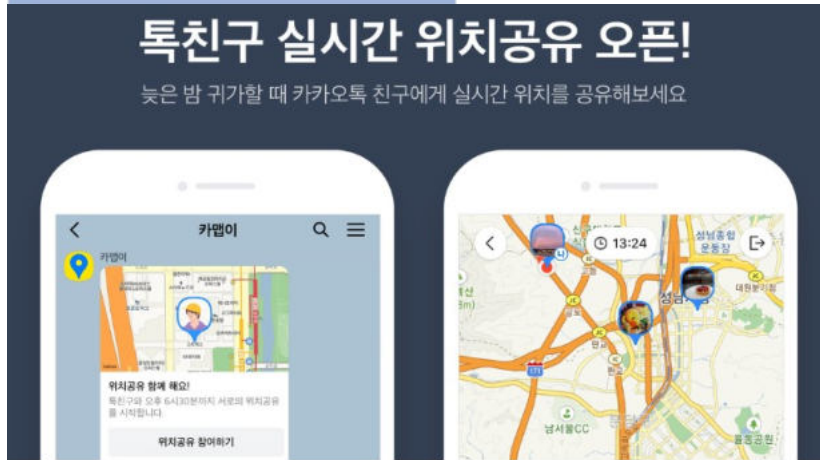


1.5. 위치 기반 엔터테인먼트, 광고, 소셜 네트워킹, 그리고...

위치 기반 서비스에서 가장 먼저 생각할 수 있는 것이 바로 위치 기반 광고일 것이다. 물론 현재도 서비스가 되고 있는 부분으로, 현재 코로나19 사태로 인해 수신되는 재난문자 역시 위치 기반 광고(혹은 알림)의 범주에 있다. 하지만 위치 기반 광고의 효용성에 대해 높게 평가하는 사람은 그리 많지 않다. 가장 큰 문제는 사용자의 의도와 상관없이 단순히 위치만으로 광고하기 때문이다. 위치는 그 자체로 매우 중요한 정보임이 틀림없지만, 위치만으로는 완벽한 정보가 되지 않는다. 위치 기반 광고에 대해 살펴보면, 사용자의 위치뿐만 아니라 사용자의 의도 혹은 상태 등에 대한 정보가 추가로 있어야, 효율적인 광고가 가능해진다.

이 외에도 소셜 네트워크 서비스에도 위치가 활용될 수 있다. 아래 그림은 카카오톡에서 제공하는 실시간 위치공유 서비스 화면이다. 특히 이러한 기술이 실내위치인식 기술과 결합하게 되면, 그 활용이 더욱 높아지게 된다. 예를 들어 대형쇼핑몰에서 친구를 만날 때, 현재는 “A매장 앞에서 만나”라고 전하게 되고, A매장을 찾아가게 된다. 하지만 실내위치인식 기술과 결합하면 아래 <그림 16>처럼 서로의 위치를 실시간으로 공유하게 되고, 만남의 장소까지도 디지털 정보로 공유할 수 있게 되는 것이다.

그림 16. 카카오톡 위치공유 서비스



이외에도 ‘포켓몬고’로 대변되는 위치 기반 게임, 카카오택시, 택배 배송조회(위치확인) 서비스, 위치 기반 자산 관리, 지오펜싱(Geo-Fencing) 등 다양한 위치 기반 서비스가 현재 제공되고 있고, 실용화를 위한 준비 단계에 있다. 그러나 아직도 위치 기반 서비스는 현재보다는 미래가 더 기대되는 서비스라 할 수 있다. 문제는 십 년 전에도 미래가 더 기대되는 서비스였다는 점이다.

2. KIST 위치인식 기술의 핵심은 Seamless

2.1. Seamless

위치인식 기술 및 서비스에 있어 가장 중요한 것인 정확성(accuracy), 가용성(availability), 신뢰성(reliability)이다. KIST 센서시스템연구센터 위치연구팀에서 개발하는 위치인식 기술의 핵심은 신뢰성 높은 정확한 위치정보를 언제, 어디서나 안정적으로 제공할 수 있는 연속성(seamless)이다. 앞에서 언급한 정확성, 가용성, 신뢰성은 위치인식 기술 및 서비스에 있어 가장 중요한 요소들이다. 하지만 여기서 중요한 것은 이 세 가치를 동시에 만족해야 한다는 것이다. 이것을 기술 혹은 서비스의 연속성, 영어로는 seamless로 정의한다.

가장 많이 활용되는 LBS인 내비게이션을 보자. A백화점 3층에 위치한 B매장에 가려는 고객은 내비게이션 앱을 사용하여 목적지에 A백화점을 입력하고 안내를 받게 된다. 차량이 A백화점 지하주차장에 들어가는 순간

GPS 신호가 끊겨 안내를 받을 수 없다. 보통 백화점에는 지하주차장에 안내원이 있어, 차량을 빈 주차 공간으로 안내한다. 차를 주차한 후, 가까이 있는 엘리베이터를 찾는다. 주차 장소가 엘리베이터 근처에 있으면 좋겠지만, 혹시 엘리베이터에서 먼 곳에 주차하게 되면, 다소 긴 거리를 걸어야할 수도 있다. 엘리베이터를 타고 3층에 올라가면, 다시 B매장을 찾아야 한다. 혹시라도 면적이 큰 백화점이라면 매장을 찾는데 다소 시간이 걸릴 수 있다.

만약 내비게이션 앱의 목적지에 A백화점 3층에 있는 B매장을 입력할 수 있다고 가정해보자. 차량이 지하주차장에 진입하고 나서도 차량의 위치인식이 가능하며, 내 위치가 계속 보인다. 내비게이션은 B매장에 가기 위해 가까운 엘리베이터 근처로 차량을 안내한다. 혹 내비게이션이 A백화점 주차관리시스템과 연동된다면 B매장에 가까운 엘리베이터 근처의 빈 주차 공간으로 내 차를 안내할 것이다. 차를 주차하고 나면, 보행자 내비게이션으로 전환된다. 엘리베이터까지 안내하고, 이후 3층 B매장까지 안내를 지속하게 된다. 돌아올 때도 마찬가지로 차량의 주차위치까지 안내해주고, 이후 목적지에 집을 입력하면, 지하주차장에서 집에 가는 길까지 안내를 받을 수 있다. 지하주차장에서 밖으로 나갔을 때, 좌회전, 우회전을 고민할 필요가 없게 된다.

사용자는 실외, 지하주차장, 실내 쇼핑공간 모두에서 동일한 위치서비스를 받을 수 있다. 사용자는 차에 탑승해서도, 차에서 내려 걸어 다닐 때도 동일한 위치서비스를 받을 수 있다. 이것이 바로 seamless의 하나의 예이다. Seamless한 위치인식 및 관련 서비스가 가능하기 위해서는 적정 수준의 위치정확도가 언제 어디서나 유지되어야 한다. 서비스가 상용화 혹은 실용화되기 위해서는 신뢰성이 100%에 근접해야 하고, 이는 다시 말해 제공 가능한 가장 낮은 위치정확도에 위치 기반 서비스가 타겟팅되는 것이다. 아래 <그림 17>에서 보면 평균 위치 오차와 서비스 적용이 가능한 위치 오차 간 차이가 매우 큰 것을 알 수 있다. 즉 위치기반 서비스가 좀 더 대중화되고, 그 시장이 보다 확대되기 위해서는 평균 위치정확도를 향상시키는 것이 중요한 것이 아니라, 서비스 전체 영역에서 일정한 수준의 위치 오차를 얻는 것이 더욱 중요하다고 볼 수 있다.



실제로 현재 구글, 통신사 등에서 서비스되고 있는 실내 위치인식 서비스는 와이파이를 이용한다. 실내 위치인식 정확도의 경우 어떤 곳에서는 수 미터 급 정확도를 보이나, 어느 지역은 수십 미터, 또 와이파이 핑거프린팅(fingerprinting) 데이터베이스가 없는 곳에서는 수백 미터 위치정확도를 보인다. 이런 상황에서 적용 가능한 실내 위치기반 서비스는 적어도 수십 미터 위치정확도를 타겟으로 할 수밖에 없다.

2.1. KIST 위치인식 기술 소개

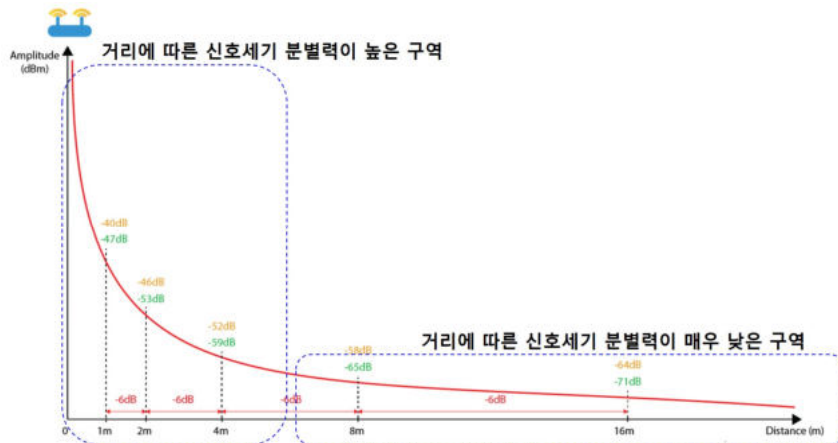
KIST 센서시스템연구센터 위치인식연구팀은 위치인식 기술의 핵심을 ‘seamless’라고 보았다. 위치인식을 위해 사용할 수 있는 자원은 GPS와 같은 위성항법신호, 와이파이, 블루투스 등 RF 신호, 최근 구글이나 네이버에서 주도하고 있는 영상 기반 위치인식, 가속도센서, 자이로스코프 센서 등의 단말 탑재 센서 등이 있다. 이중 위성항법신호는 실내에서 사용이 불가능하기 때문에 seamless와는 다소 거리가 있다. 영상 기반 위치인식의 경우 사용자가 위치를 인식하기 위해 단말의 카메라로 주위를 촬영하고, 이후 이미지 프로세싱을 해야하여 사용성에 있어 제약이 있다. 즉 위치를 알고 싶을 때마다 단말로 주위를 촬영하는 행위와 이에 따르는 위치인식해 추출 시간 및 배터리 소모를 볼 때, 사용성 제약이 있다. 다만 위치인식 정확도가 높다는 장점도 분명히 있다(기술의 해석에 대해선 다양한 입장이 있을 수 있다).

KIST 위치인식연구팀은 seamless한 위치인식 기술을 위해 다양한 RF 신호를 결합하고, 여기에 단말에 탑재된 센서(가속도센서, 자이로스코프센서)를 적용하는 방법을 취했다. 특히 와이파이, 블루투스와 같은 협역신호와 LTE, 5G, LoRa, NB-IoT와 같은 광역신호를 하나의 플랫폼 기술로 자연스럽게 결합하는 것을 기술 개발의 방향으로 잡았다.

2.1.1. Surface Correlation

KIST 위치인식연구팀은 seamless한 위치인식 기술을 위해 RF 신호의 활용성을 극대화하는 방안을 개발했다. 다양한 RF 신호에서 가장 쉽게 사용할 수 있는 측정치가 수신신호세기(RSS: Received Signal Strength)이다. RF 신호 송신기와의 거리에 따른 RSS는 아래 그림과 같다. 신호 세기를 이용하여 위치를 추정하는 기술의 핵심은 거리 변화에 따른 신호 세기의 분별력이 높아야 한다는 것이다. 이는 삼각측량이나, 핑거프린팅 기술 등 모두에 해당한다. 신호 세기 감쇠는 거리의 제곱에 반비례하기 때문에, 아래와 같은 형태를 지니고, 물리적 특성상, 거리에 따른 신호 세기 분별력이 높은 구역이 RF 신호의 전체 커버리지의 약 1/3도 되지 않게 된다.

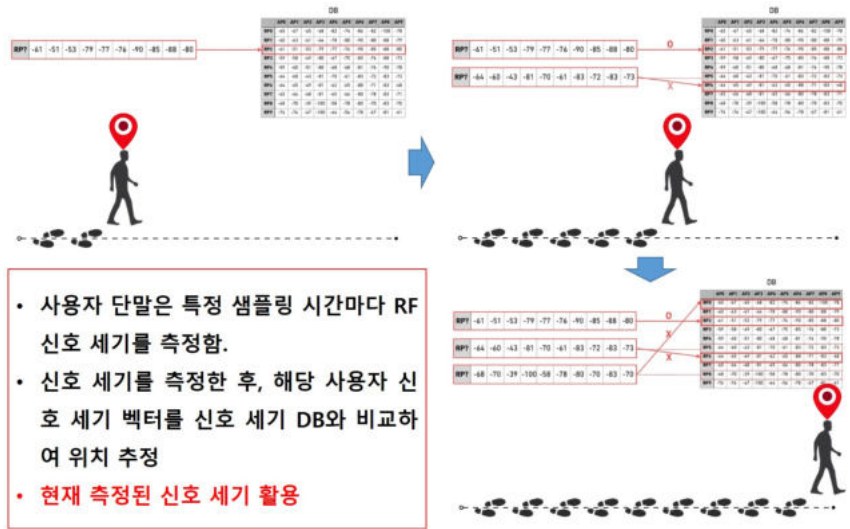
그림 18. 거리에 따른 신호세기 감쇠 그래프



(출처: Semfio Networks)

위의 RF적인 특성으로 인해 RF 신호의 실제 통신 커버리지와 위치인식 커버리지는 큰 차이를 보이게 되고, 이러한 약점을 보완하기 위해서는 많은 수의 RF 신호 송신기를 설치해야 한다. 아래 <그림 19>는 RF 신호 세기를 이용한 기존 핑거프린팅 타입 위치인식 기술의 개념도이다.

그림 19. 기존 RF 핑거프린팅 기술 개념도



기존 위치인식 기술에서, 사용자는 특정 샘플링 시간마다 신호 세기를 측정한다. 다수 RF 신호원에서 수신한 신호의 신호 세기 측정치 벡터를 데이터베이스와 비교하여, 사용자의 위치를 인식하게 된다. 신호 세기 데이터베이스는 사전에 제작해야만 한다. 이때 사용자는 현재 측정된 측정치만을 데이터베이스와 비교하여 사용자의 위치를 추정한다.

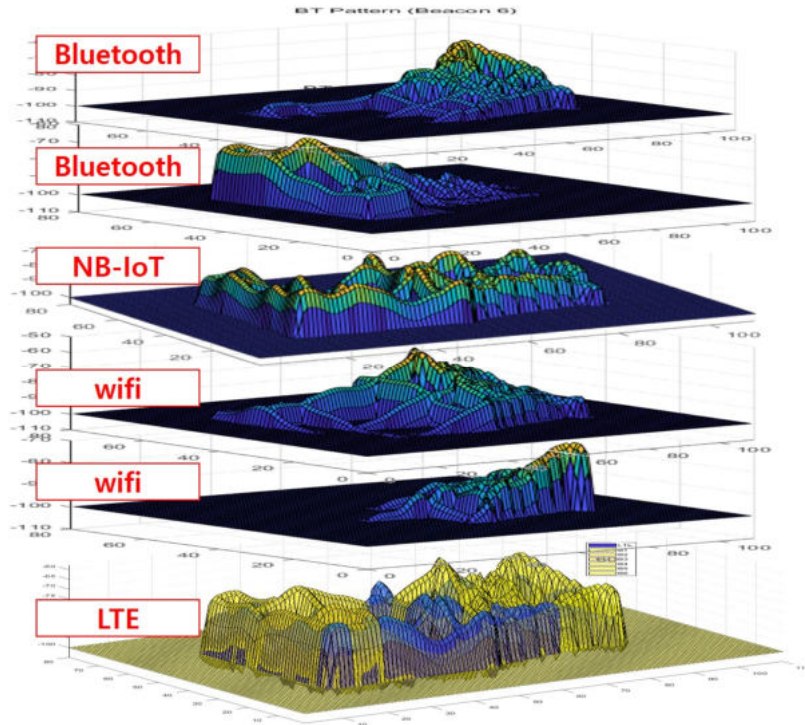
그림 20. KIST Surface Correlation 기술 개념도



반면 KIST에서 제안한 기술은 데이터베이스를 이용하는 RF 신호 세기 기반의 핑거프린팅 기술이라는 점에서는 기존 기술과 같다. 하지만 위 그림에서 보는 것처럼 새로운 기술은 사용자가 이동하면서 측정한 신호 세기를 누적하여 RF 신호 세기의 누적 패턴을 형성하게 된다. 해당 패턴은 사용자가 이동하는 공간에 대한 공간패턴(spatial pattern)으로, 이를 'surface'라 한다. 이러한 surface 형태의 사용자 측정치를 데이터베이스와 surface 형태로 비교하여 사용자의 위치를 추정하게 된다. 이를 'surface correlation'이라 한다. 해당 기술은 측정된 패턴을 공간적으로 누적하여 사용하기 때문에, 공간 분별력을 높이는 효과를 야기한다. 또한 surface 길이를 길게 가져갈 경우, 데이터베이스와의 유사도를 평가할 수 있는 인자의 추출이 가능해지는데 이를 'correlation coefficient'라고 한다. 이는 실시간으로 성능평가 및 오차 보정을 할 수 있는 중요한 인자가 된다.

Surface correlation 기술은 RF 신호의 신호 세기를 누적하여 사용하기 때문에, 신호 세기 측정치의 활용이 가능한 모든 RF 신호에 적용이 가능하다. 특히 RF 통신에서 가장 기본적으로 추출이 가능한 측정치가 신호 세기임을 감안한다면, 현존하는 모든 RF 신호에 적용하는 것이 가능하다고 볼 수 있다. 아래 <그림 21>은 다양한 RF 신호를 다층 구조로 데이터베이스화하고, 구조화는 개념도이다. 서로 다른 주파수, 서로 다른 특성의 RF 신호를 다층 구조로 자연스럽게 결합할 수 있다.

그림 21. (예시)다중 RF신호를 위한 다층 DB



2.1.2. LTE 신호 기반 차량 항법시스템 실용화

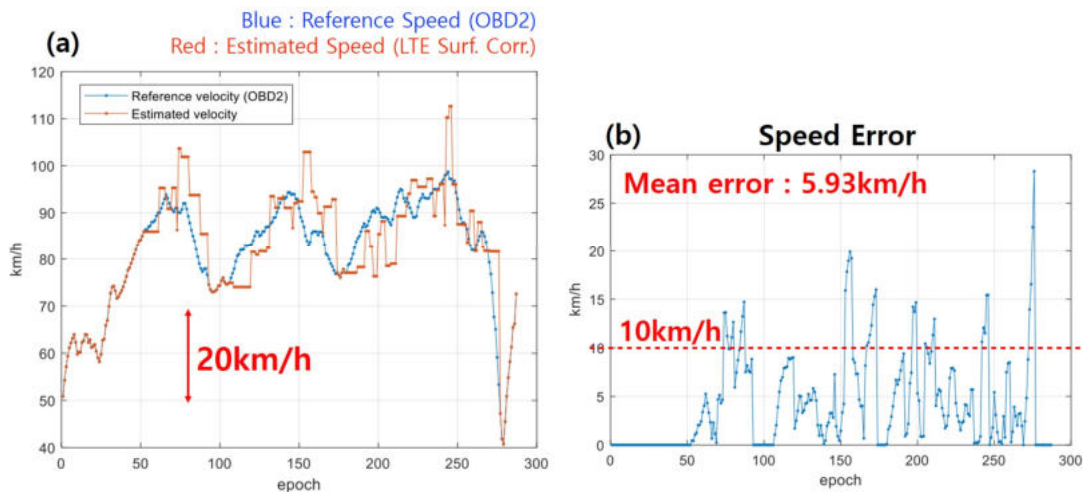
제안된 surface correlation 기술은 매우 적은 수의 RF 신호원이 있는 시스템에서 매우 극적인 효과를 낼 수 있다. 특히 존 핑거프린팅(zone fingerprinting) 기술의 성능이 매우 적은 수의 RF 신호원이 설치된 환경에서는 크게 저하되는 반면, 제안 기술은 성능 저하가 거의 없다. 이러한 기술적 특성을 활용해 광역 네트워크인 LTE 신호에 제안 기술을 적용하였다.

LTE 신호는 와이파이나 블루투스 같이 기존에 위치인식에 사용했던 RF 신호에 비해 압도적인 장점이 있다. 첫째는 광역 모바일 네트워크 신호이기 때문에, 신호의 커버리지가 사실상 100%에 달한다는 점이다. 둘째는 통신사에 의해 망이 관리되기 때문에, 망 상태가 매우 좋다는 점이다. 셋째는 모든 스마트폰에 탑재되며, 사실상 폰을 사용하는 사용자는 LTE를 무조건 사용한다는 점이다. 그럼에도 불구하고, 기존 LTE 신호를 항법에 사용하지 않는 가장 큰 이유는 LTE가 통신 신호라는 점이다. 보통 하나의 셀이 크기는 1km, 작게는

수백 미터의 크기를 갖게 되어, 신호의 거리에 따른 분별력이 떨어지는 문제가 있다. 또 다른 이유는 동시에 수신 가능한 LTE 신호가 1~2개에 불과하다는 점이다. 이런 점은 LTE 신호를 핑거프린팅 기술에 적용하는데 문제를 야기하게 되고, 실제로 LTE를 이용한 위치인식은 TDOA(Time Difference Of Arrival)를 사용하고 있다. 문제는 TDOA 기술을 이용한 LTE 기반 위치인식 기술의 오차가 수백 미터 수준이라는 데 있다.

KIST는 surface correlation 기술을 LTE 신호에 적용하였다. 아래 실험 결과는 3개의 터널로 구성된 강남순환고속도로에서 실험한 결과이다. 데이터는 안드로이드 스마트폰을 이용해 획득하였고, 차량의 실제 위치는 OBD2 데이터를 이용하여 추정하였다. 아래 <그림 22>에서 그림 (a)는 실제 차량의 속력과 LTE 신호를 이용해 추정된 속력을 나타낸다. 그림 (b)는 속도 오차를 보여주는데, 평균 속도 오차는 약 6km/h 정도이다. 해당 터널에서 일반적인 운행 속도가 80~90km/h임을 감안할 때, 운전자가 수용 가능한 성능으로 판단된다.

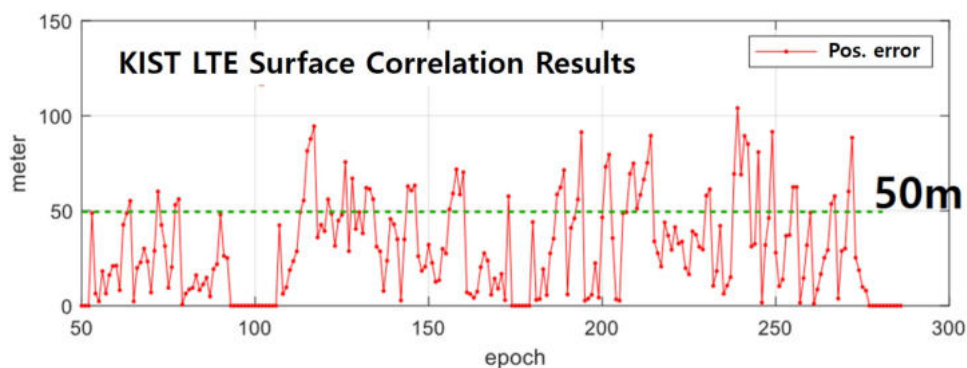
그림 22. 터널에서 LTE 신호를 이용한 차량 속도 추정 결과



아래 그림은 해당 실험에서의 위치 오차이다. 전체 구간에서 최대 오차는 대략 100m 수준이고, 대부분 50m 안쪽으로 들어오는 것을 볼 수 있다. 실제 최대 오차는 104m이고, 평균 오차는 35m 수준이다. 해당 터널에서 일반적으로 차량의 속력이 시속 80km/h($\approx 22\text{m/s}$) 정도임을 감안할 때, 역시 사용자가 수용 가능한 수준으로 판단된다. 차량의 속력이 낮아지면 오차도 작아지는데, 이는 측정치 획득 시간에 기인한다. 차량이 시속 80km로 주행할 경우, LTE 신호를 약 45m마다 하나씩 획득한다면, 차량이 시속 20km로 주행할 경우, LTE 신호를 약 11m마다 하나씩 획득할 수 있다. 측정치를 좀 더 조밀하게 획득할 경우, 더욱 정확한 위치

추정이 가능하게 된다. 실제로 차량의 속도가 시속 20~30km 수준으로 낮아지면, 위치정확도는 10m 수준으로 향상된다. KIST 위치인식연구팀은 터널에서 차량의 위치를 수 미터 수준으로 추정하는 기술을 개발하고 있다. 해당 기술은 향후 터널, 지하도로, 지하주차장 등에 적용되어, 언제, 어디서나 seamless한 내비게이션 서비스를 받을 수 있도록 해줄 것이다.

그림 23. 터널에서 LTE 신호를 이용한 차량 위치 인식 오차



KIST의 해당 기술은 단지 연구에만 그치는 것이 아니라, (주)카카오모빌리티에 2018년에 기술이전되었다. 이후 약 1년 반 동안의 실용화 개발 기간을 거쳐 2020년 4월에 카카오내비에 세계 최초 LTE 신호 기반 측위 서비스인 'FIN'을 탑재할 수 있었다.

그림 24. LTE 위치인식기술의 상용 서비스 안내

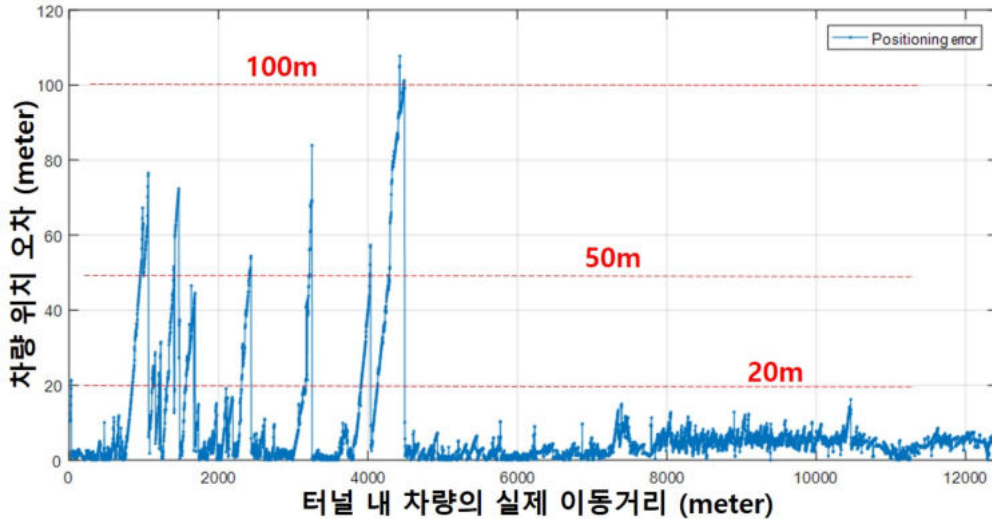


(출처: 헤럴드경제)

2.1.3. 위치인식시스템 개발 및 실험 결과

KIST 위치인식연구팀은 위치 기술의 실용화를 위한 다양한 시도를 하고 있다. 먼저 터널 내에서 차량의 위치인식과 관련해서는 위치인식 정확도를 수 미터 급으로 향상하기 위한 연구를 진행하고 있다. 앞에서 언급한 위치인식 기술은 LTE만을 사용했다면, 스마트폰에 있는 다양한 센서를 함께 사용하여 위치인식 정확도를 높이는 연구가 진행 중이다. 아래의 <그림 25>는 강남순환고속도로 내, 터널에서의 스마트폰 내부 센서를 사용한 차량 위치인식 결과이다. 현재 기술을 개발 중이고, 기술 안정화가 진행 중이기 때문에, 위치 오차가 100m 가까이 커지는 구간이 존재한다. 또 위치인식 안정화에 다소 간의 시간이 걸림을 알 수 있다. 하지만 안정화 이후 구간에서는 위치 오차가 약 10m 수준임을 알 수 있다. 차량의 운행 속도가 80km 정도 수준임을 감안할 때, 매우 정확한 위치정확도를 보이고 있다. 다만 언급한 것처럼 아래 결과는 개발이 진행 중인 사항이며, 아직 안정화가 제대로 되지 않은 결과이다. 다만 GPS를 사용하지 않고도, 터널 내에서 10m 수준 혹은 수 미터 수준의 차량 위치인식 기술이 개발 가능하다는 것을 보여주는 결과라 할 수 있다.

그림 25. 강남순환고속도로 터널 내 차량 위치인식 결과



이 외에도 차량의 위치인식과 관련하여 가장 필요한 공간이 바로 지하주차장이다. 특히 최근에 다양한 대형쇼핑몰이 늘어나고 있고, 일부 쇼핑몰의 경우는 지하주차장의 길이가 수백 미터에 달하는 곳도 있다. 만약 당신이 원하는 구역에 주차하지 못할 경우, 차량이 오고 가는 지하에서 아이의 손을 잡고 수백 미터를 걸어가야 할 수도 있다. 또 차를 운전하여 지하주차장에서 나왔을 때, 우회전/좌회전을 고민해본 경험은 많이 있을 것이다. GPS 신호를 잡기 전에 사용자의 내비게이션은 위치를 알 수 없다. 하지만 지하 공간에도 LTE 신호는 있다. KIST 위치인식연구팀은 지하 공간에서 LTE 신호를 이용한 차량의 위치인식 기술에 대해서도 개발을 진행 중이다.

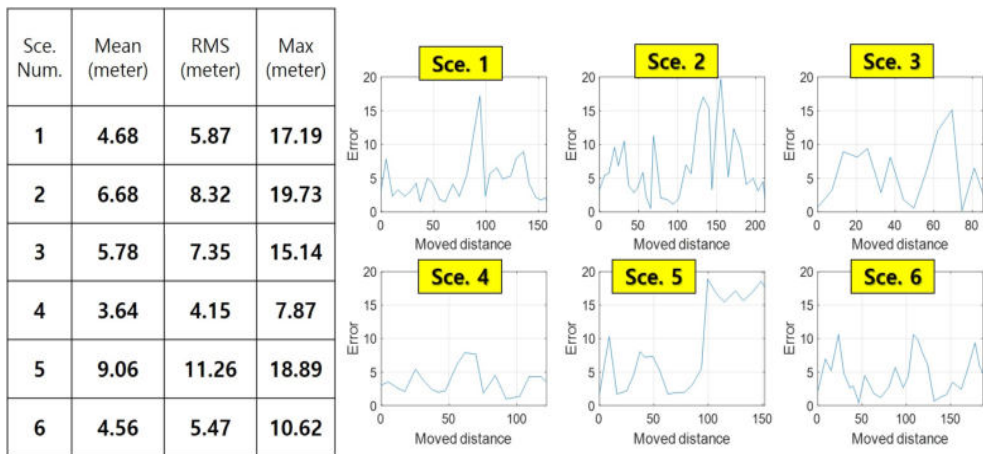
KIST 위치인식연구팀은 쇼핑몰의 지하주차장에서 차량의 위치인식 실험을 수행하였다. 아래 <그림 26>은 총 6개의 실험 시나리오이다. 총 6개 시나리오에서 차량은 각각 100~200m 정도 운행을 하였다. 차량의 위치인식을 위해 차량의 핸드폰 거치대에 거치한 스마트폰에서 측정한 LTE 신호를 이용하였고, KIST의 surface correlation 알고리즘을 이용하였다. 아래 <그림 26>은 6개 실험 시나리오와 해당 시나리오에서의 위치인식 결과이다. 시나리오 5에서는 옆 라인으로 잘못 추정되었으나, 그 외 5개 시나리오에서는 차량의 위치를 추정하는데 큰 문제가 없었다. 다섯 번째 시나리오에서 문제가 생겼던 부분은 LTE 신호에서 기인하는데, 해당 지역에 LTE 중계기가 설치되어있지 않아, LTE 신호 세기가 낮고, 신호 세기 변화가 미미했던 구간이다.

그림 26. 지하주차장 차량위치인식 실험 시나리오 및 위치인식 결과



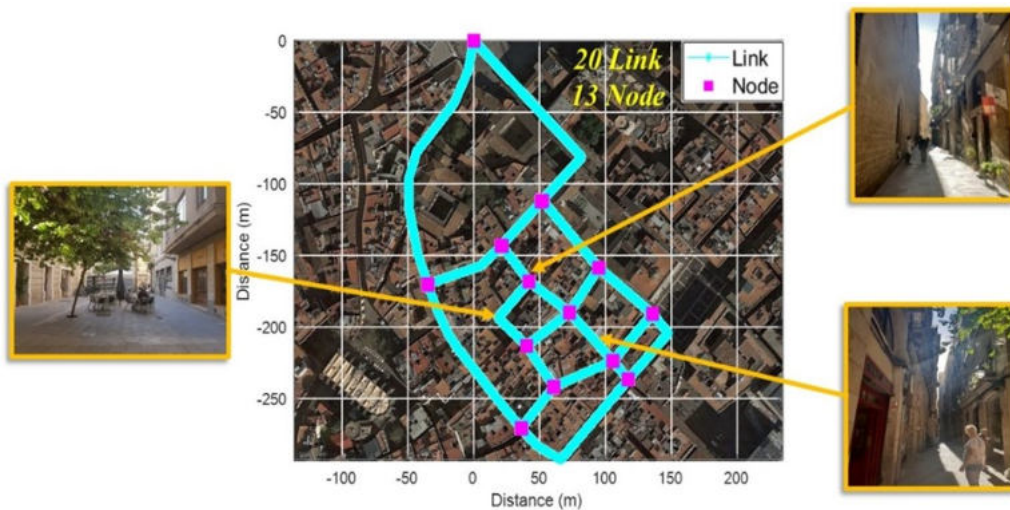
아래 <그림 27>은 6개의 실험 시나리오에서의 위치인식 결과를 정량적으로 표현한 것이다. 평균 오차는 수 미터 수준인데 반해 일부 LTE 신호 세기 변화가 미미한 구간에서는 최대 오차가 20m에 육박할 정도로 매우 크게 나타난다. 이러한 문제는 LTE 신호환경에서 기인한 것이기 때문에, LTE 신호만을 사용해서 해결하는 것이 쉽지는 않다. 우리는 이러한 문제의 해결을 위해 스마트폰 내부에 탑재된 가속도 센서와 자이로스코프 센서를 활용하고 있다.

그림 27. 지하주차장 차량위치인식 실험 결과



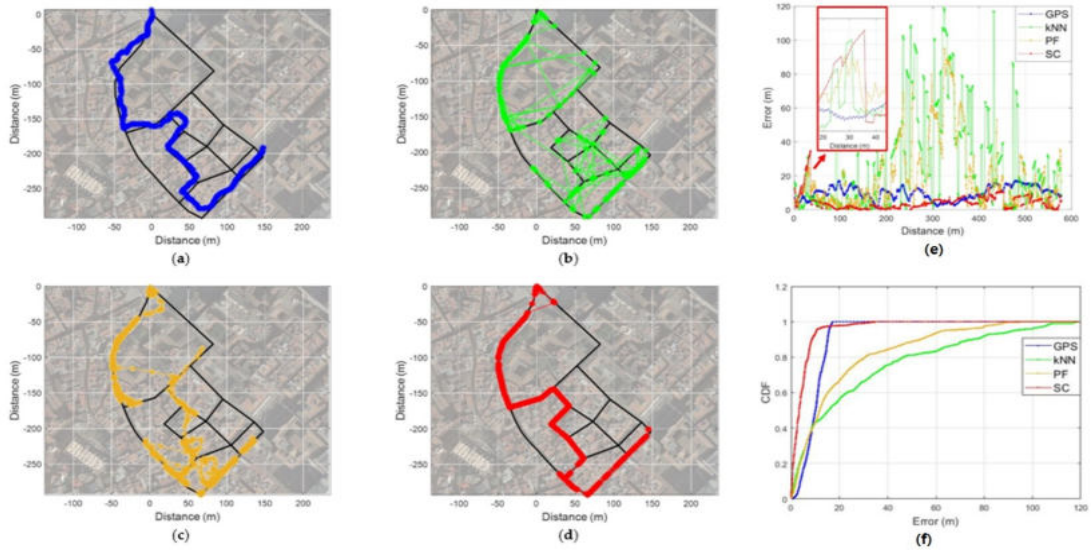
KIST 위치인식기술연구팀은 차량뿐만 아니라 보행자에 대한 위치인식 시스템 역시 실용화를 추진하고 있다. 보행자의 위치인식은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 하나는 GPS 성능 저하가 발생하는 도심에서의 보행자 위치인식이고, 다른 하나는 GPS가 아예 동작하지 않는 실내환경에서의 보행자 위치인식이다. 아래는 도심에서의 보행자 위치인식과 관련하여 바르셀로나 구도심에서 위치인식 실험을 한 결과이다. 실험지역은 바르셀로나 구도심으로, 총 20개의 링크와 13개의 노드로 구성되었다.

그림 28. 바르셀로나 구도심에서의 위치인식 실험지역



아래는 도심 환경에서 보행자의 위치인식 결과를 나타낸다. 아래 <그림 29>에서 (a)는 GPS를 사용한 위치 결과, (b)는 LTE 신호 기반 KNN 알고리즘을 사용한 위치 결과, (c)는 LTE 신호 기반 Particle Filter 알고리즘을 사용한 위치 결과, (d)는 LTE 신호 기반 KIST Surface Correlation 알고리즘을 사용한 위치 결과이다. (e)는 각 알고리즘에 대한 위치 결과이며, (f)는 위치 오차에 대한 cdf를 나타낸다(Jong Ho Lee et al, 2019).

그림 29. 바르셀로나 구도심에서의 위치인식 실험결과



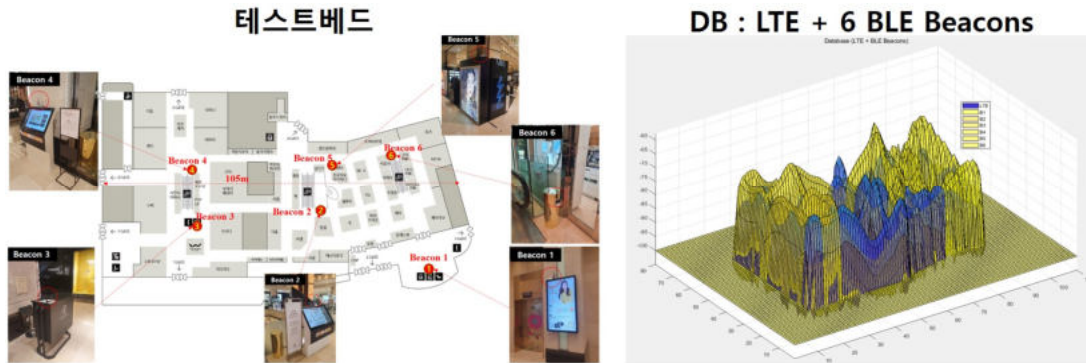
아래 위치인식 결과 <표 3>에 의하면 CEP 50% 기준으로 GPS 오차는 10.15m, KNN은 약 15m, Particle Filter는 약 12m인데 반해, Surface Correlation은 약 3.5m 수준이다. 다른 기술에 비해 정밀한 위치 결과를 보인다.

표 3. 위치인식 결과

시나리오	GPS	kNN	PF	Surface Correlation
1	10.15m(50%)	15.47m(50%)	11.93m(50%)	3.42m(50%)
	13.99m(80%)	46.53m(80%)	30.7m(80%)	7.19m(80%)
2	11.69m(50%)	44.99m(50%)	25.98m(50%)	8.59m(50%)
	15.73m(80%)	62.63m(80%)	38.26m(80%)	13.28m(80%)

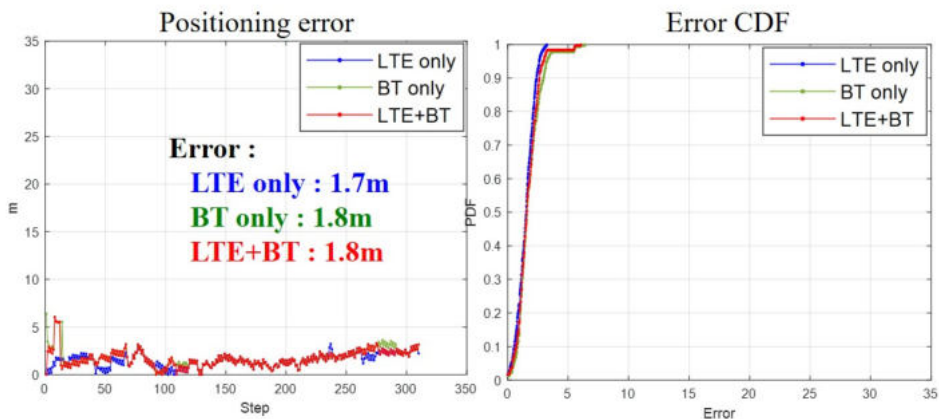
이 외에도 KIST 센서시스템연구센터는 롯데백화점과 함께 백화점 내 고객의 위치인식과 관련하여 POC(Proof Of Concept)를 수행 중에 있다. 현재 지하주차장과 지상 쇼핑몰을 대상으로 연구를 진행 중이며, 특히 LTE만을 사용하는 경우와 BLE 비콘을 사용하는 경우, 또 이 둘을 함께 사용하는 경우에 대해 연구를 진행 중이다. 아래 그림은 롯데백화점 본점 1층 쇼핑몰에서의 테스트베드와 데이터베이스 그림이다.

그림 30. 실내 쇼핑몰 위치인식 실험 환경 및 데이터베이스



이때 고객의 위치 결과는 아래 <그림 31>과 같다. LTE를 사용하거나, BLE 비콘을 사용하는 경우 모두 1~2m 정도의 위치인식 결과를 얻을 수 있었다. 해당 결과는 모두 KIST Surface Correlation을 적용한 결과로, 특히 백화점 1층 공간이 매우 복잡한 공간이고, 위치인식 기술의 적용이 쉽지 않은 환경임을 감안할 때, 매우 고무적인 결과라 할 수 있다.

그림 31. 실내 쇼핑몰 위치인식 실험 결과



IV 위치의 미래는?




1. 위치정보의 공적 활용

앞서 언급한 것처럼 위치는 위치 자체만으로는 그 사용이 너무나 제한적이다. 위치정보의 진가는 그 정보가 공유되기 시작할 때이다. 다만 이는 개인정보보호라는 또 다른 개념과 충돌하게 된다. 위치정보의 공유가 '감시'의 위험을 안고 있는 것이 사실이다. 하지만 그 대상이 조금 특별하다면, 다르지 않을까?

1.1. Next-119

현재의 긴급상황 위치조회시스템은 요구조자의 위치를 기지국(LTE 신호) 측위, 와이파이 측위, GPS 측위, 이렇게 세 가지 방법을 이용하여 추정하며, 모든 측위는 고도가 제거된 2차원 평면상에서의 위치로 제한된다. 각 방안별 측위 성공률 및 정확도는 아래 <표 5>와 같다. 문제는 측위 성공률과 위치정확도의 상관관계인데, 사실상 100%의 측위 성공률을 보이는 기지국 기반 측위 기술의 경우, 그 정확도가 263m에 달한다.

표 4. 긴급구조 측위품질 시험 결과

위치정보(측위기술)	위치정보사업자	위치성공률(%)	위치정확도(m)
기지국	전체	-	263.95
		-	117.52
		-	167.76
		-	459.10
GPS	전체	80.64	62.54
		91.24	43.17
		90.95	42.73
		59.74	81.16
와이파이	전체	80.65	65.15
		93.87	33.32
		90.68	46.15
		57.41	87.47

(출처: 방송통신위원회)

현실적으로 119 혹은 112 긴급측위의 성능을 높이기 위한 방안으로는 ① 와이파이 측위를 위한 와이파이 데이터베이스 구축 강화, ② 고도 정보 포함, ③ 기지국 기반 측위 정확도 향상 등이 있다. 이와 관련하여 한국전자통신연구원(ETRI)을 주관기관으로 한국과학기술연구원, KT, 한국정보통신기술협회, 카카오모빌리티, 경일대학교가 컨소시엄으로 참여하여 긴급구조 측위 품질을 향상시키기 위한 연구를 진행하고 있다(과학기술정보통신부). 해당 과제에서는 기압 센서를 이용한 고도 추정 기술, LTE 신호를 이용한 위치인식 정확도의 향상 등에 대한 연구를 진행하고 있다.

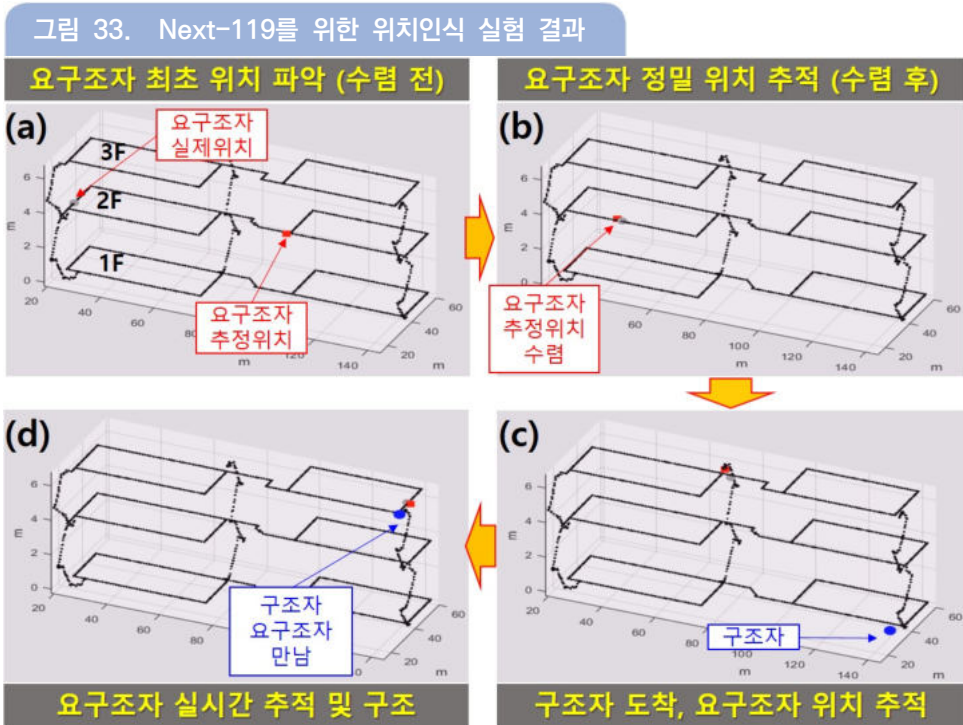
해당 과제에서 한국과학기술연구원은 차세대 긴급구조와 관련된 연구 및 기술개발을 진행 중이다. 현재 긴급구조 측위는 위치조회 요청이 있을 경우, 요구조사 단말의 측정치를 수집하여 일회성으로 위치를 추정한다. 문제는 LTE 기지국 측위의 경우 위치정확도가 수백 미터에 달한다는 점이다. 한국과학기술연구원에서는 신호의 패턴을 이용하는 KIST surface correlation 기술을 긴급측위에 적용해보고자 한다. 물론 해당 기술은 패턴을 이용하기 때문에, 측정치를 일회성으로 획득하는 것이 아니라 지속적으로 획득해야한다. 이는 현재 긴급구조 측위시스템에는 적용이 불가능하다. 하지만 이는 기술적인 문제라기보다는 정책적인 문제로, 본 과제에서는 기술적인 적용 가능성에 대한 유효성을 검증하고자 한다. 해당 기술은 요구조자의 데이터를 지속적으로 획득하게 되고, 이를 통해 요구조자의 위치를 수 미터 수준으로 추적하는 것을 목표로 한다. 이를 기반으로 구조자가

출동할 때도, 요구조자의 정확한 위치를 지속적으로 제공하게 된다. 또한, 해당 지역에 구조자가 도착할 경우, 구조자의 위치도 추정함으로써, 구조자에게 요구조자를 만나기 위한 경로 정보까지도 제공하는 것을 목표로 한다. 아래 <그림 32>는 차세대 긴급구조 측위 기술에 대한 개념도이다.

그림 32. (예시)Next-119 개념



위 사항에 대한 유효성 검증을 위해 3층짜리 두 개 동 건물에 대해 아래의 <그림 33>처럼 LTE 신호 데이터베이스를 구성하였다. 두 건물은 구름다리로 서로 연결되어있으며, 계단을 통해 층을 이용하는 것이 가능하다. 아래 <그림 33>은 해당 테스트베드에서 수행한 실험 결과이다.



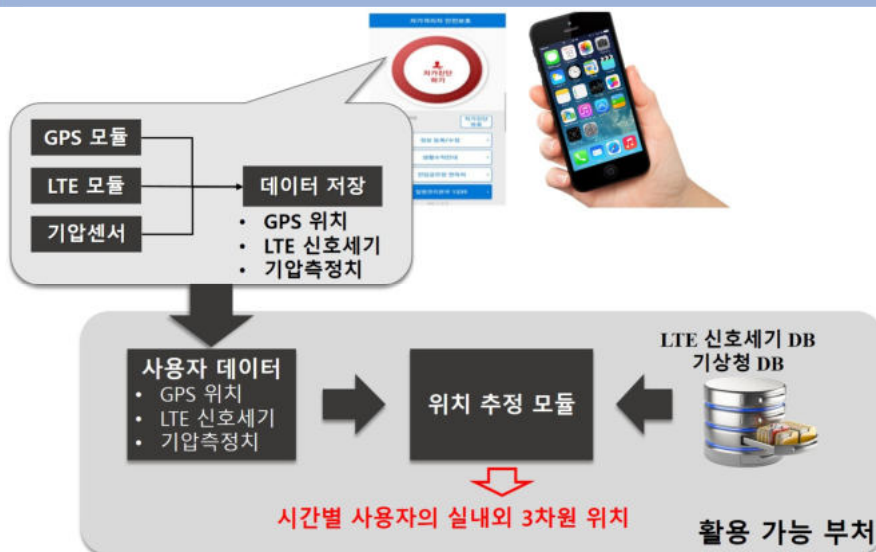
- 그림 (a): LTE 신호를 사용하여, 요구조자의 최초 위치를 파악. LTE 신호의 측위오차로 인해 실제 위치와 추정 위치 간에 차이가 발생한다. 구조자는 해당 위치정보에 기반하여 출동하게 된다. 출동 목적지는 아래 그림에서 우측 건물이다.
- 그림 (b): 요구조자 단말의 LTE 신호 측정치를 지속적으로 획득하여 surface correlation 기술을 적용하여, 위치 결과가 수렴하면서, 정밀 위치 획득(위치정확도는 수 미터 수준)
- 그림 (c): 구조자가 해당 건물에 도착. 초기 위치정보에 기반하여 요구조자가 현재 있는 건물이 아닌, 처음 추정 건물로 진입. 이후 정확하게 추정된 요구조자의 현재 위치를 기반으로 추적 시작
- 그림 (d): 요구조자의 위치 추적 및 모니터링을 통해 구조자가 요구조자를 추적하여 구조함

1.2. 전염병과 같은 팬데믹(pandemic) 상황에서의 모니터링

최근 전 세계를 휩쓴 코로나19 질병은 팬데믹 상황을 초래했다. 전 세계는 접하지 못했던 상황에 당황했고, 우리나라 역시 큰 변화를 겪었다. 특히 전염성이 매우 높은 질병의 특성상, 의심자에 대한 자가격리는 질병의 확산을 막는 중요한 요인으로 부각되었다. 자가격리에 있어 가장 중요한 것은 격리자가 정말로 격리위치에서 움직이지 않는가하는 것이다. 이를 위해 GPS를 이용하여 격리자의 위치를 인식하게 된다. 자가격리자의 위치 인식과 관련하여 현재 이슈는 두 가지이다. 하나는 스마트폰을 집에 놓아두고, 격리장소를 이탈하는 경우이다. 우리나라 역시 이 문제가 이슈가 되어, 손목밴드를 도입하는 논의가 진행되고 있다. 두 번째 문제는 위치 인식 정확도 문제이다. 현재 자가격리 앱의 위치 인식은 GPS에 의존하는데, 이미 언급한 것처럼 GPS는 실내에서의 위치 추정이 불가능하고, 특히 도심에서는 위치정확도가 크게 저하되는 문제가 있다.

자가격리 앱이 설치된 스마트폰이 LTE망에 접속하게 되면, 자동으로 LTE 기지국과 통신하면서 LTE 신호의 수신 신호 세기를 측정하게 된다. LTE 수신 신호 세기를 스마트폰에 저장하면, GPS와 별개로 위치를 추정할 수 있다. 또한, 스마트폰에 탑재된 기압 센서 측정치를 저장하면, 격리자의 고도를 추정할 수 있다. 이 두 가지를 결합하면 GPS와는 별개로 격리자의 3차원 위치를 추정할 수 있게 된다. 특히 해당 기술은 GPS를 사용하지 않고, LTE를 사용하여 위치를 추정하기 때문에, 도심, 실내에서도 안정적인 위치해를 얻을 수 있다.

그림 34. (예시)전염병 관련 자가격리자 실내외 3차원 위치 모니터링 기술 개념

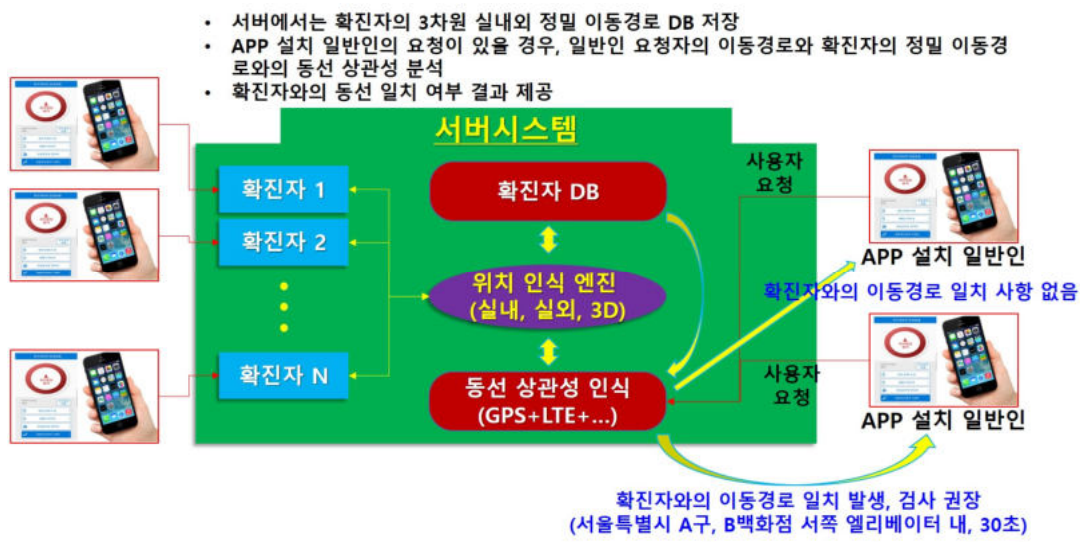


특히 LTE 신호 세기와 기압 센서 측정치는 그 자체만으로 위치가 되지 못한다. LTE 신호 세기는 LTE 통신망에 접속하게 되면, 무조건 측정되는 값이고, 기압 센서 역시 사용자가 임의로 끄거나, 켤 수가 없는 측정치이다. 또한, 두 측정치 모두 텍스트 데이터로 저장된다. 신호 세기는 -70dBm와 같은 형태로 저장되고, 기압 센서 측정치는 1023hPa의 형태로 저장된다. 이 값을 위치정보로 변환하기 위해서는 LTE 신호 세기 데이터베이스와 기상청의 현재 기압 값 데이터베이스가 필요하다. 현실적으로 LTE 신호 세기 데이터베이스와 기상청 데이터베이스는 국가 혹은 통신사 등 국가의 제어가 가능한 기관에서만 보유할 수 있다. 따라서 신호 세기 측정치와 기압 측정치를 위치로 변환하는 것은 자가격리자를 모니터링하는 주체인 국가에서만 할 수 있다.

해당 기술이 자가격리 앱에 적용된다면 실내외를 포함한 모든 지역에서 격리자의 3차원 위치를 추정할 수 있다. 예를 들어, 격리자가 격리 장소에서 벗어나 A백화점에 들어가서, 몇 층에 갔는지, 특정 층의 어느 곳에 갔는지를 모두 명확하게 추정할 수 있게 된다. 다만 LTE 신호 세기 데이터베이스를 구축하는 것은 시간과 노력이 필요한 부분이다.

코로나19로 촉발된 팬데믹 상황은 비단 이번만이 아닐 것으로 추정된다. 위치정보 활용에 대한 국민적인 합의, 철저한 보안시스템 등이 확보된다면, 보다 정확하고, 정밀한 동선파악과 관리가 가능할 것이다. 아래 <그림 35>는 동선추적 및 동선 상관성 분석에 대한 개념의 예시이다. 국가가 관리하는 서버시스템은 앱을 설치한 확진자의 동선에 대한 결과를 데이터베이스화하여 보관한다. 이때 GPS뿐만 아니라 LTE, 5G, 와이파이, 블루투스 등 모든 신호를 이용한 실내외 3차원 위치인식 결과를 저장하게 된다. 즉 확진자의 위치정보를 수 미터 정확도로 확보할 수 있다. 확진자가 발생할 경우, 개략적인 동선에 대해 앱을 통해 알릴 수 있다. 앱을 설치한 일반인의 경우 앱 자체적으로 예를 들어 2주 정도의 일정 시간 동안 GPS, LTE, 5G, 와이파이, 블루투스 신호의 정보를 저장하고 있다가, 혹시 사용자가 판단할 때, 공개된 확진자의 동선과 자신의 동선의 유사점이 있다고 판단되거나, 걱정이 되면 사용자가 앱을 통해 동선 상관성에 대한 요청을 할 수 있다. 이때, 사용자의 앱에 저장된 각종 측정치를 서버에 전송하게 되고, 서버에서는 요청된 사용자의 3차원 실내외 정밀위치를 인식하게 되고, 이를 확진자 데이터베이스와 연동하여 요청자와 확진자 간 이동경로 일치 여부에 대해 파악하게 되고, 이를 요청자에게 제공하게 된다. 물론 이동경로가 일치한 세부 위치정보 및 시간과 함께 검사 권장 관련 정보 역시 제공할 수 있다.

그림 35. (예시)APP 기반 동선추적 및 동선 상관성 분석 개념



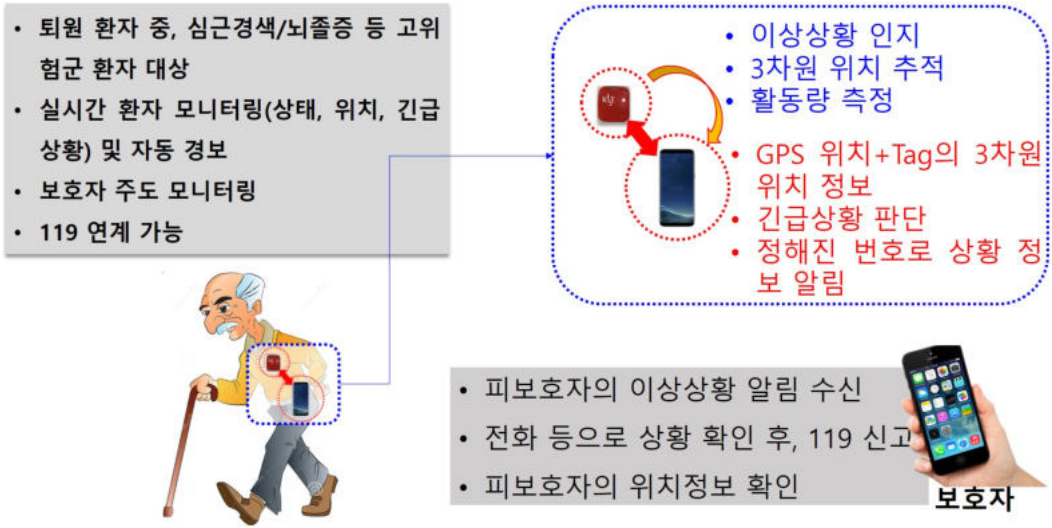
1.3. 고위험군 환자 모니터링 및 자동 경보

우리나라도 심근경색이나 뇌졸중 등 급사 위험이 있는 질병이 늘어나고 있다. 특히 심근경색이나 뇌졸중 같은 질병 보유 환자가 쓰러질 경우, 얼마나 빨리 환자를 병원으로 이송하느냐가 매우 중요하다. 특히 심근경색은 재발생률이 매우 높은 질병으로, 국내 환자 10명 중 2명이 1년 이내에 재발한다고 한다(매일경제). 심근경색 치료 후, 관리하는 환자들은 재활을 위해 산책 등 지속적인 운동이 필요한데, 특히 환절기에 운동하다 쓰러지게 되어 사망하는 경우가 빈번하다. 해당 질병 환자가 쓰러지게 되면, 빨리 발견하여 병원으로 이송하는 것이 무엇보다 중요하다.

이러한 경우 역시 위치정보의 공유를 통해 해당 환자에게 도움을 줄 수 있다. 예를 들어, 해당 환자가 혼자 외출을 할 경우, 환자의 몸 상태를 인지할 수 있는 웨어러블 기기를 착용한다고 하자. 웨어러블 기기는 환자가 쓰러지거나 혹은 의식을 잃어 움직이지 않는 상황에 대한 즉각적인 감지가 가능하다. 또한, 웨어러블 기기에 탑재된 가속도 센서 및 자이로스코프 센서를 통해 GPS가 작동하지 않는 지역에서도 개략적인 위치 추정이 가능하다. 기압 센서를 이용하면, 층 변화도 인식이 가능하다. 정리하면, 사용자의 상태를 인식하여, 사용자가 쓰러졌는지, 정신을 잃었는지, 정상적으로 걷고 있는지 확인할 수 있고, GPS가 동작하지 않는 지역에서도

사용자의 3차원 위치를 알 수 있다. 사용자의 웨어러블 기기를 통해 이상 상황을 인지하게 되면, 이상 상황 정보와 함께 사용자의 위치정보를 사용자의 스마트폰으로 송신, 스마트폰은 보호자에게 자동으로 알림을 주게 된다. 보호자는 알림을 받고 피보호자인 환자에게 전화로 확인을 시도한다. 혹 잘못된 경보일 경우에는 환자가 전화를 받아 오류를 방지할 수 있다. 하지만 환자가 전화를 받지 않을 경우, 피보호자는 실제 이상상황이 발생했음을 알고 119에 구조 요청을 할 수 있다. 이때 환자의 3차원 위치를 119에 제공하여, 환자를 빨리 발견하고, 대응할 수 있도록 한다.

그림 36. (예시)고위험군 환자 모니터링 및 자동 경보시스템 개념



언급한 것처럼 위치정보의 공유와 모니터링은 다른 관점에서 접근해야 한다. 모든 사람을 일괄적으로 모니터링하거나 혹은 불순한 목적을 갖고 위치를 모니터링하는 것은 매우 위험한 일이다. 하지만 그 목적이 명확하고 공익에 부합하고 보안이 확보되며, 그 활용범위가 명확하다면 위치정보의 공유와 모니터링으로 발생하는 순기능에 대해 논의가 필요하다.

2. 위치로 자원을 최적화하라

우리 사회와 산업은 각종 자원으로 이루어져 있다. 자원이라는 것은 인적자원과 물적자원으로 구분된다. 인적자원은 사람을 의미한다. 공장이나 물류센터 등에서는 작업자를 의미하고, 병원에서는 의사, 간호사 등 병원 직원과 환자를, 쇼핑몰에서는 쇼핑몰 직원과 고객을 의미한다. 물적자원이라는 것은 상품, 재료와 같은 물품뿐만 아니라, 크고 작은 장비들도 모두 포함한다. 공장, 물류센터, 병원, 쇼핑몰과 같이 인적자원과 물적자원의 이동이 매우 중요한 곳에서 다양한 최적화가 이루어져왔다. 하지만 자원의 이동과 관련한 최적화는 미진했던 것이 사실이다. 이동 자원에 대해서는 아마도 실제 데이터에 의해서가 아닌 합리적인 추론과 예상, 경험에 비추어 최적화가 이루어졌을 것으로 추정된다. 하지만 해당 작업장에서 인적, 물적 자원의 이동은 매우 중요하다. 안전과도 관련이 있고, 효율화, 경제성과도 관련성이 매우 높다. 그리고 최적화를 위해 필요한 것은 바로 데이터의 축적이다.

그림 37. (예시)자원 재배치를 통한 최적화 개념



〈그림 37〉은 자원의 재배치를 통한 최적화의 개념에 대한 예시이다. 인적, 물적 자원의 최적화를 위한 첫 번째는 각 자원의 이동을 데이터화하는 것이다. 작업장에서 사람의 이동과 장비, 사물, 물품의 이동을 모두 데이터화 해야 한다. 데이터가 쌓이면 안전과 효율 등 콘텐츠와의 결합을 통해 정보가 되고, 정보는 최적화의 기본 토대가 된다. 자원의 최적 재배치를 도출하고, 이를 실제 환경에 반영하여, 자원을 최적 제어하게 된다. 예를 들어 물류센터의 경우 입고 차량과 출고 차량이 들어오게 되면, 차량의 내비게이션 정보를 통해 물류센터 도착시간이 실시간으로 업데이트된다. 물류센터 내부 작업자, 작업 차량의 위치, 작업내용 등 역시 실시간으로 모니터링된다. 이 모든 관련 정보들이 모두 데이터화되어 수집되고, 이를 통해 보다 효율적으로 작업자와 작업 장비를 실시간으로 재배치할 수 있다.

V 위치는

인류의 역사에 있어 스마트폰 시대가 시작되면서, 비로소 사람의 이동을 데이터화할 수 있게 되었다. 특히 스마트폰은 위치가 통신을 통해 다른 콘텐츠와 매우 쉽게 결합할 수 있게 해주었다. 과거 위치정보는 길을 찾는 데 활용되었다면, 현재의 위치는 다양한 콘텐츠와 결합하여, 산업 전반에서 활용될 수 있는 새로운 정보로 활용되고 있다.

위치 기반 서비스가 보다 활성화되기 위해서는 위치가 더욱 많은 콘텐츠와 결합될 수 있어야 한다. 이를 위한 기술적 이슈 중 가장 중요한 것이 바로 ‘Seamless’이다.

해당 기술이 상용화된다면, 내비게이션에 쇼핑물을 최종목적지로 설정하는 것이 아니라 쇼핑물 내 특정 매장을 최종목적지로 설정할 수 있을 것이다. 이후 매장과 가장 가까운 엘리베이터 근처 빈 주차 공간으로 지하주차장 내에서도 끊김 없이 안내를 받을 수 있으며, 차에서 내린 이후에도 도보 내비게이션으로 전환되어 지속적인 안내가 이루어질 것이다. 쇼핑이 끝난 후에 당신은 다시 지하주차장까지 안내를 받게 되고, 차량에 탑승해서도 지하주차장 밖으로 나가는 안내를 받게 될 것이다. 지하주차장을 나서면서, 좌회전을 해야 할 지, 우회전을 해야 할 지 전혀 고민할 필요가 없게 될 것이다.

당신이 특정 매장을 목적지로 입력하고 왔기 때문에, 쇼핑물은 당신의 방문 목적을 알 수 있다. 당신의 구매 의도와 연계된, 관심이 높은 관련 상품에 대한 광고 혹은 안내를 통해 당신은 폭넓은 소비와 합리적인 구매를 할 수 있을 것이다.

‘위치’는 개인에 대한 정보이면서, 공적 정보이기도 하다. 개인이 사용할 때도 유용할 수 있으나, 정보를 공유하게 되면 그 활용성이 크게 높아지게 된다.

공장, 물류센터 등 작업장에서의 대형 화재 발생 시, 작업자 개개인의 위치 인식이 되고 있다면, 직관적인 대피로에 대한 안내가 가능할 것이고, 구조 인원이 도착했을 때도 효과적인 탐지와 구조가 가능할 것이다. 코로나19와 같은 팬데믹 상황에서, 확진자의 이동 경로를 보다 정확·정밀하게 파악할 수 있고, 이로 인한 피해를 최소화할 수 있을 것이다.

‘위치’는 공적 정보이면서, 또한 개인정보이기도 하다. 잘못 활용될 수도 있다. 오용될 수 있는 가능성을 줄일 필요가 있다. 특히 위치정보와 개인 ID를 연동하는 것은 매우 조심해야 한다. 다만 통신 신호를 활용하는 측면에서는 직접적인 위치가 아닌 신호세기, 타이밍 등 위치 계산을 위한 간접적인 측정치를 활용하는 것을 추천한다. 해당 정보는 위치로 변환 가능하나, 그 자체로 위치정보로 활용되기는 어렵다.

‘위치’는 보호해야 할 정보이면서, 동시에 활용해야만 하는 정보이다. 집단지성이 중심이 된 사회적 논의가 필요하다. 이미 세계는 ‘위치’를 직간접적으로 활용하고 있고, 그 활용은 더욱 늘어날 것이다.

저자_ 이택진(Taikjin Lee)

• 학력

서울대학교 기계항공 박사
서울대학교 기계항공 석사
서울대학교 기계항공 학사

• 경력

現) 한국과학기술연구원 책임연구원
前) 한국과학기술연구원 선임연구원
前) 서울대학교 정밀기계설계공동연구소 선임연구원

참고문헌

국내문헌

- 1) 윤선일, “항법의 발전과정과 종류”, 2017.11., <http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=lignex1&logNo=221132917089>
- 2) 나침반, 위키피디아, <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%82%98%EC%B9%A8%EB%B0%98>
- 3) 위키미디어 커먼스, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GPS_Satellite_NASA_art-iif.jpg#/media/File:GPS_Satellite_NASA_art-iif.jpg
- 4) KASS SBAS 사업단, <http://www.kass.re.kr/main/main.php>
- 5) 구글 트위터, 2017.5., https://twitter.com/Google/status/864915561540669441?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E864915561540669441&ref_url=https%3A%2F%2Ftechcrunch.com%2F2017%2F05%2F17%2Fgoogle-has-an-indoor-positioning-tech-in-the-works-called-vps%2F
- 6) NXP, “Ultra-Wideband(UWB)”, <https://www.nxp.com/applications/solutions/enabling-technologies/ultra-wideband-uwband:UWB>
- 7) Nordic semiconductor, <https://blog.nordicsemi.com/getconnected/bluetooth-5.1-puts-bluetooth-in-its-place>
- 8) Jeruhtmee, “iPhone Commercial-Calamari”, 2007, 6., <https://www.youtube.com/watch?v=RPufktj8UU4>
- 9) Global LBS market 2017-2021, Technavio 2017
- 10) 뉴노벨, “공유경제의 미래 우버(UBER) : 투자할만한 회사일까?”, 2020, 2., <https://new-novel.tistory.com/3>
- 11) 종(Bell)을 울려라, “카카오택시, ‘아날로그 콜택시’ 시대 끝내나?”, 2015, 4., <https://bell1990.tistory.com/27>
- 12) Semfio Networks, “Free space path loss diagrams”, 2018, 4., <https://www.semfionetworks.com/blog/free-space-path-loss-diagrams>
- 13) 헤럴드경제, “카카오모빌리티-카카오내비, 터널 안에서도 안 끊어져요”, 2020, 4., <http://news.heraldcorp.com/view.php?ud=20200406000617>
- 14) Jong Ho Lee, Taikjin Lee 외 5명, “Surface Correlation-Based Fingerprinting Method Using LTE Signal for Localization in Urban Canyon”, Sensors, Vol.19, Issue15, 3325, 2019
- 15) 방송통신위원회, “2019년도 긴급구조 위치정보 품질 평가 결과 발표”, 방송통신위원회 보도자료, 2020. 3. 31.
- 16) 과학기술정보통신부, “긴급구조용 측위 품질 제고를 위한 GPS 음영지역 내 다중신호패턴의 학습 기반 3차원 정밀측위 기술 개발”, 과제번호:2019-0-01401

- 17) 매일경제, “돌연사 부르는 심근경색, 재발·예방하려면...”, 2020. 3., <https://www.mk.co.kr/news/it/view/2020/03/328735/>
- 18) 국내외 LBS 산업 동향 보고서, KISA Report, 한국인터넷진흥원



02

인공지능 시대 보안 위협에 대응한 바이오인식 기술 동향

김학일(인하대학교 정보통신공학과 교수)

I 바이오인식 기술이란?

바이오인식은 개인마다 다른 신체적 특징인 지문, 얼굴, 홍채, 정맥 등과 행동적 특징인 음성, 서명, 걸음걸이 등을 이용하여 개인의 신원을 확인하는 사용자 인식 기술이다. 전통적으로 바이오인식은 출입국심사(전자여권, 승무원·승객 신원 확인), 출입통제(잠금장치, 출입·근태관리), 행정(무인 민원발급, 전자 조달), 사회복지(미아 찾기, 복지기금관리), 의료(원격의료, 의료진·환자 신원 확인), 정보통신(휴대폰 잠금 해제, PC·인터넷 로그인), 금융(온라인 금융, ATM 현금인출) 등 여러 분야에서 사용자 신원을 확인하는 기술로 폭넓게 보급되어 실생활 깊숙이 자리 잡게 되었다. 또한, 최근 들어 스마트폰·태블릿 PC 등 모바일기기에 지문·얼굴 등 바이오 정보를 탑재하여 다양한 모바일 응용서비스를 가능하게 해주는 모바일 바이오인식 응용기술이 전 세계적으로 개발·보급 되고, 삼성전자·페이팔(paypal) 중심으로 바이오인식 기술을 이용한 애플리케이션이 상용화되고 있다.

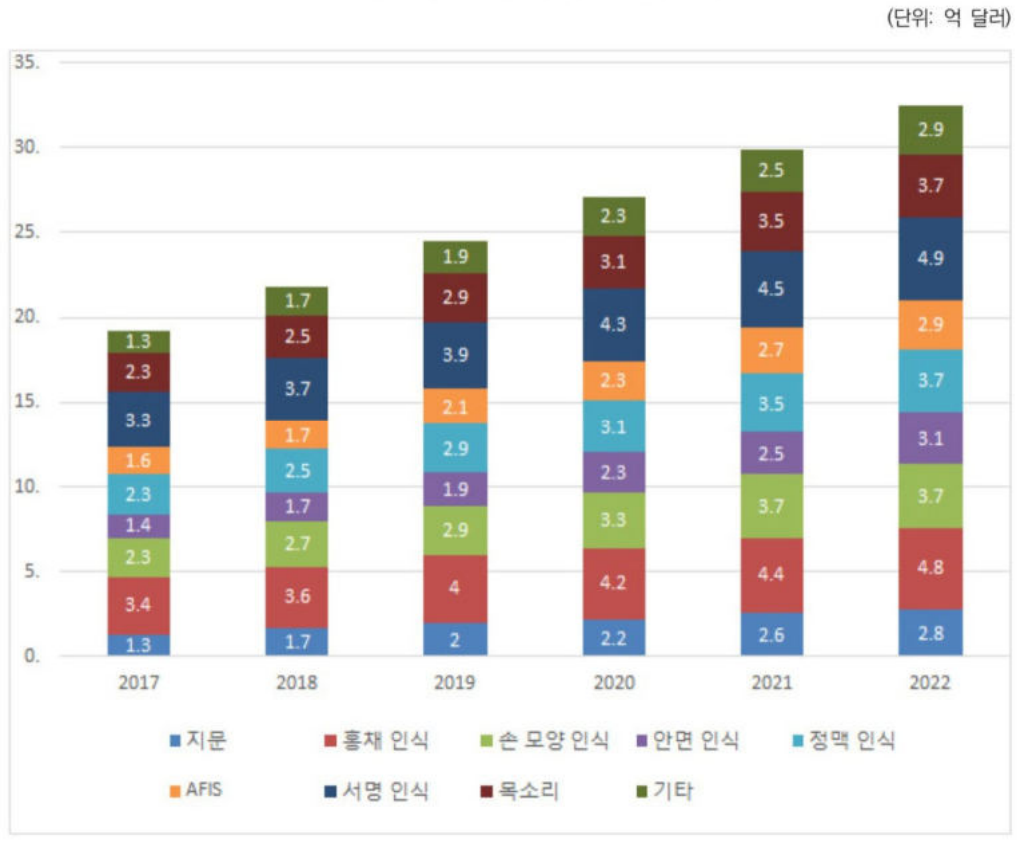
표 1. 바이오인식 활용 분야

분야	내용
금융	ATM·KIOSK, 모바일뱅킹, 전자상거래
컴퓨터 보안	전자상거래, 정보보안, 로그인(PC·노트북·네트워크접근제어)
통신	휴대전화, 콜센터, 인터넷폰 및 전화카드
출입국 관리	출입국심사, 불법 입국자 확인
의료복지	환자신원확인, 기록관리, 원격진료, 전자처방전, 미아·가족 찾기, 연금·수당관리
출입관리	출입자 관리, 근태관리
경찰·법조·공공 부문	범죄자 관리, 범죄자 수색 및 검거, 전자주민증, 의료보험증, 선거관리
사회복지 부문	연금지급 관리, 실적수당 관리

(출처: 바이오인식정보시험센터)

여러 시장조사 업체에서는 바이오인식 시장을 긍정적으로 전망하고 있다. Markets & Markets는 2018년 세계 바이오인식 시장 규모가 168억 달러(약 20조 1,000억 원)에 달할 것이며, 연평균 20%의 빠른 성장세를 보이면서 2023년 418억 달러의 시장 규모를 형성할 것으로 예측하였다. 또한, Tractica에서는 세계 모바일 바이오인식 시장이 지난 2015년 20억 달러에서 연평균 25.3% 규모로 상승해 2024년 148억 달러에 이를 것으로 전망하였다. 특히 가장 널리 쓰이고 있는 지문인식 기술은, 출시되는 스마트기기에 대부분 탑재되면서 2020년에는 170억 달러 수준으로 성장할 것으로 IHS 마켓 보고서는 전망했다. 또한, 시장조사 업체 Frost and Sullivan에서는 바이오인식 시장은 2018년 아시아-태평양 지역에서만 53억 9,000만 달러 규모를 형성했고, 2025년이면 221억 9,000만 달러에 이를 것으로 전망하고 있다.

그림 1. 전 세계 바이오인식 시스템 시장 수익



(출처: Lucintel and Statista Estimates, 2017)

1.1 바이오인식 기술의 종류

바이오인식 기술은 다양한 센서와 자동화된 장치를 통해 사람의 신체적·행동적 특징을 추출 및 저장하여 정확하고 편리하게 사용자의 신원을 확인하는 사용자 인식 기술로서, 크게 개인마다 다른 신체의 특징을 이용하는 신체 방식과 행동 방식으로 나눌 수 있다. 신체 방식을 기반으로 하는 신체 정보는 지문, 얼굴, 홍채, 정맥 등이 있다. 초기에는 지문, 얼굴 등과 같이 겉으로 드러나는 신체 정보를 이용하였고, 차츰 정맥, 맥박 등 보이지 않는 신체 정보를 이용하는 방향으로 확장되는 추세이다. 지문인식 방법은 개인의 지문 특성을 등록된 특징 데이터와 비교하는 방법이다. 편리하고 안전하며 정확도가 높으나 지문이 손상된 경우엔 식별이 제한된다는 한계가 있다. 얼굴인식 방법은 눈, 코, 입 등 얼굴 요소의 특징 분석을 이용한다. 비접촉식으로 편리하지만, 각도와 조명 등에 따른 얼굴 모습의 차이로 환경에 영향을 받는다. 홍채인식 방법은 홍채 무늬, 형태, 색 등의 분포 패턴을 분석한다. 위·변조에 대해 강인한 점이 있지만, 눈 깜빡임이나 자세에 의해 인식률이 많은 영향을 받는다. 정맥 인식 방법은 피부 아래에 있는 정맥 패턴을 이용하기 때문에 빛에 대한 영향이 적고 위·변조에 강하나 시스템 구축을 위한 비용이 많이 든다는 단점이 있다.

그림 2. 바이오인식 특징의 종류

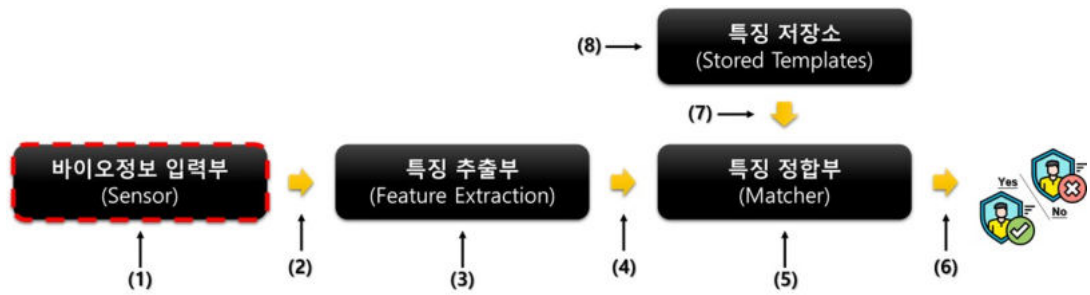


1.2 바이오인식 시스템의 보안 이슈

바이오인식 기술은 다른 인식 방법들과 비교하여 편리성과 동시에 보안성이 강하다는 장점이 있으나, 복제될 경우 사용자가 바이오인식 정보를 변경할 수 없는 문제점이 있다. 또한, 최근 논쟁거리가 되는 실리콘, 젤라틴 등의 위조지문이나 3D 프린팅에 의한 위조 얼굴 공격으로부터 사용자 정보를 보호할 수 있도록, 위변조 검출 기술 개발이 필수적이다. 따라서 바이오인식 기술은 위변조, 복제 등과 같은 공격에 대비하기 위한 보안기술이 지속적으로 연구되어야 한다.

바이오인식 위변조 사고사례 및 대응방안 조사에 관한 보고서에 따르면, 바이오인식의 취약점은 크게 8가지로 분류할 수 있는데, 최근 바이오인식 관련 보안 위협 사례는 바이오인식 데이터 입력부에서의 인식 우회가 대부분을 차지한다.

그림 3. 바이오인식 시스템의 개략적인 흐름 및 공격 가능 지점



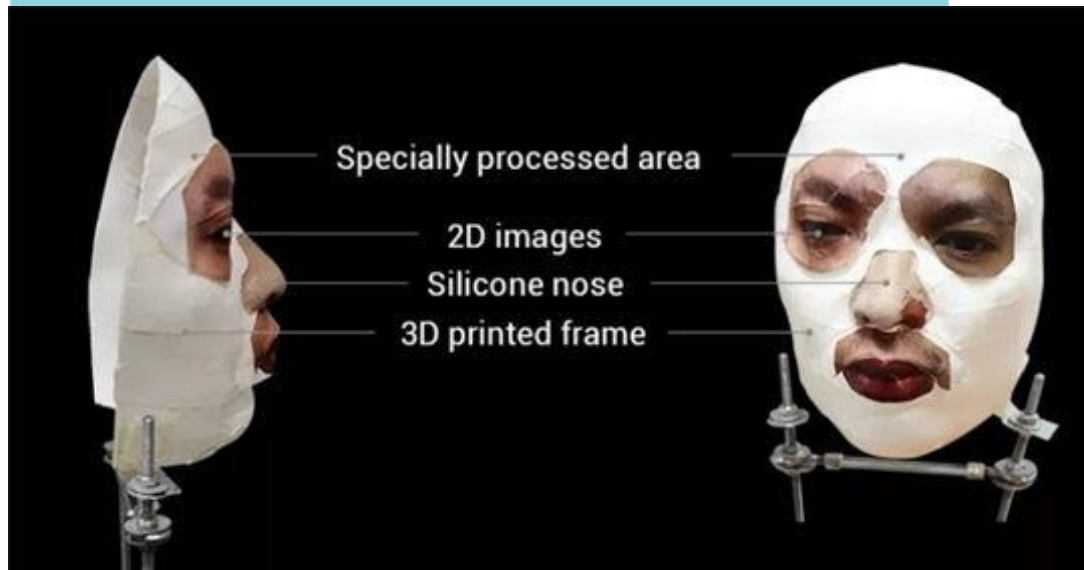
- (1) 위조지문, 고해상도 사진 등 위조된 바이오 정보를 센서에 입력하여 정상적 인식을 우회
- (2) 불법 취득한 바이오 정보를 재생하여 인식
- (3) 위조된 특징정보를 임의로 생성
- (4) 정상적인 특징정보를 임의의 위조된 특징정보로 대체
- (5) 특징 정합부에서 인식 결과값을 임의로 변경
- (6) 최종 인식결과 (수락 또는 거부)를 조작
- (7) 저장소에서 정합부로 전송되는 특징정보를 도취 또는 타인의 정보로 대체
- (8) 저장소에 침투하여 이미 저장된 바이오 정보를 조작, 삭제 또는 유출

1.3 보안위협 사례

2014년 독일 해킹그룹 카오스컴퓨터클럽(Chaos Computer Club, CCC)은 3m 거리에서 촬영된 당시 독일 국방장관의 이미지를 이용하여 위조 지문을 제작하였으며, 고해상도 사진에서 추출한 지문 이미지를 통해 아이폰5의 지문인식 잠금장치를 해제하는 과정을 보였다. 이 시연은 누구라도 지문이 포함된 사진만으로도 타인의 지문을 복제할 수 있음을 보였다.

2017년 아이폰X의 얼굴인식 기능 FaceID 역시 베트남의 사이버 보안 기업 비카브(bkav.com.vn)에 의해 150달러로 제작한 마스크로 뚫린 바가 있다. 애플은 사진에 쉽게 인식되는 얼굴인식을 보완하기 위해 적외선 센서와 점들을 매핑하는 3D 이미지 스캔 방식을 채택하였지만, 3D 프린터로 제작된 마스크에 인식되는 결함이 나타났다.

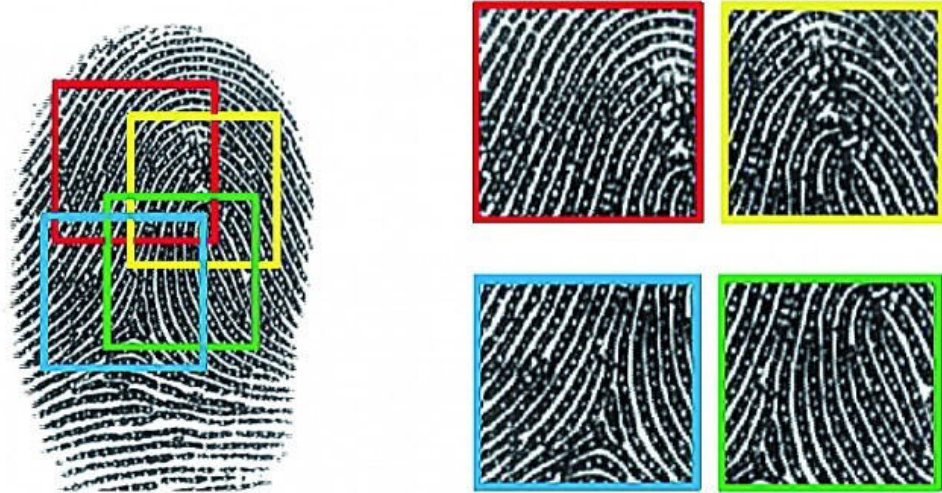
그림 4. 베트남 보안회사 비카브가 제작한 FaceID의 잠금을 해제하는 특수가면



(출처: 비카브)

2017년 미국 뉴욕대 탠돈(Tandon) 공대 나시르 매몬 교수팀은 스마트폰의 지문 기반 인식 시스템이 사용자의 전체 지문을 캡처하는 것이 아니라 지문의 부분들을 캡처하여 합친다는 사실에 주목하였고, 지문 8,200개의 패턴을 분석해 '마스터 지문'을 만들었다. 당시 연구 결과에 따르면 다양한 스마트폰의 지문인식을 다섯 번 시도해 최대 65% 해제하였다.

그림 5. 나르시 메몬 교수팀의 마스터 지문 예시



(출처: NYU Tandon School of Engineering)

2017년 삼성전자에서 출시한 갤럭시S8은 차별화 기술로 홍채인식 보안 기능을 내세우며 사람마다 모두 다른 홍채 패턴은 복제가 불가능하다고 주장하였으나, 이 역시 해킹그룹 카오스컴퓨터클럽에 의해 보안 기능이 해킹당하였다. 카오스컴퓨터클럽은 디지털카메라의 나이트비전 기능으로 5m 떨어진 곳에서 홍채 사진을 찍고 이를 레이저 프린터로 인쇄, 인쇄된 종이 위에 콘택트렌즈를 얹어 갤럭시S8 홍채인식 기능으로 잠금을 해제하였다. 당시 카오스컴퓨터클럽은 홍채가 지문보다 많이 노출되므로 보안 위험이 더 크며 때때로 인터넷의 고해상도 사진만으로 홍채를 포착할 수 있다고 경고하였다.

그림 6. (좌) 독일 해커 '카오스컴퓨터클럽(CCC)'이 프린트한 홍채 사진으로 작업하는 장면, (우) 해당 사진으로 갤럭시S8 홍채인식 보안 기능을 해제하고 있는 장면



(출처: 카오스컴퓨터클럽)

2018년 일본 쓰쿠바대 인공지능과학센터 교수 사쿠마 준 연구팀은 특정인의 얼굴을 인식하는 인공지능 시스템을 속이는 위협을 재현하는데 성공하였다. 이 실험에서는 공격대상 시스템이 가짜 얼굴과 어느 정도 닮았다고 인식하는지에 대한 정보를 사용했는데, 이 정보를 바탕으로 얼굴인식이 가능하도록 진짜 얼굴을 생성하도록 했다. 이 실험은 여러 가지 조건으로 이뤄졌기 때문에 당장 악용될 위험은 크지 않지만, 누군가가 시스템 자체를 해킹하면 인공지능 기반의 얼굴인식 보안체계가 뚫릴 우려가 있음을 보였다.

2019년 삼성전자의 갤럭시S10에서는 초음파식 지문 스캐너가 위조한 지문에 대하여 보안상 취약점을 보였다. 출시 당시 삼성전자는 업계 최초로 사용자의 지문 굴곡을 인식해 위조 방지 기능을 강화한 초음파식 지문 스캐너를 내장하여 더욱 안전하다고 보안성을 강조하였으나, 3D 프린터로 인쇄한 지문, 값싸고 흔한 실리콘 재질로 보안이 뚫렸다. 3D 프린터로 인쇄한 지문의 경우, 와인 잔에서 채취한 지문을 스캔하여 3D로 출력한 후 잠금 해제에 걸린 시간은 불과 13분이었다. 초음파로 지문의 돌기를 인식하는 갤럭시S10 초음파 지문인식 센서는 이미지 기반 광학 센서보다 보안성이 높다고 알려졌으나, 동일한 취약점을 보였다.

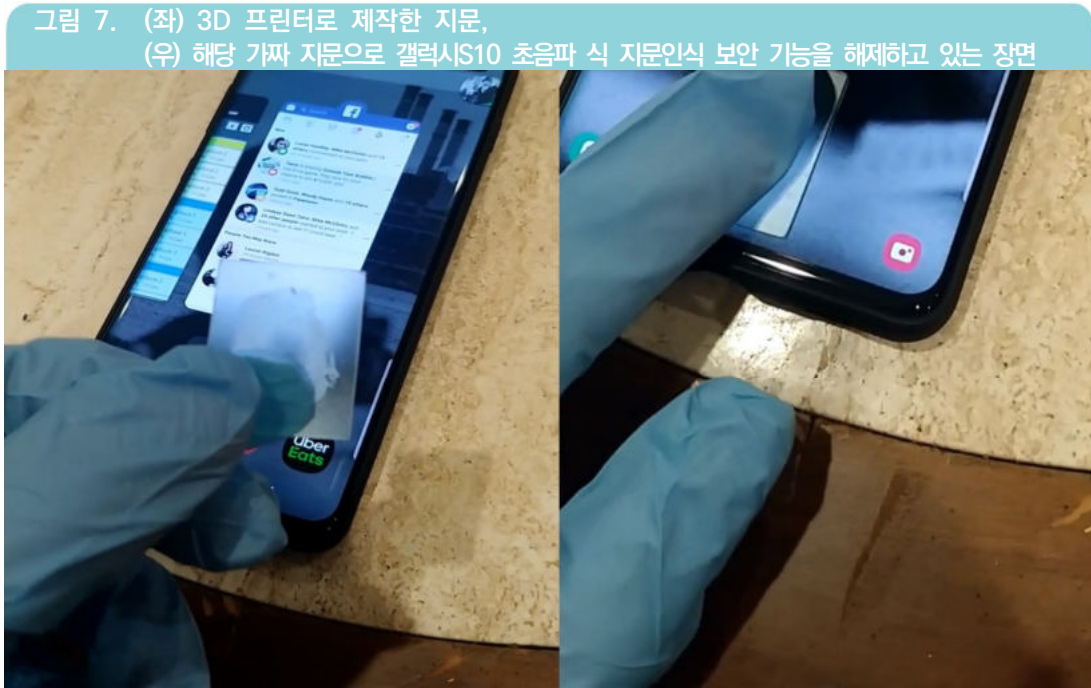


그림 7. (좌) 3D 프린터로 제작한 지문, (우) 해당 가짜 지문으로 갤럭시S10 초음파 식 지문인식 보안 기능을 해제하고 있는 장면

(출처: 이머지)

2018년 인하대학교 김학일 교수 연구팀은 딥러닝 기반의 조건부 적대적 신경망(cGAN)을 이용하여 지문의 특징점으로부터 지문 이미지를 생성하는 연구를 수행했다. 이 연구는 특징점 정보만으로 지문을 재구성하여, 실제와 유사한 지문 이미지를 만들 수 있음을 증명했다. 생성된 지문의 시스템 인식률은 보안 수준에 따라 최대 98%까지 가능함을 보였으며, 이는 특징점 정보만으로 지문 이미지를 생성하여 지문인식 시스템의 위협이 가능하다는 점을 시사한다.

그림 8. 재구성된 지문 이미지, 맨 위부터 각각 특징점 맵(Minutia map), 본 연구팀의 방법으로 재구성한 지문 이미지, 해당 특징점 맵을 지닌 원본 지문 이미지

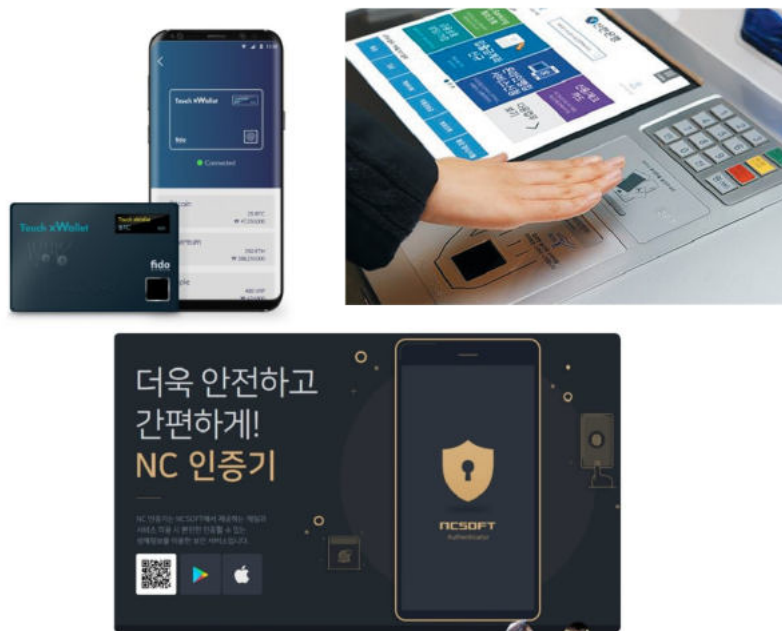


(출처: 인하대학교 컴퓨터비전 연구실)

II 최신기술동향

최근 바이오인식은 실생활에서 어떻게 쓰이고 있을까? 많은 기관에서 중요한 데이터의 보안을 위하여 기존의 비밀번호 이외에 지문 등과 같은 바이오인식 시스템을 이용한다. 지금은 대중화된 스마트폰에서도 지문인식 등을 이용하며 바이오인식 기술의 활용은 점차 늘어나고 있다. 국내 인식 회사 케이사인은 지문인식 가상화폐 지갑 ‘터치엑스월렛(TouchxWallet)’을 개발했으며 엔씨소프트는 게임 계정 해킹 방지를 위해 바이오인식 기술인 ‘NC 인지기’를 도입했다. 또한, 최근 은행권에서는 창구 업무를 위하여 정맥을 인식 수단으로 사용하고 있다.

그림 9. (좌상) 암호 화폐 하드웨어 지갑 ‘터치엑스월렛’, (우상) 정맥 인식으로 현금인출기에서 인식하는 모습, (하) 바이오정보를 이용한 보안서비스 NC 인지기



(출처: 케이사인, 신한은행, Plaync)

또한, 최근 COVID-19 확산에 따라 비접촉식 센서를 이용한 바이오인식 솔루션 연구도 활발하다. IDEMIA의 비접촉식 바이오인식 솔루션인 MorpoWave Compact는 3D 지문 기술을 사용하여 사용자가 스캐너 위에서 손을 흔들 때 1초 이내에 네 개의 손가락을 분석하고 인식할 수 있다.



(출처: IDEMIA)

바이오인식을 활용한 비대면 모바일 기반 투표에 대한 채택도 가속화되고 있다. 미국 유타(Utah)에서는 블록체인 기술과 바이오인식 기술을 활용하여 선거에 적용하고 있는데, 스마트폰의 바이오인식 기능인 지문인식, 얼굴인식 등과, 면허증, 여권 등 자격 증명을 확인할 수 있는 ID 및 고해상도 카메라를 활용한다. 이 과정에서 사용하는 애플리케이션의 인식 절차는 3단계로 이루어져 있다. 먼저 운전면허증이나 여권을 스캔하고 실시간 얼굴 스냅샷을 찍은 뒤 지문을 인식하면 투표자 인식이 완료된다.

2.1 보안 위협을 고려한 바이오인식 시스템 활용 사례

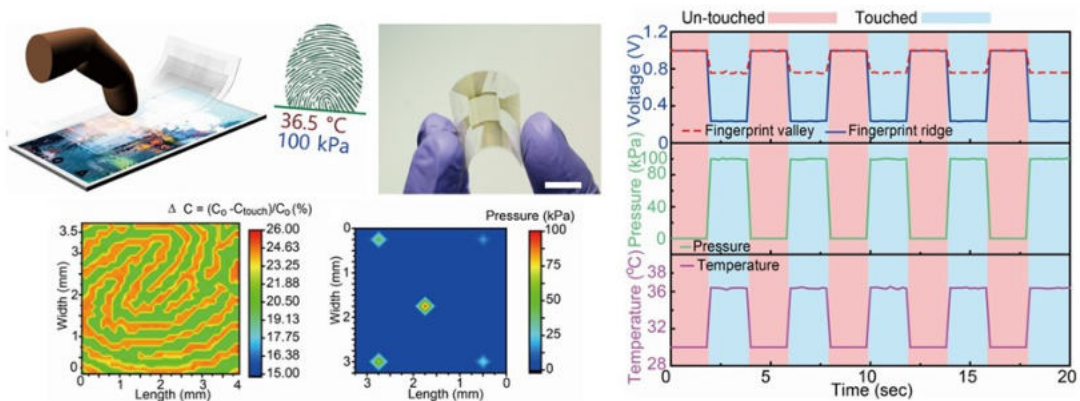
앞에서 다룬 여러 사례를 통해 바이오인식 시스템은 위변조에 의한 우회 인증 위협을 고려하여 보안성을 확보해야 한다는 필요성을 확인하였다. 바이오 정보를 위조 또는 복제하고 이를 이용하여 인식하는 것을

‘스푸핑 공격(Spoofing attack)’ 또는 ‘프레젠테이션 공격(Presentation attack)’ 이라고 하는데, 오래전부터 바이오인식 관련 기업에서는 악의적으로 도용될 위험을 차단하고자 관련 연구를 지속하고 있다.

FaceTec은 얼굴인식 솔루션을 디지털 원격 투표에 적용하고 있다. 이들의 기술은 3D FaceMap을 획득하여 개인의 2D 사진과 비교하며 Liveness 정도를 검사하고 가짜 얼굴 형태가 아닌, 실제 사용자인지 검증한다. 본 기술은 프레젠테이션 공격 탐지(Presentation Attack Detection, PAD) 테스트를 통과하여 미국 정보기관의 인식을 받은 뒤 활용되고 있다. 이러한 사례는 코로나 바이러스와 같은 전염병이 대유행하는 시기에도 모바일 투표가 가능할 것임을 시사한다.

하드웨어 설계 과정에서 보안성을 확보하려는 연구 또한 활발하다. 울산과학기술원의 한 연구팀은 지문 센서로 지문과 온도, 압력을 한 번에 측정할 수 있는 투명 센서를 개발하여 지문인식의 민감도를 향상시켰고, 압력과 온도 측정으로 위조지문을 탐지하는 기능을 구현하였다. 이를 통해 개발한 투명 디스플레이 센서는 위조지문과 사람의 실제 지문을 구별한다. 이 기술은 은 나노 섬유와 은 나노 와이어를 결합한 하이브리드 투명전극으로 전도성을 높여 센서의 민감도를 증가시켰으며, 지문인식의 문제점을 해결하고 유연한 차세대 디스플레이가 쓰이는 미래의 모바일 기기의 보안성 강화에 이바지할 것으로 기대된다.

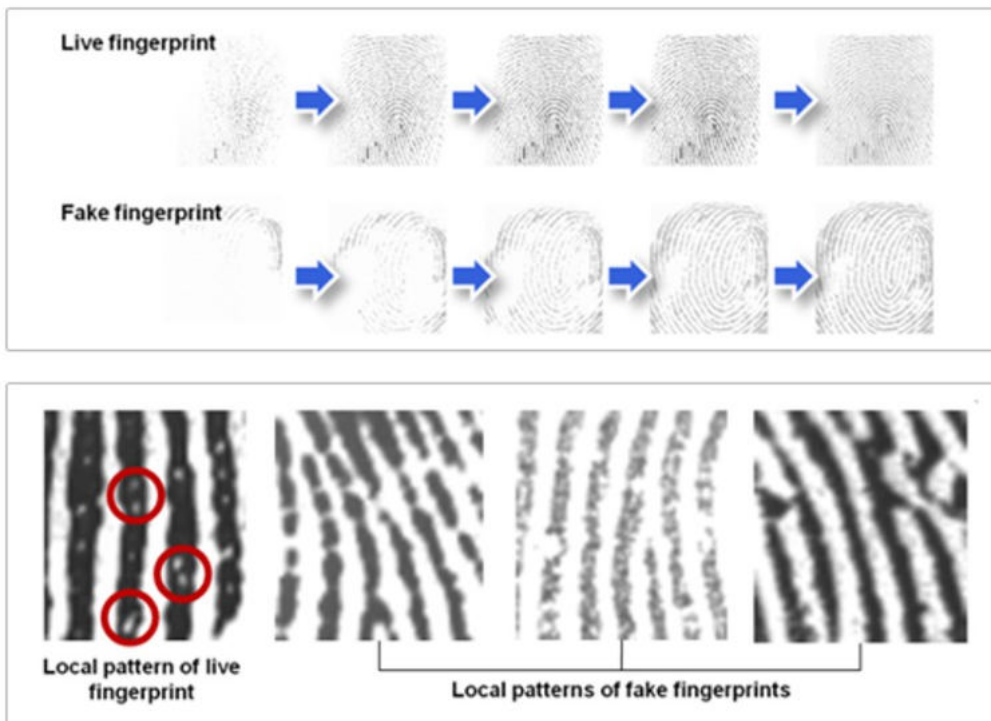
그림 11. 투명 지문 센서가 지문, 압력, 온도에 대한 값을 동시에 센싱하는 모습



(출처: 울산과학기술원)

바이오인식 솔루션 기업 슈프리마는 위조지문 감지 기술을 개발하여 제품에 활용하고 있다. 이 기술은 손가락이 센서 표면에 접촉할 때 지문의 패턴 변화, 이미지 감도, 움직임 등을 분석하고 모공의 분포, 융선의 서명도, 다른 융선과의 경계 규칙 등과 같은 바이오 특성을 분석한다. 이러한 과정을 통해 지문의 동적, 정적 패턴 변화를 분석하여 실제 지문과 위조지문을 구별한다.

그림 12. 위조 지문 감지 기술에 사용된 동적, 정적 패턴 분석 예시

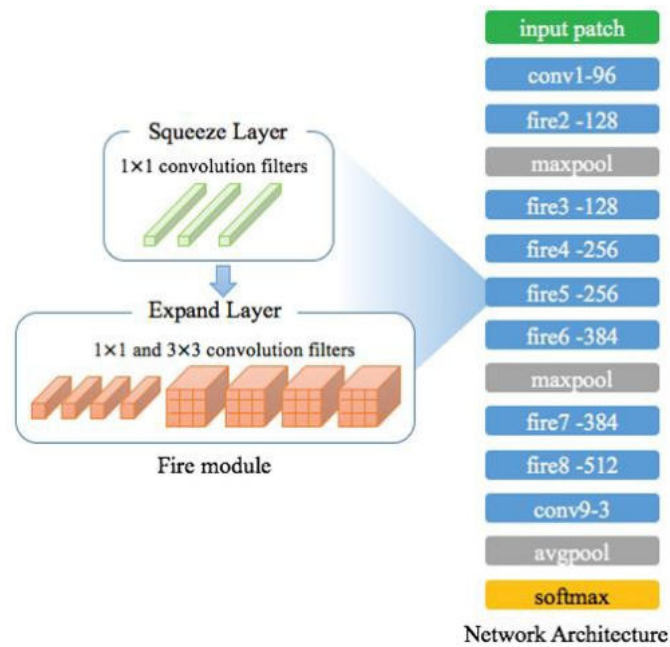


(출처: 슈프리마)

딥러닝을 활용하여 위조지문에 의한 스푸핑 공격에 대응하려는 연구도 지속되고 있다. 인하대학교 김학일 교수 연구팀은 처리 시간과 메모리 요구사항을 고려하여 모바일 장치에 적용이 가능한 딥러닝 네트워크 기반의 위조지문 탐지 연구를 수행하였다. 최근 딥러닝을 이용한 위조지문 검출 사례는 우수한 성능 대비 메모리 요구사항과 처리 시간이 높다는 단점이 있었으나, 이 연구에서는 딥러닝을 이용한 알고리즘을 실제 지문 인증 시스템에 구현하기 위하여 네트워크를 입력 크기와 독립적으로 만들고, 네트워크의 크기를 더 작고

빠르게 하려는 기법을 채택했다. 처리 시간과 메모리 요구량을 상당량 줄이면서 우수한 위조지문 검출 성공률을 보였다. 이 연구는 딥러닝을 이용한 준수한 성능의 안티스푸핑(Anti-Spoofing) 기법이 상용화될 수 있음을 시사한다.

그림 13. Presentation attack detection을 위한 patch-based CNN의 구조



(출처: 인하대학교 컴퓨터비전 연구실)

해외 기업 Integrated Biometrics는 Multi-modal identity-atm을 통해 블록체인 기반 디지털 identity를 적용하고 있는데, 사용자의 얼굴, 지문 및 홍채 정보를 이용하여 금융, 소매 및 의료 산업 등 여러 분야에 적용하고자 한다. 또한, 2020년 머신 러닝 기반의 인공지능 시스템을 적용하여 스푸핑 공격을 감지하는 경량의 모바일 지문 스캐너를 개발하여 FBI의 인증을 받았다.

III 마무리

지금까지 바이오 인증 시스템을 속이려는 보안 위협들의 다양한 사례와 위협을 고려하여 대응한 사례에 대해 알아보았다. 지문인식의 경우 실제 지문 이미지로부터 위조지문이 제작될 수 있고, 홍채인식의 경우 별도의 제작과정 없이 고해상도 사진 출력만으로 가짜 정보가 복제될 수 있었다. 이와 같은 보안 위협으로부터 방어하기 위한 연구도 지속되고 있음을 확인하였다. 이외에도 최근 보안성이 요구되는 시설 및 기관에서는 단 하나의 바이오 정보를 이용하는 것보다, 여러 개의 바이오인식 기술을 동시에 이용하여 더욱 보안성을 높이고 있다. 다양한 바이오인식 방법론에서 우리에게 가장 친숙한 것은 지문인식일 것이다. 이 중 지문인식 기술은 여러 모바일기기에 적용이 되어 최소한의 접촉으로 간편하면서도 보안성이 우수하다고 평가받으며, 기기의 소형화가 용이하여 다른 바이오인식 기법보다 많이 사용되고 있다. 또한, 지문인식 기술은 위조지문의 스푸핑 공격에 대비하여 위조지문 자동 탐지와 같은 영상기반 인식 기술에 관한 연구가 가장 오래 지속되었고, 가장 적은 비용으로 큰 효율을 낼 수 있게 되었다. 하루가 다르게 변하는 인공지능 시대에서, 바이오인식 시스템을 위협하는 위·변조 기술은 더욱더 놀랍고 빠르게 발전하고 있다. 그래서 바이오인식 기술의 정확도뿐 아니라 위·변조된 데이터를 선별할 수 있는 안티스푸핑(Anti-Spoofing) 또는 프레젠테이션 공격 탐지(Presentation Attack Detection) 기술도 함께 발맞추어 발전되어야 할 것이다.

저자_ 김학일(Hakil Kim)

• 학력

Purdue대학교 전기컴퓨터공학 박사
Purdue대학교 전기컴퓨터공학 석사
서울대학교 제어계측공학과 학사

• 경력

現) 인하대학교 정보통신공학과 교수
現) ㈜비전인 설립자 및 CEO
現) 한국공학인증원 국제협력위원장
現) 사단법인 한국바이오인식협의회 의장
前) 인터넷진흥원 자문위원
前) 산업통상부 산업기술연구회 전자통신연구원 기획평가위원

참고문헌

- 1) 김재성, "바이오인식 국제표준화 동향" 정보보호학회지, 제29권, 제4호, pp.29-34, 2019
- 2) 오승모, "[테마]바이오인식 기술 시장, 보안 대책과 활용 가이드 라인이 필요하다", Industrial communication network", 2019
- 3) 바이오정보 사고사례 및 대응방안 조사(금융보안원, 2016.3)
- 4) Abdullayeva, Fargana, et al. "Analysis of security vulnerabilities in biometric systems." The second international conference: problems of cybernetics and informatics. 2008.
- 5) Lucas Mearian, '해외 거주자도 편리하게 선거 참여'...유타주, 블록체인 모바일 투표 테스트, CIO, 2019.7.25.
- 6) 김은정, '최강 보안'이라던 삼성 갤럭시S8 '홍채인식', 독일 해커들이 1분 만에 뚫었다, 조선비즈, 2017.5.24
- 7) 유성민, '생체 인증이 비밀번호보다 해킹에 취약', 신동아, 2018.10.3.
- 8) 정한영, '위조지문과 사람의 지문을 구별하는 디스플레이 투명 센서 개발', 인공지능신문, 2018.7.4.
- 9) 김원준. "지문 인식 및 위변조 검출에 관한 최신 기술 동향" 전자공학회지 46.8 (2019): 31-38.
- 10) Kim, Hakil, et al. "Reconstruction of Fingerprints from Minutiae Using Conditional Adversarial Networks." International Workshop on Digital Watermarking. Springer, Cham, 2018.
- 11) Park, Eunsoo, et al. "Presentation attack detection using a tiny fully convolutional network." IEEE Transactions on Information Forensics and Security 14.11 (2019): 3016-3025.



융합연구정책센터

Convergence Research Policy Center

02792 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5
TEL. 02.958.4980