



[기술적 대안] 실시간 위치기반 건설통합안전관리 시스템



조재영, GS건설 로그하우스그룹 BIM팀 책임, jycho02@gsenc.com

1. 서론

최근 건설현장 노동자의 고령화, 전문인력 부족, 외국인 노동자 증가, 주 52시간 근로시간에 따라 건설 및 산업현장에서 현장 인력 및 안전 관리의 어려움을 겪고 있다. 건설현장 및 유사현장에서 사망사고는 주로 추락사고와 개인부주의에 의해 발생하며, 이는 관리감독이 부실한 현장에서 발생하는 경우가 대다수이다. 최근 낮은 높이의 사다리에서 추락하여 부상 입은 노동자가 하루가 지나서 사망한 채 발견된 사고는 건설 현장의 관리감독이 얼마나 중요한지를 단편적으로 보여준다. 효과적 현장 인력 및 장비 관리를 위해서는 현장 전체 영역에서의 자원의 현황을 실시간으로 파악할 수 있는 시스템이 필요하다(그림1).

2. 건설시장 위치 측정 기술의 현황

위치 측정 기술은 크게 실외 GPS, 중계기 범위 안에 태그가 위치하는 것을 인식하는 LBS (Location Based System), BLE나 Wifi 등을 기반으로 전파의 세기(RSSI: Received Signal Strength Indication)로 위치를 추적하거나, UWB와 같이 태그와 AP (Access Point)와의 시간, 거리, 각도를 기반으로 실시간으로 위치를 추적하는 RTLS (Real-Time Location System)로 크게 구분할 수 있다. 문제는 비용과 효율성이다. LTE, Wifi를 가지고 위치 측위를 하지는 않는다. UWB는 매우 정확하지만 건설현장에는 고비용, 고주파, 고전력 특성과 가변성으로 사용에 적합하지 않다. 우리가 흔히 알고 있는 주파수 대역은 LoRa가 917-923.5MHz, BLE, Wifi가 2.4GHz, UWB는 3.7-4.2Ghz, 5G의 경우 3.6GHz에서

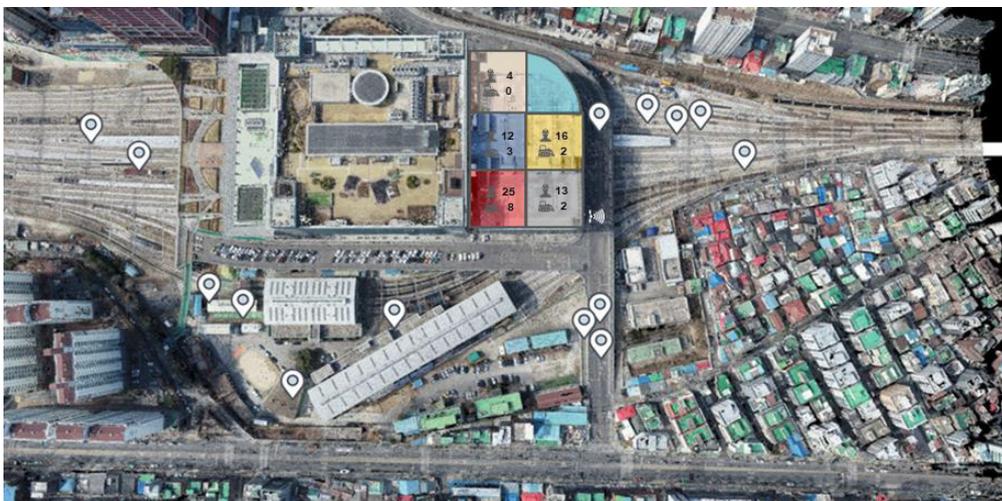


그림 1. 현장 작업자 및 장비의 실시간 가시성 확보

28GHz이다. 높은 주파수는 직진과 반사의 특성을 가지며, 낮은 주파수의 경우는 회절의 특성을 가진다. 현재 5G는 많고 빠른 데이터를 전송하지만 신호가 반사되는 특징이 있으므로 많은 중계기가 필요하다. 따라서, 변동성이 크고 철근, 콘크리트 등 전파 방해 물체가 많은 공사현장의 경우 2.4GHz도 통신 거리 확보가 힘들어 많은 중계기가 필요하다.

건설현장 위치 측정 기술 도입을 위해 여러가지 기술의 도입 시도가 있었지만, 변동성이 큰 공사현장의 특성상 위치 측위를 위한 삼변 또는 사변 측량을 위한 AP의 배치가 공사에 큰 방해가 되고, 고 주파수 전파의 건설 현장에서의 제한된 수신 거리와 국내 전파 법상 전파 세기의 제한 문제 등으로 현재는 현장 출입구에서 출입 인원수를 파악하거나 터널 현장 정도에서 LBS기반의 BLE 비컨 기술이 적용되는 상황이다. 터널의 경우 터널 내 배치 가능한 BLE 스캐너 간격은 최소 80~100m이며, 이로 인한 위치 오차 또한 80~100m가 된다. 스캐너 간격이 줄어들수록 오차 또한 줄어든다. 정리하면, 현재 국내 건설시장에서의 위치 측정 기술은 주로 BLE 비컨 기반의 Zone 인식 기술이 적용되고 있으며, 이 기술이 RTLS로서 조금은 부풀려 지칭되고 있다. BLE는 저전력 기술이면서, 지속적으로 발전하고 있는 기술이라는 측면에서 매우 좋은 기술이지만, 태생적으로 A/V용 기술이라는 데에서 건설분야 위치 측정 기술로 활용에는 다소 한계가 있다.

3. 건설 현장 용 실시간 위치기반 안전시스템의 개발

2018년 5월 당사 이집트 현장에서 본사로 전화를 한 통화가 걸려왔다. 요지는 현장의 이집트 근로자 대다수가 출근 기록 후 사라지는데 대체 어디에서 무엇을 하고 있는지 알 수 있는 시스템이 없는가였다. 이때부터 필자는 국내외 모든 위치 측정 기술 및 전문업체, 주파수에 대한 검토를 진행하였고, 건설현장에 적용에 있어 해결해야할 문제점을 파악하고 이를 해결하기 위한 노력을 기울였다. 먼저, 국내에서 기술적으로 해결되지 않는 부분을 국외로 눈을 돌려 해결하려 하였다. 그러나 18년 10월부터 시작된 국외 기술 도입은 19년 5월 국내 주파수와의 비 호환 문제 및 해외 업체의 추진 보류 통보로 추진이 좌절되었고 이에 결국 19년 7월부터 다시 국내 업체와 손잡고 건설현장용 실시간 위치기반 안전시스템 개발을 진행하여 2년간의 연구개발 끝에 제품 개발을

완료하였다. 공동연구개발을 진행한 빅과워솔루션(이하BPS사)은 IoT기반 LoRa와 UWB 솔루션 국내 유일의 개발사로, 지난 10년간 지하 300m 광산 갱도에서의 작업자 생명 보호를 위한 위치 및 현장 작업 안전 솔루션을 보급해 왔으며 현재, 인천공항 지하공동구 안전관리 시스템을 담당하고 있다. 사실 국내에 여러 통신기술을 직접 컨트롤하고 System Integration이 가능한 기술력을 가진 회사는 많지 않다. 광산과 같이 깊은 지하에서도 위치를 확인할 수 있다면 건설현장도 큰 문제가 없겠구나 하는 판단이 있었다.

건설현장 용 실시간 위치기반 안전시스템 개발에 있어 고려 사항은 다음과 같다. 먼저 아파트, 빌딩, 정거장, 도로, 교량, 터널, 플랜트 등 모든 공종의 건설현장에 적용이 가능할 것, 둘째, 데이터 중계기 수량 최소화를 통해 공사 중 공사 영향을 최소화할 것, 셋째, 건설현장 내 통신기술을 가능한 통합할 것 넷째, 양방향 통신이 가능할 것이었다. 건설현장 안전을 위해 최근 여러 스마트기술과 장비가 나오고 있지만 이를 모두 적용하기 위해서는 여러 통신이 적용되어야 하므로 실제 도입이 쉽지 않다. 건설현장은 아파트 지하주차장, 터널, 공동구 등 통신 음영 구역이 매우 많다. 따라서, 건설 현장 전체를 커버할 수 있는 데이터 통신망이 필요하고 스마트 장비에 대한 통신 단일화가 필요하다. 현재 지하 공동구 등 밀폐공간에서 많은 사고가 발생하지만 시설물을 점검하는 인력관리와 사고 발생시 위험에 노출된 작업자 위치를 찾아 구출하고, 빠른 대피 경로를 안내 가능한 시스템은 없다. 작업자의 위치 추적, 대피 안내, 응급상황 알람, 유해가스/화재 감지가 가능한 복합적 작업안전관리 시스템이 필요하다.

지에스건설과 BPS가 개발한 시스템은 스마트멀티안전태그, 위치 중계기 및 IoT 비상단말기, 스마트안전관리플랫폼으로 구성되어 있다. 전체 데이터 통신은 건설 현장에 적절히 운용 가능한 900MHz 대의 LoRa 단독망을 사용하며 지상에서는 GPS, 건물에서는 층/존 구분, 지하공간에서는 위치추적 등 복합 측위 방식 적용으로 적용 한계를 제거하였다. 스마트멀티안전태그<그림2>는 데이터 송수신과 터널내 위치를 추적하는 LoRa 모듈, 옥외구간의 위치를 추적하는 GPS 모듈, 추락 및 움직임을 감지하는 가속도 센서, 작업자 층별 위치를 구분하는 고도센서, 작업현장 구분 및 장비근접경고를 위한 125k 모듈, BLE/Zigbee 연동을 위한 2.4GHz 모듈 등 총 163개의 부품으로 이루어진 IoT의 집약체이다. 상단에 SOS 비상호출버튼이 있고 USB-C로 충전이 가능하다. 전원



버튼은 없고 허리 및 벨트에 장착 가능하며 KC 인증, 방진/방수 IP65 인증을 획득한 제품이다. 무게 95g으로 허리띠나 안전벨트에 착용하여 기존 안전모 부분 설치로 작업자 피로



그림 2. 스마트헬멧안전태그

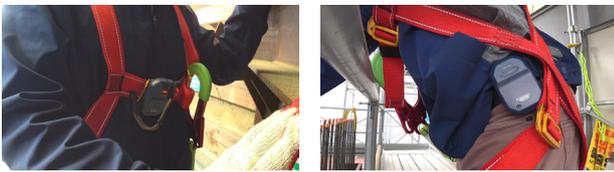


그림 3. 작업자 태그 장착

도를 발생시킬 수 있는 여지를 제거하였다(그림3). 스마트헬멧안전태그와 IoT로 구성된 안전관리시스템의 기능은 다음과 같다. 현장 출입이 태그로 자동 관리 될 수 있다. 지오펜스 설정을 통해 현장에 들어오면 On, 나가면 Off 되는 시스템이다. 현장 전체 영역에서의 인력 및 장비의 운영에 대한 실시간 가시성 확보를 통해 복잡한 현장의 안전 관리를 최적화할 수 있다. 작업자의 쓰러짐, 추락 등 이상 행동이 감지되고 자동 통보된다. 위급 상황 시 작업자, 관리자 모두 비상 알람 생성이 가능하고, 장비와 작업자 간 위험 거

리 접근 시 작업자 태그와 장비에 장착된 IoT 비상단말기에서 100dB 이상의 비상 알람이 생성되어 협착에 의한 사고를 사전에 방지할 수 있다. 출입제한구역의 작업자 모니터링 및 관리가 가능하고 현장 내 LoRa 망을 기반으로 IoT 센서의 유동적 운영이 가능하다. 비상시 태그와 연동된 비상 대피 시스템을 통해 대피 상황을 실시간 모니터링이 가능하고 이를 통해 대피 시간을 최소화할 수 있다. 이들 기능은 모두 통합안전관리 플랫폼에서 원격모니터링되고 비상상황 컨트롤이 가능하다. 현장 맞춤형으로 대시보드가 구성되며, 작업자/장비 등록부터 운영 이력관리, 비상상황관리까지 PC와

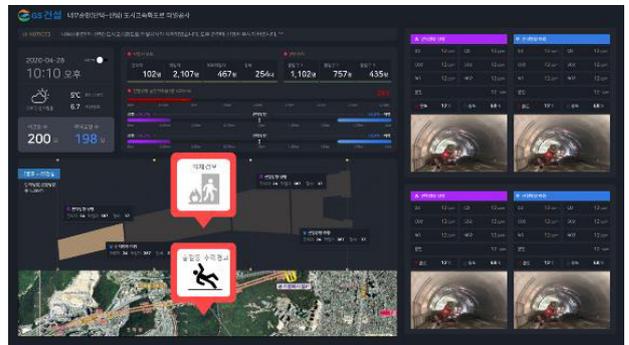


그림 4. 통합안전관리 플랫폼

모바일에서 운영 가능하다(그림4). 아파트 현장을 예로 들면 기존 방식은 통신 거리 제약으로 블루투스 스캐너를 각 동 of 모든 층과 필요 구역에 설치가 필요하다. 더불어, 무선통신 적용 시 모든 스캐너에 유심 칩이 들어가야하므로 유지보수 비용이 만만치 않다. 본 시스템은 지상 29층, 지하 2층 7개동 공사에 총 7대의 중계기만으

표 1. 건설현장 위치 측위 시스템 비교

구분	기존 시스템	GS건설/BPS 시스템
데이터 통신	BLE Beacon(2.4GHz)	LoRa(단독망, 900MHz)
측위 방식	Zone 구분(위치인식)	복합측위 지상: GPS 건물: 층/Zone 구분 터널: 위치추적/인식
데이터 통신 거리	40m	나대지 7km, 도심지 1-2km
적용 공종	주요 적용	터널현장에만 주로 적용
	건물	모든 층, 40m 간격 중계기 필요
	육외구간	외부 지상 공간 적용 힘들
	터널/공동구	80-100m 간격 스캐너 설치, 위치 오차 80-100m
현장 커버리지	중계기 설치된 제한된 구간	프로젝트 전 구간
IoT 확장성	제한적(별도 통신망 구축 필요)	LoRa기반 IoT 연계 가능
용도	AV, 물류, 자산관리용 단일장치	건설/산업 안전 전용 복합 장치
착용	안전모	허리띠, 안전벨트

로 시스템 구성이 가능하다. 터널의 경우에 있어서도 기존 BLE가 대략 100m 간격으로 스캐너가 설치되어 운영이 가능한 데 본 시스템은 600m 간격으로 중계기가 배치되며, LoRa 기반으로 RSSI 방식 즉, 신호 세기를 통해 위치 추적이 가능하다.

4. 맺음말

본 시스템은 국내외 유일의 모든 공종의 건설현장에 적용 가능한 건설 현장용 RTLS 및 이에 기반한 통합 안전관리 시스템으로 현장 전체 영역에서 실시간으로 자원의 현황을 파악할 수 있어 복잡한 현장의 안전관리를 최적화할 수 있고 투입된 전체 작업자 및 장비 수, Zone 별로, 협력 업체별로, 공정 별로 인원이 어떻게 투입되어 있어 어디에서 작업이 이루어지고 있는지 실시간으로 현장의 상황을 한 눈에 확인이 가능하다. 중계기 최소화를 통해 비용이 상대적으로 저렴하고 현장 전체를 커버하는 단독 망을 기반으로 현장 어느 곳이나 IoT 확장이 가능하며 데이터 통신방식을 단일화하여 스마트 안전 기술 적용 시 통신에 대한 중복투자를 방지하였다. 1인 작업자를 효율적으로 관리할 수 있으며, 작업자 부상 대응 시간을 90% 이상 단축으로 초기 응급조치가 가능한 골든 타임을 확보하여 부상자가 사망에 이르지 않도록 할 수 있으며 재난 시 빠른 인지와 함께 위험에 노출된 작업자를 찾아 구출하고, 빠른 대피 경로를 안내할 수 있는 국내 유일 안전 시스템으로 이를 통해 산업, 건설현장의 안전 수준을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.