

A SMART SAFETY HELMET WITH SENSOR AND POSITIONING SYSTEM USING ARUCO MARKER FOR WORKER SAFETY

김경현 · 조정민 · 최태훈 | Best 팀

Aruco marker를 활용한 위치확인 시스템과 센서를 적용한 안전모

Aruco marker를 활용한 위치 확인 시스템과 센서를 사용한 안전모는 건설현장에서 안전을 보장하기 위한 첨단 시스템이다. Aruco marker는 작업원의 위치를 실시간으로 파악할 수 있어 작업원들이 어디에 있는지 항상 파악할 수 있고 또한 센서를 통해 위험한 상황이 발생할 경우 경고 메시지를 보내어 작업원의 안전을 보호할 수 있다. 이를 통해 건설현장에서 안전성을 높이고, 생산성을 유지할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다.

시공

CONSTRUCTION &
MANAGEMENT



김경현 Kim, Gyeong Hyeon
학번 : 1801636
e-mail : rudeks5771@naver.com



조정민 Jo, Jung Min
학번 : 1701707
e-mail : joejung@naver.com



최태훈 Choi, Tae Hun
학번 : 1801702
e-mail : dnr2533@naver.com

작업자의 안전을 위한 Aruco Marker를 활용한 위치확인 시스템과 센서를 적용한 스마트 안전모



A smart safety helmet with sensor and positioning system using Aruco Marker for worker safety

작업자의 안전을 위한 Aruco Marker를 활용한 위치확인 시스템과 센서를 적용한 스마트 안전모

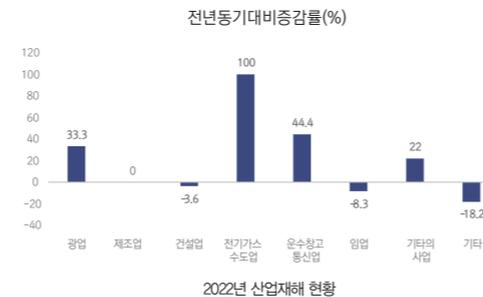
건설 현장에서 작업자의 안전과 작업의 효율 및 생산성 증가를 위하여 여러 센서 부착 및 실시간 위치파악이 가능한 스마트 안전모에 대한 가이드라인을 제시하고자 한다.

배경



고용노동부 건설현장 3대재해

최근 건설현장은 첨단 기술 발전으로 안전성, 품질, 생산성 향상되고 있으나, 2022년에는 402건의 산업재해로 안전 문제에 여전히 관심 필요. 주요 재해는 추락, 충돌, 질식 사고이며, 특히 추락사고는 중대한 결과로 이어질 가능성이 크기 때문에 스마트 안전모 연구 활발히 진행중이며, 기존의 안전모와 스마트 기기 결합 제품은 편의성은 높으나 예방 기능 미흡. 안전 사고 예방을 위한 기술 제품은 가격, 성능, 편리성 문제로 상용화에 어려움 있어서 스마트 안전모 관련 가이드라인 부족한 상황. 이에 "건설현장 안전을 위한 이동식 센서와 작업자 위치 파악을 위한 캠을 활용한 스마트 안전모를 Aruco Marker 기술을 사용하여 개발할 계획"



사고 사례

사고장소	누출가스	사고경위	참고문헌
쿠팡남대전FC 신축공사 콘크리트 커팅작업 중 일산화탄소 중독	일산화탄소 (CO)	내부 콘크리트 커팅 작업을 진행하던 중 일산화탄소가 많이 발생한 상태에서 작업자가 일산화탄소 중독으로 인하여 의식을 잃음	Csi 건설공사 안전관리 종합정보망
용인보평역지역주택조합아파트 신축공사 사고	일산화탄소 (CO)	콘크리트 양생용 아자숯탄화착업중쓰러져 있는 것을 동료 작업자가 발견	
화양지구 연계처리 중 계평포장 설치공사 작업자 질식사고	일산화탄소 (CO)	지하시설물 일산화탄소 누출로 인한 작업자 질식	
화곡동358-7번지	휘발성 유기 화합물(VOC)	감시자 대기한 상태에서 물탱크 우레탄 방수 업무를 시작하기 위해 지하 물탱크 내부로 진입후5분후쓰러짐	
화성시 오산동*** ****번지 일원 기존관철거및 신설 공급관공사중 질식사고	질소 (N2)	가스배관 철거 공사 중 질소치환작업에서사용된 질소에 질식으로 추정	
부산 교육연구시설	휘발성 유기 화합물 (VOC)	옥상 물탱크실 내부 예폭시 페인트 보수작업을 위해 진입하였다가 도로법대로 인해 위험을 느껴 외부로 나와 정신을 잃음.	

건설현장 사고사례(질식)

사고장소	공종	사고경위	참고문헌
덕양구 화정동 964-4번지 업무시설 신축공사 현장 추락사고	건축) 철근 콘크리트공사	지하 4층에서 기동 타설전준비작업하던현황중작업자가 타워크레인 개구부에서 지하7층으로 추락	Csi 건설공사 안전관리 종합정보망
(주)강양수기술센터 신축공사 추락사고	건축) 금속공사	작업자 2인이 고소작업차에 탑승하여 8층 발코니 천장부일루미늄 복합판넬설치후당일 작업을 종료 하기위해 고소작업차 붕대를하부로 원위치로 하강 시키는 중, 정상적인 하강속도가아닌을 인지한 운전원이 하강을 멈추자 급조작에 의한 붕대와작업대가 반동으로 흔들리며 작업자 1인이 건물과 작업대 사이로 추락(H=35m)	
산호동오피스텔 신축공사 작업자 사망사고	건축) 건축물 부대공사	7층 외벽 반생 제거 작업을 위해 시스템 비계로 이동 중 원인불명의 사유로 인해 작업자가 시스템비계와간을 외벽 사이 틈 47cm 사이로 추락하여 사망함	
군산금암및 군산오름아파트 건설공사 근로자 추락 사고 추정	건축) 철근 콘크리트공사	12시58분경 철근작업자가 협력업체 철근부자에게 재해가 발생했다고 핸드폰으로 연락왔으며연락을 받고 즉시 현장으로 올라가 보니 작업자가 3층 바닥에서 보 바닥(1.95m)추락한 상태	
에이치에스이엔씨주식회사 신축공사장 사고	건축) 철근 콘크리트공사	6층 활석작업중 낙상	
학현초외벽개선공사관련 작업자 추락사고	건축) 금속공사	본관동외벽 판넬 마감재제 준비작업중4층 옥상 외부비계발판주변에서 3층 옥상 출입구 캐노피주변으로 이동중 판넬작업자가 추락(3.5m)한 것으로 추정	

건설현장 사고사례(추락)

설계 목표

- 공중별로 센서를 도출하여 탈부착이 가능토록 모듈화 진행
- 건설 현장 작업자 실내 위치파악을 위한 시스템 개발 진행
- 실내 위치 파악을 위한 Aruco marker 부착 위치 가이드라인 제시
- 실내 위치 파악 관측 시스템 개발 진행

비교분석

센서 비교분석



복합가스측정기



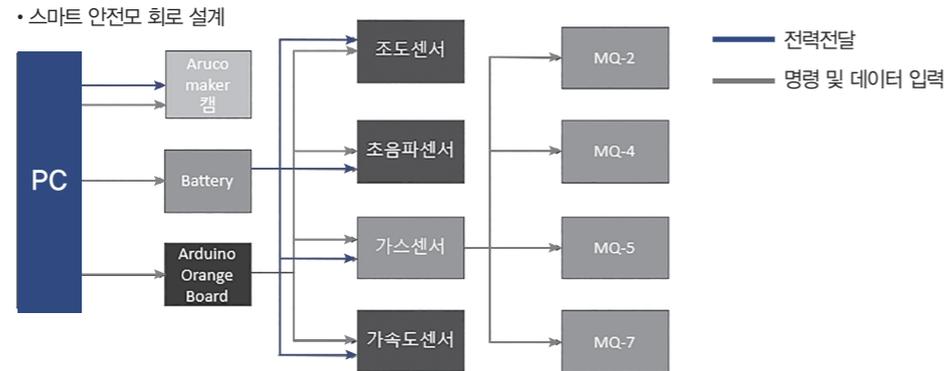
MQ-2

무게	부피	가격	측정가스
약 258g	124mm(H) X 76mm(W) X 36mm(D)	약 630,000원	O2, CO, H2S, CH4
무게	부피	가격	측정가스
약 2g	37mm(H) X 20mm(W) X 21mm(D)	약 2,500원	CO, O2, CH4, LPG, 부탄

센서 제안

MQ-3	알코올가스	17mm(W)×1mm(L)×34mm(H)	약 2,500원
MQ-4	천연가스(LPG, 부탄, 메탄, 프로판)	20mm(W)×22mm(L)×32mm(H)	약 2,500원
MQ-5	LPG, LNG, 부탄, 프로판가스	20mm(W)×22mm(L)×32mm(H)	약 2,500원
MQ-7	일산화탄소	20mm(W)×14mm(L)×32mm(H)	약 2,500원
MPU-6050 (3축 가속도 센서)	중력 가속도 측정을 통한 추락 감지	21mm(W)× 11mm(L)×1.5mm(H)	약 3,500원
HC-SR04 (초음파 센서)	안전모 착용 여부 확인을 위한 거리 감지	45mm(W)×20mm(L)×15mm(H)	약 1,100원
Orange board	블루투스 기능이 탑재된 아두이노보드	53mm(W)×77mm(L)×13mm(H)	약 24,200원
Orange board Nano	블루투스 기능이 탑재된 아두이노보드	38.1(L)×18.1(H)	약 22,000원

스마트 안전모 회로 설계



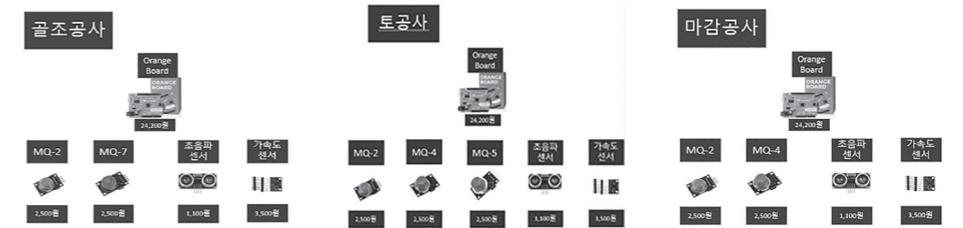
부착성 고려



공중별 측정 센서 도출

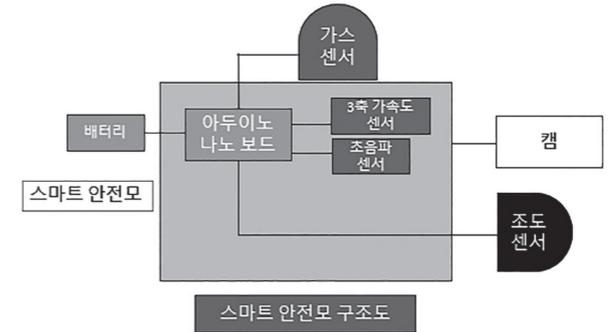
토공사	에탄(C ₂ H ₆), 매탄(CH ₄)	MQ-2, MQ-4, MQ-5, MQ-7
양수작업	일산화탄소(CO)	
마감공사	휘발성 유기 화합물(VOC)	
골조공사	일산화탄소(CO)	

콘크리트 양생작업	겨울철 콘크리트 양생을 위해 갈탄, 목탄, 무연탄, 경유 등의 연료를 사용하여 가열하는 과정에서 발생한 CO, CO ₂ 등의 유해가스 흡입	환기가 불충분한 건물 신축현장의 콘크리트 타설후 양생작업한 장소 (건물 지하실 또는 대형빌딩 및 아파트 옥탑 등)
양수작업	양수기 등 내연기관 가솔린 엔진작동 시 일산화탄소 및 이산화탄소 발생	장기간 방치되었던 지하탱크, 맨홀 및 파이프 등
방수 및 도장작업	집수조 등에 대한 방수작업 시 사용한 본드, 방수프라이머, 에폭시계 또는 유성페인트 등의 유증기흡입	지하저수조 및 집수조, 정화조 탱크, 맨홀, 피트 등
터널 굴착작업	발파장비 등 각종 장비 가동으로 인한 배기가스, 발파 후 가스, 각종 분진, 각종 유기물의 불패 발효가스 등의 흡입	발파 후 환기가 충분히 실시되지 않은 상태의 장소



스마트 안전모 prototype

• 스마트 안전모 Prototype



Aruco marker



넓은 검은색 테두리와 고유식별자 (id)를 결정하는 내부 이진 행렬로 구성된 합성 사각형 마커이다. Aruco Marker를 제외하고도 다른 인식 가능한 Marker들은 여러 가지가 있지만 Aruco Marker는 빠르면서 강력하고 정확한 이점을 가지고 있기 때문에 우리는 기준 마커 중 하나인 Aruco Marker를 사용했다.

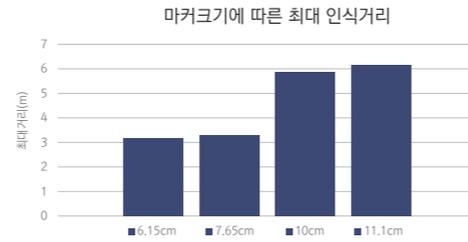
Aruco marker 실내 측위 성능 (조도)



조도에 따른 측정 결과	
조도	결과
0lux	측정불가
1~1024lux	측정가능

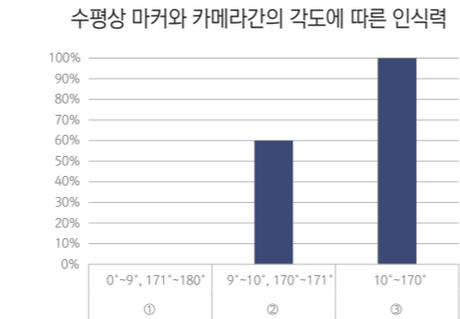
Aruco marker 실내 측위 성능 (최대거리)

최대거리	
마커사이즈	최대측정거리
6.15cm	3.15m
7.65cm	3.31m
10cm	5.88m
11.1	6.15m



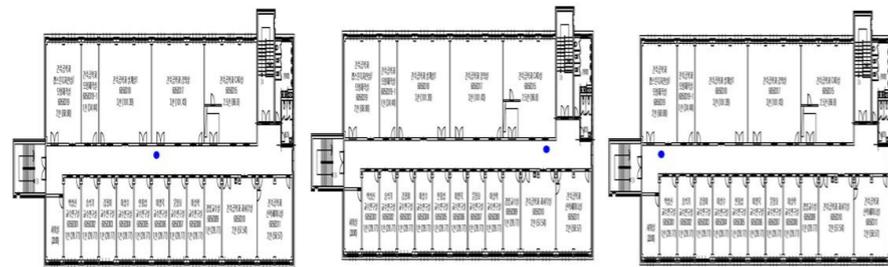
Aruco marker 실내 측위 성능 (인식각)

수평상 마커와 카메라간의 각도에 따른 인식력		
①	0°~9°, 171°~180°	측정불가
②	9°~10°, 170°~171°	불안정
③	10°~170°	안정



관제시스템

Marker를 인식하고 위치를 특정한 시스템을 사용하기 위해서는 그것을 시각화하고 시각화해줄 관제시스템이 필요하다. 그러기 위해서 우리는 Three.js라는 WebGL을 이용해서 시각화를 쉽게 만들 수 있도록 도와주는 JavaScript 라이브러리를 사용하였다.



위에 (그림 1)은 도면 안에 Aruco Marker로부터 좌표값을 시각화한 것이다. (그림 1)에 나와 있는 파란색 점이 근로자의 위치를 나타내며 해당 시스템을 통하여 근로자의 위치를 실시간으로 파악할 수 있다.

Aruco Marker 인식 시스템과 관제시스템의 통신

Aruco Marker의 인식 시스템으로부터 데이터를 받아서 관제시스템에 전달하여 사용화 하기 위해서는 시스템간의 통신을 통해 데이터를 주고 받아야만 한다. 그 방법은 여러 가지 이지만 우리는 "Web Socket"이라는 통신 방법을 사용하였다. Web socket 통신 방법은 실시간으로 양방향 통신을 가능하게 하는 통신 프로토콜로 실시간, 양방향, 전이중 통신을 가능하게 한다.

기존의 HTTP 통신



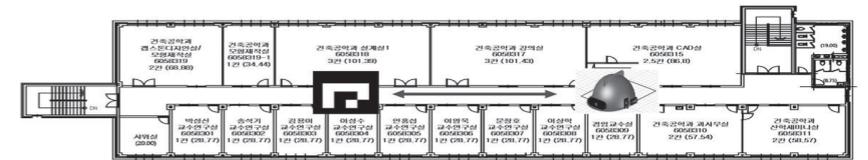
기존의 HTTP 통신 방식은 클라이언트가 데이터를 서버에 요청을 해야만 서버가 응답하여 데이터를 주는 일방적인 방식으로 실시간으로 데이터를 주고받아야 하는 시스템의 특징과 맞지 않아 기존의 HTTP 방식을 사용하지 않는다.

Web Socket 통신



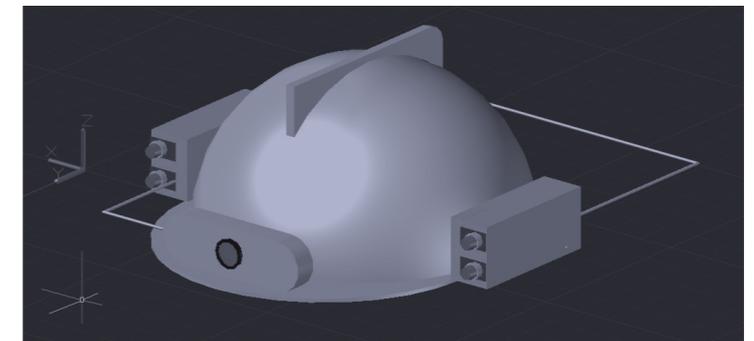
Web Socket 통신 방식은 데이터를 주고 받을 수 있는 경로가 열리게 되면 다시 경로를 닫지 않는 이상 계속해서 데이터를 주고 받을 수 있고 클라이언트가 꼭 데이터를 요청하지 않아도 서버에서 데이터를 클라이언트한테 실시간으로 데이터를 보낼 수가 있다.

Aruco Marker를 통한 위치 측정 방식



위의 (그림 2)과 같이 안전모와 Aruco Marker와의 거리를 계산하여 작업자의 위치를 특정 짓는 방식으로 하여 Aruco Marker의 위치를 고정시키고 해당 위치의 Aruco Marker를 카메라로 인식하여 마커와 카메라 사이의 거리를 +또는 - 값을 설정하여 방향성을 정해 작업자의 위치를 특정하는 방식으로 한다.

최종모델



향후 개선점

- 소형 컴퓨터로 센서정보를 수신해야하는데 해결
- 배터리 문제 해결
- Aruco marker를 이용한 실내 측위 오차 축소

결론

조사 결과 기존 스마트 안전모는 약 120만원 인것에 비해 센서부분에서 많은 비용절감을 기대할 수 있기 때문에 약 8만원으로 110만원 가량의 비용절감을 기대할 수 있다. Aruco marker를 이용한 실내 측위 시스템을 사용했기 때문에 빠르게 변화하는 건축현장에 적용할 수 있기 때문에 기존의 실내 측위 시스템보다 더욱 자유롭게 활용할 수 있었다. 관제 시스템을 도입하였기 때문에 관리자의 인력소모를 줄일 수 있을것으로 예상되며 이를 통하여 경제적으로 활용 가능할것으로 예상된다.