(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년12월07일
(11) 등록번호 10-1806027
(24) 등록일자 2017년11월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G08B 21/02 (2006.01) *A42B 3/30* (2006.01)
G08B 21/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G08B 21/0263 (2013.01)
A42B 3/30 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0067086
(22) 출원일자 2016년05월31일
심사청구일자 2016년08월01일
(56) 선행기술조사문헌
KR101596595 B1*
김영백, "작업자 안전관리를 위한 유비쿼터스-실시간 위치추적시스템 연구", 한국통신학회, 한국통신학회논문지 37(1), 2012.1, 1-7 (7 pages)*
KR1020160040042 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
송기일
인천광역시 연수구 아트센터대로97번길 75, 1303동 902호 (송도동, 더샵 하버뷰13단지)
임진선
인천광역시 연수구 한진로 49, 505동 708호 (옥련동, 현대5차아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 김대일

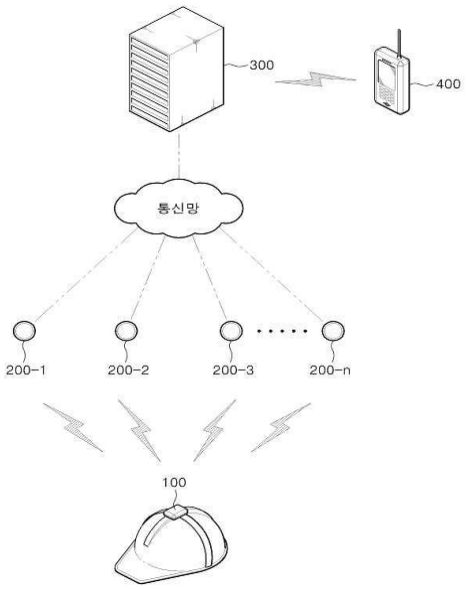
(54) 발명의 명칭 **RTLS 기반의 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에서 노무자 위험 알림 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 RTLS 기반의 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에서 노무자 위험 알림 시스템에 관한 것이다. 상기 노무자 위험 알림 시스템에 포함되는 노무자 위험 알림 서버는, 복수의 노드로부터 헬멧 태그 ID, 3축 가속도 측정값과 노무자가 착용한 헬멧 태그로부터 Wi-fi 통신을 통하여 수신한 신호 강도에 따라 추정되는 상기 노무자의

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



거리 정보를 수신하는 통신부, 설정된 단위 시간 내에 상기 노무자의 최대 이동 가능 거리에 따른 제1 범위와 상기 노드로부터 수신한 거리 정보에 따른 제2 범위가 겹쳐지는 이동 예측 범위를 추출하는 노무자 이동 예측부, 상기 단위 시간 동안 측정된 상기 3축 가속도 측정값을 이용하여 노무자의 위치를 연산하는 연산부, 상기 연산된 노무자의 위치가 상기 이동 예측 범위에 포함되는지 판단하여 노무자 위치를 판단하는 노무자 위치 판단부, 그리고 상기 연산된 노무자의 위치가 연속적으로 N회 이상 상기 이동 예측 범위에 포함되지 않으면, 상기 노무자가 위험 상황이라고 판단하는 위험 상황 판단부를 포함한다.

본 발명에 따르면, 노무자의 위치 추적 및 관리가 가능함에 따라 위험 지역을 효율적으로 통제할 수 있으며, 사고 발생시 현장에 있는 노무자들의 안전을 위해 신속한 구조 작업 및 통제 작업을 수행할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G08B 21/0205 (2013.01)
G08B 21/0277 (2013.01)
G08B 21/182 (2013.01)

(72) 발명자
안준상
서울특별시 동대문구 왕산로19다길 32, 101호 (제기동, 그랜드 힐)
이항로
인천광역시 서구 원적로96번길 21, 2층 (가좌동)
이상현
인천광역시 연수구 원인재로 81, 2동 1102호 (동춘동, 삼성럭키아파트)
박창선
경기도 수원시 장안구 수성로304번길 46, 201호 (영화동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 52441-1
부처명 국토교통과학기술진흥원
연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원
연구사업명 국토교통기술촉진연구사업
연구과제명 RTLS 기술을 활용한 노무자원 관리 시스템 개발(2차년도)
기 여 율 1/1
주관기관 인하대학교 산학협력단
연구기간 2014.08.14 ~ 2016.08.26

명 세 서

청구범위

청구항 1

RTLS 기반의 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에서의 노무자 위험 알림 시스템에 있어서,

상기 노무자 위험 알림 시스템에 포함되는 노무자 위험 알림 서버는,

복수의 노드로부터 헬멧 태그 ID, 3축 가속도 측정값과 노무자가 착용한 헬멧 태그로부터 Wi-fi 통신을 통하여 수신한 신호 강도에 따라 추정되는 상기 노무자의 거리 정보를 수신하는 통신부,

설정된 단위 시간 내에 상기 노무자의 최대 이동 가능 거리에 따른 제1 범위와 상기 노드로부터 수신한 거리 정보에 따른 제2 범위가 겹쳐지는 이동 예측 범위를 추출하는 노무자 이동 예측부,

상기 단위 시간 동안 측정된 상기 3축 가속도 측정값을 이용하여 노무자의 위치를 연산하는 연산부,

상기 연산된 노무자의 위치가 상기 이동 예측 범위에 포함되는지 판단하여 노무자 위치를 판단하는 노무자 위치 판단부, 그리고

상기 연산된 노무자의 위치가 연속적으로 N회 이상 상기 이동 예측 범위에 포함되지 않으면, 상기 노무자가 위험 상황이라고 판단하는 위험 상황 판단부를 포함하고,

상기 연산부는,

상기 수신한 3축 가속도 측정값을 이용하여 x축과 y축을 기준으로 순수 이동 가속도를 연산하고, 상기 순수 이동가속도를 상기 설정된 단위 시간에 대하여 이중 적분하여 다음의 수학식을 통해 상기 노무자의 수평 방향의 총 이동 거리(s)와 이동한 방향의 각도(ϕ_n)를 연산하는 노무자 위험 알림 시스템:

$$s = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

$$\phi_n = \phi_{n-1} + cos^{-1}\frac{S_n \cdot S_{n-1}}{\|S_n\|\|S_{n-1}\|}$$

여기서, S_x는 x축 방향으로의 이동거리, S_y는 y축 방향으로의 이동 거리를 나타내고, ϕ_n는 추정된 단위 시간 동안 이동한 방향의 각도, ϕ_{n-1} 는 n-1 시점에서의 이동 방향의 각도, S_{n-1}는 n-1 시점에서의 위치 벡터, S_n는 n 시점에서의 위치 벡터를 나타낸다.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 노무자 위치 판단부는,

상기 연산된 이동거리와 방향 각도에 따른 추정 위치가 상기 이동 예측 범위 내에 포함되면, 연산된 위치를 상기 노무자의 위치로 판단하고 상기 노무자에 대한 위치 정보를 업데이트하는 노무자 위험 알림 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 노무자 위치 판단부는,

상기 연산된 노무자의 위치가 상기 이동 예측 범위에 포함되지 않으면, 현재 시점(n 시점)에서의 상기 연산된 노무자의 위치와 이전 시점(n-1 시점)의 노무자의 위치를 연결한 가상의 직선과 상기 이동 예측 범위가 교차하는 두 지점을 추출하고 상기 두 지점간의 중간 지점을 상기 노무자의 위치로 추정하는 노무자 위험 알림 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 위험 상황 판단부는,

상기 노무자가 위험 상황이라고 판단하면, 상기 노무자가 가장 최근에 인식된 위치 정보를 포함하는 위험 알림 신호를 생성하며,

상기 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장 주변의 알림 장치 또는 관리 서버의 알림 장치를 통해 상기 위험 알림 신호를 출력시키는 노무자 위험 알림 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 헬멧 태그는 노무자의 헬멧에 장착되며, 장착된 가속도 센서를 통하여 3축 가속도 측정값을 측정하고, 실시간으로 헬멧 태그 ID와 가속도 측정값을 포함한 신호를 Wi-Fi 통신 모듈을 통해 상기 복수의 노드로 전송하는 노무자 위험 알림 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 통신부는,

상기 노무자의 위치를 추정하면, 상기 노무자의 위치와 거리상으로 가장 근접한 노드가 실시간 또는 상기 단위 시간 동안 상기 태그의 신호를 스캔하도록 하는 노무자 위험 알림 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 RTLS 기반의 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에서 노무자 위험 알림 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 움직이는 노무자의 위치 정보를 판단하고 그에 따라 노무자의 위험을 판단하여 알리는 RTLS 기반의 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에서 노무자 위험 알림 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근에는 건설 현장에서 노무자의 위치 정보를 확보하기 위한 요구와 노력이 증대되고 있다. 건설 현장의 구조적 특성으로 인해 노무자의 위치 및 상태 파악, 작업 진행 상황 파악 등이 이뤄지기 힘들기 때문에 안전사고, 화재 또는 지진 및 붕괴 등의 위험 상황 발생시 노무자의 신속한 구조가 어렵다. 또한, 작업 현장에서 안전하고 원활한 작업 진행을 위한 노무자의 위치 파악이 중요하다.

[0003] 건설 현장의 경우 복잡하고 다양한 공간 및 구조물이 산재하여 열린 공간에서만 활용 가능한 위성항법장치(GPS: Global Positioning System)로는 실제 현장에서 적용하기 어렵기 때문에 RTLS(Real Time Location System)을 활용하여 노무자의 위치를 추정하는 연구가 진행되고 있다.

[0004] 그러나 작업 현장의 복잡한 구조, 소음, 진동, 분진 및 전파 간섭등의 열악한 환경으로 인해 노무자의 위치를 측위하는 데 오차가 발생하는데. 특히 노무자가 이동하는 경우 오차는 누적되어 신뢰성이 떨어지게 된다.

[0005] 그러므로, RSSI를 이용한 삼각측량으로 위치 인식을 하는 기존의 방법에 가속도계를 이용한 새로운 거리 측정 방법을 적용하여 오차 범위를 최소화하여 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에서의 노무자의 위치를 추정하는 기술이 요구된다.

[0006] 또한, 정확한 노무자의 위치를 추정함으로써 사고에 대한 신속한 대처 및 더 나아가 위험 지역을 통제하기 위해 노무자가 위험 지역 주변에 있거나 위험 지역에 진입하는 경우 알림을 제공하는 기술이 요구된다.

[0007] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국등록특허 제10-0936265호(2010.01.13 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 노무자의 위치 정보를 판단하고 그에 따라 노무자의 위험을 판단하여 알리는 RTLS 기반의 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에서 노무자 위험 알림 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면 RTLS 기반의 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에서의 노무자 위험 알림 시스템에 있어서, 상기 노무자 위치 인식 시스템에 포함되는 노무자 위험 알림 서버는, 복수의 노드로부터 헬멧 태그 ID, 3축 가속도 측정값과 노무자가 착용한 헬멧 태그로부터 Wi-fi 통신을 통하여 수신한 신호 강도에 따라 추정되는 상기 노무자의 거리 정보를 수신하는 통신부, 설정된 단위 시간 내에 상기 노무자의 최대 이동 가능 거리에 따른 제1 범위와 상기 노드로부터 수신한 거리 정보에 따른 제2 범위가 겹쳐지는 이동 예측 범위를 추출하는 노무자 이동 예측부, 상기 단위 시간 동안 측정된 상기 3축 가속도 측정값을 이용하여 노무자의 위치를 연산하는 연산부, 그리고 상기 연산된 노무자의 위치가 상기 이동 예측 범위에 포함되는지 판단하여 노무자 위치를 판단하는 노무자 위치 판단부, 상기 연산된 노무자의 위치가 연속적으로 N회 이상 상기 이동 예측 범위에 포함되지 않으면, 상기 노무자가 위험 상황이라고 판단하는 위험 상황 판단부를 포함한다.

[0010] 상기 연산부는, 상기 수신한 3축 가속도 측정값을 이용하여 x축과 y축을 기준으로 순수 이동 가속도를 연산하고, 상기 순수 이동가속도를 상기 설정된 단위 시간에 대하여 이중 적분하여 다음의 수학식을 통해 상기 노무자의 수평 방향의 총 이동 거리(s)와 이동한 방향의 각도(ϕ_n)를 연산할 수 있다.

[0011]
$$s = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$

$$\phi_n = \phi_{n-1} + cos^{-1}\frac{S_n \cdot S_{n-1}}{\|S_n\|\|S_{n-1}\|}$$

[0012] 여기서, S_x는 x축 방향으로의 이동거리, S_y는 y축 방향으로의 이동 거리를 나타내고, ϕ_n는 추정된 단위 시간 동안 이동한 방향의 각도, ϕ_{n-1} 는 n-1 시점에서의 이동 방향의 각도, S_{n-1}는 n-1 시점에서의 위치 벡터, S_n는 n 시점에서의 위치 벡터를 나타낸다.

[0013] 상기 노무자 위치 판단부는, 상기 연산된 이동거리와 방향 각도에 따른 추정 위치가 상기 이동 예측 범위 내에 포함되면, 연산된 위치를 상기 노무자의 위치로 판단하고 상기 노무자에 대한 위치 정보를 업데이트할 수 있다.

[0014] 상기 노무자 위치 판단부는, 상기 연산된 노무자의 위치가 상기 이동 예측 범위에 포함되지 않으면, 현재 시점(n 시점)에서의 상기 연산된 노무자의 위치와 이전 시점(n-1 시점)의 노무자의 위치를 연결한 가상의 직선과 상기 이동 예측 범위가 교차하는 두 지점을 추출하고 상기 두 지점간의 중간 지점을 상기 노무자의 위치로 추정할 수 있다.

[0015] 상기 위험 상황 판단부는, 상기 노무자가 위험 상황이라고 판단하면, 상기 노무자가 가장 최근에 인식된 위치 정보를 포함하는 위험 알림 신호를 생성하며, 상기 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장 주변의 알림 장치 또는 관리 서버의 알림 장치를 통해 상기 위험 알림 신호를 출력시킬 수 있다.

[0016] 상기 헬멧 태그는 노무자의 헬멧에 장착되며, 장착된 가속도 센서를 통하여 3축 가속도 측정값을 측정하고, 실시간으로 헬멧 태그 ID와 가속도 측정값을 포함한 신호를 Wi-Fi 통신 모듈을 통해 상기 복수의 노드로 전송할 수 있다.

[0017] 상기 통신부는, 상기 노무자의 위치를 추정하면, 상기 노무자의 위치와 거리상으로 가장 근접한 노드가 실시간

또는 상기 단위 시간 동안 상기 태그의 신호를 스캔하도록 할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따르면, 기존의 측위 방법의 측위 오차로 인한 문제점을 보완함으로써, 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에서의 노무자의 위치 추정의 정확도 및 신뢰도를 향상시킬 수 있으며, 노무자들의 실시간 위치 탐색 및 이동 이력을 확인할 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명에 따르면, 노무자의 위치 추적 및 관리가 가능함에 따라 현장에서 사고 발생시, 현장에 있는 노무자들의 안전을 위해 신속한 구조 작업 및 통제 작업을 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 노무자 위험 알림 시스템의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 노드가 설치된 지하 공간을 도시한 예시도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 노무자 위험 알림 서버의 구성도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 노무자의 위치를 추정하는 방법을 설명하기 위한 예시도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 연산된 노무자의 위치가 이동 예측 범위에 포함되지 않을 경우노무자의 위치를 추정하는 방법을 설명하기 위한 예시도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 노무자의 위치 추정 결과와 기존의 방법으로의 위치 추정 결과를 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 움직이는 노무자의 위치 추정 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0022] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0023] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 노무자 위험 알림 시스템의 구성도이다.

[0025] 본 발명의 실시예에 따른 노무자 위치 인식 시스템은 헬멧 태그(100), 복수의 노드(200), 노무자 위험 알림 서버(300), 알림 장치(400)을 포함한다.

[0026] 헬멧 태그(100)는 노무자의 헬멧에 장착되며, Wi-Fi 통신 모듈을 통해 실시간으로 각각의 헬멧 태그 ID를 포함하는 신호를 복수의 노드(200)로 전송한다. 헬멧 태그(100)는 가속도 센서(미도시함)을 포함하며, 가속도 센서를 통해 측정된 3축 가속도 측정값을 포함한 신호를 전송한다.

[0027] 복수의 노드(200)는 지하 작업 공간에 고정되어 설치되며, 이와 같은 고정식 노드는 공간을 구분하는 기능을 함께 수행할 수 있다. 복수의 노드(200)는 실시간으로 신호를 스캔하여 수신한 신호와 노드 고유의 ID를 함께 노무자 위험 알림 서버(300)로 전송할 수 있다.

[0028] 노무자 위험 알림 서버(300)는 노드(300)로부터 수신된 태그ID, 가속도 측정값, 노드(200)와의 거리 정보를 수신하면, 태그ID 별로 위치를 추정한다.

[0029] 먼저 노무자 위험 알림 서버(300)는 헬멧 태그 ID의 이전의 위치에서 단위 시간만큼 노무자가 이동 가능한 최대 이동 거리에 따른 제1 범위를 설정하고, 노드(200)와의 거리 정보에 따른 제2 범위를 설정하여, 상기 제1 범위와 제2 범위가 중복되는 영역인 이동 예측 범위를 추출한다.

[0030] 그리고 노무자 위험 알림 서버(300)는 가속도 측정값을 통해 이전의 위치에서 이동 거리 및 이동 방향을 연산하여 노무자의 위치를 추정한다.

[0031] 노무자 위험 알림 서버(300)는 연산된 노무자의 위치가 이동 예측 범위에 포함되면 정상적인 위치 추정이 완료되었다고 판단하여 연산된 노무자 위치를 노무자가 이동한 현재 노무자의 위치로 판단하고 저장하여 업데이트한다.

[0032] 노무자 위험 알림 서버(300)는 실시간으로 추정되는 노무자의 위치를 별도의 데이터 베이스(미도시함)에 저장할 수 있으며, 실시간으로 노무자의 위치를 추적하여 현장에 있는 관리자에게 제공될 수 있다.

[0033] 노무자 위험 알림 서버(300)는 가속도 측정값을 통해 연산한 현재 시점의 노무자의 위치가 연속적으로 N회 이상 이동 예측 범위에 포함되지 않으면, 노무자가 위험 상황이라고 판단한다.

[0034] 또한, 노무자 위험 알람 서버(300)는 추정된 노무자의 위치가 위험 지역이라고 판단되면 노무자가 위험 상황이라고 판단할 수 있으며, 노무자가 위험 상황이라고 판단하면, 노무자가 가장 최근에 인식된 위치 정보를 포함하는 위험 알림 신호를 생성한다.

[0035] 알림 장치(400)는 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에 설치되는 음성 출력장치, 전등, 모니터, 현장을 통솔하는 관리자의 단말, 관리 서버에 장착된 출력 장치 중에서 적어도 하나를 나타내며, 노무자 위험 알람 서버(300)에서 생성되는 위험 알림 신호를 수신받아 출력한다.

[0036] 여기서 위험 알림 신호는 음성 메시지, 경고음, 조명의 점등 및 소등, 조명의 조도 또는 색 변화, 팝업 메시지 등을 포함하며, 이에 한정하는 것은 아니다.

[0037] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 복수의 노드가 설치된 지하 공간을 도시한 예시도이다.

[0038] 도 2에서 도시된 것처럼, 노드(200-1,200-2,200-3,200-4,200-5,200-6,200-7)은 공간의 일부분에 고정되어 설치되어 있으며, 이와 같은 노드(200)를 통해 공간을 구분할 수 있고, 공간의 크기 또는 구조에 따라 노드(200)의 위치 및 개수를 변경할 수 있다.

[0039] 도 2와 같은 지하 공간에 복수의 노무자들은 각각 헬멧 태그(100-1,100-2,100-3,100-4)가 부착된 헬멧을 착용하고 작업을 하고 있다고 가정하고, 노무자와 헬멧 태그는 1:1로 대응되므로 노무자의 위치와 헬멧 태그의 위치는 동일하다.

[0040] 이때, 각각의 노드는 헬멧 태그의 신호를 감지하는데, 일정한 시간 간격에 따라 지속적으로 헬멧 태그를 감지할 수 있고 혹은 노무자 위험 알림 서버(300)로부터 신호를 수신하여 추정되는 노무자의 위치와 근접한 노드만 신호를 감지하도록 할 수 있다.

[0041] 예를 들어, 도 2의 Zone-1, Zone-2, Zone-3, Zone-4, Zone-5, Zone-6 공간에 노무자는 각 Zone-1, Zone-2, Zone-3, Zone-6에 위치하면, 노무자 위험 알림 서버(300)는 노무자와 근접한 노드인 노드(200-1,200-2,200-3,200-5,200-7)에게 신호를 감지하도록 별도의 신호를 전송할 수 있다.

[0042] 그리고 도 2의 작업공간에서 위험 지역인 알람 존(Alarm Zone: Zone-1, Zone-2)에는 다른 공간에 비해 노드를 더 설치할 수 있으며, 알람 존에서는 노무자의 위치와 인접한 복수의 노드만이 신호를 감지하도록 설정하거나 설치된 모든 노드가 실시간으로 신호를 감지하도록 설정할 수 있다.

[0043] 즉, 헬멧 태그(100-4)를 착용한 노무자의 경우, 노무자의 위치 주변에 설치된 노드(200-5)가 노무자의 헬멧 태그(100-4)의 신호를 수신하는 반면에, 노드(200-6) 또는 노드(200-4)는 근접한 노무자가 없기 때문에 작동이 정지 또는 대기될 수 있다.

[0044] 반면 헬멧 태그(100-1)를 착용한 노무자의 경우, 노무자의 위치가 알람 존으로 주변에 위치한 노드(200-1,200-2,200-7)가 모두 노무자로부터 신호를 수신하도록 설정할 수 있다.

[0045] 이와 같이, 노무자 위험 알림 서버(300)로부터의 신호를 받아 하나의 노드가 헬멧 태그의 신호를 수신할 수 있고 구역별 위치, 장소의 위험도, 통신 환경등 다양한 조건에 따라 복수의 노드가 실시간으로 헬멧 태그의 신호를 수신하도록 설정할 수 있다.

[0046] 한편, 노무자 위험 알림 서버(300)는 해당 노무자의 위치가 알람 존에 위치하는 경우, 노무자가 위험 지역에 위치하므로 해당 알람 존을 벗어날 것을 요청하는 위험 알림 신호를 생성하여 알람 존 주변에 설치된 알림 장치(400)을 통해 위험 알림 신호를 출력시킬 수 있다.

[0047] 즉, 도 2에서 헬멧 태그(100-1)를 착용한 노무자의 경우, Zone-1 영역의 알람 존에 위치하므로, 노무자 위험 알림 서버(300)는 헬멧 태그(100-1)를 착용한 노무자가 알림 존에 위치하고 있다는 메시지를 포함하는 알림 신호를 Zone-1 영역에 설치된 알림 장치 또는 작업 현장을 지휘하는 관리자의 사용자 단말 또는 관리 서버의 알림 장치로 출력시킬 수 있다.

[0048] 한편, 헬멧 태그(100-3)를 착용한 노무자의 경우, Zone-3 영역에 위치하지만, 알람 존에 근접한 위치에 있으므로, 노무자 위험 알림 서버(300)는 헬멧 태그(100-3)를 착용한 노무자에 대해 알람 존에 근접해 있으므로 주의하라는 메시지를 포함하는 위험 경고 신호를 작업 현장의 알림 장치 또는 관리자의 사용자 단말 또는 관리 서버의 알림 장치로 출력시킬 수 있다.

[0049] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 노무자 위험 알림 서버의 구성도이다.

[0050] 본 발명의 실시예에 따른 노무자 위험 알림 서버(300)는 통신부(310), 노무자 이동 예측부(320), 연산부(330), 노무자 위치 판단부(340), 위험 상황 판단부(350)를 포함한다.

[0051] 통신부(310)는 복수의 노드로부터 헬멧 태그 ID, 3축 가속도 측정값과 노무자가 착용한 헬멧 태그로부터 Wi-fi 통신을 통하여 수신한 신호 강도에 따라 추정되는 상기 노무자의 거리 정보를 수신한다.

[0052] 그리고 통신부(310)는 노무자 위치 판단부(340)에서 노무자의 위치를 추정하면, 추정된 현재 시점의 노무자의 위치와 거리상으로 가장 근접한 노드가 실시간 또는 단위 시간 동안 헬멧 태그의 신호를 스캔하도록 신호를 전송할 수 있다.

[0053] 다음으로 노무자 이동 예측부(320)는 설정된 단위 시간 내에 노무자의 최대 이동 가능 거리에 따른 제1 범위와 노드로부터 수신한 거리 정보에 따른 제2 범위가 겹쳐지는 이동 예측 범위를 추출한다.

[0054] 연산부(330)는 단위 시간 동안 측정된 상기 3축 가속도 측정값을 이용하여 노무자가 이동한 거리, 이동 방향을 연산하여 현재 시점의 노무자의 위치를 연산한다.

[0055] 노무자 위치 판단부(340)는 연산부(330)를 통해 연산된 노무자의 위치가 노무자 이동 예측부(320)에서 추출한 이동 예측 범위에 포함되는 지 판단하여 최종적으로 노무자의 위치를 판단한다.

[0056] 위험 상황 판단부(350)는 연산된 노무자의 위치가 연속적으로 N회 이상 이동 예측 범위에 포함되지 않으면, 노무자가 위험 상황이라고 판단한다.

[0057] 위험 상황 판단부(350)는 노무자가 위험 지역에 위치하는 경우에도 위험 상황이라고 판단하며, 이와 같이 위험 상황이라고 판단하면, 위험 알림 신호를 생성한다.

[0058] 이하에서는 도 4 내지 도 5를 이용하여 노무자 위치 인식 시스템을 이용하여 노무자 위치를 추정하는 방법에 대해서 상세하게 설명한다.

[0059] 도 4은 본 발명의 실시예에 따른 노무자의 위치를 추정하는 방법을 설명하기 위한 예시도이고, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 연산된 노무자의 위치가 이동 예측 범위에 포함되지 않을 경우 노무자의 위치를 추정하는 방법을 설명하기 위한 예시도이다.

[0060] 먼저, 헬멧 태그(100)의 처음 위치를 노무자 위험 알림 서버(300)는 알고 있으며, 단위 시간 동안 노무자가 이동할 수 있는 최대 이동 가능 거리(MAMD: Max Allowable Movement Distance)는 기 설정되어 있다고 가정한다.

[0061] 이때, 노무자 위험 알림 서버(200)는 노무자의 추정된 위치에 따라 거리상으로 가장 근접한 하나의 노드(200)가 헬맷 태그의 신호를 스캔하도록 할 수 있으며, 거리상으로 근접한 복수의 노드(200)를 n초 간격으로 시간차를 두며 스캔하도록 할 수 있다.

[0062] 그리고 헬멧 태그(100)의 주변에 위치하는 노드(200)는 헬멧 태그(100)로부터 수신하는 신호를 스캔한다.

[0063] 헬멧 태그(100)는 헬멧 태그 ID와 장착된 가속도 센서를 통해 측정된 3축 가속도 측정값을 포함하는 신호를 전송하고, 노드(200)는 신호의 수신 강도에 따라 헬멧 태그(100)와의 거리 정보(d)를 추정한다. 그리고 노드(200)는 이와 같이 추정된 거리 정보(d)와 수신한 헬멧 태그 ID, 가속도 측정값을 노무자 위험 알림 서버(300)로 전송한다.

[0064] 이때, 노무자 위험 알림 서버(300)는 노드(200)로부터 수신한 연속적인 거리 정보(d)들을 수신하면, 칼만 필터를 사용하여 오차를 최소화할 수 있다. 칼만 필터는 특정 시점에서의 상태는 이점 시점의 상태와 선형적인 관계

를 가지고 있다고 가정하여 연속적으로 측정하는 값들을 이용하며 잡음들의 영향을 최대한으로 제외하여 오차를 줄여준다.

[0065] 먼저 노무자 위험 알림 서버(300)는 단위 시간 동안의 노무자의 최대 이동 가능 거리를 고려하여, 헬멧 태그(100)의 이전의 위치에서 단위 시간이 경과한 현재 시점에서의 노무자의 이동 가능 영역인 A 영역을 선정한다.

[0066] 노무자의 최대 이동 가능 거리는 단위 시간 동안 건설 현장에서 성인이 최대로 움직일 수 있는 절대적인 거리를 의미하며, 이와 같은 최대 이동 가능 거리는 단위 시간에 영향을 받기 때문에 고정 노드의 스캔 시간이 짧을수록 보다 거리 측정에 대한 오류를 줄일 수 있다.

[0067] 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에서는 외부의 평지에서보다 이동이 보다 수월하지 않는다고 가정하여, 본 발명의 실시예에서는 0.5초 단위 시간 간격에서 노무자의 최대 이동 가능 거리는 0.25m로 설정하도록하며, 최대 이동 가능 거리는 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장의 내부 환경에 따라서 다르게 설정될 수도 있다.

[0068] 이와 같이, 노무자 위험 알림 서버(300)는 노무자의 측정된 이전 위치를 기준으로 0.5초 후의 노무자의 최대 이동 가능 거리를 반지름으로 하여 현재 시점에서 노무자의 이동 가능한 원 형태의 A 영역을 설정할 수 있다.

[0069] 그리고 노무자 위험 알림 서버(300)는 노드(200)로부터 수신한 거리 정보(D)에 따라 노드(200-1)에서부터 D 거리만큼 떨어진 영역인 B 영역을 추출하고, 앞서 선택한 A 영역과 겹쳐지는 이동 예측 범위인 C 영역을 추출한다.

[0070] 즉, 노무자의 측정된 현재 위치는 도 4의 A 영역에서 헬멧 태그(100)의 신호 강도에 따른 거리 정보를 통하여 도 4의 C 영역으로 추정될 수 있다.

[0071] 다음으로 노무자 위험 알림 서버(300)는 수신된 3축 각속도 센서 값을 이용하여 이전 시점에서의 노무자의 위치에서 단위 시간이 경과한 현재 시점에서의 이동 거리 및 이동 방향을 연산한다.

[0072] 이때, 가속도 센서의 3축 중에 2축은 중력방향과 수직이며 1축이 중력방향일 경우, 약 1G(9.8m/s)의 가속도가 작용하여 계측되며, 가속도계가 중력가속도 방향과 일치하지 않는 다면 중력가속도로 인하여 가속도 센서 값이 변화한다.

[0073] 중력가속도계로 위치를 추정하는데 있어 오류를 발생시킬 수 있기 때문에 이러한 오류를 최소화하고자 본 발명의 실시예에서는 측정된 합성 가속도 중에서 중력에 의한 가속도와 순수 이동 가속도를 분리하여 이동 거리를 추정할 수 있다.

[0074] 먼저, 3축 가속도의 X, Y, Z 방향의 가속도를 a_x, a_y, a_z라고 하고 Z축이 중력 방향을 가리킨다고 가정하면, Y축을 기준으로 회전한 각도는 θ_y 라고 하고 할 때, 중력가속도 영향을 제거한 가속도 a_{xz}는 다음 수학식 1을 통해 구할 수 있다.

수학식 1

$$\theta_y = 90 - cos^{-1}\left(\frac{a_x}{1G}\right)$$

$$a_{xz} = \sqrt{(a_x - G \cdot sin\theta_y)^2 + (a_z - G \cdot sin\theta_y)^2}$$

[0075]

[0076] 또한, 중력가속도 영향을 제거한 가속도 a_{xz}와 수평 방향과의 각(θ_{xz})은 다음 수학식 2로 도출되며 중력으로 인한 진행방향의 가속도 a_{Hx}는 다음 수학식 3과 같다.

수학식 2

[0077]
$$\theta_{xz} = \theta_y - cos^{-1}\left(\frac{a_x - G \cdot sin\theta_y}{a_{xz}}\right)$$

수학식 3

[0078]
$$a_{Hx} = cos\theta_{xz} \cdot a_{xz}$$

[0079] 이와 같은 방법으로 X축을 기준으로 θ_x, a_{Hx}, θ_{yz}, a_{Hy}를 구할 수 있다. 그리고 Hx방향의 순수 이동가속도 a_{mHx}와 Hy 방향의 순수 이동 가속도 a_{mHy}를 다음 수학식 4와 같이 나타낸다.

수학식 4

[0080]
$$a_{mHx} = a_x\theta_y - a_{Hx}$$
$$a_{mHy} = a_y\theta_x - a_{Hy}$$

[0081] 수학식 4를 시간에 대해 2중 적분하면, 단위 시간 동안 Hx 방향의 이동 거리 Sx 및 Hy방향 이동 거리 Sy를 알 수 있고, 수평 방향 총 이동 거리 s와 연속적인 이벤트에서 n-1 시점에서의 위치 벡터가 Sn-1이고, n번째 이동할 때의 위치 벡터가 Sn이라고 한다면, 단위시간 동안 이동 태그가 이동한 방향의 각도 ϕ_n는 다음의 수학식 5와 같이 연산된다.

수학식 5

[0082]
$$s = \sqrt{S_x^2 + S_y^2}$$
$$\phi_n = \phi_{n-1} + cos^{-1}\frac{S_n \cdot S_{n-1}}{\|S_n\|\|S_{n-1}\|}$$

[0083] 여기서, S_x는 x축 방향으로의 이동거리, S_y는 y축 방향으로의 이동 거리를 나타내고, ϕ_n는 추정된 단위 시간 동안 이동한 방향의 각도, ϕ_{n-1} 는 n-1 시점에서의 이동 방향의 각도, S_{n-1}는 n-1 시점에서의 위치 벡터, S_n는 n 시점에서의 위치 벡터를 나타낸다.

[0084] 이와 같이, 노무자 위험 알림 서버(300)는 이전의 헬멧 태그(100)의 위치에서 가속도 센서의 센서 값을 통해 연산된 이동거리와 방향 각도에 따른 위치(100')를 추정할 수 있으며, 도 4에 도시된 것처럼, 추정된 현재 시점에서의 노무자의 위치(100')는 이동 예측 범위인 C 영역에 포함되는 것을 알 수 있다.

[0085] 이처럼, 노무자 위험 알림 서버(300)는 가속도 측정값을 이용하여 연산한 노무자의 위치(100')가 이동 예측 범위인 C 영역에 포함되면 연산된 노무자의 추정 위치(100')를 노무자의 위치로 확정하고 업데이트한다.

[0086] 반면, 도 5의 (a)와 같이, 가속도 센서의 센서 값을 통해 연산된 추정 위치(100')가 이동 예측 범위인 C 영역에 포함되지 않는 경우가 발생한 경우, 노무자 위험 알림 서버(300)는 이동 예측 범위인 C 영역내에서 노무자의 위치를 추정한다.

[0087] 먼저, 노무자 위험 알림 서버(300)는 도 5의 (b)와 같이, 이전의 노무자의 위치(100)와 연산된 노무자의 추정 위치(100')간에 가상의 직선인 D으로 연결한다.

[0088] 노무자 위험 알림 서버(300)는 가상의 직선 D와 이동 예측 범위인 C 영역이 교차하는 지점인 C1, C2를 추출하고, 추출된 C1과 C2 지점의 중간 지점(C3)을 노무자의 위치로 추정할 수 있다.

[0089] 그리고 노무자 위험 알림 서버(300)는 이와 같이 추정된 노무자의 현재 위치를 노무자의 위치로 업데이트할 수 있으며, 추정된 위치 결과임을 별도로 저장할 수 있다.

[0090] 즉, 노무자 위험 알림 서버(300)는 연산된 노무자의 위치가 이동 예측 범위인 C 영역에 포함되면 정상적인 위치 추정으로 판단하며, 포함되지 않을 경우 위치 추정에 실패한 것으로 판단할 수 있다. 이때, 노무자 위험 알림 서버(300)는 위치 추정에 실패한 경우가 발생하면 비정상적인 순서임을 나타내는 부호 또는 표시와 함께, 위치 추정 실패가 발생할 때마다 카운트하여 저장할 수 있다.

[0091] 노무자 위험 알림 서버(300)는 헬멧 태그(100)를 장착한 헬멧을 착용한 노무자의 실시간으로 이동한 위치를 별도의 데이터베이스(미도시함)에 저장할 수 있다.

[0092] 그리고 노무자 위험 알림 서버(300)는 위치 추정에 실패한 경우가 연속적으로 N번 이상 발생하면, 해당 노무자가 위험 상황에 있다고 판단한다.

[0093] 예를 들어, 노무자가 공사 현장에 쓰러진 경우, 노무자의 헬멧에 장착된 헬멧 태그(100)의 가속도 센서 값이 정상적으로 측정되지 않으므로, 그에 따른 가속도 센서 값을 통해 연산된 노무자의 위치는 이동 예측 범위를 벗어나게 된다.

[0094] 이와 같이, 노무자 위험 알림 서버(300)는 수신된 가속도 센서 값을 이용하여 노무자의 위치를 추정할 때, 연이어 위치 추정을 N번 실패하면, 해당 노무자가 위험 상황에 있다고 판단하여, 위험 알림 신호를 생성하고 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장 주변의 알림 장치 또는 관리 서버의 알림 장치를 통해 위험 알림 신호를 출력시킨다.

[0095] 도 6는 본 발명의 실시예에 따른 노무자의 위치 추정 결과와 기존의 방법으로의 위치 추정 결과를 나타낸 도면이다.

[0096] 도 6는 본 발명의 실시예에 따른 노무자 위치 추정의 신뢰성을 평가하기 위한 것으로 가로 5m, 세로 5m의 공간에 4개의 노드를 설치하였으며, 공간의 중심부에 헬멧 태그를 부착한 헬멧을 두어 0.5초 간격으로 위치 정보를 추정한 결과를 나타낸다.

[0097] 도 6에서 RSSI만으로 삼각 측량을 할 경우(+: Without filter) 평균 오차는 1.6m이고 최대 3.0m까지 오차가 발생한 것을 알 수 있다. 이동식 태그가 움직이지 않았음에도 기대치 보다 큰 오류가 나타난 것을 알 수 있으며, 이는 실질적으로 현장에서 RSSI만으로 노무자의 위치 탐색 및 이동 경로를 추정하는 것은 신뢰성이 떨어진다는

◇

것을 나타낸다. RSSI와 함께 칼만 필터를 사용한 경우(: With Kalman Filter), 최소 약 20회까지는 다소 큰 오류를 나타내었으나 자료가 축적될수록 오차의 범위는 현격하게 줄여 평균 거리 오차가 0.55m 수준으로 나타났다.

[0098] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 칼만 필터 및 최대 이동 가능 거리(With Kalman Filter & MAMD)를 고려한 경우, 평균 오차는 0.21m로 다른 위치 추정 방식에 비해 신뢰성 및 정확도가 높게 나타났다.

[0099] 이는 노무자가 단위시간 동안 이동할 수 있는 최대 이동 가능거리(MAMD)가 0.25m로 고정되므로 부정확한 RSSI 값은 모두 필터링되고 칼만 필터가 지속적으로 정확한 위치를 찾아가서 안정화되었기 때문이다.

[0100] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 움직이는 노무자의 위치 추정 결과를 나타낸 도면이다.

[0101] 도 6에서는 고정된 태그의 위치 탐색에 대해서 기존 방법과 비교한 결과를 나타내었다면, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 움직이는 노무자에 대하여 위치를 추정한 결과를 나타낸 것이다.

[0102] 도 7은 가로 10m, 세로 10m의 평면 환경에서 총 8개의 노드를 사용하여 정해진 경로로 5개의 이동식 노드가 동시에 10회 정도 왕복할 때의 위치 탐색 결과를 나타낸다. 각 노드는 5m 간격으로 고정되어 있으며, 0.5초 간격의 탐색을 통해 움직이는 태그의 신호를 수신한다.

[0103] 그 결과 본 발명의 실시예에 따라 추정한 이동하는 태그의 평균 오차는 0.47m가 나타난 것을 알 수 있다. 이는 고정된 태그의 위치의 오차에 비하여 오차 범위가 증가하였지만, 5개의 이동식 노드에 대해 동시추적을 수행하여도 오차 범위는 유사하게 나타나며, 이는 현장에 충분히 적용 가능하다는 것을 의미한다.

[0104] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 기존의 측위 방법의 측위 오차로 인한 문제점을 보완함으로써, 야간 교량 공사 및 교면 포장 공사장에서의 노무자의 위치 추정의 정확도 및 신뢰도를 향상시킬 수 있으며, 노무자들의 실시간 위치 탐색 및 이동 이력을 확인할 수 있다.

[0105] 또한, 본 발명에 따르면, 노무자의 위치 추적 및 관리가 가능함에 따라 현장에서 사고 발생시, 현장에 있는 노무자들의 안전을 위해 신속한 구조 작업 및 통제 작업을 수행할 수 있다.

[0106] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0107] 100, 100-1, 100-2, 100-3, 100-4: 헬멧 태그

200, 200-1, 200-2, 200-3, 200-4, 200-5, 200-6: 노드

300: 노무자 위험 알림 서버 310: 통신부

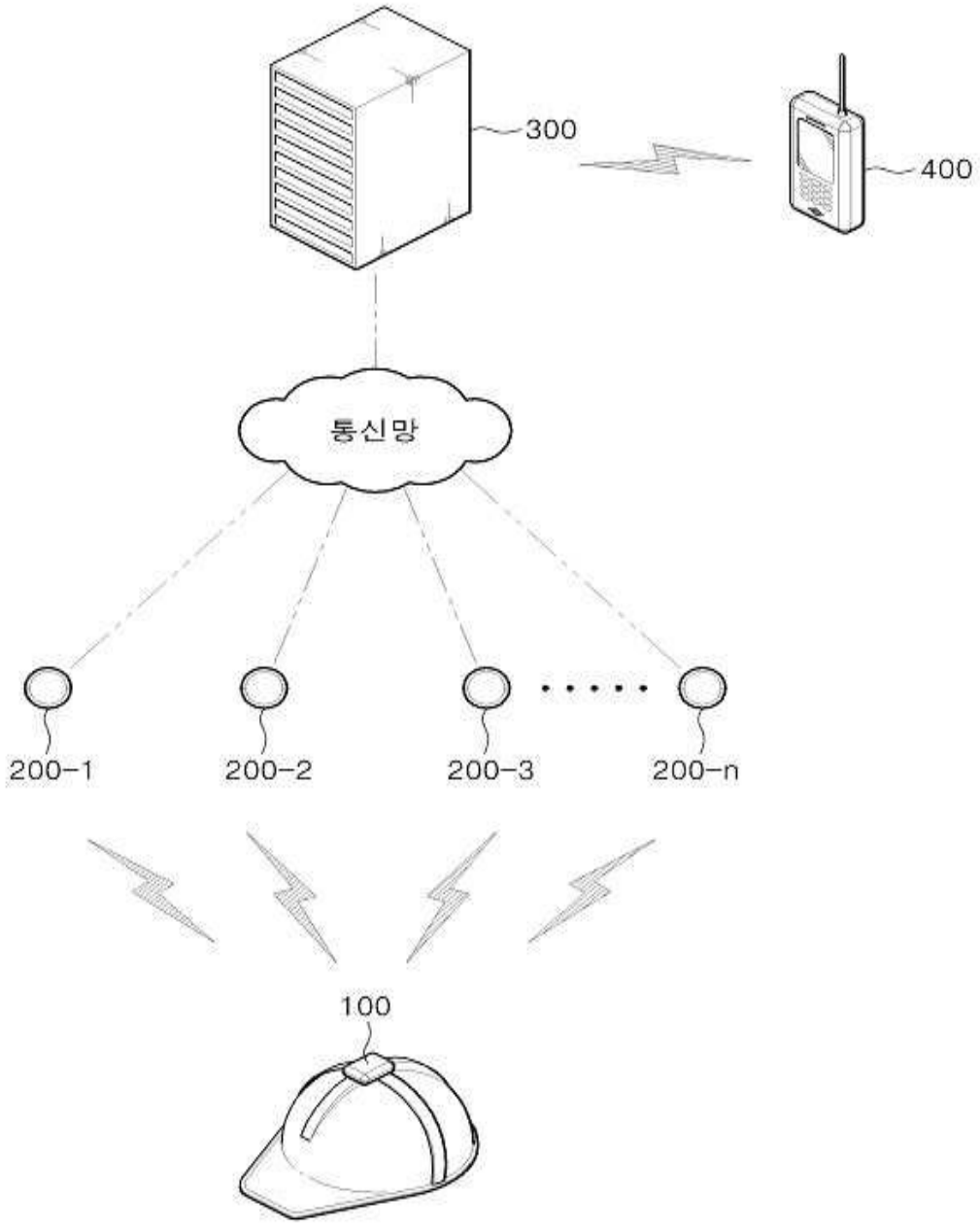
320: 노무자 이동 예측부 330: 연산부

340: 노무자 위치 판단부 350: 위험 상황 판단부

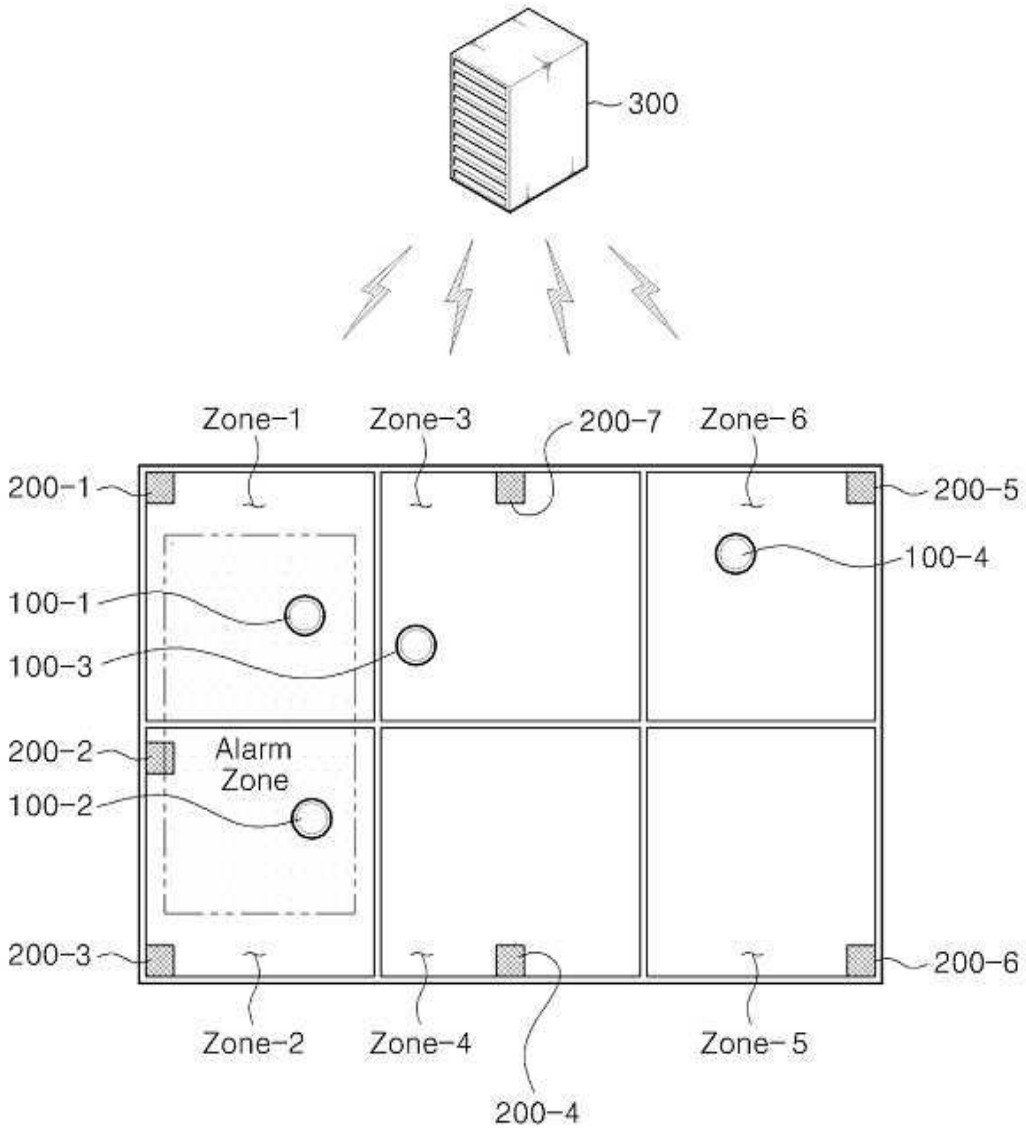
400: 알림 장치

도면

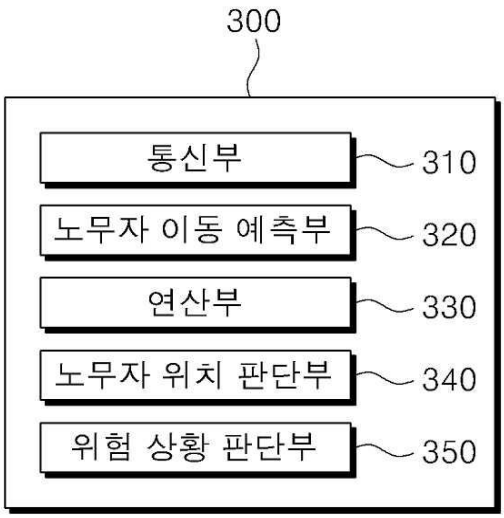
도면1



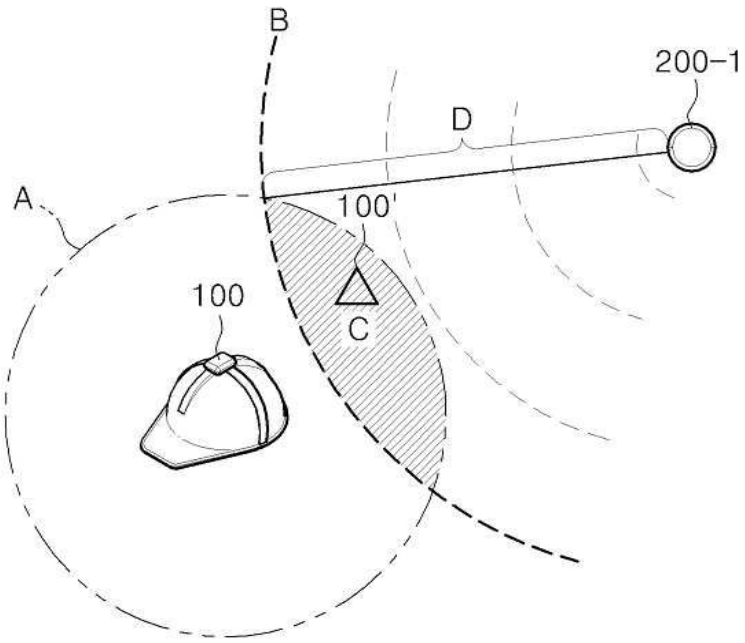
도면2


300
Zone-1
Zone-3
200-7
Zone-6
200-1
200-5
100-4
100-1
100-3
200-2
Alarm
Zone
100-2
200-3
200-6
Zone-2
Zone-4
Zone-5
200-4

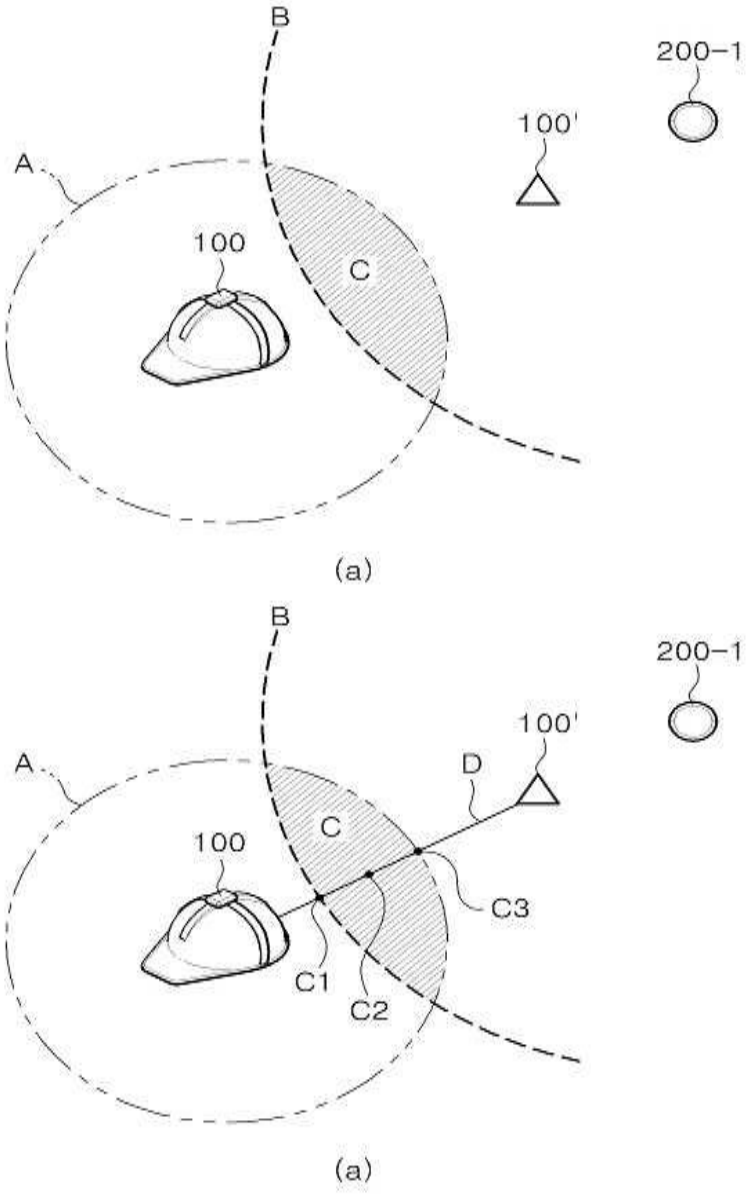
도면3


300
통신부
310
노무자 이동 예측부
320
연산부
330
노무자 위치 판단부
340
위험 상황 판단부
350

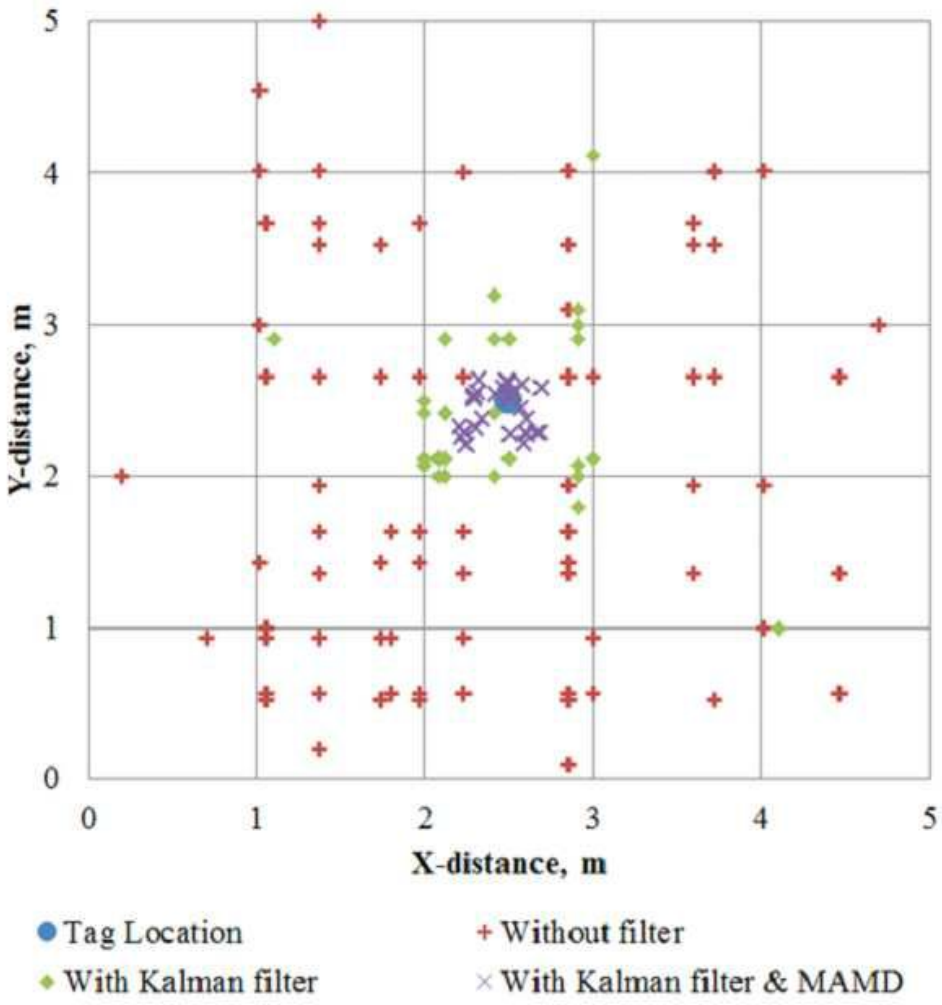
도면4


B
200-1
D
A
100'
100
C

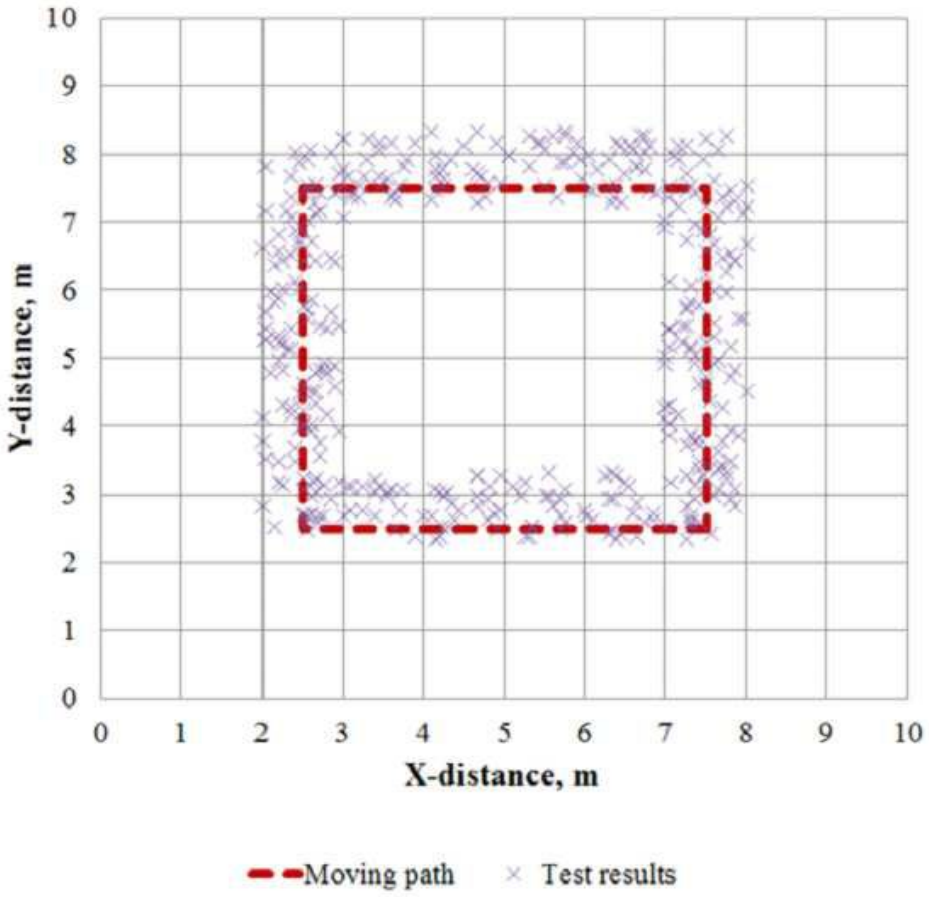
도면5



도면6


5
4
3
2
1
0
Y-distance, m
0
1
2
3
4
5
X-distance, m
Tag Location
Without filter
With Kalman filter
With Kalman filter & MAMD

도면7


10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
Y-distance, m
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
X-distance, m
Moving path
Test results