

작업자 안전관리를 위한 유비쿼터스-실시간 위치추적시스템 연구

정회원 김 영 백*

A study of ubiquitous-RTLS system for worker safety

Young-baig kim* *Regular Member*

요 약

산업현장에서는 작업 효율을 높이기 위해 공정 과정에 자동화를 진행하고 있지만 전 공정에 자동화를 구축하기 어려운 반자동화 공간에서 작업하는 작업자들은 항상 위험에 노출되어 있다. 이러한 위험으로부터 작업자를 보호하기 위해, 본 논문에서는 Ubiquitous-Wireless Sensor Network(이하 U-WSN) 기반 위치인식 시스템을 이용한 산업현장에서의 작업자 안전관리 시스템을 연구하였다. 무선 신호를 이용하여 두 디바이스 사이의 거리를 측정하고, 3차원 삼각측량으로 작업자의 위치를 계산 할 수 있지만 무선 신호는 철과 구조물이 많은 산업현장에서는 신호의 반사, 멀티패스 등에 따라 오차가 발생하여 정확한 위치를 찾는 것에 많은 어려움이 있는 것이 현실이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 첫째, 작업현장에 적합한 원형편파 패치 안테나를 적용한 Line Of Sight(이하 LOS)에서 안테나 방사 패턴에 의해 발생 할 수 있는 오차를 개선한다. 둘째, 3차원에서 위치를 계산 할 수 있는 3차원 위치계산 방법과 필터링 알고리즘을 활용한 위치 정확도를 개선한다. 개발된 시스템은 항만부두 크레인에 적용하여 정확성 및 실효성을 검증 하였고 본 시스템은 산업현장에서 작업자의 안전에 크게 기여 할 것으로 기대된다.

Key Words : RTLS(Real Time Location System), CSS(Chirp Spread Spectrum), Circular Polarization Antenna, 3-Dimensional, Filtering Algorithm. Safety Management

ABSTRACT

At the industrial work site, the manufacturing process is being automated to improve work efficiency. However, it is often difficult to automate the entire manufacturing process, and there are spaces in which workers there are constantly exposed to danger. To protect such workers from the danger, this paper studied a worker safety management system for the industrial work site which uses a location recognition system and which is based on the Ubiquitous-Wireless Sensor Network (U-WSN). Using wireless signals, the distance between two devices can be measured and the location of a worker can be calculated using triangularization in 3-D. But at the industrial work sites where there are a lot of steel and structures, errors occur due to signal reflection and multi-path, etc., which makes it difficult to get the accurate location. To address this problem the following was done: first, a circular polarization patch antenna appropriate to the work site was used to reduce the degree of error that may occur from the antenna emission pattern and the particular Line of Sight (LOS); second, a 3-D localization technique and a filtering algorithm were used to improve the accuracy of location determination. The developed system was tested by using it on a wharf crane to validate its accuracy and effectiveness. The proposed location recognition system is expected to contribute greatly in ensuring the safety of workers at industrial work sites.

* 한국폴리텍 V 대학 순천캠퍼스 전기제어학과(ybkim59@kopo.ac.kr)

논문번호 : KICS2011-09-423, 접수일자 : 2011년 9월 30일, 최종논문접수일자 : 2012년 1월 17일

I. 서 론

위치추적 기술은 유비쿼터스 사회의 특징인 ‘보이지 않는 기술’을 구현하는 핵심 기술 중 하나로 이해되고 있다. 이에 따라 여러 응용분야에 활용되고 다양한 통신 기술을 이용한 위치추적 기술이 연구되고 있다. 일상생활에서 없어서는 안 될 대표적인 위치추적 기술은 GPS 위성을 이용한 자동항법장치가 있다. 그러나 GPS 나 이동통신망을 이용한 위치추적 기술은 위치추적의 오차범위가 수 m에서 수십 m에 이르고 실내 및 음영지역에서 사용하는데 많은 어려움이 있다. 최근 wi-fi, Zigbee, RFID 등과 같은 근거리 통신 기술을 이용한 실내 및 근거리 위치추적 기술이 연구되고 있다^{[1][2]}. 넓은 공간에서 위치추적에는 한계가 있지만, 산업현장에 작업자들이 활동하는 공간을 중심으로 수 미터 이내의 높은 위치 추적 정확도를 가지기 때문이다. 특히 산업현장에서는 작업 효율을 높이기 위해 공정 과정에 자동화를 진행하고 있지만 전 공정에 자동화를 구축하기 어려운 반자동화 공간에 작업하는 작업자들은 항상 위험에 노출되어 있다. 그래서 작업자의 위치를 실시간으로 파악하여 위험으로부터 보호 할 수 있는 시스템이 필요하다. 이러한 안전장치가 필요한 곳 중 하나가 바로 항만 하역 장소에 설치되어 있는 항만 크레인이다. 항만 크레인이 수십 톤에 가까운 코일을 옮기는 과정에서 정밀한 코일 위치 선정 및 조정은 작업자들의 몫으로, 안전은 크레인 운전 기사와 작업자의 손에 달려 있다. 대부분 기존의 근거리 위치 추적 솔루션은 2차원 위치계산을 통한 수 미터 오차 허용과 객체의 동선파악 정도의 기술 개발에 초점이 맞춰져 있다^[3]. 그러나 오차 범위가 수 미터에 이르는 위치추적 시스템은 산업현장에서 작업자의 안전 확보에 문제가 있다.

본 논문에서는 위와 같은 문제를 해결하는 1m 이내의 정확도를 갖는 3차원 근거리 위치추적 시스템을 제안한다. 이 시스템은 위치추적 엔진, 리더, 태그로 이루어져 있다. 태그는 작업자의 안전모에 부착하고, 리더는 크레인 구조물에 설치된다. 리더와 태그 사이의 거리는 TOF(Time of Flight)를 이용하여 거리 측정을 수행한다. 측정된 거리는 위치추적 엔진에 전송되어 삼각측량에 의해 태그의 위치를 계산한다. 계산된 태그 위치는 크레인 제어 시스템에 전송하고 작업자의 위치에 따라 자동적으로 크레인이 제어된다. 만일 작업자가 위험구역에 있으면 안전모에 부착된 태그에서 위험 경보를 발생하여 작업자에게 알리고, 크레인은 자동적으로 정지된

다. 삼각측량을 하기 위해서는 세 개의 리더로부터 태그까지 거리가 측정되어야 한다. 안전모에 부착된 태그가 LOS에 위치하면 최상의 조건이 될 수 있지만, 현장 여건상 리더 설치 위치는 제한적이며 큰 구조물이 산재해 있는 현장에서는 무선 신호의 반사와 멀티패스 때문에 정확한 측정값을 얻기 어려워 에러가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, 먼저 제한적인 리더 설치 위치로부터 안정적인 무선 전파를 송/수신하기 위해 패치 안테나를 적용하였고, 3차원 위치계산과 예상 위치 추적, 측정거리 필터링 기법 등을 적용하여 위치추적 오차를 최소화 하는 시스템을 연구하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 1장에서는 제안한 시스템이 설치될 환경에 대해 설명한다. 2장에서는 개발된 시스템을 소개하고 성능 개선을 위한 원형편파 안테나 적용, 3차원 위치계산, 필터링 알고리즘을 적용한 결과 나타내었으며, 현장 시험결과는 3장에서 다루었다. 마지막으로 주된 연구 성과는 결론에 요약하였다.



그림 1. 제안 시스템 적용 크레인

II. 본 론

2.1. 설치된 시스템 환경

제안된 시스템이 설치된 장소는 제철소에서 생산된 제품을 출하하기 위해 해상 운반선에 선적하거나 운반선에 적재된 제품을 육지로 옮기는 항만부두 크레인이다. 그림 1.은 제안된 시스템이 설치된 크레인 사진이다. 크레인을 제어하는 운전기사는 높이 30m 에 있는 운전실에서 크레인을 조작하며, 제품 하역 과정을 돕는 작업자들은 육지와 운반선에 위치한다. 하역 과정에서 작업자들은 제품을 운반하

기위해 줄 길이 작업과 정확한 위치에 배치하는 작업을 지원한다. 크레인 운전기사는 30m 위에서 크레인을 조작하기 때문에 아래 작업자를 확인하지 못하면 수십 톤에 이르는 제품과 작업자가 부딪칠 수 있는 위험이 있다.

이러한 목적으로 근거리 통신 기술을 이용한 작업자 안전관리 시스템을 개발하였다. 위와 같은 작업환경에서 작업자 안전관리시스템을 개발하는데 해결해야 할 문제점이 두 가지 있다. 첫째, 작업자 작업 공간이 매우 열악한 점이다. 기존 위치 인식 시스템은 2차원 공간에 대한 연구가 진행 되었는데, 이것은 작업 공간의 산재한 구조물이 많아 2차원에서 위치계산은 무의미 하여 3차원 위치인식 시스템이 필요하다는 점이다. 또한 무선을 사용하기 때문에 전파 환경에 영향을 최소화 할 수 있는 시스템이 필요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 U-WSN 이용한 작업자 위치인식 안전관리 시스템을 개발하였다.

표 1. 근거리 위치추적 시스템 비교

	WiFi	CSS	UWB
Frequency	2.4/5GHz	2.4GHz	3.1~10.6GHz
Ranging	100m	200m	20m
Accuracy	3m	1m	30Cm
Remarks	RSS	Time(TOA)	Time(TDOA)

2.2. 시스템 연구

2.2.1. 시스템 연구의 개요

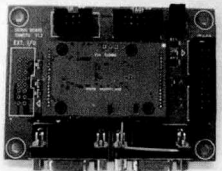
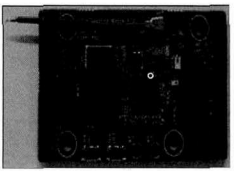
근거리 통신기술을 이용하여 고정밀 위치추적 기술동향은 위치추적 정확도를 위해 거리정보를 얻는 과정에서는 RSS(Received Signal Strength)와 TOF(Time of Flight)를 이용하여 거리 측정을 수행한다. 신호세기를 이용한 거리측정 RSS 방식은 사용하기 쉬워 많이 사용되었지만 환경적 영향에 매우 급격하게 거리 오차가 발생하는 단점 때문에 안전관리 위치추적 시스템에 적용 할 수 없다. 이러한 이유로 환경 변화에 더 민감한 전파의 도달 시간을 이용한 TOF 방식을 적용하였다. TOF 방식을 이용하여 거리를 측정하는 기술은 표 1.에 CSS(Chirp Spread Spectrum)와 UWB(Ultra Wide Band)가 있다^{[4][5]}. 두 가지 기술 중에 UWB 방식은 정확도는 조금 높지만 측정 거리가 20m정도에 머무는 한계

가 있어 CSS 방식을 사용하였다. 개발에 사용된 CSS 방식의 송수신기의 사양을 표 2. 에 나타내었다^[6].

표 2. CSS 송수신기 사양

RF Frequency	2.4GHz ISM Band
Operating	2.3 ~ 2.7 V
Media Access Techniques	FDMA/CSMA/TDMA
Modulation	CSS(Chirp Spread Spectrum)
TOA Accuracy	2m indoors/1m outdoors
RSSI	Available
Advantages	High Accuracy No need for Time Sync(SDS-TWR) RSSI Available
Disadvantages	Late update time

표 3. 리더와 태그 사양

구분	리더	태그
기능	· 태그와 거리를 측정하고 거리 정보를 위치인식 서버로 전송	· 작업자 안전모에 부착하여 리더와 거리를 측정 · 위험구역 진입 시 알람
특징	· Atmega 128 MCU · RF Transceiver : NA5TR1 · wifi 5GHz 모듈 · 사이즈 : 90*65mm · 원형편파 패치 안테나(미연결)	· Atmega 128 MCU · RF Transceiver : NA5TR1 · 배터리 내장 · 사이즈 : 50*30mm · 원형편파 패치 안테나(미연결)
사진		

연구한 리더와 태그 모듈은 표 3과 같은 기능과 특징을 가진다. 리더 모듈은 데이터 통신을 하기위한 wifi 모듈과 연결되어 있으며, 크레인 다리와 봄에 설치된다. 태그는 배터리가 내장되어 작업자 안전모에 부착된다.

표 4. 리더의 설치 좌표

설치 위치	리더 좌표(X, Y, Z)
크레인 다리	(0,0,10.5) (17,0,10.5) (0, 21,16) (8, 21, 16)
붐	(6, 53, 24.5) (12, 53, 24.5)
크레인 운전실	(0, 4 to 41, 20)

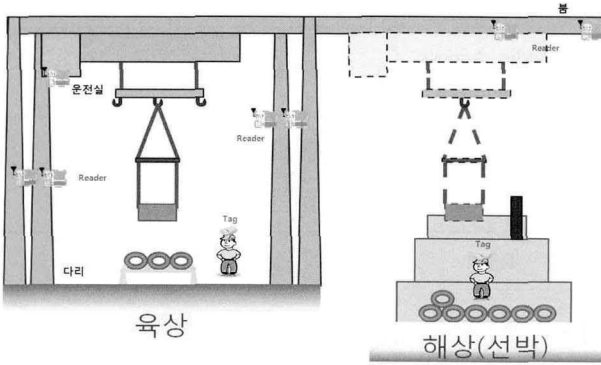


그림 2. 설치된 리더 위치

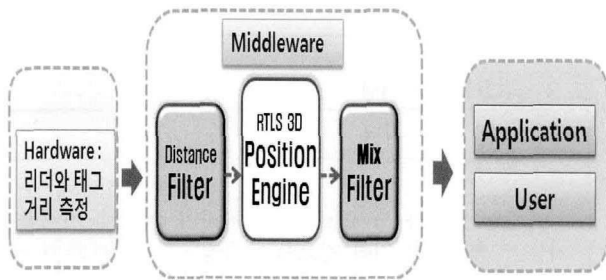


그림 3. 위치계산 절차

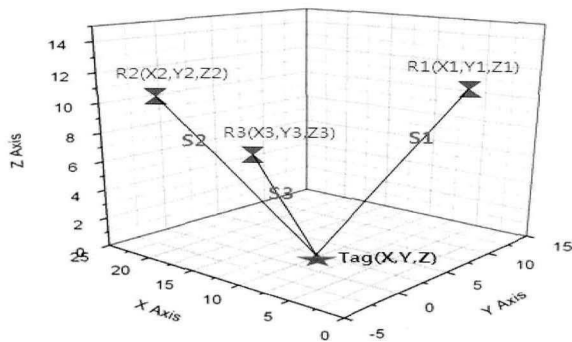


그림 4. 3차원 좌표 계산

$$S_1^2 = (X_1 - X)^2 + (Y_1 - Y)^2 + (Z_1 - Z)^2 \quad (1)$$

$$S_2^2 = (X_2 - X)^2 + (Y_2 - Y)^2 + (Z_2 - Z)^2 \quad (2)$$

$$S_3^2 = (X_3 - X)^2 + (Y_3 - Y)^2 + (Z_3 - Z)^2 \quad (3)$$

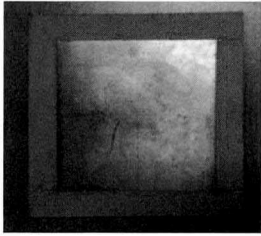

2.2.2. 리더의 설치 위치 및 위치계산 과정

산업현장에서 효율적인 LOS 확보를 위한 리더 설치 위치와 3차원 삼각측량 방법을 제안한다^[7]. 항만 부두 크레인 작업 공간과 같은 대부분의 산업현장은 새로운 장치를 부착함에 있어 안전 규격에 제약을 많이 받는다. 기존 설치된 장비에 간섭을 미칠 수 있는 장소나 부딪히기 쉬운 위치는 설치할 수 없다. 이러한 규정을 준수하고 LOS 확보 할 수 있는 위치는 표 4 위치로 선정 할 수 있었다. 그림 2는 리더가 설치된 크레인 구성도 이다. 육지에서 작업자 위치는 다리에 설치된 리더로 계산하고, 해상 쪽 선박 위에서 작업하는 작업자는 붐에 설치된 리더와 해상과 근접한 다리에 설치된 리더로 위치를 계산할 수 있다. 태그의 위치는 그림 3과 같은 절차로 계산된다. 3개의 리더가 태그까지의 거리를 측정하고 태그 위치는 삼각측량기술로 계산되며 그 정보를 RTLS 서버의 미들웨어로 전송한다. 마지막으로 거리정보가 필터링 되고 크레인 제어장치 같은 위치 측정 엔진으로 전송된다. 그림 4에서 보여준 바와 같이, 태그의 위치는 리더와의 거리를 측정함으로써 계산되는데 만약 리더의 위치가 R1(X1, Y1, Z1), R2(X2, Y2, Z2), R3(X3, Y3, Z3), 그리고 태그로부터의 거리가 S1, S2, S3 라면 방정식 (1), (2), (3) 을 따라서 태그 위치의 측정이 가능하다. 이와 같은 3차원 위치계산 기술은 이상적인 환경에서는 문제가 없지만 전파간섭 등 환경적인 영향이 많은 작업현장에서는 예상치 못한 에러로 인한 오차가 많이 발생한다. 이와 같은 오차를 개선하기 위해 원형편파 안테나와 필터링 알고리즘을 연구하였다.

2.2.3. 원형편파 패치 안테나 적용

거리오차와 전파환경 영향을 줄이기 위해 소형 원형편파 패치 안테나를 적용하였다. 위치를 측정하기 위한 태그는 작업자의 안전모에 부착되어 수신기에서 전파가 태그의 안테나에 도달할 때 작업자의 이동 및 방향 전환으로 안테나의 편파가 어긋나거나 전파가 널 포인트에 전파되면 거리 측정 오차가 발생한다. 하나의 편파만을 갖는 일반 모노폴 안테나를 사용하거나 여러 방향에 널 포인트가 존재하는 안테나를 사용하면 움직임이 많은 시스템에서는 거리측정 오차가 크게 발생 할 수 있다. 이 때문에 편파에 영향을 적게 받고 널 포인트를 최소화 할 수 있는 원형편파 패치 안테나를 적용하여 안정적인 거리 측정이 가능 하도록 하였다^[8].

표 5. 패치와 헬리컬 안테나 비교

(a) Patch Antenna	(b) Helical Antenna
	
패치 안테나	헬리컬 안테나
주파수 : 2.4GHz	주파수 : 2.4GHz
편파 : 원형	편파 : 선형
이득 : Max 2dBi	이득 : Max 4dBi
사이즈 : 45*50mm	사이즈 : 100*10mm

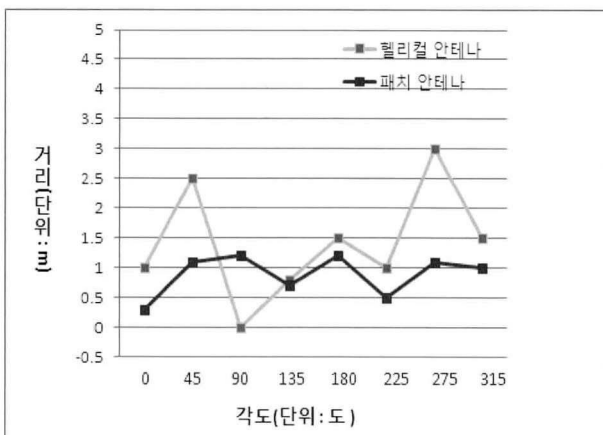
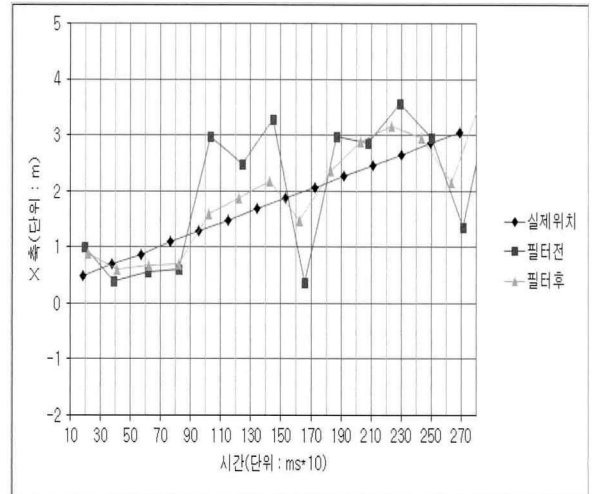
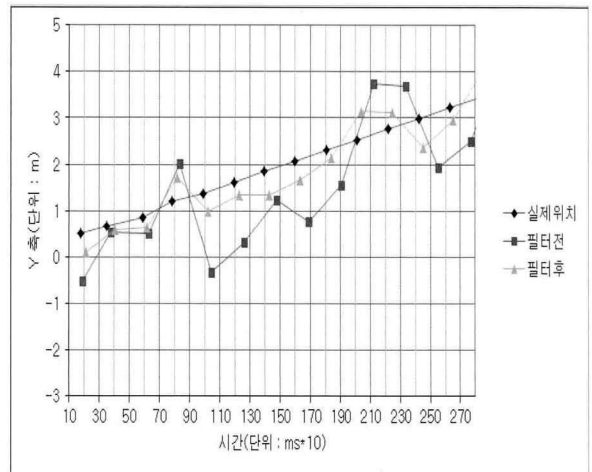


그림 5. 각도에 따른 거리 오차

표 5은 원형편파 패치안테나와 선형편파 헬리컬 안테나 이다. 두 가지 안테나 모두 태그에 부착하여 측정하였으며 선형편파 헬리컬 안테나의 이득이 원형편파 패치 안테나 보다 2dBi 높지만 작업자의 위치 변화의 따른 정확도는 원형편파 패치 안테나가 안정적인 위치를 측정 할 수 있었다. 그림 5. 은 실제로 두 가지 안테나를 태그에 붙이고 제 자리에서 360도 회전하여 오차를 측정 한 결과이다. 헬리컬 안테나가 부착된 태그는 각도에 따라 최대 3m 까지 오차가 발생하는 반면 패치 안테나가 부착된 태그는 각도에 따라 1m 이내의 오차가 균등하게 발생하는 것을 알 수 있다.



(a) 필터링 알고리즘 적용 전/후 X 위치



(b) 필터링 알고리즘 적용 전/후 Y 위치

그림 6. 필터링 알고리즘 적용 전/후 좌표

2.2.4. 필터링 알고리즘

위에서 제안한 적절한 시스템 설치 위치 선정, 안정적인 무선신호 송수신 안테나 적용, 3D 위치 계산은 LOS에서 정확도를 높이는 방법이다. 하지만 리더와 태그 사이에 LOS 확보가 어려울 때 오차는 늘어 날 수밖에 없다. LOS 방해 요소로는 운반 중인 코일, 산업 철 자재 그리고 작업자가 머리를 숙였을 때는 전파의 굴절등과 같은 멀티 패스로 인해 측정된 거리를 신뢰 할 수 없어 위치 인식 오차가 늘어난다. 이를 해결하기 위해 변형된 필터링 알고리즘을 사용했다. 위치추적 시스템에서 가장 많이 사용되는 알고리즘은 산술평균과 가중평균 기법이 사용된다. 산술평균 기법은 갑자기 큰 오차가 발생했을 경우 단순히 평균으로 계산되기 때문에 근접한 값을 얻기는 힘들다. 따라서 측정된 시간에 따른

가중치를 적용하여 가중평균 기법을 적용하여 필터링 알고리즘을 개발하였다. 보통 작업자들은 평균 사람 걷는 속도보다 천천히 움직이고, 거리측정 주기는 빠르기 때문에 측정 시간을 이용하여 가중치를 적용할 수 있었다⁹⁾. 보통 사람이 걷는 속도는 0.8m/s 이지만 현장 작업자들은 그보다 느리게 움직임을 고려하여 이동 속도를 0.5m/s 로 가정하여 적용하였다.

또한, 알고리즘 적용하기 전에 리더와 태그, 위치 측위에 대한 신뢰성을 확보한 후에 계산하였다.

먼저, 오차 발생여부를 판단하기 위해, 리더와 태그로부터 측정된 현재 거리 D_n , 리더와 태그로부터 측정된 이전 거리 D_{n-1} , 미들웨어 내부 시계를 이용한 현재 측정된 시간과 이전에 측정된 시간 차이 ΔM_s 와 거리 ΔM_d 일 때

$$|D_n - D_{n-1}| \geq \Delta M_d \quad (4)$$

$$\Delta M_d = 0.5m/s \times \Delta M_s \quad (5)$$

식 (4) 과 같이 현재와 이전에 측정된 거리 차이가 미들웨어에서 직접 측정된 시간을 이용한 거리보다 크다면 오차가 발생했다고 판단할 수 있다.

만약, 오차가 발생했다면, 추정값 \bar{D}_n 을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\bar{D}_n = \alpha \times (D_{n-1} + \Delta M_d) + (1 - \alpha) \times D_n \quad (6)$$

$0 < \alpha < 1$, α 는 상수

추정값 \bar{D}_n 은 이전에 측정된 거리 D_{n-1} 에 미들웨어에서 계산된 ΔM_d 를 더한 값에 가중치 α 를 곱하고, 현재 측정된 거리 D_n 에 가중치 $(1 - \alpha)$ 를 곱하여 계산된다. 가중치 α 는 큰 오차가 발생했다고 판단하였기 때문에 이전에 측정된 거리에 높은 가중치를 주어 0.7로 계산하였다. 그림 6은 실제 위치를 기준으로 삼각측량 계산식만을 적용한 태그 위치, 필터링 알고리즘을 거쳐 나온 태그 위치를 보여준다. 그림 6에서는 파란색 다이아몬드가 태그 실제 위치이며, 빨간색 사각 점은 필터링을 거치기 전인 삼각측량에 의해 계산된 위치이고, 황록색 삼각점은 필터링을 거치 태그의 X, Y 좌표이다. 그림에서 보여 지듯이 큰 오차가 발생할 경우 필터링 알고리즘이 적용되어 오차가 1m 이내로 줄어드는 것을 볼 수 있다.

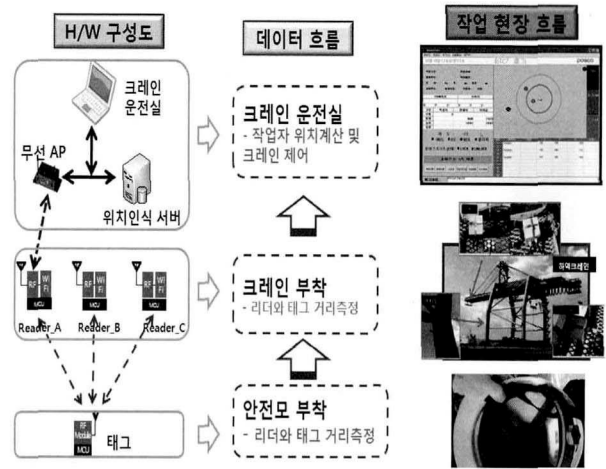


그림 7. 위치계산 흐름도

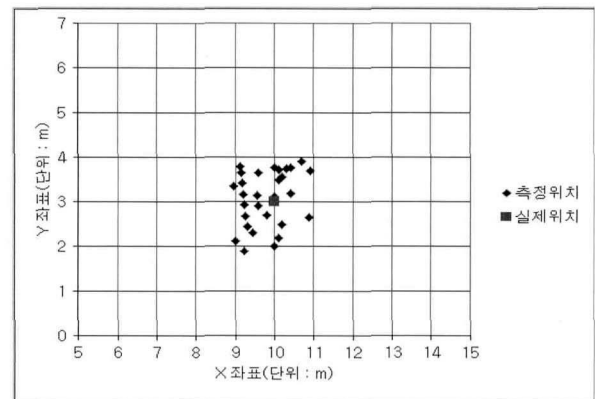


그림 8. 실험 결과

2.3. 테스트 결과

산업 현장 테스트는 항만 부두 코일 하역 크레인에 설치하여 실시하였다. 그림 7은 작업자의 거리를 측정하기 위한 리더와 태그, 계산된 거리로부터 위치를 계산하기 위한 위치인식 서버, 계산된 좌표 즉 작업자의 위치 값을 이용하여 크레인을 제어할 수 있는 크레인 운전실로 구성되어 있다. 태그는 작업자 안전모 상단에 부착하고 리더는 크레인 다리 및 붐에 설치하여 거리를 측정한다. 측정된 거리는 5GHz 대역 무선 네트워크를 통해 위치인식 서버에 전송된다. 위치인식 서버는 크레인 운전실에 설치되어 수집된 작업자 좌표를 크레인 제어에 활용한다. 이 추적된 위치는 그림 8에 나타내었다. 그림 8에 나타난 것처럼 대부분의 태그의 추적 위치가 필터링 알고리즘에 의해 1미터 범위 안에 있다는 것을 알 수 있다. 그러므로 연구한 시스템이 작업자의 위치를 매우 정확하게 찾을 수 있음을 보여 준다. 만약 작은 거리 오차가 환경적 요인에 의해 발생하면 이 시스템에 적용된 필터링 알고리즘이 매우 효율적으로 오차를 줄여줄 것이다.

Ⅲ. 결 론

본 연구는 항만부두와 같은 산업현장에서 작업자 안전관리를 위한 U-WSN 기반 실시간 위치추적 시스템을 개발하여, 현장 적용상의 문제점인 환경에 따른 오차율 문제를 줄이고 이를 검증 하였다. 특히 편파 영향에 덜 민감한 원형편파 패치 안테나와 멀티패스, 굴절 등에 의해 나타나는 불확실한 거리 오차를 줄일 수 있는 필터링 알고리즘을 적용하여 성능을 개선하였다. 개발된 위치추적 기술을 항만 부두 크레인에 실제로 적용하여 작업자의 위치를 실시간으로 파악함으로써 위험 상황에 대처 할 수 있음을 증명하였고, 추후 이 기술을 적용한 다양한 환경에서 사용 될 수 있는 기반을 마련하였다. 향후 개발된 위치인식 기술과 가속도 센서, 자이로 센서 등을 융합하여 위치인식 기술을 향상 한다면 더욱 정밀한 위치인식 기술로 발전 할 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 김학용, 김성덕, 서동길, 지정강, 장현태“근거리 위치 추적 동향”, IITA 주간 기술동향 , 2007.11.14, pp.1-12
- [2] 이성호, 민경욱, 김재철, 김주완, 박중현“위치기반 서비스 기술 동향,”ETRI 정보통신 동향분석, 2005. 6, pp. 33-42
- [3] 명승일, 모상현, 이형섭, 박형래, 서동선, “다중 경로 환경에서 실시간 위치추적 시스템의 위치 오차 분석”, 전기전자학회 논문지, Vol. 14. NO.1
- [4] 이광표, 이현수, 박문서, 김현수, 백윤주,“건설 안전관리를 위한 실시간 위치추적(RTLS) 기술 개발”, 한국건설관리학회 논문집 제11권 제2호, 2010
- [5] TimeDomain, <http://www.timedomain.com>
- [6] Nanotron Technology, <http://www.nanotron.com>
- [7] Joseph L. Awange, Erik W. Grafarend, Yoichi Fukuda, and Shuzo Takemoto,“Direct polynomial approach to nonlinear distance (ranging) problems,”Earth Planets Space, 55, 231 - 41, 2003
- [8] 이사원, 송우영,“UHF RFID 시스템을 위한 Polarization selective 안테나 연구,” 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제15권 제7호, pp.67-74, 2010

[9] 김성필, MATLAB 활용 칼만필터의 이해, 아진, 2010

김 영 백 (Young-baig Kim)

정회원



1996년 2월 광주대학교 전자공학과졸업(공학사)

2000년 2월 전남대학교 산업대학원 전기공학 졸업(공학석사)

2007년~현재 순천대학교 대학원 전자공학과(박사과정) 현 한국폴리텍 V대학 순

천캠퍼스 전기제어과 교수

<관심분야> 전기제어, 통신, RTLS, USN, IT융합