
항만 터미널 내 차량의 효율적 풀링을 위한 실시간 위치 측정 시스템 설계 및 구현

손상현* · 조현태** · 백윤주***

Design and Implementation of Real Time Locating System for Efficient Vehicle Pooling in Port Terminal

Sanghyun Son* · Hyuntae Cho** · Yunju Beak***

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음

요 약

항만 터미널 내에서 컨테이너의 이동을 위해 야드 트랙터와 크레인 차량을 이용한다. 차량의 빠른 배치를 통한 효율적인 처리를 위해 차량의 위치정보가 중요한 요소로 떠오르고 있다. 현재 대부분의 항만 터미널에서 차량의 위치 정보는 해당 차량이 마지막으로 발생시킨 이벤트를 기반으로 하여 추정하나 차량이 발생시키는 이벤트는 발생 빈도가 낮으며 추정하는 위치 오차가 크게 발생하는 문제가 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 극복하기 위해 차량의 위치를 측정하기 위한 무선 통신 기반 실시간 위치 측정 시스템을 제안한다. 항만 터미널 환경은 컨테이너의 적재로 위치 측정 오차가 크게 발생한다. 이를 해결하기 위해 항만환경에 적합한 하드웨어를 설계 및 구현하고 항만 터미널의 추가적인 문제를 해결한 향상된 다단계 위치 측정 기법을 적용하여 위치 정보의 정확도를 향상시켰다. 제안하는 시스템을 현대 부산 신항만 터미널(HPNT)에서 측정 정밀도를 테스트한 결과 CEP 기준으로 평균 5.87 미터 오차수준의 정확도를 확인하였다.

ABSTRACT

In a port terminal, containers are stored and transshipped by yard tractors and crane vehicles. For operation efficiency of the terminal, location information of these vehicles is an essential factor. However, most of port terminals try to estimate location of these assets using indirect methods such as event tracking of shipping or unshipping containers. Because these kinds of events are rarely occurred, location of the event includes seriously locating error compared to a real location of vehicle. In this paper, we propose a real-time asset tracking system to obtain accurate and reliable location of terminal assets. The proposed system overcomes a location estimation error caused by container stacks which interrupt wireless communication. In order to mitigate uncertainty and increase accuracy of location estimation, we designed hardwares and multi-step locating system to resolve additional problems. We implemented system components, and installed these at a port environment for evaluation. The result shows superiority of the system that the accuracy is approximately 5.87 meters (CEP).

키워드

항만 터미널용 위치 추적 시스템, 위치 기반 항만 차량 풀링, 다단계 측위 기법, RTLS

Key word

port terminal real time locating system, location-based port vehicle pooling, multi-step estimation, RTLS

* 정회원 : 부산대학교 컴퓨터공학과

접수일자 : 2012. 04. 16

** 정회원 : KAIST 스마트IT융합시스템연구단 연구교수

심사완료일자 : 2012. 06. 13

*** 정회원 : 부산대학교 컴퓨터공학과 정교수 (교신저자, yunju@pusan.ac.kr)

I. 서 론

최근 국가 간 무역량의 증가로 항만 물류량이 꾸준히 증가하고 있다. 항만 터미널에 정박하는 선박의 컨테이너를 신속히 하역하고 선적하여 선박의 체류시간을 최소화하는 것으로 운송의 효율을 증가시킬 수 있다. 항만 터미널은 컨테이너의 이동계획을 고려하여 효과적으로 운용할 수 있도록 컨테이너를 적재한다.

항만 터미널 내에서 컨테이너의 이동을 위해 키 크레인(QC, quay crane), 트랜스퍼 크레인(TC, transfer crane)과 야드 트랙터(YT, yard tractor)를 이용한다. 컨테이너의 효율적인 운송을 위하여 차량의 최적화된 배치가 중요하다. 차량의 배치를 최적화하기 위하여 차량의 위치 정보가 중요한 역할을 담당한다. 차량의 위치 정보는 해당 차량과 작업을 수행할 선박과의 거리를 추정하게 해주며 풀(pool)에 존재하는 차량 중 최대 근접 차량부터 배치하는 것으로 효율을 높일 수 있다.

현재 대부분의 항만 터미널에서 차량의 위치 정보는 해당 차량이 마지막으로 발생시킨 이벤트를 기반으로 하여 추정한다. 항만 내에서 차량이 발생시키는 이벤트는 컨테이너를 싣고 내리는 때에 발생하며 그 발생 빈도는 위치를 추적하기에 부족하다. 이벤트 발생시점에서의 차량의 위치 정보는 시간이 지날수록 현재 차량의 위치와 차이가 증가하게 되어 효율적인 차량 배치를 위한 위치 정보로 활용하기 어렵다. 그러므로 항만 환경에서 차량의 위치 측정을 위한 시스템이 필요하다.

위치 측정 시스템으로 유명하고 많은 응용에서 활용되고 있는 GPS(global positioning system)의 경우 항만 환경에 적용하기에 어려운 문제를 가지고 있다. GPS는 위치 측정을 위해 다수의 위성신호를 수신하여야 한다. 컨테이너가 높게 적재된 터미널 내의 도로는 대부분의 장소에서 위성 신호를 LOS(line of sight) 상태로 수신하기 어려운 전파 음영 지역이다. NLOS(non line of sight) 환경에서도 위성신호는 받을 수 있으나 GPS가 계산하는 위치 오차가 크게 발생한다.

다른 위치 측정 시스템으로 무선통신을 기반으로 동작하는 RTLS(real time locating system)가 있다.[1-4] RTLS는 무선통신을 이용하는 태그와 리더 하드웨어와 위치 계산 엔진으로 이루어진다. 위치 측정을 위해 태그는 주변의 리더들과 무선통신을 이용하여 거리를 측정한다. 거리 측정값과 리더의 위치 정보를 이용하여

이동하는 태그의 위치를 위치 계산 엔진에서 삼변측량법을 이용하여 측정한다. 삼변측량법으로 태그의 위치 측정하기 위해 리더와 측정한 거리 정보가 3개 이상 필요하다. 일반적인 환경의 경우 리더를 충분히 설치하여 원하는 지역에서의 위치 측정이 가능하다. 그러나 항만 환경에서는 리더의 설치 위치가 조명탑에만 가능한 제한이 있으며 조명탑의 높이와 비슷한 정도로 높게 적재되는 컨테이너 더미는 리더와 태그간의 통신에 NLOS를 발생시키며 측정 위치 오차를 크게 발생시킨다. 기존에 연구되었던 항만 환경을 위한 다단계 위치 측정 시스템은 항만 터미널의 문제를 일부 해결하고 있으나 발생할 수 있는 다양한 에러들을 해결하지 못하는 문제가 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 기존의 시스템을 발전시킨 항만 터미널 내 차량의 효율적 풀링을 위한 실시간 위치 측정 시스템을 제안한다. 터미널 내에 운용되는 차량의 정밀 위치 측정을 위해 항만 환경을 분석하고, 음영지역을 회피하기 위한 하드웨어와 이동형 리더를 이용한 향상된 위치 계산 기법을 적용한 위치 측정 엔진을 설계 및 구현하였다.

II. 관련 연구

2.1. 실시간 위치 측정 시스템(RTLS)

일반적으로 RTLS는 추적 대상인 태그와 태그의 정보를 읽어들이는 리더 그리고 위치 측정 엔진으로 구성된다. RTLS는 측정 방법에 따라 삼각측량, 삼변측량 및 쌍곡선측량법을 사용한다. IEEE 802.15.4a[5] 표준의 등장 이후 태그의 위치를 측정하기 위해 가장 많이 사용되는 기법은 무선 거리 측정을 기반으로 하는 삼변측량법이다. 삼변측량법은 2차원 상의 위치를 측정하기 위해서 3개의 거리 정보를 필요로 한다. 계산에 필요한 거리를 측정하기 위해서 무선신호의 신호세기를 이용한 RSSI(received signal strength indicator) 기법[6]과 전달시간을 재는 ToA(time of arrival) 기법[7]을 이용한다.

RSSI 측정 기법의 경우 전달되는 무선신호의 감쇄정도를 파악하여 장치간의 상대적인 거리를 추산하는 기법으로 구현이 간단하나 측정 정밀도는 낮다. ToA 기법의 경우 무선신호가 전달되는 시간을 측정하여 거리를

계산하는 기법으로 측정 정밀도가 높으나 전달 시간의 측정이 어렵다. 무선 신호의 전달 속도는 빛의 속도와 같으므로 1 미터 오차 내외의 거리측정 결과를 얻기 위해 각 장치들이 3 나노초의 오차 수준으로 시각동기를 이루어야한다. 고정밀 시각동기는 매우 어려우므로 거리 측정을 위해 시각동기가 필요하지 않은 무선신호의 RTT (round trip time) 방법을 이용한다. RTT를 이용한 거리 측정 방법을 TWR (two way ranging)이라고 하며 IEEE 802.15.4a 표준에서는 TWR을 양쪽 노드에서 각각 수행하여 정밀도를 높이는 SDS-TWR (symmetric double side - two way ranging)방법을 제시하고 있다.

무선 신호를 이용하여 거리 정보를 확보한 후 대상의 위치를 추정하기 위하여 삼변측량법을 이용한다. 삼변측량법을 이용하여 위치계산을 수행할 경우 거리 정보의 오차로 인하여 1개의 위치 값을 측정해낼 수 없으며 대상이 존재할 수 있는 범위 정보를 획득한다. 이러한 범위 정보에서 1개의 위치 값을 선택하기 위하여 최소제곱법(LS, least square)을 이용하여 최종 위치를 추정한다. 본 논문에서는 이러한 삼변측량법을 기본으로 하는 위치 측정 방법을 이용하며, 삼변측량이 어려운 소수의 거리 정보가 확보된 경우의 문제를 해결하는 방법을 포함하고 있다. 그림 1은 최소 제곱법을 이용한 삼변측량법의 수식을 나타내고 있다.

$$ex = \frac{(y_b - y_a)C_3 - (y_c - y_b)C_1}{[(x_c - x_b)(y_b - y_a) - (x_b - x_a)(y_c - y_b)]}$$

$$ey = \frac{(x_b - x_a)C_3 - (x_c - x_b)C_1}{[(y_c - y_b)(x_b - x_a) - (y_b - y_a)(x_c - x_b)]}$$

where

$$C_1 = \frac{1}{2} (\|x_b\|^2 - \|x_a\|^2 + cr_a^2 - cr_b^2)$$

$$C_3 = \frac{1}{2} (\|x_c\|^2 - \|x_b\|^2 + cr_b^2 - cr_c^2)$$

cr_x : 리더 x 와의 측정 거리 값
 (x_x, y_x) : 리더 x 의 위치
 (ex, ey) : 계산된 태그의 위치

그림 1. 최소 제곱법을 이용한 삼변측량법
 Fig. 1 Tri-lateration using least square estimation

2.2. 항만 환경을 고려한 다단계 위치 측정 시스템
 항만 터미널에서 컨테이너들은 그리드(grid) 형태로 배치되어 있으며 야간작업을 위한 조명탑이 100~200 간격으로 설치되어있다. YT는 컨테이너 터미 사이의 도로로 이동하고 TC는 컨테이너 터미 위를 움직이며 YT가 운반해온 컨테이너를 내리거나 YT에 컨테이너를 싣는다. 이러한 환경에서 조명탑에 설치된 리더는 YT 차량에 부착된 태그와 거리 측정을 위한 LOS환경의 통신을 수행할 수 없는 경우가 빈번하게 발생한다.[8]

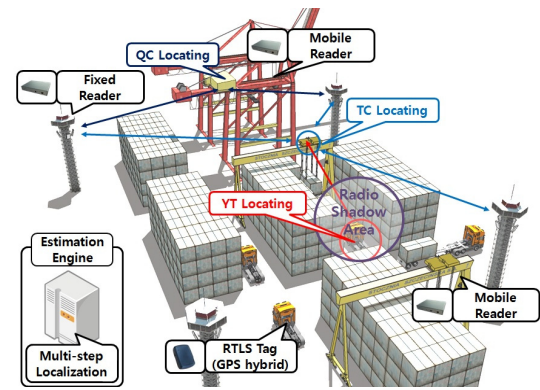


그림 2. 터미널 환경에서의 RTLS 구성도
 Fig. 2 Structure of RTLS in a terminal environments

기존의 다단계 위치 측정 시스템은 컨테이너가 만드는 음영지역을 회피하기 위해 TC를 이용하여 YT와의 LOS 통신을 수행할 수 있도록 하였다.[9][10] 조명탑에 설치된 고정형 리더와 TC 및 QC에 설치되는 이동형 리더는 무선 통신시 LOS 환경이 보장된다. 측정된 TC는 YT와 LOS환경의 무선 통신으로 거리측정이 가능하며 이동경로 정보를 이용하여 YT의 위치를 CEP 기준으로 평균 10미터의 오차수준으로 비교적 정밀하게 계산할 수 있었다. 그러나 이동형 리더를 이용할 경우에도 통로 내에서 신호반사가 발생하며 다른 경로의 TC가 YT를 인식하였을 때 거리 오차가 크게 발생할 수 있다. 또한 기존의 위치 측정 엔진에서 고려하고 있지 않은 항만 환경에 맞는 수정된 거리 정보 적용이 필요하다.

항만 터미널은 환경에 따라 위치 측정에 큰 영향을 줄 수 있는 다양한 상황이 존재한다. 일부 항만에 존재하는 바퀴로 이동하는 기계식 TC의 경우 이동시에 반대방향으로 뒤집어져서 운행하는 경우가 발생한다. 이 경우 설

정된 지향성 안테나의 방향이 뒤집히며 위치가 잘못 측정될 가능성이 있다. 그림 3에서 TC 3번이 뒤집어져 있을 경우 TC가 다리를 걸치고 있는 컨테이너 블록이 바뀌게 된다. 그로 인하여 이동형 리더의 위치 측정을 바르게 하더라도 측정 오차가 발생하게 된다. 이러한 이동형 리더의 측정오차는 YT의 측정에 큰 오차를 유발할 수 있으므로 정밀한 위치를 측정하기 위해서 반드시 해결해야 한다.

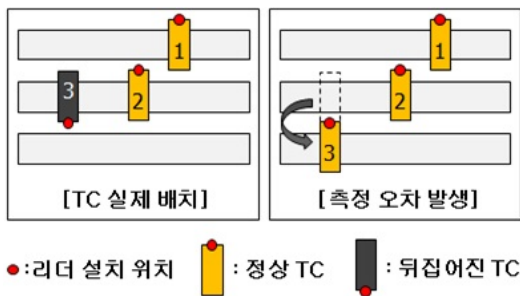


그림 3. 뒤집힌 TC로 인한 측정오차 예시
Fig. 3 Example of estimating errors caused by a reversed TC

다른 예로 컨테이너 사이의 진입로에 블록 게이트 구조물이 존재하는 경우가 있다. 블록 게이트는 해당 지역을 통과하는 YT를 인식할 수 있도록 RFID 기반 리더가 설치 되어있는 구조물이다. 블록 게이트는 TC의 역할을 수행할 수 있는 고정 구조물로 고정 리더를 설치하여 YT 측정에 도움을 줄 수 있다. 이러한 항만에서 존재할 수 있는 경우에 대한 고려를 통해 위치 오차의 발생을 막고 위치 정밀도를 향상시킬 수 있다.

Ⅲ. 항만 터미널 내 차량의 효율적 풀링을 위한 실시간 위치 측정 시스템 설계 및 구현

본 논문에서는 기존의 위치 측정 시스템이 가지는 문제를 해결하기 위해, 항만 터미널을 위한 위치 측정 태그, 리더 하드웨어와 위치 측정 엔진을 제안한다. 위치 측정 오차를 줄이기 위해 하드웨어의 상태를 인식할 수 있는 센서를 추가하였다. 또한 위치 계산시 발생할 수 있

는 오차를 제거하기 위한 기법들을 적용한다.

3.1. 위치 측정 하드웨어

항만 터미널 환경을 위한 다단계 RTLS 시스템은 태그, 고정형 리더 및 이동형 리더로 구성된다. 위치 측정 정밀도를 향상시키기 위한 RTLS 하드웨어를 제안한다. 그림 4는 항만 터미널 환경을 위해 설계 및 제작한 RTLS 리더(좌), 태그(우) 하드웨어를 나타낸다.



그림 4. 항만 터미널 환경을 위한 RTLS H/W
Fig. 4 RTLS H/W for a terminal environments

YT에 부착되는 태그는 마이크로컨트롤러와 무선통신 모듈, 상태 인식을 위한 센서 모듈로 구성된다. 마이크로컨트롤러는 제어를 위한 충분한 연산능력과 저전력 동작을 고려하여 MSP430F5xxx 시리즈의 칩셋을 선정하였다. 무선통신을 위해 IEEE 802.15.4a 표준 기반의 칩셋을 적용하였으며, 2.4GHz ISM(industrial science medical) 주파수 대역에서 CSS(chirp spread spectrum) 방법으로 통신한다. 리더와 거리 측정을 위해 SDS-TWR 방법을 적용하였다. 센서 모듈은 태그 장치의 상태 인식을 위해 가속도 센서를 적용하였다.

조명탑과 같은 고정체에 부착되는 고정형 리더의 경우 코어 프로세서와 무선통신 모듈로 구성되며 기존의 리더와 하드웨어 구성은 비슷하게 설계하였으나 확장성을 위해 무선통신 모듈을 추가하기 위한 슬롯을 4개로 하였다. 고정형 리더의 경우 2개의 무선통신 모듈을 활용하며 보통 무지향성 안테나를 사용한다. TC와 QC에 부착되는 이동형 리더의 경우 코어 프로세서, 무선통신 모듈에 센서 모듈이 추가로 존재한다. 이동형 리더는 3개의 무선통신 모듈을 활용하며 통로 측정을 위한 지향성안테나와 무지향성 안테나를 혼용하여 사용한다. 센

서 모듈은 TC의 방향을 인식하기 위해 지자기 센서를 적용하였다.

3.2. 항만 환경용 위치 측정 시스템

3.2.1. 향상된 다단계 위치 측정 프로토콜

다단계 RTLS 시스템에서 각 이동체들은 탐색 단계, 측정 단계를 주기적으로 실행하여 위치 측정을 위한 거리 정보를 수집한다. 위치 측정 엔진에서는 수집한 데이터를 이용하여 위치 측정 단계를 진행한다. 제안하는 프로토콜은 측정된 거리 정보를 탐색 단계의 블링크(blink) 메시지에 포함시켜 전체 패킷 수를 10% 가량 감소하였다. 그림 5에서 전체 동작 프로토콜을 나타내고 있다.

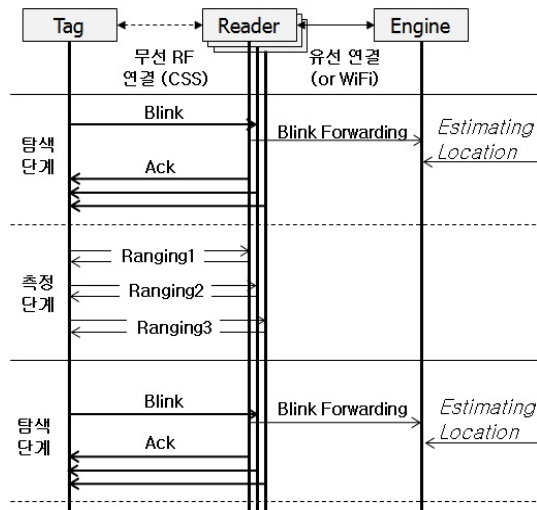


그림 5. 제안하는 다단계 위치 측정 프로토콜
Fig. 5 Proposed multi-step locating protocols

탐색 단계에서 태그와 이동형 리더는 주변에 존재하는 리더를 탐색하기 위해 블링크 메시지를 주기적으로 전달한다. 블링크 메시지에는 자신의 정보와 기존에 측정된 리더들과의 거리정보 리스트가 포함되어 전달된다. 블링크 메시지를 수신한 리더들은 엔진에게 거리정보 리스트를 전달하여 위치 계산을 수행하도록 하고, 태그에게 자신이 존재를 알리는 응답 메시지(ACK)를 보낸다. 리더들의 응답 메시지를 받은 태그는 그 정보를 토대로 거리 정보를 측정한다.

거리 측정 단계에서 태그는 주변의 리더와 거리 측정을 순차적으로 수행한다. 측정을 위해 SDS-TWR을 이용하여 측정된 거리정보는 다음 블링크 메시지에 포함되어 위치 측정 엔진으로 전달된다.

3.2.2. 항만 터미널을 고려한 위치 측정 엔진

위치 측정 엔진은 리더가 전달한 태그와 리더 간의 혹은 이동형 리더와 고정형 리더간의 거리 정보를 토대로 이동형 리더와 태그의 위치를 측정한다. 항만 터미널 내를 이동하는 이동체의 위치를 측정하기 위해 위치 측정 엔진에서는 크게 3개의 모듈을 이용하여 계산한다. 위치 계산을 위해 선행 필터(pre-filter) 모듈, 측정(estimator) 모듈, 후행 필터(post-filter) 모듈을 차례로 수행하게 된다. 그림 6은 위치 엔진의 블록 다이어그램을 나타낸다.

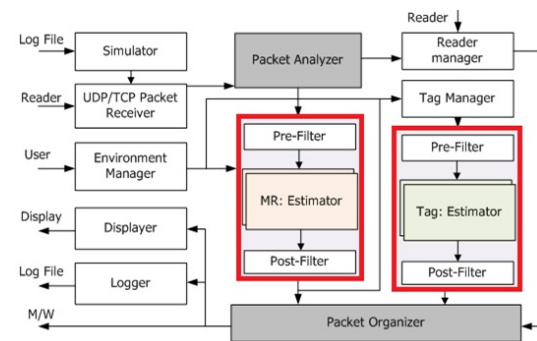


그림 6. 위치 측정 엔진의 블록 다이어그램
Fig. 6 Block diagram of the locating engine

선행 필터에서는 오류 값을 버리거나 하드웨어에서 발생하는 오차를 보정한다. 추가적으로 오래된 기존 위치 정보를 제거하고 각 하드웨어의 센서 정보를 정리하여 측정 및 후행 필터 수행 시 활용할 수 있도록 한다.

측정 모듈에서는 선 보정된 거리 정보와 리더의 위치 동선 정보를 이용하여 태그 및 이동형 리더의 후보 위치를 찾는다. 거리 측정 결과의 수에 따라 후보위치의 생성 방법이 달라지며 거리 측정 결과가 많을 경우 삼변측량을 기반으로 하는 후보 위치와 TC나 블링크게이트로 측정된 이동 경로와 거리 값의 교점을 후보 위치로 생성한다. 거리 측정 결과가 적을 경우 이동경로와의 교점을 모두

후보 위치로 생성한다.

후행 필터에서는 측정 모듈에서 발생시킨 많은 후보 위치들 중 하나를 선정하는 역할을 수행한다. 항만의 환경에 따라 각 이동경로의 진행방향 정보, 차량의 속도 정보 및 TC의 경우에 방향 정보를 이용하여 후보위치의 순위를 결정한다. 이전 위치와 후보 위치의 비교를 수행할 때 두 지점간의 거리는 직선거리가 아니라 이동 가능한 경로로 예측되는 최소의 거리로 측정한다. 그림 7에서 이전 위치와 후보 위치의 사이의 예상 이동 거리는 블록을 뛰어넘는 거리 d_1 , d_2 가 아닌 D_1 , D_2 를 사용하여 후보 위치의 점수에 반영한다. 측정 대상이 태그일 경우 TC나 블록 게이트의 리더와 거리 측정할 값이 있을 경우 해당 이동 경로에 많은 가중치를 준다. 모든 측정 과정이 완료 되면 최종적으로 가장 높은 가중치를 갖는 후보 위치를 최종 위치로 선정한다.

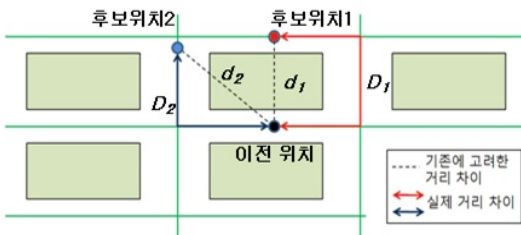


그림 7. 후보위치와 이전위치의 거리 차이 계산 방법
Fig. 7 The method of a distance measuring between pre-location and candidate-location

IV. 성능 평가

본 논문에서 제안한 항만 터미널 내 차량의 효율적 풀링을 위한 실시간 위치 측정 시스템을 설계하고 구현하여 현대 부산 신항만 터미널에 설치하여 성능평가를 수행하였다.

항만 터미널 내 차량의 위치를 측정하기 위해 리더 66개와 태그 85개를 설치하였다. 태그는 YT의 운전석 내부에 설치하고 차량의 외부에 무지향성 안테나를 설치하였다. 이동형 리더는 TC와 QC에 설치하였으며 지향성 안테나를 차량이 지나가는 통로를 잘 볼 수 있도록 설치하였다.

고정형 리더는 조명탑과 블록 게이트에 설치하였다. 조명탑에는 TC의 측정을 용이하게 하기 위해 무지향성 안테나를 사용하고, 블록 게이트의 경우 YT의 측정을 위해 지향성 안테나를 설치하였다. 그림 8은 부산신항만 터미널에 설치한 트랜스퍼 크레인과 야드 트랙터를 보이고 있다.



그림 8. 항만 터미널의 트랜스퍼 크레인과 야드 트랙터
Fig. 8 Transfer crane and yard tractor for the terminals

위치 측정 성능평가를 위해 항만 터미널 내를 그림 9와 같이 차량으로 이동하며 30개 지점에서 위치 측정 결과를 실제 위치와 비교하여 실험하였다. RTLS 태그를 부착한 테스트 차량이 YT가 빈번히 돌아다니는 지역을 이동하며 측정 위치에서 정차 후 다시 이동하는 형태로 진행하였다.

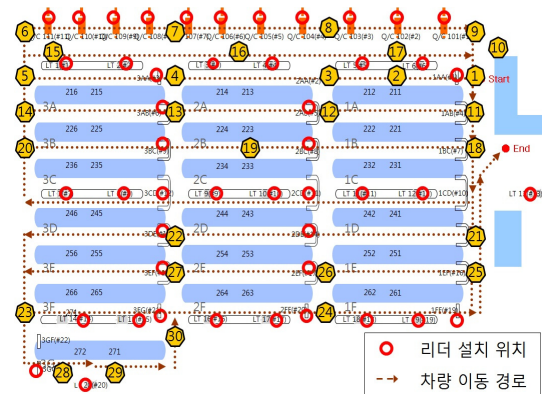


그림 9. 실험을 위한 차량 이동 경로와 위치 측정 평가를 위한 30개의 위치 측정 지점
Fig. 9 Vehicle trajectory and 30 measuring points for the performance testing

실험 결과로 해당 정차 지점에서의 측정 좌표와 실제 위치좌표를 비교하였으며, 전체 이동 경로와 RTLS 위치 확인 프로그램을 통해 측정 이동 경로를 비교하였다. 표 1은 각 위치에서 실제 위치와 측정 위치의 차이를 보여 준다. 평균 위치 측정 오차는 CEP 기준으로 5.87 미터, 최대 오차는 9.76 미터이며 표준편차는 2.76 미터로 나타난다. 이 결과는 기존 시스템[10]이 나타내던 CEP 기준 평균 10미터 수준의 오차범위에 비해 성능이 비약적으로 향상되었음을 확인할 수 있다.

표 1. 항만 터미널 내 위치 측정 결과
Table. 1 Results of location measuring in the terminal

위치	오차(m)	위치	오차(m)	위치	오차(m)
1	4.52	11	8.71	21	9.75
2	3.15	12	2.25	22	7.27
3	1.70	13	8.58	23	1.99
4	6.80	14	8.88	24	2.04
5	7.84	15	4.48	25	4.16
6	8.21	16	7.47	26	9.01
7	2.83	17	9.52	27	2.99
8	8.11	18	9.76	28	8.85
9	7.93	19	4.97	29	6.29
10	7.65	20	9.53	30	9.44

그림 10은 테스트 차량의 측정된 이동 경로를 나타낸다. 몇몇 위치에서 데이터가 누락되었으나 전체적으로 이동 경로를 잘 따라간 것을 확인할 수 있다.

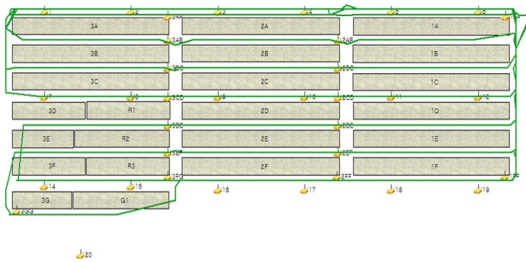


그림 10. 테스트 차량이 움직인 이동 경로의 측정 결과
Fig. 10 The measuring result of vehicle trajectory

V. 결 론

본 논문에서는 항만 터미널 내 차량의 효율적 풀링을 위한 실시간 위치 측정 시스템을 제안하고 구현을 통한 시스템 성능 평가를 수행하였다. 항만 터미널의 효율적인 운용을 위해서 컨테이너를 운반하는 차량의 위치 정보는 매우 중요하다. 그러나 항만 터미널 환경은 일반적인 위치 측정 시스템을 적용하기 어려운 특성을 가지고 있다.

높은 컨테이너 더미는 NLOS로 인한 무선 통신 신호의 단절과 반사의 문제를 발생시킨다. 이러한 환경적 문제를 극복하기 위해 이동형 리더를 이용한 다단계 위치 측정 기법이 등장하였다.

본 논문에서는 기존의 연구에서 고려하지 못했던 항만 터미널 환경에서 발생할 수 있는 추가적인 문제점들을 분석하고 해결하여 더 높은 위치 측정 결과를 얻을 수 있었다. 위치 측정 성능 평가를 위해 부산 신항만 터미널에 RTLS 리더와 태그를 설치하여 테스트하였다. 차량을 운행하며 해당 위치에서의 실제 위치와 측정 위치를 비교하여 오차를 파악하였으며 그 결과 전체 30개 위치에서 CEP 기준으로 평균 5.87 미터의 오차를 갖는 성능을 보였다. 또한 이동 경로를 파악했을 때 전파가 잘 닿지 않는 음영지역에서 신호의 단절이 보였으나 큰 오차 없이 위치 측정이 가능함을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] 김광열, 박인환, 임이랑, 홍애란, 김진영, 신요안, “위치 기반 서비스의 최근 동향,” 정보와 통신 : 한국통신학회지. 28권 7호, 2011.
- [2] Fontana, R.J., Gunderson, S.J., “Ultra-wideband precision asset location system,” IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies, 2002.
- [3] Bandara, U., Hasegawa, M., Inoue, M., Morikawa, H., Aoyama, T., “Design and implementation of a Bluetooth signal strength based location sensing system,” IEEE Conference on Radio and Wireless, 2004.

- [4] S. Han, H. Lim, and J. Lee, "An efficient localization scheme for a differential-driving mobile robot based on RFID system," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 54, no 6, pp. 3362-3369, Dec. 2007.
- [5] IEEE Standard 802.15.4a, IEEE Computer Society, August 31, 2007.
- [6] H. Cho, H. Choi, W. Lee, Y. Jung, Y. Baek, "Design and Implementation of a Smart Tag System for IT-Based Port Logistics," LNCS, pp. 32-43, track1, vol 4159, 2006.
- [7] Y. Chan, Y. Hang, P. Ching, "Exact and Approximate maximum Likelihood Localization Algorithms," IEEE Transactions on Vehicular Technology, pp. 10-16, issue 1, vol 55, Jan, 2006.
- [8] S. Son, J. Kim, H. Choi, Y. Jung, and Y. Baek, "Design and implementation of a real-time locating system over IEEE 802.15.4a radio for port logistics", The International Conference on Information Technology, pp. 1183-1188, April 2010
- [9] H. Choi, Y. Jung, Y. Baek, "Two-Step Locating System for Harsh Marine Port Environments", IEEE International Conference on RFID 2011, pp. 170-176, April 2011
- [10] Y. Jung, Y. Baek, "Multi-layer Real Time Locating System for a Port Logistics Environment", IEEE International Conference on RFID 2011, pp. 106-107, April 2011



조현태(Hyuntae Cho)

2003년 한국해양대학교
컴퓨터공학과 공학학사
2005년 부산대학교 컴퓨터공학과
공학석사

2011년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
2011년 ~ 2012년 부산대학교 차세대물류 IT기술연구
사업단 연구교수
2012년 ~ 현재 KAIST 스마트IT융합시스템연구단
연구교수
※관심분야: 무선 비디오 센서 네트워크, 대규모
능동형 RFID, 임베디드 시스템



백윤주(Yunju Beak)

1992년 한국과학기술원 전산학과
공학학사
1997년 한국과학기술원 전산학과
공학석사

1999년 한국과학기술원 전산학과 공학박사
1999년~2002년 NHN 기술연구소 소장
2003년~현 재 부산대학교 컴퓨터공학과 정교수
※관심분야: RFID, 센서 네트워크, 임베디드시스템,
시각동기, RTLS

저자소개



손상현(Sanghyun Son)

2007년 부산대학교 컴퓨터공학과
공학학사
2009년 부산대학교 컴퓨터공학과
공학석사

2009년~현 재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정
※관심분야: RFID, 센서 네트워크, 임베디드시스템,
indoor/outdoor RTLS