

# 건설작업 자동화를 위한 실시간위치추적시스템 분석

## A Technical Analysis of Real Time Location System for Automation in Construction

김 균 태\*

Kim, Kyoontai

### Abstract

Due to its high dependency of manpower, construction work has several difficulties in terms of quality control, imbalance of supply and demand of qualified manpower, safety management for them and improvement of production. Such problems related to the management can be at some degree solved by introducing an automation facility. Since the unique environment of a construction site in the past was not structured, it is very hard to introduce a facility to automate construction work from operation of the equipment to assignment of where to work.

This is a preliminary research for automation of construction work. In this study, the trend of development of a cutting-edge technology, RTLS, was researched and analyzed in order to review the possibility of utilizing RTLS in construction work and present a control mechanism for construction equipment. Although the presented mechanism is at the concept stage, which still has lots of restrictions to be solved, the application of the RTLS will be very much feasible. That is, if linkage of the study between the RTLS and the automation of construction is built, it will be expected to contribute to many fields such as cost reduction through efficient and systemic management, the reduction of construction period and precise construction as well as raising the level of the automation of domestic construction work.

키 워 드 : 건설작업, 실시간추적시스템(RTLS), 유비쿼터스 센서 네트워크(USN), 건설현장관리, 건설자동화  
Keywords : construction work, Real Time Location System(RTLS), Ubiquitous Sensor Network(USN)

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근에 우리나라의 IT(Information Technology) 수준이 고도화 되고 인프라가 확충됨에 따라, 다양한 신규 IT 서비스들이 도출되고 있다. 일 예로, GPS(Global Positioning System)을 활용한 자동차 네비게이션 시스템의 경우, 운전자가 더 이상 지도를 확인해 가며 운전하지 않아도 될 정도의 서비스를 제공하고 있다. 최근에는 GPS와 유사한 기술로 실시간 위치추적 기술(RTLS; Real Time Locating System)이 도입·적용이 시도되고 있다. RTLS란, 실내 위치추적 서비스(IPS; Indoor Positioning Service)라고 하는 것으로, 근거리 및 실내와 같은 제한된 공간에서 위치확인 및 위치추적이 가능한 서비스를 말한다.

자재나 장비, 인력에 대한 위치정보를 실시간으로 획득하게 되면 효율적인 정보수집과 관리가 가능하므로, 건설분야에서도 수 년 전부터 다양한 분야에 도입하고자 노력하였다. 일 예로, 바코드나 RFID(Radio Frequency Identification)를 활용한 자재관리에서,

자재의 재고관리 뿐 만 아니라 위치정보까지 관리함으로써 관리의 효율성을 제고하고자 노력하고 있다. 이러한 바코드나 RFID 기술은 정보를 효율적으로 획득하고, 효과적으로 관리할 수 있다는 장점이 있으나, 데이터 저장 용량의 한계, 낮은 인식률, 거인식리, 비용, 전파간섭 등으로 인해 건설분야에 적용의 한계가 있으며, 건설현장의 관리용 도구로는 다소 미흡한 실정이다.

최근에 국내에서는 세계 최고 수준의 IT인프라를 바탕으로, USN(Ubiquitous Sensor Network), U-City(Ubiquitous City) 등 유비쿼터스 기술을 건설분야에 접목하려는 시도가 다양하게 이루어지고 있다. 따라서 건축공사현장 안전관리 분야에 USN, 센싱 기술, 실내GPS, RTLS 등 첨단 IT의 접목 가능성을 검토하여, 건설작업에 적합한 기술을 검토해야 할 시점이라 판단된다.(김균태 2009) 특히 건설작업은 인력 의존도가 높아 품질관리가 어렵고, 기능인력의 수급도 용이하지 않으며, 기능인력의 안전관리도 곤란하고, 생산성 향상도 어려운 실정이다. 그리고 이러한 한계점들을 극복하기 위하여 건설작업에 자동화 장비를 도입하고자 하는 시도가 다양하게 이루어지고 있으므로, 이러한 건설작업의 자동화와 RTLS의 연계 가능성을 검토할 필요가 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구의 목적은 건설작업의 자동화를 위한 기초연구로

\* 한국건설기술연구원 선임연구원, 공학박사, 종신회원, 교신저자 (ktkim@kict.re.kr)

써, 건설작업의 자동화 분야에 RTLS 기술의 필요성을 확인하고, 건설작업에 RTLS 기술의 접목 가능성을 분석하는 것이다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 RTLS 기술의 현황을 파악하여 건설 자동화 분야에의 활용 가능성을 도출하는 것으로 한정한다. 이를 위하여 본 연구에서는 우선 기존 실시간 위치추적 기술의 동향을 파악하고, 건설분야에서의 위치인식기술 응용사례를 고찰한다. 다음으로, RTLS의 위치계산기술을 조사·분석한다. 마지막으로 RTLS기반의 실시간 제어 메커니즘을 제시함으로써, 건설작업 자동화 분야에 RTLS 기술의 적용방안을 제시한다.

## 2. 기존연구의 고찰

### 2.1 실시간 위치추적 기술 동향

RTLS란, ISO 등 국제기구에서 표준화된 용어로, 건물이나 넓지 않은 특정 지역 내에서 전파의 속도, 강도 등을 계산함으로써 이동체의 위치를 2차원 또는 3차원의 좌표 값으로 추적하는 시스템을 말한다. Real Time Location System이란 용어 자체로만 보면, 이전부터 자동차 네비게이션 등 개방된 넓은 공간에서 사용된 위성위치추적시스템(GPS)과 동일한 시스템으로 생각될 수 있다. 그러나 RTLS는 제한된 공간에서 이동체의 위치를 추적한다는 점에서 GPS와 가장 큰 차이가 있다.(김균태 2009)

현재 이 기술은 사용되는 주파수, 장비, 설치방법에 따라 위치계산의 정밀도를 수 센티미터에서 수십 미터까지 구현해 낼 수 있다. 그러나 실내 등 제한된 공간에서는 구조물, 수분, 철 성분, 기타 환경에 의해 전파의 전달이 방해받거나 반사파에 의한 전파간섭이 생기는 경우가 있기 때문에 환경에 따라 이동체의 정확한 위치계산이 용이하지 않거나 불가능할 수 있다는 기술적 한계가 있다. 최근에 RTLS에 대한 관심이 높아지면서 다양한 주파수대역의 전자기파를 활용하여 경제적이고도 정밀도가 높은 위치추적 기술이 개발되고 있다. 현재 연구·활용되고 있는 RTLS의 무선네트워크 기술에는 UWB, WI-FI, Zigbee, BlueTooth 등이 있다. 이 기술의 핵심은 이동체의 위치를 계산하는 방법이라 할 수 있는데, AoA(Angle of Arrival), ToA(Time of Arrival) 등의 계산방식들이 개별적으로 혹은 조합되어 사용되고 있다.(보안뉴스, 2007.12)

### 2.2 건설 분야에서의 위치인식기술 응용사례

현재 위치인식기술은 전 세계적으로 많은 분야에서 활용되고 있으며, 그 응용분야는 점점 더 넓어지고 있다. 가장 대표적인 응용 사례는 GPS로, 항공기나 선박, 자동차의 자동항법 및 교통관제, 유조선의 충돌방지, GIS 등의 광범위한 분야에 응용되고 있다. 또

한 GPS는 지구상의 전 지역에 대해서 연속적인 3차원 측위가 가능하고, 기술적으로는 정밀도를 높이는 것도 가능하여 건설 분야에서도 대형 토목공사의 정밀 측량 등 다방면에서 활용이 시도되고 있다. 또한 이러한 GPS 기술이 RFID/USN(Ubiquitous Sensor Network)과 연계되어, 건설현장의 자재 및 물류관리, 인원관리, 안전관리 등에서 적용가능성을 검토하고 있다. 특히 자재 및 물류관리의 경우, 레미콘관리, 철골관리, 커튼월관리 등 대형자재 뿐만 아니라, 마감재 관리까지 시도된 바 있다. 인력관리의 경우에도, 출역인력 관리, 작업인원의 작업위치관리 등과 관련한 연구가 진행되고 있으며, 안전관리와 연계된 연구도 시작되고 있다.

그러나 아직까지 RTLS 기술은 건설분야에 도입의 가능성을 검토하는 수준이라고 할 수 있다. 왜냐하면 RTLS는 아직 기술적으로 완전히 성숙되지 않았으므로 성능과 비용면에서는 아직 미흡한 면이 있다는 근본적인 한계점이 있고, 자재별로 전파의 투과 성능에 차이가 나타나 위치인식에 오차가 발생(이중국 2009)하는 등 활용상의 어려움이 해결되지 않고 있기 때문이다. 이러한 한계점들은 RTLS의 건설 현장 적용을 위해서 반드시 극복되어야 할 과제인 것으로 판단된다.

## 3. 위치추적기술 분석

### 3.1 RTLS의 위치계산 기술

3개 이상의 기준점을 두고 이 기준점에서 송출되는(또는 수신하는) 무선 파동이 이동체(또는 기준점)에 도달하는 시간, 신호의 강도, 도달각도, 파형 등을 이용하면 이동체의 2차원 평면위치나 3차원 공간위치를 수학적으로 계산할 수 있다. 이와 같은 광역 또는 지역에서의 이동체 위치추적에 일반적으로 활용되고 있는 무선 전파에 의한 위치계산 기법을 정리하면 <표 1>과 같다.

표 1. RTLS 기술의 종류

(출처 : 보안뉴스 2007.12.27, 재구성)

기술	측위방법	측위 개념
AoA	<ul style="list-style-type: none"> <li>RF신호전송태그와 수신 리더간 방향각을 이용하여 이동체 위치를 계산하는 방식</li> </ul>	
ToA	<ul style="list-style-type: none"> <li>태그가 전송하는 RF신호가 3대 이상의 수신리더에 도달하는 시간을 측정하여 태그와 리더간 거리를 구하고, 구해진 거리를 반경으로 하는 원(또는 구)의 접점을 찾아서 이동체 위치를 계산하는 방식</li> </ul>	
TDoA	<ul style="list-style-type: none"> <li>태그가 전송하는 RF신호가 수신리더에 도달하는 시간을 측정하는 것은 TOA와 비슷하지만, 리더간 수신 시각 차이를 거리로 환산하여 쌍곡선을 만든 후, 쌍곡선의 접점을 이용하여 이동체 위치를 계산하는 방식</li> </ul>	
RSSI	<ul style="list-style-type: none"> <li>여러 대의 802.11 WLAN AP(Access Point)를 사용하는 RTLS시스템에서 흔히 사용하는 방법</li> <li>3대 이상의 AP에서 받은 신호의 강도를 이용하여 이동체 위치를 계산하는 방식</li> </ul>	
ToF	<ul style="list-style-type: none"> <li>RF신호가 전송되는 매질의 전송속도를 기준으로 태그와 리더 사이에 전송된 신호의 경과시간을 이용하여 이동체 위치를 계산하는 방식</li> <li>태그와 리더 사이의 클럭 동기화가 필수적임</li> </ul>	

3.2. 위치계산 기술의 비교

RTLS를 이용하여 작업자의 위치 좌표를 도출하거나, 도출된 정보를 전송하기 위해서 무선 네트워킹 기술이 적용되어야 한다. 무선 네트워킹의 다양한 방법과 기술들이 정리하면 <표 2>와 같다. 또한 RTLS의 무선네트워킹 기술에는 UWB, WI-FI, Zigbee,

BlueTooth, Active 태그, 초음파, NFER, Super RFID 등이 있다. NFER 기술을 제안한 Q-Track에서 인식범위, 위치과악 정밀도, 구축비용이라는 3가지 기준을 바탕으로 RTLS기술을 평가한 결과는 <그림 1>와 같다.

표 3 무선 네트워킹의 기술특성

(출처 : 이남수 외 2006)

	무선 LAN	Bluetooth	ZigBee	UWB
주파수대역	2.4/5GHz	2.4GHz	868/915MHz 2.4GHz	3.1~10.6GHz
최대전송속도	11~54Mbps	1Mbps	250Kbps	480Mbps
최대전송거리	100m	10m	10~75m	20m
소리 전력	800~1,600 mW	50/80mW	1/75mW	~200mw
망 구성	P2P, Star	P2P, Star, Ad-hoc	P2P, Star, Mesh	P2P, Mesh
관리표준화 기관/단체	IEEE 802.11 WiFi Alliance	IEEE 802.15.1 Bluetooth SIG	IEEE 802.15.4 Zigbee Alliance	IEEE 802.15.3a WiMedia Alliance

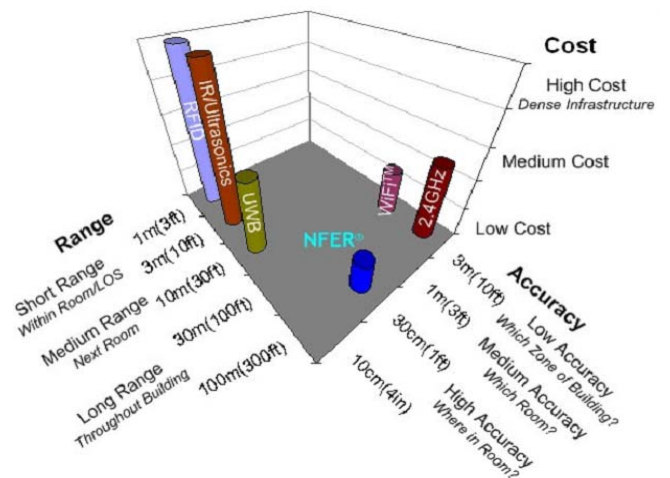


그림 1. Q-Track의 RTLS 기술 비교

(출처: <http://www.q-track.com/index.php/location-innovation/nfer>)

4. RTLS 기술 적용방안

<그림 2>는 건설작업 자동화 시스템과 RTLS기술이 연계된 데이터 처리 및 제어 과정을 나타낸 것이다. 우선 RTLS 위성과 위성 수신부에 의해 자동화시스템의 위치좌표가 제어부로 전달된다. 제어부 내의 RTLS엔진에서는 이 좌표를 Location Control Server로 보내게 되며, 이 서버는 Location Application Server 및 DB

