

뿔칠내화피복 작업 자동화시스템을 위한 RTLS 기술 적용에 관한 연구

A Study on the Application of RTLS Technology for the Automation of Spray-Applied Fire Resistive Covering Work

김 균 태*

Kim, Kyoonyoung-Tai

Abstract

In a steel structure, spray-applied fire resistive materials are crucial in preventing structural strength from being weakened in the event of a fire. The quality control of such materials, however, is difficult for manual workers, who can frequently be in short supply. These skilled workers are also very likely to be exposed to environmental hazards. Problems with construction work such as this, which are specifically the difficulty of achieving quality control and the dangerous nature of the work itself, can be solved to some degree by the introduction of automated equipment. It is, however, very difficult to automate the work process, from operation to the selection of a location for the equipment, as the environment of a construction site has not yet been structured to accommodate automation.

This is a fundamental study on the possibility of the automation of spray-applied fire resistive coating work. In this study, the linkability of the cutting-edge RTLS to an automation system is reviewed, and a scenario for the automation of spray-applied fire resistive coating work and system composition is presented. The system suggested in this study is still in a conceptual stage, and as such, there are many restrictions still to be resolved. Despite this fact, automation is expected to have good effectiveness in terms of preventing fire from spreading by maintaining a certain level of strength at a high temperature when a fire occurs, as it maintains the thickness of the fire-resistive coating at a specified level, and secures the integrity of the coating with the steel structure, thereby enhancing the fire-resistive performance. It is also expected that if future research is conducted in this area in relation to a cutting-edge monitoring TRS, such as the ubiquitous sensor network (USN) and/or building information model (BIM), it will contribute to raising the level of construction automation in Korea, reducing costs through the systematic and efficient management of construction resources, shortening construction periods, and implementing more precise construction.

Key words : spray-applied fire resistive covering work, Real Time Location System(RTLS), Ubiquitous Sensor Network(USN), Construction Site Management, Construction Automation

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

근래에 사회가 밀집화고밀화 됨에 따라, 도시의 건축물이 고층화복합화되어 가고 있다. 우리나라에서도 서울 상암동에 133층 규모의 국제비즈니스센터를 계획하는 등 다양한 초고층 건축물들이 계획되고 있으며, 다수의 고층건축물이 시공되어지고 있다. 그리고 많은 고층대형 건축물들이 내화피복이 필요한 철골조 또는 철골철근 콘크리트조로 건축되고 있다.

화재시 고열에 취약한 철골구조 건축물에서 내화성능을 확보하는 것은 매우 중요하다. 철골구조물의 내화피복 공법 중 가장 일반적인 것은 뿔칠공법인데, 기존의 뿔칠작업은 수작업으로 진행되므로 균일한 품질을 확보하기 어려운 실정이다. 관련규정에 따르면, 3시간 내화기준으로 40mm 이상의 내화피복 두께를 확보하여야 하며, 이때 두께 10mm 감소시 내화성능이 33% 감소된다고 한다. 그런데 미숙련공이 작업하여 내화피복재가 편중될 경우, 취약지점이 발생할 수 있다. 뿔칠작업시 일정한 피복두께를 확보하기 위해서는 숙련된 기술자가 필요하나, 숙련공이 매우 부족한 상황이다. 따라서 인력 의존도가 높은 뿔칠시공에 대한 인력대체 및 품질확보 방안이 시급히 마련되어야 할 시점이다.

* 한국건설기술연구원 선임연구원, 공학박사, 중신회원, (ktkim@kict.re.kr)

또한 미숙련공에 의한 작업으로 인하여 과다 사용되어지는 내화피복재의 낭비에 대한 대처방안도 필요하다. 전문가들은 미숙련공에 의한 자재 낭비가 최소 10%에서 최대 30%에 이를 것으로 추정하고 있다. 왜냐하면 미숙련공이 피복재를 편중되게 시공할 경우 가장 얇은 부위까지도 기준 이상으로 시공하여야 하므로, 초과 시공된 부위가 발생하기 때문이다. 또한 분진 등 인체에 유해한 작업환경으로부터 작업자를 보호할 수 있는 방안도 시급히 마련될 필요가 있다.

전술한 문제점들에 대한 해결방안으로, 뿔칠내화피복 작업에 건설로봇을 도입하여 작업을 자동화하려는 노력들이 있다. 그러나 기존 기술들은 비 구조화된 건설현장의 특성상 자동제어에 많은 제약이 있고, 장비의 위치설정, 장비 조작 등을 위하여 작업원이 작업장 주변에 상주해야 하는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 최신 IT(Information Technology) 등을 활용하여 장비의 위치설정 등을 지원할 수 있는 기술이 도입될 필요가 있다.

따라서 본 연구의 목적은 뿔칠내화피복 작업의 자동화를 위한 기초연구로서, 뿔칠내화피복 작업의 자동화를 위한 장비의 필요성을 확인하고, 뿔칠내화피복 자동화 작업에 첨단 IT기술의 접목 가능성을 검토하는 것이다. 즉 뿔칠내화피복 작업의 현황과 문제점을 분석하여 자동화 장비의 필요성을 도출하고, 자동화 장비의 효율적인 작업을 위하여 RTLS(Real Time Location System) 등의 기술을 접목시키는 방안을 제시하고자 하는 것이다. 그리고 도출된 필요성과 RTLS 접목방안을 토대로 하여 뿔칠내화피복 작업 자동화 시스템의 요소기술을 도출하도록 한다.

1.2 연구의 범위 및 내용

본 연구의 범위는 국내외 뿔칠내화피복 작업의 현황을 파악하여 뿔칠내화피복 자동화 장비 개발의 필요성을 검토하고, 개발장비의 개념을 도출하는 것이다. 그리고 개발장비의 효율적 활용을 위하여 RTLS기반 위치인식, RFID(Radio-Frequency Identification) 기반 형상정보인식 등의 IT의 적용 가능성을 분석하는 것까지 포함한다.

본 연구에서는 우선 기존 뿔칠내화피복 작업 현장에서의 작업 실태, 기술개발 현황, 문제점 등을 파악한다. 그리고 파악된 문제점들에 대한 해결 방안으로써, RTLS기반의 뿔칠내화피복 자동화 시스템을 제안한다. 또 제안된 시스템을 개발하기 위해서 시스템이 갖추어야 할 요소기술을 분석하고, 요소기술간의 연계성을 도출한다. 마지막으로 제안된 시스템의 실현 가능성을 평가한다.

2. 관련기술 동향

2.1 국내 초고층건축물 건설 계획

최근 100층 이상 초고층 빌딩의 개발 계획이 서울에서만 5개 이상 추진 중이고, 수도권지역에 60층 이상 빌딩도 다수 건설되고 있다(〈그림 1〉 참조). 이와 같은 고층초고층 빌딩들의 상당수는 철골조 또는 철골철근콘크리트조로 건설될 예정이다. 그런데 철골조는 특히 화재에 취약하여 내화피복의 품질을 확보하는 것이 매우 중요하다.

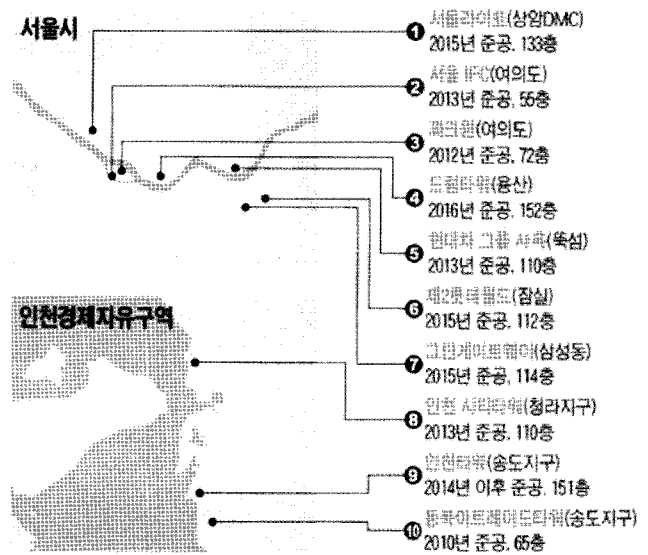


그림 1. 수도권 지역의 초고층 빌딩 개발 계획(출처 : 조선일보, 2015년 서울...63빌딩은 차라리 이담했다, 2009.4.2)

2.2 국내 내화피복 뿔칠 시공 현황

〈그림 2〉는 종래의 뿔칠내화피복재 시공의 과정을 개략적으로 도시한 순서도이다. 우선 뿔칠 작업을 수행하기 위한 혼합기, 분사기 등의 개별 장비를 작업 공간으로 운반하고, 상기 개별 장비를 조합하여 뿔칠 시공을 위한 기계를 설치한다. 이어서, 뿔칠하고자 하는 바탕면, 즉 철골 표면을 점검하고, 원료를 혼합하여 내화피복재를 준비한다. 계속하여, 준비된 내화피복재를 작업할 대상 철골의 표면에 분사하며 뿔칠내화피복 작업을 수행하고, 마지막으로 철골 표면에 피복된 내화피복재의 두께 등을 검사함으로써 시공이 완료된다.

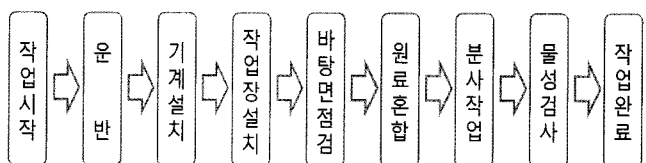


그림 2. 내화뿔칠 시공순서

이러한 뿔칠작업을 위해서는 뿔칠에 사용되는 특수한 기계장치의 취급기술을 보유하고 있으면서 일정한 피복 두께 등 품질이 우수한 시공을 신속히 수행할 수 있는 숙련된 기술자가 필요하다. 그러나 뿔칠을 하는 숙련된 기능인력의 수급이 용이하지 않아, 미

숙련공에 의해 작업이 진행되는 경우가 있다. 이러한 경우, 균일한 품질 확보에 어려움이 발생하고 있다. 또한 뿔칠시공시, 기능인력의 숙련도에 따라 내화피복재가 최소 10% ~ 최대 30%까지 초과 소요되는 사례가 다수 발생하고 있다. 국내 뿔칠공종이 연간 약 1,500억원 규모의 시장입을 감안할 때, 연간 최대 400억원 규모의 자재와 인력이 낭비되는 것이다. 또 뿔칠공법은 분진, 소음, 뿔칠시 발생하는 자재의 튀는 현상 등 작업환경이 매우 열악하고 내화피복의 재료에 따라 인체에 유해한 성분이 함유되어 있는 경우도 있어서, 인력에 의한 현장작업량을 경감시킬 수 있으면서도 균일한 품질을 확보할 수 있는 기술 개발이 요구된다.(〈그림 3〉 참조)



그림 3. 내화뿔칠 시공 작업 전경

2.3 기존 기술의 문제점

일반적으로 철골 구조에서 내화피복의 기능은 화재에 따른 가열에 의해 발생하는 구조부재 중 강재 부분의 온도상승을 일정 시간동안 지연시킴으로써, 철골구조물의 내력저하를 제한하는 것이다. 세계무역센터 화재, 대구지하철 화재 등의 화재사고에서 알 수 있듯이, 구조물에 화재가 발생하면 온도는 1,000℃이상 오르게 된다. 그런데 철골구조물에서 사용되는 저탄소강은 온도가 530℃를 초과하게 되면 내력이 50%이하로 저하되어 지지할 수 있는 무게의 한계가 급격히 낮아지게 된다. 따라서 구조물의 붕괴로 이어질 가능성이 매우 크다. 이러한 대형 구조물의 화재는 수많은 인명을 앗아갈 뿐만 아니라 막대한 경제적 손실도 발생시키므로, 화재시 구조물의 온도상승을 막아 붕괴를 방지하고 진화시간을 확보하기 위해 철골구조물에 내화피복재를 시공하는 것이 필수적이다.

종래의 내화피복 공법으로는 타설공법, 조적공법, 미장공법, 뿔칠공법 등이 있다. 이러한 내화피복 공법 중 가장 일반적이고 많이 사용되는 공법은 뿔칠공법이다. 뿔칠공법은 철골 표면에 내화피복재를 분사하여 시공하는 것으로, 내화피복된 철골의 내화 성능은 내화피복재의 종류 및 두께 등에 의해 결정된다. 따라서 뿔칠공법의 시공단계에서 피복두께를 규정에 적합하도록 일정하게 시공하고, 내화피복재가 철골구조물과 일체화되도록 시공하는 것은 매우 중요하다. 그러나 국내외에서 진행되는 대부분의 뿔칠 작업은 기능공에 의한 수작업으로 이루어지고 있어, 내화피복의

품질관리에 어려움이 발생되고 있다. 그리고 이러한 내화피복의 부적정 시공은 화재 발생시 대형사고로 이어질 우려가 있다.

또한 전문가 면담조사에 따르면, 미숙련공에 의한 과다시공으로 발생하는 자재 낭비가 최소 10%에서 최대 30%에 이를 것으로 추정되어, 자재 낭비 예방대책도 절실한 실정이다. 따라서 고층철골구조물에서의 뿔칠내화피복 작업에 첨단기술을 접목시킴으로써 내화피복의 부적정 시공을 방지하고, 뿔칠내화피복재의 시공품질을 확보할 필요성이 대두되고 있다.

2.3 해외 내화피복 뿔칠 기술 동향

해외의 경우도 대부분 국내와 비슷한 상황으로, 비슷한 장비와 비슷한 수작업 방식으로 내화피복재를 시공하고 있다. 다만, 1990년대에 일본에서는 청수건설의 SSR-3과 WET BOY, (주) 후지타에서 개발한 내화피복 뿔칠장비 등과 같이 재래식 작업을 원격조정장비에 의한 공법으로 개선하고자 하는 시도가 있었다. (〈그림 4〉의 (a), (b) 및 (c) 참조) 이들 장비들은 인력에 의한 재래식 공법을 원격조정장비에 의한 공법으로 개선했다는 데에 의의가 있으나, 여전히 인력에 의해 원격조작 되고, 기동작업은 고려되지 않는 등 한계가 많은 실정이다. 또한 반습식 내화피복재를 사용하는 일본의 실정에 맞추어, 이 재료에 적합한 장비가 개발된 것이다. 그러나 국내에서는 반습식 내화피복재의 인증이 법적으로 불가능하므로 일본에서 개발된 장비를 직접 국내에 도입하기는 어려운 실정이다.

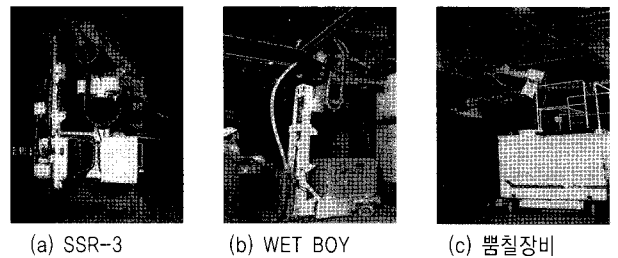


그림 4. 내화뿔칠 시공 작업

3. 위치추적기술을 적용한 장비의 위치관리

3.1 실시간 위치추적 기술 동향

RTLS란, ISO 등 국제기구에서 표준화된 용어로, 건물내부, 항만, 주차장, 공원, 공장, 연구소 등 제한된 공간에서 무선통신을 사용하여 실시간으로 위치를 추적하는 시스템을 말한다. ‘Real Time Location System’ 이란 용어 자체로만 보면, 이전부터 비행기, 선박, 차량 또는 군부대의 위치추적에 사용해 온 위성위치추적시스템(GPS)과 동일한 시스템으로 생각될 수 있다. 그러나 RTLS는 제한된 공간에서 이동체의 위치를 추적한다는 점에서

GPS와 차이가 있으며, 2000년 이후 유비쿼터스 컴퓨팅과 더불어 등장하여 각광받기 시작한 새로운 기술이다. 실내와 같은 제한된 공간 내에서의 위치추적은, 넓고 개방된 공간에서의 위치추적에 비해서 상대적으로 단순하다고 생각될 수 있다. 그러나 건물 벽체와 같은 전파전달 방해물, 반사파에 의한 전파간섭, 수십 센치미터(cm)까지 요구되는 위치계산의 정밀도, 이동위치의 정확도, 위치추적 대상의 다양성 등 환경적·기술적·비용적 측면에서 어려움이 많은 분야이다. 따라서 최근에 IT가 발전함에 따라 비로소 현실화될 수 있는 상황에 이르렀다.(보안뉴스, 2007.11)

일반적으로 이동체의 위치를 추적하는 기술은 크게 3가지 방식으로 나눌 수 있다.(보안뉴스, 2007.12)

첫째, 이동체의 출입상황 확인

이동체에 RFID 태그 등을 부착하고, RFID리더의 인식영역을 통과할 때 RFID 리더의 설치 위치에 의해 이동체의 위치를 결정하는 기술이다. 이 기술은 게이트와 같은 특정위치의 출입상황을 확인하는 것으로, 가장 단순하고 저렴한 기술이다.

둘째, Activation 시스템을 이용한 위치추적

건물의 출입구나 개방공간의 통행로에 Active 태그를 활성화시키는 Activator 장비와 안테나를 설치하고, 이동체가 Activator 근처를 통과하면 부착된 Active 태그를 활성화시켜 수신 장비에서 태그 정보 및 활성화된 영역(zone)을 파악하는 기술이다. 이 기술은 위치계산 기법을 직접적으로 사용하지 않으므로, ISO에서 정의한 RTLS라는 용어의 범주에 포함시키기에 다소 무리가 있다. 그러나 장애물이 있는 경우 위치계산의 정확도가 떨어지게 되는 RTLS 기술의 단점을 효과적으로 해결할 수 있다는 점 등의 장점이 있어서, 위치파악에서 충분한 경쟁력이 있는 기술로 인정받고 있다.

셋째, 위치계산에 의한 위치추적

자동차 네비게이션 등 개방된 넓은 공간에서 사용하는 GPS 기술처럼, 건물이나 넓지 않은 특정 지역 내에서 전파의 속도, 강도 등을 계산함으로써 이동체의 위치를 2차원 또는 3차원의 좌표 값으로 추적하는 기술로, ISO에서 정의한 RTLS는 이 기술을 가리킨다. 현재 이 기술은 사용되는 주파수, 장비, 설치방법에 따라 위치계산의 정밀도를 수 센치미터에서 수십 미터까지 실현할 수 있다. 다만 구조물, 수분, 철 성분, 기타 환경에 의해 전파의 전달이 방해받거나 반사파에 의한 전파간섭이 생기는 경우가 있기 때문에 환경에 따라 이동체의 정확한 위치계산이 쉽지 않거나 불가능할 수 있다는 기술적 한계가 있다. 최근에 RTLS에 대한 관심이 높아지면서 다양한 주파수대역의 전자기파를 활용하여 경제적 이고도 정밀도가 높은 위치추적 기술이 개발되고 있다. 현재 연구·활용되고 있는 RTLS의 무선네트워킹 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.

3.2 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. 이러한 기술은 20세기 후반부에 이르러 위성기술, 안테나기술, 통신기술이 발달하고 GPS 기술이 일반화되면서 선박의 위치, 작전 중인 아군 및 적군의 위치, 자동차의 위치 등 광대한 지역에서 이동체의 위치를 계산하는 데에 적용되었다. 그리고 2000년 전후로는 유무선 통신망, 데이터 망, 위성기술의 발달에 힘입어 휴대폰의 위치추적 등 대중화·일반화된 위치계산 시스템이 본격적으로 등장하였다. 이와 같은 광역 또는 지역에서의 이동체 위치추적에 일반적으로 활용되고 있는 무선 전파에 의한 위치계산 기법은 Angle of Arrival(AoA) 기술, Time of Arrival(ToA)기술, Time Difference of Arrival(TDoA)기술, Received Signal Strength Indication(RSSI)기술, Time of Flight(ToF)기술 등이 있다.(〈표 2〉 참조)

RTLS의 무선네트워킹 기술에는 UWB, WI-FI, Zigbee, BlueTooth, Active 태그, 초음파, NFER, Super RFID 등이 있다. NFER 기술을 제안한 Q-Track에서 인식범위, 위치파악 정밀도, 구축비용이라는 3가지 기준을 바탕으로 RTLS기술을 평가한 결과는 〈그림 5〉와 같다.

RTLS를 건설현장에서 사용하기 위해서는 건설장비 등 이동체의 위치 좌표 도출을 위한 측위방법과 무선 네트워킹 방법 등이 사전에 결정되어야 한다. 또 건물 벽체, 사람, 도구, 이동체 자체 등 여러 가지 방해요소로 인하여 Line of Sight(LoS)가 보장되지 않는 실내공간에서 위와 같은 여러 위치계산 기법을 이용해 정밀도 높은 위치계산을 하는 것이 용이하지 않으므로, 현장의 실제 환경에서 설치·활용되기 위해서는 현장 상황에 따른 설계·튜닝 과정이 반드시 필요할 것으로 판단된다.

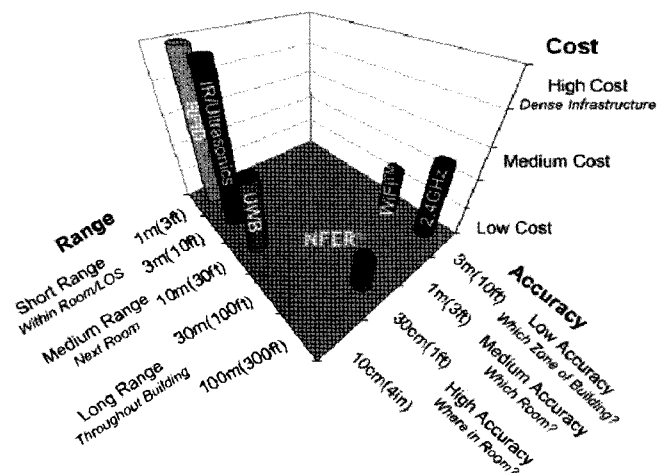
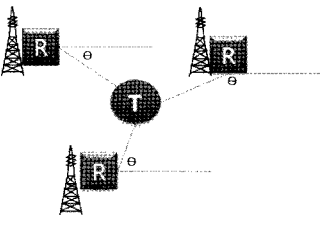
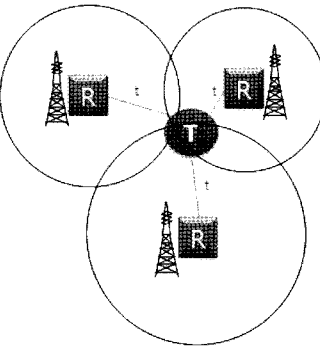
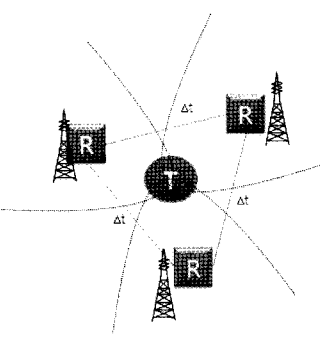
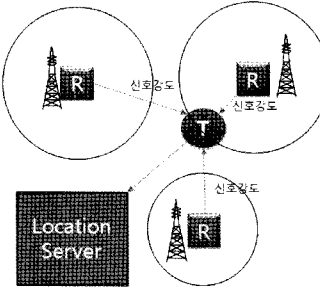
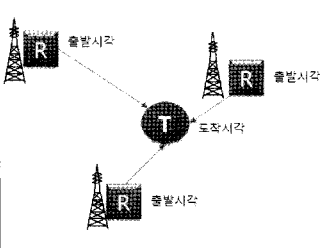


그림 5. Q-Track의 RTLS 기술 비교
(출처: <http://www.q-track.com/index.php/location-innovation/nfer>)

표 1. RTLS 기술의 종류

기술	측위방법	측위 개념
AoA	<ul style="list-style-type: none"> RF신호전송태그와 수신 리더간 방향각을 이용하여 이동체 위치를 계산하는 방식 	
ToA	<ul style="list-style-type: none"> 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 	
TD0A	<ul style="list-style-type: none"> 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 	
RSSI	<ul style="list-style-type: none"> 여러 대의 802.11 WLAN AP(Access Point)를 사용하는 RTLS시스템에서 흔히 사용하는 방법 3대 이상의 AP에서 받은 신호의 강도를 이용하여 이동체 위치를 계산하는 방식 	
ToF	<ul style="list-style-type: none"> RF신호가 전송되는 매질의 전송속도를 기준으로 태그와 리더 사이에 전송된 신호의 경과시간을 이용하여 이동체 위치를 계산하는 방식 태그와 리더 사이의 클락 동기화가 필수적임 	

(출처 : 보안뉴스, RTLS 솔루션 분석(1)-위치계산 시스템, 2007.12.27, 재구성)

4. 뿔칠내화피복 작업의 자동화

4.1 시스템 운영 시나리오

본 연구에서 제안하는 것은 뿔칠내화피복 시공의 자동화 시스템 및 공법에 관한 것이다. 시나리오 작성과 요소기술 도출은 건설자동화분야 전문가뿐만 아니라, 뿔칠내화피복 전문가, IT전문가 및 메카트로닉스 전문가와의 협의를 통해 진행되었다. 전체적인 시나리오는, 현장에 기 설치된 철골의 표면에 철골의 형상 및 치수정보 등이 포함된 RFID 태그를 부착하고, 부착된 RFID 태그로부터 전송되는 데이터를 분석하여, 자동화된 로봇 시스템이 철골 표면에 내화피복재를 뿔칠시공하는 것이다. 뿔칠시공 자동화 시스템에는 접착제와 내화단열재를 혼합하여 내화피복재를 생성하는 혼합기, 혼합기에서 생성된 내화피복재가 이송호스를 통해 반송시키는 반송장치, 상기 RFID 태그로부터 데이터를 수신하기 위한 RFID 리더, 수신된 데이터에 따라 내화피복재를 분사하는 뿔칠 로봇이 포함된다. 뿔칠 로봇의 구성요소로는, 내화피복재를 뿔칠하는 분사노즐, 수평수직 왕복운동을 통해 반복분사가 가능하도록 하는 관절부, 분사노즐을 뿔칠시공의 목표 위치로 수직이동시키는 상하이송부, 분사노즐 및 상하이송부를 탑재하여 작업공간 내를 이동하는 주행부, 그리고 철골 표면을 촬영하고 실시간 확인하기 위한 CCD 카메라, 뿔칠로봇의 이동 및 뿔칠시공 작업을 원격조종하기 위한 리모콘 등이 포함된다.

이러한 내화피복 뿔칠 자동화 장비가 작업공간내 또는 인접한 곳에서 인력에 의해 조작될 경우, 조작자가 분진 등 유해한 환경에 노출될 가능성이 크다. 그러나 건설장비는 매우 불안정하고 비 구조화된 환경조건하에서 작업을 수행하여야 하므로 자동화율을 높이는 데에 한계가 있는 실정이다. 이러한 한계를 극복하는 방안 중 하나로, 본 연구에서는 정보통신분야의 최신기술인 RTLS를 도입을 제안한다. 즉 건축공사 현장 내부에 위성신호를 송신하는 위성을 설치하고, 송신된 위성신호를 수신하여 위치정보를 산출하는 위성신호 수신기를 뿔칠시공 자동화 시스템에 포함시키는 것이다.

4.2 시스템 구성요소 및 주요기술

제시된 시나리오에 따른 시스템의 구성요소를 정리하면 다음과 같고, 이를 도식화하면 <그림 6>과 같다.

- 접착제와 내화단열재를 혼합하여 내화피복재를 생성하는 혼합기
- 혼합기에서 생성된 내화피복재의 반송장치
- 내화피복재를 뿔칠 하는 뿔칠 로봇
 - 내화피복재를 분사하는 노즐
 - 노즐을 뿔칠시공 목표위치로 수직이동시키는 상하이송장치
 - 반복운동을 통해 뿔칠작업을 수행하는 관절장치

- 분사기 및 상하이송부를 탑재하여, 작업 공간 내를 이동하는 주행장치
- 위성 신호를 송신하는 위성 및 위성 신호를 수신하여 위치 정보를 산출하는 위성 신호 수신기
- RFID 태그 및 태그로부터 정보를 수신하기 위한 RFID 리더
- 철골 표면을 실시간 촬영하는 CCD 카메라
- 뿔칠 로봇의 이동 및 뿔칠시공을 원격 조종하기 위한 리모트 컨트롤러

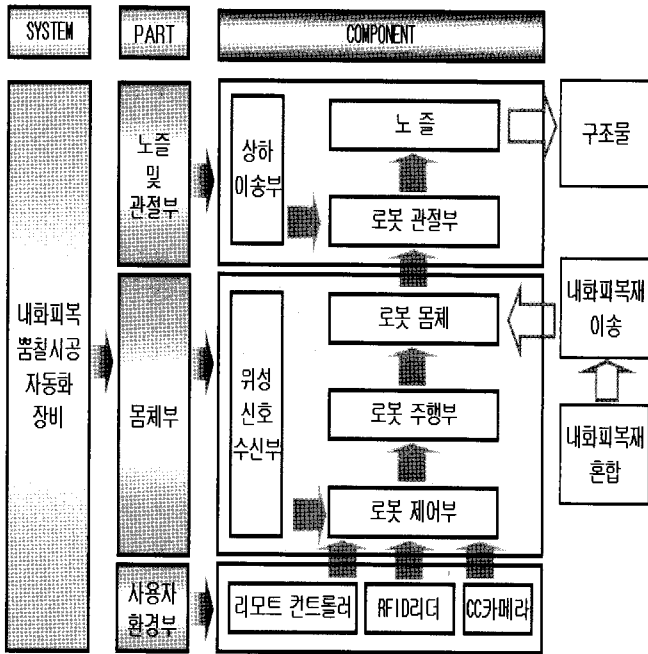


그림 6. 시스템 구성요소

상기의 구성요소를 구비한 내화피복 뿔칠 자동화 장비의 전체 시스템 구성을 도시하면 <그림 7>과 같고, 시스템의 주요모듈과 각각의 기능은 <표 2>와 같다.

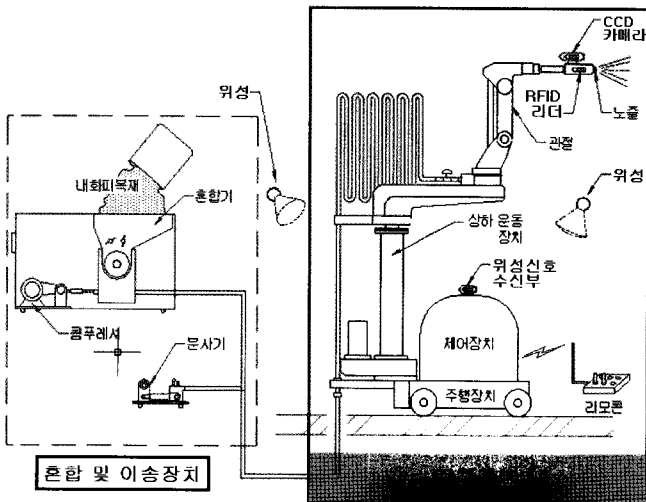


그림 7. 시스템 구성 개념

표 2. 시스템 부위별 모듈 및 주요기술

부위	모듈	주요기술
사용자 환경부 (man-machine interface)	CCD 카메라	•영상처리 기술
	RFID 리더	•형상정보 처리기술
	리모트 컨트롤러	•RS-232C/422 통신기술 •사용자 환경 프로그램
내화피복뿔칠시공 자동화 장비	제어장치	•실시간 서버제어기술
		•위치보정기술
		•학습기능
	로봇몸체	
몸체부 (robot body part)	주행장치	•모터제어기술 •내분진시스템 설계기술 •자세보정기술
	위성신호 수신	•위성신호에 의한 위치추적기술
노즐 및 관절부	노즐	•분사성능향상을 위한 형상설계기술
		•내마모성을 높이는 재료기술
		•분사량 측정기술
	관절장치	•반복운동에 따른 신뢰도 향상 기술
		•시스템 안정화기술
상하이송장치	•볼스크류에 의한 위치제어기술 •모터제어기술	

4.3 RTLS기반 실시간 제어 메카니즘

<그림 8>은 뿔칠내화피복 작업 자동화 시스템과 RTLS기술이 연계된 데이터 처리 및 제어 과정을 나타낸 것이다. 우선 RTLS 위성과 위성수신부에 의해 자동화시스템의 위치좌표가제어부로 전달된다. 제어부 내의 RTLS엔진에서는 이 좌표를 Location Control Server로 보내게 되며, 이 서버는 Location Application Server 및 DB엔진과 연계하여 장비제어 신호를 반송한다. 반송된 신호에 따라 다시 제어부에서 Positioning 엔진, control 엔진이 장비를 제어하며, 관련된 모든 정보는 Monitoring Manager에 의해 실시간으로 모니터링 된다.

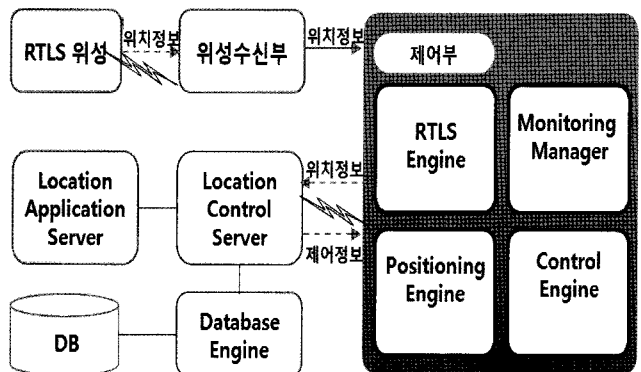


그림 8. RTLS기반 실시간 제어 메카니즘

4.4 평가

본 장에서는 뽕칠내화피복 작업을 자동화하기 위한 시나리오와 시스템 요소기술을 정의하였다. 제안된 시나리오는 모든 건설환경조건이 재래식 공법에 의해서 이루어짐을 전제로 만들어졌다. 따라서 RFID에 의한 철골관리가 이루어지는 현장에서 RFID 태그를 어떻게 공유할 것인지 등은 검토대상에서 제외되었다. 이러한 한계점은 향후 연구가 진행되는 과정에서 보완될 수 있을 것이다.

또한 시나리오 작업 및 요소기술 도출 과정에서, 현재까지 RTLS 기술이 내포하고 있는 다양한 한계점들이 노출되었다. 예를 들면 현재 기술의 위치인식 정밀도는 수십 센치미터 정도이다. 그런데 실질적인 현장관리를 위해서는 중대형 장비의 정확한 위치가 파악되어야 하는 건설현장의 특성(이종국, 2009)에 비추어 볼 때, 이 정도의 오차범위를 지나는 측위값을 바탕으로 건설자동화 시스템을 제어하여 뽕칠작업을 수행하는 데에는 다소 무리가 있을 것으로 예상된다. 또 이러한 정밀도에 도달하기 위하여 소요되는 비용도 과다하다는 점 역시 중요한 한계점들 중 하나이다. 그러나 본 연구에서는 이러한 RTLS의 한계점들이은 기술적인 진보에 의해 극복될 것이라고 가정하고 향후 연구를 진행하고자 한다.

5. 결론

철골구조에서 뽕칠내화피복재는 화재발생시 철골구조물의 내력이 저하되는 것을 방지하는 중요한 자재이다. 그러나 인력에 의한 작업 등으로 인하여 품질관리가 어렵고, 기능인력의 수급도 용이하지 않으며, 기능인력이 유해한 환경에 노출될 가능성도 높은 실정이다. 일반적으로 이와 같이 품질관리가 어렵고 인체에 유해한 건설작업들은 자동화 장비를 도입함으로써 문제를 어느 정도 완화할 수 있다. 그러나 기존의 건설현장은 환경이 비구조화되어 있기 때문에 장비의 주행이나 작업위치선정 등까지 자동화하기는 매우 어려웠다.

본 연구에서는 뽕칠내화피복 작업을 자동화하기 위한 기초연구로써, 자동화시스템과 첨단기술인 RTLS와의 연계성을 검토하고 내화피복 뽕칠 자동화작업의 시나리오, 시스템 구성요소 등을 제안하였다. 제안된 시스템은 아직 개념단계이므로 많은 제약조건들이 해결되지는 않았으나, 제안된 시스템으로 작업하면 내화피복의 균일한 피복두께를 유지할 수 있으며, 철골 구조물과의 일체성을 확보하며, 내화성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 내화피복의 품질이 확보됨에 따라, 대형 철골 구조물에 화재가 발생하더라도 일정한 강도를 유지할 수 있어서, 화재의 전이를 방지하는 데에 효과가 있을 것으로 예상된다.

향후에는 첨단 IT인 USN(Ubiquitous Sensor Network) 등

모니터링 기술, BIM(Building Information Modelling) 등의 정보기술, 자재의 위치정보 인식기술 등과 연계하여 본 연구를 진행할 예정이다. 이와 같은 기술과 본 연구가 연계되면, 국내 건설자동화 수준을 제고시키고, 건설 자원의 효율적·체계적 관리를 통한 비용절감, 공기단축, 정밀시공 등을 구현하는 데에 더욱 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

■ 지원기관

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업(07첨단도시 A01)의 일환으로 수행되었음

참 고 문 헌

1. 보안뉴스, RTLS 솔루션 분석(1)-위치계산 시스템, 2007.12.27
2. 보안뉴스, RTLS의 기술적 분석, 2007.11.22
3. 이종국의 3인, 건설현장 RTLS 활용을 위한 전파의 벽체 투과손실에 관한 실험적 연구, 한국건축시공학회논문집, 제9권 제1호, pp.95~101, 2009.2
4. 조선일보, 2015년 서울...63빌딩은 차라리 아답했다, 2009.4.2
5. <http://www.q-track.com/index.php/location-innovation/nfer>

(접수 2009. 6. 29, 심사 2009. 9. 14, 게재확정 2009. 9. 21)

요 약

철골구조에서 뽀칠내화피복재는 화재발생시 철골구조물의 내력이 저하되는 것을 방지하는 중요한 자재이다. 그러나 인력에 의한 작업 등으로 인하여 품질관리가 어렵고, 기능인력의 수급도 용이하지 않으며, 기능인력이 유해한 환경에 노출될 가능성도 높은 실정이다. 일반적으로 이와 같이 품질관리가 어렵고 인체에 유해한 건설작업들은 자동화 장비를 도입함으로써 문제를 어느 정도 완화할 수 있다. 그러나 기존의 건설현장은 환경이 비구조화되어 있기 때문에 장비의 주행이나 작업위치선정 등까지 자동화하기는 매우 어려웠다.

본 연구에서는 뽀칠내화피복 작업을 자동화하기 위한 기초연구로써, 자동화시스템과 첨단기술인 RTLS와의 연계성을 검토하고 내화피복 뽀칠 자동화작업의 시나리오, 시스템 구성요소 등을 제안하였다. 제안된 시스템은 아직 개념단계이므로 많은 제약조건들이 해결되지는 않았으나, 제안된 시스템으로 작업하면 내화피복의 균일한 피복두께를 유지할 수 있으며, 철골 구조물과의 일체성을 확보하며, 내화성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 내화피복의 품질이 확보됨에 따라, 대형 철골 구조물에 화재가 발생하더라도 일정한 강도를 유지할 수 있어서, 화재의 전이를 방지하는 데에 효과가 있을 것으로 예상된다.

향후에는 첨단 IT인 USN등 첨단 모니터링 기술, BIM기술, 자재의 위치정보 인식기술 등과 연계하여 본 연구를 진행할 예정이다. 이와같은 기술과 본 연구가 연계되면, 국내 건설자동화 수준을 제고시키고, 건설 자원의 효율적·체계적 관리를 통한 비용절감, 공기단축, 정밀시공 등을 구현하는 데에 더욱 기여할 수 있을 것이다.

키워드 : 뽀칠내화피복작업, 실시간추위시스템(RTLS), 유비쿼터스 센서 네트워크(USN), 건설현장관리, 건설자동화
