
컨테이너터미널 내의 야드 트랙터 위치인식을 위한 적외선 통신시스템 개발

홍동희*, 김창곤*

Development of Infrared-Ray Communication System for Position Recognition of Yard Tractor in Container Terminal

Dong-Hee Hong*, Chang-Gon Kim*

요 약 국내 컨테이너터미널에서는 야드 트랙터의 위치를 실시간으로 인식하기 위해 RFID시스템을 사용하고 있다. 그러나 RFID를 이용한 위치인식은 트랜스퍼 크레인을 이용하는 야드 작업에는 문제가 없으나, 컨테이너 크레인을 이용하는 본선 작업에는 문제가 있다. 즉, 컨테이너 크레인에서 크레인 밑의 4개 차선에서 움직이는 야드 트랙터들을 구분하여 정확히 인식하기가 불가능하기 때문이다.

따라서 본 논문에서는 트랜스퍼 크레인의 야드 작업은 물론이고 컨테이너 크레인의 본선 작업에서도 동일한 방식으로 정확히 야드 트랙터를 인식할 수 있는 적외선 통신시스템을 개발하였다. 본 연구의 결과 인식 횟수가 일정하게 측정되었으며, 25m의 거리에서도 인식범위가 5.7m로 측정 가능하였다. 즉, 컨테이너 크레인 밑을 이동하는 여러 대의 야드 트랙터들을 구분하여 인식할 수 있는 인식 범위를 가지게 되었다.

주제어 : 적외선 통신시스템, 알에프아이디, 컨테이너 터미널, 야드 트랙터 인식, 트랜스퍼 크레인, 컨테이너 크레인, 야드 트랙터 풀링

Abstract In Korea, the location of yard tractors is figured out in real time by using RFID system in container terminals. However, even though the location recognition of RFID system works fine when transfer crane is in yard operation, there are some problems when container crane is in ship operation. That is because yard tractors come one by one to each transfer crane in an order, but yard tractors come in 4 lanes to the container crane, which makes the system impossible to recognize each yard tractor separately.

Therefore, we developed the infrared-ray communication system which can recognize yard tractors accurately in not only in the yard operation of transfer crane but also in the ship operation of container crane in same way in this study. The result in this study showed constant number of recognition, and the range of recognition measures 5.7m in 25m distance. The range of recognition shown in this study is enough to recognize each yard tractor passing under container crane separately.

Key Words : Infrared-Ray Communication System, RFID, Container Terminal, Recognize Yard Tractor, TC, CC, YT Pooling

1. 서론

컨테이너터미널 내의 야드에는 여러 개의 블록이 있으며, 각각 블록에는 1, 2대의 트랜스퍼 크레인(TC : Transfer Crane)이 배치되어 있다. 이 트랜스퍼 크레인

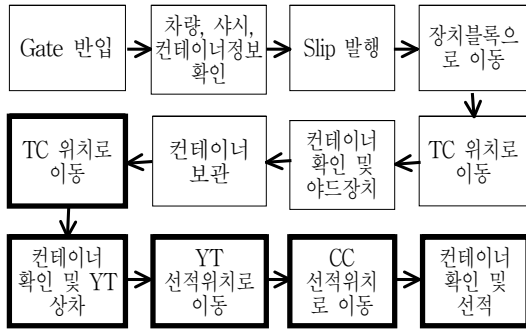
은 야드에 4~5단적으로 장치되는 컨테이너를 야드 트랙터(YT : Yard Tractor)에 상차하고 하차하는 작업을 수행한다. 그리고 선석에 위치한 컨테이너 크레인(CC : Container Crane)은 수출입컨테이너를 선박에 양하하거나 적하한다. [그림 1]은 야드에 장치되어 있는 수출컨테

*경기과학기술대학교 IT경영학부 e-비즈니스과 교수(교신저자)

*순천대학교 사회과학대학 물류학과 교수

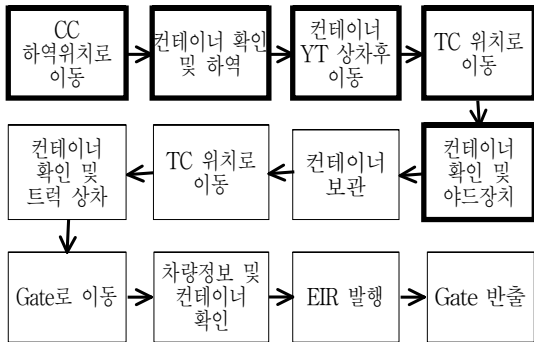
논문접수: 2012년 11월 5일, 1차 수정을 거쳐, 심사완료: 2012년 12월 12일

이너가 선박에 적하되는 과정을 보여주고 있다[11]. 선박이 입항하여 선석에 접안하면 야드에 장치되어 있던 컨테이너를 TC가 집어 YT에 상차하고 YT가 선박이 있는 곳으로 이동하면, 그 곳에 있는 CC가 YT에 실린 컨테이너를 집어 선박에 선적한다.



[그림 1] 수출 업무 프로세스

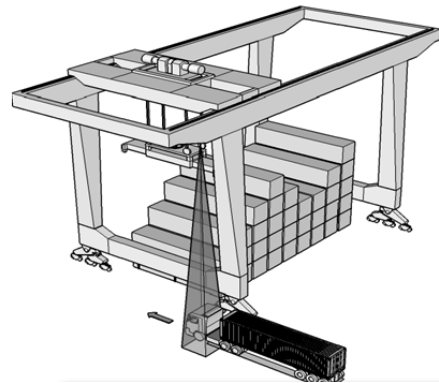
수입컨테이너의 경우는 [그림 2]와 같이 작업이 이루어진다[11].



[그림 2] 수입 업무 프로세스

그런데 이와 같은 작업의 흐름은 무작위로 이루어지는 것이 아니라 사전에 작성된 계획에 의해 이루어진다. 따라서 TC와 CC 사이에서 YT가 사전 계획된 순서대로 이동하는 지를 정확히 인지하여야 한다.

이를 위해서는 YT의 현 위치와 번호를 실시간으로 파악하는 것이 컨테이너터미널 운영에 필요하기 때문에 국내 컨테이너터미널에서는 [그림 3]처럼 고속도로 톨게이트의 하이패스와 같이 RFID를 이용하여 TC에서 YT의 번호와 위치를 파악한다.



[그림 3] TC에서의 YT 인식

그러나 RFID를 이용한 위치인식은 TC에서의 사용에는 한 대의 YT만이 진입하기 때문에 문제가 없으나 CC에서는 4개의 차선에 동시에 움직이는 YT들을 각각 구분하여 인식하기가 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 TC는 물론이고 CC에서도 동일한 방식으로 정확히 YT를 인식하고 가용성 측면에서도 RFID 방식보다 효율적인 적외선 통신시스템을 개발하는데 그 목적이 있다.

2. 관련연구 및 기술 동향 분석

2.1 관련 연구 동향

권순량(2007) 외 3은 컨테이너의 위치 정보를 실시간으로 제공해 주는 실시간 위치정보시스템(RTLS : Real Time Location System)을 활용하여 컨테이너 및 YT의 위치 정보를 적용한 ‘개선된 듀얼 사이클링 방식’을 제안하였다. 컨테이너터미널 장치장에 RTLS를 적용하여 컨테이너 위치 정보를 운영시스템에 실시간적으로 전송하게 하였으며, 또한 YT의 위치정보를 GPS (Geographic Positioning System) 수신기를 통해 수신하여 CDMA (Code Division Multiple Access) 모듈을 통해 운영시스템에 실시간적으로 제공하도록 설계한 것이다[1]. 김명환(2010) 외 1은 복합 환경의 다층 건물에서의 실시간 위치 추적을 위해 사용자의 층간 이동 측위를 지원하는 IEEE 802.15.4 (Zigbee)의 RSSI를 이용한 층간 검출 알고리즘을 제안하였다[2].

김순석(2008) 외 1은 RFID(Radio Frequency Identification) 기술을 물류유통 분야에 접목시켜 RFID 태그를 이용할 때와 바코드를 이용할 때의 차이를 확인

하여, RFID 기술을 물류운송 과정에 이용함으로써 얻게 되는 이익에 대해 분석하고, 이를 반영한 새로운 시스템을 제안하였다[3]. 김잠제(2010) 외 3은 convex hull 알고리즘을 사용하여 좋은 리더를 선택하는 기술을 소개하였는데 성능 평가 결과, 위치오차가 적고, 네트워크 오버헤드를 줄여 RTLS의 성능이 개선되었음을 보여주었다[4].

김정환(2007) 외 3은 RFID에 기반 한 위치 결정 시스템에 실시간 변화하는 대상물의 위치를 예측하기 위해 추측항법과 칼만필터(Kalman-filter)의 개념을 적용시켰다. 또한 RMSE(Root Mean Square Error)값을 통해 칼만 필터의 적용에 따른 정확도의 향상과 각 디자인 요소들의 변화에 따라 위치의 정확도가 어떠한 변화를 갖는지를 분석하였다[5].

김한수(2009) 외 2는 실시간 위치 추적 알고리즘을 기반으로 RFID를 지닌 이동체를 정확하고 효과적으로 추적할 수 있는 RFID 기반의 RTLS기술을 이용한 항만인적보안시스템을 제안하였으며[6], 박두진(2009) 외 1은 항만운영시스템의 성능을 개선하기 위하여 컨테이너 위치 정보를 실시간으로 제공해 주는 RFID 기반의 RTLS를 활용하여 장치장의 효율적인 운영방안을 제안하였다[7]. 유영환(2006) 외 1은 기존에 지원되지 않던 태그 간의 다중 홉 통신이 기존의 통신 구조와 병립되어 서비스되기 위해 필요한 새로운 통신 구조로서 RFID 태그 간의 다중 홉(multi-hop) 통신을 이용한 방법을 제안하였다[9]. 그리고 유홍진(2009) 외 2는 차량 이동객체의 위치 구역을 정하고, 차량 이동객체의 속도 파악과 차량 움직임의 관찰을 통해 위치획득을 적절하게 조절하고, 실시간 차량 이동객체의 위치 정보를 획득하는 효율적인 차량 위치추적 시스템을 제시하였다[10].

전태원(2004) 외 4는 엔코더 출력펄스와 적외선센서를 사용하여 정확하고 신속하게 크레인의 절대위치를 측정하는 기법을 제시하였다. 갠트리 바퀴에 직결된 엔코더 펄스를 계산하여 갠트리의 이동거리를 측정한 후, 바퀴의 슬립 등으로 발생하는 측정오차를 보상하기 위하여 적외선센서를 사용하였다. 실제 크레인의 1/10 축소판 시뮬레이터로 실험을 수행하여 타당한 기법을 제시하였다[12]. 정동호(2006) 외 3은 호환성과 확장성을 고려하여 RTLS 전체 시스템을 설계하고 구현하였다. 호환성을 위해 433MHz RTLS 표준에서 제시된 프로토콜을 준수하여 시스템을 설계하고 하드웨어 상에서 구현하였으며 리더간의 무선 통신이 가능하게 함으로써 RTLS 전체 시스

템을 확장시켰다. 이의 검증을 위하여 실제 야의 환경에서 태그의 위치 정확도를 측정하였고 시뮬레이션을 통해 리더간의 데이터 전달 기법에 대해서도 성능평가를 실시하였다[13].

황준호(2011) 외 2는 실내 가시광 무선 통신 시스템에서 LED AP(access point)의 통신 영역 내 수신광도에 따른 위치별 수신 광도 특성화 곡선과 주기적으로 측정된 단말기의 수신 광도 변화를 비교하는 특징을 가진 단말기의 위치와 수신각 추정 알고리즘을 제안하였다[14].

2.2 관련 기술 비교

데이터 통신에는 다양한 방식이 있으나 본 논문에서는 현재 RFID를 이용하여 TC에서 적용하고 있는 RF(Radio Frequency)방식과 적외선을 이용한 IR(Infrared)방식으로 구분하여 비교한다.

〈표 1〉 RF방식과 IR방식의 기술적 특징

	RF방식(주파수통신)	IR방식(적외선통신)
통신 방식	무선전파로 통신	적외선으로 통신
기술적 특징	<ul style="list-style-type: none"> - 통신영역 넓음 - 소출력 전파통신 가능 - 타 부가통신 서비스와 연동이 용이 - 표준규격완료 및 공개 프로토콜 사용 - 하이패스, BIS(버스정보시스템) 서비스 이용 중 - 전송속도 10Mbps - 단말기가격 다소 높음 	<ul style="list-style-type: none"> - 주파수 사용허가 필요 없음 - 근접주파수 간섭 및 전자파 장애 없음 - 직사광선 및 각종 등불에 의한 빛들이 잡음으로 작용 - 한정된 거리에서 사용 - 전송속도 1~4Mbps - 소비전력 낮고 부품 가격 저렴

RF방식은 전송속도가 빠르고 소출력으로도 통신이 가능하여 여러 분야에서 많이 사용하고 있으나 주파수 사용허가가 필요하고 단말기 가격이 상대적으로 비싼 단점이 있다. 그러나 IR방식은 전송속도는 RF방식에 비해 느리지만 소비전력이 낮고 부품가격이 RF방식에 비해 저렴할 뿐만 아니라 직사광선이나 기타 빛에 의해 잡음이 발생할 가능성은 있으나 주파수 사용허가가 필요 없고 근접 주파수 간섭이나 전자파 장애가 없기 때문에 CC와 같이 크레인 하단에 통행하는 여러 대의 YT를 구분하여 인식이 가능하다는 장점이 있다.

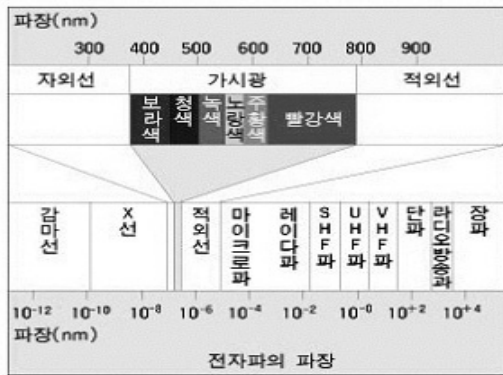
3. 적외선 통신시스템 개발

3.1 적외선 기술

3.1.1 파장에 따른 전파의 종류

파장에 따른 전파의 종류는 [그림 4]와 같다.

좌측으로 갈수록 파장이 짧아지며, 우측으로 갈수록 파장이 길어진다. 파가 진행해 나가는 속도를 v , 진동수를 f , 파장을 λ 이라 하면 $\lambda=v/f$ 의 관계가 성립한다.



[그림 4] 파장에 따른 빛의 분류

전자기파는 [그림 4]에서와 같이 에너지를 갖는 파동으로서 파장이 가장 짧은 영역의 감마선, X선, 자외선, 가시광선, 적외선, 장파 등의 대역으로 구분하는데 이는 자연과학의 발달로 인하여 사용되는 영역에 따라서 인간이 구분한 영역이지 다른 특성을 갖는 것은 아니다. 단지 파를 감지하는 측정기 또는 관측기기가 무엇인가에 따라 구분되어진 영역이다. 빛은 전자기파의 전체영역에서 눈으로 보았을 때 색(色)을 갖는 영역으로서 파장으로 구분하면 380nm~780nm 까지를 가시광선으로 구분하는데, 이 가시광선만이 육안으로 식별이 가능하다. 자외선은 가시광선보다 파장이 짧은 보라색 이상의 파장을 가지며, 적외선은 가시광선의 파장 중에서 제일 긴 적색 이하의 파장을 가진다. 즉, 가시광선보다 파장이 길며, 0.75 μ m에서 1mm 범위에 속하는 전자기파이다.

3.1.2 적외선의 분류

<표 2>와 같이 적외선은 파장에 따라 분류되는데 적외선 센서로 780nm-1.5 μ m의 직진성이 우수한 근적외선 영역을 이용한다. 일반적으로 사용되는 송신용 IR 센서들의 파장이 대략 950nm이며, 수광 소자는 850nm 이하

의 파장을 제거하는 필터를 붙인 것을 많이 사용한다.

<표 2> 적외선 분류

파 장	명 칭	성 질
780nm-1.5 μ m	근적외선	빛의 성질에 가까움
1.5 μ m-5 μ m	중적외선	열에너지가 크다
5 μ m-100 μ m	원적외선	열에너지가 크다
100 μ m-1mm	근원적외선	장파장

3.1.3 적외선 센서와 전류와의 관계

적외선 센서에서 수광점까지 신호를 보내기 위해 발광부가 가져야할 전류는 <표 3>과 같다.

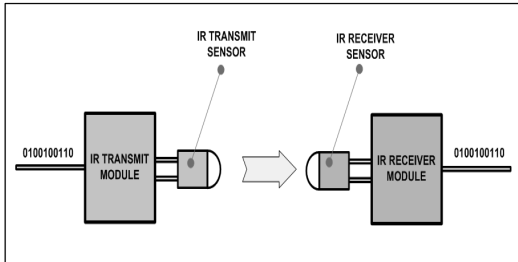
<표 3> 거리에 따른 발광부의 필요 전류

거리(M)	필요한 전류(mA)	비 고
0.2	0.2	일반적인 IR 송신 센서의 허용 전류 범위
1	5	
2	20	
3	45	
4	80	
10	500	
50	1.25A	
100	50A	

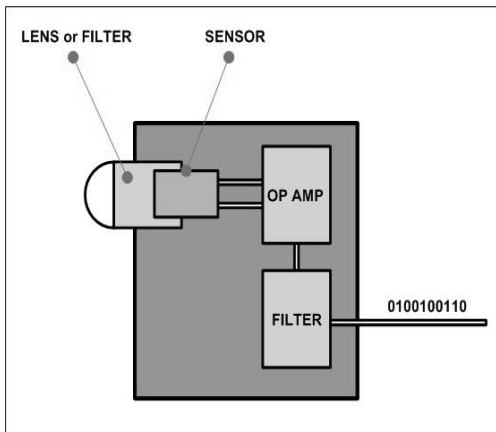
적외선 발광다이오드(LED : Light-Emitting Diode)의 강도는 흐르는 전류에 비례하므로 “전류를 많이 넣어준다면, 신호의 세기가 높아지므로, 멀리 갈수 있다.”고 생각할 수 있다. 즉, 일반 LED에 많은 전류를 가해줌으로 더욱 밝게 빛나고 더욱 멀리서 보이는 것과 동일한 원리이다. 그러나 일반 LED의 최대 전류 값이 50mA인 것처럼 (그러나, LED에 최대값을 넣어주는 경우는 거의 없다. 왜냐하면 최대값을 넣어주면 LED가 고장 날 우려도 있기 때문이다. 따라서 통상 10-20mA 정도만을 넣어준다.) 적외선 송신 센서 역시 넣어줄 수 있는 최대 전류를 가지고 있다. 통상 IR 센서의 최대값이 50mA라고 가정한다면, IR 센서를 바로 출력한다 해도 3m를 넘기기가 어렵다. 물론 상용 제품 중에는 25m의 거리에서 송수신이 가능한 제품이 있기도 하지만 이러한 문제는 필터를 사용하거나 조금 더 높은 전류를 허용하는 적외선 LED를 이용함으로써 어느 정도 해소할 수 있기 때문에 IR 센서로 어떤 것을 선택하느냐가 매우 중요하다.

3.2 적외선 통신

적외선 통신의 원리는 [그림 5]와 같다. 디지털 신호를 적외선 송신장치로 전송한 후 이 디지털 신호가 적외선 송신 센서에 의해 적외선으로 바뀐 후 공기 중의 매질을 통해 전송된 후 다시 적외선 수신 센서로 전송된 후 수신 장치로 전송된 후 이 디지털 신호를 받는다.



[그림 5] 적외선 통신 원리



[그림 6] 한 조로 구성된 수신 모듈

[그림 6]은 위의 [그림 5]에서 센서와 적외선 모듈 및 부가 회로가 장착되어 있는 경우를 구체적으로 나타낸 것으로 [그림 6]과 같이 한 조로 되어있는 수신 모듈을 사용한다.

적외선 통신의 장점은 전파가 아닌 빛을 사용하기 때문에 주파수 사용 허가가 전혀 필요 없고(전파는 3000GHz이하의 전파), 넓은 대역폭을 사용할 수 있으며, 적외선은 벽을 투과할 수 없으므로 사무실내의 정보가 밖으로 새어나갈 염려가 없어 보안성이 높다. 그리고 무선이므로 기동성이 뛰어나며 소비전력이 적고 부품의 가격이 저렴하며, 간단한 파일 전송 등 데이터 통신과 음성 통신도 가능하다. 또한 근접 주파수에 대한 간섭이 없

고 전자파 장애가 없다는 것이다.

적외선 통신의 단점은 안개나 대기 중의 먼지 등에 의해 제한되고, 직사광선이나 형광등 및 백열등 같은 여러 가지 빛들이 잡음으로 작용하며, 한정된 거리에서만 사용이 가능하다는 것이다.

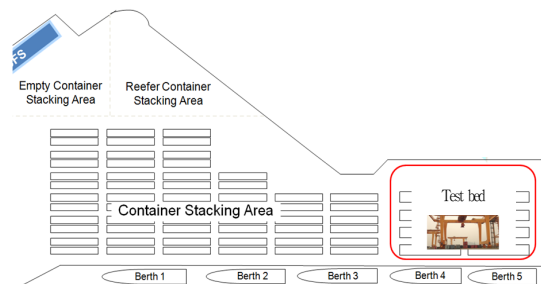
그러나 치명적인 단점은 다른 조명 기기의 빛에 영향을 받는다는 점과 통신 거리상에 제한이 있다는 점이다. 이러한 문제는 시스템이 외부에 설치될 경우 특히 심하게 나타나며 수신기에 직사광선이 유입되면 큰 문제를 유발하게 된다. 하지만 사무실내에서 사용될 때는 아무런 문제가 없다. 최악의 경우 사무실내의 형광등이나 백열등의 빛이 IR 수신센서의 감도를 떨어뜨릴 수도 있는데 이럴 때는 외부의 빛을 차단시키는 설비가 필요하다. 따라서 IR 센서를 사용하는 경우는 “근거리 직렬 통신”인 경우가 많다. 적외선 통신 방식은 현재까지 국제적인 표준이 없으므로 (업체마다의 표준은 있다.) 간단하게 통신만 하는 경우 개별적으로 프로토콜을 제작하는 경우가 일반적이다.

적외선 통신을 사용하는 데 주의할 점은 다음과 같다. 첫째, 송신 센서와 수신 센서를 마주보게 반대 방향으로 놓아주어야 하며. 둘째, 송신 센서와 수신 센서 사이에 장애물이 없어야 한다. 셋째, 거리가 멀수록 그에 해당하는 충분한 전류를 흘려주어야 하며, 넷째, 더욱 먼 거리를 이용할 경우는 필터를 사용한다.

3.3 적외선 통신시스템 개발

3.3.1 테스트 베드

[그림 7]의 부산 신전대컨테이너터미널 4, 5번 선석의 2개 블록과 CC 112기 및 YT 8대를 테스트 베드로 사용하였다.



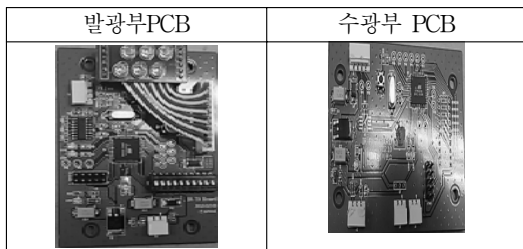
[그림 7] 테스트베드

3.3.2 상용 제품(하이패스) 분석

적외선 통신시스템을 개발하기 위해 기존의 상용화된 제품인 하이패스 장비를 분석해 보면 적외선 발광부품은 인식거리를 위해 3파이 적외선 LED 6개가 배치되어 있고, 적외선 수광 부품은 4Dome 타입의 적외선LED를 사용한다. 하이패스의 경우에는 구조물의 높이가 6m 이내이기 때문에 발광부 LED 6개로 가능한 것으로 분석되나 본 연구에서는 CC의 적용에 알맞게 LED의 수량을 많이 장착하여 인식거리를 늘릴 필요가 있다. 그리고 수광부의 경우에도 4개의 수광 소자를 사용하여 인식률을 높인다.

3.3.3 시험용 제품 개발

원거리 인식이 가능한 적외선 방식의 시험용 제품 구성은 [그림 8]과 같다. 발광부에는 적외선 LED를 사용하고 수광부에는 적외선 수광 소자를 사용한다.



[그림 8] 적외선 방식의 시험용 제품

또한 데이터 전송 포맷은 적외선 통신 포맷 중 가장 많이 사용하는 NEC 포맷을 적용한다.

Lead Code	Custom	Inverted Custom	Data	Inverted Data
-----------	--------	-----------------	------	---------------

Unit : Byte

[그림 9] NEC 포맷

송신기와 수신기가 적외선으로 데이터를 주고받기 위해서는 적외선 통신프로토콜 포맷 정의가 필요하다. 따라서 적외선 프로토콜의 총 데이터 량을 36bit로 정의하고 36bit는 3개의 DATA로 나누며 각각 12bit의 데이터 량을 할당한다. DATA1은 확인코드로 회사정보와 YT의 정보를 가진다. DATA2는 YT의 번호정보를 가지며, DATA3은 YT의 번호정보가 올바르게 전송됐는지 확인하는 정보를 가지도록 설계한다.

DATA1	DATA2	DATA3
12bit	12bit	12bit
식별코드	YT번호	YT번호 반전데이터
36bit		

MSB													LSB
DATA1													
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12		
0xC				0x5				0xA					
DATA2													
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12		
0x001~0x3E7(1~999)													
DATA3													
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12		
0x001~0x3E7(1~999) 반전 0xFFE~0xC18													

[그림 10] 적외선 통신 프로토콜 정의

4. 시험 및 성능 분석

4.1 1차 시험 및 성능 분석

[그림 11]에 나타난 바와 같이 TC 상단(20m)에 수광부를 설치하고, 발광부를 설치한 YT를 인식하는 1차 시험을 하였다.



[그림 11] 적외선 통신시스템 설치 위치

CC에서의 테스트는 현장 작업 환경 상 설치가 어려워 TC 설치 장소에 수직 막대를 세워 위치를 상하로 조정하며 10, 15, 20, 25m를 시험하였으며, 2대의 YT에 각기 송신기를 설치하여 나란히 진입하도록 하여 인식여부를 시험하였다.

4.1.1 인식 거리

기존의 RFID방식과 마찬가지로 10, 15m에서는 진입하는 YT를 구분하여 인식하였으나 20, 25m에서는 인식하지 못하였다.

거리	10m	15m	20m	25m
결과	정상인식	정상인식	미 인식	미 인식

4.1.2 인식 횟수

YT의 진입 속도에 따른 인식횟수는 다음과 같다. 시속 50km 이내에서의 인식 횟수는 불안정하게 나타났다.

구분	20Km	30Km	40Km	50Km
최소	4	4	2	1
평균	6	5	3	2
최대	7	6	4	2

4.1.3 인식 범위

인식 범위는 TC에서는 YT의 진입 차로가 하나이기 때문에 문제가 없으나, CC는 경우에 따라 4개 차선에 4대의 YT가 진입할 수 있기 때문에 인식 범위 설정이 매우 중요하다. 이 시험에서는 10m에서는 인식 범위가 4m이었으며, 15m에서는 8m로 측정되었다. 그러나 20, 25m에서는 인식되지 않았다.

거리	10m	15m	20m	25m
인식범위	4m	8m	미 인식	미 인식

4.1.4 성능 분석 결과

렌즈는 배율이 높을수록 인식거리가 늘어나지만 인식 범위가 좁아지는 것을 확인하였다. YT 내부에 발광부를 장착한 경우에는 YT의 창유리로 인하여 인식거리가 많이 짧아지는 문제가 발생하여 발광부의 보완이 필요하였다.

4.1.5 1차 시험용 제품 보완

① 송신기 보완 제작

LED 종류별로 테스트를 진행한 결과 인식거리에 영향을 미치는 전류와 조사각도가 연관이 있음을 확인하였다. 따라서 인식거리 문제를 보완하기 위하여 송신기에

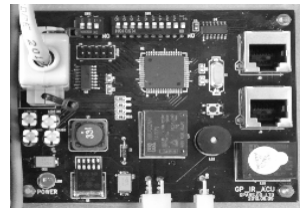
고출력LED 3개를 장착 한 후 테스트를 진행하였다.

② 수신기보완 제작

렌즈의 배율을 높이기 위하여 렌즈를 2개 장착한 후 집광을 높이기 위하여 경통을 만들어 2차 렌즈를 장착하였다.

③ 제어 및 테스트 프로그램 개발

여러 개의 수신기를 연결하여 제어할 수 있는 ACU(Address Control Unit)를 제작하였다. 그리고 ACU의 처리 상태를 표시할 수 있는 테스트 프로그램을 개발하고 여러 개 수신기에서 수신중인 데이터를 표시하는 기능을 구현하였다.



[그림 12] ACU 보드

4.2 2차 시험 및 성능 분석

2차 시험은 CC에 직접 장착하여 시험하였다.



[그림 13] 컨테이너 크레인에 수신기 장착

[그림 13]과 같이 20m 높이의 포스트 빔에 수신기를 약 30도 정도 기울여 장착하였다.

4.2.1 인식 거리

20m에서는 진입하는 YT를 인식하였으나 25m에서는 인식하지 못하였다.

거리	10m	15m	20m	25m
결과	정상인식	정상인식	정상인식	미 인식

4.2.2 인식 횟수

1차 시험에 비해 시속 30km 이내에서는 인식 횟수가 다소 증가하였으나, 4~50km에서는 마찬가지로 인식 횟수가 변하지 않았다.

구분	20Km	30Km	40Km	50Km
최소	6	4	2	1
평균	7	6	3	2
최대	8	7	4	2

4.2.3 인식 범위

20m에서는 인식범위가 9m로 측정되었다.

거리	10m	15m	20m	25m
인식범위	5m	8m	9m	미 인식

4.2.4 성능 분석 결과

송신부측 LED 밝기 및 수신부측 렌즈를 보강한 결과 인식거리가 증가하고 인식범위가 줄어들었음을 알 수 있었다. 그러나 발광부 LED의 조사각도를 조절하는 것은 인식범위에 큰 영향을 주지 못하였으나 수신부측 렌즈 부분의 조리개를 조절한 결과 인식범위가 좁아짐을 확인할 수 있었다.

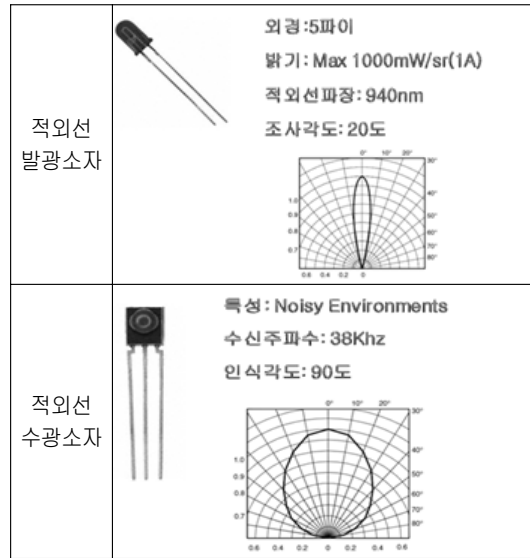
4.2.5 2차 시험용 제품 보완

① 송신신 소자 변경

고출력 LED 장착은 비용측면에서 제품제작에 비효율적이므로 5파이 적외선 LED를 다수 개 장착하는 방식으로 변경하였다. [그림 14]에 나타난 바와 같이 적외선 발광소자는 사양에 따라 적외선 파장대, 밝기, 조사 각도 등의 차이가 있는데 인식거리를 늘리기 위하여 조사각도가 작고 밝기가 밝은 적외선 발광 소자를 선택하였다. 적외선 수광 소자는 원거리 인식이 가능하고 노이즈에 강한 수광 소자를 선택하였다. 적외선 사용 환경에 따라 외부 환경용과 고속데이터 전송용이 있는데 야드의 외부환경에서 사용되기 때문에 외부 환경에 특성이 좋은 소자를 선택하였다.

② 수신기보완 제작

수신기는 카메라에 사용되는 렌즈를 사용하여 장착하였으며 조리개부를 제작하였다. 그리고 외부에 설치하기 때문에 방수케이스를 제작하였다.



[그림 14] 선택한 적외선 발광소자와 수광소자

③ 어플리케이션 개발



[그림 15] 어플리케이션

수신기 ID설정 기능, 송신기 YT번호 설정 기능, 데이터 필터링을 위한 타임설정기능, 수신기 통신활성화 기능, 수신기 통신상태 확인 기능, 수신기 동작 모드 설정기능(자동, 수동) 등을 추가하여 서버프로그램 테스트 버전을 개발하였다([그림 15]).

4.3 최종 시험 및 시스템 보완 개발

4.3.1 송신부 보완

YT에 장착이 가능하도록 브라켓 제품을 조사하여 선정하였는데, YT 내부 장착 공간이 YT 마다 달라 가장 적합한 브라켓으로 선정하였다(그림 16).



[그림 16] 선택한 브라켓과 설치 모습

4.3.2 수신부 보완

수신기도 장착성 및 방수문제로 인하여 [그림 17]과 같이 CCTV 하우징 형태로 변경하여 [그림 18]과 같이 설치하였다.



[그림 17] 수신기 하우징

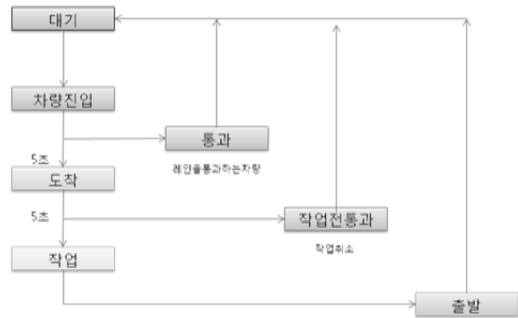
그리고 수신기 내부에 장착될 수 있도록 수신기 모듈을 제작하고, 수신기 인식범위 문제로 CCTV 하우징 앞쪽에 조리개를 추가 장착하였다.



[그림 18] 수신기 모듈 장착

4.3.3 YT인식에 따른 작업 메시지 처리방식 구현

YT를 인식한 후, 서버에 메시지를 전달하고, 항만운영시스템(TOS : Terminal Operating System)에서 작업에 대응 할 수 있도록 메시지 체계를 정의하여 구현하였다.



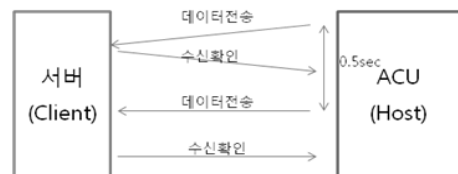
[그림 19] YT 인식에 따른 서버 통보 메시지

4.3.4 무선네트워크 접속 문제 등에 대한 보완



[그림 20] 통신 방식

서버컴퓨터는 CC와 TC 단위로 설치된 ACU에 네트워크 전송 프로토콜인 TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)로 접속한다.



[그림 21] ACU, 서버 간 데이터 통신

ACU는 0.5초 간격으로 서버에 데이터를 전송하며 ACU, YT 수신데이터 등의 정보를 포함하여 서버로 응답한다(그림 21). 이때 ACU는 0.5초 간격으로 서버에 데이터를 전송하여 3초 이상 통신응답이 없는 경우, 서버에서는 TCP/IP를 재접속하고, ACU 네트워크 모듈을 리셋함으로써 통신을 복구한다. 서버프로그램은 ACU로부터 데이터 응답을 확인하여 3초 이상 응답지연이 발생한 경우 TCP/IP를 재접속 처리한다. 수신에서는 수신된 YT 번호를 처리하는데 새로운 YT 번호가 인식된 경우에는 차량진입 메시지를 서버로 전송하며 5초 이상 인식되는

경우 도착 메시지를 전송하고 이후 5초 이상 추가로 인식되는 경우에 작업메시지를 전송한다. 도착 상태 이전 YT 번호가 인식되지 않으면 통과 메시지를 전송하고, 작업 상태 이전 YT 번호가 인식되지 않으면 작업 전 통과 메시지를 전송하여 작업 취소 메시지를 전송한다. 그리고 작업이후 YT 번호가 인식되지 않으면 출발 메시지를 전송한다.

4.3.5 최종 시험 결과

(가) 인식 거리

25m에서도 정상적으로 인식이 되었다.

거리	10m	15m	20m	25m
결과	정상인식	정상인식	정상인식	정상인식

(나) 인식 횟수

인식 횟수가 일정하게 인식되어 상당부분 안정화되었으며, 수평선상 50m이상거리에서도 인식되는 것을 확인하였다.

구분	20Km	30Km	40Km	50Km
최소	8	5	4	3
평균	8	5	4	3
최대	9	5	5	4

(다) 인식 범위

25m에서도 인식범위가 5.7m로 측정되었다. 즉, CC 밑을 지나다니는 여러 차선의 YT들을 구분하여 인식할 수 있는 인식 범위를 가지게 되었다.

거리	10m	15m	20m	25m
인식범위	4m	5m	5m	5.7m

5. 시스템 설치 방안

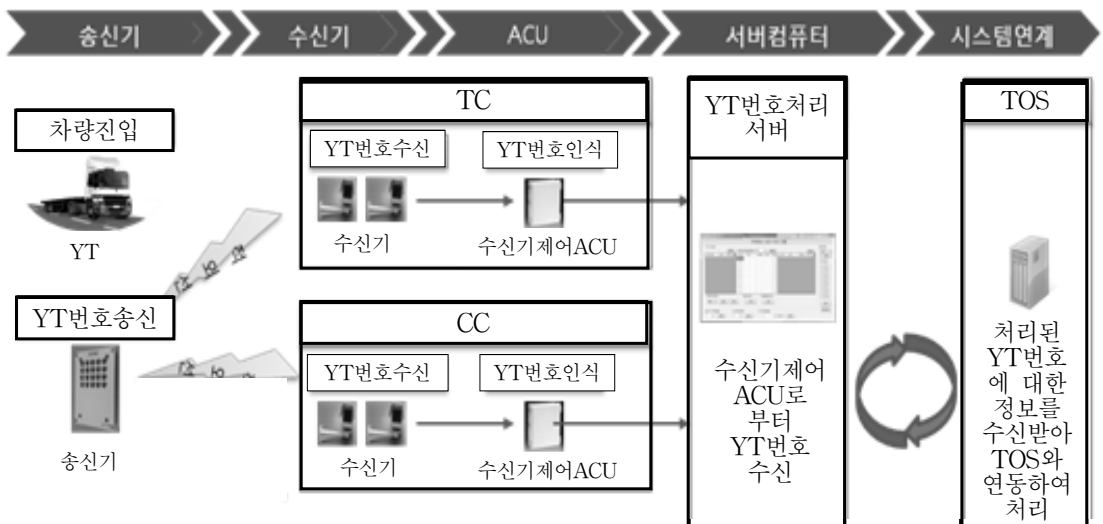
5.1 시스템 구성

개발된 적외선 통신시스템과 기존 TC에서 사용하고 있는 RFID 시스템과 비교하면 <표 4>와 같다.

그리고 적외선 통신시스템 구성 및 운영 흐름도는 다음의 [그림 22]와 같다.

<표 4> RFID시스템과 적외선 통신시스템 비교

구분	RFID 시스템	적외선 통신시스템
장비외형		
인식거리	약6m	30(최대50m)
차선인식	인식범위가 넓어 차선인식불가	수신각도 및 범위 조절로 차선인식 가능
전력 소모량	전력 소모량 높음	전력소모량이 낮음 으로 태양발전으로 동작 가능
적용가능 위치	야드 크레인 측면, 야드 게이트	야드 크레인, 컨테이너 크레인

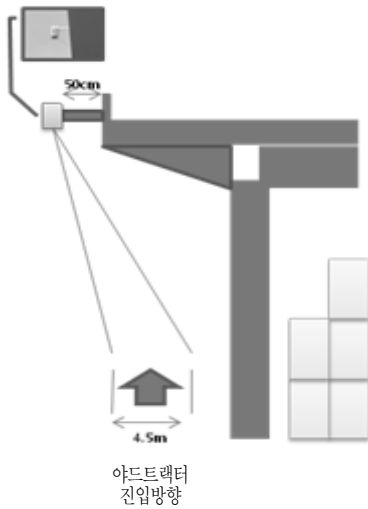


[그림 22] 적외선 통신시스템 구성 및 운영 흐름도

5.2 시스템 설치 방안

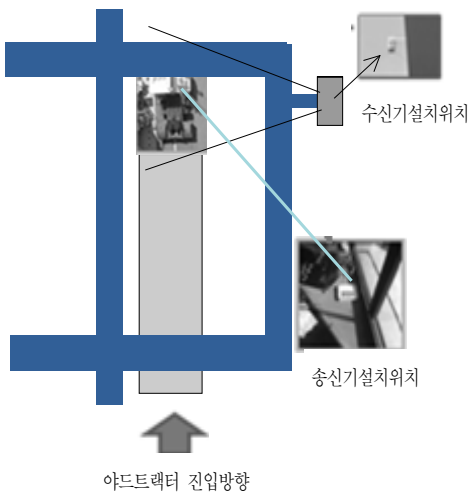
5.2.1 TC에 설치

YT의 진입방향에 맞추어 수신기를 안쪽으로 기울이고, 충분한 수신을 위해 50cm의 간격을 두고 설치한다 ([그림 23]).



[그림 23] 트랜스퍼크레인 측면도

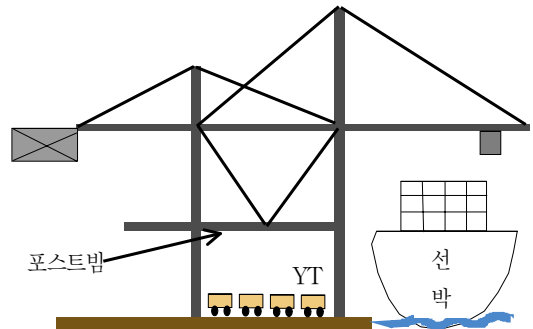
[그림 24]에 나타낸 바와 같이 YT가 TC에 진입하면 YT의 송신기와 TC의 수신기 간의 적외선통신에 의해 YT 번호인식으로 TC의 작업이 수행된다.



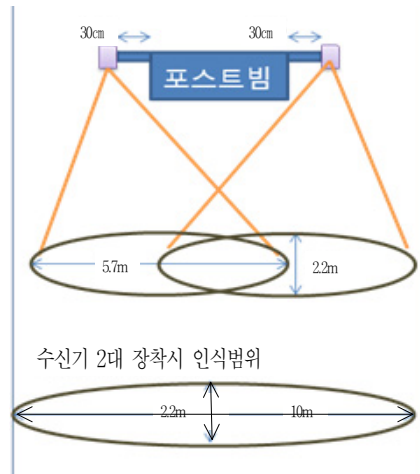
[그림 24] 트랜스퍼크레인 상측도

5.2.2 CC에 설치

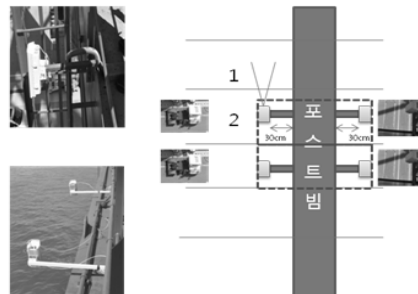
CC의 높이는 화물의 인양높이가 39m에 이르지만[8] YT를 인식하기 위해서는 [그림 25]에 나타낸 바와 같이 포스트빔의 위치가 최적이다. 포스트빔에는 [그림 26]과 [그림 27]에 나타낸 바와 같이 YT가 진입하는 레인별로 각각 2개씩 포스트빔의 양쪽에 설치한다. 이것은 일반적으로 한 방향으로 YT가 진입하지만 경우에 따라 반대 방향으로 진입하는 YT도 인식하기 위해서이다.



[그림 25] 포스트빔 위치도



[그림 26] 컨테이너크레인 측면도



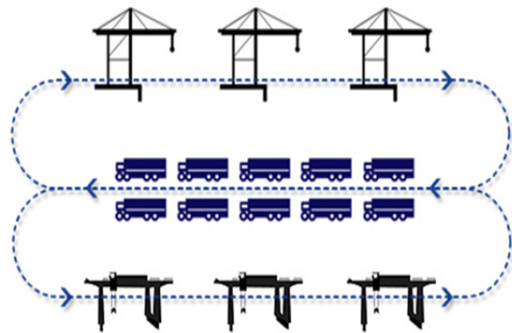
[그림 27] 컨테이너크레인 상측도

따라서 좌측에서 YT가 진입하면 먼저 포스트빔 좌측의 수신기가 인식하고 곧바로 우측의 수신기가 인식하여 YT를 정차시키고 CC가 작업을 수행하며, 반대로 우측에서 YT가 진입하면 포스트빔의 우측 수신기, 그리고 좌측의 수신기가 차례로 인식하여 YT 정차 후 CC가 작업을 수행한다.

20m 위치에 있는 포스트빔에서의 인식범위는 각각의 수신기가 5.7m이고 1개의 차선만을 인식하기 위해 렌즈의 양쪽을 일정부분 가려 2.2m로 한다. 따라서 2개의 수신기가 인식할 수 있는 부분은 각 차선에 대해 폭 2.2m와 길이 10m로 YT를 충분히 인식할 수 있게 한다.

6. 결론

적외선 통신시스템은 RFID 시스템에 비해 인식범위를 제한할 수 있어 차선단위의 YT 차량인식이 가능하다. 또한 수신 장치의 경우 전력소모량이 매우 적어 태양발전을 이용하여 동작할 수도 있기 때문에 에너지 절감 효과도 있다.



[그림 28] YT Pooling

그러나 무엇보다 중요한 것은 그동안 국내 컨테이너 터미널의 자동화사업에 정부나 기업이 많은 투자를 해오면서 RFID 관련 기술에 치중하다 보니 컨테이너 터미널 내 여러 부분의 자동화에 많은 효과도 있었지만 야드 작업과 본선 작업 간의 정보인식 연계에 문제도 노출되었다. 특히 운영 효율을 높이기 위해 현재 컨테이너터미널에서는 YT의 작업 상태와 위치를 파악하여 작업 가능한 최단 경로의 YT를 야드 및 본선 작업에 투입하는 [그림 28]에 나타낸 바와 같이 YT Pooling 시스템 구축을 시도

하고 있는데 이를 위해서는 무엇보다 CC에서 진입하는 YT를 정확히 인식하는 것이 필요하다.

그러나 서론에서 언급하였듯이 RFID시스템이 TC를 이용한 야드 작업에서는 문제가 없으나 여러 대의 YT를 구분하여 인식해야만 하는 CC에서의 본선 작업에는 한계가 있어 본 연구에서 개발한 적외선 통신시스템의 적용이 필요하다. 다만 100% 인식을 위해서는 YT의 시속이 30km 내에서 이루어져야하며, 3번의 시험에 대한 결과가 이기 때문에 보다 다양한 외부환경 하에서의 적외선 통신시스템의 신뢰성을 검증할 필요가 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] 권순량, 정광주, 박상훈, 김정훈, “유비쿼터스 항만 운영 효율화를 위한 RTLS 기술 적용”, 「정보과학회논문지」, 제13권, 제6호(2007), pp.343-435.
- [2] 김명환, 정영지, “복합환경에서 실시간 위치추적 서비스 시스템 설계”, 「한국인터넷정보학회 논문지」, 학술발표대회(2010), pp. 343-353.
- [3] 김순석, 김영훈, “RFID 기술을 이용한 제품 재고관리 및 위치추적시스템”, 「보안공학연구논문지」, Vol.5, No.4(2008), pp.23-33, 2008. 8.
- [4] 김잠재, 손상현, 최훈, 백운주, “위치 측정 정확도 향상을 위한 RTLS의 이동형 리더 선택”, 「정보과학회논문지:컴퓨팅의 실제 및 리더」, 제16권, 제1호(2010), pp.45-55.
- [5] 김정환, 허준, 손홍규, 윤공현, “추측항법과 RFID 기반의 위치결정 시스템의 정확도 분석», 「한국지형공간정보학회 논문집」, GIS 춘계학술발표대회(2007), pp. 321-345.
- [6] 김한수, 박상현, 박만곤, “항만인적보안시스템을 위한 RFID 기반의 실시간 위치정보시스템에 관한 연구», 「한국멀티미디어학회논문지」, 추계학술발표논문집(2009), pp. 730-750.
- [7] 박두진, 최영복, “RTLS를 활용한 유비쿼터스 항만운영시스템 구축 방안», 「한국콘텐츠학회논문지」, 제6권, 제12호(2006), pp.312-330.
- [8] 양창호, 최종희, 최용석, 하태영, “차세대 컨테이너터미널 운영시스템의 기술개발 방향과 전략수립에 관한 연구», 「한국해양수산개발원 기본 연구」, 2003-02(2003), p.35.

- [9] 유영환, 김진환, “항만 물류용 RFID 리더-태그 간 다중 홉 통신 구조”, 「한국통신학회논문지」, 제34권, 제5호(2009), pp.443-558.
- [10] 유홍진, 오준환, 채진석, “LBS 기반 차량위치추적 시스템의 성능 향상 기법”, 「한국정보과학회 2009 가을 학술발표논문집」, 제36권, 제2호(D)(2009), pp. 276-289.
- [11] 이충훈, 장경열, 김재곤, 유우식, “항만 컨테이너 터미널에서의 RFID 적용을 위한 시뮬레이션 연구”, 「산업경영시스템학회지」, 제30권, 제4호(2007), pp.30-38.
- [12] 전태원, 류우종, 이흥희, 김홍근, 로의철, “항만 자동화를 위한 야드 크레인의 절대위치 측정 기법”, 「전력전자학회논문지」, 제9권, 제2호(2004), pp.97-193.
- [13] 정동호, 김정호, 지동환, 백윤주, “능동형 RFID를 이용한 RTLS의 설계 및 구현”, 「한국통신학회논문지」, 제31권, 제12A호(2006), pp.1177- 1260.
- [14] 황준호, 이지수, 유명식, “실내 가시광 무선 통신 시스템의 수신 광도 변화 추적 기반 단말기 위치 및 수신각 추정 알고리즘”, 「전자공학회논문지」, 제48권, TC편 제3호(2011), pp.32-53.

김 창 곤



- 1985년 2월 : 경희대학교 산업공학과(공학사)
- 1987년 8월 : 서울대학교 산업공학과(공학석사)
- 2000년 2월 : 경희대학교 산업공학과(공학박사)
- 1996년~2000년 : 한국해양수산개발원 연구위원
- 2002년~현재 순천대학교 사회과학대학 물류학과 교수
- 관심분야 : 대기이론, 물류정보시스템, 시뮬레이션 등
- E-Mail : cgkim@sunchon.ac.kr

홍 동 희



- 1981년 2월 : 홍익대학교 전자계산학과(이학사)
- 1987년 2월 : 연세대학교 산업공학과(공학석사)
- 2004년 2월 : 경희대학교 전자계산공학과(공학박사)
- 2005년~2011년 : 한국종합물류연구원 부원장
- 2011년~현재 경기과학기술대학교 IT경영학부 e-비즈니스과 교수
- 관심분야 : 물류정보, e-비즈니스, IT응용
- E-Mail : sonbal2000@gtec.ac.kr