

## 무선 갠트리 로더 시스템 개발

강동배<sup>1</sup>, 안중환<sup>1</sup>, 손성민<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 기계공학부, <sup>2</sup>울산과학기술대학 디지털 기계학부

### Development of Wireless Gantry Loader System

Dong-Bae Kang<sup>1</sup>, Joong-Hwan Ahn<sup>1</sup> and Seong-Min Son<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Mechanical Engineering, Pusan National University

<sup>2</sup>School of Digital Mechanics, Ulsan College

**요 약** 갠트리 로더(Gantry loader)는 생산설비 자동화의 물류이송에서 중요한 역할을 하고 있다. 최근 물류 반송거리가 확대되면서 이동반(Carrier)과 제어반(Controller)의 유선연결로 갠트리 운동의 장애, 주기적 유지보수로 인한 시간 지연 등이 문제점으로 대두되고 있다. 본 연구에서는 이동반과 제어반의 연결을 무선화 하여 생산효율을 향상시키고자 갠트리 로더의 기구부를 트롤리 바(Trolley Bar)를 사용하여 개선하고 무선통신 시스템과 모션 제어기 및 제어 프로그램을 제작하여 무선 갠트리 로더 시스템을 개발하였으며 유선 갠트리 시스템과의 비교 평가를 통해 정밀도와 안정성을 확인하였다.

**Abstract** Gantry loader which is also called as gantry robot is a kind of cartesian coordinate robot with two or more linear motions. A conventional gantry system has cableveyor for protecting power and signal cables, but the use of cableveyor makes a delay of work due to frequent repairing for its aging. This study reports that a wireless gantry loader is able to be operated without a power line for power transmission or a signal cable for motion control. The wireless gantry loader enables a convenient maintenance and a stable productivity by the reduction of wire broken from fatigue. The developed loader system is controlled by PC-based motion controller and is communicated by wireless LAN devices. The line from a power source to the loader system was substituted by attaching trolley bar on the traveling beam. The loader system was designed to be moved with high speed and high repeatability, and the motion was observed continuously by monitoring system in the PC-based controller. The maximum speed and the repeatability for the transferring and loading axes are 200 m/min, 60 mm and 100 m/min, 40 mm respectively.

**Key Words** : Gantry loader, Wireless Control, PC-based motion controller

### 1. 서론

갠트리 로더(Gantry loader)는 갠트리 로봇으로도 불리는데 서로 직교하는 2축 이상의 각 축이 모두 직선운동을 하는 직교 좌표형 로봇(Cartesian Robot)이다. 갠트리 로더는 구조상 높은 강성을 갖고 있고, 또한 한 축을 따라 직선운동을 하기 때문에 작업영역이 넓고 비교적 제어가 용이하다는 장점이 있어 픽-앤-플레이스(Pick and Place) 작업에 적합해 생산설비 자동화의 물류이송에서 중요한 역할을 하고 있다. 특히, 자동차 및 관련부품 생산 공장에

빠르게 확산 보급되어 이송가능 중량이 5 kg이하의 작은 것에서부터 30 kg까지, 5 m전후의 단거리에서부터 30 ~ 40 m의 장거리까지 폭넓게 사용되고 있다.

물류의 반송거리가 길어지면서 갠트리 로더의 이동반(Carrier, Arm)과 제어반(Controller)을 연결하는 약 20 m 이상의 긴 케이블이 필요하게 되었고 이동반은 길어진 케이블을 보호하기 위해 그림 1과 같은 케이블 컨베이어(Cable Conveyor, 또는 Cableveyor, Cable Chain)를 부착하고 운동하는 구조가 일반화 되었다. 케이블 베이어는 케이블이 일정한 패턴으로 움직일 수 있도록 안내하는

\*교신저자 : 손성민(semson@uc.ac.kr)

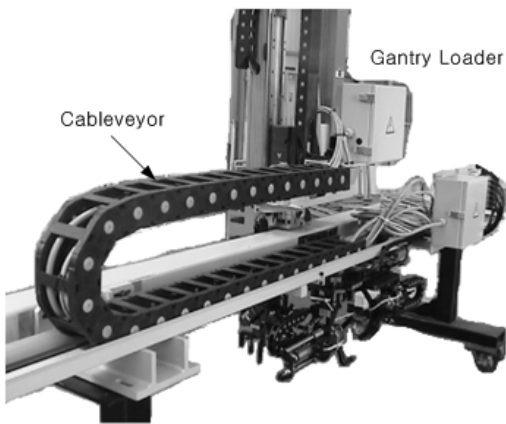
접수일 11년 08월 17일

수정일 (1차 11년 09월 14일, 2차 11년 09월 30일)

게재확정일 11년 10월 06일

역할을 하며 배선의 꼬임이나 늘어짐을 방지하기도 한다. 그러나 갠트리 로더가 고속으로 장시간 운전되면서 케이블 베이어에 의해 인장·압축이 지속적으로 가해지는 케이블도 피로파손 되기 때문에 6개월에서 1년을 주기로 교체해야 하고 이는 유지보수를 위한 인력과 비용, 생산 시간 지연 등을 유발하여 생산효율을 떨어뜨리는 결과를 초래한다.

본 연구에서는 고속(3 m/sec), 장거리 이송용 갠트리 로더에서 신호와 동력을 전달하는 케이블이 제거되어 보전이 편리하고 생산성이 안정화 될 수 있는 무선 방식의 시스템 개발에 관한 내용을 보고한다.

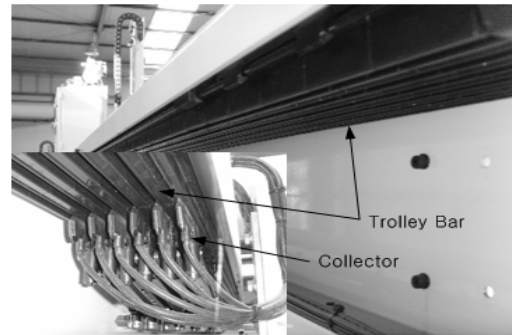


[그림 1] 케이블 베이어를 장착한 갠트리 로더  
[Fig. 1] Gantry Loader with Cableveyor

## 2. 본론

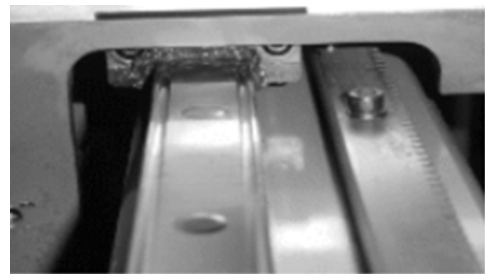
### 2.1 무선 갠트리 로더의 기구부

갠트리 로더의 케이블 베이어를 제거하고 운전을 무선화하기 위해서는 갠트리 로더의 헤드부를 운동시키는 서보기구와 그리퍼(Gripper) 운동에 필요한 공기압 관련 밸브, 탱크 등이 갠트리 로더의 이송반에 탑재되어야 하고 이들 장치에 전원을 공급하는 방식이 케이블을 필요로 하지 않는 구조가 되어야 한다. 이를 위해 무선 갠트리 로더에는 그림 2와 같이 트롤리 바(Trolley Bar)를 주행부에 설치하여 전원을 공급한다. 트롤리 바는 수명이 반영구적이며 설치시공이 간편하고 주행부의 곡선운동에도 적용할 수 있다. 트롤리 바를 통해 전달되는 전력은 XY 평면상의 운동 만드는 두 서보모터의 용량과 컨트롤러를 포함한 기타 전기장치의 소요전력을 감안하여 허용전류가 60 A가 되도록 하였다.

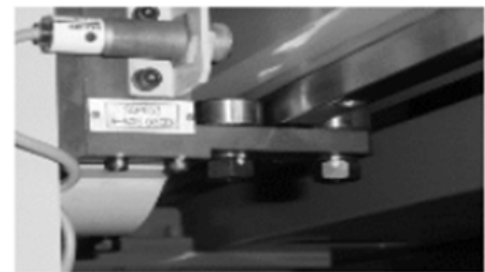


[그림 2] 트롤리 바와 컬렉터  
[Fig. 2] Trolley Bar and Collector

X, Y 두 개의 서보모터로부터 동력을 전달하는 장치는 무선 갠트리 로더의 고속 이송능력을 최대한 살리기 위하여 랙-피니언(Rack-Pinion) 구조를 선택하였는데 정밀도와 소음을 고려하여 헬리컬 타입이 적용되었다. 부하가 크고 스트로크가 긴 X축에는 모듈이 4, 허용모멘트가 165 Nm 이상인 랙과 피니언이 사용되었고 Y축에는 모듈이 2, 허용모멘트가 65 Nm 이상인 것이 적용되었다. 한편, 랙-피니언 구조에 더블 피니언을 설치하고 예압을 걸어 줌으로써 구동계의 강성이 높아져 컨트롤러의 지령에 대해 민첩하게 반응할 수 있도록 하고 백래쉬를 줄일 수 있도록 하였다. 가이드 레일(Guide Rail)은 그림 3에 보이는 것과 같이 리니어 모션 가이드와 롤러 가이드가 복합적으로 사용되어 강성과 정밀도를 유지할 수 있도록 하였다.

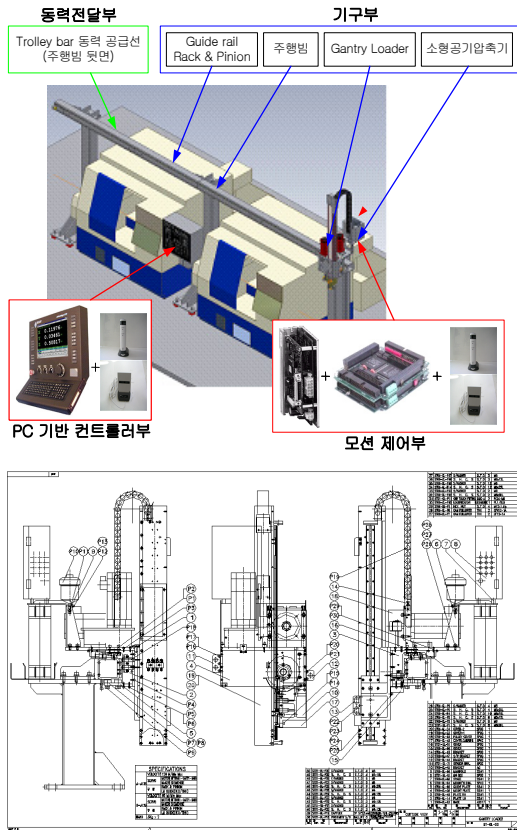


(a) LM Guide



(b) Roller Guide

[그림 3] 갠트리 로더의 가이드  
[Fig. 3] Guide Rail



[그림 4] 무선 갠트리 로더의 구조  
[Fig. 4] Schematic of Wireless Gantry Structure

## 2.2 무선 통신 시스템 및 모션 제어기

갠트리 로더 제어 시스템의 무선화를 위하여 IrDA, Home RF, Bluetooth, Wireless LAN 등 주요 근거리 무선 통신에 대한 인터페이스 방식을 조사하여 표 1과 같이 정리하여 비교하였다. 이를 토대로 경제성, 안정성, 속도, 작업환경에 대한 적합성 등을 감안하여 무선 갠트리 시

스템에 적용될 방식으로 Bluetooth와 Wireless LAN을 선정하여 비교·평가하였다[1-8].

Bluetooth의 경우 직렬통신의 RS-232C 프로토콜을 사용하기 때문에 최대 전송률이 38400 bit/s로 낮고, 각 모듈에서의 무선신호 변환 시 30 ms의 시간지연이 생기는 단점을 보였다. 이는 본 무선 갠트리 로더 시스템에 사용되는 PMAC 모션보드와 무선 통신을 원활하게 할 수 있는 20 ms의 시간지연을 초과하는 것이다. 이로 인하여 모션보드와 통신에 장애가 발생하였기 때문에 시간지연 문제를 해결할 수 있고 고속대응이 가능한 TCP/IP 프로토콜을 채택하였다. Wireless LAN은 기존 유선 기반 망에 연결하여 사용할 수 있고 다양한 형태의 공간에서 활용이 가능하며 레이아웃 변경에 따라 새로 네트워크를 구성할 필요가 없다는 장점 또한 갖고 있다.



[그림 5] WLAN 무선통신 장비  
[Fig. 5] Access Point, Ethernet Converter, and Diversity Reception Antenna

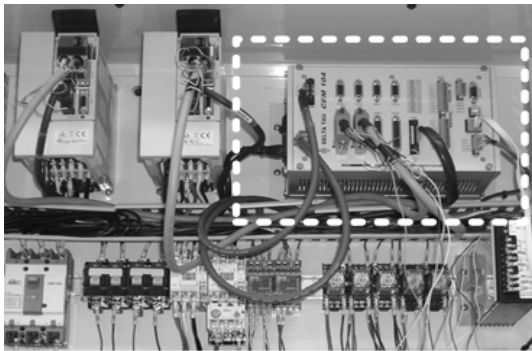
그림 5는 무선 갠트리 로더 시스템의 무선통신에 사용된 장비를 나타낸다. TCP/IP 프로토콜을 사용하는 액세스 포인트(AP: Access Point)와 이더넷 컨버터(Wireless Ethernet Converter)를 이용하여 무선 통신 장치를 구성하였다. 액세스 포인트는 PC 컨트롤러에서 나오는 신호를

[표 1] 무선 통신 프로토콜 비교  
[Table 1] Comparison of Wireless Transmission Protocol

Properties	IrDA	Home RF	Bluetooth	Wireless LAN
Spectrum	Infrared	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz, 5 GHz
Max. Tx. Speed	4 Mbps	1 or 2 Mbps	10 Mbps	2 ~ 54 Mbps
Range	1 m	50 m	10 m	100 ~ 150
Traffic	Data	Voice, Data	Voice, Data	Data
Characteristics	Extremely low cost, Support & applications in all major OS, Direct wave	Home Networking focused, Faster than Bluetooth, 2 Chips	Adopted in Mobile handset, Telecom/ Industry Support, Lower consumption than HomeRF, 1 Chip	High rate transmission, Standardization earlier than other methods

무선 신호로 변환하는 역할을 하고 이더넷 컨버터는 모션 제어기에서 나오는 신호를 무선 신호로 변환하는 역할을 한다. 지향성 평면형 다이버시티 수신(Diversity reception) 안테나를 적용하면 비차단경로 조건에서 안테나가 없을 때 보다 약 400 %의 전송거리 증가를 가져오기 때문에 10 Mbps의 전송 속도를 사용할 경우 100 m까지 대응이 가능하다.

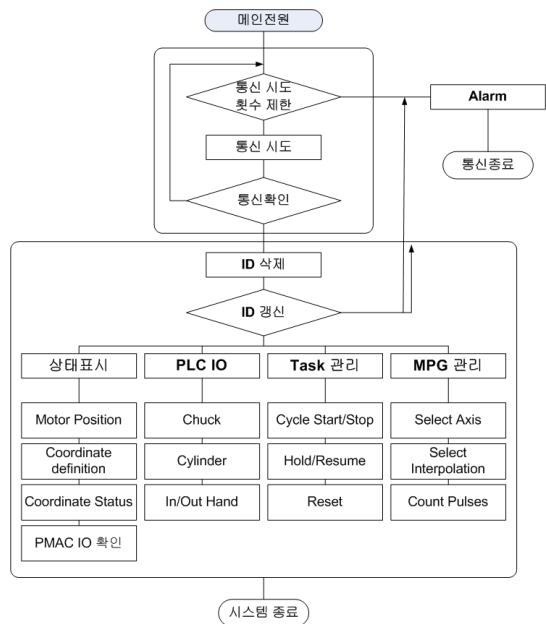
모션 제어기는 40 Mhz의 처리 속도를 가지는 PMAC 모션 보드를 활용하였으며 그림 6과 같이 설치되었다. PMAC 모션보드는 DSP를 활용하여 4축의 모터를 동시 제어할 수 있으며, 모션에 비동기적인 PLC 구동이 가능하고 16개의 병렬 입출력 단자를 기본으로 보유하고 있다. 독립적으로 내장된 프로그램에 의해 모션 수행이 가능하며 적절한 작업순서를 감시하고 추종에러, 리미트, 하드웨어 및 소프트웨어 오버트래블, 서보앰프에러 감시 등을 수행할 수 있다.



[그림 6] 모션 제어기  
[Fig. 6] Motion Controller (PMAC2A PC/104 Based CEM)

### 2.3 통신 및 위치제어 프로그램

PMAC 모션보드와 무선 통신을 수행하고, 무선 통신을 통해 모션지령 등의 정보를 변환, 표시할 수 있는 무선 위치 제어 프로그램을 개발하였다. 메인화면에는 갠트리 로더 위치정보 표시, 각 축의 조그 구동 및 비상 버튼 등이 있으며, PMAC 보드로의 지령 다운로드와 응답표시창, 모션 프로그램을 편집할 수 있는 편집창 등으로 구성되었다. 또한 프로그램, 시스템, 반자동, 조작, 알람의 기능을 갖는 세부화면들이 구성 되어있는데 프로그램 초기 실행 시 컴퓨터의 소프트웨어 제어기와 모션 보드 사이의 무선통신이 정상적으로 이루어지면 갠트리에 부여된 ID가 캡션에 표시 되고 일련의 작업들이 자동으로 수행된다.



[그림 7] 무선 갠트리의 제어 흐름도  
[Fig. 7] Communication and Motion Control Flow of Wireless Gantry

그림 7은 통신 및 위치제어 프로그램의 제어 흐름을 나타낸다. 통신 및 위치제어 프로그램의 역할은 모션 제어기와 통신 상태, 모션 제어기의 상태 표시 및 갠트리 로더에 탑재된 제어반의 입출력 등을 감시한다. 또한 PLC 등의 주변장비와의 데이터 송수신 및 시작, 정지, 일시정지 등의 작업 스케줄링과 소프트웨어 MPG를 수행한다.

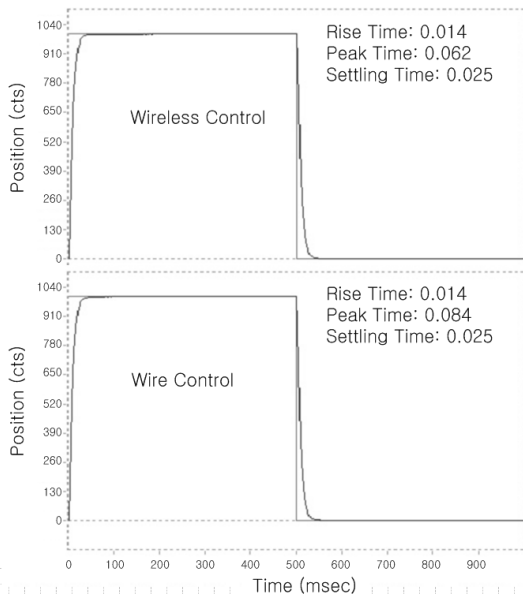
무선 갠트리 로더에서 통신이상은 가장 심각한 오류이기 때문에 소프트웨어 제어기는 타이머 기반으로 상태감시를 함으로써 무선통신의 안정성을 확보한다.

이 기능은 갠트리 로더에 탑재에 되어 있는 상부 제어기의 문제, 통신 모듈의 이상, 소프트웨어 내부의 오류, 기타 요인으로 인해 발생할 수 있는 모든 통신 이상 상태를 감시하여 오류가 발생하면 작업자가 이것을 인지할 수 있도록 이상상태를 알려준다. 통신 이상이 발생했을 때, 수행중인 작업이 있으면 모션 제어기는 즉시 작업을 일시정지 상태로 유지시키고 통신이 재개될 때까지 작업을 수행하지 않는다.

### 2.4 무선 갠트리 로더 시스템 특성 평가

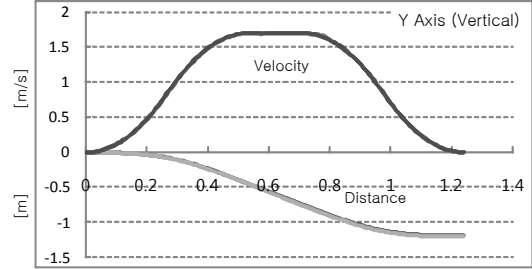
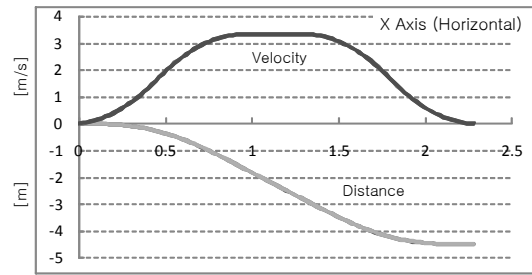
제어 및 무선통신이 결합된 갠트리 로더를 제작하여 특성을 평가하였다. 먼저 무선제어의 성능을 평가하기 위하여 유선으로 갠트리 로더의 서보모터를 제어했을 때와 비교하였다. 그림 8은 유선 및 무선제어를 통한 모터의

스텝응답을 표시한 것으로 모터의 응답속도, 오버슈트, 정착시간, 정상상태오차와 같은 모터 성능 평가에서 유·무선이 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 무선통신 수신강도 RSSI (Received Signal Strength Indication)는 통신 거리 50 m 부근에서 약 -58 dBm으로 양호한 수준을 보였으며, 지상 조작반과 무선 갠트리의 거리를 최대 40 m 정도로 볼 때, 안정적인 무선 통신이 가능하다고 판단된다 [9-10].

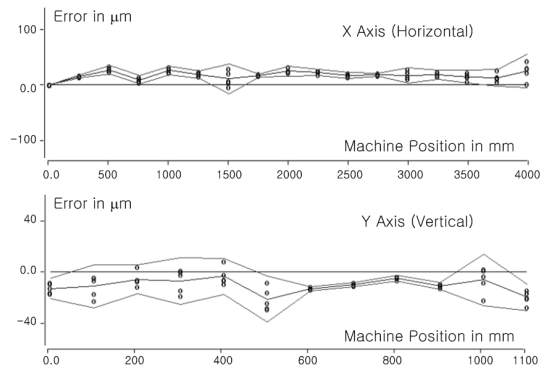


[그림 8] 서보 모터 스텝 응답  
[Fig. 8] Step Responses of Servo Motor

무선 갠트리 로더 시스템의 정밀도 평가를 위해 ISO-203-2 규정에 따라, 레이저 간섭계 (HP-5529A)를 이용하여 위치정도 및 반복정밀도를 측정하였다. 그림 10은 이송축(X 축)과 상·하축(Y 축)에 대한 위치정도와 반복정밀도를 나타낸다. 이송축의 반복정밀도는 약 107  $\mu\text{m}$ 로 백래쉬 보정장치에 의해 일반적인 랙-피니언 구조가 갖는 반복정밀도보다는 우수하나 위치정밀도는 약 0.4 mm 정도로 개발 목표치에는 크게 미치지 못하는 값이다. 이 오차를 줄이기 위하여 무선 제어기에 소프트웨어 보정기능을 추가하여 위치결정 정밀도가 약 70  $\mu\text{m}$ , 반복정밀도가 약 60  $\mu\text{m}$ 로 향상되었다. 갠트리 로더의 상·하축 역시 소프트웨어 보상에 의해 위치결정 정밀도는 50  $\mu\text{m}$ , 반복정밀도는 40  $\mu\text{m}$ 로 측정되었다.



[그림 9] 무선 갠트리 로더의 주행 속도  
[Fig. 9] Traveling Speed of Wireless Gantry Loader



[그림 10] 무선 갠트리 로더의 선형 오차  
[Fig. 10] Linear Error of Wireless Gantry Loader

### 3. 결론

Wireless LAN을 기반으로 산업현장내 근거리 무선통신이 가능한 시스템 및 PC 기반 모션제어기를 탑재하고 동력전달 케이블이 제거된 무선 갠트리 로더 시스템을 개발하였다. 개발된 갠트리 로더는 높은 정밀도를 유지하며 고속이송이 가능하도록 설계되었으며 소프트웨어 제어기에 의해 지속적으로 상태감시가 되어 안정성이 확보되었다. 무선 갠트리 로더는 이송축 최대속도 200 m/min, 반복정밀도 60  $\mu\text{m}$ 로 측정되었고 상하축 100 m/min, 반복정밀도 40  $\mu\text{m}$ 의 성능을 가진다.

References

[1] Eric Ouellet, Robert Padjen, Arthur Pfund, Ron Fuller, Tim Blankenship, "Wireless LAN Overview," Building A Cisco Wireless LAN, 2002.

[2] Th. Zahariadis, "Evolution of the Wireless PAN and LAN standards," Computer Standards & Interfaces, Volume 26, Issue 3, pp.175-185, May 2004.

[3] Y.G. Song, H.J. Kim, "Analysis and prospect for near field communication," National IT Industry Promotion Agency, 2001.

[4] S.H. Yang, G.Y. Kim, T.G. Ahn, B.I. Jun, "Comparison of RF Property and Network Property for 802.11n WLAN between In-door and Out-door Environment," Journal of the Korea Academy-Industrial cooperation Society, Vol. 11, No. 5, 2010.

[5] H.L. Choi, H.S. Kim, Y.S. Park, H.Y. Kim, J.J. Shin, B.H. Lee, G.N. Choi, J.S. Ha, "Improvement of Port Entrance System using RFID," Journal of the Korea Academy-Industrial cooperation Society, Vol. 11, No. 2, 2010.

[6] S.J. Kim, Y.M. Kim, "A Study of Low Power Protocol and Algorithm for Short Range Wireless Communication," Korean Institute of Information Technology, Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 9, No. 5, pp.49-58, 2011.

[7] H.G. Song, KETI, "Technology Trends of Ubiquitous Near Field Communication," Weekly Electronic Information, Electronic Information Center, 2005.

[8] Y.I. Jun, M.J. Chu, K.C. Park, "Technology Trends on Broadband Optical Wireless Communication," Electronics and Telecommunications Research Institute, Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 19, No. 6, pp.13-23, 2004.

[9] K.G. Chung, K.S. Chung, "A Multi-Channel MAC Protocol based on Link Quality to Improve Transmission Reliability in Wireless Sensor Networks," The Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Journal of Computing Science and Engineering, Vol. 38, No. 4, pp. 282-292, 2011.

[10] E.J. Park, H.S. Lee, H.Y. Song, J. Park "Localization of sensor nodes using 802.11 RSSI," The Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Autumn Conference of Computing Science and Engineering, Vol. 34, No. 2, pp. 381-384, 2007.

손 성 민(Seong-Min Son)

[정회원]



- 1999년 2월 : 부산대학교 지능기계공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 부산대학교 지능기계공학과 (공학박사)
- 2004년 11월 ~ 2007년 2월 : NUS 전임연구원
- 2008년 3월 ~ 현재 : 울산과학기술 대학 디지털기계학부 조교수

<관심분야>

생산공학, 특수가공, 정밀가공

강 동 배(Dong-Bae Kang)

[정회원]



- 2003년 2월 : 부산대학교 지능기계공학과 (공학석사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 지능기계공학과

<관심분야>

정밀가공, 제어/자동화

안 중 환(Jung-Hwan Ahn)

[정회원]



- 1979년 2월 : 한국과학기술원 생산기계공학 (공학석사)
- 1987년 2월 : 동경대학 정밀기계공학 (공학박사)
- 1980년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 기계공학부 교수

<관심분야>

미세공정 감시/진단, 생산공학, 공정자동화