

GPS와 USN을 이용한 크레인 위치제어 시스템 설계

임수일¹, 남시병¹, 임해진^{1*}
¹강원대학교 전자정보통신공학부

Design of the Crane position control System using GPS and USN

Su-Il Lim¹, Si-Byung Nam¹ and Hae-Jin Lim^{1*}

¹Division of Electronic and Information Communication Engineering, Kangwon University

요약 본 연구는 철강 회사의 기존 크레인의 위치 제어 시스템을 USN(Ubiquitous Sensor Network)과 GPS(Global Positioning System) 시스템으로 대체하기 위한 시뮬레이션을 수행한 것이다. 크레인의 위치 제어 시스템을 지상국과 차상국의 통제 시스템으로 구분하였으며, 하드웨어 시스템은 GPS 위성으로부터 크레인의 위치 제어 데이터를 수신하는 GPS 수신기 모듈, 지상국과 차상국 간 통신을 하기 위한 블루투스 통신 모듈, 크레인의 위치를 정밀하게 제어하는 초음파 센서 모듈, 크레인의 롤러를 대체한 모터, GPS 수신기 모듈과 블루투스 통신 모듈, 초음파 센서 모듈을 제어하는 임베디드 MCU (ATmega1/28L) 등으로 구성하였으며, 소프트웨어 시스템은 GPS 위성으로부터 GPS 수신기 모듈에 수신된 데이터 중 GGA 출력 문장을 필터링하기 위한 프로그램, 초음파 센서 구동프로그램, 크레인의 위치를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 디지털 지도 프로그램 등으로 구성하였다. 제안한 시스템은 위치제어를 1cm 간격으로 정확하게 조절이 가능함을 실험을 통해 확인하였다.

Abstract In this paper, we study and simulate the suggested position control system using GPS and USN to replace the existing control system of a crane.

For the correct approach, the position control system of a crane is divided into the control system of the ground station and the mobile station

The hardware is comprised of GPS receiving module to receive the position control data of a crane from GPS satellites, bluetooth communication module for the data communication between the ground station and the mobile station, supersonic sensor module for a precise position control of a crane, motor to replace a crane roller, embedded MCU(ATmega128L) and so on. In here, an embedded MCU controls GPS receiving module, bluetooth communication module and supersonic sensor module.

The Software is comprised of three programs. Three programs are the program to filter GGA output part in a receiving data of GPS receiving module, the driving program for supersonic sensor module, the digital map program to monitor a crane location. From the simulation results, it is demonstrated that the proposed system has the capability of crane position control with 1cm precision.

Key Words : GPS, USN, Position Control, Crane

1. 서론

철강 공장에서 제조된 철강 제품(슬라브, 후판)을 크레인(Crane)으로 이동시켜 옥외 야적장의 적소에 적치 또는 적하하는 시스템에서 운전자에 의존하여 수동으로 작업

이 진행되기 때문에 작업 환경에서 오는 피로도와 부주의로 인한 사고를 유발할 확률이 높다.

종래에는 이러한 문제점을 해소하기 위하여 Encoder 방식 시스템, 레이저 센서(Laser Sensor)를 이용한 크레인 위치 제어 방식들을 이용하고 있다. 최근 이를 보완하기

*교신저자 : 임해진(lhjin@kangwon.ac.kr)

접수일 09년 05월 08일

수정일 (1차 09년 06월 25일, 2차 09년 07월 09일)

게재확정일 09년 07월 22일

위하여 크레인 시스템의 자동화에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 지금까지는 주로 무선신호를 이용하여 위치를 검출하는 연구가 진행되고 있다[1,2].

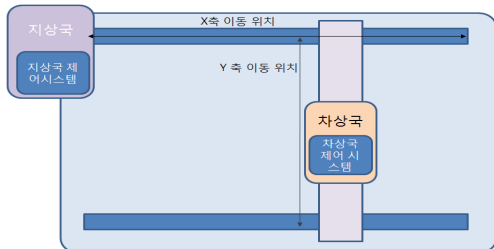
본 연구에서는 옥외 작업장에서 복잡한 무선 방식 대신에 GPS를 이용하여 위치를 검출하고, 검출된 좌표를 이용하여 자동으로 크레인을 최단거리로 이동할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

제안된 시스템은 크레인의 자동 정밀 위치 제어를 위하여 다음과 같이 구성한다. 실시간 위치정보 획득을 위하여 GPS 위성 수신기, 근접한 거리에서 정밀 위치제어를 위한 초음파 거리 센서, 차상국의 자동 위치 이동을 위하여 모터 및 모터 구동 드라이버 등을 이용한다. 그리고 지상국과 차상국간의 제어 모듈(Module)의 데이터를 통신하기 위하여 블루투스 무선통신방식을 사용한다. 이들을 제어하기 위한 소프트웨어 시스템은 초음파 센서 모듈의 구동을 제어하는 프로그램, GPS 위성으로부터 GPS 수신기에 수신된 데이터를 필터링(Filtering)하는 프로그램, 크레인의 위치 제어 동작을 PC의 모니터에서 실시간으로 모니터링이 가능한 전자 맵(Map) 프로그램 등으로 구성한다.

2. GPS를 이용한 크레인의 이동 거리 검출

2.1 시스템 구성도

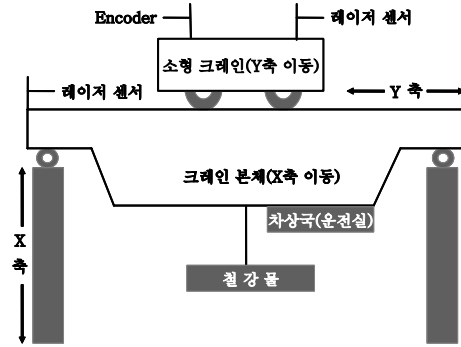
본 연구에서는 철강회사의 옥외야적장을 모델로 하여 연구하였다. 일반적으로 야적장의 크레인 시스템은 그림 1과 같이 지상국과 차상국(Operation Room)으로 구성되어 운영하고 있으며, 크레인 구조는 그림 2와 같다.



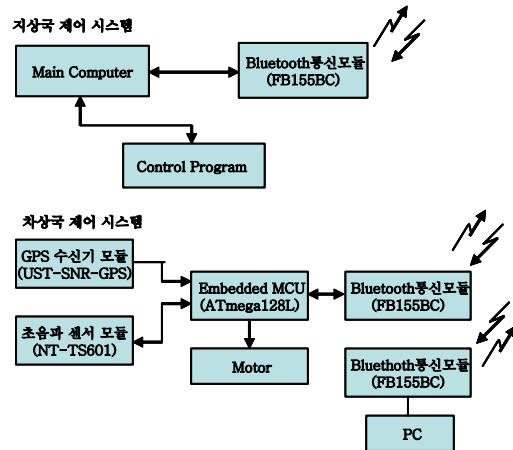
[그림 1] 크레인을 제어하는 지상국과 차상국

그림 1에서 차상국은 지상국의 통제를 받으면서 크레인의 위치를 직접 제어하는 차상국과 차상국을 통제하는 지상국으로 구성한다. 지상국에서는 차상국의 통제에 관한 데이터를 차상국으로 전송하며, 차상국에서는 크레인

의 위치 제어에 대한 데이터를 지상국으로 전송한다. 지상국으로 전송된 데이터(크레인의 위치 제어에 대한 정보)는 지상국과 차상국에서 각각의 모니터를 통해 크레인의 위치 제어를 모니터링하며, 차상국은 지상국의 통제에 따라 크레인을 제어한다.



[그림 2] 옥외 야적장에 설치된 크레인의 모형도



[그림 3] 제안된 시스템 구성 개략도

본 연구에서 제안한 시스템은 그림 3과 같이 구성하였으며, 차상국 제어 시스템에서는 GPS 수신기 모듈, 초음파 센서 모듈, 블루투스 통신 모듈, 모터 컨트롤 모듈 및 Embedded MCU (ATmega128L)로 구성하였다. GPS 수신기 모듈은 GPS 위성으로부터 GPS 수신기에 수신된 크레인의 위치 정보를 검출하며, 근거리 정밀 위치제어를 위하여 초음파 센서 모듈을 사용하였다. 여기서 검출된 위치 데이터는 Embedded MCU (ATmega128L)로 보내지며, Embedded MCU (ATmega128L)는 수신된 위치 정보를 가공하고 블루투스(Bluetooth) 통신 모듈을 이용하여 지상국으로 전송하며, 지상국에서 전달한 철강물의 야적 위치를 수신하고 크레인의 정확한 이동 위치를 계산하여

수행한다. 지상국 제어 시스템에서는 차상국을 제어하기 위한 시스템으로 Main Computer에는 차상국의 작업을 실시간적으로 통제하는 프로그램을 구현하였으며, 블루투스 통신모듈은 차상국의 블루투스 통신 모듈과 데이터를 송수신 한다[7-9].

2.2 GPS를 이용한 X, Y 좌표 검출

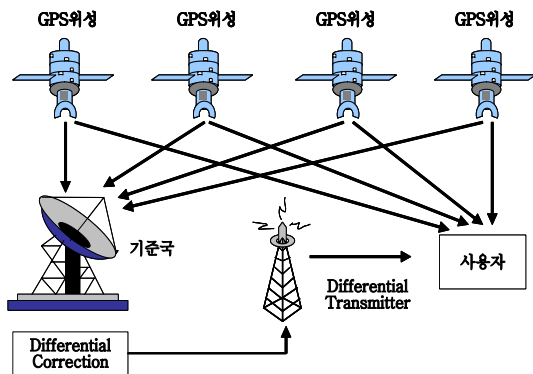
GPS(Global Positioning System)에서 이동물체의 위치 검출을 위한 항법식은 지구중심 고정좌표계(Earth Centered Earth Fixed Frame)를 이용하며, 하나의 위성으로부터의 거리를 알면 현재의 위치는 GPS 위성을 중심으로 하여 반경이 그 GPS 위성으로부터의 거리가 되는 구의 표면의 어느 곳이 된다[4].

이것을 수식으로 표시하면 식 (1)과 같이 표현된다.

$$Pr = R + C \cdot \Delta T \quad (1)$$

(Pr:의사거리, R:실제거리, C:광속도, ΔT:수신기 시계 오차)

고도를 포함한 이동물체의 위치를 파악하기 위해서는 4개 이상의 GPS 위성이 필요하며, 4개의 위성으로부터 데이터를 수신하여 사용자의 위치를 결정한다[3-5].



[그림 4] 4개의 위성에 의한 위치 측정

따라서 GPS 위성의 위치를 x, y, z, 사용자의 위치를 Xu, Yu, Zu라 하면 식 (1)은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Pr = \{(x - X_u)^2 + (y - Y_u)^2 + (z - Z_u)^2\}^{1/2} + C \cdot \Delta T \quad (2)$$

2.3 GPS 수신 데이터에서 위치검출 이론

본 연구에서는 GPS 수신기 모듈(UST-SNR-GPS)에서 출력하는 여러 NMEA(National Marine Electronic

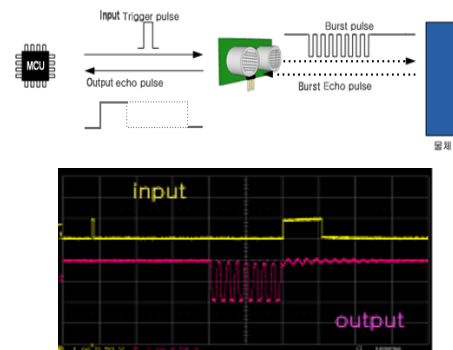
Association) 0183 문장 중에서 현재 이동물체의 위치추적에 필요한 정보인 시간 및 경·위도 좌표, 고도 등을 제공하는 GGA 샘플 문장을 다음과 같이 검출하였다.

```
$GPGGA,104908.000,3727.1790,N,12909.5591,E,0,0,,1
14.4,M,23.6,M,,*4C
```

GGA 문장에는 15개의 파라미터가 있는데 위의 문장 샘플에서 "104908.000" 파라미터는 시간, "3727.1790" 파라미터는 위도를 "12909.5591" 파라미터는 경도를 "N"파라미터는 방향을 나타낸다[6].

2.4 초음파 센서를 이용한 정밀 거리 측정

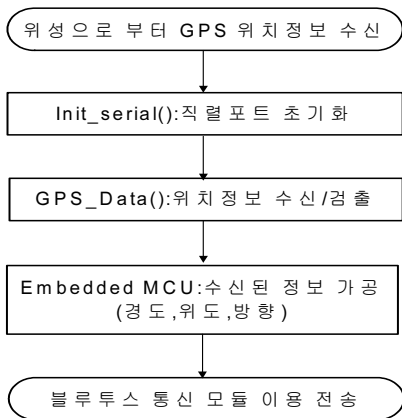
초음파 센서 모듈 (NT-TS601)은 비접촉 초음파 측정의 기술을 이용한 모듈로서 약 2[cm] ~ 3.3[m]까지 비교적 정확하게 물체와 떨어진 거리를 측정할 수 있으며 하나의 I/O Pin을 사용하기 때문에 Embedded MCU(ATmega128L)와 연결하여 거리 측정에 사용한다. 초음파 센서 모듈 (NT-TS601)의 구동 방법은 그림 5에서와 같이 "MCU와 초음파 센서 모듈(NT-TS601)과 물체 간의 입출력 파형"을 나타낸다[10,11].



[그림 5] MCU와 초음파 센서 모듈(NT-TS601)과 물체 간의 입출력 파형

2.5 GPS를 이용한 크레인의 위치 검출 알고리즘

그림 6은 GPS 위성으로부터 GPS 수신기에 수신된 크레인의 위치 정보를 검출하여, Embedded MCU (ATmega128L)로 보내지며, Embedded MCU (ATmega128L)에서 표 1과 같이 수신된 위치 정보를 가공하고 블루투스(Bluetooth) 통신 모듈을 이용하여 지상국으로 전송하는 과정을 플로차트 한 것이다.



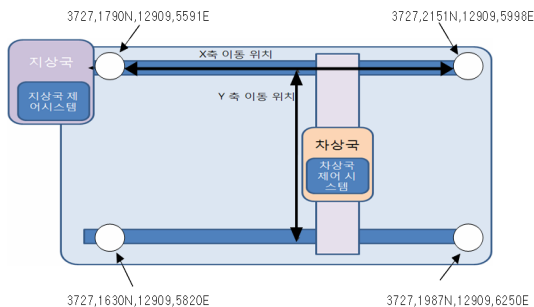
[그림 6] GPS 위치정보검출 과정

표 1은 좌표상의 위치 검출을 위하여 GPS 위성으로부터 수신된 데이터를 Filtering 프로그램을 이용해 위도, 경도 좌표로 검출한 결과이다.

[표 1] 필터링 프로그램에 의해 검출된 위도, 경도

위치	GGA문장	위도	경도	고도	방향
a 점	\$GPGGA	3727.1790	12909.5591	114.4	E
b 점	\$GPGGA	3727.2151	12909.5998	128.6	E
c 점	\$GPGGA	3727.1987	12909.6250	122.9	E
d 점	\$GPGGA	3727.1630	12909.5820	89.1	E
P1점	\$GPGGA	3727.1691	12909.5832	155.1	E
P2점	\$GPGGA	3727.1895	12909.5876	110.4	E

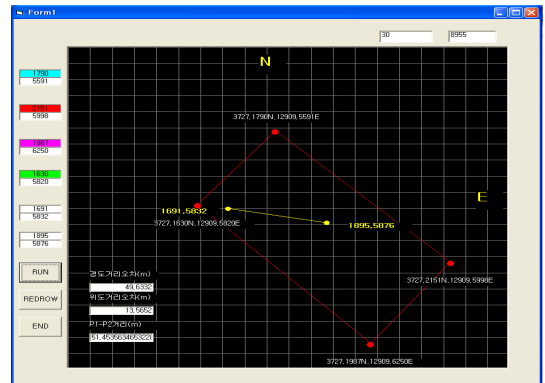
모의실험을 위하여 그림 7과 같이 GPS 위성으로부터 수신된 데이터를 야적장의 사각 위치 데이터로 세팅한 것이고, 이것을 그림 8과 같이 VB로 작성된 프로그램에 의해서 표시하였다



[그림 7] 옥외 야적장 4각 꼭지점의 위도 및 경도 데이터

본 연구에서는 피타고라스의 원리를 응용하기 위해 2차원의 좌표 (평면 좌표)에서 X, Y축으로 이동하는 크레인 본체 및 소형 크레인의 이동 거리를, 2차원의 좌표에서 X, Y축을 연결하는 대각선으로 크레인의 본체 및 소형 크레인을 이동시킴으로서 X축으로 이동 후 다시 Y축으로 이동하는 것보다 이동 거리를 단축시킬 수 있는 방안을 제시하였다.

그림 8에서 P1점에서 P2점으로 이동하기 위한 프로세서는 다음과 같다.



[그림 8] P1위치에서 P2위치로 이동 제어

단계 1 : P1 위치 검출

단계 2 : 이동해 갈 위치를 지상국에서 수신한다.

단계 3 : P1 위치로부터 P2 위치의 거리의 비례 값을 식 (3)과 같이 계산한다.

본 연구에서 GPS로부터 검출된 P1과 P2 위도, 경도 데이터는 다음과 같다.

P1 : 위도 3727.1691 , 경도 12909.5832

P2 : 위도 3727.1895 , 경도 12909.5876

$$\begin{aligned}
 a &= x_2 - x_1 = 3727.1895 - 3727.1691 \\
 &= 0.0204[\text{분}] \\
 b &= y_2 - y_1 = 12909.5876 - 12909.5832 \\
 &= 0.0044[\text{분}]
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

여기서 x2는 P2의 위도 데이터, x1은 P1의 위도 데이터로서 a 값은 0.0204[분], y2는 P2의 경도 데이터, y1은 P1의 경도 데이터로서 b 값은 0.0044[분] 가 추출된다.

단계 4 : 계산된 비례 값에 의해 모터 속도 데이터 펄스 주기 및 위치 데이터를 계산한다.

그림 7에서 검출된 a, b, 거리에 의하여 식 (4)에 의해 Y축 모터 속도데이터 펄스 주기Vty를 기준으로 하여 X축 모터 속도 데이터 펄스 주기Vtx 및 위치 데이터를 계산한다.

$$V_{ty} = | a / b | \times V_{tx} = 0.0204 / 0.0044 \times 50ms = 232ms \quad (4)$$

여기서 Vtx : X축 모터 속도 데이터 펄스 주기
Vty : Y축 모터 속도 데이터 펄스 주기

만약 Vtx을 50[ms]로 명령을 내렸다면 Vty는 식 (4)에 의하여 232[ms]로 계산된다.

단계 5 : X, Y축 모터의 위치 데이터를 모터 드라이버에 입력하여 식 (5)에 의해 제어한다.(단, 경도 1분 = 1.46km = 1460m = 146000cm, 위도 1분 = 1.852km = 1852m = 185200cm, a[cm] = 0.0204 × 146000cm = 2978.4cm, b[cm] = 0.0044 × 185200cm = 814,88cm)

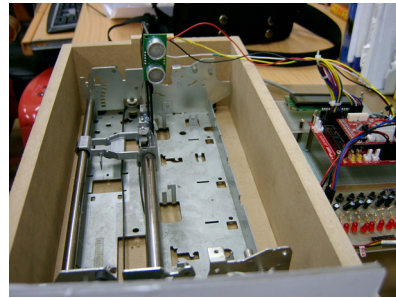
$$Puls_x = a[cm] \times 200[pulse] = 2978.4[cm] \times 200[pulse] = 595,680[Pulse]$$

$$Puls_y = b[cm] \times 200[pulse] = 814.88[cm] \times 200[pulse] = 162,976[Pulse] \quad (5)$$

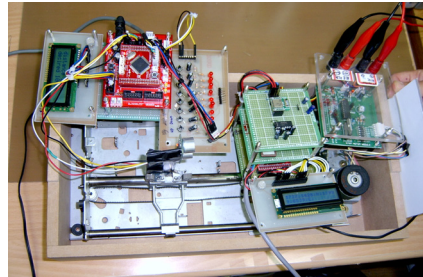
여기서 사용된 스텝핑 모터는 1.8도 2상 여자 방식으로서 1회전 하는데 200개의 pulse가 필요하다. 본 연구에서는 1회전하는데 1[cm]이동하도록 기어비를 설계하였으며 200개 pulse를 공급하면 1[cm]이동하도록 설계하였다.

실험결과 P1점에서 P2점으로 차상국을 이동할 경우 위에서 계산된 스텝 모터 제어 알고리즘에 의해 직선적으로 제어함으로써 이동거리와 작업시간을 단축할 수 있다.

그림 9와 그림 10은 위에 소개한 초음파 센서의 데이터에 의해 X축으로 이동하는 프린트 바를 구동시키기 위해 사용한 스텝핑 모터와 스텝핑 모터 구동 드라이브 등으로 구성된 GPS를 이용한 크레인의 위치 제어 모의 모형이다.



[그림 9] 프린트 바에 고정된 초음파 센서모듈사진



[그림 10] GPS를 이용한 크레인의 위치제어 모의 모형사진

3. 결론

본 연구에서는 GPS와 USN을 이용한 크레인의 위치 제어 방안을 제안하였다. GPS 위성으로부터 GPS 수신기에 수신되는 데이터인 NMEA 출력 문자 중 GGA 문자만을 추출하는 프로그램을 구현하여 GPS 수신기가 설치된 실험용 크레인이 이동하는 위치 추적을 확인하였다. 근거리 정밀거리 제어는 초음파 센서 구동 프로그램을 구현하여 초음파 센서에 의해 실험용 크레인이 X축과 Y축으로 위치 제어하였다. 지상국과 차상국간의 통신은 블루투스를 사용하였으며, 크레인의 위치 제어는 GPS로부터 검출된 좌표와 작업할 위치를 디지털 지도상에서 삼각 좌표에 의해 최단거리를 계산하였다. 동작 특성을 살펴보기 위해 크레인 모터 드라이버는 모형을 제작하여 제어가 1cm 간격으로 정확하게 조절이 가능함을 확인하였다. 실험결과 제안한 시스템은 안정적인 동작을 보였고, 자동으로 위치 제어를 하는데 매우 효율적이고, 크레인의 이동거리와 작업 시간을 단축할 수 있다고 판단된다.

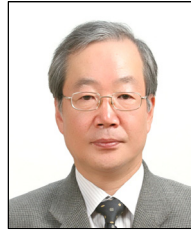
향후 보다 추가적인 정확한 데이터를 얻기 위해서는 산업체에 환경에서 수행되었으면 좋겠고, 본 연구 결과를 USN 분야에 활용한다면 철강 공장의 옥외 야적장에서 크레인의 위치 제어를 할 수 있는 분야가 한층 더 넓어질 것으로 본다.

참고문헌

- [1] 김태수 외2인, 크레인의 이동거리 측정을 위한 무선 송수신기 설계 및 평가, 한국해양통신학회 논문지 제11권 제4호 pp808-814, 2007.
- [2] 한국기계연구원, 현대중공업(주), 자동 트랜스퍼 크레인 설계 및 제어기술 개발, 해양수산부 과학기술부, 2000.
- [3] Kaplan Eliots D. Hegarty, Christoper, "Understanding GPS (Principles and Applications)", Artech House INC, 2005.
- [4] 광재하, 김천곤, "GPS 위성 측량의 이해", 부산정보대학.
- [5] "GPS(Global Positioning System)의 측위 원리와 응용 시스템", 동역메카트로닉스연구소.
- [6] 이연우, "GPS와 전자 지도를 이용한 이동 물체의 위치 추적", 삼척대학교 산업대학원 석사 학위 논문, 2001.
- [7] 조진웅, "블루투스(Bluetooth)기술", 전자부품연구원 시스템 IC 연구센터.
- [8] Huang, Albert S. Rudolph, Larry, "Bluetooth Essentials for Programers", Cambridge, 2007.
- [9] 이문수 외, "블루투스", 홍릉과학출판사, 2001.
- [10] 지일구 외, "센서 회로 설계 및 실험 실습", 성안당, 2002.
- [11] 윤덕용, "AVR ATMEGA128 정복", OHM사, 2006년. 5.

남 시 병(Si-Byung Nam)

[정회원]



- 1994년 2월 : 단국대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1983년 3월 ~ 2006년 2월 : 삼척대학교 전자공학과 교수
- 2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 공학대학 전자정보통신공학부 교수

<관심분야>
임베디드시스템, USN, 패턴인식

임 해 진(Hae-Jin Lim)

[정회원]



- 1993년 8월 : 성균관대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1983년 3월 ~ 2006년 2월 : 삼척대학교 전자공학과 교수
- 2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 공학대학 전자정보통신공학부 교수

<관심분야>
정보통신일반, 통신, 컴퓨터네트워크, 디지털시스템응용

임 수 일(Su-Il Lim)

[정회원]



- 2006년 2월 : 삼척대학교 전자공학과 (공학사)
- 2009년 2월 : 강원대학교 산업대학원 전자공학과 (공학석사)

<관심분야>
임베디드시스템, USN, 마이크로프로세서응용