

센서 기반의 선박 침몰위치 검색 및 침몰선 선체 모형화에 관한 연구

정희원 신도성*, 정민아**, 이성로***

A study on the Sensor-based Searching Position of Sunken Vessel and Hull Modeling

Do Sung Shin*, Min A Jung**, Seong Ro Lee***, *Regular Members*

요 약

이 논문에서는 선박에 위치, 기울기, 비틀림 센서를 설치하여 선박이 침몰되었을 때 센서정보를 받아 그 위치를 찾아내고 침몰선의 선체 형태를 모형화하는 시스템의 구현을 목적으로 하였다. 해저에서 센서데이터를 수신하기 위해 베이스노드는 이동하면서 선박의 위치를 검색하는 방식을 적용하였으며 베이스노드의 이동성을 고려하여 다목적유전자알고리즘을 적용하여 네트워크 전체의 전력 소모를 줄일 수 있는 방안을 적용하였다.

이 연구에서 개발한 시스템은 기존의 해저영상 획득 후 판독하는 과정과 예상 지역을 잠수부가 직접 검색하여 침몰위치를 찾아내는 과정을 생략하고 센서 신호의 포착으로 자동으로 위치를 인지할 수 있어 신속한 인양 계획과 대책을 수립할 수 있는 효율적인 방안을 제시할 수 있다.

Key Words : Sunken vessel, UWB, CSS, shape modeling, position search

ABSTRACT

In this paper, we purpose the implement of system that do the modeling when sink the vessel find the position of sunken ship with the received sensor information such as the position, gyro and torsional sensor. Base node received the sensor data in seabed apply to search the position of sunken ship and use the multi-objective genetic algorithm to consider the mobility of base nose which reduce the consumption of power.

We suggest the proposed system that consider an effective method to establish salvage plan and measures. And it automatically detect the sunken ship's position with sensor signal in the seabed, because substituted that the process of searching the sunken ship after decipher the image and diver search the expected region of position as located the sunken ship.

I. 서 론

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여 있어 해상 산업

의 육성이 매우 유리한 환경에 있으며 특히 해상산업을 중심으로 하여 해운과 관련된 산업이 매우 발전되어 있어 매우 많은 수의 다양한 종류의 선박의 운항이

※ 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소지원사업으로 수행된 연구임(2009-0093828)
※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-C1090-1021-0007)

* 목포대학교 정보산업연구소(saintds@mokpo.ac.kr), ** 목포대학교 컴퓨터공학과(majung@mokpo.ac.kr)

*** 목포대학교 정보전자공학과(srlee@mokpo.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-05-203, 접수일자 : 2010년 5월 10일, 최종논문접수일자 : 2010년 9월 28일

이루어지고 있다. 이와 더불어 최근 레저 선박에 대한 수요가 점점 늘어감에 따라 레저를 즐기기 위한 선박의 운항도 늘어나고 있다. 따라서 해상 물동량과 선박량의 증가는 선박의 운항빈도를 높이게 되고 더불어 해양사고의 발생률 또한 증가하는 결과를 가져왔다.

2009년도를 기준으로 해양사고는 723건이 발생하여 2008년대비 243건 증가하였고, 특히 인명피해를 동반하는 사고는 유형별로 살펴보면 충돌 46.1% (112명), 인명사상 25.5%(62명), 전복 10.7%(26명), 침몰 7.4%(18명), 화재·폭발 4.5%(11명) 등 순으로 발생하였다¹⁾. 표 1에 해양에서 발생하는 선박 사고를 유형별로 보여주고 있다.

이들 해양사고 중 충돌, 좌초 및 전복사고는 선박 침몰로 이어져 1984년 이후 약 1500여척에 다다른다. 그러나 이 중 인양된 선박은 약 23%로 집계되고 있다. 선박의 침몰은 인명의 사상과 유류 유출로 해양오염으로 확대되기도 하며, 추후 침몰된 선박의 위치를 찾고 침몰된 모습을 육안으로 확인하는 과정에서 또 다른 사고를 일으킬 수도 있다. 따라서 침몰 선박에 대한 위치 파악과 인양에 대한 계획수립은 최대한 빠른 시간 안에 이루어져야 한다.

침몰된 선박의 인양을 위해 등부표를 설치하거나 다중빔 측면주사음탐기를 사용하여 위치를 확인하고 선박의 윤곽을 표현해 주고 있으나 최근 사용되고 있는 음탐기는 해저면의 지형변화에 기인하는 영상과 매질 변화에 기인하는 영상은 음탐기록에서 종종 구별이 되지 않아 해저면의 구성 물질과 형태에 대한 해석은 사용자의 자의적 해석에 의존한다는 단점이 있으며 자동으로 위치를 추적하여 선박의 침몰된 모습을 모형화해서 보여주는 시스템은 아직 개발되어 있지 않다^{2,3)}.

따라서 이 논문에서는 선박에 센서를 설치하여 선박이 침몰되었을 때 센서정보를 받아 그 위치를 찾아내고 침몰된 선체의 형태를 모형화하여 시각적으로 확인하여 그 결과에 따라 인양 계획과 대책을 수립할

표 1. 2009 해양 선박 사고의 유형별 분석

(단위: 건, %)

구분	계	충돌	좌초	화재/폭발	침몰	전복	인명사상
2009년	298건	160	43	34	22	18	21
2008년	225건	125	32	25	18	8	17
증감	+243건	+35	+11	+9	+4	+10	+4
증감률	+50.6%	+28.0	+34.4	+36.0	+22.2	+125	+23.5

자료: 2009년도 해양사고 분석보고서, 중앙해양안전심판원

수 있는 시스템의 구현을 목적으로 한다. 구체적으로 위치정보를 전송하는 위치기반의 UWB 센서, 선박의 비틀림 정도를 파악하기 위한 스트레인지 센서와 선박의 기울어짐 정도를 파악할 하기 위한 기울기 센서를 배치하여 데이터를 얻는다. 획득한 침몰 선박의 위치와 각 센서의 데이터는 데이터베이스에 저장하여 그 정보를 바탕으로 선박의 위치를 추위하고 선박의 형태를 모형화할 수 있는 시스템에 대해 연구하였다.

II. 시스템 구성 및 설계

이 논문에서 제안한 시스템은 침몰된 선박의 위치 센서에서 보내는 정보를 이동하는 베이스노드를 사용하여 수신하는 방식을 사용하였다. 베이스노드에서 얻어지는 정보는 선박의 위치, 기울기, 비틀어짐 데이터들이다.

베이스노드는 이동하면서 선박의 위치를 검색하는 방식을 적용하였으며 베이스노드의 이동성을 고려하여 다목적유전자알고리즘을 적용하여 네트워크 전체의 전력 소모를 줄일 수 있는 방안을 적용하였다.

각 위치 센서를 통해 침몰 선박의 위치를 검색하고 얻어진 좌표 데이터들을 통하여 모니터에 각 해당 좌표 지점에 마킹을 하고 그 선을 연결하여 선체의 침몰 모습을 모형화한다. 또한 기울기 센서를 설치하여 선박이 해수면에 있을 때의 선체의 형태와 비교한 해저면의 선체의 기울기 변화를 측정한다. 또한 비틀림 센서를 이용해서 선박의 휘어짐 정도를 측정하여 이 센서 정보들을 데이터베이스로 저장하여 이들 데이터를 이용해서 선박의 침몰 상태를 모형화한다. 그림 1은 이 논문에서 제안한 전체 시스템 구성도를 나타내고 있다.

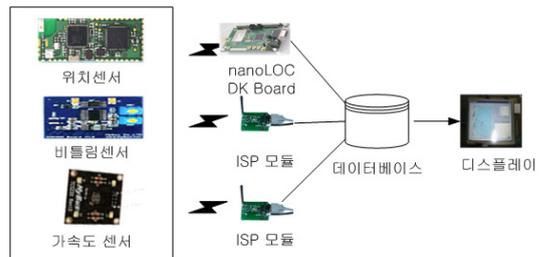


그림 1. 전체 시스템 구성도

2.1 센서데이터 획득

이 논문에서 시스템을 구현하기 위한 센서 데이터의 값은 침몰된 선박의 위치값과 침몰상태를 모형화하기 위한 기울기, 비틀림, 좌표 값으로 선박이 침몰되어 해저바닥에 내려앉을 때 선체의 기울기 모습의 정

도를 측정하기 위해 기울센서를 부착하여 기울기 데이터를 획득한다. 그리고 선박 외벽의 비틀어짐 정도에 대한 정보를 얻어 표현하기 위해 스트레인지 센서를 부착하여 비틀림 데이터를 획득하였으며 각 입력 데이터는 데이터베이스에 저장된다.

센서 네트워크의 응용 어플리케이션은 TinyOS를 기반으로 사용하였으며, NesC를 이용하여 프로그래밍을 하였다.

이 센서 노드는 수중에서 이동을 하며 침몰된 선박의 위치신호를 검색하는 방법을 사용한다. 따라서 베이스 노드의 이동성이 커져 센서의 에너지 소모가 커지게 된다. 따라서 최소 Wiener 수를 갖는 신장트리(MWST)라우팅의 장점을 살리면서 네트워크의 수명을 늘리기 위해 Winer 수 적응도와 네트워크 수명 적응도와 차수 적응도를 도입한 다목적 유전자 알고리즘을 설계하여 라우팅을 하는 방법을 사용하였다⁴⁾. 그림 2는 실험을 위한 모형 선박 내에 센서 데이터를 설치한 모습을 보여주고 있다.



그림 2. 모형 선박 내 센서 설치모습

2.1 위치 데이터 측정

이 연구에서 위치데이터는 최초 침몰된 선박의 위치추적과 선박 모형을 위한 마커로서 활용한다. 선박의 침몰은 해저라는 점을 감안하여 수중 통신을 할 수 있는 위치기반 센서를 사용하여 데이터를 수신하는 방법을 이용하였다. 이를 위해 이 시스템에서는 다양한 위치센서 중 표준 CSS(Chirp Spread Spectrum) 방식을 사용하는 Nanotron사의 NanoLOC 개발 키트를 사용하였다. 저속위치 기반 네트워크 표준을 위한 CSS는 NanoLOC은 무선 반송파 주파수를 스위칭하는 레이더 기술을 접목한 방식으로 2.4GHz ISM을 지원한다⁵⁾. Chirp 신호는 시간증가에 따라 사용 주파수가 변화하는 Sweep Signal을 음원으로 사용하여 적은 에너지로 투과 심도를 높일 수 있는 장점이 있다⁶⁾. 또한 CSS는 IEEE802.15.4a MAC을 그대로 사용하여 센서 네트워크 통신망으로 사용되는 Zigbee 응용기술과 호환이 가능하고 현재 나와 있는 센서 중 수중에서

고주파 전송의 한계성을 고려할 때 다른 위치 센서들과 비교하여 최대한 데이터 송신 거리를 확보할 수 있는 방안으로 가장 적합하다.

2.2 선체 기울기 데이터

선박이 침몰을 한 후 해저 면과 직접적으로 접촉하는 선체는 좌우로 기울어지거나 선박의 침몰 원인에 따라 선미와 선후가 분리되는 경우도 발생한다. 또한 조류로 인한 다양한 저항과 대형 여객선의 경우는 선박 내에 적재되어 있는 연료의 양과 승객의 인원수에도 영향을 받아 해저 면에 접촉하는 면이 측면, 선두 또는 선미가 되는 경우도 발생한다. 이와 같은 경우 선박이 해저 면에 접촉한 선체의 모습에 따라 인양 계획이 별도로 수립되어야 한다. 이 연구에서는 선박 내 적재되어 있는 연료와 화물의 양과 승객 인원은 고려하지 않고 선박이 해저 면에 침몰되어 있는 모습에 따른 기울기 값만 고려하였다. 여기서 선체의 기울어짐은 한 방향이 아닌 전방향성을 가지고 있으므로 모든 방향에서 발생하는 진동을 종합적으로 고려해야 한다.

그림 3은 가속도 센서를 이용하여 기울기를 측정하는 방법을 도식한 것으로 이 논문에서는 3축 가속도 센서인 withrobot사의 myAccel3LV02 보드를 이용하여 선체의 기울기를 측정하였다. myAccel3LV02 보드는 한 개의 센서 보드에서 3축 가속도를 측정하고 측정 범위는 -40도에서 +85도까지이며 12비트 ADC를 내장하여 디지털 값을 출력한다⁷⁾.

센서로부터 전송된 데이터는 x, y, z 세 방향의 좌표를 나타내는 데이터이다. 식 1과 같이 atan 함수를 이용해서 선체의 기울어진 각도를 측정한다.

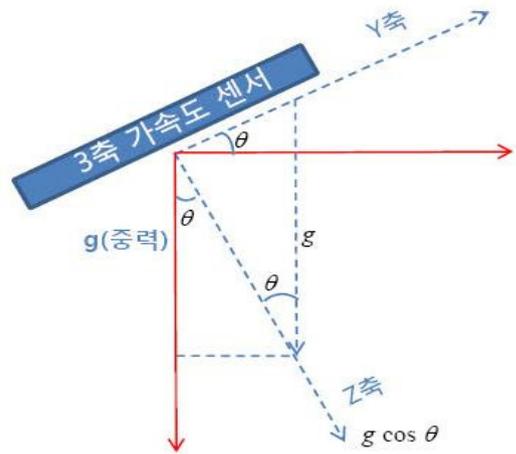


그림 3. 가속도 센서

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{z}\right) \quad (1)$$

여기서, y는 가속도 센서의 y 출력 값이고 z는 가속도 센서의 z 출력 값이다.

2.3 선박의 뒤틀림 데이터 측정

선박이 침몰하는 과정에서 폭발과 외부충격에 의해 선체에 가해지는 외력에 의한 뒤틀림을 측정하고 변형되는 선체의 모습을 모형화하기 위해 스트레인 게이지 센서를 갑판실, 외벽 등에 설치한 후 상황 정보를 얻어 선체의 좌우 뒤틀림에 대한 변형율을 측정한다. 스트레인 게이지는 측정하는 대상의 변형을 직접 측정할 수 있으며, 이를 전기적인 신호로 바꾸어 얻고자 하는 변형율을 측정할 수 있다. 그림 4는 선박의 뒤틀림 정도를 보여주고 있으며, 붉은 선을 기준으로 왼쪽으로 휘었을 때 위로 올라가고, 오른쪽으로 휘었을 때 아래로 내려가게 된다.

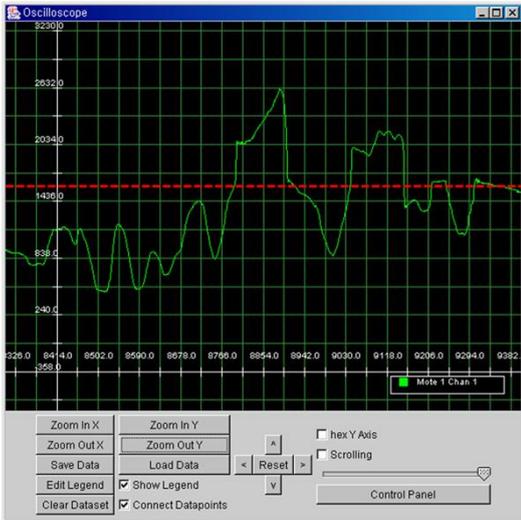


그림 4. 뒤틀림 실험 결과

III 시스템 구현 및 실험

이 논문에서는 위치센서와 비틀림 센서의 정보를 받아 침몰된 선박의 위치를 검색하고 침몰된 선체의 형태를 모형화하는 시스템을 구현한다. 각 센서의 동작을 확인하기 위해서 각 센서별로 데이터를 수신하여 그 동작 과정을 모듈별로 시뮬레이션을 실행하여 그 결과를 확인하였다. 또한 얻어진 센서정보를 데이터베이스화하기 위하여 MySQL을 이용하여 설계하였

으며, 어플리케이션 구현을 위해서 java를 이용하여 구현하였다. 표 2는 시스템의 구현 환경을 나타내고 있다.

표 2. 시스템 구현 환경

구분	항목	종류
소프트웨어	운영체제	Windows XP
	사용언어	java, servlet, jsp
	DBMS	MySQL Server 6.0
	센서 O/S	TinyOS-1.x
하드웨어	DB서버	Sqlserver 2000
	cpu	Pentium(R) P.core2 Duo 1.6

3.1 실험환경

데이터를 획득하기 위한 환경은 위치인식센서의 데이터 획득과 선박의 기울기와 뒤틀림 데이터를 획득하기 위한 두 가지 형태로 나누어 실행하였다.

첫째 위치인식데이터의 획득은 실제 선박 내에서 실험이 불가능하여 선박의 모형을 제작하여 센서의 위치를 직선으로 연결하여 도식했을 선박으로 인식할 수 있도록 선박의 윤곽과 내부 프레임의 형태를 따라 센서를 설치하였으며 각 센서는 선박의 외형의 좌표를 표현할 수 있는 센서부터 우선 순서를 지정하여 순서대로 설치하였다. 그림 5는 위치센서로부터 받아 저장한 위치 좌표 정보 데이터를 보여 주고 있다.

두 번째로 기울기와 비틀림 데이터의 측정은 모형 선박을 제작하여 임의적으로 선박의 뒤틀림과 기울기

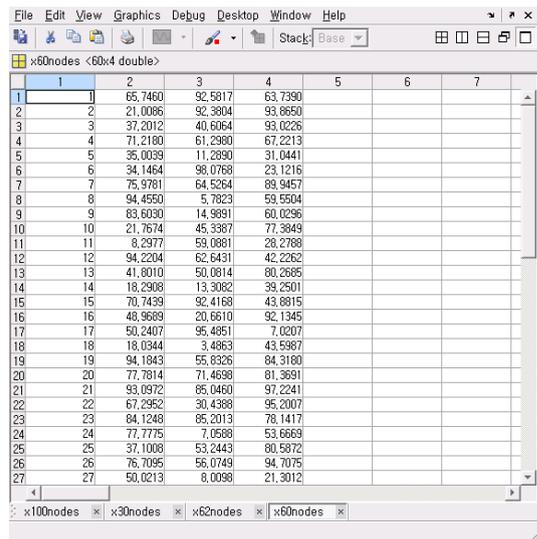


그림 5. 센서로부터 받아들이는 위치좌표

를 변화시켜 그 값을 측정하였다. 각 데이터는 시스템을 구현하기 전에 센서별로 데이터들을 획득하여 각각 동작을 실험하였다. 선박의 기울기 변화를 확인하기 위해 가속도 센서를 부착하고 모형 선박을 움직이고 선박의 기울기 정도를 측정하여 화면으로 표현하기 위한 프로그램을 설계하였으며 그림 6은 그 결과를 보여주고 있다.

그림 7은 각 센서를 통해 받은 정보를 DB에 저장하는 과정을 보여주고 있다. DB에 저장된 센서 데이터를 통해 자동적으로 센서의 좌표정보를 사용하여 각 센서의 위치 값을 표시한다.

시스템의 동작 확인과 성능 비교를 위해서 모형선이 수면 위에 있는 상황과 모형선이 수중에 있는 상황에서 실험하였다. 수면 위에서 모형선을 위치하여 센서 정보를 수신하는 경우 센서의 위치정보를 받아서 각 센서의 위치를 마킹할 수 있었다. 침몰 상황에 대한 실험을 위해서 모형선이 수중에 있는 경우는 센서의 신호가 매우 약하게 수신되어 경로 손실이 발생하였으나 이동성 베이스 노드를 센서에 가깝게 근접시켜 센서 데이터를 수신할 수 있었다.



그림 6. 기울기 데이터에 실험 결과

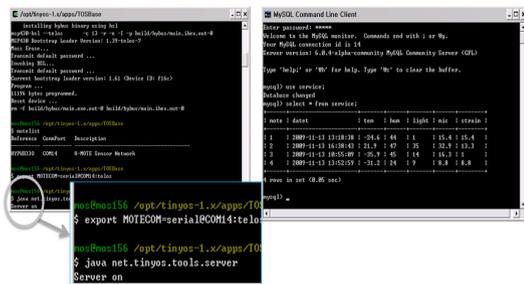


그림 7. 센서 정보의 DB 저장과정

V. 결 론

해양 선박의 늘어감에 따라 해상 물동량과 선복량의 증가는 선박의 운항빈도를 높게 되고 더불어 해양사고의 발생률 또한 증가하는 결과를 가져왔다.

2009년도 해양사고는 2008년에 비하여 243건이 추가 발생하여 점점 증가하는 추세에 있다. 특히 선박 사고의 대부분을 차지하고 있는 충돌, 좌초, 폭발사고는 이차적으로 선박의 침몰로 이어지게 된다. 침몰된 선박의 방치는 이차인명사고나 해양오염으로 이어지는 경우가 많고 연구해에 침몰된 선박은 주변을 운항하는 선박의 해양사고를 일으키는 원인이 되기도 한다. 따라서 침몰된 선박의 인양작업이 반드시 필요하다. 그러나 침몰된 선박의 위치를 찾아 인양하는 작업은 많은 인적자원과 시간을 필요로 한다. 또한 해양환경에서 발생하는 조류의 영향으로 침몰선의 위치가 이동하는 경우가 발생하여 등부표를 설치하지 못하는 상황이 발생하면 침몰지점의 위치를 찾는 것이 어려우며 그 위치를 모니터를 통해 육안으로 찾아내고 선체의 침몰 상태를 확인하여 인양계획을 세워야 한다.

이 논문에서는 선박에 센서를 설치하여 선박이 침몰되었을 때 센서정보를 받아 그 위치를 찾아내고 침몰된 선체의 형태를 모형화하여 시각적으로 확인하여 그 결과에 따라 인양 계획과 대책을 수립할 수 있는 시스템을 구현을 위해 선박 모형을 제작하고 선박에 센서를 부착하고 실험하였다. 수면 위에 선박이 있는 센서 정보를 받아서 좌표를 마킹하여 선박의 형태를 표현할 수가 있었다. 모형선이 수중에 있는 경우는 센서의 신호가 매우 약하게 수신되어 UWB 경로 손실이 발생하였으나 이동성 베이스 노드를 센서에 가깝게 다가가서 센서 데이터를 수신할 수 있었다.

이 연구에서 개발한 시스템은 기존의 영상획득하여 전문가가 판독하고 결정을 내리는 과정을 센서 신호의 포착으로 자동으로 위치를 인지할 수 있어 인양 계획과 대책을 수립할 수 있는 효율적인 방안을 제시할 수 있다.

향후 수중에서 경로 손실이 발생하는 문제를 해결하기 위해서는 센서 신호를 다른 대역으로 변환하여 사용하거나 수중에 위치한 센서에 적용할 수 있는 수중안테나의 개발을 통하여 문제를 해결할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 2009년 해양사고통계 분석보고서, 국토해양부

- 해양안전심판원, 1-47쪽, 2010년 04월.
- [2] 장유신, 계중읍, 박승수, 이만형, 다중 빔 센서를 이용한 측면주사음탐기에 관한 연구, 한국마리엔지니어링학회 전기학술대회 논문집, 308-317쪽, 2006년 06월.
 - [3] 계중읍, 초음파다중센서를 이용한 측면주사음탐기 개발, 국방품질관리소, 국방품질, 29호, 86-90쪽, 2005년 01월.
 - [4] 강승호, 김기영, 표세준, 강일우, 이성로, 정민아, 베이스노드의 이동성이 큰 센서 네트워크에서 트리 기반 라우팅을 위한 다목적 유전자 알고리즘, 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집, 제 17권 제1호, 627-630쪽, 2010년 04월.
 - [5] 오정렬, 김재영, 위치인식서비스를 이용한 실시간 재난관리시스템, 대한전자공학회지, 제 35권 12호, 94-109쪽, 2008년 12월.
 - [6] 김찬수, 김현도, 김진후, 해저매몰체 탐지를 위한 Chirp SBP의 주파수에 따른 해상도 비교, 2008년도 한국마리엔지니어링학회 공동학술대회 논문집, 173-174쪽, 2008년 06월.
 - [7] Withrobot team, myAccel3LV02 데이터시트, Withrobot 기술문서, 1-10쪽, 2009년 09월.

신 도 성 (Do Sung Shin)

정회원



1993년 2월 동신대학교 정보통신공학과
1999년 2월 전남대학교 전자공학과 석사
2004년 2월 전남대학교 전자통신공학과 박사
2009년 12월~현재 목포대학교

정보산업연구소 전임연구원

<관심분야> 음성 및 신호처리, 임베디드시스템, 이동 및 무선통신시스템, 선박 통신 및 e-navigation, 무선통신응용분야(RFID, USN, 텔레메틱스)

정 민 아 (Min-A Jung)

정회원



1992년 2월 전남대학교 전산통계학과
1994년 2월 전남대학교 전산통계학과 석사
2002년 2월 전남대학교 전산통계학과 박사
2005년 3월~현재 목포대학교 컴퓨터공학과 조교수

<관심분야> 데이터베이스/데이터마이닝, 생체인식시스템, 무선통신응용분야(RFID, USN, 텔레메틱스), 임베디드시스템

이 성 로 (Seong-ro Lee)

정회원



1987년 2월 고려대학교 전자공학과 학사
1990년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
1996년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
2005년 3월~현재 목포대학교

정보공학부 정보전자공학과 부교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레메틱스응용분야, 임베디드시스템, 생체인식시스템