

Light-Weight Ethernet 기반 MiTS 네트워크 프로토콜 개발

황훈규¹ · 윤진식¹ · 이성대² · 서정민¹ · 장길웅³ · 이장세[†] · 박휴찬⁴

(원고접수일 : 2010년 10월 14일, 원고수정일 : 2010년 11월 3일, 심사완료일 : 2010년 11월 11일)

A Development of MiTS Network Protocol based on Light-Weight Ethernet

Hun-Gyu Hwang¹ · Jin-Sik Yoon¹ · Seong-Dae Lee² · Jeong-Min Seo¹ ·

Kil-Woong Jang³ · Jang-Se Lee[†] · Hyu-Chan Park⁴

요약 : 이 논문에서는 Light-Weight Ethernet 기반 MiTS 네트워크에서 시스템 간의 통신 및 데이터 처리를 위한 프로토콜의 개발에 관한 내용을 다룬다. 개발을 위해, Light-Weight Ethernet 기반 MiTS 네트워크 프로토콜을 구성하는 NF 및 SF를 분석하고 그 내용을 바탕으로 라이브러리를 개발하며 검증한다. 프로토콜의 구성 요소인 NF는 UDP 기반의 멀티캐스팅 방식으로 데이터그램을 송/수신하는 역할을 하고 SF는 NF를 통해 송/수신된 메시지를 Sentence 및 바이너리 이미지로 구별하여 처리하는 역할을 한다.

주제어 : MiTS, Light-Weight Ethernet, IEC 61162-450, NMEA 0183, 프로토콜

Abstract: In this paper, we analyze and design requirements of Network Function block and System Function block of MiTS network protocol based on Light-Weight Ethernet, also implement and test the protocol and library files. Light-Weight Ethernet Protocol consists of Network Function block and System Function block. NF receives and sends datagram based on UDP multi-casting communication. SF processes messages after distinguished Sentence and Binary Image Data.

Key words: MiTS, Light-Weight Ethernet, IEC 61162-450, NMEA 0183, Protocol

1. 서 론

선박 내의 장비에서 발생하는 여러 정보를 통합 관리하고 상호 교환할 수 있도록 해주는 MiTS (Maritime Information Technology Standard)의 표준인 IEC 61162-4 시리즈 (-400, 401, 402, 410, 420)[1]는 그 기능이 너무 복잡하고 과도한 처리과정이 필요하기 때문에 이를 구현하여 적용한 사례가 거의 없는 실정이다[2]. 이에 IEC(International Electrotechnical Commission) TC(Technical Committee) 80

총회에서는 더 이상 61162-4 시리즈를 MiTS 표준으로 유지하지 않기로 결정하였으며 이를 대체할 IEC 61162-450을 제정하는 중에 있다.

IEC 61162-450은 Light-Weight Ethernet (LWE) 기반 표준으로 기존 표준에 비해 시스템의 구조나 기능 요구사항 등이 단순해진 것이 특징이다 [2,3]. LWE 기반 표준은 UDP(User Datagram Protocol)/IP(Internet Protocol) 기반의 멀티캐스팅(multi-casting) 방식으로 상호 간의 통신을 하며 NMEA 0183 Version 4(이하

† 교신저자(한국해양대학교 IT공학부, E-mail : jslee@hhu.ac.kr, Tel : 051-410-5227)

1 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과

2 한국해양대학교 전파공학과

3 한국해양대학교 데이터정보학과

4 한국해양대학교 IT공학부

NMEA)의 Sentence 형식으로 메시지를 교환한다. 또한 Radar-VDR(Voyage Data Record) 바이너리 이미지(binary image) 교환을 위한 형식도 정의한다.

LWE 기반 표준은 통신 및 데이터 처리를 위해 SF(System Function block)와 NF(Network Function block)라는 두 가지 구성 요소를 가진다. NF는 MiTS 네트워크 내 시스템 간의 통신을 위한 연결을 구축해주는 기능을 하며 SF는 송/수신의 기능을 비롯한 어플리케이션의 역할을 한다[4,5].

이 논문에서는 NF 및 SF의 기능 설계를 바탕으로 LWE 기반 표준을 따르는 MiTS 네트워크에서 시스템 간의 통신 및 데이터 처리를 위한 프로토콜을 개발하는 것에 관한 내용을 다룬다. 이 논문은 2장의 프로토콜 요구사항 분석, 3장의 프로토콜 설계 및 구현, 4장의 검증, 5장의 결론 및 향후 연구 순으로 기술한다.

2. 프로토콜 요구사항 분석

이 장에서는 LWE 기반 표준을 따르는 MiTS 프로토콜의 개발을 위하여 통신 및 데이터 처리를 위한 구성 요소인 NF와 SF의 요구사항을 분석한다.

2.1 용어 정의

이 논문에서는 한 시스템 내에서 교환되는 정보는 “메시지”라고 하며 MiTS 네트워크를 통해 시스템과 다른 시스템 사이에서 교환되는 정보는 “데이터그램”이라고 한다.

2.2 통신 요구사항

NF는 시스템 간의 통신을 담당하는 계층으로 물리적인 연결을 위해서 Ethernet 기반 LAN(IEEE 802.3 인터페이스)을 채택하고 있다. 송/수신을 위해서는 IP V4를 따르는 UDP을 멀티캐스팅 방식을 이용하여 통신을 하며 멀티캐스팅을 위한 IP 주소는 239.192.0.1부터 239.192.0.32까지의 범위를 사용한다. 또한 표 1에서 볼 수 있는 메시지 타입에 따라 60000번부터 60032번 사이의 포트를 사용하며 각 데이터그램(datagram)의 최대 크기는 1472 바이트이다[2,4].

표 1: LWE 메시지 형태

형태	설명
MISC	일반적인 Sentence
TGTD	AIS 타겟(target) 데이터, 추적 메시지
SATD	높은 업데이트율을 가진 데이터
NAVD	항해 데이터
VDRD	VDR 데이터
바이너리 이미지 데이터	
재전송 가능한 바이너리 이미지 데이터	

2.3 메시지 형식 요구사항

SF는 크게 두 가지 형식의 메시지(message)를 구별하여 처리하게 되는데 NF를 통해 수신한 메시지가 Sentence인지, 바이너리 이미지인지를 구별하기 위해 각 데이터그램의 앞에는 표 2와 같은 헤더(header)를 추가한다[4].

표 2: 메시지 헤더

종류	설명
UdPbC	NMEA 0183 Version 4 형식의 데이터
RaUDP	바이너리 이미지 데이터
RrUDP	재전송 가능한 바이너리 이미지 데이터

2.3.1 Sentence 요구사항

Sentence 메시지일 경우에 데이터그램은 일반적으로 표 3과 같은 형태로 구성된다. 먼저 Sentence의 시작에서 '\$'는 일반적인 경우에 사용하고 '!'는 캡슐화(encapsulation)된 경우에 사용한다. 또한 장비를 식별할 수 있도록 해주는 Talker Identifier는 일반적으로 2 바이트의 문자로 되어있으며 Sentence의 형식을 알려주는 Sentence Formatter는 3 바이트의 문자로 되어 있다. 그 뒤에 실제 정보를 담고 있는 데이터 필드(data field)가 오게 되는데 이 데이터 필드는 ','(comma)를 단위로 하여 구분한다. 데이터 필드의 뒤에는 '*'(asterisk) 및 체크섬(checksum) 확인을 위한 두 자리 16진수가 오며 <CR><LF>로 Sentence가 끝난다[4-5].

표 3: Sentence 메시지 구조

항목	설명
"UdPbC"	메시지 헤더
null	메시지 헤더 구분자
TAG block*\ '\$' or '!'	(선택 사항) Sentence의 시작
char[2]	Talker Identifier(일반적인 경우)
char[3]	Sentence Formatter [', '<데이터 필드>]
	.
	.
	.
	[', '<데이터 필드>]
'**'	체크섬 필드 구분자
hh	체크섬 필드 (2자리의 16진수)
<CR><LF>	Sentence의 끝

2.3.2 바이너리 이미지 요구사항

바이너리 이미지 메시지의 경우의 데이터그램은 표 4의 형태로 구성된다. 바이너리 이미지 헤더는 버전, 보내는 측의 ID, 받는 측의 ID, 타입, Block ID, Sequence Number, Max Sequence Number의 정보를 담고 있다. 또한 첫 데이터그램에만 포함되어 송신되어지는 디스크립터(descriptor)에는 디스크립터의 크기, 바이너리 이미지의 크기, 인증 상태, 장비 ID, 채널, 데이터 타입의 크기, 데이터 타입, 상태 정

표 4: 바이너리 이미지 데이터그램 구조

항목	설명
"RaUdP" or "RrUdP"	메시지 헤더
null	메시지 헤더 구분자
바이너리 이미지 헤더	
바이너리 이미지 디스크립터 (첫 데이터그램의 경우)	
분할된 바이너리 이미지	
	.
	.
	.

보 및 설명 등이 포함된다. 앞에서도 언급했듯이 각 데이터그램의 크기는 헤더/디스크립터 및 실제 데이터를 포함하여 최대 1472 바이트이다[4].

3. 프로토콜 설계 및 구현

이 장에서는 LWE 기반 표준 MiTS 네트워크 프로토콜이 적용되기 위한 MiTS 네트워크 구조 및 요구사항을 만족하는 프로토콜의 개발을 위한 세부적인 설계 및 구현에 관한 내용을 다룬다.

3.1 LWE 기반 MiTS 네트워크

LWE 기반 표준을 따르는 MiTS 네트워크에서는 기본적으로 NMEA의 Sentence 형식으로 선박 내의 장비 간의 정보를 교환하며 추가적으로 바이너리 이미지도 교환하도록 정의되어 있기 때문에 그림 1과 같은 네트워크 구조를 제안한다.

제안하는 네트워크는 세 개의 시스템으로 구성되어 있으며 각각의 시스템은 NF, SF, 어플리케이션을 포함하고 있다. 세 개의 시스템의 각 어플리케이션은 Sentence의 형식으로 데이터를 송신하는 Sentence Sender, 바이너리 이미지를 송신하는 Binary Image Sender, Sentence 및 바이너리 이미지를 수신하는 Sentence and Binary Image Receiver의 기능을 한다.

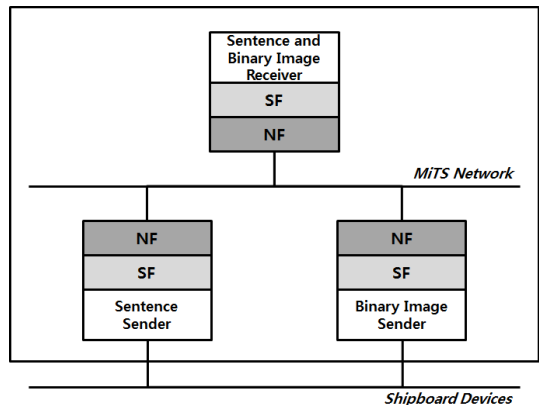


그림 1: LWE 기반 MiTS 네트워크 구조

그림 2와 그림 3에서 프로토콜을 구성하는 내부 모듈 및 송/수신 과정을 나타내었다. NF는 MiTS 네

트위크로 데이터가 송/수신되는 하단 부분에 위치하며 SF는 NF와 어플리케이션 사이에 위치한다. SF는 크게 TAG 처리 모듈, Sentence 처리 모듈, 바이너리 이미지 처리 모듈로 구성되어 있고 각 모듈에서 필요한 버퍼를 포함하고 있다.

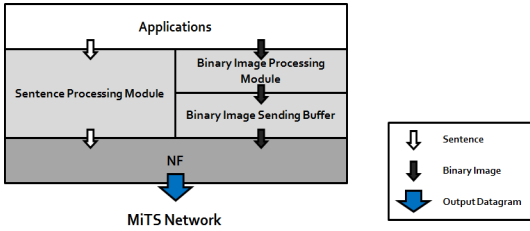


그림 2: 송신 시 각 모듈의 동작과정

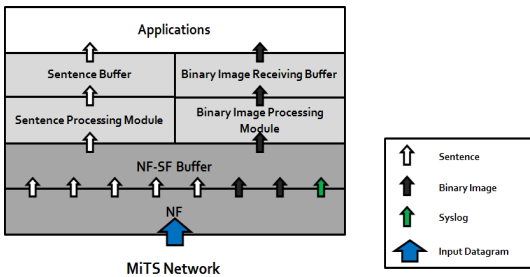


그림 3: 수신 시 각 모듈의 동작과정

3.2 NF

NF의 주요 기능은 데이터그램의 송/수신 기능 및 유효성 검사 기능 등이다.

SF가 메시지 송신을 요청하게 되면, NF는 헤더를 통해 SF로부터 전달받은 메시지가 Sentence 메시지인지, 바이너리 이미지 메시지인지를 구별한다. 그 후 데이터그램을 만들어 해당하는 IP 주소 및 포트로 UDP 멀티캐스팅 방식을 이용하여 송신한다.

NF는 데이터그램의 수신 대기(listening) 쓰레드(thread)를 해당 IP 주소 및 포트 번호 별로 생성하고 모든 쓰레드를 활성화시켜준다. 이때, Sentence에 관한 쓰레드 5개와 바이너리 이미지를 위한 쓰레드 2개, Syslog를 위한 쓰레드 1개가 생성 및 활성화된다.

데이터그램이 수신되면 데이터그램의 유효성 검사를 수행하게 되는데, 먼저 UDP 체크섬 필드가 설정되어있는지를 확인하는데 필드가 0이면 설정하지 않

는 것이므로 그 데이터그램을 무시한다. 그 후, 수신된 데이터그램의 크기가 1472 바이트를 넘지 않는지를 검사한다. 또한 여러 데이터그램이 동시에 수신되는 경우도 있기 때문에 소실 방지 및 처리를 위해 유효성 검사에 위배되지 않는 데이터그램을 NF-SF 버퍼에 저장한다.

이 버퍼는 큐(queue)의 형태로 구현되어 있으며 처리는 선입선출(First In First Out) 방식으로 수행된다. 또한 SF에서 이 버퍼를 계속 감시하여 데이터그램이 수신 및 저장되면 SF로 가져오고 버퍼에서 삭제하는 방식으로 버퍼를 관리한다.

3.3 SF

3.3.1 Sentence 처리 모듈

Sentence 처리 모듈의 주요 기능은 Sentence 형식 변환 기능 및 유효성 검사 기능이다. 송신 시에는 송신을 위한 메시지를 NMEA의 Sentence 형식으로 변환하여 NF로 전달해준다.

수신 시에는 NF-SF 버퍼에 저장되어 있는 데이터그램의 헤더를 확인하여 Sentence 메시지면 Sentence 처리 모듈로 가져온다. 그 후, 표 5와 같은 순서로 유효성을 검사하는데 체크섬 검사는 '*' 이후의 두 자리 16진수를 이용하며 '\$나 !'의 이후부터 '*' 전까지의 문자들을 시작/끝 비트가 없는 8비트 XOR(Exclusive OR) 연산을 취해서 나오는 값을 통해 계산된다.

표 5: Sentence 처리 모듈의 유효성 검사 과정

1. 한 Sentence가 82 바이트('\$', '<CR>', '<LF>' 포함)를 넘지 않는가?
2. Sentence가 '\$' 혹은 '!로 시작하는가?
3. 올바른 Talker ID 및 Sentence Formatter인가?
4. 데이터 필드에 들어갈 수 없는 문자가 들어가지 않았는가?
 - 4-1. 16진수 20~7F까지 범위 내의 유효 문자인가?
 - 4-2. '.'를 제외한 예약 문자가 오지 않았는가?
5. '*'의 이후에 체크섬이 나오는가?
6. Sentence가 '<CR>', '<LF>'로 끝나는가?

유효성 검사에 위배되지 않으면 Sentence를 각 Sentence Formatter에 따라서 구분되어 있는 Sentence 버퍼에 덮어쓴다. 어플리케이션은 이 Sentence 버퍼를 참조하여 원하는 데이터를 얻을 수 있다.

3.3.2 바이너리 이미지 처리 모듈

바이너리 이미지 처리 모듈은 NMEA의 Sentence 메시지가 아닌 바이너리 이미지를 송/수신하는데 사용되는 모듈이다. 이 모듈의 주요 기능은 헤더 생성 기능, 디스크립터 생성 기능, 바이너리 이미지 데이터 분할 기능 등이 있다.

바이너리 이미지의 송/수신을 위해 각 모듈을 생성하고 초기화 한 후, 송신을 요청하면 바이너리 이미지 처리 모듈은 표 6와 같은 순서로 동작한다.

표 6: 바이너리 이미지 처리 모듈의 송신 과정

1. 송신할 바이너리 이미지의 헤더와 디스크립터를 생성한다.
2. 바이너리 이미지를 1472 바이트 단위로 분할하여 순서대로 Sending 버퍼에 저장한다.
 - 2-1. 첫 번째 데이터그램에는 헤더와 디스크립터, 바이너리 이미지를 포함하여 분할 저장한다.
 - 2-2. 두 번째 데이터그램 부터는 디스크립터를 제외하고 분할 저장한다.
3. Sending 버퍼에서 데이터그램을 가져온다.
4. Sequence Number를 설정한다. (0부터 1씩 증가)
5. 헤더의 나머지 필드를 설정한다.
6. 데이터그램을 송신한다.
 - 6-1. 모든 데이터그램이 송신되지 않았으면, 3 단계부터 실행한다.
 - 6-2. 모두 송신 되었으면, 1단계부터 실행한다.

헤더와 디스크립터에는 여러 정보가 포함되는데, Block ID는 수신 측에서 동일한 이미지인지 아닌지를 식별하기 위한 ID이다. 최초에는 정수를 무작위(random)로 생성하여 부여하고 그 이후 이미지에 대해서는 생성되었던 정수에 1씩을 더하는 방식으로

부여한다. Sequence Number는 분할된 파일이 몇 번째의 파일인지를 식별하기 위해 0부터 1씩 증가시키는 방식으로 부여되며 Sequence Number가 Max Sequence Number와 같아지면 모두 전송되었다고 판단한다.

또한 수신시 경우, NF-SF 버퍼에 저장된 메시지를 헤더를 보고 구별하여 바이너리 이미지 처리 모듈로 가져온다. 바이너리 이미지 모듈은 처리를 위해 헤더와 디스크립터를 메시지에서 분리하며 그 후 표 7과 같은 순서에 따라 동작한다.

표 7: 바이너리 이미지 처리 모듈의 수신 과정

1. 데이터그램을 수신한다.
2. 수신 한 데이터그램 헤더의 Block ID와 이전에 수신하여 Receiving 버퍼에 저장된 데이터그램의 Block ID를 비교한다.
 - 2-1. Block ID가 같으면, 이어서 Receiving 버퍼에 분할된 바이너리 이미지를 저장한다.
 - 2-2. Block ID가 다르면, Receiving 버퍼를 초기화한 후 1단계부터 실행한다.
3. 저장된 데이터그램의 Sequence Number와 Max Sequence Number를 비교한다.
 - 3-1. 동일하면, 데이터그램 수신이 완료된 것이므로 버퍼에 저장된 바이너리 이미지를 완성시켜서 어플리케이션으로 전달한 후 Receiving 버퍼를 초기화한다.
 - 3-2. 동일하지 않으면, 1단계부터 실행한다.

3.4 제약사항

LWE 기반 표준은 현재 제정 중이고 자세한 명세가 없는 부분이 있기 때문에 이 논문에서 다루는 프로토콜의 개발에는 제약사항이 존재한다. 바이너리 이미지의 송/수신에서 재-전송 가능한 바이너리 이미지 처리, Syslog에 관한 처리, Sentence 메시지에서 선택 사항인 TAG(Transport Annotate and Group) block 부분에 관한 처리는 향후 연구로 남겨둔다.

3.5 구현 및 테스트 환경

프로토콜의 개발에서 운영체제는 Windows 7을 기반으로 하였으며 개발도구는 Visual Studio 2008

이미지 처리 모듈이 그에 해당하는 디스크립터 및 헤더를 생성하여 1472 바이트 단위로 분할한 후 차례대로 송신하는 것을 볼 수 있다. 또한 그림 9에서는 수신한 바이너리 이미지를 차례대로 처리하여 저장하는 것을 볼 수 있다.

```

NF 생성완료
TAGProcessingModule 생성완료
SentenceProcessingModule 생성완료
BinaryProcessingModule 생성완료
초기화 완료
Select Sentence Formatter
(1)>DPT (2)>MTW (3)>MWD (4)>RMC (5)>UHW (6)>UTG (7)>XDR (8) Binary
8
imageLength : 13387
Descriptor 생성완료
MaxSequenceSize:9
Header 조합 완료
1472 바이트 보냈습니다.
1472 바이트 보냈습니다.
1472 바이트 보냈습니다.
1472 바이트 보냈습니다.
1472 바이트 보냈습니다.
1472 바이트 보냈습니다.
1472 바이트 보냈습니다.
1472 바이트 보냈습니다.
1472 바이트 보냈습니다.
1472 바이트 보냈습니다.
503 바이트 보냈습니다.

```

그림 8: 바이너리 이미지 송신

```

NF 생성완료
TAGProcessingModule 생성완료
SentenceProcessingModule 생성완료
BinaryProcessingModule 생성완료
초기화 완료
Datagram 수신 대기 시작
1472 바이트 받았습니.
*** Header Information ***
Token : RaUDP1472 바이트 받았습니.

Version : 1
Source ID : cc0001
Destination ID : XXXXXX
Type : 1
Block ID : 20149
Sequence Num : 0
Max Sequence : 1472 바이트 받았습니.
9
*** Descriptor Information ***
Length : 24
imageLength : 13387
StatusOfAcquisition : 0
Device : 1
Channel : 1
TypeLength : 10
1472 바이트 받았습니.
1472 바이트 받았습니.
1472 바이트 받았습니.
1472 바이트 받았습니.
1472 바이트 받았습니.
1472 바이트 받았습니.
503 바이트 받았습니.
cc0001 20149.jpg

```

그림 9: 바이너리 이미지 수신

5. 결론 및 향후 연구

이 논문에서는 NMEA 0183 Version 4의 Sentence 형식의 메시지를 비롯하여 바이너리 이미

지도 송/수신할 수 있도록 하는 LWE 기반 표준을 일부 만족하는 MiTS 프로토콜을 개발하였다. 프로토콜의 개발을 위해 구성요소인 NF 및 SF의 요구사항을 분석하고 각 요구사항에 맞는 기능을 하는 모듈을 구현하였으며 개발된 프로토콜을 이용하면 MiTS 네트워크 내에서 여러 시스템 간의 상호 통신 및 데이터 처리를 할 수 있다.

이 논문에서 개발한 프로토콜에서는 제외되었던 재-전송 가능한 바이너리 이미지, Syslog, TAG 처리를 위한 부분의 개발이 필요하다. 또한 LWE 기반 표준 프로토콜은 신뢰성이 보장되지 않는 특성을 가진 UDP를 이용하기 때문에 신뢰성은 고려되지 않아 문제점이 발생할 여지가 있지만 정식으로 표준 문서가 발표되면 보완될 것이라 판단된다.

후 기

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2008-F-046-01, E-Navigation 대응 IT-선박융합 핵심기술 개발]

참고문헌

- [1] IEC, "IEC61162-4: Maritime Navigation and Radiocommunication Equipment and Systems - Digital Interfaces - Multiple Talkers and Multiple Listeners - Ship Systems Interconnection", 2001.
- [2] 이광일, 박준희, 최원석, 문경덕, "선내 통신 국제 표준화 동향", TTA Journal, No.126, pp.45-51, 2009.
- [3] 이장세, 박휴찬, 장길웅, 이주형, 장남주, 이주영, 이부형, "선박 내 정보의 통합관리를 위한 정보 아키텍처", 2009년도 한국마린엔지니어링학회 공동학술대회 논문집, pp.209-210, 2009.
- [4] IEC, "61162-450 Ed.1: Maritime Navigation and Radiocommunication Equipment and Systems - Digital Interfaces - Part 450: Multiple Talkers and Multiple Listeners - Light-weight

Ship Systems Interconnection”, 2010.

- [5] NMEA, “NMEA 0183 Version 4.00”, 2008.

저 자 소 개



황훈규(黃勳圭)

2009년 한국해양대학교 IT공학부 컴퓨터정보공학전공(공학사), 2009년-현재 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정. 관심분야: 정보보안, 네트워크, 시뮬레이션, 해양정보시스템



윤진식(尹珍植)

2009년 한국해양대학교 IT공학부 컴퓨터정보공학전공(공학사), 2009년-현재 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정. 관심분야: 정보보안, 네트워크, 포렌식



이성대(李聖大)

1999년 한국해양대학교 컴퓨터공학과(공학사), 2001년 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사), 2007년 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사), 2007년 - 2009년 한국해양대학교 산학협력단 전임연구원, 2009년 - 현재 한국해양대학교 전파공학과 (연구교수). 관심분야: 데이터마이닝, 해양정보시스템



서정민(徐正民)

2009년 한국해양대학교 IT공학부 컴퓨터정보공학전공(공학사), 2009년-현재 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정. 관심분야: 데이터베이스, 데이터마이닝



장길웅(張吉雄)

1997년 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학사), 1999년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학석사), 2002년 경북대학교 컴퓨터공학과(공학박사), 2003년 - 현재 한국해양대학교 데이터정보학과(부교수). 관심분야: 네트워크 프로토콜, 유비쿼터스

네트워킹



이장세(李章世)

1997년 한국항공대학교 컴퓨터공학과(공학사), 1999년 한국항공대학교 컴퓨터공학과(공학석사), 2003년 한국항공대학교 컴퓨터공학과(공학박사), 2004년 - 현재 한국해양대학교 IT공학부(부교수). 관심분야: 컴퓨터보안, 지능시스템, 모

델링 및 시뮬레이션



박휴찬(朴僣讚)

1985년 서울대학교 전자공학과(공학사), 1987년 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학석사), 1995년 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학박사), 1987년 - 1990년 금성반도체, 1997년 - 현재 한국해양대학교 IT공학부(교수). 관심분야: 데이터베이스, 데이터마이닝, 해양정보시스템

데이터베이스, 데이터마이닝, 해양정보시스템