

다중무선매체 해상통신망을 위한 최대승수기반 경로배정 프로토콜 손주영* · 문성미¹

(원고접수일 : 2010년 9월 3일, 원고수정일 : 2010년 10월 20일, 심사완료일 : 2010년 11월 3일)

Max-Win based Routing(MWR) Protocol for Maritime Communication Networks with Multiple Wireless Media

Joo-Young Son* · Seong-Mi Mun¹

요약 : 기존 해상의 데이터통신은 주로 위성과 라디오에 의존적이거나 전송률과 비용 측면에서 제약을 가진다. 향후의 수요에 대비하여 육상의 통신체제와 유사하게 저렴하고 비교적 높은 전송률을 제공하는 새로운 해상통신체제가 필요하다. 이 논문에서는 선박간의 데이터통신을 위해 새롭게 설계된 해상통신망 모델을 보이고, 선박에서 이용할 수 있는 여러 무선매체 가운데 응용의 특성과 통신제약조건에 최적의 매체를 선택하여 경로를 배정하는 MWR 라우팅 프로토콜을 제안한다.

주제어 : 고속 해양통신망, 모바일 애드 혹 네트워크, 다중 무선매체, 라우팅 프로토콜

Abstract: The current maritime data communications mainly depend on radio and satellite which have restrictions on data rate and cost. That leads to needs of novel relatively-high-speed data communication systems at sea just like on land. This paper proposes a routing protocol (MWR) for newly designed model of ship-to-ship communication networks at sea. The MWR protocol finds out an optimal route by selecting an optimal network for each specific application from overlapped networks of available wireless media at sea.

Key words: High Speed Maritime Data Networks, MANET (Mobile Ad Hoc Networks), Multiple Wireless Media, Routing Protocol

1. 서 론

고속의 해상통신을 하기 위해서는 현재 위성통신이 유일한 방법이다. 이를 대체할 수 있는 방법으로 선박에서 이용할 수 있는 각종 통신장비를 활용하는 방법도 현재 활발히 모색되고 있는 상황이다 [1].

현재 연안과 원양을 항해하는 선박들이 데이터통신을 하기 위해서는 라디오통신 또는 해상통신위성을 이용해야 한다. 그러나 이 매체들은 각각 낮은 대역폭 또는 비싼 사용료 등으로 사용하기가 매우 어렵다.

현재 육상에서 먼 거리로 무선이동통신이 가능하도록 하는 광대역 접속기술은 WiBro, WiMAX, RF 등이 있다. 이 기술들은 앞으로 적극적으로 해상에서 활용될 가능성을 가진다. 다중 홉에 의한 애드 혹 방식으로 전송범위를 넓히는 MANET 기법이 적용될 수 있기 때문이다 [2].

이 논문에서는 해상의 선박이 활용할 수 있는 여러 가지 무선통신매체 가운데 하나를 선택적으로 이용하여 가장 전송 성능이 좋은 경로를 찾는 라우팅 프로토콜을 제안한다. 매체의 선택은 응용(Application)의 전송특성과 각 매체가 가지는 비

* 교신저자(한국해양대학교 컴퓨터공학과 교수, E-mail: mmlab2010@gmail.com, Tel: 051-410-4575)

¹ 한국해양대학교 컴퓨터공학과 박사수료, (주)신동디지털 책임연구원

용, 전송률, 홉수, 지연시간 등 성능상의 제약점을 고려하여 이루어진다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 보이고 3장에서는 선박에서 활용할 수 있는 무선매체와 응용을 전송특성에 따라 분류한다. 4장에서는 MWR 경로배정 알고리즘을 제안하고 5장에서 결론을 내린다.

2. 관련 연구

MANET은 기지국과 1 홉(hop) 체제를 가지지 못하고 있는 환경에 있는 이동체들 간의 통신망 모델이다. 해상에 있는 선박들도 이러한 환경에 있으므로 선박간의 대규모 데이터 통신이 가능한 통신망 모델로 MANET을 활용할 수 있다. MANET에서의 경로배정 프로토콜은 데이터 전송 요구가 있기 전에 모든 노드에 대한 경로를 파악하는 선형적 경로배정 프로토콜과 데이터 전송이 발생할 때에 목적지에 대한 경로를 파악하는 반응적 경로배정 프로토콜로 구분할 수 있다[3].

VANET(Vehicular Ad hoc Networks)은 노드의 경로에 따라 이동경로 중에 있는 차량 간 통신을 가능하게 하는 MANET과 비슷한 통신망 모델이다. 특징으로, 각 노드는 GPS를 통해 다른 노드 위치 획득이 가능하고 망의 위상이 아주 빠르고 빈번하게 변하는 점이다. 멀티 홉 경로배정은 차량의 밀도에 매우 의존적이고 차량의 이동속도와 방향이 도로에 따라 일정하게 정해진 이동경로를 가진다는 특징이 있다. 이러한 특성을 가진 VANET은 선박간의 대규모 데이터 통신을 위한 통신망 모델로 활용이 가능하다. VANET을 위한 경로배정 프로토콜은 경쟁기반 경로배정, 지도에 의한 위치기반 경로배정, 방송형 그리고 멀티캐스팅 경로배정으로 구분된다[4].

해상통신망은 MANET과 같이 노드는 선박 내 통신장치가 되고 중앙통제 없이 노드 간 링크를 형성하여 통신망을 형성할 수 있다. 선박은 경제적인 이유로 출발항과 목적항사이의 최단거리인 항로를 따라 이동하는 것이 일반적이기 때문에 VANET처럼 일정한 이동 경로가 이미 결정되어 있다. 그러나 MANET의 노드 특성과는 다르게 육상의 고정

노드와 같이 자원이 풍부하고 VANET과는 다르게 이동 속도가 크게 빠르지 않기 때문에 위상 변화가 빈번하게 일어나지 않는 독특한 특성을 가진다. 이 특성을 이용하여 새로운 해상통신망 모델이 제안되었고, 이에 따른 경로배정 프로토콜도 항로기반, 교차점기반, 그리고 복합적인 방법이 함께 제안되었다[5,6,7].

기존의 해상통신망을 위한 경로배정 프로토콜은 모두 노드(선박)가 단일 전송매체를 이용하는 것을 전제하고 있다. 반면 이 논문에서 제안하는 MWR 경로배정 프로토콜에서는 실제 해상환경에서 노드가 전송특성을 서로 달리하는 여러 매체(VHF, wLAN, WiBro, WiMAX, 위성)를 활용할 수 있음을 고려하여 이 매체들을 선택적으로 이용하는 독특한 특성을 가진다.

3. 해상통신환경

3.1 선박 무선매체의 특성

wLAN은 AP에서 클라이언트까지 RF나 적외선을 이용한 채널을 활용하는 Wi-Fi 기술이다. 2.4GHz대역을 이용하며 최대 전송범위는 약 30~200m이다. 캠퍼스 망, 엔터프라이즈 망 등에서 널리 활용되고 있다[8]. 선박 통신에 활용하기에는 그 전송 범위가 짧으나 연안 정박 시 혹은 선내망으로 활용이 가능하다.

WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)는 802.16계열의 무선 MAN 기술로 DSL 및 케이블 모뎀이 무선으로 확장된 개념으로 last mile의 무선 광역 접근 전달을 가능하게 한다[9]. 전송 범위가 최대 50km까지 가능하고 이동성도 보장하는 특징이 있다. 2.3~2.4GHz의 대역을 이용한다. 넓은 전송범위로 선박간 통신에 활용이 가능하고 WiMAX MMR 기술을 채택할 경우 전송범위를 더욱 넓힐 수 있다.

WiBro(Wireless Broadband)는 802.16e 표준으로 무선 광대역 인터넷 기술로 TDD/OFDMA를 무선다중접속기술로 채택하고 있다[10]. WiBro는 이동 중일 때 초고속 인터넷 접속을 위한 이동성 제공에 그 특징이 있고, 최대 전송

범위는 14.2km이다. 육상에서 노트북, PDA, 스마트폰 등 다양한 휴대 인터넷 단말기에서 서비스를 이용할 수 있고, 연안에서도 선박의 이동성은 충분히 커버하며 이용가능하다.

VHF(Very High Frequency)는 30~300 MHz 범위의 무선 RF 채널을 활용하고 최대전송 범위는 50km이다. 주로 TV, FM, 지상파 DM, 무전기 등에 활용하고 있다. 선박통신 시 연안 트래픽의 증가와 함께 VHF대의 아날로그 음성채널의 사용 증가로 트래픽 혼잡현상이 있을 수 있다. 이에 VHF를 이용하여 디지털 데이터통신을 하기 위한 연구가 진행 중인데[1], 이는 해상에서도 중속의 디지털 데이터통신 채널로 활용 가능하다.

Inmarsat FB(International Maritime Satellite Fleet Broadband)는 대표적인 선박통신수단으로 최대 전송률 432kbps이고 L(1~2GHz) 또는 C(4~8GHz) 대역의 주파수 대역을 사용한다. 음성 및 데이터 동시 전송이 가능하다. Inmarsat은 ISDN 기반으로 발전되어 왔으나, 최근 광대역 기반으로 패러다임이 바뀌고 있다.

VSAT(Very Small Aperture Terminal)은 Inmarsat에 비해 협소한 범위를 커버하는 통신위성 시스템으로 Ku(12.4~18GHz) 또는 Ka(26.5~40GHz) 대역의 주파수 대역을 사용한다. 가정이나 기업의 사용자를 위한 서비스를 제공하며 음성 및 데이터 통신이 가능하다.

앞서 설명한 해상의 선박간 통신을 가능하게 해주는 무선매체의 전송범위, 주파수대역, 전송률, 지연시간, 이용료 등을 기준으로 분류하면 표1과 같다.

표 1: 선박 무선매체의 분류

	wLAN	WiMAX [9]	VHF [1]	WiBro [10]	Inmarsat FB	VSAT
전송 범위 (km)	0.1	50	50	14.2	전세계 (북, 남위 75°이상 제외)	각 국가 기준 인근해역
주파수 대역	2.4-2.48 GHz	2.5-3.5 GHz	170-174 MHz	2.3-2.4GHz	L, C-band	Ku, Ka-band
전송률 (bps)	50M	70M	100k	5M	432k	128k
지연 시간 (ms)	22	25	0.1	10	500	250
이용료	월 약 3만원 [11]	월 31달러 (약4만원)	없음	월정액 1만원~3만원+초과이용료(KT)	HSD 기준 조당 170원 (월 4억 이상)	월 정액 300만원(KT)

3.2 해상선박을 위한 응용의 종류

해상에서 이용될 대표적인 응용 서비스들은 이메일, 파일전송, 해적으로부터의 보호를 위한 영상감시, 기상 및 해상 날씨예보, 재난구조 서비스, 항해 데이터 실시간 갱신과 같은 응용이 될 것이다[1]. 응용에 따라 전송 요구특성이 조금씩 다른데 예를 들어 실시간 음성전화 서비스의 경우 낮은 지연시간과 높은 전송률, 그리고 적은 이용료가 중요하다.

표 2: 항해선박의 응용을 위한 전송 요구특성

응용	전송 요구특성
안전, 조난 대비	최소 홉, 높은 전송률, 낮은 지연시간
영상, 음성	최소 홉, 높은 전송률, 낮은 지연시간, 낮은 사용료
이메일, 파일	최소 홉, 낮은 손실률, 낮은 사용료
간단한 메시지	최소 홉, 낮은 전송률, 낮은 지연시간, 낮은 사용료

표 2는 해상 선박에서 이용할 수 있는 대표적인 응용을 활용처에 따라 4가지로 분류하고 각 경우의 전송 요구사항을 정리한 것이다.

4. MWR 경로배정 프로토콜

4.1 해상통신망 모델

여러 매체가 중첩되어 있는 해상통신망을 위해 최적의 경로를 배정하는 MWR은 다음과 같은 환경에서 작동한다. 첫째, 모든 선박은 GPS를 통해 자신의 위치와 AIS, LRIT를 이용하여 다른 선박의 위치를 파악할 수 있다. 둘째, 모든 선박은 wLAN, WiBro, WiMAX, RF, Inmarsat, VSAT 등의 무선매체들을 이용할 수 있고, 지리적 위치 또는 응용의 전송요구특성에 따라 무선 매체를 선택한다. 그리고 마지막으로, 경로상의 홉 수가 5홉 이상이 되지 않는 경로를 선택한다. 과도한 홉으로 경로가 설정되면 실제 채널상태가 열악한 링크를 가질 확률이 매우 높아져 병목현상이 초래되고 전체 경로의 성능이 저하될 수 있기 때문이다 [11].

특정 매체에 의한 해상통신망 $G=(V, E)$ 는 다음과 같이 형성된다. 여기서 노드 집합 V 는 통신하고자 하는 두 노드(s, d)를 포함하고, s 와 d 의 최

대전송범위의 끝을 각각 대각선의 끝 점으로 하는 직사각형 구역 내에 있는 선박과 항구, 연안의 통신국(해당 매체를 이용하는)들로 구성된다. 링크 집합 E는 V에 속하는 각 노드에서 해당 매체의 최대전송범위 내에 있는 모든 노드와 연결되는 선분(edge)으로 구성된다. 그림 1은 그 예를 보여준다.

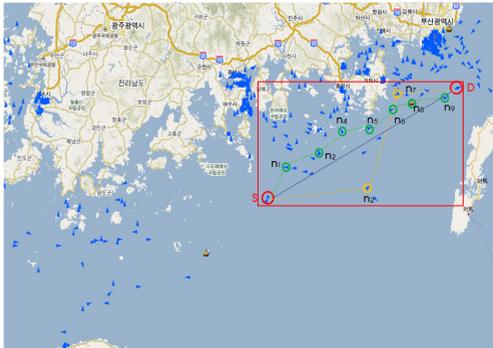


그림 1: 특정 매체의 해상통신망의 예

4.2 MWR 경로배정 프로토콜

MWR 경로배정 프로토콜에서는 경로배정을 하기 전에 우선 응용에 따라 요구되는 전송특성을 최대한 만족하는 매체를 선정하는 작업을 수행한다. 그림 2는 MWR 프로토콜을 가상코드로 보여준다.

```
// MWR : Max-win Based Routing
// input :: app(응용), src, dst(통신 노드)
// output :: media(선택매체), path(s-d 최적경로)

MWR(app, src, dst, media, path)
{
    i=0; j=0; k=0; // 임시 인덱스 초기화
    // 응용의 전송요구조건을 만족하는 매체가 없을 때
    h[i]=2; p[i]= 경로(s-<->satellite-<->d); m[i]=satellite;

    // app의 전송요구조건 만족시키는 매체검색
    m = 매체검색(app);
    while(각 검색된 매체 m[i]에 대해)
    { // g[i]는 각 매체 m[i]에 의한 네트워크 그래프
      g[i]=매체에 의한 네트워크 그래프 구성(m[i], src, dst);
      // h[i]는 g[i]상에서 구한 최단홉 경로의 홉수
      p[i] = 최소홉 경로탐색(g[i], src, dst, &h[i]);
      if(h[i] > 5)
      { // 경로상의 최대홉수(5)를 넘으면 위성매체선택
        h[i]=2; p[i]= 경로(s-<->satellite-<->d); m[i]=satellite;
      }
    }

    if(i > 1){ //검색된 매체 m이 1개 이상일 때
      for(각 성능기준 perf[j]에 대해)
      { // 성능기준=(전송률차, 홉수, 지연시간차, 사용료)
        bestPerf[k] = 최고성능 경로(매체) 찾기(perf[j], m, i);
      }
      i=최고성능기준 개수가 최대인 경로(매체) 찾기(bestPerf);
    }
    media = m[i]; path = p[i]; // i = 최적경로매체 인덱스
}
}
```

그림 2: MWR 경로배정 프로토콜

우선 두 선박(s, d) 간에 이용할 응용의 전송특성과 통신상의 제약조건을 파악한다. 그리고 그 응용의 특징이나 주어진 제약 조건을 충족하는 무선매체(wLAN, WiMAX, VHF, WiBro, Inmarsat, VSAT)를 찾아낸다.

찾은 매체가 하나이면 그 매체에 의한 해상통신망 $G=(V, E)$ 를 구성한다. G에서 s와 d 사이에 경로 가운데 홉 수가 가장 적은 최단경로를 찾는다. 찾은 알고리즘은 일반적인 최단거리 알고리즘(Dijkstra)을 활용한다. 만약 최단경로의 홉이 5 또는 그 이하이면 그 경로를 최종적인 최적경로로 출력한다. 5 이상이면 디폴트 경로로 주어진 위성경유 경로를 선택한다. 이 위성경로는 응용의 전송요구조건을 만족하는 매체가 하나도 없을 때도 선택된다.

찾은 매체의 개수가 $n(n)=2$ and $n \leq 6$, 활용할 수 있는 매체의 수를 6종으로 가정)이면 그 각 매체에 의한 해상통신망 G_2, G_3, \dots, G_n 을 구성한다. $G_i(i=2, \dots, n)$ 에 대해 각각 홉수 기준 최단경로를 찾는다. 이때도 5 홉 이상으로 최단경로가 찾아지면 디폴트 경로인 위성경로를 최단경로로 선택한다.

찾은 n개의 최단경로를 응용이 요구하는 전송률과 매체 전송률의 차(작을수록 최적전송률), 경로홉수, 응용이 요구하는 지연시간과 매체 지연시간(작을수록 최적지연시간), 서비스 사용료 등의 성능기준에 따라 각각 비교하고 그 성능 순위를 매긴다. n개의 최단경로 가운데 최고 성능기준의 개수가 가장 많은(성능 최다승)매체의 경로를 최종적인 최적경로로 출력한다. 만약 최고 성능기준의 최대 개수가 동일한 경로가 둘 이상이면 성능기준 사이의 우선순위를 적용하여 최종적인 최단경로 하나를 선택한다. 이때 우선순위는, 편의 관련 응용의 경우, 사용료, 전송률차, 홉수, 지연시간차 순으로 우선순위를 적용하고, 안전 관련 응용의 경우, 전송률차, 홉수, 지연시간차, 사용료 순으로 적용한다.

예로 그림 1에서 출발지 선박(S)과 도착지 선박(D)을 고려한다. 간단한 메시지를 전송하고자 하는데, 이는 편의 관련 응용으로 100kbps 정도의 전송률이 최소한 필요하고, 200ms정도의 지연시

간을 허용하고, 가능한 짝 비용을 원한다고 가정한다. 응용의 전송요구조건을 고려하면 VHF, WiMAX, WiBro가 선택되고 각 매체에 대한 망 그래프들을 구성한 후 각 매체별 그래프에서 최단 홉 수 경로를 찾는다. 그림 3은 각 매체별 통신망에서의 최단 경로이다.

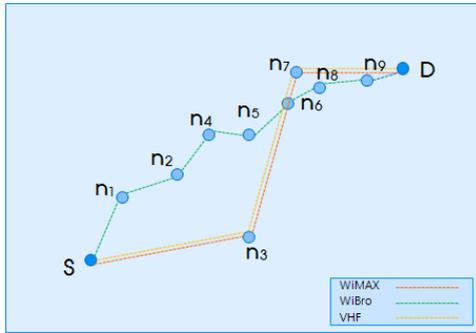


그림 3: S-D간 응용특성 기준 매체별 최단경로

$\{(S, n_3), (n_3, n_7), (n_7, D)\}$ 는 각각 WiMAX, VHF의 최단 경로이고, $\{(S, n_1), (n_1, n_2), (n_2, n_4), (n_4, n_5), (n_5, n_6), (n_6, n_8), (n_8, n_9), (n_9, D)\}$ 는 WiBro의 최단 경로로 총 3개의 경로가 매체가 선택된다. WiBro는 8홉이어서 위성(Inmarsat, 또는 VSAT) 경로로 대체된다. 4개의 경로 중 응용의 요구조건에 가장 최적인 매체를 선택하기 위해 VHF, WiMAX, Inmarsat, VSAT의 성능특성을 비교한다. 표 3은 이것을 정리한 것이다.

표 3: VHF, WiMAX, Inmarsat, VSAT 성능비교

매체특성	VHF	WiMAX	Inmarsat	VSAT	선택매체
이용료	없음	월 약 4만원	HSD 기준 초당 170원	월 정액 300만원	VHF
전송률차	0	29M	332k	28k	VHF
홉수	3	3	2	2	Inmarsat, VSAT
지연시간차	-199.9ms	-175ms	300ms	50ms	WiMAX

이용료 측면에서는 VHF가 가장 저렴하고, 응용이 원하는 전송률과 매체가 제공할 수 있는 전송률의 차이측면에서도 차가 거의 없는 VHF가 가장 좋다. 홉 수를 고려하면 WiBro의 대체 경로 매체

로 선택된 Inmarsat 또는 VSAT이 가장 좋고, 응용이 허용하는 지연시간과 매체가 제공하는 지연시간과의 차이 측면에서는 WiMAX가 최적이다. 종합하면 최고성능의 개수가 가장 많은 즉 성능 최다수의 매체는 VHF다. 따라서 이 예에서는 VHF로 구성된 통신망의 최단 경로를 선택하여 데이터를 송수신하게 된다.

5. 결 론

현재 해상통신체제에 대한 대안으로 선박에서 이용할 수 있는 여러 매체를 선택적으로 이용하여 최적의 성능을 보이는 전송경로를 찾는 MWR 경로배정 프로토콜을 제안하였다. 응용의 종류와 전송매체의 제약조건(이용료, 전송률, 지연시간 등)에 따라 사용가능한 매체를 먼저 선택하고 선택된 매체로 이루어진 각 통신망에서 각각 홉 수 기준 최단경로를 구한다. 다시 구한 최단경로들을 전송률차, 홉 수, 지연시간차, 이용료 등의 성능기준에 의거하여 서로 비교하여 가장 좋은 성능을 내는 기준의 개수가 많은 경로(매체)를 최종적인 최적경로로 선택하는 기법이다. 앞으로 제안한 통신망 모델을 구현하여 MWR 프로토콜의 성능을 극대화하는 방안을 찾을 예정이다. 그리고 더 나아가 경로를 이루는 링크별로 최적인 매체를 선택하는 기법에 대해 연구할 예정이다.

후 기

본 논문은 한국해양수산기술진흥원(KIMST) 해양과학기술연구개발사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

[1] 정중식, 김선영, "E-navigation 도입에 따른 육해상통신망 개발전략에 관한 연구", 한국항해항만학회지, 제32권 제1호, pp. 37-45, 2008

[2] I. Chlamtac, M. Coti, and J J.-N. Liu, "Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges," Ad Hoc Networks 1, pp. 13-64, Elsevier, 2003.

[3] M. Abolhasan, T. Wysocki, and E.

Dutkiewicz "A review of routing protocols for mobile ad hoc networks," Ad Hoc Networks 2, Elsevier, pp. 1-22, 2004

- [4] Saleh Yousefi, Mahmoud Siadat Mousavi, and Mahmood Fathy, "Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs) : Challenges and Perspectives", 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings pp. 761-766, 2006.
- [5] 손주영, "선박 애드 혹 네트워크를 위한 확장 탐색구역 경로배정 프로토콜", 한국마린엔지니어링학회지, 제32권 제8호, pp. 1269-1277, 2008.
- [6] 손주영, "선박 애드 혹 네트워크를 위한 부채꼴 탐색구역 경로배정 프로토콜", 한국정보과학회 논문지, 제35권, 제6호, pp. 521-528, 2008.
- [7] 손주영, 문성미, "선박 애드 혹 네트워크에 적합한 복합적 항로기반 경로배정 프로토콜", 한국마린엔지니어링학회지, 제32권, 제5호, pp. 775-784, 2008.
- [8] 최선웅, "IEEE 802.11 무선 랜의 성능 특성", 한국통신학회지(정보와 통신), 제24권, 제6호, pp. 50-57, 2007.
- [9] 김봉준, "WiMAX 시장동향 및 전망", 정보통신연구진흥원 학술정보, 정보통신정책, 제16권 제14호, 2004.
- [10] 홍대형, "WiBro 표준화 및 서비스", 정보통신산업진흥원, [IITA] 정보통신연구진흥원 학술정보 TTA 저널, 114호, 2007.
- [11] 김상목, 소영완, 홍대현, "휴 간 부하 분산 기법이 멀티휴 셀룰라 망의 성능에 미치는 영향 연구", 통신정보융합동학술대회(JCCI), 2005.

저 자 소 개



손주영(孫周永)

1981년~1985년 서울대학교 계산통계학과 졸업, 1991년~1993년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업 공학석사, 1993년~1997년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업 공학박사, 1985~1998년 LG전자(주) 미디어통신연구소 책임연구원, 1998년~현재 한국해양대학교 IT공학부 정교수. 관심분야 고속해양통신망 프로토콜, e-Navigation, MANET, VANET, WMN, WIMAX MMR.



문성미(文成美)

1998년~2002년 한국해양대학교 자동화정보공학부 졸업, 2002년~2004년 한국해양대학교 컴퓨터공학과 졸업 공학석사, 2005년~현재 한국해양대학교 컴퓨터공학과 박사과정수료, (주)신동디지텍 연구소 책임연구원 재직. 관심분야: 해양정보통신망, e-navigation, MANET, VANET.