

## 선박 애드 혹 네트워크에 적합한 복합적 항로기반 경로배정 프로토콜

손주영† · 문성미\*

(원고접수일 : 2008년 5월 2일, 원고수정일 : 2008년 7월 9일, 심사완료일 : 2008년 7월 16일)

### A Hybrid Course-Based Routing Protocol Suitable for Vessel Ad Hoc Networks

Jooyoung Son† · Seong-Mi Mun\*

**Abstract** : It is not easy to access very high speed Internet services at sea due to some technical and economical problems. In order to realize the very high speed Internet services at sea like on land, new communication network models based on MANET should be adopted. In this paper, a new MANET model at sea is provided, which considered the ocean environments, and the characteristics and movement of vessels. On the basis of the fact that most vessels navigate on the predetermined courses, which are the shortest paths between source and destination ports in most cases, a type of location oriented routing protocol is proposed in this paper. The Hybrid Course-Based Routing Protocol(HCBR) makes use of the static information such as courses and positions of ports to proactively find the shortest paths not only among ports but also the cross points of courses. HCBR also makes use of the locational information of vessels obtained via GPS and AIS systems to reactively discover the shortest route by which data packets are delivered between them. We have simulated the comparison of the performance of HCBR with those of LAR scheme 1 and scheme2, the most typical protocols using geographical information. The simulation results show that HCBR guarantees the route discovery even without using any control packet. They also show that HCBR is more reliable(40%) and is able to obtain more optimal routes(10%) than LAR scheme1 and scheme2 protocols.

**Key words** : Maritime networks(해상통신망), 원양항해선박, MANET, Mobile Ad hoc networks(모바일 애드 혹 네트워크), VANET, Vessel Ad hoc networks(선박 애드 혹 네트워크), Routing(경로배정), Protocol(프로토콜)

#### 1. 서 론

해상에서의 통신망 구성이나 여러 통신 서비스

이용은 육상과는 달리 여러 가지 제약이 있다. 지리적 특성상 유선매체를 이용하여 직접적으로 망을 구성하거나 기존 육상통신망과 연결하는 것은 불가

† 교신저자(한국해양대학교 컴퓨터공학과, E-mail:mmlab@hhu.ac.kr, Tel:051)410-4575)

\* 한국해양대학교 컴퓨터공학과

능하기 때문에 현재 해상통신망은 라디오(MF, HF, VHF, UHF) 통신 또는 해사통신위성(Inmarsat 또는 VSAT)을 이용하여 구성된다. 그러나 낮은 통신품질(대역폭) 또는 비싼 사용료 등으로 육상의 일반적인 인터넷 웹 서비스에 접속하는 것도 매우 어려운 실정이다.

현재 먼 거리 무선 이동 통신이 가능한 광대역 링크 기술은 HSDPA(High Speed Down link Packet Access), WiBro, 그리고 WiMax 등이 있고<sup>(1), (2)</sup> 특히 WiMax는 서비스 범위가 50km에 달한다<sup>(3)</sup>. 이를 적절히 이용하고 지리적 제약점을 극복하면서 해상의 모든 선박이 광대역 통신망에 접속할 수 있는 새로운 해상통신망 모델이 필요하다.

해상 통신망으로 적합한 모델은 인프라 구조가 없는 MANET (Mobile Ad Hoc Network)이다<sup>(4)</sup>. 본 논문에서 제안하는 해상 MANET 모델은 육상의 단말기(PDA, 셀룰러전화기 등)들과 다른 특성과 장점을 가진 해상 선박에 탑재되어 있다. 단말기(일반적으로 데스크 PC)들이 가지고 있는 풍부한 자원과 데이터 처리 능력, 무한한 전원 공급이 가능한 점을 고려하고, 선박들의 움직임에 대한 예측이 육상의 그것들보다 쉬운 점, 그리고 선박들의 위치 정보를 즉각 파악할 수 있는 점을 이용한다. 그리고 그 모델에 적합한 경로배정 프로토콜을 제안하고 대표적인 위치기반 프로토콜인 LAR과 비교하여 성능을 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 MANET 경로배정 프로토콜을 살펴보고 문제점들을 고찰한다. 3장에서는 해양선박의 특징을 정리하고 4, 5장은 본 논문에서 제안하는 모델과 경로배정 프로토콜을 소개하고, 6장에서는 성능 분석 결과를 보인다. 마지막으로 7장에서는 결론을 내린다.

## 2. 기존연구

해상통신망을 형성하는데 있어 지리적, 경제적 제약을 극복하기 위해 여러 가지 시도가 이루어지고 있다. TRITON은 선박, 등대, 부표 등을 노드

로 하여 무선 메쉬 네트워크(Wireless Mesh Network) 형성하고자 하는 프로젝트로 해상 통신에서 비용을 절감하기 위해 시작되었다. 최근에는 차량 내 통신기기 간 MANET을 형성하는 VANET(Vehicular Ad Hoc Network)이 각광을 받고 있는데, 차는 도로 방향이나 교통 규칙 등에 따라 이동의 제한이 따르는 등의 특징을 가진다. 이는 선박과 거의 유사한 특성이다. 여기서 '차'를 '선박'으로 대치하여 적용하고자 하는 연구 또한 진행 중에 있다<sup>(5)</sup>. MANET은 기지국 기반의 1홉(hop) 체계를 가지지 못하고 있는 환경에 있는 이동 단말들 간의 통신망 모델이다. 해상에 있는 선박들도 이러한 환경에 있기 때문에 선박간의 인터넷 연동에 주요점을 둔 저가의 대규모 데이터 통신이 가능한 통신망 모델로 MANET을 활용하는 것이 가능하다.

MANET에서의 경로배정 프로토콜은 데이터 전송 요구가 있기 전에 모든 노드에 대한 경로를 파악하는 선형(Proactive) 경로배정 프로토콜과 데이터 전송이 발생할 때 목적지에 대한 경로를 파악하는 반응(Reactive) 경로배정 프로토콜로 구별되고 두 방식의 장점을 결합한 혼합(Hybrid) 경로배정 프로토콜이 있다<sup>(6)</sup>.

선형 경로배정 프로토콜에는 대표적으로 DSDV<sup>(7)</sup>, FSR<sup>(8)</sup>, DREAM<sup>(9)</sup> 등이 있다. DSDV는 목적지에 대한 단일 경로를 제공하고 경로 정보 전송 시 오버헤드를 줄이기 위해 풀 덤프(full dump), 증분(incremental) 두 가지 형태의 패킷을 사용한다. 풀 덤프는 모든 가용 라우팅 정보를 담은 패킷이고, 증분은 풀 덤프 이후 변경된 정보를 담은 패킷이다. 하지만 주기적인 갱신 메시지를 보내야 하기 때문에 오버헤드가 크고 확장성이 좋지 않다. FSR에서는 정의한 어안(fisheye) 영역 내에서 이웃 노드 간 잦은 주기로 네트워크 정보를 갱신하고 영역 밖의 노드와는 갱신 메시지 주기를 짧게 하는 것으로 확장성은 좋으나 정확성이 떨어질 수 있다. DREAM은 각 노드가 GPS를 통해 좌표를 파악하고 노드 간 정보를 주기적으로 교환하면서 라우팅 테이블에 저장한다. 대역폭의 소모가 적어 확장성이 좋다. 반응 경로배정 프로토콜에는 AODV<sup>(10)</sup>,

ABR<sup>[11]</sup>, LAR<sup>[12]</sup> 프로토콜 등이 있다. AODV는 DSDV와 DSR에 기초한 것으로 라우팅 정보 중 목적 주소만 전송하여 오버헤드를 감소시키거나 경로 설정에 지연을 초래하기도 한다. ABR은 안전한 경로 선택을 위해 각 노드가 이웃 노드와의 결속도 (associativity tick)를 가지고 높은 결속도를 유지하는 링크를 우선 선택한다. 선택된 경로가 최단 경로가 아닐 수 있다는 단점이 있다. LAR은 GPS를 이용하여 각자의 위치를 안다고 가정하고 목적지 노드가 있을 것으로 예상되는 기대 구역 (expected zone)과 경로 설정 오버헤드를 줄이고자 설정하는 요구 구역(request zone)을 계산하여 구역(zone)내에서 플러딩(flooding)하여 경로를 발견한다. LAR은 두 가지 분류(scheme)가 있는데 요구 구역을 사각으로 지정하여 경로를 설정하는 분류1과 s와 d간의 거리  $DIST_s$ 를 이용하여 경로를 설정하는 분류2가 있다. 그리고 선행 경로배정 프로토콜과 반응 경로배정 프로토콜의 장점을 결합한 혼합 경로배정 프로토콜로 ZRP<sup>[12]</sup>가 있다. ZRP에서 각 노드가 경로배정 구역을 가지고 구역 밖에서는 '반응'으로, 구역 내에서는 '선행'으로 작동하는 방식이다.

기존의 경로배정 프로토콜은 노드의 이동성 변화가 무작위로 일어나고 노드 자체의 자원 제약성을 고려하여 설계된 것이다. 또한 이웃 노드의 위치를 파악하기 위해 제어 메시지를 대량 사용함으로써 대역폭의 낭비를 초래한다. 따라서 육상의 노드와는 다른 특성을 가진 해상 선박들을 위한 해상 MANET 모델에 적용하기에는 부적절하다. 이에 선박의 특징을 고려하여 항로 정보 등 정적 정보를 배정 이전에(선행) 이용하고, 실제 출발지와 목적지 사이의 경로배정을 필요한 경우(반응) 수행하는 복합적인(혼합) 경로배정 알고리즘(HCBR)을 제안한다.

### 3. 해상선박의 특징

해상 선박은 일반적인 육상의 MANET 노드와 다른 몇 가지 특징이 있다. (1) 선박 이동성 : 해상 선박은 육상 이동 단말과 이동 양상이 확연히

다른데 이는 해상 선박의 이동은 항로에 의해 제한되기 때문이다. 실제로 선박은 항로를 따라 이동하고 항로를 크게 벗어나는 일은 거의 없다. 또한 해상 선박은 속도와 방향이 빈번하게 변하지 않는다. 이러한 특성은 선박의 이동성 예측을 용이하게 한다. (2) 항로로 제한된 위상 : 선박은 항로를 따라 이동을 하게 되고 이러한 항로는 경제적인 이유로 인해 항구 간 최단 거리에 해당한다. 따라서 항로 자체가 MANET에서의 네트워크에 해당하며 이를 활용하면 경로 설정이 용이하다. (3) 충분한 자원 : 일반적으로 MANET에서 사용되는 노드의 자원은 전력이나, 수명이 배터리에 의해 좌우되는 등 제한적이거나 선박의 노드 자원은 연산처리 능력, 메모리, 저장장치, 전원 등이 육상의 데스크톱 PC와 동등한 수준이다. (4) 가용한 위치 정보 : 해상 선박은 해상의 모든 항로 정보와 선박의 위치, 항로, 속도, 목적지 방향 등 항해 정보를 항상 알고 있다. 선박은 고유 식별자를 가지며 좌표 시스템(Global Positioning System, GPS)을 사용하여 경도, 위도로 구성되는 자신의 정보를 알 수 있고, 이웃 노드 위치를 파악하기 위해 선박 자동식별 장치(Automatic Identification System, AIS), 선박 감시 시스템(Vessel Monitoring System, VMS)을 이용한다<sup>[14],[15]</sup>.

### 4. 원양항해선박을 위한 MANET 모델

제안하는 해상 MANET 모델(graph,  $G$ )은 정적 정보와 동적 정보로 정의하여 구성하는데 각각 그래프  $G_1$ 과  $G_2$ 로 표현한다<sup>[16]</sup>. 항로의 출발 및 종착점인 항구(harbor,  $h$ ), 항로와 항로의 교차점(cross point,  $cp$ )들의 집합과 이들을 잇는 항로의 일부분으로서의 선분들의 집합을 각각  $V_1$ ,  $E_1$ 로 정의한다. 이것을 정적 정보라고 하고  $G_1 = (V_1, E_1)$ 로 표현한다.  $cp$  영역은 선박이 가지는 전송시스템의 전송범위 내에 2개 이상의 항로를 포함하는 영역을 말한다. 상호 통신하고자 하는 임의의 선박들( $s$ ,  $d$ )을  $V_2$ 로 정의한다.  $E_1$  가운데  $s$ ,  $d$ 에 의해 분할되는 선분( $e_1$ ,  $e_2$ )이 생긴다. 이를  $es_1$ ,  $es_2$ ,  $ed_1$ ,  $ed_2$  라 하고, 이들 집합을  $E_2$ 라 하면,

동적 정보  $G_2=(V_2, E_2)$ 이다.

정리하면 정적 정보는

$$V_1(G_1) = \{cp, h\}$$

$$E_1(G_1) = \{(h_i, h_j), (cp_k, cp_l), (cp_m, h_n)\}$$

이고,

동적 정보는

$$V_2(G_2) = \{s, d\}$$

$$E_2(G_2) = \{es_1, es_2, ed_1, ed_2\}$$

이 된다.

따라서 MANET 모델(G)은

$$G(V, E) = G_1(V_1, E_1 - \{e_1, e_2\}) \cup G_2(V_2, E_2)$$

이다.

### 5. HCBR: 복합적 항로기반 경로배정 프로토콜

#### 5.1 경로 발견(Route Discovery)

$s$ 가  $cp$ 영역에 속하는 경우와 속하지 않는 경우,  $d$ 가  $cp$ 영역에 속하는 경우와 속하지 않는 경우 등 모두 네 가지 경우로 나누어 경로를 발견한다. Fig.1의 예를 참고로 경로 발견 과정을 설명한다. 첫째,  $s$ 와  $d$ 가 모두  $cp$  영역에 속할 경우가 있다.  $s$ 가  $cp_s$  영역에 속하고  $d$ 가  $cp_d$  영역에 속하는 경우는 정적 정보로 미리 계산된  $cp_s$ 와  $cp_d$ 사이의 최단 경로를 이용한다. 둘째,  $s$ 는  $cp$  영역에 속하지 않는 경우가 있다.  $s$ 가  $cp_s$  영역에 속하고  $d$ 가  $cp_d$  영역에 있지 않으면,  $d$ 에 의해 양분된 항로 선분의 양끝에 인접한  $cp_d, cp_c$ 가 각각 존재한다.  $\min(sp(cp_s-cp_d)-d, sp(cp_s-cp_c)-d)$ 를 선택한다. 이때  $sp(cp_s-cp_d)-d$ 는  $cp_s$ 와  $cp_d$ 사이 최단경로와  $cp_d$ 에서  $d$ 로 가는 경로를 더한 길이를 말한다. 셋째,  $s$ 가  $cp$  영역에 있지 않고  $d$ 가  $cp$  영역에 있는 경우가 있다.  $d$ 가  $cp_d$  영역에 있으면  $s$  양쪽에 이웃하고 있는 각각  $cp_s, cp_a$ 가 있다.  $\min(s-sp(cp_s-cp_d), s-sp(cp_a-cp_d))$ 을 선택한다. 마지막으로  $s$ 와  $d$ 가 모두  $cp$ 에 속하지 않는 경우가

있다.  $s$ 와  $d$  양쪽에 인접한 각각 두개의  $cp$  ( $cp_a, cp_s$ 와  $cp_d, cp_c$ ) 경유하는 네 가지 경로 중 가장 짧은 경로를 선택한다. 즉,  $\min(sp(cp_s-cp_d), sp(cp_s-cp_c), sp(cp_s-cp_d), sp(cp_s-cp_c))$ 을 선택한다.

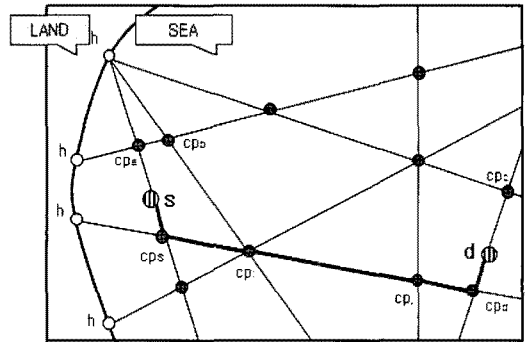


Fig. 1 s-d route discovery

#### 5.2 경로 복구(Route Recovery)

앞서 제안한 정적 정보를 이용하는 경로 발견은 보장된 최단경로를 신속하게 발견할 수 있으나 항로상에 실제 선박, 즉 노드의 전송 범위 내에 다음 노드가 없어 데이터를 전송할 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 이를 '홀이 발생했다'고 하고, 경로 복구 작업에 들어간다.

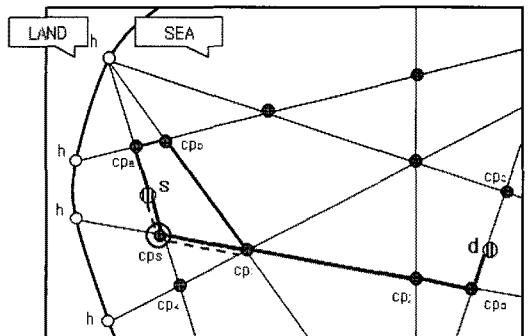


Fig. 2 s-d route recovery

경로 발견에서 찾은 임의의  $s$ 와  $d$  사이의 최단 경로를  $sp(s-d) = (s, (s, cp_s), cp_s, (cp_s, cp_i),$

...  $(cp_d, d)$ ,  $d$ )라고 가정하자. 홀은  $G(V, E)$ 의  $V$  또는  $E$ 에서 발생하는데, Fig.2의 예에서는 각각  $cp_s$  또는  $(cp_s, cp_i)$ 에 홀이 발생하는 경우이다. 두 경우 모두 경로 복구는 데이터를 정상적으로 전송 가능한 경로는 그대로 두고, 홀이 발생한 구간만을 지엽적으로 복구한다.

예를 들어  $cp_s$ 에 홀이 발생한 경우,  $d$  방향의  $(cp_s, cp_i)$ 로는 데이터를 전송할 수 없다. 경로 복구를 위해  $cp_s, cp_i$ 에 인접한  $cp(cp_a, cp_b, cp_i, cp_j, cp_k)$ 와 각 인접 항로 선분들, 그리고 기존의 경로에 속한  $cp$ 와 인접항로선분을 최단경로계산의 대상으로 삼는다. Fig.1의 예에서는  $(s, (s, cp_a), cp_a, (cp_a, cp_b), cp_b, (cp_b, cp_i), \dots, (cp_d, d), d)$ 가 복구된 경로로 계산된다.

복구 과정을 거쳐도 경로를 찾을 수 없으면 복구 최단경로 계산 대상의 범위를 기존 대상의 이웃  $cp$ 와 그 인접항로선분까지 확대 포함하여 계산한다. 이 작업을  $M(=3)$ 회까지 반복한 후에도 경로를 복구할 수가 없으면 정적 정보에서 홀이 발생한  $V$  내지  $E$ 를 제외한  $G$ 를 대상으로  $s, d$  사이 경로배정을 수행한다.

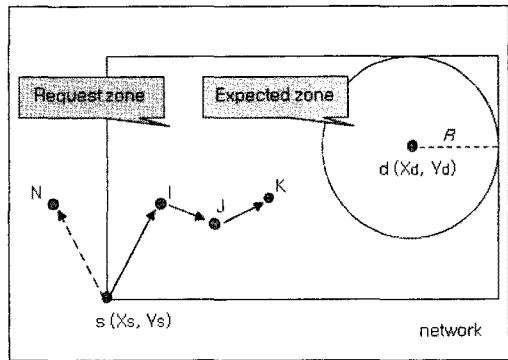
### 6. 성능평가

본 논문에서는 HCBR의 성능 평가를 위해 LAR과 비교하여 시뮬레이션을 진행했다. 시스템의 환경은 Pentium core 2 Quad 2.4GHz의 CPU와 3GB의 RAM을 가진 PC 시스템에서 OS는 Windows XP SP2이고, 개발 툴은 Visual Studio 2005를 이용하여 C++로 작성하였다. 실험 결과는 MS-excel로 정리하여 분석하였다.

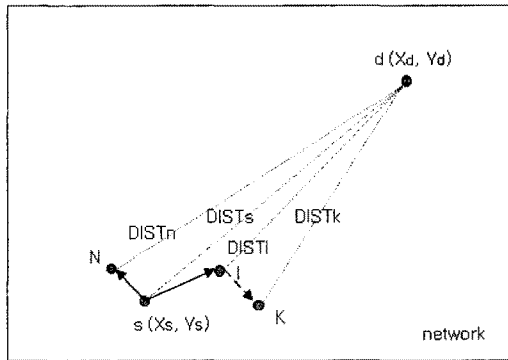
전체 바다의 넓이를 2000노트(Knot) \* 2000노트로 하고,  $h$ 의 수와 위치를 임의로 설정한 후, 임의의 두  $h$ 를 잇는 항로를 임의의 개수만큼 생성한다. 이때 발생하는  $cp$ 와  $h$ 들, 항로선분들로 이루어진 그래프  $G$ 를 형성한다. 형성된 그래프  $G$ 에 임의의 임의의 지점으로 설정하여, 경로를 발견하였다. 제안된 HCBR을 항구 수의 변화, 항속의 변화에 따라 성능 측정을 하였으며 대표적인 위치 기반 경로배정 알고리즘인 LAR과 비교하였다. LAR의 2가지 분

류를 모두 비교하였으며 각 경우에 따라 그래프를 10회 형성하여 매 경우 시뮬레이션을 100회 실시하였다.

기존 연구에서 설명하였으나, HCBR과 성능 비교를 시행한 LAR의 경로 발견 과정을 다시 설명한다. LAR은 경로 배정을 위해 풀러딩하는 영역을 결정하는 두 가지 분류가 있는데 요구 구역을 사각으로 지정하여 경로를 설정하는 분류1과  $s$ 와  $d$ 간의 거리  $DIST_s$ 를 이용하여 경로를 설정하는 분류2가 있다.



(a) LAR1



(b) LAR2

Fig. 3 LAR scheme 1 and 2

Fig. 3의 (a)는 LAR1로  $s$ 가  $d$ 가 존재할 것으로 예상하는 기대 구역을 구하고  $s$ 에서 기대 구역을 포함하는 요구 구역을 설정하고 요구 구역에서 풀러딩하여 경로를 찾는다. I는 요구 구역 내이나 N은 요구 구역이 아니기 때문에  $s$ 는 I에게만 메시

지를 전달한다. MANET에서 LAR1이 요구 구역을 설정하면 요구 구역 내에서 항로상의 노드로 플러딩을 위한 메시지를 보낼 것이다. (b)는 LAR2로 역시  $d$ 가 존재할 것으로 예상되는 지점을 구한다.  $s$ 는  $d$ 와 직선거리인  $DIST_s$ 를 구한다.  $s$ 는 인접한 노드인  $N$ ,  $I$ 에 메시지를 보내고 메시지를 전달받은 노드  $N$ ,  $I$ 는 자신의  $DIST_n$ ,  $DIST_i$ 와  $s$ 의  $DIST_s$ 를 비교하여  $DIST_s$ 보다 거리가 짧으면 다시 이웃 노드들에 메시지를 보낸다.  $I$ 는  $K$ 로 메시지를 보내고  $K$ 는  $DIST_k$ 를 계산한다.  $DIST_i$ 보다  $DIST_k$ 보다 길이가 길면  $K$ 는 받은 메시지를 무시하고 이러한 과정을 경로를 찾을 때까지 반복한다. MANET에서 LAR2는  $d$ 까지의 직선거리를 이용하더라도 인접 노드가 항로상에 있으므로 항로를 따라 플러딩된다.

6.1 LAR1과 성능 비교

Table 1 The factors of HCBR/LAR1 performance comparison as the number of harbors changes

# of harbors	# of courses	# of nodes	speed (knot)	period (sec)
10	21.8	45.8	24.486	9.876
20	51.9	270.4	25.533	9.69
30	80	679.4	25.016	9.417
40	113.3	1334.3	24.071	10.05
50	141.7	2185.3	24.967	9.837
60	172	3311	25.047	9.018

Table 2 The factors of HCBR/LAR1 performance comparison as the vessel's SOG(Speed of Ground) changes

speed (knot)	period (sec)	radius of request zone
0	180	0
10	12	120
20	6	120
30	3	90
40	3	120

Table 1과 Table 2는 실험 환경을 나타낸 것이다. Table 1에서 항로 수는 형성된 임의의 네트워크

크 상의 ( $h, h$ )의 개수이고, 노드 수는  $h$ 와  $cp$ 의 합계 개수이다. 항속은 단위가 노트인데 1노트가 약 1.852km/h이다. 실험에서 평균 항속은 24~25노트로 약 44km/h로 실험을 실행하였다. 주기는 AIS 시스템을 통해 자신의 정보를 다른 노드에게 알려주는 주기로 이에 따라 라우팅 정보를 갱신하는 시간 간격(초)이라고 할 수 있다. Table 2는 항속을 달리 한 환경으로 항속에 따라 라우팅 주기에 변화를 주었다. LAR1에서 요구 구역의 크기는 항속과 주기에 비례한다.

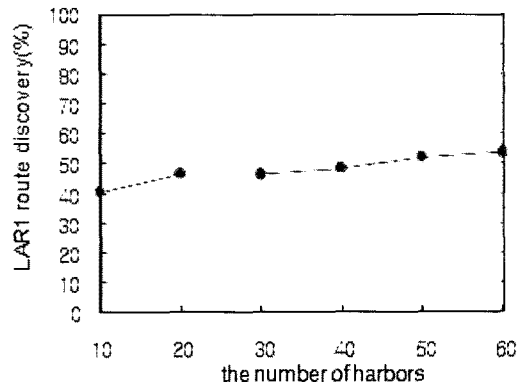
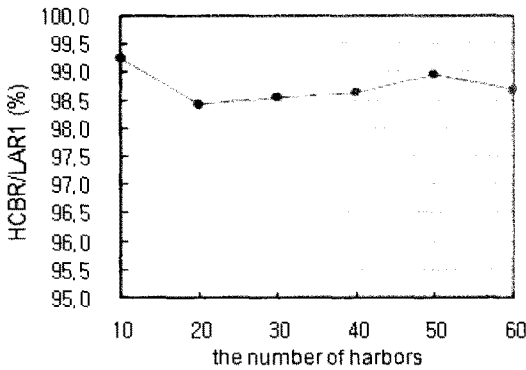
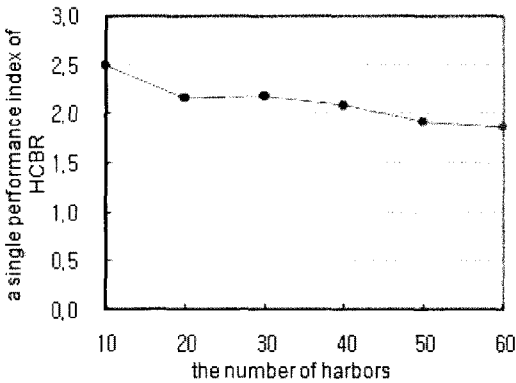


Fig. 4 LAR1 route discovery rate as the number of harbors changes

우선 LAR1에서 프로토콜에 의해 경로를 찾은 확률(Fig. 4)을 비교하면, LAR1은 요구 영역에서 플러딩에 의존하여 경로를 발견하기 때문에 그 영역 내에 선박들이 전송 범위 내에 연이어 있지 않은 경우에는 경로 발견이 실패한다. LAR1의 경우, 항구 수가 늘어남에 따라 소폭 성공률이 좋아지는 것을 볼 수 있는데 이는 요구 구역 내에 항로와  $cp$  수가 증가함에 따른 것이다. LAR1에서는 평균 46%의 성공률을 보이며 경로를 발견한다. 반면 HCBR은 항로기반으로 경로를 탐색하고 홀이 발생하는 즉시 복구하는 메커니즘이 있기 때문에 100%의 성공률로 경로를 발견한다. 일단 경로를 발견한 경우, LAR1은 목적지를 포함한 요구 구역 내에서 플러딩을 이용하고, HCBR은 정적정보로 계산한 최단경로를 이용하기 때문에 두 프로토콜이 찾은 경로는 최단 경로이다.



(a) The ratio of HCBR/LAR1 performance (optimality of routes)



(b) A single performance index of HCBR

Fig. 5 The ratio of HCBR/LAR1 performance and a single performance index of HCBR

경로를 찾은 경우, 경로의 최적성(optimality of routes)을 알아보기 위해 LAR1의 결과로 얻은 경로의 길이(LAR 성능)와 HCBR의 결과로 얻은 경로의 길이(HCBR 성능)를 비교하여 성능비(Fig. 5 (a),(b))를 구해보았다. Fig. 5의 (a)를 보면 LAR1의 경우 노드 수가 증가함에 따라 성능이 점차 감소하였고 노드 수가 50, 60개일 경우 오히려 성능이 소폭 상승하였다. 그러나 전체적으로 성능비가 100이하로 분포하여 HCBR의 경로 길이가 상대적으로 짧음을 알 수 있다. 따라서 HCBR이 LAR1 보다 최적의 경로를 제공한다.

LAR과 HCBR의 성능비를 명확하고 간결하게 표현하기 위해 HCBR단일성능지수를 정의하였다.

$$\text{HCBR단일성능지수} = \left(\frac{1}{\text{LAR성공률}}\right) \times \left(\frac{\text{LAR성능}}{\text{HCBR성능}}\right)$$

HCBR성공률은 항상 100%이기 때문에  $\left(\frac{1}{\text{LAR성공률}}\right)$ 의 값이 1에 가까워지면 LAR성공률이 낮아지는 것을 의미하므로 HCBR의 성능이 더 우수하다는 것을 알 수 있다.  $\left(\frac{\text{LAR성능}}{\text{HCBR성능}}\right)$ 은 Fig. 5의 (a) HCBR/LAR1 성능비 역의 값으로 값이 커지면 HCBR의 성능이 더 우수하다는 의미가 된다. 따라서 HCBR단일성능지수와 HCBR의 성능은 비례하고 HCBR단일성능지수가 클수록 성능이 좋아진다는 것을 알 수 있다.

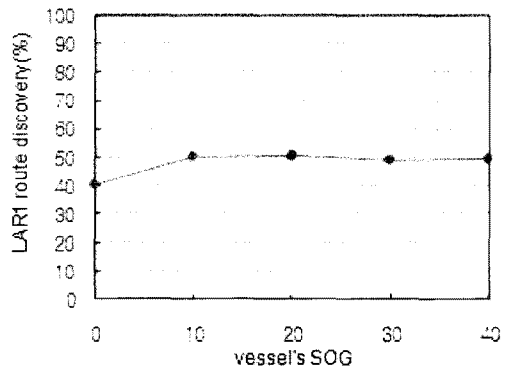
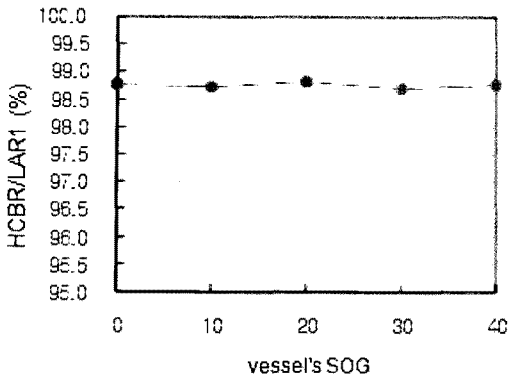


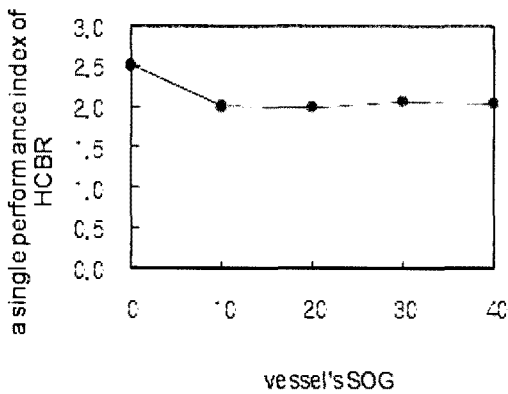
Fig. 6 LAR1 route discovery rate as vessel's SOG changes

경로 발견률과 성능이 항속의 영향을 받는지 알아보기 위해 항속을 달리하여 실험을 해보았다. 움직임이 없을 때 40%의 성공률을 보였고, 10노트 이상으로 이동할 경우 평균 50%의 성공률을 보였다.(Fig. 6)

Fig. 7(a)를 보면 HCBR/LAR1 성능비 또한 속도에 관계없이 균일한 수치를 나타내며 LAR1에 비해 높은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. HCBR단일성능지수로 정리해보면 선박이 정지해 있을 때 HCBR의 지수가 2.5로 가장 높은 수치를 기록하였고, 10노트 이상에서는 2.0으로 균일한 성능을 확인할 수 있다. (Fig.7 (a),(b))



(a) The ratio of HCBR/LAR1 performance (optimality of routes)



(b) A single performance index of HCBR

Fig. 7 the ratio of HCBR/LAR1 performance and a single performance index of HCBR

6.2 LAR2와 성능 비교

Table 3 The factors of HCBR/LAR2 performance comparison as the number of harbors changes

# of harbors	# of courses	# of courses per harbor	# of nodes
10	22	4.4	46.4
20	48.6	4.86	232.4
30	81.1	5.406665	687.3
40	110.8	5.54	1401.7
50	144.6	5.784	2359.9
60	171.2	5.706668	3234.6

Table 3은 실험 환경을 표로 나타낸 것이다. 항구 수는 10에서 60까지 하여 실험하였고 항로 수는 형성된 임의의 네트워크 상의  $(h, h)$ 의 개수이다. 한 항구 당 항로 수는 하나의  $h$ 에 연결되는 선분으로 항로의 일부이고, 노드 수는  $h$ 와  $cp$ 의 합계 개수이다.

LAR2에서 프로토크에 의해 경로를 찾은 확률 (Fig. 8)을 비교하면, 항구수가 늘어남에 따라 다소 성공률이 떨어지나 약 45%의 성공률을 보인다.

Table 3을 보면 항구수가 늘어남에도  $cp$ 당 연결되는 항로 수는 약 4~5개로 일정하다. 앞서 설명한 LAR2의 동작 과정을 참고하면 경로 배정을 위해 풀러딩할 수 있는 구역이 별다른 차이를 보이지 않고, LAR2에서 항구 수는 경로 발견 성공률에 큰 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있다. LAR1과 LAR2의 경로 발견 성공률은 다소 차이가 있으나 항구 수나 항속에 큰 영향을 받지 않으며 약 45%의 성공률을 보인다.

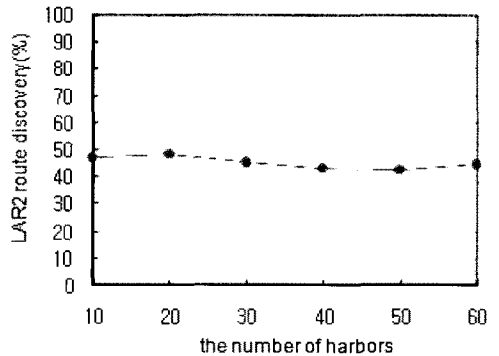
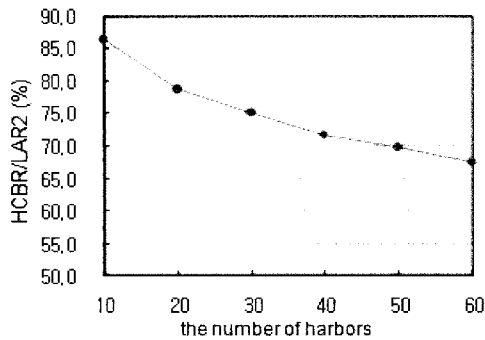


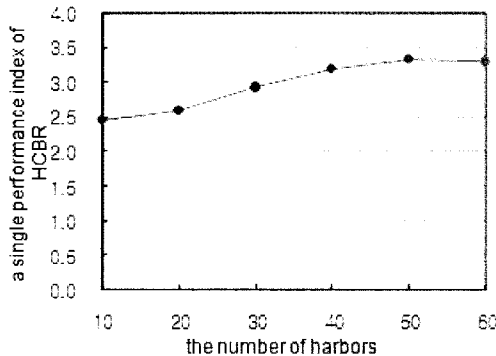
Fig. 8 LAR2 route discovery rate as the number of harbors changes

LAR2와의 비교에서도 경로를 찾은 경우 LAR2의 경로를 100이라 두고 HCBR의 경로와 길이를 비교하여 성능비(Fig.9 (a)(b))를 구해보았다. Fig.9의 (a)를 보면 LAR2의 경우 노드 수가 증가함에 따라 성능비가 급격하게 감소하여 HCBR의 성능이 최고 32% 증가하는 것을 알 수 있다. 이를 HCBR단일성능지수로 정리하면 최고 3.4까지 증가한다.





(a) The ratio of HCBR/LAR2 performance (optimality of routes)



(b) A single performance index of HCBR

**Fig. 9 The ratio of HCBR/LAR2 performance and a single performance index of HCBR**

## 7. 결 론

본 논문에서 제안한 해상 MANET(VANET) 모델은 주로 원양 항해하는 선박을 위해 모델링한 것으로, 육상과는 다른 해상 선박의 항해 특성과 선박의 특성을 충분히 반영한 통신망 체제이다. 대표적인 위치 기반 프로토콜인 LAR과 비교하여 실험을 진행한 결과 경로의 안정성과 신뢰성을 최고 60% 더 확보할 수 있음을 확인하였고, 경로 최적성 측면에서도 최고 32%의 성능 향상을 보장하는 프로토콜임을 보였다. 또한 항속에 따라 성능이 크게 달라지지 않으며 항속별 성능 평가에서도 LAR에 비해 2%의 성능 향상을 보였다. 향후 확립된 경로 상에서 선박의 이동을 예측하여 경로를 자동으로 갱신하도록 하는 부분을 보충할 것이다. 또한 연근해 항해

선박 또는 조업 선박의 군집의 이동 모델을 연구하여 그 특성에 맞는 최적의 VANET 모델을 완성하고, 그에 따른 VANET 경로배정 프로토콜을 연구할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] 윤철식, 차재선, "WiBro/Mobile-WiMAX 표준 개요", 정보과학회지 제25권 제4호, pp.5~14, April 2007.
- [2] 김문구, 지경용, 박종현, "디지털 컨버전스 시대의 모바일 브로드밴드 전개: 와이브로와 HSDPA", 한국통신학회지 (정보통신) 제23권 제4호, pp.81~88, April 2006.
- [3] 김영일, 안지환, 황승구, "WiBro와 WiMax 기술", 한국통신학회지 (정보통신) 제22권 9호, pp.112~127, September 2005.
- [4] I.Chlamtac, M. Coti, J J.-N. Liu, "Mobile ad hoc networking: imperatives and challenges," Ad Hoc Networks 1(2003), pp.13~64, Elsevier, 2003
- [5] Peng-Yong Kong, Haiquang Wang, Yu Ge, Chee-Wei Ang, Su Wen, Jaya Shankar Pathmasuntharam, Ming-Tuo Zhou, and Hoang Vinh Dien, "A Performance Comparison of Routing Protocols for Maritime Wireless Mesh Networks," Proceedings of WCNC 2008, pp.2170~2175, April 2008.
- [6] M. Abolhasan, T. Wysocki, E. Dutkiewicz "A review of routing protocols for mobile ad hoc networks," Ad Hoc Networks 2(2004), Elsevier, pp.1~22, 2004
- [7] Perkins, Chapter 3. DSDV(Destination Sequenced Distance Vector), AD HOC NETWORKING, pp.53~74, 2001
- [8] M. Gerla, "Fisheye state routing protocol(FSR) for ad hoc networks", Internet Draft, draft-ietf-manet-aodv

-03.txt. work in progress, 2002

- [9] Stefano Basagni, Imrich Chlamtac, Violet R.Syrotiuk "A Distance Routing Effect Algorithm for Mobility(DREAM)", Proceeding of the 4th annual ACM/IEEE International Conference on Mobicom '98, pp.76~84, August 2004.
- [10] C.E. Perkins, "6. Ad Hoc On-demand Distance-Vector Protocol", AD HOC NETWORKING, pp.53~74, 2001
- [11] C. K. Toh, "6. Associativity-Based Long-Lived", Ad Hoc Wireless Networks, Prentice Hall, pp.79~96, 2002
- [12] Y.B.Ko, "LAR in mobile ad hoc networks," Wireless Networks, vol.6, pp.76~84, 2000
- [13] Perkins, "7. Zone Routing Protocol", AD HOC NETWORKING, pp.221~254, 2001
- [14] <http://www.akrepublicans.org/seaton/23/news/seat2003091001p.php>
- [15] [http://www.oceancommission.gov/meetings/apr2\\_3\\_03/minutes/vessel\\_monitoring.pdf](http://www.oceancommission.gov/meetings/apr2_3_03/minutes/vessel_monitoring.pdf)
- [16] 손주영, 문성미, "해상이동통신망을 위한 복합형 항로기반 라우팅 프로토콜", 「한국해양대학교 부설 산업기술연구소 연구논문집」, 제23권 pp.137~140, January 2006.

## 저 자 소 개



### 손주영(孫周永)

1981년~1985년 서울대학교 계산통계학과 졸업, 1991년~1993년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사), 1993년~1997년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사), 1985년~1998년 LG전자(주) 책임연구원, 1998년~현재 한국해양대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 해양정보통신망, MANET, VANET, WMN.



### 문성미(文成美)

1998년~2002년 한국해양대학교 자동화정보공학부 졸업, 2002년~2004년 한국해양대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사), 2005년~ 한국해양대학교 컴퓨터공학과 박사과정 재학, 관심분야는 해양정보통신망, MANET, VANET, WMN