

해상이동통신망에서 비 교차 영역을 위한 항로 기반 경로배정 프로토콜

손주영*, 한진수**

*한국해양대학교 IT공학부 교수, **한국해양대학교 IT공학부

A Course-based Routing Protocol for Non Crossing Areas in a Mobile Ad Hoc Network at Sea

Jooyoung Son*, Jin-Soo Han**

*Division of Information Technology, Korea Maritime University

**Division of Information Technology, Korea Maritime University

요약 : 현재 바다에서 인터넷을 사용하기에는 많은 기술적, 경제적 제약이 따르고 있다. 이에 육상에서의 인터넷 서비스를 바다위에서 실현하기 위해 기지국과 같은 중앙통제 시스템이 없는 MANET (Mobile Ad Hoc Network)를 기반으로 하는 통신망이 구축되어야 한다. 본 논문에서는 해상환경의 특성과 선박의 단말기 이점을 최대한 고려한 새로운 해상 MANET 모델을 설계하고 경로배정 프로토콜을 제안하였다. 해상에 선박의 밀도와 존재 가능성이 가장 높은 항로를 기반으로 해상 MANET 모델이 설정되고, 이에 따라 경로를 찾을 때 패킷을 전달하는 두 선박의 항로상에 교차점이 존재하지 않는 경우에 적용되는 경로배정 프로토콜을 새롭게 제안하였다. 기존의 MANET 모델 중 지리적 정보를 이용하여 경로배정을 하는 대표적인 경로배정 프로토콜인 LAR과 성능을 평가하였다. 패킷 전송 경로를 찾아내는 확률을 비약적으로 상승시킨 결과를 얻었다.

핵심용어 : 항로기반, 비 교차 영역, 영역 확장형, 경로배정 프로토콜, 해상이동통신망, 애드 혹 네트워크

ABSTRACT : There are many restrictions to use the Internet service in vessels at sea so far. In order to be able to serve the Internet service at sea as good as that on land, a communication network should be established as based on a mobile ad hoc network model. In this paper, a MANET model has been designed and a routing protocol has been proposed, which are fully considering the characteristics of sea environments and affirmative points of nodes at sea. A MANET is established as course-based on which the density in the number of vessels is the highest. A new routing algorithm is for the case that there is no crossing points between courses of two ships which are transmitting packets to each other. We has simulated our algorithm, evaluated the performance, and compared it with the best-known location-based routing protocol, LAR. The rate of success in routing has been improved by two times than LAR.

KEYWORDS : Course-based, Non-crossing area, Expansive Zone, Routing Protocol, MANET at Sea

1. 서 론

현재 바다에서 인터넷을 사용하기에는 많은 제약이 따른다. 일반적인 육상에서의 통신망과는 달리 해상 통신망은 MF, HF, VHF 라디오 통신 또는 해사통신위성(Inmarsat)을 이용한다. 이는 다중의 중첩된 통신매체(Radio, Inmarsat), 제한적인 대역폭(300~64Kbps), 긴 전송지연시간(round trip time: 565ms), 큰 비트 에러율($10^{-2} \sim 10^{-4}$) 등의 열악한 환경이다. 또한 이동체(선박)와 고정체(육상 기지국)간 또는 이동체(선박)들간의 통신 등이 데이터 단말 노드가 되는 것이 특징적이다 [11].

해상의 통신 노드(항해하는 선박 또는 조업하는 선박)는 급격한 위치 및 방향 이동 변화가 이루어지지 않는다는 점, 예측 가능한 움직임(mobility)을 보이는 성질과 함께 육상 고정체(fixed host)와 유사한 풍부한 자원(CPU, memory, storage, I/O devices 등)과 우수한 처리 성능, 그리고 각 노드는 자신의 위치 정보뿐만 아니라 세계의 해상에 있는 모든 다른 노드들의 위치 정보를 취득할 수 있는 채널(GPS, AIS (Automatic identification system) 또는 VMS(Vessel monitoring system)을 가지고 있는 점이 육상의 MANET과는 대별되는 이동통신망 설계에 매우 유리한 특징이다.

선박들이 해상에서 이동 중에 주로 활용하는 항로(course) 정보는 이미 잘 알려진 정보로 간주할 수 있고, 이를 활용하

* mmlab@mail.hhu.ac.kr 051)410-4575

** gks-81@hanmail.net 051)410-4570

는 MANET 모델을 제안한다[1]. 항로는 일반적으로 선박들이 항해 중에 반드시 지켜야 하는 선박 이동 루트는 아니지만, 경제적인 이유로 출발지와 목적지 사이에 가장 짧은 구간을 항로로 잡아 항해한다. 따라서 항로는 공식적으로 정해져 있지 않지만, 대부분의 선박들이 따라 가는 해상의 도로 역할을 한다. 이러한 항로는 최단 거리를 기반으로 하기 때문에, 해상이동통신망에서 선박과 선박사이의 통신을 위한 데이터 경로로 선택하는 데 매우 적합하다. 그러므로 항로를 기반으로 해상 환경에 적합한 경로배정 프로토콜을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 MANET 모델과 해상환경의 MANET 모델의 차이점을 설명하고 기존의 연구 성과를 밝힌다. 3장에서 본 논문에서 제안하는 모델과 탐색구역 경로배정 프로토콜을 소개한다. 4장은 성능 분석 결과를 보인다. 마지막으로 5장에서는 결론을 내린다.

2. 기존연구 및 해상 MANET 모델

이동 통신망 모델 가운데 기지국 기반의 1 홉(hop) 체제를 가지지 못하고 있는 환경에 있는 이동체들 간의 통신망 모델이 Mobile Ad Hoc Network (MANET) 모델이다. 해상에 있는 선박들도 위와 같은 환경에 있으므로 선박간의 인터넷 연동을 염두에 둔 경제적인 대규모 데이터 통신이 가능한 통신망 모델로 MANET을 접목할 수 있다 [2].

MANET에서의 경로배정 프로토콜에는 데이터 전송 요구가 있기 전, 사전에 모든 노드에 대한 경로를 파악하는 Proactive 경로배정 프로토콜과 데이터 전송이 발생할 때에 목적지에 대한 경로를 파악하는 Reactive 경로배정 프로토콜로 구별된다.

Proactive 경로배정 프로토콜에는 대표적으로 DSDV, WRP, DREAM 등이 있고[3][4][5], Reactive 경로배정 프로토콜에는 AODV, ABR, LAR 프로토콜 등이 있다 [6][7][8]. 그리고 Proactive 방식과 Reactive 방식의 장점을 결합한 혼합(hybrid)방식으로 ZRP 프로토콜이 있다[9].

그러나 모든 기존의 경로배정 프로토콜은 노드의 이동성 변화가 무작위로 일어나고, 노드 자체의 자원 제약성을 고려하여 설계된 것이므로 이와는 다른 독특한 특성을 가진 해상의 선박들을 위한 해상 MANET 모델에 적용하기에는 부적절하다.

해상환경에 적합한 경로배정 프로토콜의 설계를 위한 기본적인 사실들을 정리하면 다음과 같다.

- ① 선박들은 해상의 모든 항로 정보를 알고 있다.
- ② 전세계를 기반으로 하는 좌표 시스템(경도와 위도)을 사용한다.

- ③ 항해정보(위치, 이동중인 항로, 선박의 속도, 목적지로 향하는 방향 등)를 가진다.
- ④ 자신의 고유 식별자를 가진다.
- ⑤ 이웃 배들의 항해정보를 알 수 있다.
- ⑥ 항로는 항구와 항구 사이의 최단거리이다.
- ⑦ 선박의 움직임은 육상 이동체의 움직임보다 예측이 용이하다.
- ⑧ 선박의 속도와 배의 방향은 갑작스럽게 혹은 빈번하게 변하지 않는다.
- ⑨ 선박의 노드 자원(연산처리 능력, memory, 저장장치, 파워 등)은 육상의 PC와 동등하다.
- ⑩ 목적지 선박의 정보(위치, 항로 등)를 AIS, VMS 등으로 알 수 있다.

3. 구역 확장형 항로기반 경로배정 프로토콜

선박들은 항로를 따라 항해하므로 해상 선박의 분포는 항로상에 집중되고 그 외의 지역에는 매우 희박하게 존재할 것이다. 이에 데이터 전송을 위한 경로의 배정은 항로를 따라 이어지는 선박들로 구성될 것이며 이러한 성질을 이용하여 항로를 기반으로 하는 경로배정을 위한 MANET을 제안한다.

항로의 정보는 전 세계에 걸쳐 고정되어 있는 정적정보이다. 이를 이용하여 데이터 전송을 위한 최적의 경로를 찾을 수 있으나 세계의 모든 항로 정보를 이용한다면 탐색 시간이 많이 걸리게 된다. 이에 데이터를 전송하는 선박과 수신하는 선박사이를 지역적으로 정적 정보에서 추출하여 최단 경로를 찾아냄으로서 경로 탐색 시간을 줄일 수 있다.

또한 MANET에서 경로를 배정하기위해 사용되는 플러딩(flooding) 방식을 사용할 필요가 없어 데이터 패킷의 홍수를 방지할 수 있다[10].

3.1 가정(Assumptions)

배정되는 경로는 선박이 동일 항로상에 존재하지 않을 경우에 하나 이상의 항로를 포함한 경로가 배정될 수 있다. 선박의 전송범위 내에는 항로상의 이웃하는 선박이 항상 존재한다. 이는 실제로 그렇지 않을 수도 있으나, 그 경우 전송 불가능한 항로(이웃 선박이 존재하지 않음)를 제외시킨 항로 정보를 이용하여 다시 경로를 배정하면 되므로 알고리즘의 일반화에는 문제가 없다. 따라서 찾아진 경로(일련의 항로)를 따라가면 반드시 목적지에 도착한다.

또한 패킷 전달 시 경로 상 전송범위 내에서 가장 멀리 있는 선박으로 전달한다. 이는 다른 선박들의 위치를 미리 알 수 있으므로 타당하다. 이때 육상을 이용한 경로는 배제하도록 한다.

3.2항로기반구역 확장형 경로배정 (EZCR)

본 논문에서 제안하는 교차점을 가지지 않는 두 노드간 경로배정 프로토콜은 기본적으로 전 지구적인 바다 영역에 있는 모든 항로(global courses)를 기반으로 경로를 탐색하는 프로토콜이다. 그러나 패킷 전송을 원하는 두 노드가 위치하고 있는 항로의 성격을 분석 파악하면 최단 경로가 있을 수밖에 없는 영역을 추출할 수 있고, 그 영역 내의 항로를 탐색함으로써 최단 거리 경로를 찾을 수 있다. 이때, 두 노드의 항로가 서로 교차하지 않는 경우에 대한 경로배정 프로토콜을 제안한다. 이 경우 경로를 탐색할 때 일단 설정된 영역 내부에서 찾아지지 않을 경우 영역을 좌우로 확장하면서 반복적으로 탐색을 계속한다. 반복 회수는 선박의 위치 밀도 등의 상황에 따라 결정된다. 이렇게 탐색 영역을 확장하면서 경로를 탐색하기 때문에 영역확장형 항로기반 경로배정 알고리즘(EZCR : Expansive Zone type Course-based Routing Algorithm)로 하였다.

출발 노드를 s, 목적 노드를 d, s가 향하는 항로를 sc, d가 향하는 항로를 dc라고 한다. 전세계 해상의 항로를 c, 항로와 항로가 만나는 지점을 cp, 항구를 $po_k (i,j,k=1,2,3,...)$ 라 한다. 전세계 바다를 그래프 $G=(V,E)$ 로 표현할 때, $V=\{s, d, cp, po\}$ (여기서 cp는 cp들의 집합, po는 po들의 집합), $E=\{V$ 에 의해 분할된 c} (여기서 c는 c들의 집합)로 정의한다.

sc와 dc는 서로 직접 교차하지 않는 경우(Fig.1)와 직접 교차하는 경우(Fig.2)가 있다. 교차하는 경우의 경로배정을 위한 영역의 설정은 Fig. 2에서 나타나 있다. cp를 기준으로 하여 s와 d가 근접된 영역을 부채꼴 모양으로 탐색영역을 설정하여 경로배정 한다. 이 경우에 대해서는 [12]에서 자세하게 다룬다.

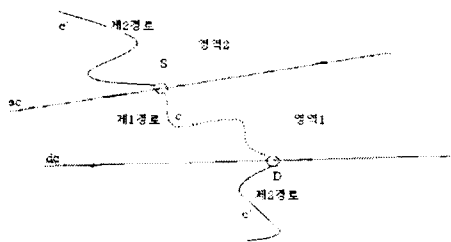


Fig. 1 Construction of the shortest path between s and d

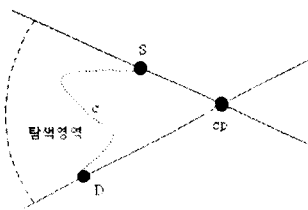


Fig. 2 A Case that sc and dc intersect directly

s와 d를 잇는 최단 경로는 반드시 s와 d를 종단점으로 하는

항로 선분들의 연속이 된다. 이때 선분들의 집합은 영역1 혹은 영역2에 있게 되는데 최단거리의 선분들의 집합인 최단경로는 영역1에 존재할 확률이 매우 높다. 제2영역의 경로는 sc, dc와 교차 하지 않고 항구들을 모두 우회하는 경로(제2경로)를 형성해야 하기 때문이다. 이는 4장의 시뮬레이션을 통해 영역1에서 최단경로를 찾을 확률이 매우 높음을 실험을 통하여 보인다. 그리고 s를 따라 영역1의 내부에서 형성된 경로는 영역2로 넘어가지 않는다. 즉, Fig. 1에서 형성된 제1경로는 영역2 부분에는 전혀 상관없이 영역1에서만 형성되는 것인데, sc에서 시작한 제1경로는 영역2로 벗어나게 되면 다시 d를 향하여 영역 1로 돌아오면서 sc를 지나기 때문이다.

영역2를 제외한 영역1을 기반으로 경로 탐색을 위한 지엽적인 폐구간을 형성하는 방법을 설명한다.

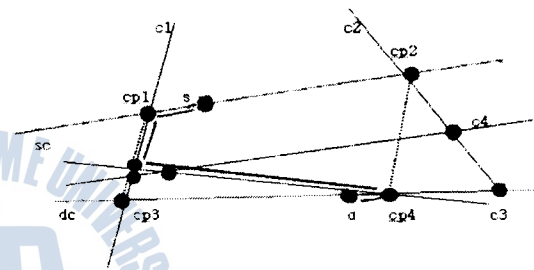


Fig. 3 A Routing Procedure using the EZCR Algorithm

Fig. 3과 같이 항로들은 서로 교차하여 cp들을 만들어 낸다. 이 cp들을 연결하는 항로 선분들의 집합 중에서 최단경로를 찾아내는 것이 알고리즘의 목표이다. 먼저 s, d의 좌, 우측의 가장 가까운(지리적으로) 항로의 교차점을 선정한다.

Fig. 3에서 s의 좌, 우측의 cp는 cp1, cp2라 하고, d의 좌, 우측의 cp들을 cp3, cp4라 하였을 때, cp1~cp2를 잇는 선분(sc의 일부분), cp3~cp4를 잇는 선분(dc의 일부분), cp1~cp3를 잇는 선분(가상의 선분), cp2~cp4를 잇는 선분(가상의 선분)의 4개의 선분을 이용, 사각형 모양의 폐쇄 구역을 설정한다.

영역으로 설정된 폐쇄 구역 내부의 항로와 항로 교차점 정보 $G'=(V',E')$ 를 찾아내고 그것을 기반으로 최단경로를 계산한다. s, d의 좌, 우측의 cp들을 폐쇄 구역의 기준으로 하는 이유는 첫째, 경로가 항로를 기준으로 배정되기 때문에 cp가 있는 부분에서 항로가 바뀌어 다른 항로로 경로를 배정할 수 있기 때문이며, 둘째, s, d에 가까울수록 최단 거리에 근접한 경로를 찾아낼 수 있기 때문이다.

만약, 폐쇄 구역 내부의 G'로 경로를 배정하지 못하였을 경우에는 폐쇄 구역의 범위를 확장하여 다시 경로를 배정한다. 확장하는 방법은 다음과 같다. sc와 dc 상의 cp들을 검색하여 이전에 폐쇄 구역의 기준이 되었던 cp1, cp2, cp3, cp4의 외곽 방향, 즉 Fig. 3의 예에서, cp1과 cp3은 각각의 항로에서 자기 위치보다 왼쪽으로 나타나는 바로 다음의 cp1, cp3로 설정하고, cp2와 cp4는 각각의 항로에서 각각의 위치보다 오른쪽으

로 나타나는 바로 다음의 cp_1 들을 cp_2, cp_4 로 설정하여 다시 폐쇄 구역을 설정한다. 새롭게 폐쇄 구역 내부로 들어온 항로와 항로 교차점에 대한 정보를 이전의 G'에 추가하여 다시 경로를 배정한다. 만약 다시 경로를 찾지 못하면 위의 과정을 반복한다. 영역1에서 경로가 존재한다면 반복을 통하여 반드시 경로를 찾아낼 수 있다.

s, d에서 근접한 항로들부터 우선적으로 탐색하여 경로를 설정하기 때문에 만약 최단경로가 아닌 경우에도 최단경로와 작은 오차만을 보인다. Fig. 4에 EZCR 알고리즘을 정리하였다.

```
//
// EZCR: Expansive Zone Course-based Routing Protocol
// input :: G - 전세계 해상의 항구, 항로 정보, s, d - 찾는 경로 종단 노드
// output :: Shortest_Path - s,d를 잇는 항로 기반 경로
//
EZCR(G, s, d)
{
    Shortest_Path = NULL; // default 값 = 경로 없음
    G_local = NULL; // 지역 정보..SPA의 입력 그래프
    //
    // 지역 정보 G_local을 얻기 위한 경로 탐색 폐쇄 구역 찾아냄
    // G_local = 폐쇄 구역 내에 있는 항로 선분, 교차점, 항구, s, d
    // 기존의 경로탐색 폐쇄 구역 내에서 경로를 찾지 못할 경우 구역 확장
    // 후 최단 경로 찾음...찾을 때까지 실행.
    //
    while(Shortest_Path == NULL)
    {
        // 먼저 s, d의 좌우측 cp들로 구성된 구역을 설정한 후
        // 좌우 cp들을 이용하여 폐쇄 구역을 형성함
        // 입력 G_local이 NULL이 아니면, 기존 구역을 확장하는 작업함
        G_local = Find Search Zone(G, s, d, G_local);
        // 형성된 구역 내의 정보로 G_local이 만들어지면
        // 최단 경로 찾는 알고리즘 SPA(예:Dijkstra) 실행
        if(G_local != NULL)
            Shortest_Path = SPA(G_local, s, d);
        else // 지역 정보를 구하지 못함. 전역 정보로 경로 배정
            Shortest_Path = SPA(G, s, d);
    }
    return Shortest_Path;
}
```

Fig. 4 the EZCR Routing Algorithm

4. 성능평가

4.1시물레이션 모델

전체 바다의 넓이를 200*200으로 하고, 항구의 수와 위치를 임의로 설정한 후, 임의의 두 항구를 잇는 항로를 임의의 개수만큼 형성한다. 항로와 항로의 교차점, 항구들로 이루어진 그래프를 형성하여, 그래프 내의 점(항구, 교차점)의 수를 증가시키면서 성능을 측정하였다. s, d를 임의의 항로의 임의의 지점으로 지정하여, 경로를 배정하여 경로를 찾은 확률(Fig. 5)과, 찾아진 경로가 최단경로인 확률(Fig. 6)을 각각 대표적인 위치 기반 경로배정 알고리즘인 LAR[8]과 비교하였다.

LAR은 요구 영역에서의 플러딩에 의존하여 경로를 발견하기 때문에 영역 내에 항로가 놓여 있지 않은 경우에는 경로 발견이 실패한다. 반면 EZCR은 항로 기반으로 경로 탐색 구역을

경로가 발견될 때까지 확장하기 때문에 경로를 반드시 찾았다.(Fig. 5)

EZCR에 의해 찾은 경로도 플러딩에 의한 LAR에서 모두 최단 경로인 것과 매우 유사하게 최단 경로와 오차가 거의 없는 경로임을 확인할 수 있었다.(Fig. 6) 따라서 EZCR은 최단 경로를 LAR에 비해 약 두 배 정도 더 잘 찾아내어 결국 데이터 전송의 안정성과 신뢰성 면에서 크게 성능을 향상시켰다.

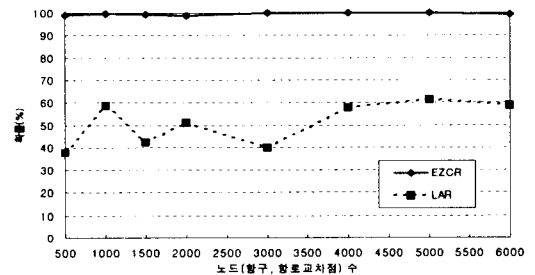


Fig. 5 Probability of Finding the Routes

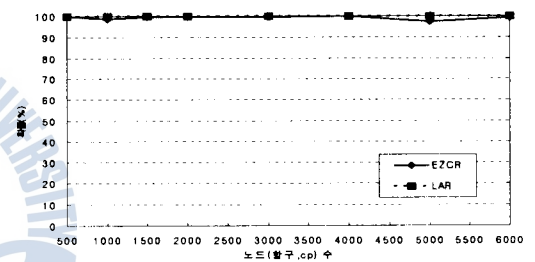


Fig. 6 The Rates of Differences between the found routes and the shortest paths

5. 결 론

본 논문에서 제안한 해상이동통신망은 주로 원양을 항해하는 선박을 위한 모델로서 MANET을 기반으로 하고, 선박의 항해 특성을 충분히 고려한 통신망 체제이다. 기존의 MANET 경로배정 프로토콜에 의한 것보다 경로 안정성과 신뢰성이 크게 확보되었고, 경로 최적성도 실험적으로 확인할 수 있었다.

향후 원양을 항해하는 선박뿐 아니라 근해를 항해하는 선박 또는 조업을 위하여 해상에서 장시간 정박하는 선박의 군집, 이동 모델을 연구하여 적절한 MANET 모델 완성하고 그에 따른 MANET 경로배정 프로토콜을 개발할 예정이다.

후 기

본 논문은 과학재단 국제공동연구지원사업의 지원으로 진행된 연구의 한 결과물이다.

참고문헌

- [1] 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.
- [2] M. Abolhasan, T. Wysocki, E. Dutkiewicz "A review of routing protocols for mobile ad hoc networks," Ad Hoc Networks 2(2004), pp. 1~22, Elsevier, 2004.
- [3] C.E. Perkins, T.J. Watson, "Highly dynamic destination sequenced distance vector routing (DSDV) for mobile computers," Proc. of ACM SIGCOMM '94, London, UK, 1994.
- [4] S. Murthy J.J. Garcia-Luna-Aceves, "A routing protocol for packet radio networks," Proc. of the First Annual ACM/IEEE MOBICOM, Berkely, CA, pp. 86-95, 1995.
- [5] S. Basagni, I. Chlamtac, V. R. Syrotiuk, "A Distance Routing Effect Algorithm for Mobility (Dream)," Proc. of the 4th annual ACM/IEEE MOBICOM, pp. 76~84, 1998.
- [6] S. Das, C. Perkins, E. Royer, "Ad hoc on demand distance vector (AODV) routing for ad hoc mobile networks," IEEE Personal Communication 4 (1) pp.36-45, 1997.
- [7] C. Toh, "A novel distribute routing protocol to support ad-hoc mobile computing," Proc. of IEEE 15th Annual International Phoenix Conf.. pp. 480-486, 1996.
- [8] Y-B Ko, N H.Vaidya, "Location-Aided Routing(LAR) in mobile ad hoc networks," Wireless Networks, Vol.6 Issue 4, pp. 307~321, 2000.
- [9] Z.J. Hass, R. Pearlman, "Zone routing protocol for ad-hoc networks," Internet Draft, draft-ietf-manet-zrp-02.txt, 1999.
- [10] Telephony, "Telephony's Complete Guide To WiMAX," Telephony, 2004.
- [11] 한국해양대, "해양이동통신망", 첨단기술강좌집, 1999.
- [12] 손주영, 김택현, "해상 MANET을 위한 부채꼴 영역 항로 기반 경로배정 프로토콜", 한국멀티미디어학회 추계 학술 발표대회 논문집, 2005.

원고접수일 : 2006년 1월 3일

원고채택일 : 2006년 1월 8일

