원양항해선박을 위한 MANET의 복합 항로기반 라우팅 프로토콜

손주영+·문성미++

A Hybrid Course-Based Routing Protocol of A MANET for Long-Distance Cruise Vessels

Jooyoung Son+, Seong-Mi Mun++

Abstract : 해상에서 인터넷을 사용하는 데 많은 기술적, 경제적 제약이 따른다. 육상의 인터넷 서비스를 바다 위에서 실현하기 위해서는 기지국과 같은 중앙 통제 시스템이 없는 MANET을 기반으로 하는 해상통신망이 새롭게 구축되어야 한다. 본 논문에서는 해상환경과 선박 내 단말장치의 특성을 최대한 고려한 해상 MANET 모델을 새롭게 설계하였다. 원양에서 선박들이 주로 주어진 항로를 기준으로 항해하는 특성을 고려하여, 개별적 이동노드(선박)를 대상으로 경로를 찾는 것이 아니라 정적 정보인 항로와 동적 정보인 선박을 복합적으로 활용하여 최단경로를 찾아내는 복합적 항로기반 라우팅(HCBR) 프로토콜을 제안하였다. 지리 정보를 이용하는 LAR 프로토콜과 성능 비교에서 경로 발견 시 제어패킷을 전혀 쓰지 않으면서 최단 경로를 훨씬 더 잘 찾아내는 특성을 실험적으로 파악하였다.

Key words : 해상통신망 모델, 원양항해선박, 모바일 애드 혹 네트워크(Mobile ad hoc networks), 경로배정(Routing), 프로토콜(Protocol)

1. 서 론

기존 해상통신망은 디오 통신 또는 해사통신위성(Inmarsat)을 이용한다. 이는 낮은 대역폭 또는 비싼 사용료 등으로 육상의 일반적인 인터넷 웹 서비스에도 접속이 어렵다.

현재 먼 거리 무선 이동 통신이 가능한 광대역 링크 기술은 HSDPA(High Speed Down link Packet Access), WiMax, 그리고 WiBro 등이 있다[1,2]. 이를 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[3]. 본 논문에서 제안하는 해상 MANET 모델은 육상의 단말기(PDA, 셀룰러전화기 등)들과 다른 특성과 장점을 가진 해상 선박에 탑재되어 있는 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 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 MANET 경로배정 프로토콜을 살펴보고 문제점들을 고찰한다. 3,4장은 본 논문에서 제안하는 모델과 경로배정 프로토콜을 소개하고 성능분석 결과를 보인다. 마지막으로 5장에서는 결론을 내린다.

2. 기존연구 및 해상 선박의 특징

2.1 기존연구

MANET은 기지국 기반의 1홉(hop) 체제를 가지지 못하고 있는 환경에 있는 이동체들 간의 통신망 모델이다[4]. 해상에 있는 선박들도 이러한 환경에 있으므로 선박간의 인터넷 연동에 주안점을 둔 저가의 대규모 데이터 통신이 가능한 통신망 모델로 MANET을 활용할 수 있다.

MANET에서의 경로배정 프로토콜은 데이터 전송 요구가 있기 전에 모든 노드에 대한 경로를 파악하는 Proactive 경로배정 프로토콜과 데이터 전송이 발생할 때에 목적지에 대한 경로를 파악하는 Reactive 경로배정 프로토콜로 구별된다[4].

Proactive 경로배정 프로토콜에는 대표적으로 DSDV, FSR, DREAM 등이 있고, Reactive 경로배정 프로토콜에는 AODV, ABR, LAR 프로토콜 등이 있다. 이들 두 방식의 장점을 결합한 Hybrid방식으로 ZRP 프로토콜이 있다.

기존의 경로배정 프로토콜은 노드의 이동성 변화가 무작위로 일어나고 노드 자체의 자원 제약성을 고려하여 설계된 것으로 이와는 다른 특성을 가진 해상 선박들을 위한 해상 MANET 모델에 적용하기에는 부적절하다.

이에 선박의 특징을 고려하여 항로 정보 등 정적 정보를 배정 이전에(Proactive) 이용하고, 실제 출발지와 목적지 사이의 경로배정을 필요한 경우(Reactive) 수행하는 복합적인(Hybrid) 경로배정 알고리즘(HCBR)을 제안한다.

2.2 원양 항해 선박의 특징

해상 선박의 특징을 정리하면 다음과 같다.

① 고유 식별자를 가지고 좌표 시스템(경도와 위도) 사용.
② 해상의 모든 항로 정보 항상 인지.
③ 항해정보(위치, 항로, 속도, 목적지 방향) 항상 인지.
④ 항로는 항구와 항구 사이의 최단거리.
⑤ 육상 이동체보다 선박의 움직임 예측 쉬움.
⑥ 선박의 속도와 방향은 빈번하게 변하지 않음.
⑦ 선박의 노드 자원(연산처리 능력, memory, 저장장치, 전원)은 육상의 데스크탑 PC와 동등.
⑧ 해상의 모든 선박 항해정보를 AIS, VMS로 파악[5,6].

3. 원양항해선박을 위한 MANET 모델

제안하는 해상 MANET 모델(G)은 정적 정보와 동적 정보로 구성되는데 각각 그래프 G_1과 G_2로 표현한다. 항로의 출발 및 종착점인 항구(h),항로와 항로의 교차점(cp)들의 집합과 이들을 잇는 항로의 일부분으로서의 선분들의 집합을 각각 V_1, E_1로 정의한다. 정적 정보 $G_1=(V_1,E_1)$이다. cp 영역은 선박이 가지는 전송시스템의 전송범위 내에 2개 이상의 항로가 포함하는 영역을 말한다. 상호 통신하고자 하는 임의의 선박들(s, d)을 V_2로 정의한다. E_1 가운데 s, d에 의해 분할되는 선분(e_1, e_2)이 생긴다. 이를 es_1,es_2, ed_1,ed_2 라 하고, 이들 집합을 E_2라 하면, 동적 정보 $G_2=(V_2, E_2)$이다.

$V_1(G) = \{cp, h\}$
$E_1(G) = \{(h_i, h_j), (cp_k, cp_l), (cp_m, h_n)\}$
$V_2(G) = \{s, d\}$, $E_2 = \{es_1, es_2, ed_1, ed_2\}$
$G(V, E) = G_1(V_1, E_1 - \{e_1, e_2\}) \cup G_2(V_2, E_2)$

+ 손주영(한국해양대학교 IT공학부),E-mail:mmlab@hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4575
++ 문성미, 부산광역시 영도구 동삼2동 한국해양대학교 컴퓨터공학과 네트워크 연구실

4. 복합적 항로기반 라우팅(HCBR) 알고리즘

정적 정보는 모든 노드(선박)가 알고 있다. HCBR은 각 노드는 G_1의 모든 노드로부터 다른 노드로 가는 최단경로를 실제 경로배정이 필요하기 이전에(proactive) 최단경로 알고리즘을 써서 미리 계산한다. s와 d가 실제 데이터 전송을 위해 경로 발견을 할 때(reactive) 이미 가지고 있는 최단경로 정보를 이용하여 G_2와 그 주변의 부분적인 노드와 선분 정보로 최단경로를 찾아낸다. 이를 통해 최단경로 탐색시간을 크게 줄이고, 일반적인 MANET에서 경로 발견 시 이용되는 플러딩(flooding)이 필요 없게 되어 제어 패킷의 홍수를 근본적으로 차단한다.

1) 경로 발견(Route Discovery)

s가 cp영역에 속하는 경우와 속하지 않는 경우, d가 cp영역에 속하는 경우와 속하지 않는 경우 등 모두 네 가지 경우로 나누어 경로를 발견한다.

s가 cp_i영역에 속하고 d가 cp_j영역에 속하는 경우는 정적 정보로 미리 계산된 cp_i와 cp_j사이의 최단 경로를 이용한다. s가 cp_i영역에 속하고 d가 cp영역에 있지 않는 경우, d에 의해 양분된 항로 선분의 양끝에 인접한 cp_j, cp_k가 각각 존재한다. $min(sp(cp_i-cp_j)-d,\ sp(cp_i-cp_k)-d)$를 선택한다. 이때 $sp(cp_i-cp_j)-d$는 cp_i와 cp_j사이 최단경로에 cp_j에서 d로 가는 경로 길이를 말한다. s가 cp영역에 있지 않고 d가 cp_k영역에 있는 경우도 s 양쪽에 이웃하고 있는 각각 cp_i, cp_j가 있다. $min(s-sp(cp_i-cp_k),\ s-sp(cp_j-cp_k))$을 선택한다. 마지막으로 s와 d가 모두 cp에 있지 경우는 s와 d 양쪽에 인접한 각각 두 개의 cp [cp_i, cp_j와 cp_m, cp_n] 경유하는 네 가지 경로 중 가장 짧은 경로를 선택한다. 즉, $min(sp(cp_i-cp_m),\ sp(cp_i-cp_n),\ sp(cp_j-cp_m),\ sp(cp_j-cp_n))$을 선택한다.

2) 경로 복구(Route Recovery)

앞서 제안한 정적 정보를 이용하는 경로 발견은 보장된 최단경로를 신속하게 발견할 수 있나 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.

경로 발견에서 찾은 임의의 s와 d 사이의 최단경로를 $sp(s-d)=(s, (s,cp_i),\ cp_i, (cp_i,cp_{i+1}),\ \ldots, (cp_k,\ d),\ d)$라고 하자.

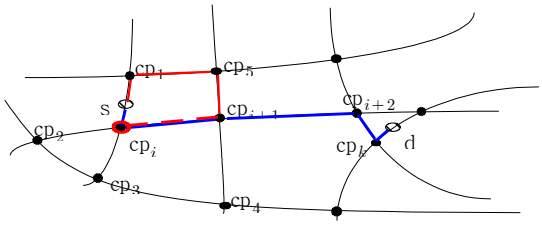

Fig. 1 s-d shortest path and recovery

홀은 $G(V,E)$의 V 또는 E에서 발생하는데, Fig.1의 예에서는 각각 cp_i또는 (cp_i,cp_{i+1})에 홀이 발생하는 경우이다. 두 경우 모두 경로 복구는 데이터를 정상적으로 전송 가능한 경로는 그대로 두고, 홀이 발생한 구간만을 지엽적으로 복구한다.

예를 들어 cp_i에 홀이 발생한 경우, d방향의 (cp_i,cp_{i+1})로는 데이터를 전송할 수 없다. 경로 복구를 위해 cp_i, cp_{i+1}에 인접한 $cp(cp_1,\ cp_2,\ cp_3,\ cp_i,\ cp_{i+1},\ cp_4,\ cp_5,\ cp_{i+2})$와 각 인접 항로 선분들, 그리고 기존의 경로에 속한 cp와 인접항로선분을 최단경로계산의 대상으로 삼는다. Fig.1의 예에서는 $(s,\ (s,cp_1),\ cp_1,\ (cp_1,cp_5),\ cp_5,\ (cp_5,\ cp_{i+1}),\ \ldots, (cp_k,\ d),\ d)$가 복구된 경로로 계산된다.

복구 과정을 거쳐도 경로를 찾을 수 없으면 복구 최단경로 계산 대상의 범위를 기존 대상의 이웃 cp와 그 인접항로선분까지 확대 포함하여 계산한다. 이 작업을 3회까지 반복한 후에도 경로를 복구할 수가 없으면 정적 정보에서 홀이 발생한 V 내지 E를 제외한 G를 대상으로 s, d 사이 경로배정을 수행한다.

3) 성능평가

전체 바다의 넓이를 200*200으로 하고, h의 수와 위치를 임의로 설정한 후, 임의의 두 h를 잇는 항로를 임의의 개수만큼 생성한다. 이때 발생하는 cp와 h들, 항로선분들로 이루어진 그래프 G를 형성한다. G 내의 V의 수를 증가시키면서 성능을 측정하였다. s, d를 임의의 항로상의 임의 지점으로 설정하여, 경로를 발견하였다. 제안된 HCBR을 대표적인 위치 기반 경로배정 알고리즘인 LAR과 비교하였다.

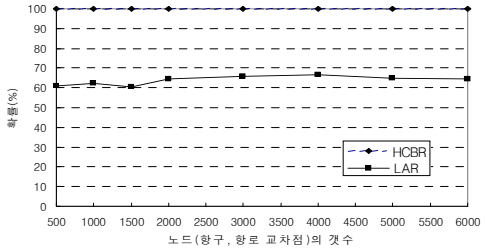

Fig. 2 probability of searching for path

우선, 프로토콜에 의해 경로를 찾은 확률(Fig. 2)을 비교하면, LAR은 요구 영역에서 플러딩에 의존하여 경로를 발견하기 때문에 그 영역 내에 선박들이 전송 범위 내에 연이어 있지 않은 경우에는 경로 발견이 실패한다. 반면 HCBR은 항로기반으로 경로를 탐색하고 홀이 발생하는 즉시, 복구하는 메커니즘이 있기 때문에 반드시 경로를 찾았다. 그리고 경로를 발견한 경우, LAR은 플러딩을 이용하고, HCBR은 정적정보로 계산한 최단경로를 이용하기 때문에 두 프로토콜이 찾은 경로는 최단경로임을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서 제안한 해상 MANET 모델은 주로 원양 항해하는 선박을 위한 모델링한 것으로, 육상과는 다른 해상 선박의 항해 특성을 충분히 반영한 통신망 체제이다. 기존의 육상 MANET 경로배정 프로토콜에 보다 경로의 안정성과 신뢰성을 약 40% 더 확보할 수 있음을 실험적으로 확인하였고, 경로 최적성도 보장하는 프로토콜임이 증명되었다.

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 MANET 모델을 완성하고, 그에 따른 MANET 경로배정 프로토콜을 개발할 예정이다.

참고문헌

[1] http://www.dt.co.kr/contents.htm?article_no=2005092002011731618001, 2005

[2] http://www.intel.com/ebusiness/pdf/wireless/intel/80216_wimax.pdf, 2003

[3] 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

[4] 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

[5] http://www.akrepublicans.org/seaton/23/news/seat2003091001p.php

[6] http://www.oceancommission.gov/meetings/apr2_3_03/minutes/vessel_monitoring.pdf