JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지(J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.) Vol. 21, No. 6 : 1092~1099 Jun. 2017

새로운 지리적 온디맨드 라우팅 프로토콜

최영철* · 임용곤

A Novel Geographical On-Demand Routing Protocol

Youngchol Choi* · **Yong-kon Lim**

Ocean System Engineering Research Division, Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering, Daejeon 34103, Korea

요 약

본 논문에서는, ad-hoc on-demand distance vector (AODV) 라우팅 프로토콜의 브로드캐스트 스톰 문제가 발생하지 않는 이동 애드혹 네트워크를 위한 새로운 온디맨드 라우팅 프로토콜을 제안한다. 경로요청 패킷을 송신하는 노드와 목적지의 위치 정보를 이용하여, 경로요청 패킷을 전달할 수 있는 후보를 지리적으로 제한한다. 그 다음에, AODV의 원리를 따르는 라우팅 프로토콜들은 최초로 수신된 경로요청 패킷 이외의 중복 수신되는 경로요청 패킷을 모두 버리지만, 제안하는 라우팅 프로토콜은 중복 수신되는 경로요청 패킷을 해석하여, 경로요청 패킷의 불필요한 중복 재방송을 회피하고 송신한 경로요청 패킷에 대한 수동 ACK 기능을 수행한다. 제안하는 라우팅 프로토콜을 AODV의 소스 코드를 수정하여 QualNet으로 구현하고 시뮬레이션을 수행한 결과, 기존 AODV 대비, 노드 밀집도가 높고 트래픽이 많은 네트워크의 패킷 전달 비율 및 시간 지연을 크게 향상시킨다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a novel geographical on-demand routing protocol for a mobile ad-hoc network (MANET) that resolves the broadcast storm problem of ad-hoc on-demand distance vector (AODV) routing protocol. The candidates relaying route request (RREQ) packet are geographically restricted by the locations of the destination and a (RREQ sender. Then, the duplicate RREQs, which are generally discarded in the protocols that follow the principle of the AODV, are parsed to avoid redundant RREQ rebroadcasts and to perform passive acknowledgement with respect to a RREQ rebroadcast. The proposed routing protocol is implemented by modifying the source code of the AODV in QualNet. It is shown through QualNet simulations that the proposed routing protocol significantly improves the packet delivery ratio and the latency of the AODV in high-density and heavy traffic network scenarios.

키워드 : 이동 애드혹 네트워크, 온디맨드 라우팅 프로토콜, 브로드캐스트 스톰 문제, 수동 확인 응답

Key word : Mobile ad-hoc network, on-demand routing protocol, broadcast storm problem, passive acknowledgement

Received 10 February 2017, **Revised** 13 February 2017, **Accepted** 20 March 2017

* **Corresponding Author** Youngchol Choi(E-mail:ycchoi@kriso.re.kr, Tel:+82-42-866-3833)
Ocean System Engineering Research Division, Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering, Daejeon 34103, Korea

Open Access https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.6.1092 print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/ by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

해양에서 초단파 대역에서의 통신 기술은 단측파대 통신, 그리고 선박자동식별 시스템과 같은 해양에서의 안전을 위한 통신 시스템을 중심으로 활용되고 있다. 최근에는 이네비게이션의 핵심 요소 기술 중의 하나로서 초단파 데이터 교환 서비스 기술에 대한 표준화가 활발하게 진행되는 등, 해양에서도 육상에서와 같은 통신 네트워크 서비스를 제공하기 위한 노력이 이루어지고 있다[1-5].

해양에서 초단파 통신 네트워크는, 연안의 육상국과 해상에 있는 다수의 선박국 사이에 이웃 선박을 전달 노드로 활용하는 다중 홉 통신으로 먼 거리까지 통신이 가능하도록 할 수 있다. 따라서, 해양 이동 애드혹 네트워크 기술은 고가의 위성 통신을 대체할 수 있는 매우 효과적인 후보 기술이 될 수 있다.

이와 같은 해양 이동 애드혹 네트워크 토폴로지의 특성은, 연안에서는 초단파 모뎀의 통신 반경에 많은 선박국이 존재하여 노드 밀집도가 높고, 육상국의 위치 정보는 모든 선박국이 알고 있으며, 모든 선박국은 GPS가 기본적으로 탑재되어 있어 전역 자기위치인식이 가능하다. 해양 이동 애드혹 네트워크와 유사한 토폴로지 특성을 갖는 다른 예로서, 수중 음향 무선 네트워크[6,7] 및 차량 애드혹 네트워크의 차량-인프라 통신 네트워크[8] 등이 있다. 다중 홉 통신이 가능하도록 초밀집 네트워크 기술이 발전한다면 초밀집 네트워크 토폴로지[9,10] 또한 해양 이동 애드혹 네트워크 토폴로지와 같은 특성을 가진다. 향후, 이동 애드혹 네트워크 토폴로지는 노드 밀집도와 트래픽이 지속적으로 증가할 것으로 예상되며, 이 경우에 라우팅 프로토콜의 오버헤드 최소화는 네트워크 수율 향상 측면에서 매우 중요한 문제 중의 하나이다.

이동 애드혹 네트워크에서 라우팅 오버헤드 감소를 위해서는 온디맨드 방식의 라우팅 프로토콜이 적합하며[11,12], ad-hoc on-demand distance vector (AODV) [13] 프로토콜이 가장 널리 활용되고 있다. AODV는 경로가 존재하지 않는 목적지로의 경로요청 요청이 발생하면, 경로요청 패킷을 네트워크 전체에 플러딩하여 유효한 경로를 찾는다. AODV는 반응적 라우팅 방식에 비하여 라우팅 오버헤드가 작지만, AODV 또한 경로요청 패킷이 플러딩 방식으로 네트워크 전체에 전달되는 브로드캐스트 스톰 문제가 있다[14]. 이와 같은 AODV의 브로드캐스트 스톰 문제는, 경로요청 패킷이 네트워크의 모든 노드들이 수신하도록 하되 경로요청 패킷을 재방송하는 노드의 수를 줄이는 부분적 플러딩 방식[14-17], 위치 정보를 이용하여 탐색 범위를 좁히는 방식[18,19], 위치 정보를 이용하지 않고 과거에 주고 받은 패킷의 정보만으로 목적지 방향으로 경로요청 패킷을 유도하는 방법[20] 등이 있다.

부분적 플러딩 방식은 경로요청 패킷이 네트워크 전체에 전달되도록 동작하는 특성으로 인하여, 경로요청 패킷을 재방송한 노드들 중에서 경로로 선택되지 않은 노드들에 의한 경로요청 패킷 재방송은 불필요한 라우팅 오버헤드로 작용하는 문제점이 있다. 위치 정보를 이용하여 탐색 범위를 좁히는 방식 또한 경로요청 패킷이 전달되는 범위만 축소되었을 뿐, 앞서 설명한 부분적 플러딩 방식의 단점을 극복할 수 없다. 또한, [20]은 토폴로지를 학습하기 위한 충분한 예열 시간이 필요하고, 버스트 전송의 경우에는 경로 탐색이 불가능하다.

본 논문에서는, 전역 자기위치인식 시스템을 갖추고 있고, 노드 밀집도가 높으며, 트래픽이 많은 이동 애드혹 네트워크를 고려한다. 목적지, 경로요청 패킷 송신 노드, 그리고 자기 자신의 위치 정보를 이용하여 브로드캐스트 특성을 가지는 경로요청 패킷이 유니캐스트 방식으로 전달되는 온디맨드 라우팅 프로토콜을 제안한다. 제안하는 라우팅 프로토콜은, 먼저, 위치 정보를 이용하여 경로요청 패킷 재방송 노드를 지리적으로 제한한다. 그리고, 이와 같이 제한된 영역 내에서 경로요청 패킷이 재방송된다는 제약조건으로부터, AODV의 원리를 따르는 라우팅 프로토콜들에서는 버려지는 중복 수신되는 경로요청 패킷이 유용하게 해석 가능함을 밝힌다. 또한, 경로요청 패킷의 불필요한 중복 재방송을 회피할 수 있는 중복 제어 기법 및 송신한 경로요청 패킷에 대한 수동 ACK 기법을 제안한다.

제안한 라우팅 프로토콜을 QualNet으로 구현 및 시뮬레이션 하여, 기존 AODV 대비 노드 밀집도가 높고 트래픽이 많은 네트워크의 패킷 전달 비율 및 시간 지연을 크게 향상시킬 수 있음을 보인다.

본 논문에서는, 위치 정보를 라우팅 오버헤드 감소를 위해서 활용하므로, 경로의 질적 향상을 위해서 위치 정보를 사용하는 라우팅 방법[21]과는 위치 정보 활용

목적 자체가 다르다. 또한, 본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜은 목적지, 송신 노드, 자기 자신의 위치 정보만을 이용하므로, 각 노드가 네트워크 전체 노드 또는 모든 한 홉 이웃 노드들에 대한 위치 정보를 알고 있다고 가정하는 위치 정보 기반의 라우팅 프로토콜 [22,23]과는 구별된다.

Ⅱ. 위치정보 기반의 온디맨드 라우팅 프로토콜

본 논문에서는 2차원 토폴로지를 고려하고, 노드의 무선 통신 가능 영역은 노드의 위치를 중심으로 반경이 R_{OUT}인 원의 내부라고 가정한다. 경로요청(RREQ; Route REQuest) 패킷을 송신한 노드와 목적지를 각각 S, D로 표시하고, 이 경로요청 메시지를 RREQ (S, D, h)로 표시한다. h는 홉 수이다. 임의의 노드 N이 S가 송신한 경로요청 패킷을 수신하면, N은 자기 자신, S, 그리고 D의 위치를 안다고 가정한다. 위치 정보를 이용하는 라우팅 프로토콜은 일반적으로 목적지와 자기 자신의 위치를 알고 있다고 가정하는데, 본 논문에서는 경로요청 패킷 송신 노드의 위치를 경로요청 패킷 헤더에 포함하도록 하여 추가적으로 경로요청 패킷 송신 노드의 위치를 알 수 있도록 한다. 임의의 두 노드 N_1과 N_2 사이의 거리는 $d(N_1, N_2)$로 표시한다. 본 논문에서 제안하는 라우팅 프로토콜을 geographical AODV (GAODV)로 명명한다.

2.1. 경로요청 패킷의 선택적 재방송

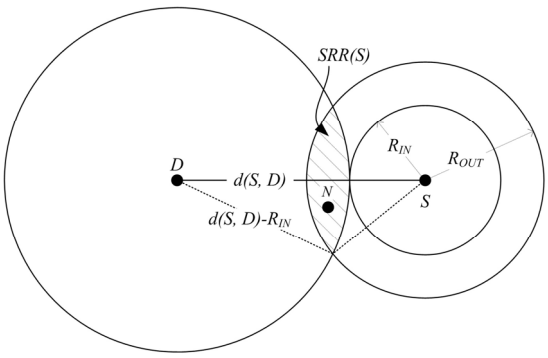


Fig. 1 Selective re-broadcast region

GAODV는 그림 1과 같이 위치 정보를 이용하여 경로탐색 절차에 참여할 수 있는 노드들을 제한한다. 즉, 임의의 노드 N이 RREQ(S, D, h)를 수신하면, 다음 조건을 만족하는 경우에만 경로요청 패킷을 재방송 가능하도록 한다.

$$d(N, D) < d(S, D) - R_{IN} \tag{1}$$

여기에서 R_{IN}은 R_{OUT}보다 작은 값이다. 수식 (1)을 “선택적 재방송 조건(이하 SRC)”으로 명명한다. 그림 1에서 빗금 친 부분에 존재하는 노드들만이 RREQ (S, D, h) 재방송이 가능한데, 이와 같이 S가 송신한 경로요청 패킷에 의해서 생성되는 영역, 즉 SRC를 만족하는 영역을 SRR(S)로 표시하기로 한다. 위치 정보를 이용하여 SRR(S)에 있는 노드들만이 선택적으로 경로요청 패킷을 재방송하면, 소스와 목적지를 연결하는 직선에 가까운 노드들로 경로가 설정되어, 종단 간 전달거리 측면에서 최적에 근접하는 경로를 얻을 수 있다. 라우팅 오버헤드 감소 또한 기대할 수 있기는 하지만, 노드 밀집도가 변화하는 경우에 경로탐색 성공 확률 손실 없이 라우팅 오버헤드를 최소화할 수 있도록 R_{IN}을 적응적으로 바꿔주는 것은 매우 어렵다는 문제가 있다. 다음 소절에서 노드 밀집도 변화에 강인한 라우팅 오버헤드 최소화 방법에 대해서 설명한다.

2.2. 경로요청 패킷 중복 제어

경로요청 패킷이 전파되는 과정에서, 앞 소절과 마찬가지로 그림 1과 같은 경우를 고려하자. RREQ (S, D, h)를 수신한 후에 SRR(S)에 있는 노드들 중에서 가장 처음으로 경로요청 패킷을 재방송하는 노드를 F라고 하자. 그러면, F가 방송하는 경로요청 패킷은 RREQ$(F, D, h+1)$과 같이 표현할 수 있다. RREQ $(F, D, h+1)$은 SRR(S)에 있는 노드들에게는 RREQ (S, D, h)에 대하여 중복 수신된 경로요청 패킷으로 인식된다.

다른 한편으로는, RREQ$(F, D, h+1)$은 SRR(S)에 있는 노드들에게, SRR(S)에 있는 어떤 노드가 먼저 RREQ(S, D, h)를 재방송 한 것으로 해석될 수 있다. 따라서, F를 제외한 SRR(S)에 있는 노드들이 RREQ (S, D, h)에 대한 경로요청 패킷을 재방송 하는 것은 불

필요한 중복이 된다. 즉, GAODV에서, SRR(S)에 있는 노드들은 최초로 수신한 경로요청 패킷 RREQ (S, D, h)에 대해서 홉 수가 1만큼 증가한 중복된 경로요청 패킷을 수신하면, SRR(S)에 있는 다른 노드가 이미 RREQ(S, D, h)에 대한 경로요청 재방송을 한 것으로 인식하고, 불필요한 중복 경로요청 패킷 전달을 피하기 위해서 경로요청 재방송을 하지 않도록 한다.

이와 같이 하면, SRR(S)에 있는 노드들 중에서 오직 하나의 노드만이 경로요청 재방송을 하게되어, 방송 특성을 가지는 경로요청 패킷을 유니캐스트 방식으로 전달할 수 있게 된다. 따라서, 경로요청 패킷을 재방송하는 노드의 수가 목적지까지의 홉 수와 일치하므로 GAODV는 라우팅 오버헤드를 최소화한다. 이와 같이 홉 수가 1만큼 증가된 중복된 경로요청 패킷을 수신하는 조건을 "중복 제어 조건(이하 DCC)"이라고 명명한다.

R_{IN} 값은 노드 밀집도를 고려해서 결정될 필요가 있으나, 상기 중복제어 기능을 통해서 경로요청 패킷의 중복 재전송을 효과적으로 회피할 수 있으므로 라우팅 오버헤드 최소화를 위해서 R_{IN} 값을 최적화할 필요는 없다. 따라서, GAODV는 노드 밀집도 변화에 매우 강인하다.

2.3. 경로요청 패킷에 대한 수동 ACK

경로요청 패킷은 방송하는 패킷이므로 항상 숨겨진 노드 문제(hidden node problem)가 있다. 하지만, GAODV의 경로요청 패킷은 유니캐스트 방식으로 전달되므로 경로요청 패킷에 대한 수동 ACK가 가능하고, 따라서 경로요청 패킷의 숨겨진 노드 문제를 크게 완화할 수 있다.

먼저, 다음과 같은 경로요청 패킷 전달을 고려하자. RREQ($S_0, D, 0$), RREQ($S_1, D, 1$), ... , RREQ (S_n, D, n), 여기에서 S_0는 소스이다. S_i가 처음 수신한 경로요청 패킷은 RREQ($S_{i-1}, D, i-1$) 이다. 따라서 수신되는 경로요청 패킷의 중복 유무를 판단하기 위해서 S_i가 저장하고 있는 홉 수 정보는 "$i-1$"이다.

한편, RREQ($S_{i+1}, D, i+1$)은 S_i에게 중복 경로요청 패킷으로 인식되지만, S_i가 송신한 RREQ(S_i, D, i)에 대한 S_{i+1}의 경로요청 패킷 재방송이므로, RREQ ($S_{i+1}, D, i+1$)은 S_i에게는 RREQ(S_i, D, i)에 대한 수동 ACK 역할을 하게 된다. 따라서, GAODV에서 경로요청 패킷을 재방송한 노드들은, 최초로 수신한 경로요청 패킷의 홉 수보다 홉 수가 "2"만큼 증가한 중복된 경로요청 패킷을 수신하면, 자신이 재방송한 경로요청 패킷이 다음 노드에 의해서 성공적으로 전송되었다고 판단하고, 불필요한 경로요청 패킷 중복 전달을 피하기 위해서 경로요청 재방송을 하지 않도록 한다. 이와 같이 홉 수가 2만큼 증가된 중복된 경로요청 패킷을 수신하는 조건을 "수동 ACK 조건(이하 PAC)"이라고 명명한다. 수동 ACK 조건이 일정 시간 내에 만족되지 않으면, 경로요청 패킷 재방송을 재시도 함으로써, 채널에서 발생하는 패킷 오류나 숨겨진 노드 문제 등을 개선할 수 있다.

Ⅲ. 시뮬레이션 결과

본 시뮬레이션에서는, 네트워크 트래픽 변화에 따른 GAODV, DCC를 적용하지 않은 GAODV, AODV의 패킷 전달 비율 및 종단 간 시간 지연 성능을 분석한다. 기존 문헌들은 모두 AODV와의 성능 분석 비교 결과를 제시하고 있으므로, GAODV와 AODV의 성능 비교 결과를 제시하여 기존 기법 대비 GAODV의 우수성을 보일 수 있도록 한다.

먼저, QualNet에서 기본적으로 제공하는 라이브러리를 이용하여 해양 이동 애드혹 네트워크를 모사할 수 있도록 네트워크 시나리오를 다음과 같이 구성한다. 2-Mbps 전송 속도를 갖는 IEEE 802.11b 라디오 모델을 적용한다. 이 때, R_{OUT}은 약 250 *m* 인데, 편의상 $R_{OUT} = 250\ m$라고 가정한다. 네트워크 크기는 1,500 *m* × 1,000 *m* 이고, 연안에서 멀어질수록 노드 밀집도가 낮아지도록 구성하기 위한 노드 배치는 다음과 같다.

- (0, 0), (R_{OUT}, 0), (0, 4R_{OUT}), (R_{OUT}, 4R_{OUT}) 네 점에 의해서 정해지는 직사각형 영역에 400개의 노드를 균일 분포로 배치
- (R_{OUT}, 0), (2R_{OUT}, 0), (R_{OUT}, 4R_{OUT}), (2R_{OUT}, 4R_{OUT}) 네 점에 의해서 정해지는 직사각

형 영역에 300개의 노드를 균일 분포로 배치

- ($2R_{OUT}$, 0), ($3R_{OUT}$, 0), ($2R_{OUT}$, $4R_{OUT}$), ($3R_{OUT}$, $4R_{OUT}$) 네 점에 의해서 정해지는 직사각형 영역에 200개의 노드를 균일 분포로 배치
- ($3R_{OUT}$, 0), ($6R_{OUT}$, 0), ($3R_{OUT}$, $4R_{OUT}$), ($6R_{OUT}$, $4R_{OUT}$) 네 점에 의해서 정해지는 직사각형 영역에 300개의 노드를 균일 분포로 배치

목적지는 (0, $2R_{OUT}$) 위치에 고정되어 있다. 선박의 최대 속도가 60 *km/h* 라고 가정하고, 목적지 이외의 모든 노드에게 random way-point 모델에 따른 이동성을 부여한다. IEEE 802.11 DCF를 매체접속제어로 적용하고, 512-Byte 크기를 갖는 CBR 데이터 패킷을 패킷 발생 시간 간격을 변화시키면서 전송한다.

그림 2와 3은, CBR 연결 수 및 패킷 발생 시간 간격 변화에 따른, GAODV(붉은색), DCC를 적용하지 않은 GAODV(파란색), AODV(검은색)의 패킷 전달 비율 및 종단 간 시간 지연 성능 분석 결과이다. 실선과 점선은, 각각, CBR 연결 수가 12개 및 24개에 해당한다. 패킷 발생 시간 간격이 4초에서 0.5초까지 감소하더라도 GAODV는 모든 경우에 패킷 전달 비율이 98 % 이상으로서, 패킷 전달 비율 감소 원인은 소스 노드의 이동에 따른 링크 손상에서 기인하는 패킷 손실이다. 하지만, DCC를 적용하지 않은 GAODV와 AODV는 CBR 연결 수가 많고 패킷 발생 시간 간격이 감소할수록 큰 폭의 패킷 전달 비율 감소가 발생한다. 특히 AODV는 CBR 연결 수가 24개이고 패킷 발생 시간 간격이 0.5초 일 때는 패킷 전달 비율이 5 % 이하로 감소하고, DCC를 적용하지 않은 GAODV 또한 패킷 전달 비율이 75 % 이하로 저하된다. 이것은, 노드 밀집도가 높은 네트워크에서 CBR 연결 수가 많으면, AODV의 경로 탐색 과정은 매우 심각한 경쟁 환경이 되고, 경로 탐색에 성공해서 데이터 패킷 전송이 진행되는 세션 또한 경로 탐색이 진행 중인 경로 요청 패킷들과의 경쟁으로 인하여 경로 오류 발생 확률이 크게 증가하기 때문이다. 따라서 제안하는 GAODV 프로토콜의 패킷 전달 비율은 노드 밀집도가 높은 네트워크에서 트래픽 변동에 매우 강인하다.

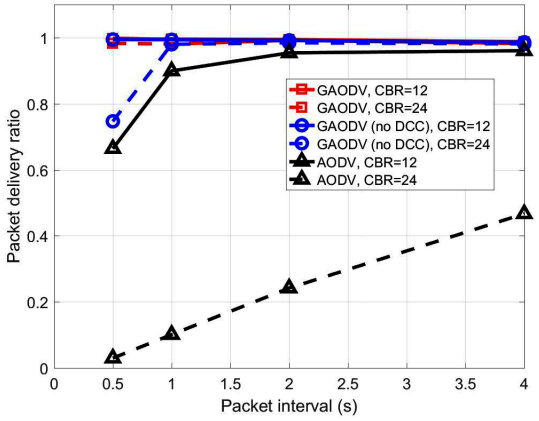


Fig. 2 Packet delivery ratio vs. packet interval

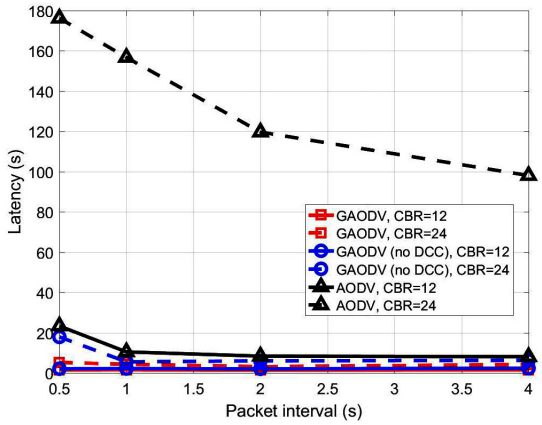


Fig. 3 End-to-end delay vs. packet interval

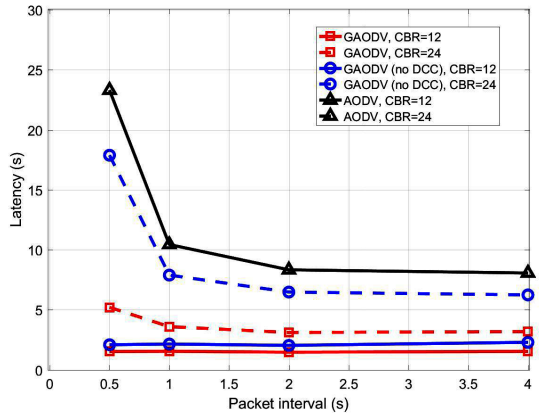


Fig. 4 Enlarged plot of Fig. 3

그림 4는 그림 3을 확대한 것으로서, GAODV는 종단 간 시간 지연 측면에서, 트래픽이 높지 않은 CBR 연결 수가 12인 경우에도 기존 AODV 시간 지연의 1/4 이하로서, AODV의 시간 지연 성능을 크게 개선한다.

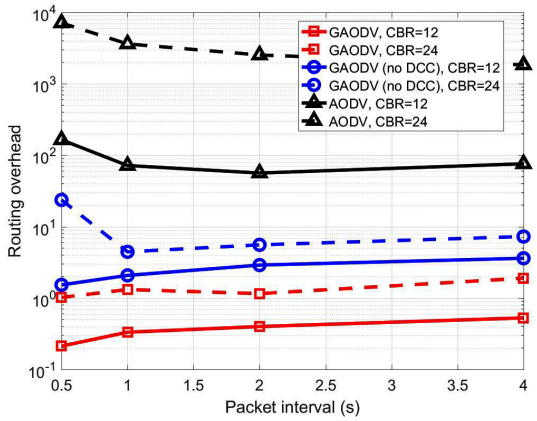


Fig. 5 Routing overhead vs. packet interval

그림 5는 라우팅 오버헤드 성능 분석 결과이다. 라우팅 오버헤드는 경로 요청 패킷을 재방송한 노드의 수를 성공적으로 수신한 패킷의 수로 나눈 것으로서, 하나의 데이터 패킷을 전송하는데 소요되는 경로 요청 패킷의 수를 의미한다. GAODV의 라우팅 오버헤드는 AODV 보다 100 배 이상 작고, DCC를 적용하지 않은 GAODV 보다도 10배 이상 작다. 이와 같은 라우팅 오버헤드 감소는 그림 2와 3에서 보인 바와 같이 패킷 전달 비율 및 종단 간 시간 지연을 크게 향상시킬 수 있는 근본 원인이다. CBR 연결 수가 12에서 24로 2배 증가하면서, GAODV의 라우팅 오버헤드는 CBR 연결 수 증가 비율과 유사하게 평균적으로 2-3배의 증가 비율을 보인다. 하지만 AODV는 10배 이상의 오버헤드 증가가 발생한다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는, 전역 자기위치확인이 가능한 환경에서, 위치 정보를 이용하여 브로드캐스트 특성을 가지는 경로 요청 패킷을 유니캐스트 방식으로 전달하여 라우팅 오버헤드를 최소화하는 GAODV 라우팅 프로토콜을 제안하였다. GAODV를 QualNet으로 구현하여 시뮬레이션 성능 분석 결과, AODV 대비 패킷 전달 비율 및 종단 간 시간 지연 성능이 크게 향상된다. 또한, GAODV의 패킷 전달 비율 및 종단 간 시간 지연 성능은 트래픽 변화에 매우 강인하다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by grants from National R&D Projects “Development of marine RF based ad-hoc network for ship” and “Development of wide-area underwater mobile communication systems” funded by Ministry of Oceans and Fisheries, Korea(PMS3672, PMS3710).

REFERENCES

[1] C. Yun, S. Kim, A. Cho, and Y. Lim, “Sea-Experiment Test of a Shipborne Ad-hoc Network (SANET) for Maritime VHF Digital Data Communications,” *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 31, no. 6, pp. 681-688, June 2016.

[2] C. Yun, A. Cho, S. Kim, and Y. Lim, “Performance Analysis of Multiple Access Protocol for Maritime VHF Data Exchange System (VDES),” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 18, no. 12, pp. 2839-2846, Dec. 2014.

[3] A. Cho, C. Yun, J. Park, and Y. Lim, “Vertical Handover Framework for Maritime Multi-band Networks,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 18, no. 12, pp. 2847-2856, Dec. 2014.

[4] K. An, “E-navigation services for non-SOLAS ships,” *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, vol. 4, pp. 13-22, June 2016.

[5] D. Breton, J. Barry, and L. Vandelei, “Improving Canadas marine navigation system through e-Navigation,” *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, vol. 4, pp. 23-30, June 2016.

[6] I. F. Akyildiz, D. Pompili, and T. Melodia, “Underwater acoustic sensor networks: Research challenges,” *Ad Hoc Networks*, vol. 3, no. 3, pp. 257-281, 2005.

[7] J. H. Cui, J. Kong, M. Gerla, and S. Zhou, “The challenges of building mobile underwater wireless networks for aquatic applications,” *IEEE Network*, vol. 20, no. 3, pp. 12-18, 2006.

[8] C. Campolo, A. Molinaro, and R. Scopigno, “From todays VANETs to tomorrows planning and the bets for the day after,” *Vehicular Communications*, vol. 2, no. 3, pp. 158-171, July 2015.

[9] K. Shin, I. Park, J. Hong, D. Har, and D. Cho, “Per-node throughput enhancement in Wi-Fi DenseNets,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 1, pp. 118-125, Jan. 2015.

[10] F. Giust, L. Cominardi, and C. J. Bernardos, “Distributed mobility management for future 5G networks: overview and analysis of existing approaches,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 1, pp. 142-149, Jan. 2015.

[11] A. Boukerche, B. Turgut, N. Aydin, M. Z. Ahmad, L. Boloni, and D. Turgut, “Routing protocols in ad hoc networks: A survey,” *Computer Networks*, vol. 55, no. 13, pp. 3032-3080, Sept. 2011.

[12] S. Pandey and R. S. Yadav, “Study of Location Based Energy Efficient AODV Routing Protocols,” *International Journal of Engineering Inventions*, vol. 3, no. 2, pp. 1-5, Sept. 2013.

[13] C. E. Perkins and E. M. Royer, “Ad-hoc on-demand distance vector routing,” in *Proceeding of the 2nd IEEE workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp. 90-100, Feb. 1999.

[14] S. Ni, Y. Tseng, Y. Chen, and J. Sheu, “The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network,” in *Proceeding of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom)*, Seattle: WA, pp. 151-162, Aug. 1999.

[15] Y. Wang and J. J. G. Luna Aceves, “On reducing routing overhead and redundancy in mobile ad hoc networks,” in *Proceeding of the International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)*, pp. 202-206, 2015.

[16] M. Nikolov and Z. J. Haas, “Towards optimal broadcast in wireless networks,” *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 14, no. 7, pp. 1530-1544, 2015.

[17] X. M. Zhang, E. B. Wang, J. J. Xia, and D. K. Sung, “A neighbor coverage based probabilistic rebroadcast for reducing routing overhead in mobile ad hoc networks,” *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 12, no. 3, pp. 424-433, Mar. 2013.

[18] Y. Ko and N. Vaidya, “Location-aided routing (LAR) in mobile ad hoc networks,” *Wireless Networks*, vol. 6, no. 4, pp. 307-321, Sept. 2000.

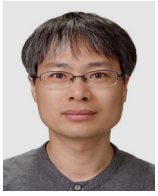
[19] I. Kala, N. Karthikeyan and S. Karthik, “Region Based AODV Geographic Routing Protocol for Quasi MANET,” *Asian Journal of Information Technology*, vol. 15, no. 22, pp. 4626-4634, 2016.

[20] X. M. Zhang, E. B.Wang, J. J. Xia, and D. K. Sung, “An estimated distance-based routing protocol for mobile ad hoc networks,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 60, no. 7, pp. 3473-3484, Sep. 2011.

[21] A. Raich and A. Vidhate, "Best Path Finding using Location aware AODV for MANET," *International Journal of Advanced Computer Research*, vol. 3, no. 3, pp. 330-334, Sept. 2013.

[22] L. Blazevic, J. Boudec, and F. S. Giordano, “A Location-Based Routing Method for Mobile Ad Hoc Networks,” *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 3, no. 4, March/April 2005.

[23] M. Ishfaq, S. Kumar, M. Junaid, A. N. Khan, and J. Basic, “Distance Aware Location Based Optimization for AODV in Mobile Ad HOC Networks,” *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, vol. 4, no. 3, pp. 52-61, 2014.



최영철(Youngchol Choi)

1998년 2월: KAIST 전기및전자공학과(공학사)
2000년 2월: KAIST 전기및전자공학과(공학석사)
2011년 8월: KAIST 전기및전자공학과(공학박사)
2000년 3월~현재: 선박해양플랜트연구소 책임연구원
※관심분야 : 해양정보통신 네트워크, 수중 통신 네트워크 및 신호처리

임용곤(Yong-kon Lim)

1979년: 충남대학교 전기공학(공학사)
1984년: 충남대학교 전기공학(공학석사)
1994년: 아주대학교 전자공학(공학박사)
1980년~현재: 선박해양플랜트연구소 책임연구원
※관심분야 : 해양정보통신 네트워크, 수중 통신 네트워크 및 신호처리