

수중 이동 애드혹 네트워크를 위한 최대 홉 거리 최소화 라우팅 메트릭에 관한 연구

최영철

선박해양플랜트연구소

ycchoi@kriso.re.kr

A Study on Minimized Maximum Hop Distance Routing Metric for Underwater Mobile Ad-Hoc Network

Youngchol Choi

Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering

요 약

일반적으로 이동 애드혹 네트워크의 라우팅 프로토콜은 홉 수가 가장 작은 경로를 찾아낸다. 하지만 가산성 백색 잡음 채널 모델 가정 하에 다중 홉을 통하여 패킷이 전달될 때 종단 간 패킷 전달율의 가장 지배적인 요인은 최대 홉 거리이므로, 최소 홉 라우팅 메트릭은 종단 간 패킷 전달율 관점에서 최적이지 않다. 본 논문에서는 다중 홉 이동 애드혹 네트워크에서 종단 간 패킷 전달율을 향상시키기 위하여 최대 홉 거리를 최소화하는 라우팅 메트릭을 제안한다. 경로 전체의 홉 거리 정보를 누적해서 전달하는 것이 아니라 현재까지의 경로에 대한 최대 홉 거리를 양자화하여 전파되도록 함으로써 라우팅 오버헤드를 최소화한다. 제안하는 최대 홉 거리 최소화 라우팅 메트릭은 대역폭이 협소하고 음파의 전파 지연이 매우 큰 수중음향 이동 애드혹 네트워크의 종단 간 시간 지연 및 패킷 전달율 성능을 향상시킬 수 있다.

I. 서 론

수중에서 전자파는 급격한 감쇠로 인하여 무선통신 수단으로서 활용이 어렵다. 반면에 음파는 수중에서 원거리 전파가 가능하여, 수중 무선 네트워크는 일반적으로 음파를 이용한다 [1]. 같은 이유로 바다 속에서는 소나가 레이더의 기능을 대신한다. 이렇게 음파를 사용하는 수중 음향 무선 네트워크에서는 속도를 가지는 전자파에 비해서 정도의 상대적으로 전달 속도가 매우 느린 음파의 전달 속도에서 기인하는 긴 전파 지연과 수중음향 모델의 협소한 대역폭에서 기인하는 물리 계층의 느린 데이터 전달 속도에 의해서 발생하는 네트워크 효율성 저하를 극복하는 것이 매우 중요하다 [2]. 특히, 수중 음향 무선 네트워크에서 신뢰성을 요구하는 응용의 경우에 패킷 전달율이 저하되면 잦은 재전송이 발생하는데 이러한 재전송은 종단 간 시간지연 및 네트워크 수율을 크게 저하시킨다. 따라서 다중 홉 수중 음향 무선 네트워크에서는 종단간 패킷 전달율을 높일 수 있는 라우팅 알고리즘이 중요하다.

일반적으로 라우팅 프로토콜은 홉 수를 최소화하는 경로를 선택한다. 하지만 이러한 최소 홉 라우팅 메트릭은 네트워크 품질 보장에 취약하다는 단점이 있다. 최소 홉 라우팅 메트릭의 단점을 극복하기 위해서 이웃 노드들과의 패킷 전달율을 측정하여 패킷 전달율이 가장 좋은 이웃 노드를 전달 경로로 선택하는 라우팅 메트릭이 제안되었다 [3]. 이 방법은 패킷 전달율을 측정하기 위한 전용 패킷을 지속적으로 교환해야 하는데, 이로 인하여 라우팅 오버헤드가 증가하는 단점이 있다. 이웃 노드들과의 패킷 전달율을 측정하기 위한 패킷의 길이는 데이터 패킷의 길이보다 짧으므로 패킷 전달율 추정에 대한 오차가 발생하고, 채널의 통계적 특성 변화에 따른 패킷 전달율 추정 변동폭이 증가한다. [4]에서는 대역폭을 라우팅 메트릭에 추가하여 [3]의 아이디어가 채널마다 전송 속도가 상이한 경우에도 동작할 수 있도록 확장하였다. 하지만 [4] 방법 역시 [3]의 단점을 그

대로 가진다.

최소 홉 라우팅 프로토콜은 가장 마지막 홉을 제외한 각 홉의 거리가 물리계층에서 전달 가능한 최대의 거리에 근접하는 특성을 가진다. 하지만 같은 홉 수라면, 각 홉의 거리에 대한 편차가 적을수록 패킷 전달율 측면에서 유리하며, 홉간 거리가 균등한 경로가 가산 백색 가우시안 잡음 채널 모델에서 가장 최적이다. 본 논문에서는 이와 같이 종단간 패킷 전달율은 가장 거리가 먼 홉에 의해서 결정되는 특징을 가진다는 점에 착안하여, 가장 거리가 먼 홉 정보를 양자화하여 전달함으로써 가장 거리가 먼 홉에 대한 거리를 최소화하는 경로를 선택하는 최대 홉 거리 최소화 라우팅 메트릭을 제안한다.

II. 최대 홉 거리 최소화 라우팅 메트릭

본 논문에서는 경로 탐색 메시지를 수신하면 메시지를 수신한 노드는 메시지를 송신한 노드와 자신 사이의 거리를 안다고 가정한다. 육상에서는 GPS, 수중에서는 USBL 등의 측위 시스템을 통해서 위치 정보를 알 수 있으므로, 이 가정은 유효하다. 서론에서 언급한 것처럼, 가산 백색 가우시안 잡음 채널 모델 가정을 하면 다중 홉으로 경로가 형성될 때 종단간 패킷 전달율은 가장 거리가 먼 홉에 의해서 결정된다. 따라서 경로 탐색 메시지가 전파되는 과정에서 최대 홉 거리 정보를 라우팅 메트릭으로 제공하고, 최대 홉 거리가 가장 작은 경로를 선택하면 된다. 이를 구현하기 위한 기본 매커니즘은 다음과 같다.

- 1) 수신한 경로 탐색 메시지의 최대 홉 거리 값이 경로 탐색 메시지 송신 노드와 수신 노드 사이의 거리보다 크다면, 수신한 메시지에 포함되어 있는 최대 홉 거리 값을 그대로 사용한다.
- 2) 수신한 경로 탐색 메시지의 최대 홉 거리 값이 경로 탐색 메시지 송신 노드와 수신 노드 사이의 거리보다 작다면, 경로 탐색 메시지

송신 노드와 수신 노드 사이의 거리를 새로운 최대 홉 거리 값으로 설정한다.

이와 같이 하면, 경로 탐색 메시지가 전파되어 홉 수가 늘어나면서 라우팅 메트릭 정보의 양이 누적되지 않는 성질을 가지므로, 라우팅 오버헤드가 최소화된다. 보다 더 구체적으로는 다음과 같이 구현할 수 있다. 먼저 물리 계층의 전송 거리 R 을 L 개의 비트로 양자화 한다. R 은 사용자가 지정할 수 있는 값이다. R 을 크게 하면 상대적으로 적은 홉 수로 통신이 가능하나 신호 대 잡음 비 감소로 인하여 패킷 전달을 저하가 발생한다. 따라서 목표로 하는 패킷 전달율에 부합하도록 R 값을 정하면 된다. 양자화 방법은 사용자가 자유롭게 정할 수 있으며, 균일하게 또는 비균일하게 할 수 있다. 노드 S 가 송신하는 경로 탐색 메시지의 최대 홉 거리 값을 $RM(S, \maxHopD)$ 로 표시하고, 이 메시지를 수신한 노드 N 과 S 사이의 거리를 $d(N, S)$ 로 표시하자. 균일한 양자화의 경우에 노드 N 은 N 을 거쳐 가는 경로에 대한 최대 홉 거리 값 $RM(N, \maxHopD)$ 를 다음과 같이 생성한다.

- 1) $d(S, N) < \frac{1}{2^L}R$ 이면, $RM(N, \maxHopD)=0$
- 2) $1 \leq k \leq L-2$ 에 대하여, $\frac{k}{2^L}R < d(S, N) < \frac{k+1}{2^L}R$ 이면, $RM(N, \maxHopD)=k$
- 3) $\frac{2^L-1}{2^L}R < d(S, N)$ 이면, $RM(N, \maxHopD)=L-1$
- 4) 1)~3)과 같이 $RM(N, \maxHopD)$ 가 계산되더라도, $RM(S, \maxHopD) > RM(N, \maxHopD)$ 이면, $RM(N, \maxHopD) = RM(S, \maxHopD)$ 으로 설정한다.

III. 시뮬레이션 성능 분석

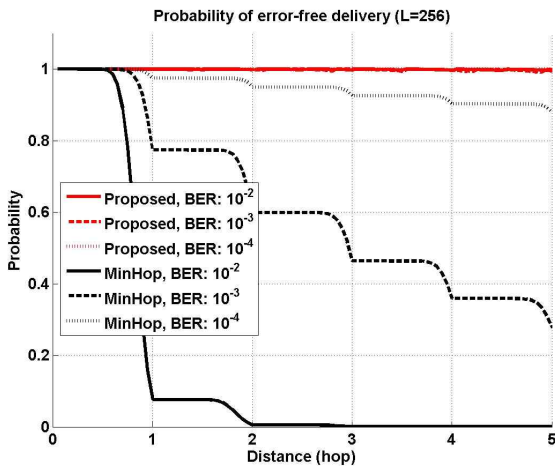


그림 1 거리 및 BER 변화에 따른 최소 홉 라우팅 메트릭과 제안한 최대 홉 거리 최소화 라우팅 메트릭의 종단 간 패킷 전달율 성능 비교

제안한 최대 홉 거리 최소화 라우팅 메트릭의 장점을 구체화하기 위해서 본 시뮬레이션에서는 홉 경계에서의 비트오율(BER) 및 종단 간 거리 변화에 따른 최대 홉 거리 최소화 라우팅 메트릭과 최소 홉 라우팅 메트릭의 종단 간 패킷 전달율 성능을 비교한다. 그림 1과 그림 2는 각각 32 byte의 길이를 가지는 QPSK 변조 데이터에 대한 종단 간 패킷 전달율과 시간 지연이다. 최대 홉 거리 최소화 및 최소 홉 라우팅 메트릭은 각각 붉은색과 검은색으로 구분하였고, 최대 홉 거리 정보는 1 bit 양자화를 한 것이

다. 그림 1에서 비트 오율이 크고 종단 간 거리가 멀수록 최소 홉 라우팅 메트릭의 종단 간 패킷 전달율이 크게 저하되어 제안한 최대 홉 거리 최소화 라우팅 메트릭의 이득이 증가한다. 그림 2의 시간 지연 또한 패킷 전달율과 유사한 경향을 보인다. 종단 간 거리가 멀고 비트 오율이 클수록 최소 홉 라우팅 메트릭의 시간 지연은 크게 증가하지만 최대 홉 거리 최소화 라우팅 메트릭의 시간 지연은 거리와 비트 오율과 무관함을 알 수 있다.

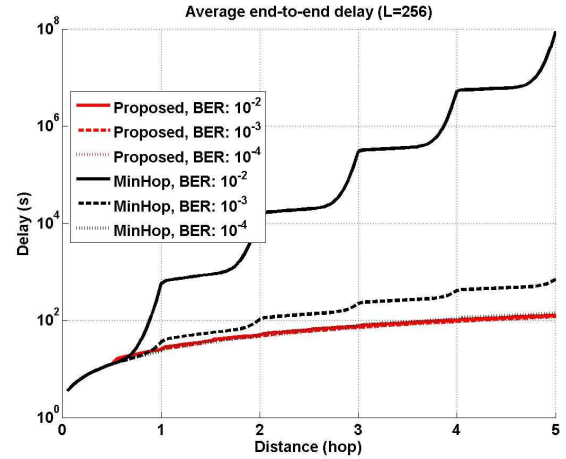


그림 2 거리 및 BER 변화에 따른 최소 홉 라우팅 메트릭과 제안한 최대 홉 거리 최소화 라우팅 메트릭의 종단 간 시간 지연 성능 비교

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 해양수산부의 국가연구개발사업인 “수중 광역 이동통신 시스템 기술개발”에 의해 수행되었습니다(PMS4720).

참 고 문 헌

- [1] D. Kilfoyle and A. Baggeroer, "The state of the art in underwater acoustic telemetry," IEEE J. of Oceanic Eng, Vol. 25, pp. 4-27, Jan. 2000.
- [2] M. Chitre, "Throughput of Networks With Large Propagation Delays," IEEE Journal of Oceanic Engineering, vol. 37, no. 4, pp. 645-658, 2012.
- [3] D. De Couto, D. Aguayo, J. Bicket, and R. Morris, "A high-throughput path metric for multi-hop wireless routing," MOBICOM, 2003.
- [4] R. Draves, J. Padhye, and B. Zill, "Routing in multi-radio, multi-hop wireless mesh networks," Mobicom 2004.