

# DC-NAV : 수중통신에서 분할 정복 알고리즘에 기반한 NAV 타이머 설정 기법

박석현, 조오현  
충북대학교

seokhyeon@chungbuk.ac.kr, ohyunjo@chungbuk.ac.kr

## DC-NAV : NAV Timer Scheme Based on Divided Conquest Algorithm in Underwater Communication

Seok Hyeon Park, Ohyun Jo  
Chungbuk National University

### 요 약

본 논문은 수중 통신에서 발생하는 긴 전파 지연시간 (Propagation Delay)에 의한 노드 간 불공평성 문제를 해결하기 위해 새로운 NAV 선택 기법을 제안한다. 제안된 기법은 분할 정복 알고리즘을 활용하여 노드의 위치를 모르는 수중 환경에서 적절한 NAV 값을 찾아낸다. 통신 성공/실패 여부에 따라 NAV 선택 범위를 줄여 가며 최적의 NAV 값을 찾아내는 방식을 사용한다. 실험 결과, 제안하는 수중 네트워크 환경에서 9 회 이내로 모든 수중 센서 노드가 최적의 NAV 값을 찾을 수 있었다. 이는 에너지 절약이 필수적인 수중 네트워크에서 불필요한 대기 시간을 줄이고 노드 간 통신 불공평성 문제를 해결함으로써 네트워크의 효율성을 향상시킬 수 있다.

### I. 서 론

최근 해상 및 수중 통신에 대한 요구가 증가함에 따라 중요성이 증가하고 있다. 현재 지구는 자원 고갈의 문제와 환경 오염에 대한 문제를 겪고 있으며 지진, 태풍, 해일 등 자연 재해에 대한 많은 피해를 겪고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 수중 통신에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다[1]. 자연 재해 및 수중 자원 탐사, 해양 환경 조사를 위해 분석, 예측, 모니터링 기술에 대한 수요가 증가 하는 추세이다. 또한 어업, 국방 산업 등 다양한 수중 산업 분야에서 수중 통신 기술을 요구하고 있다. 수중 데이터를 수집하고 활용하기 위해서는 수중 통신 기술은 필수적이다.

수중 무선 통신은 환경적인 한계로 인해 주로 음파를 활용하여 통신한다. 음파를 제외한 다른 통신 매체는 매체 특성상 매우 짧은 전파 사거리를 갖는다. 이는 무선 통신의 활용함에 제한 사항을 야기한다.[2]

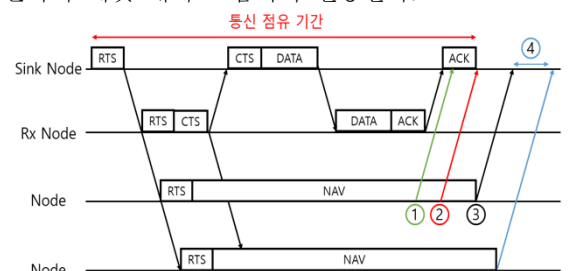
음파를 이용한 통신은 비교적 긴 거리 간 통신이 가능하나 느린 전파 속도 문제와 소음, 잡음에 대한 통신 품질 저하, 음파 장비의 높은 에너지 소비량, 노드 간 위치 정보를 알 수 없는 문제 등의 문제점이 존재한다. 특히 느린 전파 속도와 노드 간 위치 정보를 알 수 없는 문제는 수중 통신에 있어 불가피하게 비효율적인 통신 환경과 수중 통신 노드 간 통신 불공평성 문제를 일으킨다[3].

본 논문은 분할 정복 알고리즘을 착안하여 비효율적 통신 문제와 노드 간 통신 불공평성을 해결할 수 있는 효율적인 NAV(Network Allocation Vector) 값 선택 방식을 제안한다.

### II. 본론

#### A. NAV 동작 방식 및 수중 통신에서의 NAV 문제

IEEE 802.11 등 경쟁 기반 무선 접속 프로토콜에서는 통신 점유를 위해 선택적으로 RTS(Request to Send)/CTS(Clear to Send)를 할 수 있다. RTS/CTS 사용 시 통신 점유 시간을 알리기 위해 NAV 값을 계산하여 패킷 내에 포함시켜 전송한다.



- ① 짧은 NAV 선택으로 인한 패킷 충돌 사례    ③ 긴 NAV 선택으로 인한 비효율적인 통신 사례  
② 적절한 NAV 선택 사례    ④ 전파 지연으로 인한 통신 불공평 문제

그림 1. RTS/CTS 작동 방식 및 수중 통신 NAV 문제점

그림 1 은 RTS/CTS 의 작동 방식과 수중 통신에서 전파 지연에 의해 발생하는 문제점을 보여준다. 채널 예약을 위해 송신 노드는 RTS 를 전파한다. 이를 수신한 노드는 자신이 수신 노드인 경우 CTS 를 사용하여 데이터 수신 준비가 끝났음을 알린다. 그 외 노드들은 RTS 를 수신한 직후 RTS 패킷 내에 정해진 NAV 값을 보고 해당 시간만큼 채널이 점유되어 있다고 판단하고 대기한다. 하지만 수중 통신에서는 센서 노드의 위치를

알 수 없고, 노드 간 시간 동기화가 불가능하다. 이로 인해 정확한 NAV 값을 결정할 수 없다. 따라서 수중 통신 환경에서는 NAV 값을 환경에서의 최대 전파지연시간을 고려하여 NAV 값을 설정하고 있는데 이에 따른 효율성의 감소가 발생한다. 또한 노드 거리에 의해 RTS/CTS 를 수신하는 시각이 차이가 나게 되는데, NAV 값은 고정된 값인 최대 전파지연시간으로 계산된 NAV 값을 사용하기 때문에 통신 불공정성 문제가 발생한다.

## B. DC-NAV

수중 통신에서의 효율성을 향상시키기 위하여 분할 정복 알고리즘을 착안하여 최적의 NAV 값을 찾는 방법을 제안한다. 분할 정복 알고리즘은 주어진 문제를 여러 개의 작은 문제로 분할하고 문제를 풀여가는 알고리즘이다[4]. 본 논문에서 제안하는 방법은 그림 2 와 같다.

DC-NAV Algorithm :
MinPoint = 0 MaxPoint = Max_Nav_time Point = (MaxPoint + MinPoint) / 2  if Receive_RTS/CTS(): if NAV is not OptimumValue: Select_Nav(Point) if Communication_Success(): MaxPoint = Point Point = (Point + MinPoint) / 2 else: MinPoint = Point Point = (Point + MaxPoint) / 2

그림 2. DC-NAV 작동 방식

DC-NAV 의 경우 첫 통신 시도에서 RTS 를 수신한 노드는 최대 전파 지연시간으로 계산된 NAV 값의 절반을 NAV 값으로 채택한다. 채택된 NAV 값으로 통신 시도가 성공하는 경우 아직 최적 NAV 값 보다 큰 값을 사용하고 있음을 의미한다. 더 낮은 NAV 값을 확인하기 위해 선택한 NAV 값과 MinPoint 값의 중앙 값을 선택하여 다음 NAV 대기에 사용한다. 이 경우 더 높은 NAV 값을 선택 할 이유는 없으므로 MaxPoint 를 수정한다. 통신 시도가 실패하는 경우 동일한 방식으로 NAV 값을 증가 시키면서 최적의 NAV 값을 찾는다.

## III. 성능 평가

실험은 Python 을 이용하여 실험하였으며 SinkNode 와 RxNode 통신 사이에서 발생한 RTS/CTS 를 가지고 3 가지 노드가 몇 번 만에 최적의 NAV 를 찾는지 확인하였다. 해당 실험 환경은 그림 3 과 같다.

Simulation Parameter
SinkNode = 0 (m) RxNode = 2200 (m) Node1 = 3000 (m) Node2 = 3600 (m) Node3 = 4400 (m) Max Communication Range = 5000 (m) Control frame duration : 3.0 sec, Data frame duration : 7.0 sec, Acoustic wave speed : 1500 m/sec

그림 3. DC-NAV Simulation Parameter

그림 2 의 알고리즘을 기반으로 진행하게 되는 경우 Node1 의 NAV 를 찾는 과정은 그림 4 와 같다. 그림 4 는 세 번째 시도까지 예시를 보여주며 최적 NAV 값을 도출하는 데 총 7 번의 시도가 필요하다.

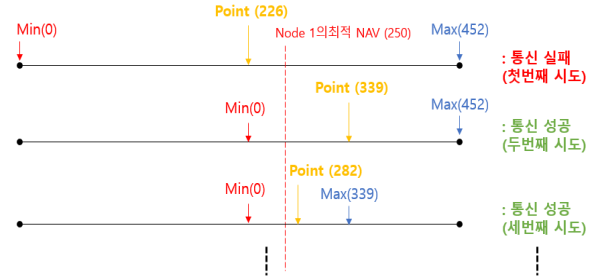


그림 4. Node1 의 최적 NAV 값 선정 진행 과정

동일한 방식으로 2 번 노드의 경우 8 번의 시도가 필요하였고 3 번 노드의 경우 9 번의 시도가 필요하였다. 노드의 위치에 따라 최적 NAV 값이 달라지므로 최적 NAV 값을 찾는 횟수 또한 달라진다.

## IV. 결론

본 논문에서는 제한적인 환경을 갖는 수중 통신 환경에서 최적의 NAV 값을 알아내기 위한 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 분할 정복 알고리즘에 기반하여 NAV 값을 선택한다. 실험 결과 충분히 시도 가능한 횟수 내에서 최적의 NAV 값을 찾는 것을 확인할 수 있었다. 이는 장기적으로 수중 네트워크 통신에서 최대 전파 지연시간을 활용하는 기존 방식에서 발생하는 불필요한 대기 시간 문제와 통신 불공정성 문제를 해결할 수 있다.

## ACKNOWLEDGMENT

This research was a part of the project titled 'Development of Distributed Underwater Monitoring and Control Networks', funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Korea.

## 참 고 문 헌

- [1] Sozer, E. M., Stojanovic, M., & Proakis, J. G. (2000). Underwater acoustic networks. *IEEE journal of oceanic engineering*, 25(1), 72-83.
- [2] Akyildiz, I. F., Pompili, D., & Melodia, T. (2004). Challenges for efficient communication in underwater acoustic sensor networks. *ACM Sigbed Review*, 1(2), 3-8.
- [3] Shin, D., & Kim, D. (2008, October). A dynamic NAV determination protocol in 802.11 based underwater networks. In *2008 IEEE International Symposium on Wireless Communication Systems*, pp. 401-405.
- [4] Wikipedia, "Divide-and-conquer algorithm," ([https://en.wikipedia.org/wiki/Divide-and-conquer\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Divide-and-conquer_algorithm)).