

무선네트워크 환경에서의 MAC 프로토콜 강화학습 응용 사례

박준영, 나웅수*
국립공주대학교

jjunyoung99@gmail.com, *wsna@kongju.ac.kr

Application of MAC Protocol Reinforcement Learning in Wireless Network Environment

Junyoung Park, Woongsoo Na*
Kongju National University.

요약

본 논문은 다양한 무선 네트워크 환경에서 MAC 프로토콜에 강화학습을 사용하여 네트워크의 성능을 향상시킨 연구들을 소개함. 소개하는 연구 별로 상정하는 네트워크 환경이 다르기 때문에 특정 타임슬롯의 네트워크 채널 상태 또한 다름. 각 연구별로 제안하는 새로운 프레임워크가 어떤 식으로 타임슬롯에서 작동하고 기존에 존재하는 MAC 프로토콜과 성능 비교한 점에 대해 소개하고자 함.

I. 서론

본 논문에서는 무선네트워크에서 MAC 프로토콜에 강화학습을 응용 및 사용하여 네트워크의 성능을 향상시킨 연구들을 소개하고자 함. 강화학습을 사용하기 때문에 특정 타임슬롯에서 네트워크 채널의 상태에 따라 행동을 취해 보상을 받는 방법으로 학습을 진행함. 연구별로 네트워크 환경과 학습방법이 다르기 때문에, 본 논문에서는 다양한 네트워크 환경에 따른 강화학습 적용 방법을 소개함.

II. 본론

[1]에서는 고밀도 WLAN 은 매우 밀도가 높은 다양한 사용자 환경과 근본적인 새로운 어플리케이션에 직면할 것으로 예상된다고 함. [1]에서는 QL 을 사용하여 채널 관찰 기반 MAC 프로토콜 중 하나인 채널 관찰 기반 스케일 백 오프(COSB)를 최적화한다. 스크루틴화 된 COSB 는 백 오프 CW 를 확장하고 축소하여 고밀도 환경의 WLAN 에서의 CSMA/CA 의 성능을 향상시킴. QL nds 솔루션은 알려지지 않은 환경과의 상호 작용 경험을 통해 해결되기 때문에 [1]에서는 COSB 의 성능 최적화를 위한 지능형 QL 기반 리소스 할당(iQRA) 메커니즘을 제안함. 시뮬레이션 결과 제안된 iQRA 는 고정 무선 STA 네트워크 환경 뿐만 아니라 무작위로 배치된 거리 기반 속도 적은 네트워크 환경에서도 COSB 의 성능을 최적화하는 것으로 나타남. [1]의 향후 연구에서는 채널 오류 및 신호 대 잡음비(SINR) 기반 데이터 속도 모델에서의 iQRA 의 성능 평가도 포함됨.

[2]에서는 다중 액세스 시나리오에서 기지국(BS)과 사용자 장비(UE)가 MAC 프로토콜을 고안할 수 있도록

다중 에이전트 심층 결정론적 정책 구배(MADPG) 알고리즘을 활용하는 새로운 프레임워크를 제안함. 제안한 프레임워크에서 BS 와 UE 는 데이터를 전달하기 위해 협력하는 방법을 학습해야 하는 강화학습(RL) 에이전트임. [2]에서 제안한 프레임워크는 TDMA 방식에 따라 동작하는 BS 서빙 UE 를 가진 단일 셀을 고려하며, 각 UE 는 서비스 데이터 유닛(SDU)을 BS 로 전달해야 함. MAC 프로토콜 데이터 유닛(PDU)이 단 하나의 SDU 만 포함한다고 가정함. 제안된 MADDPG 솔루션을 통신이 없는 MADDPG 솔루션, 제안된 솔루션의 DDPG 버전과 비교했을 때, 제안된 MADDPG 솔루션이 가장 나은 성능을 보임. [2]의 향후 연구에서는 복잡한 시스템 모델에 제안한 프레임워크를 적용할 계획이라고 알림.

[3]에서는 차세대 무선네트워크에서는 높은 대역폭 효율과 낮은 대기시간 서비스를 제공받아야 하는 어플리케이션이 등장한다고 함. 이런 어플리케이션을 지원하기 위해서 새로운 분산 채널 액세스(DCA) 체계가 필요함. [3]에서는 다중 에이전트 강화학습(MARL) 알고리즘을 기반으로 새로운 MAC 프로토콜인 QMIX-advanced Listen-Before-Talk(QLBT)를 제안함. QLBT 에서는 D2LT 에 대한 지연을 관찰 및 보상 함수로 도입하여 전송 실패 시간이 가장 긴 에이전트가 채널에 액세스하는 중앙 집중식 스케줄링 정책에 DCA 를 수렴하는 것을 용이하게 함. 시뮬레이션 결과 QLBT 는 포화 포아송 트래픽과 지연에 민감한 트래픽에서 다른 방법보다 더 높은 처리율, 더 낮은 평균 지연 및 더 낮은 지연 지터를 달성함.

III. 결론

본 논문에서는 무선 네트워크에서 MAC 프로토콜에 강화학습을 적용하여 네트워크 성능을 향상시킨 연구들에 대해서 소개했음. 향상된 성능의 네트워크를 요구하는 서비스들과 사용자들이 늘어나는 상황에서, MAC 프로토콜에 강화학습을 사용하는 것은 전체적인 네트워크 성능 향상에 큰 도움이 될 수 있음. 선행 연구들을 기반으로 MAC 프로토콜에 대한 연구를 지속한다면 실제 서비스에 적용시킬 수 있는 프로토콜을 개발할 수 있다고 보임.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학 ICT 연구센터육성지원사업 (IITP-2023-RS-2022-00156353) 및 2023 년도 교육부의 재원으로 중점연구소 지원사업 (2019R1A6A1A03032988)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참 고 문 헌

- [1] R. Ali, N. Shahin, Y. B. Zikria, B. -S. Kim and S. W. Kim, "Deep Reinforcement Learning Paradigm for Performance Optimization of Channel Observation- Based MAC Protocols in Dense WLANs," in IEEE Access, vol. 7, pp. 3500-3511, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2886216.
- [2] M. P. Mota, A. Valcarce, J. -M. Gorce and J. Hoydis, "The Emergence of Wireless MAC Protocols with Multi-Agent Reinforcement Learning," 2021 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps), Madrid, Spain, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/GCWkshps52748.2021.9681991.
- [3] Z. Guo, Z. Chen, P. Liu, J. Luo, X. Yang and X. Sun, "Multi-Agent Reinforcement Learning-Based Distributed Channel Access for Next Generation Wireless Networks," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 40, no. 5, pp. 1587-1599, May 2022, doi: 10.1109/JSAC.2022.3143251.