MEC 블록체인에서 연합학습의 효율적인 모델 전송 연구

강보찬[1], 김동오[2]
[1]홍익대학교 소프트웨어융합학부 학부생
[2]한국전자통신연구원 입체통신연구소 책임연구원
kbochani@g.hongik.ac.kr, dokim@etri.re.kr

Research on efficient model transfer of federated learning in 5G MEC blockchain

Bo-Chan Kang[1], Dong-Oh Kim[2]
[1]Dept. of Software and Communications Engineering, Hongik University
[2]Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

최근에 개인 데이터의 프라이버시가 중요해 지면서, 딥러닝 분야에서 개인 데이터 프라이버시 보호할 수 있는 연합학습 기술이 주목받고 있다. 특히 5G MEC나 블록체인 환경과 같이 통신 부하 및 지연 시간이 중요한 영역에서 연합학습 모델의 전송 비용 감소에 관한 연구가 활발히 진행 중이다. 본 논문에서는 연합학습 과정에서 효율적인 모델 전송을 위해 레이어 단위로 모델을 전송하는 기법을 제안한다. 실험 결과를 통해, 레이어 단위로 전송함으로써, 전송 데이터는 66% 줄어들 수 있지만, 정확도 변화는 1% 이내임을 확인하였다.

1. 서론

최근에 개인 데이터 프라이버시가 중요해 지면서, 중앙에서 다수 사용자의 데이터를 수집하여 학습하는 딥러닝 방식의 개인 데이터 프라이버시 침해 문제가 커지고 있다. 이로 인해, 개인 데이터를 중앙에 보내지 않고 사용자 간 협력을 통해 학습하는 연합학습[1] 기술이 주목받고 있다.

연합학습은 개인 데이터 학습이 필요한 다양한 분야에서 활용될 수 있다[2]. 특히, 고대역 저지연 서비스를 위한 5G MEC(Mobile Edge Computing)나 분산 합의 및 원장 서비스를 위한 블록체인 환경에서 통신 부하 및 지연 시간 감소를 위해 모델의 경량화에 관한 연구가 활발히 진행 중이다[3].

본 논문에서는 연합학습 과정에서 효율적인 모델 전송을 위해 각 사용자가 전송 데이터를 줄이기 위해 학습 모델을 레이어(Layer) 단위로 전송하는 기법을 제안한다. 실험 결과를 통해, Mcmahan2nn[4]을 MNIST 데이터셋으로 IID/Non-IID 환경에서 학습하는 경우, 제안한 기법의 전송 데이타가 평균 66% 감소할 수 있는 것에 비해 정확도가 1% 이하의 차이만 보였다. 이를 통해 레이어 단위로 전송함으로써, 학습 정확도는 유지하면서 통신비용이 절감될 수 있음을 확인하였다.

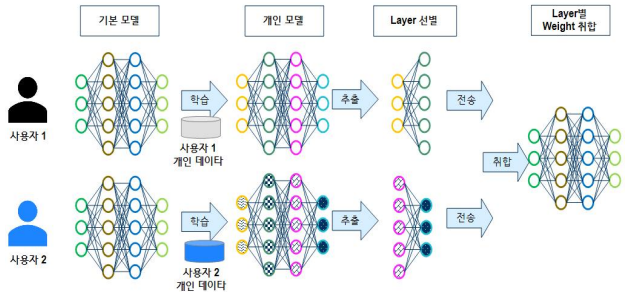
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안한 레이어 단위 모델 전송 기법에 관해 기술한다. 3장에서는 성능 평가를 통해 제안된 기법의 효율성을 확인한다. 마지막으로 결론 및 향후 연구 방향에 대해서 언급한다.

2. 레이어 단위 모델 전송 기법

기존의 연합학습에서는 개인 모델의 전체 레이어를 전송하는데, 연합학습 참여자가 많을수록 모델 전송 과정에서 통신 병목 현상을 초래하고 많은 통신비용이 요구된다.

따라서, 레이어 단위 모델 전송 기법에서는 연합학습 과정에서 모델 전송 시, 각 사용자가 지정된 레이어만 전송함으로써 전체적으로 전송하는 데이터를 줄이는 기법이다. 레이어 단위 모델 전송 기법의 모델 전송 및 취합 과정은 다음과 같다.

1. 중앙 서버에서 기본 모델을 배포
2. 각 사용자는 기본 모델을 개인 데이터로 학습한 개인 모델 생성
3. 각 사용자는 개인 모델의 지정된 레이어 외에는 초기화한 후 중앙으로 전송
4. 중앙에서 수집된 레이어들을 취합하여 신규 기본 모델 생성
5. 필요한 경우 1~5 과정을 반복하여 재학습



(그림 1) 레이어 단위 모델 전송 기법 예

3. 성능 평가

본 논문에서 제시한 레이어 단위 모델 전송 기법은 ETRI에서 개발한 MEC 블록체인 기반 연합학습 지원 도구[3]를 기반으로 실험을 위한 코드를 추가하였다.

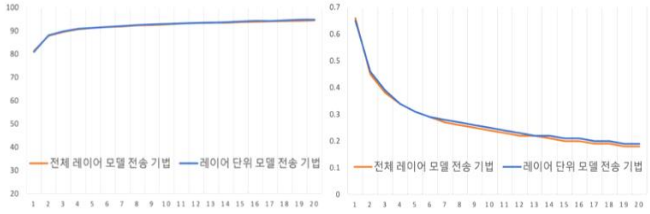
실험은 NVIDIA Tesla T4를 이용하여 IID/Non-IID한 데이터를 가진 60명의 사용자가 20라운드 동안 연합학습 실행하면서 기존 모델 전송 방법인 전체 레이어 모델 전송 기법과 제안된 레이어 단위 모델 전송 기법의 정확도와 손실 값을 비교하였다.

연합학습 성능 평가에서 모델은 'Mcmahan2nn', 데이터셋은 MNIST, Batch는 32, Learning Rate는 0.001, 집계 방법은 FedAvg, Optimizer는 Adam을 사용하였다. IID는 각 사용자가 모든 레이블의 데이터를 가지도록 설정하였으며, Non-IID는 각 사용자가 2개 레이블의 데이터만 가지도록 설정하였다.

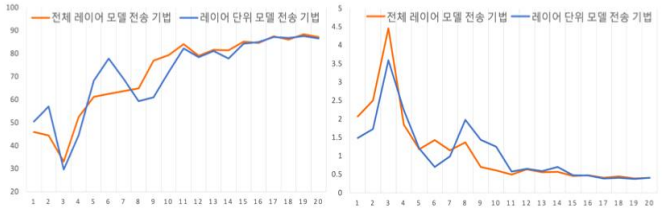
'Mcmahan2nn' 모델은 총 6개의 레이어로 구성되었으며, 기존에는 모든 사용자가 6개 전체 레이어를 전송하지만, 제안된 레이어 단위 모델 전송 기법에서는 60명의 사용자를 20명씩 세 그룹으로 나눈 후 첫 번째 그룹은 1,2 레이어를, 두 번째 그룹은 3,4 레이어를, 마지막 3번째 그룹은 5,6 레이어를 전송함으로써, 전체 레이어 전송 대비 전송 데이터가 평균 66% 절감될 수 있다.

그림 2는 IID 데이터에서 그림 3은 Non-IID 환경에서 전체 레이어 모델 전송 기법과 레이어 단위 모델 전송 기법을 비교한 그래프이다.

그림 2에서 보듯이, IID 데이터에서 최종적으로 정확도가 비슷하게 수렴하였다. 최종 정확도는 기존 방법에서 94.5%, 제안된 전송 기법에서 94.89%로 제안된 전송 기법이 0.34% 높았다. 그림 3에서 보듯이, Non-IID 데이터에서 최종적으로 정확도가 비슷하게 수렴하였다. 라운드 초기에는 늦게 수렴하는 현상을 관찰하였지만, 최종 정확도는 기존 방법에서 87.11%, 제안된 전송 기법에서 86.6%로 기존 방법이 0.51% 높았다.



(그림 2) IID 데이터의 정확도(좌)와 손실값(우) 비교



(그림 3) Non-IID 데이터의 정확도(좌)와 손실값(우) 비교

4. 결론

실험 결과 제안한 레이어 단위 모델 전송 기법이 전송 데이터를 66% 줄임으로써, 대규모 사용자가 참여하는 MEC 블록체인 환경에서 통신비용을 크게 절감될 가능성을 확인하였다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00088, MEC 에지 클라우드 기반 초저지연 블록체인 서비스 플랫폼 핵심 기술개발)

참고문헌

[1] Mcmahan B., "Federated Learning: Collaborative MachineLearning without Centralized Training Data", Google AI Blog, 2017.

[2] Liu, Yang, et al., "Fedvision: An online visual object detection platform powered by federated learning," Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence. Vol.34. No.08, pp. 13172-13179, 2020.

[3] 김동오 외, "MEC 환경에서 블록체인 기반 연합학습 지원도구 개발," 한국정보과학회 학술발표논문집, pp.915-916, 2022.

[4] McMahan, Brendan, et al. "Communication-efficient learning of deep networks from decentralized data," Artificial intelligence and statistics. PMLR, pp.1273-1282, 2017.