

멀티 뷰 링크 예측 도움을 받는 네트워크 정렬

Network Alignment Aided by Multi-View Link Prediction

Jin-Duk Park¹, Cong Tran^{1,2}, Won-Yong Shin¹¹Yonsei University, ²Dankook University

jindeok6@yonsei.ac.kr, trancong208@gmail.com, wy.shin@yonsei.ac.kr

요약

대부분의 현실세계 네트워크 데이터는 보안 및 한정적 자원 등의 문제로 인해 부분적으로만 관찰 가능한 불완전한 그래프로 주어진다. 이러한 네트워크의 불완전성은 네트워크 정렬 정확도를 저해하는 요인이다. 본 논문에서는 그래프 마이닝 근본적인 응용 문제 중 하나인 네트워크 정렬 문제를 멀티 뷰 링크 예측 도움을 받는 알고리즘으로 새롭게 설계한다. 제안한 모델은 그래프 신경 회로망 (GNN; graph neural network)을 이용하여 그래프의 구조와 노드 속성 값을 잘 반영한 표상을 최적화하고, 이 표상의 유사도에 기반하여 네트워크를 정렬하고 두 가지 관점에서 링크를 예측한다. 실세계 데이터셋을 사용하여 정렬 정확도 (alignment accuracy) 측면에서 제안한 방법이 다른 state-of-the-art 네트워크 정렬 방법 대비 우수함을 입증한다.

I. 서론

현실세계 네트워크 데이터는 개인 사생활 혹은 한정된 자원 등의 문제로 인해 연결 관계가 부분적으로만 관찰이 가능한 불완전한 그래프로 표현된다. 이러한 네트워크의 불완전성은 네트워크 정렬 정확도를 낮추는 원인이 된다. 본 논문에서는 그러한 불완전성을 극복하기 위해 멀티 뷰 링크 예측 모듈과 네트워크 정렬 모듈의 긍정적 상호 작용을 통해 네트워크 정렬 정확도 (alignment accuracy)를 높일 수 있는 그래프 신경 회로망 (GNN; graph neural network) 기반 새로운 네트워크 정렬 방법을 소개한다.

II. 본론

네트워크 정렬 문제에서 불완전한 입력 그래프 쌍을 G_s , G_t 라고 할 때, 제안한 모델은 크게 아래 네 가지 단계로 나누어진다.

첫째, ‘결합 네트워크 구축 단계’에서는 두 불완전한 그래프 쌍 G_s , G_t 에서 각각의 그래프를 연결하는 weighted cross-network edge 를 네트워크 구조 및 노드 속성 유사도에 따라 일정 개수만큼 추가함으로써 하나의 결합 네트워크 G_U 를 생성한다. 둘째, ‘GNN 기반 네트워크 임베딩 단계’에서는 비지도 학습 기반 목적함수를 기반으로 G_U 에 대한 최적의 노드 표상을 학습한다. 셋째, ‘그래프 정렬 단계’에서는, 노드 표상의 유사도를 기반으로 부분적으로 그래프 정렬을 수행한다. 넷째, ‘링크 예측 단계’에서는 부분적으로 수행한 네트워크 정렬 결과에 기반하여, 링크 예측 레이어와 상대 네트워크의 구조 정보를 반영하여 멀티 뷰 링크 예측을 수행한다. 이러한 네 단계를 모든 노드 정렬이 끝날 때까지 반복하는데, 이는 그림 1 에서 확인할 수 있다.

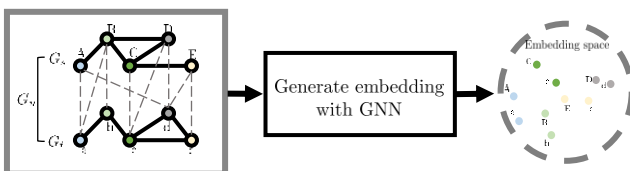


그림 1. GNN 기반 노드 표상 추출

III. 결론

본 논문에서는 불완전한 그래프의 쌍을 이용해서 서로 간의 연결정보를 멀티 뷰 링크 예측 모듈로 보상함과 동시에 네트워크 정렬을 수행하여 정렬 정확도를 높일 수 있음을 검증한다. 두 가지 실세계 입력 네트워크 쌍을 사용하여 제안한 방법이 state-of-the-art 네트워크 정렬 방법인 CENALP [1] 및 GAlign [2] 대비 우수한 성능을 보임을 표 1 에서 확인할 수 있다.

데이터셋	네트워크 정렬 방법		
	제안 방법	CENALP [1]	GAlign [2]
Facebook / Twitter	0.9830	0.9304	0.015
Allmovie / Imdb	0.8301	0.7705	0.6513

표 1. 데이터셋에 따른 Alignment accuracy

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. 2021R1A2C3004345), by the Republic of Korea's MSIT (Ministry of Science and ICT), under the High-Potential Individuals Global Training Program (No. 2020-0-01463) supervised by the IITP (Institute of Information and Communications Technology Planning Evaluation), and by the Yonsei University, Republic of Korea Research Fund of 2021 (2021-22-0083).

참고 문헌

- [1] X. Du *et al.*, "Joint link prediction and network alignment via cross-graph embedding," in *Proc. 28th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, Macao, China, August 2019, pp. 2251-2257.
- [2] H. T. Trung *et al.*, "Adaptive network alignment with unsupervised and multi-order convolutional networks," in *Proc. 36th International Conference on Data Engineering (ICDE)*, Dallas, Texas, April 2020, pp. 85-96.