

복잡계 네트워크 이론 기반 인공지능망에 관한 연구동향

손인수

동국대학교 전자전기공학부

isohn@dongguk.edu

Survey on ANN based on Complex Network Theory

Insoo Sohn

Dongguk University

요약

본 논문에서는 복잡계 네트워크 기반 대표적인 SWN(Small-World Network)와 SFN(Scale-Free Network)토폴로지를 소개하고 SWN와 SFN 기법을 사용하여 최적화된 인공지능망 분야의 최신 연구 결과를 분석한다. 복잡계 네트워크의 토폴로지를 통한 인공지능망 최적화가 가능한 이유는 인공지능망 성능과 강건성이 구성하는 연결성에 의해 정해지기 때문이다. 본 논문을 통해 인공지능망 구조 최적화를 위해 복잡도 네트워크 이론의 다양한 도구가 인공지능망 최적화 연구에 사용되기를 바란다.

1. 서론

최근 인공지능 기술을 응용하여 기존 시스템의 지능화 및 자동화에 대한 수요가 증가하고 있다. 특히, 사물인터넷, 자율주행 자동차, 웨어러블 의료 시스템, 국방 무기 시스템 분야에서 인공지능을 바탕으로 기존 시스템의 사용 패턴을 분석해 스스로 상황에 따른 최상의 성능을 실행하는 지능형 시스템 구현에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

지능형 시스템의 핵심은 인공지능망이며 인공지능망의 성능은 인공 신경망을 구성하는 연결성에 의해 정해지며 연결성의 기반이 되는 인공지능망 토폴로지에 대한 연구가 최근에 각광을 받고 있다. 복잡계 네트워크 이론은 생물학, 경제학, 공학의 복잡계 시스템의 복잡한 상호작용 현상을 거시적인 관점에서 분석하는 중요한 연구도구로 주목 받고 있으며 인공지능망 구조의 최적화 도구로도 주목 받고 있다 [1, 2]. 본 논문에서는 복잡계 이론의 대표적인 네트워크 모델은 좁은세상 네트워크(SWN : Small-World Network) [3]와 척도없는 네트워크(SFN Scale-Free Network) [4]를 소개하며 SWN와 SFN 기반 인공지능망 연구에 대한 분석을 한다.

2. 본론

2.1 복잡계 네트워크 이론

다양한 복잡계 네트워크 모델에서 가장 많이 사용되는 모델 중 하나가 Small-World 네트워크 모델이며 Average Path Length가 짧고 Clustering Coefficient가 높은 중요한 네트워크 모델이다. SWN은 Homogeneous 네트워크 토폴로지를 가지며 Degree Distribution은 Poisson 확률 분포도를 가진다.

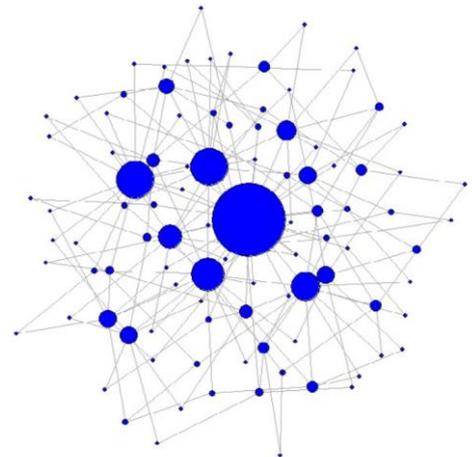


그림 1. Scale-Free Network 모델

Scale-Free Network는 1999년에 인터넷에 존재하는 수 억개의 웹페이지의 상호작용 관계를 설명하기 위해 제시되었으며 허브(Hub)라 불리는 소수의 노드들이 수많은 연결을 가지며 멱함수(power-law) 분포도를 가진다는 현상을 발견하였다. SFN은 소수의 노드로 진화 프로세스를 시작하여 지속적으로 새로운 노드가 네트워크에 도입되고 높은 연결성을 가진 기존 노드에 연결되며 네트워크 구성 과정을 갖는다.

2.2 복잡계 네트워크 인공지능망

2021년에 Mojan Javaheripi et al.[5]은 심층신경망의 토폴로지와 연결성의 최적화를 위해 SWN 구조를 적용하였다. 제안한 SWANN(Small World Artificial Neural Network) 시스템은 연결망 안에서 데이터의 흐름을 최적화하여 훈련시간의 감소와

기존 심층신경망과 유사한 수준의 분류 정확도를 확인하였다.

2021 년에 Sara Kaviani 와 Insoo Sohn [1]은 Regular Graph, Small-World Network, Scale-Free Network 의 인공지능망에 대한 최적화 분석을 하였으며 기존의 인공지능망의 Fully-Connected 토폴로지 보다 복잡계 네트워크 모델이 가지는 Small-World 와 Scale-Free 네트워크 토폴로지 기반의 인공지능망이 낮은 복잡도와 높은 성능의 결과를 보여주었다. 또한 [6]에서 저자는 인공지능망 공격에 특화된 사이버 공격인 Backdoor Attack 에 강인한 인공지능망 구조를 연구하였으며 Scale-Free 토폴로지를 가지도록 인공지능망의 구조를 재구성하여 좋은 성능 결과를 보여주었다.

3. 결론

본 논문에서는 복잡계 네트워크 이론에서 중요한 모델인 Small-World Network 와 Scale-Free Network 모델을 소개하였다. 또한 최근에 SWN 와 SFN 토폴로지를 인공지능망에 적용한 연구방법과 결과를 분석하였다. 본 논문을 통해 인공지능망 구조 최적화를 위해 복잡도 네트워크 이론의 다양한 도구가 인공지능망 최적화 연구에 사용되기를 바란다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20224000000020)

참고 문헌

- [1] S. Kaviani and I. Sohn, "Influence of random topology in artificial neural networks: A survey, " ICT Express, vol. 6, no. 2, pp. 145-150, 2020
- [2] S. Kaviani and I. Sohn "Application of complex systems topologies in artificial neural networks optimization: An overview," Expert Systems with Applications, vol. 167, Oct. 2021, 115073
- [3] I. Sohn , "Small-world and scale-free network models for IoT systems," Mobile Information Systems, 2017
- [4] A.-L. Barabási, R. Albert, "Emergence of scaling in random networks," Science, vol. 286 pp. 509-512, 1999
- [5] M. Javaheripi, et al., "SWANN: Small-World Architecture for Fast Convergence of Neural Networks," IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, vol. 11, 2021
- [6] S. Kaviani and I. Sohn, "Study of scale-free structures in feed-forward neural networks against backdoor attacks, " ICT Express, vol. 7, no. 2, pp. 265-268, 2021

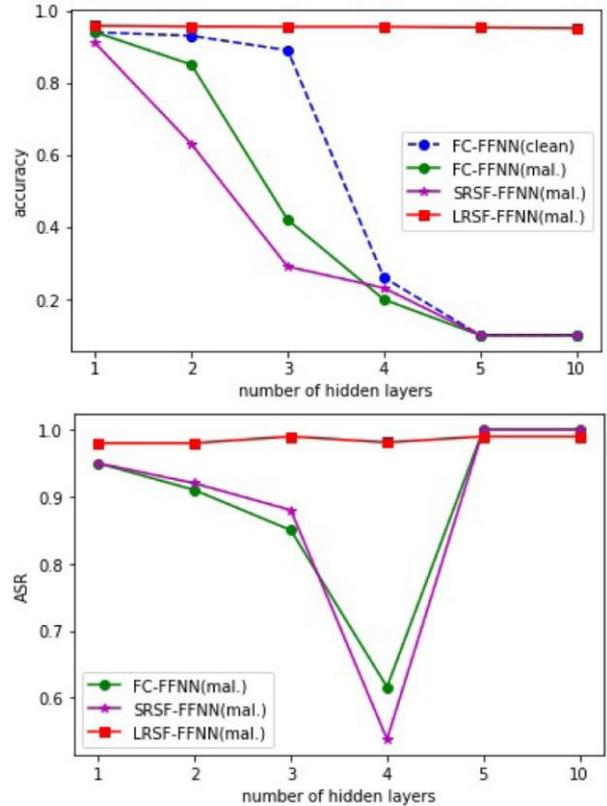


그림 2. SFNN 성능결과 [6]