



영어 원문: <http://tinyurl.com/networkliteracy>



우리 모두가 살고 있는 세상은 빠른 정보 통신을 가능하게 하는 네트워크를 통해 점점 더 연결되고 있다. 이처럼 강해진 연결을 통해서, 우리 사회는 그로부터 큰 혜택을 받을 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 이를 좌우하는 것은 바로 네트워크의 작동에 대한 사람들의 이해 정도이다. 요컨대 네트워크로 연결된 사회에서 살아가는 우리들에게 네트워크에 대한 기본적인 이해가 필요하게 된 것이다. 다행스럽게도 현대인들은 인터넷 등을 통해 네트워크가 어떻게 발견이나 의사 결정을 위한 도구로 쓰이는지, 그리고 그럴 때 얻을 수 있는 혜택과 빠지기 쉬운 함정은 무엇인지에 대한 기본적인 지식을 쉽게 접할 수 있게 되었다. 더욱이 어른들뿐만 아니라 어린이들조차 네트워크와 매일, 하루종일 상호작용하기 때문에, 어릴 때부터 네트워크를 이해하기 시작하는 것이 중요하다. 이렇게 남녀노소 불문하고 우리 모두가 네트워크를 이해하기 위해서는 여러 학문 분야를 넘나드는 형태의 교수법이 필요하다. 네트워크는 현대인의 생활의 모든 측면에 존재하기 때문에, 어느 특정 분야의 관점으로만 설명하기엔 부족한 부분들이 많기 때문이다. 네트워크가 이렇게 중요한 역할을 하면서 우리 주변에 널려있음에도 불구하고, 현재의 교육 체계는 네트워크에 대한 교육을 포함하지 않고 있다.

이 책자는 네트워크에 대한 이해도를 높이는 과정에서의 첫걸음을 제공하려 한다. 쉬운 말로 네트워크 연구를 위한 기본 아이디어들을 기술하고자 했으며, 필수 개념과 좀 더 자세한 핵심 아이디어 7가지를 제시한다. 네트워크를 가르치거나 배우려는 사람 누구나 이용할 수 있다. 이 일은 첨단 네트워크 과학을 개발하고 사용하는 과학자들과 전문가들 집단의 반복되는 공동 작업으로 개발되었다. 본 네트워크 이해하기에 대한 발의와 관련된 더 많은 정보와 추가적인 자료가 있는 프로젝트 사이트 주소는 다음과 같다. <http://sites.google.com/a/binghamton.edu/netscied>



[1] 네트워크는 우리 주변 어디에나 있다

네트워크란 물체/사람/사건 등이 어떤 관계로 어떻게 연결되어 있는가를 일컫는 것으로, 굉장히 일반적이며 넓은 의미를 가진다. 따라서 우리 주변의 어디에 서나 네트워크를 발견할 수 있다.

기술적인
기반 시설을
이루는 네트워크



➔ 통신 시스템, 언어 구조, 인터넷, 전력 연결망, 수자원 공급 등.

사람들이
연결된
네트워크



➔ 가족, 친구, 이메일/문자 교환, 페이스북/트위터/인스타그램과 같은 SNS, 전문가 집단 등.

경제와
관련된
네트워크



➔ 상품, 금융 거래, 기업 제휴, 국제 무역 등.

생물학적,
생태학적
네트워크



➔ 먹이 그물, 유전자/단백질 상호작용, 신경망, 질병이 퍼지는 경로 등.

문화적인
네트워크



➔ 유사성으로 연결된 언어/문학/예술, 인과관계로 연결된 역사적 사건들, 공통된 뿌리로 연결된 종교들, 사건들로 연결된 사람들 등.

네트워크는 다양한 공간적, 시간적 규모로 존재할 수 있다.

[2]

네트워크는 무엇이, 어떻게

상호작용하며 **연결**되어 있는가를 표현한다

그래프 이론이라 부르는 수학의 한 분야를 이용하여 네트워크를 수학적으로 다룰 수 있다.

간혹 그래프보다 더 복잡한 수학적 구조로 연구해야 하는 네트워크들도 있다.

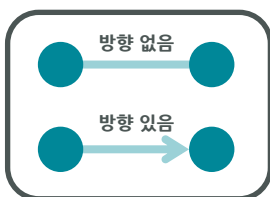
구성 성분

연결은 링크(link), 변(edge), 또는 끈(tie)으로 부른다.

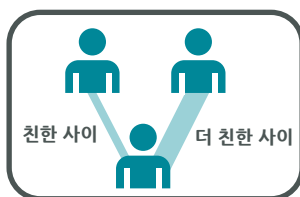
연결의 대상이 되는 것은 노드(node), 꼭짓점(vertex), 또는 행위자(actor)라 부른다.

연결 종류

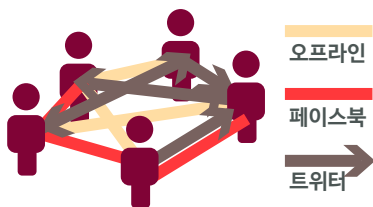
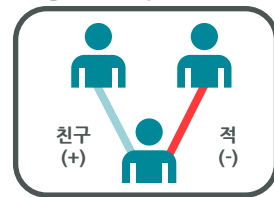
방향성이 없을 수도 있고(대칭적) 있을 수도 있다(비대칭적).



연결된 세기를 다양하게 하여 두 노드 간의 친밀도 등을 나타내기도 한다.



긍정적이거나(양) 부정적인(음) 관계를 가리킬 수 있다(부호형 그래프).



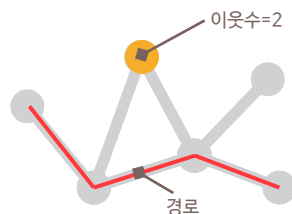
오프라인
페이스북
트위터

하나의 네트워크를 다양한 종류의 연결로 구성할 수 있다. 예를 들어서 친구관계의 연결망을 만들 때, 오프라인에서 친구 관계인 사람들이 페이스북 혹은 트위터에서도 친구로 연결되어 있는지를 함께 고려하여 네트워크를 설계할 수 있다.

기본 용어

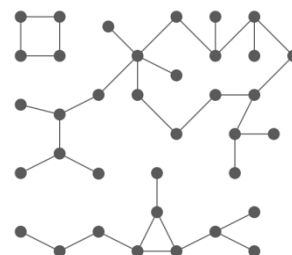
노드에 연결된 링크 개수, 즉 직접 연결된 친구의 숫자를 그 노드의 이웃수(degree)라고 한다.

경로(path)란, 하나의 노드에서 출발하여 다른 노드로 도달하는 동안 거치게 되는 링크들을 의미한다.



연결 요소(connected component)란, 어떠한 경로로 서로 이어진 노드들의 집단을 말한다. 그 집단 내에서는 모든 노드들이 다양한 경로를 통해 전부 연결되어 있다.

연결요소는 하나의 네트워크에서 여러 개일 수도 있다. 단, 이 때 서로 다른 연결요소끼리는 정의상 서로 이어져 있지 않다. (오른쪽 그림 참고)



세 개의 연결 요소가 있는 네트워크

[3] 네트워크분석으로 다양한 패턴을 관찰할 수 있다

분석하고자 하는 대상이 있을 때, 그 대상을 구성하는 성분(노드)과 성분들 사이의 연결 관계(링크)를 파악하여 이를 네트워크로 표현할 수 있다. 예를 들어 한 학과에서 학생들의 친구관계를 알고 싶다면, 학생들의 전화번호부를 이용하여, 학생을 노드로 하는 네트워크를 만들 수 있다. 한 학생의 휴대전화에 다른 학생의 전화번호가 등록되어 있으면 두 학생 사이의 링크가 존재한다고 보는 것이다. 간단한 예시이지만, 이렇게 네트워크로 분석 대상을 표현하는 것은 어떤 계의 성질을 연구하는 데 있어서 매우 강력한 방식이다.

주로 아래와 같은 특성들을 연구하여 그 네트워크의 특성을 파악한다.

노드들의 이웃수가 어떻게 분포되어 있는가

가장 중요한 부분 또는 연결들은 무엇인가

특정 네트워크의 강점과 약점은 무엇인가

부분 구조나 계층 구조가 있는가

하나의 노드에서 다른 노드로 가는데 평균적으로 몇 단계가 필요한가

HUB

어떤 경우에는, 다른 노드들에 비해 훨씬 더 많은 이웃들을 가진 소수의 노드들을 발견할 수 있다. 그 소수의 노드들을 종종 허브(hub)라 부른다.

어떤 네트워크에서는 노드들이 서로 뭉쳐져 모여 있어, 집단을 이루는 것을 발견할 수 있다. 우연히 연결된 것이라고 하기에는 꽤 긴밀하게 연결되어 있는 집단인데, 그 집단을 때때로 떼(cluster)나 군집(community)이라 부른다. 그 중 특정 집단은 네트워크의 중심 또는 핵심 부분이 되기도 한다.

Cluster Community

위와 같은 분석들을 통해서 네트워크가 어떻게 만들어졌는지 추론할 수 있고, 그 네트워크가 시간에 따라 어떻게 변하는지 또는 그 때의 구조가 어떤 형태일지 등을 예측할 수 있다.

[4] 시각화는 이해의 폭을 넓혀 준다



노드를 링크로 연결하여, 네트워크를 눈에 보이는 그림으로 표현할 수 있다.



네트워크를 그리는 방법은 매우 다양하다. 예를 들어, 노드의 이웃수를 강조하는 그림을 그리고 싶다면, 이웃수에 비례하도록 노드의 크기를 달리 그리기도 하고 이웃수에 해당하는 색을 지정하여 노드에 그 색을 입히기도 한다.



다양한 도구들을 활용하여 네트워크를 시각화할 수 있다.



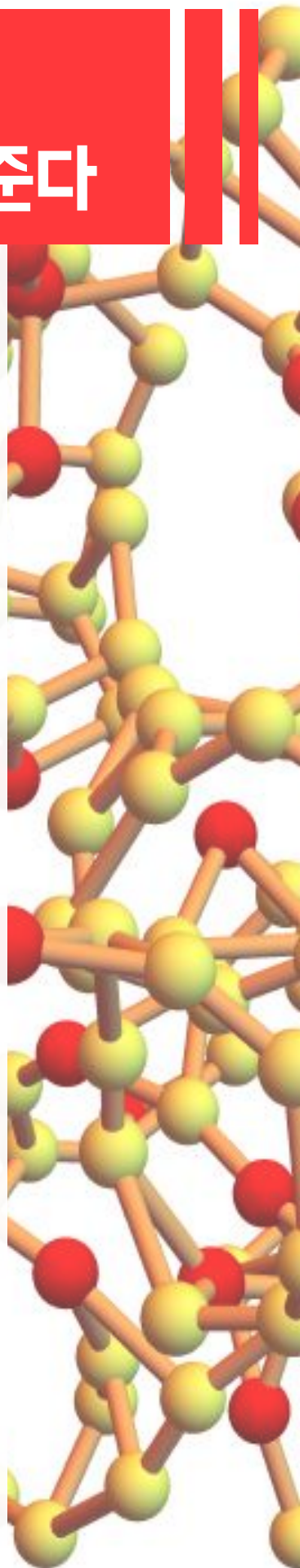
네트워크 그림은 특별히 전문적인 지식이 없어도 그 네트워크를 직관적으로 이해하는데 매우 큰 도움이 된다. 또한 어떤 연결이 중요한 역할을 하는가 등에 대해 다양한 의견을 교류할 수 있는 장을 마련하기도 한다.



원하는 것을 효과적으로 강조하는 네트워크 그림을 만드는 것은 매우 중요한 일이다. 그러기 위해서는, 관련된 정보들을 어떻게 활용하고 배치할 것인지 설계하는 단계가 필요하다.

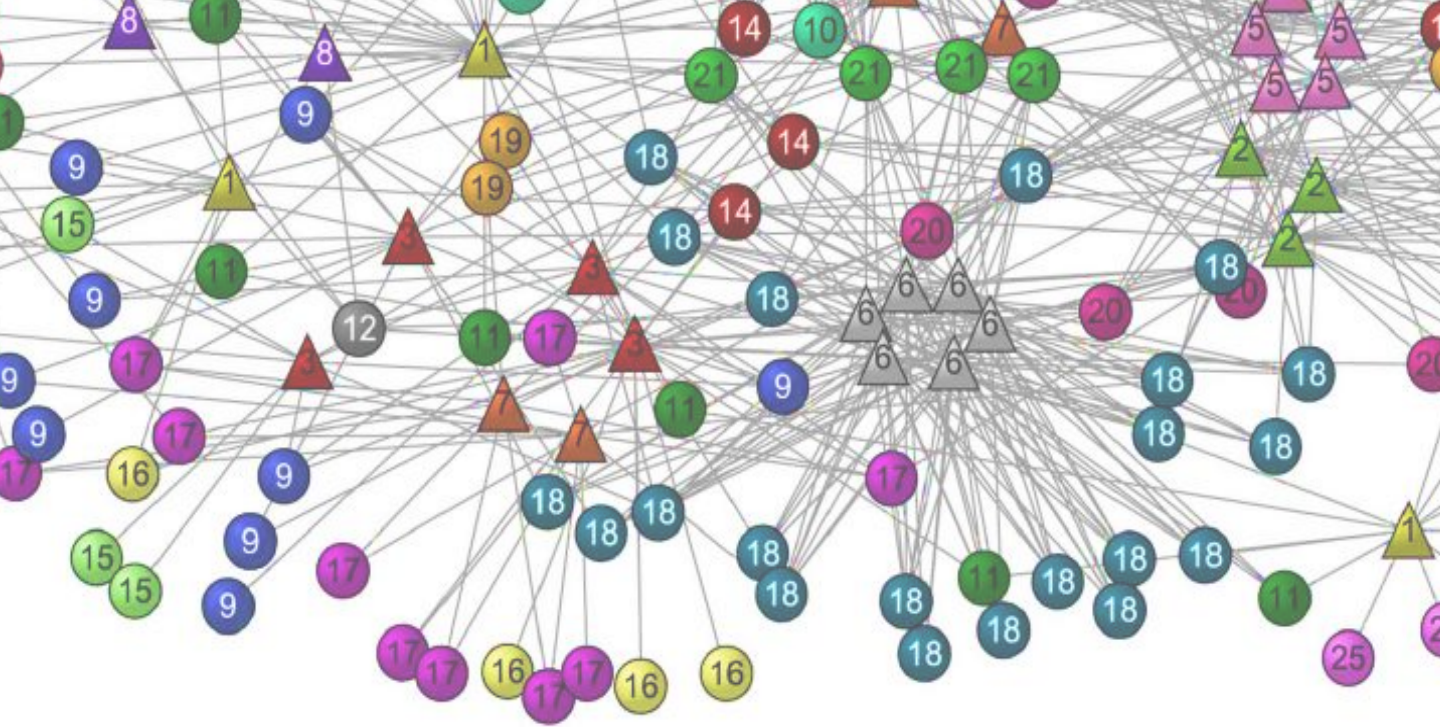


그렇지만 그림으로 표현한 네트워크를 보면서, 그 그림이 해당 네트워크의 중요한 정보들을 전부 보여준다고 판단하면 안 된다. 그림에 담기지 못한 정보들은, 다른 수학적 방법을 이용해 엄밀하게 확인하는 것이 바람직하다.



[5]

컴퓨터 기술의 발달로 실제 세상의 네트워크를 연구할 수 있게 되었다



컴퓨터 기술이 발달함에 따라 네트워크 연구 능력이 비약적으로 성장해 왔다. 이는 특히 다양한 구조를 가진 거대한 네트워크를 연구할 때 중요하다.

여러 회사 또는 개인 및 단체에서 네트워크 시각화와 분석을 위해 필요한 소프트웨어 도구들을 무료로 제공하고 있다.

개인 컴퓨터를 이용해서 과학자가 아닌 누구라도 네트워크들을 만들고 시각화하고 분석할 수 있다.

온라인으로 공개된 것들 중 흥미를 느끼는 네트워크 데이터가 있다면, 누구든 인터넷을 통해 그 데이터에 접근할 수 있다.

컴퓨터를 활용하면 모의 실험이 가능하다. 이 모의 실험을 통해 가상의 네트워크를 만들어 연구를 할 수 있다. 뿐만 아니라 특정 상황에서 실제 네트워크 또는 가상의 네트워크의 성질, 구조 등이 시간에 따라 어떻게 변하는지에 대해서도 모의 실험을 통해 확인해 볼 수 있다.

각종 컴퓨터 기술을 배우고 익히면 직업 선택의 폭이 굉장히 넓어진다. 예를 들면 과학자, 데이터 분석가, 소프트웨어 기술자, 교육자, 웹 개발자, 미디어 개발자 등이 있다.

[6] 네트워크를 이용해 다양한 시스템을 비교한다.

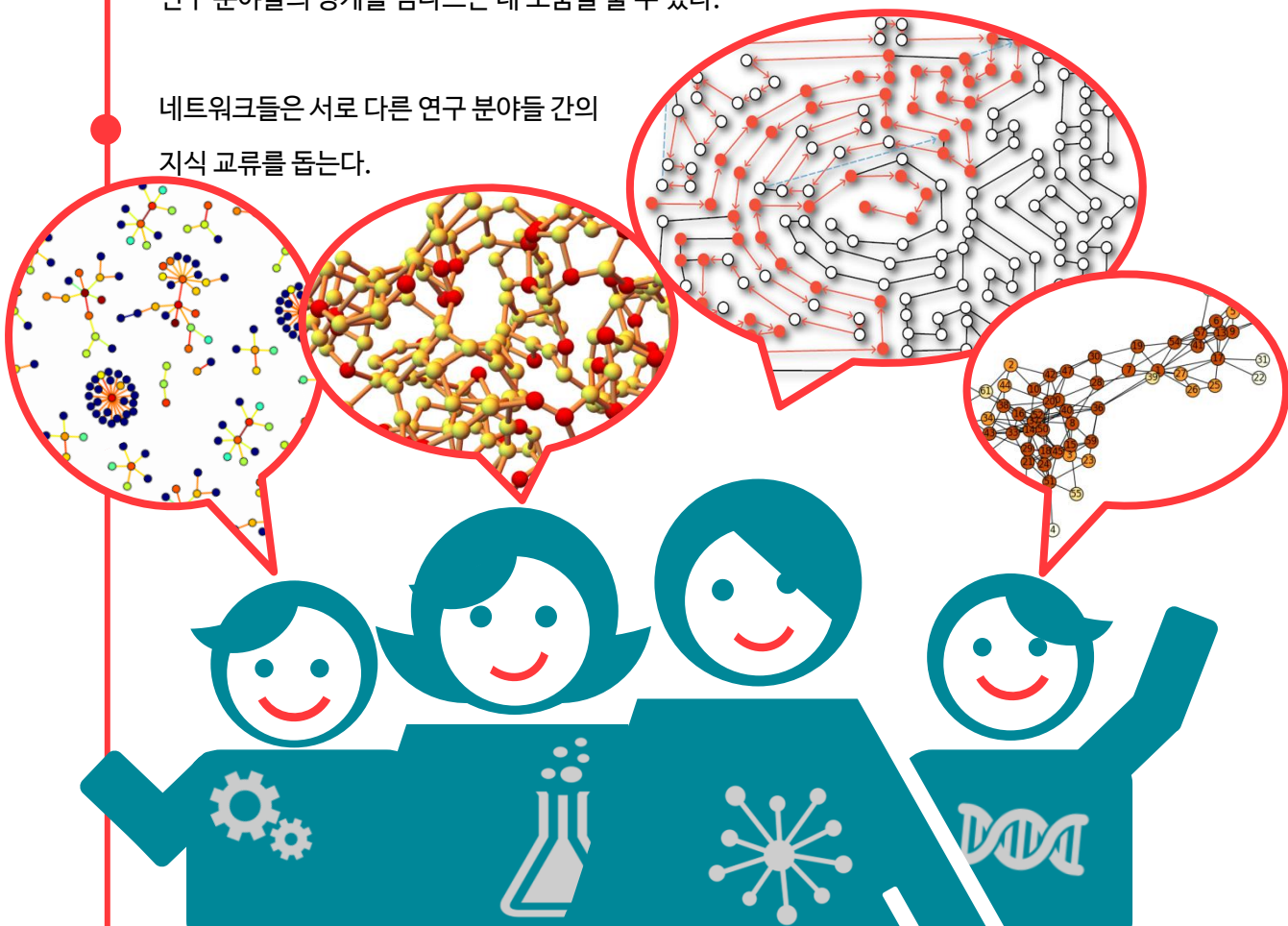
다양한 종류의 시스템들을 네트워크로 표현한 후에, 이들을 서로 비교하며 서로의 유사점과 차이점을 살펴볼 수 있다.

얼핏 보기에 관련이 없어 보이는 시스템들 사이에 공통적으로 나타나는 네트워크 성질들이 있다. 이것은 연결과 관련하여 일반적인, 즉 여러 영역에 적용할 수 있는 법칙이 존재함을 뜻한다.

네트워크의 어떤 성질은 다른 시스템에서 서로 다르게 나타난다. 이들을 통해 다른 종류에 속하는 네트워크들을 분류할 수 있다. 또한 그 성질들은 왜 네트워크들이 다른지에 대한 통찰력을 제공할 수 있다.

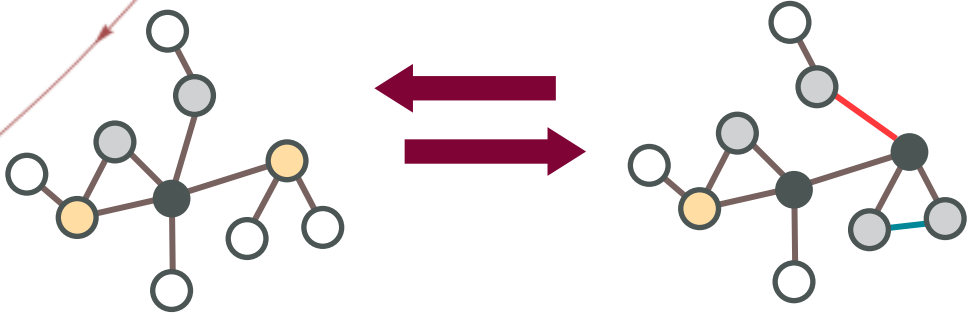
과학은 일반적으로 각각의 지식 분야에서 연구가 이루어지는데, 그 지식 분야들은 대부분 겹쳐 있지 않고 뚜렷한 경계로 분리되어 있는 편이다. 네트워크는 세상에 대한 전체적이고 좀 더 완전한 이해를 위해서 그 연구 분야들의 경계를 넘나드는데 도움을 줄 수 있다.

네트워크들은 서로 다른 연구 분야들 간의 지식 교류를 돕는다.



[7]

네트워크의 구조와 상태는 서로 영향을 주고 받는다



네트워크의 구조는 네트워크의 각 부분이 서로 어떻게 연결되어 있는지를 나타낸다.

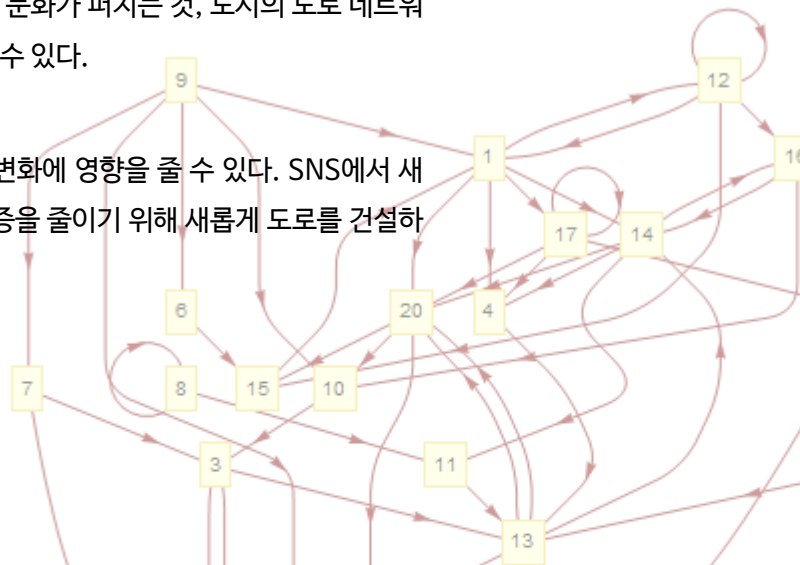
네트워크의 상태는 네트워크를 구성하는 노드들과 링크들의 성질을 가리킨다.

네트워크의 구조와 상태는 시간에 따라 변할 수 있다.

네트워크의 구조와 상태가 변하는 시간의 규모가 서로 비슷할 수도 있고 다를 수도 있다.

네트워크의 구조는 네트워크의 상태 변화에 영향을 줄 수 있다. 사회 구성원들 사이의 네트워크에서 전염병, 행동, 또는 문화가 퍼지는 것, 도시의 도로 네트워크에서의 교통 흐름의 형태가 그 예가 될 수 있다.

네트워크의 상태 또한 네트워크의 구조 변화에 영향을 줄 수 있다. SNS에서 새롭게 형성되는 팔로잉이라든지, 교통 체증을 줄이기 위해 새롭게 도로를 건설하는 것이 그 예이다.





감사의 글

본 네트워크 이해하기 책자는 아래 분들의 참여, 지원, 격려 덕분에 발의가 이루어질 수 있었습니다.

- 육군연구소 (Army Research Office)
- Albert-László Barabási (Northeastern University)
- Raissa D'Souza (University of California, Davis)
- 국가과학재단 (National Science Foundation)
- Sarah Schoedinger (NOAA)
- H. Eugene Stanley (Boston University)
- Craig Strang (Lawrence Hall of Science)
- 네트워크과학회 (The Network Science Society)
- NetSci High: 네트워크과학 고교생 연구 프로그램에 참가한 모든 고등학생과 선생님
- University of California, Berkeley

이외에도 이 책자를 위해 노력해주시고 지지해주신 네트워크 과학을 연구하는 모든 구성원들에게도 다시 한번 감사드립니다.

이 문서는 해당 저자들의 관점, 의견, 해석을 반영하여 작성한 것이며, 따로 명시되지 않은 경우에는 미군의 공식 입장, 정책 또는 결정과 다를 수 있음을 밝힙니다.

참여해 주신 분들

Catherine Cramer (New York Hall of Science)

Mason A. Porter (Mathematical Institute, University of Oxford)

Hiroki Sayama (Binghamton University, State University of New York)

Lori Sheetz (The Network Science Center, US Military Academy West Point)

Stephen Uzzo (New York Hall of Science)

Alvar Agusti

Chris Arney

Robert F. Chen

Arthur Hjorth

Khalidoun Khashanah

Yasamin Khorramzadeh

Erik Laby

Toshi Tanazawa

Paolo Tieri

Brooke Foucault Welles

Robin Wilkins

한국어판

번역 | 이상훈 (성균관대학교)

이미진 (성균관대학교)

디자인 | 이미진 (성균관대학교)



이 책자는 Creative Commons CC BY - SA 4.0의 규정에 따라서 사용할 수 있습니다.
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)





그림 출처

표지 이미진, “한국 여성 이름 유행의 흐름을 나타낸 최소 신장 나무 구조”.

[2] **오른쪽 맨 아래:** David Eppstein, “A Pseudoforest” , Wikimedia Commons.

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pseudoforest.svg>

[5] Jing Zhao, Sang Hoon Lee, Mikael Huss, and Petter Holme, “The Network Organization of Cancer-associated Protein Complexes in Human Tissues”, Scientific Reports, Vol. 3, p.1583 (2013).

[6] (맨 왼쪽부터)

첫 번째 그림: Sang Hoon Lee, Mihai Cucuringu, and Mason A. Porter, “Density-based and Transport-based Core-periphery Structures in Networks”, Physical Review E, Vol. 89, p. 032810 (2014).

세 번째 그림: Sang Hoon Lee and Petter Holme, “Exploring Maps with Greedy Navigators”, Physical Review Letters, Vol. 108, p. 128701 (2012).

기타 네트워크 그림 출처를 표기하지 않은 네트워크 그림들은 Python의 NetworkX 패키지와 Wolfram Research Mathematica 등을 이용해 직접 그린 것이며, 이는 사야마 히로키 교수와 이상훈 박사가 제공한 것임을 밝힙니다.

기타 그림 책자 디자인을 위해 사용한 이미지들은 직접 제작한 결과물들과 The Noun Project (<http://www.thenounproject.com/>)에서 무료 제공하는 이미지들이 섞여 있으며, 여는글과 현재 페이지에 사용된 이미지는 pixabay (<http://pixabay.com/>)에서 무료 제공하는 파일을 사용했음을 밝힙니다.

**NetSci
Ed**

더 많은 정보를 위한 연락처

Catherine Cramer, ccramer@nysci.org

<https://sites.google.com/a/binghamton.edu/netscied/>

<https://www.facebook.com/netscied>

