

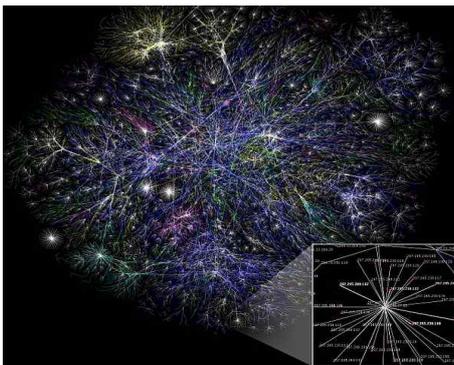
인터넷, 네트워크 과학(Network Science)으로 진화하다

Architecture WG
정상수 (국가수리과학연구소)

‘네트워크는 공학이 아닙니다. 네트워크는 과학입니다.’

태초 소규모 연구망 수준의 인터넷이 이제는 크기를 측정할 수 없을 정도로 방대한 규모의 네트워크로 거듭났다. 기존 인터넷은 문제가 생길 때마다 임시방편적으로 설계된 프로토콜과 알고리즘을 기반으로 오늘날의 인터넷에 이르게 되었다. 주먹구구식의 방법으로 이렇게까지 인터넷 기술이 발전하였다는 것은 상당히 놀라운 사실이다. 하지만, 이제 더 이상 기존의 개발 방법으로는 폭발적으로 증가하고 있는 인터넷 사용자들의 수요를 감당할 수 없을지도 모르는 상황에 직면해있다.

인터넷과 같은 컴퓨터 네트워크나 통신 네트워크 외에 우리 주위에는 바이오 네트워크, 인용(citation) 네트워크, 소셜 네트워크 등 다양한 형태들의 네트워크가 존재한다. 학계에서는 이미 이들 네트워크에 대한 연구들이 많이 이루어졌고, 이름하여 네트워크 과학(network science)이라는 학문으로 정의되기 까지 했다. 네트워크 과학이란 복잡하게 얽혀있는 대상 또는 구조를 구성 요소(노드)와 요소 사이의 상호 작용(링크)으로 표현해 해석함으로써, 보편적 진리나 법칙의 발견을 목적으로 하는 학문이다.



[Internet Map, http://en.wikipedia.org/wiki/Network_science]

네트워크 과학의 대표적인 연구 결과로 대부분의 네트워크는 척도 없는 네트워크(scale-free network)의 특성을 따른다는 사실이 알려져 있다[1]. 현재의 인터넷과 같이 노드가 일정 수 이상 모여서 네트워크를 구성할 때 노드 간 지리적 거리(또는 홉 수)의 의미가 약해지고, 연결로 규정지어지는 특징이 강한 속성이 나타난다. 척도 없는 네트워크 상에서는 단순하게 패킷을 자신으로부터 목적지에 가장 가까운 이웃 노드 또는 목적지 방향으로 노드들과 연결이 가장 많이 되어 있는 이웃 노드들로 전달(greedy forwarding)하기만 하면 이동 경로가 최소 경로에 근접한다는 결과가 있다[2, 3]. 즉, 네트워크의 보편적 특성을 이해할 경우, 굳이 애써 프로토콜을 복잡하게 설계할 필요가 없다는 뜻이다.

이미 물리학과와 같은 기초과학분야의 저명한 저널에는 ‘보편적 네트워크’에 대한 ‘보편적 특성’에 관한 연구들이 많이 발표되어 있다. 반면, 공학자들이 흔히 말하는 네트워크 연구는 장치의 성능을 높이고 프로토콜을 계속 재정의하는 것에 집중하고 있다. 결국, 네트워크 전체에 대한 유기성, 연결성에 대한 이해가 부족한 상황에서 미시적인 관점으로 연구를 진행했기 때문에 네트워크 전체 성능 향상 정도가 미미했던 것이다.

일반적으로 네트워크를 구축할 때 트래픽 수요와 서비스 가능 영역만을 고려하는 경향이 있다. 만약 사용자 간의 연결성을 알고 있다는 가정 하에 네트워크를 구축하면 어떨까? 우리가 매일 매일 핸드폰을 통해 통화하는 대상들을 한 번 생각해보자. 대부분의 통화가 일정한 상대방에게 집중되는 것을 알 수 있다. 궁극적으로, 소속 집단, 업무 등에 기반을 둔 통화 연결 패턴들이 구성하는 소셜 네트워크를 관찰할 수 있다. 이러한 소셜 네트워크는 보편적 네트워크와 마찬가지로 척도 없는 네트워크의 특성을 따른다.

NIMS에서는 이를 가정하고 소셜 네트워크의 논리적 연결을 위해 물리적 인프라를 어떻게 구성하면 좋을지에 대해 연구한 바 있다[4]. 기존 인프라와 같이 노드 간 연결 수가 균등하지 않은 네트워크(허브가 존재하는 척도 없는 네트워크)와 허브의 존재를 인위적으로 제거해 노드 간 연결 수가 균등한 네트워크를 비교했다. 연구 결과에 따르면 기존 네트워크 구조보다 각 노드 간 연결 수가 균등한 네트워크가 혼잡 상태에 보다 강건하고, 적은 수의 링크만으로도 기존 인프라만큼의 성능을 달성할 수 있기 때문에 구축비용을 상당히 절감할 수 있다. 결론적으로 네트워크의 현상 이해를 통해 네트워크 설계비용을 절약할 수 있는 해법을 제시한 것이다.

이 외에도 네트워크 연결 구조 해석을 통한 DDoS(분산 서비스 거부 공격)에 대한 해법, 허브의 속성을 이용하는 신뢰성 보장 라우팅, 네트워크 결합 시의 특성을 활용하는 네트워크 구축 기법 등 다양한 응용 예가 있을 것이다. 앞으로는 이와 같이 네트워크의 근원적인 현상 연구들이 네트워크 구조와 프로토콜 설계에 다양한 해결책을 마련할 것으로 기대한다. 미래인터넷 연구자들은 보다 거시적인 시각에서 일반 네트워크의 보편성과 인터넷만의 특수성을 적절히 이해하고 이를 공학적인 마인드와 접목하는 노력을 충분히 해야 할 것이다.

[참고문헌]

- [1] A.-L. Barabási and E. Bonabeau, "Scale-free networks," *Scientific American*, Vol. 288(5), 2003, pp. 60-69.
- [2] M. Boguna, D. Krioukov, and K. C. Claffy, "Navigability of complex networks," *Nature Physics*, Vol. 5(1), 2009, pp. 74-80.
- [3] F. Papadopoulos et al., "Greedy forwarding in dynamic scale-free networks embedded in hyperbolic metric spaces," in *Proc. of IEEE INFOCOM*, 2010.
- [4] O. Kwon and S. Jung, "Physical network infrastructure design based on user communication patterns," submitted to *European Physical Journal B*, 2012.