한국영화 100선에 등장하는 영화배우 네트워크 확장 패턴 분석

Analysis of Extension Pattern for Network of Movie Stars from Korea Movies 100

류제운, 김학용
충북대학교 자연과학대학 생화학과

Jea Woon Ryu(jwryu84@cbnu.ac.kr), Hak Yong Kim(hykim@cbnu.ac.kr)

요약

복잡계 과학의 발달에 따라 많은 사회 네트워크들이 분석되어 지고 있다. 우리는 사회 네트워크의 하나로 한국영화 100선을 중심으로 한국 영화배우 네트워크를 구축하고 분석하였다. 현재까지 연결선수, 중간성 (betweenness), 결집계수 등 링크수를 중심으로 네트워크의 구조를 분석하는 방향으로 진행되어지고 있다. 하지만 이제는 네트워크의 구조적 분석에서 멈추는 것이 아니라, 나아가 k-core 분석법 등을 이용하여 복잡한 네트워크 속에서 핵심 되는 중심 모듈을 찾아 분석하는 정보 분석 방향으로 진행되어야 할 것이다. 본 논문은 한국 영화 데이터베이스에서 제공하는 한국영화 100선에 출연하는 영화배우 네트워크를 만들어 가중치 유무에 따른 핵심 모듈 분석과 네트워크가 시기별로 확장되어 가는 양상을 분석하였다. 이는 네트워크의 확장 또는 진화를 이해하는 모델을 위한 기초 자료로 활용될 것으로 기대한다.

■ 중심어 : | 네트워크 | 영화배우 | k-core | 네트워크 진화 |

Abstract

The advancement of the Science for complex systems enables the analysis of many social networks. We constructed and analyzed a Korean movie star network as one of social networks, based on the 100 Korean movie selection for a main data source. Until now, the research trend has been the structural analysis of network, focused on link numbers, such as degree, betweenness and clustering coefficient. But it is time that the research is not limited by the structural analysis of networks only. Rather, the research goal should be aimed to an information analysis, performed by identifying and analyzing central modules that are regarded as the core of complex networks, using k-core analysis method. In this research, we constructed a network of movie stars who have appeared in 100 Korean movie selection, provided by Korean movie database, also we analyzed its core modules with and without weights, and the trend of seasonal expansion of the network. We expect our findings can be used as the basic data applicable to a model for understanding of the expansion and evolution of networks.

■ keyword : | Network | Movie Star | k-core | Evolution of Networks |

I. 서론

1960년대 말 미국 하버드 대학의 사회학자 밀그램 교

수가 실험적으로 보인 지구상의 사람들이 5명만 거치면 거의 다 알게 된다는 '6단계 분리'는 세상을 바라보는 새로운 시각을 제공하였다[1]. 이러한 복잡계 과학의

* 본 연구는 2009 년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었다.

접수번호 : #100224-002

접수일자 : 2010년 02월 24일

심사완료일 : 2010년 06월 30일

교신저자 : 김학용, e-mail : hykim@cbnu.ac.kr

일환인 네트워크의 연구는 최근 들어 사회, 생물학, 기술 및 정보 분야 등에서 활발하게 응용되고 있다.

네트워크는 노드라 불리는 구성요소(점)와 그들 사이의 상호관계를 링크(연결선)로 단순화한 것으로, 솔로모노프와 라포포트[2] 및 에르되스와 레니[3]의 무작위 그래프 이론을 시작으로 바라바시 등의 인터넷[4], 단백질[5], 대사산물[6]의 척도 없는 네트워크(scale-free network)의 연구로 이어져왔다.

특히, 사회 네트워크는 사회 현상을 분석하는 네트워크 연구에 국한하지 않고 소설 속에 등장하는 인물들의 관계를 분석하는 네트워크[7-9], 정보의 전파나 이라크 파병 반대 서명과 같은 정보 유포의 네트워크[10], 영화배우 네트워크[11]에 이르기까지 다양한 각도에서 진행되고 있다.

일반적으로 네트워크는 무작위 네트워크(random network), 척도 없는 네트워크(scale-free network), 계층적 네트워크(hierarchical network)로 분류할 수 있으며, 각 네트워크의 특징을 나타내는 인자인 연결선수(degree), 중심성(betweenness), 결집계수(clustering coefficient)와 같은 링크 수 중심의 분석은 네트워크를 구조적으로 분석할 수 있다[12]. 이러한 네트워크의 구성 인자들의 분석은 구조적 특성만을 도출할 수 있기 때문에 네트워크의 확장 또는 진화 과정에 대한 연구나 복잡한 네트워크로부터 얻을 수 있는 네트워크 자체가 가지는 숨겨진 유용한 정보를 얻기 위한 다양한 시도가 이루어지고 있다[13]. 그 연구의 일환으로 복잡한 네트워크에서 가중치가 낮은 노드나 링크를 제거하는 방법인 k-core 알고리즘을 이용하여 복잡한 네트워크에 숨겨져 있는 핵심 모듈을 찾아내어 분석함으로써, 구조적 분석방법으로는 알 수 없는 해당 네트워크를 이해하는데 큰 도움이 될 것이다[14-16].

본 논문은 한국 영화 데이터베이스에서 제공하는 한국영화 100선을 통해 같은 영화에 출연한 배우들은 서로 연결되어 있다는 관계를 바탕으로 구축한 네트워크의 구조와 정보적 분석 나아가서 확장 패턴을 분석함으로써 네트워크의 발생 및 성장에 대한 과정을 이해하는데 실마리를 제공하고자 하였다.

II. 연구자료 및 연구 방법

1. 데이터베이스 구축

한국영화 및 영화배우에 관한 정보는 한국영화데이터베이스[17]의 한국영화 100선에서 추출하였다. 한국영화 100선은 1936년 양주남 감독이 제작한 '미몽'에서부터 1996년 임권택 감독이 제작한 '축제'까지 사료적 가치가 높고 국내외 활용에 대한 수요가 많은 작품으로 한국영상자료원에서 선정한 100편이다. 각 선정 작품에서 제작일, 출연 배우 목록을 수작업으로 추출하여 네트워크를 구축하는 자료로 활용하였다. 비록 한 영화에 많은 배우들이 출연했지만 한국 영화 데이터베이스에서 제공하는 영화배우 정보만을 사용하였다.

2. 네트워크 구축

네트워크는 영화에 출연한 영화배우를 노드로 하고 같은 영화에 출연하면 각 배우를 연결(링크)하여 구축하였다. 이때 배우들 사이의 연결은 두 가지 방법을 적용하여 네트워크를 구축하였다. 하나는 같은 영화에 출연한 모든 영화배우에게 동일한 가중치를 부과하여 구축하였고, 다른 하나는 영화에 기여한 비중에 따라 2단계 또는 3단계로 분류하여 서로 다른 가중치를 부여하여 구축하였다[18]. 그 이유는 네트워크를 구성하는 링크의 결합세기가 다름에도 불구하고 이러한 데이터 정보가 미비하기 때문에 실제 네트워크와는 상이한 결과를 도출할 수가 있다. 본 영화 100선 데이터베이스에는 비록 결합세기를 나타내는 정보는 없지만 영화에 출연한 배우들의 영화에 대한 기여도가 나타나있기 때문에 이러한 시도가 가능한 것이다. 영화에 기여한 비중은 데이터베이스에서 제공하는 출연 배우 중에서 두 명씩 분류하여 가중치를 부여하였다. 예를 들어, 1961년 1월 28일 신상옥 감독이 제작한 영화 '성춘향'에 있는 출연 배우 목록에는 최은희, 김진규, 도금봉, 허장강, 이예춘, 한은진 등 6명이 나열되어 있는데, 단순히 순서에 따라 2명씩 3단계로 분류하여 가중치를 부여하였다. 영화배우 네트워크의 시각화는 싸이토스케이프(cytoscape) 프로그램 (<http://www.cytoscape.org/>)을 사용하였다.

3. 복잡계 네트워크 분석

그래프 이론에서 복잡한 그래프를 단순화 시키는 방법인 k-core 알고리즘[14]을 제공하는 파이엑(Pajek) 프로그램을 사용하여 복잡한 네트워크를 분석하였다. 이 알고리즘은 복잡한 네트워크를 가중치가 낮은 것부터 제거하여 핵심 네트워크를 분석한다. 따라서 복잡한 영화배우 네트워크에 파이엑 프로그램을 사용하여 k-core 값을 증가시켜가면서 네트워크의 크기를 줄여나갔다. 복잡한 네트워크가 핵심 배우들만 남는 핵심 네트워크로 전환되는데, 시각화를 위해 싸이토스케이프(Cytoscape) 프로그램을 사용하였다.

4. 네트워크 확장 패턴 분석

영화 '미몽'에 등장하는 영화배우 네트워크에 두 번째 제작된 영화 '어화'에 등장하는 영화배우 네트워크를 연결시켰다. 이와 같이 영화배우 네트워크를 제작된 영화의 제작연도에 따라 지속적으로 연결시킴으로서 전체 네트워크로 확장하였다. 확장 패턴을 분석하기 위해서 단계별로 네트워크 구조 및 연결수에 따른 영화배우 누적 분포를 바탕으로 네트워크를 구성하고 있는 구조 인자들을 측정하였다.

III. 연구결과

한국영화 100선에 등장하는 영화배우는 총 420명이다. 영화배우를 노드로 하고 같은 영화에 출현하는 관계를 연결선(링크)으로 하여 네트워크를 구축하였다[그림 1, 2]. 동일한 가중치를 준 네트워크의 경우, 영화배우는 420명이며 연결선은 2,664개이다 [그림 1A]. 주연, 조연에 따라 가중치를 다르게 준 네트워크의 경우는 영화배우가 동일한 420명이나 연결선이 963개로 약 36%로 낮았다[그림 2A]. 네트워크의 특징을 확인하기 위하여 연결 수에 따른 영화배우 누적 분포 함수를 측정하였는데, 흥미롭게도 가중치를 동일하게 준 경우 정규분포를 보여주고 있다[그림 1B]. 이러한 분포를 가지고 있는 네트워크를 무작위 네트워크 (random network)라고 한다. 영화배우 네트워크는 무작위 또는 척도 없

는 네트워크를 가진다고 발표되었는데[11][12], 본 연구에서 무작위 네트워크로 나타난 원인이 한 영화에 등장한 인물들에게 동일한 가중치를 주었기 때문인 것으로 추정된다. 그러나 상이한 가중치를 준 네트워크에서 연결수에 따른 영화배우 누적분포는 예상한 바와 같이 멱함수를 보여주었으며, 척도 없는 네트워크임을 확인하였다[그림 2B].

네트워크의 연결선수(degree) 분석은 한 노드가 직접적으로 연결된 다른 노드들과의 연결 정도를 측정하여 각각의 노드들이 네트워크에서 얼마나 중심에 위치하는지를 알아보는 기법이다. 중심성(betweenness) 분석은 한 노드의 연결선의 정도를 측정하는 연결선수와 달리 네트워크를 구성하는 한 노드와 다른 노드를 연결시키는 특정 노드의 매개 정도를 측정하는 기법으로 상위 5위까지의 영화배우를 살펴보았다[표 1]. 영화 100편 중에서 실제 가장 많은 영화 편수에 참여한 배우는 김진규(15), 안성기(14), 신성일(13), 황정순(13), 김승호(12)

그림 1. 동일한 가중치 영화배우 네트워크(A)와 정규 분포(B)

그림 2. 상이한 가중치 영화배우 네트워크(A)와 역함수 분포 (B)

순이지만, 안성기와 신성일이 두 네트워크에서 연결선 수 및 중심성에서 1위, 2위를 차지하는 배우로 분석되었다. 연결선수에는 다소 순위는 차이가 있지만 그 뒤를 비교적 많은 영화에 출연한 김진규, 황정순, 김승호 등이 그 뒤를 잇고 있다. 이에 반해, 중심성에서는 한은진, 문성근, 추석양이 등장한다[표 1]. 한은진은 1946년 ‘자유만세’를 시작으로 1996년 ‘축제’에 이르기까지 약 50년 동안 영화에 출연하여 여러 곳에서 각 모듈을 연결시켜주는 역할을 하였다. 한은진(9), 문성근(5), 추석양(4) 등이 출연한 영화 편수는 한은진을 제외하고는 비교적 적은 편이다. 그럼에도 불구하고 이들이 중심성에서 높은 위치를 차지하는 것은 문성근의 경우는 80년대에서 90년대로 이어지는 안성기 중심 모듈과 90년대에 가장 많이 출연한 문성근으로 이어지는 모듈에서 중심 역할을 하고 있으며, 추석양은 안성기 중심 모듈과 70년대 형성된 신성일 등의 모듈을 연결시켜주는 역할을 했기 때문인 것으로 풀이된다.

영화 100선에서 핵심적인 역할을 하는 영화배우 혹은 그룹의 모듈을 찾기 위해서는 복잡한 네트워크 구조 자체를 분석하기 보다는 네트워크에서 가중치가 낮은 연결선이나 노드를 제거하면 핵심 노드나 모듈이 모습을 드러낼 가능성이 있다. 이러한 연구의 일환으로 본 연구에서 k-core 알고리즘을 도입하였는데, 이 방법은 가중치가 낮은 링크와 노드를 점진적으로 제거하여 복잡한 네트워크를 단순 또는 핵심 네트워크로 전환시키는 유용한 도구가 된다[14]. K-core 알고리즘을 사용하여 복잡한 네트워크를 단순화 또는 핵심화 시킬 수 있는 파이엑 프로그램을 사용하고 싸이토스케이프 프로그램으로 시각화 하였다[그림 3].

표 1. 복잡한 네트워크에서 연결선수 및 중심성 상위그룹 영화배우

연결선수	동일한 가중치	상이한 가중치
1	안성기	안성기
2	신성일	신성일
3	황정순	김진규
4	김승호	황정순
5	김진규	김승호
중심성	동일한 가중치	상이한 가중치
1	안성기	안성기
2	신성일	신성일
3	한은진	문성근
4	문성근	한은진
5	추석양	황해

동일한 가중치를 부여한 네트워크([그림 1A])에 k-core 값을 12로 적용하여 연결선과 노드를 제거하였을 때 단 하나의 영화의 등장인물이 남았는데, 1946년 최인규가 제작한 ‘자유만세’였다. 이는 동일 가중치를 주었기에 데이터베이스 상에서 등장인물(14명) 가장 많은 영화가 마지막까지 살아남은 것으로 추정된다. 왜냐하면 동일한 가중치를 주었기 때문에 가장 많은 14명의 배우가 서로 연결되는 것이다. 만약 k-core 값을 11로 줄이면, 9개 영화[자유만세(1946년 작), 피아골(1955년 작), 로맨스 빠빠(1960년 작), 박서방(1960년 작), 사랑방 손님과 어머니(1961년 작), 또순이(1963년 작), 고려장(1963년 작), 돌아오지 않는 해병(1963년 작), 귀로

A.

B.

그림 3. 복잡한 네트워크로부터 k-core 알고리즘 적용에 의해 전환된 동일한 가중치 (A, k=11) 및 상이한 가중치 (B, k=5) 핵심 (core) 네트워크

(1967년 작))에 등장하는 인물들이 상호 연결되는 핵심 네트워크를 보여주고 있다(그림 3A). 이들 9개 영화에 출연한 배우들은 총 53명이며 그 중 핵심 네트워크에서 빠진 인물은 구봉서와 장동휘이다. 이들은 9개 영화중에서 단 1편(돌아오지 않는 해병)에 출연하였기 때문에 제외된 것으로 추정된다. 9개 영화에는 출연하지 않았지만 핵심 네트워크에 포함된 인물은 김진재, 김정옥, 이민자 등인데, 이들은 1960년대에 활동한 배우로서 다른 핵심 배우들과 이 기간에 많이 활동한 결과로 풀이된다. 따라서 핵심 네트워크는 54명의 배우를 노드로 하고 497번의 공연관계를 링크로 구성된 네트워크를 형성하고 있다(그림 3A). 상이한 가중치를 부여한 네트워크(그림 1B)에 k-core 값에 5를 적용하여 연결선과 노드를 제거하였을 때, 노드가 26명의 배우와 링크가 120로 구성된 핵심 네트워크를 확보하였다(그림 3B). 이들 26명의 배우는 그림 3A에서 확보한 노드 54명중에서 24명은 포함되었으며, 추가적으로 윤정희와 장동휘가 포함되었다. 윤정희는 영화 100선 중에서 3편을 출연하였고 장동휘는 2편을 출연하였는데, 이들은 모든

표 2. 상이한 네트워크에서 연결선수 및 중심성 상위그룹 영화배우

연결선수	동일한 가중치	상이한 가중치
1	김승호	김승호
2	김진규	김진규
3	황정순	신영균
4	신성일	신성일/최은희/황정순
5	한은진	허장강/주중녀
중심성	동일한 가중치	상이한 가중치
1	김승호	김진규
2	한은진	김승호
3	김진규	허장강
4	복혜숙	신성일
5	황정순	도금봉

영화에서 주연으로 활약하였기 때문에 상이한 가중치를 준 네트워크에서는 포함된 것이다. 이 네트워크에서 연결선수와 중심성의 상위 인물 중 안성기, 문성근, 추석양등이 오히려 제외되고 신영균, 허장강, 복혜숙, 도금봉 등 1960년대에 활약한 배우들이 등장한 것이 특징이다(표 2). 복혜숙은 동일한 가중치를 주었을 때 중심성에서 4번째 인물로 등장하는데, 이는 동일한 가중치를 주었을 때 등장인물이 가장 많은 자유부인 모돌과 박서방 모돌을 연결하는 매개체 역할을 하기 때문이다(그림 3A). 핵심 네트워크에 남아 있는 영화배우들을 중심으로 각 배우가 활동한 년도와 편수별로 그래프를 그려보았는데, 1960년대에 활동한 영화배우들이 대다수를 차지하고 있다(그림 4). 시대별로 출연을 가장 많이 한 상위 5명의 배우의 출연 평균 편수가 1936년부터 1950년까지 3편, 1960년대에 9.4편, 1970년대 2편, 1980년대 4.8편, 그리고 1990년에 3.8편이다. 1960년대가 다른 시기에 비해 평균 편수가 매우 높은 것은 배우들 사이의 상관관계 연결을 매우 견고히 하였기 때문이다. 즉 핵심 네트워크에 많이 등장한 것이 원인이기도 하며, 한국영화 100선중 1960년대에 제작한 것이 32편으로 가장 많은 것도 하나의 요인으로 볼 수 있다.

사회네트워크는 다른 네트워크와는 달리 총 노드수가 시간이 지남에 따라 늘어나는 것이 아니라 정체되어 있어서 정적인 네트워크가 일반적이다. 따라서 네트워크의 진화나 확장 패턴을 분석하기에는 적합하지 않다

동일한 가중치를 준 네트워크는 각각 20, 50, 100개의 작품으로 구성된 네트워크 구조를 구축하여 비교하고 성장 과정을 분석하였다[그림 5]. 연결수 누적 분포 함수

그림 5. 제작연도별 20(A), 50(B), 100편(C)의 영화가 추가됨에 따른 동일한 가중치 네트워크의 확장 양상

공학적 접근, 분석을 통해서 구조적인 특성에 초점이 맞춰졌기 때문이다.

이제 구조적 특성을 바탕으로 네트워크에서 어떤 정보를 도출할 것인가에 대한 연구가 진행되어야 하는데, 구조적 분석에 사용된 알고리즘이나 방법론 등이 현 시점에서는 충분히 개발되어 있지 않아 어려움이 있는 것도 사실이다. 본 연구에서는 앞으로 네트워크의 진화에 대한 이해를 위한 접근 방법과 구조 네트워크에서 새로운 정보나 숨겨진 정보를 얻을 수 있는 가능성을 제시하고자 한다.

그림 6. 제작연도별 20(A), 50(B), 100편(C)의 영화가 추가됨에 따른 상이한 가중치 네트워크의 확장 양상

복잡한 네트워크에서 가중치가 낮은 링크와 노드를 단계적으로 제거하여 중요한 핵심 네트워크를 만들어 복잡한 네트워크에서는 발견되지 않는 유용한 정보를 얻을 수 있다. 우리는 이를 위해 본 연구에서 k-core 알고리즘을 도입하였다[14]. 전체 네트워크에서는 [표 1]에서 제시한 영화배우들이 연결선수나 배우와 배우를 이어주는 중심성에서 상위권을 형성하는데 반해, 핵심 네트워크에서는 일부 배우들이 중첩이 되지만 1960년대에 활약한 몇몇 배우가 그 자리를 대신하고 있다([표 2]). 우리는 이러한 사실을 바탕으로 1960년대 단기간에 많은 영화가 제작되었고, 소수의 영화배우들이 집중적

으로 출연하였으며 다른 기간에 비해 네트워크상에서 매우 뭉쳐있음을 확인하였다 ([그림 5] 및 [표 3]).

한국영화 100선은 네트워크의 성장과 진화를 이해하는데 흥미 있는 주제가 될 수 있다. 왜냐하면, 영화의 제작 년도가 분명하고 등장인물의 정보가 정확하기 때문에 시간이 흐름에 따른 네트워크의 확장 패턴 또는 진화 과정을 이해하는데 실마리를 제공할 수 있을 것이다. 일반적으로 영화배우 네트워크는 성장하는 무작위 네트워크라고 볼 수 있다[21]. 영화계는 새로운 인물이 등장하고 새로운 영화가 지속적으로 만들어지기 때문에 끊임없이 팽창하는 네트워크를 가질 수 있는 측면에서 척도 없는 네트워크의 속성을 가지고 있다[22]. 본 연구에서는 영화배우 네트워크를 어떻게 구성하느냐에 따라 다른 네트워크 특성을 보여주고 있음을 제시하였는데, 한 영화에 출연하는 등장인물을 동일한 가중치를 주었을 때는 무작위 네트워크의 특성을([그림 1]), 상이한 가중치를 주었을 때는 척도 없는 네트워크의 특성을 보여주고 있음을 발견하였다([그림 2]).

제작 연도를 바탕으로 영화배우 네트워크의 확산 패턴을 알아보았다([그림 5][그림 6]). 동일한 가중치를 준 경우에는 연결수에 따른 누적분포가 미완성의 정규 분포에서 점진적으로 완성되어 가는 과정을 보여주었는데 반해, 상이한 가중치를 준 경우에는 이미 초기 영화 20편부터 먹합수를 완성한 상태로 팽창하는 패턴을 보여주었다. 현재, 100편의 영화에 출연한 배우를 중심으로 확장 패턴을 조사한 것이기 때문에 네트워크의 확장 과정을 충분히 이해하기는 어려움이 있다. 하지만 좀 더 많은 데이터를 바탕으로 본 연구에서 제시한 방법을 사용하면 확장 패턴을 분석할 수 있는 모델을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] S. Milgram, "The small world problem," *Psychology Today*, Vol.1, No.1, pp.60-67, 1967.
- [2] R. Solomonoff and A. Rapoport, "Connectivity of random nets," *Bull. Math. Biophys.*, Vol.13, No.1 pp.107-117, 1951.
- [3] P. Erdős and A. Rényi, "On random graphs," *Publicat. Math.*, Vol.6, No.2 pp.290-297, 1959.
- [4] R. Albert, H. Jeong, and A.-L. Barabási, "Internet: Diameter of the world-wide web," *Nature*, Vol.401, No.6749, pp.130-131, 1999.
- [5] H. Jeong, S. P. Mason, A.-L. Barabási, and Z.N. Oltvai, "Lethality and centrality in protein networks," *Nature*, Vol.411, No.6833, pp.41-42, 2001.
- [6] H. Jeong, B. Tombor, R. Albert, Z. N. Oltvai, and A.-L. Barabási, "The large-scale organization of metabolic networks," *Nature*, Vol.407, No.6804, pp.651-654, 2000.
- [7] J. Stiller, D. Nettle, and R. Dunbar, "The small world of Shakespeare's plays," *Human Nature*, Vol.14, No.4, pp.397-408.
- [8] S. Kim, "Complex network analysis in literature: Togi," *Sae Mulli*, Vol.50, No.4, pp.267-271, 2005.
- [9] Y. K. Lee, H. I. Shin, J. E. Ku, and H. Y. Kim, "Analysis of network dynamics from the Romance of the three kingdoms," *J. Kor. Conten. Assoc.*, Vol.9, No.4, pp.364-371, 2009.
- [10] D. Liben-Nowell and J. Kleinberg, "Tracing information flow on a global scale using internet chain-letter data," *PNAS*, Vol.105, No.12, pp.4633-4638.
- [11] A.-L. Barabási and R. Albert, "Emergence of scaling in random networks," *Science*, Vol.286, No.5439, pp.509-512, 1999.
- [12] B. Kang, K.-I. Goh, D.-S. Lee, and D. Kim, "Complex networks: structure and dynamics," *Sae Mulli*, Vol.48, No.2, pp.115-141, 2004.
- [13] A. Clauset, C. Moore, and M. Newman, "Hierarchical structure and the prediction of missing links in networks," *Nature*, Vol.453, No.7191, pp.98-191, 2008.

- [14] J. Ignacio, A. Hamelin, L. Dall'Asta, A. Barrat, and A. Vespignani, "K-core decomposition of internet graphs: Hierarchies, self-similarity and measurement biases," *Networks Hetero. Media*, Vol.3, No.2, pp.371-393, 2008.
- [15] S. Jansom and M. J. Luczak, "A simple solution to the k-core problem," *Random Structures & Algorithms*, Vol.30, No.1-2, pp.50-62, 2007.
- [16] S. Srivastava and R. K. Ghosh, "Distributed algorithms for finding and maintaining a k-tree core in a dynamic network," *Information processing Letters*, Vol.88, No.4, pp.187-194, 2003.
- [17] <http://www.knadb.or.kr>
- [18] J. P. Onnela, J. Saramäki, J. Hyvönen, G. Szabó, M. A. de Menezes, K. Kaski, A.-L. Barabási, and J. Kertész, "Analysis of a large-scale weighted network of one-to-one human communication," *New J. Phys.*, Vol.9 No.6, p.179, 2007.
- [19] M. E. J. Newman and J. Park, "Why social networks are different from other types of networks," *Phys. Rev. E*, Vol.68, p.036122, 2003.
- [20] R. Albert and A.-L. Barabási, "Statistical mechanics of complex network," *Rev. Mod. Phys.*, Vol.74, No.1, pp.47-97, 2002.
- [21] D. S. Callaway, J. E. Hopcroft, J. M. Kleinberg, M. E. J. Newman, and S. H. Strogatz, "Are randomly grown graphs really random?" *Phys. Rev. E*, Vol.64, No.10, p.041902, 2001.
- [22] A.-L. Barabási, R. Albert, and H. Jeong, "Mean-field theory for scale-free random networks," *Physica A*, Vol.272, No.7, pp.173-187, 1999.

저 자 소 개

류 제 운(Jea Woon Ryu)

정회원

- 2006년 2월 : 충북대학교 생화학 과(이학석사)
- 2008년 2월 : 충북대학교 생화학 과(이학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 생화학 과 박사과정

<관심분야> : 생물정보학, 단백질 상호작용, 신호전 이, 시스템생물학

김 학 용(Hak Yong Kim)

종신회원

- 1985년 2월 : 충북대학교 농화학 과(농학사)
- 1987년 2월 : 충북대학교 화학과 (이학석사)
- 1994년 5월 : 미국 코네티컷대학교, 분자세포생물학과 (이학박사)

▪ 1998년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 생화학 과 교수

<관심분야> : 시스템생물학, 신호 전이, 단백질 네트 워크, 생체동역학