

사회 연결망 분석 방법에 기반을 둔 지휘통제체계 시각화

전진태⁰ 박건우 김영안 이상훈

국방대학교 전산정보학과
jlemnear@naver.com

C2 System Visualization based on Social Network Analysis Method

Jintae Jeon⁰ Gunwoo Park Youngahn Kim Sanghoon Lee

Dept of Computer Science & Information, Korea National Defense University

요 약

첨단과학의 발달과 정보화 시대는 전쟁수행 패러다임을 근본적으로 변화시키고 있다. 이러한 전장 환경의 변화와 더불어 군 내부에서도 정보기술의 급격한 변화를 적극적으로 수용하고 21세기 국방을 건설하기 위한 국방 정보화 목표를 앞당기기 위해 수많은 정보기술체계를 도입하고 적용하고 있다. 이러한 수많은 체계들의 유입 속에서 각 체계간의 상관관계를 규명하여 효과적으로 사용하는 것은 중요한 문제로 대두되고 있으며, 이러한 문제의 해결방법으로 최근에 대두되고 있는 방법론이 사회연결망 분석(SNA : Social Network Analysis)이다. 사회연결망 분석은 무수히 많은 정보의 홍수 속에서 그들의 관계를 파악하고, 임무수행에 필요한 중요 노드를 식별하여 불필요한 자원을 낭비 하지 않은 중요한 요소를 분석 할 수 있는 유용한 방법론으로 사회, 문화 전반에 걸쳐 활발히 연구되고 있다.

본 논문에서는 이러한 사회연결망분석을 통해 지휘통제체계와 연계된 노드간의 관계를 규명하고, 관계망 속에 속한 정보의 획득 및 흐름을 파악하여 이를 시각화하고자 한다. 이를 통해 현재 운용중인 지휘통제체계 구조에 대해 이해하기 쉽고, 용이하게 파악 할 수 있으며, 이를 기반으로 지휘구조의 조직과 조직적인 행동과 현상을 도출하고, 향후 군 네트워크 파워를 측정 할 수 있다.

1. 서 론

사회연결망 이론은 지휘통제체계의 진화정도 분석에 두 가지 측면에서 중요한 이론적 기초를 제공한다. 첫째, 지휘통제체계의 진화도 분석의 출발점에는 군 구조 특성상 독립적으로 이루어지기 보다는 이를 뒷받침하는 정보 제공체계들과의 유기적 연계 체계에 의해 이루어진다는 전제조건을 두고 있다. 따라서, 지휘통제체계 진화정도 분석의 핵심이 이에 참여하는 주체간의 효율적 연계여부에 두어지고 있는데, 사회연결망 이론의 분석단위가 개인의 속성이 아닌 개인의 관계적 속성에 두어지는 만큼 양자간에는 분석방법에 있어 높은 상관도를 갖고 있다. 둘째, 지휘통제체계 분석의 최종목표는 현재 체계와 주변 자원 제공자가 시현하는 연계구조가 지휘통제구조의 성장을 위해 최적의 조건을 제시하고 있는지 여부를 평가하는 것이다. 그런데 사회연결망 이론의 계량적 측정 모델 관점이 사회적 경제적 목표 달성을 위해 현재의 연결망 구조가 얼마나 효율적인지 여부에 두어지는 만큼 지휘통제체계의 진화도 분석에 중요한 계량 기법을 제공하고 있다.

본 논문은 지휘통제체계를 중심으로 종전의 지휘통제체계에 비해 시스템적 관점에서 얼마나 혁신적인 진화를 이루었는지에 대해 시각화를 함으로써 궁극적으로는 소셜 네트워크 방법을 이용한 군 네트워크 파워를 측정하

는데 목표를 두었다. 또한 단순화된 수치화된 관계를 사용자가 이해하기 쉽고 용이하게 파악 할 수 있도록 시각화한다. 이를 통해 군 지휘구조 조직과 조직적인 행동과 현상을 도출 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서 관련연구를 살펴보고, 3장에서 사회연결망 이론에 기반을 둔 분석 방법 및 분석 요소를 살펴보고 4장에서는 군 지휘통제체계 모델링하여 각 노드를 식별하고 노드간의 연관관계를 시각화한다. 5장에서는 결론 및 향후연구에 대해서 서술하였다.

2. 관련 연구

2.1 사회연결망분석(SNA : Social Network Analysis)

사회연결망은 하나 이상의 상호 의존적인 관계에 의해 구성된 개인 또는 집단으로 구성된 사회적 구조체(Social Structure)로 정의 할 수 있다. 사회연결망 분석의 목적은 구조나 연결망 형태의 특징을 도출하고 관계성으로 체계의 특성을 설명하거나 체계를 구성하는 단위의 행위를 설명하는 것이다. 사회적 관계는 각 개체가 가지는 공통성을 파악하고 이들이 관계를 분석하여 데이터화하는 것으로 정리된다. 사회연결망은 노드의 개수와 관련하여

군집의 높은 연결도와 최단거리를 고려하는 작은 세상 패러다임을 따른다. 사회연결망의 작은 세상 환경은 보통 조직 혹은 지인의 짧은 연결망을 통해 다른 이들과 연결된다. 사회연결망은 구성원의 수가 증가하여 거대 네트워크가 되었을 때도 관계의 특성을 파악 할 수 있다. 웹 사이트 간의 연결 관계나 인터넷의 정보 흐름은 연결망을 구성하는 개체의 수가 무한하지만 사회연결망 분석을 통해 관계를 형성하면 거시적 관점에서 관계와 집단의 특성과 성격을 알 수 있다[1, 2, 7] 그림 1은 4개의 노드가 있을 경우 생길 수 있는 네트워크의 결속 형태와 개념들의 값을 예시하고 있다 여기서 연결노드수는 실제 상관관계를 맺고 있는 노드의 수를 뜻하며 포괄성은 한 그래프에서 포함된 노드의 총수에서 연결되지 않은 노드들의 수를 뺀 수의 비율로 정의되는데 예를 들면 4개의 모든 노드가 one-hop 혹은 two-hop의 직간접으로 연결관계가 있다면 해당 그래프는 1.0의 값을 가지며, 그중 1개 노드가 결손되면 총 노드수에서 1의 값을 뺀 값의 비율인 0.7의 값을, 2개 노드가 결손되면 4에서 2의 값을 뺀 0.5의 비율을 갖게 된다. 연결정도의 합은 한 노드와 연관되어 있는 노드들의 총합으로 정의된다

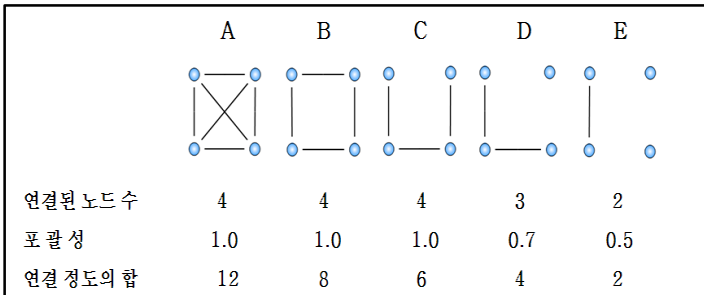


그림 1. 4개의 노드와 연계되어 생성 가능한 네트워크 형태

2.2 지휘통제체계 (C2 System : Command and Control System)

군이 보유하고 있는 모든 체계와 수행하고 있는 모든 행위는 그 형태에 관계없이 전쟁을 수행하기 위한 것으로 지휘통제체계도 예외일수는 없다. 효율적인 지휘통제는 성공적인 작전 수행을 위해 필수 불가결한 요소이다 즉, 적을 효율적으로 제압하기 위해서는 전장 정보 시스템의 절적한 활용을 통하여 부대 간 연계 능력을 보유하고 있어야 한다.[3] 특히, 공중에서 일어나고 있는 상황을 조기에 감시하고 종합하여 빠른 시간 내에 전술조치를 취하고 공중상황 전파하는 것은 현대전에서 중요한 요소이다. 현재 각 군은 정보화에 발 맞춰 각종 체계가 도입되고 있다. 미래 전력의 핵심이 산업화 시대의 단일 전력 체계에서 정보화 시대의 C4I(command, control, communication, computer, and intelligence)를 기반으로 하는 네트워크 전력 체계로 변화하고 있다.

3. 사회연결망 분석 방법 및 분석 요소

사회연결망 분석에서 특정 노드의 영향력을 중심으로 관계를 규명하기 위해서는 먼저 사회연결망 분석을 통해서 관계에 관한 수치화된 데이터를 획득해야 한다 그리고 연결망 내에서 쓰이는 관계의 요소를 파악하고 분류 하여야 한다. 또한 연결망 내에서 영향력의 요소를 파악하고, 관계의 요소와 영향력의 요소의 연결성을 찾아야 한다. 따라서 본 장에서는 노드간의 연관을 표현하는 방법과 분석 요소에 대해서 논한다

3.1 사회연결망 분석 방법

본 장에서 식별된 사회연결망 구조를 행렬 형태로 변환하는 데는 부울 대수(Boolean Algebra)기법을 적용한 부울 연관성 매트릭스를 활용한다 부울 대수 기법은 개념적으로 참/거짓의 진리값을 대상으로 하는 연산법칙을 의미한다. 특히 부울 행렬은 부울 대수 기법을 응용하여 [0,1]의 값을 가지고 시스템 내 식별된 체계 간에 연관관계를 표현한 행렬이다 따라서 부울 행렬의 행과 열은 시스템 내 식별된 체계의 위상과 이들 간에 정보전달관계가 정립하면 "1", 정보전달관계가 없으면 "0"으로 표현된다. 또한 사회연결망 이론에 활용되는 부울 행렬은 정방행렬이 기본이며 대각행렬은 자기전달관계를 고려하지 않으므로 항상 "0"의 값을 갖는다.[4, 5]

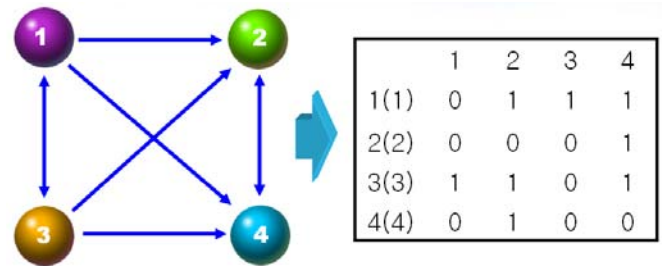


그림 2. 부울 연관성 행렬의 예

그림 2은 위에서 정의한 기법을 적용하여 노드들 간의 연관성 행렬의 표현방법을 예시한 그림이다 1,3번 노드는 자기정보전달 관계("0"값)을 제외하고 모든 노드에게 정보전달을 하고 있으므로 다른 모든 노드에게 1의 값을 부여하게 되는 반면 2, 4번 노드처럼 서로에게만 정보를 전달하게 되는 경우에는 2, 4번 노드간의 상호관계에만 1의 값을, 기타관계에는 0의 값을 부여한다.

3.2 사회연결망 분석 요소

사회연결망에서 관계의 속성을 규명하고 분석하기 위해서는 기준이 요구된다. 이때 사용되는 것이 영향력 요소이다 영향력 요소는 관계의 성격을 규정하며 네트워크의 구조를 형성하는데 중요한 역할을 한다 관계를 평가하기 위해서는 여러 요소를 고려해야 한다. 일차적으로 사회연결망 분석에

의해 도출되는 요소가 관계를 측정하는 기준이 된다 이러한 요소에는 관계를 형성하는 개체의 수, 개체의 속성, 각각의 연결정도, 연결 정도의 총 개수, 연결 밀도, 경로 거리 등이 있다. 관계측정 요소는 사회 연결망 분석으로 도출될 수 있다. 표 1은 측정 요소들의 관계를 분석하고 파악하기 위한 세부 속성들을 나열하였다 연결성은 연결정도, 밀도, 포괄성 등을 매개로 평가하여 사회구조를 분석하는 요소이며, 중앙성은 체계 간 핵심노드를 식별하고 핵심노드가 얼마나 중심에 위치하는지에 대한 분석요소이다 마지막으로 관계성은 집단 구성원 개체의 전략적 연계요소를 파악하기 위한 분석 요소이다[1, 4, 7]

표 1. 사회연결망 분석 요소

관계측정요소	분석내용	세부측정내용
구조 분석	연결성	연결정도, 밀도, 포괄성
특성 분석	중앙성	지역 전체, 사이 중앙성
	관계성	구조적 등위성

4. 사회연결망 이론을 적용한 지휘통제체계 분석

4.1 분석 대상 및 방법

분석 대상으로는 지휘통제체계를 기반으로 모델링하였으며, 이를 위해 지휘통제체계 구축 전후를 비교 분석하게 되는데, 이때 기준이 되는 체계를 AS체계¹⁾(Automatic System)라 부른다.

분석 방법은 기준이 되는 AS체계 구축 전후의 지휘통제체계를 비교분석하기 위해 다음과 같은 3단계를 통해 속성을 규명한다.

- 첫째, AS체계 구축 전후의 노드를 식별
- 둘째, 식별된 노드의 부울 연관성 Matrix 표현
- 셋째, 정보 흐름의 시각화

4.2 AS체계 구축 전

체계 구축 전에는 수동 작전 체계로써 정보의 흐름이 계층적인 구조를 갖고 있어 정보의 통합이 아닌 여러개의 노드들로부터 분산된 지휘통제체계로 구성된다 표 2는 AS체계 구축 전 부울 연관성 Matrix화 한 것이다. 구축 전에는 약 28개의 노드가 식별되었으며 이들과의 연관성을 규명하기 위해서 1-mode matrix²⁾ 형태로 행렬을 표시하였으며 정보의 흐름에 따라 0,1의 값을 부여하였다.

1) 지휘통제체계의 자동화 및 정보통합을 통해, 연합/합동성, 정확도, 지휘 속도 향상을 목표로 구축된 체계
2) 행과 열을 구성하는 NodeSet이 동일한 구조를 갖는 행렬

표 2. AS체계 구축 전 부울 연관성 Matrix

구분	CM	TC	CC	RS	F1	F2	F3	...	F4
CM	0	0	0	0	0	0	0	...	0
TC	1	0	1	0	0	0	0	...	0
CC	0	1	0	1	1	1	1	...	1
RS	0	1	1	0	0	0	0	...	0
F1	0	0	1	0	0	0	0	...	0
F2	0	0	1	0	0	0	0	...	0
F3	0	0	1	0	0	0	0	...	0
...
F4	0	0	1	0	0	0	0	...	0

그림 3은 부울 연관성 Matrix를 시각화하기 위하여 Netminer³⁾라는 네트워크 분석 툴을 이용하였다 그림 3에서 볼 수 있듯이 주요 지휘통제체계는 TC와 CC체계라는 이원화된 체계를 중심으로 크게 3가지 클러스터 군으로 표시됨을 볼 수 있다.

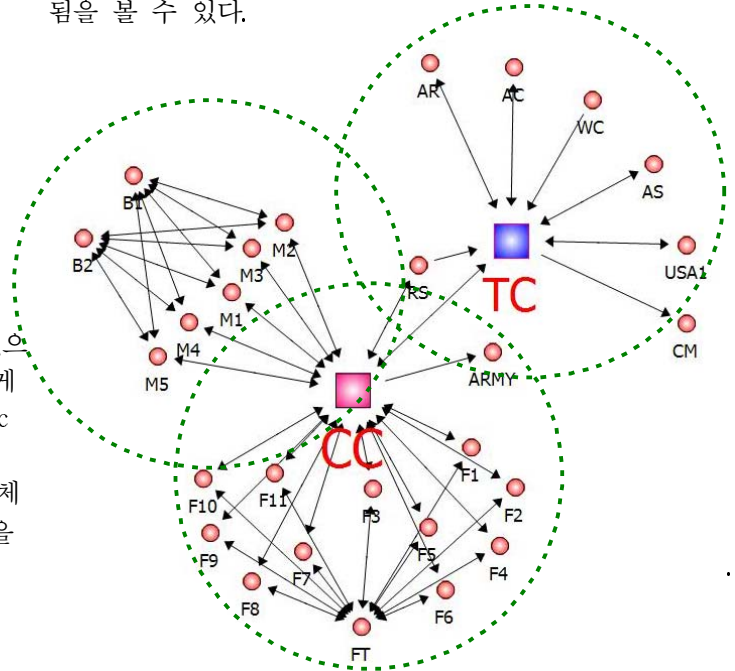


그림 3. AS체계 구축 전 연관노드 시각화

4.3 AS체계 구축 후

체계 구축 후에는 중앙집권적인 자동화 통제를 목표로 AS체계를 도입하여 운용한다 표 3은 AS체계가 구축된 후의 부울 연관성 행렬을 보여주고 있다 구축 후 matrix 또한 1-mode matrix로 활용하였으며, 정보 흐름 표시를 위해 0,1의 값을 부여하였다.

구축 후에는 31개의 노드가 식별되었는데 추가된 노드는 NAVY, ARMY, USA 등 자동화 체계가 구축됨에 따라 사용할 수 있게 된 연합/ 합동 자산들이다.

3) 사회연결망분석을 통한 분석 모델 및 시각화 기법을 제공하는 소프트웨어

표 3. AS체계 구축 후 부울 연관성 Matrix

구분	CM	TC	AS	NAVY	ARMY	USA	FT1	...	RS
CM	0	0	0	0	0	0	0	...	0
TC	0	0	1	0	0	0	0	...	0
AS	1	1	0	1	1	1	1	...	0
NAVY	0	0	1	0	0	0	0	...	0
ARMY	0	0	1	0	0	0	0	...	0
USA1	0	1	1	0	0	0	0	...	0
FT1	0	0	0	0	0	0	0	...	0
...
RS	0	0	0	0	0	0	0	...	0

그림 4는 표 3의 부울 연관성 Matrix를 시각화 한 것이다. 그림에서 굵게 표시된 실선은 구축 후 추가되거나 변화된 자산과의 관계를 표현 한 것이다

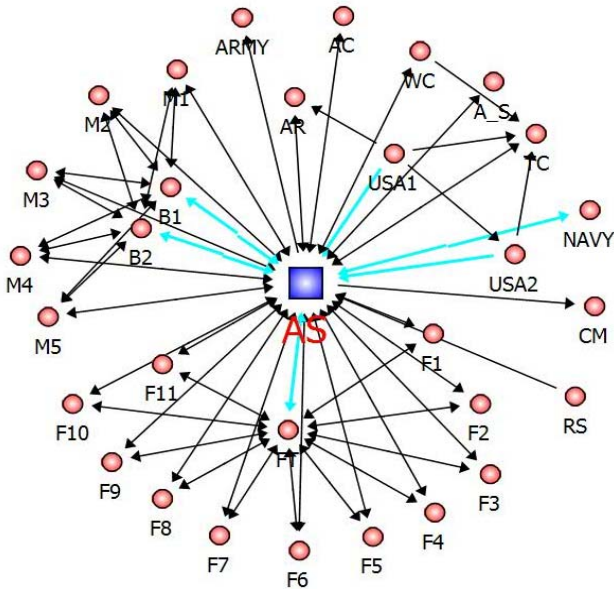


그림 4. AS체계 구축 후 연관노드 시각화

4.4 비교 분석

구축전과 확연히 구분되는 것은 여러개의 노드들의 이원화된 통제가 아닌 AS체계에 의해서 중앙집권통제를 실시한다는 것이다. 구축 후에는 구축 전에 없었던 타 체계를 연동 할 수 있는 기반이 마련되어 연합 / 합동자산의 정보를 융합하여 활용 할 수 있으며 B1, B2, FT 자산 각각 등은 기존의 상위 제대의 통제뿐만 아니라 AS체계와 직접적인 정보를 주고 받는 형태로 변화 하였다 또한 기존의 이원화된 체계를 단일화된 체계로 통합하여 운용하게 된다 표 4는 구축 전/후를 각 분석 지표를 기준으로 Netminer를 이용하여 비교 분석한 결과이다

비교결과에서 구축 후에는AS체계를 중심으로 총 102개의 연결정도 중 직접적인 정보를 주고 받는 노드가30개로 식

별되었으며, 이는 구축전의 27(CC와 TC의 합)개보다 증가한 수치를 보인다 이때 값이 구축전의 0.3에서 구축후의 0.29로 줄어드는 현상은 추가된 체계의 연관관계가 추가되면서 생긴 변화이다. 또한 네트워크 밀도는 AS체계를 중심으로 가능한 총 체계 중 실제로 맺어진 관계수의 비율을 뜻하는 것으로, 구축전 0.19에서 0.11로 변화되었다. 이는 일반적으로 관찰된 밀도가 집단의 크기에 반비례하는 특성으로, 구축후 추가된 체계들 및 관계성이 상대적으로 커짐을 의미한다. 중앙성은 구축전 약0.55에서 0.85로 0.30가량 향상되었다. 중앙성은 한 노드가 그 주위의 다른 노드들과 직접 연결된 정도가 높을수록 커지는 값으로 이는 중심노드으로써 AS체계가 식별되고, 영향력이 커짐을 의미하며 정보를 받고, 정보를 제공하는 영향력이 큼을 의미한다[6] 다음은 포괄성으로, 체계에서 결손 되는 노드를 식별하기 위한 것으로, 구축 전/후 결손 되는 노드가 없어 변화가 없음을 보인다.

표 4. AS 구축전 / 후 영향력 요소 비교

구분	구축 전	구축 후
연결정도	0.30(27개)	0.29(30개)
네트워크밀도	0.19	0.11
내향 중앙성	0.55	0.85
외향 중앙성	0.58	0.81
구조적 등위성	0.26	0.34
포괄성	1.0	1.0

5. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 지휘통제체계를 사회연결망 분석 방법을 통해 시각화하는데 중점을 두었다 사회연결망 분석을 이용한다는 것은, 지휘통제체계의 진화도 분석의 출발점에서 연관관계를 갖는 정보체계들과의 유기적인 연계 요소를 파악하고, 이들 간의 정보흐름을 파악함을 용이하게 해주며, 이를 통해 연관 체계들의 상관관계의 이해를 돕고 궁극적으로 최적화된 모델을 산출해 낼 수 있는 기반이 된다. 그 만큼 사회연결망분석이 다양한 분야에 사용 할 수 있는 장점이 있으며, 이를 지휘통제체계에 적용해서 상관관계를 파악하는 것은 향후 군 구조 및 지휘통제체계의 효과적인 발전방향을 모색하는데 도움이 될 것이다

향후연구에서는 정보의 흐름을 세부적으로 파악할 필요가 있다. 합동성 / 연합성, 정확도, 지휘통제시간 측면의 효과분석이 필요하다 이를 위해 연관체계들의 각각의 가중치를 기반으로 정보의 양 및 정보의 질을 파악하여 상관관계를 규명하는 방안에 대해서 지속적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] Seokhyun jang, Kyungwon Lee and Sunhee Jang "A Framework Based on A Semantic Graph for Visualization of Influence On A Social Network" 2006.
- [2] J.P. Scott, "Soical Network Analysis : A Handbook", SAGE Publications, london 2000.
- [3] Park, An Evaluation of the Effectiveness of MCRC System using System Dynamics, 2007.
- [4] Chang Hyun Choi, Gunwoo Park, "An Influence Value Algorithm based on Social Network in Knowledge Retrieval Service" 15~18, 2008.
- [5] Wasserman, S.,and K.Faust. "Social Network Analysis : Methods and Applications". Cambridge University Press, pp 270-316, 1994.
- [6] FREEMAN L, "Centrality in Social Networks : A Conceptual Classification", NO.1, 1979.
- [7] 김용학, "사회 연결망 분석", 박영사 2003