

소셜 네트워크 분석과 지휘통제시간을 고려한 네트워크 영향력 요소 분석

전진태*, 박건우**, 이상훈***

Analysis of Network Influence Factor considering Social Network Analysis and C2 Time

Jin-Tae Jeon*, Gun-Woo Park**, Sang-Hoon Lee***

요약

사회 문화 전반에 걸쳐 각종 체계를 네트워크로 연결하여 정보를 공유하고 다양화하려는 시도가 지속적으로 이루어지고 있다. 이러한 변화에 부합하여, 군 전쟁 수행방식은 개별 전투체계를 기반으로 하는 플랫폼 중심 전쟁(Platform Centric Warfare)에서 정밀 화력 및 네트워크를 기반으로 하는 네트워크 중심 전쟁(Network Centric Warfare)으로 개념이 바뀌고 있다. 더불어, 이러한 네트워크로 연결된 체계들을 효율적으로 운영하여 최대의 효과를 달성하기 위한 노력이 지속적으로 이루어지고 있다. 그러나 이러한 분야의 연구는 민간분야에서는 활발히 진행 중이나, 아직까지 군 네트워크 체계 분석에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 최근 사회, 과학적으로 폭 넓게 활용되고 있는 소셜 네트워크 분석(Social Network Analysis)방법을 군 네트워크 체계에 적용하여 네트워크 구조적 영향력 요소를 규명한다. 이때 지휘통제시간을 효과 측정수단으로 분석하여, 이와 소셜 네트워크 분석요소와 상관관계를 규명한다. 본 연구를 통해 향후 발전적인 네트워크 구성을 위한 네트워크 영향력 요소를 식별하였다는데 가치가 있다.

▶ Keyword : 소셜 네트워크 분석, 지휘통제체계, 지휘통제시간, 중앙성, 연결 중앙성, 인접 중앙성, 사이 중앙성

Abstract

Over the society the trial for several systems to be connected with Network has been continued to share information and to make it various. In accordance with such a change, the concept of military warfare conduction has been changing form platform centric warfare in separate combat system based on network centric warfare in network based. We have continuously made an effort that we try to get the goal with efficient system which is linked up with network, but such a study

• 제1저자 : 전진태 교신저자 : 이상훈

• 투고일 : 2010. 09. 17, 심사일 : 2010. 09. 27, 게재확정일 : 2010. 10. 25.

* 국방대학교 정보체계학과 석사과정(Dept. of Defense info. Defense Management Graduate School, Korea National Defense Univ)

** 국방대학교 정보체계학과 박사과정(Dept. of Defense info. Defense Management Graduate School, Korea National Defense Univ)

*** 국방대학교 정보체계학과 교수(Dept. of Defense info. Defense Management Graduate School, Korea National Defense Univ)

on that one in military system analysis is still slower than the study out of military until now. So this study is searching network influence factor by using military network with application of social network analysis method which is used broadly in the society and the science as well. At this time we search co-relationships between social network and the thing that we can analyse C2 time by effectiveness measurement means. By this study it has value of network influence factor identification for the growing network composition.

▶ Keyword : Social Network Analysis, Command and Control System, Command and Control Time, Centrality, Degree centrality, Closeness centrality, Betweenness centrality

체계를 대상으로 평가 및 분석을 실시한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구를 제시한다.

I. 서론

전쟁은 과거 플랫폼 중심 전쟁을 거쳐 네트워크 중심 전쟁으로 발전하고 있다. 네트워크 중심 전쟁은 지휘통제(C2 : command and control)체계를 중심으로 전장감시(ISR : Intelligence Surveillance Reconnaissance), 정밀타격(PGM : Precision Guided Munition)체계의 유기적인 연계를 통해 먼저 보고, 먼저 이해하고, 적시에 최선의 결정을 내려서, 최대한 빠르게 적을 제압하는 개념이다[1],[2]. 곧, 전장에서 정보공유, 지휘전달속도, 치명성, 생존성 및 자동화 수준을 높이기 위해 감시(Sensor)체계로부터 타격(Shooter) 체계까지 네트워크로 연결하는 정보 우위의 전쟁 개념이라 할 수 있다. 이러한 변화에 부합하여, 미국, 일본 등의 선진국들은 지휘통제체계를 중심으로 감시 체계, 타격 체계 등 첨단 정보통신기술을 활용한 군의 정보화 및 과학화를 적극적으로 추진하고 있다. 그러나 첨단체계 도입으로 작전속도 및 지휘통제시간을 향상 시킬 수 있지만, 구성체계가 효과적으로 사용 되지 못한다면, 수많은 첨단체계의 능력을 효율적으로 사용하지 못하는 결과를 가져 올 수 있어 네트워크화된 체계를 효율적으로 사용하는 것은 굉장히 중요한 문제로 인식되고 있다. 이러한 중요성에도 불구하고, 지휘통제체계를 비롯 각종 체계들이 효율적인 구조를 갖고 있는지에 대한 네트워크 구조의 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 현 운용중인 군 체계를 대상으로 이를 소셜 네트워크 분석 방법을 적용하여 특정 지휘통제체계의 구축 전/후의 네트워크 분석을 실시한다. 이때 구축 전/후의 효과를 비교하기 위하여, 지휘통제시간이라는 측정변수와 소셜 네트워크 분석 방법 중 중앙성 요소의 상관관계를 분석한다. 이를 통해 향후 발전적인 네트워크가 가져야할 영향력 변수를 식별한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련연구를 살펴보고, 제3장에서는 소셜 네트워크 분석방법을 적용한 네트워크 분석 방법에 대해서 논하며, 제4장에서는 현 운용중인

II. 관련 연구

1. 소셜 네트워크 분석

소셜 네트워크란 일반적으로 개인(또는 기관)으로 이루어진 노드들과 이들 사이의 특정 성질로부터 기인하는 관계들을 연결하여 생성되는 구조를 말한다. 이러한 네트워크의 노드나 링크의 형태를 분석함으로써 네트워크의 전체적인 구조나 링크의 특성, 노드들의 영향력 관계 등을 이해 할 수 있다. 그림 1은 Paul Baran가 제안한 네트워크 구성 형태를 보여주고 있으며, 중앙 집중형, 분산 집중형, 분산형 등 3가지로 구분된다. 분산 집중형 또는 분산형 네트워크는 중앙 집중형 보다 더 발달된 구조이다. 곧, 중앙 집중식 네트워크는 모든 정보를 중앙에서 전체적으로 관리하는 시스템으로 동시에 동작하는 분산 집중형 네트워크 구조에 비해 융통성이 적고 대규모 정보 관리에 미흡하며, 네트워크상에서 메시지 교환이 가장 잘 이루어지지 않는 형태라 할 수 있다[3][4][5].

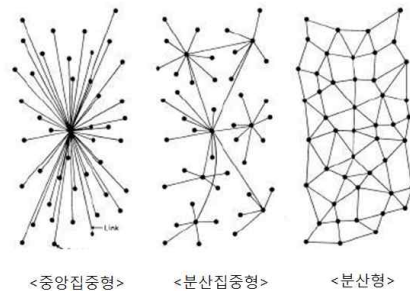


그림 1. 네트워크 구조
Fig. 1. Network structure

소셜 네트워크 분석 방법을 적용한 다수의 논문들이 존재

한다[6][7]. 그 중에서 그림 2(a), 2(b)는 소셜 네트워크 분석 방법 중에서 중앙성 기법을 중심으로 네트워크 파워를 분석한 사례이다[8]. 먼저 그림 2(a)는 2개의 이원화된 구조 보여주고 있다. 이러한 구조에서는 각 그룹에 대한 통제는 가능해지나, 정보 유통이나 공유측면에서는 폐쇄적인 구조를 갖는다. 그림 2(b)는 그룹의 최상의 기관을 연결한 것으로, 두 체계를 연결하는 것만으로도, 사이 중앙성이나 인접 중앙성의 영향이 증대되어 단일체계를 구축했을때 보다 정보 공유나 효율성이 증대 된다. 이때 사이 중앙성이 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이처럼 네트워크 구조를 어떻게 효율적으로 연계하느냐에 따라서 체계의 효율 및 네트워크 파워를 증진시킬 수 있다. 그러나 본 사례에서는 단적인 요소들만이 사용된 사례로써, 이외에 연결 중앙성, 위세 중앙성 등의 추가적인 영향력에 대한 검토가 필요하다.

따라서 본 논문에서는 네트워크 파워 및 효과를 비교 분석하기 위해 지금까지 분석되지 않았던 군 체계를 대상으로 네트워크를 비교 분석하게 되며, 이를 위해 효과 비교 수단으로 지휘통제시간이라는 측정 변수를 두었다. 그리고 지휘통제시간의 변화와 소셜 네트워크 분석을 통한 군 네트워크 구조와의 상관관계를 비교함으로써 지휘통제시간에 영향을 미치는 요소를 식별한다.

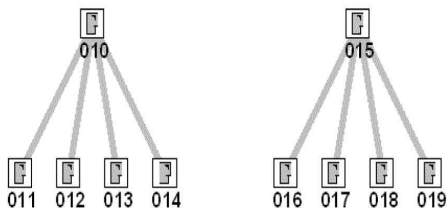


그림 2(a). 네트워크 분석 사례
Fig. 2(a). Example of Network Analysis

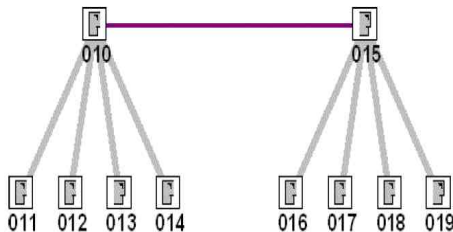


그림 2(b). 네트워크 분석 사례
Fig. 2(b). Example of Network Analysis

2. 군 네트워크 구성 체계

군의 네트워크 구성 체계는 표적을 탐지, 식별, 분류, 교전 및 평가하기 위해, 크게 그림 3과 같이 감시체계, 지휘통제체계, 타격체계로 구성된다[9]. 즉, 감시체계로부터 획득된 정보를 활용하여 지휘통제체계에서 판단 및 결심 후 타격체제로 적을 무력화시키는 형태로써, 각 체계들은 네트워크화(Networking)된 하나의 연결망을 통해 정보를 공유하고 조직화한다. 각 체계의 세부 개념은 표 1과 같다. 또한, 군 네트워크와 유사한 체계로 민간 기업¹⁾에서 정보량을 감시하는 체계를 도입하여 운용중이며, 이러한 네트워크 구조를 효율적으로 사용하려는 시도가 활발히 진행 중이다.

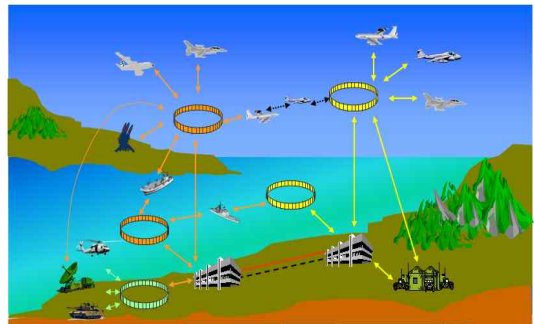


그림 3. 군 네트워크 구조 예
Fig. 3. Example of Military Network Architecture

표 1. 군 네트워크 구성 요소
Table 1. Military Network Components

구분	개념
감시체계 (Sensor)	지·해상, 공중, 우주의 센서로부터 정보를 획득하는 체계
지휘통제체계 (C2)	감시체계로부터 획득된 정보를 근거로 정보공유 및 처리, 판단하는 체계
타격체계 (Shooter)	물리적 전투수단으로 실제로 전투를 수행하는 체계

3. 소셜 네트워크 분석 VS. 군 네트워크 체계

소셜 네트워크 분석은 군 네트워크 구조 분석의 두 가지 측면에서 중요한 이론적 기초를 제공한다. 첫째, 진화도 분석의 출발점에는 군 구조 특성상 독립적으로 이루어지기 보다는 이를 뒷받침하는 정보 제공체계들과의 유기적 연계 체계에 의해 이루어진다는 전제조건을 두고 있다. 따라서 각 체계 간 진화정도 분석의 핵심이 이에 참여하는 주체간의 효율적 연계 여부에 두어지고 있는데, 소셜 네트워크 이론의 분석단위가

1) LG CNS 데이터센터, KT 종합 망 관리 센터

개인의 속성이 아닌 개인의 관계적 속성에 두어지는 만큼 양자 간에는 분석방법에 있어 높은 상관도를 갖고 있다. 둘째, 군 네트워크 체계 분석의 최종목표는 현재 체계와 주변 자원 제공자가 시현하는 연계구조가 군 네트워크 체계 구조의 성장을 위해 최적의 조건을 제시하고 있는지 여부를 평가하는 것이다. 그런데 소셜 네트워크 분석 이론의 계량적 측정 모델 관점이 사회적 경제적 목표 달성을 위해 현재의 네트워크 구조가 얼마나 효율적인지 여부에 두어지는 만큼 지휘통제체계의 진화도 분석에 중요한 계량 기법을 제공하고 있다.

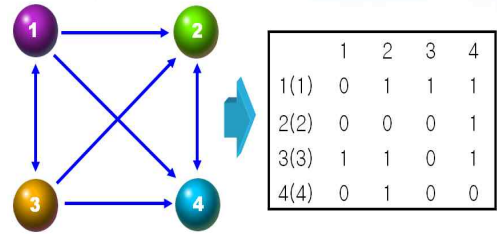


그림 4. 상관관계 매트릭스
Fig. 4. Associated Matrix

III. 본 론

1. 분석 대상

분석 대상으로는 아래와 같이 현재 운용중인 군 지휘통제 체계(예, ACC, U-ACC)를 중심으로 분석 한다.

- ACC(Automated Command and Control)
합동성, 연합성을 고려한 자동화 체계로써, 정보획득 지연 및 정보의 부정확 등의 제한점을 보완하기 구축된 자동화 체계
- U-ACC(Upgrade-Automated Command and Control)

ACC체계와 동일한 임무를 수행하는 자동화 체계이나, 효율적인 작전 임무를 위해 동일한 기능의 체계를 추가 배치하여 전체 체계를 분권화²⁾하여 통제하는 시스템

2. 분석 내용

2.1. 네트워크 구조 분석

네트워크 구조를 분석하기 위해서는 수집된 데이터를 기반으로, 상관관계 매트릭스(Associated Matrix)를 활용하여 체계 간 정보 흐름을 파악한다. 사용된 상관관계 매트릭스는 그림 4와 같다. 두 체계가 관계가 있으면 1로, 관계가 없으면 0으로 표기하는 이분적(binary)측정법으로 처리하였으며, 대각행렬은 자기 전달관계를 고려하지 않으므로 “0”의 값을 갖는다[10].

위에서 식별된 각 체계의 상관관계를 기준으로 네트워크 구조를 시각화 하여 전체적인 구조를 파악한다. 그리고 상향별 중앙성 값을 분석한다. 이를 위해 UCINET³⁾이라는 네트워크 분석 툴을 사용한다.

- 네트워크 시각화(Network Visualization)

네트워크 시각화는 연관관계를 갖는 정보체계들과의 유기적인 연계 요소를 파악하고, 이들 간의 정보흐름의 파악을 용이하게 해주며, 이를 통해 연관 체계들의 상관관계의 이해를 돕고, 궁극적으로 최적화된 모델을 산출해 낼 수 있는 기반이 된다. 본 논문에서는 앞에서 언급한 상관관계 매트릭스를 활용하여 체계를 식별하고 ACC, U-ACC체계를 기준으로 네트워크 구조를 시각화하고 분석한다.

- 중앙성 분석(Centrality Analysis)

수많은 사회과학적 연구들은 네트워크 분석에 있어서 중요한 지표로 중앙성 지표를 사용한다[11][12]. 이러한 중앙성은 한 행위자(예, 객체, 체계)가 네트워크에서 중심에 위치하는 정도를 표현하는 지표이다. 한 네트워크에서 중심에 위치한다는 것은 다른 행위자들에 대한 영향력과 권한, 정보와 자원 획득 면에서 유리한 위치에 있다는 것을 의미한다. 표 2에서 알 수 있듯이 중앙성은 연결 중앙성(Degree Centrality), 인접 중앙성(Closeness Centrality), 사이 중앙성(Betweenness Centrality) 및 위세 중앙성(Eigenvector centrality) 등으로 분류 할 수 있다. 예를 들면, 연결 중앙성을 측정해보면, 어느 노드가 네트워크 내에서 중심적 허브 역할을 하는지 알 수 있으며, 사이 중앙성은 네트워크 내에서 브로커(중개인)의 역할적 의미에서 체계 변화와 혁신 차원에서 대단히 중요한 의미를 갖는다[13][14][15][16].

본 연구에서는 ACC, U-ACC 네트워크 구축에 대한 영향력 요소를 식별하기 위해 표 2에서 제시한 연결, 인접, 사이, 위세 중앙성 값을 종합으로 측정하였다.

2) 작전구역을 분할하여 해당 구역 내에서 지휘 및 통제가 이루어지는 개념

3) Freeman에 의해 개발된 네트워크 종합 분석 툴로써, 밀도, 중앙성 등 다양한 네트워크 상관관계 분석이 가능

표 2 중앙성의 종류와 개념
Table 2. Concepts and Type of Centrality

종 류	개 념
연 결 중앙성	연결망 내에서 한 노드가 다른 노드들과 어느 정도 연결되어 있는 기를 말하는 정도, 타 노드와 어느 정도나 많이 연결되어 있는지를 나타낸다.
인 접 중앙성	노드가 네트워크에서 모든 다른 노드들에 근접해 있는 정도를 나타낸다. 연결망의 중앙에 위치하게 되며 다른 모든 노드들과 가깝게 있기 때문에 쉽게 관계를 맺을 수 있으며, 그만큼 중심적인 역할을 하는 것으로 간주한다. 연결망에서 한 노드가 다른 노드에 도달하는데 필요한 최소 단계의 합으로 계산되며, 인접 중앙성의 값이 낮을수록 연결망의 중앙에 놓게 된다.
사 이 중앙성	의사소통 구조에서 노드(node)간의 정보 흐름을 통제 하는 역할을 한다. 서로 직접적으로 연결되지 않고 다른 노드들의 중간에서 어느 정도 연결고리의 역할을 하느냐의 정도를 나타낸다. 따라서 연결망에 있는 다른 노드들이 얼마나 정보흐름상 거쳐 가야 할에 따라 체계의 값이 결정된다.
위 세 중앙성	전체 연결망에서 중앙에 위치하게 되고 중앙에 있는 노드들과 관계가 많을 때 위세 중앙성은 높은 값을 가지게 된다.

2.2. 지휘통제시간(Command and Control Time)

정보기술의 발달과 더불어 군 내부에서도 첨단 지휘통제체계가 도입되어 운영 중이다. 또한 이렇게 도입된 첨단 체계는 실시간으로 작전임무를 수행하기 위해 필요한 제반 요소들로써, 작전반응시간, 정보력, 지휘통제능력을 향상시킨다. 이러한 제반요소들에 의한 작전통제능력의 향상은 실시간 통제가 가능해져 지휘통제시간의 감소를 가져온다. 그러나 이러한 체계에 대한 실질적인 효과에 대한 검증이 미흡하다. 이러한 효과검증수단으로 지휘통제시간을 대표적으로 분석하였다. 그림 2는 지휘통제시간을 산출하기 위한 개념도이다. 군 네트워크 구조에서 각의 체계 사이에는 지휘통제 관계에 놓이게 된다. 그림 5에서 보듯이 전체 네트워크에서 생성되는 지휘통제 관계는 a1을 중심으로 a~g까지 7개의 지휘통제 경로가 존재한다. 이러한 각각의 지휘통제 관계가 종합적으로 고려되었을 때, 전체 네트워크의 지휘통제시간을 산출 할 수 있다.

위 개념도를 수식으로 표현하면 수식 (1)로 표현이 가능하다. 각 노드간의 거리를 홉 디스턴스(Hop-Distance)를 고려하여 각 노드 간의 지휘통제 관계들의 총합으로 나타내었으며, 이때 동일한 위상의 노드끼리의 지휘통제시간을 같은 것으로 고려, leap-node 수로 이를 나누어 주었다. leap-node는 최종 단말 노드를 뜻하는 것으로 그림 5에서 a7, a5, a8을 뜻한다. 또한, 지휘통제시간에 사용되는 k는 9초(sec)의 값을 갖는 것으로, 체계 구축 시 고려된 물리적 시간의 각 노

드별 평균 시간이다.

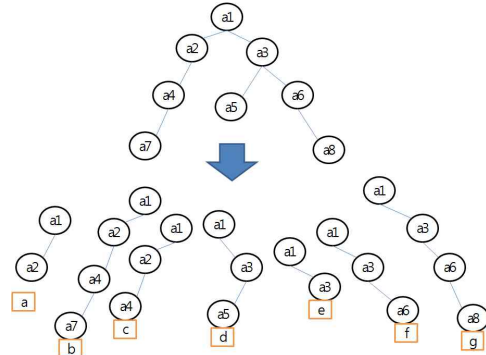


그림 5. 지휘통제시간 산출 개념도
Fig. 5. C2 time Computation Architecture

$$CC_{time(p)} = \frac{\sum_{i=1}^n K \cdot a_i_hopdistance}{C_leap\ node} \dots\dots\dots (1)$$

- $CC_{time(p)}$: P 노드 중심의 지휘통제 시간의 총합
- K : 노드 간 소요시간
- $a_i_hopdistance$: i번째 노드의 홉 디스턴스
- $C_leap\ node$: Leap Node의 수

U-ACC체계를 기준으로 구축 전(ACC)/후(U-ACC)의 지휘통제시간의 비교 분석을 위해 식(2)로 그 비율을 측정한다.

$$CC_{t-contrast} = \frac{CC_{time(a)}}{CC_{time(b)}} \dots\dots\dots (2)$$

- $CC_{t-contrast}$: 구축 전/후 지휘통제시간 비율
- $CC_{time(a)}$: 체계 구축 후 지휘통제시간
- $CC_{time(b)}$: 체계 구축 전 지휘통제시간

2.3. 네트워크 구조와 지휘통제시간과의 상관관계 분석

ACC, U-ACC체계의 효과를 비교하는 지표로써 지휘통제 시간이라는 변수를 두었다. 지휘통제시간의 변화가 네트워크 구조 분석의 어떠한 영향력 요소에 의해 변화가 되었는지를 검증할 필요가 있으며, 이를 위해 중앙성 요소와 상관관계 분석을 통해서 지휘통제시간의 변화에 영향을 주는 요소를 식별하고 분석한다. 이를 위해 SPSS4)분석 툴을 사용하여 상관관계를 규명하고, 회귀 분석을 통해 어떠한 요소가 영향을 가지는지 분석하여, 향후 발전적이고 효율적인 네트워크를 구성하기 위한 영향력 요소를 제시한다.

4) 상관관계분석, 회귀분석 등의 통계학적 분석 툴

IV. 평가 및 분석

1. 데이터 셋(Data Set)

평가 및 분석에 사용된 세부 데이터는 표 3과 같이 U-ACC 구축 전에는 감시체계, 지휘통제체계, 타격체계 등 158개 데이터를 사용하였으며, U-ACC 구축 후에는 159개의 데이터를 사용하였다. 그리고 각각의 체계를 감시체계, 지휘통제체계, 타격체계별로 노드의 수를 구분하여 적용하였는데, 이는 향후 네트워크 분석 시에 영향을 미치는 체계 균을 식별하기 위함이다. 노드 중 A019가 ACC 체계를 나타내며, A159가 U-ACC 체계를 나타낸다.

표 3. 데이터 셋
Table 3. Data Set

구분	U-ACC 구축 전	U-ACC 구축 후
감시체계 (Sensor)	A1~A18(18개)	A1~A18 A159(19개)
지휘통제체계 (C2)	A19~A83(65개)	A19~A83(65개)
타격체계 (Shooter)	A84~A158(75개)	A84~A158(75개)

2. 네트워크 시각화

그림 6(a)는 U-ACC 구축 전의 네트워크 구조를 시각화한 것이다. U-ACC 구축 전은 ACC체계를 중심으로 방사형태의 중앙 집중형 형태를 보이고 있다. 이에 반해, 그림 6(b)는 U-ACC 구축 후의 네트워크 구조를 시각화한 것으로 분산 집중형 네트워크 구조를 보이고 있다. 전체 집중도⁵⁾ 산출의 경우, U-ACC 구축 전의 ACC중심 체계는 13.83%, U-ACC구축 후에는 8.5%로써, U-ACC체계 구축 후가 분산된 네트워크 형태임을 수치로 보여주고 있다. 이는 U-ACC체계가 구축됨으로써 네트워크 구조가 ACC, U-ACC 중심으로 이원화되어 통제하는 구조로 변화됨을 뜻한다. 이와 같은 분산 네트워크 구조는 중앙 집중형 구조보다 발전된 형태로서, 중앙 집중식 네트워크의 모든 정보를 중앙에서 전체적으로 관리하는 시스템의 단점인 정보처리에 있어서 융통성이 적고 대규모 정보 관리에 미흡하며, 메시지 교환의 문제점이 개선되

었다고 할 수 있다[5]. 곧, U-ACC체계가 지역별로 처리해야 할 정보 획득 및 처리, 관리에 유용하다 할 수 있으며, U-ACC체계 구축 전보다 안정적인 구조라 할 수 있다.

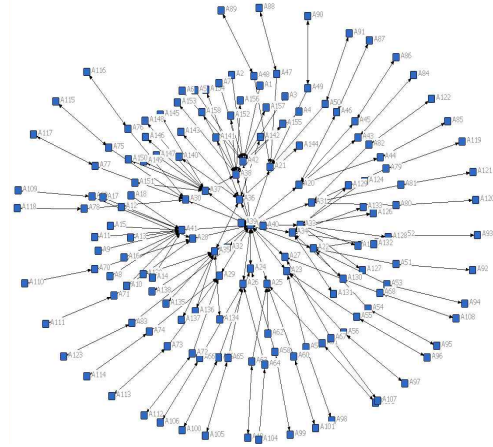


그림 6(a). U-ACC 구축 전 네트워크 구조
Fig. 6(a). Network Structure of before U-ACC system

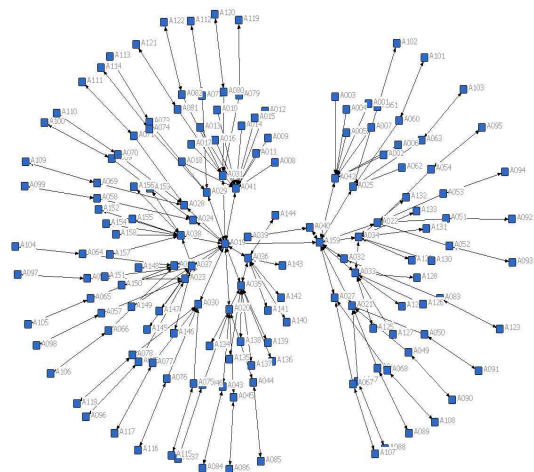


그림 6(b). U-ACC 구축 후 네트워크 구조
Fig. 6(b). Network Structure of after U-ACC System

3. 중앙성 분석

- U-ACC 구축 전(ACC체계 중심)

표 4는 ACC체계 중심의 네트워크에 대한 중앙성 분석을 실시한 결과이다. 분석 요소로는 연결, 인접, 사이, 위세 중앙성의 4가지 요소를 중심으로 분석하였으며, 각각 요소의 값이

5) 한 네트워크에서 네트워크전체가 한 가지 “중심”으로 집중되는 정보를 표현하는 지표

높은 순서대로 정리하였다. 분석 결과에 의하면, A019(ACC) 체계가 연결, 인접, 사이, 위세 중앙성 분석에서 가장 높은 순위를 기록했으며, 각 측정 요소별 1~10순위가 ACC체계를 비롯하여 지휘통제체계(A019~A083)요소들이 높은 값으로 식별되었다.

표 4. U-ACC 구축 전(ACC체계 중심) 중앙성 분석
Table 4. Centrality Analysis of before ACC system

연결 중앙성		인접 중앙성		사이 중앙성		위세 중앙성	
Node	Value	Node	Value	Node	Value	Node	Value
A019	23	A019	47.4	A019	94.4	A019	0.91
A038	9	A041	33.7	A041	13.5	A037	0.31
A037	9	A037	33.7	A020	9.9	A038	0.31
A035	8	A038	33.7	A030	9.9	A035	0.29
A034	7	A035	33.4	A031	9.9	A041	0.29
A036	7	A036	33.4	A022	9.9	A036	0.28
A033	7	A031	33.3	A021	9.9	A033	0.28
A020	5	A033	33.3	A038	8.7	A034	0.28
A044	2	A034	33.3	A042	8.7	A042	0.24
A079	2	A030	33.3	A037	8.7	A039	0.22
A045	2	A021	33.3	A025	8.7	A040	0.22
A047	2	A020	33.3	A035	7.5	A020	0.21
.
.
.
.
A018	1	A123	19.7	A018	0	A123	0.01

연결 중앙성 측면에서 값이 높다는 것은 단순 연결성을 기준으로 볼 때, A019(ACC) 체계가 연결망에서 가장 중요함을 뜻한다. 즉, 해당 노드가 사용 할 수 있는 가용 자원이 많다는 것을 의미하고, 이는 다시 그 체계가 관계의 중심이 존재한다는 뜻이 된다. 또한, 네트워크 내에서 다리(bridge) 또는 중개자 역할을 측정하는 사이 중앙성에 있어서도 A019(ACC) 체계가 높은 값을 보이고 있다.

인접 중앙성, 위세 중앙성 측면에서도 높은 수치를 보였는데, 인접 중앙성은 특정 노드에서 경로 거리(farness)의 총합의 역수(1/farness)로 나누어진 값으로 표현되며, 그 값은 거리에 반비례한다. 곧, 주변 노드들과의 밀접도 및 거리가 가까울수록 그 값이 높아지는데, 이 역시 ACC체계 및 지휘통제체계들이 높은 값을 유지하고 있다. 위세 중앙성 또한 높은 순위를 차지했다. 위세 중앙성이란 한 노드가 얼마나 중요한 노드들과 많이 연결되었는지를 나타내며, 전체 연결망에서 보유한 중요성을 반영하여 노드의 중앙성을 나타내는 지표라 할

수 있다. 곧, 연결망 내에서 더 중요한 노드들과 연결되는 노드가 타 노드에 비해 그 현실적 중요성에서도 더 중요 할 것 이란 논리에 따른 것이다. 곧, 이는 ACC를 기준으로 연결망의 여러 중요 결점과 긴밀한 연결성을 보이기 때문이다.

그러나 ACC값을 다른 노드들과 비교해보면, 그 갭(gap)이 큼을 알 수 있다. 특히, 사이 중앙성과 위세 중앙성의 각각의 순위를 비교 해 볼 경우, 1순위의 ACC(94.4 / 0.91)는 2순위(13.5 / 0.31)를 기록한 노드들에 비해 현저한 격차를 보임을 알 수 있다. 이는 특정 체계(ACC체계)에 지나치게 편중된 네트워크 구조를 갖고 있다 할 수 있으며, 이러한 구조는 정보의 처리, 배분, 통제에 있어서 문제 발생 시 체계별 불균형이 발생 할 수 있는 구조를 갖고 있다.

· U-ACC 구축 후(U-ACC체계 중심)

표 5는 U-ACC체계 구축 후의 네트워크에 대한 중앙성 분석을 실시한 결과이다. 분석 요소는 U-ACC체계 구축 전의 ACC체계 중심의 분석 방법과 동일하게 4가지 중앙성 요소에 대해 분석을 실시하였다. 연결, 인접, 사이, 위세 중앙성 측면의 분석결과 A159(U-ACC) 체계가 가장 높은 순위를 보였다.

표 5. U-ACC 구축 후(U-ACC체계 중심) 중앙성 분석
Table 5. Centrality Analysis of after U-ACC system

연결 중앙성		인접 중앙성		사이 중앙성		위세 중앙성	
Node	Value	Node	Value	Node	Value	Node	Value
A159	15	A159	40.8	A159	83.5	A159	0.56
A019	10	A019	36.4	A019	55.5	A019	0.26
A038	9	A041	30.2	A041	13.4	A037	0.24
A037	9	A037	30.2	A020	9.8	A038	0.24
A035	8	A038	30.2	A030	9.8	A041	0.23
A034	7	A035	30.0	A031	9.8	A035	0.22
A036	7	A036	29.9	A022	9.8	A036	0.21
A033	7	A031	29.9	A021	9.8	A020	0.14
A020	5	A030	29.9	A038	8.6	A030	0.14
A044	2	A020	29.9	A042	8.6	A031	0.14
A079	2	A028	29.6	A037	8.6	A023	0.13
A045	2	A023	29.6	A025	8.6	A026	0.13
.
.
.
.
A018	1	A123	17.5	A018	0	A123	0.003

U-ACC 구축 후에도 역시 1~10순위가 지휘통제체계로 구성됨을 알 수 있었으며, U-ACC체계 구축 후, ACC체계에만 집중되었던 수치들이 모두 감소했다. 예를 들면, U-ACC

체계 구축 전에 사이 중앙성과 위세 중앙성의 수치가 2순위와 현저한 격차(83, 0.6)를 보였지만, U-ACC구축 후에는 사이 중앙성이 28%, 위세 중앙성이 0.3%으로 그 격차가 확연히 줄어든 것을 알 수 있다. 이는 U-ACC체계의 구축을 통해 중앙에 집중되었던 체계의 지휘통제구조가 개선된 결과라 할 수 있다. 곧, U-ACC 구축 전/후를 비교 하였을 때, 불균형 요소를 제거한 U-ACC 구축 후 체계가 더 안정적이며 진보된 체계라 말할 수 있다.

4. 지휘통제시간 분석

지휘통제시간 분석은 그림 5에서 설명 했 듯이 기준체제인 ACC, U-ACC체계를 기준으로 각 노드간의 거리를 홉 디스틴스와 각 노드 간 소요되는 시간과의 상관관계를 중심으로 분석하였다. 표 6은 ACC체계와 U-ACC체계를 비교 분석한 것으로 수식 (3)에 의한 분석 결과 23%의 단축 효과를 보였다. 이는 분권화된 형태로 효율적으로 체계들을 통제 할 수 있게 된 결과라 할 수 있다.

$$CC_{t-contrast} = \frac{CC_{time(after)}}{CC_{time(before)}} \dots\dots\dots (3)$$

표 6. 지휘통제시간 비교
Table 6. C2 Time comparison

구분	지휘 통제 시간
U-ACC 체계 구축 전	36.35sec
U-ACC 체계 구축 후	28.21sec

5. 네트워크 구조와 지휘통제시간과의 상관관계 분석

표 7은 위에서 분석한 내용을 기반으로 정리 및 요약 내용이다. U-ACC체계 구축 전(ACC체계 중심) 및 U-ACC체계 구축 후(U-ACC체계 중심)에 대해 각각을 구분하여 정리하였으며, 각각의 요소별 평균값(Average)을 비교하였다. 또한, 괄호안은 중앙성 요소별 가장 높은 1순위를 기록한 체계의 지수를 표기 하였다. 분석 결과는 전체 집중도 측면에서 ACC체계가 13.6%이며, U-ACC의 8.5%로서 U-ACC체계는 상대적으로 분산 집중형 형태를 보이고 있다. 이와 같은 분산 집중형 네트워크 구조는 ACC체계만 단독으로 구축되었을 때 특정 체계에 집중되었던 구조를 개선하여 체계의 불균형을 해소한 결과라 할 수 있다. 예를 들면, 사이, 위세 중앙성의 1순위와 2순위가 큰 격차(82%, 61%)가 U-ACC 체

계를 구축 시에는 각각 28%, 30%로 크게 개선되었으며, 이는 소수체계들에 집중되었던 정보의 흐름이 크게 개선된 결과라 할 수 있다.

또한, 개별 중앙성 요소 비교 시 에도 사이 중앙성 및 연결 중앙성은 증가된 결과를 보이며, 인접 중앙성 및 위세 중앙성은 감소된 결과를 보였다.

표 7. U-ACC 구축 전/후 비교
Table 7. Comparison of Before and after U-ACC system

구분	네트워크 형태	연결 중앙성	인접 중앙성	사이 중앙성	위세 중앙성	지휘 통제 시간
U-ACC 구축전	중앙 집중형 (13.6)	1.68 (23)	25.13 (47.4)	1.97 (94.4)	0.7 (0.91)	36.35 sec
U-ACC 구축후	분산 집중형 (8.5)	1.70 (15)	22.65 (40.8)	2.24 (83.5)	0.4 (0.56)	28.21 sec

위 분석에 따르면, U-ACC 구축 후에는 U-ACC 구축 전 보다 체계 불균형을 해소한 안정적인 체계라 할 수 있으며, 이러한 변화에 영향을 미치는 요소를 검증하기 위해 지휘통제 시간의 변화와 비교하였다. 이를 위해 지휘통제시간과 중앙성 요소들과의 상관관계를 비교하였다. 먼저, 지휘통제시간은 U-ACC 구축 전에 비해 U-ACC 구축 후의 분산 집중형 형태에서 23% 감소 된 결과를 보였다. 표 8과 표 9는 지휘통제 시간과 중앙성의 상관관계를 비교한 내용이다. 지휘통제시간을 종속변수로 선택하고, 각 중앙성 요소를 독립변수로 선정하여 상관관계를 분석하였다. 표 8는 U-ACC체계 구축 전으로 위세 중앙성을 제외(유의 수준에 벗어남, 0.01>P) 인접, 연결, 사이 중앙성이 상관관계가 있는 요소로 식별되었으며, 인접(44%), 연결(20%), 사이 중앙성(6%) 순으로 중요한 상관성을 보였다.

표 8. U-ACC 구축 전 지휘통제시간과 중앙성의 회귀 분석
Table 8. Regression Analysis of C2 time and centrality about before U-ACC

모형	R	R제곱	수정된 R 제곱	측정값의 표준오차
1	.672 ^a	.452	.448	3.060601
2	.718 ^b	.516	.509	2.88611
3	.840 ^c	.706	.700	2.25626

* a. 예측값 : (상수, 인접중앙성)
* b. 예측값 : (상수, 인접-사이 중앙성)
* c. 예측값 : (상수, 인접-사이-연결중앙성)

표 9는 U-ACC체계 구축 후를 비교한 결과로 사이, 인접, 연결, 위세 중앙성이 유의성(0.01<P)이내에서 상관관계가 존재하였으며, 사이(47%), 인접(13%), 연결(9%), 위세(3%) 중앙성 순으로 영향력이 큰 요소로 식별되었다. 위의 상관 분석을 기반으로 U-ACC체계 구축 전/후를 비교해 보면, 사이 중앙성은 구축 전에 비해 41% 향상되었으며, 인접 중앙성은 31% 감소, 연결 중앙성은 11% 감소, 위세 중앙성은 영향이 없는 요소에서 영향이 있는 요소(3%)로 식별되었다. 특히, 사이 중앙성은 U-ACC체계 구축 후 가장 높은 영향력 요소로 식별되었을 뿐만 아니라, U-ACC 구축 전에 비해서도 가장 큰 폭(41%)의 변화를 보였다. 이에 반해 인접 중앙성은 구축 후에 비해 31%의 감소 효과 보였다.

상기 분석에 따르면, U-ACC체계 구축 전/후에는 지휘통제시간의 영향력 변수로는 사이 중앙성과 인접 중앙성이 가장 높은 영향력 요소로 식별되었다. 사이 중앙성을 높이면, 인접 중앙성을 낮추면 지휘통제시간의 효율이 증가된다. 즉, 사이 중앙성과 인접 중앙성 값의 영향력을 어떻게 사용하느냐에 따라 지휘통제시간의 감소와 구축된 네트워크의 효율을 최대화 할 수 있을 것이다.

표 9. U-ACC 구축 후 지휘통제시간과 중앙성의 회귀 분석
Table 9. Regression Analysis of C2 time and centrality about after U-ACC

모형	R	R 제곱	수정된 R 제곱	측정값의 표준오차
1	.689 ^a	.475	.472	3.19734
2	.753 ^b	.567	.561	2.91393
3	.839 ^c	.705	.699	2.41439
4	.847 ^d	.718	.711	2.36749

- a. 예측값 : (상수, 사이 중앙성)
- b. 예측값 : (상수, 사이 - 연결 중앙성)
- c. 예측값 : (상수, 사이 - 연결 - 인접 중앙성)
- d. 예측값 : (상수, 사이 - 연결 - 인접 - 위세 중앙성)

V. 결 론

본 연구는 군 네트워크 체계의 U-ACC 체계의 구축 전/후에 대한 네트워크를 분석하였으며, 현 운용 네트워크가 과거에 효율적인 구조를 갖고 있는지, 효율적인 구조를 갖기 위한 영향력 요소가 무엇인지 분석하였다. 이를 위해 지휘통제시간 측면의 영향력 요소를 두어, U-ACC체계 구축 전/후의 중앙성과 비교하였다.

비교 결과에서는 U-ACC체계 구축 후에는 U-ACC체계 구축 전에 비해 네트워크 형태가 정보의 유통에 유리한 분산

집중형 네트워크 체계로 변화되었으며, 이러한 변화를 검증하기 위한 측정 변수로 지휘통제시간의 변화를 측정하였다. 분산된 집중형 네트워크 구조에서도 지휘통제시간은 향상되었으며, 이러한 지휘통제시간과 네트워크 구조에 영향을 미치는 요소들과의 상관관계를 실시하였다. 분석 결과에 의하면 지휘통제시간과 중요한 상관관계 요소로서, 사이 중앙성과 인접 중앙성의 변화가 중요한 요소로 식별되었다. 사이 중앙성이 높거나, 인접 중앙성의 값이 낮을수록 지휘통제시간은 향상됨을 확인 할 수 있었다. 이러한 지휘통제시간의 효과 상승적 요소를 네트워크에 적용하여 구성한다면 체계 불균형을 해소하면서 지휘통제시간을 향상 시킬 수 있을 것이다.

향후 연구에서는 추가적인 토폴로지(topology)에 대한 분석이 필요하다. 본 연구의 대상인 U-ACC체계는 최적화된 분석 네트워크 구조를 갖지 않는다. 여전히 지역적인 편중이 존재하며, 이러한 지역적 편중에 대한 불균형 요소를 제거하면서 전투효과를 증가 시킬 수 있는 방향의 연구가 필요하다. 또한 본 연구에서는 중앙성 분석 요소만 사용하였으나, 이외의 소셜 네트워크 분석 요소를 적용하여 상관관계를 분석할 필요가 있다. 추가적인 필요 요소를 식별하고 적용함으로써, 정확한 실험 및 연구가 될 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] By Dr. Paul W. Phister, Jr. and Mr. Igor G. Plonisch "Information and Knowledge Centric Warfare: The Next Steps in the Evolution of Warfare," pp. 1-4, 2009.
- [2] Alberts, David S, Garstka, John J., and Stein, Frederick p, "network centric warfare : developing and leveraging information Superiority," pp.9 4, 2002
- [3] Jong-il Lee, "Understanding of Network Management ", pp. 337, 2005.
- [4] Baran, Paul. Introduction to Distributed Communication Networks. Santa Monica : RAID Corporation
- [5] Dong-Won Son, "Social Network Theory," pp. 7, 2005.
- [6] Bemo Buechel and Vincent Buskens, "The Dynamics of Closeness and Betweenness," 2008.
- [7] Loet Leydesdorff, "Betweenness Centrality as an indicator of the interdisciplinarity of scientific Journals," 2006.

- [8] Valdis Krebs, "Power in Networks," 2004.
- [9] Tae-Gong Lee, "NCW Theory and Application," hongpub, pp. 21, 2008.
- [10] Wasserman, S., and KFaust. Social Network Analysis : Methods and Applications. Cambridge University Press, pp. 270-316, 1994.
- [11] J.P. Scott, "Soical Network Analysis : A Handbook," SAGE Publications, london 2000.
- [12] Yong-Hak Kim, "Social Network Theory Revison," Pakyoungsa, pp. 241~269, 2007
- [13] L. Jonathan Dowell "Optimal Configuring of a Command and Control Network : Balancing Performance and Reconfiguration Constraints," pp. 1, 2000
- [14] Bjorklund, Raymond C., "The Dollars and Sense of Command and Control," National Denfense University Press, Washington D. C. 1995
- [15] Peter Essens "agile networking in command and control," c2 journal, pp.188, 2007
- [16] Lambert Review of Business-University Collaboration, London : HMSO. 2003
- [17] Kratke, Stefan Network Analysis of Production Clusters : The Postdam / Babelsberg Film Industry as an Example. European Planning Studies, pp. 10, 2002

저자 소개



전진태

2001 : 한국항공대학교 컴퓨터 공학과 학사

2009-현재 : 국방대학교 정보체계학과 석사과정

관심분야 : 데이터마이닝, 소셜 네트워크, 인공지능, 정보보호

E-mail : jlemear@naver.com



박건우

1997 : 충남대학교 컴퓨터과학과 학사

2007 : 연세대학교 컴퓨터과학과 석사

2008-현재 : 국방대학교 정보체계과 박사과정

관심분야 : 정보검색, 소셜 네트워크, 네트워크 보안,

DataMining, 인공지능

E-mail : pgw4050@hanmail.net



이상훈

1978 : 성균관대학교 정보통신공학과 학사

1989 : 연세대학교 전산학과 석사

1997 : 일본 교토대학교 정보공학 박사

2000-현재 : 국방대학교 정보체계과 교수

관심분야 : 정보검색, 데이터베이스, 미디어 융합

E-mail : 07uandme@gmail.com