

사회연결망 k-코어를 활용한 기술융합 분석: 방위산업 기업의 보유기술 중심

박 동 수*, 윤 한 성**

Technology Convergence Analysis Using Social Network k-Core: Focusing on Company Technologies of Defense Industry

Park, Dong-Soo·Yoon, Han-Seong

〈Abstract〉

A technology can be newly formed through technological convergence achieved by the intersection of two or more technological fields. As the complexity of technology development increases, related interest is increasing. Researches have been carried out on the concept, related indicators and analysis of technology convergence including method of social networks.

This paper intends to suggest an analysis method of technology convergence using social networks based on the company's possessing technologies. According to the similarity of technologies among companies, a social network was constructed and the technology convergence was analyzed using k-core, a social network subgroup method. Using the result of k-core, base and element technologies for convergence was identified with their relations.

Using the suggested method, technology convergence was analyzed on real technology data of defense-industry companies. When the minimum technology similarity is 0, the overall technology convergence relations between technology elements can be identified. In the scope of data in this paper, technologies of defense S/W, aircraft structure and structural materials are identified as important base technology for convergence.

Key Words : Technology Convergence, Similarity, Social Network, k-Core, Defense Industry

I. 서론

1)

둘 이상의 기술 분야가 서로 교차함으로써 이루어지는 기술융합(technology convergence)을 통해 신기술 또는 신산업 분야가 새로이 형성될 수 있다[1]. 최

근 기술발전 복잡도가 커짐에 따라, 이와 같은 기술 융합을 통한 기술혁신 방식에 대해 수요와 관심이 증가하고 있다[2].

기술융합을 파악하기 위한 개념의 정립, 관련 지표 개발 등에서 지속적인 연구가 이루어지고 있으며, 기술융합의 분석에 사회연결망(social network)의 개념 및 분석방식이 활용되고 있다[3, 4]. 사회연결망은 네

* 국방기술진흥연구소 선임연구원 (제1저자)

** 경상대학교 경영대학 교수 (교신저자)

트위크 형태로 사람 또는 사물 간의 관계를 표현하는 방식이며[5], 노드(node) 및 연결선(link)의 기본 요소로써 구성된다. 여기서 사람 또는 사물 등의 개체는 노드로 표현되고, 개체 간의 연결특성은 개체들이 이어주는 연결선(link)으로 표현된다.

기술융합의 분석에서 사회연결망이 활용되는 경우 흔히 특허정보[6-8], 논문정보[9], 언론기사[10] 등의 데이터를 대상으로 한다. 그런데 이러한 데이터를 통한 분석은 기업의 제품개발이나 제품생산에서 실제 이루어지는 기술융합의 확인이 아니라 기술융합의 경향이나 추세와 같은 간접적인 측면을 파악하는 측면이 크다. 즉, 특허 또는 논문 등에서 인용관계가 기술융합을 의미한다는 가정을 전제로 기술융합을 분석하는 것이라고 볼 수 있다. 따라서 제조기업의 제품생산에 활용되는 보유기술의 정보를 대상으로 기술융합 등을 직접 분석한다면, 보다 구체적이고 실질적인 기술융합의 분석 및 파악이 될 수 있다.

본 논문에서는 기업의 보유기술 데이터에 기반한 사회연결망의 구성 및 이를 활용한 기술융합 분석 방식을 제시하고자 한다. 기업들의 보유기술 데이터로써 구한 기업 간 기술유사도(similarity)에 따라 기업을 연결하는 사회연결망을 구성하고, 사회연결망 서브그룹 분석방식인 k-코어를 활용하여 기술융합 분석방식을 정리하였다. 정리한 방식에 따라 국내 방위산업 기관이 보유하고 있는 기술기업의 보유기술 데이터를 대상으로 기술융합 분석을 진행하기로 한다.

II. 이론적 배경

2.1 기술융합과 요소기술

기술융합은 서로 다른 기술 간에 경계가 흐려지는 현상 또는 둘 이상의 기술 분야가 서로를 향해 기

어지는 현상으로 설명된다[11]. 기존 산업 또는 시장의 와해적 전환(disruptive transformation)의 측면에서 기술융합에 의해 창출되는 새로운 가치나 제품의 잠재력이 높게 평가되고 있다[2].

기술융합의 구조를 과학(science)-기술(technology)-시장(markets)-산업(industries)과 같이 순차적인 과정의 계층적인 4단계(phase)의 융합과정으로 제시하기도 한다[12]. 이러한 순차적인 과정의 계층적인 상호의존성은 융합된 기능의 제품을 요구하는 고객의 시장주도력(market pulling force)과 함께 여러 분야의 과학적 또는 기술적 협업이 기술융합으로 실행됨을 의미한다. 기업의 경우 시장요구에 따라 기술융합을 통한 신제품개발이 중요한 경우, 필요한 기술의 확보와 기술 간의 협업이 매우 중요하다.

서로 다른 기술요소들이 융합하는 현상으로 이해되는 기술융합은, 융합의 정도에 따라 기술복합 및 기술수렴과 구분되기도 한다[12]. 기술복합은 기술요소의 속성이 그대로 유지되지만, 기술융합은 융합 이후 기술요소의 속성이 사라지는 것으로 개념적 구분을 하고 있다. 그리고 기술수렴은 기술융합과 유사하나, 일부 요소기술의 특성이 강해지는 경향을 가지는 것으로 구분된다. 그러나 개념적인 모호성이 존재하여 서로 구분하기 어려운 경우가 많은데, 사례로서 스마트폰에 포함된 카메라 기능에 대해 기술복합 또는 기술융합으로 보는 견해가 서로 혼재하기도 한다. 마찬가지로 기술융합과 기술수렴의 경우에도 구분의 모호성이 존재하며 기술수렴을 기술융합의 개념적 확대로 해석하기도 한다[13]. 본 논문에서는 기술융합을 기술복합 또는 기술수렴과 구분하지 않고, 포괄적인 기술융합으로 간주하기로 한다.

기술 분야 간의 경계선에서 기술중개자(technology broker)의 역할을 하는 기업[14] 및 기술지식매개자(technological knowledge intermediary)로서의 요소기술(key technologies)이 기술융합에서 강조된다[13, 15]. 요소기술로 기술융합이 이루어진 사례로서, 정보

통신 여러 분야의 요소기술 및 이들의 융합된 기술로 창출된 스마트폰을 들 수 있다. 즉, 기술융합은 여러 요소기술로써 이루어진다고 볼 수 있다. 요소기술에 덧붙여, 다른 속성의 기술들이 융합되는 기반기술(basic technology 또는 underlying technology)의 중요성이 지적되는데[12, 16-18], IT나 BT 또는 NT 등이 흔히 포함되는 기반기술은 타 분야의 기술에 대해 기술융합의 기회를 폭넓게 유발하는 핵심적인 요소기술인 것으로 이해된다. 여기서 개별 요소기술 또는 기반기술이 속하는 기술분야는 국가 또는 산업 차원의 기술분류체계, 기업이나 연구기관 등의 자체 기준에 의한 기술분류방식[19-21]에서 확인할 수 있다. 그리고 기술융합의 여부 또는 수준을 판단하는 객관적이고 명시적인 기준을 제시하기가 어려운데, 이에 대해 전문가적 판단에 의존하기도 한다[12].

다른 속성의 기술들과 상호결합하여 기술융합을 가속화 및 선도하는 기술요소가 기술융합의 기반기술이 가지는 특징이며, 이러한 기반기술의 선택 및 강화에 대한 전략적 판단이 기술융합에서 강조된다[16]. 기반기술은 기술융합을 주도할 수 있고 여러 다른 산업 분야에서의 응용이 가능한데[17], 디지털융합의 경우 디지털기술이 기반기술의 역할을 통해 음성, 영상, 방송, 개인화 서비스 등의 다양한 기술요소와 결합되는 것으로 이해할 수 있다[18].

이상의 내용으로부터, 혁신을 위한 기술융합을 위해서는 기술지식 매개자 역할이 가능한 요소기술과 기반기술, 그리고 기술융합의 중개자 위치에 있는 기업의 역할이 중요한 것으로 확인된다. 따라서 기업을 대상으로 기업의 실제 보유기술 정보를 통해 기술융합을 분석하고자 하는 경우, 기술융합의 요소기술과 기반기술, 그리고 중개자 기업을 파악할 수 있는 적절한 분석방안이 유용할 수단일 수 있다.

2.2 사회연결망 서브그룹

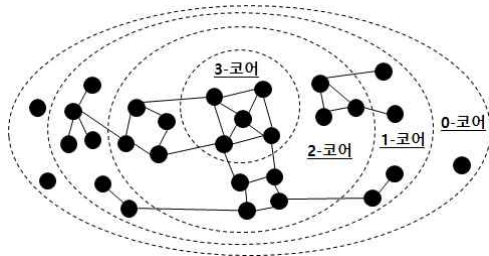
노드와 연결선으로 구성되는 사회연결망은 중심성(centrality)을 비롯한 여러 분석방식을 활용할 수 있으며, 최근 빅데이터 분석도구로서 활용도가 커지고 있다[22]. 사회연결망의 연결선은 개체 간의 연결특성을 나타내는데, 개체 간의 연결특성을 의미하는 데이터가 직접 존재하지 않더라도 개체들의 속성 데이터(attribute data)로부터 계산되는 개체 간의 유사도(similarity)를 연결선(link)으로 활용하여 사회연결망을 구성할 수 있다[23-25].

사회연결망에서 연결특성에 의한 군집화는 서브그룹(subgroup) 방식을 활용한다. 서브그룹에는 <표 1>에 나열된 여러 방식이 활용되며[26], 이 중에서 개체 간 경로가 아닌 연결선 기준의 군집화 방식은 컴포넌트, 거번·뉴먼 알고리즘 및 k-코어이다. 컴포넌트로 구해진 군집 간에는 연결선이 존재하지 않는 특징이 있다. 거번·뉴먼 알고리즘은 군집의 수를 임의로 정할 수 있는 장점은 있으나, 군집의 수의 적정성 또는 개별 군집 내의 동질관계 여부 등의 확인이 필요하다. k-코어는 개체 간 연결상태에 따른 응집성에 따라 네스팅(nesting) 분할을 통해 군집을 구하며[27], 군집 간의 연결상태도 개체 간 연결선을 통해 확인된다.

<표 1> 사회연결망 서브그룹 분석방식[26]

분석방식	특징
컴포넌트	군집별 개체들은 서로 연결선으로 구성된 경로로써 연결되고, 다른 군집의 개체들은 연결되지 않는다.
n-클릭	최단경로가 n개 이하의 노드로 구성된 경로를 통해 모든 개체가 서로 연결된 형태의 군집을 이룬다.
k-플렉스	경로로써 서로 연결된 군집 내의 각 개체는 k개를 제외한 수의 개체들과 서로 직접 연결된다.
람다집합	서로 연결된 개체간의 경로수(λ)가 군집외의 개체와 연결된 경로수보다 큰 형태의 군집이다.
거번·뉴먼 알고리즘	높은 라인매개성의 연결선을 제거해가면서 원하는 수의 군집을 탐색한다.
k-코어	k-코어(core)를 이루는 군집의 각 개체들은 k개 이상의 다른 개체와 연결된다($k=1, 2, \dots$).

k-코어에 의한 군집화한 사례로서 <그림 1>을 보면, 최상위 코어(core)인 3-코어는 1개의 그룹에 포함된 개체들이 서로 3개 이상 연결되어 있다. 그리고 2-코어에서는 서로 연결되지 않은 3개의 그룹이 군집화되어 각각 4개, 4개, 3개의 개체를 포함하고 있다. 이처럼 k-코어는 사회연결망에서 개체를 연결하는 연결선 수에 근거하여 군집화를 이룬다. 그룹에 속한 개체들은 서로 밀접한 연결관계를 가지며, 코어 또는 그룹 간의 연결관계도 쉽게 파악된다.



<그림 1> 사회연결망 k-코어 분석 사례

2.3 기술융합 분석과 사회연결망 k-코어

특허자료 또는 논문자료를 통한 기술융합 분석은 대개 특허 또는 논문의 인용관계를 활용하는데[6-9], 인용관계가 사회연결망의 연결선으로 표현되어 사회연결망이 구성될 수 있다. 구성된 사회연결망에서 중심성이나 이와 유사한 집중도 등으로 기술융합의 핵심 기술을 파악하거나[7], 사회연결망의 거변·뉴먼 알고리즘으로 기술그룹들을 군집화하기도 한다[9]. 사물인터넷기술 분야의 언론기사에서 기술분야 단어의 동시출현 관계로써 구성된 사회연결망의 중심성 등으로 기술융합을 분석하기도 한다[10].

기존의 연구에서 k-코어는 사회연결망에서 개체 간 가장 많은 연결선을 가지는 가장 큰 k값의 상위 코어의 발견에 주안점이 두는 경우가 많으며[28-30], 기술융합의 분석에 k-코어의 활용은 아직 이루어지지 않고 있다. 본 논문에서는 사회연결망 및 k-코어 방식을 기술

융합의 분석에 활용하는 방안을 구성하고, 사례 데이터에서 제안된 방식의 분석과정을 보이기로 한다.

III. 연구 범위 및 프로세스

분석대상 기업들의 기업별 보유기술에 대해 적절한 유사도로써 기업 간 기술유사도를 구할 수 있다. 그리고 이를 연결특성으로 사회연결망을 구성하고, k-코어 방식을 적용할 수 있다. k-코어로써 구한 군집화된 그룹의 기업들은 유사기술을 보유한 기업군일 것으로 예상할 수 있다. 이와 같은 k-코어 분석결과를 바탕으로, 각 그룹의 기업보유 기술 및 기업 간 연결관계 등으로써 기술융합의 분석방안을 제시하고 실제 데이터에 적용하기로 한다.

이와 같은 연구범위에 대하여 본 논문의 연구 프로세스는 <그림 2>와 같이 구성할 수 있다. 첫 단계로 분석대상의 기업들과 보유기술 데이터를 적절한 형태로 구성한다. 구성한 데이터로써 구한 기업 간 기술유사도를 기업 간 연결관계로 하여 사회연결망을 구성한다. 다음으로 k-코어 방식으로써 기업들을 유사기술 그룹으로 군집화한다. k-코어를 통해 식별된 그룹을 대상으로 기술융합 분석방안을 제안하며, 제안된 방식에 따라 사례 데이터에 대한 기술융합 분석 및 결과를 평가하기로 한다.



<그림 2> 연구 범위 및 프로세스

IV. 사회연결망 구성 및 분석방안

4.1 보유기술 데이터와 사회연결망 구성

특정 기술의 확인 및 분류에는 국가, 산업 또는 기업 차원의 기술분류체계[19-21]를 활용할 수 있다. 기술분류체계의 기술항목별로 기업이 보유한 각 기술의 포함 또는 불포함 여부를 각각 '1'과 '0'으로 표시하면, 기업의 보유기술 항목을 <그림 3>의 데이터 형식으로 나타낼 수 있다. <그림 3>에서 'CO002'와 'CO003'의 기업은 모두 기술항목 '4'와 '6'를 보유하는 경우이다. <그림 3>의 데이터로부터, 기업 x와 y의 기술유사도를 다음의 자카드(Jaccard) 유사도 $J(X, Y)$ 로써 계산할 수 있다.

$$J(X, Y) = \frac{|X \cap Y|}{|X \cup Y|}$$

위 식에서 X와 Y는 각각 기업 x와 y의 보유기술 유무에 따라 (0, 0, 1, ..., 0)과 같은 형태로 이루어진다. $0 \leq J(X, Y) \leq 1$ 이며, 기업 x 및 y의 보유기술이 모두 같거나 다른 경우에 각각 '1' 및 '0'의 값을 가진다. <그림 3>의 데이터로부터 구한 자카드 유사도는 <그림 4>와 같이 표현된다.

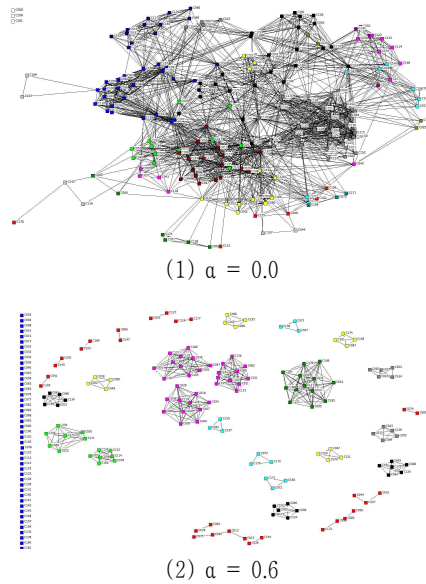
<그림 4>의 자카드 유사도를 기업 간의 연결특성으로 하여 <그림 5>의 사회연결망을 구성할 수 있다. <그림 5>의 사회연결망에서 연결선의 존재여부를 자카드 유사도의 특정 최소값(α) 이상의 경우로 결정하면, α 값에 커짐에 따라 연결선의 존재 가능성이 작아지므로 사회연결망의 연결선 밀도가 희박하게 된다. <그림 5>에서 $\alpha=0.6$ 인 경우, 보유기술이 거의 같은 기업끼리 연결된 여러 개의 그룹으로 나누어진다.

		기술항목														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
기업	CO001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO002	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO003	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO004	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	CO008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CO009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	CO010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0

<그림 3> 기업의 보유기술 데이터

		기업					
		CO001	CO002	CO003	CO004	CO005	CO006
기업	CO001	1	0	0.2	0	0	0
	CO002	0	1	0.666667	0.333333	0	0
	CO003	0.2	0.666667	1	0.25	0	0
	CO004	0	0.333333	0.25	1	0.5	0.5
	CO005	0	0	0	0.5	1	1
	CO006	0	0	0	0.5	1	1
	CO007	0	0	0	0	0	0
	CO008	0	0	0	0.333333	0.5	0.5
	CO009	0	0	0	0	0	0
	CO010	0.111111	0	0.111111	0.125	0.142857	0.142857

<그림 4> 자카드 유사도로 계산된 기업 간 기술유사도



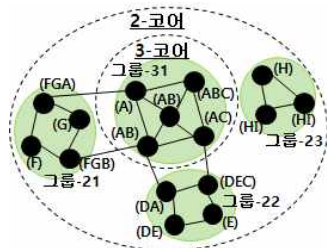
<그림 5> 자카드 유사도 최소값(α)에 따른 사회연결망

4.2 k-코어 및 기술융합 분석

사회연결망에서 <그림 1>과 같이 k-코어로 분리되면 분리된 k-코어 내의 모든 개체는 k와 같거나 많은 수의 다른 개체와 연결되며, k보다 큰 값의 연결정도 중심성을 가진다. <그림 1>이 기업 간 보유기술의 자카드 유사도가 최소값 $\alpha=0$ 에서 구성한 사회연결망이라면, 기업 간의 공유한 보유기술이 1개라도 있는 경우 연결선으로 연결된다. <그림 1>의 상위 코어인 2-코어 및 3-코어에 대해 분리된 그룹과 개별 기업의 보유기술을 가정하여 표현하면 <그림 6>과 같다.

기술융합을 이루는 주요 요소인 중개자 기업 그리고 요소기술 및 기반기술 등이 가지는 속성이 '기업'과 '기술'이라면, 이는 본 논문의 사회연결망 구성에 사용된 데이터의 속성인 기업 및 보유기술과 일치한다고 볼 수 있다. 이와 같은 맥락에서 기술융합의 분석방안을 구성하기 위해, <그림 6>의 k-코어 분석결과를 대상으로 다음 사항을 확인하기로 한다.

- (1) 그룹에 속한 기업 수의 일정 비율(R_1) 이상의 기업들이 공통으로 보유한 그룹별 공통기술 및 이의 보유기업 수
- (2) 각 그룹에서 확인된 공통기술을 보유한 기업 중에 일정 비율(R_2) 이상의 기업들이 함께 보유한 기술 및 해당 기술의 보유기업 수



<그림 6> k-코어 분석 사례

<그림 6>에서 코어별로 확인되는 그룹은 '그룹-31', '그룹-21' 등의 4개이고, 기술 A~I에 대해 기업별 보

유기술은 ()안에 표시되었다. 사회연결망에서 1개의 보유기술이라도 공유하는 기업들은 서로 연결되며, 그룹 내의 기업들은 서로 유사한 보유기술을 가지게 된다. '그룹-31'에 속하는 다섯 기업의 보유기술은 각각 (A), (AB), (AB), (AC), (ABC)이며, 기술 A 또는 B를 각각 100% 및 50% 이상의 기업이 보유하여 그룹에 속한 기업의 보유기술이 서로 유사하다.

그룹별로 $R_1\%$ 이상의 기업이 보유한 기술을 그룹의 '공통기술'이라고 하면, $R_1=50\%$ 에서 <그림 6>의 '그룹-21'의 경우 기술 F 또는 G가 공통기술이 된다. 그리고 특정 공통기술을 보유한 기업 중에서 $R_2\%$ 이상의 기업이 동시에 보유한 기술을 '동시 보유기술'이라고 하면, <표 2>와 같이 $R_2=25\%$ 에서 '동시 보유기술'을 파악할 수 있으며, 짙게 표시(■)된 부분은 $R_2=50\%$ 인 경우이다.

기술융합이 기술복합 및 기술수렴 등과 구분이 모호하기도 하며, 특허 또는 논문 등의 인용관계 또는 전문가의 판단으로 기술융합의 여부를 판단하기도 한다. 이와 같은 기술융합 여부의 모호성을 고려한 대안으로, 기업의 기술중개 역할을 통해 이루어지는 기반기술과 요소기술의 기술융합 여부를 앞서 살펴본 R_1 및 R_2 비율의 결정을 통해 가변적인 판단이 가능한 다음의 기술융합 분석방식을 정리할 수 있다.

- (1) 고려대상 기업 및 보유기술에 대하여, 기업 간 보유기술에 대한 자카드 유사도의 최소값(α) 선정과 사회연결망 구성
- (2) k-코어로써 확인된 그룹에 대해 '공통기술'을 확인할 비율 R_1 를 결정하고, 확인된 '공통기술'에 대해 기술융합의 '기반기술' 여부를 판단
- (3) '동시 보유기술'을 확인할 비율 R_2 를 결정하고, 공통기술과 함께 확인된 '동시 보유기술'에 대하여 기술융합의 '요소기술' 여부를 판단

$\alpha=0$ 에서 k-코어로 확인되는 <그림 6>의 그룹에 대해, R_1 및 R_2 비율을 통한 분석을 <표 3>처럼 정리할 수 있다. <표 3>에서 $gTech_i$ 는 그룹 i의 '공통기술',

eTech_i는 그룹 i의 '공통기술'과 연계된 '동시 보유기술'을 뜻한다. gTech_i 및 eTech_i에 포함된 화살표 '↔'는 동일 기업의 보유기술로서 '↔' 양측의 기술요소가 서로 R₁ 또는 R₂의 비율을 만족하는 경우이고, '→'는 좌측의 '공통기술'과 융합되는 '동시 보유기술'의 관계를 나타낸다. <표 3>의 그룹-21에서 'F↔G'은 F 및 G를 R₁(50%) 이상인 3개의 기업이 보유하고 동시에 F 및 G를 함께 보유하는 기업의 비율이 R₁을 만족하는 경우이며, 'A↔B', 'D↔E', 'H↔I' 등도 유사한 의미이다. R₁이 75%인 경우의 'F, G'는 그룹-21의 R₁ 이상 기업들이 F 및 G 각각을 보유하는 경우이다.

<표 2> 그룹별 공통 및 동시보유 기술

코어	그룹 (기업 수)	공통기술 (R ₁ =50%)	보유기업 수(%)	동시 보유기술	보유기업 수(%)
3-코어	그룹-31 (5)	A	5 (100)	B C	3 (60) 2 (40)
		B	3 (60)	A C	3 (100) 1 (33)
	그룹-21 (4)	F	3 (75)	G B A	2 (67) 1 (33) 1 (33)
		G	3 (75)	F A B	2 (67) 1 (33) 1 (33)
2-코어	그룹-22 (4)	D	3 (75)	E A C	2 (67) 1 (33) 1 (33)
		E	3 (75)	D C	2 (67) 1 (33)
	그룹-23 (3)	H	3 (100)	I	2 (67)
		I	2 (67)	H	2 (100)

분석대상 기업에서 보유기술을 통해 기술융합의 혁신이 가능하다면, 이상에서 살펴본 R₁ 및 R₂ 비율의 결정과 이를 만족하는 gTech_i 및 eTech_i로써 기반 기술 및 요소기술로 이루어지는 기술융합의 형태를 확인할 수 있다. <표 3>에서 R₁=50%인 경우 A, B, F

등을 기반기술로 확인하거나, 'A↔B' 및 'D↔E' 등은 기반기술 간의 기술융합이 가능한 경우이다. 그리고 '(AB)→C'는 (AB)가 기반기술 그리고 C가 요소기술로 판단이 가능한 경우이며, R₂=50%에서 'A→B'에서는 A가 기반기술 그리고 B가 요소기술이 된다.

기업의 수가 적다면 기술융합의 파악에 전수조사 등이 가능하겠지만, 많은 수의 기업 및 다양한 보유기술이 존재하는 경우 이러한 접근이 어렵다. 이런 경우 다량 데이터의 분석으로써 규칙을 발견할 수 있으며, 본 논문의 방식을 활용할 수 있다. 상황에 따라 적절한 조건이나 제약의 추가도 가능할 수 있는데, 예를 들어 <그림 6>에서 개체 수가 적은 1-코어 이하를 제외한 기준이 추가된 조건으로 볼 수 있다.

<표 3> 공통기술 및 동시 보유기술 간의 관계

그룹	α=0, R ₁ =50%, R ₂ =20%		α=0, R ₁ =75%, R ₂ =50%	
	gTech _i	eTech _i	gTech _i	eTech _i
그룹-31	A↔B	(AB)→C, A→C	A	A→B
그룹-21	F↔G	(FG)→A, (FG)→B	F, G	F→G G→F
그룹-22	D↔E	(DE)→C, D→A	D, E	D→E E→D
그룹-23	H↔I	-	H	H→I

V. 사례 데이터를 통한 적용 및 평가

5.1 보유기술 데이터 및 사회연결망 구성

앞서 정리한 방식에 따라 실제 데이터를 대상으로 분석하기로 한다. 사례 데이터는 국방기술정보통합서비스[31]에서 제공되는 2,000건 이상의 기업이 포함된 전체 데이터로부터 실험적 분석을 위해 약 10% 무작위 추출한 200건의 기업 및 54종의 기술에 대해 '기업 코드' 및 '보유기술 항목'으로 구성된 데이터이다. 국

방기술평보통합서비스는 국내 중소·벤처 기업의 보유 기술 정보기반을 마련하기 위한 것이며, 기업의 제품은 해당 기업의 보유기술로 생산 및 공급된다. <표 4>는 기업에 공통된 기반기술인 '국방S/W'와 필요한 요소기술들이 융합되어 제품을 생산하는 사례이다.

<표 4> 기업의 생산제품 및 보유기술 사례

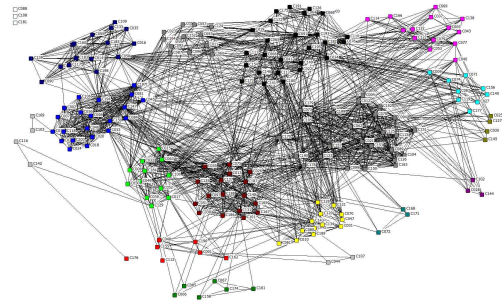
기업코드	제품	기반기술	요소기술
CO078	영상관계술루션	국방S/W	전장상황인식
CO157	해상용 레이더	국방S/W	레이더센서, 소나센서
CO190	무인이송차량	국방S/W	유도조종, 지상체구조

기업별 보유기술 여부를 나타내는 <그림 3>과 같은 형태의 데이터로부터 구한 보유기술 자카드 유사도가 특정 값(α) 이상의 경우에 기업 간 연결선이 존재하도록 <그림 7>과 같이 사회연결망을 구성하였다. <그림 7>은 α 가 0.0, 0.3, 0.6인 경우의 사회연결망이며, α 값이 커지면 사회연결망의 연결관계 밀도가 희박해진다.

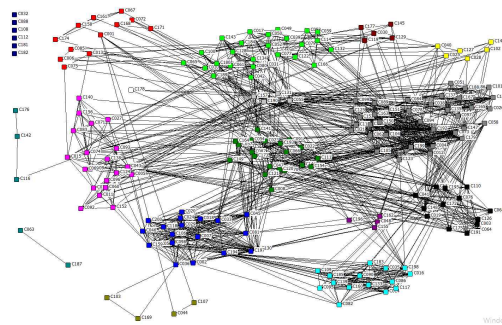
5.2 k-코어를 통한 기술융합 분석

기술유사도의 최소값 α 에 따라 구성된 <그림 7>의 사회연결망에 대해 k-코어 분석결과로부터 k가 큰 상위 코어로부터 기업의 수가 1~5번째로 많이 포함된 그룹을 순서대로 분리하였다. 이때 $\alpha=0.0$ 인 경우는 <그림 8>에 예시된 바와 같이 기업이 많이 포함된 그룹을 확인할 수 있다. <그림 7>의 사회연결망에 대해 상위 k값의 코어로부터 5번째까지의 크기를 가지는 그룹을 분리하면 <그림 9>와 같다.

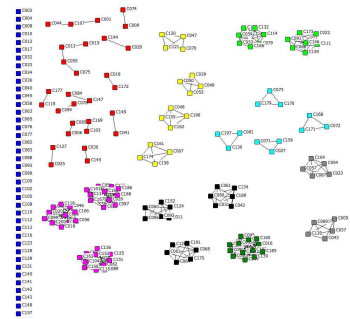
<그림 9>에서 특이한 사항으로는 $\alpha=0.6$ 인 경우에 모든 그룹이 타 그룹과 연결관계가 존재하지 않은 점과 그룹의 수가 6개인 점이다. 첫 번째의 경우는 앞서 언급한 바와 같이 그룹별로 소속 기업 모두가 동일한 기술을 보유한 경우이며, 서로 다른 그룹과는 보유기술의 조합이 다르므로 연결되지 않는다. 두 번째의



(1) $\alpha = 0.0$



(2) $\alpha = 0.3$



(3) $\alpha = 0.6$

<그림 7> α 값에 따른 사회연결망 형태

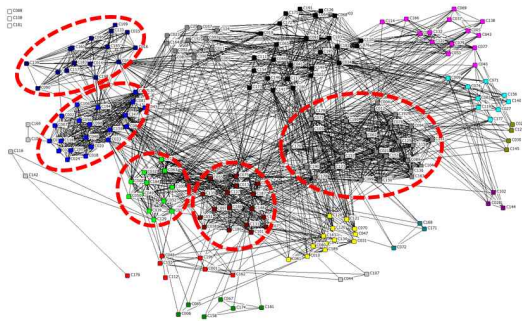
경우는 기업 수(7개)가 같은 두 개의 그룹이 5번째 크기에 해당하여 모두 6개의 그룹이 분리되었다.

$\alpha=0.0$ 에서는 한 개의 기술만을 공유하더라도 기업들은 서로 연결되어 사회연결망의 연결선 밀도가 높다. $\alpha=0.6$ 또는 $\alpha>0.6$ 의 경우는, 기업 간 보유기술이 서로 거의 같아야 연결선이 존재한다. 이 경우, 본 사

례의 각 그룹은 한 가지의 같은 기술을 가지는 기업끼리 구성되는 <그림 9>의 (3)과 같이 구성된다.

<그림 9>의 그룹 각각에 대해 '공통기술' 및 '동시 보유기술'을 확인하기 위해 $R_1=50\%$ 및 $R_2=7\%$ 를 사례의 데이터에 적용하면 <표 5>~<표 7>과 같이 α 값에 따라 정리할 수 있다. 짙게 표시(■)된 부분은 공통기술이 다른 공통기술의 동시 보유기술로 확인되는 경우이다. 일부 공통기술은 한 개의 기술만 보유하는데, 동시 보유기술이 없는 경우가 해당된다.

$\alpha=0.0$ 및 $\alpha=0.3$ 인 <표 5> 및 <표 6>에서 '국방S/W' 및 '구조재료'가 상위 코어의 많은 기업이 포함되는 그룹에서 공통기술로 확인되는데, 이는 이 기술들을 기반으로 타 요소기술을 융합하여 제품을 생산하는 기업들이 다수임을 의미한다. <표 3>의 방식으로 모든 i 의 그룹에서 R_1 및 R_2 에 따라 확인되는 $eTech_i$ 및 $gTech_i$ 를 구성할 수 있다. 이를 <표 5>~<표 7> 각각에서 모든 그룹 전체에 적용하면, 공통기술이 짙게 표시(■)된 <그림 10>~<그림 12>와 같이 '기술요소'와 '화살표'로 나타낼 수 있다. 공통기술인 <그림 10>의 '특수재료'와 <그림 12>의 모든 기술요소는 동시 보유기술을 가지지 않는 독립적인 형태로 나타난다. 이를 통해 분석영역에서 기술요소 간 기술융합 관계를 전반적으로 파악할 수 있다.



<그림 8> 사회연결망($\alpha=0.0$)의 상위 코어 및 그룹 분리

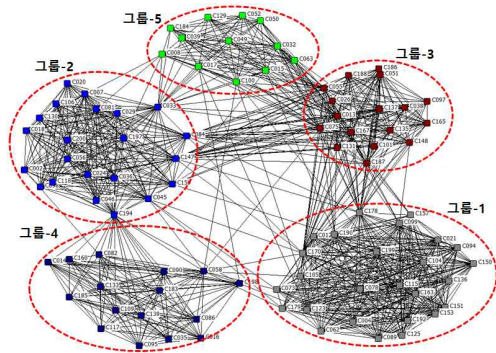
공통기술 및 동시 보유기술이 각각 기술융합을 이

루는 기반기술 및 요소기술이라고 볼 때, <그림 10>에서 '국방S/W' 및 '비행체구조' 기술이 주요 기반기술이 되어 4가지의 요소기술과 기술융합이 활발한 것으로 파악된다. '국방S/W'는 '비행체구조' 기술의 기반기술 위치에 있고, 가장 많은 수의 기업이 보유하여 기술융합의 주요한 위치를 점하는 것으로 이해된다. 드론, 무인기, 차세대전투기 등과 같이 최근 높은 관심과 함께 '비행체구조' 기술이 관련 요소기술과 기술융합이 활발한 것으로 확인할 수 있다.

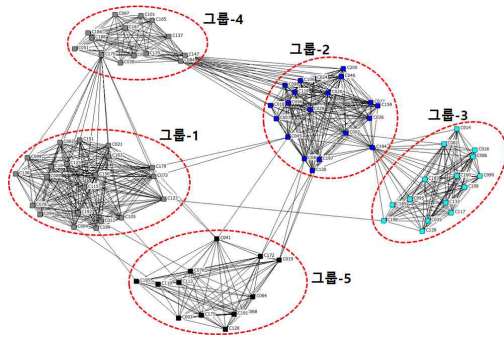
<그림 10>의 '특수재료'는 동시 보유기술 없이 독립적인 기술요소로 파악된다. <그림 11>의 $\alpha=0.3$ 인 경우는 상대적으로 높은 보유기술 유사도가 필요할 때 활용할 수 있다. 예를 들어, 기업의 보유기술이 너무 다양하여 기업 간 높은 기술유사도 관계를 제한할 필요가 있을 때 유용할 수 있다. 기술유사도가 높은 $\alpha=0.6$ 에서는 동일 보유기술 기업의 파악에는 효율적이지만 기술융합의 전반적인 분석에는 한계가 있다.

<표 5> 그룹별 공통 및 동시보유 기술 ($\alpha=0.0$)

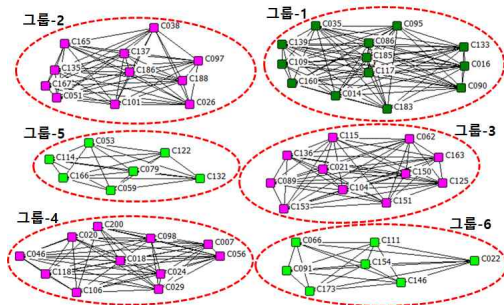
그룹 (코어)	공통기술 ($R_1=50\%$)	보유기업 수(%)	동시 보유기술 ($R_2=7\%$)	보유기업 수(%)
그룹-1 (25-코어)	국방S/W	26 (100)	국방M&S 전장상황인식 무인/자율 비행체구조	2 (7.69) 2 (7.69) 2 (7.69) 2 (7.69)
그룹-2 (21-코어)	구조재료	22 (100)	내열/단열재료 비행체구조 위성체구조	3 (13.63) 2 (9.09) 2 (9.09)
그룹-3 (20-코어)	비행체구조	17 (100)	무인/자율 지상체구조 해양체구조 전원/전력 발생/공급	3 (17.65) 3 (17.65) 3 (17.65) 2 (11.76)
그룹-4 (16-코어)	특수재료	16 (100)	-	-
그룹-5 (15-코어)	해양체구조	12 (100)	탐체구조체	2 (16.67)



(1) $\alpha=0.0$



(2) $\alpha=0.3$



(3) $\alpha=0.6$

<그림 9> α 값에 따른 사회연결망의 분리된 상위 그룹

<표 6> 그룹별 공통 및 동시보유 기술 ($\alpha=0.3$)

그룹 (코어)	공통기술 ($R_1=50\%$)	보유기업 수(%)	동시 보유기술 ($R_2=7\%$)	보유기업 수(%)
그룹-1 (21-코어)	국방S/W	22 (100)	국방M&S 전장상황인식	2 (9.09) 2 (9.09)
그룹-2 (19-코어)	구조재료	20 (100)	내열/단열재료	3 (15.00)
그룹-3 (15-코어)	특수재료	15 (100)	-	-
그룹-4 (13-코어)	비행체 구조	14 (100)	위성체구조 구조재료 국방S/W 국방M&S	2 (14.29) 2 (14.29) 1 (7.14) 1 (7.14)
그룹-5 (12-코어)	특수센서	13 (100)	내열/단열재료 국방M&S 사이버전 통신단말 특수 전자/제어 네트워크 구성/관리	2 (15.38) 1 (7.69) 1 (7.69) 1 (7.69) 1 (7.69) 1 (7.69)

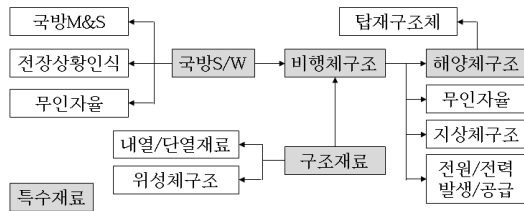
<표 7> 그룹별 공통 및 동시보유 기술 ($\alpha=0.6$)

그룹 (코어)	공통기술 ($R_1=50\%$)	보유기업 수(%)	동시 보유기술 ($R_2=7\%$)	보유기업 수(%)
그룹-1 (12-코어)	특수재료	13 (100)	-	-
그룹-2 (10-코어)	국방S/W	11 (100)	-	-
그룹-3 (10-코어)	비행체 구조	11 (100)	-	-
그룹-4 (10-코어)	구조재료	11 (100)	-	-
그룹-5 (6-코어)	사이버전	7 (100)	-	-
그룹-6 (6-코어)	특수 제어/전자	7 (100)	-	-

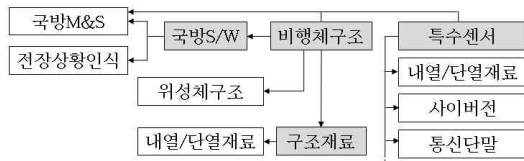
VI. 결론 및 토의

본 논문에서는 실제 기술기업의 보유기술 데이터

를 활용한 사회연결망 구성, k-코어 분석, 확인된 그룹별 공통기술 및 동시 보유기술 파악 등의 과정들로 이루어지는 기술융합분석의 방식을 정리하여 제안하였다. 앞서 언급한 기술융합의 개념적 모호성을 본 논문의 범위에 직접 다루지는 않았으나, 분석대상 기



<그림 10> 공통기술 및 동시 보유기술의 관계 ($\alpha=0.0$)



<그림 11> 공통기술 및 동시 보유기술의 관계 ($\alpha=0.3$)



<그림 12> 공통기술 및 동시 보유기술의 관계 ($\alpha=0.6$)

업에서 여러 보유기술의 기술융합으로 제품생산이 이루어지는 상황을 전반적으로 확인하였다. 즉, 기술 복합 및 기술수렴과 개념적 구분은 고려하지 않고 포괄적인 기술융합으로 간주하여 분석과정을 정리하여 제시하였다.

정리된 방식에 따라 국내 방위산업 기업의 보유기술을 대상으로 한 기술융합의 분석을 통해 적절한 결과를 얻을 수 있었다. 기술유사도에 따라 상이한 결과를 얻을 수 있으나, 목적이나 용도에 따라 적절히 최소 기술유사도(α)를 설정하는 것이 가능할 것으로 판단된다. 최저 기술유사도(α)가 0인 경우 기술요소 간의 전반적인 기술융합 관계를 파악할 수 있는데, 본 논문의 사례분석에서는 국방S/W, 비행체구조, 구조재료 등의 기술요소가 기술융합의 기반기술로 확인될 수 있다.

본 논문의 분석방식 및 적용사례는 기업의 보유기술 데이터에 대해 사회연결망 분석방식을 활용하여

기술융합을 신속히 파악할 수 있는 장점이 있는 것으로 보인다. 그러나 현재의 분석방식에서 다룬 데이터의 범위가 기업별 보유기술 여부에 한정되는 한계점이 있다. 이의 극복을 위해서는 산업 분야별 기술혁신의 경향, 기술융합 여부의 판단기준, 기술혁신 제품의 시장반응 등의 추가적인 고려가 필요해 보인다. 그리고 단일시점이 아니라 시간에 따른 보유기술 항목의 변화 등의 정보가 추가된다면, 본 논문에서 제안된 분석방식의 확대 또는 추가적인 연구대상이 될 수 있다.

참고문헌

- [1] Cho, Y.R. and Kim, E.S., "A Corporate Strategy on Technological Convergence through Analyzing Patent Networks and Strategic Indicators, The Journal of Intellectual Property," Vol. 9, No. 4, 2014, pp.191-221.
- [2] Zhu, C. and Motohashi, K., "Identifying The Technology Convergence Using Patent Text Information: A Graph Convolutional Networks Based Approach," Technological Forecasting & Social Change, Vol. 176, 2022, 121477.
- [3] 이광민·홍재범, "기술융합 구조 분석을 위한 사례 연구: 2-mode 네트워크분석 활용," 기술혁신연구, 제24권, 제2호, 2016, pp.1-20.
- [4] Kleinberg, Jon, "The Convergence of Social And Technological Networks," Communications of the ACM, Vol. 51. Issue 11, 2008, pp.66-72.
- [5] Barnes, J., "Class and Committees in a Norwegian Island Parish," Human Relations, Vol. 7, 1954, pp.39-58.
- [6] 이선재·이성주·설현주, "토크모델링과 인용 분석에 기반한 의료기기 산업의 기술융합 유형 연구,"

- 한국융합학회논문지, 제12권 제7호, 2021, pp.207-220.
- [7] Geum, Y., Kim, C., Lee, S. and Kim, M. S., "Technological convergence of IT and BT: Evidence from patent analysis," ETRI Journal, Vol. 34, No. 3, 2012, pp.439-449.
- [8] 안재형·김규웅·노희용·이성주, "산업 내 경쟁자와 신규진입자의 등록특허 분석을 통한 ICT 산업 융합기술 도출," 대한산업공학회지, 제42권, 제3호, 2016, pp.209-221.
- [9] Toshihiro Kosea, Ichiro Sakata, "Identifying technology convergence in the field of robotics research," Technological Forecasting & Social Change, Vol. 146, 2019, pp.751-766.
- [10] 이새롬·장정주, "사물인터넷의 확산: 정성적·정량적 기법을 이용한 기술 및 기업 전략 예측," 한국전자거래학회지, 제20권, 제4호, 2015, pp.19-39.
- [11] Curran, C.S. and Leker, J., "Patent indicators for monitoring convergence - examples from NFF and ICT," Technological Forecasting and Social Change, Vol. 78, Issue 2, 2011, pp.256-273.
- [12] 황다영·김영인·이병민, "기술융합 특성에 따른 새로운 분류체계의 제안," 기술혁신학회지, 제11권, 제4호, 2008, pp.592-612.
- [13] Lim, H. and Park, Y., "Identification of Technological Knowledge Intermediaries," Scientometrics, Vol. 84, No. 3, 2010, pp.543-561.
- [14] Hargadon, A. and Sutton, R.I., "Technology Brokering and Innovation in a Product Development Firm," Administrative Science Quarterly, Vol. 42, No. 4, 1997, pp.716-749.
- [15] 임동현·조영은·송영화, "Identifying Roles of Brokerage in Business Ecosystem to Profit from Convergence Technology," 한국기술혁신학회 2016 추계학술대회 논문집, 2016, pp.427-436.
- [16] 현창희, "융합환경하의 중소기업 육성방향," 한국통신학회지, 제25권, 제11호, 2008, pp.48-52.
- [17] Lee, J. and Lim, I., "A Comparative Study on Convergence of IT, BT and NT: Focusing on Patent Data," Journal of Asian Finance, Economics and Business, Vol. 7, No. 1, 2020, pp.239-247.
- [18] Olawuyi, J.O. and Mgbole, F., "Technological Convergence," Science Journal of Physics, 2012, Vol. 2012, <https://www.sjpub.org/sjp/abstract/sjp-221.html>.
- [19] 문화체육관광부, "기술분류체계 모음," <http://www.korea.kr/archive/expDocView.do?docId=10954>, 2021.
- [20] 허아라·류연승, "국방과학기술 정보의 분류체계 고찰," 한국정보보호학회지, 제28권, 제6호, 2018, pp.25-32.
- [21] 박재우·이일로·권재욱·변기식·조성용, "사회연결망분석을 이용한 국방강소벤처 Tech-Fi Net 기술동향분석," 한국산학기술학회논문지, 제20권, 제12호, 2019, pp.444-455.
- [22] Chang, Victor, "A Proposed Social Network Analysis Platform for Big Data Analytics," Technological Forecasting & Social Change, Vol. 130, 2018, pp.57-68.
- [23] 조운호·방정혜, "신상품추천을 위한 사회연결망 분석의 활용," 지능정보연구, 제15권, 제4호, 2009, pp.183-200.
- [24] 윤한성, "속성유사도에 따른 사회연결망 서브그룹의 군집유효성," 디지털산업정보학회 논문지, 제17권, 제1호, 2021, pp.75-84.
- [25] 윤한성, "사회연결망 서브그룹을 통한 소매점 상품배치 및 동선 평가: 장바구니 데이터 분석을 중심으로," 디지털산업정보학회 논문지, 제17권, 제4호, 2021, pp.109-120.

- [26] 콧기영, 소셜네트워크분석, 청람, 2014.
- [27] Alberto, M. et al., "Distributed k-Core Decomposition," IEEE Transactions on Parallel & Distributed Systems, Vol. 24, No. 2, 2013, pp.288-300.
- [28] He, X. et al., "Analyzing The Structure of Earthquake Network by k-Core Decomposition," Physica A, Vol. 421, 2015, pp.34-43.
- [29] Huang, H. et al., "Unsupervised Analysis of Top-k Core Members in Poly-Relational Networks," Expert Systems with Applications, Vol. 41, 2014, pp.5689-5701.
- [30] Smani, G.I. and Megalooikonomou, V., "Maximization Influence in Dynamic Social Networks And Graphs," Array, Vol. 15, 2022, 100226.
- [31] 국방기술진흥연구소, "국방 강소벤처 Tech-Fi Net," http://dtims.krit.re.kr/vps/TFN_main.do, 2022.



윤한성
(Yoon, Han-Seong)

2001년 3월~현재
경상대학교 경영대학 교수
1998년 8월 한국과학기술원 테크노경영대학원
(공학박사)
1987년 8월 한국과학기술원 산업공학과
(공학석사)
1985년 2월 서울대학교 산업공학과(공학사)
관심분야 : 디지털경영, 기술경영, 공급사슬,
데이터분석 등
E-mail : hsyun@gnu.ac.kr

논문접수일: 2022년 8월 10일
수정일: 2022년 8월 26일
게재확정일: 2022년 9월 4일

■ 저자소개 ■



박동수
(Park, Dong-Soo)

현재 국방기술진흥연구소 선임연구원
2018년 2월 경상대학교 대학원 경영정보학과
(경영학석사)
관심분야 : 정보시스템전략, 기술경영,
정보보안, 데이터분석 등
E-mail : manpds@naver.com