

방탄헬멧 기술분야 키워드에 대한 네트워크 분석

강진우*, 박재우, 김지훈
국방기술품질원

A Network Analysis of Ballistic Helmet Technology Keyword

Jinwoo Kang*, Jaewoo Park, Jihoon Kim
Defense Agency for Technology and Quality

요약 네트워크 분석 방법론은 특정 학술분야에 대한 인용, 공저, 키워드 등과 같은 다양한 지식관계를 네트워크로 표현하고 분석할 수 있기 때문에 다양한 분야의 학술영역에서 새로운 연구방법론으로 주목 받고 있다. 방탄기술은 소재역학, 구조역학 및 탄도학 등 다양한 학문들이 융합된 종합기술분야로서, 각 분야 사이의 최신연구 및 기술동향을 파악하는 것이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 키워드 기반의 네트워크 분석기법을 방탄기술에 접목하여 최신 연구 동향을 파악하고자 하였다. 먼저 학술 검색엔진인 'google scholar'를 이용하여 주요 핵심 키워드인 'Composite', 'Model', 'Head'를 추출하였고, 추출된 핵심 키워드의 중심성 분석을 통해서 방탄기술의 핵심이 되는 소재분야(Composite, Material, Fiber 등)와 피탄 충격을 최소화할 수 있는 구조분야(Model, Design, Simulation) 그리고 피탄 후 사용자가 받는 충격영향에 대한 연구(Head, Brain, Injury) 등의 3가지 영역에서 관련 연구가 활발히 진행 중인 것을 파악할 수 있었다. 본 논문에서 시행한 방탄분야에 대한 키워드 네트워크 분석은 기존에 보고되지 않은 방식이며, 차후 방탄기술과 관련한 국방기술기획 및 연구개발의 방향성을 제시하기 위한 기반자료로서 활용 가능할 것으로 판단된다.

Abstract The network analysis method has emerged as a new methodology for various disciplines, due to its ability to provide a representative knowledge network of references, co-authors and keywords. Bulletproof technology is an interdisciplinary field involving various disciplines, such as material mechanics, structural mechanics, and ballistics, so it is essential to keep up with the recent trends in technological research. In this research, the recent R&D trends in the field of bulletproof materials were analyzed using keyword based network analysis. From the results, the core keywords were identified as 'Composite', 'Model' and 'Head' using the scholar search engine, google scholar. The centrality analysis for the core keywords showed that bulletproof technology has developed in 3 different areas, viz. material, structure and effects. To the best of our knowledge, this is the first application of (network analysis?) to bulletproof technology. Moreover, we are also convinced that the results of this study will be useful for defense technology planning and determining the direction of R&D in the field of bulletproof technology.

Keywords : Ballistics Helmet, Bulletproof, Centrality, Keyword, Network Analysis

1. 서론

고대의 최초 헬멧은 가죽소재인 것을 사용하였으나, 금속문명이 발달함에 따라 금속을 소재로 한 헬멧이 등장하게 되었다. 하지만 금속은 무거운 중량과 제한된 활동성으로 인해 많은 불편함을 안고 있었다. 이러한 단점

을 극복하기 위해 헬멧의 형상과 소재에 대한 연구가 진행되었으며, 특히 1차 세계대전 이후 병기의 급속한 발달로 전투 시 총탄에 대한 개인방호를 위한 헬멧이 개발되었다. 국내의 경우 현대적 방탄헬멧(Ballistic Helmet)은 1941년 미군의 M1형 철모를 한국형으로 개발한 것이다.

*Corresponding Author : Jinwoo Kang(Defense Agency for Technology and Quality)

Tel: +82-2-961-1521 email: jwkwang0119@dtq.re.kr

Received January 19, 2017

Revised (1st February 17, 2017, 2nd February 27, 2017)

Accepted April 7, 2017

Published April 30, 2017

금속소재가 갖는 한계를 극복하고자 지속적으로 방탄 재료에 대한 연구를 거듭하여 현재까지 개발된 복합재료는 유리 섬유, 나일론 섬유, 케블라 섬유 등이 사용되고 있다. 이중 대표적인 섬유로는 아라미드 섬유 계열의 Dupont사의 ‘Kevlar’, Teijin사의 ‘Twaron’, 고밀도폴리에틸렌계 섬유인 DSM사의 ‘Dyneema’, Honeywell사의 ‘Spectra’, 그리고 PBO(Polybenzoxazole) 섬유인 Dupont사의 ‘Zylon’ 등이 있다. 이러한 섬유강화 복합재료를 사용한 방탄원리는 탄자의 운동에너지가 서로 치밀하게 짜여진 섬유 조직체에 충돌하면서 인장 및 압축 등의 일종의 운동에너지로 변환되어 흡수됨으로써 이루어진다고 알려져 있다. 또한 단순 섬유 적층재료의 낮은 강도를 극복하기 위하여 혼성구조의 섬유강화 복합재료가 개발되었고, 현재에는 탄소섬유 및 액체 방탄재를 이용한 방탄기술이 개발되고 있다[1]. Table 1은 현재 방탄 소재로 사용되는 섬유강화 복합재료의 종류와 각각의 물리적 성질을 나타낸 것이다.

Table 1. Physical Properties of Ballistic Fiber[2]

Fiber	Material	Density (g/cm ³)	Tensile Strength (GPa)
E-Glass	Glass	2.54	2.6
Kevlar 49	Aramid	1.44	3.5
Kevlar 149	Aramid	1.47	3.4
Spectra 1000	PE	0.97	3.0
Dupont E-130	Carbon	2.19	3.9
Toray M60J	Carbon	1.94	3.8

하지만 최근의 방탄기술은 이러한 소재기술 뿐만 아니라 구조역학, 탄도학 등의 다양한 분야의 요소기술들을 복합적으로 융합하여 개발되고 있는 추세이기 때문에, 특정 요소 기술만을 가지고 개발하기에는 한계점이 있다. 따라서 이러한 다 학제간 기술인 방탄분야에 대한 연구동향 파악 및 방향성 설정을 위해서 효과적인 연구 방법론이 필요하다.

네트워크 분석 방법론은 계량정보학 영역에서 인용 네트워크, 공저 네트워크, 지식지도 등과 같은 네트워크를 정보화하여 해당 분야에 대한 최신 동향 등을 분석하기 위한 새로운 연구방법론으로 주목받고 있으며, 과학기술분야에서는 녹색기술 분야[3], 사회과학분야에서는 관광분야[4] 및 기술마케팅 분야[5]에서 시행된 사례가 있다.

따라서 본 연구에서는 방탄기술 분야의 기술동향과 최신 연구추세를 파악하기 위한 방법으로 네트워크 분석

방법론을 도입하고자 하였다. 연구 방식은 방탄기술과 연관된 논문 인용정보를 이용한 동시인용 분석을 수행하였으며, 주요 키워드를 추출하고 네트워크 분석으로 관계성의 정량적인 분석을 통해 방탄헬멧 연구 분야의 최신 동향을 분석하는데 주안점을 두었다.

2. 본론

2.1 논문검색 및 키워드 추출

본 연구에서는 학술분야 검색 엔진 가운데 가장 방대한 양의 정보 검색이 가능한 구글 학술검색(google scholar, <http://scholar.google.com>)을 이용하여 방탄헬멧 분야의 학술자료 검색을 수행하였다. 최신 연구 동향을 확인하기 위해 기간은 2011년부터 2015년까지의 5년으로 지정하였고, 사용된 검색어는 방탄헬멧을 뜻하는 “Ballistic Helmet”으로 한정하였다.

2.2 키워드 분석 방법

키워드 분석을 위하여 박한우 외(2004)가 제시한 Krkwic 분석 틀을 이용하였다. 해당 분석틀의 주요 특성은 문장에서 자주 사용하는 단어를 핵심어로 정의하여 특정 메시지의 핵심어를 파악하는 것이 Krkwic 분석의 주요 내용이다[6].

Table 2는 논문 검색결과 나타는 주요 키워드에 대하여 언급된 빈도수를 기준으로 내림차순으로 정리한 것이다.

Table 2. The Frequency of Words Appearance

Number	Keyword
106	Helmet
105	Ballistic
95	Impact
76	Composite
46	Head
41	Blast
38	Material
36	Brain
36	Protection
34	Design
33	Analysis
33	Performance
30	Injury
30	System
28	Model
27	Armor
25	Human
23	Body

23	Simulation
22	Fiber
21	Effect
21	Polyurea
20	Modeling
20	Shock
18	Element
15	Behavior
15	Computational
14	Structure
13	Traumatic
12	Dynamic
12	Molecular
11	Application
11	Hybrid
11	Kevlar
...	...

위의 결과를 기초자료로 하여 방탄헬멧 기술 분야의 키워드에 대한 네트워크 분석을 통해 가장 자주 사용되는 특정 핵심어를 파악하였다.

2.3 네트워크 분석 방법

네트워크 분석은 분석 대상에 대한 정보 및 관계를 네트워크로 형성하여, 정보를 노드(node)와 링크(link)로 표현하여 연관 구조를 파악할 수 있는 방법이다. 네트워크 분석 방법으로는 네트워크 결속 분석, 하위 네트워크 분석, 구조적 등위성 분석, 중심성 분석 등이 있다[7]. 그 중에서 중심성 분석은 노드의 상대적 중요성을 나타내는 척도로 사용될 수 있기 때문에 최신의 연구동향을 파악하고자 할 때는 중심성 분석을 이용한 키워드 네트워크 분석이 적합하다.

분석결과는 Ucinet 분석 툴을 이용하여 중심성 분석 방법으로 네트워크 분석을 수행하였다. 대표적인 중심성 분석으로 연결 중심성(Degree Centrality), 매개 중심성(Betweenness Centrality), 근접 중심성(Closeness Centrality) 등이 있다. 각각의 중심성의 산출 방식은 다음과 같다.

$$\text{연결중심성} = \frac{\text{연결정도}}{(\text{네트워크 내 전체노드의 수} - 1)} \quad (1)$$

연결 중심성은 네트워크 전체 노드 수에 대하여 특정 노드의 연결 정도를 수치화 한 것이다. 즉, 특정 노드를 중심으로 주변의 노드가 얼마나 연결되어 있는가를 나타내는 지표다. 이는 연결 중심성이 높을수록 정보의 교류

가 많다는 것을 말한다. 그러므로 최신의 연구동향을 파악하고 일반적으로 연구의 주제를 선정하기 위하여 사용한다. 그리고 네트워크 내의 영향력을 살펴볼 수 있는 개념이며, 통상 가장 많이 사용되는 중심성 분석 기법이라고 볼 수 있다.

$$\text{매개 중심성} = \frac{\text{두 노드 사이에 경유하는 노드의 횟수}}{(g-1)(g-2)/2} \quad (2)$$

* $(g-1)(g-2)/2$: 최대 가능한 매개 중심성의 횟수

매개 중심성은 특정 노드가 네트워크 내에서 다른 두 노드 사이에서 경유되는 정도를 측정한다. 즉, 특정 노드가 다른 노드와 관계를 형성할 때 매개체 역할을 하는 정도를 말하며, 매개 중심성이 높을수록 정보 교류에 대한 통제력이 높다고 볼 수 있다. 이를 통해 매개 중심성 분석결과를 해석하여 다른 주제와의 연결성 및 융합성을 확인할 수 있는 것이다.

$$\text{근접 중심성} = \frac{(\text{노드 수} - 1)}{(\text{두 노드간 거리의 합})} \quad (3)$$

그리고 근접 중심성은 특정 노드가 네트워크 전체를 기준으로 중심에 위치하는 정도를 수치화 한 것이다. 근접 중심성이 높을수록 네트워크 중심에 위치하여 다른 노드와의 거리가 가까기 때문에 정보교류에 유리하다. 즉, 근접 중심성은 연구 주제의 전체적인 흐름을 파악하는데 유용한 수치자료로 이용되며 조사하고자 하는 대상의 전체 맥락을 파악하는데 매우 편리한 편이다[8].

2.4 네트워크 분석 결과

방탄헬멧 기술 분야의 키워드에 대하여 네트워크 분석결과를 중심성 분석을 통해 계량적으로 나타낼 수 있었다. Fig. 1은 주요 키워드 간의 연결 중심성을 그림으로 표현한 것이다.

최신의 연구동향을 파악하는데 유용한 연결 중심성을 분석한 결과 가장 연결 중심성이 높은 키워드는 ‘Composite’, ‘Model’, ‘Head’로 나타났다. 연결 중심성을 통해 확인해 보았을 때, 최근 연구동향은 헬멧 소재의 재료분야, 헬멧의 구조 모델링이 필요한 구조분야 그리고 충격에 대한 사용자의 영향을 연구하는 분야로 확인되었다.

연결 중심성은 특정 노드를 중심으로 주변의 노드가 얼마나 연결되어 있는가를 나타내는 지표로서, 연결 중

심성이 높을수록 정보의 교류가 많다는 것을 말하므로 네트워크 분석을 통해 최신의 연구동향을 파악하는데 유용하다. Table 3은 방탄헬멧 기술 분야의 주요 키워드 중에서 연결 중심성 수치가 높은 순으로 정리한 것이다.

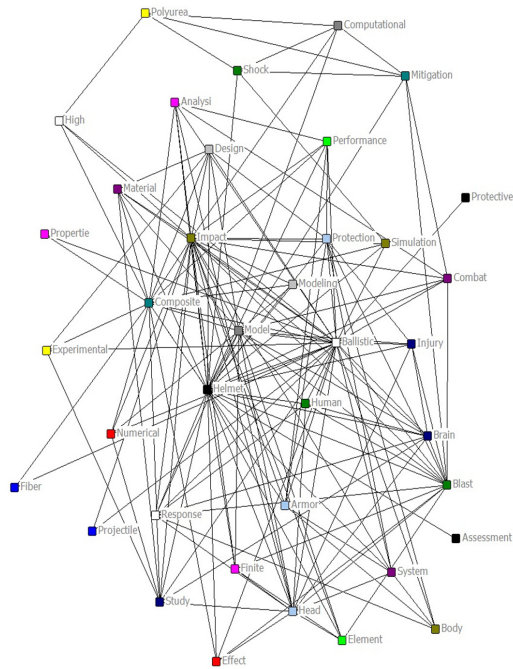


Fig. 1. Total Network Analysis Result

Table 3. Degree Centrality Analysis

	Degree Centrality	n-Degree Centrality (normalized)
Composite	238	6.432
Model	226	6.108
Head	219	5.919
Brain	155	4.189
Human	119	3.216
Injury	114	3.081
System	106	2.865
Element	106	2.865
Design	101	2.730
Response	101	2.730
Material	97	2.622
Modeling	96	2.595
Simulation	90	2.432
Body	75	2.027
Shock	75	2.027
Polyurea	66	1.784
Computational	63	1.703
Numerical	59	1.595
Fiber	54	1.459
Assessment	37	1.000

매개 중심성은 특정 노드가 경유되는 정도를 측정하는 것으로, 매개 중심성이 높을수록 정보 교류에 대한 통제력이 높다. 그러므로 매개 중심성을 통해 각각의 연구 주제 간의 연결정도를 알아보면서 연구 주제 간 융합성을 확인할 수 있다. Table 4는 방탄헬멧 기술 분야의 주요 키워드 중에서 매개 중심성 수치가 높은 순으로 정리한 것이다.

Table 4. Betweenness Centrality Analysis

	Betweenness Centrality	n-Betweenness Centrality (normalized)
Composite	21.917	1.645
Model	23.760	1.784
Head	14.809	1.112
Brain	6.021	0.452
Human	8.514	0.639
Injury	7.768	0.583
System	7.425	0.557
Element	8.059	0.605
Design	10.211	0.767
Response	13.887	1.043
Material	12.594	0.946
Modeling	11.727	0.880
Simulation	10.950	0.822
Body	6.376	0.479
Shock	9.021	0.677
Polyurea	6.021	0.454
Computational	6.539	0.491
Numerical	9.350	0.702
Fiber	2.275	0.171
Assessment	4.649	0.349

근접 중심성은 특정 노드가 네트워크 전체를 기준으로 중심에 위치하는 정도를 수치화 한 것으로, 근접 중심성이 높을수록 네트워크 중심에 위치하여 다른 노드와의 거리가 가깝기 때문에 정보교류에 유리하다. 즉, 근접 중심성 수치를 이용하여 전체 네트워크에서 가장 중심에 있는 키워드를 찾아 조사하고자 하는 대상의 전체 맥락을 파악할 수 있다. Table 5는 방탄헬멧 기술 분야의 주요 키워드 중에서 근접 중심성 수치가 높은 순으로 정리한 것이다.

Table 6은 연결 중심성을 기준으로 상위 주요 20개 키워드와 각 키워드에 대한 연결 중심성, 매개 중심성 및 근접 중심성 분석 결과를 나타낸 것이다.

Table 5. Closeness Centrality Analysis

	Closeness Centrality	V/F-Closeness Centrality (Valente-Forman)
Composite	40	0.959
Model	38	0.973
Head	44	0.905
Brain	47	0.865
Human	45	0.878
Injury	45	0.878
System	47	0.851
Element	46	0.865
Design	46	0.865
Response	45	0.878
Material	47	0.865
Modeling	44	0.892
Simulation	44	0.892
Body	47	0.851
Shock	48	0.838
Polyurea	53	0.784
Computational	51	0.797
Numerical	47	0.851
Fiber	58	0.703
Assessment	53	0.784

Table 6. Centrality Analysis Results(Main Keywords)

	Degree Centrality	Betweenness Centrality	Closeness Centrality
Composite	238	21.917	40
Model	226	23.760	38
Head	219	14.809	44
Brain	155	6.021	47
Human	119	8.514	45
Injury	114	7.768	45
System	106	7.425	47
Element	106	8.059	46
Design	101	10.211	46
Response	101	13.887	45
Material	97	12.594	47
Modeling	96	11.727	44
Simulation	90	10.950	44
Body	75	6.376	47
Shock	75	9.021	48
Polyurea	66	6.021	53
Computational	63	6.539	51
Numerical	59	9.350	47
Fiber	54	2.275	58
Assessment	37	4.649	53

본 연구에서는 방탄헬멧 기술 분야의 최신 동향을 분석하고자 하였다. 매개 중심성은 연구 주제와 다른 주제와의 융합성을 확인하는 경우에 사용되며, 근접 중심성은 연구 주제의 전반적인 흐름을 알아보는 경우에 주로 사용된다. 그러므로 연구주제의 최신 동향을 분석하기 위해서 특정 노드를 중심으로 주변의 노드가 얼마나 연결되어 있는가를 나타내는 지표인 연결 중심성을 사용하

였다.

Fig. 2는 연결 중심성을 기준으로 상위 20개 주요 키워드에 대한 분석결과를 재구성하여 나타낸 것이다. Table 6에서 보는 바와 같이 연결 중심성 수치가 200이 넘으며, Fig. 2에서 보는 바와 같이 다른 키워드와의 연결 정도가 가장 많은 핵심 키워드 3가지는 ‘Composite’, ‘Model’, ‘Head’라고 파악된다. 따라서 방탄헬멧 기술 분야의 최신 연구 동향에 대한 주요 핵심 키워드가 ‘Composite’, ‘Model’, ‘Head’라는 것이 더욱 명확해진다.

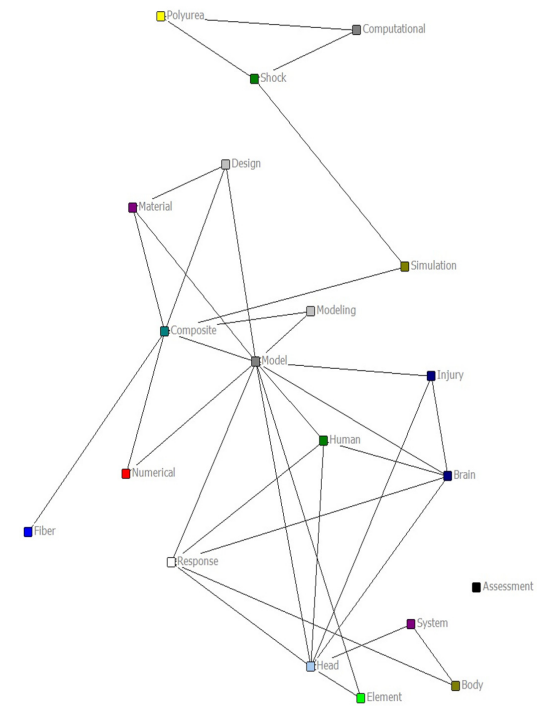


Fig. 2. Main Keywords Network Analysis Result

3. 결론

방탄헬멧 기술 분야에 대한 최신 기술 동향에 대하여 네트워크 분석을 실시한 결과 핵심 키워드는 ‘Composite’, ‘Model’, ‘Head’인 것으로 파악되었다. 중심성 분석 결과, 방탄기술의 핵심이 되는 소재분야(Composite, Material, Fiber 등)와 피탄충격을 최소화할 수 있는 구조분야(Model, Design, Simulation) 그리고 피탄 후 사용자가 받는 충격영향에 대한 연구(Head,

Brain, Injury) 등의 3가지 분야의 연구가 핵심적으로 활발히 진행 중인 것으로 파악되었다.

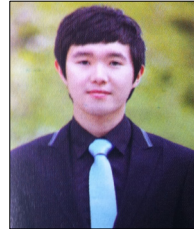
본 연구 내용은 저자들이 아는 한 키워드 네트워크 분석을 방탄기술 분야에 적용한 최초의 사례라고 판단되며, 추후 키워드 분석결과를 기반으로 인용 및 공저 네트워크 분석을 병행한다면, 방탄기술과 관련한 국방기술기획 및 연구개발의 방향성을 제시하기 위한 기반자료로서 활용 가능할 것으로 판단된다.

References

- [1] S. Sohn, S. Hong, "Research Trends on the Ballistic Protection Materials and development of Bullet-proof Helmet", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, vol. 19, no. 7, pp. 7-19, 2002.
- [2] C. Hong, "Technology and Status of Composites Applications", Journal of Mechanical Science and Technology, vol. 34, no. 5, pp. 334-341, 1994.
- [3] D. Jeong, O. Kwon, Y. Kwon, "Network Analysis of Green Technology using Keyword of Green Field", Journal of the Korea Contents Association, vol. 12, no. 11, pp. 511-518, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5392/JKCA.2012.12.11.511>
- [4] M. Kim, H. Um, "The Study on Recent Research Tren in Korean Tourism Using Keyword Network Analysis", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 17, no. 9, pp. 68-73, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.9.68>
- [5] M. Seok, B. Jo, I. Ji, "An Application of Patent Citation Network Analysis for Technology Marketing: A Case of a Public Research Institute", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 16, no. 5, pp. 3210-3219, 2015.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.5.3210>
- [6] H. W. Park, Loet Leydesdorff, "Understanding the KrKwic: A computer program for the analysis of Korean text", Journal of the Korean Data Analysis Society, vol. 6, no. 5, pp. 377-387, 2004.
- [7] B. Kim, M. Jung, S. Jeon, D. Shin, "Global Research Trends on Geospatial Information by Keyword Network Analysis", Journal of Korea Spatial Information Society, vol. 23, no. 1, pp. 69-77, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.3743/KOSIM.2015.32.3.069>
- [8] J. Kho, K. Cho, Y. Cho, "A Study on Recent Research Trend in Management of Technology Using Keywords Network Analysis", Journal of Intelligent Information System, vol. 19, no. 2, pp. 101-123, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.13088/jiis.2013.19.2.101>

강 진 우(Jinwoo Kang)

[정회원]



- 2011년 2월 : 한국과학기술원 산업 및 시스템 공학과(학사)
- 2013년 2월 : 한국과학기술원 산업 및 시스템 공학과(석사)
- 2012년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방경영, 데이터분석, 네트워크분석

박 재 우(Jaewoo Park)

[정회원]



- 2005년 2월 : 아주대학교 생명분자공학부 (공학사)
- 2009년 8월 : 서울대학교 화학생물공학부 (공학석사)
- 2015년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부 (공학박사)
- 2015년 3월 ~ 2015년 8월 : 정밀기계설계연구소 박사후연구원
- 2015년 9월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

국방품질경영

김 지 훈(Jihoon Kim)

[정회원]



- 2013년 2월 : 숭실대학교 유기신소재·파이버 공학과(학사)
- 2015년 2월 : 숭실대학교 유기신소재·파이버 공학과(석사)
- 2014년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방품질경영, 재료공학, 신소재공학