

차별화된 협동로봇 형태 디자인 개발에 관한 연구 (형태분석법 적용 가능성을 중심으로)

A Study on the Development of Differentiated Collaborative Robot Shape Design (Focusing on the Applicability of Morphological Analysis)

국화연¹ · 홍성수[†]

Hwayeon Kuk¹, Seongsoo Hong[†]

Abstract: Collaborative Robot (Cobot) that can collaborate with humans by fusion with many advanced technologies among industrial robots in the industrial field are attracting attention. In this study, the engineers of Small and Medium Enterprises can directly participate in the cobot design, and ultimately, the possibility of deriving the shape design of the differentiated cobot was studied. The method applied to derive the shape design of differentiated cobot is ‘Morphological Analysis’. First, the design elements of the form of cobots were derived as ‘Link’ and ‘Joint’. In addition, by analyzing the image form of the Link and Joint of the existing cobot, a new form element of the Link and Joint was proposed. In order to quantitatively identify the most discriminating cobot shape design, FGI (Focus Group Interview) was conducted to derive image types of 4 Link and 3 Joint. Then, the most important ‘Shape Combination’ was carried out in morphological analysis, and 12 new cobot shape designs were drawn. Through this, the applicability of the morphological analysis method in the derivation of differentiated cobot shape design was examined.

Keywords: Collaborative Robot (Cobot), Robot Design, Morphological Analysis

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

인더스트리 4.0이 진행되면서 산업용 로봇에 대한 수요가 커지고 있는 가운데 최근에는 기존의 대형 산업용 로봇 대신 스마트팩토리와 같은 제조현장 혁신을 위한 작고, 사람과 협업할 수 있는 협동로봇(Collaborative Robot, Cobot)에 대한 시장이 커지고 있다¹⁾.

협동로봇은 기본적으로 펜스 없이 설치가 가능하다. 제조, 물류 산업뿐만 아니라 서비스업체, 식음료 업체 등도 산업용 로봇에 비해 저렴하고 설치가 용이한 협동 로봇을 도입해 제조

및 서비스의 생산성을 높이고 있는 상황이다²⁾.

협동로봇 개발에 있어서 로봇기술이 중요한 만큼 시장 경쟁력을 강화하기 위해서는 디자인을 통한 차별화가 중요하다. 하지만 현재 국내 로봇 관련 중소기업에서는 대기업과 비교하면 자체적으로 로봇 관련 디자이너를 보유하고 있지 않다. 이러한 현황에서 지금까지 대부분 중소기업에서 출시된 협동로봇을 비롯한 로봇 분야의 개발 제품들은 기술력과 비교하면 디자인 개발은 다소 미흡한 편이다.

따라서 본 논문에서는 로봇 엔지니어가 로봇 디자인에 참여하는 방법을 모색하고, 그 방법으로 ‘형태분석법’을 적용하여 그 가능성을 제시하고자 한다. 더 나아가 로봇 관련 기업들의 디자인 역량을 강화할 수 있는 협동로봇 디자인 개발 과정을 제시하고자 한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구는 협동로봇의 형태적 특징으로 보았을 때 조인트, 링크가 돌출된 형태로 연구범위를 설정하였다. 또한 디자인 요소

Received : Jan. 22. 2020; Revised : Mar. 9. 2020; Accepted : Mar. 16. 2020

※ The work reported in this paper was conducted during the sabbatical year of Korea Polytechnic University in 2019.

1. Researcher, Department of New Technology Convergence, Korea Polytechnic University, Sihung, Korea (kookwy@kpu.ac.kr)

† Professor, Corresponding author: Department of DESIGN, Korea Polytechnic University, Sihung, Korea (hss@kpu.ac.kr)

중 차별화된 형태요소에 주안점을 두고 연구범위를 설정하였다.








기업의 협동로봇 외형 디자인이 국내·외 시장에서도 경쟁력을 높일 수 있도록 도움을 줄 수 있는 체계적인 디자인 결과를 제안하고자 하였다. 그러기 위해서 먼저 국내의 유명 기업의 협동로봇 디자인 트렌드를 분석하였다. 그리고 협동로봇의 형태분석법 적용을 위해서 협동로봇의 형태요소를 도출하였다. 그다음 현재 출시된 협동로봇을 수집하고, 이것을 기반으로 협동로봇의 이미지 척도 분석법을 이용하여 기존 출시된 협동로봇의 형태를 분석하였다. 이미지 척도법의 그룹 간 서로의 형태 이미지 연관성을 통해 비어있는 공간척도에 새로운 형태요소를 도출하였다. 여기서 도출된 형태요소를 가지고 차별화된 형태의 협동로봇 디자인 결과물을 제안하였다.

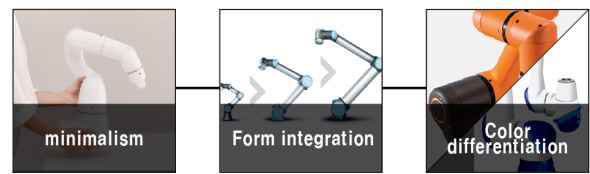
2. 협동로봇 디자인 트렌드 분석

2.1 협동로봇의 디자인 트렌드 분석

협동로봇 트렌드 분석을 위해, 국내의 유명 브랜드 기업을 선정하여 디자인 트렌드 분석을 하였다[Table 1].

[Table 1] The Cobot Development Status and Trend Analysis

Image	Characteristic
	Yaskawa-Motoman HC10 (Japan) ^[3] Safe design even when the joint is hit by the operator when operating in the form of a dome. Pursuit of simplicity with relatively thin cylindrical link design
	Universal Robot-UR10 (Denmark) ^[4] Pursuit of clean design by using simple link of cylinder and pursuit of solid feeling with simple appearance joint that applied company color
	ABB-YuMi (Switzerland) ^[5] The modular design of the link with a truncated cone gives the appearance a complex look.
	KUKA-LBR iiwa (Germany) ^[6] Among the co-operating robots on the market, the shape of the curve is relatively clear and the whole body is rounded.
	Hanwha Precision Machinery-HCR5 (Korea) ^[7] Designed with straight links without any distinction between joints, one axis looks neat and smooth and distinguishes between colors.
	Doosan Robotics-m1013 (Korea) ^[8] Designed using flexible curves with human arms as motifs, pursuing designs that enhance user safety and efficiency with delicate and flexible curves
	Neuromeka-Indy10 (Korea) ^[9] Curved links provide a smooth and simple user-friendly design, with a joint point for a firm, flexible feel



[Fig. 1] The Design Trend of Cobot

분석 결과 첫 번째, 협동로봇은 크기와 무게가 소형 및 경량화되며 디자인 또한 심플하게 개발되고 있다. 두 번째, 협동로봇은 주로 시리즈별로 출시되며 형태의 일체화를 통해 기업별 디자인 차별화를 추구한다. 세 번째, 기업 고유의 이미지를 부여하기 위해 컬러 적용으로 디자인 아이덴티티를 부각한다.

이로써 현재 협동로봇 시장 현황 분석 결과 ‘미니멀리즘’, ‘형태 일체화’, ‘컬러 차별화’의 3가지 협동로봇 디자인 트렌드를 도출하였고 이후 협동로봇 디자인 개발에 참고할 수 있다[Fig. 1].

3. 형태분석법의 이해 및 적용 방법

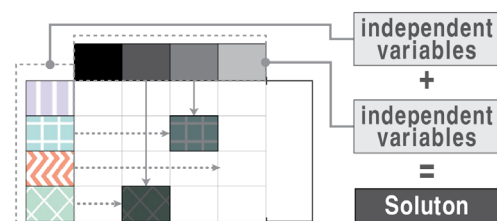
3.1 형태분석법의 정의

형태분석법(Morphological Analysis)은 스위스의 물리학자 프리츠 즈위키(Fritz Zwicky)가 고안하였다. 형태분석법에서 해결해야 하는 문제는 모든 구성 요소의 합으로 이루어진 결과로 보고, 차트(chart)화를 통하여 정리하여 해결안을 도출한다. 이러한 구성 요소를 형태 요소 또는 독립 변수(independent variables)라고 말한다. 형태분석법은 아이디어를 빠짐없이 도출하여 바람직한 결과를 얻을 수 있는 장점^[10]이 있다.

핵심은 문제 해결이 축을 기준으로 나열된 요소들의 합으로 이루어지며, 이러한 차트를 통해 체계적이고 종합적으로 해결안을 도출하는 것이다. 따라서 다른 방법론과 달리 대량의 데이터를 발굴해야 하는 디자인 해결안의 방법론으로써 접목하기 적합하다.

3.2 형태분석법 적용 방법

형태분석법을 디자인 방법론으로 적용하기 위해서는 기본적으로 형태분석을 위한 요소들의 파악이 중요하다. 해결안



[Fig. 2] The Solution of Cobot Design

도출을 위해서 같은 수준의 요소들로 배열하며, 서로 독립적이어야 한다[Fig. 2]. 적용 방법은 다음과 같다.

1. 디자인 문제 정의
2. 디자인 문제의 요소 파악 및 같은 수준의 독립변수 배열
3. 형태분석법 적용하여 요소 결합 차트 작성
4. 요소 결합으로 작성된 차트를 통해 아이디어 발상
5. 아이디어 평가하여 해결책 선택

4. 형태분석법을 이용한 협동로봇 디자인 적용

4.1 협동로봇의 형태 요소 도출

형태분석법을 이용하여 협동로봇의 형태 요소를 도출하기 위하여 먼저 협동로봇의 고정부인 몸통에서부터 ‘링크 1’, ‘링크 2’, ‘링크 3’의 형태를 분석하여 각 링크가 갖는 형태 이미지 요소를 추출한다. 협동로봇의 몸통에서부터 ‘베이스(base) 조인트’, ‘숄더(shoulder) 조인트’, ‘엘보우 조인트(elbow)’, ‘리스트(wrist) 조인트’의 형태를 분석하여 각 조인트가 갖는 형태 이미지 요소를 추출한다[Fig. 3]. 협동로봇의 손 역할인 엔드 이펙터(end effect)는 해당 산업 공정에서 요구되는 부분에 따라 다양한 형태를 취하기 때문에 분석 범위에서 제외한다.

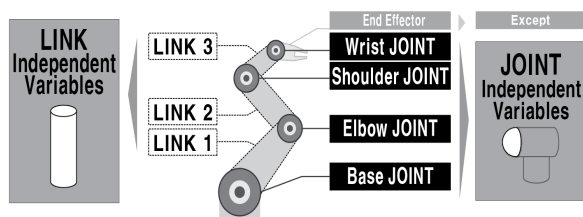
4.2 협동로봇의 형태분석법 적용

4.2.1 협동로봇의 디자인 수집

현재 협동로봇 디자인 수집을 위해 국내의 주요 산업용 로봇 기업에서 출시된 42개의 협동로봇 현황을 각 기업 웹사이트를 통하여 수집하였다[Table 2].

4.2.2 새로운 링크 형태 도출

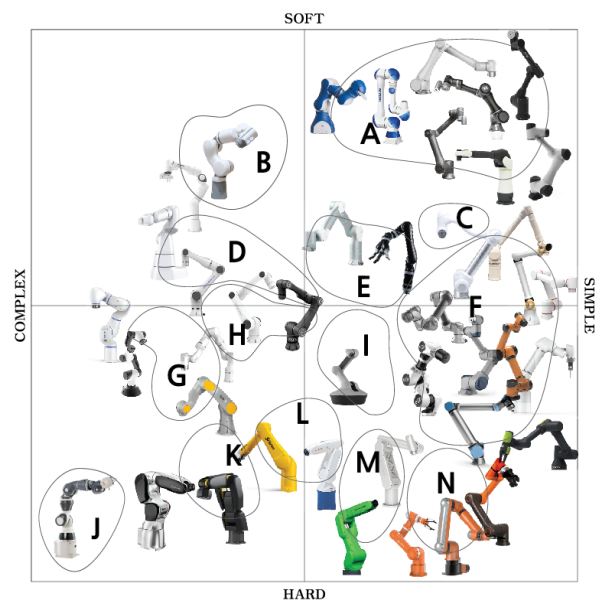
협동로봇 링크 이미지 형태분석을 위해 가로축은 COMPLEX, SIMPLE, 세로축은 SOFT와 HARD의 이미지 척도 분석법 (image scale)을 통하여 기존 협동로봇을 분석하였다. 42개의 협동로봇 링크를 분석한 결과 알파벳 순서대로 A부터 N까지 14개의 형태 디자인으로 분석할 수 있었다[Fig. 4].



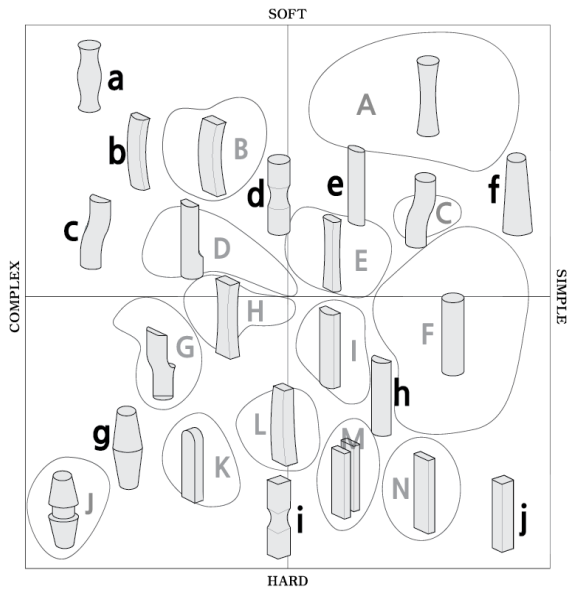
[Fig. 3] Range of Cobot Independent Variables for Applying Morphological Analysis

[Table 2] Analysis of existing Cobot design

① [5]	② [11]	③ [12]	④ [13]	⑤ [14]	⑥ [15]	⑦ [16]
⑧ [17]	⑨ [18]	⑩ [18]	⑪ [19]	⑫ [20]	⑬ [20]	⑭ [21]
⑮ [21]	⑯ [22]	⑰ [23]	⑱ [24]	⑲ [25]	⑳ [26]	㉑ [27]
㉒ [27]	㉓ [29]	㉔ [29]	㉕ [28]	㉖ [29]	㉗ [30]	㉘ [31]
㉙ [31]	㉚ [32]	㉛ [33]	㉜ [34]	㉝ [35]	㉞ [35]	㉟ [36]
㊱ [41]	㊲ [37]	㊳ [3]	㊴ [38]	㊵ [39]	㊶ [29]	㊷ [40]
㊸ [41]	㊹ [37]	㊺ [3]	㊻ [38]	㊼ [39]	㊽ [29]	㊾ [40]



[Fig. 4] The Image Scale of Cobot's Link

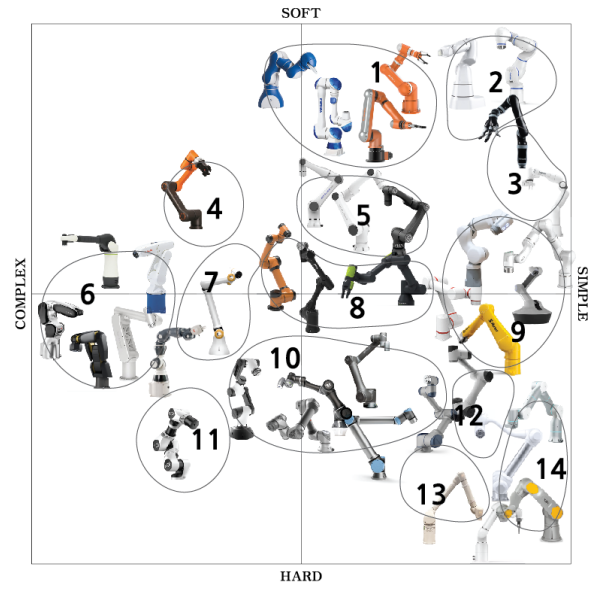


[Fig. 5] The Proposal of Cobot Link's Independent Variables

A는 가운데가 오목한 원기둥 형태이다. B는 기둥축이 한쪽으로 휘 사각기둥의 형태이다. C는 기둥 축의 가운데 부분이 유선형인 원기둥 형태이다. D는 기둥 앞면이 둥글고 뒷면은 베어낸 것 같은 기둥 형태이다. E는 세로축 기둥이 오목한 형태의 사각기둥 형태이다. F는 기본적인 원기둥 형태이다. G는 기둥 한쪽이 베인 볼록한 원기둥의 형태이다. H는 기둥축이 오목한 사각기둥 형태이다. I는 기둥 앞면이 볼록한 사각기둥 형태이다. J는 밑면을 마주본 두 개의 원뿔대로 이루어진 형태이다. K는 기둥 윗면이 위로 둥근 사각기둥의 형태이다. L은 기둥축이 한쪽으로 휘 사각뿔대 형태이다. M은 사각기둥 2개가 지지하는 형태로 이루어져 있다. N은 기본적인 사각기둥 형태를 가지고 있는 것으로 분석되었다[Fig. 4].

지금까지의 링크형태 이미지 척도 결과를 기준으로 새로운 링크 형태 이미지 요소들을 제안하였다. 이는 이미지 척도법에서 도출된 결과를 바탕으로 비어있는 공간척도에 연관성을 가지며 적합한 이미지를 새롭게 제안하였다. 새롭게 제안한 링크 이미지는 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j 이다[Fig. 5].

a는 오목하고 볼록한 형태가 다 들어 있는 기둥 형태이다. b는 앞면이 둥글고 기둥축이 한쪽으로 휘 형태이다. c는 밑면이 반원이고 기둥축의 가운데 부분이 유선형인 기둥 형태이다. d는 중간 부분을 오목하게 둘러 베인 형태이다. e는 타원기둥 형태이다. f는 원뿔대 형태이다. g는 원뿔대를 밑면을 마주 보게 붙인 형태이다. h는 밑면이 반원인 기둥 형태로 이는 원기둥을 기둥축 방향으로 반을 자른 형태와 같다. i는 중간부분을 오목하게 네 방향으로 베어낸 사각기둥 형태이다. j는 밑면이 정사각형인 사각기둥 형태를 도출할 수 있었다[Fig. 5].



[Fig. 6] The Image Scale of Cobot's Joint

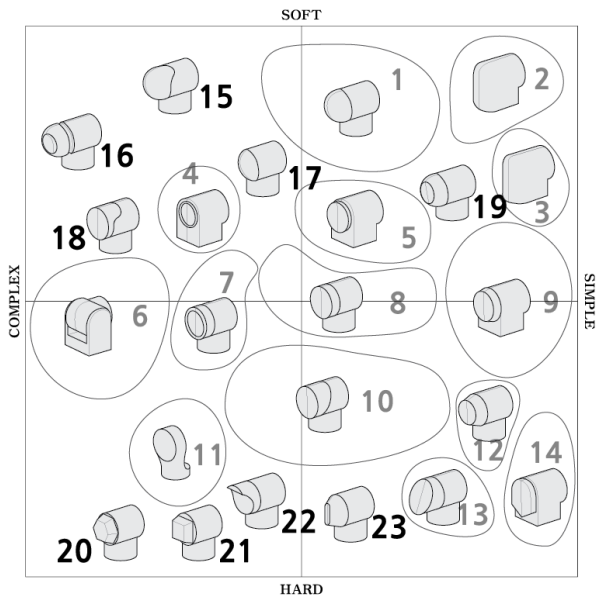
4.2.3 새로운 조인트 형태 도출

다음은 기존 협동로봇을 이미지 척도 분석법을 통하여 협동로봇의 조인트 형태를 분석하였다. 42개의 협동로봇 조인트를 분석한 결과 숫자 순서대로 1부터 14까지 14개의 형태 디자인으로 분석할 수 있었다[Fig. 6].

1은 돔 조인트 형태로 반구 형태와 같다. 2는 둥근 조인트의 형태이다. 3은 납작하며 둥근 조인트의 형태이다. 4는 일체형 조인트 위에 오프셋(off-set)의 원형 띠가 없어서 있는 형태이다. 5는 일체형의 조인트 위에 납작한 원기둥 형태가 없어서 있다. 6은 휠 구조와 비슷한 조인트 형태이다. 7은 원기둥 조인트 겉면에 오프셋의 원형 띠가 둘러져 있는 형태이다. 8은 원기둥의 변형된 형태이다. 9는 일체형의 조인트 위에 원뿔대 형태가 없어서 있다. 10은 원기둥 형태의 밑면을 사선으로 자른 조인트 형태이다. 11은 물방울과 비슷한 형태로 서로 다른 조인트끼리 맞물린 형태로 조성된다. 12는 원뿔대의 변형된 형태이다. 13은 원기둥 형태 윗면을 사선으로 자른 형태이다. 14는 일체형의 조인트 위에 납작한 도형이 없어서 있는 형태로 분석되었다[Fig. 6].

그다음, 기존 조인트 형태분석 이미지 척도법의 그룹 간 서로의 이미지 연관성을 통해 협동로봇의 아이덴티티를 새롭게 부각할 수 있는 새로운 조인트 이미지를 제안하였다. 새롭게 제안한 조인트 이미지는 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 이다 [Fig. 7].

15는 돔 밑면을 유선형으로 벤 조인트 형태이다. 16은 반구 형태, 돔 형태의 윗 면을 스koop으로 도려내고 아랫면을 오목하게 띠 형태로 도려낸 조인트 형태이다. 17은 높이가 낮은 납작한 돔 조인트 형태이다. 18은 원기둥 밑면을 유선형으로 벤 조인트 형태이다. 19는 반구 형태, 돔 형태에 윗 부분을 밑면과



[Fig. 7] The Proposal of Cobot Joint's Independent Variables

평행하게 베인 조인트 형태이다. 20은 육각뿔대의 조인트 형태이다. 21은 사각뿔대의 조인트 형태이다. 22는 원기둥 윗면을 위 방향으로 오목하게 도려낸 조인트 형태이다. 23은 헤어 드라이어 입구 같은 조인트 형태를 도출하였다[Fig. 7].

4.2.4 차별화된 협동로봇 형태 요소 선택

앞에서 도출한 링크와 조인트 중에서 새롭고 차별화된 형태요소를 선택하였다. 선택을 위해서 2명의 디자인전공 교수, 1명의 로봇전공 교수, 2명의 로봇 개발 전문가 등 총 5명[Table 3]의 전문가그룹회의(Focus Group Interview)를 실시하였다.

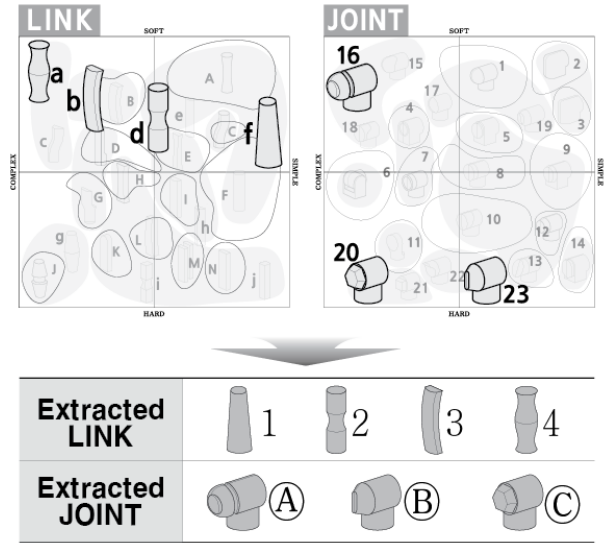
그 후 범위를 좁혀 차별화된 형태 요소를 기준으로 최종 협동로봇에 대한 형태 요소를 도출하였다. [Fig. 8]에서 보는 바와 같이 링크 형태 요소 4개(1, 2, 3, 4)와 조인트 형태 요소 3개(A, B, C)를 각각 선택하였다.

4.2.5 협동로봇 형태분석법 적용 결과

본 연구에서는 협동로봇의 형태요소를 링크, 조인트의 주요 변수를 지정하였기 때문에 형태분석법 중 2D 형태 조합 분석을 진행하였다.

[Table 3] FGI list

		Position
List	①	S Univ. Major of Design / Professor
	②	H Univ. Major of Design / Professor
	③	S Univ. Major of Robot / Professor
	④	Enterprise O / Engineer
	⑤	Enterprise K / Engineer



[Fig. 8] Proposal of final Cobot type extracted through FGI

기존의 디자인과 차별화된 형태를 도출하기 위해서 링크 형태 요소 4개(1, 2, 3, 4)와 조인트 형태 요소 3개(A, B, C)의 총 12개(1A, 2A, 3A, 1B, 2B, 3B, 4B, 1C, 2C, 3C, 4C)의 새로운 협동로봇 형태 디자인 경우의 수를 도출할 수 있다.

본 연구는 차별화된 형태를 도출하는 것이 목표이므로 기존의 협동로봇과 비슷한 형태 이미지를 배제한 후 형태 분석법을 적용한 총 12개의 협동로봇 형태 디자인이 도출되었다[Table 4].

4.2.6. S기업 사례 적용 사례

앞에서 도출된 형태분석 결과(12개 디자인 안)를 가지고 S기업에 적용하여 보았다. S기업은 협동로봇을 이용하여 식당 및 카페 서비스를 계획하고 있다.

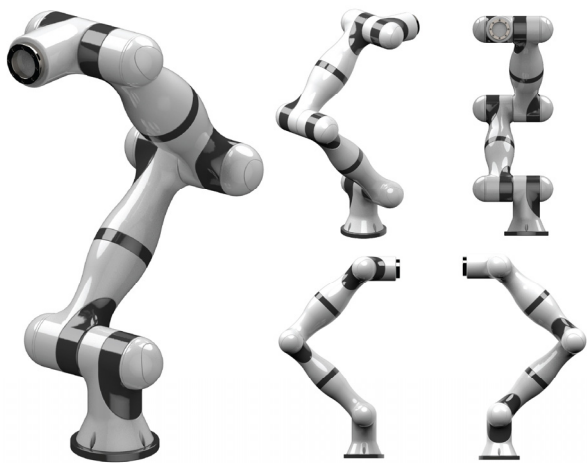
기업 대표 및 관계자와 여러 차례 심층 면담을 통하여 차별화된 식당 및 카페 서비스를 위한 로봇 형태로 고객들에게 친근하고 요식업과 잘 어울릴 수 있도록 라운드가 많이 들어간 로봇으로 최종선택(4A)하였다. 최종선택한 안에 대해서 구체적 디자인 작업을 진행하여 결과를 제시하였다[Fig. 9].

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 로봇 엔지니어들도 쉽게 차별화된 협동로봇을 디자인할 수 있는 방법을 모색하고 그 해결책으로 형태분석법을 협동로봇 디자인에 적용하였다. 이러한 연구 방법을 통하여 협동로봇의 형태에 대한 디자인 요소를 링크와 조인트로 도출하였다. 그리고 기존 협동로봇의 링크와 조인트의 이미지

[Table 4] Result of morphological analysis

	1	2	3	4
(A)	1(A)	2(A)	3(A)	4(A)
(B)	1(B)	2(B)	3(B)	4(B)
(C)	1(C)	2(C)	3(C)	4(C)



[Fig. 9] The Design Result of Company S

형태를 분석하여, 새로운 링크와 조인트의 형태 요소를 제한하고 형태조합을 진행하여 새로운 협동로봇 형태 디자인 안 12개를 도출하였다. 그리고 마지막으로 도출된 협동로봇 디자인 중에서 식당 및 카페 서비스에 적합한 디자인 결과물을 제안하였다. 이렇게 형태조합으로 도출된 협동로봇 디자인은 각 기업에서 원하는 디자인을 선택하여 자사 고유의 디자인 요소를 적용할 수 있었다.

형태분석법을 통해 도출된 차별화된 협동로봇 디자인에 대한 과정은 협동로봇 디자인에 대한 아이디어를 도출하는 데 관련 기업과 기관에 도움이 될 것으로 생각한다.

향후에는 협동로봇이 다양한 산업 공정에서 이루어지는 작업자와의 협업에 따른 안전성과 디자인 선택 및 평가 연구도 함께 이루어져야 할 것으로 생각한다.

References

- [1] G. C. Park, "Korea Domestic Cooperative Robot Market", *Industry News*, [Online], <https://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=28969>, Accessed: Mar. 19, 2020.
- [2] G. S. Chang, "Manufacturing Cooperative Robot Market", *Robot newspapers*, [Online], <http://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=15181>, Accessed: Mar. 19, 2020.
- [3] *Yaskawa*, [Online], <https://www.motoman.com/en-us/products/robots/industrial/assembly-handling/hc-series/hc10dt>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [4] *Universal Robots*, [Online], <https://www.universal-robots.com>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [5] *ABB*, [Online], <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-14050-single-arm-yumi>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [6] *KUKA*, [Online], www.kuka.com, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [7] *Hanwha Robotics*, [Online], <https://www.hanwharobotics.co.kr/Product/lineup>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [8] *Doosan Robotics*, [Online], <https://www.doosanrobotics.com/en/product/Products/LineupOptions/M1013>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [9] *Neuromeka*, [Online], <https://www.neuromeka.com/cobot>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [10] Y. Lim, "Giving Shape", *Design Methodology Research*, 2nd ed, Mijinsa, 1992, ch 9, sec. 5, pp.163-164, ISBN: 8940801318.
- [11] *Acutronic Robotics*, [Online], <https://www.youtube.com/channel/UC4PSPiQ7aIvQGgNTdp9IqOg/videos>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [12] *AUBO-i3 Cobot*, [Online], <https://aubo-robotics.com/products/aubo-i3>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [13] *Automata*, [Online], <https://automata.tech>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [14] *Bosch APAS*, [Online], <https://www.bosch.com/research/know-how/success-stories/bosch-apas-flexible-robots-collaborate-in-industry-4-0>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [15] *Carbon Robotics*, [Online], <https://www.youtube.com/watch?v=b-ltKYqk2jA>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [16] *eDo*, [Online], <https://edo.cloud/the-robot>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [17] *DENSO Launches COBOTA*, [Online], <http://www.seminartoday.net/news/articleView.html?idxno=11113>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [18] *DOBOT CR5*, [Online], <https://www.dobot.nu/en/product/dobot-cr5>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [19] *Elephant Robotics*, [Online], <http://www.elephantrobotics.com/en/panda-en>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [20] *ELIBOT ROBOT*, [Online], http://www.elibot.co.kr/html/sub02/sub02_0201.php, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [21] *ESI*, [Online], <http://www.esit.com/industrial-arms>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [22] *F&P Personal Robotics*, [Online], <https://www.fp-robotics.com/en/p-rob>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [23] *FANUC*, [Online], <https://www.fanuc.eu/fi/en/robots/robot-filter-page/collaborative-robots/collaborative-cr-14ial>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [24] *Flexiv*, [Online], <https://en.flexiv.com/en/landing>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [25] *FRANKA EMKA*, [Online], <https://www.franka.de/technology>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [26] *HAN'S ROBOT*, [Online], <http://elfincollaborativerobot.eu/en/elfin-collaborative-robot-en>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [27] *Life Robotics*, [Online], <https://liferobotics.com/product>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [28] *KOMACHINE*, [Online], <https://www.komachine.com/ko/companies/autopower/products/107923-OPTi-10>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [29] *OMRON*, [Online], http://www.ia.omron.co.kr/products/product_detail2.asp?list_code2=032010&prodPk=2563, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [30] *PRECISE AUTOMATION*, [Online], <http://preciseautomation.com/PAVP6-VS6.html>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [31] *Productive Robotics*, [Online], <https://www.productiverobotics.com>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [32] *Rainbow Robotics*, [Online], http://www.rainbow-robotics.com/new/index_ko.php, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [33] *ROBOT TECH ARMOBOT*, [Online], <https://www.coboticsworld.com/portfolio-items/robot-tech-armobot>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [34] *ROZUM ROBOTICS*, [Online], <https://rozum.com/robotic-arm>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [35] *SIASUN*, [Online], <https://www.siasun.cz/en/products>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [36] *STAUBLI*, [Online], <https://www.staubli.com/en/robotics/product-range/industrial-robots/6-axis-robots/tx2-90>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [37] *USABOTICS*, [Online], <http://www.usabotics.com/zeta-robot.htm>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [38] *Yuanda*, [Online], <https://www.yuanda-robotics.de/en>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [39] *KINOVA*, [Online], <https://cobotsguide.com/2016/06/kinova>, Accessed: Mar, 19, 2020.
- [40] *PILZ*, [Online], <https://www.pilz.com/en-CA/eshop/00108002327111/PRBT-manipulator-modules>, Accessed: Mar, 19, 2020.



국 화 연

2018 한국산업기술대학교 디자인공학전공 (학사)

2020 한국산업기술대학교 신기술융합학과 (석사)

관심분야: 협동로봇, 의료/서비스 로봇, AR/VR



홍 성 수

2004 한양대학교 산업디자인학과(박사)

현재 한국산업기술대학교 디자인학부
로봇디자인연구소 교수

관심분야: 로봇, 산업기기, 의료기기 설계 및 디자인