

전기커넥터 조립용 그리퍼 설계를 위한 전기커넥터 파지 및 조립특징 분석연구

Characteristic Analysis of Electronic Connector Grasp and Assembly for Design Grippers

한창수^{1, #}, 안보영², 김현국², 백인혁², 황순웅³, 신규식¹, 허준형⁴
Chang Soo Han^{1, #}, Boyoung An², Hyeon Guk Kim², In Hyuk Baek², Soon Woong Hwang³,
Kyoo Sik Shin¹, and Jun Hyung Heo⁴

¹ 한양대학교 로봇공학과 (Department of Robot Engineering, Hanyang University)

² 한양대학교 메카트로닉스공학과 (Department of mechatronics Engineering, Hanyang University)

³ 제조혁신기술원 산업화지원본부 (Industrialization Support Division, Korea Institute of Manufacturing Innovation)

⁴ 한양대학교 융합시스템공학과 (Department of Interdisciplinary Engineering Systems, Hanyang University)

Corresponding Author / E-mail: cshan@hanyang.ac.kr, TEL: +82-31-400-5247

ORCID: 0000-0002-8561-847X

KEYWORDS: Electronic connector assembly (전기커넥터 조립), Factory automation (공장 자동화), Grasp analysis (파지 분석)

Automation of electronic connectors has been in demand, based on automation of assembly of electronic products. In this study, we propose a new classification of electronic connector, for grasping and assembling. We analyze characteristics of electrical connectors often used at actual industrial sites, from the perspective of the robot, not a person. As a result, it is appropriate to classify the grasp, according to the shape of the electric connector. For the assembly, we suggested that classification should be based on directions are different, because of interference of the electric wire and peripheral parts. We hope that this research will become a new basis, for electrical connector assembly.

Manuscript Received: June 19, 2018 / Revised: September 19, 2018 / Accepted: October 11, 2018

1. 서론

제품의 조립 자동화가 요구됨에 따라 전자제품 안에서 전자부품 간의 연결 혹은 전선 간의 연결을 하는 전기커넥터 조립 자동화의 필요성이 커지고 있으며, 이에 따라 전기커넥터 조립 로봇에 관한 연구 또한 활발하게 이루어지고 있다. 대표적으로 Jian Huang의 전기커넥터의 체결을 역학적으로 해석하여 수학적 모델을 통해 전기커넥터를 조립하기 위한 제어 방법을 제안한 연구,^{1,2,5} Fei Chen의 Jian Huang 모델을 기반으로 전기커넥터 조립을 위한 그리퍼 I-Hand를 개발한 연구,^{3,4} Yasuo Kitaaki의 3D-Sensor를 사용하여 전기커넥터를 조립하는 연구,⁶ Yuta Kimura의 비전을 통해 전기커넥터에 연결된 전선의 상태를 분류하는 연구,⁷ 허준형의 공리적 설계를 이용하여 전기커넥터용 그리퍼를 개발한 연구⁸ 등

이었다.

전기커넥터 조립에 관한 연구가 계속되고 있으나, 현재까지 전기커넥터의 조립 자동화는 이루어지지 못하고 있다. 본 연구진에서는 전기커넥터의 자동화가 이루어지지 못한 이유로 (1) 전기커넥터의 모델이 매우 다양하나 (2) 이전 연구들에서는 일부 모델에 국한되어 연구 및 개발되었다는 점, (3) 대부분의 연구들이 특정 모델의 전기커넥터를 대상으로 끼우는 방법, 즉 로봇을 제어하는 연구인 패킹(Paging)에만 집중하고 있다는 점을 꼽는다.

전기커넥터는 종류가 매우 많다. 전기커넥터의 사용 용도, 핀 배열, 물리적 구조, 크기, 핀 사이의 절연 등등에 따라 수천 가지 유형의 전기커넥터가 제조되고 있으며 하나의 전자제품에도 여러 종류의 전기커넥터가 이용된다. 다양한 전기커넥터 중 특정 전기커넥터를 대상으로 조립의 특성을 분석한 연구만으로는 조립 자

동화를 하기 어려우며, 모든 전기커넥터의 조립에 대한 특성을 파악하여 조립로봇을 개발한 후 자동화를 이루는 것은 지나치게 비효율적이라고 볼 수 있다. 뿐만 아니라 주변 환경을 고려하였을 때, 수천개 종류의 전기커넥터가 수많은 종류의 전선, 셀 수 없는 주변 환경과의 상호 관계에서 각 전기커넥터의 조립공정이 가지는 특성을 파악하는 것은 현실적으로 불가능에 가깝다. 따라서 전기커넥터의 완전 자동화를 위해서는 수천 개에 달하는 전기커넥터를 조립 특성에 맞게 분류한 뒤, 각 분류에 따라 전기커넥터의 조립공정분석 및 자동화가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 이전 연구가 가지는 한계들을 보완하기 위하여 (1) 다양한 전기커넥터를 대상으로 (2) 전기커넥터의 파지 및 조립의 분석을 시행하였다. 또한 (3) 전기커넥터의 조립환경을 고려하여 그 특성을 분석하였으며, 이를 기반으로 판매의 편의를 위해 사용되던 사용용도, 점점의 개수 등의 분류를 벗어나 (4) 전기커넥터 파지와 조립에 집중한 새로운 분류를 제안함으로써 전기커넥터 조립의 새로운 기반을 이루고자 하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2장은 수많은 전기커넥터 종류 중 연구 샘플 추출 과정을 기술하였다. 3장은 샘플 모델을 대상으로 파지와 조립의 특성을 분석하고 공통점 도출, 분석하였다. 마지막으로 4장에서는 기존의 전기커넥터 분류기준과 3장을 통해 전기커넥터의 파지와 조립에 영향을 미치는 요인들에 따른 분류가 그리퍼의 관점에서 자동화에 적합한지를 분석하고 판단하여 자동화를 위한 새로운 분류를 제안하고 있다.

2. 대상모델 선정

전기커넥터는 전자부품이나 회로 간 전기적 결합을 위해 사용하는 접속부품으로 전자기계장치(Electro-Mechanical Device)이다. 전력, 신호 및 제어 어플리케이션에 따라 전기커넥터를 선택하게 되는데, 이때 핀 배열, 물리적 구조, 크기, 접촉저항, 핀 사이의 절연, 진동에 대한 내구성 및 내성, 물 또는 다른 오염 물질의 침투에 대한 저항, 압력에 대한 저항, 수명(연결 및 해제 횟수) 등에 따라 수천 가지 유형의 전기커넥터가 제조되고 있다.

본 연구에서는 실제 산업 적용에 용이한 결과를 도출하기 위하여 랜덤 샘플링을 대신하여 Fig. 1과 같이 4단계를 거쳐 전기커넥터 대표모델을 선정하였다. 우선, 첫번째 단계에서 판매율, 즉 산업 현장에서의 사용 빈도를 1차 기준으로 선정하였다. 단, 작은 모델을 파지 할 수 있다면 큰 모델도 파지 할 수 있을 것으로 판단, 동일한 모델의 경우 핀의 수가 적은 전기커넥터를 선정하였다. 전기커넥터의 2, 3차 선정 기준은 '다양성'에 두었다. 사용빈도가 높은 전기커넥터 중에는 전기적인 스펙의 차이는 있으나 그 외 물리적인 차이는 거의 없는 유사한 형태의 전기커넥터가 많았다. 전기커넥터의 패스닝 유형과 형상이 모두 유사한 경우 파지 조건 및 조립형태 또한 유사할 것으로 판단하였으며, 선정된 전기커넥터 11종 중 패스닝 유형과 전기커넥터의 형상이 모두 유사한 5개의 모델을 대상 모델에서 제외하였다. 제외한 5개의 모델을 대신

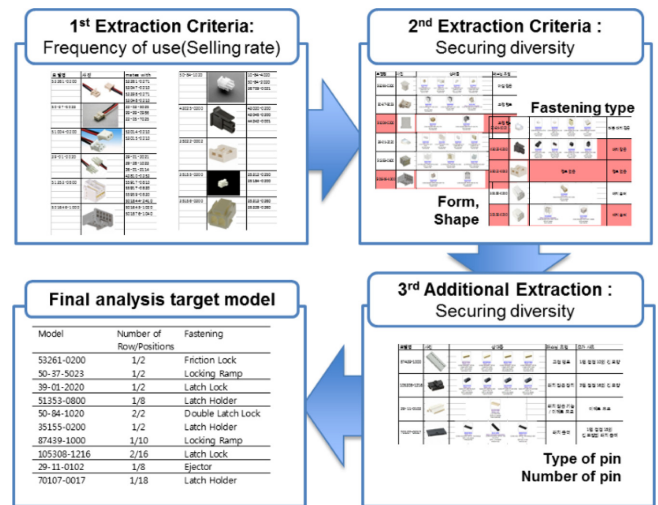


Fig. 1 Overview of extract electronic connector samples

Table 1 List of electronic connector

Model	Number of row/ positions	Fastening
53261-0200	1/2	Friction lock
50-37-5023	1/2	Locking ramp
39-01-2020	1/2	Latch lock
51353-0800	1/8	Latch holder
50-84-1020	2/2	Double latch lock
35155-0200	1/2	Latch holder
87439-1000	1/10	Locking ramp
105308-1216	2/16	Latch lock
29-11-0102	1/8	Ejector
70107-0017	1/18	Latch holder

하여 사용빈도는 상대적으로 하위에 있으나 (1) 패스닝 유형이 다르거나 (2) 패스닝 유형이 같고 형상이 다른 6개의 모델을 추가로 선정하였다. 전기커넥터에서 말하는 패스닝이란 사용자가 원치 않는 상황에서 전기커넥터가 임의로 해체되지 않게 하기 위해 물리적으로 연결한 잠금 형태를 의미한다. 패스닝 유형으로는 단순히 마찰력만으로 체결되는 형식, 갈고리 형태로 생긴 구조물에 의해 체결되는 형식 등 다양한 기계적 형태를 가지고 있다. 마지막으로 전기커넥터의 크기 및 핀 수가 파지와 조립에 미치는 영향을 확인하기 위해 사용빈도가 가장 높은 전기커넥터중에 핀 수가 다른 동일 모델의 전기커넥터 3종을 추가로 선정하였다. 최종적으로 Table 1과 같이 5개의 패스닝 유형에 크기나 형상이 다른 10개의 전기커넥터가 선정되었다.

본 연구에서 추출된 전기커넥터는 샘플의 개수가 매우 적어 통계적으로 유의성을 따지기는 어려우나, 실제 산업현장에서의 (1) 사용 빈도가 높은 전기커넥터를 선정하였으며, 전기커넥터의 물리적인 특징에 따라 (2) 패스닝 유형, (3) 전기커넥터의 형상, (4) 연결되는 핀의 개수(크기)가 다른 다양한 전기커넥터를 선정하였다.

이는 사용자들이 전기커넥터를 선택할 때 주로 고려하는 특징이라는 점에서 충분히 대표성이 높다고 볼 수 있다. 따라서 대상 모델의 선정은 충분히 타당성을 가진다고 판단된다.

3. 전기커넥터의 파지 및 조립 분석

전기커넥터의 파지 및 조립의 특성을 분석하기 위하여 추출한 전기커넥터 샘플을 대상으로 반복조립을 시행하였다. 반복조립을 통해 각 전기커넥터의 파지 및 조립 특성을 파악하고 공통된 특성들을 도출하였으며, 도출된 공통점들이 파지와 조립에 미치는 영향의 유/무를 분석한 후 영향 인자를 추출하였다.

3.1 전기커넥터의 파지 특성 분석

전기커넥터를 조립하기 위한 가장 기본적인 능력은 안정적인 파지 능력이라 할 수 있다. 안정적인 파지란 로봇이 물체를 잡고 이동을 하고, 조립하는 동안 어떤 방향에서 외력 등이 작용해도 영향을 받지 않아야 하며, 힘과 토크가 물체에 고르게 분배되는 상태를 유지하는 것을 의미한다. 로봇의 안정적인 파지에 관하여 많은 연구가 이루어지고 있으나 현재까지 전기커넥터 조립에 용이한 로봇은 개발되지 않았으며, 전기커넥터 조립 시 파지에 대한 연구^{3,4,8} 또한 이루어진 바 있으나 일부 모델에 한정되어 있다. 본 절에서는 전기커넥터의 파지에 있어 그 특성에 대해 분석하고 파지에 영향을 미치는 인자를 도출하였다.

3.1.1 전기커넥터의 특징

각 전기커넥터를 조립할 때, 그리퍼의 관점에서 파지에 적합한 위치를 설정하였다. 파지에 적합한 부위는 두 전기커넥터가 체결된 후, (1) 결합되지 않는 부위이어야 하며, 전기커넥터의 조립한 경 및 방향을 고려하였을 때, (2) 충분한 파지 공간을 확보할 수 있는 부위를 모델별로 파지에 적합한 위치로 설정하였다.

예를 들어, Fig. 2에서 모델명 105308-1216의 경우, 조건 (1)의 전기커넥터가 체결되었을 때 두 전기커넥터가 결합되지 않는 파지 가능한 부위는 아래 Fig. 2(a) 점선으로 표시된 부분과 같다. 해당 모델은 Fig. 2(b)와 같이 전기회로기판과 수평으로 연결되며, 전기회로기판과 전기커넥터 사이의 좁은 공간에서는 충분한 파지 공간을 확보할 수 없다. 따라서 조건 (2)에 따라 해당 부위인 전기커넥터의 아랫부분을 제외하게 된다. 이때, 조립용 그리퍼는 자유도가 낮은 조(Jow, 물건등을 끼워 잡는)라는 특징을 고려하게 되면 전기커넥터의 아랫면뿐만 아니라 윗면까지 함께 파지 가능 범위에서 제외된다. 따라서 모델명 105308-1216의 파지 가능한 부위는 Fig. 2(c)와 같이 설정할 수 있다.

a. 파지 가능 부위의 형상

Fig. 3(a)의 모델명 51004-0200과 같이 파지 가능 부위의 형상이 양쪽 모두 ‘ㄷ’의 형태에 요철이 없는 편평한 전기커넥터가 70% 비율로 압도적으로 높았으며, Fig. 3(b)의 모델명 105308-

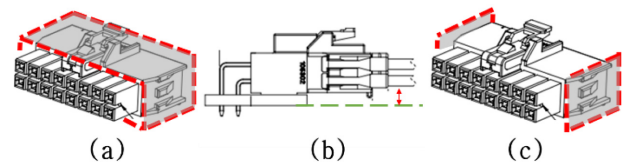


Fig. 2 (a) Graspable parts in consideration of the condition (1) for 105308-1216 (b) 105308-1216 is connected to electric circuit board (c) The finally set graspable part of 105308-1216

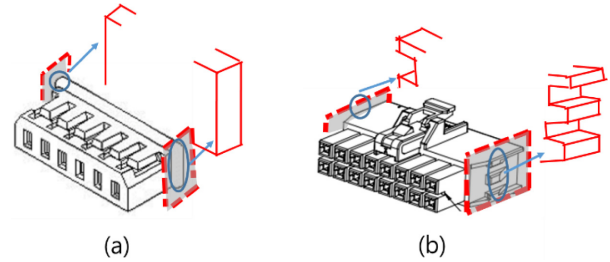


Fig. 3 (a) 51004-0200, shape where the section of the graspable part is “ㄷ” (b) 105308-1216, shape where the section of the graspable part is not uniform

1216과 같이 양쪽 모두 단면이 고르지 않은 전기커넥터의 20%, 그 외 양쪽의 형상이 다른 전기커넥터가 10% 순으로 많았다. 파지 가능 부위의 형상에 따라 그리퍼의 종류나 형태가 달라질 수 있다. 따라서 전기커넥터의 형상은 전기커넥터 파지의 영향 인자라 볼 수 있다.

b. 파지가능 부위의 단면적

위와 같은 과정을 거쳐 전기커넥터 조립 시 파지에 적합한 부위를 분석한 결과 80% 이상의 전기커넥터가 조립 시 파지에 적합한 부위는 커넥터 전체 면적의 10% 이하였으며, 평균 이하로 매우 좁은 것을 확인할 수 있었다. 전기커넥터의 파지 가능 부위의 단면적이 매우 좁으므로 전기커넥터를 파지하기 위해서는 그리퍼의 크기가 또한 매우 작아야 한다. 파지 가능 부위의 넓이는 파지 영향 인자라 볼 수 있다.

c. 전기커넥터의 크기

일반적으로 부품의 크기가 클수록 파지 가능한 면적이 넓으며, 그리퍼가 부품을 안정적으로 파지할 수 있다고 판단한다. 하지만 전기커넥터의 경우 전기커넥터 전체 크기에 비하여 파지 가능 부위의 단면적이 매우 좁은 편이며, Fig. 4와 같이 전기커넥터의 크기가 파지 가능 부위의 단면적에 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서 전기커넥터의 크기 또한 전기커넥터의 파지에 영향을 미친다고 볼 수 없다.

전기커넥터를 파지할 때 가장 중요하게 고려되어야 할 사항은 전기커넥터를 파지할 수 있는 단면적이 매우 좁다는 것이다. 이때, 전기커넥터가 파지되는 단면의 형상은 파지시에 크게 영향을 미치나, 전기커넥터의 크기는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단하였다.

3.2 전기커넥터의 조립 특성 분석

전기커넥터의 조립은 크게 전기커넥터의 물리적, 전기적 연결을 의미하는 ‘체결’과 분리를 의미하는 ‘해체’로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 전기커넥터의 조립을 전기커넥터의 ‘체결’로만 정의하였으며, 체결 과정에서 파지에 영향을 미치는 인자를 분석하였다. 본 절에서는 전기커넥터 조립 특성을 분석하고, 전기커넥터를 조립할 때 반드시 고려되어야 할 조립 환경에 대해 분석하고, 전기커넥터 조립에 영향을 미치는 인자로 적합한지 분석하였다.

3.2.1 전기커넥터의 조립 메커니즘

a. 패스닝 유형

3.2절에서 정의한 바와 같이 본 연구에서는 전기커넥터의 ‘체결’과정만을 ‘조립’으로 정의하였다. 즉, 전기커넥터의 ‘해체’과정은 조립과정으로 고려되지 않았다.

앞서 2장에서 언급한 바와 같이 전기커넥터에서의 패스닝이란 전기커넥터가 체결된 후, 사용자가 원치 않는 상황에서 전기커넥터가 임의로 해체되지 않게 하기 위해 물리적으로 연결된 상태를 유지하는 다양한 잠금 형태를 의미한다. 즉, 전기커넥터의 해체과정에서는 잠금 방법이 다양한 만큼 패스닝유형에 따라 해체하는 메커니즘 또한 달라진다. 하지만 전기커넥터를 체결할 때에는 고정된 하나의 전기커넥터에 짝이 맞는 전기커넥터를 “끼워 넣는” 메커니즘으로 패스닝 유형에 따른 조립 메커니즘은 차이를 보이지 않았다. 따라서 패스닝 유형은 조립에 영향을 미치지 않는다고 판단할 수 있다.

b. 외력

전기커넥터의 조립은 크게 전기커넥터를 파지하여 체결부위까지 이동시키는 과정과 전기커넥터 체결을 위해 파지 상태에서 힘을 가하는 과정 두가지로 나눌 수 있다. 전기커넥터를 파지하여 체결 부위까지 이동시키는 동안은 Fig. 5(a)와 같이 전기커넥터에 가해지는 힘의 합이 Force Closure를 이루는 상태, 즉 외력의 합이 0일 때, 안정적으로 파지 되었다고 볼 수 있다. 하지만 전기커넥터의 체결 과정에서 고정되어 있는 전기커넥터에 의해 일정하지 않은 외력이 발생하게 되며, 전기커넥터를 안정적으로 파지한 상태로 조립을 수행하기 위해서는 Fig. 5(b)와 같이 전기커넥터를 파지하고 있는 힘의 방향이 외력을 고려하여 바뀌어야 한다.

패킹의 경우, 특별한 외력이 존재하지 않기 때문에 물체를 정확한 지점에 위치시킨 후 파지 상태를 해지한 뒤 힘을 주어도 물체를 구멍에 끼워 넣을 수 있지만, 전기커넥터의 경우 파지를 해지하는 순간 외력에 의해 전기커넥터의 위치가 변해 조립을 수행할 수 없다. 따라서 전기커넥터의 조립 메커니즘과 패킹의 가장 큰 차이는 지속적인 외력의 유무라고 할 수 있으며, 이는 전기커넥터의 조립에 가장 큰 영향을 미치는 인자라 볼 수 있다.

3.2.2 전기커넥터의 조립 환경

전기커넥터는 단독으로 사용되는 제품이 아니라 전자제품에 들어가는 부속품이므로 주변환경이 반드시 고려되어야 한다. 본

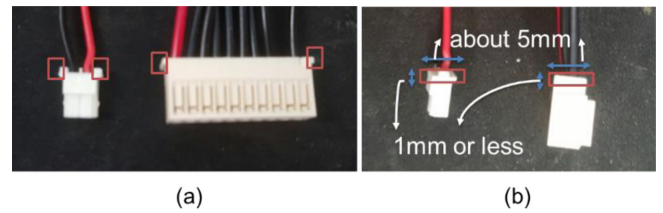


Fig. 4 (a) Graspable parts of two different size electrical connectors
(b) The size of graspable parts

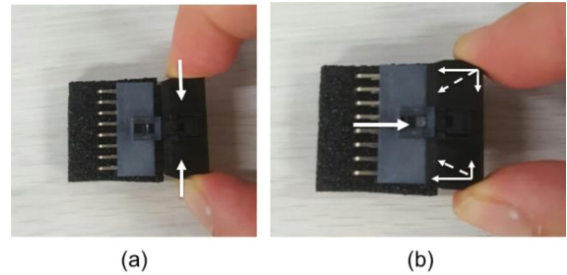


Fig. 5 Electrical connector assembly mechanism

절에서는 전기커넥터 조립 시 고려되어야 할 환경을 분석하였다. 일반적으로 연구되는 패킹은 크게 다양한 물체 혹은 동일한 여러 개의 물체 사이에서 하나의 물체를 인식하여 안정적으로 파지하는 과정과 목표지점에서 물체와 구멍의 위치와 방향을 일치시킬 때, 오차를 최소화하는 과정으로 나눌 수 있다. 전기커넥터의 조립 또한 안정적으로 파지를 해야 하며 체결부위와 체결부의 방향과 위치를 일치시켜야 한다는 점에서는 일반적으로 연구되어지는 패킹과 동일한 환경이라 볼 수 있으나, 전기커넥터 조립은 환경에 대한 변수가 많고, 더 많은 외력이 존재한다. 본 연구진은 크게 전기커넥터와 연결된 전선의 간섭과 전기커넥터가 연결된 회로, 즉 전기커넥터 주변 부품에 영향을 주어서는 안된다는 부분을 패킹 연구와의 큰 차이점으로 꼽았다.

a. 전선의 간섭

전기커넥터는 전자부품이나 회로 간 전기적 결합을 위해 사용하는 전자부품이다. 여기서 전기적 결합이란 전자의 이동이 가능한 금속물질 등 직접 통로를 이용한 결합을 의미하며, 전기커넥터를 이용하여 전기적 결합을 하는 경우는 전력 또는 전기신호를 보내기 위해 전선을 사용하게 된다. 따라서 전기커넥터에는 반드시 1개 이상의 전선이 결합된다. 전선은 강체가 아니므로 전선의 굵기 등 종류에 따라 정도가 다르지만 잘 구부러지고 유연하며, 굽기가 가는 경우 쉽게 단선되기도 한다. 길이가 긴 전선에 의해 다른 주변 부품에 손상이 될 위험도 무시할 수 없으며, 무엇보다 상대적으로 크기가 작은 전기커넥터에 전선이 연결되어 지속적인 외력이 작용하며, 전선의 연결 방향 등에 따라 외력이 계속 변한다는 점에서 전기커넥터의 조립에 매우 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

b. 주변부품환경

대부분의 전자 부품이 조밀하게 배치되며, 다른 물체와 스치는

것 만으로도 정전기로 인해 치명적인 손상을 입을 수 있는 예민한 부품이 포함되어 있을 수 있다. 전기커넥터의 역할은 주로 조밀하게 부품이 배치된 회로를 연결하는 것으로, 전기커넥터를 파지하는 조립로봇이나 전기커넥터에 연결된 전선이 전기커넥터 조립을 할 때 전기커넥터 주변의 부품에 영향을 미치지 않아야 한다. 따라서 주변 부품의 크기나 높이, 위치 등은 전기커넥터의 조립 시 고려되어야 할 환경 영향 인자라 할 수 있다.

결국, 전기커넥터의 종류와 관계없이 전기커넥터의 조립에서 반드시 고려되어야 하는 특성은 전기커넥터의 조립 메커니즘이라고 볼 수 있다.

4. 전기커넥터의 분류

본 장에서는 기존에 사용되고 있는 전기커넥터 분류와 3장에 서 도출한 전기커넥터의 파지 및 조립에 영향을 미치는 인자들이 그리퍼의 관점에서 전기커넥터의 파지 및 조립을 하기에 적절한지 분석하고, 적절한 분류에 대하여 제시하고 있다.

4.1 기존의 분류

특별하게 규격화된 전기커넥터의 분류법이 없는 관계로 판매처들에서 편의에 따라 주로 사용되는 분류법을 사용하였다. 용도에 따라 1차 분류하고, 접점의 개수, 행의 개수, 열 간격, 패스닝 유형, 전선 유형, 접점마감 등 세부조건에 따라 전기커넥터를 분류하고 있다.

4.1.1 용도

전기커넥터를 선택할 때 가장 우선 고려되는 것은 전기커넥터의 용도이다. 추출된 샘플 모델은 회로기판에 직접연결 되는 형태 및 회로기판과의 접점 없이 하우징 되는 타입이 70%, 기판과의 접점 없이 전선과 전선을 연결하는 하우징 타입이 30%였다.

용도에 따른 분류의 경우 사용자의 입장에서 반드시 고려되어야 할 사항이나, 로봇의 조립관점에서 보았을 때 한쪽이 고정되어 있을 때 전기커넥터를 이동시켜 체결하는 것으로 그 차이가 크지 않아 해당 분류는 의미가 없다고 판단하였다.

4.1.2 접점의 개수

전기적인 관점에서는 접점의 개수가 늘어나는 것은 연결가능한 회로가 늘어난다는 의미이지만 파지 및 조립의 관점에서는 전기커넥터의 크기가 커지고 전선의 개수가 늘어난다는 의미로 볼 수 있다. 전기커넥터의 크기는 파지 영향 인자가 아님을 앞서 확인하였고, 전선의 간섭은 동일 하다고 볼 수 있으므로 해당 분류는 의미가 없다고 판단되었다.

4.1.3 전기커넥터의 높이

전기커넥터 부품의 높이는 회로의 관점에서 부피를 가능한 줄이는 등의 영향을 미치며, 전기커넥터의 높이에 따라 주변 부품에

영향을 미치는 정도가 달라지므로 파지 및 조립의 관점에서도 영향을 미친다고 볼 수 있다. 하지만 전기커넥터의 높이와 주변 부품의 상대적인 높이 차가 영향을 미치는 것인지 전기커넥터 높이 절대값이 파지와 조립에 영향을 미친다고 볼 수 없으므로 기판 위 높이에 따른 분류도 파지 및 조립 시 분류로는 적합하지 않다고 판단하였다.

4.2 파지 및 조립 영향 인자에 따른 분류

4장의 목적은 ‘분류’에 있다. 즉, 그리퍼의 관점에서 전기커넥터의 파지 및 조립에 영향을 미치더라도 범주화가 가능하지 않다면 의미가 없다. 하지만 전기커넥터의 파지 및 조립 특성에 관한 분석 결과, 파지 영향 인자 중 ‘파지 가능 부위의 단면적, 전기커넥터의 크기’ 조립 영향 인자 중 조립메커니즘의 경우 모든 전기커넥터 파지 및 조립에 동일한 영향을 미치기 때문에 범주화가 불가능한 것을 확인할 수 있었다.

4.2.1 파지가능 부위의 형상

3.1.1절의 a항에 따르면 파지가능 부위의 형상은 양쪽 끝 단이 ‘ㄷ’의 형태인 전기커넥터가 70%로 가장 많았으며, 양쪽 모두 편평하지 않고 요철이 있는 형상의 전기커넥터가 20%, 양쪽의 모양이 다른 전기커넥터가 10%였다. 파지가능 부위의 형상이 다르다는 것은 그리퍼의 끝단의 형태가 달라지거나 종류 자체가 달라질 수 있음을 의미한다. 따라서 그리퍼의 관점에서 파지가능 부위의 형상은 충분한 분류 기준이 될 수 있을 것이라 판단된다.

4.2.2 파지각도에 의한 분류

3.2.2 절에 의하면 전기커넥터에 연결된 전선의 간섭과 전기커넥터가 연결되는 회로 기판의 주변 부품이 전기커넥터 조립에 영향을 주는 인자임을 알 수 있었다. 하지만 전선의 간섭과 전기커넥터가 연결되는 회로기판의 부품 모두 전기커넥터 조립 환경으로 전선이 주변 부품에 걸려 전선이 단선되거나 부품이 망가지는 등 상호간에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 두 영향 인자는 분리하여 분류할 수 없다고 판단된다.

위와 같은 이유로 본 연구에서는 두 인자를 각각 분류하는 대신 전기커넥터를 파지하는 각도를 다르게 것으로 각 인자의 영향을 피하는 방법을 제안한다. 본 연구에서는 전기커넥터 조립의 기초 연구로 전기커넥터의 파지하는 각도가 전기커넥터 주변 부품의 환경과 전선의 간섭을 피하는 것에 영향을 미친다는 사실을 확인하는 데 의의를 두었기 때문에, 그 각도를 극대화하는 수직 및 수평으로 나누어 분석을 시행하였다.

Fig. 6(a)는 전선이 연결된 전기커넥터를 그리퍼가 파지 한 후, 조립 대상 회로에 끼우는 과정으로 조립 영향 인자를 고려한 조립환경 및 조립과정을 도식화 한 것이다. Fig. 6(b)와 같이 전기커넥터를 90로 파지하였을 경우 상대적으로 주변부품의 영향은 가장 적게 받을 수 있지만, 전선의 종류에 따라 상당히 높은 간섭을 받을 수 있다. 전기커넥터를 180로 파지한 Fig. 6(c)의 경우, 주변 부품의 영향을 피하기도 어려우며 전선의 간섭 또한 피하기 어렵

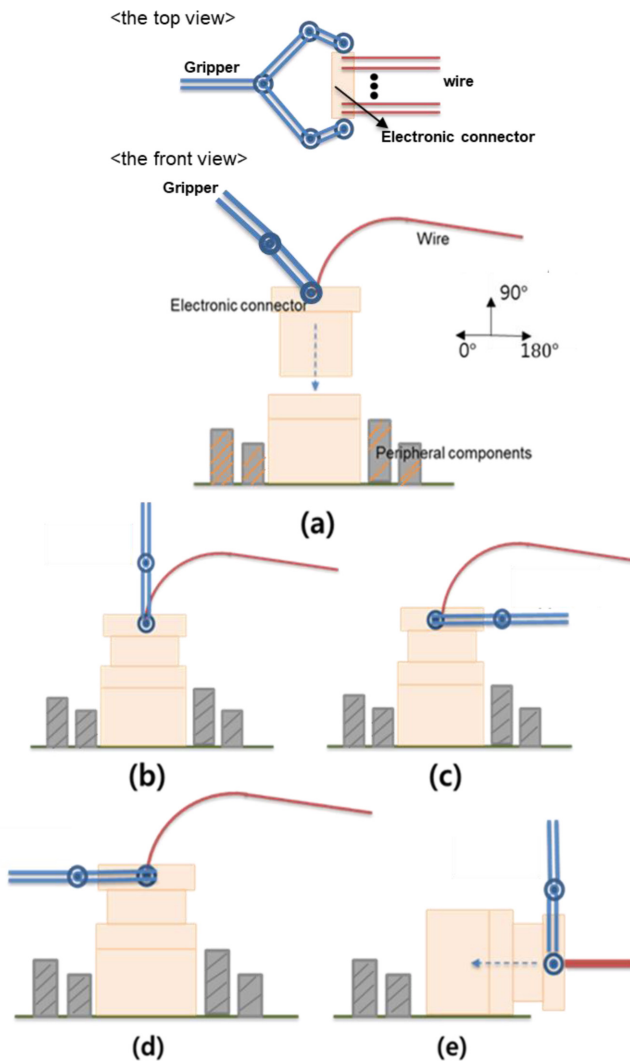


Fig. 6 Classification by gripping angle of electrical connector

다. 0로 파지한 Fig. 6(d)의 경우 상대적으로 주변 부품에 영향을 미치게 될 가능성이 높으나 전선의 간섭에는 자유롭다. Fig. 6(e)와 같이 전기회로 기판과 체결 방향이 수평인 전기커넥터의 경우, 보통 전자회로 기판의 끝단에 전기커넥터가 부착되어 있기 때문에 주변부품에 영향을 미치지 않고 전선의 간섭에도 자유로운 경우가 있으나, 이런 경우는 전선의 방향으로 인해 0 혹은 180 파지 공간 자체가 확보되지 않기에 분류에서 제외하였다.

결과적으로 전기커넥터를 파지하는 각도를 다르게 하는 것으로 조립 환경의 영향을 줄일 수 있다. 따라서 전기커넥터를 파지하는 각도에 따라 조립을 분류하여 공정을 시행하는 것은 충분히 효과적일 것이라 판단된다.

5. 결론

본 연구는 사용 빈도가 높은 전기커넥터 모델들의 조립을 로봇의 관점에서 분석하여 파지 및 조립 특성을 추출하고, 이를 바탕

으로 전기커넥터의 새로운 분류를 제안하고 있다.

본 연구에서는 그동안 한 종류의 전기커넥터만을 대상으로 연구되었던 기존연구의 범위를 다양한 종류의 전기커넥터로 확장하였으며, 전기커넥터의 파지 분야에서 그 특성을 분석하고 파지하는 방법을 다르게 하는 것만으로도 전기커넥터의 조립을 더 효과적으로 할 수 있음을 보였다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 논문은 산업통상자원부가 출연하고 한국산업기술평가관리원에서 위탁 시행한 산업핵심기술개발사업(과제번호: 10060110)의 지원으로 수행되었음.

REFERENCES

1. Huang, J., Fukuda, T., and Matsuno, T., "Modeling for Mating Process of Electric Connectors in Robotic Wiring Harness Assembly Systems," Proc. of Industrial Electronics Society, 33rd Annual Conference, pp. 2829-2834, 2007.
2. Huang, J., Fukuda, T., and Matsuno, T., "Model-Based Intelligent Fault Detection and Diagnosis for Mating Electric Connectors in Robotic Wiring Harness Assembly Systems," IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 13, No. 1, pp. 86-94, 2008.
3. Chen, F., Sekiyama, K., Sun, B., Di, P., Huang, J., et al., "Design and Application of an Intelligent Robotic Gripper for Accurate and Tolerant Electronic Connector Mating," Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 24, No. 3, p. 441, 2012.
4. Chen, F., Sekiyama, K., Di, P., Huang, J., and Fukuda, T., "I-Hand: An Intelligent Robotic Hand for Fast and Accurate Assembly in Electronic Manufacturing," Proc. of Robotics and Automation International Conference, pp. 1976-1981, 2012.
5. Huang, J., Di, P., Fukuda, T., and Matsuno, T., "Robust Model-Based Online Fault Detection for Mating Process of Electric Connectors in Robotic Wiring Harness Assembly Systems," IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 18, No. 5, pp. 1207-1215, 2010.
6. Kitaaki, Y., Haraguchi, R., Shiratsuchi, K., Domae, Y., Okuda, H., et al., "A Robotic Assembly System Capable of Handling Flexible Cables with Connector," Proc. of Mechatronics and Automation International Conference, pp. 893-897, 2011.
7. Kimura, Y., Takauji, H., Kaneko, S. I., Domae, Y., and Okuda, H., "Shape Recognition of Flexible Cables by Outer Edge FCM Clustering," Proc. of Frontiers of Computer Vision, 17th Korea-Japan Joint Conference, pp. 1-5, 2011.
8. Heo, J. H., Hwang, S. W., Kim, H. G., Baek, I. H., Ahn, b. Y., et al., "Conceptual Design of Robotic Gripper for Electrical Connector Using Axiomatic Design," Proc. of KSPE Spring Conference, p. 67, 2018.

**Chang Soo Han**

Professor in the Department of Robot Engineering, Hanyang University. His research interest is Robot mechanism design, Human-Robot Interaction, construction Robot.

E-mail: cshan@hanyang.ac.kr

**Jun Hyung Heo**

Ph.D. candidate in the Department of Interdisciplinary Engineering Systems, Hanyang University. His research interest is Robot mechanism design.

E-mail: wnsud606@gmail.com

**Boyoung An**

Ph.D. candidate in the Department of mechatronics Engineering. Her research interest is Performance Analysis, human-like motion.

E-mail: bebadboy21@naver.com

**Hyeon Guk Kim**

Ph.D. in the Department of mechatronics Engineering. His research interest is Robot mechanism design, Underactuated robotics.

E-mail: hyeon_guk726@naver.com

**In Hyuk Baek**

Ph.D. candidate in the department of mechatronics engineering, Hanyang University. His research interest is manipulation.

E-mail: inhyuk0702@gmail.com

**Soon Woong Hwang**

Senior researcher in Korea Institute of Manufacturing Innovation. His research interest is Intelligent Service Robot, Performance Analysis, Analytical Manipulator Design.

E-mail: hswfile@hotmail.com

**Kyoo Sik Shin**

Professor in the Department of Robot Engineering, Hanyang University. His research interest is Robot mechanism design, Performance Analysis, Analytical Manipulator Design.

E-mail: norwalk87@hanyang.ac.kr