Check for updates

Autonomous Vehicle Interior Design: The Connection between the Beginning and the End Constructed by Continuum Robots

Deokchan Lee[1], Eui-Chul Jung[2*]

[1]Department of Design Technology, Assistant Professor, Inha University, Incheon, Korea

[2]Faculty of Design, Professor, Seoul National University, Seoul, Korea

Abstract

Background A wide range of mobility markets is undergoing social, technological, and economic shifts that are fundamentally changing the way people and logistics move. The existing autonomous vehicle interior design concept misses the need for personal freedom while moving in living spaces. The purpose of this study is to propose rhizome theory to revolutionize the design of interior spaces. The rhizome method will expand freedom of mobility and consequently maximize the interior space so it can be better prepared to meet the uncertainty of users' expectations. Rhizome theory moves away from fixed identities such as seats, dividers, and consoles and constantly adjusts and suggests shapes that changes to the purpose of the space.

Methods Three concepts were proposed by interpreting rhizome theory. First, the constant meaning shift between space and objects must be systematically integrated and overlapped. Symmetrical and constantly flowing and changing surfaces become a three-dimensional mass. The first conept is a formative concept in which the roles of the subjects keep switching in space. Second, all things can be used from a different perspective than intended, and thus should be designed from a perspective of the third person rather than the existing purpose-oriented perspective. Structural elements with independent characteristics must be combined or separated to create new objects. There is no fixed form, and change should be enjoyable in the process. Third, things are used in one direction from beginning to end, as the passage of time. This characteristic forces things to have a fixed shape for a certain point between the beginning and the end. Sculpture that connects the beginning and the end is an ever-changing interior concept that allows all possibilities beyond the fixed form.

Results As a result of analyzing the three proposed concepts, the modeling work carried out based on the connection between the beginning and the end, creates a 'Space Continuum'. Space Continuum is an interior design concept for urban vehicles based on Level 5 autonomous driving. The space created by the continuum robot has a formative characteristic of chaosmos where order and chaos coexist. A continuum robot is a robot characterized by infinite degrees of freedom and joints. By adjusting and modifying the shape at any point along its length, the robot can operate in confined spaces and complex environments where typical robots cannot.

Conclusions A space made up of continuum robots is a place where users break away from an environment with fixed functions. Users can express their personal tastes through changing forms and compositions of the place with the help of robots. The object created by robots can become a chair, floor, or table because robots have no fixed form and function. The space realized by the combination of the user and the continuum robot is the future of autonomous vehicles.

Keywords Autonomous Vehicle, Interior Space, Rhizome, Continuum Robot

pISSN 1226-8046
eISSN 2288-2987

Copyright : This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

This study was funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy and the Korea Evaluation Institute of Industrial Technology(KEIT) in 2021 (20004651).
This study was modified and developed from the Doctoral thesis of the first author.

*Corresponding author: Eui-Chul Jung (jech@snu.ac.kr)

Citation: Lee, D., & Jung, E.-C. (2022). Autonomous Vehicle Interior Design: The Connection between the Beginning and the End Constructed by Continuum Robots. *Archives of Design Research, 35*(4), 195-215.

http://dx.doi.org/10.15187/adr.2022.11.35.4.195

Received : Apr. 11. 2022 ; **Reviewed :** Aug. 16. 2022 ; **Accepted :** Sep. 14. 2022

1. 연구 배경 및 목적

자율주행 관련 기술의 발달은 이동 방법을 변화시키고 도시 구조에 큰 변화를 가져올 것으로 예상된다. 주차 공간이 제거된 도심은 경제 활동 밀도가 높아져 생산성이 향상되며 도시 안 토지의 사용에서 주거용 토지의 총량을 증가시킬 수 있어, 이동 비용 감소와 부담을 줄여 이동 거리의 확장을 가져올 수 있다(Zakharenko, 2016). 복잡한 도시의 거주민 대부분은 이러한 변화에 긍정적인 반응을 보이며, 자율주행 시스템의 서비스 품질이 변화와 성패의 핵심일 것으로 생각하고 있다(Nordhoff, et al., 2019). 미래 모빌리티는 자율주행차량의 기술적 신뢰성과 원활한 기능, 자율주행을 수용할 수 있는 기반 시설, 그리고 모빌리티 관련 서비스 등 도시 전체가 하나로 이어진 다양한 서비스들이 종합되어 제안되어야 한다(Liljamo, Liimatainen, & Pollanen, 2018). 이러한 예상은 최근 완성차 업계에서 내놓은 미래 모빌리티 관련 콘셉트에서 확인할 수 있다. 운전의 특성은 감소하고 공간의 활용에 대한 제안 및 미래 스마트 시티에서의 이동성의 역할에 관한 것이 대부분으로 차량 외부 디자인보다 실내 공간 디자인에 더 큰 변화를 주고 있다.

주요 연구 내용을 살펴보면, 자율주행차량 실내 공간에서 이루어지는 중요 업무(Loehmann, 2014), 차량 내의 인터랙션(Kun, 2013), 실내 공간 내부에서 이루어지는 행위에 대한 조사(Becker, et al., 2018,; Choi & Jung, 2019,; Kwon, Jeong, & Ju, 2019), 그리고 정보 유형에 관한 연구(Kim, et al., 2018)등이 있으며, 실내 공간 디자인 콘셉트 연구로는 실내 공간 내의 행위 선호도 조사 결과를 자율주행차량에 이식하는 연구가 있다(Kwon & Ju, 2018). 그리고, 대부분의 자율주행차량 실내 공간 디자인 콘셉트는 이동 공간에 생활공간을 더한다는 접근으로 한정된 개념의 공간을 가지고 있다. 자율주행 실내 공간의 개념 확장과 변화의 방향성 탐색을 위해 사물을 다르게 보는 방법이며 고정된 사고방식으로부터 탈출로를 만드는 도구로 사용이 가능한 리좀 이론을 살펴보았다(van der Beek, 2012).

본 연구는 자율주행 공간을 둘러싼 다양한 외부, 내부 공간이 결합하는 과정에 심도 있게 접근하고자 '공간의 단절과 결합이 자유로운 개인을 위한 공간, 그리고 목적 위주의 공간에서 탈피하고 무한한 가변성을 가진 공간이어야 한다.'라는 리좀 이론의 여섯 가지 원리를 재해석한 견해를 통하여 미래 자율주행차량의 실내 공간 조형 디자인을 제안하는 것을 목적으로 한다.

연구 목적의 달성을 위하여 Figure 1과 같은 디자인 과정을 실행하였다.

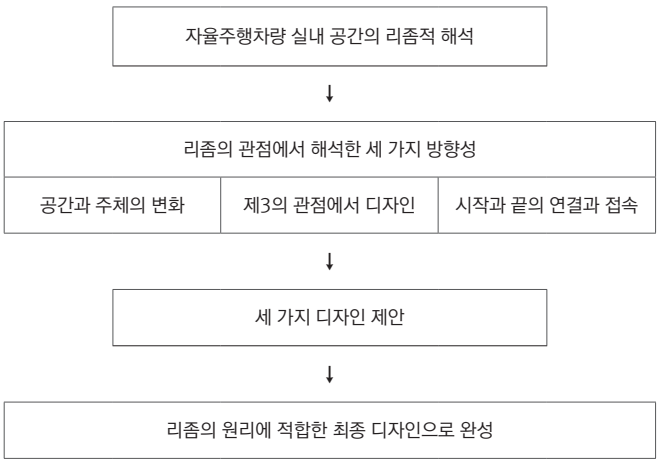


Figure 1 Design Process

첫째, 리좀의 개념과 원리를 자율주행차 실내 디자인의 관점으로 해석한다.

둘째, 완성차 업계에서 제시한 자율주행 실내 공간을 리좀의 관점에서 해석하여 디자인 콘셉트의 방향성을 제시한다.

셋째, 공간과 주체의 변화, 제3의 관점에서 디자인, 그리고 시작과 끝의 연결과 접속을 바탕으로 작품을 디자인한다.
넷째, 위 세 개의 주제로 진행한 결과물을 리좀 원리로 해석하여 불확실성에 대비할 수 있고 사용자의 예상을 뛰어넘는 자유로운 공간에 적합한 최종 디자인으로 완성한다.
이 연구는 단순히 새로운 디자인을 가진 미래 자율주행차량의 실내 공간을 제안하는 것이 아니라 실내 공간이 가진 개념의 확장에 이바지할 수 있다.

2. 리좀의 개념과 원리

구체적인 디자인을 위한 이론적 기반으로서 물리적인 형태를 초월하고, 주체와 객체 같은 사물보다는 개념이 우선시되며, 이분법과 위계들을 해체하는 리좀의 측면은 공간과 구조물의 관계를 다시 고려할 수 있게 한다.

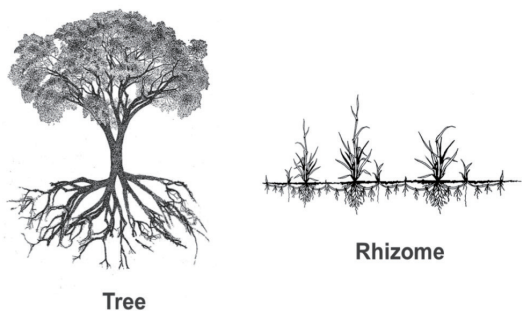
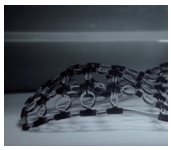


Figure 2 Rhizome by Kevin Murray and Katerina Gloushenkova

'천개의 고원'에서 질 들뢰즈와 펠릭스 가타리가 제안한 리좀(Rhizome)이란 Figure 2와 같이 줄기가 변해서 생긴 땅속줄기 식물이며, 중심 뿌리를 중심으로 퍼져나가는 수목적 구조와 달리 중심 뿌리가 없이 분기되고 접속되는 구조로 되어 있다.
리좀 개념은 미술관과 같은 공공공간에서 찾을 수 있다. 현대의 공공공간이 갖는 불확정적인 특성은 사용자의 자유와 선택을 통한 참여를 뜻한다. 이런 공공공간은 장소와 인간을 연결하고 다양한 활동과 교류를 촉진한다. 리좀의 공간구조 또한 고정되지 않은 기능과 사용자의 임의적인 선택으로 불확정적인 형태로 표현되어, 공공공간과 개념적인 유사성을 찾을 수 있다(Kim & Seo, 2012). 이덕찬(2020)은 미래 자율주행차량 실내 공간의 해석 도구로서 리좀 이론의 가능성을 확인하고 실내 공간을 위한 디자인 가이드라인으로서의 발전 가능성을 제안하였다. 하지만, 가이드라인으로서 연계와 관계의 관점으로 해석된 실내 공간 콘셉트를 디자인한 사례를 제시하지는 못하였다. 리좀의 원리를 해석하여 자율주행 실내 공간 콘셉트 디자인 방향성 제시를 위해 Table 1과 같이 정리하였다.

Table 1 Principle and interpretation of the Rhizome

리좀의 원리	예시	해석	자율주행차 실내 공간에 적용
연결 접속의 원리 다질성의 원리		연결과 접속은 끝에서 시작하는 것이 아니라 항상 중간 혹은 ~의 사이에서 시작된다.	고정된 형태에서 벗어나 모든 가능성을 허용할 수 있어야 한다.
다양체의 원리		세상을 바라보는 시선의 변화를 일으킨다.	목적 위주의 관점이 아니 제3의 새로운 관점에서 디자인이 시작되어야 한다.
탈기표작용적인 단절의 원리		변화와 단절은 동시에 또한 순차적으로 일어날 수 있다	주체들의 연결과 단절은 공간 안에서 사용성 및 외부와의 관계를 확장한다.
지도 제작의 원리 전사의 원리		개념의 확장은 지도이다. 개념의 재사용은 사본이다.	이동 공간 + 실내 공간 이상의 확장이 가능해야 한다.

연결 접속의 원리와 다질성의 원리는 리좀의 첫 번째와 두 번째에 해당하는 원리이다. 연결과 접속은 끝에서 시작하는 것이 아니라 항상 중간 혹은 ~의 사이에서 시작된다. 사물들은 시간의 흐름과 같이 시작에서 끝까지 한 방향으로 사용된다. 이러한 특징은 사물이 사용되기 위한, 시작과 끝 사이의 특정된 지점을 위한 고정된 형태를 가진다. 특정된 지점이 아닌 시작과 끝이 연결된 사물은 기존의 자율주행차량에서도 의자 및 공간이 가진 고정된 형태에서 가능한 한정된 가변성을 강조하며 사용자의 다양한 요구를 충족시켰다. Sacco 의자처럼 사람이 의자에 맞추는 것이 아니라 어떤 자세이든 모두 받아들일 수 있어야 한다. 연결 접속의 원리와 다질성의 원리를 바탕으로 한 미래 자율주행차 실내 공간은 고정된 형태에서 벗어나 모든 가능성을 허용할 수 있게 시작과 끝이 연결된 공간이다.

다양체의 원리는 리좀의 세 번째에 해당하는 원리로 세상을 바라보는 시선의 변화를 일으킨다. 바라보는 위치 혹은 관점에 따라 물체의 외부는 가장 바깥이며 동시에 가장 안이기도 하다. 4D 프린팅은 다양체의 원리를 보여주는 대표적인 예시로 3D로 프린팅한 물체가 스스로 변형하여 사용자가 바라는 이상의 결과물을 만드는 기술이다. 안과 밖의 경계가 없이 구조화된 스마트 소재는 자유롭게 변하며 다양한 기능을 구현한다. 기존 자율주행차량의 목적 위주의 관점에서 벗어나 제3의 새로운 관점으로 디자인할 때 자율주행차량을 바라보는 시선의 변화가 시작될 수 있다.

탈기표작용적인 단절의 원리는 리좀의 네 번째에 해당하는 원리로 변화는 단절에서 시작되고, 단절은 변화에서 시작된다. 변화와 단절은 동시에 또한 순차적으로 일어날 수 있다. 분합문은 변화와 단절을 사용하여 환경과 상황에 따라 공간의 형태와 용도를 다양하게 만들어 낸다. 자율주행차량의 공간에서 주체는 사용자일 수도, 공간을 구성하는 사물, 혹은 공간 자체를 만드는 구조물일 수도 있다. 주체들의 변화와 단절은 공간 안에서 사용성 및 사물들의 관계를 확장할 수 있다.

지도 제작과 전사의 원리는 리좀의 다섯 번째와 여섯 번째에 해당하는 원리로 데칼코마니에서 사례를 찾을 수 있다. 개념의 확장은 데칼코마니에서 원본이자 지도이며, 개념의 재사용은 다른 쪽에 찍힌 사본이다. 지도의 원본이 없으면 사본은 존재할 수 없다. 하지만 사본은 원본을 변형시켜 발전시킬 수 있다. 기존 자율주행차량의

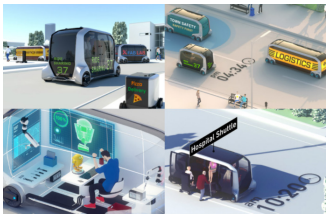
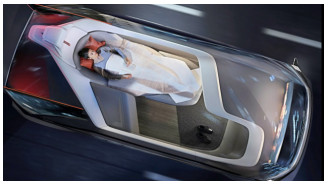
대부분은 이동 공간에 생활공간을 단순히 더한 개념의 재사용, 즉 사본들이다. 미래 자율주행차량은 기존의 개념을 뛰어넘어 지도 안 미지의 공간을 채울 수 있어야 한다.

3. 리좀 관점에서 자율주행 실내 공간 디자인 해석

Figure 3 Changes in the concept of interior design over time

완성차 업계에서 제시한 자율주행 실내 공간을 리좀의 관점에서 해석하여 디자인 콘셉트의 방향성을 제시해 보고자 하였다. 분석의 사례는 Figure 3의 실내 공간의 개념을 변화시킨 자동차를 선정하였다. 마차의 실내 공간은 운전석과 이동 공간이 완전히 분리된, 승객의 편안함을 위주로 구성된 공간이다. 사용자들은 실내 공간을 온전히 자신들만을 위하여 자유롭게 사용하였다. 마차에서 새로운 차량 공간으로의 진화는 실내 공간 안에 운전자라는 새로운 주체의 영입으로 생긴 연결과 단절의 결과로, 공간의 사용성은 축소되었지만, 외부와의 관계는 확장되었다. 대중화된 최초의 자동차인 포드의 Model-T는 운전자를 중심으로 한 실내 공간의 대표 사례이다. 운전자가 중심인 수목의 구조로, 공간 안에서 또 다른 주체인 승객들의 요구 및 연결은 모두 운전자를 통해서 이루어진다. 이때 정착된 운전자 위주의 공간 개념은 현대까지 이어지고 있다. 1950년대 미국 캐딜락 사가 제안한 실내 공간은 운전자 이외 사용자의 요구 및 목적에 맞춰 디자인된 사례이다. 운전자 위주의 공간에서 사용자와 공유하는 공간으로의 변화가 시작되었다. 테슬라 모델 S의 실내 공간은 자율주행 3단계를 제공하며 내부 공간이 외부와 연결되어 다양한 서비스를 누리는 공간 확장의 사례이다. 미래 자율주행차량의 공간은 어떤 개념을 가져야 하는지 확인하고자 최근 4년간 완성차 업계에서 소개한 자율주행 콘셉트 중 확장된 개념을 보여주는 대표적인 디자인을 살펴보고 리좀을 도구로 해석하여 Table 2에 정리하였다.

Table 2 Rhizomatic Interpretation of Interior design Concepts

모델	사례 이미지	사용된 리좀 원리	리좀 관점의 해석
르노 EZ-GO 콘셉트		탈기표작용적인 단절의 원리	공간 배치를 활용하여 사용자들의 연결과 단절에 집중하여 관계를 확장한 디자인
토요타 e-Palette		연결 접속의 원리, 다질성의 원리	이동 공간과 실내 공간을 각기 다른 공간으로 단절시켜 사용성을 확장한 디자인
볼보 360C		지도 제작의 원리, 전사의 원리	이동 공간과 생활공간을 합쳐 사용성을 확장한 디자인
BMW iNext		탈기표작용적인 단절의 원리	기술을 활용한 연결과 단절로 사용성 및 관계를 확장한 디자인
시트로엥 19_19		다양체의 원리	조형이 가진 의미를 제3의 관점에서 재해석한 디자인.
르노 EZ-Ultimo		연결 접속의 원리, 다질성의 원리	고정된 형태에서 벗어나 사용자들의 연결을 확장한 디자인.

EZ-GO는 대중교통으로서의 효율성과 개인 이동수단으로서의 사생활을 동시에 제공할 수 있는 크기와 실내 배치로 디자인되었다. 실내 공간을 개인 공간이며 공공공간인 새로운 개념으로 확대하기 위해서는 사용자들의 연결과 단절에 더하여 차량과 그리고 외부와의 연결과 단절을 할 수 있어야 한다. 사용자들의 관계를 확장하기 위한 디자인으로 차량 실내 공간을 개인 공간이며 공공공간인 새로운 개념으로 확대하였다. 토요타의 e-Palette는 더 경제적이고 지속 가능하며 인간적인 미래도시를 위한 차량으로, 쉽게 변화가 가능한 실내 공간은 차량이 기반 시설 및 다양한 서비스를 제공할 수 있게 디자인되었다. 이동 공간과 실내

공간을 각기 다른 공간으로 단절시켜 사용자와 차량의 사용성을 확장했다. 볼보 360C은 지속 가능하며 개인적인 여행을 위한 차량으로, 기후 위기 대응 및 탄소 배출 감소를 위해 사라지는 단거리 항공편을 대체할 수 있을 뿐만 아니라 작업, 휴식, 및 다양한 여행 솔루션을 제공한다. 여행이라는 제시된 목적 안에서 다양한 가능성을 허용하는 디자인이며, 이동 공간과 생활공간을 합쳐 사용성을 확장했다. BMW의 iNext는 기술적인 관점에 너무 집중한 나머지 사람이 경시되고 있는 현상에서 벗어나, 기술은 의도적으로 배경에서 희미해지고 원할 때만 보이거나 작동하게 하였다. 사용자가 가장 좋아하는 패셔너블하게 꾸며진 거실 공간을 생각하며 디자인하였고 휴식, 상호작용, 엔터테인먼트, 또는 집중의 장소와 같이 다양한 요구를 충족할 수 있는 공간으로 완성되었다. 시트로엥의 19_19 Concept는 기존과 전혀 다른 디자인을 원하는 사용자를 위한 공간이다. 고급 가죽 실내 장식, 이국적인 형태, 그리고 두꺼운 카펫과 같이 완전히 과장된 공간은 최대한 가정적이고, 배타적이며, 개인적인 디자인이 취할 수 있는 형태를 보여준다. 이 공간은 기존의 조형을 확장해 제3의 관점에서 디자인이라 할 수 있는 '떠다니는' 인상의 공간으로 완성되었다. 르노의 EZ-Ultimo의 실내 공간은 부티크 호텔의 라운지와 같이 도시 안의 환경과 조화를 목표로 디자인되었다. 공간에 리듬을 주기 위해 비대칭으로 디자인된 공간은, 문을 닫으면 사용자는 차 안에 있다는 사실을 잊게 만든다. 이 공간은 고정된 형태에서 벗어나 사용자들의 연결을 확장하기 위한 목적 위주의 공간이다.

미래 자율주행 시대의 실내 공간은 거주 공간이며 이동 공간인 전혀 다른 개념의 공간으로 나아가고 있다. 아우디의 제품 및 기술 커뮤니케이션의 슐로스마하(Schlossmacher, 2019)는 몰덴하우어(Moldenhauer)와의 인터뷰에서 자동차는 점점 가정과 직장에 이어 '제3의 서식지'가 되고 있다고 말한다. 폭스바겐의 디자인 전무이사인 비쇼프(Bischoff)와 록웰(Rockwell)은 넬슨(Nelson, 2021)과의 인터뷰에서 자율주행차량 실내 공간은 승객이 원하는 곳으로 이동하면서 원하는 것을 할 수 있는 시간을 제공해야 하며 "미래의 내부는 기술만큼이나 심리학에 관한 것이어야 한다. 목표는 경험 전체가 요구 사항을 충족할 뿐만 아니라 이를 예상하여 연결, 협업 및 휴식을 고무하는 것이다."라고 하였다.

Table 2의 공간들은 리좀의 원리 중 일부가 사용되어 변화하는 공간의 개념을 보여주는 사례이다. 르노 EZ-GO 콘셉트는 탈기표작용적인 단절의 원리, 토요타 e-Palette는 연결 접속과 다질성의 원리, 볼보 360C는 지도 제작과 전사의 원리, BMW iNext는 탈기표작용적인 단절의 원리, 시트로엥 19_19는 다양체의 원리, 그리고 르노 EZ-Ultimo는 연결 접속과 다질성의 원리가 사용된 것을 확인하였다. 하지만, 르노 EZ-GO 콘셉트의 경우 사용자들의 관계를 확장하는 방법으로 연결 접속과 다질성의 원리가 추가된다면 고정된 형태에서 벗어나 사용성 및 관계를 더 확장할 수 있을 것이다. 또한, Table 2를 포함한 다양한 사례들이 변화하는 공간의 개념을 보여주는 시작이라고 생각하지만, 미래의 자율주행차량 실내 공간에 대해서는 예를 들어 '시간'의 관점에서 재해석하거나, 기술보다 사람이 돋보이게 하는, 공간의 주체인 사람과 객체인 차량 내 구조물에 대한 고려가 필요하다. 리좀 이론에 따라 바라보는 관점을 바꾸어서, 미래 자율주행차량의 실내 공간은 '공간 안에서 사용성 및 관계를 확장할 수 있으며, 목적 위주의 공간에서 탈피한 무한한 가능성의 공간'이어야 한다. 이를 위하여 아래의 세 가지 콘셉트를 기반으로 디자인 조형 작업을 시작하였다.

콘셉트 1: 공간과 주체의 변화

콘셉트 2: 제3의 관점에서 디자인

콘셉트 3: 시작과 끝의 연결과 접속

4. 실내 공간 조형 콘셉트 디자인

디자인 대상인 실내 공간 선정을 위해 기존 콘셉트 차량을 기반으로 가족 혹은 지인과 함께 이동을 목적으로 하는 4인승 자동차 유형을 바탕으로 기본 규격을 정하였다. 기본 형태는 실내 공간을 최대로 사용할 수 있는 원박스 형태를 사용하였다. Figure 4의 차량은 두 명에서 최대, 네 명을 위한 근거리 이동용 도심형 차량으로 3,800mm의 길이, 1,980mm의 넓이, 1,400mm의 높이를 가지고 있다.

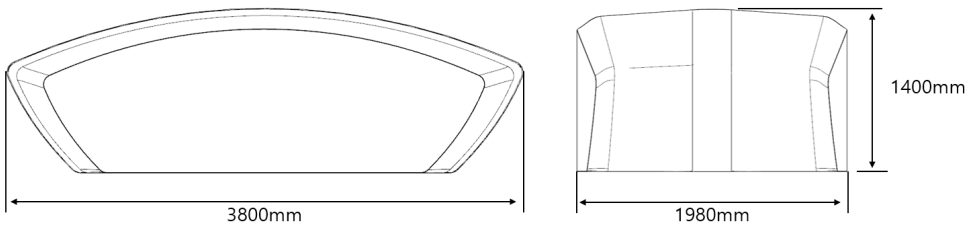


Figure 4 Urban vehicle for up to four people

4. 1. 콘셉트 1: 공간과 주체의 변화

자율주행 자동차는 자동차 내의 주체를 해체한다. 기존 자동차 디자인의 핵심 키워드는 안전이었으나 자율주행은 핵심 키워드를 안전 이외의 것으로 바꿀 수 있는 기반이 된다. 사용자는 과거의 운전자와 승객이 가진 책임에서 단절되며, 새로운 연결은 실내 공간의 사용성 및 외부와의 관계를 확장하고 디자인은 이를 반영하여야 한다. 사용자들은 기존과는 다른 역할을 찾게 되고 이는 선행 연구에서 사용자의 라이프스타일을 반영한 경험이 중시된 공간이라고 표현되었다. 자율주행 자동차 실내 공간을 주체의 관점에서 재해석하고 탈기표작용적인 단절의 원리를 핵심 콘셉트로 사용하고 나머지 리좀의 원리를 바탕으로 공간과 주체의 연결과 단절에 의한 변화를 디자인하면 사용자들의 관계를 확장하고 다양한 역할을 제시할 수 있다.

이 콘셉트의 조형 원리는 다음과 같다.

원리 1 : 면의 연결과 단절

원리 2 : 공간에서 협동적 조직화

원리 3 : 대칭적 형상이며 끊임없이 흐르고 변하는 면의 확장

조형 원리를 Figure 5와 같이 2D 작업을 통하여 시각화하였고 이를 바탕으로 Figure 6과 같은 아이디에이션 스케치를 진행하였다. 변하는 면들은 서로 단절되어 있지만 연결되고 이동시키거나 변화시키며 다른 면과 연결되어 입체로 구성된다. 바닥의 방석이 될 수도 있으며 다른 사용자와 공유하는 벤치로, 휴식을 위한 침대로 변할 수 있다. Figure 7은 최종 모델링이다. 각각의 면들은 위치에 따라 기능을 달리한다. 예를 들어 가장 상단의 면은 사용자의 개인의 사생활 보호를 위한 가림막 혹은 외부와 인터랙션 할 수 있는 투명 스크린으로 기능을 제한하였다. 가운데 위치한 면들은 몸과 닿아 의자가 되는 부분과 구조가 되는 부분으로서의 역할과 사용자가 원하는 기능을 가능하게 하는 인터페이스의 역할을 가지고 있다.

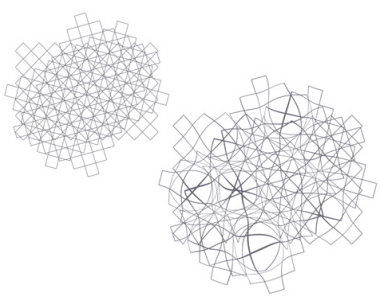


Figure 5 Visualization of principles

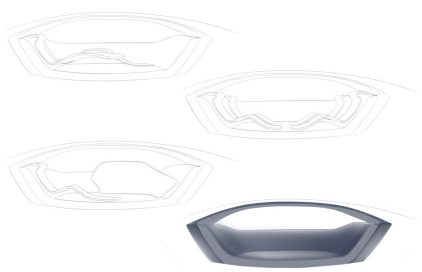


Figure 6 Ideation

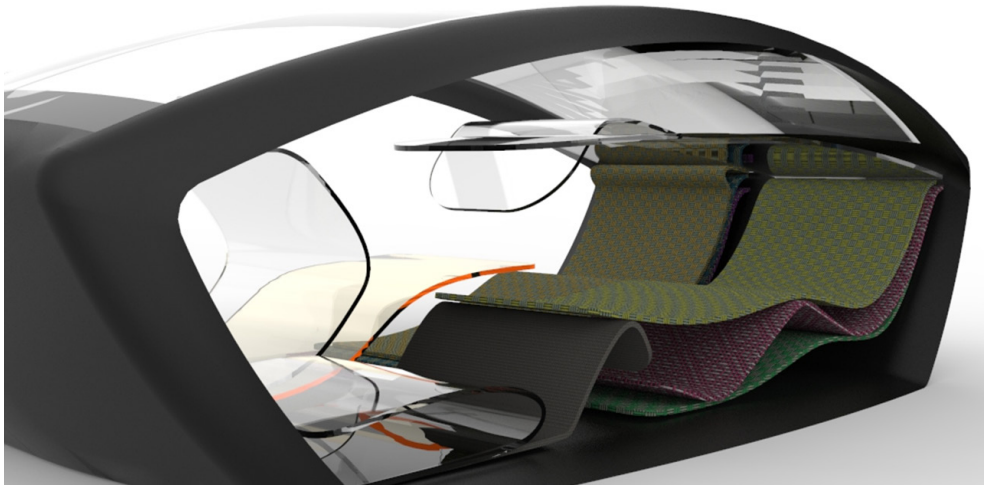


Figure 7 CAD Modeling

4. 2. 콘셉트 2: 제3의 관점에서 디자인

거의 모든 사물은 디자이너가 의도한 바와는 다른 관점을 가지고 사용될 수 있다. 사물에 대한 관점은 디자이너가 의도해서 만들어지는 것보다는 사용자의 경험과 삶의 방식에 따라서 결정되기 때문이다. 리좀적 디자인은 주체의 시점에서는 다른 사람(제3의 관점)을 위한 행위이다. 자율주행 자동차 실내 공간을 바라보는 시선의 변화를 일으키기 위해 제3의 관점에서 디자인하기 위하여 다양체의 원리를 핵심 콘셉트로 사용하고 나머지 리좀의 원리를 더하여 디자인하였다.

이 콘셉트의 조형 원리는 다음과 같다.

원리 1: 경계가 없는 구조

원리 2: 구조적인 요소들과의 관계에서 독자적인 성격을 가짐과 동시에 하나로 엮여 다양한 기능의 구현

원리 3: 사용자가 바라는 이상의 결과물

조형 원리를 기반으로 Figure 8과 같은 시각화 작업을 진행하였고, Figure 9는 시각화 작업을 기반으로 진행한 아이디어 스케치 중 일부이다. Figure 10에서 볼 수 있듯이 형태가 없는 입체들은 스스로 이동하거나 다른 입체들과 무작위로 연결되어 기능을 더한다. 이 디자인의 특징은 'Spherebot'이라고 불리는 각자 기능을 가지고 스스로 움직이며 차량 내부 어디라도 이동이 가능한 로봇이다. 'Spherebot'의 형태는 서로 연결되어 변할 수 있다. 각 로봇은 보고 들으며 사용자와 수동적인 상호작용에서부터 스스로 움직이거나 다른 로봇들과 결합하여 능동적인 제안까지 가능하다. 'Spherebot'은 합쳐져 의자의 형태를 가진 단순한 사물로의 역할이 가능하고, 사용자에게 필요하다고 생각되는 정보를 화면, 소리 그리고 움직임으로 보여주는 차량 상호작용의 핵심이 될 수 있다.

Figure 8 Visualization of principles

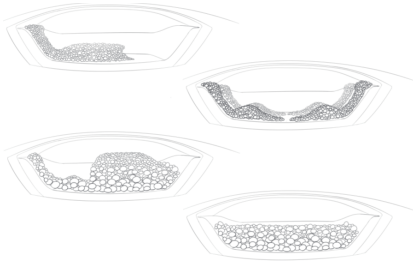


Figure 9 Ideation

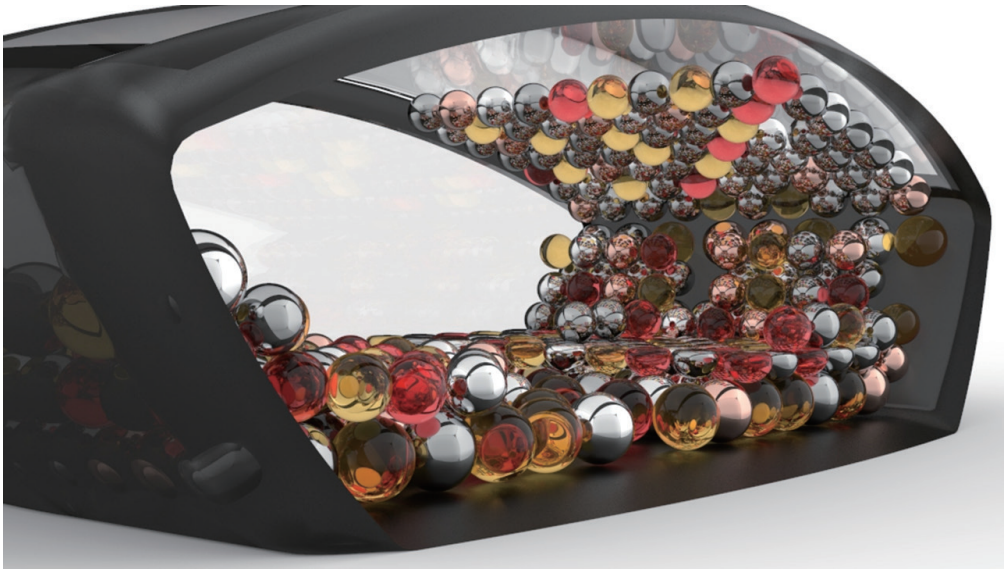


Figure 10 CAD Modeling

4. 3. 콘셉트 3: 시작과 끝의 연결

의자는 누군가가 앉아있을 수 있게 해주는 사물이다. 사용자는 의자에 앉기 위하여 의자 앞 적당한 위치에 자신의 몸을 가져간 후 무릎을 굽혀 허벅지부터 엉덩이까지 좌석에 천천히 내려앉고 자세를 고쳐 편안하게 한다. 의자가 가진 기능들은 사용자와 공간의 목적, 그리고 디자이너의 의도에 맞춰 디자인된다. 의자의 손잡이는 앉거나 일어설 때 도움이 되며 등받이는 등을 기대어 좀 더 편안한 자세를 가능하게 한다. 사용자는 여기서 결정된 형태에 따라 어떤 제품인지, 어떻게 사용하여야 하는지, 등등 다양한 정보를 얻는다. 시작과 끝이 연결된 조형은 연결 접속과 다질성의 원리를 바탕으로 공간 안에서 사용성 및 관계를 확장할 수 있으며, 목적 위주의 공간에서 탈피한 무한한 가능성의 공간을 위한 조형 콘셉트이다.

이 콘셉트의 조형 원리는 다음과 같다.

원리 1. 중간 혹은 ~의 사이를 위한 디자인

원리 2. 불규칙적이지만 규칙적인 카오스모스, 그리고 복잡하지만, 일정한 패턴

원리 3. 의도의 구분이 모호한 디자인

조형 원리를 바탕으로 Figure 11과 같은 시각화 작업을 진행하였고 이는 Figure 12의 아이디에이션으로 발전하였다.

이 콘셉트는 연속체 로봇(Continuum Robot)의 특징을 바탕으로 한다. 연속체 로봇은 무한한 자유도와 관절수로 특징지어지는 로봇의 한 종류이다. 이러한 특성은 길이에 따라 임의의 지점에서 모양을 조정하고 수정할 수 있도록 하여 일반적인 로봇이 작동할 수 없는 제한된 공간과 복잡한 환경에서 작업할 가능성을 부여한다.

구조의 단순성은 연속체 로봇을 소형화하기 쉬우며, 부드러운 재료의 개발은 인간-로봇 상호작용에서 더 높은 안전성을 부여할 수 있다. (Singh, 2014).

Figure 12에서는 상하만 연결된 형태에서 차량 내부의 모두를 연결한 형태로 발전시켰다. 로봇들은 각기 따로 움직일 수 있고 서로 묶여서 하나로 연결될 수 있다. 연결되고 분리되는 선들은 불규칙하게 움직이지만 재조직되어 자체만으로 공간을 구성한다. 복잡하지만 일정한 패턴을 가져 의도를 파악할 수 없으며, 의도를 알아야 할 필요가 없다. 마치 록 콘서트에서 팬들 사이에 몸을 던지는 유명 가수들처럼 사용자는 믿고 몸을 맡기면 평소에 가장 선호하는 자세나, 이동 목적에 맞춘 형태로 알아서 바꿔준다. 사용자가 원하기보다는 형태가 제시하는 사용법을 따를 수 있으므로 형태와 기능이 완전히 분리되어야 한다. 형태와 기능이 완전히 분리된 공간은 기존의 차량 혹은 인위적인 공간에서 볼 수 없었던 공간으로, 전혀 다른 공간(Figure 13)으로 구현되었다. 이질적인 모든 개체의 가능성을 허용하고 독창적인 조형을 가진 공간을 통하여 기존 차량의 실내 공간에서 느껴보지 못한 감정을 주기 위한 디자인이다.

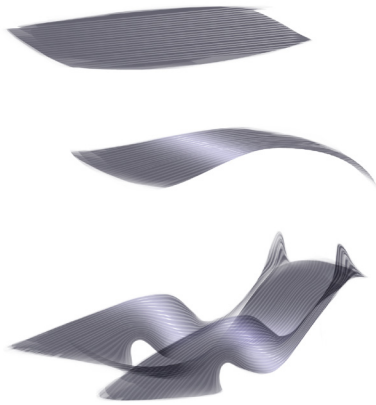


Figure 11 Visualization of principles

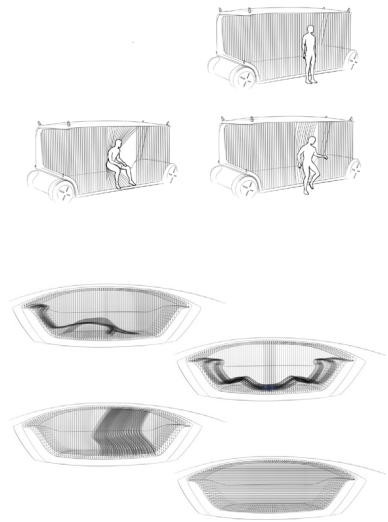


Figure 12 Ideation

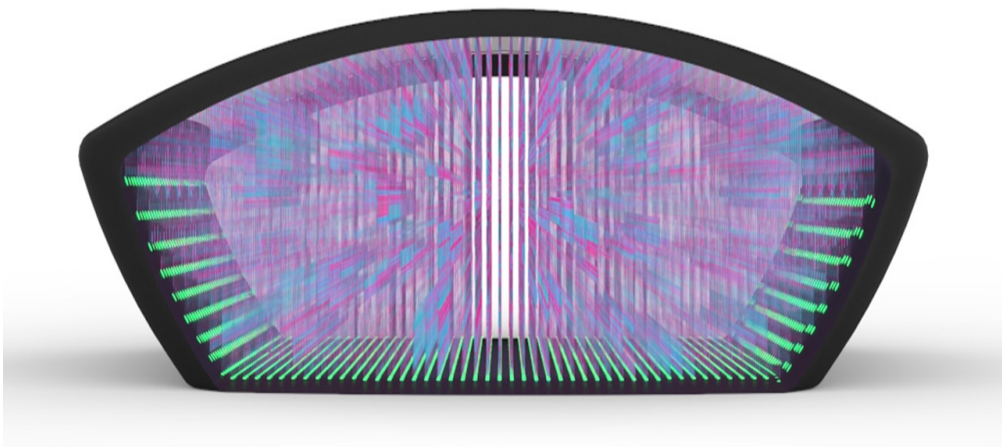


Figure 13 CAD Modeling

4. 4. 콘셉트 종합을 통한 디자인 방향

리좀 이론에 따른 미래 자율주행차량의 실내 공간인 '공간 안에서 사용성 및 관계를 확장할 수 있으며, 목적 위주의 공간에서 탈피한 무한한 가능성의 공간'을 위하여 세 개의 주제로 진행한 결과물을 리좀 원리로 해석하여 가장 적합한 콘셉트를 찾아보았다. 공간과 주체의 변화와 제3의 관점으로 진행된 조형 작업은 리좀 원리로 해석하였을 때 탈기표작용적인 단절의 원리와 다양체의 원리를 바탕으로 사용자의 역할을 확장하고 개방적이며 사용자가 스스로 형태 및 경험을 디자인하고 결과를 만들 수 있는 변화된 개념을 가진 공간이나, 독창적 조형의 부재와 한정된 자유만이 가능한 실내 공간이다. 반면에, 시작과 끝의 연결 개념으로 진행된 조형 작업의 결과물은 연결 접속과 다질성의 원리를 바탕으로, 기능에서 완벽히 분리된 형태는 무한한 가능성과 조형적 독창성을 가진 공간이다. 불규칙적이지만 규칙적인 카오스모스적인 형태는 과정이나 결과를 예상할 필요가 없는, 중간 과정을 위해 사용하기에 이해가 필요 없는 공간이다. 또한, 다질성, 다양체, 그리고 탈기표작용적인 단절의 원리를 적절히 반영하여 공간 안에서 기능을 구현하기 위해 존재했던 상하 관계의 사물이 아닌, 사물이 공간이며 공간이 사물이 되는 결합의 공간이다. 마지막으로 무한한 가변성으로 끊임없이 변하는 사용자의 의도를 충족시킬 수 있는, 사용자가 공감할 수 있는 공간이다. 이러한 이유로 시작과 끝의 연결 개념을 사용하여 최종 조형 작업을 진행하였다.

5. Space Continuum을 활용한 실내 공간 디자인 콘셉트 제안

시작과 끝의 연결의 개념인 연속체 로봇을 기반으로 하는 Space Continuum을 활용하여 실내 공간 조형 디자인 콘셉트를 제안하였다.

5. 1. 차량 베이스

최종 디자인을 진행하기 위하여 먼저 가장 적합한 차량의 베이스를 선정하였다. 이 차량은 자율주행 레벨 5단계를 기반으로 최대, 네 명을 위한 면적을 가진 도심형 차량이다. 일반적인 4인승 차량보다 높게 설계되어 있으며 사용자는 차량의 내부를 수평적으로 그리고 수직적으로 완전히 자유롭게 사용할 수 있다.

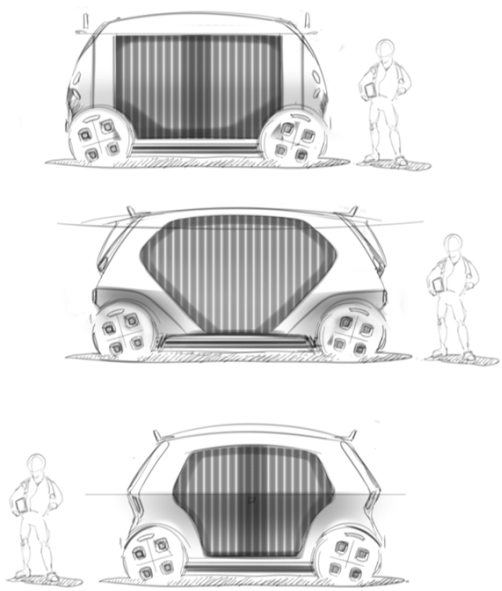


Figure 14 Vehicle exterior sketch

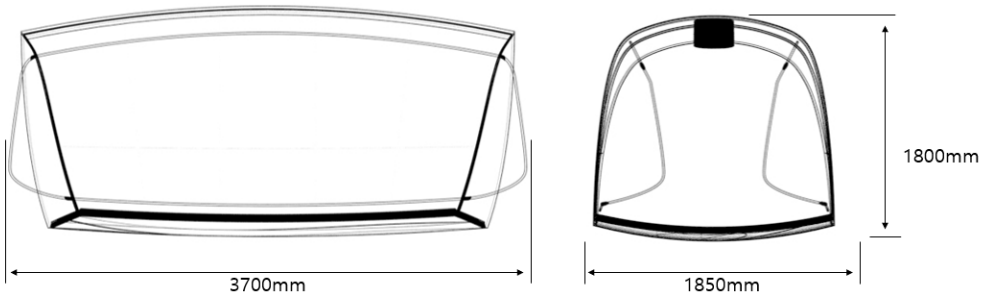


Figure 15 Vehicle dimension and shape

차량의 외부 형태는 이 연구의 주목적이 아니지만, 콘셉트의 목적 중 하나인 독창적인 조형을 더 잘 보여주기 위한 부가적인 수단으로서 연구의 필요성을 느껴 조형 작업을 진행하였다. Figure 14는 차량 외부 형태 스케치의 일부이다. Figure 15와 같이 차량의 전체적인 형태는 기존 차량에 사용되었던 비례나 세부적인 디자인을 배제하고 약간은 어색해 보이는 형태를 의도적으로 사용하여 차량에서 익숙하지 않은 형태로 디자인하였다. 또한 차량은 각각의 부분이 이동 혹은 변형이 가능한 투명한 소재로 이루어져 차량의 내부와 외부의 경계를 최소화한 결합의 공간이다. Figure 16은 BMW 사의 Isetta 300이다. 이 차는 전면부가 열리는 유일한 양산형 차량으로 횡 주차 시 좌우 공간의 활용을 목적으로 캐노피 형식의 전면 도어를 사용하였다. Figure 15의 차량의 탑승과 하차 또한 전면과 후면을 통하여 이루어지는데, 공간 활용의 목적보다는 차량의 좌우를 도어로 사용 시 필요한 도어 크기의 증가와 더불어 승하차 시 인도가 아닌 차도 방향에서 사용하는 승객의 안전에 대비하기 위한 목적이 더 크다. 또한, 실내 공간으로 들어가는 경험을 극대화하기 위해서 짧은 쪽의 좌우보다 상대적으로 긴 길이의 전면 혹은 후면에서 승차하는 것이 새로운 공간으로 들어가는 경험을 극대화할 수 있다.

Figure 16 1958 BMW Isetta300

5. 2. 내부 공간 디자인

내부 공간은 연속체 로봇으로 이루어진다. 로봇은 공간과 구조물의 기능을 동시에 구현하기 위하여 기계적인 움직임이 가능한 형태를 가져야만 한다. 하지만, 기계적인 움직임을 위한 형태와 움직이며 만들어지는 형태는 완전히 분리되어 있다.

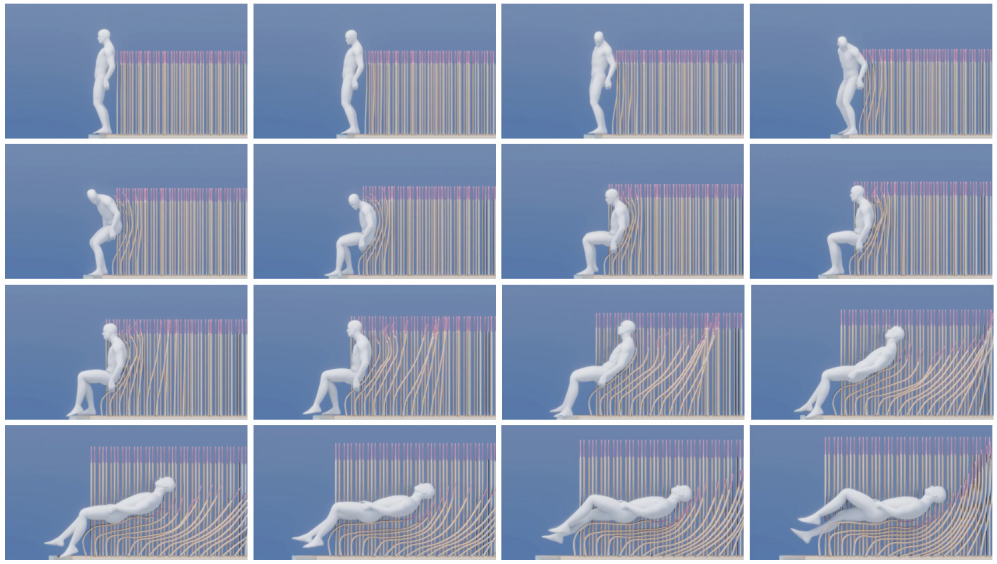


Figure 17 Changes in continuum robots

Figure 17은 연속체 로봇들이 규칙적으로 형태를 바꾸어 승객의 몸을 지탱하는 모습의 연속 그림이다. 연속체 로봇들은 복잡하지만, 일정한 패턴으로 움직이며 사용자가 믿고 몸을 맡기거나, 미리 설정된 특정한 형태로 만들 수 있다. Figure 18은 차량의 전면에서 보는 변화의 모습이다.

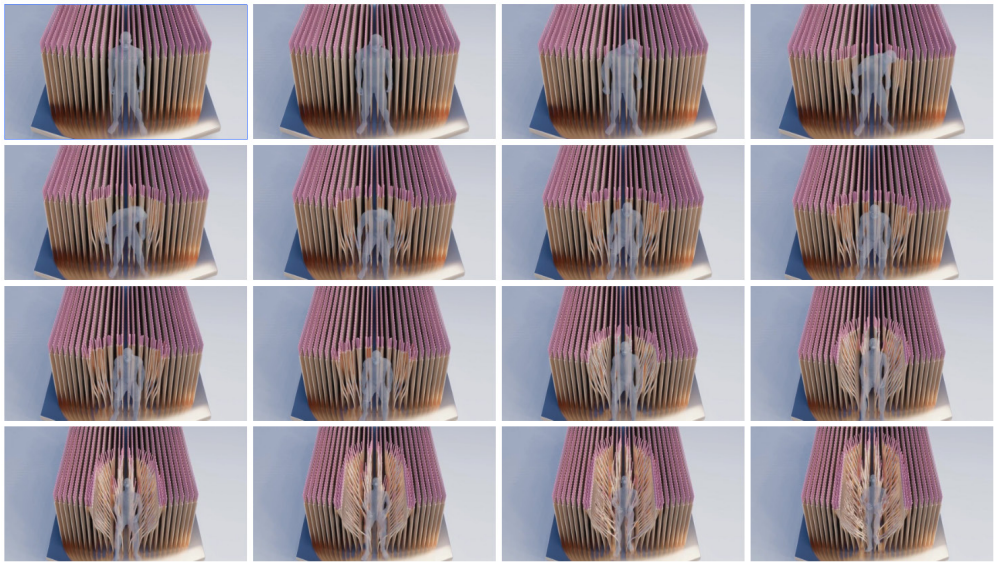


Figure 18 Interior view from the front

연속체 로봇의 움직임은 정확한 제어 알고리즘이 필요하고 제어하기 쉽지 않다. 이 콘셉트의 궁극적인 목표인 승객이 정말 자유롭게 움직이는 공간의 기반이 되기 위하여, 명확한 조형이나 의도를 사용자가 사용할 만한 예시들로 구현하는 작업을 먼저 진행하였다. Figure 19는 차량 내부의 1인 사용 예시이다. 외부의 연속체 로봇들은 내부와 외부의 공간을 나누는 역할을 하고 안쪽의 로봇들은 바닥이 되고 몸을 지탱하는 쿠션이 된다. 일부는 연결되어 조명이나 테이블로 사용할 수 있다.

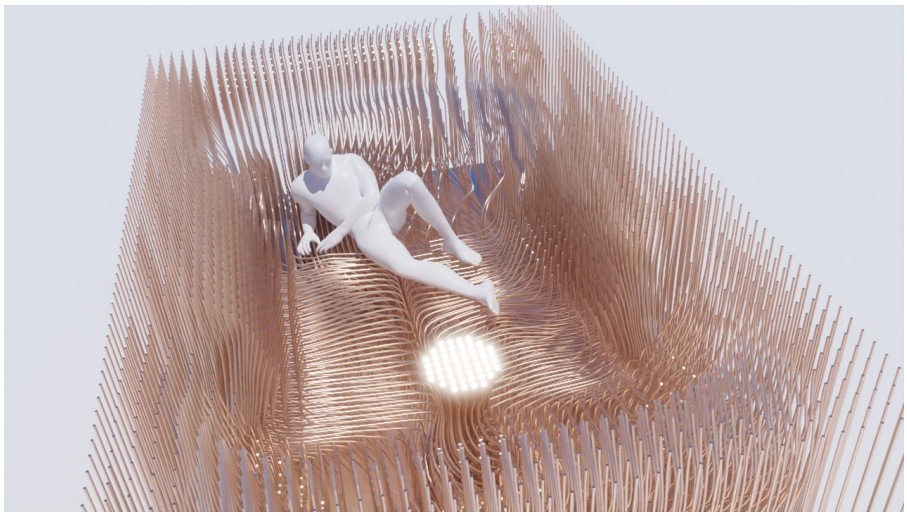


Figure 19 Example for single use

Figure 20은 두 명의 사용자가 공간을 사용하고 있는 예이다. 이 예시는 서로 모르는 두 명의 사용자가 근처의 도시로 이동하며 휴식을 취하거나 자신이 휴대하는 기기를 사용하는 시나리오이다. 각 사용자는 자신만의 공간을 보장받는다. 가운데와 외부의 로봇들은 고정되어 공간을 정확히 나누거나, 계속 움직이며 사용자들의 시선이나 몸이 겹치는 공간을 방해하여 개인의 사생활을 보호한다. 바닥의 개념은 더는 존재하지 않으며 그냥 원하는 곳에 앉거나 눕거나 기대면 된다.

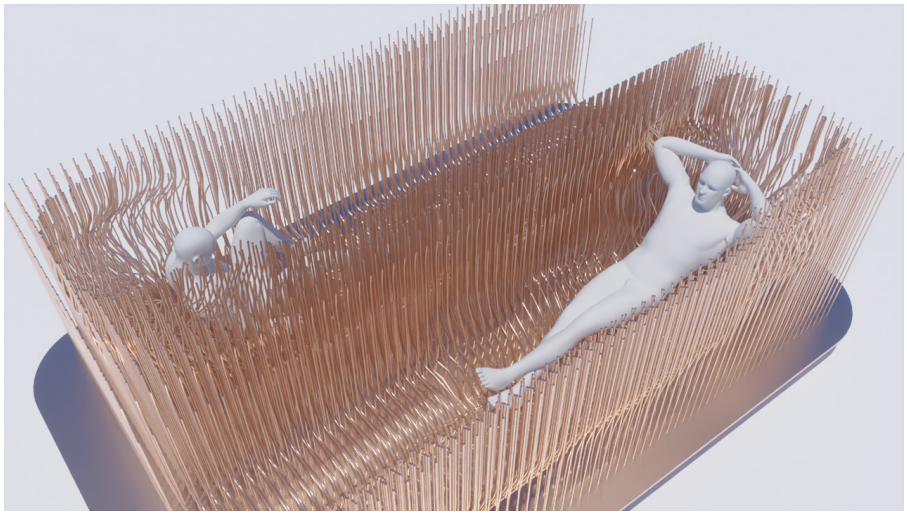


Figure 20 Example for two people

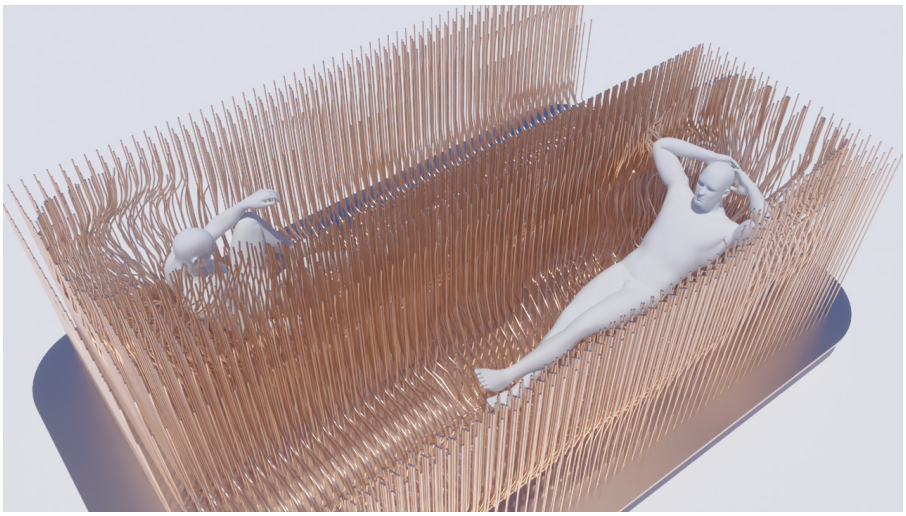


Figure 21 Example for three people

Figure 21은 세 명의 사용자가 공간을 사용하는 사례이다. 세 명의 사용자를 위한 공간의 공평한 분배는 똑같은 수치의 크기로 나누는 것을 의미하는 것은 아니다. 앉아 있는 사용자와 누워 있는 사용자는 다른 크기의 공간이 필요하다. 같은 크기의 공간에서 사용자는 비슷하거나 한정된 자세만이 용인된다. 공간의 크기는 사용 방법에 따라 능동적으로 확대되거나 축소되어, 사용자의 요구에 따라 제공된다. 연속체 로봇들의 계산된 움직임은 마치 컨베이어 벨트 위의 물건을 움직이는 것처럼 기존의 자세를 유지하며 사용자의 이동이 가능케 한다. 공간의 크기가 아닌 사용자의 의도나 상황에 따라서 공평한 개인 공간의 분배가 가능하다.

Figure 22 The vehicle on the move

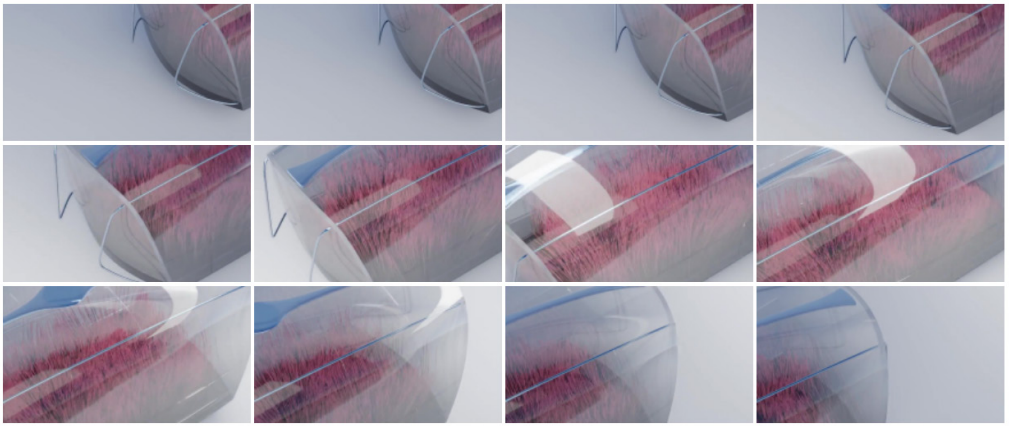


Figure 23 Inside of the vehicle while moving

Figure 22는 차량의 이동 시나리오이다. 차량은 외부는 내부와의 연결과 분리가 자유롭다. 승하차는 차량의 전면이나 후면을 통하여 이루어진다. 공간의 이동이 측면이 아닌 전면으로 이루어지는 것과 같이, 앞으로 걸어가서 탑승하거나 하차하는 방식이 공간의 변화를 가장 잘 유도할 수 있다. 연속체 로봇들은 함께 움직여 사용자를 위한 공간을 나누거나 숲속에 나 있는 오솔길 같이 가야 할 방향을 보여 줄 수 있다. 연속체 로봇들은 차량 이동 시에 바람에 흔들리는 움직임 Figure 23을 보여준다거나, 나만이 알 수 있는 움직임으로 차량의 상태나 주위 환경을 사용자 모두나 특정인에게 전달할 수 있다.

5. 3. Space Continuum의 의미

리좀 이론의 원리들을 바탕으로 시작한 Space Continuum이 시작과 끝의 연결이라는 미래 자율주행차량을 위해 재해석된 리좀의 의미를 잘 담고 있는지 확인하기 위하여 리좀 이론의 원리들을 통해 Table 3에 디자인을 재분석하였다. 고정된 형태가 없고 끊임없이 변하며 사용자의 불확실성에 대비할 수 있는 연속체 로봇으로 이루어진 공간에서 연결 접속과 다질성의 원리를 찾을 수 있다. 공간의 구조로 사용되던 로봇이 사용자를 위한 의자나 테이블과 같은 사물로 사용되는, 즉, 사물이 공간이며 공간이 사물도 되며 경계가 없이 구성되는 실내 공간으로 다양체의 원리를 적용하였다. 또한 사용자의 요구를 충족시키기 위해 변하는 공간의 형태와 사용자를 위한 사물의 끊임없이 변화는 공간, 사용자, 그리고 사물의 연결과 단절로 사용성 및 관계를 확장하는 탈기표작용적인 단절의 원리이다. 마지막으로 지도 제작과 전사의 원리를 반영하여 사용성 및 관계를 확장하고, 목적 위주의 공간에서 탈피한 무한한 가능성의 공간인 Space Continuum은 기존의 개념을 확장한 미래 자율주행차량에 적합한 실내 공간이다.

Table 3 Rhizomatic Interpretation of Space Continuum

리좀의 원리	해석	Space Continuum에 적용
연결 접속의 원리	연결과 접속은 끝에서 시작하는 것이 아니라 항상 중간 혹은 ~의 사이에서 시작된다.	연속체 로봇으로 이루어진 공간은 고정된 형태가 없고 끊임없이 변하며 사용자의 불확실성에 대비할 수 있다.
다질성의 원리		
다양체의 원리	세상을 바라보는 시선의 변화를 일으킨다.	사물이 공간이며 공간이 사물이 되는, 사물과 구조의 경계가 없이 구성되는 실내 공간은 관점의 변화를 일으킨다.
탈기표작용적인 단절의 원리	변화와 단절은 동시에 또한 순차적으로 일어날 수 있다	공간, 사용자, 그리고 사물 간의 연결과 단절은 사용성 및 관계를 확장한다.
지도 제작의 원리	개념의 확장은 지도이다. 개념의 재사용은 사본이다.	목적 위주의 공간에서 탈피한 무한한 가능성의 공간이다.
전사의 원리		

Nakanishi(2022)의 다중 및 동적 어포던스를 위한 형태가 변하는 로봇에 관한 연구에서는, 형태와 레이아웃이 변하는 “Barlightroid”라는 로봇이 공간에 다양한 어포던스를 가져오고 사람들의 행동과 활동에 다양한 기회를 제공할 수 있다는 것을 확인하였다. Onishi, et al.(2021)의 연구에서는 형태가 변하는 로봇을

활용하여 업무 공간에 대해 사용자들의 만족도와 더불어 공간의 효율성까지 개선할 수 있음을 확인하였다. Sirkin, et al.(2015)의 로봇 발판을 활용하여 사용자의 행동이나 인식의 변화를 확인하는 연구에서는 스스로 움직이는 로봇이 아닌 사람이 움직이는 가상의 로봇 발판을 활용하여 후속 연구에 대한 개념을 정립했다. 세 개의 선행 연구의 공통점은 프로토타입을 사용하여 실제 환경을 구현하고 실험을 진행하였다는 점이다. 이 연구에서 제안한 Space Continuum에서 찾은 의미를 적용하기 위해서는 첫째로 연속체 로봇의 움직임을 프로토타입으로 재현하여 기능적 가능성을 확인하여야 한다. 나아가 연구의 목표를 기능, 형태, 움직임, 그리고 상호작용 등으로 세분화하고 구체적으로 발전시켜야 리좀 이론을 바탕으로 하는 Space Continuum이 미래 자율주행차량을 위한 실내 공간인지 확인할 수 있다.

5. 4. Space Continuum의 활용

연속체 로봇으로 구성된 'Space Continuum'은 리좀의 원리를 해석하여 자율주행차량 실내 공간의 의미를 확장하기 위한 여러 방법 중 하나다. 연속체 로봇의 유연성은 우수한 환경 적응성을 가지지만 낮은 구조적 강성으로 로봇이 큰 외부 하중을 견딜 수 없고, 또한 큰 힘을 출력할 때 변형을 일으키는 단점 이 있다. 이 때문에 실생활에서 한정적인 사용을 보인다. 연속체 로봇으로 구성된 사물, 나아가 공간을 구현하기 위해서는 먼저 강성이 보장되는 로봇 개발에 더해 연속체 로봇이 사용된 구체적인 애플리케이션 시나리오가 필요하다(Zhong, 2020). 연속체 로봇은 의료용 소형 로봇에서부터 우주 공간에서 작업이 가능한 로봇으로도 발전하고 있다(Liu, 2021). 구조적 강성이 확보된 로봇으로 자동차의 의자를 사용자의 의지에 따라 다양한 형태로 변화할 수 있게 만드는 것부터 시작하여 연속체 로봇을 위한 구체적인 애플리케이션 시나리오가 개발된다면, 자율주행차량의 실내 공간만이 아닌 현실적인 상황에서 적용된 사례를 더 많이 볼 수 있을 것이다.

6. 결론

개념의 확장을 위하여 사물을 다르게 보는 방법이며, 고정된 사고방식으로부터 탈출로를 만드는 리좀을 활용한 실내 공간 조형 디자인 콘셉트를 제안해 보았다. 리좀의 여섯 가지 원리는 미래 자율주행차량의 실내 공간을 공간의 단절과 결합이 자유로운 개인을 위한 공간, 그리고 목적 위주의 공간에서 탈피해 무한한 가변성을 가진 공간으로 해석할 수 있게 했다. 이를 바탕으로 공간과 주체의 관점에서 해석, 제3의 관점에서 디자인, 그리고 시작과 끝의 연결과 접속이라는 조형 작업을 위한 세 개의 콘셉트를 추출하였다.

공간과 주체의 관점에서 해석한 조형 작업은 사용자들에게 한정된 가변성이 제공되며 끊임없이 변하는 사용자의 요구에 반하여 일부분만 해소 가능한 공간이었다. 제3의 관점에서 해석한 조형 작업은 독자적인 기능을 가지고 서로 연결되어 또 다른 역할이 가능한 사물과 공간의 결합 공간이지만 세밀한 변화를 위한 한정된 기술은 끊임없이 변하는 사용자의 의도를 충족시키기에는 부족하였다.

시작과 끝의 연결을 통한 조형 작업은, 연속체 로봇들이 복잡하지만, 일정한 패턴으로 움직여 승객을 위한 사물이나 공간에 대한 개념을 확장할 수 있다. 로봇들은 차량의 구조물인 바닥이 되거나, 사람을 위한 몸을 지탱하는 쿠션으로 변할 수 있고, 혹은 조명이나 테이블로 변한다. 사용자가 원한다면 로봇은 단단하게 고정된 불편한 의자를 제안할 수도 있고, 사용자의 상황에 맞춰 가장 적합한 자세를 제안하거나 스스로 자세를 바꿔줄 수도 있다. 로봇은 공간을 사용자의 수에 따라 공평하게 나눌 수 있다. 또한, 끊임없이 움직이며 사용자들의 시선을 차단하거나, 서로 겹치는 공간을 유연하게 조절할 수 있다. 로봇이 배분하는 공간은 누워 있는 사용자와 앉아 있는 사용자 모두에게 그 절대적인 크기는 다르지만, 상대적으로는 같다고 느껴지는 공평한 공간이다. 형태와 기능이 완벽히 분리된 로봇으로 이루어진 공간은 독창적인 조형을 가진 공간으로 사용하기 위한 이해가 필요 없고, 무한한 가변성으로 끊임없이 변하는 사용자의 기능 및 조형에 대한 의도를 충족시키는 'Space Continuum'으로 완성되었다.

본 연구는 제안된 디자인의 안전성 및 편의성을 고려하기 위해 프로토타이핑을 통한 평가가 이루어지지 않아 제시한 콘셉트의 실현 가능성 확인이 어렵다는 한계점을 가지고 있다. 그럼에도, 기술의 발달에 의존하여

필요하다고 강요되는 무수히 연결된 서비스들에 기반한 한정된 자유를 누리는 공간의 개념에서 탈피하여, 사용자들을 위한 혹은 사용자들이 원하는 경험을 자유롭게 누릴 수 있는 인간 중심의 미래 자율주행차량에 적합한 공간 개념으로의 관점 변화를 디자인을 통해 제시하였다는 점에 본 연구의 의의가 있다. 그리고 이 의의를 보다 확대하기 위해서는 리좀을 활용한 자율주행 실내 공간 디자인 워크숍이나 실험을 다른 디자이너들과 수행하여 결과물을 비교하고 논의하는 후속 연구가 필요하다.

References

1. Becker, T., Hermann, F., Duwe, D., Stegmüller, S., Röckle, F., & Unger, N. (2018). *Enabling the Value of Time*. Implications for the interior design of autonomous vehicles.
2. Choi, K. H., & Jung, J. H. (2019). AEIOU 평가요소를 이용한 자율주행차량 인테리어 디자인 특성 연구 [Study on the Characteristic of Autonomous Vehicle Interior Design using AEIOU Evaluation Factors]. *Bulletin of Korean Society of Basic Design & Art, 20*(4), 585-596.
3. Deleuze, G., & Guattari, F. (1988). *A thousand plateaus: Capitalism and schizophrenia*. Bloomsbury Publishing.
4. Kim, N., Yang, M., Lee, J., & Kim, J. (2018). 자율주행 자동차의 제어권 전환 상황에서 요구되는 정보 유형에 관한 연구 [A study on the effect of information types on Drivers in Takeover period of automated vehicles]. *Journal of Digital Contents Society, 19*(1), 113-122.
5. Kim, E., & Seo, J. (2012). '리좀' 개념에서 본 현대 공공공간의 특성 및 표현방법에 관한 연구: 2000 년 이후 개관한 미술관을 중심으로 [A Study on Characteristics and Expression Methods of Contemporary Public Spaces from Concept of 'Rhizome' – Focusing on Art Museums Launched After 2000 –]. *Journal of the Korean Institute of Interior Design, 21*(6), 204-211.
6. Kwon, J., Jeong, S., & Ju, D. (2019). 자율주행 단계별 센터페시아 디스플레이 크기 및 위치에 대한 선호도 [Preference of Center Information Display Size and Locationbased on Autonomous Driving Level]. *Journal of the HCI Society of Korea, 14*(1), 45-52.
7. Kwon, J., & Ju, D. (2018). 완전 자율주행 자동차의 실내공간 설계를 위한 문헌연구 기반의 실내행위 분석 및 유형화 [Analysis and Classification of In-Vehicle Activity Based on Literature Study for Interior Design of Fully Autonomous Vehicle]. *Journal of the HCI Society of Korea, 13*(2), 5-20.
8. Kun, A. L., Boyle, L. N., Reimer, B., & Riener, A. (2013). Automotiveui: Interacting with technology in vehicles. *IEEE Pervasive Computing, 12*(2), 80-82.
9. Lee, D. (2020). 자율주행 자동차 실내공간 디자인 가능성 탐색: 리좀 이론과의 융복합을 중심으로 [Exploring the Design Possibility of Interior Space for Autonomous Vehicle: Focusing on Convergence with Rhizome Theory]. *The Korean Society of Science & Art, 38*(4), 293-304.
10. Liljamo, T., Liimatainen, H., & Pöllänen, M. (2018). Attitudes and concerns on automated vehicles. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 59*, 24-44.
11. Liu, Y., Wang, D., Zhang, Y., Yuan, Z., Liu, J., Yang, S., & Yu, Y. (2021). Design and experimental study of space continuous robots applied to space non-cooperative target capture. *Micromachines, 12*(5), 536.
12. Loehmann, S., & Hausen, D. (2014). Automated driving: Shifting the primary task from the center to the periphery of attention. In *Workshop Peripheral Interaction: Shaping the Research and Design Space. In conjunction with Human Factors in Computing Systems (CHI)*.
13. Moldenhauer, A. (2019, November). The third habitat. *Stylepark*. Retrieved from https://www.stylepark.com/en/news/mobility-automobile-autonomous-driving-future
14. Nakanishi, Y. (2022, March). Furnituroid: Shape-Changing Mobile Furniture Robot for Multiple and Dynamic Affordances. In *Proceedings of the 2022 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (pp. 937-939).
15. Nelson, C. (2021, November). Inside the Cocoon: What to Expect from Automated-Vehicle Interiors. *Motortrend*. Retrieved from https://www.motortrend.com/features/autonomous-car-interior-driverless-automated-feature/

16. Nordhoff, S., de Winter, J., Payre, W., Van Arem, B., & Happee, R. (2019). What impressions do users have after a ride in an automated shuttle? An interview study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 63*, 252–269.
17. Onishi, Y., Takashima, K., Fujita, K., & Kitamura, Y. (2021, May). Self-actuated Stretchable Partitions for Dynamically Creating Secure Workplaces. In *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–6).
18. Singh, P. K., & Krishna, C. M. (2014). Continuum arm robotic manipulator: A review. Universal *Journal of Mechanical Engineering, 2*(6), 193–198.
19. van der Beek, S. (2012). From representation to rhizome: Open design from a relational perspective. *the design journal, 15*(4), 423–441.
20. Zakharenko, R. (2016). Self-driving cars will change cities. *Regional science and urban economics, 61*, 26–37.
21. Zhong, Y., Hu, L., & Xu, Y. (2020, December). Recent advances in design and actuation of continuum robots for medical applications. In *Actuators* (Vol. 9, No. 4, p. 142). MDPI.

연속체 로봇이 구성하는 시작과 끝의 연결에 기반한 자율주행 실내 공간 조형 디자인

이덕찬[1], 정의철[2*]

[1]인하대학교 디자인테크놀로지학과, 조교수, 인천, 대한민국

[2]서울대학교 미술대학 디자인학부, 교수, 서울, 대한민국

초록

연구배경 자동차, 운송을 포함하는 광범위한 모빌리티 시장은 사람과 물류의 이동 방식을 근본적으로 변화시키며 사회적, 기술적, 경제적 영향을 주고 있다. 기존 자율주행차량 실내 공간 디자인 콘셉트는 이동 공간과 생활 공간을 단순히 결합한 한정된 개념의 공간을 가지고 있다. 공간 용도의 불확실성을 대비할 수 있고 사용자의 예상을 뛰어넘는 자유로운 공간의 개념을 제안하는 것이 이 연구의 목적이다.

연구방법 리좀 이론이 공간에서 가지는 의미를 해석하여 세 가지 자율주행 실내 공간 콘셉트를 제안하였다. 첫째, 공간과 주체의 변화는 다양한 형태로 변하는 면들이 조직적으로 협동하여 겹쳐지거나 일부가 분리되어 무한히 변하는 입체로 구성된다. 공간 안에서 주체의 역할 이동이 자유로운 조형 콘셉트이다. 둘째, 모든 사물은 의도한 바와 다른 관점으로 사용될 수 있음으로, 기존의 목적 위주의 관점이 아닌 제3의 새로운 관점에서 디자인되어야 한다. 독자적인 성격을 가진 구조적인 요소들은 합체되거나 분리되어 새로운 프로그램을 창출할 수 있어야 한다. 정해진 형태가 없으며 변하는 과정을 즐길 수 있는 조형 콘셉트이다. 셋째, 사물들은 시간의 흐름과 같이 시작에서 끝까지 한 방향으로 사용된다. 이러한 특징은 사물이 시작과 끝 사이의 어떤 지점을 위한 고정된 형태를 가지게 한다. 시작과 끝이 연결된 조형은 고정된 형태에서 벗어나 모든 가능성을 허용하는 계속 변하는 조형 콘셉트이다.

연구결과 제안된 세 가지 콘셉트 디자인 안을 분석한 결과, 불확실성을 대비할 수 있고 사용자의 예상을 뛰어넘는 자유로운 공간의 목적에 잘 부합된다고 해석된 세 번째 시작과 끝의 연결 콘셉트를 바탕으로 진행한 조형 작업을 Space Continuum으로 구성하였다. Space Continuum은 자율 주행 5단계에 기반을 둔 최대 네 명을 위한 도심형 차량 실내 공간이다. 연속체 로봇으로 생성되는 공간은 질서와 혼돈이 공존하는 카오스모스(Chaosmos)적인 조형적 특성이 있다. 연속체 로봇은 무한한 자유도와 관절 수를 특징으로 하는 로봇이다. 길이에 따라 어느 지점에서나 모양을 조정하고 수정하여 일반적인 로봇이 작동할 수 없는 제한된 공간과 복잡한 환경에서 유연하게 변형할 수 있다.

결론 연속체 로봇으로 이루어진 공간은 정해진 기능 위주의 공간에서 탈피하고 사용자가 공간의 형태를 바꾸는 과정과 경험을 통해 개인의 취향을 표현하는 공간이다. 연속체 로봇은 공간과 사물의 일부로 필요한 역할을 구별 없이 수행하여, 공간이 사물과 결합하고 분리되는 기존과 전혀 다른 실내 공간이다. 사용자와 연속체 로봇의 조합으로 구현되는 공간은 서로의 움직임이 의미를 부여하고, 끊임없이 변하는 사용자의 의도로 예상하지 못하는 변화에 대비하는 미래 자율주행차량을 위한 실내 공간이다.

주제어 자율주행, 실내 공간, 리좀, 연속체 로봇

이 논문은 2021년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20004651).
본 논문은 이덕찬의 2022년도 박사 학위논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.

*교신저자 : 정의철 (jech@snu.ac.kr)