

건물 외벽청소 로봇의 비즈니스 모델 개발

Business Model Development of Facade Cleaning Robot

서현영¹·최인휴²·조영조³·심민규[†]

Hyeon-Yeong Seo¹, In-Hugh Choi², Young-Jo Cho³, Min Kyu Sim[†]

Abstract: We develop a business model for façade cleaning service robot system that provides service by meeting the market needs and environments. The size of the facade cleaning market is growing rapidly in recent years due to the increasing importance of indoor space and the modern trend of building construction methods. Also, maintenance of exterior appearance of buildings has become an important factor in residential and commercial facilities. Though demand for facade cleaning services is rising, the current facade cleaning services are performed dangerously in a human labor-dependent way. It is desirable that the existing human resource service should be replaced with robot-based services. In addition, quantitative analysis of rental pricing model was conducted to propose effective launch of products to the market. The robot system is economically attractive from the consumer's point of view. When the actual facade cleaning robot service is released, it is expected that verification of the business models and more accurate analysis with specific figures can be performed.

Keywords: Facade Cleaning Robot, Business Model, Service Robot Market Research, Quantitative Analysis

1. 서 론

1.1 연구 배경

건물 외벽청소 서비스 시장의 규모는 해마다 증가하고 있다. 그 이유로는 실내공간의 중요성이 증대, 통 유리창 방식의 빌딩 확대 트렌드, 건물 미관의 중요도에 대한 사용자들의 인식 향상 등이 있다.

시장의 규모가 증가하고 있는 반면, 건물 외벽청소 서비스의 수행방식은 오래전부터 서비스 인력이 건물에 직접 매달려서 청소하는 수작업 방식에서 크게 달라지지 않고 있다. 현재의 인력 의존형 방식은 대부분 안전모와 고정 로

프에 안전을 담보하고 있기에 작업 환경의 위험도에 대한 우려가 높다^[1]. 안정성의 문제는 구인 비용의 증가 등 서비스 제공 비용의 증가로 이어지고 있어서, 서비스 시장의 발전을 가로막고 있다.

본 연구는 안전하고 낮은 비용으로 서비스를 제공할 수 있게 하는 건물 외벽청소 로봇에 관하여 논의한다. 구체적으로는 중저층 건물을 대상으로 하는 고소작업차 기반 외벽청소 로봇의 비즈니스 모델의 개발 과정과 결과에 대해서 논의한다.

해당 로봇은 작업의 안정성을 향상시키며, 청소 인력이 접근하기 힘든 영역까지 청소하여 작업 효율성을 향상시킬 수 있다^[2]. 또한 기존의 위험한 환경에서 작업하는 인력을 로봇으로 대체함으로써 인건비의 상당한 절감 효과를 기대할 수 있다.

1.2 연구 목표 및 대상

본 연구에서는 1) 건물 외벽청소 서비스 로봇 시장을 분석하고, 2) 분석을 바탕으로 가격정책 및 수익성을 고려하여 비즈니스 모델 수립하고, 3) 비즈니스의 활성화에 따른 향후 산업 생태계 구성을 목표로 한다.

본 연구의 대상은 고소작업차의 작업 케이지에 청소로봇을

Received : Mar. 24. 2022; Revised : Apr. 6. 2022; Accepted : Apr. 6. 2022

※ This research was carried out with the support of the Korea Robot Industry Promotion Agency's Demand-tailored Service Robot Development and Distribution Business Program

1. Undergraduate Student, Industrial Engineering, Seoul National University of Science and Technology (SeoulTech), Seoul, Korea (shy0263@seoultech.ac.kr)

2. Principal Researcher, CSCAM, Seoul, Korea (ihchoi@cscam.co.kr)

3. Principal Researcher, ETRI, Daejeon, Korea (youngjo@etri.re.kr)

† Assistant Professor, Corresponding author: Industrial Engineering, Seoul National University of Science and Technology (SeoulTECH), Seoul, Korea (mksim@seoultech.ac.kr)

장착하여 건물 외벽을 청소하는 형태의 서비스이다. 전국망을 갖는 중·저층 커피숍 또는 상가 건물에 대한 외벽 청소용역을 수주하고, 청소 계획에 따라 고소작업차를 대여하여 청소요원 대신 청소로봇을 장착 및 운전하는 형식으로 서비스가 제공된다.

이 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 2장에서는 서비스 로봇 시장 형성의 선결조건인 사회적 환경과 트렌드를 논의하고, 시장에 참여할 청소업체와 최종소비자들에게 있어서 외벽 청소로봇이 어떤 유인을 제공하는지 조사한다. 3장에서는 로봇의 시장 출시 방식(기기 직접 판매, 렌탈, 리스)의 장단점에 대해서 논의하며, 제안된 출시 방식인 렌탈 방식으로 시장에 출시할 경우에 적절한 가격 정책을 도출한다. 4장에서는 외벽 청소 로봇으로 인해 생성되는 새로운 시장 생태계와 각 구성원의 역할 및 관계에 대해 구상한다. 5장에서는 결론 및 향후 연구계획을 제시한다.

2. 건물 외벽청소 서비스 로봇 시장 분석

2.1 시장 환경 분석

2.1.1 우호적인 로봇 시장 환경

로봇은 인간의 작업을 대체하기 위해서 존재하며, 이를 거부감없이 받아들이는 우호적인 환경이 형성되고 있다. 즉, 일상 공간에서 로봇의 활용도가 높아지고 있으며, 특히 청소 및 서빙과 같은 단순 과업은 점점 로봇에 의해 대체되고 있는 추세이다.

일례로써, 2020년 로봇 바닥 청소기 시장은 연간 30만대 규모로, 전년 대비 65% 증가한 추세를 보였다³⁾. 이러한 시장 트렌드에 따라, 삼성전자와 LG전자 등의 가전업체에서도 AI 관련 기능을 탑재한 로봇 가전 연구를 진행 중에 있으며⁴⁾ 세계 최대 가전/정보 기술 IT 전시회 CES 2022 에도 상업용 로봇 제품들이 공개된 바 있다⁴⁾.

2.1.2 건물 외벽 청소에 대한 수요 증가

청결하고 분위기 있는 실내공간을 많은 사람들이 점점 중요하게 생각하면서 건물 외벽 청소에 대한 수요가 증가하고 있다. 구체적으로는 두 가지의 이유를 찾을 수 있다.

첫 째, 외벽 청소를 요하는 건물들의 숫자가 늘어나고 있다. 최근에 지어지고 있는 많은 건물들은 벽면의 대부분을 유리로 하는 ‘커튼월’과 ‘커튼월 룩’ 시공방식을 선택하고 있다. ‘커튼월’(curtain wall)이란 벽면의 대부분을 유리로 하는 통유리창이 많은 시공 방식을 의미한다. ‘커튼월 룩’(curtain wall look)은 커튼월 방식의 대안으로 기둥식 구조 또는 벽식 구조의 콘크리트 벽에 유리마감재 패널을 부착하여 커튼월 외관처럼 화려하게 보이도록 하는 시공 방식을 의미한다. GS, 롯데, 현대

그룹과 같은 국내 대형 건설사 측에서는 커튼월 룩 방식을 많이 채택하여 이는 3세대 주택 트렌드로 자리잡고 있다.

[Fig. 1]은 국내의 신축 주택의 벽면 시공 방식의 트렌드를 나타내고 있으며, [Fig. 2]는 이에 따라 국내 유리 및 창호공사업 시장 규모가 확대됨을 확인할 수 있다. 이에 따라 자연스럽게 외벽청소 로봇의 시장이 활성화되고 있는 추세이다⁵⁾.

둘 째, 사람들이 실내 공간에서 머무르는 시간이 길어지고 있다. 2020년 이후의 코로나 바이러스 확산 등의 이유로 실내 공간에서 많은 시간을 소비하는 언택트(Untact) 사회 기조가 형성되고 있으며, 이는 재택근무의 확산으로도 확인할 수 있다. [Fig. 3]에서 볼 수 있듯이 바이러스 확산의 정점 시기였던 2020년 10월 당시 재택근무의 시행 비율은 90%에 육박했으며, 재택 근무 기조는 계속적으로 유지될 것으로 전망된다⁶⁾.

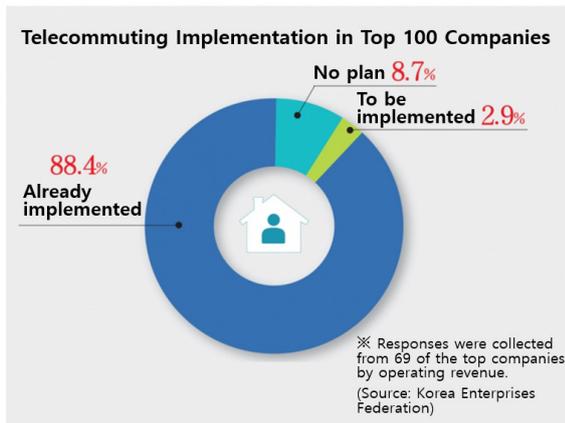
사람들이 실내 공간에서 머무르는 시간이 길어지고 깨끗하고 안전한 공간에 대한 선호도가 함께 높아지면서 건물 외벽 청소에 대한 수요 역시 자연스럽게 증가하고 있다.



[Fig. 1] Domestic house construction trends by era: Summary about the construction trend of first-generation paint painting, second-generation marble, and third-generation curtain wall look construction



[Fig. 2] Domestic glass and window construction market size (2014-2018)⁶⁾. It shows a continual growth of the annual rate of 7.1%



[Fig. 3] Status of telecommuting in top 100 companies in sales. Telecommuting is becoming new norm for workplace^[8]

2.2 소비자 분석

청소 서비스 로봇이 제공하는 부가가치는 청소 용역업체를 통해 최종 소비자에게 전달되며, 이를 가치사슬 그림으로 나타내면 아래 [Fig. 4]와 같다. 제조업체 - 용역업체 - 서비스 수요자의 가치 사슬은 청소 서비스 로봇이 아닌 다른 목적의 서비스 로봇에도 유사하게 적용된다^[9].

로봇 제조업체의 입장에서 로봇을 시장화 시키는 단계에는 소비자를 단계화 하여 유인을 분석하여야 한다. 즉, 1차 소비자로는 로봇을 도입하여 청소 서비스를 제공하는 청소 용역업체가 해당되고, 2차 소비자로는 해당 서비스를 의뢰하여 이용하는 건물 관리의 주체, 즉 최종 소비자를 설정한다.

1차 소비자인 청소 용역업체가 건물 외벽 로봇 청소기를 도입하는 유인으로는 인건비용 절감, 안전비용 절감, 기업 차별성 및 브랜드 이미지 확보가 있다. 첫째, 약 30%의 인건비 절감을 기대할 수 있다. 기존 인력 서비스는 노무인원 3인(작업인원 2명과 안전 관리 인원 1명)이 필요했던 반면, 로봇을 도입할 경우에는 노무인원 2인(작업인원 1명과 안전관리인원 1명)이 작업에 필요하다. 청소 용역업체와의 실제 인터뷰 결과, 이는 회당 서비스 제공비용의 약 36% 절감(기존 70만원, 로봇 적용시 45만원)을 의미한다.

둘째, 안전비용 또한 절감된다. 기존 인력 작업 수행 시에



[Fig. 4] Value chain diagram for facade cleaning service robot: Value transfers from manufacturers, service providers, to end customers

필수적인 작업 안전 교육과 각종 안전 도구 등의 사용이 줄어든다.

셋째, 경제적 효과 뿐만 아니라 시장 내에서의 선도기업의 지위 확보의 효과도 기대할 수 있다. 위험한 작업 환경의 개선에 앞장서는 선진 기업 이미지 획득, 로봇 청소 업계에서 시장 선도자의 지위를 확보, 타 청소 서비스 기업과의 차별성 확보 및 고급 브랜드 이미지 제고가 기대된다.

청소 로봇 도입 시에 얻을 수 있는 이익에 반해 우려되는 점도 존재한다. 첫째, 로봇 구매시의 높은 초기 투자 비용이 서비스 업체 측에서 부담이 될 수 있다. 이를 극복하기 위한 대안으로써 본 논문의 3장에서는 리스 및 렌탈 방식의 대안을 고려했고 분석한다.

둘째, 로봇 도입 초기에 작업 인력이 새로운 기술에 적응하는 단계, 학습 곡선의 발생이 기술 수용 지연 문제로 이어질 수 있다. 이는 로봇 시스템 작업 연습 프로그램 제공을 통해 인력 개발과 신뢰관계를 구축하는 방향으로 극복할 수 있다.

2차 소비자인 최종 소비자 역시 건물 외벽 로봇 청소기의 도입에 대한 유인이 있다. 첫째, 1차 소비자에게 절감된 비용이 서비스 단가의 절감으로 이어질 경우, 2차 소비자의 경우에는 건물 외관 관리 비용이 절감되는 효과로 이어질 수 있다.

둘째, 건물의 용도에 따라서 로봇 청소기는 비용 절감 이상의 효과를 가져올 수 있다. 예를 들어 숙박 시설이나 오피스 시설의 경우, 유리창에 사람이 아닌 로봇이 부착됨으로써 마주할 수 있는 이용불편이 감소되면서 프라이버시 및 보안이 향상된다. 이는 건물 이용 만족도의 향상에 기여할 수 있다.

3. 가격정책 및 수익성

3.1 시장 출시 방식에 대한 대안의 비교

소비자의 수요와 니즈를 만족시키기 위해서 시장에 로봇 청소기를 출시하는 대안들에 대해서 비교를 수행한다. 청소 용역업체에게 건물 외벽청소 로봇을 판매하는 방식으로는 일반 판매, 리스, 렌탈 3가지가 있다. 일반적인 판매는 기기의 소유권과 사용권 등의 모든 권리를 판매하는 것이고, 리스는 소유권을 판매는 하되 구매자가 나중에 되팔 수 있는 권리도 가지게 되는 것이다. 렌탈의 경우에는 소유권이 아닌 사용권만을 정기적인 비용을 지불받고 판매하는 것이다.

로봇을 일반적인 판매형태로 제공할 경우에 구매자의 입장에서 큰 초기투자 비용 부담이 발생하고 새로운 형태의 장비를 구매하는 위험을 고려하기에 전체적으로 구매를 주저할 가능성이 높다. 이를 고려한다면 리스 혹은 렌탈 방식으로 제공하는 것이 바람직하다.

[Table 1] The difference between lease and rental

	Lease	Rent
Proprietary	Possessed by the buyer. Buyer has the right to resell anytime.	Possessed by the seller.
Financial Statements	Recognized as sales in the initial financial statements, advantageous to I/S.	Recognized as rental asset, disadvantageous to I/S.
Risk	Risk of issuing putback options. (Buyer can resell anytime for cash)	Maintenance risk (Separation of possessor-manager)

그렇다면 리스와 렌탈 방식의 장단점을 고려하여 하나의 대안을 선택해야 한다. 로봇 제작 및 판매업체의 입장에서는 리스와 렌탈이 어떠한 유불리를 가져오는지 위의 [Table 1]에 요약하였다

리스는 소유권이 구매자에게 귀속되는 반면, 렌탈은 구매자는 사용권만을 가지게 된다. 리스의 경우에는 소유권이 귀속되지만 구매자가 원하는 시기에 판매자에게 장비를 되팔 권리(풋백옵션)을 보유하게 된다. 이에 따라 판매자는 판매 후에도 풋백옵션의 발행 리스크를 떠안게 된다.

제무제표상으로 리스의 경우에는 판매자에게 매출로 인식되어 기업의 손익계산서의 관점에서 유리하다. 렌탈의 경우에는 렌탈 자산으로 인식될 뿐이므로 단기 손익계산서의 관점에서 상대적으로 불리하다고 할 수 있다. 다만, 꾸준한 현금흐름이 창출될 수 있다는 장점이 있다.

판매방식에 따른 리스크의 관점에서 리스는 풋백옵션의 발행 리스크가 존재한다. 장비의 특성상 구매자가 풋백옵션을 실행하여 장비를 되팔게 되는 경우에, 로봇의 특성상 감가상각, 노후화, 고장 예측의 불투명성 존재로 인한 풋백옵션 발행의 리스크가 매우 크다고 할 수 있다. 렌탈의 경우에는 사용자와 관리자가 분리된 구조로, 유지 및 관리에 대한 리스크가 존재한다.

서비스 로봇 시장에서는 실제로 렌탈 형식으로 장비를 제공하는 경우가 많다. 배달의 민족의 서빙로봇 딜리, KT의 AI 서빙로봇의 경우에는 월 평균 약 55만원 가격으로 렌탈 서비스만 제공한다^{10,11)}. 또한 한국로봇산업진흥원의 제조로봇 리스 및 렌탈 사용료 지원 사업과 같은 국가 지원 사업의 정책적 지원도 기대할 수 있다¹²⁾. 따라서 본 연구에서는 렌탈 방식으로 장비를 공급하는 대안이 더 바람직하다고 결론내린다.

3.2 렌탈 서비스 프라이싱

렌탈 서비스를 제공할 경우에 얼마의 렌탈 비용으로 제공하는 것이 합리적이고, 해당 렌탈 비용으로 기기를 구매한 청

소업체의 입장에서 사업의 수익성이 증가하는지 조사한다.

로봇의 기기 가격에 대응되는 렌탈 가격 도출을 위한 가정은 아래와 같다.

- 기기 가격: 5,000만원
- 기기 사용연한: 36개월
- 제조사 자본비용(Cost Of Capital, COC): 연 6%
- 렌탈 유지보수 비용: 기기 가격의 10%

위의 가정을 바탕으로 연금-현재 동일법(Annuity-Present Value Equivalent Method)를 사용하여 렌탈 가격을 산정하였다. 기기 가격에 대응되는 렌탈 가격은 매월 152만원으로 산출되었으며, 렌탈기기의 특성상 유지보수 가격으로 기기 가격의 10%를 추가하여, 소비자에게 제공되는 최종 렌탈 서비스 가격은 1대 당 매월 170만원으로 제안한다.

다음으로 1대당 매월 170만원이라는 기기 렌탈 가격이 청소업체의 입장에서 충분히 사업의 수익성을 높일 만큼 매력적인지 검토를 진행한다.

[Table 2]는 청소업체가 1일 2회 혹은 1일 3회 서비스를 제공하는 방식으로 사업을 수행하는 경우를 가정하여 기기 렌탈이 경제적으로 이익이 있는지 고려한다.

인건비용은 로봇 도입으로 감소된 노동력을 고려하여 기존 인력 작업의 하루 평균 일당 20만원¹³⁾보다 적은 일당 15만원으로 책정하였다. 또한 흑한기, 우천 등을 제외하고 매일 청소하는 것으로 가정하여 월 청소 일수를 25일로 설정하였다.

건물 외벽청소 로봇 서비스의 경제성 분석은 로봇 시스템 도입에 발생하는 비용(Cost)과 이로 인해 발생하는 매출(Benefit)을 분석함으로써 가능하다¹³⁾. 손익분석에서 비교할 대상의 시나리오를 추가¹⁴⁾하면, 로봇을 도입하지 않고 인력 서비스를 제공 경우를 예로 들 수 있다.

[Table 2] Analysis of benefit and cost of robot rental service

(Unit: Million won)	Provide robot cleaning service twice a day	Robot cleaning service provided 3 times a day
Total Cost	14.95 / 25 days	20.95 / 25 days
Robot rental fee	1.7 / 25days	1.7 / 25days
Cleaning labor cost	0.15 / day	0.24 / day
Lift truck rental and safety management costs	0.38 / day	0.53 / day
Total Benefit	25 / 25 days (0.5*50 times)	37.5 / 25 days (0.5*75 times)
B/C Ratio	1.67	1.78

인력 서비스 제공 시나리오와 로봇 렌탈 서비스 도입 시나리오를 비교하였을 때, 인력 사용의 경우에 인건비용이 2.67배 증가하여 B/C ratio 값이 약 1.28로 측정된다. 인력 도입 시나리오와 로봇 렌탈 서비스 도입 시나리오를 비교하면, 렌탈 서비스 이용 시의 수익이 더 큼을 확인할 수 있다. 렌탈 로봇 서비스를 이용하는 경우에는 인건비 절감으로 초기 투자 비용에 대한 부담이 없고, 도입 즉시 더 높은 수익성 확보가 가능하다. 시나리오 비교를 활용한 경제성 분석 결과는 소비자의 의사 결정에 지원요소로 유익하게 이용¹⁵⁾되고, 가격 면에서 건물 외벽청소 로봇 서비스 선택의 유인으로 작용할 수 있다.

4. 비즈니스 모델의 기대 효과

마지막으로, 설계된 비즈니스 모델의 기대 효과와 건물 외벽청소 로봇이 향후 산업 생태계에서 펼치게 될 역할을 도식화한 결과를 [Fig. 5]에 요약하였다. 향후 건물 외벽청소 로봇 서비스 제공 방향의 미래 동향과 개선 방향을 확인할 수 있다.

건물 외벽청소 로봇 제조 업체는 산업생태계의 시초로서 로봇 개발 및 공급자의 역할을 수행한다. 청소 용역업체에 로봇을 공급하고 원활하게 도입할 수 있도록 경제적, 교육적 지원을 제공한다. 세부적인 방안으로 렌탈 서비스 프라이싱과 초기 기기 사용교육 프로그램 등이 있다. 더불어, 청소 서비스의 선진화, 무인화를 지원하면서 수익성을 제고할 수 있다.

청소업체는 로봇 도입으로 소비자에게 저렴하고 신뢰할 수 있는 서비스를 제공하는 역할을 수행한다. 로봇 청소 서비스를 통해 사업에 경제적인 효과를 얻어 수익성을 향상할 수 있다. 또한 청소 서비스 산업의 안전화와 로봇 사용 보편화를 추구하는 지위를 얻을 수 있다.

최종 소비자, 즉 건물 청소 의뢰인들은 저렴하고 신뢰성 높은 로봇청소 정기 및 수시 서비스의 수혜자의 역할을 수행한

다. 건물, 사업장의 가치를 증대하고 브랜드 이미지 개선 효과를 얻을 수 있다.

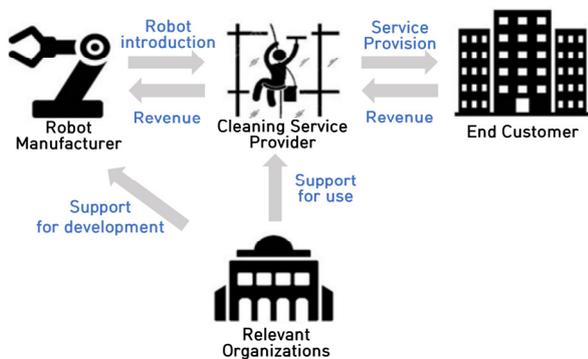
관계기관은 로봇 혁신 사업을 바탕으로 하는 생태계 형성을 위하여 각종 지원 활동을 수행하는 역할을 수행한다. 로봇 판매, 구매, 사용에 관한 각종 지원사업을 주도하면서 로봇의 보편화에 기여한다.

5. 결 론

건물 외벽청소 서비스 시장은 나날이 그 수요가 증가하는 사회적 환경으로 구성되어 있다. 건물 미관 유지가 상업적인 측면에서도 중요한 요소로 자리잡아 왔은 빈도의 서비스 제공과 저렴한 가격이 해당 서비스 이용의 유인이 되었다. 또한 건물 외벽청소 작업 특성 상, 인명피해와 부상의 위험이 존재하므로 작업 안정성 확보를 위해 인력을 대체할 로봇의 필요성이 주목받고 있다.

본 연구에서 시장 환경 분석과 소비자 분석을 통해 새로운 시장 형성의 선결조건을 정성적으로 분석한 결과, 기존 인력 서비스를 로봇 서비스로 대체할 니즈가 존재하며 그 필요성이 대두되고 있음을 확인했다. 그리고 소비자 수요를 극대화할 수 있는 가격 정책을 탐구하여 채택한 렌탈 프라이싱의 정량적 분석을 비즈니스 모델에 도입하였다. 이를 통해 초기 투자비용과 인건비용을 절감하여 도입 즉시 더 높은 수익성을 낼 수 있다. 결론적으로 소비자 입장에서 로봇 시스템 도입의 경제적 타당성이 입증되었다. 설계된 비즈니스 모델이 시장에 끼칠 영향과 산업 구성원의 역할 분석 결과를 통해, 해당 모델은 미래 건물 외벽청소 서비스 산업 생태계에 다양한 구성원의 상호작용을 주도하면서 긍정적 효과를 낼 수 있다고 판단되었다.

본 연구에서는 시장 도입 이전 단계를 바탕으로 비즈니스 모델을 설계하였으나, 향후 실제 건물 외벽청소 로봇 서비스 시연 및 출시 시에 구체적인 수치의 축적으로 정량적 분석을 수행¹⁶⁾하여, 보다 정확한 경제적 효과가 산정되고 설계된 비즈니스 모델의 개선 및 검증이 수행될 수 있을 것으로 기대된다.



[Fig. 5] Future industry ecosystem of building exterior wall cleaning robot service: Schematic of roles and interactions of entities in the future industry

References

[1] K.-T. Kim and Y.-H. Jun, "A Conceptual Design and Feasibility Analysis of a Window Cleaning Device," *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, vol. 20, no. 6, pp. 537-543, 2020, DOI: 10.5345/JKIBC.2020.20.6.537.

[2] N. Elkmann, T. Felsch, M. Sack, J. Saenz, and J. Hortig, "Innovative service robot systems for facade cleaning of difficult-to-access areas," *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Lausanne, Switzerland, 2002, DOI: 10.1109/IRDS.2002.1041481.

- [3] H. Lee, *ZDNet Korea Newspaper*, [Online], <https://zdnet.co.kr/view/?no=20210726162749>, Accessed: November 9, 2021.
- [4] S. Joo, *Robot Newspaper*, [Online], <http://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=28015>, Accessed: March 22, 2022.
- [5] Y.-S. Lee, "The study on the integrated control system for curtain wall building façade cleaning robot," *Automation in Construction*, vol. 94, pp. 39-46, 2018, [Online], <https://www.proquest.com/conference-papers-proceedings/study-on-integrated-control-syst-em-curtain-wall/docview/1823083305/se-2?accountid=28611>.
- [6] J. Choi, "Capital market innovation plan by vitalizing the KOSDAQ market (006050)," *Korea Enterprise Data*, [Online], <https://ssl.pstatic.net/imgstock/upload/research/company/1623284628639.pdf>.
- [7] H. Choi, *Newspim*, [Online], <https://www.newspim.com/news/view/20211231000750>, Accessed: March 22, 2022.
- [8] A. Choi, *Information and Communication Newspaper*, [Online], <https://www.koit.co.kr/news/articleView.html?idxno=79700>, Accessed: October 10, 2020.
- [9] K.-K. Seo and B. Ahn, "Development of Business Models for the Robot Industry in the Convergence Age," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation*, vol. 10, no. 4, pp. 895-899, 2009, DOI: 10.5762/KAIS.2009.10.4.895.
- [10] Introducing DeliveryRobot, *VDCompany*, [Online], <http://www.vdcompany.co.kr/robot.html>, Accessed: September 1, 2020.
- [11] KTEEnterprise AI Service Robot, *KTEEnterprise*, [Online], https://enterprise.kt.com/pd/P_PD_AI_RB_004.do, Accessed: September 1, 2020.
- [12] W. Y. Choi, *Robot Industry Promotion Agency, manufacturing robot lease and rental fee support*, [Online], <https://news.imaail.com/page/view/2021022411455629606>, Accessed: November 6, 2021.
- [13] K.-T. Kim, "Feasibility Study for Introducing Window Cleaning Device," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 21, no. 12, pp. 612-618, 2020, DOI: 10.5762/KAIS.2020.21.12.612.
- [14] R. Hu, K. Iturralde, T. Linner, C. Zhao, W. Pan, A. Pracucci, and T. Bock, "A Simple Framework for the Cost-Benefit Analysis of Single-Task Construction Robots Based on a Case Study of a Cable-Driven Façade Installation Robot," *Buildings*, vol. 11, no. 1, pp. 8, 2021, DOI: 10.3390/buildings11010008.
- [15] C. Marcher, A. Giusti, and D. T. Matt, "On the Design of a Decision Support System for Robotic Equipment Adoption in Construction Processes," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 23, 2021, DOI: 10.3390/app112311415.
- [16] H. Jeon and K.-K. Seo, "An Environment Analysis and Competition Improvement Strategy of the Cleaning Robot Market under Korea-US FTA," *Journal of Digital Convergence*, vol. 10, no. 10, pp. 13-18, 2012, [Online], <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE08851560>.



서현영

2019~현재 서울과학기술대학교 산업공학과 ITM전공(학사)

관심분야: IT Project Management, Technical Consulting, Market Research



최인휴

1992 경북대학교 기계공학과(공학사)
1995 KAIST 기계공학과(공학석사)
2003 KAIST 기계공학과(공학박사)
2003~2009 티보테크 책임연구원
2009~현재 씨에스캠(주) 상무이사

관심분야: CNC Controller, Motion Control, Cleaning Robot



조영조

1983 서울대학교 제어계측공학과(공학사)
1985 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학석사)
1989 한국과학기술원 전기및전자공학과(Ph.D.)
2011년~2017년 한국로봇학회 부회장(2011~15), 수석부회장(2016), 회장(2017)
2004~현재 한국전자통신연구원 책임연구원

관심분야: 네트워크 기반 로봇, 군집 로봇, 로봇 소프트웨어구조, 분산 컴퓨터제어시스템, 지능제어 등



심민규

2007 서울대학교 산업공학과(공학사)
2008 Financial Mathematics, University of Chicago(이학석사)
2014 Industrial Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta(공학박사)
2019~현재 서울과학기술대학교조교수

관심분야: Reinforcement Learning, Quantitative Finance, Optimal Control