

현대조형과 로봇

Contemporary Art & Robot

현대조형연구

금누리 교수님

디지털컨텐츠디자인전공

박사과정

S2009001

김태원

2011.6

I. 머리글	1
II. 로봇에 관한 이론적 고찰	3
1. 로봇의 정의	3
2. 로봇의 분류	5
3. 사회적 로봇의 사례, 소니 아이보	7
III. 로봇과 관련된 현대예술 및 사례	9
1. 미디어아트	9
2. 피지컬컴퓨팅	10
3. 현대적 유선형 Streamline Moderne	12
4. Kinetic Art	15
1) 움직이는 조각	15
2) 움직이는 그림Kinetic Drawing	17
3) 자동차: 예술 자동차와 움직이는 조각 경주	17
4) Op art	17
IV. 맺음말	22

I. 머리글

급속도로 성장하고 있는 사회적 로봇(social robot¹⁾의 산업으로써 파급효과 그리고 시장의 성장 가능성뿐만 아니라 연관성을 고려한다면 로봇에 대한 디자인이나 예술 관점에서의 연구가 연구되어야 할 필요성 때문이다. 산업용 로봇과 사회적 로봇은 같은 로봇임에도 불구하고 상이한 논의가 필요한 대상이다. 왜냐하면, 그 용도의 차이 때문이다. 1923년 극작가 카렐 카펙(Karel Capek)이 처음 사용한 *robot*는 체코어로 '노동자'라는 의미이다.

전통적 역할과 의미에 집중하고 있는 로봇분야가 산업용 로봇이고 그 외의 로봇분야 전체를 사회적 로봇으로 구분 짓기 때문에 사회적 로봇의 범위가 상당히 광범위하고 로봇은 그 역할과 각 나라별 상황 그리고 기계적 특성 등 어떤 분류기준을 적용하는가에 따라 다양한 방식으로 나누어지고 있다. 생산현장에서 사용되는 로봇이 산업용 로봇이고 그 외의 로봇이 사회적 로봇이라는 구분의 핵심은 사용되어지는 공간이기 때문에 이 관점에서 사회적 로봇을 세분화한다면, 가정용, 공공서비스용, 군사용, 상업용, 극한작업용 등으로 나뉘질 수 있을 것이다.

사회적 로봇은 위와 같이 다양한 공간에서 사용되고 그에 따른 다양한 역할을 수행하지만 사회적 로봇의 주요 역할은 인간과의 사회화이다. 그 이유는 사회적 로봇은 인간과의 접촉을 통해서 역할을 수행하기 때문이다. 이점이 산업용 로봇과 사회적 로봇의 가장 큰 차이점이다. 그리고 이러한 사회적 로봇의 특성 때문에 로봇과 사용자간의 강도 높은 교류의 환경을 형성하여야 하는데 이를 몰입(engagement)이라 하고, 이것은 사회적 로봇에 있어서 매우 중요한 요소 중에 하나이다. 몰입의 요소는 사용자의 특정 대상에 대한 심리상태를 나타내는 용어이므로 당연히 심리학적 고찰이 필요한 대상이지만 심리학은 연구자의 전문영역이 아니므로 본 조사에서 심리학적 측면에서의 접근을 시도하진 않는다. 따라서 본 조사의 주요관점은 사회적 로봇과 디자인, 예술 분야와의 연결성과 그 가능성을 파악하는데 집중하고 있다. 사회적 로봇의 이해를 돕기 위해 소니 아이보(Aibo)를 대상으로 기능적 특성을 분석하고 사용자들의 의견을 분석하여 그러한 특징들이 사용자들에게 어떻게 받아 들여지고 있는가를 분석하는 방식을 취하였다. 본 조사에서 다양한 사회적 로봇들 가운데 소니 아이보를 연구의 대상으로 삼은 세가지 이유는 상업적 성공, 긴 역사, 가용정보 등이다.

레고의 마인드스톰(MindStorm)과 소니의 아이보 두 제품 모두는 가장 널리 알려지고 상업적 성공을 거둔 사회적 로봇들이다. 그리고 마인드스톰 역시 오랜 역사를 가진 제품이고 많은 프로젝트에 이용되고 있으므로 폭넓은 소비자들을 확보하고 있다. 하지만 마인드스톰이 본 연구의 대상될 수 없었던 이유는 구체적 형태가 없기 때문이다. 사용자들은 자신이 원하는 어떤 형태로든 조립이 가능하다. 이러한 특징은 마인드스톰의 장점이지만 본 연구에서는 형태학적 접근을 할 수 없는 단점으로 작용하였기 때문에 소니 아이보로 결정하게 되었다. 소니 아이보는 첫 번째 모델 ERS-110을 출시한 이후로 많은 세계의 대학들을 지원하고 로보컵(RoboCup)을 유치하는 등 많은 고객들을 확보하고 있다. 게다가 소니 아이보의 여론집단은 아이보의 제고와

1) 사회적 로봇: William Grey Walter에 의해 시작된 이 분야는 이후 1990년대 인공지능(artificial intelligence) 연구자들에 의해 본격적인 연구가 진행되고 있다.

향상에 다양하고 유용한 정보들을 제공하고 있다. 소니는 아이보의 능력과 잠재적 가능성을 극대화시키기 위해 대학의 많은 프로젝트를 후원하고 있다. 이러한 후원활동은 아이보에 최신기술들을 적용시킬 수 있도록 하고 있다. 위와 같은 이유들은 이번 조사에서 소니 아이보를 사례로 분석하기에 충분하다고 판단되었다.

몰입engagement에 대한 정의가 필요함에도 불구하고 채용 가능한 적당한 정의를 발견할 수 없어서 여러 가지 정의들을 종합하여 정의를 내렸고 그 내용은 다음과 같다.

몰입은 사용자들의 일련의 심리적 단계를 통해 사용자와 멀티미디어 콘텐츠 사이에 형성되고 지속되는 강력한 연관관계를 의미한다.

Engagement is a strong relationship that is built up and continued between independents through a sequence of mental status.

강력한 연관관계는 둘이상의 독립된 개체들 간에 서로 녹아들어 Absorbed 있는 정신적 상태이다(Chapman et al., 1999). 이 개념정리를 본 조사의 상황에 적용시킨다면 둘이상의 독립된 개체들은 인간과 로봇이다. 일련의 정신적 상태는 연결-형성-증여 relate-create-donate의 과정이다(Kearsley, Shneiderman, 1999). 몇 가지 몰입의 정의를 발견했지만, 대부분 전자환경기반 교육(e-learning)의 관점에서 정의되어서 본 조사에서 이용하기에는 한계가 있었다. 이처럼 선명한 몰입의 정의가 없는 이유는 그 자체가 중요하지 않기 때문이 아니라 정의하기가 어렵기 때문이다(Johnes, 1998). 몰입 자체에 대한 논의는 본 조사에서는 몰입 자체를 정의할 목적의 연구가 아니고 방대한 영역인 심리학적 접근이 필요한 주제이므로 이 조사의 주제에 집중하기 위해서 본격적인 논의는 피하였다. 로봇의 개념적 접근 부분은 로봇의 분류, 사회적 로봇 디자인 그리고 생명체로 인식되기 위한 로봇으로 구성되어있다. 두 번째 부분은 아이보의 제원과 생명체로의 특징과 로봇으로서의 특징을 비교하였다. 마지막 부분은 몰입에 대한 논의와 아이보의 흥미유발요소들을 정리하였다. 본 조사에서 제시하고 있는 아이보의 6가지 흥미유발요소들은 1) 독립시스템(Stand-alone System), 2) 형태학적 고려(Morphological Consideration), 3) 학습능력(Learning Ability), 4) 인간과의 자연스러운 상호작용(Natural Human Interaction), 5) 인간다운 반응(Human-like Feedback), 6) 실생활작동환경(Real-world complete agent) 등이다.

II. 로봇에 관한 이론적 고찰

1. 로봇의 정의

로봇에 관해 "비록 모습에서 인간을 닮지는 않고 인간같은 태도로 기능을 수행하진 않더라도 어떤 자동으로 작동되는 기계"로 브래태니카 백과사전²⁾에서는 정의하고, ISO 8373에 따르면, 산업용 로봇은 자동제어 및 재설정이 가능한 프로그램이 가능하며 다용도로 사용될 수 있으며, 3축(axis)이상의 축이상의 운동이 가능한 산업자동화용기계로서 바닥이나 모바일 플랫폼에 고정되어 있는 장치로 정의하고 있다. 서비스로봇은 제조 작업을 제외한 분야에서, 인간 및 설비에 유용한 서비스를 제공하면서 반자동 또는 완전자동으로 작동하는 로봇으로 규정하고 있다³⁾.

우리나라는 기존의 일반적인 로봇과의 차별화를 위해 '지능형로봇'이란 용어를 2003년에 계획·발표된 '10대 차세대 성장동력'에서 본격적으로 사용되는데, 로봇의 기본적인 실행절차인 인식perception-판단cognition-이동과 동작mobility & manipulation과정에서의 자율성을 강조하고 있다. 이전의 정보통신부는 지능형로봇에서 좀 더 부처의 특징을 부각시키기 위해 IT기반의 개념을 강조하는 네트워크 로봇ubiquitous robotic companion⁴⁾이란 용어를 사용한다. 네트워크 로봇은 로봇이 네트워크를 활용하여 서비스에 필요한 기능을 다운로드 받는 방식으로 언제, 어디서나 사용자가 필요로 하는 서비스를 제공한다.⁵⁾

아직 로봇을 온전히 대변할 수 있는 정의는 없지만 여러 가지 정의를 종합할 때, 산업용 로봇을 제외하면 사용자와 로봇, 로봇과 로봇, 로봇과 네트워크상의 정보 등 개체 상호간의 의사소통을 통한 일련의 작업수행이 이루어지므로 '의사소통 로봇'이라 할 수 있을 것이다. 의사소통 로봇의 공통된 조건은 다음과 같이 도출될 수 있을 것이다. ① 개성personality을 가지고 있을 것, ② 물리적 힘을 발생시킬 수 있는 기계장치, ③ 외부환경변화를 감지 가능, ④ 사용자와의 직접 상호작용환경natural human interaction⁶⁾, ⑤ 목적에 맞는 고유한 기능 등이다. 커뮤니케이션 로봇은 독립성·자율성을 부각시키기 위해 강조되는 개성personality은 크게 도구 같은tool-like, 애완동물pet or creature, 만화cartoon, 인공물artificial being, 인간 같은human-like 등의 5가지 유형으로 정리 된다⁷⁾. 이러한 개성은 커뮤니케이션로봇이 하나의 독립된 유기체life-like로 사용자들에게 지속적인 몰입engagement을 유도하는 중요한 요소이다. 지금까지 모든 로봇은

2) Britannica Encyclopaedia, <http://www.britannica.com/>, 2009

3) IFR(International Federation Robotics), <http://www.ifr.org/service-robots/>, 2009. 06.

4) URC: ubiquitous robotic companion 이하 네트워크로봇

5) 산은경제연구소, '지능형로봇 산업의 발전 방안', 2007

6) Taewon. Kim, 'An investigation into what makes a robot a pet, using SONY® AIBO© as an example, Middlesex University, MA dissertation, 2004.

7) T. Fong, I. Nourbakhsh, and K. Dautenhahn, A Survey of Socially Interactive Robots: Concepts, Design, and Applications, Carnegie Mellon University, 2002.

사용자들에게 상냥하고 공손한benign 천편일률적 성격이 사용자들에게 식상하게 받아들여지고 있지는 않은지도 점검해볼 필요가 있을 것이다.

로봇에 있어서 개성은 특히, 사용자와 직접 커뮤니케이션을 통해 서비스를 제공하는 로봇들은 중요한 요소로 작용하고 앞으로 출시될 다양한 로봇들 간의 차별화를 효율적으로 확보할 수 있는 요소로써 활용되어질 수 있을 것이다.

이러한 개념을 부각시키기 위해서는 오른쪽 그림과 같이 로봇의 콘텐츠를 소프트웨어에서 분리된 독립적인 영역으로 구분함으로 로봇콘텐츠분야가 로봇산업의 새로운 분야로 성장할 수 있는 가능성을 열어두길 제안한다. 현재 개인게임기분야의 구조가 좋은 예이다.

게임기와 게임기를 가동시키는 소프트웨어인 펌웨어와 게임콘텐츠를 분리시킴으로써 게임기의 지속적인 판매를 유도하고 게임기의 활용성을 지속시키는 효과를 거두고 있다. 이러한 구조를 로봇산업에도 도입한다면, 로봇산업의 부가가치를 효과적으로 확장시킬 수 있을 구조가 될 것이다.

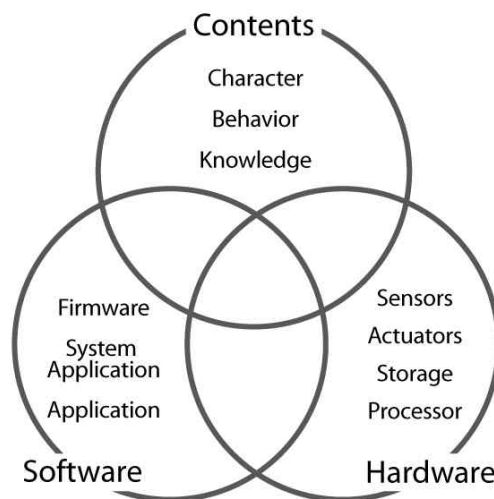


그림 3 로봇의 구성요소

2. 로봇의 분류

국제로봇연맹International Federation of Robotics:IFR 로봇을 용도에 따라 크게 산업용 로봇(Industrial Robot)과 서비스로봇(Service Robot)으로 구분하고 산업용 로봇은 아래의 그림2와 같이 세분하고 있다.



그림 4 기계적 구조에 따른 산업용 로봇 분류

기계적 구조에 따라 articulated robots, cylindrical robots, linear robots, parallel robots, SCARA robots 등으로 나누고 서비스로봇은 개인·가정용 로봇과 전문서비스 로봇으로 분류하고 있다.⁸⁾ 한편, 브리질(C. Breazeal)은 사회모델의 지원정도와 상호작용시나리오의 복잡성을 기준으로 Socially evocative, Social interface, Socially receptive, Sociable 등의 4가지로 분류하였고⁹⁾, 풍(T. Fong)은 여기에 Socially situated, Socially embedded, Socially intelligent 등의 3가지를 추가하였다¹⁰⁾. 지능형로봇사업단¹¹⁾은 로봇의 용도에 따라 아래 기술개발사업로드맵 도표와

8) IFR(International Federation Robotics), <http://www.ifr.org>, 2009.

9) C. Breazeal, Toward sociable robots, Special Issue on Socially Interactive Robots, Robotics and Autonomous Systems 42(3-4), 2003.

같이 첨단제조업용 로봇, 극한작업필드로봇, 가정용서비스로봇으로 구분하고 있다. 위에서 살펴본 바와 같이 로봇은 분류의 관점에 따라 다양한 방식으로 분류가 가능하다. 정보통신부의 자율형 로봇과 네트워크 로봇의 2가지 분류방식에 PC연계형을 추가하여 단독 실행형, PC연계형, 네트워크형 등의 3가지 분류방식을 제안한다. 아래의 자율형 로봇과 네트워크 기반로봇 비교 표2는 정보통신부에서 제시하고 있는 자율형 로봇과 네트워크 로봇의 비교이다.

구분	자율형 로봇	네트워크 로봇(URC)
로봇 단말기	<ul style="list-style-type: none"> - 모든 기능 탑재 (구동, 제어, 센서, 인식, 판단, 상호작용 등) - 로봇단말기 크기 증가 - 로봇단말기 가격 상승 	<ul style="list-style-type: none"> - 기본기능 탑재 (구동, 제어, 센서, 인터페이스 등) - 로봇단말기 크기 감소 - 로봇단말기 가격 하락
서비스	<ul style="list-style-type: none"> - 응용별 플랫폼(청소용, 오락용, 교육용) - 기능변경이 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> - 공통 플랫폼 사용 (교육/오락용) - 서비스 콘텐츠 변경 가능
성능	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇 기술의 미완성 - 기능 구현의 한계 - Benefit < Cost 	<ul style="list-style-type: none"> - 네트워크 융합기술 - 서버를 이용 다양한 기능 구현 - Benefit > Cost

표 1. 자율형로봇과 네트워크 기반 로봇의 비교, 정보통신부

이러한 분류의 주안점은 로봇의 기능과 그 가격의 현실화를 통한 로봇의 저변확대를 앞당길 수 있기 때문이다. 현재 개발된 가정용서비스로봇들 가운데 단독 실행형은 전반적으로 사용자의 기대를 충족하지 못하고 특히, 로봇의 특성인 새로운 소프트웨어를 설정하는 것과 학습능력에서 문제점들이 나타나고 있다.

네트워크형은 인터넷접속을 통한 다양한 정보의 업데이트는 가능하지만, 네트워크와 항상 연결되어 있어야 하고, 현재의 네트워크의 전송속도와 가정에서 네트워크 사용량을 감안한다면 버퍼링현상을 우려하지 않을 수 없다. 따라서 로봇의 저변확대를 위한 실용적 로봇의 형태로 PC연계형 로봇을 제안한다.

PC연계형 로봇은 로봇의 데이터베이스는 PC나 인터넷의 계정에 저장하고 로봇의 실행을 위한 필수적인 프로그램만 로봇의 마이크로프로세서에 저장함으로써 상대적으로 저렴한 비용으로 생산가능하며, PC와 연동되어 실행함으로써 사용자의 기대를 충족시킬 수 있는 다양한 기능의 수행이 가능하기 때문이다.

10) T. Fong, I. Nourbakhsh, and K. Dautenhahn, A Survey of Socially Interactive Robots, Robotics and Autonomous Systems 42(143-166), 2003.

11) 지능형로봇사업단, <http://www.intelligentrobot.org>, 2009

3. 사회적 로봇의 사례, 소니 아이보

로봇으로 상용화된 다양한 제품들이 있지만, 소니 아이보의 사례는 가정용 엔터테인먼트 로봇으로 동일한 제품명(최초모델 '프로토타입 로봇'은 제외)으로 1998년 6월, '프로토타입 로봇'부터 2003년 10월 ERS-7까지 총 7차례에 걸친 변천과정을 통해 진화의 일관된 방향을 조망해 볼 수 있고 상호작용의 대상으로서 사용자의 관심을 환기시키는 흥미유발요소들에 대해 분석함으로써 지속적인 시장성장이 예상되고 있는 가정용 로봇에 도입·활용 가능성을 타진하기 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다. 그리고 당시 소니는 아이보의 능력과 잠재적 가능성을 극대화시키기 위해 대학의 많은 프로젝트를 후원하였다. 이러한 후원활동은 각 모델의 출시 시점에서 아이보에 최신기술들을 적용시킬 수 있도록 하고 있다. 이와 같은 이유들은 이번 조사에서 소니 아이보를 사례로 분석하기에 타당하다고 판단되었다.

아이보를 3개의 영역인, 의사소통환경, 형태학 그리고 이동구조 등의 분류학적 접근을 통하여 정의하면 '네발의 발 구름을 통해 움직이고 사람과 별도의 입력장치나 조정장치를 사용하지 않고 직접 의사소통할 수 있는 애완동물 로봇 canine four-legged natural interface social robot pet이다. 아이보의 몰입요소의 고찰을 통하여, 생명체로 인식되어질 수 있는(Life-like) 요소들뿐만 아니라 인간-로봇의 커뮤니케이션을 돕는 요소들도 몰입에 영향을 준다는 것을 발견하였다. 소니 아이보의 분석결과 아이보의 흥미유발 및 몰입의 요소는 다음의 6가지로 요약될 수 있다. 1) 독립체계stand-alone system, 2) 형태학적 고려morphological consideration, 3) 학습능력learning ability, 4) 인간과의 자연스러운 상호작용natural human interaction, 5) 인간다운 반응human-like feedback, 6) 실생활작동환경real-world complete agent 등이다. 앞의 3가지 요소는 독립된 생명체 같은 이미지를 구축함으로써 몰입을 유도하고 뒤의 3가지는 가정용 엔터테인먼트 로봇으로서 사용자와의 원활한 상호작용을 위해 인간-로봇의 의사소통을 돕는 요소이다.

분석과정에서 나타난 소니 아이보의 시각감지의 정확도 문제는 인간-로봇의 의사소통에 치명적인 악영향을 주고 게다가, 몰입을 무너뜨리는 결과를 초래했다. 현재 국내에서 개발되고 있는 다양한 개인서비스용 로봇도 사용자와의 상호작용성을 정보획득능력을 강화하기 위해 보다 정확한 화상정보의 획득·분석·처리 기술이 요구되고 있다. 또한 형태상의 변천과정은 초기 기계적 형태에서 점점 개와 유사한 변형되고 ERS-310에서 가장 근접한 형태를 취하고 ERS-7에서는 다시 개와 함축적인 형태로 소니 아이보만의 고유한 이미지로 전환되는 것을 확인할 수 있다(별첨 참조). 또한 다양한 센서들을 통해 사용자와의 상호작용성을 고려하였고 특히 최종모델인 ERS-7에서는 전기공전센서electric static sensor를 채용하여 사용자의 머리 뒤에서의 접근, 머리 및 등 쓰다듬기, 다독거리기 등의 동작을 감지하여 피드백을 제공함으로써 생명체 같은 느낌을 주기 위한 노력으로 볼 수 있다.

아쉽게도 소니는 아이보 개발 중단을 선언하였지만, 아이보는 개인용 엔터테인먼트 로봇의 선구자로서 많은 시사점을 제시하는 사례이다.








	Prototype Robot	ERS-110	ERS-111	ERS-210	ERS-310	ERS-220	ERS-7
Dimetnsion	132 X 250 X 235mm	Approx. 274 X 156 X 266mm	Approx. 274 X 156 X 266mm (not including tail)	152 X 281 X 250mm (not including the ears & tail)	Approx. 177 X 280 X 240mm	152 X 296 X 278mm	180 X 278 X 319mm
Weight	1.25 Kg (including Batteries)	1.6Kg (including Memory Stick and Battery)	1.6Kg (including Memory Stick and Battery)	1.5Kg (including Memory Stick and Battery)	1.5Kg (including Memory Stick and Battery)	1.5Kg (including Memory Stick and Battery)	1.65Kg (including Memory Stick and Battery)
CPU	MIPS 64Bit RISC Processor	64Bit RISC Processor	64Bit RISC Processor	64Bit RISC Processor	64Bit RISC Processor	64Bit RISC Processor 576 MHz	64Bit RISC Processor MIPS R7000 / 576MHz
Memory	8MB DRAM	16MB	16MB	32MB	32MB	32MB	64MB
Operating System	Aperios (Sony's Proprietary Real time OS)						
Program Storage	PC Card (Type II, 2 slots)	8MB Memory Stick (Accessory)	8MB Memory Stick (Accessory)	AIBO-ware Memory Stick (sold separately)	Memory Stick for AIBO	Memory Stick	Memory Stick - 1 slot, FAT 16
Movable Parts	2 degrees-of-freedom 16 Total degrees-of-freedom 4 legs with 3degrees-of-freedom 1 Head with 3 degrees-of-freedom 1 Tail with 1 degrees-of-freedom	Mouth : 1 degrees-of-freedom Head : 3 degrees-of-freedom	Mouth : 1 degrees-of-freedom Head : 3 degrees-of-freedom Leg : 3 degrees-of-freedom Tail : 2 degrees-of-freedom Total : 18 degrees-of-freedom	Mouth : 1 degrees-of-freedom Head : 3 degrees-of-freedom Leg : 3 degrees-of-freedom x4 Ear : 1 degrees-of-freedom x2 Tail : 2 degrees-of-freedom Total : 20 degrees-of-freedom	Head : 3 degrees-of-freedom Leg : 3 degrees-of-freedom x4 Total : 15 degrees-of-freedom	Head : 3 degrees-of-freedom Retractable head light - 1 degrees-of-freedom Leg : 3 degrees-of-freedom x4 Tail : 2 degrees-of-freedom Total : 16 degrees-of-freedom	Mouth : 1 degrees-of-freedom Head : 3 degrees-of-freedom Leg : 3 degrees-of-freedom x4 Ear : 1 degrees-of-freedom x2 Tail : 2 degrees-of-freedom Total : 20 degrees-of-freedom
Input / Output	Video Input	CCD Colour Video Camera (1/8inch, 190,000 pixels)	CCD Colour Camera (190,000 pixels)	CCD Colour Camera (190,000 pixels)	1/6 inch CMOS lamge sensor	CMOS lamge sensor 100,000 pixels	CMOS lamge sensor 350,000 pixels
	Audio Input	Stereo Microphone	Stereo Microphone	Stereo Microphone (one on each side)	Stereo Microphone	Stereo Microphone	Miniature Microphone
	Audio Output	Speaker (Mono)	Speaker	Speaker	Speaker	Speaker	Miniature Speaker, 20.8mm, 500mW
	Others	PC Card slot In/Out AC IN Power Supply connector Input	Memory Stick Slot In/Out AC IN Power Supply connector Input	Memory Stick Slot In/Out AC IN Power Supply connector Input	PC Card slot In/Out Memory Stick Slot In/Out AC IN Power Supply connector Input	Charging terminal Memory Stick Slot In/Out AC IN Power Supply connector Input	Type II Slot Charging terminal Memory Stick Slot In/Out AC IN Power Supply connector Input
Built-in Sensors		Heat Sensor (x2) Intra-red range finding sensor (x1) Spatial acceleration sensor (x1) Angular velocity sensor (x1) Touch Sensor (x1) Switch (x4)	Heat Sensor (x2) Intra-red range finding sensor (x1) Spatial acceleration sensor (x1) Angular velocity sensor (x1) Touch Sensor (x1) Switch (x4)	Temperature Sensor Infrared Distance Sensor Acceleration Sensor Touch sensors (head) Switch (back, chin & back of legs) Vibration Sensor	Infrared Distance Sensor Acceleration Sensor Infrared Distance Sensor Acceleration Sensor Touch sensors (head, face, back, legs, tail) Vibration Sensor	Infrared Distance Sensor Acceleration Sensor Electric Static Sensor (head, back) Pressure Sensor (chin, paws (4)) Vibration Sensor	
Power Consumption		12.6W (autonomous mode)	12.6W (autonomous mode)	9 W (autonomous mode)	5 W (normal mode)	9 W (normal mode)	7 W (normal mode)
Operating Time		Approx. 1.5 hours (using fully charged battery)	Approx. 1.5 hours (using fully charged battery)	Approx. 1.5 hours (using fully charged battery)	Approx. 2.5 hours (using fully charged battery)	Approx. 1.5 hours (using fully charged battery)	Approx. 1.5 hours (using fully charged battery)
	 June 1998	 May 1999	 February 2000	 October 2000	 September 2000	 November 2001	 September 2003

그림 5 아이보의 변천과정

소니 아이보의 변천과정에서 나타나는 조형적 특징은 유선형디자인이다. 초기의 모델과 마지막 모델인 ERS-7을 비교하면 조형적 맥락성의 완성도가 높아지고 있는 것이 보여진다. 초기의 모델은 단순히 각 요소들을 곡선으로 처리한 것에서 중간모델들은 기계적인 느낌으로 ERS-7은 짜임새를 갖춘 유선형으로 변해왔다.

유선형이 예술과 디자인 및 건축에 도입된 것은 1930년대에 나타난 아르데코 디자인 형식의 후기에 나타났으며, 유선 현대(Streamline Moderne) 또는 예술 현대(Art Moderne)으로 지칭된다.

III. 로봇과 관련된 현대예술 및 사례

1. 미디어아트

르네상스시대를 거치면서 서로 다른 방식으로 세계관을 발전시켜온 예술과 과학은 미디어의 발전으로 다양한 방식으로 서로간의 소통을 재개하고 있고, 그 사례가 가운데 하나로 미디어아트를 들 수 있을 것이다. 미디어아트는 새로운 기술들을 예술에 도입하고, 응용하며, 확장시키고, 관객 내지는 사용자들을 통해 전파시키는 역할을 해왔다. 미디어아트를 테크놀로지와 예술의 만남으로 표현하는데, 이는 미디어라는 테크놀로지를 예술적 차원으로 승화시키는 것을 의미할 것이다. 미디어 아트분야의 다양한 작가와 작품이 있지만, 로봇을 모티브로 다양한 전시와 퍼포먼스를 펼치는 '메이와덴기(明和電氣)¹²⁾'를 예시하였다.



그림 6 Maywa Denki Ars Electronica 2003 공연

메이와덴기는 1993년 노부미치 토사와 마사미치 토사가 그들의 아버지 회사의 이름을 물려받아 설립한 아트유닛 art unit이다. 위의 그림에서 보는 바와 같이 메이와덴기 공연과 작품은 2003년 '아르스 일렉트로니카'에서 준그랑프리를 수상할 정도로 작품성을 인정받고 있다. 로봇분야에서 메이와덴기의 사례를 주목할 필요성은 독특한 전략을 취하고 있기 때문이다. 노부미치 토사는 그의 작품은 제품(product)으로 공연은 제품시연회 product demonstration로 칭하면서 예술행위를

12) Maywa Denki, www.maywadenki.com

마케팅전략으로 활용하고 있기 때문이다. 공연과 작품을 통한 예술행위로 회사의 이미지를 대중에게 환기시키고 홍보하며, 음악제작, 비디오, 글, 장난감, 문구용품판매 등 다양한 상품군의 판매를 겸함으로써 예술행위와 기업활동 간의 시너지를 창출하고 있다.



그림 7 '에버와 '세로피', '로봇과 국악의 만남-에버가 기가 막혀'

위의 그림¹³⁾과 같이 우리나라 로봇분야도 로봇, 에버와 세로피를 판소리 공연에 등장시켜 예술행위와 로봇의 접목을 시도하고 있으나, 보다 적극적인 형태로 예술행위와 로봇의 상용화를 직결시킬 수 있는 방법에 대한 간구가 필요한 시점이다.

2. 피지컬컴퓨팅

피지컬컴퓨팅은 용어 사용의 타당성에 관한 논란이 있지만 사용을 반대하는 그룹에서도 일반적인 호응을 받는 명확한 대안을 제시하고 있지 못한 상황이므로 본 조사에서는 이에 관한 이론적 논의는 제외시키고 다양한 센서를 통해 현실환경에 관한 정보를 입수하여 엠베디드 시스템이나 컴퓨터와 연동하여 모니터디스플레이, 오디오, 전동기기 등의 물리적 피드백을 제공하는 행위와 수단의 의미로 사용되었다.

피지컬컴퓨팅은 미국의 뉴욕대학, *Interactive Telecommunications Program*과 매사추세츠 공과대학, 미디어연구소를 중심으로 시작되어 영국, 스웨덴, 이탈리아, 대한민국 등 전 세계로 확산되고 있으며, 전자공학과 프로그래밍에 대한 전문기술과 지식이 상대적으로 부족한

13) '판소리하는 로봇 세계 첫 공연', 한겨레 신문, <http://www.hani.co.kr/popups/print.hani?ksn=339564>, 2009.

디자이너들이 각종 센서들과 전동기 및 전자장치들을 효과적으로 활용하여 작업의 효율성과 확장성을 높이기 위한 수단으로 활용되고 있다. 피지컬컴퓨팅은 결과만을 보면 미디어아트의 범주에 포함되는 작품들도 많이 있지만, 분리한 다루는 이유는 미디어아트의 범주에 벗어나는 다양한 활동들과 진행의 형식에서의 차별성 때문이다. 미디어아트는 다분히 특정작가를 중심으로 개별적 활동으로 전개되지만, 피지컬컴퓨팅은 대규모의 커뮤니티 *Wiring*¹⁴⁾, *Arduino*¹⁵⁾, *Processing*¹⁶⁾ 등을 형성하고 각자의 사례를 웹상에서 전시·홍보하는 것은 물론, 작업과정에서 문제점에 대해 토론하고 아이디어와 해결책을 공유하는 형식을 취하고 있다. 피지컬컴퓨팅을 로봇분야에서 관심을 가져야할 이유는 작업의 방식은 전자장치를 구성하고 마이크로프로세서를 프로그래밍 하여 작품을 실행시키는 과정을 동일하게 과정을 수행하지만, 접근방식은 반대의 입장을 취하기 때문이다. 디자이너는 개발된 솔루션에 국한되어 작업을 전개하지 않고 목표를 정하고 그에 필요한 솔루션을 찾거나 개발한다는 점에서 다양한 가능성에 대해 폭넓은 접근을 시도하기 때문에 로봇분야에서 도입 가능한 아이디어나 기술개발의 방향에 대한 새로운 관점을 제공하기 때문이다.

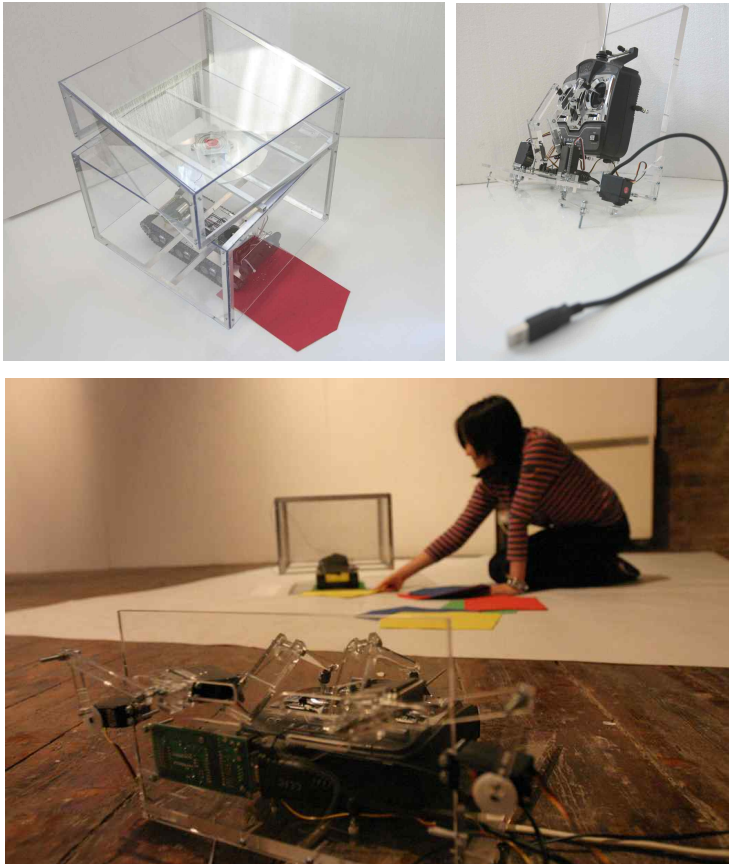


그림 10 Cubot, 조정장치 및 작동모습

위의 그림들은 'communicate with Robot 9262216223'¹⁷⁾ 전시회에서 전시한 Cubot과 컨트롤 유닛

14) Wiring: <http://www.wiring.org.co>

15) Arduino: <http://www.arduino.cc>

16) Processing: <http://processing.org/>

17) 김태원, 'communicate with Robot 9262216223'; Menier Chocolat Factory Gallery, 영국 런던, 2004

그리고 관람객이 실행하는 사진이다. Cubot은 컬러카드를 가지고 로봇을 컨트롤하고 2004년 당시 디자이너가 손쉽게 활용할 수 있는 무선통신 솔루션이 없었기 때문에 서보모터로 무선조정을 컴퓨터가 제어하는 방식으로 로봇을 무선조정 하였다. 의외로 관람객들은 서보모터에 의해 조정되는 컨트롤러의 퍼포먼스에도 긍정적인 반응을 보였다.

이처럼 디자이너들은 직접적인 해결책이 없으면 우회적 해결책을 찾아서라도 아이디어를 구현하고 지금까지 전시회를 통해 관람객들이 직접사용자가 되어 작품과 상호작용하는 형식과 반응을 경험해왔기 때문에 사용자의 특성과 요구에 관한 다양한 경험을 가진 집단 가운데 하나일 것이다. 따라서 로봇공학자들과 디자이너들은 서로의 경험을 공유하고 여러 가지 해결방안들을 시험하고 활용성을 극대화하는 협력자로서 분명한 상승효과를 기대할 수 있을 것이다.

3. 현대적 유선형 Streamline Moderne

1) 배경

1930년대 경제침체기가 이어지는 가운데 미국은 시장에서 유선형streamlining이라는 아르데코의 새로운 국면을 맞이하게 된다. 유선형의 기본 개념은 과학적 사고로부터 발전된 움직임과 속도의 공기역학적 순수한 선의 개념을 선호하는 동물과 꽃들의 아르데코 디자인을 벗어난 산업디자이너들에 의해 처음으로 창조되었다. 그 결과 일련의 디자이너들은 일상용품의 디자인들을 급속도로 급진적으로 현대화하고 유선형화 했다. 시계, 라디오, 전화, 자동차, 가국 그리고 엄청나게 많은 다른 가정용품 제조사들은 그 개념을 열렬히 받아들였다. 그 양식은 처음에는 전구에서부터 건축학적 구조로 확산되었다.



그림 11 SS 노르망디호 만찬회장

그림 9는 1933-35년에 건조된 SS 노르망디호의 일등실 만찬회장은 휘황찬란한 방안에 12개의 높은 라리크lique 유리 기둥과 38개의 기둥이 빛을 발하고 있다.

현대적 유선형은 아르데코의 반작용과 가혹한 경제시절의 반영했다. 불필요한 장식은 없어지고 날카로운 각들은 단순하고 공기역학적 곡선으로 대체되었다. 이국적인 목재와 돌들은 시멘트와 유리로 대체되었다.

아르데코와 현대적 유선형은 대체될 필요 없다. 몇몇 데코 요소로 만들어진 현대적 유선형 건물들은 유선형 디자인 뒤에 평범하지 않은 주요 제안자들은¹⁸⁾ 아르데코를 싫어하고 쇠퇴한 것으로 여기며, 거짓된 현대, 핵심적으로는 사기라고 생각했다.

2) 특징

현대적 유선형과 아트모던의 보편적 특징

- 수직적 방위
- 둥근 가장자리, 창문 모퉁이, 그리고 유리벽돌 벽 등
- 유리벽돌
- 선박의 동그란 창문
- 크롬 철물
- 부드러운 외관 벽 표면, 일반적으로 치장벽토
- 갯돌의 평평한 지붕
- 수평의 흠이나 벽의 선
- 차분한 색상: 기본 색상은 밝은 황토색, 미색 그리고 가장자리 색상은 밝은 기본 색상과 대조를 이루는 전형적으로 어두운 색상이나 밝은 금속

현대적 유선형 집들은 유선형 상업 건물들보다는 덜 일반적 이었다하더라도 거주자가 있긴 하였다. 하워드 리데커^{Howard Lydecker}가 지은 로스앤젤스 리데커 집은 거주용 건물에 있어서 현대적 유선형 디자인의 예이다. 발전기간 동안 양식적 요소는 샌프란시스코의 선셋 구역의 전후 길 양쪽에 지어진 집들에 자주 사용되었다.

18) Raymond Loewy, Walter Dorwin Teague, Gilbert Rohde, Norman Bel Geddes.

3) 공기역학(Aerodynamics)과 콜라니(Luigi Colani)¹⁹⁾



그림 12. 루이지 콜라니

콜라니는 독일 공업디자이너이다.

그의 디자인의 주된 특징은 둥글고 유기적 형태, 그가 새롭게 만들어낸 용어인 유기역학적biodynamic 형태이고 전통적 디자인들에 비해 인체공학적으로 더 낫다고 주장한다. 그의 ‘부엌 위성Kitchen satellite’ 은 이러한 일련의 사고를 가장 현저하게 보여주는 사례이다. 그의 소규모 제품들은 대량생산되고 유통되었지만 그의 대규모 작업들은 너무나 진보적인 개념이라서 아직 만들어지지 못한 것들이 많다.

지구는 둥글고 모든 인간의 육체 또한 둥글기 때문에 그들의 모든 움직임은 둥글거나 타원궤도이다.

서로서로 둥근 궤도를 그리는 작은 세계의 이 같은 개념은 우리를 소유주로 이끈다. 관능주의와 연관된 종의 번식에 있어서 둥근 형태로 환기된다. 왜 나는 모든 것이 각지게 만들기를 원하는 곧은 형태에 동참해야만 하는가? 나는 ‘나의 세상은 둥글다’ 는 갈릴레오 갈릴레이의 철학을 추종하려 한다.

콜라니는 현재 독일에 거주하고 있고 그의 아들 *Solon Luigi Lutz* 역시 디자이너로 활동하고 있다.

19) Luigi Colani born in Berlin on 2 August 1928 as Lutz Colani.

4. Kinetic Art

키네틱 아트(kinetic art)는 움직이는 예술·작품 속에 동세(動勢)를 표현하거나 옹 아트와 같이 시각적 변화를 나타내려는 것과는 달리 작품 그 자체가 움직이거나 움직이는 부분을 넣은 예술작품을 뜻한다. 따라서 작품은 거의 조각의 형태다. 이러한 경향은 미래파나 다다의 예술운동에서 파생된 것이며 최초의 작품은 마르셀 뒤샹이 1913년 자전거바퀴를 사용해 만든 '모빌'이다.

움직이는 예술은 움직이는 부분을 포함하거나 그것의 영향 때문에 움직임을 의존하는 예술이다. 그 움직이는 부분은 일반적으로 바람, 모터나 관찰자에 의해 동력을 얻는다. 움직이는 예술은 기교와 양식의 교차에 의한 폭넓은 다양성을 포함한다.

1) 움직이는 조각

움직이는 조각은 조각의 형태나 삼차원공간에서 이루어지는 움직이는 예술의 한 예이다. 어떤 경우는 음향조각(Sound sculpture) 역시 고려될 수 있을 것이다. 작품의 움직임은 다양한 방식, 전기, 증기나 태엽 등의 기계적으로, 바람이나 파도같은 자연현상을 조절하거나 움직임을 제공하기 위해 관람객의 반응에 의해 손잡이를 돌리는 그 어떤 행위로 제공될 수 있다. 마르셀 뒤샹의 자전거 바퀴(1913)가 첫 번째 움직이는 조각이다. 게다가 움직이는 예술의 사례가 된다는 것은 또한 기성품readymade의 사례가 된다.

1920년 모스크바에서 움직이는 예술은 조각인 나움 가보Naum Gabo와 안토인 페브스너Antoine Pevsner에 의해 구성주의 강령의 부분으로 화제가 된 사실주의자 강령에서 기록되었다.

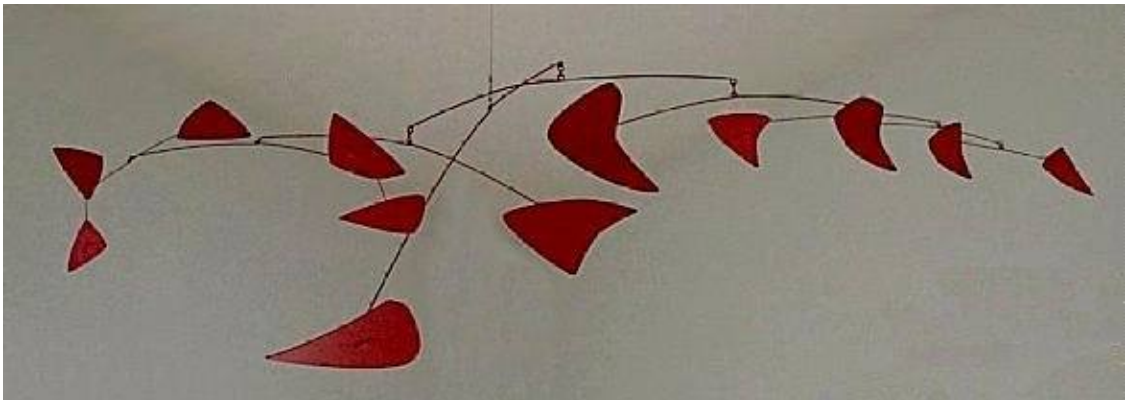


그림 13. 레드모빌Red Mobile, 알렉산더 칼더Alexander Calder, 1956, 순수미술 몬트리올 박물관 소장Montreal Museum of Fine Arts



그림 14. The Twister Star Huge, Lyman Whitaker, 2006,
Kinetic art, Public Library, O'Fallon, Illinois

László Moholy-Nagy (1895-1946), a member of the Bauhaus, and influenced by constructivism can be regarded as one of the fathers of Lumino kinetic art. Light sculpture and moving sculpture are the components of his Light-Space Modulator (1922-30), One of the first Light art pieces which also combines kinetic art.

The 1950s and 1960s are seen as a golden age of kinetic sculpture, during which time Alexander Calder and George Rickey pioneered kinetic sculpture. Other leading exponents include Yaacov Agam, Fletcher Benton, Eduard Bersudsky, Marcel Duchamp, Arthur Ganson, Starr Kempf, Jerome Kirk, Len Lye, Ronald Mallory, Jean Tinguely, and the Zero group (initiated by Otto Piene and Heinz Mack).

Jean Tinguely's kinetic junk sculpture *Homage to New York* in 1960 destroyed itself in the Museum of Modern Art's outdoor sculpture garden. *Metamechanics* has a specific meaning in relation to art history, as a description of the kinetic sculpture machines of Jean Tinguely. It is also applied to, and may have its origins in, earlier work of the Dada art movement.

Some kinetic sculptures are wind-powered as are those of Theo Jansen (including beach 'animals'), and others are motor driven as are those of Sal Maccarone. The kinetic aspect of the Maccarone sculptures are contained within a fine wood cabinet which itself is stationary. These sculptures turn themselves on and off at pre-determined intervals sometimes catching viewers by surprise. Video.

A mobile is a type of kinetic sculpture constructed to take advantage of the principle of equilibrium. It consists of a number of rods, from which weighted objects or further rods hang. The objects hanging from the rods balance each other, so that the rods remain more or less horizontal. Each rod hangs from only one string, which gives it freedom to rotate about the string. A popular creator of mobile sculptures was Alexander Calder.

2) 움직이는 그림 Kinetic Drawing

움직이는 그림은 임계의 균형을 활용하고 다양한 재료로 입체적 그림을 창조하도록 만든다.

‘역학적kinetic’은 객체가 중력을 통해 에너지를 가지고 있음을 의미하는데, 움직이는 그림은 일반적으로 안정성에 있어서 비판적이고 보다 더 안정적 위치를 찾기를 열망한다. 반복의 과정을 통하여 그것이 지닌 아름다운 자연력에 의한 성장을 시작한다.

회화의 범주에서 움직이는 예술의 변이는 단위예술 *ModulArt*인데, 더 작게 단위 개체화된 요소들은 끊임없는 변화가 되어 더 큰 그림이 되도록 한다. 이 끊임없는 변화는 단지 연속적인 것을 의미하는 것이 아니라 그것의 창조자, 소유자 혹은 사용자의 의지에 의한 것이다. 그림은 멈추어 있지만 대체적인 시점과 대체적인 연출을 제공하여 움직인다.

3) 자동차: 예술 자동차와 움직이는 조각 경주

예술 자동차는 가솔린 엔진에 의해 움직이는 예술작품이므로 정의에 의해 움직이는 조각으로 고려될 수 있다. 움직이는 조각 경주는 예술의 인력 수륙양용 전 지역 작업 경연으로 조직되었다. 최초의 가장 긴 경기는 1969년부터 북 캘리포니아의 험볼트(Humboldt)에서 매년 개최된다. 참가자들은 삼일동안 땅, 물, 모래, 그리고 진흙의 42마일 넘게 경쟁한다. 다른 경기는 미국과 호주에 걸쳐 매년 열린다.

4) Op art

Op art, also known as optical art, is a style of visual art that makes use of optical illusions.

"Optical art is a method of painting concerning the interaction between illusion and picture plane, between understanding and seeing." Op art works are abstract, with many of the better known pieces made in only black and white. When the viewer looks at them, the impression is given of movement, hidden images, flashing and vibration, patterns, or alternatively, of swelling or warping.

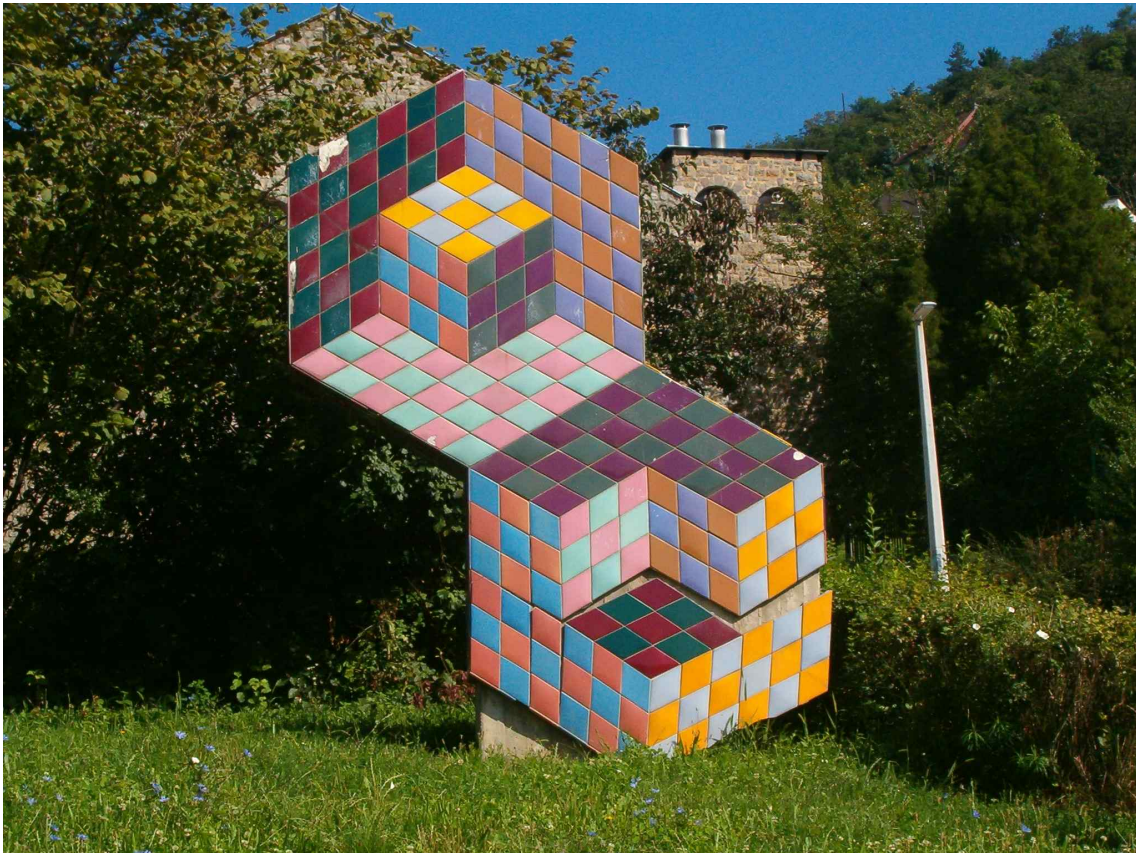


그림 15. An optical illusion, Victor Vasarely

① Historical context

Op art is derived from the constructivist practices of the Bauhaus. This German school, founded by Walter Gropius, stressed the relationship of form and function within a framework of analysis and rationality. Students were taught to focus on the overall design, or entire composition, in order to present unified works. When the Bauhaus was forced to close in 1933, many of its instructors fled to the United States where the movement took root in Chicago and eventually at the Black Mountain College in Asheville, North Carolina, where Anni and Josef Albers would come to teach.

Origin of "op" The term first appeared in print in Time magazine in October 1964,[3] though works which might now be described as "op art" had been produced for several years previously. For instance, Victor Vasarely's painting, *Zebras* (1938), is made up entirely of curvilinear black and white stripes that are not contained by contour lines. Consequently, the stripes appear to both meld into and burst forth from the surrounding background of the composition. Also the early black and white Dazzle panels of John McHale installed at the *This Is Tomorrow* exhibit in 1956 and his *Pandora* series at the Institute of Contemporary Arts in 1962 demonstrate proto-op tendencies.

In the 1960s Arnold Schmidt (Arnold Alfred Schmidt) had several solo exhibitions of his large, black and white shaped optical paintings exhibited at the Terrain Gallery in New York.[4]

② The Responsive Eye

In 1965, an exhibition called *The Responsive Eye*, created by William C. Seitz was held at the Museum of Modern Art in New York City. The works shown were wide ranging, encompassing the minimalism of Frank Stella and Ellsworth Kelly, the smooth plasticity of Alexander Liberman, the collaborative efforts of the Anonima group, alongside the well-known Victor Vasarely, Richard Anuszkiewicz, and Bridget Riley. The exhibition focused on the perceptual aspects of art, which result both from the illusion of movement and the interaction of color relationships. The exhibition was enormously popular with the general public, though less so with the critics.[6] Critics dismissed op art as portraying nothing more than *trompe l'oeil*, or tricks that fool the eye. Regardless, op art's popularity with the public increased, and op art images were used in a number of commercial contexts. Bridget Riley tried to sue an American company, without success, for using one of her paintings as the basis of a fabric design.

③ How op art works

Black & white and the figure-ground relationship

Op art is a perceptual experience related to how vision functions. It is a dynamic visual art, stemming from a discordant figure-ground relationship that causes the two planes to be in a tense and contradictory juxtaposition. Op art is created in two primary ways. The first, and best known method, is the creation of effects through the use of pattern and line. Often these paintings are black and white, or otherwise *grisaille*, as in Bridget Riley's famous painting, *Current* (1964), on the cover of *The Responsive Eye* catalogue; here, black and white wavy lines are placed close to one another on the canvas surface, creating such a volatile figure-ground relationship that one's eyes begin to hurt. Getulio Alviani chose aluminium surfaces, treated in order to create patterns of light which change as the watcher moves (vibrating texture surfaces). Another reaction that occurs is that the lines create after- images of certain colors due to how the retina receives and processes light. As Goethe demonstrates in his treatise *Theory of Colours*, at the edge where light and dark meet, color arises because lightness and darkness are the two central properties in the creation of color.[citation needed]

④ Color

Beginning in 1966 Bridget Riley began to produce color-based op art,[7] however, other artists, such as Julian Stanczak and Richard Anuszkiewicz, were always interested in making color the primary focus of their work.[8] Josef Albers taught these two primary practitioners of the "Color Function" school at Yale in the 1950s. Often, colorist work is dominated by the same concerns of

figure-ground movement, but they have the added element of contrasting colors which have different effects on the eye. For instance, in Anuszkiewicz's "temple" paintings, the juxtaposition of two highly contrasting colors provokes a sense of depth in illusionistic three-dimensional space so that it appears as if the architectural shape is invading the viewer's space.

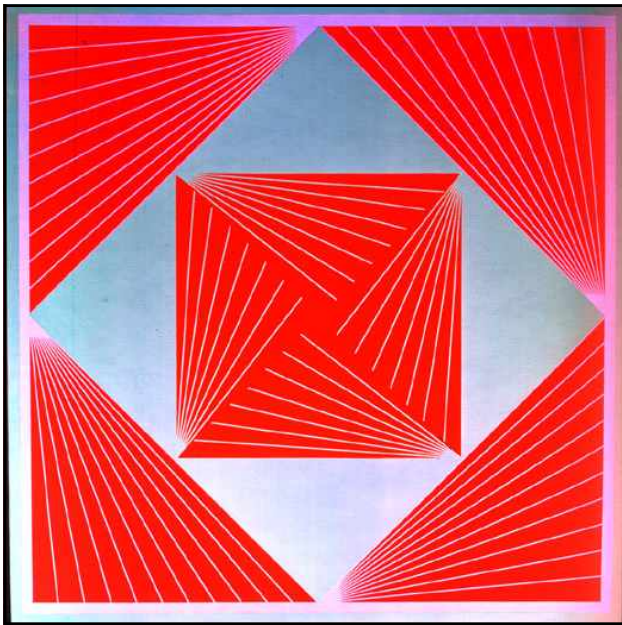


그림 16. Intrinsic Harmony, Richard Anuszkiewicz, 1965

Stanczak's compositions tend to be the most complex of all of the color function practitioners. Taking his cue from Albers and his influential book *Interaction of Color*, Stanczak deeply investigates how color relationships work. "Stanczak created various spatial experiences with color and geometry; the latter is far easier to discuss. Color has no simple systematized equivalent. Indeed, there may be no way to describe it that is both meaningful and accurate. Descriptions of it (the color wheel or color solids, for example) are all necessary distortions. While color derives from the electromagnetic scale that corresponds to the magnitudes of energy expressed by musical pitch, in fact, the neurological occidentals by which we experience color make it seem multidimensional, while musical pitch (not timbre, volume, or duration) is experienced as a linear relationship...Stanczak's 'gift is for layering. He arranges transparent patterns upon patterns so that you see through them as gauziest screens, each one seeming to fold as if it moves.'" [9]

⑤ Color interaction

There are three major classes of the interaction of color: simultaneous contrast, successive contrast, and reverse contrast (or assimilation). (i) Simultaneous contrast may take place when one area of color is surrounded by another area of a different color. In general, contrast enhances the difference in brightness and/or color between the interacting areas...Such contrast effects are mutual, but if the surround area is larger and more intense than the area it encloses,

then the contrast is correspondingly out of balance, any may appear to be exerted in one direction only. In successive contrast, first one color is viewed and then another. This may be achieved either by fixing the eye steadily on one color and then quickly replacing that color with another, or by shifting fixation from one color to another. In reverse contrast (sometimes called the assimilation of color or the spreading effect) the lightness of white or the darkness of black may seem to spread into neighboring regions. Similarly, colors may appear to spread into or become assimilated into neighboring areas. All such effects tend to make neighboring areas appear more alike, rather than to enhance their differences as in the more familiar simultaneous contrast, hence the term reverse contrast (Jameson and Hurvich, 1974). Note that in the interaction of color the constituent colors retain much of the own identity even though they may be altered somewhat by contrast.

⑥ Photographic op art

Although being relatively mainstream, photographers have been slow to produce op art. In painting, Victor Vasarely and Bridget Riley were producing large amounts of art and the same can be said for many digital artists, such as Kitaoka. One of the primary reasons for the lack of photographers doing op art, is the difficulty in finding effective subject matter.

Laszlo Moholy-Nagy, however, produced photographic op art and taught the subject in the Bauhaus. One of his lessons consisted of making his students produce holes in cards and then photographing them.

IV. 맺음말

본 조사는 로봇의 정의와 분류 그리고 사회적 로봇사례인 소니 아이보 등을 살펴본 로봇의 이론적 접근과 로봇과 관련된 예술분야로써 미디어아트, 피지컬컴퓨팅, 현대적 유선형 그리고 움직이는 미술 등을 고찰하였다.

소니 아이보 사례에서 보여지는 형태학적 특성은 기계적 형태에서 유기체적 형태로의 진화를 보여주고 있는데, 이는 로봇의 개념적 진화를 가시화하고 있다고 볼 수 있을 것이다.

인간의 노동을 대신할 수 있는 기계장치에서 인간과 더불어 같은 공간에서 생활하고 있는 동반자 내지는 친구로써의 로봇의 개념적 진화는 사회적 로봇의 활용과 역할에 있어서 무한한 확장가능성을 시사하고 있다.

현재 로봇의 개발은 로봇공학을 중심으로 기계장치로써의 공학적 접근을 중심으로 전개되어 왔다. 따라서 사용자의 요구나 로봇의 가치보다는 기술적 발전을 목표로 연구개발됨으로써 대중적 호응을 통한 시장창출의 한계를 보이고 있다.

로봇 선진국인 미국과 일본과 우리나라의 기술격차는 줄어들고 있지만 로봇이 하나의 상품으로써 시장에서 판단되어지는 가치의 차이는 기술격차를 줄이는 노력과 병행되어야 할 것이다.

로봇의 가치를 극대화할 수 있는 방안으로 예술적 접근을 통한 로봇의 개발과 연구를 제안한다. 이러한 접근 방식은 로봇을 단순한 기계장치를 초월한 예술품으로 가치를 극대화할 수 있기 때문이다. 이는 조만간 현재 자동차의 시장규모와 산업적 파급효과를 능가하는 로봇분야에서 차별화된 경쟁력과 가치를 확보하는 대안일 수 있을 것이다.