

제9장 메타버스 실감형 체험기술

학습목표
<ul style="list-style-type: none">▪ 학습내용: 해당 차시에서 학습할 학습주제(목차)를 제시해 주세요.▪ 학습목표: 해당 차시 학습을 통해 <u>학습자들이 달성해야 할 목표</u>를 학습내용과 연계하여 작성해 주세요.

▶ 학습내용

1. 메타버스의 한계와 초실감
2. 초실감 메타버스의 핵심, 촉감의 세계
3. 촉감을 연구하는 분야 ' 햅틱스'
4. 게이미피케이션의 설계

▶ 학습목표

1. 메타버스의 초실감을 이해하고 설명할 수 있다.
2. 촉감의 세계를 이해하고 설명할 수 있다.
3. 햅틱스를 이해하고 설명할 수 있다.
4. 게이미피케이션을 이해하고 설명할 수 있다.

1. 현재 메타버스의 한계와 초실감

인간은 감각의 동물이다. 인간의 삶을 영위시켜주는 모든 것의 시작은 인간의 외부에서 발생하는 여러 물리적 자극을 감각하고 하면서부터 시작된다. 의식주를 해결하는 기본적인 생명활동부터 인간을 더 인간답게 만들어 주는 고차원적인 예술활동, 사회활동에 이르기까지 모든 것이 외부 자극을 감각하면서 시작된다. 이러한 감각 정보는 여러 방법으로 정제된 후 뇌로 전달된다. 이를 바탕으로 인간은 사고하고, 판단하며, 경험한다.

메타버스는 현실을 반영하고 현실과 연결되어야 비로소 그 효과를 최대한 발휘할 수 있다. 감각의 동물인 현실의 인간을 메타버스 환경 내에 그대로 만들어내려는 시도는 메타버스 또는 그와 비슷한 시도를 할 때 항상 주요 주제 및 허들이었다. 현실의 감각적인 경험을 메타버스에서 그대로 재현해 낼 수 있다면 메타버스의 활용도는 무궁무진해질 것이다. 다시 말해 아직 메타버스의 활용도가 게임이나 커뮤니케이션 용도로밖에 사용되지 못하는 이유 또한 이러한 감각적인 경험을 제대로 만들어내지 못하는 데 기인하는 경우가 많다.

예를 들어, 특정 기술의 현 수준을 잘 보여준다는 구글에서 구글 이미지를 서치해보았을 때 검색한 결과는 현재 가상현실 기술의 특징점뿐만 아니라 한계를 같이 보여준다. 대부분의 검색 이미지에서 사용자는 가상현실 고글을 쓰고 마치 자기 앞에 사물이 실제 있는 것처럼 놀라는 모습의 이미지로 본다면 이는 가상현실 기술의 장점을 잘 보여준다. 하지만 검색 결과를 다른 측면에서 살펴보면, 사용자들 대부분이 자기 앞에 실제처럼 보이는 가상 물체를 만지려는 시도를 하고 있지만, 손은 공중에서 허우적댈 뿐 만질 수는 없다. 현 가상현실 시스템의 한계인 것이다. 시각을 제외하고는 실제 현실에서 사람들에게 제공되는 감각을 제대로 재현하지 못하는 한계로 인하여 수많은 매력적인 앱들이 아직은 빛을 보지 못하고 있다. 미래 메타버스 성공의 핵심 요소는 이 다감각 재현 기술의 한계, 즉 다감각 초실감 재현 기술의 한계를 어떻게 극복하느냐에 달려 있다고 해도 과언이 아니다.

메타버스가 잘 활용되지 못하는 또 다른 원인 중 하나가 메타버스 기술이 가지고 있는 특별한 장점들이 효율적으로 활용되지 못하기 때문인 경우가 많다. 예를 들어, 최근 메타버스를 활용한 교육을 많은 학교에서 시도하고 있는데, 시도는 좋지만 지속적인 사용으로 이어지는 경우는 드물다. 그 이유 중 하나가 비디오 기반 온라인 수업과 별다른 차이가 없기 때문이다. 내용 전달의 측면에서는 오히려 비디오 기반 혹은 강의자료 기반 온라인 수업이 더 효율적일 수 있다.

그렇다면 교육에서 메타버스의 자리는 없는 것인가? 그렇지 않다. 메타버스의 장점은 온라인으로 직접적인 감각경험을 제공할 수 있고, 다른 사람과 자연스럽게 커뮤니케이션할 수 있다는 점이다. 그렇다면 일반 강의 교육 말고 직접적인 감각경험과 커뮤니케이션이 중요한 요소인 교육 콘텐츠에 메타버스를 적용하는 것이 자연스러운 흐름일 것이다. 대표적으로 장치·도구 등을 직접 만져보고 경험하면서 교육하는 '실습수업'이나 다른 학생들과의 커뮤니케이션이 중요한 '토론수업'등이 메타버스와 잘 매칭되는 수업이 될 수 있다.

1990년대 첫 번째 가상현실 붐이 일었을 때 사람들은 가상현실의 가능성에 열광했다. 오감을 모두 포함한 경험 그 자체를 전달할 수 있다는 새롭고 이해하기 쉬운 개념이 널리 퍼지자 이를 기반으로 가상현실 연구자는 물론 일반인들까지 가상현실로 가능한 시나리오를 만들어냈다. 이렇게 열광하던 기대도 2000년대 초반 빠르게 식어버렸다. 너무 커져버린 기대치를 기술이 따라가지 못한 것이다.

2000년대 후반 가상현실 기술이 발전하면서 다시 한번 가상현실의 붐을 맞이했다. 1차 붐때

보다는 기술적으로 훨씬 성숙해졌지만, 여전히 가상현실의 이상적인 주요 시나리오들을 완벽하게 제공하는 것은 아직 불가능하다. 사실적 촉감의 부재, 여전히 불편한 시각 디스플레이, 멀티모달 (Multi-Modal : 여러 가지 감각기관을 동시에 사용하는 것)이 빨리 이루어져야 일시적인 붐을 넘어선 안정적인 산업으로 정착할 수 있게 된다.

2. 초실감 메타버스의 핵심, 촉감의 세계

1) 메타버스에서 촉감은 왜 중요한가?

평소에 잘 깨닫지 못하고 있을 뿐이지, 촉감은 우리 삶에 매우 깊은 영향을 미치는 감각이다. 눈은 감을 수 있고 귀와 코도 막을 수 있지만 피부는 언제나 무언가에 닿아 있다. 촉감은 항상 인식할 수밖에 없는 감각인 것이다. 피부는 온도와 질감, 모양, 무게의 사소한 변화까지 감지하는 거대한 단일 기관으로, 우리가 포착하는 촉감의 범위는 놀랄 정도로 광범위하다.

인간의 촉감은 다른 감각기관보다 원초적이고 감정적이다. 태아가 엄마의 뱃속에서 자랄 때 가장 먼저 발달하는 감각기관이 이 촉감으로, 아기가 태어날 때 가장 정확한 정보를 준다. 갓 태어난 아이는 아직 이해할 수 없는 정보만 가득 차 있는 시각 정보 대신에 이해할 수 있는 촉각 정보를 통해 엄마와 소통하고 안정감을 느낀다. 그렇게 때문에 우리는 성인이 되어서도 손을 잡고 포옹하며 사랑을 표현하고 편안함을 느끼는 것일지도 모른다.

촉감은 생명 유지와도 직결된다. 생명에 위험을 가하는 위험 상황을 다른 어떤 감각기관보다 빨리 뇌에 전달하고 빠른 반응을 이끌어낸다. 특정 신체 부위에 몰려 있는 다른 감각기관의 수용체와는 달리 촉감 수용체들은 온몸의 피부에 걸쳐 있어서 전방위의 위험에 대처하고 정보를 수집한다. 보호막이면서 조기경보 센서인 셈이다.

흔히, 인간이 받아들이는 정보의 70% 이상이 시각을 통해서 전달된다고 한다. 정보의 양만 보면 촉감이 시각의 보조수단으로 여겨질 수 있지만, 다양한 상황에서 촉감의 중요성이 역전된다. 몇 가지 예를 들어보면, 요즘은 많은 개복 수술이 복강경 수술로 대체되었다. 수술 부위 근처를 아주 작게 절개하고, 이 절개한 부위에 얇은 봉 형태의 카메라와 수술 도구를 넣어 수술하는 기법이다. 기본적으로 카메라가 부착되어 있지만 좁고 한정된 시야의 움직임만을 제공해 시각적으로는 많은 제한이 따른다. 하지만 여전히 의사들은 복강경 수술을 통해 정밀한 수술을 하고 있다. 이는 시각 정보뿐만 아니라 도구로 전달되는 촉감 정보가 있기에 가능하다. 이러한 수술은 촉감이 중요한 역할을 하는 작업이라고 볼 수 있다.

이렇게 손의 감각운동기술이 작업 자체에 중요한 역할을 하는 것은 예술활동에서 흔히 볼 수 있다. 기타, 피아노, 바이올린 연주 뿐만 아니라 붓글씨, 미술 작업과 같은 대부분의 예술 활동을 살펴보면 도구로부터 오는 촉감과 이에 반응하는 근육 제어 이 두 가지의 아주 미세한 조화가 작품의 질을 결정한다. 특히 음악 연주자들이 악기를 보지도 않고 촉감만으로 연주하거나, 미술작가들이 미술작품을 만들어내는 과정은 촉감이 다른 감각보다 훨씬 중요한 역할을 하기도 한다.

최근에 인터페이스의 혁명이라고까지 물리는 신 발명품이 스마트폰의 터치스크린이다. 사용 빈도로만 따지면 키보드-마우스 기반의 컴퓨팅 환경에서 터치스크린 기반의 컴퓨팅 환경으로 대세가 넘어 간지 오래다. 심지어 요즘 어린이들은 터치스크린을 먼저 접하며, 컴퓨터 하면 먼저 터치스크린을 떠올린다. 이렇게 특정 작업 수행 목적을 제외하고 터치스크린이 키

보드-마우스 체계에 승리한 이유 중 하나가 바로 터치스크린이 제공하는 자연스러운 상호작용 때문이다. 터치스크린은 보는 것을 그대로 조작하는 직접 조작의 장점 외에 실제로 딱딱한 화면에 접촉하면서, 즉 무언가를 만지고 있다는 촉감을 제공하면서 상호작용한다는 장점이 있다. 이 부분에서도 촉감이 굉장히 중요한 역할을 한다.

2) 어떻게 촉감을 통해 인지하는가?

촉감은 사실 굉장히 복잡한 감각이다. 시각이 빛이라는 한 종류의 물리 신호가 눈 안의 시신경을 자극하여 만들어내는 것이라면, 촉각은 관련된 물리 신호만도 3가지 이상이다. 힘, 압력, 움직임, 열, 화학성분들이 피부수용체를 다양하게 자극해 완전히 다른 감각들은 만들어낸다. 촉감 연구자들은 이러한 다양한 감각 혹은 정보를 크게 2가지로 분류하는데 근감각(Kinesthetic Information)과 촉각(Tactile Information)이 그것이다.

예를 들어, 만약 내 옆에 서 있던 친구가 손을 뻗어서 내 팔뚝을 민다고 가정해보자. 그러면 나는 뒤로 밀릴 것이다. 밀리면서 자신이 움직이는 걸 느끼고 더 밀리지 않기 위해 자신의 몸이 만들어 내는 힘을 느낄 것이다. 이러한 움직임과 힘은 내 몸의 어느 부분에서 느끼는 것일까? 바로 내 관절들과 관절에 연결된 근육에서 느끼는 감각이다. 이를 '근감각'이라고 부른다. 이와 동시에 내 팔뚝의 피부에서는 꼭 누르는 압력을 느끼게 된다. 이는 순수하게 피부에서 느끼는 감각으로 앞의 반발력에 대한 감각과는 다르다. 이를 '촉각'이라 부른다. 다른 예를 들면, 누군가가 팔씨름을 할 때 내 팔과 손가락 관절에서 느끼는 힘이 근감각이고, 내 손바닥과 손가락 피부에서 상대방이 누르는 느낌이 촉각이다. 이렇게 관절에서 근육으로 느껴지는 근감각의 움직임, 외부 힘, 방향 등과 관련이 있고, 피부에서 느끼는 촉각은 압력, 진동, 온도 등과 관련이 있다. 이 두 가지 형태의 촉감은 생체학적 메커니즘, 관련된 물리 자극 등이 매우 달라서 촉감 연구자들은 보통 따로 연구한다. 출력 장치를 만들 때도 이 둘을 분리해서 따로 생각하여 장치를 디자인해야 한다.

가상현실용 몰입형 촉감 인터페이스를 만드는 것은 상당히 까다로운 일이다. 이것은 인간이 촉감을 인지하는 특성에 기인한다. 앞에서 말했듯이, 촉감에 관련된 물리적인 신호들은 다른 감각들과 비교해 종류가 대단히 많다. 촉감으로 힘도 느껴야 하고, 온도도 느껴야 하며, 진동도 느껴야 한다. 따라서 이상적인 촉감 제공 장치라면 이 모든 종류의 물리 신호를 한꺼번에 만들어내고 이를 사람의 피부나 관절에 전달할 수 있어야 한다. 피부에 부착할 수 있는 아주 작고 얇으면서 진동, 열, 압력까지 자유자재로 생성해낼 수 있는 만능 액추에이터(Actuator)가 있으면 이것이 가능할지도 모른다. 많은 연구자가 이러한 촉감 인터페이스를 만들기 위해 노력하고 있지만 현재까지는 불가능하다.

촉감 기술의 또 다른 어려움으로, 다른 감각들과 달리 센서가 온몸에 걸쳐서 분포되어 있다는 점을 들 수 있다. 시각이나 청각 같은 경우는 모든 수용체가 눈 또는 귀에 몰려 있어서 눈과 귀를 덮어버리는 형태의 디스플레이, 즉 HMD나 헤드폰으로 손쉽게 외부와 차단된 몰입형 디스플레이 장치를 만들 수 있지만, 촉감은 쉽지 않다. 온몸을 감싸는 옷 형태의 초감 인터페이스에 대한 시제품이 연구되고 있긴 하나 아직 상용화 되기 전이다. 입는 형태의 인터페이스는 사용성이 많이 떨어지는 문제도 고려해야 한다.

촉감 인터페이스를 만드는 데 따르는 또 다른 문제가 있다. 촉감을 만들어내는 물리 신호는 상대적으로 에너지가 크다는 점이 문제다. 빛 에너지나 공기의 떨림으로 만들어지는 소리와

비교해서 촉감을 만들어내는 물리 신호는 대부분이 질량이 있는 물체의 움직임으로 만들어 지거나 힘, 진동, 압력, 충격 피드백 등 다량의 에너지가 직접 전달되어야 한다. 에너지를 많이 만들어내기 위해 햅틱 장치는 당연히 크기가 더 커지기 마련인데, 부피가 커서 사용성은 떨어지고, 가격은 올라가게 된다. 이는 상용화에 아주 큰 걸림돌이 된다.

이러한 문제를 해결하는 대안 중 하나로 비부착형 햅틱 제공 기술 (Non -Contact Haptic Feedback)이 있다. 피부와 물리적 접촉을 하지 않고 초음파, 바람, 레이저 등의 비접촉 매개 물을 활용해 원거리에서 에너지를 전달하여 촉감을 만들어내는 기술이다. 최근 떠오르는 기술로 주목받고 있다. 이처럼 촉감 기술의 여러 난관을 해결하고 가상현실 사용자에게 사실 적이고 풍부한 촉감 피드백을 제공하는 일이야말로 메타버스의 대중화를 위한 중요한 당면 과제라 할 수 있다.

촉감 인지에 대한 이해가 어떻게 초실감 메타버스 기술 개발과 연결되는가?

초실감 가상현실의 최종 목표는 사용자를 속여서 사용자가 컴퓨터가 만든 가상의 세계가 아니라 현실에 있는 듯한 착각을 하게 만드는 것이다. 인간은 감각기관으로 세상의 신호를 받아들이며 현실을 지각하고, 사고하며, 판단한다. 판단의 결과에 따라 자신의 근육에 명령을 내려 세상을 변형시킨다. 세상은 변형되고, 이 변형된 세상은 또 다른 물리 자극을 만들어내며, 다시 사람은 이를 지각하게 된다. 이 상황에서 가상현실의 목표, 즉 사람을 속이는 일은 어떻게 구현되어야 할까?

우리는 외부세계와 연결된 부분, 즉 지각 부분과 행동 부분을 소위 말해서 해킹하게 된다. 외부세계와 지각 사이에 가상현실 입력 장치를, 마지막으로 이 가상현실 입. 출력 장치를 컴퓨터가 시뮬레이션하는 가상세계의 결과를 이용해 제어하도록 하면 사람은 컴퓨터가 만든 가상의 신호를 실제 신호인 것처럼 지각하고, 이를 실제인 것처럼 이해하며, 실제 세계처럼 가상세계와 상호작용하게 된다.

이런 인간 입. 출력 신호 해킹은 당연히 쉽게 되는 것이 아니다. 가상현실 출력 장치가 마치 실제 현실인 것처럼 사실과 거의 비슷하게 동작하는 물리 신호를 만들어 내야 하며, 가상현실 입력 장치는 자기가 실제 현실인 양 사람의 행동을 받아줘야 한다. 또한 가상세계는 자기가 실제 현실인 것처럼 사용자의 행동에 반응해줘야 한다. 당연히 이 모든 것은 인간의 '지각'부분, 인간의 '인지'부분, 인간의 '행동'부분에 대한 이해 없이는 구현할 수 없다. 초실감 메타버스와 가상현실을 구현하는 데 인간 자체에 대한 이해가 무엇보다 우선되어야 하는 이유다.

우리 피부에는 3종류의 촉각 인지 수용체가 있다. 물리적인 에너지에 반응하는 기계 수용체, 열 에너지에 반응하는 온도 수용체, 통증 수용체가 그것이다. 이 중 통증 수용체는 일반적인 가상현실 시나리오에서 제한하기 힘든 감각이므로 제외하겠다. 가상현실 촉각 출력 장치는 물리 에너지와 온도에너지를 발생시켜 기계 수용체와 온도 수용체, 이 두 수용체를 반응시키는 역할을 한다.

외부에서 특정 자극이 피부에 닿으면 피부 속 수용체 중 이 자극 신호에 반응하는 수용체가 활성화 된다. 활성화된 수용체는 자기와 연결된 신경섬유에 아주 소량의 전류 신호인 활동전위를 만들어낸다. 여기서 활동 전위한 생물체의 세포나 조직이 활동할 때 일어나는 전압의 변화를 의미한다. 이 전류는 시냅스로 이루어진 감각신경을 따라 척수를 통해 뇌에서 촉감을 담당하는 체성감각피질로 전달된다. 그러면 비로소 우리는 이 촉감 신호를 지각하게 된다.

촉각 인지수용체 중 기계수용체에 대해서 좀 더 알아보자. 기계 수용체 내에서도 크게 4가지 종류로 기계 수용체가 존재한다고 알려졌다.

메르켈(Merkel)소체, 마이스너(Meissner)소체, 파치니(Pacinian)소체, 루피니(Ruffini)소체가 그것이다. 이 4가지 소체는 각각 담당하는 물리적 자극이 다르고 반응의 특징도 다르다. 따라서 보통 촉각 장치를 만들 때 이 4가지 소체 중 어떤 소체를 자극하는 신호를 만들어낼지를 미리 결정하고, 그 특징에 맞는 신호를 만들어내는 작업이 선행된다.

각각의 특징을 살펴보면, 먼저 메르켈 소체와 루피니 소체는 모서리, 꼭 누르기, 피부 밀림 등 정적인 압력에 반응한다. 이로 인해 이 소체들은 느린 감각적응 특징을 가지고 있어서 자극이 있으면 반응하고, 자극이 없어져야 반응을 중단하는 센서들이다. 여기서 '감각적응'이란 일정한 자극을 유지하기 위해 감각계의 반응성이 시간에 따라 변화하는 현상을 말한다. 반면, 마이스너와 파치니 소체는 움직임, 진동 등의 고주파, 적극적인 자극에 반응한다. 고주파에 민감해지기 위해서 이 소체들은 자극이 변화할 때에만 반응하는 빠른 감각적응을 보이는 것이 특징이다. 즉 자극이 생길 때 한 번, 없어질 때 한 번 반응한다. 따라서 진동같이 반응이 빠르게 계속 변화하는 신호에 능동적으로 반응하게 된다. 이러한 특성이 잘 활용되어야 적은 에너지로도 인지적으로 좀 더 큰 자극을 만드는 등의 피드백 효율성을 높일 수 있다.

온도 또한 중요한 햅틱 감각인데, 피부에서 열을 인지하는 수용체를 온도수용체라고 한다. 두 종류의 신경섬유로 이루어져 있는데, 온도가 올라갈수록 더 자주 활동전위를 만들어내는 열감 섬유와 온도가 떨어지면 더 많이 반응하는 냉감섬유가 그것이다. 인간은 물체를 만질 때 이 온도수용체를 통해 물체의 열 전도성을 잘 인지할 수 있고, 이를 활용하여 물체가 어떤 재료로 만들어진 것인지를 알아낸다.

다음으로, 사람은 근감각을 어떻게 인지할까? 자신의 움직임을 느끼고 미는 힘을 인지하는 것은 인체 내부의 관절 부위에서 수행된다. 좀 더 구체적으로 말하면 관절에 직접 부착되어 있거나, 관절에 연결된 근육과 힘줄 내에 부착된 기계수용체가 이를 감지한다고 보면 된다. 예를 들어, 인간의 관절에는 피부의 기계수용체와 비슷한 루피니 수용체와 파치니 수용체가 있어서 관절이 직접 받는 움직임이나 진동을 감지한다. 그리고 관절에 부착된 근육에는 근방추(Muscle Spindles)라는 기관이 있어서 근육이 얼마나 수축 혹은 이완되었는지를 인지한다. 또한 근육과 관절 사이의 힘줄 중에 골지힘줄기관이라는 기관이 있는데, 이 기관에는 얼마만큼의 힘이 해당 근육에 공급되었는지를 인지하는 수용체가 있다. 이러한 모든 수용체에서 오는 정보를 종합하여 각 관절이 지금 어느 각도로 굽혀져 있는지. 그리고 어느 정도의 힘 혹은 토크 (Torque : 물체에 작용하여 물체를 회전시키는 원인이 되는 물리량)를 받고 있는지를 인지하게 된다. 최종적으로 이를 근거로 현재 자신의 움직임과 이부 힘을 알아차리게 된다.

촉감을 설명할 때 또 하나의 중요한 특징 중 하나는 신체 부위에 따라서 사람의 촉감 인지 성능이 달라진다는 것이다.

근감각과 촉각 외에도 때에 따라 햅틱 감각으로 포함되는 감각이 평형감각이다. 중이 속의 전정기관에서 몸의 회전 운동, 가속도, 기울어짐 등 온몸에 작용하는 중력과 관성에 관련된 물리 자극을 인지하는 감각이다. 탈 것을 타고 갈 때 많이 느껴지는 감각으로 메타버스 내에서 '사실성'을 위해 중요하게 제공되어야 하는 감각 중 하나다.

3)촉감을 연구하는 분야 ' 햅틱스'

가상의 촉감을 만들어 내는 기술을 연구하는 분야로 '햅틱스'(Haptics)라는 연구 분야가 있다. 햅틱 이라는 단어가 형용사로 '촉각의' 라는 의미가 있다면, 여기에 S 가 붙으면서 '촉감 관련 연구를 수행하는 연구분야' 라는 의미가 된다.

최근 들어 햅틱스와 관련된 연구가 폭발적으로 증가하고 있다. 이는 시각적인 것뿐만 아니라 우리가 만지는 것들에 촉감이 없다면 가상현실은 불완전하다 라는 사실을 사람들이 인지하기 시작한 결과라고 볼 수 있다.

햅틱스에 대해 설명하기 위해 먼저, 햅틱 시스템이라고 불리는 전형적인 시스템을 알아보자. 사용자가 HMD를 쓰고 가상의 공간에서 무언가를 보고 있으면서 앞에 보이는 기계 장치인 햅틱 장치를 잡고 가상의 물체를 만지는 가상 체험을 하게 되는데 이런 햅틱 장치가 햅틱스 기술의 중요한 한 축이다. 사용자가 이 장치를 잡고 가상의 환경에서 가상 물체를 만지게 되면, 시스템은 먼저 사용자의 손을 밀어내는 소위 '포스 피드백'을 만들어낸다. 사용자가 이 포스피드백으로 인해 '아, 내가 이 앞의 물체를 만지고 있구나'라고 인지하면서 촉감이 발생하는 것이다.

그러면 이런 햅틱 피드백을 가능하게 하는 기술적 요소에는 무엇이 있을까? 햅틱 시스템을 구성하는 핵심적인 부분은 크게 3가지의 모듈로 나뉜다.

첫 번째, 햅틱 장치, 즉 물리적인 촉감 신호를 직접 만들어낼 수 있는 햅틱 장치를 만들어낼 수 있는 기술.

이런 햅틱 장치를 만드는 기술을 통틀어서 우리는 '기계 햅틱스'라고 부른다. 기계 장치 설계, 제어가 필요한 부분이라 주로 기계과, 전자과에서 이 부분을 담당한다. 특히 햅틱 장치에는 로보틱스의 핵심 기술들이 많이 사용되고 있어서 햅틱스에는 로보틱스 연구자들이 많이 활동하고 있다.

두 번째 모듈은 '컴퓨터 햅틱스'로 물리 시뮬레이션을 통해 사실적인 촉감신호를 계산하는 부분이다. 햅틱 렌더링이라고도 불리는 이 기술은 초실감 메타버스에서도 아주 중요한 모듈로, 사용자의 움직임과 만지는 물체의 성질에 따라 촉감 신호를 실제와 같이 만들어내는 기술이다. 다시 말해 가상 물체를 만질 때 단순 반발력이 아니라 실제 피부, 실제 돌덩이, 실제 유리를 만지는 것과 같은 느낌이 실감나게 재현되는데 필수적인 부분이다. 컴퓨터 내부적으로 이런 촉감 신호들을 실시간 시뮬레이션을 통해서 계산해내고 이를 기반으로 햅틱 장치를 제어한다면 사실적인 촉감이 비로소 만들어진다.

마지막 분야가 '인간햅틱스'(Human Haptics)다. 촉감은 시각이나 청각과는 달리, 사람의 움직임과 밀접하게 연결되어 있다. 우리가 일상에서 느끼는 대부분의 촉감은 우리가 팔 다리 등의 근육을 사용해서 신체 부위를 움직임으로써 발생한다. 따라서 촉감은 단순히 외부 정보를 받아들이는 것이 아니라 내가 능동적으로 움직이면서 움직임과 연결된 정보를 받아들이는 특성이 있다. 그렇기에 사람의 촉감 인지를 사진,, 녹음된 음악 등과 같이 객관화하여 표현하기가 힘들다. 햅틱 시스템은 사람의 움직임을 센싱하고 이를 바탕으로 피드백을 만들어낸다. 이 둘은 보통 햅틱 장치라는 틀로 물리적으로 연결된다. 따라서 햅틱 시스템을 잘 만들기 위해서는 햅틱 시스템과 연결된 사람의 감각운동 특징을 잘 알아야 한다. 다른 말로 표현하면, 모든 햅틱 시스템을 만들 때 이 햅틱 시스템이 인지적으로 디자이너가 원하는 촉감을 만들어내는지에 대한 인지적이지니 고려가 필요하고, 정확하게 그와 같이 만들어졌는지

에 대한 인지 테스트가 필요하다. 이를 연구하는 분야가 인간햅틱스다.

① 촉감 장치 기술 '기계 햅틱스'

가상현실과 메타버스에서 촉감을 만들어내기 위해서 가장 중요한 부분은 촉감 인지를 일으킬 수 있는 물리 신호를 만들어내는 기계 장치이다. 사람의 촉감 인지 특징 (온몸에 걸쳐있는 수용기, 신체 부위별로 다른 민감도 등) 때문에 다양한 목적으로 사용할 수 있는 햅틱 장치를 만들기가 쉽지 않다. 온몸에 다양한 형태의 촉감을 모두 제공하는 햅틱 장치가 가장 이상적이고 보편적인 햅틱 장치라고 할 수 있지만, 사용성 및 기술적이지 한계로 인해서 개발이 불가능하거나, 만들어도 전혀 실용적이지 않은 경우가 대부분이다. 그 대신 대부분의 상용 혹은 연구실 프로토타입 형태의 촉감 제공 장치는 인지적으로 가장 민감한 부위인 손에 대한 역감 혹은 촉각 피드백만을 제공하는 형태로 만들어져 손으로 상호작용하는데 가장 많이 사용된다.

햅틱장치는 일반적으로 해당 앱의 특성, 사용 목적, 햅틱 피드백과 요구 조건 등이 결정된 후에 이에 맞는 햅틱 장치를 새롭게 고안하거나 기존 제품 중 이 목적에 부합하는 장치를 선정하여 사용하는 방향으로 개발이 진행된다. 햅틱과 관련된 감각은 근감각과 피부촉각, 평형 감각이다. 각 감각에서 사용하는 촉감의 종류에 따라 햅틱 장치를 분류할 수 있다. 또한 촉감과 관련된 에너지의 전달 구조에 따라 분류할 수도 있다.

먼저, 촉감의 종류에 따른 분류에서, 근감각 햅틱 정치는 손에 힘 피드백을 주는 손 피드백 장치와 관절에 피드백을 주는 관절 피드백 장치로 나눌 수 있다. 피부 촉각 햅틱 장치는 관여하는 물리 신호에 따라서 진동, 열, 압력분포, 마찰 등 물리 신호의 종류에 따른 촉각 출력 장치가 존재한다. 평형감각은 주로 중력, 관성 등의 물리 신호를 제공하는 형태의 장치다.

촉감 전달 구조에 따른 분류를 살펴보면, 근감각 햅틱 장치는 땅에 붙어 있는 형태의 그라운드 햅틱 장치와 몸에 장착하는 형태인 착용형 햅틱 장치가 있다. 그라운드 햅틱 장치는 움직이지 않는 땅을 잡고 밀어주는 형태로 힘을 발생시키기 때문에 사용자를 기준으로 100% 외부의 독립적인 힘을 사용자에게 전달할 수 있다. 반면, 착용형 햅틱 장치는 몸의 두 지점 사이의 상대적인 힘밖에 발생시킬 수 없다는 단점이 있다. 피부르르 자극하는 촉각 햅틱 장치도 피부에 부착하는 방법, 몸 특정 부위에 착용하는 방법, 다른 기계 장치(주로 시각 디스플레이)에 부착하여 손과 접촉할 때만 촉감 피드백을 만들어내는 방법등이 존재한다.

② 촉감 렌더링 기술 '컴퓨터 햅틱스'

일반적인 햅틱 시스템은 추구하는 바가 다양하다. 가상현실을 위한 햅틱스처럼 촉감의 사실성을 중시하는 시스템이 있는가 하면, 핸드폰의 진동처럼 오로지 정보 전달을 목적으로 하는 시스템도 있다. 사실성이 필요없는 후자의 햅틱 시스템도 햅틱 기술을 적용한 중요한 사례로 실제로 전자보다 더 많이 연구되고 실제 제품에 적용되는 기술이다. 초실감 촉감을 만들어내는 햅틱 시스템에서 가장 중요한 핵심 기술 중 하나가 햅틱 렌더링 기술이다.

그렇다면 사실적이지 촉감이란 어떤 것일까? 시각에 빗대어 설명하면, 보통 그림이 사실적이거나 게임 속의 컴퓨터 그래픽이 사실적이라고 얘기하는 것은 그것들이 우리가 일상에서 보는 실제 사물과 구별하기 힘들 정도로 비슷하다는 의미다. 촉감의 사실성도 비슷하게 설명될 수 있다. 우리가 일상적으로 물체를 만질 때 느끼는 촉감이 그대로 재현되면 그것을 사실적 촉감이라고 표현할 수 있다. 실제 촉감과 그것을 그대로 가상으로 만든 촉감의 구별

이 불가능할 정도가 되면 초실감이라고 말할 수 있을 것이다. 좀 더 광의의 의미로는 우리가 일상행황에서 실제 물체와 상호작용하면서 쌓아놓은 '햅틱경험'이 잉을 때 특정 가상 물체와의 상호작용에서 발생하는 햅틱경험이 내가 기억하는 실제 해당 물체와의 경험과 일치한다면, 이것을 초실감 경험이라고 얘기할 수 있다.

우리는 실제 물체를 만질 때 촉감과 관련된 여러 물리 신호를 인지하며 햅틱 경험을 쌓는다. 물리 신호를 예로 들면, 움직임, 반발력, 열, 가속도 등이 있고, 이들을 피부나 관절로 인지하는 것이 햅틱 경험이다. 햅틱 경험은 이러한 물리 신호를 통해서 구체화되는 것이다. 사실적인 가상 촉감으로 다시 돌아가서 촉감의 사실성은 이러한 물리 신호를 얼마나 실제처럼 재현할 수 있는지에 달려 있다.

그러면 이러한 물리 신호들은 어떤 이유로 발생하는 것일까? 모든 물체는 물리 법칙을 따라 외부의 힘에 반응한다. 물리법칙 중 촉감과 관계된 법칙들을 모아서 햅틱속성이라고 한다. 햅틱 속성은 매우 다양한데, 대표적으로 물체의 탄성, 점성, 소성, 표면 마찰, 표면 질감, 동적 속성 (관성) 등이 있다. 이러한 속성들이 물체를 만질 때 발생하는 햅틱 신호들을 결정하고, 이 신호들이 다시 사람의 최종 햅틱 경험을 결정한다.

따라서 햅틱 렌더링의 궁극적인 목적은 가상의 물체들에 대해서 물리 속성들을 잘 정의하고, 이 속성들이 실세계의 물리 법칙을 따르도록 잘 시뮬레이션해서 시뮬레이션 결과 실세계 법칙에 따르는 그럴듯한 햅틱 신호를 실시간으로 계산해낸느 것이다. 이렇게 계산된 물리 신호 햅틱 장치를 통해 촉감이 실제로 만들어지고, 최종적으로 사용자에게 전달된다.

여기서 중요하면서 까다로운 부분은 햅틱 속성 시뮬레이션이 실시간으로 이루어져야 한다는 것이다. 실제 햅틱 속성 대부분은 외부의 물리 신호에 반응하여 햅틱 신호를 뱉어내는 물리 법칙으로 사용자의 움직임이라는 인풋에 따라 그때그때 계산되어야 한다.

실세계에서는 내가 물체를 누르면 지연 없이 바로 물체에서 반발력이 나오지만, 가상세계에서는 시뮬레이션 계산 지연 때문에 나의 움직임과 가상 물체의 반응 사이에 약간의 지연이 발생할 수 있다. 너무 많이 지연되면 사람이 이상하게 느끼기 시작할 것이므로, 모든 햅틱 시스템은 사용자의 움직임과 반응 사이에 지연되는 시간을 사람이 느끼지 못하는 수준까지 낮추는 것이 핵심 목표가 된다.

사람의 움직임과 가상 물체의 반응 사이에 지연이 발생하는 것에 대한 인지적인 허용치는 사람마다 다르긴 하지만 대략 10~20ms 라는 실험 결과가 나왔다. 이를 기반으로 햅틱 속성 시뮬레이션을 수행해서 최종적으로 햅틱 신호를 발생시키는 데 10~20ms 이상 걸리면 안된다는 것을 의미한다. 햅틱렌더링 알고리즘은 스피드가 생명이기 때문이다.

햅틱 인지의 또다른 특징은 햅틱 신호의 업데이트가 빨라야 한다는 점이다. 일반적으로 시각 렌더링에서 1초에 60번 정도만 사진을 바꿔치기해 주면 사람은 그 사진을 부드럽게 움직이는 동영상으로 인지한다. 이는 시각의 높은 위치 해상도에 비해서 상대적으로 시간 해상도가 낮은데 기인한다. 한편 햅틱은 그 반대다. 위치 해상도(다른 부위를 찔렀을 때 위치를 구별하는 능력)는 낮지만, 시간 해상도 (빠르게 연속적으로 찔렀을 때 이 둘을 구별하는 능력)는 상대적으로 높다. 피부가 고주파 진동에 잘 반응하는 것도 이 때문이다. 우리 피부는 거의 최대 500Hz(1초에 500번 진동)의 진동도 캐치하는데, 이는 피부의 촉감 인지 시간 해상도가 $500 \times 2\text{Hz}$ (Nyquist 이론에 의해) 이상이라는 것을 의미한다. 인간이 인지하는 고주파 영역을 모두 커버할 수 있는 렌더링 알고리즘이라면 1초에 최소 1000번 이상의 신호 갱신이 필요하다는 이야기다. 다시 말해 1ms 내에 모든 계산이 이루어져야 하고, 시각 렌더링보다 거의 20배 빠르게 업데이트되어야 한다는 뜻이다. 그만큼 렌더링의 효율성이 아주 중

요하다.

그러면 구체적으로 어떤 햅틱 속성에 대한 시뮬레이션이 중요할까? 물체 표면의 질감 정보를 얻기 위해 표면을 문지르고, 경도 정보는 누르면서 얻는다. 동적 속성은 물체를 뚫으로써 얻고, 물체의 모양은 물체를 감싸 쥐거나 물체의 외관을 따라가면서 얻는다. 온도도 물체 재질 등을 판단하기 위한 중요한 정보다.

온도 속성은 디스플레이 장치를 만드는 것이 꽤 까다로워서 특별한 햅틱 시스템에서만 다룬다. 펄티어 소자 등 온도를 출력할 수 있는 장치가 있긴 하지만 냉각을 위한 장치를 따로 달아야 하는 등 실용성이 떨어진다. 그러므로 약간 부수적인 속성이라고 보면 된다. 결론적으로 사실적인 촉감 시스템이 되려면 다수의 속성을 동시에 제공하는 것이 바람직하다.

3.지속적인 몰입을 위한 게이미피케이션의 설계

‘게이미피케이션(Gameification)’이란 ‘게임화’ 한다는 의미다.

이는 게임이 아닌 분야에 게임적 요소, 즉 일반적으로 게임에 활용하는 순위표, 경쟁, 미션, 성장 등의 게임 요소를 적용하여 사용자의 지속적인 몰입을 유도하는 것을 의미한다. 헬스케어 앱들이 순위표나 미션, 경쟁 모드 등을 사용하는 것이 좋은 예이다.

이러한 게이미피케이션 기법은 현재의 단조로운 메타버스 몰입 시스템을 더욱 강화할 수 있다. 현재 활용 가능한 메타버스 플랫폼의 경우, 거의 모든 플랫폼이 재미와 몰입을 위해서 사용자의 분신인 아바타 생성 및 꾸미기 시스템을 활용하고 있다. 실제로도 메타버스에 대한 홍보나 메타버스 문화가 소비되는 형태를 보면, 아바타에 집중되고 있다.

TV 조선의 예능 프로그램인 <메타버스 아바타쇼 부캐전성시대>는 메타버스 문화가 어떻게 소비되고 있는지를 잘 보여준다. 일반적으로 메타버스를 ‘부캐릭터’ 즉 아바타로 노는 문화로 이해해 메타버스가 무엇인가? 라는 질문에 아바타로 노는 곳이라는 대답을 하곤한다. 이를 반영하듯이 메타버스 쇼라는 예능에서도, 연예인의 아바타를 만들어 아바타와 실제 연예인의 공연을 교차로 보여주는 방식으로 프로그램을 구성하고 있다. 물론 아바타는 메타버스 플랫폼의 중요 구성 요소이기는 하다. 아바타라는 분신을 통해 현실의 데이터가 가상현실에 반영되기도 한다. 사용자는 이러한 아바타를 통해 현실을 반영해 구성된 미래월드하는 메타버스에서 이동하거나 활동할 수 있다. 즉 아바타는 메타버스라는 공간 활용을 위한 가장 기본적인 요소다. 그러나 아바타 자체, 또는 아바타를 만들거나 꾸미는 것이 메타버스 전체를 의미하지는 않는다. 아바타를 만들고, 꾸미고, 아바타로 이동하고 행동하는 것은 메타버스의 기본 활동이며, 이를 통해 콘텐츠가 풍성해지기도 하지만, 이러한 아바타 시스템만으로 메타버스가 구성된다거나 콘텐츠가 활성화된다는 식으로 접근한다면, 결국 이러한 메타버스 플랫폼은 성공하지 못할 것이다. 콘텐츠의 다양성이나 상호작용적인 측면은 매우 중요하나 요인이다. 즉 일시적으로 접속할 때는 아바타 저작의 다양성 등이 중요하게 적용될 수 있으나, 사용자가 지속해서 메타버스 플랫폼을 이용하도록 하기 위해서는 아바타 시스템 이상으로 콘텐츠의 다양성이 요구된다. 현재는 일반적으로 재미를 위해 다양한 아바타 모션 등이 활용되고 있다.

메타버스 플랫폼에서 기존 디지털 게임이나 SNS와 차별화되는 재미 요소를 활용 혹은 개발하는 것은 향후 메타버스 콘텐츠와 문화가 발전하는 데 중요한 비중을 차지할 것이다. 메타버스에서 중요한 요소 중 하나인 라이프로그킹과 아바타 시스템을 연계한 성장형 아바타 시스템은 메타버스 플랫폼 내에서 현재 대중이 가장 활발하게 사용하는 아바타 시스템과 사용자

들이 다양한 현실 데이터를 연계시켜 아바타를 성장시키는 것이다. RPG(Role Playing Game)에서 사용자가 본인의 아바타나 캐릭터를 성장시키듯이 메타버스에서 아바타를 단순히 꾸미는 것에서 나아간 것이다. 즉 메타버스 플랫폼 내에서의 활동 뿐만 아니라 현실에서 사용자의 다양한 행동이 아바타에게 영향을 주며, 이러한 데이터를 기반으로 아바타가 성장하는 시스템을 의미한다.

예를들어, 사용자는 메타버스에서 본인의 아바타를 활용하여 가상현실 기반의 전시를 관람할 수 있다. 실제 현실에서 전시장으로 방문할 경우, 해당 이력이 메타버스 전시 플랫폼에서 아바타가 성장하는데 영향을 주기도 한다. 혹은 메타버스 전시 공간에서 아바타를 통해 가상체험을하면, 사용자가 현실 전시장을 방문했을 때 다양한 혜택을 제공해주기도 한다. 이러한 성장형 아바타 시스템은 ' 메타버스 공간 안에서의 성장.육성'이라는 재미 요소를 통해 사용자의 지속적인 활동과 방문구조를 형성하며, 실제 전시장을 방문하는 오프라인 활동을 유도한다는 장점이 있다. 이러한 시스템을 다양한 메타버스 서비스에 적용할 수 있으며, 사용자의 적극적인 행동으로 아바타가 성장할 수 있다. 이를 통해 타 사용자의 아바타와 차별화되는 본인만의 아바타를 만들 수 있다는 점에서 기존 꾸미기 위주의 아바타 시스템과 차별화된 재미와 몰입감을 느낄 수 있다. 이러한 성장형 아바타 시스템이 적용된 메타버스 운동 플랫폼이 만들어진다면 실제 현실에서 사용자의 운동 데이터, 예를 들어 운동 지속 시간이나 걸음 수 등이 메타버스 공간에서 아바타의 능력치와 외형에 영향을 줄 것이다. 이를 통해 더 강한 아바타를 만들어 메타버스 내의 다양한 게임에서 내 아바타가 두각을 나타낼 수 있다면, 그 어떤 자극보다 실제로 운동을 자주, 그리고 더 많이 하도록 동기 부여할 수 있을 것이다.