

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2021.7.3.571>

JCCT 2021-8-68

## 비대면 휘트니스 MR 플랫폼 개발을 활용한 운동 수행 효과에 관한 연구

### Study on Effect of Exercise Performance using Non-face-to-face Fitness MR Platform Development

김준우\*

Jun-woo Kim\*

**요약** 본 연구는 기존 휘트니스 사업의 문제점을 극복하고, 코로나 시국에 대한 늘어난 수요를 충족시킬 수 있는 휘트니스 시스템을 구축하고자 수행되었다. 비대면 휘트니스 에듀테인먼트 서비스를 위한 플랫폼 기술로써 다양한 신체 부위 운동 및 네트워크형 정보 동기화가 가능한 차세대 휘트니스 운동 기구이다. 휘트니스 장비의 운동 정보를 동기화하여, MR 기반 아바타를 통한 학습형 콘텐츠로 구성하였다. 이용하는 사용자의 누적 운동 효과에 따른, LSTM 기반 알고리즘을 적용한 AI 분석으로 운동량 분석을 통한 맞춤형 평가 시스템의 적용성을 검토하여 정량화된 결과를 도출하였다. 학계 전문가를 통한, 체계적 운동 기법 적용을 위한 모션 캡처 및 3D 가시화 휘트니스 프로그램으로 이용자의 휘트니스 지식 및 운동능력 향상에 기여할 것이라 판단된다.

**주요어** : 비대면 교육, 휘트니스, 5G, 혼합현실, 헬스케어

**Abstract** This study was carried out to overcome the problems of the existing fitness business and to build a fitness system that can meet the increased demand in the Corona situation. As a platform technology for non-face-to-face fitness edutainment service, it is a next-generation fitness exercise device that can use various body parts and synchronize network-type information. By synchronizing the exercise information of the fitness equipment, it was composed of learning contents through MR-based avatars. A quantified result was derived from examining the applicability of the customized evaluation system through momentum analysis with A.I analysis applying the LSTM-based algorithm according to the cumulative exercise effect of the user. It is a motion capture and 3D visualization fitness program for the application of systematic exercise techniques through academic experts, and it is judged that it will contribute to the improvement of the user's fitness knowledge and exercise ability.

**Key words** : Untact Education, Fitness, 5G wireless communication, Mixed Reality, Health care

\*정회원, 피닉스스튜디오 (제1저자)  
접수일: 2021년 7월 27일, 수정완료일: 2021년 8월 1일  
게재확정일: 2021년 8월 6일

Received: July 27, 2021 / Revised: August 1, 2021

Accepted: August 6, 2021

\*Corresponding Author: phoenixstdo77@gmail.com

Dept. of IT Development, Phoenix Studio, Korea

## I. 서 론

코로나 시국으로 인해 사람들이 모임을 갖는 데 어려움이 증가하고 있는 가운데, 최근 서울 강남구 헬스장에서 집단감염이 발생하였다. 이러한 감염 사태의 원인에는 여러 가지가 있겠지만 평상시 사람이 많이 모이는 곳에 방문한다거나 예방 수칙에 대한 미흡한 실행도 그 중 하나이다.

행정안전부(2011)에 따르면, 현재 예방 수칙에는 개인 방역 5대 핵심 수칙 중 (제 2 수칙) 사람과 사람 사이, 두 팔 간격 건강 거리 두기 (제 5 수칙) 거리는 멀어져도 마음은 가까이.를 두어 집단감염이 발생하지 않도록 명시하였다. 이는 현 휘트니스가 지속해서 점검, 보완하는 대체 시스템이 매우 부족한 상태라고 할 수 있다. 이러한 문제점과 지적에도 불구하고, 여전히 기존의 보여주기식 방역지침방식을 시행하는 곳이 적지 않으며, 현재 전국적으로 운용되는 휘트니스 센터에 대해 대체 시스템을 도입하는 개선이 필요하다는 의견이 제기되고 있다.

이러한 언택트 시대에 대응할 수 있는 휘트니스 솔루션에 대한 수요는, 5G 이동 통신 기술들과 메타버스 기술들을 활용한 다양한 연구개발이 활발하게 이루어지는 현 상황과 맞물려, 휘트니스를 포함한 기존의 접촉이 필수적이었던 다양한 분야에 비 접촉 - 비 대면 솔루션을 제공하기 위한 다양한 시도로 발전하는 계기가 되었으며, 그 배경에는 국내 스마트폰 보급과 성능 업그레이드가 매우 빠르게 진행되어 모바일 디바이스를 이용한 증강현실 서비스가 보편적으로 사용될 수 있게 된 것과 세계 최초로 5G 이동통신망 보급 및 상용화가 있다.[1]

이러한 바탕으로 다양한 메타버스 및 5G 기술들을 활용한 휘트니스 및 헬스 트레이닝 기술이 연구 개발되어왔으나, 특정 기구 운동 또는 스포츠를 메타버스 환경 및 VR/AR/MR 환경에서 즐길 수 있도록 적용하는 시도에서 그치고 말았다.[2]

물론, 실제로 몸을 움직이는 활동을 하는 만큼 운동 효과는 확실히 얻을 수 있겠지만, 칼로리 소모나 체격 변화와 같은 운동 효과에 대한 피드백이 없어 사용자로 하여금 운동에 대한 동기부여가 재미요소 외에는 제공되지 않으며, 홈 트레이닝이나 휘트니스를 수행하는 도중 잘못된 자세나 운동법을 수행하여 운동 상해를 입을

수 있다는 점에 대한 해결책이 요구되는 것이 현실이다.

실제 홈 트레이닝을 하는 이용자가 지식이 미흡하고 피드백이 필요한 시점에서 오프라인 헬스장을 가야하는 점을 극복하기 위해 ‘비대면 휘트니스 헬스케어 에듀테인먼트(Non-face-to-face fitness healthcare edutainment)’는 오프라인 헬스장을 가지 않더라도 사용자가 운동을 수행할 수 있도록 하고, 다양한 트레이닝의 ‘학습효과’를 기대할 수 있게 한다. 또한 장래의 트레이닝 프로그램 개선에 도움이 되는 정보를 얻어내고, 트레이닝 결과를 바탕으로 사용자의 데이터를 가지고 트레이닝 배이스를 구축할 수 있도록 할 수 있다.

한편, 성공적인 트레이닝 결과를 도출하기 위해서는 체계적인 훈련과정이 먼저 정립돼야 하는데, 이러한 측면에서 비대면 휘트니스 헬스케어 에듀테인먼트는 ‘LTSM 기반 알고리즘을 적용한 AI 분석 시스템’으로 각 트레이닝 과정을 지속해서 측정하고 피드백을 주는 것을 의미하며, 체계적인 운동 기법 적용을 위한 모션 캡처와 3D 가상화로써 MR 공간을 기본으로 비대면 교육 시장 확대에 따른 새로운 트레이닝 시장 개척에 대한 가능성을 제시하고 실시간 양방향 교육 플랫폼 구축함으로써 사회적 파급효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

## II. 본 론

### 2-1. 5G/MR 기반 플랫폼 및 센서제어 기술 및 기기

실제 홈 트레이닝을 하는 이용자가 지식이 미흡하고 피드백이 필요한 시점에서 오프라인 헬스장을 가야하는 점을 극복하기 위해 ‘비대면 휘트니스 헬스케어 에듀테인먼트(Non-face-to-face fitness healthcare edutainment)’는 오프라인 헬스장을 가지 않더라도 사용자가 운동을 수행할 수 있도록 하고, 다양한 트레이닝의 ‘학습효과’를 기대할 수 있게 한다. 또한 장래의 트레이닝 프로그램 개선에 도움이 되는 정보를 얻어내고, 트레이닝 결과를 바탕으로 사용자의 데이터를 가지고 트레이닝 배이스를 구축할 수 있도록 할 수 있다.

한편, 성공적인 트레이닝 결과를 도출하기 위해서는 체계적인 훈련과정이 먼저 정립돼야 하는데, 이러한 측면에서 비대면 휘트니스 헬스케어 에듀테인먼트는 ‘LTSM 기반 알고리즘을 적용한 AI 분석 시스템’으로

각 트레이닝 과정을 지속해서 측정하고 피드백을 주는 것을 의미하며, 체계적인 운동 기법 적용을 위한 모션 캡처와 3D 가시화로써 MR 공간을 기본으로 비대면 교육 시장 확대에 따른 새로운 트레이닝 시장 개척에 대한 가능성을 제시하고 실시간 양방향 교육 플랫폼 구축함으로써 사회적 파급효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2-2. 운영 절차

첫째, 웨트니스 다바이스와 모바일 다바이스의 블루투스 연동을 위해 서로 간 같은 와이파이에 접속시켜 동기화할 수 있는 상태로 만든다. 서로 간의 네트워크 접속을 완료하고 통신이 가능한 상태로 네트워크 접속을 한다. 이는 웨트니스 다바이스와 모바일 다바이스가 실시간 데이터를 주고받기 위함이다.

둘째, 모바일 다바이스와 스마트 TV 등 스트리밍을 할 수 있는 기기를 준비하고 미러링을 이용하여 두 기기의 연동을 한다. 이렇게 함으로써 실제 운동을 하고 있을 때, 제대로 보면서 확인이 가능하다.

셋째, 통신 준비를 마친 상태로 웨트니스 다바이스로 모바일 다바이스를 조작하여 운동을 실행한다. 사용자의 필요한 정보를 입력하고 원하는 운동을 선택하여 트레이닝을 진행한다.

트레이닝하는 도중 실시간으로 피드백을 받아 크게 알맞게 진행을 한 후, 트레이닝이 종료되면 자동으로 그 정보는 데이터 파일로 저장되고 다음 훈련을 진행할 때 반영되어 추천 운동을 받게 된다.

## 2-3. 사용자 추천 트레이닝 프로그램

SPT (Standard Personal Training) 아바타를 이용하여 운동 프로그램의 표준 자세를 측정하고 모션 캡처를 통해 SPT 아바타 데이터 추출 및 AI 모델을 생성하였다.

LSTM (Long Short-Term Memory) 기반의 AI 알고리즘을 적용한 사용자별 운동 기록 분석 및 예측으로 사용자의 데이터를 축적하여 분석하는 맞춤형 헬스케어 관리 시스템이다. 학계 전문가와 웨트니스 PG개발로써 칼로리 소모량 MET (Metabolic Equivalent of Task) 계산법을 사용하였다. 웨트니스 기구를 이용한 각도 등에 따른 정확한 자세를 분석하여 사용자는 빠른 피드백을 받을 수 있다. 단순히 트레이닝 목적만 있는 것이 아니라 노약자 등의 재활 훈련에도 큰 도움이 된다.

관절의 가동범위 측정 및 분석으로 운동 방법에 따라 표준 범위의 관절가동범위를 추출한다.

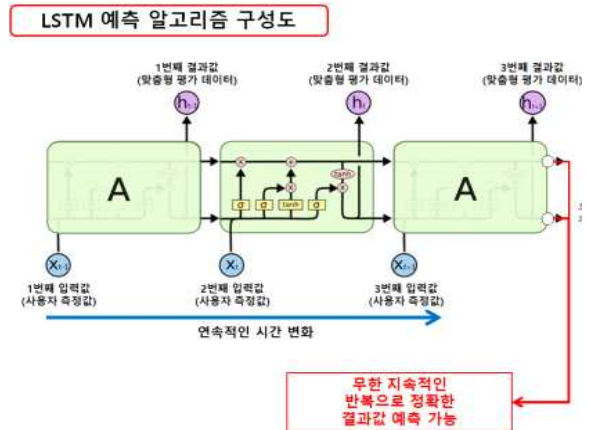


그림 1. LSTM 예측 알고리즘 구성도  
 Figure 1. LSTM prediction algorithm block diagram

추출된 결과치에 따라 가동률, 즉 달성도를 보여주어 정확한 동작을 예측할 수 있으며, 잘못된 동작으로 인한 운동 상해의 예방을 기대할 수 있다. 운동 강도, 진행 정도 등의 누적된 사용자의 운동기록 정보들을 분석하고 사용한 칼로리나 소모한 체지방, 관절의 가동범위 변화 등의 정보를 시각화 및 수치화하여 사용자에게 제공한다.

## 2-4. 트레이닝 씬

트레이닝의 목적은 사용자에게 기초운동 지식과 실제 트레이닝 효과를 주기 위함이다. 사용자로 하여금 실제 운동을 하는 듯한 느낌을 주기 위해 모션캡처 및 3D 가시화를 이용해 센서의 데이터 값의 Raw 데이터의 필터링을 한다. (Low Pass Filter, Kalman filter 등의 복합사용) 센서 드리프트 보정 기술을 이용하여 아바타 자세, 추출된 포인트별 자세 추적 스켈레톤, 최초 센서의 칼리브레이션 기술로 루틴을 시작하기 전 장비의 칼리브레이션을 진행, 사용자의 키, 팔 길이 등의 정보를 이용하여 훈련에 임할 수 있는 상태로 진행한다.



그림 2. 가동 범위 측정 예시  
 Figure 2. Example of measuring range of motion

관절가동범위 표준양식									
관절명	관절종류	좌측관절(°)				우측관절(°)			
		상	하	내	외	상	하	내	외
목관절 (A.M.A)	회전	45			45				
	굴곡	45			45				
	신전	45			45				
	외회전	45			45				
	내회전	45			45				
어깨관절 (A.M.A)	회전	45			45				
	굴곡	45			45				
	신전	45			45				
	외회전	45			45				
	내회전	45			45				
팔꿈치관절 (A.M.A)	회전	45			45				
	굴곡	45			45				
	신전	45			45				
	외회전	45			45				
	내회전	45			45				
손목관절 (A.M.A)	회전	45			45				
	굴곡	45			45				
	신전	45			45				
	외회전	45			45				
	내회전	45			45				
허리관절 (A.M.A)	회전	45			45				
	굴곡	45			45				
	신전	45			45				
	외회전	45			45				
	내회전	45			45				
고관절 (A.M.A)	회전	45			45				
	굴곡	45			45				
	신전	45			45				
	외회전	45			45				
	내회전	45			45				
무릎관절 (A.M.A)	회전	45			45				
	굴곡	45			45				
	신전	45			45				
	외회전	45			45				
	내회전	45			45				
발목관절 (A.M.A)	회전	45			45				
	굴곡	45			45				
	신전	45			45				
	외회전	45			45				
	내회전	45			45				

그림 3. 관절 가동범위 표준 양식  
Figure 3. Joint range of motion standard form

2-5. 트레이닝 평가 항목


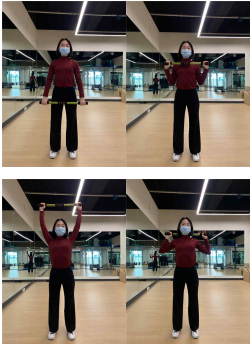


트레이닝 별 각각 평가항목이 나뉜다. '본격 하체 집중공략'이라는 프로그램은 하체 집중 단련을 위한 프로그램으로 구성되어 있어 둔근, 대퇴사두근, 발목 강화, 비복근 강화 등 전체적인 하체 근육들을 고루 발달시킬 수 있다. 하체는 인간의 신체 균형을 잡는 중심과 같은 지지대 역할을 해내기 때문에 이를 단련한다면 평소 하체가 부실했던 이용자들이 중심을 잘 잡고 안정감 있는 바디 형태를 만드는 데 큰 도움을 줄 수 있다.

'슬림탄탄 상체 만들기'라는 프로그램에서는 이 프로그램을 꾸준히 진행하였을 때 상체의 근육(복근, 삼각근, 삼두근, 이두근, 광배근, 척추기립근 등)들을 발달시킬 수 있다. 목적은 복부 및 상체 근력상체근력 강화, 체간 안정성 유지이다.

'초심자를 위한 스틱 트레이닝'이라는 프로그램으로 관절 가동성과 유연성을 향상할 수 있으며 전체적인 근력 강화의 효과를 기대할 수 있다. 초보자를 대상으로 만든 프로그램이기 때문에 웨이트 자세의 올바른 방법을 숙지할 수 있다. 목적은 웨이트 운동의 기본자세 숙지, 근력 강화이다.

'하루 10분 전신순환 운동'이라는 프로그램에서는 스틱을 이용한 상체와 하체의 다양한 근력운동을 최소한의 시간을 활용해 단련시킬 수 있는 운동으로서 운동능력의 향상에 기본이 되는 근육계 및 호흡계의 향상을 도모할 수 있다. 목적은 근력 및 심폐 지구력 향상, 체간 안정성 유지이다.

표 1. '슬림탄탄 상체 만들기' 운동 프로그램 상세  
Table 1. Details of the "slim & robust upper body" exercise program

운동 프로그램 명	운동 동작	동작 이미지
슬림탄탄 상체 만들기	스탠딩 스틱 체스트 플라이	
	리버스 바벨 컬 숄더 프레스 비하인드 넥 스틱 풀 다운	
	리버스 바벨 컬	
	시티드 리스트 컬	

III. 실험 및 결과

비대면 휘트니스 에듀테인먼트 서비스 시스템에서 개발한 휘트니스 트레이닝 콘텐츠의 실질적인 운동 효과 검증과 비교를 위해 본 실험에서는 운동성과 산출과 비교를 위한 산출 공식으로 METs(Metabolism) 단위를 활용하였으며, 실험 수행 대상자로 신장 174cm(±1cm), 체중 80kg(±2kg), 기초대사량 1500 kcal(±100 kcal)인 과체중 남성을 기준으로 1주일간 진행하였다.

METs를 활용한 소모 칼로리 산출 공식은 아래와 같다.

$$1,000\text{mL} = 1\text{L}$$

$$n\text{METs(mL)} = n * (3.5 * \text{Weight(kg)} * \text{Time(Min)})$$

$$n\text{METs(L)} * 5(\text{kcal}) = \text{Use Kcal (kcal)}$$

METs별 해당 운동 종목에 대한 분류는 아래의 표2과 같다.

표 2. 대표적인 운동종목의 METs 별 분류[3]  
 Table 2. Classification of representative sports by METs

METs	종목
3.0	볼링, 윈드서핑, 필라테스, 요가
3.5	체조, 계단오르내리기, 골프, 일반적인 걷기
4.0	자전거타기(천천히), 탁구, 배구 출퇴근길 도보, 아쿠아로빅
5.0	야구, 스노클링, 사냥
5.5	헬스클럽(일반적), 사교댄스, 승마
6.0	저항운동, 조깅과 걷기 조합, 테니스(복식), 하이킹, 스키, 수영, 복싱(샌드백)
7.0	배드민턴시합, 농구, 라켓볼, 스케이팅, 축구, 스쿠버다이빙, 조깅, 스키, 테니스(일반)
8.0	등산, 달리기(8km/h), 미식축구, 암벽등반, 테니스(단식), 아이스하키
9.0	복싱(스파링)
10.0	줄넘기(보통), 장거리달리기, 킥복싱

비대면 휘트니스 에듀테인먼트 서비스 시스템에 적용된 콘텐츠는 휘트니스 디바이스를 이용한 체조 형태의 운동이므로, 비교 대상을 METs 3.5를 기준으로 하고, 실험 수행 대상자가 1주일간 기초 대사량 만큼의 열량을 섭취하고 매일 하루 1시간 동안 METs 3.5 기준의 운동을 수행한다고 가정하였을 때 아래 계산 결과만큼의 열량을 소모하게 된다.

$$3.5\text{ml} * (3.5 * 80\text{kg} * 60\text{m}) = 58,800\text{ml} (58.8\text{L})$$

$$58.8\text{L} * 5\text{kcal} = 294\text{kcal}$$

$$294\text{kcal} * 7\text{days} = 2,058\text{kcal}$$

여기서, 1kg의 지방을 소모하기 위해 필요한 열량을 7200kcal(지방 1g(9kcal) \* 1,000 \* 지방세포 순수 지방 구성율(0.8))로 가정하였을 때, 0.28kg의 만큼의 체중 감량이 이루어져야 한다.

이를 검증하기 위하여 실험 수행 대상자가 1주일 간 하루 1시간씩 비대면 휘트니스 에듀테인먼트 서비스 시스템을 이용하여 ‘슬림탄탄 상체 만들기’ 프로그램 콘텐츠를 따라서 운동한 뒤, 체중을 기록한 결과가 아래의 표 3와 같다.

표 3. 비대면 휘트니스 디바이스를 이용한 운동 프로그램 수행 후 체중 변화 표.

Table 3. Weight change table after performing an exercise program using a non-face-to-face fitness device.

Days	Weight (kg)
0	80.90
1	80.94
2	80.88
3	80.86
4	80.78
5	80.71
6	80.66
7	80.59

표를 기준으로, 시험을 시작 전과 후의 체중 차가 80.90 - 80.59 = 0.31(kg) 발생한 것을 확인할 수 있다.

이를 통해 비대면 휘트니스 에듀테인먼트 서비스 시스템을 활용한 ‘슬림탄탄 상체 만들기’ 프로그램 콘텐츠의 METs 지수를 역추산하면 아래와 같다.

$$1000\text{g} : 7200\text{kcal} = 310\text{g} : x \text{ kcal}$$

$$x = 2232 \text{ (kcal)}$$

$$\text{일일 평균 소모 열량} = 2,232 / (7 * 5) * 1,000 \approx 63,771.43(\text{mL})$$

$$63,771.43(\text{mL}) / (3.5 * 80\text{kg} * 60\text{m}) \approx 3.80 \text{ (Mets)}$$

즉, 비대면 휘트니스 에듀테인먼트 서비스 시스템을 활용한 ‘슬림탄탄 상체 만들기’ 프로그램 콘텐츠의 METs 지수는 3.8로, 체조, 계단 오르내리기, 골프 등의 운동과 비슷하거나 더 효과적인 운동 효과를 얻을 수 있다는 것이 증명되었다.

단, 체중 변동에 영향을 주는 변수가 다양하며, 실험 수행 대상자의 생활 대사량, 섭취 열량, 생활 환경, 근무 환경 등을 모두 동일하게 통제할 수 없기 때문에, 비대면 휘트니스 에듀테인먼트 서비스 시스템을 이용하여 산출된 만큼의 체중 감량을 하게 되었다는 결론을 내기 어려우므로, 더욱 정확한 체중 감량 효과를 목시하기 위하여 더 많은 시험 샘플을 필요로 할 것이다. 하지만, 이번 시험을 통하여 METs 3.0~4.0 급의 운동 효과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

## V. 결 론

본 연구는 기존 휘트니스에 대한 한계점을 체계적인 트레이닝 및 평가 시스템으로 개선하기 위해 다음과 같은 휘트니스 시스템을 개발하기 위해 진행되었다.

1) 코로나 시국에 의한 오프라인 매장 방문의 부담감을 줄이기 위해 사용하는 모바일 디바이스와 휘트니스 기기로 개인이 홈 트레이닝을 할 수 있도록 구성하였다.

2) 홈 트레이닝의 단점인 피드백을 즉각적으로 볼 수 있도록 트레이닝 씬에서 피드백을 받으며, 3D 콘텐츠를 이용하여 자신이 제대로 트레이닝을 하는지 가시적으로 확인이 가능하다.

3) 준비된 프로그램은 전문가들의 조언과 데이터를 이용하여 기준이 된 데이터이므로 훈련자가 트레이닝

을 진행하기에 큰 어려움이 없는 정도로 정립되어 있다.

4) 휘트니스 디바이스와 모바일 디바이스를 이용하여 적용성 검토를 하기 위해서 현장 테스트를 실시하였고, 정량화된 결과를 도출하였다.

5) 이러한 휘트니스 트레이닝을 체계화, 정량화할 수 있으면 이용자의 휘트니스 지식과 자세 훈련 능력을 실질적으로 향상할 수 있다는데 그 의의를 둘 수 있다.

## VI. 후 기

본 연구개발은 한국콘텐츠진흥원 주도의 "2020년 문화기술 연구개발 지원사업"(R2020060058)의 연구개발비 지원을 통해 수행되었으며, 이에 깊이 감사드립니다.

## References

- [1] Jeong Su Kim, Moon Ho Lee. 5G Mobile Communications: 4th Industrial Aorta, <http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2018.4.1.337>(JCCT 2018-2-42), The Journal of the Convergence on Culture Technology, 2018, p. 337-351
- [2] Jin-mo Im, Eun-Jin Jang, et al. Mixed reality health management model using smart phone, <http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2018.4.2.185> (JCCT 2018-5-24), The Journal of the Convergence on Culture Technology, 2018, p. 185-189
- [3] Exercise standards for health promotion 2006

※ 사업명 : 비대면 휘트니스 에듀테인먼트 서비스 를 위한 5G/MR 기반 플랫폼 및 센싱 기술 개발
--

※ 주최: 한국 콘텐츠 진흥원
------------------