



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0106312
(43) 공개일자 2024년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 3/01 (2006.01) G06N 3/0464 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G06F 3/016 (2013.01)
G06N 3/0464 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2022-0189057
(22) 출원일자 2022년12월29일
심사청구일자 2022년12월29일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
전석희
경기도 수원시 영통구 봉영로 1526, 706동 1204호(영통동, 살구골 진덕,서광,성지,동아 아파트)
줄레카 비비 줄리
경기도 수원시 영통구 매영로415번길 42-28, 302호(영통동)
하산 와심
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732(서천동)
(74) 대리인
두호특허법인

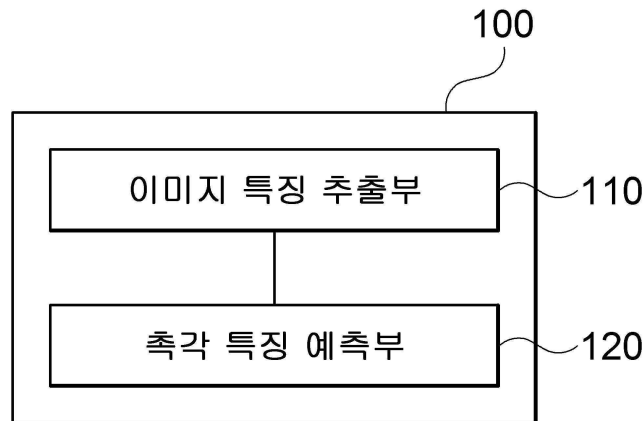
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **햅틱 질감 예측 장치 및 방법**

(57) 요약

이미지 특징으로부터 햅틱 질감 특징을 예측하는 햅틱 질감 예측 장치 및 방법이 개시된다. 일 실시예에 따른 햅틱 질감 예측 장치는 입력된 이미지로부터 이미지 특징 벡터를 생성하는 이미지 특징 추출부; 및 이미지 특징 벡터에 기초하여 입력된 이미지에 포함된 물체의 표면에 대한 촉각 특징 벡터를 생성하는 촉각 특징 예측부를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711174142
과제번호	00156354
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명	실-가상 연계 메타버스를 위한 초실감 XR 기술 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세종대학교산학협력단
연구기간	2022.07.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

입력된 이미지로부터 이미지 특징 벡터를 생성하는 이미지 특징 추출부; 및

상기 이미지 특징 벡터에 기초하여 상기 입력된 이미지에 포함된 물체의 표면에 대한 촉각 특징 벡터를 생성하는 촉각 특징 예측부를 포함하는, 햅틱 질감 예측 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 이미지 추출부는

서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈을 포함하며,

상기 서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈의 출력을 연결(concatenation)하여 상기 이미지 특징 벡터를 생성하는, 햅틱 질감 예측 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 이미지 특징 추출 모듈은 ResNet50, 지역 이진 패턴(Local Binary Pattern, LBP) 및 명암도 동시발생 행렬(Gray-Level Co-occurrence Matrix, GLCM) 중 적어도 둘 이상인, 햅틱 질감 예측 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 촉각 특징 예측부는

이미지 특징 벡터로부터 촉각 특징을 예측하여 촉각 특징 벡터를 생성하도록 학습된 인공 신경망을 포함하는, 햅틱 질감 예측 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 촉각 특징 벡터는

거친-매끄러운(rough-smooth), 평평한-울퉁불퉁한(flat-bumpy), 끈적한-미끄러운(sticky-slippery) 및 단단한-부드러운(hard-soft)에 대한 4차원 공간으로 구성되는, 햅틱 질감 예측 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 인공 신경망은

하나 이상의 학습 이미지 및 상기 하나 이상의 학습 이미지 각각에 대한 정답값인 촉각 특징 벡터로 구성된 학

습 데이터를 기초로 학습되는, 햅틱 질감 예측 장치.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 인공 신경망은 1차원 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)인, 햅틱 질감 예측 장치.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 인공 신경망은

서로 다른 크기의 커널이 적용되는 둘 이상의 하위-합성곱 신경망(sub-CNN)으로 구성되는, 햅틱 질감 예측 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 둘 이상의 하위-합성곱 신경망은 병렬로 구성되어 각각 상기 이미지 특징 벡터를 입력 받으며,

상기 둘 이상의 하위-합성곱 신경망의 출력은 완전 연결층(fully connected layer)에서 연결(concatenate)되는, 햅틱 질감 예측 장치.

청구항 10

하나 이상의 프로세서들, 및

상기 하나 이상의 프로세서들에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램들을 저장하는 메모리를 구비한 컴퓨팅 장치에서 수행되는 햅틱 질감 예측 방법으로서,

입력된 이미지로부터 이미지 특징 벡터를 생성하는 이미지 특징 추출 단계; 및

상기 이미지 특징 벡터에 기초하여 상기 입력된 이미지에 포함된 물체의 표면에 대한 촉각 특징 벡터를 생성하는 촉각 특징 예측 단계를 포함하는, 햅틱 질감 예측 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 이미지 추출 단계는

서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈을 이용하며,

상기 서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈의 출력을 연결(concatenation)하여 상기 이미지 특징 벡터를 생성하는, 햅틱 질감 예측 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 이미지 특징 추출 모듈은 ResNet50, 지역 이진 패턴(Local Binary Pattern, LBP) 및 명암도 동시발생 행

렬(Gray-Level Co-occurrence Matrix, GLCM) 중 적어도 둘 이상인, 헵틱 질감 예측 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 촉각 특징 예측 단계는

이미지 특징 벡터로부터 촉각 특징을 예측하여 촉각 특징 벡터를 생성도록 학습된 인공 신경망을 이용하는, 헵틱 질감 예측 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 촉각 특징 벡터는

거친-매끄러운(rough-smooth), 평평한-울퉁불퉁한(flat-bumpy), 끈적한-미끄러운(sticky-slippery) 및 단단한-부드러운(hard-soft)에 대한 4차원 공간으로 구성되는, 헵틱 질감 예측 방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 인공 신경망은

하나 이상의 학습 이미지 및 상기 하나 이상의 학습 이미지 각각에 대한 정답값인 촉각 특징 벡터로 구성된 학습 데이터를 기초로 학습되는, 헵틱 질감 예측 방법.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 인공 신경망은 1차원 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)인, 헵틱 질감 예측 방법.

청구항 17

제 13 항에 있어서,

상기 인공 신경망은

서로 다른 크기의 커널이 적용되는 둘 이상의 하위-합성곱 신경망(sub-CNN)으로 구성되는, 헵틱 질감 예측 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 둘 이상의 하위-합성곱 신경망은 병렬로 구성되어 각각 상기 이미지 특징 벡터를 입력 받으며,

상기 둘 이상의 하위-합성곱 신경망의 출력은 완전 연결층(fully connected layer)에서 연결(concatenate)되는, 헵틱 질감 예측 방법.

청구항 19

비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(non-transitory computer readable storage medium)에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서,

상기 컴퓨터 프로그램은 하나 이상의 명령어들을 포함하고, 상기 명령어들은 하나 이상의 프로세서들을 갖는 컴퓨팅 장치에 의해 실행될 때, 상기 컴퓨팅 장치로 하여금,

입력된 이미지로부터 이미지 특징 벡터를 생성하는 이미지 특징 추출 단계; 및

상기 이미지 특징 벡터에 기초하여 상기 입력된 이미지에 포함된 물체의 표면에 대한 촉각 특징 벡터를 생성하는 촉각 특징 예측 단계를 수행하도록 하는, 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술분야

[0001] 이미지 특징으로부터 햅틱 질감 특징을 예측하는 햅틱 질감 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0003] 인간이 질감에 대한 정보를 얻기 위해 사용하는 최초의 매체는 시각적 감각이다. 질감의 외관은 대부분의 경우 질감의 물리적 속성을 성공적으로 식별할 수 있는 충분한 정보를 제공할 수 있다. 나아가, 질감에 대한 심층적인 정보를 얻기 위하여 인간은 촉각에 의존한다. 일상 생활의 상호 작용에서 인간은 이 두 가지 감각을 사용하여 그들 주변의 모든 촉각의 촉각적 속성을 식별할 수 있다.

[0004] 시각적 특징은 RGB 모델로 쉽게 설명할 수 있다. RGB 모델은 물체의 시각적 특징을 식별하기 위한 낮은 수준의 설명자이다. 반면, 물체의 촉각적 특징은 RGB 모델과 유사한 시스템을 가지고 있지 않다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-2398389호(2022.05.16)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이미지 특징으로부터 햅틱 질감 특징을 예측하는 햅틱 질감 예측 장치 및 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 일 양상에 따르면, 햅틱 질감 예측 장치는 입력된 이미지로부터 이미지 특징 벡터를 생성하는 이미지 특징 추출부; 및 이미지 특징 벡터에 기초하여 입력된 이미지에 포함된 물체의 표면에 대한 촉각 특징 벡터를 생성하는 촉각 특징 예측부를 포함할 수 있다.

[0010] 이미지 추출부는 서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈을 포함하며, 서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈의 출력을 연결(concatenation)하여 이미지 특징 벡터를 생성할 수 있다.

[0011] 이미지 특징 추출 모듈은 ResNet50, 지역 이진 패턴(Local Binary Pattern, LBP) 및 명암도 동시발생 행렬(Gray-Level Co-occurrence Matrix, GLCM) 중 적어도 둘 이상일 수 있다.

[0012] 촉각 특징 예측부는 이미지 특징 벡터로부터 촉각 특징을 예측하여 촉각 특징 벡터를 생성도록 학습된 인공 신

경망을 포함할 수 있다.

- [0013] 촉각 특징 벡터는 거친-매끄러운(rough-smooth), 평평한-울퉁불퉁한(flat-bumpy), 끈적한-미끄러운(sticky-slippery) 및 단단한-부드러운(hard-soft)에 대한 4차원 공간으로 구성될 수 있다.
- [0014] 인공 신경망은 하나 이상의 학습 이미지 및 하나 이상의 학습 이미지 각각에 대한 정답값인 촉각 특징 벡터로 구성된 학습 데이터를 기초로 학습될 수 있다.
- [0015] 인공 신경망은 1차원 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)일 수 있다.
- [0016] 인공 신경망은 서로 다른 크기의 커널이 적용되는 둘 이상의 하위-합성곱 신경망(sub-CNN)으로 구성될 수 있다.
- [0017] 둘 이상의 하위-합성곱 신경망은 병렬로 구성되어 각각 이미지 특징 벡터를 입력 받으며, 둘 이상의 하위-합성곱 신경망의 출력은 완전 연결층(fully connected layer)에서 연결(concatenate)될 수 있다.
- [0018] 일 양상에 따르면, 하나 이상의 프로세서들, 및 하나 이상의 프로세서들에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램들을 저장하는 메모리를 구비한 컴퓨팅 장치에서 수행되는 햅틱 질감 예측 방법은 입력된 이미지로부터 이미지 특징 벡터를 생성하는 이미지 특징 추출 단계; 및 이미지 특징 벡터에 기초하여 입력된 이미지에 포함된 물체의 표면에 대한 촉각 특징 벡터를 생성하는 촉각 특징 예측 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 이미지 추출 단계는 서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈을 이용하며, 서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈의 출력을 연결(concatenation)하여 이미지 특징 벡터를 생성할 수 있다.
- [0020] 촉각 특징 예측 단계는 이미지 특징 벡터로부터 촉각 특징을 예측하여 촉각 특징 벡터를 생성하도록 학습된 인공 신경망을 이용할 수 있다.
- [0021] 일 양상에 따르면, 비일시적 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(non-transitory computer readable storage medium)에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서, 컴퓨터 프로그램은 하나 이상의 명령어들을 포함하고, 명령어들은 하나 이상의 프로세서들을 갖는 컴퓨팅 장치에 의해 실행될 때, 컴퓨팅 장치로 하여금, 입력된 이미지로부터 이미지 특징 벡터를 생성하는 이미지 특징 추출 단계; 및 이미지 특징 벡터에 기초하여 입력된 이미지에 포함된 물체의 표면에 대한 촉각 특징 벡터를 생성하는 촉각 특징 예측 단계를 수행하도록 할 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 일 실시예에 다른 햅틱 질감 예측 장치를 이용하는 경우, 질감 표면을 인간 피실험자에 의해 등급이 매겨진 촉각 속성에 의해 정의할 수 있다. 또한, 4차원의 햅틱 속성 공간에 기초하여 특정 물체의 질감을 인지적으로 확인할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 일 실시예에 따른 햅틱 질감 예측 장치의 구성도이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 햅틱 질감 예측 장치의 구성을 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 3은 일 예에 따른 촉각 특징 벡터를 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 4는 일 예에 따른 학습 데이터를 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 인공 신경망의 구조를 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 6은 일 실시예에 따른 햅틱 질감 예측 방법을 도시한 흐름도이다.
- 도 7은 예시적인 실시예들에서 사용되기에 적합한 컴퓨팅 장치를 포함하는 컴퓨팅 환경을 예시하여 설명하기 위한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며

본 발명은 이에 제한되지 않는다.

- [0027] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.
- [0028] 또한, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성 요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성 요소도 제1 구성 요소로 명명될 수 있다.
- [0029] 도 1은 일 실시예에 따른 햅틱 질감 예측 장치의 구성도이다.
- [0030] 일 실시예에 따르면, 햅틱 질감 예측 장치(100)는 입력된 이미지로부터 이미지 특징 벡터를 생성하는 이미지 특징 추출부(110) 및 이미지 특징 벡터에 기초하여 입력된 이미지에 포함된 물체의 표면에 대한 촉각 특징 벡터를 생성하는 촉각 특징 예측부(120)를 포함할 수 있다.
- [0031] 일 예로, 햅틱 질감 예측 장치(100)는 지각적으로 의미 있는 햅틱 속성을 기초로 질감 표면이 위치한 표준화된 공간을 제공할 수 있다. 예를 들어, 햅틱 질감 예측 장치(100)는 이미지에서 질감 표면의 햅틱 속성을 정확하게 예측한 후 햅틱 속성 공간에서 정량 가능한 햅틱 특징 측면에서 햅틱 질감을 위치시킬 수 있다.
- [0032] 여기서, 햅틱 속성 공간은 거친-매끄러운(rough-smooth), 평평한-울퉁불퉁한(flat-bumpy), 끈적한-미끄러운(sticky-slippery) 및 단단한-부드러운(hard-soft)의 4차원으로 이루어지는 공간일 수 있다. 이러한 4차원의 햅틱 속성 공간을 정의함에 따라 햅틱 속성 공간의 값만 가지고도 특정 물체의 표면 질감을 인지적으로 확인할 수 있게 된다.
- [0033] 예를 들어, 시각적 질감은 RGB 값을 통해 인지적으로 확인할 수 있듯이, 표면 질감은 개시되는 실시예에서 정의되는 4차원의 햅틱 속성 공간의 값을 통해 인지적으로 확인할 수 있게 된다. 햅틱 속성 공간은 촉각 특징 벡터로 표현할 수 있으며 이에 대한 자세한 설명은 후술하기로 한다.
- [0034] 일 실시예에 따르면, 이미지 추출부(110)는 서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈을 포함할 수 있다. 예를 들어, 이미지 특징 추출 모듈은 ResNet50, 지역 이진 패턴(Local Binary Pattern, LBP) 및 명암도 동시발생 행렬(Gray-Level Co-occurrence Matrix, GLCM) 중 적어도 둘 이상일 수 있다.
- [0035] 도 2를 참조하면, 이미지 추출부(110)는 ResNet50, 지역 이진 패턴(LBP) 및 명암도 동시발생 행렬(GLCM)을 포함하여 구성될 수 있다. 이때, 이미지 추출부(110)는 ResNet50, 지역 이진 패턴(LBP) 및 명암도 동시발생 행렬(GLCM)은 각각 이미지를 입력 받을 수 있다.
- [0036] 일 예로, ResNet50 모델은 입력 이미지에 포함된 표면 이미지에서 더 높은 수준의 심층 특징을 캡처할 수 있다. 예를 들어, ResNet50 모델은 입력 이미지의 크기를 224 X 224로 조절할 수 있으며, 1 X 1000 크기의 이미지 특징 벡터를 출력할 수 있다.
- [0037] 일 예로, 이미지 추출부(110)는 지역 이진 패턴(LBP)을 사용하여 이미지의 로컬 픽셀 정보를 계산할 수 있다. 지역 이진 패턴(LBP)은 원형 이웃 영역을 임계화하여 이미지의 픽셀 값을 비교하며, 이를 통하여 지역 공간 패턴을 계산할 수 있다. 지역 이진 패턴(LBP)은 입력 이미지를 224 X 224 크기의 여러 셀로 나눌 수 있으며, 각 셀에 대해 LBP 연산을 수행하여 1 X 59 크기의 특징 벡터를 생성할 수 있다. 이후, 지역 이진 패턴(LBP)은 각 셀에서 얻은 특징 벡터를 조합하여 1 X 2891 크기의 이미지 특징 벡터를 출력할 수 있다.
- [0038] 일 예로, 명암도 동시발생 행렬(GLCM)은 입력 이미지를 1568 X 1568로 크기를 조정할 수 있으며, 크기 조정된 입력 이미지에 GLCM 방법을 적용하여 8 X 8 매트릭스를 생성할 수 있다. 이후, 명암도 동시발생 행렬(GLCM)은 이 행렬을 평탄화하여 1 X 64 크기의 이미지 특징 벡터를 생성할 수 있다.

- [0039] 일 실시예에 따르면, 이미지 추출부(110)는 서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈의 출력을 연결(concatenation)하여 이미지 특징 벡터를 생성할 수 있다.
- [0040] 일 예에 따르면, 도 2에서와 같이 이미지 추출부(110)는 ResNet50, 지역 이진 패턴(LBP) 및 명암도 동시발생 행렬(GLCM)의 출력을 입력 받아 특징 벡터를 연결할 수 있다. 예를 들어, ResNet50, 지역 이진 패턴(LBP) 및 명암도 동시발생 행렬(GLCM)을 사용하여 표면 특징을 캡처한 후 특징 벡터를 연결하여 크기가 1X3955인 이미지 특징 벡터를 생성한 후 촉각 특징 예측부(120)에 대한 입력으로 전달할 수 있다.
- [0041] 일 실시예에 따르면, 촉각 특징 예측부(120)는 이미지 특징 벡터로부터 촉각 특징을 예측하여 촉각 특징 벡터를 생성도록 학습된 인공 신경망을 포함할 수 있다.
- [0042] 일 예에 따르면, 촉각 특징 벡터는 거친-매끄러운(rough-smooth), 평평한-울퉁불퉁한(flat-bumpy), 끈적한-미끄러운(sticky-slippery) 및 단단한-부드러운(hard-soft)에 대한 4차원 공간으로 구성될 수 있다. 도 3을 참조하면, 특정 입력 이미지에 대한 촉각 특징 벡터는 거친-매끄러운(rough-smooth), 평평한-울퉁불퉁한(flat-bumpy), 끈적한-미끄러운(sticky-slippery) 및 단단한-부드러운(hard-soft)으로 구분되는 4개의 축을 이용하여 4차원으로 표시될 수 있다.
- [0043] 일 실시예에 따르면, 인공 신경망은 하나 이상의 학습 이미지 및 하나 이상의 학습 이미지 각각에 대한 정답값인 촉각 특징 벡터로 구성된 학습 데이터를 기초로 학습될 수 있다.
- [0044] 일 예로, 학습 데이터를 구성하는 학습 이미지는 도 4와 같이 나타낼 수 있다. 예를 들어, 학습 이미지는 100개의 표면 특징에 대한 이미지로 구성될 수 있다. 또한, 학습 데이터는 학습 이미지에 대한 촉각 특징 벡터를 포함할 수 있다.
- [0045] 일 예에 따르면, 학습 데이터의 촉각 특징 벡터는 100개의 다른 질감 표면에 대한 학습 이미지에 대하여 인간 피험자의 다차원 척도법 (Multidimensional scaling, MDS)을 통해 생성될 수 있다. 예를 들어, 학습 이미지에 대한 촉각 특징 벡터는 도 3과 같이 4차원 공간으로 표시될 수 있다. 이에 따라, 모든 촉각은 4차원 공간에 위치할 수 있다.
- [0046] 일 실시예에 따르면, 인공 신경망은 1차원 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)일 수 있다. 예를 들어, 이미지 특징 벡터와 촉각 특징 벡터의 관계는 도 5와 같이 다중 스케일 1차원 합성곱 신경망을 사용하여 설정될 수 있다. 1차원 합성곱 신경망은 이미지 특징 추출부(110)에서 추출된 이미지 특징 벡터를 입력으로 취하고, 이미지에 대한 촉각 특징을 예측할 수 있다.
- [0047] 일 실시예에 따르면, 인공 신경망은 서로 다른 크기의 커널이 적용되는 둘 이상의 하위-합성곱 신경망(sub-CNN)으로 구성될 수 있다. 도 5를 참조하면, 인공 신경망(121)은 두 개의 하위 합성곱 신경망(122, 123)으로 구성될 수 있다.
- [0048] 일 예로, 두 개의 하위-합성곱 신경망은 서로 다른 규모에서 세부 정보를 캡처하므로 매크로 및 마이크로 수준 정보를 별도로 캡처할 수 있다. 예를 들어, 각각의 하위-합성곱 신경망은 5개의 1차원 합성곱 층, 2개의 1차원 최대 풀링 층 및 2개의 완전 연결 층으로 구성될 수 있다. 합성곱 층은 특징 추출을 담당하며, 최대 풀링층은 각 특징 맵의 차원을 줄일 수 있다. 이때, 합성곱 층은 서로 다른 수의 커널이 서로 다른 스케일로 적용되어 서로 다른 스케일의 로컬 공간 정보가 캡처 될 수 있다.
- [0049] 일 예에 따르면, 두 개의 하위-합성곱 신경망은 각각 컨볼루션 연산에서는 1X3, 1X5 크기의 커널을 연산할 수 있다. 그리고, 최대 풀링층은 1X2 블록에서 수행될 수 있다. 예를 들어, 두 개의 하위-합성곱 신경망 각각의 첫 번째 컨볼루션 계층은 32개의 커널, 두 번째 컨볼루션 계층은 64개의 커널, 세 번째와 네 번째는 128개의 커널, 다섯 번째 컨볼루션 계층은 256개의 커널을 사용할 수 있다. 예를 들어, 1차원 합성곱 층은 아래 수학적과 같은 계산을 수행할 수 있다.

[0050] [수학식 1]

$$g_i = f(w_i^T a_n + b_n)$$

$$f(z) = \begin{cases} z; & \text{if } z > 0 \\ 0; & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0052]

- [0054] 여기서 g_i 는 i 번째 필터의 계산 결과, a_n 은 크기 $1 \times N$ 인 입력 데이터, w_i 는 크기 $1 \times N$ 인 i 번째 컨볼루션 커널 벡터, b_i 는 i 번째 필터의 바이어스를 나타내며, ReLU 비선형 활성화 함수는 f 로 표시된다.
- [0055] 일 실시예에 따르면, 인공 신경망에 포함된 둘 이상의 하위-합성곱 신경망은 병렬로 구성되어 각각 이미지 특징 벡터를 입력 받으며, 둘 이상의 하위-합성곱 신경망의 출력은 완전 연결층(fully connected layer)에서 연결(concatenate)될 수 있다.
- [0056] 예를 들어, 각각의 하위-합성곱 신경망은 각각 100개와 50개의 노드가 있는 두 개의 완전 연결(FC) 층으로 끝날 수 있다. 이후, 100개의 노드가 있는 또 다른 완전 연결층을 이용하여 둘 이상의 하위-합성곱 신경망을 통해 얻은 특징을 연결할 수 있다.
- [0057] 도 6은 일 실시예에 따른 햅틱 질감 예측 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0058] 일 실시예에 따르면, 햅틱 질감 예측 장치는 입력된 이미지로부터 이미지 특징 벡터를 생성할 수 있다(610). 일 예로, 햅틱 질감 예측 장치는 이미지 추출을 위하여 서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈을 이용할 수 있다. 햅틱 질감 예측 장치는 서로 다른 둘 이상의 이미지 특징 추출 모듈의 출력을 연결(concatenation)하여 이미지 특징 벡터를 생성할 수 있다. 이때, 이미지 특징 추출 모듈은 ResNet50, 지역 이진 패턴(Local Binary Pattern, LBP) 및 명암도 동시발생 행렬(Gray-Level Co-occurrence Matrix, GLCM) 중 적어도 둘 이상일 수 있다.
- [0059] 일 실시예에 따르면, 햅틱 질감 예측 장치는 이미지 특징 벡터에 기초하여 입력된 이미지에 포함된 물체의 표면에 대한 촉각 특징 벡터를 생성할 수 있다. 일 예로, 햅틱 질감 예측 장치는 촉각 특징 예측을 위하여 이미지 특징 벡터로부터 촉각 특징을 예측하여 촉각 특징 벡터를 생성하도록 학습된 인공 신경망을 이용할 수 있다. 여기서, 촉각 특징 벡터는 거친-매끄러운(rough-smooth), 평평한-울퉁불퉁한(flat-bumpy), 끈적한-미끄러운(sticky-slippery) 및 단단한-부드러운(hard-soft)에 대한 4차원 공간으로 구성될 수 있다.
- [0060] 일 예에 따르면, 햅틱 질감 예측 장치에 포함된 인공 신경망은 하나 이상의 학습 이미지 및 하나 이상의 학습 이미지 각각에 대한 정답값인 촉각 특징 벡터로 구성된 학습 데이터를 기초로 학습될 수 있다. 또한, 인공 신경망은 1차원 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)일 수 있다. 구체적으로, 인공 신경망은 서로 다른 크기의 커널이 적용되는 둘 이상의 하위-합성곱 신경망(sub-CNN)으로 구성될 수 있다. 이때, 둘 이상의 하위-합성곱 신경망은 병렬로 구성되어 각각 이미지 특징 벡터를 입력 받으며, 둘 이상의 하위-합성곱 신경망의 출력은 완전 연결층(fully connected layer)에서 연결(concatenate)될 수 있다.
- [0061] 도 6의 실시예 중 도 1 내지 도 5를 참조하여 설명한 내용과 중복되는 내용은 생략한다.
- [0062] 도 7은 예시적인 실시예들에서 사용되기에 적합한 컴퓨팅 장치를 포함하는 컴퓨팅 환경(10)을 예시하여 설명하기 위한 블록도이다. 도시된 실시예에서, 각 컴포넌트들은 이하에 기술된 것 이외에 상이한 기능 및 능력을 가질 수 있고, 이하에 기술된 것 이외에도 추가적인 컴포넌트를 포함할 수 있다.
- [0063] 도시된 컴퓨팅 환경(10)은 컴퓨팅 장치(12)를 포함한다. 일 실시예에서, 햅틱 질감 예측 장치(12)는 비디오 표현 학습 장치일 수 있다.
- [0064] 컴퓨팅 장치(12)는 적어도 하나의 프로세서(14), 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16) 및 통신 버스(18)를 포함한다. 프로세서(14)는 컴퓨팅 장치(12)로 하여금 앞서 언급된 예시적인 실시예에 따라 동작하도록 할 수 있다. 예컨대, 프로세서(14)는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16)에 저장된 하나 이상의 프로그램들을 실행할 수 있다. 상기 하나 이상의 프로그램들은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 상기 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서(14)에 의해 실행되는 경우 컴퓨팅 장치(12)로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0065] 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16)는 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16)에 저장된 프로그램(20)은 프로세서(14)에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16)는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 컴퓨팅 장치(12)에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.

[0066] 통신 버스(18)는 프로세서(14), 컴퓨터 판독 가능 저장 매체(16)를 포함하여 컴퓨팅 장치(12)의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.

[0067] 컴퓨팅 장치(12)는 또한 하나 이상의 입출력 장치(24)를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스(22) 및 하나 이상의 네트워크 통신 인터페이스(26)를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스(22) 및 네트워크 통신 인터페이스(26)는 통신 버스(18)에 연결된다. 입출력 장치(24)는 입출력 인터페이스(22)를 통해 컴퓨팅 장치(12)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다. 예시적인 입출력 장치(24)는 포인팅 장치(마우스 또는 트랙패드 등), 키보드, 터치 입력 장치(터치패드 또는 터치스크린 등), 음성 또는 소리 입력 장치, 다양한 종류의 센서 장치 및/또는 촬영 장치와 같은 입력 장치, 및/또는 디스플레이 장치, 프린터, 스피커 및/또는 네트워크 카드와 같은 출력 장치를 포함할 수 있다. 예시적인 입출력 장치(24)는 컴퓨팅 장치(12)를 구성하는 일 컴포넌트로서 컴퓨팅 장치(12)의 내부에 포함될 수도 있고, 컴퓨팅 장치(12)와는 구별되는 별개의 장치로 컴퓨팅 장치(12)와 연결될 수도 있다.

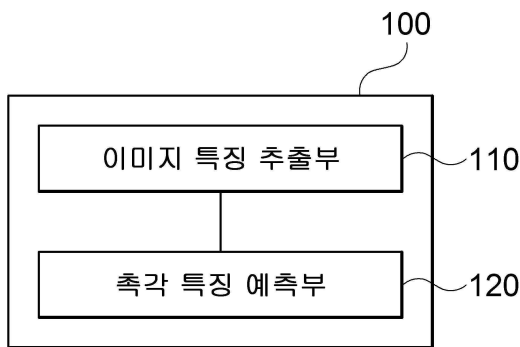
[0068] 이상에서 본 발명의 대표적인 실시예들을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허 청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

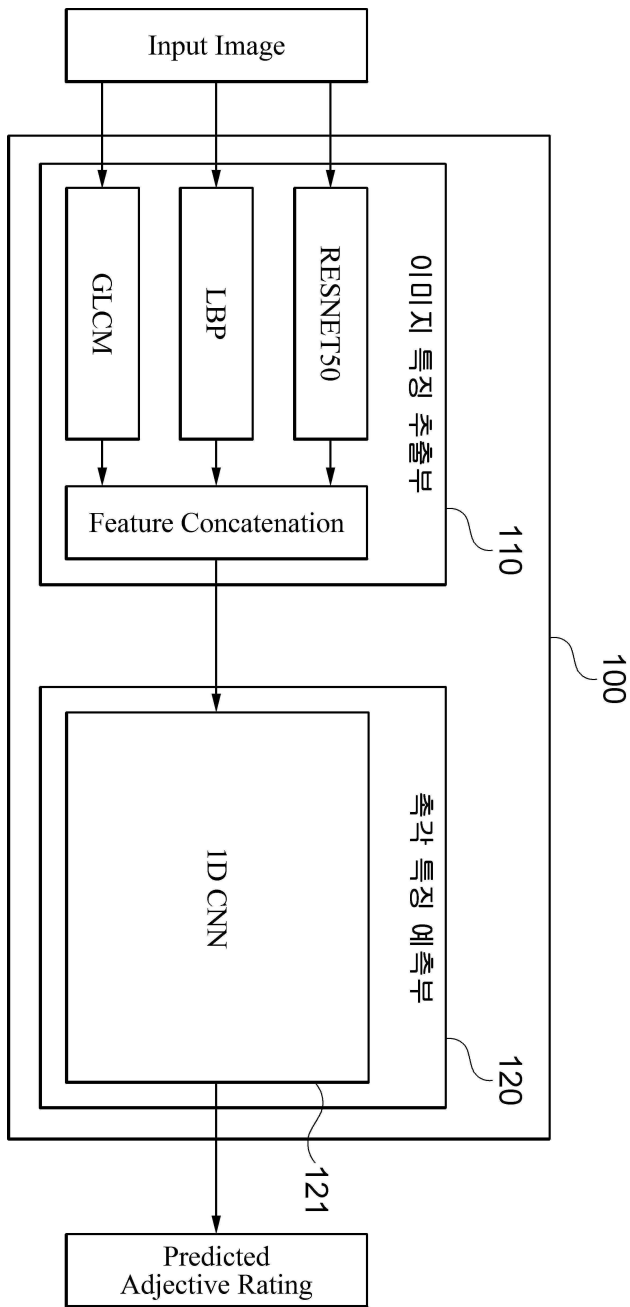
- [0070] 100: 햅틱 질감 예측 장치
- 110: 이미지 특징 추출부
- 120: 촉각 특징 예측부
- 121: 인공 신경망

도면

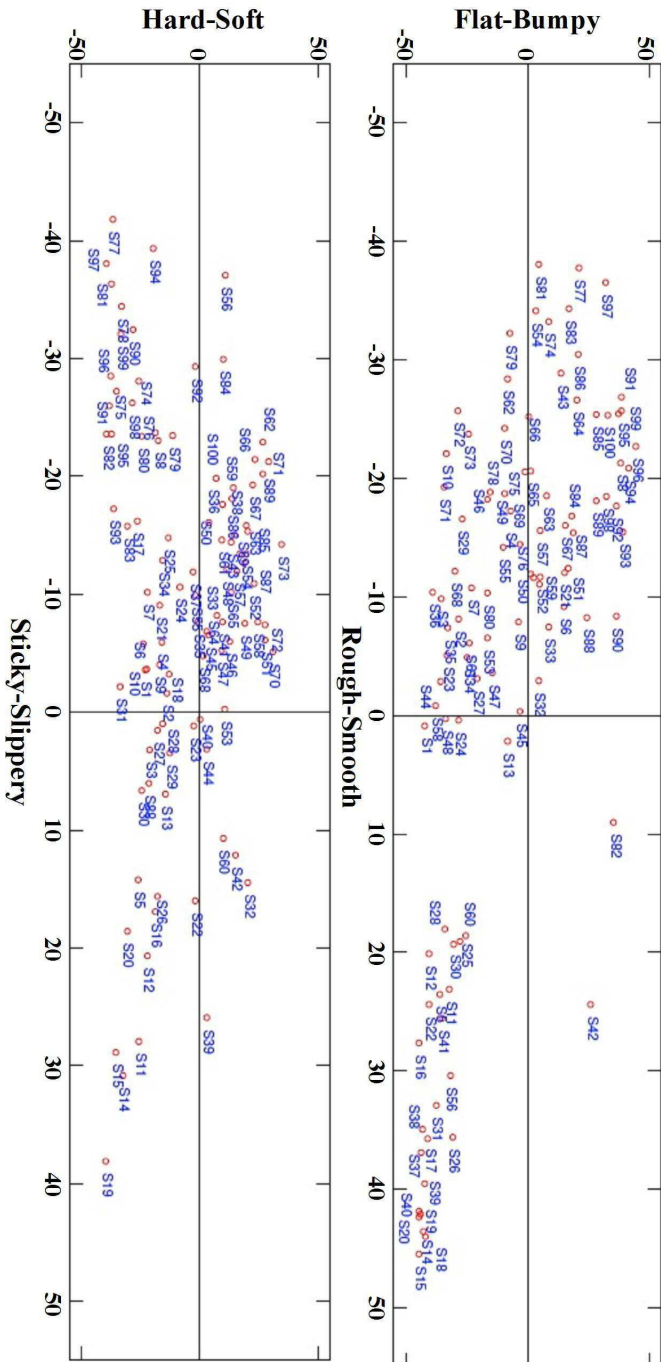
도면1



도면2



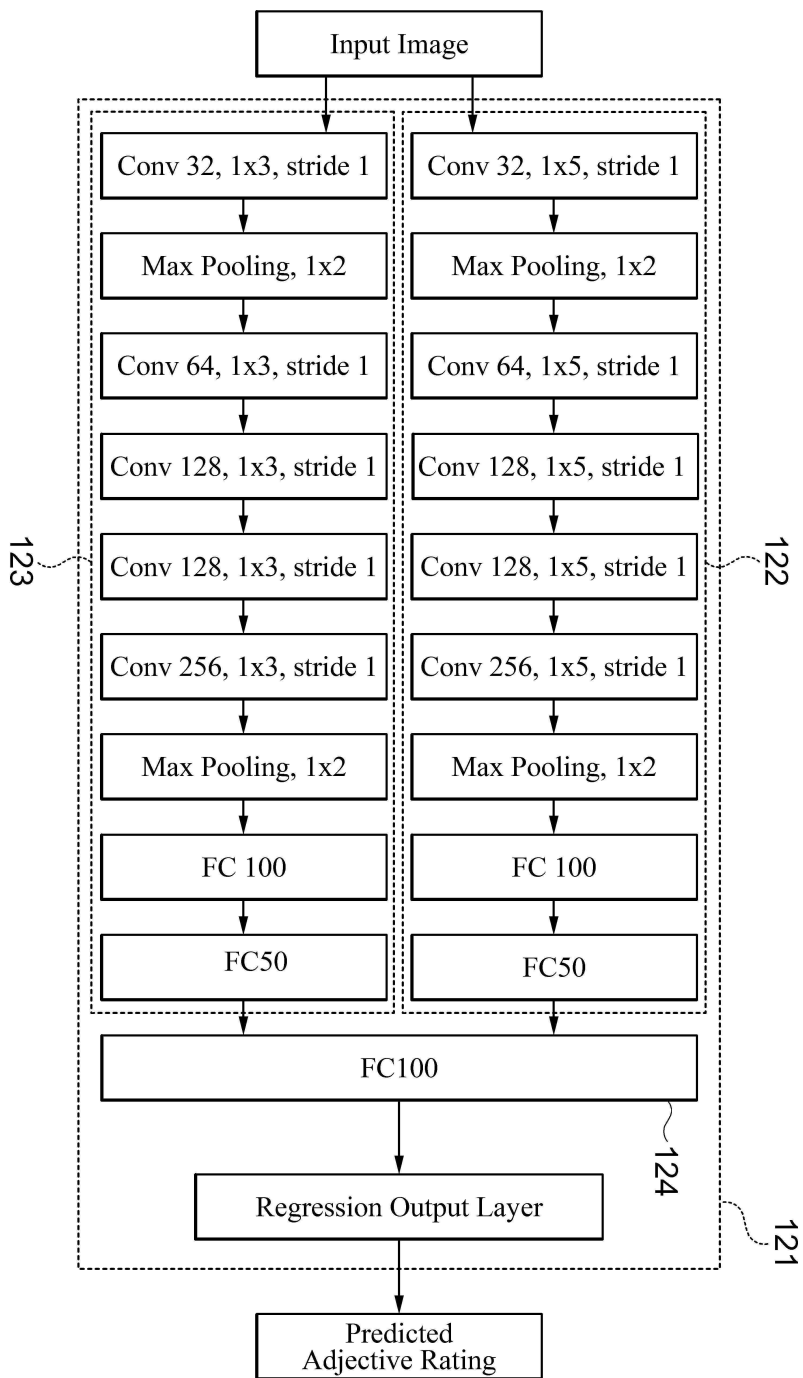
도면3



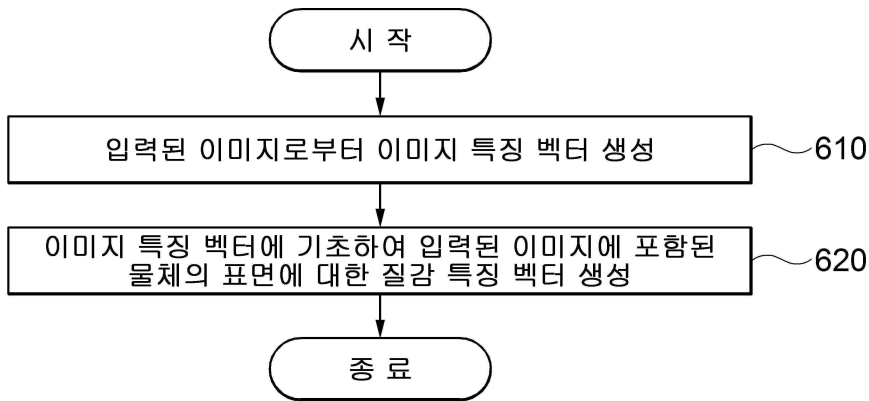
도면4

1- Lined Wood1	2- Lined Wood2	3- Lined Wood3	4- Lined Wood4	5- Lined Wood5	6- Smooth Wood	7- Hard Board1	8- Lined Wood6	9- Lined Wood7	10- Hard Board2
11- Hard Board3	12- Styrofoam	13- Textured Cloth1	14- Wooden Board	15- Acrylic	16- Smooth Paper1	17- Smooth Paper2	18- Smooth Paper3	19- Aluminum	20- Glossy paper1
21- Bumpy Paper	22- Talc Paper	23- Textured paper	24- Glitter Paper	25- Slippery paper	26- Aluminum Foil	27- Textured Cloth2	28- Cotton Fabric	29- Hard Board4	30- Glossy paper2
31- Glossy Paper3	32- Hard Board5	33- Coffee Filter	34- Sandpaper1 (3000)	35- Soft board	36- Card board	37- Balloon	38- Thick Rubber	39- Textured Rubber1	40- Smooth Rubber
41- Rough Paper	42- Shoe padding Smooth	43- Artificial Grass	44- Plain Cloth	45- Lined Rubber	46- Rough Cloth	47- Lined Cloth1	48- Cloth Hard Cover	49- Shoe Padding Textured	50- Tissue
51- Textured Cloth3	52- Towel1	53- Textured Cloth4	54- Textured Cloth5	55- Lined Cloth3	56- Smooth Fabric	57- Rough Cloth	58- Textured Cloth 6	59- Lined Cloth3	60- Textured Fabric3
61- Textured cloth7	62- Hairy Cloth	63- Lined Shoe Padding	64- Thread Mesh1	65- Jeans	66- Scrub	67- Towel2	68- Textured Cloth8	69- Hard Cover	70- Carpet1
71- Sponge1	72- Sponge2	73- Sponge3	74- Sandpaper2 (480)	75- Sandpaper3 (2000)	76- Sandpaper4 (1500)	77- Sandpaper5 (320)	78- Sandpaper6 (1200)	79- Sandpaper7 (260)	80- Sandpaper8 (800)
81- Sandpaper9 (150)	82- Sandpaper10 (80)	83- Textured Rubber2	84- Textured Rubber3	85- Carpet2	86- Carpet3	87- Cotton Towel	88- Bubbly Plastic1	89- Thread Mesh2	90- Bubbly Plastic2
91- Plastic Mesh	92- Kite Paper	93- Hard Bumpy Plastic	94- Bumpy Cloth	95- Steel Mesh1	96- Model Roof Tile	97- Steel Mesh2	98- Model Brick	99- Steel Mesh3	100- Lined Cloth4

도면5



도면6



도면7

10

