



(19) 대한민국 지식재산처(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2026년07월15일
(11) 등록번호 10-2990789
(24) 등록일자 2026년07월09일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 13/40 (2011.01) G06F 16/9535 (2019.01)
G06F 40/279 (2020.01) G06N 3/0475 (2023.01)
G06T 13/20 (2026.01) G06T 5/30 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G06T 13/40 (2013.01)
G06F 16/9535 (2019.01)
- (21) 출원번호 10-2025-0182812
(22) 출원일자 2025년11월26일
심사청구일자 2025년11월26일
- (56) 선행기술조사문헌
Liu, Chang, et al. "Spatio-Temporal Graph Diffusion for Text-Driven Human Motion Generation." BMVC. 2023. (2023.11.24.)*
Wang, Xinghan, et al. "Generating Attribute-Aware Human Motions from Textual Prompt." arXiv preprint arXiv:2506.21912 (2025). (2025.11.13.)*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
- (73) 특허권자
주식회사 범블비
서울특별시 관악구 행운1길 102, 2층 202호 (봉천동)
- (72) 발명자
김대호
서울특별시 관악구 행운1길 102, 2층 202호
김중찬
서울특별시 관악구 행운1길 102, 2층 202호
- (74) 대리인
서평강

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 전세운

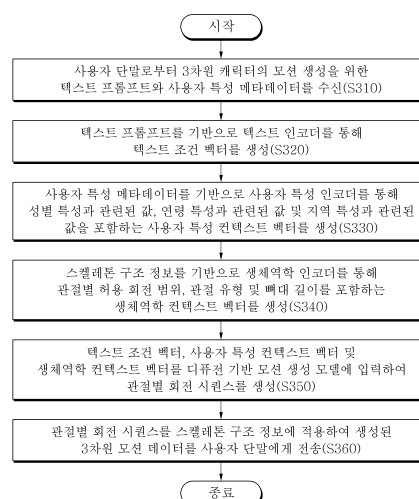
(54) 발명의 명칭 인공지능을 기반으로 사용자 특성 메타데이터를 이용하여 3차원 캐릭터의 모션을 생성하는 시스템 및 방법

(57) 요약

실시예들은 인공지능을 기반으로 사용자 특성 메타데이터를 이용하여 3차원 캐릭터의 모션을 생성하는 시스템 및 방법을 제시한다. 일 실시예에 따른 방법은, 사용자 단말로부터 3차원 캐릭터의 모션 생성을 위한 텍스트 프롬프트와 사용자 특성 메타데이터를 수신(S310)

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



값을 포함하고, 상기 텍스트 프롬프트를 기반으로 텍스트 인코더를 통해 텍스트 조건 벡터를 생성하고, 상기 사용자 특성 메타데이터를 기반으로 사용자 특성 인코더를 통해 성별 특성과 관련된 값, 연령 특성과 관련된 값 및 지역 특성과 관련된 값을 포함하는 사용자 특성 컨텍스트 벡터를 생성하고, 스켈레톤 구조 정보를 기반으로 생체역학 인코더를 통해 관절별 허용 회전 범위, 관절 유형 및 뼈대 길이를 포함하는 생체역학 컨텍스트 벡터를 생성하고, 상기 스켈레톤 구조 정보는 상기 텍스트 조건 벡터를 기반으로 생성되고, 상기 텍스트 조건 벡터, 상기 사용자 특성 컨텍스트 벡터 및 상기 생체역학 컨텍스트 벡터를 디퓨전 기반 모션 생성 모델에 입력하여 관절별 회전 시퀀스를 생성하고, 상기 관절별 회전 시퀀스를 상기 스켈레톤 구조 정보에 적용하여 생성된 3차원 모션 데이터를 상기 사용자 단말에게 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G06F 40/279 (2020.01)
G06N 3/0475 (2023.01)
G06T 13/205 (2013.01)
G06T 5/30 (2013.01)
G06T 2207/20044 (2013.01)
G06T 2207/20084 (2013.01)
G06T 2207/30196 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2420015314
과제번호	00514891
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	중소기업기술정보진흥원
연구사업명	창업성장기술개발
연구과제명	디퓨전 모델 기반 3D 아바타 및 애니메이션 생성 솔루션
과제수행기관명	(주)범블비
연구기간	2024.11.01 ~ 2026.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

인공지능을 기반으로 서버가 사용자 특성 메타데이터를 이용하여 3차원 캐릭터의 모션을 생성하는 방법에 있어서,

사용자 단말로부터 3차원 캐릭터의 모션 생성을 위한 텍스트 프롬프트와 상기 사용자 특성 메타데이터를 획득하는 단계;

상기 사용자 특성 메타데이터는 성별 값, 연령 값 및 지역 코드 값을 포함하고,

상기 텍스트 프롬프트를 기반으로 텍스트 인코더를 통해 텍스트 조건 벡터를 생성하는 단계;

상기 사용자 특성 메타데이터를 기반으로 사용자 특성 인코더를 통해 성별 특성과 관련된 값, 연령 특성과 관련된 값 및 지역 특성과 관련된 값을 포함하는 사용자 특성 컨텍스트 벡터를 생성하는 단계;

스켈레톤 구조 정보를 기반으로 생체역학 인코더를 통해 관절별 허용 회전 범위, 관절 유형 및 뼈대 길이를 포함하는 생체역학 컨텍스트 벡터를 생성하는 단계;

상기 스켈레톤 구조 정보는 상기 텍스트 조건 벡터를 기반으로 생성되고,

상기 텍스트 조건 벡터, 상기 사용자 특성 컨텍스트 벡터 및 상기 생체역학 컨텍스트 벡터를 디퓨전 기반 모션 생성 모델에 입력하여 관절별 회전 시퀀스를 생성하는 단계; 및

상기 관절별 회전 시퀀스를 상기 스켈레톤 구조 정보에 적용하여 생성된 3차원 모션 데이터를 상기 사용자 단말에게 전송하는 단계를 포함하고,

상기 디퓨전 기반 모션 생성 모델은 복수의 모션 데이터 및 상기 복수의 모션 데이터 각각에 대한 학습용 사용자 특성 메타데이터를 포함하는 학습용 모션 데이터 세트를 기반으로 학습되고,

상기 복수의 모션 데이터 중에서 상기 성별 값, 연령 값 및 지역 코드 값의 조합이 동일한 모션 데이터 쌍이 양성 비교 쌍으로, 상기 조합이 상이한 모션 데이터 쌍이 음성 비교 쌍으로 결정되고,

상기 양성 비교 쌍 및 상기 음성 비교 쌍 각각에 대해 해당 모션 데이터에 포함된 관절별 회전 시퀀스가 모션 스타일 인코더에 입력되어, 프레임 간 회전 변화율, 관절별 최대 회전각 대비 평균 회전각의 비율, 프레임 사이 자세 변화량의 누적 합 및 회전값의 최대값과 최소값 차이를 나타내는 관절 가동 폭을 포함하는 모션 스타일 벡터가 산출되고,

상기 학습용 사용자 특성 메타데이터가 상기 사용자 특성 인코더에 입력되어, 학습용 사용자 특성 컨텍스트 벡터가 생성되고,

상기 학습용 사용자 특성 컨텍스트 벡터와 상기 모션 스타일 벡터 사이의 임베딩 거리가 상기 양성 비교 쌍의 경우에는 감소하는 방향으로, 상기 음성 비교 쌍의 경우에는 증가하는 방향으로 대조 학습 손실이 결정되고,

상기 대조 학습 손실을 최소화하는 방향으로 상기 사용자 특성 인코더 및 상기 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 파라미터가 반복적으로 업데이트되는,

방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 디퓨전 기반 모션 생성 모델은,

복수의 그래프 트랜스포머 레이어를 포함하고,

상기 스켈레톤 구조 정보 및 사전 설정된 목표 프레임 수를 기반으로 각 프레임에서의 각 관절을 시공간 그래프의 노드로 설정하고, 동일한 프레임 내 노드 쌍을 연결하는 공간 방향 엣지(spatial edge)를 생성하고, 동일한 관절에 대응되는 노드가 존재하는 인접한 프레임 사이에 시간 방향 엣지(temporal edge)를 생성함으로써, 시공간 그래프를 생성하고,

상기 시공간 그래프의 노드 값을 노이즈로 초기화하고, 사전 설정된 디퓨전 단계마다 상기 시공간 그래프의 각 노드에 대하여 상기 시간 방향 엣지에 기반한 시간 축 셀프-어텐션(self-attention) 연산, 상기 공간 방향 엣지에 기반한 공간적-어텐션(spatial-attention) 연산 및 상기 텍스트 조건 벡터 및 상기 사용자 특성 컨텍스트 벡터를 이용한 크로스-어텐션(cross-attention) 연산을 포함하는 조건부 특징 갱신 연산을 수행하고,

상기 생체역학 컨텍스트 벡터를 기반으로 그래프 트랜스포머 레이어의 출력 특징 벡터에 대한 채널별 스케일 계수 및 채널별 시프트 계수를 산출하고, 상기 채널별 스케일 계수 및 상기 채널별 시프트 계수를 상기 출력 특징 벡터에 적용함으로써, 스케일 조정 및 시프트 조정을 수행하고,

상기 조건부 특징 갱신 연산, 상기 스케일 조정 및 상기 시프트 조정을 각 디퓨전 단계의 노이즈 제거 연산과 함께 사전 설정된 개수만큼 반복하여 상기 관절별 회전 시퀀스를 생성하는,

방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시의 실시예들은 3차원 캐릭터의 모션을 생성하는 기술에 관한 것으로, 인공지능을 기반으로 사용자 특성 메타데이터를 이용하여 3차원 캐릭터의 모션을 생성하는 시스템 및 방법에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 3차원 캐릭터의 모션 생성 기술은 게임, 애니메이션, 메타버스, 실시간 스트리밍, 디지털 휴먼 제작 및 휴머노이드 로봇 제어와 같은 다양한 응용 분야에서 핵심적인 역할을 수행한다. 최근 사용자 참여형 콘텐츠가 증가함에 따라, 사용자의 개별적 특성을 반영한 자연스럽고 몰입감 있는 모션 생성 요구가 빠르게 확대되고 있다. 그러나, 기존의 모션 생성 기술은 주로 일반화된 평균 움직임 패턴을 기반으로 학습되기 때문에, 사용자의 성별, 연령, 체형, 문화권 및 지역적 제스처 특성과 같은 개별적 차이를 충분히 반영하지 못하는 한계가 존재한다.

[0003] 예를 들어, 동일한 “벽에 기대어 선다”라는 동작을 표현하더라도, 성별, 연령, 문화권에 따른 제스처 빈도 차이 등으로 인해 실제 움직임은 사용자마다 상이할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 종래의 자연어 기반 모션 생성 모델은 사용자 특성 정보를 입력으로 고려하지 않거나, 단순한 전역 임베딩 수준에서만 반영하기 때문에, 개별 사용자와 동작 표현 간 불일치가 발생하고, 결과적으로 부자연스러운 모션, 감정 전달력 저하 및 사용자 경험 저하 문제를 초래하였다.

[0004] 또한, 기존 기술은 모션 데이터셋 자체가 특정 인구 집단 또는 표준 체형에 편중되어 구축되는 경우가 많아, 데이터 편향이 모션 생성 결과에 그대로 반영될 수 있다는 문제를 가진다. 예를 들어, 특정 연령대 또는 특정 문화권 사용자 중심으로 수집된 학습 데이터는 다양한 사용자 집단에 대한 일반화를 보장하지 못하고, 결과적으로 실제 사용자 특성과 상이한 움직임이 생성될 가능성이 존재하였다.

[0005] 더 나아가, 종래의 사용자 특성 반영 방식은 주로 개별 속성에 국한되어 있어, 문화권에 따른 복합적 움직임 차이를 고려하지 못하였다. 그러나, 실제 인간의 움직임 표현은 다차원적 요인의 상호작용에 의해 결정되며, 특정 사용자 특성 조합에 따라 고유한 모션 스타일이 형성될 수 있다. 그럼에도 불구하고, 기존 모델은 이러한 상관 구조를 학습할 수 있는 체계적인 대조 학습 구조 또는 사용자 임베딩 생성 메커니즘을 제공하지 못하였다.

[0006] 이에 따라, 인공지능을 기반으로 사용자 특성 메타데이터를 이용하여 3차원 캐릭터의 모션을 생성하는 시스템 및 방법이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 개시의 실시예들은, 인공지능을 기반으로 사용자 특성 메타데이터를 이용하여 3차원 캐릭터의 모션을 생성하는 시스템 및 방법을 제공할 수 있다.
- [0008] 실시예들에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 사항들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 이하 설명할 다양한 실시예들로부터 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 고려될 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 일 실시예에 따른 인공지능을 기반으로 서버가 사용자 특성 메타데이터를 이용하여 3차원 캐릭터의 모션을 생성하는 방법에 있어서, 상기 방법은, 사용자 단말로부터 3차원 캐릭터의 모션 생성을 위한 텍스트 프롬프트와 상기 사용자 특성 메타데이터를 획득하고, 상기 사용자 특성 메타데이터는 성별 값, 연령 값 및 지역 코드 값을 포함하고, 상기 텍스트 프롬프트를 기반으로 텍스트 인코더를 통해 텍스트 조건 벡터를 생성하고, 상기 사용자 특성 메타데이터를 기반으로 사용자 특성 인코더를 통해 성별 특성과 관련된 값, 연령 특성과 관련된 값 및 지역 특성과 관련된 값을 포함하는 사용자 특성 컨텍스트 벡터를 생성하고, 스켈레톤 구조 정보를 기반으로 생체역학 인코더를 통해 관절별 허용 회전 범위, 관절 유형 및 뼈대 길이를 포함하는 생체역학 컨텍스트 벡터를 생성하고, 상기 스켈레톤 구조 정보는 상기 텍스트 조건 벡터를 기반으로 생성되고, 상기 텍스트 조건 벡터, 상기 사용자 특성 컨텍스트 벡터 및 상기 생체역학 컨텍스트 벡터를 디퓨전 기반 모션 생성 모델에 입력하여 관절별 회전 시퀀스를 생성하고, 상기 관절별 회전 시퀀스를 상기 스켈레톤 구조 정보에 적용하여 생성된 3차원 모션 데이터를 상기 사용자 단말에게 전송하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0010] 실시예들에 따르면, 본 개시는 사용자 단말로부터 획득된 사용자 특성 메타데이터를 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 조건부 갠신 연산에 반영함으로써, 동일한 텍스트 프롬프트라 하더라도 사용자 특성에 적합한 동작 스타일, 움직임 범위, 속도 및 표현 강도가 반영된 개인화된 3차원 모션을 자동으로 생성할 수 있다. 이에 따라, 종래의 단일 평균값 기반 모션 생성 방식과 달리, 사용자 특성 차이에 따른 움직임 다양성을 보장하고, 사용자 경험 향상 및 콘텐츠 몰입도를 극대화할 수 있다.
- [0011] 실시예들에 따르면, 본 개시는 사용자 특성 메타데이터와 모션 스타일 벡터 간의 대조 학습 손실을 통해 사용자 특성 조합에 대응되는 움직임 표현을 학습하고, 동일한 사용자 특성 조합을 갖는 모션은 유사해지고, 상이한 사용자 특성 조합을 갖는 모션은 구별되도록 모델 파라미터를 최적화함으로써, 성별·연령·지역 문화권에 따른 실제적 움직임 차이를 반영하는 신뢰도 높은 사용자 특성 기반 모션 생성 효과를 제공할 수 있다. 이에 따라, 텍스트 기반 지시가 동일하더라도, 아동과 성인의 움직임 크기 차이, 문화권별 제스처 사용 빈도 차이, 연령대별 균형 유지 특성 차이를 자연스럽게 재현할 수 있다.
- [0012] 실시예들에 따르면, 본 개시는 사용자 특성 컨텍스트 벡터를 텍스트 조건 벡터 및 시공간 그래프 특징과 함께 크로스-어텐션 기반으로 결합함으로써, 텍스트 의미와 사용자 특성이 상호 모순되지 않는 일관된 동작을 생성할 수 있다. 이에 따라, 사용자가 의도하지 않은 과장된 움직임, 부정확한 감정 표현 또는 스타일 왜곡 현상을 방지하고, 텍스트, 사용자 특성, 모션 특징 간 의미적 정합성을 확보할 수 있다.
- [0013] 실시예들로부터 얻을 수 있는 효과들은 이상에서 언급된 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 이하의 상세한 설명을 기반으로 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 도출되고 이해될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 실시예들에 대한 이해를 돕기 위해 상세한 설명의 일부로 포함된, 첨부 도면은 다양한 실시예들을 제공하고, 상세한 설명과 함께 다양한 실시예들의 기술적 특징을 설명한다.
- 도 1은 일 실시예에 따른 전자 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 프로그램의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 일 실시예에 따라 인공지능을 기반으로 서버가 사용자 특성 메타데이터를 이용하여 3차원 캐릭터의 모션

을 생성하는 방법에 대한 흐름도를 나타낸다.

도 4는 일 실시예에 따른 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 아키텍처를 나타낸다.

도 5는 일 실시예에 따른 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 6은 일 실시예에 따른 서버에 대한 구성을 나타내는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하의 실시예들은 실시예들의 구성요소들과 특징들을 소정 형태로 결합한 것들이다. 각 구성요소 또는 특징은 별도의 명시적 언급이 없는 한 선택적인 것으로 고려될 수 있다. 각 구성요소 또는 특징은 다른 구성요소나 특징과 결합되지 않은 형태로 실시될 수 있다. 또한, 일부 구성요소들 및/또는 특징들을 결합하여 다양한 실시예들을 구성할 수도 있다. 다양한 실시예들에서 설명되는 동작들의 순서는 변경될 수 있다. 어느 실시예의 일부 구성이나 특징은 다른 실시예에 포함될 수 있고, 또는 다른 실시예의 대응하는 구성 또는 특징과 교체될 수 있다.
- [0016] 도면에 대한 설명에서, 다양한 실시예들의 요지를 흐릴 수 있는 절차 또는 단계 등은 기술하지 않았으며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자의 수준에서 이해할 수 있을 정도의 절차 또는 단계는 또한 기술하지 아니하였다.
- [0017] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함(comprising 또는 including)"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, "일(a 또는 an)", "하나(one)", "그(the)" 및 유사 관련어는 다양한 실시예들을 기술하는 문맥에 있어서(특히, 이하의 청구항의 문맥에서) 본 명세서에 달리 지시되거나 문맥에 의해 분명하게 반박되지 않는 한, 단수 및 복수 모두를 포함하는 의미로 사용될 수 있다.
- [0018] 이하, 다양한 실시예들에 따른 실시 형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부된 도면과 함께 이하에 개시될 상세한 설명은 다양한 실시예들의 예시적인 실시 형태를 설명하고자 하는 것이며, 유일한 실시형태를 나타내고자 하는 것이 아니다.
- [0019] 또한, 다양한 실시예들에서 사용되는 특정(特定) 용어들은 다양한 실시예들의 이해를 돕기 위해서 제공된 것이며, 이러한 특정 용어의 사용은 다양한 실시예들의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 다른 형태로 변경될 수 있다.
- [0020] 도 1은 일 실시예에 따른 전자 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0021] 도 1은, 다양한 실시예들에 따른, 네트워크 환경(100) 내의 전자 장치(101)의 블록도이다. 도 1을 참조하면, 네트워크 환경(100)에서 전자 장치(101)는 제 1 네트워크(198)(예: 근거리 무선 통신 네트워크)를 통하여 전자 장치(102)와 통신하거나, 또는 제 2 네트워크(199)(예: 원거리 무선 통신 네트워크)를 통하여 전자 장치(104) 또는 서버(108) 중 적어도 하나와 통신할 수 있다. 일실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 서버(108)를 통하여 전자 장치(104)와 통신할 수 있다. 일실시예에 따르면, 전자 장치(101)는 프로세서(120), 메모리(130), 입력 모듈(150), 음향 출력 모듈(155), 디스플레이 모듈(160), 오디오 모듈(170), 센서 모듈(176), 인터페이스(177), 연결 단자(178), 햅틱 모듈(179), 카메라 모듈(180), 전력 관리 모듈(188), 배터리(189), 통신 모듈(190), 가입자 식별 모듈(196), 또는 안테나 모듈(197)을 포함할 수 있다. 어떤 실시예에서는, 전자 장치(101)에는, 이 구성요소들 중 적어도 하나(예: 연결 단자(178))가 생략되거나, 하나 이상의 다른 구성요소가 추가될 수 있다. 어떤 실시예에서는, 이 구성요소들 중 일부들(예: 센서 모듈(176), 카메라 모듈(180), 또는 안테나 모듈(197))은 하나의 구성요소(예: 디스플레이 모듈(160))로 통합될 수 있다. 전자 장치(101)는 클라이언트, 단말기 또는 피어로 지칭될 수도 있다.
- [0022] 프로세서(120)는, 예를 들면, 소프트웨어(예: 프로그램(140))를 실행하여 프로세서(120)에 연결된 전자 장치(101)의 적어도 하나의 다른 구성요소(예: 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소)를 제어할 수 있고, 다양한 데이터 처리 또는 연산을 수행할 수 있다. 일실시예에 따르면, 데이터 처리 또는 연산의 적어도 일부로서, 프로세서(120)는 다른 구성요소(예: 센서 모듈(176) 또는 통신 모듈(190))로부터 수신된 명령 또는 데이터를 휘발성 메모리(132)에 저장하고, 휘발성 메모리(132)에 저장된 명령 또는 데이터를 처리하고, 결과 데이터를 비휘발성 메

모리(134)에 저장할 수 있다. 일실시예에 따르면, 프로세서(120)는 메인 프로세서(121)(예: 중앙 처리 장치 또는 어플리케이션 프로세서) 또는 이와는 독립적으로 또는 함께 운영 가능한 보조 프로세서(123)(예: 그래픽 처리 장치, 신경망 처리 장치(NPU: neural processing unit), 이미지 시그널 프로세서, 센서 허브 프로세서, 또는 커뮤니케이션 프로세서)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 전자 장치(101)가 메인 프로세서(121) 및 보조 프로세서(123)를 포함하는 경우, 보조 프로세서(123)는 메인 프로세서(121)보다 저전력을 사용하거나, 지정된 기능에 특화되도록 설정될 수 있다. 보조 프로세서(123)는 메인 프로세서(121)와 별개로, 또는 그 일부로서 구현될 수 있다.

[0023] 보조 프로세서(123)는, 예를 들면, 메인 프로세서(121)가 인액티브(예: 슬립) 상태에 있는 동안 메인 프로세서(121)를 대신하여, 또는 메인 프로세서(121)가 액티브(예: 어플리케이션 실행) 상태에 있는 동안 메인 프로세서(121)와 함께, 전자 장치(101)의 구성요소들 중 적어도 하나의 구성요소(예: 디스플레이 모듈(160), 센서 모듈(176), 또는 통신 모듈(190))와 관련된 기능 또는 상태들의 적어도 일부를 제어할 수 있다. 일실시예에 따르면, 보조 프로세서(123)(예: 이미지 시그널 프로세서 또는 커뮤니케이션 프로세서)는 기능적으로 관련 있는 다른 구성요소(예: 카메라 모듈(180) 또는 통신 모듈(190))의 일부로서 구현될 수 있다. 일실시예에 따르면, 보조 프로세서(123)(예: 신경망 처리 장치)는 인공지능 모델의 처리에 특화된 하드웨어 구조를 포함할 수 있다.

[0024] 인공지능 모델은 기계 학습을 통해 생성될 수 있다. 이러한 학습은, 예를 들어, 인공지능 모델이 수행되는 전자 장치(101) 자체에서 수행될 수 있고, 별도의 서버(예: 서버(108))를 통해 수행될 수도 있다. 학습 알고리즘은, 예를 들어, 지도형 학습(supervised learning), 비지도형 학습(unsupervised learning), 준지도형 학습(semi-supervised learning) 또는 강화 학습(reinforcement learning)을 포함할 수 있으나, 전술한 예에 한정되지 않는다. 인공지능 모델은, 복수의 인공 신경망 레이어들을 포함할 수 있다. 인공 신경망은 심층 신경망(DNN: deep neural network), CNN(convolutional neural network), RNN(recurrent neural network), RBM(restricted boltzmann machine), DBN(deep belief network), BRDNN(bidirectional recurrent deep neural network), 심층 Q-네트워크(deep Q-networks) 또는 상기 중 둘 이상의 조합 중 하나일 수 있으나, 전술한 예에 한정되지 않는다. 인공지능 모델은 하드웨어 구조 이외에, 추가적으로 또는 대체적으로, 소프트웨어 구조를 포함할 수 있다.

[0025] 메모리(130)는, 전자 장치(101)의 적어도 하나의 구성요소(예: 프로세서(120) 또는 센서 모듈(176))에 의해 사용되는 다양한 데이터를 저장할 수 있다. 데이터는, 예를 들어, 소프트웨어(예: 프로그램(140)) 및, 이와 관련된 명령에 대한 입력 데이터 또는 출력 데이터를 포함할 수 있다. 메모리(130)는, 휘발성 메모리(132) 또는 비휘발성 메모리(134)를 포함할 수 있다.

[0026] 프로그램(140)은 메모리(130)에 소프트웨어로서 저장될 수 있으며, 예를 들면, 운영 체제(142), 미들 웨어(144) 또는 어플리케이션(146)을 포함할 수 있다.

[0027] 입력 모듈(150)은, 전자 장치(101)의 구성요소(예: 프로세서(120))에 사용될 명령 또는 데이터를 전자 장치(101)의 외부(예: 사용자)로부터 수신할 수 있다. 입력 모듈(150)은, 예를 들면, 마이크, 마우스, 키보드, 키(예: 버튼), 또는 디지털 펜(예: 스타일러스 펜)을 포함할 수 있다.

[0028] 음향 출력 모듈(155)은 음향 신호를 전자 장치(101)의 외부로 출력할 수 있다. 음향 출력 모듈(155)은, 예를 들면, 스피커 또는 리시버를 포함할 수 있다. 스피커는 멀티미디어 재생 또는 녹음 재생과 같이 일반적인 용도로 사용될 수 있다. 리시버는 착신 전화를 수신하기 위해 사용될 수 있다. 일실시예에 따르면, 리시버는 스피커와 별개로, 또는 그 일부로서 구현될 수 있다.

[0029] 디스플레이 모듈(160)은 전자 장치(101)의 외부(예: 사용자)로 정보를 시각적으로 제공할 수 있다. 디스플레이 모듈(160)은, 예를 들면, 디스플레이, 홀로그램 장치, 또는 프로젝터 및 해당 장치를 제어하기 위한 제어 회로를 포함할 수 있다. 일실시예에 따르면, 디스플레이 모듈(160)은 터치를 감지하도록 설정된 터치 센서, 또는 상기 터치에 의해 발생하는 힘의 세기를 측정하도록 설정된 압력 센서를 포함할 수 있다.

[0030] 오디오 모듈(170)은 소리를 전기 신호로 변환시키거나, 반대로 전기 신호를 소리로 변환시킬 수 있다. 일실시예에 따르면, 오디오 모듈(170)은, 입력 모듈(150)을 통해 소리를 획득하거나, 음향 출력 모듈(155), 또는 전자 장치(101)와 직접 또는 무선으로 연결된 외부 전자 장치(예: 전자 장치(102))(예: 스피커 또는 헤드폰)를 통해 소리를 출력할 수 있다.

[0031] 센서 모듈(176)은 전자 장치(101)의 작동 상태(예: 전력 또는 온도), 또는 외부의 환경 상태(예: 사용자 상태)를 감지하고, 감지된 상태에 대응하는 전기 신호 또는 데이터 값을 생성할 수 있다. 일실시예에 따르면, 센서

모듈(176)은, 예를 들면, 제스처 센서, 자이로 센서, 기압 센서, 마그네틱 센서, 가속도 센서, 그립 센서, 근접 센서, 컬러 센서, IR(infrared) 센서, 생체 센싱 장치, 온도 센서, 습도 센서, 또는 조도 센서를 포함할 수 있다.

- [0032] 인터페이스(177)는 전자 장치(101)가 외부 전자 장치(예: 전자 장치(102))와 직접 또는 무선으로 연결되기 위해 사용될 수 있는 하나 이상의 지정된 프로토콜들을 지원할 수 있다. 일실시예에 따르면, 인터페이스(177)는, 예를 들면, HDMI(high definition multimedia interface), USB(universal serial bus) 인터페이스, SD카드 인터페이스, 또는 오디오 인터페이스를 포함할 수 있다.
- [0033] 연결 단자(178)는, 그를 통해서 전자 장치(101)가 외부 전자 장치(예: 전자 장치(102))와 물리적으로 연결될 수 있는 커넥터를 포함할 수 있다. 일실시예에 따르면, 연결 단자(178)는, 예를 들면, HDMI 커넥터, USB 커넥터, SD 카드 커넥터, 또는 오디오 커넥터(예: 헤드폰 커넥터)를 포함할 수 있다.
- [0034] 햅틱 모듈(179)은 전기적 신호를 사용자가 촉각 또는 운동 감각을 통해서 인지할 수 있는 기계적인 자극(예: 진동 또는 움직임) 또는 전기적인 자극으로 변환할 수 있다. 일실시예에 따르면, 햅틱 모듈(179)은, 예를 들면, 모터, 압전 소자, 또는 전기 자극 장치를 포함할 수 있다.
- [0035] 카메라 모듈(180)은 정지 영상 및 영상을 촬영할 수 있다. 일실시예에 따르면, 카메라 모듈(180)은 하나 이상의 렌즈들, 이미지 센서들, 이미지 시그널 프로세서들, 또는 플래시들을 포함할 수 있다.
- [0036] 전력 관리 모듈(188)은 전자 장치(101)에 공급되는 전력을 관리할 수 있다. 일실시예에 따르면, 전력 관리 모듈(188)은, 예를 들면, PMIC(power management integrated circuit)의 적어도 일부로서 구현될 수 있다.
- [0037] 배터리(189)는 전자 장치(101)의 적어도 하나의 구성요소에 전력을 공급할 수 있다. 일실시예에 따르면, 배터리(189)는, 예를 들면, 재충전 불가능한 1차 전지, 재충전 가능한 2차 전지 또는 연료 전지를 포함할 수 있다.
- [0038] 통신 모듈(190)은 전자 장치(101)와 외부 전자 장치(예: 전자 장치(102), 전자 장치(104), 또는 서버(108)) 간의 직접(예: 유선) 통신 채널 또는 무선 통신 채널의 수립, 및 수립된 통신 채널을 통한 통신 수행을 지원할 수 있다. 통신 모듈(190)은 프로세서(120)(예: 어플리케이션 프로세서)와 독립적으로 운영되고, 직접(예: 유선) 통신 또는 무선 통신을 지원하는 하나 이상의 커뮤니케이션 프로세서를 포함할 수 있다. 일실시예에 따르면, 통신 모듈(190)은 무선 통신 모듈(192)(예: 셀룰러 통신 모듈, 근거리 무선 통신 모듈, 또는 GNSS(global navigation satellite system) 통신 모듈) 또는 유선 통신 모듈(194)(예: LAN(local area network) 통신 모듈, 또는 전력선 통신 모듈)을 포함할 수 있다. 이들 통신 모듈 중 해당하는 통신 모듈은 제 1 네트워크(198)(예: 블루투스, WiFi(wireless fidelity) direct 또는 IrDA(infrared data association)와 같은 근거리 통신 네트워크) 또는 제 2 네트워크(199)(예: 레거시 셀룰러 네트워크, 5G 네트워크, 차세대 통신 네트워크, 인터넷, 또는 컴퓨터 네트워크(예: LAN 또는 WAN)와 같은 원거리 통신 네트워크)를 통하여 외부의 전자 장치(104)와 통신할 수 있다. 이런 여러 종류의 통신 모듈들은 하나의 구성요소(예: 단일 칩)로 통합되거나, 또는 서로 별도의 복수의 구성요소들(예: 복수 칩들)로 구현될 수 있다. 무선 통신 모듈(192)은 가입자 식별 모듈(196)에 저장된 가입자 정보(예: 국제 모바일 가입자 식별자(IMS))를 이용하여 제 1 네트워크(198) 또는 제 2 네트워크(199)와 같은 통신 네트워크 내에서 전자 장치(101)를 확인 또는 인증할 수 있다.
- [0039] 무선 통신 모듈(192)은 4G 네트워크 이후의 5G 네트워크 및 차세대 통신 기술, 예를 들어, NR 접속 기술(new radio access technology)을 지원할 수 있다. NR 접속 기술은 고용량 데이터의 고속 전송(eMBB(enhanced mobile broadband)), 단말 전력 최소화 및 다수 단말의 접속(mMTC(massive machine type communications)), 또는 고신뢰도와 저지연(URLLC(ultra-reliable and low-latency communications))을 지원할 수 있다. 무선 통신 모듈(192)은, 예를 들어, 높은 데이터 전송률 달성을 위해, 고주파 대역(예: mmWave 대역)을 지원할 수 있다. 무선 통신 모듈(192)은 고주파 대역에서의 성능 확보를 위한 다양한 기술들, 예를 들어, 빔포밍(beamforming), 거대 배열 다중 입출력(massive MIMO(multiple-input and multiple-output)), 전차원 다중입출력(FD-MIMO: full dimensional MIMO), 어레이 안테나(array antenna), 아날로그 빔형성(analog beam-forming), 또는 대규모 안테나(large scale antenna)와 같은 기술들을 지원할 수 있다. 무선 통신 모듈(192)은 전자 장치(101), 외부 전자 장치(예: 전자 장치(104)) 또는 네트워크 시스템(예: 제 2 네트워크(199))에 규정되는 다양한 요구사항을 지원할 수 있다. 일실시예에 따르면, 무선 통신 모듈(192)은 eMBB 실현을 위한 Peak data rate(예: 20Gbps 이상), mMTC 실현을 위한 손실 Coverage(예: 164dB 이하), 또는 URLLC 실현을 위한 U-plane latency(예: 다운로드(DL) 및 업링크(UL) 각각 0.5ms 이하, 또는 라운드 트립 1ms 이하)를 지원할 수 있다.
- [0040] 안테나 모듈(197)은 신호 또는 전력을 외부(예: 외부의 전자 장치)로 송신하거나 외부로부터 수신할 수 있다.

일실시예에 따르면, 안테나 모듈(197)은 서브스트레이트(예: PCB) 위에 형성된 도전체 또는 도전성 패턴으로 이루어진 방사체를 포함하는 안테나를 포함할 수 있다. 일실시예에 따르면, 안테나 모듈(197)은 복수의 안테나들(예: 어레이 안테나)을 포함할 수 있다. 이런 경우, 제 1 네트워크(198) 또는 제 2 네트워크(199)와 같은 통신 네트워크에서 사용되는 통신 방식에 적합한 적어도 하나의 안테나가, 예를 들면, 통신 모듈(190)에 의하여 상기 복수의 안테나들로부터 선택될 수 있다. 신호 또는 전력은 상기 선택된 적어도 하나의 안테나를 통하여 통신 모듈(190)과 외부의 전자 장치 간에 송신되거나 수신될 수 있다. 어떤 실시예에 따르면, 방사체 이외에 다른 부품(예: RFIC(radio frequency integrated circuit))이 추가로 안테나 모듈(197)의 일부로 형성될 수 있다.

[0041] 다양한 실시예에 따르면, 안테나 모듈(197)은 mmWave 안테나 모듈을 형성할 수 있다. 일실시예에 따르면, mmWave 안테나 모듈은 인쇄 회로 기판, 상기 인쇄 회로 기판의 제 1 면(예: 아래 면)에 또는 그에 인접하여 배치되고 지정된 고주파 대역(예: mmWave 대역)을 지원할 수 있는 RFIC, 및 상기 인쇄 회로 기판의 제 2 면(예: 윗 면 또는 측 면)에 또는 그에 인접하여 배치되고 상기 지정된 고주파 대역의 신호를 송신 또는 수신할 수 있는 복수의 안테나들(예: 어레이 안테나)을 포함할 수 있다.

[0042] 상기 구성요소들 중 적어도 일부는 주변 기기들간 통신 방식(예: 버스, GPIO(general purpose input and output), SPI(serial peripheral interface), 또는 MIPI(mobile industry processor interface))를 통해 서로 연결되고 신호(예: 명령 또는 데이터)를 상호간에 교환할 수 있다.

[0043] 일실시예에 따르면, 명령 또는 데이터는 제 2 네트워크(199)에 연결된 서버(108)를 통해서 전자 장치(101)와 외부의 전자 장치(104)간에 송신 또는 수신될 수 있다. 외부의 전자 장치(102, 또는 104) 각각은 전자 장치(101)와 동일한 또는 다른 종류의 장치일 수 있다. 일실시예에 따르면, 전자 장치(101)에서 실행되는 동작들의 전부 또는 일부는 외부의 전자 장치들(102, 104, 또는 108) 중 하나 이상의 외부의 전자 장치들에서 실행될 수 있다. 예를 들면, 전자 장치(101)가 어떤 기능이나 서비스를 자동으로, 또는 사용자 또는 다른 장치로부터의 요청에 반응하여 수행해야 할 경우에, 전자 장치(101)는 기능 또는 서비스를 자체적으로 실행시키는 대신에 또는 추가적으로, 하나 이상의 외부의 전자 장치들에게 그 기능 또는 그 서비스의 적어도 일부를 수행하라고 요청할 수 있다. 상기 요청을 수신한 하나 이상의 외부의 전자 장치들은 요청된 기능 또는 서비스의 적어도 일부, 또는 상기 요청과 관련된 추가 기능 또는 서비스를 실행하고, 그 실행의 결과를 전자 장치(101)로 전달할 수 있다. 전자 장치(101)는 상기 결과를, 그대로 또는 추가적으로 처리하여, 상기 요청에 대한 응답의 적어도 일부로서 제공할 수 있다. 이를 위하여, 예를 들면, 클라우드 컴퓨팅, 분산 컴퓨팅, 모바일 에지 컴퓨팅(MEC: mobile edge computing), 또는 클라이언트-서버 컴퓨팅 기술이 이용될 수 있다. 전자 장치(101)는, 예를 들어, 분산 컴퓨팅 또는 모바일 에지 컴퓨팅을 이용하여 초저지연 서비스를 제공할 수 있다. 다른 실시예에 있어서, 외부의 전자 장치(104)는 IoT(internet of things) 기기를 포함할 수 있다. 서버(108)는 기계 학습 및/또는 신경망을 이용한 지능형 서버일 수 있다. 일실시예에 따르면, 외부의 전자 장치(104) 또는 서버(108)는 제 2 네트워크(199) 내에 포함될 수 있다. 전자 장치(101)는 5G 통신 기술 및 IoT 관련 기술을 기반으로 지능형 서비스(예: 스마트 홈, 스마트 시티, 스마트 카, 또는 헬스 케어)에 적용될 수 있다.

[0044] 서버(108)는 전자 장치(101)가 접속되며, 접속된 전자 장치(101)로 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 서버(108)는 회원 가입 절차를 진행하여 그에 따라 회원으로 가입된 사용자의 각종 정보를 저장하여 관리하고, 서비스에 관련된 각종 구매 및 결제 기능을 제공할 수도 있다. 또한, 서버(108)는, 사용자 간에 서비스를 공유할 수 있도록, 복수의 전자 장치(101) 각각에서 실행되는 서비스 애플리케이션의 실행 데이터를 실시간으로 공유할 수도 있다. 이러한 서버(108)는 하드웨어적으로는 통상적인 웹 서버(Web Server) 또는 서비스 서버(Service Server)와 동일한 구성을 가질 수 있다. 그러나, 소프트웨어적으로는, C, C++, Java, Python, Golang, kotlin 등 여하한 언어를 통하여 구현되어 여러 가지 기능을 하는 프로그램 모듈(Module)을 포함할 수 있다. 또한, 서버(108)는 일반적으로 인터넷과 같은 개방형 컴퓨터 네트워크를 통하여 불특정 다수 클라이언트 및/또는 다른 서버와 연결되어 있고, 클라이언트 또는 다른 서버의 작업수행 요청을 접수하고 그에 대한 작업 결과를 도출하여 제공하는 컴퓨터 시스템 및 그를 위하여 설치되어 있는 컴퓨터 소프트웨어(서버 프로그램)를 뜻하는 것이다. 또한, 서버(108)는, 전술한 서버 프로그램 이외에도, 서버(108) 상에서 동작하는 일련의 응용 프로그램(Application Program)과 경우에 따라서는 내부 또는 외부에 구축되어 있는 각종 데이터베이스(DB: Database, 이하 "DB"라 칭함)를 포함하는 넓은 개념으로 이해되어야 할 것이다. 따라서, 서버(108)는, 회원 가입 정보와, 게임에 대한 각종 정보 및 데이터를 분류하여 DB에 저장시키고 관리하는데, 이러한 DB는 서버(108)의 내부 또는 외부에 구현될 수 있다. 또한, 서버(108)는, 일반적인 서버용 하드웨어에 윈도우(windows), 리눅스(Linux), 유닉스(UNIX), 매킨토시(Macintosh) 등의 운영체제에 따라 다양하게 제공되고 있는 서버 프로그램을 이용하여 구현될 수 있으며, 대표적인 것으로는 윈도우 환경에서 사용되는 IIS(Internet Information Server)와 유닉스환경에서 사용되는

CERN, NCSA, APPACH, TOMCAT 등을 이용하여 웹 서비스를 구현할 수 있다. 또한, 서버(108)는, 서비스의 사용자 인증이나 서비스와 관련된 구매 결제를 위한 인증 시스템 및 결제 시스템과 연동할 수도 있다.

[0045] 제1 네트워크(198) 및 제2 네트워크(199)는 단말들 및 서버들과 같은 각각의 노드 상호 간에 정보 교환이 가능한 연결 구조 또는 서버(108)와 전자 장치들(101, 104)을 연결하는 망(Network)을 의미한다. 제1 네트워크(198) 및 제2 네트워크(199)는 인터넷(Internet), LAN(Local Area Network), Wireless LAN(Wireless Local Area Network), WAN(Wide Area Network), PAN(Personal Area Network), 3G, 4G, LTE, 5G, Wi-Fi 등이 포함되나 이에 한정되지는 않는다. 제1 네트워크(198) 및 제2 네트워크(199)는 LAN, WAN 등의 폐쇄형 제1 네트워크(198) 및 제2 네트워크(199)일 수도 있으나, 인터넷(Internet)과 같은 개방형인 것이 바람직하다. 인터넷은 TCP/IP 프로토콜, TCP, UDP(user datagram protocol) 등의 프로토콜 및 그 상위계층에 존재하는 여러 서비스, 즉 HTTP(HyperText Transfer Protocol), Telnet, FTP(File Transfer Protocol), DNS(Domain Name System), SMTP(Simple Mail Transfer Protocol), SNMP(Simple Network Management Protocol), NFS(Network File Service), NIS(Network Information Service)를 제공하는 전 세계적인 개방형 컴퓨터 제1 네트워크(198) 및 제2 네트워크(199) 구조를 의미한다.

[0046] 데이터베이스는 데이터베이스 관리 프로그램(DBMS)을 이용하여 컴퓨터 시스템의 저장공간(하드디스크 또는 메모리)에 구현된 일반적인 데이터구조를 가질 수 있다. 데이터베이스는 데이터의 검색(추출), 삭제, 편집, 추가 등을 자유롭게 행할 수 있는 데이터 저장형태를 가질 수 있다. 데이터베이스는 오라클(Oracle), 인포믹스(Infomix), 사이베이스(Sybase), DB2와 같은 관계형 데이터베이스 관리 시스템(RDBMS)이나, 잼스톤(Gemston), 오리온(Orion), O2 등과 같은 객체 지향 데이터베이스 관리 시스템(OODBMS) 및 엑셀론(Excelon), 타미노(Tamino), 세카이주(Sekaiju) 등의 XML 전용 데이터베이스(XML Native Database)를 이용하여 본 개시의 일 실시예의 목적에 맞게 구현될 수 있고, 자신의 기능을 달성하기 위하여 적당한 필드(Field) 또는 엘리먼트들을 가질 수 있다.

[0047] 도 2는 일 실시예에 따른 프로그램의 구성을 나타내는 도면이다.

[0048] 도 2은 다양한 실시예에 따른 프로그램(140)을 예시하는 블록도(200)이다. 일 실시예에 따르면, 프로그램(140)은 전자 장치(101)의 하나 이상의 리소스들을 제어하기 위한 운영 체제(142), 미들웨어(144), 또는 상기 운영 체제(142)에서 실행 가능한 어플리케이션(146)을 포함할 수 있다. 운영 체제(142)는, 예를 들면, Android™, iOS™, Windows™, Symbian™, Tizen™, 또는 Bada™를 포함할 수 있다. 프로그램(140) 중 적어도 일부 프로그램은, 예를 들면, 제조 시에 전자 장치(101)에 프리로드되거나, 또는 사용자에게 의해 사용 시 외부 전자 장치(예: 전자 장치(102 또는 104), 또는 서버(108))로부터 다운로드되거나 갱신 될 수 있다. 프로그램(140)의 전부 또는 일부는 뉴럴 네트워크를 포함할 수 있다.

[0049] 운영 체제(142)는 전자 장치(101)의 하나 이상의 시스템 리소스들(예: 프로세스, 메모리, 또는 전원)의 관리(예: 할당 또는 회수)를 제어할 수 있다. 운영 체제(142)는, 추가적으로 또는 대체적으로, 전자 장치(101)의 다른 하드웨어 디바이스, 예를 들면, 입력 모듈(150), 음향 출력 모듈(155), 디스플레이 모듈(160), 오디오 모듈(170), 센서 모듈(176), 인터페이스(177), 햅틱 모듈(179), 카메라 모듈(180), 전력 관리 모듈(188), 배터리(189), 통신 모듈(190), 가입자 식별 모듈(196), 또는 안테나 모듈(197)을 구동하기 위한 하나 이상의 드라이버 프로그램들을 포함할 수 있다.

[0050] 미들웨어(144)는 전자 장치(101)의 하나 이상의 리소스들로부터 제공되는 기능 또는 정보가 어플리케이션(146)에 의해 사용될 수 있도록 다양한 기능들을 어플리케이션(146)으로 제공할 수 있다. 미들웨어(144)는, 예를 들면, 어플리케이션 매니저(201), 윈도우 매니저(203), 멀티미디어 매니저(205), 리소스 매니저(207), 파워 매니저(209), 데이터베이스 매니저(211), 패키지 매니저(213), 컨넥티비티 매니저(215), noti피케이션 매니저(217), 로케이션 매니저(219), 그래픽 매니저(221), 시큐리티 매니저(223), 통화 매니저(225), 또는 음성 인식 매니저(227)를 포함할 수 있다.

[0051] 어플리케이션 매니저(201)는, 예를 들면, 어플리케이션(146)의 생명 주기를 관리할 수 있다. 윈도우 매니저(203)는, 예를 들면, 화면에서 사용되는 하나 이상의 GUI 자원들을 관리할 수 있다. 멀티미디어 매니저(205)는, 예를 들면, 미디어 파일들의 재생에 필요한 하나 이상의 포맷들을 파악하고, 그 중 선택된 해당하는 포맷에 맞는 코덱을 이용하여 상기 미디어 파일들 중 해당하는 미디어 파일의 인코딩 또는 디코딩을 수행할 수 있다. 리소스 매니저(207)는, 예를 들면, 어플리케이션(146)의 소스 코드 또는 메모리(130)의 메모리의 공간을 관리할 수 있다. 파워 매니저(209)는, 예를 들면, 배터리(189)의 용량, 온도 또는 전원을 관리하고, 이 중 해당 정보를 이용하여 전자 장치(101)의 동작에 필요한 관련 정보를 결정 또는 제공할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 파워 매

니저(209)는 전자 장치(101)의 바이오스(BIOS: basic input/output system)(미도시)와 연동할 수 있다.

[0052] 데이터베이스 매니저(211)는, 예를 들면, 어플리케이션(146)에 의해 사용될 데이터베이스를 생성, 검색, 또는 변경할 수 있다. 패키지 매니저(213)는, 예를 들면, 패키지 파일의 형태로 배포되는 어플리케이션의 설치 또는 갱신을 관리할 수 있다. 커넥티비티 매니저(215)는, 예를 들면, 전자 장치(101)와 외부 전자 장치 간의 무선 연결 또는 직접 연결을 관리할 수 있다. noti피케이션 매니저(217)는, 예를 들면, 지정된 이벤트(예: 착신 통화, 메시지, 또는 알람)의 발생을 사용자에게 알리기 위한 기능을 제공할 수 있다. 로케이션 매니저(219)는, 예를 들면, 전자 장치(101)의 위치 정보를 관리할 수 있다. 그래픽 매니저(221)는, 예를 들면, 사용자에게 제공될 하나 이상의 그래픽 효과들 또는 이와 관련된 사용자 인터페이스를 관리할 수 있다.

[0053] 시큐리티 매니저(223)는, 예를 들면, 시스템 보안 또는 사용자 인증을 제공할 수 있다. 통화(telephony) 매니저(225)는, 예를 들면, 전자 장치(101)에 의해 제공되는 음성 통화 기능 또는 영상 통화 기능을 관리할 수 있다. 음성 인식 매니저(227)는, 예를 들면, 사용자의 음성 데이터를 서버(108)로 전송하고, 그 음성 데이터에 적어도 일부 기반하여 전자 장치(101)에서 수행될 기능에 대응하는 명령어(command), 또는 그 음성 데이터에 적어도 일부 기반하여 변환된 문자 데이터를 서버(108)로부터 수신할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 미들웨어(244)는 동적으로 기존의 구성요소를 일부 삭제하거나 새로운 구성요소들을 추가할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 미들웨어(144)의 적어도 일부는 운영 체제(142)의 일부로 포함되거나, 또는 운영 체제(142)와는 다른 별도의 소프트웨어로 구현될 수 있다.

[0054] 어플리케이션(146)은, 예를 들면, 홈(251), 다이얼러(253), SMS/MMS(255), IM(instant message)(257), 브라우저(259), 카메라(261), 알람(263), 연락처(265), 음성 인식(267), 이메일(269), 달력(271), 미디어 플레이어(273), 앨범(275), 와치(277), 헬스(279)(예: 운동량 또는 혈당과 같은 생체 정보를 측정), 또는 환경 정보(281)(예: 기압, 습도, 또는 온도 정보 측정) 어플리케이션을 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 어플리케이션(146)은 전자 장치(101)와 외부 전자 장치 사이의 정보 교환을 지원할 수 있는 정보 교환 어플리케이션(미도시)을 더 포함할 수 있다. 정보 교환 어플리케이션은, 예를 들면, 외부 전자 장치로 지정된 정보(예: 통화, 메시지, 또는 알람)를 전달하도록 설정된 noti피케이션 릴레이 어플리케이션, 또는 외부 전자 장치를 관리하도록 설정된 장치 관리 어플리케이션을 포함할 수 있다. noti피케이션 릴레이 어플리케이션은, 예를 들면, 전자 장치(101)의 다른 어플리케이션(예: 이메일 어플리케이션(269))에서 발생된 지정된 이벤트(예: 메일 수신)에 대응하는 알림 정보를 외부 전자 장치로 전달할 수 있다. 추가적으로 또는 대체적으로, noti피케이션 릴레이 어플리케이션은 외부 전자 장치로부터 알림 정보를 수신하여 전자 장치(101)의 사용자에게 제공할 수 있다.

[0055] 장치 관리 어플리케이션은, 예를 들면, 전자 장치(101)와 통신하는 외부 전자 장치 또는 그 일부 구성 요소(예: 외부 전자장치의 디스플레이 모듈 또는 카메라 모듈)의 전원(예: 턴-온 또는 턴-오프) 또는 기능(예: 밝기, 해상도, 또는 포커스)을 제어할 수 있다. 장치 관리 어플리케이션은, 추가적으로 또는 대체적으로, 외부 전자 장치에서 동작하는 어플리케이션의 설치, 삭제, 또는 갱신을 지원할 수 있다.

[0056] 본 명세서에 걸쳐, 뉴럴 네트워크(neural network), 신경망 네트워크, 네트워크 함수는, 동일한 의미로 사용될 수 있다. 뉴럴 네트워크는, 일반적으로 “노드”라 지칭될 수 있는 상호 연결된 계산 단위들의 집합으로 구성될 수 있다. 이러한 “노드”들은, “뉴런(neuron)”들로 지칭될 수도 있다. 뉴럴 네트워크는, 적어도 둘 이상의 노드들을 포함하여 구성된다. 뉴럴 네트워크들을 구성하는 노드(또는 뉴런)들은 하나 이상의 “링크”에 의해 상호 연결될 수 있다.

[0057] 뉴럴 네트워크 내에서, 링크를 통해 연결된 둘 이상의 노드들은 상대적으로 입력 노드 및 출력 노드의 관계를 형성할 수 있다. 입력 노드 및 출력 노드의 개념은 상대적인 것으로서, 하나의 노드에 대하여 출력 노드 관계에 있는 임의의 노드는 다른 노드와의 관계에서 입력 노드 관계에 있을 수 있으며, 그 역도 성립할 수 있다. 전술한 바와 같이, 입력 노드 대 출력 노드 관계는 링크를 중심으로 생성될 수 있다. 하나의 입력 노드에 하나 이상의 출력 노드가 링크를 통해 연결될 수 있으며, 그 역도 성립할 수 있다.

[0058] 하나의 링크를 통해 연결된 입력 노드 및 출력 노드 관계에서, 출력 노드는 입력 노드에 입력된 데이터에 기초하여 그 값이 결정될 수 있다. 여기서, 입력 노드와 출력 노드를 상호 연결하는 노드는 가중치를 가질 수 있다. 가중치는 가변적일 수 있으며, 뉴럴 네트워크가 원하는 기능을 수행하기 위해, 사용자 또는 알고리즘에 의해 가변될 수 있다. 여기서, 입력 노드와 출력 노드를 상호 연결하는 예지 또는 링크는 뉴럴 네트워크가 원하는 기능의 수행, 사용자 또는 알고리즘에 의해 가변적으로 적용될 수 있는 가중치를 갖는다. 예를 들어, 하나의 출력 노드에 하나 이상의 입력 노드가 각각의 링크에 의해 상호 연결된 경우, 출력 노드는 상기 출력 노드와 연결된 입력 노드들에 입력된 값들 및 각각의 입력 노드들에 대응하는 링크에 설정된 가중치에 기초하여 출력 노드 값

을 결정할 수 있다.

- [0059] 전술한 바와 같이, 뉴럴 네트워크는, 둘 이상의 노드들이 하나 이상의 링크를 통해 상호연결 되어 뉴럴 네트워크 내에서 입력 노드 및 출력 노드 관계를 형성한다. 뉴럴 네트워크 내에서 노드들과 링크들의 개수 및 노드들과 링크들 사이의 연관관계, 링크들 각각에 부여된 가중치의 값에 따라, 신경망 네트워크의 특성이 결정될 수 있다. 예를 들어, 동일한 개수의 노드 및 링크들이 존재하고, 링크들 사이의 가중치 값이 상이한 두 신경망 네트워크가 존재하는 경우, 두 개의 신경망 네트워크들은 서로 상이한 것으로 인식될 수 있다.
- [0060] 도 3은 일 실시예에 따라 인공지능을 기반으로 서버가 사용자 특성 메타데이터를 이용하여 3차원 캐릭터의 모션을 생성하는 방법에 대한 흐름도를 나타낸다. 도 3의 실시예는 본 개시의 다양한 실시예들과 결합될 수 있다.
- [0061] 도 3을 참조하면, 단계 S310에서, 서버는 사용자 단말로부터 3차원 캐릭터의 모션 생성을 위한 텍스트 프롬프트와 사용자 특성 메타데이터를 획득할 수 있다.
- [0062] 서버는 인공지능을 이용하여 3차원 캐릭터의 모션을 생성하고, 생성된 3차원 모션 데이터를 사용자 단말에게 제공하는 서버일 수 있다. 예를 들어, 서버는 사용자 단말로부터 텍스트 프롬프트를 획득하여, 텍스트 프롬프트를 인코딩한 결과에 기초해 스켈레톤 구조 정보를 획득하고, 스켈레톤 구조 정보에 따른 생체역학 정보를 생성할 수 있다. 예를 들어, 서버는 사용자 단말로부터 사용자 특성 메타데이터를 획득하여, 사용자 특성 메타데이터를 인코딩한 결과로 사용자 특성 컨텍스트 벡터를 생성할 수 있다. 서버는 텍스트 기반 조건, 사용자 특성 기반 조건 및 생체역학 기반 조건을 디퓨전 기반 모션 생성 모델에 입력하여 관절별 회전 시퀀스를 생성하고, 생성된 관절별 회전 시퀀스를 적용한 3차원 모션 데이터를 사용자 단말에게 전송할 수 있다. 텍스트 프롬프트는, 사용자가 자연어로 입력한, 3차원 캐릭터의 동작을 설명하는 문장일 수 있다. 예를 들어, 텍스트 프롬프트는 동작의 수행 주체, 동작의 유형, 동작의 속성, 동작의 공간적 방향성, 실행 부위와 체형 또는 비례 표현 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 텍스트 프롬프트는 적어도 하나의 문장을 포함할 수 있다. 이때, 서버는 입력된 텍스트 프롬프트를 디퓨전 기반 모션 생성 모델에서 활용하기 위한 텍스트 조건 벡터 생성의 입력으로 사용할 수 있다. 사용자 특성 메타데이터는 사용자 단말을 이용하는 사용자의 특성을 나타내는 정보일 수 있다. 예를 들어, 사용자 특성 메타데이터는 성별 값, 연령 값 및 지역 코드 값을 포함할 수 있다. 성별 값은 사용자의 성별을 나타내는 값으로, 예를 들어, 남성 사용자를 식별하기 위한 값 또는 여성 사용자를 식별하기 위한 중 하나로 설정될 수 있다. 연령 값은 사용자의 연령을 나타내는 값으로, 예를 들어, 사용자 단말에 의해 입력된 생년월일 정보로부터 산출된, 만 나이를 나타내는 정수 값일 수 있다. 지역 코드 값은 사용자가 거주하는 지역을 나타내는 코드 값일 수 있다. 예를 들어, 지역 코드 값은 국가 식별을 위한 2자리 숫자, 광역 행정 구역을 식별하기 위한 3자리 숫자 및 기초 행정 구역을 식별하기 위한 5자리 숫자로 구성될 수 있다. 이때, 서버는 입력된 사용자 특성 메타데이터를 디퓨전 기반 모션 생성 모델에서 활용하기 위한 사용자 특성 컨텍스트 벡터 생성의 입력으로 사용할 수 있다. 스켈레톤 구조 정보는 캐릭터의 관절 구성과 연결 관계를 나타내는 구조적 정보일 수 있다. 생체역학 정보는 스켈레톤의 관절 움직임에 적용되는 물리적 제약 조건을 나타내는 정보일 수 있다. 디퓨전 기반 모션 생성 모델은 특정 조건 벡터를 입력받아 확률적 변환 과정을 거쳐 관절별 회전 시퀀스를 생성하는 인공지능 모델일 수 있다. 예를 들어, 서버는 도 1의 서버(108)를 포함할 수 있다.
- [0063] 사용자 단말은 3차원 캐릭터의 모션을 생성하는 사용자의 단말일 수 있다. 예를 들어, 사용자 단말은 3차원 캐릭터의 동작을 설명하는 문장을 포함하는 텍스트 프롬프트와 사용자 특성 메타데이터를 서버에게 전송할 수 있고, 서버로부터 수신한 3차원 모션 데이터를 화면에 표시하거나 애니메이션 제작을 위해 저장할 수 있다. 예를 들어, 사용자 단말에는 3차원 캐릭터의 모션 생성을 수행하기 위한 어플리케이션이 사전 설치될 수 있다. 예를 들어, 사용자 단말은 사전 설치된 어플리케이션을 통해 3차원 캐릭터의 동작을 설명하는 문장을 포함하는 텍스트 프롬프트와 함께 사용자 특성 메타데이터를 서버에게 전송할 수 있고, 서버로부터 수신한 3차원 모션 데이터를 화면에 표시할 수 있다. 이를 통해, 자연어 기반의 직관적 인터페이스를 통해 특정 캐릭터에 대한 모션을 손쉽게 생성할 수 있고, 서버가 제공한 3차원 모션 데이터를 활용할 수 있다. 예를 들어, 사용자 단말은 도 1의 전자 장치(101)를 포함할 수 있다.
- [0064] 예를 들어, 사용자 단말은 사전 설치된 어플리케이션을 통해 성별 값, 연령 값 및 지역 코드 값을 사용자 특성 메타데이터로 사전 입력할 수 있다. 부가적으로, 예를 들어, 사전 설치된 어플리케이션을 통해 사용자 단말로부터 지역 코드 값이 입력되지 않은 경우, 사용자 단말의 인터넷 프로토콜 주소 값이 서버에게 전송되고, 서버는 인터넷 프로토콜 주소 값을 기반으로 사전 구축한 IP-지역 매핑 테이블을 참조하여 지역 코드 값을 결정할 수 있다.
- [0065] 단계 S320에서, 서버는 텍스트 프롬프트를 기반으로 텍스트 인코더를 통해 텍스트 조건 벡터를 생성할 수 있다.

- [0066] 텍스트 인코더는 사용자 단말에서 입력된 텍스트 프롬프트에 포함된 문장 구조, 의미적 맥락 및 동작 관련 의도를 인공지능 기반의 고차원 벡터 표현으로 변환하기 위한 인코딩 모듈일 수 있다. 예를 들어, 텍스트 인코더는 BERT(Bidirectional Encoder Representations from Transformers), RoBERTa(Robustly Optimized BERT Pretraining Approach), T5(Text-to-Text Transfer Transformer), GPT(Generative Pre-trained Transformer)와 같은 복수의 사전 학습된 언어 인코더 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 텍스트 인코더는 문장 내 단어 사이의 문맥 관계를 반영한 임베딩을 산출할 수 있다.
- [0067] 예를 들어, 텍스트 인코더는 텍스트 프롬프트를 단어 단위 또는 서브워드 단위의 토큰으로 분할하고, 각 토큰에 대해 사전 학습된 단어 임베딩과 토큰의 순서를 나타내는 위치 임베딩을 계산하여, 토큰 순서가 보존된 입력 임베딩 시퀀스를 구성할 수 있다. 예를 들어, 입력 임베딩 시퀀스는 문장 내 각 토큰의 의미적 특징과 위치 정보를 동시에 포함하는 벡터 행렬 형태로 생성될 수 있다.
- [0068] 예를 들어, 텍스트 인코더는 입력 임베딩 시퀀스를 다층 트랜스포머 인코딩 레이어에 입력하여 문맥적 표현을 추출할 수 있다. 트랜스포머 인코딩 레이어는 복수의 셀프-어텐션(self-attention) 연산과 전결합(feed-forward) 연산을 포함하고, 문장 내 토큰들 사이의 의미적 상관관계를 모델링하기 위한 어텐션 가중치를 계산할 수 있다. 예를 들어, 셀프-어텐션 연산은 “들어 올린다”, “빠르게”, “왼쪽 팔”, “회전한다”와 같이 동작 수행과 직접적으로 관련된 핵심 단어들에 더 높은 가중치를 부여함으로써, 동작 의미, 속성, 강도 및 방향성을 강조한 문맥적 표현을 산출할 수 있다. 예를 들어, 트랜스포머 인코딩 레이어는 각 토큰의 문맥적 표현을 기반으로 문장 전체에 대한 전역적 의미 표현을 생성하고, 복수의 레이어를 통해 점진적으로 표현을 생성할 수 있다.
- [0069] 예를 들어, 텍스트 인코더는 최종 레이어에서 산출된 문장 수준의 표현 벡터를 평균 풀링 또는 특별 토큰 기반 집약 방식으로 통합하여, 모션 생성 모델의 조건부 연산에 사용되는 고정 길이의 텍스트 조건 벡터를 생성할 수 있다. 특별 토큰 기반 집약 방식은 입력 시퀀스의 선두 또는 특정 위치에 배치된 특별 토큰의 은닉 상태를 문장 전체의 대표 벡터로 사용하는 방식일 수 있다. 즉, BERT류 모델의 [CLS] 토큰, T5/GPT류 모델의 <s> 또는 EOS 토큰, RoBERTa의 <s> 토큰처럼 모델이 문장 단위 의미를 집약하도록 설계된 토큰의 최종 은닉 벡터를 그대로 문장 표현으로 사용하는 것을 의미한다. 텍스트 조건 벡터는 동작의 수행 주체, 동작의 유형(예: 점프, 회전, 이동), 동작의 속성(예: 빠르게, 천천히, 부드럽게), 동작의 공간적 방향성(예: 앞으로, 위쪽으로), 실행 부위(예: 팔, 다리, 몸통)와 체형 및 비례 표현(예: 큰, 작은, 다리가 긴 등)에 대한 의미적 정보를 반영한 벡터일 수 있다.
- [0070] 단계 S330에서, 서버는 사용자 특성 메타데이터를 기반으로 사용자 특성 인코더를 통해 성별 특성과 관련된 값, 연령 특성과 관련된 값 및 지역 특성과 관련된 값을 포함하는 사용자 특성 컨텍스트 벡터를 생성할 수 있다.
- [0071] 사용자 특성 인코더는 사용자 특성 메타데이터를 기반으로 사용자의 움직임 스타일을 수치적으로 표현하기 위한 임베딩 벡터를 생성하는 신경망 기반 인코딩 모듈일 수 있다. 사용자 특성 컨텍스트 벡터는 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 크로스-어텐션 연산에서 조건 벡터로 활용되어, 동일한 텍스트 프롬프트가 입력되더라도 사용자 특성에 따라 상이한 모션 스타일이 생성되도록 하는 조건 표현일 수 있다. 성별 특성과 관련된 값은 성별에 따른 보행 및 움직임 패턴을 정량적으로 표현하기 위한 지표일 수 있다. 성별 특성과 관련된 값은 보폭 길이 비율, 팔 흔들림 평균 각도 및 하지 관절 회전 가속도의 평균 값을 포함할 수 있다. 예를 들어, 보폭 길이 비율은 1보 이동 시 지면을 따라 이동하는 평균 직선 거리를 나타내는 값으로서, 약 0.90 m에서 1.40 m 범위의 값을 가질 수 있고, 단위는 미터(m)일 수 있다. 또한, 팔 흔들림 평균 각도는 보행 시 상완 및 전완이 전후 방향으로 회전하는 평균 각도를 나타내는 값으로서, 약 15도에서 55도 범위의 값을 가질 수 있고, 단위는 도(degree)일 수 있다. 하지 관절 회전 가속도 평균값은 보행 또는 신체 이동 과정에서 무릎 및 엉덩이 관절의 회전 속도가 증가하는 평균 비율을 나타내는 값으로서, 약 20도/초²에서 95도/초² 범위의 값을 가질 수 있고, 단위는 도/초²일 수 있다.
- [0072] 연령 특성과 관련된 값은 연령 변화에 따라 나타나는 관절 가동 능력 및 이동 성향의 차이를 정량적으로 표현하기 위한 지표일 수 있다. 예를 들어, 연령 특성과 관련된 값은 관절 최대 굴곡각 감소율, 평균 보행 속도 및 균형 유지 흔들림 진폭을 포함할 수 있다. 예를 들어, 관절 최대 굴곡각 감소율은 20대 평균 관절 최대 굴곡각 대비 감소된 비율을 나타내는 값으로서, 약 0%에서 35% 범위의 값을 가질 수 있고, 단위는 퍼센트(%)일 수 있다. 평균 보행 속도는 5m 이상의 직선 보행을 수행할 때의 평균 이동 속도를 나타내는 값으로서, 약 0.6 m/s에서 1.6 m/s 범위의 값을 가질 수 있고, 단위는 미터/초(m/s)일 수 있다. 균형 유지 흔들림 진폭은 정적 자세 유지 시 신체 중심이 좌우 방향으로 흔들리는 진동 폭을 나타내는 값으로서, 약 2 mm에서 22 mm 범위의 값을 가질 수

있고, 단위는 밀리미터(mm)일 수 있다.

[0073] 지역 특성과 관련된 값은 해당 지역 문화권에서 나타나는 동작 표현 패턴을 정량적으로 표현하기 위한 지표일 수 있다. 예를 들어, 지역 특성과 관련된 값은 제스처 사용 빈도, 상지 움직임 평균 진폭 및 정적 자세 유지 시간 비율을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제스처 사용 빈도는 의사소통 또는 감정 표현 과정에서 손 제스처가 발생하는 평균 빈도를 나타내는 값으로서, 약 0.8회/초에서 3.5회/초 범위의 값을 가질 수 있고, 단위는 회/초일 수 있다. 상지 움직임 평균 진폭은 어깨 중심점을 기준으로 손이 이동하는 평균 거리를 나타내는 값으로서, 약 10 cm에서 65 cm 범위의 값을 가질 수 있고, 단위는 센티미터(cm)일 수 있다. 예를 들어, 정적 자세 유지 시간 비율은 전체 움직임 시간 중 신체 움직임이 최소 또는 정지된 상태로 유지된 시간을 나타내는 값으로서, 약 15%에서 62% 범위의 값을 가질 수 있고, 단위는 퍼센트(%)일 수 있다.

[0074] 예를 들어, 사용자 특성 인코더는 특성별 임베딩 레이어, 특성 결합 레이어 및 정규화 레이어를 포함할 수 있다. 특성별 임베딩 레이어는 성별 채널, 연령 채널 및 지역 코드 채널을 각각 입력으로 받아, 성별 임베딩 벡터, 연령 임베딩 벡터 및 지역 기반 임베딩 벡터를 산출할 수 있다. 예를 들어, 성별 임베딩 서브레이어는 성별 값과 대응되는 보폭 길이 비율, 팔 흔들림 평균 각도 및 하지 관절 회전 가속도 평균값을 임베딩 파라미터와 곱하여 성별 특성을 표현하는 성별 임베딩 벡터를 생성할 수 있다. 연령 임베딩 서브레이어는 연령 값과 대응되는 관절 최대 굴곡각 감소율, 평균 보행 속도 및 균형 유지 흔들림 진폭을 임베딩 파라미터와 결합하여 연령 특성을 표현하는 연령 임베딩 벡터를 생성할 수 있다. 지역 기반 임베딩 서브레이어는 지역 코드 값과 대응되는 제스처 사용 빈도, 상지 움직임 평균 진폭 및 정적 자세 유지 시간 비율을 임베딩 파라미터와 결합하여 지역 특성을 표현하는 지역 기반 임베딩 벡터를 생성할 수 있다. 특성 결합 레이어는 성별 임베딩 벡터, 연령 임베딩 벡터 및 지역 기반 임베딩 벡터를 동일 차원으로 정렬한 후, 벡터 결합 연산을 통해 하나의 중간 사용자 특성 벡터로 통합하는 역할을 수행할 수 있다. 예를 들어, 특성 결합 레이어는 성별 임베딩 벡터, 연령 임베딩 벡터 및 지역 기반 임베딩 벡터를 순차적으로 연결한 후, 전결합 가중치 행렬과 편향 벡터를 적용하여 비선형 활성화 함수를 통과시킴으로써 특성들의 상호 관계를 반영한 중간 사용자 특성 벡터를 생성할 수 있다. 이때, 전결합 가중치 행렬은 성별 기반 움직임 경향, 연령 기반 이동 안정성 및 지역 기반 제스처 패턴이 서로 어떻게 결합되는지를 학습하기 위한 파라미터로 사용될 수 있다. 정규화 레이어는 특성 결합 레이어에서 생성된 중간 사용자 특성 벡터에 대해 평균과 분산을 기반으로 한 정규화 연산을 수행하여, 값의 분포가 특정 범위에 집중되지 않도록 조정하여 사용자 특성 컨텍스트 벡터를 생성할 수 있다. 즉, 정규화 레이어는 사용자 특성 컨텍스트 벡터의 각 성분이 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 크로스-어텐션 연산에서 안정적으로 사용될 수 있도록 벡터의 크기와 분포를 균일하게 맞추는 역할을 수행할 수 있다.

[0075] 예를 들어, 스켈레톤 구조 정보는 텍스트 조건 벡터를 기반으로 생성될 수 있다.

[0076] 일 실시예에 따르면, 서버는 텍스트 조건 벡터를 기반으로 활성화 관절 세트 및 캐릭터 비례 파라미터를 포함하는 스켈레톤 구성 파라미터를 획득할 수 있다. 서버는 스켈레톤 구성 파라미터에 기반하여 사전 설정된 기본 스켈레톤 템플릿을 이용하여 관절 목록 정보, 관절 연결 정보, 관절 특성 정보 및 관절 회전축 정보를 포함하는 스켈레톤 구조 정보를 생성할 수 있다.

[0077] 스켈레톤 구성 파라미터는 텍스트 조건 벡터의 의미적 정보를 기반으로 스켈레톤 구조 생성을 위해 필요한 관절 구성 및 계층 관계를 규정하는 기본 설정값을 의미할 수 있다. 예를 들어, 스켈레톤 구성 파라미터는 활성화 관절 세트 및 캐릭터 비례 파라미터를 포함할 수 있다.

[0078] 예를 들어, 서버는 텍스트 조건 벡터에서 동작 지시어(예: “들어 올린다”, “점프한다”, “회전한다”, “달린다”) 및 신체 부위와 관련 표현(예: “팔”, “다리”, “허리”)을 추출할 수 있다. 서버는 추출된 표현을 사전 설정된 동작?관절 매핑 테이블과 비교하여, 해당 동작을 수행하기 위해 필요한 관절들을 활성화 관절 세트로 결정할 수 있다. 예를 들어, “팔을 들어 올린다”라는 표현은 동작?관절 매핑 테이블에서 어깨 관절, 팔꿈치 관절 및 손목 관절로 매핑될 수 있다. 부가적으로, 예를 들어, 서버는 동작 지시어에 대응되는 키워드 집합과 신체 부위와 관련된 표현에 대응되는 키워드 집합을 사전 정의하고, 각 키워드 집합에 대한 기준 키워드 임베딩을 사전 설정할 수 있다. 서버는 복수의 기준 키워드 임베딩 각각과 텍스트 조건 벡터 사이의 코사인 유사도와 같은 정규화된 내적 기반 유사도 값을 계산하고, 유사도 값이 사전 설정된 임계값 이상인 기준 키워드 임베딩에 대응하는 키워드를 동작 지시어 후보군 및 신체 부위 표현 후보군으로 선택할 수 있다. 예를 들어, “들어 올린다”, “점프한다”, “회전한다”, “달린다”에 해당하는 기준 키워드 임베딩과 유사도 값이 사전 설정된 임계값 이상인 키워드가 검출되면 해당 단어를 동작 지시어로 추출하고, “팔”, “다리”, “허리”에 해당하는 기준 키워드 임베딩과 유사도 값이 사전 설정된 임계값 이상인 키워드가 검출되면 해당 단어를 신체 부

위 관련된 표현으로 추출할 수 있다. 이후, 서버는 동작-관절 매핑 테이블을 참조하여, 추출된 동작 지시어와 신체 부위와 관련된 표현의 조합을 키로 사용하여 매칭되는 관절 집합을 결정할 수 있다. 동작-관절 매핑 테이블은 동작 지시어, 신체 부위와 관련된 표현의 조합별로 해당 동작을 수행하기 위해 필요한 관절 식별자 목록이 대응되도록 정의된 데이터 구조일 수 있다. 예를 들어, “팔을 들어 올린다”에 대응되는 항목에는 동작?관절 매핑 테이블의 어깨 관절, 팔꿈치 관절 및 손목 관절 각각에 대한 식별자가 저장될 수 있다. 서버는 텍스트 조건 벡터에서 추출된 복수의 동작 지시어와 신체 부위와 관련된 표현 각각에 대해 동작?관절 매핑 테이블을 반복적으로 조회하고, 조회 결과로 획득된 관절 식별자들을 합집합 연산을 통해 통합함으로써 활성화 관절 세트를 결정할 수 있다.

[0079] 예를 들어, 서버는 텍스트 조건 벡터에 포함된 체형 및 비례와 관련된 표현(예: “팔이 긴”, “다리가 짧은”, “왜소한 체형”)을 결정하여, 기본 스켈레톤 템플릿의 뼈대 길이를 조정하기 위한 캐릭터 비례 파라미터를 산출할 수 있다. 부가적으로, 예를 들어, 서버는 체형 표현에 대응되는 키워드 집합과 비례 강도를 나타내는 키워드 집합을 사전에 설정하고, 각 키워드 집합에 대한 기준 키워드 임베딩을 사전 설정할 수 있다. 서버는 복수의 기준 키워드 임베딩 각각과 텍스트 조건 벡터 사이의 코사인 유사도와 같은 정규화된 내적 기반 유사도 값을 계산하고, 유사도 값이 사전 설정된 임계값 이상인 기준 키워드 임베딩을 결정함으로써, 해당 기준 키워드 임베딩에 대응하는 체형 표현과 비례 강도 표현을 각각 선택할 수 있다. 서버는 선택된 체형 표현과 비례 강도 표현에 대응되는 기준 키워드 임베딩을 결합하여 체형 비례 벡터를 생성하고, 체형 비례 벡터를 다층 퍼셉트론 기반의 스케일 계수 산출 모듈에 입력하여 복수의 신체 부위 각각에 대한 스케일 계수 및 전체 스케일 계수를 산출할 수 있다. 서버는 복수의 신체 부위 각각에 대한 스케일 계수 및 전체 스케일 계수를 캐릭터 비례 파라미터로 설정하고, 기본 스켈레톤 템플릿에 포함된 각 뼈대 구간의 길이에 대응되는 기본 값에 스케일 계수를 곱하는 방식으로 스켈레톤의 비례를 조정할 수 있다.

[0080] 스켈레톤 구조 정보는 텍스트 조건 벡터의 의미적 정보가 반영된 스켈레톤의 구조를 나타내는 정보일 수 있다. 예를 들어, 스켈레톤 구조 정보는 스켈레톤을 구성하는 모든 관절을 식별하기 위한 관절 목록 정보, 관절들 사이의 연결 관계를 나타내는 관절 연결 정보, 각 관절의 운동 자유도 특성을 나타내는 관절 특성 정보 및 각 관절의 회전 가능 방향을 나타내는 관절 회전축 정보를 포함할 수 있다.

[0081] 기본 스켈레톤 템플릿은 인체의 해부학적 구조를 표준화한 데이터로서, 전체 관절 식별자 목록, 관절 사이의 연결 관계(상위 및 하위 연결을 갖는 트리 기반 연결형 구조와 분기 구조를 포함하는 인접 연결 구조), 각 관절의 관절 유형과 기본 회전축 정보 및 기본 뼈대 구간에 대한 길이 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 기본 스켈레톤 템플릿은 서버에 사전 설정될 수 있다.

[0082] 예를 들어, 관절 목록 정보는 스켈레톤을 구성하는 관절 각각을 식별하기 위한 복수의 관절 식별자의 집합일 수 있다. 관절 목록 정보에 포함되는 각 관절은 스켈레톤 상의 하나의 관절 지점을 나타내며, 이후 시공간 그래프 구성 시 노드 집합을 구성하기 위한 기본 단위가 될 수 있다. 예를 들어, 캐릭터에 대한 관절 목록 정보는 골반, 복수 단계의 척추 관절, 흉곽 관절, 목 관절, 머리 관절, 좌우 어깨 관절, 좌우 팔꿈치 관절, 좌우 손목 관절, 좌우 고관절, 좌우 무릎 관절 및 좌우 발목 관절과 같은 복수의 관절 식별자를 포함할 수 있다. 예를 들어, 서버는 사전 설정된 기본 스켈레톤 템플릿을 획득하고, 기본 스켈레톤 템플릿에 저장된 전체 관절 식별자 목록을 관절 목록 정보로 설정할 수 있다. 이때, 스켈레톤 구성 파라미터에 포함된 활성화 관절 세트는 관절 목록에서 동작 수행에 직접 관여하는 관절을 설정하기 위한 정보로 사용될 수 있다. 예를 들어, 서버는 활성화 관절 세트의 각 관절 식별자를 관절 목록 정보와 비교하여 일치하는 관절 항목을 결정하고, 결정된 관절 항목에 대해 동작 수행에 직접 관여함을 나타내는 활성화 플래그 값을 관절 목록 정보에 추가할 수 있다.

[0083] 예를 들어, 관절 연결 정보는 스켈레톤을 구성하는 관절들 사이의 연결 관계를 계층적으로 나타내는 정보일 수 있다. 관절 연결 정보는 스켈레톤의 전체 구조가 루트 관절을 기준으로 상위 방향 및 하위 방향으로 확장되는 계층적 연결 형태를 포함함과 동시에, 기본 스켈레톤 템플릿에 정의된 인접 관절 쌍별 연결 관계(브랜치 연결 및 형제 노드 간 연결)를 모두 포함하는 확장된 연결 구조를 의미할 수 있다. 이러한 관절 연결 정보는 이후 시공간 그래프의 공간 방향 엣지를 생성하기 위한 기준 정보로 사용될 수 있다. 예를 들어, 서버는 기본 스켈레톤 템플릿에 저장된 관절 사이의 연결 관계를 참조하여, 관절 목록 정보에 포함된 각 관절에 대해 기본 스켈레톤 템플릿 상에 설정된 모든 연결 관계를 반영하여, 해당 관절의 인접 관절들을 관절 연결 정보로 설정할 수 있다.

[0084] 예를 들어, 관절 연결 정보는 각 관절을 식별하기 위한 관절 식별자, 해당 관절과 직접 연결된 인접 관절들의 관절 식별자 집합, 각 연결 관계의 연결 특성에 대한 값 및 루트 관절로부터의 계층적 깊이를 나타내는 계층 레벨 값을 포함할 수 있다. 해당 관절과 직접 연결된 인접 관절들의 관절 식별자 집합은 해당 관절보다 상위 방향

에 위치한 관절, 해당 관절보다 하위 방향에 위치한 관절 및 동일한 계층 깊이에서 분기되어 있는 관절 각각에 대한 관절 식별자를 포함할 수 있다. 계층 레벨 값은 전체 스켈레톤에서의 상대적 위치를 나타내는 정수 값으로서, 스켈레톤의 최상위 관절을 0으로 하여 하위 관절로 내려갈수록 1씩 증가하는 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 골반 관절의 깊이 값은 0, 척추 1단 관절은 1, 어깨 관절은 3과 같이 설정될 수 있다. 계층 레벨 값은 0 이상의 정수 범위를 갖고, 스켈레톤 전체의 구조에 따라 0에서 20 이하의 범위에서 정의될 수 있다. 또한, 관절 연결 정보는 연결 특성에 대한 값은 관절 식별자 쌍별로 포함할 수 있다. 연결 특성에 대한 값은 관절 사이의 연결 방식의 유형을 식별하기 위한 값으로서, 회전 중심 연결, 직선 이동 중심 연결 또는 고정 연결 중 하나로 설정될 수 있다. 회전 중심 연결은 두 관절이 하나 이상의 회전축을 기준으로 상대 회전을 수행하는 구조를 나타내며, 직선 이동 중심 연결은 관절이 특정 직선 방향으로만 상대 이동이 가능한 구조를 나타낸다. 고정 연결은 두 관절이 상대적인 회전이나 이동을 수행하지 않는 구조를 나타낸다. 이러한 연결 특성에 대한 값은 사전 정의된 문자열 값이나 0, 1, 2와 같은 정수 값 중 하나로 표현될 수 있다.

[0085] 이때, 서버는 활성화 관절 세트에 포함된 관절과 해당 관절에 상위 및 하위로 연결된 관절들이 모두 계층 구조에 포함되도록 함으로써, 동작 수행에 필요한 연결 경로가 끊어지지 않는 트리 구조를 유지할 수 있다. 또한, 서버는 캐릭터 비례 파라미터와 기본 뼈대 구간에 대한 길이 정보를 관절 연결 정보에 포함시킬 수 있다. 기본 뼈대 구간에 대한 길이 정보는 관절 사이의 기본적인 뼈대 구간에 대한 길이를 관절 식별자 쌍별로 나타내는 값을 포함할 수 있다.

[0086] 예를 들어, 관절 특성 정보는 각 관절이 허용하는 운동 자유도의 특성을 나타내는 정보일 수 있다. 서버는 기본 스켈레톤 템플릿에 저장된 관절별 관절 유형을 조회하고, 각 관절 식별자에 대응되는 관절 유형을 관절 특성 정보로 설정할 수 있다. 관절 유형은 사전 설정된 복수의 특성 값 중 하나로 설정될 수 있다. 예를 들어, 복수의 특성 값은 단일 축 회전관절, 유니버설 관절, 다축 회전관절 각각에 대한 값을 포함할 수 있다. 단일 축 회전관절은 하나의 회전축을 기준으로 단일 방향 회전만을 허용하는 관절을 의미할 수 있다. 유니버설 관절은 서로 직교하는 두 개의 회전축을 기준으로 두 방향의 독립적인 회전 동작을 허용하는 관절을 의미할 수 있다. 다축 회전관절은 세 개의 회전축을 기준으로 3차원 공간 전 방향에 대한 회전 동작을 허용하는 관절을 의미할 수 있다. 관절 특성 정보는 이후 생체역학 인코더가 관절별 허용 회전 범위를 산출할 때 적용할 제약 모델의 형태를 선택하기 위한 기준 정보로 사용될 수 있다.

[0087] 예를 들어, 관절 회전축 정보는 각 관절이 회전 가능한 축의 개수와 해당 축 각각의 방향을 나타내는 벡터(축별 방향 벡터)를 포함할 수 있다. 즉, 관절 회전축 정보는 각 관절이 회전 가능한 축의 방향을 나타내는 정보일 수 있다. 관절 회전축 정보는 각 관절이 특정 좌표계에서 어떤 방향을 기준으로 회전 동작을 수행하는지를 나타내는 기준 축을 정의하기 위한 값이며, 관절 유형에 따라 하나의 축이 설정되거나 복수의 축이 설정될 수 있다. 예를 들어, 단일 축 회전 관절의 관절 유형인 팔꿈치 관절은 전완에 대해 굽혀지는 회전축 방향을 나타내는 하나의 축 벡터를 갖도록 설정될 수 있다. 이때, 회전축은 관절 중심을 기준으로 한 3차원 좌표계에서 굽힘-펴 방향을 나타내는 단위 벡터로 설정될 수 있다. 하나의 단위 벡터는 해당 관절이 회전 가능한 공간상의 정확한 회전 방향을 나타내며, 이후 관절 회전량을 각도로 표현하기 위한 기준 축으로 사용될 수 있다. 다축 회전 관절의 관절 유형인 어깨 관절은 수평 방향 회전, 수직 방향 회전 및 회전(rotation)을 각각 표현하기 위한 복수의 축 벡터를 가질 수 있다. 이때, 복수의 회전축은 각 자유도에 대응되는 3차원 단위 벡터로 정의될 수 있다. 예를 들어, x축 방향 단위 벡터는 굴곡/신전에 대응되는 회전 방향을 나타내고, y축 방향 단위 벡터는 외전/내전에 대응되는 회전 방향을 나타내며, z축 방향 단위 벡터는 내회전/외회전에 대응되는 회전 방향을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 서버는 기본 스켈레톤 템플릿에 포함된 관절별 기본 회전축 정보를 조회하고, 관절 목록 정보에 포함된 각 관절의 관절 유형에 따라 해당 관절에 대응되는 하나 이상의 회전축 벡터를 스켈레톤 구조 정보의 관절 회전축 정보로 설정할 수 있다.

[0088] 예를 들어, 서버는 관절 목록 정보, 관절 연결 정보, 관절 특성 정보 및 관절 회전축 정보를 통합하여, 스켈레톤 구성 파라미터에 기반한 스켈레톤 구조 정보를 결정할 수 있다.

[0089] 단계 S340에서, 서버는 스켈레톤 구조 정보를 기반으로 생체역학 인코더를 통해 관절별 허용 회전 범위, 관절 유형 및 뼈대 길이를 포함하는 생체역학 컨텍스트 벡터를 생성할 수 있다.

[0090] 생체역학 인코더는 스켈레톤 구조 정보를 기반으로 관절 단위의 생체역학적 제약을 수치화하기 위한 신경망 기반의 인코딩 모듈일 수 있다. 생체역학 컨텍스트 벡터는 각 관절의 운동 자유도, 축별 회전 한계 및 구조적 비례를 수치적으로 표현한 벡터로, 이후 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 관절 회전 시퀀스 샘플링 과정에서 물리적으로 타당한 동작만이 생성되도록 제약 조건으로 사용될 수 있다.

- [0091] 예를 들어, 생체역학 인코더는 관절 구조 파싱 레이어, 제약 결합 레이어, 뼈대 정보 생성 레이어, 구조적 의존성 인코딩 레이어 및 정규화 레이어를 포함할 수 있다. 이때, 관절 구조 파싱 레이어는 관절 목록 정보, 관절 연결 정보, 관절 특성 정보 및 관절 회전축 정보를 기반으로 관절 단위의 입력 토큰을 생성할 수 있다. 구체적으로, 관절 구조 파싱 레이어는 관절 목록 정보에 포함된 각 관절 식별자에 대해 고유 인덱스를 부여하고, 각 관절에 대해 관절 인덱스, 관절 식별자 및 관절 유형을 입력 토큰의 식별 필드에 설정할 수 있다. 관절 구조 파싱 레이어는 관절 연결 정보를 참조하여, 각 관절에 대해 상위 관절 식별자 및 하위 관절 식별자를 추출하고, 상기 값을 관절 입력 토큰의 상위 관절 식별자 필드 및 하위 관절 식별자 필드에 설정할 수 있다. 또한, 관절 구조 파싱 레이어는 계층 레벨 값을 각 관절에 대해 계층 레벨 필드로 설정할 수 있다. 관절 구조 파싱 레이어는 관절 연결 정보에 포함된 연결 특성에 대한 값을 연결 특성 값을 관절 입력 토큰에 포함시킬 수 있다. 관절 구조 파싱 레이어는 관절 회전축 정보에서 각 관절에 대응되는 축별 방향 벡터를 조회하여, 회전축 개수와 각 축의 방향을 나타내는 축별 방향 벡터 인덱스를 관절 입력 토큰의 회전축 필드에 기록할 수 있다. 이와 같이, 관절 입력 토큰은 관절 인덱스, 관절 식별자, 관절 유형, 상위 관절 식별자, 하위 관절 식별자, 계층 레벨 값, 상위 관절 식별자 및 하위 관절 식별자 각각에 대한 연결 특성에 대한 값 및 축별 방향 벡터 인덱스를 포함하는 관절 단위 표현일 수 있다.
- [0092] 제약 결합 레이어는 관절 입력 토큰에 포함된 관절 유형과 축별 방향 벡터 인덱스를 기준으로, 각 관절이 회전 가능한 축을 식별하고, 생체역학 제약 테이블에서 축별 최소 회전각 및 최대 회전각을 조회하여 관절 입력 토큰에 추가할 수 있다. 예를 들어, 단일 축 회전관절로 판정된 관절은 하나의 축에 대한 최소 회전각 및 최대 회전각으로 결정되고, 유니버설 관절로 판정된 관절은 두 축 각각에 대한 최소 회전각 및 최대 회전각으로 결정되고, 다축 회전관절로 판정된 관절은 세 축 각각에 대한 최소 회전각 및 최대 회전각으로 결정될 수 있다.
- [0093] 구체적으로, 예를 들어, 제약 결합 레이어는 관절 입력 토큰에 포함된 관절 유형과 축별 방향 벡터 인덱스를 기준으로 축 방향 벡터 인덱스와 일치하는 축 항목을 활성화함으로써, 축별 회전 제약 항목을 매핑할 수 있다. 제약 결합 레이어는 사전 정의된 생체역학 제약 테이블에서 축별 최소 회전각 및 최대 회전각을 조회하고, 파싱된 관절 입력 토큰에서 활성화된 각 회전축마다 독립적으로 최소 회전각 및 최대 회전각을 할당할 수 있다. 예를 들어, 단일 축 회전관절로 판정된 관절에 대해서는 굴곡 및 신전 축에 해당하는 하나의 축에 대해 최소 회전각 및 최대 회전각을 산출하고, 유니버설 관절에 대해서는 굴곡 및 신전 축과 외전 및 내전 축에 대해 각각 최소 및 최대 회전각을 산출하고, 다축 회전관절에 대해서는 세 개의 모든 축(굴곡 및 신전, 외전 및 내전, 회내 및 회외)에 대해 최소 회전각 및 최대 회전각을 독립적으로 산출할 수 있다. 또한, 회전이 불가능한 관절로 판정된 경우에는 축별 회전각 값이 모두 0으로 설정될 수 있다. 이와 같이, 제약 결합 레이어는 산출된 축별 회전각 정보를 관절별 입력 토큰에 추가하여 회전 제약 값이 부여된 관절 단위 제약 토큰을 생성하고, 뼈대 정보 생성 레이어에 전달할 수 있다.
- [0094] 뼈대 정보 생성 레이어는 관절 단위 제약 토큰을 기반으로 각 관절의 상위 관절과 하위 관절을 기준으로 뼈대 길이를 산출하여 관절 입력 토큰에 추가할 수 있다. 뼈대 정보 생성 레이어는 관절 단위 제약 토큰의 상위 관절 식별자와 하위 관절 식별자를 참조하여 상위-하위 관절 쌍을 결정할 수 있다. 이어서, 뼈대 정보 생성 레이어는 관절 연결 정보에 포함된 기본 뼈대 구간에 대한 길이 정보로부터 상위-하위 관절 쌍에 대응하는 기본 뼈대 길이 값을 결정하고, 관절 연결 정보에 포함된 캐릭터 비례 파라미터로부터 상위-하위 관절 쌍에 대응하는 스케일 계수를 해당 기본 뼈대 길이 값에 곱하여 뼈대 길이를 계산할 수 있다. 예를 들어, 상완과 전완 사이의 기본 뼈대 길이가 1.0 단위로 정의된 경우, 캐릭터 비례 파라미터에 의한 스케일 계수가 1.15로 산출되면, 상완-전완 뼈대 길이는 1.15 단위로 조정될 수 있다. 뼈대 정보 생성 레이어는 산출된 뼈대 길이를 관절 단위 제약 토큰의 뼈대 길이 필드에 기록하여, 해당 관절이 상위 관절로부터 얼마나 떨어져 있는지를 나타내는 구조적 비례 정보를 완성할 수 있다. 뼈대 정보 생성 레이어는 뼈대 길이가 부가된 관절 단위 구조 토큰을 구조적 의존성 인코딩 레이어에 전달할 수 있다.
- [0095] 구조적 의존성 인코딩 레이어는 관절 단위 구조 토큰을 기반으로 관절 간 구조적 의존성을 반영한 생체역학 특징 벡터를 생성할 수 있다. 예를 들어, 구조적 의존성 인코딩 레이어는 관절 단위 구조 토큰에 포함된 상위 관절 식별자, 하위 관절 식별자, 뼈대 길이, 계층 레벨 값 및 연결 특성에 대한 값을 참조함으로써, 각 관절의 회전 제약이 주변 관절의 운동 가능 범위에 미치는 영향을 계산할 수 있다. 예를 들어, 구조적 의존성 인코딩 레이어는 상위 관절과 하위 관절의 연결 관계를 나타내는 상위 관절 식별자 및 하위 관절 식별자를 참조하여, 상위-하위 관절 쌍을 기준으로 상위 관절의 축별 최소 회전각 및 최대 회전각과 하위 관절의 축별 최소 회전각 및 최대 회전각을 비교함으로써 회전 제약 전과 관계 값을 계산할 수 있다. 회전 제약 전과 관계 값은 상위 관절의 축별 회전 범위 폭을 하위 관절의 축별 회전 범위 폭으로 나눈 비율을 0 이상 1 이하로 정규화한 값으로서, 값

이 1에 가까울수록 상위 관절의 회전 제한이 하위 관절의 운동 가능 범위를 더 강하게 제약하는 구조를 의미할 수 있다. 예를 들어, 상위 관절의 축별 회전 가능 범위가 하위 관절보다 좁은 경우, 상위 관절의 축별 회전 폭을 하위 관절의 축별 회전 폭으로 나눈 비율이 1에 가까운 값을 가지며, 상위 관절의 제한이 하위 관절의 실제 회전 가능 범위에 강하게 영향을 미치는 구조가 반영될 수 있다. 또한, 구조적 의존성 인코딩 레이어는 상위 관절의 축 방향 벡터와 하위 관절의 축 방향 벡터를 비교하여 회전축 정렬 계수를 산출할 수 있다. 회전축 정렬 계수는 두 회전축 벡터의 코사인 유사도를 기반으로 -1 이상 1 이하의 값을 갖는 내적 값을 $(u \cdot v + 1)/2$ 로 변환하여 0 이상 1 이하의 값으로 정규화한 값이며, 두 축이 평행에 가까울수록 1에 가까운 값, 두 축이 수직에 가까울수록 0에 가까운 값으로 설정될 수 있다. 여기서, u 는 상위 관절의 회전축 벡터이고, v 는 하위 관절의 회전축 벡터일 수 있다. 회전축 정렬 계수는 상위 관절의 회전 방향성이 하위 관절의 회전 특성에 얼마나 전파되는지를 결정하기 위한 축 방향 정렬 기반 가중치로 사용될 수 있다. 또한, 구조적 의존성 인코딩 레이어는 관절 단위 구조 토큰에 포함된 뼈대 길이를 참조하여, 상위-하위 관절 쌍의 상대적 거리 기반 영향도를 계산할 수 있다. 상위-하위 관절 사이의 뼈대 길이가 길수록 상위 관절의 회전 제약이 하위 관절의 실제 회전 가능 범위에 더 큰 영향을 미치는 구조가 반영되며, 해당 상대적 거리 기반 영향도는 0 이상 1 이하의 비율 값으로 정규화될 수 있다. 또한, 구조적 의존성 인코딩 레이어는 관절 단위 구조 토큰의 연결 특성에 대한 값은 상위-하위 관절 간의 구조적 연결 방식이 회전 중심 연결, 직선 이동 중심 연결 또는 고정 연결인지에 따라 연결 방식 기반 영향도로 사용될 수 있다. 예를 들어, 구조적 의존성 인코딩 레이어는 해당 범주형 값을 사전 정의된 연결 영향도 매핑 테이블을 이용하여 0 이상 1 이하의 연속형 영향 계수로 변환할 수 있다. 예를 들어, 고정 연결에 대해서는 상위 관절의 회전 제약이 하위 관절로 전달되지 않으므로 영향 계수는 0 으로 설정될 수 있다. 직선 이동 중심 연결에 대해서는 회전 제약 전달 비율이 제한적이므로 영향 계수는 0.2 와 같은 낮은 값으로 설정될 수 있다. 회전 중심 연결에 대해서는 상위 관절의 회전 변화가 하위 관절에 직접 반영되므로 영향 계수는 1.0 으로 설정될 수 있다. 또한, 구조적 의존성 인코딩 레이어는 각 관절에 부여된 계층 레벨 값을 참조하여 스켈레톤 내에서의 위치적 중요도를 반영한 계층 기반 영향도를 산출할 수 있다. 계층 레벨 값이 낮은 관절(예: 골반)은 다수의 하위 관절을 지지하는 중심 구조에 위치하므로 해당 관절의 제약 영향도는 1에 가까운 값으로 설정될 수 있고, 계층 레벨 값이 높은 관절(예: 손목)은 말단부 구조에 해당하므로 해당 관절의 제약 영향도는 상대적으로 낮은 값으로 설정될 수 있다. 계층 기반 영향도는 0 이상 1 이하의 범위에서 정규화될 수 있다.

[0096] 이와 같이, 회전 제약 전파 관계 값, 회전축 정렬 계수, 상대적 거리 기반 영향도, 연결 방식 기반 영향도 및 계층 기반 영향도는 관절별 축별 회전 제약 정보와 결합되어 관절 단위 생체역학 특징 벡터로 변환될 수 있다. 생성된 생체역학 특징 벡터는 이후 정규화 레이어에 제공되어 생체역학 컨텍스트 벡터의 구성 요소로 포함될 수 있다.

[0097] 정규화 레이어는 구조적 의존성 인코딩 레이어에서 생성된 관절 단위 생체역학 특징 벡터를 동일 차원으로 정렬하고, 관절 목록 정보의 순서에 따라 결합함으로써 생체역학 컨텍스트 벡터를 완성할 수 있다.

[0098] 부가적으로, 예를 들어, 생체역학 인코더는 학습 과정에서 관절 목록 정보, 관절 연결 정보, 관절 특성 정보 및 관절 회전축 정보를 입력으로 받아, 각 관절의 생체역학적 제약을 예측하기 위한 내부 파라미터를 최적화할 수 있다. 생체역학 인코더는 관절 유형에 따라 관절별 회전 특성을 추론할 수 있도록 관절 유형 임베딩 파라미터를 학습할 수 있다. 생체역학 인코더는 관절 회전축 정보를 기준 좌표계로 정규화하는 투영 파라미터를 학습함으로써, 축별 회전 제약을 안정적으로 예측할 수 있도록 내부 표현 구조를 조정할 수 있다.

[0099] 예를 들어, 생체역학 인코더는 학습 데이터에 포함된 관절별 최소 회전각 및 최대 회전각 레이블을 참조하여, 제약 결합 레이어의 파라미터를 업데이트함으로써 축별 허용 회전 범위 예측 성능을 향상시킬 수 있다. 학습 과정에서, 관절 유형과 관절 회전축 개수를 기준으로, 단일 축 회전관절에 대해서는 하나의 축에 대한 회전 범위를, 다축 회전관절에 대해서는 각 회전축별로 독립적인 최소-최대 회전각을 예측하도록 회전 제약 회귀 파라미터를 조정할 수 있다. 예를 들어, 인간형의 팔꿈치 관절에 대한 학습 레이블이 -5° 에서 145° 까지의 회전 범위일 경우, 생체역학 인코더는 해당 관절의 출력 회전 범위가 이 값에 수렴하도록 파라미터를 갱신할 수 있으며, 조류형 날개 관절과 같이 두 개의 회전축을 갖는 관절에 대해서는 각각의 축에 대응되는 최소-최대 회전각 레이블을 반영하여 다축 회전 제약을 학습할 수 있다.

[0100] 예를 들어, 생체역학 인코더는 학습 과정에서 기준 뼈대 길이 및 캐릭터 비례 파라미터를 곱하여 관절별로 산출된 관절 간 거리 레이블을 이용할 수 있다. 예를 들어, 뼈대 정보 생성 레이어는 상위 관절과 하위 관절의 연결 구조 및 비례 스케일 계수를 입력으로 받아 조정된 관절 간 뼈대 길이를 예측하도록 학습될 수 있으며, 실제 비례값과의 차이를 최소화하기 위한 거리 기반 손실함수를 통해 파라미터가 갱신될 수 있다. 이 과정은 다양한 체형에서 관절 간 거리 구조가 달라지는 상황에서도 인코더가 안정적으로 비례 제약을 반영할 수 있도록 하는 역

할을 한다.

- [0101] 예를 들어, 구조적 의존성 인코딩 레이어는 학습 과정에서 회전 제약 전과 관계 값, 회전축 정렬 계수, 상대적 거리 기반 영향도, 연결 방식 기반 영향도 및 계층 기반 영향도를 반영하는 파라미터를 최적화할 수 있다. 구조적 의존성 인코딩 레이어는 각 관절의 회전 제약이 인접 관절의 구조적 특성에 의해 영향을 받도록 하는 관계 기반 파라미터를 학습할 수 있다. 예를 들어, 어깨 관절의 회전 제약이 팔꿈치 관절의 회전 가능 범위에도 영향을 미치는 구조적 관계를 반영하기 위해, 상위-하위 노드 간 어텐션 가중치를 조정하는 방식으로 학습이 이루어질 수 있다.
- [0102] 학습 과정이 반복되면서, 생체역학 인코더는 축별 회전 한계값, 관절 유형에 따른 회전 특성, 관절 간 거리 비례 및 관절 연결 의존성 등 생체역학적 제약의 통합 표현을 점진적으로 최적화할 수 있다. 최종적으로, 생체역학 인코더는 스켈레톤 구조 정보만을 입력으로 받아 각 관절의 허용 회전 범위와 뼈대 길이를 일관성 있게 예측하는 생체역학 컨텍스트 벡터를 생성하도록 학습될 수 있으며, 이 벡터는 디퓨전 기반 모션 생성 모델이 관절 회전 시퀀스를 생성할 때 물리적으로 실현 가능한 회전 범위를 벗어나지 않도록 제약 조건으로 제공될 수 있다.
- [0103] 예를 들어, 생체역학 컨텍스트 벡터는 기본 제약 변수와 관절 사이의 구조적 관계를 나타내는 구조 제약 변수를 포함할 수 있다. 예를 들어, 관절별 허용 회전 범위, 관절 유형 및 뼈대 길이를 포함할 수 있다. 예를 들어, 구조 제약 변수는 회전 제약 전과 관계 값, 회전축 정렬 계수, 상대적 거리 기반 영향도, 연결 방식 기반 영향도 및 계층 기반 영향도를 포함할 수 있다.
- [0104] 관절별 허용 회전 범위는 각 관절이 회전 가능한 축별로 설정된 최소 회전각 및 최대 회전각을 포함하는 수치 정보로서, 해당 관절이 생체역학적으로 수행할 수 있는 회전 범위를 도 단위 또는 라디안 단위의 연속값으로 표현한 정보일 수 있다. 관절별 허용 회전 범위에는 굴곡 및 신전, 외전 및 내전, 회내 및 회외 중 해당 관절이 지원하는 축별 회전 범위가 포함될 수 있다. 관절 유형은 각 관절이 갖는 운동 자유도의 수와 회전 가능 축의 개수를 정의하는 특성 정보로서, 관절 유형은 해당 관절에 대해 회전 가능한 축의 개수, 회전 모델의 적용 방식 및 회전 제약 계산 방식의 기준으로 사용될 수 있다. 뼈대 길이는 상위 관절과 하위 관절을 연결하는 관절 사이의 거리를 나타내는 값으로서, 기본 스켈레톤 템플릿에 정의된 기준 뼈대 길이에 캐릭터 비례 파라미터에서 산출된 스케일 계수를 곱하여 결정된 실수 값일 수 있다. 뼈대 길이는 관절 사이의 상대적 거리 비례와 구조적 종속성의 강도를 정량화하기 위한 항목으로 사용될 수 있다.
- [0105] 단계 S350에서, 서버는 텍스트 조건 벡터, 사용자 특성 컨텍스트 벡터 및 생체역학 컨텍스트 벡터를 디퓨전 기반 모션 생성 모델에 입력하여 관절별 회전 시퀀스를 생성할 수 있다.
- [0106] 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델은, 스켈레톤 구조 정보를 시간 축을 동시에 반영하기 위하여 각 프레임의 각 관절을 노드로 설정하는 시공간 그래프 표현을 이용하는 확률적 조건부 생성 아키텍처일 수 있다. 디퓨전 기반 모션 생성 모델은 텍스트 조건 벡터에 따른 조건부 특징 갠신 연산과 생체역학 컨텍스트 벡터에 따른 생체역학 기반 조정 연산을 수행하는 복수의 그래프 트랜스포머 레이어를 포함할 수 있다. 이때, 그래프 트랜스포머 레이어의 특징 표현에 대해 생체역학적 제약 방향으로 조정하기 위한 스케일 조정 및 시프트 조정을 수행하면서 확률적 노이즈 분포로부터 모션 표현을 수렴시키기 위한 다단계 디퓨전이 수행될 수 있다.
- [0107] 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델은 스켈레톤 구조 정보 및 사전 설정된 목표 프레임 수를 기반으로 시공간 간 그래프를 생성할 수 있다. 목표 프레임 수는 3차원 캐릭터 모션을 생성하기 위해 사전에 설정된 전체 프레임 길이를 나타내는 값으로서, 생성될 모션의 시간적 해상도 및 지속 시간을 결정하기 위한 기준 정보일 수 있다. 예를 들어, 사용자 단말은 사용자가 지정한 모션 길이에 대응되는 목표 프레임 수를 서버에게 전송할 수 있고, 서버는 목표 프레임 수를 기반으로 시공간 그래프의 시간 축 크기를 설정할 수 있다.
- [0108] 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델은 프레임 수(T)와 관절 수(J)에 따라 각 프레임에서 각 관절을 시공간 그래프의 노드로 설정하고, 동일 프레임 내에서 노드 쌍을 연결하는 공간 방향 엣지(spatial edge)를 생성하고, 동일한 관절에 대응되는 노드가 존재하는 인접한 프레임 사이에 시간 방향 엣지(temporal edge)를 생성함으로써, 관절 구조와 시간 흐름이 결합된 시공간 그래프를 생성할 수 있다.
- [0109] 각 노드에는 프레임 t에서 관절 j가 가진 물리적 상태를 표현하는 노드 특징 벡터가 설정될 수 있다. 예를 들어, 노드 특징 벡터는 해당 관절의 회전 상태를 표현하기 위한 회전값(예: 쿼터니언 4차원)과 동작 플래그 값을 포함할 수 있다. 동작 플래그 값은 해당 관절이 현재 프레임에서 동작 가능한 상태인지 여부를 나타내기 위한 값으로서, 0 또는 1의 이진 값으로 설정될 수 있다. 즉, 예를 들어, 단일 축 회전 관절에 대해서는, 단위 회전축과 회전각으로부터 축-각도(axis-angle) 회전 표현을 구성한 뒤, 해당 값이 4차원 쿼터니언 값으로 변환됨

으로써 해당 관절의 회전값으로 설정될 수 있다. 다축 회전 관절에 대해서는, 각 축에 대한 회전각들을 순차적으로 적용한 3차원 회전 결과가 4차원 쿼터니언 값으로 변환됨으로써, 해당 관절의 회전값으로 설정될 수 있다.

[0110] 공간 방향 엣지는 하나의 프레임 내에서 스켈레톤의 구조적 연결 관계에 따라 인접한 두 관절을 연결하는 엣지로서, 스켈레톤 구조 정보에 포함된 관절 연결 정보를 기준으로 생성될 수 있다. 관절 연결 정보는 상위 관절과 하위 관절의 연결뿐 아니라, 동일 계층에 속하는 관절 간의 형제 관계 연결, 분기 구조에서 발생하는 교차 방향 연결을 포함하는 스켈레톤 템플릿에 정의된 모든 인접 관절 쌍을 포함할 수 있다. 예를 들어, 공간 방향 엣지는 프레임 t 에서 인접 관절 $j1$ 과 $j2$ 에 대응되는 노드 $(t, j1)$ 및 $(t, j2)$ 를 연결하는 형태로 설정될 수 있다. 공간 방향 엣지는 공간 방향 엣지를 식별하기 위한 구분 값, 인접 관절 쌍의 노드 인덱스($j1, j2$), 두 관절 사이의 뼈대 길이 값, 연결 특성에 대한 값 및 두 관절의 계층 레벨 값의 차이의 절대값을 포함하는 구조적 연결 관계로 표현될 수 있다. 이때, 공간 방향 엣지를 식별하기 위한 구분 값은 두 노드 각각에 대한 관절 식별자를 포함할 수 있다. 뼈대 길이 값은 기본 뼈대 구간에 대한 길이 정보를 기반으로 인접 관절 쌍에 대응되는 기준 뼈대 길이를 조회하고, 캐릭터 비례 파라미터에 포함된 해당 부위에 대한 스케일 계수를 곱하여 조정된 뼈대 길이로 설정될 수 있다. 예를 들어, 어깨-팔꿈치, 팔꿈치-손목, 척추1-척추2, 고관절-무릎과 같은 인접 관절 쌍뿐 아니라, 스켈레톤의 흉곽?좌측 어깨, 흉곽?우측 어깨와 같이 분기 구조에서 발생하는 연결도 공간 방향 엣지로 포함될 수 있다. 이러한 방식으로 생성된 공간 방향 엣지는 스켈레톤 전체의 공간적 연결성을 반영한 그래프 구조를 구성하며, 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 공간 메시지 패싱(spatial message passing)을 위한 기초 데이터로 활용될 수 있다.

[0111] 시간 방향 엣지는 프레임 t 와 프레임 $t+1$ 에서 동일한 관절에 대응되는 노드 쌍을 연결하는 엣지로서, 관절 상태가 시간에 따라 연속적으로 변화하는 특성을 반영하기 위해 생성될 수 있다. 시간 방향 엣지는 시간 방향 엣지를 식별하기 위한 구분 값, 이전 프레임 노드 인덱스, 이후 프레임 노드 인덱스, 프레임 사이의 시간 간격을 나타내는 값을 포함하는 시계열 연결 관계로 정의될 수 있다.

[0112] 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델은 시공간 그래프의 각 노드에 대응되는 노드 특징 벡터를 초기 노이즈 값으로 설정함으로써, 정방향 확산 과정에서 주입된 노이즈가 역방향 디퓨전 과정에서 점진적으로 제거되도록 초기 상태를 구성할 수 있다. 이후, 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델은 각 디퓨전 단계마다 그래프 트랜스포머 기반의 조건부 특징 갱신 연산을 수행할 수 있다. 조건부 특징 갱신 연산은 시공간 그래프의 구조와 텍스트 조건 벡터 및 사용자 특성 컨텍스트 벡터를 결합하여, 동작과 관련된 특징 표현이 단계적으로 정제되도록 특징 공간에서의 방향성을 재조정하는 의미를 갖는 연산일 수 있다. 이를 통해, 텍스트 의미가 반영된 특징 패턴이 점진적으로 강화되고 노이즈 성분이 약화되도록 특징 표현을 재구성할 수 있다.

[0113] 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델은 각 디퓨전 단계에서, 생체역학 컨텍스트 벡터를 활용하여 그래프 트랜스포머 레이어에서 생성되는 출력 특징 벡터에 대해 생체역학 기반 조정 연산을 수행할 수 있다. 생체역학 기반 조정 연산은 관절별 허용 회전 범위, 관절 유형 및 관절 길이에 따른 비례 제약과 같은 생체역학적 조건을 특징 공간에 반영하여, 생성하는 특징 표현이 물리적으로 실현 가능한 관절 움직임에 수렴하도록 출력 특징 벡터를 제약하는 연산일 수 있다. 예를 들어, 생체역학 기반 조정 연산은 스케일 조정 및 시프트 조정을 포함할 수 있다. 출력 특징 벡터는 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 각 레이어에서 산출되는 고차원 표현으로서, 특정 관절의 시점별 회전값을 복원하기 위한 중간 상태의 잠재 표현(latent representation)을 나타내는 값일 수 있다.

[0114] 예를 들어, 생체역학 컨텍스트 벡터를 이용하여 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 그래프 트랜스포머 레이어에서 생성되는 출력 특징 벡터에 대해 스케일 조정 및 시프트 조정이 수행될 수 있다. 스케일 조정은 생체역학 컨텍스트 벡터에서 산출된 축별 비례 계수를 이용하여 그래프 트랜스포머 레이어의 출력 특징 벡터의 크기(정량적 범위)를 조정하는 연산일 수 있다. 시프트 조정은 관절별 기준 회전값 또는 중립자세(neutral pose)에 대응되는 보정 계수를 출력 특징 벡터에 더함으로써 특징 공간의 기준점을 이동시키는 연산일 수 있다. 관절별 회전 시퀀스는 3차원 캐릭터의 스켈레톤을 구성하는 각 관절에 대해, 사전 설정된 목표 프레임 수(T)에 대응되는 연속한 프레임 단위의 회전값(예: 4차원 쿼터니언 값)을 시간순으로 배열하여 구성된 모션 표현 시퀀스일 수 있다.

[0115] 예를 들어, 허용 회전 범위는 해당 관절의 관절 유형에 따라 하나 이상의 회전축에 대해 설정된 축별 최소 회전각 및 최대 회전각을 포함할 수 있다.

[0116] 일 실시예에 따르면, 서버는 디퓨전 기반 모션 생성 모델에 의해 생성된 관절별 회전 시퀀스에 포함된 각 관절의 회전값을 해당 관절이 가지는 축별 최소 회전각 및 최대 회전각과 비교하여 허용 회전 범위를 초과하는지 여부를 결정할 수 있다.

- [0117] 예를 들어, 서버는 허용 회전 범위를 초과하는 회전값이 존재하는 경우, 허용 회전 범위를 초과하는 회전값을 해당 관절이 가지는 축별 최소 회전각 또는 축별 최대 회전각으로 치환함으로써, 관절별 회전 시퀀스를 보정할 수 있다.
- [0118] 구체적으로, 예를 들어, 서버는 디퓨전 기반 모션 생성 모델로부터 출력된 관절별 회전 시퀀스에 포함된 각 관절의 회전값을 쿼터니언 형태로 입력받고, 해당 회전값을 축별 회전각과 직접 비교하기 위해 표준 쿼터니언-오일러 변환 연산을 수행하여 x축, y축 및 z축 각각에 대한 회전각을 산출할 수 있다. 서버는 변환된 축별 회전각을 생체역학 특징 벡터에 포함된 축별 최소 회전각 및 최대 회전각과 비교함으로써, 각 축의 회전각이 허용 회전 범위 내에 존재하는지 여부를 판정할 수 있다. 예를 들어, 특정 축의 회전각이 해당 축의 최소 회전각보다 작은 경우에는 하한을 초과한 것으로, 최대 회전각보다 큰 경우에는 상한을 초과한 것으로 판단될 수 있다.
- [0119] 예를 들어, 서버는 허용 회전 범위를 벗어난 축별 회전각이 존재하는 경우, 초과된 회전각을 해당 축의 한계값으로 치환하여 보정된 회전각을 결정할 수 있다. 예를 들어, 회전각이 최소 회전각보다 작은 경우에는 최소 회전각으로 치환하여 보정하고, 최대 회전각보다 큰 경우에는 최대 회전각으로 치환하여 보정할 수 있다. 서버는 축별로 독립적인 치환 연산을 수행하여 보정된 x축, y축 및 z축 회전각을 확정된 후, 보정된 축별 회전각을 다시 쿼터니언 형식으로 복원하기 위해 오일러-쿼터니언 변환 함수를 적용하여 보정 쿼터니언을 생성할 수 있다. 이때, 보정된 쿼터니언은 원래의 쿼터니언 회전값이 허용 회전 범위 내에 존재하는 경우에는 변경되지 않고 유지될 수 있으며, 허용 범위를 벗어난 경우에만 보정값으로 대체될 수 있다.
- [0120] 서버는 보정된 쿼터니언 회전값을 해당 프레임의 관절 회전 시퀀스에 반영함으로써, 디퓨전 기반 모션 생성 모델이 생성한 관절별 회전 시퀀스가 생체역학적 허용 회전 범위를 준수하도록 조정된 관절별 회전 시퀀스를 생성할 수 있다. 서버는 이러한 보정 과정을 전체 시퀀스에 포함된 모든 프레임 및 모든 관절에 대해 반복하여 적용함으로써, 전체 3차원 캐릭터 모션이 생체역학 제약을 위반하지 않는 형태로 일관되게 유지되도록 처리할 수 있다.
- [0121] 단계 S360에서, 서버는 관절별 회전 시퀀스를 스켈레톤 구조 정보에 적용하여 생성된 3차원 모션 데이터를 사용자 단말에게 전송할 수 있다.
- [0122] 예를 들어, 서버는 관절별 회전 시퀀스를 포워드 키네매틱스 연산 및 메시 변형(skin deformation)을 통해 스켈레톤 구조 정보에 적용하여 3차원 캐릭터의 모션 데이터로 변환함으로써, 3차원 모션 데이터를 사용자 단말에게 전송할 수 있다. 여기서, 포워드 키네매틱스 연산은 루트 관절에서부터 말단 관절까지의 계층 구조를 따라 각 관절의 회전값을 누적하여 월드 좌표계에서의 관절 위치와 방향을 계산하는 연산으로서, 관절 계층 구조를 고려한 변환 행렬의 순차적 적용을 통해 각 관절의 최종 위치를 산출하기 위한 연산일 수 있다. 메시 변형은 관절 회전에 따라 캐릭터의 표면 메시(mesh)를 변위시키기 위한 변형 연산으로서, 각 메시 버텍스가 하나 이상의 관절에 대해 사전 정의된 스킨 가중치를 기반으로 관절 변환 행렬이 적용되는 방식으로 계산될 수 있다. 메시 변형은 관절이 회전함에 따라 메시 표면이 자연스럽게 늘어나거나 수축되도록 하기 위한 변형 처리일 수 있다.
- [0123] 예를 들어, 서버는 디퓨전 기반 모션 생성 모델에 의해 산출된 관절별 회전 시퀀스를 입력으로 받아, 먼저 각 프레임에서의 회전값을 스켈레톤 구조 정보에 포함된 관절 연결 정보를 기준으로 누적 적용하는 포워드 키네매틱스 연산을 수행함으로써 각 관절의 절대위치 및 절대 방향을 계산할 수 있다. 이어서, 서버는 포워드 키네매틱스 연산 결과로 산출된 관절의 위치 및 방향 정보를 기반으로, 캐릭터 메시를 구성하는 각 버텍스에 대해 사전에 저장된 스킨 가중치를 적용하는 메시 변형 연산을 수행함으로써 관절 움직임에 대응되는 표면 메시의 변위가 반영된 3차원 캐릭터의 모션 데이터를 생성할 수 있다.
- [0124] 예를 들어, 서버는 생성된 모션 데이터를 표준 3D 파일 포맷(BVH, FBX, GLB 중 적어도 하나) 또는 시스템 내부에서 정의된 전용 포맷으로 인코딩하여, 사용자 단말로의 전송을 위한 전송 데이터로 변환할 수 있다. 서버는 인코딩된 전송 데이터를 사용자 단말에게 송신함으로써, 사용자 단말이 3차원 모션 데이터를 재생하거나 렌더링할 수 있도록 제공할 수 있다.
- [0125] 도 4는 일 실시예에 따른 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 아키텍처를 나타낸다. 도 5는 일 실시예에 따른 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 블록도를 나타낸다. 도 4 및 도 5의 실시예들은 본 개시의 다양한 실시예들과 결합될 수 있다.
- [0126] 도 4를 참조하면, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(400)은 텍스트 프롬프트로 기술된 동작 의미를 입력으로 받아, 모션 데이터베이스로부터 사전 학습된 동작 표현과 결합한 후, 역방향 디퓨전 과정에 따라 3차원 모션 시퀀스를 생성할 수 있다. 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(400)은 텍스트 프롬프트로부터 추출된 텍스트 조건 벡

터를 조건 입력으로 이용하고, 모션 데이터베이스로부터 수집된 다수의 학습 모션을 기반으로 동작 패턴을 사전 학습함으로써, 입력된 텍스트에 대응되는 시공간적 동작 구조를 반영한 확률적 모션 복원 연산을 수행할 수 있다. 초기 단계에서 디퓨전 기반 모션 생성 모델(400)은 무작위 노이즈로 설정된 시퀀스를 입력으로 사용하여 정방향 확산 과정에서의 확률적 분포를 재구성하고, 이후 역방향 디퓨전 과정을 반복 수행함으로써 노이즈가 제거된 방향으로 시퀀스를 점진적으로 수렴시킨다. 최종적으로, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(400)은 텍스트 설명의 의미적 조건과 학습된 동작 분포가 반영된 관절 회전 시퀀스를 생성하고, 이를 기반으로 렌더링 가능한 3차원 모션 데이터를 출력할 수 있다.

[0127] 도 5를 참조하면, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 복수의 그래프 트랜스포머 레이어가 순차적으로 적층된 신경망 구조일 수 있다.

[0128] 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 텍스트 조건 벡터, 사용자 특성 컨텍스트 벡터, 생체역학 컨텍스트 벡터 및 시공간 그래프를 입력 정보로 복수의 그래프 트랜스포머 레이어에 제공하여 관절별 회전값 시퀀스를 생성할 수 있다. 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 스켈레톤 구조 정보 및 사전 설정된 목표 프레임 수를 기반으로 프레임 단위 시간 구조 및 관절 간 공간적 연결 관계가 반영된 시공간 그래프를 생성하고, 텍스트 조건 벡터, 사용자 특성 컨텍스트 벡터 및 생체역학 컨텍스트 벡터를 각 그래프 트랜스포머 레이어에서 조건 정보로 활용함으로써, 디퓨전 역과정에서 노이즈가 제거된 의미 있는 관절 회전값 시퀀스를 복원하는 방식으로 생성할 수 있다.

[0129] 예를 들어, 각 그래프 트랜스포머 레이어는 조건부 특징 갱신 연산 및 생체역학 기반 조정 연산을 수행할 수 있다. 이때, 각 그래프 트랜스포머 레이어의 출력 특징 벡터는 순차적으로 다음 그래프 트랜스포머 레이어의 입력으로 제공될 수 있다.

[0130] 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 시공간 그래프의 노드 값을 노이즈로 초기화하고, 복수의 그래프 트랜스포머 레이어를 통해 사전 설정된 디퓨전 단계마다 시공간 그래프의 각 노드에 대하여 시간 방향 엣지에 기반한 시간 축 셀프-어텐션(self-attention) 연산, 공간 방향 엣지에 기반한 공간적-어텐션(spatial-attention) 연산 및 텍스트 조건 벡터 및 사용자 특성 컨텍스트 벡터를 이용한 크로스-어텐션(cross-attention) 연산을 포함하는 조건부 특징 갱신 연산을 수행할 수 있다. 여기서, 노드 값은 프레임 t 에서 관절 j 의 회전 상태를 표현하는 노드 특징 벡터일 수 있다.

[0131] 시간 축 셀프-어텐션 연산은 동일한 관절에 대응되는 노드가 시간적으로 인접한 프레임에 존재하는 경우, 해당 노드들 사이의 시간 방향 엣지를 반영하여 현재 프레임의 노드 특징 벡터가 이전 및 이후 프레임의 노드 특징 벡터에서 시간적 상관성을 학습하도록 하는 연산이다. 예를 들어, 그래프 트랜스포머 레이어는 동일 관절 j 에 대응되는 프레임 $t-1$, t , $t+1$ 의 노드 특징 벡터를 시간 방향 엣지를 기반으로 정렬하고, 시간 축 어텐션 가중치를 계산하여, 현재 프레임 t 의 노드 특징 벡터에 반영할 수 있다. 이때, 시간 방향 엣지는 모션의 연속성 및 자연스러운 동작 변화를 유지하기 위한 시간적 종속성을 나타내는 정보로서 사용될 수 있다. 예를 들어, 그래프 트랜스포머 레이어는 프레임 t 에 해당하는 관절 j 의 노드 특징 벡터를 기준으로 쿼리 벡터를 생성할 수 있다. 쿼리 벡터는 현재 프레임의 관절 상태를 기준으로 시간적으로 인접한 프레임들에서 필요한 정보를 선택하기 위한 기준 벡터일 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 동일한 관절 j 에 대응되는 이전 프레임 $t-1$ 의 노드 특징 벡터와 이후 프레임 $t+1$ 의 노드 특징 벡터를 각각 변환하여 두 개의 키 벡터를 생성할 수 있다. 키 벡터는 각 인접 프레임이 현재 프레임과 얼마나 관련성을 가지는지를 판단하기 위한 비교 벡터일 수 있다. 또한, 그래프 트랜스포머 레이어는 동일한 관절 j 에 대응되는 이전 프레임 $t-1$ 의 노드 특징 벡터와 이후 프레임 $t+1$ 의 노드 특징 벡터를 각각 변환하여 두 개의 값 벡터를 생성할 수 있다. 값 벡터는 시간 축 어텐션 가중치가 적용된 후 현재 프레임의 관절 특징을 갱신하는 데 사용되는 정보 벡터일 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 쿼리 벡터와 이전 프레임에서 생성된 키 벡터 사이의 유사도를 계산하고, 쿼리 벡터와 이후 프레임에서 생성된 키 벡터 사이의 유사도를 동일한 방식으로 계산함으로써 두 개의 어텐션 점수를 산출할 수 있다. 산출된 두 개의 어텐션 점수는 소프트맥스 연산을 통해 정규화되어 두 개의 시간 축 어텐션 가중치로 변환될 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 이전 프레임에서 생성된 값 벡터에 첫 번째 시간 축 어텐션 가중치를 곱하고, 이후 프레임에서 생성된 값 벡터에 두 번째 시간 축 어텐션 가중치를 곱한 후, 두 결과를 더함으로써 프레임 t 의 제1 중간 특징 벡터를 생성할 수 있다. 이와 같은 연산을 통해 현재 프레임의 관절 특징은 이전과 이후 프레임의 관절 특징이 가지는 시간적 연속성을 반영하여 갱신될 수 있다.

[0132] 공간적-어텐션 연산은 동일한 프레임에서 상위-하위 관절 및 인접 관절들 사이의 구조적 연결 관계를 반영하여, 해당 관절의 회전값이 신체 구조와 연관된 방향으로 갱신되도록 하는 연산일 수 있다. 예를 들어, 그래프 트랜

스포머 레이어는 프레임 t에서 관절 j와 j의 상위, 하위 및 인접 관절들의 노드 특징 벡터를 공간 방향 엮지를 기준으로 수집하고, 노드 특징 벡터 사이의 공간 방향 어텐션 가중치를 계산하여, 관절 간 구조적 상관성이 출력 특징 벡터에 반영되도록 갱신할 수 있다. 예를 들어, 그래프 트랜스포머 레이어는 프레임 t의 관절 j에 대응되는 노드 특징 벡터를 입력으로 받아 쿼리 벡터를 생성하고, 프레임 t에서 j와 연결된 인접 관절들에 대응되는 노드 특징 벡터들을 기준으로 키 벡터 및 값 벡터를 생성할 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 프레임 t에 대응되는 관절 j의 노드 특징 벡터를 기준으로 쿼리 벡터를 생성할 수 있다. 여기서, 쿼리 벡터는 해당 관절이 동일한 프레임 내에서 어떤 인접 관절들과 구조적으로 연관되는지를 판단하기 위한 기준 벡터일 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 관절 j와 직접 연결된 인접 관절들에 대응되는 노드 특징 벡터 각각을 변환하여, 각 인접 관절에 대응되는 다수의 키 벡터를 생성할 수 있다. 키 벡터는 인접 관절이 관절 j의 동작 방향 또는 회전량 결정에 얼마나 구조적으로 영향을 미치는지를 판단하기 위한 비교 벡터일 수 있다. 또한, 그래프 트랜스포머 레이어는 동일한 인접 관절들의 노드 특징 벡터를 변환하여 다수의 값 벡터를 생성할 수 있다. 값 벡터는 공간 방향 어텐션 가중치를 통해 구조적 상관성이 반영된 정보를 관절 j의 특징 갱신에 전달하기 위한 정보 벡터일 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 쿼리 벡터와 각 인접 관절에서 생성된 여러 개의 키 벡터 사이의 유사도를 각각 계산하여, 인접 관절 쌍마다 하나의 어텐션 점수를 산출할 수 있다. 산출된 복수의 어텐션 점수는 소프트맥스 연산에 의해 정규화되어, 각 인접 관절의 영향력을 나타내는 공간 방향 어텐션 가중치로 변환될 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 각 인접 관절에 대응되는 값 벡터에 공간 방향 어텐션 가중치를 곱한 후, 모든 인접 관절에 대한 가중합을 수행하여 관절 j의 제2 중간 특징 벡터를 생성할 수 있다. 이와 같은 연산을 통해 관절 j의 출력 특징은 동일 프레임 내에서 구조적으로 유효한 인접 관절들의 상대적 중요도가 반영되도록 갱신될 수 있다.

[0133] 크로스-어텐션 연산은 시공간 그래프 상의 각 관절 노드 특징 벡터와 텍스트 조건 벡터 및 사용자 특성 컨텍스트 벡터 사이의 의미적 연관성을 결정하고, 해당 관계가 회전값의 갱신 과정에 반영되도록 하기 위한 어텐션 기반 결합 연산일 수 있다. 예를 들어, 그래프 트랜스포머 레이어는 시공간 그래프의 프레임 t에서 관절 j에 대응되는 노드 특징 벡터를 기준으로 쿼리 벡터를 생성할 수 있다. 쿼리 벡터는 관절 j가 텍스트 조건 벡터 내 어떤 토큰과 의미적으로 연관되는지를 판단하기 위한 기준 벡터일 수 있다. 쿼리 벡터는 텍스트 의미와 사용자 특성을 반영한 관절별 의미적 정렬을 수행하기 위한 기준이 되며, 해당 관절이 수행해야 할 동작의 의미를 텍스트 토큰들 중에서 선택하기 위한 지표 역할을 할 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 텍스트 조건 벡터 및 사용자 특성 컨텍스트 벡터를 각각 변환하여, 키 벡터 및 값 벡터를 생성할 수 있다. 텍스트 조건 벡터로부터 생성된 키 벡터는 텍스트 프롬프트에 포함된 동작 주제, 동작 속성, 방향성 및 신체 부위 관련 조건이 관절 j에 요구되는 의미적 제약을 나타내는 비교 벡터일 수 있다. 사용자 특성 컨텍스트 벡터로부터 생성된 키 벡터는 성별 특성, 연령 특성 및 지역 기반 움직임 특성이 관절별 표현 방식에 미치는 영향도를 비교하기 위한 벡터일 수 있다. 또한, 텍스트 조건 벡터 및 사용자 특성 컨텍스트 벡터로부터 생성된 값 벡터는 의미적 조건 및 사용자 특성에 따라 조정된 동작 표현 정보를 관절 노드 특징 갱신에 전달하기 위한 정보 벡터일 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 쿼리 벡터와 텍스트 조건 벡터로부터 생성된 키 벡터 사이의 유사도 및 쿼리 벡터와 사용자 특성 컨텍스트 벡터로부터 생성된 키 벡터 사이의 유사도를 각각 계산하여, 텍스트 조건 기반 어텐션 점수 및 사용자 특성 기반 어텐션 점수를 산출할 수 있다. 산출된 복수의 어텐션 점수는 소프트맥스 연산을 통해 정규화되어, 관절 j의 특징 갱신 과정에서 텍스트 조건과 사용자 특성 정보가 각각 차지하는 상대적 영향력을 나타내는 크로스-어텐션 가중치로 변환될 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 텍스트 조건 벡터로부터 생성된 값 벡터 및 사용자 특성 컨텍스트 벡터로부터 생성된 값 벡터 각각에 대응되는 크로스-어텐션 가중치를 곱한 후, 가중합을 수행함으로써 관절 j의 제3 중간 특징 벡터를 생성할 수 있다. 이와 같은 연산을 통해 관절 j의 출력 특징 벡터는 입력된 텍스트 프롬프트가 요구하는 동작 의미뿐 아니라, 사용자 특성 메타데이터에 의해 결정된 움직임 스타일이 동시에 반영되도록 갱신될 수 있다. 따라서, 동일한 텍스트 프롬프트 입력이라 하더라도 사용자 특성에 따라 상이한 모션이 생성될 수 있으며, 현실 세계에서 관찰되는 문화적 움직임 차이를 모션 생성 과정에서 반영할 수 있다.

[0134] 예를 들어, 그래프 트랜스포머 레이어는 시간 축 어텐션 결과, 공간 방향 어텐션 결과 및 크로스-어텐션 결과를 선형 결합 연산을 통해 출력 특징 벡터로 병합하여, 관절 j의 출력 특징 벡터를 갱신할 수 있다. 즉, 그래프 트랜스포머 레이어는 제1 중간 특징 벡터, 제2 중간 특징 벡터 및 제3 중간 특징 벡터를 선형 결합 연산을 통해 출력 특징 벡터로 병합하여, 관절 j의 출력 특징 벡터를 갱신할 수 있다.

[0135] 예를 들어, 그래프 트랜스포머 레이어는 생체역학 컨텍스트 벡터를 기반으로 출력 특징 벡터에 대한 스케일 계수 및 시프트 계수를 산출하고, 스케일 계수 및 시프트 계수를 출력 특징 벡터에 적용함으로써, 스케일 조정 및 시프트 조정을 수행할 수 있다. 이때, 스케일 계수는 출력 특징 벡터를 구성하는 각 차원 요소(채널)에 대해 독

립적으로 적용되는 비율 조정값을 의미하며, 생체역학적으로 허용되는 관절 회전량의 범위 내에서 출력 특징의 강도를 조절하기 위해 사용되는 연속값일 수 있다. 스케일 계수는 0 이상 1 이하의 범위에서 설정될 수 있고, 0에 근접할수록 해당 채널이 반영하는 회전 패턴을 강하게 억제하며, 1에 근접할수록 해당 회전 패턴을 원래의 크기대로 유지할 수 있다. 시프트 계수는 출력 특징 벡터 전체에 공통적으로 적용되는 선형 오프셋(offset)을 의미하며, 회전량이 생체역학적으로 허용되는 기준 회전 중심에서 과도하게 벗어나지 않도록 기준점을 조정하기 위한 값이다. 시프트 계수는 음수에서 양수까지의 연속 구간에서 설정될 수 있고, 0의 값은 기준점 조정이 이루어지지 않음을 의미하고, 양의 값은 기준 회전 중심을 증가 방향으로 이동시키는 조정, 음의 값은 감소 방향으로 이동시키는 조정을 의미할 수 있다. 시프트 계수의 크기는 관절별 기본 중립 자세(neutral pose)로부터 허용 가능한 미세 조정 범위를 벗어나지 않도록 제한된 범위 내에서 설정될 수 있다.

[0136] 예를 들어, 그래프 트랜스포머 레이어는 관절 j 의 출력 특징 벡터를 구성하는 각 차원 요소를 개별 채널로 결정하여, 채널 단위의 표현을 생성할 수 있다.

[0137] 예를 들어, 그래프 트랜스포머 레이어는 생체역학 컨텍스트 벡터를 전결합 레이어 및 비선형 활성화 함수의 조합을 통해 변환하여, 출력 특징 벡터의 차원 수에 대응되는 채널별 스케일 계수를 생성할 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 산출된 채널별 스케일 계수를 출력 특징 벡터의 각 채널값에 곱함으로써 스케일 조정을 수행할 수 있다. 이때, 스케일 조정 연산은 출력 특징 벡터의 각 채널이 반영하는 회전 패턴의 크기를 생체역학적 기준에 맞추어 축소하거나 유지하는 방식으로 적용되며, 증가(확대) 방향의 조정은 허용되지 않는 것으로 설정할 수 있다. 즉, 스케일 계수가 1보다 큰 값으로 설정되지 않음으로써, 산출한 잠재 회전량이 생체역학적으로 불가능한 과도한 회전으로 확대되는 것을 방지할 수 있다.

[0138] 예를 들어, 그래프 트랜스포머 레이어는 생체역학 컨텍스트 벡터를 전결합 레이어 및 비선형 활성화 함수의 조합을 통해 변환하여, 스케일 조정이 수행된 출력 특징 벡터의 차원 수에 대응되는 채널별 시프트 계수를 생성할 수 있다. 그래프 트랜스포머 레이어는 산출된 채널별 시프트 계수를 스케일 조정이 수행된 출력 특징 벡터의 각 채널값에 더함으로써 시프트 조정 연산을 수행할 수 있다. 예를 들어, 생체역학 컨텍스트 벡터에서 관절 유형과 기본 회전 중심값을 참조하고, 회전 제약 전과 관계 값과 계층 기반 영향도를 반영하여 관절 j 에서 허용 가능한 중립적 회전 중심을 나타내는 다차원 시프트 계수가 산출될 수 있다. 시프트 조정 연산은 스케일 조정이 수행된 출력 특징 벡터의 각 채널이 반영하는 회전 패턴의 기준점을 생체역학적으로 유효한 중심 범위 내로 재배치하도록 선형 오프셋을 적용하는 방식으로 수행되고, 기준점을 생체역학적 허용 범위를 벗어나는 방향으로 이동시키는 시프트 계수는 산출되지 않도록 제한될 수 있다. 이와 같은 시프트 조정 연산을 통해, 관절 j 의 출력 특징 벡터는 허용 가능한 회전 공간 내에서 안정적인 회전 중심을 유지하도록 보장될 수 있다.

[0139] 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 시프트 조정이 수행된 출력 특징 벡터에 대해 현재 디퓨전 단계에 대응되는 잔여 노이즈를 제거하여 더 정제된 출력 특징 벡터를 생성할 수 있다.

[0140] 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 학습한 노이즈 예측 함수를 이용하여 현재 출력 특징 벡터에 잔존하는 노이즈 성분을 결정하고, 결정된 노이즈 성분을 제거하여 관절별 회전값에 점진적으로 수렴하는 출력 특징 벡터를 생성할 수 있다.

[0141] 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 사전 설정된 디퓨전 단계 수만큼 상술한 과정을 반복하여, 초기 노이즈로부터 점차적으로 완성된 관절별 회전 시퀀스를 생성할 수 있다.

[0142] 구체적으로, 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 시프트 조정이 적용된 출력 특징 벡터와 현재 디퓨전 단계를 나타내는 단계 인덱스 값을 입력으로 받아, 해당 디퓨전 단계에서 제거하는 잔여 노이즈 성분을 예측하기 위한 노이즈 예측 연산을 수행할 수 있다. 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 시프트 조정이 완료된 시공간 그래프 상의 노드별 출력 특징 벡터에 디퓨전 단계 임베딩, 텍스트 조건 벡터 및 생체역학 컨텍스트 벡터를 결합하여 전결합 레이어와 비선형 활성화 함수를 포함하는 신경망 연산을 통해 각 노드별 잔여 노이즈 벡터를 산출할 수 있다. 여기서, 잔여 노이즈 벡터는 현재 디퓨전 단계에서 출력 특징 벡터에 남아 있는 확률적 노이즈 성분을 나타내는 벡터 값으로서, 이후 단계에서 제거 대상이 되는 값을 의미할 수 있다.

[0143] 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 산출된 잔여 노이즈 벡터에 디퓨전 단계별로 사전 설정된 노이즈 제거 계수를 곱하여 노이즈 제거량을 계산하고, 시프트 조정이 적용된 출력 특징 벡터에서 노이즈 제거량을 감산하는 방식으로 갱신된 출력 특징 벡터를 생성할 수 있다. 이때, 디퓨전 단계별 노이즈 제거 계수는 단계 인덱스가 클수록 제거량이 크게 설정되고, 단계 인덱스가 작을수록 제거량이 작게 설정되도록 구성되며, 초기 단계에서는 거친 노이즈 제거가 수행되고 후반 단계로 갈수록 미세 조정 수준의 노이즈 제거가 수행되도록 할 수 있다. 필요

에 따라, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 디퓨전 단계별 잔여 분산 스케줄에 따라 설정된 분산 값을 기반으로 소규모의 가우시안 노이즈를 추가하여, 동일한 조건에서도 다양한 모션 시퀀스가 생성될 수 있도록 확률적 다양성을 유지하도록 구성할 수 있다.

- [0144] 이와 같이, 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 초기 디퓨전 단계에서 랜덤 노이즈로 설정된 시공간 그래프 표현을 입력으로 받아, 디퓨전 단계 인덱스를 초기 단계 값에서 종료 단계 값까지 감소시키면서 각 단계마다 복수의 그래프 트랜스포머 레이어를 통해 조건부 특징 갱신 연산, 스케일 조정 연산, 시프트 조정 연산을 순차적으로 수행하고, 각 단계마다 노이즈 제거 연산을 수행할 수 있다. 디퓨전 기반 모션 생성 모델(500)은 사전 설정된 디퓨전 단계 수만큼 상기 반복 과정을 수행함으로써, 초기 노이즈 상태의 출력 특징 벡터를 텍스트 조건과 사용자 특성 및 생체역학 제약을 반영한 관절별 회전값에 점진적으로 수렴시키고, 최종적으로 관절별 회전 시퀀스를 생성할 수 있다.
- [0145] 예를 들어, 복수의 그래프 트랜스포머 레이어의 개수는 8개로 설정될 수 있고, 사전 설정된 디퓨전 단계 수는 100개로 설정될 수 있다. 이때, 조건부 특징 갱신 연산, 스케일 조정 연산, 시프트 조정 연산은 각각 800회, 노이즈 제거 연산은 100회가 수행될 수 있다.
- [0146] 예를 들어, 복수의 그래프 트랜스포머 레이어는 단일 디퓨전 단계 내에서 순차적으로 실행되고, 최종 그래프 트랜스포머 레이어의 출력 특징 벡터는 동일한 디퓨전 단계의 결과 상태로서 다음 디퓨전 단계의 입력으로 제공될 수 있다.
- [0147] 일 실시예에 따르면, 디퓨전 기반 모션 생성 모델은 복수의 모션 데이터 및 복수의 모션 데이터 각각에 대한 학습용 사용자 특성 메타데이터를 포함하는 학습용 모션 데이터 세트를 기반으로 학습될 수 있다.
- [0148] 예를 들어, 복수의 모션 데이터 각각은 프레임 단위 스켈레톤 구성에 대한 데이터, 관절별 회전 시퀀스 및 시간적 모션 패턴을 포함할 수 있다. 학습용 사용자 특성 메타데이터는 성별 값, 연령 값 및 지역 코드 값 각각을 포함할 수 있다.
- [0149] 예를 들어, 복수의 모션 데이터 중에서 성별 값, 연령 값 및 지역 코드 값의 조합이 동일한 모션 데이터 쌍이 양성 비교 쌍으로, 연령 값 및 지역 코드 값의 조합이 상이한 모션 데이터 쌍이 음성 비교 쌍으로 결정될 수 있다. 즉, 양성 비교 쌍은 동일한 사용자 특성을 갖는 두 모션 데이터의 쌍이고, 음성 비교 쌍은 상이한 사용자 특성을 갖는 두 모션 데이터의 쌍일 수 있다.
- [0150] 예를 들어, 양성 비교 쌍 및 음성 비교 쌍 각각에 대해 해당 모션 데이터에 포함된 관절별 회전 시퀀스가 모션 스타일 인코더에 입력되어, 프레임 간 회전 변화율, 관절별 최대 회전각 대비 평균 회전각의 비율, 프레임 사이 자세 변화량의 누적 합 및 회전값의 최대값과 최소값 차이를 나타내는 관절 가동 폭을 포함하는 모션 스타일 벡터가 산출될 수 있다.
- [0151] 여기서, 모션 스타일 인코더는 관절별 회전 시퀀스의 시간적 변화 패턴 및 공간적 움직임 범위를 특징 벡터로 변환하기 위한 신경망 기반 임베딩 모듈일 수 있다. 모션 스타일 벡터는 모션의 특징을 표현한 벡터로, 예를 들어, 프레임 간 회전 변화율, 관절별 최대 회전각 대비 평균 회전각의 비율, 프레임 사이 자세 변화량의 누적 합 및 회전값의 최대값과 최소값 차이를 나타내는 관절 가동 폭을 포함할 수 있다.
- [0152] 프레임 간 회전 변화율은 연속된 두 프레임 사이에서 관절별 회전값이 변화하는 평균 속도를 나타내는 값으로서, 동작의 역동성 또는 움직임 강도를 나타내는 지표일 수 있다. 관절별 최대 회전각 대비 평균 회전각의 비율은 관절이 가동 가능한 전체 범위 중 어느 수준까지 사용되는지를 나타내는 값으로서, 움직임 표현의 개방성 또는 제한성을 나타낼 수 있다. 프레임 사이 자세 변화량의 누적 합은 관절별 회전 시퀀스 전체에서 신체 중심 및 관절 상대 위치가 변화한 총량을 나타내는 값으로서, 동작의 이동성 또는 불안정성을 반영할 수 있다. 회전값의 최대값과 최소값 차이를 나타내는 관절 가동 폭은 단일 관절의 회전 범위 크기를 정량화한 값으로서, 움직임 표현의 범위 또는 스타일 특성을 나타낼 수 있다.
- [0153] 구체적으로, 예를 들어, 모션 스타일 인코더는 시계열 특징 추출 레이어, 관절 구조 기반 결합 레이어, 스타일 특징 압축 레이어 및 정규화 레이어를 포함할 수 있다.
- [0154] 시계열 특징 추출 레이어는 관절별 회전 시퀀스에 내재된 시간 축 변화 패턴을 추출하기 위한 레이어일 수 있다. 예를 들어, 시계열 특징 추출 레이어는 각 관절에 대해 프레임 t 및 프레임 $t+1$ 의 회전값 차이를 계산하여 프레임 간 회전 변화율을 산출하고, 1차원 합성곱 연산 또는 순환 신경망 기반 특징 변환 연산을 적용하여, 반복적으로 나타나는 움직임 리듬, 회전 속도 증가 및 감소 패턴, 시간적 가속 특성을 반영한 제1 중간 특징 벡

터를 생성할 수 있다. 이때, 제1 중간 특징 벡터는 프레임 길이 차원을 유지한 상태에서 각 관절의 시간적 변화량을 표현하는 벡터일 수 있다.

[0155] 관절 단위 결합 레이어는 각 관절별로 독립적으로 추출된 시간 특징을 관절 전체 움직임 패턴 기반 표현으로 통합하기 위한 레이어일 수 있다. 예를 들어, 관절 단위 결합 레이어는 동일 프레임에 대응되는 모든 관절의 제1 중간 특징 벡터를 행렬 형태로 결합하고, 다층 퍼셉트론 또는 선형 변환 기반 특징 결합 연산을 수행함으로써, 관절 간 움직임 강도 분포와 관절별 상대적 기여도를 반영한 제2 중간 특징 벡터를 생성할 수 있다. 이때, 관절 단위 결합 레이어는 스켈레톤 연결 관계나 별도의 구조 정보를 활용하지 않고, 입력 모션 데이터에 포함된 회전값 및 해당 회전값에 기초해 산출된 시간적 특징만을 기반으로 결합 연산을 수행할 수 있다.

[0156] 스타일 특징 압축 레이어는 관절별 시계열 특징을 모션 전반의 스타일 표현으로 요약하기 위한 레이어일 수 있다. 예를 들어, 스타일 특징 압축 레이어는 제2 중간 특징 벡터에 대해 시간 축 평균 풀링, 시간 축 최대 풀링 또는 다층 퍼셉트론 기반 특징 축약 연산 중 적어도 하나를 수행하여, 움직임 강도, 표현 범위, 동작 리듬 및 동작 밀도를 반영한 고정 차원의 스타일 특징 벡터를 산출할 수 있다. 또한, 스타일 특징 압축 레이어는 사전 정의되거나 학습된 관절 중요도 가중치를 적용하여, 동작 스타일 형성에 기여도가 높은 관절의 특징이 상대적으로 강조되도록 가중 결합 연산을 수행할 수 있다. 이때, 스타일 특징 벡터는 입력 관절 수 또는 프레임 수와 무관한 고정 길이의 벡터일 수 있다.

[0157] 정규화 레이어는 스타일 특징 벡터의 값 범위를 조정하여 데이터 간 비교 가능성을 확보하기 위한 레이어일 수 있다. 예를 들어, 정규화 레이어는 각 특징 차원에 대해 평균 0 및 분산 1이 되도록 표준화 연산을 수행하거나, 스타일 특징 벡터의 전체 크기가 1이 되도록 L2 정규화를 수행함으로써, 임베딩 거리 기반 유사도 계산이 안정적인 수 행될 수 있도록 보정된, 모션 스타일 벡터를 출력할 수 있다.

[0158] 이와 같이 생성된 모션 스타일 벡터는 프레임 간 회전 변화율, 관절별 최대 회전각 대비 평균 회전각의 비율, 프레임 간 관절 중심 자세 변화량의 누적 합 및 회전값의 최대값과 최소값 차이를 나타내는 관절 가동 폭을 포함하는 표현으로 사용될 수 있고, 사용자 특성 컨텍스트 벡터와의 임베딩 거리 계산, 양성 비교 쌍 및 음성 비교 쌍 판별 및 대조 학습 손실 산출 과정에서 활용될 수 있다.

[0159] 예를 들어, 학습용 사용자 특성 메타데이터가 사용자 특성 인코더에 입력되어, 학습용 사용자 특성 컨텍스트 벡터가 생성될 수 있다.

[0160] 예를 들어, 학습용 사용자 특성 컨텍스트 벡터와 모션 스타일 벡터 사이의 임베딩 거리가 양성 비교 쌍의 경우에는 감소하는 방향으로, 음성 비교 쌍의 경우에는 증가하는 방향으로 대조 학습 손실이 결정될 수 있다.

[0161] 대조 학습 손실은 양성 비교 쌍에 대해서는 사용자 특성 컨텍스트 벡터와 모션 스타일 벡터 사이의 유클리드 거리의 제곱합이 사전 설정된 제1 마진 값 이하가 되도록 감소하는 손실 항으로 설정될 수 있다. 또한, 대조 학습 손실은 음성 비교 쌍에 대해서는 유클리드 거리의 제곱합이 사전 설정된 제2 마진 값 이상이 되도록 증가하는 손실 항으로 설정될 수 있다. 구체적으로, 대조 학습 손실은 양성 비교 쌍에 대한 거리 축소 항과 음성 비교 쌍에 대한 거리 확장 항을 포함하는 마진 기반 콘트라스트비(contrastive) 손실 함수로 계산될 수 있으며, 마진 값은 사용자 특성 간 구분 가능성을 보장하기 위한 임계값일 수 있다.

[0162] 예를 들어, 대조 학습 손실을 최소화하는 방향으로 사용자 특성 인코더 및 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 파라미터가 반복적으로 업데이트될 수 있다. 예를 들어, 대조 학습 손실의 기울기 값은 역전파 연산을 통해 사용자 특성 인코더 및 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 파라미터 방향으로 전파되어, 양성 비교 쌍을 갖는 모션 데이터의 스타일 표현이 임베딩 공간에서 서로 가까워지도록 하고, 음성 비교 쌍을 갖는 모션 데이터의 스타일 표현이 서로 멀어지도록 가중치가 조정될 수 있다. 이를 통해, 사용자 특성 컨텍스트 벡터가 실제 사용자 특성에 대응되는 모션 스타일을 더욱 정확하게 유도하도록 최적화될 수 있다.

[0163] 부가적으로, 일 실시예에 따르면, 서버는 학습용 모션 데이터의 관절별 회전 시퀀스를 입력으로 받아 성별 값, 연령 값 및 지역 코드 값 중 각 항목에 대응되는 사용자 특성 범주를 판정하는 스타일 분류기를 추가적으로 학습시킬 수 있다. 이때, 스타일 분류기의 분류 손실을 모션 스타일 인코더 및 디퓨전 기반 모션 생성 모델로 역전파하여 모션 스타일 벡터가 실제 사용자 특성 메타 데이터와 일관되도록 가중치 파라미터를 조정할 수 있다.

[0164] 구체적으로, 예를 들어, 서버는 학습용 모션 데이터에 포함된 관절별 회전 시퀀스에 대해, 각 관절의 프레임 단위 회전값을 시간 순서대로 정규화하고, 정규화된 회전값 시퀀스를 스타일 분류기의 입력 특징으로 사용할 수 있다. 여기서, 정규화 연산은 관절별 회전 범위 편차로 인해 발생하는 학습 불안정을 완화하기 위한 전처리 연

산일 수 있다.

- [0165] 예를 들어, 서버는 정규화된 회전값 시퀀스를 스타일 분류기의 특징 추출 레이어에 입력하여, 관절 사용 비율, 움직임 속도 변화, 보폭 패턴, 신체 중심 이동 방향성과 같은 동작 스타일 정보를 포함하는 중간 표현 벡터를 생성할 수 있다. 중간 표현 벡터는 성별, 연령 및 지역 기반의 움직임 특성이 내재된 고차원 특징 공간 상의 벡터일 수 있다.
- [0166] 예를 들어, 서버는 중간 표현 벡터를 분류 헤드에 입력하여, 성별 값, 연령 값 및 지역 코드 값 각각에 대응되는 복수의 사용자 특성 범주에 대한 예측 확률을 산출할 수 있다. 산출된 예측 확률은 해당 모션이 어느 사용자 특성 범주에 더 높은 연관성을 갖는지를 나타내는 확률 분포일 수 있다.
- [0167] 예를 들어, 서버는 학습용 모션 데이터에 부여된 실제 사용자 특성 메타 데이터와 예측 확률 분포 간의 차이를 기반으로, 교차 엔트로피 기반의 분류 손실 값을 산출할 수 있다. 분류 손실 값은 스타일 분류기의 분류 정확도를 정량적으로 평가하기 위한 값일 수 있다.
- [0168] 예를 들어, 서버는 산출된 분류 손실을 역전과 경로의 입력으로 제공하여, 모션 스타일 인코더 내부의 가중치 행렬, 비선형 변환 파라미터 및 정규화 파라미터를 업데이트할 수 있다. 이때, 역전과 연산은 모션 스타일 벡터가 사용자 특성 메타 데이터를 더 잘 분리할 수 있도록 해당 벡터의 표현 공간을 재구성하기 위한 학습 과정일 수 있다.
- [0169] 예를 들어, 서버는 동일한 분류 손실을 디퓨전 기반 모션 생성 모델의 조건 임베딩 레이어 및 그래프 트랜스포머 레이어에도 전달하여, 사용자 특성이 반영된 모션 생성이 가능하도록 가중치를 조정할 수 있다. 이때, 가중치 조정은 동일한 텍스트 프롬프트가 입력되더라도 사용자 특성이 상이한 경우 서로 다른 모션 스타일이 생성되도록 하기 위한 학습 절차일 수 있다.
- [0170] 예를 들어, 서버는 역전과 연산 및 모델 가중치 조정 과정을 학습 반복 횟수 또는 손실 수렴 조건이 충족될 때까지 반복 수행함으로써, 모션 스타일 벡터가 실제 사용자 특성 메타 데이터와 안정적으로 일치하도록 학습을 완료할 수 있다.
- [0171] 부가적으로, 일 실시예에 따르면, 서버는 관절별 회전 시퀀스에서 연속하는 두 프레임 사이의 회전값 변화량을 계산하고, 회전값 변화량이 해당 관절에 설정된 시간 변화 임계값을 초과하는 경우, 해당 프레임 구간을 시간적 불연속이 존재하는 구간으로 결정할 수 있다.
- [0172] 예를 들어, 서버는 시간적 불연속이 존재하는 구간에 대해, 불연속 직전 프레임의 관절별 회전값을 포함하는 제1 조건 벡터와, 불연속 직후 프레임의 관절별 회전값을 포함하는 제2 조건 벡터를 생성할 수 있다. 제1 조건 벡터는 시간상 앞에서 유지되어야 하는 관절 상태를 나타내는 조건 정보로, 제2 조건 벡터는 시간상 뒤에서 유지되어야 하는 관절 상태를 나타내는 조건 정보로 사용될 수 있다.
- [0173] 예를 들어, 서버는 불연속 구간의 길이 및 회전값의 변화 크기를 기준으로 삽입할 중간 프레임의 개수를 결정하고, 결정된 개수에 대응되는 길이를 갖는 노이즈 초기값 시퀀스를 생성할 수 있다. 노이즈 초기값 시퀀스는 디퓨전 기반 보간 연산의 초기 입력으로 사용될 수 있다.
- [0174] 예를 들어, 서버는 각 디퓨전 단계에서 제1 조건 벡터 및 제2 조건 벡터를 디퓨전 기반 모션 생성 모델 내 그래프 트랜스포머 레이어의 크로스-어텐션 입력으로 제공하여, 노이즈 초기값 시퀀스에 대한 조건부 특징 갱신 연산을 수행할 수 있다. 조 노이즈 초기값 시퀀스에 대한 건부 특징 갱신 연산은 중간 프레임의 잠재 특징 벡터가 앞 시점의 관절 상태와 뒤 시점의 관절 상태 사이에서 시간적으로 자연스러운 경로를 형성하도록 정렬시키기 위한 연산일 수 있다. 이때, 디퓨전 기반 모션 생성 모델은 노이즈 초기값 시퀀스에 대한 조건부 특징 갱신이 적용된 중간 프레임별 특징 벡터에 대해, 학습된 노이즈 예측 함수를 적용하여 디퓨전 단계에 대응되는 잔여 노이즈를 제거할 수 있다. 노이즈 제거 연산은 디퓨전 스케줄에 따라 잔여 노이즈를 점진적으로 제거하여 최종 회전값에 수렴시키기 위한 연산으로 구성될 수 있다.
- [0175] 예를 들어, 디퓨전 기반 모션 생성 모델은 조건부 특징 갱신 연산 및 노이즈 제거 연산을 사전 설정된 디퓨전 단계 수만큼 반복 수행하여, 경계 구간 사이에 삽입될 중간 프레임들의 관절별 회전값을 생성할 수 있다. 예를 들어, 서버는 생성된 중간 프레임들을 기존의 관절별 회전 시퀀스의 해당 구간에 삽입함으로써, 시간적 연속성을 유지하는 스무딩을 수행할 수 있다.
- [0176] 도 6은 일 실시예에 따른 서버에 대한 구성을 나타내는 블록도이다. 도 6의 일 실시예는 본 개시의 다양한 실시

예들과 결합될 수 있다.

- [0177] 도 6에 도시된 바와 같이, 서버(600)는 프로세서(610), 통신부(620) 및 메모리(630)를 포함할 수 있다. 그러나, 도 6에 도시된 구성 요소 모두가 서버(600)의 필수 구성 요소인 것은 아니다. 도 6에 도시된 구성 요소보다 많은 구성 요소에 의해 서버(600)가 구현될 수도 있고, 도 6에 도시된 구성 요소보다 적은 구성 요소에 의해 서버(600)가 구현될 수도 있다. 예를 들어, 일부 실시예에 따른 서버(600)는 프로세서(610), 통신부(620) 및 메모리(630) 이외에 사용자 입력 인터페이스(미도시), 출력부(미도시) 등을 더 포함할 수도 있다.
- [0178] 프로세서(610)는, 통상적으로 서버(600)의 전반적인 동작을 제어한다. 프로세서(610)는 하나 이상의 프로세서를 구비하여, 서버(600)에 포함된 다른 구성 요소들을 제어할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(610)는, 메모리(630)에 저장된 프로그램들을 실행함으로써, 통신부(620) 및 메모리(630) 등을 전반적으로 제어할 수 있다. 또한, 프로세서(610)는 메모리(630)에 저장된 프로그램들을 실행함으로써, 도 3 내지 도 5에 기재된 서버(600)의 기능을 수행할 수 있다.
- [0179] 통신부(620)는, 서버(600)가 다른 장치(미도시) 및 서버(미도시)와 통신을 하게 하는 하나 이상의 구성요소를 포함할 수 있다. 다른 장치(미도시)는 서버(600)와 같은 컴퓨팅 장치이거나, 센싱 장치일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 통신부(620)는 네트워크를 통해, 다른 전자 장치로부터의 사용자 입력을 수신하거나, 외부 장치로부터 외부 장치에 저장된 데이터를 수신할 수 있다.
- [0180] 메모리(630)는, 프로세서(610)의 처리 및 제어를 위한 프로그램을 저장할 수 있다. 예를 들어, 메모리(630)는 서버에 입력된 정보 또는 네트워크를 통해 다른 장치로부터 수신된 정보를 저장할 수 있다. 또한, 메모리(630)는 프로세서(610)에서 생성된 데이터를 저장할 수 있다. 메모리(630)는 서버(600)로 입력되거나 서버(600)로부터 출력되는 정보를 저장할 수도 있다.
- [0181] 메모리(630)는 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입(multimedia card micro type), 카드 타입의 메모리(예를 들어 SD 또는 XD 메모리 등), 램(RAM, Random Access Memory) SRAM(Static Random Access Memory), 롬(ROM, Read-Only Memory), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), PROM(Programmable Read-Only Memory), 자기 메모리, 자기 디스크, 광디스크 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다.
- [0182] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0183] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0184] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설

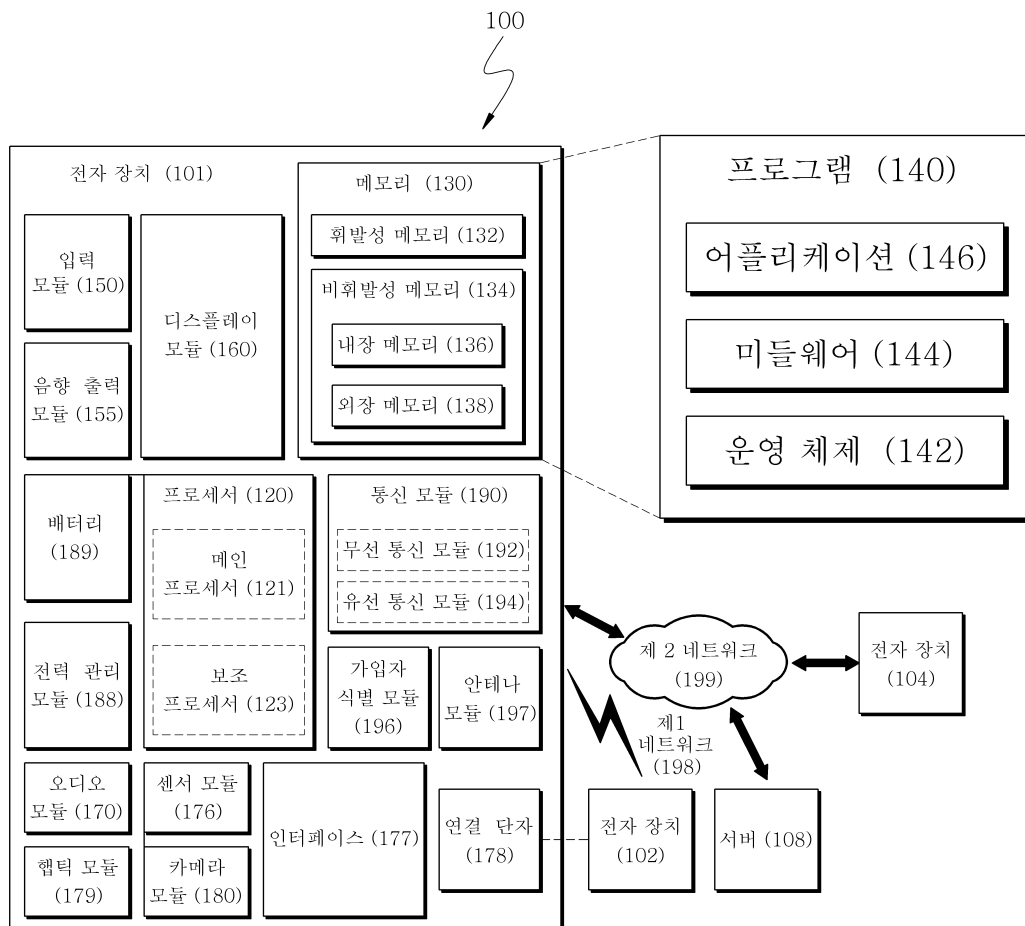
계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 관독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0185] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

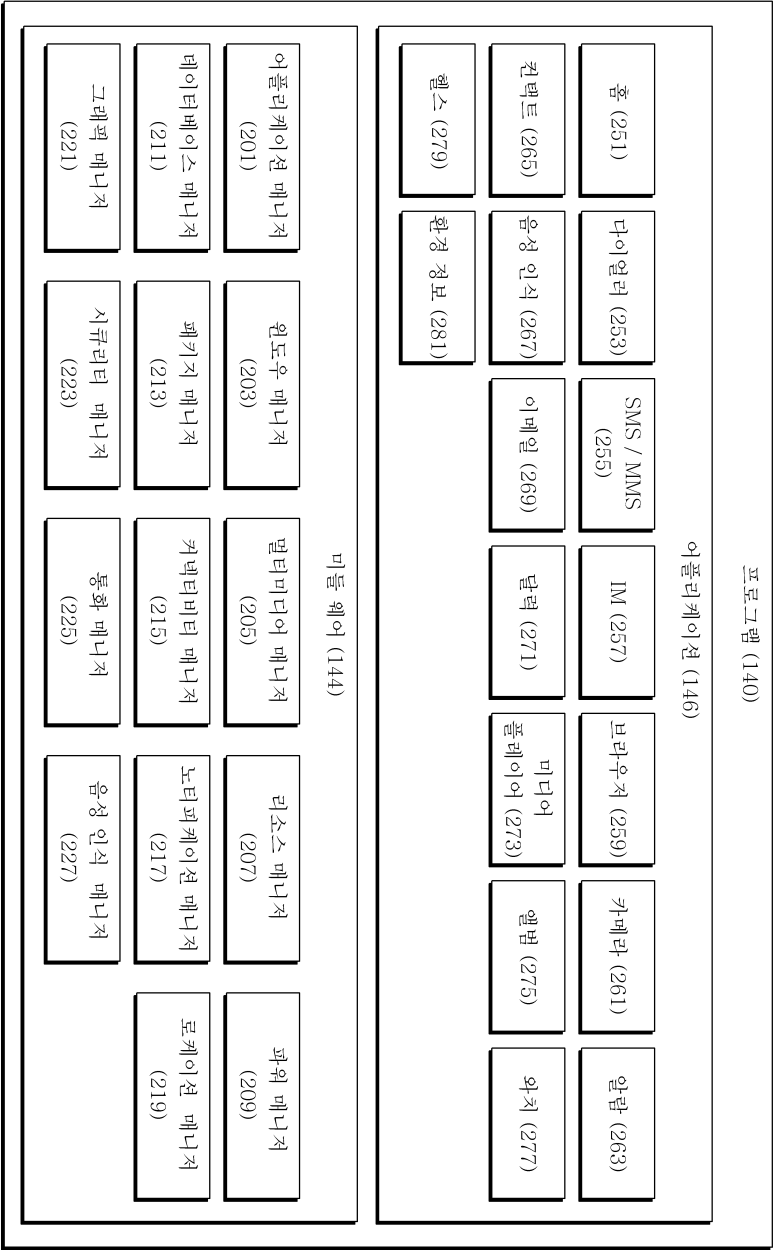
[0186] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

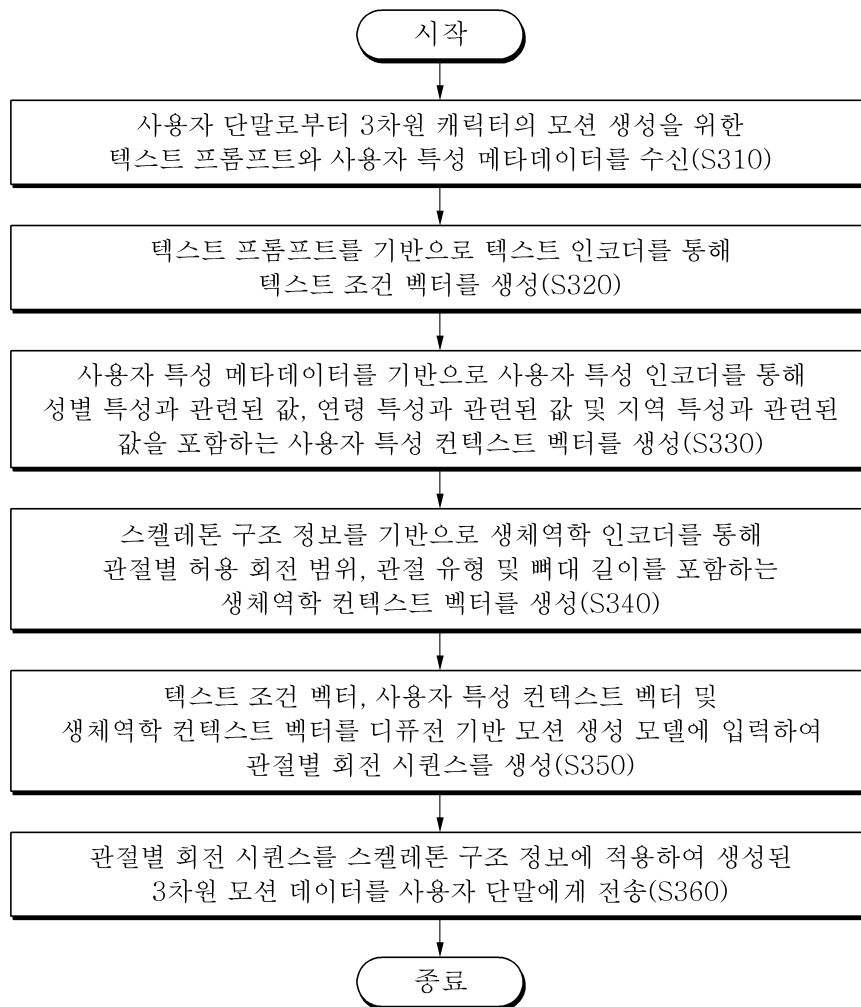
도면1



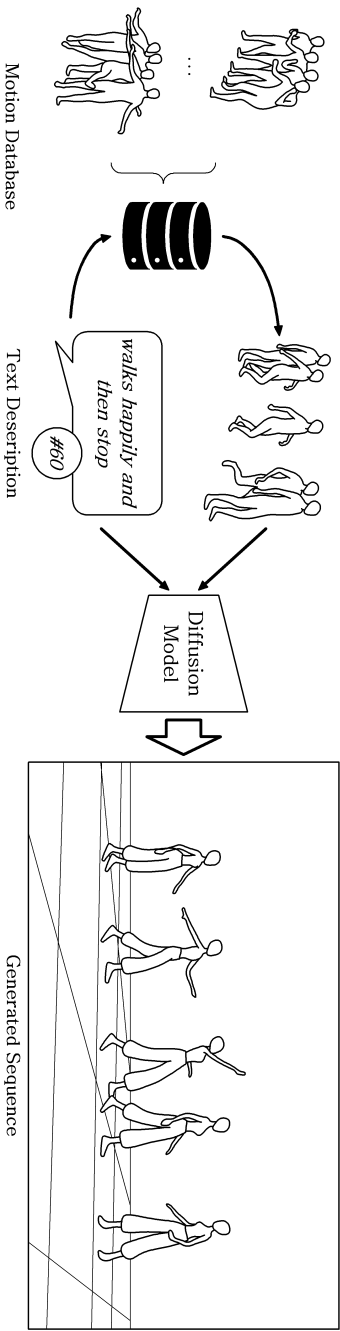
도면2



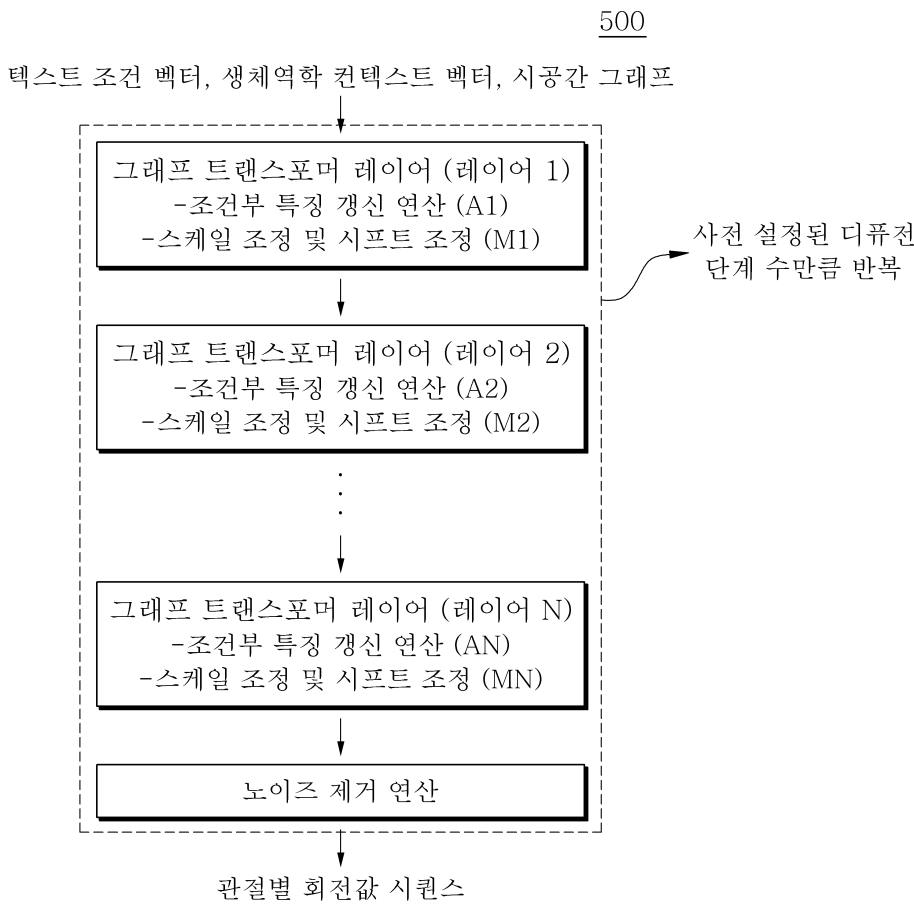
도면3



도면4



도면5



도면6

