논문 요약 정리

abstract

자연 생물은 신경 제어,피드백 등의 규정으로 인해 역동적이고 불확실한 환경에 대해 작동한다. 이러한 메커니즘을 용이하게 하기 위해 근골격 구조 시뮬레이션에 대해 수치 접근 방식을 제시한다. Cosserat rod 모델링을 통해 바이오 하이브리드 로봇의 엔지니어링과 복잡한 생물학적 시스템을 구현한다.

result

1. The human elbow joint

(1) Fig1.의 각 그림에 대한 설명

B : 세 개의 뼈와 두 개의 이두근으로 구성된 팔꿈치 시뮬레이션을 보여주고 있다. 관절이 구부러짐에 따라 형태학적 변형이 포착되는데 실제로 수축하는 동안 운동 단위가 짧아지고 근육의 비압축성으로 인해 이두근 반경이 증가하는 것을 볼 수 있다.

C : 등척성 운동 중 최대 힘은 평형 길이가 1일 때임을 알 수 있다. Mvc는 이두근이 움직이지 않는 핸들에 대해 최대 수축 수를 나타내며, 그래프의 가로축은 이두근의 근육 길이를 뜻한다. 각각의 핸들 위치에 대해 운동을 반복하면 힘의 출력이 각각의 근육 길이에 대응한다.

\*등척성 운동이란?? 근섬유의 길이가 짧아지면서 관절각이 변화하는 수축형태의 운동

D: 팔을 많이 구부릴수록 torque는 작아짐을 알 수 있다.

(2) connection joints (fig1. B 참고)

- 구형 관절(spherical joints)

근육과 힘줄, 뼈와 힘줄, 상완골과 어깨를 연결하는 관절이다,

- 경첩 관절(hinge joints)

규정된 평면에서 상대적인 회전을 한다. 상완골과 반경을 연결하는 관절이다.

- 고정된 관절(fixed joints)

상대적인 운동이 없는 관절 연결로 척골과 반경을 연결하는 관절이다.

2. Engineering of bio-hybrid robots

바이오 하이브리드 로봇 공학은 속도의 최대화를 위해 공분산 행렬 적응-진화 알고리즘(CMA-ES)를 적용한다. CMA-ES는 다른 집단을 점진적으로 샘플링하며 확률적으로 최적화된 경우를 찾아가는 알고리즘이다.

(1) Fig2.의 각 그림에 대한 설명

C : 4가지 매개변수를 통한 수영 속도의 최적화 과정을 보여준다. 2.44배 향상이 가능하다.

D : 전체 길이가 같은 상태에서 머리를 짧게 디자인함으로써 꼬리가 더 길고 더 얇아진다. 이로써 유연성이 높아지고 최적의 디자인을 찾게 된다. 바이오 하이브리드 수영 선수를 최적화하는 것 이외에도 바이오 하이브리드 워커의 계산을 설계할 수 있다. 현재까지 가장 크고 가장 빠른 이동성 생물학적 기계를 제작 및 테스트하고 있다.

E : 얇은 스트립 섹션이 골격 다리를 감싸는 두 개의 링을 연결하여 근육 수축력을 전달한다. 이는 새로운 근육 조직의 토폴로지이다.

F && I : 로봇은 다른 근육의 자극 주파수에서 걸을 수 있으며 최대 속도는 이전에 보고 된 설계의 두배로 보여진다.

G : 더 비대칭적인 다리와 결합 된 연결 브리지를 통한 최적화된 모델을 볼 수 있다.

3. 미끄러지는 뱀(복잡한 근육 구조를 가진 뱀)

뱀은 다양한 걸음 걸이와 신체 변형을 조율하기 위해 수많은 근육을 갖추고 있지만, 울는 효과적이고 부드러운, 앞으로 미끄러지는데 필요한 몇 개의 액추에이터만 필요하다. 우리는 소수의 대칭적이고 대립적인 쌍으로 구성된 단순화 된 뱀 구조를 고려하여 이 가설을 테스트 한 후 CMA-ES가 위치와 작동 패턴을 식별하여 뱀의 전진 속도를 극대화시킨다.

(1) Fig3.의 각 그림에 대한 설명

A : 구성은 근육, ssp-sp와 ld-lc로 이루어져있다. 뱀과 땅 사이의 상호작용은 gazzola et al 모델과 실험적 마찰 계수, froude 수 fr를 통해 렌더링한다. 이는 4가지 매개변수를 통해 특성화 되는데, CMA-ES를 통해 최적의 매개변수 세트가 식별된다.

\*4가지 매개변수

\*xim : 시작지점 / Lim : 전반적인 길이 / oim : 위상 편이 (디지털 신호 전송할 때 진폭,주파수,위상 중에 위상을 이용해 디지털 데이터로 변환시켜 전송하는 방식)

fim : 힘의 크기

B && C && D : 최소 4개의 부드러운 세로 액추에이터(믈리적인 움직임을 가능하게 하는 구동장치)가 이상적인 연속 움직임에 근접할 수 있게 한다. 중첩된 세로 액추에이터를 기반으로 자연스로운 솔루션의 역할을 강조한다.

4. 깃털 달린 날개의 복제

비둘기의 날개 구조 역학을 고려하며 비틀림 및 전단의 영향을 이해한다.

methods

1. The cosserat rod model

3d 공간에서의 변형, 연속 작동, 감각 피드백 및 인터페이스 효과를 특징으로 하는 복합 및 연체의 맥락에서 우리는 cosserat rod의 어셈블리를 기반으로 한 동적 모델을 제안한다. fem 솔버와 반대로 계산 시간을 단축할 수 있는 이점이 있다.

(1) 이기종 rod의 조합

적절한 경계조건을 통해 상호 작용 규칙을 규정한다. 구형 조인트, 고정 조인트, 힌지 조인트 이 세가지 연결에서 모든 움직임이 파생된다. 변위와 힘 또는 torque의 관계를 통해 적용한다.

가. 구형 조인트

필라멘트가 서로에 대해 회전할 수 있도록 하는 두 개 이상의 필라멘트 사이의 물리적 연결을 spherical joints라고 한다. 필라멘트 끝을 연결하는 외력은 거리와 비례한다.

나. 힌지 조인트와 고정 조인트

rod가 다른 rod에 의해 정의된 평면에 갇혀있을 때 hinge 연결이 발생한다. 무릎이나 팔꿈치 관절로 그 예시를 찾아볼 수 있다. hinge 조인트에서 연결된 필라멘트의 두 끝부분 사이의 각도를 제한함으로써 진화한 것이 fixed joints이다.

다. rod collision

근육을 형성하기 위해 묶음으로 조립된 여러 필라멘트는 서로 침투해서는 안된다. 모서리 간의 최소거리를 계산하여 최소거리가 두 원통의 반지름 합보다 작으면 접촉하고 있다고 판단하며 이는 eij가 0보다 큰 것과 같은 맥락이다. 이 때 패널티 힘(접촉 반발력)이 적용되며 접촉 소실 계수는 상호 침투 속도에 비례한다.