(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0033373
(43) 공개일자 2025년03월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 3/01 (2006.01) *G06F 1/16* (2006.01)
G06F 3/048 (2021.01) *G06T 19/00* (2011.01)
(52) CPC특허분류
G06F 3/015 (2013.01)
G06F 1/163 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0112924
(22) 출원일자 2023년08월28일
심사청구일자 2023년08월28일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이성환
서울특별시 강남구 언주로30길 13, 비동 2902호 (도곡동, 대림아크로빌, 대림아크로텔)
김성진
경기도 남양주시 덕소로97번길 69 (와부읍 강산마을코오롱대성아파트) 110동 202호
이대혁
서울특별시 성북구 인촌로22길 47 607호
(74) 대리인
윤귀상

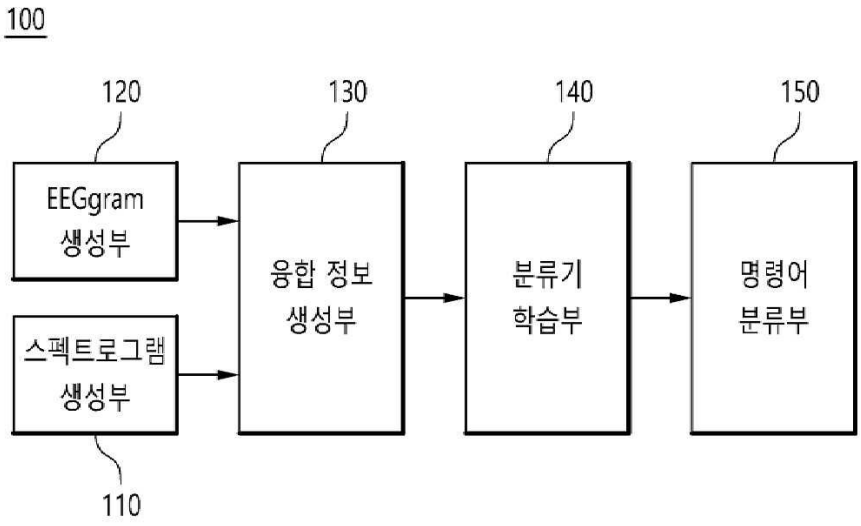
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **XR 제어 방법, 이를 수행하는 기록 매체 및 XR 제어 장치**

(57) 요 약

본 발명은 뇌 신호에 기반하여 작동하는 XR(eXtended Reality) 장치의 제어 정확도를 향상시키기 위한 XR 제어 장치에서의 XR 제어 방법에 관한 것으로, 상기 뇌 신호로부터 스펙트로그램(Spectrogram)을 생성하는 단계; 상기 뇌 신호로부터 특징을 추출하는 단계; 상기 추출한 특징에 기초하여 상기 스펙트로그램에 대응되는 EEGgram을 생성하는 단계; 상기 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성하는 단계; 및 상기 융합 정보로부터 상기 XR 장치를 제어하기 위한 XR 제어 모델을 생성하는 단계를 포함한다. 이를 통해 시각 상상을 통한 직관적 뇌-컴퓨터 인터페이스 패러다임으로부터 XR 장치 제어와 관련된 명령어에 대한 뇌 신호로부터 정보의 손실을 최소화하고 유의미한 정보를 추출 및 증폭시켜 XR 장치의 제어 정확도를 향상시킬 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G06F 3/048 (2021.01)
G06T 19/006 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711093609
과제번호	2019-0-00079-001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	인공지능핵심고급인재양성(R&D)
연구과제명	인공지능대학원지원(고려대학교)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

뇌 신호에 기반하여 작동하는 XR(eXtended Reality) 장치의 제어 정확도를 향상시키기 위한 XR 제어 장치에서의 XR 제어 방법에 있어서,

상기 뇌 신호로부터 스펙트로그램(Spectrogram)을 생성하는 단계;

상기 뇌 신호로부터 특징을 추출하는 단계;

상기 추출한 특징에 기초하여 상기 스펙트로그램에 대응되는 EEGgram을 생성하는 단계;

상기 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성하는 단계; 및

상기 융합 정보로부터 상기 XR 장치를 제어하기 위한 XR 제어 모델을 생성하는 단계를 포함하는, XR 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 융합 정보를 생성하는 단계는,

상기 스펙트로그램 및 EEGgram을 연결하는 단계;

연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 포함되는 특징별로 중요도를 산출하는 단계; 및

상기 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 상기 중요도를 적용하여 상기 융합 정보를 생성하는 단계를 포함하는, XR 제어 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 특징을 추출하는 단계에서는,

소정의 크기를 갖는 필터를 사용하여 각 채널 간에 독립적으로 시간 축으로 시간 특징을 추출하고, 깊이 축으로 주파수 특징을 추출하는, XR 제어 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 특징별로 중요도를 산출하는 단계에서는,

상기 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram을 시간 및 채널 방향으로 압축하고, 활성함수를 이용하여 음의 특징 및 양의 특징을 추출하여 상기 중요도를 산출하는, XR 제어 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 XR 제어 모델을 생성하는 단계 이후,

상기 뇌 신호를 수신하면, 상기 XR 제어 모델을 이용해 사용자의 XR 장치의 제어를 위한 명령어를 분류하고, 분류한 결과에 따라 상기 XR 장치를 제어하는 단계를 더 포함하는, XR 제어 방법.

청구항 6

제1항에 따른 XR 제어 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 7

뇌 신호에 기반하여 작동하는 XR(eXtended Reality) 장치의 제어 정확도를 향상시키기 위한 XR 제어 장치에 있어서,

상기 뇌 신호로부터 스펙트로그램(Spectrogram)을 생성하는 스펙트로그램 생성부;

상기 뇌 신호로부터 특징을 추출하고, 상기 추출한 특징에 기초하여 상기 스펙트로그램에 대응되는 EEGgram을 생성하는 EEGgram 생성부;

상기 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성하는 융합 정보 생성부; 및

상기 융합 정보로부터 상기 XR 장치를 제어하기 위한 XR 제어 모델을 생성하는 분류기 학습부를 포함하는, XR 제어 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 융합 정보 생성부는,

상기 스펙트로그램 및 EEGgram을 연결하고, 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 포함되는 특징별로 중요도를 산출하며, 상기 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 상기 중요도를 적용하여 상기 융합 정보를 생성하는, XR 제어 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 EEGgram 생성부는,

소정의 크기를 갖는 필터를 사용하여 각 채널 간에 독립적으로 시간 축으로 시간 특징을 추출하고, 깊이 축으로 주파수 특징을 추출하는, XR 제어 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 융합 정보 생성부는,

상기 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram을 시간 및 채널 방향으로 압축하고, 활성함수를 이용하여 음의 특징 및 양의 특징을 추출하여 상기 중요도를 산출하는, XR 제어 장치.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 뇌 신호를 수신하면, 상기 XR 제어 모델을 이용해 사용자의 XR 장치의 제어를 위한 명령어를 분류하고, 분류한 결과에 따라 상기 XR 장치를 제어하는 명령어 분류부를 더 포함하는, XR 제어 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 뇌 신호에 기반하여 작동하는 XR 장치의 제어 정확도를 향상시키기 위한 XR 제어 방법, 이를 수행하는 기록 매체 및 XR 제어 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] XR(eXtended Reality)은 4차 산업 혁명의 핵심 중 하나로 최근 전세계적으로 XR 제어에 대한 관심이 증가하였다.

[0003] 대표적으로 미국의 메타에서는 XR 시스템을 활용한 게임 컨트롤러 시스템을 이미 구축 완료하였으며, 미국의 애플에서는 XR 헤드셋을 통해 공간 컴퓨팅 시스템을 곧 실현할 거라 발표하였다.

[0004] 인공지능의 발전으로 XR 제어의 기술이 많이 향상되었으나, 현재 기술로는 사지 사용에 불편함을 겪는 상황에서의 사용자들은 사용할 수 없는 문제가 있다. 그러므로 XR 장치를 조종하는 사용자들의 직관적 뇌-컴퓨터 인터페이스 패러다임 기반의 즉각적이고 유동적인 명령어를 기반으로 XR 장치 조종에 활용하는 것이 필요하다.

[0005] 여기서 직관적 뇌-컴퓨터 인터페이스 패러다임은 뇌-컴퓨터 인터페이스 패러다임 중 사용자의 의도를 기반으로 작동하는 패러다임으로, 사용자의 상태를 판단하는 수동적 뇌-컴퓨터 인터페이스와는 달리 기기의 제어 장치로 사용할 수 있다.

[0006] 그리고 직관적 뇌-컴퓨터 인터페이스 패러다임 중 하나인 시각 상상 패러다임은 사용자가 특정 물체 또는 장면을 시각적으로 상상하는 패러다임이다.

[0007] 이러한 시각 상상 패러다임의 경우 XR 장치 내 시스템 제어를 시각적으로 상상하여 가장 직관적으로 XR 장치를 제어할 수 있기에 직관적 뇌-컴퓨터 인터페이스 패러다임에 특화되어 있다.

[0008] 또한, 시각 상상 패러다임 기술을 사지가 불편한 사람이 아닌 사용자들이 이용할 경우에, 추가적인 조작없이 업무를 수행하여 생산성이 증가할 수 있기 때문에 사용자의 생각을 직관적으로 XR 장치 제어에 사용할 경우, 4차 산업 혁명에서의 XR 장치의 중요성은 더욱 더 증가하고 있다.

[0009] 한편 생체 신호 중 뇌 신호가 가장 짧은 시간 내에 가장 정확한 사용자의 의도 및 상태를 반영할 수 있는 생체 신호이기 때문에 이러한 뇌 신호를 활용하여 XR 장치를 제어를 할 경우, 우수한 성능으로 XR 장치 제어가 가능하다는 장점이 있다.

[0010] 그리고 직관적 뇌-컴퓨터 인터페이스 패러다임을 이용할 경우, 사용자의 직관적 상상에 따른 XR 장치 제어가 가능하기 때문에, XR 장치 제어의 다양성을 확보할 수 있다. 특히, 시각 상상을 통해 XR 장치를 제어할 경우, XR 장치 내 화면 및 물체의 움직임 제어를 훨씬 더 직관적으로 제어하여 업무를 수행할 수 있다.

[0011] 하지만 뇌 신호에 기반하여 XR 장치를 제어하는 경우, 뇌 신호로부터 특징을 추출하기 위해 스펙트로그램을 사용하게 되는데, 이 과정에서는 필연적으로 정보 소실 문제가 발생한다는 문제가 있다.

[0012] 따라서 정보의 손실을 최소화하고 유의미한 정보를 추출 및 증폭하여 XR 장치의 제어 정확도를 향상시킬 수 있는 기술이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2020-0057214호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명은 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 시각 상상을 통한 직관적 뇌-컴퓨터 인터페이스 패러다임으로부터 XR 장치 제어와 관련된 명령어에 대한 뇌 신호로부터 정보의 손실을 최소화하고 유의미한 정보를 추출 및 증폭시켜 XR 장치의 제어 정확도를 향상시킬 수 있는 XR 제어 방법, 이를 수행하는 기록 매체 및 XR 제어 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 신호에 기반하여 작동하는 XR(eXtended Reality) 장치의 제어 정확도를 향상시키기 위한 XR 제어 장치에서의 XR 제어 방법은, 상기 뇌 신호로부터 스펙트로그램(Spectrogram)을 생성하는 단계; 상기 뇌 신호로부터 특징을 추출하는 단계; 상기 추출한 특징에 기초하여 상기 스펙트로그램에 대응되는 EEGgram을 생성하는 단계; 상기 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성하는 단계; 및 상기 융합 정보로부터 상기 XR 장치를 제어하기 위한 XR 제어 모델을 생성하는 단계를 포함한다.

[0016] 그리고 상기 융합 정보를 생성하는 단계는, 상기 스펙트로그램 및 EEGgram을 연결하는 단계; 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 포함되는 특징별로 중요도를 산출하는 단계; 및 상기 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 상기 중요도를 적용하여 상기 융합 정보를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 또한 상기 특징을 추출하는 단계에서는, 소정의 크기를 갖는 필터를 사용하여 각 채널 간에 독립적으로 시간 축으로 시간 특징을 추출하고, 깊이 축으로 주파수 특징을 추출할 수 있다.

[0018] 그리고 상기 특징별로 중요도를 산출하는 단계에서는, 상기 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram을 시간 및 채널 방향으로 압축하고, 활성함수를 이용하여 음의 특징 및 양의 특징을 추출하여 상기 중요도를 산출할 수 있다.

[0019] 또한 상기 XR 제어 모델을 생성하는 단계 이후, 상기 뇌 신호를 수신하면, 상기 XR 제어 모델을 이용해 상기 사용자의 XR 장치의 제어를 위한 명령어를 분류하고, 분류한 결과에 따라 상기 XR 장치를 제어하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0020] 한편 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 기록 매체는, 상기 일 실시예에 따른 XR 제어 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체일 수 있다.

[0021] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 신호에 기반하여 작동하는 XR(eXtended Reality) 장치의 제어 정확도를 향상시키기 위한 XR 제어 장치는, 상기 뇌 신호로부터 스펙트로그램(Spectrogram)을 생성하는 스펙트로그램 생성부; 상기 뇌 신호로부터 특징을 추출하고, 상기 추출한 특징에 기초하여 상기 스펙트로그램에 대응되는 EEGgram을 생성하는 EEGgram 생성부; 상기 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성하는 융합 정보 생성부; 및 상기 융합 정보로부터 상기 XR 장치를 제어하기 위한 XR 제어 모델을 생성하는 분류기 학습부를 포함한다.

[0022] 그리고 상기 융합 정보 생성부는, 상기 스펙트로그램 및 EEGgram을 연결하고, 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 포함되는 특징별로 중요도를 산출하며, 상기 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 상기 중요도를 적용하여 상기 융합 정보를 생성할 수 있다.

[0023] 또한 상기 EEGgram 생성부는, 소정의 크기를 갖는 필터를 사용하여 각 채널 간에 독립적으로 시간 축으로 시간 특징을 추출하고, 깊이 축으로 주파수 특징을 추출할 수 있다.

[0024] 그리고 상기 융합 정보 생성부는, 상기 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram을 시간 및 채널 방향으로 압축하고, 활성함수를 이용하여 음의 특징 및 양의 특징을 추출하여 상기 중요도를 산출할 수 있다.

[0025] 또한 상기 뇌 신호를 수신하면, 상기 XR 제어 모델을 이용해 상기 사용자의 XR 장치의 제어를 위한 명령어를 분류하고, 분류한 결과에 따라 상기 XR 장치를 제어하는 명령어 분류부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 상술한 본 발명의 일측면에 따르면, XR 제어 방법, 이를 수행하는 기록 매체 및 XR 제어 장치를 제공함으로써, 시각 상상을 통한 직관적 뇌-컴퓨터 인터페이스 패러다임으로부터 XR 장치 제어와 관련된 명령어에 대한 뇌 신호로부터 정보의 손실을 최소화하고 유의미한 정보를 추출 및 증폭시켜 XR 장치의 제어 정확도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 XR 제어 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도,

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 XR 제어 장치가 뇌파 특징을 학습하는 과정을 설명하는 도면,

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 XR 제어 방법을 설명하기 위한 흐름도, 그리고,

도 4 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 XR 제어 방법의 효과를 설명하기 위한 실험 과정 및 결과를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있

는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예와 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0029] 본 발명에 따른 구성요소들은 물리적인 구분이 아니라 기능적인 구분에 의해서 정의되는 구성요소들로써 각각이 수행하는 기능들에 의해서 정의될 수 있다. 각각의 구성요소들은 하드웨어 또는 각각의 기능을 수행하는 프로그램 코드 및 프로세싱 유닛으로 구현될 수 있을 것이며, 두 개 이상의 구성요소의 기능이 하나의 구성요소에 포함되어 구현될 수도 있을 것이다. 따라서 이하의 실시예에서 구성요소에 부여되는 명칭은 각각의 구성요소를 물리적으로 구분하기 위한 것이 아니라 각각의 구성요소가 수행되는 대표적인 기능을 암시하기 위해서 부여된 것이며, 구성요소의 명칭에 의해서 본 발명의 기술적 사상이 한정되지 않는 것임에 유의하여야 한다.

[0030] 이하에서는 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 XR 제어 장치(100)의 구성을 설명하기 위한 블록도, 그리고 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 XR 제어 장치(100)가 뇌파 특징을 학습하는 과정을 설명하는 도면이다.

[0032] 사용자가 특정 물체 또는 장면을 시각적으로 상상하는 시각 상상은 뇌의 전두엽 및 후두엽을 활성화시킬 수 있으며, 8-12Hz 주파수 대역에서 검출될 수 있다. XR 장치 제어의 결과는 대부분 시각적인 차이를 불러일으키기 때문에 시각 상상을 통해 원하는 행동을 명령어로 전달할 수 있다면 추가적인 제어기기 없이 효과적으로 XR 장치를 제어할 수 있게 된다.

[0033] 본 실시예에 따른 XR 제어 장치(100, 이하 장치)는 이러한 시각 상상 시 측정되는 뇌 신호에 기반하여 작동하는 XR(eXtended Reality) 장치의 제어 정확도를 향상시키기 위해 마련되는 것으로, 이를 위해 본 실시예에 따른 장치(100)는 스펙트로그램 생성부(110), EEGgram 생성부(120), 융합 정보 생성부(130), 분류기 학습부(140) 및 명령어 분류부(150)를 포함할 수 있다. 그리고 장치(100)는 XR 제어 방법을 수행하기 위한 소프트웨어(어플리케이션)가(이) 설치되어 실행될 수 있으며, 스펙트로그램 생성부(110), EEGgram 생성부(120), 융합 정보 생성부(130), 분류기 학습부(140) 및 명령어 분류부(150)는 XR 제어 방법을 수행하기 위한 소프트웨어(어플리케이션)에 의해 제어될 수 있다.

[0034] 이때 장치(100)는 별도의 단말이거나 또는 단말의 일부 모듈일 수 있다. 또한, 스펙트로그램 생성부(110), EEGgram 생성부(120), 융합 정보 생성부(130), 분류기 학습부(140) 및 명령어 분류부(150)의 구성은 통합 모듈로 형성되거나, 하나 이상의 모듈로 이루어질 수 있다. 그러나, 이와 반대로 각 구성은 별도의 모듈로 이루어질 수도 있다.

[0035] 또한 장치(100)는 이동성을 갖거나 고정될 수 있다. 이러한 장치(100)는, 서버(server) 또는 엔진(engine) 형태일 수 있으며, 디바이스(device), 기구(apparatus), 단말(terminal), UE(user equipment), MS(mobile station), 무선기기(wireless device), 휴대기기(handheld device) 등 다른 용어로 불릴 수 있다. 그리고 장치(100)는 운영체제(Operation System; OS), 즉 시스템을 기반으로 다양한 소프트웨어를 실행하거나 제작할 수 있다. 여기서 운영체제는 소프트웨어가 장치의 하드웨어를 사용할 수 있도록 하기 위한 시스템 프로그램으로서, 안드로이드 OS, iOS, 윈도우 모바일 OS, 바다 OS, 심비안 OS, 블랙베리 OS 등 모바일 컴퓨터 운영체제 및 윈도우 계열, 리눅스 계열, 유닉스 계열, MAC, AIX, HP-UX 등 컴퓨터 운영체제를 모두 포함할 수 있다.

[0036] 그리고 장치(100)는 도시에는 미도시되었으나, XR 제어 방법을 수행하기 위한 프로그램이 기록되거나, 스펙트로그램 생성부(110), EEGgram 생성부(120), 융합 정보 생성부(130), 분류기 학습부(140) 및 명령어 분류부(150)가 처리하는 데이터를 일시적 또는 영구적으로 저장하며, 휘발성 저장매체 또는 비휘발성 저장매체를 포함하는 저장부를 포함할 수 있으나, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.

[0037] 그리고 이러한 저장부에는 XR 제어 방법을 수행하면서 누적되는 데이터가 저장될 수 있다.

[0038] 또한 본 실시예에 따른 장치(100)는 사용자의 뇌 신호를 측정하는 뇌 신호 측정 기기 또는 장치를 포함할 수 있다.

[0039] 뇌 신호 측정 기기는 사용자의 XR 장치 제어와 관련된 명령어에 해당하는 뇌 신호를 측정하기 위해 10-20 국제 전극 배치 방법에 따라 64개의 채널을 두피 부근에 배치하여 대뇌 피질에서 뇌 활동에 의해 발생하는 전기적 신

호를 측정할 수 있다.

[0040] 그리고 장치(100)는 이러한 뇌 신호 측정 기기가 측정한 전기적 신호인 뇌 신호를 전달받을 수 있다.

[0041] 한편 본 실시예에 따른 스펙트로그램 생성부(110)는 뇌 신호로부터 스펙트로그램(Spectrogram)을 생성하기 위해 마련된다.

[0042] 스펙트로그램 생성부(110)는 시간 및 주파수 특징을 포함하는 스펙트로그램을 생성할 수 있다.

[0043] 이를 위해 스펙트로그램 생성부(110)는 고속 푸리에 변환 변환을 통해 뇌 신호로부터 스펙트로그램을 생성할 수 있다.

[0044] 이때 스펙트로그램 생성부(110)는 도 2에 도시된 바와 같이 생성된 스펙트로그램의 시점 일부를 마스킹처리하여 최종적으로 일부가 마스킹된 상태의 스펙트로그램을 생성할 수 있다.

[0045] 구체적으로 스펙트로그램 생성부(110)는 스펙트로그램을 생성하기 위해 아래의 표 1과 같은 하이퍼파라미터를 설정할 수 있다.

[0046] [표 1]

[0047]

Hyperparameter	Value
ws	$sampling\ rate \times 0.128$
or	0.3125
$nfft$	$sampling\ rate \times 0.128$

[0048] 여기서 ws는 윈도우 크기를 의미하고, or은 중첩 비율, nfft는 고속 푸리에 변환을 의미할 수 있다.

[0049] 윈도우 크기는 시각적 상상의 정보를 포함하는 알파 리듬(alpha rhythm) 이상을 포함할 수 있는 크기이며, 중첩 비율은 그리드 서치(grid search)를 통해 설정할 수 있다. 또한 고속 푸리에 변환의 크기는 충분한 주파수 분해능과 낮은 계산 복잡도를 얻을 수 있도록 하기 위해 윈도우 크기보다 크거나 같아야 하므로 본 실시예에서는 윈도우 크기와 동일하게 설정하였으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0050] 또한 스펙트로그램 생성부(110)가 생성하는 스펙트로그램의 시간적(T) 크기와 주파수(F)는 각각 하기의 수학식 1을 통해 산출될 수 있다.

[0051] [수학식 1]

[0052] $$T = \left[\frac{T_{raw}}{ws \times or}\right] + 1$$

[0053] $$F = \left[\frac{nfft}{2}\right] + 1$$

[0054] 여기서 T_{raw}는 원시 뇌 신호의 시간적 크기를 의미하며, 본 실시예의 스펙트로그램 생성부(110)가 생성하는 스펙트로그램은 예컨대 채널 당 33x101일 수 있다.

[0055] 그리고 스펙트로그램 생성부(110)는 이상의 크기를 갖는 스펙트로그램을 생성한 후 0~30% 임의 비율로 데이터 증대를 위해 임의 시점에서만 스펙트로그램을 마스킹할 수 있다.

[0056] 한편 본 실시예에 따른 EEGgram 생성부(120)는 뇌 신호로부터 특징을 추출하기 위해 스펙트로그램을 사용하는 경우에 필연적으로 발생하는 정보 소실 문제를 해결하기 위해 마련된다.

[0057] 즉 XR 장치의 제어를 위해 사용자가 시각 상상 시 발생하는 뇌 신호인 뇌파로부터 특징을 추출해야 하지만, 뇌파는 신호 대 잡음비가 높고 스펙트로그램을 통해 특징을 추출할 경우, 시간과 주파수별 해상도 간 비율을 조정함에 있어 정보손실이 필연적으로 발생한다.

[0058] 예컨대 시간 해상도를 높이기 위해 스펙트로그램 내 윈도우의 크기를 줄이면 주파수 해상도가 낮아지고, 주파수 해상도를 높이기 위해 윈도우의 크기를 늘리면 시간 해상도 낮아진다.

[0059] 따라서 뇌파로부터 추가적인 전처리 없이 신경망을 통해 특징을 추출하고 모델 학습 과정에서 스펙트로그램과의 유기적인 정보 교환을 통해 스펙트로그램의 정보를 포함하지만, 최초 측정된 뇌파, 즉 원시 뇌 신호의 정보 손실이 없는 EEGgram을 생성할 수 있다.

[0060] 이를 위해 본 실시예에 따른 EEGgram 생성부(120)는 뇌 신호로부터 특징을 추출하고, 추출한 특징에 기초하여 스펙트로그램에 대응되는 EEGgram을 생성할 수 있다.

[0061] 구체적으로 EEGgram 생성부(120)는 3개의 채널 합성곱 블록으로 구성될 수 있다. 따라서 EEGgram 생성부(120) 소정의 크기를 갖는 필터를 사용하여 채널 간에 독립적으로 즉, 각 블록에서 시간축으로 시간 특징을 추출하고, 깊이 축으로 주파수 특징을 추출할 수 있다. 이를 위해 본 실시예에 따른 EEGgram 생성부(120)는 합성곱 신경망을 이용할 수 있다.

[0062] EEGgram 생성부(120)는 도 2의 EEGgram 생성기로 도시된 바와 같이 각 블록의 첫 번째 계층에서는 크기 1xt의 필터를 사용하는 합성곱 레이어(Convolution layer)를 수행하여 채널 간에 독립적으로 시간 및 주파수 특징을 추출할 수 있다. 이때 첫 번째 블록의 t는 예컨대 샘플링 속도x0.04로 설정될 수 있다.

[0063] 그리고 풀링 레이어(Pooling layer)는 블록의 끝에서 데이터 크기를 반으로 만들기 위해 수행되므로, EEGgram 생성부(120)는 두 번째 블록의 t를 첫 번째 블록 t의 절반으로 설정할 수 있다.

[0064] EEGgram 생성부(120)는 세 번째 블록에서 합성곱 레이어의 커널 및 패딩 크기를 조정하여 스펙트로그램과 동일한 모양을 획득하고, 수용 필드(receptive field)의 크기를 최대화할 수 있다.

[0065] 그리고 EEGgram 생성부(120)는 이러한 채널 합성곱 레이어를 수행한 후 인스턴스 정규화 레이어를 사용하여 뇌 신호의 깊이 특징의 고유 정보를 유지하면서 데이터를 정규화할 수 있다.

[0066] 따라서 EEGgram 생성부(120)는 3개의 채널 합성곱 블록을 통해 스펙트로그램과 유사한 특징을 추출함으로써 도 2에 도시된 바와 같이 스펙트로그램에 대응되는 크기를 갖는 EEGgram을 생성할 수 있다.

[0067] 한편 융합 정보 생성부(130)는 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성하기 위해 마련될 수 있다.

[0068] 이를 위해 융합 정보 생성부(130)는 스펙트로그램 및 EEGgram을 연결하고, 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 포함되는 특징별로 중요도를 산출할 수 있다.

[0069] 또한 융합 정보 생성부(130)는 중요도를 산출하기 위해 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram을 시간 및 채널 방향으로 압축하고, 활성함수를 이용하여 음의 특징 및 양의 특징을 추출할 수 있다.

[0070] 그리고 융합 정보 생성부(130)는 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 산출된 중요도를 적용하여 융합 정보를 생성할 수 있다.

[0071] 이하에서는 융합 정보 생성부(130)가 융합 정보를 생성하는 과정에 대해서 구체적으로 설명하기로 한다.

[0072] 스펙트로그램 생성부(110)에서 생성한 스펙트로그램은 시간 및 주파수 정보를 포함하고, EEGgram 생성부(120)에서 생성한 EEGgram은 원시 뇌 신호로부터 추출한 정보, 즉 소실없는 정보를 포함하고 있기 때문에 스펙트로그램과 EEGgram은 각각의 특징 내에 포함하고 있는 정보의 중요도가 상이하다.

[0073] 따라서 융합 정보 생성부(130)는 먼저 하기의 수학식 2에 따라 스펙트로그램 $S \in \mathcal{R}^{CxTxF}$와 EEGgram $E \in \mathcal{R}^{CxTxF}$를 깊이별로 연결한 후 레이어 정규화를 사용하여 훈련의 안정성을 향상시킬 수 있다. 여기서 C는 채널 수를 의미할 수 있다.

[0074] [수학식 2]

[0075] $$X = LayerNorm(S \oplus E)$$

[0076] 그리고 융합 정보 생성부(130)는 스펙트로그램과 EEGgram의 깊이별 특징에 따라 서로 다른 가중치를 적용하기 위해 어텐션 블록(Attention Block)을 수행할 수 있다.

[0077] 어텐션 블록의 첫 번째에서 합성곱 함수 $Conv$는 시간 필터 $W_{temporal}^{conv} \in \mathcal{R}^{Cx1x2F}$ 및 공간 필터 $W_{spatial}^{conv} \in \mathcal{R}^{Cx1x2F}$를 사용하여 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram인 $X \in \mathcal{R}^{CxTx2F}$를 시간 및 채널 방향으로 압축할 수 있다.

[0078] 따라서 융합 정보 생성부(130)는 하기의 수학식 3에 따라 압축된 벡터를 산출할 수 있다.

[0079] [수학식 3]

[0080] $$h = Conv(X) = ReLU(W_{spatial}^{conv} * (W_{temporal}^{conv} * X))$$

[0081] 여기서 *는 합성곱 연산자를 의미할 수 있다.

[0082] 그리고 융합 정보 생성부(130)는 압축된 벡터 $h \in \mathcal{R}^{2F}$를 산출한 후 일반화를 위해 $W_1^{dense} \in \mathcal{R}^{Fx2F}$와 $W_2^{dense} \in \mathcal{R}^{2FxF}$의 필터 크기를 갖는 2개의 다층 퍼셉트론을 통해 병목 효과를 주어 효과적인 특징을 추출할 수 있도록 병목(Bottleneck) B를 형성할 수 있으며, 이는 하기의 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

[0083] [수학식 4]

[0084] $$\tilde{h} = B(h) = W_2^{dense} ReLU(W_1^{dense} h)$$

[0085] 여기서 W는 학습 가능한 파라미터를 의미할 수 있다.

[0086] 또한 융합 정보 생성부(130)는 하기의 수학식 5를 통해 추출된 특징별 중요도, 즉 어텐션 스코어 벡터 a를 산출할 수 있다.

[0087] [수학식 5]

[0088] $$a = tanh(\tilde{h}) = tanh(B(Conv(X)))$$

[0089] 여기서 $tanh$는 양성 특징 및 음성 특징 모두에서 중요한 정보를 추출하기 위한 활성함수를 의미할 수 있다.

[0090] 그리고 융합 정보 생성부(130)는 융합 정보인 $\tilde{X} \in \mathcal{R}^{CxTx2F}$을 아래의 수학식 6과 같이 어텐션 스코어 벡터 $a \in \mathcal{R}^{2F}$와 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram인 X를 곱하여 생성할 수 있다.

[0091] [수학식 6]

[0092] $$\tilde{X} = a \otimes X$$

[0093] 한편 분류기 학습부(140)는 융합 정보로부터 XR 장치를 제어하기 위한 XR 제어 모델을 생성하기 위해 마련된다.

[0094] 보다 구체적으로 분류기 학습부(140)는 융합 정보로부터 특징을 추출하기 위해 도 2에 도시된 바와 같이 시간 채널 별 학습부와 시간 별 학습부와 같이 두 개의 블록을 포함할 수 있다.

[0095] 시간 채널 별 학습부는 융합 정보로부터 시간 특징 및 공간 특징을 추출할 수 있으며, 이를 위해 1x3 크기의 시간 필터와 Cx1 크기의 공간 필터가 각 합성곱 레이어에 사용될 수 있다.

[0096] 한편 시간 별 학습부는 융합 정보로부터 고급 정보를 추출할 수 있다. 융합 정보에 포함되는 각 깊이별 특징에는 중요한 정보가 개별적으로 포함되므로, 깊이별 특징을 독립적으로 증폭시킬 수 있다.

[0097] 이를 위해 시간 별 학습부는 입력 특징과 동일한 크기의 그룹으로 깊이 방향 합성곱을 수행하여 특징의 깊이를 두 배로 늘리고, 요소별 합성곱 레이어를 사용하여 특징을 융합시킬 수 있다.

[0098] 그리고 시간 채널 별 학습부 및 시간 별 학습부는 각 합성곱 레이어를 수행한 후 인스턴스 정규규화를 사용하여 독립적으로 깊이별로 특징을 정규화할 수 있다.

[0099] 또한 시간 채널 별 학습부 및 시간 별 학습부는 ReLU, 평균 풀링(커널 크기 1x4 및 1x8) 및 드롭아웃(dropout)(비율 0.5)을 사용할 수 있다.

[0100] 따라서 이러한 시간 채널 별 학습부 및 시간 별 학습부를 포함하는 분류기 학습부(140)는 XR 장치를 제어하기 위한 XR 제어 모델을 학습시킬 수 있다. 또한 분류기 학습부(140)는 학습을 수행하는 과정에서 과적합을 방지하기 위해 라벨 스무딩, 최적화로는 Adam을 사용하고, 학습 속도 스케줄러로는 코사인 어닐링을 사용함과 동시에 교차 엔트로피 손실을 사용할 수 있다.

[0101] 그리고 분류기 학습부(140)는 그리드 검색을 적용하여 하이퍼파라미터를 최적화하여, 학습률을 2e-3, 배치 사이즈를 64, 훈련 에폭(epoch)을 1,000으로 설정할 수 있으나, 꼭 이에 한정되는 것은 아니다.

[0102] 또한 본 실시예에 따른 분류기 학습부(140)는 eXtream Gradient Boosting, Light Gradient-Boosting Machine,

Softmax와 같이 기계 학습(Machine learning)이나 딥 러닝(Deep learning)에서의 분류기(classifier)를 포함할 수 있다.

[0103] 또한 본 실시예에 따른 명령어 분류부(150)는 사용자가 시각 상상 시 발생하는 뇌 신호를 실시간으로 수신하면, XR 제어 모델을 이용해 사용자의 XR 장치의 제어를 위한 명령어를 분류하고, 분류한 결과에 따라 XR 장치를 제어할 수 있다.

[0105] 한편 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 XR 제어 방법을 설명하기 위한 흐름도로써, 본 발명의 일 실시예에 따른 XR 제어 방법은 도 1에 도시된 XR 제어 장치(100)와 실질적으로 동일한 구성 상에서 진행되므로, 도 1의 XR 제어 장치(100)와 동일한 구성요소에 대해 동일한 도면 부호를 부여하고, 반복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0106] 본 실시예에 따른 뇌 신호에 기반하여 작동하는 XR(eXtended Reality) 장치의 제어 정확도를 향상시키기 위한 XR 제어 장치에서의 XR 제어 방법은 뇌 신호로부터 스펙트로그램(Spectrogram)을 생성하는 단계(S110), 특징을 추출하는 단계(S120), 스펙트로그램에 대응되는 EEGgram을 생성하는 단계(S130), 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성하는 단계(S140) 및 XR 제어 모델을 생성하는 단계(S150)를 포함할 수 있다.

[0107] 먼저 뇌 신호로부터 스펙트로그램을 생성하는 단계(S110)에서는 스펙트로그램 생성부(110)가 수신하는 뇌 신호로부터 스펙트로그램을 생성할 수 있다.

[0108] 특징을 추출하는 단계(S120)에서는 EEGgram 생성부(120)가 수신하는 뇌 신호로부터 소정의 크기를 갖는 필터를 사용하여 각 채널 간에 독립적으로 시간 축으로 시간 특징을 추출하고, 깊이 축으로 주파수 특징을 추출할 수 있다.

[0109] 스펙트로그램에 대응되는 EEGgram을 생성하는 단계(S130)에서는 EEGgram 생성부(120)가 추출한 특징에 기초하여 스펙트로그램에 대응되는 EEGgram을 생성할 수 있다.

[0110] 그리고 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성하는 단계(S140)에서는 융합 정보 생성부(130)가 생성된 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성할 수 있다.

[0111] 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성하는 단계(S140)는 융합 정보 생성부(130)가 스펙트로그램 및 EEGgram을 연결하는 단계를 포함할 수 있다.

[0112] 그리고 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성하는 단계(S140)는 융합 정보 생성부(130)가 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 포함되는 특징별로 중요도를 산출하는 단계를 더 포함할 수 있다. .

[0113] 이러한 특징별로 중요도를 산출하는 단계에서는, 융합 정보 생성부(130)가 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram을 시간 및 채널 방향으로 압축하고, 활성함수를 이용하여 음의 특징 및 양의 특징을 추출하여 중요도를 산출할 수 있다.

[0114] 또한 스펙트로그램 및 EEGgram으로부터 융합 정보를 생성하는 단계(S140)는 융합 정보 생성부(130)가 연결된 스펙트로그램 및 EEGgram에 중요도를 적용하여 융합 정보를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0115] 한편 XR 제어 모델을 생성하는 단계(S150)에서는 분류기 학습부(140)가 융합 정보로부터 XR 장치를 제어하기 위한 XR 제어 모델을 생성할 수 있다.

[0116] 또한 본 실시예에 따른 XR 제어 방법은, XR 제어 모델을 생성하는 단계(S150) 이후, 뇌 신호를 수신하면, XR 제어 모델을 이용해 사용자의 XR 장치의 제어를 위한 명령어를 분류하고, 분류한 결과에 따라 XR 장치를 제어하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0117] 이와 같은 본 발명의 XR 제어 방법은 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령어의 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체는 프로그램 명령어, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다.

[0118] 상기 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 명령어는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야의 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0119] 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD 와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령어를 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨

어 장치가 포함된다.

[0120] 프로그램 명령어의 예에는, 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함된다. 상기 하드웨어 장치는 본 발명에 따른 처리를 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0121] 이상에서는 본 발명의 다양한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

[0123] 한편 도 5 내지 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 XR 제어 방법의 효과를 설명하기 위한 실험 과정 및 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[0124] 본 실시예에 따른 XR 제어 방법의 효과를 설명하기 위한 실험 과정으로 먼저 피험자인 9명의 건강한 남성(25.4(±2.9))으로부터 데이터를 수집하였다. 샘플링 속도가 500Hz인 EEG 신호 증폭기(Brain Amp, Brain Products GmbH, Germany)를 사용하였으며, 실험 과정에서 국제 10-20 시스템에 따라 EEG 신호를 획득하였다. FPz는 접지 전극으로 선택하였고, FCz는 기준 전극으로 선택하였다.

[0125] 그리고 도 4a와 같이 드론 군집의 4가지 유형(Split, Spread-out, Fall-in, Hovering)과 관련된 고품질 EEG 신호를 획득하도록 패러다임을 설계하였다.

[0126] 도 4b에 도시된 바와 같이 뇌파 신호를 획득하는 각 시도에서 첫 번째 고정 크로스는 2초 동안 제공하였고, 비디오 클립은 4초 동안 무작위 순서로 4초 동안 재생되었다.

[0127] 영상의 잔상을 없애기 위해 4초 동안 또 다른 고정 크로스를 사용하였다. 피험자는 빈 화면이 나타나면 4초 동안 시각 상상을 수행하였고, 시도 횟수는 클래스당 50회로 총 200회의 시도를 수집하였다.

[0128] 그리고 실험 동안 전극의 임피던스는 10kΩ 미만으로 유지되었고, 실험 환경 및 프로토콜은 고려대학교 임상심사위원회의 승인을 받았다.

[0129] 또한 모델을 학습하기 전에 DC 잡음을 제거하기위해 60Hz의 노치 필터를 적용하였고, 64개의 채널 중 근육 및 안구 운동과 관련된 노이즈가 있는 9개 채널을 제거하여 55개 채널을 선택하였다. 또한 노이즈 제거를 위해 EEG 신호에 대해 지수 이동 표준화를 수행하였다.

[0130] 도 5a는 모든 채널과 대상에 대한 평균 EEGgram과 로그 스케일 스펙트로그램을 각각 도시한 도면이다.

[0131] 도 5a에 도시된 바와 같이 스펙트로그램은 클래스 간에 약간의 차이를 나타내지만, 각 클래스는 EEGgram에서 다른 측면을 보여준다. 특히 드론 군집의 정지 상태를 상상하는 호버링(Hovering) 클래스는 시각 상상의 시작 부분에서 타 클래스(Split, Spread-out, Fall-in)와 다른 양상을 보임을 알 수 있다.

[0132] 시각 상상의 뇌 활동은 시각 시스템과 밀접한 관련이 있기 때문에 EEGgram과 스펙트로그램이 뇌 신호에서 올바른 특징을 성공적으로 추출하는지 신경 과학 이론을 기반으로 검증하였다.

[0133] 도 5b와 도 5c는 모든 피험자에 걸쳐 후두엽(O1, Oz, O2)과 감각운동 피질(C1, Cz, C2)의 호버링 클래스의 평균 EEGgram 및 스펙트로그램을 도시한 도면이다.

[0134] 후두엽은 시각 상상과 관련이 있고 감각 운동 피질은 시각 상상과 관련이 적기 때문에 두 영역 간의 활성화 차이에 중점을 두었다.

[0135] 도 5b 및 도 5c에 도시된 바와 같이 스펙트로그램에서 뇌 활동은 Cz에 비해 Oz에서 약간 증가하였으나, EEGgram 결과는 감각운동 피질에 비해 후두엽에서 유의미한 활성화를 보였다.

[0136] 도 6은 추출된 특징을 확인하기 위해 지형을 시각화한 것이다. 도 6a는 원시 뇌 신호, 도 6b는 스펙트로그램, 도 6c는 EEGgram의 지형을 의미한다.

[0137] 구체적으로 도 6a는 원시 뇌 신호의 지형을 시각화한 것으로 단위는 전압이고, 도 6b 및 도 6c의 값은 모든 배치, 주파수, 시간 차원([배치 크기, 채널 크기, 주파수 차원, 시간 차원]:[1800, 55, 33, 101]→[채널 크기]:[55])에서 스펙트로그램과 EEGgram 데이터를 모두 평균하여 계산한 활성화값이다.

[0138] 그 결과 도 6b 및 도 6c에 도시된 바와 같이 EEGgram이 스펙트로그램과 원시 뇌 신호보다 더 명확한 정보를 추출하는 것을 확인하였다. 따라서 EEGgram과 스펙트로그램이 뇌 신호로부터 중요한 정보를 성공적으로 추출했음을 확인할 수 있다. 특히 EEGgram은 스펙트로그램보다 뇌와 더 직접적인 관련이 있는 정보를 가지고 있음을 확인할 수 있다.

[0139] 아래의 표 2는 본 발명(Proposed)에 따른 분류기와 기존 방식의 분류기(M1~M4) 간의 성능을 비교한 결과이다.

[0140] [표 2]

Subject No.	M1 [19]	M2 [24]	M3 [25]	M4 [38]	Proposed
S1	0.285	0.395	0.530	0.465	**0.600**
S2	0.305	0.540	0.510	0.505	**0.590**
S3	0.340	0.475	0.495	0.545	**0.765**
S4	0.260	**0.630**	0.570	0.515	0.585
S5	0.260	0.545	0.660	0.445	**0.645**
S6	0.345	0.675	0.720	0.715	**0.840**
S7	0.245	0.580	0.570	0.505	**0.630**
S8	0.245	0.455	0.455	0.430	**0.565**
S9	0.305	0.495	0.525	0.420	**0.565**
Acc.	0.288	0.532	0.559	0.505	**0.643**
std.	**0.038**	0.088	0.079	0.084	0.096
p-value	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-
Kappa	0.051	0.369	0.409	0.335	**0.519**
Acc.2	0.272	0.498	0.535	0.469	**0.597**
std.2	**0.026**	0.063	0.061	0.038	0.031

[0141]

[0142] 비교를 위해 정확도(Acc), 표준 편차(std) 및 카파(Kappa) 값의 세가 성과 지표를 선택하였다.

[0143] 정확도는 예측값과 실측값을 비교하여 해당 방법의 전반적인 성능을 보여줄 수 있다. 표준 편차는 주제와 관계없이 해당 방법이 작업을 얼마나 잘 수행하는지를 나타낼 수 있다. 또한 혼동 행렬에서 비대각선 성분을 충분히 반영하지 못하는 정확도의 단점을 보완하기 위해 Kappa값을 사용하였다.

[0144] 또한 각 방법의 성능을 평가하기 위해 5중 교차 검증을 적용하였으며, 모든 지표는 전체적인 경향을 나타내기 위한 총 평균값으로 사용하였다.

[0145] 표 2를 통해 알 수 있듯이, 본 발명이 각각 0.643과 0.519로 가장 높은 정확도와 Kappa 값을 보였다.

[0146] 또한 paired t-test를 이용하여 통계적 가설 검정을 실시하였다.

[0147] 그 결과 본 발명의 XR 제어 방법이 다른 방법들과 비교하여 정확도에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($p<0.05$).

[0148] 특히 S6은 0.840의 정확도를 보여 시각 상상 기반 드론 군집 제어 시스템의 가능성을 시사하였다.

[0149] 본 발명의 XR 제어 방법이 가장 높은 표준 편차값을 달성하였지만, 이는 특정 주제에서만 잘 수행된다는 것을 의미하는 것은 아니다.

[0150] 이를 뒷받침하기 위해 상위 2위까지 성능을 보인 두 명의 피험자를 제외하여 추가 정확도(Acc.2)와 표준 편차(std.2)를 계산하였다.

[0151] 그 결과 본 발명의 방법은 두 번째로 낮은 표준편차인 0.031, 가장 높은 정확도인 0.597을 달성하였다.

[0152] 이는 본 발명의 방법이 기존 방법에 비해 전반적으로 높고 안정적인 성능을 보인다는 것을 의미한다. 또한 모든 클래스에서 가장 높은 표준편차는 본 발명의 방법이 특정 클래스에서 기존 방법보다 월등히 우수함을 의미하는 것이다.

[0153] 한편 도 7은 스펙트로그램과 EEGgram을 모두 사용했을 때의 효과에 대한 절제(ablation) 연구 결과를 도시한 도

면이다.

[0154] 효과를 검증하기 위해 스펙트로그램만 사용하는 경우, EEGgram 만을 사용하는 경우, 그리고 스펙트로그램과 EEGgram을 모두 사용하는 경우로 나누어 연구를 수행하였다.

[0155] 도 7에 도시된 바와 같이 본 발명의 XR 제어 방법은 모든 클래스에서 스펙트로그램 또는 EEGgram 하나만을 사용하는 것보다 향상된 결과를 보였다.

[0156] 또한 그 차이를 검증하기 위해 paired t-test를 실시한 결과 본 발명의 XR 제어 방법은 스펙트로그램만 사용하는 경우($p<0.05$)와 EEGgram만을 사용하는 경우($p<0.05$)에 비해 통계적으로 유의미한 개선을 보였다.

[0157] 구체적으로 스펙트로그램만 사용하는 경우와 EEGgram만을 사용하는 경우가 정보 손실이나 많은 노이즈로 인해 각각 0.532와 0.520의 낮은 성능을 보이는 것을 확인하였다.

[0158] 따라서 본 발명에 따른 XR 제어 방법은 시각 상상에 따른 XR 제어 정확도를 향상시킬 수 있다.

부호의 설명

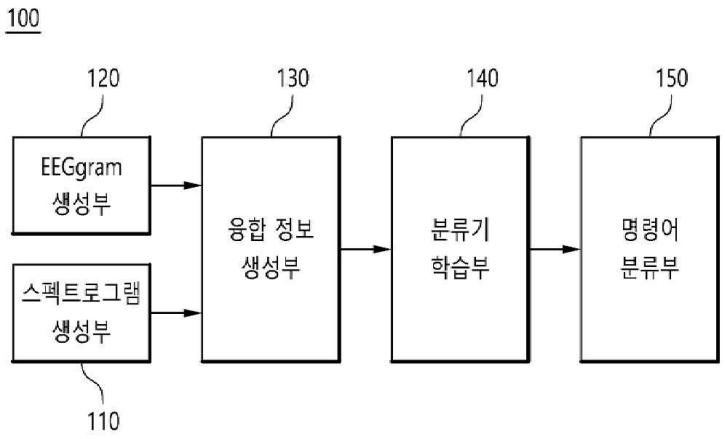
[0159] 100 : XR 제어 장치 110 : 스펙트로그램 생성부

120 : EEGgram 생성부 130 : 융합 정보 생성부

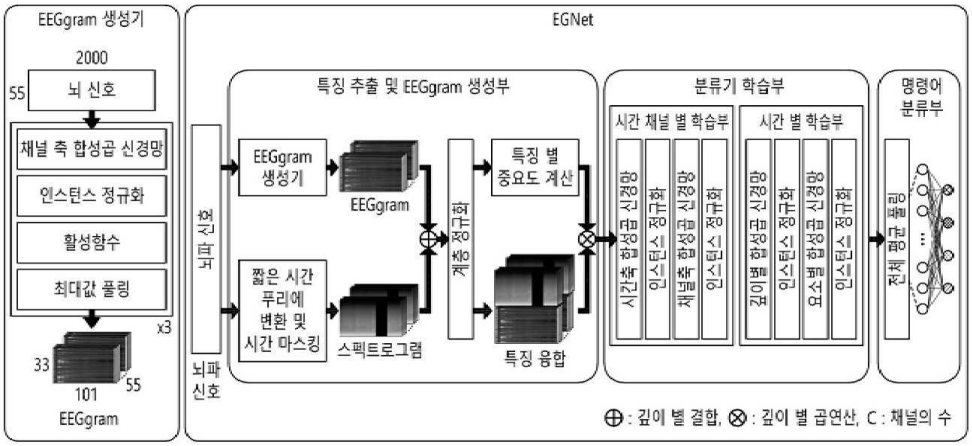
140 : 분류기 학습부 150 : 명령어 분류부

도면

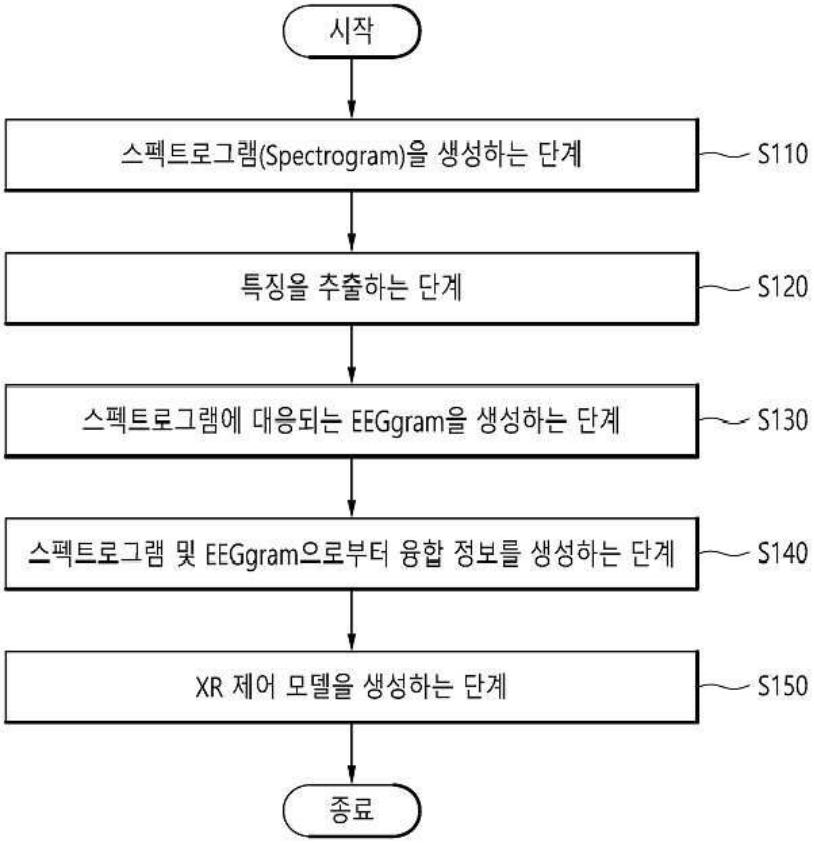
도면1



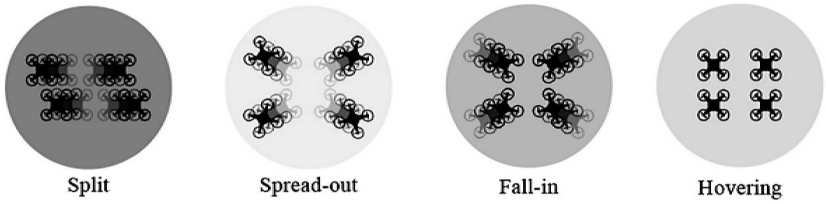
도면2



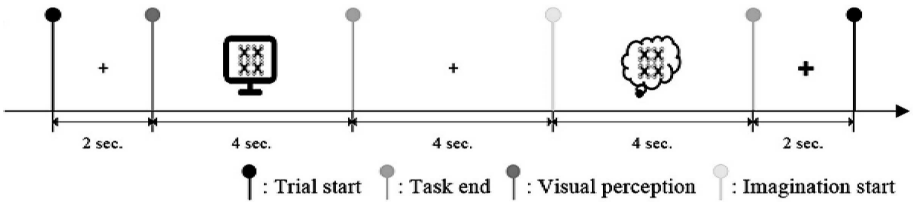
도면3



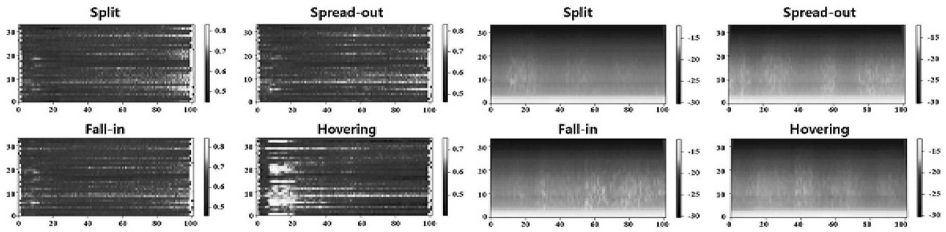
도면4a



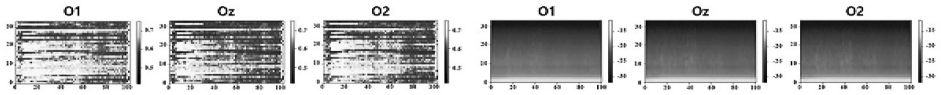
도면4b



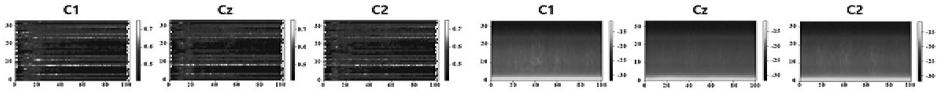
도면5a



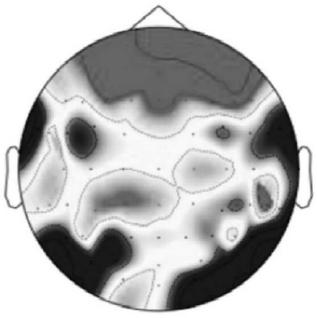
도면5b



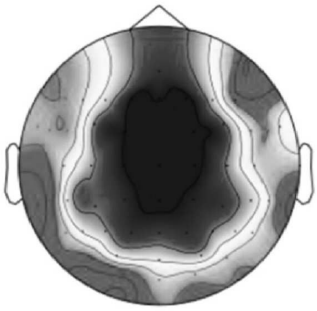
도면5c



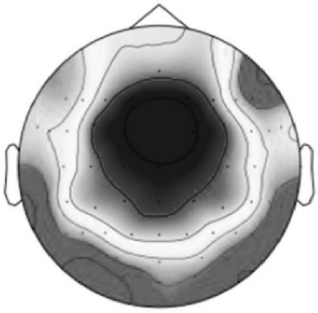
도면6a



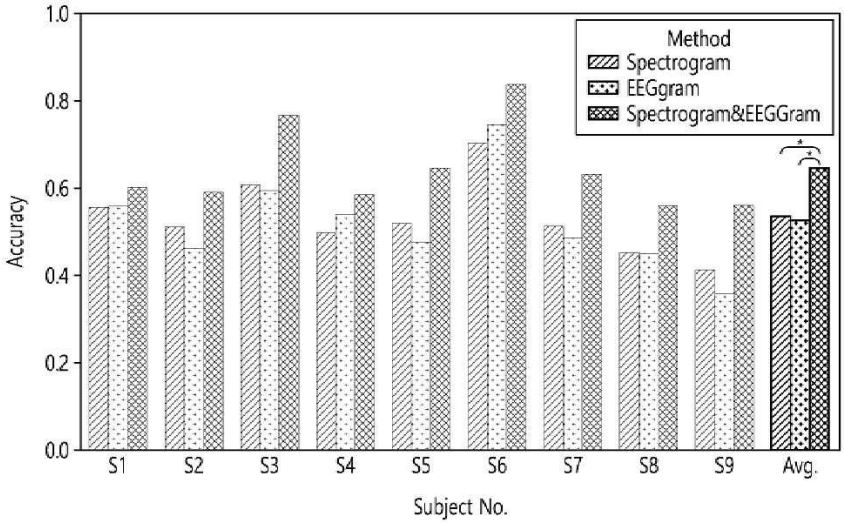
도면6b



도면6c



도면7


Method
Spectrogram
EEGgram
Spectrogram&EEGGram
Accuracy
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
S1
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
S9
Avg.
Subject No.