



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0104375
(43) 공개일자 2024년07월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06N 5/04 (2023.01) G06N 3/045 (2023.01)
G06N 3/08 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G06N 5/045 (2023.01)
G06N 3/045 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2022-0186578
(22) 출원일자 2022년12월28일
심사청구일자 2022년12월28일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대
학교)
(72) 발명자
김성륜
서울특별시 용산구 이촌로 303, 32동 1304호
서세진
서울특별시 서대문구 이화여대길 50-12, 108동
407호
(74) 대리인
특허법인시공

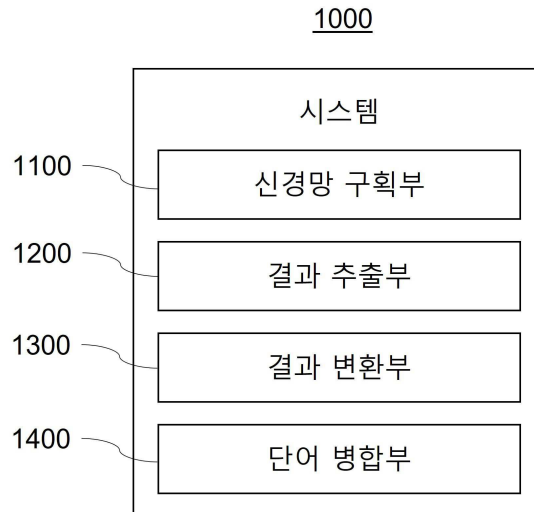
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **심층 신경망을 이용한 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법**

(57) 요약

본 발명의 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법은 심층 신경망을 복수의 블록으로 구획화하는 단계; 상기 복수의 블록에 대응되는 복수의 액티베이션(activation) 값들을 추출하는 단계; 상기 복수의 액티베이션 값들에 기초하여 복수의 변환 단어들을 생성하는 단계; 및 상기 복수의 변환 단어들 중 적어도 일부의 변환 단어들을 병합하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 3/082 (2023.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711160555
과제번호	2022-0-00420-001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	6G핵심기술개발
연구과제명	6G 중단간 초정밀 네트워크를 위한 핵심기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서울대학교 산학협력단
연구기간	2022.04.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

적어도 하나 이상의 프로세서에 의해 수행되는 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법에 있어서,
심층 신경망을 복수의 블록으로 구체화하는 단계;
상기 복수의 블록에 대응되는 복수의 액티베이션(activation) 값들을 추출하는 단계;
상기 복수의 액티베이션 값들에 기초하여 복수의 변환 단어들을 생성하는 단계; 및
상기 복수의 변환 단어들 중 적어도 일부의 변환 단어들을 병합하는 단계를 포함하는
심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 복수의 변환 단어들을 생성하는 단계는 액티베이션 값의 각 자리수의 숫자가 0이 아닌 경우 1로 변환하는
단계인
심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 적어도 일부의 변환 단어들을 병합하는 단계는 상기 복수의 변환 단어들 중 값이 동일한 변환 단어들을 병
합하는 단계인
심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
추출한 상기 복수의 액티베이션 값들에 대응되는 복수의 노드를 생성하는 단계; 및
상기 복수의 액티베이션 값들의 상관 관계에 기초하여 상기 복수의 노드를 연결하는 엣지를 생성하는 단계를 더
포함하는
심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 적어도 일부의 변환 단어들을 병합하는 단계는 상기 적어도 일부의 변환 단어들에 대응되는 적어도 일부의
노드를 병합하는 단계인

심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 적어도 일부의 변환 단어를 병합하는 단계는,

제1 변환 단어에 대응되는 제1 노드와 연결된 제2 노드 및 제3 노드를 확인하는 단계; 및

상기 제2 노드에 대응되는 제2 변환 단어 및 상기 제3 노드에 대응되는 제3 변환 단어를 병합하는 단계를 포함하고,

상기 제1 변환 단어는 제1 블록의 출력값인 제1 액티베이션 값이 변환된 값이고,

상기 제2 변환 단어 및 상기 제3 변환 단어는 각각 상기 제1 블록의 입력값인 제2 액티베이션 값 및 제3 액티베이션 값이 변환된 값인

심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

각 블록의 출력값에 대응되는 변환 단어에 대한 확률을 산출하는 단계를 더 포함하고,

상기 확률을 산출하는 단계는 각 블록의 입력값에 대응되는 노드와 연결된 노드의 개수 및 각 블록의 출력값에 대응되는 노드와 연결된 노드의 개수에 기초하여 출력값의 생성과 관련된 확률을 산출하는 단계인

심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 심층 신경망의 출력값에 기초하여 상기 복수의 블록 중 하위 블록의 출력값에 대응되는 노드를 삭제 또는 변경하는 단계를 더 포함하는

심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 노드를 삭제 또는 변경하는 단계는,

상기 하위 블록의 출력값에 대응되는 노드들 중 제4 노드와 다른 노드들 사이의 유사도를 산출하는 단계; 및

상기 제4 노드를 삭제하고 상기 제4 노드와 연결된 엣지를 상기 제4 노드와 유사도가 가장 높은 제5 노드에 연결시키는 단계를 포함하는

심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 기재된 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법을 실행시키도록 컴퓨터로 판독 가

능한 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 11

심층 신경망을 복수의 블록으로 구획화하는 신경망 구획부;
 상기 복수의 블록에 대응되는 복수의 액티베이션(activation) 값들을 추출하는 결과 추출부;
 상기 복수의 액티베이션 값들에 기초하여 복수의 변환 단어를 생성하는 결과 변환부; 및
 상기 복수의 변환 단어들 중 적어도 일부의 변환 단어들을 병합하는 단어 병합부를 포함하는
 심볼릭 인공지능 그래프 생성 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 딥러닝을 통해 학습된 심층 신경망을 해석 가능한 심볼릭 인공지능 그래프로 변환하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 딥러닝은 역전파(backpropagation)를 통해 심층 신경망을 지도 학습의 경우는 학습 데이터에 최적화하고, 강화 학습의 경우는 리워드(reward) 제도 및 환경에 최적화시킬 수 있다. 딥러닝은 적절한 신경망 아키텍처와 충분한 데이터가 보장된다면 높은 최적화 성능을 보이며, 풀고 있는 문제와 환경에 무관한 높은 최적화 성능은 사람이 만든 인공지능 모델의 필요성을 줄일 수 있다. 사람이 만든 인공지능 모델의 경우 해당 문제에 대한 사람의 이해를 활용하여 예측 모델이 생성되기 때문에, 데이터를 기계에 대입하지 않고도 성능을 낼 수 있는 장점이 있다.

[0003] 그러나, 딥러닝 및 사람이 만든 인공지능 모델의 경우, 아래와 같은 한계가 존재한다. 먼저, 딥러닝은 블랙 박스(black box)의 성격을 가지고 있어, 해석이 어려운 문제가 존재한다. 해석이 어렵기 때문에, 표준화와 같은 높은 일치도가 필요한 작업이나 고위험이 따르는 사용처에는 딥러닝 사용에 제약이 존재한다. 또한, 딥러닝은 데이터에 의존하기 때문에, 데이터가 부족하면 성능 보장이 어려우며 데이터나 환경이 변하는 상황에 쉽게 대응하기 어렵다. 사람이 만든 인공지능 모델은 고비용의 전문가 직관이 요구되며, 딥러닝처럼 많은 데이터에 대한 성능 보장이 어렵다는 문제가 있다.

[0004] 따라서, 사람이 만든 인공지능 모델의 한계와 딥러닝의 해석 불가(black box) 특징을 보완하여 실용 시스템에서의 신뢰성 높은 사용을 가능케하고, 사용하는 환경에 맞추어 심층 신경망 변경을 변경할 수 있도록, 심층 신경망의 해석 그래프가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 일 과제는 딥러닝을 통해 학습된 심층 신경망을 해석 가능한 심볼릭 인공지능 그래프로 변환하는 방법에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 실시예에 따른 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법은 적어도 하나 이상의 프로세서에 의해 수행되는 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법에 있어서, 심층 신경망을 복수의 블록으로 구획화하는 단계; 상기 복수의 블록에 대응되는 복수의 액티베이션(activation) 값들을 추출하는 단계; 상기 복수의 액티베이션 값들에 기초하여 복수의 변환 단어들을 생성하는 단계; 및 상기 복수의 변환 단어들 중 적어도 일부의 변환 단어들을 병합하는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 여기서, 상기 복수의 변환 단어들을 생성하는 단계는 액티베이션 값의 각 자리수의 숫자가 0이 아닌 경우 1로 변환하는 단계일 수 있다.

- [0008] 여기서, 상기 적어도 일부의 변환 단어들을 병합하는 단계는 상기 복수의 변환 단어들 중 값이 동일한 변환 단어들을 병합하는 단계일 수 있다.
- [0009] 여기서, 추출한 상기 복수의 액티베이션 값들에 대응되는 복수의 노드를 생성하는 단계; 및 상기 복수의 액티베이션 값들의 상관 관계에 기초하여 상기 복수의 노드를 연결하는 엣지를 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0010] 여기서, 상기 적어도 일부의 변환 단어들을 병합하는 단계는 상기 적어도 일부의 변환 단어들에 대응되는 적어도 일부의 노드를 병합하는 단계일 수 있다.
- [0011] 여기서, 상기 적어도 일부의 변환 단어를 병합하는 단계는, 제1 변환 단어에 대응되는 제1 노드와 연결된 제2 노드 및 제3 노드를 확인하는 단계; 및 상기 제2 노드에 대응되는 제2 변환 단어 및 상기 제3 노드에 대응되는 제3 변환 단어를 병합하는 단계를 포함하고, 상기 제1 변환 단어는 제1 블록의 출력값인 제1 액티베이션 값이 변환된 값이고, 상기 제2 변환 단어 및 상기 제3 변환 단어는 각각 상기 제1 블록의 입력값인 제2 액티베이션 값 및 제3 액티베이션 값이 변환된 값일 수 있다.
- [0012] 여기서, 각 블록의 출력값에 대응되는 변환 단어에 대한 확률을 산출하는 단계를 더 포함하고, 상기 확률을 산출하는 단계는 각 블록의 입력값에 대응되는 노드와 연결된 노드의 개수 및 각 블록의 출력값에 대응되는 노드와 연결된 노드의 개수에 기초하여 출력값의 생성과 관련된 확률을 산출하는 단계일 수 있다.
- [0013] 여기서, 상기 심층 신경망의 출력값에 기초하여 상기 복수의 블록 중 하위 블록의 출력값에 대응되는 노드를 삭제 또는 변경하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 여기서, 상기 노드를 삭제 또는 변경하는 단계는, 상기 하위 블록의 출력값에 대응되는 노드들 중 제4 노드와 다른 노드들 사이의 유사도를 산출하는 단계; 및 상기 제4 노드를 삭제하고 상기 제4 노드와 연결된 엣지를 상기 제4 노드와 유사도가 가장 높은 제5 노드에 연결시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 여기서, 상기 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법을 실행시키도록 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램이 제공될 수 있다.
- [0017] 일 실시예에 따른 심볼릭 인공지능 그래프 생성 시스템은 심층 신경망을 복수의 블록으로 구획화하는 신경망 구획부; 상기 복수의 블록에 대응되는 복수의 액티베이션(activation) 값들을 추출하는 결과 추출부; 상기 복수의 액티베이션 값들에 기초하여 복수의 변환 단어를 생성하는 결과 변환부; 및 상기 복수의 변환 단어들 중 적어도 일부의 변환 단어들을 병합하는 단어 병합부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면 딥러닝을 통해 학습된 심층 신경망을 해석 가능한 심볼릭 인공지능 그래프로 변환하는 방법이 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 일 실시예에 따른 심볼릭 인공지능 그래프 생성 시스템의 블록도이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법의 순서도이다.
- 도 3은 딥러닝 실행 환경을 설명하기 위한 예시 도면이다.
- 도 4는 구획화된 심층 신경망을 설명하기 위한 예시 도면이다.
- 도 5는 노드 및 엣지로 표현된 심볼릭 인공지능 그래프를 설명하기 위한 예시 도면이다.
- 도 6은 노드 병합 및 확률 산출을 설명하기 위한 예시 도면이다.
- 도 7은 노드 병합을 구체적으로 설명하기 위한 예시 도면이다.
- 도 8은 단어의 유사도를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 노드를 수정하는 방법을 설명하기 위한 예시 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 명세서에 기재된 실시예는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 사상을 명확히 설명하기 위한 것이므로, 본 발명이 본 명세서에 기재된 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 범위는 본 발명의 사상을 벗어나지 아니하는 수정예 또는 변형예를 포함하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0021] 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하여 가능한 현재 널리 사용되고 있는 일반적인 용어를 선택하였으나 이는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자의 의도, 판례 또는 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 다만, 이와 달리 특정한 용어를 임의의 의미로 정의하여 사용하는 경우에는 그 용어의 의미에 관하여 별도로 기재할 것이다. 따라서 본 명세서에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가진 실질적인 의미와 본 명세서의 전반에 걸친 내용을 토대로 해석되어야 한다.
- [0022] 본 명세서에 첨부된 도면은 본 발명을 용이하게 설명하기 위한 것으로 도면에 도시된 형상은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 필요에 따라 과장되어 표시된 것일 수 있으므로 본 발명이 도면에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0023] 본 명세서에서 본 발명에 관련된 공지의 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 이에 관한 자세한 설명은 필요에 따라 생략하기로 한다.
- [0025] 딥러닝의 발전에 따라 딥러닝에 사용되는 파라미터도 많아지고 있다. 파라미터가 많아질수록 데이터 처리에 대한 로드도 증가될 수 있다. 그러나, 스마트폰과 같은 휴대용 사용자 단말기의 경우, 고기능의 딥러닝을 실행할 수 있는 자원 및 에너지가 충분하지 않을 수 있다. 이를 위해 빔포밍 등 외부 네트워크 자원을 사용하는 방법도 있으나, 외부 네트워크 자원도 추가적으로 소모되고, 빠르게 처리할 수 없다는 단점이 존재한다.
- [0026] 또한, 신경망의 입력과 출력 사이의 인과 관계를 알 수 있으면, 이를 이용하여 신뢰성 및 정확성을 향상시킬 수 있으나, 딥러닝의 경우 입력과 출력 간의 인과 관계를 파악할 수 없다. 이에, 딥러닝이 새로운 환경에 놓였을 때 처음부터 새롭게 학습해야 하는 문제가 존재한다.
- [0027] 따라서, 사용되는 파라미터의 구분 및 정리와 입력 데이터 및 출력 데이터 사이의 인과 관계를 파악할 수 있는 심볼릭 인공지능 그래프가 필요하다. 이에, 본원 발명에서는 심층 신경망을 해석 가능한 심볼릭 인공지능 그래프로 변환하는 방법에 대해 제안한다.
- [0029] 도 1은 일 실시예에 따른 심볼릭 인공지능 그래프 생성 시스템의 블록도이다.
- [0030] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 심볼릭 인공지능 그래프 생성 시스템(1000, 이하 '시스템')은 신경망 구획부(1100), 결과 추출부(1200), 결과 변환부(1300) 및 단어 병합부(1400)를 포함할 수 있다. 도 1은 시스템(1000)에 포함되는 네 가지 구성 요소를 도시하고 있으나, 도시된 구성 요소들이 필수적인 것은 아니고, 시스템(1000)은 그보다 많은 구성 요소를 갖거나 그보다 적은 구성 요소를 가질 수 있다.
- [0031] 또한, 시스템(1000)의 각 구성 요소는 물리적으로 하나의 서버에 포함될 수도 있고, 각각의 기능 별로 분산된 분산 서버일 수 있다. 또는 시스템(1000)의 각 구성 요소의 기능은 물리적으로 하나의 프로세서에 의해 수행될 수도 있고, 각각의 기능 별로 분산된 복수의 프로세서에 의해 수행될 수도 있다.
- [0032] 시스템(1000)은 시스템(1000)의 동작을 총괄하는 제어 프로세서를 포함할 수 있다. 구체적으로, 제어 프로세서는 신경망 구획부(1100), 결과 추출부(1200), 결과 변환부(1300) 및 단어 병합부(1400)에 제어 명령을 보내 각 부서의 동작을 실행할 수 있다.
- [0033] 이하에서 특별한 언급이 없는 경우에는, 시스템(1000)의 동작은 제어 프로세서의 제어에 의해 수행되는 것으로 해석될 수 있다.
- [0034] 신경망 구획부(1100)는 심층 신경망을 복수의 블록으로 구획화할 수 있다. 구체적으로, 신경망 구획부(1100)는 특정 태스크 또는 환경에 최적화되어 학습된 심층 신경망을 유의미한 모듈들로 구획화할 수 있다. 신경망 구획부(1100)는 심층 신경망을 복수의 블록으로 구획화함으로써 신경망 기반 표준 모델(NPM: Neural Protocol Model)을 생성할 수 있다.
- [0035] 신경망 구획부(1100)가 심층 신경망을 구획화하는 기준은 신경망이 적용되는 어플리케이션의 목적, 최적화된 환경, 모델의 기 구획화된 블록 정보를 포함할 수 있다. 예를 들어, 신경망 구획부(1100)는 단순한 다층 퍼셉트론(MLP: Multi-layer Perceptron) 신경망에 대해 특정 히든 레이어들을 기준으로 구획화할 수 있으나, 이에 한정

되지 않는다.

- [0036] 결과 추출부(1200)는 신경망 구획부(1100)가 구획화한 복수의 블록에 대응되는 복수의 액티베이션(activation) 값들을 추출할 수 있다. 액티베이션(activation) 값은 심층 신경망에 사용되는 입출력 값과 관련된 것으로, 단 어로도 명칭될 수 있다. 결과 추출부(1200)는 신경망 구획부(1100)가 생성한 신경망 기반 표준 모델(NPM)을 시 물레이터로 사용하여 유의미한 레이어에서 단어들을 추출할 수 있다. 구체적으로, 복수의 블록의 입력값 및 출 력값에 대응되는 액티베이션 값을 추출할 수 있다.
- [0037] 결과 추출부(1200)는 추출한 액티베이션 값들에 대응되는 복수의 노드를 생성할 수 있다. 또한, 결과 추출부 (1200)는 각 액티베이션 값들의 상관 관계 또는 논리적 관계에 기초하여 노드들을 연결하는 엣지를 생성할 수 있다. 결과 추출부(1200)는 복수의 노드 및 엣지를 이용하여 심볼릭 인공지능 그래프를 생성할 수 있다.
- [0038] 결과 변환부(1300)는 결과 추출부(1200)가 추출한 복수의 액티베이션 값들에 기초하여 복수의 변환 단어를 생성 할 수 있다. 구체적으로, 결과 변환부(1300)는 액티베이션 값의 각 자리수의 수치에 기초하여 액티베이션 값을 변환하여 변환 단어를 생성할 수 있다. 이때, 결과 변환부(1300)는 액티베이션 값의 각 자리수가 0이 아닌 경우 1로 변환할 수 있다.
- [0039] 예를 들어, 액티베이션 값이 0, 0, 0.2, 1인 경우, 결과 변환부(1300)는 이를 0, 0, 1, 1로 변환할 수 있다. 또 한 예를 들어, 액티베이션 값이 0, 0.1, 0.3, 0.8인 경우, 결과 변환부(1300)는 이를 0, 1, 1, 1로 변환할 수 있다. 액티베이션 값이 변환된 값은 변환 단어로 명칭될 수 있다.
- [0040] 단어 병합부(1400)는 결과 변환부(1300)가 생성한 복수의 변환 단어들 중 적어도 일부의 변환 단어를 병합할 수 있다. 구체적으로, 단어 병합부(1400)는 심볼릭 인공지능 그래프에 포함된 복수의 노드들 중 적어도 일부의 노 드를 병합할 수 있다.
- [0041] 일 실시예에 따르면, 단어 병합부(1400)는 값이 동일한 변환 단어를 병합하고, 이에 대응되는 노드들을 병합할 수 있다. 예를 들어, 제1 변환 단어가 0, 0, 1, 1이고 제2 변환 단어가 0, 0, 1, 1인 경우, 단어 병합부(140 0)는 제1 변환 단어 및 제2 변환 단어를 병합할 수 있다. 또한, 단어 병합부(1400)는 제1 변환 단어에 대응되는 제1 노드와 제2 변환 단어에 대응되는 제2 노드를 병합할 수 있다.
- [0042] 다른 일 실시예에 따르면, 단어 병합부(1400)는 동일한 출력을 생성하는 입력값들을 병합할 수 있다. 구체적으 로, 하나의 블록 내에서 제1 입력 액티베이션 값과 제2 입력 액티베이션 값이 모두 제1 출력 액티베이션 값을 생성하는 경우, 단어 병합부(1400)는 제1 입력 액티베이션 값에 대응되는 변환 단어 또는 노드와 제2 입력 액티 베이션 값에 대응되는 변환 단어 또는 노드를 병합할 수 있다.
- [0043] 예를 들어, 단어 병합부(1400)는 심볼릭 인공지능 그래프 내에서 제1 블록의 출력값인 제1 액티베이션 값이 변 환된 제1 변환 단어에 대응되는 제1 노드를 기준으로 할 수 있다. 단어 병합부(1400)는 제1 노드와 엣지를 통해 연결된 제2 노드 및 제3 노드를 확인할 수 있다. 제2 노드와 제3 노드는 입력 노드로서 모두 제1 노드에 대응되 는 출력값을 생성하기 때문에, 병합될 수 있다. 이에, 단어 병합부(1400)는 제2 노드 및 제3 노드를 병합할 수 있다. 또한, 단어 병합부(1400)는 제2 노드에 대응되는 제2 변환 단어 및 제3 노드에 대응되는 제3 변환 단어를 병합할 수 있다. 이때, 제2 변환 단어 및 제3 변환 단어는 상기 제1 블록의 입력값인 제2 액티베이션 값 및 제3 액티베이션 값이 각각 변환된 값일 수 있다.
- [0044] 시스템(1000)은 위 네 가지 구성 요소 외에도 데이터베이스부를 포함할 수 있다. 데이터베이스부는 시스템 (1000)이 동작하는데 필요한 각종 데이터 및 프로그램을 저장할 수 있다. 데이터베이스부는 시스템(1000)이 획 득하는 정보 및 처리하는 정보 모두를 저장할 수 있다.
- [0045] 예를 들어, 데이터베이스부는 신경망 구획부(1100)가 구획화한 복수의 블록에 대한 정보를 포함할 수 있다. 또 한 예를 들어, 데이터베이스부는 시스템(1000)이 생성한 심볼릭 인공지능 그래프를 저장할 수 있다. 또한 예를 들어, 데이터베이스부는 결과 변환부(1300)가 생성한 변환 단어들을 저장할 수 있다.
- [0046] 데이터베이스부는 데이터를 임시적으로 또는 반영구적으로 저장할 수 있다. 예를 들어, 데이터베이스부는 하드 디스크(HDD: Hard Disk Drive), SSD(Solid State Drive), 플래쉬 메모리(flash memory), 롬(ROM: Read-Only Memory), 램(RAM: Random Access Memory) 또는 클라우드 스토리지(Cloud Storage) 등일 수 있으나, 이에 한정 되지 않고 데이터를 저장하기 위한 다양한 모듈로 구현될 수 있다.

- [0048] 도 2는 일 실시예에 따른 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법의 순서도이다.
- [0049] 도 2를 참조하면, 일 실시예에 따른 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법은 심층 신경망을 구획화하는 단계(S100), 액티베이션 값을 추출하고 노드와 엣지를 생성하는 단계(S200), 액티베이션 값을 변환하는 단계(S300), 변환된 값 또는 노드를 병합하는 단계(S400), 변환된 값에 대한 확률을 산출하는 단계(S500) 및 노드를 삭제 또는 변경하는 단계(S600)를 포함할 수 있다. 도 2에는 단계 S100 내지 단계 S600이 순서대로 수행되는 것이 도시되었으나, 이에 한정되지 않고 각 단계의 순서는 변경될 수 있다. 또는 각 단계가 다른 단계와 병합되거나 생략될 수도 있다.
- [0050] 일 실시예에 따른 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법에 대한 설명은 도 3 내지 도 9를 함께 참조하여 이하에서 설명한다.
- [0051] 도 3은 딥러닝 실행 환경을 설명하기 위한 예시 도면이다.
- [0052] 도 3을 참조하면, 복수의 단말(UE1, UE2)과 기지국의 통신 환경을 알 수 있다. 복수의 단말과 기지국 사이의 원활한 통신을 위해 복수의 단말이 기지국에 보내는 데이터 사이의 충돌을 방지하기 위해, 스케줄링 기술이 적용될 수 있다. 본원 발명에서는 데이터 충돌을 방지하기 위한 스케줄링 환경에서 사용되는 심층 신경망을 예시로 하여 이하에서 심볼릭 인공지능 그래프 생성 방법에 대해 설명한다.
- [0053] 심층 신경망을 구획화하는 단계(S100)는 신경망 구획부(1100)가 심층 신경망을 복수의 블록으로 구획화하는 단계일 수 있다. 도 4를 참조하면, 신경망 구획부(1100)는 도 3의 환경에서 사용되는 심층 신경망을 복수의 블록(UEs-UE1, UEs-UE2, BS-UCM1, BS-UCM2, UEs 등)으로 구획화할 수 있다. 이때, 신경망 구획부(1100)는 어플리케이션의 목적, 최적화된 환경, 모델의 기 구획화된 블록 정보를 포함하는 기준에 의해 심층 신경망을 구획화할 수 있다.
- [0054] 액티베이션 값을 추출하고 노드와 엣지를 생성하는 단계(S200)는 결과 추출부(1200)가 각 블록의 입력값과 관련된 액티베이션 값 및 출력값과 관련된 액티베이션 값들을 추출하는 단계일 수 있다. 또한, 단계 S200에서, 결과 추출부(1200)는 각 액티베이션 값에 대응되는 노드들을 생성할 수 있다. 또한, 결과 추출부(1200)는 액티베이션 값들의 논리적인 상관 관계에 기초하여 노드들을 연결하는 엣지를 생성할 수 있다. 이에, 결과 추출부(1200)는 복수의 노드 및 엣지를 포함하는 심볼릭 인공지능 그래프를 생성할 수 있다. 생성된 그래프는 이하의 단계에서 병합, 삭제 및 수정의 과정을 거쳐 간소화될 수 있다.
- [0055] 도 5를 참조하면, 심볼릭 인공지능 그래프는 제1 블록(100), 제2 블록(200) 및 제3 블록(300)을 포함할 수 있다. 결과 추출부(1200)는 각 블록의 입력값 및 출력값에 대응되는 액티베이션 값을 추출할 수 있다. 예를 들어, 결과 추출부(1200)는 제1 블록(100)의 입력값에 대응되는 액티베이션 값을 추출하여 노드(110)를 생성하고, 출력값에 대응되는 액티베이션 값을 추출하여 노드(120)를 생성할 수 있다. 또한, 결과 추출부(1200)는 제2 블록(200) 및 제3 블록(300)에 대해서도 노드(210, 220, 310, 320)들을 생성할 수 있다. 이때, 상위 블록의 출력은 하위 블록의 입력이 될 수 있다.
- [0056] 결과 추출부(1200)는 생성된 노드들 간의 상관 관계에 기초하여, 노드들을 연결시키는 엣지를 생성할 수 있다. 엣지는 화살표 형태로써, 입력과 출력 간의 관계를 나타낼 수 있다. 또한 하나의 입력값에서 복수의 출력값이 생성될 수 있으므로, 하나의 노드는 여러 엣지를 가질 수 있다.
- [0057] 액티베이션 값을 변환하는 단계(S300)는 결과 변환부(1300)가 액티베이션 값의 자리수 숫자들에 기초하여 액티베이션 값을 변환함으로써 변환 단어를 생성하는 단계일 수 있다. 결과 변환부(1300)는 액티베이션 값의 각 자리수에 대응되는 숫자를 확인할 수 있다. 이때, 액티베이션 값의 각 자리수의 개수는 액티베이션 값을 출력하는 블록의 하위 노드의 개수와 동일할 수 있다. 예를 들어, 도 5의 제1 블록(100)의 하위 노드(출력과 관련된 노드)의 개수는 3개 이므로, 제1 블록(100)의 출력 액티베이션 값의 자리수는 3일 수 있다. 예를 들어, 제1 블록(100)의 출력 액티베이션 값은 0, 0.1, 0.5일 수 있다.
- [0058] 결과 변환부(1300)는 각 자리수의 숫자가 0이 아닌 경우, 1로 변환함으로써 변환 단어를 생성할 수 있다. 위 예시의 경우, 결과 변환부는 0, 1, 1의 변환 단어를 생성할 수 있다. 이에 따라, 심볼릭 인공지능 그래프에 포함된 노드 내의 값이 액티베이션 값에서 변환 단어로 변경될 수 있다.
- [0059] 변환된 값 또는 노드를 병합하는 단계(S400)는 단계 S300에서 생성된 변환 단어의 수치에 기초하여 단어 병합부(1400)가 변환 단어에 대응되는 노드를 병합하는 단계일 수 있다. 단어 병합부(1400)는 변환 단어의 값이 동일한 노드들을 병합할 수 있다. 단어 병합부(1400)는 노드들을 병합함으로써, 심볼릭 인공지능 그래프를 간소화할

수 있다. 단어 병합부(1400)는 노드들을 병합함으로써, 딥러닝에 사용되는 파라미터를 축소시킬 수 있다.

- [0060] 도 6을 참조하면, 제2 블록(200)에서 UE1의 입력 노드 3개가 병합되어 하나의 입력 노드가 남게 되고, UE1의 출력 노드 9개 중 일부가 병합되어 2개의 출력 노드가 남게 되는 것을 확인할 수 있다. UE2의 경우에도, 제2 블록(200)에서 입력 노드 3개 중 일부가 병합되어 2개의 입력 노드가 남게 되고, 출력 노드 9개가 모두 병합되어 1개의 출력 노드가 남게 되는 것을 확인할 수 있다.
- [0061] 변환된 값에 대한 확률을 산출하는 단계(S500)는 출력값에 대응되는 변환 단어들이 입력값으로부터 생성될 확률을 산출하는 단계일 수 있다. 심볼릭 인공지능 그래프는 논리적 관계를 나타내므로, 하나의 노드의 발생 사실을 알게되면, 해당 노드로 인해 논리적으로 유추해낼 수 있는 다른 노드들이 생길 수 있다. 이때, 하나의 노드의 결과값이 복수개일 수 있다. 이러한 상황을 위해, 단계 S500에서 확률을 산출함으로써 확률적 논리 그래프를 생성할 수 있다. 단계 S500은 시스템(1000)의 제어부 또는 산출 기능을 수행하는 별도의 프로세서에 의해 수행될 수 있다.
- [0062] 단계 S500은 각 블록의 입력값에 대응되는 노드와 연결된 노드의 개수 및 각 블록의 출력값에 대응되는 노드와 연결된 노드의 개수에 기초하여 출력값의 생성과 관련된 확률을 산출하는 단계일 수 있다. 구체적으로, 특정 노드에서 하위 노드로 귀결되었던 경우의 수를 계산함으로써 확률이 산출될 수 있다. 예를 들어, 도 6의 제2 블록(200)의 특정 노드가 생성되기 위한 경우의 수를 특정 노드와 연결된 제2 블록(200)의 입력 노드의 개수를 이용하여 산출할 수 있다.
- [0063] 노드를 삭제 또는 변경하는 단계(S600)는 딥러닝의 실행 환경에서 발생할 수 있는 논리적 충돌이나 오류를 수정하기 위해 노드를 삭제 또는 변경하는 단계일 수 있다. 단계 S600은 시스템(1000)의 제어부 또는 분석/수정 기능을 수행하는 별도의 프로세서에 의해 수행될 수 있다.
- [0064] 도 2와 같은 통신 환경에서, 단계 S100 내지 단계 S500에 의해 생성된 심볼릭 인공지능 그래프에 따른 딥러닝을 사용하면 특정 논리적 연결이 충돌을 일으킬 수 있다. 이때, 충돌을 줄이기 위해, 송수신 결정을 일으키는 최종 논리 연결 관계를 수정할 수 있다. 단계 S600에서 충돌을 일으킬 수 있는 노드를 수정하는 과정은 다른 노드나 엣지에 영향을 주지 않기 때문에, 성능에 피해를 주지 않고 원하는 방향으로 프로토콜이 작동하도록 유도할 수 있다.
- [0065] 시스템(1000)은 충돌을 줄이기 위해 그래프 분석을 수행하여 복수의 블록 중 하위 블록의 출력값과 관련되는 노드들 중 제1 노드 수정과 관련된 결과를 확인할 수 있다. 단계 S600에서, 시스템(1000)은 상기 제1 노드와 하위 블록의 다른 출력값과 관련되는 노드들 사이의 유사도를 산출할 수 있다. 시스템(1000)은 상기 제1 노드를 삭제하고, 상기 제1 노드와 연결된 엣지를 유사도가 가장 높은 제2 노드에 연결시킬 수 있다. 시스템(1000)은 제1 노드 대신 제2 노드로 대체함에 따라 환경에서 발생할 수 있는 오류를 방지할 수 있다.
- [0067] 도 7은 노드 병합을 구체적으로 설명하기 위한 예시 도면이다.
- [0068] 도 7을 참조하면, 시스템(1000)은 추출한 액티베이션 값을 변환함으로써 변환 단어를 생성할 수 있다. 변환 단어에 기초하여 생성된 그래프는 심볼릭 인공지능 기반 표준 모델(SPM: Semantic/symbolic Protocol Model)로 명칭될 수 있다. 심볼릭 인공지능 기반 표준 모델(SPM)은 활성화 패턴 기준 단어 병합(Activation Pattern-Aware Merging) 방식으로 변환 단어들이 병합될 수 있다. 활성화 패턴 기준 단어 병합은 변환 단어들의 값이 동일한 단어들을 병합하는 방식으로, 전술한 내용과 중복되므로 자세한 설명은 생략한다.
- [0069] 시스템(1000)은 활성화 패턴 기준 단어 병합 방식에 의해 변경된 심볼릭 인공지능 그래프를 논리 연결 패턴 기준 단어 병합(Connection-aware merging)추가적으로 더 간소화할 수 있다. 논리 연결 패턴 기준 단어 병합은 동일한 출력값을 내는 입력값들을 병합하는 방식으로, 전술한 내용과 중복될 수 있어 자세한 설명은 생략한다.
- [0071] 도 8은 단어의 유사도를 설명하기 위한 도면이다.
- [0072] 도 8을 참조하면, 단어들의 유사도를 분석하는 방법인 T-SNE(T-distributed stochastic neighborhood embedding)에 의해 분석된 유사도 분포를 확인할 수 있다. 도 8과 같이, 변환 단어들이 동일한 값들 또는 동일한 출력을 생성하는 값들은 분포도에서 유사한 위치에 설정되는 것을 확인할 수 있다. 단어들의 의미적 상관 관계를 확인할 수 있는 T-SNE를 통해 확인된 병합될 단어들은 유사한 위치를 가지기 때문에, 그래프 간소화 및 과

라미터 축소를 위해 병합될 수 있다.

[0074] 도 9는 노드를 수정하는 방법을 설명하기 위한 예시 도면이다.

[0075] 도 9를 참조하면, 시스템(1000)은 하위 블록의 출력값과 관련된 특정 노드(10)가 오류를 발생할 가능성이 있는 것을 확인할 수 있다. 시스템(1000)은 특정 노드(10)와 유사도가 가장 높은 대체 노드(20)를 이용하여 특정 노드(10)를 대체 노드(20)로 대체할 수 있다. 이에, 논리적 연결이 충돌되지 않고 원하는 방향으로 프로토콜이 작동된 것을 확인할 수 있다.

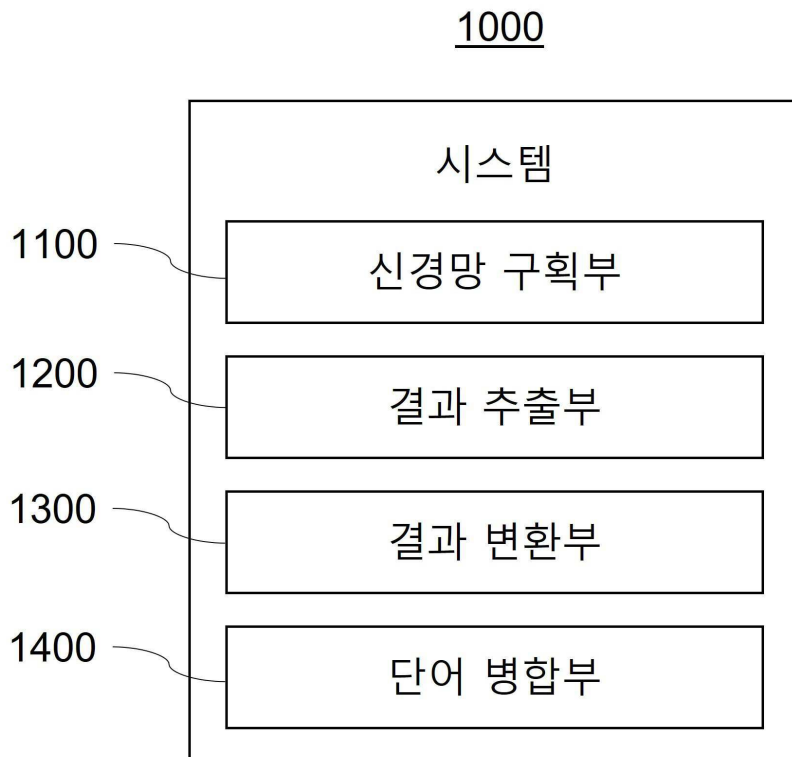
[0077] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic 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

[0078] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 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.

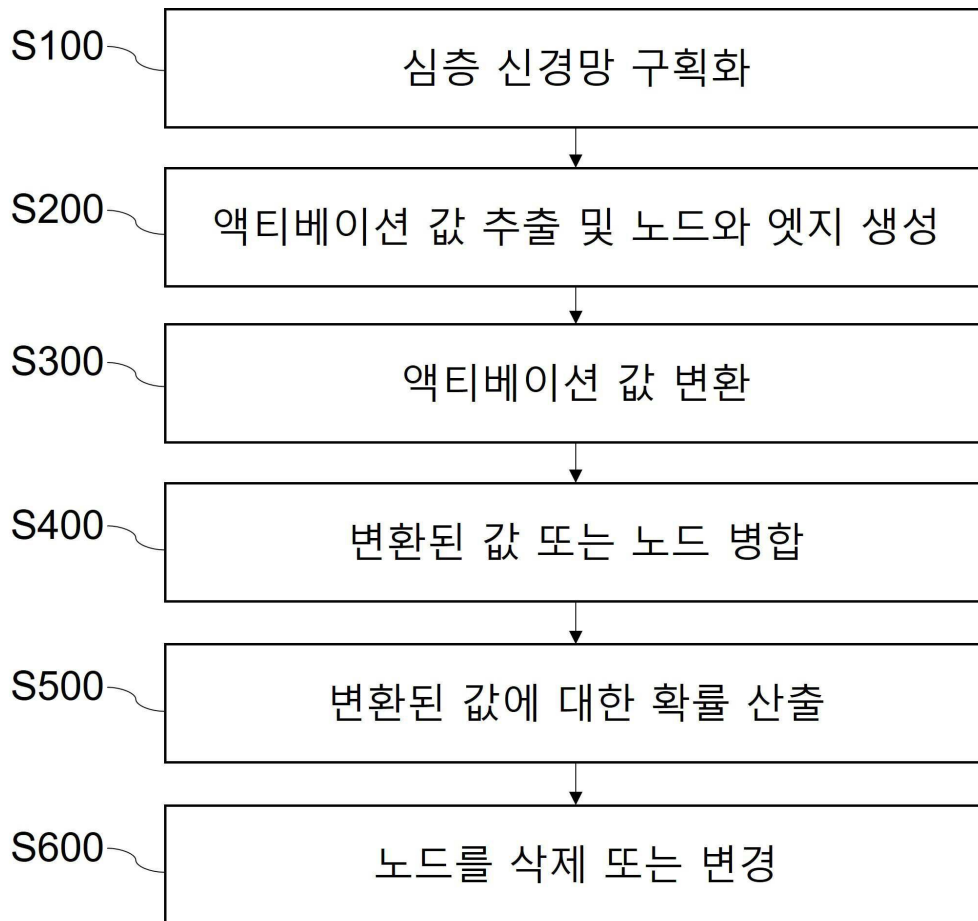
[0079] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

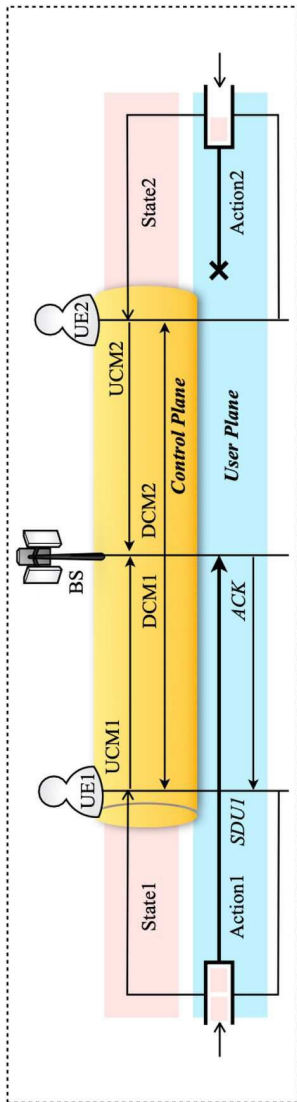
도면1



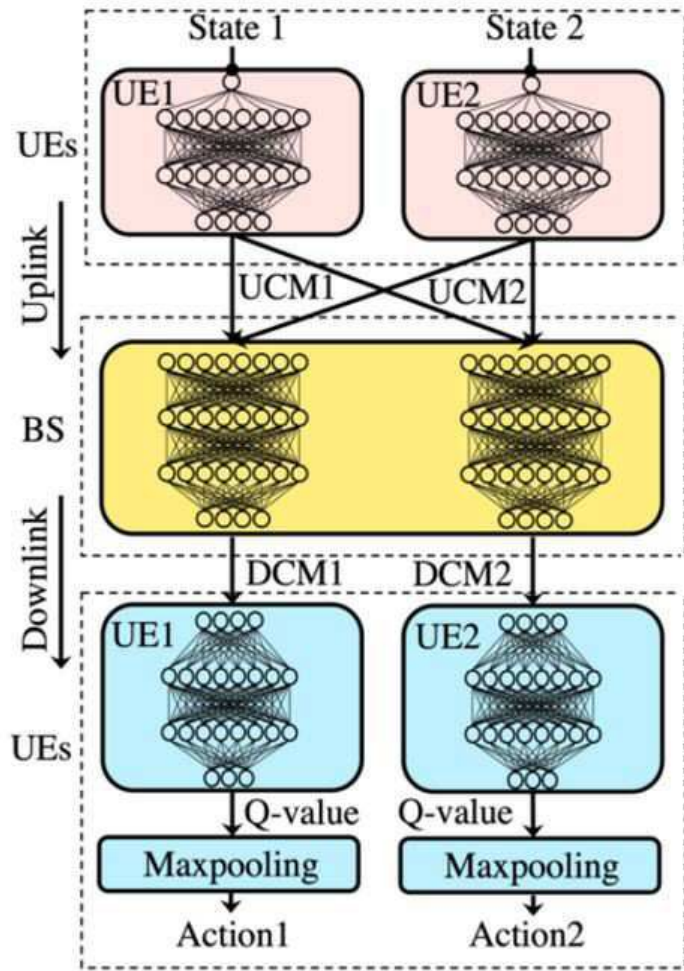
도면2



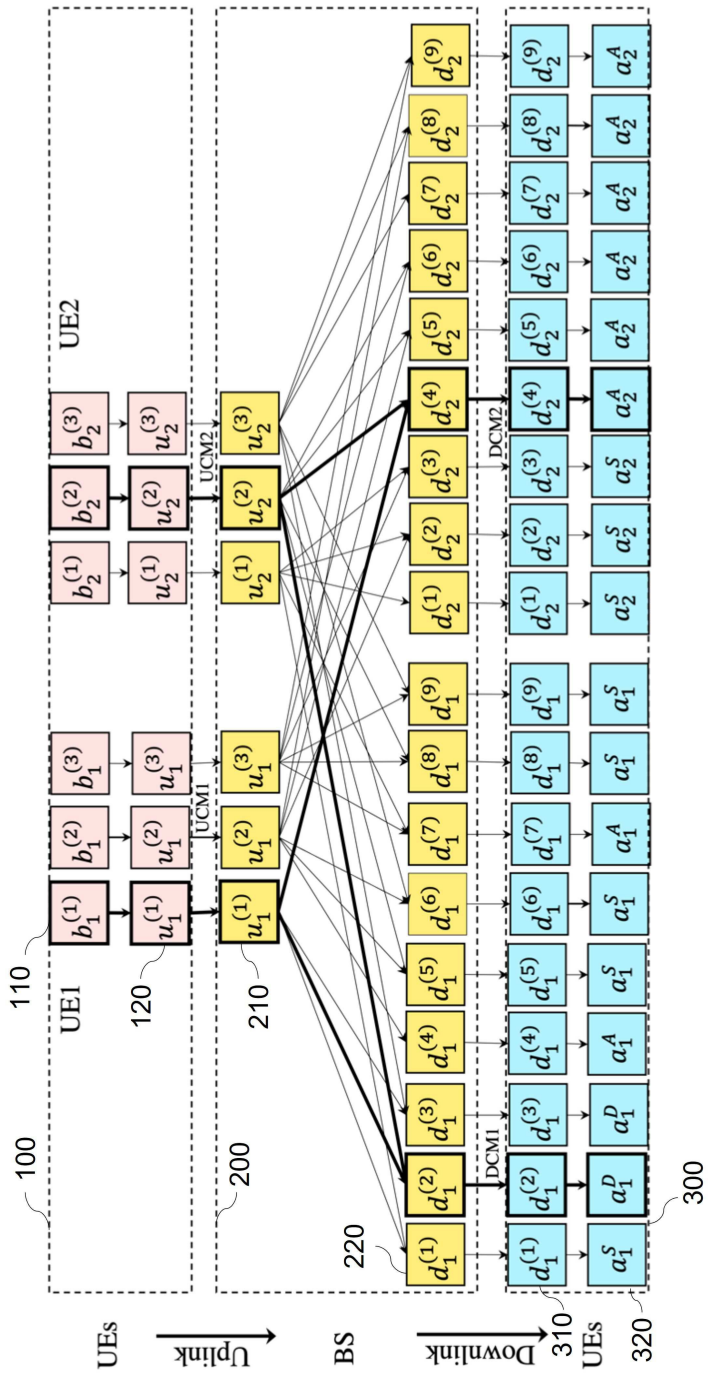
도면3



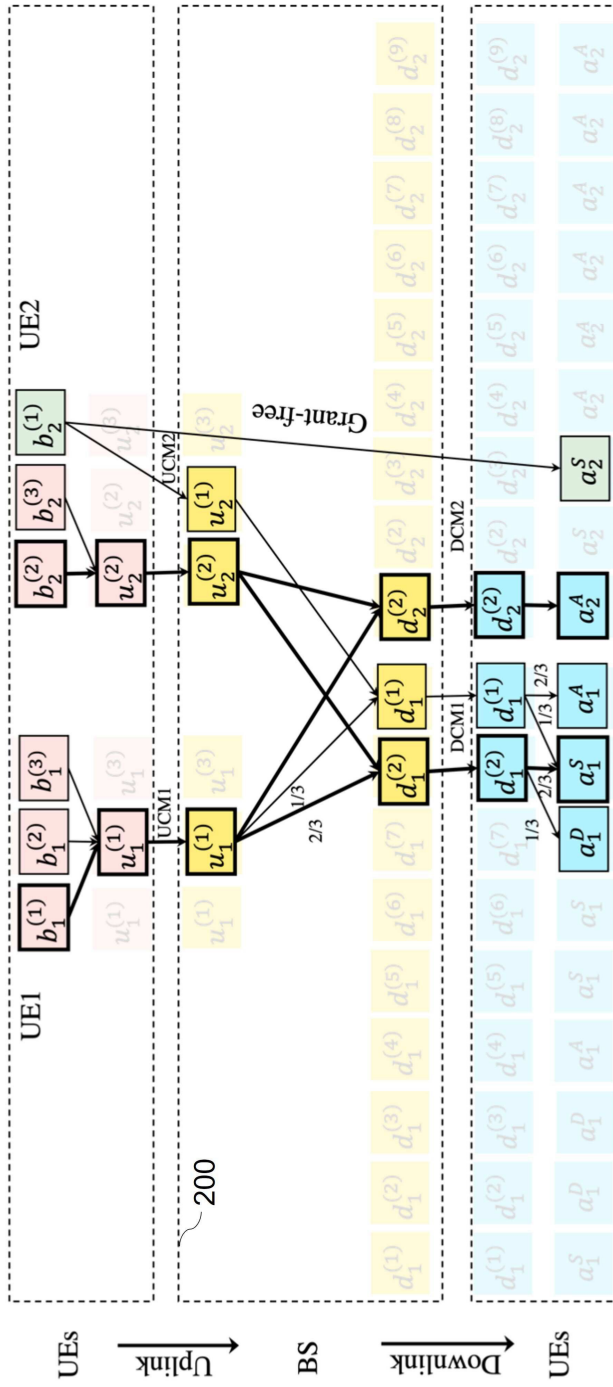
도면4



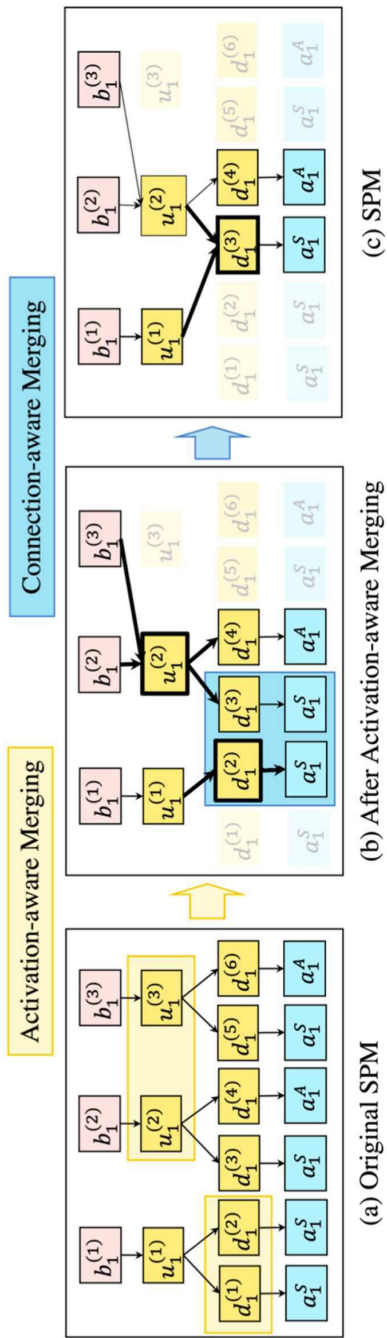
도면5



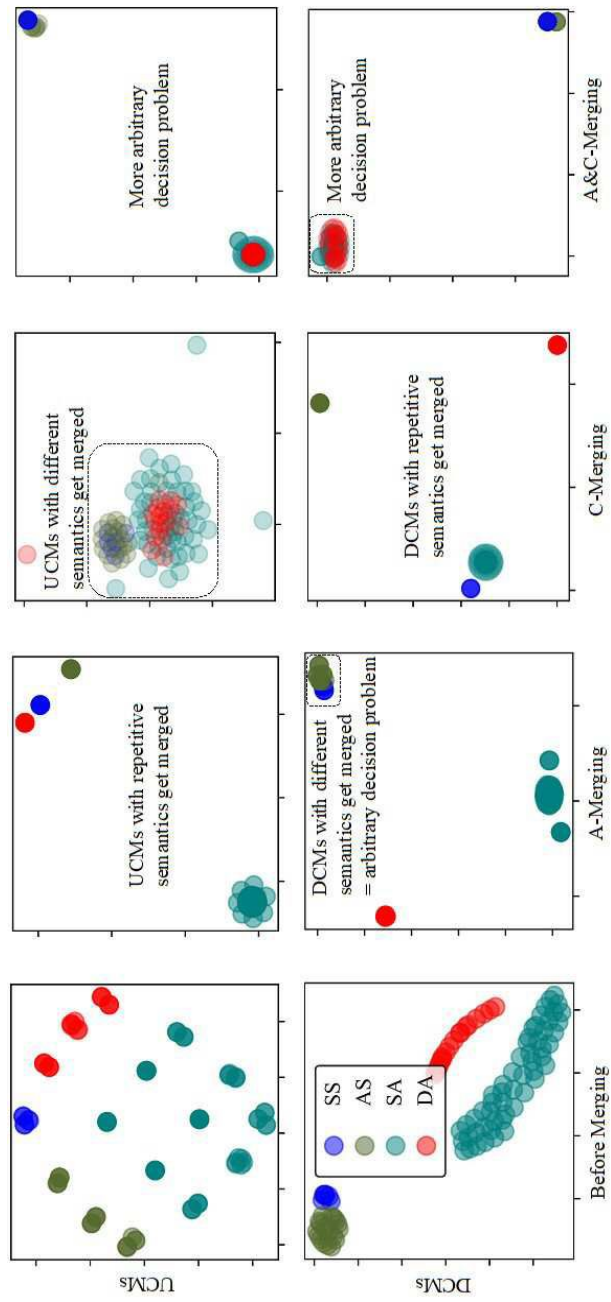
도면6



도면7



도면8



도면9

