

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2021-0045728  
(43) 공개일자 2021년04월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 16/36 (2019.01) G06F 16/901 (2019.01)

G06F 40/20 (2020.01) G06N 5/02 (2006.01)

G06N 5/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G06F 16/36 (2019.01)

G06F 16/9024 (2019.01)

(21) 출원번호 10-2019-0129123

(22) 출원일자 2019년10월17일

심사청구일자 2019년10월17일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

이경호

서울특별시 중구 다산로 32, 5동 1002호(신당동, 남산타운)

오병국

서울특별시 마포구 신촌로12나길 30, 702호(노고산동)

(74) 대리인

특허법인우인

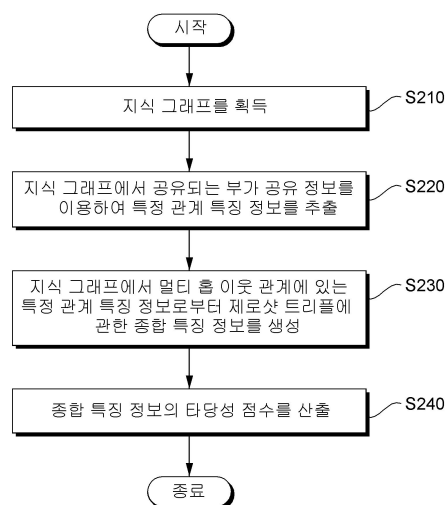
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 멀티 홉 이웃을 이용한 제로샷 지식 그래프 완성 방법 및 장치

## (57) 요약

본 실시예들은 지식 그래프 내 엔티티-관계와 새로운 트리플의 엔티티-관계 사이에 공유되는 엔티티 설명과 관계 이름을 구성하는 단어를 포함하는 부가 공유 정보를 활용하여 새로운 엔티티와 관계에 대한 귀납적 벡터 표현을 생성함으로써, 기존 지식 그래프의 학습 과정에서 보지 못했던 새로운 엔티티와 관계에 대한 지식 표현을 재학습 없이 지식으로서의 타당성을 검증할 수 있는 제로샷 지식 그래프 완성 방법 및 장치를 제공한다.

## 대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

**G06F 40/268** (2020.01)

**G06N 5/02** (2019.01)

**G06N 5/04** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	NRF-2019R1A2B5B01070555
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	한국연구재단 중견연구자지원사업
연구과제명	동적으로 진화하는 지식 그래프의 정보 품질 개선을 위한 심층 표현 학습
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2019.06.01 ~ 2022.02.28

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

컴퓨팅 디바이스에 의한 제로샷 지식 그래프 완성 방법에 있어서,

지식 그래프에서 공유되는 부가 공유 정보를 이용하여 특정 관계 특징 정보를 추출하는 단계;

상기 지식 그래프에서 멀티 홉 이웃 관계에 있는 상기 특정 관계 특징 정보로부터 제로샷 트리플에 관한 종합 특징 정보를 생성하는 단계; 및

상기 종합 특징 정보의 타당성 점수를 산출하는 단계

를 포함하는 제로샷 지식 그래프 완성 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 특정 관계 특징 정보를 추출하는 단계는,

(i) 관계 이름과 유형 제약사항을 포함하는 관계 정보 및 (ii) 엔티티 설명과 유형을 포함하는 엔티티 정보의 부가 공유 정보를 이용하여 상기 특정 관계 특징 정보를 추출하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 특정 관계 특징 정보를 추출하는 단계는,

단어 임베딩, 어텐션 기반의 컨볼루션, 및 유형 매칭을 통해 각각의 트리플에 대한 헤드 엔티티-관계 벡터와 테일 엔티티-관계 벡터로부터 상기 특정 관계 특징 정보를 추출하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 단어 임베딩은,

상기 관계 이름을 상기 엔티티 설명과 공유되는 단어 집합으로 나누고, 각 단어에 대해서 품사 대신에 약어를 중심으로 순차적으로 형태소 분석을 수행하고, 상기 단어를 동일한 어휘 집합에 의해 공유되는 단어 수준으로 인코딩하여, 상기 단어를 상징적 표현으로 변환하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 방법.

#### 청구항 5

제3항에 있어서,

상기 어텐션 기반의 컨볼루션은,

임베딩 특업을 통해 상기 엔티티 설명의 단어 벡터를 엔티티 설명 매트릭스로 변환하고, 상기 관계 이름의 단어 벡터를 관계 이름 매트릭스로 변환하고, 상기 유형 제약사항의 단어 벡터를 유형 제약사항 매트릭스로 변환하고,

상기 엔티티 설명 매트릭스에 상기 관계 이름 매트릭스 및 상기 유형 제약사항 매트릭스를 기준으로 어텐션 가중치를 적용하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 방법.

#### 청구항 6

제3항에 있어서,

상기 유형 매칭은,

마스크를 통해 상기 유형 제약사항 중에서 정의역(Domain)과 헤드 엔티티의 유형을 핫벡터로 변환하고 비교한 헤드 엔티티-관계 유효성을 산출하고, 상기 유형 제약사항 중에서 치역(Range)과 테일 엔티티의 유형을 핫벡터로 변환하고 비교한 헤드 엔티티-관계 유효성을 산출하고,

상기 헤드 엔티티-관계 유효성 및 상기 테일 엔티티-관계 유효성을 상기 특정 관계 특징 정보에 적용하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 종합 특징 정보를 생성하는 단계는,

상기 특정 관계 특징 정보를 상기 멀티 홉 이웃 관계에 따른 전과 경로를 통해 누적하여 상기 종합 특징 정보를 생성하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 종합 특징 정보를 생성하는 단계는,

중요도가 높은 이웃의 특정 관계 특징 정보를 수집하기 위해서 상기 특정 관계 특징 정보에 셀프 어텐션을 적용하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 방법.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 타당성 점수를 산출하는 단계는,

폴리 커넥티드 레이어 기반의 점수 모델을 통해 상기 제로샷 트리플에 대한 특정 관계 임계치를 만족하는지 여부를 평가하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 방법.

#### 청구항 10

하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리를 포함하는 제로샷 지식 그래프 완성 장치에 있어서,

상기 프로세서는 지식 그래프에서 공유되는 부가 공유 정보를 이용하여 특정 관계 특징 정보를 추출하고,

상기 프로세서는 상기 지식 그래프에서 멀티 홉 이웃 관계에 있는 상기 특정 관계 특징 정보로부터 제로샷 트리플에 관한 종합 특징 정보를 생성하고,

상기 프로세서는 상기 종합 특징 정보의 타당성 점수를 산출하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 장치.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 프로세서는,

(i) 관계 이름과 유형 제약사항을 포함하는 관계 정보 및 (ii) 엔티티 설명과 유형을 포함하는 엔티티 정보의 부가 공유 정보를 이용하여 상기 특정 관계 특징 정보를 추출하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 장치.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 프로세서는,

(i) 관계 이름과 유형 제약사항을 포함하는 관계 정보 및 (ii) 엔티티 설명과 유형을 포함하는 엔티티 정보의 부가 공유 정보를 이용하여 상기 특정 관계 특징 정보를 추출하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 장치.

### 청구항 13

제10항에 있어서,

상기 프로세서는,

단어 임베딩, 어텐션 기반의 컨볼루션, 및 유형 매칭을 통해 각각의 트리플에 대한 헤드 엔티티-관계 벡터와 테일 엔티티-관계 벡터로부터 상기 특정 관계 특징 정보를 추출하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 장치.

### 청구항 14

제10항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 특정 관계 특징 정보를 상기 멀티 홉 이웃 관계에 따른 전과 경로를 통해 누적하여 상기 종합 특징 정보를 생성하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명이 속하는 기술 분야는 컨볼루션 학습 기반의 제로샷 지식 그래프 완성 방법 및 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 지식 그래프는 효과적인 데이터 모델링 중 하나이다. 지식 그래프는 엔티티 모호성, 질의 응답, 정보 검색 등의 다양한 어플리케이션에서 중요하게 활용되고 있다.

[0004] 지식 그래프는 팩트(fact)이라 불리는 트리플  $\langle h, r, t \rangle$ 의 집합으로 구성되며, 헤드 엔티티  $h$ 와 테일 엔티티  $t$ 는 의미적 관계  $r$ 로 연결되어 있다. 지식 그래프는 개방형 연계 데이터(Linked Open Data)와 같은 거대한 이중의 소스 지식들을 통합하고 상호 운용을 가능하게 한다.

[0005] 예컨대, DBpedia, WikiData, Freebase, WordNet, 및 Google Knowledge Graph와 같은 다양한 지식 그래프들이 생성되었다. 이러한 지식 그래프들은 많은 정보들이 누락되거나 부정확하므로, 아직까지는 실세계에서 적극적으로 활용하는데 한계가 있다.

[0006] 지식 그래프에 관한 최신의 기술들은 엔티티 및 관계 집합이 고정된 정적 지식 그래프에 대해서만 학습한다. 실제 시나리오와 관계는 시간이 지남에 따라 엔티티를 지속적으로 추가/제거/변경을 수행한다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1914853호 (2018.10.29)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 실시예들은 제로샷 트리플 추론을 지원하는 귀납적(Inductive) 표현 학습에 관한 것으로, 지식 그래

프 내 엔티티-관계와 새로운 트리플의 엔티티-관계 사이에 공유되는 엔티티 설명과 관계 이름을 구성하는 단어를 포함하는 부가 공유 정보를 활용하여 새로운 엔티티와 관계에 대한 귀납적 벡터 표현을 생성함으로써, 기존 지식 그래프의 학습 과정에서 보지 못했던 새로운 엔티티와 관계에 대한 지식 표현을 재학습없이 지식으로서의 타당성을 검증하고, 진화하는 엔티티와 관계를 일반화하고, 제로샷 지식 그래프를 확장하는 데 주된 목적이 있다.

[0009] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 컴퓨팅 디바이스에 의한 제로샷 지식 그래프 완성 방법에 있어서, 지식 그래프에서 공유되는 부가 공유 정보를 이용하여 특정 관계 특징 정보를 추출하는 단계, 상기 지식 그래프에서 멀티 홉 이웃 관계에 있는 상기 특정 관계 특징 정보로부터 제로샷 트리플에 관한 종합 특징 정보를 생성하는 단계, 및 상기 종합 특징 정보의 타당성 점수를 산출하는 단계를 포함하는 제로샷 지식 그래프 완성 방법을 제공한다.

[0011] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리를 포함하는 제로샷 지식 그래프 완성 장치에 있어서, 상기 프로세서는 지식 그래프에서 공유되는 부가 공유 정보를 이용하여 특정 관계 특징 정보를 추출하고, 상기 프로세서는 상기 지식 그래프에서 멀티 홉 이웃 관계에 있는 상기 특정 관계 특징 정보로부터 제로샷 트리플에 관한 종합 특징 정보를 생성하고, 상기 프로세서는 상기 종합 특징 정보의 타당성 점수를 산출하는 것을 특징으로 하는 제로샷 지식 그래프 완성 장치를 제공한다.

### 발명의 효과

[0012] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 지식 그래프 내 엔티티-관계와 새로운 트리플의 엔티티-관계 사이에 공유되는 엔티티 설명과 관계 이름을 구성하는 단어를 포함하는 부가 공유 정보를 활용하여 새로운 엔티티와 관계에 대한 귀납적 벡터 표현을 생성함으로써, 기존 지식 그래프의 학습 과정에서 보지 못했던 새로운 엔티티와 관계에 대한 지식 표현을 재학습없이 지식으로서의 타당성을 검증할 수 있는 효과가 있다.

[0013] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

### 도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 장치를 예시한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 방법을 예시한 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 방법의 각 동작을 예시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 처리하는 지식 그래프를 예시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 특정 관계 특징 정보를 추출하는 동작을 예시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 단어 임베딩을 수행하는 동작을 예시한 도면이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 어텐션 기반의 컨볼루션을 수행하는 동작을 예시한 도면이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 유형 매칭을 수행하는 동작을 예시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 멀티 홉 이웃 관계에 있는 특정 관계 특징 정보로부터 종합 특징 정보를 생성하는 동작을 예시한 도면이다.

도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 셀프 어텐션을 적용하여 종합 특징 정

보를 생성하는 동작을 예시한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하고, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다.
- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 장치를 예시한 블록도이다.
- [0017] 제로샷 지식 그래프 완성 장치(110)는 적어도 하나의 프로세서(120), 컴퓨터 판독 가능한 저장매체(130) 및 통신 버스(170)를 포함한다.
- [0018] 프로세서(120)는 제로샷 지식 그래프 완성 장치(110)로 동작하도록 제어할 수 있다. 예컨대, 프로세서(120)는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)에 저장된 하나 이상의 프로그램들을 실행할 수 있다. 하나 이상의 프로그램들은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서(120)에 의해 실행되는 경우 제로샷 지식 그래프 완성 장치(110)로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0019] 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)는 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)에 저장된 프로그램(140)은 프로세서(120)에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 판독한 가능 저장 매체(130)는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 지식 그래프 완성 장치(110)에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.
- [0020] 통신 버스(170)는 프로세서(120), 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(140)를 포함하여 제로샷 지식 그래프 완성 장치(110)의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.
- [0021] 제로샷 지식 그래프 완성 장치(110)는 또한 하나 이상의 입출력 장치를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스(150) 및 하나 이상의 통신 인터페이스(160)를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스(150) 및 통신 인터페이스(160)는 통신 버스(170)에 연결된다. 입출력 장치는 입출력 인터페이스(150)를 통해 제로샷 지식 그래프 완성 장치(110)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다.
- [0022] 제로샷 지식 그래프 완성 장치(110)는 제로샷 트리플 추론을 지원하는 귀납적(Inductive) 표현 학습에 관한 것으로, 지식 그래프 내 엔티티-관계와 새로운 트리플의 엔티티-관계 사이에 공유되는 엔티티 실명과 관계 이름을 구성하는 단어를 포함하는 부가 공유 정보를 활용하여 새로운 엔티티와 관계에 대한 귀납적 벡터 표현을 생성함으로써, 기존 지식 그래프의 학습 과정에서 보지 못했던 새로운 엔티티와 관계에 대한 지식 표현을 재학습없이 지식으로서의 타당성(Plausibility)을 검증하고, 진화하는 엔티티와 관계를 일반화하고, 제로샷 지식 그래프를 확장할 수 있다.
- [0023] 지식 그래프는 엔티티와 관련된 실세계의 사실을 구조화하고 기계 이해를 위해 사실을 유기적으로 연결하는 데이터 모델이다. 지식 그래프 내 각각의 사실은 일반적으로 방향성을 지닌 엣지(Edge)인 관계(Relationship)  $\langle h, r, t \rangle$ 로 표현되며, 노드(Node)인 헤드 엔티티  $h$ 와 테일 엔티티  $t$ 는 엣지 타입인 의미적 관계(Semantic Relation)를 통해 서로 연결된다.
- [0024] 링크 예측과 트리플 분류를 수행하는 지식 그래프 완성에서 지식 그래프 임베딩(KGE, Knowledge Graph Embedding)은 엔티티-관계 수준에서의 구조적 정보를 저차원 벡터로 표현되는 태스크 기반의 잠재 특징으로 변환한다.
- [0025] 링크 예측은 사실  $\langle h, r, t \rangle$ 에서 두 개의 요소가 주어지면(예를 들어  $\langle ?, r, t \rangle$ ,  $\langle h, ?, t \rangle$ ,  $\langle h, r, ? \rangle$ ),  $?$ 에 대한 엔티티 또는 관계 후보(예컨대,  $h$ ,  $r$ ,  $t$ )들에 대해 후보 사실을 평가하여 타당성 점수를 측정한다. 가장 높은 타당성 점수를 생산하는  $?$ 를 결정한다.
- [0026] 트리플 분류는 학습 데이터 세트에서 보지 못한 사실이 유효한지 아닌지를 사전에 학습한 특정 관계 임계치를 기반으로 체크한다. 지식 그래프 완성은 지식 그래프 내 존재하는 사실의 전체적인 타당성 점수를 최대화하면서 학습을 수행한다. 주어진 사실의 타당성 점수에 기반하여, 지식 그래프 완성 태스크는 불완전하고 노이즈가 많



은 지식 그래프를 정제할 수 있다.

- [0027] 기존의 지식 그래프 기술이 엔티티 및 관계 집합이 고정된 정적 지식 그래프에 대해서만 학습 가능한 문제를 해결하기 위해서, 본 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 장치는 기존의 지식 그래프와 새로운(unseen) 트리플 사이의 공유되는 부가 정보로부터 새로운 엔티티와 관계가 포함된 트리플을 일반화하고 임베딩 벡터 표현을 귀납적(Inductive)으로 생성한다.
- [0028] 트리플에서 관계는 헤드 엔티티와 테일 엔티티의 유형을 제약하는 부가 정보를 포함하는 것을 고려하여, 제로샷 지식 그래프 완성 장치는 관계의 부가 정보인 엔티티 유형 제약사항과 관계 이름을 활용하여 엔티티의 설명, 유형, 이름으로부터 트리플의 특징 정보를 추출한다. 정교한 수준의 판단력을 가진 임베딩 벡터 표현을 생성하기 위해서 이웃 트리플 특징 정보를 수집하는 과정에서 이웃 트리플의 중요도에 따라 불필요한 정보를 최소화하면서 중요한 정보에 집중하여 수집한다. 즉, 그래프의 이웃 트리플에 어텐션 메커니즘을 적용하고, 관계의 유형 제약사항을 기반으로 이웃 정보를 전파하여 불필요한 정보 수집을 최소화한다.
- [0029] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 제로샷 지식 그래프 완성 방법을 예시한 흐름도이고, 도 3은 제로샷 지식 그래프 완성 방법의 각 동작을 예시한 도면이고, 도 4는 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 처리하는 지식 그래프를 예시한 도면이다. 제로샷 지식 그래프 완성 방법은 컴퓨팅 디바이스 또는 제로샷 지식 그래프 완성 장치에 의하여 수행될 수 있다.
- [0030] 단계 S210에서 프로세서는 지식 그래프를 획득한다. 지식 그래프는 자원 기술 프레임워크(Resource Description Framework, RDF) 규격을 만족하도록 정의될 수 있다. 도 3의 (a)는 획득된 지식 그래프를 예시한다.
- [0031] 단계 S220에서 프로세서는 지식 그래프에서 공유되는 부가 공유 정보를 이용하여 특정 관계 특징 정보를 추출한다. 단계 S220에서 프로세서는 (i) 관계 이름과 유형 제약사항을 포함하는 관계 정보 및 (ii) 엔티티 설명과 유형을 포함하는 엔티티 정보의 부가 공유 정보를 이용하여 특정 관계 특징 정보를 추출한다. 도 3의 (b)는 지식 그래프에서 추출된 특정 관계 특징 정보를 예시한다.
- [0032] 단계 S230에서 프로세서는 지식 그래프에서 멀티 홉 이웃 관계에 있는 특정 관계 특징 정보로부터 제로샷 트리플에 관한 종합 특징 정보를 생성한다. 도 3의 (c)는 멀티 홉 이웃 관계를 기반으로 생성된 종합 특징 정보를 예시한다.
- [0033] 단계 S240에서 프로세서는 종합 특징 정보의 타당성 점수를 산출한다. 도 3의 (d)는 폴리 커넥티드 레이어 기반의 모델을 통해 산출된 점수를 예시한다.
- [0034] 도 4의 지식 그래프를 참조하면, 헤드 엔티티(ex. Harvard\_University) 및 테일 엔티티 (ex. Massachusetts)는 설명 및 복수의 유형과 같은 다양한 부가 정보를 갖는다. 관계 이름(ex. State) 및 유형 제약사항(ex. Thing, PopulatedPlace)는 사실 <Harvard\_University, State, Massachusetts>에 대한 연관 설명을 획득하기 위한 정보를 제공한다. 제로샷 지식 그래프 완성 방법은 지식 그래프의 사실 간에 공유하는 부가 공유 정보로부터 특정 관계 특징 정보를 추출한다. 제로샷 시나리오에서 대상 사실 <h, r, t>은 기존의 지식 그래프에 속하지 않는 엔티티-관계와 기존의 지식 그래프에 속하는 적어도 하나의 엔티티를 포함하는 것으로 가정한다. 사실 벡터는 특징 정보로부터 귀납적으로 생성된다.
- [0035] 이하에서는 도 5 내지 도 8을 참조하여 특정 관계 특징 정보를 생성하는 동작을 설명하기로 한다.
- [0036] 도 5는 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 특정 관계 특징 정보를 추출하는 동작을 예시한 도면이다.
- [0037] 대부분의 지식 그래프 완성 모델은 학습을 위한 유일한 벡터 표현을 가지므로, 새로운 엔티티-관계에 대한 새로운 임베딩을 생성하기 쉽지 않다.
- [0038] 프로세서는 단어 임베딩, 어텐션 기반의 컨볼루션, 및 유형 매칭을 통해 각각의 트리플에 대한 헤드 엔티티-관계 벡터와 테일 엔티티-관계 벡터로부터 특정 관계 특징 정보를 추출한다.
- [0039] 도 6은 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 단어 임베딩을 수행하는 동작을 예시한 흐름도이다.
- [0040] 제로샷 지식 그래프 완성 방법은 단어 임베딩을 통해 단어를 상징적 표현(Symbolic Representation)으로 변환한다. 대부분의 관계 이름은 어휘 집합에 존재하지 않으므로, 관계 이름을 동일한 어휘 집합에 의해 공유되는 단어 수준으로 인코딩한다.
- [0041] 단계 S610에서 프로세서는 관계 이름을 엔티티 설명과 공유되는 단어 집합으로 나눈다. 사실에서 관계와 두 엔



티티 간의 상관 관계는 이름과 설명으로부터 획득될 수 있다. 단어 수준의 관계 모델링은 기존의 지식 그래프에 속하지 않는 관계를 포함하는 사실의 타당성을 예측하기 위해, 상관 관계로부터 기존의 지식 그래프에 속하지 않는 관계를 처리한다.

- [0042] 단계 S620에서 프로세서는 각 단어에 대해서 품사 분석(Lemmatization) 대신에 단어의 약어(Abbreviation)를 중심으로 순차적으로 형태소 분석(Stemming)을 수행한다.
- [0043] 단계 S630에서 프로세서는 단어를 동일한 어휘 집합에 의해 공유되는 단어 수준으로 인코딩한다. 엔티티 관련 정보는 엔티티 설명과 유형을 포함하고, 엔티티 설명에 포함된 단어 집합과 복수의 유형에 포함된 단어 집합은 상징적 표현을 나타낸다. 관계 정보는 관계 이름과 유형 제약사항을 포함하고, 유형 제약사항은 정의역(Domain)과 치역(Range)을 포함한다. 정의역(Domain)과 치역(Range)은 자원 기술 프레임워크에 의해 정의된다.
- [0044] 각 단어는 임베딩 매트릭스  $\mathbf{W} \in \mathbb{R}^{d \times |\mathcal{W}|}$ 의  $d$  차원 벡터 표현으로 인코딩된다.  $|\mathcal{W}|$ 는 어휘 집합의 크기이다.
- [0045] 도 7은 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 어텐션 기반의 컨볼루션을 수행하는 동작을 예시한 흐름도이다.
- [0046] 제로샷 지식 그래프 완성 방법은 어텐션 기반의 컨볼루션 모델을 통해 특정 관계 특징 정보를 생성한다.
- [0047] 컨볼루션 모델은 컨볼루션 필터를 적용하여 특정 벡터를 추출하는 레이어를 포함한다. 레이어는 특징을 추출하는 컨볼루션 레이어(Convolution Layer)와 대표 특징을 선택하여 서브 샘플링을 수행하는 맥스 풀링 레이어(Max Pooling Layer)를 포함할 수 있다. 컨볼루션 모델은 컨볼루션 필터를 공유할 수 있고, 레이어는 파라미터를 포함할 수 있고, 레이어의 파라미터는 학습가능한 필터 집합을 포함한다. 파라미터는 노드 간의 가중치( $\omega$ ) 및/또는 바이어스( $b$ )를 포함할 수 있다.
- [0048] 단계 S710에서 프로세서는 임베딩 룩업을 통해 엔티티 설명의 단어 벡터를 엔티티 설명 매트릭스로 변환하고, 관계 이름의 단어 벡터를 관계 이름 매트릭스로 변환하고, 유형 제약사항의 단어 벡터를 유형 제약사항 매트릭스로 변환한다. 임베딩 룩업 테이블은 리스트 형태로 담긴 데이터를 입력받는 인덱스에 따라 룩업해서 사용한다.
- [0049] 단계 S720에서 프로세서는 엔티티 설명 매트릭스에 관계 이름 매트릭스 및 유형 제약사항 매트릭스를 기준으로 어텐션 가중치를 적용한다. 프로세서는 관계 이름 매트릭스와 유형 제약사항 매트릭스를 결합하고 어텐션 기반의 컨볼루션 모델로 전달한다. 어텐션 매트릭스는 수학식 1과 같이 표현된다.

### 수학식 1

$$\mathbf{A} = \tanh(\mathbf{D}'_h \mathbf{W} \text{cat}(\mathbf{w}_d, \mathbf{U}_r))$$

- [0050]
- [0051]  $\mathbf{A}$ 는 어텐션 매트릭스이고,  $\mathbb{W}$ 는 가중치 매트릭스이다.  $\mathbf{D}'_h$ 는 컨볼루션 결과이다.
- [0052] 추출된 특정 관계 특징 벡터는 수학식 2와 같이 표현된다. 프로세서는 헤드 엔티티-관계에 관한 특정 관계 특징 벡터와 테일 엔티티-관계에 관한 특정 관계 특징 벡터를 결합한다.

### 수학식 2

$$\mathbf{f}_{hrt} = \begin{bmatrix} \mathbf{e}_{hr} \\ \mathbf{e}_{tr} \end{bmatrix}$$

- [0053]
- [0054] 도 8은 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 유형 매칭을 수행하는 동작을 예시한 흐름도이다.
- [0055] 제로샷 지식 그래프 완성 방법은 유형 매칭을 통해 헤드 엔티티-관계 벡터와 테일 엔티티-관계 벡터에 대한 사실 표현의 유효성을 판단한다. 유형은 타당성의 범위를 줄이는데 사용된다.
- [0056] 단계 S810에서 프로세서는 마스크를 통해 유형 제약사항 중에서 정의역(Domain)과 헤드 엔티티의 유형을 핫벡터

로 변환하고 비교한 헤드 엔티티-관계 유효성(Validity)을 산출하고, 유형 제약사항 중에서 치역(Range)과 테일 엔티티의 유형을 핫벡터로 변환하고 비교한 헤드 엔티티-관계 유효성을 산출한다.

[0057] 단계 S810에서 프로세서는 헤드 엔티티-관계 유효성 및 테일 엔티티-관계 유효성을 특정 관계 특징 정보에 적용한다. 유효성은 0 또는 1의 값으로 표현될 수 있다. 유효성이 적용된 특정 관계 특징 정보는 수학적식 3과 같이 표현된다.

### 수학적식 3

$$f_{hrt} \leftarrow f_{hrt} \times ((t_h * t_{r,d}) \times (t_t * t_{r,r}))$$

[0058]

[0059] 이하에서는 도 9 및 도 10을 참조하여 종합 특징 정보를 생성하는 동작을 설명하기로 한다.

[0060] 도 9는 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 멀티 홉 이웃 관계에 있는 특정 관계 특징 정보로부터 종합 특징 정보를 생성하는 동작을 예시한 도면이고, 도 10은 제로샷 지식 그래프 완성 방법이 셀프 어텐션을 적용하여 종합 특징 정보를 생성하는 동작을 예시한 도면이다.

[0061] 지식 그래프의 임의의 구조로 인하여, 기존의 지식 그래프 완성 모델은 1 홉 이웃 또는 관계 경로 등의 지역 이웃 구조를 이용한다. 제로샷 지식 그래프 완성 방법은 전역 구조 정보를 엔티티-관계 임베딩에 추가할 수 있다.

[0062] 프로세서는 특정 관계 특징 정보를 멀티 홉 이웃 관계에 따른 전파 경로를 통해 누적하여 종합 특징 정보를 생성한다. 멀티 홉 이웃을 탐색할 때, 최대 깊이 K에 따른 깊이 검색을 수행한다. 종합 특징 정보에 대한 타당성 점수를 산출할 수 있다.

[0063] 프로세서는 중요도가 높은 이웃의 특정 관계 특징 정보를 수집하기 위해서 특정 관계 특징 정보에 셀프 어텐션을 적용한다.

[0064] 깊이 K를 갖는 사실  $f_{hrt_i}$ 에 대해서 수집 함수  $AGGREGATE_k$ 는 사실  $f_{hrt_i}$ 의 특정 관계 사실 벡터  $\{f_{hrt_j} | \forall f_{hrt_j} \in \mathcal{N}_{f_{hrt_i}}\}$ 를 획득한다.  $\mathcal{N}_{f_{hrt_i}}$ 는 사실  $f_{hrt_i}$ 의 다양한 크기를 갖는 자식 사실 세트이다.  $f_{hrt_j}$ 는 사실  $f_{hrt_i}$ 의 하나의 자식 사실이다.  $\mathcal{N}_{hrt_i}$ 는 특정 관계 사실 벡터 집합에 관한 매트릭스 표현이다.

[0065] 어텐션 메커니즘은 자식 사실들  $\mathcal{N}_{hrt_i}$ 의 특정 관계 사실 벡터  $\mathcal{N}_{hrt_i}$ 와 부모 사실 벡터  $f_{hrt_i}$ 를 이용하여 어텐션 가중치를 산출한다. 각 자식 사실과 부모 사실 간의 관계는 수학적식 4와 같이 표현된다.

### 수학적식 4

$$a_{ij} = \text{softmax}_j(\text{score}(\mathcal{N}_{hrt_i}, f_{hrt_i}))$$

$$= \frac{\exp(\text{score}_j(\mathcal{N}_{hrt_i}, f_{hrt_i}))}{\sum_{l \in \mathcal{N}_{f_{hrt_i}}} \exp(\text{score}_l(\mathcal{N}_{hrt_i}, f_{hrt_i}))}$$

[0066]

[0067] 어텐션 가중치  $a_{ij}$ 는 부모 사실  $f_{hrt_i}$ 을 고려하면서 자식 사실들  $\mathcal{N}_{hrt_i}$ 에 결합된 자식 사실  $f_{hrt_j}$ 의 중요도를 나타

내고,  $\{a_{ij} | \forall f_{hrt_j} \in \mathcal{N}_{f_{hrt_i}}\}$ 의 합을 1로 만드는 소프트맥스 함수를 통해  $\mathcal{N}_{hrt_i}$ 의 어텐션 점수로부터 획득된다. 어텐션 점수는 수학적식 5와 같이 표현된다.

### 수학식 5

$$score(\mathbf{f}_{hrt_i}, \mathbf{f}_{hrt_j}) = \mathbf{w}_a^T \tanh(\mathbf{W}_a \begin{bmatrix} \mathbf{f}_{hrt_i} \\ \mathbf{f}_{hrt_j} \end{bmatrix})$$

[0068]

$\mathbf{W}_a$ 와  $\mathbf{w}_a$ 는 동일한 깊이  $K$ 를 공유하는 수집 함수의 파라미터이다.

[0069]

특정 관계 사실 벡터  $\{\mathbf{f}_{hrt_j} | \forall \mathbf{f}_{hrt_j} \in \mathcal{N}_{f_{hrt_i}}\}$ 는 어텐션 가중치와 결합된다.

[0070]

### 수학식 6

$$\mathbf{c}_{f_{hrt_i}} = \tanh \left( \sum_{\mathbf{f}_{hrt_j} \in \mathcal{N}_{f_{hrt_i}}} a_{ij} \mathbf{f}_{hrt_j} \right)$$

[0071]

$\mathbf{c}_{f_{hrt_i}}$ 는 부모 사실  $f_{hrt_i}$ 의 문맥 정보를 나타내는 결합 벡터이다. 수학식 7과 같이 문맥 정보  $\mathbf{c}_{f_{hrt_i}}$ 는 부모 사실 벡터  $\mathbf{f}_{hrt_i}$ 와 결합된다.

[0072]

### 수학식 7

$$\tilde{\mathbf{f}}_{hrt_i} = \text{AGGREGATE}_k(\mathcal{N}_{hrt_i}, \mathbf{f}_{hrt_i}) = \mathbf{c}_{f_{hrt_i}} + \mathbf{f}_{hrt_i}$$

[0073]

$\tilde{\mathbf{f}}_{hrt_i}$ 는  $f_{hrt_i}$ 의 문맥 기반 특정 관계 사실 벡터이다. 종합 특징 벡터가 생성될 때까지 깊이 탐색을 수행하고, 경과 경로를 따라 특정 관계 사실 벡터  $\mathbf{f}_{hrt_i}$ 를 문맥 기반 특정 관계 사실 벡터  $\tilde{\mathbf{f}}_{hrt_i}$ 로 교체한다.

[0074]

### 수학식 8

$$\mathbf{f}_{hrt_i} \leftarrow \tilde{\mathbf{f}}_{hrt_i} = \text{AGGREGATE}_k(\mathcal{N}_{hrt_i}, \mathbf{f}_{hrt_i})$$

[0075]

프로세서는 타당성 점수를 산출한다. 프로세서는 폴리 커넥티드 레이어 기반의 점수 모델을 통해 제로샷 트리플에 대한 특정 관계 임계치를 만족하는지 여부를 평가한다.

[0076]

지식 그래프 완성 방법은 사실의 타당성을 확인하기 위해 주어진  $\langle h, r, t \rangle$  팩트에 점수를 매긴다. 후보 엔티티인  $h$  및  $t$  각각에 대해 점수화 함수로  $\langle h, r, t \rangle$  팩트를 평가한다.

[0077]

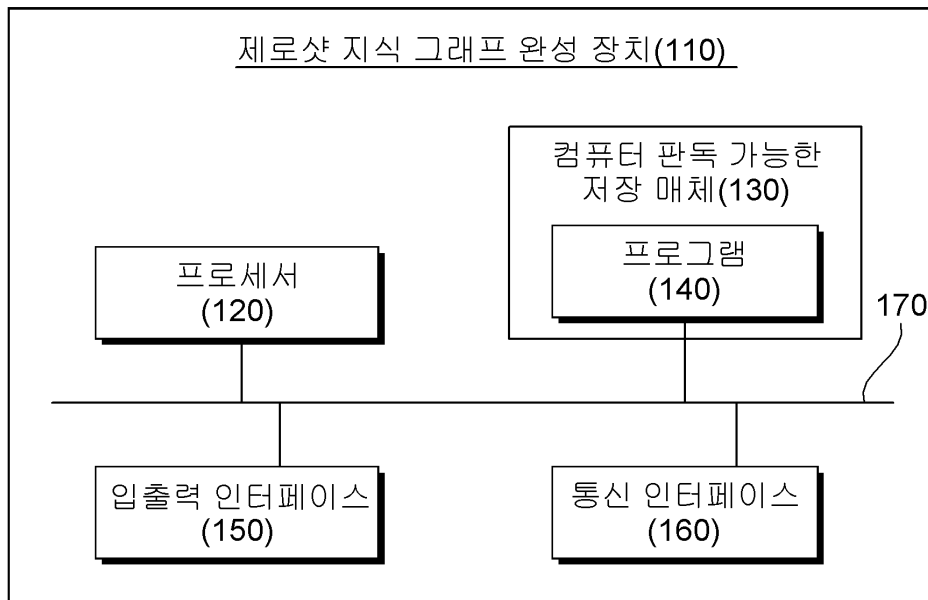
제로샷 지식 그래프 완성 장치는 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 이들의 조합에 의해 로직회로 내에서 구현될 수 있고, 범용 또는 특정 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수도 있다. 장치는 고정배선형(Hardwired) 기기, 필드 프로그램 가능한 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array, FPGA), 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 등을 이용하여 구현될 수 있다. 또한, 장치는 하나 이상의 프로세서 및 컨트롤러를 포함한 시스템온칩(System on Chip, SoC)으로 구현될 수 있다.

[0078]

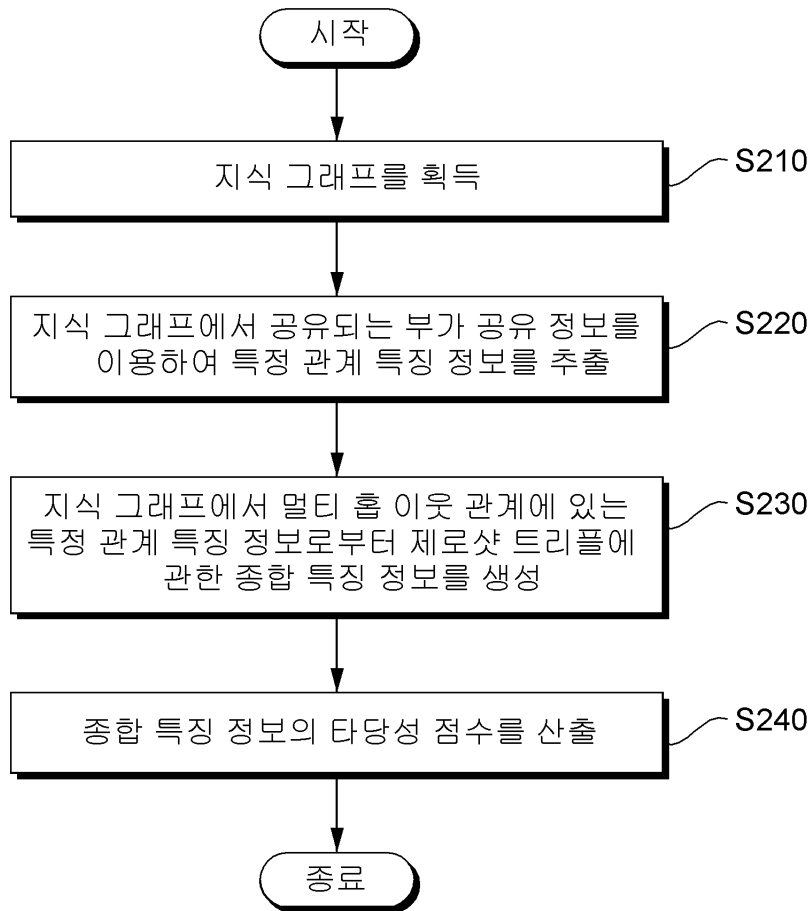
- [0079] 제로샷 지식 그래프 완성 장치는 하드웨어적 요소가 마련된 컴퓨팅 디바이스 또는 서버에 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합하는 형태로 탑재될 수 있다. 컴퓨팅 디바이스 또는 서버는 각종 기기 또는 유무선 통신망과 통신을 수행하기 위한 통신 모듈 등의 통신장치, 프로그램을 실행하기 위한 데이터를 저장하는 메모리, 프로그램을 실행하여 연산 및 명령하기 위한 마이크로프로세서 등을 전부 또는 일부 포함한 다양한 장치를 의미할 수 있다.
- [0080] 도 2, 도 6 내지 도 8에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 2, 도 6 내지 도 8에 기재된 순서를 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능할 것이다.
- [0081] 본 실시예들에 따른 동작은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는 데 참여한 임의의 매체를 나타낸다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, 자기 매체, 광기록 매체, 메모리 등이 있을 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드, 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.
- [0082] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

## 도면

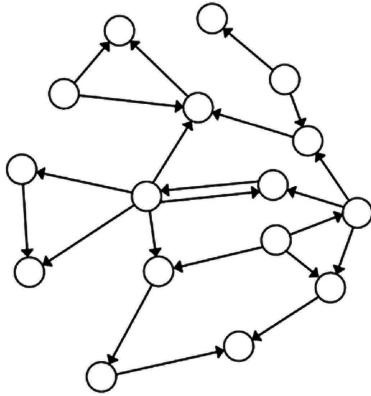
### 도면1



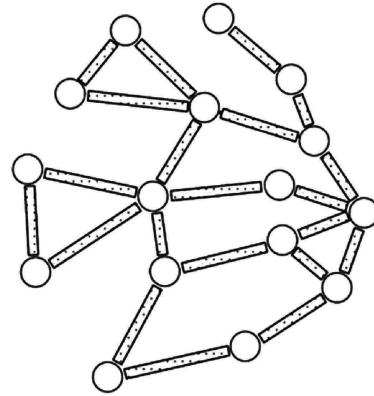
도면2



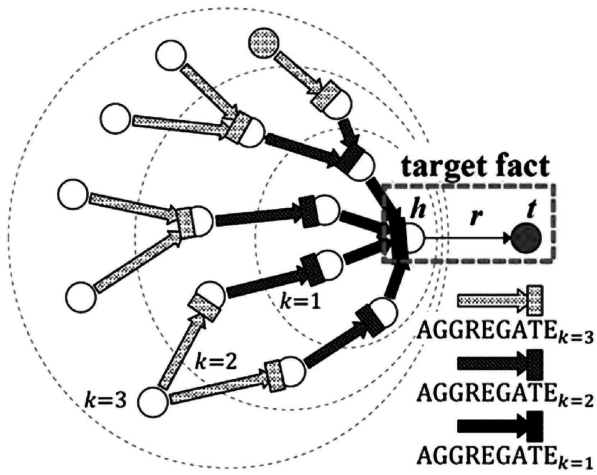
도면3



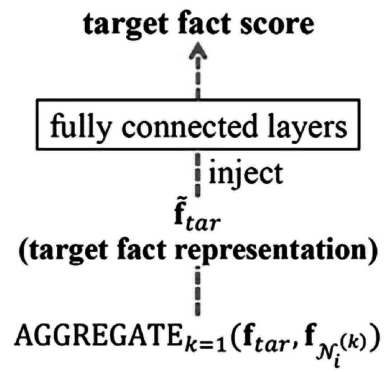
(a) a sample knowledge graph



(b) relation-specific fact feature extraction

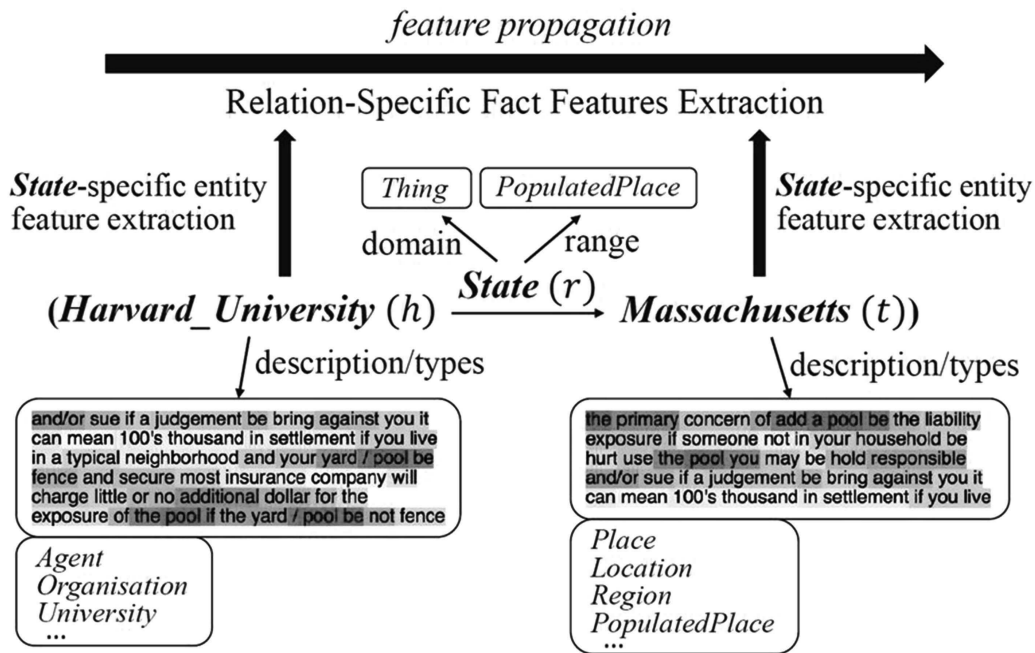


(c) attentive feature aggregation



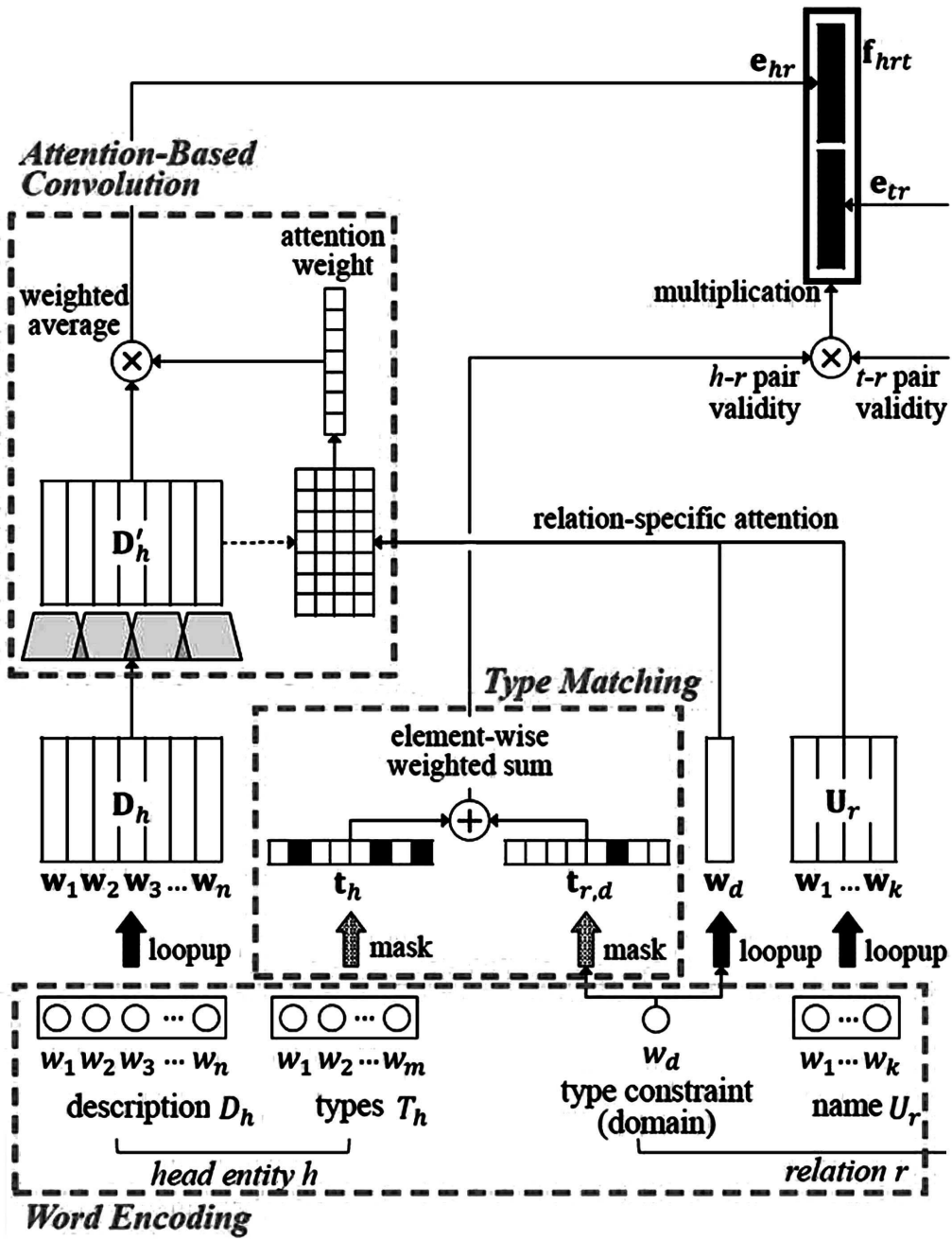
(d) fact scoring

도면4

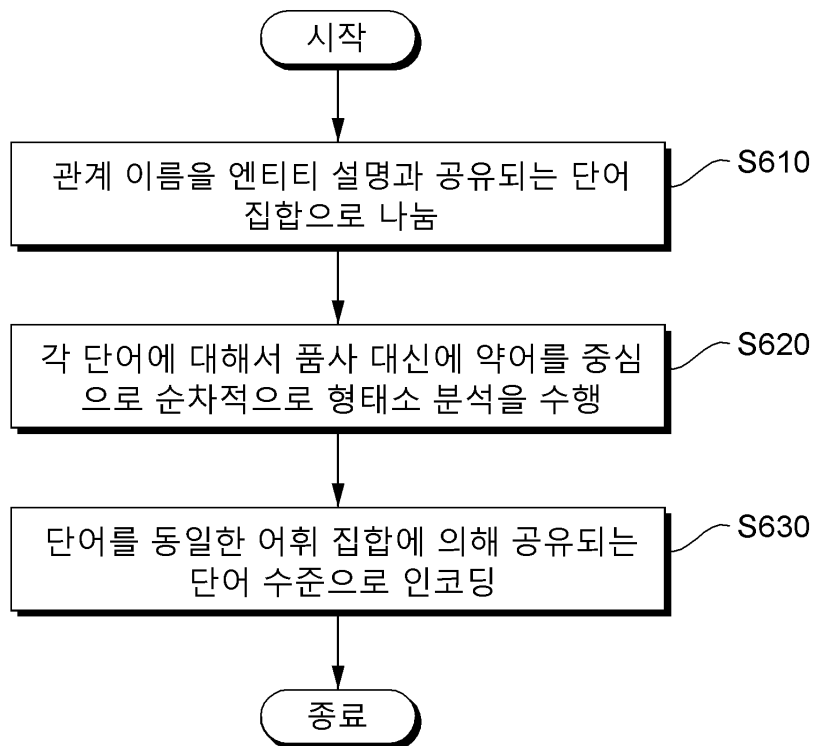




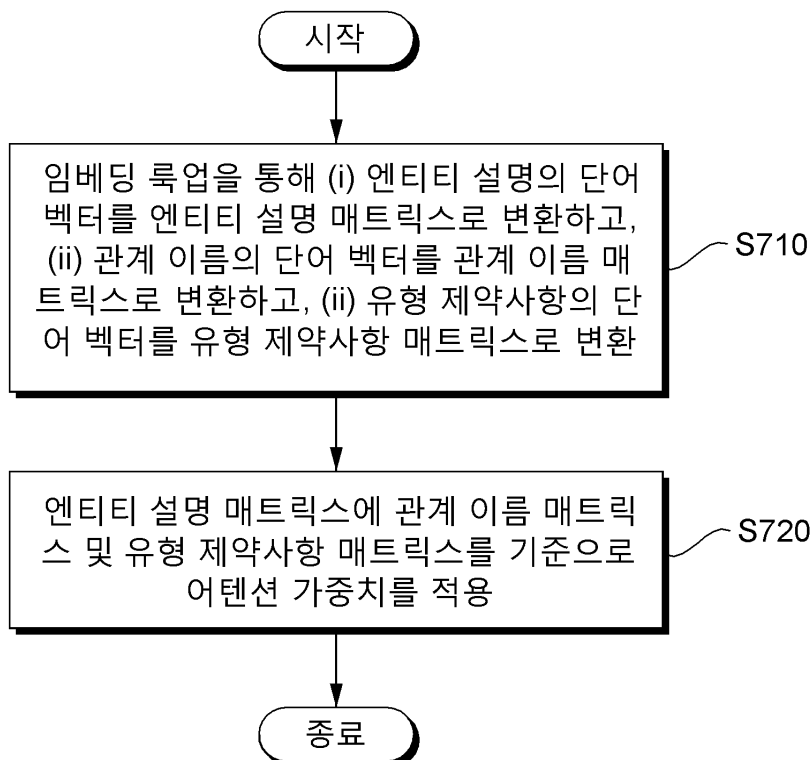
도면5



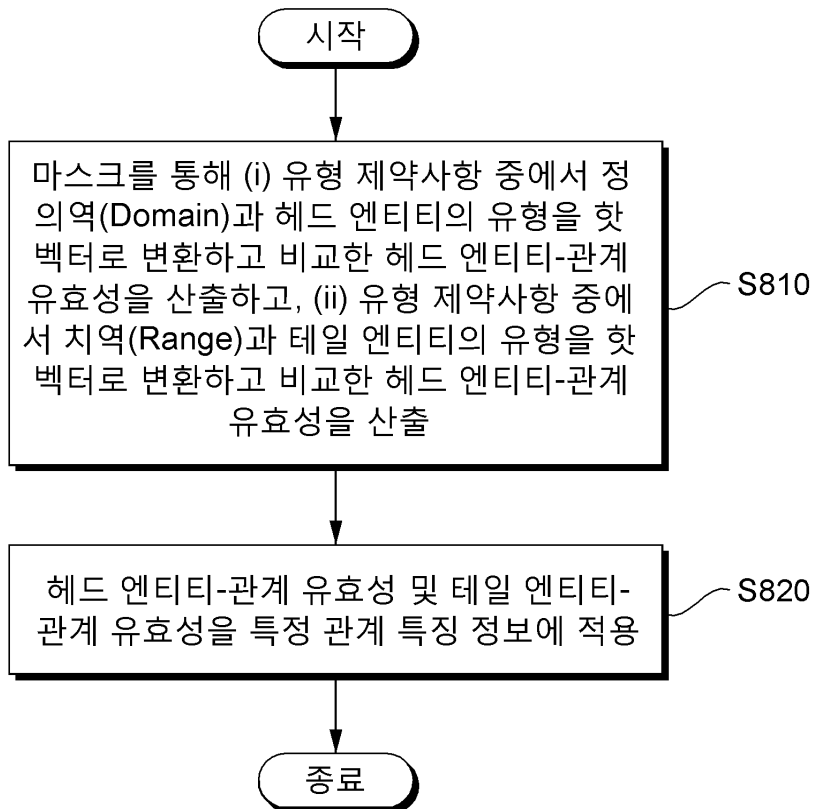
도면6



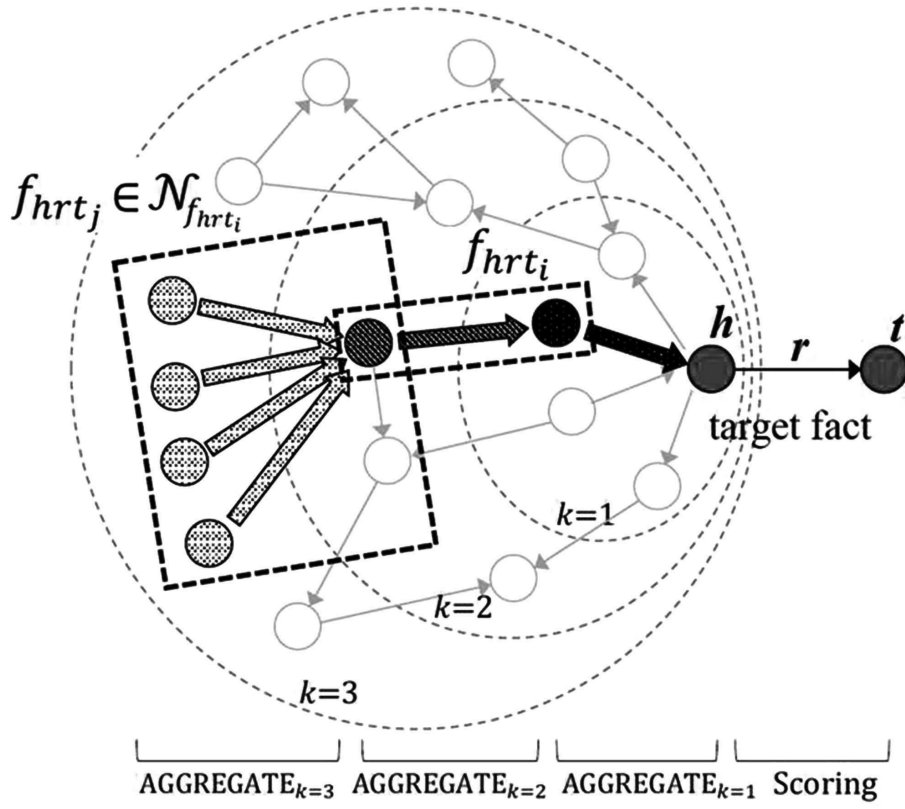
도면7



도면8



도면9



도면10

