

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2020-0137765  
(43) 공개일자 2020년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06F 16/245 (2019.01) G06F 16/28 (2019.01)  
(52) CPC특허분류  
G06F 16/245 (2019.01)  
G06F 16/283 (2019.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0064611  
(22) 출원일자 2019년05월31일  
심사청구일자 2019년05월31일

(71) 출원인  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
이경호  
서울특별시 중구 다산로 32, 5동 1002호 (신당동, 남산타운)  
김웅남  
서울특별시 서대문구 거북골로20길 53-13, 401호 (북가좌동)  
(74) 대리인  
특허법인우인

전체 청구항 수 : 총 14 항

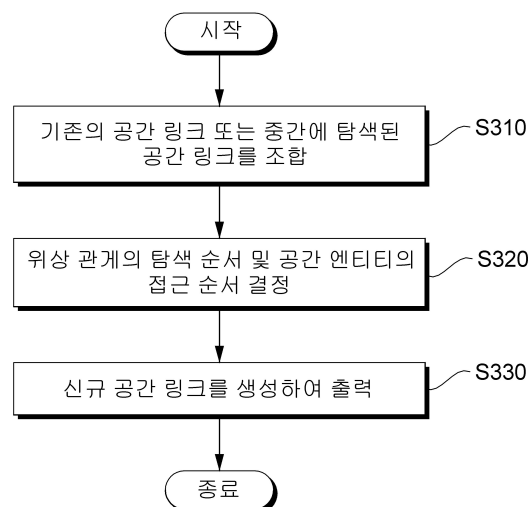
(54) 발명의 명칭 공간 링크 탐색 방법 및 그를 위한 장치

## (57) 요약

공간 링크 탐색 방법 및 그를 위한 장치를 개시한다.

본 발명의 실시예에 따른 공간 링크 탐색 방법은, 기존의 공간 링크 또는 중간에 탐색된 공간 링크를 조합하는 단계; 및 (i) 위상 관계의 탐색 순서 및 (ii) 공간 엔티티의 접근 순서에 따라 신규 공간 링크를 탐색하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도8



(52) CPC특허분류

**G06F 16/284** (2019.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |  |
|-------------|--|
| 과제고유번호      | NRF-2016R1A2B4015873                     |
| 부처명         | 과학기술정보통신부                                |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단                                   |
| 연구사업명       | 한국연구재단 중견연구자지원사업                         |
| 연구과제명       | 사물인터넷을 위한 복합 이벤트 처리 기반 개인맞춤 상황인지형 추천 시스템 |
| 기 여 율       | 1/1                                      |
| 과제수행기관명     | 연세대학교                                    |
| 연구기간        | 2016.06.01 ~ 2019.05.31                  |

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

공간 링크 탐색장치에서 공간 링크를 탐색하는 방법에 있어서,  
 기존의 공간 링크 또는 중간에 탐색된 공간 링크를 조합하는 단계; 및  
 (i) 위상 관계의 탐색 순서 및 (ii) 공간 엔티티의 접근 순서에 따라 신규 공간 링크를 탐색하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 상기 공간 링크를 조합하는 단계는,  
 소스 공간 엔티티 집합(S), 대상 공간 엔티티 집합(T), 기존 공간 링크 집합(Slink) 및 위상 관계를 위한 심플 추론 규칙(SIRTR)을 기반으로 신규 공간 링크( $Slink_{(s, t)}$ )를 조합하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,  
 상기 공간 링크를 조합하는 단계는,  
 하나의 관계만을 생성하는 조합 방식을 기반으로 상기 신규 공간 링크( $Slink_{(s, t)}$ )를 조합하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,  
 상기 신규 공간 링크를 탐색하는 단계는,  
 위상 관계를 랭크(Rank)하기 위한 스코어 함수를 이용하여 상기 위상 관계의 탐색 순서를 결정하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,  
 상기 신규 공간 링크를 탐색하는 단계는,  
 위상 관계(tr)의 재사용 가능성( $Ru(tr)$ ), 조합 가능성( $Cp(tr)$ ) 및 계산 비용( $Cc(tr)$ )을 이용하여 상기 스코어 함수에 따른 스코어를 산출하고, 상기 스코어에 따라 상기 위상 관계의 탐색 순서를 결정하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,  
 상기 신규 공간 링크를 탐색하는 단계는,  
 재사용 가능성( $Ru(tr)$ )을 조합 가능성( $Cp(tr)$ )과 계산 비용( $Cc(tr)$ )을 곱한 값으로 나누어 상기 스코어를 산출하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 신규 공간 링크를 탐색하는 단계는,

특정 공간을 소정의 길이를 가지는 극좌표 각도(hrs)로 인덱싱하고, 상기 적어도 하나의 공간 엔티티를 상기 극좌표 각도(hrs)에 맵핑하여 공간 엔티티의 접근 순서를 결정하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 방법.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 신규 공간 링크를 탐색하는 단계는,

상기 극좌표 각도(hrs)에 맵핑된 상기 적어도 하나의 공간 엔티티의 개수를 내림차순으로 정렬하여 상기 공간 엔티티의 접근 순서를 결정하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 방법.

#### 청구항 9

공간 링크 탐색하는 장치에 있어서,

기존의 공간 링크 또는 중간에 탐색된 공간 링크를 조합하는 공간 링크 조합부; 및

(i) 위상 관계의 탐색 순서 및 (ii) 공간 엔티티의 접근 순서에 따라 신규 공간 링크를 탐색하는 신규 공간 링크 탐색부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 장치.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 공간 링크 조합부는,

소스 공간 엔티티 집합(S), 대상 공간 엔티티 집합(T), 기존 공간 링크 집합(Slink) 및 위상 관계를 위한 심플 추론 규칙(SIRTR)을 기반으로 신규 공간 링크(Slink<sub>(s, t)</sub>)를 조합하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 장치.

#### 청구항 11

제9항에 있어서,

상기 신규 공간 링크 탐색부는,

위상 관계를 랭크(Rank)하기 위한 스코어 함수를 이용하여 상기 위상 관계의 탐색 순서를 결정하며,

위상 관계(tr)의 재사용 가능성(Ru(tr)), 조합 가능성(Cp(tr)) 및 계산 비용(Cc(tr))을 이용하여 상기 스코어 함수에 따른 스코어를 산출하고, 상기 스코어에 따라 상기 위상 관계의 탐색 순서를 결정하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 장치.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 신규 공간 링크 탐색부는,

재사용 가능성(Ru(tr))을 조합 가능성(Cp(tr))과 계산 비용(Cc(tr))을 곱한 값으로 나누어 상기 스코어를 산출하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 장치.

#### 청구항 13

제9항에 있어서,

상기 신규 공간 링크 탐색부는,

특정 공간을 소정의 길이를 가지는 극좌표 각도(hrs)로 인덱싱하고, 상기 적어도 하나의 공간 엔티티를 상기 극좌표 각도(hrs)에 맵핑하여 공간 엔티티의 접근 순서를 결정하는 것을 특징으로 하는 공간 링크 탐색 장치.

## 청구항 14

컴퓨터에 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 공간 링크 탐색 방법을 실행시키기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터프로그램.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 공간 링크를 탐색하는 방법 및 그를 위한 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

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

[0003] 지식 공유 커뮤니티의 증가 및 자동 정보 추출 기술의 발전에 힘입어, 대규모 지식 베이스가 구축되고 웹상에서 접근이 가능하다. 대표적인 예로는 DBpedia, YAGO, Freebase 등이 있다. 지식 베이스는 방대한 양의 고품질 시맨틱 데이터를 유지관리하고 이러한 데이터는 WWW 표준인 RDF 데이터 모델을 따른다.

[0004] 최근 지식 베이스는 공간 시맨틱 정보로 보강되고 있다. DBpedia의 약 11% 정점은 공간 정보를 포함하고 있고 YAGO2의 경우 이 비율은 59%로 상승하였다. 이러한 공간 정보의 증가는 지식 그래프를 대상으로 위치 기반 질의를 수행가능하다.

[0005] 공간 RDF 데이터를 위한 추출, 정제, 생성 및 출판 기술이 발전함에 따라 공간 RDF 데이터셋의 수량이 증가하고 있다. 연결된 데이터 원칙을 준수하는 공간 RDF 데이터셋은 링크드 오픈 데이터(linked open data, LOD) 클라우드에 게재된다. 예를 들면 LinkedGeoData, Greek Linked Open Data, NUTS 등이 있다. 이러한 데이터를 공간 링크드 데이터 또는 공간 LOD 데이터라고 칭한다.

[0006] 공간적으로 연결된 데이터 세트(datasets)가 LOD 클라우드에 추가되는 동안, 공간 엔티티들은 단지 서로 희박하게 연결된다. 일반적인(비 공간적인) LOD 데이터 세트의 44 %는 다른 데이터 세트와 연결되어 있지 않으며, 공간적으로 연결된 데이터 세트의 경우, 공간 엔티티들(ses)의 7.1 % 만이 다른 엔티티에 연결되어 있다. 공간 링크는 구조화된 기계 학습(machine learning), 연합 쿼리 응답(answering federated queries), 복잡한 질문(complex questions) 등과 같은 애플리케이션의 확장성을 달성하기 위하여 핵심적인 역할을 하기 때문에 엔티티 간의 공간 링크 제공은 중요하다.

[0007] 공간 링크를 탐색하는 기존의 접근 방법은 주로 공간 엔티티들(ses) 사이의 공간 동등성 관계를 찾는데 초점을 맞추었으며, 이는 다른 공간적 관계 예를 들어, 위상 관계 등은 발견할 수 없다는 문제점이 있다. 최근에는 위상 관계의 공간 링크 탐색에 대한 연구가 진행되고 있다.

[0008] 위상 관계의 공간 링크 탐색에 대한 종래 기술은, ESRI Geometry API의 도움으로 토폴로지 관계를 발견하는 기술을 필터하는 것을 의미하는 온톨로지 매칭 시스템인 AML, OGC 표준인 위상 기하학 모델로 두 기하학 간의 공간 관계를 설명하는 데 사용되는 DE-9IM(Dimensionally Extended 9-Intersection Model), DE-9IM 표준에 따라 두 개의 공간 엔티티들(ses) 사이의 위상 관계를 계산하고 탐색 공간을 줄이기 위해 Blocking 기법을 사용하는 SILK, 공간 타일링, MBB (Minimum Bounding Box) 기반 근사 및 최소 색인 생성 기술을 결합하여 DE-9IM 기반 계산의 횟수를 최소화하는 RADON 등이 있다.

[0009] 하지만, 인덱싱 및 MBB 기반 근사 처리 방식을 적용한 후에도, DE-9IM 기반으로 계산해야 하는 수는 여전히 상대적으로 크다. 즉, DE9-IM 계산 자체가 고비용이고 기존 방법의 검색 공간을 줄이는 기술을 적용하여도 상대적으로 많은 양의 DE9-IM 계산 횟수가 요구되기 때문에 위상학적 관계 탐색 시간이 길다는 한계점이 존재한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 공간 링크를 조합하고, 위상 관계의 탐색 순서 및 공간 엔티티의 접근 순서를 기반으로 신규 공간 링

크를 탐색하는 공간 링크 탐색 방법 및 그를 위한 장치를 제공하는 데 주된 목적이 있다.

### 과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일 측면에 의하면, 상기 목적을 달성하기 위한 공간 링크 탐색 방법은, 기존의 공간 링크 또는 중간에 탐색된 공간 링크를 조합하는 단계; 및 (i) 위상 관계의 탐색 순서 및 (ii) 공간 엔티티의 접근 순서에 따라 신규 공간 링크를 탐색하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 본 발명의 다른 측면에 의하면, 상기 목적을 달성하기 위한 공간 링크 탐색장치는, 기존의 공간 링크 또는 중간에 탐색된 공간 링크를 조합하는 공간 링크 조합부; 및 (i) 위상 관계의 탐색 순서 및 (ii) 공간 엔티티의 접근 순서에 따라 신규 공간 링크를 탐색하는 신규 공간 링크 탐색부를 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

[0013] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 DE-9IM 계산의 횟수를 줄일 수 있는 효과가 있다.

[0014] 또한, 본 발명은 DE-9IM 기반 계산과 비교할 때 상대적으로 비용이 적게 들며, 기존의 접근 방식보다 더 나은 효율성을 달성할 수 있는 효과가 있다.

[0015] 또한, 본 발명은 종래의 공간 링크 탐색 기법에 비해 위상 관계에 따른 공간 링크를 빠르고 정확하게 탐색할 수 있는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 통계지역 단위 명명법(NUTS)에서 추출된 공간 링크된 데이터를 나타낸 예시도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 공간 링크 탐색 방법을 설명하기 위한 NUTS 방식의 지오메트리(geometry)를 나타낸 예시도이다.

도 3은 일반적인 심플 피쳐 관계를 나타낸 예시도이다.

도 4는 두 개의 지오메트리 g1과 g2 사이의 RCC8 관계의 예를 나타낸다.

도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 실시예에 따른 공간 링크 탐색방법의 탐색 알고리즘을 나타낸다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 공간 링크 탐색 시스템을 예시한 블록도이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 공간 링크 탐색장치를 개략적으로 나타낸 블록 구성도이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 공간 링크 탐색 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다. 또한, 이하에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명할 것이나, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정하거나 제한되지 않고 당업자에 의해 변형되어 다양하게 실시될 수 있음은 물론이다. 이하에서는 도면들을 참조하여 본 발명에서 제안하는 위상 관계 기반의 공간 링크 탐색 방법 및 그를 위한 장치에 대해 자세하게 설명하기로 한다.

[0018] 본 발명에 따른 공간 링크 탐색 방법 및 그를 위한 장치는 공간 링크 조합 모델 및 모델의 사용성을 최대화하기 위한 두가지 전략을 설계함으로써 기존의 공간 링크를 활용하여 간단한 추론으로 신규 링크를 생성할 수 있다. 본 발명은 고비용의 DE9-IM 계산의 횟수를 줄일 수 있고, 공간 링크 조합을 이용함에 따라 DE9-IM 기반 계산보다 컴퓨팅 비용이 적게 들기 때문에 공간 엔티티 사이의 위상 관계를 빠르게 찾아낼 수 있다.

[0019] 이하, 본 발명의 공간 링크 탐색 방법 및 그를 위한 장치를 설명하기 위한 관련 기술에 대해 설명하도록 한다.

[0020] 지식 공유 커뮤니티의 증가 및 자동 정보 추출 기술의 발전에 힘입어, 대규모 지식 베이스가 구축되고 웹상에서 접근이 가능하다. 대표적인 예로는 DBpedia, YAGO, Freebase 등이 있다. 지식 베이스는 방대한 양의 고품질 시맨틱 데이터를 유지관리하고 이러한 데이터는 W3C 표준인 RDF(Resource Description Framework) 데이터 모델을

따른다.

- [0021] 최근에는 RDF 모델에 대한 공간 확장에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. GeoSPARQL은 지리 공간 데이터의 표현 및 질의를 지원하는 OGC 표준이고, stRDF는 공간 및 시간 데이터를 표현할 수 있는 기능으로 RDF를 확장한다. 또한, strDF 데이터를 쿼리하기 위해 SPARQL을 확장하는 쿼리 언어 stSPARQL이 연구되고 있다.
- [0022] 한편, 공간 RDF 데이터를 위한 추출, 정제, 생성 및 출판 기술이 발전함에 따라 공간 RDF 데이터셋의 수량이 증가하고 있다. 연결된 데이터 규칙을 준수하는 공간 RDF 데이터셋은 링크드 오픈 데이터(LOD: linked open data) 클라우드에 게재되며, 예를 들면 LinkedGeoData, Greek Linked Open Data, NUTS 등일 수 있다. 이러한 데이터를 공간 링크드 데이터 또는 공간 LOD 데이터라고 칭한다.
- [0023] 예를 들어, LinkedGeoData는 OpenStreetMap에서 수집한 수백만 개의 공간 엔티티들(ses)을 설명하는 200 억 개 이상의 트리플(triple)을 포함한다. Greek Linked Open Data는 그리스 지구 데이터의 페타 바이트로부터 변환된 데이터로서, 해안선, 건물, 행정 지리학 등 다양한 측면의 데이터를 의미한다.
- [0024] 또한, 통계지역 단위 명명법(NUTS: Nomenclature of Territorial Units for Statistics, 이하, NUTS로 기재함)은 유럽 전체 지역의 영토 단위에 대한 분류 정보가 포함된다. NUTS의 공간적으로 링크된 데이터의 예는 도 1을 통해 설명하도록 한다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 통계지역 단위 명명법(NUTS)에서 추출된 공간 링크된 데이터를 나타낸 예시도이다.
- [0026] 도 1의 NUTS의 RDF 그래프를 참고하면, NUTS에서 추출된 3 개의 공간 엔티티들(ses)이 존재한다. 여기서, 3 개의 공간 엔티티들은 nuts:DEA59, nuts:DEA 및 nuts:FR를 의미한다. 각 공간 엔티티(se)는 ngeo:geometry 관계를 통해 지오메트리(geometry)에 연결된다.
- [0027] 예를 들어, 공간 엔티티 nuts:FR은 ramon:NUTSRegion의 타입을 갖는 지역을 의미한다. 또한, 공간 엔티티 nuts:FR은 FR-FRANCE이라는 레이블(Label)을 통해 프랑스(French) 지역인 것으로 추정할 수 있다.
- [0028] 게다가, 공간 엔티티 nuts:FR은 다중 다각형 타입의 지오메트리(geometry) nuts:FR\_geometry와 연결되며, ngeo와 ramon은 지리적 지역을 설명하기 위한 온톨로지이다. 여기서, 온톨로지는 일반적으로 개념화된 것을 형식적으로 명백하게 기술하는 명세(an explicit formal specification of a shared conceptualization)하는 것이며, 인공 지능(AI), 시맨틱 웹(semantic web), 자연어 처리(NLP: Natural Language Processing), 문헌정보학 등 여러 분야에서 지식 처리, 공유, 재사용 등에 활용된다.
- [0029] 또한, 공간 엔티티들(ses) 사이에는 관계가 존재한다. 예를 들어, '공간 엔티티 nuts:DEA는 공간 엔티티 nuts:FR와 분리(disjoint)되어 있다'와 같이 공간 엔티티들(ses) 사이에는 관계가 존재한다.
- [0030] 공간적으로 연결된 데이터 세트(datasets)가 LOD 클라우드에 추가되는 동안, 공간 엔티티들은 단지 서로 희박하게 연결된다. 일반적인(비 공간적인) LOD 데이터 세트의 44 %는 다른 데이터 세트와 연결되어 있지 않으며, 공간적으로 연결된 데이터 세트의 경우, 공간 엔티티들(ses)의 7.1 % 만이 다른 엔티티에 연결되어 있다. 공간 링크는 구조화된 기계 학습(machine learning), 연합 쿼리 응답(answering federated queries), 복잡한 질문(complex questions) 등과 같은 애플리케이션의 확장성을 달성하기 위하여 핵심적인 역할을 하기 때문에 엔티티 간의 공간 링크 제공은 중요하다.
- [0031] 공간 링크를 탐색하는 기존의 접근 방법은 주로 공간 엔티티들(ses) 사이의 공간 동등성 관계를 찾는데 초점을 맞추었으며, 이는 다른 공간적 관계 예를 들어, 위상 관계 등은 발견할 수 없다는 문제점이 있다. 최근에는 위상 관계의 공간 링크 탐색에 대한 연구가 진행되고 있다.
- [0032] 위상 관계의 공간 링크 탐색에 대한 종래 기술은, ESRI Geometry API의 도움으로 토폴로지 관계를 발견하는 기술을 필터하는 것을 의미하는 온톨로지 매칭 시스템인 AML, OGC 표준인 위상 기하학 모델로 두 기하학 간의 공간 관계를 설명하는 데 사용되는 DE-9IM(Dimensionally Extended 9-Intersection Model), DE-9IM 표준에 따라 두 개의 공간 엔티티들(ses) 사이의 위상 관계를 계산하고 탐색 공간을 줄이기 위해 Blocking 기법을 사용하는 SILK, 공간 타일링, MBB (Minimum Bounding Box) 기반 근사 및 최소 색인 생성 기술을 결합하여 DE-9IM 기반 계산의 횟수를 최소화하는 RADON 등이 있다.
- [0033] 하지만, 인덱싱 및 MBB 기반 근사 처리 방식을 적용한 후에도, DE-9IM 기반으로 계산해야 하는 수는 여전히 상대적으로 크다. 즉, DE-9IM 기반 계산의 고비용으로 인해, 위상 관계에 대한 공간 링크 탐색의 낮은 효율성과



낮은 확장 성을 초래한다.

- [0034] 이에, 본 발명에서는 공간 링크 조합(Spatial Link Composition) 기반으로 위상 관계의 공간 링크 탐색 방법 및 그를 위한 장치를 제안한다. 이하, NUTS 방식을 예시로 본 발명의 공간 링크 탐색 방법에 대해 간략히 설명하도록 한다.
- [0035] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 공간 링크 탐색 방법을 설명하기 위한 NUTS 방식의 지오메트리(geometry)를 나타낸 예시도이다.
- [0036] 도 2은 도 1에 기재된 세 가지 유형의 공간 엔티티들(ses)의 지오메트리를 나타낸다. 여기서, 세 가지 유형의 공간 엔티티들(ses)은 nuts:DEA59, nuts:DEA 및 nuts:FR를 의미한다.
- [0037] 도 2에서는 공간 엔티티 nuts:FR는 전체 7 개의 다각형으로 구성되어 있으나, 영역(space)의 제한으로 인해 두 개의 다각형으로 표시된다.
- [0038] 기존의 접근 방식은 3 개의 공간 엔티티(ses) 사이의 위상 관계를 탐색하기 위하여 고비용 DE-9IM 기반 계산을 여러 번 수행해야만 한다.
- [0039] 그러나, 두 개의 공간 링크 (nuts:DEA59,within,nuts:DEA) 및 (nuts:DEA,disjoint,nuts:FR)이 존재하는 경우, 주어진 두 개의 공간 링크를 조합하여 공간 링크 (nuts:DEA59,disjoint,nuts:FR)를 추론할 수 있다. 여기서, 공간 링크 (nuts:DEA59,disjoint,nuts:FR)는 공간 엔티티 nuts:DEA59는 nuts:FR와 분리(disjoint)되어 있음을 나타낸다.
- [0040] 이와 같이, 공간 링크 조합은 DE-9IM 계산의 횟수를 줄일 수 있다. 또한, 공간 링크 조합은 DE-9IM 기반 계산과 비교할 때 상대적으로 비용이 적게 든다. 따라서, 본 발명에 따른 공간 링크 조합(Spatial Link Composition) 기반으로 위상 관계의 공간 링크 탐색 방법은 기존의 접근 방식보다 더 나은 효율성을 달성 할 수 있다.
- [0041] 특히, 본 발명에 따른 공간 링크 탐색 방법에서는 위상 관계에 대한 링크 조합 문제를 정형화하기 위하여 공간 링크 조합(SLC: Spatial Link Composition) 모델을 적용한다. 본 발명에 따른 공간 링크 탐색 방법에서는 일반적으로 사용되는 심플 피쳐(Simple Feature) 관계(심플 피쳐 접근)에 명시된 위상 관계를 사용한다. 여기서, 심플 피쳐(Simple Feature)는 지오메트리의 일반적인 저장 및 접근 모델인 OGC 및 ISO 표준에 해당한다.
- [0042] 이하에서 기재되는 위상 관계는 별도의 언급이 없는 한 심플 피쳐 관계(Simple Feature relations)을 의미한다. 구체적으로, 심플 피쳐 관계는 equals, disjoint, intersects, touches, within, contains, overlaps 및 crosses를 포함한다.
- [0043] 도 3은 일반적인 심플 피쳐 관계를 나타낸 예시도이다.
- [0044] 도 3은 두 개의 지오메트리 사이의 equals, disjoint, intersects, touches, within, contains, overlaps 및 crosses에 대한 심플 피쳐 관계를 나타낸다.
- [0045] 공간 링크 조합 모델(SLC)은 공간 링크 탐색 방법의 전체 과정 동안 수행되며, 한 쌍의 공간 엔티티 ses (s, t) 사이에서 공간 링크가 조합 가능한지 여부를 확인한다.
- [0046] 본 실시예에 따른 공간 링크 탐색 방법은 공간 링크 조합 모델(SLC)의 유용성을 최대화하기 위하여 위상 관계의 탐색 순서 및 공간 엔티티의 접근 순서를 결정한다. 즉, 공간 링크 탐색 방법은 공간 링크 조합 모델(SLC)을 통해 가능한 많은 공간 링크를 조합하기 위하여 위상 관계의 탐색 순서 및 공간 엔티티의 접근 순서를 이용한다.
- [0047] 공간 엔티티 간의 8 개의 관계(equals, disjoint, intersects, touches, within, contains, overlaps 및 crosses)를 일정한 순서로 배열하는 순열 문제이므로 총 40,320 건의 후보가 존재하며, 랜덤으로 공간 엔티티를 선택하여 조합하기는 어렵다. 이에, 본 실시예에 따른 공간 링크 탐색 방법은 위상 관계의 순위를 정하기 위한 스코어 함수(score function)를 사용하여 위상 관계의 탐색 순서를 결정한다. 공간 링크 탐색 방법은 스코어 함수를 통해 높은 재사용 가능성, 가장 높은 조합 가능성, 가장 낮은 계산 비용을 기대할 수 있다.
- [0048] 본 실시예에 따른 공간 링크 탐색 방법은 공간 엔티티들(ses)에 효율적으로 접근하기 위하여, 공간 엔티티들(ses)의 지오메트리에 의해 커버되는 영역(space)을 인덱싱하고, 대응되는 인덱스에 공간 엔티티들(ses)을 맵핑한다.
- [0049] 이후, 공간 링크 탐색 방법은 정량적 정보를 기반으로 공간 인덱스를 증가시킨다. 즉, 인덱싱된 영역에 포함된 공간 엔티티들(ses)의 개수를 기반으로 공간 인덱스를 증가시킨다.



- [0050] 공간 링크 탐색 방법에서는 초기 공간 엔티티들(ses)의 수가 많을수록 공간 링크 조합 모델(SLC)에 의해 신규 공간 링크가 탐색될 가능성이 높기 때문에, 공간 인덱스를 증가시킨다.
- [0051] 본 실시예에 따른 공간 링크 탐색 방법은 다음과 같은 요약될 수 있다.
- [0052] 공간 링크 탐색 방법은 위상 관계의 공간 링크를 조합하기 위하여 공간 링크 조합 모델(SLC)을 적용한다.
- [0053] 또한, 공간 링크 탐색 방법은 공간 링크 조합 모델(SLC)의 유용성을 최대화하기 위하여 위상 관계의 탐색 순서 및 공간 엔티티의 접근 순서를 결정한다.
- [0054] 또한, 공간 링크 탐색 방법은 공간 링크 조합 모델(SLC), 위상 관계의 탐색 순서 및 공간 엔티티의 접근 순서를 기반으로 위상 관계의 공간 링크를 효율적으로 탐색할 수 있다.
- [0055] 이하, 본 발명의 공간 링크 탐색 방법 및 그를 위한 장치에 대한 연구문제 진술(Problem Statement)을 설명하도록 한다.
- [0056] RDF는 데이터틀 3 개의 세트 (subject, predicate, object)로 모델링한다. 엔티티 (subject)는 관계(predicate)를 통해 다른 엔티티 (object)와 연결된다. 예를 들어, (nuts : FR\_geometry, rdf : type, ngeo : MultiPolygon)은 프랑스의 지오메트리가 다중 다각형 타입이라는 사실을 나타낸다.
- [0057] 지리 정보와 관련된 엔티티는 공간 엔티티(se)로 정의된다. 예를 들어, nuts:FR는 하나의 공간 엔티티(se)를 의미한다.
- [0058] 공간적 RDF 지식 기반 방향성 그래프를 공간 지식 그래프(spatial knowledge graph)로 정의하며, 공간 지식 그래프는  $G = (V, E)$ 로 표시되며,  $V$ 는 꼭지점의 집합을 나타내고,  $E$ 는 에지(edge)의 집합을 나타낸다. 각 꼭지점  $v$  (subject 또는 object)는 공간 엔티티(se) 또는 비공간 엔티티(ge)를 의미하고, 각 에지  $e$ (predicate)는 엔티티들을 연결하는 관계를 나타낸다. 각 공간 엔티티(se)는 일반적으로 다각형 또는 다중 다각형의 지오메트리와 연결된다. 공간 링크 발견의 문제점은 다음과 같이 공식화(Definition 1: Spatial Link Discovery)된다.
- [0059] 2 개의 공간 지식 그래프  $G_s$  및  $G_t$ 로부터 소스 공간 엔티티 집합  $S$ , 대상 공간 엔티티 집합  $T$ 가 주어지면, 공간 링크 탐색 방법은 공간 링크 집합  $SLink(S, T)$ 를 찾는 것을 목표로 한다. 여기서, 공간 링크 집합  $SLink(S, T)$ 는  $SLink(S, T) = \{(s, tr, t) \mid s \in S, t \in T, tr \in TR\}$ 로 정의되며,  $TR$ 은 위상 관계를 나타낸다.
- [0060] 두 개의 공간 엔티티들(ses) 사이의 공간 관계는 공간 엔티티들(ses)에 대응하는 지오메트리의 위상 관계에 의해 결정된다. 위상 관계의 정의 방식에는 3 가지 종류가 있으며, 심플 피쳐(Simple Features), Egenhofer 및 RCC8(Region Connection Calculus) 등일 수 있다. 정의 방식 각각은 정확히 같은 방식은 아니지만, 8 가지 기본 위상 관계로 모든 가능한 공간 관계를 분할할 수 있다. 본 발명에서는 3 가지 정의 방식 중 널리 사용되는 심플 피쳐 방식을 기반으로 설명하도록 한다.
- [0061] 각 위상 관계의 정확한 의미는 DE-9IM 모델에 의해 설명될 수 있으며, DE-9IM 모델은 두 개의 지오메트리  $g_1$  및  $g_2$ 의 공간 관계를 설명하는 데 사용되는 표준 토폴로지 모델이다.
- [0062] DE-9IM 모델은  $3 \times 3$  교차 행렬을 기반으로 구현되며,  $3 \times 3$  교차 행렬은 
$$\begin{bmatrix} \dim(I(g_1) \cap I(g_2)) & \dim(I(g_1) \cap B(g_2)) & \dim(I(g_1) \cap E(g_2)) \\ \dim(B(g_1) \cap I(g_2)) & \dim(B(g_1) \cap B(g_2)) & \dim(B(g_1) \cap E(g_2)) \\ \dim(E(g_1) \cap I(g_2)) & \dim(E(g_1) \cap B(g_2)) & \dim(E(g_1) \cap E(g_2)) \end{bmatrix}$$
와 같이 정의될 수 있다. 여기서,  $\dim(\cdot)$ 은 지오메트리  $g_1$  및  $g_2$ 의 내부 (I), 경계 (B) 및 외부 (E)의 교차점 ( $\cap$ )의 최대 차원의 수를 반환하는 함수이다.  $\dim(\cdot)$ 의 범위는  $\{-1, 0, 1, 2\}$  일 수 있다. 여기서,  $\dim(\cdot)$ 의 범위가 -1이면 지오메트리  $g_1$  및  $g_2$  간의 교차 지점이 없음을 의미하고, 0이면 교차 지점이 점(point)인 것을 의미한다. 또한,  $\dim(\cdot)$ 의 범위가 1이면 교차 지점이 선(line)인 것을 의미하며, 2이면 교차 지점은 영역(area)인 것을 의미한다.
- [0063] 또한,  $\dim(\cdot)$ 의 이진 버전은  $\{false, true\}$ 와 같은 범위를 가진다.  $\dim(\cdot)$ 의 이진 버전이 false이면 교차 지점이 없음을 의미하고, true이면 교차 지점이 존재하는 것을 의미한다. 여기서, 교차 지점이 존재하는 경우 교차 지점은 점, 선, 영역 등일 수 있다.
- [0064] DE-9IM 모델은 심플 피쳐(Simple Features) 관계(예: equals, disjoint, intersects, touches, within, contains, overlaps 및 crosses)를 사용하며, 이에 따라 위상 관계는 DE-9IM의 교차 행렬을 사용하여 계산될 수 있다. 참고로, 위상 관계 중 disjoint는 intersects의 역행렬에 의해 산출될 수 있으며 즉, (s, disjoint,

$t) = \neg (s, \text{intersects}, t)$ 로 표현될 수 있다.

- [0065] 이하, 본 발명에 따른 공간 링크 탐색 동작에 대해 구체적으로 설명하도록 한다. 여기서, 공간 링크 탐색 동작은 공간 링크 조합 모델(SLC)의 동작(A)를 먼저 설명하고, 위상 관계의 탐색 순서를 결정하는 동작(B) 및 공간 엔티티의 접근 순서를 결정하는 동작(C) 순으로 설명하도록 한다. 또한, 공간 링크 탐색 동작은 탐색 알고리즘(D)에 대해 설명하도록 한다.
- [0066] 기존의 공간 링크 탐색 방법은 탐색 공간을 줄이기 위해 인덱싱 및 필터 기술을 사용하고, DE-9IM을 기반으로 정확한 위상 관계를 계산한다. 그러나, DE-9IM 기반의 계산은 두 개의 지오메트리의 내부, 경계 및 외부 확인해야 하기 때문에 고비용 연산이다. 또한, 인덱싱 및 필터 기술을 적용한 후에도 DE-9IM 기반 계산의 횟수가 여전히 많기 때문에(등호와 관계를 제외하고) 위상 관계를 탐지하는 데 걸리는 시간이 길다.
- [0067] 본 발명에 따른 공간 링크 탐색방법은 기존 또는 중간에 탐색된 공간 링크를 조합함으로써, DE-9IM 기반의 계산의 횟수를 더 줄일 수 있다. 또한, 공간 링크 조합은 DE-9IM 기반 계산과 비교할 때 상대적으로 적은 비용이 소요되고, 공간 링크 탐색방법은 공간 링크 탐색 시간 측면에서 기존 접근 방식보다 우수한 성능을 발휘한다.
- [0068] 구체적으로, 공간 링크 탐색방법은 신규 공간 링크(즉, 탐색되지 않은 링크)를 탐색하기 위해 기존 또는 중간에 발견된 공간 링크를 조합하기 위한 공간 링크 조합(SLC) 모델을 적용한다. 여기서, 기존의 공간 링크는  $g_s$  및  $g_t$ 에 포함된 공간 링크를 의미한다. 공간 링크 탐색방법은 공간 링크 조합(SLC) 모델을 적용한 이후, 두 가지 방식을 도입하여 확장된 공간 인덱싱 및 MBB 기반 필터링 방법과 함께 SLC 모델의 유용성을 최대화한다. 여기서, 두 가지 방식은 위상 관계의 탐색 순서를 결정하는 동작 방식 및 공간 엔티티의 접근 순서를 결정하는 동작 방식을 의미한다.
- [0070] A. 공간 링크 조합 모델(Spatial Link Composition Model)
- [0071] 링크 조합은 기존 존재하는 링크를 재사용하여 두 개의 엔티티 간의 신규 링크를 추론하는 데 적용된다. 신규 링크는 두 개의 엔티티의 관계를 계산하는 대신 하나 또는 그 이상의 중간 링크를 통해 간접적으로 생성될 수 있다.
- [0072] 일반적인 링크 조합의 문제점은 다음과 같이 정형화될 수 있다.
- [0073] 소스 엔티티 집합  $S^\circ$ , 대상 엔티티 집합  $T^\circ$ , 중간 엔티티 집합  $I^\circ$ , 두 개의 링크 집합  $\text{Link}(S^\circ, I^\circ)$  및  $\text{Link}(I^\circ, T^\circ)$ 가 주어지면, 링크 조합은 신규 링크인  $\text{Link}(S^\circ, T^\circ) = \{(s, r, t) \mid s \in S^\circ, t \in T^\circ, i \in I^\circ : \exists (s, r, i) \in \text{Link}(S^\circ, I^\circ) \wedge \exists (i, t) \in \text{Link}(I^\circ, T^\circ)\}$ 를 탐색하는 것을 목표로 한다. 여기서,  $r$ 은 일반적으로  $\text{owl:sameAs}$  관계를 나타낸다.
- [0074] 본 발명은 심플 피쳐(Simple Features) 관계에 대한 공간 링크 조합에 관한 것이며, 심플 피쳐(Simple Features) 관계는 일반적인 링크 조합의 하위 문제에 관한 것이다.
- [0075] 이하, 본 발명의 공간 링크 조합(SLC) 모델의 기초가 되는 RCC8에 대해 설명하도록 한다. RCC8은 이진 연결성 관계를 기반으로 하는 순서 이론이며, 연결된 위상 공간을 통해 정의된 표준 모델을 포함한다. RCC8은 질적인 공간 표현과 추론에 널리 사용된다.
- [0076] 도 4는 두 개의 지오메트리  $g_1$ 과  $g_2$  사이의 RCC8 관계의 예를 나타낸다.
- [0077] RCC8은 두 개의 지오메트리 사이에 가능한 8 개의 기본 관계로 구성된다. 도 4에 도시된 바와 같이, RCC8은 두 개의 지오메트리 사이의 단절을 의미하는 DC, 외적으로 연결된 EC, 동일한 EQ, 부분적으로 겹치는 PO, 완전히 접하는 TPP, 역으로 완전히 접하는 TPPi, 완전히 접하지 않는 NTPP, 역으로 완전히 접하지 않는 NTPPi와 같은 관계를 포함한다.
- [0078] RCC8 관계의 정의에 근거한 RCC8 관계의 조합 결과는 [표 1]과 같다. RCC8 관계  $(tr_1, tr_2)$ 의 각 쌍에 대해, 대응하는 테이블 셀은 두 개의 링크  $(se_1, tr_1, se_2)$  및  $(se_2, tr_2, se_3)$ 를 조합할 때, 공간 엔티티  $(se_1, se_3)$  쌍의 모든 가능한 관계를 나타낸다.

표 1

| ◊     | DC                         | EC                        | PO                                      | TPP                    | NTPP                            | TPPi                      | NTPPi                                   | EQ    |
|-------|----------------------------|---------------------------|---|------------------------|---------------------------------|---------------------------|---|-------|
| DC    | DC, EC, PO, TPP, NTPPi, EQ | DC, EC, PO, TPP, NTPPi    | DC, EC, PO, TPP, NTPPi                  | DC, EC, PO, TPP, NTPPi | DC, EC, PO, TPP, NTPPi          | DC                        | DC                                      | DC    |
| EC    | DC, EC, PO, TPPi, NTPPi    | DC, EC, PO, TPP, TPPi, EQ | DC, EC, PO, TPP, NTPPi                  | EC, PO, TPP, NTPPi     | PO, TPP, NTPPi                  | DC, EC                    | DC                                      | EC    |
| PO    | DC, EC, PO, TPPi, NTPPi    | DC, EC, PO, TPPi, NTPPi   | DC, EC, PO, TPP, NTPPi, TPPi, NTPPi, EQ | PO, TPP, NTPPi         | PO, TPP, NTPPi                  | DC, EC, PO, TPPi, NTPPi   | DC, EC, PO, TPPi, NTPPi                 | PO    |
| TPP   | DC                         | DC, EC                    | DC, EC, PO, TPP, NTPPi                  | TPP, NTPPi             | NTPP                            | DC, EC, PO, TPP, TPPi, EQ | DC, EC, PO, TPPi, NTPPi                 | TPP   |
| NTPP  | DC                         | DC                        | DC, EC, PO, TPP, NTPPi                  | NTPP                   | NTPP                            | DC, EC, PO, TPP, NTPPi    | DC, EC, PO, TPP, NTPPi, TPPi, NTPPi, EQ | NTPP  |
| TPPi  | DC, EC, PO, TPPi, NTPPi    | EC, PO, TPPi, NTPPi       | PO, TPPi, NTPPi                         | PO, TPP, TPPi, EQ      | PO, TPP, NTPPi                  | TPPi, NTPPi               | NTPPi                                   | TPPi  |
| NTPPi | DC, EC, PO, TPPi, NTPPi    | PO, TPPi                  | PO, TPPi, NTPPi                         | PO, TPPi, NTPPi        | PO, TPP, NTPPi, TPPi, NTPPi, EQ | NTPPi                     | NTPPi                                   | NTPPi |
| EQ    | DC                         | EC                        | PO                                      | TPP                    | NTPP                            | TPPi                      | NTPPi                                   | EQ    |

[0079]

[0080] 또한, OGC는 RCC8과 심플 피쳐(Simple Features) 관계 사이의 등가 매핑을 제공하며, 이는 [표 2]에 기재되어 있다.

표 2

| RCC8            | EQ     | DC       | ¬DC        | EC      | TPP+NTPP | TPPi+NTPPi | PO       |
|-----------------|--------|----------|------------|---------|----------|------------|----------|
| Simple Features | equals | disjoint | intersects | touches | within   | contains   | overlaps |

[0081]

[0082] 여기서, 심플 피쳐(Simple Features) 관계의 crosses 관계는 점대선, 점대공간, 선대공간의 전용 즉, 공간대공간 관계를 지원하지 않는 것으로 설계되었기 때문에 생략되었다.

[0083] [표 1] 및 [표 2]를 결합함으로써, 3 가지 종류의 조합이 존재하는 것을 확인할 수 있다. 첫 번째 종류의 조합은 6 가지의 관계를 포함한다. 예를 들어, Compose(within, contains) = {disjoint, touches, overlaps, equals, within, contains}이다. 두 번째 종류의 조합은 관계의 일부를 유도한다. 예를 들어, Compose(contains, disjoint) = {disjoint, touches, overlaps, contains}이다. 세 번째 종류의 조합은 하나의 관계만을 생성한다. 예를 들어, Compose(disjoint, contains) = {disjoint}이다.

[0084] 본 발명의 공간 링크 탐색방법은 세 번째 종류의 조합을 기반으로, 위상 관계에 대한 심플 추론 규칙(SIRTR: Simple Inference Rules for Topological Relations)을 제안한다. SIRTR은 심플 피쳐 관계의 가능한 모든 이진 링크 조합을 지정한다. 이진 링크 조합은 정확히 하나의 중간 공간 링크(se)를 통한 링크 조합을 의미한다. [표 3]에는 SIRTR의 15 개의 규칙이 기재되어 있다. 여기서, etr는 기존 링크 eLink의 위상 관계를 나타내며 ntr은 새롭게 추론된 신규 링크 nLink의 위상 관계를 나타낸다.

표 3

| No. | etr <sub>1</sub> | etr <sub>2</sub> | ntr      |
|-----|------------------|------------------|----------|
| 1   | equals           | equals           | equals   |
| 2   | equals           | within           | within   |
| 3   | equals           | contains         | contains |
| 4   | equals           | disjoint         | disjoint |
| 5   | equals           | touches          | touches  |
| 6   | equals           | overlaps         | overlaps |
| 7   | within           | equals           | within   |
| 8   | within           | within           | within   |
| 9   | within           | disjoint         | disjoint |
| 10  | contains         | equals           | contains |
| 11  | contains         | contains         | contains |
| 12  | disjoint         | equals           | disjoint |
| 13  | disjoint         | contains         | disjoint |
| 14  | touches          | equals           | touches  |
| 15  | overlaps         | equals           | overlaps |

[0085]

[0086] 소스 공간 엔티티 집합 S, 대상 공간 엔티티 집합 T, 기존 공간 링크 집합 SLink, 위상 관계를 위한 심플 추론 규칙 SIRT R 등이 주어지고, SLC 모델은 신규 공간 링크 SLink<sub>(S, T)</sub>를 조합하는 것을 목표로 하며, 신규 공간 링크 SLink<sub>(S, T)</sub>는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0087]  $SLink(S, T) = \{(s, ntr, t) | s \in S, t \in T, i \in S \cup T :$

[0088]  $\exists (s, etr1, i) \in SLink \wedge$

[0089]  $\exists (i, etr2, t) \in SLink \wedge$

[0090]  $\exists (etr1, etr2, ntr) \in SIRT R\}$

[0091] SLC 모델은 위상 관계를 탐지하는 실행시간을 줄이기 위한 방법으로써, 두 가지 요소에 의해 구현될 수 있다. 첫 번째로, 신규 공간 링크는 기존 또는 중간에 생성된 공간 링크의 조합에 의해 발견될 수 있고, DE-9IM 기반 계산의 횟수를 줄일 수 있다. 두 번째로, SLC 모델의 실행은 DE-9IM 기반 계산과 비교할 때 상대적으로 비용이 적게 든다.

[0093] B. 위상 관계의 순서 탐색(Discovering Order of Topological Relations)

[0094] 본 발명의 공간 링크 탐색방법에서 위상 관계의 탐색 순서를 결정하는 동작은 SLC 모델의 효율적인 실행에 중요한 역할을 한다. 본 발명은 위상 관계의 탐색 순서를 결정하기 위하여 위상 관계를 랭크(Rank)하기 위한 스코어 함수를 이용한다. 스코어 함수는 다음과 같은 이론적 근거로 인해 위상 관계의 탐색 순서를 결정하는 데 사용될 수 있다.

[0095] - 높은 재사용 가능성: 위상 관계 tr의 재사용 가능성이 높을수록, SLC 모델에 의해 신규 공간 링크가 탐지될 가능성이 높아진다. 여기서, 재사용 가능성은 tr이 etr1 또는 etr2로 활용될 가능성을 나타낸다.

[0096] - 높은 조합 가능성: 위상 관계 tr의 조합 가능성이 높을수록, SLC 모델에 의해 tr과 조합될 신규 공간 링크가 탐지될 가능성이 높아진다. 여기서, 조합 가능성은 tr이 ntr로 유추될 가능성을 나타낸다.

[0097] - 낮은 계산 비용: 기존의 공간 링크가 많을수록 SLC 모델에 의해 신규 공간 링크가 탐지될 가능성이 높아진다.

그리고, 계산 비용이 낮으면 시간 단위당 더 많은 공간 링크를 탐색할 수 있다.

[0098] 심플 피쳐 관계  $tr$ 에 대한 스코어 함수  $Score(tr)$ 은 다음과 같이 표현될 수 있다. 즉, 스코어 함수  $Score(tr)$ 은 [수학식 1]과 같이 표현되고, [수학식 1]은 [수학식 2] 내지 [수학식 6]에 의해 도출될 수 있다.

수학식 1

$$Score(tr) = \frac{Ru(tr)}{Cp(tr) \times Cc(tr)}$$

[0099]

수학식 2

$$Ru(tr) = \frac{|etr \in SIRT R \wedge etr = tr|}{|etr \in SIRT R|}$$

[0100]

수학식 3

$$Cp(tr) = \frac{|ntr \in SIRT R \wedge ntr = tr|}{|ntr \in SIRT R|}$$

[0101]

수학식 4

$$Cc(tr) = Cf(tr) \times Ff(tr)$$

[0102]

수학식 5

$$Cf(tr) = \frac{|ce \in DE9IM(tr)|}{|ce \in DE9IM|}$$

[0103]

수학식 6

$$Norm(f(\cdot)) = \frac{f(\cdot)}{f(\cdot)_{max}}$$

[0104]

[0105] [수학식 1] 내지 [수학식 6]에서,  $Ru(tr)$ ,  $Cp(tr)$ ,  $Cc(tr)$ ,  $Cf(tr)$  및  $Ff(tr)$  각각은  $tr$ 의 재사용 가능성, 합성 가능성, 계산 비용, 컴퓨팅 요소 및 필터링 요소를 나타낸다.  $Ff(tr)$ 의 범위는  $[0,1]$ 이며, 작은  $Ff(tr)$ 은 작은 탐색 공간(search space)을 의미한다.  $Ff(tr)$ 의 값은 두 개의 공간 엔티티의 집합  $S$  및  $T$ 에 따라 결정된다. 대조적으로,  $Ru(tr)$ ,  $Cp(tr)$ , 및  $Cf(tr)$ 는 정적이다. 즉,  $Ru(tr)$ ,  $Cp(tr)$ , 및  $Cf(tr)$ 는 입력 데이터 세트와 독



립적이며, 이에 사전에 계산될 수 있다.  $Ru(tr)$  및  $Cp(tr)$ 은 SIRTR을 기반으로 계산된다.  $Cf(tr)$ 은 DE-9IM 모델에 따라 계산되며, 여기서  $ce$ 는 필요한 계산 요소를 나타낸다. 또한,  $Norm(f(\cdot))$ 은  $Score(tr)$ 을 계산할 때,  $Ru(tr)$ ,  $Cp(tr)$  및  $Cc(tr)$ 을 정규화하는 정규화 함수이다.  $Score(tr)$ 을 계산하는 예시는 다음과 같다.

[0106] 위상 관계 within의 탐색 순서를 결정하기 위하여,  $Ru(within)$ 가 먼저 계산된다. SIRTR에 기초하여(표 3 참조), within은  $etr_1$  또는  $etr_2$ 의 5 배로 나타나며,  $etr$ 의 총 수는 30이므로  $Ru(within)$ 는 5/30가 된다. 마찬가지로, within을 신규 링크의 관계로 추론하는 3 가지 규칙이 있으며, 신규 링크의 총 수는 15이므로  $Cp(within)$ 은 3/15가 된다.

[0107] 한편, DE-9IM에서 within의 마스크 코드 스트링(mask code string)은 "T\*\*F\*\*F\*\*\*"이다. 이는 within을 보유하고 있는지 여부를 확인하기 위해서는 첫 번째, 세 번째, 여섯 번째 요소만 필요하다는 것을 의미한다. DE-9IM에는 9 개의 요소가 있으므로  $Cf(within)$ 는 3/9와 같다. 예를 들어, 3 개의 함수의 최대값이  $Ru(\cdot)_{max} = 12/30$ ,  $Cp(\cdot)_{max} = 4/12$ , and  $Cf(\cdot)_{max} = 6/9$ 와 같이 주어지면, [수학식 6]을 통해 정규화를 적용한 후  $Score(within)$ 은  $0.278/Ff(within)$ 으로 산출된다.

[0108]  $Score(tr)$ 는 특정 데이터 세트 또는 응용 프로그램에 적합하도록 재사용 가능성, 조합 가능성 및 계산 비용에 가중치를 부여하여 쉽게 조정할 수 있다. 여기서, 가중치는 교사 기계학습(supervised machine learning) 또는 비교사 기계학습(unsupervised machine learning) 기술에 의해 조정될 수 있다. 하지만, 이는 본 발명의 범위를 벗어나며, 본 발명에서는 일반적이고 매개 변수(가중치)가 없는 [수학식 1]을 사용하여  $Score(tr)$ 를 산출하는 것이 바람직하다.

[0110] C. 공간 엔티티의 접근 순서 및 필터링(Accessing Order and Filtering of Spatial Entities)

[0111] 본 발명의 공간 링크 탐색방법은 위상 관계의 탐색 순서를 결정하는 동작과는 별도로, 공간 엔티티들(ses)의 접근 순서를 결정하는 것은 SLC 모델의 효율성을 향상시키는데 중요하다. 효율적으로 공간 엔티티들(ses)에 접근하기 위해서는, 먼저 공간을 인덱싱하고 각 공간 엔티티(se)를 지오메트리에 관한 인덱스에 매핑한다.

[0112] 공간 타일링(Space tiling)은 공간 엔티티들(ses)를 위한 인덱싱 기법이며, 링크 탐색 접근법에서 널리 사용되고 있다. 공간 타일링은 n 차원 아핀 공간(affine space)을 각 차원의 동일한 엣지(edge) 길이  $ln$ 을 가지는 유한 극좌표 각도 hrs로 나눈다. 이후, hrs는 벡터  $i \in (N_1 \times \dots \times N_n)$ 에 의해 인덱스되어 지오메트리에 관한 공간 엔티티들(ses)의 주소 지정 버킷으로 사용된다. hrs는 입상 계수  $\Delta = \{(l_1)^{-1}, (l_2)^{-1}, \dots, (l_n)^{-1}\}$ 을 변경하여 공간 데이터 세트에 따라 조정될 수 있다.

[0113] 공간을 인덱싱 한 후, 각 공간 엔티티(se)를 해당 지오메트리에 대응하는 hrs에 매핑한다.

[0114] 본 발명에서는 공간 엔티티들(ses)의 접근 순서를 결정하기 위하여 MBB(Minimal Bounding Box)의 개념을 사용한다. 지오메트리의 MBB(envelop 라고도 함)는 지오메트리 방향의 모든 포인트에서 가장 작은 측정값을 가지는 직사각형의 상자이다. 가장 작은 측정값은 더 높은 차원의 면적, 체적 또는 과다 체적일 수 있다. 예를 들어, 2 차원 공간에서 지오메트리  $g$ 가 주어진다면 MBB  $\square(g)$ 와 transform  $\square(g)$ 의 코너 좌표를 코너 hr 버킷으로 구성한다. 그런 다음  $g$ 는 코너 버킷 범위에 있는 hr 버킷에 매핑된다.

[0115] 공간 엔티티들(ses)의 접근 순서는 우선적으로 정량적 hr 즉, 많은 수의 공간 엔티티들(ses)을 가지는 hr의 접근에 우선 순위를 부여하는 것을 의미한다. 초기 공간 엔티티들(ses)이 많을수록 더 많은 초기 공간 링크를 발견한 가능성이 높아지므로, SLC 모델에 의해 신규 공간 링크가 발견될 가능성이 높아진다.

[0116] 결과적으로, 본 발명은 각 hr에 얼마나 많은 공간 엔티티들(ses)이 인덱스되었는지 알아야 한다. MBB 기반 매핑을 통해 공간 엔티티(se)를 우선적으로 매핑하기 위한  $M_{SH} = (a \text{ se, corresponding hrs})$ 가 생성된다.  $M_{SH}$ 를 기반으로, hr를 우선적으로 매핑하기 위한  $M_{HS} = (a \text{ hr, corresponding ses})$ 를 생성한다. 그런 다음,  $M_{HS}$ 는 양적으로 hr를 매핑하기 위한  $M_{HHS} = (a \text{ hr, number of corresponding ses})$ 로 변형된다. 마지막으로, hrs는 매핑된 해당 공간 엔티티들(ses)의 개수에 대한  $M_{HHS}$ 의 내림차순으로 접근된다.

[0117] 한편, MBB는 탐색 공간(search space)을 줄이기 위하여 공간 엔티티들(ses)를 필터링하는데 사용될 수도 있다. 전이 위상 관계  $tr$ 에 대해서,  $g \subseteq \square(g)$ 가 항상 성립하기 때문에,  $\neg tr(\square(s), \square(t)) \Rightarrow \neg tr(s, t)$ 를 추

정할 수 있다. 이 속성을 적용하여 equals, within 및 contains를 위한 공간 엔티티들(ses)을 필터링한다.

[0118] 본 발명에서는 전술한 세 가지 관계(equals, within 및 contains)를 제외하고, MBB 기반 필터링 방법인 MBBFilter( $\cdot$ )에서 disjoint를 추가적으로 필터링할 수 있다. MBBFilter( $\cdot$ )는  $\text{disjoint}(\Box(s), \Box(t)) \Rightarrow \text{disjoint}(s, t)$ 의 추론 규칙을 기반으로 disjoint를 필터링한다. 따라서, [수학식 4]에서  $Ff(tr)$ 는 [수학식 7]과 같이 더 구체화된다.

### 수학식 7

$$Ff(tr) = \frac{|SEP^\ominus| + 1}{|\{(s, t) | s \in S, t \in T\}| + 1}$$

[0119]

[0120] 여기서,  $SEP^\ominus$ 는 MBBFilter(tr)를 적용한 후의 공간 엔티티들 ses(s, t)의 나머지 쌍을 나타낸다. 본 발명에서는  $Ff(tr)$ 가 [수학식 1]의 분모이므로  $Ff(tr)$ 가 0이되는 것을 방지하기 위하여 분자와 분모에 상수값 1을 추가할 수 있다.

[0122] D. DORIC 알고리즘(Discovering Topological Relations based on Spatial Link Composition algorithm)

[0123] 도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 실시예에 따른 공간 링크 탐색방법의 탐색 알고리즘(D)을 나타낸다. 도 5a는 제1 탐색 알고리즘을 나타내고, 도 5b는 제2 탐색 알고리즘을 나타내며, 도 5c는 제3 탐색 알고리즘을 나타낸다.

[0124] 도 5a를 참조하면, 본 발명에 따른 공간 링크 탐색방법은 두 세트의 공간 엔티티들(ses) 사이의 위상 관계를 탐색하기 위하여 전술한 방법을 결합한다. 특히, 공간 링크 탐색방법은 소스 공간 엔티티 S, 대상 공간 엔티티 T 및 입상 계수  $\Delta$ 를 입력으로 사용한다. 또한, 소스 공간 엔티티 S 또는 대상 공간 엔티티 T가 그 자체 내에 공간 링크를 포함하면, 즉  $\exists \text{SLink}_{(s, s)}$  또는  $\exists \text{SLink}_{(t, t)}$ 이면 공간 링크도 가져온다. 첫째로, 소스 공간 엔티티 S 또는 대상 공간 엔티티 T의 ETH(Estimated Total Hypervolume)는 1 - 3 행에서 계산된다.

[0125] ETH(S)가 ETH(T)보다 큰 경우, 공간 인덱스의 크기를 줄이기 위해 S와 T를 교체한다. 공간 인덱스는 4 - 10 행에서 수행된다. 그런 다음 11 - 12 행에서는 심플 피쳐 관계 OTR과 필터링 쌍 리스트 FPL의 순서 리스트가 생성된다. 마지막으로, 각 tr의 공간 링크는 13 - 15 행에서 OTR의 순서에 의해 탐색되고, 탐색된 공간 링크 Slink는 결과로서 리턴된다.

[0126] 본 발명에 따른 공간 링크 탐색방법의 주요 기능인 getDiscoveryOrder() 및 discoverSpatialLinks()는 도 5b 및 도 5c를 통해 설명하도록 한다.

[0127] 도 5b를 참조하면, 제2 탐색 알고리즘은 getDiscoveryOrder()를 설명하며, 두 세트의 공간 엔티티 S와 T가 입력으로 사용되고, 심플 피쳐 관계 OTR의 순서 리스트는 리턴된다. 특히, 2 - 10 행은 MBBFilter()를 기반으로 필터링 요소  $Ff(tr)$ 를 계산한다. MBBFilter()는 touches 및 overlaps 관계에 적용될 수 없으므로  $Ff(tr)$ 는 touches 및 overlaps에 대해 1로 설정된다. 그런 다음 11 - 12 행은 Score(tr) 계산하여 이를 OTR에 추가한다. 마지막으로 OTR은 Score(tr)의 내림차순으로 정렬되고 그 결과로 리턴된다.

[0128] 도 5c를 참조하면, 제3 탐색 알고리즘은 discoverSpatialLinks() 함수를 설명한다. 제3 탐색 알고리즘의 입력은 두 세트의 공간 엔티티 S와 T가 포함되고, 공간 색인, 하나의 심플 피쳐 관계 tr 및 getDiscoveryOrder()에 의해 생성된 필터링 쌍 리스트 FPL을 함께 포함된다. 만약, 공간 링크 SLink가 이미 존재하면, 공간 링크 Slink도 가져온다. Slink는 S와 T에 포함된 기존의 공간 링크이거나 공간 링크를 탐색하는 중간에 생성된 중간 공간 링크일 수 있다.

[0129] discoverSpatialLinks()는 해당 공간 엔티티들(ses)의 개수의 내림차순으로 hrs를 탐색한다. hr에 포함 된 (s, t)의 각 쌍에 대해 3 - 10 행은 (s, t)의 쌍이 FPL에 대하여 필터링 가능한지 여부를 확인한다.

[0130] 만약 tr이 disjoint 관계이면, Slink에 (s, disjoint, t)를 추가하고, 그렇지 않은 경우 (s, tr, t)는 “보유하지 않음”으로 판단한다.



- [0131] 한편, 필터링할 수 없는 쌍의 경우, (s, tr, t)의 조합 가능성은 11 - 13 행을 통해 확인할 수 있다. 마지막으로, 편집할 수 없고 편집 할 수 없는 (s, tr, t)일 경우에만 14 - 16 행을 통해 DE-9IM 기반 계산을 수행한다.
- [0132] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 공간 링크 탐색 시스템을 예시한 블록도이다.
- [0133] 공간 링크 탐색 시스템(110)는 적어도 하나의 프로세서(120), 컴퓨터 판독 가능한 저장매체(130) 및 통신 버스(170)를 포함한다.
- [0134] 프로세서(120)는 공간 링크 탐색 시스템(110)의 전반적인 동작을 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 공간 링크 탐색 시스템(110)로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0135] 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 공간 링크 탐색 시스템(110)에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.
- [0136] 통신 버스(170)는 프로세서(120), 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(140)를 포함하여 공간 링크 탐색 시스템(110)의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.
- [0137] 공간 링크 탐색 시스템(110)는 또한 하나 이상의 입출력 장치(미도시)를 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 장치(미도시)는 입출력 인터페이스(150)를 통해 공간 링크 탐색 시스템(110)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다.
- [0138] 공간 링크 탐색 시스템(110)는 기존 또는 중간에 탐색된 공간 링크를 조합함으로써, DE-9IM 기반의 계산의 횟수를 더 줄일 수 있다.
- [0139] 공간 링크 탐색 시스템(110)는 신규 공간 링크(즉, 탐색되지 않은 링크)를 탐색하기 위해 기존 또는 중간에 발견된 공간 링크를 조합하기 위한 공간 링크 조합(SLC) 모델을 적용한다. 여기서, 기존의 공간 링크는  $g_s$  및  $g_t$ 에 포함된 공간 링크를 의미한다.
- [0140] 공간 링크 탐색 시스템(110)는 공간 링크 조합(SLC) 모델을 적용한 이후, 위상 관계의 탐색 순서 및 공간 엔티티의 접근 순서를 결정하는 동작을 수행한다. 공간 링크 탐색 시스템(110)는 스코어 함수를 이용하여 위상 관계의 탐색 순서를 결정한다. 또한, 공간 링크 탐색 시스템(110)는 공간을 인덱싱하고 각 공간 엔티티(se)를 지오메트리에 관한 인덱스에 매핑하여 공간 엔티티의 접근 순서를 결정한다.
- [0141] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 공간 링크 탐색장치를 개략적으로 나타낸 블록 구성도이다.
- [0142] 본 실시예에 따른 공간 링크 탐색장치(200)는 공간 링크 조합부(210) 및 신규 공간 링크 탐색부(220)를 포함한다. 도 7의 공간 링크 탐색장치(200)는 일 실시예에 따른 것으로서, 도 7에 도시된 모든 블록이 필수 구성요소는 아니며, 다른 실시예에서 공간 링크 탐색장치(200)에 포함된 일부 블록이 추가, 변경 또는 삭제될 수 있다.
- [0143] 공간 링크 조합부(210)는 기존의 공간 링크 또는 중간에 탐색된 공간 링크를 조합하는 동작을 수행한다.
- [0144] 공간 링크 조합부(210)는 소스 공간 엔티티 집합(S), 대상 공간 엔티티 집합(T), 기존 공간 링크 집합(Slink) 및 위상 관계를 위한 심플 추론 규칙(SIRTR)을 기반으로 신규 공간 링크(Slink(s, t))를 조합할 수 있다. 여기서, 공간 링크 조합부(210)는 하나의 관계만을 생성하는 조합 방식을 기반으로 신규 공간 링크(Slink(s, t))를 조합할 수 있으나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0145] 본 실시예에 따른 공간 링크 조합부(210)는 공간 링크 조합 모델(SLC)의 동작(A)과 동일한 동작을 수행하는 모듈로 구현되는 것이 바람직하나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 공간 링크 조합부(210)는 공간 링크 조합 모델(SLC)의 동작(A) 중 일부 동작만을 수행하는 모듈로 구현될 수 있다.

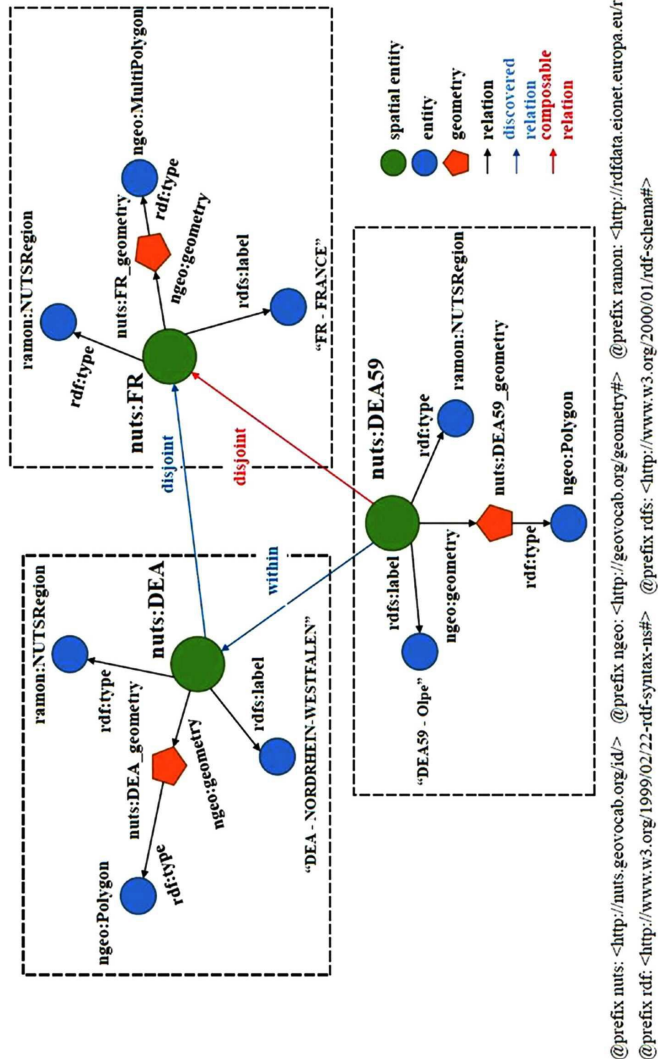
- [0146] 신규 공간 링크 탐색부(220)는 위상 관계의 탐색 순서 및 공간 엔티티의 접근 순서에 따라 신규 공간 링크를 탐색하는 동작을 수행한다.
- [0147] 신규 공간 링크 탐색부(220)는 위상 관계를 랭크(Rank)하기 위한 스코어 함수를 이용하여 위상 관계의 탐색 순서를 결정한다.
- [0148] 구체적으로, 신규 공간 링크 탐색부(220)는 위상 관계(tr)의 재사용 가능성(Ru(tr)), 조합 가능성(Cp(tr)), 계산 비용(Cc(tr)) 등을 이용하여 스코어 함수에 따른 스코어를 산출하고, 산출된 스코어에 따라 위상 관계의 탐색 순서를 결정할 수 있다. 신규 공간 링크 탐색부(220)는 재사용 가능성(Ru(tr))을 조합 가능성(Cp(tr))과 계산 비용(Cc(tr))을 곱한 값으로 나누어 스코어를 산출하는 것이 바람직하나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0149] 한편, 신규 공간 링크 탐색부(220)는 특정 공간을 소정의 길이를 가지는 극좌표 각도(hrs)로 인덱싱하고, 적어도 하나의 공간 엔티티를 극좌표 각도(hrs)에 맵핑하여 공간 엔티티의 접근 순서를 결정한다. 여기서, 신규 공간 링크 탐색부(220)는 극좌표 각도(hrs)에 맵핑된 적어도 하나의 공간 엔티티의 개수를 내림차순으로 정렬하여 공간 엔티티의 접근 순서를 결정할 수 있다.
- [0150] 본 실시예에 따른 신규 공간 링크 탐색부(220)는 위상 관계의 탐색 순서를 결정하는 동작(B) 및 공간 엔티티의 접근 순서를 결정하는 동작(C)과 동일한 동작을 수행하는 모듈로 구현되는 것이 바람직하나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 신규 공간 링크 탐색부(220)는 위상 관계의 탐색 순서를 결정하는 동작(B) 및 공간 엔티티의 접근 순서를 결정하는 동작(C) 중 일부 동작만을 수행하는 모듈로 구현될 수 있다.
- [0151] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 공간 링크 탐색 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0152] 공간 링크 탐색장치(200)는 기존의 공간 링크 또는 중간에 탐색된 공간 링크를 조합한다(S310). 공간 링크 탐색장치(200)는 소스 공간 엔티티 집합(S), 대상 공간 엔티티 집합(T), 기존 공간 링크 집합(Slink) 및 위상 관계를 위한 심플 추론 규칙(SIRTR)을 기반으로 신규 공간 링크(Slink(s, t))를 조합한다.
- [0153] 공간 링크 탐색장치(200)는 위상 관계의 탐색 순서 및 공간 엔티티의 접근 순서를 결정한다(S320). 공간 링크 탐색장치(200)는 위상 관계를 랭크(Rank)하기 위한 스코어 함수를 이용하여 위상 관계의 탐색 순서를 결정하고, 특정 공간을 소정의 길이를 가지는 극좌표 각도(hrs)로 인덱싱하고, 적어도 하나의 공간 엔티티를 극좌표 각도(hrs)에 맵핑하여 공간 엔티티의 접근 순서를 결정한다.
- [0154] 공간 링크 탐색장치(200)는 위상 관계의 탐색 순서 및 공간 엔티티의 접근 순서에 따라 신규 공간 링크를 탐색한다(S330). 위상 관계의 탐색 순서 및 공간 엔티티의 접근 순서에 따라 새롭게 생성된 신규 공간 링크를 탐색한다.
- [0155] 도 8에서는 각 단계를 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 다시 말해, 도 8에 기재된 단계를 변경하여 실행하거나 하나 이상의 단계를 병렬적으로 실행하는 것으로 적용 가능할 것이므로, 도 3은 시계열적인 순서로 한정되는 것은 아니다.
- [0156] 도 8에 기재된 본 실시예에 따른 공간 링크 탐색 방법은 애플리케이션(또는 프로그램)으로 구현되고 단말장치(또는 컴퓨터)로 읽을 수 있는 기록매체에 기록될 수 있다. 본 실시예에 따른 공간 링크 탐색 방법을 구현하기 위한 애플리케이션(또는 프로그램)이 기록되고 단말장치(또는 컴퓨터)가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨팅 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치 또는 매체를 포함한다.
- [0157] 이상의 설명은 본 발명의 실시예의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명의 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 본 발명의 실시예의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

## 부호의 설명

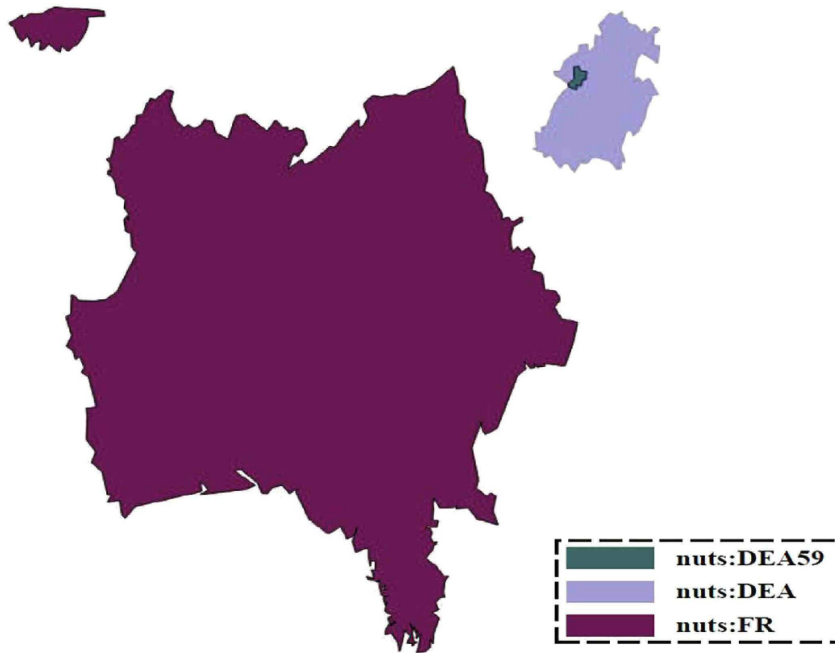
- [0158] 110: 공간 링크 탐색 시스템    120: 프로세서
- 130: 컴퓨터 판독 가능한 저장매체
- 200: 공간 링크 탐색장치    210: 공간 링크 조합부

## 도면

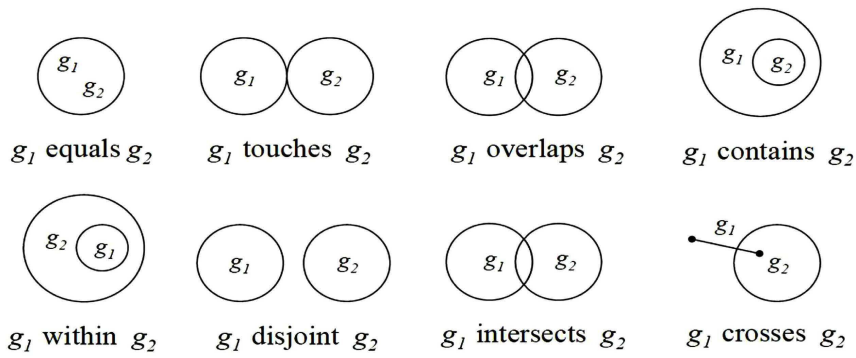
도면1



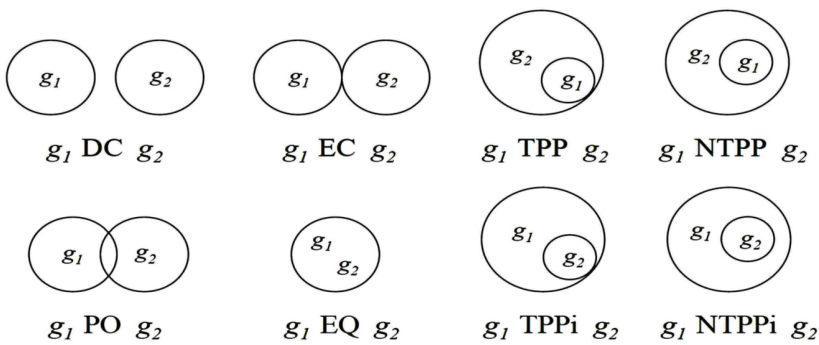
도면2



도면3



도면4



도면5a

---

**Algorithm 1: DORIC**

---

**Input :**  $S, T, \Delta, SLink$  (optional)  
**Output:**  $SLink$

/\* index  $S$  and  $T$  \*/

1 **if**  $ETH(S) > ETS(T)$  **then**  
2   |  $SWAP(S, T)$   
3 **end**

4  $spaceTiling(S, T, \Delta)$

5 **foreach**  $se \in (S \cup T)$  **do**  
6   |  $H_{se} \leftarrow computeHr(\square se)$   
7   |  $\mathcal{M}_{SH} \leftarrow \mathcal{M}_{SH} \cup (se, H_{se})$   
8 **end**

9  $\mathcal{M}_{HS} \leftarrow computeHrFirstMapping(\mathcal{M}_{SH})$   
10  $\mathcal{M}_{H\#S} \leftarrow computeQuantHrMapping(\mathcal{M}_{HS})$   
   /\* compute discovering order of  $TR$   
   and generate filtering pair list  
   \*/

11  $FPL \leftarrow \emptyset$   
12  $OTR \leftarrow getDiscoveryOrder()$   
   /\* discover spatial links with  $TR$  \*/

13 **foreach**  $tr \in OTR$  **do**  
14   |  $SLink \leftarrow SLink \cup discoverSpatialLinks(tr)$   
15 **end**

16 **return**  $SLink$

---

도면5b

---

**Algorithm 2:** getDiscoveryOrder()

---

**Input :**  $S, T$   
**Output:**  $OTR$

```

1 foreach  $tr \in TR$  do
2    $Ff(tr) \leftarrow 1$ 
3   if  $tr \cap \{equals, within, contains, disjoint\} \neq \emptyset$ 
4     then
5       foreach  $s \in S, t \in T$  do
6         if  $MBBFilter(s, tr, t)$  then
7            $FPL \leftarrow FPL \cup (s, tr, t)$ 
8         end
9       end
10      compute  $Ff(tr)$ 
11    end
12    compute  $Score(tr)$ 
13     $OTR \leftarrow OTR \cup (tr, Score(tr))$ 
14  end
15 sort  $OTR$  in descending order of  $Score(tr)$ 
16 return  $OTR$ 

```

---

도면5c

---

**Algorithm 3:** discoverSpatialLinks()

---

**Input :**  $S, T, \mathcal{M}_{HS}, \mathcal{M}_{H\#S}, tr, FPL,$   
 $SLink$  (optional)  
**Output:**  $SLink$

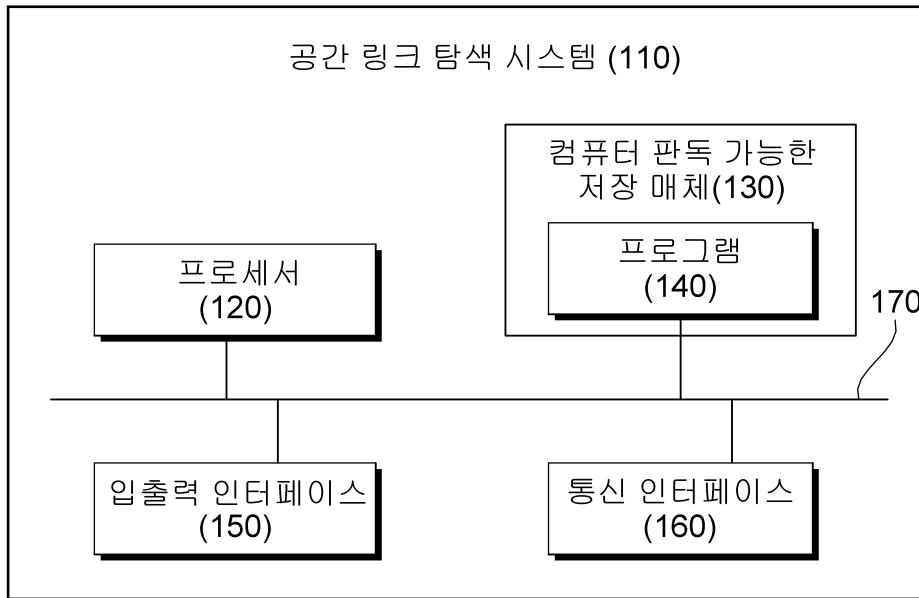
```

1 foreach hyperrectangle  $hr \in \mathcal{M}_{H\#S}$  do
2   foreach  $s \in (S \cap \mathcal{M}_{HS}(hr)), t \in (T \cap \mathcal{M}_{HS}(hr))$ 
3     do
4       if
5          $tr \cap \{equals, within, contains, disjoint\} \neq \emptyset$ 
6         then
7           if  $(s, t, tr) \cap FPL(tr) \neq \emptyset$  then
8             if  $tr$  is disjoint then
9                $SLink \leftarrow SLink \cup (s, t, tr)$ 
10            end
11          continue
12        end
13      end
14    end
15    if  $SLC(s, t, tr, SLink)$  then
16       $SLink \leftarrow SLink \cup (s, t, tr)$ 
17    end
18  end
19 return  $SLink$ 

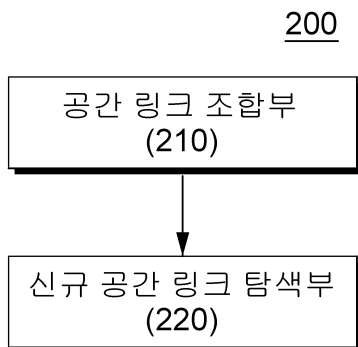
```

---

도면6



도면7





도면8

