

# ACK 2024

논문집

Annual Conference of KIPS 2024



신진학자 워크숍

---

## 지식그래프 스키마 기반의 사용자 의도 활용

오병국 교수  
(건국대학교)

# 지식그래프 스키마 기반의 사용자 의도 활용

w/ Graph & Language Intelligence

Byungkook Oh (오병국)

Department of Computer Science and Engineering

bkoh509@gmail.com / bkoh509@gmail.com

<https://bkoh509.github.io>

<https://gli.konkuk.ac.kr>

# About Me

Academic Exp.  
(10 years)

Mar. 2011 - Feb. 2015



**Yonsei University**

B.S. in Computer Science, Major GPA: 3.72/4.3

Mar. 2015 - Aug. 2020



**Yonsei University**

Ph.D. in Computer Science, GPA: 4.15/4.3

– Thesis: "Context-Aware Relational Learning for Knowledge Graph Completion"

– Advisor: Prof. Kyong-Ho Lee

Oct. 2020 - Dec. 2020



**Yonsei University**

Postdoctoral Researcher



Industrial Exp.  
(3 years)

Jan. 2021 - Jan. 2024



**Samsung Research**

AI Research Scientist (Staff Engineer)

– Data Intelligence Team, Emerging Tech

**Samsung Research**

Academic Exp.  
(Current)

Mar. 2024 - Current



**Konkuk University**

Assistant Professor in Dept. of Computer Science and Engineering



# Graph-Structured Data

 Text Corpora

 Time-Series

 Image/Video

*Unstructured Data*

 JSON/XML

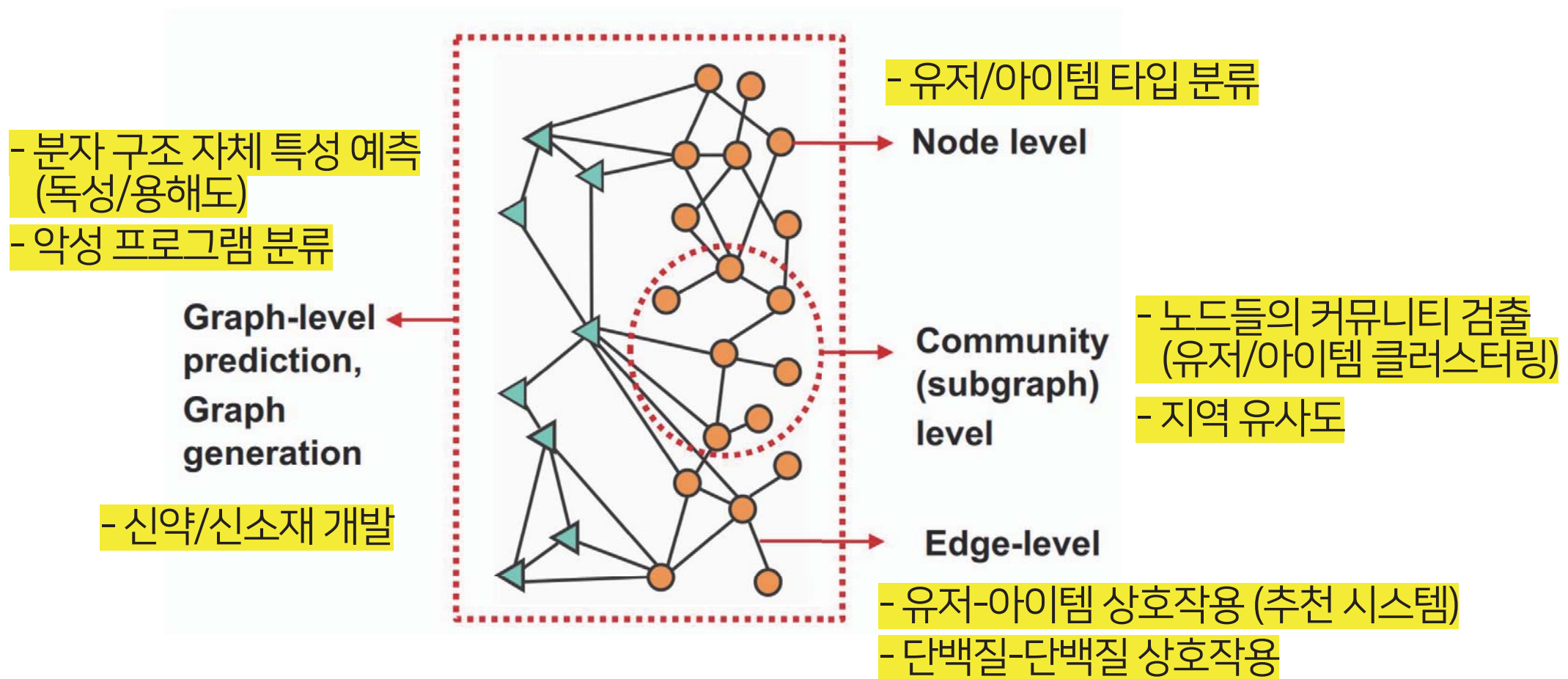
 Website

*Semi-structured Data*

## □ Graph-Structured Data

- ✓ 복잡한 시스템을 표현/설명/분석하기 위한 범용적인 자료구조
  - 노드(node): 객체의 집합
  - 링크(link): 객체들 간의 상호작용
- ✓ 시스템을 분석하고 이해할 수 있는 수학적 기초 제공
- ✓ 예)
  - 소셜 네트워크: 개인을 노드, 친구 관계를 링크로 표현
  - 단백질 네트워크: 단백질을 노드, 단백질 사이의 상호작용을 링크로 표현

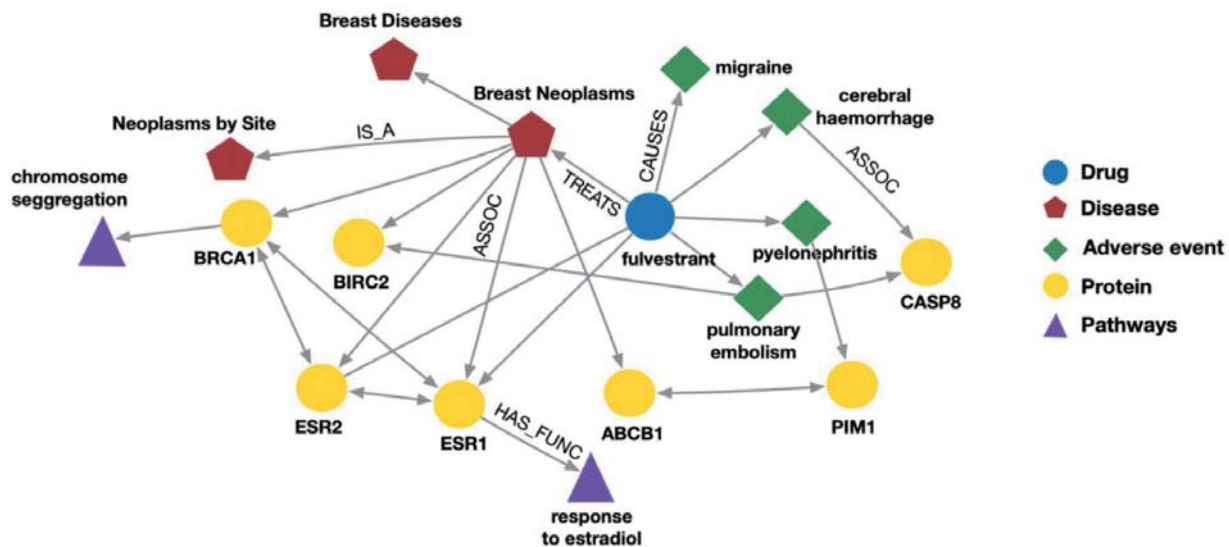
# Graph-Structured Data



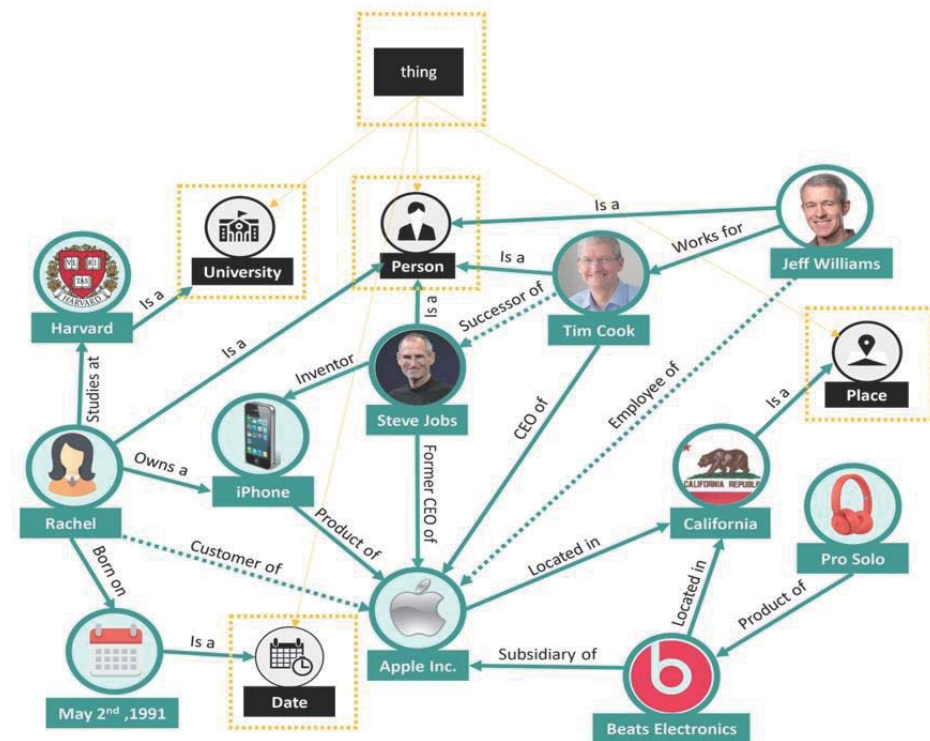
# Knowledge Graph

□ Directed Labeled Multigraph:  
more generalized form than other graph forms

✓ ex) 지식그래프 (Knowledge Graph)



Biomedical Knowledge Graph



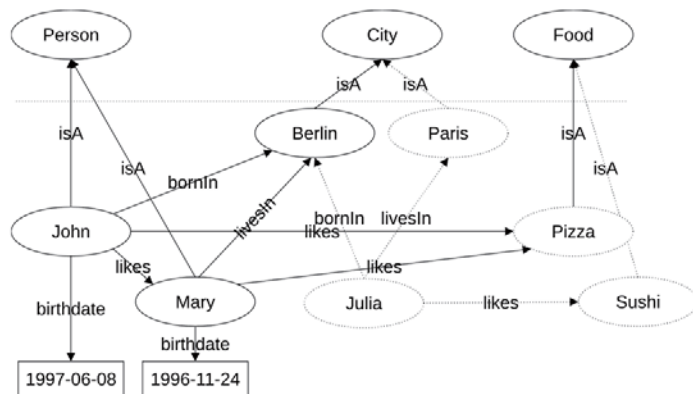
General Knowledge Graph

# Knowledge Graph

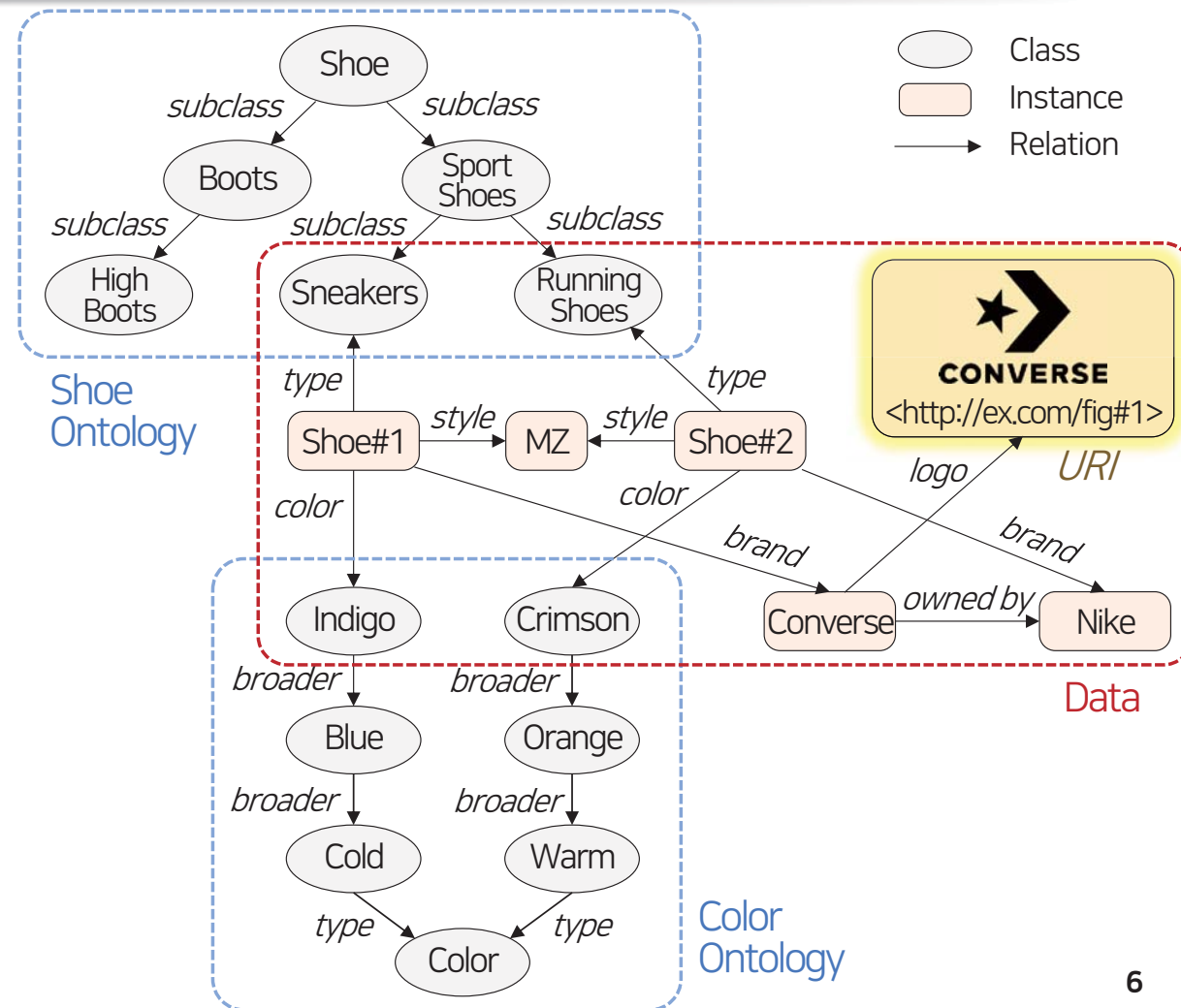
*" formal and explicit specification  
of a shared conceptualization "*

## ✓ Data + Schema (Ontology)

- factual knowledge
- ✓ Reusable
- ✓ Interoperable
- ✓ Machine Readable



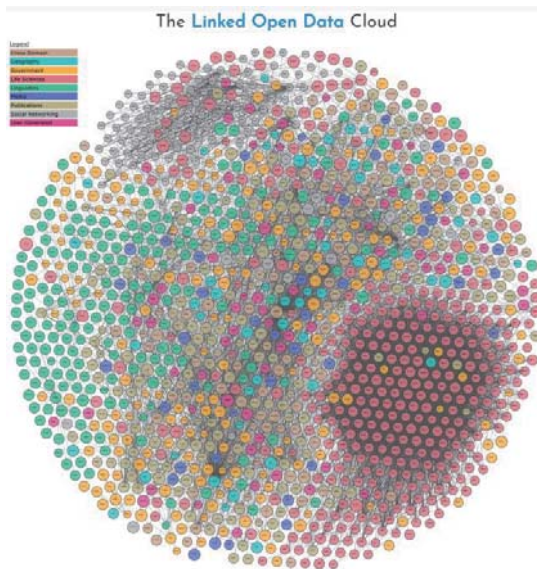
Simple Knowledge Graph



# Knowledge Graph

## □ 지식그래프 (Knowledge Graph)

- ✓ 방대한 양의 지식 정보(데이터)와 데이터 간의 관계지식
- ✓ 복잡한 **인간의 지식**을 시각적이고 직관적인 방식으로 표현
  - 다양한 개념, 사실, 관계를 통합적으로 표현
  - 이를 통해 정보를 검색, 탐색 및 이해하기 쉽게 만듦



Linked Open Data

## Personalized Knowledge Graph

- 개인화된 지식 그래프
- 사용자 Context와 Contents에 대한 실시간 추론



### Personal KG

사용자 컨텍스트 파악  
맞춤형 추천 제공

### Domain KG

도메인 특화 지식 정보 제공  
전문 서비스 제공

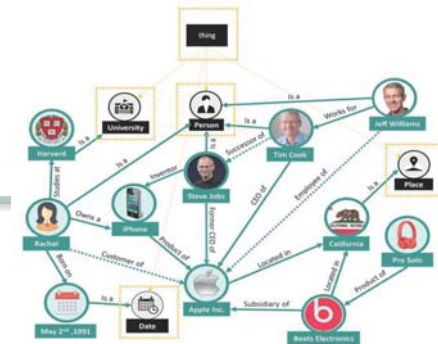
### Enterprise KG

비즈니스 데이터 검색  
업무 생산성 향상 및 빠른 의사결정 도출

# Knowledge Graph

## 지식그래프 (Knowledge Graph)

✓ 세계적인 기업/연구소 (구글, 아마존, 알리바바, 네이버 등)에서 지식그래프를 구축, 정제 및 활용함



### ■ Google : Knowledge graph 기반 Semantic Search

- 500B facts about 5B entities by 2020
- Enhance search engine's results and answer direct spoken questions in Google Assistant/Home



※ Google acquired Metaweb in 2010 that developed Freebase (open, shared database of the world's knowledge) in order to improve search answers

Thomas Jefferson was an American statesman, diplomat, lawyer, architect, musician, philosopher, and Founding Father who served as the third president of the United States from 1801 to 1809. Wikipedia

**Born:** April 13, 1743, Shadwell, Virginia, United States  
**Died:** July 4, 1826, Monticello, Virginia, United States  
**Party:** Democratic-Republican Party  
**Presidential term:** March 4, 1801 – March 4, 1809  
**Children:** Martha Jefferson Randolph, Madison Hemings, MORE  
**Vice presidents:** Aaron Burr (1801–1805), George Clinton (1805–1809)



### ■ Microsoft : LinkedIn service內 보유한 전문성과 인간 관계를 Knowledge Graph化

- Recruiter search and recommendation, insight extraction such as the # of members who have a given skill in a given location and the # of job hires requiring a given skill in that same location



### ■ Amazon: 상품 Knowledge graph 구축을 통해 사용자 맞춤형 상품 검색/추천

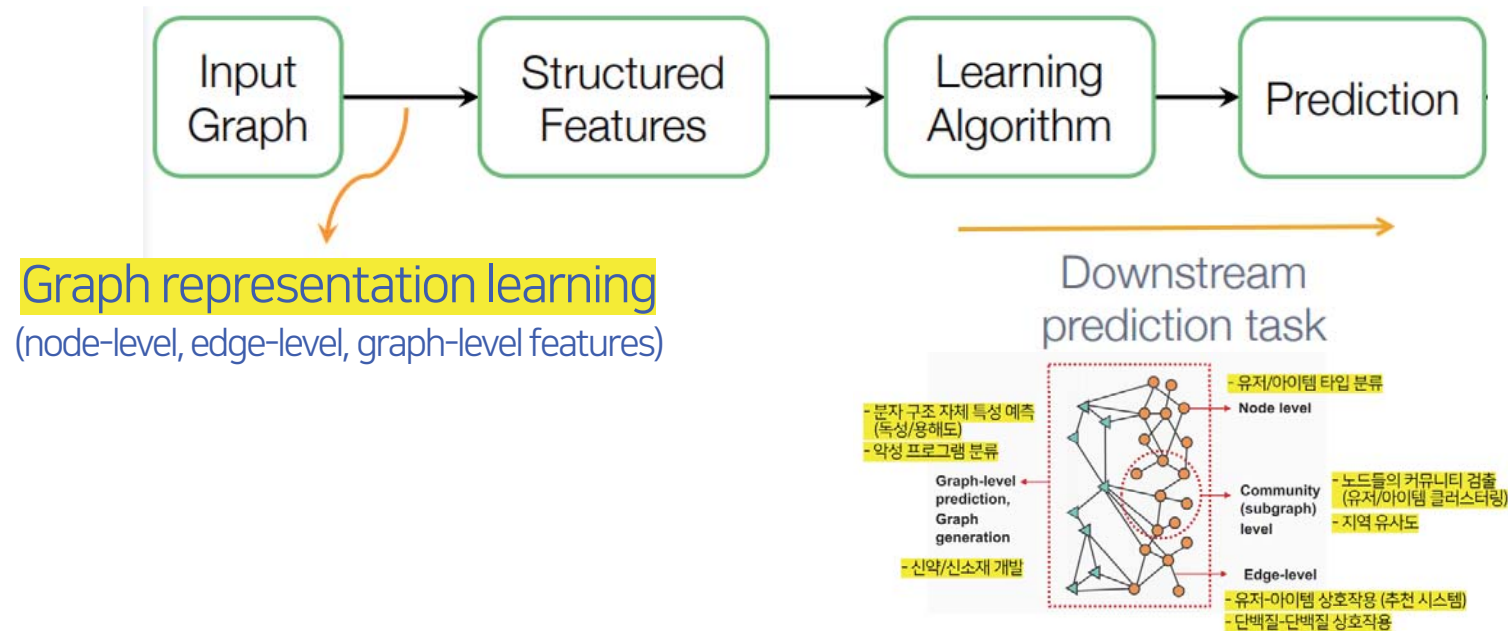
- Answer any question about products and related knowledge in the world
- Search for the best products that fit user's need and help customers use greater variation in search terms

※ for example, bathing suit or swimsuit, tomato or tomahto



# Graph Representation Learning

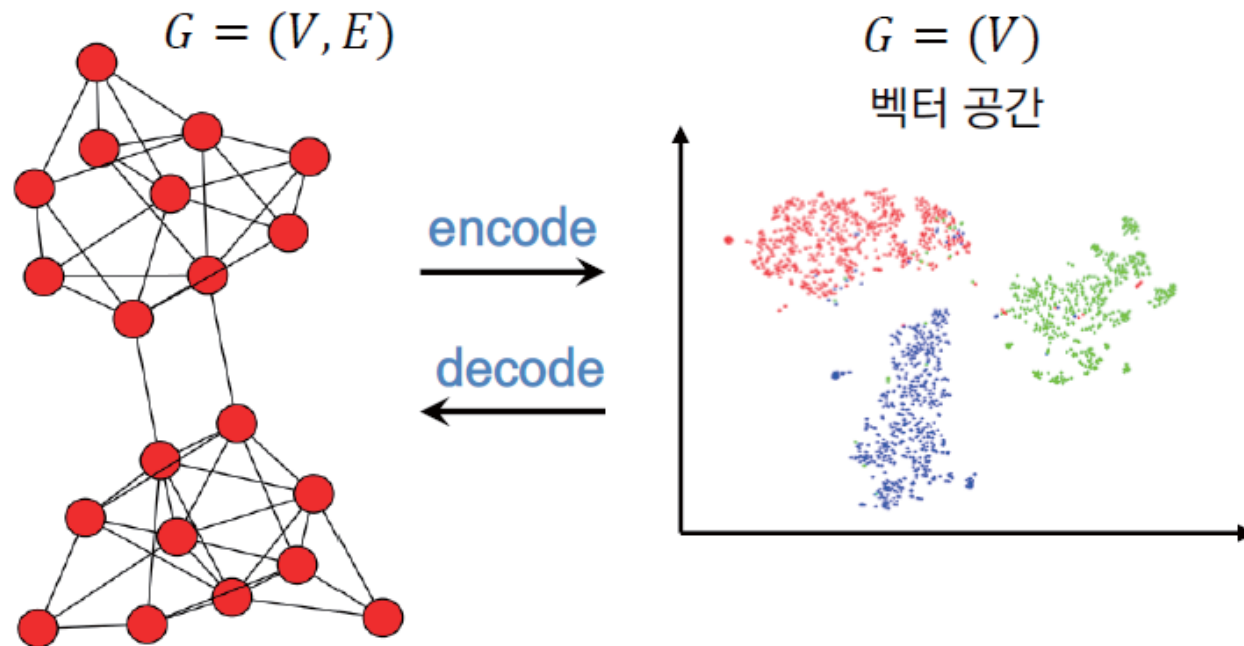
- ❑ need to obtain node features from a graph, while preserving graph-structured information
  - ✓ Feature engineering
  - ✓ Graph representation learning



# Graph Representation Learning

## □ Graph representation learning

- ✓ 주로 그래프의 노드를 저차원 공간 상으로 임베딩
- ✓ 그래프 기계학습 문제를 벡터 공간에서 해결 가능



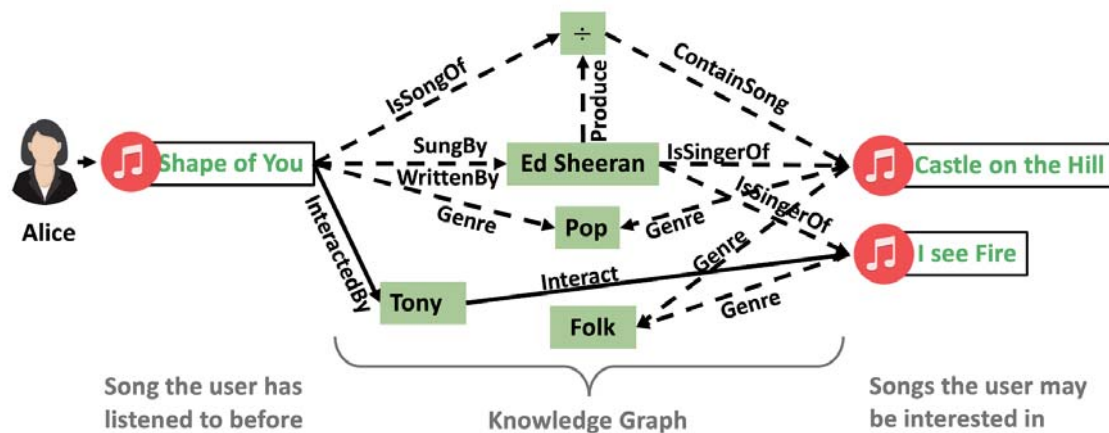
### 네트워크 추론

- 노드 분류
- 관계 예측
- 그래프 군집화
- ...

# KG 기반의 사용자 의도

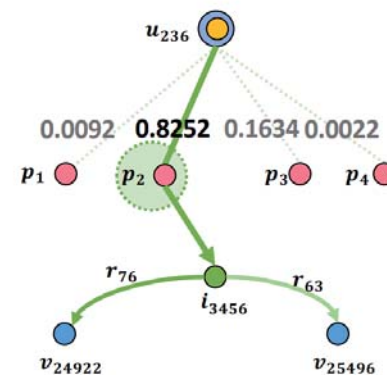
❑ 지식그래프 기반의 설명가능한 추천시스템과 지식그래프 기반의 사용자 의도 추출 기술을 확장하여 KGQA에 적용

✓ KGQA: Knowledge Graph Question Answering



기존의 지식그래프 기반의 설명가능한 추천시스템

|       | Top 2 KG Relations in Each Intent      | Score  |
|-------|----------------------------------------|--------|
| $p_1$ | $r_{65}$ (theater.play.genre)          | 0.2368 |
|       | $r_{34}$ (theater.plays in this genre) | 0.1623 |
| $p_2$ | $r_{76}$ (book.date_written)           | 0.3567 |
|       | $r_{63}$ (book.short_story.genre)      | 0.2283 |
| $p_3$ | $r_{71}$ (date_of_first_performance)   | 0.5934 |
|       | $r_{30}$ (fictional_universe.)         | 0.1418 |
| $p_4$ | $r_{65}$ (theater.play.genre)          | 0.1230 |
|       | $r_{27}$ (book.illustrator)            | 0.1040 |

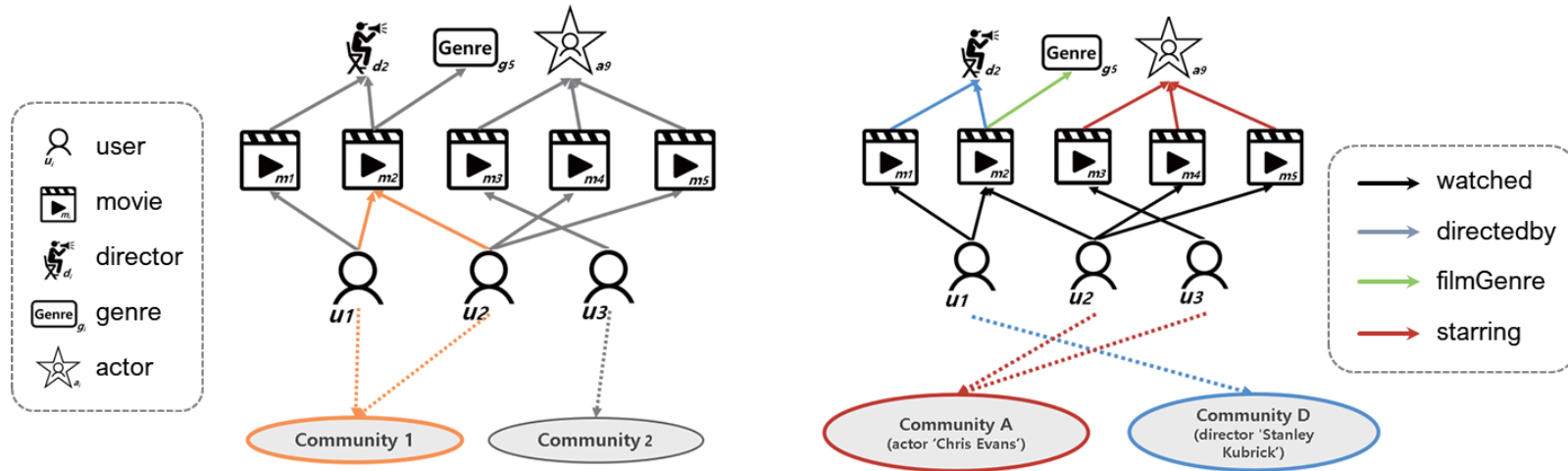


기존의 지식그래프 기반의 사용자 의도 추출

# KG 기반의 사용자 의도

## □ 상호작용 의도(interaction intent)에 기반한 커뮤니티 탐지가 필요함

- ✓ 사용자가 아이템을 선택한 이유 (의도) 을 추출함
  - 지식그래프(Knowledge Graph: KG) 및 사용자-아이템 연결 정보를 활용 가능
- ✓ 공통 의도 (관심사) 에 기반한 커뮤니티를 탐지하고 이를 추천에 적용함



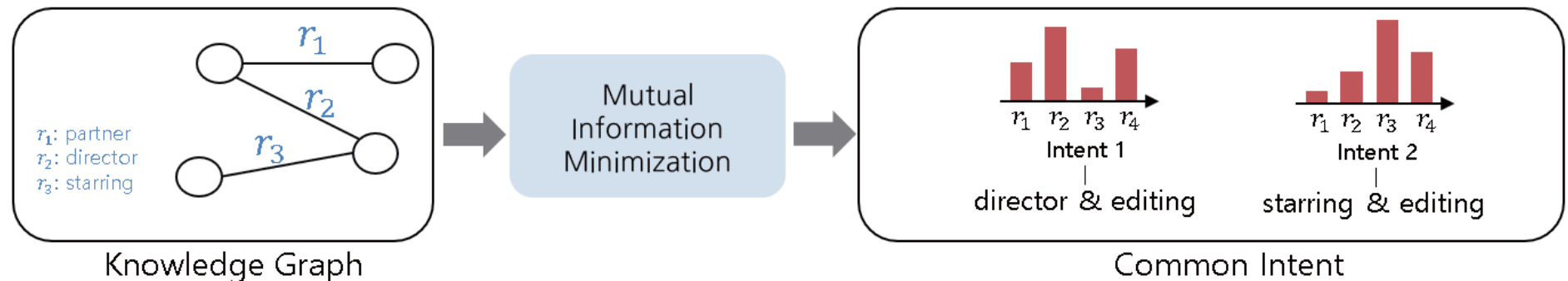
# KG 기반 사용자 의도 추출

## □ 공통 의도 (common intent) 는 의도 집합으로 구성됨

- ✓ 각 의도는 KG내 모든 관계에 대한 영향력으로 표현됨
  - $\text{의도}(\text{intent}) = \sum (\text{영향력}_m)(\text{relation } r_m)$

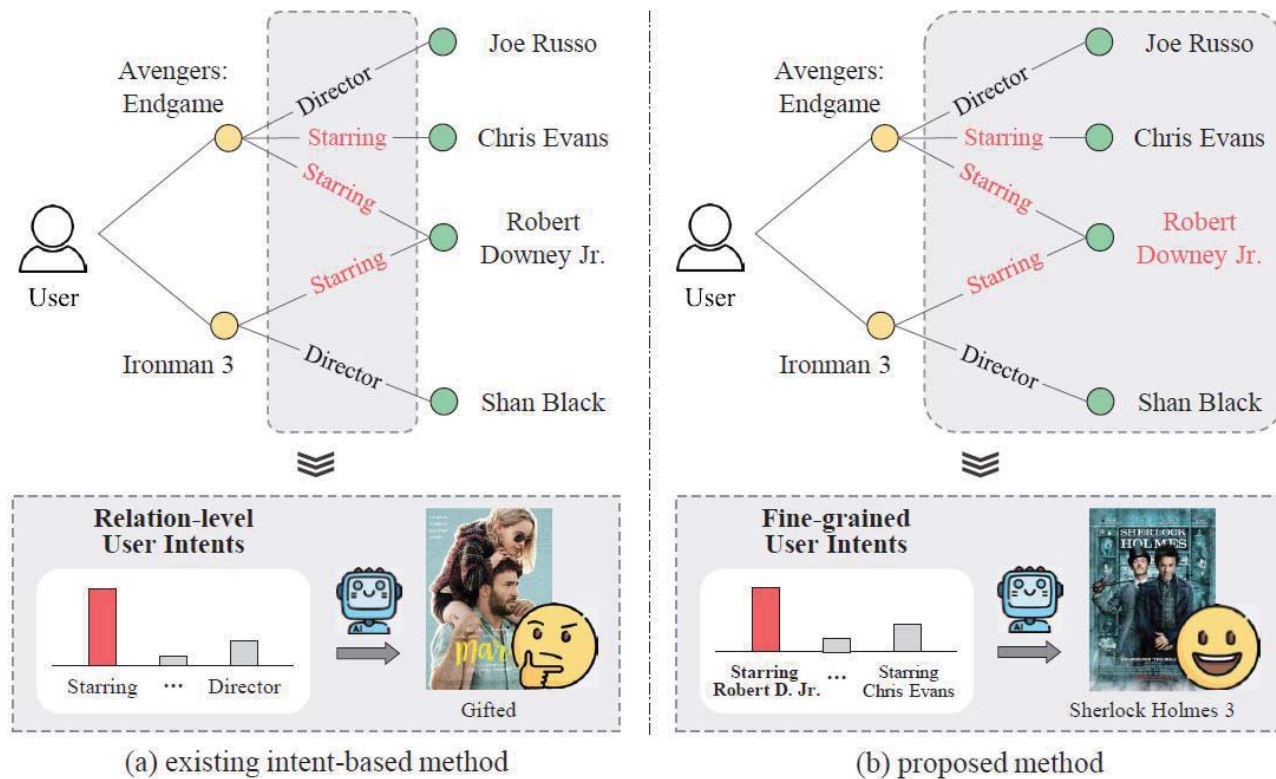
## □ Mutual Information (MI) Minimization<sup>[2]</sup>을 통한 공통 의도 표현 학습

- ✓ 의도 구성요소 간 상호 의존성을 최소화함
- ✓ 공통 의도에 속한 각 의도가 서로 구별되도록 학습함



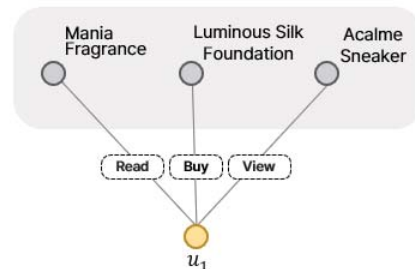
# KG 기반 사용자 의도 추출

## □ Relation-entity 관계를 고려한 세부 사용자 의도 추출

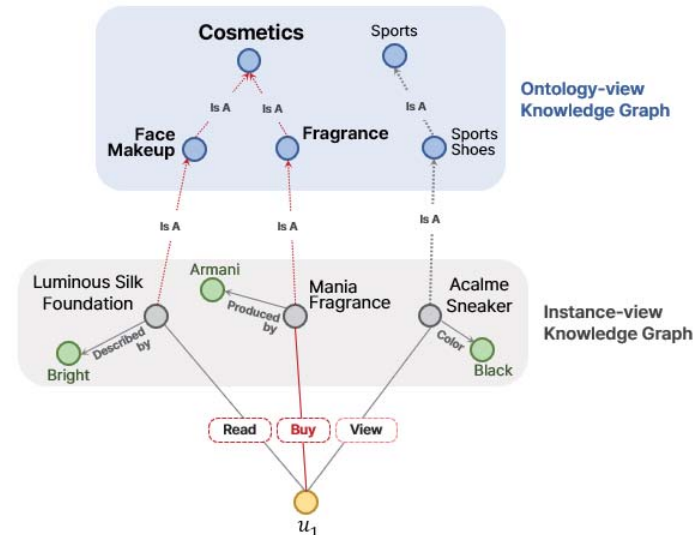


# KG 스키마 기반 멀티타입 상호작용 모델링

- ❑ 멀티타입 (다중행동) 상호작용 추천 (multi-behavior recommendation: MBR)
  - ✓ 전자상거래 플랫폼에서 사용자는 아이템과 다양한 타입으로 상호작용함
  - ✓ 구매 이외에 클릭, 장바구니 담기 등 다양한 상호작용 정보를 활용 가능함
- ❑ 온톨로지 (ontology)는 도메인 지식을 표현
  - ✓ 아이템의 계층적 클래스 구조와 개체 사이의 관계를 활용



기존 멀티 타입 상호작용 추천 연구 (CML<sup>[1]</sup>)



온톨로지 기반 멀티 타입 상호작용 추천 (Ours)

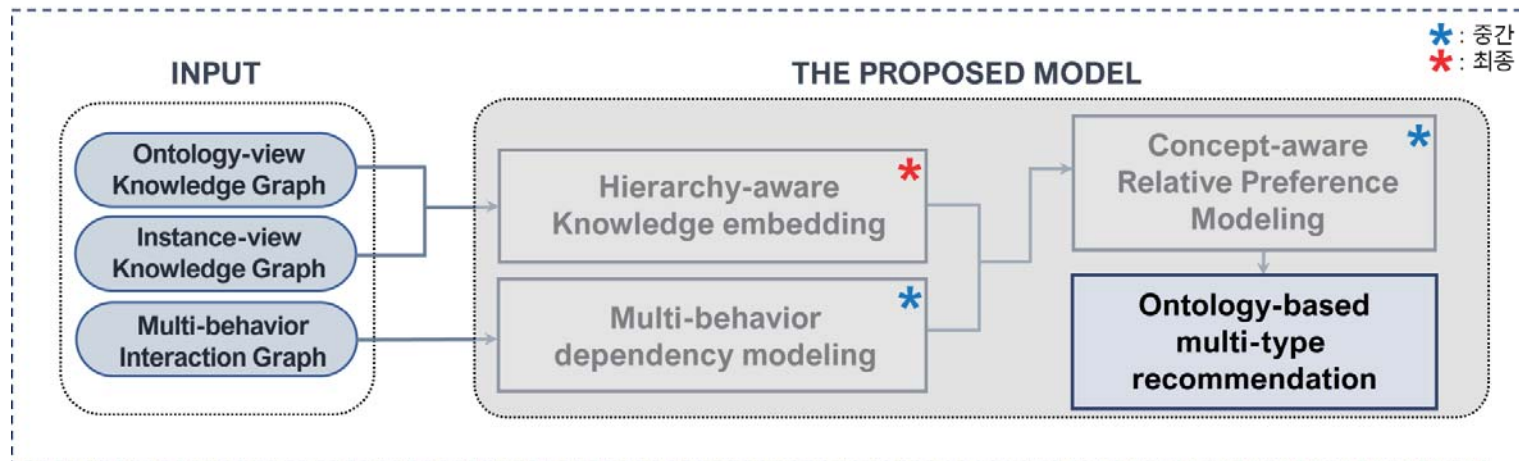
# KG 스키마 기반 멀티타입 상호작용 모델링

## ❑ 멀티타입 상호작용과 온톨로지 정보를 모두 활용함

- ✓ 멀티타입 상호작용 그래프 (multi-behavior interaction graph)
  - 타겟 (target) 타입: buy, 보조 (auxiliary) 타입: view, read, cart 등
- ✓ 두 종류의 지식그래프: TBox와 ABox를 모두 활용
  - 온톨로지 뷰 지식그래프 (ontology-view knowledge graph)
  - 인스턴스 뷰 지식그래프 (instance-view knowledge graph)

## ❑ 온톨로지를 활용한 멀티타입 상호작용 추천 모델을 개발함

- ✓ 멀티타입 상호작용으로부터 타겟타입으로 선택할 아이템을 예측함

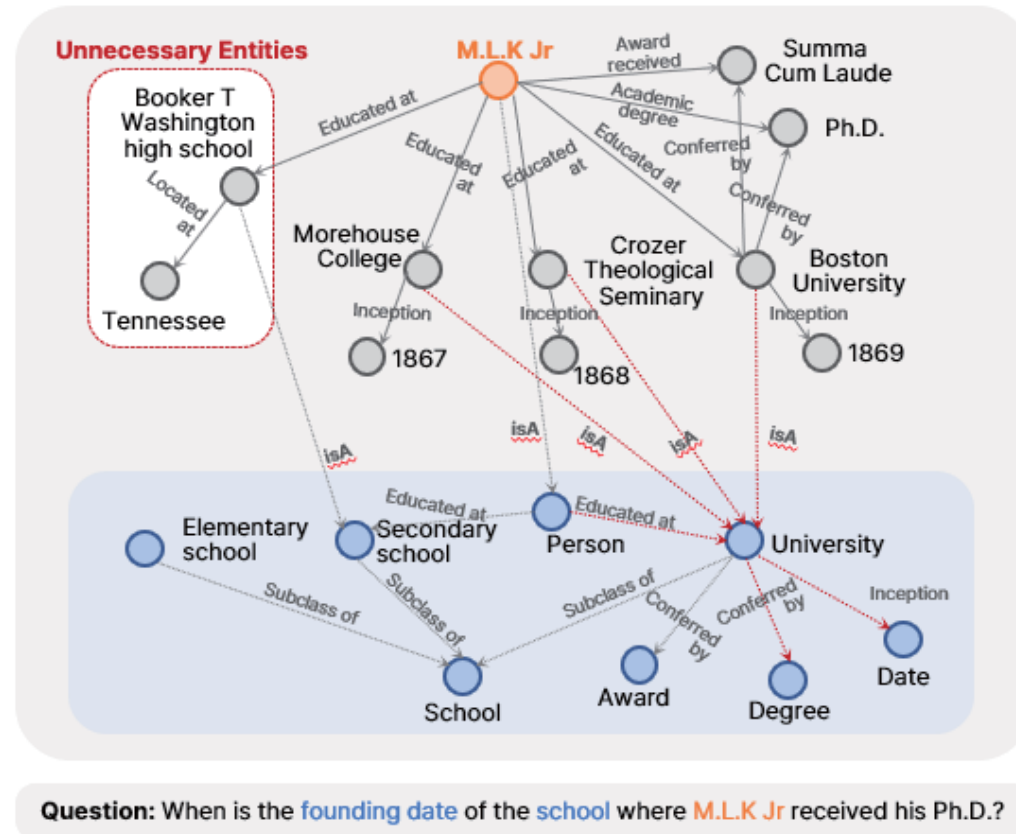


# 질의 의도 기반 지식그래프 정보검색

\* Knowledge Graph Question Answering

## □ 지식그래프 정보검색 (KGQA)

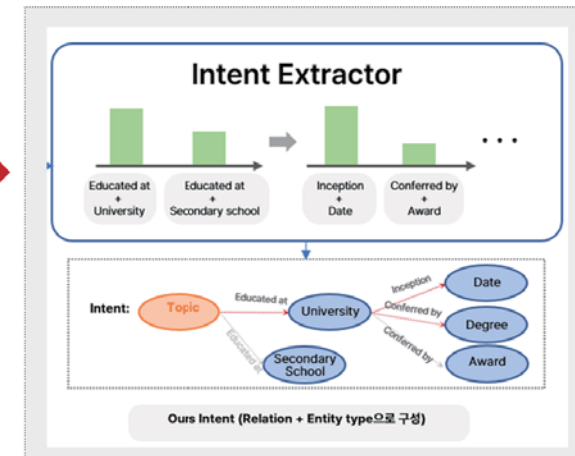
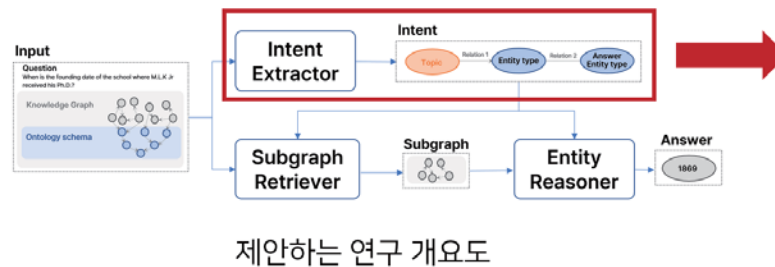
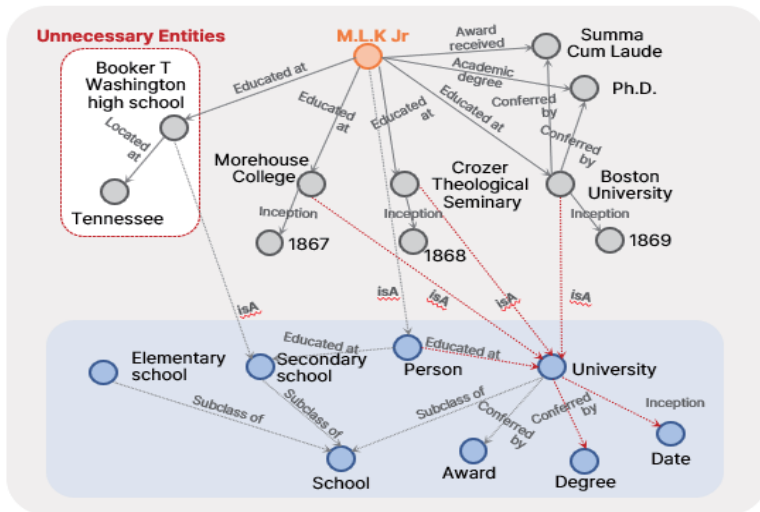
- ✓ 온톨로지 스키마를 활용하여 자연어 질의의 의도를 파악하는 KGQA 예시



# 질의 의도 기반 지식그래프 정보검색

## □ 스키마 기반 사용자 질의 의도를 활용하여 IR-based KGQA를 개선

- ✓ 가중치 기반으로 자연어 질의의 의도 분류 가능
  - 자연어 질의의 의도 해석 및 정량화 가능 -> 사용자 질의 의도 기반 KGQA
- ✓ 사용자 질의 의도와 지식그래프의 연관성을 파악하여 부분 지식그래프를 추출
  - 부분 지식그래프부터 정답 개체를 추론



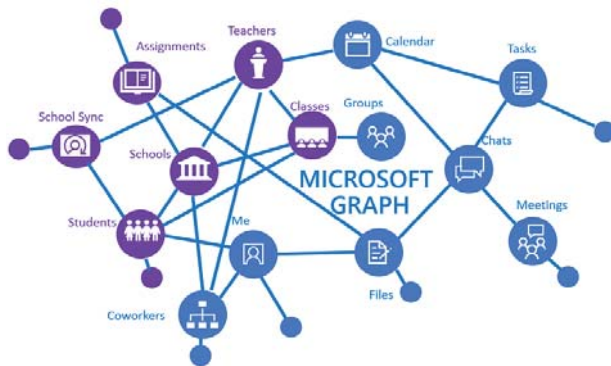
제안하는 의도 추출 모듈

Question: When is the founding date of the school where M.L.K Jr received his Ph.D.?

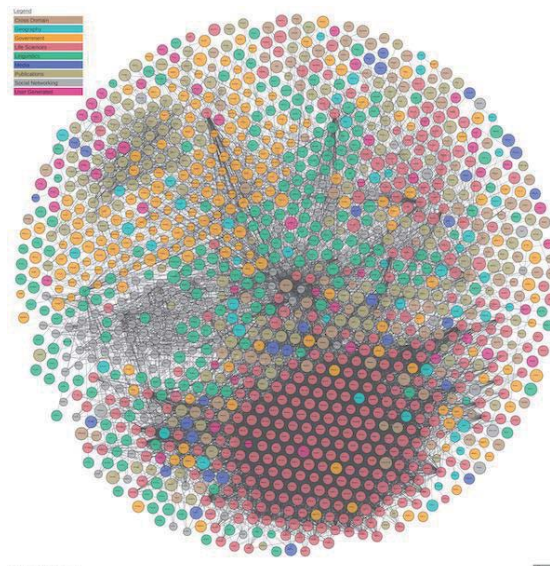
# Multimodal Unstructured Data Processing

## ❑ Hyperconnectivity

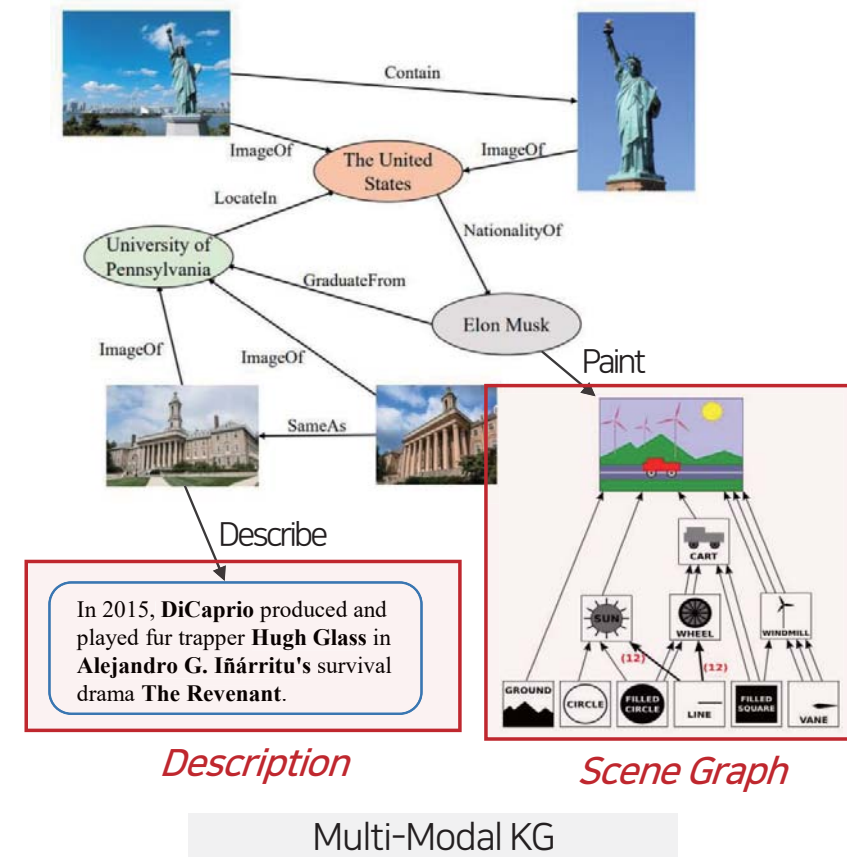
- ✓ becoming more and more connected to each other



Microsoft Graph



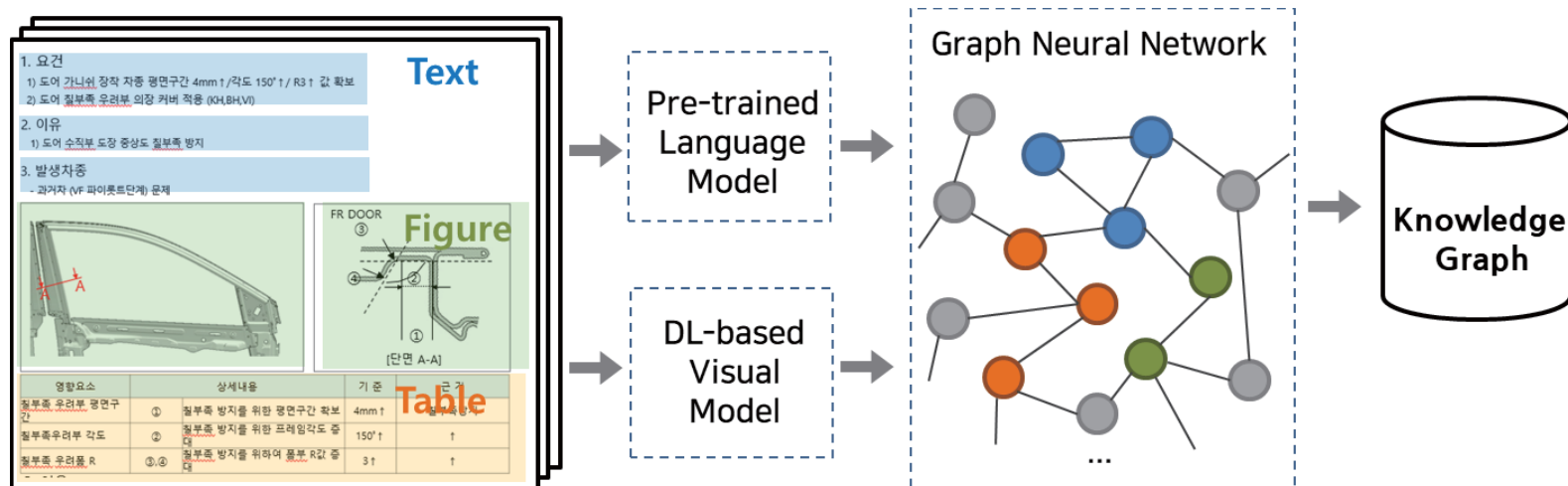
Linked Open Data Cloud



Multi-Modal KG

# Multimodal Unstructured Data Processing

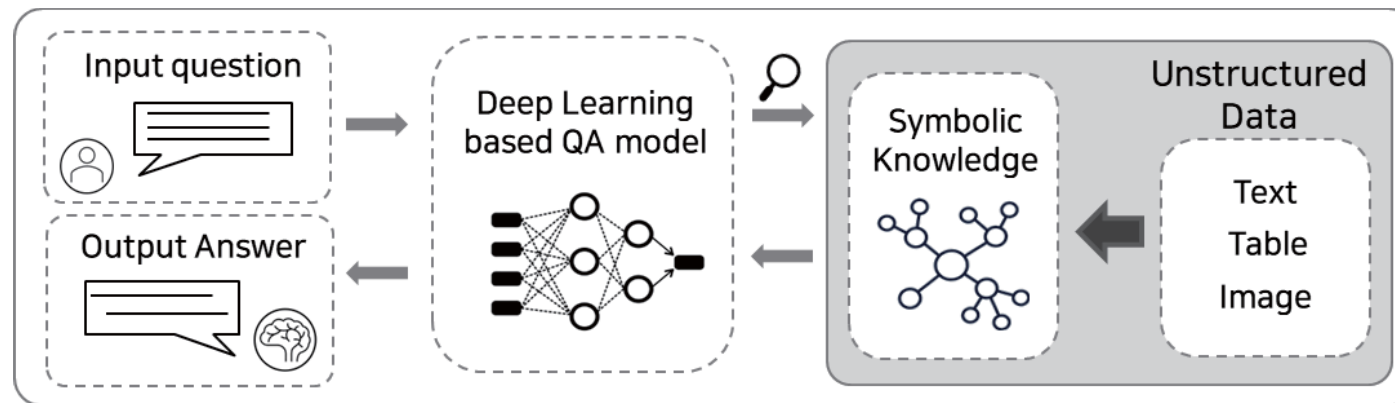
- ❑ 대다수의 기업 데이터는 풍부한 도메인 지식을 포함함
  - ✓ 텍스트 및 비텍스트와 같은 로그 파일, 비정형 자료, 일회성 문서 및 사진 등
- ❑ 다양한 유형의 구성 요소 간 의미적 연결 관계를 고려한 지식 추출이 필요함
  - ✓ 지식의 용이한 유지, 보수 및 계승이 가능하도록 재사용 및 상호운용성을 확보할 수 있어야 함
  - ✓ 문서를 구성하는 텍스트, 이미지, 테이블 간의 관계를 고려함



# Multimodal Unstructured Data Processing

## □ 데이터로부터 도메인 지식을 추출 및 활용

- ✓ 정형 데이터로의 변환을 통한 지식그래프 (Knowledge Graph) 구축
  - 엔지니어링 의사결정을 지원하는 응용 개발에 활용 가능: 질의응답 등

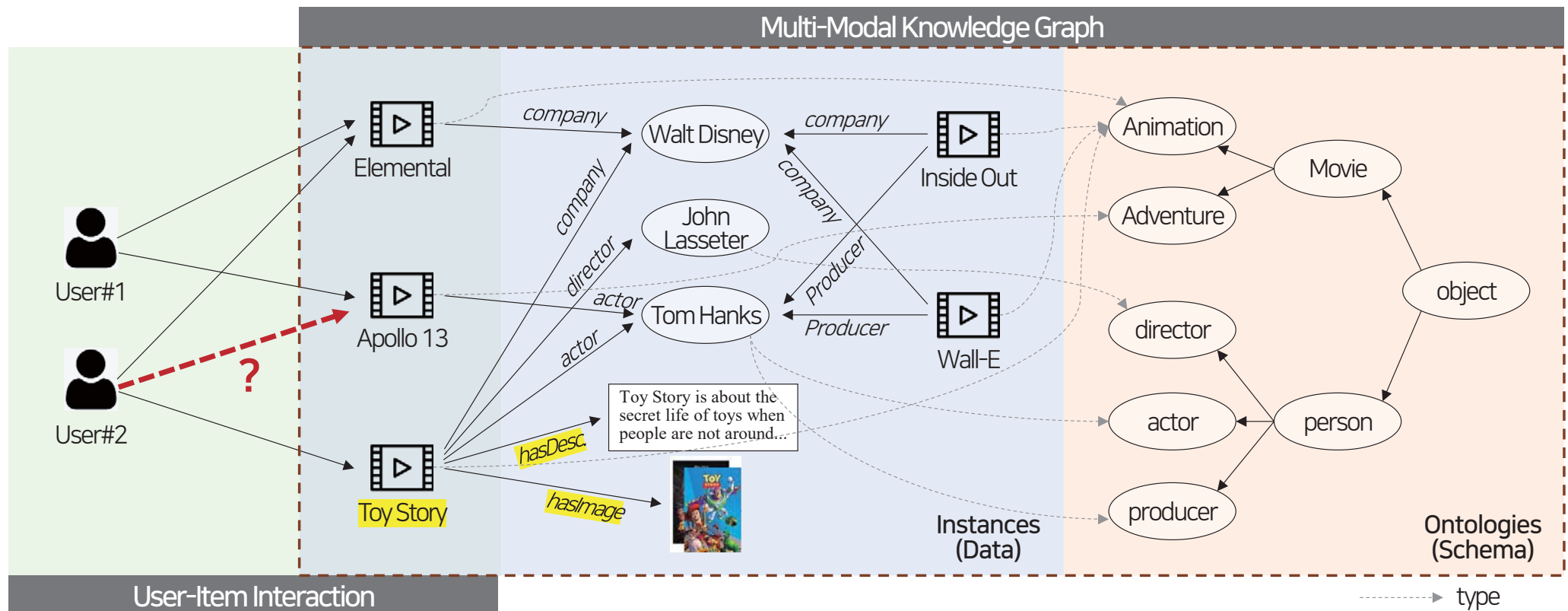


- ✓ 지식그래프 구축을 위한 지식 추출 기술을 개발
  - 멀티모달 데이터 (multi-modal data)를 지원
    - 문서 내에 텍스트, 이미지, 테이블이 혼재되어 있음
  - 다양한 유형의 구성 요소 간 의미적 연결 관계를 고려한 지식 추출이 필요함

# Multimodal Unstructured Data Processing

## Utilizing Multi-Modal Structured Knowledge

*ex) KG Completion/Validation*  
*ex) KG-enhanced Recommendation*



# Graph-Structured Interaction for GenAI

□ 다양한 유형의 지식을 멀티모달 생성모델이 보다 명확하게 이해할 수 있도록 하는 것을 목표

✓ 기존은 복잡한 문장 의도를 정확하게 해석하기 어렵게 함

사용자: 안녕! 내가 키우는 강아지 3마리에 대해 설명해 줄게. 내 질문에 답해줘.

시스템: 물론이지! 강아지들에 대한 설명을 해주면 그에 맞추어 답변해 줄게.

사용자: 첫번째와 세번째는  에서 각각 탁자 위와 의자 위에  
앉아있는 흰색 강아지야. 둘 다 곱슬거리는 흰색의 털을 가지고 있어.  
세 마리 각각 , , 그리고  소리를 내.  
두번째는  로, 세번째와 똑같이 주둥이가 길고 다리가 짧아.  
특히, 첫번째와 세번째 동물은 비슷하게 생겼어.

그림 1. 기존의 선형적 멀티모달 상호작용

사용자: 안녕! 내가 3마리의 동물을 설명해 줄게. 그다음에 내 질문에 답해줘.

시스템: 물론이지! 동물에 대한 설명을 해주면 그에 맞추어 답변해 줄게.

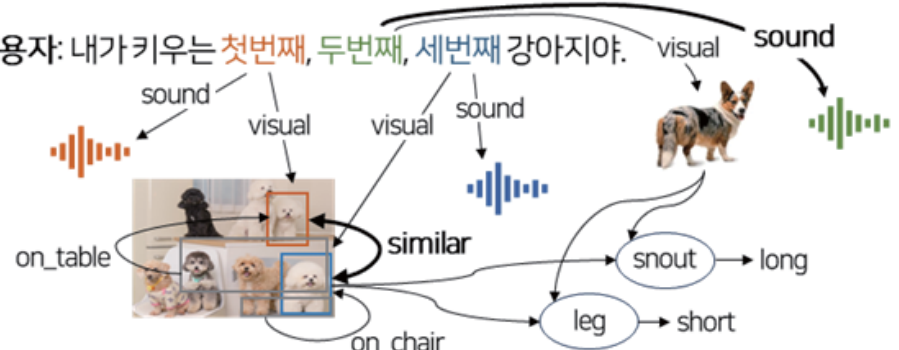
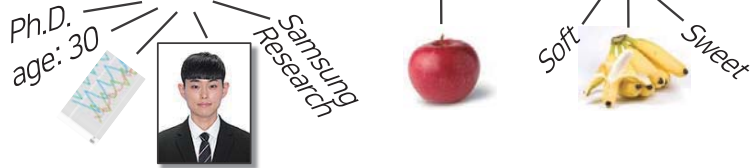
사용자: 내가 키우는 첫번째, 두번째, 세번째 강아지야. 

그림 2. 제안하는 그래프 구조 기반의 멀티모달 상호작용

# Graph-Structured Interaction for GenAI

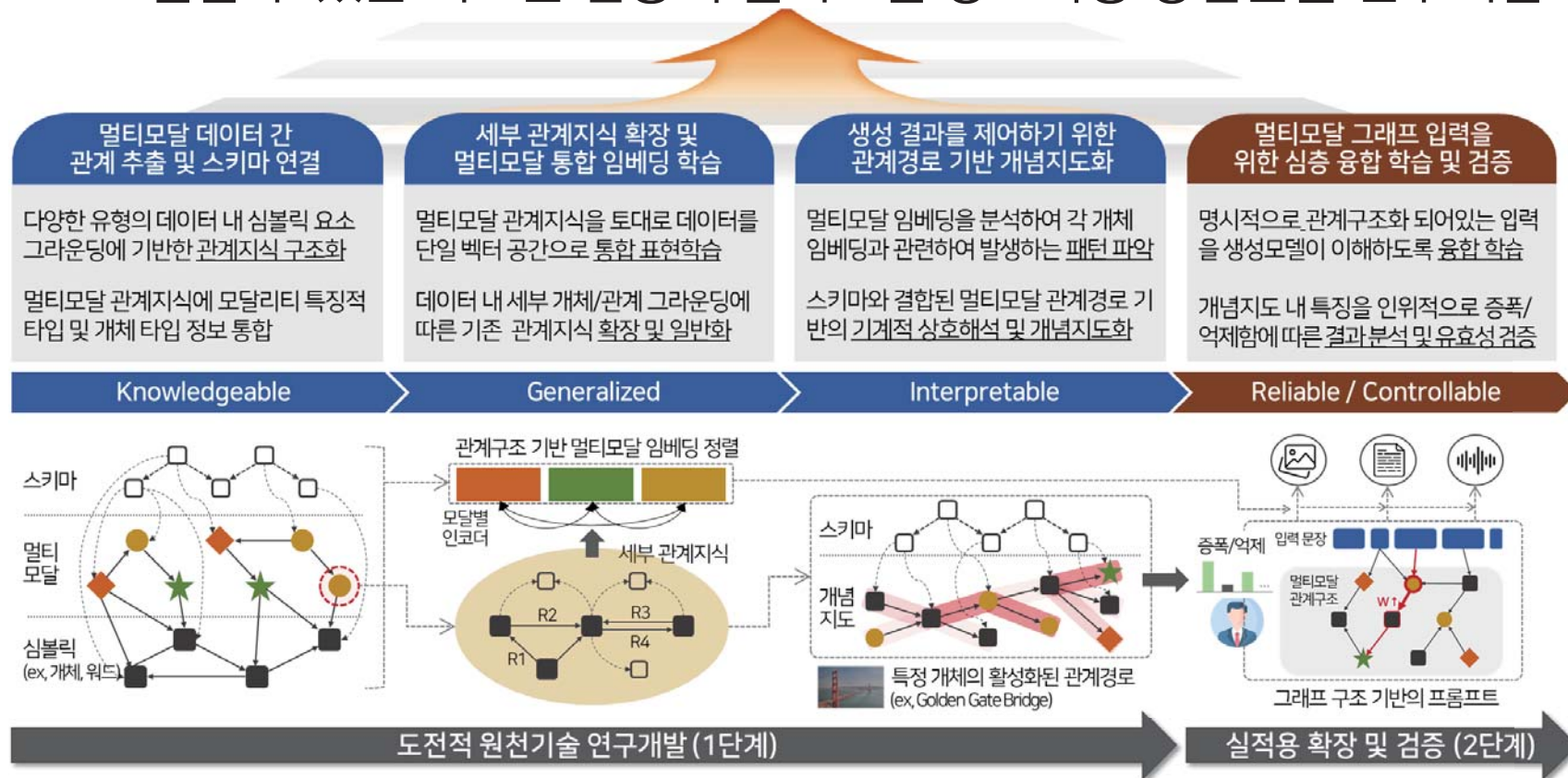
## ❑ KG-LLM Synergized Model (GenAI)

*ex) KG-augmented Generation*  
*ex) KG Construction*  
*ex) KG Question Answering*

|        | Standard LLM<br>Generation/QA                                                                                                                                                                                            | KG-LLM Synergized Model                                                                                                                                                       |                                              |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|        |                                                                                                                                                                                                                          | KG-Augmented Generation                                                                                                                                                       | KG Question Answering                        |
| Input  | Text, Image                                                                                                                                                                                                              | Text, Multi-Modal KG                                                                                                                                                          |                                              |
|        | <i>ex) "Which fruit does Byungkook like,  or  ?"</i> | <i>ex) "Which fruit does <u>Byungkook</u> like, <u>apples</u> or <u>bananas</u>?"</i><br> |                                              |
|        |                                                                                                                                                                                                                          | ✓ Refer to <u>what each entity in text really wants</u> from KG (data + schema)                                                                                               |                                              |
| Output | Text<br>(probabilistic)                                                                                                                                                                                                  | Text<br>(probabilistic)                                                                                                                                                       | KG Entity<br>(probabilistic + deterministic) |
|        |                                                                                                                                                                                                                          | ✓ Lead to <u>more explicit and domain-specific answer</u>                                                                                                                     |                                              |

# Graph-Structured Interaction for GenAI

- 멀티모달 입력을 그래프 구조로 명시적으로 표현하고 관계지식의 중요도를 인위적으로 조절할 수 있는 새로운 범용적 멀티모달 상호작용 방법론을 연구개발



# Q & A

Byungkook Oh  
([bkoh@konkuk.ac.kr](mailto:bkoh@konkuk.ac.kr) / [bkoh509@gmail.com](mailto:bkoh509@gmail.com))

Graph & Language Intelligence Lab