

2-B-5-양-6

국내학술발표

BIM 간섭 정보의 의미론적 탐색 위
한 LLM 및 GraphRAG 기반 지능형
모듈 개발

2025. 11.

| | | | |
|-------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----|
| 과 제 명 | 인공지능 기반의 건축설계 자동화 기술개발 | | |
| 주 관 기 관 | 경북대학교 산학협력단 | | |
| 총 연구 기간 | 2021. 04 . 01 - 2025. 12 . 31(4년 9개월) | | |
| 해당연도(5차년) | 2025. 01 . 01 - 2025. 12 . 31(1년) | | |
| 구 성 기 술 명 | 구성기술 2 | 설계 생산성 향상을 위한 지능형 상세설계 자동화 기술 개발 | |
| 세 부 과 제 명 | 2-B | 인공지능 기반 건축 상세설계 자동화 기술개발(II) | |
| 공 동 연 구 기 관 | - | | |
| 연 구 기 관 | 서울과학기술대학교 산학협력단 | 연구책임자 | 구본상 |

2025 KIBIM Annual Conference 한국BIM학회 정기학술대회

5.22. THU 09:00~18:00

한국과학기술회관 B1 국제회의실

AI Transformation BIM of Tomorrow

사전등록 4. 21.(월) ~ 5. 14.(수) [사전등록 바로가기](#)

논문계획서 제출 4. 14.(월) ~ 4. 30.(수) [논문계획서 제출 바로가기](#)

논문제출 4. 14.(월) ~ 5. 7.(수)

현장등록 5. 22.(목)

[사전등록 및 논문제출 절차]

학회홈페이지(www.kibim.or.kr)를 통한 사전등록 및 논문제출

- ① 사전등록: 접속 → 회원로그인 → 학회홈페이지 중앙 '국내학술대회' 클릭 후 사전등록
- ② 논문계획서제출: 접속 → 회원로그인 → 학회홈페이지 중앙 '국내학술대회' 클릭 후 논문계획서 등록
- ③ 논문제출: 접속 → 회원로그인 → 학회홈페이지 중앙 '국내학술대회' 클릭 후 논문등록

기타 자세한 사항은 홈페이지(www.kibim.or.kr) 또는 사무국으로 문의하여 주시기 바랍니다.

• 행사문의 02-567-4478 / kibim@kibim.or.kr • 논문제출문의 02-6203-4479 / kibim_lab@kibim.or.kr

| | | |
|-------|--|-----|
| S8-16 | 건설분야 로보틱스 기술 연계를 위한 BIM 적용 방안 박승화, 김지은, 권태호, 이종호 | 143 |
| S8-17 | RAG 기반의 AI Agent를 활용한 건설 현장 작업일보 자동 분석 및 응답 시스템 구현 정우전, 심성한 | 145 |
| S8-18 | 도시 규모 BIM 모델 생성을 위한 GPT 기반 스트리트 뷰 이미지 데이터베이스 구축 방법 남궁환, 정준호, 김소현, 정광복, 이재욱 | 147 |
| S8-19 | 리모델링 공사의 BIM 기반 보수보강 물량 데이터화 연구 이현정, 노성범, 김응길, 문형재, 석원균 | 149 |
| S8-20 | 국내외 BIM 연구동향의 비교 분석: LDA 및 BERT 임베딩 기반 주제 모델링 활용 김백준, 이유정, 윤재균, 김희근, 석민철, 이권형 | 151 |
| S8-21 | 공정 시뮬레이션 및 시각화를 활용한 공동주택 마감공정 계획 자동화 기법 연구 정한구, 심성한 | 155 |
| S8-22 | BIM을 활용한 산업 플랜트 HVAC 부하 계산 자동화 및 설계 최적화 방안 김나연, 윤성민 | 157 |
| S8-23 | 2D 도면 기반 건축물 구조 객체 BIM 자동 변환 방법론에 관한 연구 김태훈, 김근재, 추승연 | 159 |
| S8-24 | 건설현장의 고온 환경 대응을 위한 영상 기반 MET 추정 방법론: Stable Diffusion과 자세 인식 모델의 통합 접근 김준홍, 이기은, 황영서, 문성곤 | 161 |
| S8-25 | Stable Diffusion 기반 생성형 AI를 활용한 건물 외장재 분류용 데이터 증강 프레임워크 개발 황영서, 이기은, 함남혁, 왕승현, 문성곤 | 165 |
| S8-26 | 실별 회수 가능 자재 집약도 기반 재사용 및 재활용 자재 물량 추정 방법 김성준, 김성아 | 169 |
| S8-27 | BIM 클라우드 활용을 통한 시공 단계 재시공 저감 프로세스 연구 김효재, 유은상, 박소연, 안용한 | 171 |
| S8-28 | BIM 간접 정보의 의미론적 탐색 위한 LLM 및 Graph RAG 기반 지능형 모듈 개발 신동욱, 이현우, 성윤재, 유영수, 이원복, 구분상 | 173 |
| S8-29 | BIM 기반 록 볼트 상태 모니터링 및 시각화 기법 제안 조준휘, 로드리가조 샤넬 아이라, 이준서, 유일환, 유정동, 연재흠 | 175 |

BIM 간섭 정보의 의미론적 탐색 위한 LLM 및 Graph RAG 기반 지능형 모듈 개발

Development of an Intelligent Module for Semantic Exploration of BIM Clash Information based on LLM and Graph RAG

신동욱* 이현우** 성윤재*** 유영수**** 이원복***** 구분상*****

Shin, Donguk, Lee, Hyunwoo, Sung, Yoonjae, Yu, Youngsu, Lee, wonbok, Koo, Bonsang

요 약

기존 BIM 간섭 검토 소프트웨어는 간섭 탐지에 중점을 두고 있어 결과를 리스트 형태로 단순 제공하며, 간섭의 맥락이나 의미론적 관계를 반영하지 못하는 한계가 있다. 이로 인해 실무자는 특정 조건에 부합하는 간섭을 선별하고 분석하는 데 어려움을 겪으며, 프로젝트 규모가 클수록 간섭 건수와 분류 복잡성이 기하급수적으로 증가한다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해, BIM 간섭 정보를 의미 기반으로 탐색할 수 있는 대화형 정보 탐색 프로세스를 설계하고 구현하였다. 이를 위해 LOD 350 수준의 실시설계 BIM 모델에서 발생한 간섭 정보를 시멘틱 지식그래프 형태로 구조화하고, Graph Retriever-Augmented Generation(Graph RAG) 방식으로 LLM과 연계하여 간섭 정보 탐색 모듈을 개발하였다. 개발된 모듈은 사용자 질의를 Cypher 쿼리로 변환하고 조건에 부합하는 간섭 정보를 자연어로 응답하도록 설계되었으며, Autodesk Navisworks의 애드인(add-in) 형태로 구현되었다. 본 연구는 대화형 구조와 조건 기반 의미론적 탐색을 통해 실무자의 간섭 검토 효율성과 정보 활용성을 향상시킬 수 있는 기술적 기반을 제공한다.

핵심용어: Large Language Model, Graph Retrieval Augmented Generation, BIM

1. 서론

Building Information Modeling (BIM) 설계 프로세스는 공종별(건축, 구조, 설비 등)로 분리되어 수행되며, 이들 모델이 실시설계 단계에서 통합되는 과정에서 다수의 간섭이 발생한다(Baek et al., 2021). 실무에서는 Autodesk Navisworks, Solibri Model Checker 등 상용 소프트웨어를 활용해 간섭 검토를 수행하지만, 이들 도구는 탐지 기능에 중점을 두고 있어 결과를 단순 리스트 형태로 제공하는 데 그치며, 사용자 맞춤형 정보 제공에는 한계가 있다. 특히 이러한 출력 방식은 간섭의 맥락이나 부재 간 의미론적 관계를 반영하지 못해, 실무자가 특정 조건에 부합하는 간섭만을 효율적으로 선별·분석하는 데 어려움이 존재한다. 또한, 프로젝트 규모가 커질수록 간섭 건수와 분류 복잡성이 기하급수적으로 증가함에 따라, 조건 기반 의미론적 간섭 탐색을 지원하는 기술적 체계의 필요성이 더욱 부각되고 있다. 본 연구는 상기 한계를 극복하기 위해 거대 언어 모델 (Large Language Model, LLM)을 활용한 대화형 간섭 정보 탐색 모듈을 개발하였다. BIM 모델의 간섭 정보를 시멘틱 지식그래프 (semantic knowledge graph) 형태로 구조화하고, 이를 Graph Retriever-Augmented Generation (Graph RAG) 방식으로 연계함으로써, LLM이 정확하고 일관된 정보를 기반으로 의미론적 탐색을 수행할 수 있도록 구현하였다. 이를 위해 LOD 350 수준의 실시설계 건축, 구조, 설비 공종의 BIM 모델 기반으로 지식그래프를 구축하고, 이를 Graph RAG의 참조 DB로 활용하였으며, 최종적으로 실무 활용성을 고려하여 Autodesk Navisworks의 애드인(add-in) 형태로 모듈을 개발하였다.

2. BIM 간섭 정보 탐색 모듈 개발

2.1 시멘틱 지식그래프 구축

본 연구는 Graph RAG의 참조 DB로 활용하기 위해 시멘틱 지식그래프를 구축하였다. 이를 위해 먼저 BIM 간섭 정보를 의미론적으로 구조화할 수 있도록 온톨로지 스키마를 설계하였다. 해당 스키마는 Protege를 활용하여 구축하였으며, RDF 기반의 Turtle 형식(.ttl)으로 변환한 뒤 Neo4j 그래프 DB에 연동하여 시멘틱 지

* 학생회원, 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 석사과정, ehddnr567@seoultech.ac.kr

** 학생회원, 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 석사과정, hyunwoo@seoultech.ac.kr

*** 학생회원, 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 박사과정, syj7593@seoultech.ac.kr

**** 학생회원, 한국건설기술연구원 국가건설기초센터 박사후연구원, youngsu@seoultech.ac.kr

***** 학생회원, 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 박사과정, wonbok@seoultech.ac.kr

***** 정회원, 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 교수, 공학박사 bonsang@seoultech.ac.kr (교신저자)

식그래프를 생성하였다. 지식그래프는 BIM 모델의 각 부재를 노드(node)로 정의하고, 부재 간 인접관계를 엣지(edge)로 설정하여 구성하였다. 각 노드에는 부재의 속성 정보를 포함시켰으며, 엣지에는 Navisworks를 통해 확인된 간섭 발생 여부를 메타데이터로 부여하였다.

2.2 LLM 및 Graph RAG 기반 지능형 간섭 탐색 모듈 개발

그림 1은 구축된 시멘틱 지식그래프 기반으로 Graph RAG 구조와 LLM을 연계하여 간섭 정보를 의미론적으로 탐색하는 프로세스를 나타낸다. 구체적으로, 사용자로부터 입력된 자연어 질의를 기반으로 LLM이 지식그래프 내 위한 Text-to-Cypher (T2C) 단계를 거쳐 조건에 부합하는 Cypher 쿼리를 생성하며, 해당 쿼리의 실행을 통한 결과는 LLM에 의해 자연어 응답으로 재구성된다. 이 과정에서 시멘틱 지식그래프는 LLM이 참조 가능한 구조화된 정보를 제공함으로써, 환각(hallucination)을 방지하고 정밀하고 일관된 응답 생성을 유도하는 핵심 역할을 수행한다. 상기 프로세스는 Python 기반의 LangChain 프레임워크와 Neo4j Graph DB를 활용하여 구현되었으며, 최종적으로 Autodesk Navisworks 환경 내에서 직접 구동 가능한 애드인(Add-in) 모듈 형태로 패키징되었다. 그림 2는 개발된 모듈의 실행 결과 화면을 예시로 보여준다. 모듈의 성능 검증을 위해 ‘간섭 유형’, ‘공중’, ‘간섭 부피’ 등 복합 조건을 포함한 30개의 질의 시나리오를 구성하여 테스트한 결과, 모든 질의에서 정확도 100%로 해당 조건에 부합하는 간섭 항목이 반환되었다. 이는 단순 키워드 기반 검색을 넘어, LLM의 의미론적 이해와 Graph RAG 기반 컨텍스트 정합성이 결합되어 높은 정확도를 달성했음을 보여주는 결과이다.

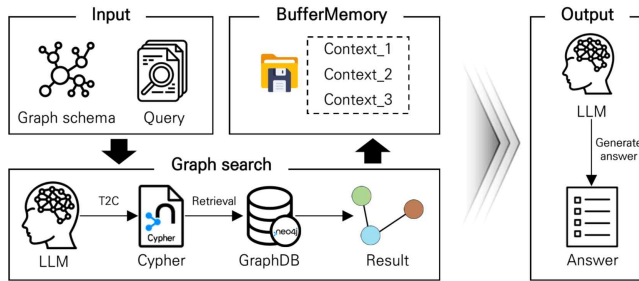


그림 1. LLM 기반 간섭 정보 탐색 시스템의 처리 구조

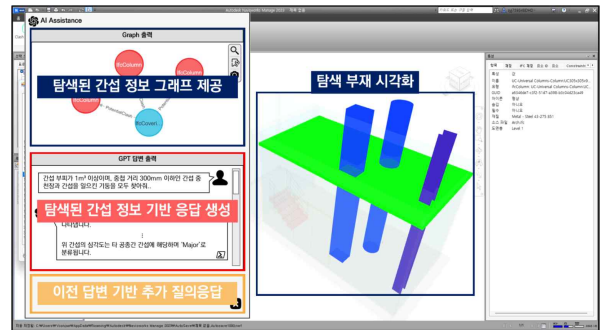


그림 2. Navisworks 애드인 모듈 구축 결과

3. 결론

본 연구는 BIM 기반 간섭 검토의 한계점을 개선하기 위해, 의미 기반 간섭 정보 탐색 프로세스를 설계·구현하였다. 제안한 프로세스는 부재 간 간섭 정보를 시멘틱 지식그래프 형태로 구조화하고, 사용자로부터 입력된 자연어 질의를 Cypher 쿼리로 변환하여 조건에 부합하는 간섭 정보를 추출한 뒤, 이를 자연어 응답으로 제공하는 구조를 갖는다. 이를 통해 기존 결과 구조의 활용성을 제고하고, 복합 조건 기반의 직관적인 정보 탐색이 가능해졌다. 설계된 탐색 프로세스는 실무 적용성을 고려하여 Autodesk Navisworks 환경에서 직접 구동 가능한 애드인(Add-in) 형태로 구현되었으며, LangChain 기반 메모리 구조를 통해 연속 질의의 문맥을 반영할 수 있도록 설계되어 대화형 질의 응답 시스템으로의 확장 가능성도 확보하였다. 향후 연구에서는 본 모듈을 활용하여 간섭 간 의미적 관계 및 복합 정보를 LLM이 추론할 수 있도록 기능을 확장하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 22AATD-C163269-02).

참고문헌

- 백인수, 이주성, & 김재준. (2021). BIM 품질검토 데이터를 활용한 건설 프로젝트의 설계이슈 항목 간 연관 규칙 분석. 한국 CDE 학회 논문집, 26(4), 376-385.
- Hu, Y., Castro-Lacouture, D., Eastman, C. M., & Navathe, S. B. (2020). Automatic clash correction sequence optimization using a clash dependency network. Automation in Construction, 115, 103205.