

건축 建築

대한건축학회지 | REVIEW OF ARCHITECTURE AND BUILDING SCIENCE

21 09

ISSN 1225-1666



제65권 제09호 / 통권 508호 | VOL.65 No.09 Serial No. 508

특집

융합적 건축기술 연구단의 연구개발 내용의 소개 및 건축 R&D사업에 대한 대응

KAIA R&D사업 현황과 미리보는 '22년 신규사업(도시, 건축부문) 자능형 공간계획 및 계획설계 제안 기술

인공지능 기반 건축 마감 및 설비 설계 설계 자동화 연구

설계 서비스 형상을 위한 시가반 건축설계 평가자동화기술

OSC(Off-Site Construction) 연구단: 연구단 소개 및 OSC 통합관리 플랫폼 및 핵심 기술 개발 현황

공동주택 Off Site Construction 활성화 정책 방향

LH OSC기반 공동주택건설 추진방안

국가 R&D 사업 온실가스 저감을 위한 국토도시공간 계획 및 관리기술 개발

시론

4차 산업혁명과 스마트도시의 시대에 다시, 건축을 향하여

발언과 논평

건축물 보호 및 보존을 위한 소고(小考)

프로젝트 리포트

역산 안전체험교육장 건립사업 설계용역

엔지니어링 리포트

부산오테라하우스(문화 및 집회시설) 건립공사

내가 읽은 책

살고싶다는 농담, 허지웅 에세이

용어의 건축

보수와 보강: 기존 구조물의 성능 유지를 위한 방안

한창의 사진

올림픽극 극장, 안드레아 팔라디오

인공지능 기반 건축 마감 및 설비 설계 상세 자동화 연구

Automating Architectural Design Details for Finishes and MEP using Artificial Intelligence

구본상 Koo, Bonsang

정회원, 서울과학기술대 건설시스템공학과 교수
Professor, Seoul National University of Science and Technology
bonsang@seoultech.ac.kr

머리말

연구의 배경 및 필요성

본 연구에서는 건축 설계 단계 중 기본 및 실시설계 단계에서 마감 및 설비 공종에 대한 설계 상세화 작업을 자동화하는 것을 목적으로 하고 있다.

마감 및 설비의 설계 상세화는 계획단계에서 구상된 건축가의 디자인을 실현시키는 동시에 거주를 위해 필요한 내외장재, 인테리어 및 필수 설비를 설계하고 구체화하는 것이다. 건축 설계 단계에서 진행되는 작업 중 가장 노동 집약적이며 단순 반복적인 작업에 속하며, 특히 잦은 설계변경으로 인해 최종 실시 설계 도면 및 시방서에는 오류, 불일치, 누락 등이 빈번하게 발생하기 마련이다.

최근 Building Information Modeling(BIM)의 부상으로 이런 작업들을 자동화하는 노력이 이어지고 있으며 기존 2차원 도면만으로 작업할 때와 비교 시 작업 생산성 및 품질의 향상을 가져온 것이 사실이다. 그러나, 국내에서 BIM의 구현은 전환 설계로 이루어지고 있고, 발주처의 BIM 성과품 요구는 설계사들에게 이중 부담을 주고 있는 현실이다.

이에 따라 본 연구에서는 최근 4차 산업혁명 기술의 중심에 있는 인공지능을 활용하여 건축 상세 자동화 작업을 지능화하고 고도화하는 것을 최종 목표로 삼고 있다.

연구의 범위 및 방법

본 연구는 궁극적으로는 기본 설계 수준의 기본 BIM 모델에 마감재 및 설비 부재를 상세화하여 실시 설계 관련 업무를 최대한 자동화하고자 한다. 골조 및 흙막이의

상세 설계는 ‘인공지능 기반 건축 설계 자동화’ 연구단의 다른 세부에서 별도로 연구를 진행하고 있다

방법론적으로는 ‘규칙 기반’ (연역적 방식)과 ‘인공지능 기반’ (귀납적 방식) 등 두 방식의 각각 강점을 살려 자동 상세화를 이루고자 한다. 여기서 규칙 기반 기술은 이른바 패러매트릭 모델링을 지칭하는 것으로 실제 BIM 모델의 상세화에 필요한 일련의 규칙들을 정립하고 코딩하는 것이다.

정립된 규칙들을 적재적소에 적용하기 위해서는 BIM 모델 또는 2차원 도면 내 시맨틱(semantic) 정보를 인식할 수 있어야 한다. 이를 위해 BIM 모델 및 도면 데이터베이스를 구축하고 각종 인공지능 모델을 학습 시키고자 한다.

본 고에서는 마감 및 설비 분야로 크게 구분하여 각각 공종에서의 현재 애로사항을 살펴보고 이를 BIM 및 인공지능 기술을 활용할 수 있는 각종 대안을 제시하고자 한다.

건축 마감재 상세화

마감 상세 범위 및 특징

표 1에 본 연구에서 자동 상세화를 대상으로 삼을 주된 마감재 19가지를 제시하였다. 본 목록은 공동기관으로 참여하고 있는 삼우CM 및 인천대학교와 논의 끝에 도출된 것이다. 현재 실무에서 마감 상세화 시 품이 가장 많이 들면서도 반드시 이루어져야 하는 부재들로 우선순위가 결정되었다.

일례로, 기본 설계 BIM 모델에는 캐노피가 그림 1에서

표 1. 건축 마감재 중점 상세화 부재 목록

단계	공간	부재	상세화 내용	난이도	단계	공간	부재	상세화 내용	난이도
중간 설계	거실	바닥	용도 및 기능 부합 재료별 바닥 마감재 자동 구성	중	실시 설계	외장	외장재 마감패널	외장재별 복합마감재 자동 구성	중
		벽체	용도 및 기능 부합 재료별 벽체 마감재 자동 구성	중			캐노피	흡음재, 지지틀, 우수 처리 등 고려 추가 구성	상
		천장	용도 및 기능 부합 재료별 천장 마감재 자동 구성	중			파라펫	파라펫 타입별 높이, 구조, 형태 자동 구성	상
		단열재	부위별, 공간별 단열재 타입에 따른 상세화	중, 상		거실/외장	접합상세 (Detail)	내/외장 재료별 접합부, 단부 구간 접합부위 자동 모델링	상
		방수재	부위별, 공간별 방수재 타입에 따른 상세화	중			창호	외벽 스펀드럴 하부와 천장마감 면 사이 커튼박스 자동 생성	중
	창호	문	공간별, 타입별 문 자동 상세화	중		기타상세	트랜치	우수계획 등 반영한 트랜치 상세화	상
	코어	차량 경사로	경사로(직선, 곡면) 상세설계	중, 상			점검구	설비 점검구 위치에 따른 해당 부위 모델링 자동화	하
		계단	계단실 내부 계단 상세화 자동 모델링	중			점검 사다리	사다리 설치 위치에 따른 해당 부위 모델링 자동화	하
	화장실	위생기구/ 장애인 편의시설	장애인 화장실, 벽체 타일 나누기 등 상세설계	상 상			드레인	드레인 타입별, 위치별 해당 부위 모델링 자동화	하
							선홍통	선홍통 설치 위치에 따른 해당 부위 모델링 자동화	하

와 같이 단일한 직육면체 부재로 표현이 된다. 그러나 실시 설계 단계에서는 본 부재에 흡음, 지지틀, 물끊기 홈, 우수처리, 구배 경사, 방음재, 홈틀, 등등이 추가로 모델링되어야 한다.

이 뿐 아니라 해당 모델에 캐노피는 다수 존재할 수 있으며, 캐노피별로 요구되는 상세화 항목이 상이할 수 있어, 일일이 수작업이 요구된다.

마감재 상세화 방안

규칙 기반으로 모델링 작업 자동화

상세화는 기본적으로 BIM 모델 저작도구에서 자동화를 직접 이뤄지도록 개발하고 있다. 벽체의 예를 들자면, 사전에 필요한 레이어가 정의된 복합 벽체 라이브러리를 선택된 내벽에 덧붙이게 된다. 단, 마감재의 추가로 실제로 내부 공간이 줄어들 수 있어, 기본 BIM 모델의 벽체 부재의 두께 내지 폭을 ‘레벨 다운’하는 것까지 고려해야 한다. 이와 같은 모델링 절차 및 논리는 레빗 다이내모 (Revit Dynamo) 또는 라이노 그래스하퍼(Rhino Grasshopper) 등의 가시화 프로그램을 통해 구현이 가능하다.

인공지능 적용 방안

상기 방식과 같이 마감재 상세화를 규칙 기반으로 구현한 사례 및 연구는 이미 존재하나, 대부분 일부 마감재에 국한되어 있으며 실험적으로 적용되었다(김성아 외, 2009; Khosakitchalert et al., 2020). 본 연구에서는 마감재의 범위를 늘리는 동시에 인공지능 기술을 통해 진일보한 지능적 상세화 방안을 제시하고자 한다. 인공지능 기술은 마감재별로 정의된 규칙들의 특성에 맞게 개별적으로 개발되며 그 구체적 방안을 그림 2에서와 같이 제안하였다.

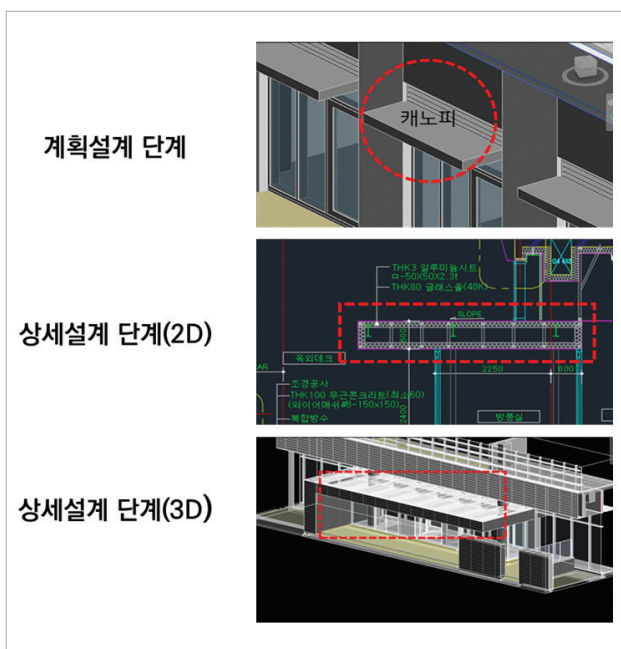


그림 1. 캐노피 상세화 요구 사항

구분	1안	2안	3안	4안
내용	기본 설계 BIM 모델의 부재 및 공간 정합성 검토 (MVCNN, NodetoVec, GCN)	2차원 건축 마감 상세도면 인식을 통한 3차원 자동화 (2D 도면 및 이미지 인식 CNN, NLP)	타 유사 부재 탐색 및 상세화 확장 자동화 (Geometric Similarity)	공간 유형 별 상세 부재 추천 (Siamese CNN)
그림				

그림 2. 건축 마감재 상세화 위한 인공지능 적용 방안

1) 기본 BIM 모델의 부재 및 공간 정합성 자동 검토

기본 BIM 모델이 주어지고 부재별로 해당 마감재가 자동으로 부여되기 위해서는 BIM 모델 내 개별 부재 및 공간에 대한 시멘틱 정보가 올바르게 부여되어 있어야 한다. 예를 들어, BIM 모델 내 공간이 거실, 화장실 등으로 구분되어 있어야 한다. 따라서, 사전 작업으로서 기본 BIM 모델의 정합성을 자동 검토하는 인공지능 기술을 개발하고자 한다. 본 연구자는 이를 위해 이미 건축 BIM 부재 및 공간 학습을 위한 데이터베이스를 구축하였다. 구체적으로 13개 유형(벽체, 바닥, 창, 문, 등등)별로 4,000여 개 부재를 수집 및 모델링하였으며 이를 기반으로 신규 BIM 모델의 부재를 자동 인식 후 유형 검토를 체크를 해주는 딥러닝 모델을 구축중에 있다. 공간의 경우, 공간의 기하 특성 및 공간 간의 관계를 인식하여 유형 분류 및 검토가 가능한 인공지능 모델을 구축중이다.

2) 2차원 도면 인식 통한 3차원 부재 속성 정보 자동 추출

앞서 가시화 프로그램을 통해 부재 상세화를 할 때 라이브러리의 레이어 구성 및 사양은 실내재료 마감표 및 상세화 도면으로부터 추출이 필요하다. 기존에는 이를 수동으로 입력해야 하나 이의 자동화를 통해 오류 및 누락을 방지할 수 있다. 따라서 이 경우 자연어 처리 및 2차원 이미지 인식 딥러닝 기술을 통해 필요 사양 및 치수를 인식하고 자동으로 읽어드릴 수 있도록 한다.

3) 유사 부재 탐색 후 자동 상세화

현재 규칙 기반으로 상세화를 할 경우, 설계자는 필요한 부재를 일일이 선택해야 하며 개별 부재마다 상세화의 세부 구성이 조금씩 달라질 수 있어 일일이 수작업으로 진행이 요구되고 있다. 실제로 인공지능 기반 모델링

을 추구하는 BricsCAD¹⁾의 경우 유사한 두 부재의 접합 부위를 자동으로 탐지하여 자동화하는 기능이 탑재돼 있다. 본 연구에서는 이처럼 접합부위의 유사도를 인공지능으로 탐색하여 일정 임계치(threshold) 이상일 경우 자동으로 상세화하는 기능을 개발할 계획이다.

4) 공간 유형별 건축 마감재 추천

공간이 지정되면 그 유형에 따라 공간 내 기본적으로 들어갈 마감재들이 존재하게 마련이다. 즉, 화장실에는 세면대, 변기, 타일 등이 기본 마감재들이다. 본 관계를 학습시켜 필수적으로 들어가는 마감재를 추천 또는 검토할 수 있을 것이다.

그런데 이들 필수 마감재의 종류는 스타일 또는 선호도에 따라 매우 다양하고 마감재 간 어울리는 조합도 분명 존재한다. 따라서, 본 연구에서는 이처럼 마감재 간의 조합을 학습시켜 특정 부재와 호환성이 높은 부재를 추천하는 기능을 고려 중에 있다. 이를 위해 인공지능 기술 중 추천 시스템(recommender system)을 활용할 수 있다. 추천 시스템은 이커머스 사용 시 특정 상품 또는 동영상 플랫폼에서 연관 콘텐츠를 제공하는 역할을 해준다. 최근에는 이미지 및 구매 이력을 기반으로 특정 상품 간의 호환성을 제공하는 ‘Siamese CNN’ (Leal-Taixe et al., 2016)을 주로 사용하고 있어, 이와 유사한 기능을 건축 마감재 추천에 활용하고자 한다.

건축 설비 상세화

설비 상세 범위 및 특징

설비 설계는 건축구조계획이 완성된 후 이뤄지는 프로세스이기 때문에 실제 설계 기간이 기본적으로 짧다. 기본 및 중간설계 단계에서는 계통도, 기계실평면도 수준인데 반해, 실시설계 단계에 기본도면(예: 덕트 평면도)과 BIM 모델링을 동시에 작성해야 하기 때문에 업무로드가 많이 걸린다.

또한 설비도서 성과품이 막바지에 나올 수밖에 없기에 공정간 간섭이나 단면검토가 제대로 이뤄지지 않은 채로 납품하는 경우가 많은 것이 현실이다.

따라서, 설비 설계 부문의 자동화는 타 공종보다도 업

1) <https://www.bricsys.com/ko-kr>

표 2. 건축 설비 부재 중점 상세화 목록

단계	공간	부재	상세화 내용	난이도
기본	전체	전 부재	2D 평면도 기반의 3D BIM 모델 자동 작성 (2D 도면 내 밸브 및 피팅류 자동 인식 기술 필요)	중
중간	기계실	장비	장비류(보일러, 펌프, 물탱크 등) 평면 계획 및 장비 자동 배치 또는 장비 스펙에 맞는 패밀리 자동 모델링	상
실시	거실	덕트	공조 덕트 모델링 상세화(오토 라우팅, 모델링 자동화)	상
		배관	각종 배관류(급수, 냉난방, 위생, 공조배관 등) 상세화	상
		피팅류	배관/덕트 연결부(엘보, 레듀서, T, 교차부, 단부 캡 등) 상세화	상
		액세서리	밸브류, 방화림퍼, 트랩 등 유닛별 액세서리(2D 도면 기반 밸브류 자동 인식 및 개수 파악 후 BIM 모델과 비교 검토)	상
		FCU	거실 냉난방 팬코일 유닛 자동 배치 및 배관 연결	상

무 효율을 높일 기회가 크다고 판단된다. 설비에 대한 상세화 범위는 표 2에 제시하였다.

인공지능 기반 상세화 지원 방안

이에 대응하기 위해 설비 공중에 대해서는 그림 3과 같은 인공지능 적용 방안을 구상하였다.

구분	1안	2안	3안
내용	2차원 도면 인식을 통한 설비 도면 자동 생성 및 부재 위치 표시 (2D 이미지, 2D to 3D, Cycle GAN)	강화학습을 활용한 MEP 경로 자동 라우팅 및 대안 생성과 부재간 간섭 검토 (멀티 에이전트 강화학습)	다이나모 제너레이티브 디자인 활용한 MEP 경로 자동 라우팅 및 대안 생성 (Generative Design)
그림			

그림 3. 설비 공중 상세화 위한 인공지능 적용 방안

1) 2차원 도면 인식 통한 전환 설계 자동화

현재 실무에서는 설비의 BIM 모델링을 위해 기본 설계 단계에서 제공되는 2차원 도면을 기반으로 전환설계가 이뤄지고 있으며, 이의 자동화에 대한 요구가 높은 것으로 드러났다. 따라서, 계통도 내 배관 및 덕트 등의 경로 및 밸브, 피팅류의 위치, 기호 유형의 파악이 자동화되면 이를 통해 전환 설계를 용이하게 해줄 수 있다. 실제 최근 국내에서도 설비 도면을 자동 인식하고 GAN과 같은 딥러닝 기술을 통해 소방 설비의 최적 위치를 선정해 주는 연구가 진행되고 있다(이화규, 2021).

설비 도면 인식이 가능해지면 전환설계는 비교적 용이하게 구축될 수 있다. 건축, 구조 모델은 단일 부재에 여러 자재를 복합적으로 사용하기 때문에 설계 자동화에 걸림돌이 되나, 설비의 경우 유체의 종류에 따라 단일 부재(SUS PIPE, PVC PIPE 등)로 형성되어 설계 자동화에

접근이 더 간편한 장점이 있다.

2) 강화학습 기반 라우팅 자동화 및 간섭 자동 해결

실시설계 단계에서는 덕트 및 배관의 디테일한 라우팅이 모델링 되어야 한다. 즉, 기계실 또는 공조실에서 샤프트, 복도 천장, 거실을 거쳐 각 실의 공조, 냉난방, 급수, 위생, 소화배관, 가스공급과 연결되어야 한다. 이와 함께 피팅류(배관 덕트 연결부)와 액세서리(밸브류, 방화림퍼 등)도 모델링되어야 한다. 이때 기존 건축, 구조 부재와의 간섭이나 충돌도 고려되어야 한다.

이에 본 연구에서는 지능형 에이전트의 경험적 시행착오를 통해 주어진 환경 내 최적 해법을 찾아내는 강화학습 기법을 적용하고자 한다. 본 방법은 선박 내 배관 라우팅(신동성 외, 2020), RC 구조 내 철근 자동 라우팅(Liu et al., 2019) 등과 같이 타 분야에서도 이미 적용이 되고 있어, 설비 라우팅 해결에도 잠재력이 좋을 것으로 판단된다.

3) 제너레이티브 디자인 기반 장비 배치 최적화

장비의 경우 기계실 용량 및 규모에 따른 평면 계획 및 장비류(보일러, 펌프, 물탱크 등)의 배치가 중요한 요소로 파악되었다. 이들의 배치는 배관 및 덕트의 라우팅에도 영향을 주게 된다. 따라서, 여러 제약조건 하에 BIM 모델 내 다수의 대안을 생성하고 분석할 수 있는 제너레이티브 디자인(Generative Design) 적용을 구상하고 있다. 제너레이티브 디자인은 기본적으로 레빗 다이나모와 연동해서 구현이 가능하나, 이때 활용되는 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 커스터마이징하기 위해서는 별도의 특성화된 알고리즘을 시험해 볼 필요가 있다.

맺음말

본 고에서는 인공지능 기반으로 건축 마감 및 설비 설계 상세 자동화 방안에 대한 연구 진행 사항 및 향후 계획을 소개하였다.

본 연구는 올해 개시되어 주된 방향과 다수의 대안을 제안하였으나, 추후에 각 대안의 가능성과 적용성을 파악하여 연구 내용을 구체화할 것이다.

인공지능 기술은 특정 분야를 불문하고 제반 산업에

서 다양한 방법으로 적용이 되고 있다. 건축 설계 분야에서도 최근 기획 및 계획 단계에서 주어진 부지 및 범규에 맞춰 최적의 설계 대안을 제시하는 기술이 다수의 연구 및 기업을 통해 등장하고 있다. 그러나, 단순 반복적인 수작업이 가장 많이 요구되는 중간 및 실시 설계 단계에서의 상세 자동화를 위한 전용 연구는 드문 것으로 파악되었다.

따라서, 본 연구는 인력과 시간 부족으로 도면 및 모델링 업무에 어려움을 겪는 국내 중소 건축 설계사무소가 활용할 수 있도록 개발 초점을 맞추고 있다. 또한 상세화 분야는 아직 해외에서도 그 적용이 초기 단계이기에 설계 분야에서 해외 진출을 위한 교두보 역할도 할 수 있을 것으로 기대해 본다.□

참고문헌

1. 김성아, 윤수원, 진상윤, & 김태용. (2009). BIM 기반 공동주택 마감 물량 산출 생

산성 향상을 위한 마감 모델링 자동화 시스템 개발. 대한건축학회 논문집-구조계, 25(9), 133-143.
 2. 신동선, 박병철, 임재욱, 오상진, 김기용, & 신성철. (2020). 선박 초기 설계 단계에서의 강화학습을 이용한 배관경로 설계. 대한조선학회 논문집, 57(4), 191-197.
 3. 이화규. "AI를 활용한 소방 설비의 2D 설계 도면 자동생성을 위한 연구". 석사학위논문, 대전대학교 대학원 소방방재학과, 2021.
 4. Khosakitchalert, C., Yabuki, N., & Fukuda, T. (2020). Automated modification of compound elements for accurate BIM-based quantity takeoff. Automation in Construction, 113, 103142.
 5. Leal-Taixe, L., Canton-Ferrer, C., & Schindler, K. (2016). Learning by tracking: Siamese CNN for robust target association. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (pp. 33-40).
 6. Liu, J., Liu, P., Feng, L., Wu, W., & Lan, H. (2019). Automated Clash Resolution of Rebar Design in RC Joints using Multi-Agent Reinforcement Learning and BIM. In ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (Vol. 36, pp. 921-928). IAARC Publications.

필자 소개

구분상 교수는 스탠포드대학교 건설환경공학과에서 건설관리학 전공으로 박사 학위를 취득하였고, 미국 SPS사, 한국건설산업연구원에서 근무 후 현 서울과학기술대학교 건설시스템공학과에 재직 중이다. BIM과 인공지능 기술을 융합 설계 및 시공 관리 자동화 연구에 주력하고 있다.