

# 2D Isometric drawing 의 annotation 을 위한 deep learning 연구

김동기, 박민호\*  
승실대학교

chloe.dg.kim@gmail.com , \*mhp@ssu.ac.kr

## A Study on the Deep Learning for Annotation of 2D Isometric Drawings

Dong gi Kim , \*Min ho Park

Soolsil Univ.

### 요 약

플랜트 및 조선 EPC 산업에서 2D Isometric drawing 은 여전히 핵심적인 의사소통 수단이며, Annotation 배치 품질은 도면 가독성과 작업 효율에 직접적인 영향을 미친다. 기존 규칙 기반 Annotation 자동 배치 방식은 도면 복잡도가 증가할수록 반복 탐색으로 인한 처리 시간 증가와 배치 일관성 저하라는 한계를 가진다. 본 연구는 2D Isometric drawing 의 Annotation 배치 문제를 학습 기반으로 재정의하고, Whitespace 와 Annotation 특성을 학습하는 딥러닝 기반 자동 배치 방법을 제안한다.

### I. 서 론

플랜트 및 조선 EPC(Engineering, Procurement, Construction) 산업에서는 대규모 배관 시스템의 설계 및 검증을 위해 3 차원(3D) 모델링 기술이 보편화되었다. 그러나 실제 제작 및 시공 단계에서의 핵심 의사소통은 여전히 2 차원(2D) Isometric drawing(배관 시공 도면)을 활용하고 있다. Isometric 도면은 배관의 연결 관계, 치수(Dimension), 용접(Weld) 정보, 자재 사양(BOM) 등을 현장에 직관적으로 전달하며, 도면의 가독성과 표현 품질은 공정 오류와 재작업을 줄이는 데 직접적인 영향을 미친다. 특히 메시지(Annotation message)의 배치는 도면 전체의 밀집도와 충돌 문제를 좌우하므로, 자동화 수준과 품질을 동시에 높이는 기술이 중요하다.

본 연구는 2D Isometric drawing 의 annotation message 배치 문제를 딥러닝 기반으로 개선하는 것을 목표로 한다. 기존 상용 솔루션의 메시지 배치 로직은 표기 기준점에서 최소 거리로 시작해 360° 탐색하며 빈 공간을 찾고, 없으면 지시선을 늘려 다시 탐색하는 방식이다. 이 방식은 앞선 메시지가 공간을 선점했을 수 있으므로 메시지를 하나씩 순차 처리해야 하고, 도면 복잡도가 증가할수록 탐색 횟수와 충돌 회피가 늘어나 성능 저하가 발생한다. 반면 학습 기반 접근을 도입하면, 도면의 국소 및 전역 배치 패턴을 모델이 학습하여 탐색 비용을 줄이면서도 일관된 배치 품질을 달성할 가능성이 있다.

관련 연구를 조사한 결과, EPC 분야에서는 3D 중심 연구가 활발한 반면 2D isometric, 특히 annotation placement 를 직접 다룬 연구는 제한적이었다. 예를

들어 Banotra 등(2025)<sup>[1]</sup>은 isometric 도면을 활용했으나 설계 오류를 자동으로 검출하는 것이 목표였고, Bobák 등(2024)<sup>[2]</sup>은 레이블 배치(PFLP)를 다루지만 지도 이미지 기반으로 연구했다. Humblot-Renaux 등(2023)<sup>[3]</sup>은 3D CAD 기반 데이터셋 구축 파이프라인을 제시했으나 2D isometric 의 배치 문제와는 적용 영역이 상이하다.

이에 본 연구는 Isometric drawing 의 구성 요소 중에서도 Annotation(Text, Labeling, Leader line 등)의 자동 배치 문제에 집중하고자 한다. Annotation 배치는 도면의 가독성과 미학적 완성도를 좌우하는 핵심 요소임에도 불구하고, 기존의 규칙 기반 자동화 방식으로는 한계가 명확하다. 특히 도면 내의 빈 공간(Whitespace)을 고려한 최적의 Annotation 배치는 사람의 경험과 직관에 크게 의존하는 영역으로, 딥러닝 기반 접근이 효과적으로 적용될 수 있는 문제라고 판단된다.

### II. 본론

#### 2.1 연구의 중요성 및 문제 정의

플랜트 및 조선 EPC 프로젝트에서는 설계 단계에서 3D 모델이 사용되더라도, 실제 제작 및 시공 현장에서는 여전히 2D Isometric drawing 이 주요 의사소통 수단으로 활용된다. 따라서 Isometric drawing 의 품질, 표현 방식, 그리고 Annotation 의 가독성은 프로젝트 전체의 효율성과 품질에 직접적인 영향을 미친다.

현재 대부분의 상용 솔루션은 Annotation 배치 과정을 규칙 기반(rule-based) 알고리즘으로 자동화하고 있다. 이러한 시스템은 사람의 직접적인 수작업 개입 없이 도면을 생성할 수 있다는 장점이 있으나, Annotation 배치 과정에서 배관 요소, 치수선, 다른 Annotation과의 충돌 여부를 순차적으로 검사하며 적절한 위치를 탐색하는 방식에 의존한다. 이로 인해 도면의 복잡도가 증가할수록 탐색 횟수가 급격히 증가하고, 전체 도면 생성 시간 또한 선형 이상으로 증가하는 문제가 발생한다.

본 연구자가 개발한 기존 상용 솔루션 역시 Annotation의 기준점으로부터 일정 반경을 설정한 뒤, 360도 방향 탐색을 통해 충돌이 없는 위치를 반복적으로 탐색하는 규칙 기반 알고리즘을 사용하고 있다. 이러한 방식은 구현이 비교적 단순하고 안정적이라는 장점이 있으나, 각 Annotation을 독립적이고 순차적으로 처리해야 하므로 별별 처리가 어렵고, 도면 전체를 고려한 전역 최적화(global optimization)가 불가능하다. 그 결과 Annotation 수가 많은 대규모 도면에서는 처리 시간이 증가하며, 동일한 도면이라 하더라도 처리 순서나 주변 배치 상태에 따라 배치 결과의 일관성과 시각적 품질이 저하될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 기존 규칙 기반 탐색 방식의 한계를 극복하고, Annotation 배치 문제를 학습 기반 문제로 재정의함으로써 탐색 과정의 반복을 줄이고 처리 성능을 향상시키는 동시에, 도면 전체 맵력을 반영한 보다 일관되고 가독성 높은 Annotation 배치를 달성하는 것을 목표로 한다.

## 2.2 관련 연구 동향

플랜트 및 조선 EPC 분야에서는 3D 모델 처리, 데이터 변환, Digital Twin과 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 2D Isometric drawing을 직접적인 연구 대상으로 삼는 사례는 상대적으로 매우 제한적이다. 또한 Annotation 자동화 분야에서도 최근 연구들은 이미지 기반 객체 검출, 3D 모델 기반 자동 주석 생성, 지도 및 GIS 환경에서의 라벨 배치 문제 등에 집중되어 있으며, 산업용 Isometric drawing과는 적용 환경과 제약 조건이 크게 다르다.

Banotra 등<sup>[1]</sup>은 딥러닝 기반 패턴 인식을 활용하여 배관 Isometric drawing에서 설계 오류를 검출하는 연구를 수행하였으나, Annotation 생성이나 배치 문제로 확장되지는 않았다. Bobák 등<sup>[2]</sup>은 지도 제작 분야에서 강화학습 기반 라벨 배치 문제를 다루었으나, 이는 GIS 환경에 특화된 연구로 배관 도면 특유의 기하학적 제약을 고려하지 않았다. Humblot-Renaux 등<sup>[3]</sup>은 CAD 모델에서 자동 Annotation을 생성하기 위한 3D 데이터셋 구축과 파이프라인을 제안하였으나, 연구의 중심은 3D 분할이며 2D Isometric drawing으로의 확장은 이루어지지 않았다.

이처럼 기존 연구들은 각각 의미 있는 성과를 제시하고 있으나, 2D Isometric drawing을 대상으로 Whitespace 기반 Annotation 자동 배치를 딥러닝으로 해결하려는 연구는 거의 존재하지 않는다는 점에서 본 연구는 비교적 소수(minor)의 연구 분야에 속하지만, 동시에 높은 독창성을 가진다고 할 수 있다.

## 2.3 핵심 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 기존 규칙 기반 Annotation 배치 방식의 한계를 극복하기 위해 다음과 같은 단계적 접근을 제안한다.

첫째, Annotation 학습을 위한 데이터셋을 구축한다. 현재 상용 솔루션이 생성한 Annotation 결과를 정답 데이터로 활용하고, Annotation 간 충돌되는 경우를 자동으로 생성하여 오답 데이터로 구성한다. 현재 약 800 장의 도면을 활용하여 초기 실험을 진행 중이며, 추가로 100 장의 도면을 검증용 데이터로 활용할 예정이다.

둘째, Whitespace 탐지를 위한 딥러닝 모델을 개발한다. 도면 전체를 grid 또는 heatmap 형태로 표현하여, Annotation 충돌 가능성의 낮은 영역을 확률적으로 추정한다. 이후 강화학습을 결합하여 Annotation의 위치를 반복적으로 탐색하며 전역 최적 배치를 도출하는 방향도 함께 고려한다.

셋째, Annotation 유형별 특성을 학습한다. 텍스트, 지시선 등 Annotation 유형과 배관 요소 타입에 따라 선호되는 방향성, 지시선 길이, 각도 제한 등의 특성을 모델에 반영하여, 산업 현장에서 요구되는 도면 규칙을 자연스럽게 학습하도록 한다.

마지막으로, 학습된 모델을 검증용 도면에 적용하여 기존 규칙 기반 방식과의 성능을 비교 평가하고, 실제 산업 환경에서 적용 가능한 최종 모델을 구축한다.

## III. 결론

본 연구는 기존 연구에서 상대적으로 주목받지 못했던 2D Isometric drawing의 Annotation 자동화 문제를 딥러닝 기반으로 해결하고자 하는 시도이다. 학문적으로는 산업용 Isometric drawing을 독립적인 연구 대상으로 정의하고, Whitespace 기반 Annotation 배치 문제를 새로운 연구 영역으로 제시한다는 점에서 의의를 가진다.

산업적 측면에서는 도면 생성 시간의 단축과 Annotation 품질 향상을 통해 생산성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

기존 연구들이 3D 모델 기반 Annotation, 지도 기반 라벨 배치, 오류 검출 등 개별 문제에 집중해 왔다면, 본 연구는 Isometric이라는 특수한 산업 도메인의 복합적인 Annotation 구조와 공간 최적화 문제를 딥러닝으로 통합적으로 해결한다는 점에서 차별성을 가진다. 이를 통해 본 연구는 학문적 기여와 산업적 활용 가능성을 동시에 갖춘 연구로 자리매김할 수 있을 것으로 기대한다.

## 참고 문헌

- [1] R. Banotra, P. Patzelt, R. Dzhusupova, J. Bosch, and H. H. Olsson, "Using Pattern Recognition to Identify Design Errors on Pipe System Drawings," in \*Proc. 2025 10th International Conference on Machine Learning Technologies (ICMLT)\*, Helsinki, Finland, 2025, pp. 451- 460, doi: 10.1109/ICMLT65785.2025.11193338.

[2] P. Bobák, L. Čmolík, and M. Čadík, "Reinforced Labels: Multi-Agent Deep Reinforcement Learning for Point-Feature Label Placement," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 30, no. 9, pp. 5908– 5922, Sept. 2024, doi: 10.1109/TVCG.2023.3313729.

[3] G. Humblot-Renaux, S. B. Jensen, and A. Møgelmose, "From CAD Models to Soft Point Cloud Labels: An Automatic Annotation Pipeline for Cheaply Supervised 3D Semantic Segmentation," *\*Remote Sensing\**, vol. 15, no. 14, p. 3578, 2023, doi: 10.3390/rs15143578.