

비정형 자연어 요구 사항 기반 상태 모델을 통한 3D 객체의 상태 표현 메커니즘

진예진¹, 서채연², 김영철³

¹홍익대학교 일반대학원 소프트웨어공학 연구실 석사과정

²홍익대학교 소프트웨어융합학과 초빙교수

³홍익대학교 소프트웨어융합학과 교수

yejin_jin@g.hongik.ac.kr, chaeyun@hongik.ac.kr, bob@hongik.ac.kr

3D Object State Representation via State Diagram based on Informal Natural Language Requirement Specifications

Ye Jin Jin¹, Chae Yun Seo², R. Young Chul Kim³

^{1,2,3}SE Lab, Dept. of Software and Communications Engineering, Hongik University

요 약

현재 소프트웨어 산업에서 자연어 요구사항의 정확한 분석 연구는 활발히 진행되고 있다. 그러나, 문법적인 분석만을 통해 해석하는 것이 일반적이다. 본 연구는 요구공학과 언어학 그리고 카툰 공학을 접목을 제안한다. 이를 위해서, 1) 언어학적 관점에는 촘스키의 구문 구조 분석 이론과 필모어의 의미역 이론을 결합하여 문법적, 의미적 분석을 수행한다. 2) 요구공학 관점에서는 요구사항 분석으로 상태 모델 속성 추출 및 접목한다. 3) 카툰 공학에서는 3D 이미지 생성한다. 또한, 해결 못했던 동사와 형용사에 대해 분석하여 범위를 확장한다. 즉 언어학적 분석을 바탕으로 UML 상태 다이어그램을 추출하고, 이를 3D 상태 이미지 생성한다. 본 연구는 AI 기술(Text to Image)에 소프트웨어 공학적 방법에서의 절차적인 공정과 재사용 적용함으로써, AI 내부 작동 원리에 대해 체계적으로 연구하고자 한다.

1. 서론

소프트웨어공학에서 요구사항을 정확히 해석하고 설계를 추출하는 것은 중요하다. 자연어 요구사항을 정확히 분석하기 위해 언어학을 접목하는 연구가 진행되고 있다[1]. 그러나, 이러한 연구들은 문법적 분석에 초점을 두고, 의미적 해석은 하지 않는다.

본 연구는 문법적 분석을 위한 촘스키의 구문 구조 분석 이론과 의미적 분석을 위한 필모어의 의미역 이론을 활용하여 요구사항을 효과적으로 분석한다. 분석 결과를 바탕으로 UML 모델을 추출한다. 특히, 상태 다이어그램을 생성하고, 이를 만화 속 이미지 생성 분야에 적용한다. 상태 다이어그램은 주인공의 감정 상태에 대한 변화를 나타내고, 만화 속 주인공의 감정 변화를 명확하게 시각화 할 수 있다. Three.js 라이브러리를 사용하여 3D 이미지를 생성함으로써, 기존 연구의 2D 이미지 생성 방식을 확장한다[2].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장은 관련 연구로, 3D 모델링에 대해 언급한다. 3 장은 본 연구에서 제안

하는 메커니즘과 적용된 사례 연구를 설명한다. 4 장은 본 연구의 메커니즘과 생성형 AI 도구를 비교하고, 마지막으로 5 장은 결론과 기대효과에 대해 언급한다.

2. 관련연구

2.1 기존 3D 모델링



기존의 3D 모델링 연구와 작업은 주로 수작업에 의존하였다. 이 과정은 상당한 시간을 소모하고, 고도의 기술력을 필요로 한다. 이러한 방식은 모델의 수정이나 업데이트가 필요한 경우, 초기 단계부터 다시 작업하는 경우가 많아 생산성이 떨어진다.

최근, 3D 모델링 분야에 인공지능 기술을 도입함으로써 접근성이 크게 향상되었다. 복잡한 모델링 기술 없이, 자연어 기반의 설명을 통해 원하는 3D 모델을 빠르게 얻을 수 있다. 또한, 실시간 수정 및 피드백이 가능하여 고품질의 결과물을 효율적으로 생산할 수 있다. 그러나, AI 내부의 작업 메커니즘이 명확하지 않고, 사용자는 결과물의 생성 과정에 대해 이해하기

어렵다. AI 가 생성한 모델의 정확한 동작 원리나 수 정을 예측하기 어렵고, 세부적인 조정이 필요한 경우 에 사용자의 요구에 충족되지 못하는 결과를 제공할 수 있다. 이는 AI 가 아직 일부 특수한 상황이나 복잡 한 요구 사항을 완벽하게 처리하지 못하는 한계를 가 지고 있음을 보여준다.

2.2 인공지능 기반 Text-to-3D 이미지 생성 도구

Meshy 도구는 온라인 3D 이미지 생성 AI 도구 중 하나라, 텍스트 설명 혹은 이미지 기반의 3D 모델을 생성하는 AI 기술을 사용한다[3]. 사용자는 특정 객체 에 대해 자연어로 입력하고, Meshy 는 고급 머신 러닝 알고리즘을 사용하여 3D 모델을 생성한다. 그림 1 은 Meshy 도구에서 동일한 내용의 요구사항을 다른 형 식으로 작성하여 생성한 3D 이미지이다.

	Prompt	3D Model
1	The image is a painting of a woman. She has long red hair, is smiling, and is wearing a necklace.	
2	The image is a painting of a woman. She is wearing a necklace. Her hair is red. She is smiling.	

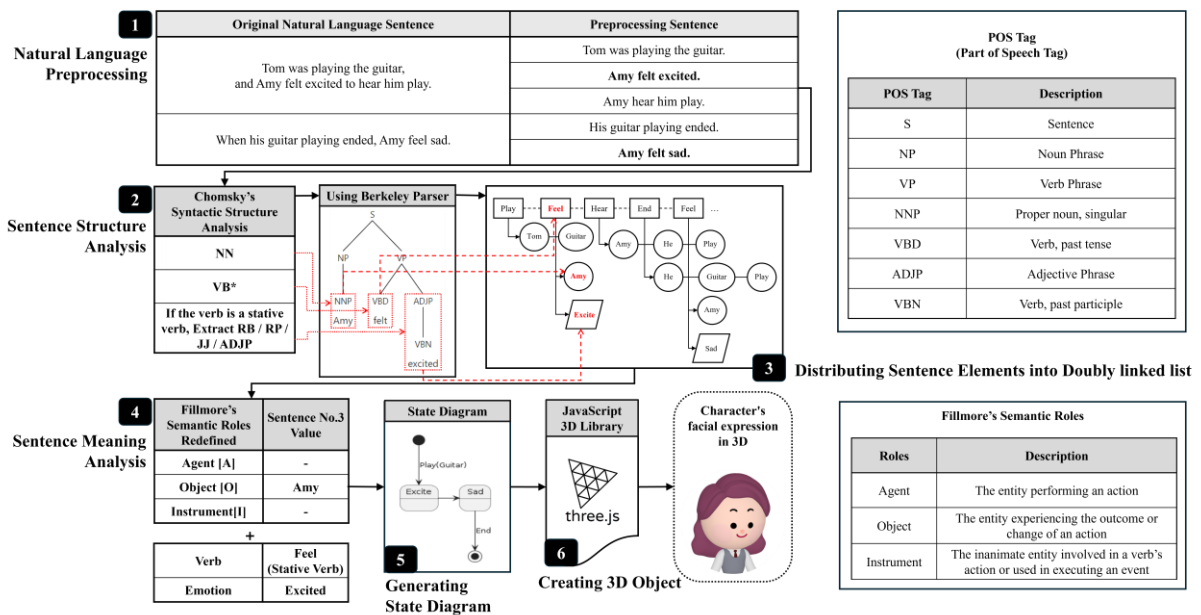
(그림 1) Meshy 도구로 생성된 3D 모델

그림 1 에서는 입력 프롬프트의 내용이 반영되지 않고, 변형된 형태로 결과가 출력된 것을 확인할 수 있다. 이는 입력 텍스트의 모호성과 한정된 훈련 데이터 등의 요인 때문이다. 본 연구에서는 절차에 따라 자연어를 분석하여 오류를 최소화하고자 한다.

3. 자연어로부터 3D 이미지 생성 메커니즘

기존 연구는 자연어로부터 주인공의 감정을 추출하 여 상태 다이어그램을 생성하고, 주인공의 표정을 나타내는 2D 그림으로 표현한다[2]. 그러나, 해당 연구 에서는 동사를 구분하지 않았다. 따라서 본 연구에서 는 상태 동사를 기준으로 주인공의 감정을 분석한다. 주인공의 감정의 변화를 상태 다이어그램으로 나타내 고, 이를 3D 객체의 표정으로 표현한다. 그림 2 는 본 연구에서 제안한 메커니즘을 만화 스토리에 적용한 것이다.

- 1) 입력된 자연어를 분석하기 위해 문장 전처리를 진행한다. 복문으로 이뤄진 자연어의 경우, 분석 결과가 복잡하므로 단문화 한다[4]. 단문 과정에서 주어 가 사라진 경우, 주어를 추가한다.
- 2) 전 처리된 문장은 촘스키의 구문 구조 분석이론을 바탕으로 하는 Berkeley Parser 를 통해 각 형태소로 구분된다. 형태소는 Part Of Speech Tag(POS Tag)로 나타나고, 이 중 VB*는 Verb 의 모든 형태를 나타낸 것이다.
- 3) 분석된 본동사를 기준으로 리스트를 생성하고, 관련된 명사를 연결하여 다중연결리스트를 생성한다. 상태 동사는 주로 문장의 주체가 느끼는 감정이나 감각을 표현한다. 따라서, 본동사가 상태 동사일 경우 관련 형용사들을 별도의 다중 연결 리스트로 구성한다.
- 4) 저장된 정보를 바탕으로 필모어의 의미역 이론에 맞게 역할을 부여한다. 표 1 은 상태 다이어그램 생성에 적합하도록 재정의된 필모어의 역할론이다.



(그림 2) 자연어로부터 3D 그림 생성 메커니즘

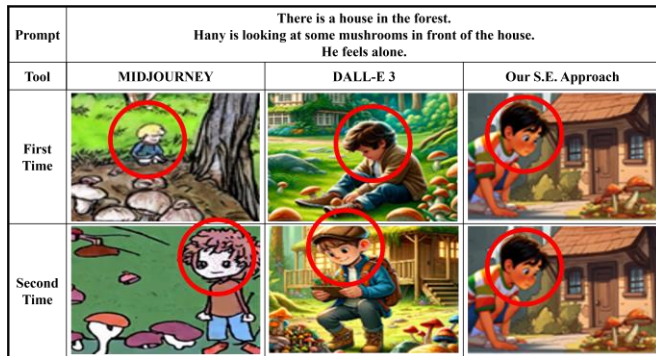
<표 1> 제정된 필모어의 역할론

Role	Description
Agent	The entity performing an action
Object	The entity experiencing the outcome or change of an action
Instrument	The inanimate entity involved in a verb's action or used in executing an event.

- 5) 분석된 역할 및 동사를 바탕으로 상태 다이어그램을 생성한다. 이 때, 동사가 **Stative Verb** 인 경우, **Emotion** 에 다중연결리스트에 저장된 형용사를 값으로 사용하고, 이를 상태 다이어그램의 상태로 나타낸다.
- 6) 모든 문장의 분석이 완료되면, 3D 주인공 객체를 **Three.js** 에 업로드하고, 감정이 표현될 수 있도록 3D 객체에 표정을 적용한다.

4. 비교 사례

본 연구에서 제안한 메커니즘과 기존 **Text-to-Image** 생성형 AI 도구들을 비교한다. 그림 3 은 **Midjourney** 와 **Dall-E 3**, 본 연구의 어프로치에 대해 동일한 질의로 두 번 이미지를 생성한 결과이다.



(그림 3) AI 도구가 생성한 이미지와의 비교[5]

AI 도구들은 질의를 할 때 마다 새로운 이미지를 생성한다. 그러나, 본 연구에서 제안하는 메커니즘은 소프트웨어공학의 재사용성을 위해 동일한 이미지를 생성한다.

또한, 본 연구에서 제안하는 메커니즘은 주인공의 표정을 통해 효과적으로 감정 상태를 표현한다. 이에 비해, AI 도구에서 생성된 이미지는 'alone'의 감정이 주인공의 표정에 명확히 표현되지 않는다. 따라서 이러한 점에서 본 연구의 메커니즘이 우수함을 확인할 수 있다.

5. 결론 및 기대효과

본 연구는 자연어 요구사항을 의미론적 방법론을 통해 분석하여 상태 다이어그램을 생성하고, 이를 바탕으로 3D 객체를 표현하는 메커니즘을 제안한다. 동사의 종류와 형용사에 대한 분석을 추가하고, 자연어로부터 2D 이미지를 생성하는 기존 연구에서 3D 객체를 생성하는 연구로 확장한다.

생성형 AI 기술이 다양한 분야에 적용됨에 따라 AI 기술(**Text-to-image**)에 대해 소프트웨어공학적 접근법을 적용한다. 이는 기존의 도구를 이용한 수작업에 비해 3D 객체 생성시간을 단축하여 생산성 향상을 기대한다. 향후 연구에서는 상태 다이어그램 외에도 다양한 다이어그램을 포함하여, 더 많은 정보를 담은 3D 객체를 생성하고자 한다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 2023/2024 년도 문화체육관광부의 재원으로 한국콘텐츠진흥원(과제명: 인공지능 기반 사용자 대화형 멀티모달인터랙티브스토리텔링 3D 장면 저작 기술 개발, 과제번호: RS-2023-00227917, 기여율:50%) 지원과 2023/2024 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단기초연구사업(과제명: NLP BERT Model 기반 자동 리팩토링을 통한 무결점 코드화 연구, 과제번호: No.2021R1I1A3050407, 기여율:50%)의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

- [1] Sharma, Richa, Sarita Gulia, and K. K. Biswas, "Automated generation of activity and sequence diagrams from natural language requirements", 2014 9th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, IEEE, 2014, pp.1-9.
- [2] Ye Jin Jin, Ji Hoon Kong, Hyun Seung Son, R. Young Chul Kim, "Emotion Analysis of Characters in a Comic from State Diagram via Natural Language-based Requirement Specifications", IJASC, Vol.13, No.1, pp.92-98, 2024.
- [3] "Meshy Documentation," Meshy, 2024.04.16 접속, <https://docs.meshy.ai/>
- [4] Bidyut Das, Mukta Majumder, Santanu Phadikar, "A Novel System for Generating Simple Sentences from Complex and Compound Sentences", IJMECS, Vol.10, No.1, pp.57-67, 2018.
- [5] Jang Hwan Kim, and R. Young Chul Kim, "Cartoon Extraction Mechanism via UML Model based on Natural Language Requirement Specs.," 10th Annual Conf. on Computational Science & Computational Intelligence, 2023.