

작업자의 업무 능력 향상과 안전 사고 방지를 위한

LLM 기반 챗봇 시스템

김두환⁰, 한요한^{*}, 정인혁^{****}, 황영석^{****}, 박진주^{**}, 이나현^{***}, 이우진^{**}

⁰성균관대학교 스마트팩토리융합학과,

^{*}성균관대학교 스마트팩토리융합학과,

^{**}성균관대학교 시스템경영공학과,

^{***}성균관대학교 공학계열,

^{****}성균관대학교 전자전기공학부

e-mail: {scschwan, coco0416}@g.skku.edu⁰, {bani99}@g.skku.edu^{**},

leadtheworld@g.skku.edu^{***}, {jeongih822, hhyun3032}@g.skku.edu^{****}

LLM-based chatbot system to improve worker efficiency and prevent safety incidents

Doohwan Kim⁰, Yohan Han^{*}, Inhyuk Jeong^{****}, Yeongseok Hwnag^{****},

Jinju Park^{**}, Nahyeon Lee^{***}, Yujin Lee^{**}

⁰Dept. of Smart Factory Convergence, Sungkyunkwan University,

^{*}Dept. of Smart Factory Convergence, Sungkyunkwan University,

^{**}Dept. of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University,

^{***}College of Engineering, Sungkyunkwan University,

^{****}School of Electronic and Electrical Engineering, Sungkyunkwan University

● 요약 ●

본 논문에서는 LLM(Large Language Models) 기반의 STT 결합 챗봇 시스템을 제안한다. 제조업 공장에서 안전 교육의 부족과 외국인 근로자의 증가는 안전을 중시하는 작업 환경에서 새로운 도전과제로 부상하고 있다. 이에 본 연구는 언어 모델과 음성 인식(Speech-to-Text, STT) 기술을 활용한 혁신적인 챗봇 시스템을 통해 이러한 문제를 해결하고자 한다. 제안된 시스템은 작업자들이 장비 사용 매뉴얼 및 안전 지침을 쉽게 접근하도록 지원하며, 비상 상황에서 신속하고 정확한 대응을 가능하게 한다. 연구 과정에서 LLM은 작업자의 의도를 파악하고, STT 기술은 음성 명령을 효과적으로 처리한다. 실험 결과, 이 시스템은 작업자의 업무 효율성을 증대시키고 언어 장벽을 해소하는데 효과적임이 확인되었다. 본 연구는 제조업 현장에서 작업자의 안전과 업무 효율성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

키워드: LLM(Large Language Model), STT(Speak to Text), 스마트 팩토리(Smart Factory), KT LETS

I. Introduction

ICT(정보통신기술, information and communication technology)의 발전에 따라 여러 분야와 정보통신산업이 융합되어 발전했고 이에 세계적으로 설계, 개발, 제조 및 유통과정에서 머신러닝, 인공지능, 로봇공학 디지털 자동화 솔루션 등 최첨단의 기술들을 적용하여 생산성, 품질 및 고객 만족도를 향상시키기를 도모하는 스마트 팩토리가 생겨났다 [1, 2]. 스마트 팩토리는 현대 제조업에 혁신을 가져오며, 생산성, 품질, 고객 만족도의 향상을 추구한다.

대한민국의 제조업은 경제 성장의 핵심이지만, 현재의 인력난과 외국인 근로자의 증가에 따라 이를 해결하는 것이 새로운 도전과제로 부상하고 있다.

이러한 배경에서, 본 연구는 제조업 공장의 안전 교육 부재, 매뉴얼 접근의 비효율성, 그리고 외국인 근로자에 대한 교육 부족이라는 문제를 해결하기 위한 방안으로 LLM(Large Language Model) 기반의 챗봇 시스템을 제안한다. 이 시스템은 제조업 공장의 근로자들

이 필요한 정보를 신속하게 얻을 수 있도록 지원함으로써, 작업 중 발생할 수 있는 문제를 효과적으로 해결하고, 작업의 효율성과 안전성을 높이는 데 기여할 것으로 기대된다. 특히 외국인 근로자가 증가하는 추세를 고려할 때, 이 시스템은 내국인뿐만 아니라 외국인 근로자들에게도 적합한 교육 및 지원을 제공하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

II. Preliminaries

1. Objective

이 과제를 통해 LLM 기반의 챗봇 시스템을 구축함으로써 근로자들이 작업 속도에 소요되는 시간을 절약하고, 업무를 더 효율적으로 수행할 수 있게 해 전반적인 생산성을 향상시키고자 한다. 그리고, 챗봇 시스템을 통해 안전 규정 및 절차에 대한 정보를 신속하게 얻을 수 있도록 하여 안전사고의 발생 가능성을 줄이고자 한다. 또한, 한국어가 미숙하여 매뉴얼과 교육의 이해도가 떨어지는 외국인 근로자에게 모국어로 교육을 받을 수 있도록 지원해줌으로써 한국어 위주의 매뉴얼과 현재 안전교육의 문제점을 보완할 수 있다.

2. Related works

2.1 스마트 팩토리

스마트 팩토리는 Industry 4.0의 핵심 개념 중 하나로, 기존의 생산 제조 기술 그리고 ICT의 융합을 통해 최신 정보 및 통신 기술을 활용하여 생산공정을 자동화하고 최적화하는 공장 시스템이다 [3]. 스마트 팩토리는 제조 운영 장비들을 상호 연결하고 소통시키며, 생산 운영 방침과 데이터 구축을 관리한다. 공장의 생산설비를 기반으로 제품의 품질 개선, 경영 개선, 공정 개선을 실현하며, 이를 통해 생산성을 향상하려는 목적을 가지고 있다 [4]. 스마트 팩토리 도입은 특히 소비자 요구사항에 맞춘 커스터마이징 생산체제로의 변화가 주목되고 있다. 스마트 팩토리의 도입은 경제적인 측면에서도 매출액의 증가와 품질 향상, 원가 절감 등의 이점을 얻을 수 있어 도입 자체로 많은 기업들에게 긍정적인 효과를 줄 수 있으며, 필수적인 요인이 되고 있다. Fig. 1.은 스마트팩토리 아키텍처가 적용된 자동화 공정 시스템 사례 중 하나이다.

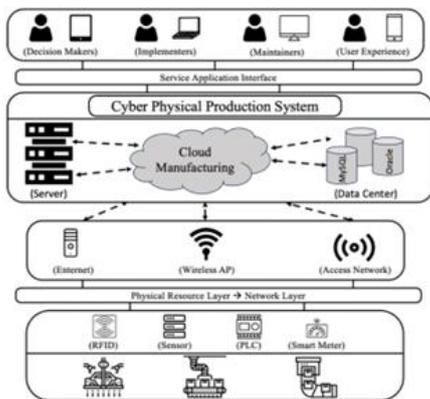


Fig. 1. Smart Factory

2.2 LLM

생성형 AI(Generative AI)는 인공지능의 한 유형으로, 학습 세트나 사용자 입력 데이터를 기반으로 새로운 콘텐츠를 생성하거나 변형하는 기술이다. 생성형 AI 분야의 대표적인 모델로는 GPT(Generative Pre-trained Transformer)가 있다. GPT는 트랜스포머(transformer) 아키텍처를 기반으로 한 언어 생성 모델이다 [5,6]. Transformer의 인코더-디코더 아키텍처를 사용하여 대규모의 비지도 학습 데이터를 사전 학습하며, 요약, 글쓰기 지원, 코드 생성 등과 같은 기능으로 사용된다 [7].

2.3 STT

음성 인식 기술(Speech-to-Text, STT)은 인간의 음성을 텍스트로 변환하는 AI 기술이다. 이 기술은 다양한 언어 처리 시스템에서 필수적인 역할을 수행하며, 특히 스마트폰, 가상 비서, 의료 기록 시스템 등에서 활용도가 높다. 초기 음성 인식 시스템은 단순한 패턴 인식과 규칙 기반 접근을 사용했으나, 최근에는 딥 러닝과 신경망 기반 모델이 주류를 이루고 있다. 대표적인 예로는 딥 스피치(DeepSpeech)와 웨이브넷(WaveNet)과 같은 모델이 있으며, 이들은 대규모 음성 데이터를 학습하여 높은 정확도의 음성 인식을 제공한다 [8,9].

III. The Proposed Scheme

1. Proposed Idea

기존 제조업 작업장에서는 서류화 된 매뉴얼을 작업자들이 일일이 찾아보고 상황에 대처하는 방식을 택하였기 때문에 시간 손실로 인해 작업자들의 업무 효율이 떨어졌었고, 비상상황 발생 시 빠른 대처가 어려웠다. 이를 보완하기 위해 주기적으로 안전교육을 시행했지만, 모든 작업자들이 안전교육의 내용을 완벽하게 숙지하진 못하기 때문에 의도한 만큼의 성과를 거둘 수 없었다. 또한 한국어에 미숙한 외국인 근로자들은 내국인 근로자에 초점이 맞추어진 매뉴얼과 안전교육의 대상에 부적합하다. 이 문제를 해결하기 위해 작업자의 업무 및 안전을 위한 LLM 기반 챗봇 시스템을 제안한다. Fig. 2.는 본 논문에서 제안하는 챗봇 시스템의 아키텍처 디자인이다.

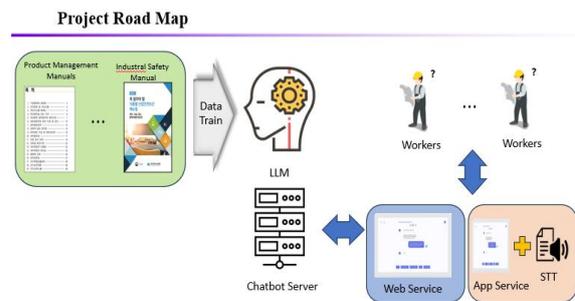


Fig. 2. System Architecture

챗봇을 활용하여 숙련도가 낮은 작업자들에게 장비 사용 매뉴얼에 대한 접근성을 높이고, 작업자가 장비 정보를 간편하게 얻을 수 있는 시스템을 구축한다. 이는 필요한 정보를 얻기 위해 작업자가 직접 자료를 찾아보며 불필요하게 시간을 낭비해야 했던 과거의 시스템을 개선할 수 있다.

더 나아가서 작업자의 접근성을 개선하기 위해 채팅 형식 뿐만 아니라 STT(Speech To Text) 모델을 도입해 안전교육 지침을 작업자에게 효과적으로 전달하고, 작업자들이 직관적이고 신속한 안내를 받을 수 있도록 한다. 이 기능은 작업자들이 안전교육의 내용을 실제 상황에 유연하게 적용하는데 큰 도움을 줄 것으로 예상된다.

구체적인 적용 방법으로는, 공장 실무자가 음성 혹은 텍스트로 질문을 입력을 한다. 음성으로 질문이 입력되었을 경우에는 보조 서비스인 STT를 이용하여 텍스트로 변환한 후 LLM 모델에 입력한다. 입력된 질문을 토큰화, 품사 태깅, 개체명인식을 순차적으로 수행을 하여서 해당 문장에 대한 의도를 분석하는 것을 LLM 모델이 수행한다. 또한 의도 분석을 통해 작업자가 입력한 질문에 대한 의도 분류를 수행한다.

다양한 LLM 관련 연구 및 구현에서 활발하게 이용되고 있다 [11]. 학습 데이터 셋은 약 15,000 개의 데이터 셋을 학습하였으며, Fig.4를 통해 학습 결과를 그래프로 표기하였다. 학습 과정에서는 다음과 같은 세 가지 주요 지표를 모니터링했다. 첫째, Epoch당 training loss는 모델의 학습 과정에서 어떻게 손실이 감소하는지를 보여준다. 두 번째로, training accuracy는 모델이 학습 데이터에 얼마나 정확하게 적합되는지를 나타낸다. 마지막으로, training f1 score는 모델의 정밀도와 재현율을 고려하여 모델의 품질을 평가할 수 있는 지표이다. 이러한 세 가지 메트릭의 변화를 시각적으로 나타내는 그래프를 통해, training loss가 감소하고, training accuracy와 training f1 score가 증가하는 경향을 보이는 것으로 확인되었다.

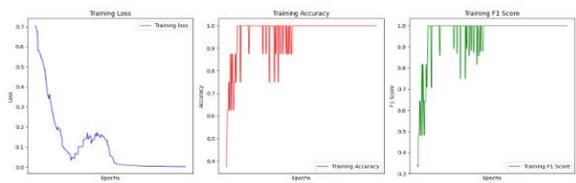


Fig. 4. LLM experiment result

2. Experiment and Results

본 연구를 위해 15,000개의 LLM 학습 데이터셋을 생성하여 LLM 모델을 직접 학습하였다. 그리고 LLM 모델과 통신을 구현하고, LLM 모델의 사용 접근성을 높이기 위한 STT 서비스를 결합하였다. 또한, 웹이나 어플리케이션으로 사용자에게 서비스를 효과적으로 제공하기 위해 통신 테스트 및 LLM 학습 검증 및 STT 검증을 진행하였다. Fig.3은 본 논문의 아키텍처를 활용한 챗봇 시스템의 UI 화면의 예시이다. 사용자가 Input 블록 안에 질문을 입력하고 실행 버튼을 누르면, output 블록에 사용자의 질문에 대한 챗봇의 답변이 출력된다. 작업 현장 내의 작업자의 사용 편의성을 위하여 어플리케이션 UI를 따로 구성하였다. 앱용 UI에서는 특히 실시간 사용이 가능하도록 간결한 UI를 설계하였다.

학습 모델을 활용하여 실제 현장에서 안전 매뉴얼을 즉시 확인하고 외국인 노동자들에게 안전 교육을 제공하는 용도로 활용 할 수 있을 것이라 판단하고 있다.

IV. Conclusions

본 프로젝트로 개발된 LLM 기반 챗봇을 활용하여 제조업 현장에서 비숙련 작업자들과 숙련된 작업자들의 차이가 줄어들어 인력을 유연하게 활용할 수 있고, 비숙련 상황에서 생기는 다양한 비효율성들 또한 감소할 것으로 예측된다. 또한, 위기상황에 대한 대처능력 향상을 통해 피해 감소가 기대되며, 한국인 작업자 뿐만 아니라 외국인 작업자들 또한 챗봇의 지원대상에 넣음으로써 언어의 장벽으로 인한 교육의 어려움을 보완할 수 있을 것으로 예상된다. 즉, 작업자별 숙련도 문제 및 빠른 대처 능력 개선에 적용할 수 있을 것으로 기대되며 기업 내에서의 작업 매뉴얼 교육 및 안전 교육 시 교육 모델로 활용할 수도 있을 것이다.

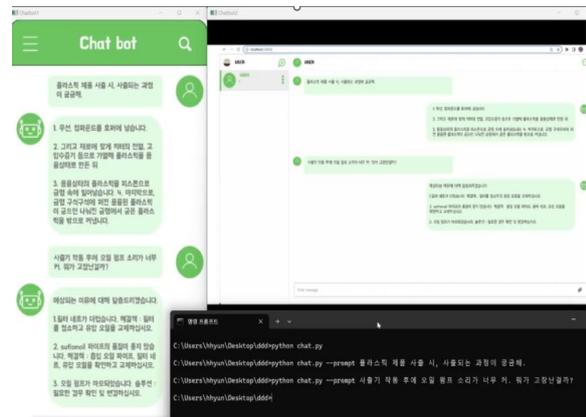


Fig. 3. UI result

본 논문에서는 KT Mi:dm LETS 플랫폼에서 제공하는 LLM 엔진을 활용하여 학습을 진행하였다 [10]. KT LETS나 하이퍼클로바와 같은 초거대 인공지능은 한국어에 특화되어있다는 장점이 있어서

REFERENCES

[1] Bumjoong Kim, Youngjin Ahn, Kyunggeun Yoo. "Application of artificial intelligence and smart factory to domestic manufacturing industry." Journal of Korea Resources Engineering. 2021, 58, 620-625.
 [2] D. Lucke, C. Constantinescu, E. Westkämper, "Smart factory - a step towards the next generation of manufacturing." Manufacturing Systems and Technologies

- for the New Frontier. Springer London. 2008, 115-118.
- [3] B. Chen, J. Wan, L. Shu, P. Li, M. Mukherjee, and B. Yin. "Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and 699 Challenges". IEEE Access. 2018, 6, 6505-6519.
- [4] Youngjin Son, Hwan Young Choi. "A Study on Smart Factory Introduction Cases and Sustainable Effect." Korean Institute for 701 Practical Engineering Education. 2022, 14, 1, 127-136.
- [5] J. Devlin, M. W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, "BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding," arXiv, preprint arXiv:1810.04805, 2018.
- [6] T. Brown, B. Mann, N. Ryder, M. Subbiah, J. D. Kaplan, P. Dhariwal, D. Amodei, et al. "Language Models are Few-Shot Learners," Advances in Neural Information Processing Systems, Vol. 33, pp. 1877-1901, 2020.
- [7] R. Gozalo-Brizuela, and E. C. Garrido-Merchán. "A Survey of Generative AI Applications," arXiv, preprint arXiv:2306.02781, 2023.
- [8] A. Hannun, C. Case, J. Casper, B. Catanzaro, G. Diamos, E. Elsen, R. Prenger, S. Satheesh, S. Sengupta, A. Coates et al., "Deep Speech: Scaling up end-to-end speech recognition," arXiv, preprint arXiv:1412.5567, 2014.
- [9] A. van den Oord, S. Dieleman, H. Zen, K. Simonyan, O. Vinyals, A. Graves, N. Kalchbrenner, A. Senior, K. Kavukcuoglu, "WaveNet: A Generative Model for Raw Audio," arXiv, preprint arXiv:1609.03499, 201
- [10] "KT GenieLabs," KT GenieLabs, 2023. 12. 3 Access, <https://genielabs.ai/main/genielabs/index>.
- [11] Hyekyung Jung, Yongsang Lee, Dongkwang Shin. "A survey study on pre-service teachers' perceptions of AI generated texts." The Korean Society of Bilingualism, 2022, vol., no.90, pp. 193-217