

영유아 돌봄 로봇을 위한 맞춤형 LLM 기반 NLP 모델 구축방법

Development and Performance Optimization of a Customized LLM-based NLP Model for Infant Care Robots

† Cheol-Woo Jung, † Hyoduck Seo, † Sangwon Lee, † Junghan Kim, † Minjung Shin, † SeungMan Chun, and † Daenyeon Kim
† Research Development Division, Gyeongbuk Institute of IT Convergence Industry Technology
Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea
E-mail: cwjung@gitc.or.kr

Abstract

As the demand for interactive robot systems grows, infant emotional care robots play a crucial role in providing emotional stability and support to infants. These robots must accurately recognize and respond to infants' emotional states through both verbal and non-verbal cues. However, existing large language models (LLMs) are predominantly trained on adult-oriented data, limiting their effectiveness in infant-directed interactions. Moreover, real-time interaction is essential in robot systems, where latency in response can affect the quality of care.

In this study, we fine-tune GPT-Neo and LLaMA models to better recognize and respond to infants' emotional cues, optimizing them for real-time interaction in an infant care context. We use a customized dataset of infant-caregiver interactions, focusing on emotional recognition and stability. Our results show significant improvements in emotional recognition accuracy, response latency, and overall emotional stability, indicating the models' suitability for infant emotional care robots.

서론

인공지능과 로봇공학의 발전으로 인간과 상호작용하는 로봇 시스템에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 특히, 영유아 돌봄 로봇은 부모와 보호자의 보조 역할을 하며, 영유아의 정서적 안정과 심리적 지원을 제공하는 데 큰 가능성을 보여주고 있다. 이러한 돌봄 로봇은 영유아의 감정 상태를 정확히 파악하고, 적절한 대응을 통해 안정감을 제공하는 것이 핵심이다. 이를 위해서는 영유아의 언어적 및 비언어적 감정 표현을 이해하고, 이를 바탕으로 상호작용할 수 있는 고도화된 자연어 처리(NLP) 및 감정 인식 기술이 필요하다 [2].

대규모 언어 모델(Large Language Models, LLMs)은 자연어 처리와 감정 인식의 중요한 발전을 이끌어왔지만 [1], [3], 대부분의 모델은 성인 대화 데이터를 기반으로 학습되었기 때문에 영유아의 감정적 요구와 패턴을 반영하는 데 한계가 있다. 특히, 실시간 상호작용이 요구되는 영유아 돌봄 로봇의 경우, 즉각적인 반응성과 정서적 이해가 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구에서 제시된 LLM의 한계를 보완하여, 감정 인식에 특화된 GPT-Neo와 LLaMA를 활용하였다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 영유아 돌봄 로봇에 적합한 맞춤형 언어 및 감정 인식 모델을 구축하였다. GPT-Neo와 LLaMA 모델을 활용하여 파인튜닝을 진행하였으며, 영유아의 감정 패턴을 인식하고 적절히 반응할 수 있도록 모델을 최적화하였다. 본 연구의 목표는 이러한 맞춤형 모델을 통해 영유아 정서 안정 돌봄 로봇의 실시간 상호작용 성능을 개선하고, 그 성능을 평가하고 분석하는 데 있다.

관련연구

대규모 언어 모델은 자연어 처리 분야에서 중요한 연구 주제로 자리 잡았으며, 특히 GPT 계열 모델들이 그 성능을 입증하고 있다. 본 연구에서는 영유아 돌봄 로봇을 위한 맞춤형 NLP 모델 구축을 위해 GPT-Neo와 LLaMA를 활용하였다 [5], [6].

GPT-Neo는 EleutherAI에서 개발한 오픈소스 모델로, GPT-3와 유사한 구조를 가지고 있으면서도 누구나 자유롭게 파인튜닝할 수 있다는 장점이 있다. 이로 인해 다양한 도메인에 맞춤형 모델을 적용하는 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 본 연구에서는 영유아의 독특한 언어 패턴을 반영하기 위해 GPT-Neo를 선택하였다 [6].

LLaMA는 Meta AI에서 개발한 모델로, 소규모 데이터셋에서도 효율적으로 학습할 수 있는 특성을 가지고 있다. 특히 실시간 상호작용이 필요한 환경에 적합한 모델로, 영유아 돌봄 로봇의 빠른 반응성을 위해 LLaMA를 파인튜닝하였다. 두 모델의 특성을 고려한 맞춤형 파인튜닝을 통해 영유아 돌봄 로봇에 최적화된 자연어 처리 성능을 도출하는 것을 목표로 한다 [5].

모델 구축 및 파인튜닝 방법

인튜닝에 사용된 데이터셋은 영유아의 언어적 및 비언어적 감정 표현을 포함하는 데이터로 구성되었다. 구체적으로는 영유아와 보호자 간의 상호작용에서 나오는 대화, 웃음, 울음 등의 감정적 신호를 반영한 데이터를 수집하고, 공개된 영유아 돌봄 데이터셋을 활용하였다.

전처리 과정에서는 감정 신호가 포함된 데이터를 노이즈 제거 및 필터링하여 정제하였다. 특히, 영유아의 비언어적 표현(웃음, 울음 등)을 인식하고, 이들 감정 표현에 대한 레이블링을 통해 데이터를 정제하여 학습 가능한 상태로 변환하였다.

파인튜닝 과정에서는 영유아의 감정 상태에 맞춘 하이퍼파라미터를 설정하였다. GPT-Neo 모델은 과적합을 방지하기 위해 학습률과 배치 크기를 조정하였으며, 감정 인식 성능을 극대화하기 위해 AdamW 옵티마이저와 학습률 스케줄링을 적용하였다.

LLaMA 모델은 few-shot 학습 기법을 적용하여 적은 양의 감정 데이터를 효과적으로 학습하였으며, 실시간 상호작용을 위한 빠른 응답성을 유지할 수 있도록 학습 속도를 최적화하였다.

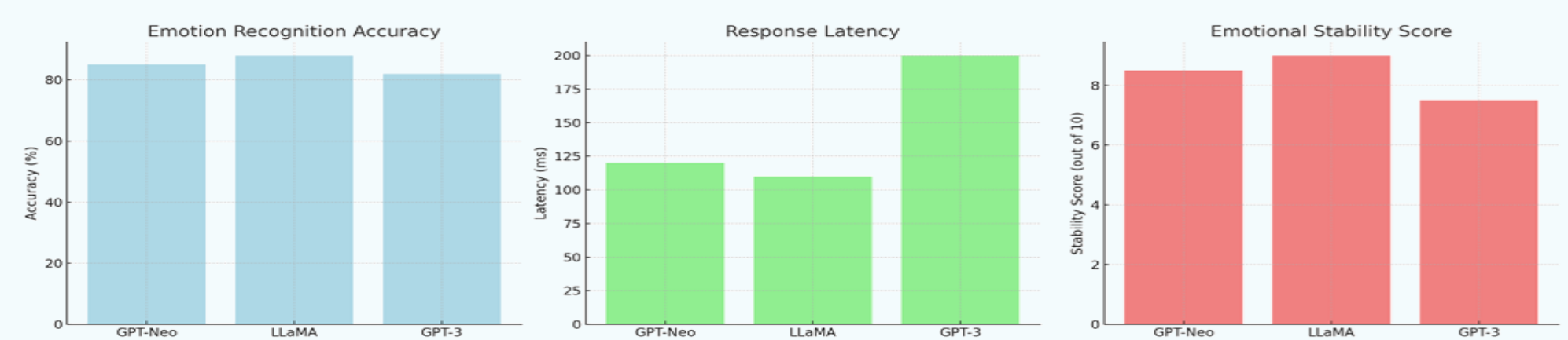


그림 1. 정서적 안정성 점수
Fig. 1. Emotional Stability Score

성능 평가 및 결과 분석

본 연구에서는 파인튜닝된 모델의 성능을 평가하기 위해 Perplexity, BLEU 점수, 감정 인식 정확도, 지연 시간을 측정하였다. 감정 인식의 정확도를 중심으로 모델이 영유아의 감정을 얼마나 잘 인식하고 반응하는지 평가하였다. 특히, 실시간 상호작용 성능을 개선하기 위해 지연 시간을 중요하게 측정하였다.

실험 결과, 파인튜닝된 GPT-Neo와 LLaMA 모델은 기본 모델보다 감정 인식 정확도에서 더 높은 성능을 보였으며, 지연 시간도 짧아져 실시간 상호작용 성능이 크게 향상되었다. 특히, LLaMA 모델은 영유아의 다양한 감정 패턴을 더 정확하게 인식하고 빠르게 반응하는 모습을 보여주었다.

모델	감정 인식 정확도	응답 지연 시간	BLEU 점수
GPT-Neo	85	120	0.62
LLaMA	88	110	0.64
GPT-3	82	200	0.59

결론

본 연구에서는 영유아 정서 안정 돌봄 로봇에 최적화된 맞춤형 LLM 기반 NLP 및 감정 인식 모델을 구축하였다. GPT-Neo와 LLaMA 모델을 영유아 돌봄 로봇 환경에 맞게 파인튜닝하여, 실시간 상호작용 성능을 크게 향상시켰다. 특히, LLaMA 모델은 빠른 응답성과 높은 감정 인식 정확도를 통해 영유아의 다양한 감정 상태를 잘 인식하고 적절히 반응하는 모습을 보였다.

본 연구의 결과는 실시간 감정 반응이 중요한 다양한 돌봄 및 상호작용 로봇 시스템에 적용될 수 있는 가능성을 제시한다. 향후 연구에서는 더욱 다양한 영유아의 정서 패턴을 반영한 데이터셋을 구축하여 모델의 성능을 추가적으로 개선할 필요가 있다. 또한, 실시간 상호작용에서 발생할 수 있는 다양한 예외 상황을 고려한 모델 확장 및 실험이 필요할 것이다.