

교육 자료 맞춤형 요약물을 위한 LLM 기반 에이전트

전길원, 이강원
세종대학교

kilwon.jeon@gmail.com, kangwon.lee@gmail.com

A Methodology for Customized Summarization of Educational Materials Using LLM-Based Agents

Kil-Won Jeon, Kang-Won Lee
Sejong University

요 약

본 연구는 기존의 요약과 학습을 위한 요약의 차별점을 제시하고, 교육 분야에서 활용 가능한 학습을 위한 요약 생성을 위한 LLM 기반 에이전트 개발 방법론을 제안한다. 에이전트는 30쪽 분량의 교육 자료를 대상으로 한 실험 결과, 최신 LLM에 프롬프트로 지시한 것보다 상세하고 학습에 유용한 요약본을 생성함을 확인한다. 본 연구의 결과는 LLM을 활용한 교육 자료 맞춤형 요약의 가능성을 보여주며, 학습자의 효율적인 학습을 지원하는 도구로서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

최근 대규모 언어 모델(LLM)의 발전으로 텍스트 요약 기술이 많이 연구되었으나[1], 교육 분야에서는 학습 효율성 증진을 위한 포괄적이고 상세한 요약 연구가 미흡한 실정이다.

교육 자료의 양이 방대해지며 학습자들은 효율적인 학습을 위한 도구의 필요성이 증가하고 있다. 특히 대학 교재나 논문과 같은 교육 자료를 효과적으로 학습하기 위해서는 단순 내용 축약이 아닌, 학습 자료로서 기능할 수 있는 요약이 요구된다.

본 연구에서는 교육 분야에서의 학습을 위한 요약 개념을 정립하고, 이를 자동으로 진행할 수 있는 요약 에이전트를 제안한다.

2. 학습을 위한 요약 정의

기존 요약 연구들은 주로 ROUGE[2], BERT-Score[3], METEOR[4] 등의 벤치마크를 통해 평가되어 왔다. 그러나 이러한 지표들은 형태적, 의미적 유사성을 측정하는 데 중점을 두고 있어, 학습 효율성 증진과는 괴리가 있다. 또한 교육용 LLM을 표방하는 NotebookLM의 경우에도 단순 요약과 크게 차이가 나지 않는다는 문제가 존재한다.

따라서 본 연구에서는 학습을 위한 요약을 "원문의 내용을 포괄적으로 포함하며, 학습 효율성을 증진시킬 수 있도록 충분한 상세 정보를 제공하는 자료"로 정의한다.

표 1에 제시된 바와 같이, 학습을 위한 요약의 필요 요소는 기존의 요약과 달리 학습 자료로서 기능할 수 있는 광범위한 요소들을 포함한다.

<표 1> 교육 분야의 학습을 위한 요약과 기존 요약의 차이

	전체 내용 포함 여부	내용 설명의 상세 여부	배경 지식 설명 여부	학습 검토 문제 생성
학습을 위한 요약	O	O	O	O
일반적 요약	O	X	X	X

3. 에이전트의 동작 흐름도

본 연구에서 제안하는 요약문 생성 에이전트는 그림 1의 플로우차트에 따라 단계적으로 동작한다. 각 단계의 주요 내용은 다음과 같다.

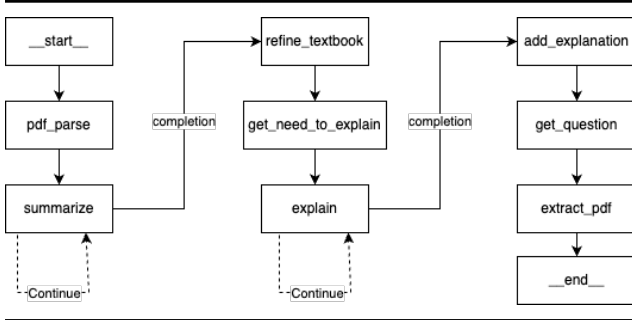
- 1) pdf_parse: 기존 LLM의 단일 입력의 한계를 극복하기 위하여, 입력된 문서를 적절한 크기의 세그먼트로 분할한다.
- 2) summarize: 분할된 각 세그먼트에 대해 단순 요약을 수행한다. 이 과정은 모든 세그먼트에 대해 반복 진행된다.
- 3) refine_textbook: summarize 과정이 완료되면, 생성된 단순 요약 통합본을 마크다운 형식을 이용하여 새로운 학습 자료로 재구성한다.
- 4) get_need_to_explain: 재구성된 학습 자료의 내용 중에서 배경지식이 추가적으로 필요한 부분이 있는지 검토하고, 해당 내용과 설명이 필요한 이유를 정리한다.
- 5) explain: 배경지식이 필요한 각 항목에 대해 웹 검색 및 내재된 지식을 활용하여, 설명이 필요한 이유를 충족하는 간단한 설명을 작성한다. 이 과정은 모든 항목에 대한 설명이 완료될 때까지 반복된다.
- 6) add_explanation: explain 과정이 완료되면, 작성된 설

명을 학습 자료 내 해당 내용의 바로 아래 단락에 추가하여 학습자의 이해를 돕는다.

7) **gen_question**: 최종적으로 제작된 학습 자료를 기반으로, 학습 성취도 평가를 위한 주관식 문제를 생성하여 자료의 마지막 부분에 추가한다. 이 문제들은 교재의 전체 내용을 포괄할 수 있도록 구성된다.

8) **extract_pdf**: 완성된 학습 자료를 PDF 파일로 추출한다.

(그림 1) 에이전트의 동작 플로우 차트



4. 실험 결과

본 절에서는 최신 LLM(GPT-4.1)에 학습을 위한 요약물을 하도록 지시하는 프롬프트(표 2)를 적용한 방식과 본 연구에서 제안한 에이전트를 활용한 방식의 결과를 비교함으로써, 제안된 에이전트의 효과성을 입증하고자 한다.

표 2와 표 3의 결과를 비교하면, 생성된 요약문의 길이와 상세함에서 뚜렷한 차이가 나타난다.

요약문의 길이 측면에서 LLM 방식은 74줄의 결과를 생성한 반면, 에이전트 방식은 459줄로 약 6배 이상의 분량을 출력하였다. 이는 동일한 자료를 요약하였음에도 에이전트가 더 많은 내용을 포괄하고 있음을 의미한다.

또한, 내용의 상세함에 있어서도 차이가 확인된다. LLM 방식은 주요 개념을 1~2줄로 간략히 설명하는 데 그친 반면, 에이전트 방식은 각 항목을 3~4줄로 보다 상세하게 기술하였다. 생성된 학습문제의 경우에도, 에이전트는 문제의 수가 많고 구체적이며, LLM 방식은 상대적으로 단순한 형태의 질문만을 생성하는 것으로 나타났다.

이와 같이 표 2와 표 3의 비교 결과를 통해, 에이전트는 본 연구에서 정의한 '학습을 위한 요약'의 기준을 충족하고 있을 뿐만 아니라, 단순히 프롬프트를 통해 LLM에 요약을 요청하는 방식보다 더 우수한 결과를 산출함을 확인할 수 있다.

<표 2> LLM의 요약 결과(GPT-4.1)

[GPT에 입력한 Prompt]

"제가 첨부한 PDF를 요약하며, 요약 과정에서 배경지식이 필요한 용어는 해당 문단 아래에 각주로 설명해주세요. 마지막으로 요약본으로 잘 공부를 했는지 확인할 수 있는 문제를 생성해주세요."

운영체제 개념 10판 - 3장 프로세스 요약

1. 프로세스 개념

- **프로세스**란 실행 중인 프로그램을 의미하며, 실행을 위해 다음과 같은 여러 부분으로 구성됨

- 프로그램 코드(텍스트 섹션)

... (60줄 중략)

확인 문제

1. 프로세스와 프로그램의 차이를 설명하세요.

2. 프로세스 상태 5가지를 쓰고 각각을 간단히 설명하세요.

... (3줄 중략)

6. 메시지 전달 방식에서 직접 통신과 간접 통신의 차이를 설명하세요.

7. 소켓과 파이프의 차이점을 설명하세요.

<표 3> 에이전트의 요약 결과(Ours)

운영체제 개념서 요약: 프로세스 및 프로세스 간 통신 (Interprocess Communication)

3장 프로세스 (Silberschatz, Galvin and Gagne, 2018 - 10판)

...(30줄 중략)

4. 프로세스 상태 (Process State)

- 상태 종류 및 의미

- new: 생성 중

... (4줄 중략)

- 상태 전이 다이어그램 존재

> 프로세스 상태는 컴퓨터 운영체제에서 프로세스가 실행되는 동안 거치는 여러 단계를 의미합니다. 일반적으로 프로세스는 다음과 같은 주요 상태로 구분됩니다:

> (8줄 중략)

> 프로세스는 상태 간에 계속 전환하면서 운영됩니다. 예를 들어, 준비 상태에서 CPU를 할당받으면 실행 상태로 전환되고, 입출력 요청 시 대기 상태로 이동하는 식입니다. 이러한 상태 전환 관리가 운영체제의 핵심 기능 중 하나입니다.[*8]

...(400줄 중략)

22. **원격 프로시저 호출(RPC)의 핵심 개념과 데이터 전달 시 수행되는 두 가지 과정(마샬링, 언마샬링)을 설명하세요.**

23. **파이프(pipe)의 종류 두 가지를 쓰고, 각각의 특성과 차이점을 간단히 설명하세요.**

5. 결론

본 연구에서는 대규모 언어 모델(LLM)을 활용하여 교육 분야에서 학습 효율성 증진을 도모할 수 있는 맞춤형 요약 에이전트의 개념과 구현 방법을 제안하였다. 기존의 요약 기법이 주로 형태적·의미적 유사성에 초점을 맞추는 것과 달리, 본 연구의 에이전트는 학습 자료로서의 기능을 갖춘 요약본을 목표로 하였다.

제안된 에이전트는 입력 문서의 세그먼트 분할, 각 세그먼트의 요약, 통합 및 재구성, 배경지식 검출 및 추가 설명, 학습문제 생성, PDF 변환에 이르는 일련의 과정을 자동화함으로써, 학습자 중심의 학습 자료를 생성할 수 있음을 실험적으로 입증하였다. 또한, 프롬프트 기반 LLM 요약 방식에 비해 본 에이전트가 더욱 상세하고 학습에 유용한 요약본을 제공함을 확인하였다.

본 연구의 의의는 기존의 단순 요약과 학습 지원 목적의 요약 간 차별점을 제시하고, 실제로 이를 구현할 수 있는 LLM 기반 에이전트의 설계와 효과를 실증한 데 있다. 향후에는 학습자의 수준과 요구에 맞춘 맞춤형 요약, 다양한 교육 자료 유형에 적용 가능한 확장 연구 등 후속 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] Zhang, J., A Systematic Survey of Text Summarization: From Statistical Methods to Large Language Models, arXiv preprint arXiv:2406.11289, 2024.
- [2] Lin, C. Y., ROUGE: A package for automatic evaluation of summaries, Proceedings of the ACL workshop on Text Summarization Branches Out, Barcelona, Spain, 2004, pp.74-81.
- [3] Zhang, T., Kishore, V., Wu, F., Weinberger, K. Q., Artzi, Y., BERTScore: Evaluating Text Generation with BERT, International Conference on Learning Representations (ICLR), Addis Ababa, Ethiopia, 2020.
- [4] Banerjee, S., Lavie, A., METEOR: An automatic metric for MT evaluation with improved correlation with human judgments, Proceedings of the ACL Workshop on Intrinsic and Extrinsic Evaluation Measures for Machine Translation and/or Summarization, Ann Arbor, USA, 2005, pp.65-72.