

VR 환경에서의 LLM Context Branching을 통한 비선형적 대화 재구성 시스템*

전지원⁰, 인성원

경희대학교 컴퓨터공학부

jiwonmedia22@khu.ac.kr, sungwon.i@khu.ac.kr

A VR-Based Context Branching for Non-linear Exploration of LLM Conversations

Jiwon Chon⁰, Sungwon In

School of Computing, Kyung Hee University

요 약

데스크탑 환경의 선형적 LLM 채팅 인터페이스는 다양한 아이디어를 병렬적으로 탐색하거나 서로 다른 대화 방향을 비교하는 데 한계가 있다. 이를 해결하기 위해 선행 연구에서는 브랜치 구조 도입이나 대화의 시각적 재구성 등이 제안되었으나, 데스크탑 환경에서의 탐색과 인터랙션에는 한계가 존재했다. 이에 본 연구에서는 LLM 대화를 브랜치 구조로 3차원 공간에서 표현하고 상호작용할 수 있는 VR 기반 Context Branching 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 3차원 공간에서 사용자가 노드를 직접 이동·재배치하며 상호작용할 수 있도록 하여, 여러 탐색 경로를 동시에 파악하고 비교할 수 있도록 지원한다. 이를 통해 사용자는 아이디어를 병렬적으로 탐색하고, 전체 대화 구조에 대한 이해를 높일 수 있다.

1. 서 론

최근 대규모 언어 모델(LLM)은 아이디어 생성과 문제 해결을 지원하는 도구로 널리 활용되고 있다. 그러나 데스크탑 환경에서 대부분의 LLM 인터페이스는 하나의 대화 기록 위에 상호작용이 지속적으로 누적되는 선형적 구조를 가진다 [1]. 이로 인해 서로 다른 주제나 탐색 과정이 하나의 흐름 안에 함께 축적되며, 맥락이 점차 누적·혼합되는 context pollution 문제가 발생할 수 있다. 특히 이전 응답의 오류나 환각이 이후 대화로 전파되어 성능 저하로 이어질 수 있다는 점도 보고되었다 [2]. 따라서 반복적 상호작용이 요구되는 작업에서는 이러한 선형적 구조가 제약으로 작용할 수 있다.

이를 해결하고자, LLM 대화를 비선형적으로 확장하기 위한 다양한 방법들이 제안되어 왔다. 예를 들어, branching 구조, 캔버스 기반 인터페이스, 노드-그래프 시각화 등을 통해 사용자가 다양한 탐색 경로를 오가며 이전 정보를 재방문할 수 있도록 지원하였다 [3,4,5]. 이러한 연구들은 exploratory programming, sensemaking, reflective conversation과 같은 작업에서 비선형 탐색의 가능성을 보여주었다. 그러나 대부분의 연구는 데스크탑 기반 2차원 인터페이스

환경에서 이루어졌으며, 제한된 화면 공간과 클릭·스크롤 중심의 인터랙션 방식으로 인해 생성된 비선형 대화 구조를 탐색·비교하는 데 제약이 존재한다. 결과적으로 기존 데스크탑 환경에서는 비선형 구조가 제공하는 탐색의 잠재력이 충분히 활용되지 못한다 [6].

한편, 최근 가상현실(VR)은 단순한 몰입형 시각화 매체를 넘어, 사용자의 탐색적 사고와 상호작용을 지원하는 환경으로 주목받고 있다. 기존 연구들은 VR이 브레인스토밍과 같은 개방형 작업에서 사용자의 탐색적 사고를 촉진하고, 공간적 자극을 통해 다양한 아이디어 탐색을 지원할 수 있음을 보고하였다 [6,7]. 특히 VR에서는 사용자가 물리적 이동과 객체 조작을 기반으로 공간 내 정보를 탐색할 수 있어, 데스크탑 환경보다 직관적이고 다양한 상호작용이 가능하다. 이러한 특성은 복잡한 비선형 대화 구조를 탐색하고 여러 브랜치를 동시에 비교하는 작업을 더욱 효과적으로 지원할 수 있다.

이에, 본 연구에서는 VR 기반의 LLM Context Branching 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 LLM과의 대화 구조를 3차원 공간에 배치하고, 사용자가 노드와 브랜치를 직접 조작하고 확장할 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 사용자는 다양한 브랜치를 공간적으로 탐색·비교할 수 있다. 또한 3차원 공간에 배치된 구조는 아이디어의 위치 기억을 지원하고, 전체 대화 구조에 대한 이해를 향상시킬 수

* "본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 2026년도 SW중심대학사업의 결과로 수행되었음"(2023-0-00042)

있다 [7]. 이러한 접근은 기존의 데스크탑 기반의 인터랙션을 넘어, 비선형 대화 구조의 장점을 더욱 효과적으로 활용할 새로운 가능성을 제시한다.

2. 방법

2.1 시스템 구현

본 연구에서는 기존의 LLM Context Branching 구조를 가상현실(VR) 환경으로 확장한 인터랙티브 시스템을 구현하였다. 본 시스템은 Unity 6를 기반으로 개발되었으며, Meta Quest 3 디바이스를 통해 실행 및 테스트되었다.

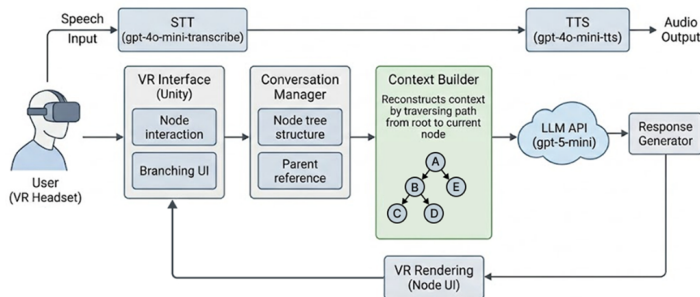


그림 1. 전체 시스템 구조

시스템은 대화를 노드(node) 단위로 구성하고, 이를 브랜치 구조로 연결하여 Context Branch를 형성한다. 각 노드는 독립적인 대화 상태를 가지며, 생성 직후 내부 대화 상태와 UI 요소가 초기화된다. 각 노드는 대화 맥락 유지를 위해 부모 노드를 참조하며, 필요시 루트 노드부터 현재 노드까지의 경로를 따라 대화 히스토리를 재구성하여 LLM에 전달한다. 이러한 방식은 브랜치별로 독립적인 대화 맥락을 유지하면서 필요한 정보만 선택적으로 활용하는 선행 연구의 branching 기반 LLM 인터페이스와 유사한 접근이다 [3,4]. LLM 연동은 OpenAI API를 활용하였다. 채팅 생성 및 요약에는 gpt-5-mini 모델을 사용하였으며, 음성 입력을 위해 멀티모달 구조를 설계하였다. 사용자의 음성은 로컬에서 캡처된 후 gpt-4o-mini-transcribe를 통해 텍스트로 변환되고, 생성된 응답은 gpt-4o-mini-tts를 통해 음성으로 출력된다 [그림 1 참조]. 이를 통해 텍스트와 음성을 병행한 상호작용을 지원한다.

2.2 인터랙션 및 기능 설계



그림 2. VR Context Branching 예시

제한한 시스템에서는 사용자가 컨트롤러로 버튼을 조작해 노드(대화)를 원하는 위치에 생성하거나 삭제할 수 있도록 설계하였다. 또한 노드를 직접 잡고 놓는 방식으로, 사용자가 원하는 위치에 직관적으로 배치할 수 있도록 하였다. 더불어 대화를 보다 효율적으로 관리할 수 있도록, 이전 대화로 돌아갈 수 있는 backtracking 기능과 불필요하다고 판단되는 대화를 fold 하거나 summarize 할 수 있는 기능을 추가하였다. 각 기능에 대한 구체적인 내용은 다음과 같다.

Add & Delete Node(노드 생성 및 삭제)

사용자는 새로운 노드 블록을 생성해 독립적인 대화를 시작하거나, 기존 노드에 연결하여 새로운 브랜치를 추가할 수 있다 [그림 3-(a)-(1), (2) 참조]. 또한 모델이 하나의 응답에서 여러 옵션(option A, B, C)을 제시할 경우, “Want to branch?”와 같은 인터페이스를 통해 사용자가 필요한 시점에만 분기를 생성하도록 하여 불필요한 브랜치 확장을 방지하였다. 노드 삭제는 물리적 상호작용을 기반으로 구현되었다 [그림 3-(a)-(3) 참조]. 사용자는 특정 노드를 잡아 작업 공간 밖으로 던져서 제거할 수 있다. 노드는 독립적으로 관리되므로 삭제 시 상위 노드에는 영향을 주지 않으며, 자식 노드를 포함한 경우 해당 하위 트리(sub-branch)도 함께 제거된다. 이후 LLM에 전달되는 컨텍스트는 현재 선택된 노드까지의 경로를 기준으로 재구성된다.

Backtracking (이전 대화로 이동)

사용자는 Backtracking을 통해 특정 노드를 기준으로 이전 대화 상태로 복귀할 수 있도록 설계되었다 [그림 3-(b) 참조]. 사용자가 노드를 선택하면 해당 노드에 대응하는 인터페이스가 활성화되며, “Back to Checkpoint” 버튼을 통해 해당 노드가 속한 브랜치의 분기 시점(checkpoint)으로 이동할 수 있다. 시스템은 선택된 노드로부터 부모 노드를 따라 올라가 가장 가까운 분기 포인트를 식별하고, 해당 지점으로 사용자의 위치를 전환한다. 이를 통해 사용자는 이전 탐색 경로를 유지한 채 다양한 대안 경로를 효율적으로 탐색할 수 있다.

Folding & Summarizing (브랜치 구조 축소 및 요약)

복잡하게 확장된 트리 구조를 효율적으로 관리하기 위해 folding 기능을 제공하였다 [그림 3-(c) 참조]. 사용자가 특정 노드를 기준으로 “fold” 버튼을 누를 시, 해당 노드의 하위 노드(브랜치 포함)들이 하나의 그룹으로 축소되어 표현된다. 또한 사용자는 “Generate Summary” 기능을 통해 fold된 브랜치의 대화 내용을 요약한 Summary 노드를 생성할 수 있다. 시스템은 접힌 브랜치의 대화 히스토리를 기반으로 요약을 생성하고 이를 기존 구조에 연결한다. 이를 통해 사용자는 복잡한 탐색구조를 유지하면서도 핵심 내용 중심으로 정보를 재구성할 수 있다.

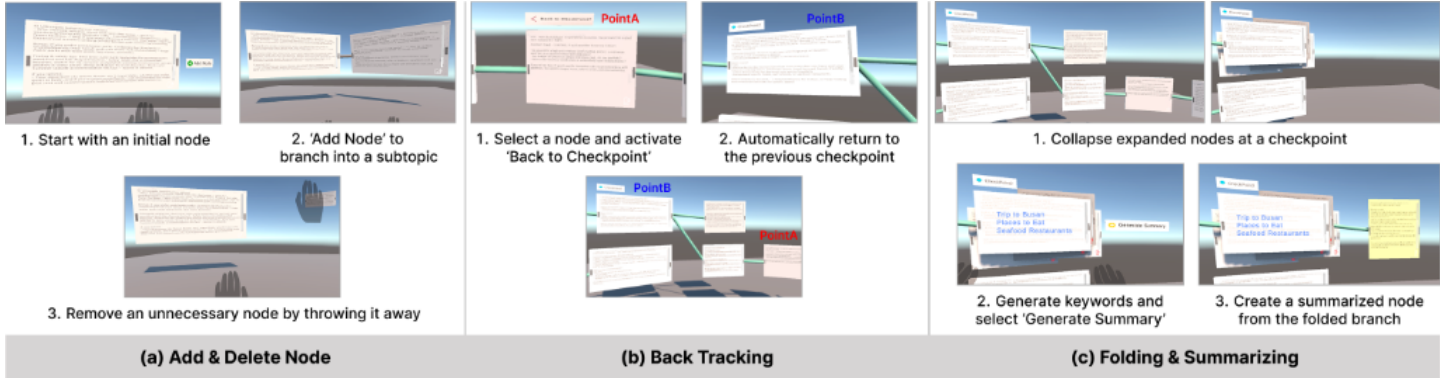


그림 3. VR Context Branching에서 제공된 기능 예시

2.3 시스템 사용 시나리오

제안한 시스템은 브레인스토밍처럼 다양한 가능성을 탐색하고 비교하는 작업에서 효과적으로 활용될 수 있다. 예를 들어, 사용자가 “휴가를 가는데 여행지를 추천해 줘. 나는 수영하는 것을 좋아해”와 같은 프롬프트를 입력하면, 시스템은 수영이 가능한 여행지 옵션들(option A, B, C)을 하나의 답변 노드에서 제시한다. 이후 사용자는 특정 옵션(예: option A)을 선택하여 대화를 이어가며 탐색을 심화할 수 있고, 동시에 다른 옵션들도 별도의 브랜치로 유지되어 비교 탐색이 가능하다. 필요에 따라 브랜치를 삭제하거나 이전 시점으로 돌아가 새로운 분기를 생성할 수 있으며, folding 기능을 통해 특정 브랜치를 요약된 형태로 관리할 수 있다. 이를 통해 사용자는 정보를 능동적으로 재구성하며 다양한 선택지를 비교하고 탐색할 수 있다.

3. 결론

본 연구는 데스크탑 환경의 LLM 인터페이스가 가지는 선형적 대화 구조의 탐색 한계를 극복하기 위해, VR 기반의 LLM Context Branching 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 LLM과의 대화를 노드 기반의 브랜치 구조로 구성해, 다양한 탐색 경로를 제공한다. 이를 바탕으로 사용자는 3차원 공간에서 대화 구조를 직관적으로 탐색하고 상호작용할 수 있다. 특히 VR의 넓은 공간을 활용하여 다수의 브랜치를 효율적으로 비교하고, 대화 경로의 설계 및 탐색을 가능하게 하는 등 기존 데스크탑 환경과 차별화된 LLM 사용 경험을 제공할 것으로 기대된다. 이는 LLM 인터페이스가 단순한 질의응답 도구를 넘어 탐색과 사고를 지원하는 공간적 인터페이스로 확장될 수 있음을 시사한다. 향후 연구에서는 제안한 시스템과 기존 데스크탑 기반 Context Branching을 비교하여 아이디어 생성의 다양성, 탐색 깊이, 인지적 부담 측면의 차이를 정량적·정성적으로 검증할 필요가 있다. 또한, 기존 데스크탑 환경의 선행 연구에서 제안된 브랜치 간 결합(merge)[3]이나 semantic zoom[4]과 같은 인터페이스 기법을 VR 환경에 확장 적용함으로써, 보다 유연하고 다층적인 탐색을 지원하고자 한다.

4. 참고문헌

- [1] P. Hemanth and S. Saha, "Conversation Tree Architecture: A Structured Framework for Context-Aware Multi-Branch LLM Conversations," arXiv preprint arXiv:2603.21278, 2026.
- [2] J. Y. Huang, L. Choshen, R. F. Astudillo, T. Broderick, and J. Andreas, "Do LLMs Benefit From Their Own Words?" arXiv preprint arXiv:2602.24287, 2026.
- [3] B. C. Nanjundappa and S. Maaheshwari, "Context Branching for LLM Conversations: A Version Control Approach to Exploratory Programming," arXiv preprint arXiv:2512.13914, 2025.
- [4] S. Suh, B. Min, S. Palani, and H. Xia, "Sensecape: Enabling Multilevel Exploration and Sensemaking with Large Language Models," ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '23), pp. 1-18, 2023.
- [5] G. Kimm and L. Tan, "ChatGraPhT: A Visual Conversation Interface for Multi-Path Reflection with Agentic LLM Support," arXiv preprint arXiv:2512.22790, 2025.
- [6] S. In, E. Krokos, K. Whitley, C. North, and Y. Yang, "Evaluating Navigation and Comparison Performance of Computational Notebooks on Desktop and in Virtual Reality," CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '24), pp. 1-15, 2024.
- [7] S. In, T. Lin, C. North, H. Pfister, and Y. Yang, "This is the Table I Want! Interactive Data Transformation on Desktop and in Virtual Reality," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 30, no. 8, pp. 5635-5650, 2024.