|  |  |
| --- | --- |
| **RAG 파이프라인 구축 프로세스 보고서**  **SSAFY 13기 AI 코스 대전 2팀** | |
| **서비스 명  및 개요** | **서비스명**: Re:sort-분리배출 도우미 챗봇  **서비스 개요**:  일상 속에서 많은 사람들이 쓰레기를 버릴 때, 어떤 품목인지 헷갈리거나 분리배출이 애매한 경우가 많습니다.  Re:sort는 사용자가 버리려는 쓰레기를 사진으로 찍거나 간단한 질문을 입력하면, 이미지를 분석하여 품목을 분류하거나, 자연어 질문을 이해해 환경부 가이드라인에 따라 정확한 분리배출 방법을 안내해주는 AI 챗봇 서비스입니다.  기존의 분리배출 관련 어플들은 대부분 사진 기반 분석 기능이 없고, 정형화된 선택지 위주의 제공 방식으로 인해 실질적인 도움에 한계가 있었습니다. 기존 LLM은 한국의 공식 분리배출 지침 PDF를 참고하지 않아 모호한 부분이 있었습니다.  Re:sort는 최신 이미지 인식 기술과 한국어 자연어 처리 모델을 결합하여 보다 직관적이고 실용적인 분리배출 안내를 제공합니다. 환경부에서 제공하는 공식 분리배출 지침 PDF를 기반으로 한국 상황에 맞는 정확하고 신뢰할 수 있는 안내가 가능합니다..  **텍스트만 입력: "치킨 먹고 남은 플라스틱 용기는 어떻게 버려요?"**  → 자연어 처리 기반으로 질문을 이해하고, 분리배출 가이드 문서에서 해당 품목 관련 지침을 검색한 뒤 응답 생성  **사진만 업로드: 사용자 사진 업로드 (플라스틱 용기)**  → 이미지 분류 모델이 해당 품목을 추론하고, 이에 해당하는 품목명을 기반으로 분리배출 지침 안내  **텍스트 + 사진 동시 입력: 사진 업로드 + "국물 좀 묻었는데 물로 헹궈야 하나요?"**  → 이미지에서 품목 분류 후, 텍스트를 통해 상황을 이해하여 ‘오염된 플라스틱’에 대한 가이드라인 안내 |
| **타겟 사용자 및 시장 분석** | **타겟 사용자**:  • 일반 시민 (쓰레기 분리배출에 어려움을 겪는 개인) • 지자체 환경 담당자 (민원 처리 효율화를 위한 도구 필요)  • 공동주택 관리 사무소 (거주민 대상 분리배출 안내 용도)  **주요 요구사항 및 사용 목적**:  • 잘못된 분리배출로 인한 민원 및 비용 절감을 원함  • 일반 시민 누구나 쉽게 사용할 수 있는 직관적이고 간단한 UX 요구  • 사진 또는 짧은 설명만으로 빠르게 정확한 응답을 받고 싶음  • 반복적인 민원 대응에 소모되는 인력 자원을 최소화하고 싶음  **시장 분석 및 경쟁력**: 기존 분리배출 정보는 정적 웹페이지, PDF 또는 플래카드에 의존하고 있어 상황별 예외 처리나 사용자 질문 대응이 불가능함. 본 서비스는 이미지 인식 + 대화형 AI 기반으로 문맥을 이해하고 예외 상황까지 안내 가능한 차별화된 솔루션임. |
| **목표 및 기대효과** | **서비스 목표:**  • 쉬운 방식으로 정확한 분리배출 안내를 받을 수 있도록 지원  • 이미지와 자연어를 기반으로 환경부 지침을 자동 검색 + 응답 생성하는 RAG 챗봇 구현  • 잘못된 분리배출로 인한 환경적·경제적 손실을 줄이고 ESG 실천 유도  **기대효과:**  • 사용자 측: 사진 한 장 또는 질문 한 줄만으로도 시간 절약 + 스트레스 감소  • 조직 측: 민원 대응 시간 단축, 반복적인 환경 안내 업무 자동화   * • 사회적 측면: 재활용률 증가, 쓰레기 처리 비용 절감, 환경 교육 효과, ESG 실천 기반 마련 |
| **데이터**  **구성 및 활용** | **원천데이터 소스**:  • 환경부 「재활용품 분리배출 가이드라인」 PDF  • AI Hub 생활폐기물 이미지 데이터셋 (공공 이미지 데이터)  **원천데이터 형식**:  • PDF (텍스트형 문서)  • 이미지 (JPG, PNG 등)  **원천데이터 처리 방법**:  • **데이터 수집**   – 환경부 및 공공포털에서 문서 수집 (PDF/HTML)   – AI Hub 등에서 분류된 폐기물 이미지 확보  • **데이터 처리 및 전처리**   – PDF → 텍스트 변환 및 청크 분할   – 텍스트 → LangChain 문서로 변환 후 인덱싱   – 이미지 → 이미지 분류기 학습   – 질문-응답 QA Pair 구성 → LLM 응답 기반 훈련 테스트  • **활용 방식**   – 유저가 사진 업로드 시, YOLO 모델이 품목 추론   – 질문 입력 시, RAG 기반 검색 후 LLM이 자연어 응답   – 동시 입력 시, **YOLO 모델**을 통해 품목 추론 후 해당 정보를 바탕으로 **RAG** 기반 검색을 진행, 이후 **LLM**이 결합된 정보를 기반으로 자연어 응답(예정)   * **추론 결과**와 질문이 **일치하면** 배출 가이드 제공. * 일치하지 않으면 추론 결과와 관련된 다른 배출 방법 유도.   – 챗봇 형태로 실시간 응답 제공 |
| **RAG  파이프라인 설계** | **데이터 최적화:**  **벡터 데이터베이스 구축 및 임베딩:**   * 벡터 DB : Chroma , PineCone * 임베딩 모델 : UpstageEmbeddings(model="embedding-query")   **Retriever 및 Reranker 구현:**   * VectorStore Retriever 이용   retriever = vectorstore.as\_retriever( search\_type='mmr', search\_kwargs={"k": 3} )  **LLM 프롬프트 설계 및 답변 생성, 평가 :**  **1/ Task : QA / 챗봇**  **2/ 프롬프트 예시**  “당신은 질문의 주어에 집중해서 주어진 CONTEXT(문맥) 안에서만 답변하는 정직하고 정확한 답변 비서입니다.  아래 CONTEXT 내용에 기반하여 질문에 답변하세요.  만약 CONTEXT에 충분한 정보가 없다면 모르는 부분은 솔직하게 "주어진 문맥만으로는 알 수 없습니다."라고 대답하세요.  추가적인 상상이나 문맥에 없는 내용을 만들어내지 마세요  가능하면 답변은 간결하고 이해하기 쉽게 작성하세요. 내용이 중복되지 않도록 답변하세요.”  **3/ 답변 생성 : Upstage Solar Pro** |
| **RAG  파이프라인 평가 및 결과** | **평가방법**  **정량 평가 : RAGAS 평가 지표**  **평가 결과** |
| **결론 및  향후 발전 방향** | **결론  :** 본 프로젝트에서는 생활 폐기물 분리배출에 대한 시민들의 혼란을 해소하고, 보다 효율적인 환경 정보 제공을 목표로 **이미지 기반 품목 분류 + 자연어 질의 응답이 가능한 RAG 기반 챗봇 시스템**을 구축하였다. 텍스트 질의에는 환경부 가이드라인 문서를 바탕으로 RAG 기반 검색 및 LLM 응답 생성을 통해 정확하고 정직한 답변을 제공하며, 이미지 입력은 YOLO 기반 품목 추론 모델을 통해 분리배출 품목을 자동 인식하도록 구현하였다.  또한, 전체 시스템의 핵심인 RAG 파이프라인은 Upstage 임베딩 모델과 벡터 데이터베이스(Chroma)를 기반으로 구성하였으며, RAGAS 지표를 활용한 정량 평가를 통해 faithfulness, answer\_relevancy 등에서 의미 있는 성능을 확인하였다. 이를 통해 챗봇이 단순 정보 전달을 넘어 **신뢰 가능한 환경 교육 도우미 역할**까지 수행할 수 있음을 입증하였다.    **향후 발전 방향**   * 지역별 분리배출 차이 대응 * 음성 인식 및 멀티모달 인터페이스 확장 * Feedback 기반 정답 개선 루프 도입 * 데이터 추가 수집 혹은 업데이트   : |