

이동식 소형 GC 장비를 위한 실시간 분석 소프트웨어 개발

손유지¹, 남우원¹, 이동건¹, 임수민¹, 정설영¹, 김세원²

¹경북대학교 컴퓨터학부

²태성환경연구소 이사

yujison12@gmail.com, playgground18@gmail.com, 3179dk3131@gmail.com, sumin4063@gmail.com,
snowflower@knu.ac.kr, ksw@ts-ei.com

Development of Real-Time Analysis Software for Mobile Gas Chromatography (GC) Devices

Yu-Ji Son¹, Woo-Won Nam¹, Dong-Kun Lee¹, Su-min Im¹, Seor-Yeong Jeong¹, Se-won Kim²

¹Dept. of Computer Science and Engineering, Kyung-pook University

²Tae-sung Environment Institute Co., Ltd.

요약

기존 가스 크로마토그래피(Gas Chromatography, 이하 GC) 분석은 고정된 장소에서 수행되어 시료 운송에 따른 시간 지연과 변질 문제가 있었다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 이동식 소형 GC 장비에 연동 가능한 실시간 분석 소프트웨어를 개발하였다. 가상 시뮬레이션 기반으로 구현된 본 시스템은 데이터 시각화, 피크 탐지, 자동 보고서 생성 기능을 포함하며, 현장에서 즉시 분석이 가능하도록 설계되었다. 직관적인 사용자 인터페이스를 통해 현장에서도 간편하게 분석을 수행할 수 있도록 하였다. 이를 통해 운송비용 절감과 함께, 분석 결과 기반의 현장 대응 및 향후 센서 선택성 향상 가능성을 제시하였다.

1. 서론

GC는 환경 및 화학 분석 등 다양한 분야에서 널리 활용되는 기법이다. 하지만 기존 고정형 GC 장비는 시료 운반 과정에서 시간 지연, 변질, 운송비용 증가 등으로 원거리 현장 대응에 한계가 있다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 이동식 소형 GC 장비에 연동 가능한 실시간 분석 소프트웨어를 가상 시뮬레이션 환경에서 구현하였다. 개발된 시스템은 실시간 데이터 생성, 피크 탐지, 시각화 및 자동 보고서 생성을 통해 현장 분석을 효과적으로 모사하며, 결과적으로 운송비 절감, 분석 신속성 향상, 현장 컨설팅 지원 가능성을 제시한다.

2. 관련 연구

기존 GC 장비는 실험실 환경에 국한되어 현장에서 즉시 분석하거나 긴급 상황에 대응하기 어렵다. 이전의 연구에서는 환경 모니터링 및 긴급 대응에서 현장 분석의 필요성을 강조하며, 이동식 분석 장비가 이러한 요구를 충족시킬 수 있음을 언급하였다 [1].

다만, 이러한 필요성에도 불구하고 이동식 소형 GC 장비는 분석 정확도나 감도 면에서 고정형 장비에 비해 제약이 존재한다는 연구도 있다 [2]. 이에 따라 본 연구는 가상 GC 데이터를 활용한 분석 소프트웨어를 개발하고, 이동식 시스템에 필요한 실시간성 및 정확도를 확인하였다.

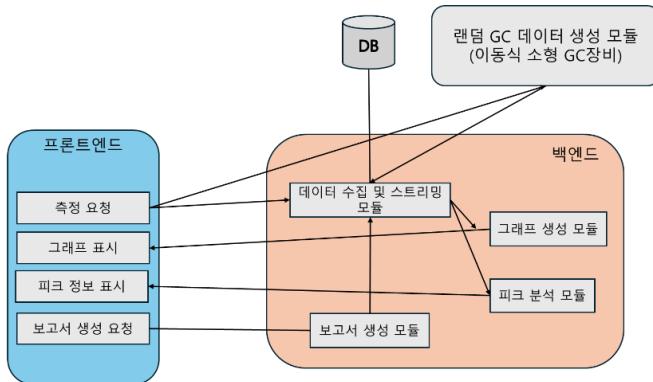
3. 시스템 상세 설계

본 시스템은 이동식 소형 GC 장비에서 생성되는 데이터를 실시간으로 수집하고 분석할 수 있도록 구성되었다. 그림 1은 전체 시스템 구조를 나타낸다. 프론트엔드는 사용자와의 인터페이스를 담당하며, 측정 요청, 그래프 및 피크 정보 표시, 보고서 생성을 포함한다. 백엔드는 수집된 데이터를 처리하여 시각화하고 분석하는 기능을 수행한다.

데이터 수집 및 스트리밍 모듈은 GC 장비에서 수신되는 데이터를 처리하며, 이를 그래프 생성 모듈과 피크 분석 모듈로 전달한다. 분석된 결과는 보고서 생성 모듈을 통해 문서화된다. 현재는 실제 GC 장비 대신 랜덤 GC 데이터 생성 모듈과 연동하여 시스템을 검증하고 있으며, 향후 실제 장비 연결을 통해 완

전한 연동을 구현할 계획이다.

본 시스템은 Python 언어를 기반으로 구현되었으며, 사용자 인터페이스는 PyQt5를 사용하여 구성하였다. 실시간 그래프 시각화에는 Matplotlib, 데이터 처리는 NumPy 및 SciPy, 보고서 생성은 Matplotlib의 PDF 백엔드를 활용하였다.

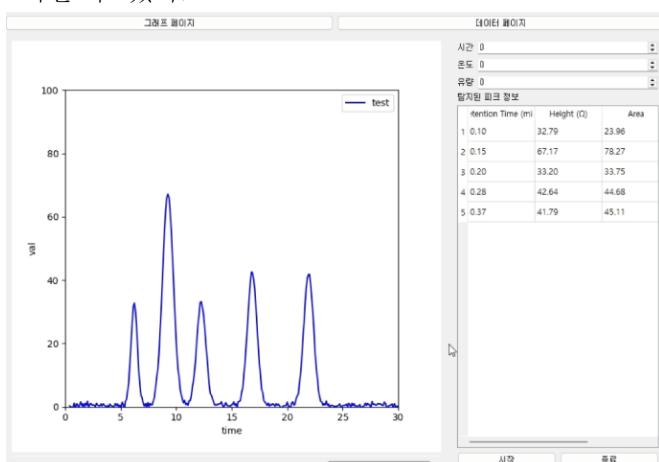


(그림 1) 시스템 구조도.

4. 시스템 구현 결과

본 연구에서는 이동형 GC 장비의 데이터 분석을 위한 데스크탑 소프트웨어를 개발하였다. 실시간 데이터 시뮬레이션, 피크 탐지, PDF 보고서 생성 기능 등을 포함하고 있으며, 사용자 인터페이스는 분석 과정을 직관적으로 제어하고 결과를 용이하게 확인할 수 있도록 설계되었다. 그림 2에는 구현된 UI 화면이 제시되어 있다.

그래프는 실시간으로 생성되며 사용자가 확대/축소 기능을 통해 특정 구간을 세밀하게 분석할 수 있도록 하였고, 주요 피크에 대한 정보는 테이블 형태로 병렬 표시된다. 또한 사용자는 분석 조건(시간, 유량 등)을 입력할 수 있는 설정 창을 통해 시뮬레이션을 제어할 수 있다.



(그림 2) GC 분석 시스템의 사용자 인터페이스 화면.

피크 탐지 모듈은 초기 구현 이후, 실시간 분석 환경에서의 처리 효율을 고려하여 내부 연산 구조를 개선하였다. 반복 구간에는 enumerate() 순회를 도입해

불필요한 배열 비교 연산을 줄이고, 적분 구간은 각 피크의 실제 폭을 반영하는 FWHM(Full Width at Half Maximum) 방식으로 조정하였다. 또한, 피크 면적 계산에는 수치적 정확도와 속도를 확보할 수 있는 Simpson's rule을 적용하였다. 이러한 점진적 개선을 통해 모듈의 실행 시간은 약 45% 단축되었으며(기존 0.0026 초, 개선 후 0.0014 초), 정량 분석의 신뢰성과 처리 속도를 모두 만족시킬 수 있었다.

보고서 기능은 분석 완료 시 PDF로 자동 생성되며, 시간 정보가 포함된 파일명으로 저장된다. 보고서에는 신호 그래프와 함께 각 피크의 Retention Time, 높이, 면적이 정리된 표가 포함된다.

사용자 인터페이스 외에도 향후 실제 GC 장비와의 연동을 고려하여 직렬 통신 기능(UART 기반)을 사전 구현하였다. 현재는 가상 데이터 생성 모듈을 기반으로 동작하지만, 실제 하드웨어와의 연결만으로 바로 적용 가능하도록 설계되어 있다.

5. 결론

본 연구에서는 이동식 소형 GC 장비와 연동 가능한 분석 애플리케이션을 개발하여, GC 데이터를 실시간으로 시뮬레이션하고 분석할 수 있는 시스템을 구현하였다. 사용자는 직관적인 GUI를 통해 분석 조건을 설정하고, 실시간으로 생성되는 그래프를 확대 및 축소하며 데이터를 관찰할 수 있으며, 주요 피크에 대한 정보를 표로 확인 가능하다. 분석 결과는 자동 생성되는 PDF 보고서를 통해 확인할 수 있다.

본 시스템은 개요에서 제시한 주요 문제점인 시료 운반으로 인한 시간 지연 및 변질, 과도한 이송 비용, 그리고 현장 분석의 어려움을 해소할 수 있는 기반을 마련하였으며, 현장 중심의 데이터 분석 기능을 통해 실무 활용성과 확장 가능성을 갖춘 실용적 도구로 발전할 수 있을 것이다. 또한 센서별 특성 비교, 선택성 향상 등 향후 응용 연구에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

아울러, 장비 기반 실험 환경의 제약으로 본 연구는 구현 중심으로 구성되었으며, 향후 실제 데이터를 활용한 정량적 성능 평가와 신뢰성 검증을 통해 시스템의 실효성을 체계적으로 입증할 계획이다.

사사문구

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW 중심대학사업의 연구결과로 수행되었음"(2021-0-01082)

참고문헌

- [1] F.J. Santos, M.T. Galceran, "The application of gas chromatography to environmental analysis," Journal of Chromatography A, vol. 968, no. 1, pp. 1-17, 2002.
- [2] Agnieszka Gałuszka, Zdzisław M. Migaszewski, Jacek Namieśnik, "Moving your laboratories to the field – Advantages and limitations of the use of field portable instruments in environmental sample analysis," Science of The Total Environment, vol. 503, pp. 123-134, 2015.