

2025 (사)ICT플랫폼학회



PTL Volume 12-1
ISSN 2288-8195

하계학술대회 자료집

2025.6.27.FRI / 서울과학기술대학교 미래관 1층

|| 주최/주관  ICTPS (사)ICT플랫폼학회  강남대학교 RISE사업단

|| 후원  서울과학기술대학교  BrainKorea21  FOUR 능동적 사이버보안
인재양성 교육연구단

 SK broadband
  아이티센 엔텍
  grepp.
  대신정보통신
 LAMPAD (주) 램파드
 selim 세림TSG
 오포랜드
 YMX
 인라스 ENLACE
 Genians
 GN SOFT 지연소프트 |주|
 JIN INFRA
 (주)한국블록소프트 Korea Blockchain Soft, inc.

2025

(사)ICT플랫폼학회 하계학술대회 논문집

사단법인 아이씨티플랫폼학회
서울 서초구 서초중앙로 63 (서초동) 15
ictps.staff@gmail.com

2025.06.27

PTL Volume 12-1 , ISSN 2288-8195

Editor-in-Chief

Bongen Gu
KOREA NATIONAL UNIVERSITY OF TRANSPORTATION,
Chungju-si, Chungcheongbuk-do, Republic of Korea
bggoo@ut.ac.kr

Managing Editor

Sang-Soo Yeo
MOKWON University,
Daejeon, Republic of Korea,
sangsooyeo@gmail.com

세부 프로그램

2025년 6월 27일(금)

13:00~ 13:30	<p style="text-align: center;">등록 [기념품 제공]</p> <p style="text-align: center;">연구윤리교육 : 박용범 명예회장</p>
시간	<p style="text-align: center;">논문발표</p>
13:30~ 15:00	<p style="text-align: center;">세션 1 미래관 1층 106호 / 좌장 : 강윤희 교수(백석대)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 프라이버시 넛지 유형이 멀티모달 LLM 대화 서비스의 신뢰도와 만족도에 미치는 영향 이시호, 유지현, 염현지, 김지윤(홍익대학교) ◆ 딥러닝을 이용한 활성상태 전기설비 작업자 안전관리 기법 고대식, 정성모(토탈시스) ◆ 강화학습을 활용한 산불 상황 대피경로 추천 강윤희(백석대학교), 고대식(토탈시스) ◆ 건설현장 구조물붕괴 위험 예보를 위한 멀티모달 AI융합분석 고대식(토탈시스) ◆ 생성형 AI를 활용한 커뮤니케이션 데이터 기반의 전문가 다면 분석 오세형((주)미주씨앤디) ◆ 생성형 AI 기반 이기종 분류체계 자동 매핑 연구: NTIS 과학기술표준분류와 산업별 정보체계 연계를 중심으로 김근채((주)미주씨앤디) ◆ Quantized Low-Rank Adaptation의 하이퍼 파라미터가 의료 언어모델 fine-tuning에 미치는 영향 현준서, 조재혁(전북대학교)
	<p style="text-align: center;">세션 2 미래관 1층 107호 / 좌장 : 김백기 교수(강릉원주대)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 객체 탐지 모델을 이용한 지폐 위변조 판별기 구현 유태근, 최동빈, 박용범(단국대학교) ◆ 빅데이터를 이용한 아산정수장 침전공정 자율 운영 방안에 관한 연구 윤여발(한국수자원공사 아산권지사), 여상수, 김윤호(목원대학교) ◆ 확장 합성곱 층을 위한 하드웨어 가속기 설계 이종윤, 이용환(금오공과대학교) ◆ Safari 자동 완성 API 로그 아티팩트를 이용한 웹 활동 추적 연구 조영호(서울과학기술대학교), 김역(전직정보기술연구소), 손기욱, 이창훈(서울과학기술대학교) ◆ 안전한 컴퓨터 접근을 위한 NFC 기반 실시간 사용자 인증 시스템 개발4 김시훈, 천유석, 박기윤, 박수빈, 석병진(한성대학교) ◆ 선형 회귀 기반 2단계 예측 모델을 활용한 지역별 범죄 분석 이종혁, 니시 야스히로, 유재윤, 안교관, 정영애(선문대학교) ◆ RGB모델을 이용한 정부공공기관 지역별 맞춤형 비서서비스 고대식(토탈시스) ◆ 멀티모달 AI를 이용한 숙박업소 화재위험도 추천시스템 고대식(토탈시스)

세부 프로그램

2025년 6월 27일(금)

13:00~ 13:30	등록 [기념품 제공]	
	연구윤리교육 : 박용범 명예회장	
시간	논문발표	
13:30~ 15:00	특별세션 - 자율운행 자동차 기술 - 미래관 2층 208호 / 좌장 : 김시호 교수(연세대)	
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 극한 환경에서의 자율 주행 이해: 다중 스펙트럼 이미지와 멀티모달 대형 모델을 활용한 접근 주형진, 김시호(연세대학교) ◆ Safe Set 제어를 통한 Control Barrier Functions Feasibility와 Safety 향상 박성진, 최종은(연세대학교) ◆ 조건부 주변 환경 모델링을 통한 강인한 음성 활동 검출 김태환, 박형민(서강대학교) ◆ 조건부 모방학습 및 엔드투엔드 주행을 통한 자율 주행의 미래8 김동현, 이용구(광주과학기술원) ◆ 모바일 환경에서 프로그래머블 스위치 상의 특징 선택 구휘모, 박고은, 백상현(고려대학교) ◆ 레이더 포인트 클라우드 기반 주행 환경 분류를 위한 IF-LOF 결합 이상치 제거 기법 이희원, 김성국, 고정길(연세대학교) ◆ RGB-D 카메라 기반 고전압 배전반 단자 3차원 위치 정밀 추정 기법 김충근, 이충현, 전도영(서강대학교) 	
기술세미나: 미래관 109호		
15:00~ 17:30	기술세미나	
17:30~ 18:00	우수논문상 시상 및 경품 추첨	사회자
18:20~	저녁만찬 및 정보교류	

•
2025
(사)ICT플랫폼학회
하계학술대회
•

- Session 1 -

- ◎ 프라이버시 넛지 유형이 멀티모달 LLM 대화 서비스의 신뢰도와 만족도에 미치는 영향 3
이시호, 유지현, 염현지, 김지윤(홍익대학교)
- ◎ 딥러닝을 이용한 활선상태 전기설비 작업자 안전관리 기법 9
고대식, 정성모(토탈시스)
- ◎ 강화학습을 활용한 산불 상황 대피경로 추천 13
강윤희(백석대학교), 고대식(토탈시스)
- ◎ 건설현장 구조물붕괴 위험 예보를 위한 멀티모달 AI융합분석 16
고대식(토탈시스)
- ◎ 생성형 AI를 활용한 커뮤니케이션 데이터 기반의 전문가 다면 분석 20
오세형((주)미주씨앤디)
- ◎ 생성형 AI 기반 이기종 분류체계 자동 매핑 연구:
NTIS 과학기술표준분류와 산업별 정보체계 연계를 중심으로 22
김근채((주)미주씨앤디)
- ◎ Quantized Low-Rank Adaptation의 하이퍼 파라미터가 의료 언어 모델 fine-tuning에 미치는 영향 24
현준서, 조재혁(전북대학교)

•
2025
(사)ICT플랫폼학회
하계학술대회
•

- Session 2-

- ◎ 객체 탐지 모델을 이용한 지폐 위변조 판별기 구현 29
유태근, 최동빈, 박용범(단국대학교)
- ◎ 빅데이터를 이용한 아산정수장 침전공정 자율 운영 방안에 관한 연구
..... 32
윤여발(한국수자원공사 아산권지사), 여상수, 김윤호(목원대학교)
- ◎ 확장 합성곱 층을 위한 하드웨어 가속기 설계 35
이종윤, 이용환(금오공과대학교)
- ◎ Safari 자동 완성 API 로그 아티팩트를 이용한 웹 활동 추적 연구
..... 38
조영효(서울과학기술대학교), 김역(전직정보기술연구소),
손기욱, 이창훈(서울과학기술대학교)
- ◎ 안전한 컴퓨터 접근을 위한 NFC 기반 실시간 사용자 인증
시스템 개발 44
김시훈, 천유석, 박기윤, 박수빈, 석병진(한성대학교)
- ◎ 선형 회귀 기반 2단계 예측 모델을 활용한 지역별 범죄 분석 50
이종혁, 니시 야스히로, 유재윤, 안교관, 정영애(선문대학교)
- ◎ RGB모델을 이용한 정부공공기관 지역별 맞춤형 비서서비스 53
고대식(토탈시스)
- ◎ 멀티모달 AI를 이용한 숙박업소 화재위험도 추천시스템 56
고대식(토탈시스)

•
2025
(사)ICT플랫폼학회
하계학술대회
•

- Session 3

- ◎ 극한 환경에서의 자율 주행 이해: 다중 스펙트럼 이미지와
멀티모달 대형 모델을 활용한 접근 61
주형진, 김시호(연세대학교)
- ◎ Safe Set 제어를 통한 Control Barrier Functions Feasibility와
Safety 향상 64
박성진, 최종은(연세대학교)
- ◎ 조건부 주변 환경 모델링을 통한 강인한 음성 활동 검출 66
김태환, 박형민(서강대학교)
- ◎ 조건부 모방학습 및 엔드투엔드 주행을 통한 자율 주행의 미래 68
김동현, 이용구(광주과학기술원)
- ◎ 모바일 환경에서 프로그래머블 스위치 상의 특징 선택 71
구휘모, 박고은, 백상헌(고려대학교)
- ◎ 레이더 포인트 클라우드 기반 주행 환경 분류를 위한
IF-LOF 결합 이상치 제거 기법 74
이희원, 김성국, 고정길(연세대학교)
- ◎ RGB-D 카메라 기반 고전압 배전반 단자 3차원 위치 정밀 추정 기법
..... 76
김충근, 이충현, 전도영(서강대학교)

Session 1

논문발표

[미래관 106호]

- 좌장 -
강윤희 교수(백석대)

프라이버시 넛지 유형이 멀티모달 LLM 대화 서비스의 신뢰도와 만족도에 미치는 영향

*이시호, **유지현, ***염현지, ****김지윤

How Types of Privacy Nudges Affect Trust and Satisfaction in Multimodal LLM Conversational Services

*Shiho Lee, **Jlhyeon Yoo, ***Hyunji Yeom, ****Jiyoon Kim

요약

본 연구는 대규모 언어 모델(LLM) 기반 생성형 AI 서비스의 멀티모달 대화 환경에서 프라이버시 보호를 위한 넛지(Nudge) UI의 효과를 검증하고자 하였다. 그 결과, 넛지 유형 간 뚜렷한 경험 차이는 나타나지 않았으나, 모든 넛지 유형이 사용자에게 중립 이상의 긍정적인 평가를 받았다. 이는 LLM 환경에서 프라이버시 보호 장치를 도입하는 것이 사용자의 신뢰나 만족도를 해치지 않으면서 프라이버시 보호라는 목적을 달성할 수 있는 실질적인 방안이 될 수 있음을 시사한다. 본 연구는 향후 프라이버시 친화적 AI 인터랙션 설계 연구의 기초 자료를 제공한다는 데 의의가 있다.

Key words

privacy nudges, large language model (LLM), generative AI, user interface (UI), privacy protection

I. 서론

대규모 언어 모델(Large Language Model, LLM) 기반의 생성형 AI 서비스는 텍스트, 이미지, 음성 등 다중 입력을 받아 문맥에 맞는 응답을 실시간으로 생성한다. 최근에는 Chat GPT, Gemini, Claude처럼 멀티모달 기능이 확장된 플랫폼들이 늘어나

면서, 사용자들이 개인 식별 정보나 민감한 시각 자료까지 별다른 경계 없이 입력하는 사례가 빈번해지고 있다. 특히 사용자의 사진을 입력하면 지브리풍 이미지로 변환해주는 서비스 등이 인기를 끌고 있지만, 해당 이미지가 어떻게 수집·저장·활용되는지에 대한 투명한 정보 제공이 미흡한 실정이다[1]. 오지현(2023)의 연구에 따르면, 사용자들은 LLM 활용 과정에서 개인정보 유출 가능성에

* 홍익대학교 인터랙션디자인전공 석사과정 (dltlgh456@naver.com)

** 홍익대학교 인터랙션디자인전공 석사과정 (yjh9452@naver.com)

*** 홍익대학교 인터랙션디자인전공 석사과정 (hyunzyumi@gmail.com)

**** 홍익대학교 영상디자인전공 교수, 교신저자 (bunchung@hongik.ac.kr)

대해 심각성을 인지하고 있으며, 이는 프라이버시 보호를 위한 실제 행동으로 이어질 가능성이 있음을 시사한다[2].

기존 프라이버시 넛지 연구는 주로 정보 제공 동의 화면이나 개인정보 처리방침 고지 처럼 정해진 절차 내에서 사용자의 선택이 단발적으로 이루어지는 환경에 초점을 맞춰왔다[3]. 이러한 연구에서 넛지는 주로 명확한 정보 제공이나 선택지의 기본값 설정을 통해 사용자의 합리적 판단을 유도하는 방식으로 제안되었다. 하지만 LLM 기반 서비스 처럼 연속적으로 오고가는 대화와 파일 첨부가 반복되는 동적인 상호작용 환경이라는 점에서 근본적인 차이를 보인다. 이로 인해 사용자 개인정보가 지속적으로 노출될 위험이 크다. 이런 동적 환경에서는 프라이버시 경고의 시점과 방식이 사용자 경험에 큰 영향을 미친다. 경고가 지나치면 서비스 흐름을 방해하고, 반대로 너무 약하면 위험 인식을 떨어뜨릴 수 있다. 따라서 자연스럽게 흐름을 해치지 않는 방식으로 사용자가 위험을 인식할 수 있도록 설계된 인터페이스 전략이 필요하다.

II. 이론적 배경

2.1 프라이버시 넛지 이론의 개념과 발전

넛지 (Nudge)는 원래 ‘팔꿈치로 슬쩍 찌르다’, ‘주의를 환기시킨다’는 의미로, Thaler와 Sunstein(2008)은 이를 "타인의 선택을 유도하는 부드러운 개입"으로 정의했다. 이는 강제나 금지 없이 선택 구조를 미세하게 조정함으로써, 개인이 보다 바람직한 방향으로 행동하도록 유도하는 접근 방식이다[4]. 이러한 넛지 이론은 초기 공공 정책 및 마케팅 분야에서 주로 활용되었으나, 디지털 환경이 보편화되면서 그 적용 범위가 프라이버시 보호 영역으로 자연스럽게 확장되었다.

이에 Acquisti 등(2017)의 연구자들은 넛

지 개념을 프라이버시 맥락에 적용하여, ‘프라이버시 넛지(Privacy Nudge)’를 "사용자가 의도치 않은 정보 노출 위험을 줄이고, 자신의 선호도에 맞는 더 나은 프라이버시 결정을 내리도록 돕는 선택 설계"로 정의하였다. 프라이버시 넛지는 강제나 금지 없이 인터페이스 설계나 정보 제시 방식을 미세하게 조정하여, 사용자의 주의를 환기시키고 신중한 판단을 유도하는 것을 목표로 한다[5].

2.2 디지털 프라이버시 넛지의 주요 유형론

넛지 이론이 디지털 환경, 특히 프라이버시 보호 맥락에 적용되면서 다양한 유형론이 제시되었다. Acquisti 등(2017)은 프라이버시 및 보안 의사결정 지원을 위한 넛지 연구의 기초적인 프레임워크로 다음의 여섯 가지 주요 유형을 제시하였다: 정보 제공 (Information), 표현방식(Presentation), 기본설정(Defaults), 인센티브 제공 (Incentives), 되돌리기 기능 제공 (Reversibility and error re-siliency), 타이밍(as well as Timing)처럼 6가지의 분류는 사용자가 온라인 환경에서 개인정보 제공 시 직면할 수 있는 다양한 인지적·심리적 장벽 극복 지원에 초점을 맞춘다[4]. 예를 들어, ‘기본값 변경’ 넛지는 대다수 사용자가 초기 설정을 변경하지 않는 경향(현상 유지 편향)을 활용, 프라이버시 보호 수준이 높은 옵션을 기본으로 설정하여 별도의 조작 없이도 사용자를 보호하는 강력한 수단으로 평가된다.

이러한 논의를 확장하여, Brev 등(2019)은 프라이버시 넛지 메커니즘을 기본값 (Defaults), 제시 방식(Presentation), 정보 제공(Information), 피드백(Feedback), 오류 복원력(Error Resiliency), 사회적 영향 (Social Influence)의 여섯 가지 유형으로 분류하였다[5]. 이들의 분류는 Acquisti 등

의 연구와 유사한 축을 공유하면서도, 사용자의 행동 후에 주어지는 '피드백'이나 잘못된 선택을 되돌릴 수 있는 '오류 복원력'과 같이 상호작용 측면을 더욱 구체화했다는 특징이 있다. 또한 각 넋지의 효과는 개인의 휴리스틱 사용 경향, 성격 특성, 감정 상태 등 개인의 내적 요인에 따라 달라질 수 있음을 강조하며 개인화된 넋지 설계의 중요성을 시사했다.

2.3 LLM 환경에서의 프라이버시 넋지 연구 동향과 과제

기존의 프라이버시 넋지 연구는 대부분 정적이며 단일한 상호작용 단위를 전제로 수행되어 왔다. 예를 들어, 김소연 등(2022)이 금융 애플리케이션의 사례를 분석한 연구처럼, 선행 연구들은 주로 사용자가 정보 제공 동의와 같은 일회성 선택을 수행하는 명확한 결정 지점에 넋지를 설계하였다[6]. 이러한 접근은 특정 과업 중심의 환경에서는 유효하지만, LLM의 동적인 특성을 반영하기에는 근본적인 한계가 있다.

LLM과의 상호작용은 단일 선택이 아닌, 여러 차례의 질문과 답변이 실시간으로 오가는 다중 턴(multi-turn) 대화라는 점에서 근본적인 차이를 보인다. 이 과정에서 사용자는 의식하지 못한 채 연속적으로 민감 정보를 입력할 수 있으며, 이는 기존의 '단일 경고-단일 행동 변화' 모델로는 효과적으로 개입하기 어려운 프라이버시 위험 환경을 조성한다.

실제로 Ioannou 등(2021)이 정리한 주요 디지털 넋지 관련 문헌 분석에서도 나타나듯이, LLM과 같은 대화형 AI 시스템의 특수성을 반영한 연구는 거의 이루어지지 않았으며, 이는 해당분야의 명확한 연구 공백을 드러낸다[7]. 따라서 LLM 환경에 맞는 프라이버시 넋지 연구는 단순히 기존 넋지를 적용하는 것을 넘어, 대화의 흐름(flow)과 맥락(context)을 고려하는 새로운 접근이 요구된다.

III. 연구 방법

3.1. LLM 환경에서의 프라이버시 넋지 재정립

이론적 배경에서 검토한 바와 같이, 기존 프라이버시 넋지는 주로 정적인 단일 상호작용 환경을 전제로 설계되었다. 그러나 LLM의 대화 환경은 다중 턴으로 실시간 상호작용이 이루어지는 동적인 특성을 지니므로, 기존 넋지 유형론을 그대로 적용하기에는 한계가 따른다.

따라서 본 연구는 선행 연구들을 바탕으로 LLM의 대화 맥락과 사용자의 정보 입력 흐름에 맞춰 프라이버시 넋지 전략을 다음과 같은 세 가지 유형으로 재정립하였다. 이는 LLM의 연속적인 상호작용 속에서 사용자의 프라이버시를 효과적으로 보호하기 위함이다(표1).

표 1. 프라이버시 넋지 유형

넋지 유형	기존 원리	특성	적용효과 및 예시
(유형1) 사전 보호형	디폴트 (Default), 정보 (Information)	정보의 격차를 줄이고, 일정 수준 이상의 프라이버시가 자동으로 보호되도록 하는 선제적 조치	대화 시작 전에 개인정보 보호를 위한 기능을 사용자의 필요에 따라 ON 또는 OFF로 선택할 수 있도록 선택권 부여
(유형2) 맥락 경고형	피드백 (Feedback), 오류 복원성 (Error Resilience)	실수로 인한 프라이버시 노출을 줄이고, 행동에 대한 간단한 피드백 제공	개인 식별 정보(예: 주민등록번호, 전화번호, 상세 주소)가 감지되면, 입력창에 경고와 주의 문구 표기
(유형3) 통제 강화형	타이밍 (Timing)	입력 전 내용을 내용을 수정하거나 전송을 취소할 수 있는 안전망 부여	전송 버튼 클릭 시, 내용을 다시 확인할 수 있도록 '수정'과 '취소' 옵션이 포함된 팝업 제공

3.2. 넋지 유형 정의 및 실험물 제작

위에서 재정립한 세 가지 넋지 유형의 핵심 개념을 시각적으로 구현한 프로토타입을 실험물로 제작하였다(그림 1, 2, 3 참조). 실험물의 일관성과 통제된 환경을 위해, 각 넋지 UI는 실제 작동하는 시스템이 아닌 시각적 프로토타입 형태로 제작되었으며, 이미지 파일로 변환되어 온라인 설문 플랫폼을 통해 각 그룹의 참여자들에게 제시되었다. 사전 보호형 넋지 (그림 1): 사용자가 별도의 조작을 하지 않아도 개인정보가 보호되는 방향이 기본값으로 설정되어 있음을 알려주어, 선제적 보호를 통한 안정감을 제공하는 데 초점을 맞췄다.

맥락 경고형 넋지 (그림 2): 사용자가 입력하는 동안 민감 정보(예: 이름, 연락처)가 포함될 경우, 해당 텍스트를 시각적으로 강조하거나 입력창 하단에 경고 메시지를 표시하여 즉각적인 위험 인지를 유도하도록 설계되었다. 통제 강화형 넋지 (그림 3): 사용자가 '전송' 버튼을 누른 후, 최종적으로 내용을 확인하고 전송 여부를 다시 한번 결정할 수 있는 확인창을 제시하여 사용자 통제권을 강화하

는 데 초점을 맞췄다.

3.3. 연구 절차 및 측정·분석 방법

본 연구는 집단 간 설계를 적용하였다. 연구 참여자는 LLM 서비스의 주 사용층인 20대와 30대로 구성된 총 102명을 대상으로 하였다. 이들을 각 34명씩 세 개의 집단에 무작위로 할당하였으며, 각 집단은 서로 다른 프라이버시 넋지 UI 유형(그룹 1: 사전 보호형 넋지, 그룹 2: 맥락 경고형 넋지, 그룹 3: 통제 강화형 넋지) 중 하나에만 노출되었다. 실험 절차는 각 그룹의 참여자에게 할당된 한 가지 유형의 넋지 UI 실험물 이미지를 제시한 후, 해당 넋지가 적용된 LLM 서비스에 대한 신뢰도와 만족도를 평가하는 설문에 응답하도록 구성되었다. 종속 변인인 LLM 서비스에 대한 신뢰도와 만족도는 선행 연구에서 타당성이 검증된 문항들을 기반으로 본 연구의 맥락에 맞게 수정·보완하여 5점 리커트 척도(1점: 전혀 그렇지 않다, 5점: 매우 그렇다)로 측정하였다. 신뢰도 측정 문항은 사용자가 해당 LLM 서비스를 얼마나 믿을 수 있다고 느끼는지, 정보 처리의 투명성 등을 포함하였다.

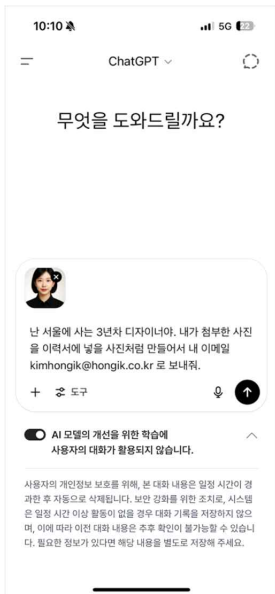


그림 1. 사전 보호형 넋지

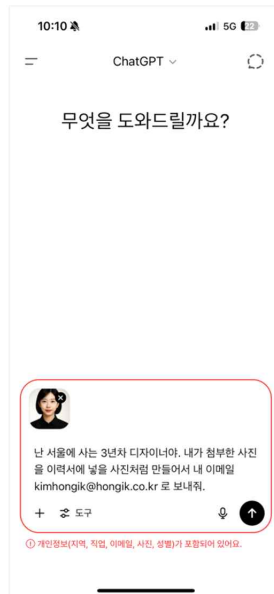


그림 2. 맥락 경고형 넋지

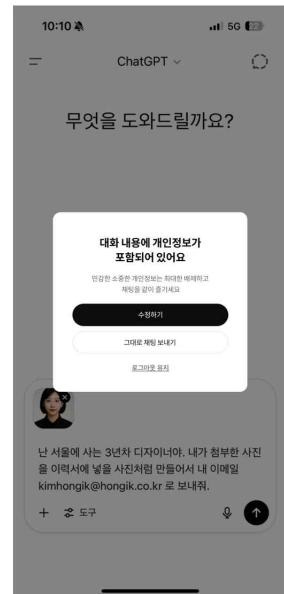


그림 3. 통제 강화형 넋지

그림 1. 프라이버시 넋지 실험물(프로토타입)

만족도 측정 문항은 전반적인 서비스 사용 경험, 넷지 UI가 제시된 상황에서의 사용 편의성 및 유용성 등을 중심으로 구성되었다.

수집된 데이터는 세 집단 간 평균 차이의 통계적 유의성을 검증하기 위해 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 사용하여 분석하였으며, 모든 통계적 유의수준은 $p < .05$ 를 기준으로 판단했다.

IV. 결론

4.1 연구 결과 요약 및 논의

본 연구는 세 가지 프라이버시 넷지 유형(사전 보호형, 맥락 경고형, 통제 강화형)이 사용자의 서비스 만족도와 신뢰도에 미치는 영향을 파악하기 위해 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였다. 분석 결과, 넷지 유형에 따른 만족도($F(2, 99) = 0.589, p = .556$)와 신뢰도($F(2,99) = 0.695, p = .501$) 모두에서 통계적으로 유의미한 차이는 발견되지 않았다. 이는 제안된 세 가지 넷지 UI가 사용자의 만족도나 신뢰도에 미치는 영향이 서로 다르다고 보기 어렵다는 것을 의미한다. 각 종속 변인에 대한 상세한 기술 통계는 표 2와 같다.

비록 집단 간 유의미한 차이는 없었으나, 각 집단의 평균 점수 수준을 살펴보면 만족도와 신뢰도 모두 5점 척도의 중립값인 3점을 소폭 상회하는 3.3점 ~ 3.7점 사이에 분포하였다. 이는 제안된 넷지 유형들이 사용자 경험을 부정적으로 저해하지는 않았으며, 중립 이상의 평가를 받았음을 보여준다.

즉, 프라이버시 넷지는 단순한 보호 기능을 넘어, 사용자 경험을 향상시키는 긍정적 요소로 작용할 수 있음을 확인하였다. 다만, 본 연구에서 제안된 세 가지 넷지 UI 유형 간의 효과를 비교한 일원배치 분산분석(ANOVA) 결과에서는 통계적으로 유의미한 차이가 발견되지 않았다(만족도 $p=.263$, 신뢰도 $p=.122$). 이는 ‘기본값 설정’(사전 보호형), ‘실시간 위험 경고’(맥락 경고형), ‘최종 확인 단계’(통제 강화형)라는 세 가지 방식이 만족도나 신뢰도에 미치는 영향의 강도에는 뚜렷한 차이가 없음을 의미한다. 즉, 어떤 형태의 넷지이든 그 존재 자체가 중요하게 작용했을 수 있으며, 특정 방식이 다른 방식보다 우수하다고 결론 내리기는 어렵다.

4.2 연구의 의의 및 한계점

본 연구는 LLM이라는 새로운 인터랙션 환경에서 프라이버시 넷지의 적용 가능성을 탐색하고, 구체적인 UI 유형을 제안하여 그 효과를 실증적으로 검증하려 시도했다는 점에서 학문적 의의를 지닌다. 특히 기존의 정적 환경 중심의 넷지 연구를 다중 턴, 멀티 모달, 실시간 상호작용이 특징인 LLM 대화 환경으로 확장하는 초기 노력이라는 점에서 의미가 있다. 무엇보다 프라이버시 넷지가 사용자의 신뢰도나 만족도를 저해하지 않고 오히려 긍정적으로 향상시킬 수 있다는 가능성을 보인 점은 향후 프라이버시 강화 기술 설계에 있어 중요한 실무적 시사점을 제공한다. 이는 LLM 서비스 개발자들이 사용자의 프라이버시를 고려하는 기능을 부담 없이

표 2. 분산분석 결과

사용자 경험	(유형1) 사전 보호형	(유형2) 맥락 경고형	(유형3) 통제 강화형	F(p)	Post-hoc
만족도	3.55 (± 0.69)	3.44 (± 0.77)	3.66 (± 0.85)	0.589 (.556)	A=B, A=C, B=C
신뢰도	3.63 (± 0.65)	3.41 (± 0.81)	3.51 (± 0.82)	0.695 (.501)	A=B, A=C, B=C

* 표 안의 ± 값은 평균(표준편차)이며, 5점(만점) 척도를 기준으로 함.

적극적으로 도입할 수 있는 근거가 된다.

그러나 본 연구는 다음과 같은 한계점을 지닌다. 첫째, 실험이 가상의 시나리오와 이미지 프로토타입을 통해 진행되어 실제 LLM 서비스 사용 환경에서의 사용자 행동과 심리를 완벽하게 반영하지 못했을 수 있다. 둘째, 표본 크기가 102명으로, 연구 결과의 일반화에 신중을 기해야 한다. 셋째, 신뢰도와 만족도 외에 실제 프라이버시 보호 행동 변화(예: 민감 정보 입력 빈도 감소)나 정보 공개 의도 등 다양한 종속 변수를 측정하지 못했다.

감사의 글

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2025년도 문화체육관광 연구개발 사업으로 수행되었음(과제명 : 프라이버시 넷지 유형이 멀티모달 LLM 대화 서비스의 신뢰도와 만족도에 미치는 영향, 과제번호 : RS-2025-00349479, 기여율: 100%)

참고문헌

- [1] 박상연. (2025-04-10). '지브리풍 사진 열풍'에 가려진 '개인정보' 보호 그늘...관련 법은 회색지대. 서울신문. <https://m.en.seoul.co.kr/news/society/2025/04/10/20250410500240?cp=go>
- [2] 오지현. (2023). 생성형 AI(Generative AI) 이용과 이용자 프라이버시의 관계에 관한 연구: 대규모언어모델(LLM)을 중심으로. 디지털경제사회연구, 1 (1), 65-86.
- [3] 김소연, 박수경, 이봉규(2022) 마이데이터 환경에서 나타나는 디지털 넷지 유형 분석: 금융 애플리케이션 사례를 중심으로
- [4] Thaler, R. H., & Sunstein, C. R. (2008). Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness. Yale University Press.
- [5] Acquisti, A., Adjerid, I., Balebako, R., Brandimarte, L., Cranor, L. F., Komanhuri, S., Leon, P. G., Sadeh, N., Schaub, F., Sleeper, M., Wang, Y., & Wilson, S. (2017). Nudges for Privacy and Security: Understanding and Assisting Users' Choices Online. ACM Computing Surveys, 50(3), 44:1-44:41.
- [6] Barev, T. J., & Janson, A. (2019). Towards an Integrative Understanding of Privacy Nudging - Systematic Review and Research Agenda. Proceedings of the 18th Annual Pre-ICIS Workshop on HCI Research in MIS.
- [7] Ioannou, A., Tussyadiah, I., Miller, G., Li, S., & Weick, M. (2021). Privacy nudges for disclosure of personal information: A systematic literature review and meta-analysis. PLoS ONE, 16(8), e0256822.
- [8] Díaz Ferreyra, N. E., Kroll, T., Aïmeur, E., Stieglitz, S., & Heisel, M. (2020). Preventative Nudges: Introducing Risk Cues for Supporting Online Self-Disclosure Decisions. Information, 11(8), 399.

딥러닝을 이용한 활선상태 전기설비 작업자 안전관리 기법

*고대식, **정성모

A Deep Learning-Based Safety Management Method for Live-Line Electrical Maintenance Workers

**Dae-Sik Ko, **Seong-Mo Jeong*

요약

본 논문에서는 활선상태에서 전기설비 장애처리 등 유지관리 작업을 해야하는 작업자의 안전 사고를 예방할 수 있는 딥러닝기반의 전기 설비 작업자의 안전 관리기법을 연구분석하였다. 이를 위하여, 허가된 작업자가 작업을 수행하는지, 활선 전기전압 등급에 따른 작업자 보호장비(PPE)를 착용하는지, 작업자와 활선과의 이격거리를 실시간으로 준수하는지, SF6 차단기를 정확하게 조작하는지를 자동 점검 및 실시간 관제하는 딥러닝 기법을 제안하였다.

Key words

Multimodal AI, Worker Safety, Visual Intelligence, Contextual AI

I. 서론

변전소, 대규모 플랜트, 지상 송전 시설, 지중 송전 시설 등에 설치된 송배전반, 변압기 등과 같은 전기 설비의 운영과 유지보수 등 작업은 대부분 활선상태에서 수행되어야 하므로 작업자 안전 관리가 매우 중요하다. 이를 위하여, 요구되는 안전법규와 안전 관리 계획서대로 작업을 수행하는 것이 중요하고, 활선상태의 작업자들의 위험을 예방하기 위한 전압등급별로 법규에서 요구하는 자격을 갖춘 작업자의 자격 여부, 작업자의 적합한

개인 보호 장비(예컨대, 절연안전모, 절연장화, 절연복, 절연장갑 등과 같은 PPE(Personal Protective Equipment) 제품)의 착용 여부를 준수해야하고, 작업중에도 활선 케이블 등 전기 설비의 아크 플래시(arch flash) 전류를 측정하는 검전기를 이용하여 활선 케이블의 활선 상태, 그리고 활선 케이블과 작업자 간의 이격 거리에 따른 유도 전류의 변화를 수집 및 분석하여 위험 예측과 이격 거리를 유지할 수 있도록 관제 모니터링 하는 것이 중요하다.

또한, 활선 비활성 상태에서 실수로 전원을 동작 시키거나 아크 에너지를 흡수하고 절연

* (주)토탈시스, 대표 (kds mok@gmail.com)

** (주)토탈시스, 연구소장 (smjeong@totalsys1.kr)

성이 높은 SF6 가스 차단기(예컨대, 회로 차단기)를 인적 실수(human error)로 차단 대상 회선이 아닌 다른 회선을 차단시키는 등 오동작을 제로화 하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 활선상태에서 전기설비 장애처리 등 유지관리 작업을 해야하는 작업자의 안전 사고를 예방할 수 있는 딥러닝기반의 전기 설비 작업자의 안전 관리기법을 연구분석하였다.

II. 딥러닝을 이용한 전기설비 작업자 안전관리 기법

2.1 작업시작전 안전법규 준수여부 자동점검

그림 1은 제안된 시스템 구성도이다. 제안된 시스템은 센서부와 AI(Artificial Intelligence), IoT(Internet of Things) 기반 정합성 자동 점검부와 모니터링부로 구성된다.

센서부는 자격 조건을 갖춘 승인된 작업자 및 승인된 절연 등급 이상의 PPE 제품을 사용하는지에 대한 사전 등록과 작업 시작 바로

전 자동 점검용 이미지 촬영과 작업 전체 기간에 대한 점검용 녹화 영상 제공용으로 사용된다.

아크 플래시 전류 측정기와 같은 활선 검출 센서는 송배전 케이블 등 전기 설비들이 활선 상태인지를 검출하는 장치로서, 작업자에게 매우 중요한 현장 및 원격 관제실에서 활선 상태 관제 모니터링과 활선 전기 설비와 작업자의 전압 등급별 이격 거리(예를들면 154kV 인 경우는 90cm이격 등 법규준수)를 모니터링하고 시계열 딥러닝 분석을 통한 위험 예측용으로 사용될 수 있다.

AI, IoT 기술 기반의 전기 설비 작업자 안전 관리 시스템의 사전 등록 처리부는 수집된 작업자의 자격증, 신분증, 얼굴 등의 정보를 딥러닝 기반으로 특징을 추출하고 DB화 하고, 절연용 PPE의 이미지로부터 특징 벡터를 추출하여 DB(Database)화하고, 절연등급별용 PPE를 구별하는 형식승인 및 자격증번호와 개인정보 정보를 DB화 한다.

실제작업시 사전 승인 자동 점검 처리부는 실제 전기 설비에 대한 작업 시작 전 작업자 승인은 딥러닝(예컨대, 얼굴인식, OCR 등)을 이용하여 위에서 사전 등록 처리부에 등록된

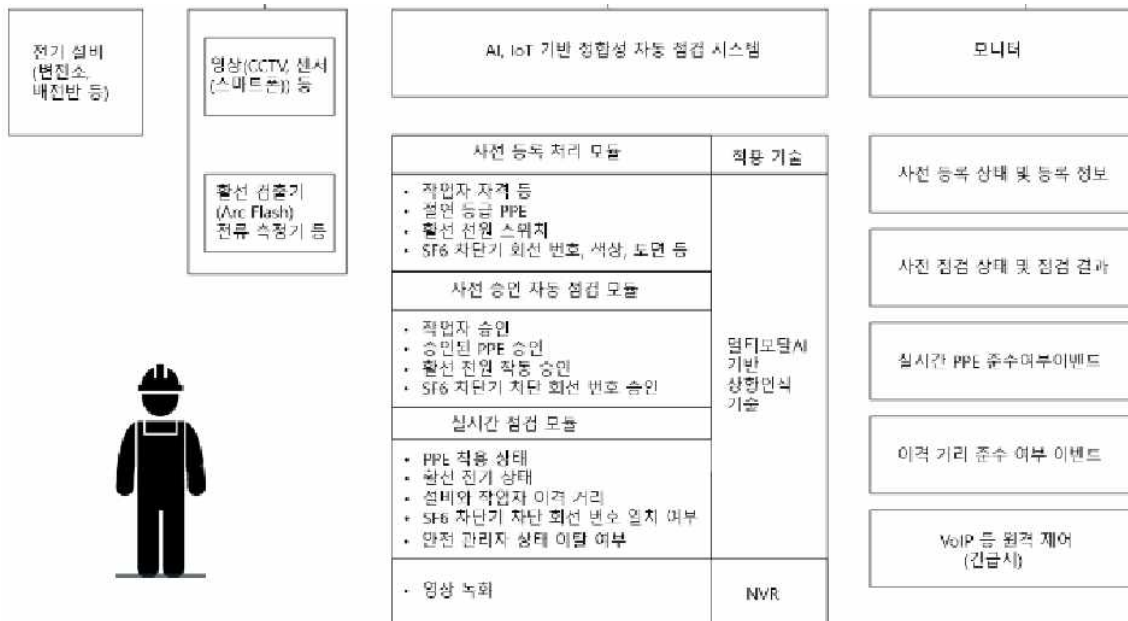


그림 1. 시스템 구성도

얼굴 사진 이미지에 대한 특징 벡터값과 자격증 및 신분증 데이터와 실제 현장에서 촬영되는 작업자의 얼굴과 자격증, 신분증에 대한 특징벡터 DB와 정보를 비교하는 방법으로 자동승인 처리하고 만약, 사전 등록된 데이터와 일치하지 않으면 다음단계로 넘어가지 않도록 하여 임의 조작이 불가능하도록 한다.

절연 등급 별로 절연 장갑은 다른 색상을 가지므로 절연 장갑은 그 색상으로 절연 등급이 판단될 수 있으나, 안전모 등은 색상이 구별되지 않으므로 형식 승인표 상의 정보들을 딥러닝 객체 인식 및 OCR 인식을 통하여 승인받아 처리될 수 있다.

본 논문에서 사용한 OCR 모델은 EasyOCR 프레임워크 환경에서 개발하였고, Text Detection은 CRAFT (VGG 기반)로 Text Recognition은 CRNN (ResNet + LSTM + Attention)을 적용한다.

2.2. 작업중 실시간 안전관리기법

작업중에 PPE 착용준수여부나 활선 케이블과 작업자의 이격 거리가 변경되는 것 등 작업 기간 중 실시간으로 안전 관리하는 것 및 작업 중 실시간으로 작업자의 안전 복장 착용을 유지하는 것이 중요하므로, 실시간 안전 점검 처리부는 실시간 영상에 대한 딥러닝 객체 인식과 후처리 및 이벤트 처리 기법을 적용하여 실시간으로 안전 관리를 처리할 수 있다.

본 논문에서는 Yolo12 딥러닝 객체 인식 모델로 절연용 PPE 미착용 이벤트를 탐지하면 3초 이상 지속적으로 미착용인 상태인지를 후처리를 통하여 탐지하여 false 알람을 최소화하도록 처리한다.

또한, 인적 실수가 발생하면 대형 사고를 발생시키는 SF6 차단 대상 회선 번호를 잘못 인지하여 작동시키는 작업에 대한 시스템적인 정합성 사전 점검 시스템은 매우 중요하다.

즉, 작업기간 중 활선상태로 유지할 것인

지, 비활선상태로 유지할 것인지를 사전 승인하에 등록하는 기능을 수행하고, SF6 차단기를 작동시켜야 하는 작업 시행전에 어느 회선을 차단할 것인지를 회선 번호, 회선 색상, 회선 배치도(도면)를 사전승인하에 등록하는 단계이다. 본 발명은 이러한 정보를 관리자가 정형 데이터로 입력하는 것과 동시에 사진 촬영을 하고 그 이미지에 대한 딥러닝 모델 추론과 OCR 기법을 통하여 시스템적으로 자동 추출된 데이터를 비교하여 일치하는 경우에만 승인이 되는 사람과 시스템의 이중 점검 방식을 통하여 정합성을 제고하는 특징을 제공할 수 있다.

또한 SF6 차단기가 차단 대상 회선 번호가 아닌 경우에 발생하는 대형 사고를 예방하기 위하여 작업 계획시에 차단 대상 회선 번호 승인을 받고 차단 대상 회선 번호 이미지, 색상, 위치 배치도까지 등록한 이후에 작업 시작 전에 차단 대상 회선에 대한 촬영 이미지를 통하여 자동으로 차단 대상의 번호, 색상, 위치 배치까지 인식하여 이들이 모두 일치하는 경우에만 차단기를 작동하도록 한다.

III. 결 론

본 논문에서는 활선상태에서 전기설비 장애처리 등 유지관리 작업을 해야하는 작업자의 안전 사고 예방을 위한 딥러닝기법을 제안하였다.

연구결과, 단계별 자동 점검 시스템은 임의 조작이 불가능하고 사전 등록된 작업자와 PPE를 시스템적으로 승인을 받아야 하고 PPE 착용 결과 또한 승인을 받아야 하기 때문에 이행 정합성 점검에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

또한, 딥러닝에 의하여 실시간으로 작업자의 PPE 착용 여부를 탐지하여 관리하므로 작업 시작 이후에 PPE의 착용 여부를 모니터링하고, 작업자와의 이격 거리 변화와 위험을

예측할 수 있기 때문에 활선 상태에서 전기 설비 작업자의 안전을 작업시작 전, 작업 중, 작업 완료이후까지 전체 기간을 3중으로 관리함으로써 작업자가 더욱 안전한 환경에서 전기 설비 작업을 수행할 수 있다.

또한, 사망 사고까지 발생할 수 있는 비활선 케이블에 대한 개폐 스위치 조작에서의 인적 실수와 SF6 가스 차단기 조작에서의 인적 실수에 의한 차단 대상 회선이 잘못되는 오작동 등에 대하여, 실제 상태와 실제 회선번호 등 이미지를 촬영하여 허용된 작업 계획과 정합성을 점검하는 시스템을 통하여 인적사고 등 대형 사고를 예방할 수 있다.

참고문헌

- [1] Changjie Xia, Infrared thermography-based diagnostics on power equipment:State-of-the-art, High Voltage. 2020;1-22.
- [2] Jeongjae JEON, Automation of Electrical Facilities and Preservation of Foresight Using Big Data, 2021 Fall Aalto EMBA
- [3] 최우성, 전력 및 에너지 분야에서의 AI 활용과 과제, Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, 2022.2
- [4] 김경환, 딥러닝 기반 지하공동구 제어반 문열림 인식, Journal of the Society of Disaster Information, Vol. 19, No. 3, pp. 665-672, September 2023
- [5] 이 용 귀, 발전설비제조공장의 작업 안전 유스케이스 분석을 통한 영상기반 안전관리기술 개발, Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol.59, NO.12, December 2022

강화학습을 활용한 산불 상황 대피경로 추천

*강윤희, **고대식

Recommendation of Evacuation Paths in Wildfires with Reinforcement Learning

*Yunhee Kang, **Dea-sik Ko

요약

최근 기후변화로 인해 산불 발생의 대형화로 산불로 인한 피해는 산림에서 민가로 확산하는 추세를 보인다. 이러한 추세로 산불 발생 시 안전한 진입로 및 대피로를 제공하기 위한 공간 및 외부 환경 정보를 활용한 동적인 대피 경로 알고리즘 개발이 이루어지고 있다. 이 논문에서는 강화학습을 기반으로 산림 임상정보, 도로환경 및 위험시설 위치와 같은 지리정보와 산불의 확산예측 값을 입력받아 최적 경로를 추천하기 위한 딥러닝을 활용한 DQN 기반 아키텍처를 제안한다. 제안된 DQN 기반아키텍처는 다수의 대피자 및 진입점이 있고 산불 확산, 연무확산, 대피지원차량 및 도로상황 위험도를 실시간으로 반영하면서 최적경로를 탐색을 제공하는 이점을 제공한다.

Key words

Evacuation Path, Wildfire, Reinforcement Learning, DQN

I. 서론

최근 기후변화로 인해 산불 발생의 대형화 되고 있으며 산불로 인한 피해는 산림에서 민가로 확산하는 추세를 보인다. 이러한 추세로 산불 발생 시 거주지 주민에서 안전한 진입로 및 대피로를 제공하기 위한 공간 및 외부 환경 정보를 활용한 동적인 대피 경로 알고리즘 개발이 이루어지고 있다. 미국은 광범위한 산림인접거주지 중심의 산불로 인한 대피 경로를 제공하기 위해 산불 확산

모델과 교통 시뮬레이션을 결합한 연구가 진행되어 왔다. 산불에 따른 대피 경로 알고리즘으로는 최단거리(shortest path)를 제공하는 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘 [1]을 활용한 주민 최적 대피경로 알고리즘을 설계하였으나 산불 상황에서 단일 경로만을 제시하는 제약점을 갖는다.

이 논문에서는 강화학습을 기반으로 산림 임상정보, 도로환경 및 위험시설 위치와 같은 지리정보와 산불 확산예측 값을 입력받아 최적 경로를 추천하기 위한 DQN(Deep Q-Network) 기반 아키텍처를 제안한다.

* 백석대학교 컴퓨터공학부, 교수 (yhkang@bu.ac.kr)

** (주)토탈시스, 교신저자 (kds@mokwon.ac.kr)

II. 관련 연구

Li, Cova, Dennison는 산불 확산 시뮬레이터와 교통 대피 시뮬레이터를 개발하였다 [2]. 개발된 시뮬레이터는 GIS 프레임워크를 기반으로 대피 시작 시점(Trigger)을 과학적으로 산정하는 방법을 제시한다. 이 연구에서는 교통 모델을 기반으로 위험 지역 주민의 총 대피 소요시간을 추정하고, 다수 시나리오의 결과로부터 대피 완료 확률분포로부터 신뢰구간을 반영한 산불 경로상의 트리거 지점을 제시한다.

CASPER (Capacity Aware Shortest Path Evacuation Routing) 알고리즘은 대피를 위한 단순 최단시간 경로가 아닌 외부 환경인 도로별 수용 능력을 고려한 현실적 대피로를 산출하도록 제안한다[3]. 해당 연구는 도로 용량과 추정 차량 대수를 고려해 각 도로 구간의 실제 주행속도를 계산한 후 이에 기반해 최적 경로를 제시한다. CASPER는 기존의 단순한 최단경로 대비경로 제공에 비해 대비 혼잡을 피하면서도 효율적인 경로를 제공하는 장점이 있다.

III. 강화학습 기반 산불 상황 대피경로 추천

강화학습(Reinforcement Learning)은 인간의 시행착오 학습 과정을 모방한 방법으

로 최적의 목표 결과를 얻기 위한 순차적 결정 과정을 제시한다 [4]. 강화학습은 환경으로 부터 제공된 상태를 기반으로 에이전트가 행동을 하면 상태에 적합한 연속적인 행동의 결과로서 보상을 에이전트한테 주는 방식을 반복한다.

강화학습은 에이전트(Agent), 상태(State), 행동(Action), 보상(Reward), 정책(Policy)으로 구성된다. 강화학습을 통해 위험도를 회피하면서 최단시간에 안전한 대피소에 도달하는 행동에는 보상을 주고 그렇지 못한 경우에는 패널티를 주는 정책으로 동작한다.

강화학습 기법인 DQN은 Q-learning에 딥러닝, 타깃 네트워크, 경험 재사용을 결합하여 상태공간이 크고 환경 모델을 알 수 없는 복잡한 문제에서 활용하도록 한다 [4].

이 논문에서 제시한 강화학습 기반 대피 경로 탐색 및 추천 알고리즘은 서로 다른 위치에 다수의 대피자 및 진입자원이 있고 산불 확산, 연무확산, 대피지원차량 및 도로 상황 위험도를 실시간으로 반영하면서 최적 경로를 탐색을 제공하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 위험 회피 기반, 강화학습기반 산불진화 자원의 진입과 대피경로 의사결정 지원을 위한 최적 진입점 및 대피경로 탐색 알고리즘 설계한다.

그림 1는 강화학습 기반의 위험도 회피 최적경로 탐색 알고리즘 운영을 위한 시스템 아키텍처를 보인 것으로 외부환경 정보인

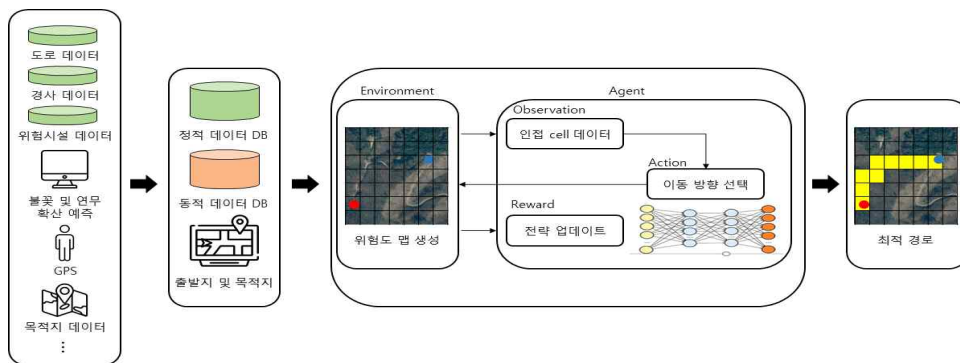


그림 1. 강화학습 기반 위험도 회피 최적경로 탐색 아키텍처

도로 경사데이터, 위험시설 위치와 같은 지리 정보와 산불의 확산예측 값을 입력받아 최적 경로를 추천한다.

이를 위한 강화학습 알고리즘은 외부 환경으로부터 상태값을 전달받아 에이전트가 행위를 수행한 후 수행결과에 따라 이동경로를 생성하여 출력한다. 이를 위해 DQN을 구성하여 행위에 따른 보상을 계산한다.

강화학습을 통해 구성된 모델은 산불지역에 대한 셀(Cell) 단위 위험도맵을 생성하고 산불확산모델, 연무확산속도, 통신 음영 지역탐지와 같은 외부 시스템과의 인터페이스를 통해 동적으로 셀단위 위험도를 갱신한다.

다음은 강화학습 운영을 위한 제안 아키텍처의 주요한 고려사항을 기술한 것이다.

- 초기 강화학습 기반의 최적 대피 경로 알고리즘의 운영을 위한 초기값은 현행 정적 위험도 정보를 기반을 구성된 맵을 사용함
- 강화학습 기반 최적 대피 경로 추천 알고리즘은 에이전트의 일련의 행동 또는 에피소드 후 보상을 기반으로 상태를 생성하며, 생성된 상태값은 위험도 맵 생성 알고리즘의 입력으로 제공함
- 위험도 맵생성 알고리즘의 위험도 산정 모듈의 출력인 갱신된 2D 공간 위험공간 맵은 강화학습 최적 대피 경로 추천의 매개변수에 반영

IV. 결 론

산불 발생의 대형화로 산불로 인한 피해는 산림에서 민가로 확산하는 추세를 보인다. 이러한 추세로 산불 발생 시 안전한 진입로 및 대피로를 제공하기 위한 공간 및 외부 환경 정보를 활용한 동적인 대피 경로 알고리즘 개발이 이루어지고 있다. 이 논문에서는 강화학습을 기반으로 산림 임상정보, 도로환경 및 위험시설 위치와 같은 지리정보와 산불의 확산예측 값을 입력받아 최적 경로를 추천

하기 위한 DQN 기반 아키텍처를 제안한다. 제안 DQN 기반 아키텍처는 이동 대피자의 행위에 따른 동적인 대피 경로 탐색 및 추천을 제공함으로써 정적인 경로 제공 문제점을 해결하였다.

참고문헌

- [1] Rajeev Raman. 1997. Recent results on the single-source shortest paths problem. SIGACT News 28, 2 (June 1997), 81-87. <https://doi.org/10.1145/261342.261352>
- [2] Li, D., Cova, T.J. & Dennison, P.E. Setting Wildfire Evacuation Triggers by Coupling Fire and Traffic Simulation Models: A Spatiotemporal GIS Approach. Fire Technol 55, 617-642 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0771-6>
- [3] Kaveh Shahabi, John P. Wilson, CASPER: Intelligent capacity-aware evacuation routing, Computers, Environment and Urban Systems, Volume 46, 2014, Pages 12-24, ISSN 0198-9715, <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.03.004>.
- [4] van Otterlo, M.; Wiering, M. (2012). "Reinforcement Learning and Markov Decision Processes". Reinforcement Learning. Adaptation, Learning, and Optimization. Vol. 12. pp. 3-42.
- [5] Li, Shengbo (2023). Reinforcement Learning for Sequential Decision and Optimal Control (First ed.). Springer Verlag, Singapore. pp. 1-460. doi:10.1007/978-981-19-7784-8. ISBN 978-9-811-97783-1. S2CID 257928563.

건설현장 구조물붕괴 위험 예보를 위한 멀티모달 AI융합분석

*고대식

Multimodal AI-Based Forecasting of Structural Collapse Risk in Construction Sites

*Dae-Sik Ko

요약

본 논문에서는 건설시공시 가설구조물의 붕괴 위험 예보를 위한 멀티모달 AI융합분석 기법을 연구분석하였다. 기존의 유니모달 기법에 의한 구조물 붕괴 및 작업자 위험을 탐지하는 정도가 아닌 멀티모달 AI융합분석을 통하여, 단기,중기,장기 위험을 예보하는 기법에 관한 것으로, 크로스어텐션 멀티모달AI모델을 예측정확도를 개선하며, 특히 구조물 붕괴원인이 되는 설계와 시공의 정합성 점검에 인적 오류를 최소화하기 위한 시공결과에 대한 상황을 인지하여 정합성을 자동점검하는 기법을 제안하였다.

Key words

Multimodal, AI, Visual Intelligence, Analytical Intelligence, Contextual AI

I. 서론

중대재해처벌법 등 건설현장 안전사고를 관리하기 위한 법규가 강화되고, 안전관리계획서 등을 잘 준수하는지 관리 감독하는 업무 시스템이 있으나 휴먼에러가 발생할 수 있다.

최근 AIoT 전문기업들은 CCTV 영상 기반 작업자의 PPE 착용 여부 준수를 자동으로 인식하거나 각종 센서를 이용한 중장비 충돌 방지, 그리고 기울기 센서와 같은 스마트 건설 장비를 통하여 구조물 붕괴 등 유니모달 기반의 실시간 탐지하고 있으나 단기, 중기, 장기적인 구조물 붕괴 위험을 예측 예보하거나 작업자 안전 위험을 예측하고 일간, 주간

으로 예보하는 기능은 한계가 있다.

그러므로, 보다 다양한 센싱데이터를 사용하고, 멀티모달 AI융합분석방법으로 다양한 구조물붕괴원인을 탐지하여 시계열 분석 등 융합분석을 통하여 위험을 예보하는 것이 요구된다.

또한, 구조물 붕괴의 원인중 하나인 설계와 시공의 부정합성 문제를 점검하는 과정의 휴먼에러를 최소화 하는 설계와 시공의 자동 정합성 기술이 요구된다.

본 논문에서는 영상센서, 소리진동센서, 구조적변형탐지센서, 기상및 환경센서, 과거 건설안전사고사례DB, 주변공사정보와 작업자 안전용 IoT PPE센싱데이터 등 멀티모달

* (주)토탈시스, 대표, kdsмок@gmail.com

AI융합분석을 통하여 설계와 시공정합성 점검과 동바리와 같은 구조물 붕괴와 작업자 안전 위험을 예보하는 기법을 제안하였다.

II. 구조물붕괴 예보를 위한 멀티모달 AI융합분석 시스템

2.1 시스템설계

제안된 시스템은 그림 1에 나타난 것과 같이 크게 입력 센서부, 게이트웨이, 엷지 AISW, 클라우드 AISW로 구성된다.

입력센서부는 영상 정보, 구조물 붕괴 징후 관련 정보, 작업자의 안전 관련 정보, 주변공사정보, 소리 및 진동 정보, 기상 정보 및 환경 정보를 획득한다.

상기 CCTV 영상센서는 작업장유형, 공사종류 등 상황을 판단하고, 구조물붕괴 전조증상인 균열크기 등과 작업자의 PPE ((Personal Protective Equipment) 준수를 비롯한 쓰러짐 상태 그리고 작업자 본인과 구조물붕괴에 영향을 미치는 행위를 탐지하는 목적과 융합분석에 사용된다.

상기 구조물 붕괴징후 탐지 센서는 기울기 센서, 변위 센서, 유해가스 감지 센서, 기상 센서 및 환경 센서를 포함하여 구성된다.

상기 작업자 안전용 탐지 센서는 작업자

ID 감지 센서, 작업자의 위치 감지 센서, 작업자 안전모 착용 감지 센서, 안전띠 연결고리 연결 감지 센서 및 이상상황 탐지 센서를 포함하여 구성된다.

상기 기상 및 환경 센서는 기상 정보를 획득하는 기상센서 및 환경 정보를 획득한다. 폭우나 강설, 고온 극저온, 다습 등은 구조물 붕괴에 커다란 영향을 미치며, 작업자의 작업시에도 집중력 저하나 미끄럼 등 영향을 미치므로, 기상 및 환경 센서에서 획득한 정보는 주요 변수로서 융합분석 데이터로 사용된다.

주변 환경 정보데이터는 건설현장 주변의 상수도공사, 터널공사와 같은 특이상황 정보 및 건설현장 작업자 및 일반인들이 들었다는 건설현장의 이상한소리와 진동 등 소문과 같은 SNS 정보, 그리고 건설공사 안전관리 종합정보망 등에서 제공되는 건설사고 사례정형데이터와 건설시공사마다 자체적으로 관리하고 있는 미미한 사고데이터 및 사고직전 조치한 사례들에 대한 데이터를 상기 입력센서부에 센싱한 멀티모달 데이터와 융합분석하기 위하여 사용한다.

엷지AISW서버는 센서데이터 수집 및 기본적인 전처리(결측치, 이상치 처리), 과거 10년간 건설현장 사고 정형 및 비정형(사고원인, 사고 내용을 자연어로 기술)데이터를

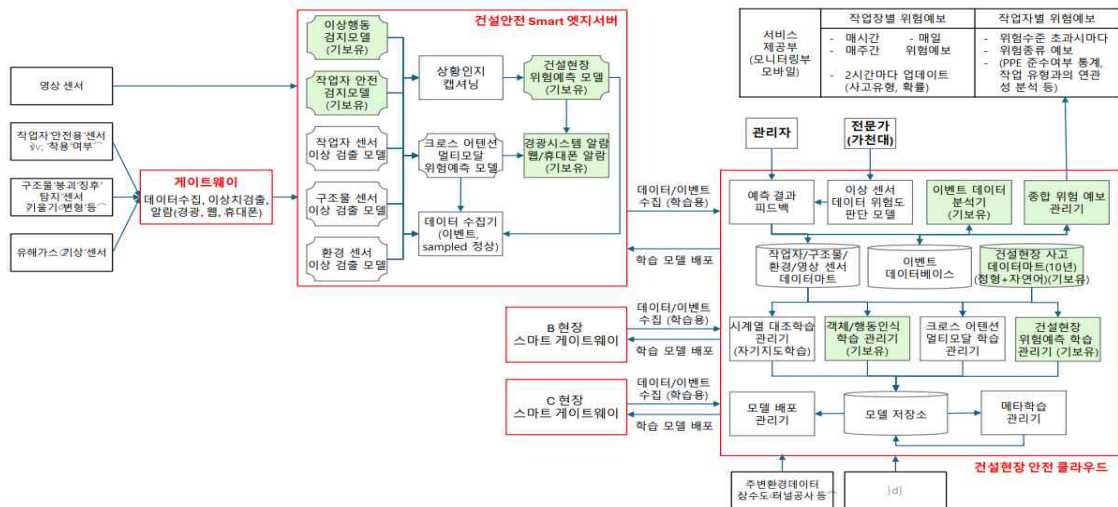


그림 1 제안 시스템 구성도

이용해 학습한 현장별 위험 예측 모델, 행위 인식 또는 이미지분류 기반의 이상행동(쓰러짐, 수신호 등) 검지 모델, 이상행동검지모델, 작업자안전검지모델, 각종센서 이상검출모델의결과를 이용해 상황을 설명하는 자연어 생성모델로 구성된다.

또한, 구조물 센서 및 환경 센서 시계열 분석 기반 이상 검출 모델, 시계열 센서데이터를 윈도우 단위로 임베딩수행하며, 크로스어텐션 멀티모달 위험 예측 모델은 이상행동검지모델, 작업자안전검지모델, 작업자 센서 이상검출모델, 구조물 센서 이상 검출모델, 환경 센서 이상 검출모델로 임베딩한 결과를 입력으로하여 멀티모달위험 예측 수행한다.

또한, 클라우드 AISW서버의 예측결과피드백모델은 위험 예측 결과를 관리자가 피드백하고 이를 이용해 학습데이터 정제하며 이상센서데이터위험도 수준등급판단모델은 센서 이상검출모델로 찾아낸 이상 패턴에 대해 전문가가 정해놓은 위험도 라벨을 부여하고, 이벤트데이터분석기는 스마트게이트웨이에서 수신한 이벤트 데이터 분석기능. 분석 결과를 종합 위험 예보 관리기가 예보에 활용하게 된다.

또한 종합위험예보관리기 등은 각 SW모듈을 관리하는 기능을 수행하며, 특히 메타학습 관리기는 다른 공사현장에서 학습된 모델 또는 한 공사현장에서 환경이 크게 변경되었을때 모델을 새로운 공사현장이나 환경에 빠르게 적응가능 하도록 메타 학습을 지원하는 역할을 수행한다.

2.2 설계 및 시공 정합성 자동점검기법

그림 2는 본 논문에서 제안하는 구조물붕괴 등 부실공사의 최대 원인중 하나인 설계 및 시공 부정합성 문제를 해결하는 방법으로 멀티모달 상황인지 답러닝기반으로 설계 시공결과를 자동점검하는 시스템 블럭선도이다.

이는, 건설자재 구매목록 리스트, 구조물 설계도, 주간공정 계획서, 시공계획서 등에 대하여 RAG 챗봇 기법으로 1차 정합성 점검 리스트를 생성하고, 감리자가 완성한 설계상 점검리스트와 실제로 시공된 결과를 감리자만이 아닌 촬영된 영상에 대한 멀티모달 상황인지 AI기법 으로 감리점검리스트를 자동생성하여, 설계 점검리스트와 자동으로 비교

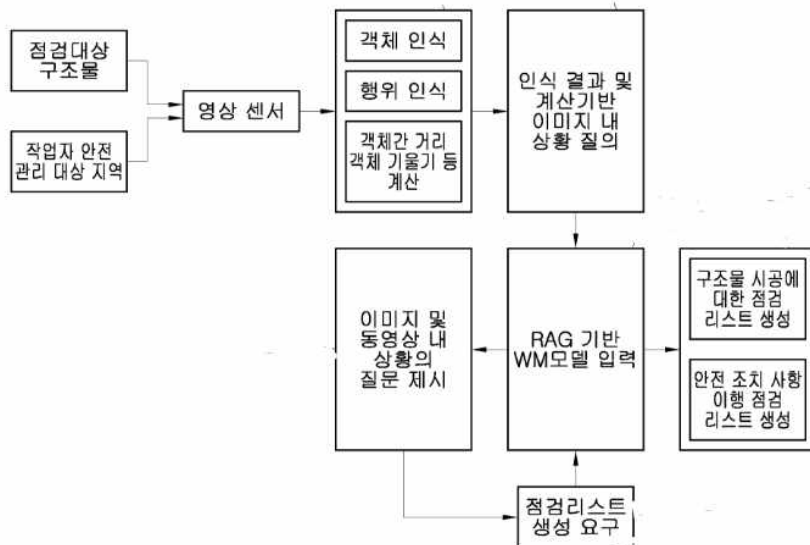


그림 2 설계시공 정합성 자동점검 기법중 시공결과로부터 점검리스트 생성동작흐름도

점검하여 인적오류를 최소화하는 특징이 있다.

이와 같은 방법은 동일하게 안전보건법규나 건설시행 시 필수로 필요한 안전관리계획서로부터 생성된 점검리스트와 촬영영상으로부터 딥러닝을 통하여 객체들을 인식하고, 객체종류와 숫자, 시간적 변화, 장소적 변화 등을 고려하여 상황을 RAG 모델에 질의하여 얻어지는 동영상에 대한 설명기법 (captioning)으로 실제 안전관리 상황에 대한 점검리스트를 생성하여, 계획서 기반으로 만들어진 점검리스트와 정합성을 확인하는 절차로 동일한 방법으로 적용할 수 있다.

Ⅲ. 결 론

본 논문에서는 건설시공 시 가설구조물의 붕괴 위험 예보를 위한 멀티모달 AI융합분석 기법을 연구분석하였다. 이기종 센싱데이터와 다채널 센싱 데이터를 효율적으로 수집하는 게이트웨이, 실시간으로 외부 인터넷 장애에 관계없이 신뢰성 있게 동작하도록 현장에 설치되는 엣지서버, 그리고 멀티모달 데이터 융합분석과 최종적인 위험수준 등급을 표판 단하여 이벤트 처리하는 원격 클라우드 서버 모듈로 설계하여 다수 딥러닝모델 실행으로 인한 GPU자원 또한 효율적으로 배분되도록 하였다.

또한 멀티모달AI, RAG 기술을 융합하여 시공결과에 대한 상황인지모델을 통하여 구조물 붕괴원인이 되는 설계와 시공의 정합성 점검에 인적 오류를 최소화하기 위한 시공결과에 대한 정합성을 자동점검하는 기법을 제안하였다.

참고문헌

[1] 김선겸외, 데이터 기반의 비탈면 붕괴 요인 분석 및 인공지능을 활용한 대책 공법 예측 연구, The

Journal of Engineering Geology, Vol. 34, No. 4, December, 2024, pp. 563-575

- [2] 박 종 윤외, 딥러닝을 이용한 중간말뚝이 있는 지하구조물의 슬래브 모멘트 예측, J. of Advanced Engineering and Technology Vol. 17, No. 3 (2024) pp. 159~166
- [3] 문기훈외, 시스템 동바리의 붕괴 예측을 위한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 2017년도 가을 학술대회 논문집 제29권 제2호(통권 제57집)
- [4] 서형석 /Se , 콘크리트 양생 중 하중변화를 실시간으로 감지하는 지능형 동바리 시스템 개발에 관한 연구, 안전문화연구, 2024, vol, no.3 4, pp. 175-191 (17 pages)

생성형 AI를 활용한 커뮤니케이션 데이터 기반의 전문가 다면 분석

*오세형

Expert multi-faceted analysis based on communication data using Generative AI

**Sehyeong Oh*

요 약

본 연구는 생성형 AI 기술을 활용해 전문가의 역량, 경험, 신뢰도를 다면 분석하는 방법을 제안한다. 회의록, 대화, 발표 자료 등 비정형 커뮤니케이션 데이터에서 컨텍스트를 추출하여 벡터 DB화 하고 관련 지표를 추출하여 전문가의 역량, 경험, 신뢰도를 분석한다. 기업 내부 데이터를 사용하여 분석한 결과, 기존 수작업 대비 정확도와 신뢰도를 향상시켰으며, 분석 지표와 전문가의 역량·경험·신뢰도 간 높은 상관 관계를 확인하였다. 본 연구는 전문가 분석 서비스의 효율성과 정확성 향상에 기여 한다.

Key words

*Generative AI, Large Language Model(LLM), Retrieval-Augmented Generation (RAG),
Vector Database, Embedding, Expert recommendation system*

I. 서론

공공 및 민간(정부, 연구기관, 기업 등)의 다양한 프로젝트 수행(공동연구, 자문 요청, 평가 의뢰, 기술협력 등)을 위한 전문가 탐색 수요가 증가하고 있으나 전통적인 방식(인맥, 검색, 중개 플랫폼 등)의 전문가 탐색은 시간이 많이 들고, 정확도나 신뢰성 면에서 한계가 있다. 최근 ChatGPT 등의 생성형 AI는 대규모 언어 모델(LLM)을 사용하여 방대한 데이터 기반의 자연어 이해 능력과 추론 능력을 보여주고 있다[1].

생성형 AI를 활용하면 각 기술 분야별 전문가의 전문성과 관련된 다양한 멀티모달 데이터(텍스트, 오디오, 비디오 등)를 통합적으로 분석하여 소모적인 수작업을 대체하고 단시간 내 분석 데이터의 정확도와 신뢰도를 향상시킬 수 있다[2][3].

본 연구는 전문가의 다양한 비정형 커뮤니케이션 데이터(회의록, 대화, 발표자료 등)에서 컨텍스트를 추출하여 생성형 AI를 통해 전문가의 역량, 경험, 신뢰도를 분석하는 방안에 대해 논한다.

* (주)미주씨앤디, 이사/박사과정 (*osh@mijucnd.co.kr*)

II. 전문가 다면 분석

본 연구에서 제안된 방식은 전문가의 비정형 커뮤니케이션 데이터(회의록, 대화, 발표 자료 등)에서 컨텍스트를 추출하여 벡터 DB화하고 전문가의 역량, 경험, 신뢰도를 다면 분석하여 상용 또는 오픈 LLM과 RAG(Retrieval-Augmented Generation)를 통해 대화형 기반으로 수요자의 의도와 맥락에 따라 전문가 정보를 제공한다.

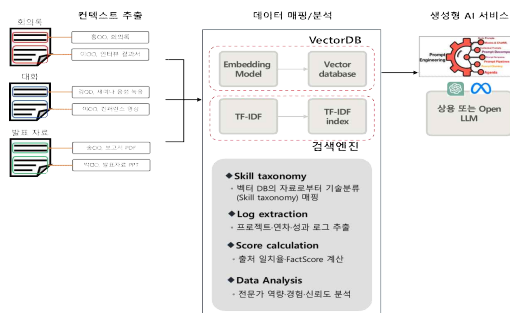


그림 1. 전문가 분석 서비스 구성도

데이터 수집은 회의록, 인터뷰, 발표 자료 등의 텍스트, 음성 녹취록, 영상 자료 등의 다양한 비정형 멀티모달 소스를 통합 수집하고 자료의 컨텍스트를 분석/추출, 임베딩하여 벡터 DB화 한다.

벡터 DB의 자료로부터 기술분류(Skill taxonomy) 매핑, 프로젝트·연차·성과 로그 추출, 출처 일치율·FactScore를 계산하여 지표로써 점수화하고 역량·경험·신뢰도를 분석한다.

III. 결론

본 연구 결과 기업 내부 데이터를 사용하여 분석한 결과 기존 TF-IDF 기반 모델만 사용하였을 시 대비 정확도가 향상되었고 RAG 적용을 통한 정확한 출처 인용으로 사용자의 신뢰도가 향상되었다. 기존의 논문 등의 제한된 자료에서 키워드 검색과 태그 기반으로

수작업으로 전문가를 매칭하던 방식 대비 고차원의 임베딩으로 유사도와 문맥 추론 기반의 전문가 매칭이 가능해졌고, 다양한 멀티 모달(텍스트, 오디오, 비디오) 커뮤니케이션 데이터 자료를 통합 분석함으로써 전문가에 대한 다면(역량, 경험, 신뢰도) 분석이 가능해졌다.

참고 문헌

- [1] 윤성연 외 5인, "A Study of Generative AI Trends and Applications", The Journal of the Convergence on Culture Technology, Vol.10 Issue 4, pp.607-612, 2024.
- [2] 유성무 외 4인, "Analysis of Generative AI Technology Trends Based on Patent Data", 한국정보전자통신기술학회논문지, vol.17 no.1, pp.1-9, 2024.
- [3] 강윤아, 오효정, "The Use of Generative AI Technologies in Electronic Records Management and Archival Information Service", 한국기록관리학회지, vol.23 no.4, pp.179-200, 2023.

생성형 AI 기반 이기종 분류체계 자동 매핑 연구: NTIS 과학기술표준분류와 산업별 정보체계 연계를 중심으로

*김근채

A Study on Automatic Mapping of Heterogeneous Classification Systems Using Generative AI: Focusing on NTIS Standard Classification and Domain-specific Taxonomies

*Geunchae KIM

요 약

국내 과학기술분야 지식정보 서비스는 국내 R&D 과제 및 성과물(논문, 특허, 보고서 등)의 메타데이터 통합 및 효과적인 활용을 위해 과학기술표준분류체계를 운영하고 있다. 그러나 화학, 기계, 항공우주 등 국내 산업별 정보를 관리하고 있는 기관에서는 서로 다른 고유의 산업별 분류체계를 병행 사용하고 있어, 이기종 분류 간 매핑 및 연계 분석에 어려움이 존재한다. 본 연구는 최신 생성형 AI 모델(LLM)의 이해 및 추론 기술 등을 활용하여, 과학기술표준분류와 산업별 분류체계 간의 의미 기반 자동 매핑 및 연계방식을 제안한다. 본 연구는 분류 매핑 자동화와 데이터 표준화 기반 기술의 실현 가능성을 보여주며, 향후 다양한 산업 간 R&D 성과 통합관리 및 분석에 기여할 것으로 기대된다.

Key words

Generative AI, Semantic Classification Mapping, NTIS Standard Classification, Interoperability of Taxonomies, Data Mapping

I. 서론

국가 과학기술분야 연구개발 데이터를 통합적으로 관리하고 분석하여 다양한 산업에서 연계·활용하는 것은 국내 과학기술 정책수립, 연구성과 활용 및 융합기술 전략 수립에 중요한 고려 요소라 할 수 있다. 이를 위해

국가과학기술지식정보서비스인 NTIS는 과학기술표준분류체계를 제정하여 운영하고 있으며, 이는 국내 국가 R&D 사업, 과제, 논문, 특허, 보고서, 연구장비 정보 등에 필수적으로 적용되는 표준 구조이다[1].

그러나 국내 과학기술 분야 기관 및 산업분(화학, 기계, 항공우주 등) 부문별로 분류체계

* (주)미주씨앤디, 수석컨설턴트 (kckim@mijucnd.co.kr)

를 제정하여 운영하고 있으며, 이것은 표준화된 분석이나 데이터 연계, 분석 활용에 제한점으로 나타나고 있다[2]. 기존의 수작업 기반 분류체계 매핑 방식은 시간과 비용이 많이 들고 일관성도 떨어진다는 문제점이 있어, 해결방안으로 생성형 AI 기반 매핑 방안 마련이 필요하다[3].

본 연구에서는 생성형 AI 언어 모델인, ChatGPT, Claude 등 최신 모델을 활용하여, NTIS 과학기술표준분류와 산업별 고유 분류체계 간의 의미기반 자동 분류 및 매핑 방식을 제안한다.

II. 생성형 AI 기반 분류체계 자동매핑

본 연구에서 제안하는 분류체계 자동 매핑 시스템은 다음과 같은 분류대상 및 기준 데이터 구성, 생성형 AI 처리 엔진 적용, 분류 결과 출력하는 단계로 구성된다. 전체 구조는 그림1과 같다.

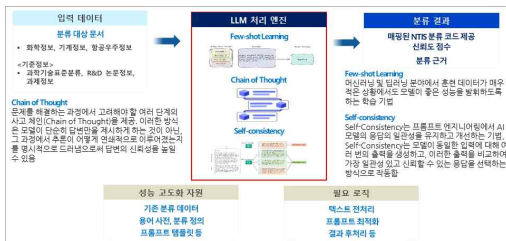


그림1. 분류체계 자동 매핑 시스템 구조도

2.1 분류대상 및 기준 데이터 구성

산업별 분류체계 대상 문서(예: 화학정보, 기계정보, 항공우주정보)와 기준 정보(예: NTIS 분류코드, 과제 요약문 등)를 수집하고 구조화한다.

2.2 생성형 AI 처리 엔진 적용

ChatGPT, Claude 등의 생성형 AI에 분류 항목의 설명과 구조적 맥락을 입력하고, 추론

기법을 활용하여 매핑 후보를 도출한다. 추론기법으로 Few-shot Learning은 분류 예시와 정답 데이터를 일부 제공하여 모델 응답의 정확도를 높이고 Chain of Thought는 모델의 응답에 중간 추론 단계를 포함해 결과 근거 확보하며, Self-consistency는 동일 질문을 반복 응답하게 하여 일관된 결과를 도출할 수 있다.

2.3 분류 결과 출력

NTIS 분류코드 추천, 신뢰도 점수, 분류 근거 등을 함께 출력하며, 이는 룰 기반 후처리 및 전문가 검토와 결합된다.

III. 결론

생성형 AI 기술을 기반으로 국내 과학기술정보의 과학기술표준분류와 다양한 산업별 이기종 분류체계 간 자동 매핑 방식을 제안하고, 이를 구조화된 기술 절차와 AI 추론 기법을 통해 구현하였다. 기존의 키워드 매칭 방식보다 높은 정확도와 신뢰도를 확보할 수 있다.

향후에는 생성형 AI가 공공데이터 표준화 및 산업 간 R&D 연계성, 활용성이 강화될 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 국가과학기술지식정보서비스(NTIS), "과학기술표준분류체계", <https://www.nts.gov.kr>, 2025.
- [2] 한국화학연구원, "국가 화학소재 기술분류체계 수립", 2023.5.
- [3] 이원구 외, "이기종 데이터 간 상호운용적 분류체계 관리를 위한 분류체계 자동화 방안", 한국정보통신학회논문지, pp.2609 - 2618, 2011.

Quantized Low-Rank Adaptation의 하이퍼 파라미터가 의료 언어모델 fine-tuning에 미치는 영향

*현준서, **조재혁

The Impacts on fine-tuning Medical Language Model by Hyper-parameters of Low-Rank Adaptation

*Joonseo Hyeon, **Jaehyuk Cho

요약

파라미터 크기가 큰 언어모델을 제한된 GPU에서 파인튜닝하기 위해서는 효율적인 파인튜닝 기법이 요구된다. 이러한 기법의 대표적인 예로 언어모델을 양자화하는 방법과 언어모델 대신 저차원으로 근사시킨 행렬을 훈련하는 방법인 Low-Rank Adaptation(LoRA), 그리고 이 두 방법을 모두 혼합한 QLoRA가 있다. LoRA와 QLoRA 모두 하이퍼파라미터인 r 과 α 를 본 연구에서는 같은 모델이지만 다른 도메인으로 사전학습된 Gemma3와 MedGemma3를 QLoRA로 파인튜닝할 때 하이퍼파라미터인 r 과 α 를 조정하여 성능에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

Key words

Medical Language Model, Gemma, Parameter Efficient Fine-Tuning(PEFT), Quantized Low-Rank Adaptation(QLoRA),

I. 서론

파라미터 효율적인 파인튜닝 기법(Parameter Efficient Fine-Tuning, PEFT)은 대형 언어 모델을 제한된 자원에서 사용하기 위한 것뿐 아니라 환경 측면에서도 중요한 기술이다. 저차원 행렬 적응(Low-Rank Adaptation, LoRA)은 PEFT의 대표적인 기법으로 저차원으로 사영시킨 두 개의 행렬을 선형 결합시킨 어댑터를 사용

한다 [1]. QLoRA (Quantized LoRA, QLoRA)는 양자화된 모델에 LoRA를 적용하여 기존보다 더욱 적은 메모리를 사용한다 [2]. 성능 손실을 최소화하기 위해서는 LoRA와 QLoRA 모두 하이퍼파라미터인 r 과 α 를 적절하게 조정해야 한다.

본 연구에서는 의료 데이터로 사전학습된 MedGemma3와 그렇지 않은 Gemma3를 QLoRA로 파인튜닝 시 하이퍼파라미터인 r 과 α 가 성능에 어떤 영향을 주는지 알아보고

* 전북대학교 소프트웨어공학과, 석사과정 (hjs40111@jbnu.ac.kr)

** 전북대학교 소프트웨어공학과, 교수, 교신저자 (chojh@jbnu.ac.kr)

자 한다. 특히 같은 모델 아키텍처를 갖고 있음에도 다른 데이터로 사전학습된 모델이 각각의 성능을 발휘하기 위해서는 값이 다를 수 있다.

II. 본론

2.1 QLoRA

LoRA는 두 개의 행렬 A와 B의 곱인 BA에 대해 원본 가중치 W_0 와 입력 x 에 대해 $W_0x + BAx$ 로 가중치를 조정한다. 이때 A와 B의 차원 수는 각각 (r, input), (output, r)이며 input은 x 의 차원 수, output은 W_0 의 차원 수와 일치한다. BA는 α/r 로 스케일링하며 α 가 학습률의 역할을 담당한다[1].

QLoRA는 원본 모델을 양자화하여 LoRA를 적용하는 방식이다. QLoRA의 논문 저자들은 4bit 양자화를 보완하기 위해 분위수 양자화(NF4)방식을 제안하며 양자화 상수도 양자화하는 이중 양자화 방식도 제안한다 [2].

2.2 Gemma 3

Gemma3[3]는 Google의 오픈 모델 Gemma의 세 번째 버전이다. Google의 이전 멀티모달 모델인 PaliGemma2 [4]를 계승하지만 PaliGemma2는 이미지 입력을 처리하기 위해 이미지 인코더의 출력을 Linear Layer로 처리한 후 언어모델에 입력하는 것과 달리 Gemma3는 이미지 인코더의 출력을 평균 풀링하여 언어 모델에 입력한다. 더불어 이전 모델인 Gemma 2와 PaliGemma 2보다도 더 긴 컨텍스트인 128000 토큰을 지원한다. 한편, MedGemma 3는 Gemma3를 의료 데이터로 사전학습시킨 모델이다.

2.3 실험 방법 및 진행

본 연구는 Intel Xeon Gold 5126S와 NVIDIA L40S * 2로 실험을 수행한다. 데이

터는 한국 의사, 간호사, 약사, 치의사 국가시험 기반으로 한 데이터인 KorMedMCQA[5]를 사용한다. 2020년까지의 데이터는 훈련 데이터, 2021년 데이터는 검증 데이터, 2022-2024년 데이터는 테스트 데이터로 구분된다.

원 논문에 따라 r 과 α 는 같은 값으로 설정하며 projection 레이어 (Query, Key, Value, Out)에 LoRA를 적용한다 [1]. 양자화도 원 논문에 따라 BitsAndBytes로 사후 양자화하며 정밀도도 4bit로 설정한다 [2].

배치 사이즈는 2, epoch은 2, gradient accumulation step은 1024로 설정한다. 모든 모델은 4B 파라미터를 사용한다.

2.4 실험 결과

그림 1과 2는 MedGemma3와 Gemma3 각각의 r 값에 따른 검증 데이터에 대한 loss의 추이를 보여준다. 두 모델 모두 r 값이 커질수록 더 낮은 loss에서 시작하여 빠르게 안정된다. 또한 Gemma3의 평균 loss가 4.2503, MedGemma3의 평균 loss가 3.3049인 것을 통해 의료 언어모델에서의 의료 데이터에 대한 파인튜닝이 더 안정적임을 알 수 있다.

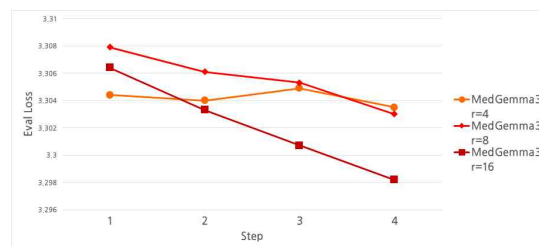


그림 1. MedGemma3의 QLoRA 파인튜닝 결과

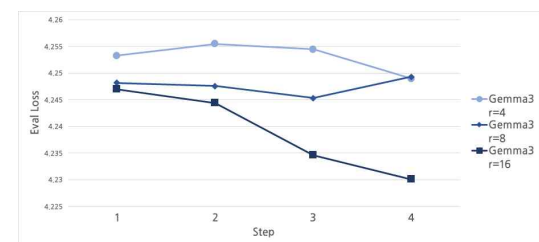


그림 2. MedGemma3의 QLoRA 파인튜닝 결과

III. 결론

본 논문에서는 동일한 모델이지만 사전 학습 데이터가 다른 Gemma3와 MedGemma3를 의료 데이터셋으로 QLoRA 파인튜닝할 때의 loss에 대한 비교를 제시한다. 의료 데이터셋을 QLoRA로 파인튜닝 할 때 MedGemma3가 Gemma3보다 안정성을 보인다. 이를 통해 도메인에 특화된 데이터의 파인튜닝은 도메인에 특화된 모델이 더 안정적으로 학습될 수 있음을 시사한다.

Acknowledgment

This work was supported by the Government wide R&D Fund Infectious Disease Research(GFID), with a grant funded by the government of the Republic of Korea(Ministry of Health and welfare), Korea Health Industry Development Institute (KHIDI) (The development of infection control and prevention technologies for strengthening the infection control capacity of medical institutions), under Grant RS-2025-02310471.

참고문헌

- [1] E. Hu, Y. Shen, P. Wallis, Z. A. Zhu, Y. Li, S. Wang, L. Wang, W. Chen, LoRA: Low-Rank Adaptation of Large Language Models, International Conference of Learning Representations, Apr. 2022
- [2] T. Dettemers, A. Pagnoni, A. Holtzman, L. Zettlemoyer, QLoRA: Efficient Finetuning of Quantized LLMs, 37th Conference on Neural Information Processing Systems, New Orleans, US, Dec. 2023
- [3] Gemma Team, Google DeepMind, Gemma 3

Technical Report, arXiv, 2025

- [4] Google DeepMind, PaliGemma 2: A Family of Versatile VLMs for Transfer, arXiv, 2024
- [5] S. Kweon, B. Choi, J. Song, D. Hyeon, S. Gan, J. Kim, M. Kim, R. W. Park, E. Choi, KorMedMCQ A: Multi-Choice Question Answering Benchmark for Korean Healthcare Professional Licensing Examinations, arXiv. 2024

Session 2

논문발표

[미래관 107호]

- 좌장 -

김백기 교수(강릉원주대)

객체 탐지 모델을 이용한 지폐 위변조 판별기 구현

*유태근, **최동빈, ***박용범

Implementation of Counterfeit Banknote Detector Using Object Detection Model

*Tae-geun Yu, **Dong Bin Choi, ***Young B. Park

요약

전자 결제가 주로 사용되는 현재에도 위조 지폐 문제는 끊임없이 대두되고 있다. 위조지폐를 판별할 수 있는 여러 요소가 있으나 해당 정보를 쉽게 이용하지 못하고 있어 정교한 위조지폐의 경우 육안으로 판별하기엔 한계가 존재한다. 본 논문은 해당 문제를 해결하고자 객체 탐지 모델을 이용하여 보안 요소들을 학습시킨 후 실시간으로 탐지하는 모델을 구현하였으며, 실험결과 0.8이상의 객체탐지 정확도 및 60ms 동작 속도를 달성하였다.

Key words

Counterfeit banknote detector, Object detection, AI, Location detection, Security feature

I. 서론

한국은행의 조사에 따르면, 현재 대한민국 국민의 선호하는 지급 수단으로써 신용카드, 모바일, 체크카드, 현금 순으로 발표되었다 [1].

현금의 사용률의 경우 60대 이상에서 30%로 나왔으며, 다른 연령대의 경우 20대~50대의 경우 6% 미만으로 조사되었다. 이처럼 현금 사용률이 점차 감소하는 추세임에도 불구하고, 2024년 한국은행에서 위조지폐가 총 143장 신고받은 등 여전히 위조지폐의 문제는 발생하고 있다[2].

한국은행의 조사에 따르면 5천원권의 위조지폐가 가장 많이 차지하고 있으며, 현금 사용량이 가장 많은 60대 이상이 위조지폐와 관련하여 피해를 가장 많이 보고 있다고 유추 가능하다. 이는 디지털 기기에 대한 낮은 비친속도와 위조지폐 식별능력이 다른 연령대에 비해 낮은 것으로 판단할 수 있다.

본 논문은 이러한 위조지폐 문제를 해결하기 위해 가장 많은 위조지폐가 검출된 5천원권에 대해서 객체탐지 기법을 이용하여 보안 요소를 자동으로 탐지하여 위조지폐 식별 능력을 보완하고자 한다.

* 단국대학교, 석사과정 (dbxormsrh@naver.com)

** 단국대학교, 박사과정 (dbchoi85@gmail.com)

*** 단국대학교, 교수, 교신저자 (ybpark@dankook.ac.kr)

II. 위조지폐 탐지기

2.1 탐지기 구성

위조지폐 탐지기의 경우 카메라부, 화면부와 연산부로 구성되어 있다. 카메라부는 가시광 및 UV광을 지원한다. 카메라부의 기본 확대 비율은 48px/mm로 설정되어 있다.

연산부의 경우 Nvidia사의 Jetson orin nano 모델을 사용하였으며, 해당 기기의 스펙은 표1과 같다.

표 1 Jetson orin nano 스펙

구분	설명
GPU	NVIDIA Ampere architecture with 1024 CUDA cores and 32 tensor cores
CPU	6-core Arm® Cortex®-A78AE v8.2 64-bit CPU 1.5MB L2 + 4MB L3
Memory	8GB 128-bit LPDDR5 102 GB/s
Power	25W
AI Performance	67 INT8 TOPS

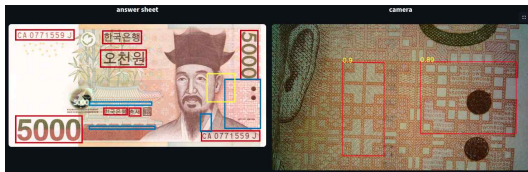


그림 1 탐지기 UI

그림1은 화면부의 탐지기 UI를 나타낸 것이다. UI에서 왼쪽은 정답지로서 보안요소가 식별되어야 할 위치 및 카메라가 비추는 위치를 나타낸다. 빨간색 박스는 육안으로 식별이 가능한 보안요소이며 파란색 박스는 미세문자가 있는 위치를 안내한다.

UI에서 오른쪽은 실시간 카메라가 비추는 화면으로 탐지된 보안요소를 빨간색 박스로 나타내며 해당 보안 요소의 일치율을 표시하고 있다.

2.2 실시간 위치 추적

카메라부가 48px/mm(약 12.7배)로 기본 확대 비율을 갖기 때문에 카메라 화면만으로 지폐의 어느 위치를 비추는지 확인에 어려움이 있다. 이러한 이유로 사용자에게 현재 카메라가 어느 위치를 비추고 있는지 알려주기 위해 실시간 위치 추적 기능을 구현하였다.

해당 기능은 ViT모델[3]을 기반으로 구현하였다. ViT모델은 이미지를 처리하기 위해서 전체 이미지를 patch단위로 나누고 입력 이미지가 어느 patch에 가장 근사한지 판단하여 위치 정보를 출력하여 준다.

2.3 객체 탐지

객체 탐지 모델로써 사전 학습된 YOLO[4] 모델을 사용하였다. 사용된 YOLO 모델은 YOLOv11n 모델을 사용하였고, 학습 데이터를 생성하기 위해 5천원 10장을 기반으로 각 장 당 600개의 학습 데이터를 생성하여 총 6000장의 데이터를 학습에 사용하였다.

5천원권 한 장에 총 25개의 보안 요소가 존재하며 해당 보안 요소를 이용하여 학습데이터를 생성한 분포는 그림 2와 같다. 주요 보안 요소로는 미세문자, UV에 반응하는 형광잉크 등이 있다.

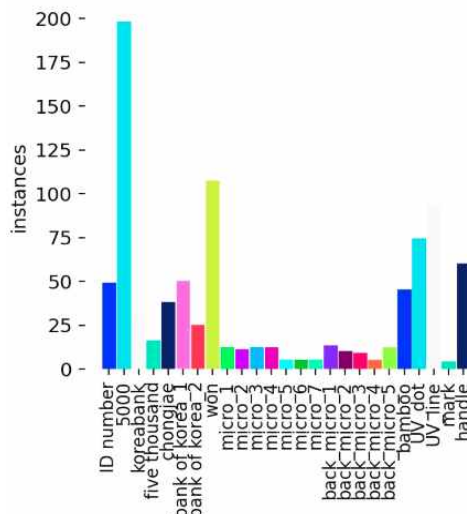


그림 2 보안요소 분포

생성한 학습 데이터를 이용한 YOLO 모델의 학습 결과는 그림 3과 같다.

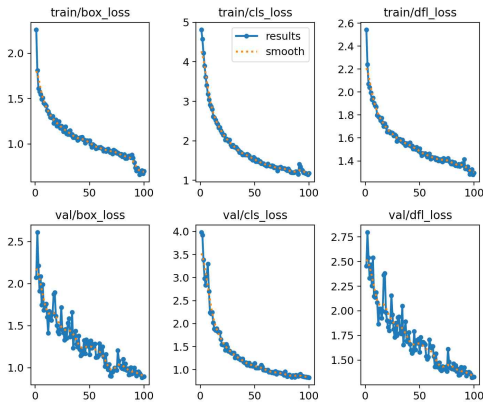


그림 3 학습 결과

학습이 완료된 모델을 이용하여 보안요소를 검출하는데 소요되는 시간은 전처리에 약 6ms, 추론에 50ms, 후처리에 5ms로 측정되어, 실시간 탐지가 가능하게 구현되었다.

Ⅲ. 결 론

현대에 들어서며 현금 사용률이 줄어듬에도 불구하고 위조지폐의 신고가 끊임없이 이어지고 있다. 이는 특히 5천원권에서 가장 많이 발생하기 때문에 이를 위해 비교적 위조지폐 식별 능력이 떨어지는 사용자 또한 쉽게 사용할 수 있는 탐지기를 개발하였다.

탐지기의 UI를 통해 5천원권 내의 보안요소를 안내하여 객체 탐지 모델을 통해 바로 확인이 가능하다. 보안요소의 탐지율로써 약 0.8이상의 탐지율을 보이며 전처리, 추론, 후처리 모두에서 약 60ms의 시간을 보여 실시간 처리가 가능함을 보였다.

감사의 글

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원-대학 ICT 연구

센터(ITRC)의 지원을 받아 수행된 연구임 (IITP-2025-RS-2023-00259099)

참 고 문 헌

- [1] 조성욱, 이상아, 이정인, 2024년 지급수단 및 모바일금융서비스 이용행태 조사결과, 한국은행 금융결제국 결제연구팀·전자금융팀, 2025.3
- [2] 한국은행, 2024년중 위조지폐 발견 현황 및 2024년 하반기 화폐위조범 검거 유공자 포상, 한국은행 보도자료, 2025.01.09.
- [3] Dosovitskiy, Alexey, et al. "An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale." arXiv preprint arXiv:2010.11929 (2020).
- [4] Redmon, Joseph, et al. "You only look once: Unified, real-time object detection." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016.

빅데이터를 이용한 아산정수장 침전공정 자율 운영 방안에 관한 연구

*윤여발, **여상수, ***김윤호

A Study on the Self-Operation Method of Asan Water Purification Plant Sedimentation Process Using Big Data

*Yobal Yun, **Sangsoo Yeo, ***Yoonho Kim

요 약

국내 수자원에 대한 활용은 기술발전과 더불어 더 효과적이고 효율적인 방향으로 개선이 되고 있다. 특히 최근에는 개별 정수장에 대한 공정 자동화를 위해 인공지능기술을 도입함으로써, 정수장의 자율운영도가 높아지고 있으며, 전국적으로 이러한 기초가 활발하게 이어지고 있다. 다만, 안정적인 정수처리 공정의 자율 운영을 위해서는 다양한 고려사항이 있어 인공지능 및 빅데이터 관점에서 연구하고 이를 실제 정수장에서 실증할 필요성이 있는 상황이다. 이에 본 연구에서는 아산정수장 침전공정에 대해 대상 설비의 운영 데이터를 수집, 다양한 전처리 알고리즘을 활용하여 데이터를 분석한 후 최적의 운영 방안을 찾는 연구를 시도하였다.

Key words

*Artificial intelligence technology, water treatment process,
Asan Water Purification Plant sedimentation process*

I. 서론

침전이란 현탁액을 청정액과보다 농축된 현탁액으로 분리시키는 공정이다. 침전공정은 침전 가능한 물질의 대부분을 중력 침강에 의해 제거 시키는 것이고 이로 인하여 여과와 같은 후속 공정의 효율을 극대화 시킬 수 있게 된다. 침전공정은 물보다 비중이 무거운 부유물질을 제거하고 여과공정에서 여재에

대한 부담을 줄여주기 위한 목적으로 설치된다. 침전지로부터 배출되는 슬러지는 고농도로 소량을 배출시키는 것이 후속 공정의 효율 향상을 위해서 중요하다. 침전지는 침전기능, 완충기능 및 슬러지 배출기능의 3가지 기능을 가지며 응집지에 형성된 플록을 침강 분리 및 제거하고 상등수는 여과지로 유입시킨다. 이 때 상등수가 깨끗해야 여과지 부하를 경감시켜 역세척 주기를 길게 할 수 있다.

* 한국수자원공사 아산권지사, 박사과정 yybal@kwater.or.kr

** 목원대학교 IT공학과 교수, sangsooyeo@gmail.com

*** 목원대학교 IT공학과 교수, yhkim@mokwon.ac.kr

대청댐 원수를 사용하는 아산정수장의 생활용수 침전지 2계열 4지에 대해 주요 인자는 다음과 같다.

주요 인자	기능명	입/출력 tag
	슬러지 발생량 예측	생활원수 탁도
		생활 원수 유입유량
		생활 PACS 주입량
슬러지 수집 대차 운영스케줄 결정	생활응집지 유입밸브	
	생활 슬러지수집기 전진, 후진, FLT	

II. 자율 운영

본 연구에서는 기존에 2018년 1월~ 2022년 12월 기간동안 아산정수장에서 수집된 데이터를 기준으로 태그 데이터를 추출하고 기초 현황분석 및 중복, 경측 데이터 처리, 이상치 처리 등 데이터 분석을 진행하였다.

Tag	Description
606-354-TBI-1001	아산(정) 생활원수 탁도
606-354-FRI-1003	아산(정) 생활원수유입유량
606-354-FRI-2001	아산(정) 생활 PACS 주입량
606-354-FRI-2003	아산(정) 생활가성소다주입량

원수 탁도, 원수 유입유량, 응집제 주입량, 가성소다 주입량에 대한 기존 데이터를 전처리한 결과는 그림1~그림4와 같다.

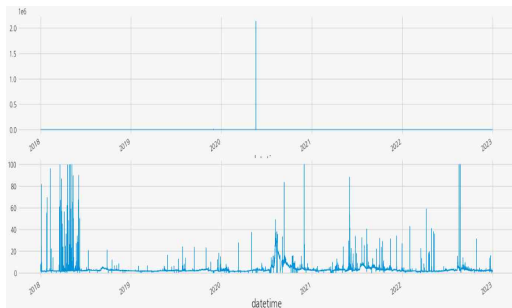


그림 1. 원수 탁도 전처리 결과

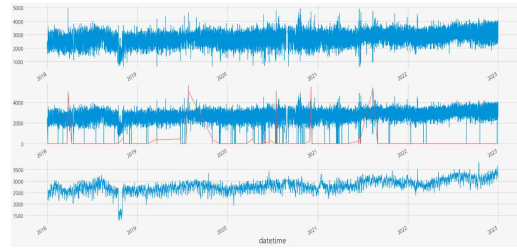


그림 2. 원수 유입유량 전처리 결과

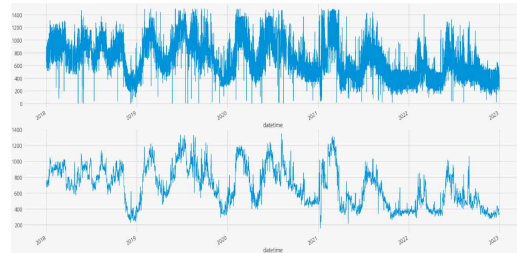


그림 3. 응집제 주입량 전처리 결과

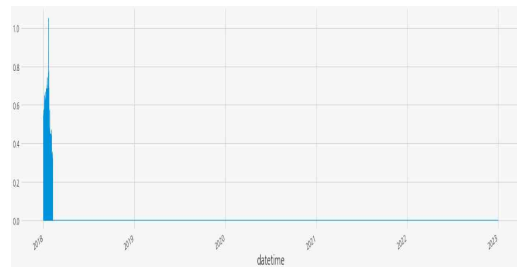


그림 4. 가성소다 주입량 전처리 결과

III. 결론

본 연구에서 GRU(Gated Recurrent Unit) 구조로 모델을 선택하여 학습 결과 모델의 평가측도(R2)가 0.94로 높기 때문에 GRU 모델을 최종 모델로 선택하여 연구를 진행하였다.

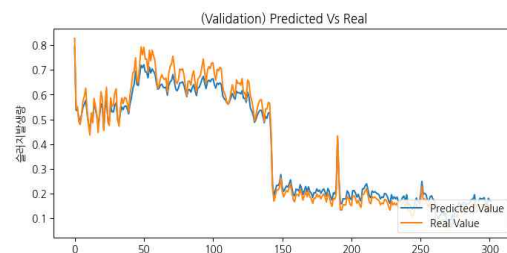


그림 5. Validation Data(실제값 vs 예측값)

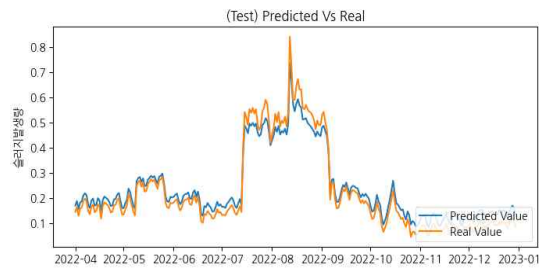


그림 6. Test Data(실제값 vs 예측값)

그림5~그림6 등의 결과분석 데이터에 대한 고찰을 근거로, 슬러지 발생량을 예측 하는데 있어 GRU 모델을 사용하였으나 향후 GRU 모델 이외의 다양한 모델을 통한 분석으로 최적의 모델을 찾아 아산정수장 침전공정에 맞는 시스템을 구축할 필요가 있다고 판단된다. 이에 대한 추가적인 연구가 진행 중에 있다.

참고문헌

- [1] 송진우, "AI 정수장 구현을 위한 머신러닝 기반의 잔류염소 예측모형 평가," 석사학위논문, 인하대학교, 2023년 8월
- [2] 강복선, "IoT와 빅데이터를 융합한 스마트 상수도 관망 AI 잔류염소 예측 및 재소독 시스템 연구," 박사학위논문, 배재대학교, 2023년 12월
- [3] 신동기, 민인홍, 김대욱, 인공지능 기반 스마트정수장의 수처리설비 자율진단 및 이상감지 모델개발 연구, 2023 한국유체기계학회 하계학술대회 논문집, 2023년 7월

확장 합성곱 층을 위한 하드웨어 가속기 설계

*이종윤, **이용환

Design of Hardware Accelerator for Dilated Convolutional Neural Networks

**Jong-Youn Lee, **Yong-Hwan Lee*

요약

본 논문에서는 Convolutional Neural Network (CNN)의 효율적인 하드웨어 구현을 위해 확장 합성곱(Dilated Convolution) 기반의 신경망 구조를 제안한다. 확장 합성곱은 필터 요소 간에 간격(dilation rate)을 두고 입력에 적용함으로써, 파라미터 수 증가 없이 수용 영역을 확장할 수 있는 기법이다. 이는 고해상도 데이터를 처리할 때 이미지의 공간 해상도를 유지하면서도 효과적인 특징 추출을 가능하게 하며, 다양한 비전 응용 분야에서 활용되고 있다. 제안된 하드웨어 아키텍처는 세 가지 주요 모듈로 구성된다. 첫째, 입력 특징 맵을 저장하고 효율적으로 액세스할 수 있는 메모리 저장 모듈, 둘째, 확장률을 고려하여 receptive field를 구성하는 데이터 접근 모듈, 셋째, receptive field와 필터 가중치 간 연산을 수행하는 계산 모듈이다. 이러한 구조는 병렬 처리 및 파이프라이닝 기법을 극대화하여 CNN 추론의 성능을 크게 향상시킬 수 있다.

Key words

Dilated Convolution, Hardware, artificial intelligence, pipelining

I. 서론

Convolutional Neural Network (CNN)은 다양한 영상 처리 분야에서 널리 사용되는 딥러닝 모델로, 최근에는 연산 효율성과 표현력을 동시에 확보할 수 있는 확장 합성곱(Dilated Convolution) 기법이 주목받고 있다[1][2][3][4]. 확장 합성곱은 필터 요소 간 간격을 조절함으로써 적은 파라미터로 넓은 영역의 특징을 추출할 수 있어, 고해상도 입력에 적합한 구조로 평가된다.

그러나 이러한 구조는 연산 복잡도와 메모리 접근 부담이 크기 때문에, 자원이 제한된 환경에서는 효율적인 하드웨어 구현이 필요하다. 본 논문에서는 확장 합성곱 기반 CNN을 하드웨어로 구현하기 위한 아키텍처를 제안하며, 이를 통해 병렬 처리와 파이프라이닝을 극대화하여 실시간 처리 성능을 향상할 수 있음을 보인다.

* 금오공과대학교 일반대학원 전자공학과 석사과정 (20246116@kumoh.ac.kr)

** 금오공과대학교 전자공학부 교수, 교신저자 (yhlee@kumoh.ac.kr)

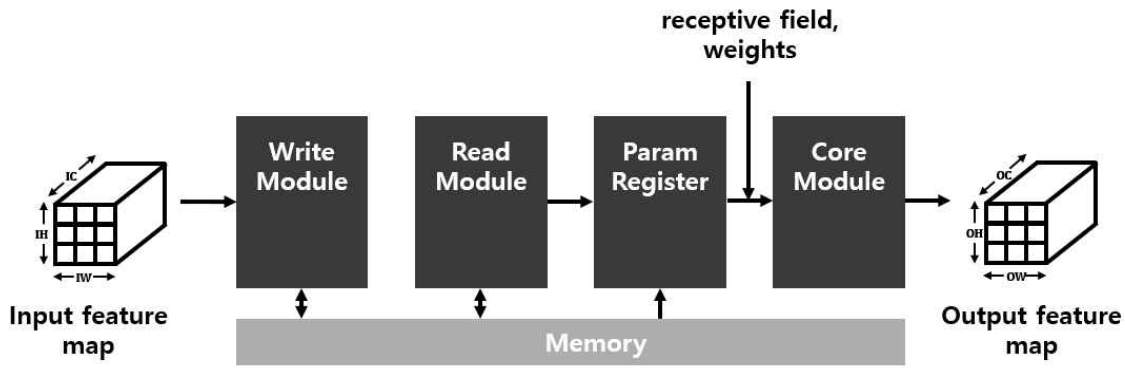


그림 1. 전체 하드웨어 아키텍처

II. 하드웨어 가속기 설계

2.1 하드웨어 아키텍처

그림 1은 제안된 하드웨어 모듈의 전체 아키텍처를 나타낸다. 전체 구조는 네 개의 주요 부분으로 구성된다. 먼저, 입력 특징 맵을 메모리에 저장하는 역할의 Write Module이 있으며, 이후 연산에 필요한 데이터를 효율적으로 공급할 수 있도록 한다. 다음으로, 확장률(dilation rate)을 고려하여 메모리로부터 수용 영역(receptive field)의 데이터를 선택적으로 읽어오는 Read Module이 배치된다. 이어서, 수용 영역과 필터 가중치를 일시적으로 저장하는 Param Register가 위치하며, 마지막으로 이를 이용해 합성곱 연산을 수행하는 Core Module이 전체 연산의 중심을 담당한다. 이러한 구조는 확장 합성곱 기반 연산의 효율적인 처리를 염두에 두고 구성된 것이다.

2.2 Write Module

Write Module은 입력 특징 맵을 메모리에 저장하는 역할을 담당하며, 연산에 필요한 데이터가 정확한 시점에 Read Module로 전달될 수 있도록 데이터 흐름을 관리한다. 연산 효율을 고려하여 입력 데이터를 순차적으로 정렬하거나 블록 단위로 저장할 수 있도록 설계된다.

2.3 Read Module

Read Module은 메모리에 저장된 입력 특징 맵으로부터 확장 합성곱에 필요한 수용 영역을 읽어오는 역할을 담당한다. 이 모듈은 주어진 확장률에 따라 입력 데이터를 선택적으로 접근하며, 비연속적인 메모리 위치로부터 동시에 데이터를 읽어올 수 있도록 주소 생성 및 제어 로직이 포함된다. 또한, 연산 모듈에 필요한 데이터를 정확한 시점에 전달할 수 있도록 타이밍을 조절하며, 전체 연산 효율을 높이는 데 중요한 역할을 수행한다.

2.4 Param Register

Param Register는 Read Module로부터 전달된 수용 영역 데이터와 사전 로드된 필터 가중치를 일시적으로 저장하는 역할을 수행한다. 연산 직전에 필요한 값들을 안정적으로 유지함으로써, Core Module이 곱셈 및 누산 연산을 끊임 없이 수행할 수 있도록 지원한다. 또한 파이프라인 구조 내에서 데이터 흐름의 연속성과 연산 타이밍을 맞추는 데 중요한 버퍼 역할을 한다.

2.5 Core Module

Param Register는 Read Module로부터 전달된 수용 영역 데이터와 사전 로드된 필터 가중치를 일시적으로 저장하는 역할을 수행한다. 연산 직전에 필요한 값들을 안정적으로 유지함으로써, Core Module이 곱셈

및 누산 연산을 끊임 없이 수행할 수 있도록 지원한다. 또한 파이프라인 구조 내에서 데이터 흐름의 연속성과 연산 타이밍을 맞추는데 중요한 버퍼 역할을 한다.

vision and pattern recognition. 2018.

Ⅲ. 결 론

본 논문에서는 확장 합성곱 기반 CNN을 효율적으로 하드웨어에 구현하기 위한 아키텍처를 제안하였다. 입력 저장, 데이터 접근, 데이터 보관, 연산 처리의 네 가지 모듈로 구성된 구조는 확장률을 고려한 데이터 흐름과 병렬 연산에 적합하도록 설계되었다.

제안된 구조는 고해상도 입력을 처리하면서도 연산 효율을 높일 수 있는 기반을 제공하며, 향후 실제 하드웨어 구현 및 성능 검증을 통해 그 효과를 확인할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2025년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(P0017011, 2025년 산업혁신인재성장지원사업)

참 고 문 헌

- [1] Yu, Fisher, and Vladlen Koltun. "Multi-scale context aggregation by dilated convolutions." arXiv preprint arXiv:1511.07122, 2015.
- [2] Chen, Liang-Chieh, et al. "Deeplab: Semantic image segmentation with deep convolutional nets, atrous convolution, and fully connected crfs." IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence 40.4, 2017.
- [3] Chen, Liang-Chieh, et al. "Rethinking atrous convolution for semantic image segmentation." arXiv preprint arXiv:1706.05587, 2017.
- [4] Yu, Fisher, et al. "Deep layer aggregation." Proceedings of the IEEE conference on computer

Safari 자동 완성 API 로그 아티팩트를 이용한 웹 활동 추적 연구

*조영효, **김역, ***손기욱, ****이창훈

A Study on Web Activity Tracing via Safari Autofill API Log Artifacts

Younghyo Cho, **Yeog Kim, *Kiwook Sohn and ****Changhoon Lee*

요 약

사용자의 웹 브라우징 기록 삭제와 같은 안티포렌식 행위는 사용자의 웹 활동 추적을 어렵게 한다. 본 논문에서는 이러한 경우 iOS 환경에서 사용자의 웹 활동을 신뢰성 있게 추적할 수 있는 포렌식 아티팩트를 분석한다. Apple의 사용자 경험 향상 기능의 일부로 생성되는 group.com.apple.PegasusConfiguration(이하, PConfig) 디렉터리 내 세션 로그 파일은 Safari 주소창의 검색어 추천 API 호출 기록을 저장한다. 실험을 통해, 해당 로그 파일이 사용자가 의도적으로 삭제한 웹 기록, 다운로드 파일, 심지어 영구 삭제된 파일의 접근 URL까지 포함하고 있음을 확인하였다. 로그 내 Base64로 인코딩된 JSON 데이터를 디코딩하여, 사용자가 접근한 정확한 URL, 행위 발생 시점의 Unix 타임스탬프, GPS 좌표, IP 주소 등 구체적인 행위 증거를 복원하는 전체 과정을 제시한다. 본 연구는 PConfig 아티팩트가 기존의 History.db와 같은 전통적인 아티팩트가 소실되었을 때, 사용자 행위 재구성에 단서를 제공하는 지속성 있는 증거 소스임을 입증한다.

Key words

iOS 17, Digital Forensics, Safari, Behavior Analysis, Artifact Analysis

I. 서 론

현대 사회에서 스마트폰은 개인의 일상과 가장 밀접하게 연결된 디지털 기기로, 방대한 양의 개인 정보를 저장하고 있다. 특히 Apple

사의 iOS는 강력한 보안 및 프라이버시 보호 기능을 기반으로 높은 시장 점유율을 차지하고 있으나, 이러한 보안성은 역설적으로 디지털 포렌식 조사를 어렵게 만드는 주요 도전 과제로 작용한다. 사용자는 검색기록 지우

* 서울과학기술대학교, 석사과정 (yhcho0405@seoultech.ac.kr)

** 전기정보기술연구소, 연구원 (yeogkim@gmail.com)

*** 서울과학기술대학교, 교수 (kiwook@seoultech.ac.kr)

**** 서울과학기술대학교, 교수 (chlee@seoultech.ac.kr), 교신저자(Corresponding Author)

기, 파일 영구 삭제와 같은 운영체제에 내장된 기능을 통해 자신의 디지털 행위 흔적을 손쉽게 제거할 수 있다. 이러한 행위는 안티포렌식의 일환으로, 수사관들이 사건과 관련된 결정적 증거를 확보하는 데 심각한 장애물이 된다. 특히 클라우드 서비스를 통해 공유된 링크로 파일을 다운로드한 후 관련 기록과 파일을 모두 삭제하는 경우, 기존의 분석 방법론은 해당 행위를 추적하고 입증하기가 어렵다. 이러한 배경 하에, 본 연구의 목적은 사용자의 의도적인 데이터 삭제와 같은 행위에도 불구하고 시스템 기록이 지속적으로 유지되는 새로운 포렌식 아티팩트를 발굴하고, 그 포렌식적 가치를 심층적으로 분석하는 것이다. 사용자가 직접 관리하거나 인지하는 데이터 영역이 아닌, 시스템의 특정 기능 수행을 위해 부수적으로 생성되는 로그에 주목함으로써 기존 분석의 한계를 극복하고자 한다. 즉, 본 연구는 사용자가 자신의 흔적을 지우려는 시도를 우회하여 행위를 재구성할 수 있는 신뢰성 있는 방법론을 제시하는 것을 목표로 한다.

본 논문에서는 iOS 17 운영체제의 Safari 브라우저 사용 과정에서 생성되는 group.com.apple.PegasusConfiguration (이하, PConfig) 디렉터리 내 로그 파일을 대상으로 한다. 해당 로그 파일 아티팩트는 기존에 알려지지 않았으나, 사용자의 웹 검색 및 URL 직접 입력 행위에 대한 상세한 기록을 포함하고 있다. 이 로그는 사용자가 의도적으로 삭제한 웹 활동 기록을 재구성하는 데 결정적인 단서를 제공할 잠재력을 지니고 있다. 본 연구는 이 아티팩트의 생성 원리부터 데이터 구조, 그리고 실제 분석 결과를 보임으로써 방법론의 유효성을 입증한다.

II. 기존 연구

iOS 기기의 웹 활동을 재구성할 때 가장

먼저 살펴보는 것은 Safari가 남기는 로컬 파일들이다. 핵심인 History.db에서 방문 URL, 제목, 횟수, 최종 접속 시각을 추출할 수 있고, Cookies.binary cookies, LastSession.plist, Recently ClosedTabs.plist, Downloads.plist 등은 로그인 세션-당은 탭/다운로드 내역까지 보완 정보를 제공한다. iOS 17부터 도입된 Safari 프로파일 기능은 업무·개인·학업 등 용도별로 별도 History.db를 생성하므로, 분석가는 기본 경로와 Profiles\

애플은 사용자 경험 최적화를 위해 시스템 전반의 이벤트를 기록하는 메커니즘을 갖추고 있다. iOS 11에서 도입된 knowledgeC.db는 앱 실행, 잠금-해제, 네트워크 전환 등 수천 종의 이벤트를 타임 스탬프와 함께 저장하며, 사용 패턴 분석의 근간이 된다. iOS 15부터는 Biome 프레임워크가 지능형 로그 수집을 맡아 \Library\Biome\Streams\ 아래 확장자 .bm 단위로 이벤트를 구분/보존한다. 두 로그는 Safari 데이터가 삭제된 상황에서도 “어느 시각에 어떤 앱이 실행되었는가” 같은 메타데이터를 제공하여 행적의 단절을 매워 준다.

III. 아티팩트 분석

3.1 분석 환경 및 시나리오

본 연구에서 제시하는 아티팩트의 포렌식적 특성을 명확히 검증하기 위해, 통제된 환경에서 구체적인 시나리오에 기반한 실험을 설계하고 수행하였다. 실험 환경은 표 1과 같다.

표 1 실험 환경

분석 기기	iPhone15 128GB(MTP53KH/A)
OS	iOS 17.6(21G80)
브라우저	Safari
분석 도구	EnCase Forensic v8

데이터 획득 방식은 기기의 파일 시스템에 대한 논리적 획득을 수행하였다. 아티팩트의 생성, 유지, 삭제 여부를 시간의 흐름에 따라 관찰하기 위해 다음과 같이 6개의 단계로 구성된 시나리오를 진행하였다. 각 단계가 완료될 때마다 기기의 데이터를 논리적으로 획득하여 상태 변화를 비교 분석하였다.

1. S0: 실험 시작 전의 상태를 기록하기 위한 기준점 데이터 획득.
2. S1: Safari 브라우저를 이용하여 클라우드 서비스인 'pixeldrain'의 특정 공유 링크에 접속
3. S2: 해당 공유 링크를 통해 파일을 기기 다운로드
4. S3: Safari의 '방문 기록 및 웹 사이트 데이터 지우기' 기능을 실행하여 브라우저의 모든 기록을 삭제
5. S4: S2 단계에서 다운로드한 파일을 '파일' 앱에서 삭제하여 '최근 삭제된 항목'으로 이동
6. S5: '최근 삭제된 항목'에서 해당 파일을 삭제하여 기기에서 영구적으로 제거

이 실험 시나리오를 통해 도출된 핵심적인 관찰 결과는 PConfig 디렉터리 내에 생성된 세션 로그 파일이 S1 단계에서 생성된 이후, 사용자의 명시적인 증거 인멸 행위인 브라우저 기록 삭제(S3)와 파일의 단계적 삭제(S4, S5)가 모두 진행된 후에도 파일 시스템에 온전히 남아있다는 점이다. 이는 해당 아티팩트가 높은 지속성을 가짐을 실험적으로 증명하는 결과이다.

3.2 아티팩트 생성 및 구조

PConfig 아티팩트는 논리적으로 획득한 파일 시스템 내에서 Applications\group.com.apple.PegasusConfiguration\rawSessions\ 경로에 위치한다.

이 로그 파일은 사용자가 Safari 브라우저의 주소창에 검색어나 URL을 입력하는 행위와 직접적으로 연관된다. 사용자가 키를 하나씩 입력할 때마다, Safari는 '검색 엔진 제안' 또는 'Safari 제안' 기능을 활성화하여 사용자에게 연관 검색어나 방문 기록 기반의 URL을 추천한다. 이 과정에서 기기는 Apple의 API 서버 (<https://api-glb-aapnelc.smoot.apple.com/search>)로 현재까지 입력된 문자열을 포함한 요청을 전송하게 되며, 바로 이 API 호출과 관련된 상세한 로그가 세션 파일 형태로 rawSession 디렉터리에 생성된다. 예를 들어, 사용자가 'pixel'을 입력하는 과정에서 'p', 'pi', 'pix' 등 각 단계의 입력값에 대한 API 호출이 발생하고, 관련 로그가 누적되어 기록된다.

세션 파일은 session.{UUID}.open 형식의 파일명으로 처음 생성된다. 여기서 {UUID}는 각 검색 세션마다 부여되는 고유 식별자로, 서로 다른 검색 행위를 구분하는 기준이 된다. 파일 확장자인 .open은 해당 검색 세션이 아직 활성 상태임을 의미한다. 사용자가 검색을 마치고 해당 탭이나 Safari 창을 닫으면, 파일의 확장자는 .closed로 변경된다.

로그 파일의 내용은 크게 두 부분으로 나뉜다. 첫째는 plain text 형태로 기록된 API 요청 헤더 및 관련 메타데이터이며, 둘째는 Base64 방식으로 인코딩된 JSON 페이로드이다. 특히, 사용자의 입력이 완료된 시점의 정보, 즉 최종 검색어 또는 URL에 대한 가장 완전한 정보는 파일의 마지막 부분에 기록되는 경향이 있다. 이 구조 때문에 분석가는 파일 전체를 검토하여 가장 유의미한 데이터를 식별하고 디코딩하는 과정이 필요하다.

```

...
"BASE64로 인코딩 된 데이터"
...

```

[session.*.closed 로그 파일]

```

{
  "u": "198E2201-8F03-480C-A40C-A3EF68EA4E1F",
  "p": "pixeldrain.com/u/6w65w13R",
  "q": "pixeldrain.com/u",
  "cq": "pixeldrain.com/u/6w65w13R",
  "ts": "1731897412",
  "g": "kr/seoul",
  "g2": "kr/seoul",
  "gid": "5096",
  "a": "safari",
  "d": "iphone",
  "l": "ko_KR",
  "i": "143466-13,29",
  "c": "37.630906,127.078934",
  "t": "[258, 75, 66, 44, 6, 268]",
  "pmqt": "[258, 75, 66, 44, 6]",
  "sid": "f82affe1-a555-11ef-8950-aaf40285613a",
  "r": "v0.0-20241112.090309-7b330ac",
  "cftid": "78c77c30-e9a1-405a-9052-5a8290c5a515",
  "ocaks": [0]
}

```

[base64 디코딩 결과]

그림 1 로그 파일 데이터 디코딩 과정

```

...
"API 주소"
...
"IP"
...

```

[session.*.closed 로그 파일]

https://api-glb-aapne1c.smoot.apple.com/search?alwaysSendTophit=off&calendar=%EC%96%91%EB%A0%A5&card=1&cc=KR&esl=ko&geosrc=cell%2C927.110077&kb_ime=en_US%40sw%3DQWERTY%3Bhw%3DAutomatic&key=puffin1758&latlng=37.630906%2C127.078934&locale=ko-KR&q=pixeldrain.com%2Fu%2F6w65w13R&storefront=143466-13%2C29&sx=1&temp=C&time_zone=Asia%2FSeoul&tm=2&units=SI28

그림 2 로그 파일 데이터 디코딩 과정

3.3 데이터 추출 및 해석

session.*.closed 파일에서 유의미한 포렌식 정보를 추출하는 과정은 다음과 같은 단계로 수행될 수 있다.

1. 로그 파일 식별 및 추출: 포렌식 도구 (EnCase)를 통해 획득한 파일 시스템 이미지에서 Applications\group.com.apple.PegasusConfiguration\rawSessions\ 경로로 이동하여, 확장자가 .closed인 모든 세션 파일을 식별하고

분석을 위해 추출한다.

2. Base64 인코딩 데이터 분리: 추출한 로그 파일을 텍스트 편집기나 hex 뷰어로 열어 내용을 확인한다. 파일의 후분부에서 NO RESULTSBA- 라는 시그니처 바로 뒤에 이어지는 긴 영문/숫자/기호 조합의 문자열을 찾는다. 이 부분이 Base64로 인코딩된 핵심 json 데이터이다.
3. 데이터 디코딩: 2단계에서 식별한 Base64 문자열 전체를 복사하여 Base64 디코딩 도구를 사용해 원본 텍스트로 변환한다. 디코딩되면, 아래 같은 JSON 형식의 구조화 된 데이터를 얻을 수 있다.
4. JSON 데이터 필드 분석: 디코딩을 통해 복원된 JSON 데이터는 여러 개의 키-값 쌍으로 이루어져 있다. 각 키는 특정 정보를 의미하며, 이를 해석함으로써 사용자의 구체적인 행위를 재구성할 수 있다. 주요 필드와 그 의미는 다음 표 2와 같다.

표 2 실험 환경

JSON Key	의미
u	사용자 기기 ID
p/q/cq	검색창 입력 내용
ts	검색창 입력 시간 Timestamp
g/g2	접속 지역 정보
l	언어/지역 설정 정보
c	GPS 좌표 정보

이처럼 단일 JSON 객체 내에 행위의 주체(기기 ID), 내용(URL), 시간(타임스탬프), 공간(GPS 좌표) 정보가 모두 포함되어 있다는 점은 이 아티팩트의 강력한 특징 중 하나이다. 이는 여러 아티팩트를 교차 분석해야만 얻을 수 있었던 정보를 한 번에 제공하여, 행위와 사용자를 강력하게 연결하는 증거로서 활용할 수 있다. Base64로 인코딩된 JSON 데이터 외에도, 로그 파일의 나머지 일반 텍스트 부분에서도 포렌식적으로 유의미한 추가 정보를 획득할 수 있다. 이 정보들은 JSON 데이터의 내용을 보강하고 교차 검증하는 데 중요한

역할을 한다.

로그 파일의 텍스트 부분에는 Apple사의 검색어 제안 기능을 지원하는 API 서버로 전송된 전체 HTTP GET 요청 경로가 그대로 기록되어 있다. 이 URL에는 다양한 쿼리 파라미터가 포함되어 있는데, 디코딩된 JSON 필드에서 얻은 정보와 더불어 사용자 키보드의 배열 정보 정보도 얻을 수 있다. 또한 로그 파일의 끝 부분에는 API 요청을 보낸 클라이언트의 공인 IP 주소가 명시적으로 기록되어 있다. IP 주소는 사용자의 네트워크 접속 위치를 특정하는 데 단서가 되며, GPS 좌표가 없는 경우에도 사용자의 대략적인 위치를 추정하는 데 활용될 수 있다.

IV. 결 론

본 연구는 사용자의 의도적인 데이터 삭제와 같은 안티포렌식 행위가 발생한 경우에도 남아있는 다른 아티팩트를 분석하여 연관정보를 추출할 수 있음을 보였다. 또한, 이에 대한 심층적인 분석 방법을 제시하였다.

이는 iOS 17 환경에서 사용자의 웹 활동을 추적하는 데 있어 삭제된 아티팩트 복구가 불가능하다는 한계점을 완화할 수 있다. 특히 Safari 브라우저의 자동 완성 기능으로 생성되는 PConfig 디렉터리 내 로그 파일이 사용자의 웹 활동을 신뢰성 있게 재구성할 수 있는 지속적인 증거로서의 가치를 지님을 실험적으로 입증하였다.

연구 과정에서 PConfig 디렉터리 내의 세션 로그 파일은 사용자가 브라우저 기록 삭제, 다운로드 파일의 단계적 삭제 등 명시적으로 데이터를 제거한 경우에도 온전히 유지됨을 확인하였다. 이 로그 파일은 사용자가 입력한 URL과 검색어, 타임스탬프, GPS 좌표, 공인 IP 주소 등 사용자 행위와 관련된 매우 구체적인 정보를 포함하고 있어, 사용자의 웹 활동을 재구성하는 단서를 제공한다.

또한 본 연구는 로그 파일 내 Base64 인코딩된 JSON 데이터를 디코딩하는 방법을 통해 복잡한 로그로부터 의미 있는 데이터를 추출하는 절차를 제공하였다. 이는 기존의 포렌식 분석 방법론과 비교하여 더 구체적인 정보를 얻을 수 있음을 보여주었다. 따라서 PConfig 아티팩트는 전통적 아티팩트가 소실된 상황에서도 증거로 활용될 수 있다.

향후 연구에서는 이 아티팩트를 다양한 시나리오와 보다 넓은 범위의 기기 환경에서 분석하여 범용성을 검증하고, 법적 증거력에 대한 추가적인 평가를 수행 예정이다.

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2024-00407295).

참고 문헌

- [1] Magnet Forensics (2023). iOS 17 Forensics: Another Year, Another Byte of the Apple. Magnet Forensics Blog.
- [2] Seiden, S., Webb, A. M., & Baggili, I. (2025). Tapping.iPAs: An automated analysis of iPhone applications using apple silicon macs. Forensic Science International: Digital Investigation, DFRWS EU 2025.
- [3] Mahalik, H., Lorentz, P., Engler, R., & Whiffin, I. (2023, April). I BEG TO DFIR – How iOS Biome Data Reveals Digital Evidence in iOS Forensics. Cellebrite Webinar.
- [4] Pace, L. R., Salmon, L. A., Bowen, C. J., Baggili, I., & Richard III, G. G. (2023). Every step you take, I'll be tracking you: Forensic analysis of the tile tracker application. In Proceedings of the Twenty Third Annual DFRWS Conference USA.

안전한 컴퓨터 접근을 위한 NFC 기반 실시간 사용자 인증 시스템 개발

*김시훈, **천유석, ***박기윤, ****박수빈, *****석병진

Development of NFC-Based Real-time User Authentication System for Secure Computer Access

Sihoon Kim, **Yooseok Chun, *Kiyoon Park and
****Soobeen Park, *****Byoungjin Seok*

요약

본 논문에서는 비밀번호 기반 인증의 유출, 무차별 대입, 다수 관리 환경의 취약점 등을 개선하기 위한 실시간 사용자 인증이 가능한 NFC 비콘 기반의 컴퓨터 차단 시스템을 제안한다. 본 시스템은 NFC 태그 인식을 통해 컴퓨터의 입력 장치 및 USB 포트를 실시간으로 제어하며, 인증 서버와의 암호화된 네트워크 통신을 통해 인증 여부를 판단한다. 실험 결과, 인가된 사용자만이 잠금을 해제할 수 있으며, 빠른 응답성과 안정적인 작동이 확인되었다. 본 시스템은 보안성과 실용성을 동시에 확보한 저비용 인증 솔루션으로, 조직 내 공용 컴퓨터 보안에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

Key words

Near Field Communication, Device Authentication, Input Blocking, Device Access Control

I. 서론

대부분의 현대 컴퓨터는 비밀번호 기반 인증 시스템을 통해 사용자에 대한 인증 및 접근 제어를 수행하고 있다[1]. 하지만, 비밀번호는 유출, 재사용, 추측 가능성 등 다양한 보안 위협이 존재하며, 비밀번호 관리 소홀, 공용 컴퓨터 환경에서의 무분별한 저장 등이

보안 리스크를 가중시키고 있다. 실제로 비밀번호와 관련된 보안 사고들이 빈번히 발생하고 있다[2].

본 논문은 이러한 문제점을 해결하고 편의성 및 보안성을 향상시킬 실시간 사용자 인증 기반 컴퓨터 차단 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 NFC 리더와 보편적으로 사용되는 스마트폰(NFC 태그)만으로 구현이 가능하

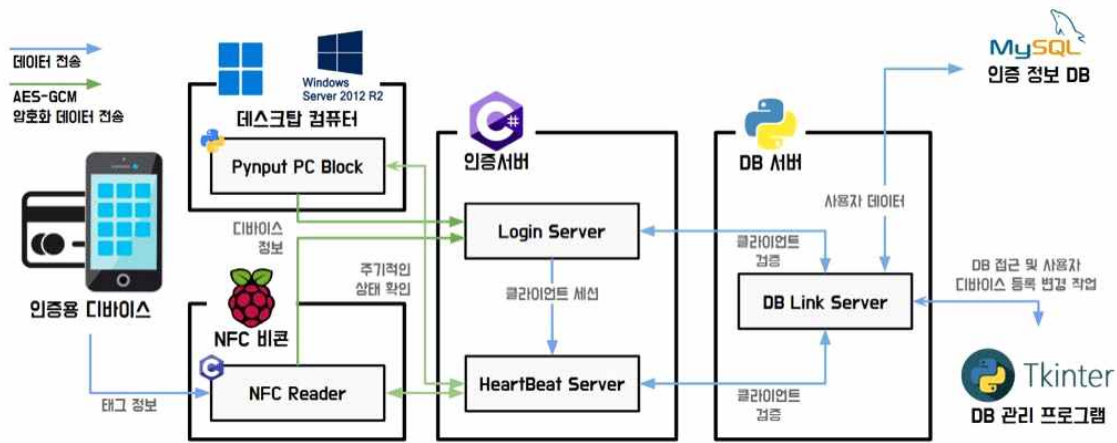
* 한성대학교, IT융합공학부, 학부생 (gkfldys1276@hansung.ac.kr)

** 한성대학교, IT융합공학부, 학부생 (010228@hansung.ac.kr)

*** 한성대학교, IT융합공학부, 학부생 (parkgiyun@hansung.ac.kr)

**** 한성대학교, IT융합공학부, 학부생 (gkrtnqls011@hansung.ac.kr)

***** 한성대학교, 융합보안학과, 조교수, 교신저자 (bjseok@hansung.ac.kr)



[그림 1]. 시스템 구성도

여 저렴한 비용으로 시스템 구축이 가능하고 실시간 사용자 인증 방식으로 시스템 접근 통제를 강화함으로써 내부 보안에 기여할 것이다.

II. NFC 인증 기반 컴퓨터 차단

2.1 선행 연구

기존 시스템의 한계를 극복하기 위해 다양한 인증 방식이 시도되고 있다. 사용자 기기와 컴퓨터 간의 무선 신호 강도(RSSI)를 기반으로 거리를 추정하여 자동으로 잠금 기능을 제공하는 방식[3]은 사용자에게 편리함을 제공한다. 하지만 신호 간섭에 취약하여 오작동의 가능성이 있으며, 사용자가 자리를 떠난 후에도 최대 1분의 지연 시간이 발생한 후에야 잠금이 작동하는 등 실시간 인증에는 한계가 있다.

또한, 전용 수신기를 활용하여 높은 보안성과 자동 로그인/잠금 기능을 제공하는 상용 근접 인증 솔루션도 존재한다[4]. 하지만, 이러한 시스템은 전용 하드웨어의 도입이 필수적이어서 상당한 초기 비용 부담을 야기한다.

이를 바탕으로 본 시스템은 네트워크 기반 인증 방식을 적용하고 입력 차단에 파이썬 라이브러리를 활용하여 범용적, 저종속적 솔루션을 저렴한 비용으로 손쉽게 구축하는

것을 목표로 하였다.

2.2 시스템 구성 및 동작 원리

이러한 선행 연구들의 한계점을 바탕으로, 본 시스템은 네트워크 기반의 실시간 인증 방식을 적용하고 범용적인 Python 라이브러리를 활용하여 입력 장치를 차단함으로써 경제적이면서도 효율적인 실시간 사용자 인증 솔루션을 구축하는 것을 목표로 하였다. 이는 고가의 전용 장비 없이도 강력한 보안 환경을 제공할 수 있는 저비용 고효율의 범용적, 저종속적 시스템 구현을 가능하게 한다.

본 컴퓨터 차단 시스템은 크게 데스크탑 컴퓨터 차단 프로그램, NFC(Near Field Communication) 비콘 장비, 인증 서버, 그리고 DB(데이터베이스) 서버로 구성된다. 시스템의 전반적인 아키텍처는 [그림 1]에 제시되어 있으며, 각 구성 요소의 상세 정보는 [표 1]에 명시되어 있다.

시스템의 작동 절차는 [그림 1]에 나타난 바와 같이 다음과 같다. 먼저, NFC 지원 디바이스를 NFC 비콘 장비에 태그하면 해당 태그 정보가 NFC 비콘 장비로 전송된다. NFC 비콘 장비는 수신된 태그 정보와 자신의 MAC(Media Access Control) 주소를 해시(Hash)하여 패킷 암호화를 수행한 후, 이를 인증 서버로 전송한다.

인증 서버는 NFC 비콘 장비로부터 전달받은 해시값을 DB 서버로 전달하며, DB 서버는 저장된 테이블과의 비교를 통해 차단을 해제할 데스크탑 컴퓨터의 MAC 주소를 식별한다. 최종적으로 DB 서버로부터 MAC 주소를 전달받은 인증 서버는 해당 MAC 주소를 사용하는 데스크탑 컴퓨터로 차단 해제 패킷을 전송하여 시스템 차단을 해제한다. 이 과정에서 사용자의 실시간 인증 여부를 지속적으로 확인하여 비인가자의 접근을 즉각적으로 차단한다.

[표 1]. 시스템 구성 요소

구성 요소	역할
데스크탑 컴퓨터	잠금 기능이 실질적으로 일어나는 주체
NFC 비콘 장비	인증용 디바이스의 NFC 값을 불러오는 하드웨어 장비
인증 서버	다수의 데스크탑 컴퓨터와 NFC 비콘 장비의 세션 관리 및 패킷 처리를 위한 중계 서버 역할 수행
DB 서버	NFC 비콘 장비의 MAC과 인증용 디바이스의 NFC 값을 Hash한 정보와 해제 대상의 데스크탑 컴퓨터의 MAC을 매핑(Mapping)한 Table 관리
DB 관리 프로그램	DB 등록 및 삭제를 수행하는 관리자용 프로그램

2.3 사용자 인증 크리덴셜 구성

본 시스템에서는 사용자를 유일하게 식별하고 인증하기 위한 크리덴셜(Credential)을 '기기 정보'와 '사용자 정보'의 결합 형태로 구성한다. 이 두 정보는 다음과 같이 정의된다.

기기 정보: 이는 NFC 비콘 장비에 부여되는 고유 식별 번호로, 일반적으로 해당 장비의 MAC 주소를 의미한다. MAC 주소는 네트워크 장비에 할당된 물리적 주소로서 전 세계적으로 유일성을 보장하여 각 NFC 비콘 장비를 명확하게 식별하는 데 사용된다.

사용자 태그 정보: 이는 사용자의 유일한 식별용 고유 정보로, NFC 지원 디바이스(예: 스마트폰, IC 카드)에 저장된 특정 데이터

또는 해당 디바이스를 통해 생성되는 고유한 태그 정보를 의미한다. 이 정보는 사용자가 NFC 비콘 장비에 디바이스를 태그하는 절차를 통해 시스템에 전달되며, 각 사용자에게 할당된 유일한 식별자 역할을 수행한다.

이러한 'MAC 주소'와 '태그 정보'를 해시하여 결합함으로써, 시스템은 어떤 비콘 장비(기기 정보)를 통해 어떤 사용자(사용자 정보)가 인증을 시도했는지를 정확하고 유일하게 식별할 수 있다. 이 결합된 해시값은 변조 가능성이 낮고, 복잡한 비밀번호를 기억할 필요 없이 실시간으로 사용자를 인증하는 강력한 보안 장치로 기능한다.

2.4 통신 프로토콜

인증 서버는 다수의 데스크톱 컴퓨터 및 NFC 비콘 장비(이하 '클라이언트')와 TCP(Transmission Control Protocol) 기반으로 통신하며, 이때 [표 2]에 정의된 패킷 규칙을 따른다.

[표 2]. 패킷 규칙

패킷명	패킷 코드	임무
LOGIN	0x01	클라이언트가 인증 서버에 접속을 요청
LOGIN_OK	0x02	인증 서버에 클라이언트 등록 성공 여부 및 RSA 키 전송
KEY	0x11	AES 키 전송
NIC	0x12	클라이언트의 MAC 주소 전송
CONNECT	0x20	인증을 위한 데이터 전송 완료 전송
HEART	0x21	인증 서버에서 클라이언트의 네트워크 연결 상태 확인
BEAT	0x22	클라이언트에 해시된 값을 인증 서버로 전송
ORDER_TO_CLOSE	0x40	인증 서버에서 데스크톱 컴퓨터에 잠금 해제 전송

데이터 전송 시에는 AES-GCM 암호화를 사용하며, 이때 [표 3]에 명시된 패킷 구조 규칙을 따라 통신이 이루어진다. 특히, RSA 키를 전송하는 경우에는 [표 3]의

IV(Initialization Vector)와 Tag 필드를 모두 0x00으로 기본값으로 설정하여 전송한다.

[표 3]. 패킷 구조

명칭	Byte	역할
packet Type	4	[표 2]의 패킷 코드를 해당 값으로 패킷을 구분하여 로직 처리 수행
IV	12	AES-GCM의 변칙성을 부여하기 위한 매번 패킷을 암호화할 때마다 랜덤하게 지정
tag	16	AES-GCM의 tag 값으로 무결성 검증 판단
data	가변	실질적인 주요 데이터, AES-GCM 암호화를 진행하는 부분

클라이언트가 인증 서버에 접속을 시도하고 [표 2]의 CONNECT 패킷을 수신하면, 인증 서버는 네트워크 연결 상태를 주기적으로 확인하기 위해 클라이언트와 Heartbeat 신호를 주고받는다. 인증 서버가 [표 2]의 HEART 패킷을 전송하면, 데스크톱 컴퓨터는 자신의 MAC 주소를, NFC 비콘 장비는 해시된 값을 BEAT 패킷으로 묶어 인증 서버로 회신한다. 만약 인증 서버가 BEAT 신호를 수신하지 못할 경우, 해당 세션은 자동으로 종료된다.

2.5 컴퓨터 잠금 프로그램

데스크톱 컴퓨터의 잠금은 Python의 pynput 라이브러리를 활용하여 구현된다. pynput 라이브러리는 마우스/키보드의 이벤트를 감지하고 키보드의 입력과 마우스의 움직임을 제어하는 입력 인터셉트(intercept) 기능을 수행한다. 추가로 프로그램 실행 시 Windows 레지스트리 값을 수정하여 USB 저장장치 드라이버(USBSTOR)를 차단한다. 이는 시스템 재부팅 없이 실시간으로 적용되며, 잠금 해제 시 원래 값으로 복원된다. 프로그램 실행 시 잠금이 활성화되면 키보드, 마우스 및 USB 포트의 사용이 제한

되어, 인증되지 않은 접근으로부터 정보 유출을 방지한다.

또한, 프로그램은 열림 큐(Open Queue)를 운영한다. NFC 리더기에 인가된 스마트폰, 카드 등이 태그된다면 인증 서버가 프로그램에 [표 2]의 ORDER_TO_CLI 패킷을 전송하고, 수신된 패킷마다 열림 큐에 일정 횟수 데이터를 삽입(Push)한다. 이후 프로그램은 큐 내에 데이터가 존재한다면 인가된 사용자가 사용 중이라 판단하고 잠금을 해제한 상태를 유지하게 된다. 그와 동시에 열림 큐는 인증 서버와 Heartbeat 신호를 주고받을 때마다 열림 큐의 Pop 연산을 수행한다. 프로그램이 인증 서버로부터 ORDER_TO_CLI 패킷이 수신하지 못한 채 지속된다면 열림 큐가 Push 연산 없이 지속적인 Pop 연산만을 수행하게 되고, 열림 큐가 Empty 상태가 되면 NFC 리더기에서 태그가 해제되었다고 판단하고 컴퓨터 잠금을 재활성화하는 시스템을 구현하였다.



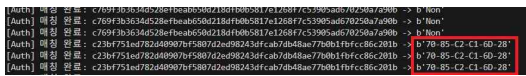
[그림 2]. 실험 환경

2.6 실험 결과

실험을 위해 구성된 환경은 [표 4]와 같다. 인가된 사용자의 스마트폰을 데이터베이스에 등록하고 인가자와 비인가 사용자의 시나리오를 구성해 [그림 2]처럼 실험을 진행하였다.

[표 4]. 실험 환경

구분	상세 명세		
HW	Raspberry Pi 5	CPU	Quad-core Arm Cortex-A76 @2.4GHz
		Memory	2G
	PN532 (NFC 모듈)	Power	5V
		통신 방법	I2C
	인증 기기	Samsung Galaxy S24 Ultra (SM-S928N), (Android 15)	
SW	운영체제	Raspberry Pi 5	Debian GNU/Linux 12 (bookworm)
		잠금 PC	Windows 10
	개발언어	C, C#, Python	
	라이브러리	cryptography 38.0.4, pyMySQL 1.1.1, libnfc 1.8.0-2, pynput 1.8.1, Pillow 11.2.1	



[그림 3]. 인증된 기기 태그 시 로그

실험은 마우스/키보드 잠금과 해제 수행 시 걸리는 시간을 측정한 성능 측정과 공격자가 USB를 통한 잠금 상태의 PC 공격, 인증되지 않은 장치로 태그를 시도하는 공격 상황을 가정하여 시나리오를 수행하였다.

1. 잠금 수행 중 USB를 연결한 경우

잠금 프로그램 실행 중 USB를 연결한 경우 컴퓨터는 실시간으로 USB 장치를 인식하지 못하게 되어 공격자가 악성 코드를 담은 USB를 꽂는 공격 시나리오에도 대응할 수 있음을 확인하였다. 또한 NFC 태그로 잠금 해제 시 다시 USB가 즉시 사용 가능함을 확인하였다.

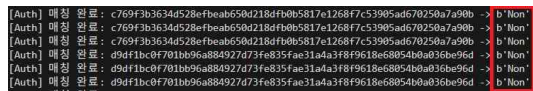
2. 인가된 사용자가 인증을 시도한 경우

인가된 사용자가 인증을 시도한 경우 [그림 3]과 같이 데이터베이스와 대조 결과가 나오게 된다. 이렇게 나온 컴퓨터의 MAC 주소를 이용해 해당 컴퓨터의 잠금을 해제하게 된다. 이를 통해 인가된 사용자가 컴퓨터를 잠그고 해제하는 시나리오가 정상 수행됨을 확인하였다.

3. 비인가 사용자가 인증을 시도한 경우

비인가 사용자가 인증을 시도한 경우 [그림

4]와 같이 데이터베이스에 존재하지 않아 Non으로 나오게 된다. 따라서 컴퓨터의 잠금은 해제되지 않는다. 이를 통해 공격자가 인증되지 않은 타 장치를 NFC 장치에 태그를 하는 시나리오에서도 문제없이 대응할 수 있음을 확인하였다.



[그림 4]. 인증되지 않은 기기 태그 시 로그

4. 키보드/마우스 잠금, 해제 성능 측정

인가된 사용자가 키보드/마우스를 잠그고 NFC 태그를 이용해 잠금을 해제하는데 걸리는 성능을 측정한 결과는 [표 5]와 같다. 이를 통해 10여 초 이내로 실시간 수준의 잠금과 잠금 해제를 할 수 있음을 확인하였다.

[표 5]. 성능 측정

시도횟수	열리는 시간 (초)	잠기는 시간 (초)
1	3.29	8.98
2	2.96	8.65
3	2.98	9.13
4	1.65	8.10
5	3.14	8.97

Ⅲ. 결 론

본 연구에서 개발한 컴퓨터 차단 시스템은 실험 결과, 네트워크를 사용할 수 있는 운영체제에서 여러 공격 시나리오를 효과적으로 방어하며 데스크톱 컴퓨터를 실시간 사용자 인증을 활용하여 보호함을 확인했다. 또한, 시스템 구축 비용을 타 인증 시스템과 비교해 저렴한 센서를 사용하여 가격 대비 효과적인 보안 기능을 제공함을 확인하였다.

현재 시스템은 iOS 운영체제의 제한으로 인해 NFC 비콘 장비에 태그하더라도 데이터를 직접 추출하는 데 어려움이 있다. 이 문제는 향후 별도의 애플리케이션을 개발하여 NFC 기능을 활성화하고 사용자 고유 데이터를 관리하는 방식으로 확장하여 해결할 수 있을 것이다.

또한, 기존 시스템은 인증용 디바이스를 NFC 비콘 장비에 지속적으로 태그해야 하는 구조적 한계가 존재한다. 이를 개선하기 위해 인증 세션 관리 기능을 추가함으로써, 한 번의 태그로도 일정 시간 동안 태그를 하지 않도록 사용자 편의성을 높일 수 있다. 이러한 개선점들은 시스템의 전반적인 보안 강화와 가용성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] A. Büttner and N. Gruschka, Device-Bound vs. Synced Credentials: A Comparative Evaluation of Passkey Authentication, In Proceedings of the 11th International Conference on Information Systems Security and Privacy - Volume 2, 2025, pages 651-659. DOI: 10.5220/0013380600003899
- [2] Mashable, Inc., Researcher claims 184 million Facebook, Google, and Microsoft passwords leaked online, <https://mashable.com/article/in-fostealer-malware-184-million-passwords-social-media-database-data-leak>
- [3] Microsoft, Inc., Sign-in options in Windows,

https://support.microsoft.com/en-us/windows/sign-in-options-in-windows-8ae09c04-c5da-41c9-972f-b126a13d18a8?utm_source=chatgpt.com#dynamic-lock-10

- [4] GateKeeper Support, What is GateKeeper Proximity authentication?, <https://gatekeeperhelp.zendesk.com/hc/en-us/articles/360015080614-What-is-GateKeeper-Proximity-authentication>

선형 회귀 기반 2단계 예측 모델을 활용한 지역별 범죄 분석

*이종혁, **니시 야스히로, ***유재윤, ****안교관, *****정영애

Regional Crime Analysis Using a Two-Stage Predictive Model Based on Linear Regression

Jong-Hyeok Lee, **Nishi Yasuhiro, *Jae-Yun Yu and
****Kyo-Kwan Ahn, *****Young-Ae Jung*

요약

본 연구는 대한민국 17개 시도를 대상으로, 사회경제 지표의 시계열 예측을 통해 미래 변수를 생성하고, 이를 기반으로 2단계 범죄 예측 선형 회귀 모델을 설계하였다. 특히 단조 감소 변수의 누적 오차 문제를 방지하기 위해, 2단계 회귀 모델은 과거 실측 데이터만을 활용하여 학습하였으며, 변수 조정에 따른 정책 시나리오 분석이 가능하도록 모델 구조를 설계하였다.

Key words

Regional Crime Analysis, Predictive Model, Linear Regression

I. 서론

범죄 예방은 지역 안전을 위한 필수 조건이며, 한정된 자원을 효과적으로 운용하기 위해서는 범죄의 시·공간적 특성과 유형에 대한 정밀한 분석이 필요하다. 단순히 인력을 증원하는 방식보다는, 범죄 발생 밀집 지역(핫스팟)을 식별하고 유형별로 전략을 차별화하는 방식이 더 실질적인 예방 효과를 낼 수 있다.

이러한 분석은 정책 결정과 현장 운영에 과학적 근거를 제공하며, 지역 맞춤형 치안

전략 강화로 이어질 수 있다.

본 연구는 대한민국 17개 광역자치체를 대상으로, 2012년부터 2023년까지의 범죄 발생 건수를 종속 변수로 설정하고, 사회·인구·경제·환경 등 12개 지표를 독립 변수로 활용한 예측 모델을 구축하였다. 이를 통해 각 변수의 영향력을 평가하고, 지역별 특성에 기반한 차별화된 치안 전략 수립의 방향을 제시한다.

* 선문대학교 AI소프트웨어학과, 학부생 (kcfm0529@sunmoon.ac.kr)

** 선문대학교 AI소프트웨어학과, 학부생

*** 선문대학교 AI소프트웨어학과, 학부생

**** 선문대학교 AI소프트웨어학과, 학부생

***** 선문대학교, 교수, 교신저자 (yajung@sunmoon.ac.kr)

II. 본론

2.1 데이터 수집 및 전처리

본 연구에서는 KOSIS 국가통계포털과 경찰청 자료를 활용하여, 2012년부터 2023년까지의 지역별 시계열 데이터를 수집하였다. 총 12개의 사회·경제 지표가 독립변수로 사용하였으며, 이는 전국 17개 시·도의 범죄 발생 건수(종속변수)와 연계하여 분석하였다. 원천 데이터는 지역 및 연도별로 분할되어 있었기 때문에, 지역-연도 기준으로 병합·정제하여 하나의 통합 CSV 파일로 구축하였다.

2.2 모델 구조

본 연구는 범죄 발생 건수를 예측하기 위한 현실 기반 2단계 예측 모델링 기법을 제안한다. 특히 정책 수립 시점에서는 관측이 불가능한 미래의 사회·경제적 지표를 반영할 필요가 있으므로, 시계열 회귀 기반의 변수 예측을 선행한 후, 이를 입력으로 하여 범죄 발생을 추정하는 구조로 설계하였다. 전체 예측 과정은 다음과 같이 두 단계로 구성된다.

표 1. 2단계 예측 모델 구조 요약

단계	입력 변수	모델 유형	출력 결과
1단계	수집된 독립변수	단순 선형 회귀	미래 연도 독립변수 예측
2단계	1단계에서 예측된 독립변수 값	선형 회귀 모델 (StandardScaler)	범죄 발생 건수 예측

1단계 사회·경제 지표 예측 모델에서는 총 12개의 지역별 독립변수(예: 인구수, 실업자 수, 유해 업소 수 등)에 대해 연도별 시계열 데이터를 활용하여, 특정 미래 시점(예: 2026년)의 값을 예측한다. 변수별 시계열적 특성을 고려하여 선형 회귀(Linear Regression) 기반의 개별 모델을 구성하였다. 데이터가 제한적인 관계로 모델의 일반화 성능 평가는 결정계수(R^2)와 평균 기반 정규화 평균제곱근오차(NRMSE)를 기록하였다.

근오차(NRMSE) 중심으로 수행하였다. 이 단계는 2단계 예측 모델에서 사용할 입력값의 사전에 생성하는 역할을 수행한다.

2단계 회귀 모델은 입력값으로 1단계에서 생성한 미래 지표 예측값을 사용하지만, 학습은 과거 10년간의 실측 데이터를 기반으로 수행되었다. 이는 단조 감소 변수와 같이 시계열 예측 과정에서 발생할 수 있는 추세 왜곡 및 오차 누적 문제를 방지하기 위한 설계이다. 또한, 2단계 모델은 1단계 예측값 외에도 사용자가 직접 설정한 변수값을 입력으로 활용할 수 있으므로, 특정 변수의 조정에 따른 결과 변화를 분석하는 정책 시나리오 실험에도 유연하게 적용할 수 있다.

2.3 실험 결과

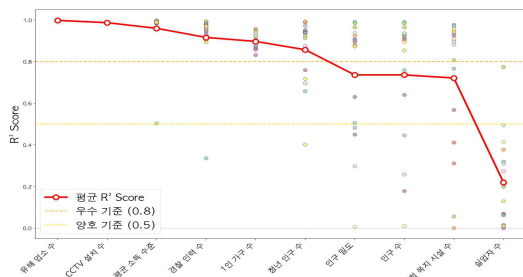


그림 1. 변수별 회귀 설명력 분포: 지역별 R^2 및 평균값

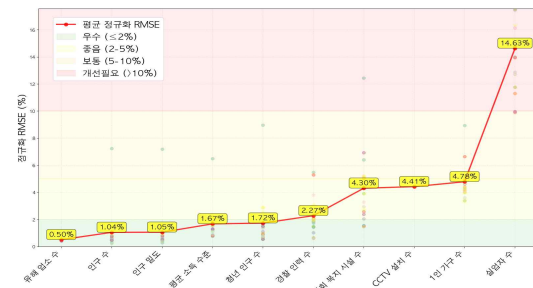


그림 2. 변수별 예측 오차 분포: 평균 기반 정규화 RMSE

1단계 회귀 모델은 대부분 변수에서 그림 1과 그림 2에 나타난 것처럼 양호한 결정계수(R^2)와 낮은 평균 기반 정규화 평균제곱근오차(NRMSE)를 기록하였다.

특히 유해 업소 수, CCTV 설치 수 등 구조적으로 안정적인 변수에 대해 예측 정확도가 높게 나타났으며, 이는 선형 회귀 모델이 변수의 시계열적 선형 추세를 효과적으로 포착하고 있음을 시사한다.

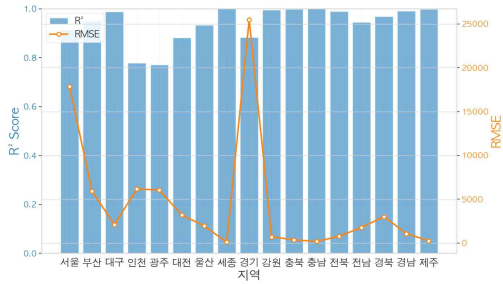


그림 3. 지역별 범죄 예측 성능 비교 (R², RMSE 기준)

2단계 모델의 성능은 그림 3에 나타난 바와 같이, 전국 평균 R²값은 약 0.94, MAE 역시 대부분의 지역에서 낮게 측정되었다. 이는 단순 회귀 기반 모델임에도 불구하고 정책 수립에 활용할 수 있을 정도의 실용적 예측력을 갖추고 있음을 시사한다.

Ⅲ. 결 론

본 연구는 효과적인 지역 맞춤형 치안 전략 수립에 시사점을 도출하기 위해 전국 17개 시도에 대해 선형 회귀 기반의 2단계 예측 모델을 적용해 범죄 발생 건수 및 변수별 영향력과 지역별 특성을 분석하였다.

향후 연구에서는 LSTM이나 결정트리와 같은 비선형 예측모델 도입 및 다양한 외부 변수 통합을 통해 더욱 고도화된 범죄 예측 시스템으로 개선할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 2025년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업 지원을 받아 수행되었음(2024-0-00023)

참고문헌

- [1] 통계청, 「KOSIS 국가통계포털 제공 통계자료 (인구, 실업률, GRDP 등)」, <https://kosis.kr>, 2012-2023.
- [2] 경찰청, 「범죄 발생 통계」, <https://www.police.go.kr>, 2012-2023.
- [3] Dakalbab, F. et al. (2022). Artificial intelligence & crime prediction: A systematic literature review. *Social Sciences & Humanities Open*, 6(1), 100342. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2022.100342>.

RAG모델을 이용한 정부공공기관 직위별 맞춤형 비서시스템

*고대식

Role-Based Personalized Assistant System for Government and Public Institutions Using a RAG Mode

*Dae-Sik Ko

요약

본 논문에서는 sLM 및 RAG기반 정부공공기관을 비롯한 기관의 특성상 업무관련 정보들이 외부에 공개되지 않는 기관들의 실무자를 비롯한 직위별 맞춤형 업무지원 비서시스템을 제안하였다. sLM은 상대적으로 적은 GPU자원으로 자연어처리를 지원하며, RAG는 외부로 공개되지 않은 기관내부 자료들을 지식베이스화할 수 있기 때문에 LLM기반의 CHATGPT등에서 지원할 수 없는 기관고유의 업무를 지원하는 특징이 있다. 제안된 시스템은 기관마다 고유의 공통업무를 지식베이스화 한 이후에 실무자를 비롯한 각 직위별로 담당하는 업무역할에 맞는 별도의 내부자료와 직위별 전문적인 노하우등을 추가로 임베딩하여 직위별로 맞춤형으로 업무를 지원할 수 있다.

Key words

RAG, sLM, Assistant system, Personalized service

I. 서론

생성형 AI의 대표주자, 챗GPT는 매개변수(파라미터)가 1,000억 개 이상인 대형 언어 모델(LLM)을 발표하고 유료 및 무료서비스를 운영 중에 있다. 하지만 챗GPT는 기본적으로 매개변수가 많아 다방면 질의에 대한 정확도가 개선되는 장점이 있지만 높은 컴퓨팅 비용과 환각현상과 같은 단점이 있다.

최근, Mistral 7B Instruct와 같은 매개변수가 70억개~650억개 정도의 소형 언어 모델(SLM)이 발표되고 있는데, 이는 적은 컴퓨팅

비용과 특정분야에 맞춤형으로 개발될 수 있는 RAG(Retrieval Augmentaion Generation)기술과 접목되어 여러 산업분야에 적용되고 있는 추세이다.

SLM 기반의 생성형 AI는 이외에도 모델크기가 작기 때문에 온디바이스 AI로 다양한 서비스가 가능하고 빠른 응답과 나아가서는 별도의 클라우드 전송 없이 자체적으로 실행이 가능하므로 보안 및 개인정보보호 측면에서도 장점이 있다.

sLM 및 RAG기반 정부공공기관을 비롯한 기관의 특성상 업무관련 정보들이 외부에

* (주)토탈시스, 대표, kdsmok@gmail.com

공개되지 않는 기관들의 실무자를 비롯한 직위별 맞춤형 업무지원 비서시스템을 제안하였다.

II. RAG모델을 이용한 직위별 맞춤형 비서시스템

sLM은 상대적으로 적은 GPU자원으로 자연어처리를 지원하며, RAG는 외부로 공개되지 않는 기관내부 자료들을 지식베이스화할 수 있기 때문에 정부공공기관 등 특성에 부합하는 측면이 있다.

제안된 정부공공기관 등 정보폐쇄적인 기관을 위한 업무지원 비서시스템의 구성도는 그림 1과 같고, 주요기능은 다음과 같다.

1. 기관 공동업무 및 직위별, 개인별 주간일정표와 자동 연계된 업무준비사항제시, 예상되는 문제 및 대응방안 제시, 과거 유사업무에 대한 사건사고 사례 제시 기능
2. 업무 및 관련법규 및 규정에 대한 대화형 질의응답기능
 - 이는 기관자체 자료를 이용하여 구축된 지식베이스를 이용하므로 근거기반의 검색도 가능하고 연속적인 대화형 질의응답도 가능하다.

3. 신규자료에 대한 즉시 워드임베딩과 검색 및 대화형 질의응답에 활용

- 기 구축된 기관내부 자료에 의한 지식베이스와 전문가적 노하우 이외에도 신규 법령이나 신규 발행된 자료 또한 사용자가 간단한 드래그 앤 드롭으로 업로드하여 지식베이스에 추가하고 그 자료를 활용할 수 있도록 한다.

4. 보고서초안 작성기능

- 기관내부 충분한 지식베이스와 보고서양식 또한 유형별로 지원이 가능하므로 원하는 양식과 분량으로 보고서를 작성해달라는 요구를 하면 보고서 초안을 작성해주는 기능으로 마무리는 각자하지만 매우 업무 효율성을 제고하는 기능이다.

5. 관리자 기능

주간업무계획을 입력하는 기능
지식베이스를 구축하는 문서들 분류 기능

III. 결 론

본 논문에서는 sLM 및 RAG기반 정부공공기관을 비롯한 기관의 특성상 업무관련 정보들이 외부에 공개되지 않는 기관들의 실무자를 비롯한 직위별 맞춤형 업무지원 비서시스템을 제안하였다.

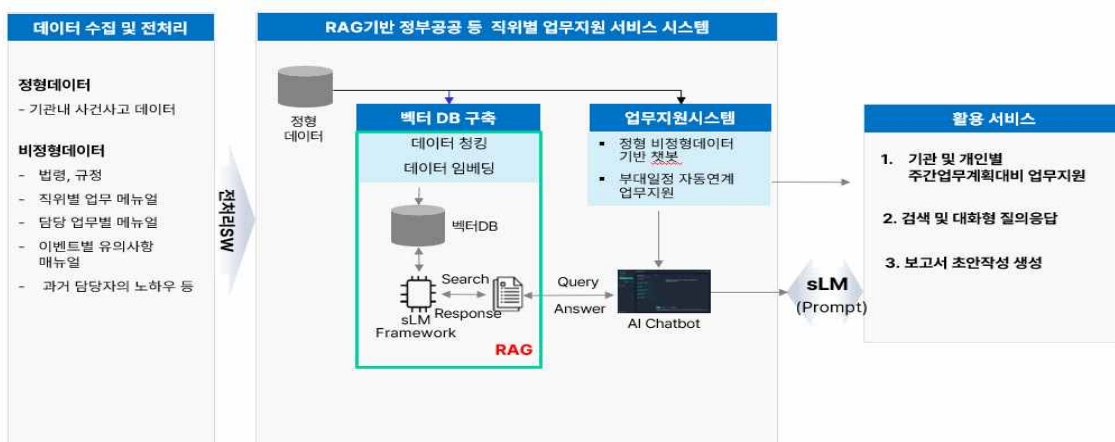


그림 1 정부공공기관 등 정보폐쇄적인 기관을 위한 업무지원 비서시스템 설계도

제안된 시스템은 기관전체의 주간업무계획표와 직위별로 주간업무계획표 상의 업무를 자동으로 인식하고 기상조건, 산불조심기간등 이벤트, 각기관별 사건사고 사례 등을 RAG모델과 자동연계하여 일정표상의 업무들에 대하여 과거사건사고사례, 업무대비 준비해야할 내용, 예상되는 문제와 대처방안 등에 대하여 자동으로 설정된 시간에 표출되도록 하여 개인별 업무를 지원하는 비서시스템으로 유용함을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 김근용, "온디바이스 소형언어모델 기술개발 동향", 전자통신동향분석 제39권 제4호 2024년 8월
- [2] 윤여찬, 김수균, "생성형 AI를 위한 Retrieval-Augmented Generation (RAG) 기술 동향 및 전망" THE JOURNAL OF KOREAN ASSOCIATION OF COMPUTER EDUCATION Volume 28, Issue 2, 2025
- [3] 김채은외, "ETRI T5 기반 미세 조정 RAG 기법 적용 챗봇 연구", 한국정보전자통신기술학회논문지(jkiiect)'25-4, Vol.18 No.2
- [4] NIA 보고서, "검생증강생성(RAG) 기술의 등장과 발전 동향", Digital Insight 2024
- [5] 지니코딩랩, "소형 언어 모델 (SLM)을 로컬 및 오프라인으로 실행하기", 2024년 02월 17일
- [6] 윤창희, "대규모 언어 모델 기반의 공공분야 초거대 AI 도입방향", 한국지능정보사회진흥원, 2023.

멀티모달 AI를 이용한 숙박업소 화재위험도 추천시스템

*고대식

Fire Risk Assessment and Recommendation System for Lodging Facilities Based on Fire Safety Inspection Data

*Dae-Sik Ko

요약

본 논문에서는 숙박업소 예약 및 투숙객을 위한 소방시설점검결과 및 관련비정형 데이터기반 숙박업소의 화재안전성 등급을 평가하는 멀티모달 AI기법을 연구분석하였다. 제안된 시스템은 소방설비(화재조기탐지경보기, 화재조기진화기, 대피용 완강기등) 설치기준법규, 화재발생시 대응방안 및 대피요령과 같은 비정형데이터를 기반으로 RAG기반의 숙박업소에 대한 화재안전성을 평가, 투숙객이 직접 본인 투숙하는 층과 룸에 설치된 소방설비들에 대한 사진촬영 이미지를 멀티모달 AI기법으로 이미지캡셔닝을 통한 소방설비 설치 및 상태 상황인지를 통한 평가, 숙박업소에 대한 소방설비 점검결과 데이터의 공개여부와 공개된 점검결과를 이용한 화재안전성 등급평가를 종합하여 최종적인 숙박업소의 화재안전성을 추천하는 시스템이다.

Key words

Fire Risk, Assessment, RAG, sLM, Multimodal AI

I. 서론

소방청 국가화재정보시스템에 따르면 최근 5년간(2019~2023년) 숙박시설에서 발생한 화재는 총 1천843건이다. 인명 피해는 총 387명으로, 이중 사망자는 32명이다.

숙박시설 화재는 2019년 365건, 2020년 344건, 2021년 375건, 2022년 382건, 2023년 377건으로 매년 비슷한 수준으로 일어났다.

인명피해는 2019년 123명이 발생한 후 2020년에는 63명으로 감소했고, 2022년 다시 80명으로 늘었으나 2023년에는 59명으로 집계됐다.

스프링클러는 1981년 11월 11층 이상 숙박시설의 11층 이상에 설치하도록 관련 규정이 만들어졌고, 2005년 5월부터는 11층 이상 숙박시설 전 층에 설치하도록 의무화됐다.

2018년 1월에는 6층 이상 숙박시설의 전

* (주)토탈시스, 대표, kds mok@gmail.com

층에 설치하는 개정안이 시행됐고, 2022년 12월부터는 층수와 관계 없이 숙박시설로 사용하는 면적이 600㎡ 이상인 경우에는 일반 스프링클러를, 300㎡ 이상인 경우에는 간이 스프링클러를 설치하도록 했다.

그러므로 여전히 스프링클러가 설치되지 않은 숙박업소가 많아 안전사각지대가 발생하고 있다.

본 논문에서는 숙박업소 예약 및 투숙객을 위한 소방시설점검결과 및 관련비정형 데이터기반 숙박업소의 화재안전성 등급을 평가하는 멀티모달 AI기법을 연구분석하였다.

II. 멀티모달 AI를 이용한 이용한 숙박업소 화재안전성 평가 시스템

멀티모달 AI는 서로 다른 유형의 데이터를 통합적으로 처리하고 이해하는 인공지능 기술을 의미한다. 여기서 모달리티(Modality)는 데이터의 표현 방식(예: 텍스트, 이미지, 음성, 비디오 등)을 뜻한다.

멀티모달 AI는 이러한 다양한 데이터를 조합하여 더 풍부한 정보를 제공하고 복잡한 작업을 수행할 수 있기때문에 텍스트, 이미지, 음성 등 여러 데이터를 동시에 처리 가능하고 인간이 오감을 통해 정보를 수집하고 학습하듯, AI도 여러 데이터를 종합적으로 이해하는 즉 상황인지 역량이 있다.

최근 멀티모달 AI는 이미지를 인지하여 설명하는 이미지캡셔닝이나 text를 입력하는 그에 상응하는 영상을 생성해주는 기술을 비롯하여 다양한 활용분야로 발전하고 있다.

그림1은 본 논문에서 제안된 숙박업소 예약 및 투숙객을 위한 소방시설점검결과 및 관련비정형 데이터기반 숙박업소 화재안전성 추천시스템 구성도이다.

제안된 시스템은 소방설비(화재조기탐지경보기, 화재조기진화기, 대피용 완강기등) 설치기준법규, 화재발생시 대응방안 및 대피요령과 같은 비정형데이터를 기반으로 RAG기반의 숙박업소에 대한 화재안전성을 평가하는 기법과, 투숙객이 직접 본인이 투숙하는

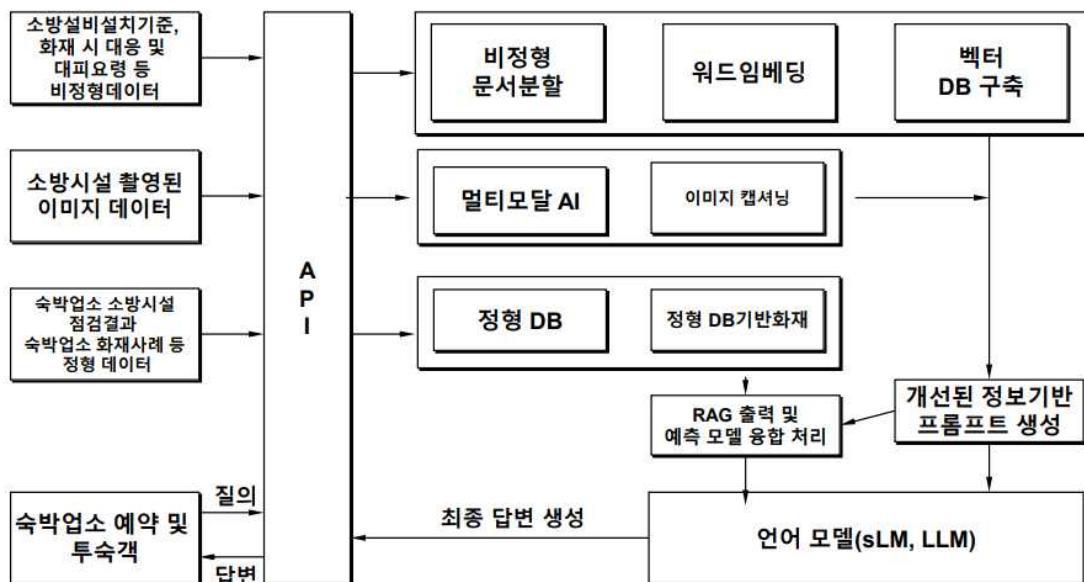


그림 1. 숙박업소 예약 및 투숙객을 위한 소방시설점검결과 및 관련비정형 데이터기반 숙박업소 화재안전성 추천시스템 설계도

층과 룸에 설치된 소방설비들에 대한 사진을 촬영하여 업로드하면 멀티모달 AI기법으로 이미지캡셔닝을 통하여 소방설비 설치 및 상태 상황인지를 하여, 숙박업소 소방설비 설치기준에 부합하는 지등을 평가하는 기법을 포함한다. 또한, 전문 소방설비 점검기술자가 점검한 소방설비 설치여부 및 동작상태 점검결과와 숙박업소 건물데이터와 같은 정형데이터 기반으로 투숙객의 화재안전 즉 화재시 조기탐지가 가능할지, 화재시 스프링쿨러가 설치되어 조기진화가 가능할지, 화재시 대피가 가능할지를 평가하는 기법을 포함하여 설계하였다.

Ⅲ. 결 론

본 논문에서는 비정형 데이터와 RAG모델, 이미지 데이터에 대한 멀티모달 AI 기반의 캡셔닝과 상황인지 모델, 그리고 숙박업소 소방설비 점검결과등 정형데이터 기반 화재 안전성을 평가하는 기법을 연구분석하였다.

제안된 시스템은 예약 및 투숙객을 화재안전성에 대한 염려를 해소해줄 수 있는 서비스를 제공할 수 있는 잇점이 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김은경, 연합뉴스, 2024/08/25
- [2] 위키독스 <https://www.ibm.com/kr-ko/think/topics/multimodal-ai>, 마지막 편집일시 : 2025년 2월 5일 5:52 오후

Session 3

논문발표

[미래관 208호]

- 좌장 -

김시호 교수(연세대)

극한 환경에서의 자율 주행 이해: 다중 스펙트럼 이미지와 멀티모달 대형 모델을 활용한 접근

*주형진, **김시호

Understanding Autonomous Driving in Extreme Conditions with Multispectral Imagery and Multi-Modal Large Models

*Hyeongjin Ju, **Shiho Kim

요약

본 연구는 극한 환경에서 자율주행 차량의 환경 인지 성능을 향상시키기 위한 멀티모달 대형 모델(RM-MLLM)을 제안한다. 기존의 RGB 센서만으로는 악천후나 저조도 조건에서 정확한 인식이 어려워, 본 연구는 RGB 이미지와 멀티스펙트럼 이미지를 결합하여 더욱 강력한 환경 인지 능력을 구현한다. 실험은 다양한 기상 조건을 반영한 Dense Fog Dataset을 사용하여 진행하였으며, 다양한 기법을 활용하여 데이터 융합 성능을 높였다. RM-MLLM 모델의 성능은 t-SNE 분석 및 질의응답 평가를 통해 검증되었으며, 향후 정량적 평가를 추가로 수행하여 성능을 더욱 체계적으로 분석할 예정이다.

Key words

Extreme Conditions, Autonomous Driving, Multi-Modal Large Model

I. 서론

자율주행 기술의 발전과 함께 차량의 환경 인지 능력이 필수적으로 요구된다. 특히, 악천후 상황이나 저조도 환경과 같은 극한 조건 [1]에서는 기존 RGB 센서만으로는 정확한 인식이 어렵기 때문에 멀티스펙트럼 이미지의 활용이 중요하다. 본 연구에서는 극한 환경에서의 자율주행 차량의 환경 인지를 향상

시키기 위해 RGB 데이터와 멀티스펙트럼 데이터를 통합한 멀티모달 대형 모델 (RM-MLLM)을 제안한다.

II. 관련 연구

2.1 데이터 수집 및 전처리

본 연구에서는 Dense Fog Dataset[2]을 사용하여 다양한 악천후 환경에서 촬영된

* 연세대학교 IT융합공학과/BK21 지능형반도체IT융합전공 (wngudwls000@yonsei.ac.kr)

** 연세대학교 IT융합공학과/BK21 지능형반도체IT융합전공, 교수, 교신저자 (shiho@yonsei.ac.kr)

데이터를 활용하였다. 이 데이터셋은 안개와 같은 저시정 환경에서 촬영된 RGB 및 멀티스펙트럼 이미지로 구성된다. 또한 객체 탐지, 도로 상태, 날씨 및 밝기 정보를 제공하므로 위 정보로 질의응답(QA) 쌍의 GT를 제작하였다.

2.2 모델 구조

RM-MLLM의 학습은 크게 세 단계로 구성된다. 첫 번째 단계(Pretrain stage)는 RGB Q-former[3]와 Multispectral Q-former 모듈을 활용하여 이미지와 텍스트 간의 대조 손실(Image-text Contrastive), 이미지-텍스트 매칭 손실(Image-text Matching), 이미지 캡셔닝 손실(Image Captioning)을 사용하여 사전 학습을 수행한다.

두 번째 단계(Fusion stage)는 멀티레이어 교차 주의(Multi Layer Cross Attention), 게이트 메커니즘(Gated Mechanism), 전문가 혼합 기반 피드포워드 네트워크(Mixture of Expert based Feed Forward Network)를 활용하여 RGB와 멀티스펙트럼 데이터 간의 통합을 수행하며, 이 과정에서 이미지 캡셔닝과 정렬 손실(Alignment)을 이용하여 학습한다.

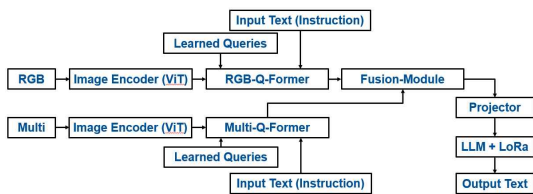


그림 1. RM-MLLM 아키텍처

세 번째 단계(Instruction tuning stage)는 투영 계층(Projection Layer)과 저차원 적응(LoRa[4])이 적용된 대형 언어 모델(LLM)을 사용하여 교차 엔트로피 손실(Cross Entropy)을 통해 추가적인 미세조정을 수행한다.

2.3 실험 결과

제안된 모델의 통합 모듈(Fusion Module)을 분석한 결과, RGB와 멀티스펙트럼 데이터가 효과적으로 혼합되고 있음을 t-SNE 분석을 통해 확인하였다.

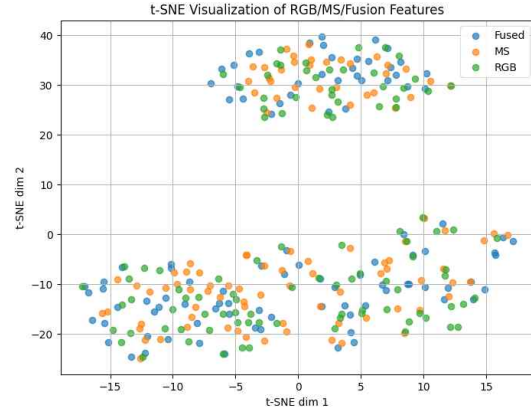


그림 2. Stage 2 t-SNE 분석 결과

실제 테스트 데이터에 대한 질의응답 결과에서도 제안된 모델이 적절한 응답을 생성하는 것으로 나타났다.

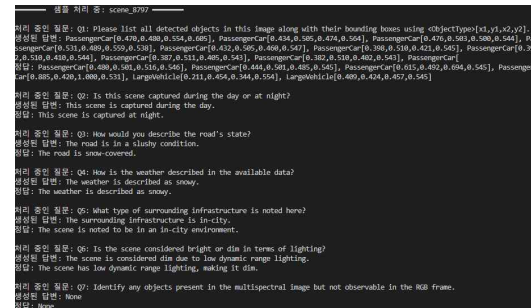


그림 3. 테스트 데이터 출력 결과

III. 결 론

본 연구에서는 극한 조건에서도 자율주행 차량의 환경 인지를 향상시키기 위해 RGB와 멀티스펙트럼 데이터를 결합한 RM-MLLM 모델을 제안하고, 단계별 학습 전략을 통해 효과적인 데이터 통합 및 정보 활용 능력을 검증하였다. 향후 연구에서는 질의응답에 대한 정량적 평가(QA quantitative

assessment)를 수행하여 모델의 성능을 보다 체계적으로 평가할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] Sakaridis, Christos, Dengxin Dai, and Luc Van Gool. "Semantic foggy scene understanding with synthetic data." *International Journal of Computer Vision* 126 (2018): 973-992.
- [2] Bijelic, Mario, et al. "Seeing through fog without seeing fog: Deep multimodal sensor fusion in unseen adverse weather." *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2020.
- [3] Li, Junnan, et al. "Blip-2: Bootstrapping language-image pre-training with frozen image encoders and large language models." *International conference on machine learning*. PMLR, 2023.
- [4] Hu, Edward J., et al. "Lora: Low-rank adaptation of large language models." *ICLR 1.2* (2022): 3.

Safe Set 제어를 통한 Control Barrier Functions Feasibility와 Safety 향상

*박성진, **최종은

Enhancing Control Barrier Functions Feasibility and Safety with Safe Set Control

*Sung-Jin Park, **Jong-Eun Choi

요약

충돌 회피를 위해 Control Barrier Function(CBF)-based Quadratic Programming(QP)가 널리 활용되지만, Sensor Noise와 Uncertainty로 인해 Infeasible해질 수 있다. 본 논문은 Time-Varying Safe Set을 Decision Variable로 도입하고, Time Derivative를 활용해 Constraint Softening 및 Forward-Invariance를 보장한다. Noise나 Uncertainty의 신뢰 구간을 반영한 Reference Safe Set 정의와 Cost Function의 Penalize Term 추가를 통해 QP Feasibility와 Safety margin을 향상시켰다. Simulation 결과, 제안 기법이 기존 CBF-QP 대비 유의미한 성능 개선을 보였다.

Key words

Control Barrier Function, Safe Set, Quadratic Programming, Safety, Feasibility

I. 서론

충돌 회피와 같은 Safety 확보를 위해 CBF-based QP framework가 널리 활용된다. CBF는 상태 제약을 통해 Safe Set의 Forward-invariance를 보장하며, QP를 통해 nominal control을 최소한으로 수정하는 방식[1]으로 실시간 안전 제어를 가능케 한다.

그러나 실제 환경에서는 Noise와 Uncertainty가 존재하여, 기존의 hard CBF

constraint가 만족되지 않으면 Infeasible Solution이 발생할 수 있고, 이는 위험성이 커질 수 있다[2].

이를 완화하기 위해 Learning-based Noise와 Uncertainty estimator를 도입한 방법[3] 및 Softened Constraint를 사용한 Nonlinear MPC 기법[4] 등이 제안되었지만, 이러한 연구[3][4]는 Safe Set d 를 고정된 hyper-parameter로 정의가 되어 Time-varying Uncertainty를 충분히 반영하지 못한다는 한계가 있다. 본 논문에서는 Time-Varying Safe Set을 최적 변수로 도

* 연세대학교 모빌리티시스템융합협동과정, 석사과정 (qdkrtjd97@gmail.com)

** 연세대학교 기계공학부, 교수, 교신저자 (jongeunchoi@yonsei.ac.kr)

입하고, CBF 제약조건에 포함하여 Constraint Softening 및 $d(t)$ 에 대한 Forward-invariance를 보장하는 framework를 제안한다.

II. Method

2.1 Time-Varying Safe Set

경계 $d(t)$ 를 Decision Variable로 설정하고, Noise estimator로부터 얻은 $w(t)$ 을 반영한 reference boundary $d_{ref}(t) = d_{safe} + w(t)$ 를 도입한다.

또한, Noise를 포함한 Time-Varying Safe Set $d(t)$ 를 Forward-invariance하기 위해 수식을 다음과 같은 형태로 제약한다.

$$\dot{h}(x) - \dot{d}(t) + \gamma(h(x) - d(t)) \geq 0$$

2.2 Softened CBF Constraint

Constraint에 $d_{safe} \leq d(t) + \frac{1}{\gamma}\dot{d}(t) \leq d_{ref}$ 를 추가한 후, Cost Function에 $d_{ref} - d(t)$ 를 최소화하여 Safe Set $d(t)$ 가 d_{ref} 를 Tracking한다. 이로써 고정된 형태의 hyper-parameter d_{ref} 가 아닌 실시간으로 $d(t)$ 를 최적화하여 QP의 Constraint를 Softening한다.

III. 결론

Single Integrator에서 Noise를 임의로 부여하여 Time-Varying Safe Set을 적용하였을 때, hyper-parameter로 d_{ref} 를 Constraint에 정의하는 방식과 비교하여 Feasibility가 2.64% 향상되었고 Noise에 대한 Safety가 0.024m 향상되었다. 또한, Goal 지점까지의 Value function은 0.19%로 소폭 향상되었다.

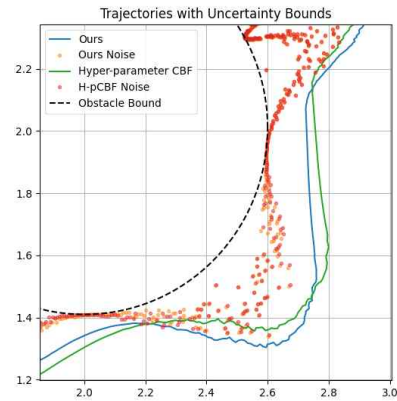


Fig 1. Single Integrator Trajectory(Ours vs 비교군)

참고 문헌

- [1] A. D. Ames, S. Coogan, M. Egerstedt, G. Notomista, K. Sreenath, P. Tabuada, "Control Barrier Functions: Theory and Applications," in 18th European Control Conference (ECC), Naples, Italy, 2019.
- [2] A. J. Taylor and A. D. Ames, "Adaptive Safety with Control Barrier Functions," in 2019 American Control Conference (ACC), Philadelphia, PA, USA, 2019.
- [3] A. Taylor, A. Singletary, Y. Yue, A. D. Ames, "Learning for Safety-Critical Control with Control Barrier Functions," arXiv preprint arXiv:1912.10099, 2019.
- [4] M. Zanon, J. V. Frasch, M. Vukov, S. Sager, M. Diehl, "Model Predictive Control for Autonomous Driving Vehicles," Electronics, vol. 10, no. 21, 2021.

조건부 주변 환경 모델링을 통한 강인한 음성 활동 검출

*김태한, **박형민

Robust Voice Activity Detection Based on Conditional Background Modeling

*Taehan Kim, **Hyung-Min Park

요약

본 논문에서는 배경 잡음 모델링과 음성 활동 검출과 주변 환경 모델링을 명시적으로 분리한 새로운 온라인 VAD 프레임워크를 제안한다. 제안 시스템은 경량-저지연 특성의 두 모듈로 구성되는데, 첫 번째인 배경 모델링 모듈(BMM)은 잡음을 모델링하며, 잡음의 컴팩트한 임베딩을 추출한다. 음성 활동 검출(VAD)은 화자 분리 기반의 인코더와 단방향 GRU 기반 디코더로 구성되며, BMM 임베딩과 입력 특성을 활용해 한정된 모델 용량을 잡음과 음성 간 판별에 집중시킨다. 아울러 이를 위한 잡음 증강 방식을 개선하고 발전해 학습을 더욱 강화한다.

Key words

Voice activity detection, background modeling, online processing, noise robustness.

I. 서론

VAD 혹은 SAD는 음성 신호에서 음성이 존재하는 구간을 탐지하는 기술이다. 이는 음성 인식, 통신 시스템 등 음성과 연관된 다양한 어플리케이션에서 중요한 전처리 역할을 한다[1][2].

온라인 방식 VAD 모델은 경량화된 배포와 빠른 추론을 위해 모델 용량이 제한되며, babble·music 등 음성과 유사한 잡음 (Speech-like noise)[3] 환경에서는 분류 난

이도가 크게 증가한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 주변 잡음 정보를 독립적으로 추출하여 VAD 모듈에 전달하는 새로운 온라인 VAD 프레임워크를 제안한다. 먼저, 배경 모델링 모듈(BMM)을 설계하여 잡음의 컴팩트한 임베딩을 얻는다. 이를 VAD 모듈에 입력 신호와 함께 활용한다. 또한 이를 위한 잡음 증강 방식을 제안해, 학습의 효과를 높인다. 제안 시스템은 낮은 지연과 계산 부담을 유지하면서도, BMM 임베딩을 활용해 잡음 환경에서도 안정적으로

* 서강대학교 전자공학과, 석사과정 (taehank@sogang.ac.kr)

** 서강대학교 전자공학과, 교수, 교신저자 (hpark@sogang.ac.kr)

음성 활동을 검지할 수 있음을 실험적으로 확인하였다.

II. 배경 잡음 모델링

2.1 배경 잡음 모델링의 구현

본 연구에서는 VAD 모델과 BMM 모델의 독립적으로 설계한다. 입력은 멜 스펙트로그램으로 변환되며, 두 모델에 입력된다. BMM이 넓은 맥락을 고려하기 위해 컨볼루션 기반의 서브샘플링을 진행하여 VAD 모델 대비 큰 시간 단위로 연산을 수행한다. 이때 BMM 모델이 잡음에 대한 특성을 뽑아내는 것을 목표로 하여, 해당 시간 잡음의 클래스를 예측하는 태스크를 보조 태스크로 사용한다.

또한, 실제 상황과 가까운 잡음 상황을 모델링하고 VAD와 BMM의 동시 학습을 위한 잡음 증강 방식을 개선하였다. 기존의 VAD는 음성 증강에 자주 사용되는 방식을 사용하는 방식으로 학습을 진행했다. 이에 따라 실제 환경에서의 일반화 성능이 떨어지는 한계가 존재한다. 이를 위해 음성 향상, 음성 분리에서 사용되는 잡음 증강을 추가한다. 또한 반향을 일정 확률로 적용시켜 실제 취득되는 음성과 유사한 특성을 학습하도록 유도했다. 이를 통해 실제 취득 음원에 대한 VAD의 일반화 성능이 크게 향상됨을 실험을 통해 확인하였다.

III. 결론

음성 활동을 탐지하는 VAD와 잡음의 특성을 추출하는 BMM을 독립적으로 설계 및 구현하였다. 이에 최적화된 구조와 시스템을 제시하였으며, 실제 상황을 모델링한 잡음 증강 방식을 제안하였다. 이를 통해 잡음이 강한 상황에서 뛰어난 탐지 성능을 보였다.

감사의 글

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획 평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2022-II220989(2022-0-00989), 다화자 동시 처리를 위한 인공지능 기반 대화 모델링 기술 개발 및 RS-2022-II220621(2022-0-00621), 대화 기반 설명 가능성을 멀티모달로 제공하는 인공지능 기술 개발)

참고 문헌

- [1] S. Boll, "Suppression of acoustic noise in speech using spectral subtraction," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 27, no. 2, pp. 113–120, 1979.
- [2] Mayank Sharma, Sandeep Joshi, Tamojit Chatterjee, and Raffay Hamid, "A comprehensive empirical review of modern voice activity detection approaches for movies and TV shows," Neurocomputing, vol. 494, pp. 116–131, 2022.
- [3] S. Boll, "Suppression of acoustic noise in speech using spectral subtraction," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 27, no. 2, pp. 113–120, 1979.

조건부 모방학습 및 엔드투엔드 주행을 통한 자율 주행의 미래

*김동현, **이용구

Beyond Rule-Based Navigation: The Future of Self-Driving with Conditional Imitation Learning and End-to-End Driving

**Dong-Hyun Kim, **Yong-Gu Lee*

요약

전통적인 Rule-Based 자율주행은 다양한 도로 상황이나 환경 변화에 유동적으로 대처하지 못하며, CNN 기반 End-to-End 자율주행은 복잡한 주행 상황에서 운전자의 의도나 맥락을 반영하지 못하는 한계가 있다. 본 연구는 이를 극복하기 위해, 멀티뷰 시각정보와 고수준 명령(HLC)을 함께 활용하는 Vision Transformer 기반 Conditional-Imitation Learning 자율주행 모델을 제안한다.

Key words

CNN, Vision Transformer (ViT), Conditional-Imitation Learning (CIL), High-Level Command(HLC), Autonomous Vehicles, End-to-End(E2E)

I. 서론

Rule-based 자율주행은 인지-판단-제어를 모듈화해 오류 분석이 쉽고 적은 데이터로 구현 가능하지만, 다양한 도로·기상 변화에 유연하지 못하며 모듈 간 정보 공유에 한계가 있다[1][2]. 이를 극복하기 위해 CNN 기반 Imitation Learning(IL)이 도입되었으나, 단순 회귀 구조는 운전자의 의도나 맥락을 반영하지 못해 복잡한 도로 상황에서 성능

저하를 보인다[3][4]. 이후 Conditional-IL(CIL)을 통해 HLC 기반 운전자 의도 반영이 시도되었지만, 여전히 멀티뷰 영상에 동일한 가중치를 적용해 운전자의 시각적 주의 분산 특성을 모방하지 못했다[5].

본 연구는 좌·우·정면 멀티뷰 RGB·Seg·Det 정보를 입력으로 사용하고, 전방 시야에는 Self-Attention을, 좌·우 시야에는 전방 시야와의 Cross-Attention을 적용함으로써 시야 간 상관성과 핵심 정보를 효과적으로

* 광주과학기술원 기계로봇공학과, 석사과정 (krym0309@gm.gist.ac.kr)

** 광주과학기술원 AI융합학과, 교수, 교신저자 (lygu@gist.ac.kr)

학습한다. 이는 좌회전 시 좌측·정면, 우회전 시 우측·정면, 직진 시 정면 시야에 집중하는 운전자의 주의 분산 특성을 구조에 반영하여 실제 운전 행동을 모방하려는 것이다. 또한 HLC 기반 분기 구조를 통해 주행 의도를 반영하는 자율주행 모델을 제안한다.

II. 본론

2.1 Model Architecture

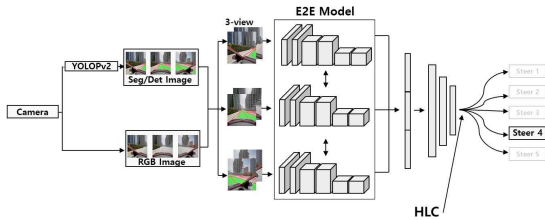


그림 1. Conditional Imitation Learning 모델 구조

그림 1은 본 논문에서 제안한 자율주행 모델의 전체 구조를 나타낸다. 입력은 좌·정면·우측 3개 시점에서 촬영된 RGB 영상과 YOLOv2로부터 얻은 Segmentation 및 Detection 결과로 구성된다. 각 시야는 CNN과 패치 임베딩을 통해 시각 정보를 시퀀스 벡터로 변환하고, 정면 시야는 Self-Attention으로 내부 패치 간 관계를, 좌·우 시야는 정면과의 Cross-Attention으로 시야 간 상호작용을 학습한다. 이후 각 시야에서 추출된 attention feature는 요약된 뒤 결합되어 고차원 표현으로 변환되며, HLC에 따라 분기된 FC 구조를 통해 운전자의 의도를 반영한 조향각을 출력한다.

2.2 Result

표 1. CARLA 경로별 주행 성능 평가

	Model time	Intervention time	Autonomy	HLC	Distance	Intervention
Path1	353.8s	27.4s	92%	15.2회	893m	3.2회
Path2	330.6s	54.2s	90%	4회	850m	10.2회
Path3	431s	15.6s	96%	15회	1053m	5회
Path4	256.6s	28s	93%	27회	933m	9.2회

Model time
Autonomy = $\frac{\text{Model time} - \text{Intervention time}}{\text{Model time}}$, 각 Path별 5회 주행 평균 기재

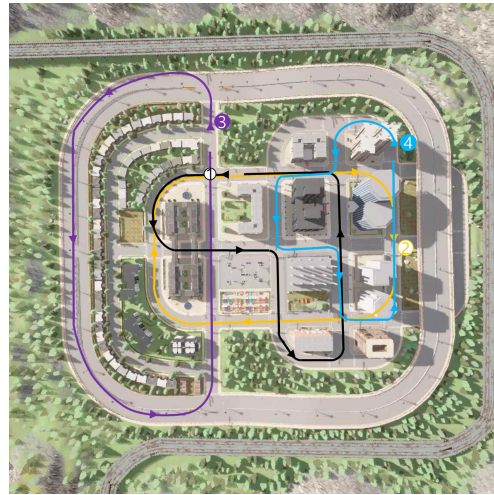


그림 2. CARLA Town05 내 주행 경로

실제 운전자 행동을 모방한 학습 방식 덕분에 약 13,800장(약 23분) 데이터로 최대 개입 10회, 34.2초 내 주행을 완료해, 주행 성공률 64~88%를 보인 기존 연구(2~72시간, 최대 252,000장) 대비 적은 데이터로도 높은 성능을 달성했다[3][6][7].

III. 결론

본 연구는 멀티뷰 영상과 MHSA/MHCA 기반 Transformer 구조의 CIL 자율주행 모델을 제안한다. 향후 GNSS 기반 HLC Path Planner를 결합한 Multi-modal 구조로 확장하고, 다양한 시뮬레이션 데이터를 추가 수집해 Town05 환경에서 IL/CIL 모델과의 정량적 비교를 수행할 예정이다. 또한 실제 데이터로 파인튜닝하여 운전자 개입 없는 실차 자율주행을 목표로 한다.

참고 문헌

[1] Ü. Özgüner, C. Stiller, and K. Redmill, "Systems for Safety and Autonomous Behavior in Cars: The DARPA Grand Challenge Experience," Proceedings of the IEEE, vol. 95, no. 2, pp. 398-412, 2007.

- [2] M. Baksas, L. E. Olsen, and K. Mathiassen, "Evaluation of Two Path Following Controllers for an Ackermann Off-road Vehicle in Winter and Summer Conditions," Proceedings of the 2021 7th International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering (ICMRE), pp. 121–130, 2021.
- [3] M. Bojarski, D. Del Testa, D. Dworakowski, B. Firner, B. Flepp, P. Goyal, L. D. Jackel, M. Monfort, U. Muller, J. Zhang, X. Zhang, J. Zhao, and K. Zieba, "End to End Learning for Self-Driving Cars," arXiv preprint arXiv:1604.07316, 2016.
- [4] Omer Qureshi, Muhammad Nouman Durrani, and Syed Ali Raza, "Imitation Learning for Autonomous Driving Cars," in Proceedings of the 2023 3rd International Conference on Artificial Intelligence (ICAI), Islamabad, Pakistan, Feb. 22–23, 2023, pp. 58–63.
- [5] Xiao, Y., Codevilla, F., Porres, D., & Lopez, A. M., Scaling Vision-based End-to-End Autonomous Driving with Multi-View Attention Learning, arXiv preprint arXiv:2302.03198v3, 2023.
- [6] Codevilla, F., Müller, M., Dosovitskiy, A., López, A., Koltun, V., End-to-end driving via conditional imitation learning, arXiv preprint arXiv:1710.02410, 2017.
- [7] Yang, Z., Zhang, Y., Yu, J., Cai, J., & Luo, J., "End-to-end multi-modal multi-task vehicle control for self-driving cars with visual perceptions," 2018 24th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), vol. 1, no. 1, pp. 2289–2294, 2018.

모바일 환경에서 프로그래머블 스위치 상의 특징 선택

*구희모, **박고은, ***백상헌

Feature Selection on Programmable Switches in Mobile Environment

Hwimo Ku, **Goeun Park, *Sangheon Pack*

요약

모바일 환경에서 다수의 머신러닝 작업을 프로그래밍 가능한 스위치에 요청할 경우, 스위치 자원 포화 가능성이 존재한다. 본 연구는 이러한 문제를 완화하기 위해, 입력 데이터의 특징 수를 줄여 자원 사용량을 감소시키면서도 분류 정확도를 유지할 수 있는 특징을 선택한다. XGBoost 기반으로 중요도를 분석하여 핵심 특징만을 선별하고, 이를 활용한 이진 신경망 모델이 전체 특징을 사용하는 경우와 유사한 성능을 유지함을 가상 스위치에서 실험을 통해 검증하였다.

Key words

Feature Selection, Programmable Switch, Mobile Network

I. 서론

5G 및 6G 네트워크의 확산은 고대역폭·저지연을 요구하는 애플리케이션의 증가로 이어졌고, 이는 트래픽 복잡성과 처리 부담을 가중시키고 있다[1]. 이러한 환경을 해결하기 위해, 프로그래밍 가능한 스위치는 네트워크 장비가 단순한 포워딩 기능을 넘어 추론 연산까지 병행할 수 있는 기반을 제공한다. 특히 이를 활용한 네트워크 내 추론(In-network inference)은 패킷 전송과 동시에 추론을 수행하지만, 다수의 작업을 요청

할 경우 자원 포화가 발생할 수 있다. 본 연구는 XGBoost 기반 중요도를 활용한 입력 특징 수 감소를 통해 분류 정확도를 유지하면서도 스위치 메모리 사용량을 크게 줄일 수 있음을 보였다.

* 고려대학교, 석사과정 (hmku0415@korea.ac.kr)

** 고려대학교, 석사과정 (gopark@korea.ac.kr)

*** 고려대학교, 교수, 교신저자 (shpack@korea.ac.kr)

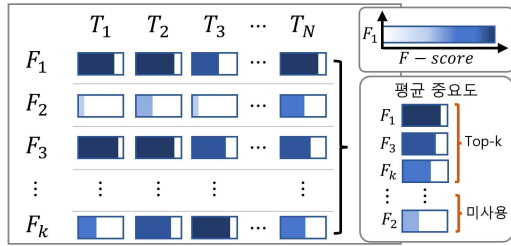


그림 1. 특징 중요도 계산 및 선택

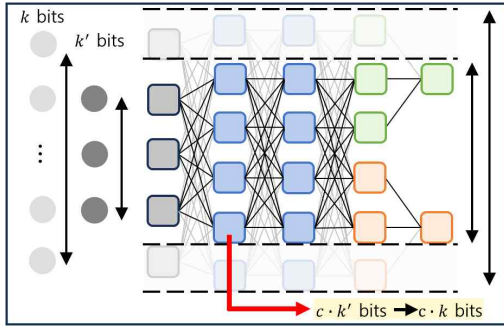


그림 2. 특징 수에 따른 모델 구조 조정

II. 프로그래머블 스위치에서의 특징 개수에 의한 성능 변화

입력 특징 수에 따른 메모리 사용량을 분석하기 위해, Census income 데이터셋[2]의 총 15개의 특징 중 XGBoost 기반 중요도 분석을 통해 상위 K개의 특징만을 선택하였다. 불필요한 입력을 제거하고, 특징 수에 따라 모델의 뉴런 수와 가중치 비트 길이 또한 함께 줄어들도록 설계하였다. 이 과정은 특징 중요도 계산, 상위 K개 선택, 모델 구조 조정의 순서로 진행된다. 최종적으로 입력 특징 수를 줄인 이진 신경망 (Binary neural network, BNN) 기반 다중 작업 모델을 학습하고, 학습된 이진 가중치를 변환하여 Behavioral model version 2 (BMv2)에 배치 및 실행하였다. 이때 각 뉴런의 가중치는 XNOR 및 Bitcount 연산으로 처리 가능한 비트 형태로 저장되며, 패킷 전송 과정에서 스위치 내에서 동시에 추론이 수행되도록 구현되었다.

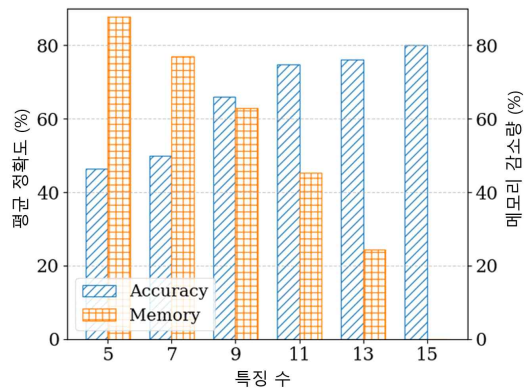


그림 3. 특징 수에 따른 정확도와 메모리 감소량

진행한 실험에서 특징 수를 11개까지 줄여도, 전체 특징을 사용한 경우와 유사한 분류 정확도를 유지하였다. 반면 그림3에서 확인할 수 있듯이, 특징 수를 7개 이하로 줄일 경우 주요 특징의 누락으로 인해 정확도가 급격히 감소하였다.

메모리 사용량 측면에서는 특징 수 감소에 따라 뚜렷한 개선 효과가 나타났으며, 11개의 특징을 사용한 경우 기준 모델 대비 약 45.4%의 메모리 절감이 이루어졌다. 이는 단순한 특징 수 감소뿐만 아니라 공유 계층 (Shared layer)의 뉴런 수와 각 뉴런의 가중치 비트 길이까지 함께 줄어든 데 기인한 결과이다.

III. 결 론

본 연구는 프로그래밍 가능한 스위치 기반 다중 작업 추론 환경에서, 특징 선택과 모델 이진화를 통해 입력 벡터와 모델 구조를 경량화하는 방안을 제안하였다. XGBoost 기반 중요도 분석을 통해 불필요한 특징을 제거하고, BNN을 적용하여 스위치 내에서 효율적인 연산이 가능함을 보였다. 학습된 이진 가중치는 XNOR 및 Bitcount 기반의 연산 형태로 변환되어, BMv2에 배치 및 실행되었다. 제안한 방식은 5G·6G와 같은 지연 민감형 네트워크 환경에서, 스위치 내 추론의 실현

가능성과 자원 효율성 측면에서 유의미한 확장 가능성을 가진다.

Acknowledgement

본 연구는 2022년도 정부 (산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0020535, 2022년 산업혁신인재성장지원사업)

참 고 문 헌

- [1] Y. Liu, et al., "Generative- AiEnabled Lightweight Traffic Detection Architecture for Programmable Gateways in Wireless Networks," in Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Milan, Italy, March 2025.
- [2] R. Kohavi, Census Income [Dataset], UCI Machine Learning Repository, 1996. <https://doi.org/10.24432/C5GP7S>.

레이더 포인트 클라우드 기반 주행 환경 분류를 위한 IF-LOF 결합 이상치 제거 기법

*이희원, **김성국, ***고정길

IF-LOF Combined Outlier Removal Method for Radar Point Cloud-Based Driving Environment Classification

Heewon Lee, **Songkuk Kim, *JeongGil Ko*

요 약

자율주행 시스템의 안전성 향상을 위해 악천후 등 열악한 환경에서도 신뢰성 높은 주변 환경 인식이 필수적이다. 본 연구는 3D Radar 포인트 클라우드 데이터의 고질적인 문제인 희소성(sparsity)과 노이즈를 해결하기 위한 새로운 필터링 기법 'IF \cap LOF'를 제안한다. IFLOF는 전역적 이상치 탐지를 위한 Isolation Forest(IF)와 지역적 이상치 탐지를 위한 Local Outlier Factor(LOF)를 결합한 방식이다. 이 기법은 한 포인트가 두 알고리즘 모두에 의해 이상치로 판단될 경우에만 제거하는 보수적인 접근을 채택하여, 희소한 데이터 내에서 중요한 구조 정보의 손실을 최소화하고 노이즈를 효과적으로 제거한다. 이를 통해 실제 도로 환경 분류 모델의 성능을 향상시키는 것을 목표로 한다.

Key words

Radar Classification, Autonomous driving, Isolationforest, LocalOutlierFactor, outlier detection

I. 서론

3D Radar 포인트 클라우드를 활용한 도로 환경 분류는 악천후나 조명 조건이 좋지 않은 상황에서도 안정적인 주행을 가능하게 한다 [1]. 하지만 Radar 센서는 LiDAR에 비해 데이터가 희소하고 노이즈가 많으며, 다중 경로 반사 문제에 민감하다는 한계가 있다

[2]. 본 연구에서 사용된 데이터셋과 같이 X, Y, Z 좌표 정보만을 포함하는 경우, 기하학적 정보 의존도가 높아져 노이즈의 영향은 더욱 치명적일 수 있다.

기존의 포인트 클라우드 분류 모델들은 대부분 ModelNet[3]과 같은 합성 데이터셋을 기준으로 개발되어 실제 도로 환경 분류에 최적화되어 있지 않다. 따라서 단순히 기존

* 연세대학교, 석사과정 (saebuk2000@yonsei.ac.kr)

** 연세대학교, 교수 (songkuk@yonsei.ac.kr)

*** 연세대학교, 교수, 교신저자 (jeonggil.ko@yonsei.ac.kr)

모델을 사용하는 것만으로는 높은 성능을 보장하기 어렵다. 이 문제를 해결하기 위해 정교한 기하학적 필터링 기법의 개발이 중요하다. 본 연구에서는 Radar 데이터의 특성을 고려한 새로운 동적, 보수적 필터링 기법을 제안하고자 한다.

II. 방법론

본 연구는 기존의 정적 임계값을 사용하는 필터링 방식이 다양한 환경에 유연하게 대처하기 어렵다는 문제의식에서 출발한다. 레이더 데이터는 희소하기 때문에 과도한 필터링은 중요한 구조 정보 손실로 이어질 수 있으므로, 확실한 노이즈만 제거하는 보수적인 전략이 필요합니다. 이에 본 연구는 $IF \cap LOF$ 필터링 기법을 제안한다.

$IF \cap LOF$ 의 핵심 아이디어는 전역적 이상치 탐지 기법인 IF [4]와 지역적 이상치 탐지 기법인 LOF [5]를 결합하여, 두 방법 모두에 의해 이상치로 판정된 포인트만을 최종 노이즈로 간주하고 제거하는 것이다. IF 는 무작위 분할을 통해 이상치가 정상 데이터보다 쉽게 고립된다는 원리를 이용한다. 이를 통해 장면의 주요 구조에서 전역적으로 멀리 떨어져 있거나 고립된 노이즈 후보 포인트를 1차적으로 식별한다. LOF 는 각 포인트의 지역적 밀도를 주변 이웃의 밀도와 비교하여 이상치를 판단한다. 밀집된 벽 근처에 흩어져 있는 포인트처럼 지역적 기하 구조에 부합하지 않는 노이즈를 포착할 수 있다.

이 두 기법의 교집합을 사용함으로써, 전역적으로도 이상치이고(IF) 지역적으로도 이상치인(LOF) 포인트만 제거하는 매우 보수적인 필터링이 가능해진다. 이러한 2단계 논리 필터 방식은 각 방법론을 단독으로 사용할 때 발생할 수 있는 오류를 방지하고, 강인한 노이즈 제거를 가능하게 한다.

III. 결론

본 연구는 3D Radar 포인트 클라우드의 희소성과 노이즈 문제를 해결하기 위해 $IF \cap LOF$ 필터링 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 전역적(IF) 및 지역적(LOF) 관점에서 모두 이상치로 판단되는 포인트만 제거하는 보수적 전략을 사용하여, 데이터의 희소성으로 인해 발생할 수 있는 중요 정보의 손실을 최소화한다. 특히 벽과 같은 주요 구조물은 보존하면서 무작위 노이즈나 다중 경로 반사로 인한 이상치 포인트를 효과적으로 제거할 수 있다. 이처럼 $IF \cap LOF$ 는 노이즈가 많고 희소한 실제 도로 환경의 Radar 데이터를 정제하여, 후속 포인트 클라우드 분류 모델의 성능과 신뢰성을 향상시키는 데 기여할 수 있다. 이는 궁극적으로 자율주행 시스템의 안전성을 높이는 데 중요한 역할을 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Zhang, Yuxiao, et al. "Perception and sensing for autonomous vehicles under adverse weather conditions: A survey." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 196 (2023): 146-177.
- [2] Chan, Pak Hung, et al. "A noise analysis of 4d radar: robust sensing for automotive?." *IEEE Sensors Journal* (2025).
- [3] Wu, Zhirong, et al. "3d shapenets: A deep representation for volumetric shapes." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2015.
- [4] Liu, Fei Tony, Kai Ming Ting, and Zhi-Hua Zhou. "Isolation forest." *2008 eighth IEEE international conference on data mining*. IEEE, 2008.
- [5] Alghushairy, Omar, et al. "A review of local outlier factor algorithms for outlier detection in big data streams." *Big Data and Cognitive Computing* 5.1 (2020): 1.

RGB-D 카메라 기반 고전압 배전반 단자 3차원 위치 정밀 추정 기법

*김충근, **이충현, ***전도영

Precision 3-D Detection of High-Voltage Distribution Panel Terminals Using RGB-D Camera

Choonggun Kim*, *Chunghyeon Lee*, ****Doyoung Jeon*

요 약

본 논문은 RGB-D 카메라를 이용해 고전압 배전반의 R-S-T 단자(terminal) 3-차원 위치와 표면 법선을 정밀 추정하기 위한 파이프라인을 제안한다. 인스턴스 세그멘테이션 알고리즘으로 단자 ROI를 검출하고, 카메라 내부외부 파라미터를 활용한 왜곡 보정 및 RGB-Depth 정합을 수행한 뒤, RANSAC 평면 피팅으로 단자 상단 평면을 추출하여 깊이법선 정보를 획득한다. 제작한 실물 크기(22.9 kV 규격) 목업 배전반에서 수행한 실험 결과, 평균 위치 RMS 오차는 최대 2.3 mm 이내로 나타나 고정밀·고신뢰 3-D 인식 성능을 입증하였다.

Key words

RGB-D Camera, Distribution Panel, Instance Segmentation, RANSAC

I. 서 론

고전압 배전반 유지·보수 과정에서는 단자 정확 위치에 기반한 검전·접지 작업이 필수적이다. 기존 수작업 절차는 감전·아크 플래시 위험을 내포하였으며, 복잡한 패널 형상과 협소한 공간으로 인해 자동화 적용이 어려웠다. 이에 따라 최근 AI 비전과 로봇 매니플레이션 접목을 통한 자동화 연구가 이루어지고

있으나, 실내 배전반 단자에 대한 밀리미터급 3-차원 위치·자세 추정에 초점을 맞춘 연구는 드물다. 본 연구는 RGB-D 센서를 활용한 한 번의 촬영만으로 단자의 3-D 위치를 추정하는 파이프라인을 고안하고, 실물 배전반 모형에서 정량적으로 검증하였다.

II. 배전반 단자 위치 추정

* 서강대학교 기계공학과 석박사통합과정 (*kcg1755@sogang.ac.kr*)

** 서강대학교 기계공학과 석사과정 (*chlee0523@naver.com*)

*** 서강대학교 기계공학과 교수, 교신저자 (*dyjeon@sogang.ac.kr*)

2.1 단자 위치 추정 알고리즘

먼저 배전반 단자 전용 데이터셋으로 학습시킨 Instance Segmentation 모델을 이용하여 단자 영역을 픽셀 단위로 검출하였다 [1]. 이후 카메라 내부·외부 파라미터를 활용하여 RGB와 Depth 영상을 정밀 정합하고 왜곡을 제거하였다[2]. 검출된 ROI 내부의 포인트 클라우드에 RANSAC 평면 피팅을 적용하여 단자 상단 평면과 법선을 추정하였고, 평면 추정 결과와 깊이 값을 이용해 마스크 경계 픽셀을 3-D로 역투영하여 단자 중심 좌표를 계산하였다.

2.2 실험 결과

로봇이 RGB 카메라를 통해 획득한 영상 내 기준점에 단자 중심을 정렬하는 과정을 정량적으로 평가하기 위해, 실시간 3차원 위치 추정값의 궤적을 기록하고, 네 가지 상이한 초기 배치 조건에 대해 반복 실험을 수행하였다. 그림 1을 참고하면, 로봇은 초기 위치와 무관하게 기준점에 대한 안정적인 수렴 특성을 나타내었으며, 피드백 제어 기반 위치 정렬 알고리즘이 동작하는 동안 RMS 오차는 X, Y, Z 축 기준으로 각각 1.4 mm, 1.1 mm, 2.3 mm 로 나타났다. 이는 본 시스템의 정렬 알고리즘이 영상 기반 추정 및 제어 루프 내에서 정밀도와 일관성을 동시에 확보하고

있음을 실험적으로 입증한다.

III. 결 론

본 연구는 RGB-D 비전을 활용한 배전반 단자 3-D 위치 추정 파이프라인을 제안하고, 밀리미터급 정확도로 추정 성능을 실증하였다. 이는 고전압 배전반 자동 검전·접지 로봇의 핵심 센싱 기술로 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Ultralytics Team, "YOLOv8: Ultralytics YOLO for object detection and image segmentation," GitHub, 2023. [Online]. Available: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>
- [2] Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 22, no. 11, pp. 1330–1334, Nov. 2000, doi: 10.1109/34.888718.

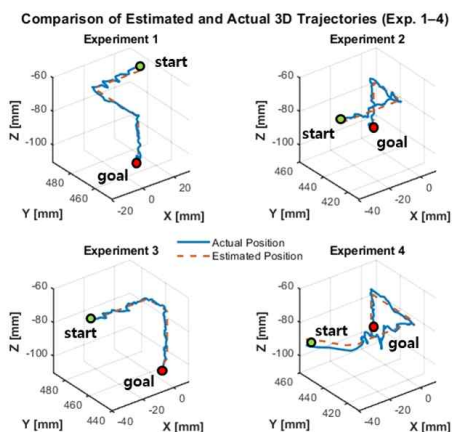


그림 1. 단자 인식 궤적 비교실험 결과