

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2025.33.2.010>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

AI를 활용한 NOTAM 자연어 번역에 관한 연구

김성현*, 김규왕**

Reserach on AI-Driven Natural Language Translation of NOTAMs

Sunghyun Kim*, Kyuwang Kim**

ABSTRACT

NOTAM (notice to airmen or notice to air missions) is an essential document that pilots must verify during flights. However, since its introduction in 1942, the format of NOTAM has remained largely unchanged. For flights to regions such as North America or Europe, pilots must review NOTAMs that can 80-100 pages long. The current NOTAM format, which relies heavily on abbreviations and codes, makes it virtually impossible for the crew to comprehensively review all the information they need. Moreover, the existing format makes it difficult to distinguish between the various priority levels or degrees of importance of the notices. This study focuses on developing a system that translates the abbreviated and coded NOTAMs into natural language and then re-translates them into Korean, tailored for the familiarity of Korean pilots. The goal is to improve the accessibility, clarity, and prioritization of NOTAMs for pilots, enhancing their ability to make informed decisions during flight operations.

Key Words : NOTAM(노탐), AI(인공지능), Natural Language Processing, NLP(자연어 처리), Coordinates Visualization(좌표 시각화), Translation(번역)

1. 서 론

1.1 연구 배경

항공운항의 안전성을 높이기 위한 실시간 정보 제공 시스템인 NOTAM (notice to airmen 또는 notice to air missions)은 항공사고 예방과 효율적인 항공 운항에 필수적인 역할을 한다. 그러나 대부분의 NOTAM이 영어 약어와 코드로 제공되기 때문에, 우리나라 조종사들은 이를 정확히 이해하는 데 많은 시간

이 소요된다.

또한, 여러 국가에서 ICAO 표준을 따르지 않고 각기 다른 형식과 전문적인 항공 용어를 사용함으로써 해석이 더욱 어려워지는 문제가 있다. 특히, 좌표 기반 정보는 공간적 이해를 돕는 데 중요한 역할을 하지만, 현재 텍스트 형태로 제공되는 좌표 정보를 짧은 브리핑 시간 내에 신속히 파악하는 것은 거의 불가능에 가깝다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 NOTAM 정보를 보다 직관적으로 제공할 수 있는 새로운 기술적 접근이 필요하다. 최근 AI(artificial intelligence, 인공지능) 기술이 다양한 산업에서 혁신을 일으키고 있으며, 항공 산업에서도 AI를 활용한 솔루션이 점차 등장하고 있다. AI를 활용하면 복잡한 항공 정보를 보다 쉽게 해석하고, 조종사들이 신속하게 필요한 정보를 파악할 수 있도록 도울 수 있다. 그러나 국내 항공 업계에서는 AI

Received: 31. Mar. 2025, Revised: 15. Apr. 2025,
Accepted: 07. May. 2025

* 한서대학교 운항관리학과 박사과정

** 한서대학교 항공운항학과 교수

연락처자 E-mail : kimchi1230@hanseo.ac.kr

연락처자 주소 : 충남 태안군 남면 신온리 105 본관 214

기반 연구나 실질적인 활용 사례가 아직 초기 단계에 머물러 있는 것이 현실이다.

이에 본 연구는 약어와 코드로 구성된 기존의 NOTAM 정보를 실시간으로 영어 및 한국어 자연어로 변환하고, 좌표 데이터를 시각적으로 제공하는 시스템을 개발하는 데 초점을 맞추고자 하였다. 이러한 시스템을 개발함으로써 조종사들이 짧은 브리핑 시간 동안에 필수 정보를 직관적으로 파악할 수 있으며, 특히 한국어 기반 번역과 시각화를 통해 국내 조종사들의 정보 접근성과 운항 판단력을 효과적으로 지원할 수 있을 것으로 기대하였다.

1.2 연구 목적

1.2.1 NOTAM 분석 시스템 개발

대한민국의 항공사들은 자체적으로 NOTAM 배포 시스템을 갖추고 있거나, 국토교통부, FAA(Federal Aviation Administration), ICAO(International Civil Aviation Organization)등에서 발행하는 NOTAM을 조종사들에게 직접 제공하고 있다.

그러나 국토교통부의 xNOTAM이나 항공사들의 NOTAM 배포 시스템은 ICAO Annex 15 (Aeronautical Information Services) 및 FAA Order 7930.2(NOTAM System)에서 지정한 Raw Format으로 발행되기 때문에, 조종사들에게 효과적으로 정보를 전달하기에는 한계가 있다. 따라서 ICAO 표준 NOTAM을 분석하여 조종사들에게 더욱 효과적으로 전달할 수 있는 방안을 탐색하고자 하였다.

1.2.2 자동 번역 시스템 개발

현재의 NOTAM 포맷은 1942년 개발된 초기 NOTAM 형식에서 큰 변화 없이 80여 년 가까이 사용되고 있다. 초기 NOTAM은 전신 타자기(teletype)¹⁾를 이용해 전달되었기 때문에 약어와 부호 사용이 필수적이었다. 그러나 현재는 AFTN(Aeronautical Fixed Telecommunication Network)²⁾이나 웹을 통해 전달되기 때문에, 더 이상 약어 사용이 필수적이지 않다.

NOTAM은 초기 해양 안전 정보를 전달하기 위해 사용된 NTM (Notice To Mariners)³⁾를 참고하여 개발되었다. 현재 한국의 NTM은 영문과 한국어로 제공되며, 약어와 부호 사용이 최소화되고 있다. 이에 본 연구는 NTM과 같이 코드화된 NOTAM을 자연어로 풀어쓰고, 한국 조종사들의 접근성을 높이기 위해 한국어 번역 기능을 추가하여 보다 정확한 정보를 전달하고자 한다.

1.2.3 좌표 정보 시각화

NOTAM에는 종종 ICAO 표준 좌표 체계(UTM, universal transverse mercator)좌표가 포함되어 있다. 그러나 현재 조종사들이 사용하고 있는 iPad 기반 Jeppesen Flight Deck (JeppFD)⁴⁾등의 전자 비행 가방(EFB, electronic flight bag)애플리케이션에서는 이러한 좌표를 자동으로 검색하는 기능을 지원하지 않는다.

또한, JeppFD는 GPS(global positioning system)에서 주로 사용하는 DDMM.MMM (degrees and decimal minutes)형식을 적용하기 때문에, 조종사들이 ICAO 포맷의 좌표 정보를 JeppFD에서 직접 확인하는 것이 사실상 불가능하다.

이에 본 연구에서는 Google Maps API를 활용하여 ICAO UTM 좌표를 변환하고, 지도 상에서 시각적으로 표시하는 기능을 개발하여 조종사들이 좌표 NOTAM을 보다 쉽게 확인할 수 있도록 하고자 한다.

1.2.4 웹 애플리케이션 개발

본 연구에서 개발하는 시스템은 실시간으로 공항의 최신 NOTAM을 수집하여, 영어 및 한국어 자연어 번역을 자동으로 수행하는 기능을 제공한다. 또한, 시간 필터링 기능을 도입하여 조종사가 특정 시간대에 적용되는 NOTAM만을 조회할 수 있도록 설계되었다.

특히, 중요 제한 사항(예: 'closed', 'restricted', 'unable')은 빨간색으로 강조하여 가시성을 높이고, 좌표 정보를 시각적으로 변환하여 지도에서 직관적으로

1) 텍스트를 입력·출력하는 기계식 통신 장비로, 초기 컴퓨터 및 전신망에서 데이터 송수신에 사용됨.

2) 항공 교통 관제 및 관련 정보를 교환하기 위한 국제 표준 고정 통신망으로, 항공기 운항의 안전성과 효율성을 지원함.

3) 선박의 안전한 항해를 위해 항행 정보를 제공하는 공식 통보문으로, 해도 및 항해 관련 최신 정보를 업데이트하는 데 사용됨.

4) 조종사용 디지털 항행 소프트웨어로, 공항 정보, 항공로, 기상 데이터 등을 통합 제공하여 항공기의 안전한 운항을 지원함.

확인할 수 있도록 구현하였다. 즉, 사용자는 번역된 NOTAM 정보와 지도 기반 시각화 데이터를 한 화면에서 동시에 확인할 수 있다.

또한, 해당 시스템은 웹 기반 애플리케이션으로 개발되었으며, PC 및 iPad와 같은 다양한 기기에서 접근할 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 조종사와 운항 관리자가 실시간으로 NOTAM 정보를 손쉽게 확인하고, 보다 신속하게 의사결정을 내릴 수 있도록 지원한다.

현재 AI 기반 자연어 처리 기술을 활용한 NOTAM 번역 시스템은 FAA를 비롯한 여러 항공 관련 소프트웨어 업체에서도 상용화가 진행 중이며, 지속적인 발전이 이루어지고 있다. 그러나 한국어 번역을 포함한 연구 및 개발은 아직 초기 단계에 머물러 있어, 국내 항공 업계에서의 실질적인 활용도는 제한적이다.

이에 본 연구는 AI를 활용한 영어-한국어 NOTAM 자동 번역 시스템을 설계 및 구현하여, 보다 효율적이고 정확한 NOTAM 정보 전달을 지원하고, 궁극적으로 비행 안전성을 향상시키는 것을 목표로 한다. 이를 통해 국내 항공 종사자들이 중요한 항공 정보를 보다 신속하게 습득할 수 있는 환경을 조성하는 데 기여할 수 있을 것이다.

II. 본 론

본 연구에서는 AI 기반의 자연어 번역 및 시각화 시스템을 활용하여 NOTAM 정보의 가독성을 개선하고 조종사들이 보다 직관적으로 정보를 이해할 수 있도록 지원하는 시스템을 개발하였다. 이를 위해 먼저 기존 NOTAM 시스템의 한계를 분석하고, AI 기반 번역 시스템 및 좌표 시각화 기술의 적용 방안을 설명한다. 또한, AI 모델 비교 및 성능 평가 실험을 수행하고, 최적의 번역 모델을 선정하여 실질적인 활용 가능성을 검토하였다.

2.1 기존 NOTAM 시스템의 한계

현재 운항 중인 조종사들은 다양한 기관에서 제공하는 NOTAM 데이터베이스를 활용하여 운항 정보를 확인하지만, 시스템별로 여러 한계가 존재한다. 주요 기관별 NOTAM 시스템의 특징과 한계를 비교하여 설명하면 다음과 같다.

2.1.1 Eurocontrol EAD(European AIS Database)

EAD⁵⁾는 유럽 전역의 항공 정보를 통합 관리하는

```
- ANEKI 2F, CINDY 3F, SOBRA 8F, SULUS 3F, MARUN 1N, OBOKA 5N,
SOBRA 8N, TOBAK 3N, SOBRA 7P.
AMEND ROUTE DESCRIPTION AS FOLLOWS:
25C: CLIMB ON RUNWAY TRACK TO DF134 (FLY-OVER), AT OR ABOVE 800FT.
25L: CLIMB ON RUNWAY TRACK TO DF135 (FLY-OVER), AT OR ABOVE 800FT.
AMEND TABULAR DESCRIPTION AS FOLLOWS:
DISREGARD PATH TERMINATOR FA WITH WAYPOINT IDENTIFIER RW25C AND
RW25L. AT DF134 AND DF135 AMEND PATH TERMINATOR TO READ CF ADD
TT 249.6 MT 246 AND A800+. VAR 3.39DEG EAST.
CHANGE IS PERMANENT.
REF AIP PAGES AD 2 EDDF 5-7-39 AND 5-7-48 BOTH EFF 10 AUG 2023,
5-7-40, 5-7-43, 5-7-44, 5-7-45, AND 5-7-52 ALL EFF 13 JUL 2023
AND 5-7-41, 5-7-42, 5-7-46, 5-7-47, 5-7-49, 5-7-50, 5-7-51 AND
5-7-53 ALL DATED 13 JUL 2023.
FROM: 10 OCT 2023 09:35 TO: PERM
```

Fig. 1. EDDF NOTAM sample (EAD)

중앙 데이터베이스로, 항공 안전과 교통 관리의 효율성을 제고하고자 구축되었다. ICAO Annex 15에서 규정하는 표준 NOTAM 형식을 완전히 준수하지는 않으나, ICAO 약어의 사용을 최소화하고 비교적 직관적인 문장으로 정보를 제공하는 방식으로 운영된다.

장점으로는 ICAO 약어를 줄이고 문장형 정보를 제공함으로써 가독성을 높였다는 점과, 유럽 전역의 통합된 NOTAM 정보를 제공한다는 점이 있다.

단점으로는 ICAO 표준을 엄격히 준수하지 않는다는 점, 그리고 조종사들이 NOTAM을 개별적으로 확인해야 하기 때문에 정보 탐색의 효율성이 떨어지고, 시각적 요소가 부족하여 공간적 정보 해석에 어려움이 있다는 점이 지적된다.

2.1.2 FAA FNS NOTAM Search

미국 연방항공청(FAA)의 FNS 시스템은 다양한 형식의 NOTAM 데이터를 제공하며, 일부 공항에 대해서는 그래픽 기반 정보도 지원하고 있다.

이 시스템의 장점은 다양한 형식(ICAO 형식, 평문 형식 등)의 정보를 제공하여 활용도가 높고, 그래픽 정보를 통해 시각적 해석이 가능하다는 점이다.

반면, 단점으로는 국가별 형식이 혼재되어 있어 조종사들이 혼란을 겪을 가능성이 있으며, 개별 NOTAM을 수동으로 확인해야 하므로 대량 정보를 처리하는 데에는 비효율적일 수 있다(Fig. 1).

2.1.3 대한민국 xNOTAM

xNOTAM은 국토교통부에서 운영하는 시스템으로, ICAO 표준 형식의 NOTAM을 제공하며, 한국어 번역

5) 유럽 항공안전기구(EUROCONTROL)에서 운영하는 항공정보 종합 데이터베이스로, 유럽 전역의 항공정보(AIP, NOTAM, SUP 등)를 표준화하여 통합 제공.

기능과 지도 기반 좌표 시각화 기능을 포함하고 있다.

장점으로는 ICAO 표준 준수, 한국어 번역 제공, 지도 기반 좌표 시각화 기능 등이 있으며, 이를 통해 국내 조종사들의 이해를 돕고 있다.

그러나 단순 치환 방식의 번역으로 정확성이 떨어지고, 약어 및 코드 변환이 미흡하다는 점, 그리고 국내 지도만을 사용하므로 군 공항 등 일부 정보는 제한된다는 단점이 존재한다(Fig. 2).

2.1.4 EAD, FAA, xNOTAM 시스템의 한계

EAD, FAA, 그리고 국토교통부의 xNOTAM 시스템은 각각 지역적·기술적 한계를 가지고 있다. ICAO 표준을 준수해야 한다는 원칙이 있음에도 불구하고, 시스템별로 구현 방식이 다르기 때문에 표준을 완전히 따르지 않는 경우가 빈번하게 발생하고 있다.

이러한 한계로 인해 조종사들은 NOTAM 정보를 효과적으로 활용하기 어려우며, 신속한 의사 결정에 걸림돌이 되고 있다. 따라서, 본 연구에서 제안하는 AI 기반 번역 및 시각화 시스템이 이러한 문제점을 해결하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다(Fig. 3).

2.2 AI를 활용한 자연어 번역 시스템

기존의 NOTAM 시스템이 가진 한계를 해결하기 위해 AI 기반 자연어 번역 시스템을 개발하였다. 이를 통해 NOTAM 정보를 자동 번역하고, 가독성을 높이며, 좌표 데이터를 시각적으로 변환할 수 있도록 하였다.

2.2.1 시스템 개발 순서도

본 연구에서 개발한 AI 기반 NOTAM 번역 시스템

NOTAM NO. E0939/25	
항목	내용
NOTAM번호	E0939/25신규
비행정보구역	인천비행정보구역(RKRR)
QCODE	임시제한구역 활성화(ORTCA)
비행방식	계기비행(IFR) 및 시계비행(VFR)
목적	PIB포함, 항공기운항
적용범위	항행경고
고도	지표면 - FL140
지리참조기준점 (위치)	[북위]36도26분 [동경]124도13분
반경	13마일
A항목(지명)	인천비행정보구역(RKRR)
B항목(발효일시)	국제표준시 25년03월25일04시30분(한국표준시 25년03월25일13시30분)
C항목(종료일시)	국제표준시 25년03월25일07시30분(한국표준시 25년03월25일16시30분)

Fig. 2. RKRR NOTAM sample(xNOTAM)

Facility: LAX

NOTAM #: 4/9915 (KLAX-A2718/24)

Issue Date UTC: 05/07/2024 1729

Start Date UTC: 05/07/2024 1729

Domestic

ICAO

Plain Language

Affected Facility: LAX, LOS ANGELES INTL, LOS ANGELES, CA.

NOTAM Number: 4/9915

Effective Time Frame

Valid From: 2405071723

Valid To: 2412171722EST

Procedure Affected:

GORMAN SEVEN DEPARTURE...

AVENAL TRANSITION NA EXCEPT FOR ACFT EQUIPPED WITH SUITABLE RNAV SYSTEM WITH GPS.

GMN VOR R-310 RESTRICTED.

Fig. 3. KLAX NOTAM sample(FAA)

의 전체 프로세스는 다음과 같다(Fig. 4).

첫째, NOTAM 입력 및 수집한다. ICAO 표준 NOTAM 데이터를 'ourairports.com' API를 통해 실시간으로 가져옴. 국토교통부 및 항공사 제공 NOTAM 데이터와 병합하여 사용하였다.

둘째, 데이터 파싱 및 약어 처리한다. 수집된 NOTAM을 구조화된 형태로 변환. 국토교통부 약어사전을 활용하여 약어를 자동 치환한다.

예: "RWY" → "Runway", "ACFT" → "Aircraft"

셋째, 좌표 데이터 시각화 한다. NOTAM에서 좌표 데이터를 추출하여 Google Maps API를 활용하여 시각적으로 표시. 단일 좌표는 점(Point), 다중 좌표는 다각형(polygon) 형태로 표현한다.

넷째, Flan-T5, GPT-4, Gemini 2.0-Flash 세 가지의 Transformer AI를 비교 테스트하였다. 한국어 번역을 위한 맞춤형 약어 변환 및 AI 기반 자연어 번역을 수행한다.

다섯째, 필터링 및 스타일링 적용은 날짜 및 시간(local time 변환) 필터링 기능 추가하고, 긴급 사항(예: "closed", "restricted", "unable")은 빨간색 강조 표시,

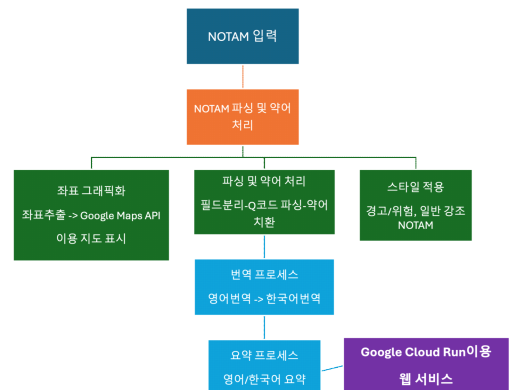


Fig. 4. AI-driven NOTAM translator diagram

주지할 사항에 대하여서는 파란색으로 표시하였다.

여섯째, Flask 프레임워크를 기반으로 웹 애플리케이션 배포하였다. 테스트는 Synology NAS, Alicloud Cloud, Google Cloud Run을 테스트하였으며, 최종적으로는 Google Cloud Run을 이용하여 배포하였다.

2.2.2 핵심 기술(번역 프로세스)

1) 사전 데이터 준비

국토교통부에서 발행한 항공약어 사전(aeronautical abbreviation dictionary)에는 총 2,156개의 영어 약어와 2,154개의 한국어 약어가 수록되어 있다. 그러나, 이 모든 약어가 실제로 NOTAM에서 사용되는지는 명확하지 않다.

이에 따라, K 항공사의 NOTAM 패키지 235개(총 311,435라인)를 분석하여 실제 사용 빈도가 높은 약어를 선정하였다. 분석 결과, 가장 많이 사용된 약어는 Table 1과 같다.

이러한 자주 사용되는 약어들은 조종사들이 충분히 인지하고 있기 때문에 번역과 요약시에 번역하지 않고 원문 그대로 유지하였다.

2) 약어 처리 - 치환

NOTAM에서 사용되는 약어 및 코드들은 조종사들의 빠른 이해를 방해하는 요소이므로, 이를 직관적으로 변환하는 작업을 수행하였다.

Table 1. Frequently used abbreviations

순위	약어	사용횟수
1	RWY (Runway)	18,176회
2	ACFT (Aircraft)	12,456회
3	CAT (Category)	10,982회
4	RVR (runway visual range)	10,111회
5	UFN (until further notice)	8,670회
6	FLW (follow)	8,250회
7	AIP (aeronautical information publication)	7,999회
8	DH (decision height)	7,994회
9	TWY (taxiway)	7,071회
10	FIR (flight information region)	6,878회

예) PERM AIRAC AIP AMDT 2/25 WEF 1600 UTC 19 MAR 2025

-> Permanent AIRAC AIP Amendment 2/25 With effect from UTC 19 MAR 2025

위의 변환 과정에서 PERM(permanent), AMDT (amendment), WEF(with effect from)와 같은 약어는 사전에 정의된 규칙에 따라 자동으로 치환되었다.

그러나, AIRAC(aeronautical information regulation and control) 및 AIP(aeronautical information publication)와 같이 항공 업계에서 널리 사용되며 의미가 명확한 약어들은 그대로 유지하여 번역 품질을 높였다.

3) AI 기반 번역 적용

1차로 약어를 변환한 후, 2차로 AI 번역 모델을 적용하여 자연어 번역을 수행하였다. 본 연구에서는 성능 비교를 위해 Flan-T5, GPT-4, Gemini 2.0-Flash 모델을 테스트하였다(Table 2).

4) 필터링 및 스타일링

번역된 NOTAM에 대해 날짜/시간 필터링 기능(현재 시간 변환 기능 포함)을 추가하여, 사용자가 필요한 시간대의 NOTAM만 확인할 수 있도록 하였다. 이를 통해 정보의 과부하를 줄이고 효율적인 탐색을 가능하게 하였다.

또한, 제한사항, 금지사항, 주의사항 등은 빨간색으로 강조하여 긴급하거나 중요한 사항이 쉽게 눈에 띄도록 하였고, 검토가 필요한 사항은 파란색으로 스타일링 처리하여 정보의 우선순위를 명확히 구분할 수 있도록 하였다.

이 스타일링 기능은 시각적으로 중요한 정보를 빠르게 인식하고, 조종사들이 효율적으로 운항 결정을 내릴

Table 2. Features by translation model

모델	특징	장점	단점
Flan-T5	Transformer 기반 언어 모델	오픈소스로 무료 사용 가능	NOTAM 특화 번역 품질이 낮음
GPT-4	OpenAI의 대규모 언어 모델	높은 번역 품질 제공	API 사용 비용이 발생
Gemini 2.0-Flash	Google의 최신 멀티 모달 모델	무료 API 제공, 빠른 속도	번역 관련 실사용 데이터 부족

수 있도록 돕는 역할을 한다.

2.2.3 좌표 NOTAM 시각화 기술

NOTAM에 사용되는 좌표는 ICAO Annex 15와 DOC 8126에서 DDMM.M형식의 좌표를 기본적으로 권장하고 있다. 그러나, 각 나라와 지역별로 NOTAM 좌표 표기 방식은 다르게 제공되기 때문에, 조종사들이 좌표 정보를 확인하는 데 어려움을 겪고 있다.

이에 본 연구에서는 가장 많이 사용되는 좌표 형식인 UTM, DDMM.M, DDMMSS를 자동으로 변환하여 Google Maps에 시각적으로 표시할 수 있도록 시스템을 개발하였다. 단일 좌표는 지점(point)으로 표시되며, 멀티 좌표는 다각형(polygon)도형으로 표시되어, 조종사들이 시각적으로 쉽게 좌표 정보를 확인할 수 있도록 하였다.

이 시각화 기술을 통해 좌표 정보에 대한 이해도를 높이고, 빠르고 정확한 의사결정을 돕는 역할을 하게 된다(Fig. 5).

2.3 실험 및 결과

2.3.1 실험 환경

본 연구에서는 Python을 기반으로 한 Flask 프레임워크를 사용하여 웹 애플리케이션을 개발하였다. Flask는 Python의 마이크로 웹 프레임워크로, 웹 애플리케이션을 구축하는 데 유용하다.

번역 모델은 Flan-T5, GPT-4, 그리고 Google의 최신 AI 모델인 Gemini 2.0 Flash(경량 버전)를 테스트

모델로 사용하였다. 좌표 시각화를 위해 Google Maps API를 활용하여, 좌표를 지도 상에 표시하는 기능을 구현하였다. 애플리케이션 배포 환경은 Google Cloud Run을 사용하였다. Google Cloud Run은 서버리스 컨테이너 실행 서비스로, Flask 애플리케이션을 실행할 수 있는 환경을 제공한다.

이와 같은 환경을 통해 AI 기반 번역 및 좌표 시각화 시스템을 개발하고, 성능 평가를 진행하였다.

2.3.2 성능 평가

모델별 번역 성능 평가는 수백 회에 걸쳐 반복적으로 수행하였다. 이 과정에서 발견된 번역 오류나 문제점들은 예외 조건 처리 (예: no_translation_term 함수 사용) 또는 AI 프롬프트를 통해 수정하였다.

각 모델별 번역 성능을 Sample NOTAM을 사용하여 비교한 결과는 다음과 같다. 일반적인 단문에 대한 번역 품질은 크게 차이가 없음을 알 수 있었다.

첫째, Flan-T5의 결과는 다음과 같다.

영어: "Permanent Amendment 2/25 to the AIRAC AIP, effective as of 19 March 2025, UTC."

한국어: "항구적인 AIRAC AIP 개정안 2/25, 2025년 3월 19일 UTC부터 효력 발생."

둘째, GPT-4의 결과는 다음과 같다.

영어: "AIRAC AIP Amendment 2/25 becomes effective on 19 March 2025, UTC."

한국어: "AIRAC AIP의 영구 개정 2/25, 2025년 3월 19일 UTC부터 시행."

셋째, Gemini-2.0 Flash의 결과는 다음과 같다.

영어: "Amendment 2/25 to the AIRAC AIP takes effect at UTC on 19 March 2025."

한국어: "AIRAC AIP 개정안 2/25, 2025년 3월 19일 UTC 기준으로 발효."

2.3.3 번역 검증

본 연구에서 번역의 품질을 검증하기 위해 BLUE (bilingual evaluation understudy)와 METEOR (metric for evaluation of translation with explicit ordering)를 사용하였다.

첫째, BLUE 톨은 기계 번역 결과가 사람이 만든 (참조) 번역과 얼마나 유사한지를 측정하는 알고리즘이

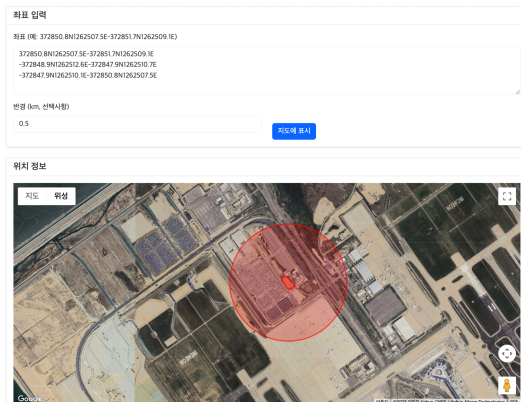


Fig. 5. Visualized coordinates using Google maps

다. BLUE 점수는 0에서 1 사이의 값을 가지며, 1에 가까울수록 번역 품질이 높다.

둘째, METEOR 틀은 BLEU의 단점을 보완하기 위해 개발된 평가 지표이다. 단어의 정확한 일치뿐만 아니라, 형태소 분석, 동의어, 어순등을 고려하여 번역 품질을 평가한다. METEOR는 의미적인 정확성, 완전성, 유창성을 더 잘 반영하므로, BLEU보다 더 선호되는 평가 지표로 간주된다.

본 연구에서는 샘플 NOTAM 100개를 Flan-T5, GPT-4, Gemini-2.0모델을 사용하여 한국어 번역 검증을 실시하였다. 검증 결과는 Table 3과 같다.

2.3.3.1 검증 결과 분석

1) Flan-T5: 일반적인 언어번역에는 적합하지만, NOTAM과 같은 코드화된 언어에 대해선 제대로 번역하지 못했다.

2) GPT-4: BLEU와 METEOR모델에서 일관된 성능을 보여주었으며, 번역 품질이 우수한 것으로 평가되었다.

3) Gemini-2.0 Flash: METEOR 점수에서 가장 높은 성능을 기록하였다. 73%의 품질은 보통 수준의 번역 품질을 나타내지만, 여전히 매우 유용한 번역 결과를 제공하였다.

2.3.3.2 최종 모델 선정 및 개발 시스템

검증 결과를 바탕으로, Gemini-2.0 Flash모델이 최종 번역 모델로 선정되었다. 이유는 실행 속도, 비용 문제, 번역 품질등을 고려한 종합적인 평가에서 가장 우수한 성능을 보였기 때문이다.

Table 3. Model test results

모델	평균 BLEU	평균 METEOR	특징
Flan-T5	0.0000	0.0585	한국어 번역이 잘 되지 않음
GPT-4o	0.4514	0.7145	가장 일관된 성능을 보여줌.
Gemini 20-Flash	0.2533	0.7345	METEOR 점수에서 가장 높은 성능

(검증 점수 0~1, 0:매우 낮은 품질, 1:매우 높은 품질)

Fig. 6. Final AI-driven natural language translation system

최종 번역 예시는 아래와 같다.

영어 번역:

This TRIGGER NOTAM announces AIRAC AIP SUP 15/25, effective from 1600 UTC on 19 MAR 2025 until 1600 UTC on 31 DEC 2025; STAND number 711 will be closed due to construction for a temporary facility.

한국어 번역:

이 TRIGGER NOTAM은 2025년 3월 19일 1600 UTC부터 2025년 12월 31일 1600 UTC까지 유효한 AIRAC AIP SUP 15/25 발표함; STAND 711은 임시 시설 건설로 인해 폐쇄됨.

본 연구를 통해 개발하게된 AI를 활용한 NOTAM 자연어 번역 시스템의 최종 결과물은 GCP(Google cloud run)⁶⁾을 통해 배포하였으며, Fig. 6과 같은 형태로 다음 링크⁷⁾에서 확인할 수 있다.

III. 결 론

3.1 연구 성과

본 연구에서는 AI 기반의 자연어 번역 및 좌표 시각화 기술을 활용하여 기존 NOTAM 시스템의 가독성을 개선하고, 한국어 번역 기능을 개발하여 명확한 정보

6) Google제공 서버리스 컨테이너 실행 플랫폼.

7) <https://smartnotam-739549062388.asia-northeast3.run.app/>

전달 시스템을 구축하는 데 성공했다. 연구의 주요 성과는 다음과 같다:

첫째, NOTAM 약어 사전 데이터셋을 구축하였다. 실제 항공사에서 사용하는 NOTAM 데이터셋을 바탕으로 NOTAM 약어 사전을 구축하였다. 이를 통해 약어 사전 치환 AI 기반 자연어 번역을 결합한 독특한 번역 모델을 개발하였다.

둘째, 좌표 시각화 기능 구현하였다. Google Maps API를 활용하여 NOTAM에 수록된 다양한 좌표를 시각화함으로써 조종사들이 좌표 정보를 쉽게 이해할 수 있도록 하였다. 이는 포인트나 폴리곤 형태로 좌표를 표시하여, 조종사들이 시각적으로 빠르게 정보를 파악할 수 있도록 하였다.

셋째, NOTAM 시간 필터링 기능을 개발하였다. NOTAM의 시작/끝 시간을 설정하여 필터링된 NOTAM만 표시함으로써 불필요한 정보 과부하를 줄이고 효율적인 정보 접근을 가능하게 하였다.

넷째, 요약 시스템을 개발하였다. NOTAM을 간결하게 핵심적인 정보만 담도록 요약하는 시스템을 개발하여, 조종사들이 NOTAM 확인 시간을 줄일 수 있게 하였다. 다만, 아직까지는 프로토 타입으로 추가적인 AI 파인튜닝이나 프롬프트 작업이 추가로 필요하다.

다섯째, 웹 기반 애플리케이션을 개발하였다. 애플리케이션을 웹 기반 시스템으로 개발하여 다양한 기기에서 쉽게 접근 가능하도록 하였다.

3.2 연구의 한계점

본 연구에서는 AI를 활용하여 번역 및 NOTAM 좌표 시각화 시스템 개발을 시도하였다. 하지만, 개인 연구자 차원에서 여러 한계점이 존재하였다.

첫째, 제한적인 번역 정확도: Gemini 2.0 flash의 METEOR는 73% 수준으로 보통의 품질의 번역 수준이다. 본 연구의 결과에서는 오역이 발생하지 않았지만, 만약의 오역을 줄이기 위해 더 나은 수준의 번역 품질이 필요하다.

둘째, 약어 사전의 불완전성: 현재 약어사전은 국토부 발행 AIP의 약어사전에서 추출한 약어중 535개 약어를 사용하고 있다. 이는 군 NOTAM 약어나 타국에서 사용되는 NOTAM 약어를 제외된 우리나라의 약어사전으로 일부 지역의 NOTAM 약어를 제대로 해석하지 못할 여지가 있다.

셋째, 인터페이스 최적화 미비: 현 시스템은 디자인적인 측면을 고려하지 않고, 기술적인 면만을 반영하여 개발되었다. 향후 사용자 친화적인 인터페이스가 필요하다.

넷째, 시스템 검증 부족: BLEU, METEOR와 같은 자동 화률만을 사용하여 검증하였고, 실제 조종사들의 사용성 평가는 수행되지 않았다.(실제 조종사 사용성 평가를 위해선 API 사용을 위한 예산 필요)

3.3 향후 연구 방향

본 연구를 통해 개발된 AI 기반 번역 및 시각화 시스템은 조종사들이 NOTAM 정보를 직관적이고 효율적으로 활용할 수 있도록 도울 수 있다. 향후 다음과 같은 사항들을 보완하여 개발한다면, 실비행에서도 활용 가능한 시스템이 될 뿐만 아니라, 글로벌 항공 산업의 발전에 기여하여 항공 선진국으로 도약하는 밑바탕이 될 수 있을 것이라 판단된다.

첫째, 번역 품질 향상: 정밀한 번역 품질을 확보하기 위해 Fine-tuning 기술을 활용하거나, 최신 AI 모델을 적용하여 번역 품질을 더욱 고도화하는 연구가 필요할 것이다. 또한, 항공 용어 및 문맥에 특화된 맞춤형 번역 엔진을 개발하여 실무 적용 가능성을 극대화해야 한다.

둘째, UI 디자인 및 App-based 앱 개발: 웹 베이스 보단 조종사들이 선호하는 앱 기반 운영체제(iOS, Android)용 애플리케이션을 개발한다면, 더 다양한 기능을 제공하는 NOTAM 애플리케이션을 구축할 수 있으며, 조종사들이 쉽게 접근할 수 있는 직관적인 UI 디자인을 적용할 수 있을 것이다. 이를 통해 사용자의 편의성을 높이고, 실시간 알림 기능 등을 추가하여 보다 효과적인 운항 지원 도구로 발전시킬 수 있다.

셋째, NOTAM 자동 분류 및 중요도 요약 분석: 본 연구에서 수집한 항공사 NOTAM 데이터를 기반으로 중요도를 분석하고, AI를 활용한 자동 분류 및 요약 시스템을 개발한다면, 조종사들이 필요한 정보를 신속하고 직관적으로 탐색할 수 있을 것이다. 중요도에 따라 NOTAM을 자동 정렬하고, 중요 키워드를 선별하여 간결하게 요약하고, 긴급성이 높은 정보를 우선적으로 제공하는 기능을 추가한다면, 항공 안전성 향상에 기여할 수 있다.

넷째, 글로벌 항공 표준 및 국제 협력 강화: 본 연구

의 결과물을 국제 항공 표준과 연계하여 발전시킨다면, 국내 항공 산업이 세계적인 수준으로 도약하는 데 기여할 수 있을 것이다. 또한, ICAO(국제민간항공기구) 및 주요 항공 선진국과 협력하여 NOTAM 번역 및 시각화 기술을 공동 연구하고 표준화 한다면, 한국이 항공 기술 선도국가로 자리매김하는 데 중요한 밑거름이 될 것이다.

이러한 후속 연구를 통해 AI 기반 NOTAM 번역 및 시각화 시스템이 단순한 연구 성과를 넘어 실제 항공 산업에서 널리 활용될 수 있도록 발전시키는 것이 중요하다. 아울러 이러한 고도화된 기술을 국제사회(ICA, IATA 등) 회원국들 사이에서 널리 확산하여 대한민국이 항공기술분야에서 혁신을 주도하는 선진국으로 도약할 수 있기를 기대해 본다.

References

1. Zhang, Z., "A study on visualization of navigational notices based on natural language processing", Ph.D. Thesis, College of Air Traffic Management, Civil Aviation University of China, May 2021, pp.31.
2. Jean, C., "AI for Warning Messages (NOTAMs) at SWISS International Airlines", <https://jeancoupon.com/notam-classifier>
3. Eurocontrol, "NOTAMATION: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AT WORK", NOTAM Prioritization with AI, <https://www.eurocontrol.int/project/notam-prioritization-ai>.
4. Miruna, M. Morărașu., and Cătălin, H. Roman., "AI-driven optimization of operational NOTAM management", IEEE 2024 Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference (ICNS), Jun 2024, pp.1-6.
5. Alexandre, A., Fares, E., Catherine, K., and Marion, C., "Knowledge extraction from aeronautical messages (NOTAMs) with self-supervised language models for aircraft pilots", Association for Computational Linguistics, Jul 2022, pp.4.
6. Stephen, S. B., and Clarke., "Natural language processing analysis of notices to airmen for air traffic management optimization", NASA Ames Research Center, Jun 2021, pp.11, 23.
7. Baigang, M., Yi, F., and Yu, S., "NOTAM text analysis and classification based on attention mechanism", International Conference on Computer, Big Data and Artificial Intelligence, Jan 2022, pp.5.
8. Anna, M. Dettwiler., "Filtering and sorting of notices to air missions (NOTAMs)", Ph.D. Thesis, University of Zurich, Dec 2024, pp.28-29.
9. ICAO, "ICAO Annex 15-Aeronautical Information Service", 5.2.6 NOTAM, pp. 5-3.
10. ICAO, "ICAO Doc 8126-Aeronautical Information Services Manual", Chapter 6. NOTAM, pp.6-1.
11. FAA, "Order 7930.2T - Notice to Airmen (NOTAM)", Federal Aviation Administration, Dec 2023, pp.39.