

생성형 인공지능을 활용한 기상 데이터 시각화

곽 미 영¹ · 임 수 연^{2*}

¹경북대학교 대학원 디지털미디어아트학과 석사과정

²경북대학교 예술대학 미술학과 교수

Visualizing Real-Time Weather Data Using Generative Artificial Intelligence

Mi-Young Kwak¹ · Soo-Yeon Lim^{2*}

¹Master's Course, Department of Digital Media Arts, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

²Professor, Department of Fine Arts, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

[요 약]

디지털 혁명 시대에 데이터는 단순한 정보를 넘어 지식 창출, 의사결정 과정의 주요 요소, 창작과 표현의 주된 매체로 자리 잡고 있다. 본 연구는 실시간 기상 데이터의 시각화를 텍스트 기반의 생성형 AI를 활용해 자연 풍경 속 구름 이미지로 표현하는 방법론 개발을 목적으로 한다. 이 시각화 방법론을 통해 자연의 현상과 실시간적 특성을 시각적으로 표현을 하고자 한다. 생성형 인공지능을 활용한 기상 데이터의 시각화는 3단계로 진행된다. 첫 번째 단계에서는 공공 API를 통해 실시간 기상 데이터를 연동하고, 두 번째 단계에서는 자연의 구름 형성과 관련된 키워드를 추출하여 텍스트 프롬프트로 작성한다. 세 번째 단계에서는 선택된 생성형 인공지능 모델을 사용해 실시간으로 구름 이미지를 생성하고 시각화한다. 본 연구는 이미지 생성형 인공지능을 활용한 데이터 시각화는 기존의 데이터 시각화에서 표현 방법을 확장하고, 실시간 데이터로 생성된 프롬프트는 생성형 인공지능 이미지 기술의 표현 범위 확장으로 데이터의 가치와 표현 잠재력에 대한 새로운 가능성을 제공한다는 의의가 있다.

[Abstract]

In the digital revolution era, data has surpassed its traditional role, becoming integral to knowledge creation, decision-making, and creative expression. This study introduces a methodology for visualizing real-time meteorological data by leveraging text-based generative artificial intelligence (AI) to create cloud imagery within natural landscapes. The approach consists of three key stages: first, integrating real-time weather data via public APIs. Second, extracting keywords related to cloud formations and natural phenomena, which are then crafted into textual prompts and third, utilizing a generative AI model to generate and visualize cloud images in real-time. This research demonstrates how generative AI can extend the expressive potential of traditional data visualization techniques, transforming real-time data into visually compelling visual forms. By exploring the intersection of technology and creativity, the study reveals new possibilities for enhancing the value and expressive range of data visualization, highlighting the dynamic relationship between data, AI, and artistic representation.

색인어 : 데이터 시각화, 공개 API, 기상 키워드 추출, 생성형 인공지능, 이미지 시각화

Keyword : Data Visualization, Open API, Weather Keyword Extraction, Generative AI, Image Visualization

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2024.25.9.2463>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 24 June 2024; Revised 06 August 2024

Accepted 28 August 2024

*Corresponding Author; Soo-Yeon Lim

Tel: +82-53-950-5684

E-mail: sylim@knu.ac.kr

I. 서론

디지털 기술이 급부상하고 있는 시대적 흐름 속에 데이터는 현대 사회에서 더욱 중요한 역할을 하는 매체가 되고 있다. 데이터는 단순한 정보의 집합에 머물지 않고 기술과 예술적 표현의 융합으로 정보를 쉽게 이해할 수 있도록 다양하게 시각화되고 있다.

예술 분야에서는 데이터의 시각화를 통해 데이터의 복잡성과 다양성을 바탕으로 공감하는 것을 목표로 창의적인 표현의 가능성을 제시한다[1]. 변동적이고 상세한 실시간 데이터는 다양한 정보의 실시간 변화가 포함되어 있다. 기상 상태의 정보 제공 형식의 데이터를 시각화하는 것 이상으로 표현하기 위해 데이터를 바탕으로 현실을 묘사하는 시각화가 아닌 자연의 변동성과 복잡성을 재해석하여 확장된 시각화의 형태를 탐구하는 과정의 연구가 필요하다.

본 연구에서는 실시간 기상 데이터를 이용해 순간적인 자연의 변화를 시각화함으로써, 데이터를 시각적, 물리적 형태로 해석하여 데이터의 역할을 확장하고 창의적인 표현으로 촉진하고자 한다. 실시간 기상 데이터의 시각화 표현을 위해 텍스트 기반 이미지 생성형 인공지능을 활용한 데이터 시각화의 표현 방법론을 개발하고, 데이터 시각화의 표현 잠재력에 대한 새로운 관점을 제공하고자 한다.

생성형 인공지능의 데이터 시각화 구현은 온도, 습도, 바람의 속도, 구름의 양 등 실시간 기상 데이터를 분석하고 동적 특성을 유지하도록 데이터를 전처리하고 수집된 데이터를 바탕으로 생성형 인공지능의 프롬프트를 생성하고 테스트한다. 테스트 된 프롬프트를 바탕으로 인공지능이 생성한 이미지와 기상 데이터의 상호 작용을 확인하고 기상 데이터가 반영된 이미지 시각화의 의미를 고찰한다.

본 연구에서 제시된 방법론을 통해 비슷한 경도 위치에 있는 위도가 다른 세 도시 대구, 자카르타, 하얼빈의 기상 데이터를 바탕으로 풍경 속 구름 이미지를 생성한다. 이 과정에서 생성형 인공지능의 이미지 생성을 통해 데이터의 시각화와 창의적인 표현 사이의 격차를 해소하는 새로운 형태의 시각화를 만들기 위한 프로세스를 통한 프로토타입으로 기상 데이터 시각화 ‘Cherish:순간의 소중함’을 제시한다. 정보 데이터를 시각 예술로 표현하는 것에는 작가의 주관이 절대적이다[2]. 기상 데이터 시각화 ‘Cherish:순간의 소중함’은 자연의 순간적인 현상과 역동적인 특성을 표현하고 자연에 내재된 유동성과 진화를 시각적으로 표현하려는 것이다. 생성형 인공지능에 의해 생성된 이미지는 데이터 시각화 영역의 표현을 더욱 확장하고, 데이터와 가치와 표현 잠재력에 대한 새로운 인식을 제공하는 데 기여 될 것으로 기대한다.

실시간 데이터의 시각화를 통해 인간의 인식, 자연 요소 및 디지털 기술 사이의 상호 작용에 대한 이해를 심화시키고 데이터의 실용적인 기능을 시각적 매체로 활용하는 방법을 더욱 확장할 수 있을 것이다.

II. 이론적 배경

2-1 데이터 시각화

데이터 시각화는 정보의 이해를 돕기 위해 정보를 개념적으로 시각화할 수 있다. 정보의 시각화는 특정 목적을 가지며 데이터를 탐구하고 재배열하여 의미를 부여한다[3]. 기술과 정보, 창의성의 융합은 전통적인 데이터 과학의 경계를 넘어 다양한 시각적 표현으로 데이터의 구성 요소가 시각화의 어떤 역할을 할 수 있는지에 대한 인식의 표현으로 전환된다.

다양한 형태의 시각적 표현은 데이터의 중요성을 강조하고 관람객이 정보를 더 쉽게 이해하여 소통을 강화 하며, 데이터 기반 요소를 통해 감정적 경험을 제공하여 데이터 속의 의미와 메시지에 자연스럽게 참여하도록 촉진하는 역할을 한다.

2-2 환경 데이터 시각화

데이터 시각화는 순간적인 변화와 즉각적인 시각화 구현으로 몰입감 있는 경험을 제공하는 특징을 지니고 있다. 이러한 특징을 시각화로 구현하기 위해서 본질적으로 데이터 구성 요소를 지닌 데이터로는 환경 지표나 소셜 미디어의 통계 또는 실시간 인터넷 데이터 등을 이용할 수 있다. 본 연구에서는 자연과 기술 창작의 융합된 시각화 구현을 위해 환경 데이터를 이용한 다양한 시각화 접근 방식을 탐구한다.

환경 데이터는 지구의 물리적 조건(온도, 습도, 바람), 대기 중 이산화탄소 농도, 오염물질의 화학적 조성, 생물종 분포와 생물학적 다양성을 포함한다. 이러한 데이터는 위성 관측, 원격 감지, 사물인터넷(IoT) 센서, 빅데이터 분석 등 다양한 첨단 기술을 이용해 수집되고 분석된다.

환경 데이터는 정적 환경 데이터와 동적 환경 데이터로 구분된다. 정적 환경 데이터는 특정 시간 또는 기간에 수집된 후 변경되지 않으며, 주로 환경변화 추세 분석, 과거 조건 재구성 및 예측 모델의 기초 데이터로 사용된다. 반면, 동적 환경 데이터는 실시간으로 측정 및 업데이트되어 즉각적인 환경관리, 실시간 재난 대응 및 환경 모니터링 시스템에 사용된다.

본 연구는 정적 및 동적 환경 데이터를 기반으로 한 사례를 분석하고, 데이터의 정적 및 동적 특성이 시각화에 어떻게 반영되는지 탐구하여 데이터의 특성과 목적에 맞는 최적의 시각화 접근 방식과 다양한 표현 기법을 통해 시각화의 효율성을 극대화하는 방안을 모색하고자 한다.

1) 정적 환경 데이터 시각화

정적 환경 데이터를 기반으로 한 시각화 사례는 데이터의 역사적 중요성과 시간에 따른 환경변화의 광범위한 의미를 제공한다. 이러한 시각화는 자연 세계의 진화와 변화의 영향을 드러내며, 과거와 현재를 대조하여 환경변화의 진행 또는 쇠퇴를 강조한다. 이를 통해 인간의 행동이 기후와 생태계에 미치는 영향을 이해할 수 있으며, 환경보존과 지속 가능한 상

호 작용을 촉구하는 설득력 있는 방법으로 활용된다. 또한 해수면 상승, 종의 멸종, 변화된 풍경 등과 같은 미래 예측 분야에서도 중요한 역할을 한다.

• 날씨의 변화와 데이터를 시각화한 사례

그림 1은 나탈리 미에바크(Nathalie Miebach)의 ‘변화하는 물(Changing Waters)’로, 날씨와 해양 패턴의 정적 데이터를 추상적인 조각 형태로 변환한 대표적인 사례이다[4]. 이 작품에서 미에바크는 기록된 데이터를 조각품으로 표현하며, 시각적이고 구조적인 특성을 강조하였다.

데이터는 단순히 날씨 정보를 제공하는 것을 넘어, 조각의 모든 가닥, 색상, 모양, 질감이 실제 값을 반영하여 분석적이고 수치적인 개념을 의도적으로 선택한 것이다. 이는 환경의 정적 데이터를 인간과 자연 사이의 복잡한 대화를 포착하는 시각화 사례이다.

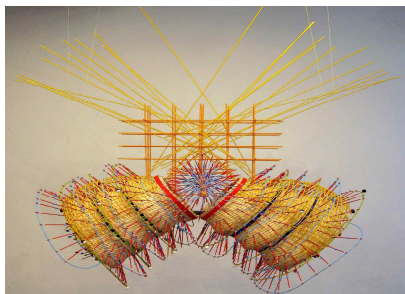


그림 1. ‘변화하는 물’, 나탈리에 미에바크, 2008
Fig. 1. ‘Changing Waters’, Nathalie Miebach, 2008

• 특정 시점 온도 변화 데이터를 시각화한 사례

기후 예술가이자 과학 커뮤니케이터인 질 펠토(Jill Pelto)는 인간과 환경의 연결을 중점으로, 과학적 데이터를 작품에 통합하여 표현한다[5].

그림 2의 ‘마운틴 피카(Mountain Pika)’는 아메리카 산도끼의 서식지 분포와 기후 변화의 영향을 시각화한 사례이다. 1990년부터 2022년까지의 지구 평균 기온 변화를 추적하는 그래프를 포함하여, 기후 변화의 심각성을 시각적으로 표현하여, 관람자가 주제와 깊이 있게 상호 작용하고, 복잡한 데이터를 이해할 수 있도록 도와준다.



그림 2. ‘마운틴피카’, 질 펠토, 2023
Fig. 2. ‘Mountain Pika’, Jill Pelto, 2023

• 멸종 위기종 조류 데이터를 시각화한 사례

제니 켄들러(Jenny Kendler)의 ‘조류 관찰 III(Birds Watching III)’은 런던 동물학회의 보존 과학자들과 협력하여 멸종 위기종에 관한 데이터를 시각화한 사례이다[6].

그림 3은 멸종 위기종 새들의 눈을 중심 요소로 하여 조류학 연구, 보전 상태 보고서, 환경 연구 등의 데이터를 반영한다[7]. 반사 소재로 복제된 눈은 새들의 영혼을 들여다보는 창으로, 생물 다양성 손실의 통계를 뚜렷하고 즉각적으로 전달한다. 정적 데이터를 시각화하여 조류 개체군의 현재 상태를 매우 설득력 있게 표현하며, 생물 다양성의 손실과 복잡한 환경 문제를 구체적으로 경험할 수 있도록 한다.



그림 3. ‘조류 관찰 III’, 제니 켄들러, 2023
Fig. 3. ‘Birds Watching III’, Jenny Kendler, 2023

2) 동적 환경 데이터 시각화

동적 환경 데이터를 기반으로 한 작품은 끊임없이 변화하는 세계를 실시간으로 반영하여 자연현상의 유동성과 즉각적인 연결을 제공한다. 실시간 데이터의 시각화는 자연의 안정성과 흐름 사이의 지속적인 연결을 보여준다. 동적 환경 데이터의 다양한 탐구를 통해 환경과 인간과의 상호 작용을 시각적으로 표현한다.

• 실시간 대기오염 데이터를 시각화한 사례

안드레아 폴리(Andrea Polli)의 작품 ‘입자 폭포(Particle Falls)’는 대기오염의 복잡성을 건물 외벽에 투사하여 미세먼지 농도를 시각화한 사례이다[8].

그림 4는 미세먼지 농도가 높아질수록 빛의 패턴이 강렬하고 혼란스러워져 대기질의 악화를 직관적으로 보여준다. 동적 환경 데이터를 통해 공기 질의 추상적 개념을 시각적으로 표현함으로써, 과학적 배경이 없는 사람들도 대기오염 데이터를 이해할 수 있도록 한다.



그림 4. ‘입자폭포’, 안드레아 폴리, 2013
Fig. 4. ‘Particle Falls’, Andrea Polli, 2013

• 실시간 바람과 소음 데이터를 시각화한 사례

그림 5는 도요이토 & 어소시에이트(Toyo Ito & Associates)의 '바람의 탑(Tower of Wind)'[9]은 요코하마 기차역 중심에 위치하고 자연 요소와 기술 혁신을 결합한 사례이다. 탑의 구조물에는 1,280개의 소형 램프, 12개의 네온 화이트 링, 30개의 컴퓨터 조절 투광 조명으로 되어 있다 [10]. 바람의 속도와 방향, 주변 소음에 따라 구조물의 조명과 움직임을 결정하여 타워를 환경 조건으로 시각화로 변화시킨다[11].

이 작품은 동적 환경 데이터를 건축 디자인에 통합하여 도시 공간과 자연 세계의 공생 관계를 시각화한다. 변화하는 환경 데이터를 통합하고 대응하는 기술을 통해 예술과 환경 사이의 경계가 융합되는 상호작용성을 보여준다.



그림 5. '바람의 탑', 도요이토 & 어소시에이트, 1986
 Fig. 5. 'Tower of Wind', Toyo Ito & Associates, 1986

• 실시간 감지된 전자기파를 시각화한 사례

그림 6은 우스만 하케(Usman Haque)의 '스카이 이어(Sky Ear)'는 다양한 전자기파를 감지하여 LED를 이용하여 시각화한 사례이다[12]. 내장된 센서들은 지구의 자연적인 전자기장 변화와 도시 기반의 전자기 활동을 실시간으로 감지한다. 감지된 전자기파의 강도와 유형에 따라 LED 불빛이 변화하여 보이지 않는 전자기파의 존재를 시각적으로 표현한다. 관람자들은 설치물을 만질 수는 없지만, 전자기파의 활동이 조명에 미치는 영향을 관찰함으로써 작품과 상호작용할 수 있다.



그림 6. '스카이어', 우스만 하케, 1986
 Fig. 6. 'Sky Ear', Usman Haque, 1986

III. 생성형 인공지능을 활용한 기상 데이터 시각화

본 연구는 생성형 인공지능을 활용한 기상 데이터 시각화를 3단계로 진행한다. 첫 번째로 공공 API를 활용하여 실시간 기상 데이터 가져온 후 관련 키워드를 추출한다. 두 번째로 추출된 키워드는 실시간으로 변화하는 기상 패턴을 반영하여 텍스트 프롬프트를 생성한다. 마지막으로 생성형 인공지능의 T2I(Text to Image) 기능을 활용하여 텍스트 프롬프트를 구름으로 시각화한다.

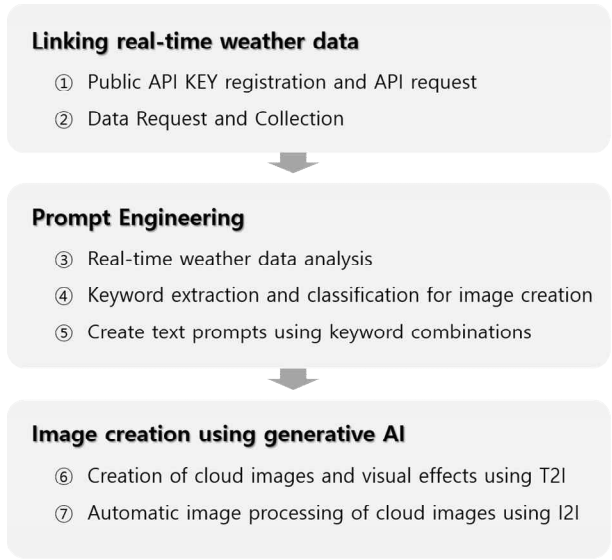


그림 7. 생성형 인공지능을 활용한 기상 데이터 시각화 흐름도
 Fig. 7. Flowchart for visualizing weather data with generative AI

그림 7의 과정으로 생성형 인공지능을 활용하여 실시간 환경 데이터로부터 시각적 표현을 만드는 것은 기상 정보와 상호 작용하며 추상적인 수치와 데이터를 실시간 이미지 시각화를 통해 관람자에게 제공된다.

3-1 실시간 기상 데이터 연동

오픈 API는 다양한 플랫폼과 다양한 사용자가 공유하고 활용할 목적으로 대중이 액세스할 수 있는 데이터를 의미한다. 이는 검색하고 이해하기 위해 전문적인 지식이 필요할 수 있는 데이터를 단순화되고 표준화된 액세스를 제공하는 역할을 한다[13].

본 연구에서는 기상 정보를 Visualcrossing에서 제공하는 날씨 API를 사용하여 실시간 기상 데이터를 불러온다[14]. Visualcrossing은 전 세계의 다양한 지역의 기상 데이터와 99% 이상의 서버 가동시간을 보여주어 본 연구의 핵심 구성 요소인 실시간 기상 데이터에 대한 지속적인 액세스 보장에 관한 신뢰성이 높고 재정적 제약과 기술 요구 사항을 충족하는 조건도 고려하여 선정하였다.

API의 요청을 통해 정해진 시간에 지리적 위치를 기준으로 데이터를 요청한다. API 응답에서 구름양(%), 온도(℃), 습도(%), 풍속(kph)과 같은 날씨 변수 데이터를 호출한다. 호출 후 수집된 데이터는 데이터베이스 파일 시스템 내에 구조화된 JSON 형식으로 저장되어 키워드 추출 및 분석 단계에서 쉽게 이용할 수 있다.

3-2 프롬프트 엔지니어링

생성형 인공지능의 프롬프트 엔지니어링은 사용자가 원하는 출력을 생성하도록 안내하는 특정 입력 프롬프트를 설계하는 작업이 포함된다. 이 과정은 의도한 결과를 얼마나 반영하는지를 기준으로 지속적이고 반복적으로 개선해 나간다. 이미지 생성형 인공지능들은 이미 챗GPT 수준의 텍스트 인식 수준을 갖추고 있다[15]. 키워드를 바탕으로 해석하여 문자 그대로의 해석과 은유적이거나 추상적인 표현도 전달하는 이미지를 생성한다. 이러한 키워드를 사용하여 생성형 인공지능은 수집된 기상 데이터를 반영하는 이미지를 생성한다.

현실 속 자연에서 구름의 형성을 예측하기 위해서는 습도, 온도, 바람의 특성과 같은 기상 데이터를 통합하는 것이 중요하고 이러한 요소들은 구름 유형의 발달과 이동에 큰 영향을 준다[16]. 기상 요소의 분석 시 실제 환경에서 구름의 형성과 발달에 영향을 미치는 기상 요소를 중점으로 수집하고 구름의 이미지를 생성한다.

표 1. 구름 이미지 시각화 과정에서 기상 요소의 역할

Table 1. The role of weather elements in cloud image visualization

Weather Elements	Role in Visualization
Cloud Cover	Sky Landscape and Cloud Density
Humidity	Cloud Height and Spread
Temperature	Cloud Types and Shapes
Wind Speed	Clouds Movement

표 1은 구름 이미지 시각화 과정에서 기상 요소의 역할을 나타내며 이 역할을 기반으로 데이터 시각화를 위한 프롬프트의 키워드를 형성하는 ‘Positive Prompt’를 생성한다.

수집된 데이터의 숫자, 문자, 단위 등 요소와 풍경을 묘사할 때 등장하는 빌딩, 사람, 액자 등의 개체를 이미지에 직접적으로 표현되지 않기 위해서 ‘Negative Prompt’를 선정하고 불필요한 세부 사항을 생략하도록 한다.

실시간 기상 데이터에서 생성한 프롬프트는 다시 구름 이미지 시각화 프롬프트로 구체화 되어 기상 조건을 반영한 구름의 패턴과 모양을 시각적으로 구현하도록 한다.

3-3 생성형 인공지능을 활용한 이미지 생성

텍스트 기반 이미지 생성형 인공지능 모델은 텍스트 프롬프트를 상세한 이미지로 변환하도록 모델을 프로그래밍한다. VAE 기반, GAN 기반 및 확산 기반 모델 등은 딥러닝 기술을

활용하여 입력 프롬프트를 처리한다[17]. 인공지능 모델의 선택은 생성된 이미지의 품질과 스타일에 영향을 준다.

달리(Dalle-3), 미드저니(Midjourney)와 스테이블 디퓨전(Stable Diffusion)과 같은 모델은 고유한 처리 방법과 기본 기술로 인해 동일 프롬프트에서 다른 결과를 생성한다. 본 연구에서는 프롬프트를 특정 모델에 맞춤화하는 것이 아니라 데이터의 의미를 기반으로 시각화한다.

본 연구에서는 자연 풍경 속 구름 이미지를 기상 데이터를 바탕으로 매번 다른 기법과 분위기를 통해 시각화하며 실시간 API와의 연동 및 외부 소프트웨어와의 원활한 통합이 가능한 모델로 실시간 연동 시 안정성이 확인되어 동적 실시간 프로젝트에서 유용성이 향상된 스테이블 디퓨전을 선정하였다[18].



그림 8. 스테이블 디퓨전이 생성한 구름 이미지
Fig. 8. Cloud image generated by stable diffusion

IV. 데이터 시각화 구현 “Cherish : 순간의 소중함”

4-1 실시간 기상 데이터 시각화

실시간 기상 데이터를 기반으로 생성형 인공지능의 실시간 이미지 시각화를 통해 풍경 속의 구름의 이미지를 구현하고자 한다. 구름은 실시간 기상 데이터의 복잡성과 다양성을 효과적으로 표현할 수 있는 자연현상으로, 기온, 습도, 풍속 등 다양한 기상 조건에 영향을 받으며 변화한다. 생성형 인공지능을 통해 이러한 구름의 다양한 형태와 움직임을 시각화하여 관람자가 쉽게 이해할 수 있도록 한다.

구름의 다양한 형태와 색상은 다양한 감정을 불러일으키며, 이러한 감정을 이미지 생성 과정에서 반영하여 감정의 공감감을 유도한다. 텍스트 프롬프트를 통해 인공지능이 실시간 기상 데이터를 바탕으로 구름 이미지를 생성하도록 하며, 이는 기상 조건에 따라 변화하는 구름의 특성을 표현한다. 생성된 이미지는 과학적 데이터가 아닌 자연 풍경의 특성을 시각화한다.

4-2 기상 데이터를 활용한 이미지 생성

본 연구는 실시간 기상 API의 연동으로 데이터를 가져오고, 인공지능 기반 텍스트-이미지 모델을 활용하여 실시간으로

로 구름 이미지를 생성한다.

그림 9는 기상 데이터를 기반으로 실시간 구름 이미지를 생성하는 과정을 보여준다. 이미지 생성 및 시각화 구현에는 다양한 API 연동과 실시간 데이터 처리를 지원하는 비주얼 개발 환경 프로그램인 터치 디자이너(Touch Designer)를 활용한다. 터치 디자이너는 오디오, 비디오, 이미지를 포함한 미디어와 데이터의 복잡한 조작 및 처리를 허용하는 노드 기반 시스템으로[19] 이미지 필터링, 사운드 변조, 데이터 변환 등의 다양한 기능을 상호 연결하여 복잡한 이미지 시각화 및 오디오 출력을 생성할 수 있다.

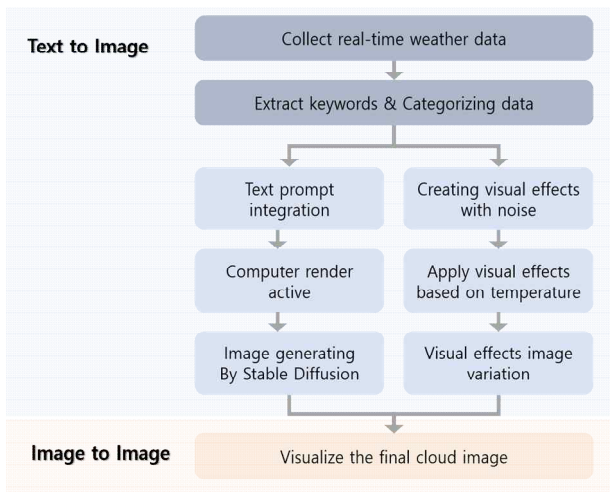


그림 9. 시각화 구현 프로세스

Fig. 9. 'Cherish' image generation implementation process

기상 데이터 시각화 'Cherish:순간의 소중한'을 구현 하기 위해서 터치 디자이너에서 다섯 단계를 통해 시각화를 구현 하였다.

첫 번째 단계에서는 터치 디자이너의 Parameter Execute OP(오퍼레이터:Operator)를 사용하여 실시간 날씨 데이터를 통합한다. 공개 API로부터 실시간 기상 데이터를 요청하고, Json OP와 Table OP를 통해 JSON 형식으로 저장하고, Time OP와 Chop Execute OP를 이용하여 특별한 기상 이변 상황을 제외하고 15분 단위로 데이터를 자동으로 불러온다.

두 번째 단계에서는 수집된 데이터에서 이미지 시각화를 위해 키워드를 추출한다. 수집된 실제 값을 Select OP를 이용하여 기상 데이터에서 구름의 양, 온도, 이슬점 온도, 습도, 풍속 등의 키워드를 분류하고 고유한 요소와 값으로 변환한다.

세 번째 단계에서는 추출된 키워드를 Text OP로 연동하여 텍스트 프롬프트로 생성한다. 생성된 프롬프트를 Base OP(ComputerRender)에서 연계된 스테이블 디퓨전 모델을 이용하여 구름 이미지를 생성한다.

네 번째 단계에서는 Noise OP와 Mono OP, Color OP를 이용하여 비슷한 경도의 다른 위도의 도시를 선택하여 실제 기상 조건을 반영하여 시각효과를 추가하고, 온도에 따른 색상과 구름 이미지의 움직임 정도를 시각화에 포함한다.

마지막 단계에서는 Image to Image 기능을 이용하여 생성된 구름 이미지와 시각효과를 결합하여 영상으로 저장한다.

표 2. 세 도시의 수집된 실시간 기상 데이터 (2024.01.08.)

Table 2. Collected real-time weather data for three cities (2024.01.08.)

Weather Elements	Jakarta	Daegu	Harbin
Cloud Cover	30%	0%	98%
Humidity	70%	20%	80%
Temperature	31 °C	4 °C	-11 °C
Wind Speed	18kph	12kph	55kph

그림 10은 표 2의 세 도시에서 수집된 실시간 기상 데이터를 사용하여 생성한 구름 이미지이다. 대구(DAEGU), 자카르타(JAKARTA), 하얼빈(HARBIN)의 실시간 온도 데이터를 기반으로 생성된 시각효과는 온도에 따라 색상과 변수에 의해 지정된 효과가 연출되며, 고위도, 중위도, 저위도의 온도 차이가 가장 큰 시간에 효과의 차이가 크다. 따뜻한 온도는 더 생생하고 빠르게 움직이는 효과를, 낮은 온도는 느리고 차분한 시각적 움직임을 생성하여 각 위치의 기후 특성을 표현 한다.

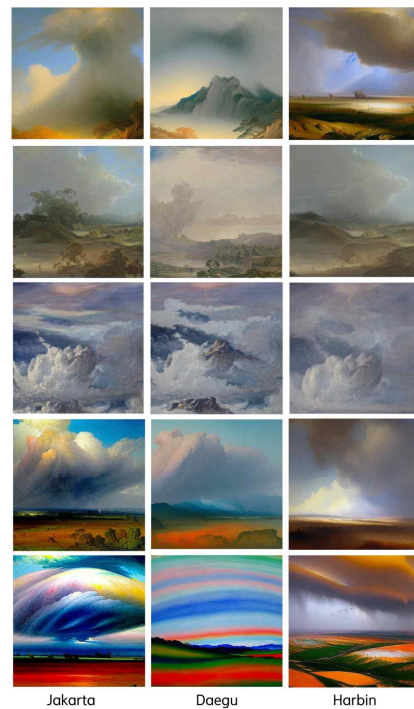


그림 10. 실시간 기상 데이터를 기반으로 생성된 이미지

Fig. 10. Images generated based on real-time weather data

실시간으로 이미지 생성 시 구름의 양, 습도, 온도, 풍속 등의 수집된 데이터로 이 변수에 따라 이미지가 변형되며, 실제 구름의 양이 0%인 경우에도 기본 설정으로 구름 이미지는 생

성된다. 데이터 요소와 수치에 기반한 생성된 이미지는 유사성을 가지며, 기상관측에 의한 시각화와 데이터 기반 인공지능 해석의 차이를 강조한다.

생성형 인공지능은 구름의 방향, 색상, 밀도, 높이를 연관지어 이미지를 생성하지만, 실제 자연의 변동성과 미묘함을 완전히 포착하지 못한다. 알고리즘의 민감도를 업그레이드하고 디지털 표현과 실제 대기 조건 사이의 격차를 줄여가는 과정이 필요하다.

최종 시각화는 생성된 구름 이미지와 시각효과를 합성하여 영상으로 구현한다. 시각효과는 날씨의 역동성과 분위기를 반영하며, 구름 이미지를 왜곡하지 않고 합성한다. 순간적인 자연 기상 현상과 생성형 인공지능의 이미지 시각화를 결합해 실제 풍경 속의 두 번 생성되지 않는 구름을 담아낸다. 데이터와 생성형 인공지능의 융합을 통해 풍경 속 구름의 생성된 이미지 영상은 반복할 수 없는 순간의 본질을 강조한다.

V. 결 론

본 연구는 생성형 인공지능을 활용한 기상 데이터 이미지 시각화의 표현에 관한 연구를 담고 있다. 기상 데이터의 실시간 정보 혹은 변화 등을 쉽게 이해할 수 있게 구현한 전통적 시각화의 구현에서 벗어나 기상 현상의 순간적인 특성을 포착하고 표현하고자 하였다. 자연현상의 복잡성과 다양성을 생성형 인공지능의 이미지 시각화의 불확실성과 변동성을 이용해 시각화로 구현하였다. 본 연구는 실시간 데이터표현의 잠재력을 탐색하며, 인공지능과 데이터 융합을 통해 새로운 시각적, 정서적 경험을 제공한다.

생성형 인공지능을 활용한 기상 데이터 시각화 연구의 결론은 다음과 같이 도출될 수 있다.

첫째, 실시간 기상 데이터를 바탕으로 이미지를 생성하고 순간적인 변화를 포착하여 데이터를 시각화는 방법론을 구현함으로써 이미지 생성형 인공지능의 데이터 시각화 매체로서의 가능성을 제시한다.

둘째, 프롬프트 엔지니어링 과정에서 생성형 인공지능의 이미지 생성 기술의 표현 범위를 실시간 API를 연계한 데이터 기반으로 텍스트로 확장한다.

셋째, 기상 데이터의 시각화는 자연의 묘사를 데이터 통해 풍경을 시각화하여 데이터의 의미를 더 사색적으로 경험할 수 있는 방식을 제시한다.

생성형 인공지능과 터치 디자이너를 연동한 데이터 시각화의 구현을 연구하는 일부 단계에 불과하지만, 더 많은 비주얼 개발 환경 프로그램에 적용할 수 있는 방법론을 향후 연구에서는 탐색하여, 기술과 융합이 가져올 가능성을 심도 있게 탐구할 필요가 있다. 이는 예술과 과학, 그리고 기술 간의 경계를 넘어선 표현의 다양화를 기대한다. 본 연구가 제시하는 방법론은 앞으로의 연구 및 구현에 있어 중요한 참고 자료가 될

것이며, 실시간 데이터를 활용한 데이터 시각화의 중요한 역할을 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2023년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음 (NRF-2023S1A5A8080612)

참고문헌

- [1] H. Pak and J. W. Park, "Designing Tactile Expression through the Fusion of Data and Art," *The Korean Society of Science & Art*, Vol. 42, No. 1, pp. 135-147, January 2024. <http://doi.org/10.17548/ksaf.2024.01.30.135>
- [2] S. J. Lee, "Study on Diversity of Data Visualization -Artworks Analysis by the State-of-the-Art in Data Visualization-," *Journal of Digital Design*, Vol. 14, No. 4, pp. 887-894, October 2014.
- [3] B. Oh, "A Study on the Knowledge Design System through Presenting Knowledge Visualization Framework," *Design Convergence Study*, Vol. 12, No. 1, pp. 219-233, February 2013.
- [4] Nathalie Miebach. Work Change Water [Internet]. Available: <https://www.nathaliemiebach.com/work/storms-gales-and-blizzards>.
- [5] Jill Pelto Art. Gallery Mountain Pika [Internet]. Available: <https://www.jillpelto.com/pika>.
- [6] Jenny Kendler. ArtWork Birds Watching [Internet]. Available: <https://jennykendler.com/artwork/5164867-Birds%20Watching%20III.html>.
- [7] ZSL. ZSL Scientists Collaborate on Striking Art Installation Jenny Kendler [Internet]. Available: <https://www.zsl.org/news-and-events/feature/birds-watching-more-meets-eye>.
- [8] Science History Institute Museum & Library. Sensing Change: Particle Falls [Internet]. Available: <https://www.sciencehistory.org/sensing-change-particle-falls/>.
- [9] Toyo Ito & Associates, Architects. Projects Tower of Winds in Yokohama [Internet]. Available: https://www.toyo-ito.co.jp/WWW/project_Descript/1980-/1980-p_08/1980-p_08_j.html.
- [10] Y. G. Kang, *Digital Media and Art in the Convergence Forest*, Taeilsa, p. 141, 2011.
- [11] N. E. Kang, A Study On Media Art Interacting with Environmental Changes, Master's Thesis, Kookmin University, Seoul, February 2006.
- [12] Usman Haque. Sky Ear [Internet]. Available: <https://haque>.

co.uk/work/sky-ear/.

- [13] Korea Hydrographic and Oceanographic Agency. Open API [Internet]. Available: <http://www.khoa.go.kr/oceanmap/apiguide/html/chapter01.html>.
- [14] Visual Crossing. Weather Data Pricing [Internet]. Available: <https://www.visualcrossing.com/weather-data-conditions>.
- [15] D.-H. Kwon, "Analysis of Prompt Elements and Use Cases in Image-Generating AI: Focusing on Midjourney, Stable Diffusion, Firefly, DALL·E," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 25, No. 2, pp. 341-354, February 2024. <http://doi.org/10.9728/dcs.2024.25.2.341>
- [16] Y. J. Choi, "Research Trends in the Production of Intelligence Information for Improved Weather Prediction Using Weather Observations," *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol. 40, No. 2, pp. 50-58, February 2022.
- [17] D.-H. Lee, "A Study on the Application of AI Image Generators in the Creative and Art Field," in *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, Daejeon, pp. 85-88, January 2023.
- [18] S.-M. Baek and S.-Y. Lim, "Real-Time Sound Visualization Using Generative AI," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 24, No. 10, pp. 2453-2460, October 2023. <https://doi.org/10.9728/dcs.2023.24.10.2453>
- [19] Namu Wiki. TouchDesigner [Internet]. Available: <https://namu.wiki/w/TouchDesigner>.



곽미영(Mi-Young Kwak)

2008년 : 계명대학교 교육대학원 공통
과학교육전공 (교육학석사)

2022년~현 재: 경북대학교 디지털미디어아트학과 석사
※ 관심분야 : Data Visualization, Interactive Media
Installation, Metaverse, STEAM Education 등



임수연(Soo-yeon Lim)

2004년 : 경북대학교 대학원 컴퓨터공
학과(컴퓨터공학박사)

2018년 : 경북대학교 대학원 디지털미
디어아트학과(예술공학박사)

2014년~2021년: 동양대학교 교수
2021년~현 재: 경북대학교 미술학과 교수
※ 관심분야 : Digital Art, Interactive Media Installation, 3D
Graphics, Metaverse, HCI (Human Computer
Interaction)