

# 클라우드소싱을 통한 참여형 기상기록정보의 수집과 활용에 관한 연구

## A Study on Collecting and Utilizing Participatory Meteorological Record Information through Crowdsourcing

이재능(Jaeneung Lee)<sup>1</sup>, 이승휘(Seunghwi Lee)<sup>2</sup>

E-mail: wosmd7528@naver.com, leehwi@mju.ac.kr



<sup>1</sup> 제 1 저자 명지대학교 기록정보과학전문대학원 기록관리전공 석사  
<sup>2</sup> 교신저자 명지대학교 기록정보과학전문대학원 교수

논문접수 2019.4.23  
최초심사 2019.5.6  
게재확정 2019.5.17

### 초 록

기상정보를 주로 제공받아온 시민은 인터넷 기술 기반의 클라우드소싱을 통해 기상정보를 제공하는 주체 중 하나로 자리잡아가고 있다. 국내외에서 국가 기상 서비스 기관과 기업은 시민들이 생산한 기상관측정보를 기상예보에 활용하고 있는 추세이다. 최근 기록학계에서 데이터를 포함한 정보 관리의 중요성을 인지하고 있는 만큼 기상 분야에서 일어나고 있는 기상기록정보 생산주체의 변화와 현황에 대해 주목할 필요가 있다. 그리하여 본 논문에서는 첫째, 각 기상정보생산 주체가 구축한 기상관측망의 현황과 문제점에 대해 확인하였다. 둘째, 기상 영역에서 이루어지고 있는 클라우드소싱을 확인하기 위해 클라우드소싱을 통한 기상예보 과정에 직접 참여하여 기상기록정보의 수집, 활용과 그 가능성에 대해 분석하였다. 셋째, 향후 클라우드소싱을 통한 기상정보의 활용에 대한 발전 전망을 제시하였다.

### © 한국기록관리학회

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

### ABSTRACT

Citizens are becoming providers of weather information through crowdsourcing on the Internet. In Korea and abroad, national weather service organizations and companies are using weather information provided by citizens for weather forecasting. Recently, it is necessary to pay attention to the changes and the current status of the producers of meteorological information in the meteorological field as they are aware of the importance of information management including data in academia. In this paper, first, the present status and problems of the weather observation network constructed by each weather information producer were identified. Second, to confirm the crowdsourcing in the meteorological area, the researchers directly participated in the weather forecasting process through crowdsourcing and analyzed the collection, utilization, and the possibility of weather record information. Third, prospects for the utilization of weather information through crowdsourcing were presented.

**Keywords:** 클라우드소싱, 기상, 기상 데이터, 참여형, 기상정보수집, 사물 인터넷, 데이터 관리, 디지털 아카이브  
crowdsourcing, meteorology, meteorological data, participatory, meteorological information collection, IoT, managing data, digital archive

<http://ras.jams.or.kr>

## 1. 머리말

### 1.1 연구 배경과 목적

기상정보의 소비자에 불과하였던 시민은 이제 기상기록정보의 생산 주체로서 자리잡아가고 있다. 객관적인 데이터가 필수적인 과학 분야 중 하나인 기상은 정확한 기상예보를 위해 광범위한 지역에 조밀한 관측망을 구축하는데 막대한 비용이 투자되어야 함으로 지금까지도 주로 국가 기상 당국과 기업이 기상기록정보를 수집하고 생산해왔다. 이제는 지역적으로 더 상세하고 정확한 예보를 위해 시민이 관측한 기상기록정보를 기상 당국과 기업에서 활용하기 시작했다. 기상 강국인 미국과 영국의 기상청 및 기상기업에서는 이미 스마트 기기나, 클라우드소싱 기술을 이용하여 시민들의 기상관측정보를 수집하는 플랫폼을 운영하고 있다. 이와 같이 기상기록정보 생산주체 패러다임의 변화가 일어나고 있다.

이러한 변화를 통해 이제는 자신의 집 앞마당의 기상정보를 제공받는 시대를 맞이하게 되었다. 바로 기상 영역에서의 클라우드소싱을 통한 기상정보수집 덕분이다. 국내외의 국가 기상 서비스 기관, 민간 기상기업, 기상 커뮤니티는 스마트 기기의 센서, 사물 인터넷(IoT)으로서 개인기상관측소(Personal Weather Station, 이하 PWS)<sup>1)</sup> 등으로부터 관측되는 실시간 기상 정보를 수집하여 기상예보 및 기후연구에 활용하고 있다. 인터넷 통신 기반의 클라우드

소싱을 통하여 시민들로부터 확보한 기상기록정보는 기존의 기상관측망을 좀 더 조밀하게 해주기 때문이다. 이런 이점으로 기상 당국, 업계, 학계에서는 클라우드소싱 활용과 이에 대한 연구를 지속적으로 진행함으로써 그 잠재력에 주목하고 있다(Muller, Chapman, Johnston, Kidd, llingworth, Foody, Overeem, & Leigh, 2015).

기상기록정보 중 기상관측데이터는 기상학을 배우지 않은 비전문가도 쉽게 해석할 수 있으므로 그 자체만으로도 충분히 활용성이 있는 기록정보이다. 데이터 및 정보의 관리는 기본적으로 정보 보호 분야에서 다루어 왔지만 전자기록 시대로의 도래로 기록학계에서도 데이터를 포함하는 정보 관리의 중요성을 인지하고 있다(박태완, 2015). 또한 한국기록관리학회(2018)는 요즘 화두인 ‘열린 데이터(open data)’, ‘빅 데이터(big data)’, ‘열린 정부(open government)’, ‘공공데이터 개방’ 등을 언급하며 데이터 관리에 대한 중요성을 강조하였다. 그러므로 기록학계는 기상 영역에서의 이러한 획기적인 변화에 대해 관심을 가질 필요가 있다.

이 연구는 기상기록정보 생산 주체의 변화와 그 실체에 대한 기록학계의 관심을 불러일으키는데 목적을 두고 있다. 이를 위해 클라우드소싱을 통한 기상정보 수집과 서비스 전반을 파악하고, 그 활용 가능성 및 향후 기상영역에서의 클라우드소싱의 전망에 대하여 제안하고자 한다.

1) 개인기상관측소는 개인, 커뮤니티 등에 의해 운용되는 기상관측장비의 한 세트이다.

## 1.2 연구 방법

본 연구를 수행하기 위한 내용 및 연구방법으로는 다음과 같다. 첫째, 최근 다양한 분야에서 활용되고 있는 클라우드소싱에 대해 살펴보고 기상 영역에서의 클라우드소싱 활용의 의미와 그 의의를 확인함으로써 이론적 배경을 다루었다. 우선 기본적으로 클라우드 소싱의 개념에 대해 정리하였고, 클라우드 소싱의 유형 및 특징을 분류하였다. 국내 기상 분야에서 이루어지고 있는 클라우드소싱 관련 연구는 충분하지 않아서 주로 해외 기상 및 기후학 학술논문에서 클라우드소싱의 개념, 활용 유형과 사례, 클라우드소싱 활용의 문제점과 가능성에 관한 연구 내용을 확인하였다. 둘째, '국가' - '기업' - '시민'으로 확장되어가는 기상기록정보 수집의 발전방향, 즉 확장되어가는 기상관측정보의 생산 주체의 일련의 흐름과 현황 그리고 앞으로의 전망에 대하여 다루었다. 각 주체별로 국가는 기상청, 기업은 우리나라의 케이웨더(Kweather), 클라우드 소싱을 통한 기상정보를 수집하고 있는 민간기업 Weather Underground, BloomSky를 선정하여 현재 각 주체별 기상관측망의 현황과 문제점을 살펴보고 이를 극복하기 위한 대안 및 조치에 대해 확인하고자 한다. 또한, 기상영역에서의 클라우드소싱의 사례와 클라우드소싱 데이터의 품질 검증에 관하여 확인하여 보았다. 셋째, PWS를 직접 설치하여 개인 기상관측소 플랫폼의 기록정보 수집과 서비스에 관한 현황을 파악하였다. 마지막으로 기상 기록정보 생산의 주체가 시민으로 확장되어가고 있는 지금으로부터 앞으로의 전망에 대해 제안하였다.

## 1.3 선행 연구

선행연구는 클라우드소싱 정의, 기상영역에서의 클라우드소싱에 관한 사례 연구, 우리나라의 기상관측망에 대해 문헌조사를 실시하였다.

첫째, 각 분야의 사업 및 프로젝트의 일부 기능을 향상 시키기 위해 클라우드소싱을 적용하는 선행연구들이 많았다. 소셜미디어를 통해 클라우드소싱 플랫폼의 활용에 대한 연구(김원기, 2013), 이미지 검색의 효율성 제고 위한 클라우드소싱 기반의 이미지 태깅 구축(이혜영, 2018), 클라우드소싱 기반의 지식거래 비즈니스 모델 연구(왕효명, 2018), 지능형 교통 체계에 클라우드소싱 적용(박범진, 문병섭, 변장선, 2012) 등이 있었다. 공통적으로 클라우드소싱에 대한 정의를 다루고 있었으며, 클라우드소싱의 유형과 특징에 대해 설명하였다.

둘째, 기상 영역에서의 클라우드소싱에 관한 연구로서, Muller et al. (2015)는 기후 및 대기과학을 위한 클라우드소싱의 현재와 미래의 잠재력에 대하여 연구하였다. 또한 기상 영역에서만 클라우드소싱의 유형과 특징에 대해 살펴볼 수 있었다. Meier, Fenner, Grassmann, Otto, & Scherer(2017)와 Bell, Cornford, & Lucy(2013)은 클라우드소싱을 통한 기상정보 수집 활용 가능성을 제고하기 위한 연구를 진행하였다. 국내에서는 스마트폰의 센서를 통해 기압, 기온 정보를 기상 정보로 활용 가능성에 관한 연구(윤성호, 김동원, 오민선, 남용욱, 김용혁, 2015)와 모바일을 통한 클라우드소싱이 이루어지고 있는 사례 중 기상영역에 대한 정책 연구본부 융합정책연구부(2013)의 연구가 있었다.

셋째, 현재 우리나라의 기상 관측망에 관한 연구로 김선영, 오완탁, 이승호(2013)는 현재 기상청에서 운영중인 기상관측망의 현황과 문제점, 기상관측소의 밀도가 낮은 지역의 신설을 제안하였다. 송지애, 이승재, 강민석(2016)는 우리나라의 지형이 80%가 산지이고, 삼면이 바다로 둘러싸인 지형적 영향으로 국지적으로 다양한 기상현상이 나타나기 때문에 조밀하고 전략적인 관측망 구축이 필요함을 언급하였다.

선행연구를 요약하면 첫째, 클라우드소싱을 활용한 연구가 교통, 정보 검색, 온라인 지식거래 등 다양한 분야에서 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다. 기본적으로 각 연구의 이론적 배경이나 주요 핵심 개념으로 클라우드소싱의 정의, 클라우드소싱의 여러 유형과 각각 특징에 대하여 소개하고 있다. 둘째, 기상영역에서의 클라우드소싱의 사례와 아마추어 기상관측소를 통해 생산되는 데이터의 검증과 활용 가치에 대한 연구 자료로는 해외에서의 연구 사례가 많았고, 국내에서는 모바일 클라우드소싱의 한 사례로 스마트폰 센서를 활용한 기상 어플리케이션을 소개한 것과 모바일 센서를 통한 기상 데이터 확보 및 검증, 활용 가능성에 대해 언급하고 있을 뿐 연구된 사례가 매우 적다. 대체적으로 기상 클라우드소싱과 관련한 논문에서 공통적으로 확인 가능한 것은 클라우드소싱을 통한 기상 데이터를 확보하는 것이 기상학적으로 충분히 활용 가치가 있지만, 데이터의 정확도 및 신뢰성에 문제를 제기하고 있다는 점이다. 셋째, 기존의 기상 당국의 기상관측망의 한계를 지적하며 조밀한 기상관측망의 필요를 확인할 수 있었다.

이 외에 기록학에서 기상 클라우드소싱과 관

련하여 연구된 논문은 없는 것으로 파악되지만 기상 기록 관리에 관련하여 기상청 기록물 관리에 관한 연구로 2015년 기상학회 학술대회 논문집에 발표된 자료뿐이다(정석권, 김영동, 전영신, 2015).

## 2. 클라우드소싱과 기상

### 2.1 클라우드소싱

#### 2.1.1 클라우드소싱의 정의

IT 기술의 발달로 정보를 생산하고, 관리하며, 활용하는 방식은 계속해서 변화하고 있다. 컴퓨터, 스마트 폰, IoT를 통해 이전과는 비교할 수 없을 정도로 많은 정보들이 시민들에 의해 생산되고 있다. 이러한 기술의 발전은 시민들이 정보의 소비자일 뿐 아니라 정보를 생산하는 주체로서의 역할을 부여하고 있다. 국가와 기업은 빅데이터를 필요로 하는 여러 영역에서의 특정 목표를 달성하기 위해 시민들로부터 생산되는 대량의 정보를 이미 활용하고 있다. 이러한 대중으로부터 생산되는 정보를 확보하기 위한 방식 중 하나로 클라우드소싱이 주목 받고 있다.

클라우드소싱이란 '대중'(crowd)과 '외부 자원 활용'(outsourcing)의 합성어이다. Jeff Howe(2006)는 IT 전문잡지 와이어드지 기사에서 처음으로 이 단어를 사용하였으며 자신의 블로그에 "기업 혹은 기관이 직원들로부터 수행되는 일을 규정되지 않은 대중의 네트워크에 일을 위탁하는 행위"라고 정의하고 있다. 정책연구본부 융합정책연구부(2013)는 클라우드소싱

을 “기업이나 단체 등이 특정 목표 달성을 위해 대중(crowd)의 역량을 끌어오는 것”으로 정의하고 있으며 클라우드소싱의 대부분이 온라인 플랫폼으로 동원되고 있음을 파악하였다. Dickinson, Zuckerberg, & Bonter(2010)는 “개인 혹은 전문가의 주도 하에 일을 진행하기 위해 규정되지 않은 대중을 확보하는 것”이라고 정의하고 있다. Kazai, Kamps, & Milic-Frayling(2013)는 클라우드소싱이 “일반적으로 문제를 해결하거나 작업을 완료하기 위해 그리고 종종 소액결제와 사회적 인정 혹은 즐거움을 위하여 알려지지 않은 대중들에게 업무를 아웃 소싱 하는 것”임을 밝히고 있다. 이해영(2018)은 “네트워크로 연결된 사람들이 공동 작업을 수행하는 형태로 문제를 해결하고 콘텐츠를 생산하는 개념의 모델”이라고 정의하였다. 위의 정의한 내용들을 종합해보면, 클라우드소싱은 개인, 집단, 기업이 프로젝트 및 사업의 목표를 완수하기 위해 규정되지 않은 집단 즉 시민들의 역량을 인터넷의 온라인 환경을 통해 활용하는 것이라 볼 수 있다. 참여, 개방, 공유를 표방하는 웹 2.0 시대(김유승, 2010)가 도래하면서 불특정 다수로부터 최대한 많은 협력을 유도해야하는 클라우드소싱의 특성에 온라인 만큼 적합한 곳이 없으므로 오늘날 클라우드소싱은 어떤 형태로든 온라인을 전제하

는 의미로 통용된다(정책연구본부 융합정책연구부, 2013).

### 2.1.2 클라우드소싱의 유형과 특징

김원기(2013)는 클라우드소싱의 유형을 목적성, 참여 방법, 결과물의 형태에 의해 크게는 통합형 클라우드소싱과 선택형 클라우드소싱으로 나누었다. 세부적으로는 ‘협업형’, ‘통합선택형’, ‘의뢰자 선택형’, ‘대중 선택형’ 네 가지로 분류 하였다

통합형 클라우드소싱 중 협업형 클라우드소싱은 소수의 전문가가 긴 시간과 비용을 요구하는 작업을 수행하기 위해 일반 대중의 집단 지성을 이용하는 방법이다. 구글 맵스와 위키백과가 이 유형에 속한다. 방대한 데이터를 모아 반복적으로 검증, 첨부, 삭제하여 질적으로 완성도 높은 정보를 만들어낸다. 통합선택형 클라우드소싱은 대중이 여러 가지 옵션 중 하나를 각자의 필요에 맞게 취사 선택할 수 있다. 다양한 수요자에게 반복 선택될 수 있고, 폭넓은 소스가 지속해서 누적, 통합되는 형태로 나타난다. 애플의 앱스토어, 구글의 안드로이드 마켓이 그 예이다.

선택형 클라우드소싱 중 의뢰자 선택형 클라우드소싱은 기업이나 정부기관, 단체 등이 의뢰한 내용을 경연 형태로 일반인들에게 개방한

〈표 1〉 클라우드소싱의 유형별 분류

클라우드소싱의 분류	통합형 클라우드소싱	협업형 클라우드소싱
		통합선택형 클라우드소싱
	선택형 클라우드소싱	의뢰자 선택형 클라우드소싱
		대중 선택형 클라우드소싱

출처: 김원기(2013)

다. 집단지성으로 수집된 다양한 해결책 중 하나를 채택한다. 채택된 자는 적절한 보상을 받게 된다. 그 사례로는 이노센티브, 99디자인스가 있다. 대중 선택형 크라우드소싱은 의뢰자 선택형 크라우드소싱과 같이 경연 형태이지만 차이점은 의뢰자 선택형과는 달리 집단지성이 제안한 해결책을 대중이 직접 평가하고 채택한다는 점이다.

김원기(2013)는 크라우드소싱의 특징에 대해서도 설명하였다. 제프 하우가 언급한 '콘테스트(Contests)', '개방형 시장(Open Markets)', '마이크로워크(Microwork)'와 오늘날 크라우드소싱에서 핫 이슈인 '공유 경제(Sharing Economy)'로 각각의 특징을 설명하고 있다. 첫째, 콘테스트의 경연적 특성을 띠는 크라우드소싱은 공개모집의 형태로 대중의 참여를 유도하여 한 명의 우승자를 가리는 것이다. 의뢰인은 우승자의 작업 결과물을 구매하고 다른 참가자들은 자신의 결과물에 대한 권리를 갖는다. 이것이 잘 진행되기 위해서는 적절한 보상 체계가 마련되어야 하며, 경연의 과정이 합리적이고 투명해야 한다. 둘째, 개방형 시장의 크라우드소싱에는 지식정보를 선별하고, 적합한 정보제공자를 찾아내는 프로젝트 전문가 존재해야 한다. 또한 프로젝트의 취지를 명확히 공지하고, 업무에 전문적 지식을 갖춘 대중을 선별하고 관리함으로써 목표를 달성할 수 있다. 셋째, 마이크로워크 크라우드소싱은 방대하고 반복적인 프로젝트를 작고 개별적으로 나누어서 작업하여 취합한 후 고도로 자동화된 소프트웨어를 통해 처리하는 과정이다. 참여자가 올리는 데이터 설명, 데이터 품질에 대해 신뢰성이 필수적이므로 신중한 결정이 필

요하다. 넷째, 공유경제 특성을 지닌 크라우드소싱은 제품이 만들어지고 판매, 사용되는 과정에서 상품을 각자가 소유하기보다 타인과 교환하거나 분배를 통해 공유하는 경제모델을 말한다.

그렇다면 기상 영역에서 이루어지고 있는 크라우드소싱은 어떤 유형과 특징으로 분류될 수 있을까? 정확히 분류할 수 없지만 협업형 크라우드소싱과 마이크로워크 크라우드소싱에 매칭할 수 있다. 협업형 크라우드소싱의 특징으로서 소수의 전문가가 긴 시간과 비용을 들여 해야 할 작업을 대중의 집단지성을 이용하는 것, 방대한 양의 정보를 수집하여 반복적으로 검증하여 질적으로 완성도 높은 정보를 만드는 일련의 프로세스는 기상 및 기후 연구를 위해서 오랜 시간 반복적으로 기상관측정보를 수집하여 분석하는 것과 유사하다. 또한 시민들이 생산한 데이터의 품질을 계속해서 검증하여 그 중 유효한 데이터를 사용함으로써 기상 연구와 정확한 예보에 기여하는 부분은 협업형 크라우드소싱과 일맥상통한다. 마이크로워크 크라우드소싱은 방대하고 반복적인 작업 수행을 요구하는 프로젝트를 작고 개별적으로 나누어 작업한 후 취합하여 자동화된 소프트웨어를 통해 처리한다. 기상 영역에서도 마찬가지로 방대한 지역의 조밀한 관측 정보를 확보하기 위해 대중들이 보유한 각각의 아마추어 기상 관측 기기, 스마트 기기 센서 등을 통해 정보를 확보한 후 기상 플랫폼의 데이터 검증 시스템과 수치예보모델 시스템을 통하여 정확한 기상 정보를 제공하는데 이러한 점에서 마이크로워크의 특성을 보이고 있다.

## 2.2 기상영역에서의 클라우드소싱 활용

### 2.2.1 기상영역에서의 클라우드소싱과 의의

클라우드소싱은 각 분야별로 각기 방식으로 활용되고 있기 때문에 기상 영역에서 이루어지고 있는 클라우드소싱에 대해 자세히 알아볼 필요가 있다.

기상 영역에서 이루어지고 있는 클라우드소싱은 주로 시민들로부터 실시간 기상 현상 정보를 확보하는 것이다. 이러한 기상 정보들이 모여서 이후에 기상 및 기후 자료로 활용된다. 대기 현상과 관련된 기상 및 기후 정보를 확보하기 위해 주로 온라인 환경에서 기상과 관련한 시민들이 촬영한 사진, 관측 보고서, 관측기기를 통해 확보한 관측자료 등을 수집하는 것이라 볼 수 있다. 그렇기 때문에 일부 학자들은 PWS를 CWS(Citizen Weather Station)라고 칭하기도 한다(Bell, Cornford, & Lucy, 2015).

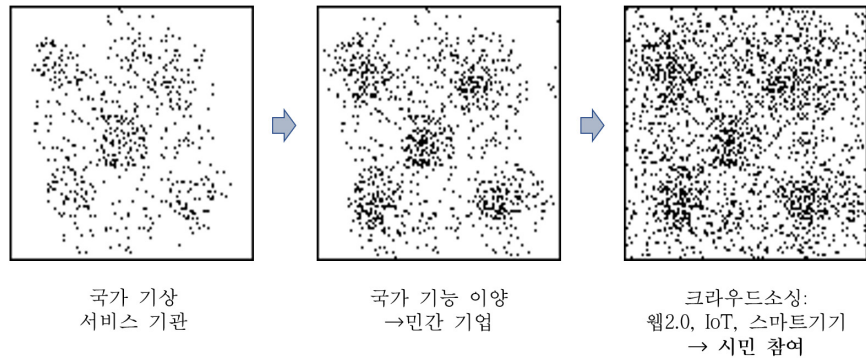
클라우드소싱을 통해 확보한 기상기록정보가 현재 해외의 기상청, 민간 기업 등에서 활용되고 있는 만큼 그 잠재력과 효용성이 높게 평가받고 있다. 그것은 클라우드소싱이 지역적 특성을 띤 기상 현상이나 여러 변수에 대한 정보를 제공해주기 때문이다(Muller et al., 2015). 또한 인구가 밀집된 지역 뿐 아니라 전통적인 기상 네트워크가 감소하는 국가나 데이터가 부족한 지역에서도 기상 클라우드소싱이 미래에 중요한 역할을 할 것으로 기대하고 있다(GCOS, 2010).

기상영역에서의 클라우드소싱은 기상기록정보의 생산 주체를 확장 시켰다. 전문적인 기상 관측을 위해서는 많은 비용이 필요하므로 본래

기상청과 같은 국가 기관이 국가의 재정으로 기상현상을 관측하고 예보 정보를 제공해왔다(Weather Block, 2018). 이후 국가가 수행하는 기능을 민간에 위임함으로써 해당 분야의 시장 경제를 활성화하는 흐름이 기상 영역에도 영향을 미쳤다. 이에 국가에서 범으로 민간 기업이 기상정보 사업을 가능하게 허가할 뿐 아니라 기상청의 기상정보를 공유함으로써 민간 기업에서도 기상 예보 사업을 시작하게 되었다. 그러면서 기상청으로부터 제공받는 기상 관측 자료와 민간 기업 자체에서 독자적으로 운영하는 기상관측센서 네트워크로부터 생산되는 기상 정보를 예보에 활용하고 있다.

이제는 저가의 기상관측장비 시장이 형성되어 개인기상관측소(PWS)가 운영될 뿐 아니라, 스마트폰의 위치정보, 기압, 고도 등의 정보를 감지하는 센서를 통해 시민들로부터 기상 정보들이 생산되고 있고, 이렇게 생산된 데이터를 활용하는 국가 기상 당국과 민간 기상 기업들이 세계 곳곳에 있다. 이와 같이 기상기록 정보를 생산하는 주체가 국가에서 시민으로 확장되어 가면서, 클라우드소싱의 활용에 대한 기대도 커져가고 있다.

기상 영역에서의 클라우드소싱은 이제 본격적으로 활용되기 시작했기 때문에 <그림 1>은 현재의 모습이 아니라 클라우드소싱 활용이 지금보다 활발히 이루어질 때의 예상되는 관측망의 분포로 볼 수 있다. 앞으로 시민을 대상으로 한 기상 영역의 클라우드소싱이 더욱 활발히 진행될 경우 관측망의 분포는 이전보다 더 조밀해 질 것이고 이는 정확한 기상예보와 기후 연구를 위한 중요한 정보원이 될 전망이다.

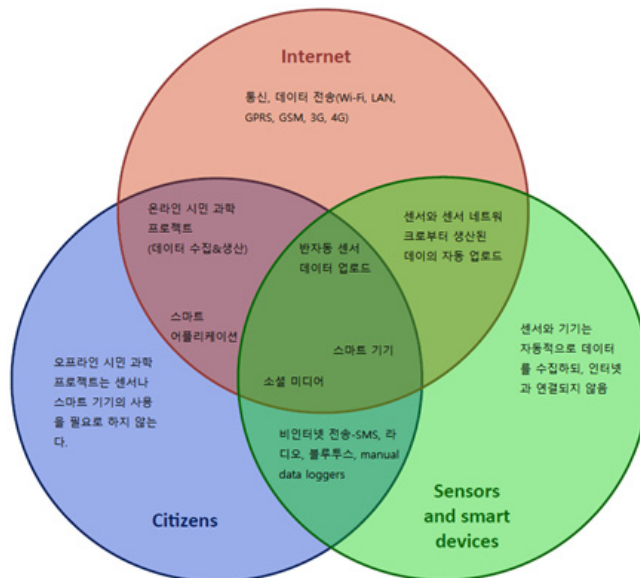


〈그림 1〉 기상기록정보 생산 주체의 확장에 따른 관측망 분포 예상도

2.2.2 기상영역에서의 클라우드소싱의 분류  
 Muller et al. (2015)는 기상영역에서의 클라우드소싱을 여러 유형으로 분류하였다. 먼저는 '대중(crowd)'의 성격에 따른 구분으로 'animate'와 'inanimate' 클라우드소싱으로 분류한다. 사전 상 'animate'는 '살아있는'이라는 뜻이고 'inanimate'은 '죽은, 죽은 것 같은, 무생물의'라는 뜻을 가

지고 있다. 'animate' 클라우드소싱은 참여자가 직접 관측하거나 생산한 정보를 수동으로 업로드하는 방식이며 'inanimate' 클라우드소싱은 센서로부터 확보한 정보들을 참여자의 개입 없이 자동으로 업로드하는 방식이다.

〈그림 2〉는 참여자의 개입(Citizen), 센서와 스마트기기, 인터넷의 상호작용을 통해 일어나



〈그림 2〉 클라우드소싱 상호작용 벤다이어그램  
 출처: C.L. Muller et al. (2015) 편집

는 클라우드소싱 현상을 설명하고 있다. 우선 시민(Citizen)은 과학 프로젝트를 수행할 때, 스마트 기기나 인터넷 환경을 필요로 하지 않는 경우 직접 관측하거나 실험을 통해 데이터를 생산하고 수집한다. 참여자와 센서 및 스마트기기가 서로 상호작용할 경우 휴대폰 문자 메시지, 블루투스, 주파수 전송으로 데이터를 공유한다. 인터넷과 참여자의 상호작용은, 온라인에서 시민 과학프로젝트를 운영하여 인터넷 환경에서 데이터를 생산하고 확보한다. 인터넷 환경과 스마트 기기 및 센서, 참여자 세 객체 모두 상호작용이 일어날 경우에는 스마트 기기나, 센서를 통해 확보한 데이터를 직접 혹은 반자동으로 인터넷 서버에 업로드한다. 마지막으로 참여자의 개입 없이 센서 및 스마트 기기와 인터넷이 상호작용 할 경우, 센서를 통해 생산된 데이터는 자동적으로 업로드 된다. 본 연구에서 사례로 다루는 Weather Underground와 BloomSky가 여기에 속한다고 볼 수 있다.

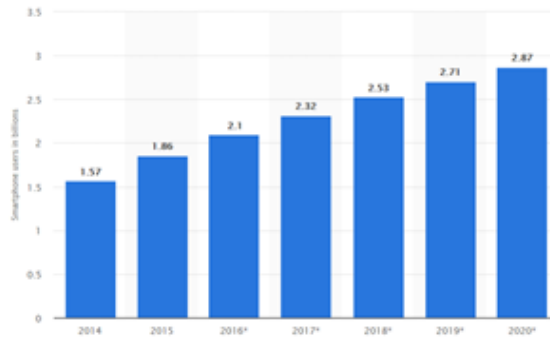
Muller et al. (2015)는 기상 영역에서 클라우드소싱이 활발히 이루지고 있는 커뮤니티 및 출처의 유형을 6개로 분류하고 있다. Citizen science, Social media, In situ sensors, Smart devices, Moving platforms, 'Hidden' networks로 나누어 분석하였고, 각 출처의 사례들을 소개하고있다.

우선 Citizen science는 자원봉사자, 아마추어 과학자, 취미애호가로 이루어진 일반 대중들의 협력적 과학 연구 커뮤니티이다. 시민들이 적극적으로 데이터를 수집하거나 생산하며 데이터를 해석함으로써 'animate' 클라우드소싱의 형태로 보기도 한다.

Social media는 트위터, 페이스북, 플리커, 블로그와 같은 소셜 미디어 채널을 통해 정보들을 공유하는 것으로서 많은 시민 과학은 소셜 미디어를 통해 대중으로부터 필요한 데이터들을 확보하여 그들의 연구 및 프로젝트를 진행하고 있다. 소셜미디어 채널은 위치 정보(Geotagging)를 제공할 뿐 아니라 실시간 시간 정보를 제공하기 때문에 시민과학은 소셜미디어 정보를 적극적으로 활용하고 있다. 그렇지만 Boulos, Resch, Crowley, Breslin, Sohn, Burtner, Pike, Jezierski, & Chuang(2011)는 필터링을 거치지 않고 생산된 소셜 미디어 정보들은 편향된 정보일 수 있으므로 필요한 데이터를 추출하기 위한 필터링, 알고리즘 그리고 전문가에 의한 검증이 필요하다고 하였다.

In situ sensors는 집, 길거리, 건물 등 각 현장에 설치된 센서를 통해 클라우드소싱하는 것을 말한다. 개인 기상 관측은 아마추어 기상 취미자들에게 계속해서 인기를 끌어들였다. 비용이 저렴할 뿐 아니라 인터넷과 연결하여 사용이 가능하므로, 개인의 취미로 이용할 뿐 아니라 연구를 위해서도 사용하고 있다. Wi-Fi, 블루투스, 기기 간의 SIM카드와 같은 다양한 통신 기술의 발전은 사물인터넷(IoT) 및 스마트 기기를 통한 엄청난 양의 데이터를 클라우드소싱하는 데에 기여하였다. 본 연구에서 다루 Weather Underground와 BloomSky가 여기에 해당된다. 기술의 진보로 관측 기기의 소형화가 이루어져서 휴대폰, 자동차, 시계, 다른 기기들에 통합 되고 있다. 실시간 및 시·공간적으로 조밀한 기상관측데이터를 대량으로 확보 가능하지만 센서의 정확성 그리고 민감성을 검증하는 것이 필요하다.

Number of smartphone users worldwide from 2014 to 2020 (in billions)



〈그림 3〉 Statista 통계 포털 사이트 자료-스마트폰 이용자 수

출처: <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide>

Smart devices는 스마트폰, 태블릿PC 등과 같은 스마트 기기에 기온, 기압, 습도, 위치 정보 등을 감지하는 센서를 통해 데이터를 확보하는 것을 말한다. 〈그림 3〉과 같이 최근 2018년 전 세계 휴대폰 이용자 수는 25억명 정도이다. 2020년에 휴대폰 사용자 수가 28억 명으로 늘어날 것으로 추정된다. 그만큼 클라우드소싱을 통해 확보할 수 있는 데이터의 양도 더욱 증가할 것으로 보인다. 시·공간적으로 세밀한 기상 관측 정보를 확보할 수 있지만, 실내/외 구분하는 것이 쉽지 않기 때문에 데이터의 품질 검증에 대한 어려움이 존재한다.

Moving platforms은 자전거, 자동차, 배, 비행기, 기차와 같은 운송 수단을 말한다. 이 Moving platforms에 이미 부착되어 있는 센서 혹은 휴대용 기기를 부착하여 데이터를 확보하는 방식이다. 특히 가장 발전Moving platforms은 자동차이다. 인터넷과 연결된 센서를 장착하여 지표

면의 공간적으로 상세한 관측을 할 수 있게 되었다.

‘Hidden’ networks는 ‘inanimate’ 클라우드소싱으로 간주할 수 있다. 휴대폰 전송 신호, 가로등의 조도 조절 센서, 교통관리를 위한 도시 전역 교통 센서 등이 그 예이다. 반복적이며 지속적으로 수집된 데이터는 다방면으로 활용된다. 사례 중 하나로 Overeem, Leijnse, & Uijlenhoet(2013)는 네덜란드에서 휴대폰 통신 네트워크로 연결되는 마이크로파로부터 수신되는 신호 레벨<sup>2)</sup> 데이터를 사용하여 강수량을 모니터링하였다. 이와 같이 특정한 목적을 위해 운영되는 계측기 또는 센서 네트워크는 기상정보 활용을 염두에 두고 구축될 수도 있다.

이와 같이 다양한 방식으로 클라우드소싱이 이루어지고 있다. 그 중 ‘Passive’ 클라우드소싱과 ‘In situ sensors(현장 센서)’ 출처 유형을 띄고 있는 개인기상관측소(PWS)가 현재 기

2) 전송계의 임의의 점에서 신호 전류의 세력을 신호 레벨이라 하고, 보통 1mW를 기준으로 한 데시벨로 나타낸다(네이버 지식백과-전기용어사전).

상 영역에서 활발히 진행되고 있는 클라우드소싱이다. 시민들의 기상에 관한 관심, 취미 그리고 개인 사업의 목적을 위해 직접 기상관측 장비를 설치하여 해당 지점의 정확한 날씨 정보를 받고 있다. 기술이 발전하면서 관측장비의 품질은 지속적으로 향상될 뿐 아니라 데이터의 품질을 검증하는 시스템의 연구도 계속되고 있기 때문에 데이터의 신뢰도에 관해서는 스마트폰 센서나, SNS 기록 등 다른 유형의 클라우드소싱에 비해 높게 평가되어 많이 활용되고 있는 기상 클라우드소싱의 한 유형이다.

### 3. 기상기록정보의 생산주체

3장에서는 지상기상관측망을 중심으로 국가 기상 서비스 기관, 민간 기업, 클라우드소싱을 통해 기상예보를 하는 민간 기업 즉 기상정보 생산 주체를 분석하고자 한다. 각 주체별로 기상기록정보를 어떻게 생산해왔는지 그리고 각 생산 주체가 직면하고 있는 현실적 어려움과 그에 따른 대응 및 대안에 대해 살펴보고자 한다.

#### 3.1 국가 기상 서비스 기관(기상청)

기상청의 지상기상관측은 590개소의 지상기상관측망을 통해 운영된다. 종관기상관측장비(Automated Synoptic Observing System, 이하 ASOS)가 96개소, 방재기상관측장비(Automatic Weather System, 이하 AWS)가 494개소로 이루어져있다. ASOS는 지방청, 지청, 기상대, 관측소 등에 설치되어 기상현상을 관측하고 국제 전문(電文)을 통해 자료 공유 등의 업무를

수행한다. ASOS는 AWS 관측 요소(기온, 풍향, 풍속, 강수량, 강수 유무)에 일조, 일사, 초상온도, 지면온도, 지중온도 등의 요소를 추가로 관측하고 있다. AWS는 기상관서가 없는 산악지역이나 섬과 같이 사람이 관측하기 어려운 곳에 설치된다. 집중호우, 우박, 뇌우, 돌풍 등과 같은 국지적인 위험기상 현상을 실시간으로 감시한다. 기온, 풍향, 풍속, 강수량, 강수 유무를 기본 관측요소로 하며, AWS 중 동네 예보 지점에는 기압과 습도를 선택하여 관측하고 있다. 지상기상관측망을 통해 수집된 기상관측 자료는 수치예보 모델의 초기 입력 자료로 사용된다. 관측 조밀도는 ASOS가 설치된 유인 기상관서가 약 67km이며, AWS를 포함하면 약 13km의 조밀도를 가진다.

기상청의 기상관측망은 불균등하게 분포되어있다(이하늘, 2013). 현재 종관기상관측장비는 96개, 방재기상관측장비는 494개로 적은 수는 아니지만 시·공간적으로 균질성을 갖춘 기상자료의 확보가 필요한 실정이다. 도서 지역에는 관측망의 밀집도가 양호한 편이지만 산지 지역에는 추가적으로 기상관측망을 설치할 필요가 있다. 이하늘(2013)은 한국의 기상관측 밀도 분석에 관한 연구에서 “지역별로 보면, 한강과 낙동강 유역의 기상관측소 밀도가 다른 유역보다 낮고, 충청과 강원, 영남권의 밀도가 다른 행정구역에 비하여 낮은 것으로 파악되었다. 관측소 수로 비교하였을 때는 다른 지역에 비해 관측소 수가 적은 것은 아니지만 면적대비 관측소 수가 적다. 즉, 한강과 낙동강 유역에 포함되는 산지지역의 기상관측소 증설의 필요성이 높다는 것을 의미한다고 할 수 있다. 특히 소백산지 지역의 영남권과 충청권에는 관측소가 전

무한 실정”임을 밝히며 현재의 위도, 면적별 등 다양한 측면에서의 기상관측망의 현황을 분석하고 보완해야하는 점을 제시하였다. 또한 삼면이 바다이고, 국토 면적의 70%가 산지 지형이므로 좁은 지역에서 시시각각 다양한 기상현상이 나타나는 특징을 보이기 때문에 관측 자료를 근거로 기상을 예측하기 위해서는 조밀하고도 전략적인 관측망 구축의 필요성을 지적하고 있다(송지애, 이승재, 강민석, 2016). 이에 대한 해결책으로 Vos, Leijnse, Overeem, & Uijlenhoet(2017)는 PWS를 활용한 클라우드 소싱을 언급하고 있다.

대안으로 기상청은 2014년 3월 31일 ‘날씨 제보 앱’을 출시하여 기상관측장비가 없는 곳의 날씨 정보를 시민들이 찍은 사진, 동영상, 문자 등으로 제공받기 시작했다. 기상관측장비가 설치되지 않은 지역의 돌발성 기상 현상이나 산악지역 등의 기상 현상을 포착하는 것에 초점을 두었다(기상청 관측정책과, 2014).

이와 같이 기상청은 시민들로부터 기상 현상 제보를 제공받고 있긴 하지만 미국이나 영국처럼 시민들의 PWS나 스마트 기기 센서로 생산된 기상 정보를 활용하는 시스템이나 프로젝트는 없는 것으로 파악된다.

### 3.2 특정 수요자 중심의 기상정보 제공 민간 기업(케이웨더)

케이웨더(Kweather)는 기상예보와 관련한 법과 제도로 시작된 기업이다. 1996년 12월 『기상법』에서 민간예보사업제도를 도입하면서 기상예보의 전면금지를 일부 완화하여 특정수요자를 대상으로 기상예보를 할 수 있게 되었다. 2007년에는 『기상산업진흥법』이 시행되면서 민간을 대상으로 기상예보가 가능하게 되어 2009년에는 국내 최초 민간예보센터 ‘630예보센터’를 설립하였으며 자체 수치예보모델(K-NWP)를 개발하였다.



〈그림 4〉 날씨 제보 앱 캡처 화면

출처: 기상청 날씨 제보 시스템

예보센터는 기상청 및 외국의 수치예보자료와 관측자료를 포함한 각종 원시 기상자료 이외에 케이웨더만의 독자적으로 개발한 수치예보모델(K-NWP)시스템과 수요처의 기상 정보서비스 사업을 위해 설치한 자체 관측망을 통해 상시 기상 데이터를 확보하고 있다. 자체 관측망과 수치예보모델은 케이웨더가 민간 기상 기업으로서 독자적으로 예보를 생산할 수 있는 중요한 기반이 된다. 또한 사업부지의 환경평가와 기상 분석을 위해 설치한 기상관측시스템도 케이웨더만의 관측망으로서 독자적 예보를 위한 중요한 자료가 된다. 케이웨더는 지역 맞춤 상세예보를 제공한다고 볼 수 있지만 특정 기업을 대상으로 기상 관측 장비를 설치하기 때문에 사업부지 그 외의 지역에는 시·공간적으로 전략적이고 균질한 기상관측망을 확보하여 지역상세 예보를 제공하고 있다고 보기는 어려우며, 고가의 센서를 일반 대중이 이용하기에는 비용부담이 크다. 그러므로 상세하고 정확한 기상정보를 원하는 시민들의 욕구를 충족시키기에는 부족함이 있다.

다만 케이웨더는 2014년부터 민간 대기 오염 예보 서비스를 시작하면서 2015년에는 실내 공기질 관리 솔루션 'AirGuardK IAQ Station'을 출시하였다. 이는 실내/외 공기를 에어가드K(측정기계)가 측정하여 WiFi를 통해 클라우드 서버로 데이터를 전송하거나 인터넷이 지원되지 않는 환경에서는 블루투스(Bluetooth) 전송으로 실내/외 대기 환경 측정 정보를 이용자들이 스마트폰에서 실시간으로 확인 가능하도록 하고 있다(최유리, 2015). 이는 클라우드소싱을 통해 IoT(사물인터넷)로 포착한 대기질 관련 데이터를 실내/외 실시간 공기질 관측 및

대기 예보 서비스를 제공하고 있는 것으로서 이와 같은 방식을 기상관측에 적용한다면 조밀한 기상관측망을 확보할 수 있을 것이라 예상된다.

### 3.3 기상 클라우드소싱 기반 기상정보 제공 민간 기업(Weather Underground/ Bloomsky)

기상 예보와 기후 연구를 위해 클라우드소싱을 활용하는 여러 사례들이 많다. 그 중 개인기상관측소(PWS)를 통한 클라우드소싱은 전통적 기상 관측망의 한계에 대한 대안으로 주목받고 있다. 전 세계의 개인기상관측소의 네트워크를 형성하여 PWS를 통해 생산되는 데이터를 수집하고, 이를 활용하여 기상예보를 해주는 플랫폼이 있다. 본 절에서는 PWS 플랫폼인 Weather Underground(이하 WU라 지칭함)와 Bloomsky에 대해 살펴보고자 한다.

#### 3.3.1 Weather Underground

WU는 인터넷을 통해 실시간 관측 정보와 지역 맞춤 상세 예보를 제공하는 미국의 민간 기상 기업이다. WU 기업의 사명은 좋은 품질의 날씨 정보를 지구상에 있는 모든 사람에게 이용 가능하도록 하는 것이다. 전 세계에 설치된 25만여개의 개인기상관측소(Personal Weather Station)에서 관측된 실시간 기상 정보를 지도 위에 시각적으로 보여주고, 각 PWS지점의 맞춤 기상 정보를 제공해주고 있는 것이 특징이다.

WU는 독자적인 예보 시스템인 Bestforcast로 예보를 생산한다. 미국을 포함한 전 세계 25만개 이상의 커뮤니티로부터 확보한 기상 데이터는 2.5초 마다 업데이트 되며 이 데이

터는 Bestforcast를 통해 상세 기상 예보가 만들어진다. 현재 확보중인 기상관측망은 미국 내에서는 미국연방항공청(Federal Aviation Administration)과 WU가 관리하는 종관기상 관측장비(ASOS)가 2,000여개, PWS가 25만 개, 미국해양대기청(the National Oceanic and Atmospheric Administration)이 운영하는 관측 시스템 MADIS(Meteorological Assimilation Data Ingest System)<sup>3)</sup>의 일부로 등록된 기상 관측소가 26,000여개 있다. 미국을 제외한 국외로는 각 국의 약 6,000개의 자동기상관측소, 8,000여 개 PWS와 16,000여개의 MADIS의 기상관측소를 확보하고 있다.

<표 2> Weather Underground의 기상관측소 보유 현황

기상관측유형	미국	해외(미국 제외)
PWS	약 25만 개	약 8천 개
MADIS	약 2만6천 개	약 1만6천 개
ASOS	약 2천여 개	약 6천 개
합계	약 28만 개	약 3만여 개

출처: <https://www.wunderground.com/about/data>

이러한 관측망을 활용하여 예보해주는 Best Forcast만의 특징을 미국 기상청(National Weather Service)과의 차이점을 통해 확인해 볼 수 있다. BestForcast의 미국 내에서 기상 예보의 공간 조밀도는 4km이다. NWS는 5km

로 BestForcast가 좀 더 세밀하게 지역을 나누어 예보하는 것으로 볼 수 있다. 예보는 15분마다 업데이트가 된다. NWS는 4시간마다 업데이트가 이루어진다. 관측 자료의 출처는 개인기상관측소(PWS), Coop,<sup>4)</sup> 공항기상자료, 고층기상관측용 라디오존데로부터 받는다. NWS는 개인기상관측망(PWS)만 제외된다. 예보 생산 주기는 1시간, NWS는 3시간마다 예보된다. 예보 기간은 2주 예보이며, 단 사이트에서는 10일 예보만 제공된다. NWS는 7일 예보를 제공한다. 제공되는 기상 요소는 기온, 운량, 습도, 강수확률, 이슬점, 체감기온, 기압이 제공되고, NWS는 온도, 운량, 습도, 강수량, 이슬점에 대한 정보가 주어진다.

WU는 시민들로부터 기상 정보를 확보하는 3가지 방법이 있다. 첫째, 시민들이 직접 구입하여 WU에 등록한 개인기상관측소(PWS) 둘째, 모바일 기압 센서 데이터 셋째, 시민들이 웹 사이트와 어플리케이션으로 작성한 기상 보고서이다. 미국에서 기반을 두고 시작한 기업이기 때문에 미국 내 설치된 PWS는 약 25만개, 해외에는 약 8천개가 설치되어 있어서 미국내의 기상관측소가 다수를 이루지만, 전 세계 곳곳에서 이용자들이 PWS를 WU에 등록하여 기상 정보서비스를 이용하고 있다. 이용자들의 개인기상관측소를 통해 생산된 관측 자료는 실시간 기상정보와 지역 상세 예보에 활용된다.

3) MADIS는 기상 관측 데이터 베이스로서, 전 지구 대상의 관측 정보를 제공받고 다시 기상 커뮤니티 및 네트워크에 데이터를 전달 시스템이다(<https://madis.ncep.noaa.gov/>).

4) 미국 기상청(NWS)와 환경정보 국립센터(NCEI)에 의해 운영되는 시민 기상 관찰자 네트워크이다. 이 네트워크에 참여하고자 하는 자원봉사자들은 각 지역 기상청으로부터 교육을 받아야 한다. 교육을 받은 네트워크는 미국의 50개 주와 모든 영토의 8,700여명 이상으로부터 매일의 기상 정보를 제공한다. 1890년 the Organic Act에 의해 만들어진 것이다. 첫째, 매일의 최고 및 최저 기온, 강설량, 24시간 총 강수량 등의 기상 관측 데이터를 제공함으로써 미국의 기후를 규정하고, 장기 기후 변화를 관측하는데 도움을 주기 위한 것, 두 번째, 기상예보, 경보, 미국 기상청의 공공 서비스 프로그램을 지원할 실시간 기상데이터를 제공하기 위한 것 이 두가지의 미션을 목표로 시작하였다.

〈표 3〉 WU의 BestForecast와 NWS 비교

특징	BestForecast	NWS(NDFD)
기상 조밀도	4km	5km
기상정보 업데이트 주기	15분	4시간
관측 자원	개인기상관측소(PWS), COOPs, 공항기상자료, 라디오존데	COOPs, 공항기상자료, 라디오존데
예보생산주기	1시간	3시간
예보기간	2주 동안의 예보가 만들어지지만, 10일 예보만 웹사이트에 제공된다.	7일 예보 제공
기상 요소	온도	온도
	운량	운량
	습도	습도
	강수확률	강수확률
	이슬점	이슬점
	체감기온	
	기압	

출처: Weather Underground <<https://www.wunderground.com/about/data>>

### 3.3.2 BloomSky

BloomSky는 기상 정보의 새로운 접근 방식을 만들고자 2014년 여름 커뮤니티의 협력과 지원으로 프로토타입을 개발하고 클라우드 펀딩을 통해 사업을 시작하였다. BloomSky는 지역 기반의 정확한 기상 정보를 제공하기 위해 클라우드소싱 네트워크를 형성함으로써 날씨에 접근하는 새로운 방식을 이용자에게 제공하고 있다. 사용자와 날씨 사이의 감정적인 연결 및 소통을 형성하는 것을 비전으로 사업을 운영하고 있다. BloomSky는 관측기기를 판매할 뿐 아니라 자사의 관측 기기로 생산되는 관측 정보를 수집 및 관리하고 활용할 수 있도록 BloomSky Data Portal 플랫폼을 운영하고 있다. 현재 기상데이터를 사고 팔 목적으로 블록 체인 기반의 가상화폐 WXB를 만든 Weather Block과 파트너십을 맺고 있으며, 향후 관측 정보 생산자의 데이터 소유권을 보장하고, 기상 데이터를 통해 경제적 이익을 확보할 수 있는

조건과 환경을 구상하고 있다.

BloomSky는 SKY, STORM 모델 관측 기기를 통해 생산된 실시간 기상정보를 획득하여 METREXTM 예보 시스템을 통해 지역 상세 예보를 제공하고 있다. BloomSky는 현재 100여 개의 이상의 국가에 관측 기기가 분포되어 있고, 10,000여 개 이상의 BloomSky PWS를 운영하고 있다. WU에 비하면 턱 없이 부족한 상황인데다 대부분 미국에 집중되어 있다. BloomSky는 2019년까지 개인 소유 5만 여개, 기업 소유 3만 여개를 목표로 사업목표를 세우고 있다 (WeatherBlock, 2018). BloomSky가 뒤늦게 이 사업을 시작하여 관측기기의 보급률이 낮은 편이지만 이 기업이 주목받는 이유가 있다. 다른 PWS 관측 기기와 다르게 하늘을 찍을 수 있는 카메라가 부착되어 있어 관측 지역의 하늘 기상 상태를 사진과 영상으로 관측 자료를 제공한다. 이러한 자료들은 향후 아마존과 같이 기상 정보가 반드시 필요한 드론 운송 서

비스를 하는 기업에 활용될 가능성이 높은 정보이다. 또한 여러 PWS 관측기기의 자료를 수집하는 플랫폼과 달리 BloomSky는 자사의 PWS로부터 기상관측정보를 공급받으므로 관측 자료의 신뢰성을 확보할 수 있다는 장점이 있다

### 3.3.3 데이터 품질 검증

WU나 BloomSky는 PWS로부터 공간적으로 광범위하면서도 조밀한 기상 정보를 확보하여 기상예보에 활용하고 있다. 그렇지만 PWS는 기상당국의 관측장비와는 달리 설치에서부터 지속적인 운영까지 전문적인 관리가 이루어지고 있지 않다 보니 설치상의 오류나, 방치로 인해 실시간 기상현상을 정확히 반영하지 못할 수 있다. 또한 기계는 시간이 지나면 성능과 그 기능이 떨어지기 마련이므로 PWS 센서의 정밀함이 처음보다 못할 수 있다. 그러므로 정확한 정보만을 활용하기 위해 데이터 검증 시스템은 필수적이다.

Bell, Cornford, & Lucy(2015, p. 75)은 데이터의 부정확함이 일어나는 원인 5가지를 분석하였다. 첫째, 센서 보정이 완벽하게 되지 않아 관측 오차가 유발된다. 이는 설치 전에 문제가 있거나 시간이 지나면서 관측기기의 흐트러짐 때문이다. 둘째, 기계를 처음 만들 때 설계의 문제로 부정확한 측정이 이루어질 수 있다. 셋째, 통신 불량과 기기의 데이터를 수신하는 소프트웨어의 문제로, 데이터를 누락시키거나 잘못된 데이터를 생성하기도 한다. 넷째, 불완전하고 부정확한 메타데이터는 데이터 해석을 어렵게 한다. 다섯째, 표현 값 오류로서 관측 데이터를 활용하기 위해 적절한 측정값 수치로 표

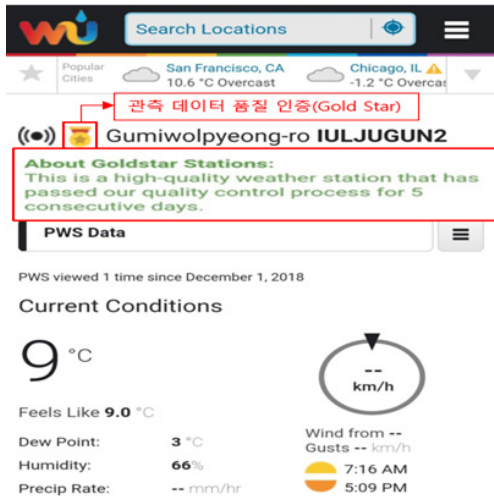
현하는 여부를 평가하는 것이 어렵다는 점이다.

클라우드소싱을 통한 기상정보수집의 기상예보활용 가능성이 높게 평가되면서도 객관적인 데이터를 필요로 하는 과학 분야이기 때문에 데이터 품질과 관련한 문제도 계속해서 제기되고 있다. 이와 함께 데이터 품질 검증 방법에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있는 상황이다. Fred Meier et al. (2017)는 베를린에 설치된 Netatmo 아마추어 기상관측기기를 활용하여 데이터 품질 검증에 대한 2가지 접근 방법을 제시하였다.

첫째, 부정확한 데이터를 발생시키는 원인 파악과 데이터 필터링이다. 일관적이지 않은 수치를 보여주는 관측소를 선별하여 잘못된 데이터를 식별하는 것이다. 구체적인 방법으로는 클라우드소싱을 통해 수집한 관측 데이터와 연구기관이나 국가에서 운영하는 관측 데이터의 값을 산술적으로 비교함으로써 식별한다.

둘째, 방대한 양의 데이터 확보를 통한 필터링으로 전체 데이터의 정확성과 특정 PWS 데이터 사이의 비례 관계를 활용한다.

이와 같이 부정확한 데이터의 출처를 파악하고 그러한 출처에 따른 부정확 데이터를 필터링하는 것과 방대한 양의 데이터를 확보함으로써 표준 편차에서 벗어나는 데이터를 발견함으로써 클라우드소싱 데이터를 검증하는 방법을 살펴 보았다. 실제 WU는 자체적으로 데이터 검증 시스템을 통해 정확한 데이터를 확보하고 있는 중이다. WU의 경우 <그림 5>와 같이 자사의 데이터 품질 제어 과정(Quality Control Process)을 통과할 경우 금별 아이콘이 수여되어 좋은 품질의 데이터를 생산하는 검증된 관측소로 인정받게 된다.



〈그림 5〉 Weather Underground 데이터 품질 인증 마크

출처: Weather Underground <<https://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?ID=IULJUGUN2>>

WU는 위의 연구와 같은 방식의 데이터 검증 절차를 활용하는지 확인되고 있지는 않지만 정확한 데이터 확보를 위해 자체적으로 데이터 검증 시스템을 갖고 있는 것으로 유추할 수 있다. BloomSky도 마찬가지로 정확한 데이터 검증 절차가 밝혀지지 않았지만, 자사의 관측기기의 데이터만 수집하는 현 상황을 고려한다면 데이터 검증에 있어 WU보다 상대적으로 유리한 측면이 있다.

#### 4. 기상 클라우드소싱 참여

기상 클라우드소싱을 통한 데이터 확보 프로세스를 확인하고 플랫폼에서 기록정보는 어떻게 서비스되고 있는지 확인하기 위해 직접 PWS를 구매하여 플랫폼에 등록시켜 보았다. 부가적으

로 PWS의 관측자료와 기상청에서 운영하는 인근 지역의 AWS 관측자료를 비교해 보았다.

PWS 설치 장소는 울산광역시 울주군 두동면 구미리이다. 이곳에 설치한 이유는 첫째, 기상청 AWS와 PWS 데이터를 비교할 수 있기 때문이다. 두동면은 직선거리로 인근의 9km 떨어진 곳에 설치된 기상청의 AWS 지점과 지리적으로 비슷할 뿐 아니라 비슷한 기온 분포도에 위치해 있기 때문에 PWS 관측 데이터의 품질을 어느 정도 확인할 수 있다. 둘째, 두동면 지역만의 기후적 특성을 반영한 정확한 기상정보를 제공받기 위해서이다. 두동면은 도심과는 좀 떨어진 지역이며 해발고도는 약 171m 정도 되는 산간 지역에 위치해 있다. 기상청의 관측자료와 동네예보를 확인해보면 대체로 울산 도심보다 두동면의 기온이 낮은 것으로 나타난다. 그 이유는 도심과 떨어진 곳이라 열섬 현상같은 변수로부터 영향을 받지 않기 때문이다.

##### 4.1 PWS(Personal Weather Station) 설치

우리나라에서도 기상관측장비를 판매하지만 매우 고가인데다 아직 아마추어 기상 관측 장비 시장은 형성되어 있지 않다. 그래서 PWS 시장이 형성된 미국에서 구매를 해야 하는 실정이다. WU의 웹사이트에는 PWS를 판매하는 사이트와 연결시켜주는 서비스를 제공하고 있다. 또한 성능, 가격, 설치 용이성 등의 기본 스펙들을 비교하며 구매할 수 있도록 해준다. 연구자는 WU 웹사이트를 통해 BloomSky PWS를 구매하였다.

PWS 제품 구성은 다음과 같다.

BloomSky2 제품은 기상관측기기(Sensor), 태

양열 패널(Solar Panel), 말뚝(Ground Stake), 고정장치(Mount)로 이루어져 있다. STORM도 제품 구성이 비슷하다. 기상관측기기(Sensor), 태양열 패널(Solar Panel), 말뚝(Ground Stake), 고정장치(Mount), 동글(Indoor Dongle)로 구성되어 있다. STORM은 WiFi로 통신하지 않고 동글을 통해 라디오 주파수로 데이터를 전송 받는다.

STORM은 SKY2 간에 두드러진 차이점은 데이터의 전송 방식이다. 그래서 SKY2와는 다른 제품 구성을 보이는데 STORM은 데이터의 중간 매개체로 동글(Indoor Dongle)을 사용한다. 동글은 관측기가 있는 실외가 아니라 실내에 설치하여 인터넷 LAN선과 연결 시켜야한다. 관측기 센서와 동글은 라디오 주파수로 데이터를 이동시키고, 동글은 인터넷을 통해 Bloomsky Cloud에 데이터를 전송한다. 이러한 데이터 전송 방식을 염두에 두고 STORM을 설치해야 한다. SKY2를 이미 설치한 상태이면 별도로 WU에 등록시키지 않아도 자동적으로 WU에

등록된다. 설치과정은 SKY2와 거의 유사하지만 설치하는 방향에 유의해야 한다. STORM 센서에는 방향을 가리키는 N과 S가 표기되어 있어서, 설치할 때 N과 S를 실제 방위에 맞추어 설치해야 한다.

〈표 4〉 BloomSky SKY2 설치 과정

설치과정
㉠ BloomSky 앱에 기기 등록
㉡ Weather Underground 연결
㉢ Sensor에 Stake 부착
㉣ Mount와 Stake 연결
㉤ Solar Panel과 Mount 연결
㉥ 적합한 장소에 기기 설치

설치 과정 중 가장 중요한 단계는 ㉠ 관측 기기를 BloomSky 앱에 등록시키는 것과 ㉡ WU에 연동시키는 부분이다. BloomSky 앱에 등록시켜야 관측이 시작되기 때문이다. 또한 WU에 연동하는 절차가 관측기기를 설치하는 것 보다 더 복잡하고 어려울 수 있다. ㉠ 단계에서 가장



〈그림 6〉 SKY2 제품 구성  
출처: BloomSky



〈그림 7〉 STORM 제품 구성  
출처: BloomSky

중요한 조건은 2.4GHz의 WiFi 통신, Bluetooth 연결 가능 유무이다. 먼저 휴대폰의 Bluetooth 기능을 켜다. 휴대폰, BloomSky2 기기, WIFI 라우더가 서로 1.5m 내에서 거리를 유지한 채 BloomSky 앱에 기기를 등록 시킨다. ⑤ 단계에서는 WU 웹사이트에서 연동하는 과정이다. 먼저 WU 가입을 한 후 PWS 등록 페이지로 넘어가서 지도상에 현재 PWS를 설치할 장소의 위도, 경도에 맞게 빨간 마크를 위치시켜 놓은 후 PWS 설치 지점의 주소, 데이터가 관리되고 있는 웹 주소, 관측 기기 명 등의 정보를 기입하여 등록한다. WU에서는 PWS의 ID를 부여한다. BloomSky는 WU와 연동시켜주는 별도의 웹페이지에서 WU로부터 부여받은 PWS ID

와 WU 로그인 시 비밀번호를 입력한 후 저장하고 나면 WU에 BloomSky PWS가 등록된다.

설치 장소는 이와 같이 방향도 중요하지만 주변의 사물 및 건물에 영향을 받지 않는 곳에 설치해야 한다. 설치 요령(<https://www.wunderground.com/weatherstation/installationguide.asp>)은 온도계, 강수량 측정기, 풍향 및 풍속계마다 다르지만 기본적으로 나무 아래나 건물 옆, 건물 사이에 설치해서는 안된다. 건물로부터 떨어져 트인 곳, 지면으로부터 최소 1.5m 이상 떨어진 곳에 설치해야 한다. 본 연구에서 설치한 PWS는 주변에 나무나 건물이 없는 탁 트인 경작지 부근에 위치해 두었다. <그림 8>은 PWS를 설치 요령에 따라 설치한 모습이다.



<그림 8> 직접 설치한 개인기상관측소(PWS)

기본적으로 BloomSky와 같은 PWS는 사물 인터넷(IoT)이므로 WiFi 연결을 통해 관측 데이터를 서버로 전송하여 PWS 플랫폼에서 관리되고, 활용할 수 있는 정보로 재가공하여 서비스해주고 있다.

#### 4.2 기상 클라우드소싱 플랫폼 기록정보서비스 분석

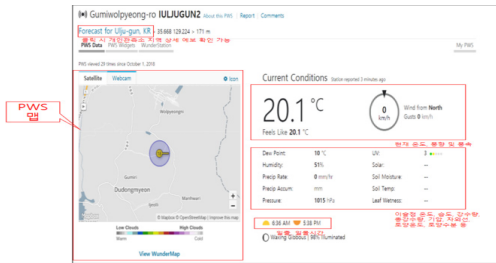
WU와 BloomSky와 같이 PWS를 통해 생산된 기상기록정보를 어떻게 서비스 해주고 있는지 분석하고자 한다. 데이터의 관리와 활용, 데이터 재가공을 통한 기상정보 콘텐츠(Weather Map), PWS 지점의 데이터를 활용한 맞춤형 기상예보정보에 대해 살펴보고자 한다.

WU와 BloomSky는 기상 클라우드소싱 플랫폼으로서 시민들에게 대체적으로 비슷한 기상정보서비스를 제공해주고 있다. 공통적인 부분은 첫째, 실시간 및 과거의 기상 데이터를 검색하여 확인 가능하고 다른 용도로 재가공 할 수 있는 CSV 파일과 또 다른 형식으로 제공한다는 점이다. 둘째, 지도를 기반으로 하는 실시간 기상정보

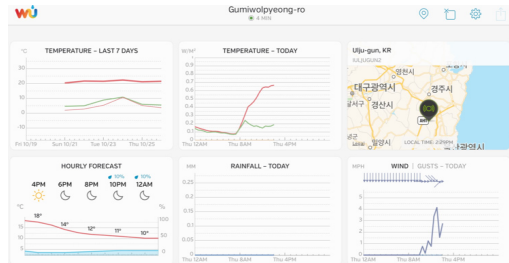
를 제공하고 있다. 이는 기존의 데이터를 재가공하여 전 세계에 있는 기상 관측소의 실시간 및 과거의 기상정보를 시각적으로 한 눈에 파악할 수 있도록 날씨 지도 콘텐츠를 제공하고 있다. 셋째, 기상 데이터를 활용한 지역 상세 예보의 제공이다. 기상 클라우드소싱 플랫폼의 기업은 자사의 수치 예보 모델로 PWS 관측 데이터를 활용하여 지역 맞춤 상세 기상정보를 제공하고 있다. 차이점이라 한다면 Wunderstation 어플리케이션이나 Wunder Map은 이용자가 필요로 하는 정보를 커스터마이징 할 수 있고 기상 정보를 좀 더 한 눈에 들어오도록 시각적으로 제공함으로써 정보를 쉽게 파악할 수 있기 때문에 WU가 좀 더 이용자 친화적인 기상정보서비스를 제공하고 있다는 점이다. Bell, Simon, Cornford, Dan, & Bastin, Lucy(2013)은 이러한 점을 WU의 성공요소 중 하나로 보고 있다. BloomSky는 플랫폼을 운영하기는 하지만 기업의 시작이 기상관측기기의 제품 개발에 방점을 두고 성장해왔던 반면 WU는 기상 관측 자료를 확보하기 위해 PWS 관측 기기의 플랫폼을 구축하는데 목표를 두었기 때문에 이와 같은 결과를 보여주고 있다.

〈표 5〉 Weather Underground와 BloomSky의 기상기록정보서비스 특징

클라우드소싱 플랫폼	데이터 관리·활용	Weather Map	PWS상세예보
Weather Underground	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weather Undergorund 웹사이트/Wunderstation(IOS 앱)</li> <li>- PWS의 실시간 및 과거 기상 데이터 검색, 재가공 가능</li> <li>- 웹캠 영상 기록물 검색 및 재가공 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weather Underground에 등록된 전 세계 모든 PWS 실시간 기상 정보 확인</li> <li>- 기단, 바람흐름도, 위성영상, 기상경보, 해수면온도 등 영상으로 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자체 수치예보 모델인 Bestforcast TM에 PWS관측 데이터를 활용하여 PWS지점의 예보를 시간별, 10일 예보 제공</li> </ul>
BloomSky	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BloomSky Data Portal</li> <li>- PWS의 실시간 및 과거 기상 데이터 검색, 재가공 가능</li> <li>- 웹캠 영상 기록물 검색 및 재가공 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전 세계에 설치된 BloomSky PWS의 실시간 기상 정보 확인</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자체 수치예보 모델인 METREX TM로 BloomSky 설치된 지점의 2주간 기상 예보 제공</li> </ul>



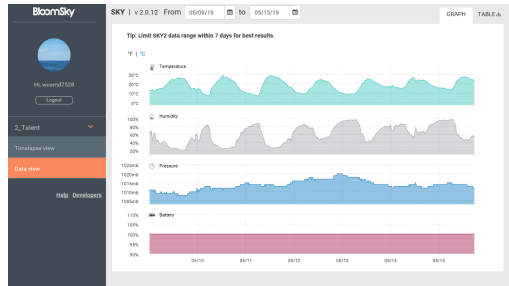
〈그림 9〉 WU의 PWS 실시간 관측자료  
출처: Weather Underground <https://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?ID=IULJUGUN2>



〈그림 10〉 WU의 Wunderstation-PWS 관측데이터 위젯  
출처: Wunderstation 앱



〈그림 11〉 BloomSky 어플리케이션-실시간 기상 정보  
출처: BloomSky 어플리케이션



〈그림 12〉 BloomSky Data Portal-기상데이터 그래프  
출처: [https://dashboard.bloomsky.com/user#\\_=\\_](https://dashboard.bloomsky.com/user#_=_)

### 4.3 PWS 관측 정보의 활용 가능성

두동면 구미리 지역에 PWS를 설치하여 WU와 BloomSky에 등록된 이후부터 해당 지점의 실시간 기상 현상과 기상 예보에 대한 정보를 제공받을 수 있었다. PWS 플랫폼은 전세계의 관측 데이터를 수집하여 기상예보를 위해 활용하고 있으며 미국 같은 경우 이미 미국 기상 당국의 기상관측망 보다 조밀하므로 공간적으로 더 상세한 예보를 해주고 있는 상황이다. 하지만 기존의 기상 당국의 기상관측망보다 조밀하고 더 넓은 지역 범위를 커버하는 네트워크를 가지고 있음에도 이곳에서 생산되는

데이터의 품질에 대한 신뢰도에 대한 의문점은 계속 제기되고 있다.

이미 개인기상관측소의 데이터 품질에 관한 연구(Muller et al., 2015; Bell, Cornford, & Lucy, 2013; Overton, 2006)들이 진행되어 왔으며 PWS를 통해 시·공간적으로 정확한 데이터를 확보하기 위해서는 데이터 검증이 필요함을 주장하고 있다. Bell, Cornford, & Lucy(2013)은 'Buddy Check' 검증 시스템을 통해 관측 데이터를 활용의 가능성을 확인하였다. 'Buddy Check'는 기상청의 AWS와 같이 전문적으로 관리하는 인근의 기상관측소와 PWS 관측 데이터를 비교하는 방법이다.

본 연구에서는 기상학적 측면에서 접근하여 'Buddy Check' 검증 시스템을 통해 전문적인 분석을 하지 못했지만 PWS와 인근 기상청 AWS의 관측 데이터의 차이를 확인하기 위해 단순한 비교를 해보았다. 일정한 기간을 설정해 두고 두동면 구미리 지역과 인접하고 비슷한 지리 환경적 요인으로 같은 기온 분포도에 위치한 두서면 구량리의 AWS의 관측 데이터와 두동면 지역의 PWS의 관측 데이터의 비교를 통해 기상예보와 AWS와 두동면의 PWS의 관측 데이터 값이 어떻게 다른지 확인하고 PWS의 관측 데이터의 활용 가능성을 보고자 하였다.

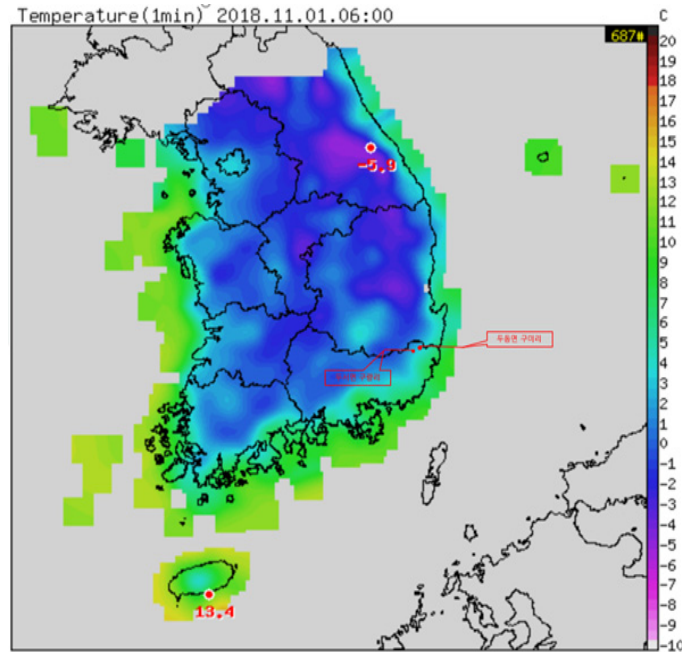
18년 11월 2일 - 11월 4일 동안의 기상청 AWS와 두동면의 PWS의 실제 관측 데이터와 예보의 차이점을 비교하였다. 기상 요소 중 가장 기본이 되면서 중요한 것이 기온이기 때문에 기온의 차이를 살펴보았다.

PWS에서 관측된 기온 데이터와 기상청의 AWS 데이터의 차이는 그다지 크지 않았다. 상대적으로 구량리의 AWS보다 두동면 구미리 PWS가 좀 더 낮은 기온 분포를 보였다. 이런 결과가 나온 이유로 첫째, 두동면 구미리 PWS가 상대적으로 높은 위도 및 도심과의 거

리 등의 지리적 환경 요인으로 인해 기온이 낮게 나온 것으로 보인다. 둘째, 기상청 보다 저가의 센서를 이용한 PWS의 관측 데이터이기 때문에 미세한 오류 발생 가능성으로 두동면 구미리의 기온이 조금 더 낮게 나왔을 수도 있다. 그러나 <그림 9>와 같이 기상청에서 제공하는 기온분포도에 비슷한 기온선에 위치해 있는 것과 크게 다르지 않은 결과이다. 11월 2일부터 4일까지 최고기온은 거의 비슷하게 나왔지만 양 관측소 간의 최저 기온의 차이는 11월 2일 0.35°C, 11월 3일은 0.6°C, 11월 4일은 1.1°C의 차이로 평균 0.68°C의 차이를 보였다. 흥미로운 점은 기상청과 플랫폼의 예보와 기상 관측된 데이터와의 차이점이다. 최고 기온은 비슷하였으나 최저기온은 기상청이나 PWS 플랫폼 둘 다 정확하게 예측하지 못하였다. 기상청 동네 예보와 PWS 플랫폼의 지역 상세 예보의 정확도는 아직까지는 저조한 것으로 보인다. 다만, 데이터 비교의 결과 아마추어 개인 기상 관측 기기의 기상관측정보는 기상청의 기상관측장비 못지않게 실시간 기상 관측 데이터를 잘 반영해주고 있음을 확인하였다. 이것을 통해 기상 예보를 위해 향후 PWS 데이터가 활용될 가능성을 엿볼 수 있었다.

<표 6> 예보 및 관측 결과 비교-기상청, Weather Underground, BloomSky

		2018.11.02	2018.11.03	2018.11.04
예보 주체		기온(최저°C/최고°C)		
기상청	두동면(동네 예보)	3/18	4/19	4/19
	두서면(동네 예보)	3/17	4/19	4/20
	관측 결과(두서면 AWS)	0.1/18.4	0.9/20.4	1.7/21.2
PWS 플랫폼	Weather Underground의 예보	5/17	4/18	6/19
	BloomSky의 예보	5/16	7/18	7/19
	관측 결과(두동면 PWS)	-0.25/18.9	0.3/20.4	0.6/21.1



〈그림 13〉 기상청 AWS 관측 기온 분포도

출처: 기상청 [http://www.weather.go.kr/weather/observation/aws\\_distribution\\_popup.jsp](http://www.weather.go.kr/weather/observation/aws_distribution_popup.jsp)

현재 동네예보를 해주는 행정 단위 구역에도 기상관측소가 설치되지 않은 곳이 많아서 인근 지역의 관측소 자료를 활용하고 있는 실정이다 (전혼익, 2017). 이점을 감안한다면 기상청이 커버하지 못하고 있는 기상관측 지역 범위의 한계점에 대한 대안으로 기상 클라우드소싱의 가능성을 점쳐볼 수 있다. 기상청이나 PWS 플랫폼에서 우리나라의 지리적 환경에 맞는 수치예보모델 개발과 더불어 PWS를 통해 생산되는 기상데이터의 적절한 검증절차를 고안하여 기존의 기상관측망의 한계를 보완하기 위한 방안으로 기상 영역에서의 클라우드소싱이 활용될 가치가 있다.

## 5. 기상기록정보의 발전 전망

### 5.1 스마트기기와 SNS를 통한 기상정보수집

5.1.1 스마트기기를 통한 기상 클라우드소싱  
기술이 발전하면서 스마트 기기에는 다양한 센서를 통해 기온, 기압, 고도, 위치 정보 등의 획득이 가능 해졌다. 이미 스마트 기기의 센서를 통해 교통, 지도, 기상 영역 등 여러 분야에서 스마트 기기 클라우드소싱을 활용하고 있다. 클라우드소싱이 활용되기 위한 중요한 조건 중 하나가 바로 대중의 확보인데 스마트 폰에 한정해서 보더라도 현재 엄청난 대중을 확보할 수 있는 좋은 기회가 주어진 상황이다. 스마트 폰의 사용자 수는 엄청난 속도로 증가 하고 있

다. 이러한 점을 고려한다면 스마트 폰 센서를 통해 생산된 데이터를 필요로 하는 비즈니스 영역에서는 스마트폰을 이용한 클라우드소싱의 가치는 매우 중요해질 수밖에 없다.

최근 기상업계에서도 스마트폰의 기압 데이터를 주목하고 있다. 2011년 이후부터 위치 추적을 돕기 위해 일부 스마트폰에는 디지털 기압계가 부착되기 시작했고, 현재는 약 10억개의 스마트폰이 기압을 측정할 수 있다. 워싱턴 대학교 Cliff Mass 교수는 머신 러닝을 통해 향상된 품질의 스마트폰 기압 데이터가 단기간의 기압과 강수 예보의 정확도를 향상 시키는데 도움이 되었음을 밝혔다. 뿐만 아니라 바람의 방향을 예측하는데도 활용될 수 있다. Weather Company의 부회장 Peter Neilley는 Weather Company에서 2019년까지 기상예보를 위해 스마트폰 기압 데이터가 활용 되어져야 한다고 주장하였다(Nic, 2018).

이들의 주장을 대변하듯 현재 스마트 폰의 센서로 생산되는 데이터를 클라우드소싱 하는 기상 영역의 몇 가지 사례가 있다. 첫째, WU는 모바일 어플리케이션을 통해 시민의 허가를 받은 후 스마트폰 기압 데이터를 클라우드소싱하고 있다. 실제 이것을 활용하여 기상예보를 하는지는 알 수 없지만 수집은 하고 있다. 둘째, 모바일 어플리케이션인 Weather Signal은 스마트 폰으로부터 기압, 기온, 습도, 빛 밝기, 자속 정보 등을 클라우드소싱하고 있다. 마찬가지로 무단으로 스마트 폰 데이터를 소싱하는 것이 아니라 사용자가 Report 버튼을 누를 시 클라우드소싱된 자료는 OpenSignal 서버로 전

송이 된다.

다만 스마트 기기 센서를 통해 확보되는 데이터의 신뢰도를 논한다면 아직 한계가 있다. 스마트 폰을 들고 하루 종일 밖에 있을 수 없을 뿐더러 대부분 실내에서 생활하는 시간이 많기 때문에 스마트 폰 데이터로 산출되는 기온이나 기압이 실제 기상 현상을 제대로 반영하기란 쉽지 않다. 스마트폰의 기온, 습도 센서를 활용하여 기상청 기상 예보의 신뢰성을 높일 수 있는 시스템을 연구한 윤성호 외(2015)는 데이터 마이닝 기법 중 군집화기법<sup>5)</sup>을 이용하여 실내에 있는 데이터를 구분할 수 있음을 언급하며 스마트 폰 센서의 데이터가 기상예보에 기여할 수 있는 가능성을 보여주었다. 이와 관련한 후속 연구가 아직 이루어지지 않았지만, 향후 연구가 이루어지고, 기술이 발달하게 되면 스마트 폰 센서를 통한 클라우드소싱이 더욱 활발해 질 것이라 본다.

### 5.1.2 SNS를 통한 기상 클라우드소싱

한국미디어패널조사에서는 2010년부터 매년 SNS 이용률, 이용서비스 등을 중심으로 조사를 해왔다. 2018년 보고서에는 2017년 실시한 조사 내용을 담고 있다. 2017년에는 4,203가구 및 9,425명 개인을 대상으로 조사를 하였다. 전체 응답자 9,425명 중 4,321명 즉 45.8%가 SNS를 이용하였다(김윤화, 2018). 많은 사람들이 SNS를 사용하고 있음이 수치를 통해 드러난다. 이용자의 수 만큼 SNS 기록은 엄청나게 생산되었고 지금 이 순간에도 SNS의 기록의 양은 증가하고 있다. 해외에서는 SNS의 기록을 기상

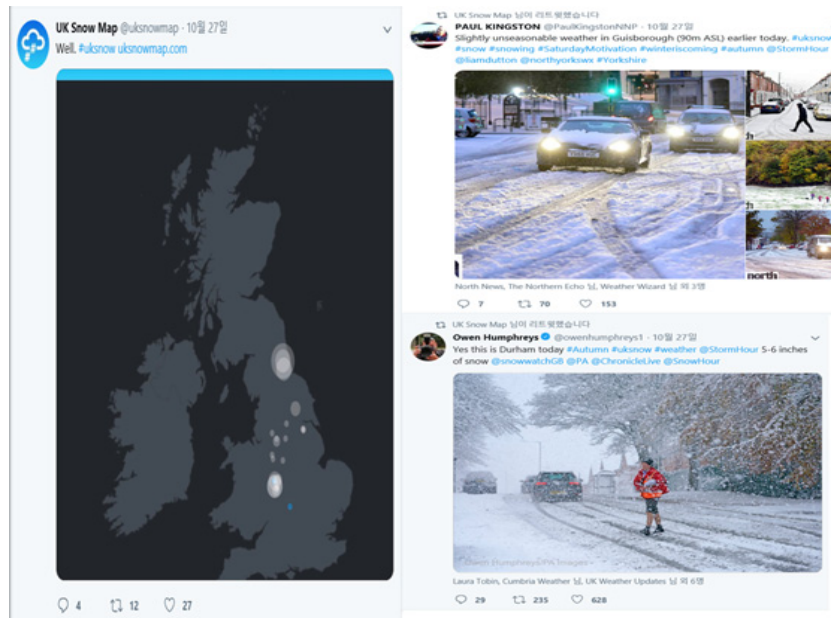
5) 구체적인 특성을 공유하는 군집을 찾는다. 군집화는 미리 정의된 특성에 대한 정보를 가지지 않는다는 점에서 분류와 다르다.

정보로 활용하고 있는 사례가 있다.

UK Snow Map(<http://uksnowmap.com/#/>)은 영국 내에 적설 여부 및 적설량을 감지하고 지도에 나타내기 위한 목적으로 만들어졌다. 시민들이 Twitter에서 #uksnow 해쉬 태그를 달아 트윗을 게시하면 UK Snow Map 홈페이지에 연계가 되어 지도상에 현재 눈이 내리고 있는 지역이 표시된다. Twitter에 트윗을 게시하는 지침으로 첫째, 해쉬태그(#uksnow)를 입력한다. 둘째, 위치정보를 입력한다. 우편번호나, 트위터에 위치 정보를 태그(Geotag)하여 트윗을 게시한다. 셋째, 적설량을 0/10에서 10/10으로 표시한다. 이 세 가지 지침을 참고하여 Twitter 게시하면 UK Snow Map 홈페이지에서 Twitter와 연동되어 영국 지도 이미지에 실시간 기상정보로 제공된다.

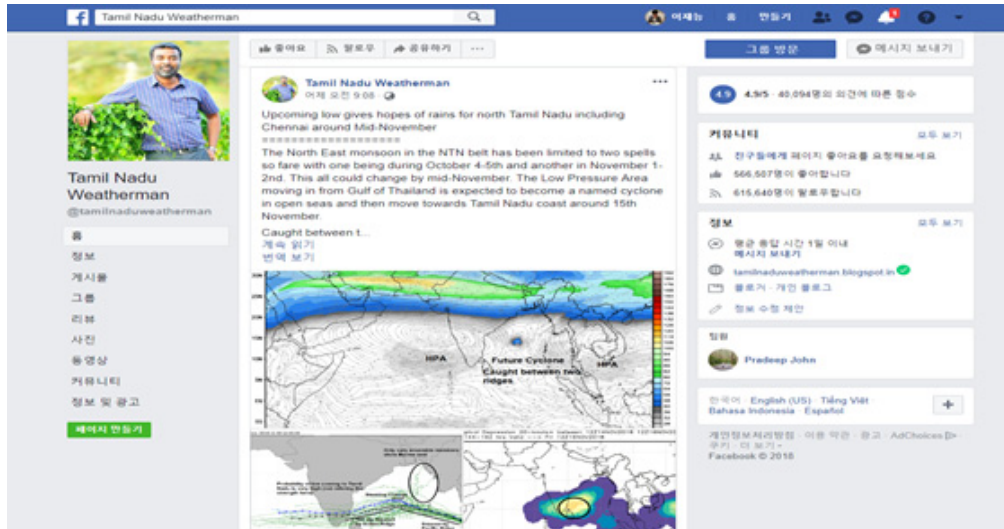
뉴질랜드 기상청 MetService에서도 기상과 관련된 SNS 기록을 Facebook, Instagram, Twitter에서 수집하고 있다. 그 중 Instagram 같은 경우 유저들이 @metservicenz 태그를 덧붙여 게시글을 작성하면 MetService에서 태그된 SNS 기록을 수집하여 기록을 공유하고 있다. 뉴질랜드 기상청은 기상정보로 활용하기 위한 목적으로 SNS 기록을 수집하지는 않는 것으로 보이지만 향후 활용하게 될 경우 유용한 자원이 될 수 있다.

SNS 기록을 기상정보로 활용할 시 기상관측소가 설치되지 않은 지역의 실시간 기상정보를 활용할 수 있을 뿐 아니라 특히 태풍, 집중 호우, 폭설, 쓰나미 등 기상 재해나 지진 등의 자연재해를 신속히 관측하고 대응할 수 있다는 장점이 있다. 실제 SNS의 기록으로 기상재해로부터 피



〈그림 14〉 UK Snow Map - Twitter SNS 기록(2018.10.27)

출처: <https://twitter.com/uksnowmap>



〈그림 15〉 Tamil Nadu Weatherman 페이스북 페이지  
출처: 페이스북 <https://www.facebook.com/tamilnaduweatherman/>

해를 최소화한 사례들이 있다(이재호, 2017). 매년 기상 및 자연재해로 인해 많은 인명 피해와 경제적 손실을 입고 있는 현실을 감안한다면 SNS기록은 실시간 기상 정보를 비롯하여 빅 데이터로서 기후 연구에 활용될 가치가 있다. SNS 기록 특성상, 출처 파악과, 신뢰성 확보가 어려운 한계가 있지만 기록물이 방대한 만큼 빅데이터 인공지능 기술을 이용해 필터링 한다면 충분히 기상 및 기후정보로 활용할 수 있는 자원들을 획득할 수 있으리라 본다.

### 5.2 1인 기상예보(Weather Man)

최근 범국가적으로 공공데이터 서비스를 시민들에게 제공하고 있다. 이 중 기상데이터도 포함된다. 시민들은 지상관측, 위성사진, 레이더 영상 등 다양한 유형의 기상관측자료를 공공데이터 포털에서 제공받을 수 있다. 전문적

으로 배우지 않아도 어느 정도 기상에 대한 지식과 예보에 대한 노하우를 쌓게 된다면 이러한 자료를 활용하여 개인 기상예보로도 충분히 가능한 시대가 열렸다.

실제 일반 시민이 기상예보를 하여 기상청 보다 더 신뢰를 얻고 있다는 사례가 있다(최민지, 2017). 태풍과 홍수 등 자연재해가 빈번한 인도에서는 정확한 날씨 예측이 국가적 과제이지만, 인도 기상 당국의 기상 예보는 매우 낮은 정확도로 악명이 높다. 그러한 배경 때문에 인도에서는 WeatherMan의 활동이 주목을 받고 있고, 심지어 언론에서도 이들의 예보 자료를 활용하여 기상정보를 제공하기도 한다. WeatherMan은 전문적으로 기상학을 배우지 않았지만, 직접 기상관측장비를 설치하고, 기상 당국의 관측 데이터를 활용하여 블로그, Facebook과 같은 SNS를 통해 시민 혹은 기업에게 맞춤형 기상예보를 해주고 있다. 이들의 예보가 다 정확하

다고 할 수는 없지만 때로는 기상정보보다 더 정확하게 날씨를 맞추기 때문에 대중으로부터 신뢰를 받고 있다.

이제 일반 시민도 기상학을 배우지 않더라도 충분히 기상예보를 할 수 있는 시대가 열렸다. 동시에 기상 기록정보도 PWS로 생산된 기상 관측 데이터 뿐 만 아니라 기상 예보 정보도 시민이 생산할 수 있게 되었다. 기상예보의 주체는 국가 기상 당국이라는 기존의 패러다임에서 일반 시민으로 확장되고 있는 새로운 패러다임으로의 변화를 우리는 목도하기 시작하였다.

### 5.3 기상관측정보의 전자상거래 (WeatherBlock)

PWS를 통해 생산되는 데이터는 과연 어떠한 가치가 있을까? 앞서 말했듯이 기존의 기상 관측망이 커버하지 못하는 지역의 실시간 기상 정보를 확인하고, 상세 지역 예보를 위해 활용될 수 있다는 점에서 그 가치는 높이 평가받고 있다. 또한 기상 데이터의 생산 주체가 이제 국가에 시민으로 확장되어 클라우드소싱 기상 데이터를 활용하여 1인 기상예보도 가능하게 되었다. 마케팅, 농업, 어업, 운송 및 교통 분야에서는 지역별 상세 예보가 절실히 필요하다. 빈번한 기상이변과 기후변화로 기업에서는 사업 전략을 수립하는데 지역별 상세 기상정보는 필수적이다. 해당 지역의 단기간의 예보 뿐 아니라, 6개월 예보, 계절 예보와 같은 장기간의 기상 정보가 필요하다. 그리하여 맞춤형 기상예보를 해주는 기상 기업에 기상정보를 의뢰하기도 한

다. 의뢰 받은 기상 기업은 기상관측장비를 관측 대상 지역에 설치하여 맞춤형 기상 정보를 제공하게 된다. 상세 지역 예보를 위해서는 시·공간적으로 조밀한 관측 자료를 필요로 하는데, 스마트 기기, PWS 등으로 시민들이 생산한 기상 데이터는 그 필요를 충족시킬 수 있는 충분한 정보원이 될 수 있다.

그렇다면 이러한 가치를 지니고 있는 시민들의 기상 관측정보에 대한 권리와 그에 따른 보상에 대한 의문이 떠오를 수 밖에 없다. 기상예보와 기후 연구에 활용될 가치 있는 기상 데이터를 생산하는데, 이에 대한 보상은 받을 수 없을까? 현재로는 그러한 보상 체계가 없는 실정이다. 단지 시민들의 취미나 실제적인 필요에 의해 구입한 관측 기기에서 생산된 기상데이터는 플랫폼에 자동적으로 전송되거나 모바일 어플리케이션에서 간단하게 데이터 업로드 요청에 허가함으로 클라우드소싱되고 있다. 기상데이터를 클라우드소싱하는 기업에게는 난감한 부분일 수 있지만 이 문제 의식을 활용하여 기상기업과 데이터를 제공하는 시민에게도 윈윈(Win-Win)이 될 수 있는 사업 전략을 모색하는 움직임이 있다.

WeatherBlock은 기상 데이터를 블록체인 프로토콜을 이용하여 암호화된 데이터를 사고 팔 용도의 가상화폐를 주조하는 기업으로서 PWS를 판매하는 BloomSky와 파트너십을 맺고 있다. 앞으로 농업에서 드론 산업에 이르는 다양한 시장에 맞춤형 기상정보를 제공하기 위해 BloomSky의 관측데이터와 기상예보정보를 제공하는데 이를 가상화폐로 사고 팔 수 있는 시장 환경을 조성할 계획이다.<sup>6)</sup> 즉 WeatherBlock(2018)은

6) BloomSky X Weatherblock 홍보 영상; [https://youtu.be/Y2OA\\_P0VmdA](https://youtu.be/Y2OA_P0VmdA)

시민들이 생산하는 기상 관측 데이터의 소유권과 경제적 가치를 보장해주면서 기상데이터를 블록체인 가상화폐로 거래하도록 할 계획이다.

#### 5.4 참여형 디지털 기상아카이브 구축

기상은 우리 사회의 각 영역에 상당히 큰 영향을 미친다. 정부, 경제 및 산업계의 정책과 그에 따른 활동에 있어서 기상은 필수적으로 고려할 사항이 되었을 뿐만 아니라 시민들의 일상 생활에서도 늘 상 고려되는 부분이다. 바로 그들의 일상에 직접적으로 영향을 미치는 것이 기상이기 때문이다(Klage, 2004). 기상 상태와 그 변화에 따라 시민들에게 미치는 영향은 각기 다르며, 그러한 기억들을 기록화 하였을 때 기상과 관련된 시민들의 기록은 기상 및 기후 연구를 위해 활용(기상청, 2015)될 수 있을 뿐더러 당시 사회의 모습을 잘 보여줄 수 있으므로 기상과 관련한 시민들의 기억을 기록화 할 필요가 있다.

이와 관련하여 현재 대구에 국립기상과학관이 설립되어 운영 중에 있지만 주로 기상과학의 원리를 주제로한 정보들을 제공하고 있다. 현재 기상과 관련한 역사를 다루는 박물관이나 아카이브는 없다. 또한 2015년 디지털 기상관측 디지털 기상 아카이브 구축을 위한 연구(한국기상전문인협회, 2015)만 이루어졌을 뿐 디지털 기상관은 현재 운영 중에 있지는 않다. 다만 같은 해에 국립 기상 박물관 건립 계획 및 타당성에 관한 연구(전태일, 김병희, 남재철, 정일권, 양정현, 이희서, 정석권, 신도식, 2015)가 이루어졌고, 연구를 기반으로 현재 2019년

서울기상관측소 부지에 개관을 목표로 기상 박물관을 건립하는 중에 있다. 박물관은 기상 및 기상청 기관의 역사, 고대에서 현대에 이르기까지의 기상문화사 등 기상과 관련한 역사를 주제로 박물관을 비롯한 다양한 기록물과 콘텐츠를 시민들에게 제공하고자 한다. 우리나라 기상 역사, 기후변화에 대한 시민들의 바른 대응을 유도할 수 있는 인식을 확립하는 것을 목적으로 하고 있다.

이에 대해 앞으로 건립될 국립 기상 박물관이 근대 기상 관측의 시작과 함께 수집된 기상 관측 데이터와 기상과 관련한 역사, 시민들의 기상과 관련한 일상사를 매핑함으로써 기상과 관련한 이전 사회의 기억과 모습을 시민들에게 제공하였으면 한다. 그렇지만 박물관이라는 특성상 시민을 대상으로한 일방적 정보 제공만이 이루어질 수 밖에 없어 다양하고 풍부한 정보를 제공받는데 한계가 있을 수 있다.

이에 대한 적절한 대안으로 참여형 디지털 기상 아카이브를 제안한다. 먼저 참여형 디지털 아카이브란 웹2.0이 기록학계에 영향을 미침으로 기존의 기록정보의 관리와 활용을 배타적으로 독점해왔던 아카이브에서 이용자 참여를 장려하는 아카이브라고 할 수 있다(김유승, 2010). 디지털 아카이브를 통해 시민들은 자신들이 가진 기억을 다양한 유형의 기록물로 공유할 수 있다. 각기 다른 사회적 맥락 속에 살아가는 만큼 사회 현상에 대한 시민들의 기억은 가지 각색을 띄어 이전 사회의 모습과 기억을 입체적으로 그려낼 수 있다. 기상이 우리가 살아가는 사회에 직·간접적으로 영향을 끼치는 만큼 기상과 관련한 다양한 시민들의 기억과 기상관측자료들을 기록화 할 때, 당대의 사회

상을 세밀하고 입체적으로 그려낼 수 있고, 기상 관측 데이터와의 연계를 통해 기상 문화사, 기상과 기후 연구에도 활용될 수 있을 것이라 본다.

참여형 디지털 기상 아카이브가 시민의 다양한 유형의 기록을 수집할 수 있을 것이라 보는데 그 중 Instagram, FaceBook, Flicker, Tumbler 와 같은 소셜네트워크서비스(SNS)의 기록, 기상과 관련한 시민들의 구술 기록을 적극적으로 수집 한다면 앞에서 언급한 참여형 디지털 기상 아카이브 구축을 통해 얻고자 하는 소기의 목적을 충분히 이룰 수 있다고 본다. SNS 기록의 방대함에 따라 활용가치가 떨어지는 불량 데이터도 있겠지만, 1차적으로 해시태그로 필터되고, 인공지능 텍스트 자동분류 시스템, 이미지 인식 기술을 이용(김해찬술, 안대진, 임진희, 이해영, 2017)하여 기상과 관련한 다양한 사회상을 보여줄 수 있는 양질의 기록들을 확보할 수 있다. 기상과 관련한 시민의 기록 중 구술 기록도 주목할 필요가 있다. 예를 들어 구전 되어온 날씨와 관련된 속담들은 실제 기상 현상과 자연을 육감으로 느끼고 체험한 것을 바탕으로 구전되어 지금까지 전해지고 있다. 이러한 날씨 속담이 구전 기록이다보니 객관성에 대한 의구심이 들 수 있지만 이석형(2001, pp. 179-183)은 날씨 속담에 대한 소개와 함께 속담이 실제 기상 현상을 잘 반영하고 있음을 과학적으로 설명하고 있다. 그렇기 때문에 지역주민이 육감으로 느껴왔던 기상과 관련한 구술기록을 확보하는 것도 지역 기상 및 기후 연구에 도움이 될 것이라 본다.

기상과 관련한 구술 기록은 기록을 확보한 지역의 특수한 기후적 특성이나 기상 현상을 이해

하는데 도움이 된다. 한 지역에 오랜 시간 동안 거주한 시민들 각자가 육감으로 체득한 기상현상에 대한 지식과 경험이 있을 것이다. 특히 기상관측소가 적은 산간지역이나 농촌, 어촌 지역에 거주하는 시민들은 기상현상이 자신들의 생업과 관계가 있기 때문에 기상현상과 계절 변화에 따른 기상현상에 대한 민감성은 남다르다. 이 점은 김지숙(2015)의 연구에서도 드러난다. 김지숙은 동해안 어촌 지역에서의 바람 명칭에 대한 명명법을 연구하였는데, 바람의 명칭이 방위를 중심으로 바람의 방향, 계절, 시기, 속도 및 세기에 따라 여러가지 어휘로 확장되었음을 밝혔다. 연구에서 확인된 바와 같이 단어 하나 하나에도 기상현상에 대한 시민들의 경험과 감수성이 녹아져 있다면 기상과 관련한 시민들의 구술 기록을 수집할 시 기상 현상 및 기후와 관련한 해당 지역의 더욱 더 풍부한 정보들을 확보할 수 있을 것이라 전망할 수 있다.

참여형 디지털 기상 아카이브의 구축과 활성화를 위해서는 무엇보다 시민들의 참여가 중요하다. 시민들의 참여를 유도하기 위해 적절한 보상, 아카이브 관리자와 참여하는 시민의 활발한 소통이 필요하다. 정기적으로 기록 확보를 위해 이벤트 기획을 하거나, 노르웨이 국가 기록원 디지털 아카이브의 회원 등급제를 적용하는 것은 적절한 방법이 될 수 있다. 노르웨이 국가 기록원의 디지털 아카이브는 Discussion Forum의 별도의 공간에서 시민들이 쉽게 디지털 원문 기록을 이미지 파일로 업로드 하거나 링크를 하여 그 기록물에 대한 토론이 활발히 이루어지고 있다. 디지털 아카이브는 회원 포인트제를 적용해서 게시글을 올리거나 댓글을 다는 등 활발한 참여를 한 회원들의 명단과 포

인트를 'Leaderboard'에 보여준다. 이러한 시스템은 시민들의 참여 동기를 불러일으킬 수 있다. 그 뿐 아니라 노르웨이 국가기록원의 직원과의 소통도 활발히 이루어지고 있다. 직원들도 토론에 적극적으로 참여하고, 시민들의 질문이나 요청에 신속히 대응하고 있다. 이렇듯 시민들의 참여 욕구를 불러일으킬 수 있는 여러 이벤트와 제도, 시민들과의 소통을 위한 아카이브 내 관리자의 적극적인 피드백으로 참여형 디지털 기상 아카이브의 활성화를 도모할 수 있을 것이다.

## 6. 맺음말

기상 정보를 그저 받기만 하는 존재였던 시민은 이제 직접 기상 관측 정보를 생산하여 기상예보과정에 직·간접적인 영향을 미치고 있다. 기상기록정보 생산 주체의 패러다임이 변화하고 있다고 볼 수 있다.

이에 본 연구는 기상 영역에서 이루어지고 있는 클라우드소싱을 통한 기상기록정보 생산 및 수집 주체 변화의 양상을 확인하였다. 첫째, 각 주체별로 기상관측정보의 수집과 기상관측망의 현황, 한계점과 이에 대한 대안을 살펴보았다. 둘째, 직접 PWS를 설치하여 기상 클라우드소싱을 활용하는 민간 기업의 기상 플랫폼에 등록된 후 PWS를 통한 기상기록정보의 생산 및 수집 프로세스, 플랫폼 내에서의 기록정보 관리와 서비스 현황에 대해 살펴보았다. 셋

째, 기상 클라우드소싱을 활용한 기상기록정보의 생산, 수집 그리고 활용에 관한 발전 전망을 제시하였다.

기상 클라우드소싱의 명과 암은 분명하다. 저가의 기상 관측 센서, 전문적인 관리의 부재, 관측 기기 설치 시 적절한 위치 설정, 데이터 업로드시 통신 네트워크 문제 등에 의한 기상 클라우드소싱 데이터의 신뢰도에 대한 문제가 여러 연구에서 지적되어 온 만큼 한계점이 명확히 드러난다. 그럼에도 기존의 기상관측망이 갖는 공간적 한계성에 대한 대안 가능성, 지역 상세 예보, 기상 예보과정에 시민 참여, 지속적인 관측 데이터 품질 검증 연구와 기술의 발전으로 인한 데이터 품질 개선의 긍정적인 면을 함께 볼 수 있기 때문에 국가 당국과 기상 업계는 기상 클라우드소싱을 활용하려는 추세이다.

웹2.0의 시대를 마주한 지 얼마 되지 않아 우리는 벌써 웹 3.0의 시대에 접어들고 있다. 웹3.0은 데이터 의미 중심의 웹 정보 서비스를 제공하는 웹 환경이라 볼 수 있다. 지금의 웹2.0 환경에서 수많은 정보 및 데이터들이 생산되면서 어마무시한 양의 데이터가 양산되었고 지금도 끊임없이 기록정보들이 생산되고 있다. 쉽게 말해 웹 3.0은 웹 2.0 환경에서 만들어진 빅 데이터 중 이용자에게 필요한 정보만을 추출하여 활용할 수 있게 해주는 웹 환경을 말한다. 기상 클라우드소싱의 유형은 다양하다. PWS, 시민들이 찍은 하늘사진, 일상의 SNS 기록, 저가의 기상 관측 기기에서 생산된 관측 데이터 등 이러한 UGC<sup>7)</sup> 데이터들은 필터링 및 데이터 검증이

7) 소셜미디어를 통해 생산한 정보, 공공 데이터, 위치 정보 기반의 센서 데이터 등으로 대부분 사용자들에 의해 생성된 이른바 UGC(User Generated Contents)라고 한다. 현재 디지털 데이터의 70%가 이메일과 소셜미디어를 통해 사용자가 생성한 정보라고 한다.

필요한 정보들이다. 인공지능 기반의 이미지 인식 기술, 자동 텍스트 분류 등의 기술을 활용한다면 필요로 하는 데이터만을 확보할 수 있을 것이고 지금보다 더 정확한 기상정보를 이용자들에게 제공해줄 것이다. 이러한 기술들이 실제적으로 적용된다면 시민들이 기상관측정보 생산을 비롯한 기상예보 과정에 이전보다 더욱 적극적으로 참여할 수 있을 것으로 보인다.

본 연구로 기상 영역에서 이루어지고 있는

국가에서 시민으로의 기록생산주체의 변화와 그 현황에 대해 기록학계의 관심을 환기시키는 데 조금이나 기여하길 기대한다. 또한 추후 시민들이 생산한 기상 데이터와 기상과 관련한 시민들의 일상 기록을 활용해 기상 및 기후 연구에 실질적으로 도움을 줄 수 있는 플랫폼 또는 아카이브 구축에 대한 후속 연구의 발판이 되었으면 한다.

## 참 고 문 헌

- 기상청 관측정책과 (2014). 기상청, 직접 날씨 제보 가능한 앱 개발. 서울: 기상청, 1-2.
- 김선영, 오원탁, 이승호 (2013). 한국의 기상관측소 밀도 분석. 국토지리학회지, 47(1), 58.
- 김원기 (2013). 클라우드소싱 플랫폼을 기반으로 한 소셜미디어 인터랙션 활용에 관한 연구. 석사학위논문. 홍익대학교 산업미술대학원.
- 김유승 (2010). 아카이브 2.0 구축을 위한 이론적 고찰. 한국기록관리학회지, 10(2), 35.
- 김윤화 (2018). Sns(소셜네트워크서비스) 이용추이 및 이용행태 분석. 정보통신정책연구원. KISDI STAT Report, 1-2.
- 김지숙 (2015). 동해안 어촌 생활어에 나타난 바람 명칭 명명법 연구. 한민족어문학, 71, 39-41.
- 김진호, 최용주 (2018). IBM이 Weather 채널을 인수한 까닭은?: 동아비즈니스리뷰. 검색일자: 2018. 11. 14. [http://db.r.donga.com/article/view/1306/article\\_no/8709](http://db.r.donga.com/article/view/1306/article_no/8709)
- 김해찬술, 안대진, 임진희, 이해영 (2017). 기계학습을 이용한 기록 텍스트 자동분류 사례 연구. 정보관리학회지, 34(4), 321-322. <https://doi.org/10.3743/KOSIM.2017.34.4.321>
- 박범진, 문병섭, 변장선 (2012). 클라우드 소싱의 ITS 적용 방안. 한국ITS학회논문지, 11(2), 48-56.
- 박태완 (2015). 전자기록의 정보보호 관리 전략. 서울: 국가기록원, p. 31.
- 송지애, 이승재, 강민석 (2016). 모바일 자동기상관측장비(AWS) 추가설치 장소 선정을 위한 수치모의 실험. 2016년 한국기상학회 가을학술대회 초록집, p. 750.
- 왕효명 (2015). 온라인 클라우드소싱에서 지식거래 신뢰성 향상 연구. 석사학위논문. 인하대학교 대학원, 산업공학과.
- 윤성호, 김동원, 오민선, 남용욱, 김용혁 (2015). 기상정보의 신뢰성을 높이기 위한 스마트폰 센서데이터의 분석. 한국지능시스템학회 학술발표 논문집, 202-204.

- 이석형 (2001). 지구과학 스페셜. 서울: 신원문화사, 179-183.
- 이이다 무쓰지로 (2001). 기상학 입문(이상기 역). 서울: 전파과학사.
- 이재호 (2017). 지진? Sns가 전했다 ... '친구가 안전하다고 표시되었습니다': 한겨레. 검색일자: 2018. 11. 14. <http://www.hani.co.kr/arti/economy/it/811808.html>
- 이하늘 (2017). 1980년대 한국 날씨예보기술의 개발. 석사학위논문. 서울대학교 대학원, 자연과학대학.
- 이혜영 (2018). 클라우드소싱 기반 이미지 태깅 시스템 구축 연구. 박사학위논문. 숙명여자대학교 대학원, 문헌정보학과.
- 전태일, 김병희, 남재철, 정일권, 양정현, 이희서, 정석권, 신도식 (2015). 기상박물관(가칭) 건립 기본계획 및 타당성 조사. 한국기상학회 학술대회 논문집, 430-432.
- 전훈익 (2017). 동네예보, 알고 보니 30km 떨어진 옆동네 예보?: 한국일보. 검색일자: 2018. 11. 14. <http://www.hankookilbo.com/News/Read/201710250415933199>
- 정석권, 김영동, 전영신 (2015). 기상청 기록관리와 기상역사 연구의 현황과 과제. 한국기상학회 학술대회 논문집, 450-452.
- 정책연구본부 융합정책연구부 (2013). 모바일과 결합한 클라우드 소싱, 영역 확장과 비즈니스 전략: 한국방송통신전파진흥원.
- 최민지 (2017). 기후변화가 탄생시킨 인도의 새로운 스타... '날씨맨'이 뜬다: 경향신문. 검색일자: 2018. 11. 14. [http://news.khan.co.kr/kh\\_news/khan\\_art\\_view.html?artid=201712271113001](http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=201712271113001)
- 최유리 (2015). "체계적으로 실내공기질 관리할 수 있는 길 열렸다": 온케이웨더. 검색일자: 2018. 11. 14. [http://www.onkweather.com/bbs/board.php?bo\\_table=commu1&wr\\_id=1748](http://www.onkweather.com/bbs/board.php?bo_table=commu1&wr_id=1748)
- 클라크 안 (2004). 날씨가 역사를 만든다(이상기 역). 서울: 황소자리.
- 한국기록관리학회 (2018). 기록관리의 이론과 실제. 서울: 조은글터.
- 한국기상전문인협회 (2015). 기상기후 역사자료의 수집과 활용방안 연구. 서울: 기상청, 3-5. <http://www.ndsl.kr/ndsl/commons/util/ndslOriginalView.do?dbt=TRKO&cn=TRKO201500013464&rn=&url=&pageCode=PG18>
- Bell, Simon, Cornford, Dan, & Bastin, Lucy (2013). The State of Automated Amateur Weather Observations. Royal Meteorological Society, 68(2), 36-41. <https://doi.org/10.1002/wea.1980>
- Bell, Simon, Cornford, Dan, & Bastin, Lucy (2015). How Good are Citizen Weather Stations? Addressing a Biased Opinion. Weather, 70(3), 75-84. <https://doi.org/10.1002/wea.2316>
- Boulos, Maged N Kamel, Resch, Bernd, Crowley, David N, Breslin, John G., Sohn, Gunho, Burtner, Russ, Pike, William A., Jezierski, Eduardo, & Chuang, Kuo-Yu Slayer (2011). Crowdsourcing, Citizen Sensing and Sensor Web Technologies for Public and Environmental Health Surveillance and Crisis Management. International Journal of Health Geographics,

- 10(67), 2. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-10-67>
- Campbell, Andrew T., Eisenman, Shane B., Lane, Nicholas D., Miluzzo, Emiliano, & Peterson, Ronald A. (2006). People Centric Urban Sensing, Proceedings of the 2nd Annual International Workshop on Wireless Internet, p. 3. <https://doi.org/10.1145/1234161.1234179>
- Dickinson, Janis L., Zuckerberg, Benjamin, & Bonter, David N. (2010). Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41, 149-172. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636>
- Fleming, Nic (2018). Why are all My Weather Apps Different? *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/technology/2018/jun/30/weather-forecast-apps-smartphone-predictions-forecasting>: The Guardian.
- GCOS (2010). Implementation Plan for the Global Observing System for Climate in Support of the Unfccc. World Meteorological Organization.
- Kazai, G., Kamps, J., & Milic-Frayling, N. (2013). An Analysis of Human Factors and Label Accuracy in Crowdsourcing Relevance Judgments. *Information Retrieval Journal*, 16(2), 138. <https://doi.org/10.1007/s10791-012-9205-0>
- Meier, Fred, Fenner, Daniel, Grassmann, Tom, Otto, Marco, & Scherer, Dieter (2017). Crowdsourcing Air Temperature from Citizenweather Stations for Urban Climate Research. *Urban Climate*, 19, 192-208. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.01.006>
- Muller, C. L., Chapman, L., Johnston, S., Kidd, C., Illingworth, S., Foody, G., Overeem, A., & Leigh, R. R. (2015). Crowdsourcing for Climate and Atmospheric Sciences: Current Status and Future Potential. *International Journal of Climatology*, 35(11), 3185-3203. <https://doi.org/10.1002/joc.4210>
- Overeem, A., Leijnse, H., & Uijlenhoet, R. (2013). Country-Wide Rainfall Maps from Cellular Communication Networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(8), 2741-2745. <https://doi.org/10.1073/pnas.1217961110>
- Overton, A. K. (2006). Amateur observing into the 21st century - new technologies, new opportunities. *Weather*, 61(7), 208-209. <https://doi.org/10.1256/wea.55.06>
- Vos, Lotte de, Leijnse, Hidde, Overeem, Aart, & Uijlenhoet, Remko (2017). The Potential of Urban Rainfall Monitoring with Crowdsourced Automatic Weather Stations in Amsterdam. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21(2), 765-767. <https://doi.org/10.5194/hess-21-765-2017>
- Weather Block (2018). A Decentralized Ecosystem for Peer-to-Peer Weather Data Exchange.: *WeatherBlock*, 3-11.

[ 웹사이트 ]

기상. 기상백과. 검색일자: 2018. 11. 14.

<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1001712&cid=42443&categoryId=42443>

기상. 표준국어대사전. 검색일자: 2018. 11. 14.

<https://ko.dict.naver.com/#/entry/koko/e771b02ff5a2406cb4f5e3d74911180b>

기상청. AWS 관측 기온 분포도. 검색일자: 2018. 11. 14.

[http://www.weather.go.kr/weather/observation/aws\\_distribution\\_popup.jsp](http://www.weather.go.kr/weather/observation/aws_distribution_popup.jsp)

신호 레벨. 네이버 지식백과 전기용어 사전. 검색일자: 2018. 11. 14.

<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=587391&cid=42094&categoryId=42094>

BloomSky Data Portal-기상데이터 그래프. Retrieved November 15, 2018. from

[https://dashboard.bloomsky.com/user#\\_=\\_](https://dashboard.bloomsky.com/user#_=_)

Howe, Jeff (2006). Crowdsourcing: A Definition. [Web log comment]. November 15, 2018. from

Howe, Jeff (2006). THE RISE OF CROWDSOURCING. WIRED. Retrieved November 15, 2018.

from <https://www.wired.com/2006/06/crowds/>

MADIS (2018). Retrieved November 15, 2018. from <https://madis.ncep.noaa.gov/>

[https://crowdsourcing.typepad.com/cs/2006/06/crowdsourcing\\_a.html](https://crowdsourcing.typepad.com/cs/2006/06/crowdsourcing_a.html)

Norway Archive-The Digital ArchiveForum (2018). Retrieved April 20, 2019. from

<https://forum.arkivverket.no/topmembers/>

Statista 통계 포털 사이트 자료-스마트폰 이용자 수. Retrieved November 15, 2018. from

<https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide>

Tamil Nadu Weatherman (2018). Tamil Nadu Weatherman Facebook. [Web log comment]

Retrieved october 27, 2018. from <https://www.facebook.com/tamilnaduweatherman/>

UK Snow Map (2018). [Web log comment] Retrieved october 27, 2018. from

<https://twitter.com/uksnowmap>

UK Snow Map (2018). Retrieved october 27, 2018. from <http://uksnowmap.com/#/>

WeatherBlock (2019). BloomSky X Weatherblock. [Video file]. Retrieved April 20, 2019. from

[https://youtu.be/Y2OA\\_P0VmdA](https://youtu.be/Y2OA_P0VmdA)

WeatherUnderground 데이터 품질 인증 마크 (2018). Retrieved November 15, 2018. from

<https://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?ID=IULJUGUN2>

WeatherUnderground-Data (2018). Retrieved November 15, 2018. from

<https://www.wunderground.com/about/data>

WeatherUnderground-Privacy Policy (2018). Retrieved November 15, 2018. from

<https://www.wunderground.com/company/privacy-policy>.

WeatherUnderground-PWS 설치 요령 (2018). Retrieved November 15, 2018. from  
<https://www.wunderground.com/weatherstation/installationguide.asp>

WeatherUnderground-WU의 PWS 실시간 관측자료 (2018). Retrieved November 15, 2018. from  
<https://www.wunderground.com/personal-weather-station/dashboard?ID=IULJUGUN2>

• 국문 참고자료의 영어 표기

(English translation / romanization of references originally written in Korean)

- Choi, Min ji (2017). A new star in India where climate change was born ... 'The Weather Man': Kyung Hyang Newspaper. Retrieved November 14, 2018. from  
[http://news.khan.co.kr/kh\\_news/khan\\_art\\_view.html?artid=201712271113001](http://news.khan.co.kr/kh_news/khan_art_view.html?artid=201712271113001)
- Choi, Yoo Ri (2015). "Systematically opened the way to manage indoor air quality": On-K-Weatherers. Retrieved November 14, 2018. from  
[http://www.onkweather.com/bbs/board.php?bo\\_table=commul&wr\\_id=1748](http://www.onkweather.com/bbs/board.php?bo_table=commul&wr_id=1748)
- Department of Meteorological Observation Policy (2014). KMA, Develops App for Direct Weather Reporting, Seoul: KMA, 1-2.
- Jeon, Hon Ip (2017). The neighborhood forecast, I know, 30km away from the neighborhood forecast?: Hankookilbo. Retrieved November 14, 2018. from  
<http://www.hankookilbo.com/News/Read/201710250415933199>
- Jeon, Tae Il, Kim, Byung Hee, Nam, Jae Chul, Jung, Il Kwon, Yang, Jung Hyun, Lee, Hee Suh, Jeong, Seok Kwon, & Shin, Do Sik (2015). Basic Plan and Feasibility Study of Meteorological Museum (tentative name) Construction. Korean Meteorological Society, 430-432.
- Jeong, Seok Kwon, Kim, Young Dong, & Jeon Young Shin (2015). Current Status and Tasks of Meteorological Records Management and Weather History Research. Korean Meteorological Society, 450-452.
- Kim, Hae Chan Sol, An, Dae Jin, Yim, Jin Hee, & Rieh, Hae Young (2017). A Study on Automatic Classification of Record Text Using Machine Learning. Korean Society Information Management, 34(4), 321-322. <https://doi.org/10.3743/KOSIM.2017.34.4.321>
- Kim, Ji suk (2015). Study on the Semantic Classification and the Semantic Derivation of '-bari' in Everyday Word of Fishing Village. TheJournal of Korean dialectology, 71, 39-41.
- Kim, Jin Ho & Choi, Yong Joo (2018). Why did IBM take over the Weather channel?. Dong-A Business Review. Retrieved November 14, 2018.  
[http://dbr.donga.com/article/view/1306/article\\_no/8709](http://dbr.donga.com/article/view/1306/article_no/8709)

- Kim, Sun Young, Oh, Wan Tak, & Lee, Seung Ho (2013). Analysis on the Density of the Weather Station over South Korea. *The Korean Association of Professional Geographers*, 47(1), 58.
- Kim, Won Ki (2013). A Study about Interaction Applications of Social Media Based on Crowdsourcing Platforms. Unpublished master's thesis, Seoul, Korea.
- Kim, Yoon Hwa (2018). Analysis of SNS usage trend and usage behavior. Seoul: KISDI STAT Report, 1-2.
- Kim, You Seung (2010). A Theoretical Study on Establishing Archive 2.0. *Korean Society of Archives and Records Management*, 10(2), 35.
- Klage, Jan (2004). *The weather makes history*. Seoul: Hwanso Jari.
- Korea Meteorologist Association (2015). A Study on the Collection and Utilization of Meteorological and Climate Historical Data, Seoul: KMA, 3-5  
<http://www.ndsl.kr/ndsl/commons/util/ndslOriginalView.do?dbt=TRKO&cn=TRKO201500013464&rn=&url=&pageCode=PG18>
- Korean Society of Archives and Records Management (2018). *Theory and Practice of Records Management*. Seoul: Joeun Gleteo.
- Lee, Haneul (2017). Development of Korea Weather Forecasting Technology in the 1980s: Introduction of Computerized System and Pursuit of Objectivity in Forecasting. Unpublished master's thesis, Seoul National University, Seoul, Korea.
- Lee, Hye Young (2018). Development of an Image Tagging System Based on Crowd-sourcing. Unpublished doctoral dissertation, Sookmyung Women's University, Seoul, Korea.
- Lee, Jae Ho (2017). Earthquake? Sns said ... "Your friend is marked safe": The Hankyoreh. Retrieved November 14, 2018. from <http://www.hani.co.kr/arti/economy/it/811808.html>.
- Lee, Seok Hyung (2001). *Earth Science Special*, Seoul: Shinwonbook.
- Mitsuhiro Iida (2001). *Introduction to meteorology*, Seoul: S-wave
- Park, Bum Jin, Moon, Byung-Sup, & Byeon, Jang Seon (2012). A Study for Applying for Crowdsourcing Technology in ITS, *INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM*, 11(2), 48-56.
- Park, Tae Wan (2015). Information security management strategy of electronic records, Seoul: National Archives of Korea, 31.
- Policy Research Division, Fusion Policy Research Department (2013). *Crowd sourcing combined with mobile, domain expansion and business strategy*. Seoul: KOREA COMMUNICATIONS AGENCY

- Song, Ji Ae, Lee, Seung Jae, & Kang, Min Suk (2016). Numerical Simulations for the Selection of Additional Location for Mobile Automatic Weather Station (AWS). Korean Meteorological Society, 750.
- Wang, Hyo Myeong (2015). A Study on Enhancing the Reliability of Knowledge Transaction at Online Crowdsourcing. Unpublished master's thesis, Inha University, Incheon, Korea.
- Yoon, Sung Ho, Kim, Dong Won, Oh, Min Sun, Nam, Yong Wook, & Kim, Yong Hyuk (2015). Analysis of Smartphone Sensor Data for Improving the Reliability of Weather Information. International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, 202-204.

