

GIS기반 PM₁₀ 미세먼지농도 실시간 서비스 GIS-based PM₁₀ Concentration Real-time Service

윤훈주* · 한광인 · 조성호 · 정병혁

(주)선도소프트

(2015년 8월 28일 접수, 2015년 10월 11일 수정, 2015년 10월 27일 채택)

Hoon Joo Yoon*, Gwang In Han, Sung Ho Cho and Byung hyuk Jung

Sundosoft Ltd.

(Received 28 August 2015, revised 11 October 2015, accepted 27 October 2015)

Abstract

In this study, by applying mobile based GIS and image analysis of particulate matter (PM₁₀) concentration in Seoul and Ulsan in Korea, to identify the user's location and also implemented the application to information exchange. It strengthened citizens' access to air quality information through the application and derived the expanded environment information sharing through real-time user participation.

Through atmospheric concentrations image analysis, it showed a new environmental information construction possibility. It had the effect of expanding the information collecting through the local user participation on the limited information collected area which place is not yet constructed atmospheric monitoring network.

Location-based particulate matter information service application provides a user location's PM₁₀ information from the 25 urban air monitoring network real-time database of the Ministry of Environment.

Furthermore, if the user sent a picture of the atmosphere to the server, should match the image density values of the database and express on Seoul's maps through the IDW interpolation. And then a PM₁₀ concentration result is transmitted to user in real time.

Key words : Mobile, Air monitoring, PM₁₀, Interpolation, Image analysis

1. 서 론

전 세계적으로 미세먼지에 대한 인체적·환경적 피해를 줄이기 위하여 많은 노력이 이루어지고 있으며, 우리나라에서도 다양한 대책이 시행되고 있다. 인구 집중도가 높은 우리나라 수도권지역의 경우 2025년에

는 2010년 대비 인구는 9.8%, 에너지사용량은 14% 증가할 것으로 나타났으며, 자동차 등록대수 또한 42% 증가할 것으로 전망되었다. 이러한 추세에 따라 2025년 미세먼지(PM₁₀ 입경 10 μm 이하인 먼지) 배출량은 68,306톤으로 2010년 대비 7,488톤(12%) 증가할 것으로 나타났으며, 이때 수도권지역 미세먼지 농도는 51.4 μg/m³으로 세계보건기구(WHO)의 권고치인 20 μg/m³을 크게 상회할 것으로 나타났다(Lim, 2014; Kim and Jo, 2012). 체계적으로 대기질을 관리하기 위해 국가에

*Corre
Tel : ██████████, E-mail : hjyoon@sundosoft.co.kr

서는 자동대기 측정소를 설치·운영하고 있다. 자동대기 측정소는 도시대기 측정소, 도로변대기 측정소, 교외대기 측정소, 국가배경농도 측정소의 네 가지로 구분되며 도시 대기 측정소 및 도로변 대기 측정소는 지자체에서 운영되고 있다. 여기서 측정된 자료는 전체적인 현황 파악이나 대기질 관리 정책 수립의 기초자료가 된다. 일반적으로 지역의 대기 측정소가 그 지역의 오염도를 대표하는 것으로 인식되고 있으나 기존의 대기오염 자동 측정소는 측정기기의 배치상의 문제점을 자주 노출해 왔다(Woo *et al.*, 1997). 특히 기존의 대기오염 측정소의 배치기준은 토지이용 형태와 측정 장소의 관리용이성 등에 근거를 두고 있어 지형 및 기상학적 특성은 고려하지 못하는 문제점이 지적되어 왔다(Yoo and Park, 2007).

이에 대해 본 연구에서는 이미지프로세싱 분석을 포함하는 위치기반 모바일 앱을 개발하여 시민들에게 사용자 위치에 기반한 환경부의 PM₁₀ 정보를 서비스하고 시민들이 현장에서 대기환경 이미지를 전송하면 이미지프로세싱을 통해 농도값을 치환하게 하였다. 또한 신규로 발생하는 지역 이미지 농도값을 기존 실시간 대기 측정망 농도와 IDW Interpolation 기법을 통해 등농도분포도를 생성시켜 PM₁₀ 농도값의 최신성을 가질 수 있게 하였다.

이를 통하여 서울시를 대상으로 PM₁₀에 관해 시민들이 참여하는 위치기반 기초자료 수집 및 서비스의 가능성을 보여주는 손쉬운 모바일 창구를 개발하는데

본 연구의 목적이 있다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 그림 1과 같이 연구 목표를 가지고 모바일 앱을 개발하였다.

공간기반 정보의 개방·공유·활용에 대한 정부 3.0을 통해 국가 대기 측정소의 PM₁₀ 농도를 실시간으로 연동하여 시민들에게 서비스를 한다. 이때 기존 미세먼지 앱들과는 달리 공간 분석 기법과 이미지 프로세싱 기법을 통해 시민들이 현장에서 대기를 촬영하여

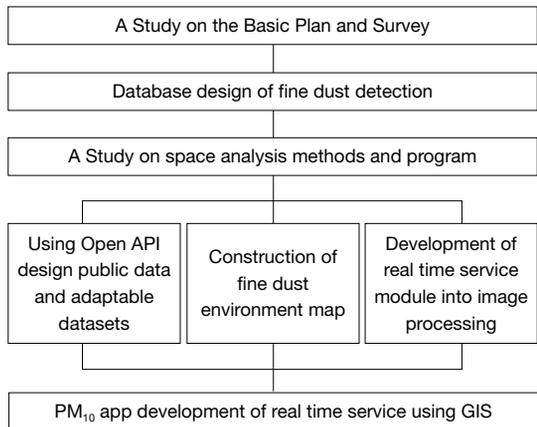


Fig. 1. Summary of a study.

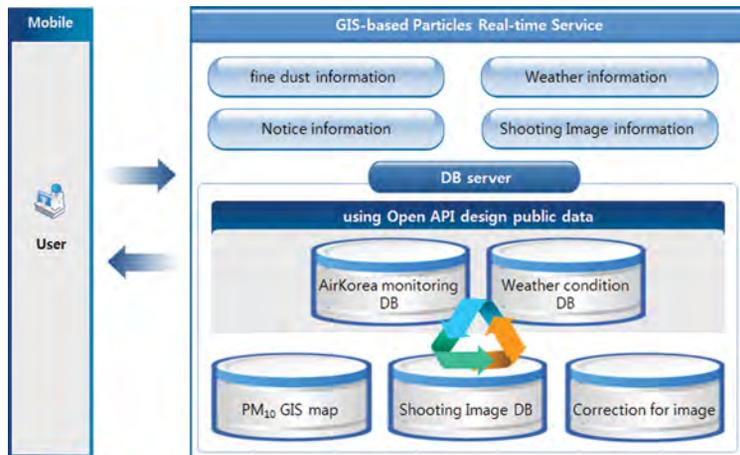


Fig. 2. Diagram of GIS-based Particles Real-time Service.

PM₁₀의 농도를 받을 수 있게 하였다. 이는 정부와 시민 간의 상호간 소통을 할 수 있게 함으로써 자발적으로 환경분야 참여를 유도하게끔 하였다. 미세먼지 앱에서 활용되는 DB는 그림 2와 같이 미세먼지 오염정보, 기상정보, 공간분석 결과 반영 미세먼지 지도, 미세먼지 촬영 이미지정보, 관련 메타데이터, 촬영이미지 분석결과 반영 이미지정보 등으로 저장되고 관리된다.

2.1 서울시, 울산시 대상으로 이미지와 미세먼지 측정 및 데이터베이스 구축

PM₁₀ 측정기(Particle counter DT-9880)와 hybrid handled particle counter HA-T200를 활용하여 6개월 동안 대기 이미지와 실제 미세먼지농도를 측정하여 DB화 하였다. 연구 결과의 정확도를 높이기 위하여 서울과 울산에서 동시에 측정하였고 서울은 2014년 10월 6일부터 2015년 3월 31일까지 총 281회 측정하여 747장의 대기 이미지를 수집하였다. 울산은 2014년 10월 21일부터 2015년 3월 31일까지 188회 측정하여 470장의 이미지를 수집하였다. 1,217장의 이미지와 측정된 미세먼지 농도 데이터, 시야권 대기측정망의 해당시간 미세먼지 데이터를 조합하여 데이터를 구축하였다.

S소프트 본사 건물 옥상과 울산 사업소 건물 옥상에서 측정시 시야권에 들어오는 대기측정망의 경우 서울

은 도시대기측정망 8개소, 도로변 측정망 6개소, 울산은 도시대기측정망 13개, 도로변측정망 1개소가 해당되어 각 측정망별 PM₁₀ 농도는 측정 해당 시각에 맞추어 취합 저장하게 하였다. 그림 3은 S소프트 본사 옥상에서의 카메라 주가시권과 그에 상응하는 측정소이다. 이때 선별 기준은 측정 지점으로 부터 시야 확보가 불가능한 방향의 측정소는 제외하였고 측정지점에서 촬영방향 15km 지점까지 30° 반경 내 측정소를 포함시켰다.

이렇게 저장된 데이터는 측정농도값 들과 이미지전송 좌표값이 논리적으로 연관된 다중 자료를 구조화함으로써 검색과 갱신이 효율적으로 이루어질 수 있게 하였다.

2.2 이미지 비교분석 프로세싱 모듈 구축

현장에서 수집되는 대기 이미지의 정확도를 높이기 위한 사전 스크리닝 작업이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 그림 4와 같이 Color Histogram Intersection Algorithm 방법을 사용하였다. 컬러 분포간의 유사도를 측정할 때 사용되는데 미세한 영역에서는 컬러 공간에 대한 분할문제와 양자화 레벨의 결정 문제를 내포하고 있다(Lee and Lee, 2013; Lee and Moon, 2002). 그러나 본 연구에서는 대기와 건물 객체간의 영역을 대상으로 했을 때는 영상분할, 객체추출, 템플릿 마스

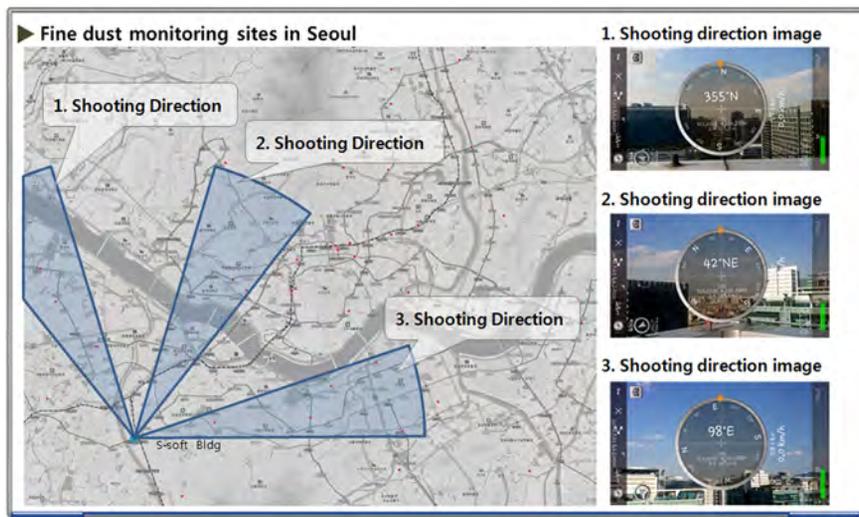


Fig. 3. Air pollution monitoring sites in the range of image shooting.

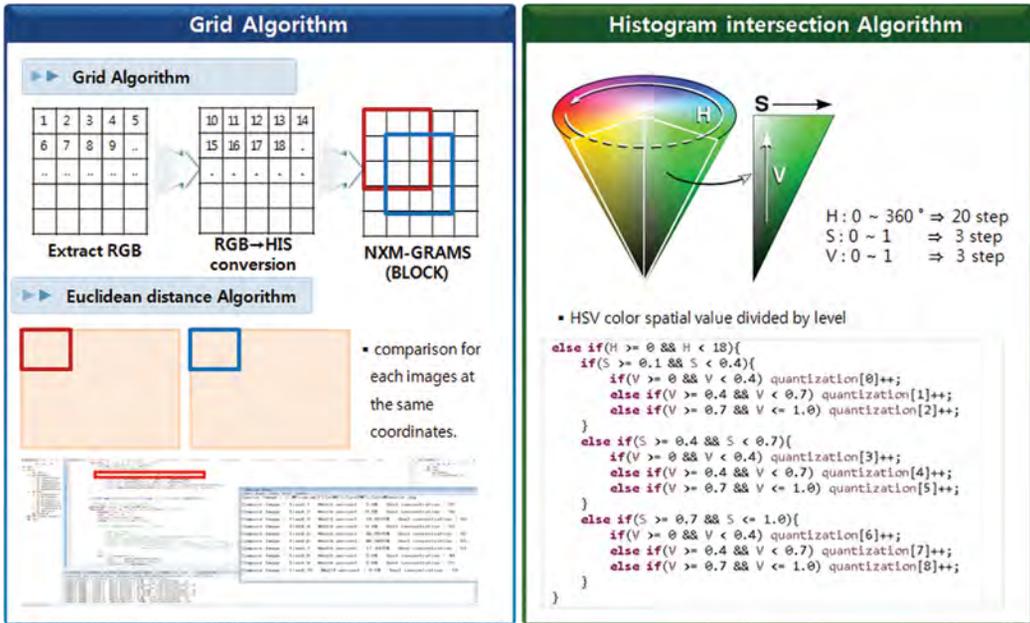


Fig. 4. Image process and histogram intersection algorithm.

크 생성, 히스토그램 인터섹션을 사용하는데 95% 이상 품질을 보여주어 전처리 분석이 가능하였다. 모바일에서의 촬영 사진 RGB 데이터 값을 HSV형태로 양자화한 후, 데이터베이스의 미세먼지 사진 데이터의 명도, 채도, 색감 데이터와 비교하여 유사성이 가장 높은 데이터의 미세먼지 농도와 날씨 등의 데이터를 클라이언트로 전송한다.

웹페이지에서는 미세먼지 Data Dictionary 메뉴를 이용하여 기존 구축한 미세먼지 지도 데이터를 확인할 수 있고, 미세먼지 분석 메뉴를 이용하여 현재 접속일 기준으로 지도상의 미세먼지 실제 데이터들 및 업로드된 사진을 확인할 수 있다. 또한 사용자와의 소통을 위한 게시판 기능을 이용하여 편의성 및 활용성을 제고한다. 시스템을 서비스하기 위한 프로그램으로는 Apache Tomcat, Oracle을 사용하였다. Apache Tomcat의 경우 JSP/Servlet Container로 사용자에게 JSP요청을 받으면 서블릿으로 바꾸어 이를 실행하고, 실행 결과는 웹 서버에서 사용자의 요청을 받아 처리할 수 있게 하여 실시간 GIS분석이 이루어지고 처리 될 수 있게 하였다.

2.3 공간분석

본 연구에서는 도시대기 측정망 251개소, 도로변대기 측정망 38개소, 국가배경농도 측정망 3개소, 교외대기 측정망 19개소 등 311개소에서 PM₁₀ 항목에 대해 대기오염도를 수집하고 측정된 데이터 값을 대상으로 공간분석을 시행하도록 개발하였다. 추가로 시민들이 전송하는 이미지값과 가시권 측정소의 농도값을 포함하여 분석을 수행하였다. GIS분석은 ArcGIS를 활용하여 IDW보간(Inverse Distance Weighted Interpolation) 방법을 사용하였다. 이 방법은 일반적으로 지도와 같은 공간적인 데이터를 보간할 때 사용하는 통계적인 방법으로써 다음 수식으로 간단히 표현할 수 있다 (Kim *et al.*, 2010).

(식 1. IDW 보간 기법)

$$z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i z_i}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

z_0 : 추정치

i : 영향범위 내에 해당하는 지점

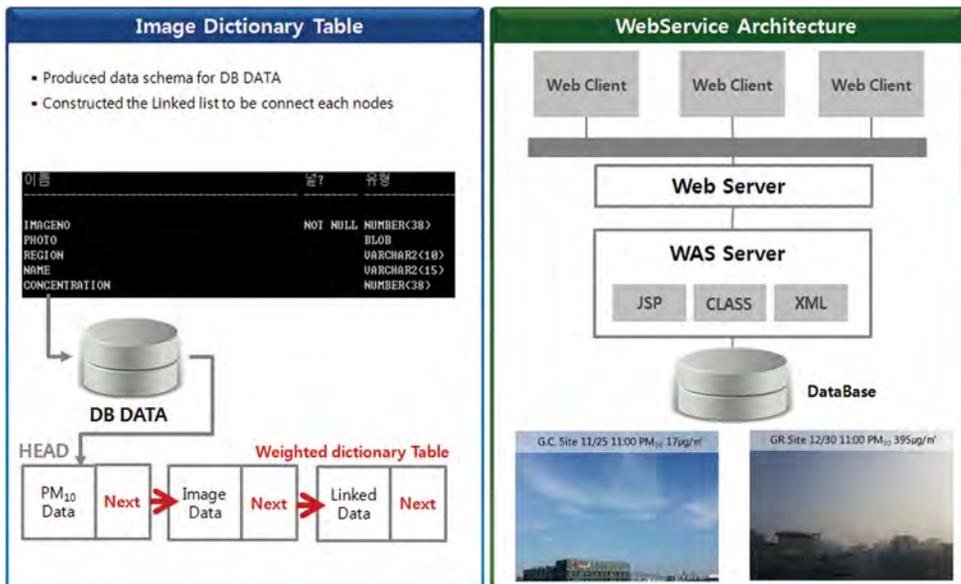


Fig. 5. Image Dictionary & Service Architecture.

$$w_i: \text{가중치} = \frac{1}{d_0} \quad (d_0: \text{점 } i \text{와 점 } o \text{ 사이의 거리})$$

시간별 GeoProcessing Module을 통해 생성되는 서울시 미세먼지 등농도 곡선은 사용자의 위치에 따른 미세먼지정보를 OpenAPI를 통해 사용자에게 정보로 제공된다. 환경정보 서비스의 세밀함과 정확성을 높이기 위해 지리정보 측면과 스마트기기 앱을 활용한 사용자의 참여를 통해 정보의 활용성을 극대화할 수 있다.

그림 5는 미세먼지 실시간 모니터링시스템의 아키텍처이며 데이터베이스의 자료를 모바일에서 받고 WEB서버에 전달한다. WEB서버는 다양한 클라이언트에게 실시간 자료를 전송하고 있음을 보여준다. 모바일 사용자가 현재 위치에서 사진 촬영을 진행하고, 미세먼지 지도의 데이터와 비교분석 후, 가장 유사한 데이터의 미세먼지 농도를 출력하는 프로세스로서 메타데이터와 링크된 이미지들의 집합을 Image Dictionary로 명하였다. Image Dictionary에는 모바일 사용자의 현재 위치와 촬영 시각, 명도, 채도, 모바일폰의 카메라기종, 계절, 월, 날씨를 검색항목조건에 포함시켜 데이터의 검색 정확성을 향상시켰다.

3. 연구 결과 및 고찰

본 연구에서는 모바일 기반의 GIS와 이미지분석을 적용하여 서울, 울산지역 미세먼지(PM₁₀)의 농도를 배경으로 사용자의 위치에서 파악하고 또한 정보를 상호 교환하는 앱을 구현하였다. 이를 통해 대기환경정보에 대한 시민들의 접근성을 강화시켰고, 앱의 특징인 실시간 사용자 참여를 통해 환경정보 공유 확대를 유도하였다. 대기농도 이미지 분석을 통해서 새로운 환경정보 구축의 가능성을 보여 기존 대기측정망 미설치 지역의 제한된 정보 수집에 대해 지역사용자 참여를 통한 정보수집 확대의 효과를 보였다. 위치기반 미세먼지정보 서비스 앱은 환경부의 도시대기측정망 25개의 실시간 데이터베이스를 기반으로 PM₁₀을 사용자에게 위치에 근거하여 제공한다. 나아가 사용자가 대기의 이미지를 촬영하여 서버로 전송하면 이미지 분석을 통해 기 구축 이미지 농도값과 매칭을 시켜 그림 6과 같이 IDW Interpolation을 통해 서울시 등농도 지도를 표출하고 그 PM₁₀ 농도결과를 실시간으로 전송하게 하였다.

이미지 농도값의 신뢰성을 확보하기 위하여 연구지

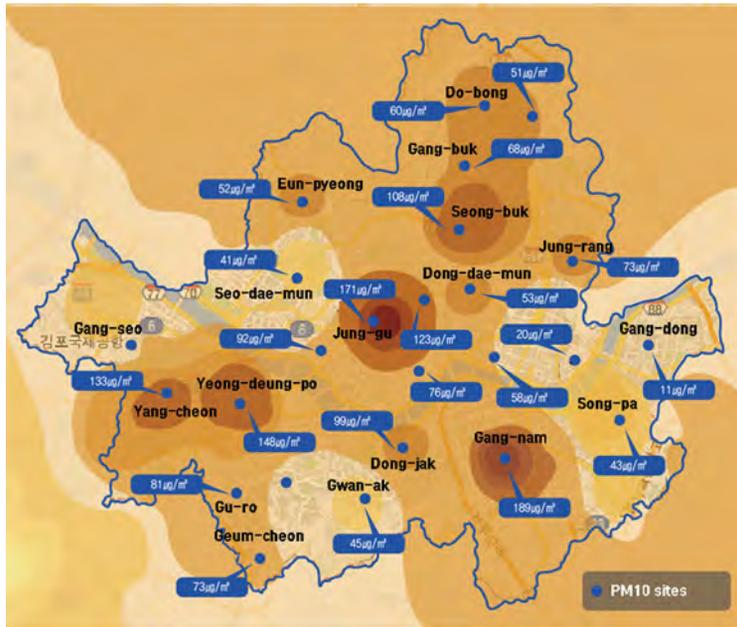


Fig. 6. PM₁₀ map manufacture automation using IDW.

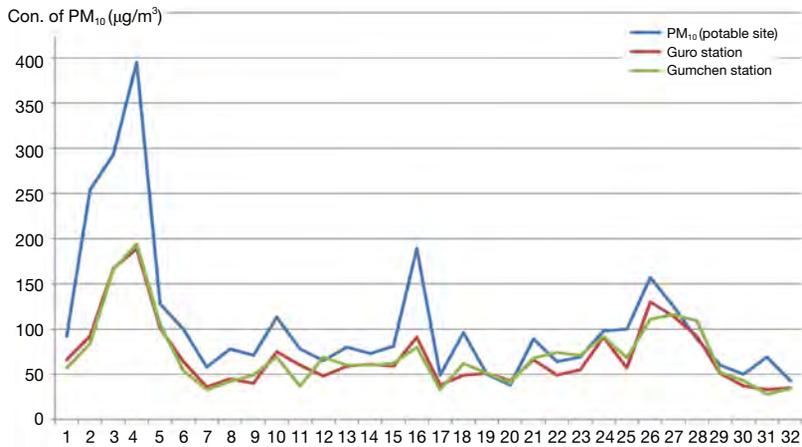


Fig. 7. PM₁₀ density trends.

역에서 6개월간 분석한 자료 중 2014년 12월 29일부터 2015년 2월 9일까지 환경부 대기측정소의 PM₁₀과 비교하였다. 2차 가시권지역내 Airkorea 측정망 자료는 실험장소에서 각각 1.8 km, 2.7 km 거리에 있는 구로, 금천측정소를 선정하였다. 그림 7에서 보는 바와 같이 자료를 비교하면 AirKorea 측정소의 농도에 비해 현장

측정 농도는 기간 동안 평균 146.7% 더 높았고 2회 (2014년 12월 29일)와 31회(2015년 2월 9일)는 각각 288.6%과 226.2%의 차이를 보여 이 기간은 상당히 높았음을 알 수 있었다. 이는 측정기기들 간의 검보정 없이 진행된 사유가 있을 수 있지만 전반적인 농도추이는 일치하였다.

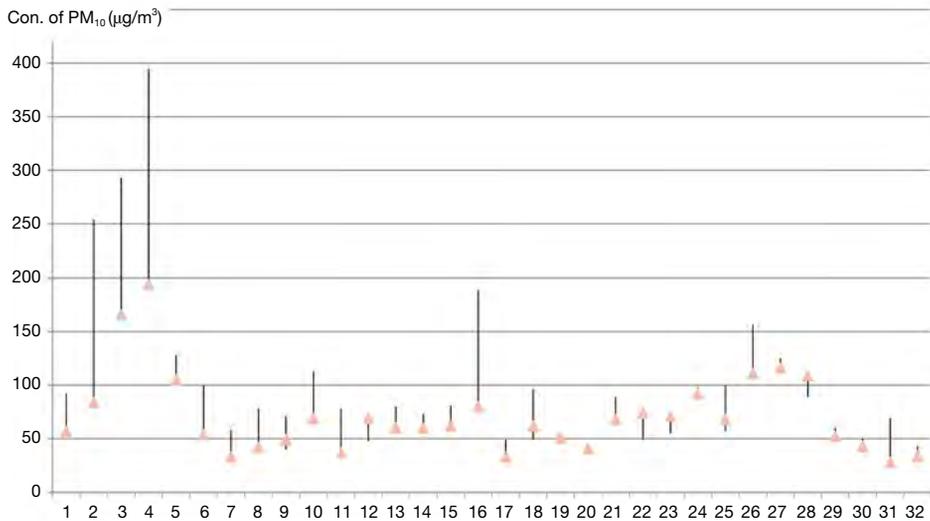


Fig. 8. Density differences between monitoring sites.

그림 8은 2개 측정소 평균값과 현장측정값의 PM₁₀의 농도가 모두 높을 때 측정 농도간 차이값이 더 커지는 현상을 보여준다. 실험장소에서의 현장측정농도값이 Airkorea 측정소 농도값보다 작은 시기는 19회(2/2)~25회(2/5)이었고 이때는 PM₁₀ 농도가 기준치 이하로 청명한 시기였다. 그러나 PM₁₀ 농도가 높아질수록 현장 농도값이 현저히 높아지고 추이는 비슷하나 AirKorea 값은 상대적으로 낮은 농도현상을 보였다.

4. 결 론

본 연구에서는 대기분야에 이미지 프로세싱 기법과 공간분석법(IDW Interpolation)을 활용하여 타 미세먼지 관련 앱과의 차별화된 위치기반 모바일 앱과 웹을 개발하여 시민들에게 정보를 상호교환하는 VGI(volunteered geographic information)기법을 미세먼지 분야에 국내 처음으로 적용하였다.

본 연구에서 적용한 이미지프로세싱 분석과 Interpolation의 추정결과에 대한 신뢰성 평가결과가 이루어져야 하는데 만일 적절성이 입증된다면 그동안 대기분야 연구학자들이 환경부가 운영하는 측정소의 위치가 적절한지 평가하는 연구의 해결대안이 될 수 있을 것으로 사료된다. 현재 본 연구를 통해 서울과 울산을

대상으로 구축한 이미지 농도 건수는 1,217건으로 향후 정확도를 높이기 위해서는 지역별로 지속적으로 데이터를 수집하여야 한다. 또한 현재 시스템에서는 RGB 컬러, 명도, 채도, 건물과 대기의 형태소 분석, 촬영시간, 일시, 계절, 스마트폰의 기종, 날씨, 변수에 대한 내용을 적용하는데 추가적으로 다양한 변수들에 대한 분석이 필요하다. 한편 공간 기반 정보의 개방·공유·활용을 지향하는 정부 3.0 오픈 인프라를 적절히 사용하여 융·복합 정보를 활용할 수 있는 환경도 제시하였다.

본 연구를 통해 구축되는 공간분석기법을 활용한 미세먼지 지도와 사용자 참여로 촬영된 미세먼지 이미지 분석 결과 데이터는 기존 미세먼지 예보의 정확성을 높이는데 필요한 기초자료로서 활용이 가능할 것으로 사료된다. 향후 미세먼지 분야의 공간분석 방법에 대한 별도의 연구가 필요하고 Airkorea 측정망의 QA/QC에 대한 재검토 및 AirKorea 측정기기와 휴대용 PM₁₀ 측정기간의 검보정에 대한 별도 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 환경부 한국환경산업기술원의 협업형 환경기술개발 지원사업으로 수행되었습니다.

References

- Kim, D.H., D.W. Ryu, Y.M. Choi, and W.J. Lee (2010) Application of Kriging and Inverse Distance Weighting Method for the Estimation of Geo-Layer of Songdo Area in Incheon, J. Korean Geotech. Soc., 26(1), 5-19. (in Korean with English Abstract)
- Kim, H.J. and W.K. Jo (2012) Assessment of PM-10 Monitoring Stations in Daegu using GIS Interpolation, J. Korean Soc. Geospat. Inf. Sys., 20(2), 3-13 (in Korean with English Abstract)
- Lee, B.S. and Y.S. Moon (2002) Robust object tracking using projected motion and histogram intersection, J. Korea Inf. Process. Soc. Part B, 9-B(1), 99-104. (in Korean with English Abstract)
- Lee, K. and C.H. Lee (2013) Content-based Image Retrieval using LBP and HSV Color Histogram, J. Broadcast Eng., 18(3), 372-379. (in Korean with English Abstract)
- Lim, H.J., T.J Lee, and D.S. Kim (2014) PM₁₀ and PM_{2.5} characterization based mass concentration long-term (1989~2012) database in Yongin-Suwon area, J. Korean Soc. Atmos. Environ., 31(3), 209-222. (in Korean with English Abstract)
- Lim, S.B. (2014) A comparative study on road sweeping method for decreasing of road dust, Department of Environmental Engineering Graduate School, The University of Suwon.
- Woo, J.H., S.T. Kim and J.W. Kim (1997) Evaluation and complement of the representativeness of air quality monitoring stations using passive air samplers, J. Korea Air Poll. Res. Assoc., 13(6), 415-426. (in Korean with English Abstract)
- Yoo, E.C. and O.H. Park (2007) Optimization of air quality monitoring networks in Busan using a GIS based decision support system, J. Korean Soc. Atmos. Environ., 23(5), 526-538. (in Korean with English Abstract)