

굴뚝연기의 오염도 관리를 위한 웹앱의 설계 및 구현

반재훈* · 손현근**

*고신대학교 인터넷비즈니스학과, **고신대학교 보건환경학부

Design and Implementation of a Web App for Pollution Measurement of Plume

ChaeHoon Ban* · HyunGeun Son**

*Dept. of Internet Business, Kosin University

**Dept. of Public Health and Environment, Kosin University

E-mail : chban@kosin.ac.kr · hkson@kosin.ac.kr

요 약

공장·사업장 등에서 발생하는 매연은 대기오염의 원인이 될 뿐만 아니라 인체에도 나쁜 영향을 미친다. 따라서 대기오염방지를 위해 배출되는 대기오염물질을 측정하고 이를 관리하여 대기오염을 신속히 파악하고 사전에 방지하기 위한 서비스가 필요하다. 본 논문에서는 광학센싱을 이용해 굴뚝연기의 혼탁도를 측정하고 이를 다양한 모바일 운영체제에서 측정결과를 실시간으로 검색할 수 있는 모바일 웹앱을 설계하고 구현한다. 구현된 시스템에서 사용자는 다양한 모바일기기를 이용하여 굴뚝연기의 혼탁도와 VOC 오염도에 대하여 여러 가지 조건으로 검색할 수 있으며 사용자 정의값을 설정하고 이를 초과하는 경우에 지정된 번호로 알림 서비스를 제공 받을 수 있다. 또한 모바일 운영체제에 독립적인 웹앱의 형태로 제공되어 사용자의 다양한 모바일 기기에서 운영될 수 있으며 실시간으로 유지보수를 제공할 수 있는 장점이 있다.

키워드

Plume, Turbidity, Digital Optical Method, Web App, Mobile Framework

1. 서론

굴뚝에서 발생하는 굴뚝연기(plume)의 혼탁도를 측정하는 가장 일반적인 방법은 자동시정측정기(transmissometer)를 굴뚝 안에 장착하여 관찰하는 방법이다 그러나 이러한 방법은 구축에 많은 비용이 들며 정확한 측정값을 얻기 위하여 지속적인 유지관리가 필요한 것이 단점이다. 미국의 경우 미국환경보호청(EPA)에서 Method 9이라는 정책을 통하여 혼탁한 굴뚝연기를 관리하고 있다. 그러나 이 방법도 교육을 이수한 측정 전문가에 의존하므로 지속적인 교육 등 많은 비용과 측정값의 부정확함이 단점이다. 또한 한국에서는 미국처럼 굴뚝연기의 측정을 위한 전문기관과 측정 전문가가 따로 있지 않는 문제가 있다.

연구자의 이전 연구에서는 광학센싱을 이용한 굴뚝연기 혼탁도 측정 프로그램을 구축하였다. 디지털 카메라를 이용하여 굴뚝연기의 사진을 획득하고 이를 분석하는 DOM(Digital Optical Method)을 사용하여 굴뚝연기의 혼탁도를 측정하는 모듈을 설계하고 컴퓨터에서 동작하는 자바프로그래밍으로 구현하였다. 또한 구현된 모듈을 자동시정측정기와 비교 분석하여 우수성을 입증하였다.

그러나 자바로 개발된 굴뚝연기 혼탁도 측정 프로그램은 stand-alone 프로그램으로서 이전 측정결과를 실시간으로 저장하고 인터넷을 통해 다양한 사용자에게 검색 서비스를 제공할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 굴뚝연기 혼탁도 측정 프로그램의 결과를 저장하고 이를 인터넷으로 서비스해주는 방안에 대하여 연구한다. 특히 사용자들이 스마트기기를 이용하여 간편하고 빠르게 검색하는 것을 지원하기 위하여 안드로이드 기반의 네이티브앱의 형태로 제공할 수 있다. 그러나 이 경우에 모바일 기기의 다양한 운영체제인 iOS, Window Mobile 7 등에 종속적인 각각의 앱을 제작해야하는 문제를 가지고 있다. 또한 유지보수에 있어서도 수정사항이 있는 경우에 수정을 반영하고 각 앱스토어에 업로드한 후, 사용자가 새로운 버전을 다운로드해야 하는 복잡한 과정을 거쳐야하는 문제를 가지고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 HTML5를 기반으로 굴뚝연기 혼탁도 관리를 위한 웹앱(Web App)을 설계하고 구현한다. 구현된 웹앱은 사용자의 모바일 운영체제에 독립적으로 운영되며 실시간으로 유지보수를 제공하는 장점을 가지고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 대기오염의 원인이 되는 물질의 배출과 측정방법 및 관리에 대하여 기술하며 3장에서는 굴뚝연기의 혼탁도를 광학적으로 측정하는 DOM 방법과 측정된 오염물질에 대한 검색 및 알림 서비스를 제공할 수 있는 모바일 프레임워크인 웹앱에 대하여 설명한다. 4장에서는 본 논문에서 구현한 굴뚝연기 오염도관리 웹앱에 대하여 설명하고 이에 대한 서비스 예를 제시하며, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구를 기술한다.

II. 대기오염물질의 배출과 측정

대기오염물질은 대기 중에 존재하는 물질 중 「대기환경보전법」 제7조에 따른 심사·평가 결과 대기오염의 원인으로 인정된 가스·입자상물질(粒子狀物質)을 말한다. 또한 특정대기유해물질은 유해성대기감시물질 중 저농도에서도 장기적인 섭취나 노출에 의해 사람의 건강이나 동식물의 생육에 직접 또는 간접으로 위해를 끼칠 수 있어 대기 배출에 대한 관리가 필요하다고 인정된 물질을 말한다. 이러한 대기오염물질을 대기에 배출하는 시설물, 기계, 기구, 그 밖의 물체를 대기오염물질 배출시설이라 하며 섬유제품 제조시설, 석유제품 제조시설, 기초유기화합물 제조시설 등이 있다.

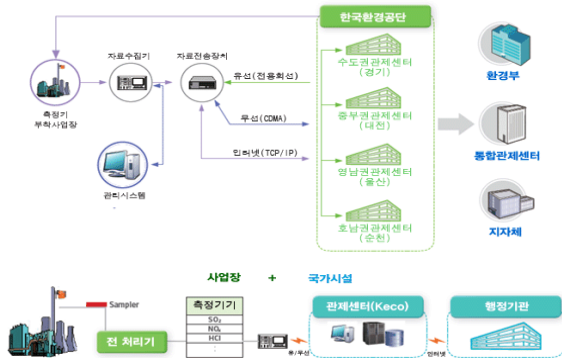


그림 1. 굴뚝 원격감시체계 클린시스(CleanSYS)

대기오염물질 배출 사업장은 대기오염물질 배출시설에서 나오는 오염물질 발생량에 따라 1종부터 5종까지로 분류된다. 1종 사업장은 대기오염물질 발생량의 합계가 연간 80톤 이상인 사업장이며 2종 사업장은 연간 20톤 이상 80톤 미만인 사업장, 3종 사업장은 연간 10톤 이상 20톤 미만인 사업장으로 이러한 사업장에는 굴뚝 자동측정기기를 부착해야 하며 대기오염물질 배출 정보를 환경부에서 운영하고 있는 굴뚝 원격감시체계 관제센터에 전송한다.

굴뚝 원격감시체계 관제센터는 사업장에 설치된 굴뚝 자동측정기(먼지, 아황산가스, 질소산화물, 암모니아, 일산화탄소, 염화수소, 불화수소 등)와 제어실의 컴퓨터를 온라인(On-line)으로 연결

하여 배출되는 오염물질 농도를 신속히 파악하여 대기오염으로 인한 피해를 사전에 방지할 수 있는 시스템을 운영한다.

4종 사업장은 대기오염물질 발생량의 합계가 연간 2톤 이상 10톤 미만인 사업장이며 5종 사업장은 연간 2톤 미만인 사업장으로 적산전력계 등의 측정기기를 부착하고 배출시설을 운영할 때 나오는 오염물질을 자가측정하거나, 측정대행업자에게 측정하게 하여 그 결과를 사실대로 기록하고 보존한다. 그 외의 시설은 배출시설의 기능이 나 공정에서 오염물질이 항상 배출허용기준 이하로 배출되는 경우 방지 시설 설치를 면제 받는다.

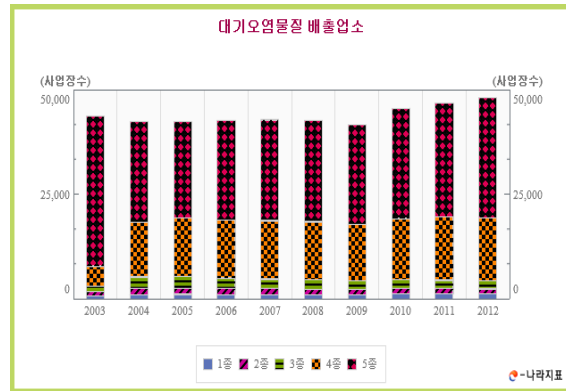


그림 2. 대기오염물질 배출업소의 현황

대기오염물질 배출업소의 현황을 살펴보면 2012년의 경우 전체 등록된 48,035개의 사업장중 4종 사업장이 14,953개소로 31.1%를 차지하며 5종 사업장이 28,755개소로 59.9%를 차지하여 두 사업장이 전체의 91%를 차지하고 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 1~3종 사업장의 경우 굴뚝 자동측정기기를 부착하고 굴뚝 원격감시체계 관제센터의 통제를 받기 때문에 대기오염물질의 무단 배출의 문제가 발생하지 않으나 대다수를 차지하고 있는 4, 5종 그리고 등록되지 않은 수많은 사업장에서는 대기오염물질의 무단 배출 또는 자가측정을 거짓으로 기록하여 대기오염을 발생시키고 있다. 특히 대기오염물질 배출의 경우 다른 오염물질과는 다르게 일단 배출하고 나면 대기 중으로 빠르게 확산돼 단속이 어려우며 현장 적발하였다 하더라도 시료채취가 어려워 적극적인 대기 오염 행위 적발, 단속을 위한 지도·점검 관련법 개선이 필요하다.

III. DOM(Digital Optical Method)과 웹앱

굴뚝에서 발생되는 굴뚝연기(plume)의 혼탁도를 측정하는 가장 일반적인 방법은 자동시정측정기(transmissometer)를 굴뚝 안에 장착하여 관찰하는 방법이다 그러나 이러한 방법은 구축에 많은 비용이 들며 정확한 측정값을 얻기 위하여 지속적인 유지관리가 필요한 것이 단점이다. 미국의

경우 미국환경보호청(EPA)에서 Method 9이라는 정책을 통하여 혼탁한 굴뚝연기를 관리하고 있다. 그러나 이 방법도 교육을 이수한 측정 전문가에 의존하므로 지속적인 교육 등 많은 비용과 측정값의 부정확함이 단점이다. 또한 한국에서는 미국처럼 굴뚝연기의 측정을 위한 전문기관과 측정 전문가가 따로 있지 않는 문제가 있다.

DOM(Digital Optical Method)은 쉽게 구할 수 있는 저렴한 비용의 디지털 카메라를 이용해 낮과 같이 빛이 있는 광범위한 환경에서 굴뚝연기의 혼탁도를 정량화하기 위해 개발된 방법이다 [1][2][3]. 안정된 균일한 빛(푸른 하늘의 일부 또는 흰벽)을 가진 장면을 가진 디지털카메라로 촬영된 사진에서 측정하고자하는 구역과 그 대조 구역을 설정하고 특정 수식을 이용하여 두 구역의 방사휘도(radiance)를 계산하여 혼탁도를 계산한다.

[1]에서는 광학센싱을 이용한 굴뚝연기 혼탁도 측정 프로그램을 구축하였다. 디지털 카메라를 이용하여 굴뚝연기의 사진을 획득하고 이를 분석하는 DOM(Digital Optical Method)을 사용하여 굴뚝연기의 혼탁도를 측정하는 모듈을 설계하고 컴퓨터에서 동작하는 자바프로그램으로 구현하였다. 또한 미국 일리노이 현지에서 실행되고 있는 Method9 교육 및 테스트 때 참가하여 측정하였다. 측정 결과 오차의 평균이 10%미만으로 미국 EPA Method9 자격조건에도 만족하는 결과를 나타냈다.

본 논문에서는 대기오염방지를 위해 배출되는 대기오염물질을 측정하고 이를 관리하여 대기오염을 신속히 파악하고 사전에 방지하기 위한 서비스를 제공한다. 대기오염물질 측정은 굴뚝에서 발생하는 연기의 혼탁도 측정함으로써 수행되는데 자동시정측정기, Method9 등의 문제점을 보완한 DOM 방법 사용한다.

최근 모바일 환경이 발전함에 따라 다양한 서비스를 제공하는 모바일 어플리케이션이 개발되고 있다. 특히 스마트 디바이스에서 동작하는 어플리케이션은 앱이라고 하며 그 특징에 따라 네이티브앱, 웹앱, 하이브리드앱 등으로 구분되어진다. 네이티브앱은 안드로이드폰, 아이폰 등의 스마트 디바이스에 직접 설치되고 운용되는 전용 어플리케이션으로서 플랫폼에 맞는 프로그래밍 언어와 SDK로 개발하므로 기기의 하드웨어, 메모리 등과 밀접하게 상호작용하여 고성능 어플리케이션 개발이 가능하다. 그러나 하나의 운영체제에서 개발된 네이티브앱의 경우에는 다른 운영체제에서는 새로 개발해야하는 문제가 발생한다.

웹앱은 웹(Web)과 어플리케이션(App)의 합성어로 웹 기술을 사용해서 풀 스크린 모드, 애니메이션 효과, 터치 상호작용, 비동기 통신 등을 구

현하여 스마트 디바이스 환경에서 네이티브앱과 유사한 실행환경을 제공한다. 즉, 모바일 웹 브라우저에서 네이티브앱처럼 동작하지만 실제로 구동되는 디바이스의 리소스를 제어하는데 한계가 있다.

마지막으로 하이브리드앱은 네이티브앱과 웹앱의 특징을 조합한 방식의 앱으로서 일반적인 웹 기술로 기기의 고유 정보와 상호작용을 할 수 있게 한 앱이다. 그러나 기기의 고유 기능을 웹 기술로 호출할 수 있는 추상화된 API와 웹앱을 네이티브앱으로 감싸주는 장치인 폰갭(Phone Gap) 또는 앱스프레소(Appspresso) 등이 필요하다.

본 논문에서는 대기오염방지를 위해 배출되는 대기오염물질을 측정하고 이를 관리하여 대기오염을 신속히 파악하고 사전에 방지하기 위한 서비스를 제공한다. 대기오염물질 관리를 위해 운영체제에 독립적인 모바일 프레임워크인 웹앱 서비스를 개발하여 측정된 물질을 조회하고 이를 알려주는 서비스를 제공한다.

IV. 굴뚝연기 오염도관리 웹앱

본 논문에서는 구현한 굴뚝연기 오염도관리 웹앱의 구현환경은 다음과 같다. 서버의 경우 데이터베이스는 MySQL를 운영하며 통신을 통해 데이터를 제공하기 위한 질의처리 모듈을 JSP를 사용하여 구현하였다. 클라이언트는 HTML5를 기반으로 JavaScript, JQuery Mobile을 사용하여 프로그래밍 하였다. 구현 후에 실제 운영되는 것을 확인하기 위하여 갤럭시 s5, 옵티머스 g2, 아이폰5, 넥서스 7 등의 다양한 모바일 기기들을 이용하여 동작을 확인하였다.

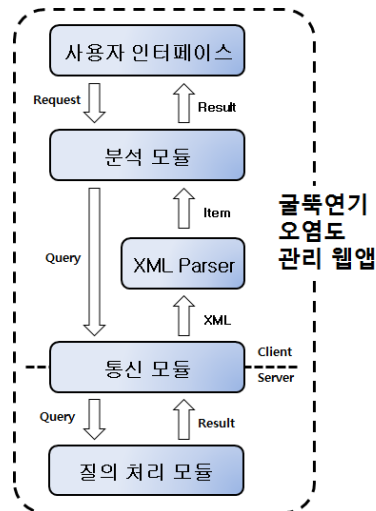


그림 3. 굴뚝연기 오염도 관리 웹앱의 각 모듈

그림 3은 굴뚝연기 오염도관리 웹앱을 구성하는 각 모듈을 나타낸다. 사용자의 모바일기기에 해당하는 클라이언트 측은 HTML5와 JQueryMobile로 구현된 사용자 인터페이스, XML

Parser를 포함한 분석 모듈, 그리고 통신모듈로 구성된다. 서버 측은 JSP로 구현된 통신 모듈과 질의 처리 모듈로 구성되어 클라이언트로부터 받은 질의를 처리하여 XML로 전송한다.

그림 4는 구현 시스템의 예이다. 구현된 굴뚝 연기 오염도관리 웹앱의 시작 화면으로 굴뚝 연기의 오염도를 date, type 등으로 검색할 수 있는데 왼쪽의 화면이 아이폰 5에서 접속한 화면이며 오른쪽 화면이 넥서스 7 안드로이드패드에 접속한 화면이다. 그림과 같이 모바일 운영체제에 독립적으로 운영되기 때문에 다양한 모바일 기기에서 접속할 수 있는 장점이 있다.

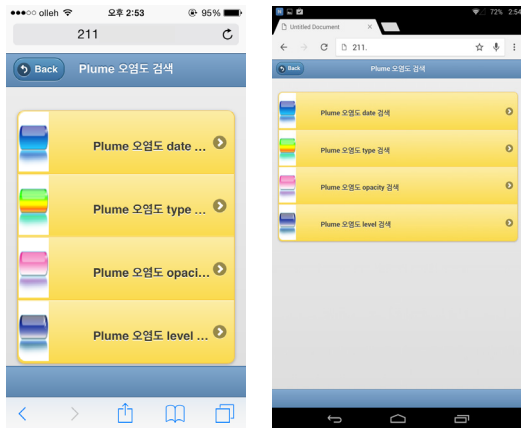


그림 4. 다양한 모바일 기기로 접속한 웹앱 화면

그림 5는 서버로 질의를 요청한 후의 결과를 출력하는 화면이다. 먼저 서버로 질의를 요청하면 서버 측의 jsp로 구현된 질의모듈이 질의를 수행하고 그 결과를 XML 형태로 클라이언트에 보내준다. 클라이언트는 이를 JQuery Mobile에서 제공하고 있는 Ajax로 받아 XML 파싱 후 질의 결과를 그림과 같이 출력해 준다.

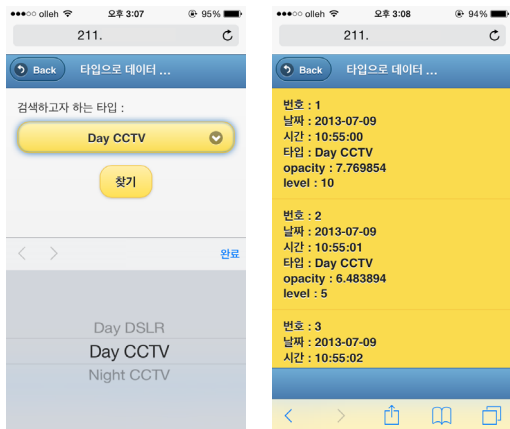


그림 5. 오염도 측정장비의 타입으로 검색한 화면

그림 6은 오염도를 설정하고 설정된 오염도를 초과하는 데이터가 측정되는 경우 지정된 번호로 문자메시지를 발송하는 서비스를 제공하는 화면이다. 오염도가 설정되면 데이터베이스에 트리거

를 생성하고 측정된 데이터가 입력될 때 트리거가 수행되어 이벤트가 발생하는 경우에 지정된 번호로 문자 메시지를 발송한다.



그림 6. 알림설정 화면과 설정 후 화면

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 대기오염방지를 위해 배출되는 대기오염물질을 측정하고 이를 관리하여 대기오염을 신속히 파악하고 사전에 방지하기 위한 서비스를 제공하였다. 대기오염물질 측정은 굴뚝에서 발생하는 연기의 혼탁도 측정함으로써 수행되는데 자동시정측정기, Method9 등의 문제점을 보완한 DOM 방법 사용하였으며 대기오염물질 관리를 위해 운영체제에 독립적인 모바일 프레임워크인 웹앱 서비스를 개발하여 측정된 물질을 조회하고 이를 알려주는 서비스를 제공하였다.

향후 연구로서, 다양한 국내환경에서의 실험 평가와 오차율을 줄이기 위한 방안 및 인공지능 방법을 사용한 측정방법과 다양한 모바일 서비스에 대하여 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] 반재훈, 손현근, “광학센싱을 이용한 굴뚝연기의 혼탁도 측정모듈의 설계 및 구현”, 한국정보통신 종합학술대회 논문집, Vol 18, No 1, 312-315, 2014
- [2] Ke Du, M.J. Rood, B.J. Kim, M.R. Kemme, B. Franek, K. Mattison, “Evaluation of Digital Optical Method To Determine Plume Opacity during Nighttime”, Environ. Sci. Technol., 783 - 789, 2009
- [3] Ke Du, Mark J. Rood, Byung J. Kim, Michael R. Kemme, Bill Franek and Kevin Mattison, “Digital Photographic Technique to Quantify Plume Opacity During Daytime and Nighttime”, Atmospheric and Biological Environmental Monitoring, 39-50, 2009