

모바일 디바이스를 이용한 굴뚝연기의 혼탁도 측정모듈의 설계 및 구현

반재훈*

Design and Implementation of Turbidity Measurement Module of Plume using a Mobile Device

ChaeHoon Ban*

Department of Internet Business, Kosin University, Pusan 606-701, Korea

요 약

대기오염물질 배출은 다른 오염물질과는 다르게 일단 배출하고 나면 대기 중으로 빠르게 확산되어 단속이 어렵다. 또한 현장 적발하였다하더라도 시료채취가 어려워 적극적인 대기 오염행위 적발, 단속을 위한 지도·점검 및 관련법 개선이 필요하다. 본 논문에서는 대기오염방지를 위해 배출되는 대기오염물질을 측정하고 오염도를 신속히 파악하여 대기오염을 사전에 방지하는 측정방법에 대하여 연구한다. 이를 위하여 휴대가 간편한 스마트폰으로 사진을 찍고 DOM 방법으로 굴뚝연기의 혼탁도를 계산하는 모바일 디바이스용 측정 모듈을 설계하고 구현한다.

ABSTRACT

It is difficult to crack down on emissions of air pollutants because it is quickly spreading into the atmosphere different from the other contaminants. We need improvement in the law for aggressive air pollution act because of difficult sampling. We study the measurement method which can measure the air pollutants and grasp the degree of contamination for preventing in advance the air pollution in this paper. We design and implement a module of mobile device for measuring Turbidity of plume with DOM in the way to take a photo in a convenient smart phone.

키워드 : 굴뚝연기, 미국환경보호청 메소드9, 혼탁도, 디지털광학방법(DOM), 안드로이드앱

Key word : Plume, EPA Method 9, Turbidity, DOM, Android App

Received 02 October 2015, Revised 30 October 2015, Accepted 09 November 2015

* Corresponding Author ChaeHoon Ban(E-mail:chban@kosin.ac.kr, Tel:+82-51-990-2314)

Department of Internet Business, Kosin University, Pusan 606-701, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.11.2623>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

대규모의 사업장에서 발생하는 매연은 대기오염의 원인이 될 뿐만 아니라 인체에도 나쁜 영향을 미친다. 대기오염의 관리를 위하여 대기오염물질을 배출하는 대규모의 사업장은 굴뚝 자동측정기기를 부착해야 하며 대기오염물질 배출 정보를 환경부에서 운영하고 있는 굴뚝 원격감시체계 관제센터에 전송한다. 그러나 중소기업의 사업장의 경우 대기오염물질의 무단 배출 또는 자가 측정을 거짓으로 기록할 수 있기 때문에 이에 대한 대책이 마련되어야 한다. 특히 대기오염물질 배출의 경우 다른 오염물질과는 다르게 일단 배출하고 나면 대기 중으로 빠르게 확산돼 단속이 어려우며 현장 적발하였더라도 시료채취가 어려워 적극적인 대기 오염행위 적발, 단속을 위한 지도·점검 관련법 개선이 필요하다.

굴뚝에서 발생하는 굴뚝연기(plume)의 혼탁도를 측정하는 방법은 자동시정측정기를 굴뚝 안에 장착하여 측정하는 방법이나 측정 전문가가 현장에서 눈으로 직접 측정하는 Method 9 방법이 있다[1]. 그러나 전자의 경우는 구축에 많은 비용이 들며 정확한 측정값을 얻기 위하여 지속적인 유지관리가 필요한 단점이 있으며 후자의 경우에는 지속적인 교육 등 많은 비용과 측정값의 부정확하다는 단점이 있다.

이러한 문제점을 해결하는 방법으로 디지털 카메라와 같은 광학센싱 방법을 이용한 굴뚝연기 혼탁도 측정하는 DOM(Digital Optical Method) 방법이 있다[2]. DOM은 쉽게 구할 수 있는 저렴한 비용의 디지털 카메라를 이용해 측정하고자하는 구역과 그 대조 구역을 설정하고 특정 수식을 이용하여 두 구역의 방사휘도(radiance)를 계산하여 혼탁도를 계산하는 방법이다.

최근 모바일 환경이 발전함에 따라 다양한 서비스를 제공하는 모바일 어플리케이션이 개발되고 있다. 특히 스마트 디바이스에서 동작하는 어플리케이션은 앱(App)이라고 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. 본 논문

에서는 굴뚝연기의 혼탁도 측정을 위해 휴대가 간편한 스마트폰으로 굴뚝 연기의 사진을 찍고 DOM 방법으로 혼탁도를 계산하는 모바일 디바이스용 굴뚝연기의 혼탁도를 측정하는 모듈을 설계하고 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 굴뚝연기의 혼탁도를 광학적으로 측정하는 DOM 방법과 모바일 어플리케이션인 앱(App)을 개발 방법과 작동환경에 따라 분류하고 본 논문에서의 개발 앱에 대하여 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 구현한 굴뚝연기의 혼탁도 측정을 위한 안드로이드 앱에 대하여 설명하고 이에 대한 서비스 예를 제시한다. 마지막으로 4장에서는 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[3]. 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.

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 연결하여 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 기능이나 공정에서 오염물질이 항상 배출허용기준 이하로 배출되는 경우 방지 시설 설치를 면제 받는다.

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 적발하였다하더라도 시료채취가 어려워 적극적인 대기 오염행위 적발, 단속을 위한 지도·점검 관련법 개선이 필요하다.

III. DOM과 App

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[1]. 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.

Method 9의 약점을 극복하기 위하여 혼탁도를 측정하는 다양한 방법이 연구되어졌다. 편광기법을 이용하여 두 사진의 차이 또는 픽셀의 색깔 등을 이용하여 혼탁도를 계산한 연구가 진행되었다. 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[2, 4-6]. 이 방법은 비용이 저렴하며 결과의 정확도와 정밀도가 다른 방법에 비해 상대적으로 높으며 관찰자의 주관에 배제할 수 있는 장점이 있다.

안정된 균일한 빛(푸른 하늘의 일부 또는 흰벽)을 가진 장면을 가진 디지털카메라로 촬영된 사진에서 측정하고자하는 구역과 그 대조 구역을 설정하고 두 구역의 방사휘도(radiance)를 아래와 같이 계산하여 혼탁도를 계산한다. 여기서 N_p 는 굴뚝연기의 휘도, N 은 배경의 휘도이며 k 는 상수 0.21이다.

$$Opacity = \left(\frac{1 - \frac{N_p}{N}}{1 - k} \right) \times 100 \quad (1)$$

[7]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.

본 논문에서는 대기오염방지를 위해 배출되는 대기오염물질을 측정하기 위하여 스마트폰으로 굴뚝연기의 사진을 찍어 혼탁도를 측정하는 방법을 설계하고 구현한다. 혼탁도의 측정은 자동시정측정기, Method9 등의 문제점을 보완한 DOM 방법 사용한다.

모바일 애플리케이션은 애플사의 앱 스토어의 영향으로 자연스럽게 앱(App)이라는 친근한 용어로 사용되고 있으며 스마트 디바이스에서 동작하는 앱은 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 애플리케이션 개발이 가능하다.

그러나 하나의 운영체제에서 개발된 네이티브앱의 경우에는 다른 운영체제에서는 새로 개발해야하는 문제가 발생한다.

웹앱은 웹(Web)과 애플리케이션(App)의 합성어로 웹 기술을 사용해서 풀 스크린 모드, 애니메이션 효과, 터치 상호작용, 비동기 통신 등을 구현하여 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 앱스프레스(Appspresso) 등이 필요하다.

본 논문에서는 대기오염방지를 위해 배출되는 대기오염물질을 측정하고 이를 관리하여 대기오염을 신속히 파악하고 사전에 방지하기 위한 측정방법을 제공한다. 굴뚝연기의 혼탁도 측정을 위해 휴대가 간편한 스마트폰으로 사진을 찍고 DOM 방법으로 혼탁도를 계산하는 안드로이드 네이티브앱을 설계하고 구현한다.

IV. 굴뚝연기의 혼탁도를 측정하기 위한 안드로이드 앱

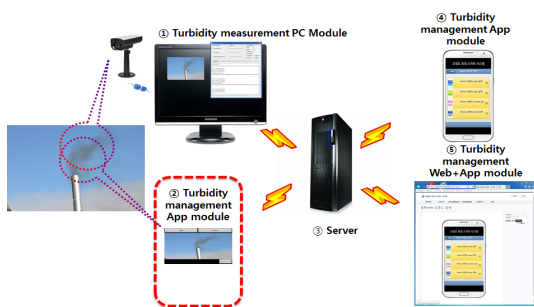


Fig. 1 System for turbidity measurement of plume

굴뚝에서 배출되는 연기의 혼탁도 관리를 위한 전체 시스템의 구성은 그림 1과 같다. 전체 시스템은 ①혼탁도 측정 PC 모듈(Turbidity measurement PC Module),

②혼탁도 측정 App 모듈(Turbidity management App module), ③서버(Server), ④혼탁도 관리 App 모듈(Turbidity management App module)과 ⑤혼탁도 관리 Web+App 모듈(Turbidity management Web+App module)로 구성된다.

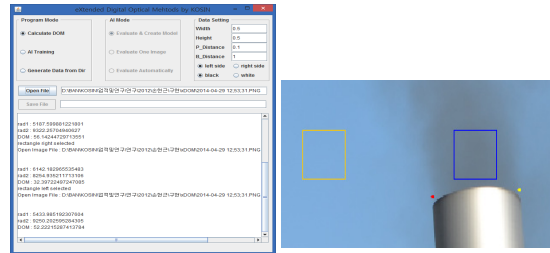


Fig. 2 Turbidity measurement PC Module

①혼탁도 측정 PC 모듈은 DSLR 또는 CCTV와 같은 카메라를 이용하여 연속적으로 굴뚝 사진을 찍고 이를 측정하여 그 결과를 서버로 보내는 모듈이다. 그림 2와 같이 프로그램이 실행되면 화면 상단의 오른쪽 부분의 Data Setting 박스의 여러 값을 설정하고 측정하고자 하는 이미지를 선택하여 굴뚝연기의 혼탁도를 측정한다. 측정 후에는 DOM 값이 화면에 출력되며 연속측정이 가능하다.

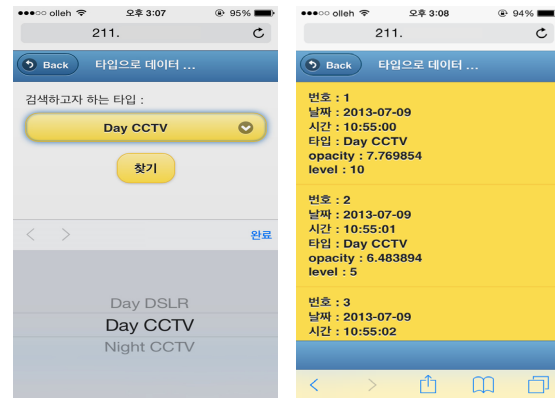


Fig. 3 Turbidity management App module

④혼탁도 관리 App 모듈은 다양한 모바일 기기에서 서버에 저장된 데이터의 조회와 관리를 제공하는 모듈이다. 그림 3과 같이 서버로 질의를 요청한 후에 모바일 기기에 결과가 출력된다. 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.



Fig. 4 Turbidity management Web+App module

마지막으로 ⑤혼탁도 관리 Web+App 모듈은 PC용 웹에서 서버에 저장된 데이터의 조회와 관리를 지원하는 모듈로서 웹과 앱을 통합하였다. 그림 4는 PC에서 동작하는 웹의 예를 나타내는 화면이다. 그림과 같이 PC 웹 화면에 모바일 웹앱을 내장하여 통합하였다. 내장하는 방법은 iframe 태그를 사용하였으며 스마트폰 모양의 이미지 안에 프레임을 위치시켜 마치 웹 화면에서 스마트폰을 동작하는 UI로 구성하였다.

본 논문에서는 ②혼탁도 측정 App 모듈을 설계하고 구현하였다. 이 모듈은 간이 측정을 위해 스마트폰의 카메라를 이용하여 굴뚝 사진을 찍고 그 결과를 서버로 보내는 모듈이다. 안드로이드 젤리빈을 기반으로 구현되었으며 서버측과의 통신을 위하여 XML을 사용한다. 2개의 클래스를 생성하였으며 총 18개의 메소드를 작성하였다. 그림 5와 같이 4개의 컴포넌트로 구성되어 있으며 각각의 설명의 아래와 같다.

- 이미지 획득 컴포넌트(Image Acquisition Component) : 스마트폰으로 촬영한 이미지를 갤러리로부터 획득하는 컴포넌트
- 데이터생성 컴포넌트(Data Generation Component) 와 DOM : 측정할 이미지로부터 데이터를 생성하는 컴포넌트와 생성된 데이터로 혼탁도를 계산하는 DOM
- 결과 생성 컴포넌트(Result Generation Component) :

모바일 디바이스를 이용한 굴뚝연기의 혼탁도 측정모듈의 설계 및 구현

계산된 혼탁도를 그래프 등으로 생성하여 출력하는 컴포넌트

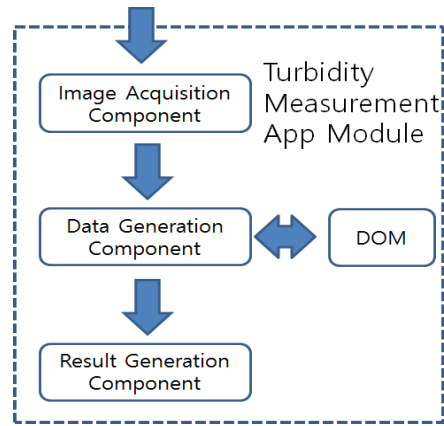


Fig. 5 Design of turbidity measurement App module

그림 6은 혼탁도 측정 App 모듈의 시작화면이다. 그림과 같이 스마트폰으로 촬영된 사진을 불러와 혼탁도를 측정할 수 있는 메뉴(Album)와 직접 사진을 찍어 혼탁도를 측정할 수 있는 메뉴(Camera)로 구성된다.

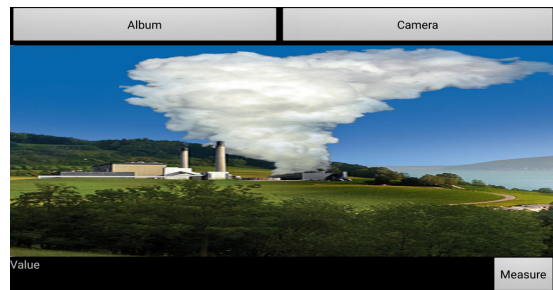


Fig. 6 Start menu of turbidity measurement App of plume

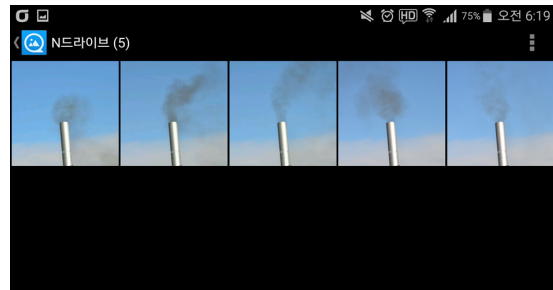


Fig. 7 Select a picture of plume in gallery

그림 7은 그림 6에서 Album 메뉴를 선택하였을 때 나타나는 화면이다. 이미 촬영된 사진들이 보이며 측정자는 이 사진 중에서 하나의 사진을 선택하여 혼탁도를 측정한다.

그림 8은 촬영된 굴뚝 연기의 사진으로부터 혼탁도를 측정하여 그 결과를 나타내는 화면이다. 측정자는 굴뚝 연기의 사진을 두 번 터치하여 혼탁도의 결과를 측정한다. 첫 번째 터치는 굴뚝연기 부분을, 두 번째 터치는 굴뚝 연기가 아닌 부분, 예를 들어 하늘 부분을 터치하여 DOM 방법을 이용하여 혼탁도를 계산하고 그 결과를 측정자에게 보여준다.

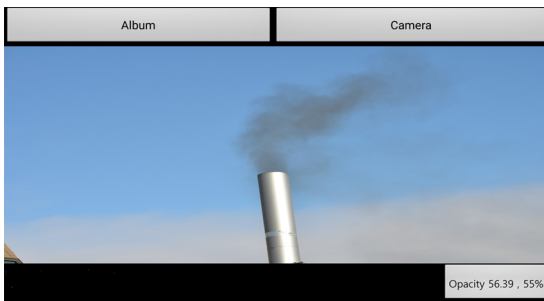


Fig. 8 Result of turbidity measurement of plume

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 굴뚝연기의 혼탁도 측정을 위해 휴대가 간편한 스마트폰으로 굴뚝 연기의 사진을 찍고 혼탁도를 측정하는 방법인 DOM 방법으로 언제 어디서든 편리하게 굴뚝 연기의 혼탁도를 계산하는 모바일 디바이스용 굴뚝연기의 혼탁도를 측정하는 모듈을 설계하고 구현하였다. 향후 연구로서, 다양한 국내환경에서의

실험 평가와 오차율을 줄이기 위한 방안 및 인공지능방법을 사용한 측정방법과 전체 시스템의 안정화와 추가 서비스에 대하여 연구할 것이다.

REFERENCES

- [1] U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), “NSPS Test Method 9-Visual Determination of the Opacity of Emissions for Stationary Sources”, EMTIC TM-009.
- [2] Ke Du, MJ. Rood, BJ. Kim, MR. Kemme, B. Franek, K. Mattison, “Evaluation of Digital Optical Method To Determine Plume Opacity during Nighttime”, *Environ. Sci. Technol.*, 783 - 789, 2009.
- [3] Clean Air Conservation Act [Internet]. Available: <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=173169&efYd=20150721#0000>
- [4] McFarland MJ, SL. Rasmussen, DA Stone, GR. Palmer, AC. Olivas, JD. Wander, M.Spencer, “Field Demonstration of Visible Opacity Photographic System.”, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 57:1, 31-38, 2003.
- [5] 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.
- [6] Ke Du, MJ. Rood, BJ Kim, MR Kemme, B. Franek, K. Mattison, “Quantification of Plume Opacity by Digital Photography”, *Environ. Sci. Technol.*, 928-935, 2007.
- [7] ChaeHoon Ban, “Design and Implementation of Turbidity Measurement Module of Plume using a Digital Camera”, *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 19, No. 2, pp 372-378, Feb. 2015.



반재훈(ChaeHoon Ban)

부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
현 고신대학교 인터넷비즈니스학과 부교수
※관심분야 : 스마트앱, 인터넷응용, RFID, 환경IT