

# 대기오염종합정보시스템

(Air pollution Monitoring and Total Management System)

연구기관: (주)신우정보시스템 부설연구소

송미영, 조석연, 선우영

## 기술개발요약

대기오염에 관한 대책 수립을 위해서는 우선 대기오염 상태를 정확히 파악하고 오염 상황에 대한 원인 분석 및 변화 추세를 예측하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 광범위한 지역의 대기오염 상황을 감시하고, 이들 오염 상황으로부터 적절한 분석 및 예측을 수행 또는 지원 할 수 있는 시스템의 구축이 불가결하다. 본 연구에서는 과거 및 실시간 대기측정 자료와 기상측정 자료를 DB화하고, GIS로 구축된 지형 및 지용도 자료와 배출량 자료를 연계하여, 현재의 대기질을 평가하고 미래 대기질을 예측하는 종합적인 대기오염 종합정보시스템을 개발하였다.

## 1. 서론

화석연료를 주 에너지원으로 하는 근대 산업이 발달하면서 화석연료 연소시 배출되는 대기오염물질로 인한 대기질 악화가 가시화되었다. 대기질 악화를 감시하고 대기질 개선 대책을 세우려면 대기질을 지속적으로 감시하고, 대기질과 기상 및 배출량 등의 관계를 파악하고, 향후 대기질을 예측하여야 한다. 과거 50년간의 집중적인 연구에 의하여 대기질 측정 기술이 발달하여 대기질의 연속측정이 가능하여 졌고, 다양한 대기작용을 전산 모사 할 수 있는 종합 대기오염 모형이 개발

되었다. 그러나, 이러한 측정기술의 발달은 방대한 대기오염 측정자료를 생산하게 되었고 종합 대기오염 모형의 운영은 배출량, 기상자료, 지형 등의 방대한 자료를 입력을 요구하게 되었다.

따라서 대기오염물질 농도, 기상인자, 배출량과 지형 등의 각종 자료를 축적하고 이를 이용하여 대기질을 분석하고 모형을 운영하기 위해서는 체계적으로 관련 자료를 구축하고 이를 활용할 수 있는 전산 시스템을 개발하여야 한다.

한국에서는 1980년대 후반부터 환경에 대한 관심이 높아지면서 대도시를 중심으로 대기 측정소를 본격적으로 운영하고

대기오염물질 배출량을 수집하기 시작하였다. 현재 한국에는 130여개소의 대기 측정소가 운영 중이며, 대기 측정소에서는 기준성 대기오염물질인 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM10 혹은 TSP, CO를 측정하고 있다. 측정은 약 5분 간격으로 이루어지며, 이를 시간에 대하여 적분하여 시간별 농도를 산출하여 대기질 분석에 사용한다. 다른 대기오염 관련자료에 비하여 대기측정 자료의 정확도는 높다고 평가된다. 그러나, 실시간 측정자료 중에서 타당성이 의심되는 자료를 삭제하는 방법에 따라서 시간별 측정자료가 영향을 받을 수 있으며, 기기 고장 등으로 수일에서 수십일 간 측정을 못할 수 있다. 따라서 과학적이고도 체계적인 방법으로 실시간 측정자료 중에서 유효한 자료만을 선별하여야 하고 결측된 측정자료를 보충하여야 한다.

대기 측정자료는 현재 대기질을 진단하는데 주요한 역할을 한다. 그러나 대기질을 결정하는 요인을 밝히고 미래 대기질을 예측하기 위해서는 대기오염물질 배출량을 파악하여야 한다. 이를 위하여 과거 10여년간 정부와 학계에는 많은 경비와 인력을 투입하여 대기오염물질 배출량을 산출하여 왔다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 산출된 대기오염물질 배출량에는 많은 불확실성이 내포되어 있는 것이 사실이다. 따라서 대기오염물질 배출량 자료를 상세히 분석하여 배출량 자료의 오차를 산출하고, 오차가 불가피하게 발생할 경우는 이를 최소화할 수 있는 방법을 개발하여야 한다.

또한 정부에서는 1995년 대기환경보전법을 개정하면서 시·도지사 및 지방환경관서의 장은 대기오염 배출원과 배출량에 대한 조사를 실시하여야 한다고 명시하고 있다. 즉 대기환경보전법 제8조에 대기환경기준을 초과하거나 초과할 우려가 있는 지역에 대해서는 대기환경 규제지역으로 지정할 수 있고 이를 개선하기 위하여 환경기준을 달성, 유지하기 위한 실천 계획을 수립하도록 하였다. 이에 따라 정부에서는 1997년 서울, 인천, 경기지역의 대부분 도시지역을 대기환경 규제지역으로 지정하여 대기환경규제 실천계획을 수립하도록 하였다. 이 실천 계획을 수립할 때는 대기질 상시 측정결과와 오염물질 배출량 조사 결과를 참조하여야 한다는 내용을 포함하여 배출량 조사의 목적과 중요성을 밝히고 있다.

이와 같은 배경에서 전국에 분포되어 있는 각종 대기오염 배출원의 분포 실태와 배출량을 평가하여 대기관리 정책 수립과 대기오염 연구를 위한 기초자료로의 제공이 매우 중요하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 대기질 자동측정기와 굴뚝 자동측정기를 이용하여 현재 환경을 감시할 수 있고, 기상대 전산기로부터 기상자료를 받을 수 있고, 이를 이용하여 역사적 자료를 구축하며, 대기오염물질 배출량 Database를 사용할 수 있으며, 마지막으로 이상의 각종 자료를 이용하여 환경영향평가, 현황분석 및 미래예보 등을 하는 대기질 감시와 관리 시스템을 구축하고자 한다.

## 2. 연구방법

- 측정망, 기상, 배출량, 지형 및 지용도 자료 구축
- 대기오염자료 분석/통계용 Visual Tool  
최대/최소, 표준편차, 빈도, 분포, 결측률, 측정변수, 상관관계, 회귀분석, 오류기각검정, 등농도 분포
- 배출량 분석/통계  
Web을 이용한 배출원 조회 및 격자화
- DB와 GIS와의 연계방식 개발
- 대기질 예측모델 선정/모델링 방법 연구
- Web을 이용한 대기오염자료 열람 시범 운영
- ISC 모형 입력자료 자동생성 시스템 운영
- 대기 및 굴뚝측정기 제어방안 연구
- 대기질 예측 모형 검증  
현재의 DB를 사용하여 STEM-ENG의 입력자료를 자동으로 구축하는 체계기상예측자료를 사용하여 STEM-ENG의 기상장을 도출하는 모듈을 작성.  
STEM-ENG로 예측한 대기질과 실측치와 비교하여 모형을 수정, 보완.
- 필요시 통계모형을 이용한 대기질을 예측.
- 대기오염 배출자료 구축  
면오염원 배출량 자료 조사  
VOC 배출량 자료 조사

배출량자료 격자화  
 이동오염원 배출량 조사  
 배출자료목록의 자료구조 점검  
 대기질관리시스템과 효율적인 연계

### 3. 연구개발결과

- 대기정보 DB 구축
- 대기오염 측정망 데이터 (1988 ~ 1997)
- 기상데이터 (1994 ~ 1996)
- 배출량 데이터 (점오염원 - 서부권, 동부권)
- 지형 및 지용도 데이터
- 분석 및 통계
  - 실시간 현황분석 : 온라인 5분 데이터 현황 분석
  - Historical 측정망 자료 분석 : 시간, 일, 월, 분기, 년도별 분석 / 통계
  - 항목별, 측정소별 검색, Image map을 이용한 GUI 지원
  - 배출량 데이터 : Web을 이용한 지역별, 배출원별 분석
- 대기측정기 원격 제어 기능
  - 데이터로거의 하드웨어 보완 (RS232C 칩 내장, RS-422 칩 내장)
  - 데이터로거의 소프트웨어 보완
  - 각 장비의 현재 농도값 조회
  - 각 장비의 현재 설정값 조회
  - 각 장비의 현재 온도값, 압력, 유량, 밸브 상태의 조회
  - 각 장비의 온도, 압력, 유량, 밸브 상태의 제어
  - 각 장비의 원격 제로, 스펠 교정기능
  - 호스트용 제어 프로그램 (D/L 제어 소프트웨어, 제어용 GUI 화면)
- 대기오염 측정자료 구축 및 분배 시스템
  - 입수된 과거 자동측정망의 시간평균 대기오염 측정자료 DB 구축
  - Web을 이용한 시간평균, 일평균, 월평균, 연평균자료 조회 시스템 구축
- Web을 이용한 대기오염 측정자료 분석 시스템 구축 (결시율 조회, 대기오염 경향 분석, 대기오염 분포 분석)
- 기상자료 구축 및 가공 시스템과 기타 자료 구축
  - Web을 이용한 기상자료 조회와 분석 시스템 구축
  - 기상자료를 이용한 대기오염 관련자료 생성 시스템 구축 (JFF자료 생성, 대기안정도 자료 생성)
  - 지형도자료(30초 간격)과 지용도 자료(5분 간격) 입수
- 배출량 자료 구축
  - 점오염원 자료 구축(정확한 서부권, 동부권 자료구축, 배출량 관련 GIS자료구축)
  - 점오염원의 배출시설 자료 구축(굴뚝제원, 보일러 제원, 생산시설 및 업종 정보)
  - 선오염원의 배출시설 자료 구축
  - 면오염원의 배출시설 자료 구축
- 대기오염물질 모형 시스템 선정
  - ISC 모형을 대기오염 평가 모형으로 선정하고 DB와 연계방안 마련하였음.
  - ISC 모형의 입력자료 자동생성 시스템 시범 운용하였음.
  - STEM-ENG를 대기오염 예측 모형으로 선정하고 타당성을 조사하였음.
  - 통계모형을 이용한 대기오염 예측 가능성을 조사하고 있음.

### 대기오염종합정보시스템

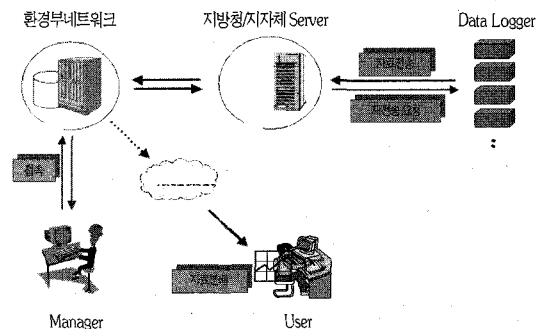


그림 1. 시스템 구성도

고, 기존 개발된 관련 프로그램의 통합화를 위한 Interface Program을 개발하여 대기오염 종합시스템을 실용화한다.

실시간 모니터링 (대기질)

분석/통계 (대기질, 산성우, 중금속, 배출원)

자료 구축/관리 (대기질, 산성우, 중금속, 배출원, 기상데이터)

보고서 출력 (대기질, 산성우, 중금속, 배출원)

Web Application (대기질, 산성우, 중금속, 배출원)

## 대기질 모델링 실시간 지원 시스템

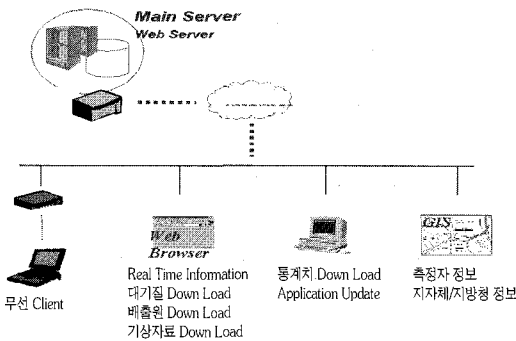


그림 2. 응용 프로그램 모듈

대기질 측정자료, 기상자료, 배출량자료, 지형자료 등을 이용하여 종합적인 대기오염 database를 구축하고 internet을 이용하여 사용자에게 제공하는 시스템을 구축한다. 또한, 이러한 자료를 이용하여 대기질 평가 모델과 대기질 예측모델을 실시간으로 운영할 수 있도록 한다

자료구축 (과거 대기질자료, 과거 기상자료, 지형자료, 지용도 자료)

자료 공개

대기오염 모델 선정

- 자료 구축

- 과거 대기질자료

- 지용도 자료 (0.925km x 0.925 km : 작성중)

- Web 구축

- 과거대기질 자료

- 특정일 일부 지역의 3차원 기상장

- 일정 Format의 지형자료

- 지용도 자료

- 특정지역의 Joint Frequency Function

- 배출원 자료

- 대기오염 모델 선정

- 환경 영향평가용 모델 : ISC-III

- 대기질 예측용 모델 : STEM-ENG

## 대기오염 배출자료목록의 작성

전국에 분포되어 있는 각종 대기오염 배출원의 분포 실태와 배출량을 평가하여 대기관리 정책수립과 대기오염연구를 위한 기초 자료를 제공하고자 한다

점오염원(1994년) (배출시설의 위치, 굴뚝제원, 오염배출량 등)

면오염원(1995년) (시군구 단위의 연평균 배출량)

이동오염원(1996년) (자동차, 철도, 항공기, 건설장비,

농기계, 선박)

- 행정구역별 배출량 자료의 격자화 처리 모듈 개발

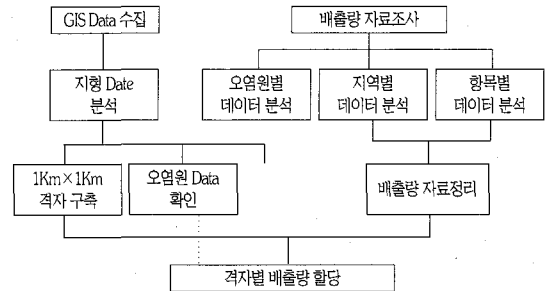
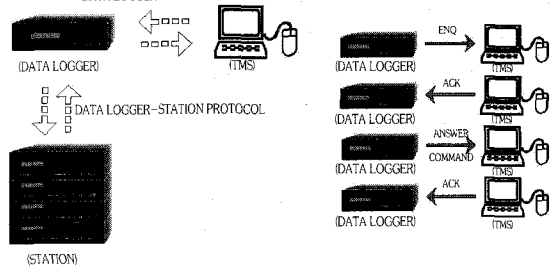


그림. 배출량 자료의 격자화 알고리즘

연구에서 사용된 기존 배출량 자료 : 서해안 권역 내 발전소

98년도 대기오염배출자료목록의 작성 과제에서 수행된 배출량 목록 자료 산성비 감시 및 예측기술 개발 에서 산정된 VOC 배출량 자료 유해가스배출량산정에 관한 조사연구(Ⅱ)에서 산정된 VOC 배출량 자료



전체 프로토콜 구성도

Data Logger-TMS통신

그림 6. 데이터로거의 통신 방식

### 최적측정소 위치선정

대기오염물질의 측정, 감시의 최적화에 중요한 측정소의 최적위치와 수를 결정하기 위하여, 고려되는 지역을 서로 이질적인 오염도 특성을 나타내는 부분 지역으로 분할하여 각부분 지역에 대하여 오염도를 대표 할 수 있는 지점에 측정소를 위치하도록 하는 방법을 제시한다.

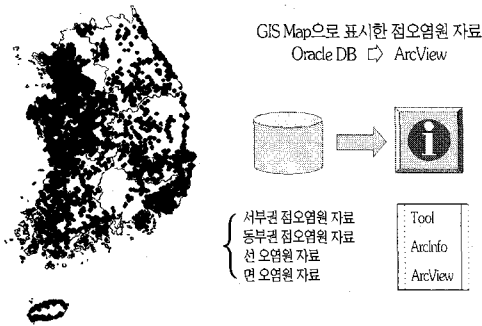


그림 4. 점오염원의 GIS Map 처리

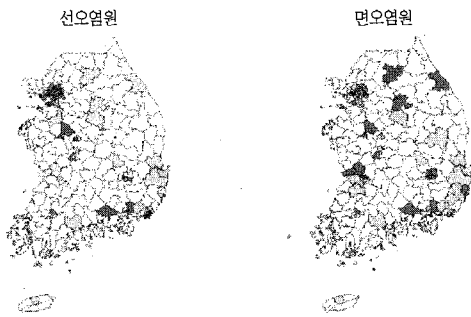
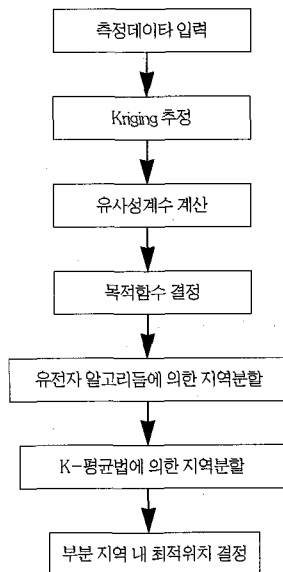


그림 5. 점오염원에 기초한 선/면오염원 GIS Map

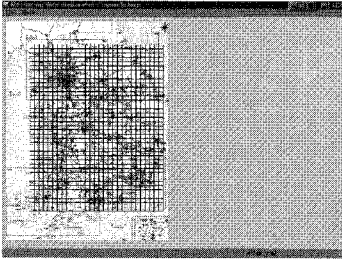
### 대기 및 굴뚝측정기 제어방안 연구

대기오염 자동측정 및 관리시스템의 구축을 위해 원격으로 DATA LOGGER의 제어 및 대기측정장비의 Calibration과 Zero Span이 가능해야 하므로 이러한 기능을 포함한 DATA LOGGER의 개발 및 Upgrade와 이를 실현하기 위한 양방향

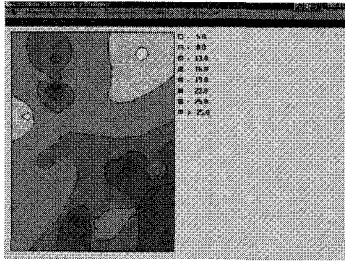
### 최적측정소 위치선정절차



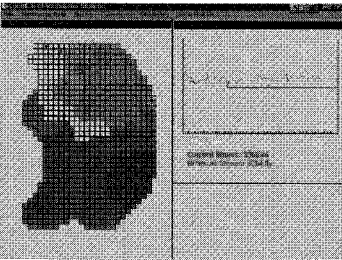
# G-7 환경기술



국내 기존 측정소



오염도 등분포 곡선



유전자 알고리즘에 의한 결과 화면

## 4. 기술개발 효과 및 적용분야

환경 특히 대기오염 정보에 대한 수요는 상당히 일반적이며 불특정 다수에 의해 정보 수요가 발생하고 있다. 따라서 측정 자료의 데이터베이스 구축을 통해 측정망으로부터 수집 데이터를 축적하고, 실시간 측정 자료의 현황감시 및 축적된 자료를 기초로 한 통계분석을 비롯하여 예측 기능이 보완된 시스템을 구축하고, 양방향 통신에 의한 측정기의 원격제어가 가능해짐으로 우리 기술에 의해 종합화된 관리시스템의 구축이 요구된 바 당해연도 과제에서 대기질 관련 데이터들이 정리되어 기본 DB를 구성하게 되었고 이를 기반으로 2차년도 모델링을 통한 오염도의 장단기 예측이 가능할 수 있도록 H/W 개발과 아울러 S/W시스템의 개발이 이루어지면 종합관리 시스템으로 대기환경관련 자료의 수집과 검증 및 다양한 형태

의 데이터 지원이 가능해 짐으로 선진국 수준의 기술수준과 비교해도 손색이 없는 대기환경관리시스템이 될 것으로 기대된다. 향후 국내의 지자체 실시와 함께 각지자체별, 혹은 중대형 공해 배출업소의 환경오염관리에 이용되어짐으로 기존 시스템의 수입 대체효과는 물론 수출 및 관련 산업의 활성화에 도움을 줄 수 있게 될 것이다.

## 5. 결론 및 향후 전망

현재 우리나라에는 각 종 대기오염관련자료들이 산재되어 있다. 그러나 자료의 구축 및 배포가 체계화되어 있지 않아서 많은 연구자들이 손쉽게 필요한 자료를 얻지 못하고 있는 상태이다. 본 년도 과제에서 대다수의 기존 자료들이 정리되었고 internet을 이용한 배포체계를 갖추었다. 따라서 배포 시에 고려해야할 각 종 행정적인 문제만 해결되면 이들 자료를 공개하여 많은 연구자들의 연구에 도움을 주리라 예상된다. 본 연구결과 개발된 대기질 모델링 및 분석 시스템 개발은 현재 우리나라에 산재되어 있는 자료의 구축과 배포를 체계화하는데 큰 공헌을 하리라 사료된다.

본 시스템을 시험적으로 가동하여 시스템을 보완하고 각종 대기질 모델에 적용하여 대기질 모델 운용에 필요한 시간과 경비를 절약할 계획으로 있다. 다양한 실험과 검증을 거친 뒤에는 외부 학자들에게 공개하여 대기질 관련 분야의 기술 증진을 도모하려 한다.

### 종합적 대기정보시스템

대기 측정자료의 신뢰성, 접근성 향상  
대기질 평가/분석 및 예측  
대기정보 Intranet 운영  
Web을 통한 대기 정보서비스

### 참여기업 소개

기업명	(주)신우정보시스템	대표자	김영기
주소	대전광역시 유성구 도룡동 442-2 연구단지종합복지관	연락처	042867-0114
설립년월일	1996. 3. 3	주원업종	소프트웨어 개발, 프로그램 운영, 전자통신기기
기술보유현황		주요생산제품	
홈페이지		www.sis.co.kr	