

대기배출시설 관리용 대기확산 소프트웨어 개발

김중화*, 황주현*, 박성순*
구운서**, 이임학**, 김성태**, 전경석**, 윤희영**
*안양대학교 컴퓨터공학과, ** (주) 에니텍

A Development of Air Dispersion Software for Administrating Air Pollutant Emission Facility

Jong-Hwa Kim*, Joo-Hyun Hwang*, Sung-Soon Park*
Yun-Seo Koo**, Lim-Hak Lee**, Sung-Tae Kim**, Kyung-Seok Jeon**, Hei-Young Yun**
*Dept. of Computer Science, AnYang University, **Enitech Co., Ltd.

요 약

환경부가 발표한 21세기 대기환경관리 정책방향에서도 사업장의 대기오염 물질 관리강화를 포함시키고 있어, 이제 바야흐로 우리 나라도 사업장에 대한 과학적인 대기 환경관리 정책이 요구되고 있다. 그러나, 현재 대기확산예측 평가분야는 아직 국내기술이 미약하고, 사용되는 소프트웨어는 미국환경보호청에서 추천하는 모델을 사용하므로, 국내 실정에 맞는 데이터를 적용하기에 많은 인력과 시간을 소모해야 했다. 본 프로그램은 기존의 포트란으로 프로그램 된 소프트웨어보다 비주일한 환경에 중점을 두고 C++언어로 프로그램 하였다. 또한, 국내 실정에 맞는 데이터를 사용하여 적은 비용과 짧은 시간 내에 대기확산예측을 할 수 있다.

1. 서론

2000년 7월 환경부에서 발표한 대기오염물질 배출 사업장의 수는 32,437 개, 그 중 1종~3종까지의 업소만 3,117 개소에 이른다. 이들 사업장의 대부분은 굴뚝을 통하여 오염물질을 배출하고 있으며, 환경부가 발표한 21세기 대기환경관리 정책방향에서도 사업장의 대기오염물질 관리강화를 포함시키고 있어, 이제 우리 나라도 사업장에 대한 과학적인 대기환경관리 정책이 요구되고 있는 것이다. 그러나, 정부 대기관리 정책의 분위기와는 달리 현재 대기확산예측 평가분야는 국내기술이 미약할 뿐 아니라, 영향평가 수행은 일부 전문적 인력에 의해 소규모로 이루어지고 있다.

기존 대기확산평가에서 사용되는 소프트웨어를 살펴보면 대부분 미국환경보호청(US EPA)에서 추천하는 ISC3(Industrial Source Complex Model -3)모델을 사용하고 있으므로, 기상파일, 지형파일 등의 입력변수를 적용하는데 있어, 국내의 데이터를 적용하기 위

해 많은 인력과 시간을 소모해야 한다. 설사 입력변수를 적용시켰다 하더라도 국내 실정에 맞는 모델 수행에 필요한 조건 설정, 결과분석에 적지 않은 지식이 필요하므로, 대기확산 모델링의 수행은 일부 전문인력에 의해서만이 이루어지고 있을 뿐, 실제 현장 사업장에서 대기배출오염물질을 관리하는 관리자가 예측 모델링을 수행하기에는 어려움이 많았다.

본 프로그램은 이러한 사업장의 대기확산분야가 처한 상황 속에서, 시기적으로 적절한 때에 탄생한 소프트웨어라고 말할 수 있다. 본 프로그램은 자료의 입력, 모델의 결정, 모델링의 수행, 결과의 분석, 보고서 작성 등, 일련의 과정이 철저한 사용자 중심의 GUI 환경 위에, 윈도우 화면상에서 수행되며, 기존의 대기확산 모델링 소프트웨어에서는 볼 수 없었던 기여 등 농도 곡선 도식기능을 추가한다. 이에 따라 현장의 사용자는 빠른 시간 내에 배출된 오염물질의 확산을 예측할 수 있어, 혹시라도 발생할 비상사태에 대비하여 피해발생 가능성이 최소화하고, 과학적인 대처를

할 수 있도록 데이터를 제공받을 수 있다. 또한 사업장 운영시 배출된 오염물질이 주변에 미치는 영향을 정량적으로 평가하여 사업장에서 배출된 제어 및 방지시설 운전조건을 최적화 함으로써, 사업장을 환경친화적으로 운영할 수 있다.

본 프로그램은 입력부분, 데이터 베이스부분, 모델링 수행부분, 기여 등농도 곡선 도식화부분, 바람장미(WindRose)부분, 보고서작성 부분 등 총 6개 부분으로 구성되어 있다. 입력부분은 굴뚝자료 입력부분, 연료사용량 입력부분, 굴뚝주변 건물자료 입력부분 등으로 구성되며, 데이터 베이스 부분은 지형고도 자료부분과 기상자료부분으로 구성된다. 모델링 수행부분은 단기모델, 장기모델, 스크린 모델 부분으로 구성되며, 결과분석은 기여농도분석 부분과 공간분석 부분으로 구성된다. 바람장미는 해당 기상정보로부터 풍향 풍속을 알기 쉽게 보여준다. 또한 보고서 부분은 사용자가 입력한 자료 및 기여농도 분석까지의 결과를 출력해 볼 수 있다.

2. 기반 이론 및 관련 연구

2.1. 가우시안(Gaussian) 확산 모델

2.1.1 단기 모델 (ISCST)

단일지역 대상의 단기 가우시안(Gaussian) 확산모델인 CRSTER의 확대판으로 시간당 기상자료를 순차적으로 이용하여 시간 단위별 오염도를 계산한다. 장기모델(ISCLT)과 유사하나 측정자료를 바탕으로 오염도가 가장 심한 날을 택하여 모델링을 행한 것이 가장 큰 차이이며, 실제 영향이 크지 않은 작은 오염원도 중요하게 부각될 수 있는 단기모델의 위험성이 내포되어 있다.

2.1.2 장기 모델 (ISCLT)

가우시안 선행-평균 연기 방정식(Gaussian sector-average plume equation)을 이용하여 장기간 오염물질의 영향을 계산하는 모델로, 풍속을 6개, 16방향의 풍향, 안정도를 6등급으로 나누어 기상자료를 발생 빈도로 구하여 사용한다.

2.1.3 스크린 모델

스크린 모델은 오염원으로부터 배출될 수 있는 배출량으로 그 지역에 미칠 수 있는 최대 기여 농도를 구하는 모델이다. 따라서 기상 파일은 360° 전 방향에 대해 일정하게 고려한 기상 파일을 이용하게 된다.

2.1.4 V(vertical term)의 계산

수직 고도의 확산을 고려해주는 항이다. 오염물질이 혼합고 높이까지 올라가거나 지표에 부딪히게 되면 반사가 일어나게 되고 이로 인하여 오염물질의 농도가 증가하게 된다. 따라서 혼합고에 의해 반사되는 항과 지표에 반사되는 것을 고려해야 한다.

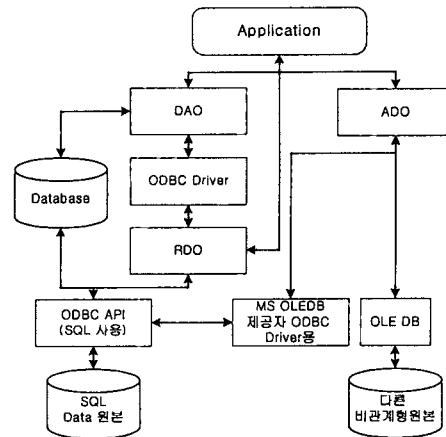
2.1.5 D(Decay term)의 계산

시간이 변함에 따라 오염물질이 화학반응으로 인하여 감소하는 것을 고려해 주는 값이다. 따라서 반감기($T_{1/2}$)가 주어지지 않는다면 ϕ 의 항은 0으로 주어져 D는 1이 되어야 한다.

2.2 ADO(ActiveX Data Objects)

마이크로소프트에서 나온 API로서 관계형 또는 비관계형 데이터베이스에 액세스하는 윈도우 응용프로그램을 작성할 수 있도록 해준다.

ADO는 Microsoft가 주장하는 UDA의 일부분이다. <그림 2-1>에서 보면 ADO는 MS OLEDB 제공자 ODBC Driver와 ODBC API를 통해 데이터 베이스에 접근함을 알 수 있다.



<그림 2-1> UDA(Universal Data Access)

2.3 DLL(Dynamic Link Library)

서로 다른 언어로 이루어진 각각의 프로그램을 연결할 수 있는 방법은 여러 가지가 있다. 본 프로그램에서는 DLL(Dynamic Link Library)을 사용하였다.

DLL이란 다른 애플리케이션이나 DLL파일에서 코드나 리소스를 포함하고 있는 실행 가능한 모듈을 말한다. 따라서 부 함수(Sub Function)와는 달리 DLL은 프로시저와 함수만을 외부에 노출시킨다.

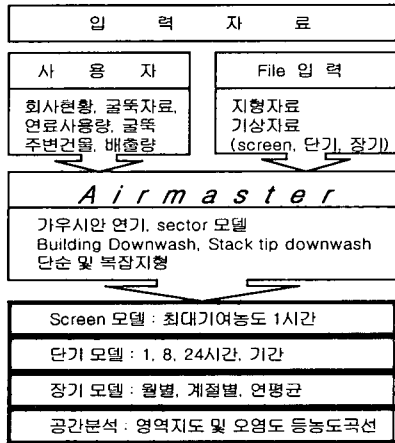
2.4. Thread

Thread를 잘 이용하면 프로세서와 타이머 연산 등의 성능(퍼포먼스)을 향상시키는 데 결정적인 역할을 수행한다.

본 프로그램에서는 이 Thread를 성능 향상을 위해 계산 수행이 오래 걸리는 지형자료 계산, 모델 계산 등에 사용하였다.

3. 설계 및 구현

본 프로그램에 대한 기본 골격은 <그림 3-1>과 같다. 입력자료로는 농도 계산에 필요한 지형 및 기상 자료는 파일로 입력되고, 굴뚝에 관련된 사항은 사용자가 직접 입력하는데, 이 데이터들은 데이터베이스에 저장된다.



<그림 3-1> 프로그램 흐름도

그러면 입력된 자료와 스크린 / 단기 / 장기모델 중 선택된 모델을 기반으로, 대기확산 모델인 가우시안 연기 / 선형(Sector) 모델, 건물 세류 현상(Building Down Wash), 굴뚝 세류 현상(Stack Tip Down Wash)등을 고려하여 농도를 계산한다.

계산된 농도를 사용자에게 보여주는 방법은 두 가지이다. 첫 번째는 일정 좌표 간격(모델 수행 전에 선택된 간격)으로 농도를 보여주는 것이고, 두 번째는 <그림 3-2>와 같이 해당 지역의 지도와 그 위에 등농도를 그림으로 보여주는 방법이다.

또한 부가기능으로 Borland C++ Builder에서 지원하는 퀵 리포트(Quick Report)를 사용하여 본 프로그램 작업 결과를 보고서 기능으로 볼 수 있게 하였으며, 기상파일로 바람장미를 그려서 바람의 풍향, 풍속을 그래프로 보일 수 있다.

3.1. 데이터베이스(DataBase) 구성

액세스를 이용하여 데이터베이스를 만든 후 ADO (ActiveX Data Objects)방식으로 프로그램에 연동시켰다. 데이터베이스에는 회사, 굴뚝, 지형자료, 계산된 농도를 저장해서 보고서로 보여주기 위한 테이블들로 구성되어 있다. 또한, 액세스 자체 내의 보안기능을 사용하여 외부에서의 접근을 차단하였다.

3.2. 모델링 수행

본 연구 단계에서는 제한된 조건에서라도 정확한

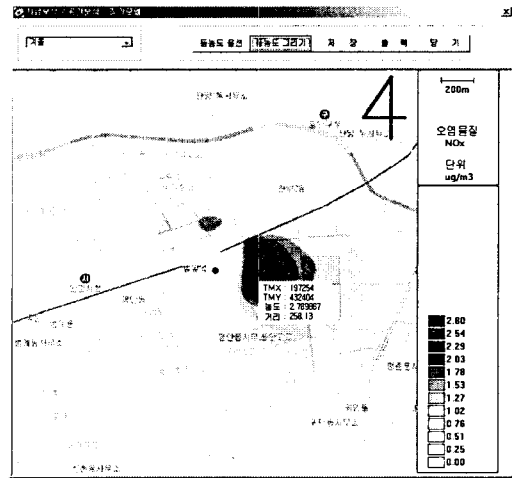
결과를 얻기 위해서 최종 연구단계를 위한 엔진 부분을 구현하는 것이 목표이므로 이 부분에 가장 중점을 두고 연구를 수행하였다.

수행하는 모델 종류는 스크린모델, 단기모델, 장기모델 세 가지이다. 이 모델들은 포트란으로 짜여진 ISC3 모델을 C++ 언어로 재구성하였고, 장기 모델과 단기모델의 계산 함수들을 Class, DLL화하여 코드의 재 활용성을 높였다.

3.3. 등농도 곡선(Contour)

각 지점마다 농도의 분포를 그래픽적으로 나타낼 수 있는 방법에는 등농도 곡선이 있다. 즉, 영역의 경계를 표현하기 위해 서로 같은 범위에 있는 점들을 연결하면 된다.

본 프로그램에서는 격자점의 개수를 41×41, 31×31, 21×21로 제한하였다. 따라서 600×600픽셀의 등농도 곡선을 그리기 위해서는 격자점 간격당 15개, 20개, 30개 씩 Interpolation을 수행하여 농도값을 구하였다.



<그림 3-2> 등농도 곡선

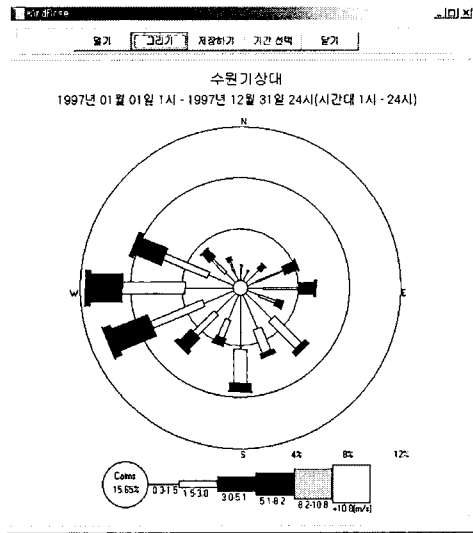
3.4. 바람장미 (WindRose)

단기와 스크린(Screen) 기상 파일에는 1시간단위로 풍향, 풍속데이터가 저장되어있다. 바람장미는 이 기상 파일을 풍속대 별로 16개 방향에 대한 백분율을 나타낸 것이다.

3.5. 보고서

본 프로그램을 사용하는 사용자가 필요로 할만한 내용들을 골라서 그 것들을 보고서 기능으로 만들었다. 그 내용으로는 회사, 굴뚝, 연료, 방지시설, 지형자료, 계산된 농도 값 등이 있다.

보고서는 퀵 레포트(Quick Report)를 이용하였는데 이것은 데이터베이스에 있는 내용을 가져와서 보여주는 역할을 한다.

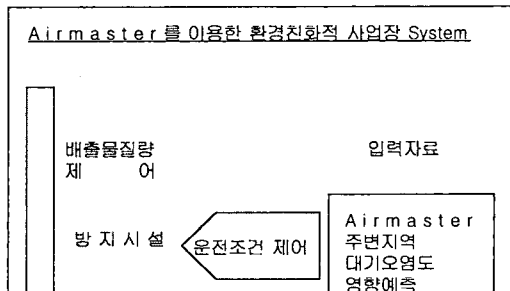


<그림 3-3> 바람장미(WindRose)

4. 결론 및 향후 연구과제

현재 사용되고 있는 대기 확산 소프트웨어는 일반인이 이해하기 어렵게 구성되어 있고, 작동하는 방법 또한 복잡하기 때문에, 일부 전문가들만이 모델링을 수행할 수 있을 뿐, 정작 오염물질이 발생하는 사업장에서 활용하기에는 어려움이 많았다.

그러나 본 프로그램은 환경에 대한 전문적인 지식이 없는 일반 사용자들도 간단한 입력만으로 대기 확산에 대한 예측 모델링을 쉽게 수행할 수 있다.

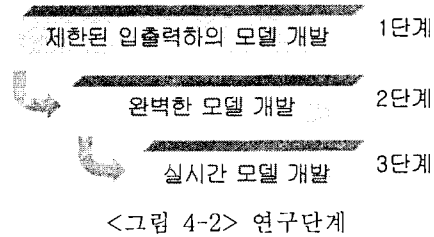


<그림 4-1> 사용 예

현재는 <그림 4-2>에서의 1단계까지 개발 완료 단계이다. 즉, 오염원 및 기상날짜, 오염 지역의 구간 설정에 제한을 두고, 모델의 단순화 및 사용자 편의성 제고 (GUI)에 역점을 두었다.

이제 다음 단계(2단계)로는 현재의 단순화된 모델을 확장하여 보다 완벽한 모델이 되도록 할 것이다. 즉, 오염원, 기상날짜, 오염지역에 제한이 없으며, GIS와 결합하는 형태로 개발하여 전문가를 위한 대기 확산 모델이 되도록 할 것이다.

3단계로는 실시간 모델(TMS, AWS, 대기 확산 모델 통합)을 개발할 것이다. 이것은 실시간으로 배출되는 대기오염물질과 기상요소의 실시간 자료를 분석하여 대기 오염물질에 대한 확산도를 현장에 반영하는 시스템이다.



<그림 4-2> 연구단계

[참고문헌]

- [1] Kent Reisdorph, et al, Borland C++Builder 4 Unleashed, Sams Publishing, 1999
- [2] 정우철, BorlandC++Builder4 Programming Bible, 정보문화사, 1999
- [3] 정태영, 볼랜드 C++ 빌더 정복 4.0, 가남사, 1999
- [4] Rechar J. Simson, Win32 API 슈퍼 바이블, 정보문화사, 1998
- [5] William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, Numerical Recipes in fortran. The Art of Scientific Computing. 2nd Edition, Cambridge, 1994
- [6] Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height(Technical Support Document For the Stack Height Regulations), U.S. Environmental Protection Agency, 1985
- [7] Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park, User's Guide to the Building Profile input Program, U.S. Environmental Protection Agency, 1995
- [8] NUMERICAL RECIPES in FORTRAN The Art of Scientific Computing Second Edition, U.S. Cambridge University Press, 1992