

大氣汚染 監視 및 豫測 시스템 개발⁺

Development of an Air Pollution Monitoring and Forecasting System

장동일*, 이태원**, 홍육희**, 홍 윤***
D.I. Chang, T.W. Lee, W.H. Hong, Y. Hong

Summary

The MAFSAP(Monitoring and Forecasting System of Air Pollution) was developed to measure the weather and air pollution data automatically, then make them input to microcomputer and analyze them for monitoring and forecasting air pollution at all times. And the air pollution telemetering systems installed at Young-Dong Thermal Power Plant was analyzed and an ideal telemetering system utilizing MAFSAP was suggested.

1. 緒 論

火力發電所 주변지역에서 大氣汚染으로 인한 農作物의 피해가 발생하면 피해를 보상하기 위하여 많은 인력과 시간을 투입하여 피해조사를 실시하여야 하는데 피해의 산정 및 보상이 매우 까다로울 뿐만 아니라 산정된 피해액에 대해서도 농민들과 합의하는데 어려움이 있다.

그러므로 문제의 해결책으로 大氣汚染 상태를 常時 監視하고 그 濃度가 農作物에 피해를 미칠 수준과 상황에 이르기 전에 自動으로 警報를 발하게 하여 大氣汚染으로 인한 農作物의 피해를 감소시킬 수 있는 大氣汚染 監視 및 豫測 시스템의 개발 및 설치운용이 절실히 요구되었다.

이러한 목적에서 嶺東火力發電所에서는 發電所와 그 주변의 氣象資料 및 環境 汚染資料를 自動計測하고, 이를 컴퓨터에 自動入力시켜 분석함으로써 효과적으로 大氣汚染을 常時 監視할 수 있는 시스템을 1989년 말에 설치하여 운용하여 왔다.

嶺東火力發電所 大氣 環境濃度 원격측정망은 5지점에 설치되어 있는 아황산가스(SO₂) 분석기와 이것으로부터 大氣中の 아황산가스 濃度を 디지털 신호로 받아서 컴퓨터에 自動入力 및 分析하는 시스템으로 구성되어 있으며, 이 機器는 發電所 中央制御室에 설치되어 있다. 한편, 發電所에서 計測하고 있는 發電所 주변의 風向, 風速, 大氣安定度의 計測값도 自動으로 이 시스템에

+ 본 연구는 한국전력공사 기술연구원의 연구비 지원으로 수행되었음.

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

** 한국전력공사 기술연구원 화학환경연구실

*** 기상청 예보담당관실

入力되어 大氣汚染의 監視 시스템에 통합운용 및 활용되고 있다.

2. 시스템 開發의 條件

그런데 설치 운용되어 온 嶺東火力發電所의 大氣 環境濃度 원격측정시스템 중 S/W는 구조, 機能, 이용상의 미비점과 다른 發電所에서 활용이 어려운 면이 있어 본 연구에서는 이를 보완하고 추가로 大氣汚染 및 海霧 發生의 豫報機能을 갖춘 大氣汚染 監視豫測 시스템(Monitoring And Forecasting System of Air Pollution, MAF-SAP)으로 확장하는 것을 목표로 하였으며, 이 시스템을 "MAFSAP (맷삽)"으로 命名하여 다음과 같은 임무를 수행하도록 연구개발하였다.

가. 設計條件

- 1) 사용언어 및 DOS : QuickBASIC & ASSEMBLY, 영문DOS
- 2) H/W : IBM PC(AT) 호환기종 & EGA
- 3) Menu 및 대화식 구조
- 4) Real time data acquisition
- 5) Color graphic output
- 6) 氣象資料 및 SO₂ Telemetry system과 通信 機能
- 7) 大氣汚染 狀況 監視 및 報告 機能
- 8) 大氣汚染 및 海霧의 豫報 및 警報 機能
- 9) 사용 및 유지관리 용이

나. MAFSAP의 入力資料

MAFSAP의 入力資料로는 氣象資料와 大氣汚染 資料로 구성되며, 이들의 내용은 다음과 같다.

- 1) 氣象資料 : 風向, 風速, 大氣安定度, 氣溫, 氣壓, 相對濕度
- 2) 大氣汚染資料 : 7개 變數
 - (1) 5개 지점의 SO₂ 濃度
 - (2) 2개 연들의 SO₂ 排出濃度

다. MAFSAP의 出力內容

MAFSAP의 出力은 크게 4부분으로 구성되며,

監視機能을 주목적으로 하는 大氣汚染 監視시스템(Monitoring System), 주 메뉴(Main Menu), 일반보고서와 그래픽 보고서로 되어 있다. 이들의 자세한 내용은 다음과 같다.

- 1) 大氣汚染 Monitoring system
- 2) Main menu
- 3) 一般報告書
 - (1) 대기오염감시 現況報告書
 - (2) 대기오염감시 一日報告書
 - (3) 대기오염감시 週間報告書
 - (4) 대기오염감시 月間報告書
 - (5) 대기오염 豫報報告書
- 4) Graphic 報告書
 - (1) 측정지점별 시간대별 大氣汚染 變動 그래프
 - (2) 측정지점별 大氣汚染 平均 및 最大値 그래프
 - (3) 기준시간대별 大氣汚染 變動그래프
 - (4) 풍배도

라. Data file 의 所要메모리 容량

資料의 저장, 이동, 분석등을 효과적으로 하기 위해서는 資料의 貯藏容량을 산정하여 시스템의 하드웨어와 적절히 연계하여야 함으로 大氣環境 汚染의 計測資料 및 氣象資料가 필요로 하는 메모리 용량을 산정하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

- 1) 入力資料 形態 : Random access file
- 2) 入力資料의 크기 : 총 13개 변수
- 3) 메모리 용량
 - (1) 資料의 入力주기 : 매 5분
 - (2) 資料의 크기 : 68 Byte
 - (3) 1일 所要메모리 容량 : 9,792 Byte/day
 - (4) 연간 所要메모리 : 3.6 MB/year

算定 結果에 의하면 연간 所要메모리 총량인 3.6MB/year이므로 마이크로 컴퓨터에 20MB이상의 하드디스크를 설치할 경우 大氣汚染 常時 監視 시스템의 운용에 어려움이 없을 것으로 분석되었다.

3. 시스템의 構成

가. 시스템의 概要

MAFSAP 은 H/W와 S/W로 구성되며, 嶺東火力發電所에 설치되어 있는 大氣環境濃度 원격측정망 (Telemetry System, TMS) 및 氣象資料計測施設을 효율적으로 통합관리하여 大氣汚染을 常時 監視하고 大氣汚染의 수준과 海霧의 발생여부를 豫測할 수 있는 機能을 가지며, 嶺東火力發電所 주변의 大氣汚染의 상황 및 통계, 豫報와 警報, 원격측정망 시설의 효율적 유지관리에 필요한 資料提供을 그 目的으로 한다.

MAFSAP의 구성은 Fig. 1 과 같이 主프로그램과 17개의 副프로그램으로 구성되어 있다. 시스템 도표의 화살표는 자료와 논리의 흐름을 보여주며 副프로그램간의 상호관계를 나타낸다.

나. 大氣汚染 資料의 取得 및 管理

1) 大氣汚染 資料의 통계처리 및 저장, 이동
MAFSAP은 다음의 자료를 실시간에 따라 매 5분마다 한번씩 自動計測 및 入力하여 Random access file에 저장한다.

- (1) 嶺東火力發電所 주변 5 地點(월호평동, 하시동, 안인역, 안인리, 안인진)의 SO₂ 濃度(ppb)
- (2) 嶺東火力發電所의 2개의 연들의 배출 SO₂ 濃度 (ppm)
- (3) 風向(°), 風速(m/sec), 大氣安定度(1-6 등급)
- (4) 氣溫, 氣壓, 相對濕度

2) 大氣汚染 현황의 디스플레이

위와 같이 入力된 資料들은 24시간 계속해서 嶺東火力發電所를 중심으로한 인근 주변의 地圖에 日時와 함께 Color graphic으로 단말기에 표시된다. 만약에 計測된 資料中 다음의 조건에 도달될 때에는 中央制御室 운영자에게 적절한 조치를 취할 수 있도록 위험원인의 표시 및 警報音을 발한다.

- (1) 5지점의 SO₂ 濃도가 300 ppb 이상이 될 경우

- (2) 2개의 연들의 SO₂ 濃도가 1630 ppm 이상이 될 경우

보고서의 작성이나 豫報등 MAFSAP 시스템의 다른 機能이 필요하면 상기의 Monitoring system에서 빠져나와 다음과 같은 Main menu로 가서 원하는 Menu를 선택할 수 있다. 단 매시간의 55분부터 정각까지는 모든 data의 한시간 동안의 data 정리 및 저장을 위하여 Monitoring system으로부터 빠져나올 수 없다.

3) 大氣汚染 現況의 出力 및 印刷

대기오염 현황의 출력 및 인쇄를 위하여 Main menu로부터 원하는 Menu를 선택 하도록 설계되어 있으며, 각 Menu의 機能은 다음과 같다.

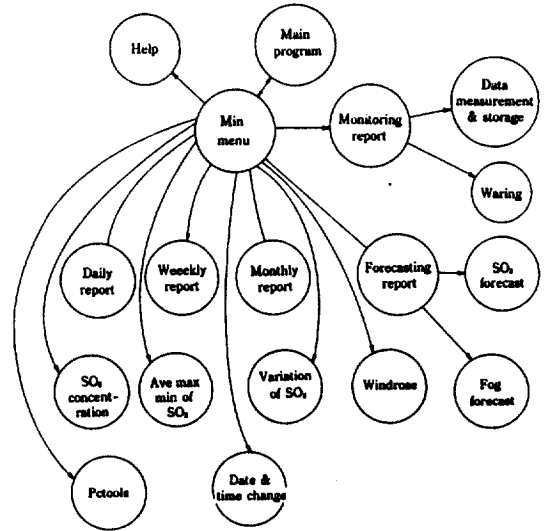


Fig. 1 System chart of MAFSAP

(1) Present state : 대기오염감시 現況報告書 프로그램으로써, 가장 최근의 資料를 토대로 大氣汚染 상황표를 만든다.(Fig. 2)

(2) Daily report : 대기오염감시 一日報告書 프로그램으로써, 하루의 大氣汚染監視 결과를 시간별로 표로 보여주며, 측정값에 대한 평균값, 최대값, 최소값을 분석하여 보고한다.(Fig. 3)

(3) Weekly report : 대기오염감시 週間報告書 프로그램으로써, 일주간의 大氣汚染監視 결과를 날짜별로 평균값, 최대값, 최소값을 표로 보

PRESENT STATUS OF AIR POLLUTION

Date : 1991-02-12

Time : 13 : 39 : 17

	Chimney # 1 :	0 ppm	AhnInYurk :	0 ppb
* SO ₂	Chimney # 2 :	0 ppm	AhnInRi :	0 ppb
	WalHoPyung :	0 ppb	AhnInJin :	0 ppb
	HaSiDong :	0 ppb		
	Direction :	1	Temperature :	0
* Wind *	Velocity :	0 m/s	Ambieb Presssure :	0 mb
	Stability :	0	Relative Humidity :	0%

Do you want to print (Y/N) ?

Fig 2. An output format of PRESENT STATUS of MAFSAP

여주며, 일주간의 측정값에 대한 전체평균, 최대값과 일자, 최소값과 일자에 대한 분석 결과를 보고한다.(Fig. 4)

(4) Monthly report : 대기오염감시 月間報告書 프로그램으로써, 한달간의 大氣汚染 監視 결과를 날짜별로 평균값을 보여주며, 한달간의 평균값, 최대값과 일자, 최소값과 일자, 원격측정 시스템의 稼動日數와 稼動率을 분석하여 결과를 보고한다.(Fig. 5)

(5) Forecasting report : 대기오염 豫測과 海霧發生確率 豫測 프로그램으로써, 大氣汚染 豫測은 5지점의 SO₂濃度를 시간별로 6시간 후 까지 豫測하여 표로 보여준다.

(6) Monitoring report : 대기오염 監視 및 警報 프로그램으로써, 嶺東火力 發電所와 주변의 대기오염 監視狀況을 地圖와 함께 Color graphic으로보여주며, 매 5분마다 대기오염과 氣象資料를 自動計測 및 入力貯藏하며, 대기오염 및 氣象資料가 위험한계를 넘으면 警報를 발하는 機能을 갖고 있다. MAFSAP의 主 화면을 생성하는 프로그램이다.(Fig. 6)

(7) SO₂ Concentration : 대기오염의 지점별 濃度에 대한 Color graphic 보고서 프로그램으로써, 측정지점별로 하루 24시간의 SO₂濃度の 變

化를 꺾은선 그래프로 보고한다.(Fig. 7)

(8) Ave max min of SO₂ : 대기오염의 濃度에 따른 平均, 最大, 最小값의 Color graphic 보고서 프로그램으로써, 5개의 측정지점에 대한 일간 SO₂濃度の 平均값, 最大값, 最小값을 측정지점별로 막대그래프로 보고한다.(Fig. 8)

(9) Variation of SO₂ : 대기오염의 시간대별 변화의 Color graphic 보고서 프로그램으로써, 측정지점별로 한달 동안의 특정 시간대의 SO₂濃度の 變化를 꺾은선 그래프로 보고한다.(Fig. 9)

(10) Windrose : 풍배도 프로그램으로써, 일간의 風向, 風速에 따른 풍배도를 보고한다.

(11) Pctools : 기존의 유틸리티 프로그램으로써, 대기오염 監視資料를 정리보관 및 관리하는데 이용된다.

(12) Date & time change : 날짜와 시간변경 프로그램으로써, MAFSAP 이 실시간에 따라 資料를 自動計測 및 入力할 때 실제 시간이나 날짜를 조정할 필요성이 있을 때 사용된다.

4. 大氣汚染의 豫測모델 개발

가. 豫測 모델의 개발

嶺東火力發電所는 大氣중의 아황산가스 濃度

DAILY REPORT OF AIR POLLUTION MONITORING

1991-05-14

Item	SO ₂							Wind		Stab
	(ppb)					(ppm)	Dir	Vel		
Time	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	C1	C2		(m/s)	
01:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
01:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
02:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
03:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
04:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
05:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
06:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
07:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
08:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
09:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
10:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
11:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
12:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
13:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
14:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
15:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
16:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
17:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
18:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
19:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
20:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
21:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
22:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
23:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
24:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Ave	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0

Item	(ppb)				
	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5
Max	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Time	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000
Min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Time	00000000	00000000	00000000	00000000	00000000

Fig. 3. An output format of DAILY REPORT of MAFSAP

*** WEEKLY REPORT OF POLLUTION MONITORING ***

Week : 1990-06-14--06-20

Item	SO ₂							Wind		Stab
	(ppb)			(ppm)		Dir	Vel	(m/s)		
Stat	#1	#2	#3	#4	#5	C1	C2			
06-14										
Ave	0.0	42.0	18.4	29.8	605.9	3256.9	181.8	0.3	0.0	0.0
Max	0.0	68.5	68.1	52.7	673.2	4674.5	362.5	0.5	0.0	0
Min	0.0	30.0	5.9	22.5	535.4	1745.5	26.3	0.1	0.0	0
06-15										
Ave	43.8	34.2	11.4	24.2	518.7	3232.7	299.8	0.4	0.0	0.0
Max	46.5	42.7	34.1	36.1	617.8	3550.9	633.8	0.5	0.0	0
Min	0.0	23.5	20.2	3.9	20.0	400.4	1872.4	42.1	0.1	0.0
06-16										
Ave	496.3	122.2	26.7	28.6	0.0	1998.9	433.8	0.3	0.0	0.0
Max	783.8	319.5	48.8	37.9	0.0	4877.9	619.1	0.5	0.0	0
Min	311.7	58.1	16.9	24.4	0.0	1315.0	85.8	0.2	0.0	0
06-17										
Ave	239.8	68.6	28.2	35.1	0.0	2690.1	378.1	0.4	0.0	0.0
Max	282.7	73.3	45.5	42.6	0.0	2820.5	570.9	0.5	0.0	0
Min	206.6	61.1	20.7	32.2	0.0	2532.0	159.8	0.2	0.0	0
06-18										
Ave	0.0	72.5	36.3	0.0	434.9	2962.5	167.9	0.2	0.0	0.0
Max	0.0	102.1	140.6	0.0	616.9	4387.7	529.1	0.4	0.0	0
Min	0.0	33.4	11.9	0.0	358.0	1323.5	23.4	0.1	0.0	0
06-19										
Ave	0.0	30.4	23.0	0.0	431.3	2764.7	179.2	0.2	0.0	0
Max	0.0	38.9	59.2	0.0	1523.4	3529.5	392.2	0.4	0.0	0
Min	0.0	23.3	5.5	0.0	63.2	1447.4	28.4	0.1	0.0	0
06-20										
Ave	0.0	63.3	29.8	0.0	72.8	2044.5	133.4	0.3	0.0	0
Max	0.0	131.0	62.0	0.0	77.4	3354.5	346.1	0.5	0.0	0
Min	0.0	40.6	12.8	0.0	69.0	1115.1	33.7	0.1	0.0	0
Weekly										
Ave	245.1	58.7	23.7	28.3	411.3	2750.2	229.6	0.3	0.0	0.0
Max	783.8	319.5	140.6	62.7	1523.4	4877.9	633.8	0.5	0.0	0
Date	06-16	06-16	06-18	06-14	06-19	06-16	06-15	06-20		
Min	23.5	20.2	3.9	20.0	63.2	115.1	23.4	0.1	0.0	0
Date	06-15	06-15	06-15	06-15	06-19	06-20	06-18	06-20		

Fig. 4. An output format of WEEKLY REPORT MAFSAP

*** MONTHLY REPORT OF AIR POLLUTION MONITORING ***

Month : 1990-06

Item	SO ₂							Wind		Stab
	(ppb)					(ppm)		Dir	Vel	
Date	#1	#2	#3	#4	#5	C1	C2		(m/s)	
01	45.6	3.0	54.6	84.5	381.5	2771.4	462.2	0.3	0.0	0.0
02	194.9	117.7	44.3	89.6	214.2	2281.6	298.0	0.4	0.0	0.0
03	107.7	424.3	27.8	65.1	201.6	1635.6	328.5	0.4	0.0	0.0
04	61.4	75.3	29.4	49.9	73.2	2534.7	198.0	0.3	0.0	0.0
05	45.6	16.9	17.9	39.8	56.2	3287.3	205.0	0.3	0.0	0.0
06	75.7	24.3	22.0	49.8	53.5	2952.7	261.4	0.4	0.0	0.0
07	126.2	97.4	66.2	66.4	59.0	2395.2	207.4	0.3	0.0	0.0
08	44.6	14.6	56.0	38.9	70.2	2946.4	178.3	0.3	0.0	0.0
09	46.8	12.8	66.7	52.0	75.2	2812.4	434.9	0.2	0.0	0.0
10	59.9	30.6	14.8	41.4	73.8	2906.3	588.3	0.3	0.0	0.0
11	65.7	28.0	17.6	33.6	136.2	2562.1	383.8	0.3	0.0	0.0
12	213.7	186.9	19.4	34.5	394.8	1913.9	381.5	0.3	0.0	0.0
13	104.7	267.7	30.6	47.0	443.9	2034.6	326.9	0.3	0.0	0.0
14	0.0	42.0	18.4	29.8	605.9	3256.9	181.8	0.3	0.0	0.0
15	43.8	34.2	11.4	24.2	518.7	3232.7	299.8	0.4	0.0	0.0
16	496.3	122.2	26.7	28.6	0.0	1998.9	433.8	0.3	0.0	0.0
17	239.8	68.6	28.2	35.1	0.0	2690.1	378.1	0.4	0.0	0.0
18	0.0	72.5	36.3	0.0	434.9	2962.5	167.9	0.2	0.0	0.0
19	0.0	30.1	23.0	0.0	431.3	2764.7	179.0	0.2	0.0	0.0
20	0.0	63.3	29.8	0.0	72.8	2044.5	133.4	0.3	0.0	0.0
21	0.0	41.6	76.2	0.0	67.9	3202.0	212.7	0.3	0.0	0.0
22	0.0	77.0	27.6	0.0	70.5	1893.3	291.7	0.3	0.0	0.0
23	0.0	45.0	22.0	0.0	70.4	2807.4	244.1	0.2	0.0	0.0
24	0.0	48.3	7.5	0.0	72.0	2215.7	215.5	0.2	0.0	0.0
25	0.0	55.8	5.1	0.0	74.1	2124.5	158.1	0.3	0.0	0.0
26	0.0	66.0	5.1	0.0	70.8	3311.3	461.7	0.4	0.0	0.0
27	0.0	74.7	4.8	0.0	73.2	3356.0	279.8	0.4	0.0	0.0
28	0.0	81.5	5.6	0.0	71.6	3433.7	194.5	0.4	0.0	0.0
29	0.0	85.5	4.9	0.0	71.9	3246.1	261.9	0.4	0.0	0.0
30	0.0	92.1	5.7	0.0	0.0	3348.1	222.8	0.4	0.0	0.0
Ave	106.4	79.9	27.0	49.0	179.3	2720.3	282.9	0.3	0.0	0.0
Max	1824.1	2542.7	322.7	232.8	1523.4	4877.9	1009.4	0.6	0.0	0
Date	02	13	01	02	19	16	09	29		
Min	7.5	0.1	2.0	20.0	34.5	696.0	0.0	0.1	0.0	0
Date	13	01	06	15	04	03	29	30		
NMD	14/30	26/30	27/30	15/30	25/30	27/30	27/30	27/30	0/30	0/30
R(%)	45.0	87.4	89.4	49.9	81.7	89.4	89.4	89.4	0.0	0.0

Fig. 5. An output format of MONTHLY REPORT of MAFSAP

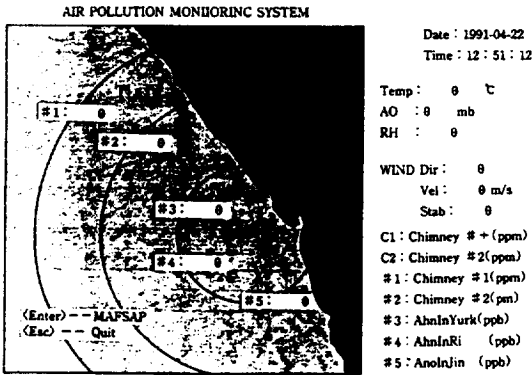


Fig. 6. A display format of MONITORING SYSTEM of MAFSAP on CRT terminal

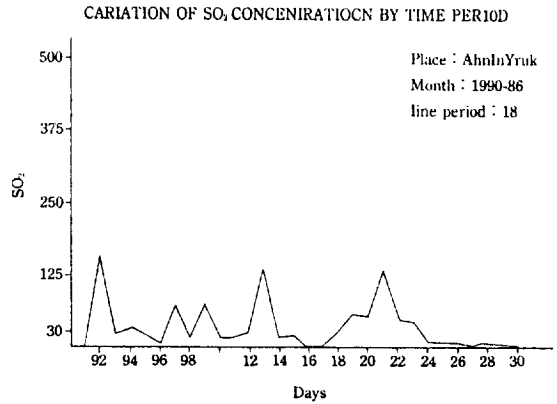


Fig.9. A display format of VARIATION OF SO₂ of MAFSAP on CRT terminal

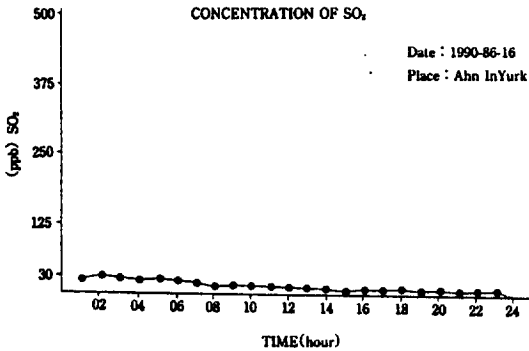


Fig 7. A display of SO₂ CONCENTRATION MAFSAP on CRT terminal

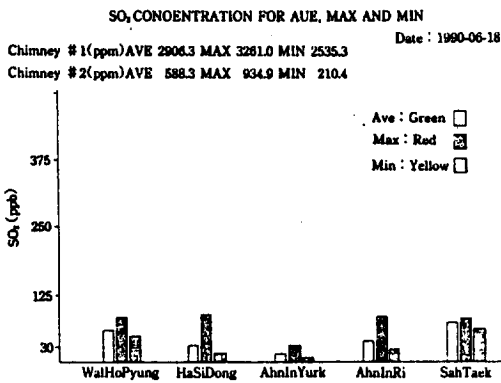


Fig. 8. A display format of AVE MAX MIN OF SO₂ of MAFSAP on CRT terminal

를 미리 豫測하여 이것의 濃度가 農作物에 영향을 줄 수준이 되면 예방조치를 취하여 완벽한 大氣汚染 制御 및 監視를 하려는 목표를 갖고 있어 이 필요성을 충족하고자 아황산가스의 大氣中 濃度를 豫測할 수 있는 모델의 개발이 수행되었다.

또한, 大氣中の 아황산가스는 안개와 만나면 상호작용에 의하여 아황산가스의 農作物에 대한 영향이 증가할 가능성이 있을 것으로 추측이 되어 안개의 발생에 대한 豫報도 아울러 가능하다면 豫報의 효과가 더욱 커질 것으로 기대되어 이에 필요한 안개발생 豫報모델도 개발하였다.

豫測의 目的은 의사결정과 행동에 따른 위험 부담을 줄이는데 있다. 豫測은 대개 실제와 다르다. 그러나 豫測의 오차의 대소는 우리가 어느 豫測모델을 쓰느냐에 달려 있음을 우리는 경험을 통하여 알고 있다. 豫測에 더 많은 양의 자료를 투입하면 豫測의 정확도가 향상될 수 있음도 알고 있다. 이상적으로 말하면 豫測의 과정은 豫測되어질 변수의 확률분포의 분석에 기초를 두어야 한다.

豫測方法은 어떤 수학적 방법과 통계적 방법을 사용하느냐에 따라 크게 두가지로 나누어진다. 그 하나는 質的인 豫測이고, 다른 하나는 量的인 豫測이다. 그런데, 질적인 豫測은 대개 주관적이기 때문에 본 연구에서는 객관적인 豫測方法인 양적인 豫測方法 中에서 시계열 (Time

series analysis) 방법을 사용하여 豫測모형을 개발하였다.

아황산가스의 大氣中 濃度는 단기간의 豫測만이 실제로 의미가 있으며, 장기간의 豫測은 실용성 면에서 별로 유용하지 않다고 인정되므로 단기 豫測에 효율적인 모델을 선정할 필요가 있다.

본 연구에서는 1시간부터 6시간까지 시간별로 단기간의 SO₂ 濃度를 豫測하고자 하였다. 현재 嶺東火力發電所에 大氣 環境濃度 원격측정망이 설치되어 운용중이며, 5분마다 한번씩 아황산가스 濃度가 計測되어 모니터에 나타나고 있으며, 매 시간의 평균값이 하드디스크에 저장되고 있다. 그런데, 아황산가스의 大氣中 의 濃度를 豫測하여 거기에 대응하는 예방조치를 취하는 데에는 몇 시간 정도의 여유만 가지고 있으면 충분하므로 豫測의 시점을 6시간 전으로 하고 豫測간격을 1시간으로 하는 모델의 개발이 요구된다.

연속해서 計測되는 값을 이용하여 단기간의 大氣汚染을 효과적으로 豫測할 수 있는 모델에는 시계열 모델이 있으며, 이 중에서 가장 널리 이용되고, 또한 嶺東火力發電所 현실에 적합한 모델로 Box-Jenkins의 ARIMA 모델을 제안할 수 있다.

나. Box-Jenkins 모델 - ARIMA 모델

Box와 Jenkins는 1970년에 적정 ARIMA 시계열 모델을 개발하고 일반적인 방법과 이것을 이용하여 豫測하는 방법을 제시하였다. 그들의 방법은 3단계 되돌림 절차로 구성되어 있으며, 첫째, 임시적인 ARIMA 모델이 未知의 파라미터들을 결정한다. 마지막으로 모델의 적합성을 검토하고, 모델의 豫測性的 향상을 위하여 검증절차를 취하여 모델을 확정한다.

임시적인 ARIMA 모델의 확인은 실제의 과거 자료를 분석함으로써 얻어진다. 일반적으로 만족할 만한 適正 모델을 확인하기 위해서는 적어도 50개 이상의 觀測資料가 필요하다.

이 모델은 ARIMA(Auto Regressive Integrated Moving Average) 모델로서 ARIMA(p,d,q)로 표현되며, 大氣汚染의 확산과 같은 動的시

스템에서 시계열 豫測 및 制御에 응용되는 모델이다. 이 모델은 적은 수의 파라미터를 갖고도 놀라운 정도의 정확한 시계열 豫測을 할 수 있는 특성을 갖고 있는 모델이다. 그리하여 본 연구에서는 이 모델을 이용하여 SO₂ 濃度를 豫測하였으며, 이 모델의 블록선도는 Fig. 10 와 같다.

ARIMA 모델의 豫測過程을 설명하면, 처음 시계열 豫測誤差(a_t)가 모델에 入力되면 移動平均 變換函數를 거쳐 豫測結果 e_t가 되고, 이것이 靜的 自動回歸 變換函數를 거쳐 豫測結果 W_t가 되고, 이것이 動的合計 變換函數를 거쳐 시계열 豫測值(Z_t)가 된다.

그리고, ARIMA 모델을 수학적으로 표현하면 다음과 같은 방정식 (1)에서 (7) 까지로 나타낼 수 있다.

$$\phi(B)W_t = \theta(B)a_t \tag{1}$$

$$W_t = dZ_t \tag{2}$$

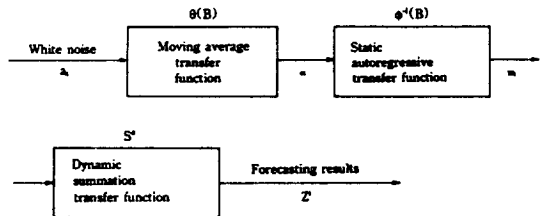


Fig. 10 Block diagram of ARIMA model

$$W_t = \phi_1 W_{t-1} + \dots + \phi_p W_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_p a_{t-p} \tag{3}$$

$$Z_t = S^d W_t \tag{4}$$

$$S W_t = \sum_{j=0}^{\infty} W_{t-j} = W_t + W_{t-1} + W_{t-2} + \dots \tag{5}$$

$$e_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_p a_{t-p} = \theta(B)a_t \tag{6}$$

$$W_t = \phi_1 W_{t-1} + \dots + \phi_p W_{t-p} + e_t = \phi^{-1}(B)e_t \tag{7}$$

여기서,

a_t = 예측오차 (white noise)

θ(B) = 이동평균 변환함수

- e_t = 이동평균 변환함수에 의한 예측 결과
- $\theta^{-1}(B)$ = 정적 자동회귀 변환함수
- W_t = 정적 자동회귀 변환함수에 의한 예측결과
- S^d = 동적 합계 변환함수
- Z_t = 예측값
- ∇ = 차 계산자 (difference operator)

특성이 각각 다르게 나타났다. 그리하여 5개의 측정지점별로 ARIMA(p,d,q) 모델을 개발하였는데 그 결과는 다음과 같다.

(1) 월호평동 지역

$$Z_t = 0.986Z_{t-1} + a_t + 0.617a_{t-1}$$

(2) 하시동 지역

$$Z_t = 0.453Z_{t-1} + a_t - 0.977a_{t-1}$$

(3) 안인역 지역

$$Z_t = 0.992Z_{t-1} + a_t + 0.136a_{t-1}$$

(4) 안인리 지역

$$Z_t = 37.368 + 1.179Z_{t-1} - 0.242Z_{t-2} + a_t - 0.013a_{t-1}$$

(5) 안인진 지역

$$Z_t = 1.680Z_{t-1} - 0.680Z_{t-2} + a_t - 0.141a_{t-1}$$

다. 측정지점별 ARIMA 모델

1990년 1월 1일부터 1990년 7월 15일까지의 大氣環境濃度 遠隔測定資料를 嶺東火力發電所에서 입수한 후 SYSTAT (The System for Statistica) 통계패키지를 이용하여 資料를 분석하고 豫測해 본 결과 5개의 측정지점의 環境濃度の

Table 1. SO₂ forecasting results of January 25, 1990

Forecasting period	Data	Measurement location					unit : ppb
		# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	
1 Hours	Real	4.4	0.0	44.7	25.2	31.2	
	Forecasted	5.85	3.58	40.42	25.33	27.52	
	Difference	-1.45	-3.58	+4.28	-0.13	+3.68	
2 Hours	Real	4.2	0.0	45.5	26.2	34.2	
	Forecasted	10.29	3.47	40.61	22.29	29.90	
	Difference	-6.09	-3.47	+4.89	+3.91	+4.30	
3 Hours	Real	4.3	0.0	46.1	24.8	33.1	
	Forecasted	4.47	1.68	48.22	23.85	27.94	
	Difference	-0.17	-1.68	-2.12	+0.95	+5.16	
4 Hours	Real	4.0	0.0	46.6	24.5	34.5	
	Forecasted	9.75	1.79	42.68	20.97	26.45	
	Difference	-5.75	-1.79	+3.92	+3.43	+8.05	
5 Hours	Real	4.2	0.0	47.7	24.5	36.8	
	Forecasted	2.62	0.82	45.75	20.26	30.30	
	Difference	+1.58	-0.82	+1.95	+4.24	+6.50	
6 Hours	Real	4.7	0.0	46.1	23.0	36.5	
	Forecasted	9.24	1.35	40.87	20.10	39.40	
	Difference	-4.54	-1.35	-5.13	+2.90	+2.90	

Table 2. SO₂ forecasting results of February 26, 1990

Forecating period	Data	Measurement location				
		# 1	# 2	# 3	# 4	# 5
1 Hours	Real	1.0	1.5	15.9	41.8	38.0
	Forecasted	2.81	2.30	16.53	36.37	35.01
	Difference	-1.81	-0.80	-0.63	+5.43	+2.99
2 Hours	Real	0.9	0.7	15.7	41.9	35.0
	Forecasted	3.75	2.23	12.32	32.69	39.74
	Difference	-2.85	-1.53	+3.38	+9.21	-4.74
3 Hours	Real	0.9	0.3	15.4	42.6	32.9
	Forecasted	5.68	2.33	9.29	33.91	39.10
	Difference	-4.78	-2.03	+6.11	+8.69	+6.20
4 Hours	Real	0.9	0.3	15.5	42.4	33.1
	Forecasted	5.03	1.47	4.66	40.97	43.03
	Difference	-4.03	-1.17	+10.84	+1.43	-9.93
5 Hours	Real	0.9	0.4	15.6	42.6	33.3
	Forecasted	6.62	1.55	3.37	40.26	41.52
	Difference	-5.72	-1.15	+12.23	+2.34	-8.22
6 Hours	Real	0.9	0.2	15.1	42.0	34.6
	Forecasted	4.38	0.90	1.65	40.10	44.58
	Difference	-3.48	-0.70	+13.45	+1.90	-1.98

라. ARIMA 모델의 檢證

개발된 ARIMA 모델의 大氣環境濃度 豫測精度를 검증하기 위하여 다음과 같이 日時가 다른 세계의 大氣環境濃度에 대하여 6시간 동안 1시간 간격을 갖고 豫測한 후 실제 측정값과 비교하여 보았다 (Table 1, 2, 3).

이 결과에 의하면 實測値와 豫測値 간의 차는 통계분석결과 有意性이 없는 것으로 분석되어, 개발된 ARIMA 모델은 大氣環境濃度를 비교적 정확하게 豫測하는 것으로 나타났다. 일부지역의 豫測値는 實測値와 기대치보다 큰 차를 보인 것도 있는데 이것은 원래의 측정값이 연속해서 시간별로 資料를 갖추고 있지 못해 資料가 유실된 구간을 제외하고 資料가 있는 다음 구간과 연결하여 資料를 만들어 分析資料로 사용했기

때문에 발생한 불가피한 편차로 생각된다.

마. 안개예보모델

한전기술연구원의 연구보고서²⁰⁾에 의하면, 發電所 주변의 안개는 大氣環境污染濃度에 상당한 영향을 미치는 것으로 보고되어 안개예보모델의 개발의 필요성이 제기되었다. 그리하여 본 연구에서는 다음과 같이 안개발생 豫報모델을 개발하였다.

(1) 嶺東火力發電所 주변에서 발생하는 안개를 확률적으로 豫報하기 위한 통계적 모델을 개발하여 실용화하고, 數値豫報 모델의 적용 가능성을 검토하였다.

(2) 안개발생 豫報모델을 大氣污染 監視 및 豫測 시스템의 副프로그램으로 이용할 수 있도록 소프트웨어를 개발하였다.

Table 3. SO₂ forecasting results of June 8, 1990

Forecasting period	Data	Measurement location				
		# 1	# 2	# 3	# 4	# 5
		unit : ppb				
1 Hours	Real	4.4	1.4	0.6	3.0	7.4
	Forecasted	2.49	1.90	0.66	2.34	5.11
	Difference	+1.91	-0.50	-0.06	+0.66	+2.29
2 Hours	Real	4.6	1.4	0.5	2.8	9.0
	Forecasted	2.35	2.28	0.22	1.70	5.00
	Difference	+2.15	-0.88	-0.28	+1.10	+4.00
3 Hours	Real	4.6	1.1	0.4	3.0	8.1
	Forecasted	1.24	1.17	0.87	1.13	4.91
	Difference	+3.36	-0.07	-0.87	+1.87	+3.16
4 Hours	Real	4.5	1.0	1.1	3.0	7.7
	Forecasted	1.62	1.66	0.21	0.75	4.83
	Difference	+2.88	-0.66	+0.89	+2.25	+2.87
5 Hours	Real	4.4	1.4	4.4	2.6	7.8
	Forecasted	0.78	0.71	1.72	0.53	4.75
	Difference	+3.62	-0.69	+2.68	+2.07	+3.05
6 Hours	Real	4.4	1.2	8.5	2.6	7.4
	Forecasted	1.46	1.57	0.20	0.44	4.73
	Difference	+2.94	-0.37	+8.30	+2.16	+2.67

개발된 안개 豫報法은 다음과 같은 특성을 나타냈다.

(1) 嶺東火力發電所 주변지역에서 발생하는 안개는 주로 5 - 8월에 발생하고 지속시간은 2시간 정도인 특성을 나타내었다.

(2) 多重判別分析法에 의해서 선택된 안개의 豫報因子는 11개 요소였으며 이들은 안개형성과 관련된 수증기의 공급이나 大氣安定度 등 大氣 물리적인 관계와 그 지역의 지역 특성을 충실히 반영하였다.

(3) 본 연구에서 개발된 통계적 안개발생확률 모델은 1990년의 강릉비행장의 觀測資料를 이용하여 Fig. 11 과 같이 6시간 이후의 안개豫報를 5%의 오차범위 이내에서 豫報할 수 있었다.

(4) 향후 본 모델의 개선을 위하여 嶺東火力發電所에서 발생하는 안개에 대한 상세한 觀測資料가 필요하며, 이와함께 大氣安定度나 大氣 輻射量과 같은 안개와 상관도가 높은 豫報因子를 계속 개발해 나가야 할 것이다.

바. 豫測모델의 운영

MAFSAP의 豫測모델은 主 메뉴에서 Forecasting report를 선택하면 사용할 수가 있는데, Forecasting report안에 아황산가스 豫測모델과 안개발생 豫測모델이 있어 필요에 따라 메뉴에서 선택하여 사용할 수가 있다.

한편, 豫測모델이란 모델의 특성상 완벽할 수가 없으므로, 1년에 한번 정도는 이 모델에 측정된 과거의 아황산가스 측정값을 이용하여 豫測

PRESENT WEATHER CONDITIONS	
FORECASTING TIME	20/7/91 8 LST
WIND DIRECTION	20°
WIND SPEED	4KTS
VISIBILITY	5*100m
AIR TEMPERATURE	22°C
TOTAL CLOUD COVERAGE(0-8)	8
FOG EXISTENCE(=1) OR NON-EXISTENCE(=0)	1
SEA LEVEL PRESSURE	1012.5mb
LOW CLOUD TYPE	FG
LOW CLOUD HEIGHT	3 *100Ft
RAINFALL EXISTENCE(=1) OR NON-EXISTENCE(=0)	1
FOG POSTERIORI PROBABILITY AFTER 6 HOURS	
NO FOG	27.733%
FOG	72.267%

Fig 11. An example of the typical outputs of fog fore casting.

의 정확도를 향상할 수 있도록 보완하며 운영함이 바람직하다.

5. 시스템 性能 및 運營

본 연구에서는 大氣汚染 監視 및 豫測시스템으로 MAFSAP 을 개발하였는데, 현재 嶺東火力發電所에 설치된 大氣環境濃度 원격측정망은 몇 가지 점에서 미흡하고, 豫測機能이 없으므로 이에 대한 보완작업이 필요하다. 그러므로 이 MAFSAP 을 이용하여 효율적으로 大氣汚染 環境濃度を 측정, 監視, 豫報, 관리하기 위하여는 먼저 현재 설치되어 있는 시스템을 정밀분석하고, 環境處의 大氣汚染自動測定 시스템 구성내용을 검토분석하여, 이상적인 TMS를 구성할 필요가 있다.

현재 설치되어 잘 운영되고 있는 嶺東火力發電

所의 TMS를 더욱 효과적인 시스템으로 향상시키기 위하여 MAFSAP을 사용하여 嶺東火力發電所에 설치되어 있는 大氣汚染 遠隔測定網을 보완한다면, 다음 Fig. 13 과 같은 이상적인 TMS의 구성이 요망된다. 여기에서 특히 유의할 것은 Color graphic을 위한 Video card와 Color monitor가 마이크로 컴퓨터에 추가되었으며, 發電所 주변에 설치되어 있는 아황산가스 측정기 옆에 현재 설치되어 있는 A/D변환기 대신 Data logger를 설치하는 것과, 아황산가스 측정기에서 보내온 디지털 신호의 측정값을 디지털 data 처리부(마이크로 컴퓨터)에 入力시키는 制御부분에 PSD 대신 Mux controller (Multiplexer)를 설치했다는 것이다. 그렇게 된다면 韓電 本社나 環境處와 같이 외부와 大氣汚染 측정값의 通信이 효율적으로 이루어질 수 있는 장점을 가지며, 현장에 설치하는 아황산가스 측정기의 機臺數를 쉽게 증가시킬 수도 있다.

6. 結 論

본 연구에서는 嶺東火力發電所와 그 주변의 氣象資料 및 環境오염 資料를 自動計測하고, 이를 컴퓨터에 自動入力시켜 분석함으로써 大氣汚染을 常時 監視 및 豫報할 수 있는 시스템으로 MAFSAP(Monitoring and Forecasting System

of Air Pollution)을 개발하였으며, 현재 嶺東火力發電所에 설치되어 있는 大氣環境濃度 원격 측정망을 분석한 후 MAFSAP을 이용한 理想的인 TMS시스템의 구성을 제안하였다.

개발된 MAFSAP의 特性과 機能은 다음과 같다.

(1) MAFSAP은 영문DOS와 QuickBASIC 및 ASSEMBLY언어를 사용하여 개발하였다.

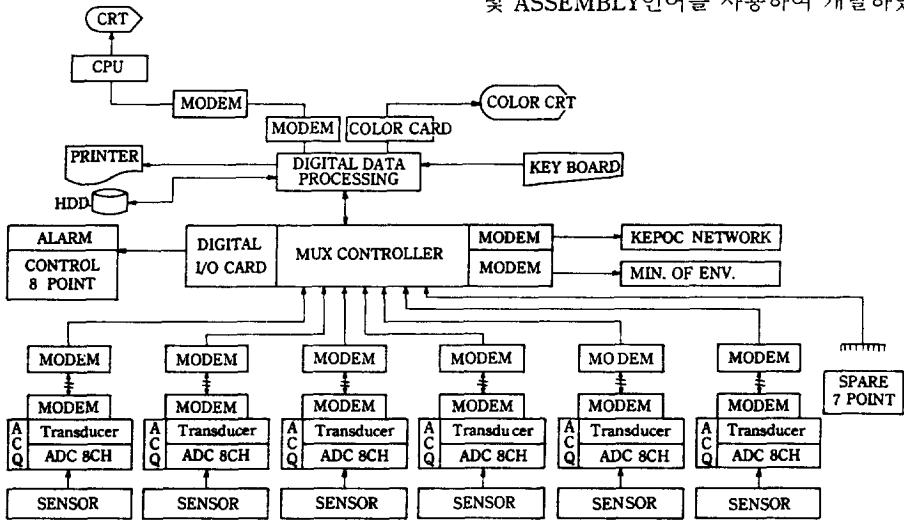


Fig. 13. Block diagram of an ideal air pollution monitoring and forecasting system

(2) 소요 하드웨어는 IBM-PC (AT) 호환 기종과 EGA 칼라모니터이다.

(3) 프로그램은 Menu 및 대화식 구조로 되어 있다.

(4) MAFSAP은 5개의 아황산가스 측정기로부터 嶺東火力發電所 주변의 大氣汚染 資料와 氣象 計測機로부터 風向, 風速, 大氣安定度를 매 5분마다 실제 시간에 따라 計測하고, 배전반에 표시, 컴퓨터에 計測資料의 저장, 분석등을 할 수 있으며, 分析資料를 일반보고서와 Color graphic으로 보고할 수 있다.

(5) 嶺東火力發電所에 既 설치되어 있는 大氣汚染 遠隔監視網(TMS)의 하드웨어와 通信이 가능하여 현재의 監視 및 制御 소프트웨어를 대치할 수 있다.

(6) 嶺東火力發電所와 그 주변의 아황산가스

濃度, 風向, 風速, 大氣安定度 등을 監視하고 그 濃度가 기준치 이상에 도달하면 警報를 울려 배전반에서 예방조치를 취할 수 있도록 하며, 大氣汚染 監視 및 制御 내용의 필요 資料를 일반보고서와 그래픽보고서로 出力할 수 있다.

(7) 필요시에는 예상되는 大氣中の 아황산가스 濃度를 6시간 전부터 1시간 간격으로 豫測할 수 있으며, 發電所 주변에 안개가 발생할 수 있는 가능성을 6시간 전에 豫報할 수 있다.

(8) MAFSAP을 이용하여 현재 운영되고 있는 嶺東火力發電所의 TMS 計測資料 처리부의 마이크로 컴퓨터에 EGA칼라 모니터와 칼라 그래픽 보드를 추가한다면, 더욱 효과적인 시스템으로 향상시킬 수 있다.

(9) 만약현재의 嶺東火力發電所의 TMS 시스템을 韓電 本社나 環境處와 通信이 가능한 효율

적인 通信시스템으로 Upgrade 하기 위해서는 신호처리부에 Data logger와 通信制御部에 Multiplexer를 추가 설비할 것이 권장된다.

參 考 文 獻

1. Box, G.E.P. and G.M. Jenkins. 1970. TIME SERIES ANALYSIS, Forecasting and Control, Holden-Day, Inc.
2. Goldstein, L.J. 1989. Hand-On QuickBASIC. Simon & Schuster, Inc.
3. Hergert, Douglas. 1988. Microsoft QuickBASIC. Microsoft Press.
4. Lafore, Robert. 1984. ASSEMBLY Language Primer for the IBM PC & XT. The Waite Group, Inc.
5. Microsoft. 1989. Microsoft QuickBASIC 4.5 BASIC Language Reference. Microsoft Corp.
6. Montgomery, D.C. and L.A. Johnson. 1976. Forecasting and Time Series Analysis, McGraw-Hill Book Co.
7. Musson-Genon, L. 1986. Numerical simulation of a fog event with a one-dimensional boundary layer model. Month. Wea. Rev. : 115, 592-607.
8. Nystrom, S. D. et al. 1982. A computerized open-top field chamber system for exposing plants to air pollutants. Agriculture and Environment. 7 : 213-221.
9. O'gara, P. J. 1917. The sulphur dioxide problem. Chem. and Met. Eng. 17 : 682-683.
10. Olszyk, D. M. et al. 1986. Crop effects from air pollutants in air exclusion system vs. field chamber. J. Environ. Qual. 15(4) : 417 - 422.
11. Olszyk, D. M. et al. 1986. Characteristic of air exclusion system vs. chamber for field air pollution studies. J. Environ. Qual. 15(4) : 326- 334.
12. R.J.Pilie, E.J.Mack, C.W.Rogers, U.Katz and W.C.Kocmond. 1979. The formation of marine fog and the development of fog-stratus systems along the California coast. J.A. Meteo.,18 : 1275-1286.
13. Sum X Corp. 1984. SX-405 Operation Manual.
14. 山添文雄. 1975. 環境汚染과 農業. 博宇社.
15. 금성산전(주). 1989. 대기환경농도 원격 측정망.
16. 금성산전(주). 1990. 환경공해 원격측정망.
17. 김광식. 1988. 증보 농업기상학. 향문사.
18. 김영복 외 7 인. 1989. 농업환경화학. 도서출판 동화기술.
19. 동종인. 1987. 대기오염방지기술. 녹원출판사.
20. 서광석, 이성호. 1987. 대기오염 방지기술. 녹원출판사.
21. 이승만, 김문일, 이천우, 이우진, 조주영, 진기범. 1988. 한국형 확률예보기법에 관한 연구, 한국과학재단 최종보고서,22P.
22. 이종락. 1990. IBM-PC 사용자를 위한 그래픽스 모음. 도서출판 세화.
23. 이해동. 1989. 제어용 마이컴 입문. 도서출판 청암.
24. 장동일, 구자형, 김은아. 1991. 농작물 피해 조사방법 표준화 및 대기오염 감시예측 시스템 개발 연구. 한국전력공사 기술연구원 연구보고서.
25. 조광명. 1985. 대기오염. 청문각.
26. 한국전력공사 기술연구원. 1988. 영동화력 주변지역 환경오염 및 대책연구.
27. 한국화학연구소. 1982. 여천 공업단지의 대기오염에 의한 농작물 및 과수 피해에 관한 조사 연구(II). 1-98.
28. 한국화학연구소. 1981. 여천 공업단지의 대기오염에 의한 농작물 및 과수 피해에 관한 조사 연구. 1-144.
29. 환경청. 1987. 대기오염 자동감시체계 구성 설명서.
30. 황상용 외 5 인. 1988. 대기오염체제. 형설출판사.