

## 산불위험예측을 위한 실시간 기상분석프로그램 개발

원명수<sup>1\*</sup>, 이시영<sup>2</sup>, 김동현<sup>1</sup>, 이명보<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립산림과학원, <sup>2</sup>국립삼척대학교

### Development of the real-time meteorological analysis program for predicting forest fire danger rating

M. S. Won<sup>1</sup>, S. Y. Lee<sup>2</sup>, D. H. Kim<sup>1</sup>, and M. B. Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of Forest Fire, Korea Forest Research Institute,

<sup>2</sup>School of Fire & Disaster Prevention, Samcheok National University

(Correspondence: mswon@foa.go.kr)

## I. 서 언

최근 산림녹화와 가뭄, 지역적인 기상 이변으로 산불이 빈번하게 발생하고 대형화되고 있다. 우리나라의 경우 봄철 건조기에 동시다발적으로 발생하는 대형산불은 동해안지역 뿐 아니라 서해안과 중부내륙 지방 등으로 전국화되는 경향을 보이고 있다. 2000년 동해안산불, 2002년 청양·예산산불, 2004년 속초·옥계산불, 2005년 양양산불과 남원·영동·김천 등 중부내륙지방의 산불이 그 실례이다. 국립산림과학원에서는 이러한 산불을 과학적이고 효율적으로 관리하고 산불발생위험도를 효과적으로 예측하기 위해 2003년에 기상·지형·임상조건을 종합하여 전국 251개 시·군·구에 실시간으로 산불위험도를 예보할 수 있는 「웹기반 산불위험예보시스템」을 개발하였다.

산불연구 선진국인 미국은 1940년부터 산불위험예측시스템에 관련 연구를 시작하여 1972년 국가산불위험예측시스템(NFDRS)을 개발, 1978년부터 실용화하고 있으며 캐나다는 1920년대부터 연구를 시작하여 1968년 캐나다산불위험예보시스템(CFFDRS)을 개발하여 현재 실용화하고 있다(Hirsch, 1996). 이들 시스템의 공통점은 전국의 기상관측소에 수집된 기상자료를 통합한 후 GIS 기술과 접목하여 분석결과를 전국에 산불위험정보를 제공하고 있다. 국내의 경우 1986년에 산불연구를 시작으로 연료습도분과 기상을 이용한 산화위험률 예측에 관한 연구(Cheong et al., 1989), 산불발생 위험도 및 연소확대요인 분석에 관한 연구(이시영, 1995), 기상자료와 산불발생과의 관계를 로짓과 프로빗 확률모형을 적용하여 산불발생확률식 개발(Choi and Han, 1996), 기상특성을 이용한 전국산불발생확률모형 개발(Lee et al., 2004) 등과 같은 많은 연구가 수행되었지만 산불 관련 시·공간 정보를 입수할 수 있는 응용애플리케이션의 개발과 이를 활용한 사례는 아주 미비한 실정에 있다. 더욱이 최근 국가에서 시행하고 있는 재해방제사업에 대한 인식이 고조되면서 일반 국민들의 이들 정보에 대한 공유의 욕구 증가와 보다 질적으로 향상된 서비스의 획득 욕구가 증가함에 따라 산불발생위험도를 효과적으로 예측하기 위해서는 실시간 기상자료의 수집과 정확한 해석이 중요시 되고 있다. 산불의 발생 및 확산에 영향을 미치는 요소에는 지형과 임상의 특성에 따라 크게 달라질 수 있지만 무엇보다도 기상요인에 의해 영향을 받는다. 기상요인 중 특히 온도, 습도, 풍속, 강수량 등은 산불의 발생 및 확산에 중요한 영향을 미친다. 이 때문에 실시간 기상자료의 수집 및 분석과 향후 기상 상태



- ③ 풍속 단위 : 풍속 계산시 단위 환산
- ④ GUST 풍속 : 최대풍속
- ⑤ 기온 : 최고온도 산출
- ⑥ 상대습도 : 실효습도 계산

[표 2] 실태자료의 구조

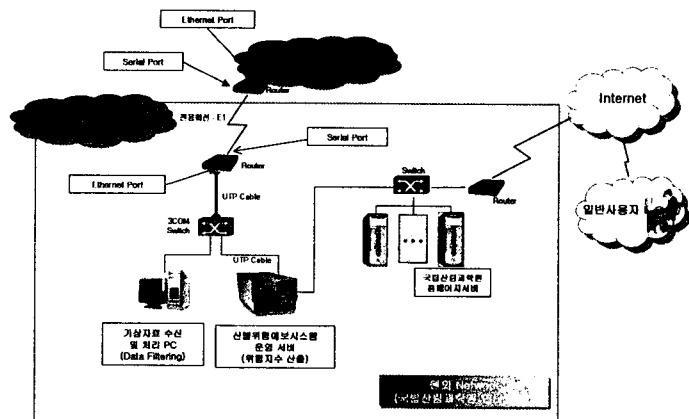
| 자료종류  |        | 지상·시간자료                       |           |
|-------|--------|-------------------------------|-----------|
| TABLE |        | SFCTM                         |           |
| No.   | Field  | 내용                            | 길이        |
| 0     | STN_ID | 관측관서                          | NUMBER(5) |
| 4     | WS     | 풍속                            | NUMBER(6) |
| 5     | WS_UNT | 풍속단위(0 : 0.1m/s, 1 : 1 knots) | NUMBER(6) |
| 7     | WS_GST | GUST 풍속 (0.1m/s)              | NUMBER(6) |
| 13    | TA     | 기온 (0.1C)                     | NUMBER(6) |
| 15    | HM     | 상대습도 (1%)                     | NUMBER(6) |
| 17    | RN     | 강수량 (0.1mm)                   | NUMBER(6) |
| 50    | RN_DAY | 일강수량 (0.1mm)                  | NUMBER(6) |

예측자료는 기상청 슈퍼컴에서 매 3시간 마다 수행되는 RDAPS(Regional Data Assimilation and Prediction System) 예측자료로부터 추출된 격자형 기상자료를 기상관측소 76개 지점에 해당되는 예측치를 추출한 후 산불위험예측을 위한 기본 자료로 활용한다.

추출되는 기상인자는 온도, 상대습도, 풍속, 강수량 등 4개 인자로 3시간 간격으로 48시간 후까지의 예보자료이다.

## 2.2 기상자료 처리

산림청 국립산림과학원에서는 기상청 산하 기상대 및 기상 관측소에서 관측한 실태자료와 수치예보모델에 의한 향후 기상 예측자료로부터 필요한 기상자료를 추출하여 봄철과 가을철 건조기동안 자체 개발한 산불위험예보시스템을 이용하여 전국의 지역별 산불위험지수를 산출하여 인터넷을 통해 실시간으로 서비스하고 있다. 이러한 전국단위의 산불발생 위험 정도를 등급화하기 위해서 수신된 기상자료를 산불위험 분석 알고리즘에 적합한 형식으로 변환해 주는 것이 중요하다. 이렇듯 수많은 기상정보 중 산불위험예측에 필수적인 기상인자만을 추출하여 데이터베이스화할 수 있는 분석 모듈이 필요하다. 시시각각 변



[그림 2] 산불위험예측을 위한 기상자료 수신체계 및 전달과정

화하는 기상현상을 신속하게 처리하여 전국의 산불위험지수를 산출하는 것은 산불로 인한 자연재해를 사전에 예방하기 위한 중요한 수단이 된다. [그림 2]는 기상자료 취득 및 분석, 산불위험지수 산출에서 웹서비스까지의 일련의 과정을 도식화 한 것이다.

기상청에서는 방재기상정보시스템이 각종 기상관측 자료를 산하 기상대 및 관측소로부터 매시간 수집하여 매시 관측자료 파일로 만들며, 이 관측자료를 원시자료 형태로 국립산림과학원의 기상전용수신시스템으로 실시간으로 전송한다. 기상청으로부터 수신된 원시 기상자료는 기상분석프로그램에 의해 산불위험예측에 필요한 기상요소를 추출하여 실시간 산불위험 상황 및 예보를 위한 분석 자료로 활용한다.

### 3. 결과

실시간 기상분석프로그램은 기상청에서 제공하는 관측자료와 예보자료를 이용하여 산불위험예보시스템에서 사용·처리할 수 있는 MDB(Microsoft Access database file)로 변환해주는 시스템이다. 기상 실황자료는 전국 76개 기상관서에서 관측된 mesh 기상자료로, 자료의 형식은 비격자형으로 되어 있다. 이러한 원시기상자료를 취득하여 산불위험지수 예보시스템에 필요한 자료를 추출한 후 데이터베이스화하여, 실시간 기상데이터를 이용한 산불위험지수의 산출할 수 있는 환경을 개발하였다.

#### 3.1 기상자료와의 실시간 연동시스템 개발

##### 3.1.1 원시기상자료로부터 산불시스템에 필요한 자료의 추출

산불위험예측에 필요한 기상자료는 다음과 같다. 실황 자료로는 지점별(76개소), 시간별 자료로 다음과 같은 요소를 포함한다.

- (가) 최고온도(Tmax) : 당일 00시부터 현재까지의 최고온도
- (나) 실효습도(Rerh) : 과거 5일전부터 오늘까지의 상대습도를 이용하여 계산
- (다) 최대풍속(Wmax) : 당일 00시부터 현재까지의 최대풍속
- (라) 평균풍속(Wmean) : 당일 00시부터 현재까지의 평균풍속

예측 자료 역시 실황 자료와 같은 요소이나 향후의 예측자료라는 측면이 다르다. 기상 예측자료는 1일 2회 수신되는데 00UTC(09LST)와 12UTC(21LST)자료를 수신받아 다음과 같은 요소로 처리한다.

- (가) 최고온도(Tmax) : 발표시점으로부터 3시간 간격으로 48시간 후까지의 최고온도
- (나) 실효습도(Rerh) : 발표시점으로부터 48시간 후까지의 상대습도를 이용하여 계산
- (라) 최대풍속(Wmax) : 발표시점으로부터 48시간 후까지의 최대풍속
- (마) 평균풍속(Wmean) : 발표시점으로부터 48시간 후까지의 평균풍속

원시자료로부터 필요한 기상자료의 추출을 위한 자료 처리 절차는 다음과 같다.

- (가) 실황자료 처리 : 매시간 처리
- (나) 예측자료 처리 : 1일 2회 처리

프로그램이 수행하는 주요 절차는 다음과 같다.

(가) IN\_DATA에 위치한 실황 파일을 불러와 각 필드별로 분리함.

(나) OUT\_DATA 디렉터리에 실황 자료 DB 파일을 작성함.

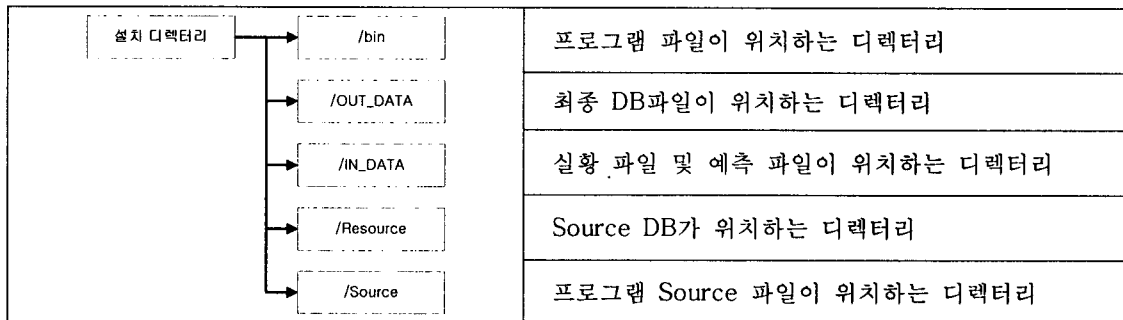
(최소 DB 작성시 Resource 디렉터리에 위치하는 Source DB 파일을 복사해 옴)

(다) IN\_DATA에 위치한 예측 파일을 불러와 각 필드별로 분리함.

(라) OUT\_DTA 디렉터리에 예측 자료 DB 파일을 작성함.

(최소 DB 작성시 Resource 디렉터리에 위치하는 Source DB 파일을 복사해 옴)

기상자료 처리 프로그램이 설치되어 사용되는 디렉토리 환경은 다음과 같다.



### 3.1.2 기상자료의 DB화

(가) MDB 파일의 생성 및 구조

① 관측 자료 MDB 설명

㉠ 출력 자료 형태 : DB 파일

- mdb 파일 (MS-Access)

㉡ DB 파일명

|      |    |    |    |    |      |      |
|------|----|----|----|----|------|------|
| YYYY | MM | DD | HH | mm | _obs | .mdb |
| 년도   | 월  | 일  | 시  | 분  | 관측자료 | 확장자  |

㉢ DB 내용

- TABLE명 : obs\_data, fct\_data

- 항목 내용

| 항목명      | 형 태 | 기 호   | 설 명                                 |
|----------|-----|-------|-------------------------------------|
| 기상관측소 ID | 문자  | ID    | 기상청 관측소 ID                          |
| 최고 온도    | 정수  | Tmax  | 당일 00시부터 현재까지의 최고온도 (×0.1℃)         |
| 실효 습도    | 정수  | Rem   | 과거 5일전부터 오늘까지의 상대습도를 이용하여 계산(×0.1%) |
| 최대 풍속    | 정수  | Wmax  | 당일 00시부터 현재까지의 최대풍속 (×0.1%)         |
| 평균 풍속    | 정수  | Wmean | 현재로부터 24시간 후까지의 평균풍속(×0.1m/s)       |

라) 실제 DB 파일 내용 예

| ID  | Eh       | Tmax | Wmean    | RH_0     | RH_1     | RH_2     | RH_3     | RH_4     | RN_DAY | RN_EFF |
|-----|----------|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|
| 090 | 493.9586 | 85   | 66.66666 | 61.25    | 35.11111 | 79.125   | 73.375   | 62       | -990   | 0      |
| 099 | 439.0332 | 142  | 33.33333 | 48       | 60.3     | 55.88889 | 41.625   | 60.27273 | -990   | 30     |
| 100 | 505.3991 | 45   | 38.88889 | 63       | 52       | 57.55556 | 76       | 61.625   | -990   | 0      |
| 101 | 410.4773 | 142  | 11.11111 | 52.5     | 50.5     | 51.44444 | 37.25    | 45.77778 | -990   | 0      |
| 102 | 548.2708 | 98   | 44.44444 | 68.4     | 79       | 61       | 38.22222 | 66.875   | -990   | 0      |
| 105 | 435.9445 | 99   | 55.55556 | 61.83333 | 32       | 56.375   | 64.33334 | 47.44444 | -990   | 0      |
| 106 | 503.7521 | 131  | 27.77778 | 66       | 40.8     | 78.375   | 66.75    | 50.22222 | -990   | 0      |
| 108 | 515.6798 | 131  | 27.77778 | 77.5     | 64.75    | 43.33333 | 46.57143 | 49.4     | -990   | 0      |
| 112 | 566.1175 | 138  | 33.33333 | 72.66666 | 75.1     | 58.88889 | 55.71429 | 64.57143 | -990   | 0      |
| 114 | 418.565  | 136  | 22.22222 | 53       | 54.18182 | 47.1     | 46.7     | 39.55556 | -990   | 0      |
| 115 | 595.1297 | 79   | 22.22222 | 73.5     | 60.7     | 82.33334 | 74.625   | 68.5     | -990   | 0      |
| 119 | 490.2698 | 131  | 33.33333 | 69.66666 | 55.3     | 45.875   | 55.75    | 56       | -990   | 0      |
| 121 | 461.5139 | 125  | 33.33333 | 69.2     | 49       | 53.55556 | 42.25    | 40       | -990   | 0      |
| 127 | 448.4613 | 127  | 27.77778 | 66.33334 | 51       | 39.44444 | 49       | 47.14286 | -990   | 0      |
| 129 | 571.7979 | 134  | 55.55556 | 82.6     | 67.44444 | 55.125   | 57.7     | 58.25    | -990   | 0      |
| 130 | 606.9424 | 114  | 33.33333 | 84       | 51.7     | 80.6     | 82.11111 | 60.25    | -990   | 30     |
| 133 | 387.4789 | 133  | 16.66667 | 51.5     | 45.7     | 43.2     | 48.33333 | 33       | -990   | 0      |
| 135 | 388.4897 | 122  | 38.88889 | 49.5     | 43.4     | 36.33333 | 67.375   | 36.25    | -990   | 0      |
| 136 | 438.0357 | 116  | 16.66667 | 58       | 46.9     | 48.11111 | 54.25    | 54.14286 | -990   | 0      |
| 137 | 392.4775 | 126  | 16.66667 | 46       | 38.6     | 44.125   | 69.25    | 51.77778 | -990   | 0      |
| 138 | 519.4843 | 121  | 16.66667 | 69.66666 | 46.8     | 64.3     | 69.33334 | 64.33334 | -990   | 0      |

인용문헌

- Bradshaw, L. S, J. E. Deeming, R. E. Burgan, and J. D. Cohen, 1983: *The 1978 national fire-danger rating system* : Technical Documentation. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-169. pp. 44.
- Cheong, Y. H., S. Y. Lee, Y. C. Yeom, and W. H. Yeo, 1989: Danger rating of forest fire. *KFRI Journal of Forest Science* 38, 117-123.
- Choi, K., and S. Y. Han, 1996: Developing forest fire occurrence probability model using meteorological characteristics. *Journal of Korean Forestry Society* 85(1), 15-23.
- Deeming, J. E., R. E. Burgan, and J. D. Cohen, 1977: *The National Fire-Danger Rating System 1978*. USDA Forest Serve Gen Tech Rep INT-39. pp. 63.
- Hirsch, K. G., 1996: *Canadian Forest Fire Behavior Prediction(FBP) System: user's guide*. Canadian Forest Service. pp. 121.
- Lee, S. Y., B. S. Lee, and J. H. Lim, 1997: Prediction of forest fire danger rate using fuel moisture stick. *KFRI Journal of Forest Science* 55, 150-157.
- Lee, S. Y., S. Y. Han, M. S. Won, S. H. An, and M. B. Lee, 2004: Developing of Forest fire occurrence probability model by using the meteorological characteristics in Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 6, 242-249.
- Van Wager, C. E., 1987: *Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System*. Canadian Forest Service. Petawawa National Forestry Institute. Chalk River Ontario. Forestry Technical Report 35. pp. 37.