

## 집수역 규모 무인기상관측망을 위한 실황자료 표출시스템 구축

정명룡<sup>1</sup> · 김진희<sup>2\*</sup> · 문영일<sup>3</sup> · 윤진일<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 농업기후연구실, <sup>2</sup>한국농림기상학회,  
<sup>3</sup>온난화대응농업연구센터

(2013년 12월 17일 접수; 2013년 12월 23일 수정; 2013년 12월 23일 수락)

## Implementation of a Real-time Data Display System for a Catchment Scale Automated Weather Observation Network

Myung Ryong Jung<sup>1</sup>, Jin-Hee Kim<sup>2\*</sup>, Young Eel Moon<sup>3</sup> and Jin I. Yun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agroclimatology Lab., Kyung Hee University, Yongin 446-701, Korea

<sup>2</sup>Korean Society of Agricultural and Forest Meteorology, Yongin 446-701, Korea

<sup>3</sup>Agricultural Research Center for Climate Change, NIHHS, RDA, Jeju 690-150, Korea

(Received December 17, 2013; Revised December 23, 2013; Accepted December 23, 2013)

### ABSTRACT

There have been increasing cases for farmers to install automated weather stations (AWS) at their farms and orchards in order to take countermeasures to more frequent weather disasters caused by climate variability and weather extremes. Although raw data are the same, the additive values as agrometeorological information may vary depending on data processing methods. User demands on appropriate information could also be different among crop species, cropping systems and even cultivars. We designed an internet based AWS data processing and display system to help diverse users (e.g., farmers), extension workers to access their weather data on specific demands. The system was implemented at a rural catchment with 52 km<sup>2</sup> land area where 14 automated weather stations are in operation. This note introduces the system and describes the major modules in detail. By linking regional AWS networks, a feasibility for this system as an early warning system is also discussed.

**Key words:** Automated Weather Station, Data processing, Early warning system, Catchment scale, Agrometeorology

### I. 서 론

기후변동과 기상이변에 의한 과원, 농장, 시설 등의 재해위험을 사전에 감지하고 미리 대처하기 위한 방편의 하나로서 영농현장에 무인기상관측장비(Automatic Weather Station, AWS)를 직접 설치하여 이용하는 사례가 늘고 있다(<http://ipm.agri.jeju.kr>; <http://www.epilove.com>). 이런 목적으로 사용되는 여러 장비가

운데 STA 자동기상관측장비는 저렴하고 관리가 용이한 장점이 있는 반면, 수집된 자료의 관리를 제작회사에서 전담하기 때문에 장비를 구입한 사용자는 실황자료에 직접 접근할 수 없고 나아가 원하는 형태로 가공, 표출하기 어려운 단점이 있다. 이런 단점은 기상자료의 활용도를 떨어뜨리고 장기적으로 장비제작사에의 정보의존도를 심화시킬 수 있다.

기상장비를 통해 얻는 원자료는 값을지라도 처리방



\* Corresponding Author : Jin-Hee Kim  
([7jhee@naver.com](mailto:7jhee@naver.com))

법에 따라 농업기상정보로서의 부가가치는 매우 다양하며 사용자 역시 작목, 작형, 품종 등에 따라 요구하는 정보가 다를 수 있다. 이러한 요구에 부응하는 맞춤형 정보생산이 최근 시대적 추세로 나타나고 있으며 이를 위한 농업기상학적 기술개발도 활발해지고 있다. 따라서 관련 연구자들로 하여금 원자료에의 접근을 쉽게 하여 다양한 정보생산을 가능하게 하고 개별농가나 지도기관 등 지역 사용자에게는 원하는 형태의 정보를 보여주는 서비스가 필요하다. 사용자 개인이 이런 서비스를 구축하기는 어렵겠지만, 같은 지역(예, 면 단위 주산지) 내 설치된 기상장비라면 여럿을 한데 묶어서 생산자조합, 면사무소, 농업기술센터 등에서 지역에 특화된 서비스를 개발할 수 있을 것이다.

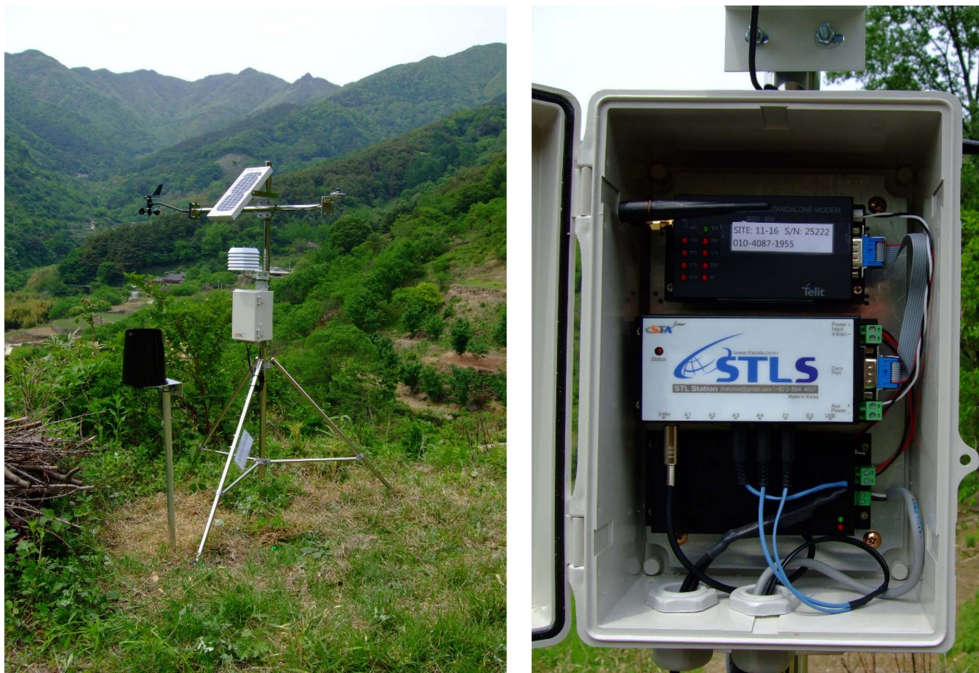
경남 하동군 악양면(52km<sup>2</sup>)은 면적에 비해 변동폭이 큰 지형특성(해발고도 10~1,127m, 경사향 0~360 degree, 경사도 0~87°)을 가져 다양한 국지기상이 출현함으로 관련 연구가 활발한 곳이며, 14기의 무인기상관측장비로 구성된 국내 최고 관측밀도의 기상관측망이 구축되어 있다(Kim and Yun, 2011; Kim *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2013; Yun, 2011). 본 기술 단보는 악양관측망을 대상으로 소형 서버 기반의 기상

자료 실시간 표출시스템을 구축한 사례를 소개함으로써 유사한 기술의 농업부문 활용도를 높이는데 기여하고자 하였다.

## II. 무인기상관측시스템의 개요

악양면에 설치된 14기의 무인기상관측장비(AWS)는 설치장소에 특별한 제약이 없고, 기존의 수입 고가장비에 비해 뒤떨어지지 않는 신뢰도를 인정받아 국지기상 검증용으로 널리 보급된 국산 제품이다. 특히 센서 및 자료수집장치의 전력소모가 적어 태양광전지를 통한 전원공급만으로 연중 안정적인 운영이 가능하다. 기본적으로 1분 간격 측정 및 내장메모리 저장, 10분 간격 CDMA (Code Division Multiple Access) 방식 송수신에 의해 지점별 기상데이터가 제작사의 서버로 수집된다.

기상관측장비의 구성은 3m 고정형의 기상타워에 기온, 습도, 일사량, 강수량, 풍속, 풍향 등 총 6종류의 센서가 설치되며, 악양면에 설치된 14기 중 3곳(지점명: 햇차원, 축지초교, 상명농장)의 AWS에는 토양수분 센서가 추가로 포함된다(Fig. 1, left). 기상타워의 중



**Fig. 1.** One of the 14 automated weather stations installed at the study area (left) and the data logger connected with CDMA modem and power supply (right).

간 부분에는 기상자료 수집용 데이터 로거(Model STL08/X16, STA Inc., Korea)가 자료를 송수신하는 CDMA 모뎀, 태양열전열판에 의한 전원 공급용 배터리와 함께 연결되어 자료수집함 안에 보관된다(Fig. 1, right). 데이터로거의 온도측정 가능범위는 -40~80°C 내로써 데이터 측정간격이 1초~1일까지 설정이 가능하도록 되어있으며 지온, 토양수분, 일사, 풍향의 센서를 아날로그 형태로, 풍속과 강우량을 디지털 채널로 입력받는 특징을 가진다.

### III. 자료표출시스템 설계

#### 3.1. 개요

기상장비에서 얻어지는 원자료를 원하는 형태로 가공하여 실시간으로 기상실황을 살펴볼 수 있는 자료표출시스템을 구축하기 위해 시스템구성을 데이터수집, 데이터통계, 정보서비스의 세 단계로 구분하였다(Fig. 2).

데이터수집 단계에서는 기상관측장비로부터 CDMA 방식에 의해 실시간으로 기상자료가 수집되고 있는 STA 서버에 접근하여, 10분에 한 번씩 1분 단위로 수집되는 텍스트 형태의 원자료를 기상요소별로 파싱(parsing)한 후 데이터베이스(database, DB)로 구축하였다. 데이터통계 단계는 DB서버에 수집된 1분 자료

를 각 기상요소에 따라 최대, 최소, 평균, 적산 등의 통계처리에 의해 새로운 10분, 1시간, 1일 자료를 생산하여 DB에 저장하는 과정을 거친다. 시스템의 마지막 정보서비스 단계에서는 데이터수집과 데이터통계 단계에서 생성된 기상요소별 1분, 10분, 1시간, 1일에 대한 기상자료들을 1개 지점, 전체 지점, 일별 분석, 다운로드 페이지로 분류하여 웹서비스 형태로 제공할 수 있도록 구성하였다.

#### 3.2. 하드웨어 사양

데이터수집, 데이터통계, 정보서비스에 관한 DB서버와 웹서비스 서버 역할을 단일 컴퓨터(Server Workstation)에서 수행할 수 있도록 하드웨어 사양을 Table 1과 같이 구성하여 기상실황 표출시스템을 구현하였다.

Table 1. Specification of the system hardware

	Specification	Pcs.
Model	TYAN KGT44	1
CPU	Intel Xeon E5606(Quad Core) 2.13GHz	2
RAM	PC3-10600 REG ECC 4GB	2
HDD	1TB SATA 3.5" 7200RPM	1
	2TB SATA 3.5" 7200RPM	1

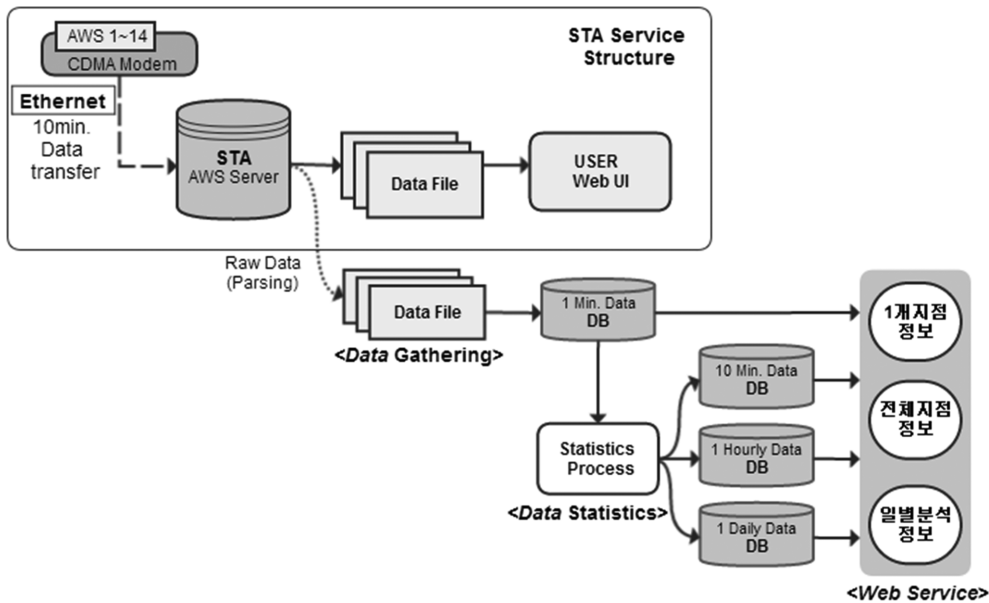


Fig. 2. Conceptual diagram of the real-time weather data display system.

**Table 2.** Database structure for the weather data collected at 1 minute interval

Element	Field Name	Unit	Data type
No.	No		INT(11)
AWS ID	Point		INT(3)
Time	Date		VARCHAR(15)
Air temperature	Temp	°C	DOUBLE
Relative humidity	Humidity	%	DOUBLE
Soil moisture1	Moisture1	%	DOUBLE
Soil moisture2	Moisture2	%	DOUBLE
Solar radiation	Intensity_solar	W/m <sup>2</sup>	DOUBLE
Wind direction	Direction_wind	deg	DOUBLE
Wind speed	Wind Speed	m/s	DOUBLE
Rainfall	Rainfall	mm	DOUBLE

**Table 3.** Database structure for the weather data collected at 10 minutes, hourly and daily time intervals

Element	Field name	Unit	Data type
No.	No		INT(11)
AWS ID	Point		INT(3)
Time	Date		VARCHAR(15)
Mean temperature	Temp	°C	DOUBLE
Mean humidity	Humidity	%	DOUBLE
Mean soil moisture1	Moisture1	%	DOUBLE
Mean soil moisture2	Moisture2	%	DOUBLE
Mean solar radiation	Intensity_solar	W/m <sup>2</sup>	DOUBLE
Mean wind direction	Direction_wind	deg	DOUBLE
Mean wind speed	Wind Speed	m/s	DOUBLE
Daily rainfall	Rainfall	mm	DOUBLE
Daily solar radiation	Amount_solar	MJ/m <sup>2</sup>	DOUBLE
Max. temperature	Tmax		DOUBLE
Min temperature	Tmin		DOUBLE
Max wind speed	Wsmax	m/s	DOUBLE
Min humidity	Hmin	%	DOUBLE
Mean soil moisture	Mavg	%	DOUBLE
Max soil moisture	Mmax	%	DOUBLE
Min soil moisture	Mmin	%	DOUBLE

### 3.3. 데이터베이스의 구성

시스템에서 내부적으로 구성하고 있는 데이터베이스에는 데이터수집 단계에서 생성되는 1분 자료와 통계 처리에 의해 산출되는 10분, 1시간, 1일 자료까지 수집하여 저장할 수 있도록 총 4개의 테이블이 구축되어 있으며, 이들을 기상관측장비 속성정보와 결합할 수 있는 지점정보 테이블을 별도의 DB형태로 준비해 두었다(Table 2, 3, and 4).

### 3.4. 프로그램 제작 및 테스트

약양 AWS 정보서비스를 위해 실행되는 3가지의

프로그램들은 실시간 정보서비스를 위해 최적의 시간으로 구동되도록 시간이 맞춰져 있다. 이용하는 스케줄러는 윈도우에서 기본으로 제공하는 작업 스케줄러를 이용하고, 프로그램 구동에 필요한 내용들을 배치(bat) 파일에 일괄명령을 통해 작업 스케줄러가 정해진 시간에 작동하도록 하였다.

데이터수집 단계 프로그램은 AWS에서 10분간 수집된 자료를 STA서버로 전송된 직후에 구동된다. AWS에서는 매번 00분마다 한 시간에 6번 전송하며 프로그램의 수행시간은 통신 상태와 데이터량을 고려하여 2분이 지난 뒤에 이루어지도록 되어있다. 마찬가지로

**Table 4.** Attribute table for the automated weather stations with the collected weather elements

No.	AWS ID	AWS Name	Sensor*	Sensor**	Data Logger
1	24	Hyungjebong	○		STL X16
2	25	Cheonghaksa	○		STL X16
3	18	Haetchawon	○	○	STL 08
4	20	Choechampandaek	○		STL 08
5	21	Sangmyeongnongjang	○	○	STL 08
6	17	Maegyechogyo	○		STL 08
7	2	Solbongnongwon	○		STL 08
8	22	Mudimideul	○		STL 08
9	19	Chukjichogyo	○	○	STL 08
10	3	Shinyongjunongjang	○		STL 08
11	23	Gamgukdawon	○		STL 08
12	4	Baedalnongwon	○		STL 08
13	16	Sugoksa	○		STL 08
14	15	Geumbongsa	○		STL 08

\*Sensor: temperature, humidity, solar radiation, rainfall, wind direction, wind speed

\*\*Sensor: soil moisture

실시간 서비스를 위해 매 10분마다 수집 프로그램이 실행되도록 하였다.

데이터통계 단계의 프로그램은 일정량의 데이터를 대상으로 통계처리를 하는 과정이기 때문에 통계에 필요한 데이터가 쌓인 후에 실행되어야 한다. 1시간 단위의 통계자료를 실시간으로 제공하기 위해 1시간에 한 번 수행하도록 하며, 00분의 자료수집이 완료되는 때 시 각 15분에 통계처리 프로그램이 실행되도록 하였다.

정보서비스 단계의 프로그램에서 웹서비스 프로그램은 Apache 서버를 이용하였다. Jsp로 프로그래밍 된 언어들을 컴파일(compile)하기 위하여 Tomcat을 이용하며, 이 프로그램은 24시간 동작하도록 되어있다. 정보 서비스에서 그래프를 표출하기 위해 많은 리소스를 사용하기 때문에 메모리를 정리해주는 시간이 필요하다. 정리를 위해 매 시간 59분 50초에 Apache Tomcat 프로그램을 재 가동함으로써 서버의 메모리와 임시 파일들을 정리해주어 원활한 서비스가 이루어지도록 하였다.

악양 AWS 정보서비스 시스템이 스케줄러로 자동화 되어 실행되기 때문에 데이터의 수집은 잘 되고 있는지, 통계처리는 잘 되고 있는지, 문제가 발생했는지, 또는 무슨 문제가 발생 했는지 등에 대한 모니터링이 필요할 것이다. 이를 위해 수집과 통계처리 단계에서 프로그램 수행 과정 속에 문제가 발생하면 오류정보에 대한 로그 기록을 남기도록 해 두었다. 로그 정보는 웹서비스를 통해 제공되어 관리자들이 확인하여 문제

를 파악한 뒤 조치할 수 있도록 매뉴얼이 준비되어 있는 상태이며, 현재는 수집로그와 통계로그 2가지만 확인이 가능하다.

한편 STA 서버에서 1분 자료를 파싱(parsing)하는 과정에서 원자료가 가지고 있는 오류값들을 절차에 따라 품질관리(quality control, QC) 처리하는 방법이나 결측된 값을 관측데이터로부터 복원해주는 기술 등은 앞으로 기상실황표출 시스템에 보완해야 할 과제로 남아있다.

## IV. 자료표출시스템 시연

### 4.1. 악양 AWS 정보서비스(1개 지점)

DB에 수집된 AWS 기상실황자료는 웹페이지 상에서 실시간으로 조회할 수 있도록 하였다. 1개 지점에 대한 페이지에서는 악양에 설치된 14기 장비 중에서 관심있는 AWS를 선택하고 1분, 10분, 1시간, 1일 단위로 기상자료의 시계열 변화추이를 확인할 수 있도록 하였다. 사용자가 지점을 선택하고 시간단위와 기준시간을 설정하여 조회하기 버튼을 클릭하면 조회정보와 함께 화면 구성의 왼편으로 테이블형식의 데이터 검색 결과가 표출되며, 사용자의 편의성을 고려해 오른편에는 조회된 테이블 값에 대한 그래프를 제공한다(Fig. 3A). 한 번에 조회되는 결과자료의 개수는 선택한 기준시간부터 설정 시간단위 간격으로 14개까지이며, 테이블로 표출되는 14개의 데이터 중 결과가 DB에 없

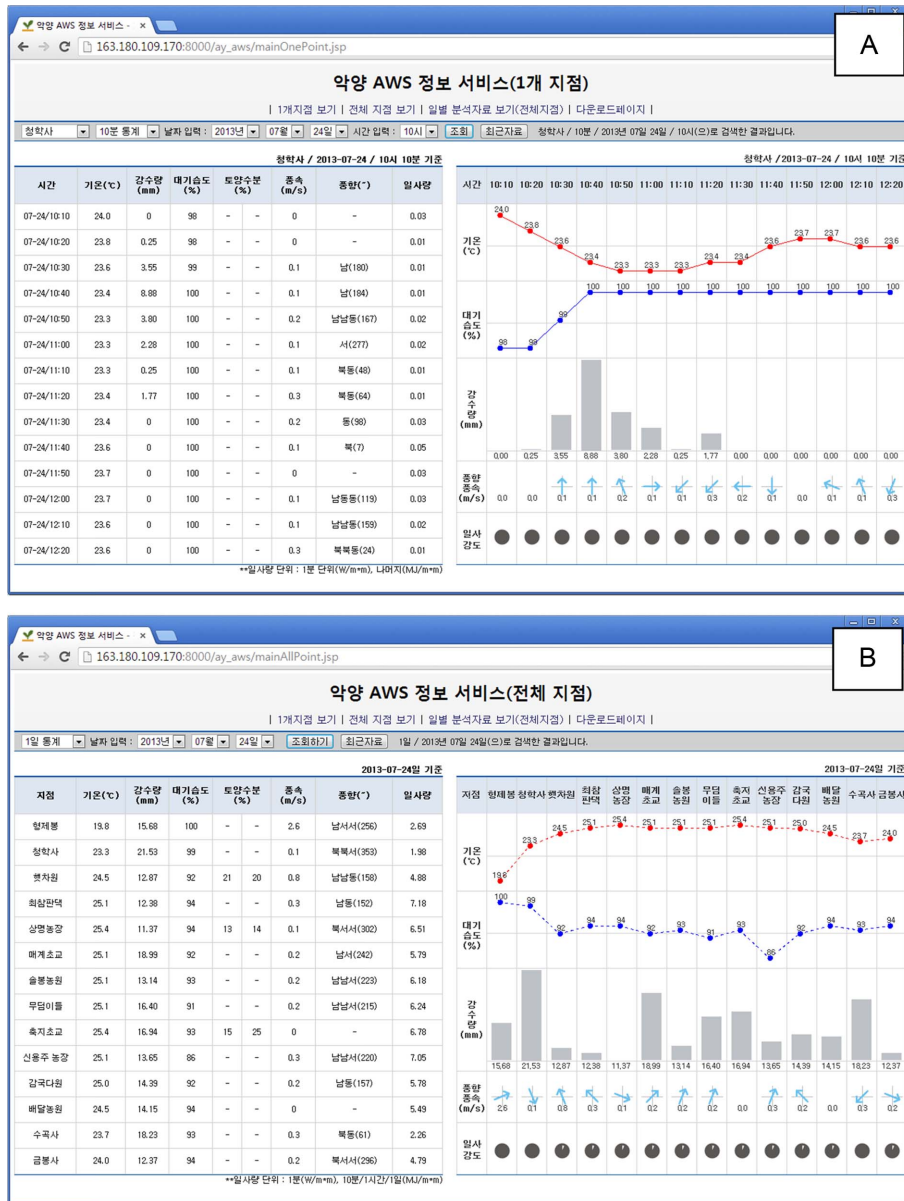


Fig. 3. Web pages showing the weather data gathered from an individual station (A) and from 14 stations (B) deployed in the study area.

는 경우에는 테이블과 그래프에 각각 빈 칸으로 표시되고 나머지는 정상적으로 결과를 보여주도록 하였다. 14개의 데이터가 모두 DB에 없는 경우, “해당 자료가 존재하지 않는다”는 메시지 경고가 나타난다.

#### 4.2. 약양 AWS 정보서비스(14개-전체지점)

약양 AWS 정보서비스(1개 지점)에 대한 페이지에

서 시간흐름에 따른 해당지점의 기상값 변화를 확인할 수 있도록 서비스하고 있다면, 전체 지점 페이지에서는 동일 시간대에 나타나는 지점간 기상값의 차이를 비교하는데 유용한 정보들을 제공한다. 조회결과가 나타나는 화면구성은 1개 지점과 동일하게 왼쪽에 테이블, 오른쪽에 그래프로 표현하지만, 전체지점의 자료가 함께 조회되기 때문에 지점을 따로 선택하는 콤보상자



Fig. 4. Web pages showing summary statistics for daily weather data collected from 14 locations (A) and the data download service (B).

도구는 빠져있다, 그래프에서 보여주는 기상요소는 기온, 대기습도, 강수량, 풍향풍속, 일사강도 4가지이며, 조회된 결과 내에서 최대, 최소값을 찾아 상대수치로 그래프를 표현한다(Fig. 3B).

**4.3. 악양 AWS 정보서비스(전체지점 일별분석 자료)**

일별분석 페이지에서는 기상실태표출 시스템의 두 번째 단계에서 처리하고 있는 통계자료를 전체지점에 대해 비교분석 할 수 있도록 서비스한다. 사용자가 설정한 날짜에 대해 “조회하기” 버튼을 클릭하면 기상요소에 따라 일 최고, 최저, 평균, 적산 등 다양한 분석

값을 테이블로 보여주게 되며, 이 때 그래프 정보는 따로 제공하지 않는다(Fig. 4A).

**4.4. 악양 AWS 정보서비스(정보다운로드)**

기상데이터에 포함된 오류값이나 결측값 등을 처리하거나, 장기간 수집된 과거자료로부터 경향성을 파악해야 할 때, 혹은 관측요소 간 상관관계를 분석하거나 신뢰도평가를 위한 기반자료로써 AWS 데이터를 사용해야 하는 경우 다운로드 페이지에서 직접 자료를 내려 받아 활용할 수 있도록 구축하였다. 자료 시간단위를 설정한 후 원하는 기간의 날짜범위를 선택하여 확

인 버튼을 누르면 ‘요소별 다운로드’와 ‘지점별 다운로드’ 중 원하는 데이터를 선택하여 엑셀 포맷으로 다운로드 할 수 있는데, 이 때 엑셀에서 지원하는 최대 행의 개수는 1,048,576개이므로 1분 자료를 내려 받을 경우 최대 조회기간은 728일(약 2년)이 넘지 않도록 설정하는 것이 좋다(Fig. 4B).

## V. 적 요

악양기상관측망을 대상으로 소형 서버 기반의 기상 자료 실시간 표출시스템을 구축하였다. 시스템은 기상 관측장비로부터 실시간으로 수집되는 1분간격의 기상 자료를 DB로 구축하는 데이터수집 단계와 최대, 최소, 평균, 적산 등의 통계처리에 의해 10분, 1시간, 1일간격의 기상자료를 생성하는 데이터통계 단계, 데이터수집과 통계처리 단계에서 수집된 DB정보를 활용하여 웹서비스 형태로 자료를 보여주는 정보서비스 단계로 각각 구성하였다. DB에 수집된 AWS 기상실황자료는 웹페이지에서 1개 지점, 전체지점, 분석자료의 형태로 서비스하며, 원하는 기간에 대한 기상요소를 사용자가 선택하여 다운로드 받을 수 있도록 구축하였다. 1개 지점에 대한 악양 AWS 정보서비스 페이지에서는 선택한 AWS지점에 대해 시계열 변화추이를 살펴볼 수 있으며, 전체지점에 대한 페이지에서는 악양면 내 고도와 지형특성에 따라 달라지는 기상반응을 지점별로 비교분석 할 수 있도록 서비스를 제공한다. 일별 분석 자료 페이지는 하루 동안 수집된 1분 간격 데이터를 요소별로 통계처리하여 테이블 형태로 보여주도록 구

성하였다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009292)의 지원에 의해 이루어진 것임

## REFERENCES

- Kim, S. O., and J. I. Yun, 2011: A quantification method for the cold pool effect on nocturnal temperature in a closed catchment. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **13**(4), 176-184. (In Korean with English abstract)
- Kim, S. O., J. H. Kim, D. J. Kim, and J. I. Yun, 2012: Wind effect on the distribution of daily minimum temperature across a cold pooling catchment. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **14**(4), 277-282. (In Korean with English abstract)
- Kim, S. O., D. J. Kim, J. H. Kim, and J. I. Yun, 2013: Improving usage of the Korea Meteorological Administration's digital forecasts in agriculture: I. Correction for local temperature under the inversion condition. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **15**(2), 76-84. (In Korean with English abstract)
- Yun, J. I., 2011: Observation of the cold-air drainage and thermal belt formation in a small mountainous watershed by using an infrared imaging radiometer. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **13**(2), 79-86. (In Korean with English abstract)
- <http://ipm.agri.jeju.kr>  
<http://www.epilove.com>