

가로주행식 케미게이션 시스템의 개발 (II)⁺ - 계측 및 제어 시스템

Development of a Linear Chemigation System (II) - Measurement and Control System

배영환*	구영모**	박금주*
정회원	정회원	정회원
Y.H. Bae	Y.M. Koo	K.J. Park

1. 서론

케미게이션 시스템은 이동식 또는 정치식 관개시설에 방제와 시비 장치를 부가하여 통합 운영함으로써 작업의 생력화, 비용의 절감 및 환경 오염의 방지를 도모하기 위하여 개발된 것으로서, 주로 대단위 농지를 운영하는 미주, 호주, 중동 지역에서 활용되고 있다. 우리나라에서는 최근 과수원을 중심으로 정치식 무인방제기가 개발·보급되어 관수와 방제 작업에 이용되고 있다.

포장에 배관을 이용하는 정치식의 경우에는 장치와 시설의 설치가 비교적 용이하나, 포장의 규모에 비례하여 설치비가 증가하므로 대단위 포장에는 설치가 곤란하다. 한편 가로주행형의 이동식 시스템은 자체의 엔진으로 주행하기 때문에 구동부가 추가되어 시스템의 초기 투자비는 증가하지만, 포장의 폭이 일정한 경우에는 길이의 증가에 따라 포장의 면적이 증가하여도 시스템 제작비는 크게 변동되지 않는다. 구 등(1998b)의 분석에 의하면 포장 면적이 0.5 ha 이상인 경우에는 가로주행식이 정치식에 비하여 초기 시설투자비와 이용비 면에서 유리한 것으로 나타났다. 따라서 국내에서도 과수원과 전작을 대상으로 가로주행식 케미게이션 시스템의 적용이 가능할 것으로 전망된다.

기 발표한 논문(구 등, 1988a)에서는 가로주행식 케미게이션 시스템의 경제성 분석, 구조 설계, 유체유동부의 설계 등 모델의 설계에 대하여 논한 바 있다. 본 논문에서는 케미게이션 시스템의 계측기지부와 가로주행부의 계측시스템의 구성, 케미게이션 시스템의 안전 운전을 위한 인터록 회로의 구성과 무선 모뎀을 이용한 자료의 전송에 대하여 논하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 시스템의 개요

본 연구에서 구성한 케미게이션 시스템은 계측기지부(base unit)와 가로주행부(driving

+ 이 연구는 농림부의 농림특정연구과제 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

* 순천대학교 농과대학 농업기계공학과

** 경북대학교 농과대학 농업기계공학과

unit)로 구분된다. 계측기지부는 고정된 위치에 설치되며 관정, 펌프 및 기상환경 관측장비로 구성되는 반면, 가로주행부는 이동형으로 구동 및 주행부, 관수 및 약제 살포 장치와 이들을 제어하기 위한 각종 계측제어 장치로 구성된다. 계측기지부와 가로주행부의 데이터 수집과 장치의 제어는 각각 별도의 컴퓨터에 의하여 수행되도록 하였다. 본 연구에서 제작한 시스템은 가로주행부가 계측기지부로부터 직선 거리로 약 100 m 떨어져 위치하고 있으며, 또한 가로주행부는 작업 중 계속 이동하기 때문에 두 컴퓨터 사이의 자료 교환을 위하여 447 MHz의 라디오 주파수를 사용하는 무선 모뎀을 각각의 컴퓨터에 연결하였다.

나. 계측기지부

관수시기의 결정과 병해충 발생 예측을 위해서는 포장이 위치한 국지의 기상환경과 토양 수분 상태의 연속적인 관측이 요구된다. 이를 위하여 포장에 인접한 위치에 간이 기상측정 장치와 포장 내에 토양 수분의 경시적 변화를 측정하기 위한 토양수분 센서를 설치하였으며, 측정에 사용한 센서의 제원은 표 1과 같다. 기상환경 및 토양 수분 데이터는 개인용 컴퓨터와 자료수집장치(Micrologger 21X, Campbell Scientific, Inc., UK)를 이용하여 수집·분석하며, 관수시기 예측프로그램과 병행 운영된다. 방제 시기의 결정은 기상 센서로부터 습도의 지속시간, 온도의 변화치, 강우 및 돌풍현상 등을 기초로 daily severity 값을 구하고 누계가 문턱 값을 초과하면 병발생 경고신호를 발생하도록 하였다. 관수 시기는 기상관측 시스템에 토양수분 센서를 추가로 설치하여, 이들 센서로부터 읽어 들인 기상자료와 작물의 생육 단계에 따른 필요 수분을 비교하여 결정하였다.

Table 1. Sensors utilized to collect weather and soil moisture data

Measurand	Sensor type	Range	Signal type	Q'ty
Air temperature	Thermistor	-35 ~ 50°C	DC voltage	1
Relative Humidity	Capacitive type	100%	DC voltage	1
Wind direction	Potentiometer	0 - 360°	DC voltage	1
Wind speed	3-cup anemometer	45 m/s	AC pulse	1
Radiation	Pyranometer	3,000 W/m ²	pulse	1
Precipitation	Tipping bucket	-	pulse	1
Soil moisture	Time domain Reflectometer	100% (w.b.)	pulse	6

기상 데이터는 21X를 이용하여 10초 간격으로 각 센서의 값을 측정한 후 강우량 신호는 30분 동안의 누계를, 기타 신호는 30분 동안의 평균을 화면에 표시하고, PC의 하드디스크에 저장하였다. 기상환경 자료는 매일의 데이터를 별도의 파일로 자동 저장되도록 하였으며, 파일의 마지막에는 하루 동안의 강우량 누계와, 기타 기상 신호의 하루 평균값을 기록하였다.

가로주행부가 운전 중인 경우에는 계측기지부의 컴퓨터는 무선 모뎀을 통하여 가로주행부의 컴퓨터로부터 엔진 속도, 토크, 주행속도, 펌프 압력, 유량 등 작업 상태에 관한 데이터를 수신하여 그 값을 화면에 표시하고, 가로주행부의 작업이 종료되면 수신한 데이터를 하드디스크에 저장하도록 하였다.

다. 가로주행부

가로주행부의 작업 상태를 관측하고 시스템의 성능을 평가하기 위하여 엔진의 회전수와 토크, 가로주행부의 주행방향과 주행속도, 관수의 유량과 압력 등을 다음과 같이 측정하였다.

- ① 엔진 토크: 엔진과 유압펌프 사이에 토크변환기를 설치하여 측정
- ② 엔진 회전수: 토크변환기의 축에 연결된 기어(60T)의 회전을 근접센서로 측정
- ③ 주행방향: 방향 기준선에 대한 가로주행부 회전각을 LVDT를 이용하여 측정
- ④ 주행 속도: 양 지거의 구동륜에 설치된 치형판의 회전을 근접센서를 이용하여 측정
- ⑤ 유량 및 압력: 관수 호스와 노즐 사이에 유량계와 압력계를 설치하여 측정

이와 같은 가로주행부의 작업 상태를 1초 간격으로 측정한 후 이를 무선 모뎀을 이용하여 계측기지부로 전송하였다. 가로주행부의 계측 시스템은 단일 보드 컴퓨터(AX8135H: 80486 DX2, 66 MHz, Axiom, Taiwan), A/D 및 D I/O 보드(AX5622B), 타이머/카운터 보드(AX5218)를 이용하여 구성하였다. 설치 공간의 제약과 시스템 작동시의 진동 등을 고려하여 하드디스크는 설치하지 않았으며, 3.5 인치용 플로피 디스크 드라이브 1개를 장착하여 프로그램과 데이터를 저장할 수 있도록 하였다.

라. RF 모뎀을 이용한 자료 교환

무선 모뎀을 각 컴퓨터의 RS232C 직렬통신 포트에 연결하여 계측기지부와 가로주행부 사이에 데이터를 교환하였다. 데이터 전송속도는 2,400 bps이었으며, 통신방식은 반이중 모드(half duplex mode)를 사용하였다. 가로주행부에 장착된 컴퓨터는 작업 상태에 관한 데이터를 송신하여 계측기지부에서 이를 모니터링 할 수 있도록 하였으며, 계측기지부의 컴퓨터는 가로주행부의 작업을 중지시킬 중대한 사유가 발생하였다고 판단할 경우 가로주행부의 관수 펌프와 엔진을 비상 정지시키기 위한 명령을 송신하도록 하였다. 비상정지 명령을 수신한 가로주행부의 컴퓨터는 릴레이를 통하여 엔진과 약액 주입펌프를 정지시키도록 하였다.

평시에는 가로주행부의 모뎀은 송신 모드로, 계측기지부의 모뎀은 수신 모드로 작동하며, 계측기지부의 모뎀이 비상정지 명령을 송신할 경우에만 송수신 모드를 바꾸도록 하였다. 계측기지부의 컴퓨터는 평시에는 송신요구(Request to send, RTS) 라인이 항상 OFF 상태가 되도록 하였으며, 가로주행부의 컴퓨터는 데이터를 전송하기 전에 RTS를 ON으로 하고,

데이터를 전송한 후에는 RTS를 OFF가 되도록 하여, 데이터의 송수신이 이루어지지 않는 휴지기에는 양쪽의 모뎀이 모두 RTS OFF 상태가 되도록 프로그램을 작성하였다. 한편 가로주행부의 모뎀이 RTS ON 상태가 되면 반송자를 전송하기 때문에 계측기지부의 모뎀은 이를 수신하여 데이터 반송자 검출(Data Carrier Detect, DCD) 라인이 ON 상태로 된다. 따라서 계측기지부 모뎀의 DCD 신호를 검출하면 상대 모뎀의 송수신 모드를 확인할 수 있다. 즉, 계측기지부에서 비상정지 명령을 송신하기 위해서는 계측기지부 모뎀의 DCD 신호를 검출하여 이 신호가 OFF 상태에 있을 때까지 대기한 후 (가로주행부의 모뎀이 송신 모드에 있지 않음을 확인) RTS를 ON으로 하고 비상정지 명령을 전송하는 방식을 취하였다. 모뎀의 전송속도는 300 byte/s (2400 bps)인 반면, 한 세트의 데이터는 CR과 LF를 포함하여 72 byte 이기 때문에(그림 1) 한 세트의 데이터를 전송하는데 소요되는 시간은 약 0.24초에 해당한다. 따라서 비상정지 신호를 전송할 상황이 발생하면 1초 이내에 이를 모뎀을 통하여 송신할 수 있게 된다.

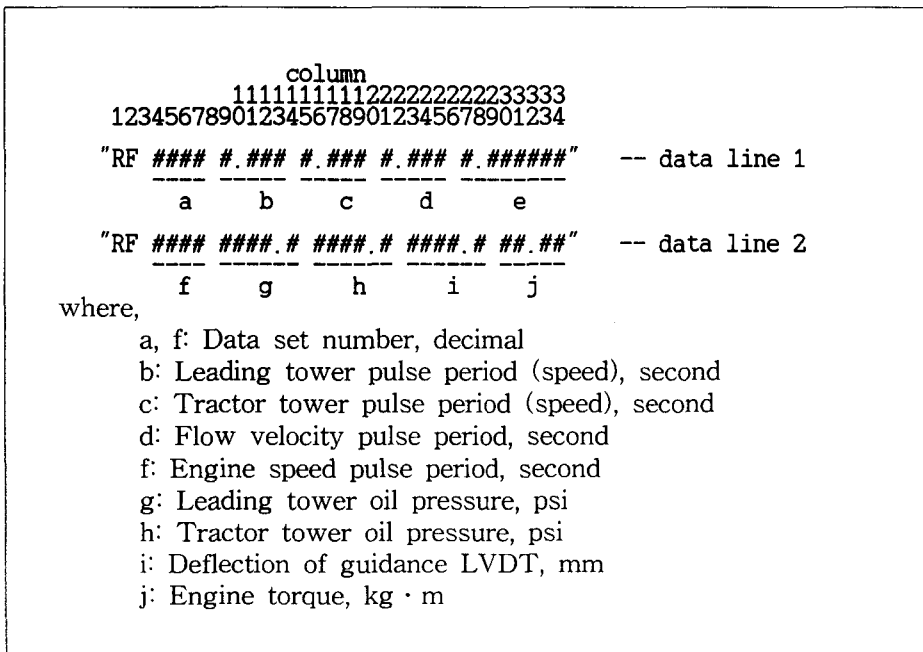


Fig. 1. Format of a data set from linear move

마. 시스템의 연동

작업 중 시스템에 이상이 발생한 경우에는 엔진이나 유체유동부를 정지시켜 시스템과 작물을 보호할 필요가 있다. 다음과 같은 이상이 감지된 경우에는 엔진의 연료주입을 차단하여 가로주행부를 비상정지 시키도록 하였다. ①엔진 냉각수 온도가 높은 경우, ②엔진 오일

압력이 낮은 경우, ③관수 수압이 저하된 경우, ④유압유의 압력이 낮은 경우, ⑤유압유가 부족한 경우, ⑥작업 경로의 끝에 도달한 경우, ⑦작업자에 의해 비상정지 버튼이 작동된 경우, ⑧고랑을 따라 진행하는 안내바퀴의 방향과 가로주행 시스템의 주행방향 사이에 오차가 너무 과도한 경우이다.

케미게이션 시스템에 있어서 관수, 액비 및 농약을 공급하기 위한 펌프는 가로주행 시스템의 작업상태에 따라 조작되어야 한다. 즉 주행 시스템이 정지하면 모든 펌프의 작동이 중지되어야 한다. 또한 어떤 이유에 의해서든 관수 펌프의 작동이 정지되면 액비 및 농약 공급 펌프도 이에 연동하여 멈추어야하므로 액비 및 농약의 역류에 의한 관정오염 방지를 위하여 주행 시스템, 관수 펌프, 액비 및 농약 공급 펌프간에 연동회로를 구성하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 계측기지부에 연결된 간이 기상측정 장치를 이용하여 측정한 기상 자료의 일부를 나타낸 것이다. 이러한 기상 자료와 포장 내 토양 수분의 경시적 변화를 이용하여 관수 시기를 결정하고 병해충 발생을 예측할 수 있다. 기상 자료를 바탕으로 Penman 방법에 의하여 증발산량(evapotranspiration)과 토양수분을 예측할 수 있으며, 예상치가 field capacity 와 depletion 한계치 사이에 있도록 케미게이션 시기를 결정할 수 있다. Penman 방법에 사용되는 기상변수는 다음과 같다. (1) 일일 평균기온, (2) 평균 기압, (3) 일일 누적풍속, (4) 평균 및 극한 일일 수증기압, (5) 일일 일사량, (6) 상대습도, (7) 고도: 55m, (8) 기상탑 위치: 포장에서 15m, (9) 작물비: 1.0, (10) 실측 토양수분. 그림 3은 기상 자료를 바탕으로 관수시기를 결정한 예를 나타낸 것이다. 1998년 여름에는 강우량이 많아서 관개의 필요성보다 방제의 필요성이 증대하였다. 그림 4는 가로주행부의 작업상태를 나타내는 데이터로서 엔진 속도, 양 지거의 주행 속도 및 주행 방향을 예시한 것이며, 그림 5는 가로주행부가 운전 중 주행방향을 나타내는 기준선으로부터 벗어난 정도를 예시한 것이다.

4. 요약 및 결론

전작의 관수와 시비 및 방제 작업을 통합 시행하기 위한 케미게이션 시스템 개발의 일환으로 계측 및 제어 장치를 구성하였다. 계측기지부의 계측 시스템은 기상 환경과 토양 수분을 측정하였으며, 가로주행부의 계측 시스템은 엔진 속도, 토크, 주행 속도, 관수의 유량과 압력 등 구동부의 작동 상태에 관한 자료를 1초 간격으로 측정하였다. 가로주행부의 측정 데이터는 무선 모뎀을 통하여 계측기지부로 전송되었다. 시스템 안전 운전을 도모하기 위하여 여러 가지의 비정상적인 작동 조건이 발생한 경우에는 가로주행부의 엔진과 약제 펌프를 정지시키도록 인터록 회로를 구성하였다. 이러한 인터록의 명령은 가로주행부 자체는 물론 계측기지부에서도 무선 모뎀을 통하여 시스템의 운전을 실시간으로 정지시킬 수 있도록 하였다.

참 고 문 헌

1. 구영모, 배영환, 박금주. 1998b. 가로주행식 케미게이션 시스템의 개발 (I) - 모델의 설계. 한국농업기계학회 학술대회 논문집. 3(2): 42-52.
2. 구영모 외. 1998a. 전작의 초생력 자동화 통합 chemigation system의 개발. 농림부 농림특정연구사업 최종 연구보고서. 주관연구기관: 경북대학교. 251 p.

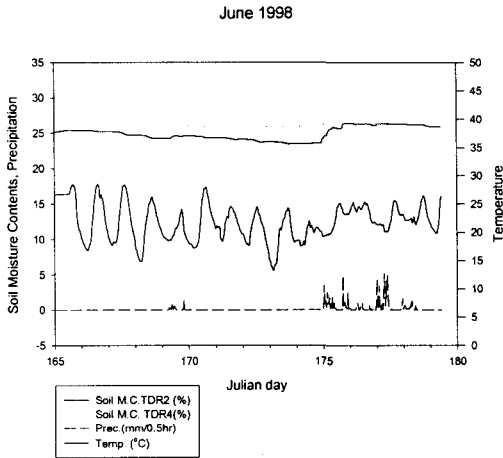


Fig. 2. Some weather data utilized to determine chemigation schedule

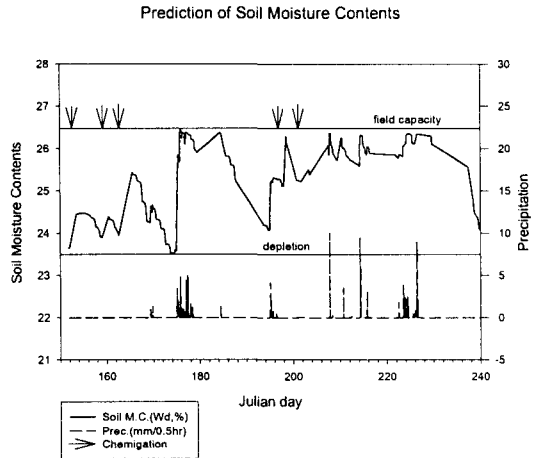


Fig. 3. The chemigation schedule and the variation of soil moisture contents

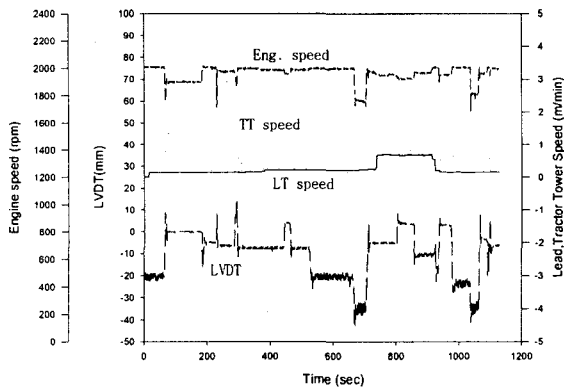


Fig. 4. Engine speed, leading tower speed, and travel direction

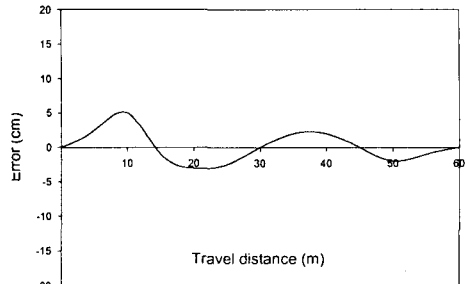


Fig. 5. Deviation from the guidance line of travel direction