

施設園藝에 있어서 栽培管理의 自動化 시스템에 關한 研究 (I)*

— 물관리 自動化 —

A Microcomputer-Based Control System for Green House (I)

— Water Management —

李 基 明,** 朴 圭 植**

K. M. Lee, K. S. Park

Summary

As a part of study on automatic control system for green houses, an automatic irrigation system was developed by using microcomputer.

For the study, gypsum block was used as a sensing device of soil moisture and its data was designed to transfer to microcomputer through A/D converter.

Also, software which be able to control the irrigation time and flow rate by the solenoid valve was developed.

This system was tested by using practical data and the following results were summarized.

1. Since the gypsum was very accurate in addition with cheap and easy to manufacture, it turned out to be a very good device to detect the soil moisture in this system.
2. Also, solenoid valve was very excellent device for controlling the water flow rate since its control error is less than 1% when the irrigation time is over 100 seconds.

I. 緒 論

所得増大와 生活與件의 向上 등으로 高等 菜蔬類와 花卉類의 消費가 날로 增加하고 있으며, 年中 一定한 消費性向을 나타내고 있다. 이에 따라 施設 栽培面積도 增加하여 1984年末 現在 19,000ha에 達하고 있으며, 寒冷時 菜蔬와 花卉類의 圓滑한 供給을 위해 이 施設栽培面積은 더욱 더 增加할 것으로 期待된다. 그러나, 實質農村勞働人口의 減少와 露地 栽培에 비해 高溫多濕하고 頻度 잦은 하우스內에서의 作業 등으로 인해 施設栽培에서 作業管理의 自動化乃至 無人化는 切實하게 要請되고 있다. 美國, 日本 등 外國에서는 마이크로컴퓨터를 作業管理에 利用하는 研究^{8), 9), 10)}가 活潑히 進行되고 있다. 本 研究에

서는 施設栽培에서 많은 勞動力이 所要되는 水管理 作業을 마이크로컴퓨터를 利用하여 自動化하는 On-Line 制御시스템과 制御소프트웨어를 開發하고, 그 性能을 檢討하여 施設栽培에 利用하고자 試圖하였다.

II. 實驗裝置 및 方法

1. 實驗裝置의 概要

Fig. 1과 같이 土壤水分을 石膏블럭으로 檢出하고 增幅回路를 통한 아날로그 信號를 A/D Converter에 의하여 디지털信號로 變換하여 컴퓨터에 入力시킨다. 이 測定된 土壤水分 데이터에 의해 灌溉必要與否를 判斷하여 Relay 또는 Triac으로 Solenoid

*本 研究은 1984年度 韓國科學財團의 研究費 支援에 의하여 遂行된 것임.

**慶北大學校 農科大學 農工學科

測定한다. Fig. 3의 回路에서 4개의 op-Amp (741)은 各各 發振器, 減衰器, 電流檢出, low-pass filter로 動作하고 ±12V의 回路入力電源에 의하여 發振器에서의 高周波電壓은 一定하므로 檢出回路出力은 電流振幅에 比例한 直流電壓으로 出力된다. Condenser만의 交流回路에서 電流와 電壓과의 比와 같은 量인 리액턴스⁶⁾는 式(2)와 같이 나타낼 수 있고 이

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{E_m \sin \omega t}{I_m \sin \omega t} \dots\dots\dots (2)$$

- ω : Angular Velocity
- C : Electrostatic capacity
- f : Frequency
- E_m sin ωt : AC voltage
- I_m sin ωt : AC current

리액턴스는 電極사이의 電流의 흐름을 制限하는 一種의 交流抵抗이다. 結局 Fig. 3의 土壤水分計測回路에서의 出力電壓은 電流振幅에 比例하므로 Condenser 容量에 比例한 量으로 나타남을 알 수 있다.

3) Calibration

土壤水分과 Fig. 3의 檢出回路에 의한 電壓과의 關係를 求하기 위하여 實驗土壤 Coarse Sand 48.9%, Fine Sand 34.7%, Clay 16.4%의 砂質食養

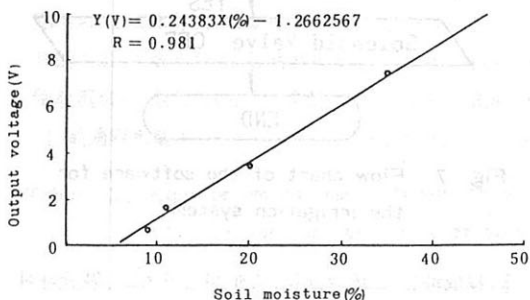


Fig. 4 Calibration curve between soil moisture and output voltage by using the gypsum block

土에 石膏블럭을 埋設하고 土壤이 飽和狀態가 되도록 水分을 加하여, 一定時間間隔으로 土壤의 무게와 出力電壓을 測定하고, 마지막으로 乾燥爐에서 105℃의 溫度로 完全乾燥한 무게를 基準으로 한 乾量基準土壤水分과 電壓과의 關係를 求하였다. Fig. 4는 土壤水分檢出回路에서의 出力電壓(V)과 土壤水分(%)과의 Calibration Curve이다.

4) CPU에의 入力

- OUT #AD, CH..... (1)
- INP #AD, VA..... (2)

Fig. 1에 나타난 것과 같이 檢出回路에서의 아날로그出力電壓은 A/D Converter에 의해 디지털信號로 變換되어 마이크로컴퓨터의 CPU에 入力된다. Fig. 3의 檢出回路에서의 出力電壓은 0~10V의 範圍이므로 A/D Converter Unipolar 回路를 選擇해서 變換한다.

위의 命令(1), (2)는 A/D Converter의 實行命令으로 變數 AD는 A/D Converter 回路上的 Dip switch에 의해 指定되는 Port-address이다. Port-address는 0~239까지의 숫자를 2進數로 變換하여 Table 1과 같이 指定한다. 命令(1)의 變數 CH는 A/D Converter의 人力 Port 0~7까지 8개의 Channel番號이며, 命令(2)의 變數 VA는 命令(1)에서 指定된 Port-address와 channel로 入力된 0~10 V의 土壤水分檢出信號를 0~255의 8 bit 2進數로 記憶하게 된다.

Table 1. Assignment of the port address by dip switch.

Channel No	0	1	2	3	4	5	6	7
Binary code	0	1	1	0	0	1	0	0
DIP switch	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

3. Solenoid Valve의 作動

1) Interface를 통한 出力

Microcomputer에 記憶된 프로그램에 의해 實行된 制御命令은 Interface를 통해 出力된다. Interface에서의 出力은 2進數의 1일때 High, 0일때 Low-level信號이다. 正論理로 Interfacing한 境遇 High-level信號는 5V, Low-Level信號는 0V이며, 必要한 境遇 反對의 出力은 否論理로 Interfacing함으로써 얻어진다. 命令(3)은 Interface 實行

- OUT #AD, VA..... (3)

Table 2. Output at the interface.

Channel No	0	1	2	3	4	5	6	7
Binary code	0	1	1	0	0	1	0	0
Output signal	L	H	H	L	L	H	L	L

命令이고, 變數AD는 A/D Converter에서의 같은

Port-address이며, 變數VA는 Table 2와 같이 出力하고자 하는 10進數의 숫자 또는 이 숫자를 指定하는 變數이다.

Table 2에 나타난 것은 1, 2, 5番 Channel을 통해 出力하기 위한 例로써, 正論理로 Interfacing한 境遇이며, 10進數로 變數VA가 100일 때의 경우이다.

2) Switch

Interface에서의 出力은 100V用 Pump나 Solenoid valve를 作物시킬 수 없으므로, Fig. 5, 6과 같은 增幅回路와 電力用 制御素子인 Relay 또는 Triac을 使用^{1), 2)} 한다. 壽命 2×10^8 회, 復歸時間 1/60sec의 機械式 接點의 Relay는 制御用量이 낮아 Fig. 5의 回路와 같이 두 개를 並列로 使用하였고, Fig. 6은 電子式 接點의 交流專用制御素子인 Triac을 使用한 回路이다.

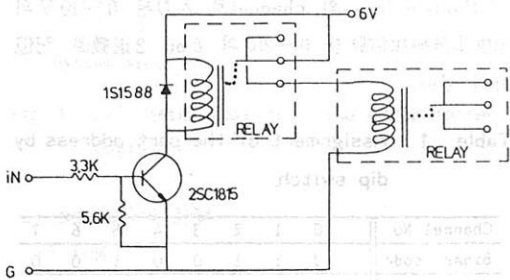


Fig. 5 Relay circuit diagram

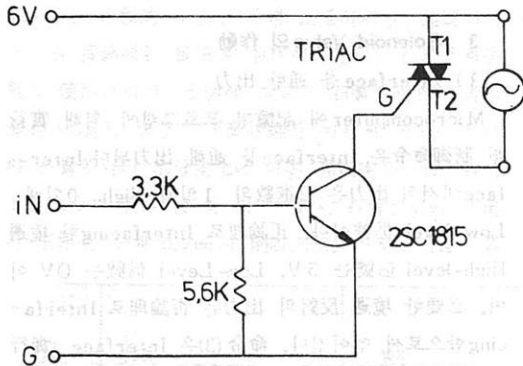


Fig. 6 Triac circuit diagram

3) Solenoid Valve

灌漑作業에 一般的으로 많이 使用하는 電動機에 의한 Pump는 CPU에서의 ON命令 即時 Pumping이 되지 않는 遲延時間등 制御誤差가 發生하기 때문에 本 實驗에서는 最近 産業 Automation에서 重要構成 部品으로 使用하고 있는 Solenoid Valve를 上水道

에 連結하는 方法을 試圖하였다.

4) 制御 Software

Fig. 7은 制御프로그램의 Flow chart이다. 土壤

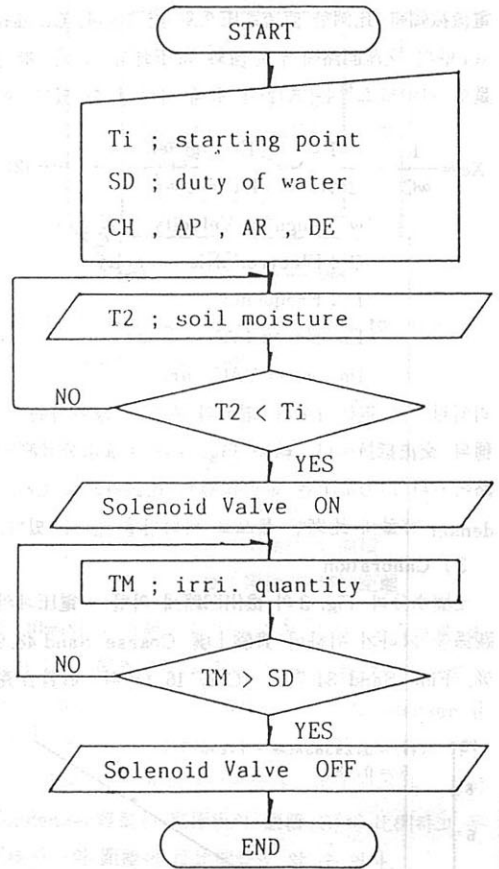


Fig. 7 Flow chart of the software for the irrigation system

을 構成하는 土壤成分을 크게 다섯가지로 區分하여 各各에 대한 灌漑開始點 水分으로 水分當量과 灌漑 水量인 用水量⁵⁾의 데이터를 入力한다. 이 데이터에 의해 石膏블럭이 埋設된 土壤의 構成百分率에 따라 灌漑開始點 水分(Ti)과 灌漑水量(SD)이 計算된다. 石膏블럭에 의해 檢出된 水分은 A/D Converter의 人力 port에 入力되고, 이 入力 port의 channel番號(CH)와, 石膏블럭이 埋設된 土壤의 面積 即 權漑面積(AR)과 權漑가 必要한 土壤의 깊이(DE)를 入力因子로 한다. Multi Flexer를 利用하면 여러 地點에 石膏블럭을 埋設할 수 있으며, 좁은 面積에서 作物과 土壤의 種類가 多樣한 경우에도 同時에 入力이 可能하다. 이 外에 入力因子는 灌漑에 利用 Solenoid Valve의 秒

當流量이다. 프로그램이 實行되면 土壤水分을 計測하여 현재 石膏블럭이 埋設된 地點의 土壤水分이 灌溉開始點 以下, 即 灌溉가 必要한 경우 Solenoid-valve를 作動시켜 入力된 데이터에 의해 決定된 灌溉水量을 入力因子인 Solenoid-valve의 秒當流量으로 나눈 時間까지 灌溉를 繼續하고, 灌溉가 끝나면 灌溉水量과 灌溉時間등을 Print하고, 土壤水分이 灌溉開始點 以上, 即 灌溉가 必要하지 않은 경우에는 土壤水分計測을 繼續한다.

III. 結果 및 考察

1. 灌溉方法

발作物의 土壤은 降雨나 充分한 灌溉以後부터 乾燥하기 始作하여 生長有效水分 即 灌溉開始點 水分으로 되면 다시 灌溉를 必要로 한다. 一般的으로 灌溉開始點水分으로 初期萎凋點과 水分當量을 取하고 있는데, pF2.7 程度의 水分이 植物이나 여러 微生物에 가장 利用되기 좋은 狀態로 알려져 있다. 그러므로 발作物의 土壤水分을 恒常 이 附近의 最適含水量으로 維持시키는 것이 가장 理想的이지만 實際에서는 不可能하므로, 土壤이 含有할 수 있는 最大의 水分量인 圃場容水量만큼 灌溉를 하고 灌溉開始點까지 土壤水分이 減少하면 다시 灌溉를 하여 平均적으로 土壤水分을 最適含水量이 되도록 하는 間斷灌溉法을 取하였다. 本 實驗에서는 Table 3과 같이 最適含水量에 가장 가까운 水分인 水分當量을 灌

Table 3. Equilibrium and optimum soil moistures of various component of soil

Soil component	Moisture equivalent (%)	Optimum soil moisture vol. (%)
Coarse sand	1.55	12-18
Fine sand	5.5	16-24
Sandy loam	12.0	20-30
Loam	18.9	23-33
Clay loam	27.4	24-36

溉開始點으로 하고, 灌溉하고자하는 土壤體積의 12~36%에 該當하는 圃場容水量의 60~80%의 量을 灌溉水量으로 하여 灌溉를 하였다.⁵⁾

2. 制御性能

本 研究에서 開發된 소프트웨어에서는 灌溉水量을 Solenoid-Valve의 秒當流量으로 나눈 時間 即 灌溉時間으로 制御를 하는데, 本 實驗에 사용한 마이크로 컴퓨터가 處理하는 最小時間單位가 秒單位이기 때문에 最大誤차는 Solenoid Valve의 秒當流量에 該當된다. 그러나, 灌溉方法에서 論한 바와 같이 土壤水分을 平均적으로 最適容量을 維持시키면 되고, 制御에서 發生하는 誤차가 作物에 影響을 미치는 것은 아니지만, 過多한 灌溉는 結局 浪費이므로, 可能하면 줄이는 게 좋을 것이다. 實際로 入力を Solenoid valve의 秒當流量으로 하고, 秒單位로 制御를 할 경우 灌溉時間이 100秒以上이면 誤차는 1%以下로 줄어든다.

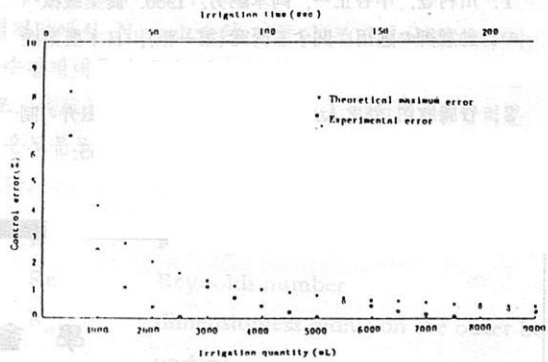


Fig. 8 Control errors depending on irrigation time and quantity

Fig. 8은 秒當流量이 41ml인 Solenoid Valve를 사용한 경우의 理論적으로 計算에 의해 구한 最大誤차와 實測에 의한 誤차를 나타낸 것이다.

은 값을 보여 주고 있다. 또한 실제 관계에서의 관계시간은 數~數拾秒 또는 分으로 끝나는 경우는 없으며 보통 數時間동안 關係를 하기때문에 制御誤차는 0에 가까운 값이 되며 본 시스템의 制御性能이 우수함을 인정할 수 있다.

IV. 結論

本 研究은 마이크로 컴퓨터를 이용하여 施設園藝에 있어서 栽培管理의 自動化 시스템 開發을 目的으로 이루어진 一連의 研究中 물管理 自動化에 關한 것이다.

즉 석고블럭으로 土壤水分을 計測, A/D 변환기를 통하여 마이크로 컴퓨터로 관계시기 判定과 관계수

량을 계산하여 Solenoid valve를 사용하는 관개 장치 作動이 On-line 制御되도록 하는 시스템을 製作하고 이를 제어하는 프로그램을 개발하여 制御性能을 檢討하였다.

얻어진 結果를 요약하면 다음과 같다.

1. 관개시기 판정 및 관개수량 계산을 위한 土壤水分 計測 Sensor로는 製作이 간편하고 염가인 석고블럭으로 性能이 충분하였다.
2. 관개수량 제어 소자는 Solenoid valve에 의한 경우 관개시간이 100초이상이면 制御 最大誤차가 1%이하로 되어 制御性能이 우수하였다.

參考文獻

1. 川村登, 中谷正一, 岡本嗣男. 1966. 農業機械への自動制御の應用に関する研究(第一報), 日本農業機械學會. 28(2): 67~72.
2. 谷腰欣司 外 2人. 1983. DC 모터와 電磁弁의 制御技術, 트랜지스타技術12, p. 312~355.

3. 電子展望編. 1976. エレクトロニクス301回路集, 誠文堂新光社, 東京. p. 47.
4. 松岡節, 日裏久英. 1978. 電子展望. 15(2), 誠文堂新光社, 東京. p. 77~80.
5. 関丙變 外 7人. 1983. 新制農業水利學, 7版, 卿文社, 서울 p. 42~121.
6. 朴夏仁 外 3人. 1982. 新稿電氣工學, 松園文化社, 서울 p. 8~21. p. 59~66.
7. 岡本嗣男 外 3人. 1980. マイクロコンピュータによる防除薬液自動希釈・散布システムについて, 神戸大學農學部研究報告, 14(1): 157~163.
8. 梅田重夫. 1981. 農業機械. 施設におけるマイクロコンピュータの利用, 日本農業機械學會 技術講習會資料: 1~13.
9. Hollis, P., Hindmarch, R. W. 1980. A microprocessor controlled farm management system. The Agr. Eng. 35(2): 35~37.
10. McCarthy, T. T. 1980. The microprocessor in Agriculture two application. The Agr. Eng.

學 會 廣 告

◎ 韓國農業機械學會誌 合本 販賣

學會創立 10周年 記念事業으로 學會誌를 合本 製作하여 販賣하오니 購入하시기 바랍니다.



- 冊 數: 2 (총1751페이지)
- 價 格: 帙當(2冊) 15,000원 (送料包含)
- 購入方法: 별첨 우편대체납입 통지서를 이용하여 송금하시면 즉시 우송하여 드림
- 기타사항: 部數가 100帙로 한정되어 있으므로 선착순으로 판매함