# 단일보드 마이크로 컴퓨터를 이용한 資料 蒐集裝置

# A Data Acquisition System based upon a Single-board Microcomputer

崔 昌 鉉*
C. H. Choi

## Summary

A data acquisition system was designed to measure the forces on a rolling coulter in three coordinated directions, angular velocity of the coulter and travel speed of a soil bin. The data acquisition system consisted of a dynamometer, speed transducers, a signal conditioner, an interface board, an Aim-65 microcomputer and a digital data recorder.

Strain gages were attached on the surface of the dynamometer and connected to form three Wheatstone bridges, which measure the draft force, the vertical force and the side force on the coulter. An interaction among three dimensional forces was found during the calibration. A matrix procedure was used to correct the forces for this interaction. Rotary shaft encoders were mounted on the coulter and on the soil bin drive to measure the angular velocity of the coulter and the travel speed of the soil bin. The angular velocity and the travel speed were computed by counting the number of pulse signals from the rotary shaft encoders every 0.2 second.

The digital signals from the rotary shaft encoders were connected to counters and the analog signals from the dynamometer, after passing through the signal conditioner, were connected to the A/D converter. The microcomputer programs, written in assembly language, were developed to read signals from the transducers, convert them to actual unit, display them upon request and record them on a sigital tape every 0.2 second.

## 1. 緖 論

作業機와 土壤의 相互作用을 보다 정확히 이해하기 위하여 正確하고 信賴性있는 資料蒐集을 위한 測定裝置의 開發이 필요하다. 半導體 産業의 발달과 더불어 마이크로 컴퓨터를 이용한 여러 형태의 資料 蒐集裝置들이 開發되어 使用되고 있다. 대부분의 資料 蒐集裝置는 여러 종류의 센서, I/O 인터페이스, 資料 貯藏裝置, 資料 分析裝置로 이루어진다. 資料 蒐集裝置의 信賴度는 측정 대상물의 변화를 최초로 感知하는 센서의 正確性에 의하여 결정된다. 正確하고 信賴性있는 資料 蒐集을 위하여서는 誤差가 작고 안정된 信號를 檢出할 수 있는 센서의 開發이 必要的하다. 資料 貯藏裝置는 사료의 보관과 사료 分析裝置의 入力裝置의 入力信號 형태에 의하여 결정되며 컴퓨터의 記憶素子, 즉 테이프, 마그네틱 테이프, 디스크 등이 많이 利用되고 있다.

마이크로 컴퓨터가 大衆化되므로서 資料 貯藏裝置와 資料 分析裝置는 個人用 마이크로 컴퓨터로 대체하는 傾向이 있다. 16비트 중앙처리장치(CPU)를 利用한 마이크로 컴퓨터는 다양한 프로그램의 使用, 보다 빠른 資料 處理速度, 하드 디스크등을 이용한 방대한 量의 資料 貯藏能力등의 長點을 가지고 있으므로 실험실의 資料 蒐集裝置에 많이 使用되고 있다. 그러나 圃場實驗時에는 적은 용량의 RAM, 컴퓨터의 부속장치 연결을 위한 많은 전력, 안

*成均館大學敎 農科大學 農業機械工學科

정된 電力 供給의 어려움, 먼지와 振動에 의한 시스템의 誤動作 등으로 보다 작고 간편한 시스템의 開發이 요구되고 있다.

하나의 보드 위에 모든 칩(chip)을 부착시킨 단일보드 마이크로 컴퓨터는 16비트 마이크로 컴퓨터보다는 느리고 資料의 貯藏能力이 부족하나, 부피가 작고 가격이 싸며 農業用 車輛으로부터 電源의 供給이 可能하고 각 센서들의 연결이 비교적 容易한 長點을 가지고 있어 圃場實驗을 위한 資料 蒐集裝置에 많이 利用되고 있다. 本 硏究의 目的은 播種機에 사용되는 圓板形 溝切器(coulter)의 作業效率을 評價하기 위하여 원판형 구절기에 作用하는 수평력과 수직력, 작업속도, 회전속도를 測定하여 자료를 貯藏할 수 있는 단일보드 컴퓨터를 이용한 資料 蒐集裝置의 構成에 있다.

## 2. 資料 蒐集裝置의 構成

圓板形 溝切器의 性能을 測定하기 위한 資料 蒐集裝置는 그림 1과 같이 센서, 信號 調整機(signal conditioner), I/O 인터페이스, 마이크로 컴퓨터, 資料 貯藏을 위한 디지탈 녹음기로 이루어 졌다.

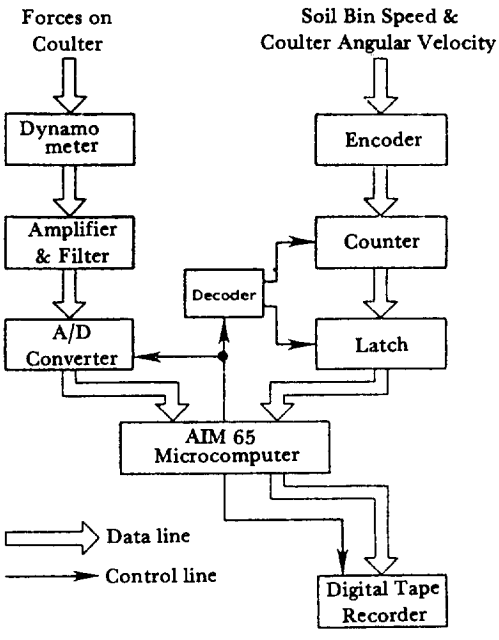



**Fig. 1. Block diagram of the data acquisition system**

### 가. 마이크로 컴퓨터

미국 Rockwell 회사에서 製作한 Aim-65 마이크로 컴퓨터가 資料 蒐集裝置에 使用되었다. Aim-65는 價格이 싸고, 중앙처리장치가 R6502인 1 MHz의 速度로 作動되는 8비트 단일보드 마이크로 컴퓨터이다. Aim-65 마이크로 컴퓨터는 20칸 크기의 5×7 도트 프린터, LED를 使用하여 20칸까지 숫자와 英文字가 出力 可能한 화면, 54개의 자판으로 이루어진 키보드, 2조의 오디오(audio) 녹음기 인터페이스, 텔레타이프 인터페이스, 데이타 入力과 出力을 위한 2개의 시리얼선(serial line), 2조의 8비트 兩方向 I/O포트, 4개의 制御線(control line), 2개의 타이머 등을 가지고 있다.

컴퓨터 보드에는 주변기기를 制御하기 위한 8 kbyte의 프로그램 ROM, 어셈블리 언어를 補助하는 4 kbyte의 ROM, 베이직 言語를 위한 8 kbyte의 베이직 ROM과 사용자의 프로그램 개발을 위한 4 kbyte의 RAM의 기억소자가 있다. 擴張 보드를 使用하므로서 사용자의 RAM을 64 kbyte까지 增加시킬 수 있다.

### 나. 센 서

#### 1) 牽引力과 垂直力 測定

圓板形 溝切器에 作用하는 牽引力, 垂直力 및 側方分力을 測定하기 위하여 Micro-measurement 회사의 스트레인 게이지(CEA-13-062 WT-120)를 利用한 檢力計(dynamometer)를 製作 使用하였다. 스트레인 게이지는 원판형 溝切器를 지지하는 외팔보의 중앙축에 附着되어 휘스톤 브리지(Wheatstone bridge)를 構成하였다. 외팔보는 알루미늄으로 製作되었으며 폭이 2.5cm, 높이가 2.5cm, 길이가 17 cm이다.

그림 2는 각 方向의 힘을 檢出하기 위한 스트레인 게이지의 構成을 나타낸 것이다. American Machine & Metal 회사의 RIEHLE 油壓 試驗機器와 Vishay Instruments 회사의 스트레인 측정기(모델 P-350 A)를 利用하여 檢力計의 測定感度를 시험하였다. 각 方向에 油壓機器로 220 Newton의 힘을 增加시키면서 스트레인을 測定하는 測定感度 시험은 2회 反復되었다.

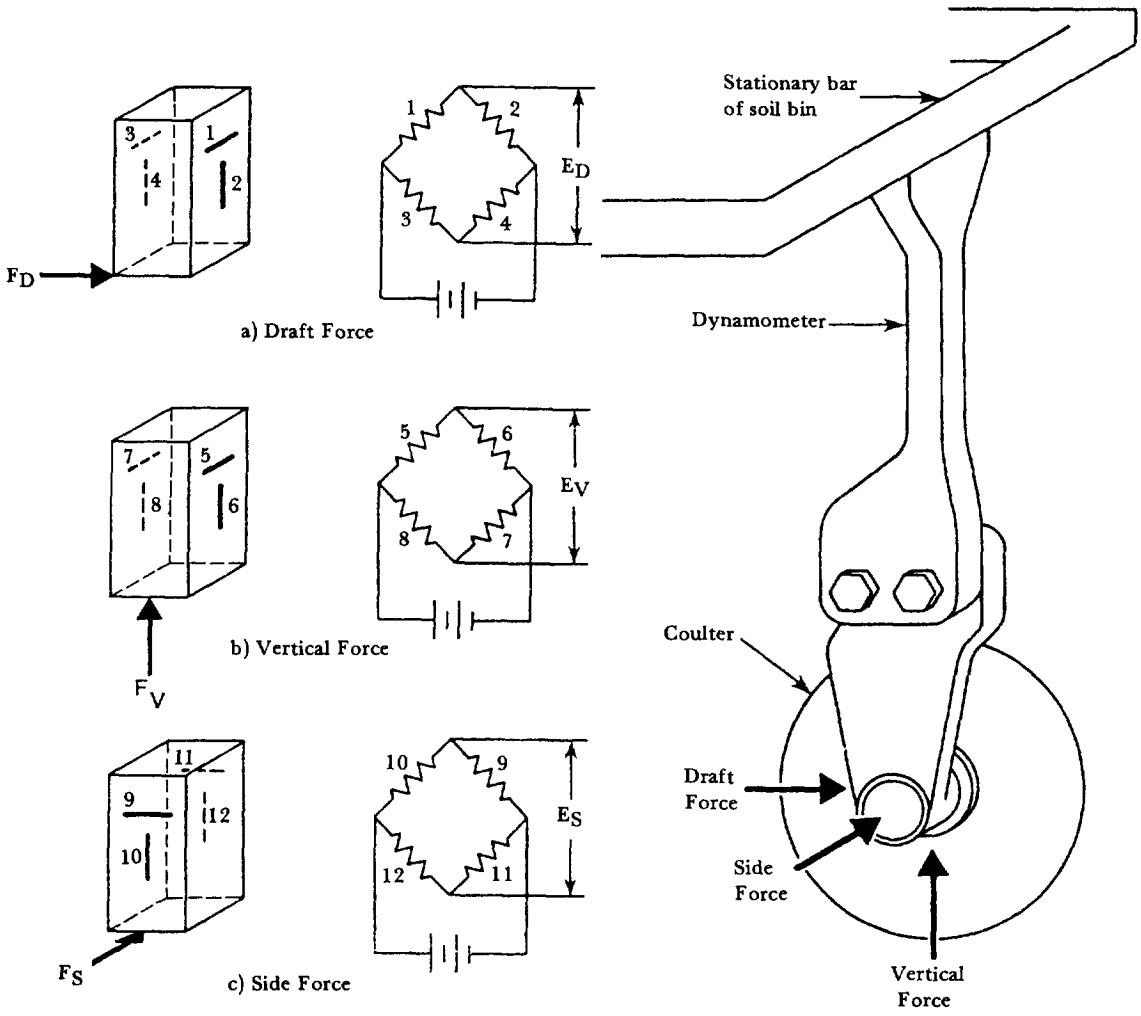



Fig. 2. Arrangement of the strain gages for the dynamometer

2) 速度 測定

溝切器의 回轉 速度와 人工 土槽의 走行 速度는 미국 Disc Instrument사의 로터리 인코더(rotary encoder) EC 81-1024-5를 使用하여 測定하였다. 로터리 인코더는 매회전당 1,024개의 TTL(transistor-transistor logic) 펄스(pulse)를 發生하므로 매 0.2초마다 이 펄스를 計數하므로서 溝切器의 回轉 速度와 人工 土槽의 走行 速度를 구할 수 있다.

제작된 디지탈 카운터(digital counter)는 0.2초당 99까지 計數할 수 있는 容量을 가지고 있으므로 로터리 인코더의 회전당 펄스는 4비트 카운터를 利用하여 溝切器의 回轉 速度 測定을 위하여서는 256개로 人工 土槽의 走行 速度 測定을 위하여서는 64개로 각각 調整하여 計數되었다. 카운터가 計數한 펄스로 부터 溝切器의 回轉 速度와 人工土槽의 走行 速度는 다음과 같이 계산 되었다.

$$w = 1.172\ N \quad \cdots\cdots (1)$$

$$V = 0.08573\ N \quad \cdots\cdots (2)$$

N = 0.2초마다 카운터가 計數한 펄스의 수

w = 溝切器의 回轉 速度 (RPM)

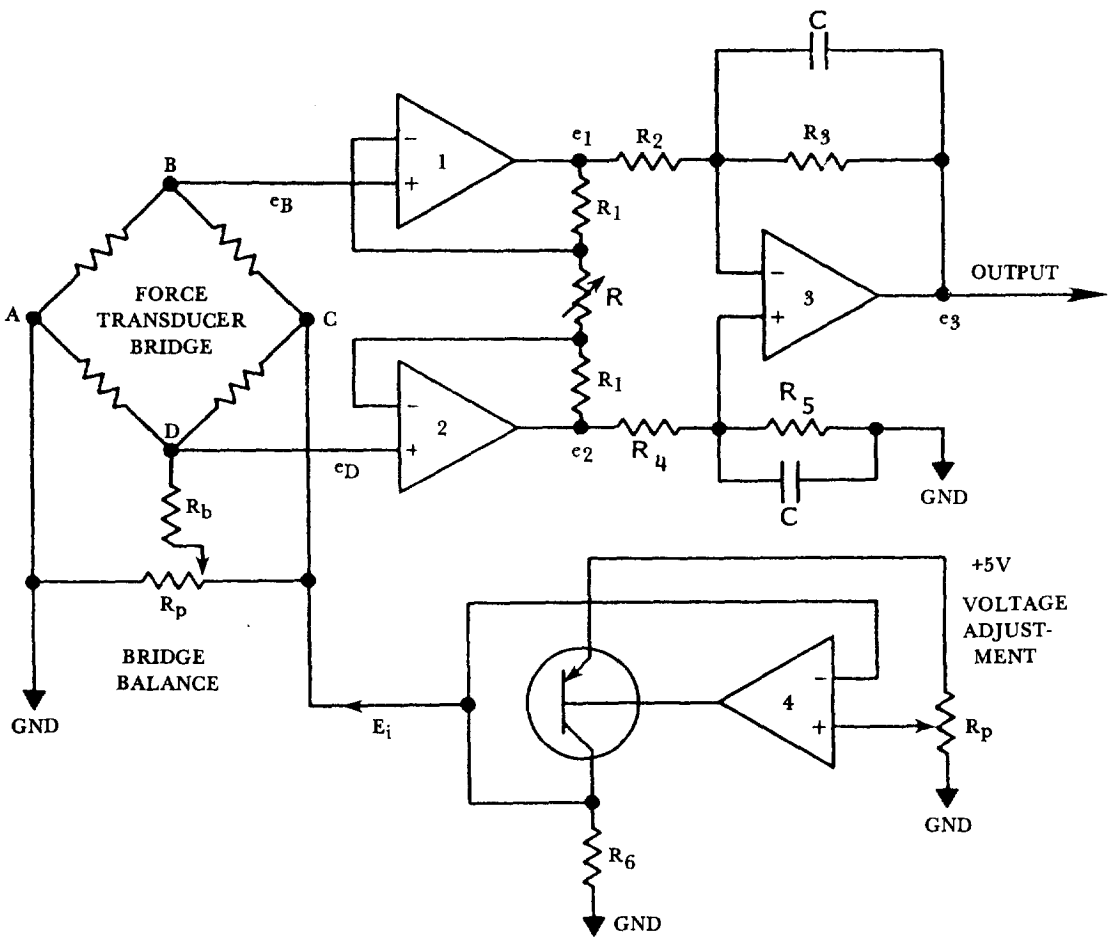
V = 人工 土槽의 走行 速度 (km/h)

### 다. 信號 調整器

3개의 채널을 가진 信號 調整器는 McConnell과 Park(1981)에 의하여 開發된 回路를 수정하여 DIP 프러그보드(plugboard)에 製作되었다. 각 채널은 增幅器와 필터로 이루어졌다. 그림 3과 같이 增幅器는 4개의 演算增幅器(OP-Amp)가 포함된 National Semiconductor의 LM348을 使用하였으며 增幅器에 필요한 電壓은 外部 電源으로부터 공급되었다. 外部 電源으로부터 安定된 電壓을 스트레인 게이지에 供給하기 위하여 電壓 조정회로를 구성하였다. 스트레인 게이지의 抵抗 變化에 의한 휘스톤 브리지의 出力은 OP-Amp 1과 2에 연결되었으며 OP-Amp 3을 통하여 出力된 增幅器의 信號는 필터로 連結되었다. 增幅器의 出力電壓($e_3$)은 휘스톤 브리지의 電位差($e_D - e_B$)에 의하여 아래와 같이 나타낼 수 있다.

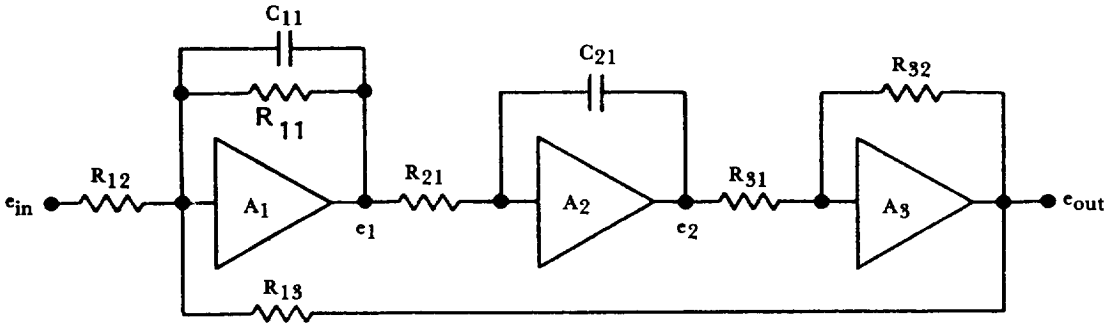
$$e_3 = (1 + R_1/R)\ (R_3/R_2)\ (e_D - e_B) \quad \cdots\cdots (3)$$

각 채널의 제어은 抵抗 R의 값을 변화시키며 200부터 2,000 사이로 調整되었다. 增幅器로부터 出力된 電壓은 잡음을 除去하고 安定된 信號를 檢出하기 위하여 필터로 連結되었다. 필터는 그림 4와 같이 製作되었으며 7 Hz의 고유 주파수와 65%의 감쇠율을 가지고 있다.




$R_1 = R_3 = R_5 = 100k\Omega$,
$R_2 = R_4 = R_b = 10k\Omega$, $R = 10k\Omega$(POT), $R_p = 100k\Omega$(POT), $C = 0.001\mu f$

Fig. 3. Circuit diagram of the amplifier




FOR $f_n$ = 7 Hz and $\zeta$ = 0.65

$R_{12} = R_{13} = R_{21} = 200k\Omega$, $R_{11} = 175k\Omega$, $R_{31} = 77k\Omega$, $C_{11} = C_{21} = 0.1\mu f$

**Fig. 4. Circuit diagram of the low pass filter**

### 라. I/O 인터페이스

인터페이스 보드는 DIP 프러그보드에 製作되어 신호조정기의 프러그보드와 함께 203㎜×305㎜×76㎜ 크기의 알루미늄 상자에 고정되었다. 인터페이스 보드는 그림 5와 같이 2組의 8비트 디지탈 카운터, 2組의 8비트 I/O 래치(Intel 8212), 디코더(SN 74145), 8비트 A/D 변환기(ADC 0817)로 이루어 졌다. 로터리 인코더에서 發生한 디지탈 신호는 8비트 카운터에서 計數되었으며 檢力計의 아날로그 信號는 信號 調節器를 통과한 후 A/D 變換器로 連結되었다.

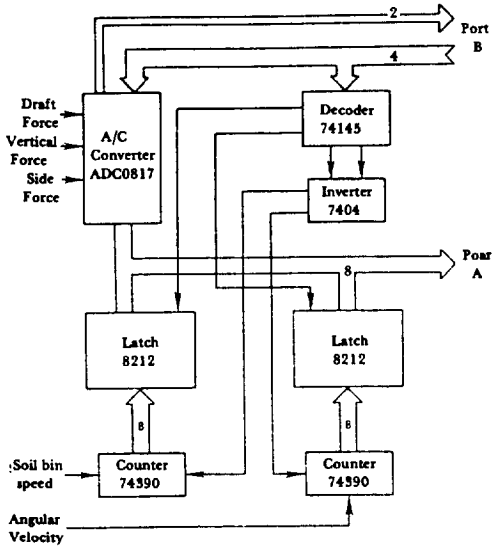



**Fig. 5. Block diagram of the interface board**

8비트 디지탈 카운터는 2개의 4비트 카운터(SN74390)를 連結하여 製作되었다. 8비트 디지탈 카운터는 十進法에 의한 BCD(binary coded decimal) 방식을 사용하므로 최대 99까지 計數할 수 있다. 로터리 인코더에서 發生되는 회전당 1,024개의 펄스는 디지탈 카운터의 容量에 비하여 너무 크므로 8비트 디지탈 카운터에서 計數하기 전에 4비트 카운터를 利用하여 구절기의 回轉速度 測定을 위한 로터리 인코너는 1/4로, 인공 토조의 走行速度 測定을 위한 로터리 인코더는 1/16로 펄스의 수를 減少시켰다.

8비트 디지탈 카운터의 出力은 I/O 래치를 통과한 후 A/D 變換器의 出力과 함께 마이크로 컴퓨터의 I/O 포트로 連結되었다. 마이크로 컴퓨터의 포트-A는 데이타 入力과 出力을 위하여 포트-B는 A/D 變換機와 디코더의 制御를 위하여 使用되었다.

### 마. 資料 貯藏裝置

Aim-65 마이크로 컴퓨터는 資料의 貯藏을 위하여 오디오 녹음기를 制御할 수 있는 카셋트 인터페이스와 디지탈 녹음기를 制御할 수 있는 데이터 入力과 出力을 위한 시리얼선을 가지고 있다. 오디오 녹음기(Radio Shack 사의 CTR-80A)는 資料蒐集裝置를 制御하는 프로그램을 貯藏하기 위하여 디지탈 녹음기(Techtrant사의 Data Cassette 817)는

蒐集된 資料를 貯藏하기 위하여 使用되었다.

오디오 녹음기에 資料를 貯藏하는 方法은 80 바이트의 데이타가 1조가 된 Aim-65 마이크로 컴퓨터가 制御하는 특수한 조별 貯藏方式으로 다른 컴퓨터를 利用하여 資料를 읽을 수 없다. 이 저장 방식은 Aim-65가 각 조별로 데이타를 受信하므로 하나의 바이트에 誤差가 있으면 전체 데이타를 읽을 수 없는 短點이 있다. 디지탈 녹음기는 標準化된 RS-232 C 포트를 가지고 있으므로 여러 종류의 컴퓨터와 資料의 送信 및 受信이 可能하다. 디지탈 녹음기는 아스키 코드(ASCII code)로 이루어진 資料를 手動 또는 自動으로 分類, 編輯, 送信, 受信할 수 있는 技能을 가지고 있으며, Aim-65 마이크로 컴퓨터의 프로그램에 의하여 自動 制御되었다. 收集된 資料는 아스키 코드로 變換된 뒤 그림 6과 같이 시리얼선을 통하여 디지탈 테이프에 貯藏되었다. 아스키 코드로 貯藏된 資料는 모뎀을 통하여 선자 계산실의 주컴퓨터로 傳達되어 分析하였다.

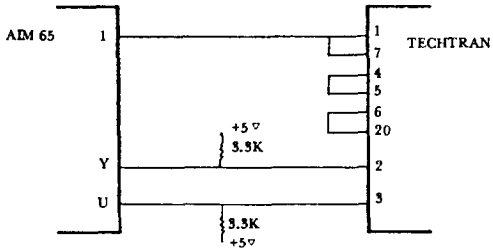



**Fig. 6. RS-232C connection between AIM 65 and digital tape recorder**

## 3. 資料 蒐集 프로그램

資料 蒐集 裝置를 制御하는 마이크로 컴퓨터의 프로그램은 I/O 인터페이스의 制御가 容易하고 베이직 언어 보다 實行 速度가 빠른 Aim-65 어셈블리 언어를 使用하였다. 그림 7은 프로그램의 흐름도를 나타낸 것으로서 본 프로그램은 0.2초마다 센서로 부터 檢出된 信號를 읽고 원하는 單位로 轉換하여 화면에 出力시키고 디지탈 테이프에 貯藏할 수 있도록 開發하였다.

本 資料 蒐集 프로그램은 주 프로그램과 十進法

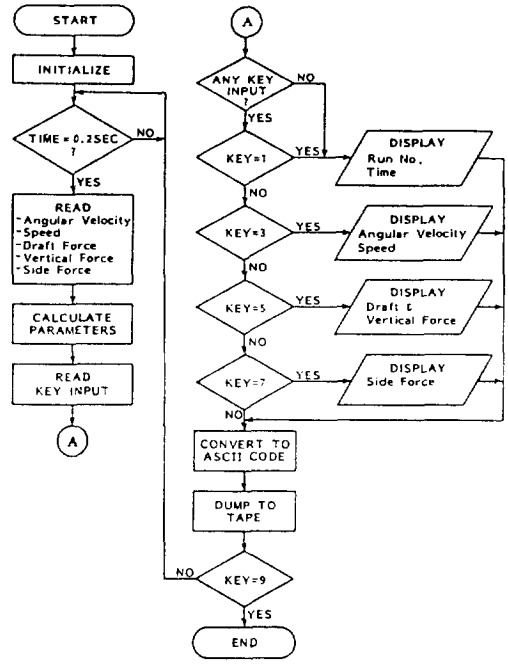



**Fig. 7. Program flow chart for the data acquisition system**

轉換, 곱셈, 나눗셈, 화면 출력, 資料 貯藏 등의 부프로그램으로 이루어졌으며 키보드의 入力에 의하여 화면의 出力이 制御되었다. 프로그램은 'F1' 키를 누르면 시작되어 '9' 키를 누르면 終了되었으며 Aim-65의 화면 크기가 20자이므로 화면 出力을 制御하기 위하여 '1' 키는 실험번호와 프로그램 총 소요시간을, '3' 키는 走行速度와 回轉速度를, '5' 키는 牽引力과 水平力을, '7' 키는 側方分力을 화면에 出力시킬 때 使用하도록 開發되었다.

## 4. 結果 및 考察

資料 蒐集裝置의 檢證실험은 大田 工業團地에 부착하기 전에 實驗室에서 수행하였다. 檢力計의 測定感度 시험 결과 각 방향의 힘에 대한 스트레인은 좋은 直線性을 보여주었다. 그림 8, 그림 9, 그림 10은 測定感度 시험결과 나타난 牽引力, 水平力, 側方分力과 스트레인의 관계를 나타낸 것이다. 垂直力은 檢力計의 壓縮力에 의하여 牽引力과 側方分力은 檢力計의 굽힘 모멘트에 의하여 각각 測定되었다. 굽힘

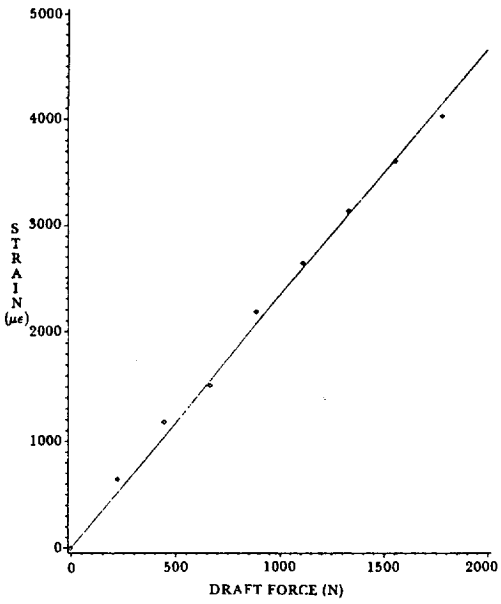



Fig. 8. Result of draft force calibration

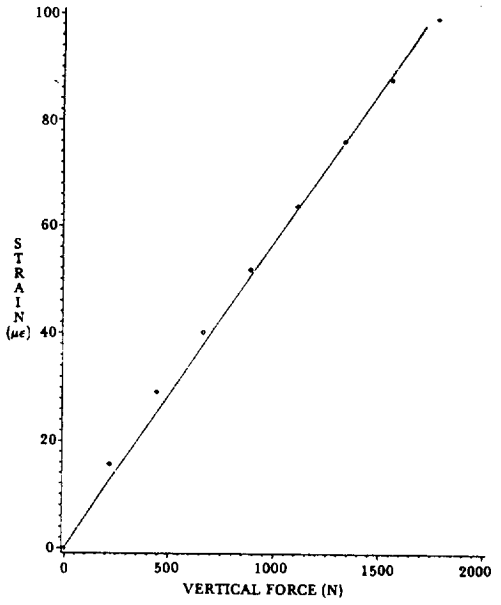



Fig. 9. Result of vertical force calibration

모멘트보다 壓縮力에 대한 스트레인의 變化가 작으므로 垂直力 測定을 위한 增幅器의 게인은 增加시켰다. 사험기기의 하중을 增加시키며 資料 蒐集裝置를 이용하여 牽引力, 垂直力, 側方分力을 측정한

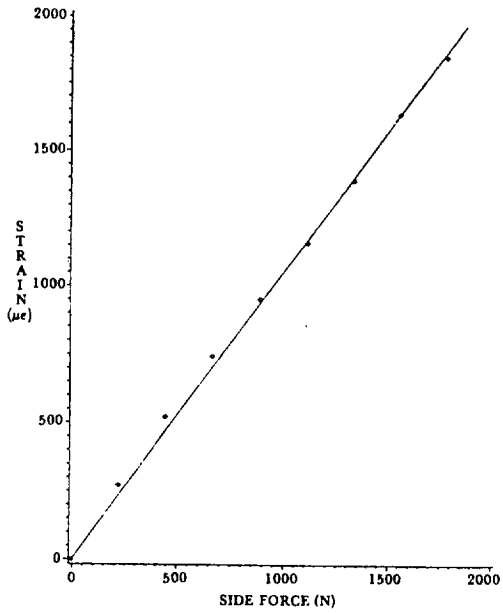



Fig. 10. Result of side force calibration

結果, 각 방향 간의 힘의 干涉을 發見할 수 있었다. 각 방향 간의 힘의 干涉을 줄이기 위하여 Perumpral등(1980)이 제시한 行列式에 의한 작업기의 힘의 分析方法을 利用하여 檢力計는 다음과 같이 補正되었다.

牽引力 $Fx = 1.08\ Mx + 0.52\ My - 0.10\ Mz$ (4)

垂直力 $Fy = 1.78\ Mx + 1.05\ My + 0.18\ Mz$ (5)

側方分力 $Fz = -0.14\ Mx - 0.11\ My + 0.98\ Mz$ (6)

여기서 $M_x$, My, Mz는 스트레인 게이지로부터 測定된 값을 나타낸다.

人工 土槽 실험시는 일정방향의 側方分力을 豫測하였으나, 자체의 振動으로 인하여 兩方向의 側方分力이 測定되어 구절기의 각도를 調整하여 側方分力이 생기지 않도록 調整하였으며 側方分力은 測定되지 않았다.

이 檢力計는 3조의 스트레인 게이지로 設計되었으므로 構造上 힘의 干涉을 완전 除去할 수 없었으며 세 방향의 힘을 동시에 測定하기 위해서는 檢力計의 構造를 變更하여야 된다는 것을 발견하였다.

函數 發生器를 利用하여 入力된 信號는 신호 조정기를 통과한 出力信號와 比較하여 測定되었다. 信

號 發生器는 檢證 實驗時 매우 正確한 출력 상태를 보여 주었으나 人工 土槽에서 실험시에 振動에 의한 소음과 磁氣現象 등에 의한 환경요인으로 부터 誤差가 發生하였다. 센서의 電源과 신호 조정기의 電源을 완전 분리하므로서 誤差가 減少하였으나 소음에 의하여 發生되는 誤差는 완전히 除去되지 않았다. 로터리 인코더는 디지탈 신호의 特性으로 인하여 환경의 影響을 받지 않고 매우 正確히 作動하였다. 로터리 인코더에서 발생한 펄스를 資料 蒐集裝置와 100 MHz의 實行速度를 가진 카운터를 利用하여 計數하여 比較한 結果 그 差異는 1%를 초과하지 않았다.

## 5. 要約 및 結論

圓板形 溝切器(coulter)의 作業效率 評價에 필요한 자료를 정확하고 효율적으로 測定하기 위하여 Aim-65 마이크로 컴퓨터를 이용한 資料 蒐集裝置를 개발하였다. 資料 蒐集裝置는 溝切器에 作用하는 牽引力, 垂直力 및 側方分力을 測定하기 위한 檢力計, 溝切器의 回轉 速度와 人工 土槽의 走行速度를 測定하기 위한 로터리 인코더, 신호의 增幅과 소음 除去를 위한 信號 調整機(Signal Conditioner), 데이타의 입력과 출력을 制御하기 위한 I/O 인터페이스, 단일보드로 이루어진 Aim-65 마이크로 컴퓨터, 資料 貯藏을 위한 디지탈 녹음기로 이루어졌다.

資料 蒐集裝置의 制御 프로그램은 Aim-65 어셈불리 언어를 使用하였으며 키보드의 入力에 의하여 制御되었다. 프로그램은 0.2초 마다 센서로 부터 檢出된 信號를 읽고 원하는 單位로 轉換하여 키보드의 入力신호에 의하여 필요한 資料를 화면에 出力시키고 디지탈 테이프에 貯藏할 수 있도록 開發하였다.

檢力計에 나타난 각 방향 간의 힘의 干涉을 最少化하기 위하여 行列式에 의한 힘의 分析방법을 이용하여 補正하였으며 信號 調整機의 공급 電源과 센서의 공급 電源을 분리하므로서 資料 蒐集裝置의 誤差를 줄일 수 있었다. 각 방향 간의 힘의 干涉을 排除하며 세 방향의 힘을 동시에 測定하기 위하여서는 檢力計를 다시 설계할 필요가 있다. 디지탈 펄스를 發生하는 로터리 인코더는 카운터를 이용하여 매우 정확한 速度의 測定이 가능하였다.

## 參考文獻


1. 柳寬熙, 柳永善, 姜 根, 朴普淳, 張世權. 1985. 트랙터의 圃場性能評價를 위한 資料 蒐集處理 시스템의 개발. 農業機械學會誌 10(2)19-26.
2. 李揆昇, 鄭昌柱, 李鎔國, 朴勝濟. 1988. 農用車輪의 性能評價를 위한 人工土槽 시스템의 製作 및 資料蒐集 시스템의 構成. 農業機械學會誌 13(2) : 28-37.
3. **Bedri, A.A., S.J. Marley, W.F. Buchele, and T.A. Smay. 1981. Tractor performance monitor based on a single-chip microcomputer. ASAE Paper No. 81-1543.**
4. **Chung, Y.G. 1983. An instrumentation system for measuring tractor field performance. Unpublished Ph.D. dissertation. Library, Iowa State University, Ames, Iowa.**
5. **Dally, J.W. and W.F. Riley. 1978. Experimental stress analysis. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.**
6. **Grevis-James, I.W., D.R. DeVoe, P.D. Bloome and D.G. Batchelder. 1981. Microcomputer based data acquisition system for tractors. ASAE Paper No. 81-1578.**
7. **McConnell, K.G. and Y.S. Park. 1981. Electronic compensation of a force transducer fro measuring fluid forces acting on an accelerating cylinder. Experimental Mechanics. 21(4):169-172.**
8. **Morris, D.A., S.W. Searcy, and B.A. Stout. 1983. On-board tractor microcomputer system. National Conference on Agricultural Electronics Applications, Dec. 11-13, 1983, Chicago, Illinois, ASAE.**
9. **Perumpral, J.V., L.C. Chance, F.E. Woeste, and C.S. Desai, 1980. A matrix method for**


〈241페이지에 계속〉

control system for CASE 4WD tractors. SAE. paper No. 810941.

11. Dwyer, M.J. 1969. The effect of draught control response on the performance of agricultural tractors. J. Agric. Eng. Res. 14(4):295-312.
12. Dwyer, M.J., D.A. Crolla and G. Pearson. 1974. An investigation of the potential for improvement of tractor draught controls. J. Agric. Eng. Res. 19:147-165.
13. Hesse, H. and W. Schrader. 1984. Hitch system comparison-mechanical, hydraulic, electronic. SAE. paper No. 841130.
14. Hobbs, J. and H. Hesse. 1980. Electronic/Hydraulic hitch control for agricultural tractors. SAE paper No. 801018.
15. Kawamura, N. 1980. Farm machinery in a stage of mechantronics. Power Farming : 5-8.
16. Matsui, K., H. Terao, T. Matsumi, K. Ohmiya, and S. Tsunematsu. 1972. Depth control performance of a controlled plow. Hokaido Bran. Journal of JSAM 13:1-5.
17. Smith, D.W. 1974. Variations in the forward motion of farm tractors. Ph.D. Thesis, Univ. of Illinois Library. Urbana, Illinois.
18. Squire, R.E. 1984. Electronic draft control system. ASAE publication 8-84:67-75.
19. Taniguchi, T., T. Ono, K. Ohtomo, and A. Kanada. 1972. Studies on the hydraulic draft control system of farm tractors (part 1)-Stationary experiments. Hokaido Bran. Journal of JSAM 12:1-7.
20. Taniguchi, T., T. Ono, and K. Ohmoto. 1976. Control characteristics on draft-controlled plowing as level land plowing. Hokaido Bran. Journal of JSAM 16:16-20.
21. Taniguchi, T., T. Ono, and K. Ohmoto. 1976. Control characteristics on draft-controlled plowing—Plowing the field of sinusoidal undulation. Hokaido Bran. Journal of JSAM 17:4-9.

〈228 페이지에서 계속〉

force and moment analysis on a tillage tool. Transactions of the ASAE. 23(5):1072-1075.

10. Rockwell International Corp. 1979. AIM 65 microcomputer user's guide. Rockwell International Corp., Microelectronic Devices, Anaheim, California.
11. Strange, K., L.L. Christianson and R. Alcock. 1982. Portable instrumentation package for measuring tractor work. ASAE Paper No. 82-5516.
12. Tompkins, F.D. and L.R. Wilhelm. 1982. Microcomputer-based tractor data acquisition system. Transactions of the ASAE. 25(6):1540-1543.
13. Wilhelm, L.R., K.E. DeBusk, A.R. Womac, and M.W. Cantrell. 1982. A data acquisition system for field use. ASAE Paper No. 82-3030.