

## 水理實驗의 디지털 計測解釋

洪 吉 杓\*

- |           |                          |
|-----------|--------------------------|
| 1. 序言     | 3. Computer에 의한 信號處理의 準備 |
| 2. 信號의 一般 | 4. 水理量의 測定               |

### 1. 序言

最近, 數年間に 걸쳐서, 比較的 小型 computer의 發達이 顯著하다. 이것은 주로 大規模集積回路(LSI)의 進歩에 의한 것으로 micro computer, micro processor라고 불리는 從來의 大型 computer의 中央演算處理機能과 같은 形式의 것을 몇 개의 칩에 集積한 것이 中心으로 되어 있다. 이것의 發達에 수반되어, 大型機등을 中心으로 이루어졌던 信號處理나 데이터 解析이, personal computer로서, 어디에서나, 누구라도 간단히 實行할수 있게 되었다.

이러한 周圍與件의 好調에 따라 水工學分野에 있어서도 制御計測에 computer, 특히 personal computer를 使用하는 機會가 늘고 있다. 그러나, 制御計測分野는 hardware가 主種으로서 水工學分野의 從事者에게는 어려운 課題이므로 여기에서는 이것의 適用이나 使用에 關한 system이나 Software적인 內容만을 取扱한다. 따라서 우선 digital 信號의 表現, 데이터의 變換등의 一般論과 Computer에 의한 信號處理의 準備, 信號處理方法등을 記述하고, 끝으로 現在 國立建設試驗所에서 使用中에 있는 波高(또는 水位) 制御計測 System에 대하여 소개한다.

### 2. 信號의 一般

信號란, 通報를 物理的으로 具體化하는 것으로

서 어떠한 情報 혹은 通報를 운반하고 있는 物理量, 예를들면 電壓, 電流, 壓力, 인피탄스 등의 實際로 計測할수 있는 物理量이라고 말할수 있다. 따라서 物理量으로서 計測될수 없는 것은 信號로 될수 없으며, 데이터는 보통 解析 되어야 하는 資料, 材料에 해당하는 것으로 생각하는 경우가 많다.

物理量의 表現方法에는 analog와 digital 2가지 방식이 있는데, 이것의 區別은 形態가 틀리며, 表示하는 時間이 連續 또는 不連續인 것으로서도 다르다. 즉 아나로그는 時間表示가 連續의이고 디지털은 不連續의이다. 따라서 連續된 量을 디지털화하는 데에는 "sampling"로서 測定해야 한다. 이렇게 表現 또는 測定된 量을 解析하는 方法에도 아나로그量 그대로의 波形狀態대로 解析하는 아나로그 解析과 어느 一定의 間隔마다 그 波形을 數值로서 읽어서, 이 數值를 計算에 의하여 解析하는 디지털 解析이 있다.

또, 信號는 物理量으로서 計測할수 있어야 하는데, 여기서 計測이란 古典的으로는 "어느 物理量을 數值的으로 나타내는 것"이나, 最近의 表現을 빌리면 "不確定인 것 즉 情報工學的인 엔트로피를 줄이는 行爲, 또는 그 結果이다"라고 定義하는 수가 많다.

어떠한 物理量으로서 變換하면 計測 될수 있는지를 생각해 보면 (1)變位, (2)壓力 또는 힘, (3)電壓 또는 電流, (4)인피탄스의 4개의 基本的 信號로서 變換하면 된다. 이와같은 4개의 어느 것

에, 다른 信號, 예를 들면 빛이나 溫度, 周波數 등을 變換하여 주면, 다음은 一般的인 計測器로서 구할수 있다.

2.1 信號의 表現

連續되어 있는 信號라면 無限大의 情報量을 갖고 있는 것으로 생각할수 있는데, 그 무한대의 정보량으로부터 有限個의 데이터를 取하는 것을 離散化 또는 디질탈화라고 한다. 즉, 연속된 양을 낮個로서 表現된 量을 離散量이라고 하며, 連續量을 離散量의 數列로 바꾸는 것이다.

時間의으로 變化되고 있는 量의 一定區間을 그 區間內의 어느 一定으로서 代表시키는 것을 Sampling(또는 標本化)라고 하는데, 이것은 時間을 파라메타로 한것이나, 다른것을 파라메타로 취급해도 된다. 즉 時間軸 대신에 振幅을 離散의인 값으로 表現되는 경우에는, 이것을 量子化라고 한다. 예를 들면 音響信號와 같은 것으로서 連續으로 變化하는 信號가 아나로그 信號이며, 時間 振幅 모두로 離散의인 값으로 나타내는 信號로 디지털 信號이다. Fig 1에서, 아나로그 信號의 時間方向의 離散化를 標本化, 振幅方向의 離散化라고 한다.

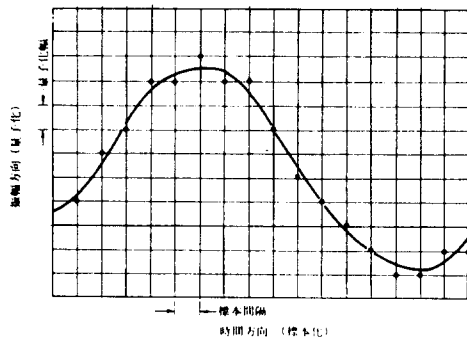


Fig. 1 標本化의 量子化

1) 標本과 信號

標本時刻(標本點 時刻, 샘플링 時刻)을  $t_i$ , 단,  $i = 1$ 自然數} 로서 연속적인 信號  $x(t)$ 를 이산화하면 다음과 같이 된다.

$$x_i = x(t_i) \tag{1}$$

$t_i$ : 표본시각

$$i \in I, I = \{1, 2, \dots, \infty\}$$

일반적으로 어느 정해진 간격으로서 샘플링하므로, 이 간격을  $\Delta t$ 라고 하면

$$t_i = i\Delta t \tag{2}$$

$\Delta t$ : 표본점 간격, 표본간격, 샘플링 간격, 샘플간격로 된다. 식(2)를 식(1)에 代入하면

$$x_i = x(i\Delta t) \tag{3}$$

로 된다. Fig 2와 같이  $i$ 는 一般的으로 有限으로서, 그 個數(데이터 數)를  $n$ 라고 하면  $i \in \{1, 2, \dots, n\} = N$ 로 놓는다.

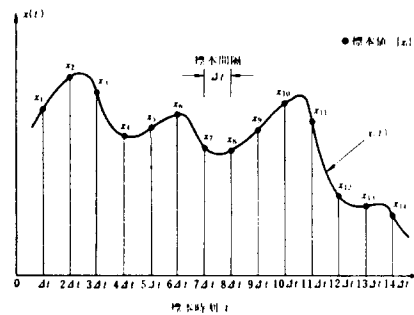


Fig. 2 data의 標本化

2) 量子化

前述한 바와 같이 量子化는 振幅方向에 대하여 離散化를 한것이다. 예를 들면  $x(t)$ 라고 하는 함수의 값은 연속양이나, 이것을 어느 값으로서 量子化를 하는 경우, 어느 有限의 數列로 置換하는 것을 의미한다.

8bit의 A/D (아나로그 디지털) 變換器를 이용하여  $x$ 라고 하는 電壓에 대하여 量子化를 한 경우, A/D 變換器出力을 256레벨로 되고

$$q: x \rightarrow y \tag{4}$$

$$y \in \{0, 1, 2, \dots, 255\}$$

$x$ : 아나로그 入力

$q$ : 量子化 함수

$y$ : 디지털 出力

로 나타내어 진다. 이식으로부터 알수 있듯이,  $x$ 의 값을  $\{0, 1, 2, \dots, 255\}$ 의 256레벨에 대응시키는 것만이고, A/D 變換기의 bit수를 늘리는 것은, 이 對應레벨數를 많게 하는 것이다.  $x$ 는 연속양이므로, 그 모든 값을 量子化器(A/D 變換기)로서 보장하기 위하여는 무한대의 bit

數를 갖는 量子化器가 必要하게 되며, 量子化의 誤差를 考慮해야 된다. 또 微小入力の 量子化에는 信號對 雜音比도 考慮할 必要가 있다.

2.2 데이터 表現을 위한 諸量

一次元 데이터 表現을 위하여 必要한 諸量에 대하여 생각하여 보면, 振幅方向의 離散化에 대하여 충분한 데이터의 表現能力이 있다고 假定할 때, 量子化誤差는 다른 아나로그 系의 처리과정의 精度以下로 제어 될수 있다. 이 조건으로서 量子化에 의한 영향을 생각할 必要가 없으므로 信號는 다음식으로 나타내어지는 바와 같이

(1) 量子化 데이터 :

$$x_i - x(i \Delta t) \text{ for } i \in \mathbb{N} \quad (5)$$

로 表現된다. 여기서 식(5)의  $i$ 는 無限大까지 나타내고 있으나, 디지털 해석을 실제로 행하는 경우에는, 計算機는 無限大의 量을 취급하므로, 有限의 값으로 해야 된다. 따라서, 우선  $i$ 의 값을 정하고, 그 個數를 데이터의 個數 혹은 데이터數, 標本의 個數, 標本數등으로 부른다.

(2) 데이터의 個數 :  $N$

$$i \in \mathbb{N}, N = \{1, 2, \dots, N\}$$

이미 나왔으나, 標本의 간격을  $\Delta t$ 로 한다.

(3) 標本의 間隔 :  $\Delta t$

여기까지의 양으로부터 계속시간이 정해진다.

(4) 계속시간 :  $T = \Delta t \times N$

2.3 데이터의 變換

測定된 데이터를 그래프로 그린다면, 또 統計的인 性質을 調査하는 경우에는 어느 標準值로서 規格化하는 것이 좋다. 예를 들면 그래프를 그리는 경우에는 데이터를 最大값으로서 規格化하면, 어느 데이터라도 一定한 크기의 그래프로 할수 있다. 이와같이 데이터의 最大値로서 規格化하는 方法은 다음과 같다.

$$x_i \leftarrow x_i / \max(x_i) \text{ for } i \in \mathbb{N}$$

프로그램에 의하여 데이터의 最大値를 찾고, 그 뒤에, 모든 데이터를 그 最大値로서 나누는 조작을 할 수 있다.

그래프등의 데이터 變換은 이것으로 좋다고 하더라도, 통계적인 성질을 조사하는 경우에는 보다 더 좋은 데이터의 變換이 必要하다. 이것이 일반

적으로 統計등의 책에 많이 나오는 「平均이 0에서 分散이 1」이라고 하는 表現에 해당되는 變換이다. 이와 같이 변환하면 統計的 데이터의 퍼짐 및 平均이 一定하게 되고, 그 데이터를 검토할 때 편리하다. 이것에는 다음과 같이 變換을 한다.

$$x_i \leftarrow \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \text{ for } i \in \mathbb{N}$$

3. Computer에 의한 信號處理의 準備

1) 디지털 데이터의 表現

디지털 데이터의 表現을 간단히 말하면

$$\{x_i\}, i \in \mathbb{N}$$

라고 하는 데이터를 어떻게 file로서 computer의 안에 넣어 두느냐에 지나지 않는다. 이것은 結局 Fig 3과 같이 file의 設計가 된다.

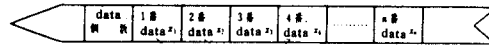


Fig. 3 file의 構造

여기에서는 file의 構造는 다음과 같이 最低의 情報量으로서 하는 것으로 한다. 즉 데이터의 個數와 그것에 계속되는 데이터의 線形 list로 하는 것이다. 또 최후에 코멘트라도 넣어두는 것이 좋다.

SOH(start of header), STX(start of text)나 ETX(end of text)등은 computer에 의하여 실제의 file의 構造의 종류에 의하여 틀리는 경우가 많다. 예를 들면 數値는 computer의 内部에서 당연히 그 進數로서 表現되고 있으나, data file로 變換 할 때에는, 그대로 그 進數로 表現되어 들어가는 것과, ASC II나 EBCDIC등의 符號를 써서 들어가는 것이 있다.

데이터를 線形 list로 表現 할 때에는 BASIC에서는 프로그램의 안에서  $N$ 와 같은 중요한 定數를 “定數”로서 등록 되지 않고, 또 廣域變數로서 정의 되지 않으므로 곤란하게 된다. 廣域變數, 局所變數의 區別이 되지 않는 것과, 定數, 變數의 區別이 되지 않는 것은 BASIC의 最大의 欠點일

것이다. 이 欠點 때문에 큰 프로그램을 만들 때에는 언제나 變數(定數)의 안의 數值가 파괴되지 않을까 주의 해야 되고, module마다 並列로 프로그램을 만드는 것이 어렵게 된다.

2) Computer의 interface의 基礎

複數의 computer나 computer와 外部入力機器에의 접속은, 선이 1,2本으로서 간단히 되지 않는 것이 보통이다. 예를 들면 personal computer와 大型 computer or TSS로서 音響 coupler를 써서 접속한다고 할때 실제로 어떻게 해야하는지 모르는 경우가 많다. 여기에서는 이러한 入出力의 基本的인 事項에 대하여 personal computer의 入出力을 중심으로 생각해 보면, Fig 4에 그 1例가 나타나 있다.

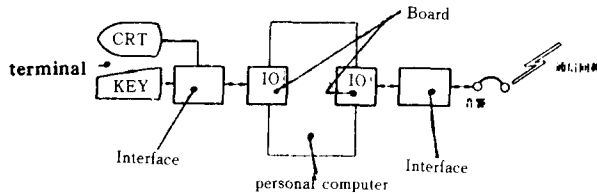


Fig. 4 personal computer의 入出力例

보통 computer에는 標準의 入出力을 준비하여 사용자가 사용하는 기계와 그것들을 적당히 접속시키도록 되어 있다. computer와 外部의 機器를 접속하는 變換部分의 設計를 생각해야 되며, 이 變換部分을 interface라고 한다. 또 Computer側의 入出力의 部位를 I/O 포트 (Input / Output Port)라고 한다.

데이터는, 이 I/O 포트를 써서 뽑아내며, 이 데이터의 入出力의 形式으로서 parallel 방식과 serial 방식의 基本的인 2個의 方法이 있다.

3) 信號處理의 方法

디지털 解析에서는 데이터가  $x = x(n \Delta t)$ 로 離散量으로서 주어지기 때문에 이것을 處理하는 方法으로서는, 確率密度函數, 移動平均, 同期加算, 相關函數 등이 方法이 있으며, 이것들의 자세한 內容은 專門書를 參考하기 바란다.

4. 水理量의 測定 시스템

水理 實驗에서는 水理量(주로, 水位, 流速, 流量, 壓力 등)을 正確히 測定하여 解析하는 것이 重要한 課題이다. 또 現地(proto type)의 調査나 實驗이 아닌 縮尺된 實驗屋서의 實驗에서는 模型(model)에서의 水理現象을 再現시키는 것이 더욱 重要한 課題이기도 하다. 따라서, 實驗室에서는 水理量의 精度 높은 測定解析은 물론 水理現象의 再現에 computer, 특히 personal computer를 利用하는 機會가 점차로 增加 되는 추세에 있다. 水理量도 一般的인 信號의 測定과 마찬가지로, 變位, 壓力 또는 힘, 電壓 또는 電流 및 인피탄스의 基本 信號로 變換시킬수 있다. 이러한 基本信號로서의 變換量은 그 크기가 작은 경우가 대부분으로서 增幅器 등으로서 增幅시킨 信號로서 data recoder類에 저장하여, 離散量을 디지털화 즉 A/D 變換하여 解析을 하고, 반대로 디지털량을 D/A 變換하여 信號로서 水理現象의 再現에 利用하는 過程을 computer로서 操作하게 된다.

이와같은 一連의 作業은 前述한 基本信號로서 變換시킬수 있는 測定器와 data recoder, A/D 變換器만 있으면 Computer에 의하여 간단히 處理가 可能하다. 다음에는 이와 같은 水理量의 再現 및 計測, 解析의 制御解釋 System의 一例로서 國立建設試驗所의 造波制御解釋 System을 간단히 소개한다.

(1) 概要

이것은 造波裝置를 任意의 波形으로서 구동시키기 위한 것으로서, 基本波形을 key(spectral 入力) 및 A/D converter(波形入力)에 의하여 入力한다. 入力된 基本波形은, FFT 解析後, 造波效率에 의하여 보정을 하고 逆FFT 變換後, 造波裝置에 보낸다.

또 加振後의 波形을 波高計를 써서 實測直로서 A/D Converter에 의하여 基本波形과 spectral 과의 比較가 可能하다.

(2) 機器構成과 Block diagram

기기의 構成은 다음과 같으며, block diagram

은 Fig 5와 같다.

Computer	PC-9801 VM21	(NEC)
CRT	PC-KD854	(NEC)
A / D Board	AD12-16A(98)	(CONTEC)
D / A Board	DA12-2(98)	(CONTEC)
Printer	PC-PR 201H	(NEC)
Tractor Feeder	PC-PR201H-03	(NEC)

波高計

波高計用 增幅器

Buffer Unit (TML)

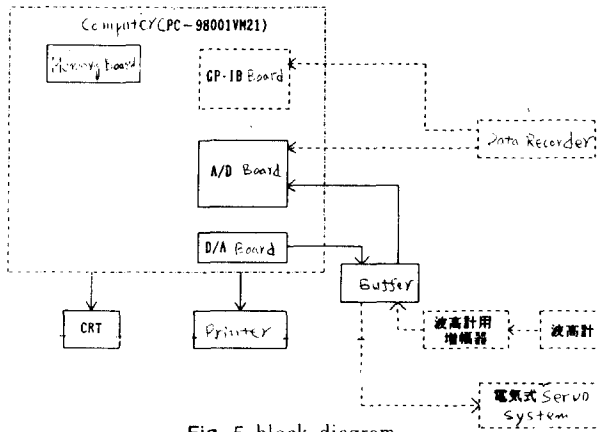


Fig. 5 block diagram

(3) 解析 program의 構成과 機能

program은 MS-DOS에 의거 N88BASIC 및 Compiler BASIC을 사용하여 記述되어 있고, —

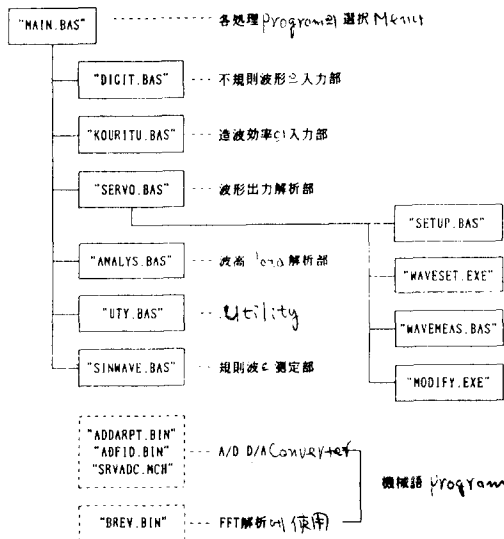


Fig. 6 program의 구성

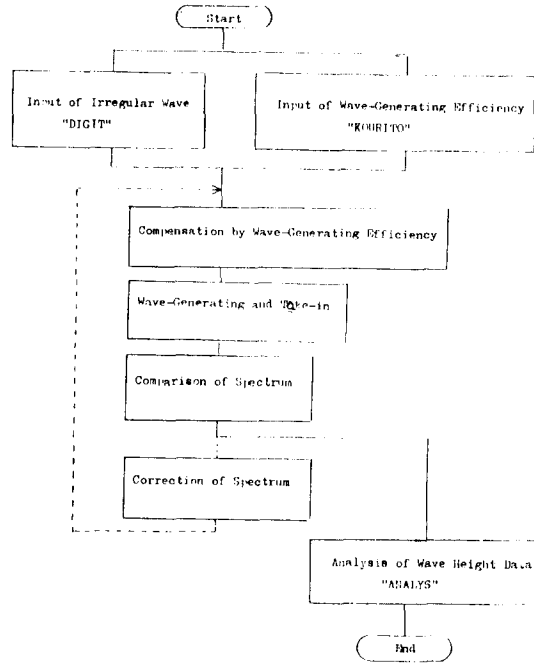


Fig. 6(b) 해석 조작 flow

부분에는 A / D Converter의 구동부분 등은 machine 語로서 記述되어 있다. Program의 構成은 Fig 6(a), (b)와 같다.

또 program의 機能을 열거하면 다음의 14가지가 있다.

- A / D Converter에 의한 基本不規則波의 入力
- 計算式에 의한 基本不規則波의 spectral 入力
- key board로 부터의 基本不規則波의 spectral 入力
- 基本 random波 data의 修正
- 基本 random波의 FFT 解析, 逆FFT變換
- 造波效率의 測定
- 造波效率에 의한 補正
- D / A converter에 의한 波形 data의 出力
- 波高計로 부터의 data의 入力
- 波高計로 부터의 波形 data의 FFT 解析
- 上記解析結果에 의한 基本 random波의 比較, 修正
- 解析結果의 逆FFT 變換
- 얻은 data의 floppy disk에의 기록 및 읽음
- 前期各項目에 있어서 入力波形, 修正 및 解析 波形의 表示, 印字