

컴퓨터를 이용한 實時間 制御 시스템

曹 裕 根

<서울대 工大 電算工學科 · 工博>

1. 序 論

컴퓨터를 利用하여 實時間(real time)에 實驗을 관찰하거나 制御하는 技法이 점차 일반化되고 있다. 여기서 實時間이라 함은 시스템에 따라 差異는 있으나 比較的 짧은 時間안에 컴퓨터가 연결된 裝置의 상태를 파악하여 이에 대응하는 制御信號를 보내야 한다는 時間的 제약을 갖는 것을 의미한다. 이러한 技法에서는 컴퓨터는 연결된 실험장치에서 일어나는 상황을 감지하여 그 상태에 따라 制御信號를 보내도록 設計되어 있다. 컴퓨터를 利用한 實時間實驗에서는 데이터의 획득, 데이터의 分析, 各種 裝置의 制御를 컴퓨터의 소프트웨어에 의해 처리한다. 컴퓨터를 實時間 制御에 利用하기 위해서는 그림 1과 같은 인터페이스가 필요하다. 大部分의 實時間 시스템에 있어 이들 인터페이스를 設計하는 基本原理은 大同小異하다.

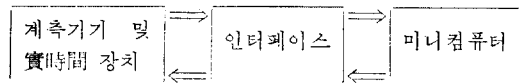


그림 1 實時間 實驗裝置의 概略圖

實時間裝置에서 發生되는 信號들은 컴퓨터의 入力 要求에 맞추어 조절되어야 하며, 컴퓨터의 出力 또한 實時間裝置들을 구동시킬 수 있는 信號로 바뀌어져야 한다. 이 인터페이스에 의한 데이터 傳送이나 제어 信號등은 전부 컴퓨터내 의 프로그램에 의해 좌우된다.

實時間시스템은 任意로 發生하는 外部신호에 의해 시스템이 動作된다는 特性을 갖는다. 外部 信號란 連結된 實驗裝置에 依한 데이터의 發生 또는 이들 장치로 부터의 制御 要求等이다. 이러한 信號에 대한 처리는 여러 단계의 연속된 作業에 의해 이루어지고 各 作業은 엄격한 時間 制約을 받는다. 實時間 시스템은 사람에 의한 개입을 最小化하려는 관찰 및 制御시스템이다. 물론 시스템의 故障이나 기능장애 時, 또는 관찰되는 裝置의 目的을 변경하거나 裝置의 파라 메터를 조정하기 위해 사람이 개입할 수 있게 되어 있다.

여기에 利用되는 컴퓨터 시스템의 特性은 完全히 制御용으로 專用되고 설사 最高 負荷(peak load) 時에도 實時間 反應이 보장되도록 構成되어 있다는 點이다. 따라서 各 裝置의 效率的 利用보다는 상황의 變化에 따른 信賴性 있는 대처 가 더욱 우선적인 시스템이다.

實時間 시스템은 生産라인을 관찰하거나, 파이프 라인 形式의 連續적인 프로세서를 制御하거나, 환자의 상태변화를 점검하거나, 교통신호 시스템 또는 實驗裝置를 觀察하고 制御하는 데 利用된다.

2. 하아드웨어의 構成

實時間 시스템에서 發生하는 信號를 컴퓨터에 入力시키기 위해서는 디지털 信號로 變換해야 한다. 大部分의 信號는 컴퓨터에 直接連結할 수

解 說

없는信號들이며 때로는 電氣의信號가 아닌 경우도 많다. 즉 이들信號는 機械的變位로 나타나거나, 氣壓, 流體의 흐름, 放熱, 溫度變化 등으로 나타난다. 이들을 컴퓨터에 入力하기 위해서는 電氣的信號로 바꾸어야 한다. 이러한 電氣的信號는 원래의信號가 변함에 따라 比例의으로 변해야 하며 이러한 變換機能을 가진 기기를 變換기(transducer)라 일컫는다. 變換기는 에너지를 한 형태에서 다른 형태로 變換시키는 器機이다. 大部分의 計測器機는 원하는信號를 측정 가능한信號로 바꾸어 주는 變換기를 使用하고 있다.

컴퓨터用的 인터페이스(interface)設計에서는 各種形態의 에너지를 電氣的 에너지를 바꾸는 機能이 제일 중요하다. 이러한 變換기의 例로는 빛 에너지를 電氣 에너지로 바꾸는 포토셀(photo cell), 機械的變位를 전압이나 임피던스로 바꾸는 포텐셔미터(potentiometer), 機械的 에너지를 電氣的信號로 바꾸는 스트레인 게이지(strain gauge) 등이 있다.

變換기에 의해 발생되는 電氣的信號는 때로는 共通的인 形態와 범위(range)로 바꿀 필요가 있다. 이러한 목적에 쓰이는 장치들은 시그널 컨디셔너(signal conditioner)라 불린다. 이들의 기능은 전압 및 전류의 增幅, 임피던스 變換等이다. 높은 임피던스를 갖는 기기에서 發生하는 낮은信號를 正確히 다루어야 하는 시그널 컨디셔너는 價値가 高價이다.

다음 시그널 컨디셔너에서 나오는 아나로그信號를 디지털信號로 變換해야 한다. 이를 위해 A/D(analog/digital) 變換機가 쓰인다. 大部分의 경우 하나의 A/D 變換機를 利用하여 여러개의 아나로그信號를 디지털信號로 變換한다. 하나의 A/D 變換機에 여러개의 아나로그信號를 연

결할 수 있게 하는 장치는 아나로그 멀티플렉서(multiplexer)라 불리며, 아나로그 멀티플렉서는 프로그램의 制御에 의해 選擇된 아나로그 입력을 A/D 變換機에 연결시킨다.

컴퓨터에 의해 發生하는 出力이 實時間裝置를 制御하기 위해서 다시 인터페이스가 利用된다. 이들 인터페이스는 주로 전압 變換장치, 동력 전달장치, D/A 變換機 등으로 構成되어 있다. 그림 2는 실시간 시스템에서 신호의 흐름을 보여 준다.

實時間 實驗에 利用되는 컴퓨터는 應用分野에 따라 그 規模가 크게 변한다. 通常의 應用에는 마이크로프로세서를 利用한 시스템이 많으며 예를들면 TI 990 이나 LSI 11 등의 프로세서 등이 이용된다. 특히 시스템의 성격상 오퍼레이터나 관찰하는 사람의 개입이 거의 필요 없는 경우나 시스템이 일단 작동한 후 변동없이 長時間 가동될 수 있는 경우는 마이크로프로세서를 利用하는 것이 좋다. 이 경우 시스템을 完全히 固定된 回路로 構成하기 보다는 많은 部分을 프로그램으로 作成하여 ROM(read only memory)나 PROM(programmable ROM)에 저장해 두는 것이 바람직하다. 보다 큰 計算能力이 必要하거나 사람의 개입이 필요할 때는 PDP 11 이나 NOVA 등의 컴퓨터를 使用할 수 있다. 이들 컴퓨터는 實時間裝置에 利用되지 않는 時間에는 이제까지 수집된 데이터의 分析이나 分析 보고서의 作成等 實時間 利用과 무관한 일을 행한다. 데이터의 量이 많거나, 방대한 데이터의 수집 및 처리가 요구되는 시스템에서는 비교적 큰 컴퓨터가 사용된다.

美國의 경우 특히 軍事的 명령 및 統制 시스템에는 專用目的으로 特別히 設計된 大型 시스템이 쓰이고 있다.

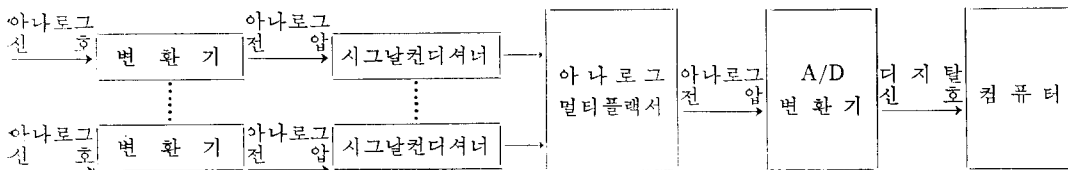


그림 2 실시간 시스템에서 신호의 흐름

일반적으로 實時間 利用에 적합한 프로세서의 特性을 들면,

1. 인터럽트 취급 및 分析 機能
2. 進行中인 作業의 轉換 機能
3. 소요시간 측정 機能과 실제 시각을 알려 주는 기능

등이다. 즉 외부 인터럽트에 대한 신속한 반응이 필요하고, 프로그램을 빨리 轉換하며, 미세한 시간의 흐름을 정확히 측정할 수 있어야 한다. 따라서 원하는 實時間 利用에 大容量의 기억장치와 計算能力이 큰 大型 프로세서가 必要하고, 그 프로세서가 實時間 利用에 必要한 인터럽트 構造를 갖지 않았을 경우에는 實時間 利用에 알맞은 프로세서를 實時間 裝置에 연결시키고 이를 다시 大型프로세서에 연결시킬 수도 있다. 實際 實時間 利用에서는 여러개의 컴퓨터를 사용하는 경우가 허다하다. 그 이유는 시스템의 신뢰도를 높일 뿐만 아니라 관련된 시스템 사이에 기능을 분산시킬 수 있기 때문이다. 즉 여러개의 프로세서가 각각 다른 實時間 應用을 관장하므로 하나의 프로세서가 作業을 進行中일 때는 다른 장치에 依해 中斷되지 않으며, 비록 한 부분에 사고가 발생해도 다른 부분에 영향을 주지 않는다.

그림 3에 보인 것이 여러개의 컴퓨터를 利用한 實時間 시스템의 例이다. 여기에는 세계의 마이크로 프로세서가 각각의 感知機에 연결되어 있다. 각 프로세서는 각자에게 연결된 장치를 제어하며 적당한 時間마다 개략적인 데이터나

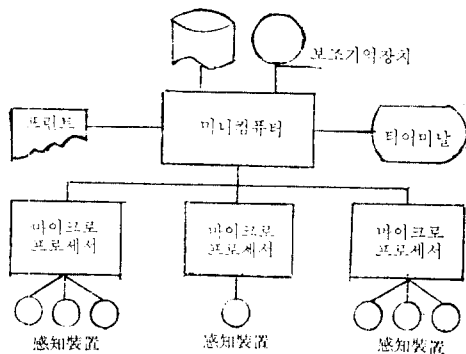


그림 3 여러개의 컴퓨터를 이용한 實時間 시스템

特殊 상황에 대한 데이터를 보다 큰 미니컴퓨터에 보내면 미니컴퓨터는 인쇄된 보고서를 만들거나, 데이터를 축적한다. 또한 미니컴퓨터에 연결된 터미널을 통하여 全體시스템의 行態를 관찰하거나 변경시킬 수도 있다.

3. 소프트웨어의 特性

컴퓨터는 實驗을 제어하기 위해 입출력 인터페이스를 통하여 명령을 보내거나 장치의 상태를 파악하며 이 작업은 전부 프로그램에 의해 수행된다. 즉 프로그램을 통하여 데이터를 수집하는 명령을 보내고, 實時間 實驗裝置의 각 計器의 상태를 감지한다. 이들 裝置는 지정된 상태가 발생하면 컴퓨터에 인터럽트(interrupt) 신호를 보낼 수도 있다. 인터럽트는 컴퓨터의 效率의 利用을 위한 重要한 技法으로 컴퓨터의 中央處理裝置가 現在 進行中이던 作業을 中斷하고 긴급한 外部의 要求를 받아들일 수 있도록 한다 즉 인터럽트를 利用하면 컴퓨터가 外部 장치의 狀態變化를 수시로 파악해 보지 않아도 外部 장치의 變化를 컴퓨터에 알릴 수가 있다. 이 인터럽트를 利用하여 外部 信號에 의해 作動(event-driven)되는 시스템을 具現할 수 있으며 이것은 實時間 시스템의 가장 뚜렷한 特性이다. 이 概念은 내부 프로그램들의 狀態에 따라 각 裝置의 利用率을 높이도록 動作(process-driven)되는 시스템과 區別된다. 이를 위해 實時間 시스템의 中央부에 큐 매니저(queue manager)라는 프로그램이 있어 外部로부터의 信號를 받아 들어이를 處理, 分析하는 프로그램을 實行시킨다.

實時間 소프트웨어의 또 다른 特性은 모든 데이터가 온라인이며 모든 처리 프로그램이 온라인으로 신속하게 실행 可能해야 한다는 點이다. 처리 프로그램은 전부 또는 大部分이 主記憶裝置內에 存在해야 하며, 그렇지 않은 경우에는 記憶裝置 管理技法이 신속하여 짧은 時間內에 補助記憶裝置로 부터 主記憶裝置로 프로그램을 옮길 수 있어야 한다. 또한 中央處理裝置의 管理技法도 可能하면 간단히 하려는 경향이 있다.

즉 처리 프로그램들은 정해진 시각이나 프로그램 완료시까지 實行되며, 시스템의 全體的 效率를 向上시키려는 努力은 거의 없다. 大部分의 實時間 시스템은 特殊 目的에 맞추어 하드웨어나 응용 프로그램, 오퍼레이팅 시스템 등이 專用으로 設計된다. 따라서 이들은 서로 밀접한 연관성을 가지며 응용에 使用되는 모든 처리 프로그램은 시스템 設計의 一部로 인식된다. 이는 컴퓨터의 여러 資源을 관리하는 오퍼레이팅 시스템이 취급해야 할 모든 시스템 制御 活動을 輕減하거나 없앨 수도 있다는 것을 의미한다. 예를 들면 中央處理裝置에 대한 利用 스케줄이 外部信號에 對한 反應으로 계획되기 때문에 오퍼레이팅 시스템에는 一般성을 갖는 스케줄링 알고리즘이 없다.

實時間 시스템의 마지막 特性은 프로그램의 작성이나 시스템 開發이 시스템의 運營과는 別個라는 點이다. 때로는 프로그램의 開發을 도와주는 프로그램 開發 시스템(program development system)을 실제 시스템을 構成하기 전에 開發해야 할 必要도 있으며, 또는 既存의 오퍼레이팅 시스템을 利用하여 프로그램 開發을 行하는 수도 있다. 이때 사용되는 컴퓨터가 실제 實時間 시스템에 이용될 컴퓨터와 同一한 構造를 갖지 않아도 된다. 크로스 컴파일러(cross compiler)나 크로스 어셈블러(cross assembler)를 使用하여 전혀 異種의 기계에서 처리 프로그램을 開發할 수도 있다. 크로스 어셈블러나 크로스 컴파일러는 컴퓨터 시스템의 응용소프트웨어의 하나로 現在 사용되는 컴퓨터를 利用하여 다른 컴퓨터의 기계어 코오드를 作成하는 프로그램이다. 이들을 이용하면 尙早 設計된 實時間 시스템에 사용될 프로그램을 전혀 다른 컴퓨터에서 미리 設計할 수 있게 해준다.

마이크로프로세서를 시스템에 使用 할 경우에는 마이크로컴퓨터 개발시스템(microcomputer development system)이라 불리는 소프트웨어 開發을 위한 시스템을 利用하여 기계어 코오드를 만든 후 이를 PROM에 넣어 실제 시스템에 使用할 수 있다.

모든 實時間 시스템에서 하아드웨어, 응용 프로그램 및 시스템 機能이 완전히 연관되어 設計되는 것은 아니다. 때로는 開發費用을 줄이기 위해 比較的 低水準의 오퍼레이팅 시스템 인터페이스를 提供하여 하나 이상의 應用을 同時에 行할 수 있게 하기도 한다. 또한 既存의 오퍼레이팅 시스템을 實時間 應用에 맞도록 補完한 例도 있다. 參考文獻[3]의 경우를 보면 既存의 오퍼레이팅 시스템에,

- 1) 프로그램間的 交信技法 補完
- 2) 인터럽트를 100 마이크로 秒 이내에서 처리할 것
- 3) 인터벌 타이머(interval timer)를 提供
- 4) 우선 순위에 의한 스케줄이 可能할 것 등을 補完하여 既存의 타임셰어링 시스템을 實時間 응용에도 利用할 수 있게 하였다.

4. 應用 事例

여기서는 完全히 專用目的에 맞게 設計된 시스템이 아니고, 一般적으로 利用可能한 裝置들을 利用하여 여러 種類의 實時間 實驗을 관찰, 제어하는 시스템의 한 例를 살펴보자[4].

그림 4에 보인 裝置는 벨랩(Bell Laboratories)에서 개발한 實時間 實驗制御裝置로 中央에 Digital Equipment Corporation(DEC)社의 PDP 11/45를 두고 주위에 마이크로 컴퓨터와 인터페이스 裝置들을 連結한 시스템으로 機械的 테스트, 磁場의 測定, 低溫 傳達體(convective)에 對한 實驗의 制御에 使用되었다. 여기에 사용된 裝置들의 特性은 아래와 같다.

- 1) 電氣의 信號들은 A/D 및 D/A 變換裝置에 의해 入出力되며 電壓의 범위는 10 볼트로서 5 mm 볼트까지 正確度를 갖는다. 또한 프로그램을 利用하여 正確度를 0.5 mm 볼트까지 높일 수 있다.
- 2) 2進 信號들은 DR(LSI DRV-11)병렬 인터페이스를 利用하여 각 16개의 入出力을 담당할 수 있다. 出力 信號는 TTL 信號로 作動되는 장치를 稼動시킨다. 入力 信號는 스위치의 閉鎖,

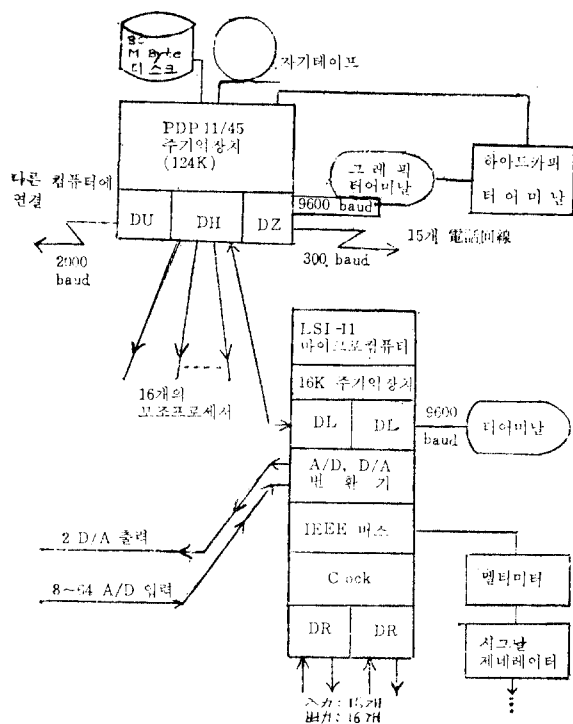


그림 4 여러개의 마이크로 컴퓨터를 이용한 실험 제어장치 예(參考文獻 4)

TTL信號, 인터럽트등을 포함한다.

3) IEEE 버스(IEEE-488)를 이용하여 복잡한計測器들을連結시킬 수 있다. 특히 이 시스템의 長點은 既存의 오퍼레이팅 시스템을 補完하여 利用하므로써 소프트웨어의 開發이나 變更이 容易하다는 點이다.

5. 結 論

컴퓨터를 이용한 實驗에서는 實驗器機를 컴퓨터에 連結하여 컴퓨터 프로그램이 데이터의 수

집이나 파라미터의 조정등을 簡便하게 된다. 따라서 데이터 수집에 있어 正確性이 커지며 實驗의 進行에 관한 完全한 기록을 얻을 수가 있다. 즉 짧은 時間에 發生하는 大量의 데이터를 正確히 蒐集할 수 있다. 컴퓨터를 이용한 實驗은 단순 반복적인 일들을 代身해 주므로써 科學者들이 보다 더 창조적인 일에 沒頭할 수 있게 해준다.

이들의 가장 큰 長點은 컴퓨터의 高速計算能力을 利用하여 이전에는 不可能했던 새로운 形態의 實驗을 可能케 하는 點이다. 컴퓨터를 이용한 實驗을 強力한 道具를 利用할 줄 아는 사람들에게 새로운 場의 實驗技法을 提供할 것이다.

參 考 文 獻

1. H. Lorin and H.M. Deitel, Operating Systems, Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Mass, 1981
2. J. Finkel, Computer-Aided Experimentation: Interfacing to Minicomputers, John Wiley & Sons Inc., New York, 1975
3. H. Lycklama and D. L. Bayer, "UNIX Time-Sharing System: The MERT Operating System," Bell Systems Technical Journal, Vol.57, No.6, pp. 2049~2086, 1978
4. B. C. Wonsiewicz, A. R. Storm and J. D. Sieber, "UNIX Time-Sharing System: Microcomputer Control of Apparatus, Machinery, and Experiments," Bell Systems Technical Journal, Vol.57, No.6, pp. 2209~2232, 1978

