

자동제어 기술의 Digital화 경향

Tendency of Digitalized Technology for the Plant Control

허 성광

한국전력공사

1. 概 要

Computer 가 産業機器 또는 發電所에 使用되기 시작한 것은 1960년대 후반이었으나 이때는 設備의 部分的으로 自動起動, 停止 또는 精密을 要하거나 반복적으로 수행하는 단순행정에 應用을 시도하였다. 이들 시도는 Computer 應用能力, Computer 의 使用과 技術의 限界性 때문에 별로 성공적이진 못하였다.

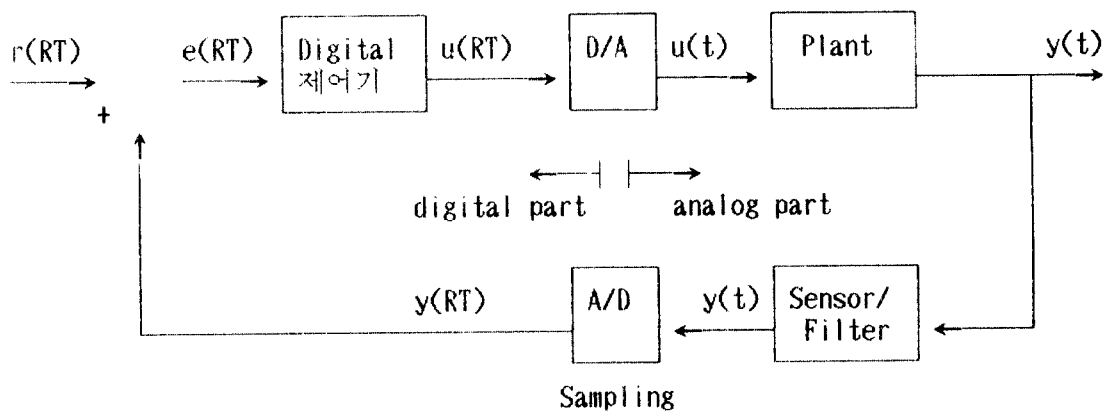
그러나 Digital Technology 의 急速한 발전은 Micro-Processor 를 수용한 機器와 P.C 및 Computer 의 言語解讀 能力을 다방면으로 걸쳐 광범위하게 利用하게 하였으며 이들 Computer 에 대한 Programing 언어와 응용 Software 가 使用者에게 친숙하게 응용되면서 쉽게 適用되었다.

1980년도 부터 이들 Micro-Processor 의 성능과 信賴性이 입증되어 발전소의 制御裝置에도 適用하게 되었으며 설치의 간단화, 制御系의 自動応答 調整으로 운전상태의 감시기록과 자기고장 진단 기능등 Digital 化가 점차 확대 보급되고 있다.

最近의 發電所도 단위용량이 증대 (火力: 500~1000MW, 原電: 900~1300MW) 됨에 따라 종래의 Analog 制御에서 어려웠던 각종 機能을 Digital 方式으로 實用化 시킴으로써 高信賴性의 立證이 확인되고 있다.

2. Digital Control

Digital 제어에 관련되는 技法을 보기 위하여 먼저 Digital 制御 시스템의 일반적인 개략도를 그려보면 아래와 같다.



1) 이신제어 Modeling 기법

일반적으로 실존하는 시스템은 연속적이며, 미분 방정식으로 표현 가능하다. 이 선형 시스템의 동특성을 선형 미분 방정식으로 나타내면

$$m\ddot{x}(t) + C\dot{x}(t) + kx(t) = f(t)$$

의 형태로 되며, 이를 디지털 시스템에 적용하기 위한 이산 시스템으로 표현하면

$$a_2x((k-2)T) + a_1x((k-1)T) + x(kT) = f(kT)$$

의 특정한 시간구간을 갖는 순간의 $x(kT)$ 으로 표현된다. 따라서 특정시간 kT 에서 x 의 값 $x(kT)$ 는

$$x(kT) = f(kT) - a_2x((k-2)T) - a_1x((k-1)T)$$

로 되어 연속신호의 이산적 처리가 가능하게 된다.

2) Sampling 기법

이신제어 시스템에서는 샘플링이라는 과정을 통해 무한히 연속적인 물리적 신호를 매우 제한되게 받아들여서 처리한다. 이 샘플링 이론을 간략히 살펴보면 어떤 시간함수 $f(t)$ 의 Specktrum이 $0 \sim W$ Cycle/초 사이로 한정되어 있다면 $f(t)$ 는

$$f(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_k \frac{\sin \pi(2Wt-k)}{\pi(2Wt-k)}$$

로 표현할수 있으며, 여기에서 X_k 는 시각 $k/2W$ 에서의 $f(t)$ 의 값으로 $X_k = f(k/2W)$

로 된다. 이 정리에 따르면 $\frac{\sin \pi(2Wt-k)}{\pi(2Wt-k)}$ 는 정해진 함수이기 때문에 $f(k/2W)$ 를 알수 있으면 $f(t)$ 는 정해진다. 즉 주파수 대역이 $0 \sim W$ Cycle/초인 시간함수는 $1/2W$ 초 떨어진 점에서 값을 측정하면 원래의 파형을 완전히 재현할수 있다.

3) Interface 기법

디지털 시스템의 인터페이스를 대별하면

가) 신호 입력용 소자나 장치, 케이블과 디지털 처리를 하는 시스템과의 인터페이스

나) 디지털 처리를 하는장치나 시스템내에서 사용되고 있는 소자사이의 인터페이스

다) 외부의 소자가 파워장치, 케이블, 디스플레이등을 디지털 처리하는 시스템에 접속하는 인터페이스 등으로 區別할수 있다.

4) 미지계수 추정기법

제어 시스템의 전달함수 모델이 다음과 같을 경우 이 전달함수의 계수 추정방법에는 여러가지가 있으나 여기서는 ARMA Model 을 이용 최소 자승법으로 미지의 계수를 추정하는 방법을 소개한다.

$$\text{시스템 전달함수 } G(z) = \frac{b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{1 - a_1 z^{-1} \dots - a_n z^{-n}}$$

입력 $U(z)$ 가 위 시스템에 인가될때 시스템 출력은

$$Y(z) = \frac{b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{1 - a_1 z^{-1} - \dots - a_n z^{-n}} U(z)$$

이것을 입력 $U(z)$ 의 Z 역변환인 $U(k)$ 가 출력 $y(k)$ 와 차분방정식으로 표현하면

$$y(k) = \frac{b_1 g^{-1} + \dots + b_m g^{-m}}{1 - a_1 g^{-1} - \dots - a_n g^{-n}} U(k)$$

이는 다시

$$y(k) = a_1 q^{-1} y(k) + a_2 y(k) + \dots + a_n q^{-n} y(k) + b_1 q^{-1} u(k) + \dots + b_m q^{-m} u(k)$$
$$= \sum_1^n a_i y(k-i) + \sum_1^m b_i u(k-i)$$

이를 Vector 형태로 고쳐쓰면

$$y(k) = \mathbf{T} \phi(k-1) \dots \text{ARMA Model}$$

5) 장단점 비교

○ 機能변경의 容易

제어기능 및 Loop 構成의 추가, 변경이 필요할 경우 Hardware 추가 혹은 수정없이 Program 만 追加/修正하여 기능변경을 시킬수 있으므로 작업이 용이해지며 또한 장래의 계통 확장등에도 쉽게 處理할수 있는 잇점이 있다.

○ 演算正確度の 向上

기존 制御方式에서는 制御 Loop 構成이 복잡해지면 많은 제어기를 組合해서 사용해야 하므로 각 制御器의 오차가 중첩되어 全 Loop 의 오차가 커지게 된다.

Digital 제어 방식에서는 모든 제어 기능들이 Digital (이진수) 로 처리되므로 계산상 오차가 발생할수 없으며 외부 잡음등에 의해 간혹 발생할수 있는 오차도 오차검출 및 수정 Routine 에 의해 보상 가능하므로 연산 정확도가 향상된다.

○ 制御性能 向上

예측제어 (Predictive Control) , 적응제어 (Adaptive Control) , 최적제어 (Optimal Control) 등 現代제어 이론을 쉽게 적용할수 있으므로 제어 성능을 향상시키며 설비의 이용율 향상에 기여하게 된다.

○ 維持補修性 向上

자기진단 기능(Self-Diagnostic) 에 의해 CPU , 주변기기, Data 전송로 및 제어기능의 고장 또는 이상상태의 조기발견이 가능하고, 고장개소를 경보해 주므로써 보수가 용이하고 유지보수는 카드단위로 수행하게 된

다.

○ 외부 환경변화에 취약성

집적도가 높은 전자회로를 사용하므로 현장에 배치될 장치 설계시 온도, 습도, 진동, 먼지, 염분등의 환경조건을 고려해야 하므로 설치, 제작비용의 추가가 예상된다.

○ 유지보수원 교육 필요

Digital Control 보수는 Computer 이론, 制御이론에 해박한 전문기술자에 의해 수행되어야 하므로 전문교육이 필요하다.

3. 結 言

Digital Control System 은 설비의 자동화 운전, 制御시스템의 2重化로 信賴性 제고, 機能의 다양화와 정확성 유지등의 장점으로 家電機器는 물론 산업기기의 適用이 확대되고 있으므로 앞으로도 개발 발전될 분야가 가장 많고, 그 개발도 빠르게 진행되고 있으며, AI 와 Fuzzy 의 이론이 실용화 추세에 있다. 특히 設備가 복잡하고 制御가 어려운 火力發電所 (예로서 울산, 여수, 인천, 영남 및 삼천포화력) 에서는 미국 Baily 社の Distributed Digital Control Sys. (N-90/Infi-90)이 설치 운영중에 있으며, 原子力發電所는 2000年代를 전후하여 적용될 예정이며, 이미 미국 CE 社の NUPLEX 80 와 WH 社の DDCS (Distributed Direct Digital Control Sys.)가 설계적으로 완성단계에 있는 실정이다.