

전산기를 이용한 화학 공정 제어

○ 김 영철, 노 승백, 김 승득

한국과학기술원 화학공학과

Computer Aided Chemical Process Control

Yeong Cheol Kim, Seungbaek Rho, Jong-Duk Kim

Department of Chemical Engineering, KAIST

ABSTRACT

Here are summarized the trends and the problems of process control. And both the structure and the elements of digital computer based process control systems are also illuminated ; Briefly introduced the factors, of importance, influencing design strategy, and those to be considered when the process control is applied to physical systems using computer and computer-related instruments.

I. 공정 제어의 최근 경향

강화된 환경 조건, 국제 원자재 값의 상승, 에너지 절약, 그리고 고품질의 제품을 생산하기 위하여 경제적인 공정 운전이 필수적이지만 대부분의 공장에서는 최적 운전조건 근처에서 공정 변수들을 일정하게 유지하는 것을 기준으로 운전되고 있다. 그러나 이러한 한계는 정확하게 지키기 힘들고 적당한 안전 여유 범위에서 운전된다. 제어 능력이 저하되면 이 안전 여유 범위는 증가하고 따라서 제어 능력의 중요성은 생산량, 원자재 소모량, 생산 원가에 반영된다. 일반적으로 공장은 1) 시장에 의한 제약 2) 생산에 의한 제약 3) 원료에 의한 제약 등을 생각할 수 있고 공장 운전의 모드는 여건 변화에 따라서 공장 운영의 최대 이익을 보장할 수 있도록 하기 위하여 제어 방식을 적절하게 조절하여야 할 것이다. 이때 제어계의 신뢰도는 대단히 중요하며, 실제 공장의 운전에서 최적 모드에서보다 안전 조업 모드가 더 중요시되는 이유가 여기에 있다. 여러 가지 모드로 공장이 넓은 범위에서 운전되게 하기 위하여는 제어계가 오차없이 작동을 해야 하고 따라서 제어계의 설계를 집적하고 공장 설계 단계에서 그 공정의 동적 특성을 파악해야 함

필요가 있다.

오늘날 PID 제어가 공정에 사용되는 방법에는 변화가 없지만 마이크로프로세서의 발달로 단일 루프조차 디지털화하는 경향이 있다. 최근 캐스케이드, 피드포워드 등의 진보된 제어 기법이 도입되었다 할지라도 일차적인 센서의 중요성은 감소되지 않는다. 센서의 신뢰도를 높이기 위해 소프트 디그라데이션 기법이 디지털 제어계에 도입되고, 온라인 분석장치, 하드웨어의 융통성을 증가시키고, 신뢰도의 증가 및 최적 운전을 목표로 제어계가 개선되고 있다.

마이크로프로세서의 발달로 시스템 설계 자체는 변화하지 않았더라도 하드웨어의 위치, 인간과의 인터페이스는 크게 변화하였다. 50년대의 분산 제어계에서 중앙 집중 제어실 개념이 개발되었는데 이 경우 신호 전달 경로 설치 비용이 고가이고 제어 루프의 증가에 따라 디스플레이의 수도 증가하여 운전자에게 너무 많은 정보가 집중되어 정상 운전시 단지 일부분 밖에 관찰하지 못하게 된다. 현재는 계산과 디스플레이를 분리하는 경향이 있고, 원거리 링크를 이용하여 단일 경로를 여러개의 신호가 공동 사용하는 방법이 적용되고 있다. 온라인 전산기 가격의 하락으로 공정 제어는 교육, 연구, 그리고 산업체에서 크게 변화하였다. 오늘날 제어 분야의 연구는

- 1) Advanced control applications to difficult-to-control processes (Packed bed reactor, Large time delayed processes, etc.)
- 2) Distributed mini-micro computer networks for control implementation
- 3) Human factor engineering
- 4) Control of systems of interacting processing units
- 5) Influence of process design decisions on the process dynamics and control structure

이러한 현재 공정 제어의 문제와 최근의 개발동향을 보면 다음과 같다.

Some Current Process Control Problems

- 1) Complete plant scheduling and control
- 2) Control loop interaction and multivariable controller design
- 3) A search of on-line process-sensors
- 4) Control system design for highly sensitive processes having limited controller power
- 5) Control system design for distributed parameter processes

Recent Research Developments

- 1) Linear multivariable control
 - Loop pairing
 - Multivariable controller design
 - Time delay systems
 - Predictive control strategies
- 2) Adaptive control
 - Self-tuning
 - Reference adaptive control
- 3) Estimation
 - State estimation
 - Parameter estimation
 - Joint estimation
- 4) Nonlinear systems
- 5) Distributed parameter system
- 6) CAD of control systems

II. 공정 전산 제어계

공정 기술자는 전산기를 이용하여 수집된 정보와 접하게 되는 데, 이는 기기와 전산기, 그리고 인간의 인터페이스를 통하여 이루어진다. 이 공정 전산 제어계는 CAD/CAM 혹은 로봇과 같은 불연속 수치 제어 기기와 구별되며 피드백, 피드포워드, 캐스캐이드, 상호작용 보상 등을 포함하는 조절적 서보기능을 갖고, 전산기와 측정장치를 직접 연결하는 DDC(direct digital control) 계를 지시한다. 이러한 제어계는

- 1) Manual control
- 2) Local automatic control
- 3) Centralized, board-mounted controllers
- 4) Centralized computer control systems
- 5) Distributed computer control systems

으로 나눌 수 있고 전산 제어계는 중앙 집중식 전산 제어계와 분산식 전산 제어계가 대표적으로 사용되고 있다.

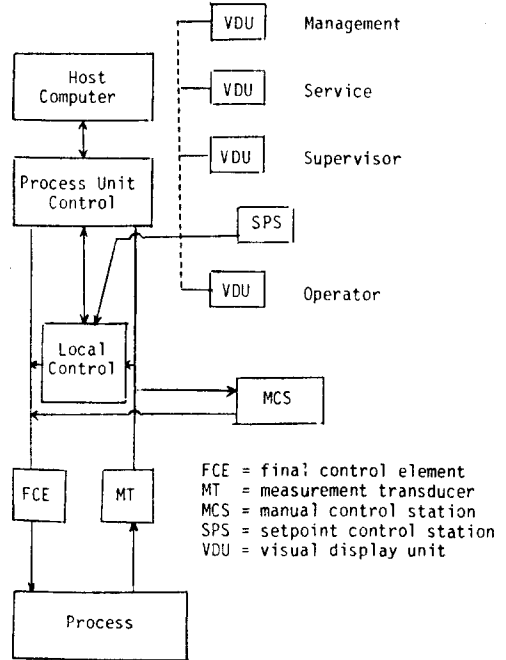


Fig.1 Distributed industrial computer control systems

디지털 신호 처리 기술의 발달은, 제어기와 데이터 하이웨이에 기초를 둔 제어 루프를 처리하고 분배 시간 방식으로 많은 정보 신호를 처리할 수 있게됨에 따라 Fig.1 과 같은 분산 전산 제어계가 사용되게 되었다. Fig.1 에서 국소 제어는 필드 스테이션에서의 마이크로프로세서에 의하여, 공정 단위 제어는 작업자의 고성능 콘솔에 의해 이루어지며 모든 정보는 이 콘솔로 접근할 수 있다. 각 센서는 개별적으로, 그리고 제어기는 그룹으로 분산되어 있고, 조작 스테이션은 모아져 있으며, 주전산기는 데이터 하이웨이를 통하여 직접적인 디지털 제어, 감독적인 제어, 그리고 CRT 디스플레이를 수행하게 된다.

이러한 하드웨어의 분산 외에 제어계는

- 1) Better, more consistent control
(tighter quality control)
- 2) Higher operating efficiencies
- 3) Better utilization of resources
(energy, raw materials)
- 4) Greater operator convenience
(less exposure to process hazards)
- 5) Greater centralization of control functions
(more loops per operator)

- 6) Improved reliability
- 7) Increased process safety
- 8) Capability of more sophisticated control
- 9) A Basis for better process management
- 10) Reduced process design and operating tolerance

등의 개발 및 개선점을 목표로 그 기능과 성능을 보완하고 있다.

III. 공정용 전산 시스템의 주요소

공정용 전산 시스템은 현장 작업자와 공장의 장치 및 기기를 연결하는 인터페이스로서 전산기와 통신시설로 구성된다. 즉, 각 공정의 장치 및 기기는 지역적으로 분산되어 있어, 공장 엔지니어가 멀리서 접근하기 위한 정보 교환 수단이 필요하게 된다.

1. 시스템의 구성 요소

다음 Fig.2는 전산 제어계의 주요 구성 요소를 나타낸다. 각각 그 중요 기능을 살펴보면 다음과 같다.

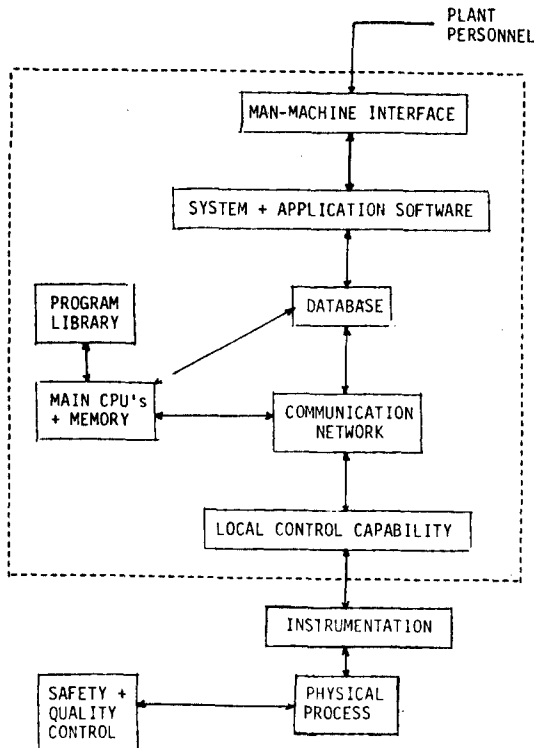


Fig.2 Major components in a computer controlled process

(a) 공정

공정은 전체계에서 가장 중요하며 이의 설계 및 운전은 전산계와는 상관없이 이루어진다. 오늘날 공정 설계 경향은 공정을 집적하고 에너지 집약을 목적으로 장치 상호간의 연결 및 배치, 상호작용을 고려한다. 공정용 전산 시스템은 이러한 공정의 특징을 만족해야 하며 Fig.2의 "safety + quality control"은 이 공정에 부과되는 부과적인 것이다.

(b) 측정 변환 장치와 인터페이스

각 공정으로부터의 정보를 전산기에 입력시키기 위하여 물리량을 전기적 신호로 바꾸는 측정 변환 장치와 이 신호를 컴퓨터에 연결하는 인터페이스를 필요로 한다.

(c) 국소 제어 장치

각 공정 단위의 단말장치는 디지털 기술의 발달로 복잡한 기능을 수행할 수 있으므로, 장치의 분산 배치와 더불어 설계시에 함께 고려되어야 한다. 이 문제는 역시 전산기의 "집중화" 혹은 "분산화"에 대한 문제와 결부되어 기능과 지리적인 배치면에서는 분산을, 정보의 신뢰와 증체적 능력면에서는 집종을 요구하고 있다. 대부분의 경우 국소 제어를 목적으로

- 1) Control via distributed computer systems
- 2) Control via local operator's consoles
- 3) Local automatic control
- 4) Local manual control

등을 채택하고 있다. 따라서 실제로는 기능면에서 어떤 것도 대체되는 것이 아니고 단지 새로운 전산 제어기를 더 설치하는 것이 된다.

(d) 정보 전달 체계

이 부분의 기능은 전체 공장의 정보 전달 기능을 담당하며, 그 중요한 요소로 인간 공학적인 인자가 여러 방면에서 연구되고 있다. 이는 콘솔의 조작자에 따라서 표시되어야 할 정보의 수준을 달리 해야 하기 때문이다. 공장 운전의 경우 운전자와 공장 관리자, 그리고 모든 장치에 있어서 온라인 연결이 가능해야 한다.

2. 정보 교환망

정보 교환망은 공정 혹은 장치와의 정보 전달에 필수적인 수단으로, 취급되는 정보로는

- 1) Input/output between the process and computer system
- 2) Communication with man-machine interface console
- 3) Internal system communication
 - Computer to computer
 - Database enquiry
 - System synchronization and control
- 4) Point to point communication between humans
 - Text and graphics
 - Audio & video

이러한 정보 전달을 성공적으로 수행하기 위하여 표준 LAN 을 이용한다. 대부분 정보 교환망 간의 결합은 레벨(level) 개념이 도입된 표준 OSI 코드(code) 를 이용하고 있다. 데이터의 전송 방법은

- 1) Permanently
- 2) Request the connection
- 3) Packet-switching
- 4) Broadcast

등으로 나눌 수 있다.

IV. 제어계의 설계

제어계의 설계는 주어진 어떤 공정에 대하여 공정의 상태 요소나, 모델링에 있어서의 불확실성에 대해서 만족스런 성능을 보장할 수 있도록 되어야 한다. 이러한 구성을 위하여 설계자는 데이터의 취급과 조합, 분석 등 설계의 기본 단계를 거치게 된다. 모델링 데이터, 오버슈우트, 세팅팅 시간 등을 위하여(data handling), 선형화, 데이터 리덕션, 불확실 한계의 계산, 상태 공간과 전달 함수 모델 사이의 변환 등을 수행하여 공정을 합성하고, 제어기를 설계한다. 공정 데이터, 스펙, 그리고 제어기 데이터가 서로 만족스러운가를 검토하여 제어기를 평가하여 사용 여부를 결정한다. 물론 성능과 안정성이 복합적으로 고려되어야 한다.

V. 맺음말

저렴하고 성능이 우수한 전산기의 보급으로 고전적인 공정 제어의 개념은 상당히 변화되었다. 이러한 전산기와 수치모사 기법의 공정에의 적용으로 신속하고 정밀한 제어계의 설계와 그 동특성의 정확한 예측이 가능하게 되었다. 여러가지 제약 조건하에서 운전되는 공장의 경우 이러한 전산 제어계를 채택함으로써 설계시의 제약 조건과 위험 부담을 감소시킴으로써 최적 제어를 가능하게 할 수 있다. 외부적 여건 변화에 따라 신속하게 운전 모드를 변경할 수 있으며, 관리 기능을 강화하여 운영을 합리화할 수도 있다.

그러나 아직 back-up 설비, 사용 언어, 인간공학 적 요소, 정보 전달 기법에 있어서 개선의 여지가 있다. 공정 제어를 위한 호환성있는 소프트웨어의 개발도 요구되고 있는 데, 우선적으로 제어적 입장에서의 공장의 환경이 표준화되어야 한다

V. 인용 문헌

- Arkun, Y., B. Manousiouthakis, A. Palazoglu, V. Guruswamy and P. Putz, "Computer-aided analysis and design of robust multivariable control systems for chemical processes," *Computers & Chemical Engineering* 9,27(1985)
- Asbjornsen, O.A., "Challenges in modern process control," *Computers & Chemical Engineering*, 8,275 (1984)
- Cuenod, M.A., "Computer aided design of control systems", *Proceedings of the IFAC symposium, Zurich, Switzerland, 29-31 Aug. 1979*
- Fisher, D.G., "Computer control of decentralized process systems," *Computers & Chemical Engineering* 7,395(1983)
- Gundelach, V.G., "Trends in computer-aided on-line measurement methods," *Computers & Chemical Engineering* 8,25
- Kim, J.-D., Lecture note, "Applications of microcomputers in chemical processes," in 5th continuing education of Chem. Eng. Dept., KAIST, "Chemical process control and instrumentation interfacing the microprocessors", 1985
- Kim, J.-D., Lecture note, "Fundamentals and applications in computer process control," in 6th continuing education of Chem. Eng. Dept., KAIST, "Computer aided engineering and control", 1986

- O'shima,E., "Computer aided plant operation," *Computer & Chemical Engineering* 7,311(1983)
- Pavlik,E., "Structures and criteria of distributed process automation systems," *Computers & Chemical Engineering* 8,295(1984)
- Puzniak,T.J., "On-line analysis for process optimization and control," *CEP*(Aug.1984),p29
- Rosenbrock,H.H., "Computer aided control system design," Academic Press,N.Y.,1974
- Springgell,J. "Real-time economic performance control in chemical production," *CEP*(Sept.1985),p53
- Uweda,T., "Computer aided process synthesis," *Computers & Chemical Engineering* 7,279(1983)
- Williams,T.J., "Standards for computer-based process control systems," *Computers in Mechanical Engineering*(Nov.1984),p18
- Wyss,C.R., "Planning a computerized measurement system," *BYTE*(April 1984),p114