

컴퓨터 工程制御

李 昌 求 金 聖 中
(韓國電子通信研究所) (全北大 工大 教授)

차례

- 1. 序論
- 2. 工程制御理論
- 3. 컴퓨터 工程制御시스템의 構成要素
 - 3.1 측정 및 인터페이스 (measurement and interface)
 - 3.2 사용자 인터페이스 (man-machine interface)
 - 3.3 시스템의 소프트웨어
 - 3.4 통신망 (communication network)
- 4. 結論
 - 참고문헌

1. 序 論

최근 컴퓨터의 급격한 발달로 제어분야에도 큰 변화가 일어나기 시작하여, 공장의 설계, 공정 제어, 수치모사, 최적화 등 여러 분야에서 컴퓨터는 하나의 필수적인 기기로 등장하였다. 특히 현재 공정제어의 특징은, 이론적인 면에서는 고전적인 제어방식과 함께 복잡하고 어려웠던 현대 제어방식이 실용화되기 시작한 것과, 하드웨어적인 측면에서 마이크로프로세서를 포함한 컴퓨터제어가 많이 이용되고 있다는 것이다. 이러한 변화의 중요한 요인으로는 시스템이 복잡해지면서 제어기의 성능에 관한 요구조건이 많아졌으며, 현대제어이론이 실용화될 수 있도록 그동안 크게 발전하였다는 점과, 마이크로세서의 출현으로 복잡한 계산기능을 싼 값으로 실현시킬 수 있게 되었다는 점을 들 수 있다.

컴퓨터를 이용한 제어계의 구성도를 그려보면 그림 1 과 같이 나타낼 수 있으며, 여기에서는 공정제어 이론과 컴퓨터 공정제어 시스템의 분야별 동향과 전망에 대하여 기술하고자 한다.

2. 工程制御理論

최근 컴퓨터 기술의 발달은 직접 실시간 제어 (on-line real time control)가 가능하도록 기능이 크게 향상되고, 가격이 낮아져서 공정제어의 교육, 연구뿐만 아니라, 산업계에 큰 변화를 일으켰다. 이러한 변화들을 역사적으로 고찰해보면 표 1 과 같이 나타낼 수 있다.

현재 공정제어의 문제점으로는 완전한 공정 계획과 제어, 제어루우프 상호작용과 다변수 제어계 구성 및 설계, 분산파라미터 공정을 위한 제어시스템 설계, 제한된 제어능력을 고도의 민감한 공정에 사용하기 위한 제어시스템의 설계 등을 들 수 있다.

이러한 문제들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 최근 공정제어 이론의 개발 동향은

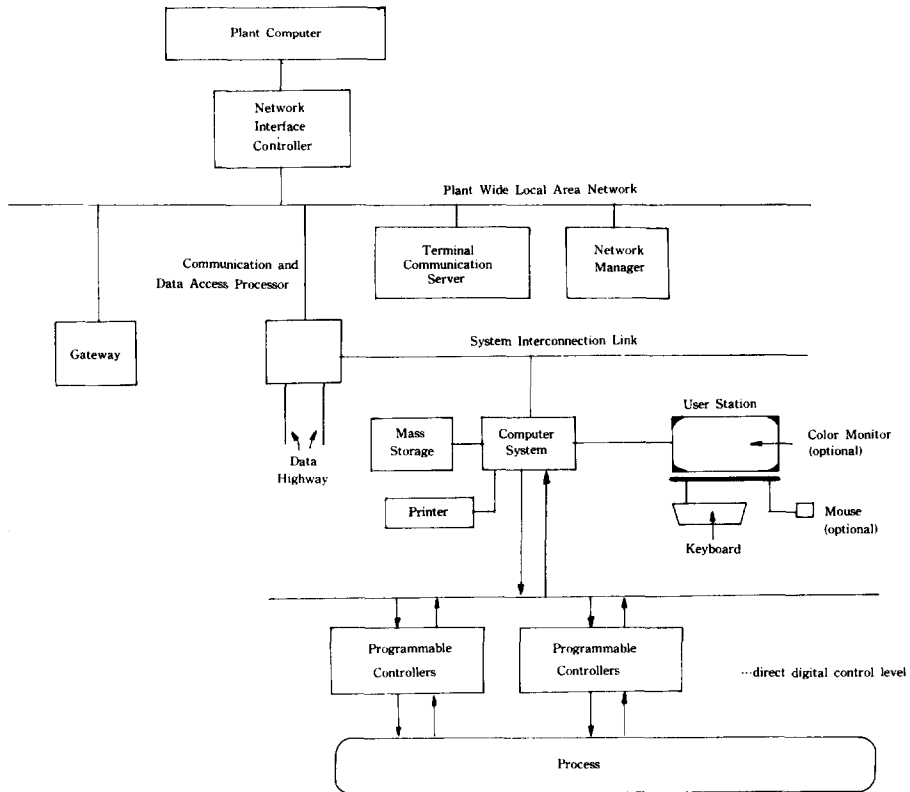


그림 1. 컴퓨터제어시스템의 구성도

표 1. 공정제어의 역사적 동향

Time period	Curriculum in education		Character of research		Industrial practice	
	Undergraduate	Graduate	Topics	Background of researcher	Topics	Background of researcher
1940	Measurement Controller hardware PID control Linear systems Controller tuning Casade control/ ratio control	Nonlinear SISO* analysis	Measurement hardware Controller hardware Nonlinear SISO systems Process identification (SISO) Controller tuning Analog computation	Instrumentation Electrical engineering	Measurement hardware Controller tuning Cascade control/ ratio control	Instrumentation Electrical engineering Process engineering

1950	Step-frequency response for identification Transform domain Stability Analog computation	Analog computation Feed-forward control Pulse testing	Stability Feedforward control Digital computation Process computer control Adaptive control		Feedforward control	
1960	Nonlinear SISO analysis Pulse testing	Digital simulation Adaptive control Optimal control State estimation Multivariable systems	Optimal control Multivariable systems State estimation Distributed parameter systems Computer-aided design	Applied mathematics Computer application Process engineering e	Digital computer control Multivariable controller installations	Process control Process engineering
1970	Feedforward control Digital simulation Process computer control Multivariable systems	Distributed parameter systems Process computer control Advanced applications	Advanced control applications Distributed computer control Interacting large-scale systems Design control applications	Process dynamics Control theory Real-time computing	Advanced control applications Distributed computer control	Process control Minicomputer applications
1980		Distributed computer control	Energy management Human factors Reliability robustness		Human factors Energy management	

*SISO = single-input, single-output

다음과 같다.

- ① 선형 다변수 제어 (linear multivariable control)
 - Loop Pairing
 - Time Delay Systems
 - Multivariable Controller Design
 - LQG / LTR
- ② 적응 제어 (adaptive control)
 - Self-tuning

- Reference Adaptive Control
- Gain Scheduling
- ③ 추정 (estimation)
 - State Estimation
 - Joint Estimation
 - Parameter Estimation
- ④ 비선형 시스템 (non-linear systems)
- ⑤ 분산파라미터 시스템 (distributed parameter systems)

⑥ CAD(computer-aided design)를 이용한 제어 설계.

앞으로 실시간 컴퓨터(real time computer)를 이용하여 현재 연구중인 제어이론이 실제 산업계에 적용되리라 예상되며, 대규모 시스템제어(large scale system control)에 대한 연구가 가속화 되리라고 생각된다.

대규모 시스템제어에 있어서 기존의 시스템 분석 및 설계이론은 중앙에 집중된 컴퓨터의 능력부족, 또는 중앙 집중 정보의 부족 때문에 적용이 어려우며, 이의 해결 방법으로 분산파라미터 제어 시스템 및 계층 제어 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

계층제어시스템(bierarchical control systems)에서는 전체 산업공정을 그림 2와 같이 다섯 단계로 나누어 생각하는데, 아래로부터 세번째 레벨까지는 크고 작은 제어루우프들과 직접·간접적으로 관련이 있으며, 위의 두 레벨은 생산계획, 상태보고, 관리등의 기능을 갖는다.

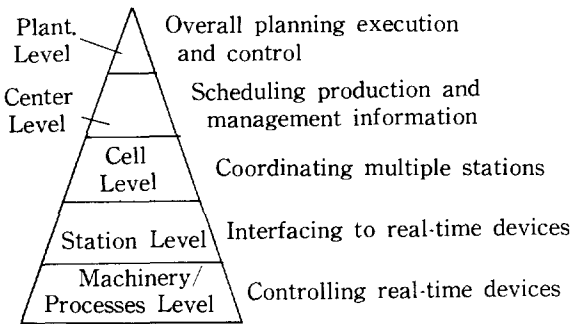


그림 2. 계층제어시스템의 구조

최근 디지털 신호처리 기술의 발달에 힘 입어 어떤 그룹(group)들의 제어 루우프를 지역적으로 나누어 처리할 수 있는 분산컴퓨터 제어시스템이 사용되게 되었으며, 이 시스템은 다음과 같은 기능의 특징을 가지고 있다.

① 디지털 정보 연결(digital data link) : 이 기능은 매우 높은 비율로 정보를 전송할 수 있는 digital data highway에 의하여 이루어지며, 이것은 거의 모든 시스템에서 두 선의 전자버스(bus)로 구성된다. 이 data highway의 역할은 루우프

프로세싱 작업을 중앙관측센터에서 이루어지지 않고 지역센터에서 이루어지도록 한다.

② 디지털 연산(digital computation) : 연산이 독립적으로 병렬로 수행되며, 하나씩 열을 지어 수행되지 않는다.

③ CRT운용통신(CRT operation communication) : 작업자가 CRT를 통해 시스템의 상태를 점검할 수 있는 work-station이며, 제어루우프의 일부분은 아니다.

3. 컴퓨터 工程制御 시스템의 構成要素

컴퓨터 공정제어계에 있어서는 현장 작업자와 공장의 장치 및 기기들을 연결하기 위한 interface로 컴퓨터와 통신시스템이 사용된다. 이 때 각 프로세스의 장치 및 기기들은 지역적으로 여러 곳에 분산되어 있고, 공장의 기술자 혹은 관리자들은 'man-machine interface'를 통하여 원격 조정하게 되므로 통신망을 통한 정보교환이 필요

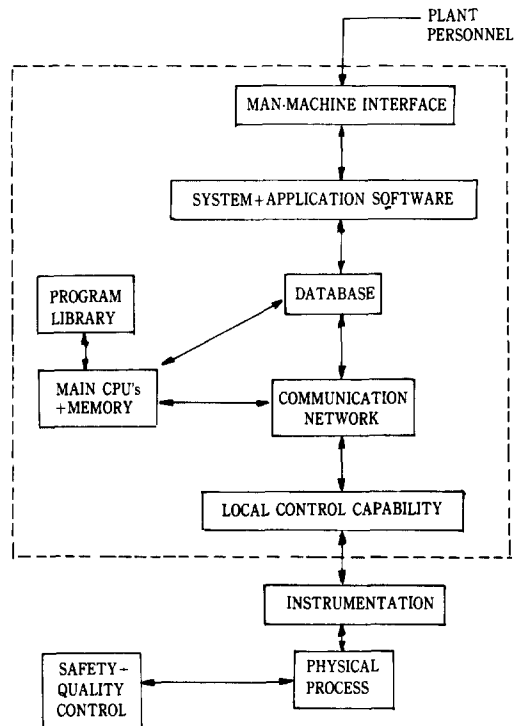


그림 3. 컴퓨터 공정제어의 주된 요소

하게 된다. 컴퓨터 공정제어의 주된 기능을 불럭선도로 나타내어 보면 그림 3과 같으며, 몇 분야로 나누어 설명하면 다음과 같다.

3.1 측정 및 인터페이스 (measurement and interface)

각 공정으로 부터의 정보를 컴퓨터에 입력시키기 위하여서는 물리적인 양을 신호(일반적으로 전기적 신호)로 바꾸는 측정 변환기(transducer) 인터페이스를 위한 방법에는 여러가지가 있으나, 일반적으로 측정과정에서 일어나는 비선형 문제와 잡음 문제등을 해결하기 위하여 transmitter에 미리 프로그램 되어 있는 마이크로프로세서를 부착하여 선형화, 극한 값 점검, 그리고 일반적인 source로 부터 전반적인 자료의 연결등 여러 기능을 수행하도록 제품이 개발되고 있다.

3.2 사용자 인터페이스 (man-machine interface)

모든 공장의 운전자 및 관리자들은 man-machine interface를 통하여 공정과 접촉하게 되며, 이 때의 기본 구성요소는 키·보드와 동작·보턴, 표시장치(display unit)이다.

여기에서 특별히 고려해야 할 점은 'human-factor'이며 현재 여러 방면으로 연구가 진행되고 있다. 그리고 간단한 그래픽과 메뉴방식, 자연어와 비슷한 고급언어가 공장 시스템을 조작하는 숙련되지 않은 사용자들에게도 편리하도록 개발되고 있다. 인간의 특성을 연구한 결과에 의하면, 사람은 한 번에 단지 7 가지 정도의 서로 다른 정보를 인식할 수 있으며, 그림에 의한 정보가 문자나 표보다 쉽게 이해된다고 보고되었다. 따라서 앞으로의 연구방향도 이러한면으로 진행되리라 예상되며, 현재 미국의 NBS(National Bureau Standard)에서는 도형에 의한 기호들로 시스템안에 있는 제어대상과 시스템의 상태등을 나타내기 위하여 연구하고 있다.

3.3 시스템 소프트웨어

계층구조에서 제어레벨은 통신망에 연결된 여러 컴퓨터에 분산되며, 개별 시스템은 각 레벨에

서 작은 여러가지 일들로 나누어져 수행된다.

대부분 제어 프로그램은 서로 관련되어 있는 다른 프로그램이 어디에 있는지 알 필요가 없어야 한다. 그렇게 하므로서 두개의 제어공정 사이의 자료교환은 그들의 위치에서 서로 무관할 수 있다. 따라서 제어 프로그램은 서로 격리되어 있으면서도 표준화된 통신방식으로 정보를 교환할 수 있다. 이같은 환경을 제공하기 위해서는 통신망과 이를 기반으로 분산 시스템을 운용할 수 있는 분산 운용 시스템이 필요하다.

일반적으로 오퍼레이팅 시스템에서는 컴퓨터가 갖는 자원들을 효율적으로 관리하는데 역점을 두지만, 공장자동화에서는 컴퓨터의 실시간 처리가 가능하도록 하며 신뢰도를 높이는데 주안점을 둔다. 그러나 신뢰성을 높이는 일과 빠른 응답을 얻는 일은 서로 상반된 것으로, 신뢰성을 높이기 위해서는 운용 시스템이 복잡해지기 쉽고, 빠른 응답을 위해서는 시스템이 단순할 필요가 있다. 그러므로 실시간 시스템에서 신뢰성을 높이기 위한 시간적인 손실과 시스템이 요구하는 응답시간 사이의 문제는 적절한 수준에서 타협되어야 할 것이다.

또한 소프트웨어면에서 아직도 해결되지 않은 문제들이 많으며, 앞으로의 소프트웨어 연구 방향은 병렬처리가 가능하며 신뢰도와 성능에 따라서 재구성이 가능한 분산운용 소프트웨어 방향으로 진행되리라 예상된다.

3.4 통신망 (communication network)

공장의 자동화와 같은 제어시스템은 제어대상이 지역적으로 분산되어 있으므로국지통신망(local area network)이 많이 사용된다. 하드웨어의 가격이 낮아지고 통신기술의 발달에 힘입어, 최근에는 분산시스템으로 실시간을 요구하는 응용분야에서의 여러가지 요구 사항들을 만족시켜 나가고 있다.

국지통신망의 구조에는 여러가지가 있으나 공장자동화와 같은 응용분야에서는 신뢰도, 응답시간 등이 중요한 요소이므로 사무자동화를 위한 통신망의 경우보다 선택 범위가 넓다.

통신망의 중요한 판매회사로는 IBM과 FOXB-

ORO를 들 수 있으며, 이들은 각각 'Advanced Control System'과 'SPECTRUM'이라는 대단위 공정제어시스템을 발표하였다. 이들은 서로 보완적으로서, 주된 골격시스템은 IBM사가, 공정제어의 전문성은 FOXBORO사가 우수하다. 이와 같이 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어, 그리고 공정제어와 지역적인 기능을 서로 보완하여 소기의 목적을 달성하고 있다.

이러한 통신망간의 결합은 프준코-드를 이용하는 경우에 가능하며, 또한 OSI(Open System Interconnection) 통신 Standard의 layered system의 레벨개념을 도입함으로써 가능하게 되었다. 이 레벨은 sub 혹은 super-ordinate레벨과 정보교환이 가능하나 서로 독립적이다.

OSI는 ISO와 CCITT에 의하여 개발 되었으며 Honeywell, ICL, ECMA는 물론 IBM의 SNA(System Network Architecture)도 OSI를 사용하고 있다. 실제로 OSI는 공장의 각 시스템 사이의 자료전송보다는 더 많은 능력이 있음이 알려져 있고, 많은 사람들이 적절한 공정망(process network)을 구성하기 위하여 연구하고 있다. 그러나 단일 건물 혹은 단일 회사를 위한 국지통신망(LAN)의 발달로 인하여, 독립된 network system의 개발은 중지 상태에 있다.

DEC(Digital Equipment Co.), Intel Co. 그리고 Xerox Co. 등은 Ethermet라고 불리우는 local loop project를, GM사는 GM-Map를 개발하고 있는데, Ethermet는 전반적으로 사무실이나 지역통신망 같은 곳에 적합하며, GM-Map은 공장 자동화 등에 적합하리라 예상된다. GM-Map형은 ISO Layer I 과 II의 기능을 수행하는 하드웨어 없이 통신망을 구성할 수 있는 단계에 까지 연구가 진행되고 있으며, 앞으로 대부분의 현존하는 map시스템과 완벽하게 교신할 수 있는 plug-in 형태가 되리라고 예상된다.

4. 結 論

최근 컴퓨터 기술의 급격한 발전은 값싸고 성능이 우수한 컴퓨터를 프로세스에 투입할 수 있게 되어 공정의 설계 및 제어에 많이 이용되고 있다.

공정제어에 사용되는 컴퓨터는 여러가지 제약 조건 아래에서 운전되고 있는 공장의 생산성과 경제성을 좌우하는 데에 큰 역할을 하며, 공정설계의 제한조건과 위험 부담을 줄이고, 새로운 공정운전방법에 신속하게 대처할 수 있으며, 공장의 관리기능을 강화함으로써 운영의 합리화를 기할 수 있다.

그러나 제어이론을 실제 공정에 적용하는 문제, 컴퓨터 시스템에서 언어, human factor, communication기법등 개선할해야 여지가 많고, 소프트웨어 개발의 문제점이 재기되어 있어, 컴퓨터 공정제어에 앞으로 더 많은 연구가 요구되고 있다.

참 고 문 헌

- 1) N. Komoda, K. Kera & T. Kubo, "An Automatic, Decentralized Control System for Factory Automation", IEEE Computer, Dec. 1984.
- 2) 김명환, 최은호, "실시간 처리 컴퓨터 시스템", 전기학회지 제33권 제9호 1984년 9월.
- 3) 김종득, Lecture note, "Computer Aided Engineering and Control", in 6th Continuing education of chem. Eng. Dept., KAIST. 1986.
- 4) Zumwalt, R. E., and G. H. Wolfgang, "Directions in Computer Control Research and Practice" paper presented at joint Automatic Control Conference, San Francisco, CA, 1980.
- 5) Ledgerwood, B. K, "Trends in Control", Control engineering, vol. 32 No. 2, 1984.
- 6) Martinovic, Ao, "Architectures of Distributed Digital Control System", Chemical Engineering progress, vol. 79, No. 2, 1983.
- 7) Trotta., "Factory Networks-Standards, the key to success", Control engineering, 10th Annual advanced control conference, p. 231-p. 236, 1985.
- 8) Caro, R. H, "Data Communication in process Control-past, Present and Future", control engineering, 10th Annual advanced control conference, p. 237-p. 241, 1985.
- 9) James D. Schoeffler, "Distributed Computer Systems for Industrial Process Control", IEEE Trans. Computer, Feb, 1984.