

액위제어 실험장치

2009. 3.

경북대학교, 화학공학과

이지태

전화: 053-950-5620

E-mail: jilee@knu.ac.kr

[서론]

공정제어 과목은 화학공학의 다른 과목들과 그 성격이 매우 달라 학생들이 개념을 잡는데 어려움을 겪는 것을 종종 본다. 이를 위해서는 실험을 곁들이는 것이 도움이 되는데 상용의 실험장치는 매우 한정적인 실험에 그치는 것이 대부분이고, 수업과 병행하기 어렵다. 또한 실험장치 자체를 직접 제작해 보는 것은 공정을 이해하는데 큰 도움을 준다. 본 DIY (Do It Yourself) 코너는 액위제어 실험 장치로부터 시작하여 여러 공정제어 실험 장치를 직접 제작해 보고자 한다.

교육이 진행되는 강의실에서 동시에 실험이 이루어질 수 있으려면, 소형이며 폐기물이 발생하지 않는 실험 장치가 필요하다. 기계 혹은 전기 분야의 제어에서는 이런 시스템이 다수 있으나, 공정 분야에서는 마땅한 실험 장치를 찾기 어렵다. 액위제어 시스템이 여기에 아주 적합하나 현재 제작되고 있는 액위제어 시스템은 다소 크고 기능이 단순한 것들이 대부분이다

액위제어 실험장치는 진부한 것으로 생각할 수 있으나 실제로는 매우 다양한 시스템이 가능하다. 예를 들면 **Four-Tank 시스템**은 최근에 제안되어 10 여 편의 관련 논문이 발표되기도 하는 것을 볼 수 있다. 본 코너는 먼저 다음의 실험이 가능한 시스템을 제작한다.

- 1-3 차 동적 시스템
- 역응답 시스템 (right-half-plane zero 를 갖는 시스템)
- 소형 저가격 시스템
- 다변수 시스템

강의가 진행되고 있는 책상 위에서 실험이 진행될 수 있도록 한다.

상용의 액위제어 시스템은 주로 2차 동적 시스템을 구현하고 있다. 여기서는 3차 동적 시스템을 구현하고자 하는 데, 이것은 PID제어기 튜닝의 기준이 되는 Ziegler-Nichols tuning이 가능하도록 하기 위함이다.

역응답 시스템을 구현하는 것은 화학공정에서 간혹 나타나는 것으로 제어를 매우 어렵게 하는 시스템이다. 앞의 Four-Tank 시스템 외에는 이런 기능이 없다.

400mm(W)x160mm(D)x400mm(H)의 소형 시스템으로 책상 위에서 실험이 진행될 수 있도록 한다. 아크릴로 제작한다. 가격은 레벨센서, data acquisition system 등이 가격대를 결정하는데, 전체적으로 제어용 PC를 제외한 것이 50만원 이하가 되도록 한다.

본 장치를 둘 연결하여 다변수 시스템이 될 수 있도록 한다. 이는 제어이론 연구에도 사용될 수 있을 것이다.

[Four-Tank System]

상용의 액위제어 시스템이 여럿 판매되고 있지만 공정제어 관점에서 보면 초보적이다. 기존 액위시스템의 단순한 기능을 보완하는 시스템을 Johanson 등이 (Johansson, K. H., "The Quadruple-Tank Process: A Multivariable Laboratory Process with an Adjustable Zero," *IEEE Trans. Control Systems Technology*, 8, 456-465, 2000) 그림 1과 같이 4개의 탱크를 2단으로 배치하고 두 개의 펌프로 제어를 하는 다변수 액위시스템을 제안하였다. 이 시스템에서 수동 밸브의 조절로 다변수 시스템의 상대이득 (Relative Gain)이 양수에서 음수까지 다양한 값이 되도록 할 수 있다. 음수의 상대이득은 다변수의 오른쪽반평면(right-half-plane) 영(zero)이 있음을 의미하며 제어가 어려운 시스템이 된다. 이는 최신 제어이론을 검증하는데 적합하여 여러 응용 연구가 발표되어 있다 (Mercangoz, M. and Doyle III, F. J., "Distributed Model Predictive Control of an Experimental Four-Tank System," *J. Process Control*, 17, 297-308, 2007).

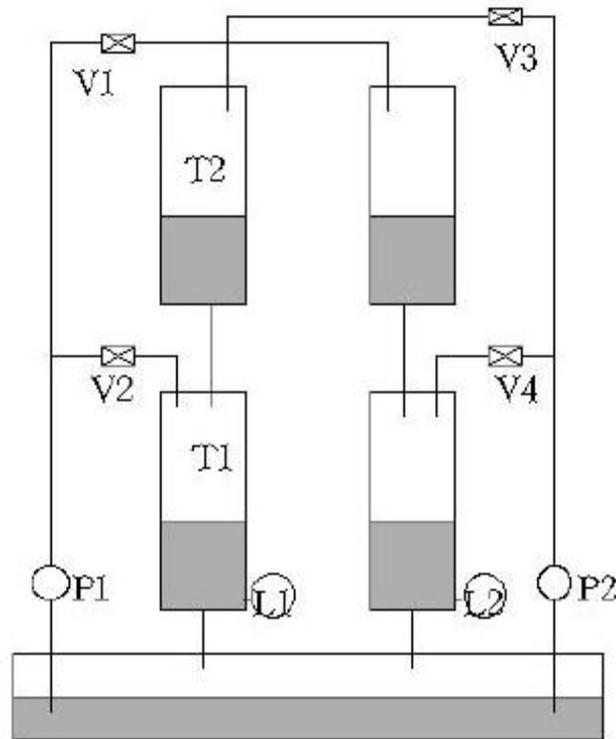


그림 1. Four-Tank 액위제어 시스템.

이 시스템은 학부과정의 공정제어 수업에서 주로 다루는 단변수 제어를 위해서는 다소 단순할 수 있다.

본 과제는 단변수 시스템으로 오른쪽반평면 영을 가지면서 (역응답 시스템),

이 시스템 둘을 연결하면 Four-Tank 시스템의 기능을 모두 가질 수 있는 시스템을 제작한다.

[제안하는 시스템 개략도]

다음 구조의 액위제어 시스템을 제작한다.

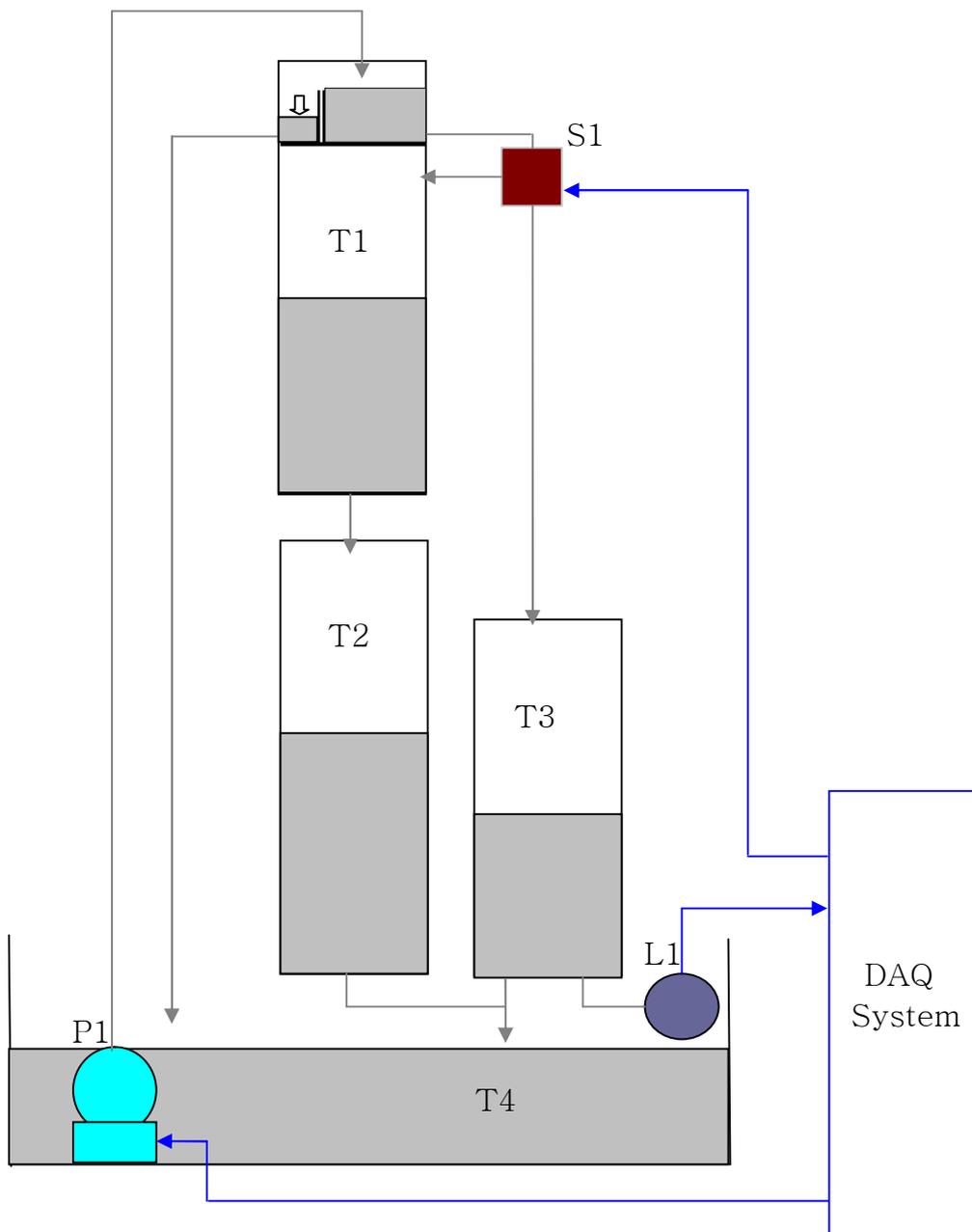


그림 2. 제안하는 액위제어 시스템 개략도.

각 기능을 간략히 설명한다.

T1: 5T(두께 5mm)의 아크릴 파이프로 제작되는 원통 탱크이다. 일차 시스템을 구현한다. 윗 단에 P1으로 펌프되는 물이 배플로 오버플로되어 액위가 일정하게 유지되는 장치를 갖는다.

T2, T3: 5T(두께 5mm)의 아크릴 파이프로 제작되는 원통 탱크들이다. 일차 시스템이 간섭하는 형태로 연결되는 이차 시스템을 구현한다. T3의 레벨을 압력센서로 측정한다. T3에도 물이 입력 될 수 있도록 한다.

T4: 5T의 아크릴 관으로 만드는 실험용 물을 담아두는 저수 탱크이다.

P1: 수족관용으로 저가로 쉽게 구할 수 있는 소형 수중 펌프이다. 가격은 1만원 정도이다.

S1: 3-way solenoid 밸브로 압력 손실이 거의 없는 고급의 핀치밸브를 사용한다. 국산으로 가격은 8만원 정도이다.

L1: 압력센서로 액위를 측정한다. 수입으로 Digi-key사를 통하여 온라인으로 12만원 정도로 구입할 수 있다. 일주일 정도 시간이 걸린다.

Data Acquisition System: Embedded CPU 시스템과 고정밀 A/D IC로 제작한다.