

## 조업자교육시스템에서 Solver의 구동과 모듈화

조성일, 박선용, 오민\*, 문일  
연세대학교 화학공학과  
LG 엔지니어링 공정부\*

### Operation and Modularization of solvers in Operator Training System

Seong Il Cho, Seon Yong Park, Min Oh\*, Il Moon  
Department of Chemical Engineering, Yonsei University  
Process Department, LG Engineering\*

#### 서론

조업자교육시스템(OTS: Operator Training System)에서는 조업자들에게 실제 공장에서 운전하는 것과 동일한 훈련상황을 제시해야 한다. 실제 공장에서 제어 장치를 통해 공정제어를 할 수 있는 것과 같은 상황을 조업자에게 제공하기 위해서 OTS에서는 대상 공정을 모델링하고 조업 작업에 대한 이산사건을 계산할 수 있는 Solver를 사용한다. 화학 공정을 모델링 하게되면 대부분 대수식과 미분 식으로 표현되며 이런 수식을 풀어야 공정의 동특성을 알 수 있다. 따라서 조업자를 효과적으로 훈련시키려면 OTS에서 Solver의 역할은 매우 중요하다. Solver는 계속 발전하며 응용 분야에 따라 달라질 수 있으므로 모듈화하는 것이 좋다. Solver를 모듈화함으로써 차후에 향상된 Solver를 사용하거나 Solver와 연결되는 모듈이 바뀌어도 전체 시스템의 변경을 최소화시킬 수 있다. 본 고에서는 Solver를 모듈화하고 Solver모듈과 외부모듈간 교환되는 자료구조를 정의하며 외부 인터페이스를 중심으로 기술한다.

#### OM과 Solver모듈간 자료구조 정의

OTS(Operator Training System)가 현실적이고 효과적인 교육이 되려면 다양한 공정조건을 모사할 수 있어야 한다. 이산변수가 많이 발생하는 화학 공정을 대상으로 OTS를 개발하는데는 실시간 동적 모사가 매우 중요하다. OTS의 구성 요소 중 Solver모듈은 모델링의 가장 하위 부분을 이루는 모듈로써 OTS개발에 필수적이다. 일반적인 화학공정에서는 밸브의 여닫음, 상변화, Startup, Shutdown과 같은 이산적인 거동이 일어남으로 Solver는 이러한 연속/이산 변수를 다룰 수 있어야 한다. 공정의 동특성을 알 수 있는 Solver를 사용해야 조업자 교육에 효과적이기 때문이다. 현재 OTS의 Solver로는 화학 공정에서 자주 발생하는 이산적인 거동을 잘 다룰 수 있는 도구로써 영국 임페리얼 칼리지에서 개발하고 있는 gPROMS(General Process Modeling and Simulation)를 사용하고 있다. 이런 Solver의 구동은 OTS의 OM(OTS Manager)에서 담당한다. OM은 전체 프로그램을 관장하고 사용자 인터페이스를 담당하는 부분으로써 교육자 인터페이스, 사용자 인터페이스, 실시간 실행, 외부 모듈과의 정보 교류, 조업자 관리의 기능을 한다. OM은 크게 Environment, Process Models, Execution, Database, Interface 모듈로 구성된다. 이 중 가장 핵심이 되는 부분은 Execution모듈이며 이 부분이 다른 모듈과 연계하여 전체 시스템을 실행시킨다. OM은 서버 컴퓨터에 위치하여 초기에 교육자에 의하여 구동되며 다음의 개략적인 순서에 따라 모사를 실행 혹은 중단시킨다.

전체 수행순서는 다음과 같은 단계를 거친다.

1. 전체 시스템 점검

2. 교육과정, 교육 내용의 선택
3. 메시지를 기다린다.
4. 공정조작 처리

이 중 Solver모듈이 OM과 연결되는 부분이 공정조작 처리 부분이다. 즉, OM은 조업자가 공정에 대해 밸브를 연다든가 펌프를 켜고 끈다든가 하는 공정에 대한 조작인지 모사의 수행, 일시정지, 재개, 종료, 시간 재설정 등의 모사에 관련된 조작인지를 판별하고 공정조작인 경우 해당 조작에 대해 Solver모듈에 이를 전달하고 Solver의 계산 결과를 각 교육자, 조업자 모듈에 전달한다. 따라서 OM모듈과 Solver모듈의 인터페이스는 OTS를 구축하는 핵심 요소이다. 또한 OM과 Solver모듈의 인터페이스는 gPROMS가 제공하는 FPI함수를 통해 연결된다. FPI함수를 이용하여 두 프로세스를 연결하기 위해서는 자료구조(Data Structure)를 정의하는 부분과 이를 제어할 수 있는 처리(Process)부분으로 나누어 구성한다. OM과 Solver모듈간에 상호 교환되는 자료와 그 용도를 아래 표에서 정의하였다.

Table 1. Transmitting data from OM to Solver

Data	Function
Simulation Status	Simulation start, pause, restart, stop, continue, snapshot
Simulation Time Increment	Time increased by simulation
Unit Number	Unit number executed by task
Task Number	Type of task - Valve open, close - Control loop open, close - Setpoint reinitialization
Task Value	Task value set by trainer or trainee

Table 2. Transmitting data from Solver to OM

Data	Function
Simulation Time	Current simulation time
Model Status	Current model status in calculation
Variable 1	Variable value 1 calculated by simulator
Variable 2	Variable value 2 calculated by simulator
.....	.....

**Solver모듈의 FPI(Foreign Process Interface)**

Solver모듈은 외부 프로그램과의 연결을 위해 FPI함수를 통해 외부 프로세스

인터페이스 기능을 제공한다. Solver모듈에서 제공하는 FPI함수 기능은 다양하지만, Solver의 의존도를 최소한으로 줄이고 향후 Solver가 바뀌더라도 전체 시스템의 변경을 최소화하기 위해서 그 중 가장 필요한 기능만을 사용하도록 설계하였다. 이 함수들은 Solver가 실행되면서 내부적으로 호출하는 함수의 형태로 작성되어 있다. 그 중 OTS에서 사용하는 기본적인 FPI함수와 설명을 아래 표에 나타내었다.

Table 3. FPI function and description

FPI 함수	설명
START	gPROMS와 외부 프로세스를 연결한다.
PAUSE	Simulation을 잠시 중단한다.
GET	외부 프로세스에서 특정 변수로 값을 받는다.
SEND	외부 프로세스로 특정변수값을 보낸다.
END	gPROMS와 외부 프로세스의 연결을 끊는다.

위의 함수를 사용하여 Solver모듈은 OM과 연결된다. 두 모듈간 교환되는 자료구조를 가지고 OM은 서버(Server) 기능을 하고 Solver모듈은 클라이언트(Client) 기능을 수행한다. OM은 초기화 단계에서 자료를 읽고 쓸 공유 메모리와 공유 메모리에 제어에 필요한 차단표시기(Semaphore)를 생성한다. N명의 조업자가 연결될 경우 N개의 공유 메모리와 2N개의 차단표시기를 생성해야 한다. OM은 Solver모듈을 실행시키고 조업자 및 교육자 모듈에서 받아들인 자료를 공유 메모리에 쓴다. Solver모듈은 공유 메모리에서 자료를 읽어들이 계산하고 그 결과를 공유 메모리에 쓴다. Solver모듈의 외부 인터페이스 알고리즘을 Fig.1에 나타내었다.

### 결론

OTS를 통하여 조업자를 효과적으로 교육시키기 위해서는 공정을 모델링하고 조업자가 공정 조작을 했을 때 발생하는 이산 사건을 처리할 수 있도록 OM과 Solver를 연결해야 한다. 이때 조업자의 공정조작은 OM에서 Solver를 구동시키고 자료를 교환하는 과정을 거치게 된다. 따라서 OM과 Solver간 교환되는 자료를 정의해야 하며 대상 공정이 바뀌거나 Solver가 바뀌어도 전체 시스템의 변경을 최소화할 수 있도록 설계해야 한다. 본 고에서는 OM과 Solver를 모듈화시키고 두 모듈간 교환되는 자료를 정의하여 서로 독립적인 모듈간 인터페이스를 구축함으로써 전체 OTS를 효율적 구성하였다.

### 감사의 글

조업자 교육 시스템의 Solver로 gPROMS 사용을 허락해 준 Imperial College Costas Pantalides께 감사드립니다. 아울러 이 연구는 지능자동화시스템 연구소의 연구지원에 의해 이루어졌으며 지원해주신 연구센터에 감사드립니다.

**참고문헌**

1. 박선용, 문 일 : "조업자 교육 시스템의 특성 및 개발", 화학공업과 기술, 12(6), 512, 1994
2. 박선용, 문 일 : "회분반응 공정의 조업자 교육 시스템 개발", 한국자동제어학술회, 1141-1144, 1995
3. gPROMS Technical Report : "gPROMS Foreign Process Interface," 1995
4. W. Richard Stevens : "Unix Network programming," prentice-hall, 132-164, 1995

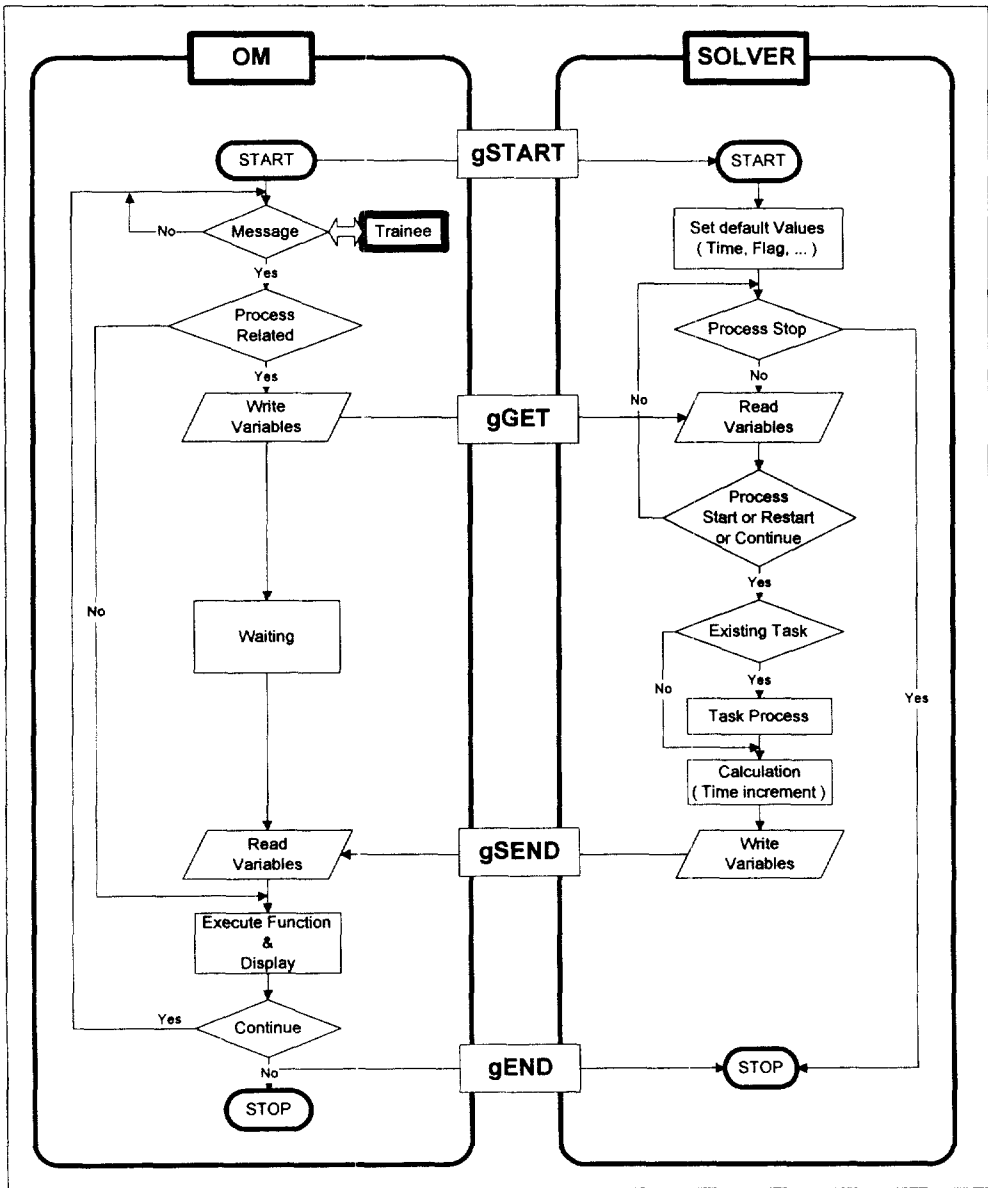


Fig 1. Data exchange algorithm using FPI between OM and Solver