

플랜트 산업의 디지털트윈 시뮬레이터의 발전과 미래



이재철

AVEVA Korea 상무, jc.lee@aveva.com

1. 서론

디지털 트윈의 정의는 시장과 공급업체 그리고 사용자에 따라서 매우 다양한 의견이 존재하고, 따라서 적용되는 분야의 특성에 따라 매우 세분화 되는 경향이 있다.

플랜트 산업에서의 디지털 트윈 또한 다양하게 정의되는 것이 일반적이겠지만, 관심 분야를 플랜트를 하나의 유기체로 가정하여 플랜트내부의 공정의 흐름과 운전 및 외부 변수들의 변화에 따른 제품생산의 양과 스펙의 변화를 분석하고 예측하는 측면에서 고찰한다면 좀더 구체적이고 실제적인 플랜트 산업에서의 디지털트윈의 정의가 가능할 것이라 할 것이다

플랜트는 반응과 증류를 포함한 분리, 유체의 거동, 열전달, 물질전달 및 다양한 물질들의 물성치와 변화를 다루고 있고 이를 정성적, 정량적으로 표현한 성과물이 PFD (Process Flow Diagram)와 Heat & Mass balance인데, 플랜트의 물질의 거동을 수학적으로 모델링 하여 그 성과물들을 도출해 내는 역할을 지난 50년간 PRO/II, Hysys, Aspen plus같은 공정시뮬레이터들이 담당해 왔고, 이들은 국제적으로 공인된 물성치 데이터와 열역학 방정식들, 기계장치 의 설계와 유체의 거동을 해석하는 기본법칙들을 탑재하고 플랜트에서 발생하는 반응, 이송, 증류, 분리, 혼합 등의 거동에 대한 수학적 분석 및 공정변수의 변화에 따른 결과예측을 제공하여 플랜트 설계와 공정 해석에 필수불가결한 도구가 되어 왔다.

그러나 현재 시장에 많이 보급된 주요 시뮬레이터들의 프로그램 구조는 포트란 혹은 C언어를 기반으로 30~50년전에 개발된 소스코드를 배경으로 하고있어서 최근 몇 년간 급속

히 발전해온 디지털환경, 예를 들면 플랜트설계자료 및 운전 데이터들의 통합, 양방향 데이터 전송, 클라우드 서버, 디지털 트윈, 인공지능 등의 요구조건들을 충족시키기에는 많은 한계점들이 존재함을 부정할수 없다.

이러한 한계와 시장의 요구조건을 만족시키기 위해서 기존 공정시뮬레이터에서 진일보된 디지털 트윈 시뮬레이터가 등장하고 있다고 볼수 있는데, 이 글에서는 공정시뮬레이터와 디지털 트윈 시뮬레이터의 역사와 현재 그리고 미래의 예측되는 개발 및 활용 방향성에 대한 고찰을 통해서 디지털환경에서 공정시뮬레이터의 역할의 재정립과 활용에 대한 이해를 독자와 함께 공유하고자 한다.

2. 공정 시뮬레이션의 역사

2.1 1세대 공정 시뮬레이터(VAX 환경의 포트란 프로그램)

1967년 미국의 SimSci (Simulation Science)사는 포트란 프로그램 언어로 세계최초의 상용 공정시뮬레이터인 PROCESS를 시장에 출시하여 이전까지 주로 경험과 수계산으로 수행되던 증류탑의 복잡한 상평형 계산을 VAX컴퓨터 환경에서 수학적 모델링을 통하여 보다 더 정교하고 실제적인 설계가 가능하도록 했다. SimSci사는 그 당시 플랜트 분야중 가장 시장규모가 컸던 정유공장 뿐 아니라 대부분의 플랜트에서 10년이상 독과점적인 지위를 누리게 되지만 1982년 미국 DOE와 MIT 공과대학의 국책과제를 통해 개발된 ASPEN의 출시로 시장에서의 경쟁이 시작되게 된다.

이 단계에서의 공정 시뮬레이터들은 확산에 기반을 둔 물질 전달 계산과 증류탑의 실제사이징을 수행하기 어려웠고 IT

기술의 미발전으로 계산속도가 현재와 비교했을 때 아주 느렸을뿐 아니라 반응기, 열교환기 등의 기계, 장치들의 사이징을 포함하는 개념이 아니었기 때문에 플랜트 전체의 물질 및 에너지수지를 계산해 내는 데는 많은 한계가 있었고 사용이 가능한 물성치 데이터베이스 또한 제한적이었다

2.2 2세대 공정 시뮬레이터(윈도우 환경의 프로그램)

1980년대 마이크로 소프트사의 OS인 윈도우의 등장과 IT기술의 발전은 시뮬레이터의 개발에도 영향을 미치게 된다.

SimSci사의 PROCESS 는 윈도우 환경의 PRO/II로 발전하게 되고, ASPEN Tech사의 ASPEN 또한 윈도우 기반의 새로운 버전을 출시한다. 더불어 캐나다에서 HyProTech사의 HYSYS는 개발초기부터 윈도우 환경을 기반으로 하는 공정 시뮬레이터 HYSYS 를 개발하여 시장에 출시한다.

또한 컴퓨터 성능의 발전으로 계산속도가 빨라지고, 물성치 데이터베이스가 점점 확장되었으며 기계, 장치류들의 계산이 더 다양하게 포함됨으로써 공정 시뮬레이터들은 더 이상 증류탑 설계만을 위한 프로그램에 국한되지 않고 플랜트 전체 공정설계에 필수불가결한 도구가 되었을 뿐만 아니라, 엔지니어링사들의 프로젝트 수주의 주요한 척도가 되는 기본 설계능력을 평가할 때 공정 시뮬레이션 모델의 구축가능 여

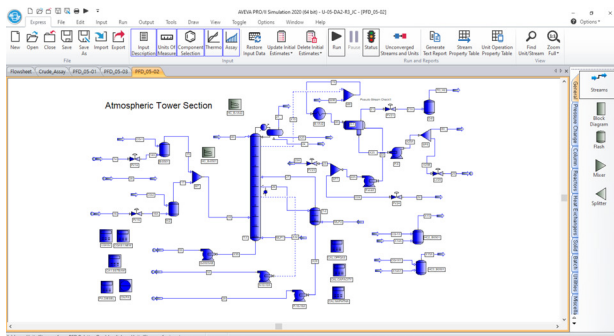


그림 1. AVEVA 사의 PRO/II

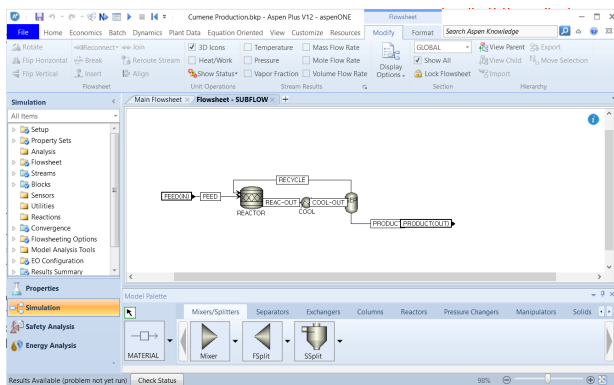


그림 2. Aspen Tech 사의 Aspen Plus

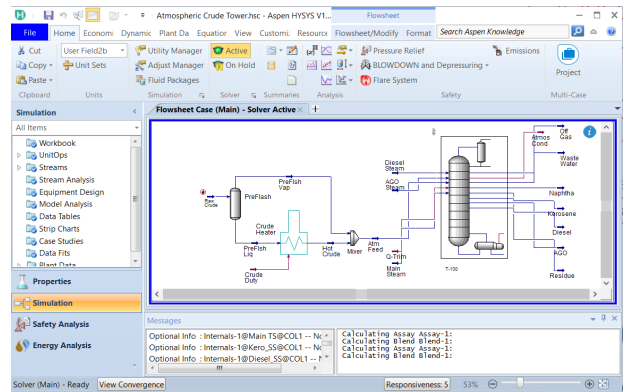


그림 3. Aspen Tech 사의 Hysys

부가 가장 중요한 인자중의 하나가 될 정도로 중요도가 커지게 된다.

시뮬레이션 회사들도 기업의 규모가 대형화 되기 시작하는데, 1999년 SimSci사를 영국의 다국적 기업인 Invensys가 합병을 하고, 2002년 Aspen Tech사가 HyProTech사를 인수 합병한 것들이 그 예라고 할수 있다.

2.3 2.5세대 공정 시뮬레이터(다이내믹 시뮬레이터 (Dynamic Simulation), 실시간 최적화 시뮬레이터 (Real Time Optimizer))

설계용 공정시뮬레이터는 공장이 정상상태로 운전할때의 시점만을 모사하는 정적인 계산 소프트웨어 이다. 1990년대 IT기술이 발전하면서 시간에 따라서 거동이 변하고 비정상 상태인 거동을 해석하는 다이내믹 시뮬레이터가 등장하기 시작했다. Imperial college에서 개발된 SPEEDUP은 다이내믹 시뮬레이터의 초기원형이라고 할수 있는데, 조작의 어려움과 협소한 시장으로 시장에서 큰 반향을 이끌어 내지 못했고 이후 Aspen Tech사가 인수하여 Aspen Dynamic으로 발전하게 되고, HyProtech사는 Hysys에 다이내믹 엔진을 개발하여 장착한다. Invensys는 공정 다이내믹 계산뿐만 아니라 OTS (Operator Training Simulator)와 ESD (Emergency Shut Down) 및 TMC (Turbo Machinery Control)와도 연계가 가능하도록 하는 다이내믹 시뮬레이터를 시장에 출시하고 이를 Dynsim이라고 명명하게 된다.

플랜트의 실시간 운전 데이터를 전송 받아서 결과를 분석하고 예측하는 시뮬레이터를 RTO (Real Time Optimizer)라고 하는데, 1997년 SimSc사는 Romeo를 시장에 출시한다. RTO는 설계목적 보다는 실제운전데이터를 이용하여 플랜트 운전의 최적화와 장치의 보수(maintenance) 계획수립에 더 많은 활용도를 보이고 있다.

언급된 2.5세대 시뮬레이터들은 2세대 시뮬레이터 엔진의 설계기능을 발전시키고 활용범위를 확장한다는 개념보다는 공정제어와 비정상운전, 혹은 긴급상황에서의 플랜트 거동을 해석하여 문제점을 해결한다거나, 플랜트 실시간 운전데이터를 시뮬레이터와 연계하고 데이터조정(data reconciliation)기법을 이용하여 공장의 현재운전을 분석해서 운전변수의 최적화에 많은 활용성을 보이고 있으므로 기존 2세대 시뮬레이터가 적용하기 어려운 특정분야의 해석 및 예측에 그 목적을 두고 있다는 점에서 2세대 시뮬레이터의 개선이 아닌 보완하는 측면이 강하다고 볼수 있다.

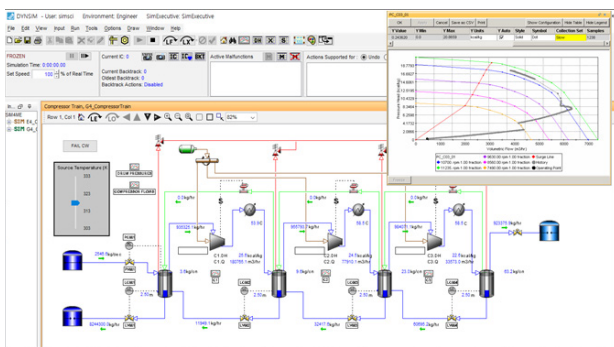


그림 4. AVEVA사의 Dynsim

2.4 3세대 공정 시뮬레이터(디지털 트윈 시뮬레이터)

빅데이터, 클라우드 서버, IOT, AI, 디지털 트윈 등 4차산업 혁명의 요소기술들을 기반으로 하는 디지털화가 플랜트 산업에서도 진행되면서 기존의 공정 시뮬레이터 들의 한계성이 노출되었다. 즉, 쌍방향성이 아닌 일방향의 정보흐름, 디지털 통합 플랫폼과의 비통합성, 클라우드 서버 적용이 쉽지 않은점, 목적지향적 시뮬레이터가 가지는 한계점으로 실질적인 디지털 트윈이 되기 어려운 점, 타 소프트웨어 들과의 비호환성 등의 여러가지 문제들이 기존 시뮬레이터가 플랜트 디지털화의 요소기술 로 포함되지 못하는 한계성을 도출 하였고, 새로운 공정 시뮬레이터의 필요성이 대두 되었다.

다국적 기업인 Schneider Electric은 공정 시뮬레이터 기술을 보유하고 있던 Invensys를 합병하고, 이후 Intelligent P&ID, 플랜트용 3D CAD 및 데이터베이스 기술을 보유한 영국계 AVEVA를 합병하면서 AVEVA와 Schneider Electric Software부문을 new AVEVA로 2018년 출범하면서 공정시뮬레이터와 PFD, P&ID, 3D Cad를 하나의 플랫폼에서 통합시키는 솔루션을 시장에 출시하게 되는데 이때 사용되는 디지털 트윈 시뮬레이터가 3세대 공정 시뮬레이터라 할 수 있는 SimCentral이다.

3. 디지털 트윈 시뮬레이터

3.1 디지털 트윈 시뮬레이터의 정의

독일의 DECHEMA사는 공정산업에서 디지털트윈의 정의를 ① 플랜트 공정과 제어를 동시에 모델링할 수 있어야 하고, ② 하나의 플랜트는 하나의 모델만이 존재하여 여러가지 목적으로 운전이 가능해야 하고, ③ 다이나믹 거동을 모사할 수 있어야 하며, ④ 하나의 모델이 타당성 조사, 기본설계, 상세설계, 시운전, 정상 운전 및 공정변경으로 구성되는 전체 플랜트 사이클을 만족시킬 수 있어야 한다 라고 명시한다. 이외에도 사용자들은 PFD, P&ID, 3D, 기계장치 사양서, 생산비 및 투자비등의 데이터들과 유기적으로 결합해야 하는 기능과 고객의 프로젝트 사양을 만족시키기 위하여 맞춤형 개발이 가능한 오픈 아키텍처 형태의 소프트웨어를 요구하고 있다

3.2 SimCentral - 3세대 시뮬레이터

2018년 국내에 소개된 AVEVA사의 SimCentral은 3.1장에서 언급한 디지털 트윈 시뮬레이터에 요구되는 5가지 항목들을 상당부분 충족시킨 최초의 3세대 시뮬레이터라고 할 수 있다.

한 플랫폼에서 정상상태와 운전모드 그리고 다이나믹 모드를 다룰 수 있고, 하나의 모델로 설계, 운전, 공정 및 에너지 최적화와 다이나믹 거동해석등이 가능하며, PFD, P&ID 및 3D 도면들을 포함하는 데이터플랫폼과 양방향 대화가 가능한 기능을 갖추고 있다. 또한 적용되는 모든 계산식들이 개방되어 있어서 사용자가 계산식들을 검토 하거나 수정하여 특수한 장치나 공정의 맞춤형 모델 작업이 가능하다. 수학적 인 모델링이 2차미분방정식까지 가능하므로 기계, 장치 및 열역학적 거동의 맞춤형작업 뿐 아니라 가격정보를 포함한 외부의 빅데이터와의 연계작업이 가능하다.

SimCentral Simulation Platform

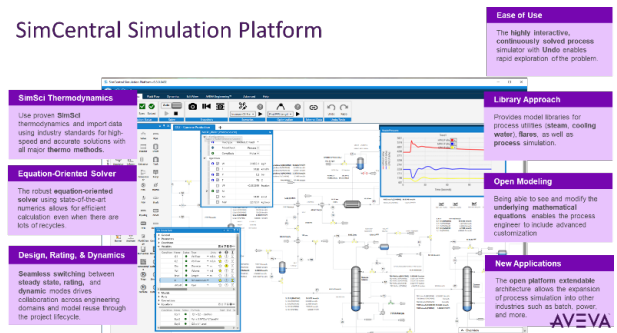


그림 5. AVEVA사의 SimCentral

물론 아직까지는 여러 부분에서 진정한 의미의 디지털 트윈 시뮬레이터로서는 미흡한 부분들이 있고 따라서 더 개발되어야 할 여지가 많다고 판단된다. 예를 들면 최적화 엔진의 고도화가 부족하고, 제약이나 바이오 공정을 위한 물성치 데이터베이스가 충분하지 못하며, 엔지니어링 데이터베이스와의 통합성이 아직은 만족스럽지 못하여 사용자별로 목적에 따른 별도의 맞춤형작업이 필요하고, 인공지능과의 연계성이 포함되지 않은 점 등이다.

4. 디지털 트윈 시뮬레이터의 미래 및 맺음말

플랜트 산업에서 디지털트윈 시뮬레이터의 발전속도는 엔지니어링 디지털화의 진행속도와 기대치의 정도 등과 연계될 수 밖에 없는 구조적인 연관성을 가지고 있다. 왜냐하면 엔지니어링 디지털플랫폼에 공정 시뮬레이션을 유기적으로 결합시켰을 때의 효용성에 대한 문제제기가 있고, 기술적 완성도에 대한 의문 또한 존재하는 것이 사실이기 때문이다.

또한 3장에서 언급된 기술적인 요구조건들 이외에도 인공지능 엔진의 탑재, 보다 전문화된 기계, 장치의 설계기능과 제약, 바이오, 무기물들의 물성치 데이터베이스의 확장 및 고체의 거동을 포함하는 열역학적 모델의 연구개발등의 미수행된 많은 과제들이 남아있다.

그럼에도 불구하고 디지털 트윈 시뮬레이터의 방향성은 쉽게 부정하지 못하는 팩트라고 보여지므로 AVEVA 사 이외에도 시뮬레이션 코드를 보유하고 있는 업체들의 3세대 시뮬레이터의 개발도 기대할 수 있을 것이라고 판단되며 사용자 입장에서는 좀더 현대화, 통합화, 다양화되고 확장성 있는 3세대 공정디지털 트윈모델들의 등장을 기대할 수 있을 뿐만 아니라 공정시뮬레이터의 활용범위는 더욱 확장되고 플랜트산업에서 차지하는 중요도도 더욱 커질것이라고 예측된다.

참고문헌

1. Digitalization in the chemical industry, DECHEMA, 2016
2. PRO/II with Provision 실무, 조정호 외, 2020,
3. Using Aspen Plus in Thermodynamics Instruction, Sandler et al., 2015
4. Aspen Hysys, Hamid et al., 2013
5. SPEEDUP: A computer program for steady-state and Dynamic simulation and design of chemical processes, J.D. Perkins et.al., 1982