

공정-저장조 망구조 해석을 통한 전사적 최적화

이경범*

부경대학교 화학공학과

(gbyi@pknu.ac.kr*)

Global Enterprise Optimization via Batch-Storage Network Analysis

Gyeongbeom Yi*

Pukyong National University

(gbyi@pknu.ac.kr*)

서론

최근 사각과 모형을 이용한 공정-저장조 망구조 해석의 새로운 방법이 AIChE J. 에 일련의 논문을 통해 발표 되었다 (Yi and Reklaitis 2002, 2003, 2004, 2005). Yi and Reklaitis (2002) 에서는 순차적인 공정-저장조의 망구조에 대한 연구가 진행되었고, Yi and Reklaitis (2003) 에서는 망구조가 재순환 흐름을 포함하도록 확장되었고, Yi and Reklaitis (2004) 에서는 재무적 공정과 현금흐름이 추가되었고, Yi and Reklaitis (2005) 에서는 회분식 공정 뿐만 아니라 다수의 작업을 수행하는 반연속 공정이 포함된 망구조에 대한 해석을 가능하게 함으로서 보다 현실적인 문제에 접근하게 되었다. 제조업에 종사하는 기업을 구성하는 주요한 3 요소에는 물질, 돈과 사람이라고 할 수 있는데 이들은 가만있는 것이 아니라 서로간의 복잡한 관계 속에서 끊임없이 이동 변환하고 있다. 이중 사람의 문제는 개량화하기 어려운 부분이 있으므로 본 논의에서 제외하고 물질과 돈에 대해서 고려해 보자. 어떤 기업의 물질과 돈의 흐름을 분석하기 위해서 가장 기본적인 요소로 쪼개어 보면 변환이나 이동을 나타내는 공정과 존재와 정지상태를 나타내는 저장조로 분석될 수 있다. 이때 공정은 회분식, 반연속식, 연속식은 물론이고 구매, 생산, 수송 및 자본 입금, 출금, 투자 등의 현금 흐름도 포함한다. 망구조는 여러가지 형태의 재순환 흐름도 필연적으로 포함하고 있다.

본론

임의의 망구조에 대하여 Yi and Reklaitis (2002, 2003, 2004,2005) 는 최적화 모형과 해석적인 해를 제공하고 있다. 최적화 설계변수는 작업 주기이다. 화학공장은 50 여년 전부터 선형계획법을 이용한 생산 및 수송계획 최적화 모형을 전사적인 최적화 모형의 도구로서 사용해 왔다. 근래에는 이 선형 모형을 더욱 발전시켜서 혼합정수 계획법을 이용한 더욱 정교하고 복잡한 모형이 학계에서 소개되고 있다. 이들은 과거에는 컴퓨터 계산능력이 따라주지 못하여 사용불가능한 것으로 알려졌으나 최근에는 컴퓨터 성능의 급속한 발전에 힘입어 응용범위가 점차 늘어나는 추세이다. 그러나 아무리 좋은 컴퓨터를 사용한다 할지라도 여전히 계산능력에는 한계가 있기 마련이고, 전사적인 최적화를 목표로 할 경우 그 계산량은 기하급수적으로 늘어나게 된다. 따라서 기존방법을 이용할 경우 그 적용범위는 크게 제한되거나 아주 단순화된 모형을 사용하게 되어 정밀도가 떨어지게 된다. 최근 기업들간의 인수합병이 늘어나는 추세로 볼 때 문제의 복잡성과 크기는 더욱 증가하고 있다. 따라서 간단한 해석적인 해의 중요성은 결코 간과될 수 없다. Yi and Reklaitis (2002, 2003, 2004,2005) 에서 제공하는 최종결과물인 해석적인 최적주기 해는 문제의 크기에 구애받지 않고, 적용하기 쉽기 때문에 전사적인 최적화를 위한 주요 도구가 되리라 기대된다. 특히 최근 6 시스마 활동이 대단위 기업의 혁신활동으로 자리 잡아가고 있는데 쉽게 적용할 수 있는 공정 최적화 도구는 큰 도움이 될 것이다. 최적주기 해를 얻을 경우 우리는 최적 주문량 또는 생산량을 알 수 있고 해당 공정이나 저장조의 최적 크기도 계산할 수 있다. Yi and Reklaitis (2002, 2003, 2004, 2005) 의 결과가 제공하는 것은 단지 이뿐만은 아니다. 공정-저장조 망구조 해석에 사용되는 사각과 모형은 전사적인 비용을 각 공정별 비용으로 분리가능하게 해 주는데, 각 공정별 최적 비용을 산출해 보면 공정 투입유량의 제공근에 비례한다는 결과를 제시한다. 이 결과는 공장설계 교과서에서 나타난 대로 공정비용은 유량의 6/10 승에 비례한다는 경험적 규칙에 접근하는 결과이다. 이를 토대로 여러가지 공정에 대하여 최적화 정도를 일관된 척도로 표시할 수 있다. 이 척도를 이용하여 여러가지 공정의 최적화 정도를 수치로 나타내면 가장 최적화가 덜된 순서를 정할 수 있고, 이 순서대로 최적화 작업을 수행할 경우 한정된 자원을 보다 효과적으로 배분할 수 있다.

공정연구에서 지금까지 개발된 대부분의 생산계획 모형들은 생산용량과 수요제약을 만족하면서 총비용을 최소화하는 계획을 추구한다. 그러한 생산계획 작성에 있어서 드러나지 않은 가정 중의 하나는 현금 즉 즉시 지불할 수 있는 자산이 무한하다는 것이다. 그러나 현금이야말로 실제로 가장 부족한 자원에 속하는 경우가 많다. 현금 유용성은 작성된 생산계획의 실현 가능성에 영향을 미치는 중요한 요인이다. 생산비용을 뒷바침할 만한 현금의 부족으로 인해 계획된 생산이 이루어지지 못하고, 따라서 다른 자원도 당분간 활용되지 못하며, 현금이 유용해지면 그동안의 밀린 주문을 보충하기 위해 과도한 생산을 추진해야하는 사태가 종종 일어난다. 이러한 비효율성은 심각한 손실을 초래할 수 있다. 사실 금전거래와 현금흐름은 모든 생산활동과 연관이

있다. 제조업자는 생산목적을 위해 원료물질을 구매한다. 원료의 구매는 공급자에 대한 외상매입 구좌를 생성한다. 대금의 실제 상환은 당좌수표와 같은 지불수단이 은행에 의해 추심되어야 성립된다. 원료물질들은 운전 유틸리티를 소모함으로써 최종제품으로 전환되는데, 이 유틸리티들도 비용을 지출하여 구매되거나 생산되어야 한다. 최종제품의 재고는 소비자가 신용구매하면 외상매출 구좌로 바뀌게 된다. 외상매출 대금은 소비자가 제출한 수표와 같은 지불수단을 은행이 추심함으로써 입금된다. 회사는 이외에도 세금, 임금, 이자 등을 지불해야 하며, 현금재고의 부족을 막기 위하여 은행으로부터 새로운 대출을 추진해야 한다. 만약 현금재고가 넘쳐나면 좀더 나은 수익을 위해 유가증권에 대한 단기투자를 고려해야 한다. 만약 운전자금의 흐름이 잘 관리되지 못하면 수익성 있어보이는 회사도 파산에 이를 수 있는 재정적 위험을 격게 된다. 외상매출과 재고자산이 과도할 경우 수익성 있는 회사도 빚을 갚지 못하게 된다. 따라서 생산계획을 결정할 때 현금흐름을 고려하는 것은 매우 유용하다. 성공적인 회사는 수익성과 현금흐름의 두가지 관점에서 잘 관리되고 있다.

전통적인 공장설계에 있어서, 투자, 재무와 운전에 관한 의사결정에 있어서 복잡한 상호작용은 별로 고려하지 않고 순서적으로 분석되었다. 이러한 접근법은 의사결정 권한이 다른 부서간에 많은 자율성이 부여된 조직관리 체계와 부합되는 장점을 가지고 있으며, 설계문제의 최종안도 세 부분이 분리되면 매우 단순화된다. 그러나 이러한 세가지 의사결정의 상호작용은 전반적인 사업구조에 중요한 영향을 미치며, 무시하게 되면 자금관리에 지속적인 부담을 주게될 수 있다. 재무적인 제약과 결합된 투자계획은 분리적인 접근법에 의해 생성된 계획과 매우 다를 것이다. 사각과 모형을 이용한 공정-저장조 망구조 이론은 이러한 재무적 처리나 현금흐름을 물류와 결합하여 최적화 모형을 구성했을 경우에도 생산주기나 재무처리주기에 대해서 해석적인 최적해를 제공해 준다

결론

화학회사들은 서로 간의 인수합병이나 타지역의 공장을 매입함으로써 갈수록 대형화하고 있고 현대의 발달한 컴퓨터 정보기술과 최적화 기술은 이들의 최적운영에 크게 기여하고 있다. 그러나 여러가지 기술적 한계로 인해 여전히 국부적인 최적화에 머물고 있고, 기껏해야 부분적인 최적화를 조합하는 단계이다. 여러가지 상용화된 소프트웨어들이 전사적인 최적화를 할 수 있다고 주장하고 있으나 아직 사람이 기대하는 수준의 전사적인 최적화를 담아내는 기본 이론도 갖추어져 있지 않다. 제조업의 전사적인 최적화를 위해서는 다음의 몇가지 기본 요구사항을 만족하면서 현존하는 컴퓨터의 계산능력으로 짧은 시간에 답을 도출할 수 있는 획기적인 이론적 체계가 필요하다.

1. 생산시설의 특성(회분식, (반)연속식, 재순환 흐름, 품질 규격을 맞추기 위한 배합 등)을 효과적으로 표현가능
2. 물질의 흐름 (구매, 생산, 수송, 판매)을 효과적으로 표현가능
3. 현금의 흐름 (매출이익, 외상매출, 은행대부, 단기투자, 원료구매, 외상매입, 고정비, 변동비, 세금, 임금, 주주배당 등)을 효과적으로 표현가능
4. 수요예측, 구매와 공정의 불확실성을 효과적으로 처리
5. 사람의 흐름을 효과적으로 표현가능(자동화된 대기업은 중요하지 않음)
7. 연구개발 업무
8. 영업 광고활동과 그에 따른 매출증가
9. 기타

본 연구에서는 위의 항목중에서 1, 2, 3, 4 까지 포괄하는 새로운 이론체계를 소개했다. 물론 이러한 방대한 내용을 포괄하는 기존의 월별 생산계획 최적화 모형으로 잘알려진 선형계획법을 이용하여 만들 수는 있으나 계산량이 무한대로 늘어나서 현실적으로 사용불가능해 진다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 계산량이 문제의 크기에 따라 급격히 증가하지 않는 방법이 필요한데, 본 연구의 결과는 대부분 계산기로도 되는 간단한 답이 유도되었다

본연구의 결과는 최적의 생산(구매)량이나 저장조 용량을 결정하는데 적용되고, 그외에도 기존의 생산계획 최적화 모형을 개선하거나, 물류 최적화, 또는 생산 물류(+현금흐름) 통합 최적화 모형개발 등의 대형 사업에 활용될 수 있고, 간단한 해석적인 최적화 수식들은 요즘 유행하는 6 시스마를 추진할 때 "분석, 개선" 단계에서 손쉽게 부서별로 주어진 문제에 적용할 수 있다.

참고문헌

1. Yi G, Reklaitis GV. Optimal design of batch-storage network using periodic square model. *AIChE J.* 2002;48:1737-1753.
2. Yi G, Reklaitis GV. Optimal design of batch-storage network with recycle streams. *AIChE J.* 2003;49: 3084-3094.
3. Yi G, Reklaitis GV. Optimal design of batch-storage network with financial transactions and cash flows. *AIChE J.* 2004;50:2849-2865.
4. Yi G, Reklaitis GV. Optimal design of batch-storage network with multitasking semi-continuous processes. *AIChE J.* 2006;52:269-281