

Evolutionary Optimizer를 위한 시스템 설계

이 창권 · 변 재현

경남 진주시 가좌동 900 경상대학교 산업시스템공학부, 공학연구원

A System Design for Evolutionary Optimizer

Chang-Kwon Rhee · Jai-Hyun Byun

Department of Industrial and System Engineering
and Engineering Research Institute

Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701

Abstract

Evolutionary operation is useful to improve on-line full-scale manufacturing processes by systematically changing the levels of the process variables without jeopardizing the product. This paper presents a system design for an evolutionary operation software called 'evolutionary optimizer'. The system design is based primarily on data flow diagram. Evolutionary optimizer consists of four modules: factorial design module, many variables module, mixture production module, and mean/dispersion module.

1. 서론

실험에 의해 새로운 제품 또는 기존의 제품 및 공정의 최적조건을 찾아가는 반응표면 분석법은 연구개발 단계에서 일반적으로 파일롯 플랜트(pilot plant)나 실험실에서 수행된다. 하지만 실험실 또는 파일롯 플랜트 단계에서 구한 최적공정조건은 실제 양산에서는 최적이지 않을 가능성이 크다. 즉, 양산에서 이용하는 생산장비, 원재료, 환경 등의 변화에 의하여 파일롯 플랜트에서 구한 최적공정조건이 변하게 되는 경우가 많다. 이러한 경우 제품 생산 일정에 쫓기다 보면 과거의 경험에 의하여 공정조건을 정해버리거나 단기간 체계적이지 못한 간이실험을 통하여 공정조건을 대략 설정한 다음 바로 양산에 들어가 수시로 공정개선을 하는 경우가 흔하다. Box[5]는 양

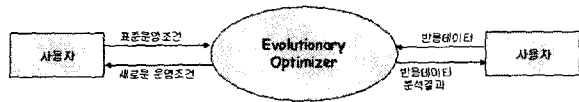
산단계에서 공정을 계속하여 감시하고 향상하여 궁극적으로는 최적조건을 찾아가거나, 파일롯 플랜트에서 구한 최적공정조건을 양산에 맞게 조정해 나가는 방법으로서 진화적 조업법(Evolutionary Operation, EVOP) 절차를 제안하였다.

본 논문에서 진화적 조업법을 위한 소프트웨어인 'Evolutionary Optimizer'의 시스템 설계 결과를 제시하고자 한다. Evolutionary Optimizer 시스템 개발을 위한 초기 분석 및 설계단계에서 수차례의 피드백을 통해 완성도 높은 도메인모델을 개발하여 개발 언어나 환경에 독립적인 시스템을 만들고자 한다. Evolutionary Optimizer는 다음과 같이 4가지 모듈로 구성된다. 중심점을 포함한 2수준 요인배치에 근거한 '요인배치' 모듈, 신제품이나 신규설비 도입 시 고려해야 할 공정변수가 많은 경우에 필요한 '다수 변수' 모듈, 혼합물 실험에 이용할 수 있는 '혼합물 공정' 모듈, 공정조건에서 반응변수의 평균과 산포를 동시에 고려하는 '평균/산포' 모듈로 구성된다. Evolutionary Optimizer를 개발함에 있어서 초기단계에서는 개발언어나 환경에 독립적이며, 사용자의 편의성, 기능성, 호환성을 고려한 설계를 하고자 한다.

2. Data Flow Diagram을 이용한 설계

<그림 1>과 같이 배경도(Context Diagram)를 통하여 Evolutionary Optimizer

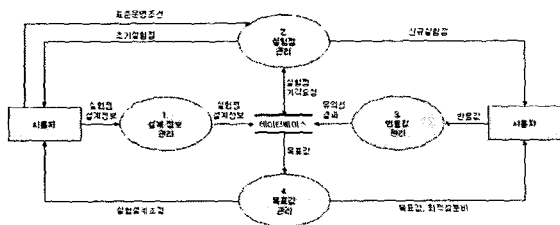
시스템의 규모와 경계를 결정하고 개략적인 시스템을 정의한다. 사용자가 현재공정에서 운영되고 있는 조건을 입력하면 Evolutionary Optimizer는 현재 조건 부근에서 탐색할 공정 운영조건들을 제시해준다. 실험을 진행하여 반응데이터를 얻고 이를 다시 Evolutionary Optimizer에 입력하여 분석을 지시하면 Evolutionary Optimizer는 새로운 공정운영조건들을 제시한다.



<그림 1> Evolutionary Optimizer의 배경도

Evolutionary Optimizer를 설계하기 위해 데이터의 흐름을 입-출력데이터 관점에서 표현할 수 있는 보편적인 방법인 Data Flow Diagram(DFD)을 이용하고자 한다([1], [2]). DFD를 이용하면 구현하고자 하는 시스템을 입-출력 데이터로 나누고, 이들 입-출력 데이터들이 어떠한 변환과정을 거치는 지를 그림으로 표현할 수 있다. 일반적으로 DFD는 상세한 정도에 따라 Level 1, 2, 3의 3단계로 표시한다.

<그림 2>는 혼합물 공정 모듈을 설계하기 위한 Level 1 DFD이다. Level 1 DFD에서는 배경도에 나타난 Evolutionary Optimizer 시스템이 데이터의 흐름 관점에서 좀더 구체적으로 표현된다. Level 2는 Level 1의 단위활동이 좀 더 구체적으로 표현되고, Level 3는 Level 2의 단위활동이 세밀하게 나타난다.

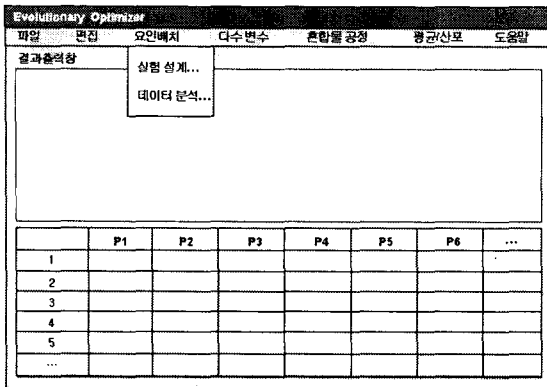


<그림 2> 혼합물 공정 모듈의 Level 1 DFD

3. Evolutionary Optimizer의 구성 모듈

Evolutionary Optimizer는 EVOP를 진행하기 위해 4가지 상황에 맞게 '요인배치', '혼합물 공정', '다수변수', '평균/산포'의 4개 모듈로 구성하였다. 요인배치 모듈은 중심점을 포함하는 2수준 요인배치를 기초로 한 방법이다. 요인배치는 인자의 주 효과와 교호작용의 분석이 용이하므로 진화적 조업법의 대표적 방법으로 이용되고 있다([6], [7]). 다수변수 모듈은 신제품이나 신규 설비의 도입 시 공정을 개선하기 위해 고려해야할 잠재적 공정변수가 많은 경우, 공정에 주요한 영향을 미치리라고 예상되는 변수를 신속하게 선정하고 각 변수의 최적조건을 효율적으로 파악하기 위한 방법이다([4]). 혼합물 공정 모듈은 혼합물 실험을 위한 EVOP 방법으로 Simplex EVOP를 이용한 방법을 채택하여 실험을 진행한다. 혼합물 실험은 타 실험계획과 달리 실험가능영역이 정해지는 경우가 있다. 이런 경우는 실험점을 생성할 때 각 공정변수별로 실험가능영역을 입력하여 해당 영역 내에서 실험이 진행되도록 한다([3]). 평균/산포 모듈은 공정조건에서 반응변수의 평균과 산포를 동시에 고려하여 평균과 산포에 영향을 미치는 인자를 별도로 구하여 산포를 최소화하고 평균을 목표값에 근접하게 하는 공정조건을 구하기 위한 것이다.

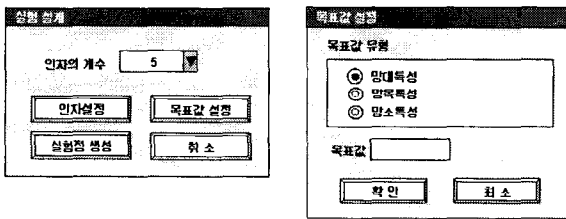
진화적 조업법의 목적에 맞도록 모듈을 선정하면, <그림 3>과 같이 각 모듈 별로 1) 탐색할 공정조건들을 구하기 위한 실험 설계를 하고, 2) 선정된 공정조건에서 실험을 수행한 후 데이터가 수집되면 데이터 분석을 수행하도록 한다. 실험 설계에서는 4개의 주요 모듈에 따라 인자의 수, 인자의 수준, 목표값을 정하고 실험의 진행을 위한 공정조건을 제시해 준다. 사용자는 작성된 설계행렬의 조건에서 실험을 실시한다. 실험을 통해 얻어진 반응데이터는 워크시트에 입력된 후 '데이터 분석'을 통해 분석된다. 분석된 결과는 '결과창'에 출력이 된다.



<그림 3> Evolutionary Optimizer의 주요 모듈

4. 실험설계 및 데이터 분석

각 모듈은 공통적으로 실험 설계와 데이터 분석이라는 메뉴를 가진다. 실험 설계 메뉴는 각 모듈의 실험을 진행하기 위해 공정운영조건을 작성하는 메뉴이다. 실험설계 메뉴는 <그림 4>에 나타내었는데, EVOP에 적용할 인자 수, 실험점 생성, 목표값 유형과 목표값이 기록된다.



<그림 4> 실험설계 메뉴의 실행화면

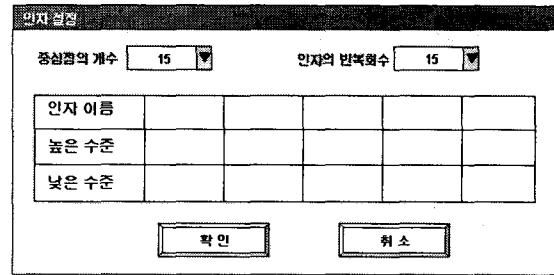
사용자는 실험 설계 메뉴를 통해 생성된 조건에서 실험을 실시하고 반응데이터를 워크시트에 기록한다. 기록된 반응데이터는 데이터 분석 메뉴를 통해 분석되고 결과는 결과창을 통해 출력된다. <표 1>에 결과창을 통해 출력될 내용을 정리하였다.

<표 1> 데이터분석 결과

분석결과	내용
출력사항	반응값의 평균, 사이클 실험의 횟수, 실험결과간의 육안성 유무, 결과가 가장 일정한 실험점, 목표값 달성 여부.
관정사항	사이클 실험의 반복여부, 다음 단계로의 이동여부

4.1 요인배치 모듈

요인배치에 근거한 실험 조건을 생성하기 위해 <그림 4>의 과정을 통해 생성될 인자의 개수, 목표값을 결정한다. '인자설정' 버튼을 이용하여 <그림 5>와 같이 인자의 이름과 수준을 정하고 중심점의 추가 여부와 반복회수를 결정한다. 설정을 마친 뒤 '실험점 생성' 버튼을 클릭하면 워크시트에 탐색할 공정운영조건이 작성된다.

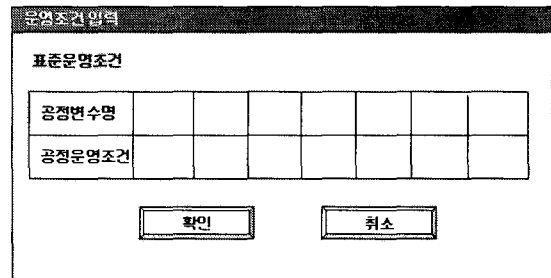


<그림 5> 요인배치-인자설정 화면

워크시트에 작성된 실험 조건에 따라 실험을 실시하고 반응데이터를 기록한다.

4.2 다수변수 모듈

다수변수 모듈은 신제품이나 신규설비 도입 시 고려해야할 공정변수가 많을 경우에 이용될 수 있는 모듈이다. 다수변수 모듈의 목적은 공정에 영향을 미치리라고 예상되는 주요변수를 빠르게 찾는 것이므로 8개의 실험점을 대상으로 2수준 7개 인자를 고려하면 한번에 7개의 변수를 입력하여 8개의 실험 조건을 만들게 된다. <그림 6>은 입력된 7개의 변수의 이름과 현재 공정의 운영 조건을 입력하는 화면이다.



<그림 6> 다수변수-운영조건 입력 화면

4.3 혼합물 공정 모듈

혼합물 공정 모듈은 혼합물 실험을 위한 모듈이다. <그림 7>은 혼합물 공정 모듈의 표준운영조건을 입력하는 화면이다.

운영조건 및 실험가능영역					
공정변수명					
공정운영조건					
상위 영역					
하위 영역					

<그림 7> 혼합물 공정-운영조건 입력 화면

혼합물 공정에서는 다른 모듈과 달리 'Δ값'을 입력한다. 'Δ값'은 중심점에서 각 실험점까지의 거리를 의미한다. 실험 가능영역이 존재할 경우, 각 공정 변수별로 '상위 영역'과 '하위 영역'을 실수형태로 입력할 수 있다. 입력이 완료되면 '실험점 생성' 버튼을 클릭하여 공정한 운영조건들을 생성하고 반응데이터를 워크시트에 입력한다.

4.4 평균/산포 모듈

각 인자들의 수준은 <그림 5>와 같이 현재의 공정을 중심으로 높은 수준과 낮은 수준을 입력한다. 모든 설정을 마친 뒤 '실험점 생성' 버튼을 클릭하면 워크시트에 탐색에 이용될 공정한 운영조건이 작성된다.

5. 결론

본 논문에서 양산설비에서 생산을 수행하면서 체계적인 방법을 이용하여 점진적으로 공정조건을 최적화하는 절차인 진화적 조업법을 위한 소프트웨어인 Evolutionary Optimizer의 시스템 설계 결과를 제시한다. 4가지 상황에 맞도록 EVOP 모듈을 만들고 소프트웨어로 구현하기 위한 시스템 설계를 제시함으로써 실험계획에 대한 전문지식이 부족

한 현장의 조업기술자나 연구 개발 인력이 체계적으로 공정개선을 할 수 있도록 한다.

참고문헌

- [1] 김 에녹, 김 경희 (2002), 소프트웨어 공학, 컴앤북.
- [2] 김 용경 (2002), 소프트웨어공학, 대경.
- [3] 김 치환 (2003), 혼합물 실험을 위한 진화적 조업법에 관한 연구, 경상대학교 석사학위논문.
- [4] 변 재현, 이 창권 (2004), 다수의 공정변수가 있는 경우의 진화적 조업법, 한국품질경영학회 2004년 춘계학술대회 논문집.
- [5] Box, G. E. P. (1957), "Evolutionary Operation: A Method for Increasing Industrial Productivity", *Applied Statistics*, Vol.6, 81-101.
- [6] Box, G. E. P. and Draper, N. R. (1969), *Evolutionary Operation*, John Wiley & Sons, NY.
- [7] Myers, R. H. and Montgomery, D. C. (1995), *Response Surface Methodology*, Wiley, NY.