

염색 가공 공장에서 Optaplanner 활용 동적 스케줄링 기법에 관한 연구

홍진빈, 윤영석, 오현우

한국전자통신연구원 미래원천연구본부

jbhongg@naver.com, isay@etri.re.kr, hyunwoo@etri.re.kr

A Study of Dynamic Scheduling Method with Optaplanner in Dyeing Processing Factory

Jin Bin Hong, Young Seog Yoon, Hyun Woo Oh

Future Basic Technology Research Division

Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

스케줄링은 제조 산업에서 생산량과 업무 효율성에 큰 영향을 미친다. 염색 가공 공정은 다른 제조 공정들보다 복잡하고 서로 연관된 공정이 있다. 따라서 다양한 상황변화와 제약 조건들을 고려하는 스케줄링이 필요하다. 본 논문에서는 주문 및 원단 정보를 바탕으로 공정에 대한 작업 계획과 생산라인으로부터 수집되는 실 정보를 바탕으로 재스케줄링을 고려한 최적화된 스케줄링 방법을 제안한다. 본 시스템 개발을 위해 동적 스케줄링 시뮬레이션은 JAVA와 Optaplanner를 사용하였다.

I. 서 론

염색 가공 공장은 크게 염색 공장과 후가공 공장으로 나뉘어진다. 염색 공장은 원단 염색에 중점적이고, 후가공 공장은 염색 후 후처리를 중점적으로 한다.

염색 가공 공장은 처리해야 할 원단의 종류와 사용되는 공정 기계의 종류가 매우 많고, 주문 정보 또는 원단의 재질과 양에 따라 공정과 기계 선정이 달라진다. 또한 공정 중간에 품질 검사를 통해 불량률이 나오거나 납기일이 급한 새로운 주문이 들어오면 재스케줄링이 요구된다.

이와 같은 다양한 제약 조건들과 상황 변화에 유동적인 스케줄링이 필요하며 이를 해결하기 위해 1) 휴리스틱 알고리즘, 2) 수리적 분석 기반의 스케줄링이 연구돼왔다. 휴리스틱 알고리즘 기반의 스케줄링은 여러 가지 복잡한 문제가 아닌 한 가지 문제에만 적용이 가능하고, 새로 발생하는 문제에 대한 해결 방법을 개발하는 데 어려움을 가지고 있다. 따라서 다양한 제약 조건이나 새로 발생하게 되는 상황 변화에 유동적으로 문제를 해결하는 것이 어려울 수 있다. 수리적 분석 기반의 스케줄링은 현장의 다양한 제약 조건이나 상황 변화를 수학적으로 공식화시키는 것이 현실적으로 불가능에 가까워 해법을 제공하는 데 어려움이 있다. 또한 주문량이 많아져 스케줄링해야 할 전체 규모가 커질 경우 최적 해를 제공하는 데 시간이 오래 걸린다는 문제가 존재한다[1]-[3].

따라서 본 논문에서는 주문 및 원단 정보를 바탕으로 공정에 대한 작업 계획과 생산라인으로부터 수집되는 실 정보를 바탕으로 재스케줄링을 고려한 최적화된 동적 스케줄링 방법을 제안한다. 즉 동적 스케줄링을 통해서 서로 연관된 공정에 따른 제약 조건들과 다양한 상황 변화에 맞게 유연한 실시간 작업 계획을 시뮬레이션하는데 목적이 있다.

II. 본론

1. 공정 구성도

그림 1은 염색 공장의 공정 구성도를 나타낸다. 염색 공장에서는 바이어

가 원하는 색상이 나올 때까지 B/T 테스트를 반복해야 하고, 원단 종류와 양에 따라 전처리 방법과 염색기 종류가 나뉜다. 또한 염색 후 샘플 검사를 통해 불량률이 발생하지 않을 때까지 염색 공정을 반복해야 하고 바이어의 특수 요구 사항이 있으면 그에 맞는 공정 단계가 추가된다.

그림 2는 후가공 공장의 공정 구성도를 나타낸다. 공정 구성을 크게 4가지 공정으로 나눌 수 있지만, 각각의 세부 공정이 다를 수 있다. 원단의 재질과 바이어 오더를 바탕으로 필요한 공정의 작업을 차례로 진행한다.

2. 개발 시스템 구조

그림 3은 소프트웨어의 흐름도를 나타낸다. 주문 정보와 생산라인 실 정보를 데이터베이스에서 읽어온 후 필요한 객체들을 구성한다. 사용자 인터페이스에서 solve 버튼을 누르면 버튼을 다시 누르거나 5분이 지나기 전까지 스케줄링을 진행한다. 제약 조건들을 불러오고 동적 스케줄링 알고리즘을 사용하여 작업 계획을 생성한다. 스케줄링 된 작업 계획들을 데이터베이스에 저장하고 생성된 작업 계획을 보여준다.

3. 시뮬레이션 환경

본 시스템은 동적 스케줄링 시뮬레이션을 포함한 사용자 인터페이스로 구성돼있다. 주문 정보와 생산라인 실 정보를 바탕으로 동적 스케줄링 시뮬레이션 부분은 자바 프로그래밍 언어와 오픈소스인 Optaplanner를 사용하였다.

데이터베이스에는 주문 번호, 원단 종류와 양, 납기일, 색상, 특수 요구로 구성된 주문 정보와 기계 번호와 종류, 공정 시간, 남은 공정 시간, 용량, 직전 작업 정보로 구성된 생산라인 정보, 작업 번호, 요구되어지는 기술, 품질 검사, B/T 테스트 결과, 중량으로 구성된 작업 정보가 저장되어 있으며 염색기 8대와 주문 24개를 무작위로 만들어 시뮬레이션을 진행하였다. 염색기는 상압과 고압, 그리고 상압과 고압을 모두 사용 가능한 염색기로 구분하였고, 용량은 250kg, 500kg, 750kg, 1,000kg으로 구분하였다. 면과

스판 두가지로 원단 종류를 나누었고, 납기일은 급함, 중간, 느림 3가지로 구분하였다. 색상은 밝음, 중간, 어두움 3가지로 구분했고, 원단 종류에 따라 사용해야 하는 염색기의 종류를 요구되는 기술에 할당했다. 추가 주문 정보를 생성할 시에는 무작위로 데이터가 할당되도록 하였다.

다음과 같은 제약 조건들을 고려하여 스케줄링하게 된다.

- (1) 샘플 검사 결과에 따라 다음 작업이 지연될 수 있다.
- (2) 염색 색상별로 어떤 염색기가 최적일지 고려해야 한다.
- (3) 후가공 공장의 경우 납기일에 따라 우선순위가 달라진다.

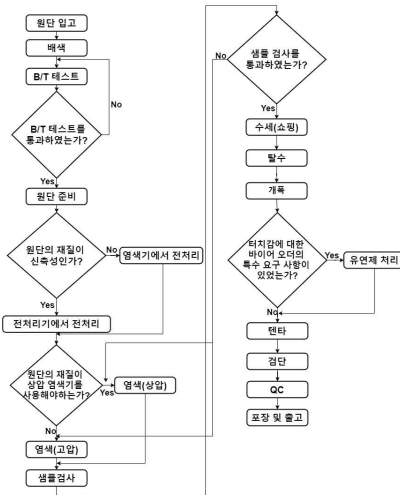


그림 1. 염색 공장 공정 구성도

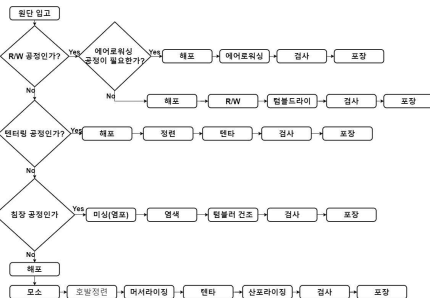


그림 2. 후가공 공장 공정 구성도

4. 시뮬레이션 결과

그림 4는 제약 사항들을 고려하여 시뮬레이션을 통해 작업 계획을 생성한 것이다. 공정이 진행되는 중간에 새 주문을 무작위로 생성하여 재스케줄링을 고려한 작업 계획이 생성되는지를 확인해 보았다. 상황 변화에 맞게 기존의 대기 중인 작업이 재스케줄링 되는 것을 확인 할 수 있었다.

III. 결론

본 논문에서는 주문 및 원단 정보를 바탕으로 공정에 대한 작업 계획과 생산라인으로부터 수집되는 실 정보를 바탕으로 재스케줄링을 고려한 최적화된 동적 스케줄링 방법을 제안하였다.

제안한 방법을 통해 제품 생산성과 업무 효율성 향상이 기대되고, 생산라인 실 정보로 얻어지는 작업의 특징에 따라 상황 변화에 맞게 재스케줄링을 하며 유연한 작업 계획을 생성할 수 있다.

향후 연구에서는 더욱 복잡한 제약 사항 및 작업 특징과 외부 요인 변화에 대응하여 실시간으로 스케줄링하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

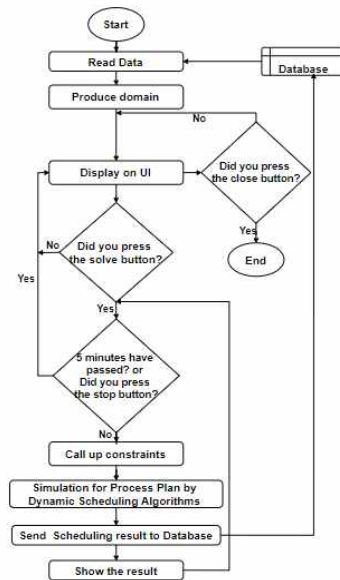


그림 3. S/W Block Diagram



그림 4. 제약사항 추가 시뮬레이션 데이터 작업 계획

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2019년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 지원을 받아 수행된 연구임. (20006619, “섬유산업 생산 혁신을 위한 실시간 생산 최적화 운영이 가능한 염색가공 지능형 공장 시스템 개발”)

참 고 문 헌

- [1] 이승정, 최희련, 이홍철, “생산 시스템 효율성 향상을 위한 적응형 일정 계획 플랫폼 개발”, 한국산업정보학회, 한국산업정보학회논문지, 제16권, 제2호, pp. 73-82, 2011.06.
- [2] 고계호, 옥창수, “동적 스케줄링을 위한 분산 도착시간 제어(Distributed Arrival Time Control) 알고리즘 개발”, 한국산업정보학회, 한국산업정보학회논문지, 제38권, 제1호, pp. 31-40, 2012.03.
- [3] 정성욱, 김준우, “후보순위 기반 타부 서치를 이용한 제약 조건을 갖는 작업 순서결정 문제 풀이”, 한국정보시스템학회, 정보시스템연구, 제25권, 제1호, pp. 159-182, 2016.03.