

혼류 조립 생산 라인 계획 운영 구조 An Operation Scheme for the Mixed Model Assembly Lines Scheduling

고려대학교 산업공학과

신 현 준, 전 진, 김 성 식

Abstracts

The setting of the factory under this study is as the following. There are multiple assembly lines. Each line can handle any of given set of products. Furthermore each line is capable of assembling several products concurrently, i. e. mixed model assembly line. An incoming production order is characterized by its due-date, product type and quantity. Under this setting we first have to select the starting time and the place(assembly line) for an order to be processed. We also have to devise a way to control orders to be manufactured as scheduled. Finally there should be a mean to reschedule orders when something unexpected happens.

This paper offers a scheme that provides the above mentioned necessities. It also provides a case where the scheme is applied.

1. 서론

다수 모델의 제품을 생산하는 제조 업체들은 다양한 모델에 대한 수요를 신속히 만족시키면서 재고를 최소화하기 위해 혼류 생산 방식을 채택하기도 한다[2]. 혼류 생산이란 서로 다른 모델의 제품들을 한 라인에서 같이 생산하는 방식으로, 동시에 흘러가는 여러 모델에 대한 합리적인 생산 계획을 세움으로써 전체 생산 시간을 단축시키고 기계들의 효율을 높일 수 있다.

본 연구의 대상이 되는 공장에는 복수 개의 주 라인들과 각 주 라인에 부품을 공급하는 복수 개의 하부 라인들이 있으며 본 연구에서는 주 라인의 계획 및 운영을 대상으로 한다. 주 라인에서는 여러 모델간의 혼합 비율을 혼류패턴으로 정하여 그에 따라 여러 모델을 혼류로 생산하며, 반면에 주 라인에서 생산되는 제품에 필요한 부품들을 공급하는 하부 라인은 기종 변경 시간이 긴 이유로 batch단위로 생산한다.

본 연구에서는 주 라인에 대한 계획 및 운영을 두 단계의 관리자를 두어 관리하도록 하였고, 각 관리자가 맡은 역할은 다음과 같다. 먼저, 공장 관리자는 상위 시스템으로부터 주문을 받아서 주문 납기를 만족시키는 한도 내에서 생산할 라인을 선택하며 라인간의 물량을 평준화시켜 주고 이상 상황의 경우에 재계획을 실시한다. 선택된 라인에 대하여 해당 라인 관리자는 계획 구간에 대하여 혼류 생산 계획을 수립하여 현장 관리를 담당하는 하위 시스템에 내려 준다. 그리고 각 라인을 해당 라인 관리자들이 실시간으로 모니터링 하여, 계획 대 실적 이상, 기계 고장, 불량품 발생 등의 이상 상황이 발생했을 경우 그에 따른 재계획을 실시하여 해당 라인에 대하여 조정된 혼류 생산 계획을 수립한다. 만일 한 라인 내에서 조정이 불가능한 경우에는 공장관리자가 라인간의 주문 재할당을 실시한다.

2. 운영 구조

혼류 생산 시 생산계획을 수립하는 방법은 주어진 환경에 따라 다양할 수 있으나 대부분의 경우에는 여러 모델의 생산순서를 일정하게

반복하여 생산하는 사이클 생산 방식을 따른다. 사이클 생산 방식에서 주로 고려해야 할 점은 두 가지가 있다. 그 하나는 주 라인과 주 라인에 속한 하부 라인들이 있을 때, 하부 라인에서 생산해야 할 각 부품의 양이 시간에 따라 가능한 한 일정하게 유지되도록 주 라인을 계획하여야 한다는 것이고 다른 하나는 제품들의 가공시간을 고려하여 가공시간이 상대적으로 긴 제품들을 연속해서 가공하지 않도록 함으로써 생산 지연이 되는 제품 수를 줄이고 균형을 이룬 사이클을 결정하여야 한다는 것이다[1]. 하지만, 실제 혼류 생산 환경에서는 기존의 혼류 패턴 효율에 대한 축적된 정보를 기반으로 혼류 패턴 생산계획을 수립하는 생산방식을 따르는 경우도 있다.

본 연구에서는 전체 생산 시스템을 주 라인과 하부 라인의 계층적 구조로 나누어서 혼류 생산 계획을 수립, 운영하는 방법론을 제시하고 있다. 그 계층적 구조(그림 1)는 각 관리자가 맡는 기능에 따라 공장 관리자, 라인 관리자, 하부라인 관리자로 구성된다.

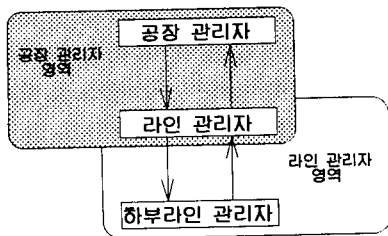


그림 1. 계획, 운영의 계층적 구조

각 계층 별 관리자의 기능은 다음과 같다. 우선 공장 관리자는 ①주문이 생산될 주 라인 선택 기능, ②잔업 계획 수립 기능 (각 라인별 부하대 할당된 시간대별 물량의 비교), ③재계획 수립 기능 (주 라인 고장 등으로 라인 관리자 범위 내에서 재계획이 불가능 할 경우) 등과 같은 기능을 가지고 있어야 한다. 또한 라인 관리자는 ①혼류 생산 계획 수립 기능, ②재계획 수립 기능 (하부 라인의 문제 발생, 주 라인의 고장, 또는 계획 대 실적사이의 차가 기준치 이상일 경우) 이 필요하다. 하부 라인 관리자는 하부 라인내의 생산계획과 재계획기능을 가지고 있어야 한다.

주문들의 생산라인 선택과 라인 내에서의 순서 결정을 같이 고려하여 계획을 수립할 수

있으나 그 수행 시간 면에서 실제로 사용하기 부적절하기 때문에 위와 같이 선택 기능과 순서 결정 기능을 각각 공장 관리자와 라인 관리자의 기능으로 분리하였다. 이러한 기능의 분리는 재계획 시에, 라인 내에서 해결할 수 있는 문제와 해결할 수 없는 문제를 라인영역과 공장영역으로 나누어 해결함으로써 시스템의 부하를 줄일 수 있는 장점이 있다.

3. 적용사례

적용 대상공장은 3개의 주 라인과 주 라인에 부품을 공급하는 하부 라인들이 존재하는 혼류 조립 생산 공장이다. 특히 하부 라인의 생산능력이 주 라인의 생산능력에 비해 월등히 뛰어난 이유로 하부 라인의 생산계획은 주 라인과는 분리하여 고려하여도 주 라인의 생산에는 차질을 빚지 않는다. 이와 같은 이유로 본 연구는 주 라인의 생산계획을 대상으로 한다.

생산계획시 제품모델에 관련하여 고려해야 할 특징들은, 1)대부분의 모델이 그 사양에 따라 생산 가능한 주 라인이 이미 정해져 있다는 점과 2)혼류로 생산할 수 있는 제품 모델군이 존재한다는 점이다.

이러한 공장의 혼류 조립생산 계획을 수립, 운영하기 위해서 전 장에서 제안한 운영구조를 적용해 보면 다음과 같다. 우선 공장관리자의 경우를 보면 생산계획은 각 주문의 납기를 맞추는 한에서 각 주 라인별로 할당된 주문 물량의 평준화를 이루는 것이 목적이다. 본 사례에서는 대부분의 주문이 모델별로 생산라인이 이미 확정되어 있으므로 여러 개의 주 라인들 중에서 선택 대상이 되는 주 라인의 개수는 소수이다. 이와 같은 환경 하에서 계획 방법으로 각 주 라인별로 평준화된 물량도를 관리하여 주문들을 주 라인에 할당하는 방법을 사용하였다.

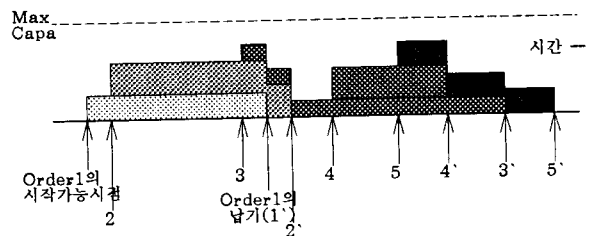


그림 2. 주 라인별 평준화된 물량도

구체적인 방법은 그림 2.와 같이 주문별 계획 가능한 시간대를 구하여 각 주 라인별 평준화된 물량도에서의 여유를 계산한 후 할당된 총물량과 비교하여 생산될 주 라인을 선택하였다. 시간대별로 평준화된 물량도에서 특정 구간의 물량이 해당 라인의 생산능력에 근접하는 경우에는 잔업계획을 수립하여야 하는데 그 방법으로는 그 시점에 생산능력이 부족해질 수 있으므로 그 구간이 포함된 일자를 중심으로 전일 중 하루를 이용해 잔업계획 수립하는 방법을 사용하였다.

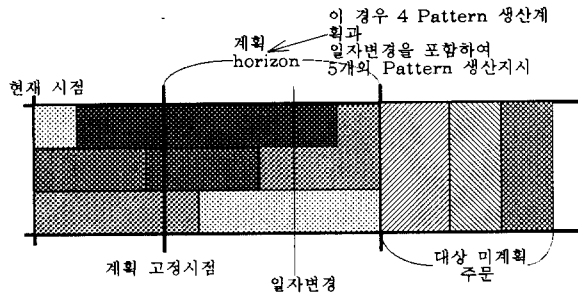


그림 3. 라인 관리자의 생산계획 형태

라인 관리자에서는 역시 주문 납기를 제약 조건으로 하고 각 주 라인의 생산결과를 최대화하도록 혼류 생산계획을 수립한다. 계획의 결과는 그림 3.과 같이 구간별 패턴형태의 생산계획으로 나타나게 되는데 이러한 생산 패턴은 하부 라인의 생산계획의 입력자료로 사용된다. 계획의 시점에서는 하부 라인의 생산 준비를 위해서 3일 계획을 고정시키고 계획 대상구간을 일정기간으로하여 시간의 진행에 따라 계획을 조정해 나가는 연동 구간계획(rolling horizon schedule)방법을 사용한다. 그 이유는 시간의 진행에 따라 계획대로 생산이 정확히 진행된다는 보장이 없고 계획된 주문과 함께 긴급 주문이 내려올 수 있기 때문이다. 이와 같이 고정된 계획구간을 가지기 때문에 혼류 생산계획 또한 다음과 같은 간단한 방법을 사용한다. 우선 계획구간에 포함되는 후보 주문들을 주문 납기별로 순서를 정하여, 주문 납기를 준수하는 범위 한도 내에서 기존 계획(기존 생산 패턴)에 첨가하는 방법으로 초기 해를 구한다. 초기 해에서 더 좋은 해를 구하기 위해서는 두 가지 변환을 사용한다. 그 중 한가지는 각 생산 패턴 변경 구간별로 생산패턴을 변환이 가능한 다른 패턴으로 바꾸어 보는 것이고 다른 한가

지는 초기 해에 대해 주문간의 생산 순서를 바꾸어 보는 것이다. 물론 이러한 변환은 주문 납기를 준수하는 조건하에서만 사용하도록 하여 제약조건을 만족하는 하에서 목적 함수 값을 향상시키도록 한다. 시간의 진행에 따라서 계획을 수립, 변경할 때는 그 시간까지의 계획 대실적의 차이를 반영하여 계획한다.

위와 같은 계획과정을 거치면서 결정된 주 라인의 생산계획의 결과를 해당 라인 관리자들이 실시간으로 모니터링 하여, 계획 대 실적 이상, 기계 고장, 불량품 발생 등의 이상 상황이 발생했을 경우 그에 따른 재계획을 실시한다. 라인 영역 내에서 라인 관리자가 재계획을 실시하는데 해당 라인에 대하여 납기 준수의 제약조건하에서 조정된 혼류 생산 계획을 수립한다. 재계획의 방법은 계획수립 방법과 동일하다. 만일 한 라인 영역 내에서의 조정으로는 주문의 납기를 준수하기가 불가능한 경우에 라인 관리자는 공장 관리자에게 재계획을 요청하게 된다. 공장 관리자에서는 문제의 주문에 대하여 생산 가능한 다른 주 라인에 재할당을 실시한다. 이러한 과정을 통해서도 주문의 납기를 준수하지 못하는 경우에는 사용자에게 알려서 새로운 납기를 입력받도록 한다.

본 연구의 대상이 되는 공장의 전체 구조도는 그림 4.와 같다.

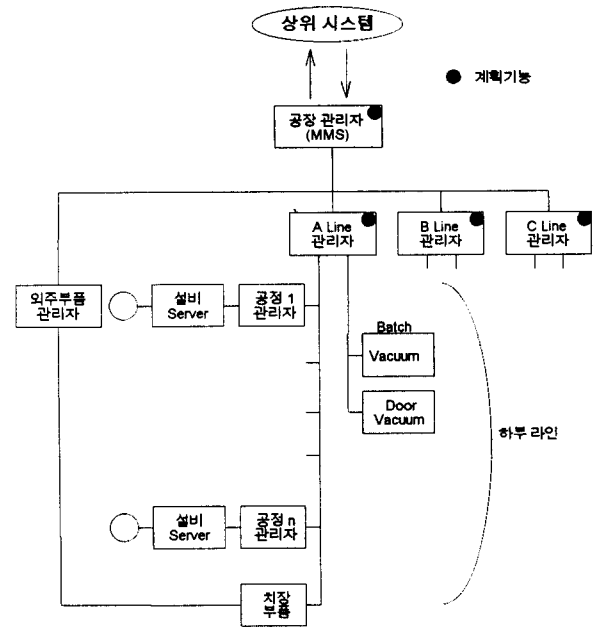


그림 4. 적용 대상 공장의 전체 구조도

4. 결론 및 추후 연구

본 연구에서는 혼류 조립 생산 라인을 계획 및 운영하기 위한 계층적 운영구조를 제안하였다. 계층적 운영구조로써 공장 관리자와 라인 관리자를 두었고, 각 관리자의 기능으로는 공장 관리자는 라인 선택, 잔업 계획 수립, 재계획등의 기능과 라인 관리자는 혼류 생산 계획 수립, 재계획 수립등의 기능을 수행하도록 구분하였다. 이러한 기능의 분리는 재계획 시에, 라인 내에서 해결할 수 있는 문제와 해결할 수 없는 문제를 라인영역과 공장영역으로 나누어 해결함으로써 시스템의 부하를 줄일 수 있는 장점이 있었다. 그리고, 이러한 운영구조를 실제 혼류 조립 생산 공장에 적용해 보았다.

공장 관리자의 라인 선택에 대한 알고리즘과 라인 관리자의 혼류 생산 계획 수립에 있어 초기 해로부터 더 좋은 해를 구하는 알고리즘의 개선에 대한 연구가 진행되어야 한다.

5. 참고문헌

[1] Miltenburg, G. J., and G. Sinnamon, "Scheduling mixed-model multi-level just-in-time production systems", *Int.J.Prod.Res.*, 1989, vol.29, 1487-1509.

[2] Okamura, K., and Yamashina, H., "A heuristic algorithm for the assembly line model-mix sequencing problem to minimize the risk of stopping the conveyor", *Int.J.Prod.Res.*, 1979, vol.17, 233-247.