

공정 그룹별 Start lag 을 고려한 스케줄링 Scheduling with regard to Start lag in Process Group

전태준 · 박성호
전남대학교 산업공학과

> Abstract <

The purpose of this study is developing scheduling logic and program for machining scheduling of automobile part production line with unbalanced processing time. Three rules are developed to minimize slack and effect on other job. Fourth rule is suggested which considered weighted sum of three factors. schedule is generated totally 1,000 times and then optimal weight parameter is selected.

The program is developed to schedule situation to compare with the performance measure, total finish time of machine and total tardiness of part. As a result, the rule which considered weighted sum of three factors is effective for both measure.

1. 서론

다품종 소량 생산체제에서 많이 볼 수 있는 Job Shop 형태의 생산방식에 있어서 일정 계획 문제는 부품별 공정순서 조건과 기계별 작업부하 조건을 동시에 만족시키면서[4], 납기일을 준수하고[1][2][3], 각 설비에 적당한 부하의 배분을 하고, 공정의 유희시간을 최소화하여 그 가동률을 향상시키기 위하여 Job 이나 공정의 순서, 각 공정의 처리기계 그리고 각 공정의 시작, 완료시점을 정확히 결정하는 것이다[5][6].

본 연구의 대상 공장은 국내의 모든 승합차 제조 회사에서 공급되는 스티어링 오일펌프 제작에 소요되는 정밀부품을 생산한다. 생산계획 수립은 주로 각 자동차 회사로부터의 주문량과 공장 자체내의 예측량을 가지고 월간 생산량을 결정하는데, 대부분 주문에 의존한 생산형태이다. 각 자동차 회사에서의 주문 형태는 한달 정도의 자동차 생산에 소요될 것으로 예상되는 양을 주문하며, 수시로 제품에 대한 납기를 변경하기 때문에 생산자에게 잦은 계획변경에 따른 혼란을 야기시킨다. 하지만 주문량에 있어서는 전체적인 월단위 주문량의 변동이 거의 없는 대체로 안정된 특징을

가지고 있다.

대상 공장은 초기에 생산공정의 순서를 고려하여 기계설비가 배치 되어 Flow Shop 형태의 생산 방식이었다. 하지만 그 후에 기계설비의 추가 도입시 중소기업의 특성상 모든 설비의 동시 교체가 불가능하여 부분적으로 보다 나은 성능의 설비로 대체하는 과정에서 각 공정간의 단위 가공시간의 심한 불균형이 초래되어 물류이동에 있어서 많은 Bottleneck 현상이 발생하였다. 따라서 전체 공정은 Flow Shop 형태를 띤 Job Shop 형태가 되므로써 일정계획을 수립하는데 있어서 일반적인 스케줄링 규칙에의 적용에 문제가 있어 새로운 규칙의 개발이 요구되고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 각 부품별 공정의 단위 가공시간의 차이가 1분 미만인 공정들을 하나의 그룹으로 묶어서 라인이라는 단위를 형성하였고, 일정 계획 수립에 있어서도 라인 단위로 스케줄을 수행하였다. 그룹으로 묶인 공정들 즉 라인내에서의 공정들간의 물류이동은 단위 가공시간의 차이가 작기 때문에 Flow Shop 형태인 단위별로 이동이 가능하며, 라인간에서의 물류이동은 선행라인의 작업이 완료되지 않았더라도 주어진 어느 시간이 되면 후행라인의 작업이 수행될 수 있는 Start lag 을 고려한 일단위로 이동이 수행된다.

본 논문은 2장에서 스케줄 상황에 대하여 설명을 하고, 3장에서는 스케줄 모델링을 통하여 고려하는 스케줄 요소 및 규칙들에 대하여 설명한다. 4장에서 실제 현장의 자료에 근거한 스케줄을 수행한 뒤 결과를 분석하였고, 5장의 결론으로 구성된다.

2. 스케줄 상황

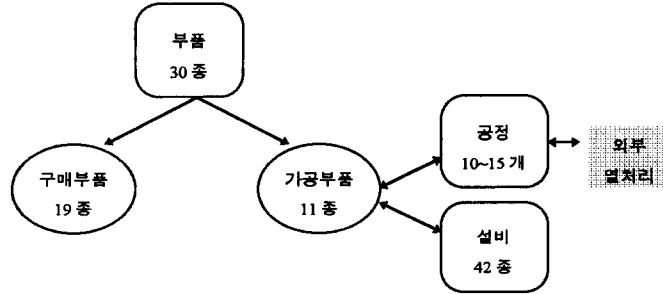
2.1 스케줄 대상

생산되는 제품은 완제품으로 생산되는 14종과 중간조립 상태의 부품으로 생산되는 7종 등 총 21 종이 있다. 그리고 각 제품은 30

여 가지의 부품으로 구성되는데, 이중 19 가지는 외부에서 중간재료 형태로 구매되고 11 가지만 직접 가공을 수행한다.

가공단계에서 각 부품은 42개의 기계설비에서 순서에 따라 10~15 개의 공정을 거치는데, 기계 설비는 약 42 가지가 있으며 전용설비 80%, 공용설비 20% 정도로 구성되어 있다. 각 기계설비는 도입시기의 차이에 따라 가공능력, 즉 단위 가공시간(Cycle Time, C/T) 차이

가 심한 특징을 갖고 있다. 대부분의 설비는 부품의 가공순서대로 배치되어 있으나, 일부는 부품의 가공순서와 맞지 않게 배치되어 있는 경우도 있다. 따라서 각 공정의 C/T의 불균형에 기인한 물류이동의 Bottleneck 현상을 방지하고, 요구되는 생산조건들을 만족시킬수 있는 새로운 스케줄링 규칙의 적용이 요구되는 상황이다.



<그림 1> 부품에 따른 공정 및 설비의 관계

2.2 공정 그룹화에 의한 라인 형성

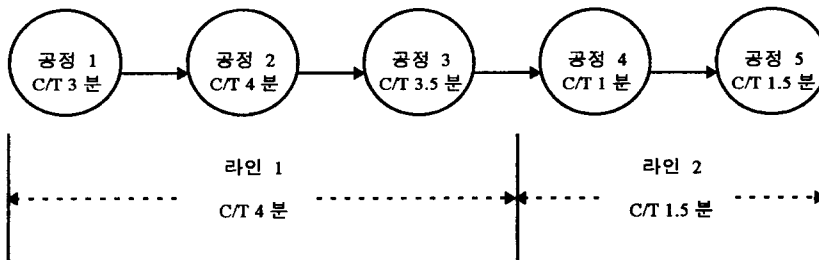
한편, 기계 설비별로 단위 가공시간(Cycle Time, C/T)이 주어져 있는데 대체로 1~5분 사이에서 시간차이를 갖기 때문에 공정간에 불균형이 존재한다. 즉, 가공시간의 차이가 심한 공정간에는 물류흐름에 정해진 규칙이 존재하지 않고 작업자의 편리에 의하여 물류가 이동하는 혼란이 존재하고 있다.

본 연구에서 이러한 상황을 해결하기 위한 방법으로 C/T의 차이가 1분 미만으로 비슷한 기계설비, 즉 공정들을 그룹으로 모은 라인이라는 개념을 도입하였다. 그렇게 함으로써 비슷한 공정끼리 그룹화하면 부품당 10개에서 15개 공정이 대개 3~7개의 라인으로 나누어 진다.

그리고 공정을 그룹화한 라인의 단위 작

업시간은 가장 긴 가공시간을 갖는 공정의 가공시간으로 정의를 하였다.

예를 들어 부품 A를 가공하는데 5개의 공정을 거치는 <그림 2>를 고려하자. 각 공정의 주어진 C/T는 1분에서 4분까지 4배 이상의 차이가 존재한다. 이 상태로 작업이 수행된다면, 공정 3과 공정 4 사이에서 물류흐름에 문제가 생길것을 쉽게 예상해볼 수 있다. 따라서 단위 가공시간의 차이가 1분 미만으로 비슷한 공정 1, 2 그리고 3을 그룹으로 모아서 하나의 라인을 형성하는데 이 때의 단위 작업시간은 가장 긴 가공시간을 갖는 공정 2의 가공시간 4분이 라인 1의 작업시간이 된다. 마찬가지로 공정 4와 5가 하나의 라인 2로 형성되고 그 때의 작업시간은 1.5분이 된다.

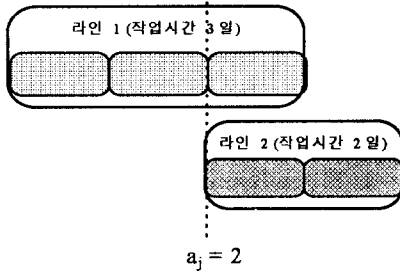


<그림 2> 공정 그룹화를 통한 라인의 형성

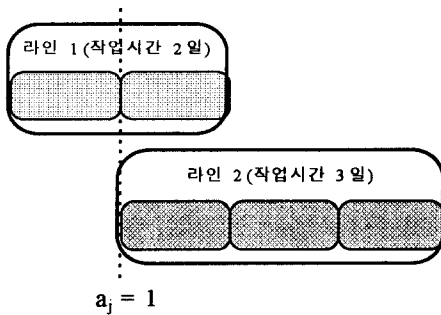
2.3 라인간 물류이동

라인간의 물류흐름은 Push system을 가정하였고 가공시간이 비슷한 라인내의 물류흐름은 가공단위별로 연속적으로 이동한다고 가정하고 작업시간의 차이가 많은 라인간의 물류이동은 일단위로 이루어진다고 가정을 하였다. 즉 일단위로 수행되는 라인간의 물류이동에 있어서 Start lag이 존재하고 있다.

여기서 기호 a_j 를 전 단계의 작업이 완료되지 않았더라도 주어진 어느 시간이 되면 후속 작업이 시작될 수 있는 시간이라고 정의할 때, 본 연구에서는 a_j 를 선행 라인의 작업시간이 후행 라인의 작업시간보다 큰 경우와 같거나 작은 경우의 두 가지를 고려하였다. 먼저 선행 라인의 작업시간이 후행 라인의 작업시간보다 더 큰 경우에 a_j 는 선행라인의 완료시간일에 하루를 감하고, 선행라인의 작업시간이 후행라인의 작업시간보다 같거나 작은 경우에 a_j 는 선행라인의 시작시간일에 하루를 더하는 것으로 가정하였다.



<그림 3> 선행라인 작업시간이 큰 경우



<그림 4> 선행라인 작업시간이 같거나 작은 경우

3. 스케줄 모델링

3.1 스케줄링 요소

본 연구에서 고려한 라인내에는 단위 가공시간이 상이한 여러개의 기계설비가 포함되어 있어서 일반적인 스케줄링 규칙을 적용할 수가 없으므로 이에 맞는 새로운 스케줄링 요

소를 고려하였고 이에따른 스케줄링 규칙들을 개발하였다.

먼저, 고려한 스케줄링 요소는 다음과 같은 3가지를 고려하였다.

1) 납기여유

납기여유를 위하여 부품납기와 라인(공정)납기 2가지를 고려하였다. 납기여유는 각 부품납기에 근거하여 현재 라인의 시작시점에서 잔여작업시간을 감안하여 Job의 여유 상태를 판단하였다. 다시말해, 납기에 대하여 잔여작업시간이 여유가 없는 Job을 먼저 작업하게 함으로서 전체적으로 납기를 준수하는 스케줄이 되도록 하는데 있다.

2) 영향력

스케줄 대상 Job들이 라인으로 고려되기 때문에 만약 공통되는 기계를 함께 사용하는 경우에 현재 Job 이 선택되었을 경우 다른 Job의 시작가능시간에 영향을 미치게 된다. 즉 상대 Job은 현재 Job이 완료되는 시점까지는 공통되는 기계를 사용할 수 없기 때문에 상대 Job의 시작가능시간이 현재 Job의 완료시간 이후로 밀려나게 된다. 이 때 사용 기계수도 함께 고려하여 영향력을 평가하는데 그 이유는 기계설비가 라인으로 그룹화 되어 있기 때문에 공통기계에서 받는 영향이 라인 내의 타 기계설비에도 영향을 미치기 때문이다.

3) 기계 유희시간

스케줄 가능한 Job의 시작시점에서 사용되는 기계상태가 Idle한지의 여부를 감안하기 위한 것으로서 각 기계에서 작업되어지는 Job들이 최소의 유희시간을 가지고 진행되도록 하기 위하여 기계 유희시간이라는 요소를 고려하였다.

3.2 스케줄링 규칙

실제 현장 제품 주문에 대해서 스케줄을 실시할 때, 기존의 공장에서 수작업으로 일정 계획을 수립할 때 사용했던 납기여유만 고려하는 것을 규칙 1로 하고, 타작업 영향력을 추가하여 규칙 2, 기계 유희시간을 추가하여 규칙 3, 세가지 요소의 가중합을 고려하는 것을 규칙 4로 하였다.

그런데 납기여유와 영향력 두 요소의 중요도가 다르므로 서로간의 값을 동일하게 취급하여 스케줄 규칙에서 고려하는것은 바람직하지 않다. 따라서 스케줄 시뮬레이션을 통하여 각 요소의 가중치의 합을 최소화 하는 Job을 선택하는 규칙을 사용하였고, 또한 여기에 기계 유희시간을 새로운 요소로 추가하여 세가지 요소의 가중합을 고려하였다. 3가지 요소의 최적 가중합을 얻기 위하여 시뮬레이션을

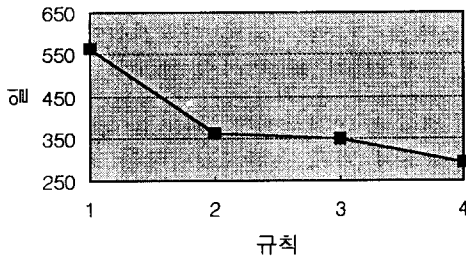
실시하였는데, 모수는 각 요소에 대해 0.0에서 1.0까지의 범위에서 0.1씩 증가시켜가며 10가지씩으로 총 1000 회의 스케줄을 실행하여 최적 가중치를 선택하였다.

4. 스케줄 결과 및 분석

본 논문에서 고려한 스케줄링 요소 및 규칙들은 대상 공장의 현장 특성에 맞추어 개발되다 보니 이론적인 면에 있어서는 어느 정도 한계가 있는 것은 사실이지만 실제적인 상황을 반영한 활용도 측면에서는 가치가 있다. 스케줄 모델링에서 개발된 규칙들을 실제 제조현장의 주문량에 대해서 일정계획을 수행하였고 평가기준을 42 개 기계설비의 완료시간의 합과 19개 부품의 납기 지연의 합으로 하여 비교 분석하였다.

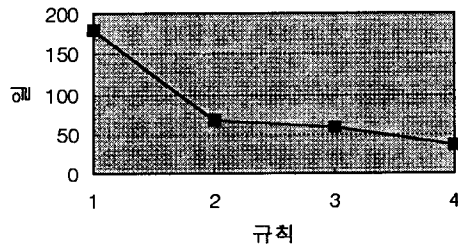
당연히 예상된 결과이지만 하나의 스케줄 요소를 고려하는 규칙보다는 여러가지 요소를 고려하는 규칙이, 특히 각 요소의 최적 가중합을 고려하는 스케줄 규칙이 2가지 평가기준 모두에서 가장 나은 결과를 얻을 수 있었다. 결과를 <그림 5>와 <그림 6>에 나타내었다.

기계 완료시간의 합



<그림 5> 스케줄 결과(기계 완료시간의 합)

부품 납기지연의 합



<그림 6> 스케줄 결과(부품 납기지연의 합)

5. 결론

본 연구에서 개발된 일정계획 방법은 프로그래밍 되어 현재 자동차 부품 가공 라인에 적용되고 있으며, 이를 조립 라인에 확장 적용할 예정이다. 본 연구의 의의는 무엇보다도 공정간의 단위 가공시간의 불균형이 발생되고 있는 현장의 상황을 반영하여 라인이라는 개념으로 부품별 가공 공정을 그룹화 하였고, 물류이동에 있어서는 Start lag이 존재한다고 가정하여 일정계획을 수립하는데 있다.

추후 연구과제로는 고려된 스케줄 요소 및 규칙에 대한 이론적인 배경에 대한 연구를 수행하여 스케줄링의 목적함수로서 다루어지고 있는 평균 처리시간, 총 처리시간 그리고 순수 납기지연에 대한 고려가 뒤따라야겠다.

참고문헌

- [1] Anderson, E. J. and Nyirenda, J. C., "Two New Rules to minimize Tardiness in a Job Shop", International Journal of Production Research, Vol. 28, No. 12, pp. 2277-2292, 1990.
- [2] Baker, K. R., "Sequencing Rules and Due-Date Assignments in a Job Shop". Management Science, Vol. 30, 1093-1104, 1984.
- [3] Baker, K. R. and Bertrand, J. W., "A Dynamic Priority Rule for Scheduling against Due Dates". Journal of Operations Management, Vol. 3, pp. 37-42, 1982.
- [4] Conway, R., Maxwell, W. and Miller, L., Theory of Scheduling, Addison Wesley, 1967.
- [5] Schultz, C. R., "An Expediting heuristic for Shortest Processing Time Dispatching Rule", International Journal of Production Research, Vol. 21, No. 1, pp. 31-41, 1989.
- [6] Yamamoto, M., Nof, S. Y., "Scheduling/Rescheduling in the Manufacturing Operating System Environment", International Journal of Production Research, Vol. 23, No. 23, pp 705-722, 1985.