

자동생산시스템에서 납기를 고려한 동적주문투입정책 (Dynamic Order Release Policy Considering The Due Date of Order for Automated Manufacturing Systems)

노인규, 박찬용*

Abstarct

This paper presents an order releasing algorithm for an AMS. Order release policy determines order releasing time to shop floor so as to improve order management and shop performance. The proposed order releasing algorithm can cope with the dynamic environment of orders(e.g. change or cancel of order) flexibly and fastly, by processing individual order and exchanging the information(e.g. completion time or lateness of order, etc) with customer. And the objective of the order releasing algorithm is the observance of the due-date, therefore, it can provide the customer with a reliability of order.

Computer simulation is used to obtain the makespan of order which is the input data of the order releasing algorithm. The eight candidate part dispatching rules are simulated to selected an effective part dispatching rule for the computer simulation. By using the best effective part dispatching rule, the computer simulation is conducted to determine order releasing time.

* 한양대학교

1. 서론

현대 기업은 정보고속화 및 정보공유화를 통해 수요자와 더욱 신속하고 정확한 정보를 주고 받으므로 생산활동이 수행되고 있으며, 미래의 생산환경은 이에 더욱 의존할 것이다. 이러한 환경하에서는 다양하고 급변하는 수요자의 주문에 대해 신속하고도 정확한 생산계획을 수립하고 수요자와의 지속적인 주문정보교류를 통하여 생산자와 수요자간의 유연성을 제고하여야 한다. 자동제어기술 및 컴퓨터의 급속한 발전은 NC기계의 작업처리능력을 더욱 확대시키므로써 모든 작업을 처리할 수 있는 범용기계를 등장시켰으며, 이는 점차 사용이 확대되어 갈 것이다. 또한 생산자는 수요자가 필요로 하는 시기에 정확하게 제품을 납품하므로써 수요자에게 신뢰성을 부여하여야 한다. 따라서 변화하는 미래의 기업환경에 효과적으로 대처할 수 있는 새로운 주문투입정책이 요구된다.

Buzacott[1]는 생산계획문제를 선행주문투입계획단계, 주문투입단계, 운영관리단계로 구분하였다. 선행주문투입계획단계는 생산율, 재고수준 등과 같은 모수를 관리하며, 주문투입단계에서는 작업장에 대한 주문투입을 관리하고, 운영관리단계에서는 작업장내에서 발생하는 문제들을 관리한다. 본 연구에서는 두 번째 단계인 주문투입단계에 관한 연구이며, 주문투입문제는 주문들에 대한 작업장으로서의 투입시간 및 투입순서를 결정하는 문제로 최근까지 이에 대해서는 많은 연구가 수행되어 있지 않다.

전통적인 주문투입문제는 주문들을 일정한 시간간격으로 시스템에 투입하는 것으로써, 항상 시스템내에 일정한 수의 주문들을 유지하도록 한다[2],[3].

Spearman[4] 등은 재공품 재고수준을 일정하게 유지하는 것을 목적으로 주문투입정책을 제시하였으며, Glassey와 Resende[5]는 에로기계를 고려한 연구를 수행하였다. 최근에 Lingayat[6]등은 유연흐름 생산시스템에서 역시 에로기계를 고려한 주문투입정책을 제시하였다. 자동생산시스템에서의 주문투입정책은 가공대상부품군들을 선정하고 선정된 가공대상 부품군들에 대해 일정계획을 수립한다. 즉, 연구된 모델의 전형적인 형태는 주문이 도착하게 되면 각 주문들을 혼합한 후, 시스템의 수행도를 고려하여 적절하게 여러 집단으로 구성하고 시스템에 투입하므로써 주문에 대한 납기를 철저히 준수하지 못하는 경우가 빈번히 발생하며, 주문의 동적상황(긴급주문, 취소, 수정)을 적절히 반영하지 못하므로써 주문 신뢰성을 제고하지 못하였다[7],[8],[9],[10]. 그리고 작업장내의 NC기계에 있어서도 기존의 대부분의 연구들은 공구제약등 여러 제약으로 인해 가공할 수 있는 작업을 기계별로 한정하고 있다. 이는 미래 생산시스템을 적절히 반영하지 못하는 것이다.

본 연구에서 고려하고 있는 주문투입 문제는 주문이 도착하면 주문에 대한 납기를 우선적으로 고려하여 필요한 시기에 작업장에 단독의 주문을 투입하므로써 각 주문들의 동적상황에 효과적으로 대처할 수 있다. 주문투입시간 결정시 주문의 수용여부도 결정되며, 이는 주문처리비용 및 기대수익과 납기만족에 대한 수요자와의 정보교류를 고려하므로써 결정된다. 또한 시스템의 신뢰도를 고려하므로써 시스템의 상태를 반영할 수 있도록 하였으며, 주문에 대한 모의실험을 수행하여 필요한 정보를 얻을 수 있도록 하였다.

본 연구에서 제시한 주문투입시간 결정 해법에는

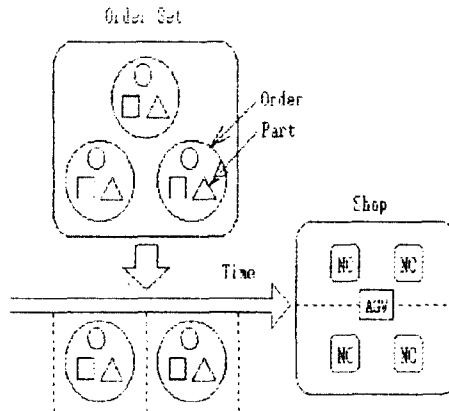
각 주문에 대한 작업 총처리시간(makespan)의 정보를 필요로 하고 작업총처리시간에 대한 정보는 대상 시스템에 대해 모의실험을 수행하므로써 얻게 된다. 모의실험을 수행하기 위해서는 주문에 속해 있는 부품들의 시스템 투입순서를 결정하여야 한다. 부품들의 작업장 투입순서는 부품할당규칙에 의해 결정되며, 본 연구에서는 작업총처리시간을 최소화할 수 있는 할당규칙을 선정하기 위하여 모의실험을 수행한다.

본 연구에서는 범용기계가 설치된 자동생산시스템에서 수요자의 동적인 주문에 대해 비용 및 납기를 고려한 신속하고 정확하며 유연성있는 주문투입정책(Order Release Policy)을 수립하고, 대상 생산시스템에 대해 작업 총처리시간을 최소화하는 할당규칙을 모의실험을 통하여 결정하고자 한다.

2장에서는 대상시스템에 대한 설명과 가정에 대해 기술하고 3장에서 주문투입정책에 대한 발견적 기법을 설명하며, 4장에서는 모의실험을 통한 부품할당 규칙의 결정 및 시스템신뢰도의 산출방법을, 5장에서는 간단한 수치예제를, 끝으로 6장에서는 결론 및 추후 연구과제를 기술한다.

2. 모델 및 가정

본 연구에서 고려하고 있는 대상시스템은 <그림 1>과 같이 모든 작업을 수행할 수 있는 범용기계와 무인운반차(AGV)가 설치된 자동생산시스템으로 각 주문에는 여러 종류의 부품들의 주문이 포함되어 있고 주문의 투입시간이 결정되면 그 주문을 작업장에 투입하는 시스템이다. 시스템모델에 대한 가정은 다음과 같다.



<그림 1> 대상모델

- 1) 각 기계는 모든 공정을 수행할 수 있는 범용기계이다.
- 2) 주문은 랜덤하게 발생한다.
- 3) 한 주문내의 부품들의 납기는 동일하다.
- 4) 부품들의 가공은 다수의 공정을 필요로 한다.
- 5) 각 부품에 대한 공정계획정보는 알려진 것으로 한다.
- 6) 기계의 고장율분포는 감마분포이다.

3. 주문투입정책

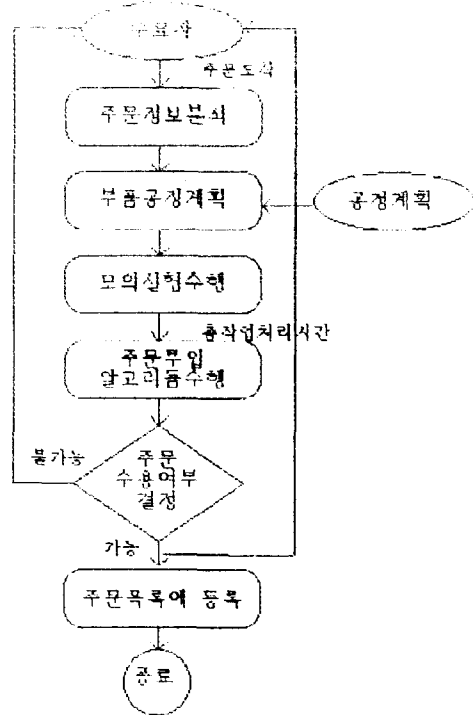
3.1 주문투입정책의 개발

일반적인 자동생산시스템에서의 생산계획문제는 가공대상부품군의 선정문제, 기계그룹화문제, 가공기계별 작업량 배정문제, 작업경로 배정문제로 분류된다. 그러나 이는 가공기계의 공구 및 기타계약으로 인해 발생하는 문제이므로 본 연구에서 고려하는 범용기계가 설치된 시스템에서는 기계그룹화문제, 가공기계별 작업량 배정문제, 작업경로 배정문제는 고려

할 필요가 없다[11]. 전형적인 가공대상부품군의 선정방법은 유사한 공정을 갖는 부품들을 하나의 그룹으로 형성하여 시스템에 투입하는 방법이다. 또 시스템의 여러 수행도에 따라 가공대상부품군을 선정하고 있다. 그러나 이러한 방법으로는 주문들이 서로 혼합되므로서 각 주문에 대한 통제가 복잡해지고 주문에 대한 납기의 철저한 관리 및 주문의 동적인 상황에 효과적으로 대처할 수 없다. 따라서 본 연구에서 고려하는 주문투입정책은 주문들을 혼합함이 없이 단독주문으로 시스템에 투입하므로써 주문관리 문제를 용이하게 제어할 수 있다.

즉, 연구에서 고려하고 있는 주문투입정책에서는 각 주문에 대해 현 시스템의 상태를 반영한 모의실험을 수행하여 얻은 정보와 시스템의 신뢰도를 고려하여 납기를 준수할 수 있도록 각 주문에 대해 투입시간을 결정하게 된다. 주문투입여부의 결정은 우선 납기내에 주문을 처리할 수 있는지를 결정하고 주문수용시 증가되는 비용(재고비용, 제조비용)과 예상납품가격을 비교하므로써 최종적인 주문수용 여부를 결정한다. 또한 주문처리시 문제점이 발생(주문의 변경, 취소 및 납기 지연 등)하면 수요자와 정보를 교환하므로써 문제를 처리하게 된다. 이렇게 하므로써 동적인 주문에 대해 유연하게 대처할 수 있다. 결국 주문수용 여부, 주문투입시간의 결정은 개개의 주문이 발생할 때 마다 대상시스템에 대한 모의실험 및 주문투입시간 결정 알고리즘을 수행하므로써 이루어진다. 주문투입정책에서 가장 중요한 정보는 주문을 처리하는 데 소요되는 작업총처리시간이다. 이것은 모의실험을 수행하므로써 얻어지게 된다. 작업총처리시간은 각 부품에 대한 시스템 투입순서가 결정되어야 얻을 수 있으므로, 본 연구에서는 기존의 규칙

들과 이를 수정한 규칙들에 대한 모의실험 수행 결과에서 가장 우수한 해를 제공한 LPT(Largest Processing Time) 규칙을 사용한다. 즉, 가용한 기계에 부품을 할당할 때, 가공시간이 가장 큰 부품을 먼저 할당한다. 본 연구에서 제시한 주문투입시스템의 흐름은 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 주문투입시스템의 흐름

3.2 주문투입정책 알고리즘

수요자로부터의 주문의 발생 및 주문목록에 등록된 주문들의 변동상황은 불확실하다. 즉 동적인 주문에 대처할 수 있는 주문투입정책은 최적화기법으로 해결할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 수요자와 생산자간의 신뢰를 제고할 수 있는 수행도인 납기를

기준으로 주문투입순서 및 시간을 결정하는 발견적 기법의 알고리즘을 제시한다.

3.2.1 기호정의

본 연구의 주문투입시간결정 알고리즘에 사용되는 기호는 다음과 같다.

O_i : 주문 i

F_i : 주문 i 의 작업총처리시간

R_i : 주문 i 의 투입시간

C_i : 주문 i 의 완료시간

D_i : 주문 i 의 납기

S_i : 주문 i 의 작업여유시간

TS_i : 주문 i 의 선행 주문들의 총작업여유시간

$M_{i,i-1}$: 주문 i 와 $i-1$ 의 중복시간

Q_{ij} : 주문 i 의 부품 j 의 생산량

UIP_j : 부품 j 의 단위수량, 단위시간당 재고비용

UIO_i : 주문 i 의 단위시간당 재고비용

IC_i : 주문 i 의 재고비용

UPC_j : 부품 j 의 단위수량당제조비용

PC_i : 주문 i 의 제조비용

UPB_j : 부품 j 의 단위수량당 예상납품가격

BO_i : 주문 i 의 예상납품가격

TIC : 총재고비용

TPC : 총제조비용

TBC : 총예상납품가격

$R(t)$: 시스템 신뢰도

3.2.2 주문투입 알고리즘의 전개

본 연구에서 고려하고 있는 주문투입시간 결정 알고리즘의 절차는 아래와 같다.

단계 0) 주문 i 의 투입시간, 완료시간을 산출

$$R_i = D_i - F_i - F_i(1 - R(t)) \quad C_i = D_i$$

단계 1) 주문 i 와 다른 주문과의 관계 결정

만일, $C_i \leq R_{i+1}$, $R_i \geq C_{i-1}$ 이면 단계 2)로 간다.

만일, $C_i > R_{i+1}$ 이면 단계 3)으로 간다.

그렇지 않으면, 단계 4)로 간다.

단계 2) 주문 i 의 작업여유시간을 산출하고 단계 6)으로 간다.

$$S_i = R_i - C_{i-1}$$

단계 3) 주문 i 의 완료시간 및 투입시간을 수정

$$C_i = R_{i+1}, \quad R_i = R_i - (D_i - R_{i+1})$$

단계 1)로 간다.

단계 4) 주문 i 의 선행주문들을 재배치

단계 4.1) 주문 i 와 $i-1$ 의 중복시간을 산출

$$M_{i,i-1} = C_{i-1} - R_i$$

단계 4.2) 주문 i 의 선행주문들의 총작업여유시간을 계산

$$TS_i = \sum_j S_j = \sum_{j=1}^i (R_j - C_{j-1})$$

단계 4.3) 중복시간과 총작업여유시간을 비교

만일, $M_{i,i-1} < TS_i$ 이면, 단계 4.4)로 간다. 그렇지 않으면, 단계 5)로 간다.

단계 4.4) 선행 주문들의 투입시간, 완료시간, 작업여유시간을 수정

$$C_{i-1} = C_{i-1} - M_{i,i-1}$$

$$R_{i-1} = R_{i-1} - M_{i,i-1} \quad S_{i-1} = R_{i-1} - C_{i-2}$$

만일, $R_{i-1} \geq C_{i-2}$ 이면, 단계 6)으로 간다.

그렇지 않으면,

$i = i - 1$, $M_{i,i-1} = C_{i-1} - R_i$ 로 수정하고 단계 4.4)로 간다.

단계 5)

단계 5.1) 주문 i 의 선행주문들을 재배치

$$C_{i-1} = C_{i-1} - M_{i,i-1}$$

$$R_{i-1} = R_{i-1} - M_{i,i-1} \quad S_{i-1} = R_{i-1} - C_{i-2}$$

$$i = i - 1, \quad M_{i,i-1} = C_{i-1} - R_i$$

윗 단계를 $i=0$ 이 될 때 까지 반복

단계 5.2) 도착주문 i 에 대해

$$R_i = C_{i-1}, \quad C_i = R_i + F_i \text{를 산출}$$

만일, $C_i > R_{i+1}$ 이면, 단계 9)로 간다.

그렇지 않으면, 단계 6)으로 간다.

단계 6) 비용 및 예상납품가격 산출

단계 6.1) 모든 주문에 대해 증가된 재고비용을 산출하고 주문의 제조비용 및 예상납품가격을 산출

$$UIO_i = \sum_j UIP_j \times Q_{ij}$$

$$\Delta IC_i = UIO_i (C_i - C'_i), \quad \text{모든 } i \text{에 대해}$$

$$IC_i = IC_i + \Delta IC_i, \quad \text{모든 } i \text{에 대해}$$

$$\Delta TIC = \sum_j \Delta IC_{ij}, \quad PC_i = \sum_j UPC_j \times Q_{ij}$$

$$BO_i = \sum_j UPB_j \times Q_{ij}$$

$$TIC = \sum_j IC_{ij}, \quad TPC = \sum_j PC_{ij}$$

$$TBO = \sum_j BO_{ij}$$

단계 6.2) 만일, $D_i \geq C_i$ 이고 $BO_i \geq \Delta TIC + PC_i$ 이면, 단계 7)로 간다.

만일, $D_i < C_i$ 이고 $BO_i \geq \Delta TIC + PC_i$ 이면,

단계 8)로 간다.

만일, $BO_i < \Delta TIC + PC_i$ 이면, 단계 9)로 간다.

단계 7) 주문 i 및 기존 주문들의 변경된 정보를 주문목록에 기록하고, 수요자에게 주문수용을 통보하고 종료한다.

단계 8) 납기지연시간 ($C_i - D_i$)를 수요자에게 통보하고, 수락하면 주문 i 및 기존 주문들의 변경된 정보를 주문목록에 기록하고 종료 한다. 그렇지 않으면, 주문 수용불가로 종료한다.

단계 9) 수요자에게 주문 i 의 수용불가를 통보하고 종료한다.

4. 부품할당규칙 및 시스템 신뢰도

4.1 부품할당규칙의 선정

본 연구에서 제시된 주문투입알고리즘 수행에는 우선적으로 주문에 대한 작업총처리시간을 필요로 한다. 작업총처리시간은 하나의 주문에 속해 있는 모든 부품들이 작업을 완료하는 데 소요되는 시간으로서 일정계획의 수리계획법에 의해 최적해를 구할 수 있다. 그러나 수리계획법에 의한 방법은 주문에 속해 있는 부품의 종류와 수량이 증가함에 따라 더 많은 계산시간을 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 작업총처리시간을 최소화하는 효율적인 발견적 기법의 할당규칙을 사용한다.

선정된 할당규칙들은 기존의 규칙과 기존의 규칙들을 수정한 8가지의 할당규칙으로 대상시스템에서 가장 우수한 해를 산출하는 규칙을 선정하기 위하여 모의 실험을 수행하였다. 할당규칙들을 소개하면 다

음과 같다[12].

- SPT : 가장 적은 가공시간을 갖는 부품 선택
- LPT : 가장 많은 가공시간을 갖는 부품 선택
- MSRPT : 남아 있는 부품들의 가공시간이 가장 적은 부품 선택
- MLRPT : 남아 있는 부품들의 가공시간이 가장 많은 부품 선택
- MSDT : 부품의 가공시간을 남아 있는 부품들의 추가공시각으로 나눈 값이 가장 적은 부품 선택
- MLDT : 부품의 가공시간을 남아 있는 부품들의 추가공시각으로 나눈 값이 가장 많은 부품 선택
- MSMT : 부품의 가공시간을 남아 있는 부품들의 추가공시각으로 곱한 값이 가장 적은 부품 선택
- MLMT : 부품의 가공시간을 남아 있는 부품들의 추가공시각으로 곱한 값이 가장 많은 부품 선택

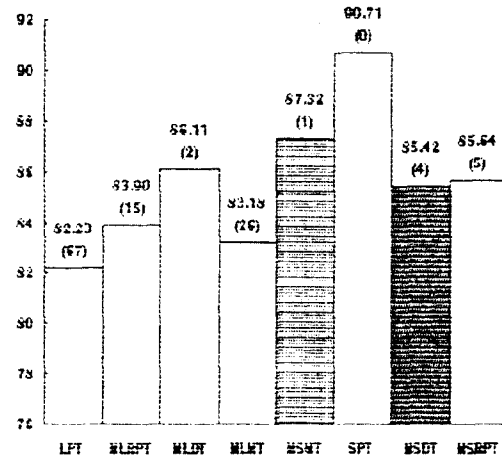
4.2 모의실험의 수행

부품할당규칙들을 선정하기 위한 모의실험의 대상 시스템은 범용기계 4대와 1대의 무인운반차가 설치된 시스템으로 설정하였다. 모의실험은 총 100개의 주문을 발생시켜 8가지의 할당규칙에 대해 총 800회의 모의실험을 수행하였으며, 각 주문에 포함되는 부품들의 종류 및 수량은 2 - 10개, 각 공정에 필요한 가공시간은 5 - 10 단위시간으로 각 자료는 난수를 발생시켜 얻은 값이다. 모의실험은 전용언어인 SLAM II를 사용하였다.

선정된 8가지 할당규칙에 대한 모의실험 결과, 본

연구에서 고려하는 수행도인 작업총처리시간에 있어서 LPT규칙이 가장 우수한 해를 산출하였다. 각 규칙들의 100개 주문에 대한 평균 작업총처리시간과 가장 우수한 해를 산출한 빈도수는 <그림 3>과 같다. 빈도수의 합이 100이상이 되는 것은 동일한 수행도를 산출하는 규칙들이 존재하기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 주문투입알고리즘에 필요한 작업총처리시간을 얻기 위한 할당규칙으로 LPT규칙을 사용한다.



() : 빈도수

<그림 3> 할당규칙의 평균 작업총처리시간

4.3 시스템 신뢰도

본 연구에서는 기계의 고장을 감안하여 주문투입 시간을 결정하므로 시스템의 신뢰도를 계산하여야 한다. 시스템의 신뢰도는 과거의 경험자료를 통해 얻어진 자료로써 산출된다. 본 연구에서는 각 기계의 고장분포함수를 감마분포로 가정한다. 감마분포

는 2 개의 모수에 의해 표현되며, 두 모수의 값에 따라 고장율함수가 여러 형태의 고장율함수를 나타내므로 시스템에서 고려하는 NC기계의 고장율을 효과적으로 반영할 수 있다. 즉, NC기계는 일반적으로 고장시간의 간격이 지수분포를 따르는 전자부품과 마모특성을 갖는 공구로 구성되어 있다.

감마분포의 모수인 α 의 값이 1인 경우에는 일정한 고장율을 갖는 지수분포를 따르고 1보다 크면 증가하는 고장율함수가 되며, 0과 1사이의 값을 갖으면 감소하는 고장율을 갖게 되므로 시스템에 따라 다양한 고장율의 특성을 나타낼 수 있다[13].

각 기계의 고장율은 감마분포를 따르고 각 기계의 고장발생이 서로 독립이므로 감마분포들의 결합분포는 역시 감마분포를 따른다. 따라서 다수의 기계로 구성된 시스템의 함수도 식(1)의 감마함수로 정의할 수 있다[14].

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (1)$$

따라서 시스템의 신뢰도는 식(2)와 같으며, 모수 α 는 각 기계의 모수 α 들의 합으로 표현된다.

$$R_A(t) = 1 - \frac{\Gamma_{\lambda t}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)} \quad (2)$$

각 기계의 모수 α 와 λ 의 값은 과거의 자료를 통하여 추정치를 구할 수 있다. 즉, 각 기계의 고장 발생시간의 평균치를 \bar{x} 라 하고 표준편차를 s 라고 하면, 식(3)과 (4)로 모수들을 추정할 수 있다.

$$\hat{\alpha} = \left(\frac{\bar{x}}{s}\right)^2 \quad (3)$$

$$\hat{\lambda} = \frac{\bar{x}}{s^2} \quad (4)$$

5. 알고리즘의 진행절차 및 수치예제

5.1 알고리즘의 진행절차

본 절에서는 제시한 주문투입시간 결정 알고리즘에 대해 수치예제를 통하여 알고리즘의 진행단계를 소개한다.

도착한 주문과 주문목록에 등록되어 있는 주문과의 관계는 크게 3 가지 경우로 구분할 수 있다. 첫 번째 경우는 도착주문이 주문목록의 주문들에 전혀 영향은 주지 않는 경우이고, 두 번째는 도착주문의 완료시간이 특정주문의 투입시간을 침범하는 경우이고 세 번째 경우는 도착주문의 투입시간이 특정주문의 완료시간을 침범하는 경우이다. 따라서 기본적인 3 가지 경우에 대해서 간단하게 알고리즘의 진행단계를 소개한다.

수치예제에 사용될 주문목록에 등록된 정보 및 도착예정주문의 정보는 <표 1>에 나타나 있다. 수치예제의 간편성을 위하여 각 도착예정주문들은 상호 배반적인 것으로 간주하고, 시스템신뢰도는 1.0으로 단위시간 및 단위수량당재고비용은 0.1로 가정한다.

1) 주문 A의 도착

$$\text{단계 0) } R_A = D_A - F_A = 300 - 80 = 220,$$

$$C_A = 300$$

단계 1) $C_A = R_2$, $R_A > C_1$ 이므로 단계 2)로 간다.

단계 2) $S_A = R_A - C_1 = 220 - 200 = 20$, 단계 6)으로 간다.

<표 1> 도착예정 주문의 입력자료

주문	부품종류 (수량)	납기	투입시간	완료시간	작업 총 처리시간	여유시간	재고비용	제조비용	납품가격
1	1 2 3 4 (5) (10) (5) (7)	200	50	200	150	50	-	270	540
2	2 3 8 (3) (5) (2)	350	300	350	50	100	-	100	200
3	1 5 9 10 (4) (3) (5) (10)	530	400	530	130	50	-	220	440
A	3 4 7 (5) (5) (5)	300	(220)	(300)	(80)	(20)	-	150	300
B	1 2 5 6 (5) (3) (2) (10)	600	(500)	(600)	(100)	-	-	200	400
C	2 8 9 (2) (5) (3)	450	(320)	(400)	(80)	-	(50)	100	200

* (): 주문투입알고리즘 수행후의 값

단계 6)

단계 6.1) $UIO_A = 0, IC_A = 0, PC_A = 150,$
 $BO_A = 300, \Delta TIC = 0$

단계 6.2) $D_A > C_A, BO_A > \Delta TIC + PC_A$ 이므로 단계 7)로 간다.

단계 7) 주문 A를 주문목록에 등록하고, 변경된 주문정보를 수정하고 수요자에게 주문수용을 통보하고 종료한다.

2) 주문 B의 도착

단계 0) $R_B = D_B - F_B = 600 - 100 = 500$
 $C_B = 600$

단계 1) $R_B < C_B$ 이므로 단계 4)로 간다.

단계 4)

단계 4.1) $M_{B,3} = C_B - R_B = 600 - 500 = 100$

단계 4.2) $TS_B - 50 + 100 + 50 = 200$

단계 4.3) $M_{B,3} < TS_B$ 이므로 단계 4.4)로 간다.

단계 4.4) $C_3 = C_3 - M_{B,3} = 530 - 100 = 430$

$R_3 = R_3 - M_{B,3} = 400 - 100 = 300$

$S_3 = S_3 - C_2 = 370 - 350 = 20$

$R_3 > C_2$ 이므로 단계 6)으로 간다.

단계 6)

단계 6.1) $UIO_3 = \sum_j UIP_j \times Q_{3j} = 2.2$

$\Delta IC_3 = UIO_3 (C_3 - C'_3) = 2.2 \times 30 = 66$

$\Delta TIC = 66, PC_B = 200, BO_B = 400$

단계 6.2) $D_A = C_A$ 이고 $BO_B > \Delta TIC + PC_B$

단계 7)로 간다.

단계 7) 주문 B를 주문목록에 등록하고, 변경된 내용을 수정한다. 수요자에게 주문수용을 통보한다.

3) 주문 C의 도착

단계 0) $R_C = D_C - F_C = 450 - 80 = 370$

$C_C = 450$

<표 2> 도착예정 주문의 입력자료

주문번호	부품수량	납 기	작업 총 처리시간	주문번호	부품수량	납 기	작업 총 처리시간
1	37	150	86	16	9	1450	25
2	67	320	141	17	44	1350	100
3	10	380	31	18	4	1350	16
4	64	550	136	19	20	1520	48
5	54	690	119	20	13	1560	37
6	47	450	101	21	18	1650	46
7	47	800	101	22	36	1700	83
8	56	900	119	23	48	1750	105
9	52	1010	112	24	50	1450	109
10	8	830	23	25	40	1870	88
11	55	1210	117	26	61	2000	132
12	45	1320	100	27	16	2030	40
13	17	950	45	28	27	2040	64
14	15	1300	37	29	34	2100	80
15	67	950	141	30	58	2250	131

단계 1) $C_C > R_3$ 이므로 단계 3)으로 간다.

단계 3) $C_C = R_3 = 400$

$$R_C = R_C - (D_C - R_3)$$

$$= 370 - (450 - 400) = 320 \text{ 이므로 단계 1)로 간다.}$$

단계 1) $R_C < C_2$ 이므로 단계 4)로 간다.

단계 4)

단계 4.1) $TS_C = 50 + 100 = 150$

단계 4.2) $M_{C,2} = C_2 - R_C = 350 - 320 = 30$

단계 4.3) $M_{C,2} < TS_C$ 이므로 단계 4.4)로 간다.

단계 4.4) $C_2 = C_2 - M_{C,2} = 350 - 30 = 320$

$$R_2 = R_2 - M_{C,2} = 300 - 30 = 270$$

$$S_2 = R_2 - C_1 = 270 - 200 = 70$$

$R_2 > C_1$ 이므로 단계 6)으로 간다.

단계 6)

단계 6.1) $\Delta IC_C = UIO_C(C_C - \dot{C}_C)$

$$= 1.0 \times 50 = 50$$

$$\Delta IC_2 = UIO_2(C_2 - \dot{C}_2)$$

$$= 1.0 \times 30 = 30$$

$$\Delta TIC = 80, PC_C = 100, BO_C = 200$$

단계 6.2) $D_C = C_C, BO_C > \Delta TIC + PC_C$ 이므로 단계 7)로 간다.

단계 7) 주문 C를 주문목록에 등록하고, 변경된 정보를 수정한다. 수요자에게 주문수용을 통보한다.

5.2 수치예제

본 절에서는 총 30개의 주문에 대해 주문투입일 정계획을 수립한다. 시스템은 4대의 범용기계와 1대의 무인운반차로 구성되어 있으며, 기계고장은 발생하지 않는 것으로 가정한다. 각 주문들에 포함되어 있는 부품의 종류 및 수량은 2-10개, 각 공정에 필

<표 3> 수치예제의 주문목록 결과

주문번호	투입시간	완료시간	납 기	여유시간	재고비용	제조비용	납품가격
1	55	141	150	55	18	370	740
2	141	282	320	0	190	670	1340
3	282	313	380	0	0	100	200
6	313	414	450	0	39	640	1280
4	414	550	550	0	0	540	1080
5	559	678	690	9	36	470	940
7	678	779	800	0	84	470	940
8	779	898	900	0	8	50	1120
9	898	1010	1010	0	0	520	1040
11	1062	1179	1210	52	0	80	160
14	1179	1216	1300	0	103	550	1100
12	1216	1316	1320	0	12	450	900
16	1316	1341	1450	0	0	170	340
24	1341	1450	1450	0	0	150	300
19	1472	1520	1520	22	0	670	1340
20	1523	1560	1560	3	0	90	180
21	1567	1613	1650	7	16	440	880
22	1613	1696	1700	0	0	40	80
25	1696	1784	1870	0	172	200	400
26	1784	1916	2000	0	84	130	260
27	1916	1956	2030	0	74	180	360
28	1956	2020	2040	0	60	360	720
29	2020	2100	2100	0	0	480	960
30	2119	2250	2250	19	0	500	1000

요한 가공시간은 5-10단위시간으로 난수 발생시켰으며, 단위수량, 단위시간당 재고비용은 0.1, 단위 부품당 제조비용은 10, 단위부품당 예상납품가격은 20으로 가정하였다. 납기지연에 대한 수요자의 응낙여부는 작업총처리시간의 10%이내로 가정한다. 도착주문에 대한 입력자료는 <표 2>와 같다. <표 2>에서 각 주문의 작업총처리시간은 각 주문에 대해 모의실험을 수행하여 얻은 수치이다.

30개 주문에 대한 결과는 <표 3>과 같다. 주문수용불가인 주문들은 10, 13, 15, 17, 18, 23번 주문들로 15번 주문은 중복시간과다로 인해, 나머지 주문들은 비용측면에서 주문수용이 불가능하다. 30개의

주문에 대한 총재고비용은 896, 총제조비용은 8830, 총예상납품가격은 17,660으로 기대수익은 7,940이다.

6. 결론 및 추후연구

현대 기업환경은 정보통신의 발달로 수요자 중심의 시장이 형성되었으며, 또한 자동제어기술의 발달로 범용기계의 사용이 날로 확산되어 가고 있다. 따라서 본 연구에서는 범용기계가 장착된 자동생산시스템에서 수요자의 동적인 주문에 대해 능동적으로 유연하게 대처할 수 있는 주문투입정책에 대한 해법

을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 주문투입정책은 수요자의 신뢰성을 확보하기 위하여 납기를 우선적으로 고려하였으며, 수요자와의 지속적인 정보교환으로 주문의 변동상황에 유연성있게 대처할 수 있다. 이는 기존 방식처럼 주문들을 혼합하여 시스템에 투입하지 않고 단독주문에 대해 주문투입을 수행하므로써 가능하다. 또한 주문처리에 대한 총비용 및 예상납품가격을 고려하므로써 주문수용여부를 능동적으로 결정하였으며, 시스템의 신뢰도를 고려하므로써 시스템의 문제발생에 따른 주문투입시간의 변동을 완충시킬 수 있도록 하였다.

제시된 주문투입정책 수행시 필요한 작업총처리시간은 각 주문에 대해 대상시스템을 모의실험하여 산출하며, 모의실험 수행시 필요한 부품의 할당규칙을 선정하기 위하여 8가지의 할당규칙에 대해 모의실험을 수행하였다. 실험에 사용된 할당규칙중 LPT가 가장 우수한 것으로 판명되었다.

주문투입정책의 효율성을 평가하기 위하여 총 30개의 주문을 발생시켜 주문투입일정계획 및 주문처리에 소요되는 총비용 및 기대수익을 산출한 결과를 제시하였다.

추후 연구과제로는 작업장의 기계 및 무인운반차의 고장과 같은 작업장의 이상이 발생하였을 경우에 대한 주문들의 관리에 대한 연구와 비용모델에 대한 구체적인 연구가 필요할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Buzacott, J.A., Optimal Operating Rules for Automated Manufacturing Systems, IEEE Tran. on Automated Control, Vol.27, pp.80-86, 1988.
2. Wein, L.M., Scheduling Semiconductor Wafer Fabrication, IEEE Tran. on Semiconductor Manufacturing, Vol.1, No.1, pp.115-130, 1988.
3. Rodelicks, L.M., Phillips, D.T., and Hohh, G.L., A Comparison of Order Release Strategies in Production Control Systems, Int. J. of Prod. Res., Vol.30, pp.611-626, 1992.
4. Spearman, M.L., Woodruff, D.L., and Ho, W.J., CONWIP: A Pull Alternative to Kanban, Int. J. of Prod. Res., Vol.28 pp.879-894, 1990.
5. Glassey, C.R., and Resende, M.G.C., Closed-loop Job Release Control for VLSI Circuit Manufacturing, IEEE Tran. on Semiconductor Manufacturing, Vol.1, No.1, pp.36-46, 1988.
6. Lingayat, S., Mittenthal, J., and Okeefe, R.M., Order Release Mechanism for a Flexible Flow Systems, Int. J. of Prod. Res., Vol.33, No.5, pp.1241-1256, 1995.
7. Hwang, S.S., and Shogan, A.W., Modeling and Solving an FMS Part Selection Problem, Int. J. of Prod. Res., Vol.27, No.8, pp.1349-1366, 1989.
8. Stecke, K.E., and Kim, I., A Study of FMS Part Type Selection Approaches for Short-term Production Planning, Int. J. of Flexible Manufacturing System, Vol.1, No.1, pp.7-29, 1988.
9. Stecke, K.E. and Kim, I., A Flexible Approach to Part Type Selection in Flexible Flow Systems using Part Mix Ratios, Int. J. of Prod.

- Res., Vol.29, pp.53-75, 1991.
10. Chen, F.F., Ker, J.L, and Kleawapton, K, An Effective Part-selection Model for Production Planning of Flexible Manufacturing Systems, Int. J. of Prod. Res., Vol.33, No.10, pp.2671-2683, 1995.
 11. Tempelmeier, H, and Kuhn, H, Flexible Manufacturing Systems, John, Wiley & Sons, Inc., New York, 1993.
 12. Montaze, M, and Van Wassenhove, L.N., Analysis of Scheduling Rules for an FMS, Int. J. of Prod. Res., Vol.38, pp.785-802, 1990.
 13. 박경수, 신뢰도공학 및 정비이론, 11판, pp.306-311, 회중당, 1993.
 14. Ross, S. M., Introduction to Probability Models, 3rd Edition, pp.57-58, Univ. of California.