

유연한 조립 시스템의 단기 생산 스케줄링과 라우팅에 관한 연구

신 옥 근[†]

요 약

종래의 단순 조립 시스템과는 달리 유연한 조립 시스템의 단기 생산계획 수립시에는 작업 순서, 작업 할당, 라우팅, 실시간 제어등을 복합적으로 고려해야 유연한 시스템의 장점을 최대한 활용할 수 있다. 그러나 이러한 복합적인 스케줄링 문제의 최적해는 구하기가 매우 어려울 뿐 아니라 최적해를 알고 있다 하더라도 조립기기의 고장등과 같은 교란에 적절히 대응할 수 없다. 본고에서는 유연한 조립 시스템을 위해 단기 생산계획과 조립 작업의 순서, 그리고 manipulator에 대한 작업의 할당을 미리 정하지 않고 순간 순간의 FAL의 상태에 따라 동적으로 결정함으로써 FAL의 효율은 높이는 동시에 복잡한 단기 생산계획 수립을 배제할 수 있는 실시간 제어 방법을 제안한다. 이 방법은 어떤 manipulator에서 작업이 끝난 반제품의 다음 작업을 위한 목적 manipulator는 두 manipulator 사이의 거리, 목적 manipulator의 작업 수행시간과 당시의 부하, 그리고 필요한 부품의 유무등을 종합하여 manipulator들 사이의 부하를 균등하게 배분함으로써 주어진 양의 제품을 가능한한 빠른 시간내에 조립할 수 있게한다. 본고에서는 조립 공정의 특성과 FAL의 모델링에 대해 서술한 후 실시간 제어를 위한 heuristic 알고리즘을 제시하였으며 시뮬레이션을 통하여 제안한 알고리즘을 검증하였다. 시뮬레이션 결과, 제안하는 동적 파일럿링을 통하여 복잡한 단기 생산 계획 수립 없이도 FAL을 최적의 상태로 제어할 수 있을 뿐 아니라 기기의 고장등과 같은 생산 환경의 변화에 잘 적응할 수 있음을 알수 있었다.

Short-Time Production Scheduling and Parts Routing for Flexible Assembly Lines

Ok-Keun Shin[†]

ABSTRACT

A reactive piloting policy for Flexible Assembly Lines (FAL) is proposed, where the sequencing of the operations as well as the assignment of tasks to manipulators are not predetermined but driven by the actual state of the FAL. For all work-in-process coming from a manipulator, the next destination is determined by minimizing a temporal criterion taking into account the time needed to reach the destination, the load of the manipulator to reach, the duration of the operation to be completed in the destination manipulator, and the availability of product components in this manipulator. The purpose of proposed piloting policy is to manufacture a given quantity of products as rapidly as possible by balancing the amount of work allocated to manipulators and to reduce the efforts required for scheduling the production of short series of diversified products. After introducing the characteristics of assembly processes and FAL modelization, the proposed algorithm is evaluated by simulations. The simulations of the proposed algorithm showed satisfactory results.

1. 서론

종래의 제품생산 라인에서 생산공정의 제어는 두단계의 과정을 거친다. 즉, 작업순서와 각 작업기기에 대한 작업의 할당에 대한 결정이 이루어

[†] 정 회 원 : 한국해양대학교 컴퓨터공학과 전임강사
논문접수 : 1995년6월17일, 심사완료 : 1995년11월27일

어지고 난 다음 이 결정이 생산라인의 파일로팅 시스템으로 전달되어 각 순간 생산기기의 작업과 기기들 사이의 반제품 라우팅등이 제어되는 것이다. 이러한 선결정-후작업 방식의 단기 생산공정 제어는 FMS (flexible manufacturing system) 에는 적합하지 않은 데 그 이유는 :

- 다품종 소량생산을 위주로하는 FMS에서 복잡한 작업 스케줄링의 최적 해를 구하는 것은 그 계산이 너무 복잡하다.
- 최적 스케줄링은 이상적인 생산 시스템을 모델로 하여 구해지므로 실제 시스템과의 괴리가 크다.
- 기기의 고장등과 같이 생산 중에 발생하는 예기치 못한 사태에 적절히 대응할 수 없다.
- 작업순서, 기기에 대한 작업할당이 사전에 이루어지므로 FMS의 유연성 (flexibility) 을 최대한 이용하지 못하게된다.

이러한 이유에서 FMS에 적당한 공정제어는 동적(dynamic)이어야 한다. 즉, 기기의 고장이 라든지, 생산 공정의 흐름의 변화 등과 같은 생산 시스템 전체의 실제 상황에 기초하여 공정제어가 이루어져야 한다 [1, 5]. 뿐만 아니라 유연한 FMS에 상응하는 제어 체계의 필요성은 공장 설계와 생산 시스템의 유연성의 관점에서도 지적되어 왔다 [3, 4]. 그러나 생산 시스템의 제어에 대한 대부분의 연구는 종래의 non flexible manufacturing system을 대상으로한 것이거나 [10, 11], FMS를 대상으로 하는 경우에도 먼저 작업 스케줄링, 작업 할당등에 대한 결정이 off-line으로 이루어지고 난 다음 이 결정에 따라 생산 공정을 제어하는 이른바 정적 (static) 생산공정제어가 대부분이어서 [8, 9, 12, 13] FMS를 위한 효율적인 제어체계에 대한 연구는 미흡한 실정이다 [14, 15].

본고에서는 많은 수의 부품 공급문제, 조립 순서에 인한 제약, 잦은 고장등으로 종래의 제어방식이 효율적으로 적용되기 어려운 대표적인 분야인 유연한 조립 시스템 (FAL; flexible assembly lines)의 동적 파일로팅 시스템의 구성을 제안한다. 여기서 제안하는 조립공정 제어 방법의 목적은 복잡한 공정 스케줄 작성에 따르는 여러

가지 문제를 해결하는 한편 FAL 시스템의 유연성, 조립할 제품 자체에 기인하는 조립작업 순서의 유연성 등, 생산 시스템 전반의 유연성을 최대한 이용하여 시스템의 효율을 극대화하는 것이다.

본고에서 기술하는 파일로팅 방법은 다음과 같은 가정에 기초한다 :

- FAL의 conveyor 시스템은 라우팅의 유연성을 보장한다. 즉, 하나의 조립 기기에서 다른 조립 기기 사이에는 최소한 하나 이상의 루트가 있어 한 작업이 끝나면 다른 작업을 위해 임의의 다른 조립 기기로 옮겨질 수 있다. 또 제품의 조립작업은 pallet을 이용하여 이루어지며 부품들은 pallet위에서 조립된다.
- 조립 기기들은 대부분 토보트들이며 2~3가지 정도의 부품을 조립할 수 있을 정도로 유연하다.
- FAL 시스템내에서 수행되는 작업들은 주르 부품조립 작업들이지만 드릴링이나 마킹 (marking) 등의 작업도 포함한다.

이러한 가정하에 제안한 파일로팅 정책을 시뮬레이션으로 검증하였으며 다음과 같은 사실을 확인할 수 있었다:

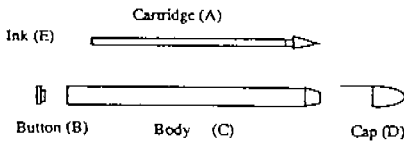
- 복잡한 linear programming 등을 통하여 최적화가 필요했던 기존의 단기 생산 스케줄링 수립, 작업 할당, 라우팅 설정등의 과정을 생략할 수 있다.
- FAL을 효율적으로 제어할 수 있었으며 특히 다품종 동시생산의 경우 제품별로 순차적으로 생산하는 것 보다 생산 시간을 단축 (9%) 시킬 수 있다.
- 기기의 고장등 예기치 못한 생산 환경의 변화에 효율적으로 대처할 수 있음을 미루어 짐작할 수 있다.
- 기존의 non-flexible system에서도 최적의 효율을 보였다.

서론에 이어 2장에서는 부품 조립 순서에 내재하는 유연성을 활용할 목적으로 부품 조립 순서에 대해 기술한다. 다음의 3장에서는 본 논문에서 다루고자 하는 FAL 시스템의 모델링에 대해 언급하며 4장에서는 3장의 모델을 바탕으로

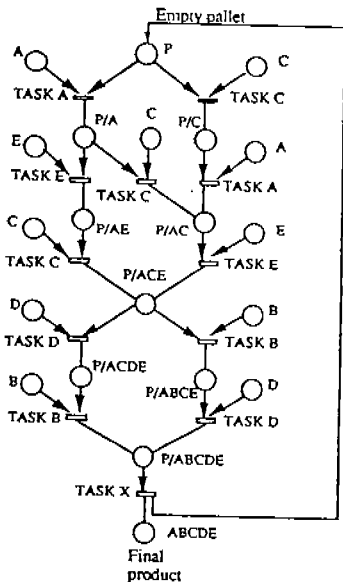
본고에서 제안하는 동적 파일로팅 알고리즘을 기술한다. 5장에서는 제안한 알고리즘의 시뮬레이션 및 그 결과에 대해 설명하고 6장의 결론으로 끝맺는다.

2. 부품의 조립 순서

부품조립의 순서를 정의할 목적으로 (그림 1)에 본고에서 인용할 제품의 예로 볼펜의 부품들을 보인다. 일반적으로 주어진 제품의 조립 순서는 한가지 이상이며 경우에 따라 수천가지의 방법이 있을 수도 있다 [2, 6]. 여기서는 이러한 가능한 조립순서를 모두 찾아내는 것보다 의미있는 갯수의 조립순서를 선택하여 조립공정 제어의 자유도를 높이는 데 그 목적이 있다. 주어진 하나의 제품을 조립하는 순서중 선택된 조립 순서



(그림 1) 볼펜의 부품
(Fig. 1) Product and Components



(그림 2) 볼펜 조립 작업의 수행 순서
(Fig. 2) Feasible Sequences of Tasks

는 (그림 2)에 보인 것처럼 Petri net으로 나타낼 수 있다. 이 그림에서 각각의 자리(place)는 부품이나 반제품의 상태를, 그리고 각각의 천이(transition)는 작업을 의미한다. Pallet에 첫 부품을 장착하거나, 완성된 제품을 pallet에서 분리해 내는 것도 하나의 보조 작업으로 간주하며 (그림 2)에서도 볼 수 있는 것처럼 주어진 제품을 조립하기 위해 필요한 작업의 수는 어떤 조립 순서를 따르더라도 항상 같다 [7].

3. FAL의 모델링

실시간 동적 파일로팅을 목적으로 하는 FAL의 상태는 다음과 같은 두가지 종류의 정보로 나타낼 수 있다

3.1 FAL의 물리적인 자원

FAL 시스템의 물리적인 정보의 대부분은 FAL을 설계할 때 이미 결정되며 따라서 정적인 특성을 지닌다. 이 정보들은 다시 두가지로 나눌 수 있는데 각 manipulator에 대한 정보와 manipulator들 사이의 상대적인 배치가 그것이다.

3.1.1 Manipulator에 대한 정보

주어진 FAL에 N개의 manipulator가 있고 이 manipulator에 의해 L개의 manipulation이 수행될 수 있다고 하자. 이들을 각각 주어진 FAL의 manipulator의 집합 E_M , manipulation의 집합 E_P 라고 하고

$$E_M = \{M_1, M_2, \dots, M_N\}$$

$$E_P = \{OP_1, OP_2, \dots, OP_L\}$$

과 같이 나타내기로 한다.

이때 각 manipulator M_i 는 다음의 요소들에 의하여 특성지워질 수 있다.

- 이 manipulator가 수행할 수 있는 manipulation들의 집합, $\{OP_1, OP_k, \dots, OP_L\}$
- manipulator M_i 가 manipulation $(OP_1, OP_k, \dots, OP_L)$ 를 수행할 때 소요되는 작업시간, $(t_{i1}, t_{ik}, \dots, t_{iL})$

3.1.2 Manipulator의 배치

자동 조립 시스템에서 중요한 특성의 하나는 대부분의 경우에 하나의 manipulation에 필요한 시간보다 하나의 manipulator에서 작업이 끝난 후 다음 manipulator로 이동하는 데 걸리는 시간이 더 길다는 점이다. 따라서 자동조립 시스템의 실시간 공정제어에는 manipulator 사이의 거리가 고려 되어야한다. Manipulator의 배치는 각 manipulator들 사이의 최소 거리를 시간으로 표현한 행렬 D 로 나타낸다.

$$D = [d_{ij}], d_{ij} > 0 :$$

- i, j = 1..N, (N: number of manipulators in the FAL)

이 행렬에서 manipulator i 와 j 사이에 통로가 없다면 고장등의 이유로 통로가 막혔을 경우 d_{ij} 는 무한대가 된다.

3.2 작업의 수행 순서

작업 순서들을 표현하는 방법으로 다음과 같은 사항을 고려한다 :

- 주어진 제품에 대해 미리 그 조립순서를 선택하지 않으므로써 제품 조립 순서에 내재된 유연성을 이용한다.
- 조립중에 있는 반제품에 대해 하나의 작업이 완료되면 다음에 수행할 작업은 그 순간의 FAL의 전체 상황을 고려하여 결정한다.

4. Piloting 정책

단기 조립공정제어의 목적은 주어진 양의 제품을 가능한 빠른 시일내에 조립생산하는 것이다. 전술한 바와 같이 본고에서 제안하는 조립공정의 파일로팅 방법은 FAL의 유연성 및 제품 조립 순서에 내재해 있는 유연성을 최대한 활용하기 위하여 조립작업의 순서를 미리 정하지 않고 FAL의 상태를 고려하여 순간 순간 결정한다. 즉 조립중인 반제품에 대해 하나의 작업이 수행되고 난 후 다음에 수행될 작업은 FAL의 상태를 고려하여 결정한다. 예를 들면 (그림 2)

의 ACE/P의 반제품의 상태는 순서에 관계 없이 작업 A, E, C가 수행된 결과이며 파일로팅 결정에 따라 ACDE/P 혹은 ABCE/P의 상태로 발전할 수 있다. 이와 같은 파일로팅 정책을 구현하기 위해 다음과 같은 두가지 파일로팅 방법을 생각할 수 있다.

방법 1 어떤 작업이 수행된 후 다음에 수행할 작업을 선택할 때 수행가능한 작업들 중에서 가장 빨리 수행될 수 있는 작업을 선택한다.

방법 2 어떤 작업이 수행된 후 다음에 수행할 작업은 FAL내의 모든 manipulator의 부하가 가능한한 균등하게 배분될 수 있도록 선택한다.

이 두가지 방법은 서로 비슷해 보이지만 방법 1에서는 다음에 수행할 작업을 결정함에 있어 직전의 작업을 수행한 manipulator와 다음의 작업을 수행할 manipulator 사이의 거리를 고려할 수 있으나 방법 2에서는 그렇지 못하다. 본고에서는 방법 1을 택하여 조립공정제어 문제를 모델링한 후 heuristic 알고리즘을 제안한다.

이상과 같은 모델에서 한가지 더 고려해야 할 요소는 각 manipulator의 조립작업에 필요한 부품의 배분에 관한 것이다. 즉, 어떤 manipulator에 특정 작업을 할당하기 위해서는 할당된 작업의 양에 해당하는 부품도 같이 제공해야 한다. 본고에서는 특정 작업 수행을 위한 manipulator 사이의 부품할당은 미리 정해져 있거나 알려져 있다고 가정하고 주어진 부품 배분의 제약조건내에서의 조립공정 제어를 고려한다. 부품의 배분에 관한 문제는 linear programming등과 같은 수학적방법을 이용하거나 경험을 바탕으로 한 배분방식을 선택할 수도 있을 것이다.

부품배분을 고려하기 위해 다음과 같은 변수를 FAL의 model에 포함시키기로 한다.

r_{ic} : c-type의 부품 중 manipulator i 에 배당된 부품의 비율

T_c : FAL에 주어진 전체 부품에 대한 c-type 부품의 비율

Model

Manipulator i 에서 작업이 끝난 반제품의 다음 작업을 위한 목적 manipulator k는 다음의

요소를 고려하여 결정한다.

- a. manipulator i 에서 manipulator k 까지의 거리, d_{ik}
 - b. manipulator k 의 부하, $L_k = \sum_i q_{k,i}$
 - c. manipulator k에 의한 manipulation j 의 작업수행에 필요한 시간, t_{kj}
 - d. manipulator k 에 남아 있는 부품의 양
- 먼저, 어떤 시각 $t=h$ 에서 manipulator k의 부하 $L_k(h)$ 는 다음 (식 1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_k(h) = L_k(h-1) + \sum_{i,j} v_{i,j}(h-1) \cdot t_{kj} - \sum_{s,j} v_{k,s}(h) \cdot t_{sj} \quad (\text{식 1})$$

여기서 h 는 $h \cdot \delta t$ 의 축약이며

δt 는 샘플링 주기,

$v_{i,j}$: manipulator i에서 조립을 마친 pallet가 다음 조립 작업을 위해 manipulator k에 배당될 경우 1, 그외의 경우는 0. 이다

(식 1)의 우변 첫째 항은 $t=(h-1)$ 일 때 manipulator k에 이미 할당되어 있는 작업량, 두번째 항은 $(h-1)$ 의 순간에 manipulator k에 할당되는 작업의 양을, 그리고 세번째 항은 manipulator k에서 수행되어 (h) 의 순간에 끝난 작업의 양을 나타낸다.

(식 1)을 바탕으로 위의 a.-d.의 요소를 고려한 동적 작업 할당은 다음과 같이 표현할 수 있다:

$t=h$ 의 순간에 manipulator i에서 작업이 끝나는 반제품에 대하여 아래의 비용 $C_{ik}(h)$ 를 최소화 하는 manipulator k에 이 반제품의 다음 작업을 할당한다.

$$C_{ik}(h) = \beta_1 * \text{MAX}(L_k(h), d_{ik}) + \beta_2 * (v_{ik}(h) \cdot t_{ki}) + \beta_3 * T_c - \tau_c(h) \quad \dots \dots \dots (\text{식 2})$$

($\beta_1, \beta_2, \beta_3$:가중치)

(식 2)를 포함하는 동적 작업할당의 heuristic 알고리즘은 아래와 같다.

Algorithm

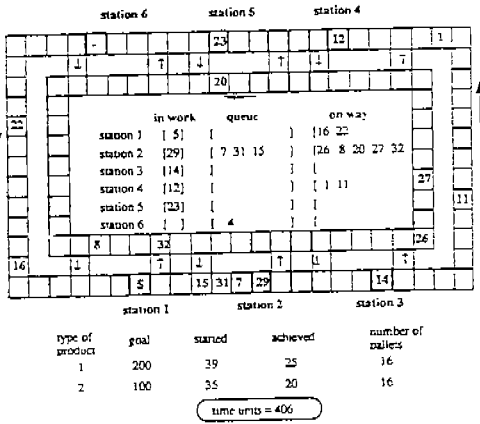
- 0. FOR each pallet which has been finished a manipulation DO
 - 1. Search for feasible tasks at the next step
 - 2. FOR each feasible task DO

- 2.1 Search for manipulations corresponding to the task
- 2.2 FOR each manipulation j found, search for a suitable manipulator k
- 2.3 For each manipulator k, if not broken down, DO
 - 2.3.1 Get Execution time t_{kj}
 - 2.3.2 Calculate amount of Work L_k in the input buffer of manipulator k
 - 2.3.3 Get Distance d_{ik} from the last manipulator to the next manipulator
- 2.4 FOR each manipulator DO
 - 2.4.1 Calculate Cost C_{ik}
 - 2.4.2 Select destination k whose cost is minimal
- 3. Assign the pallet to the manipulator found at 2.4.2
- 4. If the required quantity of product is not attained THEN GOTO 0, ELSE Stop.

이 알고리즘은 $t=h$ 에서 내려진 작업 할당의 결정이 그 후의 작업들에 미치는 영향을 고려하지 않기때문에 최적이라고 할 수 없다 (이런 이유에서 이 알고리즘을 “greedy searching”이라 부른다). 본 연구에서는 이를 보완하기 위해 연속적인 두단계의 작업 할당의 비용을 최소화 시키기 위한 알고리즘 (이 것을 “look ahead searching”이라 부른다)으로 발전시켰으며 그 효율성을 시뮬레이션으로 비교하였다.

5. 시뮬레이션

앞장에 기술한 알고리즘을 free transfer ring 과 6개의 manipulator로 구성된 FAL로 시뮬레이션하여 시험하였다. 본 연구에서 구현한 시뮬레이션 소프트웨어는 (그림 3) 에 보이는 것처럼 매 샘플링 주기마다 pallet가 transfer conveyor에 의해 운반되는 상태를 CRT 모니터를 통하여 볼 수 있게 하였다. 이 그림에서 숫자는 conveyor를 통해 운반되는 pallet의 식별번호이고, 작은 화살표는 내부의 coveyor와 각 manipulator 사이에 pallet가 반입/반출 될 수 있게 하는 stopper와 tracteur를 표시하며 이를 통하여 pallet의 라우팅을 제어한다. (그림 1)에 보인 것과 유사한 두 가지 제품을 동시에 조립한다고 가

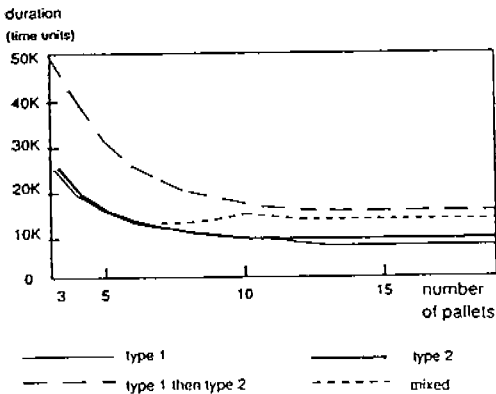


(그림 3) 시뮬레이션 화면의 예
(Fig. 3) Simulation Screen

정하고 다음의 세가지 경우에 대하여 시뮬레이션 하였다.

경우1 : Single Sequence, Fixed Assignment

각 제품에 대해 단 하나의 조립순서를 정의하고 하나의 작업은 단 하나의 manipulator에 할당하였다. 또 manipulator들을 제품의 조립순서에 따라 배치하였다. 따라서 이 경우에는 동격할당의 효율성을 검증할 수는 없으나 FAL의 유연성을 고려하기 이전의 종래의 조립라인에 본 연구에서 개발한 알고리즘을 적용시켜 보는 데 그 목적이 있다. 또 이 경우의 시뮬레이션 결과는 최적의 상태에서 구해진 것이므로 다음에 기술할



(그림 4) 경우 1의 시뮬레이션 결과
(Fig. 4) Simulation Results for Case 1
(Single Sequence, Fixed Assignment)

두가지 경우의 시뮬레이션 결과와 비교하기 위한 기준이 된다.

(그림 4)에 조립 생산에 소요되는 기간과 pallet의 수를 변화시켜가며 시뮬레이션한 결과를 보인다. 제품1과 제품2를 동시에 조립하는 것이 각각의 제품을 따로 조립하는 것보다 약 9%의 조립 시간을 단축할 수 있었다. 또 pallet의 수가 적정치를 넘으면 조립생산 시간은 포화되어 더 이상 줄어들지 않음도 볼 수 있다.

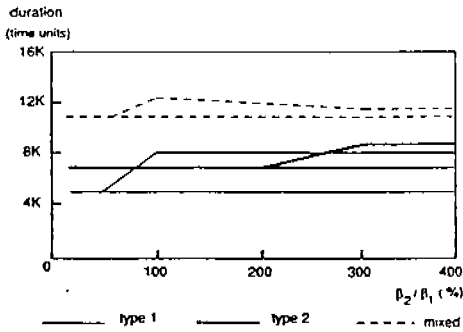
경우2 : Greedy Searching, Without Component Constraint

각 제품에 대해 복수개의 조립순서를 정의하여 FAL의 상태에 따라 순간 순간 조립순서를 동적으로 선택할 수 있게 하였으며 각각의 작업은 2개의 manipulator에서 수행될 수 있게 하였다. 이 시뮬레이션의 목적은 가중치 β_2 와 β_1 의 영향을 분석하는 데 있으며 각 manipulator에 대한 부품배당은 고려하지 않았다 ($\beta_3=0$). 가중치 β_1 과 β_2 의 비를 변화시키며 greedy searching algorithm으로 시뮬레이션한 결과를 (그림 5)에 보인다. 각각의 manipulator에 대한 작업할당이나 manipulator의 위치에 따라 최적의 β_2/β_1 비는 변하므로 β_1 과 β_2 의 비를 최적화시킬 필요가 있다. (그림 5)에 보인 시뮬레이션의 경우 β_2/β_1 비를 50% 이하로 취하였을 때의 효율이 위의 경우1에서 구한 최적치와 같았다. 이것은 주어진 작업의 수행시간이 짧은 manipulator에 할당하는 것보다 거리나 부하가 최소인 manipulator에 할당하는 것이 효율적임을 의미하는 데 이것을 다시 해석하면 개별 작업의 수행 시간을 최소화하는 것 보다 FAL의 모든 manipulator의 부하를 균등하게 유지할 수 있게 제어하는 것이 바람직하다는 것을 의미한다. 이 시뮬레이션에서도 여러 종류의 제품을 따로 조립하는 것 보다 동시에 조립하는 것이 효율적임 (약 10% 생산 시간 단축)을 확인할 수 있었다. 또 β_2/β_1 의 비를 조절하여 경우 1의 최적치와 같은 결과를 얻을 수 있었는데 이는 결국 생산 개시 이전의 off-line 스케줄링 없이도 최적의 효율을 얻을 수 있을 뿐 아니라, FAL의 효율을 저하시키지 않으면서 부품조립 순서, 라우팅등의 자유도를

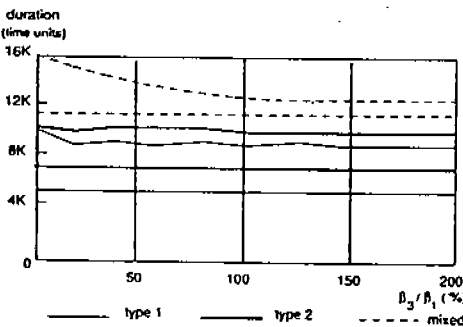
높여서 기기 고장등의 상황에도 잘 대처할 수 있음을 의미한다. 이러한 효과는 기존의 선결정-후작업 방식의 파일로팅에서는 얻을 수 없으며 동적 파일로팅에서만 가능한 것으로 본 연구의 타당성을 입증하는 것으로 판단된다.

경우3 : Look Ahead Searching, With Component Constraint

Look ahead algorithm을 이용하여 경우2와 같은 조립순서와 작업 할당의 조건하에서 각 manipulator에 분배된 부품의 제약을 추가하였다. 이 경우의 효율은 경우1에서 구한 최적치보다 낮았다. 최상의 결과는 제품1과 제품2를 같이 조립할 경우였으며 이 때의 조립생산 시간은 최적의 경우인 경우 1보다 약 12% 증가하였다. 단 이 시뮬레이션에서는, 부품의 할당을 모든 manipulator에 대하여 균일하게 분배하였으므로



(그림 5) 경우 2의 시뮬레이션 결과
(Fig. 5) Simulation Results for Case 2
(Greedy Searching Without Component Constraint)



(그림 6) 경우 3의 시뮬레이션 결과
(Fig. 6) Simulation Results for Case 3
(Look-Ahead Searching With Component Constraint)

이 제약조건 때문에 효율이 낮아진 것으로 추측된다. 사전 시뮬레이션등을 통하여 적절히 부품을 할당한다면 경우 2의 시뮬레이션과 비슷한 효율을 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 또 경우2의 시뮬레이션에서는 greedy searching 알고리즘을, 그리고 경우 3의 시뮬레이션에서는 look ahead searching 알고리즘을 이용하였는데 이 두가지 알고리즘의 차이는 미미한 것으로 관측되었다.

6. 결론

유연한 조립생산 라인의 동적 파일로팅을 위한 heuristic 알고리즘을 제안하고 그 효율성을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 시뮬레이션 결과 어떤 경우이든 여러가지 제품을 동시에 조립하는 것이 각각의 제품을 따로 조립하는 것보다 효율이 높았으며 특히 부품의 할당에 제약이 있는 경우에 이 효과는 두드러졌다.

Manipulator에 대한 작업의 할당이 미리 정해져 있지 않으므로 각 manipulator에 대한 부품의 할당을 효율적으로 조절하는 것이 중요함을 인식할 수 있었다. 또 부품할당의 관점에서 보면 동적 라우팅 정책을 채택할 경우 pallet에 조립할 부품을 같이 실어 조립라인에 제공하는 이른바 "Kitting Technic"이 효율을 높일 수 있는 한 가지 방법으로 생각된다.

본고에서 제안하는 동적 파일로팅의 목적은 조립시스템의 복잡한 단기 생산 스케줄링 과정을 생략할 수 있게 하는 동시에 FAL의 유연성을 최대한 활용하여 조립 시스템에서 자주 일어나는 manipulator의 고장에도 적절히 대응할 수 있게 하자는 것이며 시뮬레이션을 통한 검증 결과 효율도 최적상태의 정적 파일로팅과 비교하여 9~10% 향상되었음을 관찰할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] K. E. STECKE, "Design, Planning, Scheduling and Control Problems of Flexible Manufacturing Systems", Annals of Operational Research, Vol.3. pp.3-12, 1985

- [2] A. BOURJAULT, "Contribution à une approche méthodologique de l'assemblage automatisé: élaboration automatique des séquences opératoires", Thèse d'Etat, Univ. de Franche-Comté, Besançon, Nov. 1984
- [3] K. E. STECKE, & J. BROWNE, "Variations in Flexible Manufacturing Systems According to the Relevant Types of Automated Material Handling", Material Flow, 2, pp. 179-185, 1985
- [4] F. Lhote, O. K. Shin, "Modelization of Transfer Systems for Flexible Assembly Lines", Proc. of the Intl. Conf. IASTED pp. 398-402, Paris, June 1987.
- [5] O. Z. Maimon, S. B. Gershwin, "Dynamic Scheduling and Routing for Flexible Manufacturing Systems That Have Unreliable Machines", Internal Report of the Lab. for Inf. and Dec. Sys., MIT, LIDS-P-1610 Cambridge, July 1987.
- [6] T.L. De Fazio, D.E. Whitney, "Simplified Generation of All Assembly Sequences", IEEE Robotics and Automation, Vol. RA-3, no. 6, pp. 640-658, Dec.1987
- [7] J. P. Bourrières, "Contribution à la modélisation intégrée des systèmes flexibles d'assemblage", Thèse d'Etat, Univ. de Franche-Comté, Besançon, Jan. 1990.
- [8] B. Pourbabai, "A Production Planning and Scheduling Model for Flexible Manufacturing", Proc. of the 2nd ORSA/TIMS Conference on FMS : Operational Research Models and Applications, 1986 pp.534-543
- [9] J. Slomp, G.J.C. Gaalman, W.M. Nawjin, "Quasi On-Line Scheduling Procedures for Flexible Manufacturing Systems", Int. J. Prod. Res., 1988, Vol. 26, No.4, pp.585-598
- [10] N. Chridtofides et al., "Project Scheduling With Resource Constraints: A Branch and Bound Approach", European Journal of Operational Research 29, 1987 pp.262-273
- [11] M. Gravel & W. L. Price, "Using the Kanban in a Job Shop Environment", Int. J. Prod. Res., 1988, Vol.26, No.6, pp. 1105-1118
- [12] K. J. Pravin "A Linear Programming Approach to Capacity Estimation of Automated Production Lines With Finite Buffers", Int. J. Prod. Res. 1987, Vol. 25, No.6 pp.851-867
- [13] A. Kusiak, "An Application of Operational Research Models and Techniques in Flexible Manufacturing Systems", European Journal of Operational Research 24, 1986 pp.336-345
- [14] J. P. Bourrières, O. K. Shin, F. Lhote, "Real Time Scheduling and Dynamic Parts Routing for Flexible Assembly Lines", International Jour. of Systems Automation : Research and Applications vol. 1, No.4, pp. 387-396. 1991.
- [15] O. K. Shin, "Contribution au Pilotage d'Ilot Flexible d'Assemblage", Thèse de l'Université de Franche-Comté, Besançon, France, Nov. 1989.



신 옥 근

1981년 서강대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1983년 부산대학교 전자공학과 (공학석사)
 1989년 프랑스 Université de Franche-Comté(공학박사)
 1983년~95년 한국전자통신연구소 선임연구원

1995년~현재, 한국해양대학교 컴퓨터공학과 전임강사
 관심분야: Factory Automation, 멀티미디어 시스템