

유연생산셀의 지능형 스케줄링을 위한 전문가 시스템

° 전병선*, 박승규*, 이노성*, 안인석*, 장석호*, 서기성**, 이동현*, 우광방*
* 연세대학교 전기공학과, ** 서경대학교 산업공학과

An Expert System for Intelligent Scheduling in Flexible Manufacturing Cell

° Byung-Sun Jeon*, Seung-Kyu Park*, Noh-Sung Lee*, Ihn-Seok Ahn*,
Seok-Ho Chang*, Ki-Sung Seo**, Tong-Hun Lee*, Kwang-Bang Woo*
* Dept. of Electrical Engineering, Yonsei Univ.
** Dept. of Industrial Engineering, Seokyeong Univ.

Abstract

In this study, we discuss the design of the expert system for the scheduling of the FMC(Flexible Manufacturing Cell) consisting of the several versatile machines. Due to the NP property, the scheduling problem of several machine FMC is very complex task. Thus we proposed the two heuristic scheduling algorithms for solving the problem and constituted the algorithm base of ISS(Intelligent Scheduling System) using them. By the rules in the rule base, the best alternative among various algorithms in algorithm base is selected and applied in controlling the FMC.

To show the efficiency of ISS, the scheduling output of ISS and the existent dynamic dispatching rule were tested and compared. The results indicate that the ISS is superior to the existent dynamic dispatching rules in various performance indexes.

1. 서론

유연 생산셀(FMC)은 수개의 수치제어기기(CNC, DNC Machine)들과 자동 자체처리 시스템(MHS)이 셀 컨트롤러에 의해 통합되어 구성된 유연한 생산시스템이다. 오늘날 컴퓨터기술과 기계공구기술의 발달로 인해 CNC, DNC 기기들은 로컬 톨 메거진에 갖추어진 공구들을 자동으로 잡아 끼울 수 있는 기능을 갖추게 되어 고도로 다기능화 되었으며, 따라서 이와 같이 다기능기기로 구성되어진 FMC는 셀내의 가공기기들에서 간단히 톨만을 변환시킴으로써 동시에 수종의 가공품들을 가공할 수 있게 되었다[1]. 이와 같은 다기능성은 특히 중량(mid-volumn) 정도의 생산성을 갖는 금속가공 산업분야에서 상당히 바람직한 성격으로 평가받고 있다. 또한 FMC는 FMS를 이루는 단위 시스템으로 볼 수 있으며, 따라서 전체 시스템을 FMS화 해나가는 중간 단계로서 비교적 적은 투자비용으로 생산성 향상을 기할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 위와 같은 장점을 갖는 반면 FMC는 고도의 유연성과 동적으로 변화하는 시스템의 상태등으로 인하여 이의 제어가

매우 난해하다. 특히 FMC의 효과적 스케줄링은 셀 기능적 제어 측면에서 매우 중요한 요소로 평가되고 있다. 분석과 제어의 난해성등으로 인하여 오늘날 엄밀한 수학적 모델링과 분석을 통한 제어 알고리즘의 구축 보다는 FMC의 제어와 스케줄링을 위한 휴리스틱 알고리즘의 개발이 진행되고 있으며 이와 아울러 인공지능 기법을 도입하여 알고리즘과 지식베이스를 통합한 통합구조의 지능적 스케줄링 및 제어 시스템의 연구가 활발히 진행되고 있다[1][2].

본 연구에서는 다수의 다기능 기기들로 구성된 유연 생산셀을 대상으로 이의 효과적인 스케줄링을 위한 휴리스틱 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 셀의 동적상태 변화에 대처할 수 있도록 그 특성에 따라 크게 정적 알고리즘과 동적 알고리즘으로 구분되며, 이 두 부류의 알고리즘은 다시 셀의 특정 상태에 대응하는 수개의 알고리즘으로 구성된다. 이렇게 구성된 알고리즘 베이스에서 셀의 현 상태와 투입된 가공품들의 가공시간 및 기기의 setup 에 걸리는 시간등을 종합적으로 고려하여 최적의 알고리즘을 선택하기 위해서는 적절한 결정수립기능이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 최적 알고리즘 선정을 위한 전문가 시스템을 구성하였으며 알고리즘 베이스 와 전문가 시스템의 결정수립기능을 통합하여 FMC의 효과적인 운영을 위한 지능형 스케줄링 시스템을 구현 하였다.

2. 유연생산셀 (Flexible Manufacturing Cell)

FMC는 수개의 다기능기기들과 자체처리 시스템의 통합으로 이루어진 생산시스템이다. 다기능 기기는 CNC 머신에 로컬 톨 메거진, 자동 톨 교환기, 자동 팔렛 교환기 등이 부착되어 구성 된다. 이와 같은 다기능 기기들이 갖는 특징은 사람의 개입없이 자동으로 톨을 교환하며 작업대와 버퍼에 존재하는 가공품들을 대상으로 다양한 작업을 행할 수 있다는 점이다. 가공품에 어떤 톨로 어떤 작업을 어떤 순서로 할 것

인지는 NC 파트프로그램에 의해 정의되며 NC 프로그램은 작업시간전에 셀의 전반적인 제어를 담당하는 셀 컨트롤러에 의해 해당기기에 다운로드 되어진다. 가공작업이 끝나게 되면 작업대 위의 가공품은 출력버퍼에 놓이게 되고 입력버퍼에 대기 중이던 가공품이 기기내로 투입된다.

본 연구에서 대상으로 하는 유연 생산셀은 수대의 다기능 기기와 자재처리 장치 역할을 하는 중앙의 로봇 1대 그리고 셀내로 가공품들이 고정된 팔랫이 투입된뒤 가공이 끝나면 셀 외부에서 대기하는 다른 물류처리시스템으로 가공물을 방출하는 기능을 하는 L/UL 기기로 이루어진다. (그림 1)

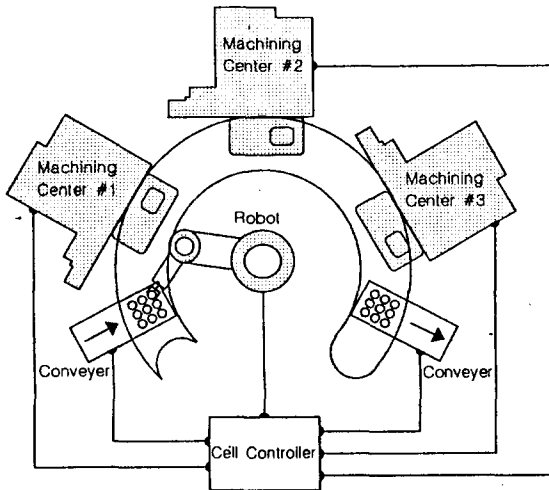


그림 1. 유연 생산셀

본 연구에서 대상으로 하는 FMC의 특성은 아래와 같다.

- 시스템의 특성
 - 대상 FMC는 동일한 구조를 갖는 수대의 다기능 기기로 구성되며 각 기기에는 동일한 수의 공구가 존재한다.
 - 각각의 기기들은 모든 종류의 가공작업을 행할 수 있다.
 - 한 톨로는 한 종류의 작업만을 행할 수 있다.
 - 톨 변환시에 소요되는 시간은 동일하다.
 - 가공품을 자재처리장치에 의해 한기기에서 다른 기기로 이송하는데 걸리는 시간은 무시할 수 있다.
- 가공품의 특성
 - 한 가공품에 대해 동시에 여러 작업을 행할 수 없다.
 - 모든 가공품들은 정해진 가공순서에 따라 가공되

며 선행작업이 종료되어야만 그 뒤의 작업이 가능 하다.

이와 같은 특성의 유연 생산셀은 고도의 유연성으로 인하여 가공품의 투입순서나 가공품이 거쳐야하는 머신의 순서등에 수많은 대안들이 존재하게 되어 이를 효과적으로 결정하기 위해서는 효율적인 스케줄링기법의 개발이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 유연 생산셀에서의 스케줄링상의 단점을 완화하고 셀이 갖는 고도의 유연성을 극대화하기 위한 휴리스틱 스케줄링 알고리즘을 제안하였다.

3. FMC의 효율적인 운영을 위한 스케줄링 알고리즘 개발

3 대이상의 전용기로 구성되어진 시스템의 스케줄링에도 특수한 경우를 제외하면 최적의 해를 도출해주는 polynomial 알고리즘은 존재하지 않음이 알려져있다[3]. 본 연구에서 대상으로 하는 생산시스템은 전용기가 아닌 다기능기기이므로 이를 최적으로 스케줄링하는 문제는 더욱 복잡하다. 이러한 문제점으로 인하여 3 대이상의 기기로 구성된 생산시스템의 스케줄링 문제에는 근사적으로 최적에 가까운 스케줄을 발생시키는 휴리스틱알고리즘의 개발에 관한 연구가 많이 진행되어 왔다. 이러한 알고리즘들 중 대표적인 것으로서 Parmer(1965), Campbell, Dudek and Smith (1970), Dannenbring (1977) 등에 의해 제안된 알고리즘들이 있으며 성능평가결과 Campbell, Dudek and Smith에 의해 제안된 알고리즘(이하 생략하여 Campbell 알고리즘이라 칭한다.)이 다른 두 알고리즘에 비해 월등히 우수한 성능을 가짐이 알려졌다[3]. 본 연구에서 개발된 휴리스틱 알고리즘은 바로 이 Campbell 알고리즘을 기반으로 한 것이며 따라서 먼저 Campbell 알고리즘을 검토한다.

3.1 Campbell 알고리즘

Campbell 알고리즘은 2-머신 시스템에서의 최적 스케줄발생 알고리즘인 Johnson 알고리즘을 확장한 것으로 m -머신 시스템의 스케줄을 $(m-1)$ 개의 2-머신 스케줄문제로 분해한 후 각각의 2-머신 스케줄문제에 Johnson 알고리즘을 적용하여 그 중 makespan이 가장 최소인 스케줄을 선택하는 알고리즘이다.

Campbell 알고리즘은 3 대 이상의 다수의 기기들로 구성된 시스템에서 활용될 수 있는 효과적인 휴리스틱이기는 하지만 셀내의 기기들이 전용기라고 가정된 것이므로 기기들의 유연성을 충분히 활용하는데에는 제약이 있으며 그림 2. 에서 보는 바와 같이 작업들간의 선행조건등으로 인하여 작업전후에 기기들이 작업을 끝내고 다음 작업을 위해 대기하는 유휴시간이 항상 존재하게 된다. 따라서 본 연구에서는 기기들의

유연성을 최대한으로 활용할 수 있도록 하기위해 한 형태의 작업이 끝난후 다른 형태의 작업을 하는데 소요되는 시간인 setup 시간을 고려한 휴리스틱 스케줄링 알고리즘을 제안하였다.

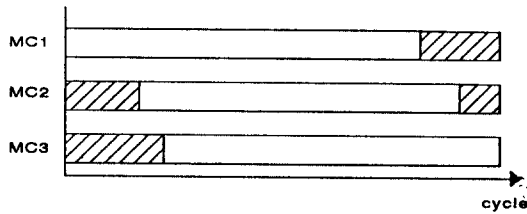


그림 2. Campbell 알고리즘의 스케줄링 결과

3.2 제안된 휴리스틱 스케줄링 알고리즘

본 연구에서는 정상상태에서의 운용을 위해 적용할 수 있는 2가지의 스케줄링 휴리스틱을 제안하였다.

3.2.1 휴리스틱 스케줄링 알고리즘 #1

Step1) Campbell 알고리즘을 이용하여 투입순서를 결정함.

Step2) 각 machine의 전단부 유휴 시간(총 유휴시간에서 작업종료 이후의 유휴시간 제외)을 구한다.

Step3) $T = (I_{f1} + I_{f2} + \dots + I_{fN} - t_s)/N$ 를 계산.
machine1에서 행해져야 할 작업중 T에 해당되는 작업을 선택하여 machine N에 할당한다.

Step4) Step 2)3)을 반복하여 machine(N-1)부터 machine2 까지 machine1에서 행해져야 할 작업중 알맞은 작업을 택해서 할당한다.

Step5) Step 2) 3) 4)를 machine2 에 대해 적용하여 machine2의 작업을 다른 machine (N 부터 3까지)에 할당한다.

Step6) machine(N-1)에 대해서 까지 Step 2) 3) 4) 5)를 반복한다.

Step7) 후단부 Load Balncing

3.2.2 휴리스틱 스케줄링 알고리즘 #2

Step1) 각각의 가공품들을 가공하는데 소요되는 총 시간

P_j 를 계산한다.

$$P_j = P_{1j} + P_{2j} + \dots + P_{Nj}$$

Step2) Step1)에서 계산된 각 가공품의 총 시간 P_j 를 큰 것 부터 내림차순으로 나열한다.

$$P_1 \geq P_2 \geq \dots \geq P_N$$

Step4) Step2)에서 결정된 순서대로 각 머신에 작업을 할당한다(각 machine에 한가지의 대상물만 할당 되도록 하며, 머신들의 부하가 같을 경우에는 임의로 선택한다.).

Step5) Step4)에서 할당된 작업에 따른 각 머신의 총작업 시간 $T_{mci} = \sum P_j$ 를 계산한다.

Step6) 아직 할당되지 않은 대상물에 대해 Step2)에서 결정된 순서대로 현재의 T_{mci} 가 가장 작은 머신에 할당한다.

Step7) 모든 작업의 할당이 완료될 때까지 Step 5)로부터 반복한다.

Step8) 후반부 Load Balncing

이상에서 제안된 스케줄링 휴리스틱은 어느 하나가 다른 것에 대해 항상 옳은 결과를 내는 것이 아니며 setup시간과 셀에 투입된 가공품들의 가공시간과 작업순서에 의해 우세한 알고리즘이 기변한다. 따라서 시스템의 효율적 운용을 위해서는 셀의 상태와 setup시간, 투입된 가공품들의 특성등을 고려하여 최적대안을 선정하는 지능형 기법이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 결정 수립 기능을 위해 전문가 시스템을 도입하였다.

4. 유연 생산 셀의 지능형 스케줄링을 위한 전문가시스템

4.1 지능형 스케줄러

지능형 스케줄링을 위한 전문가 시스템의 구조도가 그림 3에 보여져 있다. 전체 시스템을 크게 지식베이스 추론엔진 스케줄링 알고리즘 베이스로 구성된다. 생산 시스템의 현 상태는 지식 베이스 내의 선언 지식부에 계속 갱신되어 기록된다. 전문가시스템의 결정수립이 필요할 때 추론 엔진의 추론

메카니즘을 통해 선언 지식부내에 저장되어 있는 시스템의 상태를 참조하여 알고리즘 베이스 내의 각 스케줄링 알고리즘들을 평가한다. 그리고 난 후 절차 지식 베이스 내의 규칙(Rule)의 적용을 통해 최적의 스케줄링 알고리즘을 선정하여 이 스케줄링에 따라 생산 시스템을 제어하게 된다.

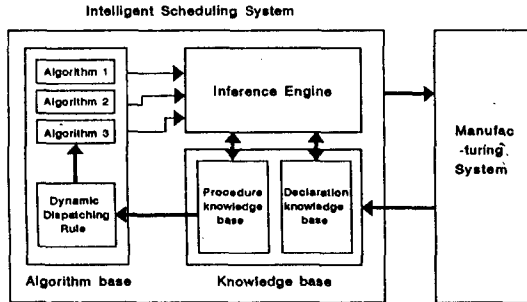


그림 3. 지능형 스케줄링을 위한 전문가 시스템의 구조

4.1.1 스케줄링 알고리즘 베이스

스케줄링 알고리즘 베이스는 생산 시스템의 최적 운용에 필요한 알고리즘들로 구성되어져 있으며 특성에 따라 정적 알고리즘, 동적 적재규칙의 두 분류로 구분된다.

1) 정적 스케줄링 알고리즘

정적 스케줄링 알고리즘은 가공품들이 실로 팔렛이 FMC 내부로 적재 되었을 때 평가 되는 알고리즘이다. 정적이란 이유는 팔렛이 FMC 내부로 진입하였을 때 시스템 내의 모든 기기들이 초기화 즉 유티 상태에 있다고 가정하여 스케줄을 발생하기 때문이다. 정적 스케줄 알고리즘으로는 다음의 것들이 있다.

- ① Campbell Algorithm
- ② Proposed Scheduling Heuristic #1
- ③ Proposed Scheduling Heuristic #2

2) 동적 적재규칙 베이스

동적 적재규칙들은 적재된 가공품들의 가공을 진행하는 동안에 이상상황(예) 머신고장, 머신고장)이 발생하였을 때 평가되는 것으로서, 스케줄 발생시에 이상 상황의 성격, 가공품들의 가공정도 등과 같은 셀 내의 각 기기들의 현 상태를 고려하여 현재의 상태에서 가장 적절한 동적 적재규칙을 선정 적용한다. 동적 적재규칙의 선택에는 현재 가공작업 중인 기기에 장착되어 있는 볼과 현재 진행 작업의 종료 시간에 따라 여러 대안이 존재한다.

4.3 지식 베이스

4.3.1 선언 지식 베이스(Data base)

앞서에서 언급했던 바와 같이 선언지식 베이스 내에는 생산시스템의 현상태에 관한 데이터와 스케줄 발생에 필요한 몇가지 파라미터들이 정의되어 있다. 선언 지식 베이스에 기록되는 데이터는 구체적으로 다음과 같다.

- 기기의 상태 :

- 1) 고장 상태
- 2) 유티 상태
- 3) 가공중인 상태

- 기기에서 가공중인 가공품의 종류 및 예상작업 완료 시간.

- 적재된 가공품들의 속성 :

- 1) 적재된 가공품의 갯수
- 2) 적재된 가공품의 종류
- 3) 적재된 가공품의 가공 완료 정도

- 완성된 가공품의 수.

- 공구 교환시에 소요되는 시간 (Setup time)

4.3.2 절차 지식 베이스(Rule Base)

절차 지식 베이스에는 선언 지식부내의 시스템 상태를 참조하여 추론 메카니즘을 통해 최적의 스케줄링 대안 선택에 필요한 규칙들로 구성되어져 있다. 규칙들은 성격에 따라 메타 규칙(meta-rule)과 일반 규칙들로 구분되며 일반 규칙들은 다시 정적 알고리즘 평가를 위한 규칙군과 동적 적재규칙 평가를 위한 규칙군으로 대변된다.

5. 결과 고찰

제안된 휴리스틱 스케줄링 알고리즘과 구현된 지능형 스케줄링 시스템의 효율성을 보이기 위하여 이 논문에서는 다음 두가지 형태의 시뮬레이션을 수행하였다. 먼저 4대의 다기능 선반으로 구성된 셀에 대하여 Campbell 알고리즘과 제안된 휴리스틱 알고리즘 #1, #2 그리고, 기존의 동적 적재규칙들(MWKR, LPT, LWKR)을 적용하여 일정기간의 시뮬레이션을 함으로써 얻어지는 성능 지표 값들을 비교해 보았다. 두번째로는 성능 지표값들 중에서 가장 중요한 몇몇 지표값들에 대해서, 셀을 구성하는 다기능 기기의 수가 각각 3, 4, 5대로 증가될때, 각 알고리즘들에 대한 성능지표값들의 변화와 그

상대적인 성능값을 비교해 보았다.

5.1 4대의 다기능 기기로 구성된 셀에서의 각 알고리즘별 성능 분석

제한된 휴리스틱 알고리즘의 효용성을 보이기 위해 기본적으로 4대의 다기능기기를 갖춘 셀을 대상으로하여 총 3000 cycle 동안 시뮬레이션을 실행시켜 보았다.

시뮬레이션에 사용된 각 batch는 10개의 대상으로 구성되어 있으며, 각 대상물은 4가지의 물에 의한 4가지작업이 모두 필요한 것으로 가정하였다. 또한 제한된 알고리즘의 성능을 비교하기 위하여 각 알고리즘들 중 LPT, LWKR, MWKR dispatching rule 을 사용하여 그 결과를 비교해 보았다. SETUP에 필요한 시간은 편의상 2-단위시간으로 일정하게 규정시켜 놓았으며, 각 알고리즘들의 성능 분석을 위한 평가지표로는 다음의 7가지의 지표를 대상으로 하였다.

- 1) AW (Average Waiting Time)
- 2) AF (Average Flow time)
- 3) AM (Average Makespan)
- 4) 시뮬레이션동안 발생된 각 머신의 평균 Setup수
- 5) 단위 batch 생산시 소요된 각 머신의 평균 유휴시간
- 6) 생산된 batch의 총 개수
- 7) 평균 기기 활용도

위의 조건하에서 행해진 시뮬레이션의 결과가 표 1에 나타나 있다.

표 1. 4대의 다기능기기로 구성된 셀에서의 각 알고리즘별 성능지표 분석

운용기법 성능지표	Campbell	Heuristic1	Heuristic2	LPT	LWKR	MWKR
AW	25.263	25.562	28.420	30.260	24.023	34.878
AF	43.048	43.398	46.222	48.018	41.830	52.620
AM	66.435	63.625	61.034	66.822	76.575	59.686
총 SETUP횟수	0	131.50	177.00	339.25	351.25	324.5
기기의 평균 유휴시간	1010.75	243.00	31.25	654.50	1149.00	261.75
BATCH 생산량	46	56	59	45	40	51
기기 활용도 (%)	66.95	91.91	98.96	78.23	62.49	91.40

표 1에서 볼 수 있는 것과 같이 제한된 휴리스틱 알고리즘 #1 #2는 다른 알고리즘들에 비해 여러 평가지표에서 우수한 성능을 나타내고 있다. 하나의 batch생산에 소요되는 평균가공시간을 비교해 볼 때, 휴리스틱 알고리즘 #1 #2는 다른 알고리즘들에 비해 10 cycle 이상의 짧은 가공시간을 나타내고 있으며, 이는 다른 알고리즘들을 사용해서 스케줄링할 때 발

생되는 전, 후단부의 유휴시간을 이용하여 가공가능한 작업을 먼저 가공하도록 스케줄링하기 때문이다. 또한 제한된 휴리스틱 알고리즘 #1 #2는 전, 후단부의 유휴시간을 이용함과 더불어 가공에 필요한 Setup의 횟수를 최소화하도록 스케줄링하기 때문에 가공시 Setup에 소요되는 시간을 줄일 수가 있다. 이는 표 1.에 나타난 성능 지표값들중 각 머신의 평균 Setup횟수와 평균유휴시간을 비교해 볼때, 다른 알고리즘들에 비해서 성능 개선에 훨씬 유용함을 확인할 수 있다. 뿐만 아니라, 이 두 조건을 통해서 기기활용도에서도 현격한 차이가 생기는 이유를 설명할 수 있다. 휴리스틱 알고리즘 #1 #2간의 성능비교에 있어서는 Setup시간이 매우 중요한 변수로 작용함을 지난번 논문에서 알아보았으며 이는 휴리스틱 알고리즘 #1의 경우 Setup의 횟수를 최소화하는 데에 매우 좋은 특성을 지니고 있기때문에 Setup이 길어질 경우 성능개선에 매우 유리하다.

5.2 머신의 대수변화에 따른 알고리즘별 성능분석

본 연구에서는 수대의 다기능기기를 갖춘 셀을 대상으로 제한된 알고리즘의 효용성을 보이기 위하여, 셀을 구성하는 다기능기기의 대수가 3, 4, 5 대로 증가됨에 따라 각 알고리즘들의 성능이 어떻게 변화되는 가를 알아보았다. 시뮬레이션에 사용된 각 job의 특성은 5.1절의 시뮬레이션 시행시와 같은 조건이라고 가정하였으며, 성능 분석을 위한 평가지표로는 하나의 batch생산에 소요되는 평균가공시간과 기기의 평균 활용도를 중점적으로 알아보았다.

5.2.1 평균가공시간의 비교

다기능기기의 대수가 3, 4, 5로 증가함에 따른 각 알고리즘별 평균 가공시간의 변화값이 표 2에 나타나 있으며, 그 상대적인 크기값은 그림 4 에서 쉽게 알아볼 수 있다.

표 2. 셀 구성 기기대수에 따른 평균가공시간

셀 구성 기기대수 운용기법	3 대	4 대	5 대
Campbell	59.059	66.435	73.244
Heuristic1	48.000	53.625	59.608
Heuristic2	47.172	51.034	54.673
LPT	61.449	66.822	71.000
LWKR	70.930	76.575	71.140
MWKR	56.811	59.686	62.429

그림 4 에서 볼 수 있는 것 처럼 제한된 휴리스틱 알고리즘 #1 #2는 다기능 기기의 대수가 3, 4, 5대로 증가할 때 여전히 다른 동적적재 규칙들에 비해 그 성능이 우수함을 알 수 있다. campbell 알고리즘과 제한된 휴리스틱 알고리즘 #1

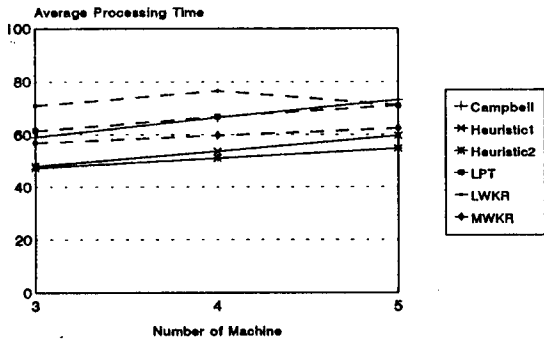


그림 4. 셀 구성 기기대수에 따른 평균가공시간

#2는 기기의 대수가 증가함에 따라 생산에 소요되는 시간이 조금씩 증가하는 것으로 나타났는데, 이것은 앞의 규칙들이 Setup과 매우 밀접한 관계가 있기 때문이다. 기기 대수의 증가는 각 대상물이 필요로 하는 작업수의 증가와도 연관되어 작업완료를 위해 필요로 되어지는 최소한의 Setup수도 증가하기 때문이다. 그외의 동적 적재규칙들은 시뮬레이션 결과 기기의 대수에 거의 무관하게 Setup의 횟수가 비슷한 것으로 나타나 있어 기기 대수의 증가에 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

5.2.2 평균기기 활용도의 비교

다기능기기의 대수가 3,4,5로 증가함에 따른 각 알고리즘 별 평균 기기활용도 변화값과 그 상대적인 크기값이 표 3 과 그림 5에 나타나 있다.

표 3. 셀 구성 기기대수에 따른 평균기기 활용도

셀 구성 기기대수 운용기법	3 대	4 대	5 대
Campbell	72.39	66.95	62.72
Heuristic1	94.47	91.91	87.79
Heuristic2	99.07	98.96	98.36
LPT	87.03	78.23	74.16
LWKR	69.80	62.49	78.28
MWKR	93.28	91.40	91.34

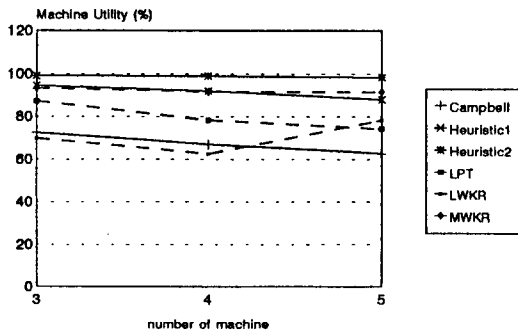


그림 5. 셀 구성 기기대수에 따른 평균기기 활용도

그림 5에서 보면, 제안된 휴리스틱 알고리즘 #2의 경우 기기대수의 증가에 관계없이 98%이상의 기기활용도를 보여 다른 알고리즘과의 비교에서 매우 향상된 성능을 나타내고 있다. 제안된 휴리스틱 알고리즘 #1의 경우에는 기기대수가 증가됨에 따라 기기활용도가 조금씩 낮아지는 것을 볼 수 있는데, 이는 기기대수의 증가에 따른 작업종류의 다양화로 인해서, 후단부의 유휴시간을 줄이기 위한 작업 재할당시의 제약 조건이 더욱 복잡해지기 때문인 것으로 분석된다.

6. 결 론

본 연구에서는 다수의 다기능 머신으로 구성된 유연 생산 셀을 대상으로 셀의 운용을 최적화 할 수 있는 스케줄링 전문가 시스템을 구현하였다. 다수의 기기들로 구성된 생산 시스템의 스케줄링 문제는 NP-completeness라 불리는 복잡한 문제로 이를 최적으로 수학적 알고리즘은 존재하지 않음이 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제의 해결을 위해 스케줄링 휴리스틱들을 제안하였으며, 제안된 휴리스틱 알고리즘을 지능형 스케줄링 시스템의 정적 알고리즘 베이스를 구성한다. 투입된 가공품들의 작업 시간과 setup 시간등을 고려하여 총 가공 시간을 최소화 할 수 있는 알고리즘 선택 적용하는 지능형 기법이 제안 되었으며 기계의 고장등 이상상황 발생시에 셀의 운용을 위하여 동적 적재규칙평가를 위한규칙베이스를 구성하였다. 이의 효율성을 보이기 위해 기존 동적 적재 규칙들과 비교 평가 하였다.

평가 결과 지능형 기법은 각 기기들의 다용성을 최대한 활용하면서도 지나친 공구 교환을 억제하여 setup에 드는 시간을 줄임으로서 기존의 동적 규칙들을 가공품의 총 가공 시간을 최소화 하는 반면 기존의 동적 규칙들은 setup에 드는 시간의 고려없이 과도한 공구 교환이 일어나 가공품의 총 가공 시간이 불필요하게 늘어남을 알 수 있었다.

Reference

- [1] Andrew Kusiak, INTELLIGENT DESIGN AND MANUFACTURING. JOHN WILEY & SONS, 1992.
- [2] Andrew Kusiak, Sunderesh S. Heragu, "Expert Systems and Optimization", IEEE Trans. Software Eng., vol.15, pp1017 - 1020, 1989.
- [3] Simon French, SEQUENCING AND SCHEDULING : An Introduction to the Mathematics of Job-Shop. JOHN WILEY & SONS, 1982.
- [4] J.S. Panwalker and W. Iskander, "A Survey of Scheduling Rules", Operations Research, vol.17, No.13, pp45 - 61, 1977.
- [5] T. Yoshida and K. Hitomi, "Optimal Two-Stage Production Scheduling with Setup Times Separated", AIIE Trans, vol.II, No3, pp261 - 263, 1979.
- [6] Fennell Burns, John Rooker, "Three-Stage Flow-Shops with Recessive Second Stage", Operations Research, vol. 26, No.1, 1978.
- [7] H. A. ElMaraghy, "Automated tool management in flexible manufacturing", J. Manuf. Syst., vol.4, No1, pp1 - 13, 1985.