

유전알고리즘을 적용한 NCPP 기반의 기계선정 방법

최희련*, 김재관, 노형민(한국과학기술연구원 CAD/CAM 연구센터)

An integrated process planning system through machine load using the genetic algorithm under NCPP

H.R. Choi*, J.K. Kim, H.M. Rho (CAD/CAM Research Center, KIST)

ABSTRACT

The objective of this study is to develop an integrated process planning system which can flexibly cope with the status changes in a shop floor by utilizing the concept of Non-Linear and Closed-Loop Process Planning(NCPP). In this paper, Genetic Algorithm(GA) is employed in order to quickly generate feasible setup sequences for minimizing the makespan and tardiness under an NCPP.

The genetic algorithm developed in this study for getting the machine load utilizes differentiated mutation rate and method in order to increase the chance to avoid a local optimum and to reach a global optimum. Also, it adopts a double gene structure for the sake of convenient modeling of the shop floor.

The last step in this system is a simulation process which selects a proper process plan among alternative process plans.

Key Words : Non-Linear and Closed-Loop Process Planning(NCPP), Genetic Algorithm(GA), Machine Load

1. 서론

본 논문에서는 기계 선별에 필요한 기계 가공부하를 구하는 방법과 동적 공정계획을 위한 기계 가공부하 모듈의 연계 방법 제시를 목적으로 한다.

동적 공정계획 기술에 관련된 기존의 연구를 살펴보면 Kempnaerese 등[1]과 Thomalla[2]는 대체공정을 이용한 통합방법론을 제시하였으며, Lee[3]등은 대체공정을 기반으로 유전알고리즘기반의 시뮬레이션을 이용한 통합방법을 연구하였다. Yang[4]등은 CLIPS 라는 전문가 시스템을 도입하여 규칙기반 지식을 기초로 대체공정계획을 생성해내는 모듈을 결합시키는 시스템을 제시하였다. 이와 같은 연구들은 기계의 고장, 부하상태 등의 작업장의 상황변화에 따른 실시간 대처 부분이 미비하다는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 실시간 대처 부분의 취약점 보완 방법으로 공정 분할에 필요한 기계 가공부하를 구하기 위하여 유전 알고리즘을 적용하며, 동적 공정계획을 위한 기계 가공부하 모듈의 연계 방법으로 비선형 공정계획(NLPP: Non-Linear Process

Planning)과 폐쇄회로 공정계획(CLPP: Closed-Loop Process Planning)의 각 장점을 이용한 비선형-폐쇄회로 공정계획(NCPP: Non-Linear and Closed-Loop Process Planning) 방법을 제시한다.

본 논문에서는 작업장 상황을 반영할 수 있는 동적 공정계획을 수립하기 위하여 기계 부하를 고려하며, 작업장은 job shop 을 대상으로, 대체공정계획은 기계의 대체를 적용한다. Job shop 을 대상으로 한 기계 부하를 얻는 문제는 실시간 내에 최적해를 얻기 어려운 NP-hard 문제에 속하며 이런 문제를 해결하기위해 유전 알고리즘, 시뮬레이티드 어닐링, 신경망 알고리즘 등의 휴리스틱 알고리즘을 적용하는 경향이 있다[6]. 본 논문에서는 이 중 유전 알고리즘을 적용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 동적 공정계획에 대해서, 3 장에서는 기계부하를 생성하기 위해 적용된 유전 알고리즘의 특징에 대해서 알아본다. 4 장에서는 실험결과에 대한 고찰을, 끝으로 5 장에서는 결론과 향후 연구 과제에 대하여 서술한다.

2. 동적 공정계획

2.1 동적 공정계획을 위한 방법

작업장의 기계 상태 정보를 포함하는 공정계획을 수립하기 위하여 기계 부하모듈을 공정계획과 연계한다. 연계방법으로는 공정계획과 일정계획의 통합방법론을 응용한다. 다음은 공정계획과 일정계획의 일반적인 통합 방법론에 대한 설명이다.

두 계획 사이의 일반적인 통합 방법론은 비선형 공정계획, 폐쇄회로 공정계획 그리고 분산 공정 계획(DTPP : Distributed Process Planning)의 3 가지이다 [5]. 비선형 공정계획은 대체공정계획이라고도 하는 방법으로 한 작업에 대해 모든 가능한 공정을 생성하는 방법이다. 폐쇄회로 공정 계획은 일정 계획 모듈로부터의 동적 피드백(dynamic feedback)에 의한 공정계획을 생성한다. 비선형 공정계획은 이미 개발되어 있는 공정 계획 및 일정 계획 시스템에 적용하기가 쉬운 장점이 있으나 대체 공정을 저장하기 위한 공간낭비가 심하다는 단점을 가지고 있다. 폐쇄 회로 공정계획은 작업장 상황변화를 공정쪽에 전달할 수 있는 장점이 있는 반면에 생산현장의 변화에 실시간 대응이 어렵다는 단점이 있다. 이 두 방법의 장점을 이용하여 본 논문에서는 비선형 공정계획과 폐쇄 회로 공정계획을 결합한 비선형-폐쇄회로 공정계획의 방법을 기계 가공부하에 따른 기계 선정으로 인한 동적 공정계획 시스템에 적용한다. Fig. 1 은 비선형-폐쇄회로 공정계획을 도시화한 것이다. 비선형 공정계획에 없는 Production control 에서의 feedback 을 추가하였고, 폐쇄회로 공정계획에 없는 대체공정계획의 모듈을 결합한 형태이다.

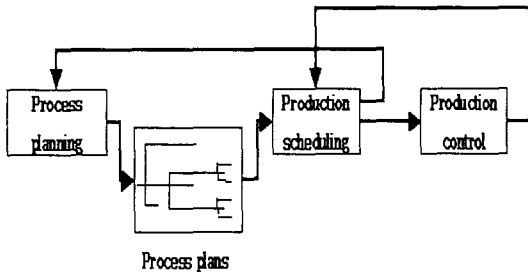


Fig. 1 Schematic diagram of NCPP

2.2 NCPP 를 적용한 연계방법

Fig. 2 는 본 논문에서 제시하는 NCPP 통합 방법을 적용한 시스템의 흐름도이다. 다음은 시스템의 흐름에 대한 설명이다.

첫번째 단계로 하나의 셋업(setup)에 대하여 가용한 기계에 대한 대체 공정계획들을 만들어 우선

순위별로 정렬해 놓는다. 이때 공정계획은 macro 공정계획이다.

두번째 단계로는 셋업별 대체 공정계획들의 정보를 통하여 기계 부하를 산출해 낸다. 얻어진 기계 부하 정보를 기계에 관련된 데이터베이스에 전달하여 저장한다.

세번째 단계는 하나의 셋업에 대하여 기계 부하를 고려한 대체 재공정계획을 생성한다. 이때 공정계획은 micro 공정계획이다.

마지막 단계에서는 대체 재공정계획들을 우선 순위별로 사용자가 시뮬레이션을 통하여 하나의 공정계획을 선택한다.

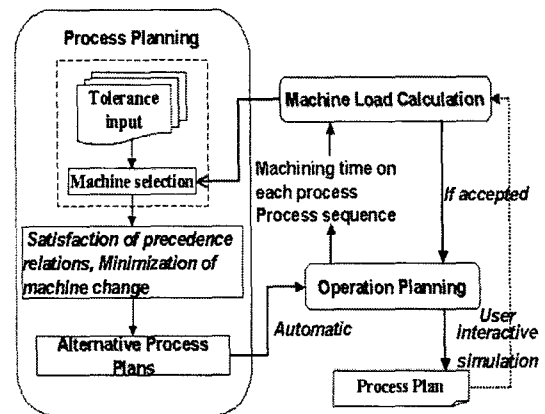


Fig. 2 Diagram of the integrated process plan system with scheduling system

3. 기계부하 산출에 적용된 유전알고리즘

3.1 유전알고리즘

유전 알고리즘은 탐색과 최적화 문제를 해결하는데 이용되는 일종의 휴리스틱 알고리즘 중의 하나이며 생물의 진화원리, 즉 생태계의 자연선택과 적자생존의 원리로부터 착상을 얻은 일종의 학습알고리즘이다. 유전 알고리즘은 각 개체의 우수성에 따라서 적응 점수를 할당하여 선택(select), 교차(crossover), 돌연변이(mutation) 등의 유전 연산자를 이용하여 다음 세대를 구성한다[7].

다른 휴리스틱 알고리즘과 구별되는 특징으로는 단일 탐색점이 아닌 다수 탐색점으로 구성된 집단해를 생성하여 해를 찾기 때문에 다양성(diversity)을 유지하며 우수한 해들 사이의 정보를 교환하기 때문에 최적해에 도달할 확률이 크다는 점이다. 또한 부가적인 정보가 불필요하며 빠른 시간 내에 결과를 산출해준다는 장점도 가지고 있다. 그러나 최적해가 아닌 적응 점수가 높은 개체들이 다음 세대에 차지하는 비율이 높아지게 되면 지역해에 빠질

확률이 높아진다는 단점을 가지고 있으며, 해결하고자 하는 문제의 특징에 따라서 적용되는 유전연산자가 다르다는 제한성을 가지고 있다. 이런 단점들을 해결하기 위해 evolution-genetic, hybrid-genetic 알고리즘 등의 다양한 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 지역해에 빠지는 단점을 보완하기 위해 돌연변이율과 방법에 차등화를 두었으며 초기 집단해를 우선자 규칙에 기초하여 형성하였다.

3.2 개발된 유전알고리즘

3.2.1 유전자구조

Fig. 3 에서는 본 연구에서 적용된 유전자 구조를 나타내고 있다. 기계 유전자와 우선순위 유전자를 가지는 이중 유전자 구조를 가지며 부품 하나의 가공은 여러 개의 셋업(setup)으로 이루어져있으며 셋업 사이에서는 우선순위가 주어진다. 목적함수와 적합도 함수는 전 작업 완료 시간과 순수 납기 지연의 선형 결합으로 하며 적합도 함수의 결과 값의 최소화를 목표로 하였다.

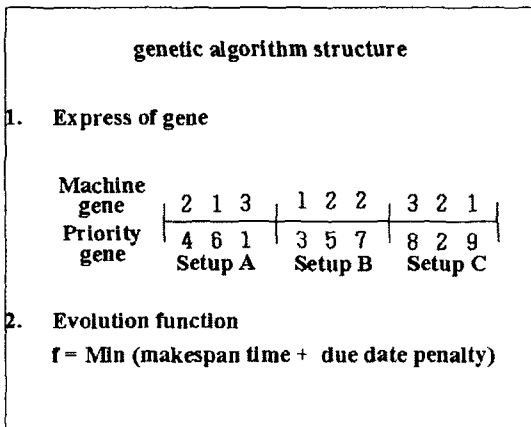


Fig. 3 Structure of the genetic algorithm

3.2.2 유전 알고리즘 연산자

교차연산자는 셋업의 순서를 유지시켜주는 PMX(Partially matched crossover)방법을 사용하였으며 우선순위 유전자는 교차 연산을 적용한 후에 유전자의 중복이 발생하지 않도록 유전자를 조정하는 역할을 한다. 또한 한 셋업 안에서 셋업의 우선순위를 유지시켜준다.

P1:	1 2 1	3 3 2 2	1 2	기계유전자
	1 6 3	4 2 8 5	7 9	우선순위유전자
P2:	2 3 3	1 1 2 3	2 1	
	7 2 4	1 3 9 8	5 6	

P1 과 P2 는 부모세대를 나타내며 부모의 유전자 배열에서 임의의 두 점을 선택하여 교차시켜 자손세대 O1 과 O2 를 만든다.

O1:	1 2 1	1 1 2 3	1 2
	1 6 3	1 3 9 8	7 9
O2:	2 3 3	3 3 2 2	2 1
	7 2 4	4 2 8 5	5 6

자손세대 O1 에서 중복되는 우선순위 유전자는 O2 에서 중복되는 우선순위 유전자와 바뀌주며 이때 연결되어 있는 기계 유전자도 함께 바뀐다. 교환되는 유전자는 교차점 밖에 위치한 유전자이다. 다음은 교차가 완전히 끝난 자손 유전자이다.

O1:	3 2 3 1	1 2 3 1 2
	2 6 4 1	3 9 8 7 5
O2:	2 1 1 3	3 2 2 2 1
	7 1 3 4	2 8 5 9 6

돌연변이는 처음에는 하나의 포인트에 해당하는 기계유전자와 우선순위 유전자를 상대로 한다. 이 부분에서도 우선순위 유전자가 중복되지 않도록 정해준다. 지역해에 빠져있으면 돌연변이율을 증가시키고 단일 포인트가 아닌 다중 포인트로 바꿔주고 지역해에서 벗어나면 이전 값으로 돌아간다.

4. 실험결과

동적 공정계획에 필요한 기계 가공부하를 구하는 방법으로 제시한 유전 알고리즘이 실시간 내에 최적의 해를 구할 수 있는지를 테스트하였다. Fig. 4 의 기계 부하에서 보면 작업장은 Job shop 을 대상, 기계 대수는 6 대, 돌연변이율은 0.001 과 0.02 로 하였으며 교차율은 0.6 으로 한 실험 결과이다. 전 작업 완료 시간은 1260 분을 얻었으며 프로그램 수행 시간은 102 초가 걸렸다. 기계부하를 구하기 위한 일반적인 OR 기법인 branch and bound 기법보다 적은 시간으로 부하를 구할 수 있었다.

5. 결론

본 논문을 통하여 유전 알고리즘을 적용하여 기계 선별에 필요한 기계 가공부하를 구하는 방법과 동적 공정계획을 위한 기계 가공부하 모듈의 연계 방법으로는 비선형 공정계획과 폐쇄회로 공정계획을 결합한 비선형-폐쇄회로 공정계획방법을 제시하였다. 기계부하를 구하는데 사용된 유전 알고리즘

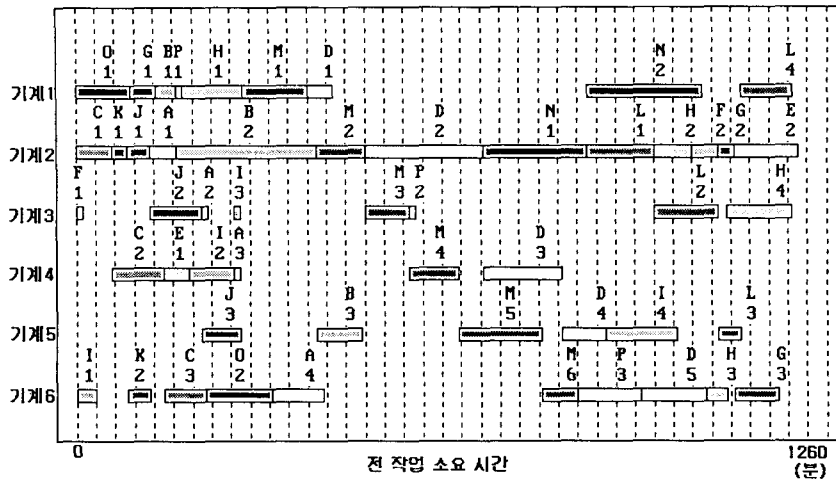


Fig. 4 Machine load using the genetic algorithm

은 지역해에 빠지기 쉬운 단점을 보완하기 위하여 이중 돌연변이율과 돌연변이 시킬 유전자의 개수를 증가시키는 방법을 이용하였으며 빠른 시간 내에 최적에 가까운 해를 산출해 낼 수 있었다.

향후 과제로는 최종 기계 선정을 하기 전에 사용자가 대체 재 공정계획 중에서 선택할 수 있는 정보를 제공하기 위한 방법으로 제시한 시뮬레이션의 기능 추가와 작업장과의 정보교류의 원활과 사용자가 쉽게 접근할 수 있게 하기 위한 웹기반 환경 구축 등이 있다.

후기

본 연구는 과학 기술부 국가지정연구실 사업의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Jan Kempenaeres, Jos Pinte, Jan Detand, J.P.Kruth, "A collaborative process planning and scheduling system" *Advances in Engineering Software* 25 p 3 - 8, 1996.
2. Christoph S. Thomalla, "Job shop scheduling with alternative process plans" *International journal of production economics* 74, p125 - 134, 2001.
3. H. Lee, S. S. Kim, "Integration of Process Planning and Scheduling Using Simulation Based Genetic Algorithms" *International journal of advanced manufacturing technology* 18, p586 - 590, 2001.
4. Y. N. Yang, H. R. Parsaei, H. R. Leep, "A prototype of a feature-based multiple-alternative process planning system with scheduling verification" *Computer & industrial engineering* 39, p109 - 124, 2001.
5. Hong-Chao Zhang, "IPPM-A Prototype to Integrat

Process Planning and Job Shop Scheduling Functions" *Annals of the CIRP* 42/1, p513 - 518, 1993

6. Michael Pinedo, *Scheduling : Theory, Algorithms, and Systems*, Prentice Hall, 1995.
7. David E. Goldberg, *Genetic Algorithms in search, optimization & machine learning*, Addison Wesley Co. 1989.