

유전자 알고리즘을 이용한 조선 소조립 로봇용접 공정 작업 계획 및 3-D 시뮬레이션

Work Planning Using Genetic Algorithm and 3-D Simulation at a Subassembly Line of Shipyard

강현진*, 박주용*, 박현철*

* 한국해양대학교

ABSTRACT This study is to find the optimal work plan of robot welding in the subassembly process of shipbuilding and to verify the found solution through 3-D simulation. The optimal work plan was established by evenly distributing the work amount to each stage and finding the shortest work sequence. The shortest work sequence was found by using the genetic algorithm. The result was compared with the practically adopted case and verified through the 3-D simulation.

1. 서 론

현재 조선 소조립 공정에서는 아직 완전 자동화가 이루어지지 못하고 있다. 로봇에 의한 용접이 이루어지기는 하나 데이터 처리와 특정 프로세스에 의해 자동으로 이루어지기 보다는 작업자에 의해 로봇이 움직이는 형태이다. 단지 용접을 수행하는 개체가 사람이 아닌 로봇일 뿐이다. 그러나 궁극적으로 추구하고자 하는 것은 정보 시스템이 뒷받침되는 완전 자동화 또는 무인화이며 이를 위해서는 여러 가지 기술이 더 필요하다. 그 예로 부재의 형상 및 생산정보의 접근, Optimal work planning, Off-line programming, Monitoring system 등을 들 수 있겠다.

최적의 소조립 로봇 용접 공정 수행을 위해서는 로봇용접장에 놓인 부재의 위치를 정도 있게 파악해야 하며, 각 Machine에 작업량 할당, 작업 순서 결정이 일정한 룰에 의해 자동적으로 이루어져야 한다. 이에 본 연구에서는 조선 소조립 공정에서 각 Machine에 작업량을 할당하는 방법과 작업 순서를 결정하는 방법에 대하여 알아본다.

2. 작업량 할당 및 작업 순서결정

연구의 대상은 조선소 소조립 공정 중 로봇 용접 공정이다. 로봇 용접 공정은 Fig. 1과 같이 Floor라 불리는 부재에 Flat bar를 붙이는 과정이다.

로봇용접장은 두 라인으로 구성되어 있고, 하나의 라인에는 2기의 용접 로봇이 부착된 3기의 Gantry가 라인을 따라 설치되어 있다. 소조립 공장은 Tact time 생산방식에 의해 운용되며 로봇 용접공정은 배재-취부-로봇용접-수동용접-사상으로 이어지는 공정의 한 부분이다. 로봇용접장에 전 단계에서 취부된 작업물량이 들어오면 6기의 Gantry는 할당된 물량만큼 작업을 하게 된다. 정확히 말하면 한 라인의 용접 로봇(3기)간에 작업 배분이 이루어진다. 작업량의 배분 후 각각의 Gantry의 작업 계획이 이루어진다. 이상의 작업은 클래스 개념을 도입하여 C++컴파일러를 이용하여 구현하였다.



Fig. 1 Floor and Flat Bar

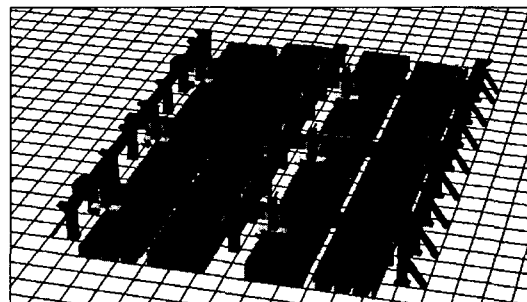


Fig. 2 Robot welding stage of subassembly

2.1 작업량의 배분

동일한 물량을 여러 기계에서 나누어 처리하게 되면 하나의 기계로 처리할 때보다 작업 시간이 단축됨은 물론이다. 그러나 특정 기계에 물량이 많이 편중된다면 총 작업 시간은 특정 기계의 작업 시간과 같아지게 되며, 동일 물량이라도 여러 기계에 등분된 경우에 비해 작업 시간이 많이 걸리게 된다. 따라서 각 기계에 할당된 작업량이 크게 차이가 나지 않도록 한다.

우선은 로봇용접장을 길이방향으로 3등분하여, 각 구역의 작업량을 계산한다.(Table.1의 Initial 값) 작업량은 용접장(Flat bar의 길이)을 기준으로 한다. 각 구역의 작업량이 비슷해지도록 구간 사이에 물량을 조정한다. 만일 1구간, 2구간, 3구간의 작업량이 5:3:4 이라면 1구간의 물량을 2구간 물량으로 포함시켜 처리하도록 하여 작업량이 4:4:4가 될 수 있도록 조정한다. 이렇게 각 구간의 작업량을 평준화하여 각 Gantry에 따른 로드 차를 줄인다. Fig. 2는 작업량 배분절차를 나타낸 Flow Chart이고, 이중 사각형안은 구간사이의 물량을 이동시킴으로써 구간간의 편차를 줄이고자 함을 나타낸다.

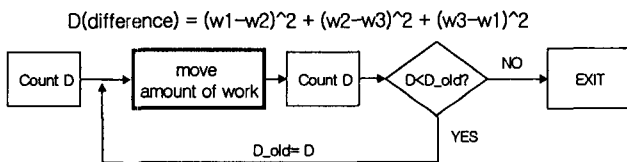


Fig. 3 Flow Chart for even work distribution

Table. 1 Change of the work distribution

	Initial	1 time	...	Final	Proportion of D
1 area	44590.7	46081.5	...	55005.1	Final / Initial x100
2 area	64571.6	63080.8	...	54157.2	
3 area	54086.1	54086.1	...	54086.1	
D	24481.5	20831.6	...	1252.4	

Table.1에서 작업량 사이의 시간차가 점점 줄어드는 것을 볼 수 있다. 표에서 보듯이 희를 거듭할수록 구간의 수치(물량치)가 비슷해지는 것을 볼 수 있으며 D값은 비슷함의 정도를 나타내는 값으로써 그 값이 클수록 물량 간 차이가 크다는 것을 나타낸다. 'Proportion of D' 값 5.1%는 최종 배분값의 각 구역간의 차이가 로봇용접장 길이 방향으로 3등분하여 물량을 산출했을 때 (Initial) 물량간 차이의 5.1%임을 나타낸다. w1,w2,w3은 각 구간의 작업량이다.

2.2 작업 순서와 방향 결정

2.2.1 작업 순서

한 구간 내에는 여러 개의 Flat bar 즉, seam 이 존재하고 우리는 이들을 어떤 순서로 작업을 해야 할지 결정해야 한다. 작업 순서는 Gantry의 동선을 최대한 짧게 하면서 최단 시간 내에 작업을 할 수 있도록 결정되어야 한다. 이 문제는 인공지능 분야의 대표적 문제인 TSP(Traveling Salesman Problem) 문제에 속한다고 볼 수 있다. TSP는 외판원 문제라고도 하며 외판원이 본 점을 출발하여 n개의 도시를 단 한번씩 반드시 방문하고 다시 본점으로 돌아오는 최소거리(비용)의 경로를 찾는 문제이다. 이 해를 구하는 방법은 여러 가지가 있지만 그 중 유전자 알고리즘(GA)은 효율성이 높은 대표적인 방법으로 알려져 있다. 본 연구에서는 각 seam(Flat bar)의 중심점을 node로 보고 각각의 노드를 돌아오는 최단 경로를 찾는 문제로 변환하여 여기에 유전자 알고리즘 기법을 적용하였다. Fig. 3은 유전자 알고리즘에 의해 탐색되어진 해의 모습이다.

유전자 알고리즘은 생물의 진화과정 즉, 자연선택과 유전법칙을 모방한 확률적 탐색기법이다. 하나의 해를 운용하는 다른 탐색기법과는 달리 해의 집단(population)을 운용하기 때문에 전역해를 찾을 가능성이 크다는 장점을 갖는다.

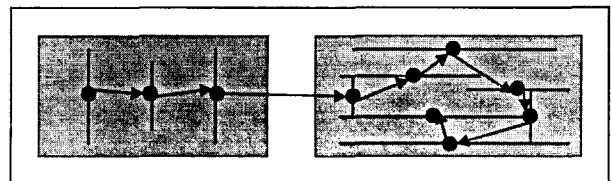


Fig. 4 An example of work sequence found by a genetic algorithm

2.2.2 용접 방향

작업 순서는 seam의 중심을 node로 보고 찾는 것이므로 작업 방향은 알 수 없다. 따라서 용접 방향을 찾기 위해 다음과 같은 과정을 거친다. 먼저 찾은 최적해의 처음 노드의 양 끝단 중 가까운 부분을 용접의 시작점으로 삼는다. 그리고 이 Flat bar의 용접의 종착점에서 다음 Flat bar의 양 끝단 중 가까운 부분을 용접의 시작점으로 삼는다. Fig. 5에서 점선이 가리키는 곳과 실선이 가리키는 곳 중 실선이 가리키는 곳이 작업 시작점이 된다. 이와 같은 절차를 통해 각 Flat bar에

대하여 작업 방향을 구한다.

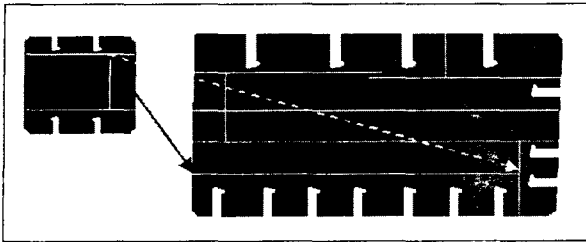


Fig. 5 Decision of welding direction

2.3 충돌의 고려

Gantry가 움직이는 범위가 고정된 것이 아니기 때문에 Gantry간의 충돌이 발생할 수 있다. 이를 막기 위해 먼저 작업의 시작위치를 각 구역의 제일 끝단으로 하여 전체적으로 Gantry가 같은 방향으로 이동하게 하여 충돌의 확률을 줄였다. 또한 Gantry의 물량 중 Geometry상으로 그 범위를 벗어나는 물량에 대해서 작업 시간을 계산하고 그 시간동안은 옆 Gantry와 충돌이 발생하지 않도록 옆 Gantry의 작업 순서 및 시간을 변경하였다.

3. 3차원 시뮬레이션에 의한 평가 및 검증

지난 소조립 공정 자동화를 위한 시뮬레이션 과정에서 작업량의 배분 단순히 로봇 용접장을 3등분하여 해당 작업물을 Gantry에 할당하였고, 순서는 재료계산서(BOM)의 기록 순서에 따랐다. 이러한 과정은 개선의 여지가 있으며, 생산 효율을 높이는데 한계가 있다. 따라서 이번 연구에서는 좀 더 개선된 방식을 도입하고자 하였으며 이를 위해 앞의 절차를 통해 작업량을 배분하고 최적의 작업경로를 얻었다. 여기서 얻은 작업량 배분치와 작업 순서 정보가 3차원 시뮬레이션의 입력값으로 활용된다.

Table. 2는 GA를 이용하여 찾은 경로로 작업을 수행한 시간과 Flat bar가 놓인 순으로 작업을 수행한 결과 작업 시간을 나타낸 표이다. 두 경우 모두 용접 방향 탐색과정을 거쳤다. 대체적으로 GA를 이용하여 찾은 경로의 경우 작업시간이 적게 걸림을 알 수 있다.

Table. 3에서 보듯이 전체적으로 작업량 배분 및 순서 결정 후 구역별 작업시간이 전에 비해 비슷해지는 것을 알 수 있다.

Table. 2 Comparison of cycle time according to change of work sequence using GA

	unit:sec	
	pos. order	using GA
1 area	3830.27	3844.60
2 area	3611.223	3566.84
3 area	3051.353	2737.30
4 area	4919.402	4469.47
5 area	4961.832	4749.01
6 area	3992.738	3766.02

Table. 3 Comparison of cycle time according to the adjustment of work distribution and sequence

	unit:sec	
	Before	After
1 area	4292.23	3844.60
2 area	2656.70	3566.84
3 area	4259.66	2737.30
4 area	6058.33	4469.47
5 area	2333.41	4749.01
6 area	5550.59	3766.02

4. 결 론

본 연구를 통해서 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 적절한 작업량의 배분을 통하여 작업시간을 평균화하고 설비에 걸리는 부하를 균등하게 분배할 수 있었다.
- 2) 유전자 알고리즘을 통한 작업 순서의 결정이 작업시간에 따른 생산성을 높이는데 있어 유용성이 있음을 확인했다.
- 3) 3차원 시뮬레이션을 통해 1)과 2)의 결과를 검증할 수 있었다.

본 연구에서는 작업량 배분과 작업 순서 결정 과정을 별개로 처리하여 그 상관관계를 간과하였다. 그것을 고려하여 보다 최적화된 시뮬레이션을 구현할 수 있도록 해야 한다.

후 기

본 연구는 “고부가가치 선박 개발용 디지털 통합건조 공법개발”의 일환으로 수행되었으며, 산업자원부·정보통신부의 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김여근, 윤복식, 이상복 공저 : 메타 휴리스틱