

생산셀 설계와 셀 배치계획을 위한 계층적 접근

김 장 형* · 문 치 응*

A Hierarchical Approach for Manufacturing Cell Design and Cell Layout Planning

Jang-Hyung Kim* and Chi-Ung Moon*

ABSTRACT

This paper is a hierarchical approach for manufacturing cell design and cell layout planning in flexible manufacturing environments. To solve this problem, the proposed model incorporates relevant manufacturing factors such as workload and cell size. Based on those information, to form the manufacturing cell, correlation similarity coefficient(CSC) between machines are calculated and a pair of machines that has the highest value of CSC is assigned to a machine cell. Repeat the above steps until the adequate manufacturing cells are obtained. Because the obtained cellular structure for the manufacturing system design in the previous stage does not give the layout of the cells on the site directly, it is important to determine the adequate cell layout. For the cell layout planning, the adjacent relationship among cells are determined on the basis of the degree of interference among cells which is evaluated by the volume of the intercellular movements among cells. The relationship obtained by this procedure determines the configuration of the cell layout. Finally, a system is developed to increase the efficiency of a proposed model. The proposed model and system are illustrated by a numerical example.

Key words : Workload, Similarity coefficient, Manufacturing cell, Cell layout

1. 서 론

최근의 통합화, 자동화 생산시스템들은 많은 설비투자 비용과 운용상의 복잡한 문제들을 포함하고 있다. 이러한 시스템의 설계문제는 그 복잡성으로 인해 몇 단계의 계층적 구조하에서

이루어 지는데, 우선 필요로 하는 설비를 선택 (equipment selection)하고, 생산 관련요인들을 고려해 셀로 구성(cell design)한 후 배치(cell layout)를 실행하는 계층적 구조를 따른다⁽¹⁾. 생산 시스템의 설계에 있어서 가장 중요한 문제중의 하나가 생산셀 설계 문제이다. 생산셀 설계 (manufacturing cell design)문제는 유사공정을 갖는 부품들을 군(group)으로 형성하고 그 부품

* 제주대학교 정보공학과
Dept. of Information Eng., Cheju Nat'l Univ.

군(part family)의 가공을 위해 기계들을 셀(machine cell)로 구성하는 것이다. 이렇게 구조화된 셀은 공정작업중 자재이동 비용의 최소화 및 시장수요의 변화 그리고 제품설계의 변경에 대해 유연하게 대처할 수 있도록 적절히 배치(cell layout)되어야 하겠다.

본 논문은 생산시스템 설계단계에서 생산관련요인의 체계적인 고려를 통해 생산셀을 설계하고, 이 셀을 특정 공간상에 적절히 배치하는 셀배치 문제 해결을 위한 계층적 접근방법 모델을 제안하는데 있다. 또한 제안된 모델의 효과적인 적용을 위해 이를 전산 시스템으로 설계한다.

II. 생산시스템 설계문제

생산시스템 설계문제는 많은 시간과 비용투자를 요하는 복잡한 활동이다. 생산활동에서 전체 운용비용의 20 ~ 50%는 이동에 관련된 비용이며, 자재이동과 공정중 재고의 감소, 그리고 생산lead time의 감소를 위해서는 체계적인 설계가 이루어져야 한다. 생산 시스템 설계문제는 Fig. 1과 같이 네 단계의 계층구조로 나타낼 수 있다⁽²⁾.

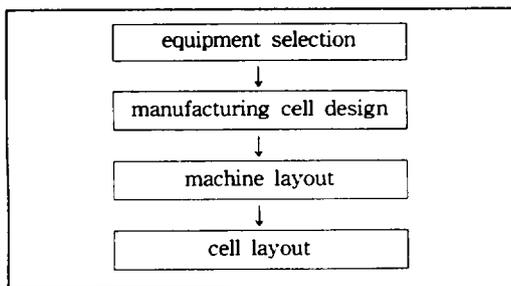


Fig. 1 A hierarchical structure of manufacturing system design

최근의 자동화한 설비들은 많은 비용투자를 요구하므로 설계단계에서 중요한 요인으로 인식되어지고 있다. 그러므로 적당한 유형(type)과 필요수(number) 만큼의 설비를 선정하므로써 투자비용과 운용,유지비용의 최소화 그리고 설

비 이용률의 최대화를 이룰 수 있다. 이러한 설비선정을 위한 방법들은 Miller⁽⁸⁾과Kusiak⁽⁶⁾의 연구에서 볼 수 있다.

생산셀 설계문제는 유사한 공정을 가지는 부품들을 군(group)으로 묶고, 이 부품군의 가공을 위해 기계들을 셀(cell)로 구성하고자 하는 것이다. 이렇게 구성된 셀은 배치(layout)문제의 해결을 위한 중요한 자료가 된다.

생산셀 설계를 위한 많은 방법들^(1,3,4,5)이 제시되었는데, 이 방법들은 0-1의 이진 가공정보(binary incidence information)를 입력정보로 이용하는 것^(3,5)과, 생산관련 요인을 고려해 모델화한 것⁽⁴⁾이 있다. 0-1의 가공정보는 단지 공정 유사성의 정보만을 포함하고 있으므로 현실적으로 중요한 생산관련 요인의 고려가 무시되고 있다. 그러므로 단위 부품당 생산량(production volume per part), 기계가용능력(machine capacity), 공정시간(processing time) 그리고 하나의 셀에 포함되는 최대 기계 종류(type)수로서의 셀크기(cell size)등과 같은 생산관련요인(manufacturing factor)의 고려를 통한 모델화가 필요하다.

배치문제는 하나의 셀안에서 각각의 기계의 적정 위치를 결정하는 기계배치(machine layout)와 전체 공장 단위에서 부품 또는 부품군의 셀간 이동을 최소화하기 위한 셀배치(cell layout)로 나누어진다. 이러한 배치계획의 목적은 공간(space)의 제약하에서 각 기계 또는 셀의 적정 위치를 선정하므로써 자재이동 비용의 최소화와 생산성 향상을 기하고자 하는데 있다. 배치계획을 위한 체계적인 방법의 제시는 Lee⁽⁷⁾과 Seehof⁽⁹⁾의 연구에서 볼 수 있다.

생산셀 설계 단계에서 결정된 셀은 셀간이동을 최소화하는 적정 위치에 배치되어야 하는데, 셀 설계에 대한 정보만으로는 직접 배치하기가 어렵다. 그러므로 자재의 셀간 이동을 최소화하며, 급속한 시장의 변화와 시스템의 설계변경에 유연하게 대처할 수 있는 적절한 셀 배치 계획이 마련되어야 하겠다.

본 논문은 부품의 생산량, 기계의 가용능력, 단위당 공정시간 그리고 셀크기등의 생산관련요

인을 고려해 유연한 크기의 생산셀을 설계하는 모델을 제시하고, 셀설계 결과 발생하는 셀간 이동부품에 대한 생산량의 자료를 이용해 셀간 이동량을 최소화하는 생산셀 설계 및 셀 배치계획 문제의 해결을 위한 모델을 제시한다.

III. 생산셀 설계 모델

제시되는 생산셀 설계 모델은 부품의 생산량, 기계의 가용능력 그리고 공정시간등의 정보를 이용하며, 이를 이용해 작업부하를 결정한다. 작업부하에 의해 기계쌍간의 상관유사계수를 구하고 생산셀을 설계한다. 또한 셀 설계결과에서 보여지는 부품에 대한 이동정보를 기초로 셀 배치계획을 세운다.

3.1 상관유사계수

생산셀 설계를 위한 기계와 부품의 분석에서 각 부품의 생산량과 가공공정 그리고 기계의 가용능력은 서로 다르다. 또한 단위당 공정시간도 공정 작업에 따라 서로 다르게 나타난다. 이러한 정보들을 기초로 식 (1)에 의해 부품 k에 대한 기계 i의 작업부하 $WL_{i,k}$ 을 결정한다.

$$WL_{i,k} = \frac{PV_k * PT_{i,k}}{MC_i} \quad (1)$$

식 (1)에서 MC_i 는 각 기계의 가용능력을, PV_k 는 부품의 생산량을 그리고 $PT_{i,k}$ 는 기계 i에 대한 부품 k의 단위당 공정시간을 나타낸다.

Table 1의 입력행렬에서 $WL_{i,k}$ 을 계산하면 Table 2와 같은 작업부하 행렬이 구해진다.

작업부하 행렬에서 기계쌍간의 유사성 계산을 통해 관련도가 큰 기계쌍을 우선 셀로 배정할 수 있다. Table 2에서 볼 수 있듯이 기계 i에 대한 부품 k의 작업부하량은 서로 다르기 때문에 '0'과 '1'을 입력정보로 이용하던 기존의 방법^(2,3,4)으로는 이러한 문제를 해결할 수 없다. 따라서 이러한 문제의 해결방법으로 기계쌍간의 관련도 계산을 위해 상관계수(correlation coefficient :

Table 1 Machine-part incidence matrix

	P1	P2	P3	P4	P5	MC _i
M1	5	0	0	0	3	250
M2	0	0	2	0	9	240
M3	0	5	5	0	2	285
M4	8	0	0	7	0	300
M5	0	4	0	3	0	260
M6	0	2	0	3	0	230
PV _k	20	19	30	26	22	

Table 2 Workload matrix

	P1	P2	P3	P4	P5
M1	.40	0	0	0	.26
M2	0	0	.25	0	.82
M3	0	.4	.53	0	.15
M4	.53	0	0	.61	0
M5	0	.38	0	.30	0
M6	0	.22	0	.34	0

$CC_{i,j}$)를 도입한다. $CC_{i,j}$ 를 통해 서로 다른 작업부하를 갖는 기계쌍간의 상관정도를 계산하고, 이를 다시 유사계수로 통합한 상관유사계수(correlation similarity coefficient)를 구한다. 기계쌍간의 상관계수를 정의하면 식 (2)와 같다.

$$CC_{i,j} = \frac{M_{i,j} - PN * \overline{M_i} * \overline{M_j}}{PN * SD_i * SD_j} \quad (2)$$

여기서 $\overline{M_i}$, $\overline{M_j}$, SD_i , SD_j 는 기계 M_i , M_j 에 대한 작업부하의 평균과 표준편차이며, PN은 부품수를 나타낸다. 또 $M_{i,j}$ 는 부품 k에 대한 $\sum_{k=1}^{PN} WL_{i,k} * WL_{j,k}$ 을 나타낸다. 식 (2)를 이용해 Table 2의 작업부하 행렬의 각 기계쌍에 대한 상호의존관계가 계산되며, 이때 기계쌍 M_i , M_j 에 대한 계수값이 클수록 상호관계가 크게 된다.

식 (2)의 상관계수를 이용해 기계쌍간의 유사성 척도를 나타내는 상관유사계수를 제시하면 식 (3)과 같다.

$$CS_{i,j} = \frac{(NO_{i,j})^2}{SW_i + SW_j - NO_{i,j}} * CC_{i,j} \quad (3)$$

식 (3)에서 SW_i, SW_j 는 부품 k 에 대한 기계 M_i, M_j 의 작업부하가 '0'이 아닌 값을 가지는 수이며, NO_{ij} 는 $WL_{i,k}$ 와 $WL_{j,k}$ 가 공통으로 '0'이 아닌 값을 가지는 수를 나타낸다. 또

$$\frac{(NO_{ij})^2}{SW_i + SW_j - NO_{ij}}$$

는 기계쌍간의 공정 유사성을 나타낸다. 식 (3)은 기계쌍간의 공정 유사성과 작업부하에 대한 상관관계를 나타내는 수식으로 모든 기계쌍에 대해 CS_{ij} 을 계산하고 최대 값을 보이는 기계쌍을 셀 C_i 로 배정한다.

3.2 셀 설계 알고리즘

단계 1. 부품수, 기계수, 각 부품의 생산량, 기계의 가용능력 그리고 공정시간의 정보를 이용해 기계-부품 가공행렬을 구성한다.

단계 2. 식 (1)을 이용해 부품 k 에 대한 기계 i 의 작업부하 $WL_{i,k}$ 를 계산하고, 이 결과를 작업부하 행렬로 구성한다.

단계 3. 하나의 셀안에 포함될 수 있는 최대 기계수로서의 셀크기를 지정한다.

단계 4. 단계 2의 작업부하 행렬에서 기계 M_i, M_j 에 대한 상관계수를 식 (2)에 의하여 구하고 이를 이용해 상관유사계수 CS_{ij} 를 식 (3)에 의하여 구한다.

단계 5. CS_{ij} 중 최대값을 갖는 기계쌍 M_i, M_j 을 초기셀 C_i 로 배정한다. 만약, 동물을 이루면 먼저 나오는 기계쌍을 택한다.

단계 6. 단계 5에서 선택된 기계쌍 M_i, M_j 에 대한 부품의 공정시간 $PT_{i,k}$ 와 $PT_{j,k}$ 값 중 큰 값을 선택하고, 이를 C_i 의 작업부하량으로 놓고 다시 작업부하 행렬을 구성한다.

단계 7. 하나의 셀에 포함되는 기계수가 단계 3에서 지정한 셀크기내에 있게 되도록 단계 4에서 단계 6을 반복한다. 만약, 임의의 셀 C_i 에 포함된 기계수가 CS 와 같으면 그 셀에는 더 이상 기계를 배정하지 않는다. 기계수가 한대씩 감소할 때마다 CS_{ij} 의 계산횟수는 (기계대수 -

1)만큼씩 감소하게 된다.

단계 8. 최종 생산셀을 구성한다. 모든 기계들이 셀 C_i 에 배정되면, 각 셀에 포함된 기계들에 대한 작업부하량(TW_i), 필요기계 대수(NM_i) 그리고 시스템부하량(TWL)를 구하고 최종 셀 및 부품군을 구성한다. 제안된 알고리즘은 적절한 평가 기준에 의한 수행도 분석이 필요하다. 이를 위해 다음 식(4)와 (5)에 의거 계산되는 셀구성효율(CFE)과 시스템부하율(SWR)의 두 기준을 사용한다.

$$CFE = 1 - \frac{TICL}{TWL} \quad (4)$$

$$SWR = \frac{TWL}{\sum NM_i} \quad (5)$$

여기서, TICL은 셀간이동 부품의 부하량의 합을 나타낸다. 식 (4)의 CFE는 셀부하에 대한 기준으로 셀안에서의 공정작업을 최대로 하고자 하는 것이다. 만약 셀간이동이 없다면 CFE 값은 1이 된다. 식 (5)는 기계수에 대한 기준으로, 전체 필요 기계수에 대해 부하률을 계산하고자 하는 것이다. 모든 기계들이 유휴시간(idle time)의 발생없이 완전 가동된다면 SWR은 1이 된다.

IV. 셀 배치계획

생산셀 설계단계에서 구성된 셀은 셀간이동을 최소화하는 적정 위치에 배치되어야 하는데, 셀 설계에 대한 정보만으로는 직접 배치가 어렵다. 그러므로 셀간 이동을 최소화하는 적절한 셀 배치 계획이 마련되어야 한다.

Table 2의 자료를 기초로 앞 절의 절차를 통해 생산셀을 구성하면 Table 3과 같이 된다. 여기서 'X'는 셀간이동을 의미한다. 본 절에서의 셀 배치계획은 바로 이러한 셀간이동 부품의 생산량정보(PV)를 사용하고자 하는 것이다.

Table 2의 자료에 의거 구성된 셀은 C1 = {

M5, M6}, C2 = { M1, M4 }, 그리고 C3 = { M2, M3 }이며, 각 셀에 대한 셀간 이동 부품량은 Table 4와 같이 된다.

Table 3 Parts of intercell movement

	P2	P4	P1	P3	P5
M5	*	*			
M6	*	*			
M1			*		X
M4		X	*		
M2				*	*
M3	X			*	*
PV	25	26	20	30	22

Table 4 Volume of intercell movements

	C1	C2	C3	L/U
C1	-	26	25	51
C2	26	-	22	20
C3	25	22	-	52
L/U	51	20	52	-

Table 4에 추가셀로서 L/U가 나와 있는데, 이것은 Loading/Unloading 부서를 나타내며, L/U에서 각 셀로의 이동량은 각 셀에 포함된 부품들에 대한 생산량의 합으로 구해진다. 위의 이동량 정보를 이용한 셀간 상호근접도(C_{ij})는 다음 식에 의해 구한다.

$$C_{ij} = \frac{CV}{TCV} * 100 \quad (6)$$

TCV는 셀간이동량의 전체합이며, CV는 셀 C_i 에서 C_j 까지의 이동량을 의미한다. Table 4의 이동량 정보를 식 (6)에 대입하여 셀간 근접도를 구하면 Table 5와 같이 된다.

위와같이 셀간 상호근접도를 구한 후 각 셀에 대한 필요 면적을 부과하고 셀간이동을 최소화

하는 셀 배치를 실행한다. 셀 배치는 각 셀의 배치순서를 임의선택(random selection)방법으로 결정하고 배치평면의 왼쪽 끝에서 오른쪽으로 상.하 수직탐색(serpentine)방법으로 배치해 나가는 구성형(construction)방법[7,9]을 기초로

Table 5 Relationship between cells

	C1	C2	C3	L/U
C1	-	13	13	26
C2	13	-	11	10
C3	13	11	-	27
L/U	26	10	27	-

컴퓨터 그래픽을 이용해 셀을 표현하고 배치를 실행한다. 또한 배치대안의 총근접도는 인접한 셀 배치조합에 대한 근접도의 합으로 계산되어진다. 위의 Table 5의 근접도에 대한 C1의 배치결과 인접조합이 (C1,C2), (C1,L/U)라면 C1에 대한 총근접도는 13 + 26(= 39)이 된다. 같은 방법으로 모든 셀에 총근접도를 구한 후 그 값에 2를 곱하면 배치안에 대한 총근접도가 계산되어진다. 여기서 2를 곱하는 것은 모든 셀들에 대한 인접조합을 독립적으로 보고자 하는 것이다.

V. 셀 설계 및 셀 배치 통합 전산 시스템

앞 절에서 전개된 절차의 효율적인 적용을 위해 이를 전산 시스템으로 발전시키겠다. 시스템은 C언어를 이용하여 PC의 DOS 환경에서 개발되었는데, 셀 배치의 graphic지원을 위해 VGA와 4MB 이상의 RAM을 필요로 한다. 프로그램의 수행은 대화식 구조로 각 진행단계에서 제시되는 메뉴를 선택함으로써 원하는 작업을 수행할 수 있다.

시스템의 구성은 Fig. 2와 같이 셀 설계 모듈과 셀 배치 모듈로 이루어진다.

5.1 셀 설계 모듈

데이터 베이스 : 기계와 부품에 관련된 정보-

부품 수, 기계수, 생산량, 기계의 가용능력, 공정 시간 그리고 셀크기-를 포함한다.

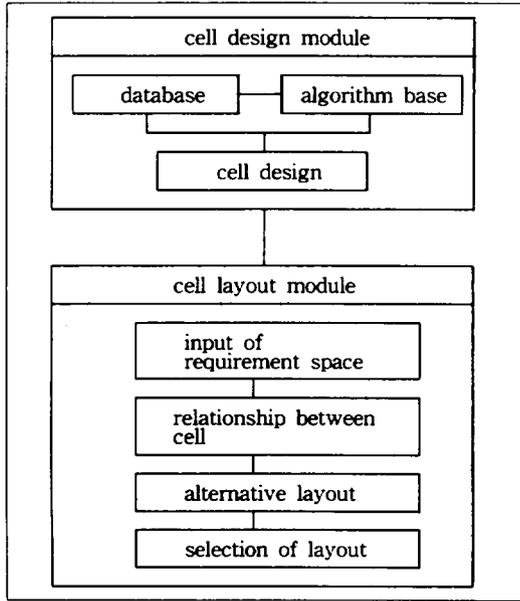


Fig. 2 System configuration

알고리즘 베이스 : 생산셀 설계절차를 IF (조건) THEN (행동) 규칙으로 표현 하였다.

셀 구성 : 셀간이동을 최소화하는 생산셀을 구성하며, 여기서 구성된 셀은 다음 단계의 셀 배치를 위한 입력자료로 쓰인다.

5.2 셀 배치 모듈

셀 근접도 계산 : 셀 설계 모듈에서 구성된 셀 구성 결과에 대해 셀간 근접도를 계산한다.

배치안 발생 : 각 셀의 배치순서를 임의선택 (random selection)방법으로 결정하고 상.하 수 직탐색(serpentine)방법으로 배치안을 발생시킨다.

배치안 선정 : 발생 배치안에 대한 적정 배치안을 선정한다.

VI. 수치예

본 논문에서 제시된 모델의 실행을 수치예를 통해 보도록 하겠다. 14대의 기계와 20개의 부품에 대한 생산량, 기계의 가용능력 그리고 단위당 공정시간이 Table 6과 같이 주어져 있다.

위의 정보를 각 윈도우를 통해 입력하고 실행 명령을 주면 식 (1)에 의해 Table 7과 같은 작업부하 행렬이 구해지며 동시에 셀크기를 지정하라는 화면이 보여진다. 셀의 크기를 3으로 지정하고 생산셀 설계 과정을 진행하겠다.

Table 7의 작업부하 행렬을 기초로 식 (2)에 의해 모든 기계쌍간의 상관계수를 구한 후 상관 유사계수 CS_{ij} 를 구한다. CS_{ij} 값이 최대가 되는 기계쌍 M_i, M_j 을 셀 C_i 로 배정한다. 만약, 동물을 이루면 먼저 나오는 기계쌍을 택한다. Table

Table 6 Machine-part incidence matrix

M \ P	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	MC _i
M1	8		9		5			3	2	3											3000
M2					9	3					7						8	4			3200
M3			5								2		3			2					2800
M4							1							2	1					3	2000
M5	4			5				5	6	7											3800
M6			2										3			4					2500
M7							6						7								3300
M8		2		1	2			3				4			5						2700
M9		6	3					7	2			8			9	3					3600
M10							2							3							3400
M11					5						6						7	8			3500
M12				5									6	2		7					3800
M13					9								4				9	5			2800
M14			5					3			3		8			8					3400
PV _k	1	0	0	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	0	2	1	1	1	2	0	

Table 7 Workload matrix

M \ P	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
M1	.32		.45	.23			.1	.06	.14											
M2				.34	.13					.33					.4	.17				
M3			.18							.1	.11		.11							
M4						.1						.2	.09						.3	
M5	.13		.2	.07				.13	.14	.26						.11				
M6		.08										.12		.26						
M7						.36						.42							.48	
M8		.06	.06	.09		.13				.15	.33									
M9		.13	.08			.23	.06			.22	.45	.13								
M10						.12						.18							.24	
M11				.17						.26					.32	.32				
M12		.13								.16	.11	.29								
M13			.39							.43	.14			.51	.25					
M14		.12				.11		.12	.18		.42									

7에 대해 최대 CS_{ij} 값은 M1과 M5에서 발생하며, $CS_{15} = 3.64$ 이다. 그러므로 초기셀 $C_1 = \{M1, M5\}$ 가 되며, 부품군은 $\{P1, P4, P6, P9, P10, P11, P19\}$ 이 된다. 초기셀 C_1 에 대한 작업부하는 다음의 부하정보,

M1	.32	0	0	.45	0	.23	0	0	.1	.06	.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M5	.17	0	0	.20	0	.07	0	0	.13	.14	.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

에서 부품 P_i 에 대한 부하량이 큰 값으로 결정한다. 그러므로 C_1 에 대한 부하량 정보는 $(.32, 0, 0, .45, 0, .23, 0, 0, .13, .14, .26, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, .11, 0)$ 이 된다. 여기서 결정된 C_1 을 하나의 기계로 놓고, Table 7과 같은 부하행렬을 구성하고, 셀 크기 조건을 만족할 때까지 셀구성 과정을 반복한다.

전체적인 생산셀 구성의 실행과정은 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3의 반복과정을 거쳐 최종적으로 Fig. 4와 같은 5개의 셀과 각 셀에서 가공되어질 부품군, 각 기계에 대한 부하량(TW_j)의 합, 필요기계 댓수(NM_j), 시스템 부하량(TWZ) 그리고 전

Manufacturing Cell Design System

Iteration 1 :
Maximum CS = 3.64
 $C_1 = \{M1, M5\} = \{P1, P4, P6, P9, P10, P11, P19\}$

Iteration 2 :
Maximum CS = 2.96
 $C_2 = \{M7, M10\} = \{P7, P15, P20\}$

Iteration 3 :
Maximum CS = 2.93
 $C_3 = \{M11, M13\} = \{P5, P12, P18, P19\}$

Iteration 4 :
Maximum CS = 2.52
 $C_4 = \{M2, M11, M13\} = \{P5, P6, P12, P18, P19\}$

Iteration 5 :
Maximum CS = 2.12
 $C_5 = \{M6, M12\} = \{P3, P14, P15, P17\}$

Iteration 6 :
Maximum CS = 2.08
 $C_6 = \{M4, M7, M10\} = \{P7, P15, P16, P20\}$

Iteration 7 :
Maximum CS = 2.08
 $C_7 = \{M8, M14\} = \{P2, P4, P5, P8, P9, P12, P13, P16\}$

Iteration 8 :
Maximum CS = 1.39
 $C_8 = \{M8, M9, M14\} = \{P2, P3, P4, P5, P8, P9, P12, P13, P16, P17\}$

Iteration 9 :
Maximum CS = 1.27
 $C_9 = \{M3, M6, M12\} = \{P3, P11, P14, P17\}$

Can Not Continue.....

Fig. 3 Process of manufacturing cell design
체 기계댓수($\sum NM_j$)가 계산되어진다. 그리고,

M	P																TW _i	NM _i					
	P1	P4	P6	P9	P10	P11	P19	P5	P12	P18	P7	P15	P20	P16	P2	P8			P13	P3	P17	P14	
M1	.32	.45	.23	.13	.14	.14															1.41	2	
M5	.13	.2	.07	.13	.14	.26	.11														1.04	2	
M2			.13					.17	.39	.33	.4										1.42	2	
M11								.32	.17	.26	.32										1.07	2	
M13								.25	.39	.43	.51							.14			1.72	2	
M4												.1	.2	.3	.09						0.69	1	
M7												.36	.42	.48							1.26	2	
M10												.12	.18	.24							0.54	1	
M8	.06						.09					.33	.06	.13	.15						0.82	1	
M9			.06									.45	.13	.23	.22	.08	.13					1.30	2
M14					.12							.42	.12	.11	.18						0.95	1	
M3					.10												.18	.11			0.50	1	
M6																	.08	.26	.12		0.46	1	
M12											.11						.13	.29	.16		0.69	1	
PV _k	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	1	8	1	1	1	1	TW _i = 13.87	21	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	CFE = 0.91								SWR = 0.66														

Fig. 4 Final cell and performance analysis

식 (4)와 식 (5)에 의한 수행도 분석 결과가 Fig. 4의 하단에 보여진다.

Fig. 4의 생산셀 구성결과를 입력정보로 하여 특정 공간상에 셀간이동의 최소화를 위한 배치 계획을 수립할 수 있다. 셀배치를 실행하면 Table 8과 같은 셀간 이동부품량이 구해진다. 전체부품은 L/U 부서에 적재되어 있으며, L/U와 각 셀간의 이동량은 그 셀에서 가공되어질 부품군의 생산량의 합으로 구해진다. 또한, 셀 C_i에서 C_j간의 이동량은 셀간이동 부품의 생산량의 합으로 표현된다. 이에대해, 식 (6)을 이용해 셀간 근접도를 계산하면 Table 9와 같다. 또한 입력정보로서 셀의 필요면적은 Table 10의 자료를 사용하였다.

Table 8 Volume of intercell movement

	C1	C2	C3	C4	C5	L/U
C1	-	280	0	390	140	740
C2	280	-	0	120	100	570
C3	0	0	-	180	200	600
C4	390	120	180	-	260	480
C5	140	100	200	260	-	360
L/U	740	570	600	480	360	-

Table 9 Relationship between cells

	C1	C2	C3	C4	C5	L/U
C1	-	6	0	9	3	17
C2	6	-	0	3	2	13
C3	0	0	-	4	5	14
C4	9	3	4	-	6	11
C5	3	2	5	6	-	8
L/U	17	13	14	11	8	-

Table 10 Requirement space of cells

no. of cell	C1	C2	C3	C4	C5	L/U
space	10	10	10	10	10	20

위와같은 정보를 이용해 셀 배치를 실행하면 배치안이 화면상에 그래픽으로 출력되며, 동시에 그 배치안에 대한 총근접도가 같이 나타난다. 발생하는 여러 배치안들 중 총근접도가 가장 큰 배치안을 출력하면 Fig. 5와 같으며, 이때의 총 근접도는 152이다. 다른 배치안을 보고자하면 (Y/N)?에서 'Y'를 선택하면 재배치된 또다른 배치안이 화면상에 출력된다.

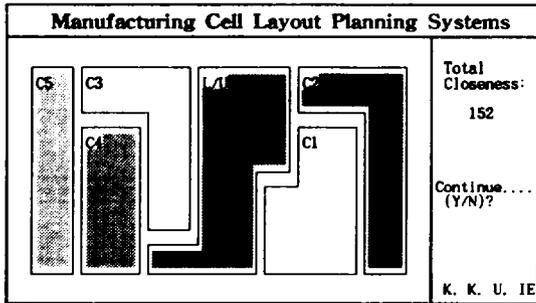


Fig. 5 Result of cell layout

VII. 결 론

본 논문에서는 생산시스템 설계를 위한 접근 방법으로 생산관련 요인을 포함하는 보다 현실적인 생산셀 설계와, 설계된 셀의 적정 배치를 위한 계층적 모델을 설계하였다. 우선, 각 기계의 작업부하를 구하고, 이를 기초로 기계쌍간의 관련성 계산을 위한 상관유사계수를 구하였다. 각 단계에서 최대 상관유사계수 값을 갖는 기계쌍을 셀로 묶어나가는 반복적인 과정을 통해 셀을 구성한다. 그리고 셀 구성에 있어서 하나의 셀에 포함되어질 수 있는 기계수의 조정이 가능하도록 하였다. 또한, 셀설계 단계에서 구성된 생산셀을 적정 위치에 배치시키기 위해 셀간 이동량을 이용해 셀간 근접도를 구하고 셀 배치를 실행 하였다. 그리고 제시된 모델의 효율적인 적용을 위해 전산 시스템으로 설계하였다. 전산 시스템은 대화식 구조로 각 진행단계에서 제시되는 메뉴를 선택함으로써 원하는 작업을 수행할 수 있도록 하였으며, 배치안은 그래픽으로 출력되도록 하였다. 그리고 시스템의 전체적인 수행과정을 수차례를 통해 실증하였다.

그러나 본 논문에서는 공정계획과 일정계획의 문제는 포함되지 않았다. 앞으로 이러한 문제들을 포함한 통합적인 접근을 위한 연구가 요구되어진다.

참고문헌

1. Ballakur, A., Steudel, H. B., 1987, A Within-Cell Utilization Based Heuristic For Designing Cellular Manufacturing Systems, International Journal of Production Research, Vol. 25, NO. 5, pp.639-665.
2. Chen, M. T., 1992, Manufacturing Cell Formation and Evaluation Using a New Inter-Cell Flow Reduction Heuristic, International Journal of Production Research, Vol. 30, No. 5, pp.1101-1118.
3. Chow, W. S., and Hawaleshka, O., 1993 Minimizing Intercellular Part Movement in Manufacturing Cell Formation, International Journal of Production Research, Vol. 31, No. 9, pp.2161-2170.
4. Gupta, T., Seifoddini, H., 1990, Production Data Based Similarity Coefficient for Machine-Component Grouping Decisions in the Design of a Cellular Manufacturing System, International Journal of Production Research, Vol. 28, NO. 7, pp.1247-1269.
5. Heragu, S. S., Gupta, Y. P., 1994, A Heuristic for Designing Cellular Manufacturing Facilities, International Journal of Production Research, Vol. 32, No. 1, pp.125-140.
6. Kusiak, A., 1990, Intelligent Manufacturing Systems, prentice-hall.
7. Lee, R. and Moore, J. M., 1967, CORELAP - Computerized Relationship Layout Planning," Journal of I.E, Vol. 18, pp.195-200.
8. Miller, D.M. and R.P. Davis, 1977, The Machine Requirement Problem, International Journal of Production Research, Vol. 15, No. 2, pp.219-231.
9. Seehof, J. M. and Evans, W. O., 1967, Automated Layout Design Program, Journal of I.E, Vol. 18, pp.690-695.
10. Venugopal, V., Narendran, T. T., 1992, Cell Formation in Manufacturing Systems Through Simulated Annealing: An Expermen-

tal Evaluation, European Journal of Operational Research, Vol. 63, pp.409-422.

11. Wemmerlov, U., Hyer, N. L., 1987, Re-

search Issues in Cellular Manufacturing, International Journal of Production Research, Vol. 25, No. 3, pp.413-431.