

실제조시스템에서 생산셀의 구성기법

(A Method for Production Cell Formation in Cellular
Manufacturing Systems)

조 규 감*

이 문 욱**

ABSTRACT

A method for forming production cells in cellular manufacturing systems is presented. The basic approach is based on part-machine group formation by using relationship matrix calculated from the original part-machine matrix. The cases of exceptional elements and bottleneck machines are discussed. The proposed method can work with any starting form of part-machine matrix and provides the same solution regardless of the changes of starting form of part-machine matrix for any given problem.

1. 서 론

셀제조시스템 (Cellular Manufacturing System)의 개념이 R. E. Flanders에 의해서 1925년에 처음으로 발표된 이래로, 이 시스템은 다 품종소량생산에서 다양한 부품을 유연성 있게 처리해서 높은 생산성을 유지하도록 하는 새로운 생산시스템으로 최근에 그 중요성이 증가되고 있다[1].

실제조시스템은 특정한 부품군 (part family)에 속하는 모든 부품을 가공하는데 필요한 기계의 집합인 기계그룹 (machine group)으로 구성된 시스템이다. 따라서 셀제조시스템의 구성을 위해서는 대상부품의 가공공정의 유사성에 의한 부품군의 형성과 이것을 처리하는 기계그룹으로 구성되는 생산셀 (production cell)의 구성, 즉 부품-기계 그룹형성 (part-machine

group formation)에 의한 시스템의 기본적인 구조를 결정하는 생산셀의 구성문제가 중요한 과제이다.

부품의 가공정보를 사용하여 생산셀을 구성하는 방법에는 최초로 Burbidge[2, 3]가 개발한 생산흐름분석 (Production Flow Analysis, PFA)이 있다. PFA는 부품의 가공정보를 사용하여 부품-기계행렬 (part-machine matrix)을 형성하여 이것을 단계적으로 분석해서 부품군과 기계그룹을 수작업으로 얻는 방법이다. 이 방법에 기초를 둔 유사한 방법이 E. I. Essawy와 Torrence[4]에 의해 개발되었다.

McAuley[5]는 2대 기계사이의 유사성계수를 (2대 기계 모두에서 가공되는 부품의 수) / (한대 또는 2대 기계에서 가공되는 부품의 수)로 정의하여, 이것을 이용한 Single Linkage Clustering Algorithm, SLCA)을 개발하였고,

*釜山大學校 工科大學 産業工學科

**韓國核燃料株式會社

최근에 Seifoddini 와 Wolfe[6] 가 유사성계수 방법에 의한 새로운 기법을 제안하였다.

McCormick, Schweitzer 및 White[7] 는 부품-기계행렬에서 인접한 행과 열의 요소간의 결합에너지의 최대화를 이용한 Bond Energy Algorithm(BEA) 을 개발하였고, King[8] 은 부품-기계행렬에서 각 행과 열에 2진수의 위치가중치를 도입하여 이를 십진수로 변환시킨 값을 행과 열의 위치의 순위결정에 사용하여 행과 열의 단계적 조작을 통하여 생산셀을 얻는 Rank Order Clustering(ROC) 방법을 개발하였고, 뒤에 King 과 Nakornchai[9] 가 이를 확장한 ROC2 방법을 제안하였다. 한편 Chan 과 Milner[10] 는 부품-기계행렬에서 부품이 기계에서 가공되는 요소의 수를 이용하여 행과 열의 위치를 단계적으로 조작하여 부품-기계그룹을 형성하는 Direct Clustering Algorithm(DCA) 을 개발하였다.

Oba, Kato, Tsumura 와 Yasuda[11] 는 수량화분석법을 도입한 생산셀의 구성에 관한 기법을 제안하고 있으며, 이들은 생산셀의 레이아웃트문제까지 다루었다.

생산셀의 구성문제에 대한 기존의 방법에서는 반복계산이나 주관적인 조작이 필요하며, 또 동일한 부품-기계행렬을 사용하여 생산셀을 구성할 때에 행과 열의 위치를 바꾼 경우에 원래 문제에 대한 해답과 상이한 결과가 주어진다. 따라서 가공의 완료를 위해서 기계그룹간에 이동이 필요한 부품, 즉 예외요소(exceptional element)의 수가 변화한다.

본 연구에서는 부품의 가공정보를 사용하여 기계에서 가공되는 부품의 집합간의 상호관련도를 도입하여 애로기계가 존재하는 경우를 제외하고는 주관적인 조작이 필요없고 또 동일한 부품-기계행렬에서 행과 열의 위치가 변동된 경우에도 항상 같은 결과를 얻는 생산셀의 구성기법을 제안하여 평가한다.

2. 생산셀의 구성문제

셀제조시스템에서 생산셀의 구성문제는 각 부품의 가공공정에서 사용되는 기계의 유사성에 근거하여 부품군을 형성하고, 동시에 각 부품군의 모든 부품을 가공하는 기계그룹을 구성하는 것이다.

부품의 가공공정에 대한 정보를 이용하여 행(row)에는 부품번호를, 열(column)에는 기계번호를 표시하여 다음과 같은 부품-기계행렬(part-machine matrix)을 얻을 수 있다.

$$X = [x_{ij}] = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{im} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nj} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

부품-기계행렬(1)에서 i 는 부품번호 p_i 의 인덱스($i=1, 2, \dots, n$)를, j 는 기계번호 m_j 의 인덱스($j=1, 2, \dots, m$)를 표시하며, x_{ij} 는 다음과 같이 값이 할당된다.

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{부품 } p_i \text{가 기계 } m_j \text{에서 가공되} \\ & \text{는 경우} \\ 0, & \text{부품 } p_i \text{기계 } m_j \text{에서 가공되지} \\ & \text{않는 경우} \end{cases}$$

부품군과 기계그룹의 형성은 행렬(1)의 행과 열을 재배열하여 다음과 같은 행렬-이것을 셀행렬(cell matrix)이라고 부르기도 한다-을 얻으면 구성이 완료된다.

$$C = \begin{array}{c} \text{MG} = [MG_1 : MG_2 : \cdots : MG_N] \\ \left[\begin{array}{cccc} \boxed{C_1} & & & 0 \\ & \boxed{C_2} & & \\ & & \ddots & \\ & & & \ddots \\ 0 & & & \boxed{C_N} \end{array} \right] \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{PF} \\ \parallel \\ \left[\begin{array}{c} PF_1 \\ \vdots \\ PF_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ PF_N \end{array} \right] \end{array}$$

선행렬(2)에서 $C_i(i=1, 2, \dots, N)$ 는 각 생산셀에 대한 부품-기계행렬을 의미하며, $MG_i(i=1, 2, \dots, N)$ 는 기계그룹을, $PF_i(i=1, 2, \dots, N)$ 는 부품군을 표시하며, N 는 부품군 또는 기계그룹의 수를 나타낸다.

생산셀의 구성문제의 간단한 보기로서는 그림 1(a)에 주어진 부품-기계행렬로부터 행과 열을 적당히 재배열하여 그림 1(b)에 주어진 셀행렬을 얻는 것이다. 이 결과로부터 원래 6개의 부품은 2개의 부품군 $PF_1 = \{p_1, p_4, p_6\}$ 및 $PF_2 = \{p_2, p_3, p_5\}$ 로 나뉘지며, 5대의 기계는 PF_1 및 PF_2 에 각각 대응하는 2개의 기계그룹 $MG_1 = \{m_1, m_3, m_5\}$ 및 $MG_2 = \{m_2, m_4\}$ 로 그룹화되어 생산셀이 구성됨을 알 수 있다.

일반적으로 소규모의 부품-기계행렬로부터 쉽게 셀행렬을 얻어 생산셀을 간단히 구성할 수 있으나, 대규모의 현실적인 문제에 대해서는 셀행렬을 효율적으로 얻을 수 있는 체계적인 방법의 개발이 필요하며, 이에 대하여는 몇 가지의 방법이 제안되어 있다[2~11].

$$X = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

(a) 부품-기계행렬

$$C = \begin{matrix} & \begin{matrix} 3 & 1 & 5 & 4 & 2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 4 \\ 6 \\ 1 \\ 5 \\ 3 \\ 2 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & & \\ 1 & 1 & 1 & & \\ 1 & 1 & 0 & & \\ & & & 1 & 1 \\ & & & 1 & 1 \\ & & & 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

(b) 셀행렬

그림 1. 생산셀 구성의 보기

3. 생산셀의 구성기법

3.1 생산셀의 구성기법의 개발

부품-기계행렬로부터 기계 m_j 에서 가공되는 부품의 집합을 $S_j = \{p_i | x_{ij} = 1, i=1, 2, \dots, n\}$ ($j=1, 2, \dots, m$)라 표시하고, $n|S_j|$ 가 집합 S_j 에 속하는 요소의 수를 나타내면, $0 \leq n|S_j| \leq n$ (단, n 는 부품의 수)의 관계가 있다.

기계 m_j 와 $m_k(j \neq k)$ 에서 가공되는 부품의 집합 S_j 와 S_k 에 대해서 다음과 같은 상호관련도 r_{kj} 를 정의하여 도입한다.

$$r_{kj} = n |S_k \cap S_j| / \min \{n |S_k|, n |S_j|\} \quad (3)$$

식(3)에서 $n |S_k \cap S_j|$ 는 집합 S_j 와 S_k 의 교집합의 요소의 수를 나타낸다.

상호 관련도 r_{kj} 는 다음의 성질을 가짐을 쉽게 알 수 있다.

(1) 일반적으로 $n |S_j| \neq n |S_k|$ 이므로 $r_{kj} \neq r_{jk}$ 이다.

(2) r_{kj} 의 값의 범위는 $0 \leq r_{kj} \leq 1$ 이며,

① $r_{kj} = 1$ 인 경우는 S_k 와 S_j 가 같거나 또는 S_j 는 S_k 의 부분집합, 즉 $S_k \supset S_j$ 의 관계가 성립한다.

② $r_{kj} = 0$ 인 경우에는 S_k 와 S_j 는 서로 소(disjoint)의 관계가 성립한다.

③ $0 < r_{kj} < 1$ 인 경우에는 두 집합 S_k 와 S_j 는 서로 공통인 요소는 가지나, 두 집합간의 관계는 앞의 ① 및 ②의 관계가 없다.

이상의 상호관련도 r_{kj} 의 성질로부터 $r_{kj} = 1$ 인 경우에는 두 집합 S_k 와 S_j 에 속하는 모든 부품은 같은 부품군에 속하며, 동시에 기계 m_j 와 m_k 는 같은 기계그룹에 속하고, $r_{kj} = 0$ 인 경우에는 두 집합 S_k 와 S_j 에 속하는 부품은 서로 다른 부품군에 속하며, 이에 대응하는 기계그룹도 서로 다름을 알 수 있다. 이 두 가지의 특성에 의해서 부품-기계행렬로부터 상호독립인 셀행렬이 완전히 형성되면 가장 이상적인 생산셀이 구성된다. 그러나 일반적으로는 하나의 기계그룹내에서 가공이 완료되지 못하고 다른 기계그룹에서 가공해야 하는 부품, 즉 예외 요소가 존재하는 경우에는 가능하면 기계그룹간의 부품의 이동횟수를 최소화하는 것이 바람직

하다.

예외요소의 수의 최소화문제는 셀의 크기와 구성에 밀접한 관계가 있으며, Greene 과 Sadowski 는 6대의 기계로 구성되는 셀이 바람직하다고 제안하였다 [12]. r_{kj} 가 $0 < r_{kj} < 1$ 인 경우에 기계그룹은 r_{kj} 의 값이 큰 기계끼리 구성하고, 예외요소를 기계그룹에 할당하는 주어진 예외요소 i 의 총가공공정수 $n \{M_i\}$ 와 각 기계그룹에서 예외요소를 가공할 수 있는 공정수 $n \{G_1\}$ 와의 비, 즉 $n \{G_1\} / n \{M_i\}$ (단, $i = 1, 2, \dots, N$)의 값이 가장 큰 기계그룹에 예외요소를 할당하면 이동횟수가 줄어든다.

이상의 고찰을 근거로 한 부품군 및 기계그룹의 구성기법의 절차는 다음과 같다.

[생산셀의 구성기법]

(1) 부품-기계행렬에서 $c_j = \sum x_{ij}$ ($j = 1, 2, \dots, m$)의 값을 구하여 c_j 의 값이 증가하지 않는 순서로 기계를 재배열한다.

(2) 각 기계에서 가공되는 부품집합간의 상호관련도 r_{kj} 의 값을 계산하여 상호관련도행렬 $R = [r_{kj}]$ 를 구한다(단, $r_{jj} = 1$ 이라 둔다)

(3) 행렬 R 의 각 행과 열을 검색하여 $r_{kj} = 1$ 인 모든 기계쌍(machine pair) (m_k, m_j)을 구하고, 각 기계쌍을 검색하여 공통의 기계를 가지는 기계쌍을 결합하여 기계그룹을 형성한다.

(4) 모든 기계가 기계그룹에 할당이 되었으면 단계5로 가고, 기계그룹의 어느 곳에도 할당되지 않은 기계가 있으면 r_{kj} 의 값이 가장 큰 기계가 속해 있는 기계그룹에 순차적으로 모든 기계를 할당시킨다.

(5) 각 기계그룹내에서 기계를 c_j 의 값이 증가하지 않는 순서로 재배열한다.

(6) 각 기계그룹에 속하는 기계에서 가공이 완료되는 부품집합의 합집합을 구해서 자기 대응하는 기계그룹에 부품을 할당한다.

(7) 모든 부품이 기계그룹에 할당되었으면 단계8로 가고, 아직 할당되지 않은 부품에 대해서는 $n \{G_1\} / n \{M_i\}$ 의 값이 가장 큰 기계그룹에 순차적으로 모든 부품을 할당한다.

(8) 과정을 중지한다.

본 연구에서 개발된 생산셀의 구성기법은 먼저 상호관련도를 사용하여 단계 (1)~(5)에서

기계그룹을 형성하고, 그 다음에 단계(6)~(7)에서 각 기계그룹에 속하는 부품군을 형성하는 2단계의 방법이다. 이 기법은 상호관련도를 계산하여 생산셀을 형성하므로 주관적인 조작성이 필요없으며, 부품-기계행렬의 행과 열의 순서가 바뀌어도 항상 일관된 결과를 얻을 수 있으며 또 예외요소의 수를 최소화한다. 이상의 과정을 IBM-PC/ XT 를 사용하여 실용화가 가능하도록 BASIC 프로그램도 개발하였다.

3.2 적용예제

생산셀의 형성기법을 다음 3가지 경우의 적용예제에 대하여 고찰해 본다.

(1) 예외요소가 없는 경우

가장 이상적인 생산셀의 구조는 특정한 부품군에 속하는 모든 부품이 그 부품군의 가공을 위한 기계그룹내에서만 가공이 완료되는 경우, 즉 예외요소가 없는 경우이다.

그림 2에 주어진 부품-기계행렬의 자료[10]를 사용해서 개발된 기법을 적용해 본다. 먼저 부품-기계행렬에서 c_j 의 값을 계산하여 이 값이 증가하지 않는 순서로 기계를 재배열하는데, 이것은 r_{kj} 의 값을 계산할 때에 $n \{S_k\} \geq n \{S_j\}$ 를 고려해서이다. 이 문제에 대한 상호관련도행렬 R 의 계산결과는 그림 3에 주어진 바와 같이 하삼각형행렬(lower triangular matrix)을 이룬다. 그림3의 행렬 R 에서 $r_{kj} =$

PART NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1									1	1	1			
2		1													
3	1		1		1				1					1	1
4	1		1	1				1						1	
5			1	1	1			1						1	
6	1		1	1	1	1		1						1	
7		1		1	1	1	1		1	1	1			1	1
8			1	1	1	1	1	1						1	1
9				1	1	1	1	1	1					1	1
10	1						1			1	1	1			

그림 2. 부품-기계 행렬 : 예외요소가 없는 경우[10]

M/C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.00														
10	1.00	1.00													
3	0.00	0.00	1.00												
4	1.00	1.00	0.00	1.00											
5	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00										
6	1.00	1.00	0.00	0.67	0.00	0.67									
1	1.00	1.00	0.00	0.67	0.00	0.67	1.00								
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00				
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00			
13	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00		
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00
M/C	9	14	1	4	5	6	1	10	11	12	13	2	15	8	7

그림 3. 상호관련도 행렬 : 그림 2의 부품-기계행렬의 경우

1(단, $r_{jj} = 1$ 인 요소는 제외)이 되는 기계쌍 (m_k, m_j) 를 찾으면, $(m_9, m_{14}), (m_9, m_4), (m_9, m_6), (m_9, m_1), (m_{14}, m_4), (m_{14}, m_6), (m_{14}, m_1), (m_3, m_5), (m_3, m_{15}), (m_3, m_8)$... 등이다. 특정한 기계를 공유하는 기계쌍을 찾아서 기계 그룹을 형성하면 다음의 3개의 기계그룹, 즉 $MG_1 = \{m_{14}, m_9, m_4, m_1, m_6\}$, $MG_2 = \{m_{15}, m_{13}, m_5, m_3, m_8\}$, $MG_3 = \{m_2, m_{12}, m_{11}, m_{10}, m_7\}$ 이 얻어지고 모든 기계는 기계그룹에 할당되었다. 다음에 각 기계그룹에 속하는 기계에서 가공이 완료되는 부품집합의 합집합을 구하면 부품군이 얻어진다. 예로서 MG_1 에서 가공되는 부품군은 $PF_1 = \{p_3, p_4, p_6, p_9\}$ 가 되며, 같은 방법으로 $PF_2 = \{p_2, p_5, p_8\}$, $PF_3 = \{p_1, p_7, p_{10}\}$ 이 얻어진다. 이 문제에 대한 최종결과와 실행렬이 그림 4에 주어져 있다.

PART NO.	M/C NO.														
	14	9	4	1	6	15	13	5	3	8	2	12	11	10	7
3	1	1	1	1											
4	1	1	1	1											
6	1	1	1	1											
2	1	1	1	1											
5					1	1	1	1							
8					1	1	1	1							
1					1	1	1	1							
7									1	1	1	1			
10									1	1	1	1			

그림 4. 생산셀의 구성결과 : 예외요소가 없는 경우
(2) 예외요소가 있는 경우

부품의 가공이 하나이상의 기계그룹에서 가공이 필요한 경우인 예외요소가 존재하는 경우에 대하여 그림 5에 주어진 자료 [10]를 이용하여 개발된 기법을 적용해 본다.

이 문제에 대한 R 행렬이 그림 6에 주어져 있다. 먼저 $r_{kj} = 1$ 의 값을 가지는 모든 기계쌍을 찾아서 기계그룹을 형성하면 $MG_1 = \{m_{14}, m_3, m_4, m_1, m_6\}$, $MG_2 = \{m_{11}, m_2, m_{12}\}$, $MG_3 = \{m_{15}, m_{13}, m_{10}, m_9, m_8, m_5\}$ 의 3개가 구성되나, 기계 m_7 은 어느 기계 그룹에도 할당되지 않았다. 기계 m_7 에 대한 상호관련도의 가장 큰 값이 기계 m_{11}, m_2, m_{12} 에 대하여 0.67이므로 m_7 은 m_{11}, m_2, m_{12} 가 속하는 어느 기계그룹에나 속할 수 있다. 이 문제에서는 기계 m_{11}, m_2, m_{12} 가 모두 기계그룹2에 속하므로 m_7 을 MG_2 에 할당해서 얻은 최종의 기계그룹은 $MG_1 = \{m_{14},$

$m_3, m_4, m_1, m_6\}$, $MG_2 = \{m_{11}, m_2, m_{12}, m_7\}$, $MG_3 = \{m_{15}, m_{13}, m_{10}, m_9, m_8, m_5\}$ 가 된다.

PART NO.	M/C NO.														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1			1				1			1	1				
2									1	1					
3	1		1			1								1	1
4	1		1	1		1								1	1
5								1	1	1				1	1
6			1					1				1	1		
7			1									1	1		
8	1			1	1							1			1
9								1							1
10									1	1	1			1	1

그림 5. 부품-기계행렬 : 예외요소가 있는 경우(10)

M/C	3	11	14	4	7	9	10	2	12	13	1	15	8	5
3	1.00													
11	0.25	1.00												
14	1.00	0.25	1.00											
4	1.00	0.33	1.00	1.00										
7	0.33	0.67	0.33	0.33	1.00									
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00							
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00						
2	0.00	1.00	0.00	0.00	0.67	0.60	0.00	1.00						
12	0.00	1.00	0.00	0.00	0.67	0.60	0.00	1.00	1.00					
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00				
1	1.00	0.33	1.00	0.67	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00			
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00		
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
5	1.00	0.00	1.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
M/C	3	11	14	4	7	9	10	2	12	13	1	15	8	5

그림 6. 상호관련도 행렬 : 그림 5의 부품-기계행렬의 경우

부품군을 형성하기 위해서 각 기계그룹에서 가공이 완료되는 부품집합의 합집합을 구하면, $PF_1 = \{p_3, p_4\}$, $PF_2 = \{p_1, p_6, p_7\}$, $PF_3 = \{p_2, p_5, p_{10}\}$ 이 되고, 아직 p_8 과 p_9 가 어느 부품군에도 속하지 않았다. p_8 에 대해서 $n \{G_i\} / n \{M_g\}$ (단, $i = 1, 2, 3$)의 값을 계산하면 MG_1 에서는 0.8, MG_2 에서는 0.2, MG_3 에서는 0이므로 p_8 을 MG_1 에 할당한다. 같은 방법을 p_9 에 적용하면, p_9 도 MG_1 에 속하게 되어 최종적으로 얻어진 부품군은 $PF_1 = \{p_3, p_4, p_8, p_9\}$, $PF_2 = \{p_1, p_6, p_7\}$, $PF_3 = \{p_2, p_5, p_{10}\}$ 이 된다. 최종의 결과가 그림 7에 주어져 있는데, 이 문제에서는 p_8 과 p_9 가 예외요소가 된다.

PART NO.	M/C NO.														
	14	9	4	1	6	11	2	12	7	15	13	10	9	8	5
3	1	1	1	1	1										
4	1	1	1	1	1										
8	1	1	1	1		1									
9	1	1	1	1											
1					1	1	1	1							
6					1	1	1	1							
7					1	1	1	1							
2									1	1	1	1	1	1	1
5									1	1	1	1	1	1	1
10									1	1	1	1	1	1	1

그림 7. 생산셀의 구성결과 : 예외요소가 있는 경우

(3) 애로기계가 있는 경우

어떤 특정한 기계가 대량가공품의 대부분의 가공에 관여하는 경우에 이 기계를 애로기계라 부르면, 애로기계가 존재하는 경우에 기계그룹을 형성하면 기계그룹에 속하는 기계대수를 의미하는 셀의 크기 (cell size) 가 너무 크거나 또는 형성된 셀행렬이 밀집한 상태가 안되는 경우가 있다.

예로서 그림 8에 주어진 자료 [10]에 제안된 기법을 적용한 결과가 그림 9에 주어져 있는데, 첫번째 기계그룹에서 기계 m_6 가 애로기계가 된다. 이 경우에 첫번째 기계그룹에서 기계 m_6 를 제외한 행렬 R의 r_{kj} 의 값을 사용해서 생산셀을 형성한 결과가 그림 10에 주어져 있다. 이 결과를 보면, 기계 m_6 는 애로기계이므로 첫번째 및 두번째 기계그룹에 각각 속해 있고, 2개의 예외요소 p_8 과 p_9 가 존재함을 알 수 있다.

PART NO.	M/C NO.														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		1				1	1				1	1			
2					1				1	1			1	1	
3	1		1			1								1	1
4	1		1	1		1								1	1
5								1	1	1				1	1
6		1				1	1				1	1			
7						1	1				1	1			
8	1		1	1		1					1				1
9			1	1		1	1								1
10								1	1	1			1	1	

그림 8. 부품-기계행렬 : 애로기계가 있는 경우 [10]

PART NO.	M/C NO.														
	6	14	11	3	1	12	2	7	4	15	13	10	9	8	5
1	1	1	1	1	1	1	1								
2	1	1	1	1	1	1	1								
3	1	1	1	1	1	1	1								
4	1	1	1	1	1	1	1								
5	1	1	1	1	1	1	1								
6	1	1	1	1	1	1	1								
7	1	1	1	1	1	1	1								
8	1	1	1	1	1	1	1								
9	1	1	1	1	1	1	1								
10	1	1	1	1	1	1	1								
11								1	1	1	1	1	1	1	1
12								1	1	1	1	1	1	1	1
13								1	1	1	1	1	1	1	1
14								1	1	1	1	1	1	1	1
15								1	1	1	1	1	1	1	1

그림 9. 생산셀의 구성결과 : 애로기계가 있는 경우

PART NO.	M/C NO.															
	14	3	4	1	6	11	2	12	7	6	15	13	10	9	8	5
3	1	1	1	1	1											
4	1	1	1	1	1											
8	1	1	1	1	1											
9	1	1	1	1	1											
11						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																

그림 10. 생산셀의 구성결과 : 애로기계와 예외요소가 있는 경우

일반적으로 기계그룹에 속하는 기계대수는 보통 3~15대이며, 평균 6대가 가장 적합하며 6대를 초과하면 셀제조시스템의 장점이 감소한다고 한다[12]. 이런 관점에서 보면 그림 9에 얻어진 결과보다 그림 10에 얻어진 결과가 바람직한 것으로 사료된다.

4. 평가 및 고찰

본 연구에서 개발한 기법을 평가하기 위해서 그림 11에 주어진 3개의 예외요소를 가지는 3개의 생산셀을 그림 12와 같이 순서를 임의로 재배열한 뒤에 제안된 기법을 적용한 결과가 그림 13에 주어진 바와 같이 3개의 기계그룹이 순서는 다르지만 그림 11과 같은 결과를 얻었다. 이와 같은 접근방법으로 생산셀의 구조를 아는 문제를 생성하여 제안된 기법을 적용한 결과, 모두 같은 결과를 얻었다.

PART NO.	M/C NO.							
	4	7	2	5	8	3	1	6
5	1	1						
9	1	1						
10	1	1						
7		1	1	1				
3			1	1	1			
6			1	1	1			
2						1	1	
4						1	1	1
8						1	1	1
1						1	1	1

그림 11. 생산셀의 구성이 주어진 경우

PART NO.	M/C NO.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1			1			1	1
2	1					1		
3		1			1			1
4	1		1			1		
5				1			1	
6		1			1			1
7					1		1	1
8	1		1			1		
9				1			1	
10		1					1	

그림 12. 부품-기계행렬 : 그림 11의 재배열 결과

림 19, 20, 21에 주어져 있다. 이 결과를 살펴 보면, ROC 방법에 의해서는 4개의 예외요소를 갖는 4개의 생산셀을, DCA 방법에 의해서는 1개의 예외요소를 갖는 4개의 생산셀을, 제안된 기법에서는 3개의 예외요소를 갖는 5개의 생산셀을 얻었다. 이 결과를 앞의 결과와 비교해 보면, 동일한 부품-기계행렬에서 행과 열의 위치만 변경시킨 경우에 ROC 및 DCA 방법은 각각 상이한 결과를 주지만, 제안된 방법은 항상 같은 결과를 주고 또 구성된 생산셀이 잘 밀집되어 있음을 알 수 있다.

제안된 기법은 다른 기법과 달리 계산과정에 주관적인 조작이 필요없으며, 동일한 부품-기계행렬에서 행과 열의 위치의 변화에 관계없이 항상 같은 결과를 주며, 기계그룹의 개수가 같은 경우에는 예외요소의 수가 다른 방법에서 얻은 결과보다 항상 같거나 작음을 보여주고 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 부품의 가공공정에 대한 정보

를 사용하여 부품-기계행렬을 구성한 다음에 각 기계에서 가공되는 부품의 집합간의 상호관련도를 정의하여, 이 상호관련도의 값으로 구성되는 상호관련도행렬을 이용해서 먼저 기계그룹을 구성하고, 그 다음에 부품군을 형성해서 셀제조시스템을 구성하는 생산셀의 구조를 결정하는 기법을 개발하였다.

제안된 기법의 유효성을 평가한 결과로는 비교한 기존의 다른 방법보다 계산과정에 주관적 조작이 필요없고, 항상 일관된 결과를 주며, 기계그룹의 수가 같은 경우에는 예외요소를 최소화한다.

본 연구에서는 가공공정의 유사성을 고려하여 생산셀의 기본적인 구조를 결정하는 문제만 다루었으나, 앞으로 각 생산셀에서 부품의 가공시간 및 생산량을 고려한 부하문제, 대체기계를 고려한 경우의 문제 및 각 생산셀간의 배치와 각 생산셀 내에서의 설비배치계획문제도 계속 연구되어 하나의 토탈시스템화에 대한 연구가 계속되어야 할 것이라고 사료된다.

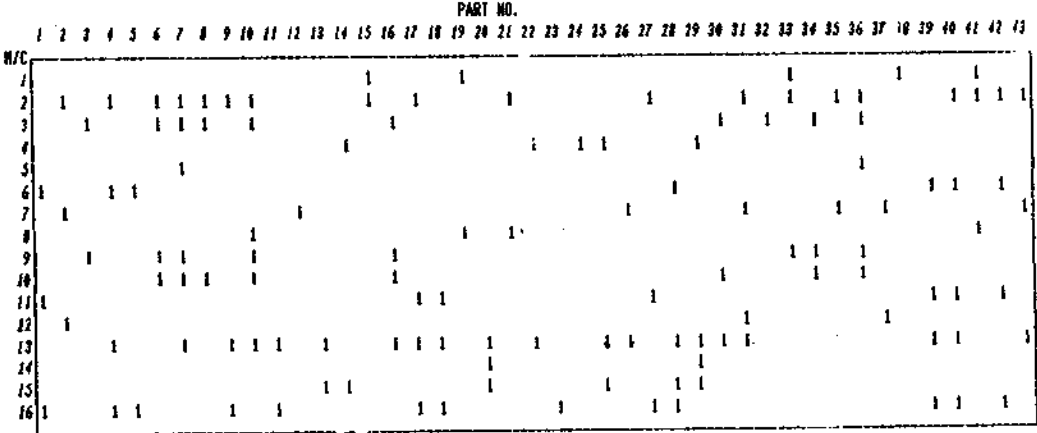


그림 18. 수정된 부품-기계행렬

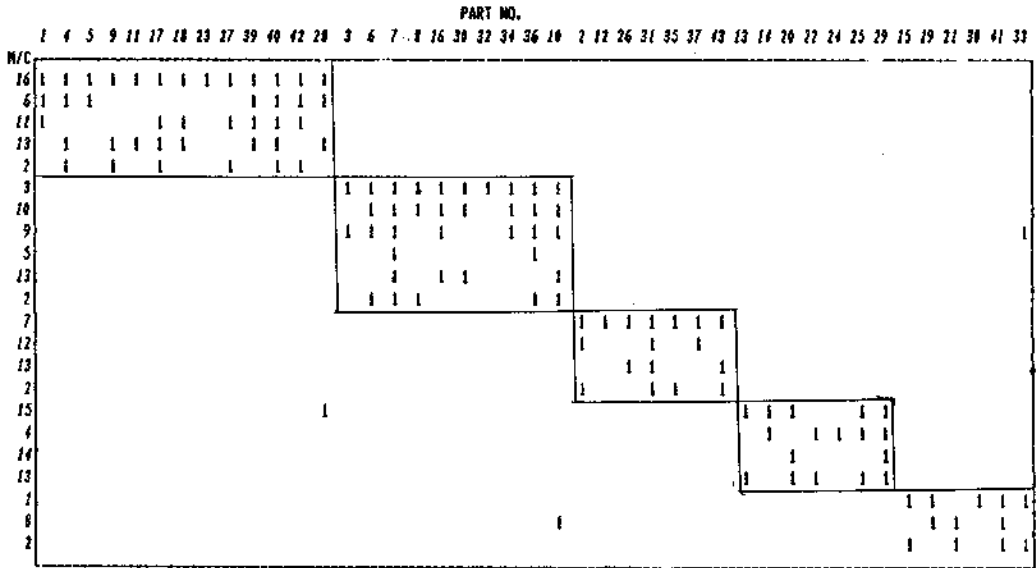


그림21. 제안된 기법에 의한 생산셀의 구성

References

- Huang, P. Y., and Houck, B. L. W., "Cellular Manufacturing: An Overview and Bibliography", *Production and Inventory Management*, Vol. 26, No. 4, pp. 83-92, Fourth Quarter, 1985.
- Burbidge, J. L., "Production Flow Analysis", *The Production Engineer*, Vol. 50, pp. 139-152, April 1971.
- Burbidge, J. L., *The Introduction of Group Technology*, John Wiley, New York, 1975.
- El-Essawy, I. G., and Torrance, J., "Component Flow Analysis-An Effective Approach to Production Systems Design", *The Production Engineer*, Vol. 51, pp. 165-169, May 1972.
- McAuley, J., "Machine Grouping for Efficient Production", *The Production Engineer*, Vol. 52, pp. 53-57, February 1972.
- Seifoddini, H., and Wolfe, P. M., "Application of the Similarity Coefficient Method in Group Technology", *IIE Transactions*, Vol. 18, No. 3, pp. 271-277, September 1986.
- McCormick, W. T., Schweitzer, P. J., and White, T. W., "Problem Decomposition and Data Reorganization by a Clustering Technique", *Operations Research*, Vol. 52, pp. 993-1009, February 1972.
- King, J. R., "Machine-Component Grouping in Production Flow Analysis: An Approach Using a Rank Order Clustering Algorithm", *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 18, pp. 213-237, 1980.
- King, J. R., and Nakornchai, V., "Machine-Component Group Formation in Group Technology: Review and Extension", *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 20, No. 2, pp. 117-133, 1982.
- Chan, H. M., and Milner, D. A., "Direct Clustering Algorithm for Group Formation in Cellular Manufacturing", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 1, No. 2, pp. 65-74, 1982.
- 大場史憲, 加藤 清, 津村俊弘, 安田一彦, "フレキシブル 生産 システムの 構造設計," 日本機械學會論文集(C編), 50巻 455號, pp. 1306-1313, 1984
- Greene, T. J., and Sadowski, R. P., "Cellular Manufacturing Control", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 2, No. 2, pp. 137-145, 1983.