

혼류 조립라인의 재밸런싱에 관한 연구 A Study on the Rebalancing Method of the Mixed-Model Assembly Line

이용일 · 최원준

울산대학교 산업정보경영공학부

Abstract

혼류 조립라인상에 고난도 작업을 요구하는 제품이 연속적으로 투입될 경우에 해당 작업장들은 주어진 사이클 타임내에 조립을 완료하기가 힘들어진다. 라인에서 생산되는 모델의 변경 및 모델들에 대한 제품 생산량의 변화로 인해 기존 라인밸런싱의 운영 효율이 기대 이하로 떨어질 수 있다. 본 연구에서는 혼류 조립라인의 라인밸런싱과 제품의 투입순서 결정이 밀접하게 관련되어 있는 문제임을 인식하고, 혼류 조립라인의 운영 효율을 극대화하기 위해 생산되는 모델에 대한 제품의 투입순서와 기존의 설비 및 작업공간에 따른 제약을 직접적으로 고려하면서 기존 라인밸런싱과의 변동을 최소화하는 재밸런싱에 관한 기법을 제시한다.

1. 서론

혼류 조립라인은 여러 가지 모델의 제품을 한 라인에서 생산함으로써 각 모델의 제품들은 서로 다른 작업들을 가질 수 있고, 같은 작업일지라도 제품에 따라서 작업시간이 다른 특성을 가지고 있다. 따라서 혼류 조립라인에 고난도 작업을 요구하는 제품이 연속적으로 투입될 경우에 해당 작업장들은 주어진 사이클 타임내에 조립을 완료하기가 힘들어진다.

혼류 조립라인에서 생산되는 모델의 변경 및 모델들에 대한 제품 생산량의 변화로 인해

기존 라인밸런싱의 운영상의 효율이 기대 이하로 떨어질 수 있다. 라인밸런싱의 운영 효율을 높이기 위해서는 라인에 대한 재밸런싱이 요구되어지는 데, 이 때 기존의 설비 및 작업공간에 따른 제약이 발생할 수 있다. 본 연구에서는 혼류 조립라인에서 라인밸런싱과 제품의 투입순서 결정이 밀접하게 관련되어 있는 문제임을 인식하고, 혼류 조립라인의 운영 효율을 극대화하기 위해 생산되는 모델에 대한 제품의 투입순서와 기존의 설비 및 작업공간에 따른 제약을 직접적으로 고려하면서 기존 라인밸런싱과의 변동을 최소화하는 재밸런싱에 관한 기법을 제시한다.

2. 기존의 연구

Thomopoulos[11]는 각 작업장의 모델별 작업시간이 가능하면 각 작업장에 균등하게 할당되도록 하는 혼류 조립라인의 라인밸런싱 방법을 제시하였으며, Macaskill[3]은 모델별 작업선후행 공정을 결합하여 기존의 RPW(Ranked Positional Weight) 기법을 적용하였다. Chakravarty와 Shtub[2]는 재공 재고를 고려하는 발견적 기법을 제시하고 있으며, Matanachai와 Yano[4]는 단기 생산순서에 따른 각 작업장의 작업 부하 변동을 최소화하는 Filtered Beam Search 기법을 제시하였으나 이 때 라인밸런싱

단계에서 제품의 투입순서를 직접적으로 고려하지는 않았다.

혼류 조립라인의 제품 투입순서와 관련된 연구로서 Thomopoulos [10]는 라인상의 비효율적인 요소들에 벌금(penalty)을 부과함으로써 작업미완료 비용을 최소화하는 조립라인의 생산순서를 결정하는 문제를 다루었고, Okamura와 Yamachina [7]는 라인 정지를 최소화하기 위한 순서결정의 발견적 기법을 제시하였다. Monden [6]은 목표추적법(Goal Chasing Method)을 통하여 단위 시간에 따른 각 부품의 평균 소모량을 가능한 한 일정하게 유지하도록 하는 생산순서를 결정하도록 하였으며, Yano와 Rachamadugu [12]는 작업장의 능력 초과시간을 최소로 함으로써 전체 미완료 작업의 양을 최소화하는 기법을 제시하였다. Bard, Shtub와 Joshi [2]는 작업장 길이의 최소화과 부품 소모의 평균화를 동시에 고려한 Tabu Search 기법을 제시하였다.

이와 같이 혼류 조립라인에 있어서 라인밸런싱에 대한 연구와 제품의 생산순서결정에 관한 연구가 이루어져 왔다. 그러나 혼류 조립라인의 라인밸런싱 단계에서 제품의 투입순서와 기존의 설비 및 작업공간에 따른 제약을 직접적으로 고려하는 재밸런싱에 관한 연구는 아직까지 이루어지지 않은 것 같다.

3. 문제 정의

본 논문에서는 다음과 같은 가정들이 고려된다.

- ① 조립라인은 컨베이어로 이루어져 있고, 컨베이어는 일정한 속도로 움직인다.
- ② 여러 가지 모델의 제품들이 동일 라인상에서 조립된다.

- ③ 조립 라인상의 작업장은 폐쇄 작업장(closed station) 형태를 띤다.
- ④ 각 모델의 조립 작업에 따른 작업시간과 선후행 공정도가 주어지고, 이것을 하나로 결합한 결합 선후행 공정도를 고려한다.
- ⑤ 조립 라인의 사이클 타임은 고정되어있고 주어진다.
- ⑥ 각 모델들에 대한 제품 생산량(또는 생산율)은 사전에 알려져 있다.
- ⑦ 전체 라인의 길이는 고정되어있고 주어진다.
- ⑧ 기존의 라인밸런스는 주어진다.

먼저 사용되는 기호와 용어에 대해 다음과 같이 정의한다.

M : 모델의 수

J : 작업의 수

K_p : 기존 라인밸런스의 작업장의 수

$k_p(j)$: 기존 라인밸런스에서 작업 j 가 할당된 작업장 인덱스 ($1 \leq k_p(j) \leq K_p, j = 1, \dots, J$)

$CP_{k_p(j)}$: 기존 라인밸런스의 라인 시작점에서 작업 j 가 할당된 작업장의 중심점까지의 거리 (단위:시간)

ML : 최대로 허용되는 전체 라인의 길이 (단위:시간)

K : 작업장의 수 (의사결정 변수)

S_k : 작업장 k 에 할당된 작업들의 집합, $k = 1, \dots, K$. (의사결정 변수)

$j(k)$: 작업장 k 에 할당 가능한 작업들에 대한 하나의 집합(이하 '대안' 이라고 함), $k = 1, \dots, K$.

$t_{m,j(k)}$: 대안 $j(k)$ 하에서 작업장 k 에 할당된

모델 m 의 작업시간, $m = 1, \dots, M$, $k = 1, \dots, K$.

C : 사이클 타임

d_m : 모델 m 의 최소제품생산량 (MPS; minimum part set), $m = 1, \dots, M$.

D : 각 모델의 최소제품생산량의 합
($= \sum_{m=1}^M d_m$)

R_m : 모델 m 의 생산비율 ($= \frac{d_m}{D}$), $m = 1, \dots, M$.

μ_m : 모델 m 을 1단위 조립하는 데 걸리는 작업장에서의 평균작업시간 추정치
($= \sum_{j=1}^J t_{m,j} / K$)

$U_{j(k)}$: 대안 $j(k)$ 하에서 작업장 k 에서 발생하는 유틸리티워크 (단위:시간), $k = 1, \dots, K$.

$AL_{j(k)}$: 대안 $j(k)$ 하에서 작업장 k 에 할당된 작업장 길이(단위:시간), $k = 1, \dots, K$.

$P(j)$: 작업 j 를 이동하는 데 소요되는 비용에 따른 가중치, $j = 1, \dots, J$

$k_c(j)$: (S_1, S_2, \dots, S_K) 에서 작업 j 가 할당된 작업장 인덱스 ($1 \leq k_c(j) \leq K, j = 1, \dots, J$)

$CP_{k_c(j)}$: (S_1, S_2, \dots, S_K) 의 라인 시작점에서 작업 j 가 할당된 작업장의 중심점까지의 거리(단위:시간)

본 연구의 재배런칭 문제는 다음과 같이 표현된다.

Min.

$$\psi_L(S_1, S_2, \dots, S_K) + \alpha \bullet \psi_U(S_1, S_2, \dots, S_K) +$$

$$\beta \bullet \psi_M(S_1, S_2, \dots, S_K) \quad (\text{식0})$$

subject to

$$\psi_L(S_1, S_2, \dots, S_K) = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M |(t_{m,j(k)} - \mu_m) \cdot R_m|}{\sum_{m=1}^M \mu_m \cdot R_m} \quad (\text{식1})$$

$$\psi_U(S_1, S_2, \dots, S_K) = \frac{\sum_{k=1}^K U_{j(k)}}{C \cdot D}$$

(식 2)

$$\psi_M(S_1, S_2, \dots, S_K) = \frac{\sum_{j=1}^J |CP_{k_c(j)} - CP_{k_o(j)}| \cdot P(j)}{ML \cdot \sum_{j=1}^J P(j)}$$

(식 3)

$$\sum_{m=1}^M t_{m,j(k)} \cdot R_m \leq C, \quad k = 1, \dots, K \quad (\text{식 4})$$

(식 4)

$$\sum_{k=1}^K AL_{j(k)} \leq ML \quad (\text{식 5})$$

(식 5)

(S_1, S_2, \dots, S_K) 는 결합선후행 공정도의 선후행 제약조건을 만족해야 한다.

α 는 유틸리티워크에 대한 가중치이고, β 는 기존 라인밸런스와의 변동에 대한 가중치이다. (식 1)은 각 모델의 작업장간에 할당된 작업시간에 대한 변동치의 합으로써 라인의 평균화 정도를 나타낸다. (식 2)는 라인에서 발생하는 유틸리티워크의 발생량을 의미하며, (식 3)은 기존 라인밸런스와의 변동량을 나타낸다. (식 4)는 각 작업장에 할당된 작업들의 평균 작업시간이 사이클 타임보다 작거나 같아야 하는 사이클 타임 제약조건을 나타내고, (식 5)는 각 작업장에

할당된 작업장의 길이의 합은 주어진 전체 라인의 길이를 초과할 수 없다는 것을 의미한다.

4. 재밸런싱에 대한 발견적 기법

본 논문에서 제시하는 재밸런싱에 대한 발견적 기법은 기존 라인밸런싱과의 변동을 최소화하면서 동시에 평균화와 유틸리티워크를 적게 발생시키는 라인밸런싱을 구하게 되는데, 본 연구에서는 2단계 접근방법을 적용한다. 1단계는 기존 라인밸런싱을 토대로 초기 재밸런싱을 구하는 단계이다. 모델 변경 및 제품 Mix의 변동으로 인해 기존 라인밸런싱은 사이클타임 및 선후행 제약조건을 위반할 소지가 있다. 1단계에서는 사이클타임과 선후행 제약조건을 만족하면서 가능한 한 기존 라인밸런싱과의 변동을 최소화하는 초기 재밸런싱을 구한다. 2단계인 재밸런싱 개선에서는 1단계에서 구한 초기 재밸런싱을 토대로 평균화계수 Ψ_L , 유틸리티워크 Ψ_U 와 기존 라인밸런싱과의 변동량 Ψ_M 에 있어서 보다 개선된 재밸런싱을 찾게 된다.

다음은 초기 재밸런싱 절차와 재밸런싱 개선 절차에 대해 구체적으로 서술한다.

초기 재밸런싱 절차

기존 라인밸런싱 $(S_1^p, S_2^p, \dots, S_{K_p}^p)$ 는 주어진다.

단계 1. $(S_1, S_2, \dots, S_K) = (S_1^p, S_2^p, \dots, S_{K_p}^p)$ 으
로 설정한다.

단계 2. 작업장 인덱스 $l=1$ 로 설정한다.

단계 3. 작업들의 집합 $TS = S_l \cup S_{l+1}$ 를
구한다.

단계 4. 만일 $TS = \phi$ 이면 마친다. 그렇지

않으면 단계 5로 간다.

단계 5. TS 의 작업들을 대상으로 작업장 l 에
할당 가능한 대안들의 집합인

$$G = \{S_{j(l)}^i | i=1, \dots, n\}$$
 를 생성한다.

단, n 은 생성된 대안의 개수이다.

단계 6. 모든 대안 i 에 대하여

$$(S_1^i, \dots, S_l^i, S_{l+1}^i, \dots, S_K^i) =$$

$$(S_1^p, \dots, S_{j(l)}^i, TS - S_{j(l)}^i, \dots, S_{K_p}^p)$$
 으로

설정하고 $k_c^i(j)$ 를 계산하고 다음과

같은 목적 함수값 O_i 를 계산한다.

$$O_i =$$

$$\delta \cdot \frac{\left(C - \sum_{j \in S_l^i} \sum_{m=1}^M (t_{m,j} \cdot R_m) \right)}{C} +$$

$$(1-\delta) \cdot \frac{\sum_{j=1}^J |k_p(j) - k_c^i(j)| \cdot P(j)}{\sum_{j=1}^J P(j)}, \quad i=1, \dots, n$$

단, δ 는 0과 1사이의 값을 갖는
가중치이다.

단계 7. 모든 대안중에서 가장 작은 목적

함수값 O_i 를 갖는 $(S_1^i, S_2^i, \dots, S_K^i)$ 를

선택한다.

단계 8. $(S_1, S_2, \dots, S_K) =$

$$(S_1^i, S_2^i, \dots, S_K^i)$$
 으로 할당하고,

$l=l+1$ 로 두고 단계 3으로 간다.

위에서 제시한 초기 재밸런싱 절차는 기존 라인밸런싱을 토대로 사이클타임과 선후행 제약조건을 만족하면서 작업이동에 따른 가중치를 이용하여 기존 라인밸런싱과의

변동을 최소화함과 동시에 사이클타임과 각 작업장에 할당된 작업장 시간과의 차이를 고려함으로써 작업장 수가 적은 초기 재밸런스를 구할 수 있도록 한다.

재밸런스 개선 절차

초기 재밸런스 (S_1, S_2, \dots, S_K) 는 초기 재밸런싱 절차에 의해 구해지고, 초기 재밸런스에 대한 목적 함수 값은 $O_{IMT} = \Psi_L(S_1, S_2, \dots, S_K) + \alpha \bullet \Psi_U(S_1, S_2, \dots, S_K) + \beta \bullet \Psi_M(S_1, S_2, \dots, S_K)$ 에 의해 계산된다. 이때 라인상에서 발생하는 유틸리티워크 Ψ_U 는 라인에 투입되는 제품의 투입순서와 각 작업장에 할당된 작업장 길이에 의해 직접적인 영향을 받는다. 제품의 투입순서결과 관련하여 본 연구에서는 Monden [6]에 의해 소개된 목표추적법을 변형시킨 발전적 기법(이하 “작업장부하 평준화순서계획법”이라고 한다)을 적용한다. 기존의 연구에 의하면 작업장부하 평준화 순서계획법은 상대적으로 유틸리티워크를 보다 적게 발생시키는 순서계획을 생성한다는 것을 알 수 있다 [9]. 각 작업장에 할당된 작업장 길이도 또한 유틸리티워크에 직접적인 영향을 끼치므로 본 연구에서는 유틸리티워크가 최소로 발생하도록 각 작업장 길이를 조절하는 방법을 제시한다. 초기 재밸런스 (S_1, S_2, \dots, S_K) 에 대한 각 작업장 길이 $AL_k (k=1, \dots, K)$ 는 먼저 최대 허용되는 전체 라인의 길이 (ML)를 각 작업장에 균등하게 할당한 후 본 연구에서 제시한 작업장 길이 조절방법을 적용한 후의 각 작업장길이를 설정한다. 작업장길이 조절 방법에 대해서는 추후 구체적으로 서술한다.

γ : 작업장 검색 범위

γ_U : 작업장 검색 범위의 상한 (사용자 설정

변수)

단계 1. $\gamma = 3$ 와 γ_U 를 설정한다.

단계 2. 작업장 기준 인덱스 $l = K$ 로 설정한다.

단계 3. 작업들의 집합 $TS = \bigcup_{k=l-\gamma+1}^l S_k$ 를 구한다.

단계 4. TS 의 작업들을 대상으로 작업장 $l-\gamma+1$ 에서 l 까지 각 작업장에 할당 가능한 대안들의 집합인

$$G = \{ \{ S_{j(l-\gamma+1)}^i, \dots, S_{j(l-1)}^i, S_{j(l)}^i \} \mid i = 1, \dots, n \}$$

를 생성한다. 단, n 은 생성된 대안의 개수이고, $TS - \bigcup_{k=l-\gamma+1}^l S_k^i = \phi$, $i = 1, \dots, n$ 이다.

단계 5. $G = \phi$ 이면 단계 9로 가고, 그렇지 않으면 단계 6으로 간다.

단계 6. 모든 대안 i 에 대하여 $(S_1^i, S_2^i, \dots, S_K^i)$ =

$$(S_1, \dots, S_{j(l-\gamma+1)}^i, \dots, S_{j(l)}^i, \dots, S_K)$$

로 설정하고 다음과 같은 목적 함수값 O_i 를 계산한다. 이 때, 작업장부하 평준화 순서계획법을 이용하여 제품의 투입순서를 구하고, 초기 작업장길이를 토대로 작업장길이 조절방법을 적용하여 각 작업장 길이를 정한다.

$$O_i =$$

$$\sum_{k=1}^K \frac{\sum_{m=1}^M |(t_{m,k}^i - \mu_m) \cdot R_m|}{\sum_{m=1}^M \mu_m \cdot R_m} + \alpha \cdot \frac{\sum_{k=1}^K U_k^i}{C \cdot D} +$$

$$\beta \cdot \frac{\sum_{j=1}^J |CP_{k,j} - CP_{k,j}^i| \cdot P(j)}{ML \cdot \sum_{j=1}^J P(j)}, \quad i=1, \dots, n$$

단계 7. 모든 대안중에서 가장 작은 목적 함수값 O_i 를 갖는 $(S_1^i, S_2^i, \dots, S_K^i)$ 를 선택한다.

단계 8. 만일 $O_i \leq O_{MIT}$ 이면 $O_{MIT} = O_i$, $(S_1, S_2, \dots, S_K) = (S_1^i, S_2^i, \dots, S_K^i)$ 으로 할당한다.

단계 9. 만일 $l > \gamma$ 이면 $l = l - 1$ 로 두고 단계 3으로 가고, 그렇지 않으면 단계 10으로 간다.

단계 10. 만일 $\gamma < \gamma_U$ 이면 $\gamma = \gamma + 1$ 로 두고 단계 2로 가고, 그렇지 않으면 단계 11로 간다.

단계 11. (S_1, S_2, \dots, S_K) 를 구하고 마친다.

위에서 제시한 재밸런스 개선 절차는 초기 재밸런스 (S_1, S_2, \dots, S_K) 의 마지막 작업장부터 설정된 작업장 검색 범위(γ)만큼의 작업장에 할당된 작업들을 대상으로 각 작업장에 할당 가능한 대안들을 생성하여, 그 대안들 중 초기 재밸런스의 목적 함수값 O_{MIT} 보다 적게 발생시키는 대안을 선택하면서 처음 작업장이 고려될 때까지 수행함으로써 초기 재밸런스의 목적 함수값보다 적은 목적 함수값을 가지는 라인밸런스를 찾는 것이다.

작업장 길이 조절 방법:

AL_k : 작업장 k 에 할당된 작업장 길이(단위: 시간), $k=1, \dots, K$, $\left(\sum_{k=1}^K AL_k = ML \right)$.

$\Psi_U(AL_k)$: 작업장 k 의 길이가 AL_k 일 때 작업장 k 에서 발생하는 유틸리티워크, $k=1, \dots, K$.

Δ : 작업장 길이를 조절할 수 있는 최소단위 (단위:시간)

$\Psi_U(AL_k + \Delta)$: 작업장 k 의 길이를 Δ 만큼 증가시켰을 때, 작업장 k 에서 발생하는 유틸리티워크, $k=1, \dots, K$.

$\Psi_U(AL_k - \Delta)$: 작업장 k 의 길이를 Δ 만큼 감소시켰을 때, 작업장 k 에서 발생하는 유틸리티워크, $k=1, \dots, K$.

단계 1. 모든 작업장에 대한 $\Psi_U(AL_k)$, $\Psi_U(AL_k + \Delta)$, $\Psi_U(AL_k - \Delta)$ 를 계산한다.

단계 2. U_{max} 와 U_{min} 을 구한다.
 $U_{max} = \max\{\Psi_U(AL_k) - \Psi_U(AL_k + \Delta), k=1, \dots, K\}$
 $U_{min} = \min\{\Psi_U(AL_k - \Delta) - \Psi_U(AL_k), k=1, \dots, K\}$

단계 3. 만일 $U_{max} > U_{min}$ 이면, 단계4로 가고, 그렇지 않으면 마친다.

단계 4. a와 b를 구한다.

a = U_{max} 값을 갖는 작업장중에서 임의로 선택된 작업장 인덱스

b = U_{min} 값을 갖는 작업장중에서 임의로 선택된 작업장 인덱스

단계 5. $AL_a \leftarrow AL_a + \Delta$ 와 $AL_b \leftarrow AL_b - \Delta$ 를 계산하고, 단계1로 간다.

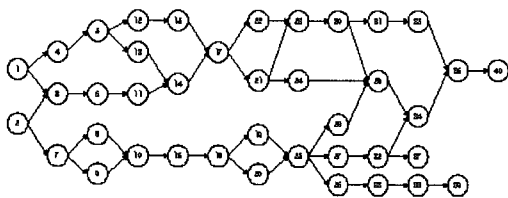
5. 적용예제

제시한 발견적 기법의 성능을 평가하기 위해서는 먼저 기존 라인밸런스와 작업장 길이가 주어져야 한다. 본 실험에서는 기존 라인밸런스를 구하는 데 있어서 각 작업장의 모델별 작업시간이 가능하면 균등하게 할당되도록 하는 Thomopoulos[11]에 의해 제시된 방법을 적용한다. 기존 라인밸런스에 대한 각 작업장 길이는 주어진 제품

mix하에서 작업장부하 평균화 순서계획법에 의해 구한 제품의 투입순서로 투입했을 때 유틸리티워크가 발생하지 않는 각 작업장 길이로 설정했다. 이 때 설정된 각 작업장 길이의 합이 최대로 허용되는 전체라인의 길이(ML)로 설정된다.

제시한 발견적 기법에 대한 성능 평가척도는 평균화계수 ψ_L , 유틸리티워크 ψ_U 와 기존 라인밸런스와 의 변동량 ψ_M 을 고려한다. 이 세 개의 평가척도의 값이 모두 작을수록 보다 좋은 라인밸런스임을 의미한다.

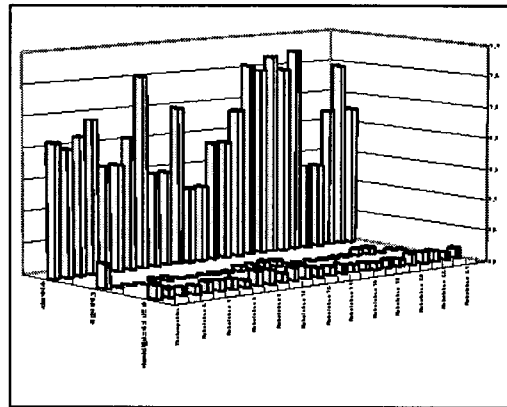
성능 측정을 위하여 40개의 작업($J=40$)으로 구성되어 있는 5개의 모델($M=5$)을 고려하였으며, 모델별 작업에 따른 작업시간($t_{m,j}$)은 일양분포를 이용하여 모델1 ~ UNIF(0,10), 모델2,3,4 ~ UNIF(0,15), 모델5 ~ UNIF(0,20)으로 랜덤하게 추출하였으며, $\sum_{j=1}^J t_{1,j} \leq \sum_{j=1}^J t_{2,j} \leq \sum_{j=1}^J t_{3,j} \leq \sum_{j=1}^J t_{4,j} \leq \sum_{j=1}^J t_{5,j}$ 가 되도록 각 모델의 순서를 설정하였다. 각 작업장의 사이클 타임(C)은 동일하게 60으로 주어진다고 가정하였다. 고려된 결합 선후행 공정도는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 결합 선후행 공정도

위와 같은 환경하에서 한 개의 문제를 생성하였다. 제품 mix는 $d_1:d_2:d_3:d_4:d_5 = 5:4:3:2:1$ 에서 1:2:3:4:5으로 변경된다고 가정한다. 제품 mix가 5:4:3:2:1 일 때

Thomopoulos[11]에 의해 제시된 방법을 적용하여 구한 라인밸런스를 기존 라인밸런스로 하였다. 이를 토대로 제품 mix가 1:2:3:4:5인 경우에 대해 본 연구에서 제시한 재밸런싱 절차를 적용하여 구한 25개의 재밸런스에 대한 평가척도의 값이 <그림 2>에 나타나 있다. 본 연구에서 제시한 재밸런싱 방법에 의해 구한 해와 제품 mix가 1:2:3:4:5일 때 각 작업장의 모델별 작업시간이 가능하면 균등하게 할당되도록 하는 Thomopoulos[11]에 의해 제시된 방법을 적용하여 구한 라인밸런스에 대한 평가척도의 값을 비교해 본다.



<그림 2> 재밸런싱 결과

<그림 2>에서 빗금친 막대그래프는 Thomopoulos[11]에 의한 방법을 적용했을 때의 평가척도 값($\psi_L=0.852$, $\psi_U=0.151$, $\psi_M=0.081$)을 나타낸다. 재밸런싱 절차에 의해 구해진 재밸런스 중의 하나인 Rebalance 1의 평가척도 값은 $\psi_L=0.804$, $\psi_U=0.000$, $\psi_M=0.056$ 으로써 Thomopoulos[11]에 의해 구한 라인밸런스보다 고려되는 평가척도에 있어서 보다 좋은 라인밸런스를 구한다는 것을 알 수 있다. 또한 각 평가척도에 따른 가중치에 따라서 보다 적은 평가척도 값을 갖는 라인밸런스를 선택하는 것도 가능하다.

6. 요약 및 결론

본 연구에서는 혼류 조립라인의 운영 효율을 극대화하기 위해 생산되는 모델에 대한 제품의 투입순서와 기존의 설비 및 작업공간에 따른 제약을 직접적으로 고려하면서 기존 라인밸런스와와의 변동을 최소화하는 재밸런싱에 관한 발견적 기법을 제시하였다. 또한 재밸런싱시에 평균화계수, 유틸리티워크, 기존 라인밸런스와와의 변동량에 따른 다목적 함수를 고려함으로써 각 평가척도에 대한 가중치를 조정함으로써 다양하게 원하는 재밸런스를 구할 수도 있다.

적용 예제를 통하여 본 논문에서 제시한 발견적 기법이 고려된 평가척도에 있어서 보다 좋은 라인밸런스를 구한다는 것을 알 수 있었다.

[참고문헌]

- [1] Bard, J.F., Shtub, A., and Joshi, S.B., "Sequencing Mixed-Model Assembly Lines to Level Parts Usage and Minimize Line Length", *International Journal of Production Research*, Vol.32, No.10, pp.2431-2454, 1994.
- [2] Chakravarty, A.K. and Shtub, A., "Balancing Mixed Model Lines with In-Process Inventories", *Management Science*, Vol.31, No.9, pp.1161-1174, 1985.
- [3] Macaskill, J.L.C., "Production-Line Balances for Mixed Model Lines", *Management Science*, Vol. 19, No. 4, pp.423-434, 1972.
- [4] Matanachai, S. and Yano, C.A., "Balancing Mixed-Model Assembly Lines to Reduce Work Overload", *IIE Transactions*, Vol. 33, pp.29-42, 2001.
- [5] Merengo, C., Nava, F. and Pozzetti, A., "Balancing and Sequencing Manual Mixed-Model Assembly Lines", *International Journal of Production Research*, Vol.37, No.12, pp.2835-2860, 1999.
- [6] Monden, Y., *Toyota Production System, 2nd ed.*, Institute of Industrial Engineers, Norcross, Georgia, USA, 1993.
- [7] Okamura, K. and Yamashina, H., "A Heuristic Algorithm for the Assembly Line Model-Mix Sequencing Problem to Minimize the Risk of Stopping the Conveyor", *International Journal of Production Research*, Vol.17, No.3, pp.233-247, 1979.
- [8] Rachamadugu, R. and Talbot, B., "Improving the Equality of Workload Assignments in Assembly Lines", *International Journal of Production Research*, Vol.29, No.3, pp.619-633, 1991.
- [9] Sumichrast, R.T., Russell, R.S., and Taylor III, B.W., "A Comparative Analysis of Sequencing Procedures for Mixed-Model Assembly Lines in a Just-In-Time Production System", *International Journal of Production Research*, Vol.30, No.1, pp.199-214, 1992.
- [10] Thomopoulos, N.T., "Line Balancing-Sequencing for Mixed Model Assembly", *Management Science*, Vol. 14, No.2, pp.59-75, 1967.
- [11] Thomopoulos, N.T., "Mixed Model Line Balancing with Smoothed Station Assignments", *Management Science*, Vol. 16, No.2, pp.593-603, 1970.
- [12] Yano, C.A. and Rachamadugu, R., "Sequencing to Minimize Work Overload in Assembly Lines with Product Options", *Management Science*, Vol.37, No.5, pp.572-586, 1991.