

在庫設備規模를 위한 最適分配 모델의 研究

(A Study on the Optimum Allocation Model for Inventory Capacity)

崔 震 永 *

鄭 起 鎬 **

Abstract

The objective of this thesis to provide a better insight into the effect of the amount of in-process storage has on the efficiency of production line with variable operation times. It is assumed that the material enters the line at the first work station and is then processed progressively through the line until it exits at the last work station, a finite amount of in-process storage is provided before all but the first work station of the line and the operation time of the work stations are statistically independent and follow exponential distribution.

Under the above assumption, optimum allocation model is developed and following two approaches are used ;

- 1) Given the available storage capacity, optimum allocation which minimizes the number of items in the line.
- 2) Given the available storage capacity, optimum allocation which maximizes the utilization factor of the line.

In a balanced three stage line, the production line efficiency is maximized under both categories when the second in-process storage is larger than the first.

1. 序 論

製品的 製造過程을 몇 단계로 區分하여 연속적으로 수행해 나감으로써 製品的 標準化를 꾀하고 나아가 單位當 生産原價를 節減시키기 위한 라인生産體系(line production system)가 考案되었다. 이러한 라인生産體系는 規模가 클 뿐 아니라 構造가 매우 複雜하므로 이를 合理的으로 設計하면 費用을 많이 節減할 수 있다. 라인生産體系의 合理的인 設計를 위해서는 製品이 生産될 때 工場設備를 效率의이며 經濟的으로 活用하기 위해서는 라인을 構成하고 있는 各 作業臺 사이에 얼마나 큰 中間在庫設備를 設置하는 것이 最適인가 하는 問題가 대두된다.

本 研究에서는 作業臺 作業時間의 可變性으로 인한 영향을 감소시키는 여러가지 方法中 中間在庫設

備의 設置規模를 다루었으며, 이를 위해 最適分配 모델을 設定하여, 理論的으로 生産體系의 效率에 미치는 여러가지 要因들을 分析·檢討하여 이를 合理的으로 解決할 수 있는 方法에 대하여 考察하였다.

2. 一般的인 中間在庫問題의 考察

一般的으로 各 作業臺 사이의 中間在庫設備는 다음과 같은 3가지 경우로 區分될 수 있다.²⁾

- ① 各 作業臺 사이에 無限한 크기의 中間在庫設備가 있는 경우
- ② 各 作業臺 사이에 中間在庫가 없는 경우
- ③ 各 作業臺 사이에 有限의 中間在庫設備가 있는 경우

各 作業臺 사이에 有限한 크기의 中間在庫設備가 있는 경우가 現實的으로 가장 빈번한 경우이므로 가장 큰 관심의 대상이 된다. 또한 앞의 두 경우는 有限在庫問題의 特別한 경우(limiting case)이므로 有限在庫問題를 分析하면 자연히 解決될 수 있다.

* 京畿大學 助教授

** 京畿大學 專任講師

中間在庫問題의 研究는 Hunt,⁵⁾ Rao, Basu,³⁾ Kraemer & Love,⁶⁾ Young¹⁰⁾ 등이 試圖한 分析의 方法, Hillier & Boling⁴⁾ 이 試圖한 數值解析方法, 그리고 Barten²⁾ 이 試圖한 computer simulation 方法 등이 있는데 이러한 研究들은 모두 各 作業臺 앞에 같은 크기의 中間在庫設備을 設置한다는 假定下에서 出發했다. 그러나 資源의 效率인 利用을 위해서는 좀더 다른 角度에서의 分析이 必要하다. 라인의 앞에 있는 作業臺와 뒤에 있는 作業臺에 모두 같은 크기의 中間在庫設備을 設置하는 것보다 狀況에 따라 서로 다른 크기의 設備을 設置하는 것이 보다 合理的이라고 생각된다.

만약 中間在庫設備에 따른 費用이 無視할 만큼 적다면 各 作業臺마다 充分한 크기의 中間在庫設備을 設置하면 되겠으나 設置費用이 매우 클 경우에는 設置可能한 總 中間在庫設備을 合理的으로 分配하여 各 作業臺 앞에 設置하는 것이 바람직하다.

3. 最適分配 모델

3.1 定義 및 假定的 設定

本 研究에서는 편의상 다음과 같이 定義를 하고 몇 가지 假定을 設定하였다.

- ① 一般의인 結果를 구하기 위해서는 N個의 作業臺가 있는 라인을 分析해야 되겠으나 作業臺가 많아지면 分析이 不可能하므로 本 研究에서는 3個의 作業臺가 있는 경우를 대상으로 하고, 各 作業臺는 WS1, WS2, WS3으로 表示한다.
- ② 各 中間在庫設備은 BS1, BS2로 表示한다.
- ③ 作業臺1 앞에는 항상 加工할 原料가 있어 기아현상(starving)이 일어나지 않는다.
- ④ 原料는 作業臺 1,2,3을 順次로 통과하면 라인의 밖으로 나온다.
- ⑤ 作業臺3 뒤에는 充分한 크기의 在庫設備가 있어 作業臺3에서는 막힘현상(blocking)이 일어나지 않는다.
- ⑥ 各 作業臺의 作業時間은 指數分布에 따르며 平均作業速度는 a_1, a_2, a_3 이다. 따라서 各 作業臺 作業時間의 密度函數는

$$f_i(t) = a_i e^{-a_i t} \quad (i = 1, 2, 3)$$

- ⑦ 作業臺 사이에 S_1, S_2 의 中間在庫設備가 있다.
- ⑧ 라인의 活用度(utilization factor)를 U라 表示한다.

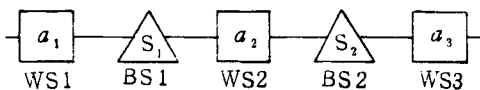


그림 1. Basic model

上記 모델을 그림으로 表示하면 그림 1과 같다.

3.2 모델의 構成

모델의 構成을 위해 다음과 같이 定義한다.

- ① $Q_1 = \text{Queue 1}, Q_1 = S_1 + X_1 + Y_1$
- ② $Q_2 = \text{Queue 2}, Q_2 = S_2 + X_2 + Y_2$
- ③ $X_1 = \begin{cases} 1; \text{만약 WS1이 blocked} \\ 0; \text{만약 WS1이 作業中} \end{cases}$
- ④ $Y_1 = \begin{cases} 1; \text{만약 WS2가 作業中} \\ 0; \text{만약 WS2가 blocked} \end{cases}$
- ⑤ $X_2 = \begin{cases} 1; \text{만약 WS2가 blocked} \\ 0; \text{만약 WS2가 作業中} \end{cases}$
- ⑥ $Y_2 = \begin{cases} 1; \text{만약 WS3이 作業中} \\ 0; \text{만약 WS3이 blocked} \end{cases}$
- ⑦ $(i, j) = \begin{cases} i: Q_1 \text{ 內의 在工品數} \\ j: Q_2 \text{ 內의 在工品數} \end{cases}$

이상과 같이 定義하면 라인의 體系狀態(system state)는 記號 (i, j) 로 表示될 수 있다.

즉 $0 \leq i \leq S_1 + 2, 0 \leq j \leq S_2 + 2$ 의 값을 가지며, 만약 $i = S_1 + 2$ 라면 WS1은 blocked 되고 BS1은 포화상태이며, WS2는 作業中이라는 것을 의미한다. 만약 $i < S_1 + 2$ 이면 WS1은 作業中이고 $i = BS1$ 과 WS2內의 在工品數이다. 마찬가지로 만약 $j = S_2 + 2$ 라면 WS2는 blocked되고 BS2는 포화상태이며, WS3는 作業中이라는 것을 의미한다. 만약 $j < S_2 + 2$ 이면 $j = BS2$ 와 WS3內의 在工品數이다. 또한 同時에 $i = S_1 + 2, j = S_2 + 2$ 일 수는 없다. 만약 $i = S_1 + 2$ 이고 $j = S_2 + 2$ 라면 WS2가 同時에 blocked 되고, 作業中이라는 것을 의미하므로 모순이 되기 때문이다.

以上과 같은 體系의 狀態變移圖表(state transition diagram)는 그림 2와 같다.

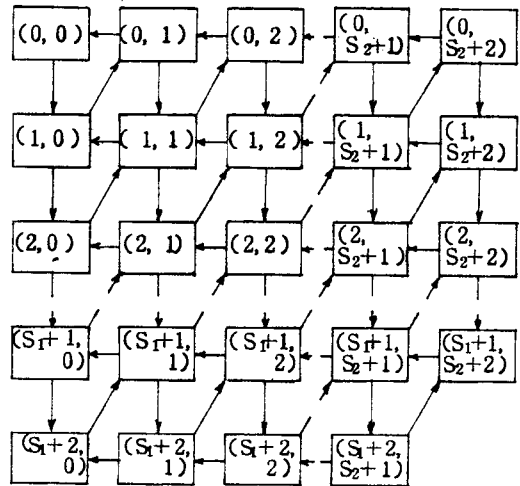


그림 2. 狀態變移圖表

$P_{i,j}(t)$: 時刻 t 에 體系狀態가 (i, j) 일 確率이라 定義하면 그림 2로부터 다음과 같은 式을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P_{0,0}(t+\Delta t) &= P_{0,0}(t)(1-a_1\Delta t) \\
 &\quad + P_{0,1}(t) a_3\Delta t \\
 P_{0,S_2+2}(t+\Delta t) &= (1-a_3\Delta t)(1-a_1\Delta t)P_{0,S_2+2}(t) \\
 &\quad + P_{1,S_2+1}(t) a_2\Delta t \\
 P_{S_1+2,0}(t+\Delta t) &= (1-a_2\Delta t)P_{S_1+2,0}(t) \\
 &\quad + a_1\Delta t P_{S_1+1,0}(t) \\
 &\quad + a_3\Delta t P_{S_1+2,1}(t) \\
 P_{i,j}(t+\Delta t) &= (1-a_1\Delta t)(1-a_2\Delta t)(1-a_3\Delta t) \\
 &\quad P_{i,j}(t) + a_3\Delta t P_{i,j+1}(t) + a_1\Delta t \\
 &\quad P_{i-1,j}(t) + a_2\Delta t P_{i+1,j-1}(t) \\
 P_{S_1+2,j}(t+\Delta t) &= (1-a_3\Delta t)(1-a_2\Delta t) \\
 &\quad P_{S_1+2,j}(t) + a_3\Delta t P_{S_1+2,j+1}(t) \\
 &\quad + a_1\Delta t P_{S_1+1,j}(t) \\
 P_{i,S_2+2}(t+\Delta t) &= (1-a_1\Delta t)(1-a_3\Delta t)P_{i,S_2+2}(t) \\
 &\quad + a_2\Delta t P_{i+1,S_2+1}(t) \\
 &\quad + a_1\Delta t P_{i-1,S_2+2}(t) \\
 P_{S_1+1,S_2+2}(t+\Delta t) &= P_{S_1+1,S_2+2}(t)(1-a_3\Delta t) \\
 &\quad + a_3\Delta t P_{S_1+2,S_2+1}(t) \\
 &\quad + a_1\Delta t P_{S_1,S_2+1}(t)
 \end{aligned}$$

平衡狀態에서는

$$\frac{dP_{i,j}(t)}{dt} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{i,j}(t+\Delta t) - P_{i,j}(t)}{\Delta t} = 0$$

이 되므로 平衡方程式을 구할 수 있다. $\rho_1 = \frac{a_1}{a_2}$, $\rho_2 = \frac{a_1}{a_3}$ 이라 定義하고 式들을 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 P_{i,j} &= \rho_1^i \rho_2^j P_{0,0} \quad (i=0,1,\dots,S_1+1, j=0,1,\dots,S_2+1) \\
 P_{0,S_2+2} &= \frac{\rho_2^{S_2+2}}{1+\rho_2} P_{0,0} \\
 P_{i,S_2+2} &= \sum_{r=1}^{i+1} \frac{\rho_1^{i+1-r} \rho_2^{S_2+1+r}}{(1+\rho_2)^r} P_{0,0} \quad (i=1,2,\dots,S_1) \\
 P_{S_1+1,S_2+2} &= \sum_{r=1}^{S_1+1} \frac{\rho_1^{S_1+1-r} \rho_2^{S_2+r+2}}{(1+\rho_2)^r} P_{0,0} + \frac{\rho_1^{S_1+1} \rho_2^{S_2+3}}{(\rho_1+\rho_2)} P_{0,0} \\
 P_{S_1+2,j} &= \sum_{r=1}^{S_2+2-j} \frac{\rho_1^{S_1+1+r} \rho_2^{j+r}}{(\rho_1+\rho_2)^r} P_{0,0} \quad (j=1,2,\dots,S_2+1) \\
 P_{S_1+2,0} &= \sum_{r=0}^{S_2+2} \frac{\rho_1^{S_1+r+2} \rho_2^r}{(\rho_1+\rho_2)^r} P_{0,0} \\
 \sum_{i=0}^{S_1+1} \sum_{j=0}^{S_2+1} P_{i,j} + \sum_{j=0}^{S_2+1} P_{S_1+2,j} + \sum_{i=0}^{S_1+1} P_{i,S_2+2} &= 1
 \end{aligned}$$

이다.

그러므로 $P_{0,0}$ 는 다음과 같다.

$$\alpha = \frac{A\rho_2}{\rho_1+\rho_2}, \quad \beta = \frac{\rho_2}{A(1+\rho_2)}, \quad \tau = 1 - \left(\frac{\rho_2}{\alpha}\right)^{S_2+1}$$

로 놓고 정리해 보면

$$\begin{aligned}
 P_{0,0} &= \left[\left(\frac{1-\rho_1^{S_1+2}}{1-\rho_1}\right) \left(\frac{1-\rho_2^{S_2+2}}{1-\rho_2}\right) + \rho_1^{S_1+2} \left(\frac{1-\alpha^{S_2+2}}{1-\alpha}\right) \right. \\
 &\quad + \rho_1^{S_1+1} \left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right) \left\{ \frac{A_2(1-\rho_2^{S_2+1})}{1-\rho_2} - \frac{\rho_2 \alpha^{S_2+1}}{1-\left(\frac{\rho_2}{\alpha}\right)} \right\} \\
 &\quad + \frac{\rho_2^{S_2+2}}{1+\rho_2} + \rho_2^{S_2+1} \left(\frac{\beta}{1-\beta}\right) \left\{ \frac{\rho_1^2(1-\rho_1^{S_1})}{1-\rho_1} \right. \\
 &\quad \left. \left. - \frac{(\rho_1\beta)^2 \{1-(\rho_1\beta)^{S_1}\}}{1-\rho_1\beta} \right\} + \rho_1^{S_1+1} \rho_2^{S_2+2} \right. \\
 &\quad \left. \left(\frac{\beta}{1-\beta}\right) (1-\beta^{S_1+1}) + \frac{\rho_1^{S_1+1} \rho_2^{S_2+3}}{\rho_1+\rho_2} \right]^{-1}
 \end{aligned}$$

3·2·1 라인의 活用度 誘導

라인의 平均作業速度(mean output rate: MOR)는 WS3의 平均作業速度에 의해 決定되므로 다음과 같이 구할 수 있다.⁶⁾

$$\text{라인의 平均作業速度 (MOR)} = (\text{WS3의 平均作業速度}) \times (\text{WS3의 作業中일 확률}) = a_3 \left(1 - \sum_{i=0}^{S_1+2} P_{i,0}\right)$$

$$\text{MOR} = a_3 \left[1 - P_{0,0} \left\{ \frac{1-\rho_1^{S_1+2}}{1-\rho_1} + \rho_1^{S_1+2} \left(\frac{1-\alpha^{S_2+2}}{1-\alpha}\right) \right\} \right]$$

라인의 活用度 U는

$$U = \frac{\text{MOR}}{a_3}$$

3·2·2 라인內的 平均在庫品數 誘導

라인內的 平均在庫品數(ENL)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{ENL} &= \sum_{i=0}^{S_1+1} \sum_{j=0}^{S_2+1} (i+j) P_{i,j} + \sum_{i=0}^{S_2+1} (S_1+2+j) \\
 P_{S_1+2,j} &= \sum_{i=0}^{S_1+1} (S_1+2+i) P_{i,S_2+2} \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

이 式을 정리하면

$$\text{ENL} = \left\{ \rho_1^{S_1+1} \rho_2^{S_2+2} \frac{\beta(1-\beta^{S_1+1})}{1-\beta} + \frac{\rho_1^{S_1+1} \rho_2^{S_2+3}}{\rho_1+\rho_2} \right\} (S_1+6S_2+3)$$

3·2·3 中間在庫設備內的 平均在庫品數 誘導

中間在庫設備內的 平均在庫品數(ENB)은 다음과 같이 구한다.

4 崔震永·鄭起鎭

$$ENB = \sum_{i=1}^{S_1+1} \sum_{j=1}^{S_2+1} (i+j-2) P_{i,j} + \sum_{j=1}^{S_2+1} (S_1+j-1) P_{S_1+2,j} + \sum_{i=1}^{S_1+1} (S_2+i-1) P_{i,S_2+2} \dots\dots\dots (2)$$

3·2·4 均衡化된 라인의 活用度 誘導

앞에서 본 바와 같이 各 作業臺의 平均作業速度가 서로 다를 경우에는 分析이 매우 복잡하다. 그러나 各 作業臺의 平均作業速度가 같을 경우에는 (balanced line) 비교적 쉽게 分析이 가능하다. 즉 $a_1 = a_2 = a_3$ 이면 $\rho_1 = 1, \rho_2 = 1$ 이 되므로 平衡方程式의 解는 다음과 같이 간단한 式이 된다.

$$P_{i,j} = P_{0,0} (i=0,1,\dots, S_1+2) (j=0,1,\dots, S_2+1)$$

$$P_{i,S_2+2} = \sum_{r=1}^{i+1} \frac{1}{2^r} P_{0,0} \quad (i=1,2,\dots, S_1)$$

$$P_{0,S_2+2} = \frac{1}{2} P_{0,0}$$

$$P_{S_1+1,S_2+2} = \sum_{r=1}^{S_1+1} \frac{1}{2^r} P_{0,0} + \frac{1}{2} P_{0,0}$$

$$P_{S_1+2,j} = \sum_{r=1}^{S_2+2-j} \frac{1}{2^r} P_{0,0} \quad (j=1,2,\dots, S_2+1)$$

$$P_{S_1+2,0} = \sum_{r=0}^{S_2+1} \frac{1}{2^r} P_{0,0}$$

$$\sum_{i=0}^{S_1+1} \sum_{j=0}^{S_2+1} P_{i,j} + \sum_{j=0}^{S_2+1} P_{S_1+2,j} + \sum_{i=0}^{S_1+1} P_{i,S_2+2} = 1$$

그러므로

$$P_{0,0} = \left[(S_1+1)(S_2+1) + 2(S_1+1) + 2(S_2+1) + \frac{5}{2} \right]^{-1}$$

만약 $Z_1 = S_1+1, Z_2 = S_2+1$ 이라 놓으면

$$P_{0,0} = \left[Z_1 Z_2 + 2Z_1 + 2Z_2 + \frac{5}{2} \right]^{-1} \dots\dots\dots (3)$$

$$MOR = a_3 \left(1 - \sum_{i=0}^{S_1+2} P_{i,0} \right) = a_3 \left[\frac{Z_1 Z_2 + Z_1 + 2Z_2 + \left(\frac{1}{2}\right)Z_2 - \frac{1}{2}}{Z_1 Z_2 + 2Z_1 + 2Z_2 + \frac{5}{2}} \right]$$

라인의 活用度는

$$U = \frac{MOR}{a_3} = \frac{Z_1 Z_2 + Z_1 + 2Z_2 + \left(\frac{1}{2}\right)Z_2 - \frac{1}{2}}{Z_1 Z_2 + 2Z_1 + 2Z_2 + \frac{5}{2}} \dots\dots (4)$$

만약 $S_1 = S_2$ 이면 ($Z_1 = Z_2 = Z$)

$$U = \frac{Z^2 + 3Z + \left(\frac{1}{2}\right)Z - \frac{1}{2}}{Z^2 + 4Z + \frac{5}{2}}$$

이다.

3·2·5 均衡化된 라인內的 平均在工品數의 誘導 式 (1), (3)에 의하여 간단히 정리해 보면

$$ENL = \frac{(Z_1+Z_2)^2 + Z_1 Z_2 \left(1 + \frac{Z_1+Z_2}{2}\right) + \frac{1}{2}(7Z_1+3Z_2)}{Z_1 Z_2 + 2(Z_1+Z_2) + \frac{5}{2}} + \frac{\left(\frac{1}{2}\right)Z_1 - \left(\frac{1}{2}\right)Z_2 + \frac{3}{2}}{\dots\dots\dots} (5)$$

만약 $Z_1 = Z_2 = Z$ 이면

$$ENL = \frac{Z^3 + 5Z^2 + 5Z + \frac{3}{2}}{Z^2 + 4Z + \frac{5}{2}}$$

이 된다.

3·2·6 均衡化된 라인에서 中間在庫設備內的 平均在工品數 誘導

같은 방법으로 式 (2), (3)을 이용하고

만약 $Z_1 = Z_2 = Z$ 이면

$$ENB = \frac{Z^3 + 2Z^2 - 4.5Z + (Z-2)\left(\frac{1}{2}\right)Z + 2}{Z^2 + 4Z + \frac{5}{2}}$$

S의 값에 따라서 ENL과 ENB를 나타내면 그림 3과 같다. 여기에서 살펴보면 ENL과 ENB의 차가 3이하이다. 이것은 稼働率이 낮다. 따라서 作

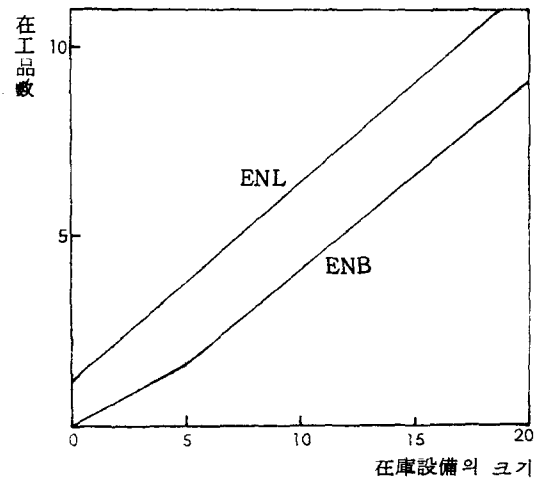


그림 3. 在庫設備의 크기에 따른 在工品數

業量 앞·뒤의 中間在庫設備의 規模를 어떻게 해야 할 것인가를 알아야 한다. 만약 中間在庫設備가 無限이면 그 차이는 3이다.

3·3 모델의 分析

이제까지 전체 시스템에 대한 모델을 開發하였다. 이제 주어진 中間在庫設備를 最適分配하기 위한 모델을 開發하고 分析하고자 한다.

最適分配모델의 開發을 위해 다음과 같은 두 가지 接近方法을 택한다.

- ① 設置 가능한 總 中間在庫設備가 주어질 때 라인 내의 平均在工品數를 最少化하는 分配모델
- ② 設置 가능한 總 中間在庫設備가 주어질 때 라인 의 活用度를 最大化하는 分配모델

3·3·1 라인內의 平均在工品數를 最少化하는 分配 모델

ENL은 式 (5)과 같고 이 式에서 $Z_i > 2 (i=1,2)$ 이면

$$ENL = \frac{(Z_1 + Z_2)^2 + Z_1 Z_2 \left(1 + \frac{Z_1 + Z_2}{2}\right)}{Z_1 Z_2 + 2(Z_1 + Z_2)}$$

$$+ \frac{\frac{1}{2}(7Z_1 + 3Z_2) + \frac{3}{2}}{\frac{5}{2}}$$

만약 設置 가능한 總 中間在庫設備의 크기를 T-2라 하면 $Z_1 + Z_2 = T$

$$ENL = \frac{-\left(1 + \frac{1}{2}T\right)Z_1^2 + \left(T + \frac{1}{2}T^2 + 2\right)Z_1 + T^2 + \frac{3}{2}T + \frac{3}{2}}{-Z_1^2 + TZ_1 + 2T + \frac{5}{2}}$$

$$\frac{d(ENL)}{dZ_1} = \frac{2Z_1^2 - (3.5T + 2)Z_1 + \frac{7}{4}T^2 + 5T + 5}{\left(-Z_1^2 + TZ_1 + 2T + \frac{5}{2}\right)^2}$$

그런데 $\frac{d(ENL)}{dZ_1} > 0 \quad \forall Z_1$ 이다. 그러므로 ENL

은 Z_1 의 단조증가함수(monotone increasing function)이다.

즉 라인內의 在工品數를 줄이기 위해서는 BS1보다 BS2를 크게 할수록 좋다.

3·3·2 라인의 活用度를 最大化하는 分配모델

라인의 活用度는 式 (4)와 같다. 여기서 $Z_2 > 2$ 이면

$$U = \frac{Z_1 Z_2 + Z_1 + 2Z_2 - \frac{1}{2}}{Z_1 Z_2 + 2Z_1 + 2Z_2 + \frac{5}{2}}$$

設置 가능한 總 中間在庫設備의 크기를 T-2라 하면 $Z_1 + Z_2 = T$

그러므로 活用度는

$$U = \frac{-Z_1^2 + (T-1)Z_1 + \left(2T - \frac{1}{2}\right)}{-Z_1^2 + TZ_1 + 2T + \frac{5}{2}}$$

$$\frac{dU}{dZ_1} = \frac{-Z_1^2 - 6Z_1 + T - \frac{5}{2}}{\left(-Z_1^2 + TZ_1 + 2T + \frac{5}{2}\right)^2}$$

그런데 $\frac{d^2U}{dZ_1^2} < 0, Z_1 > 0$ 이므로 U는 Z_1 의

concave 함수이다(그림 4 參照).

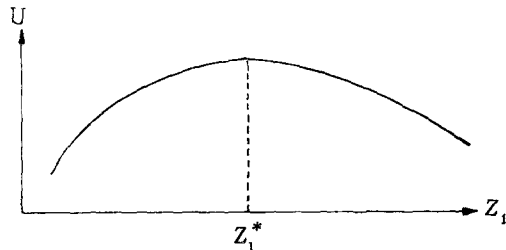


그림 4. 最適設備規模의 決定

$\frac{dU}{dZ_1} = 0$ 에서

$$Z_1^* = -3 + \sqrt{8.5 + T}$$

$$U^* = \frac{13 + 2T - (5 + T)\sqrt{8.5 + T}}{13 + 2T - (6 + T)\sqrt{8.5 + T}}$$

總 中間在庫設備의 크기를 TA라 하면

$T = TA + 2$ 이므로

最適設備規模 S_1^*, S_2^* 는

$$S_1^* = Z_1^* - 1 = \sqrt{TA + 8.5} - 4$$

$$S_2^* = Z_2^* - 1 = TA - S_1^* = TA + 4 - \sqrt{TA + 8.5}$$

이다.

最大活用度는

$$U^* = \frac{2TA + 17 - (TA + 7)\sqrt{TA + 8.5}}{2TA + 17 - (TA + 8)\sqrt{TA + 8.5}}$$

이다.

TA의 값에 따른 U^* 를 나타내면 그림 5와 같다.

여기서 $S_2^* - S_1^* = TA + 8 - 2\sqrt{TA + 8.5} > 0 \quad \forall TA$ 이므로

$$S_2^* > S_1^* \quad \forall TA \text{이다.}$$

이다.

그러므로 라인의 活用度가 最大로 되려면 BS2가 BS1보다 커야함을 알 수 있다.

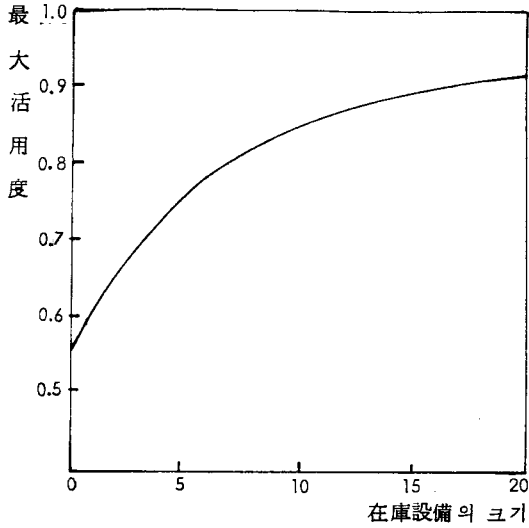


그림 5. 在庫設備의 크기에 따른 最大活用品度

4. 結 論

라인生産體系를 合理的으로 設計하기 위한 많은 研究가 되어 왔으나 大部分 作業臺의 作業速度는 一定하다는 假定下에서 出發한 研究였다. 그러나 現實的으로는 作業臺 作業時間에 可變性이 있으므로 이를 고려하여 라인을 設置하여야 보다 合理的이다.

本 研究에서는 作業時間의 可變性을 고려하여 이로 인한 效果를 줄이기 위한 方法으로 中間在庫의 設置 모델을 다루었다. 즉 라인에 作業臺가 3臺 있고 作業時間은 指數分布에 따르며, 均衡화된 경우에 設置 가능한 總 中間在庫設備을 合理的으로 分配하여 各 作業臺 앞에 設置하는 方法에 대해 論했다.

그 結果 各 作業臺 앞에 같은 크기의 中間在庫設備을 設置하는 것보다 다른 크기의 中間在庫設備을 設置하는 것이 合理的임을 밝혔다. 特히 라인內의 在工品數를 줄이기 위해서는 가능한 限 뒤의 作業臺에 더욱 큰 中間在庫設備을 두는 것이 좋다는 것이 밝혀졌다. 이러한 結果는 一般的으로 客이 들어와 順次的으로 서비스를 받고 나가는 시스템, 유통시스템 등에 適用할 수 있을 것으로 思料된다.

作業臺의 數가 4臺 以上の 경우는 다루지 못했으나, computer simulation 方法이나 數值解析法을

쓰면 分析이 可能하리라 생각되며, 또한 分析의 편의상 作業臺의 故障은 고려하지 않았으나 앞으로의 研究에서는 이러한 요소들도 포함하여 分析하는 것이 合理的인 接近方法이 될 것이다.

參 考 文 獻

- 1) 金滿植, OR理論, 서울: 創知社, 1978.
- 2) Barten, K. A., "A Queueing simulator for Determine Optimum Inventory levels in a Sequential Process," *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 13, No. 4, 1962, pp. 245 ~ 252.
- 3) Basu, R. N., "The Interstage Buffer Storage Capacity of Non Powered Assembly lines," *International Journal of Production Research*, Vol. 15, No. 4, 1977, pp. 365 ~ 382.
- 4) Hillier, F. S., and R. w. Boling, "Finite Queues with Exponential or Erlang Service Times - A Numerical Approach," *Operations Research*, Vol. 15, No. 1, 1967.
- 5) Hunt, G. C., "Sequential Arrays of Waiting lines," *Operations Research*, Vol. 4, No. 4, 1956.
- 6) Kraemer, S. A., and R. F. Love, "A Model for Optimizing the Buffer Inventory Storage Size in a Sequential Production System," *AIIE Transactions*, Vol. 2, No. 1, 1970, pp. 64 ~ 69.
- 7) Moore, J. M., *Plant Layout and Design*, New York: The Macmillan Co., 1962.
- 8) Sheskin, T. J., "Allocation of Interstage Storage Along an Automatic Production Line," *AIIE Transactions*, Vol. 8, No. 1, 1976, pp. 146 ~ 152.
- 9) Taha, H. A., *Operations Research*, New York: The Macmillan Co., 1971.
- 10) Young, H. H., "Optimization Models for Production Lines," *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 18, No. 1, 1967, pp. 70 ~ 78.
- 11) Zerbe, D. R., and R. J. Fox, "Some Practical System Availability Calculation," *AIIE Transaction*, Vol. 6, 1974, pp. 228 ~ 238.