

조립라인에서 무인 운반차(AGV)의 방출시간간격 결정에 관한 연구

-A Study on Determining the Launching Time Interval of AGV in Assembly Line-

金 昇 榮*
李 根 熙**

Abstract

In automated assembly line, an automatic guided vehicle system(AGVS) represents a more versatile means of moving materials automatically.

In this paper, the vehicles not only provide the transportation medium between workstations but also as mobile workstations. The objective for the developed model is the determination of the appropriate time to control AGV based assembly line in order to minimize production makespan while maximizing the efficient use of vehicles.

In this paper, we consider the finished goods of two types which are produced in assembly line. The assembly line is considered with and without queue.

Because no buffer are present in case 1, this model seeks to determine the point in time at which vehicles should be launched in the assembly line without experiencing a delay. The case 2 model also seek to determine the vehicle launch times while minimizing production makespan. The assumption in this model is that the maximum queue size cannot exceed i at any time.

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 개요

산업구조의 전환 및 주변여건의 변화에 따른 제품의 원가상승요인 등 국내 경제여건의 환경변화는 급속도로 달라지고 있으며, 기업간의 경쟁과 국내 경쟁에서의 우위 확보를 위해서는 생산라인의 합리화와 자동화에 의한 비용절감이 우리 기업들이 당면한 최대 과제가 되고 있다.

이러한 과제를 실현하기 위하여 공장 자동화(Factory Automation : FA) 및 유연 생산시스템(Flexible Manufacturing System : FMS)을 추진하고 있으며, 기존 보유하고 있는 설비의 연결성과 장래 시스템 증설에 따른 시각적, 공간적인 변동요인에 즉각 대응할 수 있는 유연한(flexible) 시스템이 크게 요구되어지고 있다.

무인 운반차(Automatic Guided Vehicle : AGV)는 이러한 시스템을 구축하는데 있어서 필수불가결한 운송 장치로서, 다품종소량생산, 혼합생산 등의 생산방식에서 요구되는 유연성(flexibility)이 뛰어나며 공성간의 물류 이동을 유기적이며 유연하게 결합시킬 수 있는 기기이다.

기능적인 면에서 살펴보면, AGV는 내장된 배터리에 의해 주행되며 작업자의 중재가 없어도 정해진 경로를 따라 운행할 수 있도록 프로그래밍되어 있어 컴퓨터로 통제가 가능하다.

AGV 시스템을 유형별로 분류하면 다음과 같다[11].

- Driverless Train : 처음 소개된 형태로 현재도 널리 이용되고 있다. 열차와 유사한 형태로 하나 혹은 여러 개의 트레일러(trailer)가 연결되어 있으며 하중이 큰 화물을 비교적 거리가 먼 지점까지 적재나 하역을 하기 위해 사용되고 있다.
- AGVS pallet truck : 정해진 경로를 따라 pallet화 된 부품들을 운반하는데 이용된다.
- AGVS unit load carriers : 이 형태는 unit load를 한 작업장에서 다른 작업장으로 운반하는데 이용된다. 보통 powered roller, moving belt들이 장치되어 있어 자동적으로 적재와 하역작업이 이루어진다.

*漢陽大學校 大學院 産業工學科

**한양대학교 산업공학과 교수

접수 : 1991. 4. 27.

unit load는 함께 취급되는 부품들을 하나의 단위로서 모아놓은 것이다. 따라서 생산라인에서 AGV unit load carrier를 사용하게 되면, 하나의 부품을 싣고 운행하는 대신 여러개의 부품(unit load)을 싣고 운행하게 된다.

유연 생산라인에서 운송되는 AGV는 기능면에서 두가지 형태로 이용되며 그 내용은 다음과 같다.

- 운송기능 : 차량은 단지 작업장간에 물품을 운반해 주는 기능만을 수행한다. 작업장에 도착하면 즉시 load가 차량으로부터 하역된 후 작업이 이루어지게 된다. 이러한 형태는 자동차 공장에서 적용되고 있으며, 최소 차량의 수와 가능한 Schedule해를 찾는 문제가 발생된다.
- 운송/작업장 기능 : 차량은 운송기능 뿐 아니라 유동하는 작업장으로써 이용된다. unit load를 차량위에 고정시켜 생산라인으로 들어가며 그 상태로 작업이 수행되는 형태이다. 작업을 완수한 차량은 완제품을 하역한 후 다시 생산라인의 맨 처음으로 되돌아와 다음 작업을 수행하게 된다. 따라서 단순히 차량운용을 제조정하므로써 경로변경과 설비배치가 용이하므로 새로운 부품의 도입이나 현존하는 부품의 재거 등의 작업이 큰 노력이나 투자없이 이루어진다.

본 연구에서는 AGV가 운송/작업장 기능을 함께 수행하는 경우로써 조립라인에서 운용될 때, 그 시스템의 효율을 극대화 시키기 위한 AGV의 최적 방출시간을 결정하는 문제를 다룬다.

두 가지 경우로 나누어 모델설정을 하는데, 첫째는 buffer를 허용하지 않는 경우를 다루고, 둘째는 인접한 작업장 사이에 단지 하나의 buffer가 허용되는 경우를 고려한다.

1.2 연구 목적

AGV가 너무 짧은 시간 간격으로 생산라인에 방출되면 라인상에 unit load의 대기행렬(queue)이 발생된다. 대기하고 있는 각각의 unit load는 운행중인 차량을 묶어 두는 결과를 초래하므로, 매우 비싼 장비인 AGV가 묶여 발생하는 비효율성을 고려하여 buffer를 설정해야 한다.

한편, AGV가 너무 큰 시간간격을 두고 느슨하게 방출된다면 라인상에 유휴시간(idle time)이 생겨 작업장에서의 처리시간이 지연되므로 이 또한 바람직하지 못한 요소가 된다.

그러므로 본 논문에서는 차량의 효과적인 사용을 극대화 시키는 한편 작업완료시간(Production Makespan)을 최소화 시키기 위해 AGV의 적절한 방출 시간을 결정하기 위한 모델을 설정하였다.

2. 모델의 설정

본 연구에서 고려하는 조립라인은 그림 2.1에 나타난 바와 같이 연결되어 두 가지 형태의 제품을 생산하는 경우이다. 제품 A은 station i에서 station N까지의 각 station에서 작업이 이루어지지만, 제품 B는 생산라인에 연결된 substation에서 작업이 수행된 후 다음 station으로 이동하게 된다. 이 경우 적재/하역은 라인에 연결된 컨베이어 벨트와 AGV에 설치된 moving belt 사이에서 자동으로 이루어진다. 그리고 본 모델에서 사용되는 AGV는 원재료 보유구간(raw material holding area)에서 여러개의 동일 부품으로 이루어진 unit load를 싣고 각 station으로 이동하는 운송기능은 물론 유동작업장의 기능까지도 수행하는 형태이다.

본 연구에서는 차량이 서비스를 받기 위해 기다리는 동안 라인상에 buffer를 허용하지 않는 경우와 각 station에 single capacity queue를 허용하는 경우로 나누어 고려한다. 첫번째 경우에는 queue가 허용되지 않는 제약조건하에서 작업완료시간과 차량의 유휴시간을 최소화 시킬 수 있는 차량의 최적 방출시간을 구한다. 두번째 경우에는 queue의 크기가 최대 1을 넘지 않는 제약하에서 작업완료시간을 최소화 시키는 최적 방출시간을 구한다.

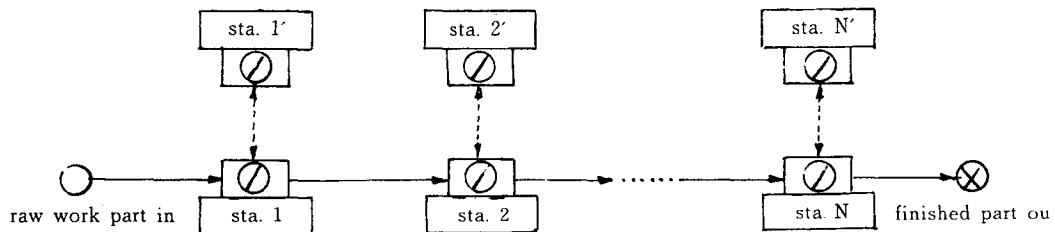


그림 2.1

2.1 전제 조건

본 모델의 설계를 위해 필요한 전제 조건은 다음과 같다.

- (1) 각 station에서 한빈에 단 하나의 unit load가 처리될 수 있다.
(Single Occupancy Constraint : SOC)
- (2) 두 지점사이에서 운행되는 차량의 운행시간은 미리 알려져 있고 차량에 의해 운반되는 부품들과 무관하다.
- (3) 각 station에서 처리되는 unit load의 부품당 처리시간은 미리 알려져 있다.
- (4) 차량에서 적재(load)하고 하역(unload)하는 시간은 미리 알려져 있다.

2.2 기호의 정의

본 모델의 설계를 위해 필요한 기호들은 다음과 같이 정의된다.

N : station의 번호

K : load의 번호

m_j : load_j의 부품수; $1 \leq j \leq K$

$q_j(i)$: station i에서 load_j의 부품당 평균 처리시간

$$1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq K$$

$q_j(i')$: station i'에서 load_j의 부품당 평균 처리시간

$$1 \leq i' \leq N, 1 \leq j \leq K$$

S(i) : station i-1에서 station i까지 각 load를 운송하는데 소요되는 시간

$$1 \leq i \leq N$$

$r_j(i)$: station i에서 load_j의 처리시간; $|r_j(i)| = q_j(i) * m_j$

$r_j(i')$: station i'에서 load_j의 처리시간; $|r_j(i')| = q_j(i') * m_j$

$U_j(i')$: station i에서 station i'로 load_j를 적재(unload)하는데 소요되는 시간

$L_j(i')$: station i에서 station i'로 load_j를 적재(unload)하는데 소요되는 시간

$R_j(i)$: $r_j(i) + U_j(i) + L_j(i)$

$\Delta t_j(i)$: station i에서 load_{j-1}과 load_j의 방출 시간간격

$$0 \leq i \leq N, 2 \leq j \leq K$$

$\Delta t_j(c)$: SOC에 임계점인 station c에서 load_{j-1}과 load_j의 방출 시간간격

$$1 \leq c \leq N, 2 \leq j \leq K$$

$T_j(i)$: station i로 부터 load_j가 방출되는 시간

2.3 수리적 모델

2.3.1 [전제조건 1] 라인상에 큐(queue)가 허용되지 않는 모델

이 모델에서의 가정은 AGV가 도착하자마자 대기하지 않고 station에서 load를 받아들여 처리한다는 것이다. 조립라인을 통과하는 AGV의 운행시간은 각 station간의 이동시간과 station에서의 처리시간과 적재/하역 시간과의 함수관계로 표현된다.

만일 시스템의 초기에 AGV를 너무 빨리 방출하게 되면, 앞 선의 AGV가 어떤 station에서 미처 처리되기도 전에 뒤이은 AGV가 그 station으로 진입하게 되어 앞에서 언급했던 SOC를 위배하게 된다. 이와 반대로 AGV를 너무 늦게 방출하게 되면 하나 혹은 그 이상의 station에서 유휴시간(idle time)이 발생된다.

따라서 본 모델에서는 SOC조건을 만족시킴과 동시에 라인상에서 발생될 수 있는 불필요한 유휴시간을 발생시키지 않기 위한 AGV의 최적 방출시기를 결정하는 문제를 다룬다.

이를 위해 어떤 load와 앞서 처리되는 load_{j-1} 사이의 관계를 고려하면 그림 2.2와 같이 표현된다.

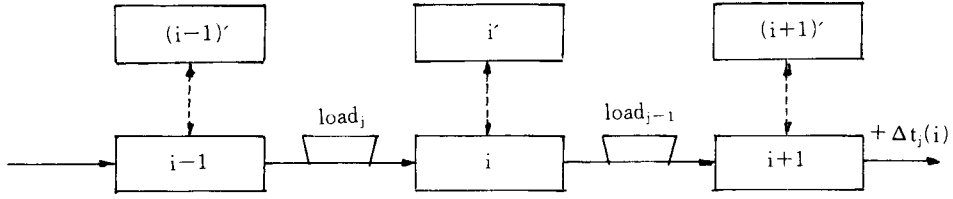


그림 2.2

Station i 에서 $load_{j-1}$ 과 $load_j$ 의 방출시간간격을 나타내는 $\Delta t_j(i)$ 는 $0 \leq i \leq N$, $2 \leq j \leq K$ 까지의 범위에서 표현된다. 여기서 $i=0$ 는 원재료보유구간(raw material holding area)를 의미한다.

Station $i+1$ 에서 $load_j$ 와 $load_{j-1}$ 사이의 방출 시간간격, $\Delta t_j(i+1)$ 은 발생가능한 네 가지 경우를 고려하여 다음과 같은 방정식으로 나타낼 수 있다.

[CASE 1] $load_j$ 와 $load_{j-1}$ 이 동일한 형태의 제품 A를 생산하는 경우

$$\begin{aligned} \Delta t_j(i+1) &= \Delta t_j(i) + r_j(i+1) - r_{j-1}(i+1) \\ 0 \leq i \leq N-1, \quad 2 \leq j \leq K \end{aligned} \quad (1.1)$$

[CASE 2] $load_j$ 는 제품 A, $load_{j-1}$ 은 제품 B의 제품을 생산하는 경우

$$\begin{aligned} \Delta t_j(i+1) &= \Delta t_j(i) + r_j(i+1) - [r_{j-1}(i+1)' + L_{j-1}(i+1)' + U_{j-1}(i+1)'] \\ &= \Delta t_j(i) + r_j(i+1) - R_{j-1}(i+1) \\ 0 \leq i \leq N-1, \quad 2 \leq j \leq K \end{aligned} \quad (1.2)$$

[CASE 3] $load_j$ 는 제품 B, $load_{j-1}$ 은 제품 A의 제품을 생산하는 경우

$$\begin{aligned} \Delta t_j(i+1) &= \Delta t_j(i) + [r_j(i+1)' + L_{j-1}(i+1)' + U_{j-1}(i+1)'] - r_{j-1}(i+1) \\ &= \Delta t_j(i) + R_j(i+1) - r_{j-1}(i+1) \\ 0 \leq i \leq N-1, \quad 2 \leq j \leq K \end{aligned} \quad (1.3)$$

[CASE 4] $load_j$ 와 $load_{j-1}$ 이 동일한 형태의 제품 B를 생산하는 경우

$$\begin{aligned} \Delta t_j(i+1) &= \Delta t_j(i) + [r_j(i+1)' + L_{j-1}(i+1)' + U_{j-1}(i+1)'] - [r_{j-1}(i+1)' + L_{j-1}(i+1)' + U_{j-1}(i+1)'] \\ &= \Delta t_j(i) + R_j(i+1) - R_{j-1}(i+1) \\ 0 \leq i \leq N-1, \quad 2 \leq j \leq K \end{aligned} \quad (1.4)$$

먼저 station 1이 $load_j$ 와 $load_{j-1}$ 에 대한 SOC의 임계지점이라 가정하고 초기 방출시간간격, $\Delta t_j(0)$,를 구한다. 다음엔 같은 두개의 $load_j$ 와 $load_{j-1}$ 에 대해 station 2가 임계지점이라 가정하여 또 다른 초기 방출시간간격을 구한다.

이와같이 station N 까 계산하면 결국 N 개의 다른 초기 방출시간간격을 구할 수 있으며 이 중 최대값이 최적 초기방출시간간격으로 결정된다. 왜냐하면 최대값이 선택되지 않을 경우 그 선택된 값보다 큰 값을 갖는 station에서 SOC를 위배하기 때문이다.

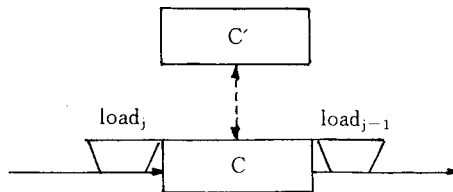


그림 2.3

load_j와 load_{j-1} 사이의 최적 초기방출시간간격을 계산하기 위해, 먼저 station c가 SOC에 임계지점이라 가정하면 그림 2.3과 같이 나타낼 수 있으며, 위에서 언급했던 네가지 경우를 고려하여 다음과 같은 식들을 구할 수 있다.

[CASE 1] load_j와 load_{j-1}이 동일 형태의 제품 A를 생산하는 경우.

$$\Delta t_j(c) = r_j(c); 1 \leq c \leq N, 2 \leq j \leq K \quad (2.1)$$

식 (1.1), (2.1)로부터 식 (3.1)과 (3.2)를 구한다.

$$\Delta t_j(c+1) = \Delta t_j(c) + r_j(c) - r_{j-1}(c) \quad (3.1)$$

$$\Delta t_j(c) = r_j(c) \quad (3.2)$$

식 (3.2)의 $\Delta t_j(c)$ 을 식 (3.1)에 대입하여 정리하면

$$\begin{aligned} \Delta t_j(c-1) &= r_j(c) - r_j(c) + r_{j-1}(c) \\ &= r_{j-1}(c) \end{aligned} \quad (3.3)$$

식 (3.3)을 식 (1.1)의 형태로 바꿔쓰면

$$\Delta t_j(c-1) = \Delta t_j(c-2) + r_j(c-1) - r_{j-1}(c-1)$$

따라서

$$\Delta t_j(c-2) = \Delta t_j(c-1) - r_j(c-1) + r_{j-1}(c-1) \quad (3.4)$$

식 (3.3)을 식 (3.4)에 대입하면

$$\Delta t_j(c-2) = r_{j-1}(c) - r_j(c-1) + r_{j-1}(c-1) \quad (3.5)$$

계속 이와 같은 방법으로 계산하면

$$\begin{aligned} \Delta t_j(c-3) &= r_{j-1}(c) - [r_j(c-1) - r_{j-1}(c-1)] - [r_j(c-2) - r_{j-1}(c-2)] \\ \Delta t_j(c-4) &= r_{j-1}(c) - [r_j(c-1) - r_{j-1}(c-1)] - [r_j(c-2) - r_{j-1}(c-2)] - [r_j(c-3) - r_{j-1}(c-3)] \\ &\vdots \\ \Delta t_j(0) &= r_{j-1}(c) - \sum_{p=1}^{c-1} [r_j(p) - r_{j-1}(p)] \end{aligned} \quad (3.6)$$

SOC제약에 임계지점인 station c의 초기 방출시간간격을 표시하기 위해 첨자 c를 사용하면 아래와 같다.

$$\Delta t_j^{c1}(0) = r_{j-1}(c) - \sum_{p=1}^{c-1} [r_j(p) - r_{j-1}(p)] \quad (4.1)$$

$1 \leq c \leq N, 2 \leq j \leq K, i, j$ 는 정수

이 때 최적 초기방출시간간격, $\Delta t_j^*(0)$,은 구한 값들 중 최대값이 된다. 즉,

$$\Delta t_j^*(0) = \max \{ \Delta t_j^{c1}(0) \}$$

[CASE 2] load_j는 제품 A, load_{j-1}은 제품 B를 생산하는 경우.

$$\Delta t_j(c) = r_j(c)$$

$$\Delta t_j(c) = \Delta t_j(c-1) + r_j(c) - R_{j-1}(c)$$

$$\Delta t_j(c-1) = \Delta t_j(c) - r_j(c) + R_{j-1}(c)$$

$$= R_{j-1}(c)$$

$$\Delta t_j(c-2) = \Delta t_j(c-1) - r_j(c-1) + R_{j-1}(c-1)$$

$$= R_{j-1}(c) - r_j(c-1) + R_{j-1}(c-1)$$

$$\Delta t_j(c-3) = R_{j-1}(c) - [r_j(c-1) - R_{j-1}(c-1)] - [r_j(c-2) - R_{j-1}(c-2)]$$

$$\vdots$$

$$\Delta t_j(0) = R_{j-1}(c) - \sum_{p=1}^{c-1} [r_j(p) - R_{j-1}(p)]$$

$$\begin{aligned}\Delta t_j^{c2}(0) &= R_{j-1}(c) - \sum_{p=1}^{c-1} [r_j(P) - R_{j-1}(P)] \\ \Delta t_j^*(0) &= \max \{ \Delta t_j^{c2}(0) \}\end{aligned}\quad (5.1)$$

[CASE 3] $load_j$ 는 제품 B, $load_{j-1}$ 은 제품 A를 생산하는 경우.

$$\begin{aligned}\Delta t_j(c) &= R_j(c) \\ \Delta t_j(c) &= \Delta t_j(c-1) + R_j(c) - r_{j-1}(c) \\ \Delta t_j(c-1) &= \Delta t_j(c) - R_j(c) + r_{j-1}(c) \\ &= r_{j-1}(c) \\ \Delta t_j(c-1) &= \Delta t_j(c-2) + R_j(c-1) - r_{j-1}(c-1) \\ \Delta t_j(c-2) &= \Delta t_j(c-1) - R_j(c-1) + r_{j-1}(c-1) \\ &= r_{j-1}(c) - R_j(c-1) + r_{j-1}(c-1) \\ \Delta t_j(c-3) &= r_{j-1}(c) - [R_j(c-1) - r_{j-1}(c-1)] - [R_j(c-2) - r_{j-1}(c-2)] \\ &\vdots \\ \Delta t_j(0) &= r_{j-1}(c) - \sum_{p=1}^{c-1} [R_j(P) - r_{j-1}(P)] \\ \Delta t_j^{c3}(0) &= r_{j-1}(c) - \sum_{p=1}^{c-1} [R_j(P) - r_{j-1}(P)] \\ \Delta t_j^*(0) &= \max \{ \Delta t_j^{c3}(0) \}\end{aligned}\quad (6.1)$$

[CASE 4] $load_j$ 와 $load_{j-1}$ 이 동일 제품 B를 생산하는 경우

$$\begin{aligned}\Delta t_j(c) &= R_j(c) \\ \Delta t_j(c) &= \Delta t_j(c-1) + R_j(c) - R_{j-1}(c) \\ \Delta t_j(c-1) &= \Delta t_j(c) - R_j(c) + R_{j-1}(c) \\ &= R_j(c) - R_j(c) + R_{j-1}(c) \\ &= R_{j-1}(c) \\ \Delta t_j(c-1) &= \Delta t_j(c-2) + R_j(c-1) - R_{j-1}(c-1) \\ \Delta t_j(c-2) &= \Delta t_j(c-1) - R_j(c-1) + R_{j-1}(c-1) \\ &= R_j(c) - R_j(c-1) + R_{j-1}(c-1) \\ \Delta t_j(c-3) &= R_{j-1}(c) - [R_j(c-1) - R_{j-1}(c-1)] - [R_j(c-2) - R_{j-1}(c-2)] \\ &\vdots \\ \Delta t_j(0) &= R_{j-1}(c) - \sum_{p=1}^{c-1} [R_j(P) - R_{j-1}(P)] \\ \Delta t_j^{c4}(0) &= R_{j-1}(c) - \sum_{p=1}^{c-1} [R_j(P) - R_{j-1}(P)] \\ \Delta t_j^*(0) &= \max \{ \Delta t_j^{c4}(0) \}\end{aligned}\quad (7.1)$$

$T_j(i)$ = station i 에서 $load_j$ 가 처리된 후 빠져나가는 시간(exit time)

$0 \leq i \leq N$, $1 \leq j \leq K$, i, j 는 정수

$$T_j(i) = \begin{cases} 0 & i=0, j=1 \\ T_{j-1}(i) + t_j^*(i) & i=0, j=2, K \\ T_j(i-1) + S(i) + r_j(i); \text{ 제품 A} \\ T_j(i-1) + S(i) + R_j(i); \text{ 제품 B} \\ i=1, N; j=1, K \end{cases}$$

여기서 $T_K(N)$ 은 일단의 K load에 대한 총 작업시간을 의미한다.

2.3.2 [전제조건 2] 하나의 큐(queue)가 존재하는 모델

각 station의 입구에는 앞선의 load가 처리되어 빠져나갈 때까지 기다리는 하나의 큐가 존재하며, 각 큐는

load를 하나이상 보유할 수 없다.

[CASE 1] load_j가 queue i에서 대기하지 않고 운행되는 경우

$$T_j^1(i) = \begin{cases} T_j(i-1) + S(i) + r_j(i); \text{ 제품 A} \\ T_j(i-1) + S(i) + R_j(i); \text{ 제품 B} \\ i=1, N; j=1, K \end{cases}$$

[CASE 2] load_j가 queue i에서 대기하는 경우

$$T_j^2(i) = \begin{cases} T_{j-1}(i) + r_j(i); \text{ 제품 A} \\ T_{j-1}(i) + R_j(i); \text{ 제품 B} \\ i=1, N; j=2, K \end{cases}$$

[CASE 3] load_j가 queue i에서 대기하면서 다음 queue i+1까지 고려하는 경우

$$T_j^3(i) = \begin{cases} T_{j-1}(i+1) - r_{j-1}(i+1) - S(i+1); \text{ 제품 A} \\ T_{j-1}(i+1) - R_{j-1}(i+1) - S(i+1); \text{ 제품 B} \\ i=0, N-1; j=2, K \end{cases}$$

최적값은 SOC와 단일용량 queue라는 제약을 위배하지 않기 위해 세가지 경우 중 최대값이 선택된다. 즉,

$$T_j(i) = \max \{T_j^1(i), T_j^2(i), T_j^3(i)\}$$

$$T_1(0) = 0$$

여기서 $T_K(N)$ 은 K load의 총 처리시간이다.

3. 수치 예제

50개의 동일 부품을 처리하는 라인에서, station은 4개로 구성되어 있고 최대 load size는 9 part이다. 단, 이 생산라인에서는 두 가지 제품 A와 B를 차례대로 번갈아 생산하며, 제품 A는 station i에서 처리되고 제품 B는 station i에서 처리된다.

본 수치예제는 아래와 같은 데이터가 주어졌을 때, 최적 초기방출시간간격과 총작업시간을 구하는 문제이다.

| | D A T A | | | | |
|---|---------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| i | S(i) | q _j (i) | q _j (i') | L _j (i') | U _j (i') |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 1.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 3 | 1.0 | 1.0 | 3.0 | 1.0 | 1.0 |
| 4 | 1.0 | 3.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |

SOL]

n_p 는 총 부품수, m_{max} 를 최대 load size라 정의하면

$$K = \left\lceil \frac{n_p}{m_{max}} \right\rceil = 6 \text{ loads}$$

여기서 $\lceil \cdot \rceil$ 는 괄호안의 수와 같거나 큰 수 중 최소 정수를 의미한다.

$$m_j = \begin{cases} 9 \text{ parts} & , j=1, 5 \\ 5 \text{ parts} & , j=6 \end{cases}$$

제품 A : j=1, 3, 5

제품 B : j=2, 4, 6

표 1

| j | $r_j(1)$ | $R_j(1)$ | $r_j(2)$ | $R_j(2)$ | $r_j(3)$ | $R_j(3)$ | $r_j(4)$ | $R_j(4)$ |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 9.0 | 0.0 | 18.0 | 0.0 | 9.0 | 0.0 | 18.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 20.0 | 0.0 | 11.0 | 0.0 | 29.0 | 0.0 | 11.0 |
| 3 | 9.0 | 0.0 | 18.0 | 0.0 | 9.0 | 0.0 | 18.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 20.0 | 0.0 | 11.0 | 0.0 | 29.0 | 0.0 | 11.0 |
| 5 | 9.0 | 0.0 | 18.0 | 0.0 | 9.0 | 0.0 | 18.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 12.0 | 0.0 | 7.0 | 0.0 | 17.0 | 0.0 | 7.0 |

표 2.

| CASE 1. No queue present | | | | | CASE 2. queue present | | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| j | $T_j(0)$ | $T_j(1)$ | $T_j(2)$ | $T_j(3)$ | $T_j(4)$ | j | $T_j(0)$ | $T_j(1)$ | $T_j(2)$ | $T_j(3)$ | $T_j(4)$ |
| 1 | 0.0 | 10.0 | 29.0 | 39.0 | 58.0 | 1 | 0.0 | 10.0 | 29.0 | 39.0 | 58.0 |
| 2 | 9.0 | 30.0 | 42.0 | 72.0 | 84.0 | 2 | 0.0 | 30.0 | 42.0 | 72.0 | 84.0 |
| 3 | 44.0 | 54.0 | 73.0 | 83.0 | 102.0 | 3 | 9.0 | 39.0 | 60.0 | 81.0 | 102.0 |
| 4 | 51.0 | 72.0 | 84.0 | 114.0 | 122.0 | 4 | 29.0 | 59.0 | 71.0 | 110.0 | 122.0 |
| 5 | 86.0 | 96.0 | 115.0 | 125.0 | 140.0 | 5 | 38.0 | 68.0 | 89.0 | 119.0 | 140.0 |
| 6 | 104.0 | 117.0 | 125.0 | 143.0 | 147.0 | 6 | 58.0 | 80.0 | 96.0 | 136.0 | 147.0 |

4. 결 론

본 연구에서는 조립 라인 시스템에서 운용되는 AGV의 최적 초기방출시간간격을 결정함으로써 라인상의 유희시간, 차량의 유희시간을 최소화 시킴과 동시에 작업완료시간을 최소화시킬 수 있었다.

AGV 자체가 작업장으로서의 기능까지 수행할 수 있으므로 다양한 반송조건에 대응할 수 있어 컨베이어와 같은 다른 물류장치보다 높은 유연성(flexibility)을 기할 수 있다.

본 연구에서는 큐(queue)가 없는 경우와 있는 경우로 분류하여 모델을 설정하였고, 두가지 종류의 제품을 생산할 수 있는 생산 시스템을 설계하였다.

Queue가 없는 경우에는 SOC 조건을 이용하여 각 station이 SOC에 입계지점이라는 가정하에 최적 초기방출 시간간격을 구할 수 있었고, queue가 있는 경우는 SOC 조건과 queue의 최대용량이 1을 넘지 못한다는 가정하에서 인접하는 두 station 사이의 관계를 고려하여 최적 초기방출시간간격을 구하였다. queue의 최대 용량을 1로 제한한 것은 그 이상이 될때 각 station의 입구에 많은 차량이 묶여 있어 비경제적이기 때문에 고려하지 않았다.

참 고 문 헌

1. Garry A. Koff, "Automatic guided Vehicle Systems," *Material Flow*, 4, pp. 3-16, 1987.
2. Buxey, G. M., Slack, N. D., and Wild, R., "Production Flow Line System Design," *AIIE Transaction*, 5, pp. 37-48, 1973.
3. Hatcher, J. M., "The Effect of Internal Storage on Production Rate of a Series of Stages Having Exponential Service Times," *AIIE Transaction*, 1, pp. 150-156, 1969.
4. Okamura, K., and Yamashina, H., "Justification for Installing Buffer Stocks in Unbalanced Two Stage Automatic Transfer Lines," *AIIE Transaction*, 11, pp. 308-312, 1979.
5. Wilhelm, W. E., "A Model to Approximate Transient Performance of the Flowshop," *International Journal of Production Research*, 24, pp. 33-50, 1986.
6. J. M. A. Tanchoco, "Determination of the Total Number of Vehicles in an AGV-Based Material Transport System," *Material Flow*, 4, pp. 33-51, 1987.

7. Eric L. Blair, "Optimal Routing of Driverless Vehicles in a Flexible Material Handling System," *Material Flow*, 4, pp. 73-83, 1987.
8. L. C. Leung, "Assignment of AGVS with Different Vehicle types," *Material Flow*, 4, pp. 65-72, 1987.
9. W. E. Willhelm, "A Methodology to Describe Operating Characteristics of Assembly System," *IIE Transaction*, 14(3), 1982.
10. Michael C. Freeman, "The Effect of Breakdowns and Interstage Storage on Production Line Capacity," *The Journal of Industrial Engineering*, 15(4), 1964.
11. Mikell P. Groover, *Automation, Production System, and Computer Integrated Manufacturing*, 1988.