

시뮬레이션技法을 이용한 物流시스템 改善에 관한 研究

신현표* · 박성연* · 이화기*

Material Handling System Improvement Analysis Applying Simulation Technique

Hyeon-Pio Shin,* Sung-Yeon Park*, Hwa-Ki Lee*

Abstract

This paper deals with analysis of material handling system efficiency of a heat-exchanger manufacturing line.

This line is a typical flow shop type assembly line which consists of 10 steps of assembly stations. Each station have one or two workers who assemble and move components for the job, and no special transporters for component's movement. Therefore, all the workers are involved in unnecessary moving activities which decrease overall production efficiencies of the line.

To improve productivities, production outputs and worker's job performances for this assembly line, the several alternatives are considered such as installing new conveyor lines and automatic guided vehicle(AGV) system.

Analyzing economic feasibilities and responses of the system alternatives, an experimental simulation model is built suing SIMAN Ver. 3. 5 simulation language with CINEMA package for animation of the process flow. Through this animation process a vivid pictorial analysis could performed on the process flow.

1. 서 론

고객의 욕구가 날로 다양해지고 生産시스템이 변화해감에 따라 原價節減 및 라인의 效率

에 관한 研究가 활발하게 進行되고 있으며 특히 作業자가 運搬을 위해 作業을 중지하는 손실을 줄이기 위해 工程과 工程의 연결을 원활히 해주는 물자운반의 중요성이 나날이 증대되

* 인하대학교 산업공학과

고 있다. 그렇지만 실제로 기업이 이러한 시스템을 도입한 후 이를 평가하려면 막대한 비용과 시간적 손실을 초래하게 된다.

또한 제품의 大量生産시스템에 있어 시스템의 設計 및 設備의 運營方法은 매우 복잡하고 다양하여 사전에 충분한 연구가 선행되지 않으면 設置 및 運營時에 많은 착오가 발생하여 고가설비의 경우에는 재구입 및 재배치의 어려움이 발생한다.

본 연구에서는 生産性向上을 위하여 작업자의 비가동시간을 줄이고 物資運搬裝備의 대체를 통하여 工程의 물류 개선 및 비용 최적화를 목적으로 한다.

물류의 改善 문제는 生産시설의 재배치 및 설비 댓수의 변동을 초래하기 때문에 문제를 해결하는 적합한 대안을 선정하여도 실제 적용시의 효과를 정확히 분석하는 것은 매우 힘들며 잘못 분석한 상태로 設備變更이 이루어지는 경우에는 막대한 지장을 초래하기 쉽다. 따라서 代案의 분석과정에서 가능한 많은 요인들을 고려하여야 한다.

이에 본 연구에서는 수십종의 가스기구 및 보일러를 생산하는 R사의 熱交換機 工程을 선정하여 다음과 같은 절차에 따라 물류개선 문제를 분석하고자 한다.

첫번째, 工程시스템分析에서는 각 조립공정마다 가공시간이 MODAPTS(MODular Arrangement of Predetermined Time Standards)와 STOP WATCH법에 의하여 測定되었고 可動時間과 非可動時間분석을 통해 物資運搬에 관한 作業停止率 등을 고려한다.

두번째, 代案 構築단계에서는 工程分析에서 측정된 可動率을 높이기 위하여 作業停止時間의 物資運搬을 작업자에서 Conveyor 및 AGV (automatic guided vehicles) 등의 物流裝備로 代替한 代案들을 구축한다.

세번째, 시뮬레이션에서는 代案들을 모델링하고 원하는 결과를 얻을때까지 運營變數 및 設計變數를 수정하면서 시뮬레이션을 반복수행한다. 또한 AutoCAD와 SIMAN Graphic Animation 기능인 CINEMA를 통해 대안들에 대한 대기량, 라인효율, 재고, 물류장비 능력들을 시간적으로 관찰하므로 모델들의 오류와 부적절한 활동들을 제거하여 더 나은 결과를 얻는데 도움을 받는다.

마지막으로 시뮬레이션 결과를 평가하기 위하여 각 대안별로 待機量, 生産時間, 可動率, 그리고 生産量등을 비교분석하고 경제성 평가를 통하여 최적의 안을 찾는다.

2. 대상 시스템의 분석 및 대안의 설정

對象業體로는 수십종의 가스기구, 보일러, 및 온수기를 大量生産하는 중견 大企業인 R社를 선정하였고, 對象工程으로는 보일러 및 온수기의 핵심부품인 熱交換機의 組立作業을 채택하였다.

熱交換機 公정의 작업인원은 16명으로 각 공정마다 고정배치가 되어 있지 않고 각 공정 및 인원은 PIPE CUTTING 1명, U-BENDING 1명, CNC 1명, 자동전용기 1명, 족담용접 3명, 확관기 2명, 용제 SETTING 2명, BRAZING 2명, TORCH 2명, 누설점사 1명등 유동적으로 배치 상황을 보이고 있다.

2.1 공정분석

이 열교환기 공정은 90년 5월부터 가동되었으며 지금까지의 작업시간데이터를 분석해보면 총투입시간에 대한 가동시간 점유율은 48.88%이고, 비가동시간 점유율은 51.12%이다. 열교환기 공정의 가동율이 저조한 이유는 설비

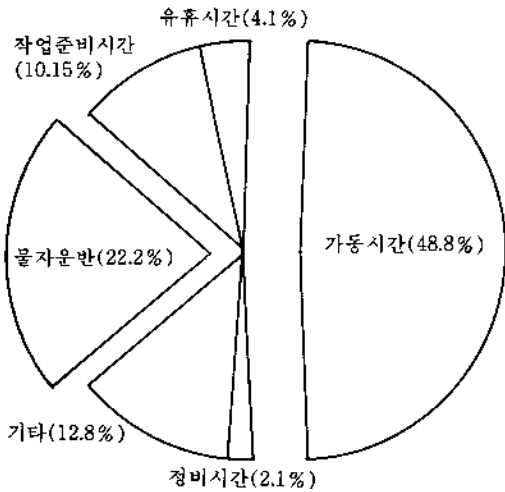
및 작업이 안정되지 않았고 특히 정리정돈과 물자운반을 위해 작업정지시간이 많았기 때문이다.

비가동시간에서 통제가능한 시간은 38.85%로서 작업정지시간, 작업준비시간, 설비시간등을 합한 간접시간부분은 34.23%이고 정리정돈

시간, 지각, 외출, 조퇴시간은 4.12%를 차지하는데 그 구성비는[그림 1] 과 같다.

위 통제가능한 시간 38.35%에서 물자운반시간외의 간접시간 및 정리정돈시간, 지각, 외출 등의 점유율은 업체의 교육 및 작업환경개선 의 문제이므로 다룰 수가 없었다.

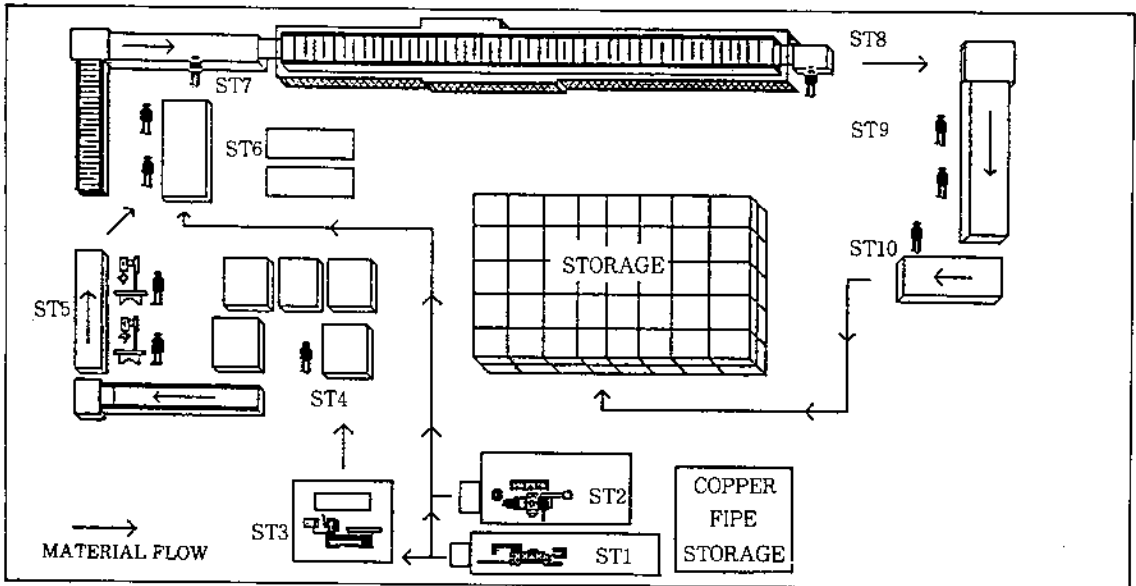
본 연구에서 중점을 두는 부분은 물자운반을 위한 작업정지시간 점유율(22.05%)을 물류장비의 대체로 줄이는 것이며, 그 효과로서 가동을 및 생산량의 향상 그리고 대기의 최소화를 기대할 수 있다.



[그림 1] 현재 생산시간의 점유율

2.2 工程內의 物資흐름

열교환기 공정의 작업장은 편의상 10개의 STATION들로 나누었고 현재 물자의 흐름 및 작업장배치는[그림2]와 같다.



[그림 2] 열교환기 작업장 및 물자흐름

2.3 作業內容 및 加工時間

편의상 10개의 STATIONS로 나눈 공정의 가

공작업 및 MODAPTS, STOP WATCH로 측정
한 標準作業時間을 要約해보면(표 1)과 같다.

<표 1> 熱交換機 工程 및 데이터

STAT- ION	공 정	공 정 내 용	가공시간(분)	
			MODAPTS	STOP WATCH
1	PIPE CUTTING M/C	3가지 pipe type으로 절단	0.14	0.14
2	U-PIPE BENDING	pipe를 U자로 구부림	0.47	0.55
3	CNC PIPE BENDIGN	Coil pipe로 가공	0.94	1.03
4	자동, 전용기	Body Seaming, Coil 합체 (Front+Back용접)	2.27	2.64
5	즉답용접	상하 Flange 및 Band 용접	0.79	0.86
6	확관기	PIN 삽입, BODY와 STRAGHT PIPE, U-PIPE ASSY 및 확관실시	1.22	1.34
7	용제 SETTING	JIG설치, 싸이렌사, 용제 삽입	1.19	1.44
8	BRAZING로 삽입	Brazing 가열 후 JIG 분리	0.3	0.4
9	TORCH 용접	OUTLET, INLET PIPE 용접	2.93	3.35
10	검사	불량검사	1.48	1.59

2.4 설비대안 모델

새롭게 구축될 가상모델은 작업자가 物資運搬에 전혀 관여를 하지않고 작업에 전념할 수 있는 시스템을 구축하는데 있다. 이를 염두해 두고 앞에서 고찰한 기존 시스템의 可動率 및 작업자 物資運搬등을 관찰한 결과 다음과 같은 物資運搬裝備의 設備代案을 얻었다.

1) 第 1 案

현재의 工程시스템에 [그림2]의 제 3공정(CNC Coil pipe 공정)과 제 4공정(Front+Back Body공정)에 Conveyor 1기를 設置하고, 제 8공정과 제 9공정 Torch용접을 원활하게 하기 위하여 Conveyor 1기를 設置한다.

이때 유의할 점은 3공정과 4공정 사이에 연결은 실제로 통로가 막힐 우려가 있기 때문에

設備대체는 Conveyor의 지지대를 높이하여 위쪽으로 제품을 흐르게 하는 방안이 고려되거나 아예 trolly conveyor와 같은 장비를 고려해야한다.

2) 第 2 案

제1안에다 추가로 AGV를 고려한다. 즉, 제 1공정 에서 cutting 된 straght pipe 와 제 2공정에서 생산된 U-pipe는 제 6공정 확관 작업에서 필요하게된다. 이 연결 공정의 재공품 運搬과 마지막 10공정(누설 검사)에서 창고에 積荷하는 운반작업에 AGV 1대, 2대, 혹은 3대를 투입한다.

제1안에서 Conveyor 2기를 설치하였지만, 1 STATION(Pipe cutting)에서 6 STATION(Assembly)의 연결과 2 STATION(U Pipe bend-

ing)에서 6 STATION의 연결을 하기에는 거리가 멀고 고정된 공간을 많이 차지하기 때문에 設置하기에는 적합치 않다.

이 때문에 物資흐름과 이동에 조정이 용이하고 작업장의 고정면적을 점유하지 않은채 유연하고 다양한 기능을 수행할 수 있는 AGV를 설치하여 모델을 구축하였다.

그렇지만 Conveyor와는 다르게 AGV는 설치비용 및 유지비가 고가이기때문에 시스템의 效率, 生産量, 待機量이 허용하는 한도내에서 1대, 2대, 3대를 각각 設置한 모델을 구축하였다.

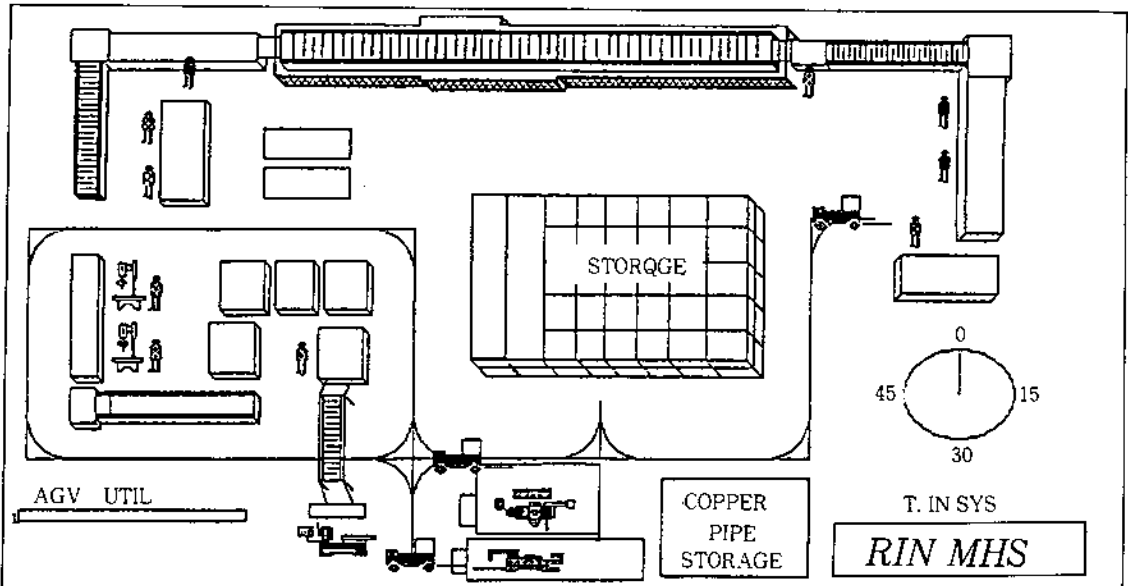
제 2안의 AGV 및 운행경로는 그림3에 잘 나타나 있다. [그림 3]은 1안의 Conveyor 두대가 설치되어있는 시스템에 AGV 3대를 설치한 그림이며 실제로 시뮬레이션 과정은 대수를 변화시켜가며 效率, 待機 및 生産量을 비교하였다. 이

그림에서 추가된 것은 1, 6, 10 STATION에 정지되어있는 AGV이며 이들의 역할은 작업자를 대신하여 일정한 갯수의 제품 및 재공품이 완성되면 1, 6, 10, STATION 그리고 積載所를 왕복이동하며 物資를 싣고 내린다.

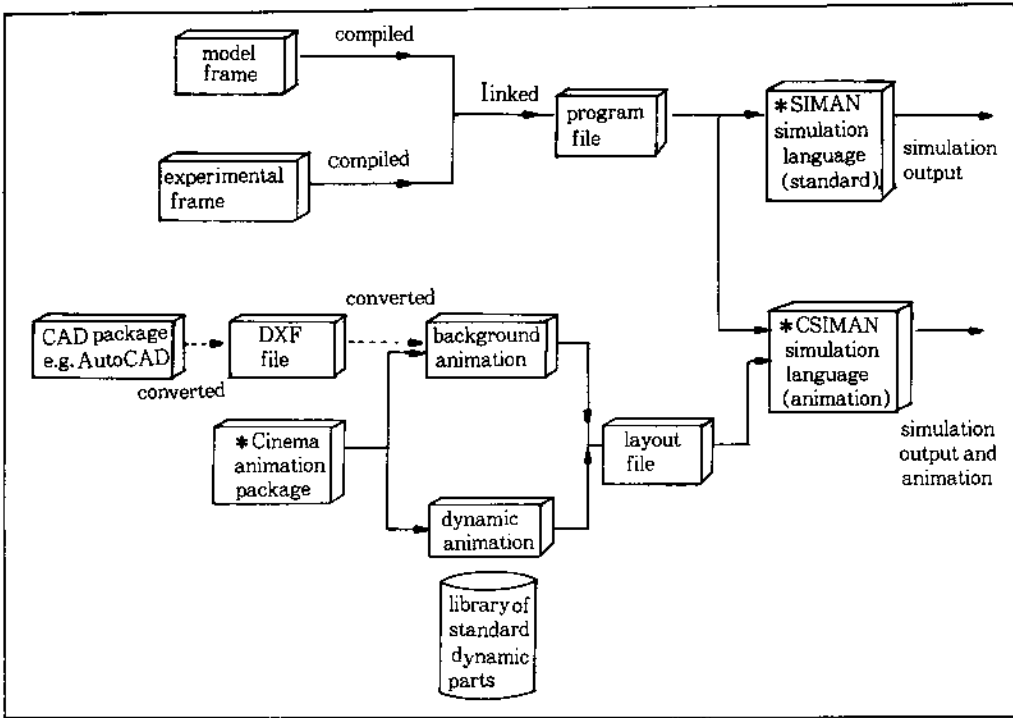
3. 컴퓨터 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션과 애니메이션의 절차

컴퓨터 시뮬레이션 분석과정은 보통 대상공정을 분석하여 대안을 작성하고 모델링하여 시뮬레이션을 반복수행 한 후 결과분석을 한다. 이 연구에서는 시뮬레이션은 수행중 대기나 부적절한 활동 오류를 제거하기 위해 SIMAN Animation Package인 CINEMA 이용하여[그림 4]의 절차에 따라 수행되었다.



[그림 3] 대안2의 LAYOUT



[그림 4] 시뮬레이션 및 애니메이션 개요 흐름도

3.2 현시스템 및 대안의모델링

현재의 공정 시스템에 대한 조립 및 물자의 흐름을 모델링 하였고 2절의 대안1에서 구축한 내용과 같이 Conveyor 2기를 설치한 시스템을 모델링하였다. 또한 대안2에서 구축한 AGV를 추가한 상태의 시스템을 모델링하였다. 모델 Frame에 대한 처리내역은(표2)와같이 프로그램되어 각각 수행하였다.

- a) 現在시스템
- b) 代案 1 : Conveyor 2기 設置
- c) 代案 2 : AGV 1기
 AGV 2기 } 追加設置
 AGV 3기 }

3.3 입력 자료 및 기본 가정

MODEL ERAME을 운영하는데 필요한 EXPERIMENTAL Frame은

- AGV가 활동하는 속도, 거리
- Conveyor의 속도, 길이
- 가공시간
- Run의 횟수 및 길이
- 각 STATION의 대기량 및 대기시간

등을 포함하고 실제 시스템 및 설비 대안 MODEL을 실험하는데 필요한 입력 및 확률분포를 구성하는 내용은 다음과 같다.

(1) 作業時間

작업시간은 MODAPTS로 산정된 시간을 최소로 하고 STOP WATCH법으로 측정된 시간을 최대로 하는 일양분포를 한다고 가정한다.

(2) 작업물 積載/離載 시간

AGV가 작업물을 싣고 내리는데 걸리는 작업시간은 標準正規分布를 한다고 가정 한다.

<표 2> Model frame 구성

번호	구분	현재의 설비 및 작업자	모델링에서의 처리		
		설비, 작업자 및 작업내용	처리내역	수	ATTRIBUTE
1	입력	부품 Type	4개의 부품 ENTITY		ARRIVAL TIME, (도착시간 체크) CINEMA Symbol entity(10개) Job type body U pipe straght Coil PipeMatch
2	기계 및 작업자	PIPE CUTTING M/C	STATION 1	1	
3		U-PIPE BENDING M/C	STATION 2	1	
4		CNC PIPE BENDING	STATION 3	1	
5		자동, 전용기	STATION 4	1	
6		족담용접기	STATION 5	3	
7		확관기	STATION 6	2	
8	컨베이어	자동, 전용기에서 족담용접까지의 VELT CONVEYOR	STATION 4 - 5 연결	1	
9		족담용접에서 확관기까지의 ROLLER CONVEYOR	STATION 6 - 7 연결	1	
10		용접삽입에서 JIG 분리까지	STATION 7 - 8 연결	1	
11		용제(싸이렌사)삽입	STATION 7	1	
12		JIG 분리,	STATION 8	1	
13		TORCH용접,	STATION 9	2	
14		누설검사 및 창고까지 운반,	STATION 10	1	
추	컨베이어	CNC COIL PIPE BENDING에서 BODY SEAMING 작업까지	STATION 3 - 4 연결	1	
		JIG 분리에서 TOACH용접	STATION 8 - 9 연결	1	
가	A	PIPE CUTTING의 LOAD BUFFER	STATION 11 QUEUE, BUFFER		가장가까운 AVG를 선택 (SDS RULE) 이송시간
	G	U-BEND의 LOAD BUFFER	STATION 12 QUEUE, BUFFER		
	V	확관작업의 UNLOAD	STATION 14		
	V	적재장의 UNLOAD	STATION 13		
		최종검사 후의 LOAD	STATION 10		

(표 3) 加工時間(Uniform distribution)

STA	Min.	Max.	STA	Min.	Max.
TION	MODAPTS	STOP WATCH	TION	MODAPTS	STOP WATCH
1	0.14	0.14	6	1.22	1.34
2	0.47	0.55	7	1.19	1.44
3	0.94	1.03	8	0.3	0.4
4	2.27	2.64	9	2.93	3.35
5	0.79	0.86	10	1.48	1.59

(3) 到着分布

시스템에서 작업물이 처리되는 수요발생간격은 기존시스템에서 과부하가 걸리지 않는 범위내에서 과거목표수량을 생산해 낼 수 있도록 BODY (TYPE1)와 PIPE는 DP분포로 PIPE 형태를 나누었고 실제 수치는 Experimental frame에 수록하였다.

(4) AGV 速度, 運行距離 및 運行時間

AGV속도는 50M/min으로 하고, 운행거리는 실제 작업장의 실측 거리를 제어 작업장설치가 허용하는 범위내에서 가장 짧은 거리를 구하였고 운행간 거리는 표3-4과 같다.

AGV 운행시간은 운행거리/속도로 계산되며 SIMAN에서 자동적으로 측정된다.

〈표 4〉 運行距離

운행 STATION	이송거리(m)
11 - 14	16
11 - 10	21
11 - 12	6
11 - 13	10
12 - 14	16
12 - 10	15
12 - 13	4
14 - 10	31
14 - 13	20
10 - 13	9

(5) CONVEYOR 길이 및 속도

〈표 5〉 CONVEYOR 사양

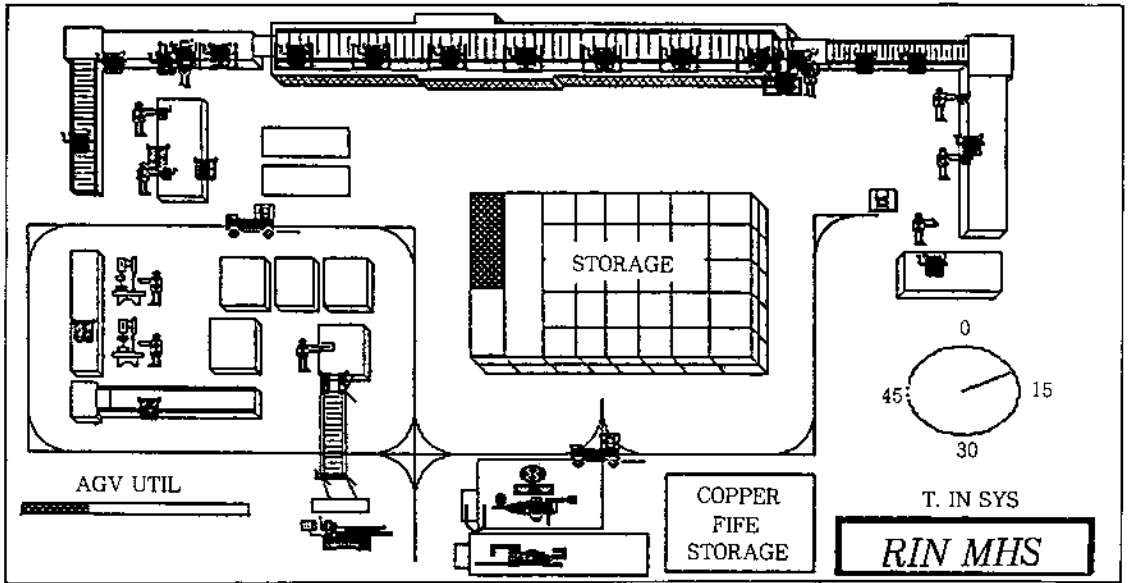
이름	STATION	길이	속도(m/min)
VELT	4 - 5	3(m)	40
ROLLER	5 - 6	4	40
BRAZING	7 - 8	18	40
CONV1	3 - 4	4	40
CONV2	8 - 9	3	40

3.4 CINEMA를 이용한 LAYOUT 및 애니메이션

앞절의 기본 Background 도면위에 Resource, Entity, Transporter 등의 동적요소들을 CINEMA Lib에서 그린 후 공정의 흐름에 맞게 삽입하고 STATION, DISTANCE, SEGMENTS등을 지정하였다. 또한 눈으로 직접 관찰하고 싶은 통계량(예: 평균 생산시간, 생산량, AGV 이용률 등)을 선정하여 layout상에 나타내었고 CINEMA에서 움직임을 나타내는 동적요소들은

- 1) RESOURCE : 작업자, Pipe cutting M/C, U-pipe M/C, CNC, 용접기, 확관작업원, 용접봉삽입 작업자, 치구 분리자, Torch 용접자, 검사자
- 2) ENTITY : 본체, strah pipe, U-pipe, Coil-pipe, 본체와 S-pipe, pipe가 조립된 본체, 치구삽입본체, 분리된본체, 완성품
- 3) TRANSPORTER : AGV

등과 같고, 이들을 통합하여 Animation을 수행한 최종 LAYOUT은[그림 5]와 같다.



[그림 5] 개선대안의 ANIMATION

4. 결과분석 및 경제성평가

및 대안 2(AGV 1, 2, 3대 추가 설치)를 RUN TIME 1380분 동안 여러차례 반복 시뮬레이션 한 결과로서 OUTPUT SUMMARY REPORT를 요약 정리한것은(표 6) 과 같다.

4.1 結果分析

기존시스템 과 대안 1(Conveyor 2기 설치)

<표 6> 代案의 시뮬레이션 結果要約

	기 존 시스템	수 정 1 안	수정 2 안		
			AGV 1대	AGV 2대	AGV 3대
시스템에서 보낸 시간(분)	57.60	44.50	34.47	30.85	25.40
생산량(개)	638	752	767	812	815
설비이용율(%)	47.4	57.5	62.2	64.4	64.8
비 고			*		

위 代案들에대해 각각 生産量 및 稼働率을 비교 평가해 보면 현재 시스템보다 CONVEYOR를 추가하고, AGV를 설치할 때 상당히 稼働率 및 生産量이 향상되었음을 알 수 있다. 이것은 작업자가 物資運搬을 위해 작업을 정지하고 중간 부품을 목적지에 운송하는 시간을 없애고 오로지 작업에 전념하게하여 중간 대기

를 줄이고 生産量의 향상에 기여했음을 의미한다. 또한 대안 2에서 AGV 대수를 변화한 결과를 보면 AGV를 3대 설치하였을 때가 生産量과 設備效率이 가장 좋게 나타났다. 그렇지만 이 때의 결과치들은 AGV 2대를 설치하였을 때와 거의 유사하게 나타나고 변화하지 않았기 때문에 가장 좋은 대안으로 평가하기란

우리가 있다. 그렇기 때문에 다음에서 經濟性을 분석하여 가장 最適의 案을 찾기로 하겠다.

4.2 經濟性評價

上記에서 각 代案들에 대한 시뮬레이션 結果를 살펴보고 이節에서는 각 代案들에 대한 經濟性을 分析하였다. 먼저 시뮬레이션 結果에 나타난 生産量增加에 따른 증분수입을 산출하였고 損益計算書에서 투자비와 기대수입 및 所得稅를 공제한 純利益을 산출하여 나타내었다. 현금의 流入 流出表에서는 투자에대한 年間 收益 및 현금의 흐름을 나타내었고 割引된 回收期間法(Discounted Payback Period)에 의해 代案들에 대한 投資의 回收期間을 산출하였다.

AGV 1대를 設置하였을때의 經濟性分析은 <표7> <표8> 과 같으며 회수기간은 2년으로 나타난다.

<표 7> 損益計算書 (단위:천원)

구	분	금	액
損	資	費	36,000
期	待	收	益(年)
			34,864
減	價	償	却
			費 3,600
기	타	費	用
			무 시
課	稅	對	象
			所 得 31,264
從	所	得	稅
			12,506
純	利	益	(年)
			18,758

<표 8> 현금 유출입표

(단위:천 원)

구	분	투자년도	1	2	3	4-10	
流	出	36,000	-	-	-	-	
	投資費	36,000					
流	入	-	22,358	22,358	22,358	22,358	
	純利益		18,758	18,758	18,758	18,758	
	減價償却費		3,600	3,600	3,600	3,600	
	殘存價值		-	-	-	-	
	純現金흐름 (流入-誘出)	-36,000	22,358	22,358	22,358	22,358	
現	價	累積	換算額	-36,000	-16,562	336*	15,025
							27,796

AGV 2대 및 3대에 대한 경제성 평가는 같은 방법으로 분석된다.

상기의 損益計算 및 현금흐름에 의한 經濟性을 분석해보면 할인된 回收期間法으로는 AGV 1대를 설치하였을 경우 2년, AGV 3대를 설치하였을 경우 2년 5개월 그리고 AGV 3대를 설치하였을 경우는 3년 2개월로 나타났다.

또한 純收益을 살펴보면 AGV 1대를 설치하였을 경우는 18,758,000원, AGV 2대를 설치

하였을 경우는 24,856,000원 그리고 AGV 3대 설치하였을 경우는 24,143,000원으로 다시 純收益이 감소함을 알 수 있다.

상기와 같이 각 대안의 生産量, 設備效率등을 살펴보고 經濟性分析을 한 결과로서 AGV1 代案일 경우가 가장 빠른 2년이었지만 純收益 면에서는 AGV가 2대 일때 가장 많은 收益을 남기게 되고 그 이상으로 투자를 할 경우 純收益이 감소되기 때문에 代案2의 AGV2대를 설

치하였을 경우가 최적의 시스템임을 알 수 있다.

5. 결론

제품의 공정물류시스템의 설계 및 개선은 매우 복잡하고 다양하여 사전에 충분한 연구가 실행되지 않으면 설치 및 운영시에 많은 착오가 발생하고 막대한 비용과 위험을 초래하게 된다.

본 연구에서는 동일한 工程을 갖는 大量生産 시스템에 대하여 고찰하였고 工程分析을 통하여 物流改善案을 구축한 후 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램 및 Animation 을 수행하여 개선안의 妥當性 및 效果를 추정하였다.

본 연구를 통하여 連續組立工程라인의 시뮬레이션과 1, 2개 개선안에 대한 시뮬레이션을 실시하였는데 먼저 제품 및 工程分析을 통하여 工程의 문제점 및 工程간의 연결흐름을 검토하였고 所要加工時間이 측정되었다.

첫번째는 기준안인 현 공정에 대한 시뮬레이션을 수행하였고 두번째로 공정의 흐름작업을 원활히 하기위해서 工程과 工程 사이에 conveyor 2기를 설치하는 모델 및 추가로 AGV등을 투입하는 모델등을 시뮬레이션하여 보았다. 또한 상기 여러대안들의 시뮬레이션 도중에 SIMAN 애니메이션 기능인 CINEMA를 이용해서 설정한 代案들이 어떻게 움직이고 실행되는가를 컴퓨터로 영상화하였다.

시뮬레이션 결과로서 평균대기시간, 라인효율, 생산량등을 비교평가하였고 또한 經濟性分析을 통해서 AGV 2대를 設置한 代案 2가 가장적합한 것으로 선정되었다.

하지만 기업의 現實性과 經濟性을 고려하면 우선적으로 수정 1안을 적용하다가 점차 AGV로 설비투자를 하는 편이 훨씬 경제적이라고

생각되어진다.

大量生産體制의 대부분은 連續生産 형태를 갖고 있는데 본 연구에서 수행한 여러 연구내용들이 다른 유사한 生産시스템의 分析 및 設備 投資分析에 도움을 줄것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] 김광수, "시뮬레이션과 시스템 최적화", 공장관리.
- [2] 양대용, 정병희, 이종민, "Flow Shop 형태를 갖는 FMS에서의 AGV투입시점과 필요대수의 결정", 산업공학회지. Vol. 17, No. 1, June, 1991.
- [3] C.Dennis Pegden, Introduction to SIMAN, NOVEMBER. 1987.
- [4] Farhad Zahedi-Hosseini, Robert O'Hagan and Bell Colvan, "Process flow simulation in a Teaching Company Scheme", CAE. Journal, February 1991.
- [5] Jerry Banks and John S. Carson, "Process - interaction simulation languages", SIMULATION, MAY 1985.
- [6] Pius J.Egbelu and Jose M.A.Tanchoco, "Characterization of automatic guided vehicle dispatching rules", INT. J. PROD. RES., VOL.22.NO3., 1984.
- [7] Richard L. Smith and Lucille Platt, "Benefist of animation in the simulation of a machining and assembly line", SIMULATION JANUARY 1987.
- [8] R.J. Gaskins and J.M.A.Tanchoco, "Flow path design for automated guided vehicles systems", INT.PROD.RES, VOL.25, NO5. 1987.
- [9] Sharon D.Stewart, "Design methods of the

future", SIMULATION, JULY.1985.

- [10] S.M.C, System for simulation and animation(CINEMAEGA), FEBRUARY. 1988.
- [11] Turgut M. Ozan, "Design of Complex flow line system by SIMULATION", Comput & Indus. Engng Vol.4, pp.75-85, 1980.
- [12] W.L.MAXWELL, "Solving Material Handling Design Problems with OR", Ind. Eng, Vol.13, NO.4, 1981.