

# 자동차 생산시스템에 대한 Cost 변화분석

김태호 : 명지전문대학 산업시스템경영과 교수

권정휘 : 생산기술연구원 국장, 명지대학교 산업공학과 박사과정

강경식 : 명지대학교 산업공학과 교수

## <Abstract>

자동차 생산시스템에서 택트타임의 변화에 따른 원가분석을 실시하고 자동차 업체의 원가관리 방안을 연구하였다. 또한 납입시간에 따른 대기시간 및 원가분석을 하였다. 자동차 생산라인은 양상 체제이므로 무엇보다도 택트타임관리가 이익관리와 직결한다. 현장 인터뷰와 자료조사를 통해 수집된 자료와 정보를 토대로 하여 시뮬레이션 분석을 하였다.

**Key word** : 택트타임, 시뮬레이션, 납입시간, 자동차 생산라인

## 1. 서론

자동차 생산라인은 지속적인 시간연구 및 동작연구 실시하여 동작의 수를 단축해야 한다. 그리고 간이 자동화 및 조립 자동화를 실시하고, 힘들고 난이도 높은 작업 개선한다. 공정 중에 있는 재공재고를 감축해야 한다. 차종별로 택트타임 관리를 실시하여 택트타임 실패가 발생하지 않도록 책임의식을 갖게 한다. 이를 위해 표준작업을 유지 하고 택트타임 별 원가계산을 실시하여야 한다. 같은 차라도 생산에 투입된 시간에 따라 제품원가가 다르게 한다. 예를 들어 택트타임 1분인 차가 1분 10초 소요되면 10초만큼 가공비가 증가한다. 본 연구에서는 택트타임의 변화에 따른 원가분석을 실시하고 자동차 업체의 원가관리 방안을 연구하고자 한다. 또한 납입시간에 따른 대기시간 및 원가분석을 하고자 한다.

연구방법으로는 현장 인터뷰와 자료조사를 통해 수집된 자료와 정보를 토대로 하여 시뮬레이션 분석을 하고자 한다.

## 2. 자동차 생산라인 시스템

자동차 공정은 크게 프레스, 차체, 도장, 의장 공정으로 이루어져 있는데, 다음과 같이 공정별로 개선 포인트를 갖는다.

(1) 1공정 : 프레스 : EPQ(경제적 생산량)

준비시간 단축 등

(2) 2공정 : 차체(Body) : TPM

MTBF, MTTR, 고장원인 분석

예방보전 철저 등

(3) 3공정 : 도장(Paint) : EPQ

준비교체 비용

혼류생산 시에 1 대당 원가분석

최적 작업조건의 관리 등

(4) 4공정 : 의장(Assembly) : 택트타임 관리

택트타임 안에 생산하는 표준작업을 결정

작업의 난이도를 고려한 작업편성

동작 수를 단축

택트타임 실패 시 대책 수립(매우 중요함)

간이자동화

조립자동화 등

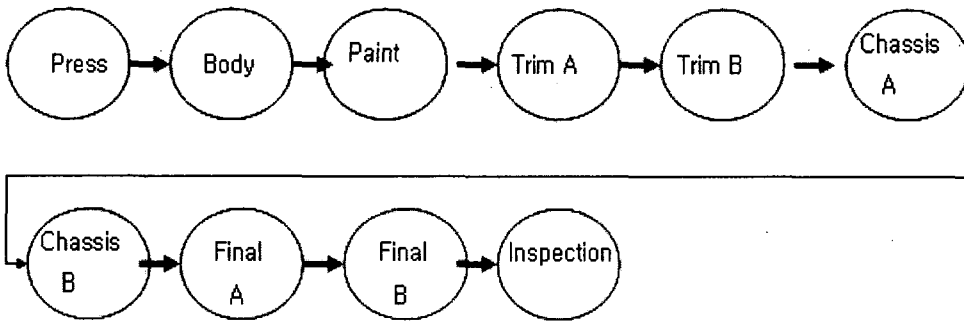
전체 공정의 흐름에서 공정별 택트타임의 차이가 발생하면 가장 큰 작업시간이 병목시간이 되어서 전체 생산에 영향을 미친다.

업체별 택트타임은 다음과 같다.

<표 1-2> 업체별 택트타임 분석

업 체	택트타임(초)
현대(울산) 1992	70초
도요타(일본) 1989	45초
도요타(미국 켄터키)1990	60초

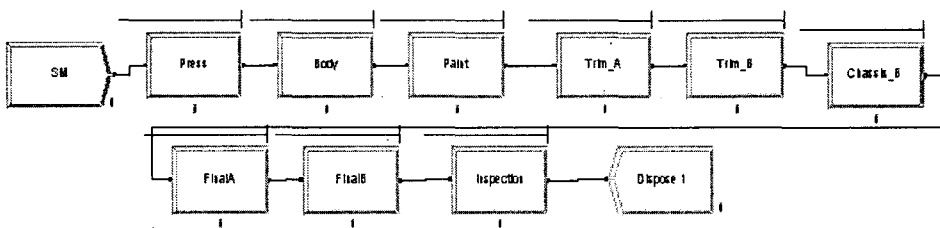
사례연구) S사 생산라인



### 3. 시뮬레이션 분석

가. Arena를 이용한 사례분석

S자동차 생산라인 시뮬레이션 모델링은 다음과 같다.



시뮬레이션은 Tacr Time의 변경과 납입률을 변경하여 실시하였다.

TRIA는 삼각분포(Triangular distribution)을 말한다. 작업시간이므로 작업 시간의 변화를 고려하여 삼각분포로 나타내었다.

공정	Tact Time ①	②	③	④	⑤
Press	TRIA(54,55,56)	TRIA(59,60,61)	TRIA(64,66,67)	TRIA(69,70,72)	TRIA(78,79,81)
Body	TRIA(55,56,56.5)	TRIA(60,61,63)	TRIA(63,64,66)	TRIA(71,71.5,73)	TRIA(80,82,83)
Paint	TRIA(53,54,55)				
Trim A	TRIA(52,53,54)				
Trim B	TRIA(51,52,53)				
Chassis B	TRIA(45,47,50)				
Final A	TRIA(53,54,55.2)				
Final B	TRIA(51,53,54)				
Inspection	TRIA(40,45,47)				

<표2-1> 공정별 택트타임(Press와 Body 공정을 변화 시켰음)

공정별 가공비는 설비감가상각비, 노무비 등을 고려하여 110,000원으로 정하였다.

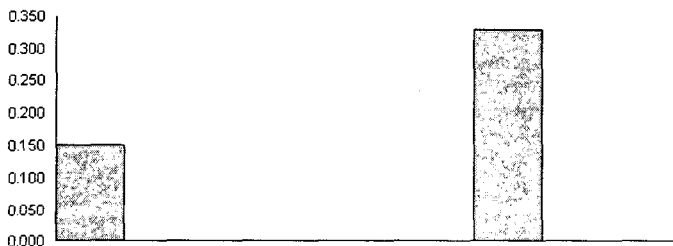
상기 표에서 택트타임 ①의 공정별 시간을 기준으로 하였고, ②,③,④,⑤는 press와 Body공정의 택트타임 시간만을 변화시켜 택트타임의 변화에 따르는 원가를 분석하였다.

나. 납입시간에 따른 원가변화 분석

(1) ①에 대한 결과(55초)의 경우

1) 자원별 대기시간

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Body.Queue	0.1506	(Correlated)	0.00	0.3035
Chassis_B.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
FinalA.Queue	0.00005362	0.000008120	0.00	0.00131031
FinalB.Queue	0.00000039	0.000000419	0.00	0.00015479
Inspection.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Paint.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Press.Queue	0.3284	(Correlated)	0.00	0.7658
Trim_A.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Trim_B.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00



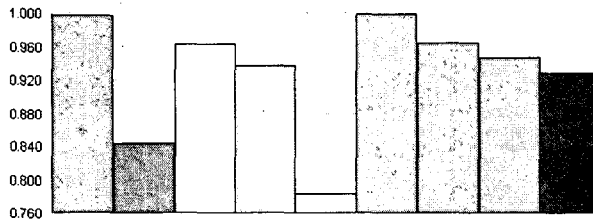
Body와 Press에서 대기시간이 각각 0.1506분/대당, 0.3284분/대당 이 발생하고 있다. 이는 작업시간이 다른 공정에 비해 길어서 상대적으로 병목공정이 되기 때문이다.

2) 자원의 이용률

**Resource**

**Usage**

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
B1	0.9977	(Correlated)	0.00	1.0000
ChaB	0.8439	(Correlated)	0.00	1.0000
FIA	0.9630	(Correlated)	0.00	1.0000
FiB	0.9373	(Correlated)	0.00	1.0000
INS	0.7833	(Correlated)	0.00	1.0000
P_1	0.9984	(Correlated)	0.00	1.0000
Pa1	0.9644	(Correlated)	0.00	1.0000
TRA	0.9455	(Correlated)	0.00	1.0000
TRB	0.9272	(Correlated)	0.00	1.0000



Chassis B 공정과 Inspection 공정에서 이용률이 크게 낮은 것을 볼 수 있다.

(2) ①에 대한 결과(60초)의 경우

1) 자원별 대기시간

**Queue**

**Time**

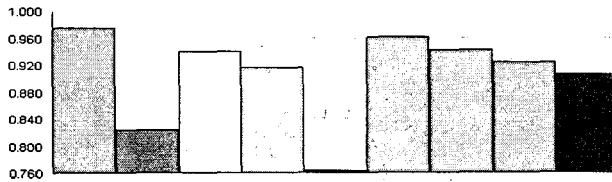
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Body Queue	0.03480821	(Correlated)	0.00	0.0985
Chassis_B.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
FinalA.Queue	0.00004669	0.000007252	0.00	0.00102135
FinalB.Queue	0.00000040	(Correlated)	0.00	0.00022399
Inspection.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Paint.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Press.Queue	0.1042	(Correlated)	0.00	0.3228
Trim_A.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Trim_B.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00



납입시간이 늦어져 Body공정과 Press공정에 대기시간이 발생하고 있다.

2) 자원의 이용률

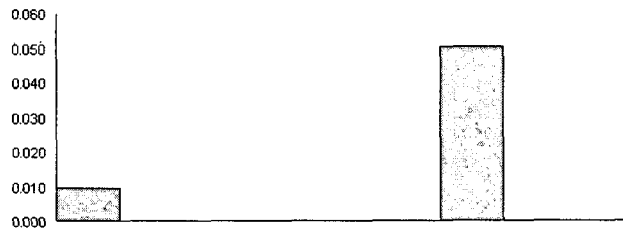
Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
B1	0.9744	0.020211024	0.00	1.0000
ChaB	0.8234	0.019452730	0.00	1.0000
FIA	0.9400	0.022532595	0.00	1.0000
FIB	0.9151	0.022185456	0.00	1.0000
INS	0.7640	0.018811592	0.00	1.0000
P_1	0.9607	0.022754510	0.00	1.0000
Pa1	0.9417	0.020029946	0.00	1.0000
TRA	0.9232	0.020347567	0.00	1.0000
TRB	0.9053	0.020615282	0.00	1.0000



(3) ①에 대한 결과(65초)의 경우

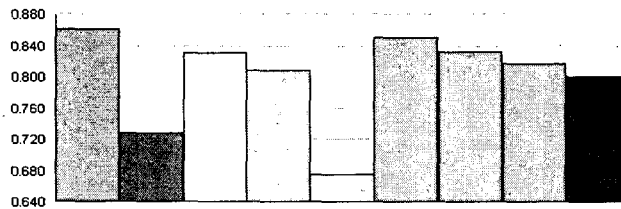
1) 자원별 대기시간

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Body.Queue	0.00933617	(Correlated)	0.00	0.04626563
Chassis_B.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
FinalA.Queue	0.00004331	0.000009179	0.00	0.00112765
FinalB.Queue	0.00000023	0.000000254	0.00	0.00008678
Inspection.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Paint.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Press.Queue	0.05010318	(Correlated)	0.00	0.2024
Trim_A.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Trim_B.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00



2) 자원의 이용률

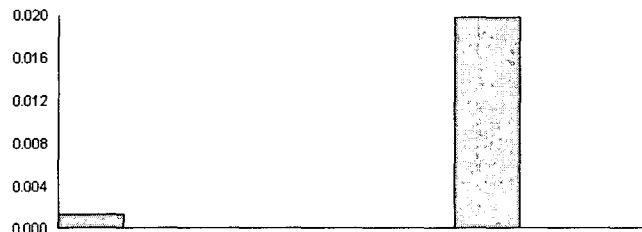
Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
B1	0.8615	(Correlated)	0.00	1.0000
ChaB	0.7275	(Correlated)	0.00	1.0000
FA	0.8306	(Correlated)	0.00	1.0000
FiB	0.8083	(Correlated)	0.00	1.0000
INS	0.6758	(Correlated)	0.00	1.0000
P_1	0.8499	0.046295491	0.00	1.0000
Pa1	0.8324	(Correlated)	0.00	1.0000
TRA	0.8164	(Correlated)	0.00	1.0000
TRB	0.8001	(Correlated)	0.00	1.0000



(4) ①에 대한 결과(70초)의 경우

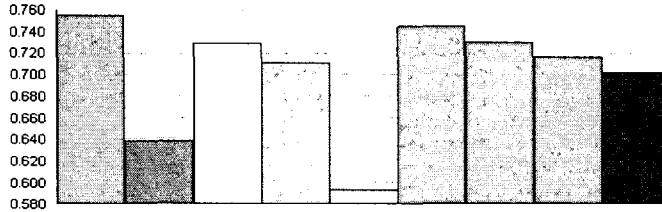
1) 자원별 대기시간

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Body.Queue	0.00123282	0.000538992	0.00	0.01167174
Chassis_B.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
FinalA.Queue	0.00003351	0.000007884	0.00	0.00077750
FinalB.Queue	0.00000032	(Correlated)	0.00	0.00008772
Inspection.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Paint.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Press.Queue	0.01981884	0.006051024	0.00	0.1524
Trim_A.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Trim_B.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00



2) 자원의 이용률

Resource Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
B1	0.7544	0.046938165	0.00	1.0000
ChaB	0.6386	0.038247401	0.00	1.0000
F1A	0.7291	0.042233334	0.00	1.0000
F1B	0.7100	0.039502158	0.00	1.0000
INS	0.5929	0.032276379	0.00	1.0000
P_1	0.7439	0.046728153	0.00	1.0000
Pa1	0.7295	0.045813652	0.00	1.0000
TRA	0.7160	0.044718512	0.00	1.0000
TRB	0.7019	0.043032051	0.00	1.0000



납입시간에 따른 해당 원가는 다음과 같다. 납입시간 간격에 따라 원가는 <표3-1>과 같이 크게 증가하고 있다.

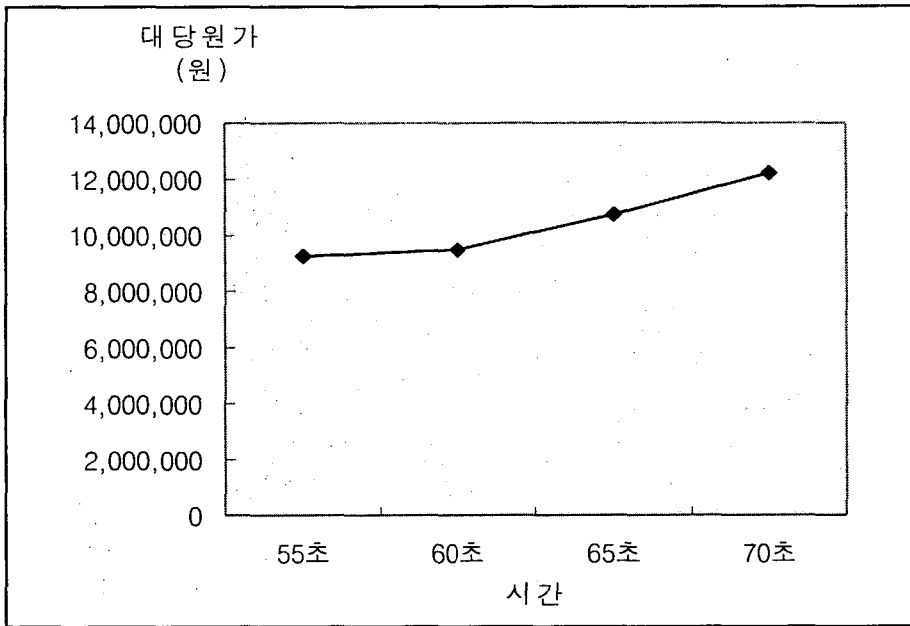
(단위: 1000원)

구분	55초	60초	65초	70초
Busy cost	11,032,300	10,750,097	9,503,443	8,334,829
Idle cost	843,682	1,124,957	2,372,525	3,542,623
Total cost	11,875,982	11,875,054	11,875,967	11,877,452
생산량	1,280대	1,249대	1,104대	970대
대당 원가	9,278,111(원)	9,507,649(원)	10,757,216(원)	12,244,796(원)

<표3-1> 납입시간에 따른 원가



<그림3-1> 납입시간에 따른 원가의 변화

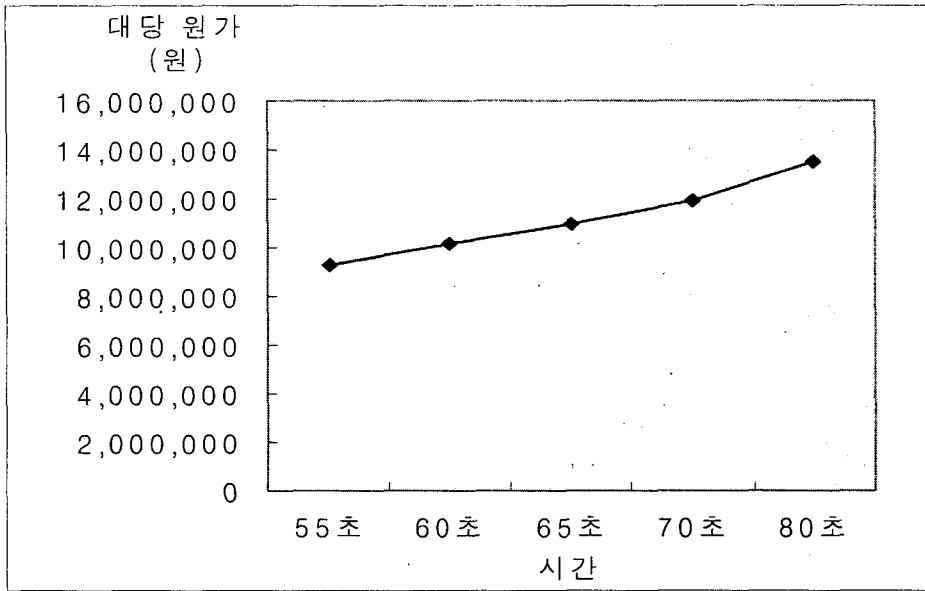


택트타입의 변화에 따른 대당 원가의 변화는 다음과 같다(<표2-1> 참조).

구분	①	②	③	④	⑤
Busy cost	11,032,300	10,289,968	9,759,367	9,169,642	8,381,485
Idle cost	843,682	1,585,913	2,116,715	2,706,832	3,494,626
Total cost	11,875,982	11,875,882	11,876,082	11,876,474	11,876,111
생산량	1280대	1166대	1080대	996대	876대
대당 원가	9,278,111(원)	10,185,148(원)	10,996,372(원)	11,924,171(원)	13,557,204(원)

<표3-2> 택트타입의 변화에 따른 원가

<그림3-2> 택트타입의 변화에 따른 원가의 변화



#### 4. 결론

택트타임에 따라 대당 원가는 큰 차이가 발생한다. 또한 납입시간에 따라 대당 원가도 차이가 발생하였는데, 이는 대기시간의 증가에 따른 유실시간이 증가하여 유실비용이 증가하였기 때문이다.

자동차 업계는 예상 손실금액을 다음과 같이 분석하여 관리해야 한다.

$$\text{손실이익 (lost profit)} = \text{생산능력 (capacity)} - \text{유실시간}$$

손실금액에 원인이 되는 유실시간은 다음과 같은 원인에 의해 발생한다.

- ① 노사분규
- ② 기계고장
- ③ Tact time 실패에 따른 원가계산
  - . 일별 tact time 分析 원가계산
  - . 주별 tact time 分析 원가계산
  - . 월별 tact time 分析 원가계산
  - . 년별 tact time 分析 원가계산

공정별 및 현장별 원가관리를 실시해야 택트타임 실패에 따른 실패원인 분석과 실패대책을 수립하고, 이를 통하여 원가 및 이익 목표관리를 해야 한다. 대한민국에 자동차 산업은 지금 모듈생산 등으로 수익모델을 확보하고 있으나 생산시스템에 존재하는 유실비용을 철저히 관리하고, 부품의 신뢰성 등에 더욱 더 심혈을 기울려야 발전의 토대를 이룰 수 있다. 향후 5년이 매우 중요한 시기가 될 것으로 판단한다.

### [참고문헌]

- 김태호, 현장중심의 작업관리, 시스템컨설팅, 2000.
- 김태호 공저, 생산경영, 범한, 2004.
- 김태호, 전사적이익관리, 시스템컨설팅, 2000.
- 김태호, RFID를 이용한 간판시스템 구축, 안전경영과학회 춘계학회, 2004.
- 김태호, 권정휘, IE와 산업안전에 RFID활용방안, ]안전경영과학회 추계학회, 2004.
- 김태호, 양광모, 권정휘, 강경식, Lean SCM에서의 모듈생산의 적용에 따른 모델개발과 원가분석, 안전경영과학회, 2003. 1월.
- 김태호, 나승훈, 강경식, SCM(Supply Chain Management)에서 최적 생산시스템 모델개발, 한국안전경영과학회 2001년 3월.
- 김태호, 나승훈, 강경식, CONWIP 시스템 모델 설정에 관한 연구, 대한산업공학회, 춘계학술대회, 98. 4월.
- 김태호, 강경식, 황경수, COST TABLE을 이용한 품질코스트 계산에 관한 연구, 한국품질관리학회지, 제21권 제2호, 1993
- 門田安弘, 新トヨタシステム(New Toyota System), 講談社, 1991.
- Tae Ho Kim, Wegener Malcolm, JIT Success factors of primary commodities in the SCM (Supply Chain Management)Australia, ASOR 2003.
- Tae Ho Kim, Jae Hyun Park, Kyung Sik Kang, and Kwang Mo Yang, "The Development of Modular Production Systems Models related JIT in Supply Chain Management", Proceedings of International conference of Industrial Engineering, 2002.
- Kim Tae Ho, Seung-Houn La, Production cost estimating using cost table in web base. INFORMS, SEOUL, 2000.4
- www.ieman.com