

시뮬레이션을 활용한 Hybrid 생산 Model의 연구

노권학* · 손성규** · 장성호**† · 이종환** · 정관영** · 김태성** · 이희수*

*금오공과대학교 건설팅대학원

**금오공과대학교 산업공학부

A Development of Hybrid Production System Modeling using Simulation

Gwon-Hak Noh* · Seonggyu Son** · Sung-Ho Chang**† · Jonghwan Lee**

Gwan-Young Jeong** · Tae-Sung Kim** · Heesoo Lee*

*Graduate School of Consulting, Kumoh National Institute of Technology

**School of Industrial Engineering, Kumoh National Institute of Technology

To meet the needs of customer, manufacturing companies are diversifying product making methods. In order to adapt to changes, companies are trying to find a new manufacturing system. In this research, MTS (Make to Stock) and MTO (Make to Order) production methods are simulated using ARENA and the results are compared and analyzed to find a better system. As a result, by combining the advantages of MTS and MTO system, a hybrid production system is developed. The hybrid model is analyzed to verify that it is better than the existing two models, which is MTS and MTO model. The statistic results of output analyzer show that a new system helped to increase production rate and decrease work in process inventory. The hybrid model proved that it contains the merits of MTO production method and MTS production method.

Keywords : MTS(Make to Stock), MTO(Make to Stock), Hybrid system, Simulation

1. 서 론

오늘날 글로벌 시장 속에서 기업 간 치열한 경쟁과, 점점 짧아지고 있는 제품의 수명주기, 그리고 고객의 기대 수준 향상 등으로 기업들은 공급사슬관리(Supply Chain Management, SCM)에 대한 투자나 관심이 집중되고 있다. 과거 기업 내부의 라인, 공정, 리드 타임 단축으로 인한 생산성 향상 등 기업 내부 개선을 중심으로 관심과 투자가 집중되었다.

SCM의 중요성이 커지고 그에 따른 관리의 필요성이

증가되면서 기업 내부의 보이는 관리의 관점을 벗어나 기업의 외부 환경적인 요인과 기업과 협력업체 간의 유기적인 관계 또한 전체 SCM 관리에서 중요성이 커지고 있다. 과거 수요의 예측을 통한 MTS 생산(Make-To-Stock, 이하 MTS) 방식에서 SCM에 대한 기업의 관심과 더불어 최근의 생산 환경은 고객의 다양한 요구를 만족하기 위해 고객의 개별 주문에 따른 주문생산(Make-To-Order, 이하 MTO) 방식으로 점차 변화하고 있으며 기업에 맞는 다양한 생산방식을 만들어 내고 있다. 이러한 생산방식의 변화는 기업 전체의 내적 변화와 외

논문접수일 : 2011년 05월 30일 게재확정일 : 2011년 06월 02일

† 교신저자 changsh@kumoh.ac.kr

※ 본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문.

적 변화를 발생시키고 있다.

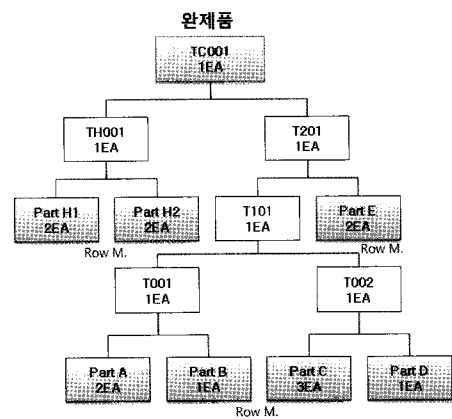
본 연구는 2009년에 작성된 최우영[5]을 기초로 하고 있다. 위의 논문에서는 효과적인 재고관리를 위해 적정 재고로 고객의 수요에 대응하는 재고모델을 시뮬레이션을 이용해 비교·분석하여, 어떤 재고정책이 공급사슬 관리에 가장 효과적인지를 평가하고자 하는데 목적이 있었다. 김명학[1]은 기존 연구되었던 공급사슬망의 통합주문정책의 한계점을 파악하였고 현실적인 분석결과를 위하여 각 지점에서 발생하는 고객의 최종수요를 AR(1) process를 통하여 발생시켜 시뮬레이션을 실행한 결과를 바탕으로 하여 공급사슬 내에서의 변화를 비교 분석하여 도출된 결론을 바탕으로 변화의 원인을 파악, 최적의 주문정책을 알아보려고 하였다. 재고관리와 주문정책에 관한 기존의 연구는 위의 두 논문을 바탕으로 모형에 적용을 하였다. 박상연[3]은 Hybrid MTO-MTS 생산 환경을 대상으로 하여 임의로 발생하는 MTO 제품의 생산 시기 결정 및 변화하는 MTS 제품의 생산계획을 고려한 몇 가지 정책을 제시하였고, 김명훈[2]은 SCM 환경 하에서의 일정 수요를 가정하고 하나의 제조업자에서 여러 개의 지점으로 구성된 공급망에서 재고보충주기를 휴리스틱 방법으로 결정하고, 공급망의 총 비용을 산출할 수 있는 재고관리 모델을 개발하였다. S.Rajagoplan[10]은 MTO-MTS 결정문제와 더불어 MTS 제품에 대한 재주문점과 재보충량에 관한 연구를 진행하여 이에 적합한 휴리스틱을 제안하였다. Wang[8]은 다수의 구매자가 존재하는 공급사슬 망에서 EOQ 재고모델을 기본으로 구매자의 주문주기를 정수비에 따라 조정하도록 하고, 수량할인을 적용하는 주문정책을 제안하였다. Ganeshan[9]은 다수의 공급자와 하나의 분배센터, 다수의 소매상으로 구성된 공급사슬 망에서 (s, S) 재고정책을 기본으로 재고모델을 개발하였다. 장지만[8]은 MTO 생산방식 하에서의 목표 주문충족률을 만족하는 범위 안에서 이익의 최대화를 달성할 수 있는 MIP(Mixed Integer Problem)모형을 반복 시뮬레이션을 통하여 제시하였다. Wu[7]은 반도체 공정을 중심으로 MTO/MTS 시스템을 위한 스케줄링 방법을 제안 하였다. Rafiei[6]은 생산 환경에서의 Hybrid 생산 방식의 결정에 대한 중요성을 강조하고, Hybrid 모형에서 Fuzzy ANP(Analytic Network Process)를 사용해 주문에 대한 올바른 선택을 위해 분석 네트워크 프로세스 모델을 개발하였다.

본 논문에서는 다양화 되는 생산방식의 변화에 따라서 가장 대표적인 MTS 방식과 MTO 방식의 생산 공정을 시뮬레이션 소프트웨어인 ARENA로 모델링하여, 공정 전체의 흐름을 파악하며 원자재 재고, 공정재고, 완제품재고 등 각 재고의 수량을 파악해 좀 더 나은 방식의 생산방식을 찾아 모델들의 비교 분석을 통한 최적화된 생산방식을 찾아 볼 것이다.

2. 모델의 분석

2.1 프로세스 분석

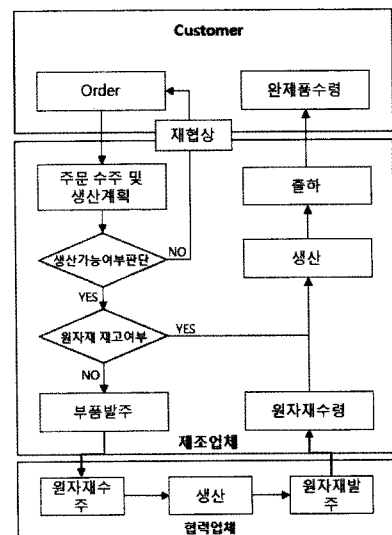
공정은 주문을 받고 최종적으로 제품을 조립하는 조립공정으로 총 6개의 프로세스들로 구성되어 있으며, 라인 작업 공정의 특성을 가지고 있다. 최종적 모듈을 조립하는 라인 공정을 가지고 원자재 모듈을 협력 업체로 부터 공급 받는다. 공정에서 소요되는 파트들의 수량은 아래 <그림 1>에 표현된 자재명세서(BOM : Bill of Materials file)에 자세하게 나와 있다.



<그림 1> BOM : Bill of Materials file

2.2 MTO 프로세스

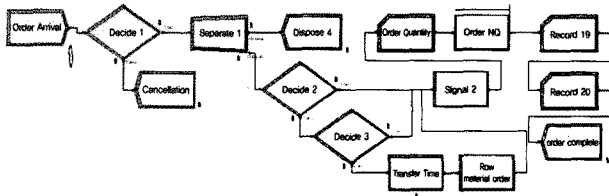
현재 생산방식인 MTO 형태의 프로세스 모델을 만들어 보면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> MTO 물류 프로세스

하루 3~4회 정도라는 경험적 자료를 하루 작업 시간인 16시간을 기준으로 약 4.5시간에 한번 주문이 들어온다고 설정 하였다. 파악된 주문의 95%는 생산되어지고 나머지 취소되는 비율이 5%에 대한 분리를 해주는 부분을 decide module로 표현하였다. <그림 3>은 Order 부분으로 MTO 생산방식의 가장 기본이 되는 부분이다.

Order



<그림 3> MTO ARENA 모델 주문 프로세스

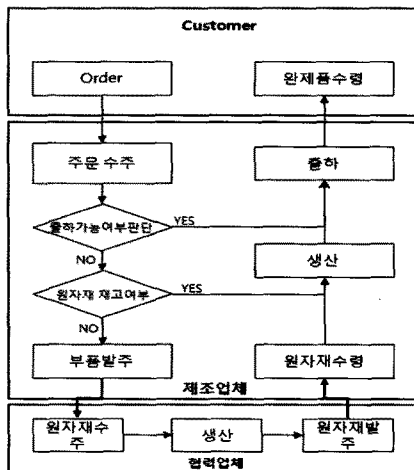
생산 파트들은 총 6개의 프로세스로 구성되어 있으며 각 부품이 조립되는 전체 과정을 보여 준다. 우선 원자재 재고인 부품 A의 기초재고를 넣어 주기위한 create module이 가장 앞부분에 위치하고 있으며 기초재고의 수량은 <표 1>에 각 파트별로 정리되어 있다.

<표 1> 각 부품 별 초기재고

초기 재고					
부품	A	B	C	D	E
기초재고량	200	100	300	100	150

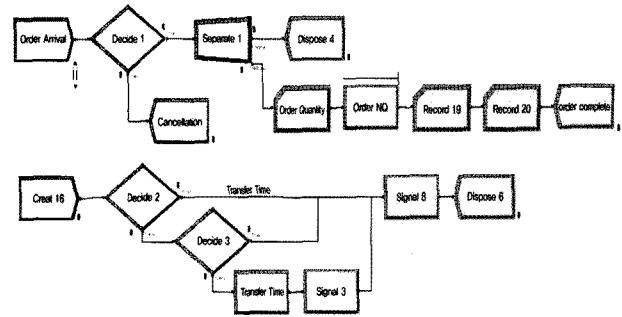
2.3 MTS Process

현재 생산방식인 MTO 형태와 상반되는 MTS 프로세스를 만들어 보면 <그림 4>와 같다.



<그림 4> MTS 물류 프로세스

Order



<그림 5> MTS ARENA 모델 주문 프로세스

<그림 5>의 MTS 프로세스는 MTO 프로세스와 다른 점을 가지고 있다. 가장 대표적인 차이점은 지속적인 생산을 위한 Create Module이 추가된 것이다. 이 Module은 수요예측을 통해 분석된 자료를 바탕으로 생산 프로세스에 생산 신호를 보내주기 위한 개체 생성 모듈로 생산계획에 따라 신호를 보내주어 생산을 하고, 원자재 재고의 수량을 파악해 원자재 주문 신호를 만들어 주는 역할을 한다.

2.4 기초자료 수집 및 분석

재고부분에 대한 관리비 부분은 경험적 자료를 바탕으로 <표 2>에 나타나있다. 이 자료는 MTO 모델링과 MTS 모델링에 동일하게 적용 될 것이다.

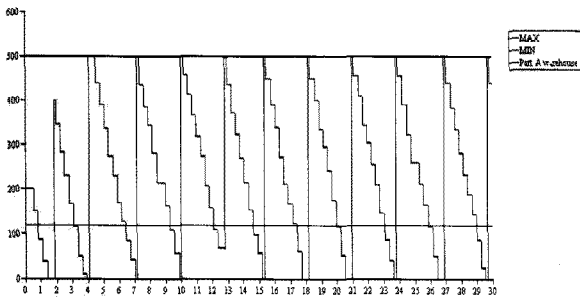
<표 2> 재고 비용

재고비용(\$)			W
완제품 재고 관리비		95	
남기 지연 기회 손실 비용		15	
원자재 부품 관리비	부품 A	5	
	부품 B	5	
	부품 C	7	
	부품 D	4	
	부품 E	5	
	부품 H1	3	
부품 H2	3		
재공품 재고 관리비			
A1 공정	A2 공정	B1 공정	B2 공정
3	3	4	5

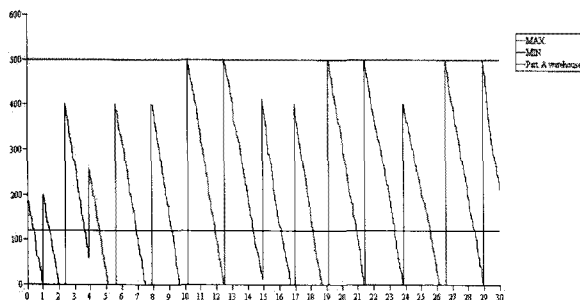
3. MTO and MTS 생산방식 결과 비교

3.1 물류창고의 재고 변동량

물류창고의 재고 변동량의 변화는 자체 생산 공정인 H1, H2 부품을 제외한 나머지 A1, A2, A3, A4, A5 부품의 원자재 재고에 관한 그래프를 ARENA의 동적도표를 사용하여 나타내었다. 아래 <그림 6>, <그림 7>은 각 생산방식에 따른 부품 A 물류창고의 재고 변동량을 그래프로 표시한 것이다.



<그림 6> 부품 A 물류창고 재고 변동량(MTO)



<그림 7> 부품 A 물류창고 재고 변동량(MTS)

부품 A의 재고 변동량을 그래프로 살펴보면 부품 A의 원자재 재고가 안전재고를 지나 재고의 수량이 '0'이 되는 것을 볼 수 있다. 이는 현재의 생산방식인 MTO 시스템에 부품 A 안전재고의 양이 잘못 설정 되어 있음을 확인 할 수 있다. 위의 그래프로 보아 부품 A의 안전재고의 양은 150개 이상으로 증가되어야 할 것으로 보인다. 이 외에 부품 B 물류창고의 재고 변동량에서는 현재 생산방식인 MTO 방식에서는 적절한 안전 재고의 수량을 가지고 있고, 이를 MTS 방식으로 변화하면 재고의 변동폭이 크다는 것을 확인 할 수 있었다. 부품 C Warehouse의 재고 변동량에서는 원자재 재고가 안전재고를 지나 재고의 수량이 '0'이 되는 것을 볼 수 있었다. 이는 현재의 생산방식인 MTO 시스템에 부품 C의 안전재고 양이 잘못 설정 되어 있음을 확인 할 수 있다. 부품 D 물류창

고의 재고 변동량에서는 현 생산방식인 MTO 방식과 MTS 생산방식 모두의 안전재고의 수량이 안정적으로 설정 되어 있음을 확인 할 수 있었다. 부품 E 물류창고의 재고 변동량에서는 현 생산방식인 MTO에서는 원자재의 재고가 '0'이 되지 않았고, 다른 생산방식인 MTS 방식으로의 변화시켜 살펴보면 원자재 재고의 수량이 '0'이 되는 것을 볼 수 있었다.

각 생산방식의 원자재 모듈의 재고 변동량을 분석한 결과 새로운 혼합형 생산방식을 위해서는 각 모듈의 안전 재고와 최대 적재 재고량에 변화가 필요하다고 판단 되었다.

3.2 결과 분석

결과 분석에서는 평균 대기행렬의 크기와 평균 대기시간 그리고 record module을 사용한 비용 분석을 하였다. <표 3>은 각 생산방식의 평균 대기행렬의 크기를 비교한 표이다.

가장 큰 차이가 나는 부분에는 부품 E 창고 대기행렬의 대기 시간부분과 주문 대기 시간이다. 주문대기 시간이 길어진 것은 MTO 생산의 단점이다. 완제품 재고의 차이는 MTS 생산방식의 단점으로 완제품 재고를 수요예측에 맞추어 생산 하지만 정확한 예측이 어려워 완제품 재고의 대기가 길어진 것이다. <표 4>, <표 5>는 MTO and MTS 생산방식의 결과 Report 값을 비교한 것이다.

<표 3> 평균 대기행렬의 크기 비교

(Day)

List	MTO	MTS	차이
A1 조립공정	4.4286	0.07597588	4.35262412
A2 조립공정	4.1458	0.07627670	4.0695233
B1 조립공정	2.3543	0.5256	1.8287
B2 조립공정	0.00	0.00	0
C1 조립공정	0.01078125	0.3580	-0.34721875
D1 조립공정	0.00	0.00	0
부품 A 창고	241.70	227.86	13.84
부품 B 창고	168.83	130.20	38.63
부품 C 창고	316.52	331.57	-15.05
부품 D 창고	168.99	176.11	-7.12
부품 E 창고	258.98	167.18	91.8
완제품 창고	0.07768750	15.6644	-15.5867125
주문대기 행렬	111.21	36.5475	74.6625

<표 4> 비용 분석 비교

List	MTO	MTS	차이(O-S)
완제품 재고 비용	26.72	2394.99	-2368.27
기회 손실 비용	1006.36	191.35	815.01
부품 H1 재고관리비	101.74	71.07	30.67
부품 H2 재고관리비	101.74	71.07	30.67
부품 A 재고관리비	1250.10	1188.72	61.38
부품 B 재고관리비	858.00	686.56	171.44
부품 C 재고관리비	2313.80	2400.04	-86.24
부품 D 재고관리비	684.83	716.59	-31.76
부품 E 재고관리비	1330.18	888.55	441.63
재공품 재고관리비	361.91	1722.42	-1360.51
합계	8,035.38	10,331.36	

Counter			
완제품 판매 수량	1659.10	1739.70	-80.6
매출액(1EA/350\$)	580685	608895	-28210

Income(1 month/\$)			
지출	160707.59	206627.3	-45919.7
수입	580685	608895	-28210
합계	419977.41	402267.7	17709.71

<표 5> 물류창고 재고량의 변화

부 품	한계용량(Max)		안전재고(Min)	
	기존	현재	기존	현재
부품 A	500EA	250EA	120EA	50EA
부품 B	300EA	150EA	60EA	70EA
부품 C	700EA	400EA	200EA	100EA
부품 D	300EA	150EA	60EA	50EA
부품 E	500EA	250EA	120EA	50EA

비용관련 분석은 모델링 내에서 record module을 사용하여 <표 2> 재고비용을 기준으로 설정하였다. 각 부품과 완제품재고에 대한 비용분석을 포함하여 재공품 재고 까지 재고에 관련된 비용이 들어가는 모든 부분을 계산하여 <표 4>에 나타내었다.

<표 4>에서 보면 완제품의 관리비와 주문대기에 관한 비용을 제외하고 재공품 재고에 관련된 비용의 차이가 확연하게 드러나게 된다. 이것은 MTS의 생산방식에 선행되어야 하는 수요예측에 관련된 부분에 대한 자료가 결여 되어 있기 때문이다. 완제품재고가 출하되

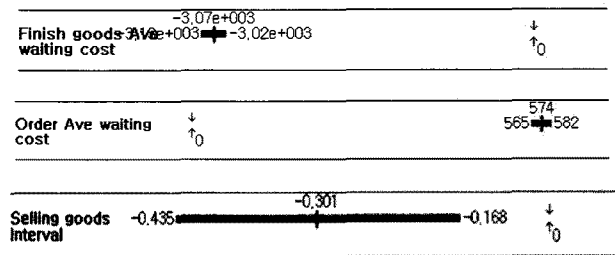
는 부분에서 MTO의 출하량과 동일하게 하기 위해 제품생산의 주기를 결정하여 재공품 재고가 증가하였기 때문이다. 재공품 재고 증가에 대한 개선안은 차후에 최적화된 모델 개발을 진행하면서 개선한다.

3.3 통계적 분석

통계적 분석은 ARENA 프로그램의 Output Analyzer를 통하여 MTO 생산방식과 MTS 생산방식에서 나온 결과가 통계적으로 서로 다른지를 검정해 본다. 통계적 검정에 사용된 통계적 수치는 아래의 세 가지 자료에 대해 검정 하였다.

1. 완제품 재고비용 관련 통계 자료
2. 납기 지연에 따른 기회 손실 비용
3. 완제품 재고의 납기주기

아래 그림은 완제품 재고의 금액에 대한 데이터를 통계적으로 10회 반복에 대한 자료를 통계적으로 검정한 것이다. <그림 8>은 비용관련 1, 2항목과 납기관련 3 항목의 검정 자료이다. 모든 검정은 95% 신뢰수준으로 쌍체-T 검정으로 진행 하였다. '두 가지 자료의 차이가 없다'의 귀무가설과 '두 가지 자료의 차이가 있다'의 대립가설을 공통으로 적용 하였다.



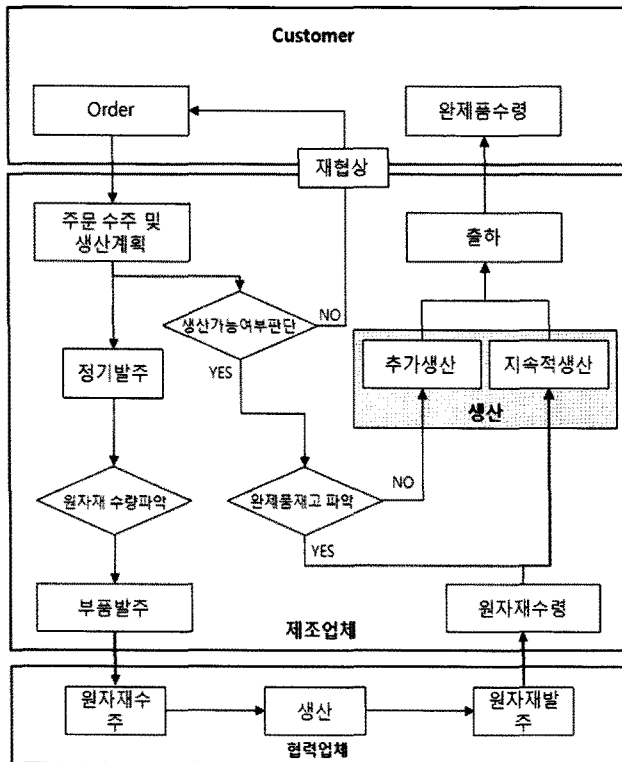
<그림 8> Paired-T 검정 그래프

완제품 재고 비용과 주문 대기에 따른 기회손실 비용을 Paired-T 검정을 통해 검정해본 결과, 항목 1, 2, 3 모두가 '0'을 포함하지 않는 유의구간을 가지고 있음으로 MTO, MTS 생산방식은 통계적으로 유의하지 않다는 결과를 얻었다. 또한, <그림 8>에서와 같이 각 생산 방식은 전체 매출액의 차이는 없다고 볼 수 있지만, 통계적 검정의 두 생산방식에는 분명한 차이가 있음을 알 수 있다. 세 가지의 자료를 검정해 본 결과 두 가지 생산방식의 차이는 제품의 생산과 관련 유지비용 등 모든 부분에서 통계적으로 유의하지 않다는 결론을 얻었다.

4. 최적 생산 모델

4.1 최적 생산 모델 물류 프로세스

최적 생산 모델은 MTO 생산방식의 특징인 선주문 후 생산 프로세스와 시뮬레이션으로 예측된 수요를 바탕으로 지속적인 생산을 하는 MTS 생산방식의 특징이 결합되어있다.



<그림 9> 최적 생산 모델의 물류 프로세스

새로운 모델에 추가된 프로세스는 완제품 재고의 수량을 파악하고, 파악된 수량이 주문의 수량에 대응하지 못하는 경우 생산량을 늘려 주문에 대응하는 프로세스가 추가되어있다. <그림 9>를 보면 완제품 재고의 판단 이후 추가생산과 지속적인 생산으로 연결되어 있는 것을 확인 할 수 있다.

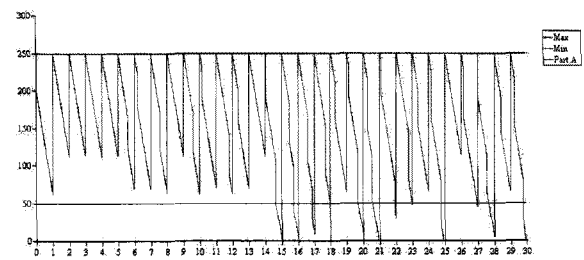
이것은 각각의 생산방식의 장점을 결합하기 위한 하나의 방법으로, 각 생산방식의 특징이 유기적으로 결합해 원활한 생산이 이루어질 수 있도록 고안되었다.

4.2 원자재 재고의 수량

원자재 재고의 발주형태가 주문에 대응하기 위한 안전재고의 양을 가지고 고정주문량 모형이 아닌 지속적인 생산을 위한 정기주문 형태로 변화 하기위한 재고의

양을 새롭게 설정하였다. 이는 시뮬레이션을 통한 수요 예측과 재고량의 통계적인 수치로 납기 주기와 재고량이 변화 되었다. 이 수량의 변화는 <표 5>에 자세하게 나타나 있다.

원자재 재고의 한계 용량과 안전재고에 대한 변화를 주어 원자재 재고의 관리비를 최소화 하였다. 각각의 물류창고의 재고량의 변화를 그래프로 살펴보면 아래 <그림 10>과 같다. 원자재 재고는 매일 필요한 양만큼의 수량을 파악하여 재고가 충족 되었고 원자재 재고가 '0' 이 되는 경우도 현저히 떨어졌다.



<그림 10> 부품 A Warehouse 재고 변동량

각각의 재고의 변동량은 월초에 큰 변화 없이 조절되다가 어느 정도의 시간이 경과한 이후 급격하게 변화하는 모습을 찾아 볼 수 있는데 이것은 기존에 가지고 있던 완제품 재고량이 부족하게 되면서 지속적인 생산방식으로 제품을 계속 생산하면서 추가 생산의 프로세스가 가동이 된 부분이다. 지속적인 생산으로 모든 주문에 대한 대응이 가능한 부분에서는 원자재 재고의 양이 일정한속도로 떨어지고 추가 생산이 일어나게 되면 원자재 재고의 급격한 변화가 생겨나게 되는 것이다.

5. 결과 자료 분석

5.1 결과 자료 비교

<표 6>은 현 MTO·MTS 생산방식과 최적화된 생산 방식의 대기시간을 비교한 표이다.

대기 시간에 대한 결과를 살펴보면 두 생산방식 결합형태의 생산방식에서 주문의 수와 완성품의 대기 시간에 대한 자료의 수치가 MTO 생산방식의 장점인 완제품 재고의 대기 시간에 대한 자료가 MTO 생산방식 보다는 높고 다른 MTS 생산방식보다는 현저히 낮았다. 또한 MTS 생산방식의 장점인 주문의 대기시간이 적다는 부분에서는 두 생산방식 결합형태의 생산방식이 MTS 생산방식의 주문 대기시간 보다 더욱 짧아 졌다. 또한

<표 6> 대기시간 비교

(Day)

List	MTO	MTS	차이	Mix
A1 조립공정	0.04982957	0.00076391	0.0491	0.02605447
A2 조립공정	0.04892435	0.00075254	0.0482	0.02654916
B1 조립공정	0.02759671	0.00528363	0.0223	0.02900795
B2 조립공정	0.00	0.00	0	0.00
C1 조립공정	0.00012791	0.00393839	-0.004	0.00076634
D1 조립공정	0.00	0.00	0	0.00
부품 A 창고	1.3752	1.1124	0.2628	0.6859
부품 B 창고	1.8492	1.2726	0.5766	0.8680
부품 C 창고	1.2742	1.0832	0.191	0.7606
부품 D 창고	1.8554	1.6383	0.2171	0.8980
부품 E 창고	1.5155	0.9499	0.5656	0.7424
완제품 창고	0.00096452	0.1914	-0.19	0.01319485
주문대기 행렬	1.2124	0.3767	0.8357	0.1641

<표 7> 평균 대기하고 있는 부품 수 비교

(Day)

List	MTO	MTS	차이	Mix
A1 조립공정	4.4286	0.07597588	4.35262412	2.6861
A2 조립공정	4.1458	0.07627670	4.0695233	2.9100
B1 조립공정	2.3543	0.5256	1.8287	2.9977
B2 조립공정	0.00	0.00	0.00	0.00
C1 조립공정	0.01078125	0.3580	-0.34721875	0.08042708
D1 조립공정	0.00	0.00	0.00	0.00
부품 A 창고	241.70	227.86	13.84	136.50
부품 B 창고	168.83	130.20	38.63	87.6622
부품 C 창고	316.52	331.57	-15.05	234.95
부품 D 창고	168.99	176.11	-7.12	94.5564
부품 E 창고	258.98	167.18	91.8	147.60
완제품 창고	0.07768750	15.6644	-15.5867125	1.1802
주문대기 행렬	111.21	36.5475	74.6625	15.1513

<표 8> Number Waiting 세부항목 비교

종류	Ave.	Min Ave.	Max Ave.	Min	Max	
Finish goods	MTO	0.078	0	0.65	0	15
	MTS	15.7	0.99	58.5	0	125
	차이	-15.622	-0.99	-57.85	0	-110
	Mix	1.1802	0.0186	2.279	0	39
Order NQ	MTO	111	51.1	161.5	0	267
	MTS	36.54	0.2	81.8	0	218
	차이	74.46	50.9	79.7	0	49
	Mix	15.1513	8.6791	41.818	0	99

<표 7>에서는 두 생산방식 결합형태의 생산방식의 대기행렬의 길이가 가장 작은 것을 볼 수 있다.

정량발주에서 정기발주의 형태로 원자재 재고의 발주형식을 변화 하면서 각각의 물류창고의 평균대기 원자재 수량도 두 생산방식 결합형태의 생산방식에서 현저히 낮은 수치를 보이고 있음을 확인 할 수 있다. 주문의 대기 수량과 완제품 재고 수량에 대한 세부 항목을 다시 비교하여 보면 <표 8>에서와 같다.

두 생산방식 결합형태의 생산방식에서는 완제품 재고의 Max 수량이 39개로 MTS 생산방식보다 현저히 낮은 수량으로 유지 되는 것을 확인 하였고, 주문대기의 양적인 측면에서는 MTO·MTS 형태의 주문 대기 수량보다 매우 적은 99개의 최대 대기 수량을 확인 하였다. 최대 평균 수량 역시 MTS 방식보다 더욱 낮은 41.818개의 수량을 평균적으로 가지고 있는 것을 확인 할 수 있다. 다음은 MTO·MTS 생산방식과 최적화된 생산방식의 가격 비교이다.

<표 9>를 살펴보면 두 생산방식 결합형태의 생산방식이 다른 어떤 생산방식보다 금액적인 우위를 점하고 있음을 확인 할 수 있다.

<표 9> Cost 비교

List	MTO	MTS	Mix
완제품 재고 비용	26.7197	2394.99	148.38
기회 손실 비용	1006.36	191.35	190.42
부품 H1 재고관리비	101.74	71.0722	68.9632
부품 H2 재고관리비	101.74	71.0722	68.9632
부품 A 재고관리비	1250.10	1188.72	747.16
부품 B 재고관리비	858.00	686.56	480.26
부품 C 재고관리비	2313.80	2400.04	1748.08
부품 D 재고관리비	684.83	716.59	397.58
부품 E 재고관리비	1330.18	888.55	774.18
재공품 재고관리비	361.91	1722.42	227.14
합 계	8,035.3797	10,331.3644	4,851.1264

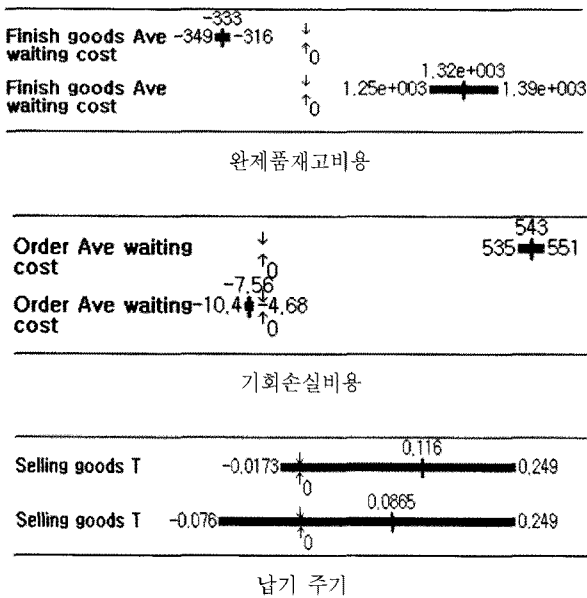
Counter			
Selling goods	1659.10	1739.70	1819.90
Cost(350\$)	580685	608895	636965

Income(1 month/\$)			
지출	160707.594	206627.3	97022.53
수입	580685	608895	636965
합계	419977.406	402267.7	539942.5

5.2 통계적 분석

각 생산방식의 결과 분석 결과를 토대로 통계적 검정을 통해 MTO·MTS 생산방식과 결합형태의 생산방식의 분석 자료가 통계적으로 유의하지 않음을 볼 수 있었다. 선행된 비용 분석에서는 최적화된 결합형태의 생산방식이 기존의 생산 방식과는 비용분석에서 높은 결과를 얻었다.

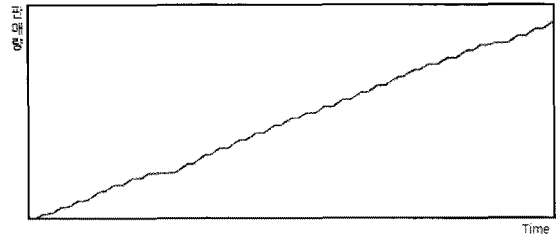
통계적 분석에서 각각의 조건에 따라 다른 결과를 나타내었다. 아래 <그림 11>을 보면 쌍체-t 검정으로 분석된 3가지 항목의 자료가 있다.



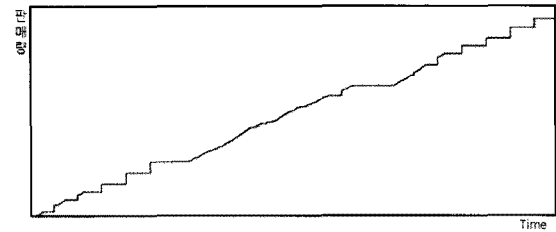
<그림 11> Paired-T 검정 그래프

<그림 11>을 보면 각각의 생산방식과 최적화된 생산방식의 완제품 재고 비용과 주문 대기에 따른 기회 손실비용은 기존의 생산 방식과 통계적으로 유의 하지 않다는 결론을 얻을 수 있었다. 그러나 완제품 출하의 주기에 관한 자료에서는 통계적으로 다르지 않다는 결론을 내리고 있다. 이것은 기존 생산방식인 MTS와 MTO적인 생산방식은 분명한 차이가 있다고 할 수 있지만 최적화된 생산방식은 기존의 생산방식의 장점을 모아 만들어 졌기 때문에 완제품의 출하에 대한 검정은 기존의 생산방식과 차이가 없음을 증명해 주고 있다. 이는 <그림 12>의 누적 출하량 그래프를 보면 확인 할 수 있다. 그래프에서 MTO 생산방식의 특징은 생산 Lead Time에 맞추어 일정하게 증가하는 것이고, MTS 생산방식은 주문에 맞추어 출하량이 계단식으로 증가하는 점이다. MTS 생산에서 계단모양이 아닌 부분은 완제품 재고량의 수량이 부족한 지점이다.

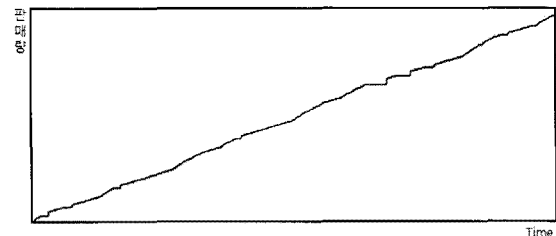
MTO



MTS



Hybrid Model



<그림 12> 누적출하량 그래프

위 그래프를 결론으로 새롭게 개발한 Hybrid Model은 기존 생산방식의 장점을 모두 포함 하면서 높은 생산성과 고객의 주문에 빠른 대응이 가능하고 모든 재고를 기존의 생산방식보다 낮게 유지할 수 있는 MTO 생산방식과 MTS 생산방식의 특성을 모두 포함한다고 판단할 수 있다. 이상으로 두 생산방식이 결합하여 새로운 형태의 새로운 모델을 만들어내었고, 이 모델이 새로운 하이브리드 모델이 되었다.

6. 결론

새로운 하이브리드 모델을 구현하기 위하여 MTO와 MTS 생산방식을 시뮬레이션으로 분석하였다. MTO 모형의 특징은 완제품 재고 및 재공품재고의 수량이 적고, 주문의 즉각적 대응이 가능하다는 점이였다. 이에 반해 MTS 모형의 경우는 주문대기로 인한 기회손실비용과 원자재 재고의 수량이 적고, 지속적인 생산으로 생산력이 높다는 것이 가장 큰 특징이였다. 각 모델의 특징은 찾을 수 있었지만 두 가지 방식 모두 판매량과

매출액 면에서는 큰 차이점을 보이지 않았다. 이점에서 새롭게 개발된 하이브리드 모델은 기존의 두 가지 생산방식의 단점을 보완하고 장점을 부각시키기 위해 시뮬레이션으로 분석한 결과를 바탕으로 완제품의 수요를 예측해 전체 공급 사슬망에서 재고를 최소화 할 수 있었다. 선주문 후 생산의 특징을 가진 MTO 생산방식의 주문대응 Process를 구현하고, 생산계획 이전에 Simulation 분석을 통해 수요를 예측해 수요의 최소량을 지속적으로 생산하는 MTS 생산방식의 특징을 유기적으로 결합하였다. 그 결과, 부분적 관리의 일부가 아닌 전체 공급 사슬망에서 하이브리드 모델은 관리·운영적 측면의 혁신뿐만 아니라, 재고비용의 최소화, 판매량의 증대, 병목공정의 개선 등 기업이 관리할 수 있는 부분과 눈에 보이지 않는 부분의 관리를 동시에 할 수 있다는 것이다. 본 연구 모형이 모든 제조업체에 동일하게 적용되기 위해서는 더욱 현실적이고 상세한 내용의 모델링의 개발이 선행되어야 하고, 다양한 제품을 생산하는 방식에서의 연구도 뒤따라야 할 것이다. 후속 연구주제로서 많은 종류의 기업과 다양한 자료를 바탕으로 모든 공급사슬망에서 일어날 수 있는 생산·재고·주문 등의 문제점을 분석하기 위한 시뮬레이션 연구가 있을 수 있다.

참고문헌

[1] 김명학; “시뮬레이션을 이용한 공급사슬망의 최적

주문 정책에 관한 연구”, 건국대학교 대학원 석사학위논문, 2009.

- [2] 김명훈; “SCM 환경 하에서 재고보충주기 결정 및 통합 재고 관리 모델 개발”, 한국 디지털 정책 연구, 5(1) : 47-53, 2007.
- [3] 박상연 외 2인; “A Study on Production Policies in hybrid MTO-MTS Production Environment”, 한국경영과학회 학술지, 2006.
- [4] 장지만; “주문생산환경에서 주문 충족률을 고려한 생산능력 조정 모형”, 2006.
- [5] 최우영; “시뮬레이션을 이용한 SCM 재고관리 정책 평가에 관한 연구”, 2009.
- [6] H. Rafiei; “Order Partitioning in Hybrid MTS/MTO Contexts using Fuzzy ANP,” 2009.
- [7] Muh-Cherng Wu; “Scheduling a hybrid MTO/MTS semiconductor fab with machine-dedication features,” 2008.
- [8] Qinan Wang; “Coordinating Independent Buyers with IntegerRatio Time Coordination and Quantity Discounts,” *Naval Research Logistics*, 51 : 316-330, 2004.
- [9] Ram Ganeshan; “Managing supply chain inventories : A multiple retailer, one warehouse, multiple supplier mode,” *Production Economics*, 341-354, 1999.
- [10] Rajagopalan, S.; “Make to Order or Make to Stock Model and Application,” *Management Science*, 48(2) : 241-256, 2005.