

SCM 시뮬레이터 개발 Development of Supply Chain Management Simulator

임 석 진* · 모 창 우**

Lim Seok Jin* · Mo Chang Woo**

Abstract

Many manufacturing industries need more efficient organization since the customer expects a greater response to orders. Due to this increased expectation, a supply chain management (SCM) has become one of the most important methods of competitive advantage in business today. This study has developed a simulator for the supply chain management problem. The simulator designed to help determine considering to the capacities and the costs of production and distribution facilities. The simulator developed using commercial simulation tool ARENA and the results of computational experiments for a simple example were given and discussed to validate the developed simulator. The simulator can be used to decide an realistic production-distribution planning in the area.

Keywords : Production-distribution planning, Simulator, SCM

1. 서 론

산업혁명이후 과학과 기술의 발달이 급속도로 진행되고 기업은 생산관련 기술 개발과 이전이 활발하게 진행되어 기업간 기술의 격차가 줄어들었다. 이에 따라 기업은 새로운 경쟁력을 강화하기 위한 방법을 찾아야 하는 시기가 도래하게 되었다. 기업의 경쟁력강화를 위하여 개개의 기업은 품질의 도입, 가격 경쟁력 확보, 뛰어난 기술적 기능 개발, 미려한 디자인 등 다양한 분야에서 제품개발이 이루어짐을 통해 시장의 우위를 점하였을 뿐 아니라 새로운 시장을 개척하는 효과 등 상당한 가시적인 성과를 거두었다.

* 인덕대학교 테크노경영과

** (주)ATWORTH

그러나 최근 시장이 글로벌화 되고 우수한 기술력을 갖춘 다수의 기업이 치열하게 경쟁하는 현재의 시장상황에서는 이러한 성과만으로는 기업의 생존에 많은 어려움이 존재한다. 즉, Customer의 선택을 받지 않고는 곧 기업의 존재가치가 사라지게 되는 생존의 위협에 처하는 현실에 직면하고 있다. 이로 인해 최근 기업은 좋은 품질, 우수한 기능, 저렴한 가격의 제품을 생산하는 것만이 목표가 아닌 Customer이 요구하는 제품을 생산-공급해야 하는 새로운 요구에 놓이게 되었다.

Customer의 요구사항을 고려하지 않고 제품의 생산과 공급에 있어 자체 계획에 의한 대량생산-공급하는 일련의 과정이 아닌 Customer의 주문에서부터 시작하여 관련된 공급사슬 네트워크(Supply Chain Network) 전체의 관점에서 계획하고 실행해야 하는 추세로 변화하고 있다. 기업이 미리 수립한 계획에 의해 자재 및 부품을 조달하여 제품을 생산하고 이를 시장에 공급하던 방식에서 Customer의 요구사항을 반영한 주문에 따라 최소의 비용으로 신속하게 제품을 생산하여 Customer에게 전달하는 방식으로 변화하였다.

이를 위하여 생산-공급과 관련된 일련의 과정이 공급사슬 네트워크내에 존재하는 공급업체, 생산업체, 창고업체, 배송업체 등 공급사슬 전구성 요소들의 긴밀한 연결과 협력을 통하여 수행되어야 하는 방식으로 변화하고 있다.

Customer요구사항을 반영한 제품이 원하는 시간에, 원하는 가격으로, 높은 품질의 제품을 공급가능하게 되도록 하여야 하며 이를 통하여 Customer의 만족도를 향상시키는 방식으로의 변화하여야 하였다. 따라서 기업은 최적의 공급사슬 네트워크의 설계 및 생산Factory, 물류창고 등 구성요소의 설비들에 대한 운영계획 및 재고관리, 배송계획 등의 설계 및 운영에 대한 많은 연구가 진행되었다.

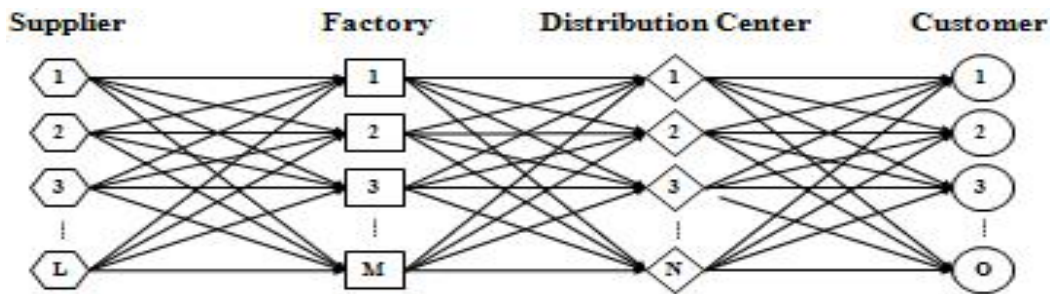
본 연구에서는 제품을 생산-공급하는 공급사슬 네트워크상에서 Customer의 주문에 따라 생산 및 분배계획의 수립을 다루는 시뮬레이터의 개발에 관한 것이다.

2. 공급사슬네트워크

2.1 공급사슬

공급사슬 (Supply Chain)이라함은 원재료부터 Customer에 이르기까지의 전과정을 이르는 말이며, 공급사슬을 구성하는 공급자, 생산자와 같은 각 부문들 사이의 물류, 정보, 자금의 흐름을 총체적으로 관리하여 공급사슬의 효율을 증가시키는 전략에 관한 연구이다. (Thomas and Griffiin, 1996). 공급사슬은 공급자(suppliers), 생산자(Factories), 창고(distribution centers, DCs) 그리고 Customer(customers) 등으로 구성된다.

그림 1은 공급사슬 네트워크의 구성에 대한 사례를 설명하는 것이다. 즉 공급자 (supplier), 생산자(factory), 물류창고(distribution center) 그리고 고객(customer)로 구성된 사례이다.



[그림 1] 공급사슬 네트워크

공급망관리(Supply Chain Management, SCM)은 원재료 공급자로부터 제조업체, 유통업체, 최종소비자에 이르는 과정에서 제품의 생산을 위한 원재료의 흐름을 통제하고, 제품생산을 위한 제품생산을 계획하고, 제품의 판매에 이르는 과정에 대한 통합화된 경영접근법이다(Elram, 1990).

Customer의 요구에 따라 공급사슬 네트워크상의 각 구성요소들은 각자 원자재나 부품을 공급하고 제품을 생산하고 창고에 보관하고 구성요소간 또는 Customer에게 배달하는 일련의 과정을 수행한다. Customer의 요구사항에 맞게 제품을 생산-공급하기 위하여선 제한된 시간과 자원 그리고 비용하에서 각자의 기능을 효율적으로 수행하여야 하며 제품을 생산하고 공급하는데 소요되는 시간과 비용에 대한 정확한 분석을 통하여 각 구성요소중 제품을 할당하기 위한 적절한 구성요소를 선정하여 제품을 할당하는 것이 중요한 설계시 고려사항이다.

설계를 수행할 때는 제품 및 부품생산을 위한 생산비용과 원재료, 반제품 그리고 완제품의 보관비용, 공급자에서 생산자로, 생산자에서 수요자에게 원재료나 제품을 운송하는데 소요되는 운송비용 등 공급사슬 네트워크상 전과정에서 발생하는 비용을 최소화하여야 한다. 또한, 이러한 최적화된 공급사슬 네트워크 설계를 통하여 생산계획 및 통제, 재고관리, 수송계획 등 각 활동을 통합적으로 관리하여야 한다. 즉 Customer의 주문량에 따라 지리적으로 분산되어 있는 생산자들중 제품의 생산을 담당할 생산자를 선정하여 제품별 생산량을 할당하고 창고에 보관할 원자재 및 제품 등 재고량을 결정하고 각 구성요소간 제품을 운송할 운송량의 결정을 통해 재고비용, 생산비용, 운송비용등의 합을 최소화하기 위한 공급사슬 네트워크를 설계·운용하여야 한다.

2.2 기존 연구 고찰

최근 Customer만족을 통한 기업의 경쟁력확보를 위한 여러 방법론중 공급망관리에 대한 많은 연구가 이루어졌다. 특히, 공급망관리의 여러 분야중 본 연구와 관련된 공급사슬 네트워크에서의 최적 생산-분배 모형에 대한 많은 연구가 수행되었으며 이에 대한 선행연구 조사결과는 다음과 같다.

먼저, 생산-분배계획모델과 관련된 연구로는 Chandra 와 Fisher(1994)는 single

production facility, multi-product에서 고정비용, 재고비용, 운송비용을 최소화하기 위한 production scheduling과 vehicle routing문제를 연구를 수행하였다.

Choi등(2000)은 multi stage 공급망의 최적화에 대한 연구를 새로운 통합모델을 제시하며 연구를 수행하였다. 생산-분배 스케줄링과 관련하여선 유전자 알고리즘, 시뮬레이션 모델링, hybrid approach modeling 등 다양한 방법론을 적용하여 연구되었다.

본 연구와 관련하여 시뮬레이션을 이용한 연구로는 Ingalls(1998)는 시뮬레이션을 이용하여 공급사슬을 분석하기 위한 분석적 방법론을 제안하였다.

Evans(1998) 등은 물류시스템의 동적양태에 대하여 시뮬레이션하고 모델링하기 위한 일반적인 방법론을 제안하였다.

기존의 많은 연구들은 실제 공급사슬상 존재하는 설비 및 운송장비의 고장, 정전사태 등 예측불가능하고 대처하기 어려운 상황이 존재하여 많은 가정과 제약조건하에서 모델을 개발하고 실험하였다.

3. 공급사슬 네트워크 시뮬레이터

3.1 모델링 방법론

본 연구의 대상이 되는 공급사슬 네트워크는 기존의 많은 연구에서 존재하였던 공급사슬상에 존재하는 불확실성을 고려하여 Customer의 수요, 제품의 생산 시간, 운송 시간 등과 같은 정보를 이용하여 실제 현장에 상황과 유사한 모델을 개발하고 이를 사용자가 손쉽게 모델링하고 그 결과를 평가하기 위해 사용할 시뮬레이터를 개발하고자 한다.

공급사슬 네트워크에서 많은 연구들이 수행되었던 주된 분야인 수학적 모형이나 휴리스틱 방법을 이용한 확정적 모델(Deterministic Model)을 다루는 최적화(Optimization)보다는 실제 상황을 유사하게 모델링하고 적용할 수 있는 확률적 모델(Stochastic Model)을 다루는 시뮬레이션(Simulation)을 적용하고자 한다.

시뮬레이션은 현존하지 않거나 또는 비용 등의 문제로 인해 실제로 구현하기 어렵고 직접적으로 실험이 불가능한 복잡한 시스템에 대해 미리 모형 및 대안을 세우고 이를 실험하여 결과를 예측 할 수 있게 해준다[1]. 이는 모형의 특성상 공급사슬에 존재하는 여러 불확실성을 다루는데 있어 최적화 방법론에 비해 시뮬레이션이 적용이 우수한 이유이다.

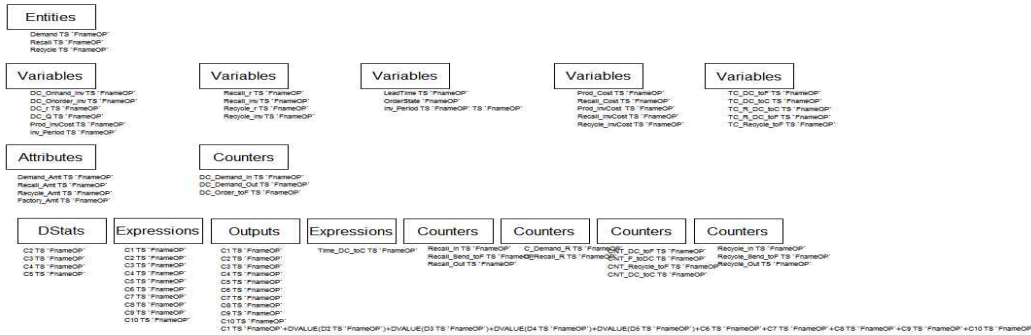
이에 본 연구에서는 공급사슬 네트워크상의 불확실성을 모델링에 반영할 수 있으며 또한 이에 대한 분석을 통해 기업의 의사결정에 활용할 수 있는 장점으로 시뮬레이션을 이용한 모델링을 수행 할 것이다.

공급사슬 네트워크는 고객주문에 의해 공급자로부터의 원재료 조달, 생산자에서 생산 그리고 Customer에 전달하는 흐름을 통하여 Customer에 제품을 공급하였으며 이 과정에서 최적의 생산량, 재고량, 운송량 등을 결정하게 된다. Customer의 주문량에

대하여 총비용관점에 최적의 Factory가 선정되고 이 Factory에서의 생산량과 재고량이 결정되어 생산되며 이를 보관하기 위한 재고보유량을 분석하여 운송할 수량과 재고로 보유할 수량과 장소를 결정하고 각 구성요소간 수송을 위한 경로 및 수송량 등을 미리 모델링하고 실험하여 그 결과를 분석가능하게 하는 모형을 개발하는 것이다.

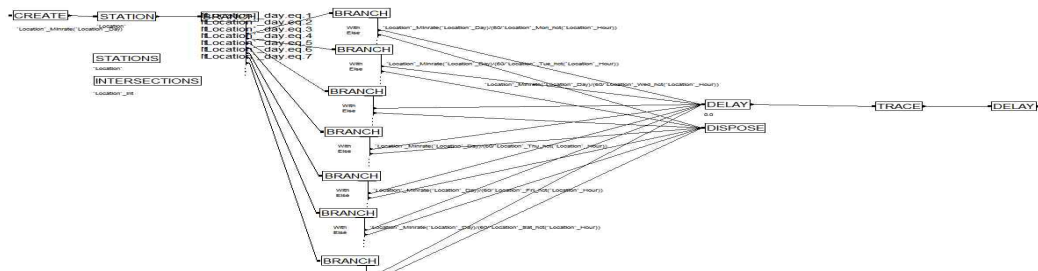
3.2 시물레이션 모델링

본 연구에서 시물레이션으로 모델링을 수행하기 위해 정의된 개체, 변수 및 각종 통계량을 정리한 내용은 다음 그림 2와 같다.



[그림 2] 개체, 변수, 통계량

공급사슬 네트워크를 위한 시뮬레이터개발을 위한 시물레이션 모델링은 주문에 의한 생산 및 재고량 그리고 운송량을 결정하기 위한 Factory의 생산용량, 재고상황 그리고 DC의 재고보유용량, 운송수단의 운송용량 등을 고려 최적의 생산비용, 운송비용, 재고비용을 계산하여 최적의 생산-분배 계획을 수립한다. 다음 그림 3은 본 연구에서 개발하고자 하는 시뮬레이터의 내부프로세스를 설계하여 구성한 내용을 나타낸 것이다.



[그림 3] 본 연구에서의 시물레이션 모델링

시물레이션 모델링은 사용자의 편리하고 이해하기 쉬운 작업환경을 위하여 사용자가 직접 공급사슬 네트워크를 설계하고 이를 평가할 수 있도록 사용자 GUI를 개발하

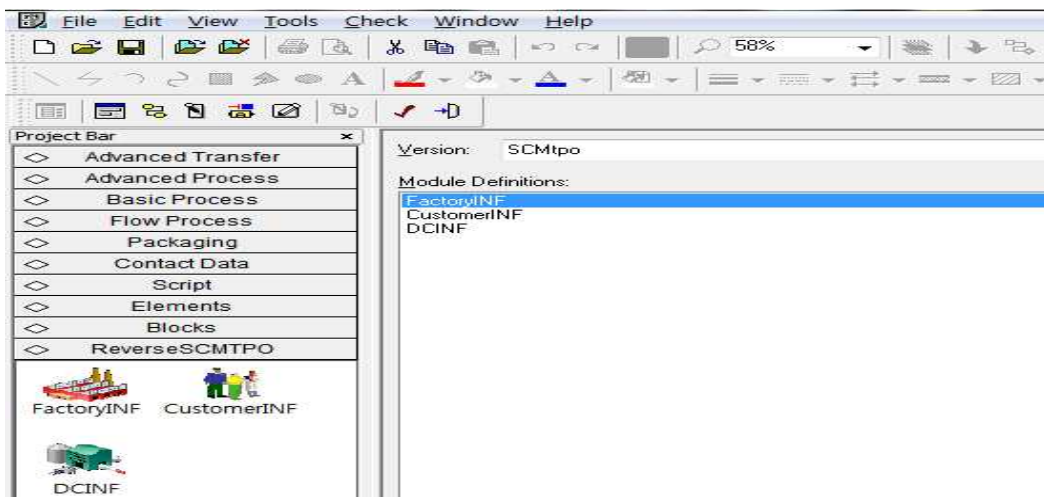
있고 이를 통하여 인터랙티브하고 다양하게 공급사슬 네트워크를 구성하여 이의 결과를 분석할 수 있게 개발하였다. 다음 그림 4는 본 연구에서 개발한 시뮬레이터를 사용자가 각각 구성요소들의 작업환경을 쉽게 설정할 수 있게 사용자 편의성을 고려하여 프로그래밍한 GUI화면으로 DC와 Customer의 속성을 설정할 수 있도록 구성한 화면을 나타낸 그림이다.



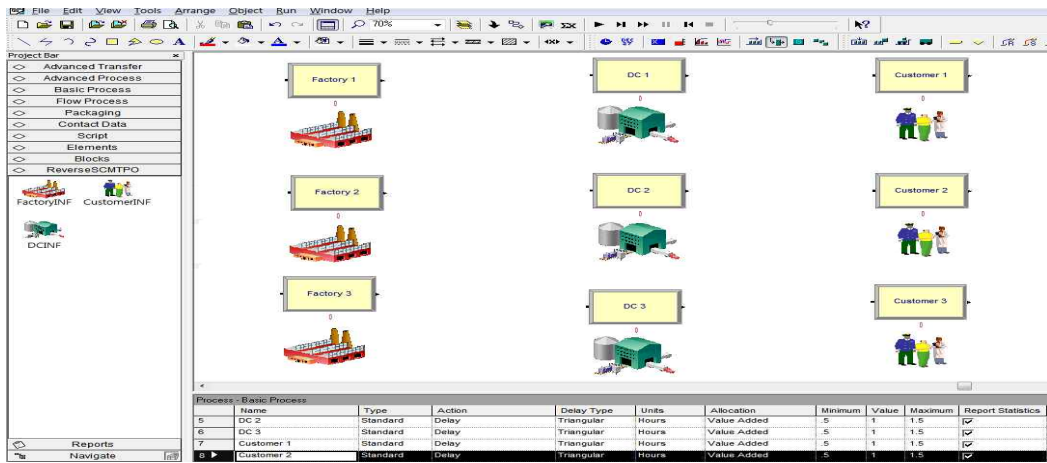
[그림 4] Customer 및 DC의 GUI 화면

다음의 그림은 사용자가 편리하고 쉽게 공급사슬 네트워크를 구성할 수 있도록 개발한 화면이다. Factory, DC, 그리고 Customer 등 각 구성요소들을 작업자가 임의의 위치를 배치하여 공급사슬 네트워크를 설계할 수 있도록 하였다. 또한, Factory, DC 등 구성요소들의 초기값 및 각종 데이터를 쉽게 입력 및 수정 등의 작업을 수행할 수 있도록 개발하였다.

먼저 다음 그림 5는 본 연구에서 개발한 시뮬레이터의 메인화면으로 그림 왼편에 Factory, DC, Customer의 아이콘을 배치하였고 이를 마우스를 이용하여 중앙의 빈공간인 설계화면으로 드래그 앤 드롭 하여 쉽게 배치할 수 있도록 하여 공급사슬 네트워크를 쉽게 구성 및 변경할 수 있도록 한 화면이다.



[그림 5] 시뮬레이터의 메인 화면



[그림 6] 시뮬레이터에서의 설계화면

다음 그림 6은 시뮬레이터의 메인화면에 작업자가 직접 그림 왼편에 있는 Factory, DC, Customer의 아이콘을 드래그 앤 드롭 하여 메인화면 배치하고 이의 속성 값을 입력하여 공급사슬 네트워크를 구성한 결과를 나타낸 그림이다.

4. 실험 및 결과분석

4.1 실험데이터

본 연구에서 임의의 데이터를 활용하여 개발한 공급사슬 네트워크 시뮬레이터에 적용하여 그 유효성과 실용성을 검증하였다. Customer의 주문에 의해 제품별 생산과 수송 그리고 재고관리가 이루어지는 공급사슬 네트워크를 구성하여 적용하였다. 본 연구에서 개발한 모델을 실험하기 위하여 이용된 데이터는 다음과 같으며 개발된 시뮬레이터를 실험하기 위하여 구성한 공급사슬 네트워크는 다음 표 1과 같다.

[표 1] Network Condition

단위:개

Product	Factory	DC	Customer
1	3	3	3

제품별 Customer의 주문을 나타내는 수요 및 생산시간 데이터는 다음 표 2와 같다. 시뮬레이터의 유효성검증을 위하여 공급사슬 네트워크상의 제품에 대한 Customer수요 (Demand) 및 Factory별 생산시간은 동일하다고 가정하였다.

[표 2] 수요와 생산시간

	Demand	생산시간
제품	Unif(10,20)	10(min)

공급사슬 네트워크의 Factory, DC, Customer와 같은 구성요소들간 제품의 운송시간 관련 데이터는 다음 표 3과 같다. 시뮬레이터의 유효성검증을 위하여 공급사슬 네트워크상의 각 구성요소별 운송시간은 동일하다고 가정하였다.

[표 3] 구성요소별 운송시간

	Factory	Customer
DC	20(min)	TRIA(30,45,60)

실험을 위하여 사용되는 Product당 구성요소에서의 소요되는 산비용, 재고비용, 운송비용과 같은 각종 관련비용에 대한 데이터는 다음 표 4와 같다. 시뮬레이터의 유효성검증을 위하여 공급사슬 네트워크상의 각종 소요비용은 동일하다고 가정하였다.

[표 4] Relevant cost

	Factory	DC
Production	1 \$	
Inventory	0.03 \$	0.2 \$
Transportation	0.02 \$	0.0005 \$

공급사슬 네트워크내의 DC에서의 초기재고량, 주문량, 재주문점 데이터는 다음 표 5와 같다. 시뮬레이터의 유효성검증을 위하여 공급사슬 네트워크상의 DC에서의 초기데이터(Initial Data)는 동일하다고 가정하였다.

표 5. Initial Data

	Inventory	Order	Reorder Point
DC	1,000	3,000	500

4.2 실험 결과 및 분석

실험을 통한 결과는 각 Factory로 제품을 생산하고 이를 DC를 거쳐 Customer에 운송되는 양을 산출할 수 있다. 생산량과 재고량에 따른 생산비용, 재고비용 그리고 운송비용을 포함하는 총비용을 시뮬레이터를 통한 실험을 통해서 그 결과를 도출하였다.

본 연구에서 개발한 모델은 Factory, DC 그리고 Customer는 각각 3개씩으로 구성되었다. 시뮬레이션 Runtime은 안정상태의에서 2,400분을 실험하였다. 실험데이터를 이용하여 개발된 시뮬레이터에 적용한 실험한 결과는 다음과 같다.

시뮬레이션 결과 각 Factory별 제품에 대한 Customer주문량은 다음 표 6과 같다.

표 6. Factory별 Customer 주문량

단위:개

구분	주문량		
	Factory 1	Factory 2	Factory 3
주문량	33,492.00	34,332.00	33,801.00

시뮬레이션 실험결과 각 DC로의 In, Out양은 다음과 표 7과 같다. 시뮬레이션 모델링시 장시간 시뮬레이션 수행에 따른 시뮬레이션 초기 품질발생 등과 같은 상황을 방지하기 위하여 DC에 초기재고를 부여함에 따른 수량의 증가로 In/Out시 수량이 다소 증가되어 있음을 알 수 있다.

표 7. 각 DC에서의 In/Out량

단위:개

구분	In	Out
DC 1	34,757	34,661
DC 2	35,767	35,671
DC 3	33,997	33,901

시뮬레이션 실험결과 각 Factory에서 각 DC로의 총운송량은 다음 표 8과 같다.

표 8. 총운송량

단위:개

구분	수량
각Factory에서 각DC로의 총운송량	106,509

시뮬레이션 실험결과 얻어진 Factory에서의 생산비용과 Factory 및 DC에서의 재고비용 그리고 총운송비는 다음 표 9와 같다.

표 9. 총생산비, 재고비 및 총운송비

단위:\$

구분	비용
Factory에서의 총생산비	106,509
Factory 및 DC에서의 재고비	9055.5
구성요소간 총운송비	105,243
합계	115,669.743

5. 결 론

기업의 입장에서는 소비자에 다양한 요구에 제품을 개발하고 생산하여야 할 뿐 아니라 적기에 제품을 공급하여야 치열한 시장환경에서 경쟁력을 확보할 수 있다. 이를 위하여선 현 상황에 대한 정확한 분석을 통하여 현재 보유하고 있는 생산설비와 자원을 최대한 효율적으로 활용해야 한다. 특히 최근과 같이 Customer의 다양한 요구사항을 달성하기 위하여선 생산-공급네트워크의 설계와 구축 그리고 이를 효율적으로 운영하기 위한 다양하고 많은 방법이 연구되어야 한다.

본 연구는 다품종의 제품이 생산설비에서 생산되어 Customer로의 운송을 위한 생산량, 재고량 그리고 운송량의 결정을 위한 최적생산-분배결정을 고려한 공급사슬네트워크에 관한 연구이다. 최적생산-분배결정을 위하여 Customer의 주문량에 따른 Factory에서 생산될 제품생산량, 운송을 위한 운송량, Factory 및 DC에서의 재고보유량 등을 결정하기 위한 시뮬레이터를 개발하였다.

본 연구에서는 상업용 시뮬레이션 개발 소프트웨어인 Arena를 이용하여 공급사슬네트워크를 모델링하였고 이를 사용자편의성과 인터랙티브한 작업환경의 제공을 통하여 다양한 실험이 가능하도록 시뮬레이터를 개발하였다. 또한, 개발된 시뮬레이터의 유효성을 평가하기 위하여 임의의 실험을 수행하여 결과를 분석하여 그 유효성을 확인하였다. 본 연구에서 개발된 시뮬레이터는 Customer의 수요를 바탕으로 한 공급사슬네트워크의 최적생산-공급결정을 수행하는데 있어 유효한 결과를 도출함을 알 수 있었다.

본 연구의 결과를 통하여 불확실성이 존재하는 기업의 공급사슬 네트워크에 있어 최적 공급-공급 모델의 개발을 손쉽게 수행 평가함으로써 비용과 시간 면에서 경쟁력을 확보할 수 있으며 동시에 Customer서비스의 향상을 도모할 수 있을 것이다.

향후 연구과제로는 본 연구의 결과 개발된 시뮬레이터를 실제 현장의 real data를 적용하여 최적 생산-분배방법에 대한 연구의 적용가능성의 확인과 수명이 다하거나 Recall등 Back-ward 물류까지 고려하는 역물류시스템으로의 확장을 위한 추가적인 연구를 수행할 것이다.

6. 참고 문헌

- [1] Choi, G.H., Lee, H.J. and Kwak, H.M., "Integrated Supply Chain Optimization Models", *IE Interfaces*, 13(3), 320-327, 2000.
- [2] Cohen, M. and Lee, H., "Strategic analysis of integrated production-distribution systems: models and methods", *Operations Research*, 36, 216-228, 1988.
- [3] Ellram, L.M., Cooper, M.C.(1990), *The International Journal of Logistics Management*, VOL.1 NO.2 pp1-10
- [4] Erenguc, S, S., Simpson, N. and Vakharia, A, J., "Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review", *European Journal Of Operational Research*, 115, 219-236, 1999.
- [5] Evans, G. N. M. M. Naim and D. R. Towill., "Application of a simulation methodology to the redesign of a logistical control system", *International Journal of Production Economics*, 56-57, 157-168, 1998.
- [6] Ingalls,R. G., "The value of simulation in modelling supply chain", *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, 1371-1375, 1998.
- [7] Thomas, Griffin., "Coordinated Supply Chain Management", *European Journal of Operational Research*, 94, 1-15, 1996.
- [8] 문일경, 윤원영, 조규갑, 최원준, "Arena를 이용한 시뮬레이션", *교보문고*, 2002.