

공급 체인 시뮬레이터에 관한 연구 A Study on Supply Chain Simulator

서석주, 김경섭

연세대학교 대학원 산업시스템 공학과

Abstract

공급 체인 관리(SCM: Supply Chain Management)는 부품, 기자재, 원료 등의 구매 및 조달 뿐 아니라 제품의 생산 및 완제품의 보관, 운송, 유통, 판매에 이르는 공급 체인(Supply Chain) 전체에 대한 합리화된 통합적 관리를 의미한다. 지금까지 이와 관련하여 수요 예측, 안전재고결정, 최적 수배송 경로 결정 등과 같은 최적화와 관련된 이슈들에 대한 연구가 많이 진행 되어왔으나 이러한 최적화 값들을 실제로 공급 체인에 적용시켜 운영하였을 때 공급 체인망이 어떤 모습을 나타낼 지에 대한 연구는 미흡하였다. 이에 본 연구에서는 공급체인을 모델링하여 원하는 기간동안의 시뮬레이션을 통해 공급 체인망을 정량화된 데이터로 표현해 주고, 각 체인에서의 운영정책 변화나 공급체인 네트워크 디자인의 변화와 같은 여러 가지 발생 가능한 변인들이 공급체인에 어떠한 영향을 미치는지를 나타내 줄 수 있는 Supply Chain Simulator(SCS)에 대한 개략적인 내용을 살펴보고 개발된 여러 SCS에 대하여 간략하게 알아보하고자 한다.

1 서론

기업 환경이 갈수록 글로벌화 되고 고객의 수요도 다품종 소량화 되어 감에 따라 공급 체인 관리에 대한 관심이 갈수록 증폭되고 있다. 공급 체인이라는 단어는 비교적 최근에 등장한 것이지만 그 개념은 과거 재고관리, 생산계획 관리, 수요예측, 수/배송 계획수립 등과 같은 전통적인 생산관리의 요소 기술들을 하나의 체인(chain)개념으로 통합한 것이라 할 수 있다. 즉 과거 각 체인 별로 운영되던 여러 정책들을 전체적인 공급 체인 개념에서 바라보면서 고객 만족을 극대화하고 기업의 이윤을 최대화 하는 방법론인 것이다.

기업들이 공급 체인 관리에 대한 관심이 증폭되고 있는 것은 사실이지만 공급체인을 효과적으로 모델링 하고 분석해 줄 수 있는 방법론에 대한 연구는 아직 미진한 실정이다. LP, MIP 와 같은 최적화 알고리즘이 재고관리, 생산계획 수립과 같은 분야에서 주목할 만한 성과를 이루었지만 이러한 최적화 알고리즘은 시간에 따라 가변하는 공급 체인 내의 여러 변수들을 효과적으로 반영하는 것이 불가능 할 뿐만 아니라 각 체인별로의 부분 최적화에 머무를 수 밖에 없는 한계를 가지고 있다. 이에 DES(Discrete Event Simulation)에 기반한 공급 체인 시뮬레이션에 대한 연구가 주목을 받고 있다. 시뮬레이션은 공급체인과 같이 여러 구성 요소들이 시간의 흐름에 따라 다양한 모습으로 변화하는 복잡한 시스템을 효과적으로 모델하고 분석 할 수 있다.

또한 시뮬레이션은 과거 생산분석방법의 핵심이었던 최적화(optimization)방법론과 연동하여 더욱더 강력한 기능을 가질 수 있게 되었다. 즉 각 공급체인 별로 최적화된 값들을 바탕으로 시뮬레이션을 수행함으로써 전체적인 공급 체인전체의 최적화를 도모할 수 있게 된 것이다. 본 연구에서는 이러한 공급체인 시뮬레이션을 효과적으로 수행 할 수 있는 시뮬레이터를 개발하도록 한다. 이를 위해

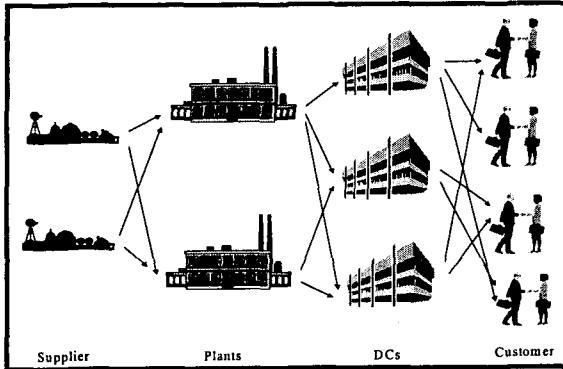
본 논문에서는 공급체인 시뮬레이터의 일반적인 내용들을 정리해 보고 지금까지 연구된 공급 체인 시뮬레이터들에 대하여 간략하게 살펴보도록 한다.

2 공급 체인 관리

공급 체인 관리(SCM: Supply Chain Management)는 부품, 기자재, 원료 등의 구매 및 조달뿐 아니라 제품의 생산 및 완제품의 보관, 운송, 유통, 판매까지의 생산에 요구되는 모든 구성 요소인 공급 체인(Supply Chain) 전체에 대한 합리화된 통합적 관리를 의미하며, 이는 정보의 흐름과 물품의 흐름 모두를 포함한다. <그림 1.>은 공급 체인의 개념을 간략적인 그림으로 표현한 것이다. 최근 들어 공급 체인 관리가 중요해진 이유는 다음의 3 가지로 요약할 수 있다.

- 1) 고객만족이 기업의 경쟁력 강화에 가장 중요한 이슈로 자리잡아가고 있다. 지금까지 제조업체들은 보다 효율적인 관리와 생산성의 향상을 위해 꾸준한 관심을 보여 왔으며, 그 결과 유연 생산 시스템(FMS), 컴퓨터 통합 생산 시스템(CIM), 비즈니스 프로세스 리엔지니어링(BPR), 전사적 자원 관리(ERP) 시스템 등의 구축에 많은 노력을 기울여 왔다. 하지만 최근에는 고객 만족과 기업의 경쟁력 강화를 위한 보다 적극적인 개념으로 관심의 대상이 제조 외부단계의 공급 체인까지도 포함하게 되었으며 이를 통합적으로 관리하기 위한 방안을 강구하게 되었다.
- 2) 기업활동이 글로벌화 됨에 따라 공급 체인 상의 리드타임이 길어지고 불확실성이 증가되었다. 따라서 글로벌한 공급 체인 및 물류를 합리적으로 계획, 관리, 조정하는 일이 중요한 문제로 대두되었다
- 3) 공급 체인 관리를 위한 기술적 환경이 조성되었다. 비즈니스 리엔지니어링 등으로 인해 기업내의 정보가 공유되고, 통합되어가고 있으며

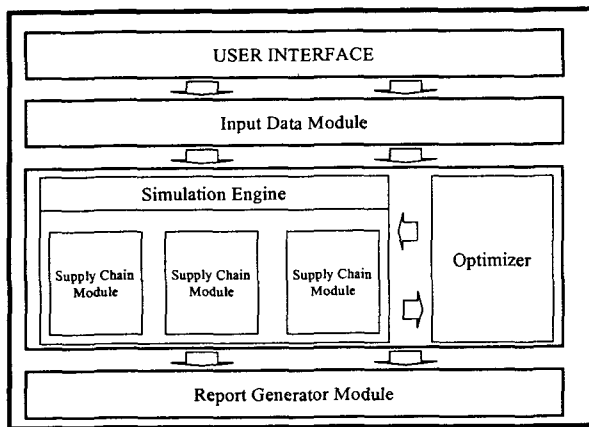
전자상거래, 인터넷, 전자 정보 교환(EDI) 등의 기술이 폭발적으로 확산되어가고 있다. 이로 인해 공급 체인 사이의 정보의 공유와 전달이 매우 간편하고 빠르게 이뤄질 수 있게 되었다.



<그림 1. 공급 체인 개념도>

2. 공급 체인 시뮬레이터

공급 체인 시뮬레이터(Supply Chain Simulator)는 여러 외부 입력값 들을 바탕으로 시뮬레이션 엔진을 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 결과값들을 생성해내는 일반적인 시뮬레이터와 그 개념은 거의 유사하나 공급 체인 관리만을 위한 템플릿이나 공급 체인망의 구성요소를 표현하기 위한 특화된 모듈을 가지고 있다. 또한 시뮬레이션 기능 이외에도 최적 재고 수준 결정이나 생산 계획 수립등과 같은 최적화(optimization)기능 들도 시뮬레이터 안에 구현되어 시뮬레이션과 상호 연관을 가지며 동작하게끔 되어 있다. 다음은 본 연구에서 개발될 공급 체인 시뮬레이터의 개념도 이다.



<그림 2. 시뮬레이터 개념도>

- 1) User interface : 그래픽 환경을 기반으로 한 사용자 인터페이스 이다. Drag&Drop 기술을 이용하여 공급체인네트워크를 손쉽게 모델링 할 수 있으며 애니메이션 기능을 구현 할 수 있는 환경을 가지고 있다.
- 2) Input Data Module : 공급 체인 시뮬레이터 구동을 위해 필요한 방대한 데이터를 입력받고 필터링 하는 모듈이다.

- 3) Simulation Engine : 시뮬레이션 엔진은 독자적인 엔진을 개발 사용할 수도 있고 이미 개발된 상용 시뮬레이터의(ARENA, SimProcess 등)엔진을 사용할 수도 있다. DES 에 기반한 시뮬레이션을 수행하게 된다.
- 4) Supply Chain Module : SCM(Supply Chain Module)은 DES 를 위한 시뮬레이션 엔진과 연계하여 공급체인 시뮬레이션을 수행하기 위해 필요한 모듈이다. 시뮬레이션 엔진의 상위 층에서 작동하게 된다. 이 모듈들은 공급체인의 구성 요소인 supplier, transportation, manufacturing, distribution center, customer 등을 모델링 하기 위한 것이다. SCM 은 또한 모델링의 효율성 향상을 위해 각 산업별로 특화된 라이브러리를 제공하게 된다.
- 5) Optimizer : 시뮬레이션 수행하기 전에 필요한 최적화 과정을 수행하는 모듈이다. 이 모듈은 최적재고관리, 생산 스케줄 생성 등의 최적화 기능을 위해 사용된다. 여기에는 전통적인 생산 시스템분석 방법론인 LP, MIP 등의 최적화 알고리즘이 구현된다.
- 6) Report Generator Module : 사용자의 요구에 맞도록 필요한 리포트를 생성하는 모듈이다. 과거 시뮬레이터가 자원의 활용도(utilization)와 같은 결과를 중요시 했다면 공급 체인 시뮬레이터에서는 기업이 직접적으로 관심을 가질 여러 재정적인 데이터에 대한 분석과 보고서를 제공해 준다.

또한 개발될 시뮬레이터는 객체 지향 시뮬레이션(Object Oriented Simulation) 기술이 적용된다. 객체지향 시뮬레이션을 적용하여 개발될 시뮬레이터는 뛰어난 재사용성 및 확장성을 가지고 있기 때문에 향후 개발 모델의 성능향상이 용이하다.

2.1 기능

개발될 공급 체인 시뮬레이터를 사용하여 사용자는 일반적으로 다음과 같은 기능을 수행할 수 있다

- 1) 공급체인에서의 이상적인 생산공장의 위치와 수, 물류센터의 위치와 수, 공급자의 위치와 수의 결정
- 2) 각 공급체인에서의 가장 적합한 보충/생산 정책의 결정
- 3) 공급체인에의 각 단계에서의 생산 제품의 최적 재고 수준 결정
- 4) 공급체인을 이루는 네트워크에서의 재고와 고객만족도에 영향을 미치는 사이클 타임, 수/배송 시간, 수요 예측 등의 민감도 분석
- 5) 여러 공급체인 관리 시나리오들에 대한 비교 분석 및 what-if analysis
- 6) 시뮬레이션 결과에 대한 경제적 분석
- 7) 시뮬레이터 사용자의 다양한 기호를 위한 보고서 생성

2.2 입력 데이터

공급체인 시뮬레이터의 구동을 위해서 필요한 데이터는 매우 방대한 양이며 이를 적절한 카테고리 나눈어 정리할 필요가 있다. 입력 데이터를 각 구성 체인별로 살펴보면 다음과 같이 정리 할

수 있다.

Area	Data
Supplier	name, location, procure planning schedule, etc.
Manufacturing	cycle time, inventory level, bills of material, product information data(name, weight, price), production planning schedule, etc.
Transportation	vehicle name, transit cost, distance between supply chain unit, shipment schedule, etc.
DC	name, location, inventory level, etc.
Customer	name, location demand, forecasting error, forecasting period, etc.

<표 1. 입력 데이터>

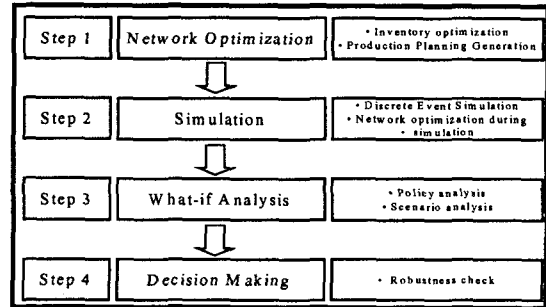
3 시뮬레이션 방법론

지금까지 연구된 공급 체인 시뮬레이터는 일반적으로 DES(Discrete Event Simulation)을 기반으로 하고 있다. 이는 DES가 시간에 따라 가변하는 복잡한 시스템의 행동 양식을 가장 효과적으로 모델링하고 분석할 수 있기 때문이라 생각된다. 공급체인 시뮬레이터는 network design, 즉 각 공장, 물류센터, 등의 위치는 결정되어져 있다고 가정을 한다. 물론 상이한 네트워크 디자인에 대한 시뮬레이션 분석을 통해 대안분석은 가능하지만 직접적으로 네트워크 디자인에 대한 솔루션을 제공해 주지는 않는다. 또한 시뮬레이션 수행 이전에 공급체인에 대한 최적 재고 수준 결정이나 생산 계획의 생성과 같은 최적화 단계가 필요하다. 최적화된 여러 값들을 바탕으로 시뮬레이션을 수행하고 여러 정책이나 대안(시나리오)들을 분석하게 된다. 공급체인 시뮬레이터는 다음의 단계를 거쳐 시뮬레이션을 수행한다 [1][4].

- 1) Network Optimization : 네트워크 최적화는 공급 체인의 모든 수요를 충족시키면서 수많은 제약 조건들을 만족시키고 발생 가능한 비용을 최소화할 수 있도록 공급체인의 자원들을 할당하는 과정을 의미한다. 이 과정을 통해 재고 최적화, 생산 계획 생성 등과 같은 최적화 과정들이 수행된다. 시뮬레이터의 내부 최적화 모듈을 이용하여 이 과정을 수행한다.
- 2) Simulation : 네트워크 최적화 단계에서 최적화된 값들을 바탕으로 하여 일정 기간동안의 discrete event simulation을 통하여 공급체인이 어떤 행동 양식을 가지는지를 파악하는 단계이다. 공급 체인은 시간의 흐름에 따라 수요예측정보와 같은 값들이 변할 수 있기 때문에 이러한 값들이 재고수준이나 생산 계획에 반영될 필요가 있을 때는 network optimization 단계를 통해 시뮬레이션 중간에 최적화를 수행하도록 한다.
- 3) What-IF analysis : 실제 공급 체인의 각 단계를 운영하는 정책들은 여러 가지가 있을 수 있다. 공급센터에서의 재고 관리 정책의 경우 continuous, EOQ 등이 있고 생산 정책도 BTO, BTP 등이 존재한다. What-if analysis는 이러한 정

책들을 변화 시켜서 다시 시뮬레이션 해봄으로써 결과의 비교, 분석을 통하여 최선의 운영 정책을 결정하는 단계이다.

- 4) Decision Making : 최종적으로 분석된 공급체인시나리오에 대한 의사결정 단계이다. 시뮬레이션 모델의 robustness를 체크하고 분석된 결과를 사용자의 전문적인 지식을 바탕으로 제시된 목적에 시뮬레이션 모델이 정확하게 부합하는지를 결정하도록 한다.



<그림 3. 시뮬레이션 방법론>

4. 공급 체인 시뮬레이터

최근 공급 체인에 대한 관심이 증폭되면서 공급 체인을 시뮬레이션을 통하여 분석할 수 있는 틀이 개발되고 있다. 개발된 공급 체인 시뮬레이터는 다음의 2가지 유형으로 구별할 수 있다.

- 1) Type A : Type A형은 시뮬레이터가 그 하나로써의 독자적인 제품을 형성하는 모델이다. 전형적인 시뮬레이터의 유형대로 여러 입력값을 바탕으로 시뮬레이션 엔진을 이용하여 시뮬레이션을 수행하고 결과값을 다양한 형태의 필요한 리포트 형태로 생성해준다. 실시간 데이터 입력이 불가능하며 시뮬레이션이 필요할 때마다 독자적으로 운용이 가능하다.
 - 1.1) IBM SCA : IBM의 SCA(Supply Chain Analysis)는 상용 시뮬레이션 SimProcess를 기반으로 운영되는 공급체인 시뮬레이터이다. IBM의 컨설팅 업무에 이용되었던 SCS(Supply Chain Simulator)를 상용화 시킨 것으로 재고최적화를 위한 inventory optimizer와 생산 계획 수립을 위한 supply planning optimizer가 시뮬레이터 내부에 구현되어 있다. 컨설팅 업무의 목적에 알맞도록 시뮬레이션 결과에 대한 강력한 재정 분석 보고서 기능을 가지고 있는 것이 특징이다[7].
 - 1.2) IBM eSCA : eSCA는 SCA의 확장 버전으로 인터넷을 기반으로 한 client/server 환경의 시뮬레이터이다. 원격지에서 독립된 어플리케이션 또는 웹 브라우저를 통해서 서버의 SCA에 접근하여 파일전송 및 모델링 같은 작업이 가능하다. 또한 여러 원격지에서의 동시작업을 통한 distributed simulation과 batch simulation 기능을 지원하며 특히 모델링의 편의를 위해 각 산업 영역 별로 공급체인의 model dialog를 제공하여 그 효율성을 극대화하고 있다[2].
 - 1.3) Compaq CSCAT : CSCAT(Compaq Supply Chain Analysis Tool)은 컴퓨터 생산 업체인 컴팩이

자사의 공급체인 관리를 위해 상용 시물레이션 툴인 ARENA를 기반으로 해서 만든 공급체인 시물레이터이다. 결과 보고서에서 세금을 고려한 재정적 분석을 행하는 것이 특징이다. 컴팩 자사의 공급체인망을 위한 것이므로 다른 산업영역의 적용에는 한계가 있다[5].

1.4) NOKIA LOGSIM : LOGSIM은 핸드폰 생산업체인 NOKIA가 자사의 공급체인 모델링 및 분석을 위해 상용 시물레이션 툴인 ProModel을 기반으로 해서 만든 시물레이터이다. CSCAT와 마찬가지로 다른 산업영역으로의 응용에 한계가 있다[6].

2) Type B: Type B는 대규모 기업전산운영패키지에 시물레이션이 하나의 기능으로 구현되어 있는 형태이다. 이는 엄밀하게 이야기하면 시물레이터라고 말할 수는 없으나 공급체인에서의 필요한 시물레이션 기능을 수행하여 준다. 일반적으로 기업전산시스템에 상주하면서 실시간 데이터 입력 및 transaction이 가능하고 ERP, ASP, Demand Planner와 같은 다른 제품들과의 긴밀한 연동을 통하여 작동한다. 사용자의 필요에 따라 시물레이션 기능의 수행이 가능하다.

2.1) SAP APO : ERP solution 업체로 명성을 얻은 독일의 SAP사가 공급체인 관리를 위해서 내놓은 솔루션이다. APO의 다른 공급체인 솔루션(공급 네트워크 계획, 수요 계획, 생산 계획, 글로벌 ATP)들과 연동하여 실시간으로 데이터를 주고 받으며 필요에 따라 공급체인 조정석(Supply Chain Cockpit)에서 시물레이션 기능을 수행하도록 되어 있다[8].

2.2) i2 eBPO : 공급체인 운영과 관련된 솔루션을 공급해온 i2사가 차세대 기업솔루션으로 내놓은 제품이 eBPO이다. SAP의 APO와 비슷하게 공급체인 관리에 있어 넓은 영역에 걸쳐서 솔루션을 제공하고 있는데 자사의 최적화 알고리즘과 접목한 이산사건 시물레이션 기능을 그 일부로서 제공하고 있다[3].

이상에서 살펴본 바와 같이 외국에서는 공급체인 시물레이터에 관한 연구 및 개발 실적이 많은 상황이나 반면 국내에서의 연구는 매우 미약한 실정이며 공급체인 시물레이션에 대한 개념정립조차 명확하게 되어 있지 않는 상황이다. 따라서 공급체인 운영에 관한 기업의 관심이 커지고 있는 이때 공급체인 시물레이션에 대한 연구의 필요성이 더욱 더 크다 하겠다.

			- model catalog 제공
COM PAQ	CSCAT	ARENA	- 컴퓨터 생산/판매 산업의 공급체인 시물레이션
NO KIA	LOG-SIM	ProModel	- 휴대폰 생산/판매 산업의 공급체인 시물레이션
SAP	APO	-	- 실시간 데이터 입력을 통한 시물레이션, - Supply Chain Cockpit에서 시물레이션 수행
i2	eBPO	-	- 실시간 데이터 입력을 통한 시물레이션, - 최적화 알고리즘과의 효율적인 운용

<표 2. SCM 시물레이터 비교>

5. 결론

본 연구에서는 공급체인관리와 공급체인 시물레이터에 대한 일반적인 내용들을 살펴보았다. 또한 지금까지 개발된 공급체인 시물레이터들을 Type A와 Type B로 분류하고 각각의 제품들과 특징에 대해서 간단하게 살펴보았다. 이러한 연구들을 바탕으로 향후 연구를 통하여 모든 산업영역에서 효과적으로 사용될 수 있는 공급체인 시물레이터를 연구하고자 한다. 개발된 시물레이터는 Type A의 형태를 띄게 되며 객체지향 시물레이션 방법론을 적용하여 뛰어난 재사용성과 확장성을 가지게 될 것이다.

6. References

- [1]. Donald A. Hicks, "A Four Step Methodology for Using Simulation and Optimization Technologies in Strategic Supply Chain Planning", Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, pp. 1215-1220, 1999
- [2]. H. Bob Chen, Oliver Bimber, Chintamain Chhatre, Elizabeth Poole, Stephen J. Buckley, "eSCA : A Thin-Client/Server/Web-Enabled System for Distributed Supply Chain Simulation", Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, pp. 1371-1377, 1999.
- [3]. Jeremy Padmos, Bill Hubbard, Tom Duczmal, Slim Saidi, "How i2 Integrates Simulation in Supply Chain Optimization", Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, pp. 1350-1355, 1999.
- [4]. RamKumar Ganeshan "Analytical Essays in Supply Chain Management" The Pennsylvania State University, 1997.
- [5]. Ricki G. Ingalls, Cynthia Kasales, "CSCAT: The Compaq Supply Chain Analysis Tool", Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, pp. 1201-1206, 1998.
- [6]. Saku Hieta, "Supply Chain Simulation with LOGSIM-Simulator", Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, pp. 323-326, 1998.
- [7]. Sugaro Bagchi, Stephen Buckley, Markus Ettl, Grace Y. Lin, "Experience Using the IBM Supply Chain Simulator", Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, pp. 1387-1394, 1998.

[8] <http://www.sap-ag.de>

회사명	상품명	시물레이션 엔진	주요 특징
IBM	SCA	Sim-Process	- inventory optimizer, supply chain planning의 2가지 optimizer 제공
IBM	eSCA	Sim-Process	- client/server architecture, - distributed simulation,