

공급사슬관리 평가 모델 및 시뮬레이션 모델 구축에 관한 연구

이 광수* · 양 청만* · 이 용진**

*연변대학교 정보관리학과 · **홍익대학교 국제경영(중국, 일본)학과

A Study on Supply Chain Management Evaluation Model and Simulation Model

Guang-zhu Li* · Qing-wan Yang* · Longzhen Li**

*Economics Management College, Yanbian University

**Dept of International Management (China, Japan), Hongik University

Abstract

Considering the supply system and operating cost of enterprises which are in the supply chain as the main index, this paper establishes a supply chain evaluation model, and utilizes Arena building stimulation model of the supply chain which considers manufacturing enterprises as the core of supply chain. This model designs a generic simulation model of the supply chain including multi-level distributors and suppliers. And the model analyzes a representative example of business process, one of the enterprises in Shandong.

Keywords: Supply chain management, Simulation model, Evaluation model, Arena

1. 서론

급변하는 글로벌시장 환경에서 기업이 경쟁우위를 확보하기 위해서는 가치창출의 원천이 되는 고객의 수요를 정확히 예측하고 변화하는 고객수요에 신속히 대응할 수 있는 능력을 갖추는 것이 기업의 경쟁력으로 되고 있다. 따라서 이러한 능력을 갖추기 위해 기업들은 자사의 핵심능력을 강화하는 내부적인 노력과 함께, 공급사, 자사, 고객을 연결하는 공급사슬관리(Supply Chain Management)를 통하여 상품, 서비스, 정보, 현금의 흐름을 전체적인 관점에서 통합하고 관리하는 것이 전제되어야 한다. 공급사슬관리의 목적은 전체 시스템을 효율적이고 비용 최소화하는 것으로써 시스템 전반에 걸쳐 발생하는 비용들, 즉 운송과 유통에서부터 원재료, 재공품 및 완제품의 재고에 이르기까지 관련된

모든 비용들을 최소화시키려는 것이다[1] [5].

공급사슬 운영과정 중 존재하는 불확실성은 공급사슬 체계 중 매 구성원이 직면하게 될 거대한 도전과 위협이다. 공급사슬관리의 유효성은 공급사슬의 전체 성과뿐만 아니라 내부 각 구성원의 적극성에도 영향을 미친다. 고객 만족도 감소, 공급사슬 운영 효율 및 수익률 감소 등 이러한 현실적 문제는 공급사슬의 최적화 설계에 있어 시급히 해결해 나가야 할 난제이다. 제조기업을 중심으로 구축한 공급사슬 시뮬레이션 모델을 기반으로 하여 관리자의 상이한 의사결정에 따라 시뮬레이션을 하고 기업은 시뮬레이션을 통해 얻은 데이터로 체계적인 분석방법을 이용하여 부동한 규제 조치에 대한 비교, 분석을 할 수 있다. 이는 기업이 정확한 결책을 진행하는데 도움을 주어 공급사슬의 총체적 경쟁력을 높일 수 있다[3].

† Corresponding Author: Li, Longzhen, E-mail: yjlee102@hongik.ac.kr

따라서 본 연구는 제조기업을 중심으로 비용최소화에 의한 공급사슬관리 평가 모델을 구축하고 Arena를 이용하여 평가모델에 기초한 시뮬레이션 모델을 구축하였고 이를 중국 산동성의 모 기업을 중심으로 하여 모델에 대한 검증은 진행하였다.

2. 문헌연구

20세기 50년대, 학자들은 시뮬레이션에 대한 연구를 진행하기 시작하였고, 이를 응용하여 실질적인 문제를 성공적으로 해결하였다. 예를 들어 기업 중의 회사 및 업무 층의 관리문제 및 운영 과정상의 문제 등이 있다. 시뮬레이션 연구가 심화됨에 따라 응용 범위도 나날이 광범위해지고 생산과정 시뮬레이션, 재고관리 시뮬레이션 방면에도 많이 활용 되고 있다.

ERIM CEC는 대상을 시각화하는 시스템 시뮬레이션 도구를 개발하였고 이는 공급사슬시스템 중 수요 확대, 재고 파동, 단계 지연 연구 등 다양한 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. Seomon Takakuwa와 Hiroki Takizawa는 비자동화 배송 창고의 배치 및 과정을 연구 내용으로 삼았으며, Arena 시뮬레이션 소프트웨어를 이용한 창고 배송 시스템에 대해 좋은 평가를 하였다. Paul Rogers는 Arena 최적화 도구를 사용하여 생산 물류 시스템의 진행을 설계하고 통제했다. K. Preston White, Jr. William과 S. Terry등은 우체국 배송 중심 시스템 모델 연구의 기초 상에서 대상을 지향하는 방법으로 시뮬레이션을 프로그래밍 할 것을 제의하였다. Marelys L. Garcia, Martha. A. Centeno, Gabriela Penalzoa등은 신문 배송 방안 연구의 과정 중 주로 배송시스템망의 창고 배치와 결책 능력 문제에 대해 토론을 진행하였고 시스템의 시뮬레이션 평가를 진행하여 최종적으로 비교적 최적화 된 설계 방안을 얻었다[9].

王转钊은 기업물류센터 기획 문제에 대해 다음과 같은 총체적 설계와 세부 설계를 진행 하였고 물류능력에 관한 세부 설계를 진행, 비교적 상세한 설계 아이디어를 제출하였다. 하지만 그의 연구는 기획 단계에만 머물러 있었고 설계 방안에 대한 진일보한 검증과 평가가 이루어지지 않아 일정한 실제 운용성이 결여되어 있다. 李立, 王晓东 등은 Arena 시뮬레이션 방법을 이용하여 컨테이너 부두의 내부통로 운수 시스템에 대해 연구하였다. 컨테이너 부두의 물류 시스템 시뮬레이션 모델을 전제로 하고 컨테이너를 실체로 하는 컨테이너 부두의 내부통로 운수시스템을 구성하였고 모델에 대한 실질적인 부두 설계방안을 검증하였다. 이 연구 결과는

비교적 큰 실제 응용 가치를 가지고 있다. 袁子文, 张培林, 董升平等은 무한강철공업항 원료부두 물류시스템의 현황을 상세히 분석하였고 그 중 존재하는 문제를 지적하였다. Arena 시뮬레이션 소프트웨어를 이용하여 물류계통의 시뮬레이션 최적화 모델링을 진행하였다. 나아가 모델의 실제 적 검증과 명확한 분석을 진행하여 시스템의 최적화 된 전략과 방안을 제출하였다. 陈蓬, 尹靛등은 Arena 시뮬레이션 소프트웨어를 운용하여 공급사슬시스템 모형 연구를 진행하였고 컴퓨터가 공급사슬 시스템의 시뮬레이션 분석뿐만 아니라 관리자 등의 판매부터 공급의 수요변화를 야기 시키는 “체적효과”에 관하여 심화, 직관적인 분석을 할 수 있고 게다가 시뮬레이션은 동시에 다른 물류관리 전략과 방안을 측정할 수 있다. 徐旭珊, 周勇, 张军月등이 Arena 시뮬레이션 소프트웨어를 기업 조직의 유연성 연구에 응용하는 것은 매우 적합한 것이며 또한 기업 조직구조를 분석, 연구하는데 Arena를 이용할 수 있다고 설명하였다. 그 중 Arena를 운용하여 직선직능제도와 상업부제도 두 조직구조에 대해 정량 연구와 토론을 진행하였으며 양자의 운영시간을 지표로 하여 운영 효율에 관한 시뮬레이션 비교를 진행하였다[6] [7].

상기의 문헌고찰을 요약하면 공급사슬연구에서 활용하는 연구방법은 다음의 두 가지로 귀결할 수 있다. 첫째는 이미 가지고 있는 시뮬레이션 모델을 재활용하여 실제 문제를 해결하는 방법이다. 둘째는 현존하는 모델의 기초 상에서 2차 개발 혹은 모델을 최적화 시키는 것이다. 물론 어떤 방법이든 비교적 적은 자본을 사용하고 공급사슬 시스템의 효율을 효과적으로 개선하였다는 점에서는 동일하다. 본 연구는 두 번째의 연구방법을 따라 공급사슬관리 평가 모델과 공급사슬 시스템 Arena 모형을 구축하고 기업사례로 실증검증을 진행하였다.

3. 공급사슬관리 평가 모델 구축

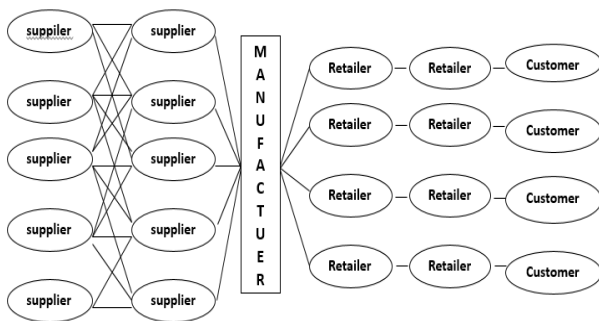
모든 관리와 운영은 그와 상응하는 평가 체계를 필요로 한다. 공급사슬 시뮬레이션도 예외는 아니다. 합리적인 성과 평가 체계가 있어야만 시뮬레이션 운영의 성공 여부를 판단할 수 있고 시뮬레이션 운영의 가치를 구현할 수 있다. 이 이론에 근거하여 본 단계에서는 공급사슬의 시뮬레이션 평가 체계를 설계하였다.

3.1 공급사슬 성과를 반영하는 평가 체계

평가 체계의 객관성 및 실제적인 활용성을 종합적으로 고려하여 공급사슬의 총 운영비용을 공급사슬의 전

체적인 성과를 평가하는 지표로 간주하였다. 본 연구는 먼저 통용성이 있는 공급사슬의 구조 및 공급사슬의 전체적인 비용 함수를 구축하였다. [Figure 1]이 나타내는 바와 같이 제조 기업을 핵심으로 하는 공급사슬에는 수많은 고객 시장이 존재함과 동시에 기업 판매 구역의 구획에 의거하여 다른 등급의 많은 중개업자가 존재할 수 있다. 만약 핵심 제조기업의 각급 중개상이 자체 판매 영역에 전념 한다고 가정한다면 상품의 덤핑 판매 현상이 발생하지 않을 수 있다. 그리고 핵심 제조기업의 상품은 종종 다른 지역의 여러 개, 여러 단계의 원자재 공급업체로부터 제공 받을 수 있으며 원자재 공급업체는 동시에 여러 핵심 제조기업에 필요로 하는 원자재를 대리 판매할 가능성이 크기 때문에 각급 원자재 공급업체 간의 복잡한 교차 현상이 발생할 수 있다.

1+1 단계원자재공급업체 1 단계원자재공급업체 k 단계판매업체 k+1 단계판매업체 고객시장



[Figure 1] Structure of general supply chain

통용성 공급사슬 구조에 대한 전체 비용함수는 각 구성원의 모든 소비가 포함되어야 한다. 그러나 고객은 필요한 상품의 가격과 동등한 비용을 지불하는 것을 제외한 나머지는 주로 기다리는 시간 소비로 쓴다. 마케팅 학의 각도에서 설명하자면 시간 소비는 고객의 만족도에 영향을 줄 수 있으나 공급사슬 시뮬레이션에서는 시뮬레이션을 진행할 방법이 없다. 하지만 시장에는 핵심 제조기업의 경쟁 상품 혹은 대체품이 존재하고 제때에 고객의 요구를 만족시키지 못할 경우 수주 손실이 발생할 수 있다고 확정할 수 있다. 따라서 공급사슬 총비용 함수는 다음과 같다.

$$TCS = \sum_{k=1}^n \sum_{\beta=1}^n TCR_k^\beta + TCM + \sum_{k=1}^n \sum_{\beta=1}^n TCS_k^\beta \quad (1)$$

n , n' , n'' , n''' 모두 양의 정수 ;

TCS 전체공급사슬의 총비용 ;

TCR_k^β 제k단계 중개업자 β 의 총비용 ;

TCM 핵심 제조기업의 총비용 ;

TCS_k^β 제k 단계 원자재공급업체 β 의 총비용 ;

각 단계 기업의 총 비용의 계산 방식은 공급사슬에서의 매개 기업의 평가지표를 반영하는 부분에서 상세 설명한다.

3.2 공급사슬에서의 각 기업 평가 체계

본 연구에서는 자원이용률을 공급사슬상에서 각 기업을 평가하는 지표로 활용하였고 각 기업의 총비용을 공급사슬상에서 각 기업을 평가하는 지표로 삼았다.

자원이용률은 고객의 수요를 만족시키는데 사용한 생산설비 실제 사용시간 비용, 관리인원의 실제 근무시간 비용, 실제 재고비용과 시스템운행시간총비용에 근거하여 계산한다. 계산방식은 다음과 같다.

$$\text{자원이용률} = \frac{\text{자원이용시간 비용}}{\text{시스템 운영시간 자원 총비용}}$$

공급사슬 각 기업의 총비용 계산방식은 다음과 같다.

(1) 제k단계 중개업자 δ 의 총비용함수 :

$$TCR_k^\delta = RIMN_k^\delta * RIMHS_k^\delta * ST + RETC_k^\delta * RTN_k^\delta + REOLC_k^\delta * ROLN_k^\delta + RIQ_k^\delta * RUCI_k^\delta + RON_k^\delta * RFOC_k^\delta \quad (2)$$

$RIMN_k^\delta$ 제k단계 중개업자 δ 창고관리원 수량 ;

$RIMHS_k^\delta$ 제k단계 중개업자 δ 창고관리원 시간당 시급 ;

ST 시스템 운영 시간 ;

$RETC_k^\delta$ 제k단계 중개업자 δ 단일 운수비용 ;

RTN_k^δ 제k단계 중개업자 δ 운수 횟수 ;

$REOLC_k^\delta$ 제k단계 중개업자 δ 매번의 주문 손실 운가 ;

$ROLN_k^\delta$ 제k단계 중개업자 δ 주문 손실 개수 ;

RIQ_k^δ 제k단계 중개업자 δ 재고 수량 ;

$RUCI_k^\delta$ 제k단계 중개업자 δ 단위 재고 비용 ;

RON_k^δ 제k단계 중개업자 δ 주문 횟수 ;

$RFOC_k^\delta$ 제k단계 중개업자 δ 고정주문 비용

(2) 핵심제조기업 총비용함수:

$$TCM = MMNMMHPSST + MIMNMIMHPSST + \sum_{i=1}^N METC_i^* MTN_i + \sum_{i=1}^N MWC_i^* + MIQ_i^* MUCI_i + MON_i^* MFOC_i^* \quad (3)$$

- N는 양의 정수 ;
- MMN 핵심제조기업 생산제조인원 수 ;
- MMHS 핵심제조기업 생산제조인원 시간당 시급 ;
- ST 시스템 운행 시간 ;
- MIMN 핵심제조기업, 창고관리인원 수 ;
- MIMHS 핵심제조기업, 창고관리인원 시간당 시급
- METC_i 핵심제조기업, 매번 제조업자R에 보내는 상품 운수 비용 ;
- MTN_i 핵심제조기업, 제i번째 제조업자R에 보내는 상품 횟수 ;
- MWC_i 핵심 제조기업 제i번째 판매업체R에 미 공급된 상품 연착비용
- MIQ 핵심 제조기업 재고수량
- MUCI 핵심 제조기업 단위 재고 비용
- MON_θ 핵심 제조기업, 제 θ 번째 공급업체 φ에 상품 주문 횟수 ;
- MFOC_θ 핵심 제조기업, 제 θ 번째 공급업체 φ에 고정적으로 상품을 주문하는 횟수

(3) 제 λ 단계 원자재 공급업체 β의 총비용 함수:

$$TCS_{λ}^β = SIMN_{λ}^β * SIMHS_{λ}^β * ST + SMN_{λ}^β * SMHS_{λ}^β * ST + SETC_{λ}^β * STN_{λ}^β + \sum_{i=1}^N SWC_{λ}^β + SIQ_{λ}^β * SUCI_{λ}^β \quad (4)$$

- N1는 양의 정수 ;
- SIMN_λ^β 제 λ 단계 원자재공급업체 β 창고관리원 인 수 ;
- SIMHS_λ^β 제 λ 단계 원자재공급업체 β 창고관리원 시간당 시급 ;
- ST 시스템 운행시간 ;
- SMN_λ^β 제 λ 단계 원자재공급업체 β 생산인원 인수 ;
- SMHS_λ^β 제 λ 단계 원자재공급업체 β 생산인원 시간당 시급 ;
- SETC_λ^β 제 λ 단계 원자재공급업체 β 매번 핵심기업에 상품을 운송하는 운수비용 ;

STN_λ^β 제 λ 단계 원자재공급업체 β 핵심기업에 상품 운송 횟수 ;

SWC_λ^β 제 λ 단계 원자재공급업체 β 가 제 μ 번째로 운송하는 상품의 핵심기업 지연 비용 ;

SIQ_λ^β 제 λ 단계 원자재공급업체 β 재고 수준 ;

SUCI_λ^β 제 λ 단계 원자재공급업체 β의 단위 재고 비용

4. 공급사슬관리 시뮬레이션 모델 구축

4.1 시뮬레이션 모델 시스템 변수 정의

시뮬레이션 모델을 정상적으로 구동시키기 위해서는 반드시 시스템 변수에 대한 정의를 세워야 한다. 시뮬레이션 모델의 통용성을 강화하기 위해 본 연구는 <Table 1>과 <Table 2>와 같이 시스템 변수에 대한 정의를 내리고 변수 부호에 대한 설명을 진행하였다.

<Table 1> Description of variable symbols of supply chain system

Symbols	Definition of Symbols
SS	Safety Stock
IL	Inventory Level
Tran	Transportation
Comp	Component
Prod	Products
Sup	Raw Material Supplier
Mft_Mft	Manufacturing Enterprise
Ret	Retailer
Mft	Manufacture

<Table 2> Definition of supply chain variable

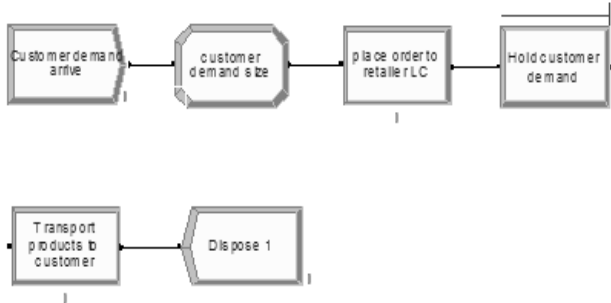
Variable of Supply	Variable of Core Manufacture	Variable of Distributors
Sup_Mft_worker	Mft_Mft_worker	Ret_Inventory
Sup_Inventory	Mft_Inventory	Ret_Tran
Sup_Machine	Mft_Machine	
Sup_Tran	Mft_Tran	

4.2 Arena 시뮬레이션의 단계화 모델링 분석

4.2.1 소비자시장의 시뮬레이션 모델

[Figure 2]에서 나타내는 바와 같이 소비자시장의 Arena 정보흐름의 기본과정은 고객의 수요가 생성되면 고객의 수요에 따른 분포함수를 설정한 후, 주문 명

세서를 중개업자에게 전달하고 고객 수요를 만족시키는 것이다. 물류부분에서는 주로 중개업자가 상품 운송을 처리하고 상품이 고객에게 전달되는 것이다.



[Figure 2] Arena process logic of consumer market

실제 현실기업의 데이터를 분석한 결과에 근거하여 수주가 도착하는 시간은 평균치가 3인 지수분포로, Customer demand는 매번 하나씩 도착하는 것으로 설계하였다. 또한 Customer request size는 실제 상황에 근거하여 소비자 LC는 unif(70,79)의 분포형태를, 소비자 JN은 unif(112,118)의 분포형태를 취하였다.

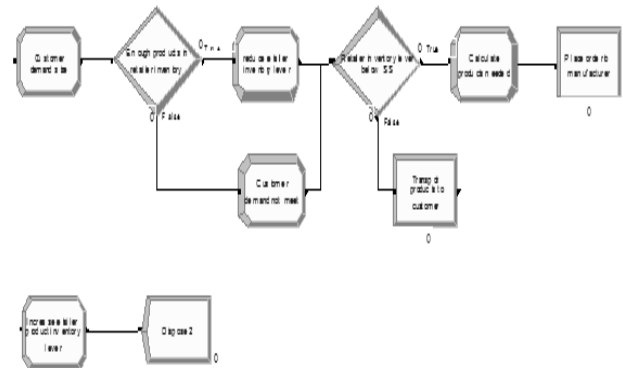
4.2.2 중개업자의 시뮬레이션 모델

[Figure 3]에서 나타내는 바와 같이 중개업자의 Arena 계통도 역시 정보흐름과 물류, 두 가지 부분으로 나누어져 있다. 그중 상반부는 정보흐름이고 하반부는 물류이다. 정보흐름 부분에서는 소비자의 수요가 도착하면 중개업자는 자체 재고량의 충분, 불충분 여부를 확인하고 충분할 경우 현재의 재고량에서 수량을 덜어낸 후 재고 수준을 재설정한다. 부족할 경우 주문서 손실이 발생할 수 있다. 재고의 수량과 관계없이 최종적으로 주문수요 판단의 판단 모듈에서 결정된다. 예를 들어 재고량이 발주량을 밀도는 경우 구매를 안배해야 한다. 물류부분은 주로 중개업자가 상품 운송을 처리하여 고객에게 전달한다.

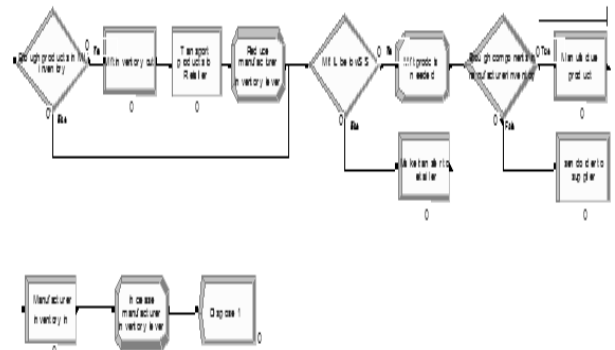
4.2.3 제조업체의 시뮬레이션 모델의 구축

핵심 제조기업 Arena 시스템은 [Figure 4]에서 보여주는 것처럼 정보흐름과 물류, 두 가지 부분으로 나뉘며 상반부는 정보흐름, 하반부는 물류이다. 정보흐름 부분에서는 먼저 중개업자의 주문서가 도착한 후 핵심 기업은 상품의 재고가 수요를 만족시키는가를 점검한다. 만족하는 경우 현재 재고량에서 수량을 덜어내고 다시 재고 수준을 설정한다. 만족하지 않는 경우 수주가 지

연될 수 있다. 재고의 수량과 관계없이 최종적으로 조직생산 판단의 판단 모듈에서 결정된다. 생산이 필요할 경우 자체의 원자재 재고의 충분 여부를 점검한 후 충분할 경우 즉시 생산을 조직하고 현재 재고에서 수량을 덜고 재고 수준을 재설정 한다. 부족 할 경우 기다려야 한다. 재고의 수량과 상관없이 최종적으로 원자재 공급업체의 주문 상품 판단 모듈에 의해 결정된다. 재고 수준이 발주점을 밀도는 경우 주문서를 전달할 필요가 있다. 물류 부분은 주로 원자재 공급기업이 핵심 제조기업에 상품을 발송하는 것과 핵심 제조기업이 중개업자에게 상품을 발송하는 것으로 구성되어 있다.



[Figure 3] Distributor's Arena process logic

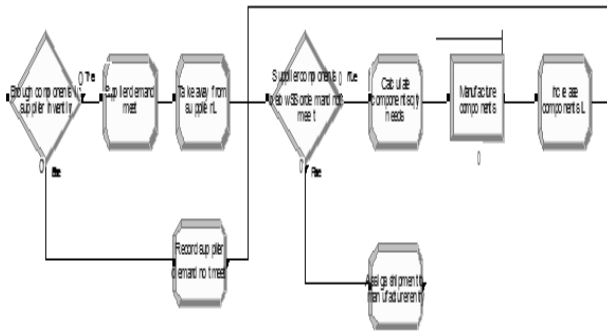


[Figure 4] Manufacturer's Arena process logic

4.2.4 공급업체의 시뮬레이션 모델의 구축

[Figure 5]가 나타내는 바와 같이 공급업체의 Arena 계통도에서는 먼저 핵심 제조기업의 주문서가 도착한 후 원자재 공급업체가 자체 상품 재고가 수요를 만족시키는가를 점검한다. 만족할 경우 현재의 재고량에서 수량을 덜어낸 후 재고 수준을 재설정한다. 그렇지 않은 경우 수주가 지연될 수 있다. 재고의 수량과 관계없이 최종적으로 생산수요 판단 모듈에서 결정된다. 생산이 필요한 경우 기업의 자원을 조절하고 분배

하여야 한다. 물류 부분은 주로 원자재 공급업체가 핵심 제조 기업에 상품을 발송하는 것과 관련이 있다.

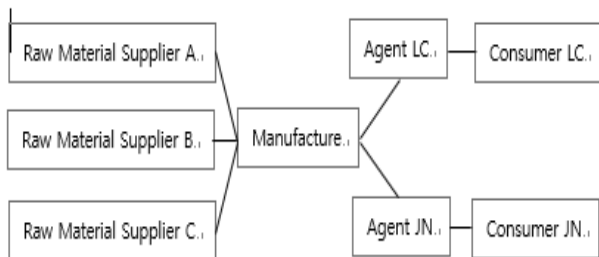


[Figure 5] Supplier's Arena process logic

5. 기업 공급사슬관리 시뮬레이션 모델의 실례 검증

5.1 공급사슬 업무흐름 가설

공급사슬 시뮬레이션 모델을 검증하기 위하여 본 연구는 제조기업을 중심으로 공급사슬을 시뮬레이션 모델링 하였고 중국의 산동성 모 기업을 실례로 실증 분석을 진행하였다. 실제 경영 기업의 업무 흐름은 여러 단계의 원자재 공급 업체와 여러 단계의 제품 중개상과 관련이 있다. 그러나 다른 단계 중개업자의 비용 계산 방식이 일치하고 다른 단계의 제품 중개상의 비용 계산 방식 또한 일치하기 때문에 연구의 편의를 위해 공급사슬 전체 업무 중 부분적 대표성을 지닌 업무 흐름을 선택하여 시뮬레이션을 진행하였다. 제조 기업을 핵심으로 하는 공급사슬은 두 개의 소비자 시장, 두 개의 중개상(핵심 제조 기업과 관련이 있는 기업), 하나의 제조 기업(핵심 제조 기업), 세 개의 원자재 공급업체(핵심 제조 기업과 관련이 있는 기업)로 구성되었다([Figure 6] 참조).



[Figure 6] Structure of realistic supply chain

<Table 4> Definition of system resources

Name	Type	Capacity	Busy/ Hour	Idle/ Hour	Per use
Mft_Mft_worker	Fixed Capacity	53	12.3	12.3	0
Mft_Machine	Fixed Capacity	4	0	0	0
Mft_Inventory	Fixed Capacity	8	10	10	0
Mft-Tran_LC	Fixed Capacity	Infinite	0	0	800
Mft-Tran_JN	Fixed Capacity	Infinite	0	0	800
SupA_Mft_worker	Fixed Capacity	18	8.5	8.5	0
SupA_Machine	Fixed Capacity	3	0	0	0
SupA-Tran	Fixed Capacity	Infinite	0	0	200
SupA_Inventory	Fixed Capacity	9	4	4	0
SupB_Mft_worker	Fixed Capacity	46	13.1	13.1	0
SupB_Machine	Fixed Capacity	6	0	0	
SupB-Tran	Fixed Capacity	Infinite	0	0	600
SupB_Inventory	Fixed Capacity	8	10	10	0
SupC_Mft_worker	Fixed Capacity	36	12.6	12.6	0
SupC_Machine	Fixed Capacity	4	0	0	0
SupC-Tran	Fixed Capacity	Infinite	0	0	1000
SupC_Inventory	Fixed Capacity	9	5	5	0
RetLC_Inventory	Fixed Capacity	8	10	10	0
RetLC-Tran	Fixed Capacity	Infinite	0	0	90
RetJN_Inventory	Fixed Capacity	8	10	10	0
RetJN-Tran	Fixed Capacity	Infinite	0	0	90
Lose order	Fixed Capacity	Infinite	0	0	800

5.2 시뮬레이션의 매개 변수 설계 및 기본 값 입력

공급사슬 Arena시뮬레이션 모델의 구축 이후, 여전히 시스템 구동 매개 변수의 설치를 필요로 했다. 이 공급사슬 시스템 중 각 기업 자체의 고유 자원은 24시간 운행하고 그중 생산 노동자 및 창고 관리원 등 매 인원이 매일 8시간씩 3교대 근무를 한다. 본 연구에서 설계한 시뮬레이션 시스템은 정상 상태의 시뮬레이션에 속한다. 모델 구동 초기 단계의 운행 결과는 비교적 큰 실제의 오차 범위를 넘어서는 결과를 초래할 수 있다. 이러한 편차를 없애기 위해서는 모델 운행 시 반드시 예열 시간을 설정해야 한다. 본 연구의 예열 시간은 30일로 설정하였다. 즉 운행 매개 변수 선택 항목 중 Warm_up Period 선택항을 30으로 설정하였다. 모델 운행초기 단계의 오차를 감소하고 승낙적격한 정도로 만들기 위해 모델 운행 주기 시간을 현 단계에서 시스템 허가의 비교적 긴 시간인 365일, 즉 Replication length의 수치를 365일로 설정 하였다. 모델 구동의 기본 시간 단위는 하루(24시간)로 하고 나머지는 균등하게 시스템 자체 기본 값으로 설정하였다.

중국 산동성의 모기업을 배경으로 <Table 3>과 같이 시스템자원을 정의하였다.

5.3 시뮬레이션 결과 출력과 운용

5.3.1 시뮬레이션 결과 출력과 분석

<Table 4> The cost of total system and each entity under EOQ (Yuan)

System	15287980
Value Added Cost	5490265
Non-Value Added Cost	15200
Transfer C	38780
Wait Cost	1257381
Other Cost	84108
Idle cost	8402246

<Table 5> Holding cost of inventory from members under EOQ (Yuan)

Mft_IL_Prod_Thc	107
Mft_IL_CompA_Thc	73
Mft_IL_CompB_Thc	146
Mft_IL_CompC_Thc	105
RetJN_IL_Thc	3576
RetLC_IL_Thc	3245

<Table 6> Total cost of members of supply chain (Yuan)

Supplier A	1563315
Supplier B	4792805
Supplier C	2559182
Manufacturer	5422077
Retailer LC	474632
Retailer JN	475969

<Table 8> The Resource utilization rate of supply chain (%)

Mft_Mft_worker	83.6
SupA_Mft_worker	92.3
SupB_Mft_worker	90.8
SupC_Mft_worker	82.4
Supplier A machine	71.3
Supplier B machine	69.9
Supplier C machine	70.1
Manufacturer machine	85.3
Mft_Inventory	92.2
SupA_Inventory	80.4
SupB_Inventory	90.8
SupC_Inventory	81.4
RetLC_Inventory	82.5
RetJN_Inventory	82.2

<Table 4>, <Table 5>, <Table 6>, <Table 7>의 통계 결과에 의하면 각 기업의 EOQ 재고정책 하에서 공급사슬 각 구성원의 재고 보유 비용, 각 기업 제품 총 비용, 시스템의 제품 총 비용 및 자원이용률 등을 상세히 반영해낼 수 있다. 이러한 운영 패턴 하에서 공급사슬 각 구성원의 재고 보유 비용이 비교적 낮다는 것을 알 수 있다. 특히 원자재 공급업체의 재고 보유 비용이 제일 낮다는 것을 알 수 있다. 그러나 앞장의 공급사슬설계의 평가 체계에 따르면 공급사슬체계 성과의 원인 및 공급사슬 시스템 전체 재고에 관한 문제를 탐구해야 하며 더 나아가 최적화 된 자원 배치 방

안을 사용해 예기한 시뮬레이션 목표를 실현하고, 제품 총 운영비를 낮추고 기업의 고이윤 창출을 실현해야 한다. 원자재 업체의 설비이용률은 비교적 낮은 70% 정도로 나오는데 앞으로 개선할 여지가 크다는 것을 설명한다. <Table 4> 중 Non-Value added cost는 15200이다. 이는 모델 운영 중 존재하는 수주의 손실 및 고객의 수요를 만족시키지 못하는 문제가 존재한다는 것을 설명한다. Wait Cost의 비용은 1257381이다. 이 부분의 비용이 비교적 높다는 것은 공급사슬 각 구성원간의 수주만족을 및 자원이용률을 제고할 필요가 있다는 것을 설명한다. 그러므로 분석 결과에 따르면 단일 수요의 주문은 공급기업이 제시간 내에 생산 수요를 만족 시키지 못한 결과를 초래하였고 이로 인해 판매업체들도 제 시간에 상품을 받을 수 없으며 고객의 수요를 만족 시킬 수 없게 된다.

5.3.2 시뮬레이션 결과에 의한 공급사슬관리 개선 제안

시뮬레이션 분석 결과에 따르면 이런 공급사슬의 문제는 주로 단일 수요의 수주 문제임을 알 수 있다. 고유의 운영패턴 상품 상의 수요 확대 효과가 존재하는데 그 영향을 감소시킬 방법을 강구할 필요가 있다. 단일 기업의 각도에서 보면 경제 주문 상품 생산량의 패턴은 정확하다. 그러나 공급사슬 각도에서 보면 각 거래원이 채택한 경제적 주문량의 형식은 이기적인 행위이며 전체적인 공급사슬의 비용 및 서비스 수준에 불리하다. 그러므로 각 기업의 공급사슬 재고 관리부터 출발하는 것을 고려해야할 수도 있다. 또한 설비이용률이 낮은 원자재공급업체는 외주생산 등을 고려해볼 필요가 있다. 본 연구는 공급사슬 상에서 각 기업은 경제적 주문량의 형식을 사용하지 않고 고유의 경제 주문량 관리 모델인 소량으로 주문하고 자주 상품을 주문하는 패턴으로 바꾸어 이에 맞는 새로운(s, S) 재고 정책, 고객 시장 수요에 부합하는 비용함수를 참고하여 각 기업의 주문점 및 주문 생산량을 조정해야 한다. 재고 정책 조정은 이후 생산, 운수, 저장, 인력 등 비용의 변화에 영향을 줄 수 있다. 그러나 이러한 변화는 공급사슬의 각 기업에 대한 변동 폭의 차이가 존재할 것이다. 심지어 개별 기업의 비용은 상승하고 저이윤을 초래할 수 있다. 본 연구는 공급사슬의 각도에서 각 기업이 즉시 소통하고 상호 협조하여 공급사슬 전체 이윤의 이차 분배 방안을 입안 할 것을 제안한다.

6. 연구결론과 전망

본 연구는 Arena 소프트웨어를 도구로 통용하는 공급사슬 시뮬레이션 모델을 설계하였고 모델의 이점과 기업 관리자의 협조를 통해 자원의 최적화 배치를 진행하였다. 합리적인 성과 평가 체계만이 시뮬레이션 구동의 성공 여부를 판단할 수 있고 시뮬레이션 가치를 실현할 수 있다. 공급사슬 시뮬레이션에 대해 말하자면 성과 평가체계는 전체적인 공급사슬의 운영 상황을 기준으로 하는 동시에 공급사슬 각 구성원의 운영 상황도 아울러 고려해야 한다. 평가 지표의 객관성 및 실제 활용성도 종합적으로 고려하여 평가해야 한다. 본 연구는 통용성의 공급사슬 구조 및 공급사슬 전체 비용함수, 공급사슬 총 운영비를 반영하여 공급사슬의 전체적인 운영성과의 평가 지표로 삼고 각 기업 제품 총비용을 공급사슬상의 각 기업의 평가 지표로 반영한다. 그러나 모델의 평가 지표 구축 후 단순히 시스템 모델의 검증만 진행하였다. 비록 시스템 출력의 결과에 의거하여 관리 제안을 제시했으나 새로운 관리 결핵에 대한 시뮬레이션 검증을 진행하지 않았다. 그렇기 때문에 앞으로의 연구 중 본 연구 성과를 입각하려면 연구의 중심을 공급사슬관리의 최적화에 두어야 한다.

7. Reference

- [1] Guang-Zhu Li · Chang-Ho Lee, "Analysis of effects of information-sharing on supply chain management using simulation", *Journal of Korea Safety Management and Science*, 12(4):153-160, 2010.
- [2] Seok-Joo Seo · Kyung-Sup Kim, "Supply chain management and simulation", *IE interface*, Vol.13(3): 328-338, 2000.
- [3] Kyu-Tak Shin · Yang-Byung Park, "Development of analytical tools for the bullwhip effect control in supply chains: Quantitative models and decision support system", *Journal of Society of Korea Industrial and System Engineering*, 32(1): 117-129, 2009.
- [4] Jang-Sun Yoo · Shin-Tae Kim · Seong-Rok Hong · Chang-Ouk Kim, "Multi-stage supply chain inventory control using simulation optimization", 21(4): 444-455, 2008.
- [5] Guang-Zhu Li, "A Study on the

Development of u-WMS within SCM using RFID”, PhD thesis, Inha University Graduate School, 2007.

[6] 李立, 王晓东, 邱梦, 吴贝. 基于Arena的集装箱码头内部道路运输系统仿真研究[J]. 河北工业大学学报. 2010(02):30-34

[7] 刘蓬, 尹靓, 杨家其. 用Arena进行供应链建模和仿真[J]. 武汉理工大学学报, 2009(12): 39-41

[8] 吕小峰, 钱志新. 基于多代理的人工供应链仿真模型分析与设计[J]. 物流科技, 2011(4): 16-18

[9] Marelys . L . Garcia, Martha A Centeno, Gabriela Penaloza . A Simulation Of The Product Distribution In The Newspaper Industry[A] . Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference, 1999.

저자 소개

이 광 수



인하대학교 대학원 산업공학과 박사학위 취득.
현재 중국 연변대학교 경영정보학과에서 부교수로 재직중.
관심분야 : SCM, ERP, 물류관리, 사물인터넷 등

이 용 진

서울대학교 경영학 박사학위 취득
현재 홍익대학교 국제경영(중국, 일본)학과 조교수 재직중
관심분야: 국제인사관리, 동북아경제 등

주소: 세종시 조치원읍 세종로 2639번 홍익대학교 상경대학 국제경영학과

양 청 만



중국 덕주학원 공상관리학과 학사학위 취득.
현재 중국 연변대학교 기업관리 전공 석사과정 중.
관심분야 : SCM, 물류관리 등