

물류 네트워크 구축을 위한 입지 및 규모 선정을 위한 시뮬레이션 분석

정석재*, 이재준**, 김경섭*

Simulation Anaysis for Determining Location and Size of Logistic Network

Suk Jae Jeong, Jae Jun Lee, Kyung Sup Kim

Abstract

Logistics network of the enterprise is defined to determine the optimal node and link considering the production, inventory and transportation based on the demand forecasting. This study consider the optimal logistics network of A painter company which maintain the existing transportation network and plan to relocate its plants and build new distribution centers.

For this, we design possible alternative scenarios and install the simulation models for analysis of each scenario. The result of simulation will help the proper logistic network and determining the size of distribution center further.

Key Words: Logistics Network, Distribution Center, Simulation Method, Supply Chain

* 연세대학교 정보산업공학과

** 한진물류연구원

1. 서론

일반적으로 물류 네트워크는 거점(Node)과 수배송(Link)의 형태로 구성된다. Node와 Link간의 연결 형태에 따라 물류 관련 비용(재고 및 수송비용)과 고객 서비스 수준(납기시간, 충족율)측면에서 경쟁 우위를 평가할 수 있다. 특히, 전국적인 네트워크를 가지거나, 제품의 수가 많은 기업의 경우, 현 물류 네트워크를 변경하는 것은 비용 및 불확실성 때문에 쉽게 이루어질 수 없으며, 한번 구축된 네트워크는 수년간 지속적으로 활용하는 경우가 많다. 이에 회사의 물류네트워크를 구축하는 문제는 중장기적인 관점에서 수요를 예측하고, 수배송 및 재고 비용을 최소화하고 납기시간을 단축할 수 있도록 물류거점 위치·수 및 규모를 결정해야 한다.

물류 거점의 위치와 수, 규모 결정은 모형구성과 적합한 해법을 적용함으로써 산정할 수 있다. 사용되는 해법으로는 일반적으로 최적화 기법이나 휴리스틱 기법과 같은 수리적인 기법과 시물레이션 기법이 사용된다. 수리적 기법을 이용할 경우 실제 물류 네트워크를 적용함에 있어서는 상당한 가정과 제약이 따른다. 우선 모형 구축에 있어 많은 노력과 시간이 할애되어야 하며, 최적해 혹은 근사해를 찾기 위한 알고리즘 개발 등이 필요하다. 또한, 수리적 기법은 특정 시점에 대한 최적해 혹은 근사해를 찾는 방법이므로 본 연구와 같이 물류 네트워크에 불확실적인 영향을 미치는 시간 및 확률적인 수요분포 고려하지 못하므로, 구축된 모형과 실제와의 차이가 크게 나타나는 경우가 많다. 이에 반해 시물레이션 기법은 복잡한 형태의 물류 네트워크에 대해 중장기적인 관점에서 불확실한 요소를 바탕으로 물류네트워크를 구성하는 데 적합한 방법이라고 하겠다.

본 연구는 건축도료를 생산하는 페인트 제조업체(이하 A사라 함)에 대한 실증적인 사례를 기반으로 한 연구이다. 신 물류체계 구축을 요하는 A사의 경우, 2010년까지 최종적으로

구축할 물류체계를, 다양한 상황을 반영하여 신 물류체계와 적정 규모의 물류센터를 구축할 계획이다. 본 연구에서는 물류 네트워크의 구성 가능한 대안을 시나리오 분석을 이용해 제시하고, 선정된 시나리오에 대해 수송비용과 재고물량을 최소화하는 결과를 제시한다.

2. 기존 연구 고찰

물류 네트워크를 구성하는 방법에 대해 연구한 분야는 다양한 형태로 구성될 수 있으며, 그 중 시물레이션 방법론으로 접근한 논문들은 다음과 같다. Jansen(2001) 등은 케이터링 공급사슬의 특수한 상황에서 모든 제품을 평가 지표(재무 지표 : 컨테이너당 총비용, 물류 지표 : 리드타임, 적시 배송, 하역효율 지표, 이동거리, 재고수준)로 분류한 후 시나리오에 따라서 시물레이션을 사용하여 모델링하였으며 시나리오에 따른 비용의 변화를 연구하였다.

Takakuwa(2000)은 고객과 공장 사이에 있는 물류센터(DC)의 다양한 역할(저장, 원자재 가공 등)에 관해서 시물레이션을 사용하여 모델링하였으며, 큰 규모의 문제에 관해서 시물레이션 하는 것은 상당히 어렵다고 하였다. Maruta (1999)은 공급사슬을 시물레이션 하는데 필요한 기능과 틀에 관한 전반적인 설명과 공급 사슬을 시물레이션하고 모델링하는 방법을 제시하였다.

서석주와 김경섭(2000)은 네트워크를 시물레이션 기법을 활용하여 분석하였으며 공급사슬관리의 수준을 정의하고 현재 개발되어 있는 시물레이터들을 소개하고 있다. 또한 물류 네트워크 관리의 수준은 운영수준, 전술수준, 전략수준로 구분하였다. 또한 IBM, Compaq, NOKIA, SAP, i2 등에서 개발된 시물레이터들에 대한 주요 특징에 대하여 언급하고 국내에서 개발 중인 G-SCS의 특징과 기능에 대하여 설명하였다.

또한 통합공급사슬의 생산분배 문제를 수리

모델과 시뮬레이션을 혼합한 모델에 의해 적용한 기존 연구는 현재 그리 많지 않은데 Shanthi-kumar and Sargent(1983)는 수리적 모델과 시뮬레이션 모델을 혼합 모델링과 시뮬레이션 모델링을 통해서 각각의 장점과 단점에 대해서 연구하였다. Byrne and Bakir (1999)는 제조시스템에서의 가기간, 다제품 환경에서 최적의 작업 시간을 구하였다. Lee and Kim(2002)의 연구는 기존의 연구와는 다르게 공급사슬 환경에 시뮬레이션과 수리 모델을 혼합한 형태를 제시하였으며, 주어진 기간에 소매점의 수요를 만족하는 최적의 작업 시간을 사용하여 통합 생산 분배 계획에 관해 연구하였다.

3. A사의 물류 체계

3.1 물류 체계 현황

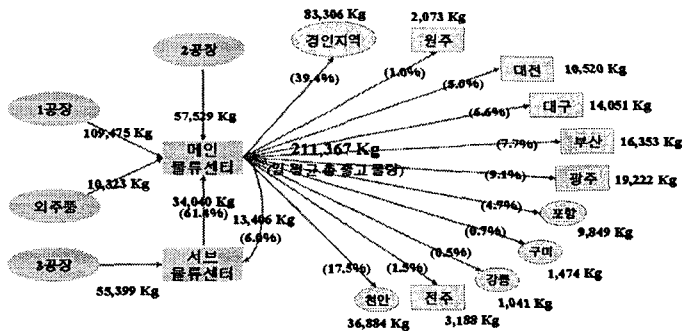
A사는 건축도료를 생산하는 페인트 제조업체로 3개의 공장(메인 공장 1개, 서브 공장 2개)과 3개의 물류센터(메인 물류센터 1개, 서브 물류센터 2개)를 보유하고 있다. 메인공장(1공장)과 서브 공장(2공장)은 경인지역(경기도)에 위치하고 있으며, 나머지 서브 공장(3공장)은 지방지역(경상도)에 위치하고 있다. 1공장 옆에는 메인 물류센터가, 3공장에는 서브 물류센터가 1개 위치해 있으며, 대전 지역의 서브 물류센터는 현재 건립 중이다.

A사의 각 거점별 역할을 살펴보면, 생산하는 제품 중 1공장에서는 약 60%를 생산하고 있으며, 2공장은 약 6%, 3공장은 약 26%를 생산하고 있다. 나머지 약 8%는 외주 공장에서부터 처리하고 있다. 메인 물류센터는 전 지역에 대한 수요를 담당한다. 메인 물류센터로 입고되는 물량은 1, 2, 3공장에서 생산한 물량 및 외주 물량이며, 입고·보관·출고·수배송을 담당한다. 지방 물류센터는 지방 지역에서 발생하는 수요에 대해서 일부를 담당하고 있으며, 3공장 생산 제품의 입고·보관·출고·수배송을 담당한다.

3.1.3 수배송(Link) 현황

수요분포는 규모에 따라 서울과 경기도를 포함하는 수도권 지역과 기타 지방지역으로 크게 구분될 수 있으며, 수배송 형태는 수도권 지역은 당일배송을 원칙으로 하고, 지방지역은 익일배송체계를 유지하고 있다.

현재 A사의 수배송 체계는 <그림 1>과 같이 1공장에서 생산된 제품은 경인 물류센터에서 전량 보관되어서, 경인·지방지역에서 발생하는 수요에 대응하며 보관·출하를 담당한다. 2공장의 경우 생산된 제품 중 경인·지방 지역의 수요물량과 재고물량은 경인 물류센터로 이동·보관·출하되며, 나머지 물량은 2공장 내에 임시 보관된다. 3공장에서 생산된 제품 중 경인·지방 지역의 재고 및 수요물량은 메인 물류센터에서 이동되며, 이를 제외한 물량



<그림 1> A사의 수배송 체계도

은 지방 물류센터에 보관된다. 외부유입물량은 경인 물류센터에서 일괄적으로 처리한다.

3.2. A사 물류체계 계획 및 현안 과제

현재 A사가 당면하고 있는 물류체계 문제점은 전 지역의 수요를 경인 물류센터에서 일괄적으로 배송한다는 배송정책을 가지고 있기 때문에 지역 물류센터에 대한 활용성이 저조하고, 3공장에서 생산된 제품이 경인 물류센터로 역이동되는 것이다. 뿐만 아니라, 경인 물류센터에 전 제품이 집중되기 때문에 차량 입출고가 원활하지 않으며, 경인 물류센터의 보관 면적 부족으로 야적의 일상화, 선입선출의 어려움, 야적 제품의 용기 부식 등 여러 가지 문제가 발생하고 있다. 이에, A사는 2010년까지 1공장의 위치를 이전하고, 이와 동시에 메인 물류센터를 새롭게 건립할 계획이다.

3. 시나리오 구성

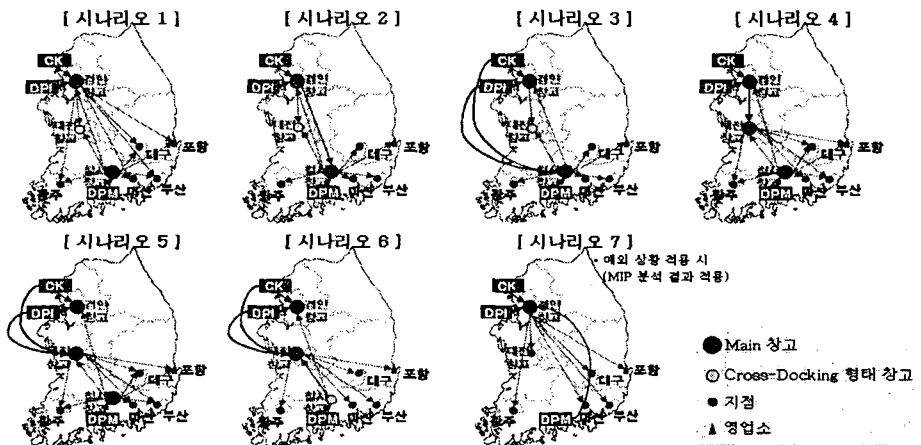
시나리오는 신 물류체계 구축이 완료되는 시점인 2010년을 기준으로 이전될 메인 공장 및 메인 물류센터의 거점과 기존의 거점 및 외주 공장들을 조합한 형태의 수배송 체계를 구축하는 형태이다. 즉, 규모가 다른 4개의 생

산 거점과 3개의 물류센터, 6개의 수요 군을 중심으로 최적 물류체계를 구축하는 문제로 볼 수 있다. 본 연구에서는 시나리오 기법을 활용하여 향후 발생 가능한 물류체계 시나리오를 구성하고, 이에 대해 물류비용과 재고물량 측면에서 최소가 되는 시나리오를 선정함으로써 해결한다.

3.1. 시나리오 구성 및 특징

신 물류체계 구축이 완료되는 시점을 기준으로 본 연구에서는 물류센터의 규모 및 기능, 수요지 권역, 그리고 제품의 물류센터 Route 방법들을 조합하는 시나리오를 구성하였다. 기능적인 측면에 있어서 물류센터 내 경인·지방지역에 대한 재고물량 보유 여부에 따라 7개 형태로 구성되고, 권역 측면에서는 해당 물류센터가 경인지역을 담당하느냐 지방지역을 담당하느냐에 따라 2가지가 존재한다. 마지막으로 공장에서 배송 물류센터로 직접 입고되느냐, 혹은 물류센터를 경유하여 배송 물류센터로 입고되느냐에 따라서 2가지의 입고 방법이 존재한다.

이들 각각의 경우의 수를 조합할 때 전체 28개의 시나리오를 구성할 수 있다. 그 가운데, A사의 업무담당자와 판단하여 7개의 가능한 시나리오를 <그림 2>와 같이 선택한다.



<그림 2> 7개의 선정된 시나리오

시나리오별 특징을 살펴보면, 시나리오 1은 시나리오 1은 경인, 지방 물류센터를 거점 물류센터로 사용하며, 수요지가 충청이북이면 각 공장(1, 2, 3 및 외주공장)에서 생산된 제품에 대해 경인 물류센터에서 물량을 보관하였다가 수요지로 배송되며, 수요지가 충청 이남에 대해서는 1, 2공장 및 외주 공장에서 생산된 제품은 경인 물류센터에서 물량을 보관하였다가 수요지로 배송하고, 3공장 생산 제품에서는 지방 물류센터에서 제품을 보관하였다가 수요지로 배송된다. 물류센터정책이 생산지 중심인 경우 경인물류센터에서는 1, 2 공장, 기타 및 외주의 물량을 보관하여 공급하며, 지방 물류센터에서는 3공장에서 물량을 보관하여 공급한다. 경인물류센터에서의 경상권, 전남권역 수요물량은 직접 수요지로 운송되며, 지방 물류센터에서의 경인권역 물량은 경인 물류센터를 크로스 토키ング로 거쳐 운송된다.

시나리오 2는 경인, 지방 물류센터를 거점 물류센터로 사용하며, 모든 공장에서 생산된 제품에 대하여 수요지가 충청이북이면 경인 물류센터에서 물량을 보관하였다가 수요지로 배송되며, 수요지가 충청이남이면 지방 물류센터에서 물량을 보관하였다가 수요지로 배송된다. 단, 경인물류센터의 수요지가 충청권역 물량은 대전 물류센터에서 보관하였다가 수요지로 배송된다. 경인 물류센터에서의 경상권, 전남권역 수요물량은 지방 물류센터를 크로스 토키ング하며, 지방 물류센터에서의 경인권역 물량은 경인 물류센터를 Cross-Docking으로 거쳐 운송된다. 이러한 방법으로 총 7개의 시나리오를 선정 및 분석한 결과 A사는 고객 서비스 수준 측면에서 반드시 지켜야 할 정책으로 경인지역의 배송은 당일주문, 당일배송체제를 언급하였기에, 경인지역이 당일 주문, 당일 배송이 불가능한 시나리오를 제외하면 3개 시나리오(시나리오 1, 2, 4)가 선정되었다.

3.2. 시나리오 고려사항

선정된 시나리오에 대해 공장이전, 계절성을

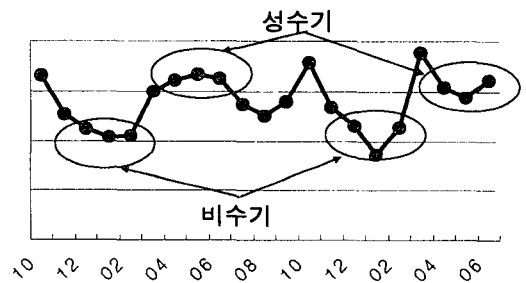
고려한 수요예측, 제품의 그룹화, 재고정책 및 수배송 비용 등이 고려되었다.

3.2.1 공장 이전

메인 공장의 이전에 대해서는 현재 수도권 지역의 수요물량이 전체 60%이상을 차지하고 있기 때문에, 인근지역으로의 이전이 아닌 타 권역으로의 이전은 없을 것으로 보인다. 하지만, 현재 각 공장별 할당된 생산제품에 대해서는 수정이 필요할 것으로 판단된다. 이에 대해서 본 연구에서는 1공장의 이전에 따른 공장별 생산 제품을 포함하여 신 물류체계 구축에 반영하였다.

3.2.2 계절별 수요 변화

<그림 3>과 같이 건축도료의 경우 수요는 비수기(7~8월, 12~3월)와 성수기(4~6월, 9~11월)에 따라 수요변화가 뚜렷하게 나타난다. 성수기의 수요는 비수기에 비해 거의 2배 정도 많은 물량이 요구되고 있다. 또한 연도별 판매물량 증가율은 향후 2010년까지 매년 5~5.5%의 성장률을 보이는 것으로 나타났다.



<그림 3> 월별 수요 추이 ('02.10~'04.6)

한편, 2,115개에 달하는 제품 종류에 대해, 성수기 때의 수요 편차가 매우 심한 것으로 나타났으며, 이에 가장 수요물량이 많이 발생하는 성수기 시점을 기준으로 2010년 수요 물량을 예측하여 본 연구에 반영하였다.

3.2.3 제품의 그룹화

본 연구에서 사용된 제품의 종류는 2,115개이다. 이들 전체 제품을 시물레이션에서 사용하는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에 생산 공장별 생산할 제품을 할당하기 위해 혼합정수계획법을 사용하여 의사결정을 실시한다. 혼합정수계획 모형은 시멘트 산업의 특성상, 각 제품은 하나의 생산 공장에서만 생산되도록 처리하였으며, 제품의 생산비용을 최소화하는 네트워크를 구성하는 것으로 모델링하였다. 또한, 각 공장의 생산용량은 무한하다고 가정하였다. 혼합정수계획 모형을 통해 같은 생산 공장에서 생산되는 제품에 대해 제품을 그룹화 하였다.

3.2.4 재고정책

현재 A사는 모든 제품에 대해 평균 25일의 재고수준을 유지하는 것을 기본으로 하고 있다. 하지만, 실제 A사의 각 물류센터별로 보유하고 있는 제품에 대해 실제 재고조사 결과, 경인 물류센터의 경우 평균 55.2일, 지방 물류센터는 평균 34.2일로 1.4~2.2배에 이르는 등 재고정책이 지켜지고 있지 않고 있다. 이로 인해 물류센터 내에 야적되는 제품의 수가 증가하고 있으며, 제품 출고 및 입고, 제품 출하 및 상차 등에 많은 문제를 야기하고 있다.

적정 재고정책을 결정하기 위해서 우선 EOQ (Economic Order Quantity)와 ROP (Re-Order Point) 분석을 실시한 결과 공장별로 차이가 있지만, 물류센터별 재고기간은 평균 10일로 분석되었다. 하지만, 건축도료라는 제품 특성상 수요분포가 일정치 않고, 불확실한 수요 발생이 빈번함을 감안하여, 15일의 재고기간을 2010년 목표로 설정하였다. 더욱이 경인물류센터의 신축이라는 문제에 당면해 있어, 15일을 기준으로 가정하여 본 분석에 활용하였다.

3.2.5 수배송 비용

수배송비용은 공장에서 물류센터, 물류센터

에서 최종고객까지 이동될 때 발생하는 비용이다. 본 연구에서는 제품의 수요와 공급이 경인 지역에 상대적으로 치중되어 있다는 것에 착안하여, 경인(출발)-지방(도착) 기준의 차량별 운임을 기준으로 전 구간에 대해 적용하였다.

4. 시물레이션 모델링

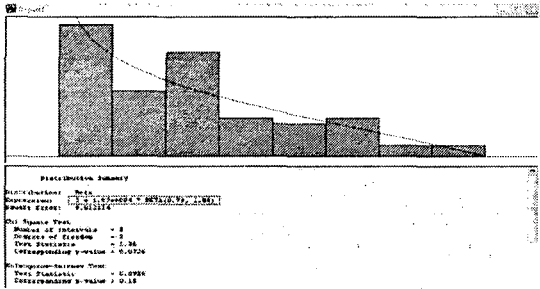
A사의 새로운 물류체계 구축과 새롭게 구축될 물류센터의 규모를 산정하기 위해서 본 연구에서는 시물레이션 기법을 이용하였다. 실험은 Arena 7.0 Simulation Package를 활용하였으며, 시물레이션 모델은 생산, 재고, 수송 프로세스로 구분하여 구축하였다.

4.1 입력 데이터

4.1.1 수요 데이터

앞서 언급한 대로, 성수기 3개월 수요 데이터를 이용하였으며, 그룹화 방법에 따라 공장별로 제품들을 구분하고 주문빈도와 주문량을 상, 중, 하로 분류하여 각 제품군에 대한 확률분포를 도출하였다. 분포의 자료에 대한 적합성의 다른 두 가지 척도는 카이제곱과 KlomogorovSmirnov(K-S)의 적합도 가설 검정이다.

적절한 수요분포를 찾기 위하여 Arena의 Input Analyzer를 이용하였으며, <그림 4>과 같이 검정내용에 대한 정보를 얻을 수 있다. 1공장에서의 제품군 확률분포 생성 결과를 살펴보면 K-S 결과에서 p값은 0.15로 비교적 높은 편이므로 베타분포를 사용하였다. <그림 4>는 1공장에서 주문빈도와 주문량이 높은 제품군(주문빈도와 주문량이 모두 상)의 수요에 대한 확률분포를 보여주고 있다. 2010년 시점에서 성수기 공장별 제품군에 대한 확률분포 결과는 <표 2-5>와 같다.



<그림 4> 1공장에서의 제품군 확률 분포 생성 그래프

<표 4> 3공장의 주문빈도와 주문량을 고려한 확률분포

구분	주문빈도 상	주문빈도 중	주문빈도 하
주문량 상	$78+1.84e+004 \cdot BETA(2.23, 4.42)$	$-0.001+1.1e+004 \cdot BETA(0.704, 1.41)$	$-0.001+EXPO(1.59e+003)$
주문량 중	$TRIA(-0.001, 1e+003, 3.22e+003)$	$TRIA(-0.001, 1.55e+003, 4.96e+003)$	$-0.001+4.04e+003 \cdot BETA(0.936, 2.24)$
주문량 하	$-0.001+EXPO(2.81)$	$-0.001+165 \cdot BETA(1.35, 2.67)$	$-0.001+WEIB(222, 1.25)$

<표 5> 외부물량의 주문빈도와 주문량을 고려한 확률분포

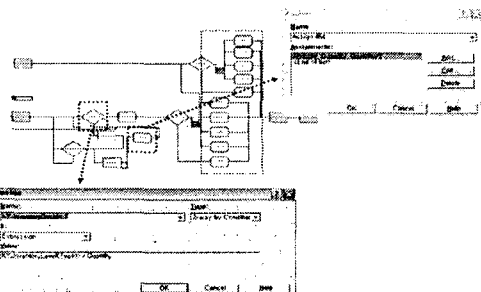
구분	주문빈도 상	주문빈도 중	주문빈도 하
주문량 상	$TRIA(-0.001, 8.98e+003, 2.1e+004)$	$-0.001+EXPO(411)$	$-0.001+EXPO(38.2)$
주문량 중	$-0.001+1.83e+003 \cdot BETA(2.11, 3.64)$	$-0.001+1.5e+003 \cdot BETA(0.929, 2.24)$	$-0.001+EXPO(318)$
주문량 하	$-0.001+62 \cdot BETA(2.11, 3.64)$	$-0.001+WEIB(49.1, 1.07)$	$-0.001+303 \cdot BETA(1.11, 1.76)$

<표 2> 1공장의 주문빈도와 주문량을 고려한 확률분포

구분	주문빈도 상	주문빈도 중	주문빈도 하
주문량 상	$3+1.83e+004 \cdot BETA(0.79, 1.86)$	$35+LOGN(2.41e+003, 7.83e+003)$	$-0.001+EXPO(312)$
주문량 중	$-0.001+1.25e+003 \cdot BETA(1.11, 1.5)$	$15+GAMM(768, 1.34)$	$-0.001+EXPO(305)$
주문량 하	$-0.001+93 \cdot BETA(0.669, 2.31)$	$-0.001+ERLA(130, 2)$	$-0.001+WEIB(437, 1.3)$

<표 3> 2공장의 주문빈도와 주문량을 고려한 확률분포

구분	주문빈도 상	주문빈도 중	주문빈도 하
주문량 상	$TRIA(91, 5.39e+004, 1.23e+005)$	$-0.001+2.08e+004 \cdot BETA(0.822, 2.72)$	$-0.001+EXPO(1.24e+003)$
주문량 중	$TRIA(-0.001, 3.4e+003, 1.09e+004)$	$-0.001+1.25e+004 \cdot BETA(2.05, 3.89)$	$-0.001+WEIB(1.49e+003, 1.16)$
주문량 하	$-0.001+EXPO(9.31)$	$-0.001+WEIB(115, 1.51)$	$-0.001+1.58e+003 \cdot BETA(1.49, 3.33)$



<그림 5> 물류센터↔수요지간 수요물량 비율

5.1.2 공장에서 수요지별 수요에 대한 차지비율
 공장에서 물류센터로, 물류센터에서 수요지로의 차지하는 투입 물량과 비율을 산정하기 위하여 2004년 성수기의 수요데이터를 사용하였다.

<그림 5>은 길게 점선으로 표시된 부분이 물류센터에서 고객까지의 배송을 모델링한 부분이다. 물류센터에서 수요지로의 배송 물량은 <표 6>에서 언급한 수요지별 차지하는 비율에 따라 할당하였다.

<표 6> 공장별 기준 수요지별 수요비율

수요지	1공장	2공장	3공장	외부물량	
경인	66%	65%	58%	72%	
지방	마산	3%	5%	9%	6%
	대구	16%	8%	5%	6%
	포항	1%	4%	3%	3%
	부산	7%	3%	10%	3%
	광주	7%	14%	15%	10%

* 주: 2004년도 성수기 자료를 기초로, 1공장 이전에 따른 각 공장별 생산 제품 조정 후 결과임

<표 5>와 <표 6>의 관계를 살펴보면, <표 5>와 같이 각 제품군에 대해 수요가 발생하면, <표 6>과 같은 수요별 차지하는 비율에 대해 각 공장에서 제품을 생산하게 된다.

4.1.3 생산비용

<표 7>과 같이 각각의 공장 별로 제품 단위당 생산시간과 비용을 계산하여 시물레이션 분석에 반영하였다. 기타 및 외주 물량은 생산 즉시 경인창고로 반입되며 생산시간은 없는 것으로 가정하였다.

<표 7> 제품단위당 투입 생산시간 및 비용
(단위: 원/시간·kg)

구분	1공장	2공장	3공장	외부물량
생산시간	0.00272	0.000013	0.0032	없음
생산비용	155	44.57	178.85	없음

4.1.4 수배송 비용

공장에서 물류센터의 경우 차량별 운임요율은 현재 사용하고 있는 운임을 기준으로 계산했으며, 운임 요율이 없는 경우에는 실제 지입차 이용 시 지불되고 있는 금액을 조사하여 반영하였다. 또한 물류센터에서 수요지로의 수송비용은 2010년 3공장의 생산량이 1공장보다 늘어나게 될 경우에는 현재의 운임방식에 변화가 예상되므로, 거리기준으로 운임을 산정해 시물레이션 분석에 반영하였다.

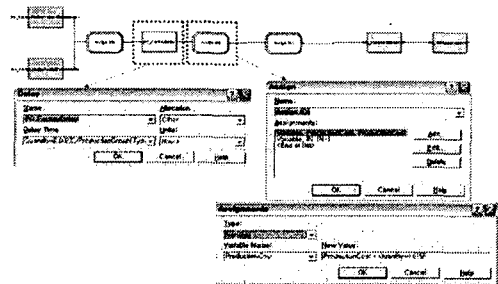
4.1.5 시물레이션 수행시간

시물레이션의 종료 시간은 성수기 기간(3개월)과 동일하게 2,160시간(90일, 하루 24시간 기준)으로 하였고, 모델의 검증을 위해 반복회수를 30번으로 하여, 결과에 대한 평균값을 구하였다. warm-up period는 따로 고려하지 않았다.

4.2 시물레이션 모델 구축

4.2.1 생산 프로세스

제품 생산시간은 각 공장마다 모든 제품에 대해 동일하게 적용하였다. 각 공장 옆에 물류센터가 있음을 감안하여 생산 이벤트가 발생하면 생산 시간이 경과한 후에 물류센터의 재고수준이 증가하도록 모델링하였으며, 외주 물량에 대해서는 자체 생산 제품이 아니므로 물류센터에서 주문 요청이 발생할 때 외부에서 재고를 채워주는 형태를 취하였다. 또한 각 공장에서의 생산능력은 무한정한 것으로 가정하였다. 생산비용의 경우, 생산 이벤트 발생횟수와 생산되는 양을 체크한 후, 이를 단위당 생산비용에 곱한 값으로 처리하였으며, 시물레이션이 진행되는 동안 그 값을 계속 누적하여 시물레이션 종료된 후에 누적 값을 통해 생산비용을 산정할 수 있도록 처리하였다. <그림 6>은 1공장의 모델 뷰를 보여주고 있다.



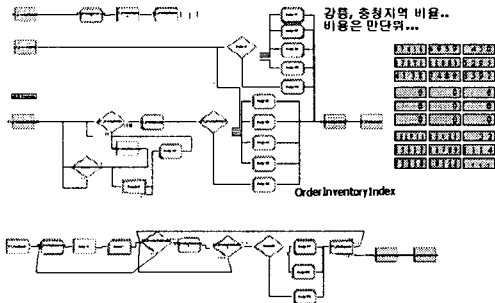
<그림 6> 1공장 모델 뷰

4.2.2 재고 프로세스

각 제품 재고는 물류센터(경인,지방,대전)에서 취급하는 제품군에 따라 재주문점과 주문량을 설정하여 시물레이션 수행기간 동안 각 창고의 재주문점을 실시간 체크하여 재주문점 아래로 떨어졌을 경우 공장으로 주문량만큼 주문을 요청하도록 처리하는 Continuous Review 정책을 고려하였다. 재주문점은 앞서 언급한 대로, 15일 재고로 고정하였으며, 적정 재고수준을 위해 5일, 10일, 15일, 30일 등을

고려하여 민감도 분석을 수행하였다.

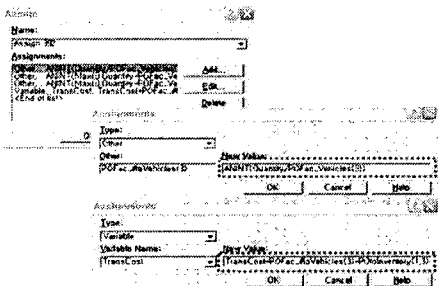
재고수준을 실시간으로 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있도록 하였으며, 시뮬레이션 종료 후에 각 창고의 재고수준의 평균값과 최대값을 산정할 수 있도록 모델링하였다.



<그림 7> 경인 물류센터 모델 뷰

4.2.3 수송 프로세스

수송 프로세스는 공장에서 물류센터간 배송, 공장에서 직배송을 통한 고객 수요지 배송, 그리고 공장에서 다른 창고를 Cross-Docking하여 창고로 배송하는 방식 등을 고려하여 모델링 하였다. 현재 A사가 사용하고 있는 여러 종류(톤수, 자가 여부)의 트럭을 모두 고려하였고, 트럭 개수의 제한은 두지 않았다. 운송 규칙은 우선 톤당 비용이 가장 싼 대형 트럭을 우선적으로 고려하였고, 남은 양에 대해 그보다 작은 톤수의 트럭으로 나누어 실는 형태로 모델링하였다.



<그림 8> 공장↔물류센터 수송 프로세스 모델 뷰

수송비용의 경우, 시뮬레이션이 수행되는 동안 톤당 수송비용에 트럭 대수를 곱으로 산정하였고, 이를 누적하여 총 수송비용을 산정할 수 있도록 하였다.

4.2.4 분석 결과

시뮬레이션 분석 결과 세 가지 시나리오 중 시나리오 2(경인 물류센터: 경인지역만 담당, 대전 물류센터: 충청·대전지역만 담당, 지방 물류센터: 지방지역 담당)가 재고물량과 비용 측면에서 가장 최적인 것으로 나타났다. <표 8>은 시나리오 1,2,4에 대한 결과값을 보여주고 있다.

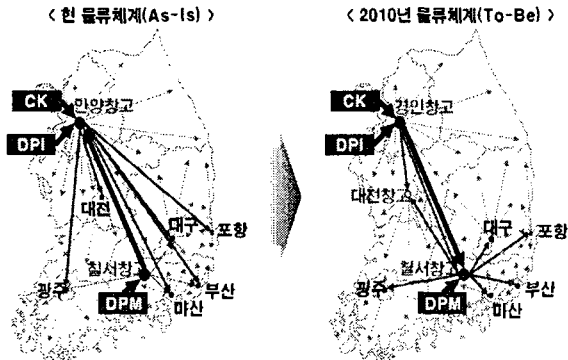
A사의 물류네트워크는 2개 물류센터를 축으로 전국 수배송 망을 형성하는 것이 물류비용과 재고물량 측면에서 최적인 것으로 분석되었다.

<표 8> 시뮬레이션 분석결과

구분	물류센터 규모(재고물량)				비용(만원)		
	경인	대전	지방	계	생산	수송	
1	평균	3,704	-	639	4,343	154,690	45,495
	최대	4,841	-	875	5,717		
2	평균	2,658	-	1,021	3,680	150,400	43,256
	최대	3,411	-	1,231	4,641		
3	평균	2,912	370	624	3,906	160,650	48,714
	최대	3,779	503	842	5,124		

향후 물류체계는 경인물류센터에서 경인, 강원, 충북지역의 수요를 관할하고 대전물류센터는 지역물류센터의 개념으로 충청 또는 전북지역의 수요를 관할하며, 그리고 지방물류센터에서 대구, 부산, 광주(전남), 마산 지역의 수요를 관할하는 형태가 적합하다. 따라서, 경인 물류센터와 지방물류센터의 2개 물류센터를 축으로 고객을 이원화함으로써 지방지역 고객 서비스수준 또한 높일 수 있는 장점을 가질 수 있을 것이다.

2010년의 새로운 물류네트워크는 <그림 9>과 같다.



<그림 9> 현 물류체계와 최적 물류체계 비교

5. 결론

A사의 2010년 물류체계는 2개 물류센터를 축으로 전국 수배송 망을 형성하는 것이 물류 비용과 재고물량 측면에서 최적인 것으로 분석되었다. 즉, 2010년에는 경인 물류센터에서 경인, 강원, 충청 일부지역의 수요지를 관할하고 대전 물류센터는 지역창고의 개념으로 대전·충청 또는 전북지역의 수요를 관할하며, 그리고 지방 물류센터는 대구·경북, 부산·경남, 광주·전남지역의 수요를 관할하는 형태가 적합한 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 경인지역의 건축도로 수요량이 지방지역에 비해 약 60%이상을 차지(표 6 참조)하는 특성을 감안할 때 경인과 지방지역을 분할하여 수요에 대처하는 물류체계 구축이 필요하며, 이를 고려한 각 물류센터의 적정 재고물량 산정 및 물류센터의 관할범위 등을 제시하였다.

참고문헌

- [1] David A. Taylor, Supply Chains-A Manager's Guide, Addison-Wesley, 2004
- [2] Jansen. et al., "Simulation of Supply Chain Behaviour and Performance in an Uncertain Environment", *International Journal of Production Economics*, Vol 71, pp. 429-438, 2001.
- [3] Maruta, T. et al., "Simulation Tool of Supply Chain Model with Various Structure and Decision Making Processes", IEEE, pp. 1443-1449, 1999.
- [4] M.D. Byrne, M.A. Bakir., "Production planing using a hybrid simulation - analytical approach", *Interantional Journal of Production Economics*, Vol 59, pp. 305-311, 1999.
- [5] Ronald H. Ballou, Business Logistics Management, 3rd Ed., Prentice-Hall, 1992.
- [6] Takakuwa, S. et al., "Simulaton and Analysis of Non-Automated Distribution Warehouse", *Proceeding of the Winter Simulation Conference*, pp. 1177-1184, 2000.
- [7] Young Hae Lee, Sook Han Kim., "Production-distribution planning in supply chain considring capacity constraints", *Computers and industrial engineering*, Vol 43, pp. 169-190, 2000.
- [8] 서석주, 김경섭., "공급사슬경영과 시물레이션", *IE interfaces*, Vol 113, pp.328-338, 2000.

● 저자소개 ●



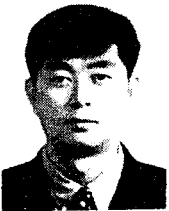
정석재

2002 한국해양대학교 물류시스템공학과 학사
2004 연세대학교 컴퓨터과학·산업시스템공학과 석사
현재 연세대학교 정보산업공학과 박사과정
관심분야: SCM, Meta Heuristic



이재준

1995 울산대학교 산업공학과 졸업
2001 고려대학교 산업공학과 석사
현재 한진물류연구원
관심분야: Network Optimization, Location Planning, Third Party Logistics, Transportation Management, Warehousing Management



김경섭

1982 연세대학교 기계공학과 학사
1986 Univ. of Nebraska-Lincoln, Industrial & Management Systems Engineering, M.S.
1993 North Carolina State University, Industrial Engineering, Ph.D.
현재 연세대학교 정보산업공학과 교수
관심분야: 물류시스템, 시뮬레이션 모델링 및 분석, SCM