

지능형 통합 생산 물류 시스템의 동기화된 시스템 설계

배재호¹ · 왕지남²

¹PriceWaterhouseCoopers / ²아주대학교 기계 및 산업공학부

A Synchronous System Design of an Intelligent-Integrated Production & Logistics Systems

Jaeho Bae¹ · Gi-Nam Wang²

This paper presents a design and implementation of an intelligent-integrated production-logistics systems. The situation considered here is that there are multiple manufacturing plants and multiple distribution centers. Effective distribution resource and production planning are required to reduce inventory cost and to avoid inventory shortage. We propose an intelligent forecasting scheme of each distribution centers, adaptive inventory replenishment planning, distribution resource planning, and integrated production planning system. In forecasting a huge number of on-line model identification is performed using neural network approximation capability. An efficient adaptive replenishment planning and distribution resource planning are also presented in connection with forecasting scheme. An appropriate production is also requested based on production lead-time and the results of distribution planning. Experimental simulations are presented to verify the proposed approach using real data.

1. 서론

1.1 연구의 배경

전사적 자원관리인 ERP(Enterprise Resource Planning)는 기업의 제조, 인사, 회계에 걸쳐 기업의 자원을 투명하고 효율적으로 관리하며 기업의 효율적인 프로세스 중심의 접근방법으로 시도되었다. 최근의 SCM(Supply-Chain Management)은 기업이 제조활동에 필요한 원자재 구매에서부터 부품공급업체의 모든 부품공급과정과 기업 내의 제조활동에서의 계획(planning)과 실행(scheduling)을 동기화하며 완제품을 최종 소비자에게 전달하는 공급과정을 통합적으로 실행 운영하여 정보 및 자금의 흐름을 원활화하려는 목적에서 출발하였다. 초기의 ERP공급업체들은 SCM의 기능을 ERP에서 제공하리라고 예상하였지만 실제로는 제공하지 못하게 되어 많은 SCM의 공급업체들이 생겨나고 또한 많은 ERP 공급회사들이 일부 SCM기능을 개발하고 있다. 현재 SCM Package의 대표적인 공급회사로 i2 technology (Rhythm), Manugistics, 그리고 People Soft (Red Pepper) 등이 있으며 현재 SAP사도 APO (Advanced Planning & Optimizer) 모듈을 개발 관련 서비스를 제공하고 있다.

그러나 상대적으로 SCM Package는 상대적으로 매우 고가이고 운영에 있어서 관련 기본 인프라를 요구하고 있어 현재 국내 실정에 적용하는 데 많은 노력과 비용이 요구되고 있다. 현재 국내에서 한 회사에 설치 운영되고 있는 실정이며 이 또한 제조부분의 계획부분에만 부분적으로 이용되고 있어 완전한 SCM Package의 기능을 활용하고 있다고 보기는 어렵다.

본 연구는 이러한 문제점을 극복하고 물류와 생산에 통합적으로 사용될 수 있는 SCM 기능을 효과적으로 설계 개발하여 실제 물류유통분야에 적용하는 연구를 제시한다. 본 연구에서 제시하는 모형은 부분적으로 기존의 SCM의 package 중 Manugistics와 매우 유사한 것으로 수요예측, 재고 자동 보충, 재고자동발주, 생산량 의뢰, 근거리 배송 등 기존의 SCM의 기능 중 일부를 국내실정에 적합한 저가형 SCM의 개발로 해석된다. 특히 수요예측에 관한 부분은 기존의 방법보다도 상당히 앞선 개념으로 해석되며 실제로 기업에 적용하는 단계에 있을 을 밝힌다.

1.2 생산-판매-물류의 통합

<그림 1>은 생산-판매(영업)-물류의 업무를 합리화하여 전체 시스템에서 원가를 절감하고자 모델로 실제로 본 연구에서

다루는 전체적인 모델을 보이고 있다. 생산, 판매, 물류 각 단계의 통합은 시간적 동기화(Synchronization) 뿐 아니라, 고객(거래선)의 요구를 직접 출고 사업장(DC/SB)에 반영해 줄 수 있다는 장점을 가지고 있다. 소비자의 주문 정보를 기반으로 판매 계획 수립 및 수요 예측에 반영하여 실제 주문에 의한 생산 계획의 수립으로 소비자의 요구를 생산에 반영하며, 기존의 출고 정보를 기반으로 한 수요 예측으로 인한 판매 기회 손실 비용이나 재고 부담을 줄이고자 한다. 기존의 수요 예측 방법은 경험자의 노하우를 기반으로 과거의 제품 공급 패턴을 분석하여 이루어지는데, 이는 소비자의 실제 요구와는 많은 차이를 보이게 된다. 이에 대하여는 본 논문의 2.2절에서 다시 언급하도록 한다.

1.3 연구의 목적

본 연구에서는 재고의 비용과 물류의 비용을 생산의뢰 단계에서부터 감소시키고, 재고의 발주와 생산의뢰, 재고 보충모듈을 자동화하여 기업의 효율을 높이고 생산의뢰에서 제품의 유통까지의 전체 시스템을 통합되고 일관되게 운영, 관리할 수 있는 시스템을 제시하고자 한다. 또한 재고의 자동 발주에서부터 생산, 재고의 자동 보충, 출하, 제품의 유통에 이르는 전 과정을 시스템화하여 도시하고 각 부문의 상호관계를 규명, 정보의 흐름을 파악하고 이를 위한 데이터 베이스와 인터페이스 방법론을 제시한다.

본 연구에서 제안한 시스템은 크게 재고자동발주계획, 생산의뢰계획, 재고자동보충계획의 세 가지 부분으로 나눌 수 있다. 본 시스템은 정확한 수요예측을 기반으로 하는데, 수요예

측은 시스템 도입의 초기에는 과거 제품 기준 연구판매의 수요예측 패턴과 주간 갱신 데이터를 사용해 단/중/장기 수요예측과 지역별 수요예측, 제품별 수요예측을 행하게 되며, 궁극적으로는 소비자의 주문 정보를 기반으로 수요예측을 실시하게 된다. 이때 사용하는 방법으로는 시계열 분석, 회귀분석, 신경망 기법이 있다.

재고자동발주계획에서는 각 사업장(DC/SB)으로부터 집계된 제품 판매량과 수요 예측량을 바탕으로 필요한 적정의 재고를 공장으로 요청하게 된다. 생산의뢰계획에서는 각 사업장별 발주량과 공장의 현 재고, 공장의 생산능력, 사업장별 예상 재고량, 공장과 사업장의 수송비용 등을 고려하여 최적의 생산계획을 수립, 각 공장에 생산의뢰를 한다. 생산의뢰 후 각 공장의 생산을 통하여 재고자동보충계획에서는 실제 출하량과 사업장의 요구량을 일치시키기 위한 절차(procedure)를 수행한다. 재고자동보충계획은 재고자동보충엔진, 근거리 수송 엔진, 자동배차엔진을 포함한다. 각 계획과 계획 내의 엔진 구성은 다음의 <표 1>과 같다.

표 1. 시스템의 각 구성과 구성엔진

구분	구성 엔진
재고자동발주계획	수요예측 엔진
	재고정책 엔진
	재고자동발주 엔진
생산의뢰계획	생산량 할당 엔진
재고자동보충계획	재고자동보충 엔진
	근거리 수송 엔진
	자동배차 엔진

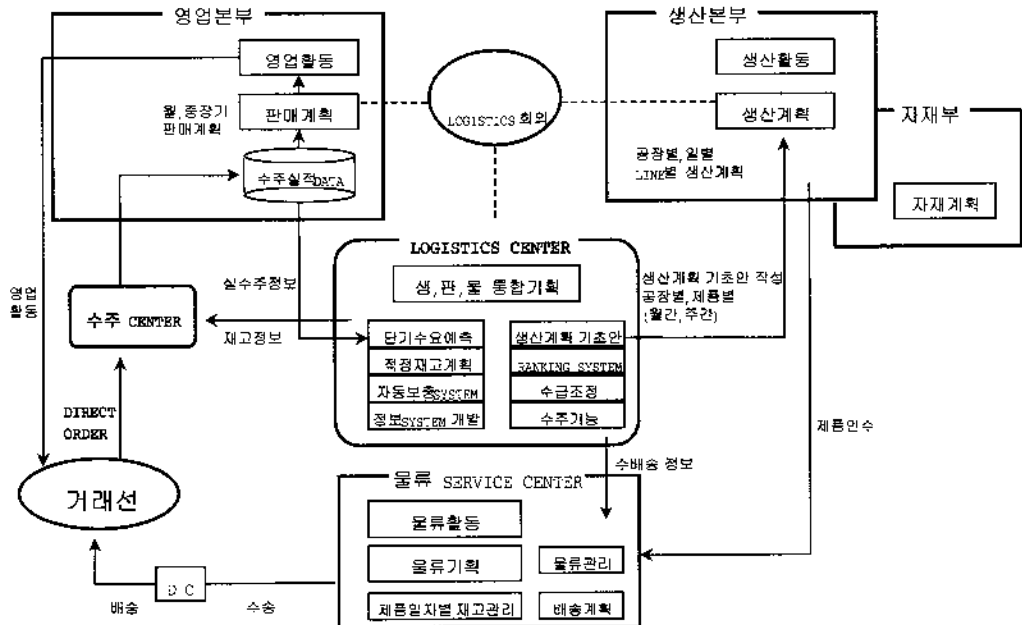


그림 1. 생산, 판매, 물류 통합 업무 기능도.

2. 현황 분석

2.1 기존 연구에 대한 고찰

본 연구와 관련된 기존 연구는 대부분 안전 재고를 얼마나 현실적으로 적정하게 유지할 수 있는지에 관한 연구와 전체적인 동기화된 시스템의 운영을 통하여 정보기술이용 시스템을 통합하여 동기화된 운영으로 시너지 효과를 얻고자 하는 연구로 나누어 볼 수 있다. 선행 연구로는 시스템 공학 연구소(SERI)에서 전자부품을 생산하는 국내 중소제조기업을 대상으로 하여 영업, 구매, 자재, 유통 등 물류관리 업무분야의 자동화 및 합리화를 위한 저가형, 다기능의 물류관리 소프트웨어를 개발하였다. 이 소프트웨어 기술은 고객의 제품 주문에서부터 출하에 이르기까지 일련의 사내 물류관리활동을 지원하는 것으로 기업의 판매계획, 자재계획, 구매계획을 상호 통합관리 할 수 있는 물류관리용 ERP(전자적 자원관리) 시스템이라 할 수 있고 물류관리와 관련된 업무를 상호 연계하고 물류정보를 공유함으로써 시장환경 변화에 대해 제조기업의 신속한 대응이 가능하도록 하였다. 벤치마킹 파트너사에서는 공동 예측 및 보충(CFAR: Collaborative Forecasting and Replenishment) 소프트웨어를 개발하였다. 이는 제조업체와 유통업체가 인터넷을 매개로 상호 협력하여 가능한 상품의 수요를 예측하는 방법으로,

상품 수요 예측의 정확성을 높여 상품 재고의 감소가 물류 비용 등의 절감으로 이어질 수 있도록 하여 생산성을 높여주기 위한 인터넷 소프트웨어이다.

2.2 현 시스템의 분석

본 연구의 대상이 되는 기업은 식료품 생산을 위주로 하는 회사로 제품의 특성상 유통기간이 비교적 길다는 특징이 있다. <그림 2>는 현 업무의 흐름을 그림으로 보인 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 고객(거래선)의 주문을 받기는 하지만, 실제로 고객에게 납품을 하게 될 때는 고객의 최초 발주 정보(주문량)와는 많은 차이를 보이게 된다. 이는 거래선으로의 납품이 주로 회사 내의 생산계획에 의하여 계획이 설정되기 때문이며, 또한 생산에서의 생산량 결정이 유연하지 못하기 때문에 또한 한 번의 발주 정보의 왜곡현상이 발생하게 된다.

다음의 <그림 3>은 위와 같은 시스템의 적용 결과 발생하고 있는 문제점이다. 우리의 관심이 되는 공장(생산의 주체), 사업장(DC/SB; Distribution Center/Sales Basement)과 고객(거래선) 간에 발생하고 있는 문제점을 나타내는 것이다. 주로 결품발생으로 고객이 요구하는 제품을 제공하지 못하거나 파잉 재고로 인한 재고 비용의 누적, 합리적인 물류 시스템이 도입되지 못해 발생하는 물류 비용의 과다나 배송 서비스의 미흡을 볼 수 있으며, 근본적으로는 정확한 수요예측 시스템의 부재로 인해 정확한 이고(공장에서 사업장으로의 물류)계획을 설정할

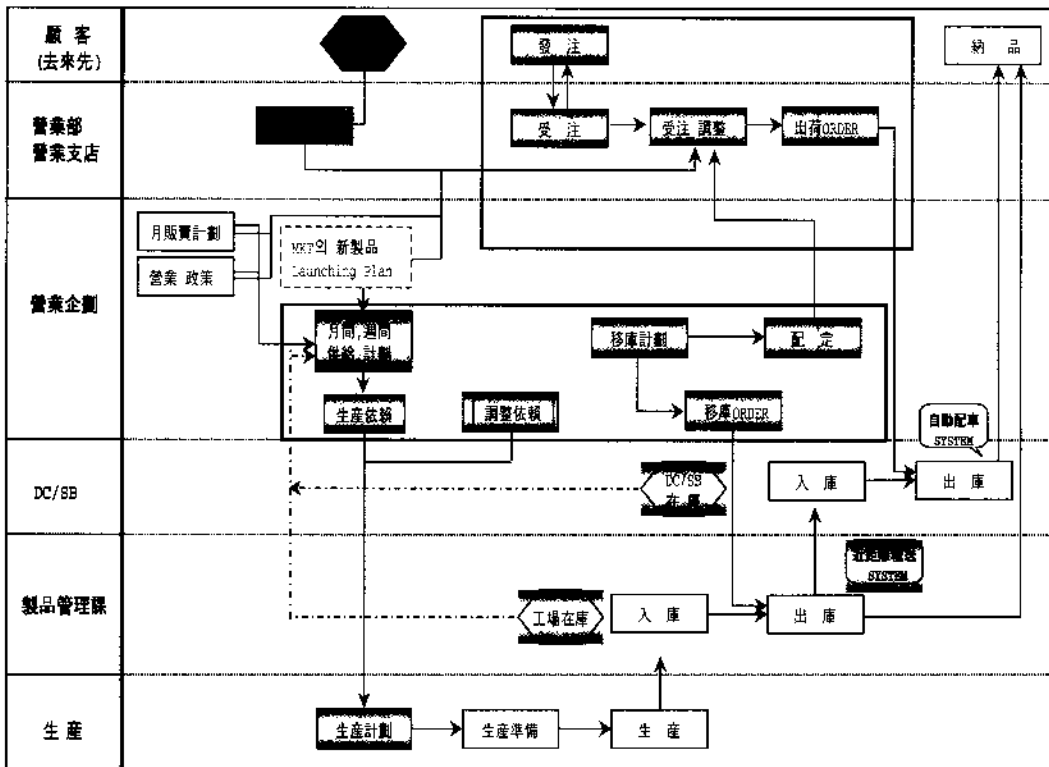


그림 2. AS-IS 모델의 업무 흐름도.

수 없기 때문에 보다 합리적인 접근을 할 수 없다는 문제가 있다.

2.3 현재 시스템의 문제점 분석

현재 적용되고 있는 시스템의 문제점은 이미 앞 절에서 잠시 언급한 바 있다. 본 절에서는 보다 자세히 현 시스템의 문제점을 파악해 보기로 한다. 또한 언급하는 문제점을 해결하는 것이 본 연구의 목적이기도 하다.

- 1) 미출고가 발생하다.
 - 주문량의 변화가 심하다.
 - 이는 본 연구의 대상이 되는 기업의 자금결제방식에 따른 것으로 결제일에 따라 주문량이 급격히 변하게 되거나, 영업정책에 따라 주문량의 변화가 심하다.
 - 배송 효율을 높이기 위하여 고객의 주문 정보를 왜곡한다.
 - 공장과 사업장의 분포가 부적절하기 때문에 물류 비용의 절감을 위하여 최초 고객의 주문 정보와는 다른 양의 제품의 배송이 이루어지게 된다.
- 2) 출고 거점과 배송지역이 부적절하다.
- 3) 물류/영업의 서비스 개념의 차이가 발생한다.
- 4) 배정 제품의 미출고가 자주 발생한다.
 - 생산계획의 설정이 정확한 수요 예측에 의하여 이루어지는 것이 아니므로, 이고(공장에서 사업장으로의 물류)계획의 수립시 생산계획량에 의존하게 되어 각 사업장에 배정된 제품이 실제 출고될 시점에는 변하게 된다.
 - 이고계획을 수립할 때 물류비용 절감을 위한 근거리 수송 계획¹⁾ 공장에서 가장 가까운 사업장으로 제품을 운송하기 위

한 계획을 수립하게 되는데, 이때 물류 비용의 절감을 위해 배정된 제품의 식체가 발생하게 된다.

5) 사업장 창고에서 제품 부족이나 결품 현상이 자주 발생한다.

- 이는 판매량과 생산량의 차이에서 발생하는 것으로 근본 원인은 현재 정확한 수요예측 시스템의 부재와 정확한 수요예측 결과를 제시하더라도 이를 근거로 한 적절한 목표 수립이 되지 못하기 때문이다.

6) 사업장 창고에 과잉재고가 발생한다.

- 이는 매단위기간 사업장으로부터 입수하는 목표량 정보에 비해 판매량이 부족한 경우 발생하는 것으로 판매계획과 실제 시장 수요와는 차이가 발생하기 때문에 발생하는 문제로 분석된다.

- 또한 생산이 비교적 경직되어 있어 판매 변화에 적절하게 대응하지 못하고 있다. 이는 공장의 생산이 생산성 향상을 목적으로 생산하기 때문에 다양한 소비자의 요구를 충족하기 위해서는 노동 생산성이나 기기 가동률을 높이기 위한 생산성의 향상만으로는 부족한 것으로 분석된다.

- 마지막으로 공장 창고의 용량(CAPA, Capacity) 부족으로 과잉 생산 품목은 모두 사업장으로 임의 수송하고 있다.

3. 제안모델

앞 절에서 제시한 문제점 이외에 많은 문제점들이 산재하고 있는 것으로 보이지만, 본 연구에서는 주로 다음 절에서 제시하는 점을 중점적으로 해결해 보고자 한다. 본 연구의 목적을

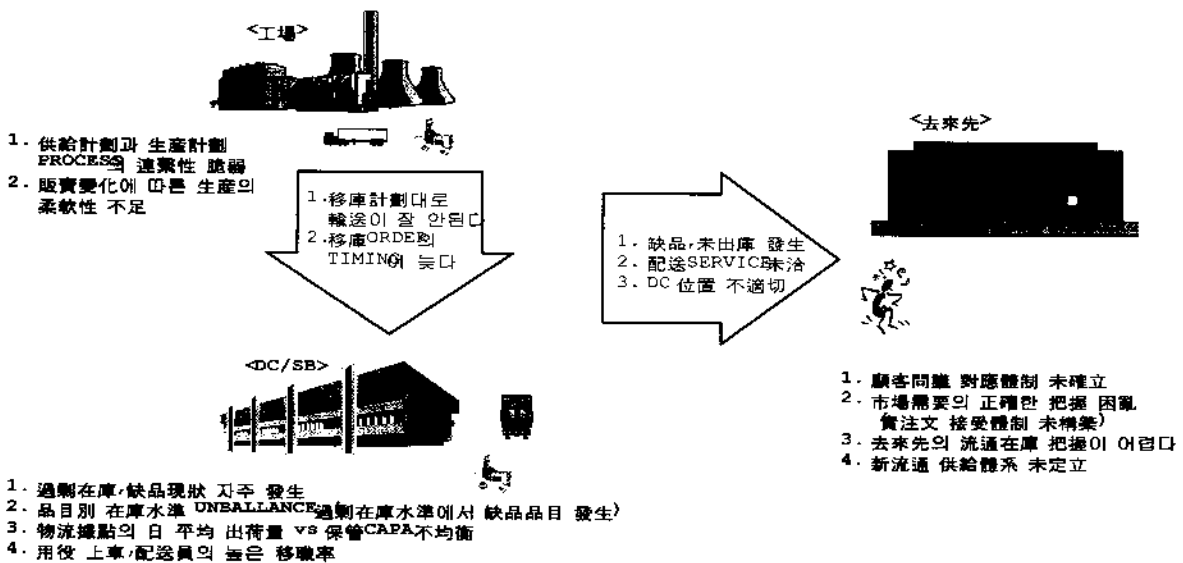


그림 3. 본 연구의 추진 배경.

1) 공장에서 가장 가까운 사업장으로 제품을 운송하기 위한 계획

간단히 요약한다면, 재고의 불균형을 해소하고 물류비용을 절감하여 전체적인 원가절감을 기하며, 궁극적으로는 고객의 요구에 충실히 대응하여 고객의 만족도를 향상하고자 하는 연구이다.

따라서 본 연구에서는 앞의 <표 2>에서 언급한 바와 같이 전체 시스템을 재고자동발주계획과 생산의뢰계획, 재고자동보충계획으로 구분하여 언급하고 있으며, 이를 통합하여 재고 자동발주 시스템이라 칭하기로 한다. 각각의 세부 계획은 주요 내용을 처리하는 엔진으로 이루어지고 있는데, 재고자동발주 계획은 사업장의 실제 팔립세 정보를 기반으로 정확한 수요예측을 이루어 이를 기반으로 공장에서 생산계획을 세울 수 있는 일주간의 단기간 발주량과 월간 발주량을 전송해주고, 최근의 소요량을 정확히 판단하여 최초의 발주 정보를 수정해주는 보충 요구량 전송의 결정을 그 목적으로 하고 있다.

또한 물류비용의 절감을 위하여 현재 적용중인 근거리 수송을 보다 합리적으로 적용하기 위하여 공장의 생산계획의 수립 단계에서부터 근거리의 개념을 도입하여 생산계획을 수립할 수 있도록 해주는 것이 생산의뢰계획의 주된 목적이다. 재고 자동보충계획은 사업장에서 요구한 제품을 최소의 물류 비용으로 적시에 적량 공급할 수 있도록 하기 위한 계획으로 공장의 주간 생산량을 기준으로 사업장의 보충요구량을 전송하기 위한 재고자동보충 엔진과, 전송과정의 물류비용을 최소화하는 근거리 수송 엔진, 배차의 효율을 높이기 위한 자동 배차 엔진으로 구성되어 있다.

3.1 제안 모델의 중점 사항

이와 같은 문제 해결을 위한 본 연구에서는 몇 가지 사항에 중점을 두어 새로운 시스템을 제안하고자 한다. 우선 시장 수요의 신속, 정확한 예측이 필요하다. 신속 정확한 시장 수요의 예측은 생산계획의 작성과 이고계획 전반에 걸쳐 중요한 변수가 될 것이다. 또한 지역 수요에 맞는 공급체계의 구축이 시급하다. 이는 생산과 판매, 물류의 통합 조정을 위한 물류체계의 구축을 의미한다. 물류 거점별 재고 수준의 최적화에도 기여를 해야 한다. 또한 물류비용의 절감에도 관심을 기울일 필요가 있다. 이러한 요구조건을 만족시켜 궁극적으로 고객에 대한 서비스(service)를 향상하여 고객 만족(CS²)을 이루는 것이 본 연구에서 개발하는 시스템의 가장 중요한 목적이다.

3.1.1 시장 수요의 정확한 예측

지금까지 수요예측에 사용된 데이터들은 모두 고객의 요구에 의한 실제 팔립세를 반영한 정보라기보다는 회사측에서 생산계획과 물류비용을 고려하여 고객에게 전달되는 이른바 출고 데이터를 기반으로 하고 있다. 따라서 보다 정도(精度) 높은 수요예측 결과를 얻기 위해서는 고객의 주문을 기반으로

한 실제의 팔립세 정보를 획득할 수 있는 고객 주문 센터의 신설이 요구된다. 그러나 제품의 특성상 그 주문량은 많은 변화가 예측되므로 일반적인 수요예측방법이 아니라 본 연구에서는 인공신경망³⁾의 한 종류인 역전파 신경망⁴⁾ 과 방사형 기저함수 신경망⁵⁾을 사용하여 수요예측에 사용할 것이다. 이는 과거의 데이터를 학습하여 미래의 데이터를 예측하는 일종의 수학적 모델로서 비모수 추정⁶⁾의 일종이라 볼 수 있다. 이 방법은 그 자체의 구조는 복잡하나 일종의 블랙 박스(black box) 접근 방법으로 사용자의 운용이 일반적인 Box & Jenkins 모델에 비해 쉬우며, 입력되는 데이터의 패턴이 변하는 경우에도 쉽게 적용할 수 있다는 장점이 있다. 다음의 그림은 일반적인 역전파 신경망의 구조를 나타낸 것이다.

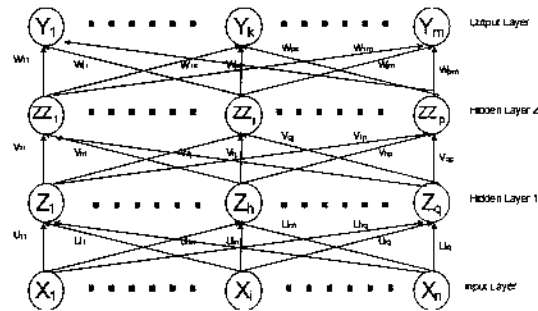


그림 4. 역전파 신경망의 일반 구조.

본 연구에서는 인공신경망을 이용한 수요예측 엔진으로부터 단/중/장기별, 지역별, 제품별 수요예측 시스템을 구성하여 보다 정확한 수요예측을 얻고자 시도한다.

3.1.2 지역 수요에 맞는 공급체계의 구축

본 연구에서는 각 공장의 생산계획의 수립시 수요예측 엔진으로부터 해당 사업장 권역(圈域)별 수요를 파악하여 근거리 개념에 의거하여 생산을 의뢰하는 시스템을 제안한다. 이는 생산계획의 수립단계에서부터 물류비용을 최소화하고자 하는 시도로써 생산지(공장)의 재고부담을 최소화하고자 하는 의도이다. 또한 이상 수요가 발생하는 경우나 일부 인기 품목의 공급 부족의 경우는 사업장의 목표량을 기준으로 하여 제품을 배정하는 방법 또한 추가된다. 이는 수요예측이 정확한 결과를 제시하지 못한 경우에도 응용될 수 있다.

3.1.3 물류 거점별 재고수준의 최적화

물류비용에 못지 않게 제품의 원가구성에 많은 부분을 차지하고 있는 것이 재고유지비용이라고 할 수 있다. 이는 결품 발생을 억제하여 제품의 판매 기회 손실을 막기 위한 조치로써

3) ANN; Artificial Neural Network
 4) Back-Propagation Neural Network
 5) Radial Basis Function Neural Network

2) Customer Satisfaction

기존의 재고정책으로 대표적인 것으로는 정량발주방식⁶⁾ (Fixed-Order Quantity System)과 정기발주방식⁷⁾ (Fixed -Order Interval System)이 있다. 본 연구의 대상이 되는 기업에서는 언 급한 두 가지 방법의 혼합형태를 사용하고 있다. 즉, 재고가 일 정 수준에 이르면 부정량(不定量; 기준재고-현재재고량)을 발주 하는 방법을 사용하고 있다. 이러한 방법은 계산이 간단하고 쉽게 이해할 수 있다는 장점이 있으나, 결품현상을 완전히 막 을 수 없고 안전재고 수준을 비교적 높게 책정해야 하는 단점 이 있다. 따라서 본 연구에서는 새로운 재고정책을 제안하고 자 한다. 즉, 수요예측이 정확하다는 가정하에 안전재고와 기 준재고를 모두 일정 수요예측 기간으로 책정하는 방법이다. 예를 들어 안전재고가 1일, 기준재고가 3일의 수요예측량이라 고 한다면, 매일 변하는 수요예측량이 당일의 재고량 보다 많 다면 발주 점에 도달한 것이며, 라드 타임을 고려한 전날 이를 파악하여 발주하면 해당일로부터 3일 간의 수요예측량의 합 이 기준재고가 되어 당일의 재고 예측량을 뺀 만큼의 양을 발 주하는 방식이다. 단기간의 수요예측량이 정확하다면 이와 같은 방식은 안전재고를 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 예 상된다. 그러나 지나치게 수요예측 결과에 의존하게 되므로 본 연구에서는 제품의 중요도를 파악하여 기존의 방법과 병행 하여 사용할 것을 제안한다.

또한 생산된 제품을 사업장으로 운송할 경우에도 물류비용 을 고려한 근거리 수송 시스템을 2일 간 연장하여 사용할 계획 이다. 이는 부산권역의 공장에서 서울권역의 사업장으로 수송 되어야 하는 제품을 서울 권역의 사업장의 재고가 허락한다면 다음 날로 연기하여 물류비용을 절감하고자 하는 시도이다.

3.1.4 고객 서비스 향상

본 연구의 최종 목표는 이와 같은 시스템을 구성하여 소비 자(거래선)의 요구를 최대한 만족시켜 소비자 만족을 유도하 고자 하는 것이다.

3.2 제안 모델

본 연구에서 제안하고자 하는 시스템을 개략적으로 나타내 어 보면 <그림 5>와 같다. 이는 사업장에서 거래선의 실주문 정보를 받고, 앞으로의 수요예측을 제안된 수요예측 엔진에서

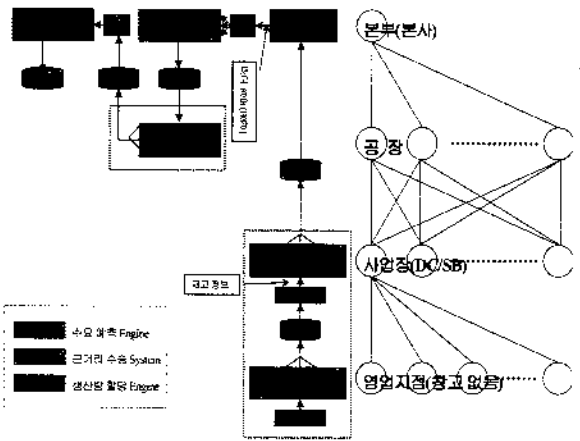


그림 6. 제안 시스템의 개략적 구성도.

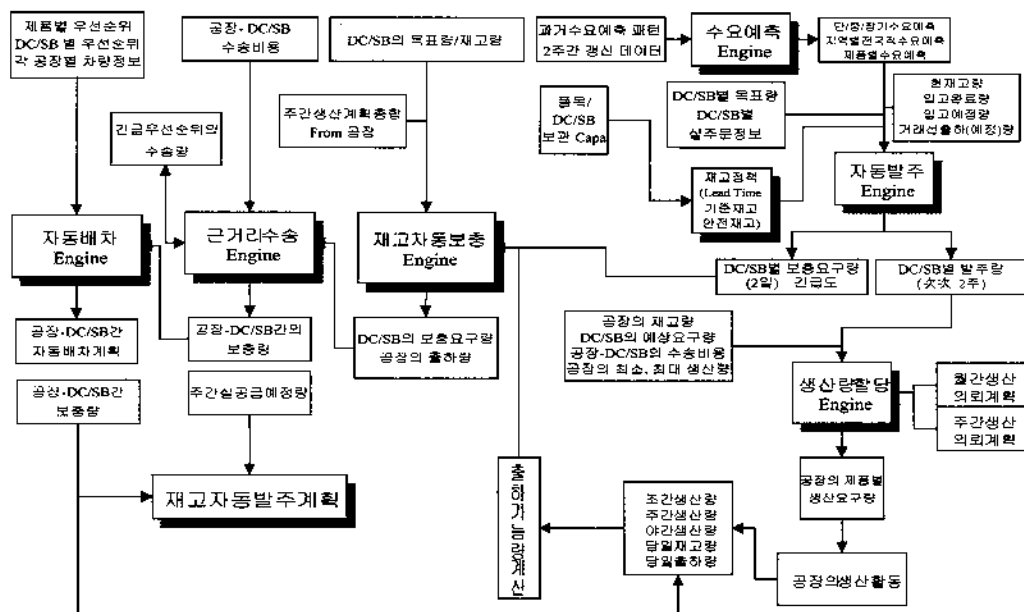


그림 5. 재고자동보충 시스템의 업무 흐름도.

- 6) 일명 발주점 방식으로 불리기도하며, 재고가 일정 수준(발주점 에 이르면 일정 발주량을 발주하는 시스템
- 7) 일정 시점마다 부정량(최대 재고량-현재 재고량)을 발주하는 방식

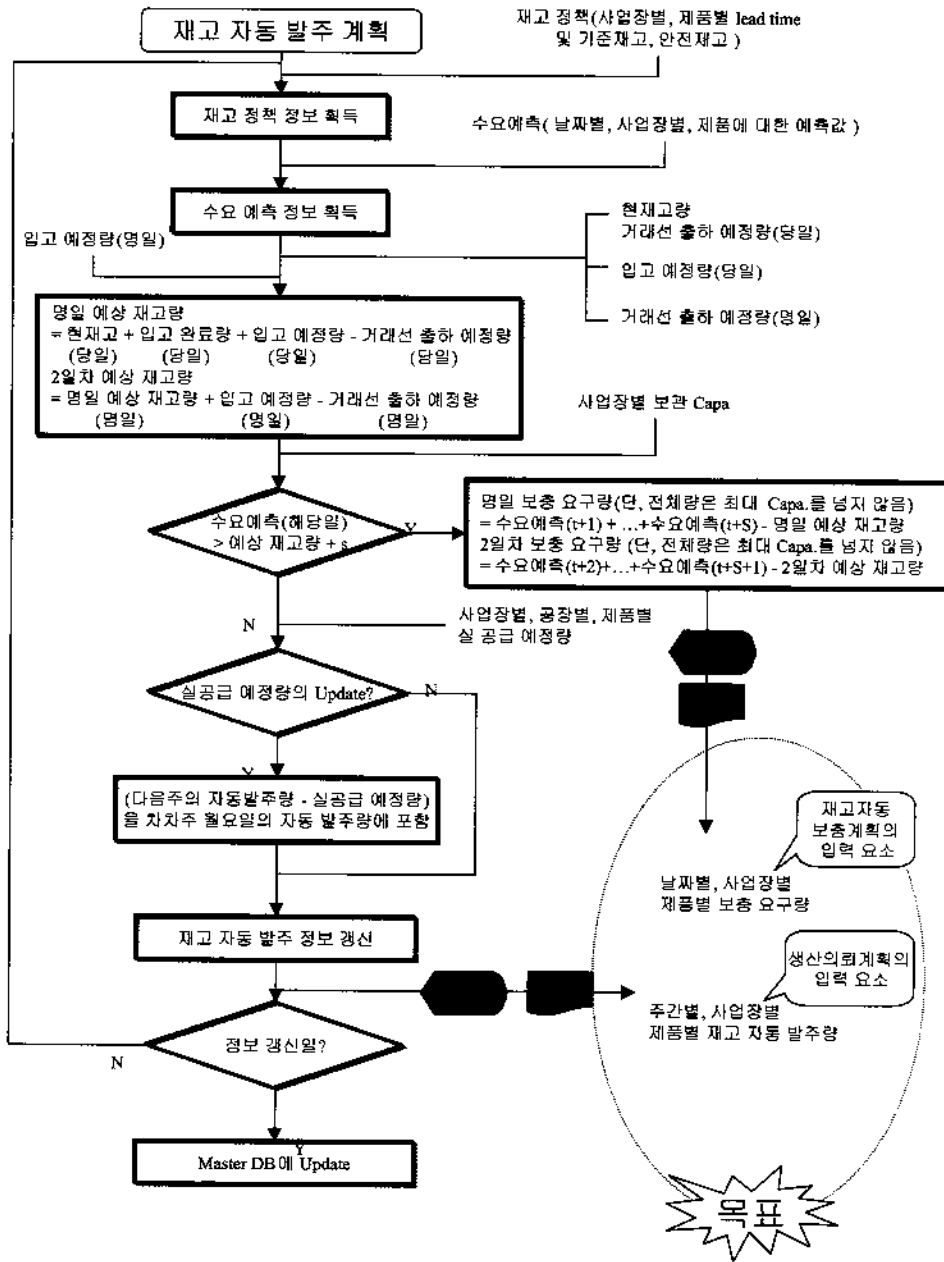


그림 7. 재고자동발주계획의 흐름도.

부터 언어 이를 물류 본부(Logistics Center) 또는 본사로 전달(재고자동발주계획)하면 이를 기반으로 최소의 물류비용을 요하는 공장에 생산을 의뢰하고(생산의뢰계획), 공장에서 이를 기반으로 생산계획을 수립하게 된다. 다시 이를 요청한 사업장에 전달하는 절차는 최초 재고자동발주계획의 결과인 발주량과 당일 사업장의 보충 요구량이 일치하지 않는 경우 이를 반영하여 2일 간의 근거리 수송 시스템을 사용하여 보충 계획을 수립하게 되는 재고자동보충계획과 그림에는 나타나지 않았으나, 제품을 수송하게 될 운송수단의 용량을 고려하게 되는 자동 배차 시스템으로 구성되어 있다. 각 계획들은 몇 개의 엔

진으로 구성되어 있는데, 이는 사용자의 입력을 거치지 않는 알고리즘 형태의 절차로 본 연구에서는 이를 엔진이라고 칭하기로 한다.

본 연구에서 제안하는 시스템의 세부적인 입력 요소와 출력 요소는 <그림 6>과 같이 나타낼 수 있다. 오른쪽 상단의 수요 예측 엔진을 시작하여 서로 연결된 일련의 과정을 거치는 일련의 과정으로서 각 세부 계획들 간의 입·출력은 데이터베이스를 사용하기로 한다. 데이터베이스를 사용한 정보의 전달은 전체 시스템을 모듈화하여 개발뿐 아니라 유지 보수가 쉽다는 장점이 있다. 그림에서 그림자가 표시된 부분이 개발의 주요

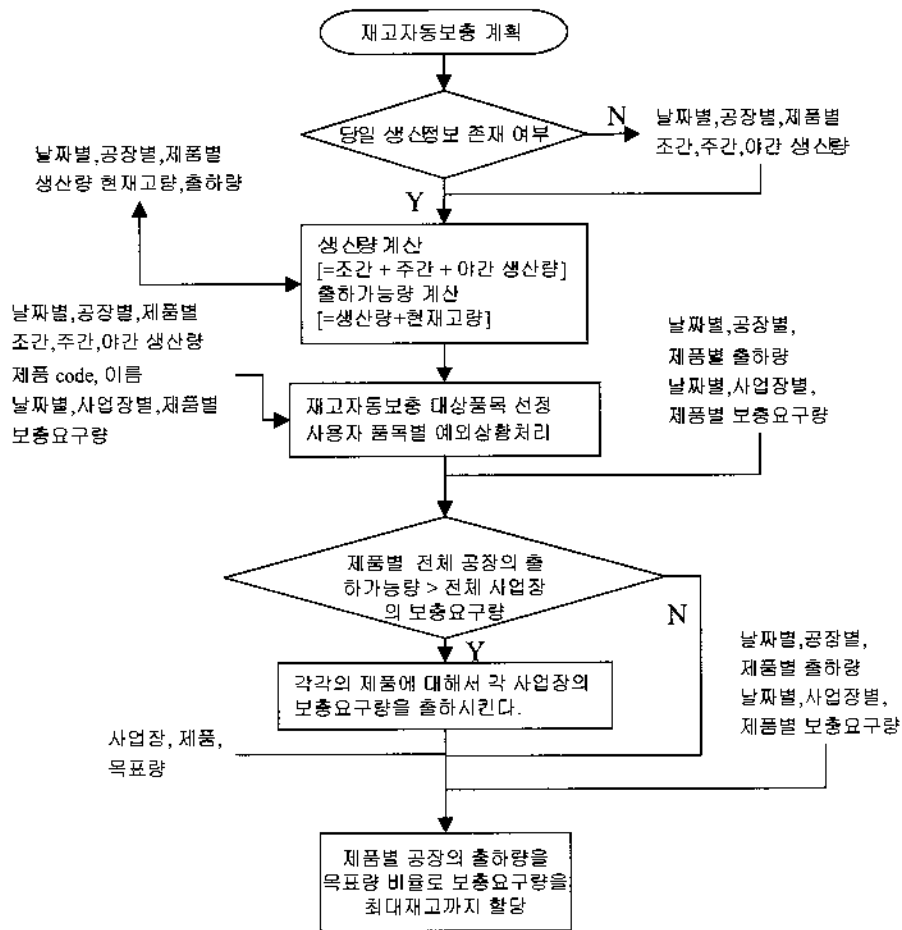


그림 8. 재고자동 보충계획의 흐름도.

절차를 담당하게 되는 엔진이며, 나머지는 엔진의 실행을 위하여 요구되는 입력정보 또는 엔진 수행의 결과로 제공되는 출력정보이다. 각 계획에서 사용되는 정보는 유기적으로 연결되어 시스템 전체적으로 동기화되어 있다. 각 모듈의 보다 상세한 설명은 다시 설명하기로 한다. 다음의 <그림 7>은 이와 같은 모듈 중 재고자동발주계획의 절차를 도시한 것이다.

<그림 7>은 사업장을 기준으로 수요예측 결과를 기반으로 2주 후의 발주량을 결정하는 재고자동발주계획을 보인 것이다. 이때 재고자동발주 결과는 실제 해당일이 되면 실제의 정보와는 차이가 생길 수 있으므로, 비교적 최근의 결과는 정확한 실제 데이터를 기반으로 다시 계산하여 공장으로부터의 보충을 요구하게 되는데, 이를 위 그림에서는 보충요구량으로 나타내었다. 본 연구의 목적은 공장의 생산계획의 수립을 위하여 재고자동발주량을 기반으로 생산의뢰계획을 전송해 주는 하지만, 실제 수립되는 생산계획은 이와는 차이가 발생할 수 있으며, 일단 수립된 생산계획은 해당 주간 동안은 변경이 불가능하므로 본 연구의 재고자동발주계획 수립단계에서는 현 시점으로부터 2주 후의 수요를 예측하여 이를 매일 갱신 하다가(Rolling Horizon 또는 Moving Block) 때 필요일에는 이를

확정하여 다음 주의 수요량을 확정하고 이를 발주량으로 전송하고, 전송된 발주량 정보는 생산의뢰계획의 입력요소로 사용된다. 따라서 실제 제품을 공급받게 되는 시점에서는 실제의 정보와 차이가 발생할 수 있는데, 사업장별 해당일의 실제 소요량은 보충요구량으로 전송되어 재고자동보충계획에서는 이를 바탕으로 필요한 양만큼을 전송하게 된다. 또한 본 연구에서는 사업장별 기준재고와 안전재고를 설정하는 재고정책에 있어서 기존의 총량에 의존하던 방법이 아니라 품목별로 재고설정을 하고자 한다. 품목별로 재고설정을 하면 시스템의 후반부에 언급하는 재고자동보충계획에서 품목별로 보충량을 결정해 주기 때문에 전체적인 재고유지비용을 절감할 수 있다. 그러나 각 품목별 적정 재고량의 합은 사업장 창고의 보관총량을 초과할 수 있기 때문에 보충량의 결정에 창고의 전체 보관 용량을 반드시 감안하여야 한다.

재고자동발주계획의 결과인 주간 발주량을 바탕으로 각 공장에 생산을 의뢰하는 단계가 생산의뢰계획 수립의 단계이다. 이때는 공장의 생산용량과 생산 가능 제품, 보관용량을 기반으로 최소의 물류비용하에 생산할 수 있도록 생산량을 공장별로 할당하게 된다.

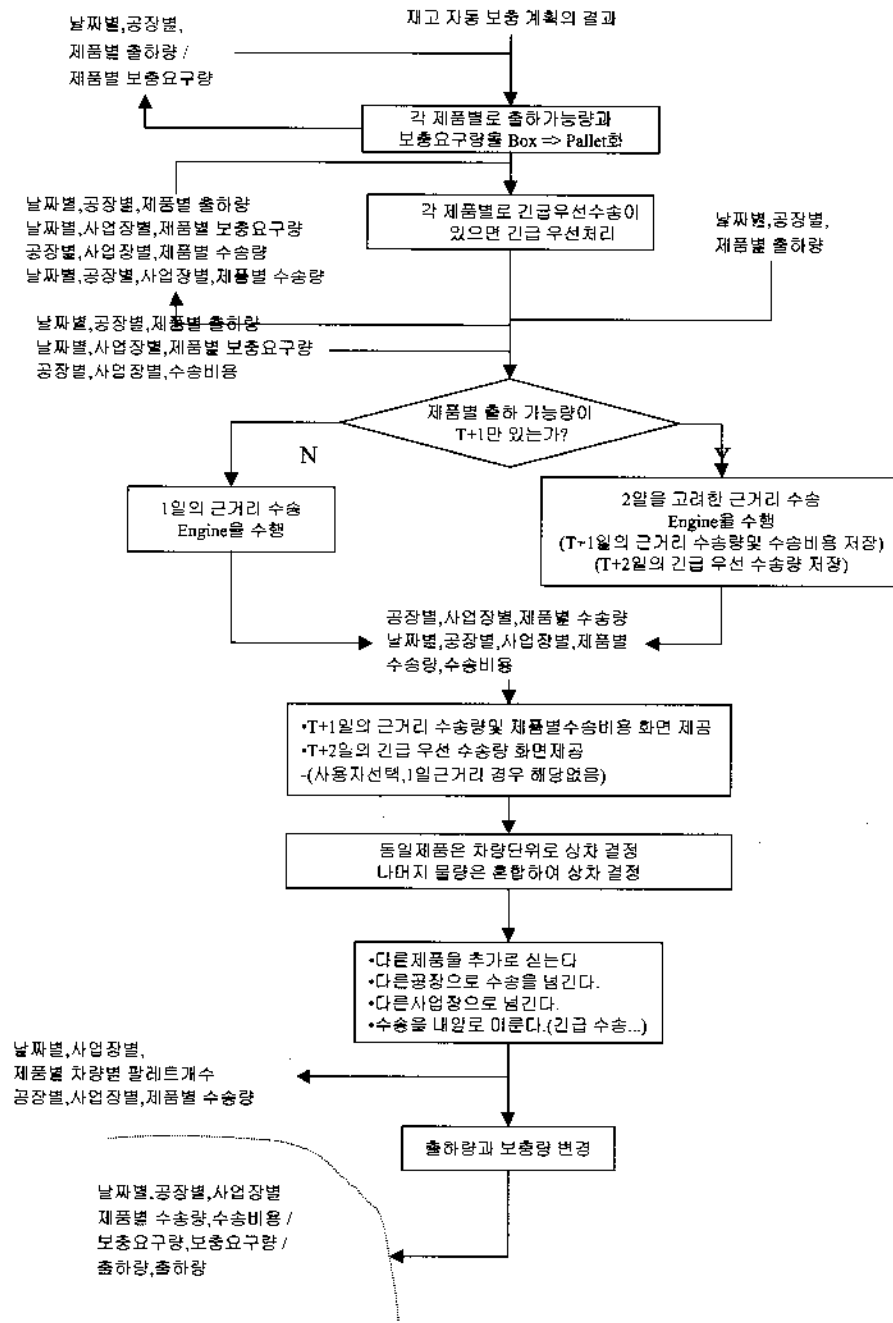


그림 9. 근거리 수송계획 및 자동배차 엔진의 흐름도.

다음에 이어지는 절차는 해당일의 사업장별 보충요구량을 최대한 충족하도록 제품을 보충하는 계획을 수립하는 재고자동보충계획 수립의 단계이다. 사업장별 수요예측 정보에 기반한 재고자동발주계획 정보에 의해 생성된 생산의뢰계획은 해당일에 이르러서는 실제 요구와 차이가 발생할 수 있다. 따라서 실제로 사업장에 제품을 전송하게 될 보충정보는 재고자동발주계획의 또 다른 출력결과인 보충요구량에 의해 생성된다. 시점의 변화에 의해 공장별 출하 가능량의 합은 사업장의 보충요구량의 합과는 현실적으로 일치하기 어렵다. 따라서 본

연구에서는 세 가지의 경우로 구분하여 결과를 수행하도록 한다. 첫째, 공장의 출하 가능량과 사업장의 보충 요구량이 일치할 경우에는 아무 문제없이 사업장의 요구대로 보충량을 할당하면 된다. 둘째, 공장의 출하요구량이 사업장의 보충요구량보다 작을 경우에는 사업장의 보충 요구량의 비율대로 할당하는 방법을 사용하며, 반대로 공장의 출하요구량이 사업장의 보충요구량보다 클 경우는 우선 사업자의 보충요구량을 만족하도록 할당 후, 각 사업장의 영업 목표량대로 할당하되, 사업장의 재고 수준을 참고하여 이를 초과하지 않도록 할당하게

된다. <그림 8>은 이와 같은 재고자동보충 계획의 일련 절차와 정보 흐름을 보인 것이다.

일단 보충계획이 수립된 후에는 이를 실제로 차량으로 수송하는 절차가 남게 된다. 이때는 사업장에서 요구하는 제품의 단위는 박스인 데 반해 차량으로 운송하는 단위는 팔레트의 단위로 변하게 되므로, 필연적으로 운송되는 제품의 수량이 조정되는 절차가 남게 된다. 또한 해당 사업장의 재고가 남아 있음에도 해당 권역을 벗어나는 운송의 발생을 최대한 억제하기 위하여 2일 간의 근거리 수송 시스템을 적용하게 된다. <그림 9>는 <그림 8>의 재고자동보충계획에 이어지는 그림으로 물류비용을 반영한 실제적인 보충량을 지시하는 근거리 수송 계획과 배차계획의 일련의 흐름을 도시한 것이다.

3.3 적용상의 문제점

본 시스템의 적용은 생산과 판매, 물류의 동기화를 통하여 각 단계에서 발생하는 데이터를 실시간으로 공유하며, 정확한 수요예측에 기반한 품목별 적정 재고 수준의 설정으로 재고 유지비용의 절감을 도모할 수 있으며, 생산계획의 수립부터 물류비용을 고려하여 물류비용의 절감을 기대할 수 있다. 무엇보다 본 연구는 해당 기업의 실정에 맞는 적절한 시스템의 개발로 현실성 있는 운용을 기대할 수 있다.

그러나 본 연구에서는 생산계획의 수립과정은 제외하였기 때문에 사업장의 보충 요구가 직접 생산계획의 수립에 반영되지 못하고 공장의 원자재 수급계획이나 본사의 영업계획에 의존한 자체 생산계획의 설정으로 사업장의 보충요구, 즉 고객의 주문정보가 왜곡되는 문제가 있다. 또한 생산계획의 수립 기간이 너무 길고, 기존의 데이터가 고객의 주문정보가 아니라 공장의 출고 데이터뿐이기 때문에 정확한 수요예측의 결과를 기대하기 어렵다는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 시스템이 보다 효과적으로 적용되기 위해서는 생산 계획의 설정단계에서부터 고객의 주문정보가 반영되어야 할 것이며, 대상 기업의 제품공급방식의 기존의 밀어내기(PUSH) 방식이 아닌 고객의 요구를 적극적으로 반영하는 방식(PULL)으로 근본적인 변환이 필요할 것이며, 추가적으로 사업장의 보관용량이나, 공장의 재고보관용량이 실제 수요를 충족하도록 수정되어야 할 것이다. 현재 보관중인 데이터는 실제 제품의 팔림세의 반영이라기보다는 회사의 판매정책이나 밀어내기식의 출고 결과를 반영한 데이터이므로 시스템 전체의 정도(精度)를 향상시키기 위해서는 정확한 수요예측 정보가 필요하다. 정확한 수요예측에 더욱 노력하여야 할 것이다.

4. 시스템의 구현

본 연구에서 제안하는 재고자동발주 시스템은 각각의 독립된 엔진들이 주어진 절차를 완수하여 그 결과가 유기적으로 결합되어 제안된 시스템을 구성한다는 특징이 있다. 따라서 본 연

구에서 개발된 엔진들은 이어지는 엔진과 전달하게 되는 데이터의 개수가 매우 많고, 트랜잭션 또한 매우 많이 발생하는 특징이 있다. 따라서 제안된 시스템은 메인 서버와는 별도로 시스템의 운용을 위하여 필요한 데이터를 자체 데이터베이스를 구축하여 운용하며, 그 결과를 다시 메인 서버에 넘겨주는 응용 서버의 형태로 개발하게 된다. 즉, 엔진을 운용하며 발생하게 되는 중간 형태의 데이터는 응용 서버에서만 유지 및 갱신되고, 기업 전체에서 사용하게 될 마스터 형태의 정보는 메인 서버에서 관리하며, 필요한 시점에서 이를 다운 로드 받아 사용하는 형태로 시스템이 운영된다.

4.1 시스템 개발환경

본 연구에서 제안한 시스템의 모든 모듈은 한글 Windows NT 4.0 버전에서 구축되며, 각 엔진의 개발은 Visual C++ 5.0과 Visual Basic 5.0 Enterprise Version을 사용하였다. 또한 현재 개발 시스템은 차후 다른 시스템으로의 변환이나 유지 및 보수가 용이하도록 ANSI C 코드를 사용하여 엔진의 핵심 부분을 개발하고 GUI 부분과 통용되도록 하였다. 또한 데이터베이스는 메인 시스템과의 호환을 고려하여 Oracle Workgroup Server ver. 7.3 for NT를 사용하였다.

모든 데이터를 하루 단위로 처리하던 기존 배치 업무(batch job) 형태의 처리형태에서 벗어나 실시간으로 처리되도록 개발 되었으므로, 각 세부 계획들의 동기화(synchronization)가 매우 중요하게 된다. 본 연구에서는 생산-판매-물류 전반의 업무들을 통합하고 사용되는 정보를 공유함으로써 시스템의 동기화를 꾀하였다. 개발되는 시스템은 앞의 표 1에서 제시한 순서에 의해 처리되어야 하며, 한 시점에서의 오류는 후속 엔진의 오류를 유발하며, 시스템 전체의 수행도(performance)를 크게 떨어지게 만들므로 세부 계획들의 동기화는 더욱 중요하다.

4.2 데이터 베이스 연동

본 연구에서 제안된 시스템은 엔진단계에서 발생하는 모든 데이터를 데이터베이스를 통하여 다음 단계에 전달하도록 구성되어 있다. 이는 시스템 개발을 최대한 모듈화하여 시스템의 유지 및 보수가 용이하도록 함과 동시에 개발단계에서의 편의를 생각한 것이다. 따라서 데이터베이스 스키마 설계는 정적 정보와 동적 정보를 구분하고 테이블 간의 결합(join)을 최소화하는 데 중점을 두어 응용 서버에서 자체적으로 운용하는 데이터베이스의 트랜잭션 시간을 최소화하도록 하였다. 또한 본 연구에서는 데이터 전송의 수행도(performance)를 극대화하기 위하여 데이터베이스와의 연결은 가장 많이 사용되는 Microsoft®사의 표준인 ODBC®를 사용하지 않고 엔진에서 직접 데이터베이스에 접근할 수 있는 Pro-C를 사용하여 이루어

8) ODBC, Open Database Connection

표 2. 공장의 재고 및 출하 가능량, 출하량 - 실험 1, 실험 2

날짜	공장	재고량	T+1 출하 예정	T+1 출하	T+1 출하 가능	T+2 출하 예정	T+2 출하	T+2 출하 가능
98-3-2	A	51392	69637	64803	0			
98-3-3		72407	69891	373788	1028200	69891	373788	1028200
98-3-4		98682	72089	0	125295	72089	9828	141476
98-3-5						72114	0	213581
98-3-2	B	7509	17183	17590	0			
98-3-3		16025	18900	29484	29553	18900	29484	29553
98-3-4		8788	18875	28188	28200	18875	37044	37123
98-3-5						18516	26028	27570
98-3-2	C	4143	5531	0	0			
98-3-3		10	3197	5832	5902	3197	5832	5902
98-3-4		0	0	12852	12869	0	3132	3207
98-3-5						2214	0	0
98-3-2	D	42194	37830	14454	0			
98-3-3		57328	41499	27864	27971	41499	27864	27971
98-3-4		54855	41862	72900	119434	41862	90504	111192
98-3-5						41869	80028	80158

지게 된다.

5. 기대 효과

본 시스템의 적용은 생산과 판매, 물류의 동기화를 통하여 각 단계에서 발생하는 데이터를 실시간으로 공유하며, 적정 재고 수준의 설정으로 재고 유지비용의 절감을 도모할 수 있으며, 생산계획의 수립부터 물류비용을 고려하여 물류비용의 절감을 기대할 수 있다. 무엇보다도 본 연구는 해당 기업의 실정에 맞는 적절한 시스템의 개발로 현실성 있는 운용을 기대할 수 있으며 판매수요의 변화를 지능화된 시스템으로 변화유형을 분석하여 정확한 수요예측과 이를 이용한 통합된 차세대 생산-판매-수·배송시스템의 동기화된 시스템 개발로 전체 기업 운영에 효과적인 시스템으로 기여 할 것이다.

6. 시뮬레이션 및 실험결과

신경망에 의한 월별, 주별 예측 결과를 입력으로 하여 전체적인 엔진을 수행하였다. 다음은 신경망에 의한 판매량 예측의 결과이다. 재고자동발주계획, 재고자동보충계획, 근거리 수송계획을 수행한 후 공장의 재고 및 출하, 사업장의 재고 및 보충, 공장 사업장 간 근거리 수송, 세 가지 결과이다. 본 시스템은 2일 간격으로 실행계획과 가상계획을 같이 수반하기 때문에 결과는 2일 단위로 되어 있다.

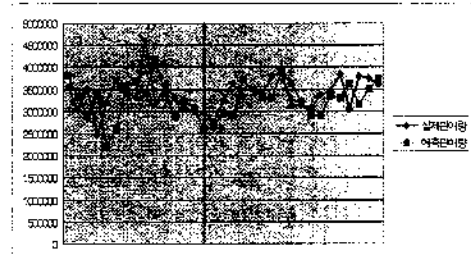


그림 10. 월별 판매량 예측(실험 1).

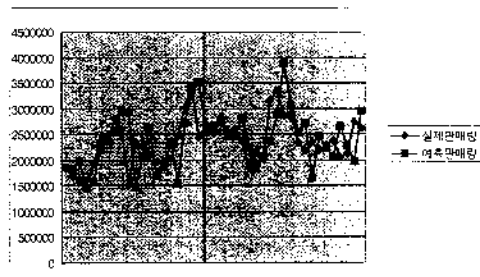


그림 11. 월별 판매량 예측(실험 2).

Test 1 = [T시점 3월 2일, T+1시점 3월 3일, T+2시점 3월 4일]
 Test 2 = [T시점 3월 3일, T+1시점 3월 4일, T+2시점 3월 5일]

실험 1에서는 T+1시점, A공장의 출하 가능량 비율이 매우 높고, T+2시점, D공장의 출하 가능량 비율이 매우 높은 경우에 T+1시점과 T+2시점에 대해서 2중적인 원거리 수송을 하

표 3. 공장-사업장 간 근거리 수송량 결과- 실험 2

날짜 (T+1)	공장	DC	수송량(P)	수송량(B)	날짜 (T+2)	공장	DC	수송량(P)	수송량(B)
98-3-4	A	111	91	9,828	98-3-5				
	B	125	24	2,592		B	125	36	3,888
		331	33	3,564					
						B	332	7	864
	B	333	9	972					
		351	4	432		B	351	17	1,836
		361	1	108			361	24	2,592
		371	4	432					
	D	411	199	21,492		D	411	96	10,368
	B	421	25	2,700		B	421	51	5,508
		431	13	1,404			431	41	4,428
		441	21	2,268			441	64	6,912
		451	104	11,232					
	D	511	184	19,872		D	511	97	10,476
	B	521	82	8,856					
	D	522	23	2,484		D	522	22	2,376
	B	531	23	2,484					
						D	551	27	2,916
	C	671	29	3,132					
	D	671	9	972		D	671	108	11,664
		681	44	4,752			681	92	9,936
		721	29	3,132			721	53	5,724
							741	21	2,268
	D	811	26	2,808			811	73	7,884
		821	289	31,212			821	135	14,580
		831	35	3,780			831	17	1,836

지 않는지와 적절한 출하 배분이 일어나는지를 test한 것이다.

실험 2에서는 T+1시점, T+2시점이 공통으로 공장의 재고 비율이 각 지역의 수요와 거의 동일하였을 경우에 근거리 수송원칙을 크게 어긋나지 않는지와 각 사업장에 적절한 배분이 일어나는지를 test한 것이다.

7. 결론 및 향후과제

기업의 대외 경쟁력을 좌우하는 요소는 여러 가지를 들 수 있으나, 본 연구는 원가 절감과 정보화의 차원에서 실제 기업들

대상으로 현재 적용되고 있는 시스템을 분석하고 생산·판매·물류 전반에 걸친 시스템의 동기화를 통하여 문제점을 해결하는 새로운 시스템을 제안한 데 의의가 있다. 또한 고객의 요구를 생산에 반영하여 이를 주어진 여건하에서 최대한 반영하고자 하였으며, 이를 통해 고객 만족을 이루고자 하였다.

본 연구에서는 신속, 정확한 실제 정보 획득을 통한 수요예측을 위하여 인공 신경망을 이용하며, 사용된 변수들은 데이터 베이스에 저장함으로써 다양한 지역에서 다품종의 제품들에 대한 수요예측을 하나의 엔진만으로도 수행할 수 있으며, 시간이 지나 데이터의 유형이 변하더라도 쉽게 적용할 수 있는 수요예측 시스템을 개발하였으며, 지역 수요에 맞는 공급

표 4. 공장-사업장 간 근거리 수송량 결과 실험 1

날짜 (T+1)	공장	DC	수송량(P)	수송량(B)	날짜 (T+2)	공장	DC	수송량(P)	수송량(B)
98-3-3	A	111	414	44,712	98-3-4				
		121	202	21,816					
		122	615	66,420					
		123	433	46,764					
		124	772	83,376					
	A	125	313	33,804					
	B		11	1,188					
	A	211	411	44,388					
		261	102	11,016					
	B	331	13	1,404		D	331	23	2,484
	A	332	7	756					
	B		5	540		B	332	3	324
						D	333	6	648
						B	351	15	1,620
							361	21	2,268
	A	371	2	216					
	B	411	41	4,428		D	411	94	10,152
		421	18	1,944		B	421	53	5,724
		431	1	108			431	33	3,564
		441	107	11,556			441	61	6,588
	A	451	97	10,476			451	75	8,100
	B	511	56	6,048		D	511	84	9,072
		521	21	2,268			521	57	6,156
							522	9	972
							531	17	1,836
							551	17	1,836
	C	671	54	5,832		C	671	83	8,964
	D		41	4,428					
	A	681	41	4,428		C	681	36	3,888
	D		67	7,236		D		70	7,560
	A	721	52	5,616			721	59	6,372
							741	13	1,404
	D	811	21	2,268			811	68	7,344
		821	129	13,932			821	140	15,120
							831	18	1,944

표 5. 사업장의 재고 및 보충요구량, 보충량 - 실험 1, 실험 2

날짜	DC	안전재고	출하	수요예측	T+1 재고	T+1 보충요구	T+1 보충	T+2 재고	T+2 보충요구	T+2 보충
98-3-2	122	34,420	8,186	6,794	9,493	12,828	12,828			
98-3-3			11,035	8,717	15,527	38,895	66,420	14,135		
98-3-4			11,399	11,285	45,705	11,544	0	71,838		
98-3-5				11,544				60,553		
98-3-6				9,844				34,249		
98-3-2	123	24,372	6,147	4,917	7,124	9,603	9,603			
98-3-3			7,216	8,731	11,810	27,352	46,764	10,580		
98-3-4			7,769	6,059	30,431	5,566	0	48,613		
98-3-5				5,566				42,554		
98-3-6				4,219				26,348		
98-3-2	124	38,716	9,570	12,058	16,325	10,083	10,083			
98-3-3			13,691	14,101	14,350	52,505	83,376	16,838		
98-3-4			14,325	14,038	52,754	14,598	0	86,113		
98-3-5				14,598				72,075		
98-3-6				9,256				58,558		
98-3-2	125	21,872	6,047	4,353	7,901	8,694	8,694			
98-3-3			9,551	7,640	12,242	28,890	34,992	10,548		
98-3-4			9,150	11,620	33,492	6,208	0	37,900	1,800	2,592
98-3-5				6,208				28,080	4,599	3,888
98-3-6				4,599				27,712		
98-3-2	211	21,736	5,624	6,748	9,323	7,821	7,821			
98-3-3			6,745	6,677	10,396	27,068	44,388	11,520		
98-3-4			7,606	9,051	30,787	5,026	0	49,231		
98-3-5				5,026				40,180		
98-3-6				6,401				36,448		
98-3-2	261	6,248	1,060	1,187	1,136	4,848	4,848			
98-3-3			1,630	1,678	4,797	6,042	11,016	4,924		
98-3-4			3,510	2,913	9,161	1,836	0	14,262		
98-3-5				1,836				11,349		
98-3-6				1,710				2,242		
98-3-2	331	3,896	1,625	1,592	4,874	0	0			
98-3-3			1,997	2,076	3,282	3,366	1,404	3,249		
98-3-4			867	676	4,572	596	2,484	2,577	2,591	3,564
98-3-5				596		0	2,360	4,492	942	0
98-3-6				942				19,356		

체제의 구축을 위하여 일정 기간 동안 수요예측을 매일 진행함으로써 소비자의 수요 패턴을 보다 정확히 시스템에 반영하며, 예측된 수요 정보를 기반으로 발주량 정보를 획득하여 이를 생산의뢰계획에 반영하도록 하고, 해당일의 보충요구량을 진송하는 재고자동보충계획, 물류 거점별 재고 수준을 최적화하기 위한 새로운 재고운영방법을 제안하였다. 소비자의 요구를 보다 정확히 반영하기 위하여 본 연구에서는 비교적 먼 시점의 수요예측에 기반한 발주량과 다음 날의 수요예측과 발주에 필요한 실제 정보를 사용한 보충요구량의 두 가지 방법을 사용하였다. 또한 사업장과 공장의 제품운송비용의 절감을 위하여 2일 간의 근거리 운송 시스템의 적용을 제안하였다.

그러나 이러한 시스템이 보다 완벽하게 활용되기 위해서는 고객의 수요에 기반한 발주 정보가 생산의뢰뿐 아니라 실제로 생산계획에 반영되어 수립되어야 하나 현재 대상기업에서는 일주간의 고정된 생산계획을 수립하여 소비자의 실제 주문 정보가 왜곡되므로 시스템 전체의 동기화가 되지 않으면, 비교적 먼 시점의 수요예측에만 의존한 발주정보만이 생성되므로 해당일에 이르러서는 실제 수요량과 차이를 보일 수도 있다. 따라서 제안된 시스템이 보다 효과적으로 적용되기 위해서는 보다 유연한 생산계획의 수립으로 시스템 전체의 동기화가 이루어져야 할 것으로 보인다. 현재 개발되는 시스템은 모 기업에 실제 운영될 계획이며, 세부적으로도 추가되어야 할 문제점이 있다. 이는 앞으로 계속 연구되어야 할 문제이다.

본 연구는 추후 웹 기반에서 이루어질 계획이다. 하지만 웹

상에서의 구현은 아직 데이터베이스와의 트랜잭션 속도나 보안 문제등에 있어 많은 문제점들이 산재해 있으므로 보다 많은 연구가 수반되어야 할 것이다.

본 연구는 수요예측모듈은 98년도 학술진흥재단 (1997-001-E00185) 연구지원비에 의하여 수행되었음.

참고문헌

- 박재우, 박창목, 왕지남 (1998), Development of Intelligent Inventory & Demand Planning based on Distributed-Object Component Paradigm, '98 CALS/EC 종합학술대회, 한국과학기술회관, 257-270.
- Buffa, E. S. and Taubert, W. H. (1975), *Production-Inventory Systems: Planning and Control*, 3rd Eds.
- Fausett, L. (1994), *Fundamentals of Neural Networks*, Prentice-Hall.
- Harmon, R. L. and Peterson, L. D. (1990), *Reinventing the Factory: Productivity Breakthroughs in Manufacturing Today*, Free Press.
- Hiller, F. S. and Liberman, G. J. (1990), *Introduction to Operations Research*, 5th Ed., McGraw Hill.
- Sherbrooke, C. C. (1992), *Optimal Inventory Modeling Of Systems*, John Wiley & Sons.
- Umar, A. (1993), *Distributed Computing and Client Server Systems*, Prentice-Hall.
- Wang, G. (1995), An Adaptive Hybrid Neural Network Approach to Prediction of Nonstationary Processes, *Hybrid Intelligent System Applications*, Edited by Dr. Jay Liebowitz, ISO Press.
- Werbos, P. J. (1975), *Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in their Behavior Science*, Cambridge, MA.



배재호

아주대학교 산업공학과 학사
아주대학교 산업공학과 석사

현재: Pricewaterhouse Coopers ERP Consultant

관심분야: ERP, Neural Network 응용, KMS, CALS/EC



왕지남

아주대학교 산업공학과 학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
미 Texas A&M University 산업공학과 박사
현재: 아주대학교 기계 및 산업공학부 교수

관심 분야: Neural Network, 컴포넌트기반 S/W 개발