

데이터 마이닝을 활용한 공급사슬관리 의사결정지원시스템의 구조에 관한 연구

지 원 철*, 서 민 수**

DSS Architectures to Support Data Mining Activities for Supply Chain Management

Jhee, Won Chul, Suh, Min Soo

This paper is to evaluate the application potentials of data mining in the areas of Supply Chain Management (SCM) and to suggest the architectures of Decision Support Systems (DSS) that support data mining activities. We first briefly introduce data mining and review the recent literatures on SCM and then evaluate data mining applications to SCM in three aspects: marketing, operations management and information systems. By analyzing the cases about pricing models in distribution channels, demand forecasting and quality control, it is shown that artificial intelligence techniques such as artificial neural networks, case-based reasoning and expert systems, combined with traditional analysis models, effectively mine the useful knowledge from the large volume of SCM data. Agent-based information system is addressed as an important architecture that enables the pursuit of global optimization of SCM through communication and information sharing among supply chain constituents without loss of their characteristics and independence. We expect that the suggested architectures of intelligent DSS provide the basis in developing information systems for SCM to improve the quality of organizational decisions.

* 홍익대학교 산업공학과

** Dept. of Industrial Engineering, University of Toronto

I. 서 론

오늘날 기업의 생존전략은 끊임없는 비용절감 및 고객만족을 위한 품질 및 서비스의 지속적인 향상에 근거하므로 기업들은 사업구조 조정(Restructuring) 및 업무혁신(Re-engineering)을 통한 생산성 혁신에 많은 관심을 가져왔다. 최근 기업의 대내외적인 혁신작업은 단순 부서나 공장 등과 같이 단위조직 차원에서만 이루어지는 것이 아니라, 조직과 조직, 나아가 기업과 기업간의 관계 재정립을 통한 글로벌 경영차원에서의 제휴와 조정을 요구하게 되었다. 이러한 일련의 흐름 속에서 제품을 생산하여 고객에게 전달하는 과정에서 구매, 생산, 수송 및 배급에 관여하는 모든 사업단위로 구성된 네트워크를 관리하는 공급사슬관리(Supply Chain Management, SCM)가 중요한 경영문제가 되었다.

과거 전통적인 SCM 문제는 주로 생산업체의 재고관리 등 생산관리에 국한해서 다루어져 왔으나, 전자상거래의 급속한 보급 및 기업간 상호협력체제의 가속이라는 새로운 환경하에서, 소비자의 소비패턴 분석을 위한 마케팅에서부터 원재료 구매, 생산 및 소비자에의 상품 전달에까지 이르는 종합적인 고려가 필요하게 되었다. 이는 기업 경쟁력 강화라는 총체적 결과를 달성하기 위해서, 기업의 단위조직이나 개별 업무흐름만이 아니라 이질 조직간의 협력과 관련하여 하청업체 및 원재료 공급업체와의 상호협력을 추구하는 과정에서 필연적으로 당면하게 되는 현상이다.

SCM이 강조되는 또 다른 이유는 정보시스템 및 인터넷의 발달로 인한 전자상거래의 급속한 보급 덕택으로, 소비자의 요구가 즉각적으로 기업정보로서 활용되어지고, 기업간 정보교환이 보다 신속하게 이루어지고 있다는 점이다. 이와 같은 정보시스템의 발달은 과거 단순히 직관이나 추정에 의존했던 의사결정을 벗어나서, 대량의 실적 데이터를 기반으로 보다 과학적이고

세밀한 분석을 통해 의사결정이 이루어질 수 있는 기반을 제공하고 있다. 즉 데이터 부족이 아니라 과도한 데이터로부터 기업의 의사결정에 유용한 정보를 어떻게 추출하느냐 하는 것이 더 중요한 문제가 되었다.

최근 데이터 베이스 및 인공지능 분야를 중심으로, 데이터의 과학적 분석을 통한 새로운 지식을 창출하는 데이터 마이닝(Data Mining) 기법이 활발하게 개발됨에 따라, SCM 분야에서도 데이터 마이닝 기법의 활용을 통한 보다 정교한 의사결정을 위한 기반이 이루어졌다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 SCM의 데이터 마이닝 활용측면에서 다음의 세 가지 주요 연구 흐름을 조사하고, 데이터 마이닝을 활용한 연구 사례 분석을 통하여 고도화된 SCM 의사결정지원시스템(Decision Support System, DSS)을 개발하기 위한 방향을 제시하고자 한다.

1) 마케팅 관점

유통업체의 대형화 및 POS(Point of Sale) 시스템을 기반으로 하는 정보시스템의 발달은 판매현장에서 제품수요의 변화를 즉각적으로 파악하여 재고수준 및 발주전략을 가변적으로 결정할 수 있도록 해줌에 따라, 생산업체들에게도 소비자 수요변화에 즉각적으로 대응할 수 있는 능동적인 마케팅 전략 수립을 요구하게 되었다. 즉 경쟁업체와의 가격 및 제품 수요에 대한 분석을 통하여, 능동적으로 가격을 재조정하고, 유통업체를 통한 수요 증대 전략의 수립이 주요 마케팅 전략으로 등장하게 되었다. 이러한 능동적인 마케팅 활동을 위해서는 데이터 마이닝 기법을 이용하여 타 경쟁업체를 포함한 실제 제품 판매 데이터 분석 및 과학적 수요분석이 우선적으로 이루어져야 하며, 소비자 마케팅뿐만 아니라 유통혁신에 따른 유통업체와의 마케팅 전략도 SCM과 연계해서 수립되어야 한다. 본 연구에서는 제조업체와 유통업체와의 상호 정보교류를 통한 가격 및 생산량 결정에 관한

주요 연구를 조사한 후, 데이터 마이닝이 결합된 유통망상의 가격 결정을 위한 DSS의 구조를 제시하였다.

2) 생산시스템 관점

전통적으로 SCM 분야에서 생산시스템에 관한 연구는 수요예측, 생산계획, 일정계획, 수송문제 등의 분야에서 단위 조직이나 업무의 개선을 위해 운용계획 (OR) 및 경영과학 기법 등이 주로 사용되어 왔다. 하지만 계량적 기법들은 정성적인 요인과 정량적인 요인이 혼재되어 있는 문제 해결에는 효과적이지 못한 단점을 갖고 있으므로 인공지능 분야에서 개발된 제약조건 만족기법 (Constraint Satisfaction Problems), 사례기반추론 (Case-Based Reasoning), 인공신경망 (Artificial Neural Networks) 등과 같은 기법들을 계량적 기법들과 상호 보완적으로 응용할 필요가 있다. 본 연구에서는 생산시스템의 주요기능인 수요예측 및 품질설계 업무를 위해 데이터 마이닝 기법을 활용한 사례 및 DSS 구조를 제시하였다.

3) 정보시스템 관점

SCM은 기업의 생산활동과 관련한 여러 조직과 다른 기업간의 관계를 종합적으로 표현해야 하는 만큼, 이를 정보시스템 관점에서 효과적으로 표현하고 구현할 수 있는 방법론이 최근 인공지능 분야에서 활발히 연구되고 있다. 기업의 정보시스템을 단위 업무나 부서의 데이터 처리에서 벗어나 조직과 조직, 기업과 기업간의 전자상거래를 통한 정보교류로까지 확장하기 위해서는, 각 단위시스템의 활용을 극대화하면서도, 단위 정보시스템을 총체적으로 연결할 수 있는 매우 유기적인 새로운 정보시스템의 틀 (Framework)을 요구하게 되었다. 본 연구에서는 이를 위한 하나의 틀로서 이용될 수 있는 에이전트 (Agent) 구조를 소개하고, 데이터 마

이닝과의 결합구조를 제시하고자 한다.

본 연구는 SCM에서 데이터 마이닝 기법이 활용되는 주요 분야 및 응용 방법론을 알아보고, 정보시스템과의 결합구조 파악을 통해, 향후 산업계에서 필요로 하는 데이터 마이닝을 활용한 DSS 구축을 위한 기본 틀을 제공하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 데이터 마이닝에 대한 소개 및 SCM의 주요 연구흐름에 대한 문헌조사를 하였다. 3장에서는 SCM에서의 데이터 마이닝 응용에 관한 3가지 사례를 설명하였다. 즉, SCM의 전략적 활용 측면에서 제조업체와 유통업체간의 동적인 마케팅 및 생산 의사결정 과정에서의 데이터 마이닝의 응용에 관하여 상술한 후, 생산시스템의 주요 기능인 수요예측 및 품질설계에 있어서의 데이터 마이닝 응용 방법론을 각각 서술하였다. 4장에서는 SCM을 위한 에이전트 정보시스템 구조 및 데이터 마이닝과의 결합에 관해 서술하였으며, 마지막 절에서는 향후 데이터 마이닝 기법의 SCM 응용에 관한 방향을 제시하였다.

II. 주요 관련연구

2.1. 데이터 마이닝

데이터 마이닝은 데이터로부터 다양한 형태의 유용한 정보를 추출하기 위하여 모델링 방법을 적용하거나 관측된 패턴의 유용성을 판단하는 일련의 과정이다. 최근 데이터 마이닝의 중요성이 강조되는 이유는 다음과 같다. (1) 방대한 데이터베이스 속에 축적된 많은 양의 데이터를 보다 효율적으로 이용한다. (2) 데이터 마이닝 알고리즘의 발달과 컴퓨터의 용량 및 성능 향상은 양적으로 증가되고 복잡한 형태를 가진 데이터의 처리과정을 보다 쉽게 처리할 수 있게 함으로써 원하는 정보를 얻을 수 있는

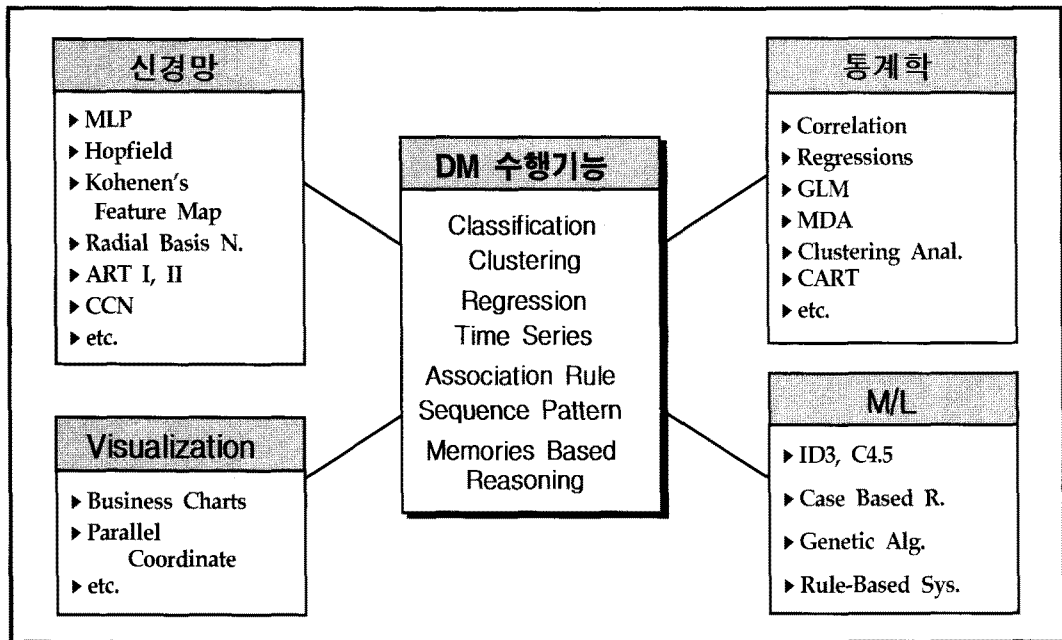
환경을 제공한다. (3) 대용량 데이터베이스로부터 얻어진 정보를 의사결정에 활용함으로써 시장에서의 경쟁적인 우위를 차지한 사례들이 존재한다. (4) 데이터 마이닝 기법은 기존의 전문가 시스템이 갖는 한계점인 지식획득의 병목현상을 극복하는데 효과적이다.

데이터로부터 유용한 패턴 또는 지식을 발견하는 작업, 즉 데이터 마이닝 과정은 거론되는 분야에 따라 지식 추출 (Knowledge Extraction), 정보 발견 (Information Discovery), 데이터 연금술 (Data Archeology), 데이터 패턴처리 (Data Pattern Process), 정보 수확 (Information Harvesting), KDD (Knowledge Discovery in Database) 등의 서로 다른 이름으로 혼용되고 있다. 데이터 마이닝이라는 용어는 주로 통계학자, 데이터베이스 연구개발자, MIS 사회에서 사용되고 있다. 데이터 마이닝은 데이터베이스, 기계학습 (Machine Learning), 패턴 인식 (Pattern Recognition), 통계학, 인공지능, 전문가 시스템, 데이터 가시화 (Data Visualization), 정보 조회 (Information Retrieval) 등의 다양한 분야로부터 발달해 왔다. 따라서, 데이터 마이닝 시스템이란 다양한 분야의 이론 및 알고리즘들을 통합하여 데이터로부터 유용한 지식을 추출해내는 총체적인 시스템을 의미한다[Fayyad, et al., 1996; Hohg, 1996; Adriaans & Zantinge, 1997].

데이터 마이닝은 사용되는 목적에 따라 "검증 (Verification)"과 "발견 (Discovery)"의 두 가지 측면으로 분류해 볼 수 있다. 검증을 위한 데이터 마이닝은 사용자가 세운 가설을 증명하기 위해 데이터로부터 정보를 추출하는 것이 목적이라면, 발견을 위한 데이터 마이닝은 데이터로부터 새롭고 유용한 패턴을 추출하여 사용자에게 제시하는 것이 목적이다. 발견을 위한 데이터 마이닝의 기법들은 사용형태에 따라 "예측 (Prediction)"과 "설명 (Description)"의 두 형태로 나뉘어진다. 예측 형태에서는 관심

있는 요인들간의 작용을 예측하기 위하여 데이터로부터 관련 패턴을 찾고, 설명 형태에서는 특정 사실을 사용자에게 좀 더 쉽게 이해시키기 위하여 관련 패턴들을 찾는다. 그러나 대개의 경우, 패턴 발견에 대한 두 가지 형태는 서로 결합되어 이용되는 것이 일반적이다. 예측을 위해서는 회귀분석 (Regression), 시계열 분석 (Time Series Analysis), 분류 (Classification) 분석이 주로 이용되고 있으며, 설명을 위해서는 군집화 (Clustering), 연관규칙 (Association Rule) 및 순차패턴 (Sequence Pattern) 탐사, 요약 기법 (Summarization), 가시화 기법 (Visualization), 변화와 편차의 탐지 등이 이용된다[Ronald, et al., 1996].

데이터 마이닝에 의해 수행될 수 있는 대표적인 기능들과 기능수행에 사용될 수 있는 분석 도구 (Tools)들을 정리하면 <그림 1>과 같다. 데이터 마이닝의 각 기능은 수행할 수 있는 분석도구들은 여러 학문 분야들로부터 발전되어 왔다. 즉, 분류 분석을 위해서는 통계학의 다변량 판별분석 (Multiple Discriminant Analysis), 신경망의 다계층 퍼셉트론 (Multi-Layered Perceptron) 및 기계학습의 ID3 또는 C4.5 등이 사용될 수 있다. 하지만 각 학문 분야가 데이터 마이닝의 모든 기능을 지원하는 것은 아니다. 정보활용 방법의 발전에 대한 데이터 베이스 학계의 최근 공헌은 데이터 웨어하우스 및 OLAP (Online Analytical Processing) 기술의 개발 외에도 연관성 분석 (Affinity Analysis)라는 데이터 마이닝의 기술을 개발한 것이다. IBM Almaden 연구소의 Agrawal, et al.[1993]에 의해 처음 시도된 연관규칙 탐사기술의 개발은 단순한 개념에서 출발하였지만 대용량의 데이터 베이스로부터 유용한 지식을 찾아낸다는 점에서 실용성이 매우 큰 기술로 장바구니분석 (Market Basket Analysis)에서 위력을 발휘하였으며 최근에는 순차패턴 (Sequence Pattern)의 탐색기술도 개발되고 있다[Agrawal & Srikant, 95].



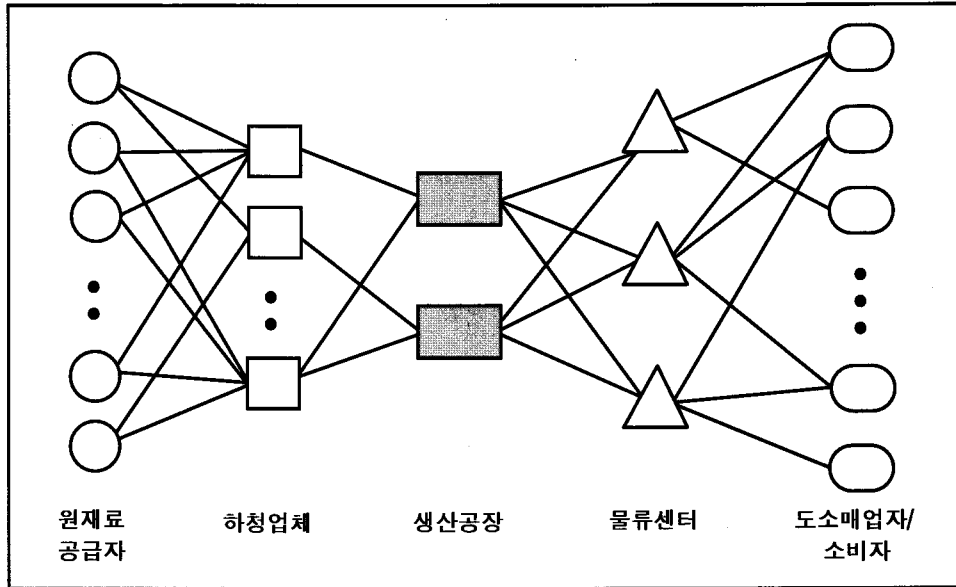
<그림 1> 데이터 마이닝의 수행기능과 도구들

<그림 1>에는 표현되어 있지 않지만, 최근의 기술적 동향과 관련하여 지적할 중요한 사항은 데이터 마이닝과 인터넷과의 관계이다. 현재 데이터 마이닝에서 인터넷 관련기술을 활용하는 방안은 Client/Server 구조하에서 데이터 마이닝 엔진을 서버에 두고 Client들의 접근을 Intranet을 통하여 구현하는 방식이다. 이러한 접근방식은 Client/Server체제 구축에 따른 비용절감 효과 및 데이터 마이닝의 결과를 조직 내에 폭넓게 확산시킬 수 있다는 장점이 있다. 앞으로 World Wide Web (WWW)은 다양한 정보의 원천이므로 데이터 마이닝의 좋은 적용대상이 될 것이다. 현재 대상정보들이 너무도 다양한 형식에 의해 표현되어 있으므로 WWW상에서의 직접적인 데이터 마이닝의 적용에는 아직 한계가 있다. 하지만 최근 원천정보를 가진 데이터 베이스에의 직접 접근이 가능한 검색엔진의 개발 및 인터넷 문서의 표현양식의 표준화 및 발전은 가까운 장래에 데이터 마이닝의 적용을 가

능하게 할 것이다. 특히 인터넷의 응용기술과 관련하여 인공지능의 에이전트 기술이 많이 활용되고 있는 점도 데이터 마이닝과 관련하여 주목하여야 한다.

2.2. 공급사슬관리의 주요 연구동향

공급사슬은 일반적으로 하나 또는 여러 군의 제품을 고객에게 전달하기 위한 원재료 구매에서부터 생산, 수송에 이르기까지 관여하는 모든 사업단위로 구성된 하나의 네트워크라고 정의할 수 있다[Swaminathan, et al., 1994; Lee and Billington, 1995]. 공급사슬의 한 예가 <그림 2>에 나타나 있는데, 참여 사업단위를 보면 소비자, 도소매업자, 생산자, 재료 및 부품 공급자 등 제품의 생산으로부터 소비자에게 전달되는 전과정에 걸쳐 있음을 알 수 있다. 이처럼 공급사슬에는 상이한 특성의 여러 조직이 상호 밀접한 관계를 맺고 있으므로 SCM은 여러 측면



<그림 2> 공급사슬의 예

에서 고찰될 수 있다. SCM 문제는 의사결정이 이루어지는 기간 및 의사결정이 영향을 미치는 파급효과에 따라 크게 전략적, 전술적 및 운영의 3가지 수준으로 나눌 수 있다. 전략적 수준은 중장기적 관점에서 제품 생산공장의 분배, 물류거점 선정 및 원재료 공급업체 결정 등 기업 전체적인 관점에서의 의사결정이 이루어지게 되며, 전술적, 운영적 수준에서는 단기적인 제품생산 및 운송에 필요한 수요예측 및 생산관리와 관련된 의사결정을 내리게 된다.

최근 SCM의 전략적 수준에서 특히 주목받는 분야는 SCM에 관여하는 기업간의 관계정립이라고 할 수 있는데, 원재료를 공급하는 공급업체와 생산업체, 또는 제품을 공급하는 제조업체와 소비자에게 제품을 판매하는 도소매업체간의 관계에서 상호 정보교류를 통한 동적인 관계 설정이 요구된다고 할 수 있다. 생산업체 입장에서는 생산능력, 제품 인도기간, 비용, 품질, 입지 등 제반요인을 감안한 최적 공급업체를 결정해야할 뿐만 아니라, 소비자 시장에서의 타 경쟁업체와의 경쟁을 감안한 수요예측 작업을

병행하는 노력이 필요하게 된다. 한 예로써, 미국의 경우, 유통혁신으로 인하여 전국적인 유통망을 갖춘 대규모 도소매업 체인점이 제조업체에 대한 선택권을 갖게 됨에 따라, 제조업체 입장에서는 대형 유통업체와의 관계가 원활하지 못 할 경우 정확한 수요예측이 불가능하여 SCM 전체에서의 의사결정이 불확실성을 갖게되는 결과를 초래할 위험성이 있게 되었다. 따라서 제조업체 입장에서도 타 업체와의 경쟁을 통한 수요창출 및 이를 위한 마케팅 전략이 SCM의 선단에 위치하게 되었으며, 확보된 수요를 최적의 비용과 생산성으로 소비자에게 공급하는 생산전략 수립이 뒤따르게 되었다. 이와 같은 의사결정 과정의 지원을 위하여 마케팅 관점에서 제품판매 증진을 위한 도소매업자의 판매 전략 [Jeuland & Narasimhan, 1985; Abraham & Lodish, 1987; Gupta, 1988; Walters, 1991; Hoch, et al., 1994] 및 생산업체와 도소매업자간의 상거래 전략[Choi, 1991; Sellers, 1992]에 관한 연구가 이루어져 왔다.

마케팅 전략에 의한 소비자 구매를 촉진시키

는 것의 또 다른 이면은 재고와 관련된 생산비용의 최소화라고 할 수 있다. 마케팅과 재고모형을 연계하는 연구로는 EOQ 모형[Monahan, 1984; Lee & Rosenblatt, 1986; Lev & Weiss, 1990; Ardalan, 1995] 및 수리모형 [Bergstrom & Smith, 1970; Leitch, 1974; Sogomonian & Tang, 1993] 연구 등이 있다. 대부분의 연구가 기본적으로 소비자의 구매패턴 예측을 전제하고 있으나, 선형모형이나 이론적 모형의 한계를 벗어나서, 비선형적이고 동적으로 변화하는 소비자 구매패턴을 실적 데이터로부터 추출할 수 있는 데이터 마이닝 기법의 필요성이 점차 증대되고 있다고 할 수 있다.

공급사슬 전체 측면에서 생산자와 원재료 및 부품 공급업자간의 새로운 관계 정립이라는 측면이 전세계적으로 강조되기 시작한 것은, 간판시스템과 같은 생산자와 공급업자 간의 밀접한 관계를 통한 생산관리 시스템이 알려지기 시작한 이후라고 할 수 있다[Lyons, et al., 1990; Helper, 1991; Harmon, 1992]. 공급업자와의 관계가 단기적인 관계에서 장기적이고 전략적인 동반자로서의 관계가 강조되기 시작했으며 [Womack, et al., 1990], 단순한 비용 측면만이 아니라, 품질, 조직문화, 적시 공급능력 등을 종합적으로 고려하게 되었다[Hall, 1987; Lee, 1992]. 국내 기업의 경우에는 공급사슬 구성원간의 소유구조, 예를 들어 계열사간의 거래와 같은 기업환경 구조가 추가되는 독특한 특성이 있음이 밝혀졌다[안병훈 외, 1997].

최근 세계경제의 글로벌화 및 전자상거래의 출현으로 인하여 좁은 지역에 국한되었던 과거 SCM에서 경험하지 못했던 새로운 의사결정 문제들이 부각되었다[Udo, 1993]. 예를 들어, 다국적 기업의 경우 공급사슬이 전세계적으로 흩어져 있으므로 조직간, 기업간의 정보교류 및 의사결정을 위한 메커니즘[Kumar, et al., 1993; Lee & Billington, 1993]이 주목을 받았으며, 특히, 공급사슬 구성원간의 상이한 조직구조 및

지향목표의 차이를 감안한 상호 연계된 의사결정을 가능하게 해주는 종합적인 시스템 구조가 필요하게 되었다. 이를 위해 인공지능의 에이전트 기법을 이용하여 공급사슬 상의 각 조직들을 표현하고 각 조직내의 의사결정 및 조직간의 정보교류에 관한 메커니즘을 설계하는 연구가 진행되고 있다[Fox, et al., 1993; Swaminathan, et al., 1993, 1994; Teigen, 1997].

Ⅲ. 공급사슬관리를 위한 데이터 마이닝 응용사례

3.1. 유통망에서의 가격결정 메커니즘을 위한 데이터 마이닝 응용

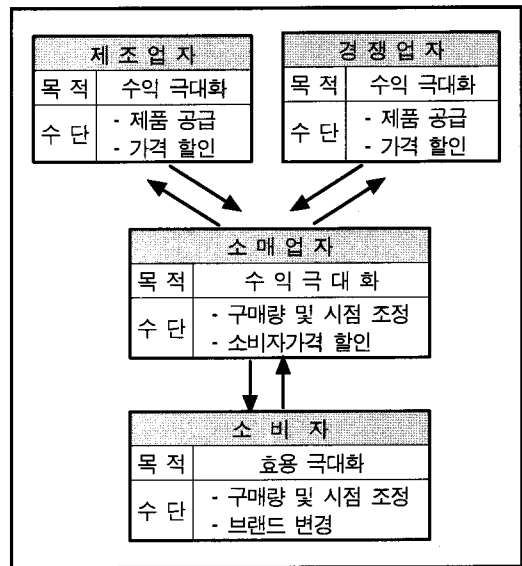
독점시장을 확보한 제조회사를 제외하면 동일 시장에서의 제조회사간의 가격경쟁은 필연적이다. 또 우편이나 인터넷 등으로 소비자와 직접 접촉하는 경우를 제외하면 유통망상에서 제조업자와 도소매업자, 도소매업자와 소비자의 관계를 통해 제품공급 및 판매가 이루어진다. 따라서, 제조업자는 도소매업자에 대한 제품 공급가격을 할인함으로써 자사 제품의 공급을 늘리고자 한다. 도소매업자는 소비자의 구매패턴 및 재고상태 등을 파악하여 제품 발주량 및 시점을 결정한다. 이러한 유통망상에서의 상호 역할관계는, 시장에 대한 설문조사 등을 통한 기존의 통계적 연구만으로는 가격결정 메커니즘에 관한 이해 부족 및 설명력이 떨어지게 되는 단점이 있으므로, 최근 수리모형을 이용하여 동적인 가격결정 메커니즘을 설명하고자 하는 연구가 수행되고 있다[Lee & Suh, 1997; Lee, 1998]. 본 절에서는 유통망상에서의 가격결정 메커니즘에 대한 수리모형을 검토한 후, SCM에서 수리모형의 실질적인 활용을 위한 데이터 마이닝 기법과의 결합구조를 제시한다.

3.1.1 유통망 가격결정 수리모형

유통망 분석을 위한 구체적인 예로서 상호 경쟁관계인 두 제조업자와 동시에 거래 관계에 있는 한 소매업자간의 제품가격 결정과정을 살펴보기로 한다. <그림 3>에 공급사슬상에서 소비자에 대한 제품공급 구성원간의 관계 및 목적이 나타나 있다. 각 제조업자는 소매업자에 대한 공급가격 할인정책을 통해 소매업자로 하여금 자사 상품의 구입량을 늘리고 최종 소비자 가격 할인을 통해 소비자 구매가 증대하도록 유도한다. 소매업자는 소비자의 구매패턴 변화 및 자체 재고량 수준에 따라 소비자가격 할인 수준을 결정하고 구입량을 결정한다. 제조업자는 제품 판매량 또는 소매업자의 발주량 증대를 통해 재고를 축소하고 수익을 극대화함으로써 가격할인으로 인한 비용을 보상받으려 한다. 또, 제조업자간의 가격경쟁이 일어나게 되면, 소비자들은 선호제품의 구매량 증가 또는 조기구매, 및 가격할인에 따른 타 브랜드 제품 선택 등의 반응을 나타나게 된다.

Lee[1998]는 <그림 3>와 같은 유통망상 소매업자와 제조업자의 의사결정을 위한 수리모형을 각각 수립한 후, 수리모형 상호간의 동적인 정보전달을 통해 제품가격을 결정하는 연구를 제시하였다. Lee[1998]의 모형에서 소매업자 모형의 목적함수는 제품판매 수입에서 구매비용 및 재고비용을 차감한 수익을 극대화하는 것으로, 소비자의 제품수요는 두 제품브랜드간의 선택함수를 가정하고 있다. 즉 소매업자가 특정 브랜드 제품의 판매가격을 인상할 경우, 해당 브랜드 제품의 수요가 감소하는 반면에, 보다 값싼 다른 경쟁 브랜드 제품으로 수요가 교체되는 수요변경 현상이 발생하게 된다. 이 경우, 제품수요량의 변경으로 인해, 소매업자의 재고량 및 제조업자에 대한 구입량이 함께 변경되게 된다. 이와 같은 소매업자 모형과 맞물려서 운용되는 제조업자의 생산모형은 소매업자에

대한 제품판매 수익에서 생산비용 및 재고비용을 차감한 수익극대화 모형이다. 각 제조업자는 자신의 생산모형을 이용하여 소매업자와의 정보교류를 통해 수익극대화를 위한 가격정책 및 생산량을 결정하게 된다. 이러한 정보가 경쟁 제조업자에게 알려지게 되면 경쟁업자도 소매업자와의 정보 교류를 통해 가격을 재조정하게 된다.



<그림 3> 유통망에서의 제조업자와 소매업자간의 관계

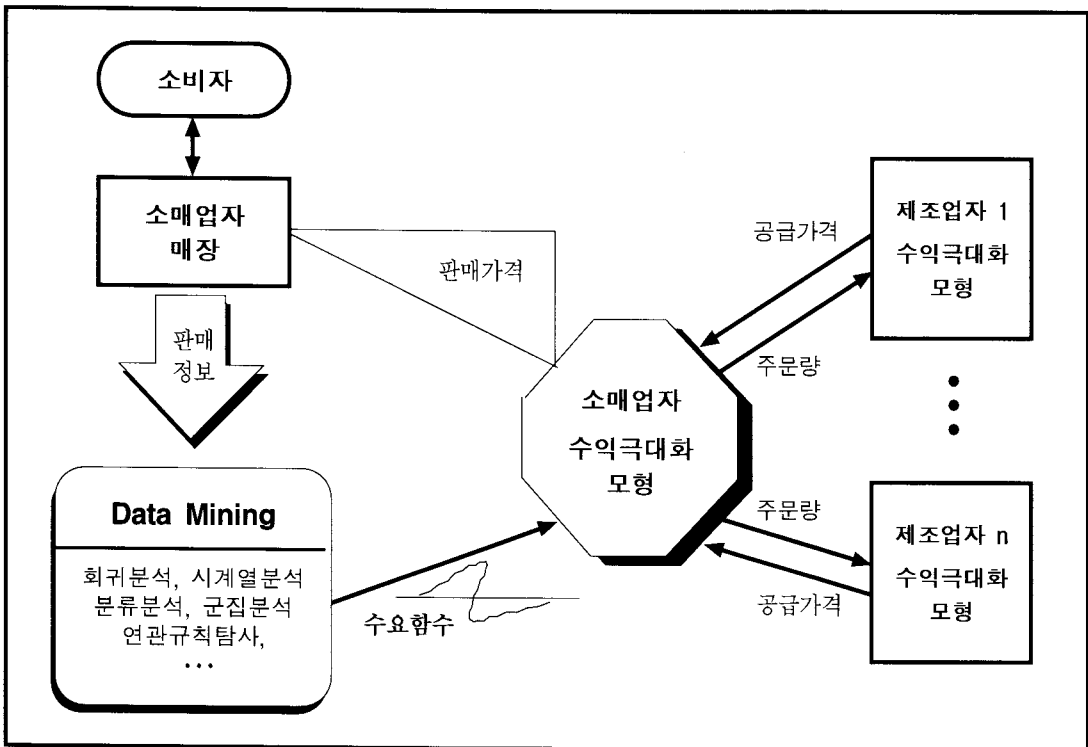
수리모형을 이용한 유통망 가격결정 연구는 공급사슬상의 한 구성원의 의사결정이 구성원 상호간에 미치는 영향을 동적으로 명확히 분석할 수 있는 장점이 있으므로 각 제조업자는 경쟁업체와의 가격경쟁을 위한 구체적인 전략 수립 및 분석 도구를 갖게된다. 예로써, Lee[1998]의 연구에서 한 제조업자는 주기적으로 제품공급 가격을 할인하는 Hi-Lo 전략을 채택하고, 경쟁업자는 항상 일정한 가격으로 제품을 공급하는 Every Day Low Price (EDLP) 전략을 채택한 경우를 설정하여, 각 전략간의 수익성 변화를 분석하였다. 향후 국내에서도 유통업체의 대형

화와 제품가격 변화에 따른 소비자의 수요민감도가 높아질 것으로 예상되므로, 이러한 유형의 연구가 유통업체와 제조업체 사이의 제품가격 결정에 관한 틀을 제공할 수 있을 것이다.

3.1.2 구매정보 분석을 위한 데이터 마이닝 응용

수리모형에 기초한 유통망상에서의 가격결정 방법론은 구성원 상호간의 의사결정을 위한 정보교류 및 내부 메커니즘을 설명할 수 있는 유력한 수단을 제공한다. 하지만 앞서 설명한 수리모형이 실제 유통망에서 발생하는 브랜드간의 가격 경쟁을 설명하기 위해서는 소비자들의 제품수요에 관한 정보가 단순한 선형함수나 이론적 모형이 아닌 판매현장의 실적자료로부터 추출된 것이어야 한다. 수리적 분석의 용이성을

위하여 이론적인 수요함수를 가정하는 경우, 시간의 흐름에 따라 동적으로 변화하는 소비자들의 구매패턴을 정확하게 반영할 수 없기 때문이다. 과거에는 실적자료의 획득이 불가능하거나 상당한 시간이 경과된 후에도 가능했지만, 최근 POS 스캐닝 설비의 발달로 인하여 소비자들의 구매패턴을 분석할 수 있는 원천 데이터를 즉각적으로 확보할 수 있게 되었다. 따라서 수집된 방대한 데이터를 이용하여 소비자의 브랜드에 대한 집착선호도 (Loyalty), 가격민감도, 브랜드 변경도 등 제반 구매패턴을 보다 정교하게 추출하기 위해서는 통계 분석, 시계열 분석 및 인공지능경망 등의 결합을 통한 종합적 데이터 마이닝 기법의 활용이 요구되고 있으므로, <그림 4>에 데이터 마이닝 기법을 이용한 유통망상에서의 가격결정 과정을 지원하는 DSS의 구조를 나타내었다.



<그림 4> 유통망상의 가격결정을 위한 DSS의 구조

소매업자의 매장에서 실시간으로 파악된 판매정보는 데이터 마이닝으로 처리되어 소비자의 제품수요와 관련된 제반 정보가 소매업자의 수익 극대화 모형으로 연결된다. 데이터 마이닝 기법의 선택은 데이터의 성격에 따라 달라지게 된다. 즉, 선형관계에 있는 수요함수의 경우, 회귀분석을 이용한 통계모형이 효과적으로 이용될 수 있으며, 시간에 따른 상관관계를 분석하는 경우에는 시계열 분석기법이, 비선형 수요함수를 추정하고자 하는 경우에는 인공지능망 기법이 효과적으로 이용될 수 있다. 소매업자는 소비자의 구매패턴 예측을 통해 적정재고량 및 제조업자에 대한 발주량을 결정하게 되며, 이에 대응하여 각 제조업자는 적정 공급가격 및 생산량을 결정하게 된다. 최근 유통혁신으로 인한 대규모 도소매업자의 출현 및 인터넷 상의 활발한 전자상거래로 인해 소비자 수요증대를 통한 수익증가를 실현시키기 위해서는 공급사슬 상의 각 구성원들의 가격결정을 지원할 수 있는 DSS의 필요성이 증대되고 있는 바, <그림 4>는 좋은 출발점이 될 것이다.

3.2 생산시스템에서의 데이터 마이닝 응용

SCM에서 생산시스템에 관한 연구는 수요예측, 생산계획 및 일정계획, 품질관리, 수송문제 등 제품생산 및 배달에 필요한 제반 기능들에 대해 최적화모형 및 통계모형을 이용한 분석이 주류를 이루어 왔다. 최근 주목할만한 변화는 기존의 방법론과 인공지능을 결합한 연구가 활발히 진행되고 있다는 점으로, 기존의 방법론들이 엄격한 가정으로 인해 현실 문제를 정확하게 반영할 수 없다는 단점을 보완하고 다양한 기법들간의 결합을 통해 상호 강점을 활용하고자 하는 것이다. 본 절에서는 인공지능의 데이터 마이닝 기법을 이용한 연구사례로서, 수요예측을 위해 시계열분석과 사례기반추론을 결합한 방법론과 품질설계를 위해 사례기반시스템,

전문가시스템, 인공지능망을 결합하는 방법론을 소개하고, 각 방법론에 근거한 지능형 DSS 구조를 제시하고자 한다.

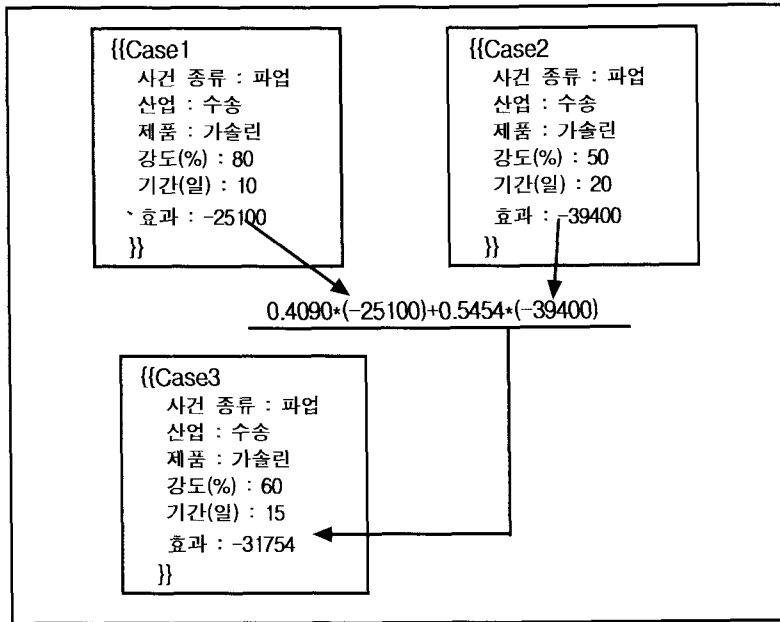
3.2.1 수요예측을 위한 통계기법과 사례기반 추론의 결합

수요예측의 주요기법으로는 과거 데이터들간의 상관관계만으로 미래의 경향을 예측하는 시계열분석과 같은 통계적 기법들을 들 수 있다 [Hogarth & Makridakis, 1981]. 그러나, 사람에게 의한 판단 요소가 미래 값 예측에 결정적인 역할을 하는 경우, 계량적 분석이 위주인 통계모형의 사용만으로는 정성적인 요인들이 반영된 예측이 불가능하다. 정성적 요인의 구체적인 사례로서, 정유회사의 석유제품 수요예측 문제를 들 수 있다[Lee, et al., 1990]. 해당 정유회사는 X11/ARIMA 시계열 모형을 이용하여 석유제품 수요예측을 실시하고 있었는데, 아래의 요인들을 시계열 모형이 적절히 처리하지 못하므로 별도의 처리과정이 필요하게 되었다.

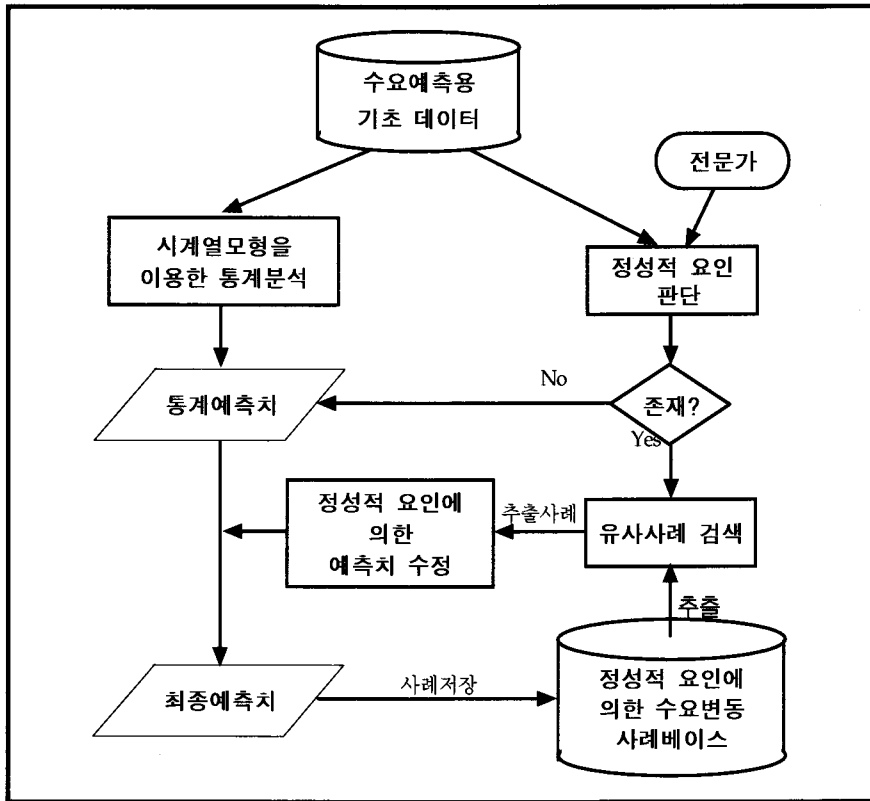
- (1) 일시적 요인: 갑작스런 파업이나 특별 스포츠행사 등으로 인해 제품 수요가 일시적으로 변동하는 경우로, 해당 사건이 종료되면 수요변동 효과도 없어진다.
- (2) 전이효과 요인: 어떤 사건으로 인해 수요의 일부가 일정 시점 이후로 전이되는 경우로서, 석유값 인하가 발표됐을 경우, 일시적으로 수요가 감소했다가 실제 석유값이 인하된 시점 이후에 다시 수요가 복원되는 것이 좋은 예이다.
- (3) 새로운 계절 요인: 과거에는 없었던 새로운 계절적 요인이 발생한 경우로서, 새로운 난방기구의 출현으로 인한 수요증가 효과가 한 예이다. 이 요인이 확고한 패턴을 갖게 될 때는 시계열 모형에 반영되어야 된다.

정성적 요인에 의한 일시적 수요변동 효과는 시계열 분석으로 처리된 과거 데이터의 패턴분석만으로는 파악할 수 없으므로 별도의 관리 체계를 필요로 한다. 즉 수요예측 전문가가 정성적 요인이 발생한 것을 발견하였거나 예견한 경우, 기존의 통계모형에 의한 예측치를 과거 경험에 의해 적절히 수정하여야 한다. 이와 같이 정성적 요인에 의한 전문가의 수정치를 각 요인별로 분류하여 사례베이스 (Case Base)에 저장한 후, 해당 요인이 발생했을 때 사례베이스로부터 유사사례를 추출하여 통계모형에서 얻어진 예측치를 수정함으로써 계량적 요인과 정성적 요인을 결합한 현실적인 수요예측이 가능해진다. <그림 5>에 파업이라는 요인에 의해 일시적으로 수요가 감소한 과거의 두 사례를 분석한 후, 새로운 수요감소 효과를 결정하는 예를 나타내었다[Lee, et al., 1990]. 이와 같이 계량적 요인과 정성적 요인을 종합적으로 처리할 수 있는 수요예측 시스템은 석유제품 수요예측 뿐만 아니라 다른 산업에서의 수요예측 문제에도 널리 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

<그림 6>은 통계모형과 사례기반시스템을 결합한 수요예측용 DSS의 구조를 나타낸 것이다. 사용자는 현재의 상황을 분석하여 정성적 요인에 의한 수요변동 효과가 있는지를 평가한 후, 만일 정성적 요인에 의한 영향이 없다면 시계열 모형을 이용한 통계분석으로 수요예측을 마치게 된다. 하지만, 정성적 요인을 고려해야할 경우 해당 요인을 가진 과거의 유사사례를 사례베이스로부터 추출한 후, 현재 상황과의 유사성을 비교하여 수요 변동치를 조정하게 된다. 유사사례 분석으로 얻어진 수요변동 효과를 통계분석에서 얻어진 예측치에 적용하여 최종적인 수요 예측치를 얻게 된다. 사용자는 새로운 정성적 요인이 발생할 때마다 해당 요인의 특성 및 수요변동 효과를 사례베이스에 저장해둠으로써 추후 유사사례 분석에 활용자료로 이용할 수 있게 된다. 따라서, 정확한 예측치를 얻기 위해서는 풍부한 사례를 갖고 있는 사례베이스의 개발이 중요한 만큼 지속적인 시스템 관리가 필수적이라고 할 수 있다.



<그림 5> 유사사례 검색에 의한 정성적 요인의 수요변동 효과 측정



<그림 6> 통계모형과 유사사례 결합에 의한 DSS의 구조

3.2.2 품질설계를 위한 사례기반추론과 신경망의 활용

제조업에서의 품질관리는 통계적 품질관리가 주로 이용되어 왔으나, 최근 인공신경망을 이용한 불량품 선별 작업[Hruska & Kuncicky, 1991], 전문가 시스템과 인공신경망을 결합한 PCB기판의 품질관리[Calabrese, et al., 1991] 등 여러 응용분야에서 지능형 품질관리 시스템이 개발되고 있다. 지능형 품질시스템은 인공지능을 이용하여 전문가들의 지식을 체계적으로 축적하고, 기존의 통계적 모형으로 추출하기 어려운 인자들간의 관계를 정교하게 분석할 수 있는 장점을 갖고 있다. 또한 전문가들의 지식이 미비한 경우에도 과거 유사사례의 체계적 활용을 통하여 품질관리를 지속적으로 지원할 수

있는 방안을 제공한다. 본 절에서는 품질관리의 지능형 시스템 응용연구의 예로써, 철강산업의 품질설계 업무를 위해 사례기반시스템, 전문가 시스템 및 인공신경망을 결합한 새로운 방법론을 살펴보고 이를 구현하기 위한 지능형 DSS의 구조를 제시하고자 한다.

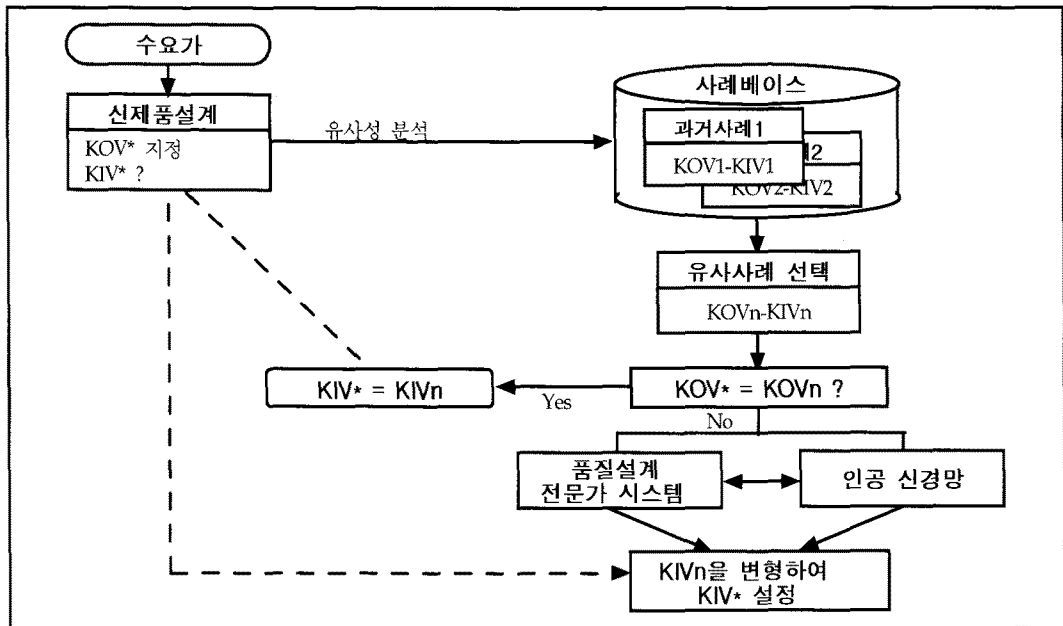
주문생산 위주인 철강산업의 품질설계 업무는 수요자가 요구하는 철강제품의 기계적 성질을 만족시키기 위해 제품의 화학적 성분을 조정하는 작업이다. 대규모 장치산업의 특성으로 인하여 신규주문을 충족시키기 위해 과거에 생산한 제품의 설계를 수정하여 활용하는 경우가 많으며, 과거 설계사례의 활용은 값비싼 실험설비를 이용한 신제품 설계에 소요되는 비용절감 및 시간단축 효과를 가져온다. 지능형 품질설계

시스템은 신규 주문의 설계를 위해 유사한 과거 설계사례를 검색하는 사례기반시스템과 발견된 유사 설계사례를 현재의 신규 주문에 적합하도록 변형시키는 전문가시스템 및 인공지능경망으로 구성되어있다[서 민수 외, 1995; 고 영관 외, 1996].

일반적으로 제조업체의 품질설계 부서에서는, 수요가로부터 특정 주문이 접수되었을 때, 이 주문이 과거에 설계된 사례가 있는지를 파악하게 된다. 만일 기존에 생산된 적이 없는 새로운 주문인 경우에는 과거의 설계경험을 바탕으로 하여 새로운 설계작업을 실행하게 된다. 철강산업 품질설계의 경우, 수요자가 요구하는 제품의 품질항목들을 KOV (Key Output Variable)라고 하고 요구된 품질항목의 목표치를 달성하기 위한 설계항목들을 KIV (Key Input Variable)라고 한다. 예를 들어, 수요자가 요구하는 KOV 항목들은 인장강도 (TS), 항복점 (YP) 등의 수준들이며, KIV 항목은 탄소 (C), 망간 (Mn), 실리콘 (Si) 등의 화학 성분 함량들이다. 만일 A라는 주문이 접

수된 경우에 A주문이 요구하는 KOV 값들과 동일한 값을 갖는 주문이 과거에 처리되어, 설계내역이 사례베이스에 저장되어 있다면 해당 사례의 KIV 값들을 A주문의 설계에도 동일하게 적용할 수 있다. 그러나 A주문의 KOV 값들과 동일한 값을 갖는 과거 주문사례가 없다면, 가장 유사성이 높은 사례를 추출한 후, 해당 사례의 KIV 값들을 적절히 변형하여 원하는 KOV 값을 얻어야 한다. 유사사례 검색을 이용한 품질설계 절차는 다음과 같이 정리할 수 있다.

- (1) KIV와 KOV의 짝으로 구성된 품질설계 사례들로부터 신규 주문의 KOV와 가장 유사한 KOV 값을 갖는 사례를 추출한다.
- (2) 추출된 유사사례의 KIV 값을 변형하여 신규 주문이 요구하는 KOV 값을 달성할 수 있는지를 확인한다.
- (3) KIV 값의 변형이 필요한 경우 KIV 값의 변화에 따른 KOV 값의 변화 추이에 대한 지식을 전문가 시스템 및 인공지능경망을 이용하여 추출한다.



<그림 7> 품질설계를 위한 지능형 DSS 구조

<그림 7>에 신제품 주문의 품질설계를 위해 사례기반시스템을 이용한 지능형 DSS의 구조를 제시하였다. 신제품 주문의 KOV* 값과 사례베이스에 있는 설계사례들의 KOV 값과의 유사성 분석을 위해서는 유사성을 계량적으로 평가할 수 있는 척도가 필요하다. 유사성이 1인 경우는 추출된 사례의 KOV 값과 신주문의 KOV* 값이 100% 같은 경우로 추출된 사례의 KIV 값을 신규 주문의 KIV* 값으로 활용하면 된다. 유사성이 1이 아닌 경우에는 추출된 사례의 KOV 값과 신규 주문의 KOV* 값 사이에 차이가 발생하므로, 추출된 사례의 KIV 값을 적절하게 변형하여 신규 주문의 KOV* 값을 달성하는 조정(adaptation) 과정이 필요하게 된다. 조정 작업은 KIV와 KOV 관계에 대한 지식을 축적해 둔 전문가시스템이나 인공지능망을 통해 이루어지게 된다.

과거 사례로부터 얻은 유사검색 결과를 조정하는 작업에는 전문가시스템에 내장된 지식을 이용한다. 예를 들어, 신규 주문의 KOV항목인 인장강도의 요구 값이 30이고, 사례베이스에서 추출된 유사사례의 인장강도 값은 29인 경우를 상정하자. 만일 인장강도와 관련된 주요 KIV 항목인 탄소 함량을 0.01% 증가할 때마다, 인장강도 값이 1 씩 증가한다는 지식이 존재한다고 하면, 현재 추출된 사례의 탄소 함량에 추가적으로 0.01%를 증가시키면 목표 인장강도인 30을 달성할 수 있으므로 신규 주문을 위한 새로운 탄소 함량 값을 결정할 수 있게 된다. 이러한 KIV와 KOV간의 관계에 관한 지식은 기본적으로 철강의 야금학적 지식에 근거하게 된다. 특정 제품의 경우에는 매우 정확한 관계식의 설정이 가능하다. 하지만, 제품 특성상 명확한 관계식을 알 수 없거나 KIV와 KOV간의 관계가 상호 연관되어 있어서, 특정 KIV 값을 변화시킬 경우 KOV1은 증가하는 반면에 KOV2는 감소하는 등의 복합적 관계가 발생하기도 한다. 이와 같이 KIV 변화에 따른 KOV 변화에 관

련된 지식이 매우 복잡한 형태를 갖는 경우, 과거 생산실적자료를 이용하여 KIV와 KOV간의 관계를 인공지능망에 학습시킨 후, 신경망으로부터 현재 추출된 사례의 KIV 값을 기점으로 한 시뮬레이션을 수행하여 원하는 KOV 값을 얻는 방법이 이용될 수 있다[지원철 외, 1996].

IV. 공급사슬관리를 위한 에이전트 정보시스템 구조

공급사슬관리를 위한 데이터 마이닝의 활용은 필연적으로 단일기업 내에 운용되고 있는 여러 부서간의 데이터베이스 및 제반 정보시스템과의 연계만이 아니라, 공급사슬망의 다른 조직 및 기업의 정보시스템과의 유기적인 연결을 요구하게 되었고, 이 결과, 단위 정보시스템을 각자 고유의 목표를 갖는 에이전트로 정의하고 에이전트간의 능동적인 상호 협력을 통해 공동의 목적을 달성하고자 하는 에이전트 정보시스템 구조가 등장하게 되었다[Fox, et al., 1993; Swaminathan, et al., 1993, 1994; Teigen, 1997].

에이전트를 이용한 공급사슬관리 정보시스템 구축의 장점은 최근 강조되고 있는 분산처리 개념을 구현하기 용이하고, 공급사슬 구성원들의 고유 특성 및 목적을 반영하면서, 에이전트간의 정보교류를 통해 공급사슬 전체의 최적해를 추구하는 통일성을 지향할 수 있다는 것이다. 또한 인터넷을 이용한 전자상거래의 활성화로 사람의 개입없이 정보시스템간의 정보교류를 통한 의사결정이 빈번히 이루어질 것으로 예측되므로 에이전트 기반의 정보시스템 구축 필요성이 점차 대두되고 있다. 일례로, 미국의 대규모 유통업체에서는 상품재고가 일정 수준 이하로 떨어지면 자동으로 제조업자에게 발주하는 시스템을 활용하고 있으며, WWW 상에서 기본적인 제품정보 및 구매정보를 사람의 개입 없이 자동으로 처리할 수 있는 상황이다. 이와

같은 현상은 불필요한 중간단계를 생략함으로써 비용을 삭감하고, 조직 상호간에 정보를 공유함으로써 생산성을 극대화하고 고객만족을 증가시키기 위한 노력의 일환이다.

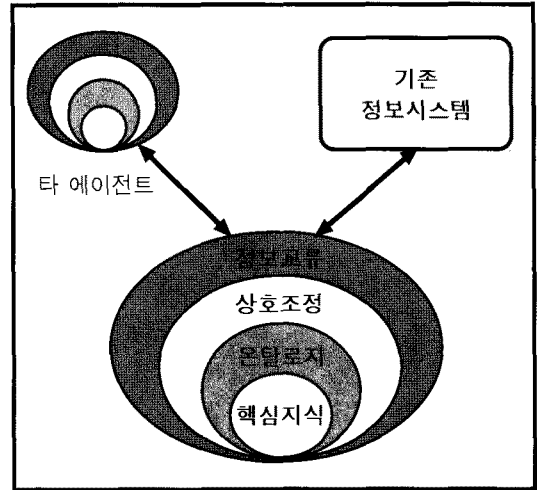
앞으로, 단순 업무처리만이 아니라 고도의 의사결정이 필요한 업무로까지 에이전트 시스템의 역할이 확대되면 기업의 인력들은 보다 더 고차원적인 의사결정과정에 참여할 수 있게 되므로 기업의 인력절감 및 생산성 극대화에 크게 기여할 것이다. 따라서, 향후 기업의 정보시스템 개발방향은 고도의 의사결정 능력을 갖춘 에이전트 시스템의 개발여부에 달려있다고 할 수 있다. 즉, 공급사슬의 구성원들로부터 입수한 방대한 데이터를 분석하여 의사결정 능력을 고도화할 수 있는 유능한 데이터 마이닝 에이전트들을 얼마나 개발하느냐에 따라 기업의 경쟁력 및 수익성이 직접적인 영향을 받게 될 것이다. 이와 같은 경향은 인터넷의 급속한 활용 및 공급사슬 구성원들간의 상호협력 체계의 가속이라는 흐름 속에서 더욱 강하게 나타날 것으로 전망된다.

본 장에서는 공급사슬관리를 위한 데이터 마이닝 에이전트가 갖추어야 할 기능을 정립하고, 이를 이용한 계층적 구조하의 데이터 마이닝 의사결정지원시스템 구조를 제시하고자 한다. 또한, 3장에서 소개된 데이터 마이닝 의사결정 지원시스템들을 제시된 계층적 구조로서 분석함으로써, 이 구조가 공급사슬관리의 주요 응용 분야에 효과적으로 활용될 수 있음을 보여주고자 한다.

4.1 공급사슬관리를 위한 데이터 마이닝 에이전트

공급사슬관리를 데이터 마이닝을 위한 각 에이전트는 내부적인 추론 기능 및 외부 환경과의 정보교류를 위하여 <그림 8>과 같이 정보교류 계층, 상호조정 계층, 온탈로지 계층 및 핵

심지식 계층의 4가지 계층을 갖게 되며, 각 계층별 목적 및 주요 기능은 다음과 같다.



<그림 8> 에이전트의 내부구조

- 1) 정보교류 계층 (Communication Layer): 단위 에이전트가 외부 환경과의 인터페이스를 위한 커뮤니케이션 프로토콜을 결정하는 계층으로, 정보교류 대상은 기존의 정보시스템, 타 에이전트 및 사용자 등을 모두 포괄한다. 주요 기능은 (1) 기존 정보시스템 (데이터 베이스 등)과의 인터페이스 (2) 타 에이전트간의 정보교류 프로토콜 (3) 사람과의 정보교류를 위한 웹 인터페이스 등이다.
- 2) 상호조정 계층 (Coordination Layer): 에이전트가 상호 정보교류를 하는 타 에이전트의 설정 및 정보교류 시에 발생하는 충돌 시에 해결책 등을 지정하는 계층이다. 주요 기능은 (1) 정보교류 대상 설정 (2) 정보교류 정책 (일방 수신, 일방 제공, 쌍방 교류) (3) 정보교류시 상호목표 충돌 해결 메커니즘 (4) 조정 불가능한 충돌시 상위 에이전트 보고메커니즘 등이다.
- 3) 온탈로지 계층 (Ontology Layer): 각 데이

터 마이닝 에이전트가 갖고 있는 핵심 기술의 주요 특성을 파악하여, 적용가능한 문제의 속성이나 혹은 적정 응용분야를 기술하는 계층으로, 해당 에이전트가 어떠한 문제에 가장 효과적으로 이용될 수 있는지를 정의하게 된다. 주요 기능은 (1) 핵심지식의 주요 특성 정의 (2) 응용 대상 문제 정의 (3) 응용시의 제약조건 정립 (4) 데이터 적합성 평가함수 등이다.

- 4) 핵심 지식 계층 (Core Knowledge Layer): 해당 에이전트가 갖고 있는 데이터 마이닝 기법을 나타내는 계층으로, 에이전트가 갖는 핵심 지식의 내용의 따라 온탈로지가 변화하게 된다. 주요 기능은 (1) 입력 데이터 처리 (2) 핵심지식을 이용한 데이터 마이닝 처리 메커니즘 (3) 데이터 마이닝 기법간의 결합 지식 (4) 데이터 마이닝 결과 처리 등이다.

4.2 데이터 마이닝을 위한 3 단계 계층적 의사결정지원시스템 구조

공급사슬에 참여하는 기업의 여러 부문에서 발생하는 의사결정 과정을 지원하는 의사결정 지원시스템을 데이터 마이닝 에이전트를 기반으로 하는 정보시스템으로 구축할 경우, 고도의 데이터 패턴 처리 및 지식 추론 기능이, 분산처리 환경 하에서도 능동적으로 처리될 수 있다. 이 경우, 처리하고자 하는 문제의 성격에 따라, 각기 적합한 핵심지식을 갖춘 에이전트를 단독으로 혹은 복합적으로 이용하게 된다. 예를 들어 통계모형이 적합한 문제의 경우에는, 통계모형을 핵심으로 갖고 있는 에이전트를 선정해서 데이터 마이닝 처리를 하게 되며, 통계모형과 인공지능망을 복합적으로 이용하고자 하는 경우에는, 각 핵심지식을 갖는 두 에이전트를 상호 연결하여 사용하게 된다. 실제 문제의 복잡하고 다양한 특성에 능동적으로 대응할 수 있

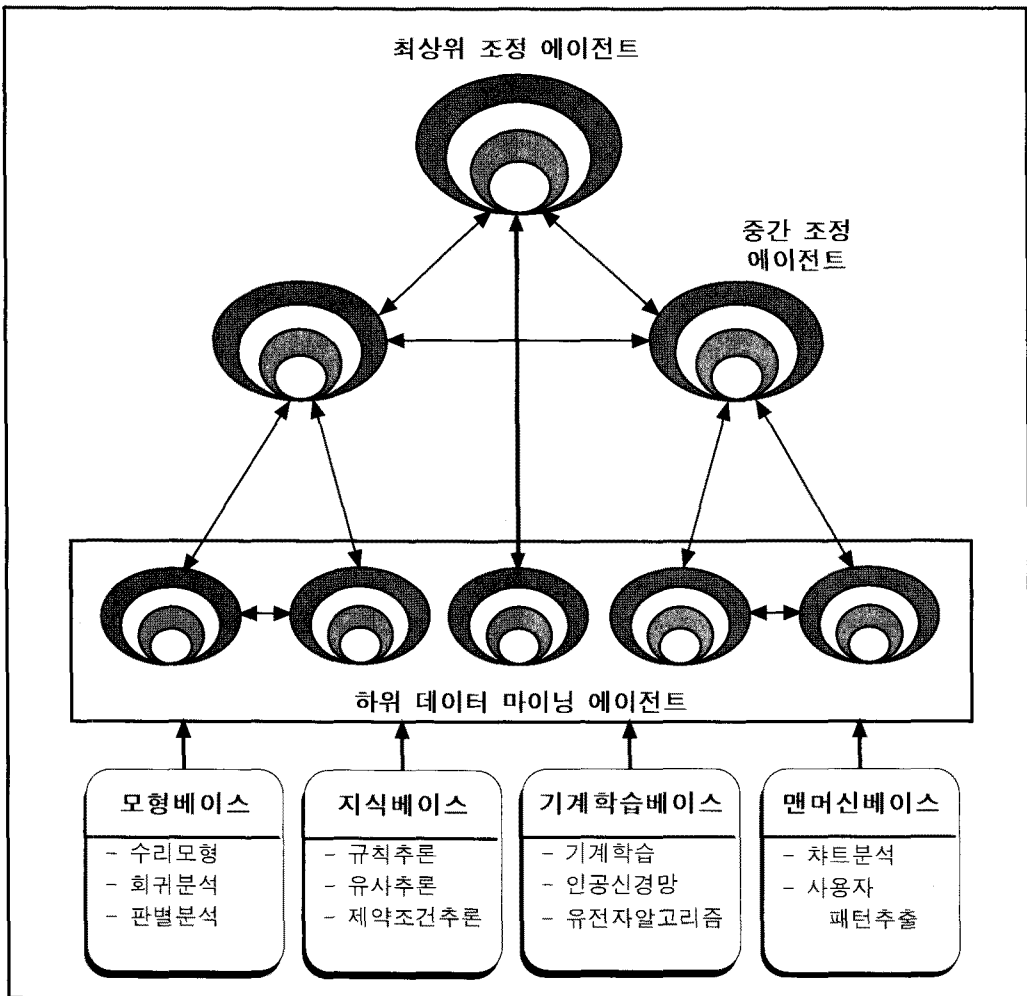
는 데이터 마이닝 에이전트의 결합을 위해 본 연구에서는 <그림 9>와 같이 3 단계 계층적 의사결정지원시스템 구조를 제시하며, 각 계층별 에이전트의 역할은 다음과 같다.

- 1) 최상위 조정 에이전트 (Higher Level Coordination Agent): 최상위 단계의 에이전트는 대상 문제의 특성을 파악하여 어떠한 핵심 지식을 갖춘 하위단계의 에이전트를 이용할 것인가를 결정하게 된다. 예를 들어, 수요 예측을 위해 인공지능망 및 유사추론을 이용하고자 하는 문제의 경우, 최상위 에이전트는 인공지능망 및 유사추론을 핵심지식으로 갖고 있는 각 하위 에이전트를 결합하여 데이터 마이닝을 처리할 수 있도록 지시하게 된다. 그러므로 최상위 조정 에이전트의 핵심 지식은 특정 데이터 마이닝 기법이 아니라, 대상문제의 특성에 따라 어떠한 데이터 마이닝 기법을 결합할 것인가 하는 방법이 된다. 최상위 단계 에이전트의 주요 기능은 다음과 같다.
 - 대상 문제의 데이터 마이닝 특성 분석
 - 적합한 핵심지식을 갖춘 하위 에이전트 파악
 - 하위 에이전트의 결합정도에 따라 중간 단계의 에이전트 필요성 판단
 - 중간단계 에이전트 필요시 생성 및 역할 부여
 - 하위단계의 에이전트간 충돌 발생시 우선 순위 조정
 - 데이터 마이닝 결과 외부 제공
- 2) 중간 조정 에이전트 (Intermediate Level Coordination Agent): 최상위 에이전트가 하위 단계의 에이전트와 직접적으로 교류하지 않고, 하위 단계의 에이전트 몇 개를 묶어서 처리하고자 하는 경우, 중간단계의 에이전트가 생성된다. 이러한 중간단계의 에이전트는, 데이터 마이닝 처리를 위한 하위 에이전트가 1 개 이상 필요하며, 각 하

위 에이전트와의 정보 교류가 최상위 단계와 각각 1:1로 이루어지는 것이 아니고, 하위 에이전트간의 복잡한 상호작용을 요구하는 경우에 유용하다. 결합되는 하위 에이전트의 성격에 따라, 중간단계의 에이전트는 수리, 통계 모형 에이전트로 결합되는 수리형, 인공 지능의 제반 기법 - 자동학습, 유사추론, 인공 신경망 등 -을 핵심 지식으로 갖는 에이전트를 결합하는 지능형과, 수리형과 지능형을 결합한 복합형으로 분류할 수 있다. 중간 조정 에이전트

의 핵심 지식 또한 특정 데이터 마이닝 기법이 아닌, 여러 기법간의 결합 방법이 된다. 중간단계 에이전트의 주요 기능은 다음과 같다.

- 최상위 에이전트로부터 관리대상 하위 에이전트를 할당
- 하위에이전트의 정보교류 결합 방식 지정
- 하위단계의 에이전트간 충돌 발생시 우선 순위 조정
- 데이터 마이닝 결과를 상위 에이전트 혹은 외부에 직접 제공



<그림 9> 3단계 계층적 데이터 마이닝 DSS 구조

3) 하위 데이터 마이닝 에이전트 (Lower Level Data Mining Agent): 하위 단계의 에이전트는 데이터 마이닝의 제반 기법을 에이전트의 핵심지식으로 갖게 된다. 최상위단계 또는 중간단계의 에이전트로부터 전달받은 데이터를 이용하여 자신이 갖고 있는 핵심지식을 이용한 데이터 마이닝 결과를 도출하게 된다. 데이터 마이닝 과정 중에 자신의 핵심지식으로 처리할 수 없는 경우가 발생한 경우에는, 상위단계의 에이전트에 보고하거나, 아니면 사전에 지정된 다른 하위 에이전트에게 정보를 전달하게 된다. 하위단계 에이전트의 주요 기능은 다음과 같다.

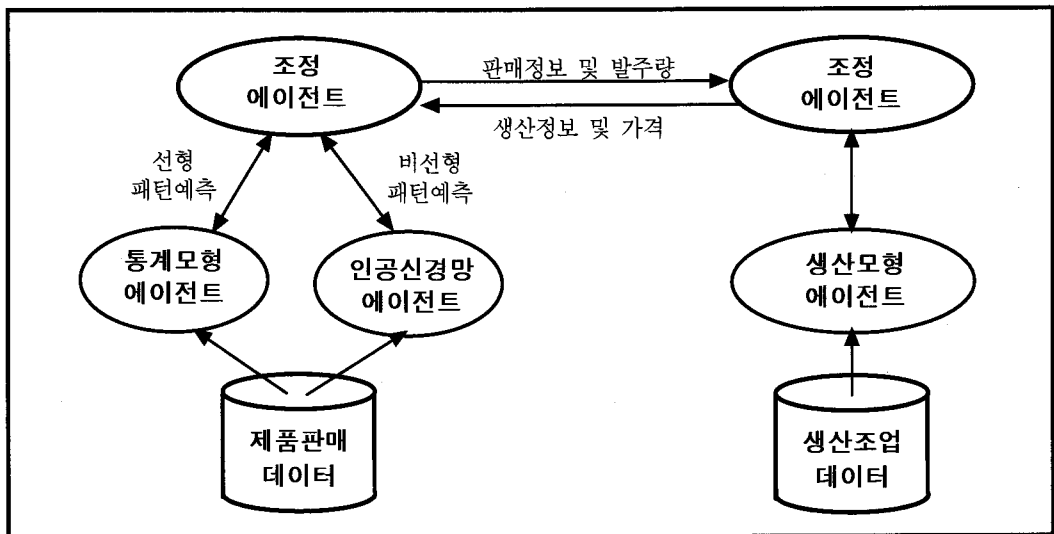
- 핵심지식을 이용한 데이터 마이닝 처리
- 데이터 마이닝 결과를 상위 에이전트에게 보고 혹은 지정된 대상에게 전달

4.3 에이전트를 이용한 공급사슬관리 의사결정지원시스템 구축

3단계 계층적 구조는 응용되는 기업의 조직이나 공급사슬의 성격에 따라, 여러 측면으로 응용될 수 있다. 예를 들어, 한 기업 내에 여러

조직에서 각각 성격이 다른 에이전트를 구성하되, 상호 정보 교류를 통한 종합적인 통합 에이전트를 구성하고자 할 경우에는, 각 조직별로 중간 에이전트를 대응시켜, 조직별로 독자적인 데이터 마이닝 시스템을 구성하되, 추가로 최상위 조정 에이전트를 생성하여 기업 전체적인 관점에서 총괄적으로 조정할 수 있도록 구성할 수 있다. 이러한 계층적 구조를 응용하여 3절에서 제시된 공급사슬관리의 주요 데이터 마이닝 의사결정지원시스템을 에이전트 기반의 정보시스템 구조로 다음과 같이 분석하였다.

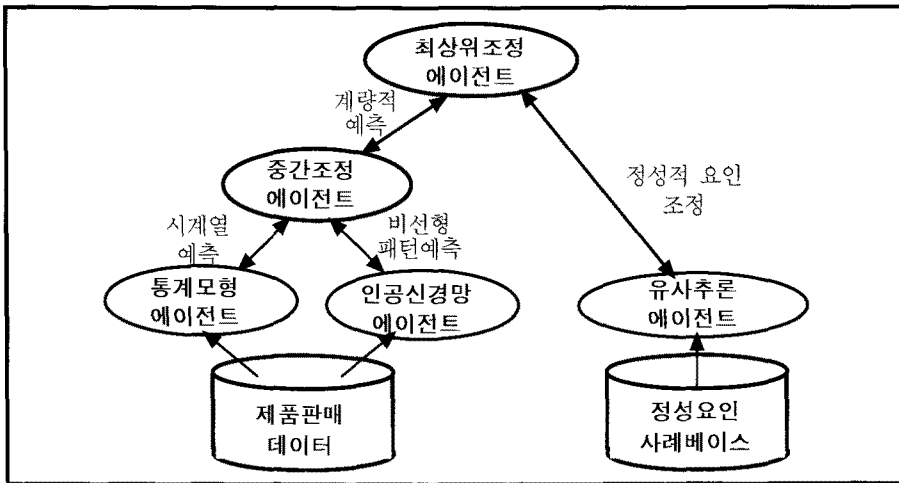
- 1) 유통망에서의 가격결정을 위한 의사결정지원시스템 구조: 유통업체의 소비자 구매 패턴을 데이터 마이닝 기법으로 분석하여, 소비자의 제품 선호도 및 가격 민감도 등을 분석하여 제조업체 선정 및 발주 물량을 결정하고, 제조업체는 이러한 소비자 구매정보에 대응하여 제품 가격 및 생산, 재고 관리를 가변적으로 시장 상황에 맞도록 능동적으로 대응할 수 있는 에이전트 베이스 의사결정지원시스템 구조가 <그림 10>에 나타나 있다.



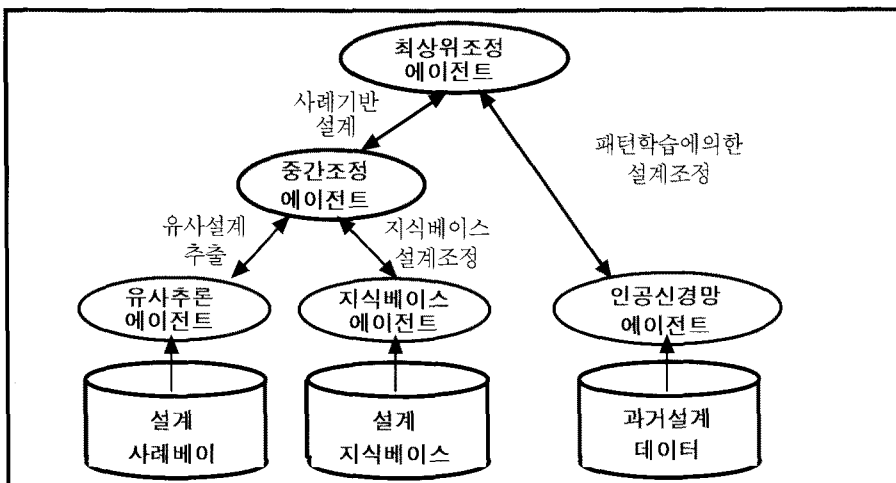
<그림 10> 유통업체와 생산업체의 에이전트 DSS 구조

2) 통계모형과 유사사례 결합에 의한 수요예측의 사결정지원시스템 구조: 제품 수요 예측의 불확실성이 높은 소비재 산업의 경우, 통상적으로 계량모형 이외의 사람의 판단 요소가 주관적으로 반영되게 된다. 사람에 의한 정성적 요소를 유사 사례추론과 같은 지능형 데이터 마이닝 기법을 이용하여 체계적으로 정립하여, 계량모형과의 상호 보완을 통한 종합적인 예측 결과를 제시할 수 있는 에이전트 베이스 의사결정지원시스템 구조가 <그림 11>에 나타나 있다.

3) 품질설계를 위한 지능형 의사결정지원시스템 구조: 신제품 설계에 막대한 비용이 소요되는 장치산업의 경우, 과거의 유사 사례를 분석하여 활용하는 유사사례추론 및 데이터 패턴 학습 결과를 시뮬레이션할 수 있는 인공 신경망 기법을 결합한 지능형 품질설계를 이용함으로써, 비용절감 및 설계 시간 단축의 효과를 가져오게 된다. <그림 12>에 이를 위한 에이전트 베이스 의사결정지원시스템 구조가 나타나 있다.



<그림 11> 수요예측을 위한 복합 에이전트 DSS 구조



<그림 12> 품질설계를 위한 지능형 에이전트 DSS

본 연구에서 제시하는 데이터 마이닝 에이전트 구조를 이용한 정보시스템을 구축할 경우, 기업의 공급사슬관리와 관련된 주요 의사결정 과정을 효과적으로 지원할 수 있게 된다. 즉, 공급사슬관리의 최선단에 위치하게 되는 소비자와 유통업체가 연결된 유통망상에서, 소비자 구매 정보를 데이터 마이닝 에이전트가 제공하게 됨으로써, 연관된 제조업체 및 부품 공급업체의 생산, 재고 및 물류 시스템이 능동적인 생산량 조절 및 가격 조절이 이루어지게 된다. 또한 제조업체의 내부 생산성 향상을 위한 데이터 마이닝 에이전트의 활용으로 인해, 보다 효과적인 수요 예측, 생산 관리 및 품질 관리가 이루어지게 된다. 공급사슬의 각 구성원들의 의사결정 과정을 고도화하고, 상호 연계 능력을 갖춘 데이터 마이닝 에이전트 기술이 전 산업에 보급될 경우, 단순히 특정 기업의 생산성 향상뿐만 아니라 해당 기업이 속한 전체 공급사슬의 모든 구성원들이 상호 협력하여 공동의 최적해를 추구해 나아가게 되므로, 산업 전체의 생산성 향상을 기대할 수 있게 된다. 또한 이러한 에이전트 기술은, 최근 기업의 인사, 재무, 생산 등 모든 경영 활동을 상호 패키지로 연결하고자 하는 전사자원계획 (ERP) 시스템 구조하에서 더욱 요구되는 정보기술이라고 할 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 공급사슬관리의 마케팅, 생산 및 정보시스템 측면에서 데이터 마이닝을 활용한 주요 연구흐름 및 방법론을 살펴보고, 이를 응용한 DSS 구조를 제시하였다. 데이터 마이닝은 문제 자체에 내재되어 있는 패턴이나 지식을 추출하여 고도화된 의사결정에 활용하기 위한 것이므로 SCM에서의 활용범위 또한 매우

크다고 할 수 있다.

SCM에서 중요성이 강조되고 있는 분야는 미래의 불확실성을 감소시키고자 하는 수요예측 및 소비자의 특정 브랜드에 대한 집착선호도, 가격 민감도, 브랜드 변경도 등의 구매패턴을 분석하는 분야라고 할 수 있다. 선형 통계모형 만으로는 정확한 예측이 어려운 비선형 데이터 패턴의 예측을 위해서는 인공신경망이 효과적으로 이용되고 있으며, 계량적 분석에 추가하여 사람의 판단에 의존할 수밖에 없는 정성적인 요인의 영향을 예측치에 반영하는 문제에서는 사례기반시스템이 효과적으로 이용되고 있다. 또, 전문가의 지식, 과거의 사례 및 학습을 통한 인공신경망을 유기적으로 결합한 새로운 방법론이 품질설계 기법에 이용되었다. 공급사슬 구성원들간의 정보교류를 위하여 에이전트 기반의 정보시스템 개발이 시도되고 있으며, 에이전트들의 고도화된 의사결정을 뒷받침하기 위한 DSS의 개발이 기업의 생산성 향상에 필수적인 요소가 되고 있다. 따라서 공급사슬 구성원들간의 정보교류를 통한 공급사슬 전체의 생산성을 극대화하기 위해서는 필연적으로 데이터 마이닝을 이용한 고도의 정보분석 및 지식추출 과정이 동반되어야 한다.

경제의 글로벌화 및 인터넷의 폭발적 이용에 따른 전자상거래의 확대는 공급사슬이 단순히 특정 지역이나 국가에 한정되고 않고 전세계적인 분산처리를 가능하게 하므로, 지역별 특성에 맞는 에이전트 및 DSS 개발의 중요성이 확대되고 있으며 이를 뒷받침할 수 있는 데이터 마이닝의 활용이 성공적인 SCM에 필수적인 요소가 될 것으로 예상된다. 이에 본 연구가 제시하는 지능형 DSS의 구조들이 향후 산업계에서 필요로 하는 SCM 정보시스템 개발의 기본 틀을 제공할 것이다.

〈참 고 문 헌〉

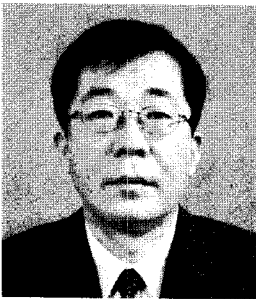
- [1] 고 영관, 박 상혁, 임 여중, 서 민수, "사례 기반추론을 이용한 열연제품 품질설계지원 시스템," *한국전문가시스템 추계학술 대회집*, 1996, pp. 409-415.
- [2] 서 민수, 김 창현, 김 윤호, 고 영관, 조 형석, *지능형 품질시스템 발전 방향 연구*, 연구보고서, 1995, 포스코 경영연구소.
- [3] 안 병훈, 이 승규, 정 희돈, 안 현수, "공급사슬관리의 전략적 과제에 관한 탐색적 연구," *경영과학*, 제14권 1호, 1997, pp. 151-176.
- [4] 지 원철, 이 무의, 고 영관, 조 형석, "철강 산업을 위한 지능형 품질설계 지원시스템의 설계 및 구현" *한국전문가시스템 추계학술 대회집*, 1996, pp. 309-408.
- [5] Abraham, M. M. and L. M. Lodish, "Promoter: An Automated Promotion Evaluation System," *Marketing Science*, Vol. 6, No. 3, 1987, pp. 101-123.
- [6] Adriaans, P. & D. Zantinge, *Data Mining*, Addison-Wesley press, 1997.
- [7] Agrawal, R., T. Imielinski, & A. Swami, "Mining Association Rules in Large Databases," *Proc. of ACM SIGMOD Conf. on Management of Data*, Washington D.C., 1993, pp. 207-216.
- [8] Agrawal, R. & R. Srikant, "Mining Sequential Patterns," *Proc. of 11th Int'l Conf. on Data Engineering*, Taipei, Taiwan, march, 1995.
- [9] Ardalan, A., "A Comparative Analysis of Approaches for Determining Optimal Price and Order Quantity when a Sale Increases Demand," *European Journal of Operational Research*, Vol. 84, 1995, pp. 416-430.
- [10] Bergstrom, G. L. and B. E. Smith, "Multi-item production planning - an extension of HMMS rules," *Management Science*, Vol. 35, No. 10, 1970, pp. B614-B629.
- [11] Calabrese, C., E. Gnerre, and E. Fratesi, "An Expert System for Quality Assurance Based on Neural Networks," *Workshop on Parallel Architecture and Neural Networks*, Int'l Institute for Advanced Scientific Studies, Italy, 1991, pp. 296-300.
- [12] Choi, S. C., "Price Competition in a Channel Structure with a Common Retailer," *Marketing Science*, Vol. 10, No. 4, 1991, pp. 271-296.
- [13] Fayyad, U., G. Piatetsky-Shapiro, & P. Smyth, "The KDD Process for Extracting Useful Knowledge from Volumes of Data," *Communications of the ACM*, Vol. 39, No. 11, 1996, pp. 27-34.
- [14] Fox, M.S., J. F. Chionglo, and M. Barbuceanu, *The Integrated Supply Chain Management System*, Working paper, University of Toronto, 1993.
- [15] Gupta, S., "Impact of Sales Promotions on When, What and How Much to Buy," *Journal of Marketing Research*, Vol. 25, 1988, pp. 342-355.
- [16] Hall, R.W., *Attaining Manufacturing Excellence*, Dow Jones-Irwin, Illinois, 1987.
- [17] Harmon, *Reinventing the Factory II*, The Fress Press, New York, 1992.
- [18] Helper, S., "How Much Has Really Changed Between U.S. Automakers and Their Suppliers?," *Sloan Management Review*, Vol. 32, No. 4, 1991, pp. 15-28.
- [19] Hoch, S. J., X. Dreze, and M. E. Purk, "EDLP, Hi-Lo, and Margin Arithmetic," *Journal of Marketing*, Vol. 58, 1994, pp. 16-27.

- [20] Hogarth, R.M. and S. Makridakis, "Forecasting and Planning: An Evaluation," *Management Science*, Vol. 27, 1981, pp. 115-138.
- [21] Hong, S. J., *Data Mining for Decision Support*, Working Paper, IBM Watson Research Center, 1996.
- [22] Hruska, S.I. and Kuncicky, "Application of Two-Stage Learning to an Expert Network for Control Chart Selection," *Proc. of Artificial Neural Networks in Engineering*, 1991, pp. 915-920.
- [23] Jeuland, A. and C. Narasimhan, "Dealing-Temporary Price Cuts by Seller as a Buyer Discrimination Mechanism," *Journal of Business*, Vol. 58, 1985, pp. 295-308.
- [24] Kumar, A., P. S. Ow, and M. J. Prietula, "Organizational Simulation and Information Systems Design: An Operations Level Example," *Management Science*, Vol. 39, No. 2, 1993, pp. 218-240.
- [25] Lee, H. L., "Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities," *Sloan Management Review*, Vol. 33, No. 3, 1992, pp. 65-73.
- [26] Lee, H. L. and C. Billington, "Material Management in Decentralized Supply Chains," *Operations Research*, Vol. 41, No. 5, 1993.
- [27] Lee, H. L. and C. Billington, "The Evolution of Supply-Chain-Management Models and Practices at Hewlett-Packard," *Interfaces*, Vol. 25, 1995, pp. 42-63.
- [28] Lee, H. L. and M. J. Rosenblatt, "A Generalized Quantity Discount Pricing Model to Increase Supplier's Profits," *Management Science*, Vol. 32, No. 9, 1986, pp. 1177-1185.
- [29] Lee, J. K, S. B. Oh, and J. C. Shin, "UNIK-FCST: Knowledge-Assisted Adjustment of Statistical Forecasts," *Expert Systems with Applications*, Vol. 1, 1990, pp. 39-49.
- [30] Lee, Y. J., *A Mathematical Framework for Understanding the Benefits of the Every Day Low Purchase Price Policy*, Ph.D. Dissertation, UC Irvine, 1998.
- [31] Lee, Y. J. and M. S. Suh, *A Framework for Understanding the Effects of the Every Day Low Purchase Price Policy for a Manufacturer*, Working Paper, UC Irvine, 1997.
- [32] Leitch, R.A., "Marketing Strategy and the Optimal Production Schedule," *Management Science*, Vol. 21, No. 3, 1974, pp. 302-312.
- [33] Lev, B. and H. J. Weiss, "Inventory Models with Cost Changes," *Operations Research*, Vol. 38, No. 1, 1990, pp. 53-63.
- [34] Lyons, T.F., A.R. Krachenberg, and J.W. Henke Jr., "Mixed Motive Marriages: What's Next for Buyer-Supplier Relations?," *Sloan Management Review*, Vol. 31, No. 3, 1990, pp. 29-36.
- [35] Monahan, J. P., "A Quantity Discount Pricing Model to Increase Vendor Profits," *Management Science*, Vol. 30, No. 6, 1984, pp. 720-726.
- [36] Ronald J. B., T. Khabaza, W. Kloesgen, G. Piatetsky-Shapiro, & E. Simoudis, "Mining Business Databases," *Communications of the ACM*, Vol. 39, No. 11, 1996, pp. 42-48.
- [37] Sellers, P., "The Dumbest Marketing Ploy," *Fortune*, 126, 1992, pp. 88-94.
- [38] Sogomonian, A. G. and C. S. Tang, "A Modeling Framework for Coordinating Promotion and Production Decisions within a Firm," *Management Science*, Vol. 39, No. 2, 1993, pp. 191-203.
- [39] Swaminathan, J.M., N.M. Sadeh, and S.F. Smith, "A Knowledge-Based Multi-Agent

- Simulation Testbed to Support Supply Chain Design and Management Decisions," *IJCAI-93 workshop on knowledge-based production planning, scheduling, and control*, France, 1993.
- [40] Swaminathan, J.M., S.F. Smith, and N.M. Sadeh, *Modeling the Dynamics of Supply Chains*, Working paper, Carnegie Mellon University, 1994.
- [41] Teigen, R., *Information Flow in a Supply Chain Management System*, Master Thesis, Univ. of Toronto, 1997.
- [42] Udo, G.J., "The Impact of Telecommunications on Inventory Management," *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 34, No. 2, 1993, pp. 32-37.
- [43] Walters, R. G., "Assessing the Impact of Retail Price Promotions on Product Substitution, Complementary Purchase, and Interstore Sales Displacement," *Journal of Marketing*, Vol. 55, 1991, pp. 17-28.
- [44] Womack, J.P., D.T. Jones, and D. Roos, *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates, 1990.

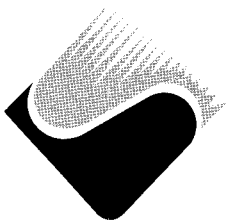
◆ 이 논문은 1998년 3월 31일 접수하여 1차 수정을 거쳐 1998년 9월 25일 게재확정되었습니다.

◆ 저자소개 ◆



지원철(Jhee, Won Chul)

서울대학교 경영학과를 졸업하고, 한국과학기술원에서 산업공학 석사, 경영과학과에서 경영정보시스템 분야로 박사 학위를 수여받았다. 현재 홍익대학교 산업공학과 교수로 재직중이며, 한국경영과학회 데이터 마이닝 연구회장을 맡고 있다. 연구관심 분야는 의사결정지원시스템분야의 인공지능 응용, 데이터 웨어하우징 및 데이터 마이닝, Business Intelligence Solution 개발, 정보시스템 계획 등이다.



서민수(Suh, Min Soo)

서울대학교 산업공학과를 졸업하고, 한국과학기술원 경영과학과에서 경영정보시스템 분야로 석.박사 학위를 수여받았다. 이 후 산업과학기술연구소 및 포스코경영연구소에서 인공 지능 응용 및 전문가시스템 개발 과제들을 수행하였으며, 현재 터론토 대학교 산업공학과 객원교수로 에이전트를 이용한 Enterprise Integration 연구에 참여중이다. 연구 관심분야는 경영정보시스템 및 의사결정지원시스템분야의 인공 지능 응용, 공급사슬망 데이터 마이닝 에이전트 구조, 대규모일정계획시스템 개발, 유사 사례 추론, 전문가 시스템 및 인공 신경망을 결합한 품질관리 시스템 연구등이며, Decision Support Systems, Expert Systems, Expert Systems with Applications, Engineering Applications of Artificial Intelligence 등에 논문을 게재하였다.