

# 물류네트워크 설계 및 계획을 위한 의사결정지원시스템에 대한 연구\*

박 양 병

경희대학교 기계·산업시스템공학부 산업공학과

## A Study on the Decision Support Systems for Logistics Network Design and Planning

Yang-Byung Park

During last ten years, logistics network management has become one of the most important sources of competitive advantage regarding logistics cost and customer service in numerous business segments. The key to success in this dynamic and severe business environment is the ability to design and plan the logistics network optimally in an integrated way. Network design and planning involves many issues relating to strategic, tactical, and operational decisions. To assist a logistics designer or planner, many computer-based decision support systems (DSS) have been developed. In this paper, the issues related to design, development, and implementation of the DSS for logistics network design and planning are discussed, and an ideal framework of the DSS is proposed with some ideas on the future development. Finally, DLNET, the DSS developed by author, is briefly introduced.

### 1. 서론

물류네트워크(logistics network)는 물품 또는 서비스의 공급(창출) 지점으로부터 수요 지점까지의 배달과 관련된 모든 기능과 활동의 집합으로서, 흐름의 단계와 특성에 따라 다양한 형태로 나타난다. 따라서 물류네트워크의 형태는 기업에 따라 다르며, 한 기업에서 여러 형태의 물류네트워크가 존재할 수 있다. 예로서, <그림 1>은 3개의 공급지, 2개의 지역창고, 3개의 관리창고, 4개의 소비지로 구성된 4단계 물류네트워크를 보여 준다.

물류네트워크의 운영은 조달, 생산, 수송, 저장, 판매, 재무, A/S 등 기업의 여러 기능들과 관계를 가지면서 비용과 고객서비스에 지대한 영향을 미친다. Mourits와 Evers(1995)는 지금의 치열한 국제 경제환경에서 기업의 성공은 물류네트워크를 통합적 차원에서 최적으로 설계·계획할 수 있는 능력에 달려 있다고 주장하고 있다. 미국의 식품판매협회가 출판한 연구보

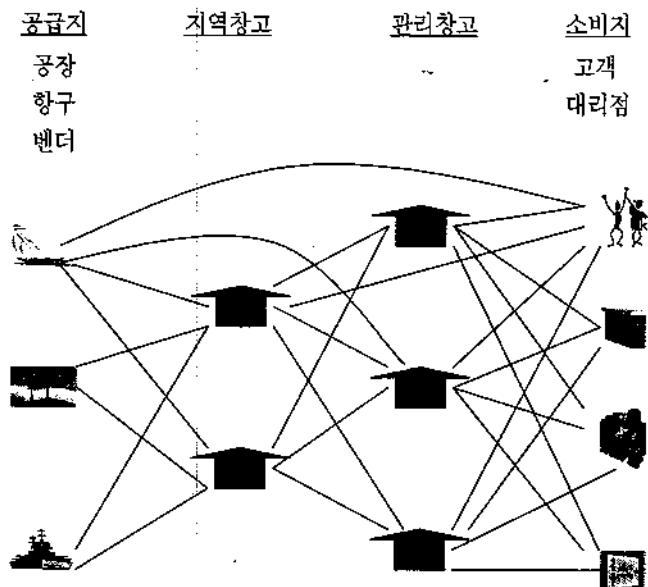


그림 1. 물류네트워크의 예.

\* 이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 대학교수 해외과견 연구지원에 의하여 연구되었음.

고서는 기존의 전형적인 식품 물류네트워크의 설계와 운영을 개선함으로써 약 42일의 네트워크 소요기일을 단축하고, 연간 약 100억 불의 물류비용을 절감하고, 약 41%의 재고를 감축할 수 있는 것으로 예측하였다(Sengupta and Turnbull, 1996).

물류네트워크의 설계 및 계획은 창고의 수 및 위치, 고객 및 제품할당, 수송수단, 차량경로, 공급자, 재고정책, 고객서비스 수준 등을 결정하는 다양한 의사결정문제를 포함하며, 때로는 예기치 않는 돌발상황을 대비한 비상계획까지도 필요로 한다. 물류네트워크 설계 및 계획을 위한 의사결정문제는 상호 매우 밀접한 관계를 유지하고 있을 뿐만 아니라, 많은 확률적 요소가 존재하고 관련 비용들 사이에 복잡한 trade-off 분석과 여러 비계량적 요소들의 평가를 필요로 하기 때문에 통합적 차원에서 최적의 해를 구하기가 매우 어렵다.

만일 네트워크에서 단계, 시설, 고객, 제품종류의 수와 함께 관리변수(예: 수송수단)와 관리정책(예: 재고정책)의 가능한 대안 수가 증가하면 수작업이나 직관에 의한 분석은 거의 불가능하게 된다. 또한 시설들이 국제적으로 위치해 있고, 고객의 수요특성(예: 주문량 크기, 제품조합)이 다양하고, 시설의 입지 대안 수가 많은 경우에 물류네트워크는 매우 복잡하게 된다.

이에 따라 물류네트워크의 분석을 위한 과학적 기술의 필요성이 대두된다. 최근, 빠르게 변화하는 지리학적 수요패턴, 제품 수명주기의 단축, 새로운 물류기술의 발전, 조달 및 판매의 세계화 등에 기인하여 기업에서 물류네트워크의 재설계 및 계획이 더욱 짧은 주기로 요구됨에 따라 새로운 분석기술의 연구에 관심이 집중되고 있다(Leeuw *et al.*, 1999; Napolitano, 1997).

물류네트워크의 분석을 위한 기술로서 주로 최적화, 휴리스틱(heuristic), 시뮬레이션 모델링 방법이 사용되고 있다. 이들은 각각의 장점과 단점에 따라 설계 및 계획의 일부 문제에 제한적으로 사용되고 있다. 따라서 구해진 해는 전체 네트워크 시스템의 관점에서 부분 최적해(sub-optimal)일 수밖에 없으며, 후속으로 여러 단계의 지루하고 복잡한 수정 및 보완작업이 필요하게 된다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 기술로서 컴퓨터와 정보기술을 이용한 의사결정지원시스템(Decision Support System: DSS)이 있다.

물류네트워크 설계 및 계획을 위한 DSS는 한 가지 이상의 모델링 방법과 데이터베이스관리, 그래픽 등의 소프트웨어 기술을 이용하여 물류네트워크 의사결정과정에서 사용자(분석자)를 지원할 수 있도록 설계된 컴퓨터 기반 정보시스템이다. 따라서 DSS는 경영과학의 추상적 모델과 사용자가 직면한 실제 물류환경과의 괴리를 좁혀 줌으로써 물류네트워크를 총체적으로 분석할 수 있는 능력을 가지게 된다. 그동안 국외에서 물류네트워크 의사결정을 위한 많은 DSS가 개발되었으며, 국내에서도 사용이 점차 확산되고 있는 실정이다.

이현수(1997)가 1997년 국내 60개 대기업 물류담당자를 대상으로 실시한 설문조사 결과에 의하면, 현재 사용하고 있는 물류네트워크 설계 및 계획 시스템에 대한 만족도는 평균 2.3점(매우 만족=5점, 매우 불만족=1점)으로 나타났으며, 모든 응

답자가 좀더 효과적인 DSS의 도입을 원하고 있었다. Ballou and Master(1999)가 1998년 미국 내 209개 기업의 물류담당자를 대상으로 실시한 설문조사 결과에 의하면, 85%의 응답자가 물류네트워크의 분석을 정기적으로 실시하고 있었으며, 이 중 약 86%가 DSS를 사용하고 있었다.

본 논문에서는 물류네트워크의 설계 및 계획을 위한 분석모델과 DSS에 대해 조사 연구한 내용을 소개하고, 이를 토대로 좀더 진보된 DSS 개발을 위한 시스템 설계방안과 이상적인 시스템 구조를 제안한다. 그리고 저자가 개발한 prototype 시스템인 DLNET를 간단히 소개한다. 본 논문은 기업에서 물류네트워크 설계 및 계획을 위한 DSS의 선정 및 개발과정에서 참고자료로 활용할 수 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제1절의 서론에 이어, 제2절에서는 물류네트워크 설계 및 계획을 위한 의사결정문제와 모델링 방법을 설명한다. 그리고 물류네트워크 DSS를 제3절에서 서술한다. 제4절에서는 DSS의 개발에 대해 논하고, 이어서 DLNET를 소개한다. 끝으로, 요약 및 결론을 제5절에서 서술한다.

## 2. 물류네트워크 의사결정문제 및 모델링 방법

### 2.1 의사결정문제

물류네트워크의 설계와 계획에는 다양한 의사결정문제가 존재한다. 물류네트워크의 설계는 자원취득을 주요 내용으로 하는 장기 전략적(strategic) 수준의 의사결정문제, 그리고 물류네트워크 계획은 자원할당과 자원일정계획을 주요 내용으로 하는 중·단기 전술적(tactical) 및 운영적(operational) 수준의 의사결정문제이다. <표 1>에 전략적, 전술적, 운영적 관리수준에 따른 물류네트워크 의사결정의 특성과 문제 예가 정리되어 있다. Ganeshan *et al.*(1999)에 물류네트워크 의사결정문제를 다룬 주요 논문들의 리스트가 3가지 관리수준에 따라 잘 정리되어 있다.

물류네트워크 의사결정은 3가지 관리수준의 순서에 따라 단계적으로 이루어진다(Mabert and Venkataramanan, 1998). 3수준의 의사결정은 비록 단계적 성질을 지니고 있지만, 하위 수준의 의사결정이 상위 수준의 의사결정에 영향을 미치며, 때로는 동일 수준의 의사결정 간에도 상호 영향을 미친다. 예를 들면, 선적계획(개별, 공동)과 조달계획(정기발주, JIT구매)이 창고의 입지에 영향을 미치는 경우이다. 또 전술적 관리수준에 속하는 창고관리(중앙관리, 분산관리)와 재고정책(정량발주, 정기발주)의 의사결정이 서로 영향을 미치는 경우를 예로 들 수 있다.

이러한 이유로 인해 3 관리수준의 의사결정 간에는 효과적인 피드백 메커니즘이 제공되어야 하고 또한 동일 수준의 의사결정 간에도 활발한 정보교환 시스템이 구축되어야 한다. 이에 따라 물류네트워크의 모든 의사결정이 하나의 공통된 목

표 1. 3단계 관리수준에 따른 물류네트워크 의사결정의 특성과 문제 예

관리수준	내용	인터페이스	계획기간	재검토간격	필요한 자료	문제 예
전략적 수준	물류네트워크 설계 (자원취득)	시장과 교호작용	1년 이상	매년	광범위한 분야의 총괄 자료	공장·저장시설·판매시설수, 입지, 능력 결정; 제품·포장설계; 저장단계수 결정; 저장시설 배치; 자재취급시스템 설계; 수송차량대수 결정; A/S 센터의 수와 위치 결정; 장기 수요 예측
전술적 수준	생산/분배계획 (자원할당)	물류조정	1~3개월	1주일~1개월	전략적 수준과 운영적 수준의 중간	분배계획; 공장생산제품 결정; 창고관리(중앙, 분산); 시장·고객할당; 서비스수준 결정; 수송정책(자체, 외주); 수송수단 선정; 생산계획; 중기수요 예측; 생산정책(주문, 재고); 재고정책(정량, 정기); 저장정책(집중, 중앙); 재고관리변수 결정; 소싱방법(일괄, 분산); 공급자 결정
운영적 수준	생산/재고/선적 일정계획 (자원일정계획)	운영관리	실시간~매일	계속	특정 분야의 상세한 자료	구매·생산·선적·차량일정계획; 선적계획(기별, 공동); 저장 불출규칙 결정; 주문처리방법 결정(우선순위, 지연); MRP; 고객주문 분리점 결정; 비상조달·생산·배달계획

적을 추구하는 단위체로 통합될 수 있으며, 궁극적으로 고객에 대해 원하는 서비스 수준을 유지하면서 최소비용으로 운영되는 물류네트워크를 구현할 수 있다. 그러나 물류네트워크 의사결정의 실질적 통합은 지극히 어려운 일이다. Shapiro (1999)는 “기업에서 물류네트워크 의사결정의 완전한 통합은 아직은 단지 이상일 뿐이다. 그러나 앞으로 모델링 기술과 정보기술(IT)이 발전함에 따라 가능하게 될 것이다”라고 주장하고 있다.

물류네트워크 의사결정문제가 지닌 주요 특성을 정리해 보면 다음과 같다.

첫째, 기업의 여러 기능에 동시에 영향을 미친다. 예를 들어, 창고위치는 저장, 수송, 판매, 재무의 기능에 영향을 미친다.

둘째, 많은 문제에서 다목적이 존재하며, 추구하는 목적 간에 빈번히 상충이 존재한다. 따라서 합리적인 trade-off 분석이 필요하다. 고객서비스 수준의 극대화와 재고비용의 최소화가 한 예이다.

셋째, 비용요소 간에 상충 관계가 존재하며, 합리적인 trade-off 분석이 필요하다. 예를 들면, 창고수가 늘어나면 창고비는 증가하나 고객에 대한 수송비는 감소한다.

넷째, 상호 복합적인 관계를 가진다. 공장의 입지와 수송수단의 결정이 한 예이다.

다섯째, 한 문제의 해가 전체 물류네트워크에 미치는 영향을 정확히 평가하기가 어렵다.

여섯째, 수리모형에 의해 분석이 가능한 문제가 많다.

일곱째, 관리자의 오랜 경험에 의한 직관과 규칙이 존재한다. 예를 들어, 배차계획에서 담당자의 주관적 판단이 중요하

게 반영된다.

이러한 특성에 기인하여, 주어진 문제에 대해 물류네트워크 전체시스템 차원에서 최적의 해를 구하는 일은 결코 쉽지 않다.

## 2.2 모델링 방법

물류네트워크 분석을 위한 모델링 방법으로 주로 최적화, 휴리스틱, 시뮬레이션이 사용되고 있다. 이들은 독자적 혹은 혼합으로 사용되고 있으며, 고유의 장·단점을 고려한 신중한 선택이 요구된다. 이들 모델링 방법에 의해 구해진 해는 네트워크 시스템의 부분적 모델링과 사용된 가정으로 인해 비현실적인 부분 최적해일 수밖에 없다. 따라서 물류네트워크의 실제 상황을 고려한 해의 수정 및 보완과정이 뒤따른다.

물류네트워크에는 비용, 시간, 수량 등 많은 계량적 요소가 존재하기 때문에 수리적 표현이 용이하다. 수리모델, 마코브 체인모델, 대기모델 등을 이용한 최적화 모델링 방법은 최적해를 보장해 주며 많은 대안의 자동생성과 평가에 적합하다. 최적화 모델은 입지결정, 수송계획, 창고수 결정 등과 같은 장기 전략적 수준의 의사결정문제에 주로 적용되고 있다. 물류네트워크 의사결정을 위한 최적화 모델링 방법의 개발과 적용에 대한 연구는 Bitran and Sarker(1994), Arntzer et al.(1995), Thomas and Griffin(1996)을 참조하시오.

휴리스틱 모델링 방법은 짧은 시간 내에 간단히 최적에 가까운 좋은 해를 구해 주는 장점으로 인해 물류네트워크 의사결정에 아주 효과적으로 적용되고 있다. 최적화 모델링 방법

을 적용하기 힘든 기술적 및 운영적 관리수준의 복잡한 의사 결정에는 휴리스틱 방법이 효과적이다. 엄격한 가정과 생략에 의해 구해진 최적해와 정성적 및 정량적 요소를 더 현실적으로 반영하여 구해진 휴리스틱 해는 실제 물류네트워크에 적용될 때 그 우열이 얼마나 달라질 수 있다. Ballou and Masters (1999)의 조사에 의하면 조사대상 기업의 75%가 물류네트워크 의사결정에 휴리스틱 방법을 적용하고 있는 것으로 나타났다.

시물레이션 모델링 방법은 모델에 물류네트워크의 복잡한 구성, 불확실성, 동적 성질, 정성적 요소, 관리정책 등을 비교적 상세하게 그리고 사실적으로 반영할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 이에 따라 거의 모든 물류네트워크 의사결정에서 대안비교, what-if 분석, 주요변수의 민감도 분석에 사용되고 있다. 그러나 시물레이션 모델의 구축을 위해서는 지루한 자료 변환 작업이 필요하고, 또 물류네트워크 구조의 변경에 따른 모델의 변경이 용이하지 않다는 것이 단점이다. 최적화 또는 휴리스틱 방법을 적용하여 여러 개의 좋은 대안을 준비한 다음, 시물레이션 모델링 방법을 적용하여 이들을 평가하는 2단계 접근법을 고려해 볼 수 있다.

모델링에 사용할 수 있는 시물레이션 언어 또는 패키지 소프트웨어로 AweSim, CINEMA, Simple++, SimFactory 등이 가능하다. 이들은 제조시스템 모델링에 적합하게 만들어진 소프트웨어이다. 따라서 물류네트워크의 효과적인 모델링을 위해 창고, 수송장비, 재고, 수요 등의 프로그램 모듈을 포함하는 새로운 시물레이션 언어의 개발이 필요하다.

주어진 물류네트워크 문제에 적합한 모델링 방법의 선택은 문제의 복잡성과 규모, 소프트웨어와 같은 분석도구의 이용 가능성, 자료의 정확성과 유무, 의사결정에 주어진 시간적 여유 등의 여러 가지 요인에 좌우된다. Slars *et al.*(1995)은 물류네트워크 의사결정문제 리스트와 각 문제에 적합한 모델링 방법 및 해법을 표로 정리해 보았다.

1990년대 초부터 모델의 범위를 확장하여 좀더 포괄적인 물류네트워크 분석을 위한 연구가 활발하다. 크게 공급-구매, 구매-생산, 생산-분배, 재고-분배 시스템의 모델링으로 정리된다.

Kohli and Park(1994)은 최적화 모델링 방법을 적용하여 한 공급자와 동질의 구매자 그룹 사이에서 발생하는 주문비용을 최소화하기 위한 주문량 결정식을 유도하였다. Pyke and Cohen(1994)은 다제품 3단계 생산-분배 시스템의 마코브 체인모델을 개발하였다. Chandra and Fisher(1994)는 생산과 차량일정문제를 결합한 최적화 모델을 구축하고 계산실험을 통하여 그 효과를 평가하였다. Ernst and Pyke(1993)는 창고와 소매점으로 구성된 2단계 재고-분배 시스템의 최적화 모델을 구축하고 최적의 트럭용량, 발주간격, 주문량을 결정하는 식을 유도하였다. 시물레이션 모델링 방법의 적용사례로는 생산-분배 시스템에 대한 Olsmats *et al.*(1988), 구매-생산 시스템에 대한 Petrovic *et al.*(1998), Bhaskaran(1998), Sobotka(1998) 등의 연구가 있다. 물류네트워크의 부분 문제들을 결합한 모델링과 해법에 대한 자세한 문헌조사가 Mabert and Venkataramanan(1998), Thomas and

Griffin(1996), Bhatnagar and Chandra(1993)에 잘 정리되어 있다.

참고로, 물류네트워크 문제의 모델링 방법을 Ganeshan *et al.*(1999)이 제안한 바와 같이 최적화, 휴리스틱, 시물레이션을 포함한 계량모델, 개념 및 비계량 모델, 사례 위주의 실험분석 모델로 아주 포괄적으로 분류할 수도 있다.

### 3. 물류네트워크 DSS

#### 3.1 DSS의 사용

물류네트워크 의사결정 해법은 공통적으로 시스템의 부분 모델링을 통하여 설계 또는 계획의 문제를 다루고 있다. 따라서 구해진 해는 통합 물류네트워크 시스템(integrated logistics network system) 차원에서 고객 서비스 요구수준을 만족하는 최소비용의 해가 될 수 없다. 물류네트워크 의사결정의 부분 최적화를 극복하기 위해서 물류네트워크의 3단계 의사결정을 통합한 DSS의 사용이 필요하다(Bendiner, 1993).

DSS는 컴퓨터 소프트웨어 기술과 분석모델을 이용하여 사용자(관리자)의 의사결정과정을 지원하도록 설계된 대화형(interactive) 정보시스템이다. 물류네트워크 의사결정을 위한 DSS는 요소간의 trade-off 분석, 정성적 요소의 평가, 주관적 판단의 반영, 의견제시(조언) 등의 능력을 갖추어야 한다. 또 경영과학 모델, GIS(Geographical Information System) 등과 같은 대규모의 내·외부 데이터베이스를 저장, 처리, 표현할 수 있어야 한다. DSS를 이용한 물류네트워크 의사결정 과정을 <그림 2>에 묘사한다.

기업에서 물류네트워크 DSS를 사용하고자 할 때 상용 시스템(packaged system)과 자체개발 시스템(custom-built system) 중에서 선택할 수 있다. 선택은 상용 시스템의 경제성 및 신속한 사용 가능성과 자체개발 시스템의 정확성 사이의 trade-off 문제이다. 자체개발 시스템을 선택하는 데는 전문인력, 예산, 시간의 확보와 함께 경영진의 적극적인 지원이 보장되어야 한다.

지난 10년 동안 상용 시스템의 품질과 취급문제 범위는 크게 향상되었으며, 이들은 다양한 형태의 산업체에서 성공적으로 사용되고 있다. 상용 시스템은 보편적 성질로 인하여 사용하고자 하는 기업의 특수한 상황에 맞지 않는 경우가 발생할 수

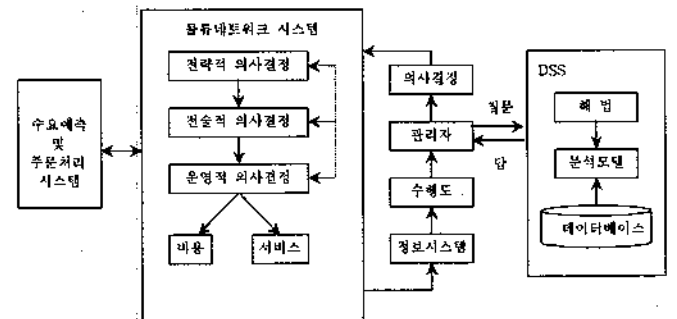


그림 2. DSS를 이용한 물류네트워크 의사결정 과정.

있다. 이러한 경우에는 불가피하게 상용 시스템을 변형하는 작업이 필요하게 되는데, 프로그램 변형은 비용과 전문기술을 필요로 하며 또한 그 결과가 불확실하다는 사실에 비추어 결코 바람직하지 않다.

일반 상용 시스템의 이러한 단점을 어느 정도 극복할 수 있는 특수 상용 시스템으로서 유사 자체개발 시스템이 있다. 이 시스템은 사용자에 물류네트워크 기본 활동(기능)들의 모듈 또는 데이터 파일을 제공해 주고 사용자가 이들을 가지고 원하는 네트워크 모델을 구축(프로그래밍)할 수 있게 해 준다. 유사 자체개발 시스템의 예로서 CAPS Logistics Toolkit(2000), DSS (Distribution Strategy Simulator)(Waller, 1995) 등이 있다.

일반 상용 시스템에 대해서 빈번히 지적되고 있는 사용상의 문제점을 정리해 보면 다음과 같다.

- 첫째, 기업의 실제 상황과 일치하지 않는다.
- 둘째, 물류네트워크 의사결정문제의 일부만을 다루고 있다. 즉, 단계별 관리수준의 통합이 이루어져 있지 않다.
- 셋째, 분석과정에서 정성적 요소와 판매비, 주문처리비, 할인 등의 비용요소가 무시되고 있다.
- 넷째, 사용과 이해가 어렵다. 특히, 그래픽, 메뉴 등 사용자 편의를 위한 도구가 미비하다.
- 다섯째, 많은 데이터 처리를 요하는 실제 상황에 적용이 어렵다.

### 3.2 기존 DSS

미국 물류관리협회의 1999년 판 물류 소프트웨어 CD-ROM (1999)에는 Anderson Consulting 회사가 조사한 1200여 개의 미국 내 상용 물류 소프트웨어에 대한 판매처, 가격, 기본기능, 프로그래밍 언어, 데이터베이스, 특징 등의 정보가 수록되어 있다. 수록된 자료만으로 각 소프트웨어들의 사용자 인터페이스 능력이나 해의 정확성 등에 대해 평가할 수는 없으나, 대부분의 소프트웨어들이 DSS의 기본기능을 갖추고 있는 것으로 보인다. 모델링 방법으로는 주로 최적화, 휴리스틱, 시뮬레이션 중 한 가지 또는 둘 이상을 복합적으로 사용하고 있으며, 전문가 시스템(expert system) 또는 AHP(Analytic Hierarchy Process) 모델을 혼합한 시스템도 눈에 띈다.

CD-ROM에 수록된 DSS는 대부분 물류네트워크 의사결정의 특정 문제를 대상으로 하고 있다. 특히, 전문적 수준의 의사결정문제를 가장 소극적으로 다루고 있는 것으로 분석된다. 이러한 현상은 반복적인 전문적 의사결정이 비즈니스 프로세스의 빈번한 재설계와 영구적 의사결정 데이터베이스의 개발을 필요로 하기 때문에 실제로 기업에서 잘 취급하지 않는 문제로 인식되고 있다는 사실(Shapiro, 1999)로 일부 설명될 수 있다.

물류네트워크의 3단계 관리수준의 문제를 모두 다루는 기존 시스템으로 상용 시스템인 CAPS Logistics Toolkit (2000)와 실험용 시스템인 DPSS (Mourits and Evers, 1995)가 있다. 이들 두 시스템도 3 수준의 의사결정을 완전히 통합하여 다루는 것은

아니다. 하지만 시스템 개발자들이 그들의 소프트웨어가 다루는 네트워크 구조와 문제의 영역을 지속적으로 확장해 오고 있는 것은 매우 고무적이다. 이것은 물류네트워크 DSS가 통합 네트워크 시스템 차원에서 사용자의 의사결정을 지원하는 도구가 되기 위해서 앞으로도 계속되어야 할 중요한 과제이다.

기존의 DSS 중 문헌에서 자주 언급되고 있는 상용 시스템과 특별히 관심을 끄는 실험용 시스템을 골라 그 특성과 함께 <표 2>에 정리한다. 이들은 모두 PC에서 실행 가능하다. 이 외에도 기업들이 자체적으로 개발 사용하고 있는 DSS들이 있다.

세계적인 통신장비 제조 회사인 Nokia의 연구소에서는 이산형 사건위주 시뮬레이션 모델링 방법을 이용한 LOGSIM (LOGistics SIMulator)(Hieta, 1998)을 개발하였다. LOGSIM은 공급자-공장-고객의 3단계 물류네트워크에서 제품구성(제품 및 서브 어셈블리 종류 수), 재고정책(MRP 외) 등의 대안을 재고 비용과 고객 서비스 수준의 관점에서 평가하는 데 사용되고 있다. LOGSIM은 ProModel 4.0과 Visual Basic 4.0으로써 프로그램되어 있다. MEM(Manufacturing Enterprise Model)(Padillo et al., 1995)은 대규모 반도체 공장에서의 물류네트워크 설계 및 계획을 위해 미국 반도체 제조 회사들의 컨소시엄에 의해 개발된 DSS이다. MEM은 최적화(MIP, LP)와 전문가 시스템(PROLOG) 모델링 방법을 사용하고 있으며, C언어로 프로그램되어 있다.

<표 2>에 포함된 DSS 중 특히 최근에 개발되었거나 독특한 시스템 구조를 가진 4개의 시스템을 좀더 자세히 소개한다.

#### 3.2.1 CAPS Logistics Toolkit

CAPS Logistics Toolkit(2000)은 네트워크 설계, 선적계획, 생산 일정계획, 차량경로결정 등 3단계 수준의 의사결정을 모두 다룬다. 모델링 방법으로는 확정적 최적화와 휴리스틱을 사용하며, 수리모형을 풀기 위해 CPLEX, LINDO, OSL 라이브러리를 내장하고 있다. 데이터 입력을 위해 Excel의 사용을 요구한다. 시뮬레이션 기능이 없어 네트워크의 평가를 할 수 없는 것이 단점이다.

시스템은 객체지향(object-oriented) 프로그래밍 방법을 이용하여 개발되었으며, 데이터 객체, 모델링 언어(MODL), 도구의 3가지 요소로써 구성되어 있다. 데이터 객체는 네트워크 구축 블록이며, 시설(공급자, 고객, 창고 등), 차량, 제품, 구역(판매 구역 등), 경로 등을 포함하고 있다. MODL은 C++로써 프로그래밍되어 있으며 데이터 객체를 네트워크로 구축하여 주고, 구축된 네트워크를 최적화 및 기타 도구들과 연결해 준다. CAPS Logistics Toolkit는 최적화, 데이터 관리, 그래픽스, 사용자 인터페이스, 분석, 결과보고 등을 위해 모두 300개의 도구를 가지고 있다. 사용자는 데이터 객체와 MODL을 이용하여 대상 네트워크를 원하는 대로 구축할 수 있다.

<그림 3>은 CAPS Logistics Toolkit가 기초로 하는 5단계 의사결정지원 구조를 보여 준다. 그림에서 플랫폼은 시스템이 자체적으로 제공하는 일종의 off-the-shelf 모델이며 사용자는 이 단계에서부터 시스템과의 인터페이스를 통하여 원하는 네트

표 2. 물류네트워크 DSS 샘플과 그 특성

제품명	개발자	의사결정문제 <sup>1)</sup>	취급문제 규모 <sup>2)</sup>	모델링 방법	특징
ASSIGN	Herbert Davis Co.	기본	고객수: 860 시설수: 200 제품수: 32 단계: 4	휴리스틱	• 거리 및 인구 데이터베이스 포함 • 이동시간, 우편번호구역, 화물운송요금 데이터베이스 포함
CAPS Logistics Toolkit	CAPS Logistics, Inc.	기본, 재고정책, 수송정책, 공급자 선정, 차량일정계획, 소싱, 선적계획	고객수: 1000 시설수: 100 제품수: 100 단계: 3~5	최적화(LP, MIP), 휴리스틱	• LAN 버전 지원 • built-in 모델링 언어(tools) • CAPS 회사 다른 물류 SW와 결합 • ODBC데이터베이스와 연결
DPSS	Netherlands Organization for Applied Science Research	기본, 조립생산일정계획, 재고관리, 공급자선정, 차량일정계획, 물류관리정책	자료 없음	최적화(MIP), 휴리스틱, 시뮬레이션	• 4개 모델로 분리 • TASTE적용 • 객체지향 데이터베이스 시스템 사용 • 민감도 분석
DSS	Coopers & Lybrand Associates 중심의 국제 컨소시엄	기본, 재고정책, 수송수단, 공급자 선정, 차량크기 및 종류, 3자 배달, 공장직접배달, 예산계획	고객수: 1000 시설수: 100 제품수: 40 단계: 5	시뮬레이션	• built-in file manager copying routine • 유사custom-built 시스템 • 상세한 비용분석
LOCATE4	CSC Consulting	기본, 재고정책, 고객 서비스수준	고객수: 1000 시설수: 150 제품수: - 단계: 10	최적화(LP), 휴리스틱, 시뮬레이션	• 화물운송요금 파일과 인터페이스 • 컨설팅 의뢰 후 구매 • 시설고정비 반영
LOPTIS	KETRON Management Science	기본, 재고정책, 시설능력확장, 생산계획	단계: 4 (다른 요소는 컴퓨터 기억용량의 여유크기에 의해 결정됨)	최적화(MIP)	• 동적 안전재고
NETWORK	Case Western Reserve University Operations Research & Operations Management Dept.	기본, 재고정책	단계: 4 (다른 요소는 컴퓨터 기억용량의 여유크기에 의해 결정됨)	최적화(LP), 휴리스틱, 시뮬레이션	• 내·외부 자료편집 기능 • 복수 해법 적용 가능 • 가격정책 반영
PHYDIAS	Bender Management Consultants	기본, 재고정책	고객수: 1000 시설수: 2000 제품수: 99 단계: 9	최적화(MIP), 전문가시스템	• 고객수요 리드타임 등 시간적 측면 고려 • 생산계획 능력
SAHLS (OPTIMA)	INSIGHT, Inc.	기본, 재고정책, 시설 능력확장, 생산계획	고객수: 250~ 1000 시설수: 100~ 200 제품수: 100~ 800 단계: 3 ~ 7	최적화(MIP)	• built-in 선적 및 재고관리 시뮬레이터 • 화물운송요금 데이터베이스 포함 • 자료입력 지원 • 재고 및 수송에 규모의 경제 개념 도입
SCS	IBM Research	분배계획, 재고관리, 생산정책, 수송정책, 고객 서비스수준	단계5 (다른 요소는 컴퓨터 기억용량의 여유크기에 의해 결정됨)	최적화(NLP), 시뮬레이션	• 상세한 비용분석 보고서 • MRP 소프트웨어 연결 가능
SLIM/2000	J.F. Shapiro Associates, Inc.	기본, 생산계획	고객수: 1000 시설수: 100 제품수: 200 단계: 무제한	최적화(MIP)	• built-in spreadsheet 능력
SM2ILE	Alabama University Industrial Engineering Dept.	분배계획, 수송수단, 선적횟수	고객수: - 시설수: 118 단계: 4	최적화(enumeration)	• 6가지의 수송수단 선택 가능 • 세분화된 비용계산 • 제품별, 고객별, 지역별 이윤분석

1) 기본: 시설수, 입지, 능력(용량)의 결정과 분배계획(시설에 고객 및 제품할당)

2) 최대크기를 나타내며, 각 요소의 사용크기와 컴퓨터 용량에 따라 실제로는 더 작아진다. 시설은 공장, 창고, 분배센터, 대리점 등을 포함한다.

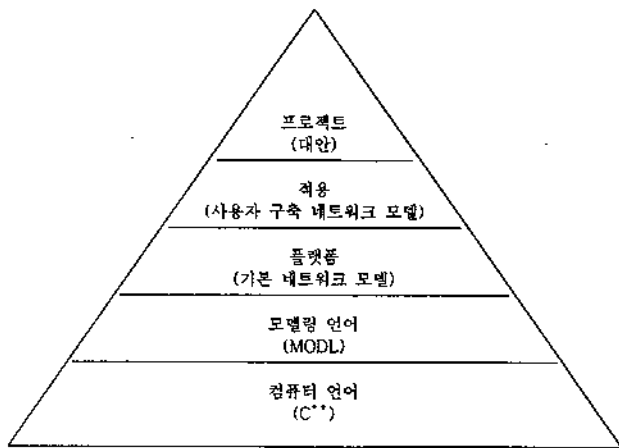


그림 3. CAPS Logistics Toolkit의 5단계 의사결정지원 구조.

워크를 구축해 나간다. 이에 따라 CAPS Logistics Toolkit는 여러 형태의 물류네트워크에 유연하게 적용되는 장점을 가지게 된다. 시스템은 사용자가 별도로 작성한 Visual Basic 또는 Borland Delphi 프로그램과의 인터페이스를 허용하고 ODBC 32비트 데이터베이스를 연결할 수 있게 해 준다.

### 3.2.2 DPSS

DPSS(Distribution Planning Support System)(Mourits and Evers, 1995)는 물류네트워크 의사결정을 배열(arrangement), 전개(deployment), 흐름(flow), 운영(operations)의 4 단계 분석모델로 나누어 단계별로 실행하도록 되어 있다. 배열모델은 네트워크의 지리학적 배치와 할당문제, 전개모델은 재고 및 조립할당 문제, 흐름모델은 각 시설에서의 재고관리 문제, 그리고 운영 모델은 네트워크 운영계획을 타룬다. 4가지 모델의 정의는 물류네트워크의 3단계 의사결정 개념과 유사하다. 모델들은 상위 모델의 해를 하위 모델의 입력으로 사용하면서 상호 연결 관계를 유지한다.

처음 3가지 모델에서는 최적화와 휴리스틱 모델링 방법을 사용하여 주어진 배달 리드타임 내에서 총비용을 최소화하는 해를 구한다. 운영모델에서는 상위 3가지 모델들을 거치면서 결정된 네트워크 설계 및 계획에 대해 여러 가지 세부적인 운영계획 대안들을 평가하는 시물레이션을 TASTE(The Advanced Studies of Transport in Europe)를 이용하여 수행한다. TASTE는 petri-net를 토대로 한 실행 도구인 ExSpect로써 구축된 시물레이터이다. TASTE는 발주 및 주문처리, 수요예측, 차량경로결정, 재고관리 과정을 포함하며, 사용자는 안전재고 수준, 이동 시간 등의 파라미터 값을 명시할 수 있다. 시물레이션을 위해 아주 많은 자료를 필요로 하기 때문에 큰 규모의 물류네트워크 분석에는 부적합하다.

사용자는 시스템이 제공하는 인터페이스를 통하여 분석대상 네트워크를 구축한다. 인터페이스는 그래픽 모듈인 LBB(Logistics Building Blocks)를 이용하여 이루어진다. LBB는 창고, 고객, 경로 등이 있으며, 사용자가 초기의 빈 LBB 창에 파라미

터 값을 입력함으로써 원하는 형태의 네트워크 구조를 완성하게 된다. 네트워크의 구축이 완료되면 사용자는 목적에 따라 DPSS의 내 모델을 동시에 또는 한 모델만을 선택 실행할 수 있다. 다른 모델의 입력자료를 준비하거나 다른 모델의 결과를 검증하고자 할 때도 한 모델만을 실행한다. 시스템은 내 모델 간의 의사소통에 LBB를 이용한다.

DPSS는 Borland C++, POET(객체지향 데이터베이스 관리시스템), STARVIEW(사용자 인터페이스 관리시스템)를 이용하여 프로그램되어 있으며, CPLEX, OS, XA 등의 라이브러리를 내장하고 있다. DPSS는 많은 입력자료의 부담과 정성적 요소를 반영할 수 없음이 단점으로 지적되고 있다.

### 3.2.3 DSS

DSS(Distribution Strategy Simulator)(Waller, 1995)는 정적 시뮬레이터로서, 다양한 물류네트워크 의사결정 대안의 평가에 사용된다. 상세한 비용계산 능력을 가지고 있어 수요의 제품조합과 지리학적 위치의 변화에 대한 분배예산계획(distribution budgeting) 수립에도 사용된다. 특히, 외주 배달의 경제성 평가와 고객/시장 서비스 전략 대안(즉, 서비스 지역 범위 및 배달 빈도의 변경)의 평가에 효과적이다. 그러나 DSS는 네트워크 운영의 동적 특성을 반영하지 못하는 단점을 가지고 있다.

DSS는 유사 자체개발 시스템이다. 사용자는 시스템이 제공하는 최대 24개의 데이터 파일(예: 수요파일, 수송경로파일, 제품파일 등)에 입력함으로써 원하는 네트워크를 구축할 수 있다. 그리고 사용자는 시스템에 내장되어 있는 파일관리자 복사루틴(file manager copying routine)을 이용하여 회사의 수요 데이터베이스나 상업용 도로 데이터베이스를 시스템의 해당 데이터 파일에 복사할 수 있다.

모든 데이터 파일에 대한 입력에 의해 물류네트워크의 구축이 완료되면, 시스템은 데이터 분석 프로그램을 실행함으로써 여러 의사결정 대안들의 조합에 대한 시물레이션을 수행한다. 시물레이션 결과보고서는 총비용 및 세부비용, 고객 및 제품 그룹별 비용, 시설 이용률, 수송수단 이용률 등의 정보를 포함한다.

### 3.2.4 SCS

SCS(Supply Chain Simulator)(Bagchi et al., 1998)는 범용 비즈니스 프로세스 시물레이터인 SIMPROCESS(Swegles, 1997)를 토대로 개발된 물류네트워크 시물레이터이다. 시스템은 최소 비용으로써 원하는 고객 서비스 수준과 목표 수입액을 달성하기 위한 물류네트워크의 전략적 및 운영적 의사결정의 대안평가, what-if 분석, trade-off 분석에 사용된다. 시물레이션의 결과로 리드타임, 평균재고, 수입, 비용, 자원이용률 등의 다양한 수행도 척도 값을 출력한다. SCS는 그래픽 프로세스 구축(모델링), 최적화, 이산형 사건위주 시물레이션과 애니메이션, 비용계산의 4가지 기능을 결합하고 있다.

SCS는 재고 최적화와 공급계획 최적화의 두 개 최적화 모델

을 내장하고 있으며, 재고 최적화 모델은 재고 최적화와 서비스 최적화 기능으로 나누어져 있다. 재고 최적화는 원하는 서비스 수준을 유지하면서 총비용을 최소로 하는 각 창고에서의 최대 재고수준과 안전재고 수준을 결정하고, 서비스 최적화는 재고예산 범위 내에서 최적의 서비스 수준을 결정한다. 재고 최적화 모델은 NLP로 구축되어 있으며 자체 개발한 휴리스틱 탐색 알고리즘을 적용하여 해를 구한다.

재고 최적화 모델은 독립적인 분석도구로 또는 시뮬레이터와 결합하여 사용된다. 독립적으로 사용시 사용자는 재고 최적화 모델의 두 기능 중 한 가지를 선택할 수 있다. 시뮬레이터와 결합되는 경우 시스템은 시뮬레이션 동안에 각 창고의 최대 재고수준과 안전재고 수준의 재설정을 위해 주기적으로 갱신된 수요자료를 가지고 재고 최적화를 반복 실행한다.

다른 하나인 공급계획 최적화 모델은 생산능력과 저장용량 제약조건을 지키면서 공장과 창고에 대한 최적의 제품할당을 결정한다(분배계획). 필요에 따라 MRP 소프트웨어와의 연결이 가능하다. 공급계획 최적화 모델은 항상 시뮬레이션이 시작되기 전에 실행되며, 구해진 해는 시뮬레이션에 반영된다. 재고 최적화 모델과 마찬가지로, 독립적 분석도구로 사용할 수도 있다.

## 4. 물류네트워크 DSS의 설계 및 개발

### 4.1 시스템 설계

모든 형태의 물류네트워크에 대해 전략적, 전술적, 운영적 수준의 모든 의사결정문제를 통합적으로 다루면서 시스템 차원의 최적해를 구해 주는 DSS는 아직 존재하지 않는다. 따라서 물류네트워크 DSS의 사용을 원하는 경우에는 보유하고 있는 자원과 주어진 예산 내에서 적용문제와 목적에 가장 부합되는 상용 소프트웨어를 구입하든지 아니면 새로운 시스템을 개발하여야 한다.

물류네트워크 DSS의 설계에는 사용의 편의성과 유연성이 우선적으로 고려되어야 한다. 메뉴, 그래픽 등을 이용하여 사용자와 시스템 간의 입·출력 인터페이스가 편리하게 이루어지고, 동시에 다양한 물류네트워크 구조와 문제에 적용될 수 있는 유연성을 갖추도록 설계해야 한다. 분석모델, 데이터베이스 관리, 사용자 인터페이스 등을 위한 소프트웨어도 시스템의 유연성에 영향을 미치므로 신중한 선택이 필요하다. 또한 해의 최적성 및 신뢰성, 기존 소프트웨어와 하드웨어와의 호환성, 빠른 실행속도, 체계적이고 종합적인 보고서 출력, 용이한 데이터베이스 관리, trade-off 분석기능, what-if 분석기능 등이 설계에 반영되어야 할 중요한 사항들이다.

물류네트워크 DSS의 구조설계는 크게 의사결정 데이터베이스, 분석모델, 표현(presentation)에 대한 설계로 나눌 수 있다. 물류네트워크 의사결정은 막대한 양의 자료를 필요로 한다. 따

라서 자료를 수집, 분석, 총괄, 단순화, 검증하여 의사결정 데이터베이스를 구축하는 작업이 시스템 개발에 소요되는 총시간의 약 60~75%를 차지한다(Moynihan *et al.*, 1995). 자료는 회사 내·외부의 다양한 소스로부터 수집할 수 있으며, 수집된 자료의 분석을 위해 데이터 마이닝(data mining) 기술, 회귀분석 등을 적용한다. 데이터베이스는 제품, 고객, 공장, 창고, 공급자, 비용, 수송 등 대상별로 별도 구축하도록 한다. 만일 제품 및 고객 수가 많으면 제품특성, 고객위치 등 합리적 기준에 따라 각각 여러 그룹으로 묶도록 한다. 이 과정은 시스템 설계의 단순화를 위해 매우 중요하다.

GIS는 DSS의 중요한 데이터베이스 중의 하나이다. GIS는 도로네트워크 지도를 내장하고 있을 뿐만 아니라, 자동 거리계산과 주소를 지리적 위치로 변환해 주는(geocoding) 기능들을 보유하고 있어 매우 유용하다. 미국의 경우 TIGER/Line 파일(Simchi-Levi *et al.*, 2000) 이름의 공용 GIS를 웹 사이트에서 간단히 다운로드 받아 사용할 수 있으나, 우리나라의 경우는 아직 완전한 GIS가 개발되어 있지 않다.

물류네트워크 의사결정-데이터베이스 구축시 유념해야 할 몇 가지 사항을 정리해 본다.

첫째, 한 의사결정문제의 해는 다른 의사결정문제의 입력으로 사용되는 경우가 많다. 따라서 모든 의사결정의 출력을 저장하기 위한 데이터베이스가 별도로 필요하다.

둘째, 비용 데이터베이스 구축과 관련하여 항목별로 직접비와 간접비의 정확한 산정과 비용식의 유도가 필요하다. activity-based costing(Atkinson *et al.*, 1997) 방법의 사용이 바람직하다. 물류네트워크 내 시설간 상이한 회계시스템을 조정하는 문제가 대두될 수 있다.

셋째, 비용, 시간, 수요 등의 미래 값 변환이 필요하다.

넷째, 효율적 데이터베이스 관리를 위해 On-Line Analytical Processing(OLAP) 그리고 데이터베이스 자료의 그래픽 디스플레이를 위해 Multidimensional Data Viewing(MDV)의 적용이 필요하다.

네트워크 분석을 위한 모델링은 DSS 개발의 핵심이다. 모델링 방법으로는 최적화, 휴리스틱, 시뮬레이션을 비롯하여 전문가 시스템과 AHP 등을 적용할 수 있다.

차량경로계획, 분배계획, 비상조달, 배달계획, 공급자 선정 등의 의사결정 과정에서 분석자의 지식과 경험이 중요하게 반영되고 있다. 이러한 전문가적 지식과 경험을 체계적으로 정리한 규칙기반 지식베이스와 추론엔진을 가지고 전문가 시스템 모델을 구축할 수 있다. AHP는 다기준 의사결정 기법으로서, 물류네트워크 의사결정에서 정량적 요소와 정성적 요소를 함께 고려해야 하는 수송수단 선정, 입지선정 등의 대안선정 문제(Liberatore and Mileer, 1995)에 적용될 수 있다. AHP 분석과정에서 필요로 하는 사용자의 쌍대(pairwise) 비교는 DSS의 인터페이스 기능을 이용하여 이루어지도록 한다.

전문가 시스템과 AHP 모델링 방법을 다른 계량적 모델링 방법과 결합하여 의사결정 과정에서 필요한 주관적 판단과 정성



적 측면을 보완해 줌으로써 해의 최적성과 실용성을 높일 수 있다. 여기서 최적성은 통합 물류네트워크 모델링에 의한 총체적 최적해를 의미한다. 모델링 방법으로서 다기준 의사결정 기법인 유틸리티 이론과 실시간적 의사결정 지원을 위한 지능 에이전트(intelligent agents) (Leeuw *et al.*, 1999; Simchi-Levi *et al.*, 2000; Swaminathan *et al.*, 1998)의 적용도 고려해 볼 수 있다.

분석모델의 설계에서 가장 중요한 고려사항은 해의 최적성과 함께 유연성이다. 유연성이란 물류네트워크의 모든 특성(예: 창고확장 능력, 임대, 고정 수송경로 등)을 분석모델에 간단히 반영할 수 있고 또 네트워크 구조에 따라 손쉽게 분석모델을 변경할 수 있는 능력을 의미한다. 유연성을 위해 모델링에 객체지향 프로그래밍 방법(Booch, 1986)을 적용할 수 있다. 물류네트워크 의사결정은 단계적이며 또한 관리수준 간 및 관리수준 내 문제들이 상호 밀접하게 관련되어 한 문제의 해가 다른 문제들의 입력과 제약조건으로 작용하는 특성을 가지고 있기 때문에 객체지향 모델링 방법은 분석모델의 유연성을 높이는 데 아주 효과적이다.

DSS에서 표현은 사용자와 시스템 간의 인터페이스와 관련된다. 표, 그림, 차트 등을 효과적으로 사용하도록 한다. 이를 위해 Excel과 같은 spreadsheet 프로그램과의 연결을 시도한다. 특히, 시뮬레이션의 애니메이션 표현은 물류네트워크의 동적 상태를 시간의 경과에 따라 잘 묘사해 주기 때문에 네트워크 운영에 대한 사용자의 이해 증진에 크게 도움을 준다.

입력메뉴와 결과보고서는 사용자가 쉽게 이해할 수 있도록 인간공학적으로 설계하여야 한다. 그리고 가능하면 GIS를 이용하여 실제 지도 위에 물류네트워크 대안과 해를 시각적으로 표현하도록 한다. 이를 구현하기 위해서는 GIS 데이터베이스, 위치와 수요 등 네트워크 특성에 대한 자료를 저장하는 데이터베이스, 분석모델의 기술적 결합이 필요하다.

지금까지 서술한 의사결정 데이터베이스, 분석모델, 표현의 설계방안을 토대로 물류네트워크 DSS의 이상적인 객체지향 구조설계를 <그림 4>에 제시한다. 객체들은 시스템과 실행의 두 단계로 나누어진다. 하위수준의 실행 객체는 자료와 모델을 직접적으로 나타낸다. 그리고 상위수준의 시스템 객체는 실행 객체를 추상적으로 나타내며, DSS의 의사결정 능력(예: 그래프, 표 등)을 정의한다. 그림에서 화살표는 호출의 주체를 의미한다.

끝으로, 미래의 DSS 개발과 관련하여 해결하여야 할 몇 가지 과제를 아래에 정리해 본다. 이러한 과제의 성공적인 해결은 실질적인 통합 물류네트워크 DSS의 실현을 앞당길 것이다.

첫째, ERP와 같은 회사 내 정보시스템과의 완전한 결합이다. 물류네트워크 DSS는 표준 인터페이스를 통하여 ERP와 결합이 가능하다. 많은 경우에 ERP 시스템에 DSS가 포함될 것이다. 결합된 시스템에서 DSS는 ERP로부터 주요 자료(예: 운임, 시장상황 등)의 실시간적 변화를 자동으로 제공받을 수 있기 때문에, 관리자는 물류네트워크의 운영을 지속적으로 감시하면서 변화에 대해 즉각 대응할 수 있게 된다. Supply Chain Optimiza-

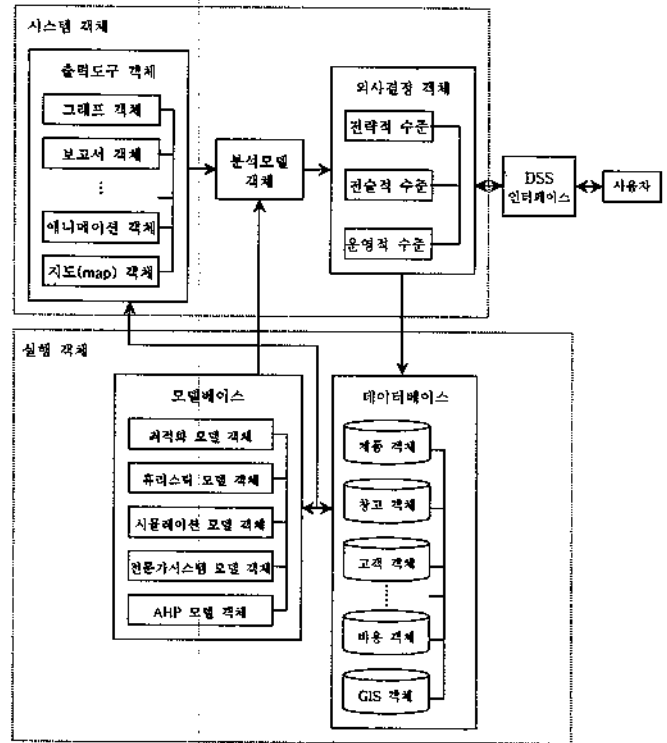


그림 4. 물류네트워크 DSS의 이상적 구조설계.

tion, Planning and Execution (SCOPE)의 한 부분인 SAP Advanced Planner and Optimizer (APO)(Simchi-Levi *et al.*, 2000)가 하나의 예이다.

둘째, 진보된 최적화 모델의 개발이다. 지금의 최적화 기술은 큰 규모의 복잡한 물류네트워크 문제를 다루기에는 많이 부족하다. 최적해가 근사해보다 당연히 더 바람직하다.

셋째, 표준화이다. 시스템의 복잡성과 비용을 줄이는데 표준화는 매우 중요하다. 지금의 상용 DSS들은 대부분 호환성이 없어 상호 결합이 불가능하다. 만일 시스템의 표준화가 달성된다면, 사용자가 통합 물류네트워크 의사결정을 위해 원하는 대로 패키지를 구성할 수 있을 뿐만 아니라 전략적 파트너 간에도 물류활동의 통합관리가 가능해질 것이다.

넷째, 웹 기반 실행이다. 웹 브라우저에서 사용자 인터페이스와 보고서 출력이 이루어지고 서버에서 분석모델이 실행되는 DSS는 회사 내 어느 장소에서나 실시간적 의사결정을 가능하게 해 줄 것이다.

#### 4.2 DLNET

DLNET(Decision support system for Logistics NETWORK design and planning)는 저자가 개발중에 있는 물류네트워크 설계와 계획을 위한 DSS이다. 여기서는 1단계 연구결과로 완성된 시스템 prototype을 간단히 소개한다. 앞으로 2단계 연구에서는 현재의 시스템에 분석모델, 데이터베이스, 그래픽과 관련하여 몇 가지 기능을 추가하고 또 시스템의 제한된 문제처리 능력을 확장할 것이다. DLNET는 곧 별도의 논문을 통해 자세히 소개될

것이다.

DLNET는 고객, 지역창고, 관리창고, 공장 및 부속창고, 부품 공급자로 구성된 최대 5단계의 물류네트워크를 대상으로 공장 및 창고입지, 부품 공급업체, 생산계획, 재고관리, 주문처리 우선순위, 수송수단, 주문창고, 배송차량경로 등의 의사결정 문제를 다룬다. 고객지점은 최대 100개, 시설은 최대 30개, 제품그룹은 최대 5개까지 설정할 수 있다. 이러한 제한은 시스템에서 사용하는 분석모델의 처리능력 조절에 의해 늘릴 수 있다.

DLNET는 사용자가 입력한 시설 수와 위치, 단계 수, 지점간 교호작용 정보를 토대로 네트워크 구조를 완성하여 화면에 색그림으로 보여 준다. 사용자는 화면 상 네트워크의 노드나 아크를 클릭하면 나타나는 입력 창을 이용하여 지점과 경로에 대한 자료(예: 시설용량, 고객주문 시간간격, 지점간 이동거리 등)를 편리하게 입력할 수 있다.

시스템은 분석을 위해 최적화, 휴리스틱, 시뮬레이션 모델링 방법을 혼합 사용하나, 시뮬레이션 모델을 중심으로 하고 있다. 시스템은 배송차량경로를 제외한 모든 의사결정 문제에 대해서 우선적으로 사용자에게 직접 해의 입력을 요구하며, 사용자가 원하는 경우 시스템은 최적화 또는 휴리스틱 모델을 실행하여 해를 제시해 준다. 사용자는 시스템이 제시한 해를 수정할 수 있다. 배송차량경로 문제에 대해서는 해 대신 적용할 휴리스틱 알고리즘을 사용자가 제공된 메뉴에서 선택 입력한다. 배송차량경로를 제외한 모든 의사결정이 입력되면 시스템은 시뮬레이션 모델을 실행하여 물류네트워크를 평가한다. 배송차량경로는 시뮬레이션 모델이 실행되는 동안 창고에서 고객주문의 배달이 발생할 때마다 사용자가 앞서 지정한 휴리스틱 모델의 실행에 의해 결정된다.

DLNET는 사용자에게 최적 또는 근사 해를 제공하거나, 대안비교, what-if 분석, trade-off 분석(예: 수송수단 변경에 따른 배달 지연율의 변화, 재고정책의 변화에 따른 창고비의 변화 등)을 통하여 사용자의 의사결정을 지원한다. 최적화와 휴리스틱 모델, 사용자 인터페이스는 모두 Visual Basic 6.0으로 프로그래밍되어 있다. 분석결과와 그래픽 출력을 위해 Excel 소프트웨어가 출력 데이터베이스와 연결된다.

DLNET의 시뮬레이션 모델은 Pritsker 회사에서 개발한 AweSim(Pritsker et al., 1997) 원도용 시뮬레이션 언어로 프로그래밍되어 있다. 시뮬레이션 모델은 기본적으로 AweSim 네트워크 모델로 구축되어 있으며, 필요할 때마다 user-written 서브 프로그램 및 외부 입·출력 텍스트 파일과 인터페이스가 이루어진다. user-written 서브 프로그램은 초기화를 위한 INTLC 함수, 각종 비용계산, 결과분석, 보고서 작성을 위한 OUTPUT 함수, 그리고 주문처리, 재고관리, 차량경로결정, 배송 등을 위한 총 16개의 EVENT 서브루틴으로 구성되어 있으며, 모두 Visual Basic 6.0으로 프로그래밍되어 있다. 시뮬레이션 과정에서 통계자료 수집은 네트워크 모델과 여러 EVENT 서브루틴에서 이루어진다.

DLNET는 그래픽, 색, 메뉴를 이용하여 사용자의 편의성을

높이며, 요약 보고서 및 항목별 세부 보고서 출력기능을 보유하며, 여러 형태의 물류네트워크를 다룰 수 있는 유연성을 가지며, 완전하지는 않지만 시뮬레이션을 이용한 피드백 메커니즘을 통하여 3단계 관리수준의 의사결정문제를 통합적으로 다루며, 3가지 모델링 방법을 효과적으로 사용하며, 물류네트워크 구성 요소들의 활동과 상호 관계를 가능한 한 사실적으로 표현하며, 그리고 다양한 운영정책 대안을 포함하고 있다.

특히, DLNET는 분석모델 실행을 위한 파라미터 입력시 사용자에게 이전 시뮬레이션 실행과정에서 분석된 자료를 제시해 줌으로써 사용자가 이를 참고할 수 있게 해 준다. 이러한 능력은 분석모델을 통해 구해진 해나 평가결과의 신뢰도를 높이는 효과가 있다. 예를 들면, 관리창고에서의 안전재고수준 결정을 위한 최적화 모델 실행단계에서 시스템은 이전 시뮬레이션 과정에서 구해진 지역창고로부터의 평균수요와 공장으로부터의 평균 재고보충 리드타임 값을 사용자에게 제시해 준다. 또 시뮬레이션 모델의 실행단계에서 시스템은 이전 시뮬레이션 종료시점에서의 창고 재고수준을 사용자에게 제시해 준다. 이 값은 창고의 초기 재고수준으로 사용될 수 있다.

사용자는 DLNET가 제공하는 입력 창을 통하여 모든 자료를 입력하고, 사용자와 시스템 간의 모든 인터페이스는 Visual Basic 환경에서 이루어진다. 이것은 사용자가 Visual Basic의 윈도 환경에서 DLNET 실행에 필요한 모든 입력 작업을 편리하게 수행할 수 있게 해 주고 또 실행결과를 볼 수 있게 해 주기 위해서이다. DLNET의 모든 분석작업은 Visual Basic 화면의 background에서 이루어진다.

DLNET의 구조가 <그림 5>에 나타나 있다. <그림 6>은 예로서 DLNET의 최종 요약보고서 화면의 일부를 보여 준다. 요약보고서는 비용, 고객서비스, 시설 이용률, 리드타임 등의 자료를 포함한다. DLNET는 요약보고서 외에 OUTPUT 1~OUTPUT 5의 5가지 세분화된 보고서를 별도 출력한다.

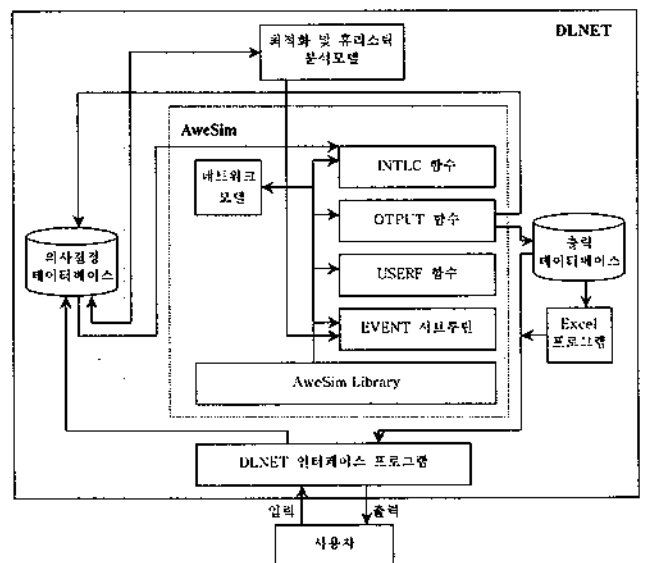


그림 5. DLNET의 구조

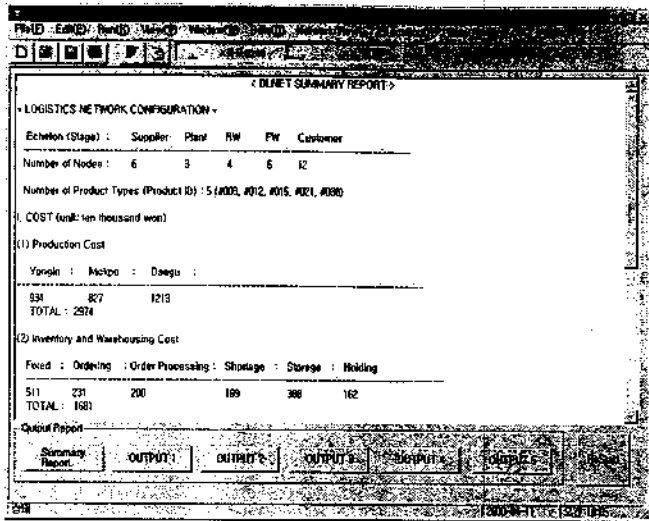


그림 6. DLNET의 최종 요약보고서 화면 예.

### 5. 요약 및 결론

기업에서 물류네트워크를 통합적으로 다루어 설계 및 계획하는 일은 비용절감과 고객 서비스수준 향상의 관점에서 매우 중요하다. 이에 따라 효과적인 물류네트워크 DSS의 사용이 필요하게 된다. 본 논문에서는 물류네트워크 설계와 계획을 위한 분석모델과 DSS에 대해 조사 연구한 내용을 소개하였고, 이를 토대로 좀더 진보된 DSS의 개발을 위한 시스템 설계방안과 이상적인 시스템 구조를 제안하였다. 그리고 저자가 개발한 DLNET를 간단히 설명하였다. DLNET는 별도의 논문을 통하여 자세히 소개될 것이다.

기존의 물류네트워크 DSS는 적용대상 문제의 제한, 해의 최적성 및 비실용성, 단편적 분석모델, 정성적 요소의 무서, 사용의 불편 등이 문제점으로 지적되고 있다. 진보된 DSS의 개발을 위해서는 의사결정 데이터베이스, 분석모델, 표현에 대해 좀더 효율적이고 수준 높은 기술의 설계가 요구된다. 구체적으로 GIS, 통합 분석모델, 객체지향 프로그래밍, 애니메이션 등의 적용은 DSS의 성능 향상에 크게 영향을 미칠 것이다. ERP와 같은 정보시스템과의 결합, 표준화, 웹 기반 실행 등은 앞으로 지속적으로 연구되어야 할 과제이다. 물류네트워크 DSS는 기업의 구매, 생산, 판매, 물류 정보시스템과 결합되어 컴퓨터 통합 생산시스템(CIM)의 한 부분으로서 중요한 역할을 수행하게 될 것이다.

### 참고문헌

이현수(1997), 물류시스템 통합 및 정보화전략 연구. *물류와 경영*, 9월호, 102-107.  
 Arnzner, B. C., Brown, G. G., Harrison, T. P., and Trafton, L. L.(1995), Global Supply Chain Management at Digital Equipment Corporation, *Interfaces*, 25(1), 69-93.

Atkinson, A. A., Banker, R. D., Kaplan, R. S., and Young, S. M. (1997), *Management Accounting*, 2nd ed., Prentice-Hall.  
 Bagchi, S., Buckley, S., Ettl, M., and Lin, G. (1998), Experience Using the IBM Supply Chain Simulator, *Winter Simulation Conference*, 1387-1394.  
 Bailou, R. H., and Masters, J. M. (1999), Facility Location Commercial Software Survey, *Journal of Business Logistics*, 20(1), 216-233.  
 Bendiner, J. (1993), Integrated Logistics Management: Benefits and Challenges, *OR/MS Today*, June, 34-36.  
 Bhaskaran, S.(1998), Simulation Analysis of a Manufacturing Supply Chain, *Decision Sciences*, 29(3), 633-657.  
 Bhatnagar, R., and Chandra, P. (1993), Models for Multi-Plant Coordination, *European Journal of Operational Research*, 67, 141-160.  
 Bitran, G. R., and Sarkar, D. (1994), Throughput Analysis in Manufacturing Networks, *European Journal of Operational Research*, 74, 448-465.  
 Booch, G. (1986), Object-Oriented Development, *IEEE Transactions, Software Engineering*, se-12, 211-221.  
 CAPS Logistics Toolkit (2000), <http://www.caps.com>.  
 Chandra, P., and Fisher, M. L. (1994), Coordination of Production and Distribution Planning, *European Journal of Operational Research*, 72, 503-517.  
 Ernst, R., and Pyke, D. F. (1993), Optimal Base Stock Policies and Truck Capacity in a Two-Echelon System, *Naval Research Logistics*, 40, 879-903.  
 Ganesan, R., Jack, E., Magazine, M. J., and Stephens, P. (1999), Chap. 27: A Taxonomic Review of Supply Chain Management Research, *Quantitative Models for Supply Chain Management*, Tayur, S., Ganesan, R., and Magazine, M. (eds), Kluwer Academic Publishers, Boston.  
 Hieta, S.(1998), Supply Chain Simulator with LOGSIM-Simulator, *Winter Simulation Conference*, 323-326.  
 Kohli, R., and Park, H.(1994), Coordinating Buyer-Seller Transactions Across Multiple Products, *Management Science*, 40(9), 45-50.  
 Leeuw, S., Goor, A. R. V., and Amstel, R. P. V.(1999), The Selection of Distribution Control Techniques, *International Journal of Logistics Management*, 10(1), 97-112.  
 Liberatore, M. J., and Mileer, T. (1995), A Decision Support Approach for Transport Carrier and Mode Selection, *Journal of business Logistics*, 16(2), 85-95.  
*Logistics Software CD-ROM*(1999), Council of Logistics Management.  
 Mabert, V. A., and Venkataramanan (1998), Special Research Focus on Supply Chain Linkages: Challenges for Design and Management in the 21st Century, *Decision Sciences*, 29(3), 537-552.  
 Mourits, M., and Evers, J. J. M. (1995), Distribution Network Design, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25(5), 43-57.  
 Moynihan, G. P., Raj, P. S., Sterling, J. U., and Nichols, W.G. (1995), Decision Support System for Strategic Logistics Planning, *Computers in Industry*, 26, 75-84.  
 Napolitano, M. (1997), Distribution Network Modeling, *IIE Solutions*, 29(6), 20-25.  
 Olsmats, C. M. G., Edghill, J. S., and Towill, D. R. (1988), Industrial Dynamics Model Building a Closed-Coupled Production-Distribution System, *Engineering Costs and Production Economics*, 13, 295-310.  
 Padillo, J. M., Ingalls, R., and Brown, S. (1995), A Strategic Decision Support System for Supply Network Design and Management in the Semiconductor Industry, *Computers & Industrial Engineering*, 29(1-4), 443-447.  
 Petrovic, D., Roy, R., and Petrovic, R. (1998), Modelling and Simulation of a Supply Chain in an Uncertain Environment, *European Journal of Operational Research*, 109, 299-309.  
 Pritsker, A. A. B., O'Reilly, J. J., and Laval, D. K. (1997), *Simulation with Visual SLAM and AveSim*, John Wiley & Sons.  
 Pyke, D. F., and Cohen, M. A. (1994), Multiproduct Integrated Production-

- Distribution Systems, *European Journal of Operational Research*, 74, 18-49.
- Sengupta, S., and Turnbull, J. (1996), Seamless Optimization of Entire Supply Chain, *IIE Solutions*, 28(10), 28-32.
- Shapiro, J. F. (1999), Chap. 23: Bottom-Up vs. Top-Down Approaches to Supply Chain Modeling, *Quantitative Models for Supply Chain Management*, Tayur, S., Genesha, R., and Magazine, M. (eds), Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Simchi-Levi, D., Kaminski, P., and Simchi-Levi, E. (2000), *Designing and Managing the Supply Chain*, Chap. 11, McGraw Hill.
- Slats, P. A., Bholra, B., Evers, J. J. M., and Dijkhuizen, G. (1995), Invited Review: Logistic Chain Modeling, *European Journal of Operational Research*, 87, 1-20.
- Sobotka, A. (1998), Inventory Control: A Simulation and Decision support System, *Simulation*, 71(3), 141-153.
- Swaminathan, J. M., Smith, S. F., and Sadeh, N. M. (1998), Modeling Supply Dynamics: A Multiagent Approach, *Decision Science*, 29(3), 607-632.
- Swegles, S. (1997), Business Process Modeling with SIMPROCESS, *Winter Simulation Conference*, 606-610.
- Thomas, D. J., and Griffin, P. M. (1996), Coordinated Supply Chain Management, *European Journal of Operational Research*, 94, 1-15.
- Waller, A. G. (1995), Computer Systems for Distribution Planning, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25(4), 35-45.



### 박양병

한양대학교 산업공학과 학사

Pennsylvania State University 산업공학과 석사

Oklahoma State University 산업공학과 박사

Northeastern University 산업 및 정보공학과 조교수

현재: 경희대학교 기계·산업시스템공학부 교수

관심분야: SCM, FMS/CIM, 컴퓨터 시뮬레이션