

물자취급장비 선정과 평가를 위한 지능화된 자문시스템†

박양병*

An Intelligent Consultant for Material Handling Equipment
Selection and Evaluation†

Yang-Byung Park*

ABSTRACT

The material handling equipment selection, that is a key task in the material handling system design, is a complex, difficult task, and requires a massive technical knowledge and systematic analysis. It is also invaluable to justify the selected equipment model by the performance evaluation before its actual implementation.

This paper presents an intelligent knowledge-based expert system called "IMESE" created by author, for the selection and evaluation of material handling equipment model suitable for movement and storage of materials in a manufacturing facility. The IMESE was constructed by using the tools of VP-Expert expert system shell, DBASEIII plus, FORTRAN 77, and SLAMII simulation language. The whole process of IMESE is executed under VP-Expert expert system environment.

1. 서 론

생산시스템에서 효율적인 물자취급시스템의 설계는 매우 중요하다. 물자취급시스템의 설계란 생산공정에서 필요한 물자의 운반과 저장에 관련한 활동을 계획하고, 이들 활동을 위해 필요한 시설

과 장비를 계획하는 것이다. 물자취급을 위한 장비의 선정은 물자취급시스템 설계의 핵심이 되는 업무로서, 장비에 대한 전문적인 지식과 분석을 필요로 하는 매우 복잡하고 어려운 의사결정문제이다. 이것은 기능상 각각 독특한 성질을 가지는 500종류 이상의 상용화된 장비가 시장에 존재하

† 이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

* 경희대학교 산업공학과

고, 고가의 구입 및 설치비용이 요구되고, 상충하는 여러 주관적 및 객관적 요인들이 함께 평가되어야 하기 때문이다. 특히 최근에는 다품종소량생산형태와 짧아진 제품수명에 기인한 설비배치의 빈번한 변경과 전자, 기계 등 과학기술의 급속한 발전에 따른 새로운 장비들의 빠른 개발로 인하여 물자취급장비의 선정은 더욱 중요한 문제로 인식되고 있다.

일반 산업체에서 장비선정업무는 주로 현장관리자, 산업공학자, 설비관리자에 의해 수행되고 있으며, 이들은 개인적인 경험, 전문서적과 잡지, 장비판매자의 의견 등을 토대로 하는 극히 간단하고 주관적인 분석방법에 의존되고 있다. 개인의 경험에 의존하게 되면 분석자 본인이 가장 잘 알고 익숙한 장비를 선호하게 될 것이고, 전문잡지를 통한 장비의 이해는 한계가 있을 것이며, 그리고 장비판매업자의 의견은 객관성이 결여된 과대선전의 경향을 가질 것이다. 이러한 주관적이며 비과학적인 방법은 주어진 물자취급상황에 가장 적합한 장비의 선정을 보장할 수 없게 되어, 결과적으로 정상적인 생산활동의 지장은 물론 상당한 생산시간과 생산비용의 증가를 초래할 수 있다.

물자취급장비 선정에 관한 최근의 국내·외 연구동향을 살펴보면 주로 지식베이스 시스템의 개발에 집중되고 있으며, 간혹 수리적 분석방법의 개발이 시도되고 있다. Farber and Fisher[1]는 부서간 단위적재(unit load)운반을 위한 장비의 선정에 사용할 수 있는 MATHES라는 지식베이스 전문가시스템을 처음으로 소개하였다. 그들은 이 시스템에서 모두 16종류의 운반장비를 포함하였다. 곧이어 Malmberg et al. [2, 3]은 산업용 트럭 선정에 사용할 수 있는 시험적인 전문가시스템을 개발하였다. Gabbert and Brown [4]은 물자취급시스템 설계에 사용할 수 있는 MAHDE라는 지식베이스 시스템의 개발을 연구했는데, 그

들은 전문가시스템에 의사결정기법의 결합을 비록 불완전하지만 처음으로 시도하였다. 이 연구는 그후 Matson et al. [5]에 의해 더욱 발전되어 운반을 위한 장비의 선정에 사용할 수 있는 EX-CITE 라는 시험시스템이 개발되었다. 그 밖에도 Kusiak[6], Luxhøj et al. [7] 등의 지식베이스 시스템 개발에 관련한 연구결과가 소개되어 있다. 수리적 분석방법에 관해서는 Miller and Davis [8], Kusiak[9], Hayes et al. [10] 등의 연구결과가 소개되어 있다.

지금까지 소개된 지식베이스 시스템들은 물자운반장비의 일부만을 다루는 제한된 그리고 불완전한 시험시스템이라는 공통된 한계를 보이고 있으며, 수리적 분석방법은 분석에 필요한 비용치들의 부정확한 산정과 여러 비현실적인 가정때문에 실제 사용이 거의 이루어지지 않고 있다. 게다가 이들 기존 연구에서는 선정된 장비의 다수 상용모델 대안들에 대한 체계적인 비교 평가나 대상물자취급시스템에서 선정된 장비모델의 수행도에 대한 평가가 분석과정에서 완전히 무시되고 있다. 특히 수행도 예측을 통하여 선정된 장비의 타당성을 미리 확인해 보는 것은 부적절한 장비의 도입에 따른 손실을 사전에 방지할 수 있다는 관점에서 매우 중요하다. 수행도 평가과정을 통해 수집된 자료는 장비의 최적운영, 장비소요 댓수결정, 시스템의 공간설계 등에 긴요하게 사용될 수 있다.

본 논문에서는 저자가 개발한 물자취급장비의 선정과 평가에 효과적으로 사용할 수 있는 지능화된 자문시스템(Intelligent consultant for Material handling Equipment Selection and Evaluation: IMESE)을 소개한다. 대상 장비는 제조시스템내 부서간 및 부서내 물자의 운반과 저장을 위한 장비종류로 국한하였다. IMESE 구축을 위해 VP-Expert 규칙베이스 전문가시스템 개발

도구[11]를 이용하였다. 저자는 국내의 우수 산업체들을 대상으로 실시한 설문조사를 통하여 IMESE 개발에 필요한 자료와 정보를 일부 수집하였다.

2. 설문조사

국내 산업체에서의 물자취급장비 선정업무에 관한 현황을 파악하기 위해 총 15개항의 질문으로 구성된 설문서를 100개 업체에 우송하였다. 조사대상 산업체는 매일경제신문에서 발행한 1992년도 회사연감[12]에 수록되어 있는 상장회사(조합급속제품, 기계·장비 제조업)중에서 매출액, 종업원수, 생산제품을 기준으로 선정하였다.

약 30개 업체로부터의 응답내용을 분석한 결과, 현재 산업체에서는 물자취급장비 선정문제의 중요성을 충분히 인식하고 있으며 부적합한 장비의 사용으로 인하여 생산 및 물자취급 활동에 심각한 문제들을 자주 경험하여 장비선정에 대한 과학적인 해결방법의 개발을 절실히 요망하고 있는 실정이다.

설문서 주요 항목들의 응답내용을 정리하면 다음과 같다.

(1) 장비선정업무는 주로 설비관리부나 공무부에서 수행하고 있으며, 담당자의 업무경력은 대부분 3년 이상이다. 장비구매는 별도로 다른 부서에서 수행하고 있다.

(2) 운반장비로는 컨베이어, 산업용트럭, AGV, 로봇트, 권양기 및 기중기 순서로 많이 사용하고 있으며, 국산제품 비율은 약 90% 정도이다.

(3) 장비선정시 주로 고려하는 요인으로는 사용의 편의성, 안전성, 보전 및 수리의 용이성, 작업능력 및 효율성, 공간사용, 가격, 주변장비와의 연계성, 기능의 다양성 등이다.

(4) 장비선정업무를 수행하면서 경험한 어려움

으로는 과학적이고 객관적인 분석방법의 부재, 장비에 관한 자료 부족, 장비에 대한 전문지식 부족, 국내 장비제조업체의 영세성 및 기술한계, 주변장비와의 연계성 보장의 불확실 등이 있다.

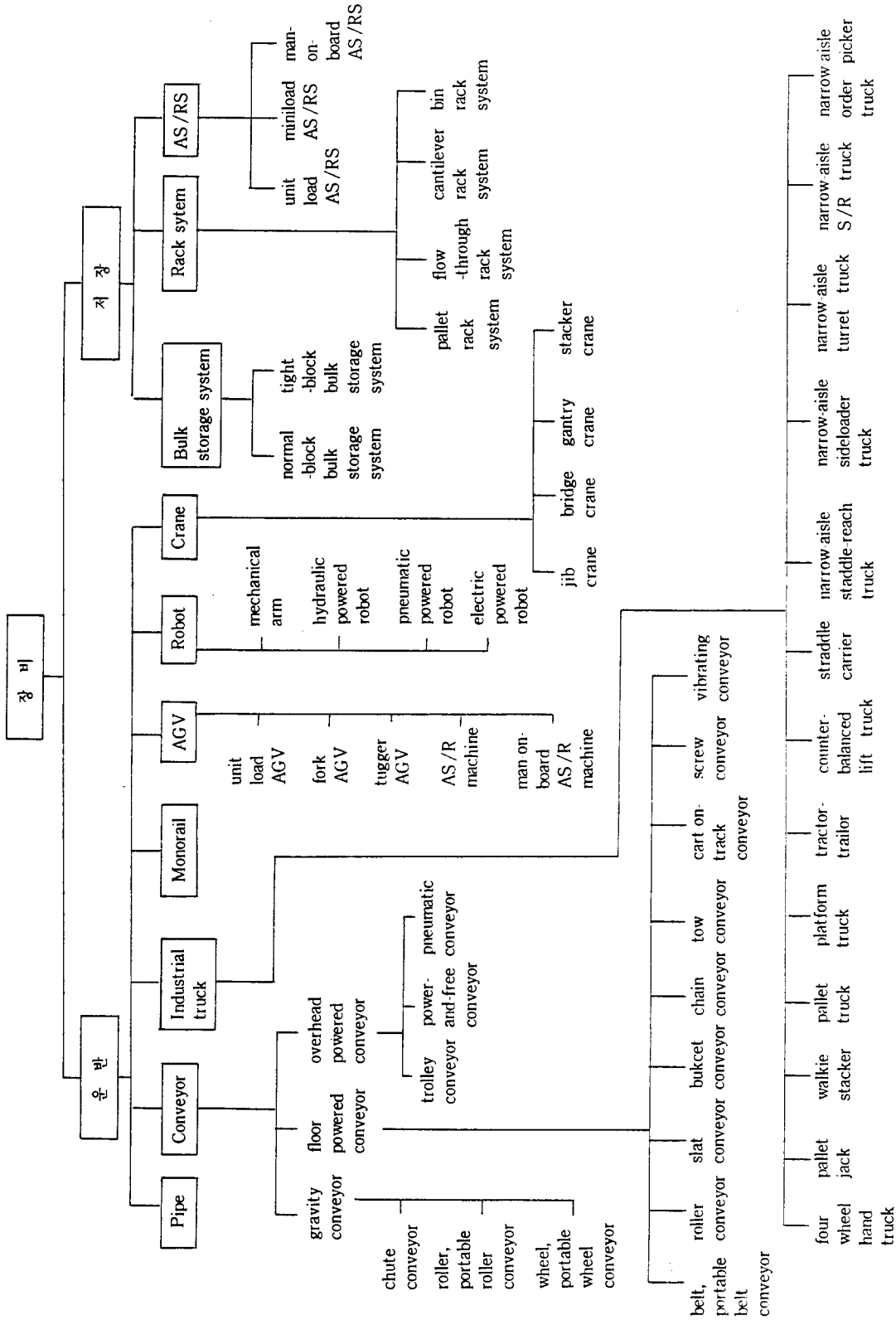
3. 지식베이스의 설계

IMESE의 지식베이스는 장비종류 선정을 위한 지식으로써 구축된다. 장비종류 선정을 위한 지식은 분석자에 의해 입력된 장비관련 특성에 가장 적합한 장비종류를 선택하는 데 사용된다.

장비종류를 선정하는 데 필요한 지식을 얻기 위해 Tompkins and White[13], Apple[14], Konz[15], Meyers[16], Sandler[17], Rehg[18], Miller[19], Luxhoj et al. [7], White and Muth[20] 등의 서적과 Industrial Engineering, Plant Engineering, Modern Materials Handling, Manufacturing Engineering, 물류시대, 경영과 자동화, 물류관리 등의 잡지, 그리고 설문조사의 결과를 참고하였다.

3.1 장비종류 및 특성

지식베이스에는 총 50종류의 물자취급장비가 포함되며, 그 내용이 그림 1에 정리되어 있다. 장비는 크게 기능에 따라 운반과 저장장비로 구분된다. 여기서 운반장비는 물자의 이송(conveying), 수송(transportation), 장·탈착(loading/unloading), 저장시스템에서의 저장 및 불출(storage/retrieval)을 위한 장비를 포함하며, 저장장비는 저장시스템을 의미한다. 운반장비는 그룹별로 파이프, 컨베이어, 산업용트럭, 모노레일, AGV, 로봇트, 크레인으로 분류되며, 저장장비는 그룹별로 벌크저장시스템, 래저장시스템, AS/RS로 나누어진다.



[그림 1] 지식베이스에 포함된 물자취급장비의 종류

주어진 물자취급시스템의 상황과 취급물자의 성질에 적합한 장비를 선정하기 위해서는 장비에 관련한 모든 특성들이 지식베이스에 포함되어야 한다. 50종류의 장비와 관련하여 모두 30개의 특성이 선정되었으며, 이들 특성은 크게 이동, 물자, 작업, 구역에 관련한 것들로 나누어진다. 이들 특성과 분류가 [표 1]에 정리되어 있다.

이동종류의 분류에서 이송은 지정된 지점사이의 고정경로를 따르는 이동, 수송은 고정공간에서 가변경로를 따르거나 가변공간에서 고정 또는 가변경로를 따르는 이동, 장·탈착은 고정공간에서

아주 짧은 거리의 이동, 그리고 저장·불출은 저장시스템에서 저장 또는 불출을 위한 이동을 의미한다. 장·탈착은 다시 옮김, 기계 장·탈착, 그리고 팔렛타이징으로 분류된다. 이동거리, 물자 무게 등은 문헌에 소개되어 있는 장비표준능력을 참고하여 계량치로써 분류되나, 물자크기, 물자량 등은 정성치로써 분류된다. 작업콘트롤은 컨베이어 종류를 결정하는 데 사용된다. 자동화는 AGV, 로봇트, AS/RS의 선택을 위해, 그리고 트러스 높이는 천장공간의 사용가능성을 확인하는 데 필요하다.

[표 1] 장비관련 특성과 분류

<u>이동(move)</u>	
이동종류 : 이송, 수송, 장·탈착, 저장·불출	이동경로 : 고정, 가변
이동코스 : 직선, 직선·커브 또는 커브	이동수준 : 바닥면, 바닥위
이동루프 : 개방, 폐쇄	이동공간 : 고정, 가변
이동거리 : 매우 짧다(~7m), 짧다(7~20m), 중간(20~70m), 길다(70m~)	
이동방향 : 수평, 경사(10°이상), 수직상승, 수직하강, 수직·혼합	
이동높이 : 낮다(~1m), 중간(1~7m), 높다(7~12m), 매우높다(12m~)	
<u>물자(material)</u>	
물자크기 : 작다, 중간, 크다	물자온도 : 낮다(~50℃), 높다(50℃~)
물자성질 : 약하다, 견고하다.	물자량 : 적다, 중간, 많다
바닥표면 : 평평, 울퉁불퉁	개별단위형태 : 비포장, 포장
벌크형태 : 액체, 고체알갱이	
물자무게 : 가볍다(~30kg), 중간(30~500kg), 무겁다(500kg~)	
물자유형 : 벌크, 개별단위, 바스톡(barstock), 팔렛단위적재	
<u>작업(operation)</u>	
작업콘트롤, 콘트롤불능, 콘트롤가능	동작경로 : 고정, 가변
자동화 : 불필요, 필요	취급물자종류 : 고정, 다양
정확도 : 낮다, 높다(±1mm이내)	기능 : 운반, 저장
장·탈착종류 : 옮김, 기계장·탈착, 팔렛타이징	
<u>구역(area)</u>	
저장구역 : 마루, 랙, AS/RS	마루공간 : 이용불가능, 이용가능
트러스높이 : 낮다(~4m), 높다(4m~)	랙깊이 : 단일, 이중
통로폭 : 좁다(1.5~2.5m), 중간(2.5~3.5m), 넓다(3.5m~)	

3.2 추론사슬

적합한 장비종류를 선정하기 위해서는 장비관련 특성들에 대한 해당 물자취급시스템의 분석과정이 필요하다. 즉, 해당시스템의 장비관련 특성요구를 가장 잘 만족하는 장비종류를 찾아내는 과정을 의미한다. 이러한 분석과정을 구현하기 위해 장비관련 특성들의 모든 조합에 대하여 각각 가장 적합한 장비종류를 정하여, 이들의 내용을 지식베이스에 저장해 두는 방법을 생각할 수 있다. 그러나 각각 2~5가지의 분류를 가지고 있는 30개 특성의 조합수는 수천개에 달하게 되어 이들 모두를 지식베이스에 구축하여 두고 사용하는 것은 매우 비효율적이며 또한 비실용적이다.

장비선정을 위한 분석과정을 살펴보면, 장비종류에 따라 선정에 필요한 관련 특성들이 다르고 또한 특성의 분류에 따라 추가로 고려해야 하는 특성들이 달라지는 것을 알 수 있다. 예를 들어, AGV 종류를 선정하는데 있어 이동거리, 벌크형태, 장·탈착종류 등의 특성은 필요하지 않다. 이러한 유형의 선정문제에 대해서는 추론사슬(inference chain)을 이용하여 지식베이스를 설계하는 것이 바람직하다. 추론사슬은 장비결론을 도출하는 데 거쳐야 되는 탐색길(search path)을 트리구조로써 표현하기 때문에 탐색의 범위와 소요시간을 크게 단축시켜 주는 효과가 있다[5]. 탐색길은 해당장비의 선정에 필요한 특성들로써 구성된다. 추론사슬을 이용한 탐색과정에서는 추리의 각 단계(node)에서 분석자에 의해 주어진 해당 특성의 분류에 따라 탐색길이 분지되는 연속된 과정을 거쳐 최종적으로 장비결론에 도달하게 된다. 이것은 장비선정업무에 관한 전문가가 추론해가는 일반적 과정과 동일하다.

본 장비선정문제와 같이 결론에 도달하기까지 고려해야 하는 특성의 갯수가 많고(최대로, slot

컨베이어의 선정에 모두 17개의 특성이 고려된다.), 장비종류를 선정하기 위한 탐색과정이 장비그룹별로 유사하게 전개되는 경우에는 탐색과정을 두 단계로 나누어 추론사슬을 구축하는 것이 효과적이다. 즉 첫번째 단계에서는 장비그룹을 탐색하고, 두번째 단계에서는 선정된 장비그룹에 속한 장비종류를 탐색한다. 따라서 탐색과정의 첫번째 단계에서는 장비그룹의 선정에 필요한 특성들이 고려되고 두번째 단계에서는 해당 그룹의 장비종류 선정에 필요한 특성들이 고려된다. 때때로 두번째 단계의 탐색과정에서 첫번째 단계에서 이미 고려된 장비관련 특성이 반복될 수도 있다. 그러나 실제 IMESE의 자문과정에서는 동일한 특성에 대한 두번째 단계에서의 질문은 자동 생략된다.

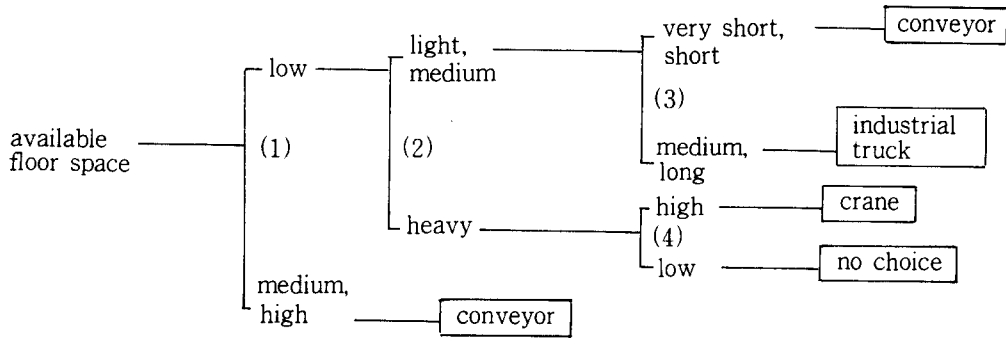
예로서, 컨베이어 종류를 선정하는 추론사슬의 일부가 그림 2에 나타나 있다. 그림에서 1단계 추론사슬은 운반장비 그룹의 선정을 위한 것으로서 이동종류가 이송, 물자유형이 개별단위, 마루공간이 이용가능한 경우를 보여준다. 2단계 추론사슬은 컨베이어의 종류를 선정하기 위한 것이다.

추론사슬을 개발할 때 고려한 몇가지 주요 사항들을 정리하면 다음과 같다 :

(1) 기능면에서 거의 동등한 2개 이상의 장비대안이 존재하는 경우는 문헌에 소개되어 있는 일반적인 비용평가 내용을 참고하여 한가지 장비를 결론으로 선택하였다.

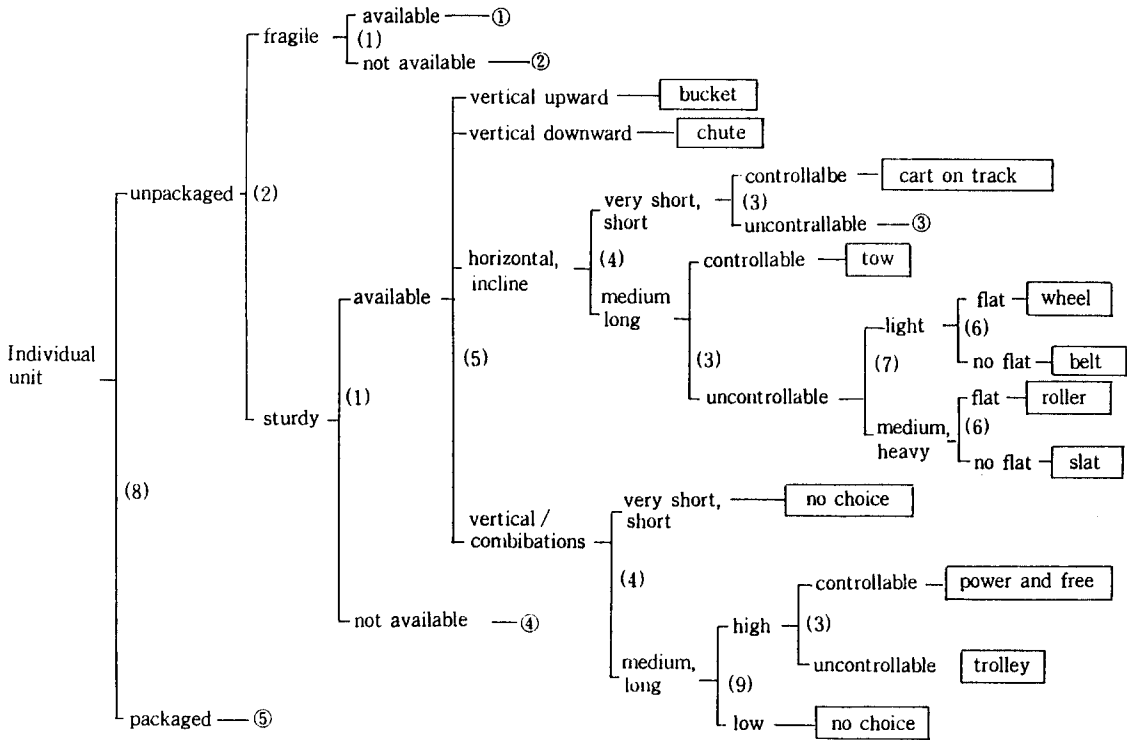
(2) 기계화된 장비의 사용이 비효율적이고 비경제적인 경우에는 '수작업'을, 그리고 적합한 장비대안이 없는 경우에는 '선정불가'를 결론으로 정하였다.

(3) 탐색과정에서 거치는 단계수를 가능한 한 줄일 수 있도록 탐색하는 특성들의 순서를 정하였다. 즉, 각 단계에서 해당 특성의 분류에 따라 장비대안이 가능한 한 많이 배타적으로 나누어지도록 특성의 탐색순서를 배열하여 빠르게 장비결



(1) material quantity (3) move distance
 (2) material weight (4) truss height

(a) 1단계 추론사슬(운반장비그룹 선정)



(1) floor space (4) move distance (7) material weight
 (2) material nature (5) move direction (8) individual unit type
 (3) operational control (6) bottom surface (9) truss height

(b) 2단계 추론사슬(컨베이어 종류선정)

주) ① : 계속되는 추론경로

□ : 장비결론

[그림 2] 추론사슬의 예

론에 도달하게 하였다. 이에 따라 운반장비와 저장장비 선정을 위한 추론사슬에서 각각 맨처음 이동종류와 마루공간 특성을 고려하였다.

(4) 천장공간에 설치하는 장비의 선정을 위해서는 최소 4m의 트러스 높이를 필요로 하였다. 예를 들어, 트러스 높이가 4m 이상일 때 power-and-free 컨베이어를 대안으로 고려할 수 있다.

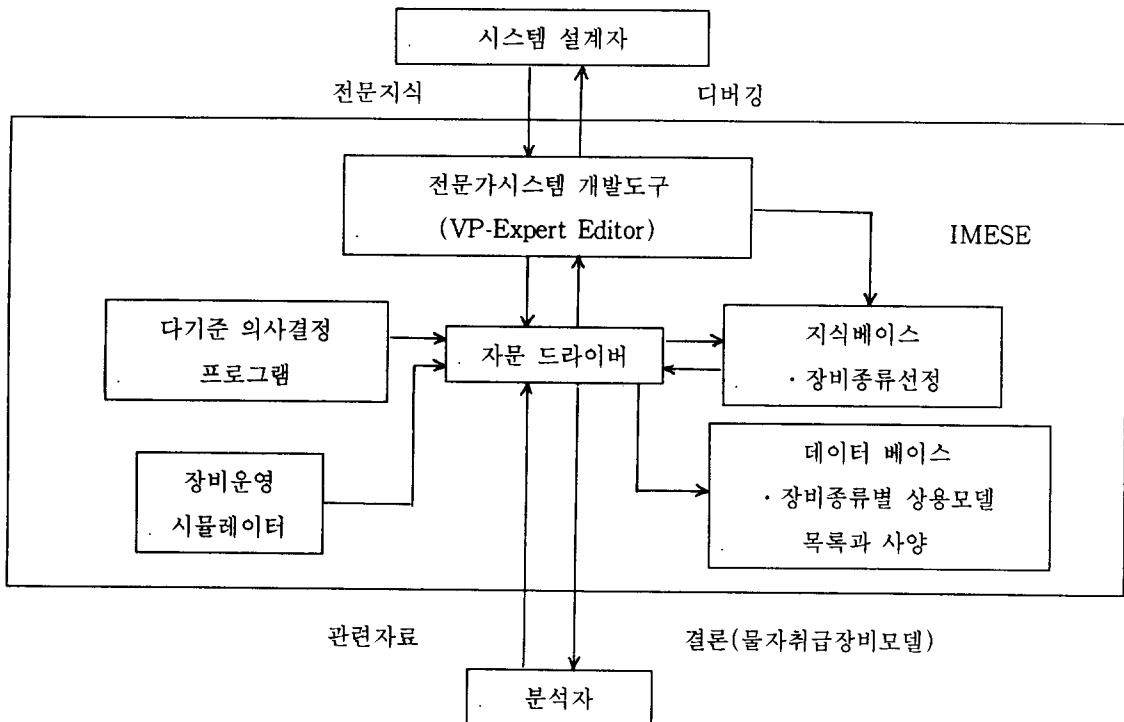
4. IMESE 시스템

4.1 개요

IMESE는 해당 물자취급시스템과 취급물자에 가장 적합한 상용장비모델을 선정하여 평가해 주

는 전문가시스템이다. IMESE의 구성은 장비종류 선정을 위한 지식베이스, 상용장비모델 대안의 비교 평가를 위한 다기준의사결정(MCDM) 프로그램, 장비의 수행도 평가를 위한 장비운영 시뮬레이터, 그리고 장비종류별 상용모델 목록을 사양과 함께 저장하기 위한 데이터베이스를 포함하여 총 4개의 모듈로써 이루어져 있다. IMESE의 구성과 구성요소들의 상호관계를 도시하면 그림 3과 같다.

IMESE는 자문과정의 첫번째 단계에서 장비종류 선정 지식베이스의 추론과정에 따라 분석자로부터 입력된 장비관련 특성들의 정보를 이용하여 적합한 장비종류를 선정한다.



[그림 3] IMESE 구성도

분석자는 계량적 특성의 질문에 대해서는 개략적인 수치를 입력하나, 정성적 특성에 대해서는 제공된 선택메뉴에서 고르면 된다. 분석자는 장비종류가 결론으로 도출되기까지의 추론과정으로부터 완전히 자유로우며, 단순히 IMESE로부터의 장비관련 특성에 대한 질문에 응답만을 제공하면 된다. IMESE는 분석자와의 원활한 인터페이스를 고려하여 자문과정에서 분석자에게 질문 및 선택메뉴에 대한 자상한 설명을 화면에 제공한다. IMESE는 분석자의 요구에 따라 자문과정에서 주어진 질문이 장비결론의 도출에 어떠한 의미를 갖는 지에 대해 설명할 수도 있다. 분석자는 주어진 질문에 응답을 할 때마다 응답의 유효성을 나타내는 0~100%의 신뢰수준을 입력할 수 있다. 이에 따라 IMESE는 0~100%의 신뢰수준과 함께 장비결론을 제시하게 된다. IMESE는 저장장비의 경우 여기서 진행을 종료하나, 운반장비의 경우 다음 단계로 진행한다.

선정된 운반장비종류는 보통 다수의 상용모델 대안을 가지고 있다. 이러한 경우 IMESE는 다기준의사결정기법을 적용하여 데이터베이스에 저장되어 있는 상용모델중 최선의 모델을 분석자에게 제시한다. 다기준의사결정기법의 실행과정에서 IMESE는 분석자에게 필수요인의 값과 평가기준 및 대안의 쌍대비교(pairwise comparisons)에 대한 입력을 요구한다.

마지막 단계에서, IMESE는 선정된 운반장비의 운영상황에 따라 해당 컴퓨터 시뮬레이터(computer simulator)를 이용하여 장비모델의 수행도를 평가한다. 시뮬레이터의 실행을 위해 필요한 자료는 분석자로부터 입력을 받는다. 시뮬레이터의 실행결과, 만약 장비운영에 따른 시스템의 수행도가 만족스러우면 IMESE는 자문과정을 종료하지만, 만약 만족스럽지 못하면 장비종류선정 단계로 되돌아가 후속과정을 반복한다. IMESE

는 최종결론으로서, 운반장비의 경우 상용장비모델을 신뢰수준, 우선순위 비중치(priority weight), 사양, 수행도척도의 정보와 함께 그리고 저장장비의 경우 장비종류를 신뢰수준과 함께 추천한다.

IMESE의 진행과정을 흐름도로 나타내면 그림 4와 같다. IMESE의 전과정은 VP-Expert 전문가시스템 환경에서 실행되며, 자문과정에서 필요에 따라 DOS 프로그램을 실행하거나 데이터베이스와의 연결이 이루어진다.

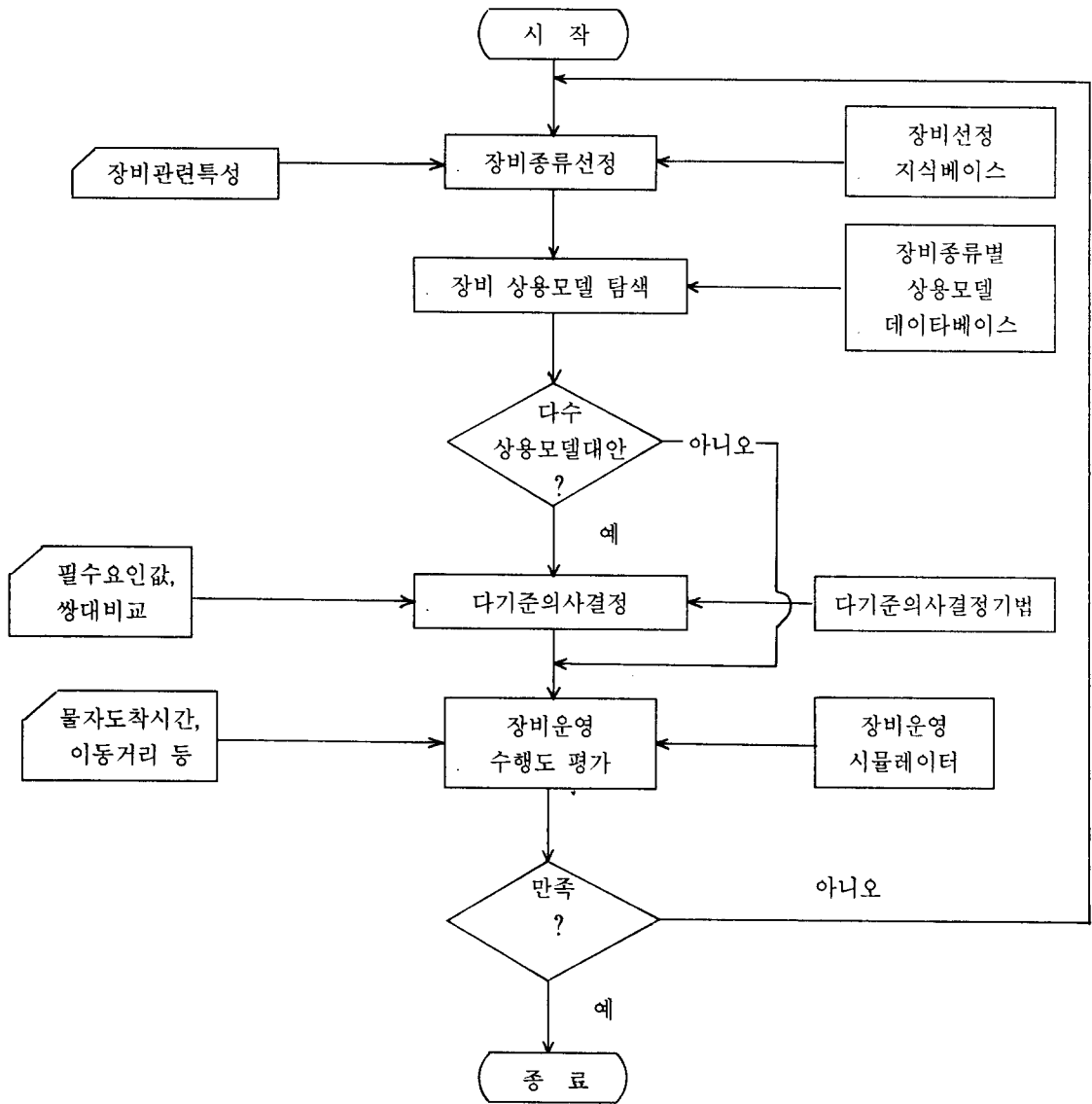
4.2 지식베이스와 데이터베이스

지식베이스는 장비선정을 위한 추론사슬을 VP-Expert 전문가시스템 개발도구를 이용하여 규칙의 집합으로 표현한 내용을 포함한다. 규칙의 기본형태는

IF <조건> THEN <결론> [CNF <신뢰수준>];

을 따른다. IF문은 AND와 OR를 이용하여 1개 이상의 조건으로 구성되어 있으며, 조건에 열거된 장비관련 특성들의 순서는 추론사슬에서의 탐색순서를 따르고 있다. 지식베이스에 구축된 총 336개의 규칙들은 모두 100% 신뢰수준을 가진다. 규칙의 뒤에 BECAUSE문을 포함하여 자문과정에서 분석자의 요구에 따라 해당 질문의 이유(WHY?)를 설명해 주도록 배려하고 있다.

데이터베이스는 장비종류별 상용모델 목록과 사양에 대한 자료를 저장한다. 이들에 대한 정보는 장비제조업체의 판매카탈로그와 물류시대 등의 물류관련 잡지로부터 수집되었다. 예로서, 지게차의 경우 총 73가지 상용모델이 8가지 사양(제조회사, 동력원, 적재무게, 적재높이, 속도, 회전반경, 이동경사, 통로폭)과 함께 기록되어 있다. 데이터베이스는 dBASEIII plus 소프트웨어



[그림 4] IMESE의 진행과정

[21]로써 구축되어 있다.

4.3 다기준의사결정기법

다기준의사결정기법은 크게 두 단계로 구성되어 있다. 첫번째 단계에서는 실제 장비를 운영하는 데 있어 요구되는 기본사항들을 만족하지 못하는 대안들을 제거하는 선별작업이 이루어진다. 이러한 기본사항은 모델대안을 평가하는 데 필수요인으로 간주된다. 필수요인의 값은 분석자로부터 입력받게 되며, 데이터베이스에 저장되어 있는

상용모델의 사양은 이 값들과 비교된다.

필수요인중 일부는 장비선정과정을 거치면서 분석자로부터 그 값을 입력받아 이미 사실로서 저장되어 있기도 한다. 예를 들어, AGV 상용모델 평가과정에서 필수요인중 전폭과 적재무게에 대한 값은 이미 사실로서 알려져 있다. 따라서 속도, 회전반경, 정지위치정밀도에 대한 값만 분석자에게 입력을 요구하게 된다. [표 2]에 운반장비 그룹별 필수요인이 정리되어 있다. 선별작업의 전 과정은 규칙들과 VP-Expert 고유명령어으로써 프로그래밍되어 있다.

[표 2] 운반장비 그룹별 필수요인

파이프 : 직경
컨베이어 : 속도, 폭, 적재무게
산업용트럭 : 속도, 이동경사, 회전반경, 전폭, 적재무게, 적재높이
모노레일 : 속도, 적재무게, 적재량
AGV : 속도, 회전반경, 전폭, 적재무게, 정지위치정밀도
로봇트 : 자유도, 속도, 적재무게, 반복도, 정밀도
크레인 : 속도, 적재무게, 승강높이

두번째 단계에서는 선별된 모델대안들에 대해 계층적분석과정(Analytic Hierarchy Process : AHP)을 적용하여 최선의 상용모델을 선정한다. AHP는 다기준의사결정 분석기법으로서 수송계획, portfolio 선택, 마케팅 등의 다양한 분야에서 매우 효과적으로 이용되고 있다[23]. 장비모델대안 평가를 위해 4단계 AHP 모델을 구성하였다. AHP 모델의 계층적 구조가 그림 5에 보여진다.

평가기준을 다음과 같이 요약 정리할 수 있다.

- (1) 기술적 관점 : 실제 장비를 사용하는 데 따른 기술적인 문제를 의미한다.
 - 보전성 : 예방보전 및 수리의 용이성, 부품조달의 용이성, 모델생산의 지속여부, 사용중인 다른

모델 부품과의 호환성, 배터리충전 시간간격 및 소요시간, 애프터서비스의 용이성 및 질적수준 등

- 편의성 : 작동의 용이성, 자동화여부, 불필요한 기능 보유여부 등
 - 적합성: 주변장비와의 연계성, 장비종류의 표준화 등
 - 안전성: 안전사고기록, 안전장치설계, 인간공학 적 설계, 작업자사기 등
- (2) 경제적 관점: 돈으로 환산할 수 있는 경제적 요소를 의미한다.

- 구입비 : 장비구입비, 세금, 잔존가치, 수명, 경비 등
- 운영비 : 인건비, 동력비, 수리비, 훈련비 등

(3) 전략적 관점: 정책적 고려를 의미한다.

· 제조업체 : 장비제조업체의 기술 및 품질에 대한 지명도, 신모델 시판계획, 회사와의 관계 등

· 미래 : 생산능력의 조정 또는 수요의 변화에 따른 작업량 증·감 전망, 자동화 또는 FMS 도입과 같은 공정의 변경계획 등

AHP는 적용과정에서 분석자로부터 평가기준들과 대안들의 상대적 중요도를 나타내는 쌍대비교의 입력을 필요로 한다. 분석자의 쌍대비교에 대한 consistency factor의 상한치로는 Satty

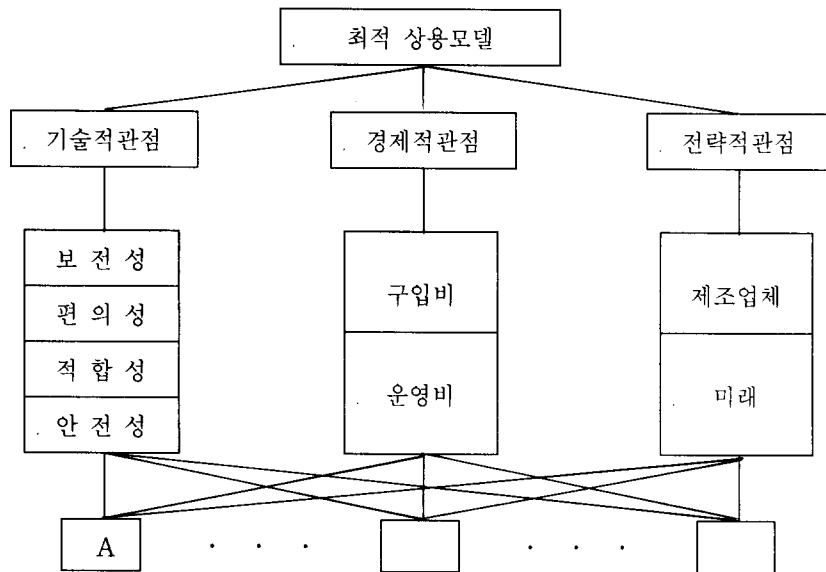
[22]가 제안한 0.1을 설정하였다. 만약 계산된 consistency factor값이 0.1 이상이면 분석자는 해당 쌍대비교를 모두 새로 반복한다. AHP 적용 결과 가장 높은 우선순위 비중치를 가진 대안이 최선의 장비모델로 선정된다. AHP는 FORTRAN 77로 프로그램되어 있다. Expert Choice[24]라는 상용 소프트웨어 패키지를 이용하면 평가기준의 중요도 변화에 따른 장비모델의 우선순위 변화를 관찰할 수 있는 민감도 분석도 가능하다.

목표

주평가기준

부평가기준

모델대안



[그림 5] 장비모델대안 평가를 위한 AHP 모델

4.4 장비운영 시뮬레이터

시뮬레이터는 선정된 장비모델이 실제 시스템에서 운영될 때 예상되는 수행도를 미리 평가해 보는 데 이용된다. IMESE에서 고려할 수 있는 장비운영상황은 장비그룹, 이동종류, 저장구역의 조합에 따라 표 3에서와 같이 모두 7종류로 나누어진다. 따라서 7개의 시뮬레이터가 존재한다.

예로서, 로봇트가 장. 탈착 작업을 수행하는 상황에 대해 개발한 prototype 시뮬레이터를 간략히 소개한다. SIMRT(SIMulator for Robot's operation)라 명명된 이 시뮬레이터는 단일 그리퍼를 장착한 로봇트 1대가 긴 팔로써 두 지점사이를 왕복하며 물자를 옮기는 작업을 수행하는 간단한 상황을 가정하고 있다.

SIMRT는 네트워크모델로 구축되어 SLAMII

[표 3] 장비운영상황의 7가지 분류

장비그룹	이동종류	저장구역
1. 컨베이어, 모노레일	이송	
2. 산업용트럭, 크레인, AGV	이송	
3. 산업용트럭, 크레인, AGV	수송	
4. 산업용트럭, 크레인, AGV	장·탈착	
5. 산업용트럭, 크레인, AGV	저장·불출	랙, AS/RS
6. 산업용트럭, 크레인, AGV	저장·불출	마루
7. 로봇트	장·탈착	

언어[25]와 FORTRAN 77로써 프로그램되어 있다. 프로그램은 SLAMII 입력문, 자료입력을 위한 초기실행 FORTRAN 프로그램(INTLC), 물자의 도착시간 간격을 정해주는 FORTRAN 함수프로그램(USERF(1)), 시뮬레이션 결과출력을 위한 FORTRAN 프로그램(OUTPUT) 등으로 구성되어 있다. SIMRT를 실행하는 데 필요한 입력자료는 물자의 도착시간간격 평균치와 로봇트 이동 및 작업소요시간이며, 사용자로부터 직접 입력된다. SIMRT의 실행결과, 시간당 작업량, 작업물 평균 대기시간, 평균대기작업물수, 그리고 로봇트 이용률 등의 수행도 평가척도가 화면에 출력된다.

5. IMESE 실행 예

컴퓨터 화면상에서 진행되는 IMESE의 자문과정을 보이기 위해 장비결론으로서 로봇트가 추천되는 사례 하나를 구성하였다. IMESE는 IBM PC 486 호환기종에서 실행되었다. 지면 관계상, 전체 실행과정중에서 이동종류 입력과 최종 장비모델추천 출력화면만을 [그림 6]에 모아 본다.

6. 결 론

본 논문에서는 저자가 제조시스템내 물자의 운반 및 저장을 위한 장비의 선정과 평가에 효과적으로 사용할 수 있도록 새롭게 개발한 지능화된 자문시스템(IMESE)을 소개하였다. 물자취급장비 선정을 위한 전문가시스템에 과학적방법에 의한 최선의 상용모델 선정과정과 장비의 수행도 평가과정을 포함한 것은 최초의 시도라고 볼 수 있다.

저자는 자문시스템에 가능한 한 많은 주요 물자취급장비 종류와 그들의 상용모델, 그리고 장비관련 특성을 포함하도록 노력하였다. 또한 장비종류의 효율적인 탐색을 위해 새로운 발견적기법을 개발하여 추론사슬 구축에 사용하였다. 데이터베이스관리, AHP, 시뮬레이션 등의 기법들이 성공적으로 자문시스템에 접목되었다.

문헌을 통한 기존 시스템들의 상세한 정보수집이 불가능하여 IMESE와 그들사이의 자세한 비교를 할 수 없었다. 그러나 IMESE는 기존 시스템들과의 단순 비교에 의해 완성도, 효율성, 실용성 측면에서 더 뛰어나다고 말할 수 있다. 앞으로 추론사슬의 개선, 데이터베이스 확충, 그리고 모든 가능한 장비 운영상황에 대한 시뮬레이터 개발 등에 대한 지속적인 연구가 요망된다. IMESE는 산업체의 물자취급시스템 설계자에게 매우 유용한 도구가 될 것이다.

*** MOVE TYPE MENU ***

This attribute aids in defining the type of move being considered.

There are four types of moves:

CONVEYING : Moves involve movement between specific points over a fixed path.

TRANSPORTATION : Moves involve movement over a variable path in a fixed area or over a fixed or variable path in a variable area.

LOADING /UNLOADING : Moves involve lifting, transferring, and positioning of loads in a small fixed area.

STORAGE/RETRIEVAL : Moves involve storing and retrieving of loads in a storage area.

1. CONVEYING
2. TRANSPORTATION
3. LOADING /UNLOADING
4. STORAGE/RETRIEVAL

ENTER YOUR CHOICE NUMBER AND RETURN : 3

(a) 이동종류 입력

*** EQUIPMENT RECOMMENDATION ***

The consultant system(IMESE) finally recommends HIRATA AR-Z1000F electric powered robot with a confidence level of 100% and a priority weight of 0.83.

SPECIFICATIONS

MFG. COMPANY : HIRATA CORP.

CONFIGURATION : ARTICULATING TYPE

DEGREES OF FREEDOM : 4

POWER SOURCE : AC SERVO MOTOR

MAX. PAYLOAD : 50kg

MAX. SPEED(w/load) : 18m/min

REPEATABILITY : $\pm 0.3\text{mm}$

ACCURACY : $\pm 0.5\text{mm}$

PERFORMANCE MEASURES

AVE. THROUGHPUT PER HOUR : 25.8units

AVE. WAITING TIME OF LOADS : 0.08min

AVE. NO. OF WAITING LOADS : 2.41units

AVE. UTILIZATION OF ROBOT : 77.3%

(b) 장비모델 추천 출력

[그림 6] IMESE 실행 예에서 선택된 화면

참 고 문 헌

- [1] Farber, J. B. and Fisher, E. L., "MATHES: Material Handling Equipment Selection Expert System", *Technical report No. 85-16*, NCS University, 1985.
- [2] Malmberg, C. J., Agee, M. H., Simons, G. R. and Choudry, J. Y., "A Prototype Expert System for Industrial Truck Type Selection", *Industrial Engineering*, pp. 58-64, March 1987.
- [3] Malmberg, C. J., Agee, M. H., Simons, G. R., and Choudry, J. Y., "An Expert System for Selection of Material Handling Equipment", in A. Kusiak(Ed.), *Artificial Intelligence: Implications for CIM*, IFS Publications, Kempston, U. K., pp. 484-504, 1988.
- [4] Gabbert, P. S., and Brown, D. E., "A Knowledge-Based Approach to Material Handling System Design in Manufacturing Facilities", *Proceedings of the 1987 International Industrial Engineering Conference*, pp. 153-157, 1988.
- [5] Matson, J. O., Mellichamp, J. M., and Swaminathan, S. R., "EXCITE: Expert Consultant for In-Plant Transportation Equipment", *Int. J. of Prod. Res.*, Vol. 30, No. 8, pp. 1969-1983, 1992.
- [6] Kusiak, A., *Intelligent Manufacturing Systems*, Prentice-Hall, pp. 180-205, 1990.
- [7] Luxhoj, J. T., Hellman, S., Lee, S. R., and Perdek, J., "Using Prototype Expert Systems for AGV Selection," *Industrial Engineering*, pp. 44-48, Sep. 1992.
- [8] Miller, D. M., and Davis, R. P., "The Machine Requirements Problem," *Int. J. of Prod. Res.*, Vol. 15, No. 2, pp. 219-231, 1977.
- [9] Kusiak, A., "The Production Equipment Requirements Problem," *Int. J. of Prod. Res.*, Vol. 25, No. 3, pp. 319-325, 1987.
- [10] Hayes, G. M., Davis, R. P., and Wysk, R. A., "A Dynamic Programming Approach to Machine Requirements Planning," *AIIE Transactions*, Vol. 13, pp. 175-181, 1981.
- [11] Paperback Software International, *VP-Expert: User Manual*, 1987.
- [12] '92 회사연감 상,중,하. 매일경제신문사, 1993.
- [13] Tompkins, J. A., and White, J. A., *Facilities Planning*, John Wiley & Sons, Inc., 1984.
- [14] Apple, J. M., *Plant Layout and Material Handling*, John Wiley & Sons, Inc. 1977.
- [15] Konz, S., *Facility Design*, John Wiley & Sons, Inc., 1985.
- [16] Meyers, F. E., *Plant Layout and Material Handling*, Regents/Prentice-Hall, 1993.
- [17] Sandler, B., *ROBOTS: Designing the Mechanisms for Automated Machinery*, Prentice-Hall, 1991.
- [18] Rehg, J. A., *Introduction to Robotics in CIM Systems*, Prentice-Hall, 2nd ed., 1992.
- [19] Miller, R. K., *Automated Guided Ve-*

- hicles, SME, 1987.
- [20] White, J. A., and Muth, E. J., "Conveyor Theory: A Survey", *AIIE Transactions*, Vol. 11, No. 4, pp. 270-277, 1979.
- [21] 손경엽, 알기쉬운 dBASEIII plus, 세화출판사, 1987.
- [22] Satty, T. L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [23] Canada, J. R., and Sullivan, W. G., *Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems*, Prentice-Hall, pp. 259-284, 1989.
- [24] Expert Choice, Inc., *Expert Choice: User Manual*, 1992.
- [25] Pritsker, A. A. B., *Introduction to Simulation and SLAMII*, Systems Publishing Co., 1986.