

공장자동화를 위한 통합제어시스템에 관한 연구

Study of Integrated Control System for Factory Automation

최 경 현*, 윤지섭**

(Kyung-hyun Choi, Ji-Sup Yoon)

* 한국원자력 연구소(Tel:042)868-8259: Fax:042)868-2854: E-mail:khchoi@nemacnis.kaeri.re.kr

** 한국원자력 연구소(Tel:042)868-2855: Fax:042)868-2854: E-mail:jsyoon@nemacnis.kaeri.re.kr

Abstracts This paper describes a cell programming environment that deals with problems associated with programming Flexible Manufacturing Cells(FMCs). The environment consists of the cell programming editor and the automatic generation module. In the cell programming editor, cell programmers can develop cell programs using task level description set which supports task-oriented specifications for manipulation cell activities. This approach to cell programming reduces the amount of details that cell programmers need to consider and allows them to concentrate on the most important aspects of the task at hand. The automatic generation module is used to transform task specifications into executable programs used by cell constituents. This module is based on efficient algorithm and expert systems which can be used for optimal path planning of robot operations and optimal machining parameters of machine tool operations. The development tool in designing the environment is an object-oriented approach which provides a simple to use and intuitive user interface, and allows for an easy development of object models associated with the environment.

keywords Object-Oriented Paradigm, Flexible Manufacturing Cells, Cell Task Specification Language, Artificial Intelligence.

1. 서론

제품의 수명 주기(life cycle)가 감소되는 추세에 따라 소비자의 다양한 요구에 현대의 제조(manufacturing)시스템은 신속히 대응할 수 있는 동적 시스템으로 고려되어야 한다. 이러한 요구들에 대한 대처 방안으로는 유연제조 시스템의 자동화 진행, 제조 지식 베이스의 사용 및 가공 능력의 향상 등을 들 수 있다. 진보된 자동화 공장을 실현하려는 노력은 높은 수준의 유연성을 가지는 제조 셀들의 개발에 초점을 맞춘다. 이러한 유연제조 셀(Flexible Manufacturing Cells)의 일반적인 구성요소는 NC머신, 로봇, 컨베이어, 센스시스템 등이며, 제조 셀 내에서 주어진 작업을 원활히 수행하기 위해 구성요소들을 조화롭게 작동할 수 있도록 셀 제어기도 필수적인 요소의 하나이다.

유연제조 셀에서 구성요소들의 실질적인 통합을 이루는데 중요한 걸림들은 구성 머신 툴들이 각각 다른 고유기계언어(machine programming language)에 의해서 작동하는데 있다. 이는 각각의 머신 툴 제조업자들은 제조한 기계류의 특성을 부각시킬 수 있는 제어 언어를 설계하며, 다른 제조업자들의 기계류와 통합할 수 있는 기계류들을 설계하지 않기 때문이다. 한 제조업자가 모든 종류의 기계류를 생산할 수 없기 때문에 모든 종류를 포함하는 표준 언어가 개발되지 못한 실정이다.

실질적인 시도는 다양한 벤더에서 제작된 머신 툴, 로봇 등을 수요자들의 변화하는 요구에 대해 신속히 대응하는 유연한 환경과의 통합이 가능한 시스템과 전략을 개발하는 것이다. 제어기 제조업자들로부터 시스템의 개발에 참여를 유도함으로써, 표준화를 만들기 위한 여러 번의 시도가 있었다. 그러나 현재까지 폭넓게 받아들여질 수 있도록 충분히 머신 툴 제조업자들로부터 호응을 받지는 못했다. 예를 들면, Word Address 포맷이 기계 가공 머신에서의 표준으로 선택되었으며, APT는 미국 국제 표준화 기구(American National Standards Institute)에 의해서 포

트란이나 다른 컴퓨터 프로그래밍 언어와 동등한 언어로 인식되었다. 더구나 APT를 로봇이나, CMM의 영역까지 확장시키려는 작업이 지속적으로 행해지고 있다[1]. GM 연구팀에 의해 개발된 MAP는 제조환경내의 구성요소들 간의 통신 프로토콜의 표준화를 다루고 있다.

위에서 언급한 제조 셀의 구성 기계들의 통합과 운영 문제에 대한 또 다른 접근은 모든 제조업자들에게 하나의 표준을 따르도록 강요하는 것이 아니라, 제조업자들의 개발 방향을 도와주는 프로그래밍 환경을 개발하는 것이다. 이러한 접근법은 개발된 하나의 시스템이 제조 셀을 설치하고, 셀을 프로그래밍 하는데 사용함으로써, 머신 툴 유형 또는 벤더와는 독립적인 머신 툴의 집합을 제어하는데 사용 할 수 있는 이점을 가졌다. 따라서 제조업 회사는 고유의 제조 환경에 적합한 유형의 기계를 구입하여 제조 시스템을 구성할 수 있으며, 각각의 기계 제어 시스템의 종류 등은 중요한 판단 기준으로는 삼지 않아도 된다. 카네기 멜론 대학과 Westinghouse의 협력으로 개발된 CML[2]는 데이터와 언어정보를 테이블 구조에 기초를 두고 있으며, 이러한 연구는 셀 제어기에 대해서만 초점을 맞춘 반면, NC나 셀 프로그래밍에 대해서는 고려를 하지 않았다. Volz [3]은 Ada가 실시간 운용 시스템의 예로서, 로봇에 기초한 제조 셀을 어떻게 프로그래밍 하는가에 대하여 논하였으며, Lavas [4]는 workcell 응용 설계의 과정에 대한 특징을 설명하고, 소프트웨어 환경인 WADE의 구조와 수행을 보여주었다. 제조 셀을 설치하고 프로그램 하는데 문제점을 해결하기 위해, 자동 기계 언어(automated machine programming language)의 광범위한 연구의 결과로서 UniSet [5,6]을 개발하였다. 위의 시스템들에 따르면 환경 설계에 있어서 제안된 방법은, 사용하기에 간편하고 사용자의 직관적인 인터페이스를 제공하는 객체 지향 접근법이다. 이 접근법은 간편하게 시스템 모델을 개발할 수 있도록 해준다. 그러나, 이러한 시스템에 있어서도 셀 프로그래밍은 실제 제조에 있어서의 상당한 전

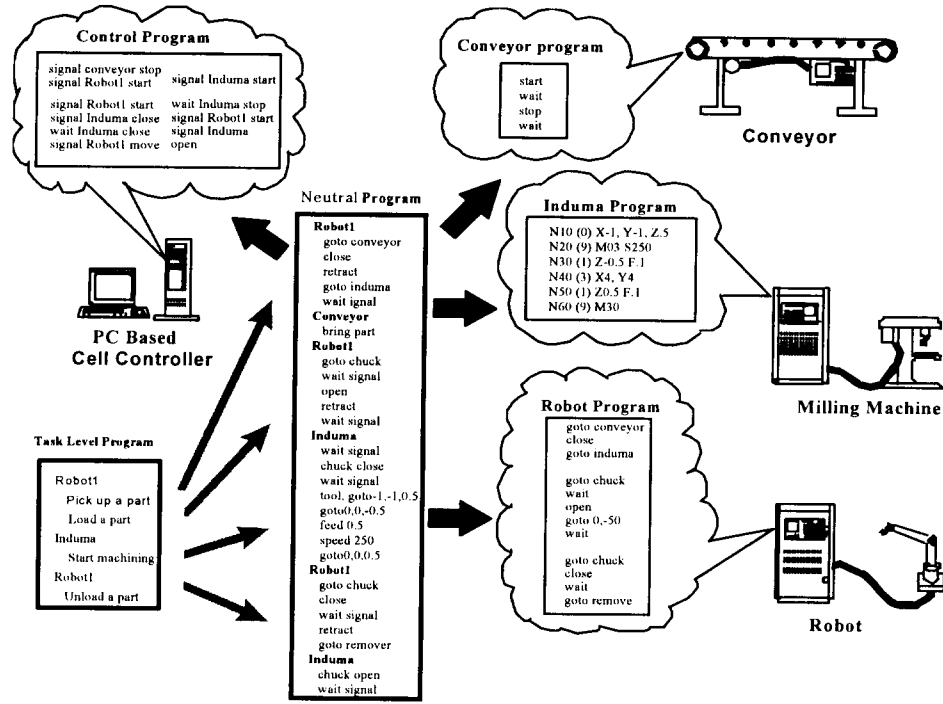


Fig. 1. Automatic Generation and Translation Mechanism

문성과 세부사항들에 대한 많은 지식을 요구한다. 기계들간의 상호작용이 중요한 유연제조 셀 프로그램을 개발하는 예비단계에서 생각해야 할 일들, 즉 NC머신 작업시 이송량이나 절삭깊이, 또는 출발 지점과 목적지점 사이의 로봇의 정확한 궤도 같은 세부사항들은 즉각적인 요구사항들 보다 더 힘든 작업이 될 수도 있다.

이 논문은 타스크 레벨의 서술 언어의 도입으로 유연제조 셀을 통합하고 셀 프로그래밍을 하는데 어려움을 해결할 수 있는 셀 프로그래밍 시스템을 제안한다. 객체 지향 접근과 지식 베이스를 이용하여 이 유연제조 셀 내에서의 작업에 관련된 정보 및 시스템을 모델링을 시도하였으며, 타스크 서술로부터 상세한 셀 프로그램을 자동적으로 생성해내는 방법론도 이 논문에서 언급할 것이다.

2 타스크 레벨 셀 프로그래밍 개념

셀 프로그램은 로봇 프로그램, NC 공작기계의 파트 프로그램, 순차적인 작업 수행을 정의하는 제어 프로그램으로 구성되어 있다. 명령어 단계에서는 셀 구성 요소들이 어떤 작업을 수행하기 위해서 수행해야 하는 모든 동작들은 상세히 서술되어야 하고, 또한 셀 프로그래머에 의해서 다른 기계들의 움직임들과 조화를 이뤄야 한다. NC머신에 가공물을 로드하는 작업은 컨베이어로부터 가공물을 잡고, NC머신에 로드하기 위해서 로봇에게 필요한 명령어들을 다운로드 해야 하며, 또한 컨베이어와 NC머신에 의해서도 필요한 동작이 이루어져야 한다.

컨베이어와 로봇의 상호작용과 로봇과 NC머신의 상호작용을 제어하기 위하여 연동신호(interlock signal)가 이들 제어기 사이에 교환되어야 할 것이다. 이러한 모든 상세 정보는 셀 프로그래머에 의해서 미리 정의되어지고 실행되어야 한다. 프로그래머의 작업이 이들 세 가지 서로 다른 기계언어를 사용하여 필요한 동작들을 서술해야 한다는 사실이 셀 프로그램을 어렵게 만

든다. 만약 시스템이 제조와 FMC제어 등의 서로 다른 "전문 기술(expertise)"을 제공한다면, 프로그래머에게 남겨진 작업은 그들의 목적을 달성하기 위해서 수행되어야 할 필요가 있는 작업만을 표현하는 것이다.

타스크 레벨 서술 명령어에는 타스크의 완수를 위해 셀 구성 기계들이 실행해야 할 동작들에 관한 모든 정보와 지식들이 함축되어 있다. 이러한 개념은 객체 지향접근법을 이용하여, 타스크 레벨의 명령어들이 객체로 정의되어 상태와 메소드에 이들 정보와 지식들이 포함되어 있다.

타스크 레벨 프로그램을 사용하여 셀 운용을 통제하기 위해서는 프로그램이 해당 기계가 사용하는 형식으로 변환되어 실행되어야 한다. Fig. 1에서 보듯이와 같이 타스크 레벨 프로그램은 중립(neutral)형태의 명령어들로 생성된 후, 각 해당 기계에 대한 프로그램들로 번역되어진다. 자동 생성과 번역 기능은 시스템에 내재되어 있다.

3. 로봇/NC 머신 프로그램 자동 생성 및 변환

생성 모듈의 목적은 셀 타스크 묘사로부터 중립적인 코드를 생성하고, 다시 해당 기계 명령어로 번역하면서 입력 에러를 찾아내는 것이다. Fig. 2에서 보듯이와 같이 모듈 구조는 연속적인 내부 데이터 모델(타스크 명령어, 중립적인 명령어, 대상 코드의 집합)들을 생성하는 세 가지 과정으로 구성된다. 이러한 과정들은 UniParser, UniGenerator, UniTranslator의 세 가지 객체들에 의해 수행되어진다. 이러한 각각의 객체는 자기자신의 함수와 그들의 임무를 수행하는데 필요한 지식베이스를 가지고 있다.

3.1 UniParser

객체 UniParser의 주요 역할은 프로그래머가 작성한 프로그램을 인식하고 타스크 레벨 명령어와 관련된 객체들의 집합으로 변환한다. 사용자의 에러를 발견하면 수행을 정지하고 에러

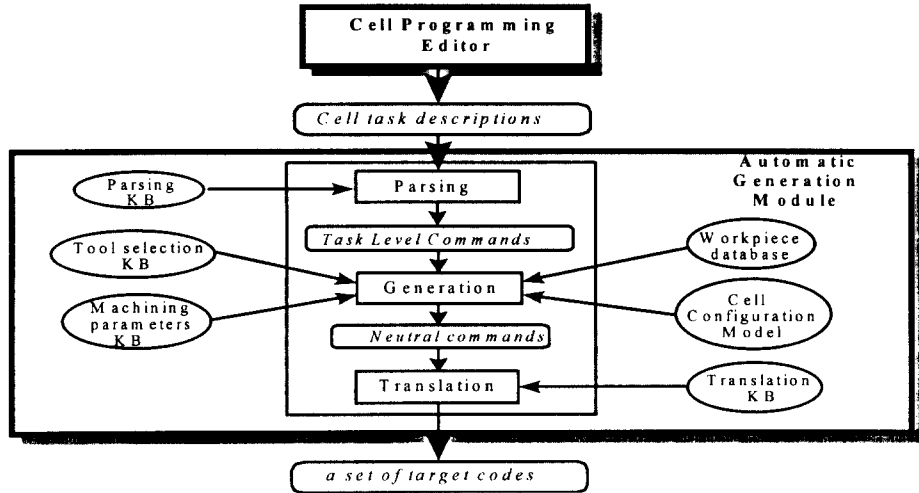


Fig. 2. Architecture of Cell Programming System

정보를 사용자에게 알려준다.

BNF를 사용하여 syntax의 포맷을 나타냈으며, Prolog를 이러한 접근법을 수행하는 매개언어로서 선택하였다. 문법적인 룰은 각각의 해당 기계 언어가 제공하는 문법에 기초한 predicates 로써 표현된다.

3.2 UniGenerator

객체 UniGenerator는 각각의 타스크를 달성하는 세부적인 행위들로 나누는 작업을 수행하는데, 세 가지의 단계로 이루어져 있다: 준비 단계, 작업 분리 단계, 하드웨어 접속단계.

작업준비 단계

작업 준비 단계는 툴 경로 생성의 경우에만 필요하며, 세 가지의 하부모듈 즉, 원자재 선정 모듈, 툴 선정 모듈, 가공 조건 선정 모듈로 이루어져 있다. 원자재 선정은 공학적인 특성 치와 경제성을 고려하여 결정되어야 하며, 이러한 원자재를 기초로 하여 최종 형상을 가공하기 위한 공정순서가 정해진다. 만일 CAD 시스템에서 NC 가공 프로그램을 생성하면 원자재는 프로그램에 있는 정보로부터 추론하여 결정되어진다. Workpiece 데이터베이스에는 이송과 다른 기계 및 로봇에 의해서 취급되는데 필요한 모든 정보가 포함되어 있다.

가공 작업을 위한 가장 적절한 절삭 툴은 제조 환경에 따라서 선택된다. 절삭 툴은 크게 두 가지 그룹으로 분류된다. 현재 툴 매거진에 존재하는 툴과 툴 저장소에 있어 사용 가능한 툴로 분류한다. 툴이 양 그룹에서 선정될 때는 툴 매거진에 속해있는 툴에 우선 순위가 주어진다. 비록 하나의 툴이 모든 형상에서 가장 알맞은 툴이 아닐 수도 있지만 툴의 교환 횟수를 감소시키기 위하여 작업에 필요한 툴의 수를 감소시키는 효과를 가져온다. 만약 모든 형상에 최적한 툴만을 사용한다면 수백 개의 툴을 구입하고 관리할 필요가 생긴다. 이런 경우 많은 자본 투자뿐만 아니라 필요 없는 셋업과 재고 유지 문제를 발생시킬 수 있다. 툴 매거진이 어떤 주어진 시간에 단지 한정된 수의 툴을 보관할 수 있기 때문에 부가적인 툴의 창작과 분리를 하는데 상당한 유휴 시간이 발생된다.

기계 가공중 이송률, 절삭속도 그리고 절삭깊이 등의 가공조건이 표면 처리 및 경비에 직접적인 영향을 받게 된다. 이러한 조건들은 임의적으로 선정되는 것이 아니고, 또 서로 다른 가공공정에 대해 일률적으로 같은 조건을 적용 할 수 없다. 본 연구

에서는 최적의 가공조건 선정을 위해서 신경망 접근법이 사용되어졌다. 이러한 접근 방법은 시간과 저장공간을 줄여주고 새로운 데이터의 추가시, 쉽게 확장해 나갈 수 있는 이점을 준다.

작업분리

유연 셀에서 행해지는 작업들 중에 NC머신이나 로봇 등과 같은 구성요소들의 상호 조합에 의해서 이루어진 작업은 operation집합으로 정의될 수 있다. 이러한 operation은 접근작업, 실행작업, 귀환작업의 3가지로 분류된다. 각 operation은 수행에 관련된 상호 사항에 대한 정보뿐만 아니라, 각각 기계의 동작에 관한 상세한 정보를 포함하고 있다.

하드웨어와의 접속 단계

이 단계에서는 요구되어진 operation이 이상적인 작업 영역에서 정확성이 떨어지는 실제작업으로 변환되어진다. 컴파일러는 정의된 모든 작업들에서 NC 기계 혹은 로봇의 상세한 동작들을 분리하는 것이다.

3.3 UniTranslator

생성된 중립 코드가 셀 작동 제어에 사용되기 이전에, 해당 기계들이 사용하고 있는 명령어 포맷으로 변환되어야만 한다. 이런 변환 작업은 객체 UniTranslator 에 의해 수행된다. 변환에 있어 명령어들과 변수는 분리해서 고려되어야 하며, prolog언어가 중립 코드와 기계의 본래 코드 사이의 명령어 전환에 이용되고 있다.

4. Cell 프로그래밍 편집기

셀 프로그래밍 편집기는 타스크 레벨 UniSet으로 유연제조 셀의 프로그램을 개발하기 위한 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface)이다. 셀 프로그래밍 작업에 필요한 정보의 양과 종류 그리고 이러한 정보를 셀 프로그래머에게 가장 효율적으로 전달하는 방식 등에 관한 분석 결과로 셀 프로그래밍 편집기의 pane 배열과 각 pane이 담고 있는 내용들을 Fig. 3과 같이 결정하였다. 각 pane에 대한 서술적인 이름들이 기술되어 있다.

프로그래밍 편집기 pane에는 각 셀을 구성 기계들이 수행해

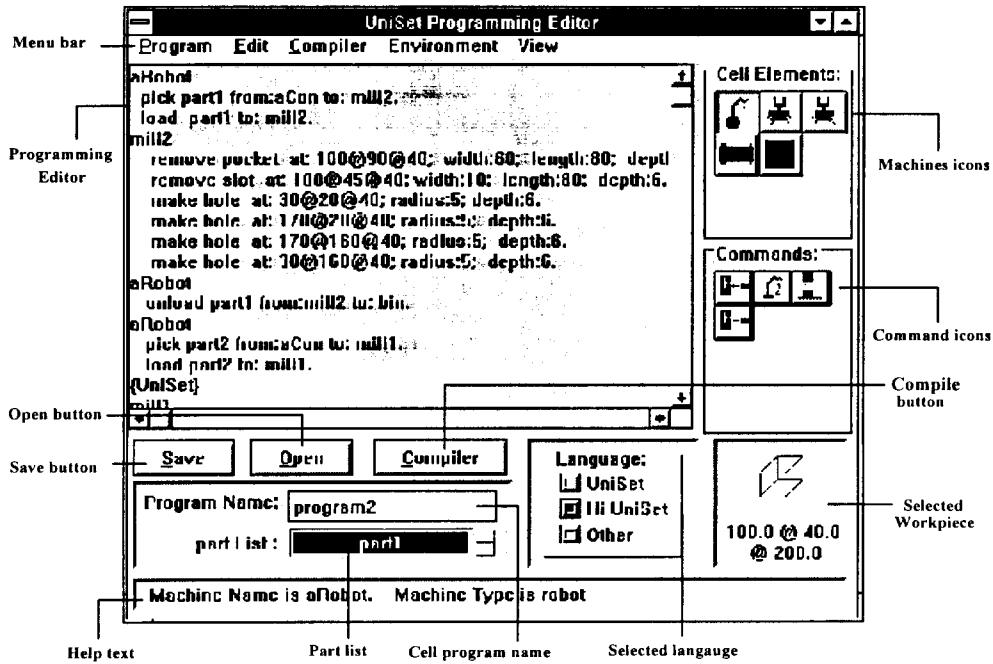


Fig. 3. User Interface for the Cell Programming System

야 하는 작업들이 서술되는데, 먼저 원하는 기계의 이름을 쓰고 해당 기계가 수행해야 하는 작업들을 순차적으로 정의한다. 오른쪽 상단에 위치한 pane에 배열되어 있는 아이콘들은 실제 유연 제조 셀에서의 구성요소인 NC 공작기계, 로봇, 컨베이어 등을 표시하는 심벌이다. 마우스로 원하는 아이콘을 선택하면 그 아이콘에 대응하는 NC 공작기계 및 로봇의 이름이 즉시 맨 아래에 있는 Help Text pane에 표시되면서, 선택된 기계가 실행할 수 있는 작업들이 task 레벨 명령어가 아이콘 형태로 바로 아래에 있는 Command icons pane에 표시된다. 명령어가 선택되면 dialog가 열리면서 사용자로부터 적절한 입력을 기다린다.

셀 프로그램의 에러 체크는 두 가지 과정에 의해 이 모듈에서 완수되어진다. 처음은 셀 프로그램 개발하는 동안 syntax 에러를 검사하고, 사용하고자 하는 기계의 명령어의 명확성이나 확실성을 입증한다. 프로그램 편집기에 포함되어 있는 명령어 해석기는 셀 프로그래머에게 온라인 정보를 주며, 셀 프로그래머는 즉시 에러를 검색한다. 두 번째 에러 조사는 프로그램이 개발된 후 수행되어지며, 논리적 혹은 명령어의 전후 관계사이(logic or sequence)의 에러들을 검색한다.

5. 결론

유연제조 셀의 운용에 있어서 인공지능과 객체지향 접근법을 이용하여 개발된 task 레벨 프로그래밍 시스템에 대하여 이 논문에서 서술하였다. 프로그래밍 에디터는 셀 프로그래머들이 작업을 용이하게 하기 위하여 설계되어졌으며, task 레벨에서 셀을 프로그래밍 한다면 모든 셀 구성요소들은 프로그래밍 하는데 필요한 세부사항을 고려하지 않아도 된다는 이점을 주어, 셀 프로그램에 필요한 전문가의 일을 평범한 작업자가 수행할 수 있게 한다.

개발된 task 레벨 프로그램은 이 시스템에 포함된 자동생성 모듈에 의해서 기본적인 중립적인 코드들로 변환된 후, 해당 고유기계 제어기에 의해 수행되기 전에 해당 기계코드로 번역되

어진다. 이러한 모듈은 룰 베이스와 prolog 베이스 룰을 사용하여 그들의 역할을 수행한다.

task 레벨 서술 명령어의 현재 버전은 셀 구성요소들에 의해 수행되는 기본적인 작업만을 다루고 있다. 지속적인 연구로 더 많은 셀의 작업들이 정의되고 실제 환경에서 적용할 수 있도록 셀 프로그래밍 시스템이 확장되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Modern Machine Shop (1990), *NC/CIM 1990 Guidebook*; Gardner Publications, Vol. 62, No. 9A, February.
- [2] Wright, P.K., Bourne, D.A. (1989), *Manufacturing Intelligence*, Addison-Welsey Publishing Company, Don Mills, Ontario.
- [3] Volz, R.A., Mudge, T.M., Gal,D.A. (1984), Using Ada as a Programming language for robot-based manufacturing cells. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-14, No. 6, pp. 863-878.
- [4] Levas, A., Jayaraman, R. (1989), WADE: an object-oriented environment for modeling and simulation of workcell applications. *IEEE Transaction on robotics and automation*, Vol.5, No. 3, pp. 324-335.
- [5] Choi, K.H. (1995), UniSet: An Object-Oriented Knowledge-based Environment for Computer Integrated Manufacturing (CIM), Ph.D thesis, University of Ottawa.
- [6] Fahim, A., Choi, K.H. (1992), Real time cell control for flexible manufacturing, in *proceedings of 2nd IFAC Workshop on Architectures for real time control*, Seoul, Korea, August, pp. 319-325.