

지식처리에 의한 기계가공시스템의 지능화



김 선 호

(KIMM 자동화연구부)

- '84. 2 부산대학교 기계공학과 (학사)
- '86. 2 부산대학교 정밀기계공학과 (석사)
- '89-현재 한국기계연구원 자동화연구부 선임연구원



모리 가쯔오

(森和男, 工業技術院
機械技術研究所)

- '80. 3 日本東北大學大學院工學研究科博士過程修了 工學博士
- '86-'87 MIT(美國)大學 客員研究員
- '80-現在 日本通產省工業技術院機械技術研究所 主任
研究官 工作機械課 課長



박 화 영

(KIMM 선임연구부장)

- '72. 2 서울대학교 기계공학과 (학사)
- '83. 2 한국과학기술원 생산공학과 (석사)
- '76-현재 한국기계연구원 책임연구원

1. 서 론

절삭이나 연삭으로 대표되는 기계가공은 컴퓨터 기술의 발달과 함께 자동화가 급속히 진전되어 왔다. 특히, 작업서에 의해 이루어지는 것과 같이 가공전에 작업순서를 미리 결정하는것이 가능한 가공 프로세스는 CNC(Computer Numerical Control) 기기등에 의해 고도의 자동화가 실현되어 왔다. 그러나, 가공 프로세스(Process)는 일반적으로 복잡한 가공 기구(Mechanism)와 비선형 특성등에 의해 많은 불확실성이 포함되어 있기 때문에 완전히 가공 프로세스를 프로그램으로 표현할 수 없다. 특히, 가공중에 돌발적으로 발생하는 이상(Malfunction) 현상의 인지와 그 회피등은 고도의 인식과 판단이 필요하기 때문에 인간의 오감에 의한 감각기능과 경험적인 인식, 판단기능에 의한 지원이 불가결하다. 때문에 지금까지의 기계가공은 경험과 전문가적 지식을 가진 기술자에 의해 지배되어 왔다고 해도 과언이 아니다.

그러나, 최근 제조업에 있어 숙련기술자의 부족, 지식승계의 어려움, 비숙련공의 진출, 고령화, 소비자 요구의 다양화등 사회적 배경, 그리고 고도 정보화의 진전, 무인시스템의 보급등 기술적 배경에 의해 생산시스템의 핵심이 되는 기계가공 프로세스는 보다 발전된 자동화가 요구되고 있으며, 그러한 사회적, 기술적 배경에 대응하기 위해서는 인간이 행하는 것과 같은 전문적 지식의 축적이나, 그것에 기반을 둔 의사결정 기능을 기계시스템에 부여하는 것이 필요하다. 그러한 목적을 달성하기 위해서 최근에는 기계시스템에 인공지능(AI: Artificial Intelligent)을 도입하기에 이르렀다. 이러한 AI에 의한 지식처리 시스템은

진단형, 제어형, 설계형등이 있으나, 그 중 공작 기계에 의한 부품가공기술에는 진단형과 제어형이 주로 이용되고 있다. AI를 이용한 지식처리형 정보처리방식을 표 1에 나타내었는데, 이의 가장 큰 장점은 지식이 상호 독립적으로 표현되어도 처리될 내용이 명시적으로 이해가 용이하며, 우수한 휴먼 인터페이스(Human Interface) 기능을 가지고 있어서, 인간이 가진 전문적 지식이나 경험을 기계시스템에 부여하기엔 가장 적합한 환경을 가지고 있다.

이러한 최근의 사회적, 기술적 환경변화에 대응한 기계가공 시스템을 개발하기 위해 한국기계연구원 자동화연구부와 일본의 機械技術研究所 생산시스템부는 인간이 가진 지식처리 기능을

제어계에서의 실현을 통해 예측이 불가능한 기계 이상상태를 기계자신이 해결함으로써 작업에 유연성을 부여할 수 있는 기계 가공시스템을 구성하기 위해 “가공 셀(Cell)의 지능화 기술에 관한 연구”를 국제공동연구로서 수행하고 있다.

여기서는 한국기계연구원에서 개발중인 “지능형 공구상태 감시/진단 시스템”과 일본의 機械技術研究所에서 수행중인 “지식처리형 제어 기계가공 시스템(MEL-MASTER ; Mechanical Engineering Laboratory MACHining SysTEM Reasoning)의 연구 현황을 소개한다. 이들 시스템은 가공의 이상상태에 기초한 신호융합, 판단기술 및 추론기구를 가지고 있으며, 각기 실시간 전문가 시스템(Expert System)을 기초로한 진단기능을 가지고 있다.

표 1. 지식처리형 및 재래형 정보처리방식의 특징

항 목	지식(AI)처리형 정보처리방식	재래형 정보처리방식
용 도	-지식조합에 의한 다양한 상황에 대응한 문제 해결. -이산적 지식의 시스템적 관리	-종류별 문제에 한정된 목적의 명확한 데이터 처리
수 법	-기호처리	-알고리즘
연 산	-지식의 조합에 의한 추론, 제어 모델 등이 엄밀하게 부여되지 않는 경우에도 추론 처리가 가능. -해석처리가 동적이고 사전에 명확하게 부여되지 않는다. -인간의 병렬적 사고와 동일	-수식계산 -해를 구하는 순서가 명확히 부여된다
구 조	-지식의 이용(제어)구조와 지식영역이 명확하게 분산	-정보와 제어구조가 일체화 (단, 데이터 구조는 분리 가능)
표 현	-선언적(추론기구는 절차적임)	-절차적임 -처리 모델
내 용	-지식이 상호 독립적(모듈적)으로 표현되어도 처리될 내용이 명시적으로 이해가 용이하다. -우수한 휴먼 인터페이스 기능	-처리 순서 기술 -내용 이해가 곤란
확 장/ 변 경	-수정, 변경, 추가, 확장이 용이해서 유연성이 높다. -보수가 용이하다.	-수정이 곤란하고 유연성이 적다.
결 과	-경우에 따라서는 어느정도의 오차가 허용 된다. (애매함)	-항상 엄밀한 해를 요구한다.
결 과 (능력)	-목적이 만족되면 좋다. -프로그램의 레벨을 넘는다.	-최적해를 요구하는 것이 많다. -프로그램과 동일 레벨이다.

2. 지능형 공구상태 감시/진단 시스템

본 연구는 고정밀도, 고효율 및 가공의 유연성을 실현하기 위해 수직형 머시닝센터(대우중공업 FZ 25)에서의 절삭가공중 공구상태 검출용 센서 신호의 융합화를 통한 공구상태 감시 및 전문가 시스템을 이용한 진단 기술을 개발하여, 가공 셀의 무인운전중 발생하는 비정상 작업 상태를 실시간(Real-Time)으로 감시, 진단하고 예방할 수 있는 지능화된 공구상태 감시/진단 시스템을 개발하는 것을 목표로 한다.

그림 1은 본 시스템의 기본 구성을 나타낸 것으로서 크게 신호검출 및 특징추출부, 신호융합 및 판단부 그리고 전문가 시스템을 이용한 진단부로 나누어지며, 각 부의 주요기능은 다음과 같다.

2.1 신호검출 및 특징추출부

과거에는 기계로부터 얻어지는 단일 절삭정보를

이용해 시간영역, 주파수영역, 시계열 방법등에 의한 감시가 이루어지는 것이 일반적이었다. 그러나 최근에는 절삭정보의 신뢰성 확보를 위해 다중센서를 이용하는 것이 보편화되고 있다. 공구상태 감시를 위해 기계가공 시스템에서 얻을 수 있는 정보를 성질로 비교해 보면, 힘(Force)과 진동(Vibration) 성분으로 크게 나눌 수 있다. 본 시스템에서는 감시 시스템이 실용화되기 위해 갖추어야할 사항을 충족시킬 수 있는 센서로서 힘 성분으로는 모터의 전류를, 진동 성분으로 주축의 진동 성분을 각각 전류센서와 가속도계를 이용하여 수집한다. 신호융합 및 판단에 사용되는 인공 신경회로망(Neural Network)은 자연 신경회로망에 비해 너무 작은 네트워킹을 가지고 있기 때문에 학습 데이터의 경우 수집된 신호로부터의 특징 정의가 필요하며, 시스템의 정확성은 특징의 질에 의존한다. 따라서, 다중 센서로부터 얻어진 상태정보는 적당한 방법에 의해 특징을 추출한다.

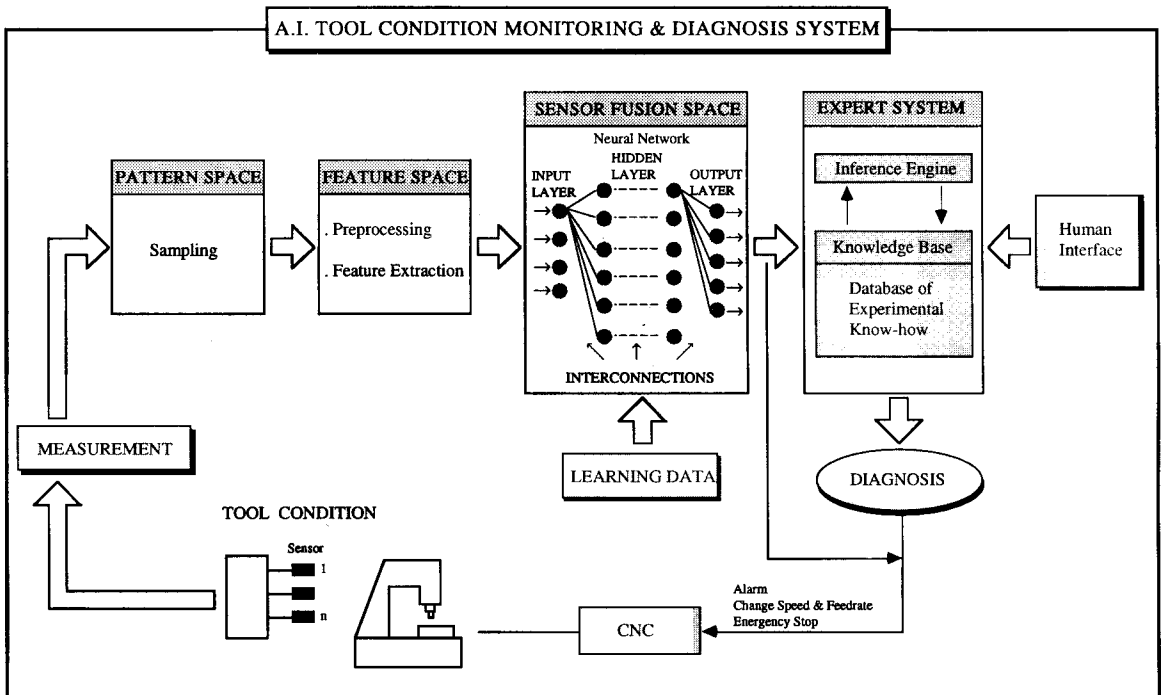


그림 1. KIMM에서 개발중인 지능형 공구상태 감시/진단 시스템의 구조

2.2 신호융합 및 판단부

다중 신호를 이용한 신호융합 방법으로는 무게평균(Weighted Average), 칼만 필터(Kalman Filter), 신경회로망(Neural Network), GMDH, 퍼지 이론(Fuzzy), 베이지안 평가법(Bayesian Estimate) 등이 개발되어 있으나, 본 연구에서는 입력층, 중간층, 출력층의 3층 구조를 갖는 Rumelhart형 신경회로망을 사용한다. 이 방식은 원하는 출력이 되도록 입력과 출력사이의 오차를 줄이기 위해 오차역전파법(Error-Back-Propagation)을 사용한다. 신경회로망 기법은 많은 양의 데이터를 병렬로 처리할 수 있고, 가공 프로세스와 같이 수학적인

모형화시에 비선형이 크고, 알고리즘 적용이 곤란한 문제를 연속적인 다변수 함수의 모형화에 응용함으로써 이 방법이 가지고 있는 학습기능(Learning Performance)에 의하여 모형화 할 수 있으며, 과거 폰노이만 방식과 같은 명령의 순차적 처리가 아니므로 병렬적인 처리가 가능한 장점을 가지고 있다.

판단부에서는 학습된 데이터를 이용해 센서로부터 들어오는 신호를 융합하고 공구의 상태를 판단한다. 판단된 결과를 이용해 CNC 공작기계를 실시간으로 제어(경고(Alarm), 주축 및 이송속도 변경, 비상정지(Emergency Stop))한다. 이러한 제어는 그림 2와 같은 실시간 공작기계 감시/제어

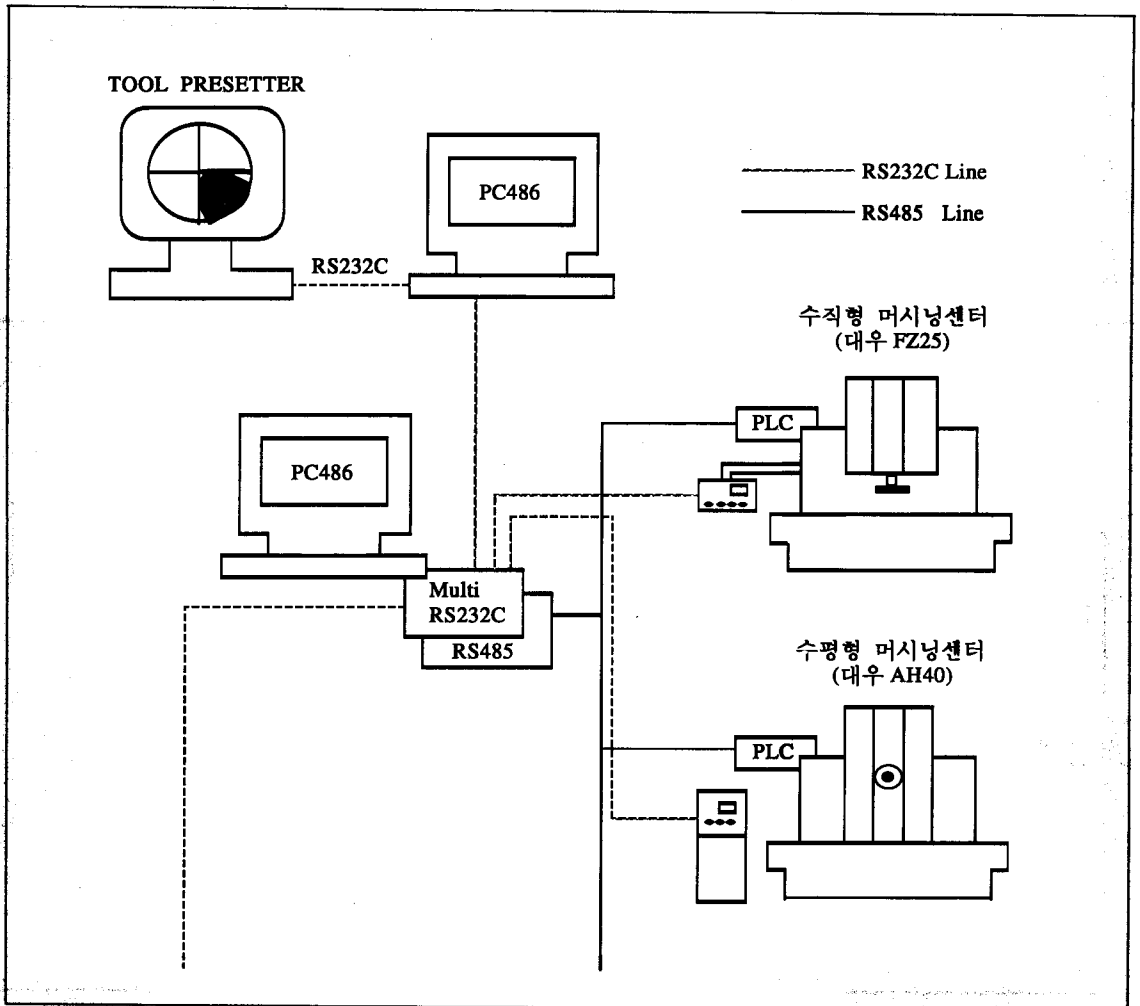


그림 2. 실시간 공작기계 감시/제어 시스템

시스템(RT-COMOS ; Real Time machine tool COntrol & MOntoring System)을 통해 컴퓨터로부터 RS-485 멀티드롭(Multi-Drop) 방식으로 PLC를 통해 CNC 공작기계를 제어하게 된다.

본 RT-COMOS는 각 기계의 PMC(Programmable Machine Controller)와 연결된 PLC(삼성 SPC 300) 간을 고속으로 통신하면서, 각 공작기계의 상태를 송신하고 필요한 경우 제어하는 역할을 한다.

RT-COMOS가 설치된 모델 플랜트를 사진 1에 나타내었다.



사진 1. 실시간 공작기계 감시/제어 시스템이 설치된 KIMM 모델 플랜트

2.3 진단부

신호융합 및 판단부에서는 출력된 결과를 가지고 공작기계를 제어(경고, 주축 및 이송속도 변경)하지만 제어가 불가능한 즉, 새로운 이상이 발생하여 판단이 불가능하거나 이미 문제가 발생(공구의 파손등)한 경우는 이를 전문가 시스템에서 인간의 경험을 기초로한 진단을 하고 작업자에게 필요한 교육을 시키며 이러한 데이터는 향후 사고 방지를 위한 지식으로 저장된다. 본 시스템에는 전문가 시스템으로서 EXSYS가 사용되고 있다.

본 지능형 공구상태 감시/진단 시스템에서는 2가지의 인텔리гент 기술을 도입 사용하고 있는데, 신경회로망은 학습에 의한 센서 신호의 융합 및 판단을 위해 그리고 지식처리형 전문가 시스템은 휴먼 인터페이스에 의한 진단을 위해 사용한다. 이러한 2가지의 기술적 특징을 표 2에 나타내었다.

3. 지식처리제어 기계가공 시스템

절삭가공등을 중심으로한 기계가공에 있어 작업은 순서에 의해 결정되는 내용이 명확한 작업과, 순서가 정해지지 않는 내용이 불명확한 작업이

표 2. 인텔리전트 기술의 비교

	지식베이스 시스템	신경 회로망
지식 이용	규칙(Rule-Based)	사례(Example-Based)
대상 영역	전문(Domain Specific)	무한(Domain Independent)
지식획득	Interview 전문가(Human Expert)	사례 학습(Sample) Data
지식 내용	논리적(Rigid Logic)	애매함(Fuzzy Logic)
표현	명시적(Explicit)	잠재적(Implicit)
판단 형태	연역적(Deductive)	귀납적(Inductive)
추론 설명	가능(Explainable)	불가능(Not Explainable)
인터페이스 기능	대(對)인간(Human-Oriented)	대(對)센서(Sensor-Oriented)
강인성	약(Weak Fault Tolerance)	강(Strong Fault tolerance)
처리 형태	순서적(Sequential)	병렬(Parallel)
처리 소프트웨어	많음(Much Programming)	적음(Little Programming)
변경성	재 프로그램 필요(Reprogramming)	적응성이 있음(Adaptive)
문제점	유효한 지식획득과 그 규모 (Knowledge Acquisition)	학습과정의 크기(Training) 정답률(Estimation Error)

있다. 이것은 다음과 같이 정의된다.

- 1) 규정적작업: 미리 결정된 순서에 의해 행하는 작업(예를들어 작업 지시서에 따라 공구를 선택하고 소정의 형상을 얻기 위해 가공기계를 조작하는것)
- 2) 예외적작업: 예측이 불가능한 이상을 인지하고 그것을 해결하기 위한 작업(예를들어, 채터 진동등을 인지하고 그것을 회피하기 위한 대책을 결정하고 실행하는것)

규정적작업에 있어서는 프로그램화가 비교적 용이하기 때문에 CNC 장치나 PLC(Programmable Logic Controller)를 이용해 고도의 자동화가 진행되고 있다. 그러나, 예외적작업은 가공계에 발생하는 이상의 종류도 많고, 발생원인도 복잡하기 때문에 자동화가 일반적으로 곤란하다. 그래서, 작업자는 자신의 전문적 지식이나, 노하우를 근거로 대처하지 않으면 안된다.

기계가공 시스템에 의한 고도의 자동화를 실현하기 위해서는 그러한 예외적작업을 기계 시스템으로 대체하는 것이 불가결하다. 그것이 실현되는 것은 현재의 대규모화하는 생산시스템에 요구되는 자율 분산기능을 실현하는 것과 더불어 아주 중요한 기능이다.

현재 개발되고 있는 MEL-MASTER(사진 2)는 위에서 이야기한 '예외적작업'의 자동화를 목표로 한다. 결국, 인간이 가진 지식처리 기능을 제어계에 입력시켜 예측 불가능한 가공 트러블을 공작기계 자신이 해결하면 목표의 제품을 향한 연속 자동

운전이 실현된다. 그러한 인간이 가진 추론 기능의 실현에는 AI 기술의 응용이 하나의 좋은 방법이다.

MEL-MASTER의 개발에 있어서는 범용 머시닝센터에 AI기술을 응용한 3개의 인텔리гент 서브 시스템(Intelligent Sub System)을 조합시켜, 앞서 이야기한 지식처리에 의한 제어기능의 실현을 이루었다.

그림 3은 MEL-MASTER의 기본구성을 나타낸 것으로 3개의 인텔리гент 서브 시스템을 범용 CNC 머시닝센터와 정보 네트 워크로 통합시켰다. 그러한 시스템의 명칭과 주된 기능은 아래와 같다.

3.1 가공 시뮬레이터(Simulator)

실제 가공에 앞서, 모든 가공 프로세스의 시뮬레이션을 행함으로써 NC 프로그램의 개발 지원을 한다. 일반적으로 시뮬레이션은 물리 모델을 이용해 수행 한다. 그러나, 실제의 가공 프로세스는 많은 요인과 원인이 연결된 복합적인 기구를 갖기 때문에 모든 가공 프로세스를 기술할 수 있는 물리 시뮬레이션 모델을 만드는 것이 대단히 어렵다고 생각한다. 그래서, 본 시뮬레이션에서는 물리 모델의 구축이 가능한 프로세스는 수치 처리를, 그렇지 않은 프로세스는 지식처리를 이용한 시뮬레이션을 통한 광범위한 프로세스를 최적화를 시도한다.

3.2 지능형 센싱(Sensing) 장치

공구마모나 가공정도, 기계의 운전상태등 가공 프로세스의 상태를 인 프로세스(In-Process)로 진단한다. 종래의 공작기계에 있어서 센싱 시스템의 대부분은 힘이나 토크, 온도등의 물리량을 검출하는것이 고작이었다. 그렇기 때문에 채터 진동의 유무나 공구의 마모등 가공 목표에 커다란 영향을 미치는 이상현상의 진단은 인간이 센서나 자신의 감각기관으로 부터 얻는 정보를 기초로한 경험적 판단을 해야만 했다. 본 장치는 센서 신호를 신경회로망등의 AI 기술에 의해 처리하는것에 의해 인간이 행하는 고도의 가공 프로세스 정보의 인 프로세스 진단을 가능하게 하는 장치이다.



사진 2. MEL-MASTER의 외관

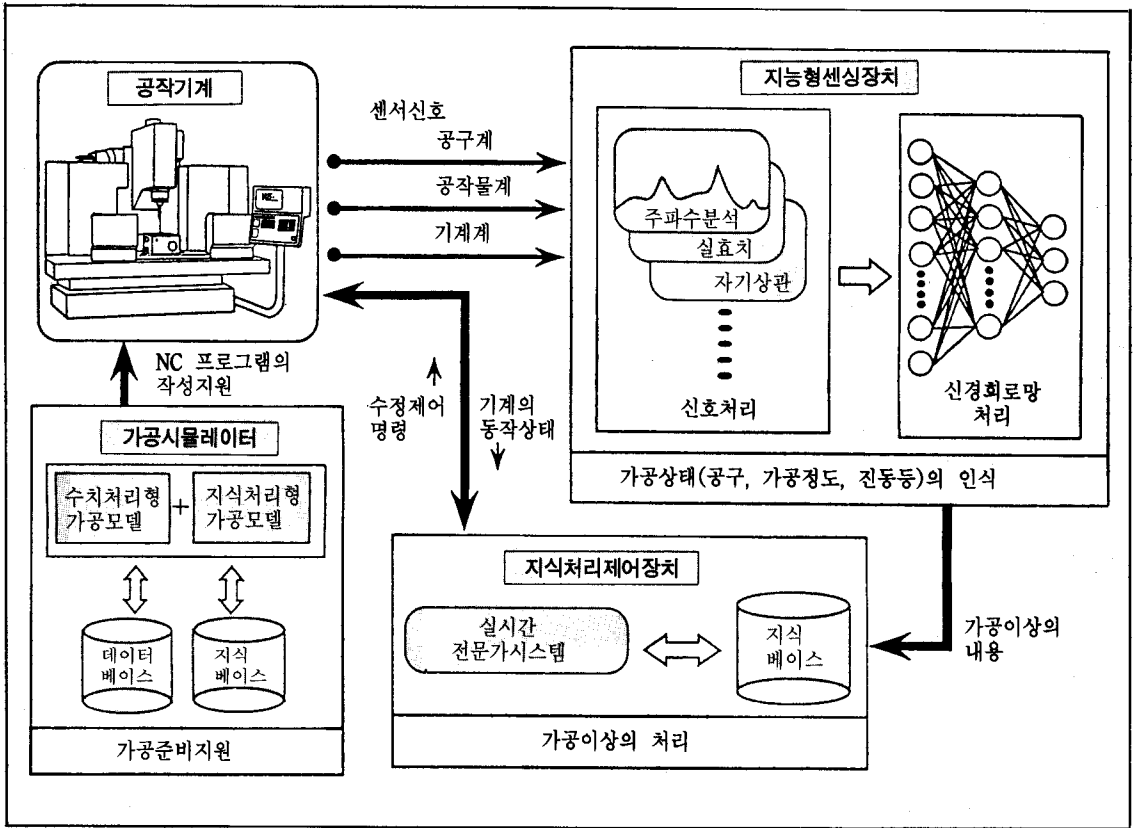


그림 3. 지식처리형 제어 기계가공 시스템의 기본구성

3.3 지식처리 제어장치

가공 프로세스에 이상이 발생하는 경우 그것을 회피하기 위한 가공조건 변경 대책을 추론에 의해 결정하고, 그에 대응한 수정 NC 제어지령을 생성한다.

전문가 시스템을 기본으로 하지만 제어의 고속성, 확실성을 보장하기 위한 실시간 처리 기능을 갖는다.

가공 시뮬레이터에 의한 프로세스 최적화가 확실히 행해지면 실가공에 수반한 트러블은 발생하지 않는다. 그러나, 실가공 프로세스는 시간과 함께 변화하는 불확실한 계(系)이기 때문에 그것을 포함한 프로세스를 완벽하게 시뮬레이션하는 것은 대단히 어렵다. 그래서, 지능형 센싱장치와 실시간 지식처리 제어장치가 예측할 수 없는 트러블에 인 프로세스로 대응하는 역할을 한다.

4. 지식처리 제어장치

MEL-MATER 개발의 주안점은 실시간 지식처리 제어기술의 실천에 있다. 그래서 그에 필요한 서버 시스템으로 지식처리 제어장치를 개발하였다. 아래에 그 개요를 소개한다.

4.1 실시간의 필요성과 정의

지식처리는 일반적으로 처리시간이 걸린다고 이야기할 수 있고 공작기계를 제어하기 위해서는 그것에 대응한 고속성과 확실성이 확보되지 않으면 안된다. 그것을 실시간이라고 부른다. 실시간이라 하는것은 대상으로 하는 시스템에 의해 여러가지로 이해되지만 공작기계에 있어서는 가공 프로세스의 이상을 회피하고자 하는 제어의 관점에서 실시간의 의미를 다음과 같이 정의한다.

“이상상태에 의해 가공계의 치명적인 파괴나 가공정도 허용 이상의 문제가 발생되기 이전(= 허용응답시간)에 이상을 회피하는데 필요한 제어 동작을 완료시키는 것”

4.2 실시간 지식처리 제어의 실현 기법

MEL-MATER의 지식처리 제어 기능에 있어서 위에서 이야기한 실시간성을 실현하기 위해서는 다음과 같은 기법이 고려되어 진다.

- 추론 처리의 고속화: 고속 추론이 가능한 지식처리 루틴의 선택 및 지식 기술방식을 채용.
- 시간정보를 병용한 추론 처리: 허용응답시간의 결정 및 그 시간내에 추론이 완료되지 않는 경우의 보상 동작을 결정.
- 병렬 처리: 현재의 가공에 대한 인 프로세스 제어와 함께 다음 가공 프로세스에 대한 이상의 예측과 그 회피 대책을 동시처리
- 지식의 취합: 관계하는 지식 베이스만 액세스(Access)될 수 있는 처리 환경을 구축. 예를 들어, 드릴, 엔드밀등과 같이 가공 종류에 대

응한 지식 베이스를 모듈화 한다. 또한, 발생이 예측되는 이상에 대응한 지식만 교환하는것 등.

- 제어 레벨의 계층화: 지식처리 제어와 그것을 필요로하지 않는 제어를 레벨로 나누는 것이나 제어 내용의 우선순위 결정 등.

4.3 기본 소프트웨어 구성

이상과 같은 기법을 고려하여 개발한 실시간 지식처리 제어의 기본 S/W구성을 그림 4에 나타내었다. 소프트웨어는 슈퍼바이저부(Supervisory Block), 지식처리부(Reasoning Block), 긴급제어부(Conditioned Response Block)의 각 부분이 계층적으로 조합된 구조를 갖고 있으며 여러가지의 주된 기능은 다음과 같다.

(1) 슈퍼바이저부

제어계 전체의 통신관리를 행하는 것과 함께 지식처리부에서 행해지는 추론의 시간관리를 행한다. 시간 관리의 목적은 가공이상 발생으로부터

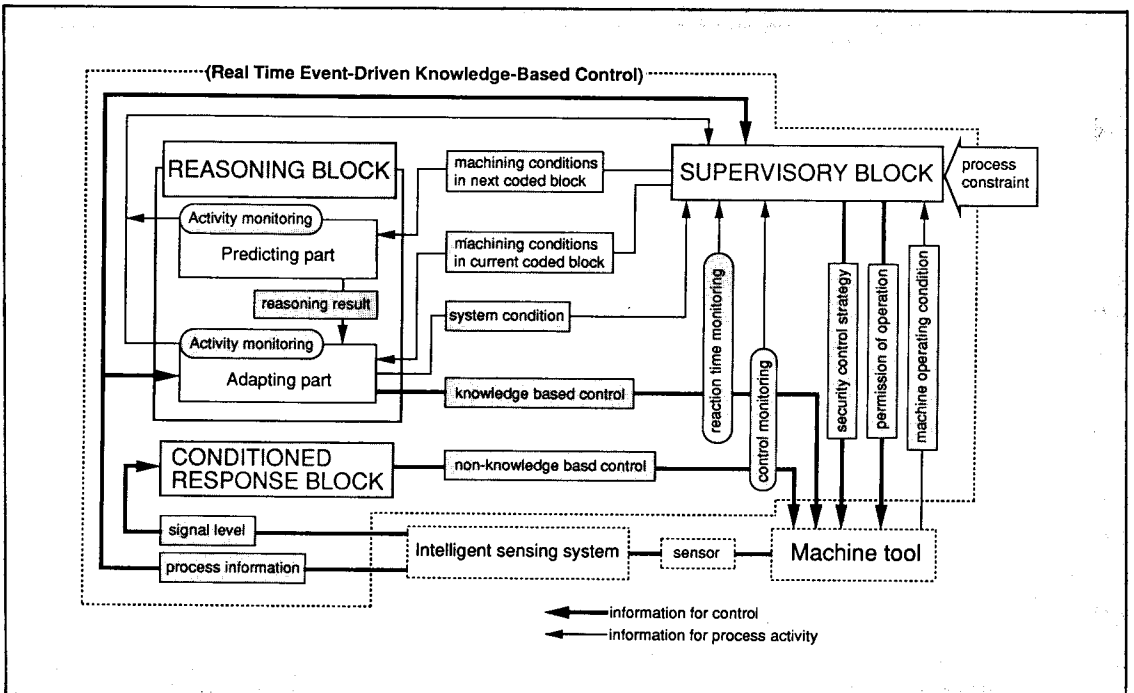


그림 4. 실시간 지식제어계의 기본 구조

회피대책을 추론하여 실행에 옮길때 까지의 시간과 회피대책이 실행되어 이상상태가 정상상태에 복귀할때 까지의 시간을 허용응답시간을 설정하여 감시하는데 있다. 만일 허용응답시간내에 제어동작이 실행되지 않으면 보증동작지령을 송출한다.

(2) 지식처리부

예측추론부(Predicting Part)와 제어추론부(Adapting Part)의 2개의 부분으로 나뉘고, 각각 병렬로 동작되어 추론의 고속화를 시도한다. 예측추론부는 가공조건이나 생산의 구속조건을 고려하여, 다음 가공 NC 블록에서 일어날 가공 이상의 종류와 그에 대응한 대책을 미리 추론하고 그 결과를 기계의 오버라이드(Override) 형태로 수정 제어 명령을 생성한다. 그 경우 가공의 종류나 가공조건등에 대응해 이용될 수 있는 지식을 교환하므로써 추론시간의 단축을 시도한다. 제어추론부에서는 현재 가공중에 발생한 이상의 정보를 받고 예측추론부에서 이미 만들어진 수정제어지령으로부터 적절한 것을 선택하여 공작기계에 송출한다.

혹시 이상이 회피되지 않는 경우는 새로운 대책을 추론하여 실행을 다시한다.

(3) 긴급제어부

기계 구성요소의 충돌등과 같이 어떤 허용한계 이상으로 센서 신호의 레벨이 초과하는 경우 지식처리를 행하지 않고 직접 센서 신호에 의해 긴급 회피동작을 행한다.

4.4 하드웨어 구성

그림 3에 표시한 실시간 지식제어계를 구축함과 동시에

- 예측추론부, 제어추론부, 슈퍼바이저부의 동작은 병렬적으로 행해지기 때문에 H/W적으로도 독립되어 있을 것.
- 각 부에 있어서는 지식처리와 함께 수치처리도 행해지기 때문에 양 처리가 가능한 언어가 이용될 것.
- 이미 설치된 머시닝센터나 계측기류등을 이

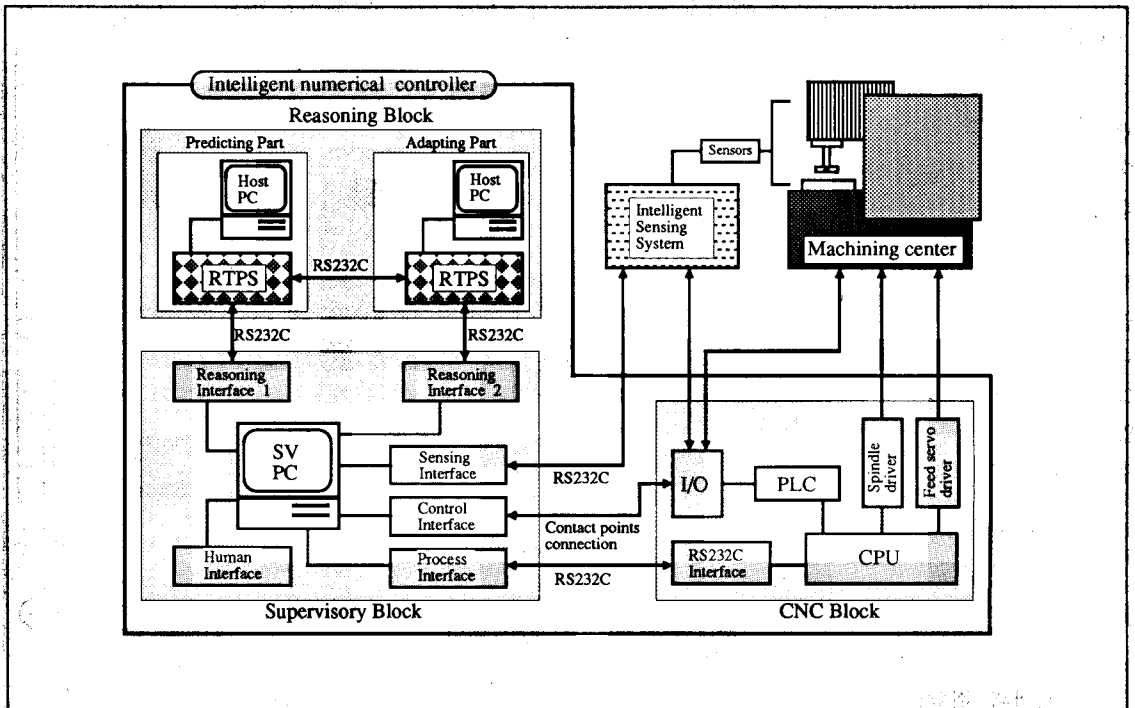


그림 5. 지식처리장치의 하드웨어 구성

용하기 때문에 그것과 용이한 접속이 되고 확장하여 사용이 가능할 것.

- 향후 신기종이나 신기기와와의 확장이 용이할 것. 또한 S/W의 보수 확장 수정도 용이하게 될 것.

등을 고려해 지식처리 제어장치를 제작했다.

그림 5는 지식처리 제어장치의 H/W 구성과 각 기간의 상호 접속관계를 표시한 것이다. 본 장치는 머시닝센터의 CNC에 32bit PC와 RTPS(Real Time Production System : (株)安川電機)라 부르는 지식처리 컨트롤러가 결합되어 있다. RTPS는 트랜스퓨터를 CPU에 갖고 PSL(Production System Language)라 부르는 언어에 의해 IF-THEN 해석의 지식을 고속으로 처리하는것이 가능하다.

RTPS는 2대를 사용함으로써 각각 독립적으로 예측추론부와 제어추론부의 역할을 한다. PC는 1대가 슈퍼바이저부 기능을 가지고, 2대가 RTPS의 프로그램 개발시의 호스트로서 역할을 한다. 각 장치간의 통신은 RS-232를 기본으로 하지만, CNC와의 접속은 릴레이(Relay) 접점 출력을 이용해 인터페이스하고 있다.

4.5 지식 처리 순서

지식처리 제어장치는 가공이상이 발생하지 않는 경우는 제어추론부가 지식제어가 가능한 상태에서 대기하고 있는 동안, 예측추론부가 다음 가공 공정의 이상 예측을 행하는 동작을 반복한다. 이상이 발생되어 그 내용이 지능형 센싱 장치로부터 전달되면 슈퍼바이저부가 응답시간을 감시하고 있는 상태에서 제어추론부가 추론을 행하고 그 수정 제어명령이 머시닝센터의 CNC에 전송된다. 그러한 기본동작을 행하기 위해서는 지식처리부에 있어서 예측추론부와 제어추론부 및 슈퍼바이저부의 지식처리는 다음과 같이 행한다.

(1) 예측추론부

예측추론부는 다음 가공공정에 있어서 발생할 가능성이 있는 이상과 그 회피 대책의 추론을 그림 6에 표시한 것과 같은 순서에 의해 처리를 행한다. 첫째, [지식의 취합]

: 가공에 쓰이는 공구의 종류 등을 고려하여

필요하다고 생각되는 지식을 모은다.

- 둘째, [발생할 위험성이 있는 모든 이상의 예측과 대응하는 회피 대책 결정]

: 가공중에 발생할 가능성이 있는 모든 이상에 대해 그것을 회피할 수 있는 대책 후보를 “이상-대책” 형태로 정리한다.

- 셋째, [가공조건을 고려한 “이상-회피대책” 취합]

: 가공조건을 표준적 조건과 비교해서 부적절한 대책을 갖는 “이상-회피대책”을 삭제한다.

- 넷째, [구속조건을 고려한 “이상-회피대책” 취합]

: 가공조건에 있어서 구속조건(정도, 생산성등)을 고려하여 부적절한 대책을 갖는 “이상-회피대책”을 삭제한다.

- 다섯째, [제어 내용의 정량적 결정]

: 의사결정 테이블을 이용해 실제 변경할 가공조건의 수정표, 수정한도를 결정한다.

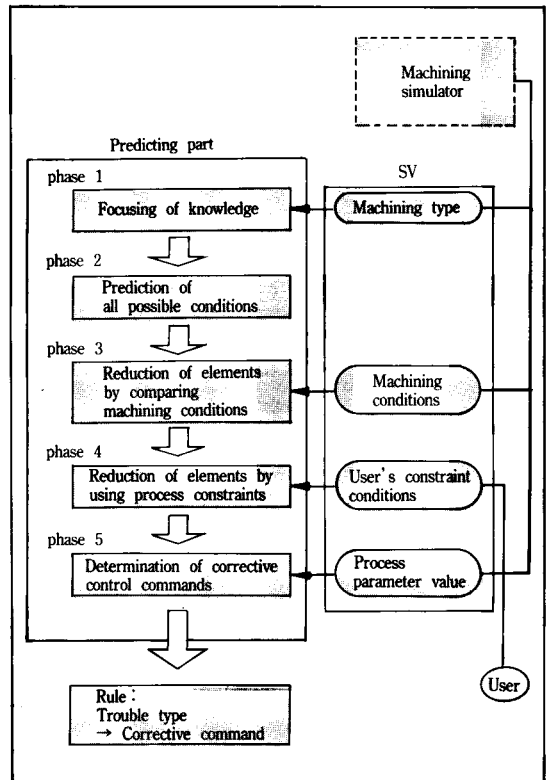


그림 6. 예측 추론부의 처리 순서

(2) 제어추론부

제어추론부는 예측된 대책을 기초로 현재 가공 프로세스에서 발생한 이상을 회피하기 위한 추론을 행한다. 그 처리는 그림 7에 표시한 것과 같은 3가지의 경우가 있으며 그 정보 흐름은 그림 8과 같다.

Case A, [예측추론부로부터 전송 받은 대책의 선택 및 실행]

: 이상정보를 최초로 받은 경우에 반드시 실행한다.

Case B, [지식제어를 수행했어도 이상이 회피되지 않은 경우의 처리]

: 가공조건의 변경 또는 대책이 부적절하여 각각 가공조건의 재수정 또는 추론에 의해 새로운 대책을 작성 실행한다.

Case C, [지식제어를 행한 결과 새로운 별개의 이상이 발생할 경우]

: 실행한 대책이 부적절해 추론에 의해 새로운 대책의 작성 실행한다.

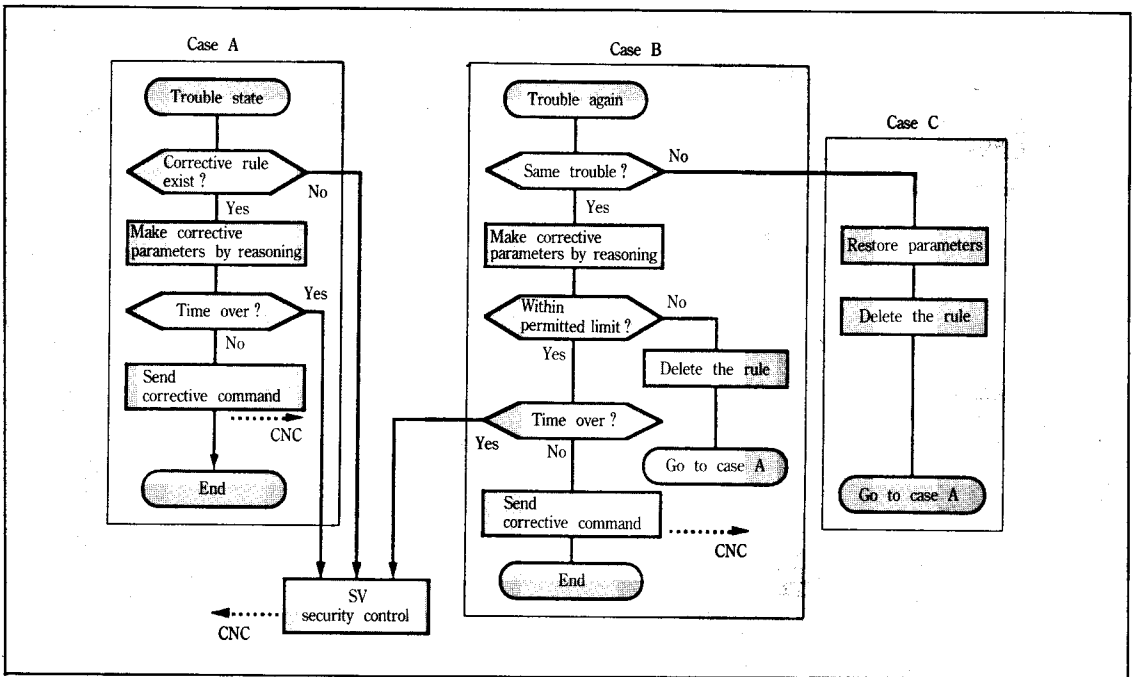


그림 7. 제어 추론부의 처리 순서

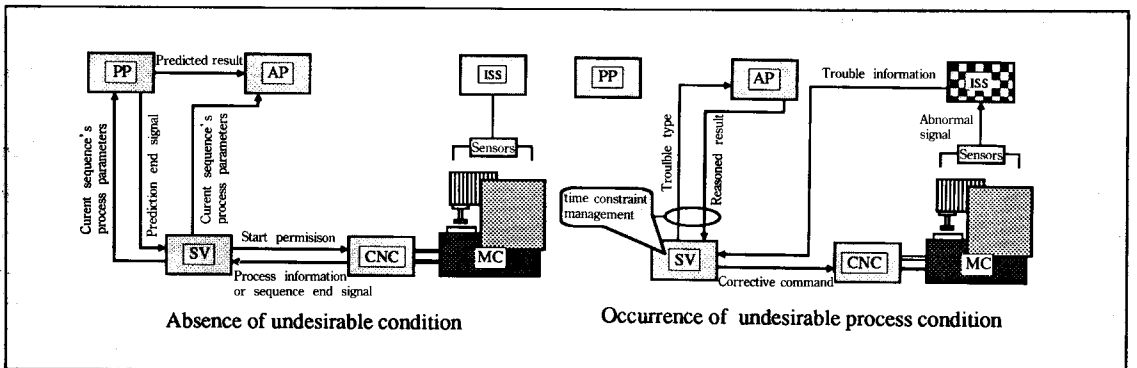


그림 7. 제어 추론부의 처리 순서

(3) 슈퍼바이저부

모든 가공 프로세스 데이터의 관리와 지식처리에 있어 추론이 허용응답시간내에 행해지지 않는 경우의 후보지령의 선택을 그림 9에 표시한 것과 같이 순서를 행한다.

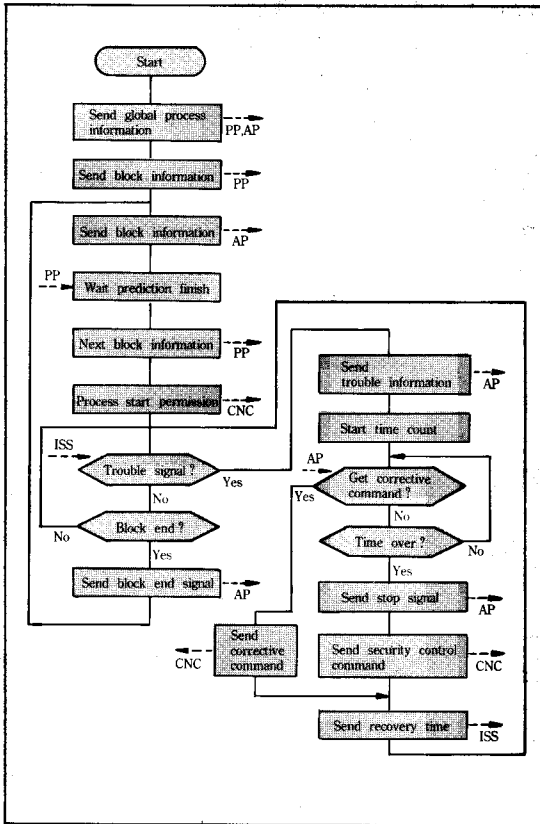


그림 9. 슈퍼바이저부의 소프트웨어 흐름도

4.6 실행 실험

엔드밀 가공에 있어서 발생한 채터 진동을 회피하고자 하는 실험에 개발된 지식처리 제어장치를 적용했는데 그 결과 [채터의 검출]이라는 신호를 지능형 센싱 장치로 부터 수신후 수정 제어가 행해져 채터 진동이 감소하는데 0.8초 정도가 소요되었다.

그러나, 그 시간의 대부분은 머시닝센터의 동작

완성에 따른 시간이라 생각되며, 지식처리 제어 장치에서의 처리 시간은 줄일 수 있다고 생각된다.

5. 맺으면서

현재 개발을 추진하고 있는 지능형 공구상태 감시/진단 시스템과 지식처리 기능을 가진 기계 가공시스템 연구개요를 소개했다. 그 중에서도 시스템 구조의 핵심 기술이 되는 실시간 지식처리 제어기술에 대해 상세히 소개했다. 이러한 기술은 가공기술, 신호처리기술, 지식처리기술이 복합적으로 연결되는 응용기술이다.

현재 머시닝센터의 오버라이드 기능을 이용한 주축회전수와 이송속도의 제어에 의한 지식처리 기능이 실현되어 있지만 앞으로는 NC 프로그램의 인 프로세스 수정에 의한 절삭깊이 제어기능을 추가하여 광범위하고 유연한 제어가 행해지는 기계가공 제어시스템으로 발전시킬 예정이다.

그러나, 이러한 시스템이 실용화되어 현재 처해 있는 사회적, 기술적 환경 변화에 부응하기 위해서는 적용기술의 일반성과 범용성에 대한 깊이 있는 연구가 절실히 요구되고 있다.

참 고 문 헌

[1] 김선호, 이춘식, 박화영, "밀링공정 패턴인식을 위한 절삭신호 특성분석-공구상태감시/진단 지능화기술(I)-" 한국정밀공학회춘계학술대회논문집, 대구 영남대, 1993. 5
 [2] 김선호, 이춘식, "PLC를 이용한 경제성 있는 실시간 가공 Cell 감시/제어 시스템", 한국정밀공학회추계학술대회논문집, 서울 고려대, 1993. 11
 [3] Kasashima, N., Mori, K. and Yamane, T., "An Intelligent Numerical Controller for Machining System", IEEE/SICE Int'l Workshop, Aug., 1992
 [4] Mori, K., Kasashima, N. and Yamane, T., "Real Time Knowledge-Based Control for Machining", Modern Tools for Manufacturing Systems, 1993

- [5] 森和男, “工作機械のリアルタイム知識處理制御システム”, Inter AI, Apr. 1993
- [6] 金善浩, 李春植, 朴和永, 宮澤伸一, 碓井雄一, “工具狀態監視診斷システムの知能化に関する研究(第1報) - 工具破損時のセンサ信號の特徴 -, 1993年度精密工學會秋季大會學術講演會論文集, 日本 京都 京都大, 1993. 10
- [7] 金善浩, 安重桓, 朴和永, 宮澤伸一, 碓井雄一, “送りモータ電流信號のパターン識別による工具の破損検知 - 工具狀態監視診斷システムの知能化に関する研究(第2報) -, 1994年度精密工學會春季大會學術講演會論文集, 日本 東京 東京大, 1994. 3
- [8] 井上英夫, “加工の知能化”, 精密工學會誌, Vol. 59, No. 11, 1993. 11