

생산자동화를 위한 공장제어 프로그램의 개발기법



이 석 희

부산대학교 생산기계공학과 부교수

● 1954년생.
● 생산자동화, 공장자동화를 위한 실시간 제어 소프트웨어 개발, 데이터베이스 운용 프로그램 개발·설계·제작의 일환화 등의 연구에 관심을 가지고 있다.

1. 생산자동화의 정의 및 특징

자동화 개념의 시작은 인간의 노동력을 기계가 대신하는 기계화(mechanization)에서 비롯되었다. 1960년대의 단일제품의 대량생산에서 볼 수 있는 트랜스퍼라인으로 대표되는 Fixed Automation이 자동화의 기본을 이루다가 점차 제품과 수요욕망의 다양화를 충족시키기 위하여 다품종소량생산에 필요한 플렉시블 오토메이션이 대두되게 되었다. 이러한 플렉시블 오토메이션의 개념은 60년대의 Mollin's System 24에서 시작되어 플렉시블 제조시스템의 실현화를 보게 되었다. 플렉시블 제조시스템(FMS; flexible manufacturing system)이란 회사의 입장에서 정의를 내린다면 "변화하는 시장 수요에 대하여 짧은 응답시간 안에 최소한의 유희자본을 사용하여 수요자의 주문에서부터 판매가능한 상품을 만들어 내기 위한 전체 설비의 조합운전"이라 할 수 있으며 좀더 소규모적인 정의로는 "원자재 수입에서 판매가능한 상품으로 최소한의 응답시간 내에 고객의 요구조건에 맞게 생산하는 부서안에 있는 설비의 조합운전"이라 할 수 있다. 구성상으로 본 FMS는 중앙 컴퓨터와 컴퓨터의 제어를 받는 공장 셀, 자재 수급을 담당하는 산업용 로봇, 자동 운반장치, 자동 검사기 및 자동 창고 등

이 고차원으로 분배된 데이터 운용시스템(high-level distributed data management system)에 의해 연결 운용되는 시스템이다. 따라서, FMS는 다품종소량생산에서 비교적 높은 생산성을 유지하면서 동시에 다양한 제품을 생산할 수 있는 유연성(flexibility)을 가지는 자동화된 생산 시스템이라 할 수 있다. 여기서의 유연성은 다음의 성질을 내포하고 있다.^(1,2,3)

- 미래 수요에 대응하는 유연성
- 생산 방법의 유연성
- 시스템 관리에 있어서의 유연성
- 시스템 전체의 조율화에 연관된 유연성

FMS는 대량생산의 트랜스퍼 라인(transfer line)과 소량생산의 단일 NC공작기계 사이의 다종 중소량 생산을 위해 설계된 시스템으로서, 제품의 종류, 수량과 다양성과 생산량에 대한 관계가 NC공작기계, FMS, 트랜스퍼라인 등의 생산형태에 따라 그림 1에 나타나고 있다.

FMS의 개념을 사용하여 해결할 수 있는 특징을 나타내면 다음과 같다.

1) 다양한 부품의 생산: FMS는 다양한 부품의 생산을 위하여 설계되었으며, 이를 위해서 이것은 동일한 일련의 기계에서 여러가지의 상이한 부품을 가공할 수 있게 하기 위해서 GT의 개념을 적용하여 다양한 부품의 가공을 가능케 한다.

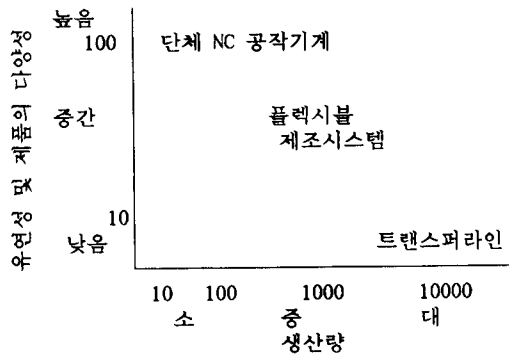


그림 1 FMS 시스템의 부품의 다양성과 생산량의 관계

2) 가공물을 시스템에 랜덤하게 투입 : FMS에 의해 처리해야 할 부품군에 속하는 부품의 가공준비를 위해서 시스템을 정지할 필요없이 부품이 랜덤하게 시스템에 투입되어, 컴퓨터 제어시스템에 의해 식별되어 적절한 기계로 이송이 된다. 따라서 FMS에서는 여러 개의 부품을 동시에 투입 가공하는 것이 가능하다.

3) 제조 소요시간의 단축 : FMS에서는 가공물의 작업 준비시간 및 대기시간 등 유희시간을 최소화한다. 즉 FMS에서 APC나 ATC의 사용으로 생산의 유희시간을 초소화해서 제조 소요시간(manufacturing lead time)을 단축한다.

4) 공정중 재고의 감소 : 필요한 것을 필요한 때에 필요한 수량만큼 만들 수 있으므로 소요시간이 단축되고 공정중 재고가 감소된다.

5) 설비 가동률의 향상 : 일반적으로 NC공작기계는 대개 50% 또는 그 이하의 가동률을 가지나, FMS에서는 가공준비의 최소화, 효율적인 자재취급, 가공물의 동시 가공 등의 특성에 의해 가동률이 80%까지 이르고 있다.

6) 인건비의 감소 : 자동화된 설비의 도입으로 직접 인건비 및 간접인건비가 대폭 감소한다.

7) 생산 신뢰도의 향상 : 지능적인 자기교정(self-correcting) 시스템으로 생산신뢰도를 더욱 향상시킨다.

8) 생산 관리의 향상 : 종합적인 생산시스템

이 확립될 수 있으므로 관리공수가 감소되고 변경에 대한 신속한 대응이 가능해서 생산관리가 향상된다.

이상의 기대효과 이외에도 FMS에서는 월등한 제품의 품질, 짧은 인도기간, 재고의 감축, 새로운 제품개발 싸이클의 단축, 품질향상 등의 효과가 있다. 이러한 특징의 연결운용으로 24시간 무인생산이 가능하게 된다.

현재 전 세계적으로 개발, 설치 운용되고 있는 FMS의 예는 생산자동화의 실제 예로 여러 형태가 있으나 크게 둘로 나누어 각주형 가공품(prismatic parts)을 주로 다루는 시스템과 원주형 부품(cylindrical parts)을 다루는 시스템이 있으며 둘 다 중앙컴퓨터에 의한 통제를 수행한다는 점과 많은 자본의 투자를 필요로 한다는 것이 공통점이다.⁽⁴⁾

생산자동화를 위한 공장제어 시스템을 이루는 기본적 접근기법을 설명하고 제어시스템의 설계방법을 제시하고자 한다.

2. 공장제어 시스템의 기본적 접근기법

대개의 컴퓨터는 그 하드웨어나 소프트웨어의 구성은 매우 복잡하다. 공장의 자동화를 고려하는 경우 많은 다른 회사 제품의 컴퓨터를 계층별로 연결하여 운용하여야 한다. 이와같이 복잡한 컴퓨터를 연결하는데는 체계적인 접근방법 없이는 관리하기가 힘들게 된다. 공장 제어를 위한 대형 프로그램의 복잡한 소프트웨어를 다루기 위해서는 구조적인 설계방법을 사용하며 이는 대형 프로그램을 모듈 별로 분할해서(부프로그램 혹은 procedure 별로), 모듈 내의 연관은 최대한으로 하며 모듈 사이의 상호연관을 초소화시킨다. 그리하여 시스템에 변경이 있을 때에 그에 따른 파급효과를 초소화한다. 이와같이 모듈 내의 상세한 내용은 그 모듈을 불러내는 모듈로부터 다루어지지 않으므로 복잡한 프로그램을 보다 간단한 것들로 나눌 수가 있게 된다. 공장제어 프로그램은 각각의 활동을 전담하는 다작업(multi-tasking) 실시간

제어 시스템이 되어야하며 소프트웨어 기능을 대화가능한 분리된 작업(프로그램 또는 프로세스)으로 나눔으로써 확장, 첨가될 수 있어야 한다. 이렇게 함으로써 비동기적(비계획적)으로 일어나는 사건을 다룰 수 있게 된다. 결과적으로 이것은 가상적 다 프로세스 운용을 의미하며 실제의 다 프로세스로 전환되어 전체공장을 제어할 수 있게 된다.⁽⁵⁾

2.1 전언전달

다작업 실시간 제어시스템의 중요 요소는 전언을 메일박스를 통하여 전달 받을 수 있는 분리된 작업으로 나눌 수 있는 점이다. 이것으로 각 작업이 간단한 인터페이스를 통하여 복잡한 제어운동을 할 수 있게 한다. 예를 들면 중앙 절삭공구 창고의 관리는 매우 복잡한 과정이지만 그 시스템의 나머지 부분에서는 이것은 입력 메일박스와 출력 메일박스로 간단히 나타낼 수 있다. 전언은 "GET TOOL SVK 123"으로 보내지며, 회답전언은 "GRANTED"나 "NOT AVAILABLE"로서 돌아오게 된다. 이렇게 작업은 서비스를 제공하는 제공자와 서비스를 요구하는 관리자로 나누어 간주될 수 있으며 이들 관리자와 제공자의 관계는 그림 2와 같이 수직구조와 수평구조가 될 수 있다.

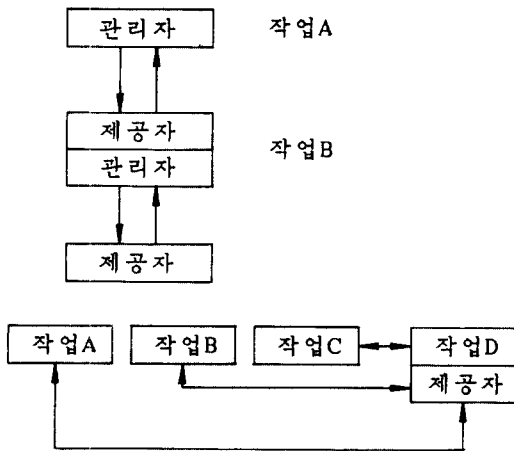


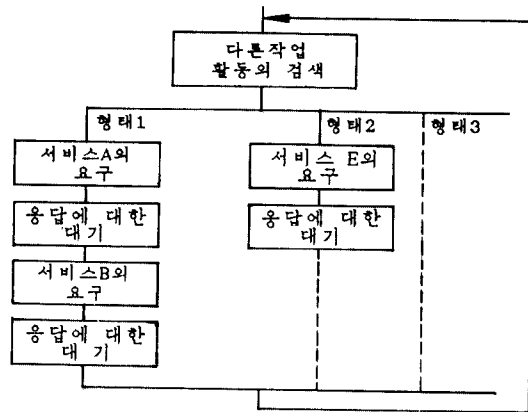
그림 2 관리자-제공자와의 관계

전자는 중앙통제 및 계단적 명령체계에서 볼 수 있으며 후자는 체계내의 여러 단계에서 필요되는, 예를 들면 시스템 활동 이력기록 작업과 같은 보조적인 서비스 제공에서 나타난다.

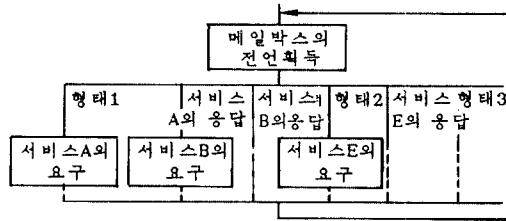
특정컴퓨터의 메일박스 기구에서 생기는 실제적인 문제로는 전언의 출처와 그 내용에 따라 선택적으로 받아들이는 간단한 우선순위 기구가 없으며 전언을 받아두는 가변공간이 없다는 점이다. 이를 극복하기 위하여 크기가 한정된 전언 대기공간을 사용하여야 한다.⁽⁶⁾

2.2 다중 나사식 처리

보통의 프로그램 처리방식에서 그림 3(a) 형태의 구조가 많이 발견된다. 이러한 형태는 각 지부가 완전한 처리를 행하기 때문에 설계하기가 비교적 쉬우나 최대 응답 속도는 얻지 못하게 된다. 그 이유는 서비스 A의 제공을 기다리는 동안 형태 2나 형태 3의 처리를 할 수 없게 된다. 다중 나사식 처리 방법은 그림



(a)



(b)

그림 3 작업활동 구조의 두 가지 형태에 대한 비교

3(b)와 같이 기다림이 없는 여러 지부로 나눈다. 이것은 가능한 빨리 처리를 행할 수 있도록 하는 방법이다. 그러나 이것은 설계하기가 힘이 들고 잘못 되었을 때 이를 고치는 방법이 특히 어렵다. 공장제어 시스템을 설계하고 개발하는데 후자의 방법을 사용하여 전언입력이 들어오면 그것을 즉시 처리하고 다음의 전언을 기다리도록 하여야 한다.

2.3 인터럽트(Interrupt)

공장제어를 위한 시스템 소프트웨어는 발생하는 사건의 중요성에 따라서 그 수행을 중단할 필요가 있게 된다. 이러한 인터럽트는 프로그램이 수행될 때 어떤 특정한 시간에 순차적으로 발생하는 것이 아니기 때문에 비동기 시스템 트랩(AST)이라고 부르며 여기서 사건을 다룰, 사용자가 지정함 부프로그램이 수행되게 한다. AST 기구를 설정하는 시스템 서비스는 어떠한 사건이 일어날 때 수행될 부프로그램의 주소가 하나의 아규먼트로 되어 요청된다. 예를 들면 시스템 서비스 루틴 중의 "Queue I/O Request"는 메일 박스를 신속하게 읽는데 사용되며, 메일박스에 전언이 들어있으면 AST 루틴이 수행되어 전언을 읽고 버퍼에 저장한다. 메일박스에 전언이 없으면 주 프로그램은 전언이 도착하기를 기다리지 않고 다음의 지령문을 수행하게 된다.

2.4 타이머(Timer)작용

대부분의 실제시간 제어 소프트웨어에서는 규칙적인 시간마다 어떤 프로세스를 작동시켜야 한다. 이와같은 기구의 대표적인 사용으로는 다음과 같은 예가 있다.

- 1) 각 장비의 현재의 상태를 알고자 할 때와 같이 이력기록 및 결함의 점검
 - 2) 특정한 사건이 알려질 때까지 경보를 반복 발생시켜야 할 때
 - 3) 시험시 주위장비에 대한 시간지연이 요구될 때
- 이러한 작업의 형태는 운용 시스템의

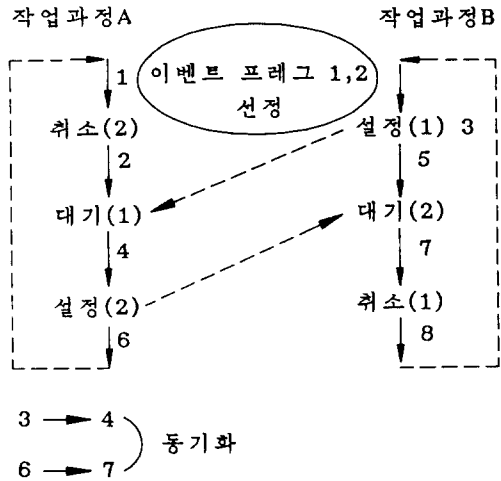


그림 4 두 작업과정의 동기화

Set-Timer와 비동기 시스템 트랩을 사용하거나 시간 간격특성이 포함된 수행 명령어를 사용한다.

2.5 동기 신호기(Semaphores)

실시간 제어 상황에서는 어떠한 사건의 동기가 요구되게 된다. 동기신호기는 시스템 소프트웨어에서 사건의 순서를 제어하게 된다. 특정한 운용 시스템에서 이벤트 프래그를 조작하기 위한 시스템 서비스루틴이 있다. 그림 4와 같이 임의의 이벤트 프래그를 설정, 대기, 취소 등을 조합하여 사용함으로써 작업과 작업 사이의 동기작용을 얻을 수가 있다.

3. 공장제어 시스템의 설계 방법

앞에서 설명한 바와 같이, 모듈별로 구조적인 프로그램을 작성하는 방법은 복잡한 프로그램을 다루는데 매우 효과적인 방법이다. 이 방법은 공장제어 시스템을 설계하는 일반적인 방법으로 알려져 있다. 지금까지 알려진 대부분의 모델들은 계단적인 구조이며 저단계의 세세한 내용은 고단계에서 다루어지지 않는다. 이로 인해 여러군데에 배치된 컴퓨터 시스템에서 운용될 수 있는 유연성 있는 소프트웨어의 설

계가 가능하게 된다. 소프트웨어는 여러 개의 층으로 이루어진 구성물로 볼 수 있으며 여기서 각각의 층들은 프로그램 작성자에게 그 추상성에 따른 가상적 기계로 간주되므로 작성자로 하여금 컴퓨터 하드웨어나 실제공장의 세부 사항 등을 일일이 고려해야 하는 수고를 덜어 주게 된다.⁽⁷⁾

이러한 층들은 다음과 같이 분류될 수 있다.

- 단계 0 : 실제 컴퓨터와 그 지령들.
- 단계 1 : 단계 0으로 컴파일되는 포트란 언어 및 파스칼 언어와 같은 컴파일러.
- 단계 2 : 단계 1과 비슷한 기본 언어 및 지령들. 다작업 수행을 가능케 하는 기본 응용 시스템의 동작에 관한 라이브러리 루틴 및 데이터베이스 등.
- 단계 3 : 가장 간단한 시스템의 작동이나 작업이 포함된 지령들. 자동 카트의 위치 파악, 로봇 프로그램의 전송, 수치제어 공작기계로의 사이클 개시 신호전송 등.
- 단계 4 : 실시간 작업에 관한 것으로 일련의 단계 3 작업이 된다. 어떠한 워크센터를 통괄하는 프로그램은 가공물의 정착, 수치제어 부품프로그램의 하향전송 및 파악, 소요공구의 공급 등의 연속 작업으로 구성된 것들.

단계 0~2는 표준 하드웨어나 소프트웨어로 구성되어 있으며 단계 3~4는 사용자가 만들어야 한다. 이상의 단계중 단계 4로 이루어진 제어 시스템의 구조와 필요한 데이터는 그림 5에 나타나 있다. 여기서 작업 기능별 단계는 가상 기계 단계의 상부에 위치하게 된다.

전체 시스템에 명확히 구분되는 구조로 나타내는 것은 쉽다고 하더라도 실제로 소프트웨어를 분할하는 것은 상당히 어렵다. 각 작업 기능별 프로그램의 형태는 앞에서 설명한 다중 나사식으로 되어있으며 각 작업은 제어 컴퓨터에서 동시에 수행되어야 한다. 공장제어를 위해 필요한 작업들은 공장전체를 관리하는 관리자 작업, 생산의 진척을 관리하는 생산진척작업, 공정상태를 화면에 나타내는 화상화 처리

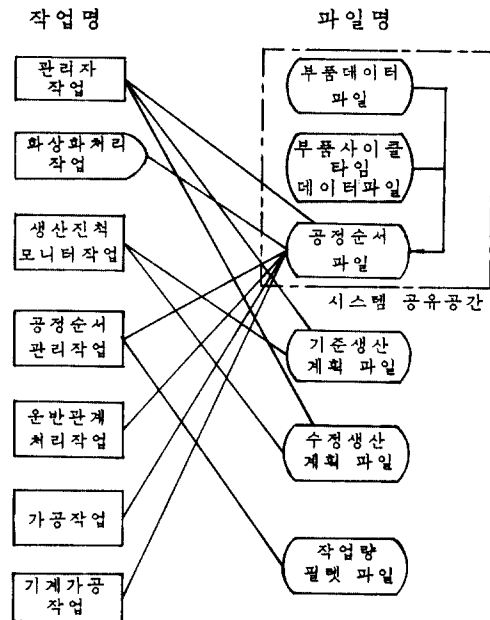


그림 5 작업구조와 파일 상호관계

작업, 공정순서를 관리하는 작업, 워크센터 사이의 운반작업, 가공작업 등으로 이루어져 있다.

4. 자료에 의한 구동기법

보다 일반적으로 적용할 수 있는 소프트웨어를 개발하기 위하여 자료에 의한 구동기법, 즉 시스템 결정 기구가 데이터 파일에 들어있는 방법이다. 소프트웨어 설계자는 어느 정도 직관적으로 이를 수행하고 있다. 예를 들면 가공순서 파일은 부품이 어느 워크센터에서 가공되어야 하는지를 관리하여야 한다. 그러나 완전한 일반성을 갖추기 위해서는 간단한 순서 나열정보보다는 시간에 따라 변하는 상태에 따라 대처할 수 있는 더욱 복잡한 구조가 되어야 한다. 이러한 복잡성은 특징적으로 다음과 같다.

- 1) 동일한 기능을 가진 워크센터로 변경된 작업배정
- 2) 워크센터 가공 순서의 변경

- 3) 재 작업 또는 일정 회수의 반복작업
- 4) 일정제품의 분할작업 및 조립작업

이러한 형태의 실제적 특성은 매우 복잡한 데이터 구조를 갖게되며, 데이터 베이스 관리 방법으로 문제를 상당히 단순화할 수 있다. 자료에 의한 구동기법은 보다 광범위하게 사용되며, 앞에서 설명한 다중 나사식 전언처리 작업 구조에서 보는 바와 같이 사건, 동작의 연속으로 볼 수 있다. 여기서 사건은 전언의 도착을 의미하고 동작은 사건을 처리하기 위한 적절한 조치를 말한다. 더욱이 내부 혹은 외부의 조건에 따른 선택적 동작일 수도 있다. 그리하여 사건, 조건, 동작 등의 세 구성요소가 이루어지게 된다. 이 요소들은 데이터 파일로 구성된다면 작업구조는 사건의 입력, 조건들의 판단, 동작의 수행이라는 작업의 연속이 된다. 이러한 접근 방법과 인공지능 프로그램에 사용되는 추론규칙표는 상당히 유사하다. 이러한 예는 자료에 의해 구동되는 보다 새로운 시뮬레이션 패키지에서 볼 수 있다.⁽⁸⁾

5. 시뮬레이션/에뮬레이션

공장제어 소프트웨어는 공장 내의 실제 워크 센터를 포함하는 여러 개의 워크센터를 대상으로 하여야 하며, 실제 워크센터를 제외한 나머지 워크센터는 고차원의 작업에서 간단한 시뮬레이션을 행하는 가상작업으로 나타내진다. 이는 다음의 두 가지로 확대 해석을 가능케 하며 공장제어 프로그램 개발에 적용된다.

5.1 시뮬레이션 모델과 연결 운용

대다수의 공장제어 시스템은 시중의 많은 시뮬레이션 패키지 중의 하나를 이용해서 개발된 시뮬레이션 모델과 연관되어 설계된다. 이러한 모델은 제어 시스템의 기능적 사양을 발전시킬 목적으로 사용될 수 있으나, 통상적으로 제어 시스템 프로그램 작성자에 의해서 사용되지 않고 있다. 적당한 연결구(예를 들면 메일박스)를 시뮬레이션에 사용하여 그 시뮬레이션 시스

템을 제어하는 소프트웨어를 개발함으로써 실제 시스템의 제어 소프트웨어의 조기 개발을 가능하게 한다. 실제 제작 공장의 구성요소를 이루는 기계 및 장비들이 구비되면, 그 각각 장비에 대한 시뮬레이션 대응부와 교환, 대치 되게 된다.

5.2 에뮬레이션

공장제어 시스템에서 가장 큰 문제의 하나는 오류를 추적하는 것이며, 이를 위해 에뮬레이션 기능이 필요하게 된다. 에뮬레이션은 자료로 구동되며 그것이 충분히 빨리 수정되어 수행되도록 만들어 진다면 실시간 공장제어에 적용될 수 있다.

6. 맺음말

앞으로의 장기적인 공장제어 소프트웨어는 데이터 베이스 관리방식과 그래픽스와 연관된 자료로 구동되는 계단적 소프트웨어로 된다. 이러한 다양한 기능을 통합적 사무 시스템과 유사한 방법으로 연관 운용하는 일이 필요하다. 공장제어 시스템 설계자는 데이터베이스, 그래픽스, 시뮬레이션 시스템을 설계해서 실제 제작 시스템을 평가할 수 있어야 한다. 같은 데이터, 그래픽 자료, 시뮬레이션의 결과 일부를 가지고 제어 시스템의 개발 및 검토를 수행하고, 그 후에 실제 시스템을 제어하는 소프트웨어를 만들어 내어야 한다.

참고 문헌

- (1) Dupont-Gateland, C., 1982, "Real Time Control System for an Unaligned Flexible Manufacturing System," Information Control Problems in Manufacturing Technology, IFAC, pp 169~175.
- (2) Haurat, A., 1982, "Software Tools Necessary for the Guidance of Flexible Manufacturing Systems," Components and Instru-

- ments for Distributed Control Systems, IFAC, pp. 189~192.
- (3) Feldman, K. and Willinger, R., 1984, "Flexible Manufacturing Systems-State of Art, Degree of Automation and Areas of Application," Siemens Power Engineering, Vol. 1., pp. 140~143.
- (4) Ranky, P.G., 1983, "The Design and Operation of FMS," IFS(Publication).
- (5) Lee, S.H., 1985, "The Real-Time Control of a Robot-Based Flexible Manufacturing System," Ph.D. Thesis, UMIST.
- (6) "System Services-System Service Reference Manual," VAX/VMS Documentation, Vol.4, Digital Equipment Corporation, Maynard, Mass.
- (7) Manara, R., Guiffre, O. and Covagnaro, F., 1982, "A Generalised Approach to the Problems of FMS On-Line Management," Proc. of 1st Int. Conf. on Flexible Manufacturing Systems, Brighton, U.K.
- (8) Furlani, C.T., Kent, E.W., Bloom, H.M. and McLean, C.R., 1983, "The Automated Manufacturing Research Facility of the National Bureau of Standards," Summer Computer Simulation Conference, Vancouver, BC, Canada. 