'87 韓國自動制御學術會議論文集 1987. 10.16~17

FMS 제어를 위한 DNC 시스템의 형성에 관한 연구

°이 병 룡 . 이 석 희
부산대학교 공과대학 생산기계공학과

Formulation of DNC (Direct Numerical Control) System for controlling Flexible Manufacturing System.

Byung-Ryong Lee . Seok-Hee Lee
Department of Mechanical and Production Engineering
Pusan National University

Abstract

Recently, a quite large number of investigation is published on the subject of Flexible Manufacturing System which can cope with the volatile market demand and the variety of product.

Minimum requirement of designing FMS is depicted and by investigating the communication system between the machine tool and the cell control computer, and between the central computer and the cell control computer, when it is formed as a sub-system of an FMS, the software can be evolved to the control software of the total Flexible Manufacturing System

It is developed the communication system between the central computer and the cell control computer which is the basic structure of the control architecture of FMS under the concept of DNC (Direct Numerical Control).

It is used CYBER 180-830 as the central computer, and GMC-1100 computer as the cell control computer, and the main basic program is developed and tested, thus forming a DNC system which can be used in educational environment.

1. 서론

최근 과학기술의 급격한 발달로 새로운 자동화 개념이 생겨나게 되었다. 이 자동화 개념이란 주로 마이크로 콤퓨터, 반도체와 같은 전자장치를 이용해서 많은 기계들을 동시에 제어하는 것이다. 그래서 한 시스템에서 여러가지 다른 작업을 수행할 수 있으며, 궁극적으로는 완전한 무인화 가공시스템을 이룰 수 있을 것이다. 이러한 목적의 일환으로서 플렉시블 제조시스템(Flexible Manufacturing System)이 도입되었다. 80년도를 들어서면서 FMS의 공장이 많이 등장하였으나, 그 실체의 기본인 제어에 관한 구체적인 방법에 관한 자료는 많이 나타나 있지 않다. 본 연구에서는 이러한 FMS를 정의하고, 현재 문헌으로 나와 있는 FMS의 예를 살핀다음 그 제어방법에 관한 기본지침을 마련하고, 실제로 하나의 공작 Cell을 형성하는 부시스템을 제어하는 DNC시스템의 소프트웨어를 개발 적용하여 전체 시스템을 제어하기 위한 기본적인 구조를 형성한다.

2. 플렉시블제조시스템(FMS;Flexible Manufacturing System)

2.1 FMS의 정의

FMS 란 변화는 시장에 대하여 짧은 시간 안에 최소한의 유휴자본을 사용하여 주문에서 부터 판매가능한 상품을 만들어 내기 위한 전체설비의 조합운전이라고 할 수 있다. 일반적으로 FMS의 구성요소는 고차원의 분배된 데이타베이스와 중앙콤퓨터, 공작셀제어콤퓨터, AGV(Automatically Guided Vehicle) 같은 자동자재운송장치, 공작셀, 산업용 로보트, 자동검사기 및 자동창고등으로 되어있다. 이러한 FMS의 잇점은 다음과 같다.

- 제작설비의 사용을 증가시킴으로써 자본의 소비를 줄인다.
- 제품의 균등성과 일관성으로 인해 품질이 향상된다.
- 노동투입도를 줄인다.
- 다른형태의 부품을 임의의 수량만큼 함께 작업이 가능하다.
- 컴퓨터 운용 작업계획으로 모든 기계에 작업이 가능하게 할 수 있다.
- 근본적인 재설계를 하지 않고도 새로운 제품의 변환 제작이 용이하다.

FMS의 제어시스템으로는 Fig. 1과 같이 단계적 지배구조인 컴퓨터 구조, 즉 DNC(Direct Numerical Control) 시스템 구조로 나타나며 자동공구 공급장치와 공작셀이 여러개 모여서 전체의 공작시스템을 이룬다. 여기서 특히 각

컴퓨터는 실제 현상이 일어나는 시간 시간에 제어활동이 일어나야 되는 실제시간(Real-time) 제어가 이루어져야 한다.

2.2 FMS 의 설치예

현재 전세계적으로 설치되어 있거나 개발중인 FMS 시스템의 예를 들고 그 각각의 특징을 조사함으로써 FMS 의 기본개념을 파악하는데 많은 도움을 줄 수 있다(1).

- Cincinnati Milacron 무인화전체 공작셀
  CNC 터닝센터와 밀링 머시인이 원주상에 배치되고 중앙에 공작물을 착탈시키주는 로보트와, 부품과 소재를 놓을수 있는 버퍼테이블로 구성되어 있으며 각각의 공작기계와 로보트는 컴퓨터로 제어된다. 이것은 로보트와 공작기계를 연결 운용하는 첫 시도가 된 예이다.
- Cincinnati Milacron FMS
  이것은 CNC머시닝센터를 일직선으로 배열하고 각공작기계사이를 무인 궤도차가 왕래하면서 공작물을 공급 착탈해 주는 시스템으로써 각 공작기계에 임의의 순간에 공작물을 공급해주는 장점이 있다.
- SCAMP(Six hundred group Computer Aided Manufacturing Project) FMS
  이는 1979년도에 시작하여 1983년에 완성 가동중인 영국의 FMS설치예로써 9개의 공작기계(CNC 기계 및 범용기계)가 트랙형의 환상궤도에 배열되어 선삭. 밀링.연삭.기어절삭.브로우칭등의 가공이 이루어지고 공작물의 착탈은 FANUC-M 로보트가 각 스테이션에서 해준다. 소재운반은 콘베이어로 수행되며 부품의 정위치 판독은 화상처리시스템을 사용하였다.
- Csepel 공작기계회사의 FMS
  수평식과 수직식 밀링센터가 일직선상에 배열되어 있고, 세척과 좌표측정 스테이션이 팔렛교환 장치와 운반대차에 직접연결 운용되어 있다. DNC 개념으로 운용되는 이 시스템은 주 컴퓨터가 작업계획, 공정계획, EXPERT 를 이용한 부품프로그램을 수행하며, 두개의 똑같은 컴퓨터가 하나는 실제시간 제어에 다른 하나는 컴퓨터 운용 설계등을 수행하게되어 일종의 보조 컴퓨터 장치 역할을 하게되어 컴퓨터 고장시 백업을 할 수 있는 특징이 있다.
- Renault 자동차 회사의 FMS
  주물로 된 기어박스를 가공하는 시스템으로 천공, 리이밍, 정밀보오링, 탭핑, 카운터 보오링, 밀링작업이 가능한 4대의 4축 CNC머시닝센터로 이루어져 있다. 2대는 황삭, 2대는 정삭에 사용된다. 또한 CNC 보오링 머신에서는 회전체 가공이 수행되며 자동 세척 스테이션이 2개소로 구성되어 있다. 전체 시스템의 제어는 2개의 컴퓨터로 수행되며 그중 하나는 백업에 사용되고 있다.

이상에서 소개한 FMS 의 설치예에서 알 수 있듯이 모두다 전체시스템이 중앙컴퓨터를 중심으로 하는 단계적 지배 구조에 의하여 제어된다는 사실이며 각각의 구성요소들은 중앙컴퓨터와 연결되어 실제시간제어가 일어나야 한다는 점이다 또한, 각각의 설치에는 상당히 많은 자본투자를 요구하고 있어 정부차원의 정책적 지원 아래에서 이루어 졌다는 점이다.

다음 절에서는 이러한 제어의 기본이 되는 DNC시스템에 대해서 그 정의와 개념을 소개하기로 한다.

3. DNC(Direct Numerical Control) 시스템

DNC 시스템이 처음 개발된 당시에 FMS의 개념은 비교적 값비싼 공작기계 제어반을 많이 쓰지 않고 중앙컴퓨터로서 여러대의 공작기계를 직접 제어 한다는 의미로 받아들여졌다. 그러나 현재의 개념은 위성컴퓨터로서 부품프로그램을 전송하고, 자재흐름 및 정보흐름을 제어하며 중앙컴퓨터는 작업계획 및 정보의 수록등을 할 수 있게 하는것으로 바뀌었다. 기계와 정보전달을 어떻게 하느냐에 따라 DNC 시스템을 몇가지로 분류할 수 있다(Fig. 2)

- Deep DNC : 초창기의 DNC개념이며 공작기계 각축을 컴퓨터가 직접 제어 하였다. 이는 컴퓨터가 직접 각축을 제어 함으로써 컴퓨터에서 나오는 운동의 명령을 줄 수 있다는 장점이 있다. 이는 NC공작기계 보급초기에 제어반의 가격이 상대적으로 고가일때 컴퓨터가 제어반의 역할을 대신하는데 가치가 있었다.
- 실제시간 BTR DNC : 전자제품의 발전과 그에 따른 상대적 가격의 하락으로 인하여 기존의 제어반을 그대로 사용하되 종이 테이프 판독기(Tape reader) 를 사용하지 않고, 컴퓨터가 종이테이프 판독기 뒤에 있는(Behind the Tape Reader) 콘넥션에 유선적으로 직접 연결된다. 이 DNC의 특징은 공작기계 각 축의 제어는 제어반이 수행하고, 제어컴퓨터는 부품 프로그램만 제어반에 보내 주게 된다. 이는 제어컴퓨터가 제어반에 부품 프로그램을 그때 그때 보내주는 작용을 계속하기 때문에 NC 공작기계가 가공을 할 동안 다른 기타의 작업(예를들면 작업계획, 정보수록등)을 못하게 되어 비능률적이 된다. 이를 실제시간(Real-Time) BTR 형태의 DNC라고 한다.
- 비실제시간 BTR DNC : 제어 컴퓨터가 여러개의 NC 공작기계를 동시에 제어하기 위해서는 NC 공작기계 제어반과 중앙컴퓨터 사이에 부품 프로그램을 저장할 수 있는 기계연결 단말기(Machine Interface Terminal:MIT) 를 설치하여 한번 하향전송(Download) 된 부품프로그램은 계속적으로 사용될 수 있게하고 중앙컴퓨터는 전송이외의 시간에 작업계획, 정보수록등의 작업을 할 수 있게 한다. 부품 프로그램의 하향전송은 부품이 바낄때에만 있게하여 중앙컴퓨터의 효율적인 이용이 가능하게 한다. 이러한 뜻에서 비실제시간(Non real-time) BTR 형태의 DNC 시스템이라고 부른다.

본 연구에서는 위의 세번째 형태의 DNC시스템의 원리 아래, 기계연결 단말기로 GMC-1100을, 중앙컴퓨터로 CYBER 180-830를 사용하여 기본적인 DNC시스템의 구성

을 이룬다. FMS를 이루기 위해서는 비실제시간BTR DNC 개념에 입각하여 중앙제어 컴퓨터의 프로그램을 작성하고 각각의 공작셀을 제어하는 기계연결 단말기와 같은 마이크로 컴퓨터의 프로그램을 작성하는 것이 가장 기초적인 FMS의 제어 소프트웨어 개발의 접근 방법이다. 다음장에서 이러한 중앙제어 컴퓨터의 소프트웨어에 대해 고찰하고자 한다.

4. 중앙컴퓨터 소프트웨어

중앙컴퓨터에서는 각각의 공작셀에서 부터 전송되어 오는 메세지를 전달수수하여 판독하는 프로그램과 생산공정에 필요한 생산정보를 관리하는 프로그램으로 이루어진다. 위성컴퓨터로 부터 전달된 메세지를 해독, 각 공작기계셀에 작업을 개시하는 명령 또는 수치제어 부품프로그램의 하향전송을 주로 담당한다.

4.1 중앙컴퓨터 프로그램의 개요

FMS의 제어 작용을 하기 위해서는 중앙컴퓨터는 각각의 생산공정을 통괄하는 작업(task)을 만들어서 작업과 작업 사이의 정보전달은 가상기억영역 (Virtual memory area) 을 통하여 메세지를 전달하는 방법을 사용하며 이 가상기억영역은 사용컴퓨터의 기종에 따라 다를 수 있으나 CYBER 같은 경우에는 실질기억보존 장치(Physical disk storage area) 를 제외한 사용자 영역안의 파일과 같다고 할 수 있다.

메세지를 수수하는데 실질기억보존 장치를 대신하여 이러한 가상기억영역을 사용하면 정보의 수수전달에 있어서 신속성과 실질기억영역을 절약할 수 있다는 장점이 있다.

위의 각각의 작업은 생산공정을 제어하는데 필요한 기능을 대표하며 한 작업은 한개의 독립적인 프로세스가 된다. 실제공장을 제어하는 경우, 이 각각의 작업은 실제기구에 직접 연결되는 하나의 독립적인 제어동작을 수행하게 된다. 이들 작업의 예를 들면 전체관리 작업(Manager task), 생산관리작업(Production monitor task), 작업분배작업(Batch routing task), 운반작업(Transport task), 제작작업(Workcenter task), 정보연결작업(Plant link handler), 화상화작업(Display task) 등이 있다.

중앙컴퓨터에서 FMS를 제어하기 위해서는 위에서 언급한 여러개의 작업(task) 이 동시에 수행되어야 하므로 중앙 컴퓨터의 운용시스템에 가상기억영역기능과 여러개의 작업이 동시에 수행될 수 있는 다작업(Multi-task) 기능이 있어야 한다.

본 연구에 중앙컴퓨터로 사용된 CYBER 180-830 컴퓨터는 다사용자(Multiuser) 시스템으로 위의 기능이 매우 제한되어 있어서 본 연구에는 주로 DNC개념에 입각한 정보 연결 작업에 비중을 두고 프로그램을 개발하였다.

4.2 정보연결작업

정보연결 작업에서는 실제 공작기계셀에서 필요한 수치제어 프로그램을 기계연결 단말기로 하향전송하는 작업과 실제 공작기계셀의 상태를 중앙컴퓨터로 상향전송하는 작업으로 크게 대별할 수 있으며 그 각각의 작용 순서는 다음과 같다.

- 부품프로그램 하향전송 -

. 필요한 부품프로그램을 실질기억보존장치에서 사용자 가상영역으로 옮긴다.

. 부품프로그램에 블록시작기호, 종료기호 및 블록체크기호를 첨가시키는 포트란 프로그램을 수행하여 새로운 파일을 작성한다.

. 새로운 파일을 시리얼라인을 통해 전송한다.

. 작성된 새로운 파일을 지운다.

- 공작기계셀의 상태 상향전송 -

. 공작기계셀에서 부터 전송되어 오는 글자열을 기다리는 프롬트스트링을 보내며 글자열을 받아 해독하는 포트란 프로그램을 실질기억장치에서 사용자 가상영역으로 옮긴다.

. 옮겨진 프로그램을 컴파일링하여 수행한다. 이 프로그램은 전송된 글자열에서 부터 블록시작기호, 종료기호, 블록체크기호를 제거한다.

. 위에서 제거한 상태를 나타내는 글자열을 새로운 파일에 수록한다.

. 앞 과정에서 이전의 상태와 비교하여 변화가 없으면 포트란 프로그램에서 새로운 파일을 수록하는 과정을 생략한다.

부품 프로그램의 전송을 하거나 공작기계셀의 상태전송을 할때 정보의 전달을 확인 검사를 하기 위하여 일반적인 블록체크를 수행 하게 되고 이를 중심으로 수신측과 송신측의 정보전송이 바르게 되었나를 확인하게 된다. 수치제어 공작기계의 부품프로그램의 블록은 보통 4줄을 한 블록으로 잡는다. 아래는 중앙컴퓨터에서 전송을 위해 각블록에 참가하는 기호들을 나타낸다.

블록의 시작기호 : ?
블록의 종료기호 : '
프로그램의 종료기호 :]

블록의 시작기호 다음과 블록의 종료기호까지 글자들을 아스키코드로 하여 순차적으로 XOR 한것을 블록의 종료기호, 혹은 프로그램의 종료기호 다음에 두글자로 보내는 방법을 사용하므로 수신측도 위와 같은 방법으로 글자를 계속 수신한 다음 종료기호 다음의 두글자를 비교 함으로써 전송중에 있을 수 있는 에러를 검사 방지할 수 있다.

5. 공작기계셀 제어 컴퓨터 소프트웨어

공작셀제어 컴퓨터 소프트웨어는 중앙컴퓨터와의 정보를 전달 수수하는 부분의 프로그램과 셀을 형성하고 있는 공작기계에 작업의 개시 신호를 보내는 프로그램으로 되어 있다.

5.1 공작셀제어 컴퓨터의 구성

본 연구에서 공작셀제어 컴퓨터로서 8 bit GMC-1100을 사용하였으며 중앙컴퓨터와 통신을 가능케 하는 시리얼 인터페이스로 RS 232-C 보오드가 추가되어 있다. 이 시리얼 인터페이스와 중앙컴퓨터의 모뎀과 연결하여 정보전달이 이루어진다.

5.2 GMC-1100의 프로그램 작성의 접근

GMC-1100상에서 작동되는 프로그램은 그 사용언어에 따라 베이직, 포트란, 파스칼 및 어셈블러 등으로 쓰여질 수 있으나 실제 공작기계셀을 제어하고 정보전달이 가능하게 되기에 가장 적합한 언어는 어셈블러 이므로 본 연구에서 시도된 프로그램은 모두 어셈블러로 쓰여졌다. 전체프로그램은 Fig. 3. 와 같이 메뉴로 작동되는 구성을 이루고 있다. 사용자가 원하는 입력을 주면 그 각각에 따른 프로그램이 수행된다. 중앙컴퓨터와 공작셀제어 컴퓨터 사이의 통신약정 아래 각각의 글자열을 보내고 받는데 있어서 그 각각의 글자열을 메모리 상에 테이블로 만들어서 숫자를 지정하면 테이블의 포인터가 지정되어 원하는 글자열이 보내지거나 받게되는 방법을 사용한다. 이러한 방법을 기계어 프로그램에서 프로그램 수행중의 각 레지스터의 혼동을 방지하게 하는 좋은 방법이며 모듈별로 되어 있는 서브루틴의 효과적인 사용과도 연결지울 수 있다.

6. 결 론

FMS를 이루는 공작기계셀의 제어에 있어서 4장에서 언급한 바와 같이 여러가지 작업이 필요하게 되겠으나 그 중에서 제일 중요한 것은 먼저 저차원적인 실제공작기계셀과 중앙컴퓨터와의 연결이라고할 수 있다. DNC개념에 입각하여 근본적인 중앙컴퓨터와 공작셀제어 컴퓨터의 연결을 시도하고 그 연결 방법을 구체적으로 보임으로써 막연한 FMS제어에 대한 방법에 실질적인 한 접근 방법을 제시 했다는 데서 그 의의를 찾을 수 있다. 이러가지 제약조건으로 인해서 많은 다양성에 대한 검토는 미흡한 점이 있으나 앞에서 지적한 고차원적인 제어 방법에 대한 해결도 본 연구에서 제시한 방법에 입각해서 접근한다면 완성단계의 제어 소프트웨어의 개발이 이루어지리라 생각된다.

참고문헌

1. Paul Ranky, "The Design and Operation of FMS", IFS(Publication) Ltd. 1983
2. S.H. Lee, "The Real-time Control of a Robot-based Flexible Manufaturing System", Ph.D. thesis, UMIST, 1985
3. S.H. Lee., "Communication in a Robot-served NC chine Tool Cell", M.Sc. thesis, the University of Manchester Institute of Science and Technology, 1983
4. 부산대학교 전자계산소, "CYBER 180-830 사용법", 1986
5. 부산대학교 전자계산소, "NOS 설명서", 1986
6. Groover, Mikell p, "CAD/CAM: Computer-aided design and manufacturing", Prentice-Hall, 1984
7. 한 성국, "마이크로컴퓨터: 이해와 응용설계", 집문당, 1983
8. 전자시보사, "CP/M 응용", 1986
9. 정 병태, "어셈블리언어", 청암, 1986
10. 한 성국, 강 성수, "Z-80 어셈블리 프로그래밍", 서문문화사, 1985
11. 박 정일, 이 강웅, "마이크로컴퓨터 인터페이스", 방한출판사, 1985

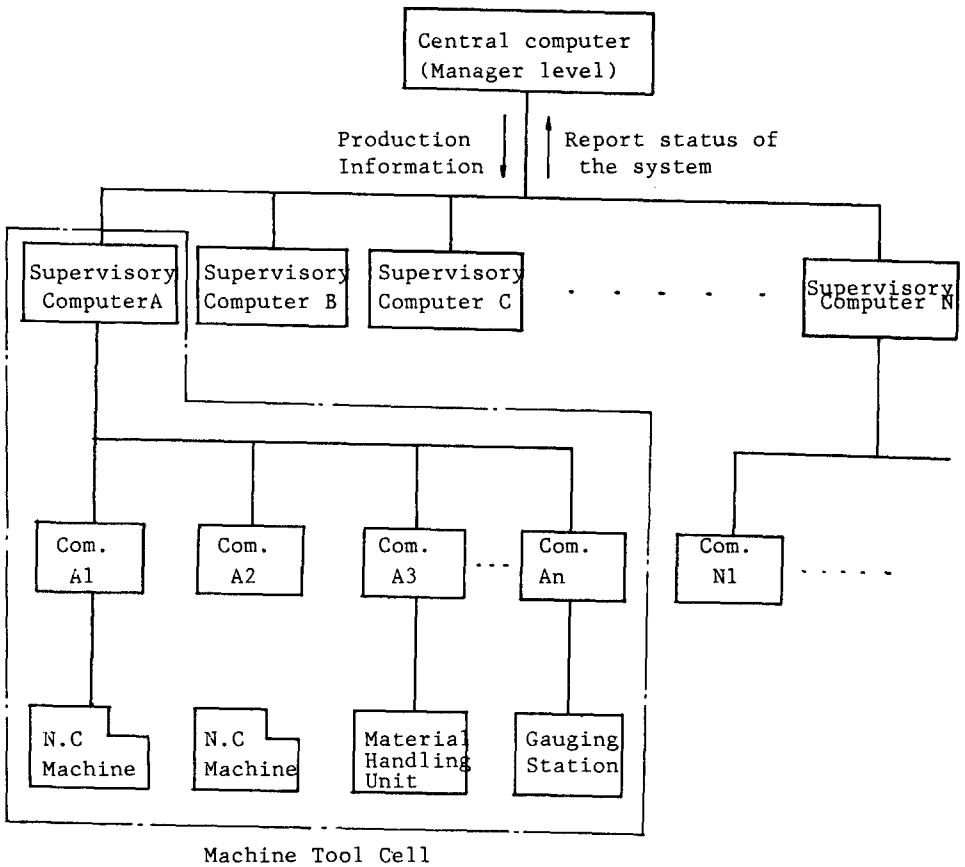
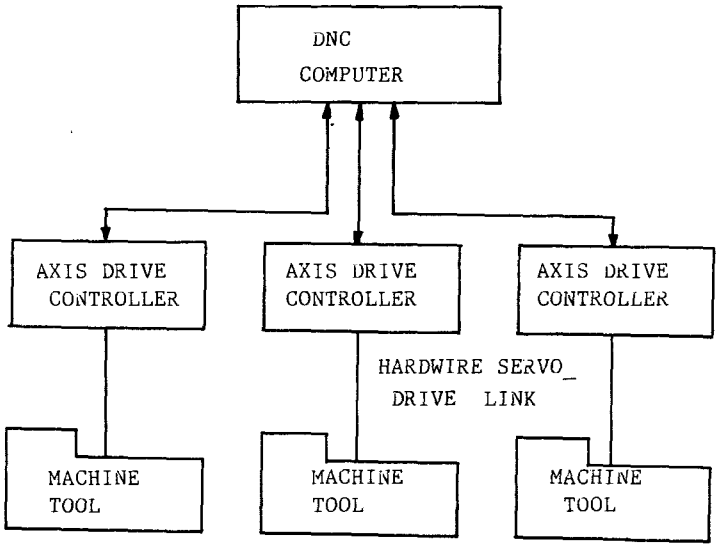
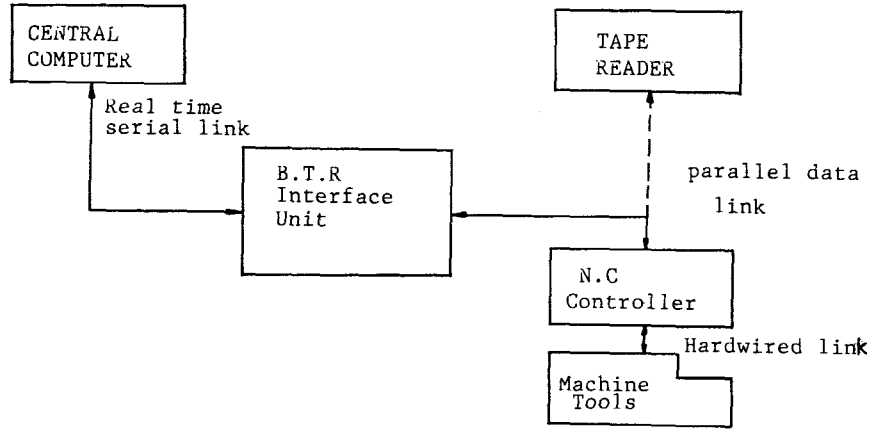


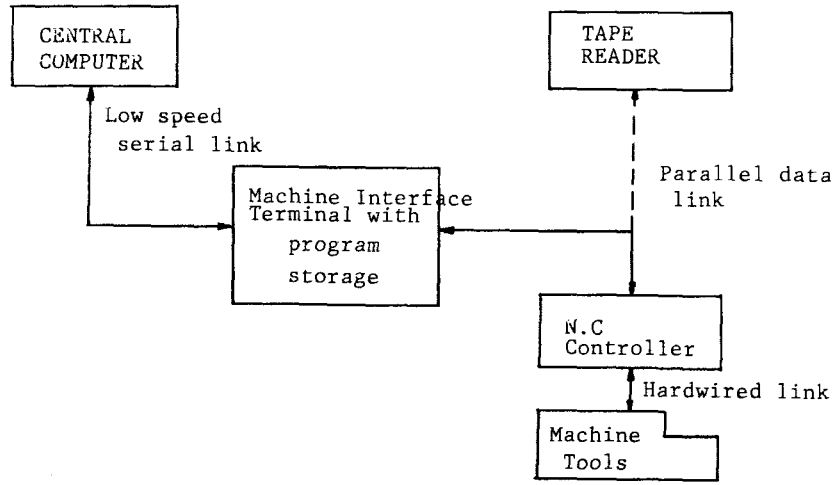
Fig.1 Basic concept of a Flexible Manufacturing System



DEEP DNC



Real time B.T.R DNC



Non Real time B.T.R DNC

Fig.2 The types of DNC system

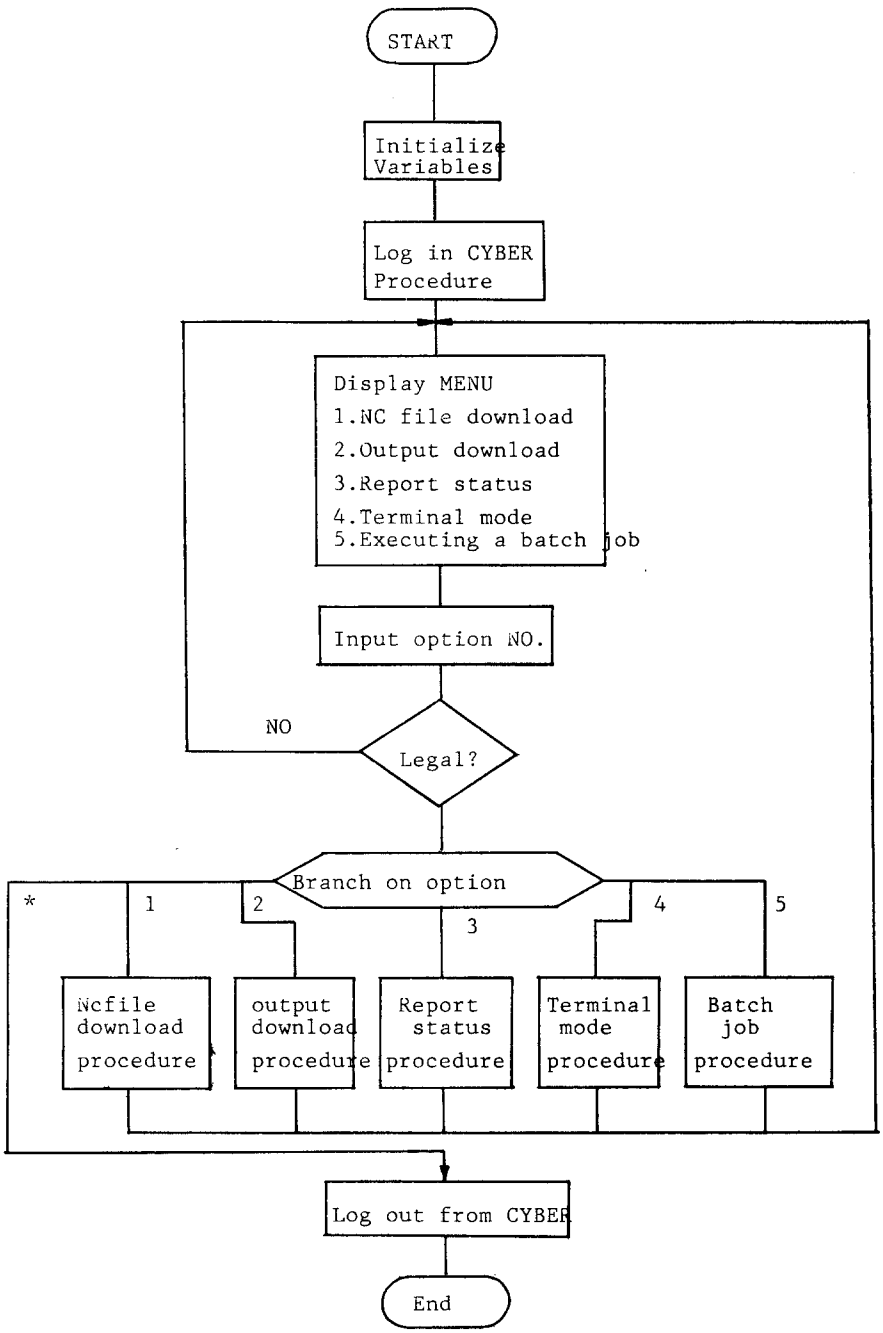


Fig.3 Basic flowchart of the software in GMC 1100 used as an MIT