
FMS의 개요 및 성능평가 기법

이 영 해

한양대학교 산업공학과 교수

1. 머리 말

현대사회가 빠르게 다변화 함에 따라 다양한 제품의 수요는 증가하고, 그 제품의 수명은 점점 짧아지는 추세가 나타나고 있는데, 이에따라 생산시스템의 유연성(flexibility)과 생산성(productivity)이 중요한 요인으로 부각되었는데, 이러한 요인들을 해결하기 위하여 FMS(Flexible Manufacturing System)가 등장하였다.

그러나 일반적으로 생산시스템의 유연성과 생산성은 서로 상반되는 관계에 있기 때문에, 양자를 균형있게 조화시키는 것이 중요한 문제로 대두된다. 여기에서는 유연생산시스템(FMS)의 개요, 형태, 도입효과 및 성능평가 기법에 대하여 간략하게 서술한다.

2. FMS의 정의 및 구성요소

2.1 FMS의 정의

FMS는 이미 선진국에서 학문적으로 상당한 연구가 이루어져 있고, 실제로 설치되어 가공하고 있는 공장도 다수 있지만 제각기 보는 입장이 달라 FMS의 정의는 통일 되어있지 않으나, 대체적으로 볼 때 컴퓨터통제를 이용하여 NC기계와 작업물 운송시스템(AGV, Automatic Guided Vehicle)을 결합시킨 하나의 시스템이라 할 수 있다⁽¹⁾. 따라서 FMS는 배치(batch)생산에서의 생산성이 대량생산시스템의 수준만큼 되도록 하는 것이 목표라고 할 수 있다.

FMS의 등장은 다품종소량생산시스템의 유연성과 생산성을 증가시키기 위한 것임을 위의 정의에서 볼 수 있다.

2.2 FMS의 구성요소

앞의 FMS의 정의에서 본 바와 같이 FMS는 NC기계, 자동화된 작업물 운송시스템 및 중앙통제 컴퓨터로 구성된다.

(1) NC기계

비회전 형상작업물을 가공하기 위하여 보통 밀링, 드릴링 및 보링등의 공정이 필요한데, 이러한 여러종류의 절삭작업을 수행할 수 있는 범용 NC기계를 가공센터(MC : machining center)라 한다. 가공센터는 주축의 방향에 따라 수직형 또는 수평형으로 분류되는데, 보통 40~90개의 공구를 저장하고 있는 공구 메거지인(tool magazine)과 주축에 있는 공구와 공구메거지인에 있는 공구를 자동으로 교환해주는 ATC(Automatic Tool Changer)를 갖고 있다.

이와같은 MC는 FMS에 있어서 절삭기계로 많이 이용되고 있는데, 원활하게 사용되려면 여러 NC프로그램을 저장하여, 통제컴퓨터의 지령에 따라 가공공정들을 효과적으로 수행할 수 있어야 하고, 자동화된 작업물 운송장치와 동작기계들을 연결하는 자동패릿 교환장치(APC, Automatic Pallet Changer)가 필요하게 된다. 작업물 운송장치에 의해 운반된 작업물이 기계앞의 저장소에 놓여지면, APC에 의해 기계의 작업테이블로 공급이 되며, 가공이 끝난 작업물 역시 APC에 의해 기계의 테이블에서 작업물 운송장치가 가져갈 수 있도록 저장소 위에 놓여지게

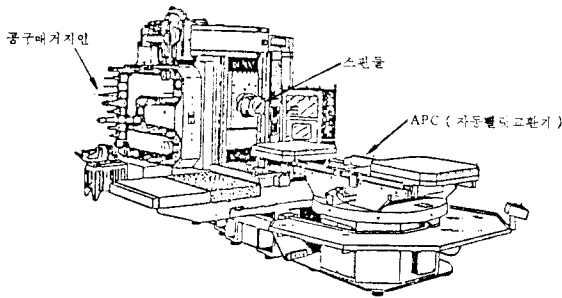


그림 1 수평형 MC의 개략도

된다.

APC를 갖춘 수평형 MC의 일반적인 모양은 그림 1과 같다.

(2) 자동운송시스템 (AGV)

치구가 놓인 팰릿 위에 작업자가 가공할 작업물을 고정하면 이것을 해당기계의 완충기(buffer)까지 이동시키고, 가공이 끝난 작업물을 기계에서 다시 작업자가 있는 적재/하역 작업장까지 가져다주는 역할을 하는 시스템으로 중앙제어컴퓨터에 의하여 자동제어 된다.

작업운송시스템으로는 컨베이어, 레일-가이드 비이클(rail-guided vehicle) 및 AGV 시스템을 들 수 있는데 최근의 FMS 발전추세에 비추어볼 때 AGV 시스템을 사용하는 것이 보편화 되고 있다⁽²⁾.

일반적으로 많이 사용되는 AGV 시스템의 개략적인 모양을 보면 그림 2와 같다.

(3) 중앙통제 컴퓨터

FMS의 구성요소인 NC기계 및 작업물 운송시스템을 통제하고 시스템 내에서의 작업물 이동과 시스템 성능에 대한 정보를 처리하는 기능을 갖는 구성요소이다. FMS를 운영하기 위하여 반

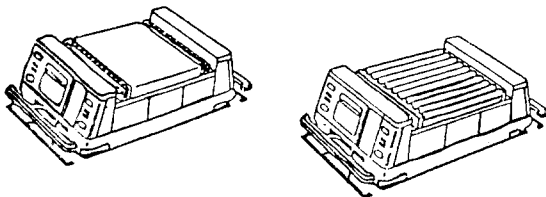


그림 2 AGV 시스템의 개략도

드시 갖추어야 할 소프트웨어의 종류를 그 기능별로 분류하면 다음과 같이 나눌 수 있다⁽³⁾.

- 가. 제어 소프트웨어
- 나. 계획 소프트웨어
- 다. 결과출력 소프트웨어
- 라. NC 프로그램
- 마. 품질관리 소프트웨어
- 바. 공구관리 소프트웨어
- 사. 공장정보시스템 소프트웨어
- 아. 작업물처리 소프트웨어

3. FMS의 형태

작업물 운송시스템 이동경로의 모양을 기준으로 하여 FMS유형을 분류하면 직선형, 순환형 및 네트워크형으로 나눌 수 있다.

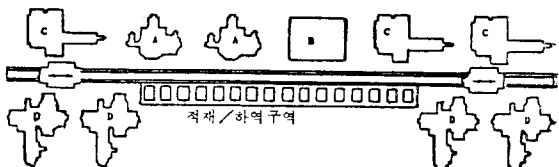
(1) 직선형 FMS

작업운송시스템은 일직선으로 된 경로를 움직이게 되어있는데, FMS가 등장한 초창기부터 주로 사용되던 형태등의 하나로서 그 대표적인 예를 들면 1974년 미국 Caterpillar사에서 만든 FMS로 그 배치도는 그림 3과 같다⁽⁴⁾.

2대의 선반, 1대의 검사기계, 3대의 드릴링머시인 및 4대의 MC 등의 작업물 가공기계와 작업물 운송을 위하여 2대의 운반장치를 사용한 시스템으로 2종류의 트랙터 하우징을 생산한다. 작업물은 길이가 1m정도인 박스모양의 주조된 것으로 년 생산량은 약 1,200개인데, 이것을 재래적인 시스템으로 생산하는데 13명의 작업자가 필요하나 Caterpillar사의 FMS에서는 7명의 작업자로 가동을 하였다.

(2) 순환형 FMS

작업물 운송시스템이 한쪽 방향으로만 움직일



A: 수직선반, B: 검사기계, C: 드릴링머시인, D: 가공센타

그림 3 Caterpillar사의 트랙터부품 가공용 FMS

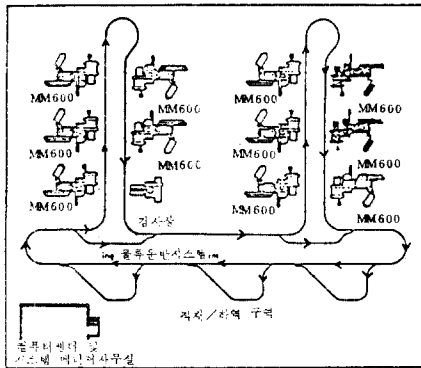


그림 4 Hughes사의 항공기부품 가공용 FMS

수 있는 시스템으로 컨베이어 또는 토우-라인 운반장치 (tow-line cart)를 운송시스템으로 많이 사용하고 있다.

순환형 FMS의 대표적인 예로 1982년 항공기 부품가공을 위하여 미국 Hughes 항공회사에서 설치한 FMS를 들 수 있는데, 그 배치도는 그림 4와 같다⁽⁵⁾.

11대의 수평형 MC, 1대의 검사용 측정기계, 작업물 운송을 위한 토우-라인 운반장치 및 3대의 적재/하역 작업장으로 구성된 Hughes FMS는 복잡한 알루미늄하우징 5~6종류를 가공하는데 각 종류별 생산량은 년 4,500~7,000개 정도이다.

(3) 네트워크형 FMS

FMS의 작업물 운송시스템의 이동경로가 네트워크형으로 된 것인데 작업물 운송시스템의 실시간(real-time) 제어기술이 발전함에 따라 등장한 형태로, 각 기계의 배치는 이동경로에 영향을 별로 받지 않으므로, 다른 배치형태에 비하여 배치상의 제약이 적은 편이다. 따라서 FMS의 설치면적이 줄어드는 잇점이 있다. 대표적인 시스템으로, 1982년 Renault사가 설치한 기어박스 가공용 FMS를 들 수 있다⁽⁶⁾. 그림 5에서 보는 바와 같이 이 시스템은 4대의 CNC(Computer Numerical Control) MC, 다축 헤드시스템 적합형 공작기계, 2곳의 세척작업장과 8대의 AGV를 갖춘 자동반송장치로 이루어져 있다.

4곳의 팔릿 적재/하역 작업장을 2명의 작업자가 담당하고 있고, 시스템에는 7군데의 작업

물 저장소가 있는데 각 저장소에는 1개의 작업물을 저장할 수 있다. 2대의 중앙제어컴퓨터가 7대의 CNC시스템과 13대의 마이크로 컴퓨터를 제어하도록 컴퓨터시스템을 구성하고 있다. 이 시스템은 24시간 내내 가동되고 있는데 시스템 전체적으로 4명의 작업자로만 운영되고 있다.

4. FMS 설치시 기대효과

FMS를 설치 운영함으로써 기대할 수 있는 효과를 보면 다음과 같다⁽⁷⁾.

(1) 생산성 제고 : 타 생산시스템에 비하여 45%~85%정도의 적은 공간만을 필요로 할 뿐만 아니라 생산성 향상으로 인한 원가절감이 가능하다.

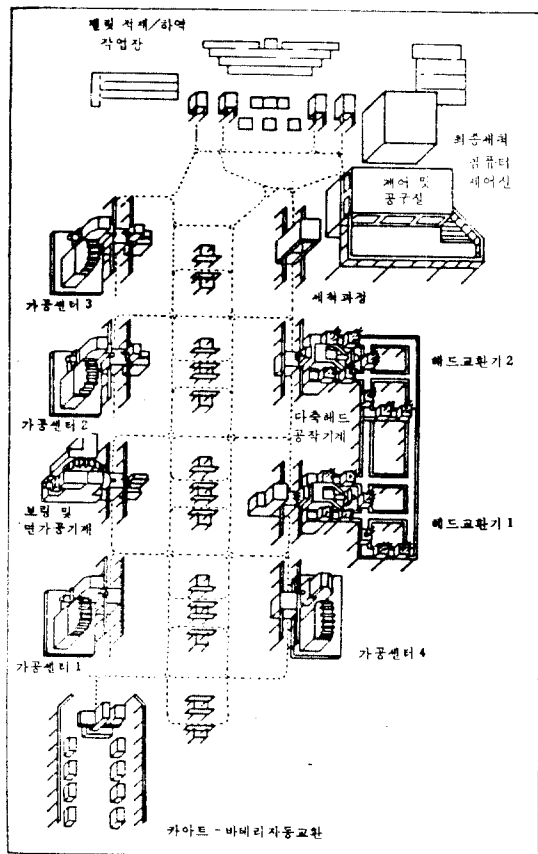


그림 5 Renault사의 기어박스 가공용 FMS

(2) 품질향상 : 컴퓨터를 적극 활용하여 구성된 시스템이므로 생산공정의 정밀도를 높여 제품의 질이 균일해 진다.

(3) 생산신뢰성 향상 : 지능을 갖고 자체적으로 보정이 가능한 시스템이므로 생산에 있어서 작업의 신뢰도가 향상된다.

(4) 자재운반 및 관리비용감소 : 컴퓨터로 제어되는 작업물 운송시스템을 이용하기 때문에 그에 관한 관리비용이 현저히 감소하고 재공품의 공정간 대기시간이 줄어든다.

(5) 다양한 생산방식 : 생산 배치 단위를 폭넓게 조정할 수 있어 외부의 변화, 즉 생산계획변경 등에 유연성 있게 대응할 수 있다.

(6) 높은 설비 가동률 : 설비 가동률의 극대화를 지향하는 시스템으로 가동률이 거의 90%에 이르고 있다.

이 밖에도 작업준비시간이 줄어들고, 컴퓨터 제어에 의하여 기계의 고장이나 공구의 손실 등을 수시로 검색할 수 있어 생산설비들의 수명이 길어질 수 있다는 효과도 있다.

5. FMS 성능평가

FMS의 운용에 있어서 발생하는 여러 문제점들의 해결 및 설치될 FMS의 성능평가를 하기 위한 연구방법으로는 수학적 기법을 이용하는 것과 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하는 방법이 있다.

5.1 수학적 기법을 이용한 방법

OR(Operation Research)기법중에서 최적화(optimization)기법과 대기행렬이론(queueing theory)을 주로 사용한다.

(1) 최적화기법을 이용한 방법

FMS를 설치하기 위한 결정변수(decision variable)로 생산량을 최대로 할 수 있는 생산작업물의 종류, 동시가공이 가능한 작업물 수, 팰릿 수, 치구 종류별 갯수, 기계에 대한 작업 및 공구활당 등을 생각할 수 있는데 이들의 결정 값을 결정하기 위한 문제는

가. 작업물 선정문제

나. 기계 그루우핑(grouping)문제

다. 작업물간의 생산비용 문제

라. 자재(resource)활당문제

마. 적재(loading)문제 등으로 나누어진다.

이 문제들을 해결하기 위한 기존연구들은 많은 가정을 하고 있고, 각 모델에 필요한 자료를 구하는 과정도 매우 힘든 일이어서, 실재 적용하는데 어려움이 있다.

(2) 대기행렬 이론을 이용한 방법

FMS를 하나의 폐쇄 대기 네트워크(closed queueing network)로 가정하여 시스템의 상태가 안정되었을 때의 시스템성능을 평가하는 방법인데, 대표적인 연구로, Solberg에 의하여 개발된 CAN-Q(Computer Analysis of Queues)⁽⁸⁾, Hildebrant에 의해 개발된 MVA(Mean Value Analysis)⁽⁹⁾와 개정된 MVAQ(Mean Value Analysis of Queues)⁽¹⁰⁾가 있다.

CAN-Q는 대기행렬의 길이가 무한대이고 시스템의 가정은 없다고 가정하고 있으나 FMS의 대략적인 성능평가에 매우 유용하게 쓰인다.

MVA는 기계의 고장을 고려하는 이외에는 CAN-Q와 같은 가정을 하고 있는데 생산예정량을 생산하는데 필요한 시간을 최소화하는 것을 목적으로 하고 있다.

대기행렬 네트워크 이론은 시스템의 상태가 안정되었다고 가정하고 있으므로 시스템의 상태가 동적으로 변하는 곳에 적용하기는 어려우나 대략적인 성능평가는 할 수 있다.

5.2 시뮬레이션을 이용한 방법

시뮬레이션은 수학적 기법으로 해결이 되지 않는 문제점들을 해결하기 위해 주로 사용되는데 실제시스템에 어떠한 영향도 주지 않고 통제된 실험을 할 수 있는 잇점이 있다.

FMS와 같이 복잡다양하고, 동적이며, 고가인 시스템의 설계 및 운영상의 문제점들을 해결하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하는 경우가 증가하고 있다. FMS의 설계분석을 위하여 시뮬레이션을 사용한 분야는 작업물 흐름 제어방식(작업물 운송시스템의 운영방법)의 결정 및 주어진 시스템의 성능평가에 대한 것이 있다.

(1) 작업물 흐름방식 결정에 대한 연구내용

FMS에서 가공할 작업물 중에서 어느것부터 먼저 기계에 가져다 놓을 것이며, 가공이 끝난 작업물 중에서 어떤것부터 기계에서 가져올 것인가 등을 결정하기 위한 연구로서 Nof의 2인⁽¹¹⁾, Stecke와 Solberg의 연구⁽¹²⁾를 들 수 있다. 이 연구는 시스템의 효율을 최대로 하는 것을 기준으로 하여 각 작업종류별 시스템 도착순서 및 작업물을 기계에 할당하는 방법을 나열하고 각 방식별 시스템효율을 비교한 것이다.

연구결과는 예정생산량에 대한 실제생산량의 비율이 가장 낮은 것부터 먼저 처리되어야 한다는 것이다.

(2) FMS 설계에 시뮬레이션을 적용한 연구내용

FMS의 설계시에 시뮬레이션을 이용하여 설계 분석을 한 대표적인 두가지 경우를 소개하겠다.

가. 영국 600그룹의 SCAMP 시스템 설계분석⁽¹³⁾

SCAMP 시스템의 설계분석 절차는 다음의 3 단계로 나누어 설정한다.

(가) 예비조사 및 타당성분석

(나) 기능적인 필수요소, 성능분석 및 투자계획단계에 대한 상세분석

(다) 시스템의 설치

앞의 3 단계중 컴퓨터 시뮬레이션을 사용한 것은 처음 2 단계인데, 우선 고려하고 있는 대안들에 대한 개략적인 성능평가를 한 뒤 이것을 이용하여 설계하고자 하는 FMS의 대략적인 배치를 완성하였다. 완성된 배치사항을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 구성한 뒤

(i) 결정된 기본 시스템에 대한 시뮬레이션실행

(ii) FMS 구성요소의 수를 변화시키면서 시뮬레이션 실행의

두가지 방법으로 가장 좋은 성능을 갖는 시스템을 선택하는 방식으로 연구되었다.

나. 영국 Citroen사의 FMS 설계분석⁽¹⁴⁾

FMS 구성요소의 수를 결정하고 시스템의 상황변화에 따른 FMS의 합리적인 운영 및 생산성의 분석을 위한 연구이다.

공구가 교환되어야 할 상황을 발생시켜서 이것으로 인한 생산성의 변화를 분석하고, 구성요소의 수를 변화시켜 가면서 시스템의 생산성을 구하며, 시스템의 확장을 위한 분석까지 하였다.

6. 맺음 말

FMS는 절삭가공용으로 발전되어 왔으나 최근에는 조립을 포함한 소재공급부터 제품의 조립에 이르기까지 제품을 일괄생산하는 종합적 시스템으로 확장되어 가고 있다. FMS의 조립시스템으로는 조립센터에 의한 것과 조립로봇을 이용한 것등의 개발이 추진되고 있다.

FMS의 전반적인 발전추세를 보면 종합적 시스템으로 나아가고 있다고 보는데, 이를 위해 그 주변시스템과의 효율적인 연계와 산업용 로봇의 적극적인 활용등에 대한 연구가 활발하게 진행 될 것이다.

한편, 공작기계들은 범용기계에서 벗어나 완벽한 컴퓨터제어가 가능하고 시스템지향형의 특수목적기계들이 많이 고안되고 실용화될 것으로 전망된다. 그리고, 시스템의 유연성을 높이기 위하여 작업물 운송시스템의 무유도방식에 대한 비약적인 발전이 이루어질 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- (1) Browne, J. and K. Rathmill, 1983, "The Use of Simulation as a Design, Tool for FMS", Proc. of 2nd Conf. on FMS, pp.185~196.
- (2) Dupont-Gatelmand, C., 1982, "A Survey of Flexible Manufacturing Systems," J. of Manufacturing System, Vol. 1, pp.1~15.
- (3) Dato, M.A. et al., 1983, "Modular Software for FMS Application", The FMS Magazine, Vol. 1, No. 4, pp.217~221.
- (4) Hutchison, G.K., 1979, "FMS's in the United States", Management Research Center, Univ. of Wisconsin, Milwaukee.

- (5) Ashburn, A., 1983, "Deciding on an FMS", American Machinist, Vol. 127, No. 5, pp. 109~111.
- (6) Ranky, P., 1983, "The Design and Operation of FMS", IFS Ltd., U.K.
- (7) Hartley, J., 1984, FMS at Work, IFS Ltd.
- (8) Solberg, J.J., 1980, "CAN-Q User's Guide", Report No. 9(Revised), School of I.E., Purdue Univ., W. Lafayette.
- (9) Hildebrant, R.R., 1980, "Scheduling FMS's Using Mean Value Analysis", Proc. IEEE Conf. on Decision and Control, pp. 701~706.
- (10) Suri, R. and R.R. Hildebrant, 1984, "Modeling FMS's Using MVA", J. of Manufacturing Systems, Vol. 3, No. 1, pp. 27~38.
- (11) Nof, S.Y. et al., 1979, "Operational Control of Item Flow in Versatile Manufacturing Systems", Int., J. of Production Research, Vol. 17, No. 5, pp. 479~489.
- (12) Stecke, K.E. and J.J. Solverg, 1983, "Loading and Control Policies for a FMS", Int., J. of Production Research, Vol. 19, No. 5, pp. 641~647.
- (13) Rathmill, K. et al., 1983, "Computer Simulation of FMS", Proc., of 2nd Conf., on FMS's, pp. 251~280.
- (14) Purdom, P.B. and T. Palazzo, 1982, "The Citren FMC", Proc. of 1st Conf., on FMS's, pp. 151~169.



국제 학술대회 개최 안내

(가칭) 제 1 차 한·일 열유체 공학 학술대회

주 관 : 대한기계학회, 일본기계학회 공동주최

분 야 : 열 유체공학 전반

일 시 : 1988년 10월 24~26일(예정)

장 소 : 서 울

일 정 : 1988년 3월 말 : 초록제출 마감

1988년 4월 말 : 논문채택여부 통보 및 카메라 촬영용 매트 송부

1988년 8월 말 : 완성된 논문제출 마감

계획이 확정 되는대로 재차 공고할 예정이며, 기타 자세한 내용은 한국과학기술원 기계공학과 현재민 교수에게 문의 바람.

전화번호 : (02) 967-0121 (交) 3625