

# SIMAN을 사용한 생산시스템의 시물레이션(Ⅱ)

曹 圭 甲

<釜山大學校 生産機械工學科 教授>

## 4.2. 매크로 서브모델

SIMAN에서 작업센터를 모델링하는데 특기할 유용한 특성은 매크로(macro) 서브모델이다. 이 특성은 서로 유사하나, 각기 다른 기능을 가지고 있는 2개 또는 그 이상의 작업센터를 하나의 매크로 서브모델을 사용하여 모델화할 수 있고, 따라서 모델링이 쉽고 또 프로그램이 간단하게 된다. 예를 들어, 기능은 대등하나 형식과 기계의 대수가 다른 여러개의 상이한 작업센터(선반, 밀링, 평삭기 등)로 구성된 job shop에 대한 모델링에 SIMAN을 이용하는 경우에는, 각 작업센터에 대한 개별적인 모델링은 할 필요가 없고, 단지 하나의 매크로 서브모델을 사용하면 쉽게 모델링이 된다.

매크로 서브모델의 시작은 STATION 블록에 의해 정의되며, 이 서브모델에 의해 나타낸 작업장 번호의 범위는 STATION 블록에 명기해진다. 하나의 요소는 TRANSFER 블록을 사용해서 STATION 블록으로 보냄으로써 매크로 서브모델에 들어간다. STATION 블록에 명시된 범위안에 있는 작업장 번호로 보내진 모든 요소는 이 블록에 도착하는 가공물으로써 처리된다. STATION 블록에 들어 가면, 요소의 속성  $M$ 의 값은 SIMAN에 의해 요소가 이동되어 가야 하는 작업장 번호로 된다.

간단한 매크로 서브모델의 예가 그림 3에 볼

록 다이어그램으로 주어져 있는데, 여기서는 각 설비에 인덱스를 부여하였다. 이 예에서는, 가공물이 STATION 블록에 도착하면 요소의 작업장 속성  $M$ 은 현재의 작업장 번호를 가진다. 이 예에서는 기계가 6대이므로,  $M$ 은 1~6 사이의 값이 된다. 따라서 가공물이 가공되어야 할 기계로 가서, QUEUESEIZE 블록에서 MACHINE(M)의 1대를 사용하고자 한다. 이때 기계가 사용중에 있으면, 가공물은 목록번호  $M$ 에서 기계를 사용할 수 있을 때까지 기다린다. 기계를 사용할 수 있으면, A(1) 값으로 주어진 가공시간만큼 기계를 사용한 뒤에, RELEASE 블록에서 그 기계를 다음 가공물의 가공을 위해서 사용이 가능하게 해준다. 그 다음에, 가공물은

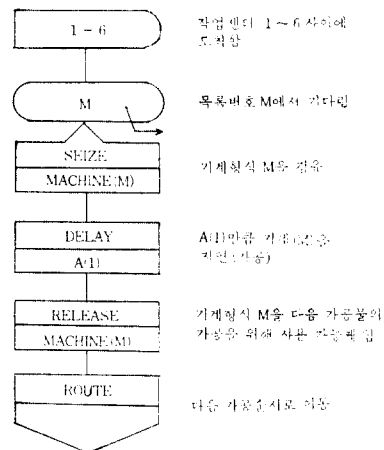


그림 3 매크로 서브모델의 예

## SIMAN 을 사용한 생산시스템의 시뮬레이션(II) ■

TRANSFER 블록에 의해서 다음 작업장으로 이동이 된다.

### 4.3. 가공순서와 가공설비의 스케줄

앞의 예에서와 같이, 가공물은 TRANSFER 블록에 의해 다음 작업센터로 보내진다. 그런데, TRANSFER 블록에서는 특정한 가공물에 대하여 다음의 작업장이 어느 것인지를 결정할 수 있는 방법이 있어야 한다. 뿐만 아니라, 다음 기계에서 가공하는데 필요한 가공물의 가공 매개변수에 대응하는 속성을 새로운 값으로 바꾸어 주어야 한다. 예를 들면, 그림 3에서 A(1)은 이 서브 모델에서의 가공시간을 나타내나, TRANSFER 블록에 의해 다음 기계로 가공물이 이동되었을 때는 A(1)의 값은 이 새로운 기계에서 소요되는 가공물의 가공시간의 값을 가져야만 한다.

가공물의 가공순서와 각 기계에 대응하는 속성의 최신의 값은 SIMAN 의 실험구조에 포함되어 있는 SEQUENCES 요소를 사용하면 쉽게 해결이 된다. 다음은 3가지의 다른 가공순서를 나타내는 SEQUENCES 요소의 간단한 예이다.

```
SEQUENCES : 1, 5, EX(1, 1)/3, UN(2, 1) :
              2, 4, UN(3, 1)/2, 10. 3/6, EX
              (4, 1) : 3, 2, EX(5, 1)/6, EX
              (6, 2);
```

이 예에는 3가지의 가공순서가 있는데, 순서번호 1은 기계 5와 기계 3에서 가공물이 차례대로 가공되고, 이때 각 기계에서의 소요가공시간은 각각 EX(1, 1)의 지수분포와 UN(2, 1)의 구형분포로부터 얻은 값이 된다. 순서번호 2는 기계 4, 2, 6의 차례로 가공순서가 정의되어 있고, 이때 각 기계에서의 가공소요시간의 값이 예에 주어진 바와 같다. 순서번호 3은 기계 2와 6에서 차례로 가공물이 가공됨을 나타낸다.

생산시스템에서 작업센터는 각 기계에 부하되는 부하량의 차이 때문에 상이한 작업 스케줄에 따라 작업을 수행하는 경우가 자주 생긴다. 즉 기계의 고장, 작업내용의 변경, 작업자의 교대 등에 의하여 사용하는 기계의 소요대수나 가공시간의 변화가 생길 경우가 있는데, 이 경우에

대하여는 SIMAN에서는 실험구조에 포함되어 있는 SCHEDULES 요소를 사용하여 쉽게 모델화가 되며, 다음은 이의 간단한 예이다.

```
RESOURCES : 1, WORKER, SCHED(1) : 2-3,
              MACHINE, SCHED(2), SCHED(2);
SCHEDULES : 1, 3*8, 1*16, 2 : 2, 1*EX(1,
              1), 0*UN(2, 1);
```

이 예에서, WORKER는 그 인원수가 스케줄 번호 1에 의해 정의된 자원으로 간주되며, 자원 2-3은 MACHINE(1)과 MACHINE(2)로 표시된 인덱스를 가진 설비이다. 스케줄 번호 1에서는, 작업자 3명이 8시간 동안 작업을 하고 그 다음 16시간 동안은 작업원 1명이 작업을 하고, 나머지의 시뮬레이션 실행시간 동안에는 2명으로 작업을 한다. 스케줄 번호 2에서는, MACHINE(1)과 MACHINE(2)는 각각 기계 1대로 가공을 하는데, 소요 가공시간은 지수분포로부터 얻은 값이 된다. 그 다음에 구형분포로부터 얻은 시간동안에는 기계를 사용할 수 없다. 이 사이클이 시뮬레이션 실행시간 동안에 반복이 된다. 스케줄 번호 2는 생산설비의 고장이나 수리를 나타내는데 사용할 수 있다.

### 4.4. 자재운반시스템의 모델링

생산시스템에서 작업 센터간의 가공물의 이동은 자재운반시스템에 의해 처리가 되며, 이것은 생산활동의 50~70%를 점유하고 있으며<sup>(7)</sup>, 대부분의 생산시스템에서는 아주 중요한 기능이다.

지금까지 여러가지의 자재운반설비가 개발되어 있으나, 이를 크게 나누면 (1) 산업용 트럭, (2) 크레인, 호이스트, (3) 컨베이어 등의 3가지로 분류할 수 있다. SIMAN에서는 산업용 트럭, 크레인, 호이스트 등의 부류에 속하는 기능을 TRANSPORTERS로, 컨베이어류에 속하는 기능을 CONVEYORS로 구분하였다. TRANSPORTER는 각 요소에 할당이 될수 있는 움직이는 기기나 설비를 나타내고, CONVEYOR는 상호연결이 되어 하나로 움직이는 위치가 정해진 셀(cell)들로 구성된 기기나 설비를 나타낸다.

■ 解 說

SIMAN이 가지고 있는 자재운반시스템에 대한 모델링의 기능은 아주 효과적으로 사용이 된다.

5. SIMAN의 응용사례

SIMAN이 2년전에 소개된 이래로, 미국의 각 대학, 연구소 및 기업에서 이것이 광범위하게 활용이 되고 있으며, 몇 가지의 사례가 보고 되어 있다(8, 4, 8, 9).

여기서는 그룹테크놀로지(Group Technology, GT)의 개념에 의한 기계 셀(machine cell)에 관한 간단한 예를 고찰한다. GT에 의한 기계 셀 내에서 가공을 해야하는 3가지 형식의 작업이 있다. 형식 1의 작업은 먼저 선반에서 가공한 다음에 드릴링 머시인에서 가공을 하고, 형식 2의 작업은 선반, 밀링 머시인의 순서로 가공이 되고, 형식 3의 작업은 선반, 드릴링 머시인, 밀링 머시인에서 가공을 해야한다고 하자. 가공물의 가공순서는 기계에 도착하는 도착순(First In, First Out, FIFO)으로 가공한다고 가정한다. 각 작업형식에 따른 평균작업시간, 각 기계에서 대기하고 있는 작업의 수, 그리고 각 기계의 활용도를 구하기 위해서 표 2에 주어진 자료를 사용하여 시뮬레이션을 한다. (표 2의 자료는 임의로 정한 것임).

표 2 GT 기계 셀의 시뮬레이션 자료

작업 형식	배치수 (batch)	배치당 부품수	가공 시간			배치의 도착 간 격
			선 반	드릴링	밀링	
1	12	5	구형분포 (1, 2)	3.0	—	14
2	10	8	구형분포 (2, 3)	—	5.0	지수분포 (4, 0)
3	15	10	구형분포 (3, 4)	3.0	5.0	지수분포 (5, 0)

(주) 구형분포 아래의 값은 각각 하계와 상계, 지수 분포 아래의 값은 평균값을 나타냄

이 예제에 대한 블록 다이어그램 모델이 그림 4에 도시되어 있다. 먼저 설비명칭을 선반은 LATHE, 드릴링 머시인은 DRILL, 밀링머시인은

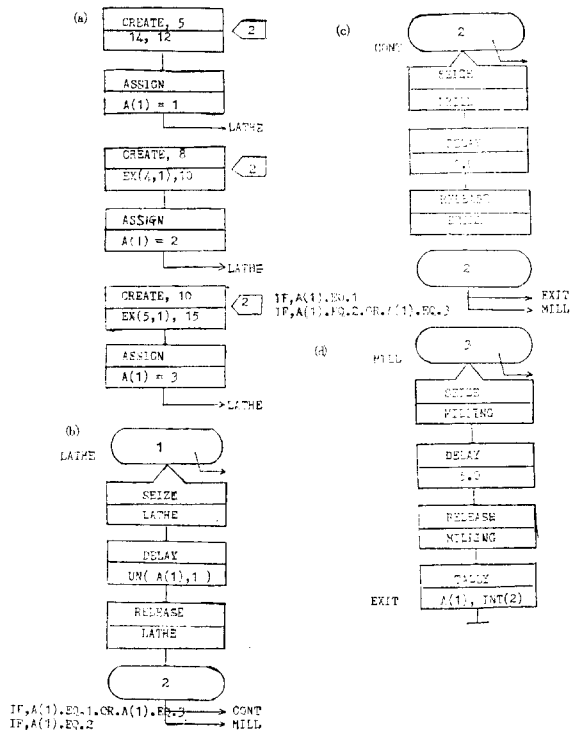


그림 4 GT 기계 셀 문제의 블록 다이어그램 모델

MILL로 지정하였고, 각 설비의 대수는 실험구조의 RESOURCES 요소에서 각각 2대, 1대, 2대로 정의되었다. 그림 4(a) 부분은 3가지 형식의 작업을 생성한다. 첫번째 CREATE 블록은 작업형식 1의 도착을 생성한다(A(1)=1). 여기서 배치(batch)당 부품수는 5이고, 부품도착시간은 매 14분 간격이며, 배치의 수는 12이므로 최대 60개의 부품의 도착이 생성된다. CREATE 블록 옆에 <2>는 부품의 도착시간을 속성 2(즉, A(2))에 기록함을 나타낸다. 나머지 작업형식 2(A(1)=2)와 3(A(1)=3)도 유사한 방법으로 부품의 도착이 생성된다. 모든 작업형식의 부품은 먼저 선반에서 가공이 되어야 하므로, 그림 4(b)로 부품이 이동되어 대기 파일(queue file) 1에서 차를 기다린다. SEIZE-DELAY-RELEASE 블록에서는 기계를 점유하여 소요가공시간 만큼 가공을 하고 난 뒤에, 기계는 다음 부품의 가공을 위해 사용가능하게 해



업형식 1의 선반에서의 가공시간의 값을 얻는 구형분포의 하계와 상계의 값을 명시하고 있다. 그리고 실험구조 REPLICATE에 요소가 포함되어 있지 않으므로, 시뮬레이션은 시간 0에서 시작하여 한번만 실행되고, 이 모델에서는 각 작업형식의 모든 작업이 완료되었을 때에 시뮬레이션이 끝난다.

이 예제의 SIMAN 요약보고서(summary report)가 그림 7에 주어져 있다. 이 보고서의 첫 번째 부분은 계수기 변수 1, 2, 3에 대한 관찰을 요약한 통계를 보여준다. 형식 2의 작업이 다른 작업보다 시스템내에서 시간이 적게 걸렸다는 것을 알 수 있다.

이 보고서의 두번째 부분은 이산변화변수(discrete change variable)에 대한 관찰의 결과를 요약한 것이다. 3가지 형식의 모든 작업이 선반을 거쳐가야 하므로 선반에서 대기중인 평균 작업 수가 79로 가장 높다. 시뮬레이션의 어떤 시점에서는 선반앞에서 기다리고 있는 작업의 수가 214에 이르렀는데도 불구하고, 선반의 활용도가 약 64%( $1.2793 \div 2 \div 0.64$ )이하인 것은 흥미로운 사실이다. 이 예제 프로그램은 IBM PC의 호환기종인 SUNTRONIX 16 bit PC에서 실행하였다.

## 6. 맺음 말

SIMAN의 기본이념과 모델링 특성에 관하여 개괄적으로 고찰하고, 주로 생산시스템에 관련된 SIMAN의 특성에 중점을 두어 고찰하였다. SIMAN에서 사용되는 각종 블록에 대하여, 또 다른 여러가지 모델링 기능에 대하여는 지면 관계상 생략하였다.

SIMAN은 일반 목적용 시뮬레이션 언어로써는 물론, 특히 FMS 등의 생산시스템의 시뮬레이션에 아주 유용한 언어로써 이의 광범위한 활용이

기대된다.

## 後 記

이 글의 집필에 필요한 참고문헌을 제공해 주신 SIMAN의 개발자인 미국 Pennsylvania 주립대학교 산업공학과 C.D. Pegden 교수께 감사를 드립니다. SIMAN에 관심이 있으신 분은 참고문헌 (5)를 참조하시기 바랍니다.

## 참 고 문 헌

- (1) Pritsker, A.A.B., and Pegden, C.D., Introduction to Simulation and SLAM, John Wiley & Sons, New York, 1982
- (2) Law, A., and Kelton, D., Simulation Modeling and Analysis, McGraw Hill, New York, 1982
- (3) Pegden, C.D., Medeiros, D.J., and Ham, I., "Simulation of Flexible Manufacturing Systems using SIMAN", Proceedings of the 5th International Conference on Production Engineering, Tokyo, Japan pp. 775~787, July 1984
- (4) Pegden, C.D., and Ham, I., "Simulation of Manufacturing Systems Using SIMAN", Annals of the CIRP, Vol. 31, No. 1, pp. 365~369, 1982
- (5) Pegden, C.D., Introduction to SIMAN, Systems Modeling Corporation, State College, PA, 1983
- (6) Pegden, C.D., "Introduction to SIMAN", Proceedings of the 1983 Winter Simulation Conference, IEEE, pp. 231~241, 1983
- (7) Apple, J., Plant Layout and Material Handling, John Wiley, 1977
- (8) Ham, I., et. al., Research Report on Study of Simulation Analysis for Group Technology Applications, Pennsylvania State University, University Park, PA., 1982
- (9) Schroer, B.J., Black, J.T., and Zhang, S.X., "Microcomputer Analyzes 2-card Kanban System For 'Just-In-Time' Small Batch Production", Industrial Engineering, Vol.16, No.6, pp. 54~65, 1984

