

FMS 최적설계를 위한 시뮬레이션 지원 시스템 (A Simulation Support System for Optimal Design of FMS)

이 영 해*
김 성 식**

Abstract

Simulation is known to be a valuable tool for design and operation of Flexible Manufacturing Systems(FMSs) under study. However, in order for simulation to be useful, lots of knowledges about the behavior of system to be designed, statistics for output analysis, modeling techniques and a specific simulation language are required by the simulationist. In this paper a way to build simulation support system for non-experts at simulation will be described and a simulation support system for FMS design and operation developed by the authors will be demonstrated.

I. 서 론

배치생산(batch manufacturing)에서 유연생산시스템(FMS ; Flexible Manufacturing System)의 출현은 전통적 제조방법으로부터 중요한 변화를 가져왔다. FMS는 현대 이상의 컴퓨터로 조정되는 자동화된 기계들과 물류운반장치로 연결된 작업장(work station)으로 구성된 생산설비이다. 이러한 시스템은 전통적 배치생산기법

과 비교해 볼때 몇가지의 뚜렷한 잇점들-증가된 생산량, 균일성(uniformity), 보다 짧은 제조 cycle time, 노동력의 감소, 보다 좋은 기계 효율 등-을 제공한다.

일반적으로 FMS의 설계작업은 계획수립(planning), 설계(design), 실행(implementation)의 3가지 세부작업단계로 나누어진다. 계획수립 단계에서는 FMS에 의해 제조될 제품이나 부품의 종류, 제품이나 부품을 만드는 방법, 그리고

* 한양대학교 공과대학 산업공학과

** 고려대학교 공과대학 산업공학과

† 본 논문은 1987년도 문교부 지원 학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

제조량 등을 결정한다. 설계단계에서는 정해진 가공목적(operational objective)과 재정적목적(financial objective)을 특정한 기술적(technological), 조직적(organizational) 요구들로 바꾸어 놓는다. 실행단계에서는 제시된 FMS 설계를 하나의 운영가능한 시스템(operational system)으로 바꾸어 놓는다.

현재 FMS 설계자는 여러 FMS 설계대안들을 평가하기 위하여 주로 3 가지 방법을 쓰고 있다. 첫번째 방법은 수학적 기법들(대기이론, mathematical programming 등)을 사용함으로써 합리적인 설계안을 선택하며, 필요하다면 적절한 조절을 행한다. 두번째 방법은 실제로 실행할때 처럼 높은 비용을 들이지 않고 실험을 하기위해 적은 규모의 FMS 모델을 만드는 방법이다. 세번째 방법은 제안된 시스템에 대한 시뮬레이션 모델을 개발하여 평가하며, 요구하는 목적에 부응하는 형태의 시스템을 선택한다.

시뮬레이션을 이용한 방법은 FMS 설계자에게 뚜렷한 잇점들을 제공하는데 몇몇의 최근 연구는 FMS 설계에서 시뮬레이션 이용에 대한 잠재력을 설명하고 있다[1, 2, 3]. Figure 1에서는 시뮬레이션기법을 이용하는 FMS 설계의 일반적인 절차를 나타내고 있다. 시뮬레이션을 사용하고자 하는 사람들은 요구되는 사항들을 얻기위해 많은 교육을 받아야만 시뮬레이션을 성공적으로 사용할 수 있다. 따라서 시뮬레이션 비전문가인 사람에게 FMS 최적설계를 하도록 도와주는 일종의 시뮬레이션 지원 시스템(simulation support system)의 개발은 가치 있는 작업이 될 것이다.

본 논문에서는 시뮬레이션 지원 시스템을 구성하는 세부시스템들의 기능들에 관하여 설명하며, 저자에 의해 개발된 proto-type 의 시뮬레이션 지원시스템인 SSSFMS(Simulation Support System for FMS)에 대하여 구성 및 이의 사용을 예제를 통하여 설명하고자 한다.

II. 시뮬레이션 지원 시스템의 구성

시뮬레이션이 시스템 분석을 위해 사용되는 일반적인 절차는 Figure 2에서 보여주는 바와 같이 분석하고자 하는 실제 또는 가상의 시스템을 모델링하는 기법들—process orientation, activity scanning orientation, discrete event orientation,—중 한 가지를 사용하여 모델을 구하고, 이 모델을 실행가능한 형태로 하기 위하여 기존 사용되고 있는 범용 컴퓨터언어나 시뮬레이션언어를 사용하여 프로그래밍을 행한다. 작성된 프로그램을 사용가능한 컴퓨터 시스템을 이용하여 실행시켜 실험을 행하게 된다. 실험도중 발생한 오류를 보정하기 위하여 모델을 수정하기도 한다. 실험을 행하여 얻은 결과를 통계적 기법을 사용하여 분석하며, 필요시 모델의 모수들(parameters) 값을 변경시켜 가며 최적화를 도모하기도 한다.

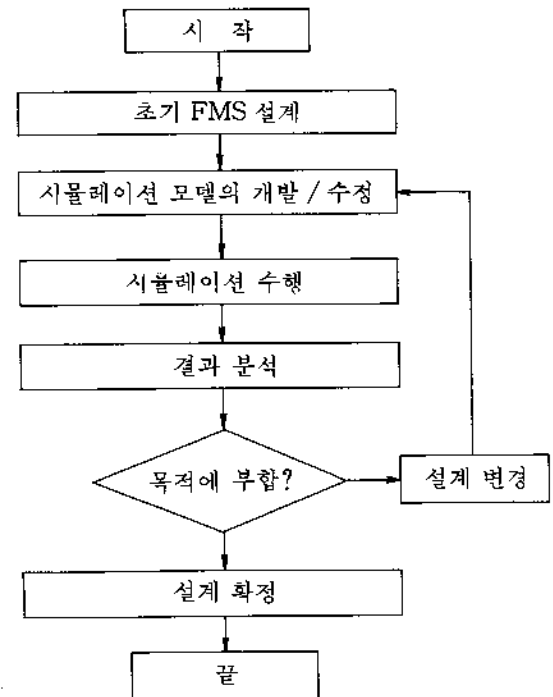


Figure 1. 시뮬레이션을 이용한 FMS 설계의 일반적인 절차

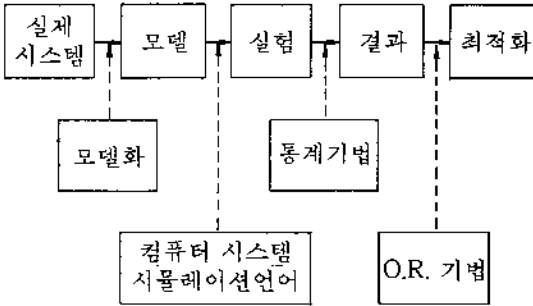


Figure 2. 시뮬레이션을 이용한 시스템 분석 절차

위에서 언급한 바와 같이 시뮬레이션이 FMS 설계를 위해 가치있는 도구가 되기 위해서는 시뮬레이션을 행하는 사람이 아래 지식들을 갖추고 있어야 한다[4].

- 1) 시뮬레이션이 행해지는 시스템에 관한 지식
- 2) 결과 분석을 위한 통계적기법에 관한 지식
- 3) 시스템을 모델링 하는데 필요한 기법에 관한 지식
- 4) 시뮬레이션을 실행하기 위한 시뮬레이션 언어에 관한 지식

아래의 Figure 3는 FMS 설계와 성능분석을 위한 시뮬레이션 지원 시스템이 갖추어야 할 구성요소들을 보여주고 있으며 그 구성요소들의 자세한 설명은 다음과 같다.

-시뮬레이션 모델링 시스템(simulation modeling system) : 사용자가 시뮬레이션 하려는 시스템을 모델화 하도록 유도하는 서브시스템

-자동 코딩 시스템(automatic coding system) : 유도된 시뮬레이션 모델을 구하기 위해 시뮬레이션 언어로 된 system model frame 을 포함하는 프로그램을 자동으로 만들어내는 서브시스템

-시뮬레이션 실행 및 결과분석 시스템(running simulation & output analysis system) : 시뮬레이션 실행 및 결과의 자동분석을 위한 시뮬레이션 프로그램의 experimental frame 을 생성하는 서브시스템

-최적화 시스템(optimization system) : 사용자의 요구에 의해 FMS 최적형태(optimal configuration), 예를들어 기계대수, pallet 수, 기계속도, 물류운반장치의 수 등의 최적값을 구해주는 서브시스템

일부 연구자들을 시뮬레이션 모델링 시스템과 자동 코딩시스템의 기능만을 결합한 시스템을 simulation generator 라고 부르기도 한다[5, 6].

필자에 의해 개발되어 실행되었던 simulation optimization tool 인 SIMICOM[8, 9, 10]은 설계된 FMS의 최적형태를 구하기 위한 최적화시스템으로 사용될 수 있다

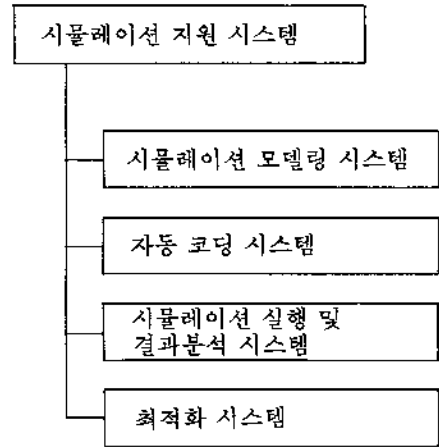


Figure 3. 시뮬레이션 지원 시스템의 구성요소

III. SSSFMS

III.1. 개요

일반적으로 시뮬레이션 지원 시스템의 가장 큰 기여중의 하나는 제조시스템에서 설계와 대안들을 분석하기 위해 시뮬레이션을 사용하는 설계자에게 코딩(coding)과 디버깅(debugging) 시간을 상당히 단축하게 한 것이다. SSSFMS는 많은 FMS 대안들의 분석을 보다 편리하게 함으로서 설계와 비교분석을 손쉽게 한다. 매우 지루하고 많은 시간을 소비하는 시뮬레이션 모델의

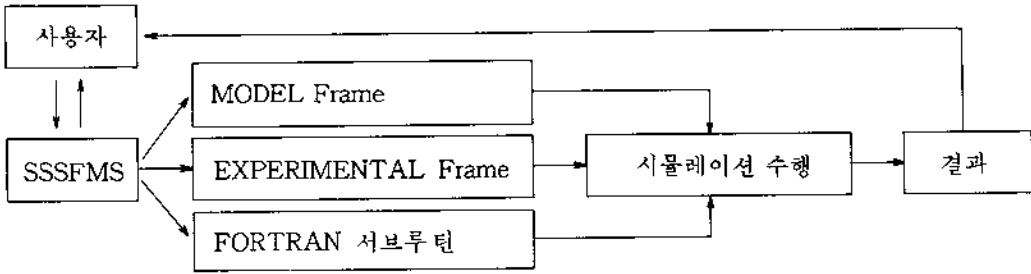


Figure 4. SSSFMS 사용을 위한 절차

작성은 더이상 FMS 설계자가 하지 않아도 된다. SSSFMS 는 시뮬레이션하는 사람이 설계되어진 시스템을 모델화 하기위해 시뮬레이션하는데 필요한 입력자료를 얻도록 도와준다. 또한 SSSFMS 는 SIMAN [7] 으로 시스템을 나타내는 model frame 과 시뮬레이션 실행 시간의 길이와 실행의 수(number of runs)를 포함하는 시뮬레이션을 이용한 실험을 위한 experimental frame 을 만들어 낸다. 그리고 만들어진 model frame 과 experimental frame 을 결합, 실행하며 결과 분석을 위해 FORTRAN Subroutine 도 생성해 준다. 아래의 Figure 4 에서는 SSSFMS 를 사용하기 위한 도식적인 그림을 보여준다.

III.2. 구 성

사용자로부터 시스템구성 및 운용에 필요한 정보들을 Menu-driven 방식을 통하여 입력을 받아 Process Orientation Approach 를 사용하여 모델링을 행하며, SIMAN 에서 기본적으로 제공하지 않는 형태의 결과를 얻기 위해서 FORTRAN 서브루틴을 발생시킨다. SSSFMS 를 구성하는 모듈들과 거기에 포함되는 내용들은 아래와 같다.

* 일반 정보 모듈 - 분석자의 이름, 수행하는 시뮬레이션 프로젝트의 이름, 시뮬레이션 모델링하는 날짜 등

* 워스테이션에 관한 모듈 - 기계의 종류 및

수, 버퍼의 크기, 각 Machine 에서의 Loading-/Unloading 을 위한 운반 도구(Robot, APC 등)

* Job 에 관한 모듈 - 도착하는 Job 의 형태, 비율 및 배치의 크기, 각 Job 수행을 위해 필요한 공정들의 순서 및 시간

* Material Handling System 에 관한 모듈 - Transporter(AGV 등)의 종류, 수, 속도(Loaded/Unloaded), 초기 상태 및 위치, 스테이션간의 거리

* Loading / Unloading 스테이션에 관한 모듈 - Fixturing 과 Unfixturing 을 위한 작업자의 수, 요구되는 시간, 허용되는 Pallet, Fixture 의 수 Stocker Machine 의 댓수, Transporter 에로/부터 부품의 Loading / Unloading 시간 등

* 분포에 관한 모듈 - 가능한 시간분포(Triangular, Uniform, Normal, Exponential, Erlang, Constant 등)의 선택과 필요한 모수들의 값

* 시뮬레이션 수행(run)에 관한 모듈 - 시뮬레이션 수행 시간(절대시간 또는 완성부품의 수), 수행될 시뮬레이션 반복 횟수(number of runs) 등

* Model File 생성을 위한 모듈 - 위에서 입수한 시스템에 관한 정보를 SIMAN Model Frame 으로 변환

* Experimental File 생성을 위한 모듈 - 위에서 입수한 시뮬레이션 수행에 관한 정보를 SIMAN Experimental Frame 으로 변환

* FORTRAN File 생성을 위한 모듈 - SIMAN

에서 기본적으로 제공 하지 않는 형태의 결과를 출력하기 위한 FORTRAN 서브루틴을 발생

이 시스템은 QUICK BASIC 으로 프로그램 되었으며 IBM-PC 와 호환기종으로 실행될 수 있다.

III.3. 예 제

예제로 채택된 간단한 FMS cell 이 아래의 Figure 5 에 나타나 있다. 이 제조시스템에서 수행되는 가능한 작업은 turning(lathe), milling, drilling, grinding 이며 두가지 작업형태(job type) 가 서로 다른 공정을 취한다. 하나는 service time 이 지수분포로 turing, milling, grinding 순으로 진행하며 다른 작업형태는 turning, drilling, grinding 순으로 진행한다. 아래의 Figure 6 는 가공 작업에 대한 위의 정보를 보여주는 컴퓨터 스크

린이다. 각 기계는 1 대의 buffer 를 가지고 있으며 load / unload station 에서의 stocker 의 수는 10 대이며 fixturing / unfixturing 을 위한 작업자는 2 명이다. 도착하는 작업의 40%는 job type 2 이다. 그리고 80 / 60(unload / load)의 속도를 갖는 물류운반장치 AGV 가 2 대 있다. Figure 7 은 station 간의 거리를 나타낸다. service time 에 대한 분포는 여러분포중(Triangular, Uniform, Nomal, Exponential, Erlang, Constant)의 하나를 선택할 수 있다. Figure 8 과 9 은 이 예제에 대하여 SIMAN 으로 작성된 model frame 과 experimental frame 을 나타낸 것이다. 그리고 Figure 10 은 이 시뮬레이션에 대한 결과인 SIMAN SUMMARY REPORT 을 나타내며, Figure 11 은 생성된 FORTRAN 서브루틴을 보여주고 있다.

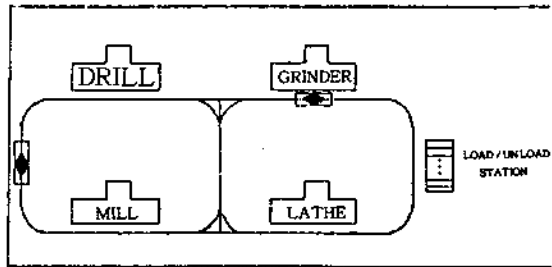


Figure 5. A Hypothesized Manufacturing Cell

Sequence of operations with time for each job type			
Job Type	Seq. No.	Sequence of operations	Mean Time(EXponential)
1	1	Machine # 2 (LATHE)	2
	2	Machine # 3 (MILL)	5
	3	Machine # 5 (GRINDER)	3
2	1	Machine # 2 (LATHE)	4
	2	Machine # 4 (DRILL)	6
	3	Machine # 5 (GRINDER)	4

Figure 6. Operations for Each Job Type

Distances between stations				
=====				
From \ To	2	3	4	5
1	3	6	10	3
2	-	3	7	11
3	-	-	4	8
4	-	-	-	4

Figure 7. Distances Between Stations

IV. 결 언

지금까지 FMS 설계를 위한 시뮬레이션 지원 시스템의 일반적인 구성요소들 및 SSSFMS에 대하여 설명하였다. SSSFMS의 현 능력은 유연생산시스템의 모든 형태의 취급과 위에서 설명했던 시뮬레이션 지원 시스템의 일반적 기능들에 대하여 다소 제한적이다. 시뮬레이션 optimization tool인 SIMICOM[8]과 시뮬레이션 지원 시스템인 SSSFMS와의 결합을 위하여 SSSFMS 속에 optimization tool을 삽입하면 생산시스템에서 부품의 평균상주시간, 기계의 효율, 그리고 재공품 재고 등에 대한 최적화가 달성되도록 하는 시스템형태(system configuration)를 구할 수 있을 것이다. 그리고 결과분석을 위해 steady-state

의 자동적 탐지를 위한 모듈, 시뮬레이션하는 동안의 중지조건, 그리고 batch means method [11]를 사용하여 목적하는 결과의 측정을 위한 신뢰구간을 구하는 기능 등을 부여할 수 있을 것이다.

개발된 SSSFMS는 단지 사용자로부터 시뮬레이션되는 제조시스템에 대한 지식만을 필요로 할 뿐이다. 그러므로 SSSFMS는 시뮬레이션 비전문가가 설계된 시스템의 분석을 위하여 시뮬레이션을 행하는데 도움을 주며 또한 시뮬레이션 전문가가 여러 시스템의 분석, 그리고 모델개발 및 수정이 용이하도록 도와준다. 이러한 능력들은 시뮬레이션을 실행하는데 필요한 총시간을 축소할 뿐만 아니라 오용을 방지해 주기도 할 것이다.

```

BEGIN;
:
:
:      Station # 1 (part arriving area)
:
SYNONYMS:JOBTYPE=A(2);SEQUENCE=A(3);STATION=A(4);
          FINISHED=A(6); 1 - MACHINED, 0 - NOT
10      CREATE, 1,CO( 7):MARK(1);
20      ASSIGN:'JOBTYPE'=DP( 3 , 1 );
30      ROUTE:0,0,1;
40      STATION,1;
50      BRANCH,1;
          IF, 'FINISHED'.EQ.1 , GO1;
          ELSE, GO4;
60 GO1   QUEUE, 58 ;
70       SEIZE:LUNLOAD;
80       DELAY:CO( 6);      TIME FOR UNLOADING
90       FREE:AGV;
100      QUEUE, 59 ;
110      SEIZE:FIXTURE;
120      DELAY:CO( 6);      TIME FOR UNFIXTURING
130      RELEASE:LUNLOAD;
140      RELEASE:FIXTURE:NEXT(CONT3);
150 GO4   ASSIGN:'SEQUENCE'=1;
160      ASSIGN:'STATION'=P('JOBTYPE','SEQUENCE');
170      QUEUE, 55 ;
180      SEIZE:LUNLOAD;
190      QUEUE, 56 ;
200      SEIZE:FIXTURE;
210      DELAY:CO( 6);      TIME FOR FIXTURING
220      RELEASE:FIXTURE;
230      QUEUE, 60 ;
240      ALLOCATE:AGV;
250      MOVE:AGV,1, 80 ;   CALL FOR EMPTY AGV
260      DELAY:CO( 6); TIME FOR LOADING ONTO AGV
270      RELEASE:LUNLOAD;
280      TRANSPORT:AGV,'STATION';
:
:
:      Station # 2 - 5
:
290      STATION,2- 5 ;
300      QUEUE,M+40;
310      SEIZE:BUFFER(M-1);      SEIZE BUFFER
320      DELAY:CO( 6);
330      FREE:AGV;
340      QUEUE,M;
350      SEIZE:MACHINE(M-1);
360      QUEUE,M+10;
370      SEIZE:APC(M-1);
380      RELEASE:BUFFER(M-1);
390      DELAY:CO( 6);
400      RELEASE:APC(M-1);
410      ASSIGN:A(5)='SEQUENCE'+ 4 ;
420      ASSIGN:P( 4 ,1)=P('JOBTYPE',A(6));
430      DELAY:EX( 4 ,1);
440      ASSIGN:'FINISHED'=1;
450      QUEUE, 30 ;
460      ALLOCATE:AGV;
470      MOVE:AGV,M, 80 ;   CALL FOR EMPTY AGV
480      QUEUE,M+20;
490      SEIZE:APC(M-1);
500      DELAY:CO( 6);
510      RELEASE:MACHINE(M-1);
520      RELEASE:APC(M-1);
530      ASSIGN:'SEQUENCE'='SEQUENCE'+1;
540      ASSIGN:'STATION'=P('JOBTYPE','SEQUENCE');
550      TRANSPORT:AGV,'STATION';
:
560 CONT3 BRANCH,1;
          IF, 'JOBTYPE'.EQ. 1 ,EX1;
          IF, 'JOBTYPE'.EQ. 2 ,EX2;
570 EX1   COUNT: 1 ;
580      TALLY: 1 ,INT(1):NEXT(EXIT);
590 EX2   COUNT: 2 ;
600      TALLY: 2 ,INT(1):NEXT(EXIT);
610 EXIT  COUNT: 3 ;
620      TALLY: 3 ,INT(1):DISPOSE;
      END;

```

Figure 8. 생성된 Model Frame

```

BEGIN;
10 PROJECT,FMS,LEE,7/2/88;
20 DISCRETE, 200 ,6, 65 , 5 ;
30 TALLIES: 1 ,PART 1 SYSTIME, 1 :
           2 ,PART 2 SYSTIME, 2 :
           3 ,TIME IN SYSTEM, 3 ;
40 COUNTERS: 1 ,TYPE 1 JOBS:
             2 ,TYPE 2 JOBS:
             3 ,ALL ENDED JOBS,100;
50 RESOURCES:1- 4 , MACHINE, 1 , 1 , 1 , 1 :
             5 - 8 ,APC, 1 , 1 , 1 , 1 :
             9 - 12 ,BUFFER, 1 , 1 , 1 , 1 :
             13 ,FIXTURE, 2 :
             14 ,LUNLOAD, 10 ;
60 TRANSPORTERS: 1 ,AGV, 2 ,1, 60 , 1 -A, 1 -A;
70 DSTAT: 1,NR(1),LATHE UTIL. :
          2 ,NR( 2 ),MILL UTIL. :
          3 ,NR( 3 ),DRILL UTIL. :
          4 ,NR( 4 ),GRINDER UTIL. :
          5 ,NR( 5 ),APC # 2 UTIL. :
          6 ,NR( 6 ),APC # 3 UTIL. :
          7 ,NR( 7 ),APC # 4 UTIL. :
          8 ,NR( 8 ),APC # 5 UTIL. :
          9 ,NR( 9 ),BUFFER # 2 UTIL. :
          10 ,NR( 10 ),BUFFER # 3 UTIL. :
          11 ,NR( 11 ),BUFFER # 4 UTIL. :
          12 ,NR( 12 ),BUFFER # 5 UTIL. :
          13 ,NR( 13 ),FIX. OPR. UTIL.:
          14 ,NR( 14 ),LUNLOAD UTIL.:
          15 ,NT(1),AGV UTIL. ;
80 DISTANCES:1,1- 5 , 3 , 6 , 10 , 3 / 3 , 7 , 11 /
              4 , 8 / 4 ;
90 PARAMETERS: 1 , 2 , 3 , 5 , 1 , 2 , 5 , 3 , 0 :
              2 , 2 , 4 , 5 , 1 , 4 , 6 , 4 , 0 :
              3 , .4 , 1 , 1 , 2 :
              4 ,0:
              5 , 0 , 1 , 1 , 1 , 1 , 0 :
              6 , .2 :
              7 , 20 ;
100 REPLICATE, 1 , 0 ,,,;
END;

```

Figure 9. 생성된 Experimental Frame

SIMAN Summary Report

Run Number 1 of 1

Project: FMS
 Analyst: LEE
 Date : 1/ 2/1988

Run ended at time : .1989E+04

Tally Variables

Number Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Number of Obs.
1 PART 1 SYSTIME	12.32328	6.61388	3.89633	31.58099	42
2 PART 2 SYSTIME	17.72008	8.66330	4.05334	43.67120	58
3 TIME IN SYSTEM	15.45342	8.27616	3.89633	43.67120	100

Discrete Change Variables

Number Identifier	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Maximum Value	Time Period
1 LATHE UTIL.	.16	.37	.00	1.00	1989.27
2 MILL UTIL.	.13	.34	.00	1.00	1989.27
3 DRILL UTIL.	.20	.40	.00	1.00	1989.27
4 GRINDER UTIL.	.17	.38	.00	1.00	1989.27
5 APC # 2 UTIL.	.02	.14	.00	1.00	1989.27
6 APC # 3 UTIL.	.01	.09	.00	1.00	1989.27
7 APC # 4 UTIL.	.01	.11	.00	1.00	1989.27
8 APC # 5 UTIL.	.02	.14	.00	1.00	1989.27
9 BUFFER # 2 UTIL	.01	.10	.00	1.00	1989.27
10 BUFFER # 3 UTIL	.00	.06	.00	1.00	1989.27
11 BUFFER # 4 UTIL	.02	.13	.00	1.00	1989.27
12 BUFFER # 5 UTIL	.02	.13	.00	1.00	1989.27
13 FIX. OPR. UTIL.	.02	.14	.00	2.00	1989.27
14 LUNLOAD UTIL.	.04	.20	.00	2.00	1989.27
15 AGV UTIL.	.10	.30	.00	1.00	1989.27

Counters

Number Identifier	Count	Limit
1 TYPE 1 JOBS	42	Infinite
2 TYPE 2 JOBS	58	Infinite
3 ALL ENDED JOBS	100	100

Run Time : 21 Second(s)

Figure 10. SIMAN 결과 보고서

```

$NOTSTRICT
$STORAGE:2
$NCDEBUG
$NOTLARGE
$NOFLOATCALLS
  SUBROUTINE WRAPUP
  COMMON/SIM/D(50),DL(50),S(50),SL(50),X(50),DTNOW,TNOW,TFIN,J,NRUN
  WRITE(*,10) DAVG( 1 ),DAVG( 2 ),DAVG( 3 ),DAVG( 4 )
10  FORMAT(
1    5X,'LATHE UTIL. = 'F9.4,/,/,
2    5X,'MILL UTIL. = 'F9.4,/,/,
3    5X,'DRILL UTIL. = 'F9.4,/,/,
4    5X,'GRINDER UTIL. = 'F9.4,/,/,
5    )
  RETURN
  END

```

Figure 11. 생성된 FORTRAN 서브루틴

References

1. Atonelli, C. J., et al. 1986. "Hierarchical Decomposition and Simulation of Manufacturing Cells Using Ada.", SIMULATION 46, no. 4, 141-152.
2. Cheng, T. C. E. 1985. "Simulation of Flexible Manufacturing Systems.", SIMULATION 45, no. 6, 299-302.
3. Demeo, R. S. and Elmaghby, A. S., 1984. "A User Interactive Simulation of a Flexible Manufacturing System. "Proceedings, IEEE South-east Conf., 119-122.
4. Haddock, J. 1987. "An Expert System Framework Based on Simulation Generator", SIMULATION 48, no. 2. 45-53.
5. Haddock, J. and Davis, R. P., 1985. "Building a Simulation Generator for Manufacturing Cell Design and Control". Proceedings 1985, IIE Spring Conference, LA, Calif.(may), 237-244.
6. Mathewson, S. C. 1984. "The Application of Program Generator Software and Its Extensions to Discrete Event Simulation Modeling." IIE Trans. 16, no. 1(march), 3-18.
7. Pegden, C. D. 1986. Intro. to SIMAN. Systems Modeling Corporation, State College, PA.
8. Lee, Young-Hae. 1986. "A Tool for Optimizing Discrete Variable Simulated Stochastic Systems : SIMICOM.", Journal of the KIIE, v. 12, no. 1, 107-118.
9. Lee, Young-Hae. 1987. "Evaluation of the Simulation Optimization Tool : SIMICOM." Journal of the KIIE, v.13, no. 1, 61-67.
10. Lee, Young-Hae. 1986. "Optimum Number of Buffer Space in Flexible Manufacturing System.", Proceedings of the 2nd ORSA / TIMES conf. on FMS, 181-189, Ann Arbor, MI.
11. Law, A. M. and W. D. Kelton. 1982. Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill, New York, N.Y.