

시뮬레이션에 의한 AGV 최적대수 결정

李文燮* · 李相鎔*

Determination of Optimal Number of AGV by Simulation

Mun-Sup Lee* and Sang-Yong Yi*

Abstract

In the design of AGVS (Automated Guided Vehicle Systems), one of the important problem is to determine the number of AGVs required to provide a given level of transport service.

At present, there are two kind of methods to determine the number of AGVs, the one is to use the mathematical model, the other is to use the simulation technique.

Among these, simulation based technique is more reliable than analytical method. In this sense, this paper intend to determine the optimal number of AGVs using personal computer simulation by SIMAN Ver.3.5.

1. 시뮬레이션 모델의 목적

최적 AGV 대수의 결정과 AGV 시스템의 설계분석 및 운영을 효율적으로 실시하기 위한 본 시뮬레이션 모델은 다음과 같은 것을 분석할 수 있도록 설계하였다.

- (1) 시스템에서 작동하는 각 기계의 이용률
- (2) 일정기간 동안의 생산량
- (3) AGV 각각의 이용률

(4) 각 제품의 평균 생산소요시간(flow time)

(5) 대기회수

2. 시뮬레이션 모델의 구성요소

본 시뮬레이션 모델의 구성요소는 다음과 같다.

(1) 가공기계

공구저장고(tool magazine), 자동공구 교환

장치(automatic tool changer) 및 자동팔레트 교환장치(automatic pallet changer)를 갖춘 머시닝 센터(machining center)를 사용한다.

(2) 작업물 운반장치

AGV 들간의 충돌 가능성을 배제하기 위해 한방향(unidirectional)으로 움직일 수 있는 AGV 를 사용한다.

(3) 자재창고

시스템에서 요구하는 모든 자재를 저장하고 있는 자동창고 시스템(AS/RS)으로 AGV 가 운반할 모든 자재를 작업자의 간섭없이 자동으로 적재해 주는 역할을 담당한다.

(4) 선로배치(Track Layout)

바닥에 묻힌 전선에 흐르는 전류에 따라 AGV 가 작동할 수 있도록 하는 한방향의 AGV 시스템 네트워크형 배치이다.

(5) 출하장소(Output Station)

시스템에서 여러 공정을 거쳐 가공이 완료된 물품들을 AGV 가 운반해오면 다른 수송장치를 이용해서 그 물품들을 출하하는 장소이다.

(6) Staging Area

시스템에서 작동하는 모든 AGV 가 처음에 출발하는 장소이다. 만일 운반작업을 완료한 AGV 가 유휴상태가 되면 Staging Area(idle station)로 되돌아 와서 다음 수요가 발생할 때까지 대기한다.

3. 모델 시스템의 운영기준

시뮬레이션 하고자 하는 AGV 시스템을 모델링 하는데 관련된 요소와 가정은 다음과 같다.

(1) 각각의 통로는 AGV 들의 이동을 통제하기 위해 많은 구획(segment)으로 분할된다.

(2) AGV 는 어떠한 통로에서든지 한방향으로만 이동할 수 있다.

(3) AGV 들은 하나의 통로상에서는 서로 교차하지 않는다. 만일 앞의 구획이 비어있을 때만

AGV 가 이동할 수 있고, 그렇지 않은 경우에는 이동할 수 있는 상태가 될때까지 기다려야 한다.

(4) 각 AGV 의 이동속도는 일정하다고 가정한다. 본 모델에서 AGV 의 이동속도는 감속구간과 가속구간을 고려하지 않고 평균 60m/min 이라고 가정한다.

(5) 작업물을 싣고 내리는데>Loading/Unloading) 걸리는 작업시간은 일정하거나 어떤 확률분포에 따른다고 가정한다.

(6) 수요의 발생 간격시간은 어떤 확률분포를 따르거나 일정하다.

(7) 1대의 AGV 는 한번에 하나의 작업물(unit load)만을 운반할 수 있다.

(8) 작업물의 운반을 끝낸 AGV 들은 운반을 기다리고 있는 첫번째 수요를 운반하기 위해서 이동한다. 그렇지 않으면 유휴상태가 되어 Staging Area 로 이동한다. 만일 Staging Area 로 이동하는 중에 수요가 발생하면 그 수요를 가진 장소(station)로 이동하도록 명령받을 수 있다.

(9) 시스템의 모든 거리는 알려져 있다(그림 1 참조).

(10) AGV 에 대한 작업할당(dispatching) 규칙은 각 작업장소로 가장 짧은 거리를 찾아가게 되어 있다.

(11) 작업물의 가공순서(routing)는 시스템 상황 또는 작업공정에 의해서 여러 기계를 거쳐 가공될 수 있도록 한다.

(12) 각각의 기계들이 이용 가능한 상태가 되었을 때만 AGV 가 이동하므로 기계 가공센터에서는 대기가 발생하지 않는다. 단, buffer zone 이 설치되어 있을 경우는 대기가 가능하다.

(13) 네트워크의 각 마디(node)는 체크포인트로 설계되었기 때문에 AGV 들 간에는 충돌(blocking)이 발생하지 않는다.

(14) Staging Area 의 AGV 대수는 유한

(infinite)하다. 따라서 본 시뮬레이션에서는 A GV 대수를 설정해 놓고 이를 반복 변경시켜 가 면서 실행한다.

(15) AGV 의 고장은 고려하지 않으며, 언 계나 가동상태에 있다고 본다.

(16) 시뮬레이션 모델의 guide path 는 단순 하고 한방향 AGV 를 사용하므로 critical zone 은 고려하지 않는다.

(17) 작업 투입 지점(loading station)의 space 를 고려 작업 투입물이 20을 넘으면 본 실험의 결과분석에서 제외시킨다.

4. 시뮬레이션 사례모델

시뮬레이션에 의해 분석하고자 하는 사례모델 은 자동창고, 6대의 머시닝센터, 출하장소 및 Staging Area 등으로 구성된 FMS(Flexible Manufacturing System)에서의 AGV 시스템 으로 그림 1과 같다.

그림 1의 AGV 시스템을 시뮬레이션하기 위 하여 사용된 입력자료는 다음과 같다.

(1) 작업물의 가공순서 및 가공시간

4개 작업물의 가공순서는 표 1과 같고, 각 작

업물의 가공시간은 각 기계별로 표 2, 3, 4, 5와 같이 삼각분포(Triangular distribution)에 따 르는 것으로 하였다.

(2) 작업물의 적하(Load/Unload) 시간

작업물을 싣는데 걸리는 작업시간 t 는 $0.5 < t < 0.7$ (분)이고, 내리는데 걸리는 작업시간 t 는 $0.7 < t < 1.2$ (분)인 일양분포에 따르는 것으로 하였다.

표 1. 각 작업물의 가공순서

Job Name	Operation Sequence	Percent
Type 1	2 - 1 - 6 - 5 - 7*	20%
Type 2	1 - 2 - 3 - 6 - 7	30
Type 3	1 - 3 - 5 - 4 - 7	30
Type 4	2 - 4 - 3 - 5 - 7	20

* 7: Output Station

표 2. Type 1의 가공시간

No. of MC	Operation Time		
	Min.	Med.	Max.
1	13.0	14.0	15.2
2	12.8	13.0	14.0
3	11.4	12.0	13.6
4	12.9	13.3	14.6
5	13.4	14.6	15.0
6	13.0	14.0	15.0

표 3. Type 2의 가공시간

No. of MC	Operation Time		
	Min.	Med.	Max.
1	11.8	13.2	14.4
2	12.1	13.9	15.6
3	12.3	14.1	15.9
4	12.0	14.0	15.5
5	13.0	14.0	15.0
6	13.0	14.0	15.0

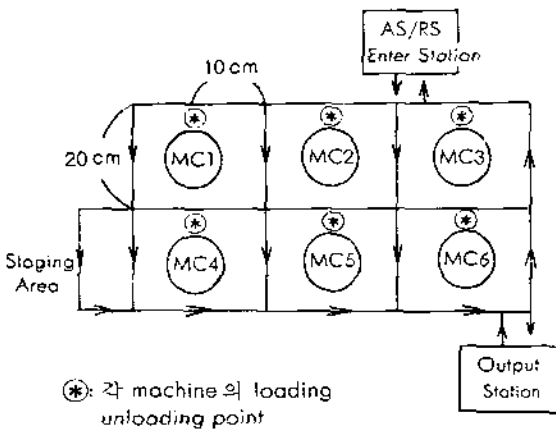


그림 1. AGVS 사례모델

표 4. Type 3의 가공시간

No. of MC	Operation Time		
	Min.	Med.	Max.
1	12.0	13.2	14.5
2	11.4	14.5	15.3
3	14.0	14.6	15.8
4	13.7	14.0	15.6
5	14.0	15.2	15.9
6	12.3	13.5	13.6

표 5. Type 4의 가공시간

No. of MC	Operation Time		
	Min.	Med.	Max.
1	11.5	12.7	13.8
2	12.8	13.3	14.3
3	14.0	15.3	16.7
4	13.0	14.5	15.3
5	11.4	12.8	13.0
6	13.0	13.5	14.9

(3) 수요의 발생 간격시간

작업물의 운반수요의 발생간격 시간은 임의의 상수(constant)값으로 하였다.

SIMAN은 시스템의 정적, 동적인 특성을 정의하는 시스템 모델(system model)과 이 모델을 컴퓨터에서 실행할 때 필요한 조건이나 입력내용을 정의하는 실험적 구조(experimental frame)으로 구성되어 있기 때문에 시스템 모델을 변경하지 않고 단지 실험적 구조에서 시뮬레이션의 조건만을 변경시킴으로써 여러가지 상황에서 시뮬레이션이 가능하다.

따라서, 시뮬레이션 프로그램은 SIMAN Ver. 3.5로 작성하였고, IBM PC/AT, HP 386 PC 기종의 컴퓨터를 이용하였다.

5. 시뮬레이션 결과의 분석

설정된 모델에 대하여 43,200분(30일)동안 AGV 대수 및 시스템의 Local buffer 의수, 작업투입 간격을 변경시켜 가면서 시뮬레이션을 실행하였다.

시뮬레이션 횟수는 100여회를 실시하였는데 1회의 시뮬레이션 Run time은 IBM PC/AT에서는 변수(Variable)의 변화에 따라서 42분에서 2시간 사이이고, HP/386에서는 5분에서 15분 사이에서 수행되었다.

이상과 같은 100여회의 시뮬레이션 결과를 종합하여 정리하면 표 6, 7, 8과 같다. 시뮬레이션에 있어서 AGV 할당은 Work center 중심의 작업할당 규칙인 random vehicle, nearest vehicle, cyclic vehicle 규칙등에 의해서 실시하였으며, 이들 규칙들은 AGV 대수결정에는 거의 영향을 미치지 않았다. 따라서 표 6, 7, 8에는 nearest vehicle 할당규칙에 의한 결과만을 종합하여 수록하였다.

위 분석결과에 의하여 작업투입 간격에 따른 최적 AGV 대수는 표 9와 같이 결정할 수 있다.

6. 시뮬레이션 결과의 검증

본 시뮬레이션 모델은 SIMAN의 추적기능(trace function)과 CINEMA(SIMAN Animator)에 의하여 검증하였으며, 모든 시뮬레이션 조합에서 시뮬레이션 시간 1,440분 이내에서 steady state 상태에 이르는 것을 검증하였고, 충분한 시간 동안의 시뮬레이션으로 신뢰성을 높였다. 다만 본 시뮬레이션 모델에서 분석되지 않은 것은 다음과 같다.

표 6. 평균 AGV 이용률

AGV 대수	작업 투입 buffer 수 간격 (분)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
		1	0	*	*	*	*	*	0.71	0.63	0.62
1	1	*	*	0.96	0.88	0.78	0.68	0.63	0.62	0.54	0.50
1	2	*	*	0.96	0.88	0.78	0.68	0.63	0.62	0.54	0.50
2	0	*	*	*	*	0.37	0.38	0.35	0.32	0.28	0.26
2	1	*	0.72	0.61	0.57	0.45	0.38	0.35	0.32	0.28	0.26
2	2	0.89	0.71	0.61	0.57	0.45	0.38	0.35	0.32	0.28	0.26
3	0	*	*	*	*	*	0.24	0.21	0.21	0.18	0.17
3	1	0.68	0.52	0.42	0.35	0.30	0.24	0.21	0.21	0.18	0.17
3	2	0.68	0.52	0.42	0.35	0.30	0.24	0.21	0.21	0.18	0.17

주) *는 작업 투입 지점에서의 대기 작업의 수가 시스템이 허용하는 20을 넘어가는 영역

표 7. 평균 생산 소요시간(flow time)

AGV 대수	작업 투입 buffer 수 간격 (분)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
		1	0	*	*	*	*	*	90.43	86.90	83.50
1	1	*	*	99.83	91.70	84.73	89.15	85.78	83.50	84.88	85.88
1	2	*	*	99.80	91.68	84.73	89.15	85.78	83.50	84.88	85.88
2	0	*	*	*	*	86.75	85.10	83.43	82.83	82.30	82.00
2	1	*	92.25	87.38	84.10	82.83	85.10	83.43	82.83	82.30	82.00
2	2	101.93	92.95	87.38	84.10	82.83	85.10	83.43	82.83	82.30	82.00
3	0	*	*	*	*	86.40	84.48	83.42	82.85	83.34	82.00
3	1	101.65	90.50	86.80	83.95	82.73	84.48	83.42	82.85	82.34	82.00
3	2	99.13	90.50	86.80	83.85	82.73	84.48	83.42	82.85	82.34	82.00

주) *는 작업 투입 지점에서의 대기 작업의 수가 시스템이 허용하는 20을 넘어가는 영역

- (1) 양(兩)방향 AGV 와의 비교분석
- (2) 도착분포(arrival distribution)의 변화에 대한 효과
- (3) Maximum Outgoing Queue Size(MOQS), Minimum Remaining Outgoing Queue

Space(MROQS) 규칙과 같은 Vehicle 중심의 작업할당 규칙에 대한 비교분석

AGV 속도는 AGV 대수 결정에 중요한 변수지만 현실적으로 AGV maker 사양에 의존하기 때문에 고려하지 않았다.

표 8. 총 생산량

작업 투입 간격 (분) AGV 대수 buffer 수		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
		1	0	*	*	*	*	*	1078	959	863
1	1	*	*	1724	1437	1232	1078	959	863	784	719
1	2	*	*	*	1437	1232	1078	959	863	784	719
2	0	*	*	*	*	1020	1078	959	863	784	719
2	1	*	2156	1725	1438	1232	1078	959	863	784	719
2	2	2873	2156	1725	1438	1232	1078	959	863	784	719
3	0	*	*	*	*	1020	1078	959	863	784	719
3	1	2873	2156	1725	1438	1232	1078	959	863	784	719
3	2	2874	2156	1725	2156	1232	1078	959	863	784	719

주) *는 작업 투입 지점에서의 대기 작업의 수가 시스템이 허용하는 20을 넘어가는 영역

표 9. 시뮬레이션 분석결과(최적 AGV 대수)

작업 투입간격(분)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
최적 AGV 대수	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
적정 buffer 의수	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

7. 결 론

새로운 AGV 시스템을 도입 운영하기 전에 시스템에 필요한 최적대수를 예비평가하는 것은 매우 중요하다. 그러나 AGV 시스템은 복잡 다양하고, 동적인 특성을 가지고 있기 때문에 재래적인 분석기법으로 효율적인 AGV 시스템을 설계분석 한다는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 이러한 AGV 시스템의 동적인 특성을 분석·평가할 수 있는 시뮬레이션 기법이 필요하다.

이러한 이유에서 본 논문에서는 AGV 시스템의 운영에 필요한 요소들을 고려하여 전체 시스템의 효율을 향상시킬 수 있는 최적 AGV 대수의 결정을 Personal Computer 시뮬레이션에

의거 실시하였으며, 그 결과는 매우 만족스럽게 나타났다.

참고문헌

- [1] C.D. Pegden, Introduction to SIMAN with Version 3.0 Enhancements, System Modeling Corporation, PA, 1986.
- [2] Andrew Kusiak, "Material Handling in Flexible Manufacturing Systems," Material Flow, Vol. 2, No. 1, 1985, pp.79-95.
- [3] A. Shuttleworth, "Automated Guided Vehicles in FMS: a review of current technology", Proc. of the 4th Int. Conf. on FMS,

15-17, October, 1985, pp.525-532.

[4] W.L. Maxwell, "Solving Material Handling Design Problems with OR," *Ind. Eng.*, Vol. 13, No. 4, 1981, pp.58-69.

[5] Garry A. Koff, "Automatic Guided Vehicle Systems: Applications, Controls and Planning," *Material Flow*, Vol. 4, No. 1, 1987, pp.3-16.

[6] W.L. Maxwell and J.A. Muckstadt,

"Design of Automated Guided Vehicle Systems," *IIE Transactions*, Vol. 14, No. 2, 1984, pp.114-124.

[7] Jalal Ashayeri, L.F. Gelders and P.M. Van Looy, "Microcomputer Simulation in Design of Automated Guided Vehicle Systems," *Material Flow*, Vol. 2, No. 1, 1985, pp. 37-48.