

고속도로 매표방법 개선에 관한 연구

A Study to Reduce the Waiting Time in the Toll Gate

조면식*, 박윤선**

Myeon-Sig Cho, Yunsun Park

Abstract

Most of the companies are forced to cut down the manufacturing cost to survive in the competitive environment. Among others, material distribution cost alone takes substantial portion of the total manufacturing cost. In this study, we investigate the waiting phenomenon in the toll gate and propose a new toll booth layout to reduce the waiting time, thereby reduce the total material distribution cost. SIMAN, a simulation language, is employed to evaluate the proposed layout. The experimental results show that the layout reduces the waiting time significantly. Furthermore, the result indicates that determination of the intermediate buffer space affects the performance of the proposed layout.

1. 서론

극심한 국제경쟁시대에 모든 기업들은 경쟁력 제고를 위하여 원가절감을 하여야 한다. 가공, 조립 등의 행위와는 달리 물자를 운반하는 행위는 상품의 직접적인 부가가치를 높이지는 않으나, 가공, 조립, 판매를 위하여는 필수적인 활동이다. 한국은행[3]의 조사에 의하면 국내제조업체의 1992년도 물류비는 전년도에 비하여 12.1% 증가하여 같은 기간의 매출액 증가율 10.1%보다 높았다. 한편 대한상공회의소의 자료에 의하면 제조업체의 매출액 대비 물류비용은 1987년의 5.9%에서 1992년도에는 2.6% 증가된 8.5%이다. 수송, 보관, 하역, 포장으로 구성된 물류비

용 중에서 운송비가 37.6%로 가장 높다.

본 연구에서는 휴가철 등의 혼잡한 시간대에 고속도로 매표소에서 발생하는 극심한 정체현상으로 인한 대기시간을 최소화하여, 전체 운송시간을 줄이는 즉 물류비용을 줄이는 매표방법을 제안한다. 매표소에서의 극심한 정체현상으로 인하여, 차량의 소통시간이 길어질 뿐아니라, 대기 차량의 수가 많아지므로 이들 차량들의 대기를 위한 많은 용지를 필요로하고, 한편 대기장소가 협소한 경우에는 수원 IC에서와 같이 인근 교통의 흐름을 방해한다.

사람이 표를 구입하는 경우에는 각 매표원 앞에 한 줄씩 서서 기다리는 방법보다는 하나의 기다란 줄을 형성하여 표를 구입하는 것이 더 편리한 방법이다. 위의 두 경

* 경기대학교 산업공학과

** 명지대학교 산업공학과

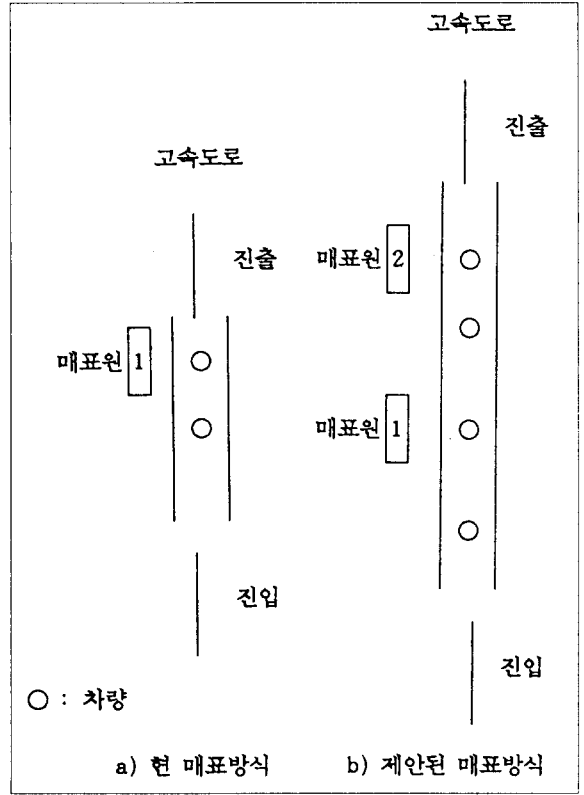
우에 각 사람의 평균 대기시간은 같으나, 하나의 기다란 줄을 형성하여 표를 구입하는 것이 여러 줄 중에서 한 줄을 선택하여야 하는 소비자의 심리적 부담감을 줄이고, 또한 대기시간의 분산을 줄일 수 있으므로 예상외로 대기시간이 긴 줄을 선택하여 발생하는 고객의 불만을 해소할 수 있다. Northwest 등의 항공사의 check in counter와 국민은행 등의 은행에서 발행하는 대기표도 모든 고객들을 한 줄로 만들어 서비스하는 방법이다. 그러나 고속도로 매표소에서 차량을 기다란 한 줄로 만들어 매표하는 것은 개인에게 직접 표를 판매하는 것과는 달리 차량의 감속, 가속 등과 같은 물리적 현상으로 인하여 불가능하다.

현행 고속도로 매표소에서는 <그림 1.a>와 같이 매표소에 도착하는 차량들이 여러 매표소 중의 한 곳을 택하여 표를 구입하여 고속도로로 진출을 한다. 정체현상이 심각해질 경우에는 매표소의 수를 늘려 차량의 정체를 줄일 수 있으나, 이 경우에는 필요한 용지를 확보해야 한다는 문제점이 있다. 그러므로 본 논문에서는 혼잡한 시간대에는 현행 매표방식을 <그림 1.b>와 같이 변경하는 방식을 제안 연구한다. 현행 매표소에는 하나의 매표소에 한 명의 매표원을 할당하나, 제안된 매표방식에서는 하나의 매표소에 두 명의 매표원을 직렬로 배치하며, 매표원들 사이에는 차량들이 기다리는 중간 대기장소(intermediate buffer space)를 둔다. 제안된 매표소에 진입하는 차량들은 다음과 같은 방식에 의하여 표를 구입한 후 고속도로로 진출한다.

차량이 매표원 1에 도착시, 중간 대기장소가 모두 비었고 매표원 2가 쉬고 있을 경우에는 차량이 매표원 2로 이동하여 표를 구입한 후 고속도로로 진출을 한다. 한편 매표원 1에 도착하는 차량이 중간 대기장소에 차량이 한 대 이상 있음을 보았을 때에는, 최근에 중간 대기장소에 들어간 차는 다음 세 가지 중의 하나이다.

첫째, 중간 대기장소가 모두 비었고 매표원 2가 쉬고 있는 경우이다. 이 경우 중간 대기장소에 최근에 진입한 차량은 매표원 2로부터 표를 구입하여야 하기 때문에 현재 매표소에 도착한 차량은 매표원 1로부터 표를 구입한 후 중간 대기장소와 매표원 2를 지나 고속도로로 진출을 한다.

둘째, 중간 대기장소에 최근에 진입한 차량이 매표원 1로부터 표를 구입한 후 중간 대기장소에 진입한 경우이다. 이 경우 최근에 진입한 차량은 매표원 2로부터 표를



<그림 1> 현행 매표방식과 제안된 매표방식

구입할 필요가 없으므로, 현재 매표소에 도착한 차량은 매표원 1로부터 서비스를 받지 않고 즉시 중간 대기장소에 진입하여, 매표원 2로부터 표를 구입한 후 고속도로로 진출을 한다.

마지막으로, 최근에 중간 대기장소에 진입한 차량이 매표원 1로부터 표를 구입하지 않은 경우이다. 최근에 진입한 차량은 매표원 2로부터 표를 구입하여야만 하므로, 현재 매표소에 도착한 차량은 매표원 1로부터 표를 구입하여 중간 대기장소와 매표원 2를 지나 고속도로로 진출한다.

2. 관련된 기존연구

기존 매표소에서 표를 파는 행위는 대기행렬로 모형화될 수 있으며, 대기행렬에 관하여는 Viswanadham과 Narahari[2]을 비롯한 수많은 책과 논문이 있다. 본 연구

에서 제안되는 매표방법에는 두 명의 매표원이 직렬로 연결되어 있으므로 open queueing network으로 분류된다. 매표원 2를 기다리는 차량이 증가하게 되면 중간 대기장소의 수는 유한하므로, 매표원 1은 표를 팔 수 있음에도 불구하고 매표를 할 수가 없게된다. 즉 매표원 1은 blocking을 당하게 된다.

Viswanadham과 Narahari[2]에 의하면, 본 연구에서 발생하는 blocking은 blocked after service로 분류된다. 그러나 중간 대기장소를 각각 서버로 모형화할 경우 이들 자체에서의 서비스시간은 0이므로, 즉 서비스율이 ∞ 이고, 서버의 수가 많아지므로 product form solution을 구하기가 어렵다.

3. 모의실험

본 연구에서는 앞에서 소개한 매표방식을 사용할 경우에 기대되는, 표를 구입하여 매표소를 떠날 때까지의 시간의 절감 및 대기 장소의 절감 등을 pegden 등[1] 등이 개발한 모의실험 언어인 SIMAN을 사용하여 분석한다. 한편 분석의 용이성을 위하여 하나의 매표소가 있다고 가정한다. 여러 개의 매표소가 있는 경우에도, 각 매표소에 도착하는 차량의 도착율을 안다면 본 연구의 결과를 확장 적용할 수 있다.

현행 매표방식과는 달리 제안된 방식의 수행도는 중간 대기장소의 수에 영향을 받을 수 있고, 한편 두 명의 매표원의 매표속도가 다른 경우에는 이들 매표원들의 배치에도 수행도가 영향을 받을 수 있으므로, 이들 변수가 시스템의 수행도에 미치는 영향을 평가한다.

매표소에 도착하는 차량의 도착간격 시간은 평균 5초의 지수분포를 따르며, 주 매표원의 매표시간은 평균 4.75초의 지수분포를 따른다고 가정을 하였다. 부 매표원의 서비스 시간 역시 지수분포를 따르며, 주 매표원의 평균속도와 같은 경우, 20% 그리고 40% 늦은 경우를 각각 고려하였다. 중간 대기장소간의 차량의 이동시간은 1초가 걸린다고 가정하였다.

혼잡한 시간대의 매표시스템은 non-terminating 시스템으로 간주할 수 있으므로, 안정상태하의 결과를 분석하였다. 초기편차(initial bias)를 줄이기 위해 SIMAN의 MOVE-AVERAGE 명령을 사용한 결과 처음 10,000초를 모의실험의 결과분석에서 제외하였다. 수집된 데이터의 통계적

처리를 위하여 SIMAN의 CORRELOGRAM 명령을 사용하여 각 batch의 크기를 10,000초로 하여, 총 10개의 배치를 구하였다. 즉 각 배치에는 평균 $10,000/5=2,000$ 대의 차량이 포함되어 있으며, 결과분석을 위하여 총 20,000대의 차량에 대한 데이터를 수집하였다.

4. 모의실험 결과

현행 매표시스템의 수행도는 M/M/1 대기행렬을 사용하여 정확히 구할 수 있다. 이 경우 매표소에 도착하여 표를 구입한 후 매표소를 떠나 고속도로로 진출할 때까지의 시간(W)은 95.24초이며, 표를 구입하기 위하여 대기중인 차량의 수(Q)는 18.1대, 표를 구입하고 있는 차량을 포함한 대기중인 차량의 수(L)는 19.05대이며, 매표원의 이용도는 0.95이다.

〈표 1.a〉는 매표원 1과 매표원 2의 매표속도가 4.75초로 동일하고, 중간 대기장소의 수가 0,1,2,3,4,5인 경우에 차량이 매표소에 도착하여 고속도로로 진출할 때까지의 시간, 각 매표원 앞에서 대기하는 차량의 수, 표를 구입하고 있는 차량을 포함한 대기차량의 수와 각 매표원들의 이용도의 평균값 및 95% 신뢰구간을 나타내고 있다. 〈표 1.b〉부터 〈표 1.e〉는 매표원들의 속도를 20%, 40% 변화시키고, 매표원들의 위치를 변경한 경우의 수행도 평가치를 나타내고 있다.

현행 매표방식과 제안된 매표방식의 수행도를 비교한 결과, 제안된 시스템의 수행도가 상당히 좋음을 알 수 있다. 예를 들면, 같은 매표속도(4.75초)를 가진 매표원을 직렬로 배치하고, 4개의 중간 대기장소가 있는 경우, W값의 평균은 21.7초이며 Q값과 L값은 각각 3.2대, 4.3대이다. 현행 시스템과 비교하면, 표를 구입할 때까지의 시간은 77.2% 감소되었고, 대기중인 차량의 수와 표를 구입하고 있는 차량을 포함한 대기중인 차량의 수는 각각 82.3%, 77.4% 감소되었다.

제안된 매표방식을 위하여는 현행 매표방식보다 많은 즉 두 명의 매표원이 있으므로 수행도 평가치가 좋은 장점이 있지만, 현행 매표방식과는 달리 매표원들의 사이에 있는 중간 대기장소간의 이동시간을 1초라고 가정한 단점이 있다. 그럼에도 불구하고 이들 수행도들의 평가치는 상당히 좋아졌음을 알 수가 있다.

현행 매표소에 추가되는 부 매표원의 속도를 주 매표원

(표 1) 제안된 대표방식의 수행도

a) 대표원 1의 속도 = 4.75초, 대표원 2의 속도 = 4.75초

(도착간격시간 = 5초)

수행도		중간대기장소의 수					
		0	1	2	3	4	5
W	대표원 1	30.7±6.6	30.7±5.9	22.1±2.2	23.1±2.4	21.5±1.3	22.7±1.2
	대표원 2	28.2±6.0	29.1±5.6	21.8±2.1	23.1±2.3	22.0±1.2	23.2±1.2
Q	대표원 1	4.3±1.2	4.0±1.1	2.1±0.4	2.0±0.4	1.4±0.2	1.4±0.2
	대표원 2	0.2±0.0	0.6±0.0	1.1±0.0	1.4±0.0	1.8±0.1	2.1±0.1
L		5.8±1.3	5.9±1.2	4.3±0.4	4.6±0.5	4.3±0.3	4.5±0.3
ρ	대표원 1	0.44±0.01	0.44±0.01	0.44±0.01	0.45±0.01	0.45±0.01	0.46±0.02
	대표원 2	0.50±0.01	0.49±0.01	0.49±0.01	0.49±0.01	0.48±0.01	0.48±0.02

W : 대표소에 도착하여 고속도로로 진출할 때까지의 시간

Q : 각 대표원 앞에서 대기하는 차량의 수

L : 표를 구입하고 있는 차량을 포함한 대기차량의 수

ρ : 각 대표원의 이용도

b) 대표원 1의 속도 = 4.75초, 대표원 2의 속도 = 5.7초

수행도		중간대기장소의 수					
		0	1	2	3	4	5
W	대표원 1	62.8±12.7	65.6±13.3	33.1±4.0	34.2±3.9	32.0±5.0	34.4±6.8
	대표원 2	61.2±12.6	64.8±13.2	33.4±3.8	34.7±3.8	32.9±5.0	35.6±6.7
Q	대표원 1	10.6±2.7	10.8±2.7	3.9±0.7	3.8±0.7	3.0±1.0	3.1±1.3
	대표원 2	0.2±0.0	0.7±0.0	1.3±0.0	1.7±0.1	2.2±0.1	2.6±0.1
L		12.3±2.7	12.9±2.8	6.6±0.8	6.8±0.8	6.4±1.1	7.0±1.4
ρ	대표원 1	0.46±0.01	0.46±0.01	0.45±0.01	0.46±0.01	0.46±0.01	0.46±0.01
	대표원 2	0.57±0.01	0.57±0.01	0.58±0.01	0.57±0.01	0.57±0.02	0.57±0.02

c) 대표원 1의 속도 = 4.75초, 대표원 2의 속도 = 6.65초

수행도		중간대기장소의 수					
		0	1	2	3	4	5
W	대표원 1	불안정	불안정	70.0±12.6	70.8±12.6	52.4±7.6	56.0±13.7
	대표원 2			70.8±12.6	71.9±12.6	71.9±12.6	57.9±13.7
Q	대표원 1			10.8±2.6	10.6±2.6	6.0±1.5	6.7±2.7
	대표원 2			1.6±0.1	2.1±0.1	2.8±0.1	3.2±0.2
L				14.0±2.7	14.2±2.7	10.2±1.6	11.3±2.9
ρ	대표원 1			0.47±0.01	0.47±0.01	0.46±0.01	0.47±0.02
	대표원 2	0.66±0.01	0.66±0.01	0.66±0.01	0.66±0.02		

〈표 1〉 제안된 매표방식의 수행도(계속)

d) 매표원 1의속도=5.7초, 매표원 2의 속도=4.75초

수행도		중간대기장소의 수					
		0	1	2	3	4	5
W	매표원 1	63.8±14.5	65.5±15.0	32.5±4.4	33.2±4.1	28.2±2.7	31.1±5.7
	매표원 2	60.3±14.2	63.0±14.9	31.7±4.3	32.7±4.0	28.3±2.6	31.4±5.6
Q	매표원 1	10.8±3.0	10.8±3.1	4.0±0.9	3.9±0.8	2.6±0.5	3.0±1.1
	매표원 2	0.2±0.0	0.6±0.0	1.1±0.0	1.4±0.1	1.8±0.1	2.1±0.1
L		12.3±3.0	12.7±3.1	6.4±1.0	6.5±0.8	5.6±0.6	6.2±1.2
ρ	매표원 1	0.55±0.01	0.55±0.01	0.54±0.01	0.54±0.01	0.55±0.01	0.55±0.02
	매표원 2	0.48±0.01	0.47±0.01	0.49±0.01	0.48±0.01	0.48±0.01	0.48±0.01

e) 매표원 1의 속도=6.65초, 매표원 2의 속도=4.75초

수행도		중간대기장소의 수					
		0	1	2	3	4	5
W	매표원 1	368±117	374±117	60.3±15.1	60.0±15.8	42.4±6.2	47.0±10.7
	매표원 2	368±118	374±117	58.9±15.0	59.0±15.6	42.2±6.09	47.0±10.5
Q	매표원 1	71.2±23.5	71.9±23.4	9.4±3.1	9.1±3.2	5.3±1.2	6.0±2.2
	매표원 2	0.2±0.0	0.6±0.0	1.1±0.0	1.4±0.0	1.8±0.1	2.1±0.1
L		72.9±23.5	74.0±23.4	11.8±3.1	11.8±3.3	8.4±1.3	9.3±2.2
ρ	매표원 1	0.66±0.01	0.66±0.01	0.65±0.02	0.65±0.02	0.65±0.01	0.65±0.01
	매표원 2	0.47±0.01	0.47±0.01	0.47±0.01	0.47±0.01	0.47±0.01	0.47±0.01

의 매표속도보다 20%, 40% 낮추고 매표위치를 변경하여 모의실험한 결과, 중간 대기장소의 수가 수행도에 많은 영향을 미침을 알 수가 있다. 〈표 1.e〉에서 매표원 1의 속도가 6.65초, 매표원 2의 속도가 4.75초이고 중간 대기장소가 없거나 하나인 경우의 수행도는 기존 매표방식의 수행도 평가치보다 나빠짐을 알 수가 있다. 중간 대기장소가 없을 경우에는 W값은 286.5%, Q값은 294.5%, L값은 282.7%가 증가되었으며, 하나의 중간 대기장소가 있을 경우에는 W값은 292.7%, Q값은 300.6%, L값은 289.0% 증가됨을 알 수가 있다. 그러나 중간 대기장소의 수가 두 개 이상인 경우의 수행도는 현행 매표방식보다 좋다. 중간 대기장소의 수가 4개인 경우에는 현행 매표방식보다 W값은 52.8%, Q값은 60.8%, L값은 55.9% 감소한다.

〈그림 2〉는 중간 대기장소의 수가 변하는 경우에 표를 구입하고 있는 차량을 포함한 대기중인 차량의 수를 나타

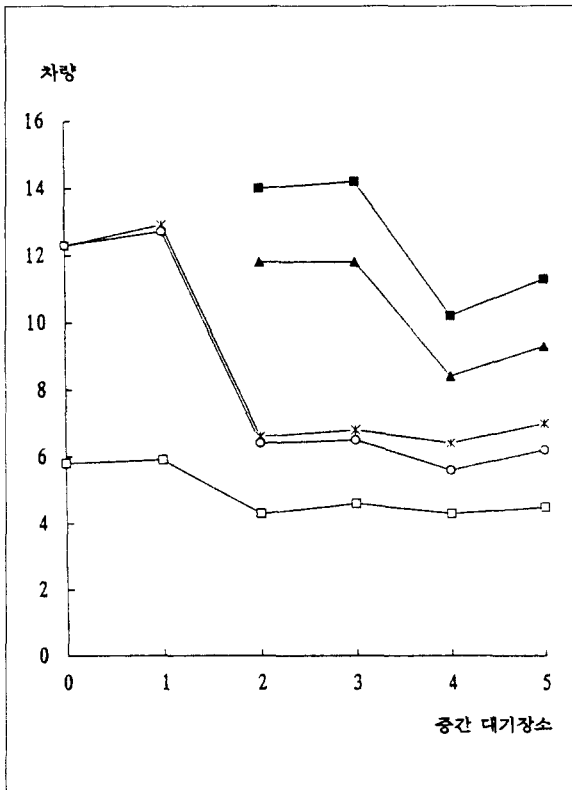
낸다. 이 그림으로 부터 중간 대기장소의 수가 수행도에 영향을 미치며, 중간 대기장소의 수가 적정규모 이상으로 많아짐에 따라 수행도는 나빠지고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 적정규모 이상으로 대기장소가 크므로, 대기장소 간의 이동시간이 수행도에 나쁜 영향을 끼쳤기 때문이다. 본 연구에서 사용한 data상에서는 중간 대기장소의 수가 4개인 경우 수행도가 최적이 됨을 알 수 있다.

매표원들의 매표속도가 같은 경우에는 매표원들의 위치가 수행도에 영향을 미칠 수 없지만, 매표원들의 속도가 다른 경우에는 이들 매표원들의 위치가 수행도에 영향을 미친다. 〈표 1.c〉는 매표원 1의 속도가 4.75초, 매표원 2의 속도가 6.65초인 경우의 결과이며, 〈표 1.e〉는 매표원 1의 속도가 6.65초, 매표원 2의 속도가 4.75초인 경우의 실험 결과이다. 이들 표로부터 속도가 늦은 매표원을 앞에, 빠른 매표원을 뒤에 배치하는 것이 W, Q, L등의 수행도에

좋은 영향을 미침을 알 수가 있다. 한편 빠른 매표원을 앞에 배치하고 중간 대기장소의 수가 없거나 하나인 경우에는 매표원 1 앞에 대기하는 차량의 수가 무한히 증가하므로, 실험결과를 얻을 수 없었다. 한편 매표원의 매표속도가 4.75초, 5.7초인 경우에도 속도가 느린 판매원을 앞에 배치한 경우의 수행도가 좋았다.

매표속도가 빠른 매표원을 앞에 배치하는 경우, 뒤에 배치된 매표원의 속도가 느리므로 중간대기장소에 대기하는 차량이 증가하게 되며, 이렇게 증가된 차량들은 결과적으로 앞에 배치된 빠른 매표원의 활동을 방해 즉 blocking하게 되므로 전반적인 수행도가 나쁘다.

현 매표방식을 적용할 경우에 매표원의 이용도는 0.95임을 앞에서 보았다. 같은 매표속도를 가진 매표원을 직렬로 배치하는 경우에 이들의 이용도는 동일한 것 같으나, <표 1.a>에서 보듯이 매표원 2의 이용도가 매표원 1의 이용도보다 상당히 높음을 알 수가 있다. 매표원들의 속



<그림 2> 대기중인 차량의 수

<표 2> 현 매표소를 두 배로 증설한 경우의 수행도

(도착간격시간=5초)

매표속도	수행도	각 매표소에 도착하는 차량의 도착율이	
		동일한 경우	매표율에 비례하는 경우
4.75초	W	9.05	좌동
	Q	0.43	'
	L	0.905	'
4.75초	W	9.05	좌동
	Q	0.43	'
	L	0.905	'

매표속도	수행도	각 매표소에 도착하는 차량의 도착율이	
		동일한 경우	매표율에 비례하는 경우
4.75초	W	9.05	9.86
	Q	0.43	0.56
	L	0.905	1.08
5.7 초	W	13.26	11.83
	Q	0.76	0.56
	L	1.42	1.08

매표속도	수행도	각 매표소에 도착하는 차량의 도착율이	
		동일한 경우	매표율에 비례하는 경우
4.75초	W	9.05	10.66
	Q	0.43	0.69
	L	0.905	1.24
6.65초	W	19.84	14.90
	Q	1.32	0.69
	L	1.98	1.24

도가 다른 경우에도 같은 현상이 발생한다. 그 이유는 매표원 1은 blocking을 당하여 표를 팔 수 없는 경우가 있으나, 매표원 2는 항상 정상적으로 표를 팔 수가 있기 때문이다.

<표 2>는 현행 시스템을 제안된 시스템으로 변형하는 대신에, 하나의 매표소를 추가로 신설하는 경우의 수행도를 나타내고 있다. 이 경우 두 개의 매표소에 도착하는 도착율이 매표원의 속도에 관계없이 동일한 경우와 매표율에 비례한 경우의 수행도를 M/M/1 대기행렬을 이용하여 구하였다. 각 매표소에 도착하는 차량의 도착율이 매표율

에 비례하는 경우의 수행도가, 매표율에 무관하게 도착하는 경우보다 좋음을 알 수가 있다. 한편 기대한 바와 같이 매표소를 신설한 경우의 수행도는 제안된 시스템과 같이 두 명의 판매원을 직렬로 배치하는 것 보다 나음을 알 수가 있다. 그러나 매표소를 신설하는 경우, 앞에서 지적한 바와 같이 더욱 많은 용지를 필요로 하는 반면에, 제안된 시스템에서는 기존 도로를 사용하면 되므로 추가적인 용지를 필요로 하지 않는 장점이 있다.

5. 결론

기존 매표소의 정체를 줄이기 위해, 매표소의 수를 늘리는 경우에는 용지확보의 문제가 있으므로, 본 연구에서는 두 명의 매표원을 직렬로 배치하는 방식을 제안하였다. 동일한 매표속도를 가진 매표원을 추가하는 경우, 전반적인 정체현상이 감소함을 보였으며, 한편 매표원의 속도가 다른 경우에는 매표속도가 낮은 매표원을 앞에, 빠른 매표원을 뒤에 배치하는 것이 수행도를 향상시킨다는 것을 보았다.

각 매표원 사이의 중간 대기장소의 크기가 수행도에 영향을 미치며, 한편 대기장소의 수가 크다고 하여 항상 수행도를 향상시키지 않음을 보았다. 본 연구의 경우에는 네 개의 중간대기장소가 있는 경우에 최적의 해를 구할 수 있었다.

본 연구에서 제안된 매표방법은 요금징수 방법을 후불제로 전환하거나, 매표원을 기계로 대체하는 경우에도 적용할 수 있다.

참고문헌

- [1] Pegden, C.D., Shannon, R.E., and Sadowski, R.P., Introduction to Simulation Using SIMAN, McGraw-Hill, Inc., 1990.
- [2] Viswanadham, N. and Narahari, Y., Performance Modeling of Automated Manufacturing Systems, Prentice Hall, 1992.
- [3] 기업경영, p. 34, 1993년 11월.

● 저자소개 ●



조면식

1981년 고려대학교 산업공학과 학사
 1983년 미국 Wayne State University 산업공학 석사
 1990년 미국 University of Michigan 산업공학 박사
 현재 경기대학교 산업공학과 조교수
 관심분야: 물류관리, 공장자동화, 시뮬레이션 응용



박윤선

1983년 서울대학교 자원공학 석사
 1986년 미국 Texas A&M University 산업공학 석사
 1990년 미국 University of Michigan 산업공학 박사
 현재 명지대학교 산업공학과 조교수
 관심분야: Stochastic Process, 경영과학 및 물류관리