

사내운송시스템 시뮬레이션 모델 개발에 관한 연구

A Study on the Performance Analysis of an Internal Traveling System using a Simulator

조규성*, 황홍석**, 배석태***, 이기욱****, 하창승*****, 김현*****

- * 동명대학교 (gscho75@korea.com)
- ** 카이난대학교 (hshwang@mail.knu.edu.tw)
- *** 동명대학교 (stbae@tu.ac.kr)
- **** 동명대학교 (kwlee@tu.ac.kr)
- ***** 동명대학교 (hacha@tu.ac.kr)
- ***** 동명대학교 (hyunkim@tu.ac.kr)

Abstract

본 연구는 시뮬레이션방법을 이용한 가전회사 사내운송시스템 계획 및 적정 운송을 위한 사내운송시스템 시뮬레이션모델 개발에 관한 연구이다. 사내에서 운행되는 운송시스템 분석 및 적정운송시스템을 구축하기 위하여 기간내 차량운송방식, 배차계획 및 운송경로 등의 자료를 통한 사내물류에서 발생하는 예상정체구간 및 운송시스템의 성능을 산정하여 사내운송시 발생하는 물류비 개선을 주요 목표로 한다. 이를 위해 본 연구에서는 AutoMod 시뮬레이터를 사용하여 사내운송시스템을 구성하여 분석한다.

본 연구에서 개발한 사내운송시스템 시뮬레이션 모델은 사내운송시스템의 문제점 분석 및 개선 등을 통한 사내물류 정체를 감소 및 적정 운영대안을 제시함으로써 운송시스템의 효율성을 증대시켜 사내물류흐름 개선 및 물류비의 절감 효과를 얻을 수 있다.

Keyword : 3-D Simulation, Logistics , System Performance Evaluation

1. 서론

본 연구는 사내운송시스템 구축을 통한 사내 정체구간 예측 및 이때 발생하는 구간별 정체시간 및 차량밀도(정체포함) 산정이 주요 목적이다. 이를 위해 차량 속도 및 사내 주요 운행 요소(factor)등을 고려한 교통관련 공학적 기법을 적용한 시스템 초기모델시스템을 구성하고, 시뮬레이션 기법을 통한 실제 사내운송시스템 환경에 맞는 운송시스템모델 개발 과정을 제시한다. 본 연구에서 제시하는 시스템적 접근 방법은 사내운송 문제점 분석 및 개선방안을 통한 개선된 시스템 구축에 유용하다.

본 연구의 주요 수행내용은 다음과 같다.

첫째로는 현 시점에서의 운영에 따르는 내부운송시스템의 문제점을 파악하기 위하여 운송방식, 배차계획, 운송경로 등의 운영 자료를 적용한 각 도로 및 차량에 대한 운영효율을 분석한다.

둘째, 수집된 각 Data를 분석하여 경영계획 상 Peak 생산 가정 하에서의 물류발생량을 예측하고 이를 가상모델에 적용해 봄으로써 문제점을 객관화한다.

셋째, 사내운송시스템 모델 구축을 통해 얻어진 문제점을 통하여 차량경로, 운송 속도 및 운영방식 등에 대한 평가와 함께 개선점을 모색하기 위한 기본 자료를 활용한다.

2. 주요 구간별 운행차량의 성능평가

본 회사에서는 사내운송 차량의 원활한 흐름을 통한 물류시스템 개선 및 물류비 감소시킬 수 있는 사내운송계획을 수립하고자 한다. 사내운송시스템을 구축하기 위해서 총 5구역의 주요 예상 교통량 집중구역을 정하고, 각 구간 내에서 발생하는 차량 정체를 개선시키기 위한 성능을 산정한다.

차량의 성능 평가를 위해서 차량 속도 및 현재의 사내 주요 운행 요소 등을 고려한 차량통행속도는 식 1과 같이 산정할 수 있다.

$$V = \frac{60D}{T} \tag{1}$$

여기서,

- V: 통행속도(km/hr)
- D: 조사구간 길이(km)
- T: 통행시간(분)

이를 토대로 주어진 공간내 차량의 평균속도는 식 2와 같다.

$$V_s = \frac{D}{T} = \frac{60 \cdot N \cdot D}{\sum T} \tag{2}$$

여기서,

V_s = 공간평균속도(km/hr)

N = 조사차량수

$\sum T$ = 모든 조사차량의 통행시간 합(min)

\bar{T} = 평균 통행 시간

따라서 차량의 교통지체를 산정하기 위한 차량대수는 식 3과 같이 산정한다.

$$N = \frac{(1-p)N^2}{P \cdot d^2} \quad (3)$$

여기서,

P = 정지차량 비율

N^2 = 원하는 신뢰도에 해당하는 카이제곱값

d = 정지차량 비율의 허용 오차

신뢰도 95%를 기준으로 주요 교차로별 총 차량대수, 평균 및 최소 차량대수는 표 1과 같이 계산되었다.

표 1. 주요 구간별 차량대수 산정

구간	총 차량대수	평균정체차량	P	최소 차량대수
1	718	87.78	0.12	11264
2	465	62.89	0.14	9435
3	217	29.94	0.14	9435
4	555	107.8	0.19	6548
5	485	33.83	0.07	20407

3. 주요 구간별 차량의 밀도산정

일정 도로구간의 밀도는 도로의 혼잡상태를 나타내는 하나의 지표로서 사용자와 운영자 측면에서 도로체계의 효율성을 판단하는 데 사용되는 매우 중요한 특성으로 구간별 차량의 밀도는 구간 내에서 발생하는 차량의 정체율과 연관 있다. 차량밀도를 산정하는 목적은 차량신호체계 개선, 도로확장 및 진입제어를 위한 도로시설 및 운영개선에 있고, 이는 주어진 구간내 차량통행시간 및 통행 수요를 추정하기 위함이다. 차량의 구간내 입출량을 고려한 차량의 밀도를 산정하면 표 2와 같다.

표 2. 주요 정체 예상지점내 유출입차량 현황

순번	구역	유입차량	유출차량	시간내 차량대수
1	1	651	710	-59
2	4	771	767	4
3	B	642	628	14
4	G	398	447	-49
5	I	728	807	-79
6	k	527	297	230

* (+)는 유입차량이 많고, (-)는 유출차량이 많음을 나타냄.

뿐만 아니라 구간내 차량의 속도, 교통량 및 밀도의 상관관계를 통한 구간*i*내 밀도는 식 4와 같이 산정한다.

$$k_i = \frac{q}{\mu} \quad (4)$$

각 구간별 차량시간을 산정하기 위해서 차량이 각 구간 내에서 차지하는 차량시간의 점유 비는 식 5와 같다.

$$O_t = \frac{\sum_{i=1}^N t_{oi}}{T} \quad (5)$$

여기서,

O_t = 시간 점유비

N = 관측차량수

T_{oi} = 차량 I의 점유시간

T = 관측시간

그리고 차량의 평균점유시간은 구간내 운행된 차량대수와 각 차량의 점유시간의 관계를 통해서 식 6과 같이 산정할 수 있다.

$$E_o = \frac{\sum T_{oi}}{N} \quad (6)$$

각 구간별 평균속도는 식 7과 같이 각 구간별 차량의 정체시간과 정체예상 구간의 길이를 고려하여 산정할 수 있다.

$$\mu_s = \frac{\bar{L}_v + L_D}{t_o} \quad (7)$$

따라서 각 구간별 밀도는 각 구간별 차량의 평균속도와 차량의 시간 점유 비를 통해서 식 8과 같이 산정한다.

$$k = \frac{q}{u_s} = \frac{O_t}{\bar{L}_v + L_D} = \frac{(\%O_t)}{100(\bar{L}_v + L_D)} \quad (8)$$

앞서 제시한 수리모델을 통한 구간별 주요 성능을 산정하면 표 3, 4, 5와 같고, 이를 통해 정체예상구간 G, I가 점유시간 및 시간 점유비가 높으나, 구간별 평균속도는 K구간이 제일 적었다.

표 3. 각 구간별 시간점유비

순번	주요정체예상구간	각 구간별 시간점유비
1	1	0.23
2	4	0.18
3	K	0.26
4	G, I	0.36
5	B	0.13

표 4. 각 구간별 평균 점유시간(분)

순번	주요정체예상구간	각 구간별 점유시간
1	1	108.56
2	4	85.59
3	K	122.5
4	G, I	172.5
5	B	61.95

표 5. 각 구간별 평균속도(분)

순번	주요정체예상구간	각 구간별 평균속도
1	1	8.1 m/min
2	4	7.3 m/min
3	K	2.5 m/min
4	G, I	6.25 m/min
5	B	5.5 m/min

구간별 밀도는 표 6과 같이 계산되었으며, 각 구간별 차량의 속도는 적으나 지체는 거의 발생되고 있지 않음을 알 수 있다.

표 6. 주요 구간별 밀도

순번	주요정체예상구간	각 구간별 밀도
1	1	0.000262
2	4	0.000286
3	K	0.000868
4	G, I	0.000334
5	B	0.000384

4. 사내운송시스템 시뮬레이션모델구축

본 연구는 시뮬레이션 기법을 도입한 사내운송시스템모델 구축을 통한 연간 경영계획에 맞는 배차간격, 차량경로 및 차량속도 등을 입력파라미터를 가상모델에 적용함으로써 사내물류흐름을 분석한다. 이를 통한 정체 예상구간 내에서의 혼잡도(점유율) 분석, 정체정도 파악, 정체원인 분석, 정체의 완화 또는 개선 대안에 설정을 통한 물류흐름의 효율을 높인다.

사내운송시스템을 구축하기 위해 사내운송에 소요되는 입력자료(연간 계획 물동량, 차량별 1일 운행대수, 차량별 작업시간 및 대기시간, 사내 차량운행속도 및 운행경로 등)를 토대로 모델을 구축한다. 표 7, 8, 9, 10 및 11은 경로에 따른 차량별 운영자료이다.

표 7. 구내운송차량 운영자료

No	경로	차량운행대수	차량운행간격(분)
1	구내1_1	149	4.0
2	구내1_2	148	4.1
3	구내2	120	5.0
4	구내3	88	6.8
5	구내4	167	3.6
6	구내5	143	4.2

표 8. 컨테이너차량 운영자료

No	경로	차량운행대수	차량운행간격(분)
1	컨1	115	4.2
2	컨2	35	13.7
3	컨3	30	16.0
4	컨4	5	96.0

표 9. 자재차량 운영자료

No	경로	차량운행대수	차량운행간격(분)
1	자재1	216	2.2
2	자재2	158	3.0
3	자재3	18	27.0
4	자재4	45	10.8
5	자재5	14	34.6
6	자재6	223	2.2
7	자재7	155	3.1
8	자재8	47	10.1
9	자재9	38	12.5
10	자재10	49	9.7
11	자재11	103	4.7

표 10. 국판차량 운영자료

No	경로	차량운행대수	차량운행간격(분)
1	국판1	110	4.4
2	국판2	170	2.8

표 11. 자재차량 운영자료

No	경로	차량운행대수	차량운행간격(분)
1	자재1	216	2.2
2	자재2	158	3
3	자재3	18	27
4	자재4	45	10.8
5	자재5	14	34.6
6	자재6	223	2.2
8	자재10	47	10.1
9	자재11	38	12.5
10	자재13	49	9.7
11	자재15	103	4.7

차량별 운영 자료와 연간 경영 자료를 토대로 구축한 시뮬레이션 구축모델은 그림 1과 같다.

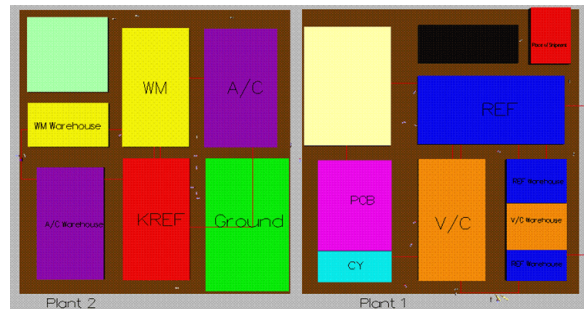


그림 1. 시뮬레이션 구축모델

차량별 운영 자료를 토대로 산정된 구간별 결과 값은 표 12와 같다.

표 12. 정체 구간 내 차량운영 분석

No	예상정체 구간	총 차량 (대수)	평균정체 차량 (대수)	최대정체 차량 (대수)	평균정체 시간(분)
1	1구간	718	87.78	397	108.56
2	2구간	465	62.89	73	85.59
3	3구간	217	29.94	39	122.50
4	4구간	555	107.8	122	172.48
5	5구간	485	33.83	34	61.95

시뮬레이션 수행 후 차량별 정체발생률은 그림 2와 같이 자재차량은 43%, 구내운송은 34%, 컨테이너운송은 14% 및 국판차량은 9%를 차지하였다.

차엔진 생산설비계획, IEMS2003 춘계학술대회 발표 논문.

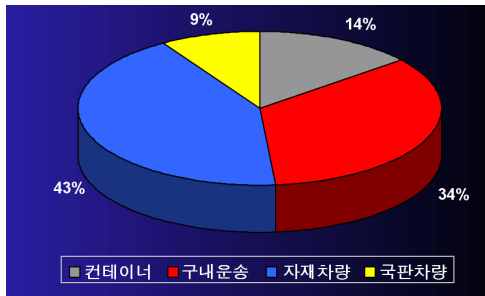


그림 2. 차량 별 정체 발생률

본 연구를 통해 정체구간 내 일일 정체량 분석, 차량별 정체지역 운행분석 및 차량별 정체 발생률 등을 분석하여 구간별로는 단위시간당 718대를 보인 1구간의 혼잡도가 가장 높은 것으로 도출되었으며, 차종별로는 자재차량이 가장 많은 정체를 유발함을 알 수 있었다. 정체구간에서의 혼잡도는 차선의 효율적사용, 관리자에 의한 통제, 방문객 및 임직원 차량에 대한 관리 등의 운영개선으로 다소간의 완화를 기대할 수 있으나 정체를 유발하는 가장 큰 원인은 출문 검사의 정체로 판단되었다.

시뮬레이션 수행 후 각 출구에서에서 수행되는 차량별 출문 검사를 신속하게 처리할 수 있도록 하는 것이 주요 개선점이 있다고 판단하여 현재의 1열 검사를 2열 검사로 수행하는 방안을 대안으로 제시한다.

5. 결론

본 연구는 시뮬레이션방법을 이용한 사내운송시스템 계획 및 적정 운송을 위한 사내운송시스템 시뮬레이션모델 개발에 관한 연구로서 회사 내 운영정책 및 차량의 운영방법을 적용한 사내운송시스템의 개선을 주요목표로 한다. 이를 위해 사내 예상 정체구간별 예측 및 각 경로별 차량운송방법을 고려한 성능산정을 수리모델을 통해 산정하였다. 본 연구에서는 이를 기반으로 사내운송시스템 시뮬레이션모델을 구축하여 사내차량의 운송에 관한 성능산정으로 사내정체구간 분석 및 출문검사의 증설을 통한 사내물류흐름을 개선시켰다.

참고문헌

- AutoSimulations (2000), AutoMod User's Manual, Salt Lake City, UT.
- Solberg, J. (1980), Analysis of Flow Control in Alternative Manufacturing Configuration, *Journal of Dynamic Systems*, **38**(1), 101-117.
- Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H., Tanchoco, J.M.A., Trevino, J. (1996), *Facilities Planning*, Second Edition, John Wiley & Sons, INC.
- 김원경, 김충규 (1999), 자동차 도장공정의 생산성 향상을 위한 시뮬레이션 분석, *한국시뮬레이션학회지*, **8**(2), 73-84.
- 오필범, 임석철, 한형상 (2000), 시뮬레이션을 사용한 엔진생산라인의 설계개선, *한국시뮬레이션학회지*, **9**(1), 1-9.
- 원제무 외 (2006), *교통공학*, 박영사.
- 황홍석, 조규성 (2003), 시뮬레이션방법을 이용한 자동