

시뮬레이션을 이용한 적정 주차장 규모 분석

simulation method for evaluation of parking-lot space

박 상 섭

(주)동일기술공사 교통계획부 이사

목	차
I. 서론	IV. 모형 검증
II. 주차수요예측모형 비교	1. 현장조사자료
III. 모형 구성	2. 분석결과
1. 전제조건	V. 결론 및 향후 연구과제
2. 모형의 유도	참고문헌

I. 서론

건물을 신축하거나 또는 교통유발시설 -공원, 관광지 조성 등-을 계획할 때 주차장 규모는 공사비에 영향을 미치는 중요한 인자 중의 하나이다. 특히 대도시의 경우에는 고가의 토지비로 인하여 주차장 확보에 많은 비용이 소요되고 있다. 최근 들어 백화점과 같은 판매시설에서는 보다 많은 고객을 끌어들이기 위해 법정주차대수보다 많은 주차장을 확보하는 경향을 보이기도 하나 대부분의 건물에는 법정주차대수 정도의 주차장을 계획하는 것이 일반적이다.

그러나, 주차장법에서 제시하고 있는 건물용도별 법정주차대수는 그 동안의 행정 경험치를 토대로 작성 보완되고 있으나 이에 대한 정확한 산출근거는 불분명하다. 그 동안 교통영향평가의 대상이 되는 건물이나 사업의 경우에는 법정주차대수의 미비점을 보완하기 위해 원단위법, P요소법, 누적주차대수법 등을 이용하여 장래 주차수요를 예측하여 왔으나 이러한 방법들 또한 각각 자체의 한계를 갖고 있어 정확한 주차수요예측이 곤란하다.

본 연구에서는 주차장 규모의 적정성을 분석할 수 있는 새로운 방법론을 개발하여 그 동안 사용되어왔던 모형들이 안고 있는 문제점을 극복하는 데 그 목적이 있다.

본 연구의 주요내용은 첫째, 주차수요예측을 위한 제 기법 등에 대한 검토 둘째, 기존 모형이 내포하고 있는 문제점 극복을 위한 새로운 모형의 구축 셋째, 구축된 모형의 현실모사 능력에 대한 적합도 검증 넷째, 구축된 모형의 한계점과 향후 연구과제의 제시 등이다.

II. 주차수요예측모형 비교

1. 원단위법

적용변수가 적고 단순하여 장래 주차수요를 간단하고 신속하게 예측할 수 있는 장점이 있다. 교통패턴이 크게 변하지 않는 단기적 주차수요예측에 비교적 높은 신뢰성을 갖기 때문에 개별 건축물에 대한 장래주차수요를 간단히 추정하는 데 적합하다.

$$P = \frac{U \times F}{1000 \times e} \quad \text{식 (2-1)}$$

P = 주차수요
 F = 연상면적(m²)
 U = 1,000m² 당 침두시 주차발생량
 e = 주차이용효율

이 방법은 장래 주차발생 원단위와 주차이용효율(e)에 대한 산출이 곤란하여 예측결과에 신뢰성이 떨어지는 단점을 갖고 있다. 또한, 운전자의 유형(상근자, 이용자)별 분석이 모형의 구조상 불가능하여 현실성이 결여되어 있다.

2. P요소법

원단위법을 보완하기 위해 고안된 방법으로서 원단위 대신에 승용차분담율을 사용하여 장래 주차수요예측이 용이하고 운전자 유형(상근자, 이용자)별 분석이 가능한 장점이 있다.

$$P = \frac{d \times c \times s}{o \times e} \times (t \times r \times p \times pr)$$

식 (2-2)

여기서, P = 주차수요 d = 주간통행집중율,
 c = 지역주차 집중계수,
 s = 계절주차 집중계수
 t = 1일 이용인구, r = 첨두시주차집중율,
 p = 승용차분담율
 pr = 승용차중 주차차량비율
 o = 재차인원, e = 주차이용효율

원단위법과 달리 모형의 계절별 지역별 이전성 확보를 위해 보정계수를 사용하나 이에 대한 산출이 현실적으로 곤란하여 통상 1.1로 적용되고 있다.

이 방법은 원단위에 비해서 다소 진보된 모형구조를 갖추고 있으나 시간대별로 이루어지는 차량의 유출입 행태를 반영할 수 없다는 단점을 갖고 있다.

3. 누적주차대수법

누적주차대수법은 시간대별 차량유출입 분포를 이용하여 주차수요를 예측하므로 P요소법의 단점을 보완하는 방법으로 사용되고 있다. 즉, 시간대별로 주차장에 유출입되는 차량수를 연속적으로 누계하여 주차수요를 예측하므로 다른 방법에 비해 현실 적용력이 높은 장점을 갖추고 있다. 모형의 구조는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P = \frac{\sum C_i}{3 \times e} \quad (\text{식2-3})$$

P = 주차수요
 C_i = 첨두 3시간 누적주차대수
 e = 주차이용효율

시간당 차량유출입을 하나의 흐름(Flow)으로 간주하기 때문에 연속된 흐름에 의한 현실 상황과는 차이가 발생하는 단점이 있다.

III. 모형 구성

1. 전제조건

기존의 누적주차대수법이 집계형(Aggregate) 모형구조를 갖고 있어 개별차량의 주차행태를 반영할 수 없는 단점을 보완하기 위해 개별적(Disaggregate) 모형을 개발하였다. 본 모형은 개별차량의 행태를 분석하기 위해 시물레이션모형으로 구축하였다.

본 연구에서는 주차장에 유입하는 차량분포를 포아송분포로 가정하였다. 따라서, 유입차량간 Headway는 다음과 같은 지수분포(Exponential Function))로 나타낼 수 있다.

$$F(t < T) = 1 - \exp(-\lambda t) \quad \text{식 (3-1)}$$

여기서, F(t < T) : 한 차량의 유입(또는 유출) 시간간격이 T시간 보다 작을 확률

λ : 단위 시간당 차량의 평균도착 또는 출발시간 간격
 t : 시간

차량들의 주차시간 또한 유입차량분포와 동일한 형태인 다음과 같은 지수함수로 가정하였다. 단, 평균주차시간분포는 전 시간대에 걸쳐 동일하다고 가정하였다.

```
***** STANDARD INPUT FORMAT *****
* 1. TITLE (AGO) *
* 2. START TIME , END TIME , CAPACITY *
* 3. AVERAGE PARKING TIME (MIN) *
* 4. PARKING DEMAND EACH YEAR *
* 5. NUMBER OF WARM-UP ITERATIONS *
* 6. SIMULATION OUTPUT(YES=1,NO=0) *
* 7. IN-OUT VOLUME IN EACH HOUR *
*****
> 여기부터 입력합니다. <=====
< 1. 프로젝트 명칭 >
**** 업무시설 주차규모 분석 ****
< 2. 시작시간 끝시간 용량 >
   7      21      300
< 3. 평균주차시간(분) >
   93.8
< 4. 연도별 주차수요 >
   1999      275
< 5. 난수발생 준비횟수 >
   20
< 6. 시물레이션 세부분석자료 출력 (아니오=0, 예=1) >
   0
< 7. 시간대별 유출입 분포 (조사자료) >
=====
시간 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
유입31 82 152 113 188 235 275 215 235 203 255 265 239 61
유출20 56 97 152 180 259 248 274 202 235 214 225 192 195
=====
**** 입력자료 끝 ****

<그림3-2> 입력자료 형태
```

— PARKING SPACE SIMULATION OUTPUT —

**** 복합시설 주차규모 분석 ****

(1999)

TIME	IN	OUT	CUM	MCPT	BACK	PTIM	CUM/C
7- 8	45	16	22	40	0	108.2	.022
8- 9	71	43	59	80	0	97.8	.059
9-10	141	89	104	133	0	112.3	.104
10-11	121	81	151	175	0	102.7	.151
11-12	171	197	194	219	0	119.7	.194
12-13	254	232	235	259	0	110.5	.235
13-14	253	260	305	344	0	114.2	.305
14-15	201	295	322	345	0	87.7	.322
15-16	222	197	314	325	0	114.7	.314
16-17	190	207	326	336	0	112.2	.326
17-18	275	192	370	411	0	90.1	.370
18-19	280	257	425	438	0	74.5	.425
19-20	232	215	458	491	0	91.5	.458
20-21	45	232	379	491	0	111.6	.379
TOTAL	2782	2808	261	491	0	103.4	.261

*) CUM : CUMMULATED PARKING VOLUME
 MCPT : MAXIMUM CUMMULATED PARKING VOLUME
 BACK : TOTAL BACK-LOGGED VOLUME
 PTIM : EXPECTED PARKING DURATION TIME
 CUM/C : MCPT DEVIDED BY PARKING CAPACITY

<그림3-3> 출력자료 형태

$G(\tau < \Gamma) = 1 - \exp(-\mu \tau)$ 식 (3-2)
 여기서, $G(\tau < \Gamma)$: 한 차량의 주차시간이 Γ 시간 보다 작을 확률
 μ : 평균주차시간 τ : 시간

2. 모형의 유도

본 연구에서 제안하는 시뮬레이션모형은 모형의 수행과정은 <그림3-1>에서와 보여주는 바와 같이 크게 4단계로 구분되어 진다.

첫째, 시작·종료시간, 주차장 용량, 평균주차시간, 시간대별 차량유출입대수 등 분석을 위한 기본자료의 입력과정 둘째, 난수생성을 통한 시간대별 차량별 주차장 유입시간의 산정 셋째, 주차장용량과 비교한 누적주차대수 산정 넷째, 시간대별 유출입대수, 평균누적주차대수, 최대누적주차대수, 주차이용효율, 주차장 만차로 되돌아간 차량수 등 분석결과의 출력과정으로 구성된다. 분석을 위한 프로그램은 FORTRAN77을 사용하여 작성하였다.

1) 1단계 (자료입력)

입력자료는 <그림3-2>에서와 같이 분석시작시간, 종료시간, 주차장 용량, 평균주차시간, 주차수요, 난수발생 이전 실행횟수, 개별차량별 유출입시간자료 출력 여부, 시간대별 차량유출입대수 등 분석을 위한 기초자료로 구성된다. 현재의 주차장 과부족 상태를 분석할 때는 주차수요에 조사된 침두시 유입대수를 입력하도록 하였다.

2) 2단계 (차량별 주차장 유입시간의 산정)

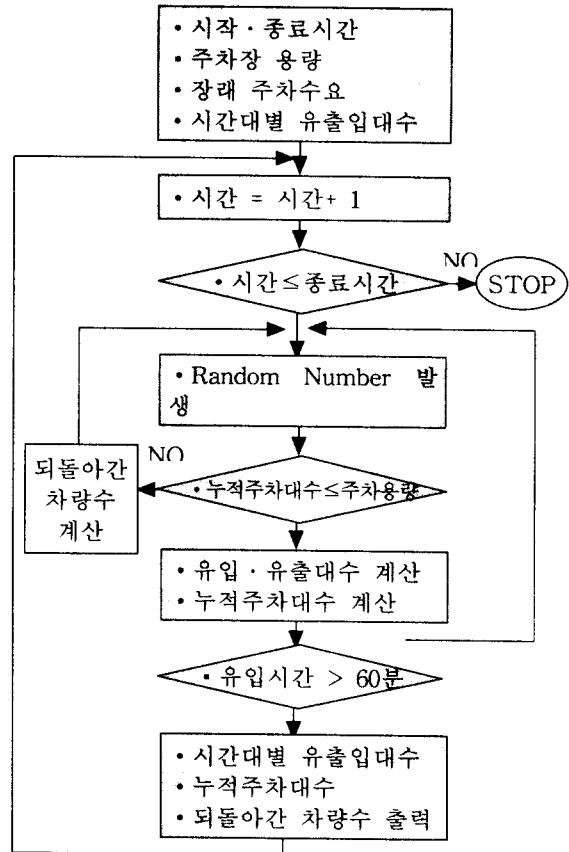
입력된 시간대별 차량유입대수로 평균차주간격을 계산하여 이를 입력변수로 한 난수생성으로 한 차량의 유입시간을 발생시키고, 평균주차시간을 입력변수로 한 난수생성으로 동일한 차량의 유출시간을 생성시킨다. 난수발생은 Mixed Congruential Method를 사용하였다.

3) 3단계 (누적주차대수 산정)

차량이 생성될 때마다 주차장에 남아있는 누적차량대수를 계산하여 시간대별 최대 및 평균치를 계산한다. 개별차량의 유입시간, 유출시간, 주차시간 등과 시간대별 평균주차시간 및 주차장이용효율을 산출한다.

4) 4단계 : 결과의 출력

<그림3-3>에서와 같이 시간대별 주차장 유입과 유출대수, 평균누적주차대수, 최대누적주차대수 개별 차량별 유출입시간과 주차시간, 각 시간대별 평균주차시간과 주차장이용효율, 주차장 만차로 되돌아간 차량수 등 분석결과를 출력한다.



<그림3-1> 알고리즘 흐름도

IV. 모형 검증

1. 현장조사자료

제시된 모형의 적합도 검증을 위해 다음과 같은 판매시설과 주상복합시설의 주차장 유출입 분석자료를 활용하였다.

<표4-1> 분석대상 시설 특성

용도	연면적	법정주차대수	원단위법	P요소법	누적주차법
판매시설 ¹⁾	50,096.1	267	644	669	437
복합용도 ²⁾	60,564.4	335	447	524	105

자료 : 1) 그랜드마트 원주점 및 주차전용빌딩 신축 교통영향평가, 1997.4

2) 차원 파트텔 및 베스트텔 신축 교통영향평가, 1996.8

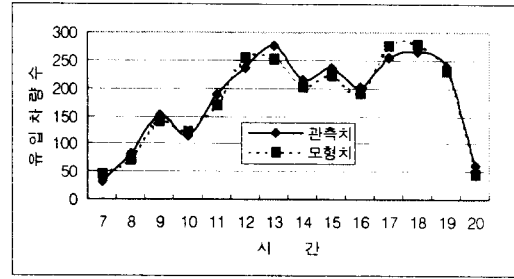
2. 분석결과

본 연구에서 구축한 모형을 이용하여 사례대상 용도별 분석 결과를 정리하면 다음과 같다. 유입분포는 판매시설과 복합용도 모두 5% 유의수준에서 유의한 것으로 나타났다. 반면에 유출분포는 관측치와 모형치간에 상관관계는 높으나 두 용도 모두 유의하지 않은 것으로 분

석되었다. 이것은 시간대별로 주차시간분포가 다를 수 있음을 보여주는 것으로 판단된다.

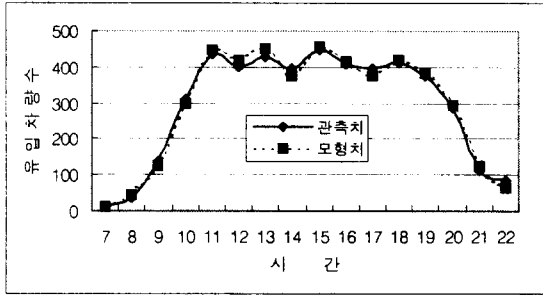
<표4-2> 모형의 적합도 검정

용도		R^2	χ^2	$\chi^2_{0.05}$
판매시설 ¹⁾	유입분포	0.99	16.6	d.f=14 23.7
	유출분포	0.98	82.5	
복합시설 ²⁾	유입분포	0.98	22.9	d.f=12 21.0
	유출분포	0.94	93.3	

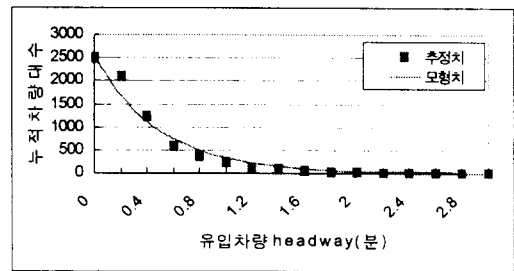


<그림4-4> 복합시설 유출분포

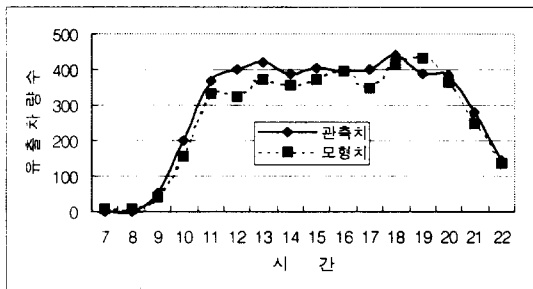
주차장 유입차량의 누적차두간격 분포는 <그림4-5>와 같으며 이에 대한 적합도 검정 결과 $\chi^2=1.35$ 로서 기각역 $\chi^2(0.05,12)=21.0$ 안에 위치하므로 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.



<그림4-1> 판매시설 유입분포



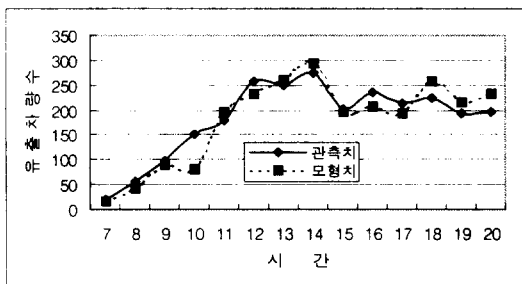
<그림4-5> 차두간격 누적분포



<그림4-2> 판매시설 유출분포

한편 모형에 의해 추정된 주차수요는 기존의 모형에 의한 예측치와 다른 결과를 보이고 있다. 타 모형들이 고려하지 못하는 평균주차시간이 짧을수록 본 모형에 의해 산출된 수치가 기존방법에 비해 낮아지고 있음을 보여주고 있다. 특히 평균주차시간이 늘어날수록 소요면수가 현저히 증가하고 있음을 알 수 있다.

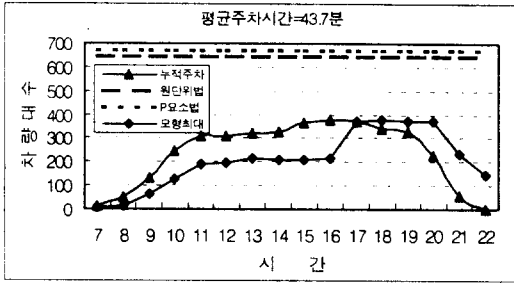
주 : 1) 수요차이는 P요소법과의 차이를 나타냄



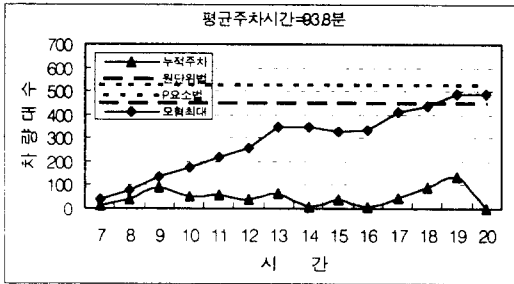
<그림4-3> 복합시설 유입분포

<표4-3> 모형간 예측결과 비교

용도	주차시간	법정주차	원단위법	P요소법	누적주차	시물레이션	수요차이 ¹⁾
판매시설	21.9분	267	644	669	376	207	462
	43.7분	267	644	669	376	378	291
	65.6분	267	644	669	376	542	127
복합용도	93.8분	335	447	524	105	491	33
	187.6분	335	447	524	105	880	-356
	225.1분	335	447	524	105	999	-475



<그림4-6> 판매시설 주차수요 비교



<그림4-7> 복합시설 주차수요 비교

이상의 분석 결과에서 알 수 있듯이 시설별 평균주차시간이 상이하고 특히 복합용도시설과 같이 시간대별 유출입분포가 편차가 심할 경우 기존의 주차수요분석방법으로는 정확한 주차장 규모를 분석하기에는 무리가 있다. 본 연구에서 제시된 모형의 경우 주차시간에 대한 현실 모사능력은 다소 떨어지나 기존의 방법과는 다른 분석결과를 보여주고 있고 또한, 개별차량에 대한 분석결과를 파악할 수 있어 주차수요예측에 개별적(Dis-aggregate)이고 동태적(Dynamic) 접근이 가능하다는 것을 보여주고 있다.

V. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

본 연구에서 개발한 주차장 시뮬레이션 모형이 기여하는 바는 크게 네 가지로 요약할 수 있다.

첫째, 주차수요예측 모형인 원단위법, P요소법, 누적주차법 등이 안고 있는 문제점을 극복할 수 있는 대안이 제시됐다는 것이다.

둘째, 시뮬레이션 방법을 이용한 모형개발로 주차행태에 대한 미시적인 분석이 가능하게 되었다는 것이다.

셋째, 본 모형이 좀더 보완된 후에는 주차장 법에서 규정하고 있는 불분명한 법정주차대수 산출근거를 제공하거나, 복합용도 건축물의 주차장 공동이용화 방안과 같은 주차정책결정의 기초자료 산출 등에 보다 유용하게 활용될 수

있을 것이다.

넷째, 주차장 접근도로에 대한 교통상황을 분석할 수 있는 모듈이 추가될 경우 주차정보 안내시스템에서 가변정보표지판에 표출하는 주차장 상황정보를 보다 정확하게 전달할 수 있는 동태적 주차장 안내모형 개발이 가능할 것이다.

2. 향후 연구과제

본 연구에서 제시된 모형이 보다 정교한 현실 모사능력을 갖추기 위해 향후 연구에서 해결되어야 할 과제는 다음과 같다.

첫째, 주차장 용도별 주차행태에 대한 현장 조사자료에 입각한 다양한 차량유출입 분포모형 - Negative Binomial, Uniform, Erlang, Gamma분포 등 -의 개발이 필요하다.

둘째, 평균주차시간 분포함수를 시간대별 이용자 유형별(상근자, 이용자)로 다르게 적용하여 현상을 보다 정확히 재현해내는 모형을 개발하는 것이다.

셋째, 주차장 입지유형 - 도심, 부도심, 상업지역, 주거지역 등 -에 따른 다양한 검증을 통해 모형의 지리적 이전성을 확보하는 것이다