▣ 論 文 ▣

주차정보 제공에 따른 주차대기시간의 효과분석에 관한 연구
(미시적 시뮬레이션 방법을 이용하여)

Analysing the Effect of Parking Information using the Micro Simulation Method

김 은 경 (한양대학교 도시대학원 박사과정)
노 정 현 (한양대학교 도시대학원 교수)
김 강 수 (교통개발연구원 책임연구원)

목 차

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 기존연구고찰
Ⅲ. 주차장 이용실태 및 선택행태 조사
Ⅳ. 주차선택 모형구축 및 추정
Ⅴ. 주차정보제공 효과분석을 위한 시뮬레이션 모형개발
Ⅵ. 주차정보에 따른 효과분석
1. 총 주차 대기시간 변화분석
2. 주차이용효율 변화분석
3. 정보유형별 분석
4. 정보이용율에 따른 효과
Ⅶ. 결론 및 향후과제
참고문헌

Key Words : 주차정보, Stated Preference, 주차효용함수, 시뮬레이션, 주차대기시간

요 약

본 연구의 목적은 주차정보제공에 따른 개인의 주차장 선택행태를 분석하고 이를 주차장 대기행렬 시뮬레이션으로 구현하여 주차정보제공에 의한 도심주차 개선효과를 분석하는 것이다.

이를 위해 서울시 도심지역 주차장 이용자를 대상으로 선호의식(Stated Preference)조사를 실시하여 주차장 이용실태와 주차정보제공의 변수가 포함된 주차선택 모형을 구축하였고 시뮬레이션 방법을 이용하여 주차정보제공 효과분석을 실시하였다. 즉, 주차효용함수, 차량도착간격, 차량주차시간, 각 주차장의 주차공급면수와 동적으로 변화하는 대기시간 및 주차장의 여유상황을 이용하여 정보의 효과를 분석하였다.

본 연구결과, 주차장 상황에 대한 정보제공이 혼잡한 주차장의 차량분산효과 및 대기시간 감소 효과가 있는 것으로 나타나 주차정보를 제공하는 주차안내정보시스템의 도입시 효과가 큰 것으로 판명되었다. 이러한 효과는 주차수요가 증가함에 따라 더욱 크게 나타나 주차수요가 많은 도심지역에서 주차정보시스템의 필요성 및 기대효과가 클 것으로 예상되었다. 이러한 차량분산 및 대기시간 감소효과는 정보이용율 40~50%이상을 유지하는 것이 효과적이며, 주차장이 용량상태에 이르는 혼잡상황에서는 대기시간과 같은 구체적인 정보가 유용한 것으로 나타났다.

Ⅰ. 서론

1980년대 이후 개인소득의 향상과 사회경제활동의 증대로 차량통행량이 급증하여 도심지의 교통혼잡과 주차난은 매우 심각한 문제로 대두되고 있다. 그러나, 이러한 주차문제를 개선하기 위하여 주차시설의 확충이 필요하나 높은 건설비의 증가, 가용지 부족 등 현실적인 한계가 존재한다. 따라서, 기존 주차시설의 효율적인 운영과 정보기술을 바탕으로 한 주차안내정보시스템(PGI:Parking Guidance and Information systems) 도입에 대한 관심이 높아지고 있다.

주차안내정보시스템은 주차장의 위치 및 차량점유정도를 가변정보판(VMS:Variable Message Signs) 상에 나타내어 운전자에게 주차할 장소를 보다 신속하고 정확하게 결정하게 함으로써 주차할 장소를 찾는데 소비되는 시간과 주차대기시간을 최소화하는 시스템이다. 즉, 혼잡한 주차장에 집중되는 차량을 분산시켜 대상지역내 주차장 이용효율을 극대화함으로써 주차장 사업자에게는 수익성을 향상시킬 수 있고 주차장 부족지역의 차량대기에 의한 혼잡을 완화하여 배회차량 통행 최소화에 따른 통행량 감소 및 통행속도 향상을 기할 수 있는 장점이 있다.

그러나, 우리나라의 경우, 이러한 주차안내정보시스템에 대한 도입사례가 없으며, 특히, 타당성에 대한 실증적 연구도 미약해 시스템 도입시 효과가 기술적으로만 제시되어 있는 상황이다.

본 연구는 주차안내정보시스템 도입을 위한 기초적 연구로서 주차정보제공에 의한 도심주차 개선효과를 실증적으로 분석하고 주차안내정보시스템의 적용가능성 및 도입효과를 계량적으로 분석하는데 목적이 있다. 이를 위해 서울시 도심지역을 사례로 주차장 이용실태와 주차장 정보제공에 따른 선호의식(Stated Preference) 조사를 실시하여 주차선택 효용함수를 추정하고, 구축된 주차선택모형과 미시적 대기행렬 시뮬레이션 방법을 이용하여 주차안내정보시 효과를 분석하였다.

Ⅱ. 기존연구고찰

주차안내정보제공에 관한 연구는 주차안내정보시스템이 도입되어 있는 일본, 유럽에서 실제 운영자료를 토대로 비교적 많은 연구가 수행되고 있다. 그러나 국내에서는 주차안내 정보시스템에 대한 도입사례가 없으며 외국사례 검토를 통한 시스템 소개 및 국내도입 필요성에 대해서만 언급하고 있다. 특히, 도입시 구체적인 효과에 대한 연구는 미미한 실정이다.

예를 들어, 배덕모(1990)는 불법주차 해소를 위한 방안으로 주차안내정보시스템을 소개하였으나 이에 대한 구체적인 적용가능성과 효과가 제시되지 못했다.

권영인(1991), 정봉현(1995)도 우리나라의 주차안내정보시스템 도입 필요성과 일본, 유럽 등의 주차안내시스템 도입사례를 소개하고 국내 도입을 위한 정책적 제안을 하였으나 이에 대한 구체적인 도입 효과분석은 이루어지지 못하였다.

오승훈, 高田邦道, 黒後久光, 김동녕(1991)은 주차안내정보시스템의 효과측면보다는 적절한 주차안내정보시스템의 유형을 제시하였다. 이들은 기반시설 미정비지구 상업지역에 적합한 주차안내정보시스템으로서 지구(地區)의 입구 또는 지구내에 자동차가 집결하는 센터를 설치하여 센터에서 비어있는 각 주차장에 산탄(散彈, Shot Gun)적으로 배정하는 쇼트·건 방식(Shot Gun Method)를 제안하였다.

한편, 일본인 경우 우리나라와는 달리 주차안내정보제공에 따른 효과분석이 몇몇 연구에서 수행되었다. 室町泰德, 兵藤哲朗, 原田 昇(1993)는 쇼핑목적 주차장 이용자를 대상으로 주차장 대기시간과 도보거리, 주차요금, 쇼핑금액에 따른 주차할인시간을 주차장 선택요인으로 하는 설문조사를 통해 주차장선택 모형을 구축하고 실제 교통망에 적용하여 주차정보에 따른 효과를 분석하였다. 그러나 주차장 혼잡정도 등 여러가지 상황변화에 따른 주차정보 효과분석에 대한 연구는 수행되지 못하였다.

杉野勝敏, 柏谷增男, 朝倉康夫(1998), 朝倉康夫(1999)도 室町泰德, 兵藤哲朗, 原田 昇(1993)와 비슷하게 주차장과 도로망을 포함한 교통망 시뮬레이션을 통해 도입효과를 분석하였으나 주차선택효용함수의 설명변수인 도보거리와 주차요금의 추정계수를 주차정보형태에 상관없이 동일하게 적용하여 주차장 선택에 대한 세밀한 분석이 이루어지지 못하였다.

반면, 室町泰德(2000)는 동경 多摩뉴타운의 주차장 관측조사와 설문조사 결과를 토대로 기존연구와 달리 경로상 기대대기시간과 주차장에 근접해서 실제대기시간과 차이를 고려한 주차장 탐색여부를 주차선택모형에서 고려하여 주차정보제공에 따른 주차대기시간 절감 효과를 분석하였다.

Ⅲ. 주차장 이용실태 및 선택행태 조사

주차정보제공에 따른 효과분석을 위한 기초자료를 수집하기 위해 실제 개인의 주차장 이용 실태조사를 실시하였다. 조사는 서울시 도심지역(명동, 을지로, 동대문, 강남 ASEM지역) 주차장 이용자를 대상으로 면접 설문하였다. 주차장 이용자의 성별, 연령, 직업, 소득 등 일반적인 특성, 주차목적, 주차장소, 주차시간, 주차 후 목적지까지 도보시간, 주차요금, 주차장 대기시간 및 최대대기시간 등 주차장 이용실태조사, 주차정보 제공에 따른 주차장 선호의식(Stated Preference) 조사를 실시되었다.

특히, 조사내용 중 주차장 선택 선호의식 조사는 주차장 상황에 대한 ①정보가 제공되지 않을 경우, ②공차[1]여부의 형태로 정보가 주어질 경우, ③대기시간의 형태로 정보가 주어질 경우의 각 3가지 가상적인 상황에 대한 주차장 선택행태를 조사하였다.

정보가 제공되지 않을 경우의 일반적인 주차선택요인은 국내 주차선택모형에 관한 연구(김강수, 1995, 강혜영, 2000) 및 사전조사 결과를 통해 도보시간, 주차요금으로 설정하였다. 주차정보가 주어질 경우, 주차선택에 추가로 영향을 미치는 요인은 주차장 혼잡상황을 나타내는 주차정보 표출형태에 따라 주차가능한 여유상황만 나타내는 공차여부정보와 구체적인 시간으로 제공될 경우인 대기시간 정보로 나누어 설정하였다.

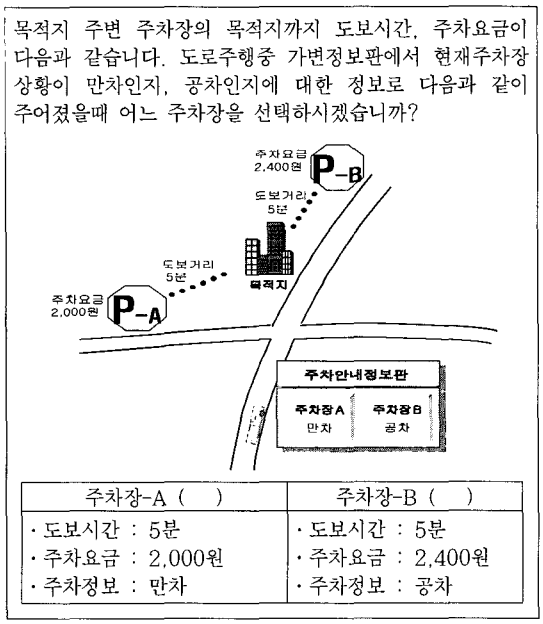
각 요인의 수준수는 실험계획법 상의 수준폭 선택원리에서 언급한 5개 수준을 넘지 않는 범위에서 너무 많은 실험조합이 생기지 않도록 분석의 편의 및 대상지역의 현황을 고려하여 설정하였다. 각 요인의 기준값은 상쇄효과를 나타낼 수 있도록 〈표 1〉과 같이 주차장 A는 주차장 B에 비해 도보거리가 작으며, 주차요금이 비싸고, 대기시간이 짧게 기준값을 설정함으로서 각 대안의 속성변수간 상쇄효과를 나타낼 수 있도록 하였다. 〈그림 1〉은 주차장 선택행태 모형구축을 위한 SP 조사의 예이다.

또한, 3가지 가상적인 상황에 대한 수준별 속성을 고려할 때 질문의 가지수가 많아지므로 조사설계시 직교배열표 및 블록설계법를 이용하여 질문수를 최소화하였다.

〈표 1〉 속성변수 기준값 및 수준결정

구분	주차장A			주차장B		
	1수준	2수준	3수준	1수준	2수준	3수준
도보시간(분)	2.5	5	10	5	10	15
주차요금 (원/30분)	2,000	3,000	4,000	1,600	2,400	3,200
공차여부	-	1	0	-	1	0
대기시간(분)	0	6	12	0	3	6

주 : 1) 주차요금은 주차장A는 도심1급지 노상주차장 요금인 3,000원을 기준으로 하며, 주차장B는 도심1급지 노외주차장 요금인 2,400원을 기준으로 함.
2) 공차여부에 대한 값은 공차시 1, 만차시 0임.



〈그림 1〉 주차장 선택 질문예

주차장 이용실태 조사 분석결과, 업무 또는 쇼핑목적을 위한 주차시간은 2시간 미만이며, 출근목적인 경우 5시간 이상이 대부분인 것으로 나타났다. 또한, 5시간 이상 장기 주차장 이용자를 제외한 평균주차시간은 약90분으로 나타났다. 또한 주차장에서 목적지까지 도보시간은 6분이내로 비교적 짧으며, 이는 대부분이 부설주차장을 이용하기 때문인 것으로 조사되었다. 주차장 이용시 평균대기시간은 3분 이내로 짧게 나타났으며 운전자가 경험한 최대 주차대기시간이 25분이상의 긴 경우가 19.6%에 이르고 있다.

한편, 현재 주차장 선택시 주차후 목적지까지 도보

1) 공차는 주차장에 주차가능한 여유공간(주차면)이 있는 상황이며,만차는 주차장에 주차가능한 여유공간(주차면)이 없는 상황을 말함.

거리, 주차요금, 주차장 대기시간의 3개 항목 중 중요도 우선순위를 분석한 결과, 도보거리에 대해 가장 우선순위를 두는 것으로 나타났으며, 다음으로 주차요금, 대기시간으로 나타났다. 대기시간의 우선순위가 낮게 나타난 것은 도보거리 및 주차요금은 평소에 인지되어 쉽게 정량적으로 파악이 가능하나 대기시간은 주차장에 도착후 공차여부 상황에 직면하여 파악이 가능하므로 애매모호성으로 인한 것으로 볼 수 있다.

Ⅳ. 주차선택 모형구축 및 추정

본 단원에서는 가상적인 주차장 선택 선호의식(Stated Preference) 조사결과를 이용하여 주차선택모형을 구축하였다.

주차장 상황에 대한 정보가 제공되지 않을 경우(비정보시), 공차여부정보 제공시, 대기시간정보 제공시의 3개 자료군을 바탕으로 개인 i에 대한 주차장선택 관측효용함수를 식(1)~식(3)과 같이 설정하였고 효용함수 파라메타 추정을 위해 LIMDEP 프로그램을 사용하였다.

① 비정보시

$$V_i^N = \alpha WD_i + \beta PF_i \quad (1)$$

② 공차여부정보 제공시

$$V_i^{I_1} = \alpha WD_i + \beta PF_i + \gamma FS_i \quad (2)$$

③ 대기시간정보 제공시

$$V_i^{I_2} = \alpha WD_i + \beta PF_i + \gamma WT_i \quad (3)$$

V_i^N : 비정보시(N) 주차장선택 관측효용

$V_i^{I_1}$: 공차여부정보 제공시(I_1) 주차장선택 관측효용

$V_i^{I_2}$: 대기시간정보 제공시(I_2) 주차장선택 관측효용

WD_i : 도보시간(분)

PF_i : 주차요금(원)

FS_i : 공차여부 더미변수 (공차이면 $FS=1$, 만차이면 $FS=0$)

WT_i : 주차장 대기시간(분)

α, β, γ : 추정계수

〈표 2〉는 식(1), 식(2), 식(3)에서 구축된 효용함수식을 이용하여 로짓모형을 추정한 결과이다.

추정결과 도보시간, 주차요금, 대기시간의 추정계수가 모두 음의 부호를 나타내 이들 설명변수의 값이 증가함에 따라 개인 i의 주차장 선택효용은 감소함을 보여주고 있다. 한편, 공차여부에 대한 정보의 추정계수는 양의 부호를 보여줌으로써 정보제공이 주차장 선택효용을 증가시키고 있다는 일반적인 상식을 보여주고 있다. 모든 추정변수에 대한 t값이 유의수준 0.01에서 t-값은 모두 통계적으로 유의성이 있는 것으로 분석되었다. 모형의 적합성을 나타내는 ρ^2는 0.138~0.329로 개별행태모형임을 감안할 때 비교적 양호한 값을 나타내고 있다.

Ⅴ. 주차정보제공 효과분석을 위한 시뮬레이션 모형개발

구축된 주차선택 모형을 바탕으로 주차정보제공에

〈표 2〉 모형별 계수 및 검정통계치

구분	비정보시			공차여부정보 제공시			대기시간정보 제공시		
	추정계수	표준오차	t-값	추정계수	표준오차	t-값	추정계수	표준오차	t-값
도보시간(분)(WD)	-0.1636	0.0340	-4.8110	-0.1238	0.0196	-6.3200	-0.1504	0.0212	-7.1020
주차요금(원)(PF)	-0.0011	0.0002	-5.4950	-0.0010	0.0001	-7.4950	-0.0012	0.0002	-8.0070
공차여부(FS)	-	-	-	1.5470	0.1585	9.7580	-	-	-
대기시간(분)(WT)	-	-	-	-	-	-	-0.2030	0.0233	-8.7060
LL(*)	-116.9516			-205.8609			-185.1161		
LL(0)	-137.9363			-275.8726			-275.8726		
χ_0^2	41.9693			140.0233			181.5130		
$\rho^2(0)$	0.1520			0.2540			0.3290		
$\widehat{\rho^2}(*)$	0.1380			0.2430			0.3180		
관찰수(n)	398			796			796		
유효표본수	199			199			199		

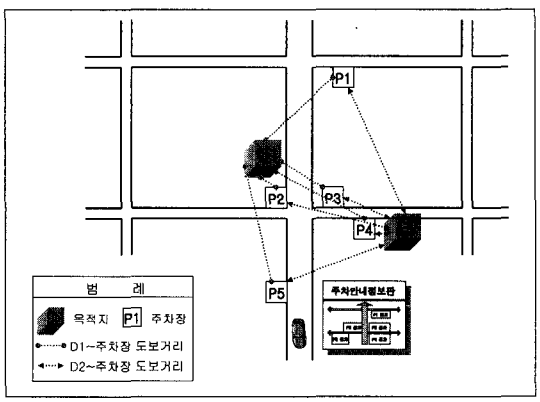
따른 주차대기시간의 효과분석을 위해 시뮬레이션 모형을 개발하여 사용하였다. 즉, 가상적인 교통망에 위치하는 주차장으로의 차량도착간격, 차량주차시간, 각 주차장의 주차공급면수, 실시간으로 변화하는 대기시간 및 주차장의 여유상황을 고려하여 주차장별 이용대수 및 대기시간을 산출하고 주차정보 제공에 따른 주차 대기시간의 효과를 분석하였다.

본 연구의 시뮬레이션에 적용되는 네트웍은 가상적인 도심 네트웍으로서 각 주차장(P1, P2, P3, P4, P5)으로부터 목적지(D1, D2)와의 도보시간, 각 주차장의 30분 주차요금, 주차용량이 〈표 3〉, 〈그림 2〉와 같이 적용되었다.

주차정보 제공 효과분석을 위한 시뮬레이션은 도심지역 활동시간대(오전 8시~오후 8시)를 가정하여 하루 12시간동안 최소시간단위인 1초 간격으로 실시하였다. 개별 차량의 주차수요[2]는 주차장에 도착하는 차량분포가 지수분포를 따른다는 실증결과(尹祥福, 1999)

〈표 3〉 가상 도심주차장 데이터

구분	주차장 고정데이터			
	도보시간(분)		주차요금 (원/30분)	주차용량 (대)
	D1	D2		
P1	10	14	2,400	120
P2	2	7	3,000	60
P3	5	5	3,000	80
P4	8	2	3,000	70
P5	16	11	2,400	150



〈그림 2〉 시뮬레이션 교통망

를 토대로 목적지에서 인접한 주차장(P2, P3, P4)으로 처리가능한 용량을 초과하는 평균도착간격20초까지의 각각 주차수요를 발생하였다. 예를 들어 1초 단위로 하루12시간(43,200초)동안 발생되는 주차수요는 평균도착간격을 20초일 경우 총2,160대(43,200초/20초)가 발생되며, 이때 주차장 이용율(2,160대×1.5시간=3,240대)은 인접한 주차장의 용량(210대×12시간=2,520대)을 초과하여 멀리 떨어진 여유주차장을 이용할 것이다. 또한 그때 주차차량 도착은 20초 간격으로 균일한 분포로 도착하지 않고 식(4)와 같은 지수분포를 따라 분포된다고 가정하였다.

$$f(t)=\frac{1}{\mu}e^{-\frac{t}{\mu}} \tag{4}$$

$f(t)$: 도착간격이 t 일때 확률분포
μ : 차량 평균도착간격(초)
t : 차량도착간격(초)

이렇게 발생된 주차차량은 각각 목적지를 선택하게 되는데, 앞의 예에서 발생된 전체 주차수요 2,160대는 4 : 6의 비율로 목적지 D1, D2를 선택하고, 이는 식(5)와 같은 베르누이 시행을 통해 정해진다.

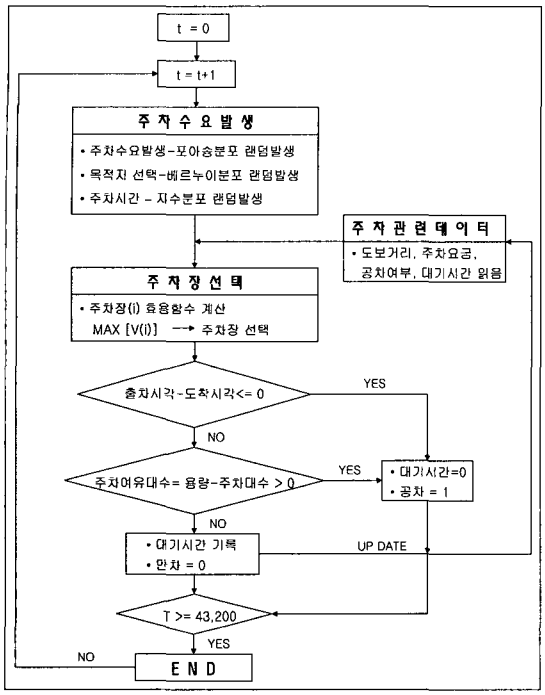
$$f(x)=p^x(1-p)^{1-x},\quad x=0,\ 1 \tag{5}$$

$f(x)$: 선택결과 x의 확률분포
x : 주차장 D_1을 선택하면 1, 그렇지않으면 0
p : 주차장 D_1을 선택하는 비율
$1-p$: 주차장 D_2를 선택하는 비율

한편, 개별차량의 주차시간인 경우 그 분포가 차량도착과 같은 지수분포를 따르는 것으로 알려져 있어(황정하, 1989) 식(4)와 조사된 평균주차시간 90분(μ=90분)을 이용하여 개별차량의 주차시간이 산정된다.

발생된 개별 주차차량은 가상네트웍상에서 제시된 도보거리, 주차요금과 현재 주차장 상황을 나타내는 공차여부, 대기시간 정보를 인식하고 4장에서 구축되

2) 어떤 주차장에 도착하는 주차수요의 발생은 시간적으로 등시간에 발생하는 것이 아니라 부정기적으로 일어나는 현상으로 1대의 주차가 발생한 후에 차량의 도착이 두절되거나 여러대가 연속해서 도착하거나 한다. 이러한 교통흐름의 분포는 포아송분포를 따른다는 것이 실험적으로 확인되고 있으며 이것을 차량도착간격으로 나타내면 지수분포형태를 따름.



〈그림 3〉 주차장 대기행렬 시뮬레이션 흐름

어진 주차장 선택모형에 따라 주차장을 선택된다.

마지막으로 주차장 상황에 따른 대기시간은 이미 주차된 주차대수와 용량에 따라 계산되어진다. 예를 들어 여유공간이 없어 주차장이 만차인 경우 주차장에 주차된 차량의 가장 빠른 출차시각과 개별차량의 도착시각의 차이만큼 대기하게 되며 이때 주차를 위한 지체시간이 대기시간이 된다. 한편, 실시간으로 달라지는 주차장 상황은 대기시간과 공차여부 정보로 갱신되어 다음 개별 차량에게 제공되어지며 주차선택에 반영된다. 이러한 시뮬레이션 과정은 주차장 운영시간 43,200초(오전8시~오후8시)까지 반복 수행되어진다.

〈그림 3〉는 주차정보 제공에 따른 주차대기시간의 효과분석를 위한 시뮬레이션 과정을 보여주고 있다.

이러한 주차장 대기행렬 시뮬레이션은 도로상의 불법주차 또는 노상주차는 없으며 주차안내시스템에 의한 정보는 완전하게 정확한 정보이며, 이러한 정보에 의해서만 주차장 선택을 결정함을 가정한다.

Ⅵ. 주차정보에 따른 효과분석

구축된 주차수요 시뮬레이션 모형과 교통망을 이용하여 주차안내정보제공에 따른 효과를 분석하였다. 먼저 주차수요 변화에 따른 총대기시간 및 평균대기시간을 공차여부정보 제공시, 대기시간정보 제공시, 그리고 비정보시로 구분하여 분석하였다. 또한, 주차정보가 도로상에서 미리 주어지지 않고 주차장에 도달한 후 주차정보[3]를 확인할 수 있는 경우(도착후정보 제공시)도 분석하였다.

또한 주차안내정보에 대한 주차장 이용효율측면을 분석하기 위해 주차장 공차여부제공시, 그 주차장을 이용하고자 할 때 대기시간 정보제공시 그리고 이러한 정보가 전혀 주어지지 않았을 때로 구분하여 비교분석하였다. 마지막으로 주차안내정보 형태의 유용성과 정보이용율에 대한 주차정보의 효과분석도 실시하였다.

1. 총 주차 대기시간 변화분석

차량 평균도착간격을 변화시켜 주차수요변화에 따른 시뮬레이션을 수행한 결과, 〈표 4〉와 같이 평균도착간격이 30초일 경우 12시간(43,200초)동안 총 1,440대의 차량이 유입되며, 이때, 주차장 전체 차량 총대기시간은 비정보시 9,676분, 도착후 정보시 6,946분, 공차여부 정보시 8분, 대기시간 정보시 33분으로 분석되었다. 또한, 평균도착간격이 20초일 경우 2,160대의 차량이 유입되며, 주차장 전체 차량 총대기시간은 비정보시 235,855분, 도착후 정보시 32,674분, 공차여부 정보시 348분, 대기시간 정보시 674분으로 분석되었다.

주차수요가 증가함에 따라 비정보시 및 도착정보시 총대기시간의 증가는 큰 폭으로 늘어나는 것으로 나타나므로 주차장 상황에 대한 정보가 도로상에서 미리 주어질 경우 주차장 대기시간은 크게 줄어들며, 주차수요가 많은 경우 주차정보시스템의 효과가 더욱 커지는 것으로 분석되었다.

2. 주차이용효율 변화분석

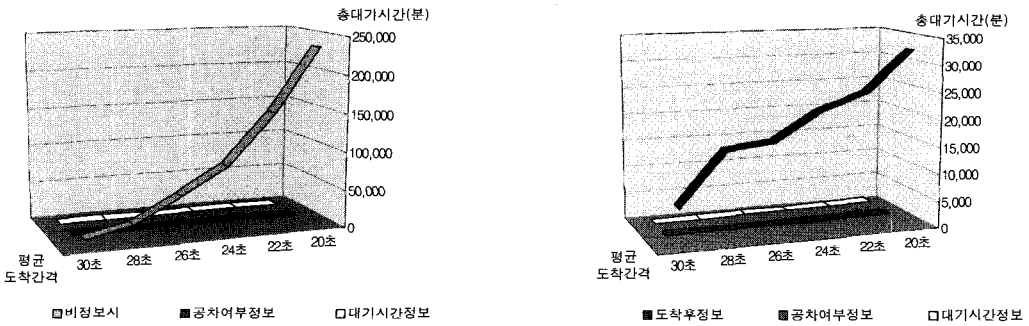
주차장 이용패턴을 살펴보면, 주차장 상황에 대한 정보가 주어지지 않을 경우, 상대적으로 도보시간 비중이 큰 주차선택모형의 결과로 주차장 P2, P4가 집

3) 설문조사시 나타난 최대주차대기시간을 토대로 주차대기시간이 30분이상으로 정보가 주어졌을 때 다른 주차장으로 이동함을 가정.

중적으로 선택되어져 혼잡이 가중되는 반면, 주차장 상황에 대한 공차여부 및 대기시간 등의 정보가 제공되는 경우 혼잡한 주차장(P2, P4)이외의 다른 주차장(P1, P3, P5)을 이용함으로써 주차수요가 분산하여 〈그림 5〉와 같이 공차 및 대기 정보제공시 전체적인 주차이용효율[4]이 높아짐을 알 수 있다.

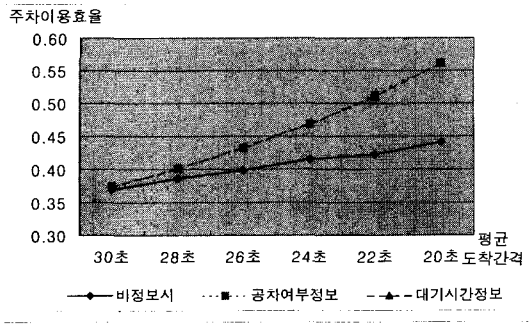
〈표 4〉 주차수요변화에 따른 시뮬레이션 결과

평균 도착간격 (총유입 대수)	정보유형		주차장 이용대수(대)					총 대기 시간(분)	평균 대기 시간(분/대)
			P1	P2	P3	P4	P5		
30초 (1440대)	비정보시		79	441	272	576	72	9,676	6.72
	도착후 정보시		79	445	278	564	74	6,946	4.82
	정보시	공차여부	147	394	291	476	132	8	0.01
		대기시간	125	411	281	514	109	33	0.02
28초 (1543대)	비정보시		77	495	281	609	81	23,316	15.11
	도착후 정보시		84	492	296	585	86	16,416	10.64
	정보시	공차여부	145	437	316	500	145	30	0.02
		대기시간	125	448	309	537	124	155	0.10
26초 (1662대)	비정보시		93	469	333	692	75	54,287	32.66
	도착후 정보시		100	485	395	583	99	17,355	10.44
	정보시	공차여부	175	407	394	538	148	53	0.03
		대기시간	150	442	387	552	131	245	0.15
24초 (1800대)	비정보시		89	521	362	737	93	88,011	48.90
	도착후 정보시		116	499	458	596	131	22,436	12.46
	정보시	공차여부	178	454	445	550	173	122	0.07
		대기시간	157	470	448	567	158	297	0.17
22초 (1964대)	비정보시		95	602	393	796	78	154,059	78.44
	도착후 정보시		160	507	564	589	144	25,295	12.88
	정보시	공차여부	224	475	517	550	198	217	0.11
		대기시간	192	484	549	560	179	578	0.29
20초 (2160대)	비정보시		137	616	405	901	101	235,855	109.19
	도착후 정보시		219	503	629	600	209	32,674	15.13
	정보시	공차여부	312	462	567	560	259	348	0.16
		대기시간	277	472	583	572	256	674	0.31



〈그림 4〉 주차수요에 따른 총대기시간 변화

4) 주차이용효율 = $\frac{(\text{주차대수} \times \text{평균주차시간})}{(\text{주차용량} \times \text{운영시간})}$



〈그림 5〉 정보제공에 따른 주차이용효율

3. 정보유형별 분석

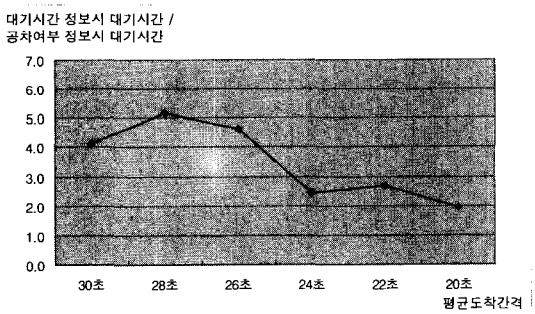
주차정보유형에 따른 주차 대기시간의 변화를 분석하였다. 공차와 대기시간 정보유형별로 살펴볼 때, 공차여부정보가 대기시간정보보다 유용성이 높아 대기시간 감소 및 차량분산효과가 높게 나타났다. 그러나 이러한 정보의 유용성은 주차수요가 증가함에 따라 차이가 줄어듦을 알 수 있다. 즉, 주차수요가 비교적 적은 경우 공차여부 정보가 유용성이 높으나 주차수요가 증가하여 용량상태에 이르는 혼잡한 상황이 되면 대기시간과 같은 구체적인 정보의 유용성이 높아짐을 나타내고 있다.

4. 정보이용율에 따른 효과

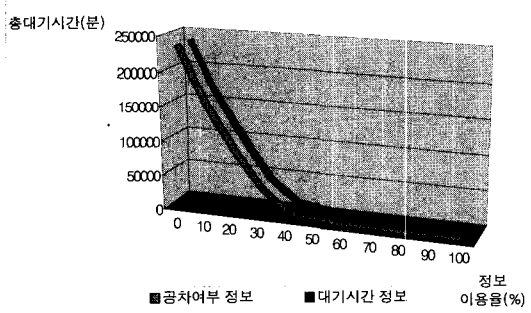
본 연구에서는 운전자가 신뢰하는 정확한 정보가 모든 운전자에게 전달되어 이용될 경우를 정보이용율[5] 100%상황이라고 하고 정보가 전혀 제공되지 않아 이용되지 않는 상황을 0%상황이라고 가정하였다.

그 결과, 정보가 주어지지 않는 상황 즉, 정보이용율 0%일 때 총대기시간이 235,855분에 비해 정보이용율 100%일 때 공차여부 정보시 348분, 대기시간 정보시 674분으로 총대기시간이 크게 감소하였다.

또한, 정보이용율 0%에서 40~50%까지는 대기시



〈그림 6〉 정보유형별 총대기시간 비율



〈그림 7〉 정보이용율에 따른 총대기시간 변화

〈표 5〉 정보이용율에 따른 총대기시간(평균도착간격 20초일 경우)

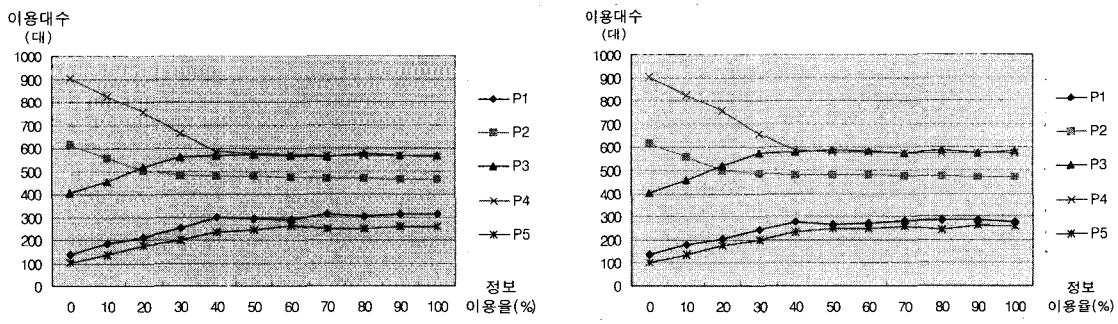
정보이용율		0%	10%	20%	30%	40%
공차여부 정보	총대기시간	23,5855	154,861	93,721	40,807	7,978
	증가비	677.7	445.0	269.3	117.3	22.9
대기시간 정보	총대기시간	23,5855	154,362	93,825	40,078	9,577
	증가비	349.9	229.0	139.2	59.5	14.2

정보이용율		50%	60%	70%	80%	90%	100%
공차여부 정보	총대기시간	4,218	2,090	1,252	718	523	348
	증가비	12.1	6.0	3.6	2.1	1.5	1.0
대기시간 정보	총대기시간	5,790	3,349	2,263	1,245	975	674
	증가비	8.6	5.0	3.4	1.8	1.4	1.0

5) 예를들어, 총유입대수 2160대일 경우 정보이용율 90%상황이란 10%인 216대는 정보가 없이 주차장을 선택하며 나머지 90%인 1944대는 공차여부 또는 대기시간 정보를 받아서 선택함을 의미함.

〈표 6〉 정보이용율에 따른 주차장별 이용대수(평균도착간격 20초일 경우)

구분	공차여부정보시 이용대수(대)										
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
P1	137	183	209	253	296	295	289	314	301	311	312
P2	616	558	503	485	479	476	473	469	469	463	462
P3	405	454	515	560	568	571	564	559	578	564	567
P4	901	826	757	662	585	574	571	568	565	564	560
P5	101	139	176	200	232	244	263	250	247	258	259
유입대수	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160
구분	대기시간정보시 이용대수(대)										
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
P1	137	181	204	243	277	267	272	283	285	284	277
P2	616	560	502	486	482	479	479	478	474	473	472
P3	405	458	521	574	578	588	584	571	588	571	583
P4	901	824	756	657	588	580	578	571	572	572	572
P5	101	137	177	200	235	246	247	257	241	260	256
유입대수	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160



(a) 공차여부정보 (b) 대기시간정보

〈그림 8〉 정보이용율에 따른 주차장별 이용대수

간이 큰폭으로 감소하며 그 이상에서는 대기시간이 완만한 감소를 나타내며, 대기시간도 매우 작아진다. 이것은 주차안내시스템의 비용/효과측면에서 정보이용율이 40~50%이상 확보되어야 함을 알 수 있다.

정보이용율 변화에 따른 주차장별 이용대수를 살펴보면 정보이용율 0%일 경우 주차장 P2, P3, P4에 차량이 집중하여 유입하지만, 정보이용율이 100%에 가까울수록 그 외 주차장의 이용차량이 증가하여 고르게 배분되어짐을 알 수 있다.

Ⅶ. 결론 및 향후과제

본 연구는 주차안내정보시스템 도입을 위한 기초적 연구로서 주차정보제공에 따른 주차장 선택행태 및 효과를 분석하였다. 이를 위해서 서울시 도심지역에 대한 설문조사를 수행하여 주차장 선택 효용함수를 도출하였고, 주차정보제공 효과분석을 위한 주차장 대기행렬 시뮬레이션을 통하여 대기시간 감소 및 차량분산 효과를 검토하였다.

본 연구에서 도출된 결과 및 시사점은 다음과 같다.

첫째, 정보가 제공되지 않을 경우보다 사전에 도로상에서 미리 정보가 제공될 경우 주차장에서의 대기시간이 크게 감소되었다. 또한 총유입대수가 증가하여 주차수요가 증가함에 따라 총대기시간 감소폭은 커져서 정보제공의 효과는 증가했다. 이것은 주차수요가 많은 도심지역에서 주차안내정보시스템의 필요

성 및 기대효과가 크다는 것을 알 수 있다.

둘째, 주차장 상황에 대한 정보가 주어질 경우 도보거리와 주차요금 뿐 아니라 주차장 혼잡상황에 따라 실시간으로 주차장을 선택함으로서 주차수요 분산의 효과가 있으며, 이는 그 지역의 전체적인 주차장 이용효율을 증대시키는 결과를 가져올 수 있다.

셋째, 전반적으로 대기시간정보 보다 공차여부정보 제공에 따른 총대기시간 감소가 큰 것으로 나타났다. 그러나 주차수요가 증가함에 따라 대기시간정보 제공시 총대기시간 감소폭이 크게 나타나 공차여부정보와 대기시간정보 제공시의 총대기시간 차이가 줄어들었다. 즉, 주차수요가 증가하여 모든 주차장이 용량상태에 이르는 혼잡한 상황이 될수록 단순 공차여부 정보보다는 대기기시간과 같은 구체적인 정보가 보다 유용하다는 것이 판명되었다. 따라서, 향후 주차안내정보시스템 도입·운영시에 혼잡상황에 따른 운전자에게 제공되는 정보표시형태에 이러한 점이 반영되어야 한다.

넷째, 정보이용율 0%에서 100%까지 10%씩 증가시켜 분석한 결과, 정보이용율이 높을수록 주차차량 분산 및 대기시간 감소효과는 커지며 정보이용율이 40~50%이상에서 주차차량 분산이 균형을 이루고 대기시간 감소 효과도 크게 나타났다. 따라서 주차안내정보시스템의 도입시에 정보이용율이 40~50%이상을 유지할 수 있도록 정보전달율을 높일 수 있는 가변정보판의 설계, 정보전달 매체의 형태 등에 대한 고려가 되어져야 할 것이며, 또한 운전자의 정보에 대한 신뢰도를 높일 수 있는 방안에 대한 연구와 홍보 등이 필요할 것이다.

끝으로, 본 연구를 통해서 장래 주차안내정보시스템 도입시 주차수요가 집중되어 있는 서울 등 대도시 도심지역에서 주차장 이용효율 증대 및 대기시간 감소, 차량분산 등 도심주차개선 효과가 있을 것으로 예상되며, 본 연구는 그러한 지역에 대한 시스템 적용 가능성을 제시하였다는데 의미가 있다.

향후연구과제로서는 첫째, 실제 교통망에 실제 자료를 적용하여 보다 현실적인 분석을 수행되어야 할 것이다. 주차안내정보시스템은 운영주체가 동일하고 인근에 여러 주차장을 운영하고 있는 주차수요 밀집지역에서 효용이 높은 점을 감안하여 이에 따른 세부분석이 필요하다.

둘째, 본 연구에서 다루어진 정보이용율은 정보의 정밀도, 정보전달율, 운전자의 정보에 대한 신뢰도 등의 개념으로 세분되어 연구되어질 수 있으며, 이에 대한 조사 및 행태연구가 추가되어져야 할 것이다.

셋째, 시뮬레이션시 주차장 탐색시간과 관련한 도로소통 및 통행시간 감소 등 실제 도로망을 포함한 효과분석이 추가로 연구되어져야 할 것이다. 이는 주차안내정보시스템이 주차장 대기시간 감소뿐 아니라 그 지역내 도로 교통 소통개선 효과에 대해서도 동시에 검토할 수 있는 연구로 발전될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 강혜영(2000), 선호의식자료를 이용한 주차선택 행태모형 개발에 관한 연구, 한양대학교, pp.39~42.
2. 권영인(1991), 주차안내·유도시스템의 소개와 국내도입방안, 교통정보, 63, 교통개발연구원, pp.3~18.
3. 김강수(1995), 개별행태 분석을 통한 쇼핑통행자가용이용자의 주차선택에 관한 연구, 서울대학교, pp.27~31.
4. 김은경(2001), 시뮬레이션에 의한 주차안내정보시스템 효과분석에 관한 연구, 한양대학교.
5. 배덕모(1990), 불법주차 해소를 위한 주차장안내 SYSTEM 도입에 관한 연구, 홍익대학교.
6. 吳承勳, 高田邦道, 黒後久光, 金東寧(1991), 도로 및 주차장 미정비지구에서의 주차계획-쇼트·건 방식에 의한 주차장안내·유도시스템에 관해서, 대한교통학회지, 제9권 제2호, 대한교통학회, pp.135~144.
7. 임명준(1993), 최신실험계획법, 형설출판사.
8. 장무렬(2000), 대규모 교통유발시설의 적정주차규모 모형구축에 관한 연구, 동아대학교, pp.37~44.
9. 정봉현(1995), 광주시 도심지역 주차안내정보시스템의 구축방안, 국토연구, 23, 국토개발연구원, pp.107~125.
10. 황정하(1989), 대기행렬 모델을 이용한 주차시설규모 평가방법에 관한 연구, 연세대학교, p.13.
11. M. Ben-Akiva & S. R. Lerman(1987), Discrete Choice Analysis, MIT.
12. 朝倉康夫(1999), やさしい交通シミュレーション

(11)駐車場案內・誘導システムの評への適用事例, 交通工學, 34, 交通工學研究會, pp.63~69.
13. 杉野勝敏, 柏谷增男, 朝倉康夫(1998), PGIシステムの實態調査に基づくシミュレーションモデルの改良, 日本土木計劃學研究・講演集, 21, 日本土木學會, pp.559~562.
14. 室町泰德, 兵藤哲朗, 原田 昇(1993), 交通行動分析の新展開/情報提供による駐車場選擇行動變化のモデル 分析, 日本土木學會論文集, 470, 日本土木學會, pp.145~154.
15. 室町泰德(2000), 駐車場情報がドライバーの駐車場探索行動に与える影響に關する基礎的研究, 日本土木學會論文集, 660, 日本土木學會, pp.15~20
16. 尹祥福(1999), "新市街地 センター地區の段階的整備をした共同利用駐車場の計劃手法關する研究, p.84.

♧ 주 작 성 자 : 김은경
♧ 논문투고일 : 2003. 3. 13
논문심사일 : 2003. 6. 23 (1차)
2003. 8. 21 (2차)
2003. 10. 8 (3차)
심사판정일 : 2003. 10. 8
♧ 반론접수기한 : 2004. 2. 28

An Application of FCM(Fuzzy C-Means) for Clustering of Asian Ports Competitiveness Level and Status of Busan Port

RYU, HyungGeun · LEE, HongGirl · YEO, Ki Tae

Due to the changes of shipping and logistic environment, Asian ports today face severe competition. To be a mega-hub port, Asian ports have achieved a big scale development. For these reasons, it has been widely recognized as an important study to analyze and evaluate characteristics of Asian ports, from the standpoint of Korea where Busan Port is located. Although some previous studies have been reported, most of them have been beyond the scope of Asian ports and analyzed the world's major ports; moreover, the studied ports have been about the ports which are well known from the previous research and reports. So, most studies is unlikely to be used as substantial indicators from the perspective of Busan Port. In addition, most of the existing studies have used hierarchical evaluation algorithm for port ranking, such as AHP (analytical hierarchy process) and clustering analysis. However, these two methods have fundamental weaknesses from the algorithm perspective.

The aim of this study is to classify major Asian ports based on competitiveness level. Especially, in order to overcome serious problem of the existing studies, major Asian ports were analyzed by using objective indicators, and Fuzzy C-Means algorithm, which alleviates the weakness of the clustering method. It was found that 10 ports of 16 major Asian ports have their own phases and were classified into 4 port groups. This result implies that some ports have higher potential as ports to lead some zones in Asia. Based on those results, present status and future direction of Busan port were discussed as well.

Analysing the Effect of Parking Information using the Micro Simulation Method

KIM, Eun Kyoung · RHO, Jeong Hyun · KIM, Kang-Soo

The purpose of this study is to analyse the effect of the parking information on the waiting time using the simulation method. Stated Preference survey has been implemented to construct the parking lot choice model. A queue simulation is carried out to investigate the effect of various parking information on the waiting time. The results show that providing parking information is likely to increase the utilization of parking place and to decease the waiting time of individual vehicle. Furthermore, as the parking demand increases, the detailed and quantitative parking information such as "5 minutes delay" is more effective than qualitative parking information such as "available".

Development of Methodology for the Analysis of Level-of-Service of Non-Controlled Intersections

KIM, Jeong Hyun · KIM, Youngchan

Unsignalized intersections are classified into two-way-stop-controlled(TWSC) and all-way-stop-controlled(AWSC) intersections for the analysis of capacity and level of service. There is no AWSC intersection in Korea, but non-controlled intersections are common. Non-controlled intersections are operated only by the driver's decision without any control. However, the study for the analysis of capacity and level of service of the non-controlled intersection has been rare. As the first stage research, this study aims to determine the measure-of-effectiveness (MOE) for the performance evaluation of non-controlled intersections. The relationships between traffic volume and the intersection passing time (delay) and number of conflicts on each intersection are analyzed. It was found that the number of conflicts were more sensitive to the traffic volume compared with the delay. It means that number of conflicts can be the MOE for the performance of non-controlled intersection. The analysis of the