

주차자리 배치 시스템 도입을 통한 대형마트 주차장 운영 효율성 제고

[고려대학교]
천우진. 송범석. 오청록. 신승
주
지도교수 · 정태수 교수

INDEX

CH1. 연구배경

1) 문제인식 2) 현황분석 3) 연구목표 및 대상설정

CH2. 연구방법

1) 연구 개요 2) 데이터 수집 및 가공
3) 자리배정 룰 설정 4)시뮬레이션&모델링

CH3. 결과값분석

1) 결과분석 프로세스 2) 기존모델과 개선모델비교
3) 개선모델간비교

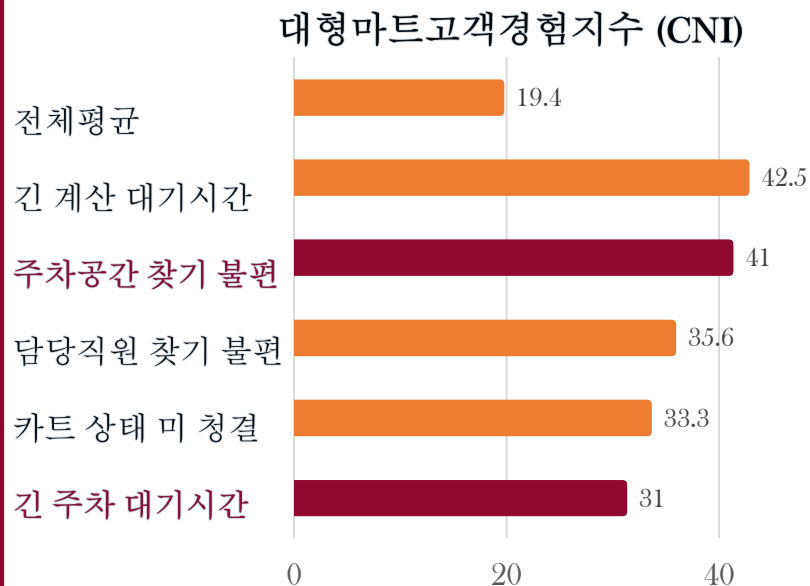
CH4. 결론 및 한계점

1) 기대효과 2) 한계점 및 추후연구방안

CH5. 참고문헌

대형마트 이용 시 주차 관련 문제 지속

1. 주차관련 불만사항 지속



<CNI 지수: 고객이 마트를 이용하면서 나타나는 불편 예상 경험 중 실제 고객이 경험한 불편율>

대형마트에서 불편한 '주차공간 찾기, 긴 주차 대기시간' 등 주차관련 고객 불만사항이 매우 높은 것으로 나타남

2. 주차장 운영상의 문제

- ▶ 인건비: 12시간 운영가정 시 주차장 1개소 운영 고정비 약 313,200,000원 (요원10명 기준)
- ▶ 주차배상책임: 혼잡한 주차장 내부에서의 잦은 사고
>>>주차장 배상책임으로 인한 운영상의 비용적 손해발생

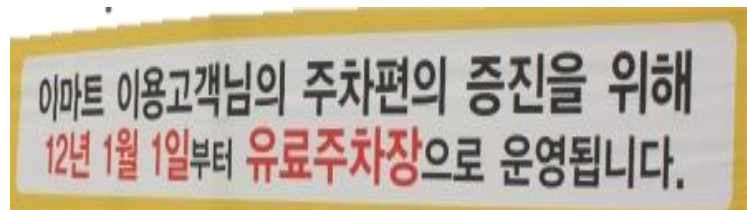
3. 환경문제

운전조건	일산화탄소 (%)	탄화수소 (ppm)	질소산화물 (ppm)	아황산가스 (ppm)
아이들링	4.0~10.0	300 ~ 2,000	50~1,000	0
가속 (0~40Km/h)	0.7~5.0	300~600	1,000~4,000	
정속 (40Km/h)	0.5~4.0	200~400	1,000~3,000	
감속 (40~0km/h)	1.5~4.5	1,000~ 3,000	5~50	

- ▶ 주차장 내에서의 낮은 주행속도로의 운전은 일산화탄소 (CO)배출로 인한 환경오염의 주 요인

현 주차장 운영 실태 분석

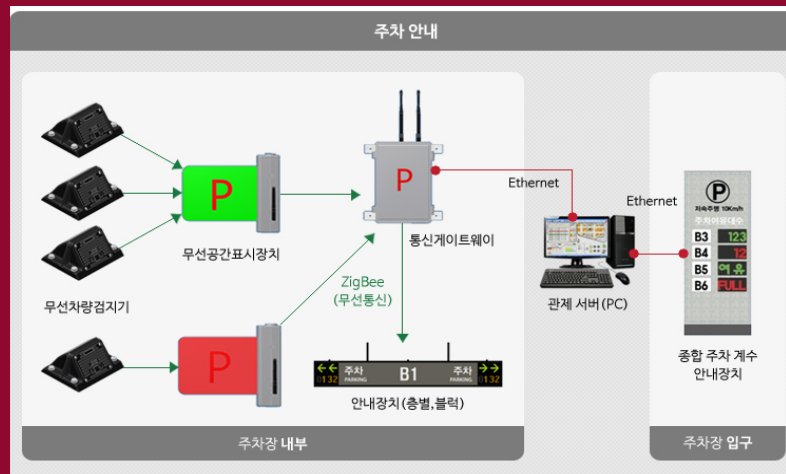
1. 제도적 측면: 사전예약제/유료화 시행



주차 사전 예약제와 유료화를 시행함으로써
너무 많은 차량이 한꺼번에 몰리는 것을 방지

- 주차 사전예약제
 - ▶ 예약차량 확인 어려움, 주차장 입구 혼잡 야기
- 유료화
 - ▶ 주차장 주변 불법주차 건 증가, 주변교통 혼잡

2. 시스템 측면: PGI 시스템 도입



PGI(Parking Guidance & Information)

시스템 도입을 통해 빈 주차공간 가시화 노력

- PGI를 도입하여 시스템적 개선은 이뤘으나 운전자 입장에서 주차의 어려움 지속
 - ▶ 주차 시간 감소 효과 미비

현 주차장 운영 시스템은 대형마트 주차장 운영상의 효율성을 도모하지 못함

연구목표: 주차에 도움을 주는 PGI 개선 시스템 도입(주차자리배정 시스템)

1. 주차 소요시간 감소

2. 대형마트 이용고객 만족도 향상

3. 운영상의 효율성 제고

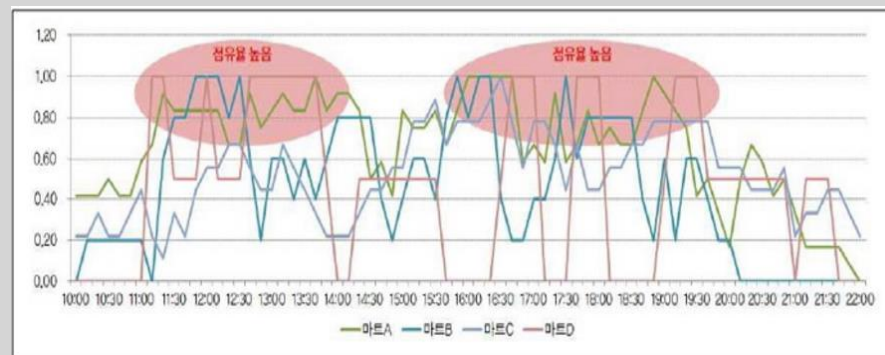
4. 환경문제 개선

연구대상: 판교 현대백화점



대상 설정배경

WHY 대형마트 주차장?



자료: 대형마트 주차구역 시간대별 점유율 : 경기개발연구원(2015)

10:00-22:00 중 피크타임(11:30-13:30/16:00-18:00)
평균 4시간 이상 '점유율 > 1' 상황 발생(주차수요 > 주차공급)

WHY 판교현대백화점?

(우리나라 수도권 최대 규모 백화점)



“교통대란을 예방하기 위해 경찰 2~3명이 백화점 모서리마다 서서 차량을 인도했다”

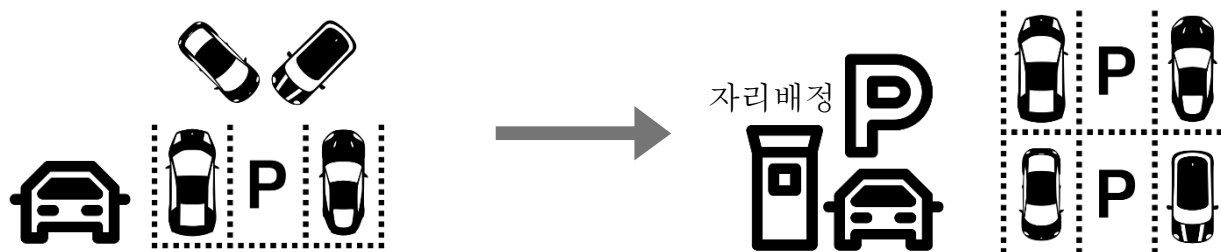
이현경 기자 (비즈니스 포스트)



“2017년 현대백화점 판교점 이용 고객수가 65만명이 넘는 것으로 추정, 하지만 주차장 내부가 복잡하고 출구 병목현상 문제가 심각..

김해동 기자 (조선 비즈)

[입구에서 고객에게 빈 주차 자리를 배정해주는 시스템 설계]



Phase 1

Phase 2

Phase 3

데이터 수집 및 가공

- 필요데이터: 입차율, 주차 시간
- 대형마트 입,출차 데이터를 수집한다.
- R-program 을 이용하여 데이터를 Automod에 맞게 가공한다.

자리 배정 룰 설정
및 가정설정

- 방법론에 따라 세가지 룰을 설정한다.
- 룰에 따른 시스템의 흐름을 순서도로 표현한다.

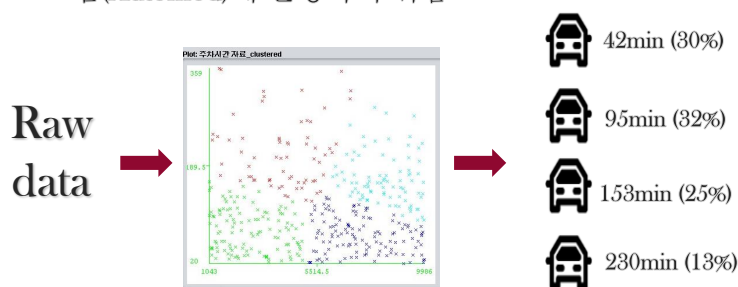
시뮬레이션을 통한
개선효과 분석

- Automod를 이용하여 룰에 따라 개선된 주차장 자리배정 시스템을 시뮬레이션 한다.
- 시뮬레이션 결과값을 T-test/ANOVA 를 이용하여 통계분석하여 비교한다.

PHASE1. 데이터 수집 및 가공

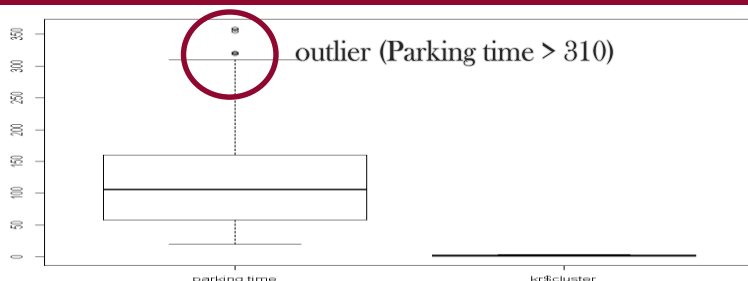
1. 데이터가공 목적

실제 대형마트에서의 차량별 주차시간의 분포를 시뮬레이션 프로그램(Automod)에 반영하기 위함



시뮬레이션 프로그램에서 주차시간 별 차량 설정

3. 데이터 전처리



Box-plot 에서 Whisker 값보다 큰 outlier (Parking time > 310) 제외

⇒ Outlier를 제외한 393 개의 데이터를 통해 clustering 진행

2. 차량 데이터 수집

[차량별 입출차 데이터]

CAR NUMBER	Parking time(min)	입차시각	출차시각
5197	21	14:11	14:32
4414	31	14:02	14:33
7926	23	14:21	14:44
8811	36	14:09	14:45
1998	42	14:05	14:47
9986	26	14:22	14:48
1975	34	14:17	14:51
9960	21	14:48	15:09
4306	53	14:18	15:11
7413	60	14:16	15:16
4701	56	14:21	15:17
8054	75	14:04	15:19
4443	26	14:54	15:20
3336	32	14:48	15:20
4899	58	14:23	15:21
9870	68	14:15	15:23

⇒ 주말 피크 타임인 오후 2시부터 8시까지 6시간에 걸쳐 차량의 입,출차 시각을 기록하여 raw data를 생성 하였으며 Record의 수는 총 402개를 얻었다.

$$\text{Parking time} = \text{출차시각} - \text{입차시각}$$

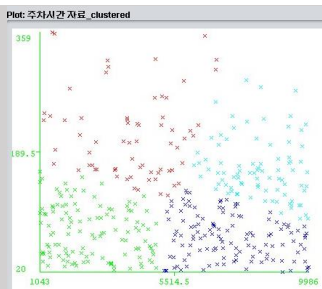
단위(min)

기록한 자료를 Automod 시뮬레이션 프로그램에 적용하기 위해 차량 별 Parking time을 Kmeans clustering을 통해 Type을 설정한다.

PHASE1. 데이터 수집 및 가공

K-means Clustering

[k-means Clustering Algorithm]



주어진 데이터를 K 개의 클러스터로 묶는 알고리즘, 각 클러스터와 거리 차이의 분산을 최소화하는 방식으로 동작한다.

[Clustering modeling]

i번째 클러스터의 중심을 μ_i , 클러스터에 속하는 점의 집합을 S_i 라고 할 때, 전체 분산은 다음과 같이 계산된다.

$$\text{Minimize} \sum_{i=1}^k \sum_{j \in S_i} |x_j - \mu_i|^2$$

각 데이터로부터 각 클러스터들의 μ_i 까지의 거리를 계산하여, 해당 데이터에서 가장 가까운 클러스터를 찾아 데이터를 배당한다.

$$S_i^{(t)} = \{x_p : |x_p - \mu_i^{(t)}|^2 \leq |x_p - \mu_j^{(t)}|^2 \forall j, 1 \leq j \leq k\}$$

μ_i 를 각 클러스터에 있는 데이터들의 무게중심 값으로 재설정해준다.

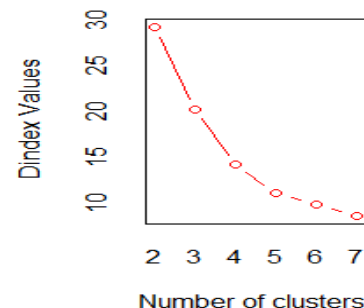
$$\mu_i^{(t+1)} = \frac{1}{|S_i^{(t)}|} \sum_{x_j \in S_i^{(t)}} x_j$$

[군집개수(k) 설정]

* Among all indices:
* 1 proposed 2 as the best number of clusters
* 1 proposed 3 as the best number of clusters
* 3 proposed 4 as the best number of clusters
* 1 proposed 7 as the best number of clusters

***** Conclusion *****

* According to the majority rule, the best number of clusters is 4



Cluster 의 개수를 결정하는 graphical method 인 D - index의 값이 급격히 감소하는 '4' 가 optimal

⇒ k=4 로 진행

[clustering 결과]

```
> nk <- kmeans(parking.time, 4)
> nk$size
[1] 102 50 117 124
> nk$centers
parking.time
1 153.27451
2 229.36000
3 42.55556
4 95.32258
```

R program 이용

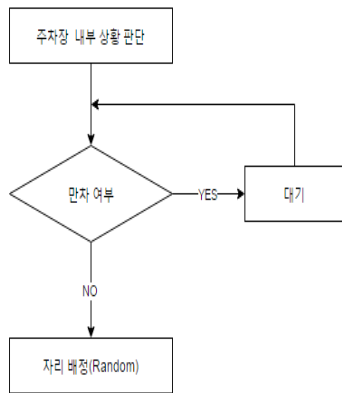


4개의 군집으로 K-means clustering을 수행한 결과

⇒ 차량별 주차시간은 각각 43/95/153/229 min 이며
각군집별 확률은 30/32/25/13 % 이다.

PHASE2. 자리배정 룰 설정

Rule1: 완전 랜덤배정

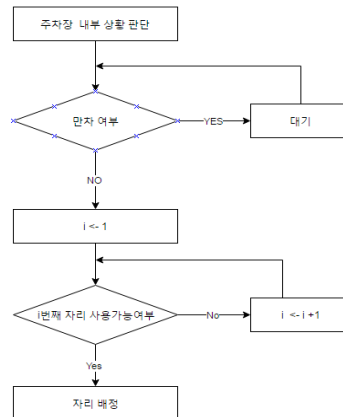


주차장 내의 모든 빈 자리에 대한 정보를 기반으로 랜덤하게 빈 자리를 배정해준다.

[설정 배경]

⇒ 자리 미배정에 대한 불확실성을 고려하여 배정을 해주는 기본 모델

Rule2: 최단거리배정

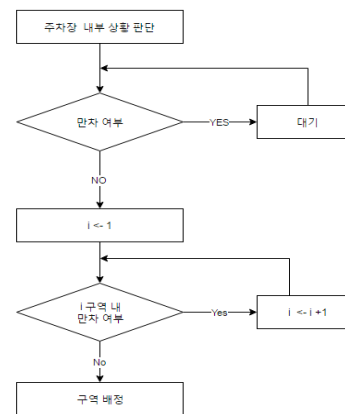


매장과의 근접성을 고려하여 빈 자리에 우선순위를 매기고 우선순위가 높은 자리를 먼저 배정해준다.

[설정 배경]

⇒ 매장과 근접한 곳을 선호하는 고객을 고려하여 고객들의 만족도를 향상시키기 위한 모델

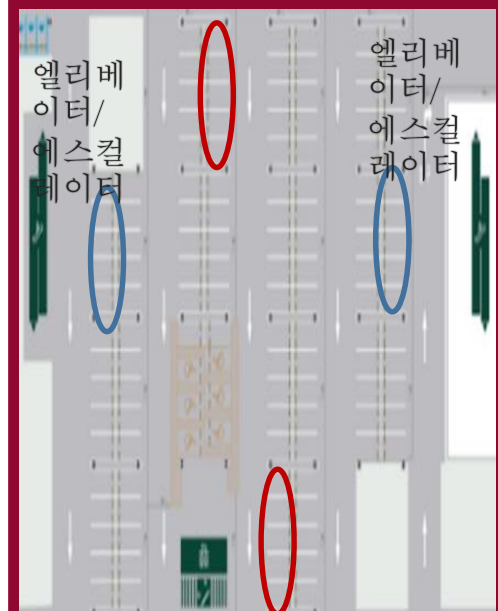
Rule3: 구역 배정



매장과의 근접성을 고려하여 빈자리 구역 배정. 배정 후 구역 내 운전자가 자율 주차.

[설정 배경]

⇒ 옆 자리 차량과의 간격 등 고객마다 다른 주차 위치 선호기준을 고려한 모델.



PHASE2. 룰 적용을 위한 가정

공통가정

1. 각 차량이 자리 앞에서 주차를 완료하기까지는 무시한다.
2. 주차공간 탐색 경로는 반시계방향이다.
3. 주차장 내 차량이동속도는 20km/h로 동일하다.
4. 주차장에 들어간 이후의 시간만 계산한다.
5. 배정받은 자리를 해매지 않고 찾는다.
6. 키오스크에서 자리 배정 시간은 무시한다.
7. 들어오는 차량의 타입은 4 종류이다.

Rule2 가정

1. 각 층이 낮을 수록 (1층과 가까울 수록)
2. 엘리베이터에 가까울수록

매장에 대한 자리의 접근성이 좋다.
(우선순위가 높다)

Rule3 가정

접근성에 대한 가정은 Rule 2와 동일하다.
단, 각 자리가 아닌 구역을 대상으로 하며,
구역의 중간 지점을 기준으로 한다.
(구역 내에서는 자율 주차)

PHASE3. Automod program을 통한 시뮬레이션분석

시뮬레이션 개요

[Automod]

: 생산물류시스템 설계평가 프로그램

특징

1. 시뮬레이션 진행과정을 동적으로 시각화가능
2. 통계적 결과자료 수집가능

⇒ 주차장도면 등의 변수들을 Entity로 설정 + 차량속도, 주차시간, 차량 간 거리는 로드 Attribute로 설정, PHASE2의 Rule(알고리즘)을 Source file에 코드를 만들어 시뮬레이션 수행

[Entity 설정]

Load = 차량의 종류와 차량이 들어가는 텀 조정

Conveyer = 회로(주차장내 도로); 회로에서의 로드속도와

회로의 길이 설정가능

Station = 로드의 출발/목적지

Process = 시뮬레이션을 돌아가게 해주는 행동 및 시스템 상황 설정

Queue = 주차장 자리 및 차량의 입출구 부분

Variable = 차량의 주차자리 점유여부 나타냄 (0 or 1)

PHASE3. Automod program을 통한 시뮬레이션분석

가정

1. 로드타입을 4개로 설정

- Phase1의 차량별 Parking time 데이터 clustering 결과를 이용해 주차시간별 4가지 로드 설정

Ex) 30% 확률로 들어가는 A타입 로드는 42분간 주차

 42min (30%)

2. 주차장 내 차량속도는 20km/h로 일정하며 모든 도로는 일방통행

- 주차법규를 따름

3. (Rule2/3) 주차자리 별 우선순위는 매장과의 근접성에 따른다.

- 주차장 내 엘리베이터/계단과의 거리가 가까운 자리 일수록 우선순위 배정

4. 차량의 입차율은 Uniform 분포를 따른다.

- 주차장자리배정 시스템은 대형마트의 peak time(주차수요>주차공급)을 대상으로 하기때문: 주차장으로 들어오려는 차량의 queue는 항상 1보다 크다.
- PHASE1의 parking time 데이터: (10분관측 20분휴식)으로 6시간 관측 \Rightarrow 실제 2시간 관측량 = 400대

$$\text{시간당 200대} * \text{입구 3곳} = \text{시간당 600대} \Rightarrow \text{모델 10배 축소 (시간당 60대)}$$

$$\approx \text{입차율을 1개/1min으로 가정}$$

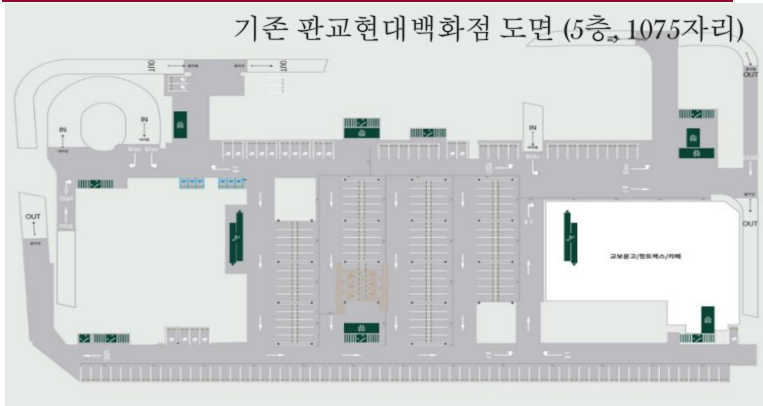
5. 자리가 70% 주차되어 있는 상태에서 Data 측정

- Peak time을 대상으로 함으로 주차장이 찬 상태

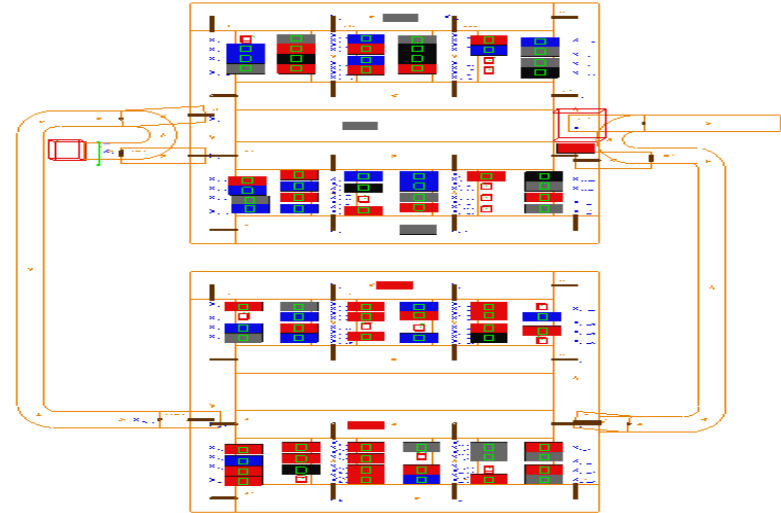
PHASE3. 주차도면설계

주차도면설계

기존 판교현대백화점 도면 (5층, 1075자리)



Automod상의 도면 (2층, 96자리)



가정 및 제한

1. 시뮬레이션 프로그램 상(studenet용) Entity 200개 의 제한조건
⇒ 2층, 96자리 로 size 축소
2. 주차장내의 주차공간 너비, 길이, 차폭, 차간 간격은
주차장법규를 따름

제3조 (주차장의 주차구획)

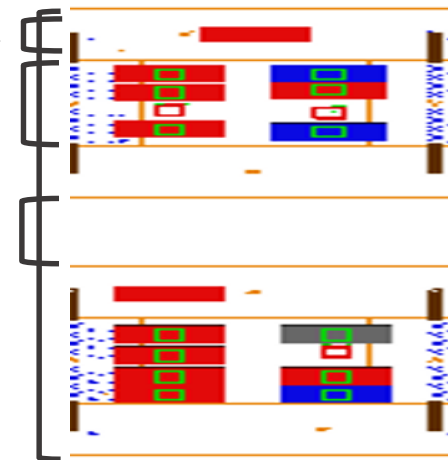
- ①법 제6조제1항의 규정에 의한 주차장의 주차단위구획은 주차대수 1대에 대하여 너비 2.3미터이상, 길이 5미터이상으로 하고, 지체장애인의 전용주차장의 주차단위구획은 주차대수 1대에 대하여 너비 3.3미터이상, 길이 5미터이상으로 한다. 다만, 평행주차형식인 경우 주차단위구획은 주차대수 1대에 대하여 너비 2미터이상, 길이 6미터이상(주거지역의 보도와 차도의 구분이 없는 도로에 서는 너비 2미터이상, 길이 5미터이상)으로 한다. <개정 95.8.5>
- ②제1항의 규정에 의한 주차단위구획은 백색실선으로 표시하여야 한다. <신설 92.9.5>

차폭 = 6m

Block = 10m(가로세로)
(차량1대당 주차공간 너비 2.3m,
길이 5m, 1 Block = 주차자리 8개)

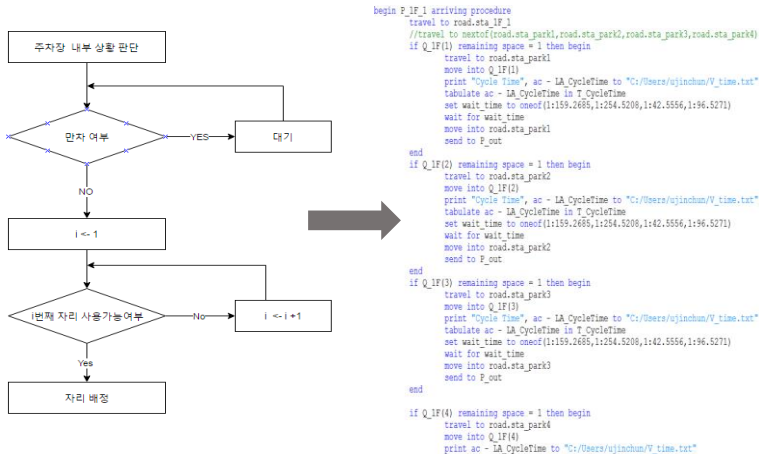
엘레베이터 = 8m(폭)

층당 총너비 = 52m(폭)



PHASE3.시뮬레이션 구현

기존, 개선 시스템 구현 방법



[기존 시스템]

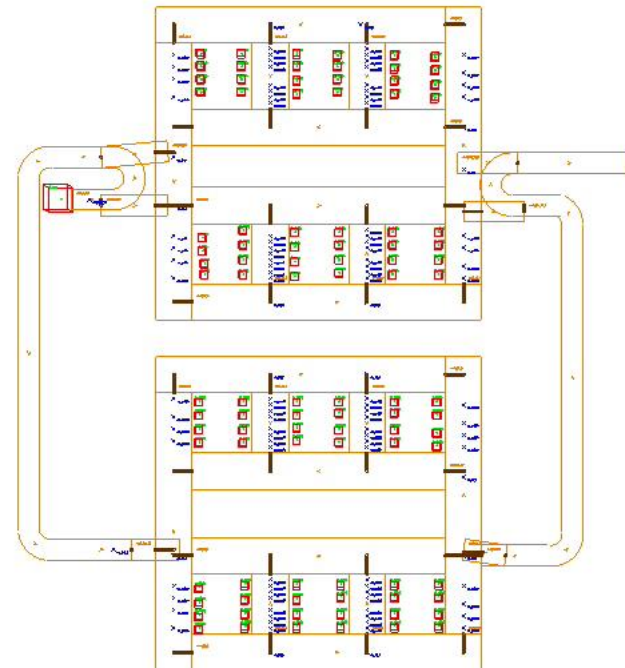
주차자리를 탐색하는 방향을 다양하게 설정하기 위해 교차로에서 **확률적으로** 방향을 선택하도록 설계, 코딩

[개선 시스템]

각 자리를 **List화** 시켜 각 자리 별 주차 상태를 **Binary variable**로 설정, 각 룰에 맞게 자리 배정 알고리즘을 반영하여 설계, 코딩

시뮬레이션 구현

[시뮬레이션 영상]



1. 시뮬레이션 결과

[모델 별 Data]

	Cycle Time		Cycle time
Car 1	1.0235	Car1	20.304
Car 2	0.5295	Car2	14.904
Car 3	1.693991	Car3	21.384
Car 4	0.5355	Car4	15.48839
Car 5	1.897991	Car5	15.804
Car 6	0.6165	Car6	19.944
Car 7	1.1645	Car7	11.844
Car 8	0.367868	Car8	9.324
Car 9	0.873868	Car9	12.924
Car 10	0.379868	Car10	16.38839
Car 11	1.699991	Car11	28.98839
Car 12	0.388868	Car12	9.36839
Car 13	1.2185	Car13	30.06839
Car 14	1.580991	Car14	15.84839
Car 15	1.789991	Car15	30.24839
Car 16	0.7125	Car16	21.06839
Car 17	1.056868	Car17	10.62839

Table Statistics Summary			
Name	Entries	Mean	Std Dev
T_CycleTime	163	1.5876	0.6032

기존 모델과 룰 1,2,3 모델에서 각 모델별로 163개의 차량 별 주차 탐색 시간, 시간별 총 차량 수를 결과로 얻었다.

3. 룰 1,2,3 모델 사이 비교

[One-way ANOVA]

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \quad VS \quad H_1: \text{not } H_0$$

룰 1,2,3 차량 별 주차 소요 시간에 차이를 알아보기 위하여 ANOVA를 통하여 통계적 유의성을 알아보았다.

[등분산성 검정]

T-test와 마찬가지로 levene test를 통해 룰 1,2,3의 등분산성을 검정하였다,

2. 기존 모델과 개선 모델 통계 비교

[단측 T- test]

$$H_0: \mu_1 > \mu_2 \quad VS \quad H_1: \mu_1 < \mu_2$$

기존모델과 룰 1,2,3 모델의 모집단의 평균, 분산을 알 수 없으므로 기존모델과 룰 1,2,3 모델을 각각 t-test를 통해 통계적 비교를 하였다.

[정규성 검정]

중심극한정리(central limit theorem, CLT)

서로 독립이며 각 평균이 μ , 분산이 σ^2 인 동일한 분포를 갖는 확률변수 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 에 대하여,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n - n\mu}{\sigma \sqrt{n}} \leq x \right) = \Phi(x) \text{를 만족한다. (여기서 } \Phi(x) \text{는 표준정규분포)}$$

즉, 확률변수들의 합 $X_1 + X_2 + \dots + X_n \sim N(n\mu, \sigma^2 n)$

Automod 결과의 차량데이터 수가 30개 이상이므로 중심극한정리에 의해 정규성을 만족한다.

[등분산성 검정]

T-test의 기본가정 중 하나인 등분산성을 검정하기 위하여 Levene test로 기존 모델, 룰 1,2,3 모델을 검정하였다.

$$H_0: \sigma_1 = \sigma_2 = \dots = \sigma_k$$

$$H_1: \sigma_i \neq \sigma_j \text{ untuk sedikitnya satu pasang } (i, j).$$

Formula Lavene adalah sebagai berikut:

$$W = \frac{(n-k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Z}_i - \bar{Z})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2}$$

기존 모델과 개선 모델 비교

등분산성 검정(Levene Test)

[기존 모델, 룰 1 모델]

```
> leveneTest(values~ind, data = ori.1.x, center = "mean")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "mean")
      Df F value    Pr(>F)
group  1  94.898 < 2.2e-16 ***
---
324
```

[기존 모델, 룰 2 모델]

```
> leveneTest(values~ind, data = ori.2.x, center = "mean")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "mean")
      Df F value    Pr(>F)
group  1  95.113 < 2.2e-16 ***
---
324
```

[기존 모델, 룰 3 모델]

```
> leveneTest(values~ind, data = ori.3.x, center = "mean")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "mean")
      Df F value    Pr(>F)
group  1  95.079 < 2.2e-16 ***
---
324
```

룰 1,2,3 모델
모두 P-Value < 0.5
등분산성 X

Welch's T-test 사용

[Welch's T -test]

T-test의 기본가정인 등분산성을 만족시키지 못했을 경우 Welch's T-test를 이용하여 통계검정을 실시한다.

[통계량]

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}}}$$

각각의 분산을 통하여 통계량 값을 구한다.

[자유도]

$$d.f. = \frac{\left(\frac{s_x^2}{n} + \frac{s_y^2}{m}\right)^2}{\frac{1}{n-1}\left(\frac{s_x^2}{n}\right)^2 + \frac{1}{m-1}\left(\frac{s_y^2}{m}\right)^2}$$

Welch's T-test는 왼쪽의 식으로 자유도를 보정해 준다.

Welch's T-test로 비교

기존 모델과 개선 모델 비교

Welch's T-test 결과

[통계적 가설]

$$H_0: \mu_1 > \mu_2 \quad VS \quad H_1: \mu_1 < \mu_2$$

[기존모델, 룰 1 모델]

```
> t.test(ori.time, rule2, paired = FALSE, var.equal = FALSE, alternative = "less")

welch Two Sample t-test

data: ori.time and rule2
t = 8.7382, df = 162.2, p-value = 1
```

[기존모델, 룰 2 모델]

```
> t.test(ori.time, rule1.time, paired = FALSE, var.equal = FALSE, alternative = "less")

welch Two Sample t-test

data: ori.time and rule1.time
t = 8.7307, df = 162.22, p-value = 1
```

[기존모델, 룰 3 모델]

```
> t.test(ori.time, rule3, paired = FALSE, var.equal = FALSE, alternative = "less")

welch Two Sample t-test

data: ori.time and rule3
t = 8.7555, df = 162.21, p-value = 1
```

기존 모델



주차 소요시간
137초

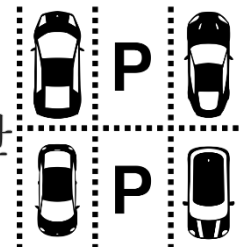


118초
개선



개선 모델

주차 소요시간
19초



룰 1,2,3 모델
모두 P-Value = 1 > 0.05
개선모델이 더 좋다.

개선모델간의 비교

ANOVA 결과

[룰1,2,3 모델 등분산성 검정]

```
> leveneTest(values~ind, data = rule123.x, center = "mean")
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = "mean")
      Df F value Pr(>F)
group  2  0.1054   0.9
      486
```

P-Value가 0.9로 유의수준 0.05보다 큼으로 등분산성 만족

[룰1,2,3 모델 ANOVA 결과]

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ VS $H_1: not H_0$

```
> oneway.test(values~ind, data = rule123.x, var.equal = T)
```

One-way analysis of means

data: values and ind
F = 0.24812, num df = 2, denom df = 486, p-value = 0.7804

P-Value가 0.78로 유의수준 0.05보다 큼으로 귀무가설 H_0 를 채택한다. 따라서 룰 1,2,3모델은 통계적 차이가 없다.

정량적 차이

룰1 룰2 룰3
19.1초 18.9초 18.5초

차이 **X**



정성적 차이

룰 1,2,3 모델 간의
P-Value =0.78 >0.05
차이가 없다.

개선모델간의 정성적 차이

[차주의 주차선호도]

차주의 주차선호도를 크게 주차공간탐색시간/매장근접성/자율성으로 분류

Rule1 : 주차공간 탐색시간 절감만 고려

Rule2 : 매장근접성 (최우선)고려

Rule3 : 어느정도 매장근접성내의 자율성을 고려

주차 소요 시간 감소 효과

[대형마트]



주차 소요 시간 및 혼잡도 감소



고객의 회전율 증가
고객 만족도 증가



수익 증대 효과/
브랜드 이미지 제고

[공공이익]



- 주변 도심지 주차문제 및 교통혼잡 개선
- 차량당 CO2 배출량 시간당 9.6kgCO2 감소를 통한 환경오염완화

[고객]



- 주차 소요 시간 감소로 인한 연료비, 배터리 소모 감소
- 주차로 인한 불만 감소효과로 고객 만족도 향상

자리배정 시스템 배치 효과

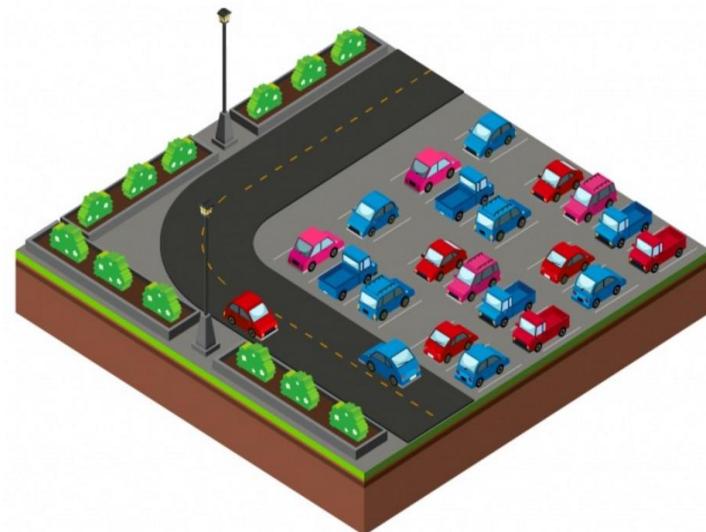
[대형마트]



자리배정 키오스크 배치



- 주차요원 인건비 연간 약 3억원 절감
- 혼잡도 감소효과로 인한 고객만족도 향상



연구의 한계점

1. AUTOMOD 의 Entity 제한(200개 개수 제한)

- Student Version 의 시뮬레이션 프로그램사용한계: 기존 도면(5층 1047자리)를 2층, 96자리로 축소한 모델 사용

2. 차주의 배치 사항 불이행으로 인한 Error

- 차주가 배정된 자리가 아닌 다른 자리에 주차를 하였을 때 그 이후 차량부터 시스템이 꼬이는 도미노현상문제

3. 현 PGI 시스템을 시뮬레이션에 정확하게 반영하지 못한 한계

- 현재 일부 주차장에서는 천장에 자리의 주차여부를 확인할 수 있는 시각 장치를 설치하여 운영 중 -> 차량이 불빛을 보고 판단을 하는 프로세스를 반영하지 못한 모델의 한계

4. 데이터 수집의 한계

- 차량 별 입,출차 시간에 대한 데이터가 연구 대상으로 설정한 판교 현대 백화점의 내부 자료인 이유로 데이터 수집에 한계가 있었기 때문에 Data 신뢰성의 한계

추후연구방안

1. 차주의 자율성을 최우선으로 고려한 롤 모델링

- 주차장 입구에서 키오스크를 통해 차주에게 빈 자리 안내 ⇒ 차주가 입구의 키오스크에서 좌석을 스스로 선택하는 자율적 알고리즘 설계와 입구에서의 병목현상 해결 연구

2. 주차장 내 엘리베이터 설계

- 자리 배정 시스템을 이용하여 각 층마다 유동인구를 추정하고 그에 따른 엘리베이터 설치, 배치 계획과 효율적

운영 방안을 위한 연구

[1] 전수훈. 2004,12. 주차안내정보시스템 정보 예측 알고리즘에 관한 연구

[2] 김은경, 노정현, 김강수. 2003. 주차정보 제공에 따른 주차대기시간의 효과분석에 관한 연구: 미시적 시뮬레이션 방법을 이용하여

[3] 허명희. 2011. (R을 활용한) 통계적 개념. 방법. 응용

[4] 성영아, 2003, 지하주차장의 CO 가스 농도 예측에 관한 수치해석적 연구