Journal of the Korea Industrial Information Systems Research Vol. 24 No.4, Aug. 2019 : 29-36
http://dx.doi.org./10.9723/jksiis.2019.24.4.029 ISSN:1229-3741

사용자 선호도 기반의 스마트 주차 공간 안내 시스템+

(SPGS: Smart Parking Space Guidance System based on User Preferences in a Parking Lot)

유 성 은[1)*]
(Yoo, Seong-eun)

요 약 본 논문은 주차장에서 운전자의 다양한 선호도를 고려하여 실시간으로 주차 가능한 주차면을 안내하는 방안을 제안한다. 본 시스템은 주차장 진입 시부터 사용자가 유휴 주차면에 주차할 때까지, 각 주요 지점에서 차량을 검지함으로써 각 경로상 교통상황을 활용하고, 각 주차 구역 내의 주차 가능 주차면 및 목적지 근접도 등의 사용자 선호도에 가장 적합한 유휴 주차면을 실시간으로 탐색하여 각 안내 지점에서 최적의 경로를 안내한다. 이를 위하여 본 논문은 최적경로 안내를 위한 다양한 사용자 선호도 기반의 비용 함수를 제안하고 본 시스템의 가능성을 평가하기 위해 이벤트 기반 시뮬레이터를 설계하고 구현한 결과를 제시한다.

핵심주제어: 사용자 선호도, 스마트 주차 안내 시스템

Abstract We propose a smart parking space guiding system based on user preferences in a parking lot. This system guides each vehicle to the most suitable parking space in a parking lot to meet the user preferences such as the available parking spaces in the parking zones and the proximity to the destination by exploiting the traffic to each parking zone gathered at the sensors near each guiding display. For this purpose, this paper proposes the cost function for the optimal route guide based on the various user preferences. In addition, the paper reports the design and implementation results of an event based simulator to show the feasibility of the smart parking guidance system

Key Words: User preference, Smart parking guidance system, SPGS

1. 서 론

국가 전반적인 경제 수준이 향상되고 가구당 차량 소유 대수가 증가함에 따라 백화점이나 대형 쇼핑몰을 이용하는 차량들 또한 증가하고 있다. 증가한 차량들로 인해, 사회적으로 미세먼지나 환경오염에 대한 관심이 높아지고 있으며, 경제적인 면에서 국제 유가의 상승 등으로 인해서 경제 운전에 대한 관심이 높아지고 있다. 하지만, 상당수의 주차장에서는 한두 명의 주차요원에 의지해서 고객들에게 주차 공간을 안내하고 있는 실정이다. 최근에는 스마트시티[1-2]에 대한 관심이 증가되면서 많은 주차장에서 ICT(Information and communication technology)

* Corresponding Author: seyoo@daegu.ac.kr
+ 이 논문은 2015학년도 대구대학교 학술연구비지원에 의해 연구결과임
Manuscript received April 26, 2019 / revised June 20, 2019 / accepted July 27, 2019
1) 대구대학교 정보통신공학부, 제1저자

기술을 활용하여 단순 주차 공간 정보를 제공하고 있으나 에너지를 절감하거나 고객의 편의를 고려한 효율적이고 체계적인 주차 안내 방안이 필요하다.

카메라나 초음파, 지자기 센서를 활용한 기존의 주차안내시스템에 관한 연구는 주차면 주차 정보를 측정하고 이를 기반으로 각 주차장에서 주차 가능 대수를 사용자들에게 제공하는 데 초점이 맞춰져 있었다[3-8]. 하지만, 효율적이고 체계적인 주차 안내를 위해서는 단순히 주차구역별 주차 가능 대수를 제공하여 운전자에게 주차구역을 선택하도록 하는 방법보다는 주차장 내의 경로별 교통상황이나 고객 선호도를 고려한 지능적인 안내 시스템이 필요하다. 최근에는 주차장별로 제공하는 주차 가능 대수를 바탕으로, 차량간(Vehicle to vehicle, V2V) 혹은 차량과 주변 인프라(Vehicle to Infrastructure, V2I) 사이의 통신기술을 활용하여, 도시 내(In a city)에 존재하는 다수의 주차장 중 최적의 주차장으로 운전자를 안내하는 도시 수준의 주차 안내 알고리듬에 관한 연구도 활발히 진행 중에 있다[9-11]. 이러한 도시 내에서 다수의 주차장 중 특정 주차장으로 안내하는 도시 수준의 주차 안내 알고리듬들은 최초 운전자의 위치로부터 주차 가능 대수, 이동 거리 등의 정보를 기반으로 해당 도시에 흩어져 있는 N개의 주차장 중 최적의 주차장을 추천한다. 이 경우 운전자의 현재 위치로부터 주차장까지의 거리가 수백 미터에서 수 킬로미터에 이르기 때문에, 수분에서 수십 분의 이동시간 중 주차장들의 상황이 변경될 가능성이 매우 높다. 이를 해결하기 위해 이러한 연구들은 초기 최적 주차장을 추천할 때, 단순히 현재 정보들만 활용하기보다는 이를 바탕으로 큐잉 모델이나 학습 모델을 도입하여 가용 주차면을 예측하여 최적의 주차장을 추천한다. 도시에 흩어져 있는 주차장 중 최적의 주차장을 안내하는 방안도 필요하지만, 백화점이나 복합쇼핑센터 등에 있는 주차장의 규모가 방대하고 복잡해짐에 따라 주차장 수준에서, 즉, 특정 주차장 내(In a parking lot)에서, 최적의 주차구역을 안내하는 방안도 필요하다. 주차장 수준의 주차구역 안내 알고리듬의 경우 이동 시간이 상대적으로 짧기 때문에 도시 수준의 주차장 안내 알고리듬과 달리 가용 주차면 예측보다는 실시간 정보만으로 주차 안내가 가능하다[11].

본 논문에서는 주차장 수준에서 주차면에 설치된 센서 뿐만 아니라 주차장 입구에서부터 주차면(혹은 주차 공간)에 이르는 주차 경로 곳곳에 설치된 차량 검지 센서 및 유도 전광판을 통해 주차하려는 차량을 최적의 주차구역으로 유도하는 최적화 알고리듬을 연구하고 개발한 결과를 공유하고자 한다. 최적 경로 알고리듬은 각 유도 전광판이 담당하고 있는 주차구역들(Zones)의 주차면 점유율, 해당 경로의 교통량 및 주행속도(주차구간 중간 중간에 설치된 차량 검지 센서 노드 활용), 매장 입구 접근성, 에너지 소모량 등의 제약사항을 분석하고 이들로 구성된 주차구역 및 경로에 따른 비용 함수를 통하여 최적의 주차구역 및 유도 방향을 실시간으로 결정한다. 이를 이루기 위해서 본 논문에서는 주차장 내에서 고객들의 선호도(여유 주차면수, 매장 입구 접근성, 에너지 절감 등)에 따라서 최적의 주차 경로를 안내할 수 있는 효율적이고 체계적인 주차 공간 안내 알고리듬을 제안하며, 그 성능을 평가하기 위한 알고리듬 검증용 시뮬레이션 모델을 제안하고 이들을 설계 및 구현 내용을 공유한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 본 연구에서 제안된 최적 경로 안내 알고리듬, 성능 평가를 위해 개발된 시뮬레이션 모델 및 시뮬레이터에 대한 상세 개발내용을 기술한다. 마지막으로 3장에서는 전체 연구개발 내용을 요약하며 향후 계획을 제시함으로써 결론을 내린다.

2. 시스템 구성 및 실험

본 논문은 지능형 주차 서비스를 제공하기 위해서 주차장 입구, 주차장 내의 각 교차로 및 주차면에 설치된 차량 검지용 센서, 각 교차로에 있는 주차 유도 전광판, 주차게이트웨이, 그리고 미들웨어를 포함한 서버 시스템으로 구성된 스마트 주차 안내 시스템(Smart parking guidance system: SPGS)을 가정한다. 본 장에서는 최적경로 안내를

위한 최적화 알고리듬, 알고리듬 검증용 시뮬레이션 모델, 알고리듬 검증용 시뮬레이터에 대해서 연구·개발한 내용을 설명한다.

2.1 최적 경로 안내를 위한 최적화 알고리듬 및 유도장치 순서도

최적화 알고리듬은 유도 전광판이 안내할 수 있는 각 방향(경로)을 통해 접근할 수 있는 주차구역 중 가장 비용이 낮은 최적의 주차구역 및 경로를 안내하기 위한 알고리듬이다. 본 알고리듬은 제안된 비용 함수($C_d(x)$)를 기반으로 유휴 주차 공간이 있는 주차구역 중 최소 비용을 가지는 주차구역(x) 및 방향(d, 경로)을 선정하여 차량이 해당 주차구역으로 도달할 수 있는 경로를 안내한다. 본 절에서는 최적화 알고리듬의 핵심 부분인 최적 경로에 영향을 미치는 제약사항 및 이들에 가중치를 적용한 비용 함수를 계산하는 방안을 구체적인 예를 통해서 살펴본다.

먼저 최적 경로 계산을 위해서 사용될 비용 함수를 구성하는 제약사항(혹은 비용)을 다음과 같이 정규화하여 정의하고 제안한다.

- 주차구역(x)의 유휴 주차면(혹은 주차 공간)에 따른 비용(제약사항, V_x): $V_x = P_{min}/P_x$, $V_x=[P_{min}/P_{max}, 1]$, (단, P_x는 주차구역 x에서 유휴 주차면 수, $P_x=0$인 주차구역은 고려대상 아님, 임의의 주차구역 i에 대해 최소 유휴 주차면 수, $P_{min}= \min(P_i)$, 최대 유휴 주차면 수, $P_{max}= \max(P_i)$)
- 주차구역(x)로부터 목적지(매장 입구)까지의 거리에 따른 비용(제약사항, A_x): $A_x = L_x/L_{max}$, $A_x = [L_{min}/L_{max}, 1]$, (단, L_x는 주차구역 x에서 목적지까지의 거리, 임의의 주차구역 i에서 목적지까지의 거리 중 가장 먼 거리, $L_{max} = \max(L_i)$, 가장 짧은 거리, $L_{min}=\min(L_i)$)
- d 방향(경로)을 통해서 주차구역(x)까지 도달하는데 소요되는 에너지 소모에 따른 비용(제약사항, E_{dx}): $E_{dx}= (G_{dx}/G_{max})$, $E_{dx} = [G_{min}/G_{max}, 1]$(단, 임의의 방향 r 및 임의의 주차구역 i에 대해 최대 소모 에너지, $G_{max} = \max(G_{ri})$, 최소 소모 에너지, $G_{min} = \min(G_{ri})$, G_{ri}는 현재 위치에서부터 주차 경로 r을 통해서 주차구역 i까지 도달하는데 주행해야 하는 거리 및 교통량 혹은 정체도의 함수, 이를테면, G_{ri} = (비정체 거리)*(비정체 시 거리당 소모에너지)+(정체 거리)*(정체 시 거리당 소모에너지)).

이러한 제약 사항들은 사용자들의 선호도를 직접적으로 반영한다. 사용자에 따라서 여유 주차 공간이 많은 주차 구역을 선호할 수도 있는데 이 선호도는 V_x(유휴 주차면에 따른 비용)에서 반영된다. 걷는 거리를 최소화하고자 하는 사용자의 선호도는 A_x(목적지 근접도에 따른 비용)에서 그리고 에너지 소모를 최소화하고자 하는 사용자의 선호도는 E_{dx}(경로 정체도에 따른 에너지 비용)에서 각각 반영된다. 주차구역(x)에 대한 비용 함수를 계산하는데 사용될 각 제약 사항들에 대한 가중치를 제안하며 그 적용방안을 살펴본다. 기본적으로 앞에서 제안한 제약조건에 대해서 각각 w_{xV}(유휴 주차 공간 비용에 대한 가중치), w_{xA}(접근성 비용에 대한 가중치), w_{xE}(에너지 소모 비용에 대한 가중치)을 적용한다. 제약사항 및 가중치를 기반으로 현 위치로부터 d방향(경로)를 통해 해당 주차구역(x)까지의 비용을 계산하는 비용계산 함수와 최적 경로 탐색을 위한 문제를 각각 다음 식 (1)과 (2)와 같이 제안한다. 본 논문에서는 최적 경로 탐색 알고리듬에서 사용할 비용 함수를 정의하고 각 가중치를 정의하고 있으며, 실제 가중치의 값은 사용자의 선호도와 직결되기 때문에 사용자에 따라서 다르게 설정할 수 있다. 한 가지 방법은 각 선호도를 1부터 5 사이의 값으로 정할 수 있으며, 사용자가 여유 주차면 수, 매장 입구 접근성, 그리고 에너지 절감을 각각 1, 3, 그리고 1으로 설정했다면, $w_{xV} = 1/(1+3+1) = 1/5$, $w_{xA} = 3/5$, 그리고 $w_{xV} = 1/5$이 적용된다.

$$C_d(x) = w_{xV}V_x + w_{xA}A_x + w_{xE}E_{dx} \quad (1)$$

$$\arg_d \min C_d(x), \text{ subject to } x \in X_d \quad (2)$$

상기 비용 함수를 활용하는 방안을 구체적으로 설명하기 위해서 Fig. 1의 주차도면 및 현재 주차 대수를 이용한다. Fig. 1에서 E와 F구역에만 빈 주차 공간이 각각 3면(P_E), 4면(P_F) 존재하며, E와

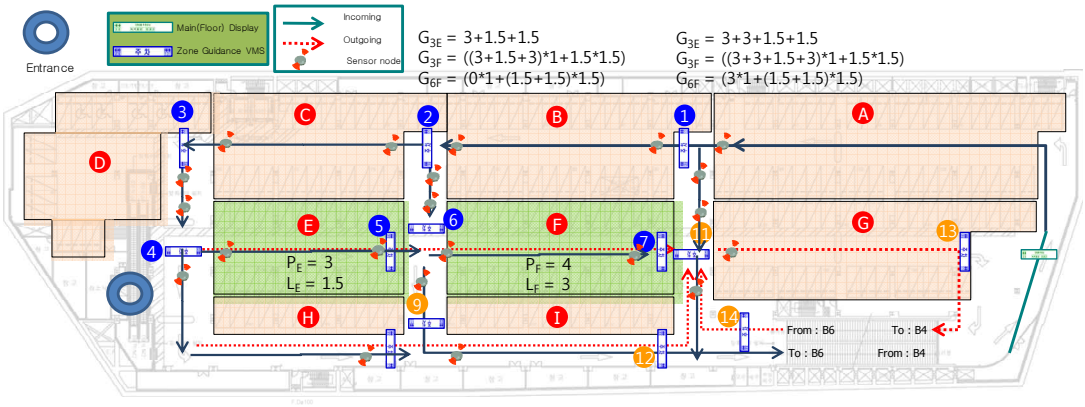


Fig. 1 An Example Applying the Proposed Optimization Algorithm for a Car Park: ①-⑦(guiding displays), Ⓐ-①(parking zones)

F로부터 매장 입구까지의 거리가 각각 1.5(L_E), 3(L_F)이다. 비정체 시 단위 거리당 소모 에너지가 1일 때, 정체 시 단위 거리당 소모에너지를 1.5로 가정하고 사용자가 여유 주차면 수, 에너지 소모, 매장 입구 접근성 모두에 대해서 고려하는 것으로 가정하여 각 제약사항에 대한 가중치를 각각 1/3로 가정한다. 주차로에 설치된 센서노드들로 부터 유도 전광판 ②-⑥, ⑥-⑦사이 구간에 차량정체가 발생하였다고 보고되었다.

- 주차구역 E, F에 대한 유휴 주차면 수에 따른 비용은 각각 V_E = 3/3 = 1, V_F = 3/4 = 0.75
- 주차구역 E, F로부터 매장 입구까지의 거리에 따른 비용은 각각 A_E = 1.5/3 = 0.5, A_F = 3/3 =1
- 유도 전광판①에서 E(경로3), F(경로6:2-6, 경로3:2-3-4-6)구역까지 소모될 에너지 비용은 각각 G_{3E} = 3 + 3 + 1.5 + 1.5 = 9, G_{3F} = (3+3+1.5+3)*1 + 1.5*1.5 = 12.75, G_{6F} = 3*1 + 1.5*1.5 + 1.5*1.5 = 7.5. E_{3E} = (G_{3E}/G_{max}) = 9/12.75 = 0.71, E_{3F} = (G_{3F}/G_{max}) = 12.75/12.75 = 1, E_{6F} = (G_{6F}/G_{max}) = 7.5/12.75 = 0.59. 유도 전광판①에서 측정한 비용 함수 $C_3(E)$ = 1/3(V_E + A_E + E_{3E}) = 1/3(1 + 0.5 + 0.71) = 0.74, $C_3(F)$= 1/3(V_F + A_F + E_{3F}) = 1/3(0.75 + 1 + 1) = 0.92, $C_6(F)$ = 1/3(V_F + A_F + E_{6F}) = 1/3(0.75 + 1 + 0.59) = 0.78. 따라서 $C_3(E)$가 최소 비용을 갖기 때문에 유도 전광판①에서는 차량을 주차 공간 E로 안내하기 위해서 '직진'을 표시한다.
- 유도 전광판②에서 E(경로3), F(경로6:6, 경로3:3-4-6)구역까지 소모될 에너지 비용은 각각 G_{3E} = 3 + 1.5 + 1.5 = 6, G_{3F} = (3+1.5+3)*1 + 1.5*1.5 = 9.75, G_{6F} = 0*1 + 1.5*1.5 + 1.5*1.5 = 4.5. E_{3E} = (G_{3E}/G_{max}) = 6/9.75 = 0.62, E_{3F} = (G_{3F}/G_{max}) = 9.75/9.75 = 1, E_{6F} = (G_{6F}/G_{max}) = 4.5/9.75 = 0.46. 유도 전광판②에서 측정한 비용 함수 $C_3(E)$ = 1/3(V_E + A_E + E_{3E}) = 1/3(1 + 0.5 + 0.62) = 0.71, $C_3(F)$ = 1/3(V_F + A_F + E_{3F}) = 1/3(0.75 + 1 + 1) = 0.92, $C_6(F)$= 1/3(V_F + A_F + E_{6F}) = 1/3(0.75 + 1 + 0.46) = 0.74. 따라서 $C_3(E)$가 최소 비용을 갖기 때문에 유도 전광판②에서는 차량을 주차 공간 E로 안내하기 위해서 '직진'을 표시한다.

앞에서 서술한 최적경로 안내를 위한 비용 함수기반의 최적화 알고리듬을 실제 필드에서 적용하기 위한 유도 전광판 제어 플로우 차트는 Fig. 2와 같다. 기본적인 비용 함수 계산을 위해 필요한 유휴주차면, 혼잡도 등의 정보는 주차게이트웨이로부터 모두 수집 가능하다고 가정한다. 전광판은 차량이 접근하면, 사용자 선호도에 따라 주차게이트웨이로부터 제공된 정보를 기반으로 앞에서 설명한 최적화 알고리듬을 이용해서 차량들에게 최적 경로를 안내한다. 만약, 해당 차량에 대한 사용자 선호도 정보가 없는 경우, 유휴 주차면이 있는 주차구역 중 가장 가까운 거리에 있는 주차구역을 안내한다.

2.2 알고리듬 검증용 시뮬레이션 모델

상기 최적화 알고리듬의 성능을 평가하기 위해서 주차장 시뮬레이터를 설계하였으며, 본 절에서는 시뮬레이터 구현을 위해 필요한 시뮬레이션 모델에 대해 설명한다.

- Base cell 모델: 주차장을 모델링하기 위한 가장 기본적인 단위로 Base cell을 정의한다. Base cell은 사각형으로 표현되며 id, width, length, original attribute 등과 같은 정적인 속성들과 attribute, carID 등과 같은 동적인 속성들을 포함한다. Base cell은 original attribute를 통해서, 도로, 주차면, 전광판, 차선 등을 표현하기 위한 최소의 빌딩 블록으로 사용된다.
- 주차면/주차구역(zone) 모델: 주차면 속성을 지닌 base cell들로 구성되며, 주차선으로 각 주차면이 분리된다. 각 주차면은 id, 위치 등의 속성을 포함하고 있다. 주차구역은 인접한 다수의 주차면으로 모델링될 수 있으며, 전광판의 최적경로 안내 알고리듬은 주차구역을 중심으로 최적경로를 판단하고 안내한다.
- 주차안내전광판(Variable messaging system: VMS)모델: VMS는 다수의 base cell로 모델링되며, 다양한 종류의 주차안내 알고리듬을 동작시켜 교차로에서 차량들을 안내하는 역할을 수행한다.
- 차량 모델: 차량 모델은 차량의 크기, 진행 방향 주차 여부 등의 속성을 표현한다. 차량이 주차할 경우 해당차량의 속성이 주차로 설정되어, 더 이상 스케쥴러에 의해서 서비스를 받지 않는다.
- 이동성 모델: 주차장에서 차량들의 이동성을 지원하기 위한 모델로 기본적으로 차량은 base cell단위로 이동을 하며, left/right/up/down으로 이동을 한다. Fig. 3은 차량의 상태(주정차 혹은 이동)에 따른 이동성을 지원하기 위한 과정을 설명한다. 아울러 차량은 이동하면서 주차면 및 전광판을 스캐닝하며 이를 위한 스캐닝 존은 스캐닝 폭과 길이로 정의된다(Fig. 4 참조).
- 이벤트 모델: 미리 정해둔 시간에 차량을 움직이는 것과 같이 일정한 시간에 특정 동작을 발생시키기 위해서 이벤트 모델을 제안한다. 이벤트를 생성해서 이벤트 큐에 저장하면, 주기적으로 동작하는 스케쥴러(Fig. 5 참조)가 이벤트 큐에서 현재 시간에 동작해야 하는 이벤트를 확인하고 해당 이벤트를 발생시켜 이벤트 핸들러가 해당 이벤트를 처리하도록 한다. 이벤트 모델은 기본적으로 이벤트의 종류를 구분하기 위한 이벤트 ID와 이벤트 time 및 이벤트 종속적 info 필드 등을 포함하고 있다.

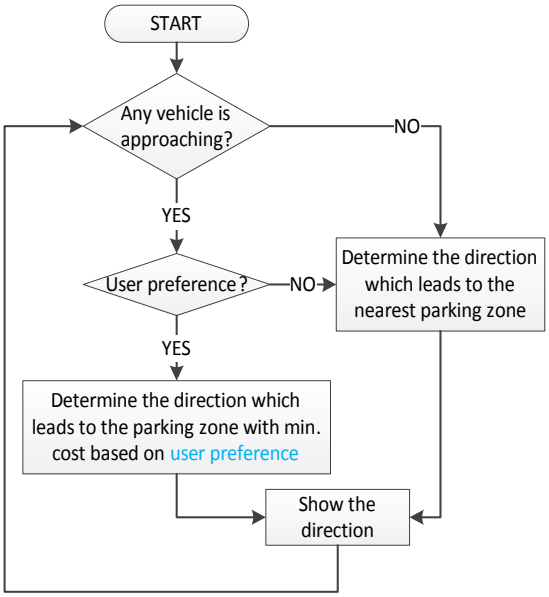


Fig. 2 Flowchart for a Guiding Display

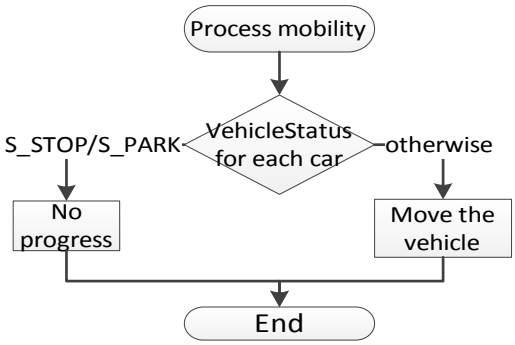


Fig. 3 Mobility

2.3 알고리듬 검증용 시뮬레이터 구현

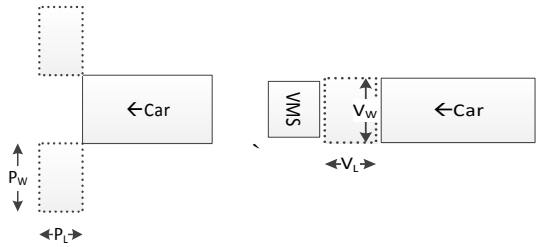
2.2절의 시뮬레이션 모델을 기반으로 본 절에서는 제안된 최적화 알고리듬의 성능을 평가할

수 있는 시뮬레이터를 구현한 결과에 대해서 설명한다. 상기 최적화 알고리듬의 성능을 평가하기 위해서 주차장 시뮬레이터를 설계하였으며, 본 절에서는 시뮬레이터 구현을 위해 필요한 시뮬레이션 모델에 대해 설명한다.

제안된 시뮬레이터 구현을 위해서 National Instrument사의 LabWindows CVI[12]를 활용하였으며, 시뮬레이터를 위한 CVI 프로젝트는 기본적으로 GUI를 구성하기 위한 UIR파일와 소스코드(*.c, *.h)로 구성되며 세부 내역은 Table 1과 같다.

시뮬레이터를 실행하면, 시뮬레이터는 Fig. 6의 시나리오 파일을 읽어 들여, 시뮬레이션 시간 및 레이아웃파일을 읽어 주차도면을 그리고 시뮬레이션 시작 대기상태로 들어간다. 시뮬레이터는 레이아웃파일을 통해서 단순히 도면을 그릴 뿐만 아니라, 해당 base cell의 속성 및 주차면/주차구역(zone)을 판단하며, 서로 그룹핑을 수행하여 시뮬레이션을 준비한다.

시뮬레이션을 시작하기 전에 먼저 주차 안내 시 사용할 경로안내 알고리듬 및 차량통제 모드를 선택해야 한다. 경로안내 알고리듬은 단순 알고리듬과 비용기반 최적화 알고리듬(Constraint중 매장 접근성)이 구현되어 있다. 그리고 차량통제 모드는 차량이 경로안내 알고리듬의 결과인 VMS의 안내를 따를 것인지 아니면, 랜덤으로 할 것인지를 결정한다. 이와 같은 준비가 끝나면, “Start Timer” 버튼을 통해서 시뮬레이션을 시작할 수 있다.



(a) Parking space (b) VMS

Fig. 4 Scanning Zone depending on Targets

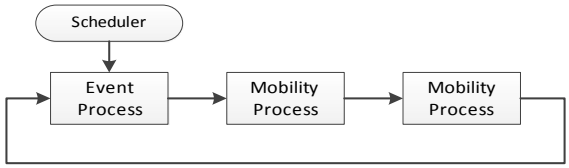


Fig. 5 Scheduler

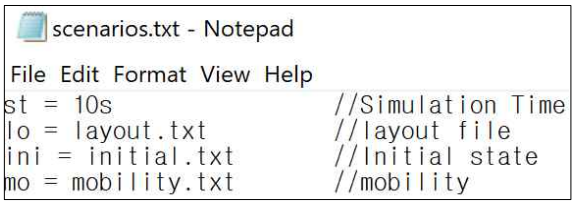


Fig. 6 Scenario File

Table 1 Source Codes for the Simulator

File Name	Description
asyncdem.c/h	Basic engine for the simulator including the scheduler utilizing a timer
Car-model.c/h	Car model
Guidance.c/h	Several kinds of parking guidance algorithms.
Initialize.c/h	Perform the initialization including the display of the layout of the parking lot and event registration when the simulator starts
Layout.c/h	Implementation of the models such as base cell, parking lot, and zone. Configure the attributes of the aforementioned models and display the parking lot layout by reading the layout file
Mobility.c/h	Support the mobility(VMS and parking space scanning) for each vehicle in the parking lot
ParkingLot.c/h	Initialize each parking space model
SimEvent.c/h	Implement the event model
vms.c/h	Execute a parking guidance algorithm and control parking guidance VMS
asyncdem.uir	GUI layout file shown when the simulator starts

2.4 알고리듬 검증용 시뮬레이터 실행 결과

본 실험은 레이아웃 파일에서 각 주차 Zone의 좌측 상단에 이미 4대의 차량이 주차된 것(Fig. 7과 Fig. 8의 회색셀)으로 설정하여 시작한다. 먼저 Fig. 7은 경로 안내 알고리듬 중 주차구역에 여분의 주차 공간(검은 셀)을 사용자 선호도로 설정하여 유휴 주차 공간이 많은 곳으로 차량을 안내하는 사용자 선호도 기반 알고리듬을 통해서 시뮬레이션한 결과를 보여준다. 각 전광판은 안내할 수 있는 경로들 중 빈 주차 공간이 가장 많은 구역으로 도달할 수 있는 경로를 선택해서 안내한다. 초기에는 전광판의 안내를 받아 매장 입구(좌측 중앙) 근처 Zone에 주차를 시작하며, 시간이 흐름에 따라 각 주차 Zone에 공평하게 유도된다.

Fig. 8은 경로 안내 알고리듬 중 목적지(매장 입구, 좌측 중앙의 붉은색)까지의 평균 거리가 짧은 곳부터 안내해주는 비용 기반 최적 경로 안내 알고리듬의 실행 결과를 보여준다. 이 경우, 초기에 차량들을 매장 입구에서 제일 가까운 좌측 중앙의 주차 구역부터 안내하며 전반적으로 매장 입구 근처부터 주차가 유도된다. 다만, 우측 중앙에 주차된 차량들은 좌측 중앙에 유도된 차량들이 주차하기 전 매장 입구로 유도되었으나 기존에 유도된 차량들에 의해서 매장 입구 Zone이 모두 채워져 더는 주차할 공간이 없어 주차하지 못하고, 차선(次善)으로 우측 중앙으로 유도된 차량들이다.

좌측 중앙의 매장에서 가장 가까운 주차 Zone이 모두 채워진 이후에는 매장 입구에 있는 VMS가 좌측 하단의 주차 Zone으로 차량들을 유도하여 두 대의 차량들이 주차한 것을 확인할 수 있다. 단순히 주차 가능 대수만 안내하는 경우 매장 접근도와 무관하게 운전자가 현재 위치에서 가장 가까운 주차 구역(처음으로 발견한 주차면)에 주차하여 상대적으로 긴 거리를 걷게 된다. 하지만, 시뮬레이션 결과에서 확인할 수 있듯이 제안된 알고리듬에서 매장 입구 접근성이 선택된 경우 VMS가 운전자들을 매장 입구에 가까운 주차구역부터 안내하여 매장 입구 접근성을 선호하는 사용자들의 만족도를 향상시킬 수 있다.

3. 결 론

본 연구는 주차장 입구에서부터 주차면에 이르는 주차 경로 곳곳에 설치된 유도 전광판을 통해 주차하려는 차량을 최적의 주차 구역으로 유도하는 방안을 제안하였다. 이를 위해서 사용자 선호도를 고려한 비용 함수 기반의 최적 경로 안내 알고리듬을 제안하였으며, 해당 알고리듬의 가능성을 평가하기 위해서 시뮬레이션 모델과 주차장 시뮬레이터를 개발하였다. 본 연구에서 제안된 시뮬레이터는 경로 안내 알고리듬의 성능 평가뿐만 아니라 주차장을 설계할 때

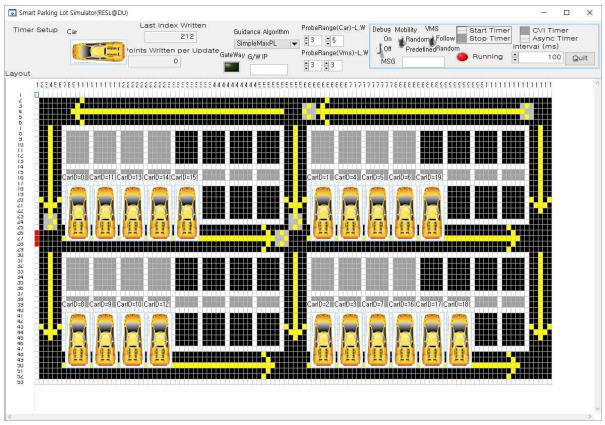


Fig. 7 Simulation with a Preference (Maximum available Parking Spaces) based Optimization Algorithm

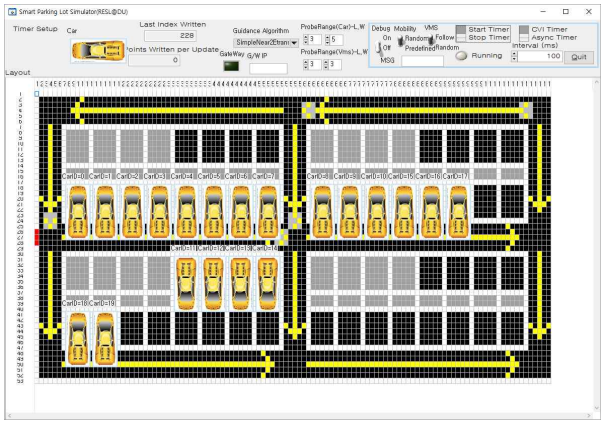


Fig. 8 Simulation with a Preference (Proximity to the Entrance) based Optimization Algorithm

기본 데이터로 활용할 수 있다. 아울러 제안된 최적 경로 안내 알고리듬 및 시뮬레이터는 초기 버전으로서 향후 다음과 같은 측면에서 개선될 여지가 있다.

- 알고리듬: 비용 함수 계산을 위해서 추가로 활용할 수 있는 제약사항 및 가중치
- 시뮬레이터: 기본적으로 확장성을 고려하여 설계하였으나 실제 다층 주차장 지원을 위한 확장, 각 주차면/주차구역의 상태 등 추가적인 정보 표시

References

[1] Bagula, A., Castelli, L. and Zennaro, M., "On the Design of Smart Parking Networks in the Smart Cities: An Optimal Sensor Placement Model," Sensors, No. 15, pp. 15443-15467, 2015.

[2] Lin, T., Rivano, H. and Mouel, F., "A Survey of Smart Parking Solutions," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 18, No. 12, pp. 3229-3253, 2017.

[3] Shin, D., Yang, J., Son, J., Han, S. and Lee, H., "Smart Parking Guidance System based on IoT Car-stoppers," Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 17, No. 3, pp. 137-143, 2017.

[4] Lee, C., Han, Y., Jeon, S., Seo, D. and Jung, I., "Smart Parking System Using Ultrasonic Sensor and Bluetooth Communication in Internet of Things," KIISE Transactions on Computing Practices, Vol. 22, No. 6, pp. 268-277, 2016.

[5] Yoo, S., Chong, P. K., et al., "PGS: Parking Guidance System based on Wireless Sensor Network," the 3rd International Symposium on Wireless Pervasive Computing (ISWPC 2008), Santorini, Greece, 7-9 May, 2008.

[6] Park, S. and Lyou, J., "Design of IoT based Parking Management System," Information and Control Symposium, pp. 156-159, Erode, India, 18-19 July, 2017.

[7] Park, J. and Lim, H., "A Design of Low Power Parking Guidance System," Journal of the Korea Entertainment Industry Association, Vol. 5, No. 1, pp. 142-148, 2011.

[8] Yoo, S., "A Software Framework for Verifying Sensor Network Operations and Sensing Algorithms," Journal of Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 17, No. 1, pp. 63-71, 2012.

[9] Shin, J. and Jun, H., "A Study on Smart Parking Guidance Algorithm," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 44, pp. 299-317, 2014

[10] Li, B., Pei, Y., Wu, H. and Huang, D., "MADM-based Smart Parking Guidance Algorithm," PLOS ONE, 2017, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188283

[11] Rajabioun, T. and Ioannou, P. A., "On-Street and Off-Street Parking Availability Prediction Using Multivariate Spatiotemporal Models," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 16, No. 5, pp. 2913-2924, 2015.

[12] "LabWindows/CVI", http://www.ni.com/lwcvi/ (accessed on 19th Apr., 2019)

유 성 은 (Yoo, Seong-eun)
- 정회원
- 한양대학교 전자전기공학부 공학사
- 한국정보통신대학교 공학부 공학석사
- 한국과학기술원 정보통신공학과 공학박사
- 대구대학교 정보통신공학부 부교수
- 관심분야: 실시간 임베디드시스템, 무선센서네트워크