Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 13, No. 4 pp. 1857-1862, 2012

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.4.1857

소규모 도시를 위한 전전기 자동차 세어링 서비스 시스템 모델링 및 분석 연구

진영근[1*], 조현섭[2]
[1]충남도립 청양대학 컴퓨터정보과, [2]청운대학교 전자공학부

Modelling and Analysis for Sharing of Full Electric Vehicles in Small-sized Cities

Young-Goun Jin[1*] and Hyun-Seob Cho[2]
[1]**Department of Computer & Information, Cheongyang Provincial College**
[2]**Department of Electronic Engineering, Chungwoon University**

요 약 소규모 도시에서는 지하철과 같은 대규모의 구축비용과 운용비용이 필요한 저공해 대중교통 시스템을 구축하기가 어렵다. 본 연구에서는 환경개선 및 자원의 효율적인 사용이 가능한 전기자동차 세어링 서비스 프레임 워크를 기반으로 하는 소규모도시를 위한 대중교통 시스템을 제시한다. 제시한 시스템의 대중교통 수단으로의 유효성을 시뮬레이션 하였으며, 세어링 시스템을 도입하는 경우 출퇴근 시간대의 혼잡도가 줄어드는 것을 알 수 있었다.

Abstract It is very difficult to construct and manager public transit, like subway, in small city. In this paper, we suggest full electric vehicle sharing service framework as a public transit system in small city. The suggested system will reduce environment pollution and increase resource usage efficiency. The simulation result shows that the suggested electric vehicle sharing system can reduce traffic congestion and lower city road stress.

Key Words : Car sharing, Multi Agent Simulation, Electric Vehicle, Public transit

1. 서론

육상 운송 수단의 혁명을 가져왔던 자동차들은 구동력을 기존의 화석 연료를 넘어 전기를 사용하는 시스템으로 진보하고 있다. 전 세계적으로 아직 전기 자동차의 보급률이 기존의 연료 자동차에 비하여 보잘 것이 없지만 점차 늘어가는 추세이다. 전기자동차는 매우 친환경적으로 기존의 연료 자동차에 비하여 많은 장점들을 가지고 있지만 대중화를 위해서는 극복해야할 몇 가지 단점들을 가지고 있다.

현재까지의 기술적 단점으로는 전기자동차의 중요 핵심 부분인 배터리의 용량 및 수명과 충전시간 길다는 것으로 이러한 것들은 시간이 지나면 충분히 극복될 수 있는 기술적 부분들이다. 사회 인프라적인 단점으로는 현재까지 충전 스테이션이 부족하고 기존의 연료자동차와 현재 경쟁하기 위한 가격이 비싸다는 것이다. 또 전기자동차의 배터리는 사용하지 않으면 자연적으로 조금씩 방전이 되므로 장시간 사용하지 않는 경우 연료와는 달리 방전으로 인한 주행거리가 짧아지게 된다. 현재 전기 자동차의 주행거리는 연료 자동차에 비하여 1/2 이하 정도로 짧은 편이며 자주 충전을 해야 하고, 날씨 특히 외부 온도에 의하여 충전 용량이 변하는 등 사용자들로서 신경을 써야 하는 부분들이 있다. 사용자 측면에서는 상대적으로 비싼 전기자동차를 구입하여 단거리 출퇴근용으로만 사용하기는 구입비용에 비하여 쓰임새가 높지 않아 망설이게 될 것이다.

이러한 사회 인프라적인 단점을 극복할 수 있는 방안으로 중소형 도시에서 대중교통 수단의 하나로 전기자동

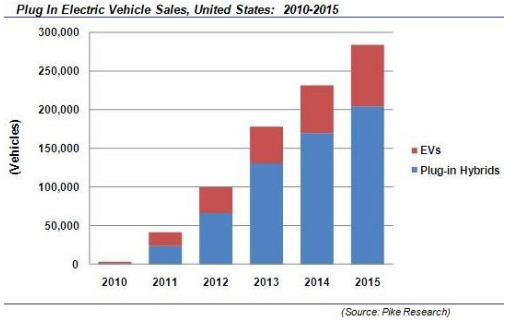
*Corresponding Author : Young-Goun Jin
Tel: +82-10-8820-8807 email: ygjin@cyc.ac.kr
접수일 12년 03월 23일 수정일 12년 04월 10일 게재확정일 12년 04월 12일

차 세어링 시스템에 대한 연구가 필요하다.

카세어링의 기본적인 개념은 자동차라는 자원의 효율성을 높이기 위하여 여러 명의 사용자가 자동차를 공유하여 사용하는 것이다. 서비스 측면에서 보면 단순히 자동차를 공유하여 사용하는 것 뿐 만아니라 대중교통을 위한 정류장이 먼 곳에 있는 사용자가 대중교통 정류장으로 왕복하기위한 교통수단으로 사용, 렌트카등의 확장적인 개념을 포함한다.

카세어링 사용자는 자동차를 소유하고 유지 관리하는 부담없이 개별적으로 차량을 사용할 수 있는 장점을 가지게 된다. 본인이 차량을 이용하고자 하는 경우 휴대폰, 스마트 폰, 인터넷 검색등을 통하여 자기 위치에 가장 가까운 유휴차량을 선택하여 예약을 하고 인증된 개인카드나 스마트키를 사용하여 차량에 접근, 사용하고 목적지에 도달한 다음 주차를 하게 되면 차량의 사용이 종료되어 그 근처의 다른 카세어링 사용자들이 사용이 가능하게 된다.

카세어링을 하므로써 가지는 장점들로는 개인소유 및 관리 비용이 절감되며 에너지 절약 및 자동차공해 저감 및 도심지 주차난 해결등이 있다. E Martin과 Susan의 조사연구에 따르면 카세어링효과로 인하여 온실가스 배출이 줄어들고[1], 카세어링 사용자들의 대체교통 수단의 이용이 증가한다고 보고하였다.[2]



[그림 1] 미국의 연간 전기자동차 및 하이브리드차 판매 예측

[Fig. 1] Annual revenue forecast of Electric cars and Hybrids in the USA

미국에서 2011년 현재 약 56만 명의 사용자가 약 만대의 자동차를 세어링하고 있으며 전 세계적으로는 125만 명의 사용자가 약 3만대의 자동차를 세어링하고 있는 것으로 조사되었다.

전기차의 판매대수는 점진적으로 늘고 있지만 아직까지는 연료 자동차나 전기 연료 겸용(하이브리드) 자동차의 판매 대수에는 비교하기 어렵다. 그림 1은 미국의 전기자동차 및 하이브리드 자동차의 2010년부터 2015년 까지 판매대수 예측치를 보여준다.[3] 그렇지만 꾸준히 증가 될 것으로 예측되며 화석연료의 고갈우려와 친환경을 위하여 궁극적으로는 연료 자동차를 대신하게 될 것이다.

카세어링이 원활하기 위해서는 사용자가 거주하는 일정 영역내에 적절한 카세어링을 위한 정류장이 있어야 하며 효율적인 정류장 선택이 필요하며 Luminita는 지역내 전기자동차 세어링을 위한 정류장 위치를 선정하는 연구를 수행하였다.[4] 국내에서도 카세어링 서비스가 서울등 일부 권역에서 시행되고 있지만 대중교통이 잘 발달되어 있고 특히 택시등이 언제나 서비스가능하기 때문에 제한된 용도로만 사용되고 있는 수준으로 렌트카와 업무 서비스 영역이 많이 겹쳐있어 적극적인 활성화는 쉽지 않다.

본 연구에서는 가격이 비싸고 충전 인프라가 부족한 전기자동차를 개인이 소유하여 운영하는 것에 대한 부담을 완화하고, 세어링방식으로 전기자동차의 사용을 늘려 친환경적인 운영이 가능하도록 하는 서비스 시스템을 설계하여, 지하철등 설치비용과 운용비용이 과다한 대규모 대중교통시설이 적합하지 않는 중소규모의 도시에 적용할 수 있도록 하고자 한다.

2. 카세어링 시스템 프레임구성 설계

육상 운송 수단의 혁명을 가져왔던 자동차들은 구동력을 기존의 화석 연료를 넘어 전기를 사용하는 시스템으로 진보하고 있다. 전 세계적으로 아직 전기 자동차의 보급률이 기존의 연료 자동차에 비하여 보잘 것이 없지만 점차 늘어가는 추세이다. 전기자동차는 매우 친환경적으로 기존의 연료 자동차에 비하여 많은 장점들을 가지고 있지만 대중화를 위해서는 극복해야할 몇 가지 단점들을 가지고 있다. 스마트폰등 첨단 IT 기술들을 사용하는 카세어링 시스템은 기존의 렌트카나 레거시 카세어링에 비하여 사용자의 편의성을 증대시킬 수가 있다. 카세어링이 가지는 장점으로는 현재 미국에서 카세어링을 대규모로 운영하는 zipcar라는 회사의 경험으로 도시 거주민이 소유하는 차량대수를 세어링카 1대당 개인소유 차량 약 10대 정도를 줄일 수 있으며, 90% 이상의 사용자가 개인당 주행거리를 단축할 수 있어 환경적으로도, 자원의 절약에 있어서 중요한 역할을 하는 것으로 연구되었다.[5]

세어링을 위한 자동차로 전기자동차를 사용하면 추가적인 환경보호 및 온실가스 배출을 줄일 수 있으며 가격이 비싼 전기 자동차 소비를 위한 비즈니스 모델이 될 수 있으며 국내에서도 이에 대한 기초적인 시장조사가 활발

히 진행되고 있다.

2.1 소규모 도시를 위한 전기자동차 세어링 서비스 시스템 개념 설계

소규모 도시에서 대중교통 수단으로 기존의 대량 수송 매체인 지하철등을 사용한 교통수단은 경제성이 결여되어 있다. 중소형 도시 거주민의 교통 서비스 편의성과 그 도시를 방문하는 사람들의 도시 접근을 용이하게 할 수 있는 교통수단으로 전기자동차 세어링 시스템을 고려할 필요성이 있다. 이 같은 경우 거주민들의 도시 교통 서비스 분담을 위하여 기존의 카세어링 모델 프레임을 더 정교하게 설계해야한다. 기존의 카세어링보다 다양한 세어링 자동차를 위한 정류장들이 필요하며 모바일 IT등을 이용한 접근성이 확대되어야 한다.

카세어링을 이용하고자 하는 클라이언트 즉 사용자는 자신의 가용한 IT 기기 (스마트폰, 핸드폰, 컴퓨터등)을 사용하여 쉽게 본인이 사용하고자 하는 시간대의 도보 접근 반경내 유휴 차량을 검색 예약할 수 있어야 한다. 카세어링 관리 주체는 현재 운행되고 있는 차량에 대한 정보 및 주차되어있는 차량의 상태등을 총괄적으로 관리하여 사용자의 요구 사항들을 능동적으로 만족할 수 있는 서버관리체계를 구축해야한다.

아래의 서비스모델링 프레임은 스마트폰을 사용하는 경우를 가정한다.

가. 사용자 요청에 의한 시퀀스(User-initiated sequence)

1) 세어링카를 사용하고자 하는 경우 스마트폰에서 세어링 앱을 클릭 (이미 사전 동의[아래의 3)번 항목 참조]를 한 경우 자동적으로 본인 주변의 가용 자동차들이 GUI 맵 상에 아이콘으로 표시됨)
2) GUI 맵 상에 세어링을 위한 자동차가 없을 경우, 검색 반경(예: 500m 이내, 1km 이내, 2km 이내)을 넓혀서 검색
3) 앱에서 “차량 예약을”을 클릭하면 화면에 “이 버튼을 클릭하면 본인의 위치 정보와 전화번호를 세어링 예약을 위하여 사용하는 것에 동의합니다.”라는 문구가 표시됨.
4) 본인 주변의 가용한 자동차들이 GUI 맵 상에서 아이콘으로 표시됨.
   - 능동 요청
   : 사용자가 직접 가용한 차량중 하나를 클릭하여 예약 요청
   서버에서 선택된 차량으로 사용자 정보(키락정보) 전송
   요청이 수락된 경우 사용자에게 예약이 완료 표시됨.
   - 수동 요청
   : 세어링 서버에서 예약 장소와 시간을 정보로 받아 최적의 차량을 예약해줌
   선택한 차량에 사용자 정보 전송 및 사용자에게 예약완료 표시됨.
5) 선택된 차량의 번호와 이용 가능 시간을 자동으로 사용자에게 정보전달

나. 서버 관리에 의한 시퀀스(Server-managed sequence)

1) 서버 화면에 관리 지역내의 세어링 자동차들의 상태 정보 및 세어링 요구 사용자 정보화면 표시
2) 사용자 세어링 요청 관리.
   - 사용자가 요청한 시퀀스 완료 감시, 미완료 예약의 경우 예약 시간까지 자동 예약 요구 수락이 가능하면 그 프로세스를 예약완료시 까지 유지
   - 예약 예정 시간까지 가능한 차량이 없다고 판단하는 경우
   인접 정류장에서 유휴 차량이 있는 경우 이동 조치 수행 지시
   인접시간대 및 인접위치에서 인접 목적지까지 카풀 가능성 탐색
3) 유휴 차량이 없는 경우에는 검색 반경(예: 500m 이내, 1km 이내, 2km 이내)을 넓혀서 검색
4) 예약 수락이 가능한 경우, 사용자 스마트폰으로 차량 정보(번호와 도착 예정 시간등)를 자동 문자 전송

다. 스마트폰/카드등을 이용한 모바일 결제

1) NFC(Near Field Communication)를 이용한 결제
   스마트폰에 NFC 모듈이 내장되어 있어야 하고, 차량에는 결제 가능한 단말 설치 필요
2) 신용카드를 이용한 결제
3) 휴대폰 과금 서비스(billing service)를 통한 결제
   통신망 사업자와의 제휴 필요
   사용자가 목적지 도착 시, 자신의 단말기에서 세어링 앱을 실행 후 “요금지불“ 버튼을 클릭하고 차량 번호(앱을 사용하여 탑승한 경우에는 자동으로 입력됨)와 요금을 입력한 후 ”지불확인” 버튼을 클릭하면 통신망 사업자의 모바일 결제
   서버에서 지불 승인 후 사용자와 관리시스템 양쪽

모두에게 문자로 지불내용을 전송

2.2 소규모 도시를 위한 전기자동차 세어링 시스템 구성설계

전기 자동차 세어링 서비스를 위한 시스템은 서버, 전기자동차 단말기, 사용자 스마트폰등으로 구성된다.

가. 서버

1) 사용자 요청사항을 전달 처리
   - 사용자 요청사항 : 원하는 시간대의 주변 가용 세어링카의 위치
   - 예약 처리 : 사용자가 선택한 또는 서버가 제시하는 전기자동차가 사용자의 목적지까지 수송 완료 가능 판단(주행가능거리 및 충전상태)
2) 전기 자동차에 대한 기본 자료 DB(데이터베이스) 보관
   - 기본 자료 내용
   : 전기자동차의 차종, 차량번호, 현재 상태 정보, 단말기 ID 등
   - 기본 자료는 처음 한번 등록 시 입력 후 변경사항이 있을 때마다 추가 및 변경 가능
3) 사용자와 차량의 실시간 위치 자료 DB를 수집/검색/전송
   - 사용자와 차량의 단말기로부터 주기적으로 실시간 위치 자료 수집
   - 사용자가 요청한 검색 반경(예를 들어, 500m 이내, 1km 이내, 2km 이내등)에 따라 검색 결과를 전송
   - 예외적 상황 처리
     사용자가 택시 또는 다른 교통수단에 탑승하거나 예약을 취소하는 경우 등
4) 자료의 삭제 및 보관
   - 실시간 위치 자료는 경우 유효시간 경과 후 자동 삭제됨.
   - 모바일 과금 자료 : 요금, 택시 정보, (카드 등 지불에 필요한) 승객정보
   - 안심귀가 DB 등록자의 경우 일정기간 차량 정보, 탑승 일자/시각, 승하차 위치, 경로 정보 등을 보관함.

나. 전기자동차 단말기

1) 하드웨어
   - 공중 무선망(3G, 4G) 또는 전용 무선 데이터망에 연결된 단말기
   - GPS 수신 및 맵 기능 내장
   - 블랙박스 기능 내장
2) 소프트웨어
   전기자동차 단말기용 프로그램
3) 기능
   - 서버로 다음의 정보를 전송
   : 단말기번호(전화번호), 현 위치, 유휴 여부, 요청 서비스, 검색 반경, 차량의 현재 상태, 주행가능 거리, 충전상태등
   - 서버로부터 주변 정보 수신 및 화면 표시
   - 특정 사용자로부터 본 차량이 선택받은 경우 표시
   - 모바일 결제 지원

다. 사용자 스마트폰

1) 하드웨어
   - 공중 무선망(3G, 4G)나 WiFi, 인터넷 접속가능한 스마트폰
   - GPS 수신 및 맵 기능 내장
2) 소프트웨어
   클라이언트용 카세어링 앱
3) 기능
   - 서버로 다음의 정보를 전송 : 현 위치, 본인 스마트폰 번호, 요청 서비스정보, 검색 반경
   - 서버로부터 주변 유휴 전기자동차 리스트 수신 및 화면 표시
   - 사용자가 GUI 맵 화면에서 유휴 전기자동차를 선택 예약하면 서버를 통하여 해당 전기자동차를 예약
   - 서버가 선정한 차량 예약인 경우 이를 표시
   - 모바일 결제 지원
   - 안심 귀가 요청 사용자의 경우 원하는 번호로 차량번호, 시간 등의 정보를 지정된 제삼자에 자동 문자전송

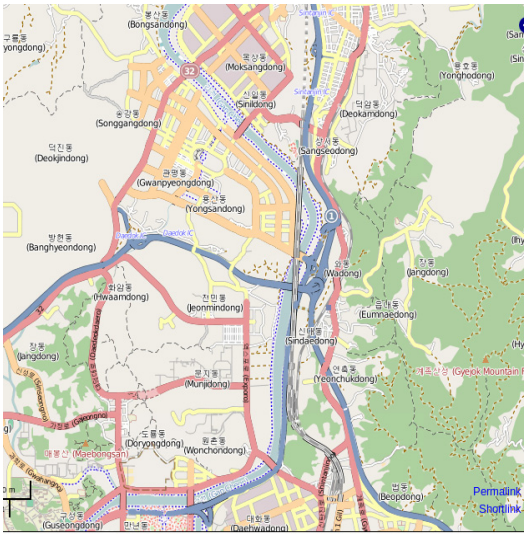
2.3 소규모 도시를 위한 전기자동차 세어링 시스템 모델링 프레임워크 시뮬레이션

새로운 교통수단의 실제 도입은 비용이 많이 드는 부분이므로 제시하는 시스템의 성공의 가능성을 충분히 시뮬레이션 하여 판단을 해야 한다. 시뮬레이션을 위해서는 우선 시스템을 모델링해야하며, 제시하는 교통수단 사용자들의 가능한 정확한 요구를 반영하는 것이 필요하다. 예를 들어 제시하는 카세어링 서비스 시스템을 이용할 사람들의 일정 즉 출발지, 목적지, 사용시간 및 사용 행동양식등에 대한 보다 정밀한 부분들이 반영되어야 보다

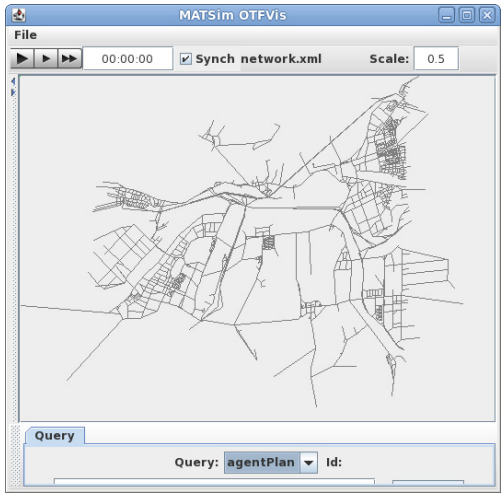
정확한 시뮬레이션 결과를 도출할 수 있다. 이러한 시뮬레이션에 적합한 방법은 에이전트 기반 마이크로 시뮬레이션 기법이다. 이 기법은 공간적으로 높은 해상도의 시스템 모델링을 가능하게 할 뿐만 아니라, 시간적으로 또는 개개적인 행동 양식도 분석가능하게 한다. 본 연구에서는 오픈 소스툴인 MATSim(Multi-Agent Transport Simulation)을 사용하였다.[6] MATSim은 에이전트 기반 및 엑티비티 기반 교통모델들의 마이크로 시뮬레이션 툴로서 각각의 에이전트나 엑티비티에 대한 출력 결과를 높은 시간 및 공간 해상도를 가지고 보여준다. 교통 시뮬레이션에서 에이전트는 교통수단을 이용하는 개인을 나타내며, 개인은 자기 집(지도상의 좌표)에서 직장(직장좌표)까지 아침 8시에 출근하고 (교통수단 : 도보, 자전거, 자동차, 대중교통, 카세어링등) 저녁 6시에 퇴근하는 엑티비티(행동양식)를 가진다. 개별 에이전트는 집과 직장 위치, 그리고 출, 퇴근 시간이 각자 다르게 행동한다. Ciari는 MATSim을 이용하여 스위스 취리히 지역의 카세어링 타당성 평가를 연구하였다.[7]

MATSim에서 제공하는 교통모드는 car, public transport, bike, walk 이며 직접적인 카세어링 옵션을 지원하지 않는다. Ciari는 카세어링을 위하여 서브투어 방식 및 트래블 스코어링함수[8] 옵션을 사용하여 카세어링 옵션을 추가하였다. 본 연구에서도 이 방식을 채용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

제시한 시스템 구성설계를 바탕으로 대전 유성구 일대 지역을 대상으로 적용하여보았다. 해당지역 일대 지도는 오픈스트리트 맵[9]에서 추출하였다.

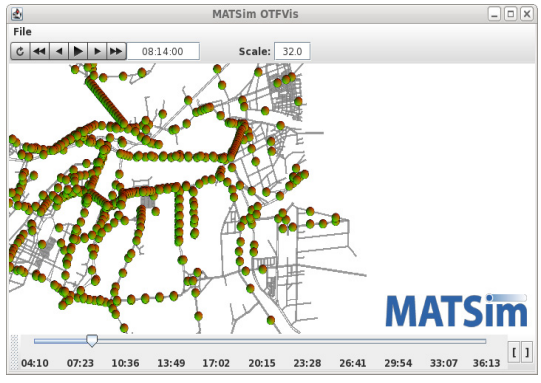


[그림 2] 오픈스트리트에서 맵 영역(유성구일대)
[Fig. 2] Sample of OpenStreet map (near to YuSeung-Gu)

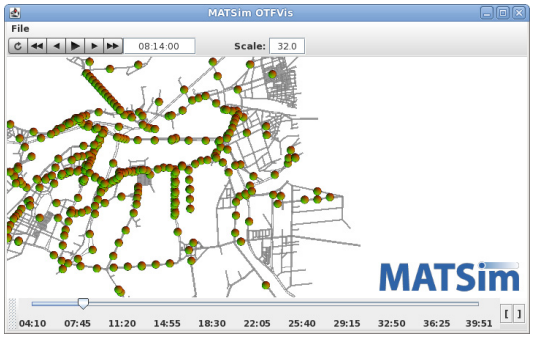


[그림 3] 추출된 도로 정보
[Fig. 3] Extracted road links and nodes data

그림 2는 대전시 유성구 일대의 지도이며 그림 3은 이 지도에서 추출된 XML 형식의 도로망 정보이다. 시뮬레이션을 위해서는 도로망 정보뿐 아니라 에이전트 플랜과 인구분포도등에 대한 추가 정보가 필요하다. 이 지역의 유동인구 및 거주인구는 약 십만 명 정도이며 아파트와 상가 건물등에는 인구 밀집도가 높다. 시뮬레이션에 사용된 에이전트 행동양식은 실제 조사의 어려움으로 임의 발생 자료를 사용하였으며 이에 따른 약간의 편차를 보여주었다. 이 시뮬레이션에서는 시스템에서 제시하는 시간 지연 예약 및 이용가능차량대수 시나리오는 생략되었다. 그림 4와 5에서 보여주는 것과 같이 평균적으로 카세어링을 도입하는 경우 일정부분 대중교통을 분담할 수 있는 것으로 보여준다.



[그림 4] 혼잡시간대의 교통시뮬레이션
[Fig. 4] Traffic Simulation at Rush-Hour time zone



[그림 5] 동시간대 카세이링 및 걷기와 자전거사용 교통 시뮬레이션
[Fig. 5] Traffic Simulation with car-sharing, walking and biking(The same time zone)

그림 4는 자동차만 사용한 경우의 시뮬레이션으로 출근 시간 피크때인 8시 경의 도로 혼잡도를 보여준다. 도로를 따라 혼잡도가 높을수록 밀도가 높다. 그림 5는 동시간대의 카세어링 및 자전거와 걷기 및 카풀을 허용하는 시뮬레이션으로 이 경우 교통의 혼잡도가 완화됨을 볼 수 있다. 반복 시뮬레이션을 통하여 5%대의 교통인구가 세어링을 그리고 10%의 교통인구가 걷기 및 자전거를 사용하는 것으로 시뮬레이션 되었다.

3. 결론

카세어링은 환경보호 및 자원 사용의 효율성을 높이기 위한 대중교통 수단의 한 방법이 될 수 있으며 이러한 장점을 이용하여, 지하철 구축 유지가 어려운 중소형 도시의 대중교통 수단으로 제시하며 시뮬레이션을 통하여 가능성이 있음을 보였다. 앞으로의 연구는 시뮬레이션의 추가적인 정확도를 높이기 위하여 다양한 에이전트 행동양식 및 인구 분포도의 정확도 개선이 필요하며 카세어링의 구체적인 적용을 위한 세부 플랫폼에 대한 추가 연구가 필요하다.

References

[1] Elliot W. Martin, Susan A. Shaheen. Greenhouse Gas Emission Impacts of Carsharing in North America, IEEE Transactions on Intelligent Transportation System. VOL., 12, NO.4, p 1074 - 1086, December. 2011.
[2] Elliot W. Martin, Susan A. Shaheen. The Impact of Carsharing on Public Transit and Non-Motorized Travel: An Exploration of North America Carsharing Survey Data. Energies 2011,4, 2094-2114; doi:10,3390/en4112094
[3] Richard Matthews http://www.greenconduct.com EV Sales Predictions In The US, December 29, 2011.
[4] Luminita Ion, T.Cucu. Site selection for electric cars of a car-sharing service. World Electric Vehicle Journal Vol.3 2009.
[5] http://www.zipcar.com/is-it/greenbenefits
[6] http://www.matsim.org
[7] Ciari,F., M Balmer, K.W. Axhausen, A new mode choice model for a multi-agent transport simulation. 8th Swiss Trnaspoort Research conference, Ascona, October 2008.
[8] Charyoar, D. und K. Nagel. Generating complete all-day activity plans with generic Algirithms. Transportation, 32 (4) 369-397, 2005.
[9] http://www.openstreetmaps.org

진 영 근(Young-Goun Jin) [종신회원]

- 1998년 8월 : 충남대학교 컴퓨터공학과(박사))
- 1986년 5월 ~ 1989년 5월 : 국방과학연구원 연구원
- 1989년 10월 ~ 1999년 2월 : 한국항공 우주연구원 연구원
- 1999년 3월 ~ 현재 : 충남도립 청양대학 컴퓨터정보과 교수

<관심분야>
시스템 분석 설계, 인공지능, 융복합 소프트웨어

조 현 섭(Hyun-Seob Cho) [종신회원]

- 1992년 2월 : 원광대학교 공과대학 전기공학과(석사)
- 1996년 2월 : 원광대학교 공과대학 전기공학과(박사)
- 1996년 1월 ~ 1997년 6월 : Department of Electrical and Computer Engineering, University of California Irvine(UCI) 연구원
- 1998년 1월 ~ 현재 : 한국전력 기술협회 고급감리원(전력감리) 1998년 10월 ~ 현재 : 중소기업청 기술경쟁력평가위원
- 1997년 3월 ~ 현재 : 청운대학교 전자공학과 교수

<관심분야>
전기공학, 공장자동화, 응용전자