
Global Report

UO-POAVAP 문제 해결 : 도심 자가운전 자동차의 영향 탐구 모델

1. 서론
2. 선행 연구
3. UO-POAVAP
4. Delft시의 사례연구
5. 결론 및 제언

1. 서론

자동화된 이동성 시스템을 갖춘 AV(Automated Vehicle) 차량이 미래 자동차산업의 거대한 잠재력으로 빠르게 확산되고 있다. 전 세계 많은 연구단체들은 차량 자동화 개발경쟁은 현실적으로 디자인(자동차 설계)에서 첫 번째 프로토타입을 가시화하고 있는 것으로 보인다. 이중 가장 눈에 띄는 모델 중 하나는 Google의 자동차(Urmson, 2015)를 주목할 필요가 있다. 이는 순수한 기술개발 차원을 넘어 기술혁신을 추구하고 있다는 점에서 충분한 가치를 발휘하고 있다고 평가받고 있다. 즉, 혁신적인 기술을 어떻게 구현할 것인지에 대해 전 세계 관련 업계는 주목하고 있는 것이다. 이는 특정 시점에서 목적을 이룰 수도 있겠지만 우리의 일상생활에 대한 결과를 예측하기 어려운 일이다. 자동차 기술은 처음 개발되었을 때가 중요한 시점인데, 왜냐하면 전기자동차에서 연소모터로 전환되었을 때 산업 비평가들 중 누구도 환경에 대해서는 생각지 않았기 때문이다. 자동차 기술은 에너지 연소 및 모터의 개발에서부터 최신의 전기자동차에 이르기까지 산업적 비전이 거의 모든 환경에 대해 걸쳐있기 때문에 매우 중요한 의미를 갖는다.(Cavadas 등, 2015)

이 연구에서는 자율주행 자동차가 기존의 도심의 차량 트래픽 지연 및 주차 수요에 대한 문제점을 해결하는 데 어떠한 영향을 미치는지에 대해 새로운 방법을 제시한다. 이 연구결과는 국책사업으로 추진되고 있는 국내 자율주행 자동차 산업 관련 정책에 벤치마킹 자료로 활용할 수 있을 것이다.

2. 선행 연구

2.1. 트래픽 할당

트래픽 할당에 대한 주요 선행연구로는 다음과 같은 연구가 있다.

- 1985년 Sheffi는 도심의 도로 네트워크에서 각 링크 흐름을 결정하는 수요에 대한 솔루션과, 이에 대한 성능을 결정하는 각 링크의 흐름은 차량에 의해 구동되는 여러 경로흐름의 합계로 나타낼 수 있다고 보고한바 있다.
- 2011년 Ortúzar와 Willumsen은 다른 간단한 방법으로 네트워크 내 링크의 성능과 기능을 결정할 수 있는 BPR(Bureau of Public Roads) 기법을 발표한바 있다. 이는 가장 고전적인 방법으로서 링크를 통해 전달하는 흐름으로 자동차 주행시간(수요자의 여행시간)이 얼마만큼 증가하는 지를 측정할 수 있다.

보다 현실적인 트래픽 모델을 고려하여 링크의 성능뿐만 아니라 양방향 거리 등 교통상황이 매우 복잡한 교차로에서의 교통체증 등 다양한 경우 링크에서 일어나는 기능을 인지하여 좌회전 경로제어 등과 같은 성능을 측정할 수도 있다.

2.2. 주행경로 할당

자동차 주행경로 할당에 대한 주요 선행연구로는 다음과 같은 연구가 있다.

- Salvini와 Miller(2005), Roorda 등(2008), Bowman과 Ben-Akiva(2001) 등은 이전에 언급한 방법의 주요 한계 중 하나인 차량의 중심에서 추측을 다른 중심으로 이동시켜 매트릭스를 변환 하는 결정방식에 근거하여 주행시간을 측정할 수 있는 방법을 보고한바 있다.

하지만 트래픽 상황이 매우 복잡한 도심에서 수많은 차량들을 어디에 어떠한 방법으로 최적의 주차시스템을 결정할인지에 대한 해법은 없다. 아울러 보행자들이나 자동차(대중교통) 승객들의 주행 시 동적 경로(동선)에서 각 출발간격에 대해 최적화된 차량의 배치시스템을 결정할인지에 대한 확실한 해법도 없다. 이러한 고려사항은 실제 도로상황에서 발생할 수 있는 다양한 모델에 대해 차량의 위치, 도로이용 패턴 및 기존 교통 네트워크에 따른 주행모드 선택 등 매우 다양한 변수들에 대한 최적의 해법을 도출할 필요가 있음을 시사하고 있다. 그러나 이러한 모드는 대용량의 데이터 유효성 검사를 통해 차량의 배치를 결정해야 하는 어려움과, 다양한 자동차의 주행모드별로 독립적인 라우팅 기능을 제시해야하는 어려움이 존재한다.

3. UO-POAVAP(The User Optimum-POAVAP)

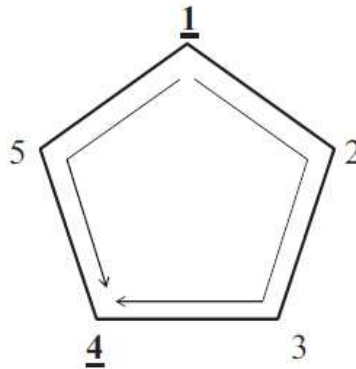
3.1. 최적의 POAVAP 시스템

실제 도로상황에서 발생할 수 있는 다양한 모델은 단순한 수학적 프로그래밍을 정의하는 POAVAP(Privately Owned Automated Vehicles Assignment Problem)를 이용하여 해결할 수 있다. 즉, 목적함수를 갖는 도시(도심)의 총 교통(수송) 비용을 최소화할 수 있는 방법을 제시하는 것이다. 이를 위해 POAVAP는 다음과 같은 가정 하에서 해법을 찾을 수 있다:

- 자동차 여행수요를 구성하는 주행비용 최소화를 구현할 수 있는 AVs(automated vehicles) 또는 PT(public transport) 기능을 선택할 수 있다.
- 발생한 전송비용에 대해서는 차량의 1Km당 주행 시마다 AVs에 의한 수행만족도를 평가하여 자동차 주행에 대한 PT 비용을 산출할 수 있다. 다만, 변화요인이 있는 AVs의 주차 비용 및 각 여행목적지의 도착시간 등에 대해서는 별도의 고려가 필요하다.
- AV 시스템을 통해 관리자의 감독 없이 네트워크에서 편리하게 드라이브 할 수 있는 조건을 만족해야 한다.
- AV 라우팅 할당 시 각 도시의 교통흐름에 대한 실시간적 상황을 반영할 수 있어야 한다.
- 각 AV 시스템마다 특정 차량의 승객용량을 초과할 수 있는 점을 반영할 수 있어야 한다.
- PT 여행 네트워크에서 트래픽 흐름을 반영할 수 있어야 한다.
- 도시(도심)의 주행과 외부 네트워크에서 트래픽 흐름을 반영할 수 있어야 한다.
- 시스템의 최적 총 수송비용 최소화를 구현할 수 있는 의사결정을 도출하여 도시의 트래픽 흐름에 반영되어야 한다.

3.2. 소형 네트워크를 통한 수치해석

이 연구에서는 전술한 사례연구(선행연구) 들을 네트워크 모델에 적용하기 위해 (그림 1)과 같은 5개의 노드로 구성된 소형 네트워크에 선행연구들을 적용하였다. 이를 통해 UO-POAVAP 생산 네트워크에 할당되는 차량들이 제대로(정상적으로) 작동하는지를 진단하였다.



[그림 1] 5개의 노드로 구성된 소형 네트워크

5개의 노드로 구성된 소형 네트워크에서 발생하는 여행수요를 다음과 같이 가정한다:

- 노드1에 40가족의 구성원에 해당하는 여행수요가 있다.
- 오전 7시52분 노드4에서 노드1로 향하는 수요와 오전 7시부터 10분 간격으로 첫 번째 여행수요가 발생한다.
- 노드4에서 오후 4시30분부터 오후 5시22분까지 30분 간격으로 같은 정도의 두 번째 여행수요가 있다.

각 노드에서 수용할 수 있는 최적의 여행수요는 결국 노드5에서 결정될 것이다. 40가족의 구성원에 해당하는 총 여행수요를 200으로 가정할 때 지연시간(대기시간)은 각 노드의 함수 링크 모두 동일하게 2.5분으로 나타났다. 아울러 80차량의 단위 주행시간 대비 대기행렬은 800m, 소요시간에 적용 가능한 주행시간은 단위시간 대비 최대 6시간으로 나타났다.



[그림 2] Delft시의 단순화된 도로 네트워크

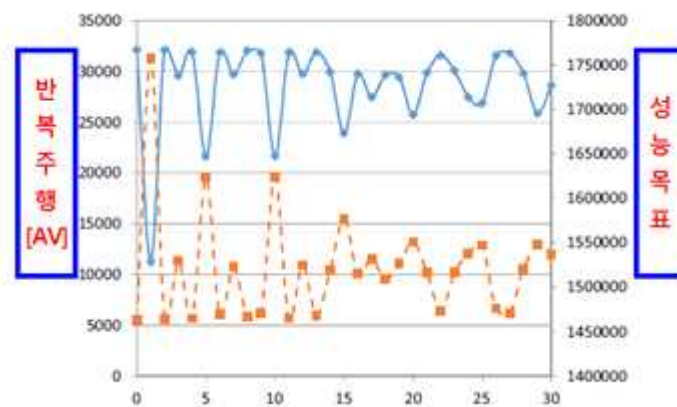
4. Delft시의 사례연구

4.1. 사례연구 설정

남쪽에 위치한 작은 도시인 Delft시에 UO-POAVAP 모델을 적용하여 선행 사례연구를 시험해보았다. 이 목적은 테스트 모델의 응용프로그램이 나타내는 효과에 대해 도시지역에 완전 자동화된 차량의 성능을 측정하기 위한 것이다. Delft시의 단순화된 도로 네트워크를 (그림 2)에 나타낸다.

4.2. UO-POAVAP의 성능평가

이 연구에서는 Delft시의 단순화된 도로 네트워크를 통해 실행 가능한 여러 시나리오에 대한 모델링 결과를 제시하기 전에 UO-POAVAP 시스템을 자동화 참조 시나리오에 적용했을 때와 비교하여 어떠한 계산 성능 차이가 있는지를 조사하였다. 이는 실제 Delft시의 도로교통에서 일어날 수 있는 상황을 가정하여 균형과 평형에 가까운 최적의 해법을 도출하기 위한 것이다. 최대오류 $\pi=0$ 으로 가정할 때 이 트래픽 모델의 최대 반복주기는 (그림 3)과 같이 UO-POAVAP 시스템의 두 가지 주요지표에서 30을 나타내고 있음을 알 수 있다.



[그림 3] Performance of the UO-POAVAP for the base scenario with automation

5. 결론 및 제언

최근 Google의 자동차 프로젝트를 통해 차량 자동화에 대한 관심이 집중되고 있다. 완전한 자동화(자율주행 자동차)는 아직 현실적으로 많은 과제를 안고 있으나, 향후 언젠가는 모든 차량이 자동화된 시스템으로 도시의 이동성 수요를 충족할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

이 연구에서는 차량자동화에 대한 최적의 안전한 라우팅(경로할당) 해법을 제시하기 위해 UO-POAVAP 해결방법을 설명하였다. 이 기법을 이용한다면 PT와 자동차 간 두 경쟁모드와 멀티모드 사용자 입장에서 평형적인 트래픽 할당 모델에 대한 최적 접근법을 도출할 수 있다. 자율주행 자동차가 상용화되면 교통사고를 현재의 10% 이하로 줄일 수 있다고 한다. 이에 따라 향후 언젠가는 자율주행 차량이 대중화되겠지만 문제는 완전 자동화된 차량에 탑승자가 탑승하는 경우와 무인의 경우 모두 안정성과 신뢰성을 입증할 수 있는 메커니즘이 절실하다 하겠다.