

---

# Global Report

---

## 여행선호도 기반 카풀 애플리케이션 평가 메커니즘

1. 개요
2. 관련 연구
3. RideMyRoute 애플리케이션
4. 애플리케이션 평가 메커니즘
5. 클러스터링 평가
6. 결론

## 1. 개요

근래 몇 년 동안 카 풀링 서비스(car-pooling services)는 지원하는 응용프로그램이 개발되면서 급속히 성장하고 있다. 카 풀링 서비스의 주요목적은 이용자들끼리 상호 소통할 수 있는 온라인 커뮤니티(online community)를 구축하는 것이다. 카 풀링 회원들은 서로 운전자 역할 또는 동승자 역할을 할 수 있다. 승객이 한 장소에서 다른 목적지로 이동하고자 할 때 온라인 커뮤니티 내 이용자들은 이동성과 관련된 개인정보뿐만 아니라 여행선호도가 포함된 커뮤니티의 프로필을 공유하게 된다. 카 풀링 서비스는 프로필을 기반으로 잠재적인 운전자와 승객의 매칭을 담당한다. 카 풀링 서비스 최종 사용자를 위한 이러한 매치메이킹 프로세스(matchmaking process)를 지원하기 위해 다양한 스마트폰 애플리케이션들이 개발되었다. 카 풀링 서비스 모델은 특히 사용자가 낯선 사람과 차량을 공유해야한다는 점에서 파생된 서로 간 신뢰문제가 매우 중요하다. 아울러 보안요구사항 역시 운전자와 승객 모두에게 제공되는 전반적인 서비스에 대한 사용자 만족도와 밀접한 관련이 있다. 예를 들어, 운전자가 공격적으로(다소 위험하게) 운전함으로써 동승한 승객들에게 여행 중 무례한 행동을 보일 수도 있다. 부적절한 사용자 매치메이킹 평판 평가시스템이 최근에 도입되어 이러한 문제가 있는 사용자(운전자)를 조기에 식별할 수 있게 되었다. 이를 통해 이용자들 간에 신뢰를 구축할 수 있는 기반이 마련되었다. 제안된 평판 시스템은 대부분 매우 단순하며 평판점수를 계산하기 위해 합계 또는 평균값을 사용하지만, 더 정교한 평판시스템은 확률이론을 기반으로 한다. 이 연구에서는 카 풀링 서비스 이용자의 여행선호도를 고려하여 기존의 가중치 평균 기반 접근방식의 가중치를 보다 세밀하게 조정한 최적의 평가 메커니즘을 제시한다. 이를 위해 수정된 k-means 알고리즘을 통해 유사한 여행선호도를 가진 사용자 클러스터를 구축하였다. 이를 통해 카 풀링 서비스 이용자의 평판점수를 업데이트할 때, 동일한 클러스터에 속한 사용자나 거리가 가까운 클러스터 이용자들이 속한 등급을 높게 평가하도록 한다. 제안된 평판 평가 메커니즘은 이러한 예비 평가결과에 따라 악의적인 이용자(카 풀링 서비스 시스템에 허위정보를 업로드 하는 이용자 등)의 공격에 대한 대응능력을 보여주었다. 이러한 여행선호도 기반 카풀 애플리케이션 평가 메커니즘은 연구자들이 판단하기에 카 풀링 서비스 이용자의 여행환경 설정을 고려한 현존 최적의 방법이다.

## 2. 관련 연구

카 풀링 서비스 평가시스템은 2017년 eBay와 Amazon에서 전자상거래 애플리케이션을 위해 개발되었다. 특히 Amazon은 이용자가 구매한 제품에 대한 리뷰를 작성할 수 있도록 하였다. 검토가 완료되면 다른 사용자가 '도움이 됨' 또는 '도움이 되지 않음'으로 평가할 수 있다. 더 많은 '도움이 됨' 리뷰는 리뷰 목록에서 더 높게 나타나고 있다. 평가 메커니즘이 사용되는 또 다른 응용분야는 질문 및 답변(Q&A : Question & Answering) 온라인 커뮤니티를 들 수 있다. 이러한 Q&A 커뮤니티 평판 평가시스템은 2017년 소프트웨어 개발자를 위한 전용 커뮤니티인 StackOverflow로 개발되었다. 사용자는 다양한 기술적 주제에 대해 질문을 하거나 답변을 제공할 수 있다. 유사사례로는 2017년 오픈 소스 개발자 커뮤니티인 Advogato와 AMT(Amazon Mechanical Turk) 플랫폼을 사용하는 클라우드 소싱 평가 시스템인 Turkopticon이 있다. 이들은 완전히 상업적인 온라인 평판 평가 시스템 외에도 2003년 EigenTrust Kamvar 등과 2014년 Coetzee 등이 제시한 것과 같은 학술연구 프로젝트를 통해 다양한 플랫폼이 도입되었다. P2P(Peer-to-Peer) 파일 공유 네트워크인 EigenTrust는 업로드 내역을 기반으로 각 네트워크 피어(peer)에 트러스트 값을 계산하고 할당하는 방식을 제시하였다. 이는 2001년 Aberer와 Despotovic가 제시한 다른 에이전트와, 2004년 Xiong과 Liu가 제시한 P2P 네트워크를 위한 분산평판 평가 시스템인 PeerTrust를 이용한 상호작용을 기반으로 에이전트의 평판을 계산하기 위한 완전한 분산시스템을 개발하기도 했다. 이외에도 많은 관련 연구가 수행되었다. 이를 시간적으로 요약하면 다음과 같다.

- 2011년 Tian과 Yang은 비정형 P2P 네트워크에 광범위하게 적용될 수 있는 평판과 위험을 기반으로 동료의 신뢰성을 측정할 수 있는 시스템을 도입하였다.

- 2014년 Liao 등은 정확도와 견고성 측면에서 높은 성능을 가진 반복 순위 방법을 제안한바 있다. 이 방법은 신뢰도가 매우 높은 사용자의 영향력을 강화하기 위해 평판 재분배 프로세스를 도입하였다. 이를 통해 악의적인 동작에 대한 알고리즘의 복원력을 증가시키기 위해 두 가지 페널티요소를 정의하였다.
- 2015년 Li 등이 제시한 또 다른 유사한 작업을 통해서 사용자 평판이 편향되어 있음을 지적하였다. 이 관찰결과를 기반으로 사용자 평판을 추정하기 위한 6가지 주제편향 알고리즘을 제안하였다. 실험 후 이러한 알고리즘은 기존의 평판 평가 알고리즘에 비해 더 효과적이라는 것을 보여주었다.
- 2016년 Alswailim 등은 카 풀링 서비스 참여자의 감지 애플리케이션을 통해 참가자를 평가하는 평판시스템을 제시하였다. 이 목적은 부정확한 데이터 감지로 인해 참여감지 응용프로그램이 손상될 가능성을 줄이기 위한 것이다. 즉, 개별이용자 또는 이용자그룹을 평가하기 위한 평판시스템을 도입하는 것이었다.

### 3. RideMyRoute 애플리케이션

RideMyRoute는 유럽위원회의 Horizon 2020 프로그램(European Commissions Horizon2020 program)에 의해 투자된 연구프로젝트인 SocialCar의 일환으로 개발된 카 풀링 응용프로그램이다. RideMyRoute 애플리케이션은 SocialCar를 기반으로 기존의 모빌리티 시스템에 카 풀링을 통합한 프로젝트이다. 대중교통, 카 풀링 시스템 및 클라우드 소싱 알고리즘과 빅 데이터를 통합하여 대도시와 주변 지역에서 시민의 운송(여행) 서비스의 설계/개발/테스트/솔루션 출시까지 목표로 하고 있다. 여행선호도 기반 카풀 애플리케이션 평가 메커니즘을 통해 공공-민간 운송시스템 공급을 위한 데이터처리 흐름과 설계 알고리즘으로 정의할 수 있다[2]. SocialCar는 대중교통+카 풀링+소셜의 합성어로 교통문제 해결을 위해 집단교통이용 증가에 따른 새로운 이동성 서비스모델 발굴을 위한 사업계획으로 소프트웨어 개발 호스팅 기업인 Github에서 개발하였다[3].

SocialCar의 주요목적은 자동차 풀링, 카 셰어링 및 기타 주문형 모빌리티 서비스를 포함한 개인 모빌리티 서비스와 공공기관을 통합하는 것이다. RideMyRoute는 사용자가 운전자 또는 동승자를 선택할 수 있도록 평판 평가 메커니즘을 통합하였다. 매치메이킹 프로세스(matchmaking process)는 SocialCar 메커니즘에 의해 계산된 사용자의 평판 정도를 고려하여 평판이 높은 사용자를 선택할 가능성이 높게 나타났다. RideMyRoute 응용프로그램을 통해 평판 평가 메커니즘이 각 사용자의 평판을 추정하는 데 필요한 모든 데이터를 획득할 수 있었다. 이를 사용자의 여행선호도 기반 평판 평가 메커니즘의 첫 번째 입력으로 제공하였다. RideMyRoute 응용프로그램에 정의된 이용자의 여행패턴 설정 값을 <표 1>에 나타낸다. 이는 다양한 여행선호도, 선호하는 여행모드(버스, 승용차 등), 운전자의 성별, 운송 최소비용 등을 보여주고 있다. 이러한 이동성 기본 설정은 대부분 사전에 정의된 집합에서 값을 취하였으며, 3가지(최대 운송거리, 최대 비용 및 최대 보행거리)는 사용자가 임의로 설정한 실제 값을 취하였다. 사용자가 RideMyRoute 응용프로그램에 등록할 때 여행자로 자신의 프로필을 설명하기 위해 이러한 변수에 대한 값을 제공한다.

<표 1> RideMyRoute 응용프로그램에 정의된 이용자의 여행패턴 설정

| 파라미터       | 설정 값                      |
|------------|---------------------------|
| 최대 여행거리    | 사용자 임의 설정                 |
| 최대 여행비용(€) | 사용자 임의 설정                 |
| 최대 도보이동 거리 | 사용자 임의 설정                 |
| GPS 트래킹    | ○, ×                      |
| 운송(여행) 모드  | 버스, 카-풀링, 도보, 지하철, 철도, 트램 |

| 최적 운송(여행) 솔루션-고려사항 | 비용, 안락함, 속도, 안전성, 이동거리                 |
|--------------------|----------------------------------------|
| 카 풀링 성별            | 남자, 여자                                 |
| 카 풀링 연령대           | [18; 30], [30; 40], [40; 50], [50; 60] |
| 장애인 관련             | 시각장애인, 청각장애인, 노인, 휠체어 이용자              |
| 흡연 관련사항            | ○, ×                                   |
| 선호하는 음식            | ○, ×                                   |
| 선호하는 음악            | ○, ×                                   |
| 애완동물 동반 여부         | ○, ×                                   |
| 수하물 소지 여부          | ○, ×                                   |

\* 자료 : Athanasios Salamanis, Dionysios D. Kehagias, Dimitrios Tsoukalas, Dimitrios Tzovaras, "Reputation assessment mechanism for car-pooling applications based on clustering user travel preferences", International Journal of Transportation Science and Technology 8 (2019) 68-81, p.70.

2018년 Nazli Yonca Aydin 등은 "지리적 위험요인에 따른 운송네트워크의 복원력 및 복구를 개선하기 위한 프레임워크"를 발표하바 있다. (International Journal of Disaster Risk Reduction 31(2018) 832-843, p.833) 이러한 모든 14개의 변수는 사용자를 클러스터링 하는 데 사용됨. 클러스터링 프로세스는 제안된 평판 평가 메커니즘의 핵심 구성요소이기 때문에 이러한 변수에 대한 모든 값이 설정되지 않으면 RideMyRoute 응용프로그램에서 새로운 사용자의 등록프로세스를 진행할 수 없다. 평판 평가 메커니즘의 두 번째 입력값은 다른 사용자의 평점이다. 각 라이드가 끝날 때 카 풀링 서비스에 참여한 승객들은 편안함 수준, 운전자의 행동, 만족도 수준 및 여행규정 준수 등 등급기능에 따라 운전자를 평가할 수 있다.

#### 4. 애플리케이션 평가 메커니즘

전술한 편향이 사용자 평가프로세스에서 미치는 영향을 제거하기 위해 여행선호도에 따라 사용자그룹을 생성하였다. 이러한 기본설정은 주행경험의 여러 측면을 설명할 수 있으며, 각 카 풀링 애플리케이션에 대해 다르게 정의될 수도 있다. 이 연구에서의 평판 평가 메커니즘은 <표 1>에 나타낸 14개의 이동성 기본설정을 사용자의 클러스터링을 수행하기 위한 특성으로 사용하였다. 이론적 관점에서 사용자의 이동성 기본설정은 혼합형식 데이터의 다차원 벡터로 나타낼 수 있다. 예를 들어, 최대비용은 양자 택일의 자동차 풀러의 성별 또는 명목 선택사항인 선호하는 음식 등과는 달리 연속변수로 나타난다. 따라서 이 연구에서는 다차원/혼합형 벡터를 이용하여 클러스터링 문제를 해결하였다. 이 클러스터링 프로세스에서 가장 중요한 부분은 혼합형 벡터 사이의 거리를 측정하는 방법을 정의하는 것이다. 이때 2개의 혼합형 벡터(i, j)는 1971년 Gower가 제시한 Squared Euclidean Distance를 이용하여 식(1)과 같은 정의할 수 있다:

$$d_{ij}^2 = \frac{\sum_{k=1}^N w_{ijk}(x_{ik} - x_{jk})^2}{\sum_{k=1}^N w_{ijk}} \dots\dots\dots (1)$$

여기서, N은 벡터에서 서로 다른 변수,  $w_{ijk}$ 는 변수(k)에 해당하는 가중치를 의미한다. 가중치( $w_{ijk}$ )는 변수(k)에 대해 비교가 유효한지 여부에 따라 0 또는 1이 될 수 있다.

## 5. 클러스터링 평가

RideMyRoute 애플리케이션의 172개 익명화된 실제 사용자의 여행선호도 데이터가 평가프로세스에 포함되었다. 알고리즘은 Elbow method로 식별된 3개의 최적 클러스터 수에 따라 실행된다. 각각의 반복 실행을 통해 wcss(within-clusters-sum-of-squares)가 계산되고, 해당 값이 반복 ID에 대해 도식화된다. 대부분(Convergence results for the modified k-means algorithm : 수정된 k-means 알고리즘에 대한 수렴결과) wcss는 반복번호로 감소하면서 마지막 반복에서 로컬 최소 값에 도달하게 된다. 이러한 결과에 따라 알고리즘이 모든 경우에 최소 wcss로 수렴한다는 것을 확인하였다. 인덱스 값은 3개의 최적 군집 수에 대해 계산되었다. 3개의 최적 클러스터에 대한 Davies-Bouldin 인덱스 값을 <표 2>에 나타낸다. Davies-Bouldin 인덱스의 가장 낮은 값은 3개의 클러스터에 대해 발생하며, 클러스터 수가 증가함에 따라 함께 증가하게 된다.

<표 2> 3개의 최적 클러스터에 대한 Davies-Bouldin 인덱스 값

| 클러스터 | Davies-Bouldin 인덱스 |
|------|--------------------|
| 3    | 0:836              |
| 7    | 1:982              |
| 10   | 2:089              |

\* 자료 : Athanasios Salamanis, Dionysios D. Kehagias, Dimitrios Tsoukalas, Dimitrios Tzovaras, "Reputation assessment mechanism for car-pooling applications based on clustering user travel preferences", International Journal of Transportation Science and Technology 8 (2019) 68-81, p.76.

## 6. 결론

이 연구에서는 카풀 응용프로그램에 대한 평판 평가 메커니즘에 대해 설명하였다. 시뮬레이션을 수행한 후 각 사용자의 평판이 각 시스템에 제출된 다른 사용자의 등급과 여행환경 설정 모두에 따라 다르게 나타나는 것을 확인하였다. 또한, 평가를 제공한 사용자와 유사한 여행선호도를 가진 사용자의 등급이 평판 평가 프로세스에 더 큰 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 특히 음식이나 음악 등 선호도에 따른 사용자 진술(제공 데이터)의 유효성을 검증하기 위해 수정된 k-평균 알고리즘(k-means algorithm)을 적용하여 여행선호도에 따라 다양한 사용자 클러스터를 구축하였다. 사용자 정의 거리 및 평균 메트릭은 다중 다양성을 갖는 혼합형 벡터에서 작동하는 클러스터링 메커니즘의 일부로 정의하였다. 클러스터가 구축될 때까지 사용자의 평판을 평가 사용자가 제출한 평균 평점의 가중 평균으로 계산하는 데 사용하였다. 이 가중 평균 체계에서 가중치는 평가된 사용자가 속한 클러스터의 중심에서 등급을 제출한 사용자의 이동거리에 의해 계산되었다. 끝으로, 가중평균은 긍정적이거나 부정적인 피드백으로 변환하여 BRS(Beta Reputation System)에서 새로운 평판 수치를 추정하는 데 사용하였다. 체계적인 평가 후, 제안된 메커니즘은 모든 사용자가 악의적인 사용자라고 가정하여도 강력한 대응능력을 갖춘 솔루션을 제공한다는 결론을 얻었다. 이 때, 사용자의 평판수치는 0.8 이상의 높은 평판수치이며, 최대 허용편차는 40% 미만으로 고려하였다. 향후에는 실제 사용자의 등급과 다양한 유형의 악의적인 공격이 포함된 제안된 메커니즘에 대한 보다 광범위한 평가가 필요방법에 대한 연구가 필요하다.

지속 가능하고 환경 친화적인 이동성을 보장하는 방안으로 카풀이 확산되고 있다. 카풀의 경우, 차량을 공유하고, 낯선 사람과 함께 이동하기 때문에 이용자 간 신뢰성이 매우 중요하다. 이 연구에서는 이용자 피드백과 여행선호도 등을 고려한 카풀 응용프로그램의 평가 메커니즘을 제시하고 있다. 이 연구결과는 국내 대도시의 도심, 고속도로 및 자동차 전용 도로에서 카풀 활성화를 위한 정책에 벤치마킹 자료로 활용할 수 있을 것이다.

## [참고문헌]

[1] Athanasios Salamanis, Dionysios D. Kehagias, Dimitrios Tsoukalas, Dimitrios Tzovaras, "Reputation assessment mechanism for car-pooling applications based on clustering user travel preferences", International Journal of Transportation Science and Technology 8 (2019) 68-81.

[2]

<https://translate.google.co.kr/translate?hl=ko&sl=en&u=https://apps.apple.com/mr/app/ridemyroute/id1210706592&prev=search>

[3] <https://translate.google.co.kr/translate?hl=ko&sl=en&u=http://socialcar-project.eu/&prev=search>

**<원문제목>** Reputation assessment mechanism for car-pooling applications based on clustering user travel preferences

**<원문출처>** International Journal of Transportation Science and Technology 8 (2019) 68-81