

협조운용을 적용한 자율주행 차선변경에 관한 연구

A Study on Autonomous Vehicle Lane Change Method Using Cooperative Maneuver

장경진, 유송민
경희대학교 기계공학과

Kyung-Jin Chang(kyungjin@khu.ac.kr), Song-Min Yoo(smyoo@khu.ac.kr)

요약

자율주행자동차의 상용화를 앞두고, 현재의 교통체계에 적용을 검토해야 한다. 한정된 교통 환경에서 자율주행자동차가 적용되었을 때, 차선변경 규칙을 효과적으로 설정하는 것만으로도 이득을 가져올 수 있다. 본 연구는 소규모 군집주행을 포켓주행으로 정의하고, 차량 간에 효과적인 이동을 제안한다. 복잡한 도로상황을 가정하고 제안한 협조운행방식을 적용 하였다. 정체된 도로환경에서 차량 간의 불규칙한 차간간격은, 통제와 협조에 의해 차선변경 하고자 하는 차량의 수락간격 확보를 가능하게 한다. 차량의 이동 방법에 대해 다양한 연구를 진행 중이며, 한 가지 예시를 기술하였다. 기존 차선변경방법보다 제안한 차선변경 방법은 최대 86.6%의 교통 지연시간 감소를 나타내었다. 효과적인 차선변경 방법으로 교통량 개선을 보였으며, 나아가 차세대 도로설계에 영향력 있는 인자로서 기대할 수 있다.

■ 중심어 : | 자율주행자동차 | 군집주행 | 포켓주행 |

Abstract

Ahead of the commercialization of autonomous vehicles, it's application should be considered into the current transportation infrastructure. Under limited traffic circumstances, effective set of lane change rules alone could bring benefits to the autonomous driving system. In this study, a cooperative movement (local platooning) plan with limited vehicles associated as pocket driving, aiming at effective movement between vehicles in urban environment was proposed. Under congested roadway condition, the gaussian gap between vehicles was introduced to secure gap acceptance for safe lane change maneuver. Proposed lane change method showed 86.6% delay reduction along with traffic volume improvement. This result could be considered as a crucial factor in designing a next-generation roadway infrastructure with autonomous driving.

■ keyword : | Autonomous | Platooning | Pocket |

I. 서 론

자율주행자동차 기술은 최초 도입이후 지속적인 기술개발 및 제도개선 등을 통하여 상용화를 목표로 추진

하고 있으나, 실용화 및 상용화를 위해서는 극복하여야 할 난관이 산적해 있다. 자율주행자동차 기술을 적용시키기 위하여 각계에서는 이의 효용성을 극대화시키기 위하여 안전개선, 교통량증대, 부가서비스 제공, 추가적

접수일자 : 2020년 09월 07일
수정일자 : 2020년 10월 16일

심사완료일 : 2020년 11월 05일
교신저자 : 유송민, e-mail : smyoo@khu.ac.kr

인 부가가치의 창출 등의 효과달성을 도모하고 있다.

기존 연구에서는 도심지역에서 자율주행차량이 교차로에 진입하고 주 교통로에 진입, 이후 좌회전까지 수행하기 위한, 가정, 인자값 등에 대하여 연구하였다[1]. 본 연구는 자율주행자동차가 기존 인프라에 진입할 때 유의미한 효율을 낼 수 있는 '차선변경 규칙'에 대해 논하고자 한다. 이 연구는 다수의 차량이 자율주행차량으로써 군집주행이 가능하고, 차량 간 통신이 명확하지만, 전 국토의 모든 차량이 시스템에 통제되지 않는 시점을 가정한다. 즉, 군집 차량의 규칙이 한정된 인프라에서 높은 효율을 내는 방법에 대해 논하고자 한다.

연구 아이디어의 시작은 현재의 도로환경에서, 차량 간 커뮤니케이션이 확보되어있는 가정상태에서 효과적인 교통량 형성에 있다. 교통량은 유체에 묘사하여 표현되어지곤 한다[2]. 차량의 속도는 유체속도에 해당하고 차량의 밀도는 유체 밀도에 해당한다. 교통유체역학에서는 차량밀도가 변화하므로 압축성 유동으로 생각하여야한다. 압축성 효과는 정체현상의 파급효과에서 관찰할 수 있다. 정체구역에서는 순차적으로 제동하고 가속하는 것을 볼 수 있다. 이것은 유체역학에서의 압력파가 전달되는 속도에 해당한다. 또한 차량의 흐름은 층류유동, 난류유동과 같은 모습을 보인다. 질서 정연한 차량의 흐름은 층류유동처럼 보인다. 하지만 차량들이 잦은 차선변경을 하게 되면 층류유동은 난류영역에 들어선 것처럼 보인다. 여기서 층류와 난류를 결정하는 것은 레이놀즈 수가 아닌 차량변경시도에 대한 인자로 표현할 수 있다. 차선변경은 난류유동의 섭동량에 해당하며 이것은 난류저항을 유발함으로써, 전자선에 속도 감소를 초래한다.

이처럼 차선변경시도는 한정된 도로에서 과중한 교통량이 더해져 교통 환경에 악영향을 끼치게 된다[3]. 기존주행 환경에서는 운전자가 전방의 공간만을 확인하여 차선경로를 변경하는 1차원적인 한계에서, 차량 간의 통신과 주행협조로 효과적인 차선변경 규칙을 통해 교통량 개선을 목표로 연구를 시작하였다.

본 연구 아이디어와 관련하여 연구동향을 조사 및 분석하였다. 이선구 외 1인의 연구에서는 국내 고속도로 유입부 차로변경이 발생하는 경우의 모형개발. 목적차로의 간격(gap), 목적차로 선행 중 차량여부, 목적차로

후행 중 차량여부로 모형식을 구성하였다. 간격은 차선 변경에 확률을 낮추는 요인, 나머지 변수들은 확률을 높이는 요인이라는 결론으로, 목적차로에 간격에 대해 중요한 인자라는 것을 설명하고 있다[4].

채홍석 외 3인의 연구는 차선변경 차량 간의 상대속도, 상대위치, 자차량의 속도를 바탕으로 거동계획 알고리즘을 연구한 내용으로, 구체적인 차선변경 계획을 통한 교통량 증대에 대한 이슈는 설명하지 않고 있다[5].

이건일 외 1인의 연구는 V2X 통신을 이용하는 협력 자율 주행 시스템의 아키텍처와 협력 자율 주행 자동차의 차선 변경 서비스를 제안하였다. V2X 통신으로 인지한 차량 주변의 주행 환경을 데이터로 저장하는 Local Dynamic Map을 구현하였으며 이를 활용하여 차선 변경 서비스의 영향권에 있는 차량들과의 V2X 통신을 통해 안전하고 효율적인 차선 변경을 가능하게 하는 차선 변경 서비스를 설계하고 구현하였다. 해당연구는 V2X통신기반으로 완벽한 차량제어를 전제로 하는 차선 변경 서비스를 이야기하고 있다[6].

Pedro Fernandes 외 1인의 연구는 자율주행차량의 가, 감속 성능과 안정적인 고속주행 기능은 주행 차량 간의 간격을 보다 좁힐 수 있어 군집운행으로 인한 기존 도로 용량을 5배까지 늘릴 수 있을 것으로 예상하였다. 해당 연구는 가, 감속 성능의 증대로 인한 용량 증대를 이야기할 뿐 차선 변경 계획에 대한 언급은 없었다[7].

끝으로 유성현 외 3인의 연구에서는 퍼지로직을 적용하여 차선변경 가능공간을 선정해주는 연구로, 다수의 차선변경 인자 값들을 지정하여 차선변경에 최적의 위치를 선정하는 연구이다. 해당연구는 차선변경 가능공간을 찾아가는 반면, 본 연구는 대상 차선의 차량들을 포켓으로 지정하여 협력 이동하는 차이가 있다[8].

II. 이론적 배경

1. 차선변경 고찰

차량의 차로변경은 수락간격(Gap Acceptance)의 영향을 크게 받는다. 변경하고자 하는 차로의 교통량(대/h)과 속도, 목표차량과의 상대속도에 의해 차로변

경을 하게 된다[9]. 해당 요소를 알기 쉽게 살펴보기 위해, 간단하게 가정을 하였다.

도로는 교통량 1300~2000대/h 의 범위, 2개의 차선으로 속도는 60km/h이며, 차선 변경하고자 하는 목표 차선의 앞뒤 차간간격이 2초 이상일 때 변경가능하다고 가정하자. 차량분포는 일정한(Uniform)분포와 다양한(Gaussian)분포로 구성한다. 실제 차선변경은 더 많은 상관관계가 얽혀있지만 거시적 교통 환경에서 차선변경 가능성을 알아보려고 한다.

해당요소들의 관계는 다음과 같다[10]. (eq.1)

$$g = h - \frac{l}{u} = \frac{3600}{q} - \frac{l}{u}, \quad q = \frac{3600}{h} \quad (1)$$

- g : 차간간격 (sec)
- h : 평균차두간격 (sec)
- l : 기준길이 (m)
- u : 평균속도 (m/s)
- q : 교통량 (대/h)

[그림 1]은 연구 내용에서 계속해서 다루어질 기호에 대한 설명을 나타낸 것으로, 차량의 배치관계들을 기호화하여 정리하였다. 2차선의 적색의 주 차량(Subject vehicle)이 1차선으로 차선을 변경하는 시나리오이며, 이때 각 차량들의 관계와 가정들을 기술할 것이다.

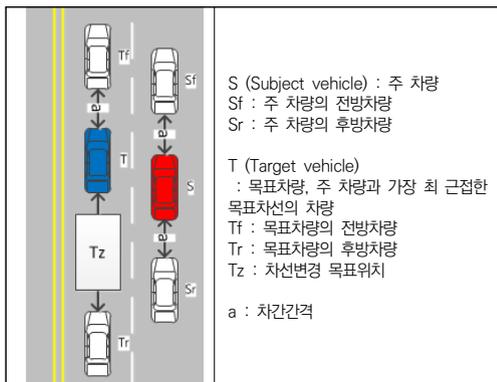


그림 1. 차선변경 기호 설명

앞서 조건에서 차선변경 가능여부를 확인하면, 일정한(Uniform) 분포에서는 차간간격이 진입가능 값(목표 차선의 차간간격 2초)에 의해 차선변경이 전 구간 가능

하거나 또는 차선변경이 불가능한 것으로 명확히 구분된다. 하지만 Gaussian 분포에서는 앞뒤 차간간격이 불규칙하므로 일정구간 진입이 가능하거나 불가능한 구간들이 발생하게 된다[그림 2][그림 3].

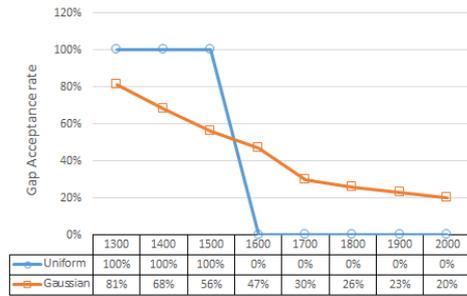


그림 2. 교통량 및 분포에 따른 차선변경 성공률

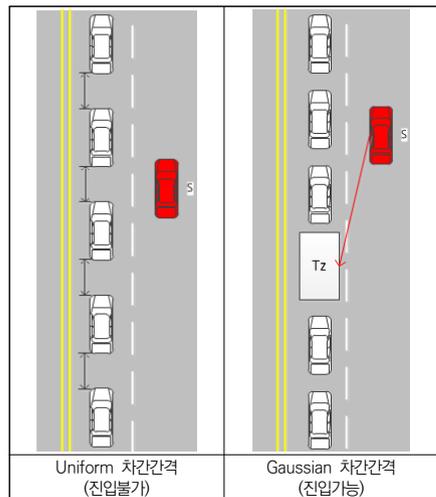


그림 3. 동일 교통량에서 차간간격 분포에 따른 진입여부의 차이

도로의 차간 분포 모델링은 먼저 교통량 별로 결정하였다. 교통량 1300대/h를 예로 들면, 먼저 일정한(uniform)간격의 평균차두간격(h)은 3600/교통량(q)이므로 2.76초가 되며, 차간간격(g)은 평균차두간격(h)-(차량기준길이(l)/속도(u))이므로 2.46초가 된다. 참고로 현 연구의 가정에서는 차간간격 2초가 되면 차선변경이 가능하므로 1300의 교통량에서는 차량은 바로 차선변경이 가능하다. 다음으로 gaussian 간격의 분포는 일정한 간격에서의 차간간격과 같은 2.46초가 되도록 100대의 난수를 발생하여 최종적으로 일정한

차간간격 100대의 도로점유 길이와, gaussian 간격 100대의 도로점유 길이가 같음을 확인하고 모델링에 적용하였다.

즉, 앞서 조건의 차선변경가능 여부가 혼재된 구간에서는 차선변경 가능 차간간격(수락간격, Gap acceptance) 보다 조금 넘거나 조금 모자란 차간간격들이 발생하고, 해당 교통량에서의 차선변경 성공률을 결정한다. 만일 앞뒤 차량, 나아가 일부 군집차량들이 조금씩 자신의 차간간격을 제공할 수 있다면, 차선변경 개선이 될 것이라 예상된다. [그림 4]는 수락간격 값 변화에 따른 차선변경 성공 확률을 나타내고 있다. 본 연구에서는 2초의 수락간격으로 가정하고 진행하지만, 환경과 목적에 따라 변경이 가능하다.

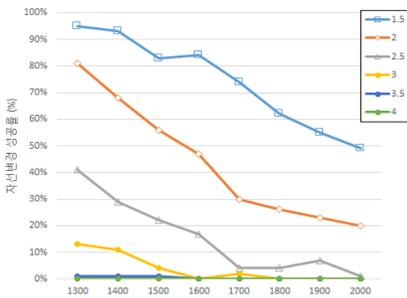


그림 4. 수락간격(gap acceptance) 값 변화에 따른 교통량별 차선변경 성공 확률

2. 차선변경 분석

자율주행 기술 중 협조환경에서 차선변경을 통한 기존 교통환경의 개선, 특히 교통량을 개선하는 것이 본 연구의 추진사항이다. 교통량이 적을 때는 아무런 문제가 없지만, 일정 수준이상의 교통량에서는 자율주행의 장점을 부각시킬 수 있다. 먼저 기존주행 환경에서 일반적인 차선변경을 생각해보면 다음과 같이 정리할 수 있다.

- ① 차선변경 신호
- ② 대기
- ③ 공간 확보(미확보시 대기)
- ④ 차선변경 완료

절차적 측면에서는 간단하지만, 절차의 안을 들여다 보면 사회적 이해와, 양보 등 다양한 약속과 눈치, 국민성, 운전 실력 등이 녹아있다. 그러나 일반주행에서 전

체 교통류를 고려하기는 쉽지 않고 내 앞에 남을 위한 양보는 쉽지 않다.

그러나 자율주행은 다수의 이익을 위한 양보를 제안할 수 있고, 결국 모두가 목표한 위치에 빠르게 다다를 수 있는 것은 분명하다. 어떠한 주행상황에서 교통량 개선이 가능한지 알아보기 위해, 먼저 차선변경의 방식 분류가 필요하다.

차선변경은 다양한 방식으로 이루어진다. 차선변경분류를 적은숫자의 포괄적인 집합체로 구성할수록 명확하고 통제에 안전성이 생기지만, 교통류 개선 증대에 소극적이 된다. 반대로 분류를 다양하게 할수록 구분의 경계가 모호해지고 통제에 어려움이 생기지만, 교통류 개선 증대에 적극적이 된다. [그림 5]는 교통량별 제어하는 차량 수, 즉 협조운행의 범위를 증가시켰을 때의 차선변경의 성공 여부를 나타낸다. 일정한(uniform)간격의 주행상태에서는 2초의 수락간격으로 가정하였을 때 1500이하의 교통량에서는 모든 차량이 차선변경이 가능하다. 오히려 동일 구간에서 소규모의 협조운행 시 일부 차선변경 성공률이 떨어지는 구간이 발생할 수 있다. gaussian 간격이기 때문에 일부 구간에서 2초 보다 작은 차선간격이 발생하기 때문이다. 하지만 제어하는 차량의 수를 늘림으로써 이러한 문제를 해결할 수 있다. 그러나 제어하는 차량의 수를 무한정 늘릴 수만은 없다. 협조운행이라는 고차원의 차량 제어에 시스템의 안정성을 고려하여 가능한 수준의 선별이 중요한 것이다. 해당 연구에서는 효율이 높은 3gap, 즉 4대의 차량제어까지만 고려하여 진행하였다. 효과적인 개선책을 찾기 위해 차선변경 방법을 다양하게 분류하고, 차선변경 방법 중 기존 대비 교통량 개선에 큰 차이가 없는 방법은 제외하는 작업이 필요하다.



그림 5. 제어하는 차량 수에 따른 차선변경 성공률

3. 포켓주행

본 연구에서 명명한 포켓주행은 일정차량수의 협조운용으로 정의할 수 있다. 군집주행이라는 용어가 통용되지만, 기존과 달리 개념적 차이가 있으므로 본 연구에서는 포켓주행(소규모 군집주행)이라 명시하겠다. 기본적으로 포켓주행은 차대 차의 신호(양보)를 매체로 한 규칙으로써, 일반적인 주행(이기적주행)에서는 어려운, 다수의 이익(교통류 측면에서)을 중심으로 하는 주행(이타적 주행)을 실현함에 목표로 한다. 그에 따라 한정된 기존의 인프라에서 더 큰 수용량을 기대할 수 있다. 포켓은 [그림 6]과 같이 차선변경하려는 차량(Subject vehicle)과 차선 변경하고자 하는 차선(Target lane)의 최인접차량(Target vehicle), 그리고 그 전 후방차량의 소규모 집단을 일컫는다.

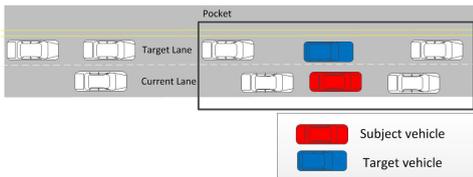


그림 6. 포켓주행

본 연구에서는 차선변경 규칙을 가지고 있는 단위 군집주행 차량 형태를 포켓주행이라고 정의하고, 다음 장에서 포켓주행의 방식과 장점을 기술하겠다.

III. 연구방법

1. 시나리오 모델

주행시나리오는 60 km/h의 평균속도를 갖는 2차선 도로에서 일정한 정체가 있을 때(교통량 1300~2000 대/h) 2차선의 주 차량이 1차선에 차선변경을 하는 내용이다. 이때 차간간격은 운전자의 성향에 따라 상이하며 불규칙한 분포(Gaussian)를 갖는다.

연구에서는 주 차량의 주변에 몇몇 차량을 한 포켓으로 지정하여 교통류에 방해되지 않는 차선변경 방법을 찾는 것이 목적이다. 포켓 내 차량들은 최소차간간격을 지키면서 수락간격을 형성한다.

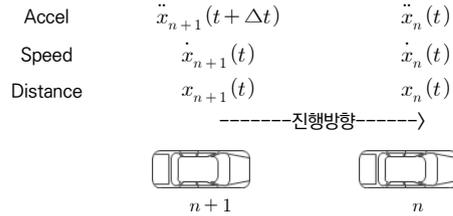


그림 7. Car-Following Model

모든 시나리오는 차량추종모델(car following model)을 따른다[그림 7]. 차량추종모델은 연이어 주행하는 차량들의 간격, 속도 등의 변화 및 서로간의 관계식을 해석하기 위해 개발된 기법으로 개념은 아래와 같다.

- (1) 민감도와 인지반응시간의 관계의 상태 규명
- (2) 민감도 : 운전자에 따라 차극에 반응하는 정도
- (3) 인지반응시간($t+T$)=민감도(α) \times 차극(t)

여기서 t : 차극이 발생한 시점(앞차의 감속 시점)

T : 인지반응시간

x : 차량의 위치

n : 차량의 순번

각 차량의 위치

$$\begin{aligned}
 &x_n(t) - x_{n+1}(t) \\
 &= T\dot{x}_{n+1}(t) + \frac{\dot{x}_{n+1}^2(t+T)}{2\ddot{x}_{n+1}(t+T)} + L - \frac{\dot{x}_n^2(t)}{2\ddot{x}_n(t)}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

임의의 시점 t 는 앞선 차량과 뒤따르는 차량이 연이어 주행하기만 하는 시점이므로 가속도는 뒤따르는 차량에서도 같다(eq.2).

본 연구에서는 차간간격을 불규칙하게 분포시키기 위해 민감도를 불규칙한 분포(Gaussian)로 형성시켜 다양한 차간간격의 모델을 형성하였다.

도로 모델링은 규칙적인 차선간격과 불규칙한 분포에서 기존의 모델링이 적용되는지에 대한 기존의 연구를 확보하였다. 교통류-밀도관계식이 포물선형이기 때문에 수학적 해석이 어렵다. Newell에 의해 개발된 교통류-밀도관계식을 삼각형으로 가정하고 분석하는 방법으로 간단히 사용할 수 있다[11]. 하지만 이 방법을

적용하기 위해서는 일정한 속도에 일정한 차간간격이라는 규명이 필요했다.

이영수의 연구에 의하면, 대기 행렬이론과 충격파 이론의 일치성 검증을 통하여 동일한 특성을 갖는 구간과 교통류에서는 지체시간과 통행시간, 총지체시간등의 인자들은 같게 나타냄을 증명하였다[12].

2. 포켓주행 설정

포켓주행의 차선변경 규칙은 다음과 같은 가정을 따른다.

차선을 변경하고자 하는 주 차량은 S(subject)차량, 최 인접한 옆 차선 목적 차량은 T(target)차량, 내차의 앞, 뒤 차량은 Sf, Sr, 목적 차량의 앞뒤는 Tf, Tr로 정의한다. 이상 6대 혹은 그 이상을 한 포켓으로 선정하고, 차선 변경하고자 하는 공간은 Tz(zone)로 정의하며, 해당 공간은 T와 Tf 또는 T와 Tr의 사이에 위치한다.

차선변경 상황은 다음과 같이 가정한다.

- 주 차량은 2차로에서 1차로로 변경하고자 함
- 차속 60km/h, 가속도 일정
- 차량은 앞 뒤 최소 1s 이상의 차간거리를 확보해야 함

- 자율주행 3, 4단계 크게는 5단계까지 자율주행차량이 혼재되어있는 환경이다. 주행환경은 국내의 일반적인 도심지 도로를 바탕으로 한다. 제한속도는 50, 60km/h를 사용하고, 2차로의 구간에서, 교통량 900 ~ 2000대/h의 값으로 진행한다.

다음의 도표들은 차선변경을 시도하는 포켓주행을 각각의 상황을 제시하고, 그때의 차선변경방법에 대한 제안을 나타낸 것이다. 변경방법들은 데이터베이스화하여 저장 관리하며, 추후 열람이 가능토록 할 예정이다.

포켓주행의 규칙은 다음과 같다.

가) 도로 내 차량이 (혹은 일부를 제외한, 가-1) 완전 자율주행이 가능한 상태이며, 상호간의 통신 및 소통을 통해 주행할 수 있다.

가-1) 부분자율주행이거나, 일반주행차량이라면 별도의 모듈(통신)을 통해 주행 경로를 전달받아서 운전자가 인지하고 수행해야 한다.

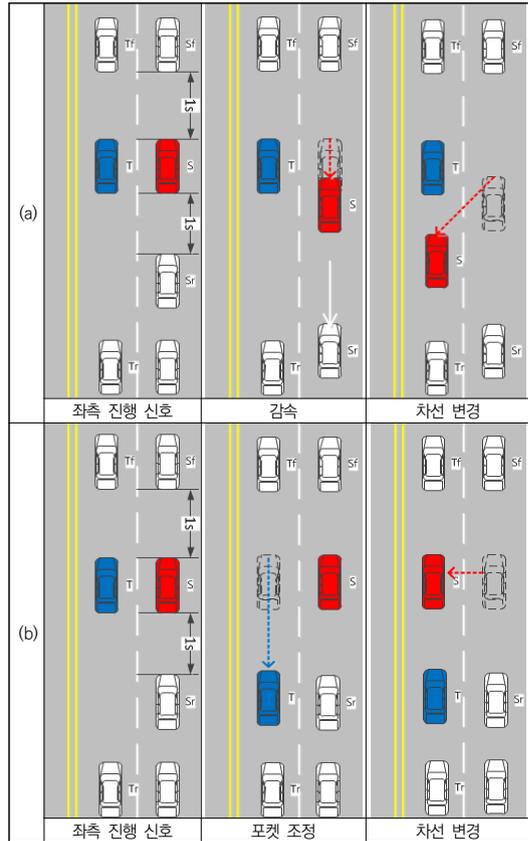


그림 8. 포켓주행 차선변경 예시

나) 모든 차량이 중앙제체로부터 하달식 명령에 의해 통제되는 것이 아니다. 인접한 각 개별의 차량과 하나의 포켓체계 규칙만이 주행을 결정한다. (현실적으로 전제어 차량은 불가능 함)

다) 모든 차량은 도로의 목표속도로 주행하며, 진입 차량에 양보를 하며, 위급 상황시 개별 제어로 전방거리를 통한 제동거리 안전을 확보한다.

표 1. 차선변경 절차

(1)	(subject) 좌측변경 플래그	
(2)	주변상황 인지 - 측면 전방차량(Tf) : 1s, - 측면 최 근접차량(T) : 0s - 측면 후방차량(Tr) : -2s	
(3)	차선변경 : 기존(a) - subject : 후방으로 감속, 후방차량 감속파 전달 - 감속 완료 후 target 차와 Tr 차량 사이에 진입	차선변경 : 포켓주행(b) - target : 후방으로 진행하여 수락간격 확보 - subject : 공간에 차선변경
결과	차선변경으로 인한 후방 지연 발생	지연 없음

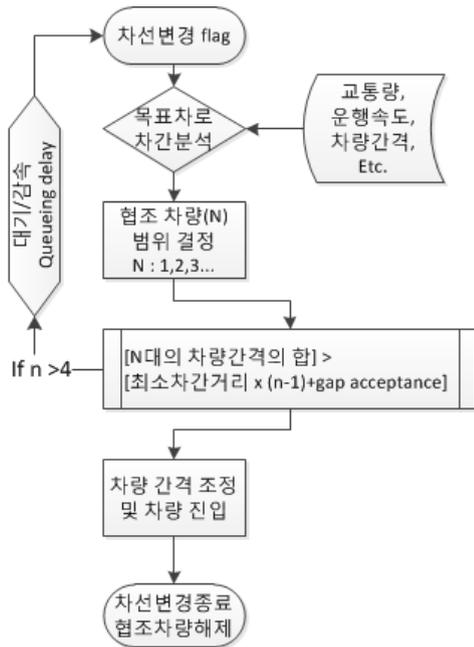


그림 9. 차선변경 알고리즘

라) 차량은 최대차간거리와 최소차간거리를 지킨다. 최대차간거리 이상에서는 도로의 제한속도를 우선시하며, 최소차간거리 이하에서는 감속을 시작한다.

현재 다양한 차선변경 방식에 데이터를 누적하고 있으며, 지속적인 수정과 축적을 반복하고 있다. 지면에 여유가 없어 대표적인 차선변경 예시로 들고자 한다(그림 8).

차선변경을 하고자 하는 차량이 신호를 발생하는 것으로 시작된다. 변경신호를 보내면 차선변경 가능한 지역을 판단하고 진입을 시작한다. 여기에서 기존의 차선변경과 포켓주행의 차이점을 표현할 수 있다.

일반 주행 상황이라면 감속하며 목적 차량(Target vehicle)의 후방자리에 진입 할 수 있을 것이다. 이때 감속으로 인한 차선정체가 발생한다. 반면, 포켓주행에서는 목적 차량이 후방공간에 차선변경 수락간격을 확

보하고 주 차량(Subject vehicle)이 차선변경을 완료할 수 있게 된다[표 1][그림 9].

이와 같은 효과는 교통량 1600부근의 서행 구간에서 유의미한 결과를 도출할 수 있다. 원활, 정체구간에서는 이타적 양보에 의한 차선변경이 발생치 않고 일반주행 환경과 동일한 형태의 차선변경만이 발생하기 때문이다.

IV. 결론

본 연구의 포켓주행 개념을 사용하여, 교통량별 시물레이션을 적용하였다. [표 2]는 교통량별 100대의 차량 중 10%에 해당하는 10대의 무작위 차량을 순차적으로 차선변경을 시도했다는 가정 하에 차선변경 시 발생하는 지연시간의 합계를 나타내고 있다. 불규칙한 차간간격에서 기존의 차선변경은 gap acceptance를 기다려야 하는 반면, 차선변경 시 포켓주행으로 범위를 지정하여, gap acceptance를 협조하게 되면 이러한 지연시간을 감소시킬 수 있다. 교통량 1400~2000 구간에서 차선변경 지연시간이 기존주행 대비 평균 63.5%(2포켓), 86.6%(3포켓) 감소했으며 1900구간에서 가장 큰 감소폭을 보였다.

자율주행자동차 관련 연구는 기술적 연구를 지나 제도적 안전 확보와 실제 적용단계에 매진하고 있다. 본 연구는 자율주행자동차가 실용화 되었을 때 현재 도로 환경에서 자율주행자동차의 포켓주행 즉, 차량제어 방법 대한 제안이다. 현재는 차선변경을 포켓주행으로 묶어 변경하는 규칙을 서술하였으며 다양한 사례와 적용 시 실질적인 이득효과를 판단하는 연구에 머물러 있다. 추후 각 차량들을 기호화하고 차량들 간의 관계를 인자화 하여 수식으로 나타내고자 한다. 이 과정을 거치면 현재 데이터 추적과정을 건너 전산화를 통해 도로위의 차량군집에서 포켓주행을 실현할 수 있을 것이라 예상

표 2. 교통량별 100대의 차량 중 10%(10대) 차선변경 시 발생하는 총 지연시간

교통량(대/h)	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
기존주행	0	2.53	7.70	16.45	45.24	37.83	70.73	49.50
2포켓 (3대의 차량)	0	1.47	0	0	6.05	12.29	30.91	33.08
3포켓 (4대의 차량)	0	0	0	0	0	4.67	8.80	17.16

한다.

본 연구는 정체 중 차선간격의 조정을 통해 효과적인 차선변경을 제안하였다. 몇 가지 가정을 바탕으로 시뮬레이션 하여 차선변경으로 오는 교통 정체를 줄이는 효과가 있음을 확인하였다. 해당 데이터를 기반으로, 교차로 혹은 도로 합류부에서 차선변경 시 필요한 시간 및 합류도로 길이를 산출 가능하며, 도로환경 상 제한이 많은 도심구간에서 진입지점과 변경완료 구간의 설계 반영에도 적용가능 할 것으로 예상된다.

참고 문헌

[1] 장경진, 유승민, “도심지역 자율주행 자동차기술 적용을 위한 차량운행에 관한연구,” 한국콘텐츠학회논문지, 제19권, 제12호, pp.452-459, 2019.

[2] 한화택, *공학으로 세상을 말한다*, 한승, 2007.

[3] 강경표, “고속도로상의 독립적인 반복 및 비반복정체의 영향비교,” 대한교통학회 학술대회지, pp.285-294, 2007.

[4] 이선구, 이용재, “고속도로 합류부의 차선변경 확률모형에 관한 연구,” 대한토목학회 학술대회, pp.236-241, 2003.

[5] 채홍석, 임형호, 홍윤석, 이경수, “실 도로 주행 상황을 반영한 최소 안전거리 기반 자율주행 차선 변경 알고리즘 개발,” 대한기계학회 춘추학술대회, pp.133-134, 2017.

[6] 이진일, 정재일, “협력 자율 주행 차량의 Local dynamic map 기반 차선 변경 서비스 설계에 관한 연구,” 한국통신학회 학술대회논문집, pp.1133-1134, 2020.

[7] P. Fernandez and U. Nunes, “Platooning with IVC-enabled autonomous vehicles: Strategies to mitigate communication delays, improve safety and traffic flow,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.13, No.1, pp.91-106, 2012.

[8] 유성현, 김진수, 박장현, 장경영, “퍼지로직을 적용한 가변적 주행환경에서의 최적 차로변경 가능공간 선정 알고리즘 개발,” 대한전자공학회 학술대회, pp.1804-1807, 2016.

[9] 국토교통부, *도로의 구조시설 기준에 관한 규칙 해설*,

2013.

[10] 원재무, *교통공학*, 박영사, 2003.

[11] G. F. Newell, “A simplified theory of kinematic waves in highway traffic, Part I: General theory,” Transpn. Res, Vol.27, pp.281-287, 1993.

[12] 이영수, 손봉수, 김형진, “대기행렬이론을 이용한 실제 대기행렬길이 산정방법,” 대한교통학회, 제44권, pp.1-6, 2003.

저자 소개

장 경 진(Kyung-Jin Chang)

정희원



- 2011년 2월 : 경희대학교 기계공학과(공학사)
- 2013년 2월 : 경희대학교 기계공학과(공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 기계공학과 박사과정

〈관심분야〉 : 첨단안전자동차, 자율주행자동차, 신경망

유 승 민(Song-Min Yoo)

정희원



- 1982년 2월 : 서울대학교 기계공학과(공학사)
- 1990년 2월 : UC Berkeley(공학박사)
- 1992년 ~ 현재 : 경희대학교 기계공학과 정교수

〈관심분야〉 : 정밀가공, 공정진단 및 신경망응용, 지능형 자동차