

## 대형차량과 보행자를 고려한 교차로 신호제어

최형도<sup>o</sup> 전수빈 조영태 정인범  
강원대학교 컴퓨터정보통신공학과

{hdchoi, sbjeon, ytjoe}@snslab.kangwon.ac.kr, ibjung@kangwon.ac.kr

### Advanced Actuated controls for Heavy goods vehicles and Pedestrian

Hyung-Do Choi<sup>o</sup>, Soo-bin Jeon, Young-Tae Joe, In-Bum Jung  
Dept. of Computer and Communications Engineering  
Kangwon National University

#### 요 약

기존 교차로 신호제어 알고리즘에는 대형차량 및 보행자를 모두 고려한 알고리즘 연구가 미흡했다. 불규칙함과 성능저하의 문제로 이 두 가지 사항을 고려하지 않고 알고리즘을 설계한 경우가 많았다. 본 논문에서는 이런 문제를 해결하고자 대형차량과 보행자를 고려하여 기존의 알고리즘들이 고려하지 못한 부분을 보완하고 보다 나은 효율성을 가지는 알고리즘을 구현하고자 한다.

#### 1. 서 론

IT(Information Technology) 기술은 현대의 여러 기술 중 가장 빠르게 발전하고 있는 기술이다. 공정의 미세화를 통해서 점차 하드웨어는 작아지고, 그 성능은 반대로 커지고 있다. 이러한 급격한 IT 기술의 발전은 교통, 의료, 생명 등 다른 여러 기술들에 접목되어 IT융합이라는 새로운 패러다임을 만들어가고 있다.

여러 융합 기술 중 IT 기술과 교통 분야가 융합되어 탄생한 기술이 지능형 교통시스템(ITS: Intelligent Transport Systems)이다. 지능형 교통시스템(ITS: Intelligent Transport Systems)은 도로, 차량, 신호 시스템 등 기존 교통체계의 구성요소에 전자제어통신 등의 지능형 첨단기술을 접목시켜 구성요소들이 상호 유기적으로 작동 되도록 하는 차세대 교통체계라고 할 수 있다. ITS는 차량과 교통 시설물 양쪽에 안전성 증가와 쾌적성 증가, 효율성 증가, 환경영향의 감소를 목적으로 현재 여러 국가에서 연구, 발전되고 있다[1,2].

교차로에서 사용되고 있는 신호등은 전통적으로 고정 신호를 제공하는 고정신호식 신호등이 사용되었다. 고정신호식 신호등은 교통상황을 반영하지 못하기 때문에 교통상황을 반영할 수 있는 감응식 교통신호 제어기가 많이 연구되어 왔다. 감응식 교통신호도 디텍터의 기술 부족으로 그 알고리즘에 제한이 많았다. 하지만 최근 IT 기술의 발전은 이러한 디텍터의 소형화를 가져왔고 그 정확성은 향상되었다. 결과적으로 도로에서 얻을 수 있는 교통정보의 양은 늘어나고 그 종류는 다양해지고 있다. 이러한 정보 중에 교차로 신호 제어 시 많은 영향을 미치는 것이 보행자 정보와 교차로에 진입한 차량의 상황 정보이다. 보행자가 없으면 횡단보도 신호를 신경 쓸 필요가 없기 때문에, 같은 시간 동안 같은 장소를 더 많은 차량들이 통과할 수 있다. 또 다른 요소는 대기차량의 종류 및 그 수와 같은 대기차량 정보이다. 대기 중인 차량의 종류 및 수 그리고 그 속도를 정확히 파악할

수 있다면 교차로 신호 컨트롤 시 보다 효율적인 컨트롤이 가능해진다. 대형차량의 경우 승용차에 비해서 가속도가 느리기 때문에 한 번 멈추게 되면 일반 차량이 멈추었을 때 보다 지연시간의 증가가 훨씬 크게 된다. 이런 특성 때문에, 대기 중인 차량 중에 대형차량이 존재한다는 정보는 얻을 수 있는 것은 곧 신호컨트롤의 효율성을 높일 수 있는 기회를 제공한다.

본 논문에서는 앞서 설명한 대형차량과 보행자를 고려한 교차로 신호제어 알고리즘인 AAHP(Advanced Actuated controls for Heavy goods vehicles and Pedestrian)를 제안한다.

본 논문은 2장에서는 지능형 교통시스템과 기존의 교차로 신호컨트롤에 대해 설명하고, 3장에서는 본 연구에서 제시하는 알고리즘에 대한 알아본다. 4장에서는 실험 환경 및 실험 결과를 보여주고, 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

#### 2. 관련 연구

##### 2.1 ITS

산업과 경제의 발달로 인해 대도시의 차량 수는 급격히 증가하였고, 차량의 급증은 기존의 교통 통제 시스템으로는 효율적으로 컨트롤 할 수 없는 상황에 이르게 되었다. 교통급증은 간단하게 도로의 확충 같은 물리적 방법을 통해 해결할 수 있을 것이다. 하지만 이러한 방식은 그 비용이 천문학적으로 소요되는 문제가 있다. 이를 위해 기존의 인프라를 그대로 사용하며 더욱 효율적인 교통 컨트롤을 위해 IT 기술을 접목하기 시작하였다. 이렇게 교통과 IT 기술이 융합된 것이 지능형 교통시스템이다. ITS는 기존의 교통 시스템에 IT 기술을 접목하여 안전성, 쾌적성, 효율성의 증가와 환경영향의 감소를 목적으로 한다.

## 2.2 교통 신호제어 알고리즘

신호제어 방법은 간단하게 고정식 신호제어 방법과 감응식 신호제어 방법 2가지로 분류될 수 있다. 고정식 신호제어 방법은 일정한 시간 동안 주기적으로 녹색 신호를 제공하는 방식으로 현재도 많이 사용되는 전통적 방식이다. 미리 정해진 시간동안 주기적으로 신호를 제공하기 때문에 실시간 교통상황을 반영하지 못하는 문제점이 있다.

감응식 신호제어는 교차로의 유입부에 설치한 감응기로, 교통량을 감지하고 그것에 따라 신호를 제어하는 방식으로 크게 2가지로 나뉜다. 첫 번째는 전감응식 제어로 교차로의 전체 유입부에 만든 감응기로 통과하는 교통량을 감지하여, 차량의 교통량을 자동적으로 제어하는 신호제어이다. 두 번째는 반감응식 제어로 지점감응제의 일종으로 교차로 접근로에서 교통수요에 감응하여 녹색시간의 연장 및 현시의 교체를 행하는 제어 방식이다[3]. 본 논문에서는 비교 대상으로 전감응식 제어가 실험에 사용되었다.

야 한다면 기본 녹색신호 시간이 제공되고 그 후에는 추가신호 제어로 넘어간다. 추가신호 제어에서는 추가 녹색신호여부를 검사한다. 추가 녹색신호는 기본 녹색신호가 주어진 후 제공되는 신호를 말한다. 추가 녹색신호가 필요 없다면 바로 다음 주기로 이동하고 추가 녹색신호가 필요하다면 추가 녹색신호 시간이 제공된다. 그 후에는 대형차량에 대한 추가 신호제어로 넘어간다. 대형차량에 대한 추가 신호 제어에서는 먼저 추가 녹색신호 제공이 필요한지 확인하게 된다. 추가 녹색신호 시간이 제공될 필요가 있다면 대형차량에 대한 추가 녹색신호를 제공하고, 다음 주기로 넘어가게 된다.

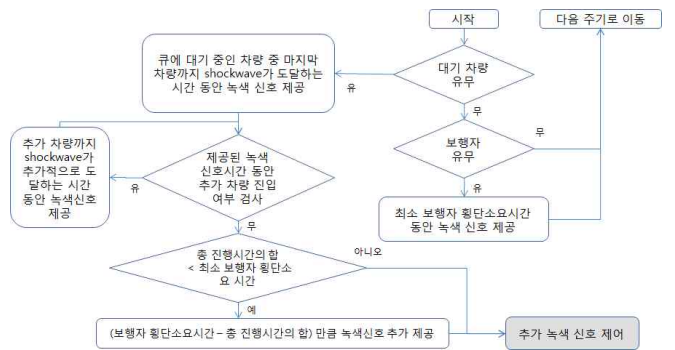


그림 2. 기본신호 제어 알고리즘

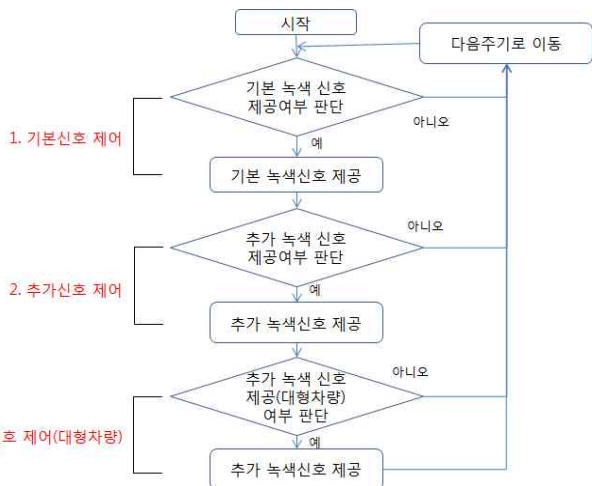


그림 1. 전체 알고리즘

## 3. 대형차량과 보행자를 고려한 교차로 신호제어

### 3.1 전체 알고리즘

본 논문에서 제안하는 교차로 신호제어 알고리즘은 대기차량의 상황정보를 얻기 위해 각 진입부에 디텍터를 이용한 큐가 존재한다고 가정한다. 큐는 그림 3과 같이 신호등에서부터 시작되어 일정 지점까지 이어진다.

그림 1은 본 논문에서 제안하는 대형차량과 보행자를 고려한 교차로 신호제어 알고리즘인 AAHP(Advanced Actuated controls for Heavy goods vehicles and Pedestrian)의 전체 순서도이다. 알고리즘은 크게 기본 신호 제어, 추가신호 제어, 그리고 대형차량을 위한 추가신호 제어의 3부분으로 나뉜다. 기본신호 제어에서는 기본 녹색신호 시간을 제공할지 여부를 판단하게 된다. 기본 녹색신호란 가장 처음 녹색신호를 제공하는 단계, 즉 적색신호에서 녹색신호로 처음 바뀌는 시기를 말한다. 기본 녹색신호가 제공될 필요가 없다면 바로 다음주기의 신호로 넘어가게 된다. 기본 녹색신호가 제공 되어

### 3.2 기본 신호제어 알고리즘

기본 신호제어 알고리즘은 그림 2와 같이 기본적으로 대기차량의 유무와 보행자 유무를 판단한다. 대기 차량 및 보행자 유무의 판단은 적외선, 초음파 등 다양한 센서를 통해 감지가 가능하다. 대기차량이 없고 보행자만 있을 시에는 최소 보행자 횡단소요시간 만큼 녹색신호를 제공한다. 이는 보행자가 있을 시 최소한 보행자 도로를 횡단할 수 있는 시간을 보장해 주어야 하기 때문이다. 이 시간은 평균적인 사람의 보행속도를 통해 쉽게 계산되어 질 수 있다[4]. 큐 안에 대기차량이 존재한다면 대기차량 중 가장 뒤에 위치한 차량까지 shockwave 가 도달하는 시간을 계산하고, 그 시간만큼 녹색 신호를 제공한다. shockwave란 대기 중인 차량이 앞부분부터 차례로 출발할 때 발생하는 Forward shockwave를 말한다. 앞서 계산된 시간 동안 큐 안에 새로 진입한 차량이 있을 경우에는 새로 진입한 차량 중 마지막 차량까지 shockwave가 도달하는 시간을 계산하여 추가적으로 녹색신호를 제공한다. 새로 진입한 차량이 없으면 그동안 제공되었던 녹색신호의 총 진행시간의 합이 보행자 횡단소요시간보다 작은지를 확인한다. 총 진행시간의 합이 보행자 횡단소요시간 보다 크거나 같다면 추가신호 제어 알고리즘으로 넘어가게 된다. 총 진행시간의 합이 보행자 횡단소요시간 보다 작다면 보행자 횡단소요시간에서 녹색신호의 총 진행시간의 합을 빼준 시간만큼의 추가 녹색시간을 제공한 후에 추가신호 제어 알고리즘으로 넘어가게 된다.



그림 3. 기본신호 제어 알고리즘 예시

그림 3은 기본 신호제어 알고리즘에서 대기 중인 차량이 있을 때를 예시로 보여준 것이다. 그림과 같이 초기에 대기 중인 차량이 4대일 때(그림에서 오른쪽 4대의 차량을 말함) 가장 뒤에 위치한 4번째 차량까지 shockwave가 도달하는 시간이 4초로 계산되었다. 이때 알고리즘은 4초 동안 녹색신호를 제공한다. 4초 이후 알고리즘은 추가적으로 큐에 들어온 차량의 유무를 검사한다. 만약 추가적인 차량이 없다면 마지막 차량의 큐 이탈 시간인 2초를 합한 총 6초가 총 녹색신호 시간이 될 것이다. 그림 3에서는 추가적으로 진입한 차량이 5대인 것으로 가정하였다. 따라서, 알고리즘은 추가적으로 shockwave가 진행되는 5초를 추가적으로 제공하게 된다. 그림 3에서는 5초 후 추가적으로 두 대의 차량이 더 진입한 것으로 가정하고 있다. 결과적으로 shockwave 4초, 5초, 2초의 합인 11초와 마지막 차의 큐 이탈 시간 5.5초를 합한 16.5초가 총 녹색신호가 될 것이다. 만약 16.5초가 최소 보행자 횡단시간보다 크다면 16.5초가 녹색신호가 될 것이고 작다면 추가적인 시간이 더 제공될 것이다.

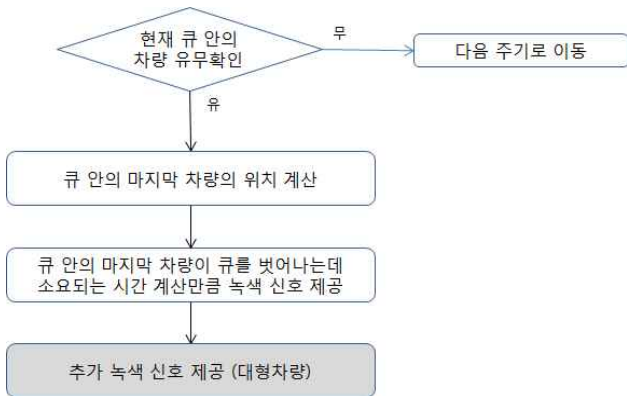


그림 4. 추가신호 제어 알고리즘

### 3.3 추가 신호제어 알고리즘

기본 녹색신호가 제공된 이후에는 추가적인 신호제어 여부를 판단하기 위해 추가 신호제어 알고리즘을 사용한다. 그림 4는 추가신호 제어 알고리즘의 순서도이다. 추가신호 제어 알고리즘은 먼저 현재 큐 안에 차량의 존재여부를 확인하고, 차량이 존재하지 않는다면 다음 주기로 이동한다. 차량이 존재한다면 큐 안의 마지막 차량의 위치를 계산하고, 해당 차량이 큐를 벗어나는 시간

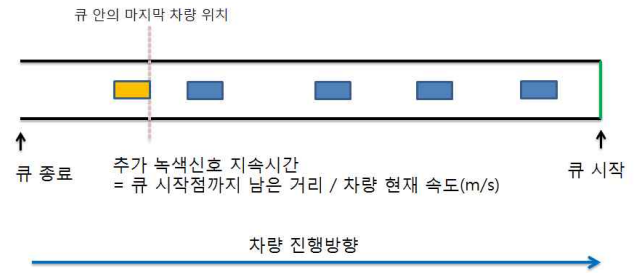


그림 5 추가 신호제어 알고리즘 예시

을 계산하여 그 시간만큼 녹색신호를 제공한다.

그림 5는 추가 신호제어 알고리즘에서 큐 안에서 마지막 차량의 큐 이탈시간 예시를 나타낸 그림이다. 큐 이탈 시간은 그림과 같이 큐 시작점까지 남은 거리에 차량의 현재 속도를 나눔으로써 간단히 계산될 수 있다.

### 3.4 추가 신호제어 알고리즘(대형차량)

대형차량에 대한 추가시간 제공은 그림 6과 같이 우선 현재 큐 안에 대형차량이 있는지를 확인하게 된다. 대형차량이 없다면 다음 주기신호로 바로 이동하게 된다. 대형차량이 존재한다면 큐 안의 마지막 대형차량의 위치를 계산하고, 큐를 벗어나는데 걸리는 시간을 계산하여 녹색신호를 제공한다. 이후에는 다음 주기신호로 넘어가게 된다.

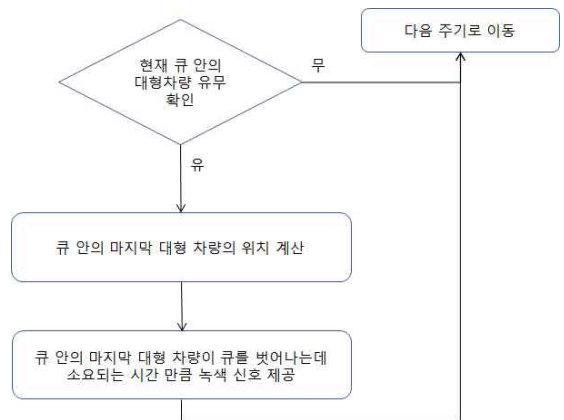


그림 6. 추가 신호제어 알고리즘(대형차량)

## 4. 실험 및 결과

### 4.1 실험환경

본 알고리즘의 성능 평가를 위해 독일 PTV사에서 개발한 교통 시뮬레이터인 VISSIM 시뮬레이터를 이용해 실험을 진행하였다[5]. 시뮬레이션의 대상이 된 도로는 강원도 원주시 단계사거리로 표 1과 같이 시간대는 AM 07:30 ~ AM 09:30 분의 2시간 데이터를 사용하였다. 해당 도로는 아침 출근 시간대에 통행하는 차량이 많고 대형차량의 비중도 높은 편이다. 시뮬레이션의 정확도를 높이기 위하여 2004년 버클리 대학에서 사용하였던 캘리포레이션 작업을 참고하여 수행하였다[6].

표1. 원주시 단계사거리 차량 소통량

방향	시간(분)							
	07:30 ~07:45	07:45 ~08:00	08:00 ~08:15	08:15 ~08:30	08:30 ~08:45	08:45 ~09:00	09:00 ~09:15	09:15 ~09:30
북	492	632	868	1040	960	944	860	972
남	1144	1384	1312	876	1132	708	584	628
동	840	1036	884	704	668	520	508	516
서	4	12	20	20	12	24	8	8

4.2 실험결과

본 논문은 보행자와 대형차량을 고려하여 신호 컨트롤의 성능향상을 목표로 하였다. 따라서, 제안하는 알고리즘을 보행자 비율에 따른 교통량을 측정함으로써 보행자에 따른 알고리즘의 효율성을 평가하였다. 또한, 다른 알고리즘과의 비교 테스트를 위하여 기존에 사용된 알고리즘들과 총 교통량을 비교하였다.

그림 7은 제안하는 AAHP 알고리즘의 보행자 비율에 따른 총 교통량을 비교한 그래프이다. 실험은 Random Seed를 변경하며 5회 수행하였다. 그림과 같이 모든 Random Seed에서 보행자가 없을 때 전체 차량 소통량이 증가하는 경향을 보이고, 보행자 비율이 높아질수록 전체 차량 소통량이 감소하는 경향을 보인다. 이런 점은 보행자의 유무가 차량 소통량에 영향을 끼친다는 것을 보여준다고 할 수 있다.

그림 8은 기존의 알고리즘들과 AAHP의 비교 그래프이다. 기존의 신호제어 알고리즘 방식 중 고정식 신호제어 알고리즘에 비해 감응식 신호제어 알고리즘이 성능이 좋다는 것을 확인할 수 있다. 그러나 본 논문에서 제시하는 알고리즘은 이런 감응식 신호제어 알고리즘보다 성능이 더 좋게 나오는 것을 확인할 수 있다. 이 결과는 보행자를 고려하고도 기존의 알고리즘들보다 성능이 더 좋다는 것을 의미한다.

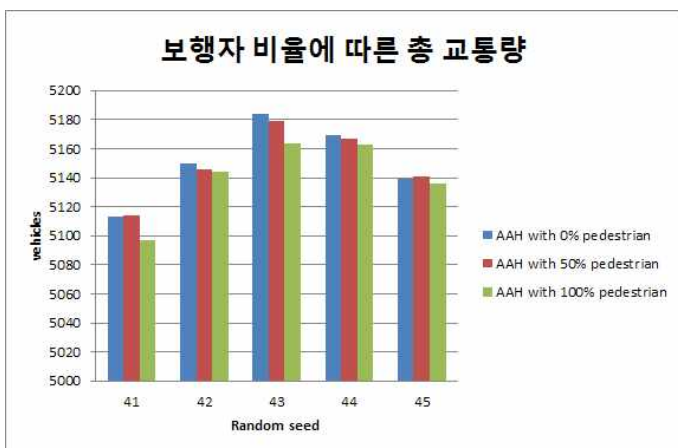


그림 7 보행자 비율에 따른 총 교통량

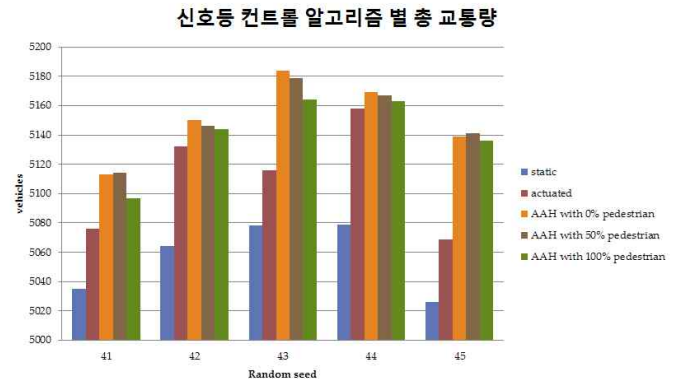


그림 8 신호등 컨트롤 알고리즘 별 총 교통량

5. 결론

본 논문에서는 기존의 신호제어 알고리즘들을 보완하고 효율성을 더욱 높인 새로운 알고리즘을 제안하였다. 이 새로운 알고리즘은 보행자의 존재 여부에 따라 효율성의 차이를 보이지만, 그림에도 불구하고 기존의 알고리즘들보다는 더욱 좋은 효율성을 보이고 있다. 그리고 대형차량이라는 하나의 잠재적인 문제점을 고려하여 실험했음에도 기존의 알고리즘보다 나은 성능을 보이는 결과는 분명 의미 있는 것이라 할 수 있다.

향후에는 해당 알고리즘을 복수 교차로에 적용할 수 있는 알고리즘으로 확장할 계획이다.

이 논문은 년도 정부 교육과학기술부 의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2011-0026296)

참고문헌

- [1] I. T. King-Man, "Intelligent Transport System, " Better air Quality Motor Vehicle Control & Technology Workshop, 2000.
- [2] L. Figueiredo, I. Jesus, J. A. Tenreiro Machado, R. Ferreira, J. L. Martins de Carvalho, "Towards the Development of Intelligent Transportation Systems," 2001 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, 2001.
- [3] 토목관련용어편찬위원회 , 토목용어사전 , 1997
- [4] 국토해양부 사이트 , [http://weak.mltm.go.kr/weak/weak\\_08\\_view.asp?num=192](http://weak.mltm.go.kr/weak/weak_08_view.asp?num=192)
- [5] PTV , VISSIM 5.30 User Manual , 2010
- [6] G. Gomes, A. May, R. Horowitz, "Congested Freeway Microsimulation Model Using VISSIM", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No 1876, pp.71-81, 2004