

GA 를 이용한 4 지 교차로 신호 최적화

조훈선¹ · 최정식^{2†}

한양대학교 기계공학부¹, 한양대학교 기계공학부²

Traffic Signal Optimization in Case of 4-Leg Intersections using Genetic Algorithm

Hoonsun Jo¹, Author 2 Name^{2†}

¹ Dept. of Mechanical Engineering, Hanyang Univ. ²Dept. of Mechanical Engineering, Hanyang Univ.

ABSTRACT:

The control delays at signal intersections have proved the source of numerous vehicular and environmental complications. Control delays both directly and indirectly hinder time- and cost-effective driving by extending the duration of time spent on the road and exhausting excessive amounts of fuel. They furthermore cause traffic congestion, thereby raising overall emission levels. It is therefore imperative to reduce control delays in order to achieve time and fuel economy and reduce vehicle-related pollution. The following study accordingly uses genetic algorithms to optimize traffic signals in congested environments.

Key Words: Control delay, GA, Genetic algorithm, Intersection, KHCM, Signal control

1. 서 론

우리나라의 자동차 등록대수는 1997 년말 1 천만대를 넘어선 이래 2013 년말 기준으로 1,940 만대가 등록되어있다. 신호교차로에서의 지체는 시간손실을 유발하여 운전자에게 간접적인 비용손실을 가져다 주고, 연료를 필요이상으로 소비하여 직접적인 비용손실의 요인이 되며, 이러한 교통혼잡은 오염물질 배출량이 증가하는 요인이 된다.

따라서 교통신호로 인한 제어지체를 최소화하여 시간과 연료소비, 오염물질배출을 줄일 필요가 있다.

2. 본 론

2.1 교차로에서 신호대기로 인한 제어지체

신호 교차로에서 신호대기중인 각각의 차량은 제어지체가 발생하는데, 이 지체에는 분석 이전의 해소되지 않은 잔여차량에 의해 발생한 지체도 포함되어 있다.

이러한 지체는 초기대기차량의 영향을 받는데, 분석 이전 대기차량이 있는 경우 분석 초기에 도착하는 차량들은 대기 행렬을 이루게 되고 이로 인해 추가적인 지체를 받게 된다.

이 논문에서는 교차로가 혼잡하여 차량이 정체되어 있는 상황에서, 신호의 순서와 유형은 유지하면서 각각의 신호의 시간만을 제어하여 신호대기중인 각각의 차량의 제어지체를 최소화하는 방법을 찾고자 한다.

2.1.1 제어지체

KHCM(2013)에 따르면 어느 차로군의 차량당 평균 제어 지체를 구하는 공식은 다음과 같다.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (1)$$

여기서,

- d = 차량 당 평균 제어지체(초/대)
- d_1 = 균일 지체(초/대)
- PF = 신호연동에 의한 연동보정계수
- d_2 = 증분 지체(초/대)
- d_3 = 추가 지체(초/대)

각 차로군의 제어 지체들의 요소들은 초기 차량대수 Q_b 에 영향을 받는데, 유형이 달라지거나 값이 달라진다.

2.1.2 제어지체 최소화

교통 상황에 따라 교차로 각 차로군의 초기 차량이 없을 수도 있지만, 정체가 심한 경우 많은 초기 차량이 있을 수 있다. 정체 차량이 많을수록 교차로의 서비스 수준은 떨어지며 많은 환경, 시간적 손실을 야기한다. 따라서 교통상황에 의해 특정 차로군의 초기 차량이 많은 경우 고정된 신호를 사용하는 것 보다 신호시간에 변화를 주고 전체 각 차로군의 제어지체 값을 최소화하는 방향으로 진행해보았다.

2.2 GA 를 이용한 신호 최적화

최적화를 할 대상은 KHCM 에 있는 예제 1 의 상황으로 하였다.

2.2.1 기존 교차로 운행 상황

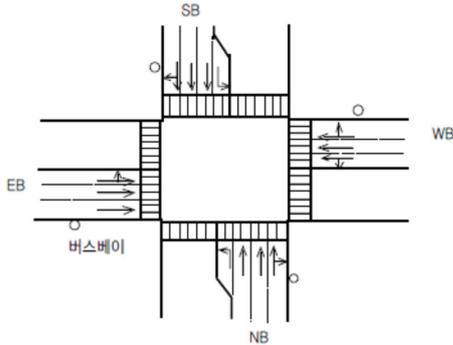


Fig. 1 Intersection

Table 1 Intersection property

교통 및 신호												
접근로 및 이동류	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_i (vph)	90	600	320	70	570	210	150	1,300	175	240	770	152
U턴 교통량, V_{ut} (vph)	0			0			90			0		
진입교통량, V_{in} (vph)	23			20			0			50		
진출교통량, V_{out} (vph)	20			20			0			60		
버스정차대수, V_b (vph)	11			6			30			40		
주차여부(O, X)	O			X			O			O		
주차활동대수, V_{park} (vph)	10			-			5			12		
횡단보행자수 ¹⁾ (인/시)	400			500			300			400		
보행신호시간 ¹⁾ , G_b (초)	40			40			43			43		
상류 링크길이(m)	400			300			500			400		
순행속도(kph)	50			50			60			60		
경사 / w / l / R ²⁾	0/3.3/30/12			0/3.3/45/12			0/3.3/60/15			0/3.3/60/15		
신호현시 및 좌회전 형태 : (주기 = 120초)												
현 시	← → ↵			← → ↵			← → ↵			← → ↵		
신호시간	G = 45 Y = 3			G = 20 Y = 3			G = 46 Y = 3			좌회전 형태 EB, WB: 비보호 (CASE 6) NB, SB: 양방보호 (CASE 1)		
교통량 보정 및 차로군 분류												
교통량 보정	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
교통량, V_i (vph)	90	600	320	70	570	210	150	1,300	175	240	770	152
차로이용률계수(표 8-5)	1.0			1.0			1.02			1.02		
RTOR보정(표 8-6)	0.5			0.5			0.5			0.5		
보정 교통량, V_i (vph)	95	632	168	74	600	111	158	1,396	92	253	827	80
차로군 분류												
접근로	EB			WB			NB			SB		
차로수, N^1	3			3			3			3		
보정 대향직진교통량 ²⁾ , V_i (vph)	600			632			-			-		
비보호간격수락률 ³⁾ , P(표 8-8)	1.39			1.30			-			-		
좌회전직진환산계수, E(표 8-7)	3.39			3.56			1.00			1.00		
좌회전곡선환경 영향, E_p (표 8-9)	1.11			1.11			1.09			1.09		
U턴 영향, E_u (표 8-10, 11)	1.0			1.0			1.89			1.0		
$E_i = E_u \times E_p \times E_b$	3.76			3.95			2.06			1.09		
진출입로 영향	49			60			14			129		
$L_{sb} = 0.9 \times V_{sb} + 1.4 \times V_{eb}$ (초)	15.3			15.3			1.4			15.3		
버스정차의 영향, T_b (표 8-12)(초)	0.6			0.4			0.2			0.2		
정류장위치, $l_b = (75 - l)/75$	101			37			8			122		
버스 영향, $L_{sb} = T_b \times l_b \times V_b$ (초)	540			0			450			576		
주차영향, $L_p = 360 + 18V_{park}$ (초)	207			29			141			248		
$L_u = (L_{sb} + L_{sb} + L_p) \times g/C$ (초)	12			12			12.9			12.9		
우회전환단차 ⁴⁾ , $t_c G_b$ (표 8-13)	3.00			2.82			3.02			5.88		
우회전차로 직진환산계수 ⁵⁾ , E_r	67			81			0			0		
V_{lf} (식 8-13, 14)	38			54			152			103		
V_{sl} (식 8-17, 18, 34 ⁶⁾)	141			109			0			0		
V_{str} (식 8-19, 20)	-6			89			280			-38		
차로군 분류(O)	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT

해당 교차로는 4 지 교차로로 8 개의 차로군이 존재하며, 비보호 좌회전이 포함된 3 현시, 고정 신호로 운행되고 있다. 예제에서는 초기 차량이 1 개 차로군에만 존재하며, 나머지 차로군에는 초기 차량이 없는 상황이다.

2.2.2 임의 교통상황 및 신호 최적화

현 교차로의 구조와 신호 운행 방법은 동일하게 유지하고, 초기 차량 Q_b 를 임의로 변경하고, 이에 따라 신호 시간을 변수로 하여 GA 를 이용하여 제어 지체의 최소값을 산출하여 기존 신호 운행과 GA 를 이용한 신호 운행의 제어지체의 차이를 비교해 보았다.

주어진 GA 를 이용하여 신호 1, 신호 2, 신호 3 의 시간을 제어지체 총합이 최소화 되는 값을 계산해 보니 신호시간들의 총합이 전체 주기인 120 초를 넘어가거나, 특정 신호의 신호시간이 최소시간인 보행자 횡단시간보다 짧은 경우가 나왔다.

3. 결 론

특정 시간 또는 특정상황에서 자주 정체되는 교차로에서 GA 를 이용하여 정체된 차량의 수만을 파악하여 제어 지체를 최소화 하는 방향을 알아보고자 하였으나, 연구시간 동안 자료나, 프로그래밍에서의 오류가 존재하여 향상되는 결과나, 적용할 수 있는 결과가 나오지 못하였다. 하지만 연구를 더 한다면 충분히 고정 신호보다 향상된 결과가 나올 수 있으리라 생각한다.

감사의글

본 논문은 2015 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 첨단 사이언스·교육 허브 개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NO. NRF-2014-M3C1A6038793)

참고문헌

1. Korea Highway Capacity Manual 2013 : Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs , p210~417
2. Zhang Zheng, Ji Hoon Seung, Tae Yeong Kim and Kil To Chong, 2011, Traffic Control using Q-Learning Algorithm.
3. Sang-Gu Kim, Ilsoo Yun and Young-Tae Oh, Feasibility Evaluation of Lane Grouping Methods for Signalized Intersection Performance Index Analysis in KHCM
4. Yun, Ilsoo, Oh, Cheol and Ahn, Hyunkyung, Performance Comparison of Signalized Intersections Analysis Tools in Estimating Control Delays