

# 딜레마구간 제어를 고려한 신호제어전략의 개발

Development of the Actuated Control Strategy to reflect the Dilemma Zone

이 인 규

(서울시립대, 석사과정)  
(31photo@hanmail.net)

김 영 찬

(서울시립대, 교수)  
(yckimm@uoscc.uos.ac.kr)

안 계 형

(교통개발연구원, 박사)

## 목 차

- I. 서론
    - 1. 연구배경 및 목적
    - 2. 연구범위 및 방법
  - II. 이론적 배경
    - 1. 딜레마존의 정의
    - 2. 외국의 딜레마 구간 제어 전략
  - III. 알고리즘의 개발
    - 1. 딜레마 구간과 제어속도 범위 설정
  - 2. 본 연구의 딜레마 구간 최소화 전략
  - IV. 알고리즘의 평가
    - 1. 효과분석을 위한 평가지표 및 시나리오
    - 2. 효과분석 결과
  - V. 현장실험 적용평가
  - VI. 결론
- 참고문헌

## I. 서 론

### 1. 연구의 배경 및 목적

과거 교통혼잡은 대표적인 도시문제로 거론되어 왔으나 지방부 도로의 교통혼잡도 심각한 수준에 도달해 있다. 국도의 교통량은 대체로 평일은 한산하며 주말이 혼잡하기 때문에 한산상태 제어가 주요 목표가 된다. 또한 교통량의 임의변동이 크기 때문에 감응식 제어의 필요성이 대두된다.

우리나라 교통사고 건수는 1980년대 연감 10%내외의 증가를 보였으나, 1990년대에 들어 25만건 수준에서 머물고 있다. 그러나 교차로의 사고건수는 계속 증가하여 1990년에 총 사고건수에 대한 비율이 10%인 것에 반해 1995년에는 18%를 차지하는 현상을 보이고 있다. 이는 교차로의 교통안전문제가 심각하다는 사실을 입증하고 있으며, 차량이 고속으로 주행하는 지방부 교차로에서 특히 심각한 교통안전문제로 떠오르고 있다. 따라서 본 연구에서는 지방부 도로의 신호제어에 합리적인 감응식 신호제어기를 이용하여 교차로의 효율성을 높이고, 접근속도가 높은 교차로의 딜레마 구간을 해결할 수 있는 신호제어 전략을 제시하고자 한다.

### 2. 연구범위 및 방법

본 연구는 딜레마구간 최소화전략을 설정하기에 앞

서 국도1호선의 1개 현장실험 교차로를 선정하고 현장 조사를 통해 딜레마 구간의 정의 및 범위를 설정한다. 미국, 스웨덴, 일본 등 외국의 딜레마 구간 최소화 전략을 알아보고, 이를 바탕으로 가장 효율적이며, 현실적으로 적용이 가능한 방식을 채택하여 새로운 딜레마 제어전략을 세운다. 제어전략에 따른 효과분석은 새로 개발된 미시적 시뮬레이터를 통해 실시하고, 선정된 교차로에 실제 제어를 설치하여 제어효과를 측정하도록 한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 딜레마존의 정의

우리나라에서 딜레마 구간에 대한 일반적인 정의는 이루어지지 않고 있고, 외국의 경우 딜레마 구간에 대한 정의는 나라마다 차이가 있다. 미국의 경우 Parsonson(1974)은 속도에 따른 정지 확률을 이용하여 딜레마 구간을 정의하였는데, 운전자의 90%가 황색 신호가 개시될 때 경계선에 도착하여 정지하려 하는 구간과 오직 10%의 운전자만이 정지하려고 하는 구간 사이를 딜레마 구간이라 한다.

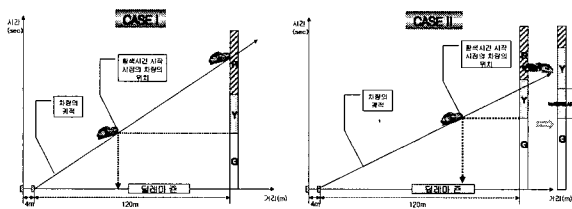
Zegeer(1977)는 Parsonson과 동일하게 속도에 따른 정지확률을 이용하여 딜레마 구간의 상부 경계(90%의 운전자가 정지)는 교차로로부터 4.5~5초 동안의 통



1,2차로 평균 15% 속도는 54kph 이며, 85% 속도는 77kph로 나타났다. 따라서 제어 속도 범위는 50kph 에서 90kph 사이로 결정하였다.

## 2. 본 연구의 딜레마 구간 최소화 전략

새로운 딜레마 구간 제어전략은 기존의 전략들의 장·단점을 파악하여 안전·소통측면에서 효과적인 제어방안을 제시하였다. 시뮬레이션을 통해 비교한 결과, 안전측면에서 효과적인 것은 일본의 딜레마 구간 제어 전략이며, 소통 측면에서 효과적인 것은 EC-DC Control인 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구에서는 이 두 방식을 혼합한 새로운 제어전략을 개발하였다.



〈그림 4〉 딜레마 차량의 제어 개념도

상류부 120m지점에 4m 간격의 Pair Loop 검지기를 설치하여 차량의 속도자료를 얻는다. 감응범위 내에서 딜레마 구간 내에 한 대라도 차량이 존재하지 않을 경우(Case I)에는 녹색신호를 종료하고 황색신호로 전환하는 제어를 실시한다. 그러나 딜레마 구간내의 차량이 존재한다면(Case II) 차량이 딜레마 구간을 벗어날 수 있는 시간만큼만 계속해서 녹색시간을 연장한다.

### 1) 신호제어 알고리즘

#### (1) 고속접근로(High-Speed Approach) 현시

- ① 적색 : 정지선 검지기가 DC Mode로 차량 Call을 인지하여 제어기에 보낸다. 이때 딜레이 셋팅값은 3 초로 한다.
- ② 녹색 개시 : 검지기를 EC Mode로 전환하여 좌회전 차선의 경우, 검지기에 차량이 존재하는 동안 녹색시간을 제공하며, 직진차선의 경우는 정지선 검지기에서 초기녹색시간 제공을 위해 2초씩 단위연장을 실시한다.
- ③ 녹색 연장 : 직진차선의 경우, 정지선 검지기에 더 이상 차량이 존재하지 않으면 상류부 120m 검지기를 통해 5초의 단위연장을 하고, Gap Reduction을 통해 상층 이동류에 Call이 있을 경우 2초까지 단위연장시간을 감소시킴
- ④ 딜레마 연장시간 : 더 이상 상류부 검지기에 차량이 검지되지 않는 경우, 딜레마 구간에 걸리는 차량의 존재여부를 판단하여 차량이 딜레마 구간을 통과할

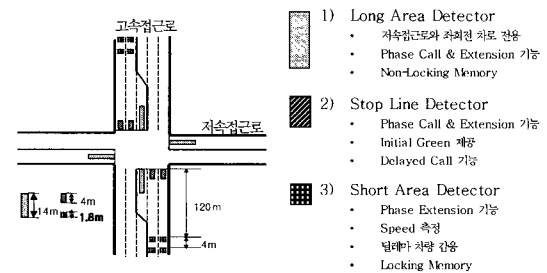
수 있는 시간만큼 연장. 이후에 딜레마 구간 내 차량이 존재하지 않으면 녹색 종료

#### (2) 저속 접근로(Low-Speed Approach) 현시

- ① 적색 : 정지선 검지기가 DC Mode로 차량 Call을 인지하여 제어기에 ROT를 요청
- ② 녹색 개시 : 정지선 검지기를 통해 검지기에 차량이 검지되는 동안 녹색시간 제공. 단위연장시간은 제공하지 않음
- ③ 현시 종료 : 정지선 검지기에 차량이 존재하지 않으면 현시종료

### 2) 교차로 검지기 체계

기본적으로 매설형의 루프검지기(Inductive Loop Detector)를 사용하며, 설치방식은 다음과 같다.



〈그림 5〉 제어전략의 검지기 체계

## IV. 알고리즘의 평가

개발된 신호제어전략을 평가하기 위해서 국도1호선의 교차로를 선정하여 현장조사를 실시하였다. 이를 통한 실제 자료를 적용하여 VC++ 프로그램을 통해 구현한 시뮬레이터로 2시간동안 시뮬레이션 함으로써 전략의 효과를 평가하였다.

### 1. 효과분석을 위한 평가지표 및 시나리오

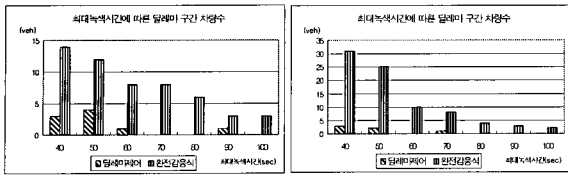
효과분석을 위한 평가지표로 안전측면에서 녹색시간 종료시 딜레마 구간에 포함되는 차량수와 Max-Out되는 주기수를 사용하였으며, 소통측면에서는 평균정지체(sec/veh)를 사용하였다. 평가 시나리오는 다음과 같다.

〈표 1〉 평가 시나리오

분류	완전 감응제어	딜레마 감응제어
최대 녹색시간에 따른 비교분석	최대녹색시간 40~100초, 10초 간격으로 수행	
V/C에 따른 비교분석	V/C = 0.6, 0.4	

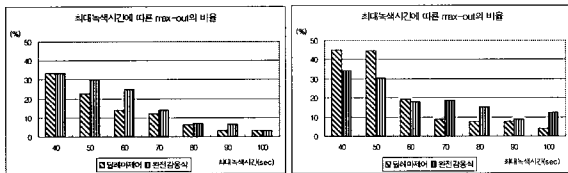
## 2. 효과분석 결과

### 1) 안전측면



〈그림 6〉 V/C=0.4에서의 딜레마 차량수(左)  
V/C=0.6에서의 딜레마 차량수(右)

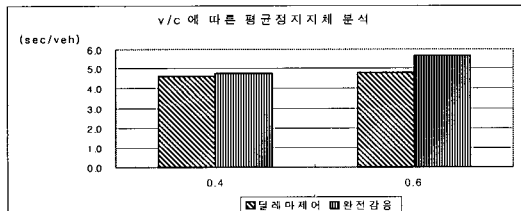
시뮬레이션을 수행한 결과 V/C=0.4와 V/C=0.6에서 딜레마 감응제어가 효과가 있는 것으로 나타났으며, 세마대 교차로의 수원방향 최대녹색시간을 증가시키에 따라 강제로 신호를 종료해야 하는 주기수도 최소화되므로 딜레마 차량의 수도 감소하는 경향을 보이고 있다. 따라서 최적의 최대녹색시간이후로는 완벽한 딜레마 제어가 가능하다.



〈그림 7〉 V/C=0.4에서의 MaxOut 비율(左)  
V/C=0.6에서의 MaxOut 비율(右)

### 2) 소통측면

평균정지지체는 최대녹색시간이 50초인 경우를 비교 평가한 것으로 V/C가 0.4와 0.6인 경우 딜레마 감응제어 전략이 기존의 완전감응식 제어보다 1~2초의 감소효과를 나타내는 것으로 나타났다. 이는 정지선 검지기의 초기녹색시간의 제공이 완전감응식의 일정한 초기시간의 제공보다 더 효과적이라는 것을 의미하며, Delayed Call도 효과적인 전략인 것으로 판단된다.



〈그림 8〉 V/C에 따른 소통측면 비교분석 결과

## V. 현장실험적용 평가

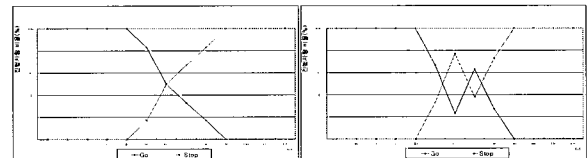
개발된 알고리즘의 실제 현장적용 평가를 위해 실제 제어를 현장에 설치하여 현장조사를 실시하였다. 제어

기를 설치하기 전인 2002년 7월 13일 오전 10:00~12:00에 사전 딜레마차량 조사를 실시하였고, 2002년 9월 9일 동일한 시간대에 사후조사를 실시하였다.

조사결과는 다음과 같다.

〈표 2〉사전·사후 딜레마 차량 조사

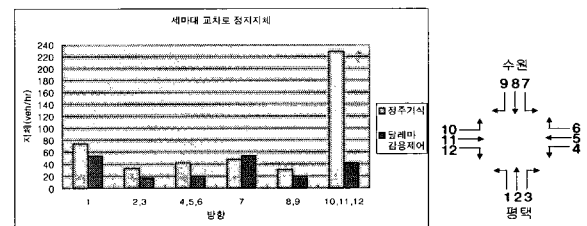
구간	0~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100	101~110	111~120	Sum	
총대수	사전	13	15	18	13	16	15	4	7	12	8	121
	사후	9	15	18	22	21	18	8	15	16	9	151
Go(대)	사전	13	15	12	3	10	4	0	0	0	0	57
	사후	9	15	15	11	7	3	0	0	0	0	60
비율(%)	사전	100%	100%	67%	23%	63%	27%	0%	0%	0%	0%	47%
	사후	100%	100%	83%	50%	33%	17%	0%	0%	0%	0%	40%
Stop(대)	사전	0	0	6	10	6	11	5	7	12	8	65
	사후	0	0	3	11	14	15	8	15	16	9	91
비율(%)	사전	0%	0%	33%	77%	38%	73%	100%	100%	100%	100%	58%
	사후	0%	0%	17%	50%	67%	83%	100%	100%	100%	100%	58%



〈그림 9〉 교차로 정지선부터의 거리에 따른 진행률 및 정지율(左:사전, 右:사후)

조사결과 딜레마 구간은 40~90m구간으로 나타났고, 구간내에 포함된 딜레마 차량수는 사전이 87대, 사후가 66대로 조사되어 약 24%정도의 감소효과가 나타난 것으로 나타났다.

기존의 정주기식 신호제어와 딜레마 감응제어의 평균정지지체를 비교한 결과 아래의 그림에서 보는바와 같이 평택방향 좌회전인 7번을 제외하고 많은 지체감소 효과를 나타냈다.



〈그림 10〉 세마대 교차로의 평균정지지체 변화

## VI. 결론

본 연구에서는 접근속도가 높은 교차로의 녹색신호 종료시 발생하는 딜레마 차량수를 최소화하며 아울러 교차로의 효율성을 높이는 신호제어 전략을 외국의 사례를

토대로 설정하였다. 현장조사 결과를 반영한 시뮬레이터를 통해 효과분석을 실시하고, 그 효과를 실제 국도 1호선의 대상교차로를 선정하여 제어기의 현장적용을 통해 검증하였다. 분석결과 본 연구의 제어전략을 통해 실시 전에 비해 녹색신호 종료시 딜레마 구간 내 차량 최소화 와 소통증진에 효과가 있는 것으로 나타났다.

향후에 현장에서의 신호변수 설정변화를 통해 어떤 결과를 얻을 수 있는지 결과가 요구된다.

## 참고문헌

1. 허정아, 딜레마 구간 최소화를 위한 감응식 신호제어전략의 개발, 2002.2
2. Lars Omfelt and Ake Larsson, LHOVRA
3. Peter S. Parsonson, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Use of EC-DC Detector for Signalization of High-Speed Intersections, TRR 737.