

■ 論 文 ■

# 무통제 교차로의 서비스수준 결정 방법론에 관한 연구

Development of Methodology for the Analysis of Level-of-Service of Non-Controlled Intersections

**김 정 현**

(한양대학교 토목환경공학과 연구교수)

**김 영 찬**

(서울시립대학교 도시공학과 교수)

## 목 차

- I. 서론
  - II. 기존 연구문헌 검토
    - 1. 지체모형식
    - 2. 안전도 평가 모형식
  - III. 효과척도의 선정
    - 1. 연구방법
    - 2. 조사결과의 분석
  - 3. 서비스수준 분석 방법론 개발 방향 정립
  - IV. 서비스수준 분석방법론 정립
    - 1. 조사방법 및 조사지점 선정
    - 2. 조사 분석 및 결과
    - 3. 서비스수준 결정 기준
  - V. 결론
- 참고문헌

Key Words : 비신호교차로, 전방향정지식 교차로, 무통제 교차로, 상충, 서비스수준

## 요 약

우리나라의 비신호교차로의 유형은 양방향정지식과 무통제식으로 분류될 수 있다. 무통제식은 국내외에서도 용량이나 서비스수준 분석에 관한 연구가 거의 전무하다. 본 연구에서는 이러한 유형의 무통제 교차로의 서비스수준을 분석할 수 있는 방법론을 개발하는 것을 목표로 하였다. 우선 무통제 교차로의 서비스수준을 평가할 수 있는 효과척도 선정을 위한 분석을 수행하였다. 교통량, 상충횟수, 교차로 통행시간(지체) 등을 분석한 결과, 상충횟수와 교통량이 선형의 관계를 가지고 있는 것으로 나타나 이 2가지를 효과척도로 선정하였다. 서비스수준 E와 F의 경계가 되는 교통량(용량)은 1985 USHCM의 전방향정지식 교차로의 용량을 참고로 2000대/시로 하였으며 이때 상충횟수는 300회가 된다. 그리고 서비스수준별 상충횟수와 교통량을 용량상태를 기준으로 비례적으로 배분하였다. 교차로 총교통량으로 서비스수준을 결정할 때, 방향별 교통량비가 상충횟수에 영향을 주는 것으로 분석되어 방향별 교통량비에 대한 서비스 교통량을 보정하는 방법을 제안하였다.

## I. 서론

비신호교차로는 교차로에서 직진, 좌회전, 우회전 하는 각 방향별 교통류가 신호등에 의하여 통제되면서 통행권을 부여받지 못하고 양보, 정지 등의 통제 제어 방법이나 운전자들의 판단과 우선순위에 의하여 통행권을 부여받으면서 통과하는 교차로 지점을 의미하며, 현재 도시부와 지방부에 걸쳐 연속적인 도로시설 내에서 상당한 교차로 지점이 여기에 해당되고 있다. 그러나 국내의 도로용량편람(1992)에서는 비신호교차로에 대한 서비스 수준에 대한 평가기준이 없고, 교통영향평가지침(1997)에서 비신호 교차로의 분석에 관한 서비스 수준 평가는 1994년판 미국의 Highway Capacity Manual(USHCM)의 이방향정지식 교차로(TWSC:Two-Way Stop Controlled Intersections)에 관한 분석을 준용하고 있는 실정이다. USHCM에서는 전방향정지식(AWSC : All-Way Stop Controlled Intersections)과 양방향정지식(TWSC)의 방법으로 구분하여 서비스수준 평가 방법에 대하여 기술되어 있다. 그러나 우리나라 비신호교차로의 운영방법은 대부분 아무런 제어도 하지 않는 무통제 방법이고, 운전자의 운전특성이 미국과 상이하여 우리 나라 운영특성에 맞는 분석기준이 요구되고 있다. 그러나 무통제 교차로에 관한 연구는 국내외에서 거의 전무한 상황이다.

본 연구에서는 우리나라에서 일반적으로 나타나고 있는 무통제 교차로의 통행특성을 분석하여 서비스수준을 분석할 수 있는 방법론을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위하여 우선 적절한 효과척도(Measure of Effectiveness)를 선정하는 것이 필요하며, 이 후 조사대상의 확대를 통하여 보다 정확한 통행특성을 파악함으로써 서비스수준 분석방법을 제시하는 과정으로 연구가 수행되었다.

## II. 기존 연구문헌 검토

현재까지 무통제 교차로와 관련하여 외국에서 연구된 내용은 전무하며, 국내에서 수행된 연구로는 박용진의 『비신호교차로에서의 교통류 특성 및 접근지체모형 개발에 관한 연구-상충지역 통행속도 이용-』, 이수범의 『무신호교차로의 안전수준 진단모델』 등이 있다. 이 중 박용진의 논문에서는 비신호교차로에서

의 지체를 이용하여 분석하는 방법이며, 이수범의 논문은 지체 대신에 상충(Conflict)을 이용하여 안전도를 기준으로 분석하는 방법을 제시하였다.

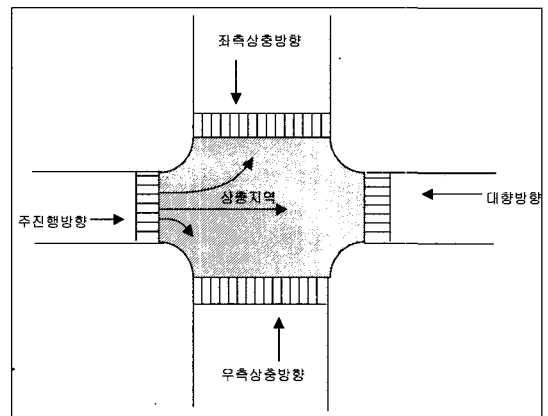
### 1. 지체모형식

박용진(1994)는 비신호교차로에서 상충지역을 설정하여 상충지역의 통과속도에 의한 지체를 이용하였고, 오철·장명순(1997)은 정지 차량대수에 의한 지체를 사용하여 분석하였다.

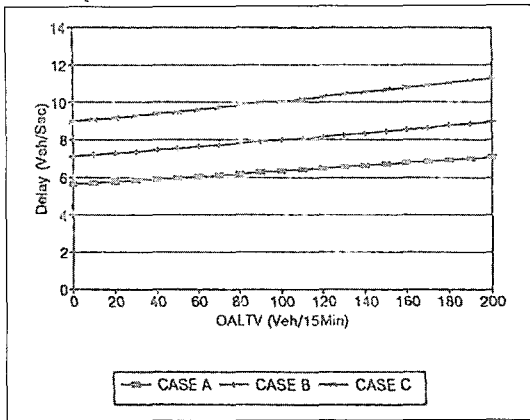
비신호교차로에서의 상충지역이란 각각의 접근로에서 교차로를 통과하기 위해 다른 교통류에 의해서 영향을 받는 지역으로 일반적으로 교차로의 기하구조에 의해서 영향을 받으며 위의 <그림 1>과 같다. 횡단보도가 존재하면 횡단보도를 기준으로 설정할 수 있고, 횡단보도가 존재하지 않을 경우 기하구조에 따라 설정할 수 있다.

상충지역 통행시간은 상충지역(Conflicting Area)을 통과하는데 소요되는 시간, 즉 상충지역 시작지점을 통과할 때부터 상충지역이 끝난 지점을 통과할 때까지의 시간을 나타낸다. 정지 차량대수에 의한 지체 조사방법은 일정 시간간격동안 정지차량 수를 조사하여 접근로 별 정지지체를 USHCM에서 제시하는 현장에서의 지체조사방법을 이용하여 계산한다. 조사결과는 <그림 2>와 같다.

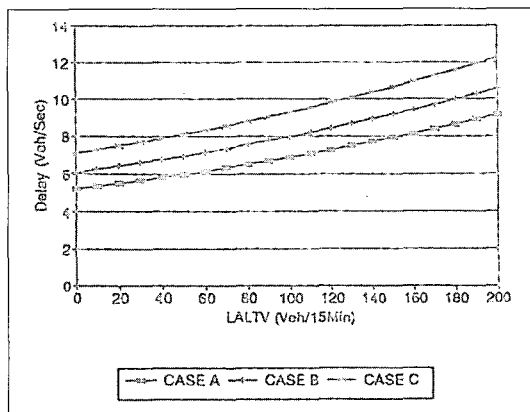
<그림 2>는 통행시간(지체)와 각 방향별 교통량과의 관계를 나타내는데 접근방향의 대향교통량, 접근방향의 좌측 상충교통량 방향, 접근방향의 우측 상충교통량 방향과의 지체관계를 보여준다. 여기서 통행



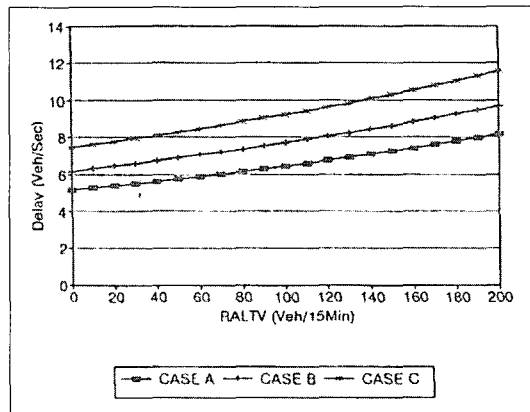
<그림 1> 비신호교차로에서의 상충지역



〈그림 2-a〉 대항방향



〈그림 2-b〉 좌측 상충방향



〈그림 2-c〉 우측 상충방향

출처 : 박용진, 비신호교차로에서의 교통류 특성 및 접근지체 모형 개발에 관한 연구-상충지역 통행속도 이용-, 대한교통학회지, 제12권 제2호, 1994.

〈그림 2〉 지체도와 교통량과의 관계

시간(지체)과 비신호 교차로에서 각 방향별 상충교통량과의 관계를 나타내는데, 그 변화폭은 접근방향의

상충방향과 상관없이 교통량이 증가할수록 완만하게 같이 증가한다.

## 2. 안전도 평가 모형식

이수범·강인숙(1996)은 비신호 교차로의 안전도를 이용하여 서비스 수준을 분석하는 방법을 제시하였다. 안전도 평가방법은 크게 2가지를 사용하는데, 첫째는 사고자료를 이용하여 사고율과 사고유형들을 검토 분석하는 방법으로 축적되어온 사고건수 자료가 있어야만 가능하며 사고자료가 충분치 못한 경우 분석결과와 신뢰성이 높지 못한 문제가 있다. 두 번째 방법은 상충기법(Conflict Technique)을 이용한다. 상충기법은 교통사고가 발생할 가능성이 있는 상황을 조사하는 것으로 교통사고 자료가 충분하지 못할 경우에 유용하게 쓰일 수 있는 방법이다.

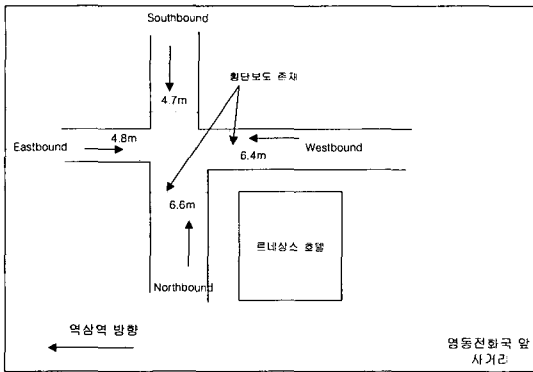
상충(Conflict)이란 둘 또는 그 이상의 도로 이용자 사이의 상호작용으로써 도로 이용자들이 사고나 그에 상응하는 상황을 피하기 위한 회피 행동을 발생시키는 사건이다. 분석방법은 사고를 피하기 위하여 운전자가 어떠한 행동을 취하는 지점에서 잠재적인 상충 지점까지의 거리와 행동을 취하는 지점에서의 지점속도를 나누는 값을 "Time to Accidents"라고 정의하고, 운전자가 사고를 일으키지 않기 위해서 회피하기 위한 최소한의 시간을 산출하고 이를 기준으로 Serious와 Non-Serious 상충으로 구분한다. 각각의 권역에서 도로의 기하구조나 날씨 등 외부요건을 반영하고, 운전자의 인지-반응 시간값에 의하여 각 권역을 세분하여 안전도를 평가하는 방법이다.

## III. 효과척도의 선정

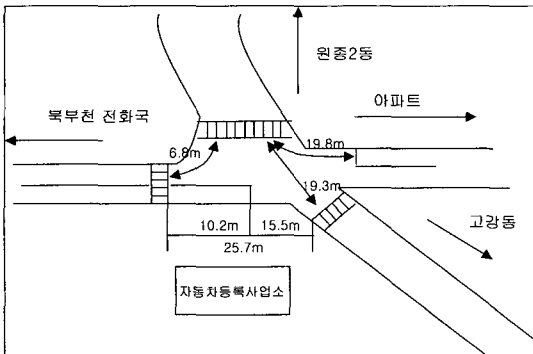
### 1. 연구방법

무통제 교차로의 용량 및 서비스수준 분석방법론 정립을 위하여 선행되어야 하는 효과척도 선정에 관한 현장조사방법은 상충지역 통행시간(지체)를 이용한 방법과 안전수준, 즉 상충에 의한 방법론을 적용하였다. 현장조사는 서울의 역삼동 르네상스 호텔 옆 이면도로 사거리와 경기 부천의 자동차 등록 사업소 옆 사거리 두 교차로에 대하여 비디오 카메라를 사용하여 수행하였다. 교통량의 차이를 고려할 수 있도록

조사는 이틀간 나누어 첨두시간대에 수행되었다. 조사내용은 교차로 기하구조 조건, 방향별 교통량과 상충횟수, 교차로 통행시간이고 부천의 경우 대기차량수와 대기시간을 추가로 조사하였다. 교통량은 승용차와 중형자동차로 두 가지로만 구분하여, 도로용량편람에서 제시하는 보정계수 1.9를 적용하여 전체 교통량을 계산하였다. 부천 현장에서는 대기차량수를 조사원이 직접 조사하였으며, 통과시간과 대기시간은 1/30초 단위의 비디오편집기를 사용하였다. 상충횟수는 해당 교차로에서 둘 또는 그 이상의 도로 이용자 사이의 상호작용으로 인하여 도로 이용자들이 사고나 그에 상응하는 상황을 피하기 위하여 회피 행동을 발생시키는 것으로 정의되며, 상충지역 내에서 자신의 원하는 방향으로 진행하는 중에 발생하는 제동장치 조작행위나 핸들조작 등을 기준으로 조사하였다. 상충횟수와 각 방향별 교통량은 5분 단위로 조사를 하였고, 필요에 따라 15분 교통량을 사용하여 분석하였다. 현장의 기하구조는 <그림 3>과 같다.



대상지1(역삼동)



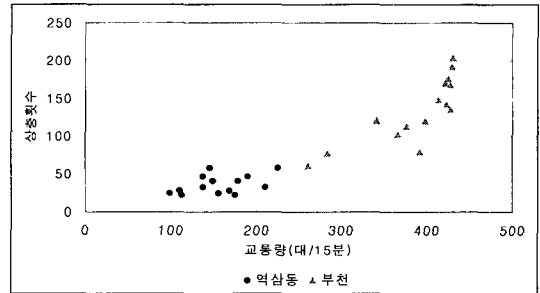
대상지2(부천)

<그림 3> 조사대상 지점의 기하구조 조건

## 2. 조사결과와 분석

### 1) 교통량과 상충횟수와의 관계

앞에서 기술된 방법으로 교통량과 상충횟수를 조사한 결과는, <그림 4>에서 보듯이 교통량이 증가함에 따라 상충횟수도 증가함을 알 수 있다.

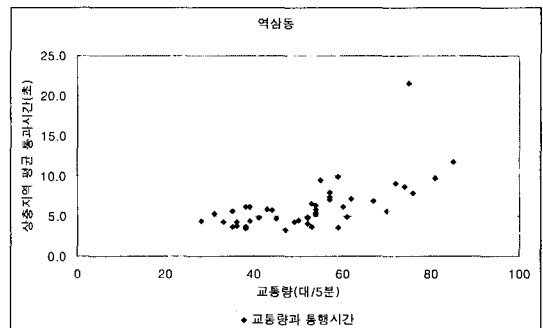


<그림 4> 두 대상지에서의 교통량과 상충횟수와의 관계

### 2) 교통량과 지체도

제2장에서 살펴본 방법 중 통과시간(지체)을 이용하여 분석하는 방법을 적용하였다. 통과시간은 교차로 내의 상충지역의 시작시점을 통과할 때부터 상충지역이 끝난 지점을 통과하는데 걸리는 시간을 나타내며, 15분 단위로 나누어서 조사하였다. <대상지 1>에서의 조사결과를 그래프로 표현한 것이 <그림 5>에 제시되어 있다. 이 결과를 볼 때, 교통량의 증가에 따라 교차로 통과시간은 근소하게 증가하는 것으로 나타나고 있는 있으나 그 민감도가 그리 크지 않음을 알 수 있다.

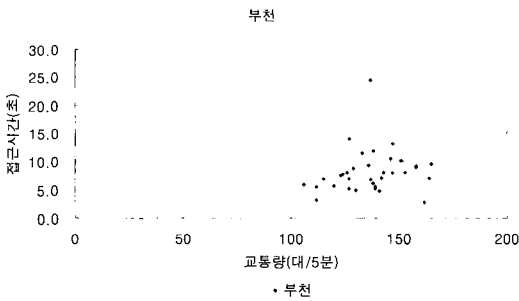
<대상지 2>의 경우는 <대상지 1>에 비하여 교통량이 많아, 상대적으로 지체가 심하여 이에 대한 지체도에 대한 분석을 보다 심도있게 수행하였다. <그림 6>은 교통량과 대기차량수에 의한 접근시간 간의 관계이며,



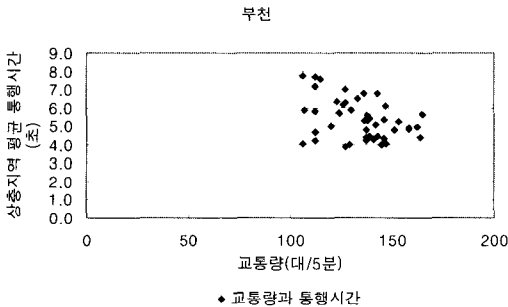
<그림 5> 상충지역 평균 통과시간(역삼동)

〈그림 7〉은 교통량과 교차로 통과시간의 관계를 나타낸다. 교차로 전체의 총 통행시간은 이 둘의 합산으로 나타나며 이는 〈그림 8〉에 제시되어 있다.

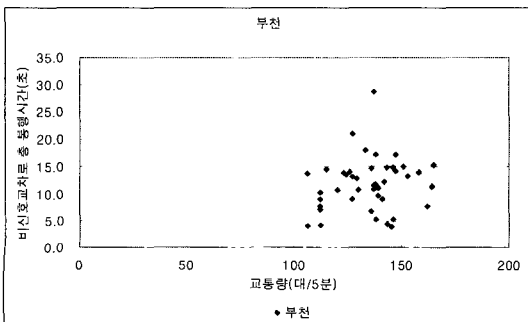
〈그림 8〉에 나타난 결과를 살펴보면 교통량이 증가함에 따라 교차로의 총 통행시간(지체)이 증가하거나 감소하는 추세가 뚜렷하게 나타나지 않음을 알 수 있다. 교통량의 5분당 106-165대로 변화함에 따라 총 통행시간이 하나의 특이한 값을 제외하고 3.9-21.0 초/대의 값을 나타낸다. 5분당 교통량을 1시간 교통량으로 환산하면 1,272-1,980대의 분포를 나타내는 데 지체의 변화비율이 그리 크지 않음을 알 수 있다.



〈그림 6〉 교차로 접근시간(부천)



〈그림 7〉 교차로 통과시간(부천)



〈그림 8〉 총 통행시간(부천)

### 3. 서비스수준 분석 방법론 개발 방향 정립

무통제 교차로의 운영행태는 외국의 전방향 정지식과는 상이하다. 무통제 교차로의 서비스수준은 제3장에서 기술한 바와 같이 교차로 상충횟수를 기준으로 서비스수준을 결정하는 것이 타당한 것으로 결론지었다. 이는 교통량의 증가에 대하여 지체도는 민감하게 반응하지 못한 반면, 상충횟수는 민감하게 반응하는 경향이 현장조사를 통하여 발견되었기 때문이다. 상충횟수는 실제 조사시에 객관성을 확보하기 어려우므로, 상충횟수와 교통량의 관계를 규명하고 서비스수준은 교차로의 교통량으로 판정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

### IV. 서비스수준 분석방법론 정립

무통제 교차로에 대한 조사방법은 서비스수준 분석을 위하여 교통량 변화에 따라 민감하게 변하는 상충에 의한 방법론을 무통제 교차로에 적용하였다. 무통제 교차로의 서비스수준은 서비스수준 E와 F의 경계가 되는 교통량, 즉 용량상태의 교통량과 상충횟수를 정하고 서비스수준별 상충횟수와 교통량을 정하는 절차를 걸쳐서 결정되는 것이 바람직하다. 이 때 상충횟수와 교통량의 관계에 따라 서비스수준별 상충횟수와 교통량을 용량상태를 기준으로 배분하는 방법을 모색할 수 있을 것이다. 여기에서 교차로 총교통량으로 서비스수준을 결정하게 되지만, 방향별 교통량비가 상충횟수에 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 분석을 수행한 후, 방향별 교통량비에 대한 서비스 교통량을 보정하는 것도 필요할 것이다.

### 1. 조사방법 및 조사지점 선정

현장조사는 아래의 일정과 방법으로 〈표 1〉에 나타난 지역에서 조사하였고, 조사시간의 지역 특성에 따라 첨두시와 오후시간을 중심으로 조사하였다. 각 교차로 마다 기하구조 등의 상이점은 있으나 전반적인 무통제 교차로의 통행특성을 하나의 방법론으로 파악하기 위하여 타조건은 동일하다고 가정하였다. 교통량은 승용차와 중차량 두 가지로만 구분하여 기존 도로용량편람에서 제시하는 보정계수 1.9를 이용하여 교통량을 보정하였다.

〈표 1〉 무통제 교차로 조사지점

교차로위치	교차로명
경기도 시흥시 과림동	397지방도-광명시흥간도로 교차점
경기도 동두천시 생연 3동	한국통신 앞 교차로
경기도 수원시 영통	우체국 앞 교차로
경기도 용인시 구성면	범원 연수원 입구 교차로
경기도 안양시 덕천마을	지하차도입구
경기도 안양시 덕천마을	대교입구
경기도 고양시 일산구	롯데백화점 입구 교차로
서울 영등포구 여의도동	대산빌딩 앞 교차로
경기도 안양시 덕천마을	교회, 대교앞
경기도 부천시 원미 1동	조마루 4거리

## 2. 조사 분석 및 결과

무통제 교차로에서는 조사시간에 대한 각 조사지점의 교통량과 상충점을 조사하여 그 관계를 분석하였다. 중차량 보정계수는 1.9를 사용하였고, 3축 이상의 화물차량과 15인승 이상의 버스차량에 적용하였으며 회귀분석을 통해 분석된 각 조사지점의 교통량과 상충횟수 및 상관관계는 다음과 같다. 교통량과 상충횟수와의 상관관계를 규명하기 위해 회귀분석통계량 중 결정계수인 R<sup>2</sup> 값을 사용하였다.

〈표 2〉는 전 조사지점의 조사지점별로 진입 교통량, 상충수, 그리고 R<sup>2</sup>값을 비교한 것이다.

진입 교통량이 적어 상충수가 적은 조사지점의 경우 R<sup>2</sup>값의 값이 상대적으로 작은 수치를 보이는데 비하여 진입교통량이 많은 교차로의 경우는 상충수 역시 크게 나타났고 진입교통량과 상충수와의 관계를 결정계수 R<sup>2</sup>값 역시 높은 수치를 보였다. 전 조사지

역의 조사시간동안 교차로 진입교통량은 216~2,748 대/시, 상충수는 12~412 상충/시의 범위를 나타내었다.

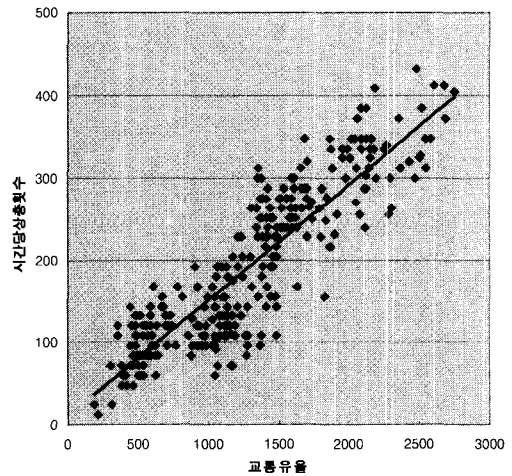
위의 모든 결과를 가지고 전 조사지점의 교통류율과 시간당 상충횟수와의 관계를 분석하면 다음과 같다. 우선 두 변수간의 관계 규명을 위해 전 조사지역 분석 역시 선형 회귀분석을 사용하였다. 선형회귀분석을 위한 회귀식과 교통류율과 상충횟수의 분포 및 회귀식에 대한 그래프는 〈그림 9〉와 같이 나타난다.

$$y = 0.1416x + 8.7994$$

여기서,

y : 시간당 상충횟수

x : 교통류율



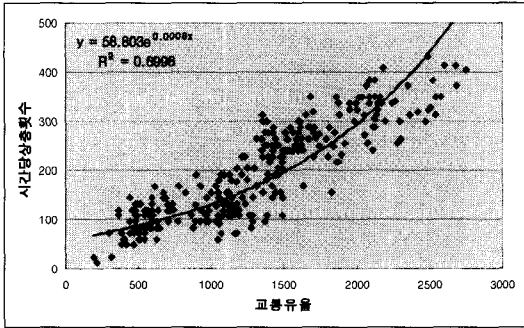
〈그림 9〉 교통류율과 시간당 상충횟수와의 관계(선형회귀분석)

〈표 2〉 무통제 교차로 조사지점의 교통량 및 상충수

교차로 위치	진입교통량(대/시)	상충수(상충/시)	R <sup>2</sup>
경기도 시흥시 과림동	1,176~2,748	176~412	0.6393
경기도 동두천시 생연 3동	1,344~2,184	280~408	0.7996
경기도 수원시 영통	480~900	72~192	0.2918
경기도 용인시 구성면	924~1,188	96~204	0.0677
경기도 안양시 덕천마을	504~2,484	84~432	0.7351
경기도 안양시 덕천마을	888~2,124	60~336	0.7770
경기도 고양시 일산구	192~636	24~132	0.4046
서울 영등포구 여의도동	216~612	12~168	0.4177
경기도 안양시 덕천마을	216~612	12~168	0.4177
경기도 부천시 원미 1동	1,212~1,956	180~336	0.7116

〈표 3〉 회귀분석통계량

	다중 상관계수	결정계수 (R <sup>2</sup> )	조정된 결정계수	표준오차	관측수
회귀분석 통계량	0.878173	0.771188	0.770399	45.50962	292



〈그림 10〉 교통유량과 시간당 상충횟수의 관계(지수회귀분석)

선형회귀분석에 대한 회귀분석통계량은 〈표 3〉과 같다.

앞의 선형회귀분석의 상관관계 신뢰도 검증을 위한 비교분석을 위해 지수회귀분석을 수행하였으며 그 결과는 〈그림 10〉과 같다.

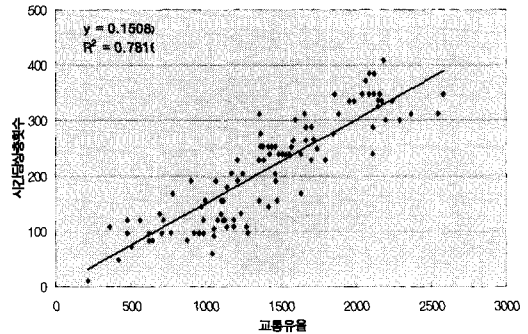
위의 지수형 모형의 경우는 앞의 선형회귀분석 모형보다 R<sup>2</sup>의 값이 떨어지므로 선형회귀분석모형이 무통계 교차로의 교통유량과 시간당상충횟수의 관계를 잘 표현했다고 볼 수 있다.

또한, 무통계 교차로에서 방향별 교통량 비율에 따라 차량간 상충횟수에 변화가 발생할 수 있을 것으로 사료되는 바, 두 도로간 방향별 교통량 비율을 구하

여 세부 분석을 수행하였다.

① 방향별 교통비가 50 : 50인 경우

50 : 50의 분포를 가지는 104개의 자료를 가지고 교통량과 상충횟수를 가지고 분석한 회귀분석 값은 〈표 4〉와 같다.



〈그림 11〉 방향별 교통비가 50:50일 때 교통량과 상충횟수의 관계

② 방향별 교통비가 60 : 40인 경우

60 : 40의 분포를 가지는 112개의 자료를 가지고 교통량과 상충횟수를 가지고 분석한 회귀분석 값은 〈표 5〉와 같다.

③ 방향별 교통비가 70 : 30인 경우

70 : 30의 분포를 가지는 25개의 자료를 가지고 교통량과 상충횟수를 가지고 분석한 회귀분석 값은 〈표 6〉과 같다.

〈표 4〉 방향별 교통비 50:50일 경우의 선형회귀분석통계량

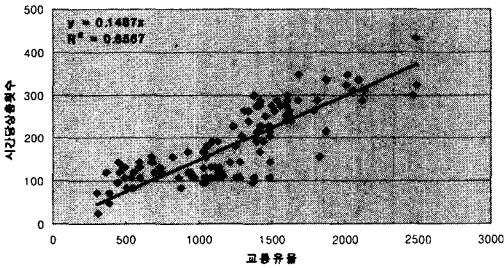
	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%
Y 절편	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
X 1	0.15080	0.00291	51.7639	1.5E-75	0.14502	0.15658
회귀분석 통계량	다중 상관계수	결정계수	조정된 결정계수	표준오차	관측수	
	0.884063	0.781568	0.771859	44.41045	104	

〈표 5〉 방향별 교통비 60:40일 경우의 선형회귀분석통계량

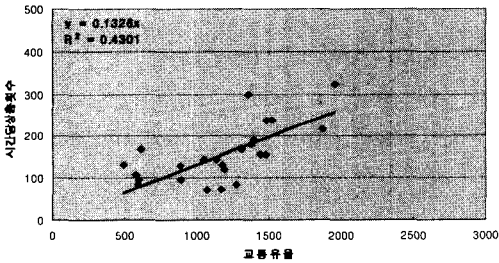
	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%
Y 절편	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
X 1	0.14874	0.00349	42.6761	1.07E-70	0.14183	0.15564
회귀분석 통계량	다중 상관계수	결정계수	조정된 결정계수	표준 오차	관측수	
	0.810395	0.65674	0.647731	48.50494	112	

〈표 6〉 방향별 교통비 70:30일 경우의 선형회귀분석통계량

	계수	표준 오차	t 통계량	P-값	하위 95%	상위 95%
Y 절편	0	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
X 1	0.13263	0.00825	16.0853	2.35E-14	0.11561	0.14964
회귀분석 통계량	다중 상관계수	결정계수	조정된 결정계수	표준오차	관측수	
	0.655828	0.43011	0.388443	50.25777	25	



〈그림 12〉 방향별 교통비가 60:40일 때 교통량과 상충 횟수의 관계



〈그림 13〉 방향별 교통비가 70:30일 때 교통량과 상충 횟수의 관계

위에 나타난 값은 평균값이 아닌 평균값과 근사한 기울기를 평균으로 가정하고 다음과 같이 유의성을 검증하였다.

위의 세 가지 경우에 대해 유의성 검증을 하기 위해 t-test를 수행하면 〈표 7〉과 같다.

우선 방향별 교통비가 50 : 50인 경우와 60 : 40인 경우에 대한 t-test를 수행하면 다음식과 같다.

〈표 7〉 선형회귀식의 기울기에 대한 t-test 결과

방향비	회귀분석통계값	기울기 (평균)	표준오차	표본수
50 : 50		0.1508	0.0029	104
60 : 40		0.1487	0.0035	112
70 : 30		0.1326	0.0082	25

$$t = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} = \frac{|0.1508 - 0.1487|}{\sqrt{\frac{0.0029^2}{104} + \frac{0.0035^2}{112}}} = \frac{0.0021}{0.0004} = 4.73$$

위의 값은 t=4.73이므로 95%의 유의수준 값인 2.576보다는 크므로 두 집단의 차이가 있음이 증명되었다.

방향별 교통비가 60 : 40인 경우와 70 : 30인 경우를 수행하면

$$t = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} = \frac{|0.1487 - 0.1326|}{\sqrt{\frac{0.0035^2}{112} + \frac{0.0082^2}{25}}} = \frac{0.0161}{0.0017} = 9.58$$

위의 값은 t=9.58이므로 95%의 유의수준 값인 2.576보다는 크므로 두 집단의 차이가 있음이 증명되었다. 위의 결과로서 방향별 교통비의 차이에 따라 교통량과 상충횟수의 관계는 차이가 있는 것으로 나타났다.

### 3. 서비스수준 결정 기준

무통제 교차로의 서비스수준은 상충횟수와 교차로의 총 교통량으로 결정한다. 상충횟수는 관측이 어려우므로, 교차로별 총교통량으로 서비스수준을 결정한다. 이때, 서비스수준 E와 F의 경계가 되는 교통량을 정하는 과정이 남게된다. 1985 USHCM에서 전방향정 지식 교차로의 용량은 시간당 1900대로 제시되어 있다. 이 값을 참고로 시간당 2000대를 무통제 교차로의 용량으로 정하였다. 이때 상충횟수는 300회가 된다.

그리고 서비스수준별 상충횟수와 교통량을 용량상태를 기준으로 비례적으로 배분할 수 있다. 교차로 총교



〈표 8〉 무통제 교차로의 서비스수준 기준

서비스수준	상충횟수	교차로 총교통량(vph) <sup>1)</sup>		
		방향별 교통량비 50:50 <sup>2)</sup>	방향별 교통량비 60:40	방향별 교통량비 70:30
A	60 이하	320	360	400
B	120 이하	640	720	800
C	180 이하	960	1,080	1,200
D	240 이하	1,280	1,440	1,600
E	300 이하	1,600	1,800	2,000
F	301 이상	1,600	1,800	2,000

주: 1) 교차로 총교통량은 교차로 전방향 진입교통량의 합을 말한다.

2) 방향별 교통량비는 주도로의 양 진입로 교통량 중 큰 값과 부도로의 양진입로 교통량 중 큰 값의 비율을 말한다.

통량으로 서비스 수준을 정하지만, 방향별 교통량비가 상충횟수에 영향을 주는 것으로 분석되어 방향별 교통량비에 대한 서비스 교통량을 보정이 필요하다. 무통제 교차로의 효과적도는 궁극적으로 상충횟수이다. 따라서 상충횟수가 같다면 서비스수준도 동일한 것으로 가정하였다. 방향별 교통량비에 따른 교통량과 상충횟수의 관계식을 근거로 하여 동일한 상충횟수가 발생하는 교통량을 방향별 교통량비에 따라 제시하였다. 교차로 정지선에서 우선멈춤, 우선출발의 원칙이 준수되지 않고 교차로 진입차량 사이에 일정이상의 간격이 발생하기 전에는 일렬로 교차로를 통과하게 되는 무통제 교차로의 통행특성을 감안할 때, 방향별 교통량비의 차가 클 수록 시간당 통과차량은 증가하게 된다. 따라서 방향별 교통량비가 70:30이고 서비스수준이 E 인 경우의 총교통량이 2,000대/시가 된다고 볼 수 있다.

이러한 과정을 통하여 〈표 8〉과 같은 서비스수준 결정 기준을 제시할 수 있다.

## V. 결론

무통제 교차로의 용량 및 서비스수준 분석 방법론을 제시하는 본 연구에서는 국내·외 기존방법론 검토를 통하여 국내의 무통제 교차로의 운영특성에 맞는 분석방법론을 제시하였다.

교차로 교통량과 통행시간(지체), 교통량과 상충횟수와의 관계를 분석해본 결과 교차로 통행시간(지체) 만으로는 무통제 교차로의 분석과 LOS수준을 제시하기가 어렵고, 통행시간보다 상충횟수가 교통량 변화에 따라 민감하게 변화하는 것을 알 수 있었다. 따라서 교통량 변화에 따른 상충횟수를 서비스수준에 가

장 크게 영향을 주는 결정변수로 보고 교통량과 상충횟수와의 관계를 비교·분석한 결과 교통량과 상충횟수가 밀접한 관계가 있었고, 또한 방향별 교통량의 비율에 따라 상충횟수가 차이가 있었음을 증명하였다.

무통제 교차로의 서비스수준은 교통량 또는 이와 비례하는 상충횟수에 의하여 결정될 수 있지만, 교차하는 도로간의 교통량비에 영향을 받는 것으로 나타난 바, 이에 대한 교통량 보정이 필요한 것으로 분석되었다. 무통제 교차로의 용량은 미국의 전방향정지식 교차로의 용량을 참고로 하여 2,000대/시로 하였으며, 이를 LOS E로 하여 각 서비스수준별로 비례적으로 배분하였다.

본 연구는 국내의에서 그동안 전무하였던 무통제 교차로의 서비스수준을 분석할 수 있는 기본적 방법론을 제시하고 있다. 그러나 본 연구에서는 각 교차로 마다의 기하구조 등의 상이점을 고려하지 못하고, 전반적인 무통제 교차로의 통행특성을 하나의 방법론으로 파악하기 위하여 타조건은 동일하다고 가정하였다. 따라서 교차로의 기하구조에 따른 영향을 분석하는 연구가 향후에 추가되어야 할 것이다. 또한 본 연구의 결과로 제시하고 있는 방법론은 4지 양방향 통행 교차로에서만 적용될 수 있는 방법으로서 향후 일방통행과 3지, 5지 등 다양한 형태의 무통제 교차로를 분석할 수 있는 방법론도 추가로 연구되어야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 미국의 전방향정지식 교차로의 용량을 인용한 바, 이에 대한 연구도 필요할 것이다.

## 참고문헌

1. 김경환, The Gap Acceptance of Left-Turn Drivers, 대한교통학회지, 제4권 제1호, 1986. 7.

2. 박용진, 비신호교차로에서의 교통류 특성 및 접근 지체 모형 개발에 관한 연구-상충지역 통행속도 이용-, 대한교통학회지, 제12권 제2호, 1994.
3. 이수범·강인숙, 무신호교차로의 안전수준 진단모델, 대한교통학회지, 제14권 제2호, 1996. 6.
4. 오철·장명순, 첨두시간 교통량에 의한 T형 교차로 신호등 설치기준, 대한교통학회지, 제15권 제3호, 1997.
5. 박용진·장덕명·김기혁, 교통량에 따른 교통신호기 설치 기준 안에 관한 연구, 대한교통학회지, 제15권 제4호, 1997.
6. 김은주, 간선도로와 이면도로간 효율적인 회전 교통류 처리를 위한 반교차로의 운영기준에 관한 연구, 서울시립대학교 석사학위 논문, 1999. 12.
7. 고동석·이용재·정진혁, 수도권 지역 4-지 비신호 교차로에 대한 이동류별 차량의 임계간격과 추종시간 기준에 관한 연구, 대한교통학회지 제18권 제6호, 2000. 12.
8. TRB, Highway Capacity Manual, Special Report 209, 1985.
9. TRB, Highway Capacity Manual, 1994.
10. TRB, Highway Capacity Manual, 2000.
11. NAASRA, Guide to Traffic Engineering Practice Part 2-Roadway Capacity, 1998.

☞ 주 작 성 자 : 김정현

☞ 논문투고일 : 2003. 5. 6

논문심사일 : 2003. 8. 27 (1차)

2003. 10. 2 (2차)

2003. 10. 20 (3차)

심사판정일 : 2003. 10. 20

☞ 반론접수기한 : 2004. 2. 28

**An Application of FCM(Fuzzy C-Means) for Clustering of Asian Ports Competitiveness Level and Status of Busan Port**

RYU, HyungGeun · LEE, HongGirI · YEO, Ki Tae

Due to the changes of shipping and logistic environment, Asian ports today face severe competition. To be a mega-hub port, Asian ports have achieved a big scale development. For these reasons, it has been widely recognized as an important study to analyze and evaluate characteristics of Asian ports, from the standpoint of Korea where Busan Port is located. Although some previous studies have been reported, most of them have been beyond the scope of Asian ports and analyzed the world's major ports: moreover, the studied ports have been about the ports which are well known from the previous research and reports. So, most studies is unlikely to be used as substantial indicators from the perspective of Busan Port. In addition, most of the existing studies have used hierarchical evaluation algorithm for port ranking, such as AHP (analytical hierarchy process) and clustering analysis. However, these two methods have fundamental weaknesses from the algorithm perspective.

The aim of this study is to classify major Asian ports based on competitiveness level. Especially, in order to overcome serious problem of the existing studies, major Asian ports were analyzed by using objective indicators, and Fuzzy C-Means algorithm, which alleviates the weakness of the clustering method. It was found that 10 ports of 16 major Asian ports have their own phases and were classified into 4 port groups. This result implies that some ports have higher potential as ports to lead some zones in Asia. Based on those results, present status and future direction of Busan port were discussed as well.

**Analysing the Effect of Parking Information using the Micro Simulation Method**

KIM, Eun Kyoung · RHO, Jeong Hyun · KIM, Kang-Soo

The purpose of this study is to analyse the effect of the parking information on the waiting time using the simulation method. Stated Preference survey has been implemented to construct the parking lot choice model. A queue simulation is carried out to investigate the effect of various parking information on the waiting time. The results show that providing parking information is likely to increase the utilization of parking place and to decrease the waiting time of individual vehicle. Furthermore, as the parking demand increases, the detailed and quantitative parking information such as "5 minutes delay" is more effective than qualitative parking information such as "available".

**Development of Methodology for the Analysis of Level-of-Service of Non-Controlled Intersections**

KIM, Jeong Hyun · KIM, Youngchan

Unsignalized intersections are classified into two-way-stop-controlled(TWSC) and all-way-stop-controlled(AWSC) intersections for the analysis of capacity and level of service. There is no AWSC intersection in Korea, but non-controlled intersections are common. Non-controlled intersections are operated only by the driver's decision without any control. However, the study for the analysis of capacity and level of service of the non-controlled intersection has been rare. As the first stage research, this study aims to determine the measure-of-effectiveness (MOE) for the performance evaluation of non-controlled intersections. The relationships between traffic volume and the intersection passing time (delay) and number of conflicts on each intersection are analyzed. It was found that the number of conflicts were more sensitive to the traffic volume compared with the delay. It means that number of conflicts can be the MOE for the performance of non-controlled intersection. The analysis of the

number of conflicts and traffic volume showed a linear relationship, so that traffic volume can also be an MOE. The level of service of non-controlled intersection can be determined with either of the MOE's. Since the performance is also influenced by the ratio of traffic volumes of crossing streets, the traffic volume should be adjusted by the ratio. The capacity of non-controlled intersection was suggested to be 2,000veh/hr referring that of AWSC intersection in the USHCM. The criteria was suggested by evenly dividing the traffic volumes based on the capacity.

#### **Contributory Negligence Study on Traffic Accident in Area Between Crosswalk and Stop Line at Intersections**

SHIN, Seong Hoon · CHANG, Myungsoon · KIM, NamHyeon

Korea Claim Adjuster Association(KCAA) defines the near pedestrian crossing accidents as those accidents that occurred in the area within 25m from pedestrian crossing on the arterial road and within 15m from pedestrian crossing on other classes of road. Accidents between pedestrian crossing and stop line are classified as the accident near pedestrian crossing.

Reviewing of current statute and court precedent, three kinds of traffic accidents which are accidents occurred in the pedestrian crossing, near pedestrian crossing and the area between pedestrian crossing and stop line, should be distinguished by different pedestrian contributory negligence. To find out how different they are, we surveyed transportation society members about the contributory negligence of traffic accidents between pedestrian crossing and stop line and the results are as follows :

(1) The current two classification of pedestrian crossing accidents and near pedestrian crossing accidents should be changed to three classification of pedestrian crossing accidents that includes accidents on pedestrian crossing, near pedestrian crossing and between pedestrian

crossing and the stop line.

- (2) For the pedestrian's contributory negligence, the least reasonability to pedestrian is accident on the pedestrian crossing. The next one is the accident between pedestrian crossing and stop line and the last is the accident near pedestrian crossing.
- (3) Pedestrian contributory negligence for accident by space is recommended as <table 8>, <table 9>, <table 10>.
- (4) Contributory negligence rate of the accident on the pedestrian crossing during red light should be modified to be less than that of near pedestrian crossing.

#### **Determining Priority of Transport Policies with a Focus on Data Envelopment Analysis with Ranked Voting Data**

HONG, Seock-Jin · OH, Jaehak · HA, Hun-Koo

The Transport policies in Korea have been planned and implemented as a part of a larger economy policy based on the achievement of economic growth. As a result, previous transport policies have been focused mostly on the supply of transport infrastructure. The average annual economic growth of six percent and a twelve percent growth in motor vehicles until the late 90s led to the acceleration of the imbalance between the supply and demand of infrastructure. As such, there is a need to establish an innovative transportation policy in order to increase national competitiveness and provide momentum for national growth in the Twenty one century. This research has developed strategies and policies based on interviews that were carried out with specialists in transport field. Moreover, some transport policies have been established for the year 2020 through the conducting of a survey. The survey was conducted by interviewing respondents on making the priority of transport policies, which was then analyzed