

# 버스群 分離特性과 交叉路 遲滯分析

## Bus Platoon Separation and Intersection Delay Analysis

薛 載 勳\*  
Sul, Jae Hoon  
朴 昌 浩\*\*  
Park, Chang Ho

### Abstract

Vehicle platoons starting a stopline are dispersed while travelling along the street and the delay at the next intersection depends on the arrival pattern of dispersed traffic flow. In this paper, the platoon dispersion characteristics of our country, especially the time gap between passenger cars and buses caused by the dwell time at bus stops, were investigated through travel time surveys. Based on the survey results, an improved analysis method of intersection delay is proposed.

### 要 旨

교차로 정지선을 출발한 車輛群은 도로를 주행하는 동안 분산되며, 교차로의 지체시간은 분산된 교통류의 정지선 到着分布에 의해 결정된다. 본 연구는 旅行時間分布調査를 통하여 우리나라 車輛群의 분산특성, 특히 승용차와 버스의 車輛群 분리현상에 관하여 조사하였다. 그리고, 이러한 조사결과를 토대로 버스群의 분리특성을 감안한 교차로 지체시간의 정확한 분석방법을 제시하였다.

### 1. 序 論

도시가로부터의 차량지체는 주로 교차로에서 발생한다. 따라서 교차로 지체시간을 최소화하기 위하여 대도시에서는 신호등을 연동화하는 등의 여러가지 방법이 적용되고 있다.

그러나, 기존의 신호등 운용은 승용차 중심으로 차량지체를 최소화하는 것을 위주로 하며 승용차 승객의 2배에 가까운 버스 승객의 지체시

간에 대한 고려가 미약하다.

그러므로, 버스의 운행특성을 감안하여 승용차와 버스의 총승객지체시간 최소화에 대한 재검토가 필요하다.

본 연구는 도시가로의 기존 車輛群 분산모형을 개략적으로 살펴보고, 실제 가로상의 여행시간분포조사를 통하여 우리나라의 차량군 분산특성, 특히 버스의 정류장 정차에 의한 승용차群과 버스群의 분리특성에 관하여 분석하였다.

그리고, 이같은 분석을 통하여 버스승객의 교차로 지체시간을 감안한 보다 정확한 교차로 지체시간 분석방법에 관하여 고찰하였다.

\* 正會員 · 交通開發研究院 先任研究員

\*\* 正會員 · 서울大學校 工科大學 副教授, 土木工學科

## 2. 車輛群 分散

교차로 신호를 조절하는 중요한 목표중의 하나는 한 교차로를 출발한 車輛群이 다음 교차로에서 정지당하지 않고 원활하게 통과하도록 하는 것이다.

이 때 가장 단순한 가정은 그 車輛群내의 모든 차량이 평균속도로 동일하게 주행한다고 가정하는 것이다.

그러나, 대부분의 車輛群은 최초의 밀집된 상태를 그대로 유지하지 않고, 도로를 주행하는 동안 분산되기 때문에 위와 같은 단순한 가정은 성립되지 않는다.

本 論文에서는 기존의 車輛群 분산모형을 살펴보고, 실제 가로상의 차종별 여행시간 분포조사를 통하여 우리나라의 車輛群 분산특성, 특히 승용차群과 버스群의 분리특성에 관하여 고찰하였다.

### 2.1 車輛群 分散模型

街路上을 주행하는 車輛群의 분산모형에는 여러가지가 있으나, 그 중 대표적인 것으로는 Pacey의 모형, Grace와 Potts의 모형, Robertson의 모형 등이 있다.

#### (1) Pacey의 分散模型

G.M. Pacey는 車輛群내의 차량의 속도는 정규분포한다고 가정하여 그로부터 여행시간의 분포를 유도하였다.

차량의 속도는 정규분포한다고 가정하였으므로, 평균속도를  $\bar{u}$ , 표준편차를  $\sigma$ 라 하면 차량의 속도분포는

$$f(u) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(u-\bar{u})^2}{2\sigma^2}\right] \dots(2.1)$$

가 된다.

위와 같은 가정하에 두번째 관측지점을 시간간격  $[T, T+dT]$  동안에 통과하는 총차량수는

$$q_2(t)dT = \int q_1(t)g(T-t)dt dT \dots(2.2)$$

가 된다.

이것이 차량의 속도분포를 정규분포로 가정한 Pacey의 차량군 분산모형이다.

#### (2) Grace와 Potts의 分散模型

M.J. Grace와 R.B. Potts는 신호등에 녹색 신호가 점등될 때 교통류는 즉각 최대용량으로

점프하지 못하고 수초간에 걸쳐 사다리꼴 모양으로 점차 증가한다는 사실에 기초하여 분산모형을 개발하였다.

분석의 편의를 위하여 車輛群의 형태를 사다리꼴로 가정하고, 車輛群의 선두부분과 후미부분을 분리하여 고찰할 때, 직전 교차로로부터의 오프셋을  $\frac{x}{u}$ 로 하고, 대상교차로의 녹색신호의 프리셋(Preset)을  $\frac{x}{u} - t$ 로 한 경우에 車輛群의 선두에서 정지당하는 차량수는

$$N_f = \frac{1}{2}K\left(\bar{u}t - x - \frac{1}{2b}\right) + \frac{1}{2b}K\bar{u}^2\alpha^2t^2\left[\left(x^2 + \frac{1}{2}\right)\text{erf}(Z) + \frac{1}{\pi} \cdot Z \cdot \exp(-Z^2)\right]_{x_1}^{x_2} \dots(2.3)$$

가 된다.

한편, 차량군의 후미에 대하여도 위와 유사한 모형을 수립할 수 있으며, Grace와 Potts는 위와 같은 분산모형을 이용하여 車輛群의 선두 및 후미에서 정지당하는 차량수를 최소화하는 신호시간을 결정하는 방법을 개발하였다.

#### (3) Robertson의 分散模型

가로를 주행하는 차량은 교차로의 적색신호에 걸려서 待機行列을 이루고 車輛群을 형성한다. 이렇게 형성된 차량군은 녹색신호에 따라 포화용량으로 정지선을 출발한 후 링크상을 주행하는 동안 분산된다.

D.I. Robertson은 각 시간단계(step)  $t$  동안에 하류쪽 교차로 정지선에 도착하는 교통류의 도착분포를 나타내기 위하여 다음과 같은 경험식을 유도하였다.

$$q'_{(t+T)} = F \times q_t + (1-F) \times q_{(t+T-1)} \dots(2.4)$$

단,  $q_{(t+T)}$ : 시간단계  $t+T$  동안 하류쪽 교차로 정지선의 예측 교통량

$q_t$ : 시간단계  $t$  동안 최초 차량군의 교통량

$T$ : 대상으로 링크상의 자유여행시간의 0.8 배

$F$ : smoothing factor,

단,  $F = \frac{1}{1+\alpha T}$ 이며,  $\alpha$ 는 車輛群 分散係數(platoon dispersion factor)라고 불리는 경험적인 상수임.

위의 분산모형에서 smoothing factor  $F$ 는 車輛群의 분산속도를 나타내는 것으로서 차량군의

예측과 실재를 잘 부합시키기 위하여 중요하다.

## 2.2 車輛群 分散에 대한 考察

교차로에서 녹색신호를 받아 정지선을 출발한 車輛群은 차량의 속도차 및 운전자의 車輛追從特性(car-following characteristics)에 따라 도로상을 주행하는 동안 분산된다.

앞 절에서는 이러한 車輛群의 分散을 나타내는 기존의 여러 모형을 살펴 보았으며, 본 절에서는 여행시간 분포조사를 통하여 우리나라 車輛群의 分散特性을 살펴본다.

### (1) 旅行時間 分布調査

#### 1) 調査概要

우리나라의 車輛群 分散特性을 파악하기 위하

여 본 연구는 가로상에서 여행시간에 대한 조사를 실시하였다.

조사구간으로는 서울시 강남구에 위치한 江南大路상의 第一生命앞 교차로로부터 論峴洞 교차로간을 선정하였다.

이 구간에는 그림 1에서 보듯이 第一生命앞 교차로로부터 120m 경과한 지점 및 550m 경과한 지점에 각각 입석버스 정류장이 위치하고 교차로로부터 260m 경과한 지점에는 좌석버스 정류장이 위치하고 있다.

조사지점은 第一生命앞 교차로에 측정점 ①을 설정하고, 교차로로부터 각각 280m 및 570m 떨어진 지점에 측정점 ②와 ③을 설정하였다.

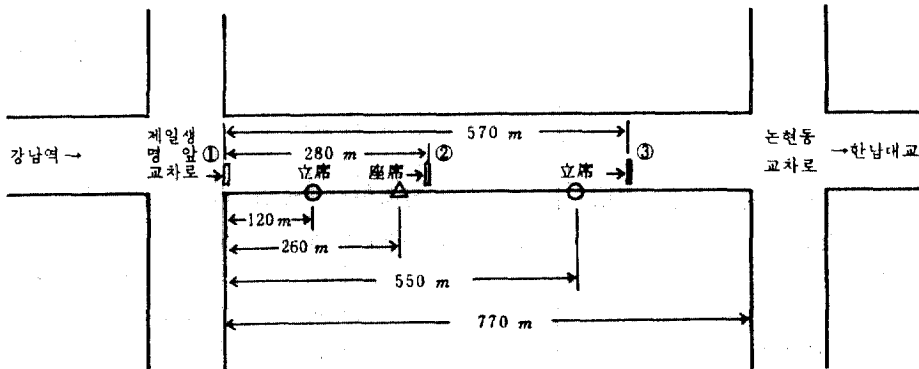


그림 1. 여행시간분포 조사구간

조사방법으로서는 위의 측정점 ①, ②, ③에 조사원을 배치하여 승용차, 입석버스, 좌석버스, 비노선버스, 화물차의 5개 차종별로 각각의 측정점 통과시각 및 차량번호를 기록한 후, 차종별로 측정점 ①~②간 및 측정점 ①~③간의 여행시간분포를 조사하였다.

#### 2) 調査結果

조사구간에 대하여 승용차, 입석버스, 좌석버스, 비노선버스 및 화물차의 5개 차종별로 측정점 ①~②간 및 측정점 ①~③간의 여행시간 분포를 정리하였다.

이 정리결과에 의하면 정지선을 출발한 車輛群은 승용차群이 가장 앞서 나가고, 그 뒤로 비노선버스, 좌석버스, 입석버스의 순으로 車輛群이 뒤쳐짐을 알 수 있었다.

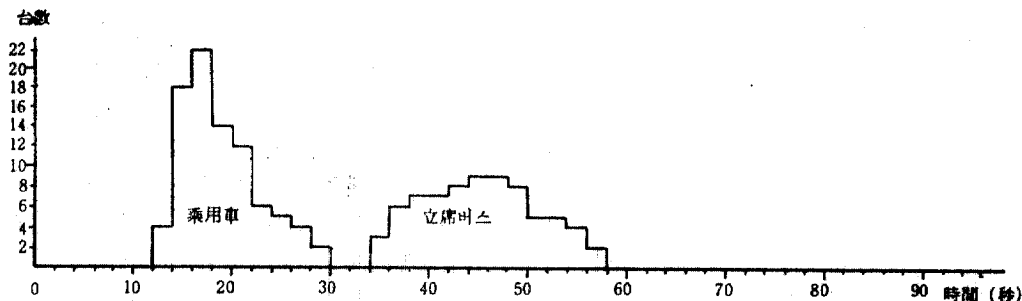
그리고, 차량의 旅行速度分布는 각 차종별로

는 대체로 正規分布에 가까우나, 전체 車輛群의 여행속도분포는 버스같은 저속차량의 영향으로 偏倚된 正規分布에 가까움을 알 수 있었다.

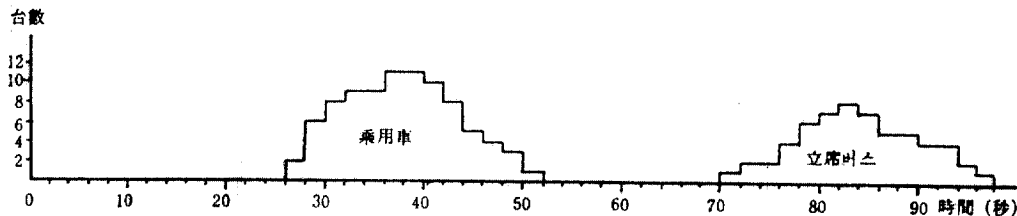
한편, 승용차 및 입석버스의 여행시간분포를 측정점 ①~②간 및 측정점 ①~③간별로 동일 시간측상에 그리면 그림 2와 같다. 이에 의하면, 第一生命앞 교차로를 동시에 출발한 승용차와 입석버스는 정류장 한 곳을 거쳐 측정점 ②에 이르러서는 입석버스가 승용차보다 대략 20~30초 정도 뒤늦게 도착하고, 다시 정류장 한 곳을 거쳐 측정점 ③에 이르러서는 입석버스가 승용차보다 40~60초 정도 뒤늦게 도착하며, 이러한 시간차는 다음 교차로인 論峴洞 교차로의 도착시간차에 이어지는 것이 발견되었다.

### (2) 車輛群 分散에 대한 考察

일반적으로 승용차群과 버스群은 각각 正規分



(a) 測定點 ①-②間



(b) 測定點 ①-③間

그림 2. 승용차 및 입석버스의 여행시간 분포

布를 이루는 여행시간분포에 따라 車輛群이 분산된다. 이러한 현상은 본 연구의 조사에 의해서도 확인이 되었다.

그러나, 車輛群의 일반적인 분산특성의외에 본 연구의 조사에서는 새로운 한가지 사실이 발견되었다. 즉, 승용차群과 버스群 상호간에는 운행특성의 차이로 인하여 본 연구에서 조사된 바와 같이 정류장 하나를 거치는 동안 버스群은 승용차群보다 約 20~30 초 뒤쳐지는 車輛群分離(platoon separation)현상을 나타내는 것이 관측되었다.

이 때, 교차로 신호등의 오프셀이 승용차 진행에 맞추어 조정되어 있는 경우에는 그림 3에서 보듯이 교차로 ①을 출발한 車輛群 중에서 승용차群은 교차로 ②에 이르러 녹색신호를 받아 그대로 통과하지만, 버스群은 적색신호에 걸려 통과하지 못하고 다음 주기의 녹색신호까지 장시간을 지체하게 된다.

이러한 현상은 버스교통량이 비교적 적은 歐美의 경우는 크게 고려할 문제가 아니나, 우리나라 도시같이 버스교통량이 매우 많은 경우에는 반드시 고려해야 할 현상으로 판단된다.

특히, 차량위주가 아닌 승객위주의 총지체시

간 최소화를 목표로 하는 경우에는, 우리나라 대부분의 도시에서 버스승객수가 승용차 및 택시승객수의 2배가 넘는 현실을 감안할 때, 승용차와 버스의 차량군 분리현상과 그에 따른 버스지체시간의 증가문제는 반드시 검토되어야 할 것으로 판단된다.

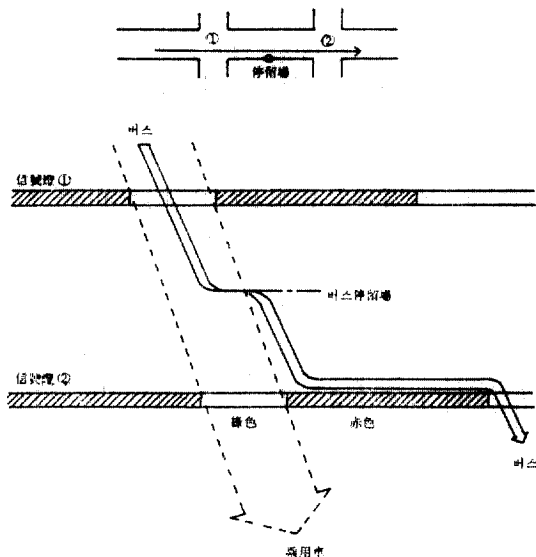


그림 3. 승용차 및 버스의 時空圖

### 3. 交叉路 遲滯時間 分析

신호교차로에서 발생하는 차량 지체에 대하여는 오랫동안 해석적 및 실험적 연구가 진행되어 왔다.

일반적으로 가로상을 주행하는 교통류는 여러 개의 교차로를 거치는 동안 교통류의 구조가 매우 복잡하게 변하기 때문에, 특정 교차로에 도착하는 교통류를 이론적으로 정확하게 규명하는데 어려움이 있다.

따라서, 교차로 지체시간에 관하여는 아직까지 정확한 해석이 이루어지지 못하고 있다.

본 章에서는 연속모형에 의한 교차로 지체시간의 이론적 해석방법 및 시뮬레이션에 의한 지체시간 산정방법을 간략히 다루고, 가로상에서 발생하는 승용차群과 버스群의 分離現狀을 감안하여 교차로 지체시간의 정확한 해석방법에 대하여 고찰한다.

#### 3.1 遲滯時間 分析方法

두 인접 신호교차로의 간격이 비교적 짧을 때는 적색 및 녹색신호의 반복이라는 신호현시의 기본성질 때문에 다음 교차로에 도착하는 교통량이 주기적으로 변하게 된다. 이러한 도착 교통량의 확률적 성질은 매우 복잡하여 일반화된 정확한 모형을 수립하는 데는 많은 어려움이 있다.

##### (1) 連續模型에 의한 遲滯時間 分析

가로상의 교통량이 비교적 많은 경우에는 차량의 흐름을 巨視的으로 취급하여 連續模型에 의해 지체시간을 분석할 수 있다.

교통류를 연속모형에 의해 나타내는 경우, 어느 교차로의 신호주기를  $T$ , 시점  $t$  때의 대기행렬 차량수를  $Q(t)$ 라 하면, 시간간격  $t \sim (t+dt)$  동안 대기행렬내의 차량에 의한 지체시간은  $Q(t)dt$ 가 되므로, 한 신호주기  $T$  동안의 총지체시간  $W$ 는

$$W = \int_0^T Q(t) dt \quad \dots(3.1)$$

가 된다.

위 식에서, 대기행렬 차량수  $Q(t)$ 는 교통류 형태에 따라 여러 방법으로 나타낼 수 있다.

일례로서, 한 신호교차로가 다른 신호교차로와 상당히 멀리 떨어져 있고, 교통량이 많은 경

우에는 이 교통류를 均一交通流(uniform flow)로 가정할 수 있다.

이때, 시간의 원점을 적색신호 시작시점으로 하고, 적색신호 지속시간을  $R$ , 신호주기를  $T$ , 대기행렬이 없어지는 시점을  $t_0$ 라 하면, 대기행렬 차량수  $Q(t)$ 는

$$Q(t) = \begin{cases} Q(0) + A(t), & 0 \leq t \leq R \\ Q(0) + A(t) - D(t-R), & R \leq t \leq t_0 \\ 0, & t_0 \leq t \leq T \end{cases}$$

...(3.2)

(단,  $A(t)$ 는 교차로 도착교통류,  $D(t-R)$ 은 출발교통류를 나타냄)가 된다.

이것이 均一交通流인 경우에 교차로의 대기행렬 차량수를 나타내는 이론적 모형이다.

한편, 교통량이 매우 많아서 포화용량에 거의 도달한 경우에는, 시간에 따른 출발교통류의 변화는 直四角波形(rectangular flow)으로 간주할 수 있고, 나아가서 두 인접교차로의 간격이 짧을 때는 다음 교차로에 도착하는 교통류의 형태도 직사각형으로 가정하여 대기행렬 차량수  $Q(t)$ 를 이론적으로 모형화할 수 있다.

두 교차로간의 거리가 짧을 때는 파형 변화가 심하지 않기 때문에 직사각파형으로 가정한 지체시간분석이 적용가능하나, 교차로간의 간격이 먼 경우에는 차량군분산의 영향이 심하기 때문에 새로운 교통류 모형이 필요하다.

일반적으로 車輛群 분산특성은 매우 복잡하고 차량의 속도불균일에 의한 영향 외에, 차선수, 교통량, 신호주기 등에 의해서도 영향을 받기 때문에 정확한 해석이 어려우나, 앞 章에서 다루었던 車輛群 分散模型의 하나를 이용하든지, 또는 새로운 분산모형을 개발하여 교차로의 대기행렬차량수  $Q(t)$ 를 구하면, 그로부터 교차로 지체시간을 이론적으로 해석할 수 있게 된다.

##### (2) 시뮬레이션에 의한 遲滯時間 算出

교차로 지체시간의 이론적 해석을 위하여 많은 노력이 이루어지고 있으나, 가로상을 주행하는 교통류의 복잡성 때문에 이론적 해석의 정확성에는 한계가 있다. 따라서, 지체분석을 위한 다른 방법으로서 컴퓨터 시뮬레이션 방법이 많이 응용되고 있다. 시뮬레이션 방법은 이론적인

해석보다 비교적 정확하게 교통류를 표현할 수 있으며 신속한 분석을 가능하게 한다.

### 1) 交通流 模型化

지체시간 산출을 위한 교통류의 시물레이션에는 일반적으로 巨視交通流 模型을 사용한다. 巨視模型을 사용한 교차로 시물레이션에서는 모든 교차로의 週期를 동일하게 봄으로써 교통류를 正常狀態의 週期的 交通流로 가정한다.

그리고, 교통류는 區間線形函數를 이용하여 시간의 함수로 개략화하며, 임의의 링크의 교통류의 처리는 출발교통류를 그 링크의 여행시간 만큼 이동시키는 동시에 교통류에 車輛群 分散의 영향을 첨가함으로써 이루어진다.

시물레이션시에는 신호주기를 段階(step)라 부르는 작은 시간단위로 구분하며, 보통 한 段階는 1~3초 정도이고, 段階가 짧을수록 시물레이션은 정밀하게 된다.

각 신호페이즈는 開始時刻와 終了時刻에 의해 구분되고, 이것을 다시 出發損失時間(start-up lost time)과 綠色延長時間(green extension)에 의해 조정하여 有效綠色時間(effective green time)을 결정한다.

각 신호페이즈마다 어느 링크가 움직이는가를 정한 후에 각 링크에 대해 到着交通流와 出發交通流의 형태를 시물레이션한다.

### 2) 遲滯時間 算出

교통류 시물레이션에 의한 교차로 지체시간의 산출은 그림 4와 같이 출발교통류를 도착교통류에 겹침으로서 구할 수 있다.

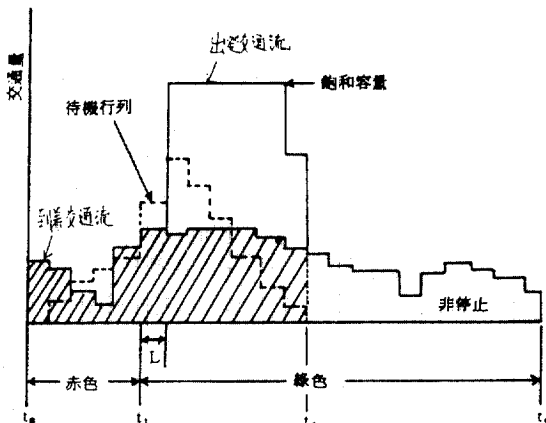


그림 4. 시물레이션에 의한 지체시간 산출

그림 4에서  $t_0$ 로부터 시작하여 적색종료시각  $t_1$ 에 출발손실시간  $L$ 을 합한 시각  $t_1+L$  동안에 도착하는 모든 교통류는 정지선에 지체되고, 대기행렬차량수는 점선으로 나타낸 것과 같게 된다.

출발손실시간이 경과하고 차량들이 정지선을 출발하기 시작한 후에도, 차량들은 계속 대기행렬 뒤에 도착하나 선두에서는 포화용량에 의해 보다 높은 率로 차량이 출발하므로 전체 대기행렬 길이는 점차 줄어들며, 시각  $t_2$ 에 이르면 대기행렬은 완전히 사라지고 이 후로는 적색신호가 다시 시작되기까지 더 이상 지체가 발생하지 않는다.

이상과 같은 방법에 의해, 교차로의 均一遲滯는 그림 4에서 빗금친 부분의 누적에 의하여 결정되는 대기행렬 곡선의 하부 면적을 구함으로써 산출할 수 있으며, 이와 같은 均一遲滯  $d_u$ 는 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$d_u = \frac{C}{3,600N^2} \sum m_i \quad \dots(3.3)$$

단,  $d_u$ : 균일지체(대-시/시)

$C$ : 신호주기(초)

$m_i$ : 단계  $i$  동안의 대기차량수

$N$ : 한 주기당 단계(step)의 수

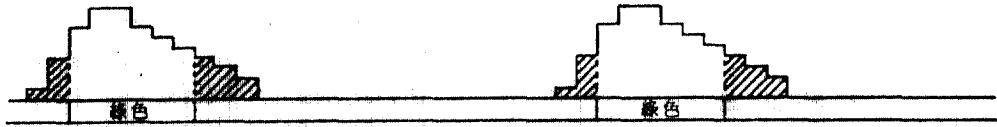
### 3.2 遲滯時間 分析方法에 대한 考察

이미 다룬 바와 같이 連續模型에 의한 교차로 도착교통류의 총지체시간을 나타내는 식(3.1)과 교통류를 階段函數로 개략화하는 경우의 均一遲滯를 나타내는 식(3.3)은 동일한 산출방법을 나타내고 있다.

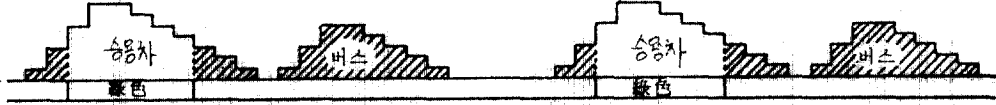
그러나, 앞章에서 조사, 분석한 바와 같이 운행특성 차이에 의하여 승용차群과 버스群이 분리되는 경우에는 지체시간 산출에서 큰 차이가 발생하게 된다.

즉, 그림 5의 (a)에서 보듯이 車輛群을 單一車種으로 보는 경우에는 지체시간은 도착 교통류의 누적에 의하여 형성되는 대기행렬 차량에 의하여 발생하며, 그 총지체시간을 최소화하도록 녹색시간 및 오프셋이 결정된다.

그러나, 실제의 車輛群은 운행특성 차이에 의하여 그림 5의 (b)에서 보듯이 승용차群과 버스群이 분리되어 교차로에 도착하며 승용차와 버스의 총지체는 버스群을 포함한 전체 대기행



(a) 一般의인 경우의 到着交通流와 遲滯車輛



(b) 車輛群 分離時의 到着交通流와 遲滯車輛

그림 5. 교차로 도착교통류와 지체차량

렬 차량에 의하여 발생하므로 실제의 승객 지체 시간은 상당히 증가하게 된다.

특히, 우리나라 도시의 경우는 버스승객이 승용차 및 택시승객의 약 2배에 이르므로, 본 연구에서 조사된 바와 같이 승용차와 버스의 車輛群 분리영향을 감안하여 총승객지체시간을 최소화하기 위한 녹색시간 및 오프셀은 새로운 방법에 의하여 조정되어야 한다.

이와 같이 승용차群과 버스群의 분리에 의한 지체시간 영향을 감안하기 위한 비교적 간단한 방법은 승용차群과 버스群의 待機行列을 분리하여 각각 계산해 주는 방법이다.

즉, 어느 교차로의 신호주기를  $C$ , 한 주기내 단계의 수를  $N$ 이라 하고, 그림 5의 (b)에서 보듯이 각 단계의 승용차 대기행렬을  $m_{t,p}$ , 버스 대기행렬을  $m_{t,b}$ 라 하면, 승용차 및 버스의 실질적인 총균일지체  $d_u$ 는

$$d_u = \frac{C}{3,600N^2} \sum m_{t,p} + \frac{C}{3,600N^2} \sum m_{t,b}$$

$$= \frac{C}{3,900N^2} \sum (m_{t,p} + m_{t,b}) \quad \dots(3.4)$$

가 된다.

또한, 차종별로 在車人員의 영향을 감안하여 승용차 및 버스승객의 총지체시간을 산출하기 위해서, 위의 식 (3.4)에 승용차 재차인원  $O_p$ 와 버스재차인원  $O_b$ 를 고려하면 총균일지체  $d_u$ 는

$$d_u = \frac{C}{3,600N^2} \sum (O_p \cdot m_{t,p} + O_b \cdot m_{t,b})$$

$$\dots(3.5)$$

로 나타낼 수 있다.

따라서, 총승객지체시간을 최소화하는 신호시간 및 오프셀은 위의 식 (3.5)를 최소화하는 것이 되도록 결정하여야 한다.

또한, 위의 식에서 버스群을 다시 정류 및 운행특성에 따라 立席버스, 坐席버스, 非路線버스 등으로 세분한다면 더욱 정확한 지체시간분석이 가능해진다.

#### 4. 結 論

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

버스와 승용차는 속도분포, 정차특성 등이 서로 다르며, 5개 차종별로 실시한 여행시간분포 조사결과, 각 차종별 속도분포는 대체로 正規分布 하나, 전체 車輛群의 속도분포는 다소 偏倚된 正規分布를 하는 것으로 나타났다.

가로상을 주행하는 버스群은 정류장 정차로 인하여 승용차群과 분리되어 승용차보다 뒤늦게 교차로에 도착하는 특성을 가지며, 이것은 교통류의 정지선 도착분포에 따른 교차로 지체시간 산출에 큰 영향을 미친다. 특히, 버스를 이용하는 승객수가 승용차 및 택시 승객수의 약 2배에 이르는 우리나라의 현실을 감안할 때 총승객 지체시간 최소화의 관점에서 버스群에 대한 새로운 배려가 필요하였다.

승용차群과 버스群의 분리에 의한 지체시간 영향을 감안하기 위해서는 차량 대기행렬  $m_t$ 를 승용차 대기행렬  $m_{t,p}$ 와 버스대기행렬  $m_{t,b}$ 로 구분할 필요가 있다.

또한, 차종별 재차인원을 감안하여 총승객지체시간을 정확히 산출하기 위해서는 승용차 재

차인원과 버스 재차인원을 구분하여 적용하는 것이 필요하였다.

參 考 文 獻

1. Thomas R. Horton, *Traffic Control—Theory and Instrumentation*, Plenum Press, 1965.
2. Hiroshi Inose and Takashi Hamada, *Road Traffic Control*, University of Tokyo Press, 1975.
3. Daniel L. Gerlough and Matthew J. Huber, *Traffic Flow Theory*, Transportation Research Board, 1975.
4. J.L. Rodriguez and R.C. Loutzenheiser, *Vehicle Platoon Parameter: Methodology for Traffic Control*, Transportation Research Record 644, 1977, pp.62~64.
5. P.J. Tarnoff and P.S. Parsonson, *Selecting Traffic Signal, Control at Individual Intersections*, NCHRP Report 233, 1981.
6. J.H. Kell and I.J. Fullerton, *Manual of Traffic Signal Design*, Institute of Transportation Engineers, Prentice-Hall, Inc., 1982.
7. *TRANSYT-7 User's Manual*, Federal Highway Administration, U.S. DOT. 1983.
8. N.M. Roupail, *Analysis of TRANSYT Platoon-Dispersion Algorithm* Transportation Research Record 905, 1983, pp.72~80.
9. D.E. Castle and J.W. Bonnville, *Platoon Dispersion over Long Road Links*, Transportation Research Record 1021, 1985, pp.36~44.
10. Highway Capacity Manual, *Transportation Research Board*, Special Report 209, 1985.

(接受 : 1987. 9. 16)