

■ 論 文 ■

# 버스도착시간 정보에 대한 연구

A Study on Bus Arrival Information for BIS

고 승 영

(명지대학교 교통공학과 교수)

## 목 차

- I. 서론
  - II. 제공정보의 형태
    - 1. 위치 정보
    - 2. 도착예정시간 정보
  - III. 제공정보에 영향을 주는 요소
    - 1. 버스운행의 정시성
    - 2. 버스도착시간추정의 정확성
    - 3. 버스대기승객의 행태
  - IV. 최적도착시간정보 모형
    - 1. 가정
    - 2. 총대기시간 모형
  - V. 사례연구
  - VI. 결론
- 참고문헌

Key Words : 버스도착안내시스템(BIS), 안내도착예정시간, 조기도착, 지연도착, 대기시간

## 요 약

본 연구는 BIS 시스템에서 제공되는 버스도착안내정보의 형태에 대한 특성을 검토하고, 이를 기초로 도착예정시간을 안내하는 경우 안내도착예정시간의 함수로 총대기시간을 구하고 최적 안내도착예정시간을 도출하는 모형을 개발하였다.

안내도착예정시간의 함수로 버스도착을 안내된 도착예정시간 보다 일찍 도착하는 조기도착과 늦게 도착하는 지연도착으로 구분하여 각각의 경우에 대한 대기시간의 합인 총대기시간을 함수화하였다.

모형 및 사례연구를 통하여 BIS 시스템에서 평균도착시간이 안내해야할 최적의 도착예정시간이 아닐 수도 있으며, 이와는 다른 최적 안내도착예정시간이 존재함을 알 수 있었다. 최적 안내도착예정시간은 작은 범위의 표준편차와 아주 큰 표준편차의 버스통행시간에 대해서 평균도착시간에 가까워져야 하고, 중간의 표준편차 범위에서는 표준편차가 클수록 늦게 안내되어야 한다는 결론을 도출하였다.

### 1. 서론

버스도착안내시스템(BIS:Bus arrival Information System)은 정류장 대기승객 등 이용자들에게 버스 운행상태 등 버스 운행관련 정보를 제공하는 시스템이다. 대부분의 경우 이 시스템은 버스운행을 관리할 수 있는 기능을 포함한다. 그러나 이러한 시스템을 운영하는데 있어서 버스정류장에서 대기하는 승객들에게 어떤 형태의 도착안내 정보를 어떻게 제공해야 하는지는 정확하게 알려져 있지 않다.

버스도착안내시스템에서 버스정류장에서 다음 버스를 기다리는 대기승객에게 제공되는 안내정보의 형태는 크게 2 가지로 분류될 수 있는데, 하나는 다음 도착 버스의 위치 정보(Bus Locations)이며, 다른 하나는 도착예정시간(Expected Arrival Times)이다.

본 연구의 목적은 버스도착안내시스템에서 정류장 대기승객에게 제공되는 안내정보 형태의 특성을 살펴보고, 도착예정시간을 안내하는 경우, "안내해야할 최적도착예정시간" (이후 "안내도착예정시간")을 결정하는 모형을 개발하는데 있다.

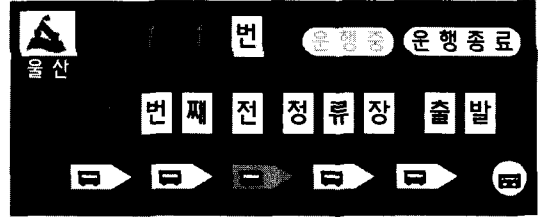
도착예정시간 형태의 안내정보를 제공하는 경우에 대하여 정류장 대기승객의 총대기시간을 안내도착예정시간의 함수로 유도하여 모형을 개발하였다. 이를 통해 최적 안내도착예정시간과 관련된 몇 가지 기본적인 원칙들이 도출되었다. 마지막으로 가상적인 상황을 가정하여 사례연구를 수행하여 모형을 검증하였다.

### II. 제공정보의 형태

정류장 대기승객에게 제공되는 버스안내정보의 형태는 "다음 도착 버스의 버스위치(Bus Locations)"와 "다음 도착버스의 도착예정시간(Expected Arrival Times)"의 크게 2 가지로 나눌 수 있다.

#### 1. 위치 정보

다음 도착 버스의 버스위치(Bus Locations)는 다음 도착버스가 현재 어디에 위치해 있고, 어떤 상태에 있는가를 안내해 주는 것이다. 예를 들면 "다음 도착버스가 바로 전 또는 두 번째 전 정류장을 출발"과 같은 안내정보이다. 이러한 안내정보 형태는 현재 부



천시 버스도착안내시스템에서 제공하는 안내정보의 형태이다. 또한 지하철역에서도 이러한 형태의 다음 열차 도착안내가 이루어지고 있다. 아래 그림은 버스 위치정보를 제공하는 버스정류장의 안내정보를 보여 주고 있다.

이러한 버스 위치정보를 제공하기 위해서는 실시간으로 버스의 자동위치파악(ABL:automatic bus locating)이 필요하다. 이 시스템에서는 ABL의 오차가 정류장 안내정보에 그대로 제공되게 된다.

이러한 형태의 안내정보를 제공하는데는 실시간으로 예측하기가 쉽지 않은 버스통행시간, 즉 버스 도착시간을 예측할 필요가 없고, 이에 따라 시스템이 간단해질 수 있는 장점이 있다. 그러나 이러한 안내정보 형태로는 정류장 대기승객들이 다음 버스 도착까지 얼마나 기다려야하는지를 알 수 없는 단점이 있다.

#### 2. 도착예정시간 정보

다음 버스의 도착예정시간정보는 다음 번 버스 도착까지의 예상시간이 얼마인지를 대기승객에게 안내해주는 것이다. 예를 들면 "OO번 버스 O분후 도착"과 같은 정보를 운행노선별로 안내하는 것이다. 이러한 형태의 안내정보는 1996년 "서울시 종로구간 버스정보시스템 시험운영"과 1998년 "과천시역 ITS 시범사업 중 버스정보시스템"에서 채택한 안내정보 형태이다. 다음 그림은 도착예정시간을 안내하는 정류장 정보판을 보여주고 있다.

이러한 형태의 안내정보를 제공하기 위해서는 ABL 기능뿐만 아니라, 버스통행시간의 예측이 필요하다. 이러한 버스운행시간, 버스도착시간을 실시간으로 모든 정류장에 대해 예측하고 안내하는 것은 쉽지 않은 일로서 시스템을 복잡하게 만드는 요인이 되고 있다. 반면, 정류장 대기승객들은 다음 도착버스까지의 예정시간을 안내받음으로써 얼마나 대기하여야

하는지를 알 수 있고, 이러한 대기시간을 다른 경제적인 가치가 있는 일에 활용할 수도 있을 것이다. 또한 이러한 정보가 집, 직장 등 출발전에 제공받을 수 있다면, 이러한 효용가치는 더욱 높아질 수 있다.

그러나 이러한 도착예정시간 정보의 제공과 관련해서는 2 가지의 문제가 검토되어야 하는데, 하나는 버스도착시간을 정확하게 예측할 수 있는가의 문제이다. 정확하게 예측할 수 있다면 별다른 문제는 없으나, 만약 여러 가지 요인으로 인해 예측이 정확하지 않다면 정보의 정확도를 저하시키고, 이는 결국 전체 시스템의 신뢰도를 저하시키는 결과를 초래할 수 있다.

또 다른 문제는 도착예정시간을 정확하게 예측하기는 불가능하다는 점이다. 정류장간 버스의 운행시간은 스케줄에 따라 정확하게 운행하기는 불가능하며, 통계적으로 분산된 패턴을 지니는 것으로 조사되고 있다. 일반적으로는 정규분포에 가까운 분포를 나타내는 것으로 알려져 있다. 결국 예측이 가능하다고 해도 이는 도착예정시간의 분포를 예측하는 것이 될 것이다. 이 경우 어떤 시간을 안내하여야 하는지는 별도의 문제이다. 즉, 도착예정시간이 정규분포의 형태를 지닌다면, 안내도착예정시간( $h_i$ )을 평균값으로 해야하는지, 아니면 15 백분위수(percentile) 또는 85 백분위수 값을 안내해야 하는지는 알려져 있지 않다.

어떤 값을 도착예정시간으로 안내해야 하는지는 버스운행의 정시성에 크게 좌우될 것이다.

본 연구는 버스도착시간의 예측이 어떤 통계적인 분포로 정확하게 예측될 수 있음을 가정하고 이 분포상 어떤 값을 안내도착예정시간으로 해야하는지를 모형화하고 분석하는데 목적이 있다.

### III. 제공정보에 영향을 주는 요소

본 절에서는 최적 안내도착예정시간에 영향을 주는 요인들을 도출하였는데, 이들은 다음과 같다.

- 1) 버스운행의 정시성 또는 운행시간 분포
- 2) 버스도착시간 예측의 정확성
- 3) 정류장에서 대기하는 승객의 행태
- 4) 운행스케줄과 차이가 발생하는 경우 버스의 운행 전략 등

## 1. 버스운행의 정시성

만약 운행시격을 조정할 수 있는 어떤 운행관리수단으로 버스들이 스케줄에 따라 정시에 정확하게 운행하는 경우 실시간으로 버스도착시간을 안내할 필요가 없고, 단지 운행스케줄을 정류장 안내판에 표기해 두면 될 것이다. 그러나 완벽한 버스운행시간 제어장치가 없는 한 2개 정류장 사이 통행시간은 여러 가지 요인들에 의해 변화하는 것이 일반적이다. 소통상황, 신호등, 교통량 등에 따라 버스운행시간은 달라지게 되고, 미리 정해진 스케줄대로 버스를 운행한다는 것은 현실적으로 거의 불가능하다.

이러한 버스운행의 정시성, 분산정도, 오차범위 등에 따라 제공정보는 영향을 받게 된다.

## 2. 버스도착시간 추정의 정확성

버스도착시간을 제공하는 시스템의 경우, 버스정시성을 지니고 운행하는 것이 불가능하다면 버스도착시간을 예측하는 일이 필요하다. 여기서 버스도착시간은 하나의 값이 아니고 어떤 분포를 지니게 됨을 앞서 언급하였는데, 따라서 버스도착시간의 예측은 버스도착시간 분포의 예측을 의미하게 된다. 정확한 분포의 예측은 아니더라도, 예측된 하나의 값을 기준으로 어떤 오차 정도, 분산 정도는 같이 예측되어야 한다는 것이다. 이 경우 최적 안내버스도착시간은 이러한 예측이 얼마나 정확한가에 따라 달라지게 된다.

본 연구에서는 버스도착시간 분포의 예측이 정확하다는 가정하에 최적 안내버스도착시간에 대한 모형을 개발하고자 하는 것이다.

## 3. 버스대기승객의 행태

버스정류장에서 대기승객의 행태도 최적 안내도착시간정보에 영향을 주게 된다. 예를 들면 대기승객이 안내된 도착시간정보에 관계없이 버스정류장에서 다음 버스를 기다린다면, 최적 안내버스도착정보는 무의미해 진다.

만약 다음 도착버스의 도착예정시간을 보고, 대기시간을 다른 경제적인 효용가치가 있는 시간으로 활용할 수 있다면, 최적 안내도착시간정보는 대기승객들에게 편익을 제공할 수 있게 된다. 이러한 편익은 집, 직장

등에서 인터넷 등으로 버스도착시간정보를 알 수 있어서, 정류장에서의 출발시간을 대기시간을 최소화할 수 있도록 조정할 수 있다면, 절약된 시간은 보다 직접적으로 편익창출로 전환될 수 있다. 이러한 편익은 버스의 운행간격이 긴 노선에 대해서 보다 클 것이다.

#### 4. 버스 운행 전략

버스가 정류장에 예정된 스케줄보다 빠르게 도착하거나(조기도착) 늦게 도착(지연도착)하는 경우 어떠한 운행전략을 가지는가에 따라라도 최적 안내도착시간정보는 영향을 줄 수 있다. 예정된 운행사케줄이나 안내된 예정도착시간 보다 늦게 도착하는 경우에는 승객의 승하차가 종료되는 순간에 바로 출발하는 것이 당연하다. 반면, 빠르게 도착하는 경우, 버스는 예정된 출발시간까지 정류장에서 기다렸다가 출발하는 운행전략도 있을 수 있고, 예정된 스케줄 또는 안내된 도착예정시간에 무관하게 승하차 종료후 곧 바로 출발하는 운행전략이 있을 수 있다.

일찍 도착하는 경우 전자의 운행전략을 적용하는 것이 상식적이라고 할 수 있다. 그러나 운행시각이 짧고 도시에서 운행하는 버스의 경우, 후자의 운행전략을 사용할 수도 있다. 실제 우리 나라 서울시 등 대부분 도시에서 시내버스는 후자의 운행전략을 사용하고 있는 실정이다.

조기도착시 전자의 운행전략을 사용하는 경우, 안내된 도착예정시간보다 빠르게 도착하는데 따르는 불이익은 없게 되나, 운행시간이 길어지는 단점이 있다. 조기도착시 후자의 운행전략을 사용하는 경우, 안내된 도착예정시간에 맞추어 정류장에 도착하는 승객들은 이 버스를 탑승하지 못하게 되고, 다음 번 버스를 또 다시 기다려야 하는 문제가 발생한다.

본 연구에서는 조기도착시 후자의 운행전략, 즉 안내된 도착예정시간 보다 일찍 도착하는 경우 승객의 승하차 종료시 즉시 출발하는 전략을 적용하는 경우에 대해 최적 안내도착예정시간정보를 도출하는 모형을 개발하는데 있다.

### IV. 모형

#### 1. 가정

최적 안내도착예정시간 정보를 도출하기 위한 모형

을 수립하는데 사용된 가정은 다음과 같다.

- 1) 버스운행시간은 어떤 통계적인 분포를 지닌다.
- 2) 버스운행시간 분포의 추정은 정확하다.
- 3) 조기도착시 버스의 운행전략은 승객의 승하차후 즉시 출발한다.
- 4) 정류장 또는 출발전 안내도착예정시간 정보를 보고 대기시간을 활용하는 승객이 있고, 이 시간은 다른 효용을 창출하는 활동에 사용된다.
- 5) 버스의 승차정원 용량제약은 없다.

별 다른 운행제어 장치가 없는 버스의 통행시간은 대부분 평균을 중심으로 분산된 패턴을 지닌다. 부천시 BIS 시스템에서 수집된 자료를 분석해보면 정류장간 버스통행시간은 개략적으로 정규분포를 지니는 것으로 나타나고 있다.

버스통행시간의 예측은 여러 가지 방법으로 가능하다. Kalman-Filtering, 신경망(neural network) 이론, 시계열분석, 이동평균법 등이 이에 해당한다.

버스통행시간  $h$ 의 추정이 정확하다고 가정하면,  $\hat{h} = \bar{h}$ 가 된다. 여기서  $\hat{h}$ 는 버스통행시간의 추정치이고,  $\bar{h}$ 는 평균통행시간이다.

승객대기시간을 안내도착예정시간  $h_i$ 의 함수로 정립하기 위해서는 버스정류장에서 승객의 대기과 관련된 행태가 고려되어야 한다. 두 가지의 행태로 구분이 가능한데, 하나는 안내되는 도착예정시간에 관계없이 다음 도착버스를 기다리는 승객이다. 또 다른 행태는 일부 정류장 대기승객 또는 출발전에 승객들은 안내도착예정시간 정보를 보고, 대기시간을 다른 경제적인 용도로 활용하고, 이 시간 동안 경제적인 효용을 창출하는데 사용한다는 것이다. 여기서  $p =$  "대기시간 활용 승객의 비율"로 정의한다.

#### 2. 총대기시간 모형

안내되는 도착예정시간 정보에 관계없이 다음 버스를 기다리는 승객들의 대기시간은 안내도착예정시간  $h_i$ 에 의해 영향을 받지 않는다. 단지 대기시간을 활용하는 승객들의 대기시간 만이 안내도착예정시간  $h_i$ 과 실제 다음 버스 도착시간  $h$ 에 의해 영향을 받게 된다. 이 경우 실제 다음 버스 도착시간  $h$ 에 따라 조기도착과 지연도착의 2 가지 경우로 구분이 가능하다.

**[Case 1]  $h < h_i$  (조기도착)**

다음 버스가 안내된 도착예정시간  $h_i$  보다 일찍 도착하여, 승객 승차차 이후  $h_i$  까지 기다리지 않고 즉시 출발하는 경우를 의미한다. 이 경우 대기시간 활용 승객그룹은 안내된 도착예정시간에 정류장으로 돌아올 것이며, 다시 다음 버스를 기다려야 한다. 이 경우 버스운행시격이 독립적이라고 가정하면 평균 대기시간은 개략적으로 평균운행시격  $\bar{h}$  이 될 것이다. 따라서 이러한 승객들의 대기시간은  $ahp\bar{h}$ 가 된다. 여기서  $\alpha$ =버스승객 수요(명/분).

**[Case 2]  $h > h_i$  (지연도착)**

다음 버스가 안내된 도착예정시간  $h_i$  보다 늦게 도착하는 경우, 안내된 도착예정시간에 따라 정류장에  $h_i$  의 시간에 도착한 승객들은 실제 버스가 도착할 때까지  $h-h_i$  의 시간을 더 대기하여야 한다. 버스승객 수요가 일정하다고 가정하면 이러한 승객의 수는  $ahp$ 가 될 것이고, 이러한 승객들의 대기시간은  $ahp(h-h_i)$ 가 될 것이다. 또한  $h_i$ 와  $h$ 의 시간 사이에 새롭게 도착하는 승객들의 대기시간은  $\frac{1}{2}(h-h_i)$ 가 될 것이다. 따라서 지연도착의 경우 총 대기시간은  $\frac{1}{2}ap(h-h_i)^2$ 가 된다.

결국 안내도착예정시간  $h_i$ 의 함수로 총대기시간의 기대치는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} E(W | h_i) &= \int_0^{h_i} ahp\bar{h}f(h)dh \\ &+ \int_{h_i}^{\infty} \alpha p \left\{ h_i(h-h_i) + \frac{1}{2}(h-h_i)^2 \right\} f(h)dh \\ &= \alpha p \left\{ \bar{h} \int_0^{h_i} hf(h)dh + h_i \int_{h_i}^{\infty} (h-h_i)f(h)dh \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{2} \int_{h_i}^{\infty} (h-h_i)^2 f(h)dh \right\} \\ &= \alpha p \left\{ \bar{h} \int_0^{h_i} hf(h)dh + \frac{1}{2} \int_{h_i}^{\infty} h^2 f(h)dh \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2} h_i^2 \int_{h_i}^{\infty} f(h)dh \right\} \end{aligned}$$

여기서  $f(h)$  : 버스도착시간의 확률밀도함수

안내도착예정시간을 결정하는데 상기 총대기시간을 고려하여야 하는데, 최적 안내도착예정시간  $h_i$ 은 상기 총대기시간을 최소화하는 값이 될 것이다. 결국 최적

안내도착예정시간은  $f(h)$ 에 따라서 결정됨을 알 수 있다.

위 총대기시간 수식으로부터 조기도착에 의한 대기시간은  $h_i$ 가 늦을수록 증가함을 알 수 있다. 반면 지연도착에 의한 대기시간은  $h_i$ 가 늦을수록 감소함을 알 수 있다. 따라서 총대기시간을 최소화하는 최적 안내도착예정시간이 존재함을 알 수 있다.

**V. 사례연구**

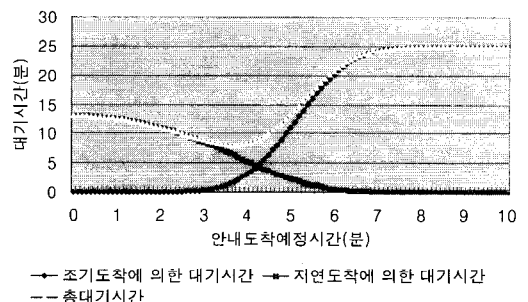
앞서 개발된 모형을 검증하기 위하여, 아래와 같은 가상적인 상황을 가정하여 사례연구를 수행하였다.

- 1) 버스의 평균운행시격은 5분이다.
- 2) 버스의 도착시간은 정규분포를 지니고, 표준편차는 1분이다.

사례연구의 결과를 살펴보면 대기시간은  $h_i$ 의 함수로 <그림 1>과 같이 변화하는 것으로 나타났다. 조기도착의 경우  $h_i$ 가 늦을수록, 즉 예측된 평균도착시간에 비해 늦게 도착한다고 안내할수록 대기시간은 증가한다. 지연도착에 의한 대기시간은  $h_i$ 가 늦을수록 감소한다.

총대기시간은 안내도착예정시간의 함수로 변화하는데, 최적 안내도착예정시간은 총대기시간을 최소화하는 시간이 된다. 본 사례연구에서 최적 안내도착예정시간은 3.7분으로 나타나고 있다. 여기서 최적 안내도착예정시간은 반드시 평균도착시간이 아님을 알 수 있다.

즉, 평균적으로 5분후에 다음 버스가 도착한다고 해도 대기시간을 최소화하는 안내도착예정시간  $h_i$ 은 5분이 아니고 3.7분이 된다는 것이다. 또한 최적 안내



<그림 1> 대기시간의 변화

도착예정시간과 평균 도착시간 사이의 시간차는 평균 도착시간과는 무관하며, 단지 표준편차에 따라 변화함을 알 수 있다. 여러 가지 표준편차 값들에 대해 이 최적 안내도착예정시간이 어떻게 변화하는지를 알아보기 위하여 다음과 같은 상황을 추가로 가정하였다.

- 1) 버스의 평균운행시각은 5분이다.
- 2) 버스의 도착시간은 정규분포를 지니고, 표준편차는 0.1, 0.5, 1~10분(1분 간격)이다.

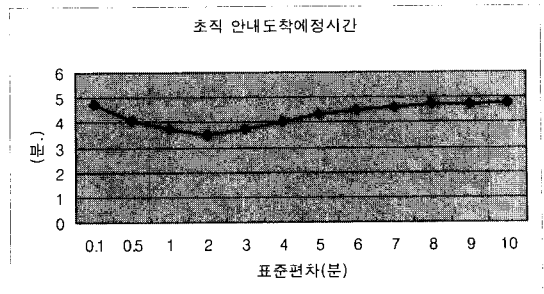
여러 표준편차 값들에 대해 최적 안내도착예정시간은 <표 1> 및 <그림 2>와 같이 산출되었다.

작은 표준편차에 대해서, 즉 버스도착이 정시성을 지니면 최적 안내도착예정시간은 평균도착시간에 가까워져야 함을 알 수 있다. 즉,  $f(h)$ 가 평균  $\bar{h}$ 를 중심으로 집중되어 있으면, 최적

안내도착예정시간  $h_i$ 는  $\bar{h}$ 에 가까워져야 함을 의미한다. 표준편차가 커질수록 최적 안내도착예정시간은 빨라져야 하고, 일정한 값을 지나 표준편차 값이 극도로 커지면 최적 안내도착예정시간은 다시 평균도착시간  $\bar{h}$ 에 가까워져야 함을 알 수 있다. 이는 버스운행이 거의 완벽한 정시성을 지니거나, 정시성이 매우 열악하면 최적 안내도착예정시간은 평균도착시간에 가까워야 하고, 일정한 범위내에서 표준편차가 커지면 최적 안내도착예정시간은 빨라져야 한다고 정리될 수 있다.

최적 안내도착예정시간을 적용하는 경우, 총대기시간은 작은 표준편차의 범위에서 표준편차가 커질수록 증가하고, 큰 표준편차의 범위에서는 표준편차가 감소함을 알 수 있다.

만약 도착예정시간 분포의 예측이 부정확하다면, 앞서 도출한 총대기시간의 기대치는 예측의 오차에 대한 조건부 기대치가 된다. 그러나, 기대오차는 시스템의 운영 이력자료와 함께 예측과정에서 영에 가깝도록 조정될 수 있을 것이다.



<그림 2> 표준편차 변화에 따른 최적 안내도착예정시간

## VI. 결론

본 연구에서는 BIS 시스템에서 제공되는 버스도착 안내정보의 형태에 대한 검토를 기초로 도착예정시간을 안내하는 경우 안내도착예정시간의 함수로 총대기시간을 구하고 최적 안내도착예정시간을 도출하는 모형을 개발하였다. 안내도착예정시간의 함수로 버스도착을 안내된 도착예정시간 보다 일찍 도착하는 조기도착과 늦게 도착하는 지연도착으로 구분하여 각각의 경우에 대한 대기시간의 합으로 총대기시간을 함수화하였다.

모형 및 사례연구를 통하여 BIS 시스템에서 평균도착시간이 안내해야할 최적의 도착예정시간이 아닐 수도 있으며, 이와는 다른 최적 안내도착예정시간이 존재함을 알 수 있었다. 연구보고서, 최적 안내도착예정시간은 작은 범위의 표준편차와 아주 큰 표준편차의 버스통행시간에 대해서 평균도착시간에 가까워져야 하고, 중간 표준편차 범위에서는 표준편차가 클수록 늦게 안내되어야 한다는 결론을 도출하였다.

최적 안내도착예정시간을 제공하면 승객들의 대기시간은 최소화될 수 있었다. 이는 BIS 시스템은 물론 사회 전체에 이득이 되는 일이다.

그러나, 본 연구에서 모형을 개발하는데 있어서 몇 가지 비현실적인 가정이 도입되었다. 예를 들면, 버스

<표 1> 표준편차 변화에 따른 최적 안내도착예정시간

표준편차(분)	0.1	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
최적 안내도착예정시간(분)	4.7	4.1	3.7	3.5	3.7	4.0	4.3	4.5	4.6	4.7	4.7	4.8
총대기시간(분)	$ap \times 1.69$	$ap \times 5.14$	$ap \times 8.04$	$ap \times 11.55$	$ap \times 12.14$	$ap \times 11.15$	$ap \times 9.86$	$ap \times 8.70$	$ap \times 7.71$	$ap \times 6.90$	$ap \times 6.23$	$ap \times 5.67$

가 예정된 스케줄 또는 안내된 도착예정시간보다 일찍 도착하는 경우, 승객의 승하차 직후 곧 바로 출발함을 가정하였는데, 선진국에서는 예정된 시간까지 정류장에서 기다리거나, 운행과정에서 속도를 조절하여 일찍 도착하는 경우가 발생하지 않도록 관리하는 것이 일반적이다. 이밖에도 보다 현실적인 수많은 요소들이 모형의 개발에 반영되어야 하는데 이러한 부분에 대한 추후 연구가 필요하다.

### 참고문헌

1. 고승영(1998), "자동차량위치 측정기법(AVL)을 이용한 버스의 실시간 운행관리 알고리즘 개발," ITS 연구개발 I, 연구보고서, 교통개발연구원.
2. Barnett A.(1973), "On Controlling Randomness in Transit Operations," Transportation Science, Vol. 7.
3. Newell G. F.(1979), "Some Issues Relating to the Optimal Design of Bus Routes," Transportation Science, Vol. 13, No. 1.
4. Seung-Young Kho(1989), "Design of Bus Routes for a Many-to-Few Travel Demand," Ph. D. dissertation, Department of Civil Engineering, University of California at Berkeley.
5. Seung-Young Kho(1998), "A Model of the Optimal Bus Arrival Information for BIS," Proceedings, 8-th World Congress on Intelligent Transport Systems.

- ☞ 주 작 성 자 : 고승영
- ☞ 논문투고일 : 2002. 7. 5
- 논문심사일 : 2002. 8. 1 (1차)
- 심사판정일 : 2002. 8. 1
- ☞ 반론접수기간 : 2003. 2. 28