

버스정보 수집지연시간 최소화 방안 연구

Minimization Method of Data Collection Delay Time for Bus Information System

임 승 국* 김 영 찬** 하 태 준*** 이 종 철****
(Seung-Kook Lim) (Young-Chan Kim) (Tae-Jun Ha) (Jong-Chul Lee)

요 약

본 연구에서는 버스정보시스템 운영과정에서 발생하는 단계별 정보지연시간을 분석하고, 실제 버스정보시스템 운영시 지연시간을 최소화하여 시스템의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 방안에 대해 고찰하였다. 버스정보시스템의 정보지연시간을 최소화할 수 있는 방안을 도출하기 위하여, 정보수집단계에서 발생하는 지연시간 발생요인에 대해 분석하였다. 버스정보 수집단계 무선통신 과정에서 발생하는 호 연결시간을 주요 영향변수로 선정하고, 호 연결시간이 정보지연시간에 미치는 영향을 최소화 할 수 있도록 최적 통신지점(검지지점) 선정에 대한 모형을 제시하였다.

제안된 모형은 무선통신을 수행하는데 소요되는 시간과 차량이 이동하는데 소요되는 시간과의 차이가 최소화되는 지점을 산출하여 실제 버스가 정류소에 도착하는 시간과 정보가 제공되는 시간을 평균적으로 최소화되도록 하였다.

CDMA 통신을 이용한 버스정보시스템을 대상으로 모형을 평가한 결과 제안된 모형식은 정보수집 지연시간을 적절히 산출할 수 있었으며, 산출된 지연시간을 고려하여 최적의 통신지점을 선정함으로써 지연시간을 최소화하여 시스템의 신뢰도를 보다 향상시킬 수 있었다. 본 연구 결과는 그동안 경험적으로만 설정하던 버스정보시스템의 최적 통신지점(검지지점) 결정에 대한 문제에 대한 해법을 명확히 제시한데 그 의의가 있다.

Abstract

In this study, data collection delay time generated in bus information system is analysed and improvement on system reliability by minimizing the delay time is suggested. To minimize the data collection delay time (call setup time), factors on data collection phase are analyzed. Each connecting time that it occurs from wireless communication during data collection phase, is selected as a main effective variable and a model for selecting an optimum communication point to minimize the effect of data delay time by each connecting time is suggested. In this model, minimization of the point between the time carrying out wireless communication and vehicle moving time, is calculated and the difference between the bus arrival time and information delivered time to the passenger is reduced. The test results for the proposed model in BIS using a CDMA (Code Division Multiple Access) communication show that delay time in real system operation has been improved. The minimum data collection delay time based on optimal communication position leads to the better reliability for Bus Information System. This study can be applied to the selection of optimal communication position and detection position instead of empirical methods.

Key words: BIS, CDMA, call setup time, minimum delay time

* 주저자 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정

** 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 교수

*** 공저자 : 전남대학교 토목공학과 교수

**** 공저자 : 광운대학교 전자공학과 교수

† 논문접수일 : 2008년 10월 20일

‡ 논문심사일 : 2008년 11월 12일

† 게재확정일 : 2008년 11월 13일

I. 서 론

1. 연구배경 및 목적

버스의 정시성 향상과 버스 이용자의 심리적 스트레스 감소 등 대중교통 이용편의 증진에 효과가 큰 버스정보시스템(Bus Information System : 이하 BIS라 함)은 2001년부터 국내에 도입되기 시작하여 국내 대도시는 물론 중소도시까지 활발히 구축되고 있다. 버스정보시스템 구축이 활성화됨에 따라 초기 버스정보시스템에 비해 점차 그 기능이 발전하고 있는데, 이러한 발전의 배경은 몇 가지 중요한 환경변화에 기인하고 있다.

버스정보시스템 발전배경의 첫 번째 요소는 구축 범위와 요구기능의 확대이다. 초기 버스정보시스템은 비교적 국지적인 공간을 대상으로 위치정보를 수집하고 도착예정시간을 제공하는 기본적인 기능 위주로 구축되었으나, 점차 구축 범위가 확대되어 광역적인 통신인프라를 필요로 하게 되었으며, 버스운영관리기능의 중요성 증대로 요구 정보가 다양해지고 있다. 두 번째 요소는 기술환경의 변화이다. 정보통신 기술의 발전과 더불어 초기 버스정보시스템에 적용 가능한 무선통신기술(망)은 비콘, 전용 단거리 무선통신(Dedicated Short Range Communication : 이하 DSRC라 함) 등의 주로 자가망으로 상당히 제한적이었으나, 통신 기술의 발전으로 상용의 기간통신망인 무선데이터통신, CDMA 통신(Code Division Multiple Access, 코드분할다중접속), TRS(Trunked Radio System, 주파수공용통신) 등이 이용 가능해졌다. 세 번째 요소는 시장환경의 변화이다. 과거에 비해 광역 기간통신망의 통신요금이 낮아지면서, 자가망보다 우수한 경제성을 갖게 되었다 [1].

버스정보시스템의 발전과 더불어 과거에는 중요한 고려요소가 아니었던 문제들이 이제는 중요한 고려요소로 부각되고 있는데, 이중 대표적인 것이 무선통신에 소요되는 시간이다. 상용통신망 중 일부는 통신을 시도하는 시점과 실제 통신이 이루어지는 시점간에 차이가 발생하는데, 이로 인해 정보

수집시 지연이 발생하게 된다. 버스정보시스템에서 정보지연시간이란 실제 차량이 정류소에 도착하는데 소요되는 시간과 검지된 정보가 센터를 통해 정류소에 대기하는 승객에게 제공되는 시간과의 차이로 정의할 수 있다. 즉, 실제 차량이 정류소에 도착하는 시간보다 정보제공이 늦거나 빠른 경우 오차가 발생하게 되고, 정보는 실제 차량의 도착대비 조기제공 또는 지연제공의 현상이 발생하게 된다.

상용 무선통신망 중 CDMA통신은 상용통신망 중 가장 뒤늦게 버스정보시스템에 적용되었으나, 광역적인 통신영역과 안정성 등의 장점으로 주로 광역적인 버스정보시스템 구축에 활용되고 있다. 그러나 CDMA통신 방식의 고유한 특성으로 인해 통신 접속에 소요되는 시간이 여타 무선통신에 비해 크게 발생하는 문제점을 갖고 있다. 이에 본 연구에서는 CDMA통신 방식을 이용해 버스정보시스템을 구축, 운영할 때 정보검지, 수집단계에서 발생하는 통신지연시간을 최소화 할 수 방안에 대해 연구하고자 한다.

2. 버스정보시스템 구축 현황

버스정보시스템 구축에 필요한 핵심 두 가지 기술은 위치추적기술과 무선통신기술로 구분된다. 위치추적기술은 실시간으로 차량의 위치를 검지하기 위한 기술이며, 무선통신기술은 검지된 정보를 실시간으로 센터로 전송하기 위한 기술로 버스정보시스템 구축에 핵심적인 기술이다.

초기 버스정보시스템은 비콘과 DSRC 등 자체 구축한 위치추적기술과 무선통신망이 주류를 이루었다. 2003년 서울시는 버스운영관리시스템(Bus Management System : 이하 BMS라 함)을 구축하는데 있어 최초로 상용통신망인 무선데이터통신망을 적용하여 기존 자가망의 단점인 유지관리의 어려움과 초기 구축비 부담을 동시에 해소함과 더불어 기술적 적용 가능성을 실현함으로써 성공적인 시스템을 구축하였다.

이후 많은 지자체에서 무선데이터통신망을 이용하여 버스정보시스템을 구축하였으나, 무선데이터

<표 1> 국내 버스정보시스템 구축 기술 현황
 <Table 1> Applied technique to bus information system in Korea

시기	위치추적기술	무선통신기술	비고
2001	위치비콘	통신비콘	부천시 등
2002	위치비콘	통신비콘	안산시 등
2003	GPS	통신비콘	부산시 등
	GPS	DSRC	대전시 등
	GPS	무선데이터통신	서울시 등
2004	GPS	무선데이터통신	사당수원 등
	GPS	CDMA통신	원주시 등
2005	GPS	무선데이터통신	마산창원 등
	GPS	CDMA통신	대구시 등
2006	GPS	무선데이터통신	천안아산 등
	GPS	CDMA통신	광주시 등
2007	GPS	무선데이터통신	인천시 등
	GPS	CDMA통신	경기도 등

통신망은 통신 가능영역이 일부 도시지역으로 제한되는 한계가 있었다. 2004년 원주시에서는 국내 최초로 기간 이동통신망인 CDMA통신 방식을 적용하여 지역적 제한에서 보다 자유로운 버스정보시스템을 구축하였다. 이후 국내 버스정보시스템에서 무선데이터통신과 CDMA통신이 양강 구도를 나타내고 있다.

II. 관련문헌 고찰

버스정보시스템의 도착예정시간 정보에 대한 연구는 국내외적으로 많은 연구사례를 찾아볼 수 있으나, 버스정보의 수집과정에서 발생하는 오차에 대한 연구는 연구사례가 극히 드문 형편이다. 특히, 무선통신의 특성에 따른 통신지연시간을 고려한 시스템 구현방안에 대한 연구는 거의 사례를 찾아볼 수 없다.

김승일(2006)은 버스정보시스템 정류소도착예정시간의 시스템오차 연구에서 시스템오차를 정보수집주기오차, 정보가공단계 발생오차, 정보제공단계 발생오차로 구분하고, 시스템적 오차를 보정할 수 있는 방안을 연구하여, 버스도착예정시간 정보에

시스템적 오차가 존재함을 증명하고, 오차의 평균값 구조를 통계적으로 규명하여 보정방안을 제시하였다. 이 연구에서는 버스정보시스템의 각 단계별로 발생하는 오차를 규명한 후 이를 보정하여 버스도착예정시간의 정확도를 향상시키는 방안을 제시하였다 [2].

고승영(2002)은 버스도착시간 정보에 대한 연구에서 버스정보시스템에서 제공되는 버스도착안내정보의 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 함수화 하였다. 이를 통해 평균도착시간이 안내해야할 최적의 도착예정시간이 아닐수도 있으며, 이와는 다른 최적 안내도착예정시간이 존재함을 제시 하였다 [3].

그간의 버스정보시스템 시스템적 오차 연구는 주로 도착예정시간 등과 같은 최종적으로 제공되는 정보의 정확도 측면에서 연구가 진행되었다. 그러나 버스도착예정정보와 같은 제공정보의 신뢰도를 결정하는 원천적인 수집정보의 수집오차에 대한 연구는 부족한 실정이다.

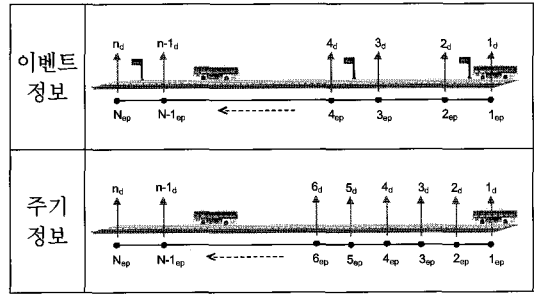
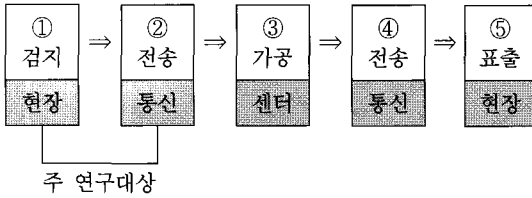
III. 버스정보시스템 개요

버스정보시스템의 정보처리절차는 차량단말기에서 위치를 검지하여 정보를 생성하는 검지단계, 생성된 정보를 실시간으로 센터로 전송하는 전송단계, 전송된 정보를 도착예정시간, 앞뒤차간격 등의 정보로 가공하는 가공단계, 가공된 정보를 현장장치로 전송하는 전송단계, 전송된 정보를 이용자에게 제공하는 표출단계로 구분할 수 있다.

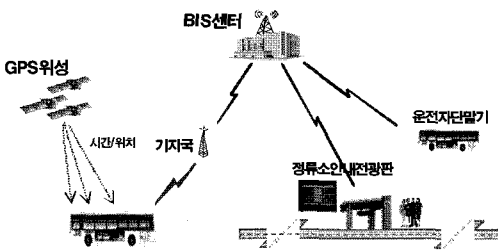
1. 버스정보 검지단계

버스정보시스템을 운영하는데 필요한 정보는 정

<표 2> 버스정보시스템 정보처리 절차
 <Table 2> Phase of information process in bus information system



<그림 2> 이벤트정보와 주기정보 검지 개념도
 <Fig. 2> Concept of detection event and polling informations



<그림 1> 버스정보시스템 구성도
 <Fig. 1> Mechanism of bus information system

보의 생성 특성에 따라 이벤트성 정보와 주기성 정보로 구분한다.

1) 이벤트성 정보

이벤트성 정보는 정류소 도착/출발, 교차로 통과, 출발 상황 등 특정 조건을 만족하는 이벤트가 발생할 때 생성되는 정보로 발생한 이벤트 종류, 좌표, 시간 등의 정보로 구성되며, 버스정보시스템을 운영하는 핵심 정보로 이용된다.

2) 주기성 정보

주기성 정보는 이벤트성 정보와는 달리 일정한 간격으로 생성되는 정보로서 차량의 위치를 연속적으로 파악하고, 도로의 소통 상태를 간접적으로 파악하여 버스도착예정시간 등의 가공정보를 보정하기 위한 목적으로 이용된다.

2. 버스정보 전송단계

버스정보시스템에서 버스정보 수집은 정보의 검

지단계와 전송단계로 이루어지며, 정보의 검지와 전송의 메커니즘에 의해 버스정보 수집시간이 결정된다. 버스는 정해진 경로를 주행하면서 검지 또는 발생된 정보를 센터로 실시간으로 전송하기 위해 통신 기지국(통신망)과의 통신 연결 및 단절을 반복 수행한다. 이러한 과정을 보다 구체적으로 기술하면, DTE(Data Terminal Equipment, 무선모뎀과 기지국) 장치들 사이에 스위칭형 호출을 설정하는 것인데 이를 호 연결(Call Setup)이라 하며, 호를 연결하는데 소요되는 시간을 호연결시간(Call Setup Time : 이하CST라 함)이라 한다 [4].

1) Call Setup이 없는 경우

Call Setup이 없는 경우는 통신을 하기 위해 준비하는 시간이 필요치 않으므로(또는 1초이내) 지연시간 없어 즉시 통신이 이루어지는 장점을 갖는 반면, 통신 기지국간 Hand Over가 이루어지지 않아 기지국과 기지국 사이에서 통신 장애가 발생할 가능성이 높아지는 단점을 갖는다. 대표적인 통신방식으로는 비콘통신과 무선데이터통신 등이 있다.

2) Call Setup이 있는 경우

Call Setup이 있는 경우에는 기지국과 기지국간 Hand Over가 가능하여 통신 안정성이 증가하고, 보안성이 높아지는 장점을 갖으나, Call Setup에 일정 시간이 소요되어 통신 시도와 동시에 정보 전송이 이루어지지 않는 단점을 갖는다. 대표적인 통신방

식은 CDMA통신으로 일반적으로 4~5초가 소요 되는 것으로 알려져 있다.

3. 버스정보 가공 및 제공단계

버스정보시스템의 궁극적인 목적은 정류소에 대기하는 버스 이용자에게 버스가 언제 도착할지를 알려주는 도착예정시간 제공에 있다. 차량단말기로부터 수집된 정보는 센터에서 각 차량 및 정류소 단위로 가공 처리되어 최종적으로 정보제공 장치를 통해 이용자에게 제공된다. 정보제공의 대표적인 수단으로 인터넷, 모바일(Mobile), 자동응답시스템(Automatic Response System : 이하 ARS라 함), 정류소안내기(Bus Information Terminal : 이하 BIT라 함) 등이 있다.

IV. 지연시간(Delay Time) 분석

버스정보시스템은 실시간으로 정류소별 도착예정시간을 안내하는 시스템으로 실시간성이 여타 시스템에 비해 매우 중요한 요소이므로 수초의 오차도 시스템의 신뢰성에 많은 영향을 미치며, 정보의 수집, 제공과정에서 지연시간이 발생할 경우 정보 가치가 급격히 저하되는 특징을 갖는다. 따라서, 버스정보시스템에서 각 단계별로 처리하는데 소요되는 시간의 제어가 매우 중요한데, 버스정보시스템에서 지연시간이 발생하는 단계 수집단계, 가공단계, 제공단계로 나눌 수 있다 [2].

<표 3> 단계별 발생가능한 정보처리 지연시간
<Table 3> Delay time for each process phase

발생단계	지연시간	비고
수집단계	정보검지 후 전송에 소요되는 시간	확률밀도 함수분포
가공단계	시스템 연산처리에 소요되는 시간	절대치 (상수)
제공단계	가공정보의 전송 및 안내매체 화면상에 정보가 표출되기까지 소요되는 시간	확률밀도 함수분포

1. 수집단계 지연시간

수집단계 지연시간은 정보검지 후 센터까지 데이터 전송에 소요되는 시간으로 차량단말기와 기지국, 기지국과 센터간 통신시간에 의해 결정된다. 일반적으로 기지국과 센터간은 유선통신을 수행하므로 특별한 장애가 발생하지 않는 한 유선구간에서 발생하는 지연시간은 1초미만에 지나지 않는다. 반면, 차량단말기와 통신기지국 구간은 무선통신을 수행하므로, 통신연결시간, 즉, CST가 소요되며, Call Setup에 소요되는 시간에 의해 지연시간의 크기가 결정된다. 또한, 1회 통신시도 만에 곧바로 통신에 성공할 수 있으나, 실패할 경우도 있으므로 통신 실패로 인하여 정보 전송이 더욱 더 지연될 수 있다. 따라서, 정보 수집단계의 지연시간은 통신에 소요된 시간과 통신시도횟수(또는 실패횟수), 실제 정보 전송시간으로 정의할 수 있다.

$$dt_c = f(t_c, n_c, t_d) \tag{1}$$

여기서, dt_c : 수집단계 지연시간(sec)

t_c : Call Setup Time(sec)

n_c : 통신시도횟수

t_d : 정보전송시간(sec)

2. 가공단계 지연시간

센터 시스템은 개별 차량으로부터 수집된 개별 정보를 데이터베이스(Database, DB)에 입력한 후 운행노선을 구분하고, 현재 노선을 운행하는 전체 차량 및 정류소의 상대적 위치를 산출하여 앞으로 경유 예정인 개별 정류소별로 도착예정시간 및 전후방 차량과의 시간간격 등의 정보를 산출한다. 이러한 연산처리는 동시에 운행하는 전체 노선별 차량, 정류소를 대상으로 처리되는 것으로 센터 시스템의 성능에 따라 좌우되나 일반적으로 수초에서 수십초에 이를 수도 있으며 보통 시스템별로 모든 차량에 대하여 일정한 값을 가진다.

$$dt_p = K \quad (2)$$

여기서, dt_p : 가공단계 지연시간(sec)

K : 상수(sec)

3. 제공단계 지연시간

제공단계에서 발생하는 지연시간은 BIT의 정보 표출 능력과 정보갱신 주기에 의해 결정된다. 일반적으로 BIT는 노선단위로 정보를 제공하는데, BIT가 동시에 제공할 수 있는 노선 수가 제한되어 한 화면에 모든 정보를 표출할 수 없어 순차적으로 회전하며 정보를 표현한다. 이로 인해 노선수가 많은 경우에는 갱신된 정보를 수신한 후 즉시 정보를 표출하지 못하고 해당 노선 표출 순서가 될 때까지 대기하는 시간이 발생하게 된다. 또한, 센터에서 BIT에 정보를 전송하는 방식에 따라 차이가 있으나 센터에서 BIT로 정보를 전송할 때 일정 주기로 전송하게 되는데, 보통 10초 내외의 주기를 갖게 된다. 이로 인해 새로운 정보가 생성되었다 하여도 정보가 즉시 BIT에 전송되지 못하여 지연시간이 발생하게 된다.

$$dt_d = f(t_p, t_f, n_r) \quad (3)$$

여기서, dt_d : 제공단계 지연시간(sec)

t_p : 정보제공주기(sec)

t_f : 단위화면 표출지속시간(sec)

n_r : 해당 정류소 정보제공 노선수(개)

수집단계, 가공단계, 제공단계에서 발생하는 지연시간은 결국 각 단계별로 정보를 처리하는데 소요되는 시간으로서 시스템 운영에 필수적으로 필요한 시간으로 제어대상이 아닐 수도 있다. 특히, 가공단계에서 발생하는 지연시간은 연산에 필요한 시간으로 시스템 사양 및 DB 구조에 따라 그 시간이

결정되며, 최적화된 시스템과 그렇지 않은 시스템 간 시간차이가 1초 이하로 인지 가능한 범위가 아닐 수 있다.

제공단계에서 발생하는 지연시간은 정보제공주기 및 화면표출대기시간, 단위화면지속표출시간 등에 의해 결정되는 것으로 확률적으로 정규분포를 따르며, 제공하는 노선수가 적거나, 정보제공매체가 여러 노선 정보를 동시에 표출할 수 있을 경우 지연시간이 발생하지 않을 수 있다. 또한, 정보제공매체의 정보제공 시나리오에 따라 최신정보를 우선 표출하는 전략을 구사할 경우 역시 지연시간을 최소화 할 수 있으므로 시스템 운영기법의 차이로 해석할 수 있다. 정보수집 단계에서 발생하는 지연시간 역시 시스템 특성에 따라 그 크기가 서로 다를 수 있으나, CST가 가장 큰 것으로 알려진 CDMA통신에서는 이에 대한 조정이 시스템 신뢰도에 미치는 영향이 매우 크게 나타날 수 있다.

즉, 정보가공 및 제공단계에서 발생하는 지연시간은 시스템의 H/W, S/W적인 성능 및 정보운영 전략에 큰 영향을 받는 것으로 시스템적 제어 대상이 아닌 반면, 정보수집단계의 지연시간은 무선통신과 정에서 발생하는 것으로 정보 검지 및 전송의 구조를 최적화 할 경우 지연시간을 제어 할 수 있다.

V. 지연시간 산출 모형

일반적으로 정류소 도착정보는 정류소 중심점을 기준으로 수십미터 전방을 미리 설정하여 정류소 도착을 검지한다. 차량이 정류소 도착 검지지점을 통과하게 되면 정류소 도착정보가 생성되고, 생성된 정보는 무선통신을 통해 센터로 전송된다. 이때, 무선통신은 정보를 전송하기 위해 통신기지국과 연결을 시도하고 기지국과 연결이 완료되면 비로소 정보를 센터로 전송하게 된다. 이 과정을 세분화 하면, 통신모뎀과 통신기지국간 통신을 하기 위해 호를 연결하는 Call Setup단계와 Call Setup 후 정보전송단계로 나눌 수 있는데, 상대적으로 많은 시간이 소요되는 단계가 Call Setup 단계이다. 이러한 일련의 정보수집, 가공, 제공단계의 소요시간을 수식으로

로 정리하면 식 (4)와 같다.

$$T_s = nt_c + (n-1)t_r + t_d \quad (4)$$

여기서, T_s : 정보수집 총소요시간(sec)

n : 무선통신시도횟수(1 ~ 3회)

t_c : Call Setup Time(sec)

t_r : 통신재시도까지 소요되는 시간(sec)

t_d : 정보 전송 시간(sec)

식 (4)에 따르면 정류소 도착정보 생성부터 제공까지 소요되는 시간은 무선통신시도횟수(n), CST(t_c), 통신재시도까지 소요되는 시간(t_r), 정보전송 시간(t_d)에 의해 결정된다.

반면, 정류소 도착정보가 생성되어 제공되기까지 소요되는 시간(T_s) 동안 실제 차량은 일정 속도로 주행하여 정류소에 도착하게 되는데, 실제 차량이 정류소 도착정보 검지지점부터 정류소중심점까지 소요되는 시간(T_r)은 식 (5)와 같이 정의 할 수 있다.

$$T_r = \frac{d}{v} \quad (5)$$

여기서,

T_r : 실제 도착소요시간(sec)

d : 실검지지점과 정류소중심점간거리(m)

v : 실검지지점과 정류소중심점간 차량속도(m/sec)

정보지연시간은 시스템적으로 정보 수집, 가공, 제공에 소요되는 시간과 실제 차량이 도착검지지점으로부터 정류소중심점에 도착하는데 까지 소요되는 시간의 차이로 정의되므로, 식 (4), (5)에 의해 정보지연시간은 식 (6)과 같이 정의할 수 있다.

$$e = |T_s - T_r| = \left| nt_c + (n-1)t_r + t_d - \frac{d}{v} \right| \quad (6)$$

즉, 정보지연시간은 CST와 통신시도(실패)횟수, 정보가공 및 제공 시간, 차량의 속도, 실검지지점과 정류소중심점간 거리의 함수로 표현할 수 있다. 식 (6)에서 실제 정보수집시스템에서 제어할 수 있는 변수는 실제 검지지점부터 정류소중심점까지의 거리(d)가 유일하다. 따라서, 거리(d)를 조정하여 전체 정보지연시간이 최소화되는 지점을 선정하는 것이 실제적으로 정보지연시간을 최소화할 수 있는 방안이다. 식 (6)을 거리(d)로 재정리하면 식(7)과 같다.

$$d = v [nt_c + (n-1)t_r + t_d] \quad (7)$$

식 (7)에, CST(t_c) 0초, 무선통신시도(n) 1회, 차량속도(v) 1m/sec, 정보전송시간(t_d) 1초인 경우를 가정하면 정류소 도착을 검지하는 지점은 실제 정류소 중심점보다 1m 전방에 설정해야 함을 알 수 있다. 개별 정류소별로 차량의 접근속도와 CST는 현장 교통상황 및 통신환경에 따라 각각 다르게 나타나므로 개별적으로 다른 거리값으로 최적화는 하는 것은 현실적으로 한계가 있다. 따라서, 평균 통행속도와 평균 CST를 이용하여 최적의 대표거리를 산출할 필요가 있다. 이 경우, 통신시도횟수는 모두 1회에 성공한다고 가정하면, 식 (7)은 식(8)과 같이 간략히 정리할 수 있다.

$$d^* = \bar{v} t_c + \bar{v} t_d \quad (8)$$

여기서, d^* : 최적 도착정보 검지거리

\bar{v} : 평균 통행속도(m/s)

\bar{t}_c : 평균 Call Setup Time(sec)

\bar{t}_d : 평균정보 전송 시간(sec)

VI. 적용 및 평가결과

1. 민감도 분석

식 (6)의 개별 변수에 일정 범위의 값을 연속적으

로 입력하며 정보지연시간의 변화를 분석하는 민감도 분석을 실시하였다. 통신지점은 정류소 중심점(0m)을 기준으로 100m까지 변화시키고, CST는 0초에서 10초까지를 범위로 설정하였다. 그 밖의 변수의 입력값은 <표 4>와 같다.

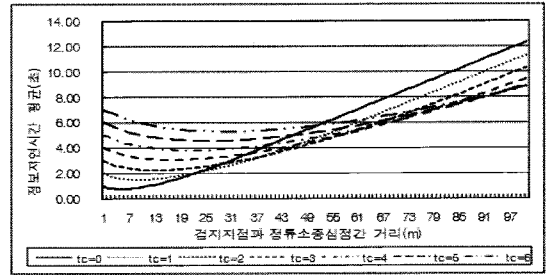
<표 4> 민감도 분석 개요
<Table 4> Parameters for sensitivity analysis

구 분	값(범위)
통신시도횟수(n)	1
거리범위(d)	0 ~ 100 m
속도범위(v)	1 ~ 30 m/s
CST 범위(t _c)	1 ~ 10 sec
정보전송시간(t _d)	1 sec

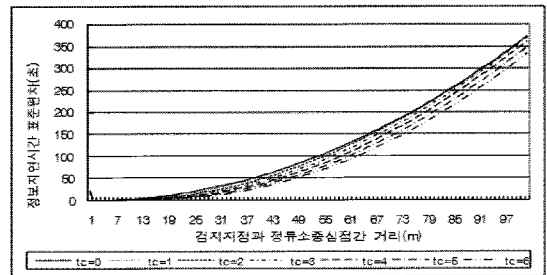
민감도 분석 결과, 평균 CST가 0초일 경우 정보지연시간이 최소가 되는 통신지점은 4m, 5초일 경우 24m로 산출되었다. 평균 CST의 변화에 따라 정보지연시간이 최소가 되는 통신지점은 <표 5>와 <그림 3>과 같으며, <그림 4>는 평균 CST에 따른 정보지연시간의 표준편차를 나타내고 있다.

<표 5> 평균 CST별 최적 통신지점 산출결과
<Table 5> Optimal communication point for each average CST

평균 CST	통신지점	평균	표준편차	분산
0	4	0.76	0.23	0.48
1	8	1.51	0.92	0.96
2	12	2.27	2.07	1.44
3	16	3.02	3.68	1.92
4	20	3.78	5.76	2.40
5	24	4.54	8.29	2.88
6	28	5.29	11.28	3.36
7	32	6.05	14.74	3.84
8	36	6.81	18.65	4.32
9	40	7.56	23.03	4.8
10	44	8.32	27.86	5.28



<그림 3> CST의 변화에 따른 평균 정보지연시간
<Fig. 3> Average time delay for each average CST



<그림 4> CST의 변화에 따른 정보지연시간 표준편차
<Fig. 4> Standard deviation of delay time for each average CST

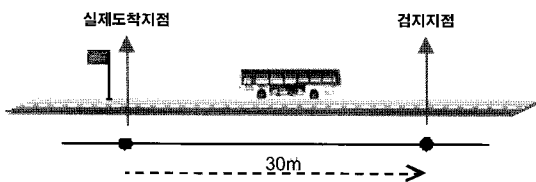
평균 CST가 증감 할수록 최적 통신지점 역시 증가하는데, 이는 통신지점과 정류소중심점간 거리가 커질수록 해당 구간내에서 발생하는 차량의 속도 변화가 증가함에 따라 발생하는 것이다.

2. 현장 적용 평가

정보지연시간 산출 모형 평가를 위해 <표 6>와 같이 현장조사를 실시하였다. 조사방법은 시험 차량을 이용하여 미리 설정된 경로상의 “정류소 도착 정보”를 생성하도록 하였으며, 정류소별 CST, 정보전송시간, 차량속도를 측정하였다.

<표 6> 현장조사 개요
<Table 6> Summary of field test

구분	내용
조사내용	정류소별 CST, 차량속도 등
조사방법	차량단말기를 탑재한 실험차량 운행 3대
조사일자	2008년 8월 15일
조사대상	720번노선(성남시(남한산성)~수원시(서수원))
통신지점	정류소중심점으로부터 전방 30m
통신실패 처리방법	1회 통신시도 지속시간 15초 (15초 동안 통신접속이 안될 경우 재시도)



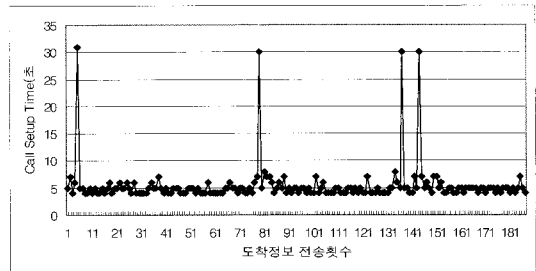
<그림 5> 도착정보 검지 및 통신 지점
<Fig. 5> Detection and Communication point to bus stop arrival information

<그림 5>는 개별 정류소에서 정류소 도착을 검지하는 방법을 도식한 것으로 실제 정류소 중심점으로부터 30m전방에서 정류소 도착정보를 검지하여 전송하도록 설정하였다.

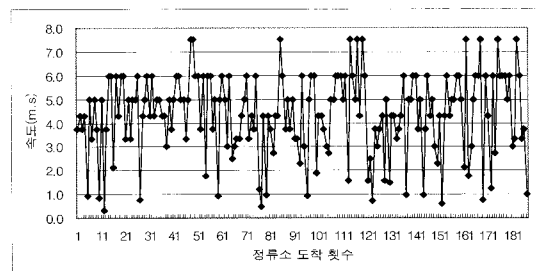
조사 결과 187개 정류소에서 도착정보를 수집하였고, 평균 CST는 5.39초, 평균 정보전송시간은 0.77초로 나타났으며, 통신시도 1회에 성공한 횟수가 183회, 2회에 성공한 횟수가 4회로 나타났다. <그림 6>와 <그림 7>은 현장조사에 나타난 CST와 구간내 차량속도의 분포를 나타내고 있다.

<표 7> 현장실험 결과와 최적 통신지점 산출결과
<Table 7> Summary of test result and result of optimal communication point

구분	결과
평균 Call Setup Time (t_c)	5.39 초
평균 전송소요시간 (t)	0.77 초
평균 접근 속도 (v)	4.3 m/s
최적 도착정보 검지거리 (d)	26.5 m

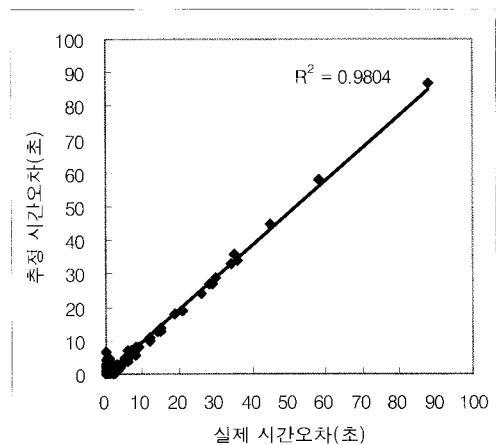


<그림 6> 정류소별 Call Setup Time 분포
<Fig. 6> CST for each bus stop



<그림 7> 30m 구간내 평균 버스 속도
<Fig. 7> Average bus speed in 30m

정보지연시간 분석을 위해서 실제 현장테스트를 통해 산출된 시간오차와 <식 6>을 통해 산출한 시간오차를 비교한 결과, <그림 8>과 같이 높은 상관관계(R^2 0.9804)를 보이며 우수한 추정력을 보였다.



<그림 8> 실험값 vs 추정값 비교결과
<Fig. 8> Comparison test result to model result

또한, <표 7>의 현장 실험 결과를 <식 8>에 대입하여 최적 도착정보 검지지점을 산출하면 26.5m로 현장 실험에서 설정한 30m보다 3.5m 앞으로 조정하여 도착정보를 검지하는 것이 최적인 것으로 나타났다.

VII. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 버스정보시스템의 정보지연시간 오차를 최소화할 수 있는 방안을 도출하기 위하여 주로 정보수집단계에서 발생하는 정보수집 지연시간을 최소화하는 통신지점 설정에 대한 연구를 수행하였다. 그 결과, 정보수집단계에서 가장 큰 영향을 미치는 무선통신의 CST를 고려하여 최적의 통신지점을 선정할 수 있는 방안을 제시하였다. 버스정보시스템 구축시 이용하고자 하는 무선통신망의 특성을 조사하여 본 연구에서 제안한 평가식을 적용하여 사전에 지연시간을 최소화 할 수 있는 통신지점을 선정하면 버스정보시스템의 성능을 보다 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

나아가, 본 연구결과는 버스정보시스템의 정보제공 전략에 따라 수집단계의 정보지연시간을 고려하여 운영전략을 수립할 수 있는 가능성을 제시하였다. 즉, 정부수집단계에서 발생하는 지연시간 오차를 예측하여 정보제공단계에서 이를 고려한 전략을 수립할 수 가능성을 제시하고 있다. 또한, 운영전략

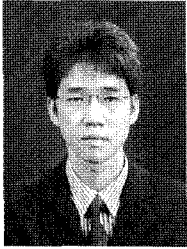
에 따라서는 일정한 평균 지연시간 오차를 허용하면서 표준편차와 분산을 낮게 운영할 수도 있으며, 표준편차와 분산의 변동성을 일부 허용하면서 총량적인 평균값을 낮게 운영할 수 있는 등의 운영전략을 선택적으로 수립할 수 있는 기초적인 분석방법론을 제시한데 그 의미가 있다.

본 연구에서는 정보제공단계에서 발생하는 정보표출지연시간과 센터에서 정보가공 및 정보제공주기로 인해 발생하는 지연시간에 대해서는 깊이 있게 다루지 않았으나, 개별 시스템마다 이를 평가하여 적용할 경우 보다 높은 정확한 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 경기도 대중교통종합계획수립 연구 최종보고서, "6.버스서비스고급화", pp. 375~376, 2006. 12.
- [2] 김승일, 김영찬, 이청원, "버스정보시스템(BIS) 정류장도착예정시간 시스템오차 연구," 대한교통학회지, 제24권, 제4호, pp. 120~126, 2006. 6.
- [3] 고승영, "버스도착시간 정보에 대한 연구," 대한교통학회지, 제20권, 제5호, pp. 178~180, 2002. 10.
- [4] 류봉석, "CDMA 1x망에서 PoC 서비스의 call setup delay 개선 방법에 관한 연구," 석사논문, 연세대학교, pp. 3~4, 2004. 6.

저자소개



임 승 국 (Lim, Seung-Kook)

2008년 3월~현재 : 서울시립대학교 박사과정(교통공학전공)
 2006년 9월~현재 : 경기도 대중교통과 교통전문직
 2005년 7월~2006년 9월 : 경기개발연구원 교통정책연구부 연구원
 2002년 1월~2005년 7월 : (주) 로티스 주임연구원
 2000년 3월~2002년 2월 : 서울시립대학교 교통공학과 공학석사
 1993년 3월~1997년 2월 : 충북대학교 도시공학과 공학사



김 영 찬 (Kim, Young-Chan) (교신저자)

1996년 3월~현재 : 서울시립대학교 교통공학과 교수
 1993년 3월~1996년 2월 : 명지대학교 교통공학과 교수
 1991년 12월~1993년 2월 : 도로교통안전협회 연구소 연구위원
 1991년 1월~1991년 12월 : 교통개발연구원 선임연구원
 1987년 1월~1990년 12월 : 텍사스A&M대학교 토목공학과 공학박사
 1983년 3월~1985년 2월 : 서울대학교 토목공학과 공학석사
 1979년 3월~1983년 2월 : 서울대학교 토목공학과 공학사



하 태 준 (Ha, Tae-Jun)

1999년 2월~현재 : 전남대학교 토목공학과 교수
 1996년 9월~1998년 12월 : 동국대학교 토목공학과 겸임교수
 1996년 5월~1999년 2월 : 도로교통안전협회 교통과학연구원 선임연구원
 1990년 9월~1994년 4월 : 위스콘신대학교 토목공학과 공학박사
 1987년 2월~1990년 2월 : 오하이오주립대학교 토목공학과 공학석사
 1979년 3월~1984년 2월 : 동국대학교 토목공학과 공학사



이 중 철 (Lee, Jong-Chul)

1998년 4월~현재 : 광운대학교 공과대학 전파공학과 교수
 1996년 3월~1998년 3월 : 광운대학교 전파공학과 전임강사
 1994년 6월~1996년 2월 : 현대전자시스템IC 선임연구원
 1990년 1월~1994년 5월 : 텍사스A&M대학교 전자공학과 공학박사
 1987년 8월~1989년 12월 : 애리조나주립대학교 전자공학과 공학석사
 1983년 3월~1985년 2월 : 한양대학교 전자공학과 공학석사
 1979년 3월~1983년 2월 : 한양대학교 전자공학과 공학사