

■ 論 文 ■

부천시 사례를 통한 버스정보시스템 운영효과 분석

An Analysis on the Efficiency of Bus Information Systems in Bucheon City

배 덕 모

(부천시청 교통행정과 교통기획팀장)

목 차

- | | |
|----------------------|---------------------|
| I. 서론 | 1. 제공정보의 종류 |
| 1. 연구의 배경 및 목적 | 2. 버스도착시간 예측모형 |
| 2. 연구의 범위 | IV. 부천시 BIS 운영효과 분석 |
| II. BIS의 개념 및 방식별 구분 | 1. 구축시스템 개요 |
| 1. BIS의 개념 | 2. 운영효과 분석 |
| 2. BIS의 방식별 구분 | V. 결론 및 향후 과제 |
| III. BIS의 정보제공 방안 | 참고문헌 |

Key Words : 버스정보시스템(BIS), 비콘(Beacon), GPS, 위치개념의 정보제공, 시간개념의 정보제공

요 약

부천시에서는 대중교통이용 활성화를 위하여 2000년 12월 비콘방식의 버스정보시스템을 구축하고 22번 시내버스 노선에서 운영 중에 있다. 본 연구에서는 부천시의 버스정보시스템 도입사례를 통해 운영효과를 분석하였다. 운영효과는 크게 도착시간 정보의 신뢰도 평가와 버스정보시스템 도입에 대한 이용자의 만족도에 대하여 분석하였다.

도착시간 정보제공 서비스의 신뢰도 평가결과 정류소간 주행시간뿐만 아니라 이전 운행의 주행시간 이력자료 또한 일정한 패턴을 형성하지 못하여 도착시간 정보제공용 자료로 직접 활용하기에는 부적합함을 발견하였다. 이를 개선하기 위하여 기존 도착시간 예측모형을 적용한 결과 신경망 모형이 가장 우수하게 평가되었으며, 버스정보시스템의 도착시간 예측알고리즘으로 적용가능함을 알 수 있었다.

본 연구에서는 국내에 아직까지 GPS 방식의 버스정보시스템이 구축되지 못한 관계로 불가피하게 부천시의 사례에 한정된 운영효과평가를 수행할 수밖에 없었다. 향후 첨단교통모델도시의 구축으로 GPS 방식의 버스정보시스템이 구축될 경우 두 가지 방식에 대한 직접적인 비교평가가 가능하리라고 판단된다. 또한, 버스도착 예측정보의 신뢰성 제고를 위해 예측력 있는 모형의 개발이 요구되며 아울러 노선버스의 운행에 영향을 미치는 요소들에 대한 연구가 추가되어야 할 것이다.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

자가용 승용차의 보급 및 도시생활권의 확대로 인한 교통량의 증가와 통행거리의 증가는 심각한 교통난을 초래하였으며 도로의 확장이나 신설로 해결될 수 있는 문제가 아니라는 것은 누구나 공감하는 사실이다.

수도권의 경우 승객의 대량 수송을 위한 지하철과 전철망 확충에 지속적인 투자를 한 결과 1989년 18.8%에 불과하던 분담율을 1997년에는 30.8%까지 증대시켰다. 반면 같은 기간동안 버스의 경우는 47.3%의 수송분담율이 29.5%로 급감하게 되었다.¹⁾

버스의 분담율이 감소한데는 지하철 및 전철망 확충이 주요한 원인이라고 할 수 있겠으나, 정시성 미확보, 난폭운전, 무정차, 노선체계의 부적절 등과 같은 승객에 대한 버스차체의 서비스 수준저하도 한 원인으로 들 수 있다.

대부분의 국가가 노선버스의 운영을 직접 공공부문에서 담당하고 있으나 우리나라와 같이 민간에서 운영하는 경우는 시민들을 위한 공익성만을 추구 할 수 없는 입장이며 노선의 선정 또한 사업자와 공공이 협의하여 시행할 수밖에 없는 실정이다.

이러한 이유로 노선버스 업체의 채산성 악화가 가중되고 있으며, 공공적 성격을 지닌 버스업체의 노선 폐지 및 면허 반납 등의 발생으로 시민의 욕구에 부응하지 못하고 있는 상황이다.

이를 개선하기 위하여 지방자치단체에서는 버스노선 개편, 공동배차제 등의 많은 개선안을 시행하였으나, 시민·업체·공공부문의 합의 도출은 매우 어려우며 실행력이 없는 계획이 되고 있음을 여러 사례에서 볼 수 있다.

최근에는 인터넷을 비롯한 통신의 발달로 행정에 대한 시민들의 참여와 적극적인 의사표현이 이루어지고 있는데, 부천시의 경우 전체 민원 중 교통부문이 50%를 상회하고 있으며, 그 중에서 45.3%가 노선버스의 정시성 부족 및 운전기사의 불친절, 무정차 통과 등에 관한 것이다.

정시성 부족으로 인한 불규칙한 배차간격은 운행정

보에 기초한 과학적인 배차관리가 이루어지지 못한다면 기인한 결과로 극심한 차내혼잡이나 낮은 재차율과 같은 비효율적인 버스운행의 결과를 낳게 된다.

이러한 문제점을 인식하고 부천시에서는 대중교통으로서 버스의 서비스수준 향상을 위하여 버스정보시스템(Bus Information System: BIS)을 구축하고 시범운영을 실시하였다. 버스정보시스템은 시내버스 이용자에 대한 서비스의 질적개선, 실시간 시내버스 운행관리 및 도로 이용 효율성 증가를 목표로 하고 있다.

본 연구에서는 부천시의 버스정보시스템 운영사례를 통하여 첫째, 버스정보시스템의 개념 및 정보수집 방법, 버스정보시스템의 정보제공방안에 대하여 살펴보고, 둘째, 부천시의 버스정보시스템 도입사례를 분석하며, 마지막으로 버스정보시스템의 운영 효과에 대하여 분석하고 개선안을 제안하고자 한다.

2. 연구의 범위

본 연구에서는 부천시의 버스정보시스템 도입사례를 살펴보고 버스정보시스템의 운영효과를 분석한다.

이를 위해 버스정보시스템을 정립하고 현재 기술상황에서 구현 가능한 시스템을 고찰하여 비교·분석하였다. 또한 이용자에 대한 제공정보를 위치개념과 시간개념으로 구분하여 제시하였으며, 버스정보시스템의 궁극적 목표인 버스도착시간 예측을 위한 예측모형의 적용방안을 모색하였다.

부천시의 도입사례 분석에서는 도입시스템을 규모, 구성체계, 주요내용 등으로 분석하였으며, 구축시스템의 효과측정을 위해 사례지역을 선정하여 버스정보시스템의 도착시간 예측모형의 신뢰성 평가 및 이용자에 대한 설문조사를 통하여 제공정보 만족도를 분석하였다.

II. BIS의 개념 및 방식별 구분

1. BIS의 개념

버스정보시스템이란 기존의 버스교통에 첨단 정보·통신, 컴퓨터·전자, 제어, SI(System Integration)

1) 서울시, "서울시 교통정비중기계획", 2000. 11.

등의 기술을 접목시켜 버스를 이용하는 시민들에게 버스 운행정보를 비롯한 유용한 정보를 제공하는 기능과 대중교통운영회사 및 행정부서 측면에서 모니터링 및 관리에 사용되는 운행내역을 관리할 수 있는 서비스를 제공하는 시스템이다.

버스정보시스템은 위치 비콘(Beacon) 또는 GPS (Geographic Positioning System)를 통해 버스에 장착된 단말기가 통신단말기에 정보를 제공하고, 통신 단말기는 센터에 정보를 제공하는 체계로 구성된다.

센터에서는 수집된 정보를 바탕으로 운행정보를 가공하여 통신단말기를 통해 최종적으로 버스정류소에 안내 정보를 제공하는 것으로 일련의 과정을 마치게 된다. 이러한 과정을 통해 생성된 정보는 Main Computer에 수록되어 운행이력 관리 및 운행상황을 모니터링 할 수 있는 자료로 Data Base화 할 수 있다.

버스정보시스템은 기본적인 버스 도착정보제공 기능뿐만 아니라 실시간 운행상태 파악, 수치지도를 이용한 실시간 관제 및 버스의 운행에 대한 통계관리의 주요기능을 구현할 수 있다.

버스정보시스템의 이러한 기능을 통해 운전자는 정확한 배차간격을 유지하며 운행이 가능하고 승객은 안전하고 편리하게 대중교통을 이용하게 된다.

운수회사는 인공위성, 무선통신망 기술 등을 이용하여 실시간으로 차량의 위치, 승객수, 사고정보, 정차여부 등과 같은 차량운행정보를 수집하고 운행상황을 파악한다.

〈표 1〉 BIS의 주요기능

주요기능	내용
버스도착 정보제공	· 정류소별 도착정보 표출 · 정류소간 주행시간 표출 · 버스 운행 및 운행종료 정보제공
실시간 운행상태 파악	· 버스운행의 실시간 관제 · 정류소별 도착시간 관제 · 배차간격 미준수 차량 관제
수치지도 이용 실시간 관제	· 노선 임의변경 관제 · 버스위치표시 및 관리 · 실제 주행여부 관제
버스운행 및 통계관리	· 누적 운행시간 및 횟수 통계 · 기간별 운행통계 관리 · 버스·노선·정류소별 통계관리

〈표 2〉 이용주체별 BIS의 편익

이용주체	주요편익
버스이용자	· 안전하고 편리한 대중교통이용 · 대중교통 만족도 향상
운수회사	· 배차간격 관리를 통한 정시성 확보 · 차량상태관리를 통한 유지비 절감 · 버스이력관리를 통한 서비스 개선
공공부문	· 운송업체의 효율적 관리 · 통계자료를 기초로 과학적인 대중 교통정책수립 · 대중교통활성화 및 도로의 효율적 이용

차량 관제 상황실에서는 운행상황을 분석하여 운행 계획을 수립하고 배차간격을 조절하여 대중교통의 정시성을 향상시키며, 기사의 운행상태와 운행일지를 관리할 수 있다.

이러한 서비스를 통해 운행비용이 절감되어 운수회사의 수익증대 및 올바른 운전관행 정착이 기대된다.

공공부문에서는 각종 통계자료를 바탕으로 운송업체의 효율적 관리가 가능하며, 과학적인 대중교통정책을 수립할수 있다. 또한 대중교통이용활성화로 도로이용 효율성을 제고할 수 있다.

2. BIS의 방식별 구분

본 연구에서는 현재 기술개발이 활발히 진행되고 있는 버스정보시스템 구축방안들에 대해 버스의 위치 추적방식 및 통신방법에 따라 크게 비콘방식과 GPS 방식으로 나누어 분석하였다.²⁾

1) 비콘(Beacon) 방식

(1) 위치추적방식

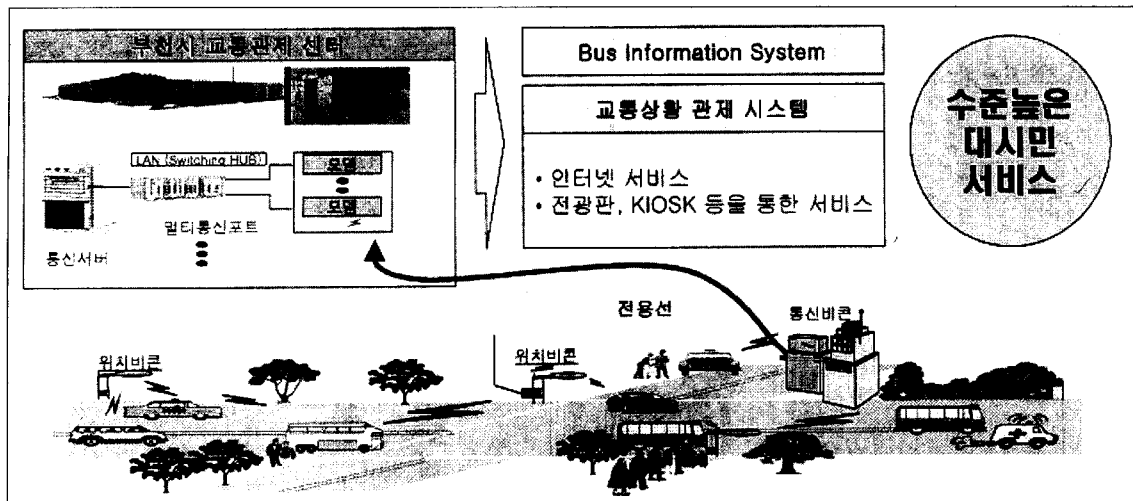
비콘을 이용한 BIS는 정류소에 설치한 위치비콘과 버스에 장착한 통신비콘 단말기인 CRF(Car Radio Frequency) 및 관제센터로 구성된다.

위치 추적은 정류소에 설치된 비콘을 통해 버스의 운행상황을 파악하며 위치 비콘의 검지 범위는 반경 250m로 되어있다.

(2) 통신방법

비콘방식에서 사용되는 통신은 크게 버스와 정류소 위치비콘간, 정류소 위치비콘과 통신비콘간, 그리고,

2) 버스정보시스템을 구분함에 있어 위치추적방식에 따라 비콘방식과 GPS 방식으로 특징지을 수는 있으나 통신방법에 따른 구분은 통신수단, H/W 및 S/W의 구성체계 등에 따라 충분히 가변적일 수 있음을 밝혀둔다.



<그림 1> 비콘방식의 버스정보시스템 개념도(부천시 사례)

통신비콘과 관제센터간의 통신으로 나눌 수 있다.

① 버스와 정류소 위치 비콘과의 통신

버스의 운행상황을 파악하는데 사용되며, 또한 버스내 정보제공시 이용하게 되므로 양방향 통신을 필요로 하며 자체 통신망을 사용한다.

② 정류소 위치 비콘과 통신비콘간의 통신

위치 비콘은 버스의 운행상황을 파악하여 통신 비콘에 차량 위치정보를 송신하는데 이용되며, 통신 비콘은 수집·가공된 버스도착 정보를 위치 비콘에 송신하는데 이용되고 따라서 위치 비콘과 통신 비콘간에는 양방향 통신이 가능한 자체 통신망을 사용한다.

③ 통신 비콘과 관제센터간 통신

통신 비콘은 위치 비콘에서 수신된 버스운행상황을 송신하고, 관제센터는 수집된 정보를 바탕으로 데이터를 가공하여, 각종 정보를 통신 비콘에 전달하며 유선 전용망을 사용한다.

2) GPS 방식

(1) 위치추적방식

GPS 방식은 인공위성을 이용한 지구 위치결정체계로써 정확한 위치를 알고있는 위성에서 발사한 전파를 수신하여 관측점까지의 도착시간을 계산하여 관측점의 위치를 구하는 체계이다.

GPS에서 사용하는 신호는 측위용으로 L1대

(1575.42MHz)와 L2대(1227.6MHz)의 2개 주파수대를 사용하며 여기서 C/A코드는 일반인들이 사용할 수 있도록 공개되어 있고 P코드는 군사용으로 일반인들이 사용할 수 없었으나, 최근 미국방성에서 상업용으로 개방할 의향을 가지고 있는 것으로 알려지고 있다.

따라서, 일반 이용자들은 조작된 신호를 위성으로부터 수신하여 위치를 측정할 수밖에 없어 C/A코드를 이용한 위치측정의 경우 약 65m정도의 오차가 발생하게 된다.

이러한 문제점을 보완한 DGPS(Differential GPS)는 위치측정의 정밀도를 향상시킨 방법으로 좌표를 알고 있는 기지점에 베이스 스테이션용 GPS 수신기를 설치하고 위성들을 모니터링하여 개별 위성의 거리오차 보정치를 정밀하게 계산한 후 이를 이동체의 GPS 수신기의 오차 보정에 이용하는 방식이다. DGPS의 위치오차는 항법장치의 경우 대략 10m내외, GIS 데이터 취득용 장비 또는 해양측량용 장비의 경우는 1m내외가 된다.

(2) 통신방법

GPS 방식에서 사용되는 통신은 크게 버스와 관제센터간의 통신, 정류소와 관제센터간의 통신으로 나눌 수 있다.

① 버스와 관제센터간 통신

버스에서 수신되는 위치좌표를 관제센터로 송신하는데 사용하며 버스의 정류소 도착시간을 산출하는

기초자료로 이용된다.

관제센터에서 버스로 교통상황 및 유고정보 등을 송신하는데 사용하며 버스 이용자들에게 실시간으로 교통정보를 제공한다.

양방향 통신으로 상용의 셀룰러를 이용한다.

② 정류소와 관제센터간 통신

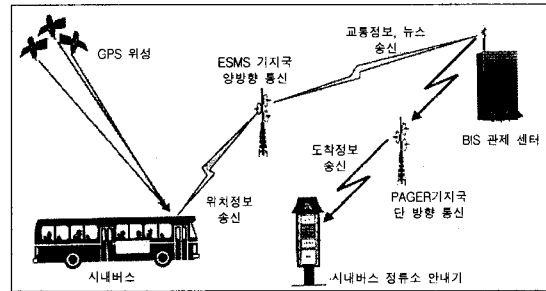
관제센터에서 각 정류소로 도착시간을 송신하는데 사용되며 정류소의 대기승객들이 버스의 도착시간을 미리 알 수 있다.

또한 관제센터에서 각 정류소로 뉴스 및 교통정보 등을 송신하는데 사용되며, 정류소의 대기승객들이 실시간 뉴스 및 교통정보 등을 알 수 있다

주로 단방향 통신을 활용하고 있으며 Pager방식이 이용된다.

3) 비콘과 GPS의 비교

앞서 제시한 비콘방식과 GPS 방식의 주요사항에 대하여 비교하면 <표 3>과 같다. 여기서 통신방식, 통신주기 및 통신비용은 부천시 버스정보시스템의 구축 대안 및 도입시점을 기준한 것이다.



<그림 2> GPS를 이용한 버스정보시스템 개념도

<표 3> 비콘방식과 GPS 방식의 비교

구분	비콘방식		GPS방식	
차량검지	도로변에 차량검지를 위한 장비를 설치하여 차량위치 파악 · 위치(정류소) Beacon · 통신 Beacon · 차량단말기		별도의 도로변 장치 없이 위성에서 차량단말기를 통해 차량위치 파악 · GPS 수신기 · DGPS(Differential GPS)→FM-DARC 전파 수신필요 · 차량 단말기	
오차	Beacon의 설치위치 및 개소에 따라 다름		DGPS사용시 10m 내외	
통신	통신방향	매개체	통신방향	매개체
	위치(정류소)비콘으로 차량위치파악→통신비콘	자체통신망	GPS로 차량 위치파악→센터	Cellular/ Pager
	통신비콘→센터	전용유선망	센터→정류소 표시기	Cellular/ Pager
	센터→통신비콘	전용유선망	센터→차내정보	Cellular/ Pager
	통신비콘→위치(정류소) 표시기	자체통신망	센터→정류소 표시기*	전용유선망 정류소당 1개소
통신비콘→차내정보 표시	자체통신망			
통신주기	최소 간격 1.7초이상으로 발생시 마다 자체통신망을 이용하여 정보 송·수신		일정간격으로 Cellular 또는 Pager를 이용하여 정보 송·수신	
수치지도 표시	위치(정류소)비콘 및 차량단말기에 고유번호가 부여되므로 별도의 장비나 보정없이 이용 가능		수치지도상에 나타나므로 도로를 기준으로 표현하기 위해서는 도면거리의 증첩에 의한 보정(Map Matching)이 필요함	
구축비용**	1,490백만원		900백만원	
통신 비용	개요	자체통신망을 이용하므로 별도의 통신비용이 없으며, 전용유선망의 월 이용료 15,000원		100회선 이상 Packet으로 계약
	차량위치 관제	자체통신망 이용		부천시 시내버스 335대 기준 1개월 정류소 통과수 4,814,910회 375백만원/년
	정류소안내기	자체통신망 이용		정류소수 570개소 Pager기준 67백만원
	소형기지국	통신비콘과 센터간 전용유선망 사용료184개소		없음
	합계	33백만원/년		442백만원/년

주) * : 각 정류소에 전용유선망을 설치했을 경우

** : 부천시 BIS규모(버스 300대, 정류소 572개소, 통신비콘 178개, 위치비콘 365개, 정류소안내기 150개(확장형 30개, 문자형 100개, 음성형 20개), Mini 센터

III. BIS 정보제공 방안

1. 제공정보의 종류

노선버스는 정해진 도로(Route)를 운행하는 차량으로 정해진 배차간격으로 운행된다는 특성이 있다.

이용자들은 자신이 타고자 하는 버스가 도착하지 않을 때 도대체 운행차량이 어디쯤 오고 있는지 결행된 것은 아닌지 막연한 불안과 함께 타고자 하는 노선버스가 언제 도착할지를 알고 싶어한다.

이러한 특성에 따라 이용자들에게 제공하는 정보는 위치개념으로 제공하는 방안과 시간개념으로 제공하는 방안으로 구분할 수 있다.

1) 위치개념(location)으로 정보제공

일반적으로 노선버스의 기종점간 총 운행시간은 일정한 편차내에 분포하는 반면 정류소간 운행시간은 교통혼잡, 교통신호운영, 가로변 주정차 차량, 이면도로 진출입 등의 제약조건들에 의해 불규칙하게 큰 폭의 편차를 나타내고 있다.

따라서 정류소에서 표출할 수 있는 정보는 지하철이나 전철과 같은 궤도 교통수단과는 달리 정확한 도착시간 정보를 제공하는 데 어려움이 있다.

이러한 이유로 해당 노선의 버스 운행정보를 정보가 표출되는 정류소를 기준하여 정류소 단위의 도착

개념으로 제공하는 방안이 위치개념의 정보제동이다.

〈그림 3〉은 부천시에서 적용한 정보의 표출방법이다.

2) 시간개념으로서 정보제공

버스 이용자들이 위치정보와 함께 궁극적으로 원하는 정보는 최종적으로 몇 분 후에 자신이 타고자 하는 버스가 도착하느냐에 관심이 있으므로 버스 운행정보를 시간으로 표출하는 방식이다.

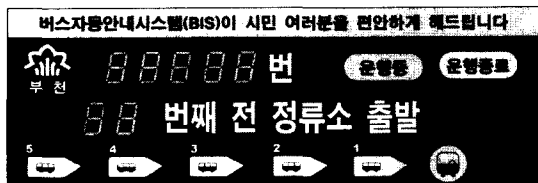
그러나, 이 방식은 도시교통의 특성상 교통흐름에 제약을 주는 요소들이 많아 정확한 도착시간을 예측하여 정보를 제공하기에는 신뢰도에 있어 한계가 있다.

2. 버스도착시간 예측모형

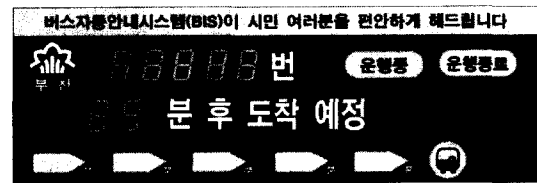
1) 기존모형 검토

구간속도의 예측을 위한 기존 연구를 살펴보면 초기의 통행시간 예측은 분석구간을 몇 개의 구간으로 다시 나누어 각 구간을 주행하는 시간이 현재에도 거의 동일하게 소요될 것이라는 가정하에 이들 통행시간을 합산하여 추정하는 방식으로 연구되었다. 각 구간마다 검지기가 설치되어 있는 경우 검지기로부터 관측되는 자료를 바탕으로 용이하게 추정할 수 있는 장점이 있다.

노선버스는 일정한 노선을 정해진 정류소에 정차하



〈그림 3〉 버스위치정보 표출 예



〈그림 4〉 도착시간정보 표출 예

〈표 4〉 도착시간 예측 기법 비교

구분	통계데이터	시계열분석	신경망 분석	비모수회귀분석
내용	일반적인 통계기법 사용	시계열 데이터통계처리를 통해 미래 주행시간 예측	신경망 구조를 갖는 데이터 처리 단위들의 상호작용을 통해 예측	주어진 상황과 유사한 과거 상황을 다양한 변수들을 적절히 활용
장점	구현이 용이하고 예측처리 속도가 빠름	다양한 상황에 적용가능하며 처리기법이 발달됨	복잡한 비선형 문제에 적용 가능	패턴인식의 기법 적용가능
단점	돌발상황대처가 어려우며, 정확도가 떨어짐	수집데이터가 없는 경우 처리 곤란	예측 정확도를 사전에 분석하여 추정이 어려우며, 학습데이터가 필요함	충분히 유사한 상황을 빠른 시간에 찾기 어려움

여 승객의 승하차를 수행하며 운행하게 된다. 이 과정에서 산출하고자 하는 것은 선행하는 버스가 정해진 정류소를 통과했을 때 같은 노선의 후속 버스가 그 정류에 언제 도착할 것인가 하는 것이다.

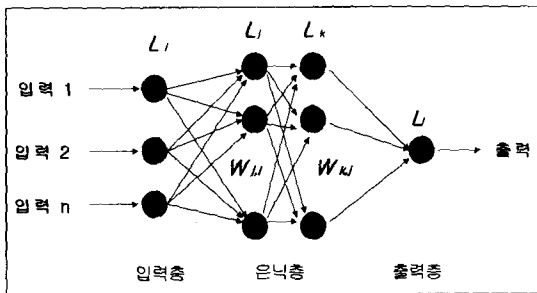
도착시간 예측에 활용되고 있는 모형으로는, 일반 통계기법, 시계열모형, 비모수회귀기법, 신경망모형 등이 있으며, 각각의 내용 및 장단점은 다음과 같다.

2) 부천시 적용모형

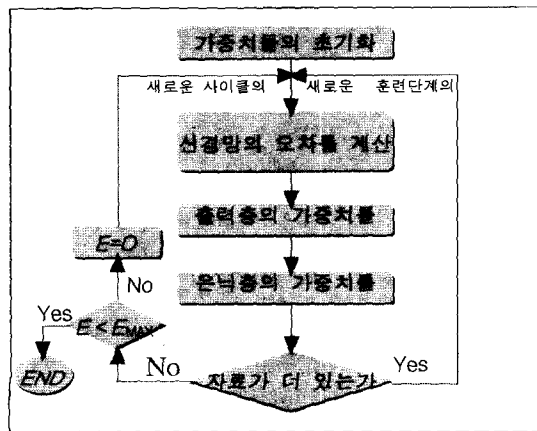
(1) 모형의 이론

부천시 버스정보시스템에서 버스도착시간 예측을 위하여 모형 적용결과 신경망 모형의 예측력이 가장 높게 평가되었으며 원리는 다음과 같다.

<그림 5> 및 <그림 6>은 버스 도착시간 자료를 이용하여 정류소별로 다음 정류소에 버스가 도착할 시간을 실시간으로 예측하기 위한 신경망 구조에 대한 개념과 학습을 통하여 가중치를 결정하는 알고리즘이다.



<그림 5> 신경망의 구조



<그림 6> 신경망학습 알고리즘

(2) 신경망분석

정류소 i 에서의 n 번째 도착할 버스의 경과시간 예측모형 분석시 목표 변수(Target Variable)는 T_n^i 이고, 입력변수는

- a) 정류소 i 이전 또는 이후 5개의 정류소의 가장 최근에 지나간 버스의 평소대비 오차, 그 버스의 SD값 그리고 경과시간에 대한 평균대비 오차의 표준화 변수(VL_n^i)의 값들
- b) 정류소 i 를 지나간 이전 버스 5대에 해당하는 평소대비 오차, 그 버스의 SD값 그리고 경과시간에 대한 평균대비 오차의 표준화 변수(RT_n^i)의 값들
- c) $M_{TC_n^i}$, SD_n^i 등이다.

만약 해당하는 값이 없는 경우에는 M , VL , RT 에는 0를 SD 에는 각 정류소별 SD 값으로 대체한다.

정류소간의 경과시간에 대한 평균대비 오차(VL_n^i) 및 평균대비 오차의 표준화 변수(RT_n^i)는 각각 다음 식과 같다.

$$VL_n^i = T_n^i - M_{TC_n^i}$$

$$RT_n^i = \frac{VL_n^i}{SD_n^i} = \frac{T_n^i - M_{TC_n^i}}{SD_n^i}$$

여기서 각각의 변수는 다음과 같이 정의한다.

CT : 현재시간

TG_n^i : 정류소 i 에 n 번째 도착버스의 정류소 $i-1$ 에 도착한 20분단위 시간대

$N^i(CT)$: 현재 시간까지 정류소 i 를 지나가거나 정류소에 도착한 버스들의 총수

T_n^i : 정류소 i 에 n 번째 도착버스의 정류소 $i-1$ 에서 정류소 i 까지의 주행경과시간

$M_t^i, t=1,2,\dots,72$: 정류소 i 에 n 번째 도착버스의 정류소 $i-1$ 에 도착한 20분단위 시간대가 t 에 해당하는 버스들의 경과시간에 대한 평균

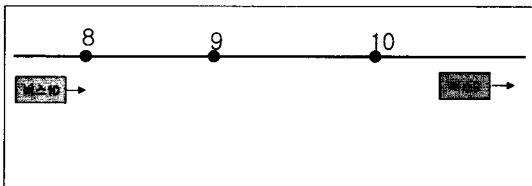
$SD_t^i, t=1,2,\dots,72$: 정류소 i 에 n 번째 도착버스의 정류소 $i-1$ 에 도착한 20분단위 시간대가 t 에 해당하는 버스들의 경과시간에 대한 표준편차

(3) 운영 시나리오

도착시간 예측을 위한 버스가 예측하고자 하는 정류소의 이전 정류소에 도착했을 때의 예측은 이전정류소 도착시각에 신경망을 이용한 예측 경과시간을 더해주면 된다.

버스가 이전 정류소보다 더 이전에 위치할 경우에는 다음과 같이 예측할 수 있다.

10번 정류소에 10번째 버스가 도착할 시간 예측을 위해서는 먼저 10번 버스가 7번 정류장에 도착한 시각에 신경망을 이용한 예측 경과시간을 더하여 8번 정류장에 도착할 시각 예측하여, 이를 T_8 이라고 하고, T_8 을 8번 정류장에 도착한 시각이라고 가정하고 전과 똑같은 방법으로 9번 정류장에 도착할 시각 예측. 이를 편의상 T_9 이라고 하여, 이를 계속 반복하면 같은 방법으로 10번 정류장에 도착할 시각 예측할 수 있다.



〈그림 7〉 버스 도착시간 예측 예시

IV. 부천시 BIS 운영효과 분석

1. 구축시스템 개요

부천시는 경기도 중서부의 수도권내에 위치하며 서울과 인천의 중간에 위치한 위성도시이다. 교통상으로는 경인선 철도, 경인고속도로, 오정대로가 동서간으로 서울과 인천을 연결하고 있으며 이에따라 남북간 교통흐름이 단절된 상황이다.

다른 도시와 마찬가지로 부천시는 최근 10년 동안 자동차 등록대수가 급격히 증가하였으며, 지가상승 등에 따라 교통시설 공급을 위한 재정난은 커지고, 대중교통서비스의 질적 저하로 인한 승용차 이용율의 증가 등에 따라 교통공급정책의 한계를 보이게 되었다.

이에 따라 부천시는 대중교통이용 활성화를 통한 효율적인 교통관리를 도모하기 위하여 2000년 12월 시범노선의 버스정보시스템 구축을 완료하고 22개 시내버스 노선에서 운영 중에 있다.

부천시는 버스정보시스템 구축비용, 제공정보의 종류, 유지관리 비용, 향후 확장 및 타 시스템과의 연계성 등을 종합적으로 고려하여 비콘방식의 버스정보시스템을 도입하였다.

부천시 구축시스템은 버스정보 관제센터, 도로장치, 차량장치 및 여행자 장치 등으로 구성된다.

2. 운영효과 분석

본 연구에서는 버스정보시스템의 운영효과를 분석하기 위하여 정량적으로는 버스도착시간 정보제공 서비스의 신뢰도 평가를 실시하였으며 정성적으로는 이용자에 대한 설문조사를 통하여 버스정보시스템에 대한 만족도를 분석하였다.

1) 도착시간 정보제공 서비스의 신뢰도 평가

(1) 자료수집

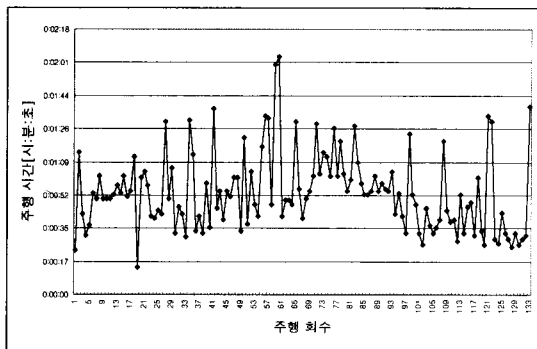
버스도착시간 정보제공서비스의 신뢰도 평가를 위하여 버스정류소 별로 임의의 식별번호를 부여하고 부천시 22번 노선버스의 주행자료를 대상으로 정류소와 정류소 사이의 주행시간을 분석하였다.

(2) 주행시간 특성분석

① 정류소간 주행시간 분석

〈그림 8〉은 복사초등학교와 태일빌딩 정류소간의 주행회수별 소요시간을 나타낸 것으로 평균에 근접하지 않고 매우 불규칙한 현상을 보이고 있다.

두 정류소간 버스의 평균주행시간은 53초이지만, 최소 14초에서 최대 2분 4초로 큰 폭의 분포를 나타내고 있다.



〈그림 8〉 복사초등학교와 태일빌딩 정류소간 주행시간 분포

〈표 5〉 부천시 버스정보시스템 구성내용

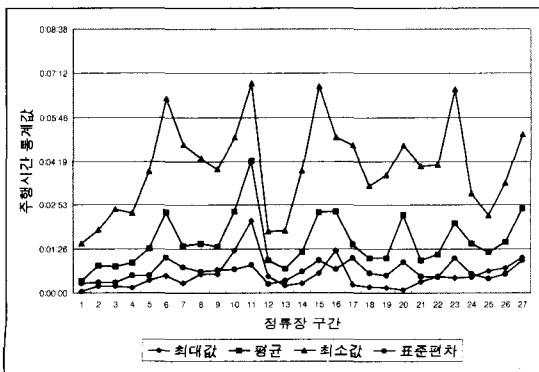
구분	항목	갯수	주요내용
센터장치	주통신서버 BIS 중앙서버 Backup 서버	각 1대	<ul style="list-style-type: none"> 구간별, 노선별 버스 운행계획 정보 생성 시내버스 위치정보, 출발상황정보, 버스운행정보 수집 외부시스템과의 인터페이스로 교통정보 수집 데이터 저장 및 통계 분석
	데이터수집서버 (DAS)	2대	<ul style="list-style-type: none"> 소형무선기지국을 통해 전달받은 버스위치정보를 중앙서버로 전달 버스 운행 정보를 소형무선기지국으로 전달(정류소 안내기 메시지)
	웹서버	1대	<ul style="list-style-type: none"> 인터넷으로 접속하는 이용자들에게 시내버스 운행정보 제공
	운영PC	4대	<ul style="list-style-type: none"> 버스 운행 상황 실시간 모니터링 기능 수행
도로장치	소형무선기지국	178개소	<ul style="list-style-type: none"> 시내버스 위치정보를 무선으로 받아 전용선을 통해 데이터수집서버로 전달
	정류소 위치비콘	365개	<ul style="list-style-type: none"> 정류소 ID를 제공
	정류소 안내기	150개소	<ul style="list-style-type: none"> 정류소 대기승객에게 버스위치정보 등의 시내버스운행정보를 안내 설치된 정류소 안내기는 문자형(100개소), 음성형(20개소), 확장형(30개소)를 통하여 정보 제공
차량장치	차량용 통신모듈	300대	<ul style="list-style-type: none"> 22개노선(좌석버스 제외) 300대 버스에 설치 시내버스 위치정보를 소형무선기지국으로 전송
	차량용 안내기 (운전자용)	18대	<ul style="list-style-type: none"> 시내버스 차량간격 표출, 출발상황정보 입력 22번 노선버스에 적용
여행자 장치	인터넷	-	<ul style="list-style-type: none"> 인터넷 이용자에게 시내버스 운행정보 제공

② 노선 주행시간 분석

22번 버스의 주행노선 전체 구간을 대상으로 인접 정류소과의 주행시간을 분석해 보면 모든

구간에서 주행시간의 표준편차가 평균 주행시간의 20%를 상회하며, 표준편차의 평균은 평균 주행시간의 45%에 이를 정도로 주행시간의 변동폭이 매우 크게 나타나고 있다.

정류소간 주행시간과 마찬가지로 불규칙한 변화를



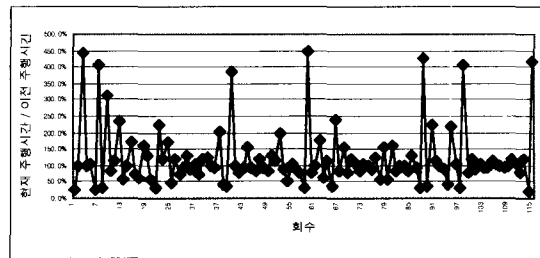
〈그림 9〉 정류소간 주행시간

보이고 있어 예측을 위한 직접자료로서의 활용이 어려울 수 있다.

③ 과거 주행시간과의 상관성분석

특정 구간에 대해 현재의 주행시간과 이전의 주행시간의 비율을 분석해 보면 일정한 추세로 감소 또는 증가되거나 유지되지 않음을 알 수 있다.

이러한 현상은 이전 주행시간과 유사하거나 소폭 변화된 주행시간을 다음에 갖는다는 가정하에 주행시간을 예측할 경우 매우 오류가 발생할 수 있음을 나타내고 있다.



〈그림 10〉 현재 주행 대비 이전주행시간 비율

(3) 도착시간 예측모형 적용 결과

주행시간 특성분석에서 살펴본 바와 같이 정류소간 주행시간뿐만 아니라 과거 주행시간 역시 일정한 패턴을 찾을 수 있는 상관성이 없어 도착시간 정보제공을 위한 자료로는 적합하지 못하다.

따라서 본 연구에서는 도착시간 예측을 위하여 기존 모형을 적용하여 예측력을 평가하였다.

기존 모형의 적용결과를 보면 여러 가지 탐색적 자료분석을 통하여 모형에서 정의한 변수들을 선택하고 이를 기초로 한 신경망모형의 적용결과가 시계열 모형인 ARMA 확률과정을 적용한 결과에 비해 예측력이 훨씬 높게 나타났다.

신경망 모형의 적용결과 자료가 상대적으로 충분치 않은 정류소를 제외하고는 예측오차의 98%정도가 1분 이내에 분포되었다.

부천시 도심지역은 큰 혼잡이 발생되지 않기 때문에 대보시장 및 도당동 사무소 정류소에서의 예측결

과는 매우 좋은 결과를 나타내고 있다.

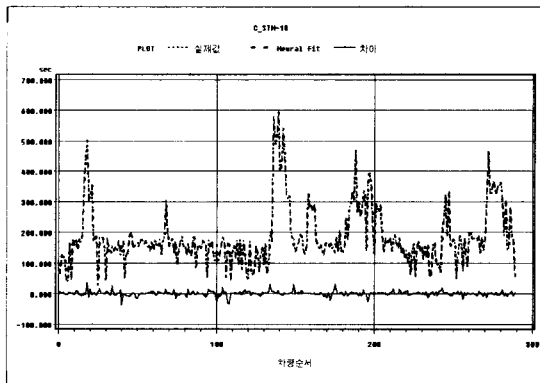
그러나 향후 서울시 등의 매우 혼잡하고 유고발생이 많은 지역에서 활용하기 위해서는 신호주기, 배차간격 등의 도로여건에 맞는 모형의 변수를 추가하여 활용하고 보다 많은 시간동안의 학습을 해야 유용한 예측결과를 도출 할 수 있을 것으로 판단된다.

2) 이용자의 만족도 분석결과

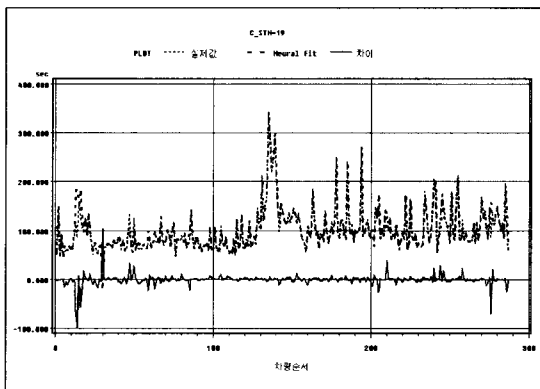
버스정보시스템의 효과측정을 위해 시민, 버스 운전자, 버스 운송업체에 대한 설문조사를 실시하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

버스 이용시 버스정류소에 설치된 안내기의 정보의 이용 여부는 77%가 이용한다고 응답하여 버스 도착 정보제공에 많은 시민들이 호응을 보이고 있는 것으로 나타나 이용자들의 필수 정보가 되고 있는 것을 알 수 있었다.

버스정보시스템의 확대설치에 대한 의견을 버스 운전자 및 버스운송업체에 대해 설문조사한 결과를 보면 버스 운전자의 69%가 찬성한 반면 반대의견은 4%에 불과했으며, 버스 운송업체에서는 찬성이 63%, 반대가 1%로 분석되어 버스정보시스템의 확대에 매우 높은 호응도를 보이고 있는 것으로 나타났다.



〈그림 11〉 대보시장 정류소 예측결과



〈그림 12〉 도당동사무소입구 정류소 예측결과

〈표 6〉 버스정류소 안내기 이용여부

구분	빈도	구성비(%)
항상 이용	176	46
가끔 이용	118	31
이용 안함	84	22
기타	4	1
계	382	100

〈표 7〉 버스정보시스템 확대설치 여부

구분	버스 운전자		버스 운송업체	
	빈도	구성비(%)	빈도	구성비(%)
찬성	198	69	35	82
보통	34	12	5	11
반대	11	4	1	1
무관심	44	15	2	6
계	287	100	43	100

V. 결론 및 향후과제

교통소통의 악화와 지하철 및 전철등의 확충으로 인해 노선버스의 입지는 갈수록 약화되고 있다. 이를 개선하기 위한 일환으로 버스전용차로를 설치하여 서비스 개선을 도모하였으며 최근에는 발전된 전자통신 기술을 이용하여 실시간으로 버스운행정보를 제공하여 노선버스의 수요창출을 도모하고자 버스정보시스템 도입을 도입하고 있다.

부천시의 경우도 대중교통 이용활성화를 위하여 2000년 12월 비콘방식의 버스정보시스템을 구축하고 22번 시내버스 노선에서 운영 중에 있다.

본 연구에서는 부천시의 버스정보시스템 도입사례를 통해 운영효과를 분석하였다. 운영효과는 크게 도착시간 정보의 신뢰도 평가와 버스정보시스템 전체에 대한 이용자의 만족도에 대하여 분석하였다. 또한, 현재 기술상황에서 구현 가능한 버스정보시스템을 방식별로 구분하고 비교하였으며, 이용자에 대한 정보제공방안을 위치개념과 시간개념으로 구분하여 제시하였다.

도착시간 정보제공 서비스의 신뢰도 평가결과를 보면 정류소와 정류소간의 주행시간뿐만 아니라 과거 주행시간 이력자료 역시 일정한 패턴을 형성하지 못하여 도착시간 정보제공용 자료로 직접 활용하기에는 부적합함을 알 수 있었다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 기존의 도착시간 예측모형을 적용하여 예측력 및 활용가능성에 대하여 시험한 결과 신경망모형이 가장 우수하게 평가되었으며 예측오차의 98%정도가 1분 이내에 분포되었다.

또한, 버스정보시스템에 대한 이용자의 만족도에 대한 설문조사 결과 이용자의 77%가 버스 정류소 안내기를 이용한다고 답했으며, 버스정보시스템 확대설치 여부에 대해서는 버스운전자 69%, 버스운송업체 82%가 찬성한 반면 반대는 각각 4%와 1%로 나타나 버스정보시스템 도입에 대한 효과는 매우 긍정적인 것으로 분석되었다.

노선버스 운행정보의 자료구축이라는 측면에서 버스정보시스템의 도입은 필수적이라 할 수 있으며, 버스업체 지원금 제공방안의 기초자료로서의 활용가치가 크다고 할 수 있다. 또한, 정류소에 설치한 버

스정보시스템의 위치비콘을 활용하면 택시 운송수입금 전액 관리제 시행에 가장 큰 제약으로 나타나는 부재운행, 노사간의 신뢰성 확보에 큰 효과가 있을 것이다.

본 연구에서는 국내에 아직까지 GPS 방식의 버스정보시스템이 구축되지 못한 관계로 불가피하게 부천시의 사례에 한정된 운영효과 평가를 수행할 수밖에 없었다. 향후 첨단교통모델도시의 구축으로 GPS 방식의 버스정보시스템이 도입될 경우 두 가지 방식에 대한 직접적인 비교평가도 가능하리라고 판단된다.

그리고, 궤도교통수단과는 달리 교통혼잡이나 교통 신호운영 등 외부요인에 의해 버스의 도착시간은 많은 영향을 받을 수밖에 없으며, 이러한 이유로 아직까지 시간개념의 정보 즉, 도착시간 예측정보의 신뢰도가 낮은 실정이다. 따라서, 버스 이용자들에게 정확한 시간정보를 제공할 수 있는 모형개발이 요구되며, 노선버스 운행에 영향을 미치는 요소들에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 교통개발연구원(1999), "인천광역시 버스노선의 합리적 조정방안 수립".
2. 부천시(2000), "부천시 시내버스 노선체계 합리화 방안 수립".
3. 부천시(2001), "Vision Bucheon 2010".
4. 부천시(2001), "부천시 중기 교통종합계획(안)".
5. 이광훈·신성일(1993), "실시간 교통정보 제공을 위한 여행시간 추정기법의 개발", 도로교통안전관리공단.
6. 서울시(2000), "서울시 교통정비 중기계획".
7. Z. Wall, D.J. Dailey(1999), An Algorithm for Predicting the Arrival Time of Mass Transit Vehicles Using Automatic Vehicle Location Data, In Presentation and Review 78th Annual Meeting of the Transportation Research Board.
8. Joshua Greenfeld(1999), Performance Evaluation of AVL and Digital Map accuracy in

Transit Application, In Presentation and
Review 78th Annual Meeting of the Transpor-
tation Research Board.

✎ 주 작 성 자 : 배덕모

✎ 논문투고일 : 2001. 5. 7

논문심사일 : 2001. 5. 28 (1차)

2001. 7. 13 (2차)

2001. 12. 31 (3차)

2002. 1. 18 (4차)

심사판정일 : 2001. 1. 18