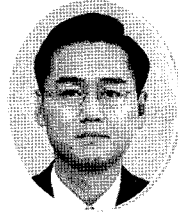


이벤트 기반 BIS 정보수집방안



고승영



이청원



박준식

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

1990년대 초반 ITS(Intelligent Transport Systems)가 국내에 도입된 이후 현재까지 각 기관 및 지자체에서 ITS의 각 단위서비스를 제공하기 위한 여러 가지 시범사업 및 시스템 구축사업이 시행되어왔다. 버스정보시스템(Bus Information System, 이하 BIS)의 경우, 서울시 종로 구간 시험운영을 거쳐 과천지역에 시범적으로 구축된 것을 시작으로 2000년대에 들어서면서부터 서울시를 비롯한 각 지자체별로 사업을 본격적으로 시작했다.

현재 각 시스템에 적용되어 있는 버스정보 수집방식은 크게 이벤트방식과 정주기방식으로 구분할 수 있다. 이벤트방식은 정류장이나 교차로와 같은 사전에 정의된 중요지점에서 버스정보를 수집·송신하는 방식이고, 정주기방식은 일정시간 간격마다 버스정보를 수집·송신하는 방식을 말한다.

버스정보 수집방식은 수집되는 정보의 사용 목적과 시스템에서 제공하고자 하는 서비스의 종류에 따라 달라지게 된다. 기본적으로 수집되는 정보가 많을수록 버스의 위치를 실시간으로 정확히 파악할 수 있고 그 활용처가 풍부해지

고승영 : 서울대학교 지구환경시스템공학부, sykho@snu.ac.kr, 직장전화:880-1447, 직장팩스:889-0032

이청원 : 서울시립대학교 도시과학대학 교통공학전공, chungwon@uos.ac.kr, 직장전화:2210-5669, 직장팩스:2210-2653

박준식 : 서울대학교 지구환경시스템공학부, forejs03@snu.ac.kr, 직장전화:880-9154, 직장팩스:889-0032

는 것은 사실이나 현실적으로 이는 막대한 통신비용을 요구함과 동시에 데이터 자원의 오·남용을 초래할 수 있다. 따라서 한정된 자원의 효율적 사용과 비용제약 하에서 시스템 성능의 최대화를 동시에 고려하기 위해서 현시점에서 보다 효율적인 버스정보 수집방안에 대한 심도있는 검토가 필요하다.

본 연구는 BIS 서비스를 위해 현재 적용되고 있는 버스정보 수집방식에 대해 검토하고 수집정보의 용도 및 요구사항을 만족시킬 수 있는 효율적인 BIS 정보수집방안을 제시하는데 목적을 두고 있다.

2. 연구의 범위 및 내용

BIS에서 버스정보 수집과 관련한 내용으로는 위치파악 및 보정기술, 통신 방식, 수집정보의 항목 및 수집주기 등이 있다. 본 연구에서는 수집주기와 관련하여 정주기와 이벤트방식의 정보수집 방식에 대해서 검토하고 현재 적용되고 있는 방식보다 효율적인 이벤트를 기반으로 한 새로운 정보수집방안을 제시한다. 본 연구는 도시부에서의 BIS 정보수집 방안에 중점을 둔다.

본 연구는 각 장별로 다음과 같이 구성된다.

2장에서는 국내·외에서 적용되고 있는 버스정보 수집주기/방식의 현황을 검토하여 각 방식의 장·단점을 분석한다.

3장에서는 수집정보의 용도와 요구사항을 검토하고, 이를 바탕으로 이벤트를 기반으로 한 새로운 정보수집방안을 제시한다. 추가적으로 새롭게 정의된 돌발이벤트를 종류별로 구분하고 각각의 이벤트를 판정하는 알고리즘을 제시한다.

4장에서는 본 연구의 결과를 요약 제시하고 본 연구에서 고려하지 못한 한계점을 검토하여 향후 연구로 제시한다.

II. 국내·외 버스정보 수집주기 현황 및 문제점

1. 국내 현황

BIS에서 적용되고 있는 버스정보 수집방식은 크게 이벤트 방식과 정주기

방식으로 구분된다. 이벤트방식은 정류장과 교차로와 같은 사전에 정의된 중요지점에서 버스정보를 수집·송신하는 방식으로 정확한 이벤트 발생시점에 정보를 수집할 수 있는 장점이 있는 반면 혼잡 및 돌발상황시에 이벤트가 발생하지 않아 버스차량의 위치파악이 어려운 단점이 있다. 반면에 정주기방식은 혼잡 및 돌발상황 등의 교통상황에 관계없이 버스차량의 위치를 파악할 수 있는 장점이 있지만 정확한 이벤트 발생시점, 즉 버스차량의 정류장 도착시각을 판단하기 어려운 단점이 있다.

〈표 1〉에서 보는바와 같이 현재 서울시를 비롯한 국내 각 지자체의 BIS에서 적용하고 있는 정보수집 방식은 이벤트방식과 정주기방식의 혼합방식이다. 서울시, 수원시 및 고양시의 경우 정류장 도착/출발시, 교차로 통과시 및 돌발상황 발생시에 이벤트 방식으로 정보를 수집하는 동시에 이와는 별개로 일정시간 주기로 정보를 수집하고 있다. 안양시, 군산시 및 광역 BIS(사당~수원축)의 경우는 이와는 달리 정주기의 수집주기를 이벤트방식의 수집시점에 종속시켜 이벤트방식으로 수집된 이후 일정시간 동안 추가로 수집되는 이벤트 정보가 없을 경우에만 정주기 방식으로 정보를 수집하고 있다.

서울시, 수원시 및 고양시에서 적용하고 있는 이벤트+정주기 방식의 버스정보 수집방식은 이벤트 방식과 정주기 방식의 장점을 모두 갖추고 있지만 데이터의 비효율적 사용과 통신비용이 과다한 단점이 있다.¹⁾ 안양시, 군산시 및 광역 BIS(사당~수원축)에서 적용하고 있는 이벤트+이벤트 후 정주기 방식은 이벤트+정주기 방식에 비해 데이터의 비효율성이 감소하고 통신비용을 다소 절감할 수는 있으나 정주기의 수집주기가 부정확하게 설정되어 있을 경우는 여전히 데이터의 비효율성이 발생한다. 또한 버스차내장치에서는 정주기 정보 송신을 판단하고 센터에서는 수집된 정보를 가공하여 돌발상황 판단 등의 여러 작업을 수행하여 데이터가 버스차내장치와 센터에서 이중으로 처리되는 정보처리의 비효율성의 문제도 안고 있다.

1) 통신비용이 전송되는 데이터의 양과 주기에 따라 변화하지 않고 버스차량 대당 비용으로 고정되어 있는 경우에는 정보수집 방식에 따른 비용차이가 없음

〈표 1〉 시스템별 정보수집 주기

시스템	이벤트 방식(Event Scan)	정주기 방식(Time Scan)
서울시	정류장 출발/도착시, 교차로 통과시, 돌발상황 발생시	20초 주기
안양시	정류장 출발/도착시, 교차로 통과시, 돌발상황 발생시	이벤트 후 30초 주기
수원시	정류장 도착/출발시, 돌발상황 발생시	20초 주기
고양시	정류장 출발/도착시, 교차로 통과시, 돌발상황 발생시	2분 주기
군산시	정류장 출발/도착시, 교차로 통과시, 돌발상황 발생시	이벤트 후 2분 주기
광역BIS (사당~수원축)	정류장 출발/도착시, 교차로 통과시, 돌발상황 발생시	이벤트 후 30초 주기

자료 : 각 시스템 설계보고서

〈표 2〉 버스정보 수집방식 비교

구분	장점	단점
정주기 방식 (Time scan)	<ul style="list-style-type: none"> • 혼잡 및 돌발상황 등의 교통상황에 관계없이 버스차량의 위치 파악 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 정확한 이벤트 발생시점 판단 어려움
이벤트 방식 (Event scan)	<ul style="list-style-type: none"> • 정확한 이벤트 발생시점의 정보수집 	<ul style="list-style-type: none"> • 혼잡 및 돌발상황시 이벤트 미발생으로 버스차량 위치 파악 어려움
이벤트+ 정주기 방식	<ul style="list-style-type: none"> • 정확한 이벤트 발생시점의 정보수집 • 혼잡 및 돌발상황 발생시에도 정보 수집 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터의 비효율적 이용 • 통신비용 과다(통신비용이 전 송되는 데이터의 양과 주기에 따라 변화하는 경우에 한함)
이벤트+ 이벤트 후 정주기 방식	<ul style="list-style-type: none"> • 정확한 이벤트 발생시점의 정보수집 • 혼잡 및 돌발상황 발생시에도 정보 수집 가능 • 데이터의 비효율성 감소 • 통신비용 절감 가능(통신비용이 전 송되는 데이터의 양과 주기에 따라 변화하는 경우에 한함) 	<ul style="list-style-type: none"> • 정주기의 수집주기 부정확시 데이터의 비효율성 발생 가능 • 버스차내장치와 센터에서 이중 데이터처리(버스차내장치에서 정주기 정보 송신을 판단하고 센터에서는 수집된 정보를 가공하여 돌발상황 판단 등 여러 작업 수행)

2. 국외 현황

버스정보수집과 관련된 연구는 많지는 않으나 최근들어 GPS를 활용하여 버스정보를 수집하려는 노력이 활발한 실정이다.

미국 North Carolina의 경우, 1992년부터 스쿨버스의 경로와 스케줄을 관리하기 위한 TIMS(Transportation Information Management System)을 운영 중이다. TIMS는 실제 도로가 정확하게 투영된 geocode, 버스의 정

차, 주행, 경로와 관련된 DB, 학생의 주차위치 등과 관련된 DB, GPS자료를 기반으로 한 버스의 최적 경로 알고리즘을 포함하고 있다.

Houston에서는 Metro bus에 설치된 DGPS 수신장치를 활용하여 수집된 자료를 기반으로 버스도착시간 예측모형을 개발하고, 실시간적용 모형에 적용하는 연구를 실시한 바 있으며 예측모형으로 과거추세모형, 회귀모형, ANN(Artificial Neural Network)모형을 이용하여, 이 중 ANN모형이 다른 두 모형보다 정확하며 실시간 적용에 가능하다는 사실을 발견하였다.

네덜란드에서는 차량뿐만 아니라 보행자, 트램, 기차 등 모든 교통수단을 이용하는 151명을 대상으로 경로추적이나, 속도자료 수집에 GPS의 활용 가능성 여부에 대한 연구를 실시하여 비록 개선되어야 할 기술적인 문제가 있지만 GPS 수집자료의 정확도가 비교적 정확하여 교통자료 수집을 위해 GPS를 활용하는 것이 가능하다는 결론을 얻었다.

일본의 경우, 1972년 신주쿠 버스터미널에 부분적이지만 BIS개념이 도입된 버스도착안내가 시작되었는데 잦은 도로공사나 사고발생으로 인하여 제공정보의 신뢰도가 낮은 수준이었다. 통신비용 등 초기구축비용과 수집정보의 부족이 신뢰도 향상의 큰 제약으로 작용하였는데, 이에 GPS와 웹 기반의 안내시스템을 이용한 PBL(S(Personalized Bus Location System))를 개발하여 2002년 3개월 간 교토내 Kizu-minami지역에서 운영한 결과, 80%이상의 이용자가 만족하는 것으로 조사된 바 있다.

Ⅲ. 이벤트 기반 BIS 정보수집방안

1. 수집정보의 용도 및 요구사항 검토

BIS 정보수집주기에 영향을 주는 요소들을 분류·정리해 보면 다음과 같다.

- 버스위치정보의 요구 빈도/간격
- 정류장간 간격
- 정류장 구간내 포함 교차로수 등 통행에 지장을 줄 수 있는 요인
- 버스 통행속도(운행속도)
- 정류장간 버스 운행시간의 분포(분산)

• 운행의 정시성

BIS 정보 수집주기 결정을 위해서는 버스정보의 용도에 따른 검토가 필요하다. BIS에서 버스위치정보는 크게 1) 운행상황을 파악하고, 이를 통해 운행감독 등 운행관리, 2) 정류장 대기승객 등 버스도착정보 안내를 위한 도착예정시간 산출의 2가지 기능을 수행하는데 기초적인 역할을 수행한다. 따라서 버스정보 수집주기의 결정에 있어서 위의 2가지 기능을 충족시킬 수 있는 방안이 필요하다.

1) 운행상황 및 운행감독 등 운행관리

운행관리에서 필요한 정보는 정류장 도착·출발 여부 및 시간과 정류장 중간 지점에서의 돌발상황 정보이고 돌발상황은 돌발상황이 발생하였을 경우에 신속하게 인지하는 것이 필요하다.

정주기 방식에 따른 20~수십 초 간격의 버스위치정보는 돌발상황이 발생하여 버스가 운행되지 않고 있음을 몇 주기 지난 후에 센터에서 파악할 수 있으나, 돌발상황이 발생하지 않았을 경우에는 별다른 도움이 되지 않으며, 자원의 비효율적 이용으로 볼 수 있다.

돌발상황 발생시 버스위치 정보를 센터로 보내서 센터에서 알고리즘을 통해 돌발상황 또는 비정상적인 운행을 감지할 수 있다. 그러나 이러한 기능은 반드시 정주기로 버스위치정보를 송신하지 않더라도 다음과 같은 방법으로 해결할 수 있으며 여기서 두 번째의 방법이 이론적으로는 우수하다.

- 정류장 통과후 다음정류장에 도착하기 전까지는 일정시간 경과 후 버스위치정보 송신(이벤트+이벤트후 정주기 방식)
- 버스단말기의 자체 알고리즘을 통해 비정상 운행시에 자동으로 위치정보와 함께 비정상적인 운행 내용을 송신(고정이벤트+돌발이벤트 방식)

2) 버스도착정보 안내를 위한 도착예정시간 산출

현재 모든 버스통행시간 예측 알고리즘은 입력 자료로서 과거 이력 및 이전 정류장간 통행시간 자료를 사용하고 있다. 부분적으로 버스가 도착하지

않는 경우에는 20~수십초 간격의 정주기 버스위치자료를 활용하여 정확도를 높일 수 있으나, 이 역시 운행관리에서 같이 반드시 정주기의 버스위치정보가 아니더라도 정확도를 높일 수 있는 정보를 필요시에 수신할 수 있다. 현재 서울시 BMS의 경우 20초 정주기 방식을 사용하고 있으나, 20초 위치 정보는 GIS노선도면상에 운행위치를 표시하는 정도로만 사용되고 있다.

2. 고정이벤트 + 돌발이벤트

본 연구에서는 BIS 서비스를 위한 요구기능을 충족시키면서 데이터 및 통신자원을 효율적으로 사용할 수 있는 『고정이벤트+돌발이벤트 방식』의 버스정보 수집방안을 제시한다.

〈표 3〉 고정이벤트 + 돌발이벤트 방식

정보 수집 방식	<ul style="list-style-type: none"> 정류장과 교차로와 같은 사전에 규정된 이벤트 발생시점에 고정적으로 버스정보를 수집·송신 무정차, 개문발차, 노선이탈, 차량고장 등의 돌발적인 이벤트의 경우 버스차내장치에 내장된 알고리즘에서 판별하여 돌발이벤트 정보를 수집·송신
장점	<ul style="list-style-type: none"> 정확한 이벤트 발생시점의 정보수집 혼잡 및 돌발상황 발생시에도 정보수집 가능 데이터 사용 최적화 통신비용 최소 센터의 데이터처리 최소화
단점	<ul style="list-style-type: none"> 버스차내장치의 알고리즘 복잡 버스차내장치의 자체 DB필요 알고리즘 변경시 모든 버스차내장치 수정

3. 돌발이벤트의 종류

본 연구에서는 정류장 도착/출발과 교차로 통과시에 수집·송신하는 버스정보를 고정이벤트로 정의하고, 사전에 규정되지 않고 버스차량의 실시간 운행상태에 따라 판단되는 개문발차, 무정차통과, 노선이탈 및 차량고장 등의 이벤트를 돌발이벤트로 정의한다. 각 상황별 돌발이벤트의 종류 및 판단

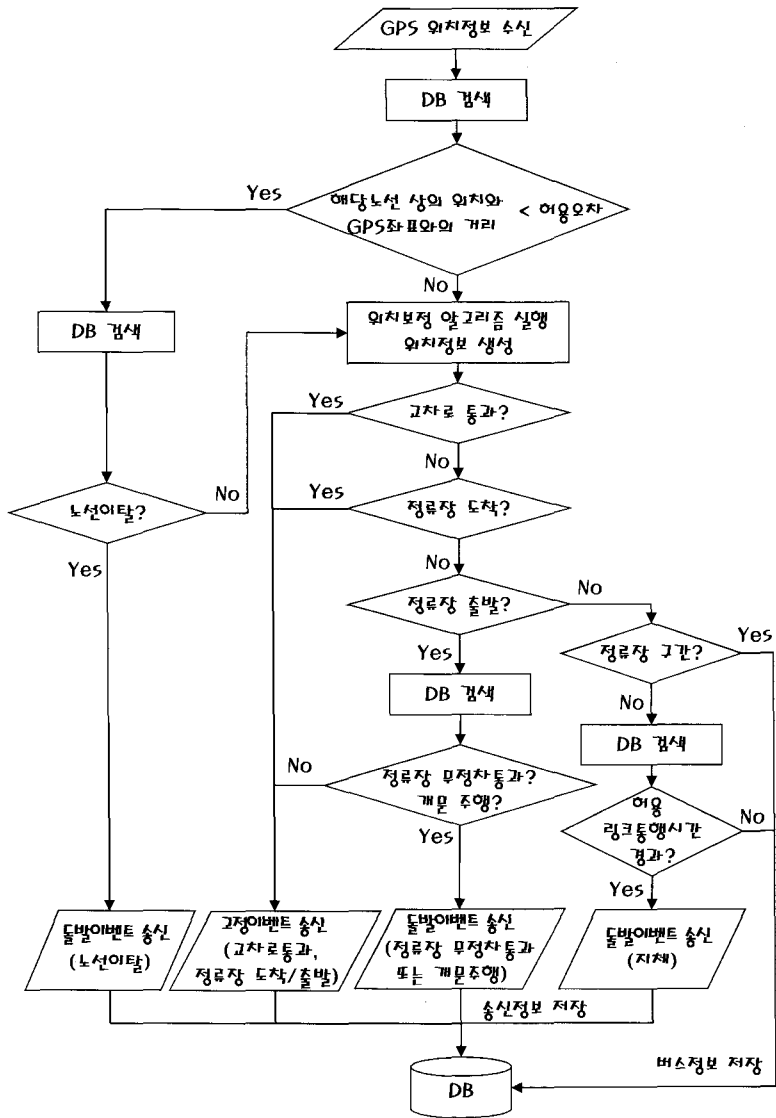
기준은 <표 4>와 같다.

<표 4> 돌발이벤트의 종류 및 판단 기준

개문발차	<ul style="list-style-type: none"> • 버스차량이 차량의 문을 열어둔 채 정류장을 출발하는 경우 발생 • 버스차량의 속도가 0이 아니고 문에 설치된 센서에서 문열림 상태를 감지하였을 경우 개문발차 정보 자동 송신
무정차통과	<ul style="list-style-type: none"> • 정류장구간에서 차량의 문열림이 감지되지 않고 속도가 0인 시점이 확인되지 않았을 때 정류장구간을 벗어나는 순간 무정차 통과 정보를 자동 송신
차량고장	<ul style="list-style-type: none"> • 차량의 기계적 고장이 발생하였을 때 센서에 의한 자동감지 및 운전자에 의한 수동감지로 차량고장 정보 송신
노선이탈	<ul style="list-style-type: none"> • 버스차량이 정해진 노선을 이탈하여 운행할 경우 발생 • 도로공사와 같은 도로에 발생한 돌발상황시에 운전자 또는 센터에 의한 계획적 노선변경이 발생할 경우 운전자에 의한 노선이탈 정보 송신 • 계획적 노선변경으로 인한 노선이탈 정보가 수집되지 않았음에도 불구하고
지·정체	<ul style="list-style-type: none"> • 노선의 각 링크에 정해진 허용 링크통행시간을 넘어설 경우 지·정체로 판단 • 허용오차를 반영한 평균 통행시간 또는 예측된 통행시간(허용오차는 통행시간의 표준편차로부터 산출함) 이내에 다음 정류장에 도착하지 못하는 경우 버스차량의 위치정보 자동 송신
차내 돌발상황	<ul style="list-style-type: none"> • 차량내 승객의 사고, 화재 등의 돌발상황이 발생한 경우 운전자에 의한 차내 돌발상황 정보 송신
도로공사 등의 차외 돌발상황	<ul style="list-style-type: none"> • 지·정체를 제외한 도로상의 공사, 교통사고 등의 돌발상황이 발생한 경우 운전자에 의한 차외 돌발상황 정보 송신

4. 돌발이벤트별 판정방법/알고리즘

현재 BIS에서 요구되고 있는 버스정보의 기능을 가장 효과적, 효율적으로 수행할 수 있는 BIS 정보수집주기방식은 고정이벤트+돌발이벤트 방식으로 볼 수 있다. 그러나 고정이벤트+돌발이벤트 방식으로 정보를 수집하기 위해서는 고정이벤트와 돌발이벤트를 판단하기 위한 알고리즘이 버스차내장치에 내장되어 있어야 하고, 이러한 알고리즘을 수행하기 위해서 버스차내장치는 별도의 DB를 갖추어야 한다. 버스차내장치에서는 <그림 1>과 같은 데이터 처리과정을 통해 각 이벤트를 판단하여 정보를 송신하게 된다.



〈그림 1〉 이벤트판단 알고리즘

1) 지·정체로 인한 비정상 운행 돌발이벤트 판단 방법

단계1) 각 노선의 정류장간 통행시간(고정이벤트간 통행시간)을 과거자

료를 이용하여 예측 또는 과거 평균적인 통행시간을 산출하여 버스단말기의 DB에 저장

단계2) 식(1)의 조건을 만족할 경우 비정상 운행 돌발이벤트 정보 송신

$$t - t_i \geq T_{ij} + K \times \sigma_{ij} \quad (1)$$

여기서, t : 현재시각

i : 이전 고정이벤트 발생지점

j : 이후 고정이벤트 발생지점

t_i : i 지점을 통과한 시각

T_{ij} : i 지점에서 j 지점까지의 평균 또는 예측된 통행시간

K : 신뢰수준 파라미터(원하는 신뢰수준에 따라 설계자가 결정)

σ_{ij} : i 지점에서 j 지점까지 통행시간의 표준편차

비정상 운행으로 판단되었을 경우 다음 고정이벤트 발생시점까지 일정주기로 버스정보를 지속적으로 송신한다.

2) 노선이탈 판단 알고리즘

노선이탈 판단 알고리즘은 위치보정 알고리즘과 상반되는 조건을 갖고 있기 때문에 판단에 주의를 요하게 된다.

단계1) DB의 노선자료와 현재의 버스차량 좌표를 비교하여 그 거리가 허용오차를 넘어설 경우

단계2) 과거에 기록된 해당 지점에서의 좌표, 최근 저장된 버스위치정보 및 도로망 조건을 참조하여 노선이탈 여부 판단

단계3) 노선이탈의 경우 노선이탈 정보를 센터로 송신하고 노선이탈이 아니라고 판단될 경우 위치보정 알고리즘으로 이동하여 위치정보를 생성하고 DB의 해당 지점에서의 좌표정보 갱신

노선이탈이 아님에도 불구하고 노선상의 위치와 GPS 수신좌표와의 거리가 허용오차를 계속 넘어설 경우 현장 조사 후 DB의 노선정보 수정이 필요하다.

이 방식으로 정보를 수집하기 위해서 필요한 알고리즘과 DB가 버스 차내 장치에 내장되어야 하는 문제는 현재 단말기의 성능이 고급화되고, 또한 이에 따른 비용에 대한 경제적 부담이 크지 않으며, 이에 따라 센터에서 각종 연산을 통한 알고리즘의 적용(중앙집중 연산방식) 보다는 개별단말기에서 필요한 연산을 수행하고 필요한 결과만을 센터로 송신하는 방식(단말기 분산연산방식)을 채택하는 추세를 감안할 때, 향후 이러한 기능의 단말기 개발을 통해 해결될 수 있을 것으로 예상된다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 한정된 자원의 효율적 사용이라는 관점에서 시스템의 최적 성능을 보장할 수 있는 버스정보수집방안을 검토하였다. 본 연구에서 제시한 고정이벤트+돌발이벤트 방식의 버스정보 수집방안은 데이터 및 통신 자원을 효율적으로 사용하면서 버스차량의 운행관리와 도착예정시간 산출의 두 가지 요구사항을 충분히 만족시킬 수 있는 것으로 판단된다.

버스정류장과 교차로와 같이 사전에 정의된 지점에서의 정보수집을 고정 이벤트로 정의하고, 사전에 정의되지 않고 알고리즘에 의해 실시간으로 판단하여 정보를 수집하는 것을 돌발이벤트로 정의하였다. 돌발이벤트의 경우 버스차내장치에 내장된 알고리즘에 의해 실시간으로 판단되는 것으로 개문 발차, 무정차 통과, 노선이탈, 지정체 및 돌발상황 등이 이에 해당한다. 이러한 돌발이벤트 방식의 정보수집은 정주기방식의 정보수집을 대체할 수 있어 데이터 및 통신자원의 효율적 사용을 가능하게 한다.

버스차내장치에서 돌발이벤트를 실시간으로 판단하기 위해서는 각각의 돌발이벤트를 판단할 수 있는 알고리즘이 필요하며 이를 위해서는 별도의 데이터베이스가 요구된다. 현재의 기술발전 수준과 정보처리의 분산화 추세를 감안할 때 버스차내장치의 성능 고급화는 실현 가능성이 충분한 것으로 판단된다. 그러나 버스차내장치의 성능 고급화는 버스차량의 성능과도 관련된 것으로 노후화된 버스차량에 대한 충분한 고민이 동시에 이루어져야 할 것이다.

최근들어 도시부 간선도로의 교통정보 수집을 위해 버스차량의 소통정보

를 활용하는 방안에 대한 검토가 이루어지고 있다. 일부 지자체에서는 이를 위해 정주기방식의 버스정보 수집방안을 적용하고 있으며 실제로 정류장간 거리가 수 km에 달하는 도시 외곽지역의 정보수집을 위해서는 정주기방식의 정보수집방안이 적합해보이기도 한다. 그러나 본 연구에서 제시한 고정 이벤트+돌발이벤트 방식의 버스정보 수집방식으로도 교통정보 수집을 위한 버스정보의 활용이 가능할 것으로 판단되며 정류장간 거리가 긴 지역에서의 버스정보 수집에도 문제가 없을 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시한 버스정보 수집방식은 실제 적용된 사례가 없기 때문에 이의 효과를 검증하기 위해서는 여러 가지 지역적 조건 및 교통상황에 따른 현장 시험이 요구된다. 이를 위해서는 많은 양의 실제 버스운행 자료가 필요하기 때문에 이는 향후 연구과제로 제안한다.

참고문헌

1. 건설교통부(2004), “대중교통(버스)정보 교환 기술기준(안)”.
2. 고양시(2002), “고양시 버스정보시스템(BIS) 구축사업 설계보고서”.
3. 군산시(2004), “군산시 시내버스 정보제공/운행관리 시스템 설치공사 설계보고서”.
4. 서울시(2003), “버스 종합사령실 설치공사 기본설계보고서”.
5. 한국건설기술연구원(2005), “사당~수원축 광역버스정보시스템 연계 시범사업 설계보고서”.
6. Tori D. Rhoulac, Nagui Roupail, Jeffery C. Tsai, “Using Global Positioning Systems to Improve School Bus Routing and Scheduling”, TRB 2000.
7. Ranhee Jeong, Laurence R. Rilett, “Bus Arrival Time Prediction Model for Real-Time Applications”, TRB 2005.
8. Geert, Nelly Kalfs, Jan Perdok, “GPS as a Data Collection Method for Travel Research-The use of GPS for data collection for all modes of travel”, TRB 2000.
9. Kelley Klaver Pecheux, Pamela J. Vandergriff, “Customer Use

of and Satisfaction with Real-Time Bus Arrival Information in Portland, Oregon”, TRB 2005.

10. Nagahiro Yoshida, Takashi Uchida, Minoru Tomatsu, Masao Namimoto, “An Application of Personalized Bus Location System using GPS and Web-based Information System”, 2003 ITS.