

대전광역시 버스도착안내시스템 신뢰도 평가

임영진, 박은미, 한대희

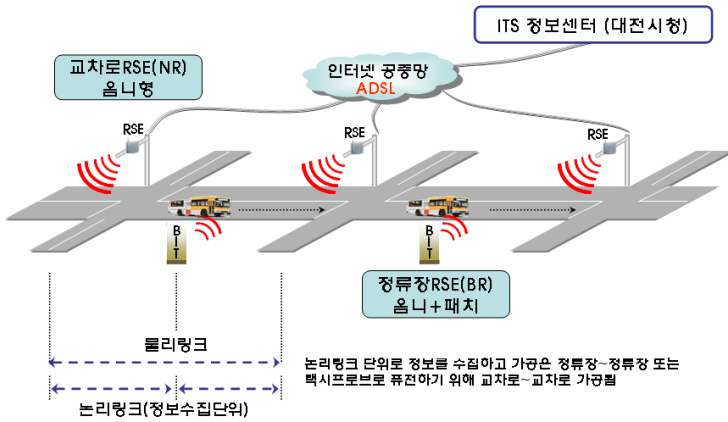
1. 서론

버스도착안내시스템(Bus Information System, BIS)은 정류장 대기 승객 등 이용자들에게 버스운행상태 등 버스 운행관련 정보를 제공하는 시스템이다 국내외 여러 도시에서 시행중인 버스도착안내시스템(BIS)에 있어 버스도착예정시간 정보의 정확도는 시스템에 대한 가치평가의 가장 중요한 요소이다.

그러나 시민들의 민원이나 언론에 의해 제기된 단편적 문제들에 의해 시스템의 정확도나 신뢰도를 판단하여 왔다. 이는 시스템에 대한 막연한 불신으로 이어져, 향후 확장사업이나 시스템 개선에 있어 현재까지 구축된 시스템에 대한 정확한 진단 없이 무조건적으로 새로운 기술이나 방식으로 바꾸는 양상이 계속되고 있다.

〈그림 1〉은 대전광역시 버스도착안내시스템 개념도이다. DSRC(Dedicated Short Range Communication)방식의 시스템으로서, 교차로와 정류장에 설치된 RSE(Road Side Equipment)와 프로브(Probe)차량 내에 설치된 OBE(On Board Equipment)와의 통신을 통해 구간 데이터를 수집한다.

대전광역시는 그간 시민들의 민원이나 언론에 의해 제기되었던 버스도착안내의 정확도 문제에 대하여, 별다른 분석 없이 버스위치추적시스템의 부재, RSE의 부족 등으로 인식해 왔다. 본 연구에서는 현재 대전광역시에서 운영 중인 버스도착안내시스템(BIS)을 분석함으로써, 실제 도착안내시스템의 신뢰도에 영향을 주는 요소들에 대해 도출함을 그 목적으로 한다.



〈그림 1〉 대전광역시 버스도착안내시스템 개념도

II. 분석데이터

대전광역시에서 운영 중인 DSRC방식의 ITS시스템은 교차로와 정류장에 설치된 RSE(Road Side Equipment)와 프로브(Probe)차량 내에 설치된 OBE(On Board Equipment)와의 통신을 통해 구간 데이터를 수집한다. 이때 버스가 교차로나 정류장을 통과하면서 RSE와 통신한 이력은 통신시간, 노선번호, OBE ID, 통행시간, 에러코드 등으로 구분되어 센터 DB에 저장되게 되고 현시점에서 15분전까지 수집된 구간 통행시간과 동시간대의 패턴데이터에 의해 버스도착예정시간이 제공되는 시스템이다.

수집된 원시데이터에 의해 가공된 버스도착예정시간데이터(bis_rse_expect)에는 해당버스의 현재위치에서 버스도착안내가 제공되는 RSE까지의 예상도착시간과(plan_passtime) 실제도착시간이(real_passtime) 구분되어져 가공되어진다. 본 연구에서는, 이처럼 센터 DB에 여러 형태로 저장되어진 데이터를 이용하여, 분석형태에 알맞게 노선, 가로, RSE별로 구분하여 분석을 수행 하였다.

본 연구에서는 대전광역시 버스도착안내시스템에서 수집되어 DB에 저장된 데이터 중, 2007년 4월19일, 2007년 7월10일 18시~19시 데이터로 분석을 수행하였다. 또한 수집데이터의 변동특성을 파악하고 현장데이터와 비교를 위해 5월17일 현장조사를 실시하였다.

Ⅲ. 평가 1 : 수집데이터의 변동특성

버스도착안내의 정확도 평가에 앞서, 수집데이터의 특성 및 신뢰성을 평가하는 것이 필요하다. 동일시간대 동일구간을 지나는 버스들의 통신데이터를 살펴보면 변동이 심한 것을 볼 수 있다. 이러한 변동 원인이 시스템의 문제에 기인하는지 아님 데이터 고유의 특성인지 파악하기 위해, 현장에서 실측을 실시하고 이를 시스템의 통신데이터와 비교하였다.

비교 결과 버스데이터의 변동은, 통신반경 등에 의해 발생하는 시스템 오차가 아닌, 교통신호, 정류장 특성, 정류장 서비스시간 차이 등에 의해 발생하는 버스통행시간 데이터의 고유한 특성으로 나타났다. 즉, 이러한 변동 특성은 다음과 같은 3가지 요인에 의해 발생하였다.

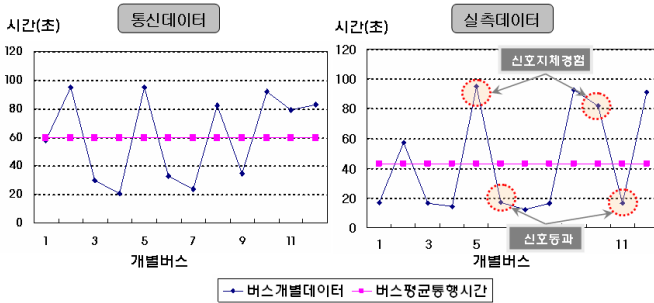
1. 정류장과 정류장사이에 신호를 포함하는 경우, 신호지체 경험유무에 의해 변동 발생
2. 정류장과 정류장사이에 신호를 포함하지 않는 경우, 정류장 서비스시간의 차이에 의해 변동 발생
3. 여러 개의 정류장에 분산정차 시키는 경우

이하에서는 이들 버스데이터의 변동에 대하여 구체적으로 제시하도록 한다. 분석에 사용된 통신데이터와 현장실측 데이터는 사정상 일치시키지 못하였고, 통신데이터는 4월19일 18시~19시, 현장실측데이터는 5월17일 18시~19시 데이터를 사용하였다.

1. 신호지체 유무에 따른 버스통행시간 변동

〈그림 2〉는 정류장~교차로 구간의 통신데이터와 현장실측 데이터를 나타내고 있다. 정류장~교차로구간의 통행시간의 변동은, 실측결과 신호의 경험 유무에 따라 발생하며 통신데이터의 패턴과도 일치하는 것으로 나타났다. 즉 통신데이터 상에 나타난 변동은 부정확한 시스템에 의해 발생하는 오차가 아닌 신호가로 버스통행시간 데이터 고유의 특성이라 할 수 있다.

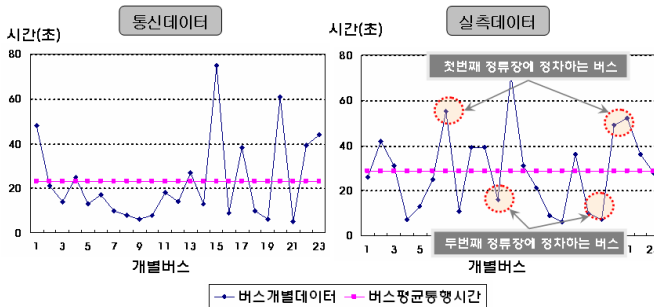
즉 정확한 시스템에 의해 정확히 측정을 해도 기본적으로 신호가로의 버스 통행시간에는 이러한 변동이 존재하며, 이러한 변동은 버스도착안내의 정확도를 평가할 때 고려해야 할 부분이다.



〈그림 2〉 정류장~교차로구간의 통신데이터와 실측데이터 비교 (RSE2106~RSE7357, 190.07m)

2. 정류장 서비스시간 차이에 의한 버스통행시간 변동

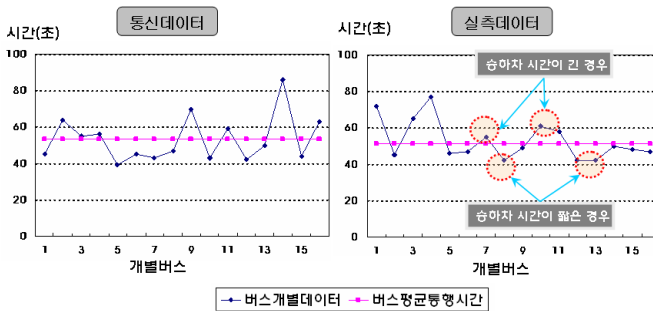
〈그림 3〉은 중간에 신호가 없는 정류장~정류장구간의 통신데이터와 현장실측데이터이다. 신호가 존재하지 않음으로써 신호지체에 의한 변동은 존재하지 않으나, 여전히 변동은 존재한다. 이는 정류장에 정차하는 버스 노선별 정차시간의 차이에 의해 발생하는 것으로서, 〈그림 2〉에서 제시한 신호지체 유무에 의한 변동보다는 변동 폭이 작은 것으로 나타났다.



〈그림 3〉 정류장~정류장구간의 통신데이터와 실측데이터 비교 (RSE1065~RSE1184, 299.75m)

3. 버스 분산정차에 의한 버스통행시간 변동

한 정류장에 정차하는 노선이 많을 경우, 짧은 구간에 여러 개의 정류장을 두고 버스를 분산정차시키고 있다. 이때 정류장 구간은 매우 짧아지고 각 정류장마다 정차하는 노선이 다르게 된다. 이러한 경우, 두 정류장 중 어디에 정차하는 노선이나에 따라 <그림 4>와 같은 통행시간에 변동이 생기는 것으로 분석되었다.

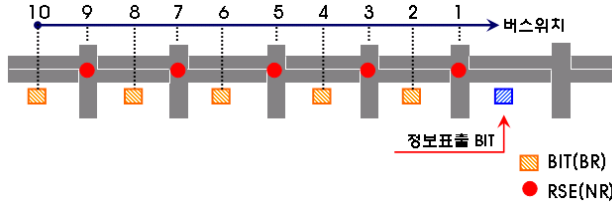


<그림 4> 버스분산정차 구간의 통신데이터와 실측데이터 비교 (RSE0001~RSE0322, 52.43m)

Ⅳ. 평가 2 : 도착예정시간 정보 정확도

1. 정보표출 BIT와 현 버스위치와의 간격에 따른 정확도

대전광역시 버스도착안내시스템에서 버스의 도착예정시간 정보는, 해당 버스가 정류장 BIT(Bus Information Terminal)에서 5개전 정류장에 도착했을 때부터 정보가 표출되어 버스이용자에게 전달된다. 즉 해당버스에 대한 정보는 하류부의 5개 정류장 BIT에서 부터 표출되는데, 해당버스와 각 정류장 사이의 간격을 둘 사이에 위치한 RSE 숫자로 나타낼 수 있으며, 이를 <그림 5>와 같이 도식화 할 수 있다. 이때 RSE 수는 정류장 수와 정확히 매칭되지 않으며 교차로와 정류장에 설치된 여건에 따라 달라진다.

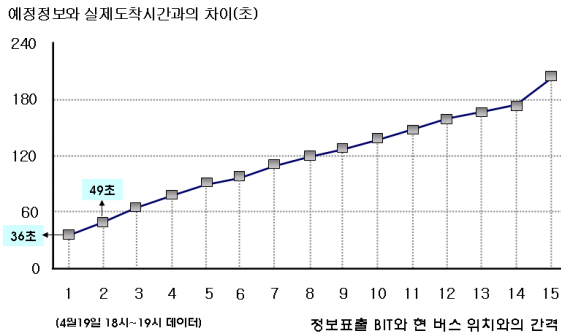


〈그림 5〉 버스위치와 정보표출 BIT간의 간격

정류장 BIT와 현 버스와의 RSE 간격에 따른 예정정보와 실제도착시간과의 차이를, 시스템 DB에 저장된 4월19일 18시~19시 도착예정정보와 실제도착시간 데이터를 가지고 분석하였다. 이 분석 결과는 〈그림 6〉에 제시하였다. 분석 결과, 정보표출 BIT와 버스와의 간격이 가까워질수록 정확도는 개선되는 것으로 분석되었다.

이용자들이 허용할 수 있는 오차의 범위에 대하여 정해진 값은 없으나 잠정적으로 120초로 가정하면, 8개 RSE전까지는(즉 약 3~4개 정류장 간격) 허용오차 범위내로 들어오는 것으로 판단된다. 또한 전전 RSE 에서는 평균 49초, 전 RSE에서는 평균 36초의 오차를 나타내었다. 이용자들이 체감하는 정확도는 퍼센티지보다는 절대차라는 판단에 의해, 여기에서는 퍼센티지가 아닌 절대차를 정확도에 대한 척도를 사용하였다.

신호지체유무, 정류장서비스시간차이 등에 의해 발생하는 버스통행시간 데이터의 변동특성에 대하여 전술한 바 있다. 이는 아무리 정확히 수집하고



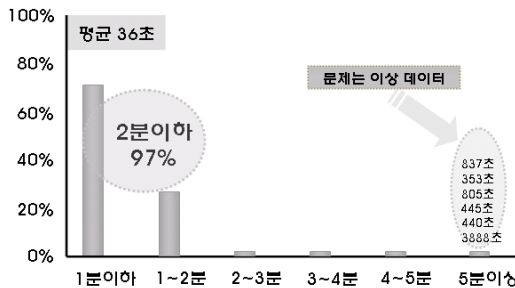
〈그림 6〉 정보표출BIT와 현 버스위치와의 RSE간격에 따른 정확도

가공하는 시스템이 구축되었다 하더라도 어느 정도 편차가 발생한다는 것을 의미한다. 이러한 버스 통행시간 데이터의 변동 특성과 이용자가 체감하는 오차 범위를 감안할 때, 대전광역시 도착안내시스템에서 도착예정시간 정보는 허용할 수 있는 오차 범위에 있다고 해석할 수 있다.

2. 도착예정정보와 실제도착시간 차이 분포

앞서 제시한 <그림 6>에 의하면 정보표출 BIT와 버스위치와의 RSE 간격이 1인 경우 평균 36초의 정확도를 보였다. 이러한 평균에 대하여 시간 차의 분포를 분석해 본 결과를 <그림 7>에 제시하였다.

<그림 7>의 분포에 의하면, 약 97%의 경우 120초 이내의 차이를 보였고 나머지 3% 중 약 1%에 해당하는 값이 상식이하의 차이를 보이는 이상 데이터였다. 평균값과 분포로 판단해 볼 때, 이러한 1%에 해당하는 도착안내가 이제까지 버스도착안내의 신뢰성에 대한 논란의 원인으로 분석되며, 상식이하의 차이를 보이는 1%에 해당하는 이상데이터가 왜 발생하는지 원인을 규명하고 그것을 바로잡는 것이 급선무라고 판단된다. 이러한 이상데이터의 원인에 대하여는 다음 절에서 논하도록 하겠다.



<그림 7> 예정시간과 실제도착시간과의 차이에 따른 분포

3. 이상데이터 발생 요인

정보표출 BIT와 현 버스위치와의 RSE간격에 따른 예정정보의 정확도를 분석한 결과, 도착예정정보와 실제도착시간과의 차이가 비정상적으로 크게

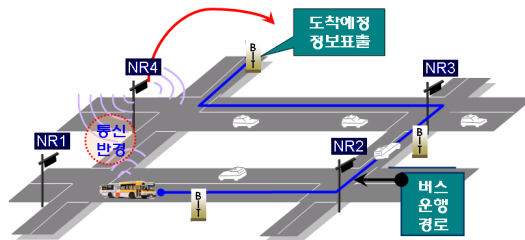
발생하는 이상데이터가 존재하며, 버스가 바로 전 RSE에 도착했을 때 약 1%정도가 이에 해당 하였다.

이하에서는 이들 이상데이터의 발생 원인에 대하여 분석한 결과를 제시 하도록 한다. 이들 이상 데이터 발생 요인에 대한 시정이 대전광역시 도착 안내시스템의 최우선 선결과제라 판단된다.

1) 통신간섭

(1) 굴곡노선

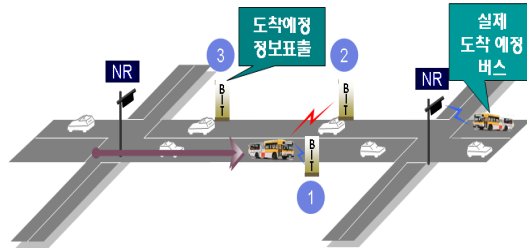
〈그림 8〉은 굴곡노선에서 발생하는 통신간섭문제를 도식화 한 것으로서, 그림상의 NR1에 도착한 버스가 NR4와도 통신을 함으로서 NR4 다음에 있는 BIT에 도착예정정보가 표출하게 됨으로써 버스의 실제운행시간인 NR2~NR4까지의 걸리는 시간의 차이만큼 도착예정시간과 실제도착시간의 차이가 발생하게 되는 경우이다.



〈그림 8〉 굴곡노선에서의 통신간섭 문제

(2) 반대방향 통신

〈그림 9〉는 통신간섭에 의해 발생하는 반대방향 통신의 예를 도식화한 그림이다. 정류장 RSE(BR)의 경우 방향성이 있기 때문에 동일방향의 버스와만 통신(①)을 해야 함. 그러나, 통신반경이 겹쳐지거나 일시적 현상으로 반대방향(②)의 RSE와 통신하게 되어, 반대방향 BIT(③)에 도착예정 정보가 표출되는 문제가 발생하게 되었다.

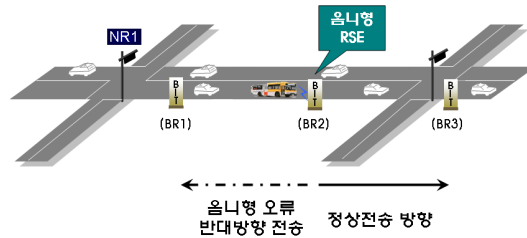


〈그림 9〉 반대방향 통신 문제

2) 옴니형 RSE의 반대방향 전송문제

RSE는 정류장 RSE(BR)와 교차로 RSE(NR)로 구분되어 지며 정류장 RSE에서는 버스만이 통신을 한다. RSE의 종류는 패치형과 옴니형이 있으며, 패치형은 프로브의 진행방향으로만 통신이 가능하지만 옴니형의 경우 양쪽방향 모두 통신이 가능하다. 옴니형의 경우 주로 버스의 통행이 빈번하지 않은 외곽지역에 설치 한다

〈그림 10〉의 버스는 NR1을 거쳐 BR3로 향하는 버스로 BR2와 통신후 예정정보가 BR3으로 전송되어야 하나, 옴니형인 BR2가 반대방향인 BR1로 정보를 전송하는 경우가 발생된다.



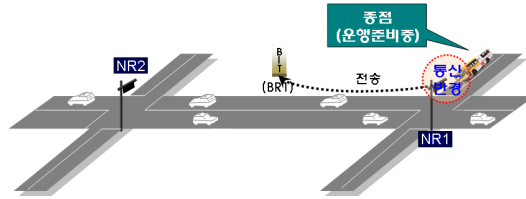
〈그림 10〉 옴니형 RSE의 반대방향 전송문제

3) 운전자 운행종료 미이행

차량의 시동을 끄거나 운전기사들이 OBE를 꺼야 운행이 종료된 것으로 인식하는데, 운전자들이 운행종료를 하지 않고, 시내부 종점에서 계속 머물거나 외곽 차고지 부근에서 계속 운행함으로써 문제가 발생하는 것으로 분석되었다.

(1) 시내부 종점

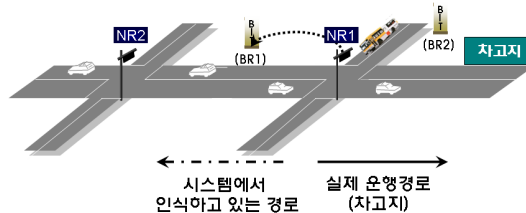
〈그림 11〉은 버스가 종점에 도착한 후 대기하면서 운행종료를 하지 않아, NR1과 통신함으로써 예정정보가 BR1에 전송되나 실제 버스는 대기하고 있어 예정시간보다 늦게 도착하는 경우이다.



〈그림 11〉 운전자 운행종료 미이행(시내부 종점)

(2) 외곽차고지 부근

〈그림 12〉는 버스가 종점 BR1에 도착 후 운행종료를 하지 않고 차고지로 향하면서 NR1과 통신을 함으로써 발생하는 문제이다. 실제로는 차고지로 향하고 있지만 NR1 다음에 있는 BR1에서 버스가 오는 것으로 잘못 인식된 정보를 제공하는 문제가 발생하는 것으로 분석되었다.



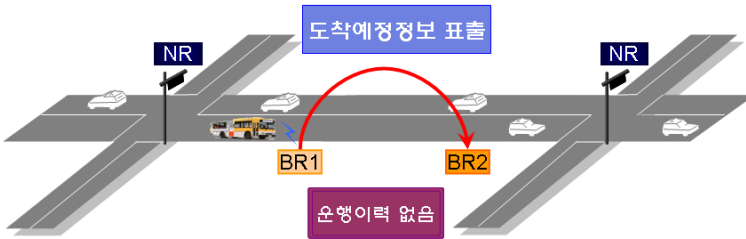
〈그림 12〉 운전자 운행종료 미이행(외곽차고지 부근)

4) 잘못된 패턴데이터

배차간격상 버스의 운행이 뜸한 지역은 패턴데이터에 대한 의존도가 높는데, 현실과 동떨어진 패턴데이터로 인해 잘못된 예정정보 표출하는 경우가 있는 것으로 분석되었다.

〈그림 13〉는 이러한 문제의 예로서, BR1~BR2구간의 패턴데이터를 보

면 18시에 24.27km/h, 18시15분에 13.96km/h의 패턴속도가 구축되어 있으나 실제로 본 구간은 외곽지역으로 60km/h속도 이상으로 운행하는 구간으로 예측정보는 실제도착시간보다 늦게 도착한다고 표출함으로서 문제가 발생하게 되었다.



〈그림 13〉 잘못된 패턴데이터

5) 기타

위에서 상술한 원인 이외에, 특정이벤트가 있는 지역의 패턴데이터 관리 문제가 나타났다. 5일장인 유성장이 열리는 구간의 경우 장이 열리는 날은 다른 날에 비해 혼잡하나 장이 열리는 날을 패턴데이터로 구분해서 관리하지 못해 도착예정시간 예측에 문제가 생기는 것으로 분석되었다.

소거는 진입정보를 표출후 제공된 정보를 없애는 것으로 ①정상적으로 다음 RSE를 만나 소거되는 것과 ②정체 등의 이유로 진입정보 표출후 6분이 지나면 소거되는 경우와 ③진입정보 표출 후 해당 RSE를 지났음에도 불구하고 해당 RSE와 통신하지 못해 다음 RSE와 통신한 후 소거되는 3가지 경우가 있으며, 이중 ①번의 경우 정상소거이나, ②, ③번의 경우 승객에게 혼란을 주고 버스도착안내시스템의 신뢰도를 훼손할 소지가 있다.

V. 평가 3 : RSE 간격에 따른 도착예정시간 정보 정확도

RSE의 설치간격은 지역 및 주변여건에 따라 30m에서 12,620m로 다양하며, RSE간 설치간격이 짧은 곳은 대부분 시내부에 긴 곳은 외곽에 분포되어 있다. 본 장에서는 RSE간 설치간격이 버스도착안내의 정확도에 미

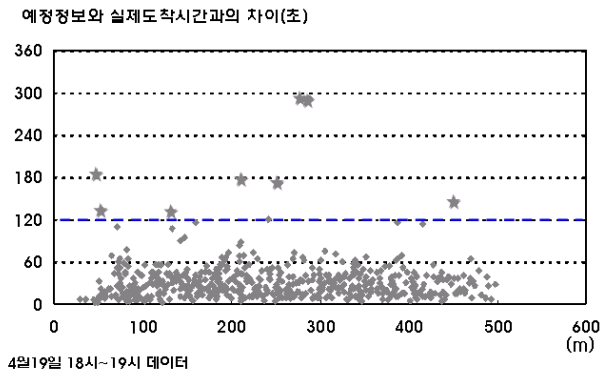
치는 영향을 분석하였으며, 분석결과 RSE 간격에 따른 정확도는 500m 이하, 500~1,000m 사이, 1000m 이상의 세 그룹에서 차이를 나타냈다.

RSE 간격이 1,000m 이상이 되면 정확도가 떨어지며, 또한 앞서 언급한 이상데이터의 발생빈도도 높게 나타났다. 이러한 맥락에서 판단할 때, RSE 간격이 1,000m 이상인 구간들에 대한 면밀한 분석을 거쳐 RSE를 추가로 설치하는 것이 필요하다고 판단된다.

1. RSE간 간격이 500m이하 구간

RSE설치간격이 500m이하구간은 전체 1,703개 구간중 1,275개 구간으로 74.8%를 차지한다. 500m이하 구간의 예정정보와 실제도착시간과의 차이 분포는 <그림 14>에 제시하였으며, 약 98.6%가 120초 이내에 있으며 그들 대부분은 60초 이내에 분포하는 것으로 분석되었다 (2007년 4월 19일 18시~19시 데이터).

예정정보와 실제도착시간과의 차이가 120초 이상인 <그림 14>상에 별표로 표시된 데이터의 오차 원인을 분석한 결과, 시내부 종점, 차고지 운행버스, 통신 중첩 등의 이유로 분석되었으며, 이들에 대하여는 앞 절에서 상술한 바 있다.

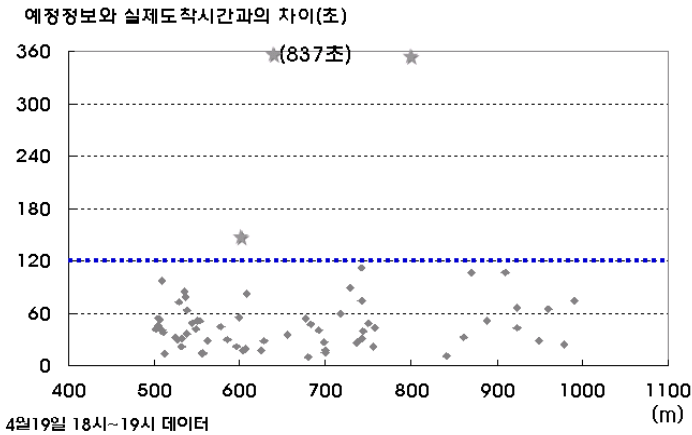


<그림 14> 도착예정정보와 실제도착시간의 차이 - RSE 간격 500m 이하

2. RSE간 간격이 500m ~ 1,000m사이 구간

RSE 설치간격이 500m~1000m사이 구간은 전체 1,703개 구간 중 261개 구간으로 이는 15.3%에 해당된다. 500m~1000m사이 구간의 예정정보와 실제도착시간과의 차이는 <그림 15>에 제시하였으며, 500m 이하 구간과 비교할 때 60초 이내의 분포비율은 떨어지나, 대부분이 120초 이내의 오차범위 내에 분포하는 것으로 분석되었다.

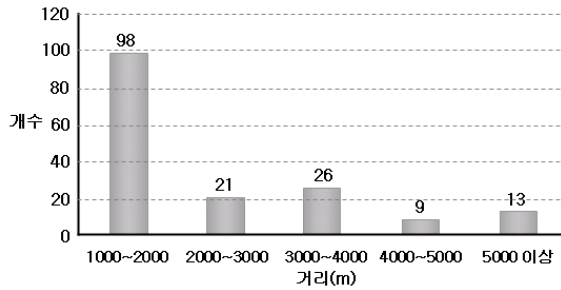
<그림 15>상에 별표로 표시된 예정정보와 실제도착시간과의 차이가 120초 이상인 데이터의 원인을 분석한 결과, 음니형 RSE 문제, 통신중첩등의 이유로 오차가 크게 발생한 것으로 분석되었다.



<그림 15> 도착예정정보와 실제도착시간의 차이 - RSE 간격 500-1000m

3. RSE간 간격이 1,000m이상 구간

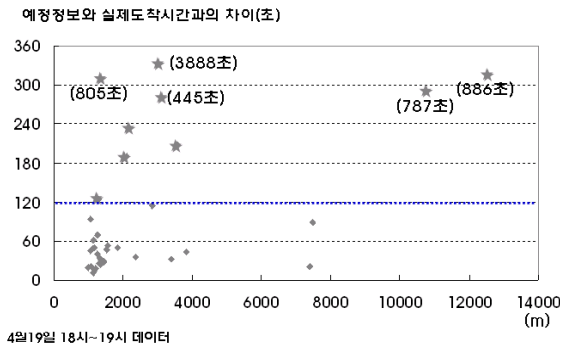
RSE설치간격이 1,000m 이상인 구간은 전체 1,703개 구간중 167개 구간(9.9%)으로, 대부분 버스운행이 빈번하지 않은 외곽지역이며 5,000m이상인 구간도 13개나 존재하였다. 이러한 1,000m 이상 구간의 RSE 설치간격 분포는 <그림 16>에 제시하였다.



〈그림 16〉 1,000m 이상 구간 RSE 설치간격 분포

1,000m 이상인 구간의 예정정보와 실제도착시간과의 차이 분석결과는 〈그림 17〉에 제시하였으며, 1,000m 이하인 구간과는 달리 예정정보의 차이가 120초 이상인 데이터의 빈도수가 차지하는 비율이 22.2%로서 높았으며, 그 오차의 크기도 1,000m 이하 구간에 비하여 월등히 크게 나타났다. 〈그림 17〉 상에 별표로 표시된 예정정보와 실제도착시간과의 차이가 120초 이상인 데이터의 원인을 분석한 결과, 음니형 RSE, 잘못된 패턴데이터 등의 문제로 큰 오차가 발생한 것으로 분석되었다.

RSE 간격이 1,000m 이상인 경우 오차도 크게 발생하고, 이상데이터 발생의 빈도수가 늘어가는 점에 비추어 볼때, RSE 간격이 1,000m 이상인 167개 구간에 대하여는 면밀한 분석을 추후 수행하여 RSE 추가설치를 결정하는 것이 필요하다고 판단된다.



〈그림 17〉 도착예정정보와 실제도착시간의 차이 - RSE 간격 1000m 이상

VI. 결론

본 연구에서는 현재 대전광역시에서 운영 중인 버스도착안내시스템의 신뢰도를 분석하여 제시하였다. 대전광역시 버스도착안내시스템의 경우 약 2,000여개의 정류장 중에 659개의 정류장에만 BIT가 설치되어 있으며 이중 497개 정류장에만 RSE가 설치되어 있으며 버스위치추적기능은 없다. 이제까지 대전광역시 버스도착안내시스템에 대한 인식은 별다른 평가 기회도 없이, RSE 부족과 위치추적기능 부재로 도착안내가 제대로 이루어지지 못하고 있다는 인식이 지배적이었다.

그러나 분석을 수행한 결과, 평균적으로 볼 때 도착안내의 정확도에는 문제가 없다고 판단되었고 다만 1% 정도에 해당하는 이상데이터가 이용자들의 불만을 유발하고, 시스템에 대한 불신을 조장한 것으로 분석되었다. 또한 이들 이상데이터의 발생 원인도, 통상 원인으로 꼽히던 RSE부족이나 실시간 위치추적기능의 부재가 아닌, 통신간섭, 버스운전자의 운행종료 미이행 문제, 잘못된 패턴데이터 등으로 분석되었다. 따라서 대전광역시 버스도착안내시스템에 있어서는 RSE 확장과 위치추적기능 보완보다는, 이상데이터 발생원인으로 IV장 3절에서 제시된것들에 대한 개선이 최우선 과제라 판단된다. 다만 RSE 간격이 1,000m가 넘는 167개 구간에 대하여는 추가분석을 통하여 RSE 추가설치를 검토하는 것이 필요하다고 분석되었다.

그간 버스도착안내시스템을 비롯한 지능형교통시스템은 시스템의 외형적 확장에 주력해 왔다. 각 ITS 관련 센터에 하루에도 수 GB씩 쌓이는 데이터를 이용하여 각종 분석이 가능하다. 이제는 데이터 분석에 의한 전문가의 판단으로 향후 시스템 개선의 방향이 결정되고 실행되는 것이 필요한 시점이다. 본 연구의 결과는, 이러한 센터에 축적된 데이터 분석과 전문가의 판단에 시사점을 줄 것이라 판단된다.

본 연구는 대전광역시가 3차에 걸쳐 수행한 1단계 사업을 평가하고 2단계 사업을 위한 “대전광역시 ITS 발전방향 도출을 위한 연구”의 일환으로 수행되었다.

참고문헌

1. 대전시(2007), “대전광역시 ITS 발전방향 도출을 위한 연구”

2. 고승영(2002), 버스도착시간 정보에 대한 연구, 대한교통학회지, 제20권 제5호, 대한교통학회, pp.175~181.
3. 배덕모(2002), 부천시 사례를 통한 버스정보시스템 운영효과 분석, 대한교통학회지, 제20권 제1호, 대한교통학회, pp.7~18.
4. 김승일·김영찬·이정원(2006), 버스정보시스템(BIS) 정류장도착예정시간 시스템오차 연구, 대한교통학회지, 제24권 제4호, 대한교통학회, pp.117~127.



임영진



박은미



한대희