

## RFID와 GPS 기반의 교통정보 수집체계 비교분석연구

A Comparative Study between GPS-based and RFID-based  
Traffic Information Collection System

최기주\* · 심상우\*\* · 김동환\*\*\*

Choi, Keechoo · Shim, Sangwoo · Kim, Dong-hwan

## Abstract

This paper shows the results of the comparative analysis of differences and similarities between GPS-based and RFID-based traffic information collection systems for testing the applicability of RFID system in urban street settings in Jeju island, Korea. For this, we reviewed both traffic information collection systems in terms of accuracy, link design scheme and cost. Regarding accuracy and real world applicability, the GPS-based system is superior and accurate. In terms of the operational cost during the first 10 years, however, the cost of RFID-based system was identified lower than that of GPS-based system. The applicability of RFID-based system, in spite of the weakness of accuracy and applicability, was tested successfully in urban settings. Some limitations and future research agenda have also been presented.

**Keywords :** *traffic information collection system, rfid, gps, comparative analysis*

## 요 지

본 연구는 유비쿼터스 환경에 적합한 교통정보 수집 체계로서 RFID 방식의 활용가능성을 확인하기 위해 프로브를 이용하는 방식 중 현재 많이 이용되고 있는 GPS 방식과 비교 분석하였다. 이를 위해 국내 교통정보 수집 체계를 검토한 후 RFID와 GPS 방식의 교통정보 생성 구간 설정, 교통정보의 정확도, 구축 및 유지 비용 등을 비교분석하였다. 교통정보 생성구간의 경우 RFID는 마스터 리더기를 기반으로 구축되는 반면 GPS 방식은 실제 노드를 기반으로 구축되어 GPS 방식이 더 현실성이 좋게 나타났다. 또한 정확도 역시 RFID 방식(MAPE 12%)보다 GPS 방식(MAPE 7%)이 약간 좋게 나타났으며, 10년 유지 시 비용을 분석한 결과 RFID방식이 GPS 방식에 비해 비용이 약간 적게 소요되는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 RFID 방식이 GPS 방식보다 정확도 및 현실성이 약간 떨어지나 비용을 고려할 때 기존 교통정보 수집 체계를 대체할 수 있는 새로운 방식으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

**핵심용어 :** 교통정보 수집체계, RFID, GPS, 비교 분석

## 1. 서 론

전 세계 주요 선진국가가 유비쿼터스(Ubiquitous) 사회를 선도하기 위해 IT 산업뿐만 아니라 교통, 환경, 행정, 유통물류, 공학·항만관리 등 산업 전 분야에 걸쳐 유비쿼터스 사회의 구축을 서두르고 있으며, 국내에서도 유비쿼터스 네트워킹의 핵심응용 분야로 예측되는 교통·물류 분야에서 교통정보 수집기술 및 이를 응용한 서비스 개발의 필요성이 제기되고 있으나 Loop 검지기, 비콘, DSRC 등을 이용하고 있는 국내 교통정보 수집 체계는 설치 및 유지관리에 소요되는 비용이 많아 요구사항을 만족시키기 힘든 현실이다. 그러나 IT강국인 대한민국에서 휴대인터넷과 같은 저렴한 통신망과 RFID(Radio Frequency IDentification) 네트워크를

연계할 경우 ITS기반 실시간 교통정보 수집 및 맞춤형 교통정보의 제공이 가능할 것이다. 또한 RFID/USN의 전체 세계시장이 2010년에 총 540.8억 달러에 이를 것이며, 국내시장은 2010년에 39억 달러로 증가할 것으로 전망되므로(KT, 2007) RFID의 활용이 더욱 요구되는 현실이다. 이를 위해 2005년 건설교통부에서는 RFID 기반의 교통정보 수집 체계 개발을 연구개발사업의 하나로 발주하였고, 2007년 제주시의 주요 도로를 대상으로 시범사업이 이루어졌다.

따라서 본 연구의 목적은 RFID 방식의 교통정보 수집 체계와 현재 BIS(Bus Information System)와 교통정보 콘텐츠를 판매하는 기업이 많이 이용하고 있는 GPS 방식을 비교 분석하여 새로운 교통정보 수집 체계로 RFID를 활용할 수 있는지를 검토하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는

\*정희원 · 아주대학교 환경건설교통시스템공학부 교통공학 교수 (E-mail : keechoo@ajou.ac.kr)

\*\*정희원 · 교신저자 · 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과 박사과정 (E-mail : artmania@ajou.ac.kr)

\*\*\*SK(주) 마케팅&컴퍼니 매니저 (E-mail : mc10497@skmnc.com)

2007년 RFID 방식이 시범사업으로 구축된 제주도로 대상으로 하여 수집 방식, 추정된 교통정보의 정확도, 구축 및 유지비용을 GPS 방식과 비교분석하였다.

## 2. 국내 교통정보 수집 체계

현재 국내에서는 교통정보를 생성하기 위해 하나의 지점에서 수집된 자료를 공간화하여 정보를 생성하는 지점검지체계와 링크 및 구간을 대상으로 자료를 수집하여 정보를 생성하는 구간검지체계를 이용하고 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

### 2.1 지점검지체계 루프검지기

현재 지점검지체계로 사용되고 있는 것은 루프검지기, 영상검지기, 적외선 검지기, 초음파 검지기 등 다양하나 교통정보 수집용으로 루프검지기를 가장 많이 이용하고 있으며, 루프검지기를 이용하여 속도데이터를 산출해내는 방법은 복수검지기(Dual Loop Detector)를 통과한 시간을 이용하여 속도를 추정하는 방법과 단일검지기(Single Loop Detector)의 여러 변수들을 이용하여 속도를 추정해내는 2가지 방법으로 분류할 수 있다.

단일검지기를 이용하는 경우는 검지기 길이와 차량 길이로 점유시간으로 나누어 속도를 산출하나 차량의 정확한 길이를 알 수 없어 일반적으로 평균차량길이를 적용하여 산출하며, 복수검지기는 두 루프 검지기 사이의 거리와 각 검지기에서 인식된 시간 차이를 이용하여 산출하고 있다(서울지방경찰청, 2004).

지점검지체계는 다수의 차량을 대상으로 하기 때문에 생성되는 교통정보는 해당 교통상황을 잘 반영하는 장점이 있으나 교통정보를 제공하기 위해서는 지점속도를 공간평균속도로 환산하기 위한 자료처리과정이 복잡하고 이에 따른 오차로 인해 부정확한 교통정보를 제공할 수 있다. 특히 도시부와 같이 신호로 인해 교통류의 진행에 방해받을 경우 신호대기시간 등이 반영되지 못하기 때문에 정확도가 많이 떨어지는 단점이 있다.

## 2.2 구간검지체계

현재 구간검지체계로 이용되고 있는 것은 AVI(Automatic Vehicle Identification), Beacon, DSRC(Dedicated Short Range Communication), GPS(Global Positioning System) 이 있다.

### 2.2.1 AVI

AVI는 영상장비를 설치한 두 지점에서 촬영한 차량번호판을 매칭하여 동일한 차량의 촬영된 시간 차이를 이용하여 통행시간을 산출한다. 이 방식의 경우 설치지점을 통과하는 모든 차량을 촬영하기 때문에 교통정보 산출에 이용되는 차량이 많아 정확도가 높으며, 촬영 자료를 기반으로 개략적인 차량의 궤적을 추적할 수 있다는 장점이 있다. 반면 장비의 가격이 고가여서 다수의 장비를 설치하기 어려워 교통정보 수집을 위한 구간길이가 2~5km로 길며, 이로 인해 시간차집(Time Lag)이 발생하는 문제점이 있다.

### 2.2.2 Beacon

Beacon방식은 위치 Beacon과 통신 Beacon으로 구성되어 있으며, 차량내장치를 장착한 차량이 위치 Beacon을 통과하면서 위치 및 시간을 저장한 후 통신 Beacon을 통과할 때 위치 Beacon에서 송신받아 저장한 자료를 통신 Beacon에 송신하면 통신 Beacon에서 송신한 자료를 센터로 보내고 센터에서는 각 Beacon간의 수신시간의 차이를 이용하여 통행시간을 산출하게 된다.

Beacon방식은 AVI에 비해 수집 구간이 짧기 때문에 시간차집은 덜하고 차량의 궤적을 추적할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 통신 Beacon이 고가의 장비이기 때문에 많은 지점에 설치하기 힘들며, 교차로에 Beacon을 설치할 수 없어 교통정보 수집구간과 제공구간이 차이가 발생하는 단점이 있다. 또한 위치 Beacon 사이에서는 궤적 추적이 힘들고 위치의 정확도 역시 Beacon 수신반경과 동일하여 위치 정밀도가 떨어진다는 단점이 있다.

### 2.2.3 DSRC

DSRC 방식은 차량내장치에서 순간속도를 저장하고 있다가 노변장치를 통과할 때 노변장치에 저장된 자료를 송신하고 노변장치는 수신된 자료를 센터에 송신하면 센터에서는 수신된 자료의 평균통행속도 및 시간을 산출하게 된다.

이 방식 역시 차량내장치 및 노변장치가 고가이기 때문에 많은 지점에 설치할 수 없어 시간차집이 발생하고 시스템 확장이 어려우며, 노변장치간에서의 차량 위치를 확인할 수 없다는 단점이 있다(한국건설기술연구원, 2006).

### 2.2.4 GPS

GPS는 위성에서 송신되는 신호를 지상에서 수신하여 해당 물체의 3차원 위치를 측정할 수 있는 범지구 위치추정시스템이다. 현재 GPS를 활용한 교통정보 수집 체계는 GPS를 통해 수집된 차량의 위치 정보와 시간을 통해 통행시간을 산출하고 있다. 즉, 교차로 중심에서 다양한 오차를 고려한 버퍼를 생성한 후 해당 버퍼를 통과하는 GPS 포인트의 시점을 교차로 통과 시간으로 판단하여 각각의 시간 차이로 통행시간을 산출한다(최기주, 신치현, 1998).

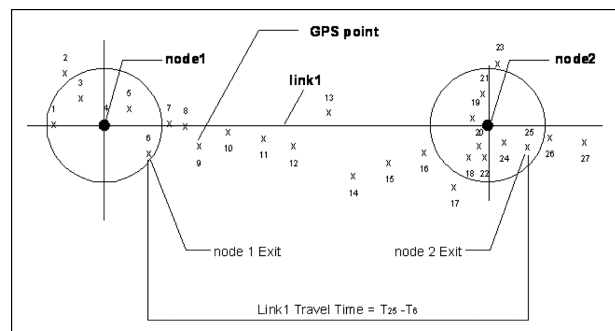


그림 1. GPS 방식의 통행시간 추정 개념도

현재 국내에서는 노드매칭방식과 링크매칭방식이 이용되고 있는데 노드매칭방식은 차량 위치가 특정 노드의 위치를 통과할 때의 시간 차이를 이용하여 통행시간을 산출하는데 비해 링크매칭방식은 차량 궤적을 맵매칭을 통해 링크에 매칭

한 후 동일한 방법으로 통행시간을 산출한다. 노드매칭방식의 경우 업데이트가 용이하며, 차량내장치가 저렴하다는 장점이 있으나 차량계측을 파악할 수 없어 정상 주행 여부를 판단하기 어려운 문제점이 있다. 반면 링크매칭방식은 차량계측을 파악할 수 있어 주행상태를 파악할 수 있다는 장점이 있으나 차량내장치가 전자지도가 요구되어 가격이 상당히 비싸고 업데이트가 힘들다는 문제점이 있다.

### 2.3 국내 교통정보 수집 체계 비교 검토

통행시간이라는 교통정보를 생성하기 위한 수집체계는 전술한 바와 같이 지점검지체계와 구간검지체계로 구분할 수 있으며, 이 중 구간검지체계가 더 효과적인 것으로 알려져 있다(강정규, 남궁성, 2002). 왜냐하면 지점검지체계는 지점속도를 공간속도로 변환하면서 많은 오차가 발생할 수 있기 때문이다. 반면 구간검지체계는 통행시간을 수집하기 때문에 정확도가 높으나 AVI, Beacon, DSRC의 경우 대부분 고가의 인프라를 요구하기 때문에 확장성에 문제가 있다. 그 결과 통행시간의 수집 시점과 제공 시점의 차이가 있는 시간처짐이 발생하고 있다. 이에 비해 GPS 방식의 경우 차량내장치 보급으로 인한 초기 투자 비용이 다소 높은 문제점은 있으나 낮은 유지비용으로 인해 BIS나 교통정보 콘텐츠를 판매하는 기업에 많이 이용되고 있으며, 시간처짐도 거의 없다는 장점이 있다. 이러한 특징을 정리하면 표 1과 같다.

표 1 국내 교통정보 수집체계 장·단점 비교

검지체계	장점	단점
지점검지기	• 다수의 차량을 대상으로 자료 수집	• 공간속도 변환에 따른 정확도 저하
AVI	• 다수의 차량을 대상으로 자료 수집	• 확장이 어려움 • 시간처짐 발생
Beacon	• 차량계측 추적 가능	• 확장이 어려움 • 시간처짐 발생
DSRC	• 차량계측 추적 가능	• 확장이 어려움 • 시간처짐 발생
GPS	• 시간처짐 적음 • 차량계측 추적 가능 • 낮은 유지관리 비용	• 초기 투자비용 높음

## 3. RFID와 GPS 수집 체계 비교

RFID는 구간검지체계이므로 그 비교대상은 동일한 구간검지체계가 되어야 한다. 2.3에서 국내 교통정보 수집체계를 비교분석한 결과 GPS 방식이 시간처짐도 덜하며, 현재 BIS 등 많은 분야에 활용되고 있으므로 본 연구에서는 GPS 방식을 비교 대상으로 선정하여 분석하였다.

### 3.1 수집 방식

RFID 수집체계는 태그와 차량의 태그 정보를 수신하는 리더기로 구성되어 있으며, RFID 신호가 무지향성이기 때문에 방향성 파악을 위해 2개의 리더기(Master, Slave Reader)가 쌍으로 구성되어 있다. 또한 차량의 위치를 개략적으로 파악하기 위해 2개의 리더기는 수신반경(75m)이 중첩되도록 설치되었으며, 링크 길이가 300m 이상인 경우에는 리더기를 추가로 설치하여 차량계측을 좀더 정확하게 파악할 수 있다

록 하였다(한국ITS학회, 2009). 또한 태그 신호의 경우 첫 리더기 수신 반경에 진입할 때 한 번, 2개의 리더기 모두 수신될 때(중첩지역) 한 번, 두 번째 리더기 수신 반경을 진출할 때 한 번 총 3번 송신하게 되며, 센터에서 리더기로부터 수신하는 정보는 리더기 ID, 차량 태그 ID, 수신시간, 리더기 위치, 태그 수신 각도 등이다.

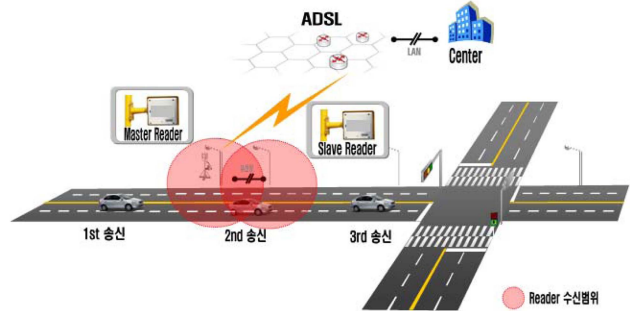


그림 2. RFID를 활용한 교통정보 수집 체계도

RFID 방식은 리더기와 차량내 설치된 Tag와의 송수신을 통해 자료를 수집하기 때문에 Beacon 방식과 유사하다고 할 수 있으나 리더기 및 태그의 비용이 적어 교차로 기반으로 리더기 설치가 가능하여 회전 교통류에 대한 통행시간 추정 및 시간처짐 현상이 작다는 것은 GPS 방식과 동일하다. 반면에 RFID 방식은 리더기 수신 반경에서는 정보 수집이 가능하기 때문에 터널이나 고층 빌딩 밀집 지역과 같은 GPS 음영 지역에서도 교통정보를 수집할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 리더기 사이에서의 위치는 파악이 힘들기 때문에 GPS 방식에 비해 차량 궤적 추적이 어렵고 리더기가 습기 및 물의 영향을 많이 받는 단점이 있다.

### 3.2 교통정보 생성 구간

RFID를 이용할 때 리더기를 기반으로 자료를 송수신하기 때문에 교통정보 생성은 리더기를 기반으로 이루어지며, 교통정보 생성은 실제 링크와 다른 가상의 논리적 링크 단위로 이루어진다.

보다 빠른 교통정보를 제공하기 위해서는 차량 이동 방향에 따라 가장 가깝게 설치된 리더기를 기준으로 논리적 링크를 설정하여야 되나 이 경우 방향에 따라 기준 리더기가 변경되기 때문에 논리적 링크 구성이 복잡하다는 문제점이 있다. 따라서 논리적 링크 구성을 용이하게 하기 위해 2개의 리더기 중 하나를 기준으로 결정해야 한다. 본 연구에서는 두 개의 리더기 중 센터와 송신하는 리더기가 마스터 리더기이므로 마스터 리더기를 기반으로 논리적 링크를 구축하는 것을 기본 원칙으로 하였으며, 각 마스터 리더기 속성

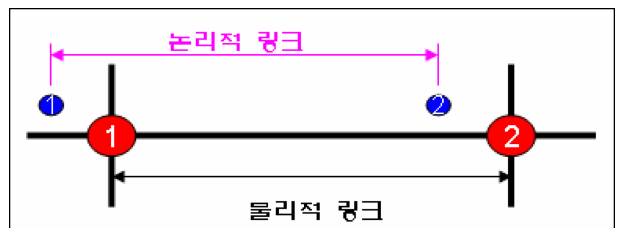


그림 3. RFID 방식의 교통정보 생성 구간 설정

정보에 실제 노드 정보를 입력하여 논리적 링크와 물리적 링크(실제 링크)가 매칭되도록 하였다.

그러나 리더기 설치 지점은 한 쌍의 리더기의 수신 범위(225m)를 고려하여 수신범위가 중첩되지 않도록 선정되었기 때문에 교차로마다 설치 지점이 다르며, 물리적 링크가 길 경우에는 리더기를 2개 지점 이상 설치하여 기본 원칙을 적용하지 못하는 경우가 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 리더기가 동일한 실제 링크에 존재할 경우 리더기 속 성 정보에 입력된 노드 정보와 링크 길이 자료를 기반으로 유형을 판단할 수 있도록 하였으나 실제 링크 길이와 교통 정보 생성 구간의 링크 길이가 약간 차이가 난다는 단점이 있다.

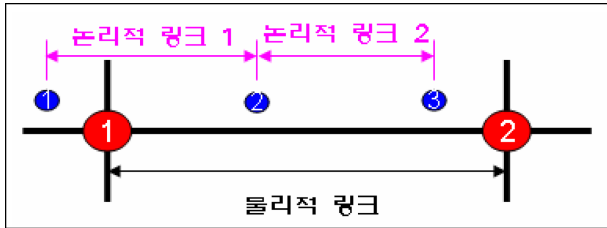


그림 4. 구간 길이가 긴 경우 교통정보 생성 구간 설정

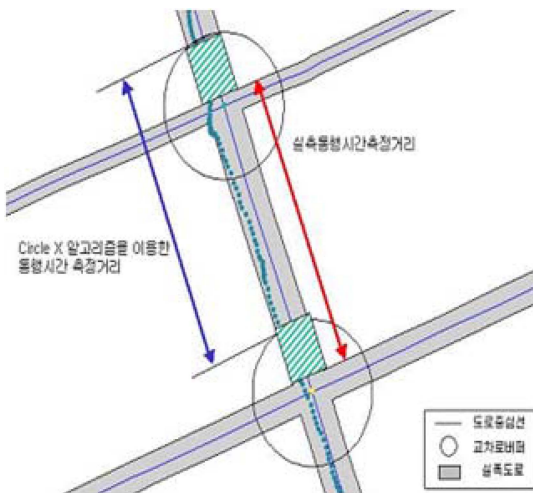


그림 5. GPS 방식의 교통정보 생성 구간 설정

이에 비해 GPS 방식은 교차로인 노드를 중심으로 하거나 노드를 중심으로 한 버퍼를 기준으로 교통정보 생성 구간을 설정하기 때문에 교통정보 생성 구간과 실제 링크가 동일하여 실제 교통 상황을 보다 잘 수집할 수 있다는 장점이 있다.

### 3.3 수집자료의 정확성

RFID 방식과 GPS 방식 모두 구간의 통행시간을 수집하는 구간검지체계이므로 각 시스템에서 수집된 자료를 기반으로 추정된 통행시간과 실측 통행시간을 비교하여 평가하였다.

실측 조사 지역은 제주시 시범사업 지역 중 교통량이 많으며, 주변 지형 지물에 의한 간섭이 적은 연삼로를 대상으로 하였으며, 조사는 Floating Test Car 방식을 이용하였으며, 조사 인원은 4명(운전자 2명, 교차로 통과시간 측정요원 2명)으로 수행하였으며, 교차로 통과시간은 반대 방향의 접

근로 정지선을 기준으로 측정하였다.

표 2. 실측 조사 개요

항목	내용
조사구간	연삼로(신광사거리~제주은행사거리:4.2Km)
기상상태	맑음
주변지형	대부분 녹지 지역으로 고층건물이 없어 RFID 및 GPS 수신에 양호한 지역
수집시간	2007년 5월 4일 15:00~21:00 (총 6시간)
주행방법	교통류의 흐름과 유사하게 주행(차로변경 없음)
조사장비	차량 2대, GPS 수신기 2대, 초시계 2개
조사인원	4명(운전자 2명, 통행시간 조사 2명)
조사표본	총 5회 왕복

각 방식에서 수집된 자료의 경우 GPS는 GPS 단말기에 저장된 위치 자료를 후처리하여 통행시간을 산출하였으며, RFID의 경우는 태그를 장착한 후 해당 태그를 통해 수집된 자료를 통해 추정된 통행시간을 센터에서 제공받았다.

각 방식에서 수집된 링크통행시간의 정확도를 비교하는 지표는 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)와 MAE (Mean Absolute Error)를 사용하였다. MAPE와 MAE는 각 수집방식에서 추정된 링크통행시간의 상대오차 및 절대오차로서 낮을수록 정확도가 높음을 의미한다.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i - f_i}{x_i} \right|}{n} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - f_i|}{n} \quad (2)$$

여기서,  $x_i$ : 실측치

$f_i$ : 추정치

표 3. 정확도 비교 분석 대상 링크

링크 #	구 간	구간길이(m)
1	세기아파트~연미마을	719
2	연미마을~사평마을	253
3	보건소사거리~도남주유소	770
4	8호광장~변전소사거리	464
5	변전소사거리~제주은행사거리	617

실측 조사는 연삼로 전체에 대하여 이루어졌으나 시범사업 기간 중에 리더기 교체 및 수리 등과 같은 유지 보수 작업으로 인한 일부 리더기의 미작동으로 자료가 수집되지 않는 링크가 발생하여 자료가 지속적으로 수집된 5개 링크를 대상으로 평가하였으며, 그 대상은 표 3과 같다.

신광사거리→제주은행사거리 방향의 경우 세기아파트~연미마을 구간이 MAPE 22.8%, MAE 9.8초로 타구간에 비해 많이 떨어지는 것으로 나타났으나 실험구간 전체를 볼 때 실측 통행시간과의 차이는 6.2초, MAPE는 13.7%로 나타났다. 반면 GPS 방식은 주변 방해 여건이 없어 실측 통행시간과 2초 정도의 차이가 나며, MAPE는 5.4%로 상당

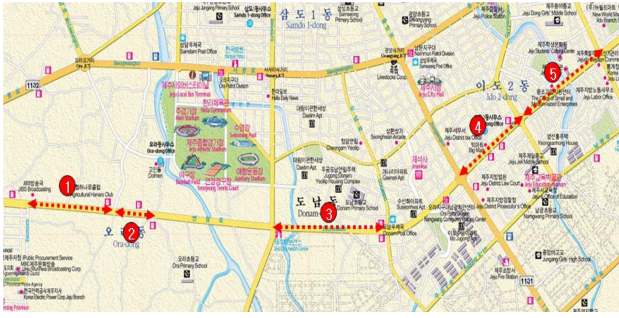


그림 6. 제안 기법 평가 대상 링크 위치

히 높게 나타났다.

제주은행사거리→신광사거리 방향의 경우 연미마을~사평마을 구간이 MAPE 30.2%로 상당히 큰 오차를 보이지만 이는 4회차에서 발생한 차이 때문이다. 그러나 MAE가 4.8초인 것을 볼 때 이는 주변 여건 변화로 인한 일시적인 현상으로 판단된다. 전반적으로 RFID 방식의 MAE는 4.5초, MAPE는 12.9%로 나타났다. GPS의 역시 4회차에서 발생한 일시적인 현상 때문에 연미마을~사평마을 구간의 MAPE가 16.6%로 낮게 나타났으나 전체적으로 보면 MAPE가 8.1%로 나타나 정확도가 높게 나타났다.

표 4. 신광사거리→제주은행사거리 방향 링크통행시간 비교

링크 ID	회수	RFID 통행시간	GPS 통행시간	실측 통행시간	RFID 절대오차	GPS 절대오차	RFID MAE	GPS MAE	RFID MAPE	GPS MAPE
1	1	35	42	45	10	3	9.8초	1.6초	22.8%	3.7%
	2	50	44	42	8	2				
	3	33	42	41	8	1				
	4	32	43	42	10	1				
	5	31	43	44	13	1				
2	1	26	27	24	2	3	1.6초	2.0초	8.3%	10.9%
	2	14	15	13	1	2				
	3	18	19	17	1	2				
	4	22	18	20	2	2				
	5	23	20	21	2	1				
3	1	138	140	144	6	4	7.2초	2.4초	8.3%	2.8%
	2	31	36	38	7	2				
	3	122	136	137	15	1				
	4	98	101	105	7	4				
	5	86	86	85	1	1				
4	1	43	42	41	2	1	5.8초	1.6초	16.7%	4.6%
	2	35	37	38	3	1				
	3	46	38	36	10	2				
	4	36	38	39	3	1				
	5	20	28	31	11	3				
5	1	45	58	57	12	1	6.4초	2.6초	12.2%	5.1%
	2	50	46	44	6	2				
	3	61	53	54	7	1				
	4	59	46	53	6	7				
	5	45	48	46	1	2				

표 5. 제주은행사거리→신광사거리 방향 링크통행시간 비교

링크 ID	회수	RFID 통행시간	GPS 통행시간	실측 통행시간	RFID 절대오차	GPS 절대오차	RFID MAE	GPS MAE	RFID MAPE	GPS MAPE
1	1	34	42	40	6	2	5.4초	4.2초	10.3%	7.4%
	2	40	41	44	4	3				
	3	55	68	61	6	7				
	4	73	58	66	7	8				
	5	60	57	56	4	1				
2	1	19	18	17	2	1	4.8초	2.8초	30.2%	16.6%
	2	17	20	19	2	1				
	3	17	15	18	1	3				
	4	32	21	15	17	6				
	5	18	17	20	2	3				



표 5. 제주은행사거리→신광사거리 방면 링크통행시간 비교(계속)

링크 ID	회수	RFID 통행시간	GPS 통행시간	실측 통행시간	RFID 절대오차	GPS 절대오차	RFID MAE	GPS MAE	RFID MAPE	GPS MAPE
3	1	41	38	41	0	3	2.4초	3.2초	4.9%	7.3%
	2	41	38	40	1	2				
	3	43	47	41	2	6				
	4	45	52	49	4	3				
	5	50	53	55	5	2				
4	1	47	53	54	7	1	4.6초	1.6초	9.4%	3.4%
	2	39	45	48	9	3				
	3	42	44	47	5	3				
	4	42	43	44	2	1				
	5	44	44	44	0	0				
5	1	46	58	60	14	2	5.2초	3.2초	9.5%	5.8%
	2	43	48	50	7	2				
	3	56	60	57	1	3				
	4	56	50	58	2	8				
	5	38	41	40	2	1				

표 6. 평가구간 양방향 평균 MAE와 MAPE

링크 ID	RFID MAE(초)	GPS MAE(초)	RFID MAPE(%)	GPS MAPE(%)
1	7	2	14	5
2	4	2	12	7
3	5	3	8	5
4	3	2	12	11
5	5	3	13	6
평균	4.8	2.4	12	7

평가구간 전체의 평균 정확도를 파악하기 위해 양방향에 대한 MAE와 MAPE의 평균을 산출하였으며, 그 결과는 표 6과 같다. 표 6을 보면 RFID 방식의 MAE와 MAPE의 평균은 4.8초, 12%인데 비해 GPS 방식은 평균 2.4초, 7%로 RFID 방식보다 좋게 나타났으나 그 차이가 2초 내외로 크지 않게 나타났다.

그러나 이러한 조사 자료는 조사차량에 한정된 자료이며, 조사 표본수 역시 5개 구간 5회 조사로 총 25개 이므로 통계적 유의성 검정을 통해 평균 통행시간의 차이 여부를 확인하였다. 일반적으로 표본(30개 이하)의 경우 T 검정을 사용하여 평균의 차이를 검정하므로 본 연구에서도 T검정을 실시하였으며 그 가설은 다음과 같다.

$$H_0 : \mu = \mu_0 \quad H_1 : \mu \neq \mu_0$$

여기서,  $\mu$  : 실측통행시간 평균

$\mu_0$  : RFID 또는 GPS 통행시간 평균

T 검정 결과 표 7과 같이 RFID, GPS 방식 모두 귀무가설을 채택하여 실측 통행시간과 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 7. RFID와 GPS 방식 T 검정 결과

항목	비교대상	
	RFID	GPS
T 통계량	-0.414	-0.093
P-Value	0.68	0.93

### 3.4 구축 및 유지관리비용

RFID와 GPS 방식의 구축 및 유지 관리 비용은 수집 체계, 구축 범위 및 프로브 대수에 따라 그 비용이 서로 다르기 때문에 2007년에 제주시에서 실시한 RFID 수집 체계 시범사업을 기반으로 분석하였다. RFID 방식의 구축비용은 리더기와 단말기 비용으로 한정하여 산정하였으며, GPS 방식은 단말기가 무선통신망을 통해 센터와 통신을 하기 때문에 구축 시 단말기 비용만 고려하면 되므로 현재 (주)SK에서 교통정보 수집용으로 사용되는 단말기의 가격(20만원/개)을 적용하여 산정하였다. 비용은 2005년을 기준연도로 10년 동안 유지 관리될 경우에 대하여 분석하였다.

제주시 RFID 시범사업은 65개 지점에 리더기 130개를 설치하고, 단말기 1,500개를 배포하였으며, 리더기를 설치한 구간 및 개수는 표 7과 같으며, 설치지점은 그림 7과 같다.

표 8. 제주시 RFID 시범사업 리더기 설치구간 및 개수

도로명	차로수(왕복)	연장(km)	리더기 수
연도로	4	1.46	6
동서광로	6	7.14	38
연삼로	6	5.11	28
가령로	4	1.34	10
공향로	6	1.74	4
중앙로	6	2.34	14
서사로	4	1.84	10
고마로	4	1.28	8
탑동로	4	1.05	12

이 때 비용은 리더기 3.9억원(300만원/개×130개), 단말기는 1,500만원(1만원/개×1,500개)로 총 4.05억원이 소요되었다. 이에 비해 GPS 방식의 구축비용은 3.0억원(20만원/개×1,500개)으로 RFID 방식에 비해 적은 비용이 소요되었다.



그림 7. 제주시 RFID 시범사업 리더기 설치 지점

유지 관리 비용은 통신과 유지보수비용으로 한정하여 산정하였으며, 유지보수비용은 현장 장비 구축비용의 10%로 가정하였다. RFID 방식은 Master 리더기 65개만 통신하며, 이에 대한 연간 통신비용은 2,340만원(65개×3만원/개/월×12월)이며, 유지보수비용은 3,900만원(3.9억원×10%)으로 연간 총 유지관리비용은 6,240만원이다. 반면 GPS 방식은 현장 장비가 없기 때문에 유지보수비용은 없으며, 통신비용만 적용되나 모든 차량이 운행되지 않기 때문에 60% 정도만 통신한다고 가정하여 비용을 산정하였고, 그 비용은 1.08억원(1,500대×1만원/대/월<sup>1)</sup>×12월×60%)이다. 연간유지비용을 비교해 볼 때 GPS 방식이 RFID 방식에 비해 상당히 높게 나타났다.

표 9. RFID와 GPS 방식의 구축 및 유지관리비용 비교(10년)  
(단위: 천원)

항목	RFID 방식	GPS 방식
구축비	405,000	300,000
유지비	561,600	972,000
합계	966,600	1,272,000

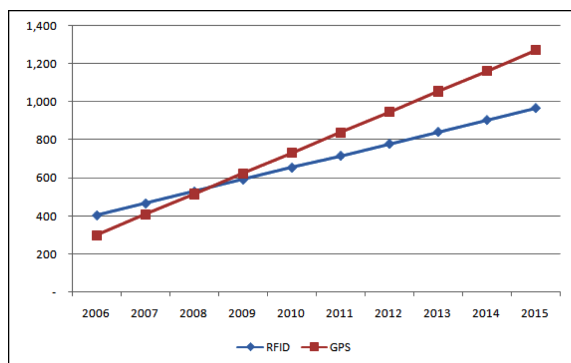


그림 8. RFID와 GPS 방식 비용 비교

1) (주)SK 교통정보 수집용 프로브 차량의 월평균 통신 비용.

10년동안의 비용을 추정한 결과 GPS 방식은 현장 장비가 요구되지 않기 때문에 제주시 시범사업을 기반으로 할 때 구축비용이 적은 대신 유지 관리 비용이 많이 소요되어 2009년부터는 RFID 방식보다 많은 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

RFID와 GPS 방식의 비교 결과를 정리하면 두 방식 모두 교차로 기반으로 수집하여 시간차집이 적다는 것은 유사하나 각각 습기에 약하거나 음영지역이 발생한다는 단점을 가지고 있다. 정확도 측면에서는 GPS 방식이 더 우수하게 나타났다지만 통계적 분석 결과 두 방식 모두 실측통행시간과 동일하였다. 비용적인 측면에서는 RFID 방식이 더 유리한 것으로 나타났으나 RFID 방식의 경우 수집 구간을 확장에 따라 구축비용이 증대되고 GPS 방식은 운행차량의 수에 따라 유지 관리 비용이 증대되므로 제주시 시범사업의 경우만으로 결론내리기는 어렵다는 한계가 있다. 이러한 내용을 정리하면 표 10과 같다.

표 10. RFID와 GPS 방식 비교 결과

항목	RFID 방식	GPS 방식
수집체계 특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>교차로 기반으로 수집하여 시간차집 적음</li> <li>차량 궤적 추적 가능</li> <li>습기의 영향이 큼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>교차로 기반으로 수집하여 시간차집 적음</li> <li>차량 궤적 추적 가능</li> <li>음영지역(터널 등) 발생</li> </ul>
정확도	<ul style="list-style-type: none"> <li>MAE 4.8초</li> <li>MAPE 12%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MAE 2.4초</li> <li>MAPE 7%</li> </ul>
비용	•966,600,000원	•1,272,000,000원

#### 4. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구는 유비쿼터스 환경에 적합한 교통정보 수집 체계로서 RFID 방식의 활용가능성을 확인하기 위해 프로브를 이용하는 방식 중 현재 많이 이용되고 있는 GPS 방식과 비교분석하였다.

수집 방식의 경우 시간차집이 적고 회전 교통류의 통행시간 및 궤적을 파악할 수 있다는 유사점이 있으나 RFID 방식은 GPS 방식에 비해 실제 링크와 다소 차이를 보이며, 리더기의 경우 습기에 약한 단점을 보이는 것으로 나타났다.

정확도의 경우 현장 조사를 통해 분석한 결과 RFID 방식의 MAE와 MAPE의 평균은 4.8초, 12%인데 비해 GPS 방식은 평균 2.4초, 7%로 RFID 방식보다 좋게 나타났다. 그러나 그 차이가 2초 내외로 크지 않으며, 통계적 분석 결과 동일하게 나타나 두 방식의 정확도는 거의 유사하다고 할 수 있다.

마지막으로 비용의 경우 수집 체계의 규모에 따라 각각 변동될 수 있으나 제주시 시범사업 정도의 규모를 기준으로 할 때 10년 유지 관리 시 RFID 방식이 GPS 방식보다 적게 소요되는 것으로 나타났다.

이러한 결과로 볼 때 리더기 위치에 따라 실제 링크를 잘 표현하지 못하여 GPS 방식에 비해 정확도가 다소 낮게 나타났다. 그러나 그 차이가 크지 않고 비용 측면에서는 GPS 방식에 비해 25% 정도 적게 소요되므로 새로운 교통정보 수집 체계의 하나로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

하지만 이러한 결과는 소수의 테스트 차량 조사 및 제주

시 시범사업 하나의 결과를 기반으로 한 것이므로 보다 정확한 비교를 하기 위해서는 추가적인 평가가 필요하다. 특히 정확도의 경우 번호판 조사 기법과 같은 대단위 조사를 통해 평가 및 고층빌딩 및 교통량이 많은 지역에서도 평가할 필요가 있으며, 비용적인 측면 역시 대도시 지역에 적용할 경우를 교통정보 수집 범위가 넓어 많은 구축비용이 소요되므로 대도시 지역을 대상으로 비교 분석할 필요가 있을 것이다.

### 참고문헌

강정규, 남궁성(2002) 고속도로 통행료 수납자료를 이용한 통행 시간 예측모형 개발, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제20권, 제4호, pp. 151-162.  
김성현(2005) **일반국도의 동질구간 내 지점 및 구간검지기 자료의 융합을 통한 통행시간 추정 알고리즘 개발**, 박사학위논문, 서울대학교.

서울지방경찰청(2004) **교통정보 수집체계 신뢰성 검증(서울지방경찰청 종합교통정보시스템)**, 연구보고서.  
심상우, 최기주(2006) 혼잡상황에서 링크미통과 GPS 프로브데이터를 활용한 링크통행시간 추정기법 개발, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제24권, 제5호, pp. 7-18.  
심상우, 최기주, 이규진(2007) RFID 기반의 통행시간 추정 기법 개발 및 교통정보수집 적용가능성 평가, **한국ITS학회지**, 한국ITS학회, 제6권, 제2호, pp. 15-25.  
최기주, 신치현(1998) GPS와 GIS를 이용한 링크 통행 시간 예측기법, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제16권, 제2호, pp. 197-207  
한국건설기술연구원(2006) **복합형검지기 개발 연구**, 연구보고서.  
한국ITS학회(2008) **교통정보공학론**, 청문각.  
KT(2007) **유비쿼터스 환경의 차세대 국가 교통정보 수집체계 개발 및 시범사업 연구 보고서**, 연구보고서, 한국건설교통기술평가원.  
SK주식회사(2000) **TSD 교통정보 제공 시스템 구축 자문 보고서**, 연구보고서.

(접수일: 2009.5.20/심사일: 2009.6.23/심사완료일: 2009.6.23)