

# GIS와 교통량 기종점(O/D) 분석을 통한 RFID 리더의 최적의 설치지점 선정방법 연구

A Study on the Location Selection of RFID-READER based on GIS and O/D Analysis

노영식, 변영철, 오상현\*  
제주대학교, 자바정보기술(주)\*

No Young-Sik, Byun Young-Cheol,  
Oh Sang-Hyun\*  
Cheju National University,  
Java Information Technology\*

## 요약

최근 차량 수의 급격한 증가로 인하여 도로에서 운행되고 있는 차량의 수는 도로가 수용할 수 있는 한계치를 넘어서고 있다. 이러한 교통 과밀 지역의 교통 흐름을 분산시키기 위하여 ITS와 관련된 기술이 많이 진행되고 있다. 그러나 이러한 ITS는 설치 및 운영관리에 막대한 비용이 소요되는 문제점을 갖고 있으며, 대안으로 저 비용의 RFID를 이용한 교통량 분석에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 이러한 RFID를 활용한 교통량 및 교통상황분석에 핵심요소 기술인 RFID-READER의 설치지점 위치선정기술의 방법을 제시한다. 이를 위하여 교통량과 밀접한 관계를 갖고 있는 도로 정보를 보다 체계적으로 활용하기 위하여 지리정보시스템(GIS)을 이용하였으며, 교통량 분석지점 선정에 중요한 자료로 활용되는 기종점수요(O/D, Origin and Destination) 정보를 적용한 규칙기반의 모델을 제시한다.

## Abstract

Due to rapidly increase the number of vehicles, the number of vehicle passed over the traffic capacity which is allowable on each road. In order to disperse the traffic in the congestion area, ITS related techniques have been studied advancing. However, the cost of setting up and managing ITS is considerable to recently improve the problem of ITS, various traffic analysis technique are problem using low cost RFID. In this paper, the method of RFID-Reader location selection, which is a core technique to analyze traffic amount and traffic context is proposal. In order to systematically utilize traffic related road information, GIS is used for the proposal method. In addition, a rule-based model using O/D data, that is the important information for selection the location of traffic observation.

## 1. 서론

최근 차량 수의 급격한 증가로 인하여 도로에서 운행되고 있는 차량의 수는 도로가 수용할 수 있는 한계치를 넘어서고 있다. 이러한 교통 과밀 지역의 교통 흐름을 분산시키기 위하여 ITS와 관련된 기술이 많이 진행되고 있다. 이러한 지능형 교통체계는 육상

의 도로중심의 교통뿐만 아니라, 항공, 해운, 철도교통에까지 응용범위를 확장시켜 교통혼잡의 완화, 교통서비스의 획기적 개선과 안정성 향상, 물류비의 절감, 환경보전 및 에너지 절감을 위한 새로운 첨단기술이다. 정부가 ITS기술의 활용을 목적으로 1997년 ITS기본계획(건설교통부 1997)을 발표하면서 본격

적인 ITS에 관한 연구와 관련시스템의 구축이 공공 기관과 민간기관에 의해 최근까지 활발히 진행되고 있다.[1] 그러나 이러한 ITS는 현재 루프검지기 등의 장비들의 설치 및 운영관리에 막대한 비용이 소요되는 문제점을 갖고 있으며, 대안으로 저 비용의 RFID를 이용한 교통량 분석에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 본 논문에서는 이러한 RFID를 활용하여 교통량 및 교통상황분석을 하기위하여 Tag를 자동차에 부착을 하고, 도로 및 교통시설에 RFID-READER를 설치하여 교통량 및 교통상황정보를 수집한다는 것을 가정으로, 정보 분석에 핵심요소 기술인 RFID-READER의 설치지점 위치선정기술 방법을 교통량 관측지점 선정 연구 분석결과를 통하여 제시한다. 이를 위하여 교통량과 밀접한 관계를 갖고 있는 도로정보를 보다 체계적으로 활용하기 위하여 지리정보시스템(GIS)을 이용하였으며, 교통량 분석지점 선정에 중요한 자료로 활용되는 기종점 수요(O/D, Origin and Destination) 정보를 추론엔진인 Java기반의 JESS에 Fact정보 및 Rule정보로 적용한 규칙기반의 모델을 제시한다.

## II. 교통량 관측위치 선정 연구의 분석

### 1. 기존 연구 분석

지능형 교통체계의 구현을 위하여 교통량정보 및 교통상황정보를 수집하기 위하여 RFID-READER의 설치지점 위치선정기술의 핵심 정보인 기종점 교통수요(Origin and Destination Demand, 이하 O/D)정보의 여러 문제를 극복하기 위하여 적절한 기종점통행량을 얻기 위해 많은 연구를 해왔다.

[2, 3] Lam & Lo의 연구에서는 O/D표를 추정하기 위해서 링크가 선택된다는 점에서 그 순서를 규정하기 위한 경험적인(heuristic)과정을 제안하였으며, [2, 4] Hai Yang의 연구에서는 최대가능상대오차(MPRE : Maximal Possible Relative Error)의 개념을 제시하여, 추정 O/D의 신뢰성을 평가하는 지표

로 정의하였다.

또한 [2, 5]에서는 최대가능상대오차에 근거하여 링크교통량 관측위치에 관한 4가지 위치(통행검지기 위치규칙(Location Rule))을 제시하고 이러한 규칙을 만족하는 링크를 결정하기 위해 정수계획모형과 휴리스틱 알고리즘을 제시하였다.

[2, 6] Bianco의 연구에서는 관측노드와 그 노드에 연결되는 링크들의 집합인 영향권(influence basin)을 설정하여 검지기가 설치되지 않은 지점에 대해서도 링크교통량을 구하는 방법으로 완전한 교통량 벡터를 구한 후 휴리스틱 방법을 통해 조합최적화 모형으로 검지기 위치를 구하였으며[2, 7] Tamin의 연구에서는 관측교통량(Traffic Counts)을 이용하여 교통량 관측위치를 선정하는 방법을 제시하였다. 즉 교통량 관측위치 선정기준을 3단계로 구분하여 매 단계별 교통량 관측위치를 선정하여 최종적으로 선정된 지점을 평가한 후 관측위치의 적정수를 결정하였다.

[8] 이승재, 이현주의 연구에서는 관측교통량으로 기종점 교통수요(O/D)를 추정함에 있어 관측교통량을 이용하는 관측지점의 선정에 대하여 6개의 대안에 대해서 교통량 관측지점 선정방법에 의하여 관측지점을 선정하고 각각의 경우의 대안에 대해서 통계적인 오차평가지표를 이용하여 관측지점들의 적합성을 평가하였다.[2] 또한 교통수요 추정에 관련된 사회경제적 통계자료와 여러 기관에서 발표된 Data를 바탕으로 TCS O/D의 통행특성을 반영한 전국 교통수요 정보를 추정하고, 통계적인 오차분석 기법을 이용하여 관측교통량과 배경교통량의 차이를 비교하였다.

### 2. 분석 결과

위에서 살펴본 모든 연구내용에서 교통량 및 교통상황분석을 하기위하여 기종점수요 정보인 O/D 정보를 활용하였다. 또한 대규모의 도로망이 아닌 대부분 소규모의 도로망에 적용된 연구내용으로 보다 대규모의 도로망에 적용 가능한 시스템이 필요하며, 이는 대규모 가로망에 적용할 시에 그 관측지점이 과연

공간적으로 적절하게 선정되었는지는 명확하지 않고 하겠다.[2] 또한 O/D 정보 분석에 활용되는 상세 자료인 통행 패턴 정보에 대한 효율적인 활용 및 설치지점 위치선정에 관한 규칙정보를 체계적으로 관리하기 위하여 규칙기반의 시스템이 필요하겠다.

### Ⅲ. 설치지점 선정 방법

#### 1. 선정기준 정립

RFID-READER의 설치지점을 선정하기 위하여 교통량 관측지점을 선정 방법을 토대로 II-2절에 명시했듯이 관측지점 선정에 대한 대부분의 기존 연구들이 대규모 도로망에 적용할 수 없는 한계가 내재되어 있다. 따라서 본 논문에서 이러한 문제를 보정한 [2]의 관측지점 선정에 대해 다음과 같은 기준을 활용하였다.

- ① O/D표를 이용한 관측지점 선정
- ② 주행대 km를 이용한 관측지점 선정
- ③ 교통량밀도를 이용한 관측지점 선정
- ④ O/D표를 이용한 관측지점 선정결과와 주행대·km를 이용한 관측지점 선정결과(①+②)
- ⑤ O/D표 이용 결과와 대·km이용결과와 교통량 밀도를 이용한 결과(①+②+③)
- ⑥ 교통량통계연보상 교통량 관측지점으로 지정된 지점중 이용가능한 모든 지점을 선정한 결과

#### 2. 설치지점 선정

설치지점 선정기준 정보를 통하여 얻어진 정보를 규칙모델의 Fact정보로 활용하며 III-1절에 명시한 6가지 선정 방법에 대한 방법론적인 알고리즘을 Rule 정보로 활용하여 적용한다. 또한 [3, 4, 5, 9]에서 제시한 교통량 관측위치 선정 이론을 중심으로 Rule 정보를 구축한다.

그리고 최종적으로 지능형 교통체계의 구현을 위하여 설치지점 위치선정 시뮬레이션 결과로부터 얻어

지는 위치 정보를 기반으로 가중치 정보와 상대분석을 통하여 가중치 정보가 높은 설치지점 자료를 갖는 RFID-READER의 위치를 최적 위치로 결정한다.

### IV. 규칙모델

본 논문에서 제안하는 방법은 RFID-READER기를 간선도로상에 설치하여 교통정보를 수집하기 위하여 관측지점 설치기준정보를 [그림 2, 3, 4, 5]같이 적용하고자 한다.

이를 위하여 O/D자료를 기반으로 RFID-READER기의 하드웨어 특정정보와 GIS 도로망 수치지도 자료를 연관규칙에 의한 데이터 패턴분석 및 추론작업에 활용할 수 있도록 한다.

#### 1. 문제 정의

##### 1) 교통 정보

교통정보의 수집을 위하여 교통량 분석지점의 적정 위치를 선정하기 위해서는 가능한 많은 링크의 정보를 포함하고 있어야 한다. 즉, 어떤 한 지점에서라도 한 O/D쌍간의 통행이 관측되지 않으면 전체적인 링크정보의 수집에 많은 오류가 생기며 이러한 문제를 발생을 최소화하기 위하여 [4]에서는 O/D확보규칙(O/D covering Rule)은 관측위치 O/D쌍간의 통행이 관측될 수 있는 지점에 위치하여야 한다는 규칙과, 교통량 관측지점은 링크상의 통행량에서 각 O/D쌍간의 통행량부분(traffic fraction)이 가능한 커지게 하는 지점에 위치하여야 한다는 최대 교통량 비율 규칙(Maximum Flow Fraction Rule), 선택된 링크들은 가능한 많은 통행량을 획득하여야 한다는 최대 교통량 관측 규칙(Maximum Flow Interception Rule), 관측지점은 모든 선택된 링크에서 결과적으로 도출된 관측통행량이 선행적으로 종속적이지 않게 위치되어야 한다는 링크독립규칙(Link Independence Rule)을 제시하였다.[9]

2) RFID-READER기 정보

RFID 기술은 여러 무선 주파수 대역을 사용하며, TAG 칩에 종류 및 안테나의 종류 또한 다양하여 자료를 인식하는데 여러 패턴을 갖는다. 단적인 예로 대표적인 RFID-READER 업체인 Alien Tech사는 EPC 프로토콜을 사용하며 Atmel사는 Palomar, SiStr/Ti사는 SuperTag, Matrics사는 Matrics 프로토콜을 사용하는 등 각 업체별로 그 특성에 맞는 프로토콜을 사용하며, 또한 각각의 저·고주파 대역의 무선 RF파 역시 다양한 특성을 갖는다.

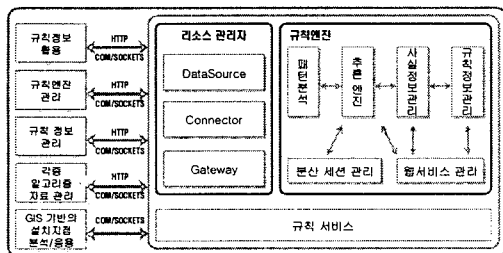
3) GIS 도로정보

GIS 수치지도는 도로명, 도로폭등의 시설물 정보 및 노드 ID, 교통수요 예측량 등의 교통량 관련 속성 정보를 가질 수 있다.

현재 교통정보 모델링 필요한 노드 데이터 기반의 도로수치지형도는 표준좌표계 3개의 원점(동부, 중부, 서부)을 가진 TM 좌표계를 사용하고 있어 이 표준 좌표계를 기반으로 구축되어져 있기 때문에 다른 정보와 연계한 패턴 분석 시에 원점들이 겹치는 부분에서 좌표의 이동이 있어 거리와 위치정보의 오류가 발생하게 된다.

2. 규칙기반 위치선정시스템

아래 [그림 1]에서는 규칙 기반의 위치선정시스템을 운영하기 위한 추론엔진의 구성도를 보여주고 있다.

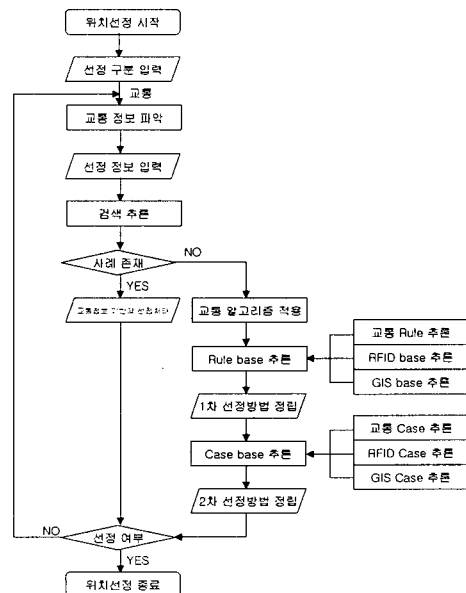


▶▶ 그림 1. 추론엔진 구성도

추론엔진의 구성은 크게 Client/Server로 구분되며, Client 구성요소로는 규칙정보를 기타 타 시스템과 연계하기 위한 Webservice 형태의 규칙정보 활용모듈, 위치선정에 관련된 규칙정보를 관리하는 모듈, 이 규칙정보를 관리하는 규칙엔진 관리모듈, 위치선정에 필요한 각종 알고리즘 자료 관리모듈, 최종적인 시뮬레이션에 활용되는 GIS기반의 설치지점 분석/응용 모듈로 구성된다. Server 구성요소로는 Client의 접속관련 및 Server 전체의 세션 정보 및 자원을 관리하는 리소스 관리자 모듈과 설치지점 위치분석에 관련된 규칙정보의 Fact 정보 및 Rule 정보를 이용하여 패턴분석을 하는 모듈, 이를 기반으로 추론에 의하여 자료를 분석하는 추론엔진으로 구성한다.

3. 제안하는 모델

IV-1절의 3가지 면에 대한 문제 분석을 통하여 다음과 같이 규칙기반의 처리 모델을 제시한다.



▶▶ 그림 2. 추론엔진의 처리 흐름도

추론엔진에서는 위치선정 기준정보를 처리하는

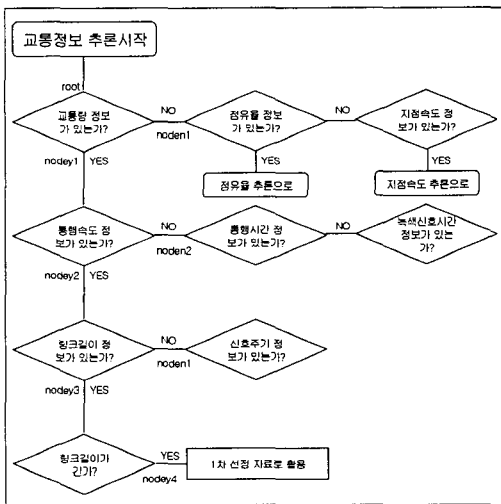
Rule base추론과정과 기존 알고리즘을 통하여 분석한 Case base추론과정으로 나뉘며 추론과정을 통하여 선정방법을 선택하고 각 추론과정은 교통, RFID, GIS정보 추론으로 다시 세분화 되어 각 특성에 맞는 추론과 연관정보에 의한 추론을 동시에 수행한다. 최종적인 추론정보는 별도의 저장공간에 사례정보로 보관하여 차후 유사 작업을 수행할 시에 활용하여 보다 신속하게 설치지점을 선정할 수 있도록 한다.

```
(deftemplate node
  (slot name) (slot type) (slot question)
  (slot yes-node) (slot no-node) (slot answer))
(defrule initialize
  (not (node (name root)))
  =>
  (load-facts "root.dat")
  (assert (current-node root)))
(defrule ask_question
  ?node <- (current-node ?name)
  (node (name ?name)(type decision)(question ?question))
  (not (answer ?))
  =>
  (printout t ?question "yes or no")
  (assert (answer (read))))
.....
(defrule answer_print
  ?node <- (current-node ?name)
  (node (name ?name) (type answer) (answer ?value))
  (not (answer ?))
  =>
  (printout t ?value crlf))
```

▶▶ 그림 5. 규칙정보의 일부

### 4. Fact정보 및 Rule정보 설계

규칙기반의 모델을 설계하기 위하여 [10]에서 제시한 방법을 활용하여 먼저 Flowchart를 설계한 후 이를 기반으로 Fact정보와 Rule정보를 설계하였다.



▶▶ 그림 3. Flowchart의 일부

```
(node (name root) (type decision) (question "교통량 정보가 있는가?") (yes-node nodey1)
  (no-node noden1) (answer nil))
(node (name nodey1) (type decision) (question "통행속도 정보가 있는가?") (yes-node nodey2)
  (no-node noden2) (answer nil))
(node (name nodey2) (type decision) (question "링크길이 정보가 있는가?") (yes-node nodey3)
  (no-node noden3) (answer nil))
(node (name nodey3) (type decision) (question "링크길이인가?") (yes-node nodey4)
  (no-node noden4) (answer nil))
(node (name nodey4) (type answer) (question nil) (yes-node nil)
  (no-node nil) (answer "1차 선정 자료로 활용")
  .....
```

▶▶ 그림 4. 사실정보의 일부

### V. 결론 및 향후 연구

본 연구는 기존 루프검지기 및 AVI식 검지기를 활용한 지능형 교통체계는 설치 및 운영 관리에 막대한 비용이 소요되어 이를 RFID-READER & RFID-TAG를 활용한 지능형 교통체계의 핵심 기술이라 여겨지는 RFID-READER의 최적의 설치지점 선정방법에 대하여 연구하였다. 이를 위하여 RFID-READER를 설치하는 지점을 교통량 관측지점으로 접근하여 O/D정보를 활용한 교통량 관측지점의 선정기술에 대하여 연구하였으며, JESS를 사용하여 규칙기반의 모델을 제시하였다. 현재 연구의 초기단계로써 교통관점의 연구를 진행하고 있으나, 본 논문의 핵심을 설치지점 선정방법론에 대한 규칙기반의 시스템 개발을 최종목표로 하여 연구를 진행할 것이다.

#### ■ 참고 문헌 ■

- [1] 최기주, 이강섭 "ITS서비스를 위한 Map Datum 및 위치참조체계 모델의 적용 및 평가", 대한교통학회지 제 17권 제2호, pp.55-68, 1999.
- [2] 이승재, 이헌주 "기종점 수요추정을 위한 교통량 관측 지점의 적정위치 선정", 대한교통학회지 제21권 제1호, pp.53-63, 2003.
- [3] Lam, W. H. K. and Lo, H. P. "Accuracy of O-D estimates from traffic counts". Traffic engineering and control 31, pp.358-367. 1990.
- [4] Yang H Iida Y. and T. Sasaki "An Analysis of the reliability of an O-D trip matrix estimated fro

- traffic counts". *Transpn. Res.* 25B, pp.351-363. 1991.
- [5] Yang. H., "Optimal traffic counting locations for O/D estimation". *Transspn. Res.* 25B, pp.351-363. 1998.
- [6] Bianco L. eral "Optimal location of traffic counting points for transport network control", IFAC97, 1997.
- [7] Ofyar Z. Tamin, Titi L. Soedirdjo and RudiS. Suyono, "The impact of location and number of traffic counts in the accuracy of O-D matrices estimated from traffic counts". *Journal of the eastern asia society for transportation studies*, Vol.4 No.2, pp.335-349, 2001.
- [8] 이승재, 이현주 "3-D기법을 이용한 TCS 기반 전국 교통수요 추정 연구", *대한교통학회지*, 제20권 제4호, 대한교통학회, pp.63-72. 2002.
- [9] 이승재, 김종형, 이현주, 장현호, 변상철, 최도혁 "관측 TCS 데이터 및 AADT 교통량을 이용한 기종점 교통량 보정에 관한 연구", *대한교통학회지*, 제19권 제5호, 대한교통학회, pp.49-59. 2001.
- [10] Ernest Friedman-hill. *Jess in Action Rule-Based System in Java.*