

■ 論 文 ■

통행 단말기 정보를 이용한 동적 기종점 통행량 추정모형 개발 및 적용에 관한 연구

Development of a quasi-dynamic origin/destination matrix estimation model by using PDA and its application

임 용 택
(전남대학교 교통물류학부 부교수)

추 상 호
(한국교통연구원 책임연구원)

강 민 구
(한국교통연구원 연구원)

목 차

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> I. 서론 II. 기존연구검토 <ul style="list-style-type: none"> 1. 동적 기종점 통행량추정 2. 동적통행배정모형(DYNASMART-P) III. 동적 기종점 통행량추정모형 <ul style="list-style-type: none"> 1. 모형의 구성 2. 풀이 알고리즘 | <ul style="list-style-type: none"> IV. 모형의 평가 <ul style="list-style-type: none"> 1. 분석환경 및 초기 동적OD의 설정 2. 입력자료 3. 동적OD통행량 추정결과 V. 결론 및 향후과제 참고문헌 |
|--|---|

Key Words : 동적OD통행량추정, 전수화, 수리모형, 동적 통행배정, 표본OD통행량 dynamic OD matrix estimation, totalized OD matrix, mathematical program, DTA, sample OD matrix

요 약

동적(dynamic) 기종점(origin-destination, OD) 통행량은 다양한 교통분야에 활용이 가능한데, 대표적으로 동적 통행배정모형의 입력자료와 같은 교통계획분야와 실시간 도로교통 운영분야, 그리고 교통수요 관리분야 등에도 사용할 수 있다. 이런 교통정책들을 평가하기 위해서는 정확한 동적 OD통행량의 추정은 무엇보다 중요하며, 이를 위하여 다양한 기법들이 제시되고 있다. 본 연구에서는 최근 새롭게 연구되고 있는 개인이 소지한 통행 단말기 정보를 이용하여 동적 OD통행량을 추정하고 이를 평가하고자 한다. 이를 위하여 동적 OD추정모형을 개발하고 개발된 추정모형과 동적 통행배정모형(DYNASMART-P)을 이용하여 동적 OD통행량을 추정하는데, 동적OD통행량 추정 시 이용되는 단말기 정보가 표본자료(sample data)이기 때문에 이를 전수화하는 과정이 포함된다. 본 연구에서 제안한 방법으로 제주시를 대상으로 동적OD통행량을 추정할 결과, 그 가능성을 확인할 수 있었다.

Dynamic origin-destination (OD) trip matrix has been widely used for transportation fields such as dynamic traffic assignment, traffic operation and travel demand management, which needs precise OD trip matrix to be collected. This paper presents a quasi-dynamic OD matrix estimation model and applies it to real road network for collecting the dynamic OD matrix. The estimation model combined with dynamic traffic assignment program, DYNASMART-P, is based on GPS embedded in PDA, which developed for collecting sample dynamic OD matrix. The sample OD matrix should be expanded by the value of optimal sampling ratio calculated from minimization program. From application to real network of Jeju, we confirm that the model and its algorithm produce a reasonable solution.

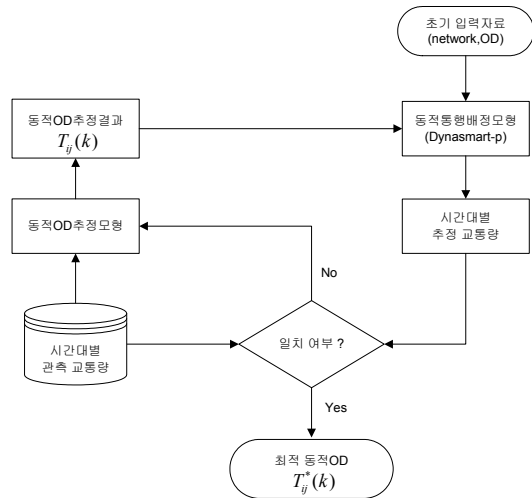
본 논문은 "2007년 국가교통DB구축사업(한국교통연구원,2008.4)"의 일부를 보완하여 정리한 것임.

1. 서론

동적(dynamic) 기종점 통행량(origin-destination matrix, OD) 추정(estimation)은 실시간 변하는 기종점 간 통행량을 추정하는 것으로 동적 통행배정(dynamic traffic assignment)뿐만 아니라 실시간 교통류관리, 교통운영, 그리고 교통수요관리 등 다양한 교통분야에 활용되고 있다. 일반적으로 동적 OD통행량추정은 비용절감과 효율적인 추정을 위하여 VDS(vehicle detection system) 자료나 RFID자료, 또는 통행자의 단말기 정보 등 실시간 구득이 가능한 자료를 이용하여 추정하게 되는데, 정적OD 통행량추정(static OD matrix estimation)과 달리 시간대별 교통상황의 변화를 고려하여 차량의 위치는 판단해야 하기 때문에 동적 교통모형(dynamic traffic model)이 필요하다. 따라서, 동적OD통행량 추정문제는 관측교통량과 동적 교통모형에서 추정된 교통량과의 차이를 최소화시키는 기종점 통행량을 구하는 문제가 된다.

본 연구에서는 최근 새롭게 연구되고 있는 개인이 소지한 단말기 정보를 이용하여 동적 OD통행량을 추정하고 이를 평가하는 게 목적이며, 동적 교통류의 흐름을 표현하기 위하여 현재 동적 통행배정모형(dynamic traffic assignment)으로 널리 사용되고 있는 DYNASMART-P를 이용한다. 따라서, 본 연구에서는 동적 OD추정모형을 개발하고 개발된 추정모형과 DYNASMART-P를 이용하여 동적 OD통행량을 추정하는데, 동적OD통행량 추정시 이용되는 단말기 정보가 표본자료(sample data)이기 때문에 이를 전수화하는 과정이 포함된다. 즉, 단말기로부터 수집된 표본 동적OD통행량(sample dynamic OD trips)을 전수화시키기 위한 최적 표본비율(optimal sampling ratio)을 구하고, 이를 이용하여 전수화된 동적 OD통행량을 추정하는 방법이다.

〈그림 1〉은 본 연구에서 수행하는 동적 OD통행량 추정과정을 나타낸 것으로, 그림에서 보듯이 시간대별 관측교통량과 동적 통행배정모형에서 산출된 추정 교통량 간의 일치 여부를 검토하여 오차가 수렴조건에 도달하면 최적 동적OD통행량을 산출한다. 만약 오차가 주어진 한계보다 크면 본 연구에서 개발한 동적 OD통행량 추정모형을 이용하여 새롭게 동적 OD통행량을 추정하고 이를 동적 통행배정모형에 입력하여 새로운 추정교통량을 구한 후, 이를 관측 교통량과 비교하는 과정을 반복하게 된다. 본 연구에서 개발된 동적 OD통행량 추정모형은 제주시를 대상으로 실제 자료를 이용하여 평가한다. 다음 절에서는 현재까지 제시된 동적 OD통행량 추정연구들과



〈그림 1〉 동적OD통행량 추정과정

본 연구에서 사용할 동적 통행배정모형(DYNASMART-P)에 대하여 간단히 살펴본다.

II. 기존 연구검토

1. 동적 기종점 통행량추정

동적OD통행량 추정문제는 1980년대 이후 다양한 기법들이 제시되고 있으나, 최초로 Cremer(1991)가 독립교차로를 이용하여 정형화하였다. Cremer의 연구는 교차로 진입로와 진출로의 관측 교통량들은 실제 교통시스템에서 수집된 자료들이며 이를 이용하여 동적 OD통행량을 추정하는 문제로 진입교통량(entry flows) 대비 각 진출로로 나가는 교통량 비율을 구하고 이를 추정방정식에 대입하여 진출교통량(exit flows)을 구한 후, 실제 진출교통량과 비교하여 오차를 최소화시키는 교통량 분할비율을 구하는 방법이다. 이 추정법은 교통시스템의 진입교통량과 진출교통량간의 인과 관계를 이용하여 추정하는 방법으로 이들 인과관계가 강할수록 좋은 결과를 얻게 된다. 따라서, 교차로나 소규모 교통축과 같이 진입교통량과 진출교통량간의 관계가 명확할 때 유용한 기법이다. Cremer et al.(1987), Nihan et al.(1989), Bell(1991) 등의 연구가 여기에 속하며, 이들 연구에서는 입출력간의 관계를 이용하여 각 시간대별 최적 분할비율(Split parameter)을 구하게 된다. 그러나, 이 방법은 기종점간 통행시간을 고정된 단위시간으로 간주하고 있는데, 이는 기종점간 통행시간을 상수로 간주할 수 있는 교차로나 소규모 도로축에만 적용이 가능함을 의미

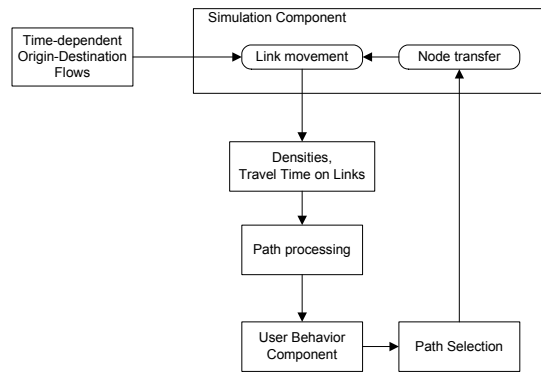
하며, 일반 교통망(General network)과 같은 대규모 교통망에서는 적용하기 어려운 한계가 있다.

이에 반해, Sherali et al.(1997)는 동일한 문제를 비선형 최소화문제 구성하여 분할비용 조건을 만족시키고 각 기종점쌍간의 통행시간을 다르게 하면서 동적 OD를 추정하는 연구를 발표하였으며, Chang et al.(1994)는 Cremer et al.(1987)의 모형을 일반화하여 기종점쌍간의 동적 통행시간을 모형에 포함시킨 연구를 발표하였다.

한편, Van der Zijpp(1997)는 고속도로를 대상으로 AVI(automatic vehicle identification)와 VDS자료를 이용하여 동적OD를 추정하는 모형을 제시하였는데, 이모형은 AVI에서 수집되는 차량계적정보와 VDS에서 수집되는 교통량 정보를 합성하여 동적OD를 추정한다. 이후 Dixon et al.(2000)은 고속도로에 설치된 AVI자료를 통하여 수집된 링크 교통량, 링크 선택확률, OD관측치 등의 정보를 이용하여 동적OD를 추정하는 방법을 제안하였으며, Antoniou et al.(2004)는 VDS와 AVI자료뿐만 아니라 지점간 통행시간, 경로통행량 등을 이용하여 고속도로의 동적OD를 추정하는 방법을 제시하였다. 국내연구로는 김주영외(2005a,b)가 고속도로를 대상으로 VDS와 AVI를 이용한 동적OD추정법을 제안한 바 있다. 앞에서 살펴본 바와 같이 기존 연구들은 대부분 고속도로나 교차로를 대상으로 동적OD를 추정하는 연구들이며, 일반 도로망을 대상으로 한 연구는 극히 드문 실정이다.

2. 동적통행배정모형(DYNASMART-P)

DYNASMART-P는 미국 FHWA에서 개발한 동적 통행배정모형으로 초기에 Jayakrishnan et al.(1994), Mahmassani et al.(2001)를 비롯한 여러 연구자에 의해 Austin소재의 Texas대학에서 개발되었으며, 현 DYNASMART-P 버전은 College Park소재의 Maryland 대학에서 개선되어 만들어진 모형으로 교통계획(planning)모형임을 표시하기 위하여 프로그래밍에 P라는 알파벳을 추가하였다. 이모형은 Intelligent Transportation Networks상에서 교통계획과 설계를 평가하는 소프트웨어 패키지로써, 운전자의 동적 경로선택(dynamic route choice) 등과 같은 운전자 행동 등을 구체적으로 표현할 수 있으며 네트워크 상에서 분석하고자 하는 링크들의 속도, 밀도, 대기행렬을 표현할 수 있고, 개별차량패적, 총통행시간 및 최단시간 등을 결과로 도출한다.



〈그림 2〉 DYNASMART-P의 수행과정

DYNASMART-P는 기본적으로 User optimal equilibrium assignments(UE), System optimal equilibrium assignments(SO), 그리고 Non-equilibrium assignments 기능을 제공하고, 정적인 OD가 아닌 동적 OD(시간대별 OD)통행량을 활용하며, 개별차량 패적데이터를 OD통행량 자료로 입력할 수 있다. 또한, 일별(day-to-day)통행량을 가지고도 일별행태보정계수를 이용하여 분단위의 하루중(within-day) 시뮬레이션도 가능하다. 동적 경로선택의 VMS(Variable Message Sign), HOV/HOT운영효과, 동적 혼잡통행료(dynamic road pricing), ramp metering, 교통사고관리 등과 같은 교통정책들을 평가할 수 있는 기능도 갖고 있다.

〈그림 2〉는 DYNASMART-P의 기본 구동체계를 보여주는데, 동적OD입력모듈과 이를 이용하여 시뮬레이션을 수행하는 모듈 그리고 시뮬레이션 결과로 도출되는 밀도, 속도, 통행시간 등을 통하여 운전자의 경로선택을 수행하는 모듈로 이루어져 있다. 각 모듈들은 그림에서 보듯이 서로 순환하는 과정을 통하여 안정적인 해를 도출할 때까지 반복하게 된다.

III. 동적 기종점 통행량추정모형

1. 모형의 구성

본 연구에서 추정코자 하는 동적OD는 다음과 같은 수리최소화문제 프로그래밍화될 수 있으며, 이 프로그램은 각 시간대별로 동적 통행배정모형에서 추정되는 링크 교통량과 VDS로부터 관측된 교통량간의 차이를 최소화시키는 최적 표본율(optimal sampling ratio)을 구하는 문제가 된다.

$$\min L(\rho_{ij}(k)) = \frac{1}{2} \sum_{b \in B} (x_b(t) - \bar{x}_b(t))^2 \quad (1)$$

$$s.t \quad x_b(t) = x_b(\rho_{ij}(k))$$

여기서, B : 관측링크 집합
 b : 관측링크, $b \in B$
 $\rho_{ij}(k)$: 시간대 k 에 출발하는 기종점 i, j 간
 표본율(sampling ratio)
 $\bar{x}_b(t)$: 시간대 t 에서 링크 b 의 관측 교통량
 $x_b(t)$: 시간대 t 에서 링크 b 의 추정교통량

으로 동적 통행배정모형(dynamic traffic assignment, DTA)로 부터 구해지며 다음과 같이 계산된다.

$$x_b(t) = \sum_{ij} \frac{t_{ij}(k)}{\rho_{ij}(k)} R_b^{ij}(k + \tau_b^{ij}(k)) \quad (2)$$

여기서, $t_{ij}(k)$: 시간대 k 에 출발하는 표본 OD통행량
 $R_b^{ij}(k + \tau_b^{ij}(k))$: 시간대 k 에 출발한 기종점 i, j
 간 통행이 $\tau_b^{ij}(k)$ 시간이 흐른
 후 링크 b 를 이용할 확률

로서, 동적 통행배정(DYNASMART-P)에서 계산된다. 따라서, $\tau_b^{ij}(k)$ 는 시간대 k 에 출발한 기종점 i, j 간 통행이 링크 b 에 도착할 때까지 걸린 시간으로 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$k = t - \tau_b^{ij}(k) \quad (3)$$

식(1)의 최소화문제를 풀기 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 선형근사화(linear approximation)방법을 제시한다. 먼저, 목적함수식을 $\rho_{ij}^*(k)$ 에서 선형근사화(linear approximation)시키면 다음과 같다.

$$L(\rho_{ij}(k)) = L(\rho_{ij}^*(k)) + \frac{\partial L}{\partial \rho_{ij}(k)} (\rho_{ij}(k) - \rho_{ij}^*(k)) \quad (3)$$

그런데, 위 최소화문제는 $L(\rho_{ij}(k)) = 0$ 이 최소값이므로,

$$L(\rho_{ij}^*(k)) + \frac{\partial L}{\partial \rho_{ij}(k)} (\rho_{ij}(k) - \rho_{ij}^*(k)) = 0 \quad (4)$$

따라서, 다음과 같이 정리된다.

$$\rho_{ij}(k) = \rho_{ij}^*(k) - L(\rho_{ij}^*(k)) \left(\frac{\partial L}{\partial \rho_{ij}(k)} \right)^{-1} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{여기서, } \frac{\partial L}{\partial \rho_{ij}(k)} &= \sum_b (x_b(t) - \bar{x}_b(t)) \frac{\partial x_b(t)}{\partial \rho_{ij}(k)} \text{이며,} \\ \frac{\partial x_b(t)}{\partial \rho_{ij}(k)} &= - \sum_{ij} \frac{t_{ij}(k)}{(\rho_{ij}(k))^2} R_b^{ij}(k + \tau_b^{ij}(k)) \end{aligned}$$

이므로, 동적OD추정문제는 다음과 같은 축차적인 방정식(recursive equation)으로 표현할 수 있게 된다.

$$\rho_{ij}^{n+1}(k) = \rho_{ij}^n(k) - L(\rho_{ij}^n(k)) \left(\frac{\partial L(\rho_{ij}^n(k))}{\partial \rho_{ij}(k)} \right)_{\rho_{ij}(k) = \rho_{ij}^n(k)}^{-1} \quad (6)$$

따라서, 최종 전수화된 동적OD통행량은 식(6)으로 구할 수 있다. 이식은 시간대 k 에 출발하는 표본OD통행량을 최적 표본율로 나누어 전수화된 OD통행량을 산정하게 된다.

$$T_{ij}(k) = \frac{t_{ij}(k)}{\rho_{ij}(k)} \quad (7)$$

본 연구에서 제안된 모형의 특징은 기존 추정모형과 달리, 일반 교통망에서도 적용이 가능하며, 식(5) 및 식(7)과 같이 단순한 형태로 동적OD통행량을 추정할 수 있다는 장점이 있다.

2. 풀이 알고리즘

본 연구에서 제시한 식(6)과 식(7)를 이용하여 동적OD 통행량을 추정하는 과정은 다음과 같다.

[단계0] 초기화

반복수 $n = 0$

초기 동적OD 표본율 $\rho_{ij}^0(k)$ 및 표본 OD통행량 $t_{ij}^0(k)$

와 관측 링크 교통량 $\bar{x}_b(t)$ 설정

초기 동적OD 통행량계산 : $T_{ij}^0(k) = t_{ij}^0(k) / \rho_{ij}^0(k)$

[단계1] $n = n + 1$

[단계2] $T_{ij}^{n-1}(t)$ 를 가지고 동적통행배정모형을 이용

하여 $R_b^{i,j,n}(k + \tau_b^{ij}(k))$ 와 x_b^n 계산

[단계3] 새로운 동적OD 통행량 추정

$$\rho_{ij}^n(k) = \rho_{ij}^{n-1}(k) - L(\rho_{ij}^{n-1}(k)) \left(\frac{\partial L(\rho_{ij}^{n-1}(k))}{\partial \rho_{ij}(k)} \right)^{-1}_{\rho_{ij}(k) = \rho_{ij}^{n-1}(k)}$$

[단계4] 수렴성 검토

만약, $|\rho_{ij}^n - \rho_{ij}^{n-1}| < \epsilon$ (미리 정해진 작은 상수값)이면,

정지 : 전수화된 동적OD통행량

$$T_{ij}(k) = \frac{t_{ij}(k)}{\rho_{ij}(k)}$$

그렇지 않으면, [단계1]로 진행

위 풀이과정에서 새로운 동적OD통행량을 구하기 위해서는 [단계2]에서 동적 통행배정모형을 이용하여 $R_b^{i,j,n}(k + \tau_b^{ij}(k))$ 와 x_b^n 를 계산해야 하는데, 본 연구에서는 앞 절에서 기술한 DYNASMART-P를 이용한다.

IV. 모형의 평가

본 연구에서 제시된 모형을 이용하여 제주시의 동적 OD통행량을 추정하고 이를 평가해 보자. 분석의 범위와 기본적인 가정은 다음과 같다.

1. 분석환경 및 초기 동적OD의 설정

1) 분석환경

본 연구의 목적이 통행자가 소지한 조사 단말기(PDA)를 이용하여 동적OD를 추정하는 것이기 때문에 이에 맞게 다음과 같이 연구의 범위를 한정한다.

- 공간적 범위 : 제주시와 그 주변권(외곽권)
- 시간적 범위(분석시간대) : 15분단위 7시간(오전6시~13시)

또한, 기본적인 분석의 전제는 다음과 같다.

- 통행목적 및 교통수단 : 통행목적은 구분하지 않으며 도로상에 존재하는 승용차와 택시만을 대상으로 분석한다(단일수단).
- 동적 OD통행량은 출발시간대(k)를 기준으로 한다.
- 시간대별 관측교통량 자료 : 제주시 ITS센터의 VDS 관측자료를 사용한다.
- 배정 시간은 오전 5시부터 배정을 시작하여 15분단위 O/D를 입력시켜 최종 465분 배정하며, 465분

에 출발하는 차량에 대하여 배정을 마치기 위하여 총 600분(10시간)의 통행배정을 실시한다.

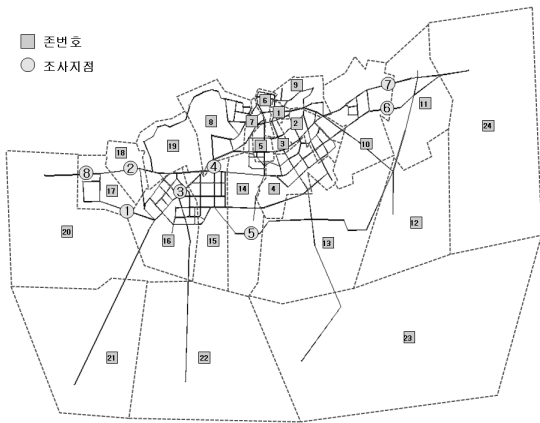
- 관측교통량의 시간대는 오전 6시부터 13시까지(7시간)이며, 총 조사지점은 <그림 3>과 같이 8개지점을 선정한다.
- 단말기 수집정보 : 통행자가 소지한 단말기에서 수집되는 정보로 출발지와 경유지 그리고 목적지등 통행자의 통행패력과 이에 해당하는 각 시각이 수집된다. 따라서, 이를 통하여 각 존별 표본 동적OD 통행량을 산출한다.

2) 단말기에 의한 조사방법

기존 가구통행실태 조사가 갖고 있는 시간 및 비용상의 한계를 극복하기 위하여 GPS를 장착한 단말기(PDA)를 이용하여 실시간 교통정보를 수집한다. 통행자에게 배포된 단말기는 통행자의 출발지, 도착지, 출발 시각, 도착시각 정보를 자동으로 기록하고, 통행자는 단말기에 통행목적, 통행수단, 대중교통 이용요금, 승용차 주차요금 등을 선택하도록 프로그램화되어 있다. 실시간 경로추적을 위하여 단말기에 내장된 GPS 수신기를 이용하여 통행자의 위치정보(위도, 경도, 고도), 통행정보(통행경로, 통행속도) 등을 1초 단위로 수집한다. 이런 과정을 거쳐 통행이 완료되면 단말기내에 저장된 실시간 통행경로를 추적하여 출발시각 및 각 시간대별 위치와 최종목적지에 도착한 시각을 판단하며, 이를 통하여 본 연구에 사용되는 초기 동적OD통행량 계산이 가능하다. 또한, 단말기를 이용할 경우 부차적으로 통행속도를 파악할 수 있다는 장점도 갖고 있다. 지금까지 설명한 단말기를 이용한 경로자료 수집과정은 [부록그림 1]에 나와 있다.

2. 입력자료

본 연구의 대상인 제주시는 <그림 3>과 같이 24개 존(내부19개, 외부5개)으로 구성되어 있으며, 조사지점은 8개이다. 또한, 초기에 설정되는 OD통행량은 단말기에서 표본 조사된 기중점간 통행량으로 15분 간격으로 집계하여 사용하며, 모든 존에 대하여 15분단위로 집계된 각 시간대별 발생통행량은 [부록표1]과 같다. 또한, 동적 시뮬레이션을 위해서는 초기 동적 OD통행량이 필요 한데, 본 연구에서는 통행자가 소지한 단말기로부터 산



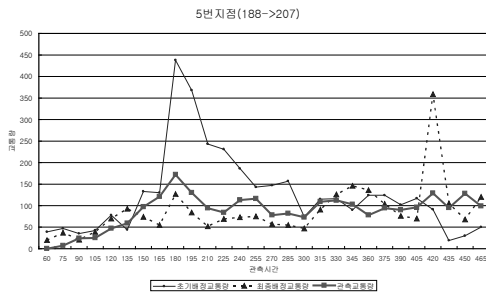
〈그림 3〉 제주시 네트워크 및 존설정, 조사지점

출된 각 기종점간 표본OD통행량에 각 출발시간대별 표본율을 적용하여 초기 전수화된 OD통행량을 산출한다.

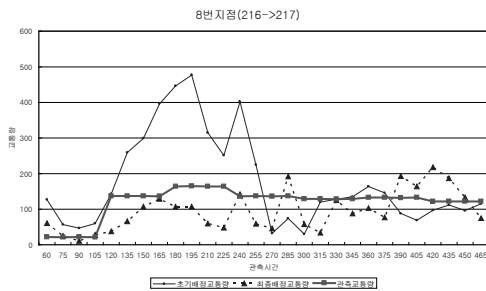
3. 동적OD통행량 추정결과

1) 시간대별 관측지점 교통량비교

〈그림 4〉는 8개의 관측지점중 5번과 8번 지점에 대하여 각 시간대별로 관측된 교통량과, 초기 통행배정교통



(a) 5번 관측지점



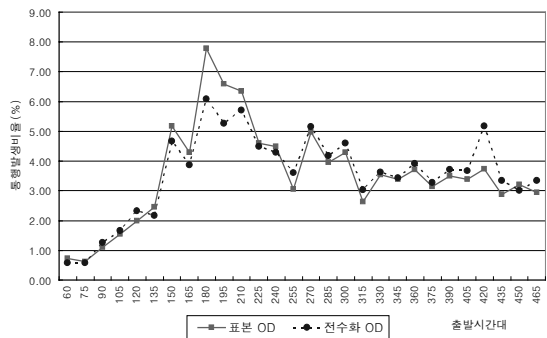
(b) 8번관측지점

〈그림 4〉 시간대별 관측교통량과 배정교통량

량, 그리고 최종적으로 통행배정된 교통량을 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 각 시간대별로 관측교통량과 초기 배정교통량과의 패턴은 상이하나, 최종 배정된 교통량은 관측 교통량과 상당히 비슷함을 알 수 있다. 즉, 이는 추정된 동적OD통행량이 참 동적OD통행량 (true dynamic OD matrix)과 근접함을 의미한다. 이외 나머지 지점들에 대해서도 유사한 패턴을 보여주고 있어 여기서는 제외하였다.

2) 표본과 전수화 통행발생량 비교

〈그림 5〉는 단말기로부터 수집된 표본OD 통행발생분포와 본 연구에서 제시한 방법에 의해 전수화된 OD통행발생분포를 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 각 시간대별로 수집된 표본 OD통행발생분포와 전수화된 동적 OD통행발생분포가 서로 매우 유사함을 알 수 있다. 외부존을 제외한 내부 19개 존에 대한 표본 동적 OD통행발생량과 전수화된 동적OD통행발생량은 [부록표2]에 나와 있다.



〈그림 5〉 시간대별 표본 및 전수화OD 발생분포

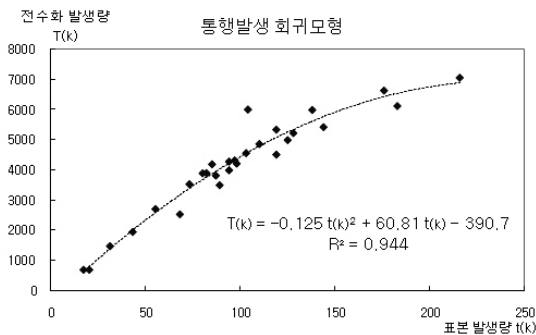
3) 회귀모형의 추정

집계된 표본 발생량($t(k)$)과 전수화된 통행발생량($T(k)$)간의 관계를 회귀모형으로 추정한 결과가 〈그림 6〉에 나와 있으며, 그림에서 보듯이 결정계수(R^2)가 0.944를 나타내고 있어 모형의 설명력이 매우 높음을 알 수 있다. 추정된 회귀모형식 :

$$T(k) = -0.125t(k)^2 + 60.81t(k) - 390.7$$

여기서, $t(k)$: 집계된 표본 발생량($t(k) = \sum_{ij} t_{ij}(k)$)

$T(k)$: 전수화된 발생량($T(k) = \sum_{ij} T_{ij}(k)$)



〈그림 6〉 추정된 회귀모형

V. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 통행자 개인이 소지한 통행조사 단말기를 이용하여 동적OD통행량을 추정하는 모형을 제시하고 제주시를 대상으로 평가하였다. 이를 위하여 동적OD추정을 위한 수리모형을 제시하였으며 풀이 과정도 함께 제시하였다. 제주시를 대상으로 본 연구에서 제안한 방법으로 동적OD통행량을 추정한 결과, 그 가능성을 확인할 수 있었으며, 본 연구가 교통축이 아닌 도시내 교통망을 대상으로 동적OD통행량을 추정한 연구라는 점에서 의미가 있다. 그러나, 연구의 한계 역시 존재하며, 이를 해결하기 위한 향후 연구과제를 정리하면 다음과 같다.

먼저, 단말기에서 수집된 표본OD통행량이 존재하지 않는 경우, 전수화 단계에서도 처리가 되지 않기 때문에 이에 대한 보완과정이 필요하다. 둘째, 본 연구에서는 신호운영, 도로운영 등을 고려하지 않았으나, 현실적인 동적OD를 구하기 위해서는 이를 고려할 필요가 있다. 즉, 추정된 동적OD통행량을 동적 통행배정모형에 입력자료로 사용하거나, 실시간 교통운영 등에 활용하기 위해서는 신호 및 도로 운영 등에 대한 요소들을 고려하여 동적OD통행량을 추정해야 한다. 셋째, 동적OD통행량을 추정하는 분석 시간단위로 분석단위가 작으면 추정에 많은 시간이 소요되는 반면, 추정단위가 너무 커지면 동적 특성을 제대로 고려하지 못하는 한계가 있다. 본 연구에서는 15분 단위로 동적OD통행량을 추정하였으나 이에 대해서는 향후 연구가 필요할 것으로 보인다. 마지막으로, 본 연구에서는 차종의 구분없이 승용차를 중심으로 분석하였으나 버스, 트럭 등 도로상에 존재하는 다차종을 고려한 연구가 필요하며, 이 경우 동적 통행배정모형은 다수단 통행배정(multiple transportation mode traffic assignment)로 확장되어야 할 것이다.

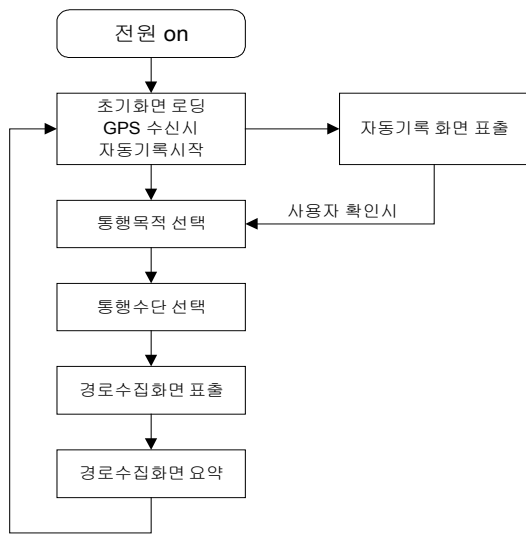
참고문헌

1. 김주영 · 이승재 (2005a) 교통관리시스템의 실시간 교통 자료를 이용한 고속도로 동적OD 추정기법의 개발, 대한교통학회지, 제23권 제4호, 대한교통학회, pp.57~69.
2. 김주영 · 이승재 · 이영인 · 손봉수 (2005b) VDS 및 AVI 자료를 이용한 고속도로 동적OD 추정, 대한교통학회지, 제23권 제7호, 대한교통학회, pp.125~136.
3. Antoniou, C., Ben-Akiva, M. and Koutsopoulos, H.N. (2004) Incorporating automated vehicle identification data into origin-destination estimation, Proceedins of TRB 83th Annual meeting.
4. Bell M.G.H.(1991) The real time estimation of origin-destination flows in the presence of platoon dispersion. Transportation Research, 25B, pp.114~125.
5. Chang, G., Wu, J.(1994) Recursive estimation of time-varying o-d flows from traffic counts in freeway corridors. Transportation Research 28B, pp.141~-160.
6. Cremer M.(1991) Concise encyclopedia of traffic & transportation systems, ed :M. Papageorgiou, pp.310~315.
7. Cremer M, Keller H. (1987) A new class of dynamic methods for the identification of OD flows, Transportation Research 21B, pp.117~132.
8. Dixon, M. and Rilett,L.R.(2000) Real-tike origin-destination estimation using automatic vehicle identification data, Proceedings of TRB 79th Annual meeting.
9. Jayakrishnan, R., H. S. Mahmassani(1994) An Evaluation Tool for Advanced Traffic Information and Management Systems in Urban Networks. Transportation Research Part C 2(3), pp.129~147.
10. Mahmassani, H. S.(2001) Dynamic Network Traffic Assignment and Simulation Methodology for Advanced System Management Applications, Networks and Spatial Economics 1(3-4), pp.267~292.
11. Nihan N. L., Davis G.A.(1989) Application of

prediction-error minimization and maximum likelihood to estimation intersection O-D matrices from traffic counts, Transportation Science Vol.23, No.2, pp.77~90.

12. Sherali H.D. Arora N. & Hobeika A. G. (1997) Parameter optimization methods for estimating dynamic OD trip-tables, Transportation Research 31B, pp.141~157.
13. Van der Zijpp (1997) Dynamic OD matrix estimation from traffic counts and automated vehicle identification data, TRR 1607.

- ✎ 주 작 성 자 : 임용택
- ✎ 교 신 저 자 : 임용택
- ✎ 논문투고일 : 2008. 8. 6
- ✎ 논문심사일 : 2008. 12. 3 (1차)
2008. 12. 11 (2차)
- ✎ 심사판정일 : 2008. 12. 11
- ✎ 반론접수기한 : 2009. 4. 31
- ✎ 3인 익명 심사필
- ✎ 1인 abstract 교정필



(a) 단말기를 이용한 경로자료수집 순서도



(b) 단말기를 이용한 경로자료수집 예

(부록그림 1) 단말기를 이용한 실시간 경로자료 수집

(부록표1) 시간대별 발생통행량

(15분 단위, 오전5시~12시)

15분 단위 (5시부터 12시)	통행	15분 단위 (5시부터 12시)	통행
5시00분00초 - 5시14분59초	7	9시00분00초 - 9시14분59초	175
5시15분00초 - 5시29분59초	11	9시15분00초 - 9시29분59초	128
5시30분00초 - 5시44분59초	14	9시30분00초 - 9시44분59초	199
5시45분00초 - 5시59분59초	15	9시45분00초 - 9시59분59초	171
6시00분00초 - 6시14분59초	24	10시00분00초 - 10시14분59초	163
6시15분00초 - 6시29분59초	19	10시15분00초 - 10시29분59초	120
6시30분00초 - 6시44분59초	39	10시30분00초 - 10시44분59초	157
6시45분00초 - 6시59분59초	50	10시45분00초 - 10시59분59초	151
7시00분00초 - 7시14분59초	63	11시00분00초 - 11시14분59초	170
7시15분00초 - 7시29분59초	96	11시15분00초 - 11시29분59초	124
7시30분00초 - 7시44분59초	182	11시30분00초 - 11시44분59초	154
7시45분00초 - 7시59분59초	161	11시45분00초 - 11시59분59초	144
8시00분00초 - 8시14분59초	281	12시00분00초 - 12시14분59초	166
8시15분00초 - 8시29분59초	250	12시15분00초 - 12시29분59초	139
8시30분00초 - 8시44분59초	252	12시30분00초 - 12시44분59초	145
8시45분00초 - 8시59분59초	202	12시45분00초 - 12시59분59초	137
		합계	4,109

(부록표2(a)) 시간대별 발생교통량 패턴

(표본OD)

시간 \ 존	zone 1	zone 2	zone 3	zone 4	zone 5	zone 6	zone 7	zone 8	zone 9	zone 10	zone 11	zone 12	zone 13	zone 14	zone 15	zone 16	zone 17	zone 18	zone 19	발생량
60	-	1	-	-	-	2	1	3	2	-	-	-	1	-	2	6	2	-	-	20
75	-	2	-	-	2	-	-	1	-	2	-	-	-	2	4	1	2	1	-	17
90	-	6	-	3	2	-	1	2	-	4	1	-	1	-	3	5	1	1	1	31
105	1	13	1	3	2	-	2	1	-	3	-	-	2	2	4	6	3	-	-	43
120	1	14	2	8	2	2	2	-	2	5	-	1	-	5	3	4	2	1	1	55
135	1	7	2	8	5	2	7	3	3	5	2	-	1	1	4	10	3	4	-	68
150	5	12	2	10	4	4	6	10	9	12	4	1	6	6	14	23	8	6	2	144
165	1	11	3	8	5	9	1	9	10	6	3	-	4	3	12	21	7	5	1	119
180	2	25	7	19	9	8	8	13	9	16	5	3	13	7	29	20	11	9	3	216
195	2	18	7	23	5	7	5	12	7	13	8	1	5	7	25	23	10	5	-	183
210	4	23	3	24	6	9	6	7	6	10	2	1	6	5	24	19	5	10	6	176
225	2	14	7	23	4	4	2	9	5	4	6	1	7	5	18	10	5	2	-	128
240	1	13	6	12	4	5	3	8	8	8	-	2	7	7	19	16	3	2	1	125
255	3	11	2	13	4	1	5	4	3	5	3	-	4	2	10	11	3	-	1	85
270	5	13	2	20	7	6	3	8	5	9	1	-	2	7	19	22	5	-	4	138
285	1	11	3	12	8	1	4	5	6	7	3	6	4	4	15	15	2	1	2	110
300	1	23	7	22	5	1	1	4	4	2	2	1	6	4	15	11	4	2	4	119
315	3	12	1	6	5	4	5	4	2	3	2	1	3	4	12	4	2	-	-	73
330	-	9	2	12	2	4	8	2	5	3	4	3	5	4	18	11	5	1	-	98
345	1	12	-	11	4	4	3	2	4	5	1	-	8	4	15	13	4	1	2	94
360	2	12	6	11	6	5	1	2	3	7	3	2	9	4	15	9	5	1	-	103
375	3	12	1	13	2	4	2	3	5	3	-	1	5	8	9	11	1	4	-	87
390	1	8	8	10	4	5	2	5	5	4	3	2	4	5	17	8	4	1	1	97
405	2	6	2	17	2	4	1	10	4	3	3	1	5	7	16	9	2	-	-	94
420	2	8	4	18	4	5	3	1	8	4	1	-	2	5	23	13	2	1	-	104
435	-	4	2	13	6	5	3	-	4	6	1	-	5	4	13	11	1	2	-	80
450	1	8	7	7	4	4	1	4	3	4	2	1	5	4	12	14	2	2	4	89
465	5	8	3	18	3	3	2	2	3	6	-	2	1	7	7	8	1	1	2	82

[부록표2(b)] 시간대별 발생교통량 패턴

(전수화OD)

시간	zone1	zone2	zone3	zone4	zone5	zone6	zone7	zone8	zone9	zone10	zone11	zone12	zone13	zone14	zone15	zone16	zone17	zone18	zone19	발생량
60	-	1	-	-	-	134	34	78	75	-	-	-	42	-	56	212	45	-	-	678
75	-	61	-	-	83	-	-	100	-	142	-	-	-	67	96	42	59	28	-	677
90	-	277	-	104	83	-	34	125	-	270	37	-	42	-	108	208	42	28	100	1,459
105	28	603	34	183	124	-	134	42	-	152	-	-	83	67	143	228	107	-	-	1,930
120	28	865	152	368	142	46	47	-	94	284	-	28	-	234	125	107	142	2	28	2,691
135	7	350	110	323	146	46	250	98	80	170	73	-	42	33	167	417	92	111	-	2,515
150	157	445	69	337	225	138	236	380	387	497	147	28	250	171	613	774	333	167	56	5,410
165	28	481	234	274	267	242	34	347	583	308	110	-	167	100	380	592	259	63	28	4,497
180	104	900	249	787	176	180	245	248	213	674	184	83	510	263	985	658	332	197	57	7,047
195	56	571	210	878	160	175	116	206	146	818	233	28	174	204	905	825	291	114	-	6,109
210	165	1,011	103	1,143	193	325	102	187	177	596	73	28	250	167	813	718	175	250	144	6,622
225	56	700	277	1,271	225	110	43	341	188	132	220	28	260	167	609	349	208	30	-	5,214
240	28	566	368	467	174	238	72	243	416	406	-	56	292	217	677	553	125	56	28	4,979
255	83	633	69	839	225	34	491	303	113	208	110	-	167	34	358	391	90	-	28	4,177
270	283	565	69	1,008	350	207	103	379	188	433	37	-	83	234	850	889	208	-	92	5,979
285	28	692	169	558	450	34	138	267	226	350	110	153	167	122	621	598	83	28	56	4,849
300	100	1,176	344	1,033	208	34	34	342	190	83	73	28	250	134	506	458	167	51	111	5,324
315	228	643	34	276	325	262	172	202	138	183	49	28	125	134	469	162	83	-	-	3,514
330	-	550	69	481	83	138	341	122	251	125	128	83	208	134	733	517	208	28	-	4,200
345	28	558	-	517	225	138	169	54	151	208	37	-	314	134	663	534	167	28	56	3,979
360	56	514	272	436	308	172	34	290	89	525	110	56	375	200	561	326	195	28	-	4,548
375	83	675	7	600	208	123	69	242	188	155	-	28	208	267	362	458	2	127	-	3,803
390	28	392	276	650	167	172	38	108	188	283	173	56	167	167	809	375	213	15	28	4,305
405	128	511	69	825	83	138	100	285	151	183	110	28	208	234	697	433	83	-	-	4,266
420	200	1,105	203	829	225	141	103	100	363	225	37	-	83	167	1,511	589	83	28	-	5,994
435	-	167	134	717	308	238	140	-	213	308	37	-	208	134	487	689	42	56	-	3,877
450	28	450	212	318	94	138	34	249	76	225	42	28	208	104	397	605	83	56	136	3,483
465	250	550	169	717	183	140	69	270	113	300	-	56	42	204	280	392	42	28	80	3,884