

ARTICLE

웹/모바일-어플리케이션 접속 지표와 TCS 교통량의 상관관계 연구

류인관^{*} · 이재영² · 최기주¹ · 김정화³ · 인순욱⁴¹아주대학교 교통시스템공학과, ²중앙플로리다대학교 첨단교통시뮬레이션연구센터,
³아주대학교 TOD기반 도시교통연구센터, ⁴한국도로공사 교통센터

Exploring the Temporal Relationship Between Traffic Information Web/Mobile Application Access and Actual Traffic Volume on Expressways

RYU, Ingon^{1*} · LEE, Jaeyoung² · CHOI, Keechoo¹ · KIM, Junghwa³ · AHN, Soonwook⁴¹Department of Transportation Systems Engineering, Ajou University, Gyeonggi 443-749, Korea²Center for Advanced Transportation Systems Simulation, University of Central Florida, Florida 32816, USA³TOD-based Sustainable City Transportation Research Center, Ajou University, Gyeonggi 443-749, Korea⁴Traffic Information Center, Korea Expressway Corporation, Gyeonggi 463-470, Korea

*Corresponding author: ryuri7@ajou.ac.kr

Abstract

In the recent years, the internet has become accessible without limitation of time and location to anyone with smartphones. It resulted in more convenient travel information access both on the pre-trip and en-route phase. The main objective of this study is to conduct a stationary test for traffic information web/mobile application access indexes from TCS (Toll Collection System); and analyzing the relationship between the web/mobile application access indexes and actual traffic volume on expressways, in order to analyze searching behavior of expressway related travel information. The key findings of this study are as follows: first, the results of ADF-test and PP-test confirm that the web/mobile application access indexes by time periods satisfy stationary conditions even without log or differential transformation. Second, the Pearson correlation test showed that there is a strong and positive correlation between the web/mobile application access indexes and expressway entry and exit traffic volume. In contrast, truck entry traffic volume from TCS has no significant correlation with the web/mobile application access indexes. Third, the time gap relationship between time-series variables (i.e., concurrent, leading and lagging) was analyzed by cross-correlation tests. The results indicated that the mobile application access leads web access, and the number of mobile application execution is concurrent with all web access indexes. Lastly, there was no web/mobile application access indexes leading expressway entry traffic volumes on expressways, and the highest correlation was observed between webpage view/visitor/new visitor/repeat visitor/application execution counts and expressway entry volume with a lag of one hour. It is expected that specific individual travel behavior can be predicted such as route conversion time and ratio if the data are subdivided by time periods and areas and utilizing traffic information users' location.

Keywords: big date, cross-correlation coefficient, TCS traffic, unit root test, web and mobile analytics

J. Korean Soc. Transp.
Vol. 34, No. 1, pp. 1-14, February 2016
<http://dx.doi.org/10.7470/jkst.2016.34.1.001>
pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

Received: 21 May 2015

Revised: 18 August 2015

Accepted: 27 November 2015

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초록

최근 스마트폰의 빠른 보급으로 누구나 언제 어디서든 자유로운 네트워크 접속이 가능해졌다. 이는 통행 전은 물론 통행 중 교통정보 검색이 매우 편리해졌음을 의미한다. 고속도로 교통정보 탐색 행태의 기반이 되는 상관성 분석을 위하여, 웹과 모바일-앱의 접속 지표에 대한 정상성 여부를 검증하고, TCS 교통량과의 상관관계를 실증적으로 분석하는 것이 본 연구의 목적이다. 그 결과 첫째, 시간대별 웹/모바일-앱의 접속 지표에 대한 ADF-검정, PP-검정 결과, 로그변환이나 차분변환 없이도 시계열의 정상성 조건을 만족하는 것으로 나타났다. 둘째, 고속도로 진출입 교통량과의 피어슨 상관계수를 검토한 결과, 웹/모바일-앱의 모든 접속 지표는 뚜렷한 양적 상관관계를 보였다. 단, 트럭의 TCS 진입 교통량은 상관관계가 거의 없는 것으로 나타났다. 셋째, 시계열 변수 사이에 존재하는 발생시간의 시차 관계(동행성, 선행성, 후행성)를 규명하기 위해 교차분석을 수행한 결과, 모바일 이용자는 모든 웹 접속 지표보다 선행하고 있었으며, 모바일 실행횟수는 모든 웹 접속 지표와 동행함을 발견하였다. 넷째, 고속도로의 진입 교통량에 선행하는 웹/모바일-앱 접속 지표는 존재하지 않았으며, 웹 페이지뷰/방문자/신규방문자/재방문자, 모바일 실행횟수는 오히려 고속도로 진입 총 교통량과 비교시 1시간의 후행 시차에서 상관관계가 가장 높게 나타났다. 향후 분석의 공간적 범위와 시간적 범위를 세분화하고 교통정보 이용자의 위치정보를 활용할 수 있다면, 경로 전환 시점/비율과 같은 개별 통행행태까지도 예측할 수 있게 될 것으로 판단된다.

주요어: 빅 데이터, 교차상관계수, TCS 교통량, 단위근 검증, 웹 모바일 분석

연구배경 및 목적

최근 정보통신 분야에서 스마트폰의 빠른 보급으로 누구나 언제 어디서든 손끝 하나로 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있게 되었다(Kim, 2014). 더불어 콘텐츠의 생산과 보급에서 개방, 참여, 공유가 확대되는 웹 2.0시대와 이로 인해 네트워크상 데이터가 폭증 하는 빅데이터 시대를 동시에 우리는 맞이하고 있다.

한편 교통 분야에서는 1990년대 첨단교통체계(ITS; Intelligent Transport System) 관련 기술이 국내에 도입된 이후 교통정보의 수집·가공·전달 체계가 지속적으로 진화되어 왔다. 특히 최근 도로분야에서는 스마트폰 이용시 생성되는 위치 정보를 활용하는 내비게이션 유형의 민간 서비스가 폭 넓게 제공되고 있으며, 대중교통 분야에서는 교통카드 이용시 생성되는 위치를 활용한 새로운 공공 서비스가 도입되고 있는 상황이다.

과거에는 교통시스템의 내부에서 수집되는 데이터를 가공하여 정보를 생성하고 이를 이용자에게 제공하여, 우회율과 같은 반응을 검토하는 일련의 연구 과정이 일반적이었다. 하지만 최근 스마트폰, 웹 2.0 시대를 배경으로 이용자의 적극적인 정보 탐색행위가 일반화됨에 따라 교통시스템 외부에서도 통행(travel), 활동(activity), 정보탐색(information searching)과 관련된 이용자 생성 데이터(user-generated)가 대규모로 축적되고, 이를 활

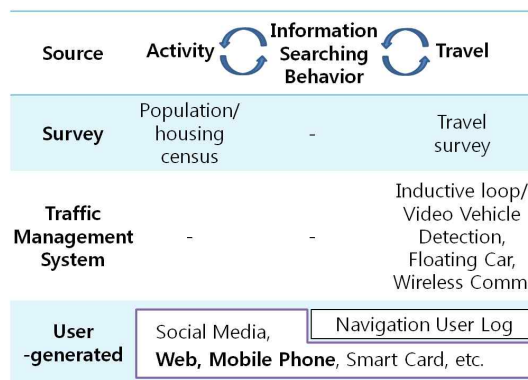


Figure 1. Travel related information / data source

용하고자 하는 연구들이 시작되고 있는 상황이다. 예를 들어 소셜미디어인 트위터에서 수집되는 트윗 작성 위치 혹은 신용카드의 지출 위치를 통해 통행 분포를 연구하거나, 여행지 관련 검색 행태를 분석하여 국외여행 수요를 조사하는 연구 등 이용자 생성 데이터를 활용하는 사례가 나타나고 있다.

도로 분야의 경우 과거 정보 제공 시점에 따라 통행 전(pre-trip) 정보는 개인용 컴퓨터(PC; Personal Computer), 행 중(en-route)정보는 가변정보표지판(VMS; Variable Message Sign) 혹은 내비게이션을 통해 제공되었다. 하지만 스마트폰과 같은 모바일 기기로 인해 운전자의 정보 검색 행태는 능동적으로 변경되었고, 시간적 공간적 제약으로부터 자유롭게 되었다. 하지만 이와 같은 운전자의 행태 변화가 반영되고, 이용자 생성 데이터를 활용한 실증적 연구는 매우 부족한 상황이다.

이에 고속도로 교통정보의 탐색 과정에서 생성되는 웹과 모바일-앱의 접속 지표를 활용하여 통행료 징수 시스템(TCS; Toll Collection System) 교통량과의 상관관계를 실증적으로 분석하고자 한다. 이를 위해 명절 기간 이 포함된 웹과 모바일-앱의 접속 시계열 데이터를 검토하고, 시계열의 정상성(stationarity) 여부를 확인하는 단위근 검증을 수행한 후, TCS 교통량과의 교차상관관계 분석을 수행하였다.

궁극적으로 본 연구는 웹/모바일-앱 접속 지표의 개별적 시계열 특성을 규명하고, TCS 교통량과 상관성을 확인하였다. 즉 운전자의 정보검색 행태와 고속도로의 이용 행태 구조 파악에 기반이 되는 상관성 분석을 연구 하기 위한 목적으로 수행되었다.

선행연구

스마트폰 혹은 빅 데이터 시대 이전부터 교통 분야에서는 첨단교통체계와 관련된 각종 센서 데이터 혹은 교통카드 이용시 누적되는 통행 패턴 데이터를 활용한 다양한 연구가 진행되고 있었다. 본 연구의 목적은 인터넷 및 모바일 교통정보 이용간 추출된 접속 지표를 고속도로 교통량에 접목시키는데 있는 바, 교통정보의 웹/스마트폰 활용에 관한 연구와 시계열 자료의 상관관계 연구를 중심으로 관련 문헌 고찰을 수행한다.

1. 교통정보의 웹/스마트폰 이용에 관한 연구

교통정보가 통행에 미치는 영향, 교통정보의 가치 및 편익, 교통정보를 제공하기 위한 시스템 구축 등에 대한 국내외 연구는 다수 존재하나, 대부분 설문조사 등을 기반으로 하고 있을 뿐, 웹/스마트폰의 이용(접속 지표)을 활용한 연구는 전무한 상황이다. 교통정보의 웹/스마트폰 이용과 관련된 국내 연구를 먼저 살펴보면 아래와 같다.

Bin and Jeong(2008)에서는 웹기반 교통정보 검색과 이용행태에 대해 심층인터뷰를 진행하였는데, 공공공간이 제공하는 웹기반 교통정보보다는 민간의 웹서비스가 주로 이용되고 있으며, 수단별 웹기반 교통정보 이용 현황에서는 경로검색이 가장 많은 빈도수를 나타냈다고 보고하고 있다.

Oh et al.(2009)는 2008년 6월 고속도로의 휴게소에서 운전자를 대상으로 설문조사를 수행하였는데, 고속도로 진입 전 인터넷을 활용하는 비율은 8.8%, 휴대폰/PDA를 활용하는 비율은 4.7%이며, 고속도로 진입 후 인터넷을 활용하는 비율은 6.7%, 휴대폰/PDA를 활용하는 비율은 6.3%로 조사되었다.

Choi et al.(2011)에서는 통행속도 감소시 이용률이 증가하는 매체를 능동이용매체, 통행속도 증가시 이용률이 감소하는 매체를 수동이용매체로 구분하고, 주말에는 휴대폰 및 인터넷이 능동이용매체, 추석연휴에는 휴대폰은 수동이용매체, 인터넷은 능동이용매체로 분류하였다.

Park et al.(2012)은 2012년 6월 일반국도 상에서 정보제공 매체별 서비스 선호도 및 만족도를 조사하였는데, 선호도는 VMS가 68%로 가장 높았으며, 교통방송이 18%, 인터넷은 10% 이었다. 인터넷에 대한 서비스 불편사항으로는 이동중 사용 어려움이 42%로 가장 높게 나타났다.

Byeon(2014)는 교통정보 제공 웹사이트 9개에 대해 설문조사를 통해 서비스 품질을 평가하였는데, 중앙정

부 교통정보는 정보품질과 상호작용 면에서 높은 수준을 보였으며, 지방정부 교통정보는 사용자의 사용성에 가장 특화되어 있으며, 민간회사 교통정보는 재방문의도를 크게 불러일으키고 있어서 지속적 관계에 가장 유리하다는 점을 발견하였다.

Ryu et al.(2015)는 인터넷의 검색 트래픽 중 고속도로 혹은 교통정보가 포함된 검색 트래픽을 활용해서 고속도로의 TCS 교통량, VDS 속도를 추정하는 시계열 모형을 구축하였다.

교통 관련 웹/모바일 접속지표는 민간운영 업체에게는 영업 기밀, 공공기관에서는 해당 기관의 성과이다 보니 시간 단위의 데이터 확보가 어려워 국외에서도 관련 연구는 부족한 상황이다. 다만, 국외 현황 측면에서 Arlington County(Virginia)에서는 주요 6대 교통 관련 프로젝트 홈페이지를 독립적으로 운영하였는데, 2014년 1-10월 동안의 페이지뷰 수가 699-11,211 이었다고 밝혔으며, 미국 서부지역에서 150여개의 버스 노선을 운영하는 AC Transit은 2014년 1년 동안 약 16백만의 페이지뷰가 있었고, 워싱턴주 교통부는 2010년도 웹사이트 수익화 사업을 진행하면서 페이지뷰의 수치를 페이지별로 제시하였는데 교통과 관련된 페이지가 주 교통부 전체 페이지 뷰의 75%를 차지하고 있었으며, 페리와 관련된 페이지가 20%를 차지하고 있다고 보고하고 있다.

Marine-Roig(2014)는 직접적 통행 정보는 아니지만 여행 블로그 및 리뷰 정보가 담긴 웹사이트를 대상으로 접속지표가 포함된 가시성(Visibility), 사용도(Usage), 정량적 크기(Size)로 구분한 지표를 조사, 지표간 상관관계 및 통합지표를 제시하는 연구를 진행하였다. Pereira et al.(2014)는 싱가포르 행사 참가자의 대중교통 통행 도착을 예측하기 위하여 웹 API의 행사 정보를 활용하였다.

Tsirimpa(2015)는 그리스 아테네 지역에서 RP/SP조사를 통해 스마트폰 활용 교통정보 탐색자가 수단 및 경로를 변경할 가능성이 높음을 정량적으로 분석하였으며, Tsirimpa and Polydoropoulou(2015) 또한 유사하게 혼잡 정도에 따라 웹사이트/무선기기/라디오를 통한 정보 획득이 통행행태 변경에 미치는 영향을 연구하였다.

2. 교통분야 시계열 자료의 상관성 발견에 관한 연구

교통정보의 수집 측면에서 획득되는 데이터는 대부분 시계열적 특성을 갖고 있으나, 시계열의 정상성 여부 등에 대한 검증 없이 모형을 구축한 연구가 대부분이다. 본 연구에서는 정상성을 검증했거나 시계열 자료의 상관관계를 밝히는 것이 주목적이었던, 국내 연구를 중심으로 선행연구 고찰을 하였다.

Lee and Park(2005)는 고속도로의 통행수요를 추정함에 있어 벡터오차수정모형을 이용하여 물리적 및 사회·경제적 변수를 선택하여 모형을 구축하였으며, 실질 GDP가 증가하면 고속도로 이용대수가 증가하며, 실질 통행료가 증가하면 고속도로 이용대수가 감소하는 것으로 분석하였다.

Park(2007)은 인구통계, 대중교통, 이동통신의 상관관계를 구조방정식 모형을 통해 분석하였는데, 대중교통 통행수가 많은 사람이 음성/데이터/메세지 각각의 이동통신 사용량이 많다는 것을 밝혔으며, 대중교통 통행수는 오전 오후 2개 첨두인 반면 이동통신은 오후에 1개의 첨두만을 형성한다고 정리하였다.

Kim et al.(2010)은 고속도로 통행량과 경제성장률간의 관계에 대해 상관계수를 통해 검토하였는데, 경제성장률과 고속도로 통행량 증감율의 상관계수는 0.78로 나타났고 GDP와 고속도로 통행량의 상관계수는 0.987로 산출하였다.

Chei et al.(2014)는 다중회귀분석과 의사결정나무 분석기법을 통해 직통열차 수송인원과 인천공항 입·출국 노선 간의 상관관계를 파악하였는데, 일본, 동남아, 유럽노선이 직통열차 수요에 영향을 주고 있는 것으로 판명하였다.

Shin and Choi(2014)는 강수시 대중교통수단의 승객수가 감소한다는 연구 가설을 부산시를 중심으로 실증 검토하였는데, 10mm 이상 강수일에는 대중교통수단간 수단 전환보다 택시나 승용차로 수단을 전환하거나 통행을 포기하는 경향이 두드러진다고 검토하였다.

3. 본 연구의 차별성

국내외에서는 교통정보 제공 매체의 접속 지표(로그 데이터 포함)를 활용한 기초 연구가 전무한 상황이다. 따라서 교통정보 제공 매체(웹/모바일-앱)의 접속 지표를 활용하여 시계열 특성을 연구하고, 이를 구체적으로 고속도로 진출입 교통량과 비교하였다는 측면에서 다른 연구와 차별성이 존재한다.

데이터 수집 및 기초 분석

1. 데이터 수집

1) 웹/모바일-어플리케이션 접속 변수

본 연구에 적용된 웹/모바일-앱의 접속 변수는 한국도로공사의 교통정보제공 웹사이트(로드플러스)와 앱(고속도로 교통정보, 안드로이드)의 자료를 활용하였다.

웹/모바일-앱의 접속을 분석하는 방식은 웹 서버의 로그파일을 분석하는 전통적 방식과 더불어 네트워크 패킷(HTTP 통신 패킷)을 잡아 분석하는 패킷 스니핑 방식, 그리고 웹사이트에 분석코드(tracking code)를 삽입한 후 분석하는 스크립트 삽입 방식이 존재하는데, 본 연구에서는 스크립트 삽입 방식에 의해 수집된 데이터를 사용하였다.

교통정보 이용자의 접속과 관련하여 검토될 수 있는 지표는 접속수, 방문자, 유입경로, 페이지, 이동경로 등 다양하다. 본 연구에서는 고속도로 전체 네트워크의 진출입 교통량과 관련하여 연구를 진행하므로 통계적 수치가 비교적 집계된 형태로 나타날 수 있는 시간대별 접속수/방문자를 중심으로 변수를 설정하였다. 각각의 변수에 대한 설명은 Table 1과 같다.

Table 1. List of variables of access data in web/mobile-app and TCS traffic

Variable	Description
Web_Pageview	requests for a file, or sometimes an event such as a mouse click
Web_Visitor	visitors at website "Roadplus" of the Korea Expressway Corporation
Web_New	visitors that has not made any previous visits
Web_Repeat	visitors that has made at least one previous visit
Web_Unique	refers to the number of distinct individuals requesting pages from the website
Mobile_Click	refers to a single instance of a user following a hyperlink from one page in a site to another
Mobile_User	refers to the number of distinct individuals requesting pages from the App
Entry_Total	vehicles at expressway toll to enter
Entry_TCS	vehicles to enter through traditional TCS
Entry_Hi-Pass	vehicles to enter through ETC
Exit_Total	vehicles at expressway toll to exit
Exit_TCS	vehicles to exit through traditional TCS
Exit_Hi-Pass	vehicles to exit through ETC
Entry_Class 1	Passenger car, Bus(passengers<16), Truck(gross load weight<2.5t)
Entry_Class 2	Bus(17≤passengers≤32), Truck(2.5t≤gross load weight<5.5t)
Entry_Class 3	Bus(33≤passengers), Truck(5.5t≤gross load weight<10t)
Entry_Class 4	Truck(10t≤gross load weight<20t)
Entry_Class 5	Truck(20t≤gross load weight)
Entry_Class 6	Passenger car less than 1,000cc engine

교통정보제공 웹사이트의 접속 변수로는 페이지뷰(page view), 방문수(visitor), 신규방문수(new visitor), 재방문수(repeat visitor), 순방문수(unique visitor)를 활용하였다. 페이지뷰는 방문자가 사이트 내에서 본 페이지의 수를 의미하는데 한 명의 방문객이 사이트에 방문하여 메인 페이지, 회사소개 페이지, 게시판 페이지를 보았다면 페이지뷰는 3으로 측정된다. 더불어 동일 페이지를 새로고침(F5) 하는 경우도 증가한다.

방문수는 방문자가 웹사이트에 방문한 전체 방문을 의미하며, 방문세션이 종료(세션타임 아웃, 브라우저 종료)된 후 다시 방문하는 경우도 포함된다. 신규방문수와 재방문수의 합이 방문수와 일치되게 되며, 이때 신규방문과 재방문을 구분하는 기준은 웹브라우저 쿠키(cookie)의 존재 여부를 통해 판단한다.

교통정보제공 모바일-앱의 접속 변수로는 실행횟수(click)와 이용자(user)를 활용하였다. 본 연구에서 실행횟수란 모바일-앱을 설치한 후 해당 앱을 실행한 횟수를 의미하며, 세션타임(40분)에 따라 실행이 종료된 것으로 인정되고, 재실행 시 실행횟수는 다시 증가한다. 한명의 이용자가 최소 1회 이상의 실행횟수를 갖게 된다.

접속 지표 수집의 시간적 범위는 설 연휴가 포함된 2015년 2월 9일부터 3월 15일까지 총 5주간의 일자 및 시간대별 데이터를 수집하였다. 각각의 접속 지표별 총 840개의 시간대별 접속 통계치가 연구가 사용되었다.

2) TCS 교통량 변수

교통 관련 지표는 웹/모바일-앱 접속 지표의 조사 기간 동안 비교적 균질한 상태로 정리되어 있는 자료를 활용하기 위하여 한국도로공사에서 제공하고 있는 오픈 오아시스 DB 사이트를 활용하였다.

국내 고속도로 중 일부 민자 운영 고속도로는 제외되었으며, 한국도로공사의 오픈 오아시스 DB 사이트에서 연계 집계되는 천안논산, 대구부산, 부산울산, 서울춘천, 서수원오산평택, 평택시흥이 포함된 고속도로 전체구간의 진출입 교통량을 변수로 설정하였다.

고속도로 이용자의 시간대별 진출입 여부, 하이패스 이용 유무, 차량 유형에 따라 변수를 세분화 하여 집계하였다(Table 1). 하이패스에 대한 인식/활용 행태와 교통정보 제공에 대한 인식/활용 행태가 유사할 수 있으므로 통상적 TCS를 통한 진출입과 하이패스를 통한 진출입을 구분하여 검토하였다. 경로 및 진출입을 자유롭게 변경할 수 있는 승용차와 그 외 차종의 교통정보 활용 정도가 다를 수 있으므로 차량 유형에 따라서도 변수를 구분하여 데이터를 집계하였다.

TCS 교통량 변수 수집 역시 웹/모바일-앱 접속 변수와 마찬가지로 총 5주간의 일자 및 시간대별 데이터를 수집하였다.

2. 기초분석

1) 기초통계량

웹사이트의 접속 변수 중 페이지뷰는 평균 2,992(회/시간)이 발생하였다(Table 2). 최대 페이지뷰가 나타난 시간대는 2015년 2월 17일(화요일), 17시 이었는데, 이 시간대에서 방문수, 신규방문수, 순방문수 모두 동일하게 가장 높은 접속 통계치를 보였다. 다만, 재방문수는 1시간 빠른 2월 17일, 16시에 가장 높은 접속 통계치를

Table 2. Descriptive statistics for variables

Variable	Mean	Std. Dev.	Minimum	Maximum
Web_Pageview	2,992	3,224	53	20,464
Web_Visitor	481	770	11	5,220
Web_New	161	360	0	2,459
Web_Repeat	319	418	9	2,829
Web_Unique	229	431	2	2,852
Mobile_Click	15,332	28,328	221	181,569
Mobile_User	6,266	8,577	183	60,887
Entry_Total	145,963	87,015	11,752	373,663
Entry_TCS	51,907	30,313	5,349	144,997
Entry_Hi-Pass	94,056	57,488	6,403	228,666
Exit_Total	145,560	85,153	11,790	351,687
Exit_TCS ¹⁾	53,379	30,518	5,409	137,537
Exit_Hi-Pass	92,181	55,344	6,336	214,672
Entry_Class 1	121,205	75,386	8,067	359,502
Entry_Class 2	4,665	3,859	138	13,182
Entry_Class 3	5,995	4,016	147	17,435
Entry_Class 4	3,352	2,329	39	8,982
Entry_Class 5	4,745	3,990	97	14,758
Entry_Class 6	6,001	3,727	366	14,172

Note: 840 observations(hourly aggregated) per variable

1) 전국 고속도로망에 대한 시간대별 TCS 진출교통량 중 2015년 2월 14일 0시의 교통량 집계치가 이상치로 판단되어, 명절이 포함되지 않은 주간의 동일 요일-시간인 2월 18일 0시의 TCS 진출교통량으로 대체하여 분석을 수행함.

보였다. 화요일은 설날 연휴가 시작되기 직전일로서 퇴근 즈음 귀경을 위한 교통정보 접속이 웹사이트를 통해 집중된 것으로 판단된다.

방문수는 평균 481(회/시간)으로 나타났는데, 이는 신규 방문수 161(회/시간)과 재방문수 319(회/시간)으로 구분될 수 있다.

모바일-앱의 접속 지표는 웹의 접속 지표에 비해 절대값이 크게 나타났다. 모바일 실행횟수는 평균 15,332(회/시간)으로 나타났으며, 최대값은 18만 1,569(회/시간)으로 나타났다. 이용자수는 평균 6,266(회선/시간)이며, 최대값은 6만 887회(회선/시간)으로 나타났다. 최대 실행횟수가 나타난 시간대는 2015년 2월 19일(목요일), 15시로 나타났으며, 최대 이용자수는 이보다 4시간 빠른 11시에 나타났다. 이는 설날 연휴 당일 차례를 마친 후 고속도로를 통한 이동이 본격화 되는 시점에 모바일-앱을 통한 교통정보 접속이 최대화 된 것으로 판단된다. 다만 최대 이용시점에 한정해서 해석한다면 이용자가 평균 실행횟수에 선행하여 증가한 결과가 나타났다.

웹 방문수당 페이지뷰의 수는 평균 12.91로, 모바일 이용자수당 실행횟수는 평균 1.81로 나타났다. 이는 교통정보 제공 매체의 특성상 웹이 모바일에 비해 화면에서 활용 가능한 메뉴가 많고, 제공되는 정보 또한 다양하기 때문이다. 또한 웹은 집이나 직장 등에서 통행 전 활용하는 정보의 특성이 존재하기 때문에 상대적으로 시간적 여유를 갖고 많은 정보를 탐색했던 것으로 판단된다.

고속도로 전체 네트워크에 진입하는 시간당 교통량은 분석기간 동안 평균 14만 5천대 수준으로 TCS가 5만 1천대, 하패스가 9만 4천대로 나타났다. 진출 교통량 역시 비슷한 수준이었으며, 차종별로는 1종 승용차가 평균 12만 1천대이고, 그 외 차종의 경우 각각 3-6천대가 진입한 것으로 나타났다.

2) 시계열 도표 검토

2015년 2월 9일부터 3월 15일까지 5주간의 교통정보 제공 웹 페이지뷰와 모바일 실행횟수를 시계열 도표를 통해 살펴보면 Figure 2와 같다.

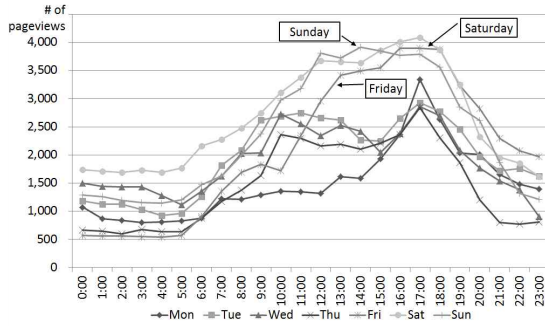
명절의 특수성을 고려하여 명절을 제외한 4주간의 데이터를 동일 요일, 동일 시간대로 평균하여 분석하였다. Figure 2의 (a)는 웹 페이지뷰에 대한 비명절 기간 도표인데, 금요일 10시부터 본격적으로 증가하여 18시에 정점을 기록한 후 감소하기 시작하였다. 토요일은 대부분 시간대에 대해 평일보다 높은 웹 페이지뷰를 나타냈다. 평일을 기준으로 대부분의 요일에서 17시에 가장 높은 웹 페이지뷰를 나타냈다.

Figure 2의 (b)는 모바일 실행횟수에 대한 비명절 기간 도표이다. 웹 페이지뷰에 비해 지연된 13시부터 접속 통계량이 본격적으로 증가하여 18시에 정점을 기록한 후 감소하기 시작한다. 웹 페이지뷰에 비해서는 토요일 오전의 접속 통계량과 일요일 오전의 접속 통계량 차이가 크게 나타났다. 평일을 기준으로 17시 혹은 18시에 가장 높은 모바일 실행횟수를 나타냈는데, 이는 웹 페이지뷰가 평일 17시에 최대 접속 통계량을 나타낸 것과는 차이를 보인다. 이는 모바일이 퇴근 후 시간대인 18시에서도 웹에 비해 자유롭게 이용되고 있음을 의미한다.

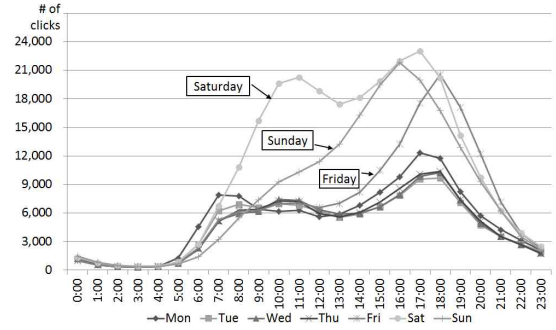
평일과 주말의 접속 통계량을 비교시 시간대별 정점을 기준으로 웹 페이지뷰의 경우 평일 약 2,500(회/시간)이라면 주말에는 약 3,500-4,000(회/시간)으로 나타났다. 반면 모바일 실행횟수의 경우 평일 약 9,000(회/시간)이라면 주말에는 약 18,000-21,000(회/시간)으로 나타나고 있다. 평일과 주말의 접속 통계량 차이가 모바일에서 더 크게 나타났다.

Figure 2의 (c)는 웹 페이지뷰에 대한 명절 기간 시계열 도표이다. 명절이 시작되기 전날인 화요일 17시에 웹 페이지뷰의 최대치가 나타났다. 11시 이후를 기준으로 비교시 명절 첫째날(수요일)에 비해 둘째(목요일, 설날 당일), 셋째날(금요일)의 웹 페이지뷰 접속 통계량이 높게 나타났는데, 이는 차례를 지낸 후 남은 연휴를 이용하기 위한 귀성객의 복합적 이동수요가 교통정보 수요로 연결되었기 때문이다. 또한 명절 포함시 대부분의 요일 및 시간대의 페이지뷰가 명절 미포함시에 비해 2-3배 이상 높게 나타났다.

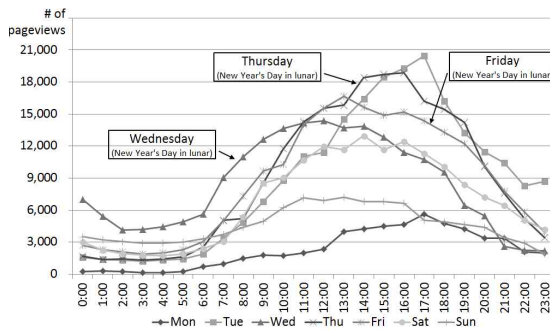
Figure 2의 (d)는 모바일 실행횟수에 대한 명절 기간 시계열 도표이다. 웹 페이지뷰는 명절이 시작되기 전날



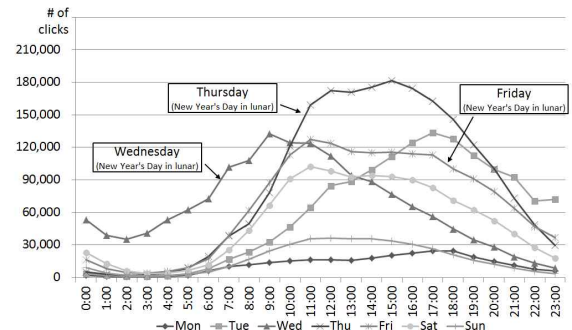
(a) Web_Page view(four-week average) : excluding the week for New Year's Day in lunar



(b) Mobile App_Click(average(four-week average)) : excluding the week for New Year's Day in lunar



(c) Web_Page view(one-week) : during the week for New Year's Day in lunar



(d) Mobile App_Click(one-week) : during the week for New Year's Day in lunar

Figure 2. 2015.02.09.-15.03.15(5 weeks), time series of page view(web site) and clicks(mobile app)

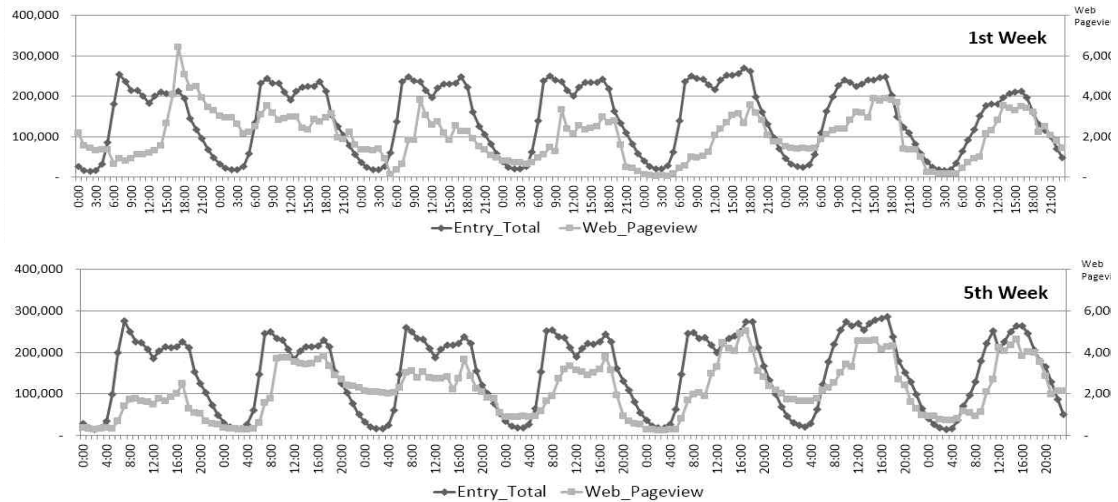


Figure 3. Time series of page view and vehicles at expressway toll to enter(per hour)

에 최대치의 값을 보였다면 모바일 실행횟수는 명절 당일 최대치 값을 보였다. 또한 비명절 기간은 오전에 비해 오후의 침두 현상이 뚜렷하였으나 명절 기간은 설 연휴 첫째날 오전 침두 현상이 발생하였고, 둘째날과 셋째날은 낮 동안 고르게 실행횟수가 유지된 것으로 분석되었다. 모바일 실행횟수나 웹 페이지뷰의 접속 통계값을 고려해 볼 때, 교통정보에 대한 수요는 설 연휴의 첫째날(화요일) 오후를 제외하고 높은 상태로 지속되고 있다고 해석할 수 있다.

Figure3은 전체 시간적 분석 범주 중 1.5주차의 웹 페이지뷰와 고속도로 진입 교통량에 대한 시계열 자료이다. 대부분의 일에서 고속도로 진입 교통량이 증가한 이후 웹 페이지뷰의 수가 증가하고 있었다.

상관관계 분석

1. 시계열 모형상 단위근 검증

변수간 관계 검증을 위해서는 시계열 데이터의 정상성 여부에 대한 확인이 필요하다. Nelson and Plosser(1982)가 많은 거시경제변수들이 ‘임의 보행(random walk)’을 따르는 시계열임을 보인 후, 시계열의 정상성을 전제로 하는 기존의 계량경제학 방법론이 근본적인 전환을 맞게 되었다. 임의보행의 시계열은 유한한 분산을 가지지 않기 때문에 통상적인 최소자승법(OLS)에 의하여 일관성 있는 회귀계수를 추정할 수 없으며, 두 변수 사이에 아무런 상관관계가 없다고 할지라도 변수가 불안정적이면 회귀계수의 t-통계량이 표본크기가 증가함에 따라 커져 회귀결과를 오도하는 가성회귀(spurious regression)의 문제가 초래된다(Han and Kim, 2006). 따라서 정상성 검증을 위한 단위근 유무에 대한 검증은 상관성 분석에 앞서 반드시 선행되어야 한다.

이 때 널리 사용되는 검정법 중 DF-검정은 처음으로 개발된 단위근 검증 방법이라는 점에서 의의를 가지지만 오차항이 계열상관(serial correlation)을 내포하지 않는다는 비현실적인 가정에 입각하고 있다는 문제점을 안고 있어, 본 연구에서는 적용이 용이한 ADF-검정법과 검정력이 우수하다고 평가 받는 PP-검정법을 동시에 활용하였다. 단위근 검증시 최적시차를 선정하여 해당 시차만 검토도 가능하나, 선정 기준에 따라 그 결과가 달라질 수 있으므로, 본 연구에서는 시차를 1에서부터 증가시키며 검정을 수행하였다.

예를 들어 ADF-검정 모형은 Equation 1과 같은데, 상수항, 추세항을 모두 포함한 모형을 활용하였다.

$$\Delta y_t = \alpha + \beta y_{t-1} + \delta trend + \sum_{i=1}^k \zeta_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (1)$$

Table 3과 같이 모든 변수는 별도의 로그변환이나 차분변환 없이도 “단위근을 가진다”라는 귀무가설을 기각할 수 있었으며(1% 유의수준), 이에 따라 통상적 회귀분석이나 상관관계 분석을 시도해도 가성회귀 문제로부터 자유로울 수 있다고 판단되었다.

다만, 본 연구에 활용된 웹/모바일-앱 접속 지표는 분석 목적상 단기간의 시계열 데이터를 시간 단위로 집계하여 사용함에 따라 귀무가설을 기각했을 가능성이 존재한다. 분석에 사용되는 데이터의 시계열 기간이 길어지고, 집계 주기도 길어질 경우 귀무가설을 기각하지 못할 수 있다. 예를 들어 Lee and Park(2005)은 우리나라

Table 3. Results of ADF and Phillips-Perron unit-root test

Variable	ADF test (Models including constant and trend)				Phillips-Perron unit-root test (Models including constant and trend)			
	lag1	lag2	lag3	lag4	lag1	lag2	lag3	lag4
Entry_Total	-13.298(0.000)	-10.289(0.000)	-14.688(0.000)	-12.273(0.000)	-6.733(0.000)	-7.532(0.000)	-8.054(0.000)	-8.395(0.000)
Entry_TCS	-12.287(0.000)	-12.602(0.000)	-14.745(0.000)	-15.538(0.000)	-5.994(0.000)	-6.880(0.000)	-7.522(0.000)	-7.993(0.000)
Entry_Hi-Pass	-13.302(0.000)	-9.848(0.000)	-14.139(0.000)	-11.596(0.000)	-7.328(0.000)	-8.034(0.000)	-8.450(0.000)	-8.692(0.000)
Exit_Total	-13.049(0.000)	-9.788(0.000)	-15.098(0.000)	-11.649(0.000)	-6.728(0.000)	-7.490(0.000)	-8.007(0.000)	-8.363(0.000)
Exit_TCS	-14.515(0.000)	-11.023(0.000)	-18.592(0.000)	-13.355(0.000)	-5.943(0.000)	-6.832(0.000)	-7.480(0.000)	-7.961(0.000)
Exit_Hi-Pass	-12.968(0.000)	-9.591(0.000)	-15.057(0.000)	-11.284(0.000)	-7.289(0.000)	-7.964(0.000)	-8.391(0.000)	-8.663(0.000)
Entry_Class 1	-12.959(0.000)	-9.748(0.000)	-14.469(0.000)	-11.886(0.000)	-6.822(0.000)	-7.569(0.000)	-8.050(0.000)	-8.368(0.000)
Entry_Class 2	-10.360(0.000)	-9.500(0.000)	-11.612(0.000)	-11.507(0.000)	-4.879(0.000)	-5.627(0.000)	-6.176(0.000)	-6.595(0.000)
Entry_Class 3	-9.741(0.000)	-11.807(0.000)	-11.329(0.000)	-11.037(0.000)	-6.188(0.000)	-6.993(0.000)	-7.508(0.000)	-7.823(0.000)
Entry_Class 4	-5.563(0.000)	-6.043(0.000)	-6.417(0.000)	-7.504(0.000)	-4.848(0.000)	-5.146(0.000)	-5.366(0.000)	-5.602(0.000)
Entry_Class 5	-6.190(0.000)	-7.180(0.000)	-7.928(0.000)	-9.529(0.000)	-5.511(0.000)	-5.893(0.000)	-6.200(0.000)	-6.516(0.000)
Entry_Class 6	-12.785(0.000)	-9.808(0.000)	-12.777(0.000)	-11.454(0.000)	-8.295(0.000)	-8.779(0.000)	-9.007(0.000)	-9.105(0.000)
Web_Pageview	-6.078(0.000)	-8.169(0.000)	-8.851(0.000)	-8.980(0.000)	-4.135(0.006)	-4.728(0.001)	-5.179(0.000)	-5.527(0.000)
Web_Visitor	-7.081(0.000)	-9.504(0.000)	-9.430(0.000)	-8.758(0.000)	-4.051(0.007)	-4.703(0.001)	-5.191(0.000)	-5.556(0.000)
Web_New	-6.024(0.000)	-8.588(0.000)	-9.263(0.000)	-9.195(0.000)	-3.945(0.011)	-4.552(0.001)	-5.020(0.000)	-5.384(0.000)
Web_Repeat	-7.134(0.000)	-9.551(0.000)	-9.346(0.000)	-8.725(0.000)	-4.303(0.003)	-4.966(0.000)	-5.451(0.000)	-5.804(0.000)
Web_Unique	-6.071(0.000)	-8.592(0.000)	-9.014(0.000)	-8.810(0.000)	-4.034(0.008)	-4.643(0.001)	-5.102(0.000)	-5.453(0.000)
Mobile_Click	-8.776(0.000)	-9.154(0.000)	-7.752(0.000)	-7.769(0.000)	-3.846(0.014)	-4.499(0.002)	-4.966(0.000)	-5.308(0.000)
Mobile_User	-6.533(0.000)	-7.727(0.000)	-8.305(0.000)	-8.167(0.000)	-4.921(0.000)	-5.444(0.000)	-5.823(0.000)	-6.082(0.000)

의 5년간 월간 단위 고속도로 이용대수에 대해 단위근 검증을 수행했는데 그 결과, 고속도로 이용대수는 불안정 시계열이라는 결과를 도출하기도 하였다. 만약 웹/모바일-앱 접속 지표와 고속도로 교통량의 중장기적 상관관계를 연구할 경우 단위근 검증과 더불어 공적분 검정 혹은 오차수정모형이 요구될 수도 있다.

2. 상관계수 분석

웹/모바일-앱의 접속 지표와 고속도로 시간대별 TCS 교통량의 단위근이 존재하지 않는 것으로 분석되었으므로 피어슨 상관관계(Pearson correlation coefficient)를 통해 기본적 상관관계를 검토하였다.

상관계수가 +0.3과 +0.7 사이이면 뚜렷한 양적 선형관계가 존재하며, +0.7과 +1.0 사이이면 강한 양적 선형관계가 존재한다고 해석할 수 있는데, 고속도로 전체 구간을 대상으로 한 시간대별 총 진출입 교통량과 모든 웹/모바일-앱의 접속 지표와 뚜렷한 양적 선형 관계를 나타냈다(Table 4).

Table 4. Correlation coefficient between access log data in web/mobile-app and TCS traffic

Variable	Web				Mobile-App		
	Pageview	Visitor	New	Repeat	Unique	Click	User
Entry_Total	.458**	.470**	.382**	.539**	.427**	.433**	.524**
Entry_TCS	.469**	.483**	.399**	.547**	.443**	.448**	.537**
Entry_Hi-Pass	.446**	.457**	.367**	.527**	.414**	.419**	.510**
Exit_Total	.477**	.478**	.385**	.550**	.422**	.440**	.498**
Exit_TCS	.491**	.493**	.403**	.562**	.439**	.456**	.509**
Exit_Hi-Pass	.463**	.463**	.370**	.536**	.407**	.425**	.485**
Entry_1	.541**	.542**	.453**	.609**	.496**	.521**	.603**
Entry_2	-.164**	-.094**	-.139**	-.053	-.097**	-.199**	-.103**
Entry_3	.017	.062	-.014	.126**	.035	-.033	.076*
Entry_4	-.259**	-.186**	-.223**	-.151**	-.191**	-.295**	-.208**
Entry_5	-.213**	-.141**	-.179**	-.105**	-.142**	-.243**	-.152**
Entry_6	.300**	.321**	.231**	.392**	.276**	.260**	.352**

Note: ** Correlation is significant at the 0.01 level (two-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (two-tailed).

웹/모바일-앱의 접속 지표간 상관계수를 검토한 결과 모든 지표간 상관계수가 0.886-0.996 사이로 나타났으며, 통상적 TCS와 하이패스 중 하이패스 이용차량이 접속 지표와 상관성이 더 높을 것으로 연구 초기 예상하였으나, 오히려 통상적 TCS 이용차량과의 상관성이 하이패스 이용차량에 비해 조금 더 높게 추정되었다. 따라서 고속도로의 진출입시 하이패스 활용 여부와 무관하게 교통정보에 대한 이용이 이루어지고 있음을 간접적으로 추론할 수 있다.

차종별로는 TCS 진입 승용차(1종)와 교통정보 접속 지표와의 상관계수가 가장 높게 추정되었으며, 트럭(2종, 4종, 5종)은 음의 상관계수를 나타냈다. 트럭은 혼잡이 발생할 수 있는 시간대(즉, 고속도로 교통량 증가, 교통정보에 대한 수요 증가 현상이 나타날 때)를 회피해서 운행하기 때문에 도출된 결과로 해석된다.

웹/모바일-앱의 접속 지표 중에서는 웹 재방문수, 모바일 이용자수의 접속 통계량이 다른 지표에 비해 상관관계가 높게 나타났다. 이는 단기적으로 고속도로의 진출입 교통량을 설명하기에 가장 우수한 변수가 웹 재방문수, 모바일 이용자가 될 수 있다는 것을 의미한다.

웹 페이지뷰와 모바일 실행횟수는 다른 지표에 비해 절대값은 크나 단일 방문자에 의해 다수의 통계치가 생성될 수 있어, 웹 재방문수와 모바일 이용자 보다 상관관계가 다소 낮게 추정된 것으로 판단된다. 또한 웹의 재방문수는 반복적인 교통정보 이용자 행태가 담겨 있으며 고속도로 이용 확률이 더 높을 수 있는 접속 지표이기 때문에, 전체방문자수, 신규방문자수, 순방문자수에 비해 상관관계가 더 높게 나타난 것이다.

3. 교차상관계수 분석

교차상관계수 분석은 하나 이상의 시계열 사이에 존재하는 발생시간의 시차 관계(동행성, 선행성, 후행성)를 규명하기 위한 일반적 통계기법이다.

$$\begin{aligned} \gamma_{xy}(k) &= E[(x_{t-k} - \mu_x)(y_t - \mu_y)] \\ &= E[(y_t - \mu_y)(x_{t-k} - \mu_x)] \\ &= \gamma_{yx}(-k) \end{aligned} \tag{2}$$

$$\rho_{xy}(k) = \frac{\gamma_{xy}(k)}{\sigma_x \sigma_y} \tag{3}$$

Equation 2는 시계열 y_t, x_t 에 대한 시차 k 에서의 교차공분산함수를 Equation 3은 시차 k 에서의 교차상관함수를 의미한다. 고속도로 TCS교통량과 상관관계가 높은 모바일 이용자 접속 지표를 활용하여 웹의 접속 지표와 선행행 관계를 검토하였다(Table 5). 교차상관 정도가 가장 높은 시차(lag)를 통해 선행행 여부를 판단하였는데, 대부분의 웹 접속 지표에 비해 모바일 이용자의 접속 지표가 선행하고 있었다. 즉 모바일 이용자 증가 이후 2시간 정도 시차를 두고 웹의 페이지뷰나 웹 재방문수가 증가했으며, 웹 방문수/신규방문수/순방문수는 1시간 정도의 시차를 두고 증가했다.

이와 별도로 모바일 실행횟수는 대부분의 웹 접속 지표와 동일 시차에 증감 변동이 나타나는 것으로 조사되었다. 즉, 모바일 실행은 모바일 이용자의 접속과 다르게 웹 이용과 동일 시점에 이루어지고 있음을 의미한다.

Table 5. Cross correlation(with user in mobile-app)

Lag (hour)	Web				
	Pageview	Visitor	New	Repeat	Unique
-5	.779	.757	.749	.751	.717
-4	.852	.835	.824	.830	.799
-3	.902	.893	.879	.890	.865
-2	.925	.928	.913	.926	.911
-1	.920	.936	.919	.935	.931
0	.886	.912	.897	.911	.920
1	.818	.855	.843	.852	.873
2	.728	.769	.764	.761	.798
3	.627	.672	.675	.657	.709
4	.524	.568	.582	.547	.612
5	.424	.464	.486	.437	.513

고속도로 TCS의 교통량 중 운전자 입장에서 가장 관심이 있을 수 있는 진입 총 교통량에 대해 웹/모바일-앱 접속 지표와 교차상관관계를 검토하였다(Table 6).

Table 6. Cross correlation(entry_total with access data in web/mobile-app)

Lag (hour)	Web					Mobile-App	
	Pageview	Visitor	New	Repeat	Unique	Click	User
-5	.019	.071	.083	.060	.115	.059	.171
-4	.128	.174	.162	.182	.202	.154	.274
-3	.232	.271	.235	.297	.280	.244	.368
-2	.326	.358	.299	.403	.349	.325	.447
-1	.405	.428	.350	.488	.402	.391	.503
0	.458	.470	.382	.539	.427	.433	.524
1	.477	.475	.386	.544	.420	.439	.494
2	.464	.448	.368	.509	.385	.414	.423
3	.423	.395	.329	.446	.328	.366	.330
4	.355	.322	.273	.358	.255	.301	.223
5	.268	.233	.205	.254	.172	.223	.108

그 결과 웹 순이용자와 모바일 이용자는 고속도로 진입 총 교통량과 동 시차에 상관관계가 가장 높게 나타났다. 그 외에 웹 페이지뷰/방문자/신규방문자/재방문자, 모바일 실행횟수는 오히려 고속도로 진입 총 교통량과 비교시 1시간의 후행 시차에서 상관관계가 가장 높게 나타났다.

이는 고속도로 진입 교통량의 증가 이후 후행하여 교통정보 검색행태 증가했음을 의미한다. 통행 전 정보 측면에서 TV나 언론, 경험 등을 통해 고속도로 교통량이 증가될 것으로 예상(실제 고속도로 교통량은 이미 증가

Table 7. Summary of lead-lag relationship between using measurement in web/mobile-app and TCS traffic

index	Lag t (hr)	Lag t-1(hr)	Lag t-2(hr)
TCS Traffic	-	Exit_Total	Entry_Total
		Exit_TCS	Entry_TCS
		Exit_Hi-Pass	Entry_Hi-Pass
Web/Mobile-App Access Data	Web_Pageview	Web_Visitor	Web_Unique
	Web_Repeat	Web_New	Mobile_User
		Mobile_Click	

되고 있는 상황)되면, 그 이후에 웹을 통해 교통상황을 확인하고 있는 것이다. 통행 중 정보 측면에서는 고속도로 네트워크 이용 중 혼잡상황을 경험(실제 고속도로 교통량은 이미 증가되어 있는 상황)하면, 모바일을 통해 교통정보를 확인하게 되는 것이다.

더불어 고속도로 진출 총 교통량, 통상적 TCS 진출입 교통량, 하이패스 진출입 교통량에 대해서도 웹/모바일-앱 접속 지표와 교차상관관계를 검토하였는데, 종합된 결과는 Table7과 같다.

고속도로의 진입 교통량에 선행하는 웹/모바일-앱 접속 지표는 존재하지 않았으며, 대부분 동행하거나 후행하는 것으로 분석되었다. 예상처럼 진입교통량에 비해 진출교통량이 후행하고 있었으며, 그 시차는 1시간 정도로 파악되었다. 통상적 TCS와 하이패스는 진출입 총 교통량과 동행해서 움직였다.

결론 및 향후 연구과제

최근 정보통신 분야에서 스마트폰의 빠른 보급으로 누구나 언제 어디서든 손끝 하나로 자유롭게 네트워크에 접속할 수 있게 되었다. 이는 통행 전은 물론 통행 중 스마트폰과 같은 모바일 기기를 활용하여 교통정보 검색이 가능해졌음을 의미한다.

이에 본 연구는 고속도로 교통정보의 탐색 과정에서 생성되는 웹/모바일-앱의 접속 지표를 활용하여 TCS 교통량과의 상관관계를 실증적으로 분석하였다. 이를 위해 명절 기간이 포함된 웹/모바일-앱의 접속 시계열 데이터를 검토하고, 시계열의 정상성 여부를 확인하는 단위근 검증을 수행한 후, TCS 교통량과의 교차상관관계 분석을 수행하였다.

웹/모바일-앱의 접속 지표는 기존 연구에 활용된 적이 없는 시계열 데이터로서 상관관계 분석 이전에 단위근 검증을 통해 정상성 여부 확인이 필요하다. 검정 결과 모든 접속 변수가 별도의 로그변환이나 차분변환 없이도 “단위근을 가진다”라는 귀무가설을 기각할 수 있었다.

이를 바탕으로 고속도로 전체 구간을 대상으로 한 시간대별 총 진출입 교통량과 웹/모바일-앱의 접속 지표 간 피어슨 상관계수를 검토한 결과, 트럭의 TCS 진입 교통량을 제외시, 모든 지표간 뚜렷한 양적 상관관계가 발견되었다.

마지막으로 분석에 포함된 시계열 변수 사이에 존재하는 시차 관계(동행성, 선행성, 후행성)를 규명하기 위해 교차분석을 수행한 결과, 대부분의 웹 접속 지표에 비해 모바일 이용자 지표는 선행하고 있으며, 모바일 실행횟수는 대부분의 웹 접속 지표와 동일 시차에 증감 변동이 발생하는 것을 발견하였다.

또한 웹 순이용자와 모바일 이용자는 고속도로 진입 총 교통량과 동시차에 상관관계가 가장 높게 나타났으며, 웹 페이지뷰/방문자/신규방문자/재방문자, 모바일 실행횟수는 오히려 고속도로 진입 총 교통량과 비교시 1시간의 후행 시차에서 상관관계가 가장 높게 나타났다.

스마트폰을 통한 교통정보 탐색 행위는 활동(activity)과 통행(travel)이 이루어지는 시간적 공간적 제약과 무관하게 발생하고 있다. 또한 탐색 행위가 진행되는 과정에서 이용자가 웹이나 모바일-앱의 서버에 남기게 되는 흔적은 가까운 미래의 활동과 통행을 예측하는데 유용하게 사용될 수 있다. 본 연구는 교통정보 탐색 행위에 대해 고속도로 교통정보제공 웹/모바일-어플 접속 지표를 활용해 시계열 현황을 검토하고, 고속도로 교통

량과의 상관관계를 규명하는데 의의가 있다.

하지만, 고속도로 전체 구간에 대해 5주간의 시간대별 진출입 교통량과 전국 단위의 웹/모바일-앱의 접속 지표를 사용하다 보니 지역적 특수성이 연구에 반영되지 못한 측면과, 장기적 관계를 규명하지 못한 한계가 존재한다. 분석의 공간적 범위와 시간적 범위가 달라진다면 정밀한 교통정보 탐색 행위를 분석할 수 있을 것으로 예상된다.

향후 개인의 위치 정보 노출에 따른 프라이버시와 빅브라더 문제에 대해 사회적 합의가 형성되고, 교통 정보 탐색 행위가 발생하는 위치 및 웹/모바일-앱 로그기록을 대규모로 연구에 참고할 수 있다면, 교통정보 탐색 행태를 바탕으로 통행 행태를 예측(제공되고 있는 정보와 정보 이용자 특성에 따른 우회율 등)할 수 있을 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea Government(MSIP) (NRF-2010-0028693)(NRF-2014R1A13052320).

REFERENCES

- Bin M. Y., Jeong Y. M. (2008), A Study for Web-based Traffic Information Search and Utilization, Gyeonggi Research Institute, Suwon, South Korea.
- Byeon H. S. (2014), The Evaluation of Web Site Service Quality for Transportation Information, J. Korean Soc. Transp., 32(1), Korean Society of Transportation, 39-49.
- Chei D. H., Lee C. H., Lee S. Y., Baek J. W. (2014), Correlation Analysis Between Railroad and Incheon Int'l Airport Passengers, Proceedings of Korean Society for Railway, 496-501.
- Choi J. M., Lee S. J., Cho C. S. (2011), Data Mining of Advanced Traffic Information, The Korea Transport Institute, Sejong, South Korea.
- Han Z. H., Kim J. Y. (2006), Analysis of Cointegration Between Housing Price and Employment Activity According to Johansen Test, Journal of the Korean Official Statistics, 11(1), Statistics Korea, 1-22.
- Kim J. H., Kwon D. Y., Jeong S. R. (2014), Trend of Big Data Application and Technology, Proceedings of Korean Society for Internet Information, 15(1), Korean Society for Internet Information, 171-172.
- Kim S. H., Baek S. K., Han D. H. (2010), Relationship Between Expressway Traffic Volume and Economic Growth Rate, Transportation Technology and Policy, 7(4), Korean Society of Transportation, 75-79.
- Lee J. M., Park S. S. (2005), An Estimation for Highway Trip Demand Functions Based upon Time Series Analysis, J. Korean Soc. Transp., 23(7), Korean Society of Transportation, 7-15.
- Marine-Roig E. (2014), A Webometric Analysis of Travel Blogs and Review Hosting: The Case of Catalonia, Journal of Travel & Tourism Marketing, 31(3), 381-396.
- Nelson C. R., Plosser C. R. (1982), Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series: Some Evidence and Implications, Journal of Monetary Economics, 10, 139-162.
- Oh D. S., Oh Y. T., Jo S. G., Hong E. J. (2009), An Analysis on Service Usage of Traffic Information on the Expressway, Journal of Korea Institute of Intelligent Transport Systems, 8(5), 12-25.
- Park H. S., Kim B. H., Kim Y. C. (2012), An Analysis on Service Usage of Traffic Information on the National Highway, Proceedings of Korean Society of Civil Engineers, 43-47.

- Park J. S. (2007), An Analysis of Behavioral Relationship Between Transit and Mobile Phone Users, Seoul University, Doctoral Dissertation.
- Pereira F. C., Rodrigues F., Ben-Akiva M. (2014), Using Data From the Web to Predict Public Transport Arrivals Under Special Events Scenarios, *Journal of Intelligent Transportation Systems*, (ahead-of-print), 1-16.
- Ryu I. G., Lee J. Y., Park G. C., Choi K. C., Hwang J. M. (2015), Analysis of Highway Traffic Indices Using Internet Search Data, *J. Korean Soc. Transp.*, 33(1), Korean Society of Transportation, 14-28.
- Shin K. W., Choi K. C. (2014), Analyzing the Relationship Between Precipitation and Transit Ridership Through a Seemingly Unrelated Regression Model, *J. Korean Soc. Transp.*, 32(2), Korean Society of Transportation, 83-92.
- Tsirimpa A. (2015), Modeling the Impact of Traffic Information Acquisition From Mobile Devices During the Primary Tour of the Day, *Journal of Intelligent Transportation Systems*, (ahead-of-print), 1-9.
- Tsirimpa A., Polydoropoulou A. (2015), The Impact of Traffic Information Acquisition on the Traffic Conditions of the Athens Greater Area, *Transportation Systems and Engineering: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 174.
- AC Transit article:
<http://abc7news.com/traffic/ac-transit-partners-with-google-maps-to-give-riders-real-time-bus-data/840473>
- Arlington Transportation:
<http://transportation.arlingtonva.us/key-performance-measures/managing-effectively/website-traffic/>
- Korea Expressway Co. OASIS: <http://data.ex.co.kr>
- Washington State Department of Transportation :
<http://www.wsdot.wa.gov/funding/partners/projects/webadvertising.htm>