

활동기반모형을 이용한 유연근무제의 교통부문 영향 연구

조성진^{1*} · Tom Bellemans² · 조창현³ · 최기주⁴

¹아주대학교 TOD기반 지속가능 도시교통연구센터, ²하셀트대학교 교통연구소(IMOB), ³경희대학교 지리학과, ⁴아주대학교 교통시스템공학과

A Study on the Transport-related Impacts of Flexible Working Policy using Activity-Based Model

CHO, Sung-Jin^{1*} · BELLEMANS, Tom² · JOH, Chang-Hyeon³ · CHOI, Keechoo⁴

¹TOD-based Sustainable City Transportation Research Center, Ajou University, Gyeonggi 16499, Korea

²Transportation Research Institute, Hasselt University, Diepenbeek BE3590, Belgium

³Department of Geography, Kyung Hee University, Seoul 02447, Korea

⁴Department of Transportation System Engineering, Ajou University, Gyeonggi 16499, Korea

*Corresponding author: island.jin@gmail.com

Abstract

This study aims to evaluate the availability of ABM (Active-Based Model), FEATHERS, as a policy evaluation tool. To achieve the goal, scenario analysis on flexible working policy was conducted to measure its impact on activity-travel behavior. As a consequence, there seems no significant change in worker's daily life, other than mitigating traffic congestion due to decreasing commuting travel in the rush hour. The result of VKT (vehicle kilometers traveled) shows an opposite pattern according to given household/individual constraints. The scenario analysis on telecommuting indicates a decreasing trend in both travel frequency and distance because of the diminished number of commuting trips. As the activity space of telecommuters is shifted to a residential area, there are more short-distance trips by using non-motorized transport, which leads to decrease in VKT (using a private vehicle). Thus, the sensitivity of VKT by population groups varies due to transport mode shift (between personal and another mode) and growing non-work trips (using a private mode). This study found few things. First, it is necessary to evaluate the details of policy impact by population groups since it can be varied depending on household/individual characteristics. Second, the case study shows a promising performance of ABM as policy measurement that provides reality in policy evaluation. Third, ABM allows us to do more accurate analysis (i.e. time-series analysis by population groups) of policy assessment than those of FSM (Four-Step Model). Lastly, a further effort in data collection, literature review, and expert survey should be made to enhance the accuracy and confidence of future research.

Keywords: activity-based model, FEATHERS, flexible working policy, travel behavior, VKT

초록

본 연구는 정책평가수단으로써 활동기반모형의 활용가능성을 평가하고자, 유연근무제(근무시간유연제 & 재택근무제)에 관한 시나리오 분석을 통해 교통부문에 미치는 영향을 분석하였다. 먼저, 첨두시간대의 통근통행량 분산을 통한 교통 혼잡 완화를 제외하고 근무시간유연제 적용

J. Korean Soc. Transp.
Vol.35, No.6, pp.511-524, December 2017
<https://doi.org/10.7470/jkst.2017.35.6.511>

pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

Received: 31 October 2017

Revised: 14 December 2017

Accepted: 29 December 2017

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.

시 활동-통행 특성에 있어서 뚜렷한 변화는 없다. 자가용을 이용한 총통행거리(vehicle kilometer of travel, VKT)는 인구집단별로 가구 및 개인 특성에 따른 제약요소의 정도에 따라 서로 다른 결과를 나타냈다. 재택근무제에 따른 영향은 통근통행의 축소로 통행빈도와 거리가 감소하며, 재택근무자의 활동영역이 주거지를 중심으로 전환되면서 비동력 수단을 이용한 단거리 통행이 증가하였다. 따라서 자가용을 이용한 VKT가 감소되는 결과를 가져오며, 다만 수단 전환(타 수단 \leftrightarrow 자가용), (자가용을 이용한) 비업무통행의 증가 등으로 인해 인구집단별 VKT의 감소폭은 서로 다른 양상을 보인다. 연구를 통해 다음의 몇 가지 사항을 확인하였다. 첫째, 업무의 효율성을 높이기 위한 유연근무제가 직장인의 가구 및 개인의 특성에 따라 일상생활에 서로 다른 결과를 가져올 수 있으므로 사전에 인구집단별로 정밀한 영향평가가 필요하다. 둘째, ABM을 이용한 정책 평가에서 전반적으로 현실성 있는 결과를 도출하여 긍정적 활용가능성을 보여주었다. 셋째, 일반적으로 기존 모형에서 불가능했던 시계열 분석, 인구집단별 분석을 통해 정책 평가에 있어서 보다 정밀한 분석의 가능성을 보여주었다. 마지막으로, 추가적인 자료 보완과 함께 문헌연구와 전문가 의견 수렴을 통한 시나리오의 완성도를 높여 향후 연구 결과의 정확도와 신뢰도를 높이는 후속 작업이 필요하다.

주요어: 활동기반모형, FEATHERS, 유연근무제, 통행행태, 차량주행거리

서론

통행을 활동에 의해 유발된 수요로 정의하는 활동기반모형(activity-based model, 이하 ABM)은 중력모형에 기반을 둔 존중심(TAZ)의 전통적인 4단계 교통수요 예측방법(four-step model, FSM)의 한계점, 즉 시공간 차원의 집계적 모형 틀에서 비롯된 여러 문제점을 극복하고자 최근 북미와 유럽 선진국을 중심으로 많은 관련 연구들이 진행되고 있다. 반면, 우리나라는 1990년대 초반에 국내에 처음 ABM이 소개된 이래로 ABM을 활용한 다양한 시도들이 있어 왔으나(최근 몇몇 사례를 제외하고) 대부분 이론적(활동-통행 연쇄) 또는 활동-통행의 일부 요소(활동참여, 통행수단선택 등)를 대상으로 연구되어 아직 실무에서 활용하기에 부족한 실정이다. 이러한 배경에서 연구는 국내에서 수행된 활동-통행의 모든 요소를 대상으로 ABM을 활용한 사례로서, 한국형 ABM 시스템 개발을 위한 FS(Feathers Seoul) 프로젝트의 결과 중 일부를 소개하고자 한다. 사례는 FEATHERS를 우리나라 실정에 맞도록 전용한 모형을 이용해 수도권 지역의 유연근무제를 적용 시 직장인의 일상 스케줄에 있어서 변화를 분석하고, 그 결과를 토대로 관련 정책을 분석하는데 있어 ABM의 적용가능성을 평가하고자 한다.

선행연구

1. 활동기반연구

1990년대 이래로 국내 연구자들의 노력으로 ABM 활용의 한계로 지적되었던 여러 문제점들이 점차 해소되고 있으며, 특히 2006년에 수도권에서 처음 구축된 가구통행실태조사(이하 가통) 자료로 인해 교통 분야에서 ABM을 이용한 본격적인 연구들이 수행되었다. 이 연구에서는 실제 교통계획에 적용 가능한 모형을 국내 교통 환경에 적용한 연구 사례를 그 성과와 한계점을 중심으로 논의해보고자 한다.

먼저, MATSim¹⁾을 이용한 Kim et al.(2011)은 OSM (Open Street Map)을 이용하여 서울시 강남구의 네트워크를 구축하고, 임의의 OD (Origin Destination)를 생성하여 시나리오별(도로혼잡, 수요변화)로 통행패턴의 변화를 분석하였다. 저자는 스스로 네트워크 등 입력 자료의 한계점을 지적하고, 이를 보완해 향후 서울시 전체 네트워크를 대상으로 모형의 적용가능성을 판단하고자 하였다.

Yu et al.(2012)은 위 연구에 이어서 MATSim의 국내 적용가능성을 평가하기 위해서 서울시 강남구를 대상으로

1) 스위스 ETH에서 개발한 활동기반교통모형

통행배정을 실시하여 서로 다른 교통모형(MATSim, EMME/2)의 결과와 실제 관측치(링크 교통량, 통행시간, 통행거리, 구간링크속도 등)를 비교·분석하였다. 분석 결과, 전반적으로 유사한 패턴을 나타냄과 동시에 MATSim이 네트워크 혼잡수준을 보다 현실적으로 반영하여 더 신뢰할만한 결과를 보였다. 이 결과를 토대로 저자는 교통계획에 있어서 새로운 모형의 가능성을 주장하였다.

Kim et al.(2012)은 MATSim을 이용해 상습침수지역에 대한 대피경로를 분석하였다. 실험을 위해서 가동자료를 이용해 수도권 통행자들의 통행특성을 파악하고, 서울시 양천구 신월동에 대한 침수 시나리오를 적용하여 통행자들의 통행경로 패턴변화를 분석하였다. 실험 결과를 토대로 상습침수지역에 대한 대피경로를 설정하는데 ABM의 향후 활용가능성을 확인하였다.

Lee et al.(2013)은 벨기에 하셀트대학에서 개발한 ABM인 FEATHERS를 수도권의 교통체계에 적용하여 향후 국내 교통계획에의 적용가능성을 평가하였다. 실험을 위해서 2010년 연구지역에서 수집한 자료를 모형에 입력하여 예측된 통행패턴을 관측자료(가통)와 비교·분석하였다. 비교결과, 시간대별 활동분포와 도로네트워크 링크별 통행량 변화에서 관측치와 유사한 패턴을 보여 향후 국내 도시(수도권)에의 활용가능성에 대해 긍정적인 평가를 내렸다.

Lee et al.(2014)은 한국형 활동기반모형(ACTivity-based micro-simulatOR, ACTOR)을 개발하고 수도권을 대상으로 그 정책 활용성을 평가하였다. 실증 분석을 위해서 수도권에서 랜덤 추출한 10% 인구를 대상으로 활동-통행 패턴을 추정하였으며, 그 결과를 ACTOR 모형의 토대가 되는 CEMDAP (Comprehensive Econometric Micro-simulator for Daily Activity-travel Patterns)에 의해 추정된 SCAG (Southern California Association of Governments)의 모형 결과와 비교·분석하였다. 비교결과, 근무 시간 및 지속시간에서 관측치(가통)와 유사한 패턴을 보였으며, 출근통행의 수단분담율에 있어서 일부 수단에서 과소 혹은 과추정되어 관측치와 어느 정도 차이를 보였다. 또한, 유연근무제 시나리오에 따른 효과를 분석하여 다양한 정책영향 평가에의 활용가능성을 분석하였다. 이 결과는 특정 인구집단(직장인)의 활동-통행 패턴에 국한되어 모형의 범용성을 평가하기에 어려움이 있다.

Cho et al.(2014)은 수도권 통행수요를 추정하는데 FEATHERS를 적용하기에 앞서 자료 생산, 모형 전용(model transfer) 등 필요한 전처리 과정에 대한 연구를 진행하였다. 구체적으로, 위 두 지역의 통행 환경과 행태를 비교함으로써 모형에 적용되는 여러 제약요소 및 활동·통행 요소에 대한 개념을 재정립하고, 모형의 입력 자료를 보완할 방안을 제시하였다.

Eom et al.(2016)은 가용한 정형데이터(가통, 통신량, 토지이용, 사업체분류 자료 등)를 이용하여 도시 내 개별 토지이용별 활동인구와 통행량을 추정하고자 통행자분석시스템(Activity-BAsed Traveler Analyzer, ABATA)을 개발하였다. 이 시스템은 기존 모형의 행동동 수준에서 실행된 것과 달리 더 상세한 집계구 수준에서 구동이 가능한 장점을 가지고 있다. 2017년 현재 사례지역의 실증데이터를 이용한 모형 검증 및 보완 과정에 있으며, 향후 도시철도 등 도시 내 교통시설의 수요추정 등 미시적 분석과 더불어 입지분석, 환경영향분석, 관광수요분석 등 다양한 분야에 활용할 계획이다.

사례에서 살펴보듯이, 대체로 선진국에서 개발된 모형을 국내 도시에 적용함으로써 실무 교통계획에서 ABM의 적용가능성을 평가하는 단계에 있으며, 통행수요에 대한 모형의 예측력과 더불어 다양한 정책평가에 대한 범용성을 평가하기 위해 다양한 분야 및 주제에 대한 모형의 활용가능성이 검증되어야 함을 시사한다.

2. 유연근무제

2010년 대통령주재 제2차 국가고용전략회의에서 수립된 노동 환경의 개선을 위한 “유연근무제 확산방안”을 시작으로, 2012년에는 IT기술과 융합하여 시간과 장소에 얽매이지 않고 일할 수 있는 체제를 뜻하는 스마트워크(smart work) 개념이 도입되면서 유연근무제를 확대하기 위한 노력이 지속되었다. 2017년 현재는 근로시간단축을 포함한 3대 노동현안이 중앙정부의 국정과제로 추진되면서 해결 방안으로써 유연근무제에 대한 사회적 관심이 증대되고 있다. 이러한 노력에도 불구하고 고용노동부의 ‘2016년 일·가정 양립 실태조사’에 따르면 우리나라의 유연

근무제 도입률은 약 21.9%로 미국, 유럽, 일본 등 선진국에 비해 낮은 수준에 머물고 있어 새로운 제도의 정착을 위한 다양한 지원과 더불어 사회적 영향에 대한 충분한 논의가 필요하다(Jung, 2017).

이러한 맥락에서, 유연근무제의 유형 중 재택근무제를 중심으로 교통 분야에서 사회적 영향에 대한 연구 사례를 고찰해보고자 한다. 참고로, 이 분야에서 근무시간유연제에 대한 연구는 상대적으로 미비하여 재택근무 사례에 집중한다. 이하 내용은 Kim and Ahn(2011)을 토대로 작성하였다.

통근통행을 줄임으로써 교통 혼잡, 에너지 소비, 대기오염 및 온실가스 배출을 경감시키는 재택근무제의 사회적 영향에 대한 연구가 다양한 분야에서 수행되고 있다. 특히, 교통 분야에서는 통행수요 감소, 혼잡 완화, 교통인프라의 효율적 활용 등 재택근무로 인한 효과를 분석하기 위한 연구들이 이루어지고 있다(Kim and Ahn, 2011).

재택근무자들은 재택근무 시 비업무통행의 목적지를 거주지 주변으로 변경되므로 통행권역의 중심이 직장지에서 주거지로 변경될 소지가 크다. Mokhtarian(1991)은 이러한 통행권역의 공간적 변화가 비동력 통행을 이용한 단거리 통행이 증대될 것으로 주장했다. Pendyala et al.(1991)은 재택근무자로 하여금 거주지 주변에서 통행 목적지를 탐색하게 하는 학습효과(Learning process)로 인해 가족구성원의 통행목적지도 함께 거주지 주변으로 축소될 것으로 주장했다. 또한, Kim and Ahn(2010)에 따르면 재택근무의 유연한 근무형태는 비재택일에도 시간대별 분산된 통근을 발생하여 첨두시간대에 집중되는 통행을 완화시키는데 효과가 있다.

반면, 재택근무제로 인해 다른 유형의 통행을 유발시킨다는 주장도 함께 제기되고 있다. 대표적인 예로, Janelle(2004)는 기존에 통근 목적의 차량이 재택근무로 인해 구성원의 통행수단으로 활용됨으로써 새로운 통행이 유발되거나 통행수단의 전환이 발생할 수 있음을 밝혔다. 또한, Hecht and Allen(2009)에 따르면, 재택근무로 인해 가족활동(가령, 자녀 등·하고, 쇼핑통행 등)에 보다 적극적으로 참여하는 등 비업무통행이 증가된다는 실증 결과가 보고되었다. 요약하자면, 재택근무제의 효과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 통근통행의 축소로 인해 업무통행량을 감소시키며, 더불어 직장인의 통행목적지가 직장지에서 거주지 주변으로 전환되면서 비동력 통행수단을 이용한 단거리 통행이 증가된다.
- 통근통행의 축소는 첨두시간대 통행량의 집중을 완화시켜 교통 혼잡, 에너지 소비, 환경오염 등을 감소시키는데 효과적이다.
- 재택근무로 인한 가구 내 차량의 가용성은 가족구성원의 새로운 통행을 유발하거나 자가용으로의 수단 전환을 발생시키며, 유연한 근무형태로 인해 가족활동에 보다 적극적으로 참여하여 비업무통행이 증가할 수 있다.

연구방법론

1. 활동기반모형

Hägerstrand(1970)²⁾와 Chapin(1974)³⁾의 도시 서비스에 관한 이론에 기초한 활동기반연구(activity-based approach)는, Jone et al.(1983)에서 언급한 활동과 통행 행태 사이의 관계에 대한 다음의 몇 가지 전제에서 출발한다. 첫째, 통행은 활동에 의해 파생된 수요로, 다양한 활동 특성(생활방식, 활동 우선순위 등)은 개인의 통행 행태에 뚜렷한 영향을 미친다. 둘째, 개인 활동에 대한 의사결정은 여러 제약요소 하에서 결정된다. 특정 활동 목적을 주어진 시간 안에 달성하기 위한 한정된 시간과 장소는 여러 선택대안을 선택하는데 중요한 조건이 된다. 셋째, 가족구성원 간 상호작용(가령, 가구 내 차량 사용에 대한 결정 등)은 개인의사결정에 중요한 영향을 미친다. 넷째, 통행은 여러 활동 및 통행으로 구성된 활동 패턴의 맥락에서 고려되어야 한다. 즉, 일과에서 독립적인 사건들 사이에 상호의존성이 존재한다. 마지막으로, 활동과 통행은 가용시설, 시간대(time window), 통행수단에 의해 정의되는 공급 측면

2) Hägerstrand(1970)의 시공간지리학은 개인의 의사결정에 대한 제약요소를 통해 교통모형과 직접적으로 결합할 수 있는 인간 활동 공간의 개념을 제공함

3) Chapin(1974)의 연구는 개인들이 다양한 활동에 참여하도록 유도하는 동시에 초점을 맞추어 통행을 발생시키는 활동 요소에 대한 이해를 넓히는데 공헌함

에서 활동 수요를 충족시키는 스케줄링(scheduling process)에 의한 결과로 간주될 수 있다. 이러한 맥락에서 ABM은 주어진 제약 요소 하에서 활동-통행 요소에 대한 개인의 의사결정과정을 모의함으로써 가구 및 개인의 일상 활동 전체를 추정한다.

2. 활동기반 교통수요예측 모형시스템: FEATHERS

현재 국가 또는 지역의 교통현안을 해결하기 위해 운영 중인 여러 활동기반 교통모형 중 벨기에(플란더스 지방)의 통행수요예측을 목적으로 하셀트대학 교통연구소(IMOB)에 의해 개발된 FEATHERS(Forecasting Evolutionary Activity-Travel of Households and their Environmental RepercussionS)는, 관측자료(가령, 가구통행실태조사)로부터 도출한 활동 및 통행요소에 대한 의사결정규칙(decision rules)을 토대로 대상 인구(지역에 거주하는 성인 가구주)의 일상 스케줄을 추정하는 활동기반 교통수요예측시스템이다(Bellemans et al., 2010). 시스템의 활용성(applicability) 및 전용성(transferability)을 확보하기 위해 핵심 모듈인 ALBATROSS (A Learning BAsed TRansportation Oriented Simulation System, 알바트로스)의 스케줄 엔진(scheduler)을 중심으로 각각의 기능을 가진 여러 모듈들의 집합체로 구성되어 있다(Figure 1). 이상의 모듈들은 FEATHERS의 통합플랫폼 내부에서 유기적으로 연결되어 있으며, 이러한 모듈화 구조는 필요에 따라 전체 시스템의 변경 없이 각 모듈을 개별적으로 수정하여 대체할 수 있어 시스템 전용이 용이하다.

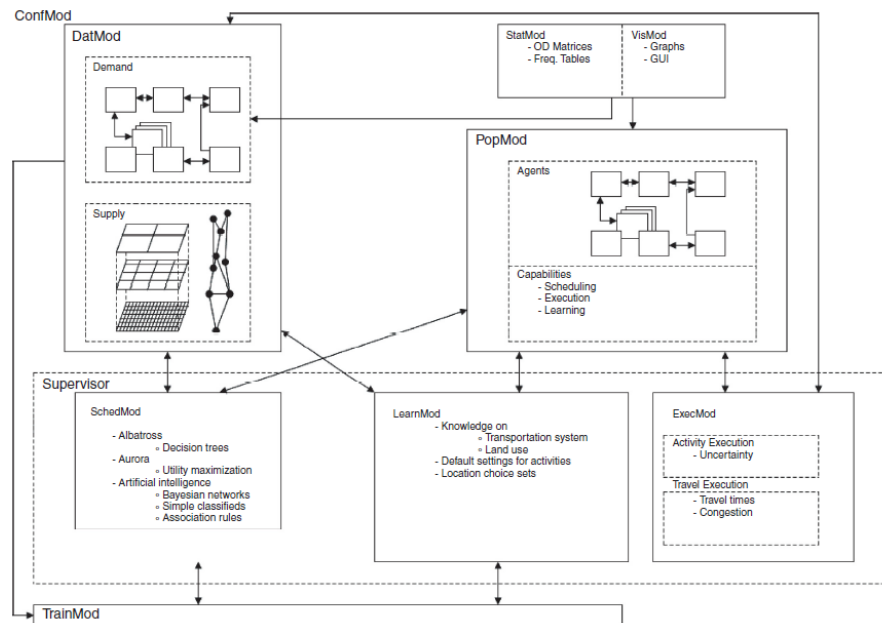


Figure 1. Schematic overview of FEATHERS modules (source: Bellemans et al. (2010))

FEATHERS의 스케줄러는 개인 일상에서 관측된 행태는 주어진 환경(즉, 제약조건)에서 특정 활동을 수행하기 위한 복잡한 의사결정과정의 산물이라는 가정에 기초하고 있다. 따라서 개인은 활동을 수행하기 위해 확인된 제약조건(constraints) 하에서 가용한 대안들 사이의 선택 행위(choice behavior)를 통해서 의사결정과정을 진행한다. 효용극대화이론에 기초한 다른 모형(utility-based model)과 달리, FEATHERS는 주변 환경과의 상호작용(reinforcement learning: 강화학습) 또는 타인과 의사소통(social learning: 사회 학습)의 반복적인 학습과정을 통해 생성한 경험규칙(heuristic rules)을 토대로 모의하는 규칙기반모형(rule-based model)이다. 따라서 모형 내에서 학습 과정에서 발생하는 선택 행위는 다음의 개인별 조건-행동 규칙(condition-action rules)에 의해 운영된다.

if $C_1 \in CS_{1k} \wedge C_2 \in CS_{2k} \wedge \dots \wedge C_m \in CS_{mk}$, then choose alternative A_k (1)

C_i : 조건변수

CS_{ik} : k번째 규칙의 i번째 변수의 조건

A_k : k번째 규칙에 의한 선택대안

개인의 일상 스케줄을 추정하기 위해서, 먼저 관측 자료로부터 활동-통행의 구성 요소에 해당하는 선택 행위에 대한 경험규칙을 결정트리(decision tree)의 형식으로 도출한다. 이때, Chi-square 지표를 이용한 반복 분할과정(classification)을 통해 관측된 선택을 가장 잘 설명하는 결정트리를 탐색하는 CHAID (CHi-squared Automatic Interaction Detection) 분석법을 이용한다. 이 과정을 모델훈련(model train)이라고 한다.

다음 단계로, 개인의 일상 스케줄을 추정하는 과정(model prediction)은 앞서 도출한 결정트리를 이용해 다음의 확률식에 의해 각 선택행위에 대한 대안을 선택하도록 한다.

$$\text{If } q \text{ is feasible } P_{kq} = \frac{f_{kq}}{\sum_q f_{kq'}}. \quad \text{Otherwise, } P_{kq} = 0 \quad (2)$$

p_{kq} : k번째 노드에 배정된 각 사례에 대한 q번째 대안

f_{kq} : 리프노드(leaf node) k에 속하는 범주 q의 훈련사례 수

q' : 의사결정에 대한 가용한 대안의 지수

여기서, 선택 대안(q)이 주어진 제약조건을 만족하는 경우에 선택 확률은 모든 사례 수($\sum_q f_{kq'}$)에 대한 특정 대안의 사례 수(f_{kq})의 비율로 나타내며, 제약조건에 위배될 경우에 0 확률을 설정한다. 개인의 통행행태를 추정하기 위한 전체 모형은 모든 활동-통행 요소에 대응한 27개의 결정트리로 구성되어 있으며, 사전에 정의된 우선순위에 의해 의무 활동(mandatory activities; 업무, 귀가 등)에 의한 활동골격(activity skeleton)을 먼저 구성하고, 이어서 선택 활동(flexible activities; 쇼핑, 여가 등)에 대한 의사결정을 진행한다. 모든 의사결정 처리과정이 완료되면 개인이 24시간 동안 수행하는 모든 활동과 수반된 통행의 속성(활동유형, 시간, 장소, 동행인 여부, 통행수단)을 나타내는 일상 스케줄을 생산한다(Table 1).

Table 1. Template of Feathers output

Variable			Detail			Variable			Detail		
Household	H_householdCounter	Household ID	Activity	A_activityCounter	Activity ID	Trip	J_duration	Duration(min)			
	H_hhlocid	Residence ID		A_day	Day of week		J_transportMode	Mode			
	H_comp	Composition		A_activityType	Type		J_distance	Distance(km)			
	H_SEC	Income		A_beginningTime	Beginning time						
	H_age	Eldest's age		A_duration	Duration(min)						
	H_child	Youngest age		A_location	Location						
	H_ncar	# vehicle									
Person	P_personCounter	Person ID									
	P_age	AGe									
	P_twork	Employment									
	P_gend	Gender									
	P_isDriv	Driver license									

모형에 의해 추정된 일상 스케줄을 이용해 OD자료를 생산하여 수단별, 시간대별(분 단위) 네트워크 통행량을 추정함과 동시에 인구집단별로 특정 시·공간단위(분 단위, 행정동)에서 발생하는 유형별 활동행태를 파악할 수 있다. 따라서 기존 FSM과 비교해 더욱 정교한 인구 및 시공간 수준에서 교통환경의 변화에 의한 다양한 효과들을 세밀하게 분석할 수 있다.

이 연구는 다음 세 가지 이유로 FEATHERS를 모형으로 채택함과 동시에 향후 한국의 교통정책분석모형으로 제안하는 바이다. 첫째, FEATHERS는 결정트리에 기초한 규칙기반모형으로 다른 효용기반모형에 비해 계산과정은 복잡하지만 불확실한 상황에 대한 인간의 불완전한 사고과정을 반복적인 시행-착오 과정에 기초한 학습과정으로 정의하여 보다 현실적인 의사결정과정을 모의하고 있다. 둘째, 모듈 방식의 시스템구조는 우리나라와 같이 전혀 새로운 환경에 대한 모형의 전용과정에 용이하며, 다양한 연구사례에 적용할 수 있도록 모형의 확장성을 개선하였다. 셋째, 일반적으로 ABM의 자료 요건이 까다롭다는 점을 고려하여 FEATHERS의 입력자료 중 대부분 국내에서 수집 가능하여 실제 모형을 적용하는데 자료 제약이 없다. 이러한 모형의 장점으로 인해 현재 우리나라를 포함한 영국, 슬로베니아, 파키스탄 등 여러 국가에 대한 FEATHERS의 활용가능성이 검토되고 있으며, 향후 지속적인 발전 가능성이 높다.

실험 준비

1. 입력 자료

FEATHERS를 구동하기 위해서 활동 다이어리(activity diary)와 (가구 및 개인의)사회·경제적 특성, 그리고 환경 제약요소(토지이용, 교통서비스)에 대한 정보가 필요하다. 먼저, 모델훈련을 위한 입력 자료로써 활동 다이어리는 2010년 수도권에서 수집한 가동 자료를 이용하여 각 의사결정단계의 휴리스틱을 추론하였다. 원자료인 가동은 가구·개인이 주어진 기간에 수행한 모든 활동을 기록한 다이어리 자료로 통행 내역(통행수단, 출·도착지, 시간, 목적 등)과 함께 가구·개인의 특성 정보가 포함되어 있다.

다음으로, 모형 추정을 위한 대상 인구(수도권 인구의 10%⁴⁾)의 사회·경제적 특성(가구 특성: 가구 구성, 월수입, 자가용 유무, 부양가족 등; 개인 특성: 성별, 연령, 직업, 운전면허 등)은 국가/지역에 따라 일부 샘플만 제공하거나 개인정보보호를 이유로 자료획득이 어려운 경우가 많다. 따라서 대부분의 활동기반연구는 IPF (Iterative proportional fitting), IPU (Iterative Proportional Updating) 등과 같은 인구전수화기법(synthetic population technique)을 이용해서 전수인구자료를 구축하여 사용한다. 본 연구에서는 여러 전수화기법 중 IPU를 이용해 연구지역(수도권 지역)의 인구자료를 생산하였다. 전수화기법을 이용한 인구자료 구축과정에 대한 세부사항은 Cho et al.(2014)에서 다루고 있다.

마지막으로, 환경제약요소에 대한 정보는 Superzone (시·군·구), Zone (읍·면·동), Subzone (Zone과 동일)의 계층적 공간체계에 따라 각각 토지이용과 교통네트워크 정보로 구성되어 있다. 먼저, 토지이용정보는 Superzone을 제외한 각 공간단위별로 구분하는데, Zone 단위는 각 지역별 주차시설과 관련된 정보(주차시설 수, 주차비용 등)를 포함하고 있으며, Subzone은 각 지역별 도시 밀도, 면적, 총 가구 수와 더불어 각 산업영역별 종사자 수에 대한 정보를 포함하고 있다. 토지이용정보는 FEATHERS의 활동 유형별 장소선택에 있어서 매력도(attractiveness) 지표로 활용된다. 교통네트워크는 OD 매트릭스의 자료 구조로 각 OD의 통행 수단(자가용, 도보, 대중교통)별 통행시간, 거리, 비용 등에 대한 정보를 포함한다. 토지이용정보는 통계청에서 수집한 각 지역별 현황자료를 활용했으며, 교통서비스에 대한 정보는 국가교통DB (<https://www.ktdb.go.kr>)에서 제공하는 네트워크 자료를 이용했다. 자료 구축 과정은 Cho et al.(2014)에서 보다 상세히 설명하고 있다.

4) 모형 실험 및 실험결과의 분석시간을 고려해 전체 인구의 10%를 분석대상으로 설정함

2. 모형 정산

본 연구에서 선택한 FEATHERS는 유럽 지역(벨기에 플란더스 지방)의 교통 환경을 토대로 구축되어 새로운 연구지역(우리나라 수도권)에 적용하기 위해서는 먼저 사례지역의 실정에 맞도록 기존 모형을 전용(model transfer)하는 과정이 요구된다. 관련 문헌(Sikder et al., 2013)에서 교통모형의 전용방법을 크게 두 가지로 구분하는데, naive method, updating method이 그것이다. 전자의 방법은 모형의 별다른 변경 없이 사례지역에 직접 적용하는 것이고, 후자는 사례지역의 가용한 정보를 이용해 모형을 새로운 지역의 실정에 적합하도록 최대한 수정하는 방법이다. 따라서 naive transfer는 두 지역(개발지역과 사례지역)의 환경 및 통행 행태가 유사한 경우 혹은 사례지역에서 자료 획득이 어려운 경우에 용이하다. 반면에 updating method는 두 지역의 환경 및 통행행태가 상이하므로 모형을 수정하기 위한 자료 획득이 가능한 경우에만 적용가능하다. 일반적으로, 전자에 비해 후자의 방법이 모형을 통해 사례지역의 현황을 잘 반영하는 것으로 평가된다. 본 연구의 개발지역(벨기에 플란더스)과 사례지역(우리나라 수도권)의 교통 환경과 행태를 비교한 결과와 자료 가용성을 고려하여 updating method를 이용해 모형을 수도권 환경에 적합하도록 전용하였다. 모형의 전용과정은 모형 입력변수의 세부항목 수정, 대중교통 비용함수 변경, 활동유형별 지속시간 임계치 재설정, 점포의 오픈시간 조정 등에 대한 작업으로 진행하였다. 두 지역의 비교 연구와 모형전용 과정에 관한 상세한 내용은 Cho et al.(2014)에서 다루고 있다.

3. 시나리오 구성

ABM을 이용한 재택근무제도의 사회적 영향을 분석하기 위해서, 2010년 연구지역(서울, 경기, 인천 포함한 수도권 전체 지역)에 거주하는 성인 직장인을 대상으로 일상시나리오와 유연근무제를 가정한 두 시나리오를 다음과 같이 설정하였다.

- 일상시나리오(Business-As-Usual, BAU): 유연근무제 시나리오와 비교를 위한 기준 시나리오
- 근무시간유연제 시나리오(Flexible working, FLX): 근무시간유연제 시행을 가정한 시나리오
- 재택근무제 시나리오(Telecommuting, TEL): 재택근무제 시행을 가정한 시나리오

구체적으로, FLX는 직장인 중 50%를 랜덤 선별하여 일일 업무시간(점심시간을 제외한 8시간)을 최대 2시간 조정할 수 있도록 설정하였다. 즉, 오전 7시에 출근하는 경우에 오후 4시에 퇴근이 가능하고, 오전 11시에 출근하여 오후 8시에 업무를 종료할 수 있도록 자유롭게 변경할 수 있다. 단, 실험의 간소화를 위해 업무시간은(점심식사를 제외한) 다른 활동의 개입 없이 반드시 연속하도록 제한한다. 실제 작업은 위 기준에 의해 모형의 스케줄링 과정에서 업무시간을 임의로 수정하여 설정하였다. TEL은 마찬가지로 무작위로 선택된 직장인(50%)의 근무지를 거주지로 임의 변경하여 출·퇴근 없이 주어진 업무시간을 자택에서 근무하는 것으로 설정하였다. 최소한의 모형 변경을 전제로 통근통행의 목적지를 주거지로 변경하였고, 결과적으로 모형에 의해 추정된 스케줄에 업무활동을 위한 통근이 발생하지 않도록 설정하였다. BAU는 유연근무제가 시행되지 않은 일상적인 상황을 설정한 시나리오로, 유연근무제의 사회적 효과를 분석하기 위해 두 시나리오(FLX, TEL)의 추정결과와 비교를 위한 것이다. 참고로, 이 실험은 유연근무제 적용에 따른 개략적인 변화를 추정하기 위한 목적으로, 새로운 제도의 적용 범위(대상 직장인)와 내용(업무 시간 및 장소)을 임의로 설정하였다. 향후 연구에서는 객관적 근거에 기초해 보다 현실적인 시나리오를 설정하고자 한다.

실험 결과 및 분석

유연근무제 시나리오 분석을 통해 FEATHERS의 국내 정책평가에 대한 활용가능성 검증을 수행하였다. 모형의 활용가능성에 대한 판단은 모델링 결과가 정책 시나리오의 효과를 얼마나 현실성 있게 잘 반영하는지에 달려있다.

이에 유연근무제도(근무시간유연제, 재택근무제)의 시나리오를 적용한 모델링 결과로 추정된 스케줄(유연근무제가 적용되기 이전의) 일상스케줄과 비교함으로써 활동-통행 특성과 총 차량통행거리(VKT)의 맥락에서 분석하였다.

1. 활동-통행 특성

먼저, Table 2는 근무시간유연제(FLX)와 재택근무제(TEL) 시나리오에 기초해 추정된 스케줄의 일평균 통행특성을 일상스케줄(BAU)과 비교한 결과이다. FLX의 경우 BAU의 총 통행빈도, 통행거리와 비교해 거의 차이가 없어 통행요소에 대한 근무시간유연제의 영향이 미약한 것으로 보인다. 반면, TEL은 일상스케줄 대비 통행빈도와 통행거리가 각각 5.3%와 7.4% 감소하여 통근통행의 감소로 인한 재택근무제의 효과가 직접적으로 나타났다. 요약하자면, 일상 시나리오와의 비교를 통해서 근무시간유연제로 인한 영향은 미미한 반면에, 재택근무제는 통근통행의 감소로 인해 전역적 통행특성에서 분명한 차이를 보이고 있다.

Table 2. Changes in daily activity-travel behavior by scenarios

	BAU	FLX	TEL
Travel number	2.15	2.11 (-1.7%)	2.04 (-5.3%)
Travel distance (km)	24.7	24.7 (0.1%)	22.9 (-7.5%)

Table 3은 각 시나리오별 활동유형의 분포(%)를 나타낸 것으로, 재택근무 시 업무활동의 비중이 감소한 것(BAU 대비 -2.4%)을 제외하고 일상시나리오와 비교해 대체로 차이가 없다. 구체적으로 살펴보면, FLX는 기타 업무활동(외근)을 제외한 비업무활동 중 쇼핑, 교육서비스, 여가 활동의 비중이 감소하고, 실내 활동을 포함한 기타 업무활동(외근, 개인 용무)이 증가했지만 미세한 차이로 근무시간유연제로 인한 효과로 보기는 어렵다. TEL 적용 시 업무활동의 축소와 함께 실내 활동을 포함한 기타 업무활동(외근, 개인 용무)의 비중이 뚜렷하게 증가한다. 이러한 현상은 재택근무 시 통근시간의 절약으로 외근 활동이 증가하고, 동시에 근무환경의 유연성으로 인해 거주지주변에서 더 많은 개인 업무를 수행하는 것으로 보인다. 따라서 앞서 전역적 결과와 마찬가지로 활동선택에 대한 근무시간유연제의 영향은 거의 없으며, 반면 재택근무제로 인한 효과는 업무활동의 감소와 기타 업무활동의 확대로 나타난다.

Table 3. Distribution of activity type by scenarios

	BAU	FLX	TEL
Home	63.8	64.2 (▲)	64.3 (▲)
Work	28.5	28.8 (▲)	26.1 (▼)
Business	3.4	3.0 (▼)	3.9 (▲)
Bring/get	0.3	0.3 (-)	0.4 (▲)
Shopping	1.0	0.8 (▼)	1.2 (▲)
Service	0.3	0.2 (▼)	0.3 (-)
Leisure	1.3	1.1 (▼)	1.6 (▲)
Personal	1.5	1.6 (▲)	2.2 (▲)

* “▲” (or “▼”) symbolizes that the variation is 0.5 or higher, “△” (or “▽”) is lower than 0.5, and “-” no change.

Figure 2는 유연근무제 시행에 따른 교통수단 간 변화를 살펴보기 위한 각 시나리오별 수단분담율(mode split)을 나타낸 것이다. BAU와 비교해, FLX는 대중교통수단(public mode)의 이용자 일부가(도보 및 자전거 등) 비동력 교통수단(slow mode)과 (동승자를 포함한) 자가용 수단(private mode)으로 전환된 것을 확인할 수 있다. 재택근무제 시행 시 일반적으로 중·장거리 통행을 위한 동력 수단(대중교통 & 개인교통)의 이용률이 감소하고 비교적 단거리 통행 위주의 비동력 수단의 이용률이 증가한다. 순차적 의사결정과정을 채택한 FEATHERS는 통행 목적지를 수단보다 우선 선정하므로, 비동력 통행수단의 이용 증대는 (Table 1에서 보았던) 재택근무로 인한 통행거리 감소에 기

인하는 것으로 추정할 수 있다. 더불어 친환경, 에너지 절약, 교통인프라의 지속가능성 측면에서 재택근무제는 비동력 수단의 이용을 증대시켜 긍정적 효과를 기대할 수 있을 것이다.

Figure 3은 시나리오별로 각 시간대에 발생하는 통행 빈도를 그래프로 나타낸 것이다. 평상시 오전 첨두시간대(7-8시)와 오후 첨두시간대(6-7시)에 집중되었던 출·퇴근 통행량이 근무시간유연제 적용 시 넓게 분산되어 첨두시간대의 통행집중 현상을 완화시키는 결과를 가져온다. 재택근무는 첨두시간대의 (통근)통행량을 포함한 시간대별 전반적인 교통량 감소 효과를 보인다.

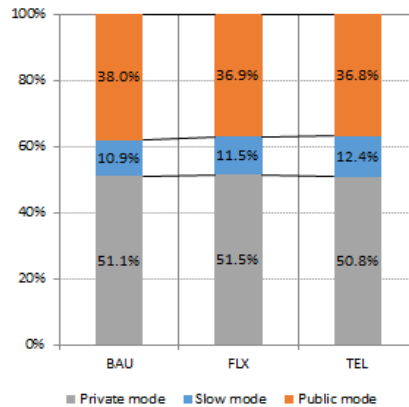


Figure 2. Modal split by scenarios

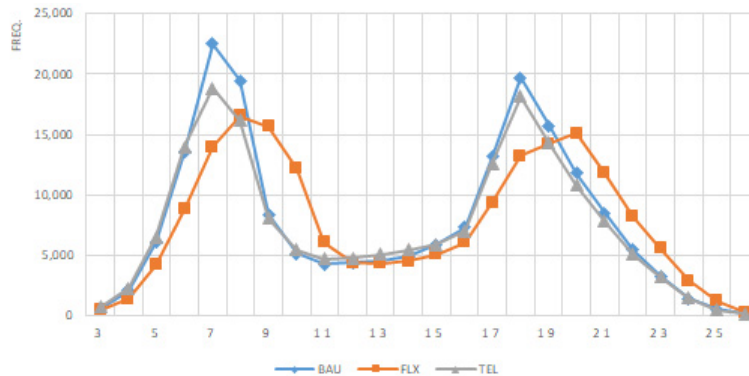


Figure 3. Distribution of travel departure time by scenarios

Figure 4는 각 활동유형별로 각 시간대에 발생하는 빈도를 나타낸 것이다. 먼저 쇼핑(Figure 4(a))의 경우 시간대별 분포에 있어서 큰 차이가 없으며, TEL, BAU, FLX 순으로 절대 빈도가 나타난다. 이러한 결과는 앞서 활동유형 분포에서도 보았듯이, 재택근무제로 인한 비업무활동의 증가 양상에 기인한 것으로 보인다. 다음, 교육서비스(Figure 4(b)) 활동은 재택근무 시나리오에서 오전 출근시간대에 집중 발생한다. 여가 활동(Figure 4(c))은 앞서 쇼핑 활동과 유사한 경향을 나타낸다. 마지막으로 개인업무(Figure 4(d); 관공서, 은행, 우체국 방문 등)의 시간대별 빈도를 살펴보면, 재택근무제에 의한 전 시간대에 걸친 증가 경향이 뚜렷하게 나타나며, 특히 9-18시의 업무시간에 상대적으로 빈번하게 발생하는 것을 알 수 있다. 재택근무자의 활동권역이 거주지를 중심으로 전환되면서 업무시간대에 개인 업무가 많이 발생하는 것으로 추측된다.

유연근무제에 의한 사회적 영향이 대상 인구(직장인)의 특성에 따라 다른 양상으로 나타낼 수 있으며, 관련 문헌에서도 재택근무자의 가구특성, 고용형태(전일제, 시간제) 및 직업에 따라 통행행태의 차별적 특성이 나타날 수 있음을 실증 연구를 통해 주장하였다(Kim and Ahn, 2010). 따라서 Table 4는 유연근무제 시행에 따른 사회적 영향을

인구집단별(성별, 연령대)로 구분하여 통행빈도와 통행거리를 일상 시나리오와 비교하여 분석한 결과이다. 근무시간유연제를 적용한 시나리오의 결과를 살펴보면, 전반적인 감소 추세에도 노년층(elderly)의 통행빈도와 중·장년층(middle-ages)의 통행거리의 경향이 뚜렷하게 나타났다. 이러한 추세는 재택근무제에서도 유사하게 나타나는데, 여타 집단에 비해 중·장년층과 노년층의 통행 감소 효과가 가장 확연하다⁵⁾. 전반적으로 새로운 근무제도의 시행으로 인한 노동환경의 변화는 중·장년층과 노년층을 중심으로 통행 행태가 축소되는 결과를 가져오는 것으로 보인다. 따라서 유연근무제에 따른 효과는 인구특성에 따라 그 강도가 다를 수 있음을 확인할 수 있다.

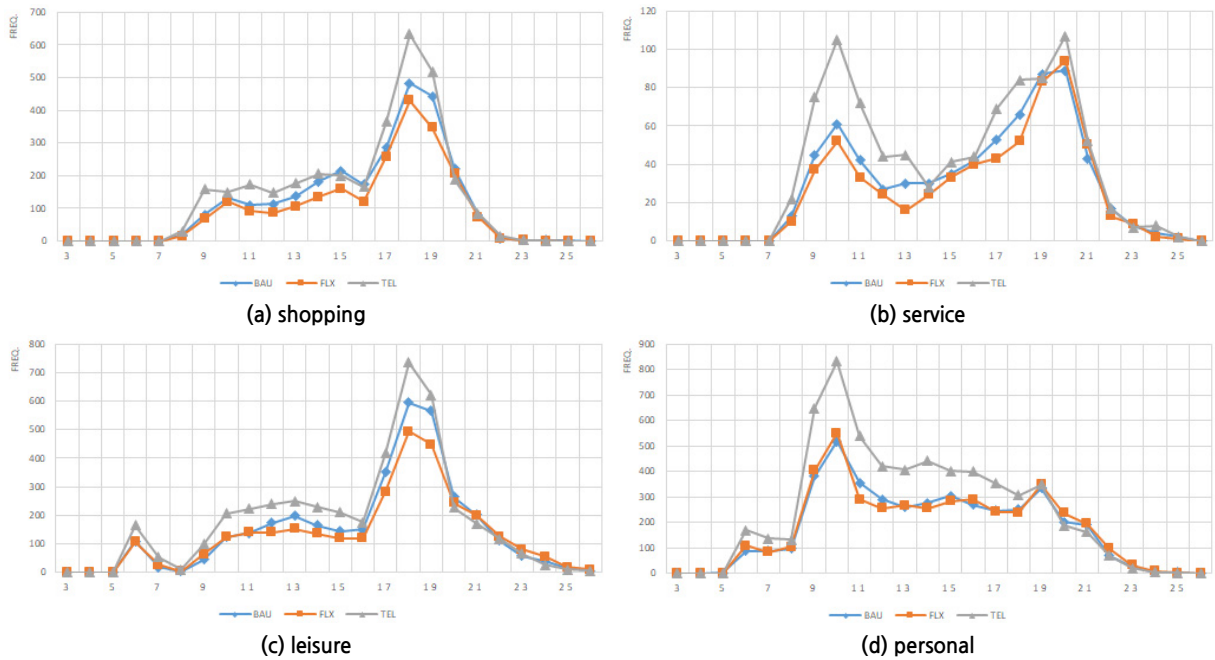


Figure 4. Distribution of activity start time by scenarios

Table 4. Changes in travel behavior by population segments

	BAU	FLX		TEL	
Travel number	2.15	2.11	(-1.9%)	2.04	(- 5.1%)
Male	2.16	2.12	(-1.9%)	2.06	(- 4.6%)
Female	2.13	2.09	(-1.9%)	2.00	(- 6.1%)
Young (20-34 yr.)	2.17	2.14	(-1.4%)	2.07	(- 4.6%)
Middle-aged (35-64 yr.)	2.09	2.05	(-1.9%)	1.94	(- 7.2%)
Elderly (65+ yr.)	2.02	1.94	(-4.0%)	1.80	(-10.9%)
Travel distance (km)	24.7	24.7	(0.0%)	22.9	(- 7.3%)
Male	25.9	25.9	(0.0%)	24.2	(- 6.6%)
Female	22.2	22.2	(0.0%)	20.2	(- 9.0%)
Young	25.2	25.3	(0.4%)	23.7	(- 6.0%)
Middle-aged	23.3	22.9	(-1.7%)	20.6	(-11.6%)
Elderly	21.7	21.5	(-0.9%)	18.2	(-16.1%)

이상 유연근무제에 의한 활동-통행 차원에서의 영향에 대한 분석을 종합해보면, 근무시간유연제로 인한 영향은 통행발생 시간대의 변화를 제외하고 전반적으로 미미한 것으로 나타났다. 반면에 재택근무제 적용 시 활동유형과

5) 예상과 달리, 성별에 따른 차이가 적게 나타나는 것은 실험 대상이 직장인에 한정되어 있으며, 업무 이외 시간에 대한 남녀의 역할분담을 모형이 제대로 반영하지 못하는 한계점에 의한 것으로 추정된다. 따라서 이에 대한 향후 모형의 보완이 필요하다.

통행수단에서 비교적 뚜렷한 변화를 보였다. 마지막으로, 유연근무제의 이러한 영향의 정도는 직장인의 인구특성(특히, 연령대)에 따라 다른 양상을 보이므로 정책·제도의 평가 시 이러한 차별적 특성에 유의해야 한다.

2. VKT

주어진 시간 동안 도로 상에서 교통수단에 의해 이동된 총 통행거리(km)로 정의되는 VKT (vehicle kilometers traveled)는, 새로운 정책·제도로 인한 사회 변화를 객관적으로 평가할 수 있는 지표로서 에너지 절약, 환경개선, 교통안전 등 여러 분야에서 활용되고 있다. 본 연구에서는 근무유연제로 인한 VKT의 전역적 변화와 더불어, 가구 및 개인의 사회·경제적 특성(성별, 연령, 가구수입, 차량소유대수, 자녀연령, 가구구성)으로 구분된 인구집단별로 세부적인 영향을 평가한다. 이 연구에서는 하루 중 개인통행수단(자가용 통행)에 의한 누적 총통행거리로써 VKT를 도출하였다.

Figure 5는 근무유연제 시나리오에 따른 VKT의 전역적 변화를 나타낸 것으로, 일상시나리오 대비 근무시간유연제와 재택근무제 적용 시 각각 0.7%, 9% 감소했다. 따라서 근무시간유연제로 인한 VKT의 변화는 미미한 반면에 재택근무제로 인한 영향은 뚜렷한 것으로 해석된다. 이러한 결과는 앞서 살펴보았던 활동-통행 특성의 변화 양상과 마찬가지로, 재택근무자의 활동영역이 거주지 주변에 집중되면서 비동력 통행수단을 이용한 단거리 통행의 비중이 증가함에 따른 결과로 해석된다.

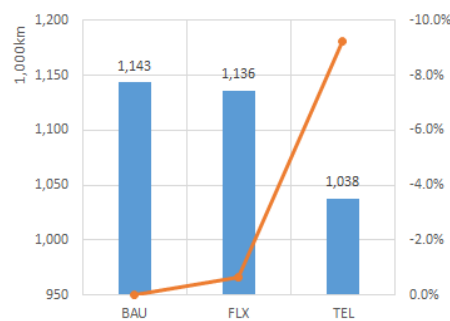


Figure 5. Trend of VKT by scenarios

Table 5는 앞서 VKT의 전역적 분석을 가구 및 개인의 사회경제적 특성으로 구분해서 보다 구체적으로 살펴본 결과이다. 먼저, 근무시간유연제로 인한 VKT의 변화에 있어서 가장 눈에 띄는 현상은 VKT의 전역적 감소에도 불구하고 일부 계층에서 증가 양상을 보인다는 것이다. 구체적으로 살펴보면, 여성, 20-34세 연령층, 고소득자(월수입 500만원 이상), 자가용 2대 이상 보유한 가구, 맞벌이 부부의 인구집단에서 자가용을 이용한 총 통행거리가 증가했다. 이들 인구집단은 다른 그룹에 비해 시간 여유가 많고, 경제수준이 높으며, 자가용 수단을 이용하기 쉽다는 특성을 가진다. 따라서 근무시간의 조정으로 자가용으로의 수단 전환이나 개인 수단을 이용한 통행거리가 더 멀어진 결과로 해석된다.

재택근무제로 인한 VKT의 변화를 살펴보면, 모든 계층에서 전반적으로 감소 경향을 보이고 있다. 세부적으로, 남성이 여성보다 개인수단을 이용한 통행거리가 더 많이 감소함으로 재택근무의 효과가 더 강하게 나타났다. 연령대별로는 65세 이상의 노년층의 감소세가 뚜렷한데, 이는 다른 연령층에 비해 비업무활동의 비중이 작은 노년층에서 출퇴근 통행의 감소로 인한 효과가 더 뚜렷하게 나타난 것으로 생각된다. 취학자녀(17세 이상의 고등학생)를 둔 가정이 자녀가 없거나 미취학아동을 둔 가정 보다 감소세가 적게 나타났는데, 이는 재택근무자 중 취학자녀를 위한 등·하교통행의 참여율이 증가함으로써 상쇄된 결과로 추정된다(8세 이하의 미취학아동은 주로 스쿨버스를 이용한다). 또한, 미혼의 직장인(single worker), 외벌이 부부(one-worker couple), 맞벌이 부부(two-worker couple) 순으로 감소세가 크게 나타나는데, 이는 재택근무로 인한 통행 측면에의 영향이 가구 내 고정 활동(업무, 마중 등 상대적 중요 활동들)의 비중을 따라 다르게 나타나는 것으로 추정된다. 요약하자면, 재택근무로 인한 통근통행의 감소 효과는 가구 및 개인의 사회·경제적 특성에 따라 다른 결과를 가져온다.

Table 5. Changes in VKT by scenaios and population segments

		BAU	FLX	TEL
All		1,143,306	99.3%	90.8%
Gender	Male	948,159	98.1%	90.2%
	Female	195,147	105.2%	93.5%
Age	20–34 yr.	147,196	102.2%	88.6%
	35–54 yr.	787,364	99.4%	92.4%
	55–64 yr.	154,957	97.3%	88.2%
	65–74 yr.	48,198	96.1%	80.5%
	75+ yr.	5,589	93.1%	79.5%
Household income	Below 200	245,949	98.0%	88.1%
	200–300	350,989	99.0%	89.8%
	300–500	369,544	99.8%	92.0%
	above 500	172,094	101.2%	93.9%
Vehicle number	No vehicle	50,220	97.2%	90.3%
	One vehicle	740,352	97.6%	89.7%
	More than two vehicles	352,733	103.2%	93.1%
Child's age	No child	378,314	100.1%	89.4%
	Younger than 8 yr.	193,156	97.5%	89.2%
	Older than 17 yr.	571,836	99.4%	92.1%
Household composition	Single worker	147,232	98.2%	87.4%
	One-worker couple	545,416	96.7%	89.2%
	Two-worker couple	450,657	103.0%	93.7%

요약 및 향후 연구

본 연구는 국제협력 프로젝트를 통해 개발된 한국형 ABM (Feathers Seoul)의 정책 활용에 대한 가능성을 평가할 목적으로 수행되었다. 교통의 관점에서 유연근무제도(근무시간유연제 & 재택근무제)의 적용이 개인(직장인)의 일상 활동에 어떤 영향을 미치는지 활동기반접근법을 이용한 시나리오 분석을 통해 평가하였다.

먼저, 근무시간유연제를 적용한 시나리오 분석 결과는 활동-통행 특성에 있어서 뚜렷한 변화는 없으며, 다만 첨두시간대 통근통행량의 분산시켜 교통 혼잡을 완화하는데 효과가 있다. VKT의 변화는 인구집단별로 다른 양상을 보였다. 재택근무제에 따른 영향은 통근통행의 축소로 통행빈도와 거리가 감소하며, 재택근무자의 활동영역이 주거지를 중심으로 전환되면서 비동력 수단을 이용한 단거리 통행이 증가하였다. 따라서 자가용을 이용한 총통행거리(VKT)가 감소되는 결과를 가져오며, 다만 수단 전환(타 수단 ⇔ 자가용), (자가용을 이용한) 비업무통행의 증가 등으로 인해 인구집단별 VKT의 감소폭은 서로 다르게 나타났다.

본 연구 결과를 통한 시사점은 다음과 같다. 첫째, 업무의 효율성을 높이기 위한 유연근무제가 직장인의 가구 및 개인의 특성에 따라 일상생활에 서로 다른 결과를 가져올 수 있으므로 사전에 인구집단별로 정밀한 영향평가가 필요하다. 둘째, ABM을 이용한 정책 평가에서 전반적으로 현실성 있는 결과를 도출하여 긍정적 활용가능성을 보여주었다. 셋째, 일반적으로 기존 모형에서 불가능했던 시계열 분석, 인구집단별 분석을 통해 정책 평가에 있어서 보다 정밀한 분석의 가능성을 보여주었다. 마지막으로, 추가적인 자료 보완과 함께 문헌연구와 전문가 의견 수렴을 통한 시나리오의 완성도를 높여 향후 연구 결과의 정확도와 신뢰도를 높이는 후속 작업이 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea government (MSIP) (NRF-2010-0029444).

알림: 본 논문은 대한교통학회 제73회 학술발표회(2015.10.16)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

REFERENCES

- Arentze T., Timmermans H. (2000), *Albatross: A Learning Based Transportation Oriented Simulation System*, Eindhoven: Eirass, 6-70.
- Bellemans T., Kochan B., Janssens D., Wets G., Arentze T., Timmermans H. (2010), Implementation Framework and Development Trajectory of FEATHERS Activity-Based Simulation Platform, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2175, 111-119.
- Chapin F. S. (1974), *Human Activity Patterns in the City: Things People Do in Time and Space*, Wiley-Interscience.
- Cho S. J., Hwang J. H., Bellemans T., Kochan B., Lee W. D., Choi K. C., Joh C. H. (2014), A Study on Data Preprocessing for the Activity-Travel Simulator: A Case of FEATHERS Seoul, *J. Korean Soc. Transp.*, 32(5), Korean Society of Transportation, 531-543.
- Eom J. K., Lee K. S., Yoo S. Y., Min J. H. (2016), Introducing ABATA(Activity_BAsed Traveler Analyzer)System based on Bigdata, *Proceedings of Korean Society of Civil Engineers*, 34-35.
- Hägerstrand T. (1970), What About People in Regional Science?, *Regional Science*, 24(1), 7-24.
- Hecht T. D., Allen N. J. (2009), A Longitudinal Examination of the Work-nonwork Boundary Strength Construct, *Journal of Organizational Behavior*, 30(7), 839-862.
- Janelle D. G. (2004), Impact of Information Technologies, eds. S. Hanson and G. Giuliano, *The Geography of Urban Transportation*, 3rd Ed. New York: The Guilford Press, 86-112.
- Jones P. M., Dix M. C., Clarke M. I., Heggie I. G. (1983), *Understanding Travel Behaviour* (No.Monograph).
- Jung J. W. (2017), Introduction of Flexible Working Arrangements in Korea, *Monthly Labor Review*, Korea Labor Institute, 87-92.
- Kim J. Y., You Y. S., Lee S. J., Heo H. J., Sung J. G. (2012), Application of Multi-Agent Transport Simulation for Urban Road Network Operation in Incident Case, *International Journal of Highway Engineering*, 14(4), Korea Society of Road Engineers, 163-173.
- Kim S. N., Ahn K. H. (2010), Estimating the Travel-related Impacts of Home-based Telecommuting: Focused on the Vehicle Kilometers Traveled(VKT) in Seoul Metropolitan Area, *Journal of Korea Planning Association*, 45(7), Korea Planning Association, 147-164.
- Kim S. N., Ahn K. H. (2011), Home-based Telecommuting and Cities: A Synthetic Literature Review and a Framework for Future Research, *The Korea Spatial Planning Review*, 70, Korea Research Institute for Human Settlements, 111-138.
- Kim T. J., Lee S. J., Kim J. Y. (2011), A Study of Activity based Traffic Model by Using MATSim, *Proceedings of Korea Transportation Association*, 117-122.
- Lee B. J., Yoon S. Y., Lee C. Y. (2014), Development and Application of Activity-based Simulation Models for Promotion of Transportation Policy Effectiveness, Korea Research Institute for Human Settlements.
- Lee W. D., Cho S. J., Bellemans T., Choi K. C., Joh C. H. (2013), An Analysis of Travel Demand Using an Activity-Based Model System, FEATHERS, *Proceedings of Korea Transportation Association*, 363-365.
- Mokhtarian P. L. (1991), Telecommuting and Travel: State of the Practice, State of the Art, *Transportation*, 18(4), 319-342.
- Pendyala R. M., Goulias K. G., Kitamura R. (1991), Impact of Telecommuting on Spatial and Temporal Patterns of Household Travel, *Transportation*, 18(4), 383-409.
- Sikder S., Pinjari A. R., Srinivasan S., Nowrouzian R. (2013), Spatial Transferability of Travel Forecasting Models: A Review and Synthesis, *International Journal of Advances in Engineering Sciences and Applied Mathematics*, 5(2-3), 104-128.
- Yu Y. S., Kim J. Y., Lee S. J. (2012), An Analysis of Travel Behavior Change in Contingency Using Multi Agent Simulation, *Proceedings of Korea Intelligent Systems*, 31-38.