

통합 토지이용 교통모형을 이용한 교통정책평가에 관한 연구 I: 기존사례연구를 중심으로

Study on Transport Policy Assessment Using the Integrated Land Use Transport Model

이 승 재* 손 지 언**
(Seung-Jae Lee) (Jhi-Eon Sohn)

요 약

도로교통 장려정책은 1970년대부터 산업성장에 기반이 되어 국가전반에 순기능을 발휘하였으나, 점차 수도권에 집중된 토지개발정책과 맞물려 역기능이 나타나기 시작했다. 승용차보유대수가 폭발적으로 증가하였던 시기는 정부의 적극적인 도시개발이 진행되어온 시기와 맞물린다고 볼 수 있다. 교통은 통행목적 및 활동에 기반하는 파생적 수요이기 때문에 교통수요를 정확히 추정하고, 이를 통해 정책평가를 도출하기 위해서는 토지이용에 대한 특성파악이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 기존에 연구된 교통과 토지이용에 관한 통합모형을 고찰하여, 교통수요추정의 정확성 확보를 위한 정책평가 기반을 마련하는데 연구의 목적이 있다. 따라서 교통-토지이용모델의 이론적 배경이 되고 있는 Predictive model과 Optimizing model에 대해서 고찰하고, 해외사례를 통하여 사용된 모델에 대한 평가 및 장단점에 대해 살펴보았다. 본 연구는 이미 시행되고 있거나, 계획되고 있는 다양한 도시정책을 평가하기 위한 준거를 제시하기 위한 사전단계임으로 이를 기반으로 향후에 서울 및 수도권을 대상으로 하는 통합토지이용모델을 개발할 수 있을 것이다. 또한 기술의 발달로 인한 U-Society환경이 교통패턴에 미치는 영향, 즉 이동 중에 다양한 활동을 할 수 있는 U-Transportation 현상이 통행패턴에 미치는 영향을 파악함으로써 ITS 사업 추진에 중요한 기반으로 활용될 수 있을 것이다.

Abstract

The policy which encourages people to use cars on the road has been based on the growth of economy in Korea. It has also caused the concentration and overcrowding in Seoul. That's because the increasing number of people possessing cars interconnects with the urban development. The transportation is a derived demand; so many scholars have recognized the importance of understanding the relationship between urban land use and transport. Considering such importance, this study theoretically compared the developed urban land use-transportation models each other and outlined the particular models briefly. Models were categorized by 2 types; optimizing model and predictive mode. Predictive model is also defined by static model, entropy based model, spatial-economic model, and activity model. After studying models, we investigated other major cities in America. This process is the pre-step for transport policy assessment. Through careful literature review, we can finally develop the integrated land-use transportation model in Seoul metropolitan area. In addition, we will be able to deal the changes of traffic demand pattern under U-Society. Consequently, the results of this study can be applied to ITS projects in the future.

Key words: 예측모델, 최적화모델, 토지이용-교통모형, Predictive model, optimizing model, land use-transport model, ITLUP

† 이 논문은 2008년도 서울시립대학교 교내학술연구비에 의하여 연구되었음.

* 주저자 및 교신저자 : 서울시립대학교 교통공학과 교수

** 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정

† 논문접수일 : 2010년 1월 14일

† 논문심사일 : 2010년 2월 1일

† 게재확정일 : 2010년 2월 19일

I. 서론

서울의 통행특성은 변화하고 있다. 지난 30여 년간, 수도권은 서울을 중심으로 팽창을 거듭했다. 이와 더불어 전국의 승용차보유대수도 급증하였다.

그러나 증가하던 서울의 자동차보유비율은 90년대 중후반부터 감소하였으며, 2007년 현재는 자동차대수의 19.4%가 서울시에 등록된 것으로 조사되었다. 이 수치는 70년대부터 90년대까지 서울시 자동차보유비율이 50%를 상회하였던 것에 비하면 매우 낮은 수치임으로 각종교통정책들이 효과적으로 운영되었다고 판단할 수 있다.

그러나 이러한 변화는 수도권의 개발정책과 연장선상에서 이해할 필요가 있다. 1980년대와 1990년대의 개발정책으로 인해 서울은 기능적인 분산이 아닌, 외연적으로 확장되었기 때문이다. 따라서 서울의 자동차보유율이 약20%에 지나지 않는다 해도, 수도권지역이 서울시에 의존도가 큰 점을 고려하면 서울시의 자동차보유대수 감소는 사실상 크지 않다고 볼 수 있다.

실제로 2007년 현재 서울, 인천, 경기도를 포함한 수도권 전체의 자동차보유비율이 50%에 달하고 있어, 오히려 수도권 개발로 인해 서울시의 혼잡을 저감하려던 계획은 직장과 주거지를 원격화 시켰고, 통행거리가 증가되는 또 다른 문제점을 발생시켰다. 즉, 이미 과포화상태에 있었던 서울시에 장거리 광역교통수요가 추가되는 문제를 야기시켰다.

2000년대에는 이러한 문제점을 개선하고자, 서울시는 새로운 교통정책을 수립하기 시작했다. 2000년대 중반부터 실시되어온 서울시의 중앙버스전용차로제와 통합거리요금제는 ‘저탄소 녹색성장’의 시발점이자, 기반이 되는 대표적인 정책으로 언급할 수 있다.

그러나 장기적인 관점에서 교통문제를 해결하고, 에너지의 효율적인 이용을 위해서는 궁극적으로 이에 적합한 토지개발원칙을 수립해야한다. 특히 구도심지에 대해 최근 진행되고 있는 재생사업시에 교통과의 복합적인 고려가 가능하도록 기준을 제시하는데 목표를 두어야 한다.

최근, 이러한 관점에서 국내도시환경에 적합한 교통과 토지이용에 관한 통합모형을 구현하기 위해 많은 연구가 시도되고 있다. 이는 시행 또는 계획되고 있는 도시정책을 평가하기 위한 준거를 제시하는데 최종 목표를 두고 있다. 그러나 중요성에 비해 지금까지 한국 실정에 맞는 모델이 개발되었던 것은 아니다.

따라서 본 연구에서는 이를 위한 사전단계로서 기존의 연구에 대한 종합적인 고찰을 통해 교통계획과 토지이용계획의 실증적인 연계체계를 모색하고, 교통수요추정의 정확성 확보를 위한 정책평가 기반을 마련하는데 연구의 목적이 있다.

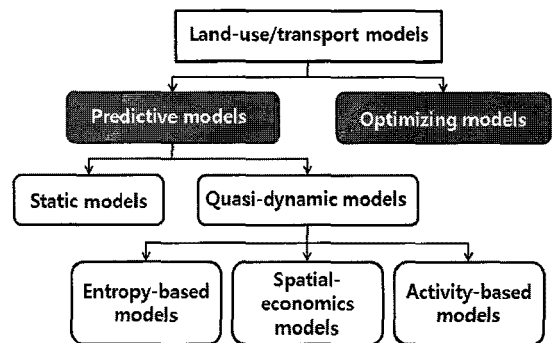
II. 토지이용-교통모형의 고찰

본장에서는 토지이용-교통모형의 이론적 배경을 통하여 개발된 통합모형을 분류하고, 비교하고자 한다.

1. 개요

토지이용-교통모형은 <그림 1>과같이 예측모델(predictive model)과 최적화모델(optimizing model)로 분류할 수 있다 [1-4].

최적화모델이란 예측모델과 다르게 통행자의 통행 및 거주행태에 대한 분석이 아닌, 도시시스템을 최적화하는데 목적을 두는 기법이다.



<그림 1> 토지이용-교통모형의 구분

<Fig. 1> Classification of Land-use/Transport Models

이에 반해, 예측모델은 사용자의 input에 의해 반응하는 특성을 가지고 있으며, 행태예측모델이라고 할 수 있다. 이는 static model과 quasi-dynamic model로 분류될 수 있는데, static model은 대표적으로 Lowry model이 있다. 경제학자인 Lowry(1964)는 지역내 기반산업과 고용자수, 그리고 인구의 관계를 고려한 거주자의 분포패턴을 연구하는데 기반을 마련하였다 [5]. 그는 기반산업이 지역사회에 연쇄효과(linkage effect)를 가져오게 되며, 결국은 인구의 균형상태에 도달하게 되는 과정을 모델링하였다. Putman은 Lowry에 영향을 받았던 대표적인 학자이며, 이 외에도 많은 학자들의 연구가 현재까지 진행되고 있다.

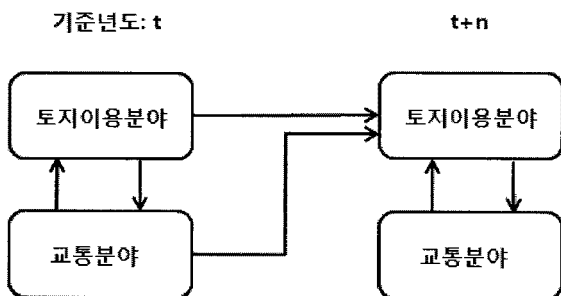
quasi-dynamic model은 단일 시간이 아닌 시간의 흐름을 연구에 고려하는 기법이다. 교통의 변화가 토지이용에 영향을 미치기 위해서는 상당기간이 소요되기 때문에 Lowry로 대표되는 static model에 대한 한계점을 보완할 수 있다는 장점이 있다.

quasi-dynamic model은 주요 특징에 따라 entropy-based model, spatial-economics model, Activity-based model로 분류된다.

토지이용-교통모델은 위에서 언급한 총5가지의 범주로 분류될 수 있으며, 현재까지는 최적화모델보다 예측모델에 더욱 활발한 연구가 진행되고 있다.

2. Optimizing Models

대표적인 optimizing model로는 SALOC, TOPAZ,



<그림 2> Dynamic model 개요
<Fig. 2> Concept of Dynamic Model

TOPMET가 있다. 이 모델들은 도시최적화를 목적으로 다양한 시도를 했으나, 그 결과에 대한 신뢰성을 확보하지 못했다는 한계가 있다.

SALOC은 처음 스톡홀름에서 개발되었으며, 활동(activities)의 위치가 주어진 상태에서 주거입지를 최적화 시키는데 목적을 둔다. 이용되는 변수는 평균 통행시간을 이용하게 되는데, 이는 업무지역과 상업지구의 평균거리에 관한 함수로 설명이 된다.

TOPAZ(TOPMET)는 호주의 멜버른지역에 적용, SALOC에 비해 좀 더 다양한 변수들을 고려하였다. 예를 들어서 통행량, 네트워크, 정체, 에너지사용, 탄소배출, 공기오염, 접근성, 비용과 편익 등을 고려한 모델이기 때문에 토지이용상의 변화를 시나리오로 처리할 수 있다는 장점이 있다.

단, TOPAZ는 SUSTAIN model과 연계되어 분석해야 하는데, SUSTAIN은 토지이용과 교통개발, 그리고 정책시나리오를 평가하는 모델로 주거지, 직장의 위치, 정체, 토지가격 사이에 상관관계를 구현할 수 있다.

3. Static Models

predictive model은 특정시점에 관한 모델(point in time model)인 static model과 시간을 고려할 수 있는 모델(time period model)인 dynamic model로 나눌 수 있다. dynamic process model의 연구는 최근 static model에 비하여 더욱 활발히 진행되고 있다. 이는 교통시스템이 여러 요인의 영향을 받고 있으며, 상당 시간동안 안정적인 상태를 유지하지 않는다는 특성을 모델에 최대한 반영하기 때문이다 [6].

그러나 static model은 이러한 한계에도 불구하고 현재까지 활발히 사용되고 있으며, 그 이유는 다음과 같다.

첫째, static model을 이용하여 기존교통모델에 토지이용과급측면을 부가적으로 고려할 수 있다. 이는 dynamic model을 이용시 요구되는 복잡한 작업을 단축시키는 장점이 있다.

둘째, static model은 평형상태(equilibrium state)를 구현하는 모델이기 때문에 교통부문을 효과적으로

나타낼 수 있다.

위와 같은 장점으로 인해 토지이용-교통모델에서 static model이 지금까지 연구되고 있으며, 대표적으로는 IMREL, MUSSA, DSCMOD, TRACKS, TRANSTEP이 있다.

1) IMREL

IMREL은 스웨덴에 Anderstig과 Mattsson에 의해 개발된 모델이다. 일반적으로는 EMME2를 이용하여 교통수요를 예측하며, 2001년에는 SAMPLER를 이용하여 교통수요를 분석한바 있다 [7].

IMREL은 연구지역내에 접근성의 변화에 따른 고용의 재입지, 주거의 재입지를 판단한다. 특히, 교통 투자에 대한 파급효과를 통해 입지를 분석하기 때문에 거주자의 효용이 최대화되는 지점을 선정한다.

2) MUSSA

MUSSA는 칠레의 Martínez에 의해 개발되었으며, 토지이용모델인 MUSSA와 장래년도의 교통예측이 가능한 ESTRASUS를 결합하여 통합토지이용교통모델을 구현하고 있다.

MUSSA의 개발자인 Martínez는 최근 Cube의 토지이용모델(Cube Land)개발을 통하여 연구의 범위를 dynamic model로 확장시키고 있다.

IMREL과 MUSSA는 기존에 개발된 EMME/2와 같은 교통모델을 별개로 이용하며, 이를 통하여 산출된 접근성과 관련하여 토지이용의 패턴(equilibrium pattern)을 예측한다는 공통점이 있다.

장점으로는 4단계 교통모형과 유사한 형태를 가지고 있음으로 교통측면에서의 파급효과를 단계적으로 파악할 수 있으며, 다른 모델에서는 다루지 않았던 지불의사에 따른 회사의 입지패턴을 분석할 수 있다.

한편, MUSSA는 market processes를 고려하지 않는다는 특성이 있다. 이는 거주자의 입지선택요인과 토지소유자의 입지선택요인이 서로 다름에도 불구하고 market processes에서는 통합적으로 고려되고 있기 때문이다.

3) DSCMOD

DSCMOD은 1990년, 영국에서 개발되었다. 이는 기존에 IMREL, MUSSA model이 교통과 토지이용을 각각 분리·연구했던 점을 지적하고, 교통분야의 토지이용 파급효과를 실질적으로 연계분석하고자 하였다.

DSCMOD는 IMREL이나 MUSSA와 같이 접근성변화에 따른 입지변화를 예측하는데 최종적인 목적이 있지만, two-input approach분석이 가능하다. 즉 교통모델이 기준시나리오와 대안시나리오를 분석하고, 이 결과를 다시 DSCMOD에 input으로 고려하여 이들간의 접근성변화가 토지이용에 미치는 영향을 계산한다는데 차이가 있다.

다시 말하면, 본 모델은 예측된 토지이용이 당해 년도의 교통정책과 평형상태에 있음을 가정하고, 대안이 되는 교통정책으로부터 산출된 접근성을 이용하여, 역으로 토지이용의 변화를 분석하는 것이다.

시나리오에 따른 분석은 토지이용과 교통의 각종 정책적 대안을 모델에 고려함으로 이들이 미치는 영향을 정확히 파악할 수 있다는 것이 장점이다 [8].

4) TRACKS and TRANSTEP

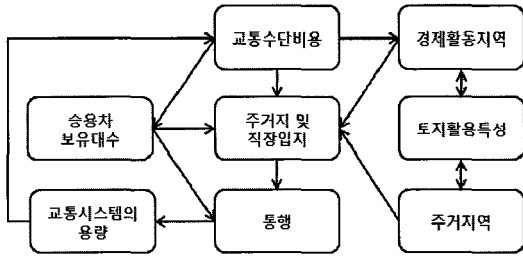
IMREL, MUSSA, DSCMOD model 외에도 호주에서 개발된 TRACKS와 TRANSTEP이 있다. 이들은 교통모델이지만, 토지이용상에 접근성효과를 고려할 수 있는 기능을 가지고 있다.

4. Entropy-based Model

dynamic model 중 entropy based model은 매우 정교하지만, 이론적배경이 충분하지 못한 것이 한계점으로 지적되고 있다. 대표적인 모형과 그 특징은 다음과 같다.

1) LILT

LILT는 Leeds Integrated Transport package로 Mackett(1979,1983)에 의하여 연구되어 왔다. 영국의 Leeds에서 주로 이용되고 있는 모델이며, 이 외에도



<그림 3> LILT 모형의 기본개념
<Fig. 3> Concept of LILT Model

영국 도시지역과 Dortmund, Tokyo에도 적용이 된 바 있다.

본 모형은 교통과 인구, 고용, 직업, 쇼핑, 주거, 토지이용의 공간적 분포관계를 교통과 토지이용의 시장평형(market equilibrium)을 이용하여 나타낸다.

특히 교통부문은 Lowry model에 기반하고 있으며, 통행분포와 수단선택단계를 이용함으로 전통적인 4단계 모형과 연계되어 있다.

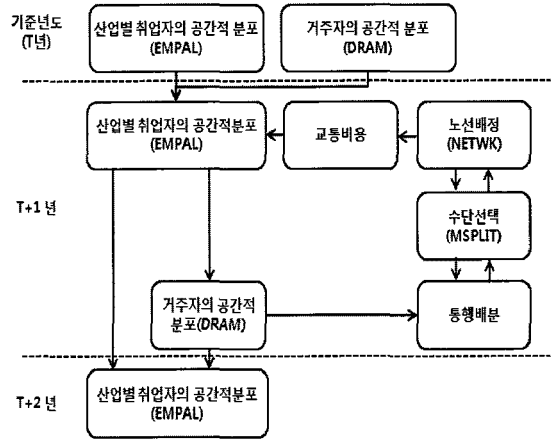
LILT는 영국에서 많이 사용되었으며, 미국에서 개발된 Putman의 모형과 비교가 된다. 이들 모형은 Lowry의 개념을 기반으로 하고 있으나, LILT는 토지 및 자산을 시장으로 고려하지 않고, 이에 대한 가격을 고려하지 않으며, 시간적 개념을 적극적으로 적용하지 않는다. 그러나 LILT는 타모델에 비해 정교하다는 평가를 받는다.

2) ITLUP

Putman(1971)에 의해 연구된 ITLUP(Integrated Transportation and Land-Use Model Package)는 미국 교통부의 요청으로 Lowry 모형을 수정, 시간의 개념을 고려한 dynamic model이다. 이 모형은 미국 토지 이용계획에서 가장 폭넓게 사용되고 있고, 약 16개 주요도시에서 적용되고 있다.

본 모델은 총 4단계를 거치게 되어있으며, 고용입지모형(EMPAL; Employment Location Model), 주거입지모형(DRAM; Residential Location Model), 수단선택모형(MSPLT; Modal Split Model), 노선배정모형(Network Assignment Model)으로 나뉜다.

EMPAL은 Lowry(1964)가 주장한 지역의 기반산업



<그림 4> Putman 모형의 기본개념
<Fig. 4> Concept of ITLUP

과 서비스산업의 고용인자가 인구이동에 미치는 관계를 모형화하는 과정이다. 고용입지모형에서 유인함수는 고용자수 및 총토지면적을 변수로 사용하여, 고용자수가 많고 토지면적이 넓을수록 유인력이 강한 것으로 설명하고 있다. 반대로 통행저항함수는 교통비용함수를 사용하여 접근성을 분석하고 있다.

DRAM도 EMPAL과 유사한 형태를 보이고 있으며, 역시 중력모형 혹은 엔트로피모형 형태로 설명된다. 유인함수는 개발가능한 토지면적 및 주거면적(주거지의 수용능력을 나타내는 변수)과 주거지의 주변 환경에 관한 변수(거주자들의 특성에 따른 구성비율)로 설명하고 있다.

MSPLT는 로짓모형을 이용하고 있다. 이용자의 소득수준을 카테고리 분류하여 교통수단선택행태의 차이를 반영하였으며, 통행비용변수로는 각 교통수단의 특성을 고려하였다.

마지막으로 Putman은 노선배정을 위해 incremental tree-by-tree, user equilibrium assignment를 위한 알고리즘, stochastic assignment 등을 제시하고 있다. 이는 ITLUP의 노선배정모형에 기개발되어 있는 어떠한 모형도 사용가능하며, 따라서 범용적으로 적용될 수 있는 특징이 있다.

Putman의 모형이 이상적인 도시계획모형은 아님에도 불구하고, 적용범위가 넓고, 간편하다는 장점으로 인해 영국의 LILT모형과 비교되고 있다.

5. Spatial-economic Model

dynamic model 중 spatial-economic model은 entropy-based model과는 달리, 보다 이론적인 배경을 기반으로 하기 때문에 토지이용-교통모델에서 많이 사용되고 있다.

1) MEPLAN and TRANUS

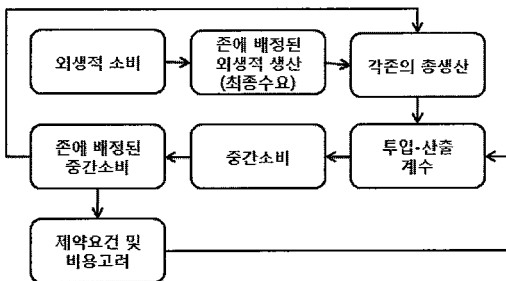
MEPLAN와 TRANUS모델은 Martin Centre(the University of Cambridge)에 의해 개발된 상업용패키지이며, 1980년대부터 영국에서 정책개발과 학문적 연구에 사용되고 있다.

본 모델에는 토지이용모델, multi-modal transport model, quasi-dynamic model의 다양한 개념을 포함하고 있다.

MEPLAN와 TRANUS모델은 서로 동일한 경제 이론에 기반하며, 투입-산출 경제모형, 효용최대화 모형, Alonso의 입찰지대이론을 이용하여 공간적 평형상태(spatial equilibrium)를 분석한다. 이상의 모형들은 시장평형(market equilibrium procedure)을 고려한 이론에 해당한다.

두 모델은 총8가지 도시개발인자를 고려하고 있으며, 네트워크, 토지이용, 직장, 주거, 취업, 인구, 화물집배송, 여행 등을 주로 고려한다.

분석의 범위는 도시지역과 비도시지역으로 분리할 수 있다. 도시지역에서는 주거지역과 업무, 쇼핑, 통학과의 통행에 중점을 두었다. 그러나 비도시지역을 분석할 경우에는 경제환경(인자)을 모델링하여 산업입지와 화물의 이동에 중점을 두는 분석이 가능



<그림 5> MEPLAN and TRANUS 모형의 기본개념
<Fig. 5> Concept of MEPLAN and TRANUS Model

하다.

2) MENTOR

MENTOR는 기존의 교통모델을 연결시킬 수 있는 토지이용모델이며, 현재 영국의 지방정부에서 시범 실행되고 있다.

본 모델은 교통수요와 토지이용이 상호작용하는 과정을 정확히 모델링하는데 필요한 주요 특성을 모두 포함하고 있다.

MENTOR는 MEPLAN과 이론적으로 일맥상통하지만, MEPLAN에 비해 활동의 구분이 세분화되어 있고, 모형내에 정산(calibration)과정이 포함되어 있으며, 사용이 용이한 특성이 있다.

3) METROSIM

METROSIM은 Alex Anas(1982)에 의해 제안되었고, 뉴욕에 적용된바 있다 [9].

본 모델은 미시경제의 관점에서 교통과 토지이용 관계를 파악했던 지금까지의 모델과는 차이가 있다. 다시 말하면, 부동산개발시장과 고용입지를 나타내는 경제모델들보다는 더욱 종합적이다.

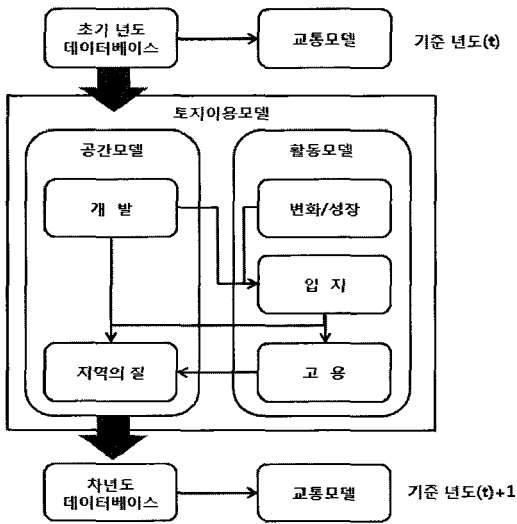
일본에서도 이와 유사한 모델들(OSAKA, CALUTAS)이 개발되고 연구되어 왔으나, 현실적으로 적용되지는 못하고 있다.

6. Activity-based Models

activity model은 가장 최근에 개발된 모형으로, 토지이용에 관한 논리적인 배경을 개발시키는데 중점을 두었다. 따라서 개발모델(development model), 인구모델(demographic model), 그리고 효용이산선택입지모형(random utility discrete choice location model)을 통합적으로 고려하는 특징을 보인다. 대표적인 모델은 다음과 같다.

1) DELTA and URBANSIM

DELTA는 1994년 DSC에 의해 개발되었고, Edinburgh와 Greater Manchester에 적용되었다.



<그림 6> DELTA 모형의 기본개념
<Fig. 6> Concept of DELTA Model

URBANSIM은 Waddell(Urban Analytics Inc.)에 의해서 DELTA와 비슷한 시기에 개발이 되었다. 분석 지역으로는 Eugene/Springfield(Oregon), Salt Lake City에 적용된바 있다.

DELTA에서 가구는 효용최대화공식을 따르며, 시장은 일정기간동안의 가격조절과정을 반영한다. 반면에 URBANSIM에서 가구는 소비자의 잉여를 최대화하고, Martinez(1991)의 평형개념에 기반한 bid-choice를 이용한다.

또한 DELTA는 과거의 교통과 토지이용조건의 변화로 작업하는 incremental형이고, URBANSIM은 cross-sectionally calibrated relationship이라는 차이점이 있다.

일반적으로 DELTA와 같이 변화과정에 중심을 두는 모델은 경제, 지리, 사회적 특성과 같은 도시측면이 분석에 많이 포함된다. 또한 도시광역화 및 과거의 변화과정을 반영할 수 있다. 그러나 이주와 지역경제변화에 대해서는 직접적으로 고려되지 않아, 이를 반영할 수 있는 인자를 추가로 포함시켜야 하는 단점이 있다.

DELTA와 URBANSIM과 같은 activity model은 분석의 기준이 되는 활동을 세분화시켜 통행의 판단기준 및 입지선택문제를 심도있게 파악할 수 있다. 또한 접근성(accessibility)분석을 통하여 교통시스템을

동시에 평가할 수 있다 [10].

2) IRmenPUD

IRPUD는 Wegener에 의해 개발되었으며, 1985년에 Dortmund에 적용되었다. IRPUD는 DELTA와 유사한 형태를 가지고 있는데, 이 모델은 DELTA를 전신으로 한 수정모델이기 때문이다.

DELTA와의 차이점은 가구의 선택이 세분화되었다는 것이다. 이는 경제발달로 인해 공간구조와 교통측면이 어떻게 변화했는가를 평가하는데 최종목표를 두고 있기 때문이다. 따라서 분석시 매우 세분화된 카테고리를 사용하고 있으며, 이로 인해 다양한 시장요소를 표현할 수 있다.

III. 토지이용-교통모형의 적용사례

다음은 미국의 6개 도시에서 수행되었던 토지이용-교통모형 사례이며, 각 사례의 특징과 한계에 대해 정리하였다.

뉴욕주의 Albany는 토지이용패턴에 대한 장래 파급효과를 통해 세금정책이나, 토지구획정리 및 토지이용변화 평가에 이용하기 위해서 통합모형을 적용하였다. 이용된 모형은 Lowry수정모형이며, 분석준들 간에 접근성에 기반하여 인구와 종사자수를 배분하였다. 그러나 재산세율을 부과하기 위한 목적 외에 기타 목적으로는 적용이 어렵다는 한계가 있다.

Utah의 연구는 토지이용률, 재개발수준, 밀도, 주거형태, 철도이용률, 농업용지의 손실 등을 파악하는데 매우 효과적이었다. 그러나 사용된 데이터가 GIS로 구축되어야 함으로 방대한 작업이 필요하다는 문제점이 제기되기도 했다.

메릴랜드의 Montgomery County는 타지역과는 차별적으로 분석의 시간적 범위를 장·단기로 분류하였다. 측정결과 이용수단별로 통행시간 내에 도달 가능한 종착지 수를 산출하고, 전철접근성, 통행시간 등을 산출하였다.

캘리포니아의 Sacramento에서 수행된 분석은 다인승차량(HOV)의 전용차선제도 및 경량전철(LRT) 및

<표 1> 토지이용 및 교통모델의 적용사례(미국)
 <Table 1> Cases of Land-use and Transport Model(U.S.A)

도시명	내 용	
Albany (뉴욕)	연구내용	<ul style="list-style-type: none"> 토지이용패턴에 대한 장래 파급효과 파악 세금정책, 토지구획정리, 토지이용변화 평가
	측정결과	<ul style="list-style-type: none"> 지역별 토지이용, 접근성, 환승접근성, 수단분담률 대/통행거리 및 인(人)/지체시간 오염물질 배출 분석
	이용모델	<ul style="list-style-type: none"> Lowry-Garin models을 이용 분석존들 간에 접근성에 기반하여 인구와 종사자수를 배분
	한계점	<ul style="list-style-type: none"> 재산세율과 같은 정책만 사용 모든 가구수나 혹은 종사자는 접근성변화와 유사하게 반응할 것을 전체 피크시 접근성만 고려
Utah (유타)	연구내용	<ul style="list-style-type: none"> 교통과 토지이용시나리오를 설정 토지이용, 교통, 대기오염, 물사용, 인프라구조들과의 관계 파악
	측정결과	<ul style="list-style-type: none"> 토지이용율, 재개발수준, 밀도, 주거형태, 철도이용률, 농업용지의 손실
	이용모델	<ul style="list-style-type: none"> GIS 데이터 사용 단순한 대기오염 산정모델 사회간접자본비용모델(개발밀도와 개발지역에 따른 비용변화패턴 연구)
	한계점	<ul style="list-style-type: none"> 모든 지역에 이 기법을 동일하게 적용할 수 없음. GIS 데이터를 구축하기 위한 방대한 자료가 요구(자료의 업데이트 등 사후관리)
Montgomery County (메릴랜드)	연구내용	<ul style="list-style-type: none"> 각각의 교통프로젝트를 통합하여 향후 20년을 평가 단기적으로는 지역발전에 관해 제언
	측정결과	<ul style="list-style-type: none"> 통행시간 내에 도달 가능한 종착지 수(자동차와 대중교통) 전철접근성(역에서 0.8km내에 주거 및 상업지 비율을 기반) 통행시간(퇴근침두시에 자동차와 대중교통 통행시간 측정)
	이용모델	<ul style="list-style-type: none"> 지역통행수요모델(TRAVEL/2)-EMME/2의 통행수요모델을 이용
	한계점	<ul style="list-style-type: none"> 통행시간 20분과 40분이 각각 소요되는 직장의 접근성에 관한 효율을 구별하지 못함. 특정종착지에 대한 접근성의 분류가 제한적임.
Orange County (캘리포니아)	연구내용	<ul style="list-style-type: none"> 대중교통서비스에 대한 영향력 극대화 및 지역에서의 교통과 토지이용정책 분석
	측정결과	<ul style="list-style-type: none"> 사회경제자료를 이용하여 버스정류장의 접근성 측정 서비스의 변화율과 버스 이용률 분석, 환승을 위한 접근성 측정
	이용모델	<ul style="list-style-type: none"> GIS와 통행수요모형자료를 연결하여 통행수요모델의 유효성을 진단 인구특성과 토지이용특성에 기반한 정보 이용
	한계점	<ul style="list-style-type: none"> 주어진 토지이용 카테고리 내에서 인구, 고용분포를 고려하지 않음. 세부적으로 대중교통 혹은 도로 네트워크에 사용할 수 없음.
Sacramento (캘리포니아)	연구내용	<ul style="list-style-type: none"> 다인승차량(HOV)과 카풀차량(HOT)의 전용차선제도 경량전철(LRT) 및 기타 첨단 대중교통 시설, 환승기반개발(TCD) 및 요금관련연구
	측정결과	<ul style="list-style-type: none"> 속도, 교통량, 대/통행, VKT, 지체수준, 매연, 소득수준에 따른 이용자의 편의
	이용모델	<ul style="list-style-type: none"> SACMET96/MEPLAN 통행수요모델, 통행수요-토지이용모델 이용(통행접근성과 토지개발 사이에 피드백 포함)
	한계점	<ul style="list-style-type: none"> 분석의 단위가 대규모의 존이기 때문에 결과물에 한계발생 기본자료 구축의 문제
San Francisco (캘리포니아)	연구내용	<ul style="list-style-type: none"> 연령별로 대중교통정책과 승용차이용계획의 파급효과에 대한 공정성을 분석
	측정결과	<ul style="list-style-type: none"> 출발지기준: 주어진 존에 임의의 통행시간 내에 도달할 수 있는 업무의 개수 파악 중력모형기준: 주거지역과 각 존에 업무의 숫자들이 통행시간과 반비례
	이용모델	<ul style="list-style-type: none"> 지역통행수요모델을 기반으로한 MinUTP software, ACCTMIX (특정통행시간등고선 내에서의 존들을 계산, 그 후에 이들 존 내에 고용을 계산)
	한계점	<ul style="list-style-type: none"> 지역의 규모가 작음. 이를 기반으로한 사회경제인구 사용, 통계학상의 인구를 예측하기가 어려움. 정확성을 보장할 수 없음.

기타 첨단 대중교통 시설, 환승기반개발(TCD) 및 요금 관련연구이다. 이용된 모델은 SACMET96와 MEPLAN이며, 통행수요모델, 통행수요-토지이용모델 이용하여 통행접근성과 토지개발 사이에 지속적인 피드백을 시행하였다. 그러나 분석 단위가 대규모 존이기 때문에 적용에 한계발생하며, 기초자료 구축 문제가 존재한다 [11].

이상의 사례를 종합하면, 해외의 많은 연구에서 GIS 등을 활용하여 교통과 토지이용모형을 통합하는 시도를 하고 있었음을 알 수 있다. 최근 10여년간 IT 산업과 소프트웨어 산업이 급격히 발달한 우리나라에서도 이러한 연구는 꾸준히 시도되고 있다.

그러나 관련통계자료 및 기구축된 자료들은 각각으로서는 신뢰성을 지니고 있지만, 복합적인 분석을 수행하고자 하면 선행되어야 하는 작업이 많다. 한 예로 교통관련네트워크와 토지이용관련 데이터베이스를 동일한 위계로 분석하기가 쉽지 않아 개별적인 추가 작업이 요구된다. 이러한 기초적인 작업은 국가적으로 수행되고, 관련 정책분석이나 활용연구가 말단 연구자에 의해 수행되어야 한다. 이러한 문제는 국가경쟁력저하 뿐만 아니라 동일한 연구라 할지라도 연구자에 따라서는 결과가 상이해지는 문제를 발생시키기 때문이다.

IV. 결론 및 향후연구

도시는 변화하고 있고, 도시내 거주자의 생활패턴 또한 달라지고 있다. 또한 친환경 교통수단인 자전거와 보행에 대한 증가로 인해 수단선택에 대한 변화도 시작되었다. 토지이용과 교통과의 관계를 모델링하기 위해서는 이와 같은 통행유발요인이 고려된 모형고찰이 선행되어야 한다. 새로운 정책의 도입은 상대적으로 불편해지거나, 혹은 혜택을 받지 못하는 이용자가 많아질 경우에 정책에 대한 신뢰성을 잃게 될 것이기 때문이다.

기존의 연구에 대한 분석 결과, 기존의 토지이용-교통모델들은 각각 특징을 보이고 있었다. 크게는 행태를 고려하는 모델(predictive model), 최적화를 목표로 하는 모델(optimizing model)로 분류할 수 있다. 이중 행태를 고려하는 모델은 시간의 고려에 따라서

static model과 dynamic model로 분류할 수 있다. dynamic model은 각 모델의 이론적 배경과 이용목적에 따라서 entropy-based model, spatial-economics model, activity-based model로 나눌 수 있다.

이러한 모델은 토지이용과 교통을 통합적으로 고려하는 모델과 교통모델과 토지모델을 독립적으로 분석하는 유형으로 분류할 수 있으며, 특히 개발자의 목표에 따라서 분석되는 요소가 상이 했다.

그러나 모든 모델에서 경제적인 인자와 공간적인 인자가 교통유발요인으로 중요시 되었으며, 공간적인 인자에는 접근성 개념이 특히 고려되었다.

기존의 연구에서는 다루지 않았지만, 토지이용과 교통측면에서 매우 중요한 것은 분석존의 크기와 정부의 정책이다. 이는 모델을 이용해 최적대안을 도출하는데 중요한 기준을 제시하는 역할을 하기 때문이다. 정부의 정책을 적정존단위 내에서 정확히 고려하게 되면, 기존에 적용되었던 통합토지이용모델의 한계점이라고 할 수 있는 타지역, 타목적으로의 적용이 어느 정도 가능할 것으로 예상된다.

사실 바람직한 도시-교통모형의 정답은 없다. 자료수집, 영향요소의 선정, 통행의 복합적인 현상 등으로 정확한 방법론이 제시되지 못했기 때문이다. 이는 구조적인 문제에서 원인을 찾을 수 있는데, 교통모델은 equilibrium model이고, 도시이용모델의 구성요소는 시간의 흐름에 따라 작용하기 때문이다.

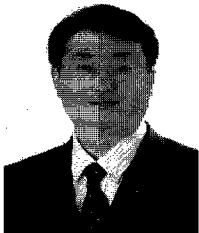
이러한 문제점으로 인해 지금까지 개발되었던 모델링기법들이 정책적으로, 실질적으로 적용이 되어 오지 못했다. 그러나 한계점을 인정하고, 토지이용과 교통이 상호 연관성을 간과하지 않는다면 이를 기반으로 한 최적토지이용-교통모델을 각 도시별 특성에 맞게 적용할 수 있을 것이다.

장차 기술의 발달로 인한 U-Society환경이 교통패턴에 미치는 영향은 더욱 심화될 것이다. 따라서 이동 중에 다양한 활동(목적)을 수행할 수 있는 U-Transportation 현상을 통행패턴에 정확히 반영하는 것이 중요하다. 이는 ITS 사업을 위한 기반으로 활용될 수 있기 때문이다. 본 연구는 이를 위한 사전연구이며, 향후에 서울 및 수도권 지역에 적용하여 효율적인 도시개발정책을 마련할 수 있을 것이라 판단된다.

참고 문헌

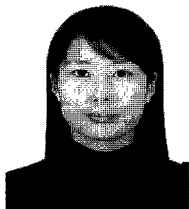
- [1] John Bates, Jan Oosterhaven, "Review of land-use/transport interaction models," Department of the Environment, transport and the Regions, Oct. 1999.
- [2] L. Clement, "Review of Existing Land-Use Transport Models," Certu, 1996.
- [3] Vergil G. Stover, Frank J. Koepke, "Transportation and Land development, 2nd edition," Institute of transportation engineers, 2002.
- [4] Yupo Chan, "Location, Transport and Land-Use; Modelling Spatial-Temporal information," Springer, May 2006.
- [5] 김익기, 도시토지이용-교통모형의 이론적 비교분석에 관한 연구, 한국과학재단, 1993.
- [6] 최병남 외4인, 시공간통합 국토시물레이션모형 개발연구(I), 국토연구원, 2005.
- [7] Daniel Jonsson, "Calibration of a transport and land use interaction model, IMREL for use with a transport demand model, SAMPERS," Department of Infrastructure Royal Institute of Technology Stockholm, Sept. 2001.
- [8] Bert van Wee, Land use and transport; research and policy challenges, *Journal of Transport Geography* 10, pp. 259-271, Dec. 2002.
- [9] Anas A, "Capitalisation of urban travel improvements into residential and commercial real estate," *Journal of Regional Science*, vol. 35, pp. 351-375, Aug. 1995.
- [10] Oryani Kazem, Harris Britton, "Review of Land Use Models: Theory and Application," Sixth TRB Conference on the Application of Transportation Planning Methods, 1997.
- [11] Seunjae Lee, "Is Land-use Transport Model Applicable to a Dynamic City Seoul?," International Seminar on Land Use and Transportation in Seoul, Korea, March 2007.

저자소개



이 승 재 (Lee, Seungjae)

1998년 10월 ~ 현 재 : 서울시립대학교 교통공학과 정교수
 2007년 6월 ~ 현 재 : International Journal of ITS Research 국제저널의 편집위원
 2003년 12월 ~ 현 재 : Transportmetrica 국제저널 (SSCI, SCI Index 저널) 의 편집위원
 1995년 11월 ~ 1996년 9월 : 교통개발연구원 책임연구원
 1995년 4월 ~ 1995년 10월 : 런던대학 통계학과 책임연구원(Research Fellow)
 1995년 4월 : 런던대학 토목 및 환경공학과 교통공학박사



손 지 언 (Sohn, Jhieon)

2009년 8월 : 서울시립대학교 박사과정 수료(교통계획전공)
 2000년 2월 : 서울대학교 환경대학원 도시계획석사(도시계획전공)
 2009년 9월 ~ 현 재 : 서울시립대학교 도시과학연구소 연구원
 2005년 10월 ~ 2009년 8월 : 인천발전연구원 도시교통실 연구원