

수도권 대중교통 통합요금제를 반영한 지하철 수요예측 방법

A Method of Subway Trip Forecasting Considering Transit Unity Fare System in Seoul Metropolitan Area



이원석



김채만

I. 서론

수도권의 대중교통 운임체계는 2003년 이전에는 단독요금제(이용하는 대중교통수단별로 별도의 요금을 부과하는 방식)를 시행하고 있었으며, 2003년 경기도의 버스간 정액할인제도 시행 이후 2009년 10월 수도권 전역에 대해 대중교통 통합요금제가 시행되었다. 대중교통 통합요금제는 대중교통간 환승을 하였을 경우 이용한 횟수에 상관없이 총 이동거리를 기준으로 통행요금을 부과하는 방식으로 대중교통이용자는 환승할인을 적용받기 때문에 비용이 절감되는 효과가 있다.

신설되는 지하철노선에 대해 장래 통행량을 예측하는 방법은 수단선택모형을 이용하여 장래 수단별 통행량을 예측한 후 지하철 Network에 배정하여 신설노선의 이용수요를 예측하고 있다. 대중교통 통합요금제하에서는 기존의 지하철 수요예측 방법을 적용하기에는 3가지 문제점이 있다.

첫 번째는 통행배정시 통합요금제를 적용할 수 없다는 것이다. 버스를 3km 이용한 후 지하철 6.5km를 이용한 통행의 경우 총 이동거리가 9.5km이므로 통행요금은 900원이다. 버스를 4km이용한 후 지하철 동일구간 6.5km를 이용할 경우 총 이동거리는 10.5km이며 적용되는 통행요금은 1,000원이다. 이 경우 지하철 통행배정시 동일한 지하철구간에 다른 요금가중치를 적용해야하나 이는 상용화된 교통수요분석 패키지에서는 구현이 불가능하다.

두 번째는 통행시간 적용이 불가능하다는 것이다. 앞의 예와 동일한 통행의 경우 총통행시간은 “버스통행시간+지하철통행시간”으로 산출하여야 하지만, 버스통행시간과 지하철통행시간을 구분할 수 있는 기준이 없기 때문에 정확한 통행시간반영이 불가능하다.

세 번째는 복합수단의 개별수단별 이용거리 산출이 불가능 하다. 신설되는 지하철노선이 수도권 대중교통 통합요금제에 포함되기 위해서는 기존의

이원석 : (주)건화 교통계획부, lwssmk@daum.net, 직장전화:02-528-7654, 직장팩스:02-514-2542
김채만 : 경기개발연구원 교통정책연구부, cmkim@gri.re.kr, 직장전화:031-250-3157, 직장팩스:031-250-3116

대중교통 운영주체와 요금체계 및 수익금 정산방법이 합의되어야 한다. 신분당선과 같이 개통예정인 민자노선의 경우 운임체계와 기관별 수익금정산 방법이 동시에 분석이 가능하여야 한다. 이를 분석하기 위해서는 복합수단의 이용거리에 대한 정보가 생성되어야 하나 현재 상용화된 교통분석패키지에서는 이를 분석하기에는 한계가 있다. 만약, 대중교통 이용자들의 통행경로가 최초출발지로부터 지하철역까지 공로를 이용한 거리, 지하철을 이용한 거리, 지하철역에서 최종목적지까지 공로를 이용한 거리가 분석이 가능할 경우 각 이용수단별 통행시간 및 분석이 가능할 것이며, 다양한 운임체계에 대한 분석 및 대중교통운영 주체간 운임정산방안 수립시에도 활용이 가능할 것으로 판단된다.

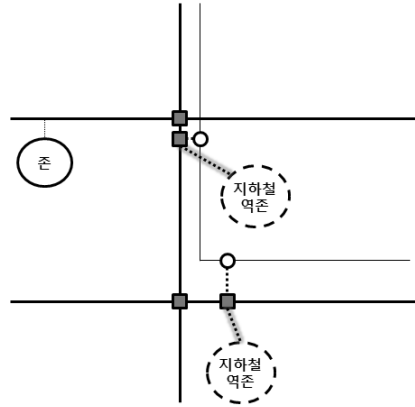
따라서 본고에서는 기존의 교통수요분석 패키지(Emme/3, 사통팔달)를 이용하여 대중교통 이용자들의 통행거리를 이용수단별로 구분하는 방법을 제시하고 신설 지하철노선의 수요예측방법을 제시하고자 한다.

II. Network구축

1. 지하철역 센트로이드 구축

최초출발지에서 지하철역까지의 통행거리를 파악하기 위해서는 최초출발지에서 지하철역까지의 최단경로를 탐색하여야 한다. 기존의 교통수요분석 패키지는 존 센트로이드간 최단경로만이 탐색 가능하기 때문에 존 센트로이드와 지하철역까지의 최단경로를 분석하기 위해서는 지하철역 센트로이드를 추가로 구축하는 것이 필요하다.

지하철역존 센트로이드는 그림 같이 공로 Network 상에 구축하고, 지하철역 센트로이드는 존에서 지하철역까지의 공로통행거리를 산출하기 위해 구축하였기 때문에 센트로이드 커넥터의 길이는 0.001km로 정의하고, 지하철역간거리 및 존 ↔ 지하철역 거리 산출시 이 값을 제외한다.



2. 승·하차 및 환승링크

지하철 승·하차 링크는 공로에서 지하철역 노드를 연결하는 링크이고 지하철 환승링크는 다른 호선의 지하철을 연결하는 링크로 정의되며, 링크 길이는 각각 0.001km로 정의한다.

III. 속성변수의 추정

1. 개요

장래 수단분담률을 예측하기 위해서는 각 수단의 통행시간 및 통행비용 등 수단별 속성변수값을 추정해야 한다. 통행시간은 존간 최단 시간경로를 기준으로 산출하고, 통행비용은 최단 거리경로를 기준으로 산출된다. 또한, 지하철을 이용하는 통행자의 최단시간경로는 실제적인 이동경로이기 때문에 본고에서는 각 수단별로 최단시간경로와 최단거리경로 산출방법을 제시하고 이를 이용하여 각 수단별 속성변수 추정방법을 제시하고자 한다.

2. 승용차, 버스, 택시

승용차, 버스, 택시는 모두 공로를 이용하는 수단으로 공로상에서의 최단경로를 기준으로 하였다. 버스의 경우 버스노선을 따라 이동하기 때문에 공로상의 최단경로의 개념을 적용하기에는 어려운

면이 있지만, 현실적으로 수도권 전체에 대해서 버스노선을 Network에 입력하여 분석하는 것은 불가능하며, 버스노선은 신도시 개발, 버스노선개편 등으로 인해 수시로 변하기 때문에 버스노선을 최단경로로 활용하기에는 다소 무리가 있다. 따라서 본 고에서는 버스도 공로상의 최단거리를 적용하는 것으로 가정하기로 하고 다음과 같이 존간 최단거리와 최단시간을 산출하였다.

- 최단거리는 Network상에서의 최단거리경로를 기준으로 함.
- 최단시간
 - 승용차 : 기준년도 O/D를 장래 Network에 통행배정하여 산출된 존간 통행시간 적용
 - 버스 : 승용차 통행시간 $\times \alpha + 10$ 분
 - 승용차 통행시간에 정류장별 승·하차 시간과 최초 탑승시 대기시간 반영(α 는 서울내부, 인천내부통행 1.2, 경기내부통행 중 통행거리가 10km이하면 1.2, 20km이하면 1.25, 20km 초과시 1.3, 광역자치단체간 통행은 1.25 적용)
 - 택시 : 승용차 통행시간 + 10분
 - 승용차 통행시간에 택시 대기시간 10분 추가

통행비용은 「외곽순환고속도로 경기순환버스 운행방안, 2009, 경기개발연구원」에서 제시하는 방법을 적용하였다.

3. 지하철

지하철은 승용차 등 공로를 이용하는 수단과는 달리 노선대가 정해져 있기 때문에 최초출발지에서 이용하는 지하철역과 최종목적지에서 이용하는 지하철역을 검색한 후 지하철 역간거리를 조합하

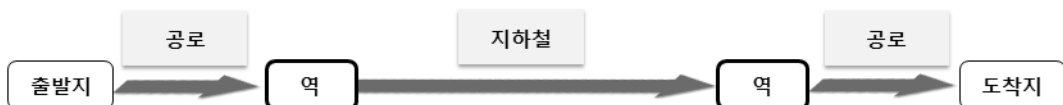
여 생성한다.

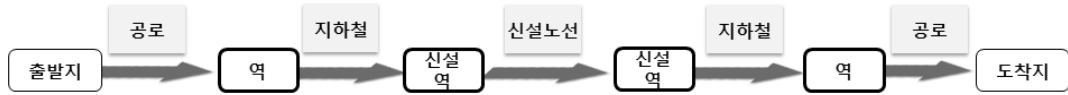
최초출발지에서 지하철역까지의 최단경로는 공로 Network 통행배정후 산출된 통행시간을 기준으로 존에서 가장 가까운 지하철역을 이용하는 것으로 가정하며, 지하철역에서 최종목적지까지의 최단경로도 동일한 가정하에 산출한다. 이때 출발지에서 지하철역까지의 이동수단은 도보이용거리(2km) 이상일 경우 모두 버스를 이용하는 것으로 가정한다. 이때 존에서 이용하는 지하철역 번호를 저장한다.

지하철역간 최단경로는 지하철 Network를 이용하여 산출하며, 최단경로 산출시 통행자는 통행시간을 최소로 하는 경로를 이용하고, 운임은 통행시간과는 상관없이 최단거리경로를 기준으로 결정되기 때문에 최단시간경로와 거리경로를 모두 생성하여야 한다.

지하철역간 최단시간경로 산출시 크게 영향을 미치는 요소는 환승에 대한 저항이다. 이를 반영하기 위해서 지하철간 환승링크에 환승 및 대기시간 10분을 반영하고, 지하철 링크의 통행시간은 지하철표정속도 40km/h를 적용하여 산출하며, 지하철역간 최단거리경로 산출시 환승링크의 길이는 0.001km로 적용하여 산출한다.

장래 신설노선의 이용수요를 분석하기 위해서는 공로통행거리, 지하철통행거리, 신설노선 통행거리가 파악되어야 통행비용 및 시간을 정확히 산정할 수 있다. 이는 통행자가 최초출발지에서 지하철역까지의 통행거리, 지하철역에서 신설노선 역까지의 거리, 신설노선 역간거리, 신설 노선역에서 지하철역까지의 거리, 지하철역에서 최종목적지까지의 통행거리가 구분이 가능해야한다는 의미이다. 이때 지하철역에서 신설역까지의 지하철 이용거리는 지하철역에서 가장 가까운 시간경로상에 위치한 신설역을 이용하는 것으로 가정하며, 통행비용은 최단거리경로를 기준으로 산정한다. 이때 최단경로상의





지하철역과 신설지하철역 번호를 저장하면 위 그림과 같이 최초출발지에서 최종목적지까지 공로 및 지하철 이동경로를 생성할 수 있기 때문에 다양한 운임체계에 대한 분석 및 버스/지하철 운영주체와의 운임정산방안 수립에 활용이 가능하다.

IV. 신설노선 이용수요 예측

추정된 각 수단별 속성변수 값을 수단선택모형에 적용하면 셀별 지하철 O/D가 예측된다. 예측된 지하철 O/D는 기존지하철 이용수요와 신설노선 이용수요가 합해진 통행량이므로 신설노선의 이용수요를 추가로 예측할 필요가 있다. 현재까지는 이 단계에서 지하철 Network에 O/D를 배정하여 신설노선의 이용수요를 예측하였으나 먼저 언급한 것처럼 통합요금제하에서는 Network상에 요금가중치를 정확히 반영할 수 없기 때문에 지하철 Network에 통행배정하여 신설노선의 이용수요를 추정하기에는 한계가 있다.

따라서 지하철 경로선택모형을 적용하여 신설노선의 이용수요를 예측한다. 신설노선이 시행되었을 때의 통행시간 및 비용과 미시행시의 통행시간, 비용 값을 이용하여 신설노선의 이용확률을 계산한 후 이를 예측된 지하철 O/D에 곱하여 신설노선을 이용하는 O/D를 예측한다. 현재까지는 지하철 경로선택에 대한 연구가 거의 없기 때문에 수단선택모형의 시간, 비용계수를 적용하였다.

예측된 신설노선 O/D와 2절에서 생성된 지하철 최단경로를 매칭시키면 각 셀별 이동경로, 거리 및 통행량을 알 수 있다. 지하철 최단경로 생성시 이용하는 지하철역 및 신설역의 번호를 알고 있기 때문에 O/D상에서 역간 O/D와 역별 승·하차인원 집계가 가능하므로 지하철 통행배정을 추가로 수행할 필요는 없다. 또한, 신설노선을 이용하기

위해 이용한 버스와 지하철의 통행거리 역시 분석이 가능하기 때문에 신설노선의 운영주체와 버스, 지하철 운영주체간 운임정산방안 수립시 활용이 가능하다.

V. 맺음말

본고에서는 현재 상용화되어 있는 교통수요분석 패키지를 활용하여 수도권 대중교통통합요금제하에서의 지하철 수요예측방법을 제시하였다. 현재까지는 민간자본이 투입된 지하철노선의 통행요금은 기존지하철 통행요금보다 높은 수준이고 이 차이만큼 지하철 Network에 요금가중치를 부과하여 신설노선의 이용수요를 예측하는 방법이 적용되어 왔다. 하지만 이러한 방법은 수단분담률 예측시 민자노선의 통행요금을 기존지하철과 동일하게 반영하고 통행배정시 민자요금과 기존 지하철요금의 차이만큼 Network에 가중치로 반영하기 때문에 수단분담률 예측단계에서부터 지하철 수요가 과대추정될 가능성이 존재하고, 대중교통간 운임정산방안을 수립하기 위해 필요한 지하철 및 버스의 이용거리를 분석하지 못하는 한계점이 존재한다.

본고에서 제시한 방법론을 적용하면, 다양한 운임체계하에서 지하철 수요예측이 가능하며, 역간 O/D, 역별 수요, 신설노선 이용수요의 지역적 분포 등 다양한 형태의 분석결과를 제시할 수 있으며, 통행자가 이용한 노선의 통행거리까지 분석이 가능하기 때문에 대중교통 운영주체간 운임정산방안 수립시 기초자료로 활용이 가능하다.

향후 수도권에는 신안산선, 신분당선 연장 등 많은 민자노선이 건설될 계획에 있다. 이 글을 계기로 다양한 지하철 O/D예측방법이 연구되어 보다 체계적이고 실무에 적용가능한 지하철 O/D예측기법이 개발되기를 바란다.