서울 수도권 지하철 교통망 승객 흐름의 시각화

Visualization of Passenger Flows of the Metropolitan Seoul Subway System

김호성*, 박종수**, 이금숙***

성신여자대학교 미디어커뮤니케이션학과*, 성신여자대학교 IT학부**, 성신여자대학교 지리학과***

Ho Sung Kim(hkim@sungshin.ac.kr)*, Jong Soo Park(jpark@sungshin.ac.kr)**,
Keumsook Lee(kslee@sungshin.ac.kr)***

요약

본 연구는 서울 수도권의 지하철 교통망에서 승객들의 흐름을 찾아 시각화 방법을 제안하고 주요 업무 지역의 출퇴근 승객 흐름을 분석한다. 지하철 승객 흐름은 대용량 시공간 데이터로서 일반적인 통계적 분석으로는 그 흐름의 본질을 분석하기가 매우 어렵다. 그러나 승객의 흐름을 시공간상에 역동적으로 시각화하여 보여주면 직관적인 분석이 가능할 뿐만 아니라 통행흐름의 특성을 보다 효과적으로 파악할 수 있다. 지하철 승객들의 대용량 교통카드 트랜잭션 데이터베이스로부터 제안된 방법으로 승객 흐름을 찾아 지하철 교통망의 각 링크의 흐름을 다양한 방법으로 시각화하여 주요 업무지역에서의 통행 행태를 직관적으로 분석하였다. 그 결과로 서울의 중심업무지역들과 지하철 노선과의 연관성이 매우 높고, 세 주요 중심업무지역들의 하루 지하철 승객흐름 양상에 뚜렷한 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

■ 중심어 : | 가시화 | 통행 분석 | 지하철 교통망 | 지리정보 |

Abstract

This study proposes visualization methods of the diurnal passenger flows on the Metropolitan Seoul Subway system (MSSs) and examines the passenger trip behaviors of major central business districts (CBDs). We mine the MSS passenger flow information from a single day T-card passenger trip transaction database. It is practically intractable to analyze such flows, involving huge, complex space-time data, by means of general statistical analysis. On the other hand, dynamic visualizations of the passenger flows make it possible to analyze intuitively and to grasp effectively characteristics of the passenger flows. We thus propose several methods to visualize the passenger flow information. In particular, we visualize dynamic passenger flows of each link on the subway network and analyze the time-space characteristics of passenger ridership for the three major CBDs. As the result, we can ascertain the strong association between CBD and subway line and clarify the distinction among three major CBDs in the diurnal patterns of subway passenger flow.

■ keyword : | Visualization | Trip Analysis | Subway Transportation Network | Geographic Information |

* 이 연구는 2008년 정부의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-327-B00821)

접수번호 : #100402-001

접수일자 : 2010년 04월 02일

심사완료일 : 2010년 04월 15일

교신저자 : 이금숙, e-mail : kslee@sungshin.ac.kr

I. 서론

시공간 정보를 시각화하여 분석하는 연구는 여러 분야에서 급속히 진행되고 있다. 특히 여러 모션센서 및 GPS 정보와 비디오 카메라, 핸드폰 등과 같은 다양한 장치에 의해 수집되는 정보를 시각화하여 분석하는 다양한 시도가 있었다[1]. 지리정보 시각화 연구는 개인의 시공간 통행자료를 시각화하는 연구로서 통행자료에 포함된 이동체적 및 이동특성에 대한 시각적 표현방법을 개발하거나, 이러한 시각적 표현을 바탕으로 통행자료의 시공간적 특성을 탐색하는 것을 주된 연구주제로 삼는다[2]. 지리정보 시각화 방법은 기본적으로 2차원 지도상에 여러 정보를 시각적으로 표현하는 것으로 [그림 1]에 표시된 국가간 무역거래 현황을 보여주는 것으로부터 국력을 나타내는 방법, 도시의 지하철망을 간략하게 보여주는 방식, 특정 역에서 다른 역까지의 통행시간을 시각화하는 연구 등 다양한 시도가 있었다 [3][4].

그림 1. 여러 국가들의 과학발전에 따른 국력 시각화

장소와 사람은 상호 역동적으로 작용한다[5]. 한 도시 통행흐름은 그 도시의 토지이용에 영향을 미치며 역으로 통행흐름은 토지이용패턴의 영향을 받게 된다. 따라서 도시통행흐름이나 토지이용패턴은 이들 중 한 부분에 변화가 생기면 이들 간의 기능적 연계의 공간구조가 바뀌면서 변화하게 된다. 또한 이러한 변화는 도시민의 통행행태에도 변화를 주게 되며 이는 도시시설의

입지와 교통망에 변화를 초래하게 되어 도시 토지 이용의 공간구조를 변화시키게 되고 이는 결과적으로 다시 통행흐름의 공간적 구조를 변화시키게 되므로 통행흐름과 도시 토지 이용의 공간구조는 이들 간의 역동적 관계를 고려하여 분석되어야 한다[6-8].

도시의 인구분포 및 토지이용패턴, 교통체계와 함께 그 도시에 내재되어 있는 기술·경제·사회적 환경 등이 복합적으로 작용하여 형성되는 한 도시의 통행흐름에 나타나는 공간적 특징을 파악하는 것은 그 도시공간구조 이해에 중요한 단서를 제공할 수 있다. 그러나 한 도시의 통행흐름의 공간구조는 고정되어 있는 것이 아니라 도시민들이 하루 일과가 진행되면서 그들의 활동에 따라 방문하게 되는 장소의 위치가 달라지고 움직이는 시간대가 다르므로 하루 중 시간과 함께 변화하게 되므로 시공간적인 분석이 필요하다. 하루 시간대에 따라 도시민의 통행에 따른 도시인구분포와 토지이용과의 관계를 밝히려는 연구는 많은 관심을 받아왔다[9-14]. 그러나 이러한 연구를 위해서는 도시 인구의 이동에 대한 시공간적 정보를 담은 데이터 확보가 한계로 작용하여 왔다.

서울을 포함한 수도권지역은 최근 교통카드 사용이 활성화 되어 대중교통 이용자들에 대한 통행자료는 거의 전수에 가까운 자료를 확보하게 되었다. 본 연구에서는 수도권 통행흐름과 교통망에 대한 방대한 정보를 담고 있는 교통카드자료에 대해 데이터마이닝기법을 적용하여 통행흐름의 시·공간적 구조를 도식화 해보고자 한다. 특히 현재 서울시를 포함한 수도권지역에서 가장 높은 수송분담율을 차지하고 있는 지하철 망상 통행흐름의 위상학적 구조와 이의 토지이용과의 관계성을 시각적으로 표현하여 복잡한 대용량 데이터 특성을 용이하게 분석할 수 있는 방법론을 제시하고자 한다.

서울시를 포함한 수도권에서 대한민국 인구의 반 정도가 생활하면서 많은 교통흐름이 발생되고 있으며 특히 대중교통인 버스와 지하철의 승객들이 차지하고 있는 비율은 60%를 넘어서고 있고, 지하철 분담률은 36% 정도가 된다[15]. 교통카드를 사용하는 대중교통 이용자들에 대한 통행 자료는 수도권 지역의 대중교통 이용자들이 움직이면서 생성하고 있는 교통흐름에 대한 데

이터로서 하루 천만 건이 넘는 통행거래에 대한 실제 통행 자료가 생성되고 있다. 대중교통 이용자들의 교통카드 사용은 교통카드 트랜잭션 데이터베이스로 관리되고 있고, 교통카드 트랜잭션에는 개개 통행자의 통행에 대한 출발지점과 목적지, 이용 교통수단, 환승에 대한 위치와 시간 등에 대한 정확한 정보가 담겨있다. 2010년 1월 기준으로 수도권 지하철은 1호선에서 9호선까지, 분당선, 인천1호선, 중앙선으로 12개 노선이 연계 운영되고 있으며[16] 교통카드 이용률은 2006년 79.5%, 2007년 80.3%, 2008년 81.6%로 계속 증가하고 있어서[17], 교통카드 트랜잭션 데이터베이스에 대한 여러 분석은 교통흐름의 개선에 크게 기여할 것이다.

지리학의 교통 분야에서 통행 흐름에 관한 연구는 주로 승객의 기종점 통행 행렬(origin destination trip matrix) 분석을 수행하였다[18][19]. 출발역과 도착역에 관한 승객들의 이동 상황을 분석하는 것이다. O-D 분석은 출발역의 승차승객의 수와 도착역의 하차승객의 수에 대한 분석이 주를 이루었다. O-D 분석에서 간과하는 것은 역을 통과하는 승객들의 흐름에 대한 정보는 얻어낼 수 없다는 것이다. 본 논문에서는 교통카드 트랜잭션 데이터베이스에서 역과 역사이의 링크를 지나가는 승객들의 흐름을 찾아내는 알고리즘[20]을 적용하여, 수도권 지하철 교통망(subway transportation network)의 각 링크에서 승객 흐름을 계산한다. 이를 위하여 본 연구는 2004년 7월 서울시 대중교통 체제개편이후 축적되어온 교통카드 데이터베이스 중에서 2007년 5월의 하루 동안의 통행거래 자료를 이용하였으며 하루 중에도 시간대에 따라 사람들이 이동하는 통행목적이 달라지면서 통행흐름의 공간적 양상이 다르게 나타날 수 있는 점을 감안하여 분당 시간대별 통행흐름의 공간적 특징을 시각화 하였다.

II. 교통카드 데이터 마이닝

대용량의 교통카드 트랜잭션 데이터베이스에서 유용한 정보를 탐사하는 다양한 연구가 진행되고 있다. 하루 동안의 교통카드 트랜잭션 데이터베이스에서 순차

패턴을 탐사하여 승객들의 통행 패턴에 대한 분석연구를 확장하여 일 년에 하루씩 2004년에서 2006년까지 3일간의 교통카드 트랜잭션 데이터베이스로부터 승객 시퀀스의 평균 정류장 개수와 환승 횟수 등을 연도별로 비교하고 시점별 통행 수요와 통행 패턴에 나타나는 공간적 특징과[8] 토지이용과의 관계성[6] 연구되었다. 수도권 지하철 시스템의 특성에 관한 연구로는 네트워크 구조 분석이 있고[21], O-D 통행에 의한 승객 흐름의 분포가 멱함수 법칙(power law)임을 보여주는 연구가 있다[19]. 다른 국가에서의 연구로는 보스턴 지하철 시스템과 인도의 철도 네트워크의 구조가 네트워크의 효율성(efficiency)과 클러스터링 계수를 계산한 결과로 좁은 세상(small world)임을 보여주는 것이 있다[22-24]. 지하철 시스템을 가지고 있는 세계 여러 도시에서 대중교통의 흐름을 개선하기 위하여 지하철 시스템과 버스 시스템을 연계한 교통시스템의 네트워크 구조 분석에 많은 연구가 이루어지고 있다[23]. 다음 세부절에서는 교통카드 트랜잭션에 포함된 정보와 수도권 지하철 교통망을 구성하는 지하철역들과 그것들을 연결하는 간선들에 대한 자료 구조를 서술하고, 그 다음에 각 간선 상으로 이동하는 승객 흐름을 찾아내는 방법[20]을 간략히 기술한다.

1. 지하철 교통카드 트랜잭션 데이터베이스

수도권 지역의 승객이 지하철을 이용하면서 교통카드를 사용하는 경우에 (주)한국스마트카드(KSCC)에서 요금을 정산한다. KSCC에서 관리하는 트랜잭션은 승객의 승차와 하차에 관련된 여러 가지 속성들을 가지고 있다. 수도권 지하철 교통망에서 각 링크의 승객 흐름을 분석하기 위해서, 먼저 지하철 시스템을 그래프로 표현해야 하고, 그 다음으로 교통카드 트랜잭션으로 승객의 출발지와 도착지를 연결하여 시간별로 각 링크에 승객 흐름의 양을 계산한다. 각 지하철역을 정점(vertex)으로 나타내고 역과 역 사이를 연결한 지하철 선로를 간선(edge) 또는 링크(link)로 나타내면, 수도권 지하철 시스템은 정점 집합과 간선 집합을 가지는 그래프로 표현해낼 수 있다. 이 그래프에서 승객들이 승차하여 지하철역들을 통과하는 이동 흐름을 간선에 나타

내면 지하철 교통망이 구성되어 진다.

수도권 지하철 교통망을 두 종류의 네트워크로 모델링할 수 있다. 첫 번째로, 통합된 네트워크의 그래프에서는 환승역을 하나의 정점으로 나타내는 것이고, 두 번째로 환승역을 노선별로 각 지하철역을 표현하여 노선의 개수만큼의 정점들로 표시하는 분리된 네트워크의 그래프로 나타내는 것이다. 교통카드 트랜잭션의 정보는 한 승객의 승차역과 하차역의 자료만 제공되고 있다. 승객 흐름을 알기 위해 지하철 시스템에서 그 승객의 최단 경로를 찾아야 되는데, 통합된 네트워크에서는 널리 알려진 최단 경로 알고리즘으로 쉽게 정확한 최단 경로를 찾아낼 수 없지만, 분리된 네트워크에서는 환승 시간이 포함되어 있어서 원하는 최단시간 경로를 쉽게 구할 수 있다. 일반적인 안내표시와 최단 경로를 위해 본 논문에서는 분리된 네트워크와 통합된 네트워크에 대한 자료구조를 동시에 관리하고 있다.

2. 지하철 교통망 구성

승객 흐름을 찾아내려면 일반 사용자들에 표시되는 통합된 네트워크와 승객의 최단 이동 경로를 찾기 위한 분리된 네트워크에 대한 정점과 간선들에 대한 자료구조를 만들어야 한다. 지하철역과 연결 상황에 대한 입력으로 먼저 분리된 네트워크에 대한 자료구조를 구축한다. 지하철역에 대한 입력인 지하철역ID, 이름, 노선 번호, 위도, 경도 등을 입력받아서 지하철역 배열에 저장한다. 지하철역ID로 배열에 빠르게 접근하기 위하여 지하철역ID 해시테이블을 유지한다. 지하철역은 정점에 해당되고, 이 정점들의 링크 정보를 갖는 간선에 대한 데이터를 입력받아서 지하철역ID 인접행렬(adjacency matrix)을 만든다. 간선의 입력으로는 출발역ID, 도착역ID, 간선의 가중치로 이루어지고, 지하철역 ID 해시테이블에서 인접행렬의 인덱스를 구한다. 지하철역ID 인접행렬은 두 정점 사이에 간선의 유무, 두 정점 사이의 실제 거리, 두 정점 사이의 이동 시간을 포함한다. 분리된 네트워크에서는 환승역 내부의 노선별 지하철역 사이의 보행 시간도 포함한다.

한 지하철역에서 다른 지하철역 사이의 최단경로를 구하기 위하여, 이동 시간 가중치 인접행렬에서 Floyd

shortest path 알고리즘[25]을 적용하여 all-to-all 최단 경로를 구하고, 각 최단경로의 중간 통과 지하철역들에 대한 정보를 유지한다.

다음으로 통합된 네트워크에 대한 지하철역ID 인접행렬을 만든다. 각 환승역은 지하철 노선 번호가 가장 작은 지하철역ID로 나타낸다. 통합된 네트워크의 지하철역ID 인접행렬을 기초로 하여 한 간선의 승객 흐름에 대한 time histogram 배열을 가리키는 링크 matrix를 관리한다. 타임 히스토그램은 단위 시간대별로 하루 동안의 승객들의 흐름의 양을 표시한다.

3. 최단 경로 상의 승객 흐름

한 승객의 교통 카드 트랜잭션에서 그 승객이 통행한 각 링크에 승객 흐름을 추가하는 과정은 다음과 같다. 교통카드 트랜잭션 데이터베이스에서 각 트랜잭션을 읽어서 지하철을 이용하는 고객이면 승차와 하차에 대한 데이터인 지하철역 ID와 승차차 시간을 추출해낸다. 분리된 지하철 네트워크에서 Floyd shortest path 알고리즘으로 중간 통과역들을 추적하여 승차역에서 하차역까지의 경로를 찾아낸다. 그 다음으로 찾아진 최단 경로를 통합된 네트워크의 경로로 변환한다. 승차역에서 하차역 경로의 간선에서의 통과 시간은 먼저 단위 길이 당 이동시간을 계산해내고 그 다음에 경로의 각 간선의 길이에 비례하여 계산해낸다. 최단 경로에 환승역이 있으면 보행 환승 시간을 배정하고 나머지 간선에 대해서는 거리에 따른 이동 시간을 고려하여 각 링크의 흐름에 한 승객의 이동을 시간 히스토그램에 기록한다. 각 링크의 시간 히스토그램은 오전 5시에서 다음날 오전 1시까지 1분 단위의 슬롯들로 만들어진다. 모든 지하철 승객들의 트랜잭션들을 처리하면 수도권 지하철 교통망의 각 링크의 승객 흐름은 분단위의 시간으로 히스토그램에 기록된다.

III. 승객 흐름의 시각화

1. 승객 흐름의 시각화 방법

각 노선별 역간의 링크에 분 단위로 기록된 시간 히

스토그램을 시공간에 시각화하기 위해서 2차원 지도상에 각 역의 위치를 노드로 표현하고 역으로 유입되는 승객수와 역에서 유출되는 승객수를 표시하고 승하차 승객수를 표시할 수 있으며 하차 승객수에서 승차 승객을 빼면 역 주변에 머물고 있는 인구수를 구할 수 있다. 이를 도식적으로 표시하면 [그림 2]와 같다. 노선에서 유입되는 승객 수는 유입링크의 색상으로 표시되며 하차 인원수는 내원의 하반구, 승차 인원수는 내원의 상반구의 색상으로 나타낸다. 외원의 색상으로는 그 역에 주변에 머무르는 인원수를 알 수 있다. 적색이 가장 높은 밀도를 나타내며 청색계열이 낮은 밀도를 표시한다.

그림 2. 지하철역 승객흐름의 시각화

또한 시간에 따른 교통흐름을 역동적으로 보여주기 위하여 특정시간의 각 역별 승하차 인원 및 연결 지하철망의 승객수를 시각적으로 표시한 후 이를 애니메이션의 분당 프레임으로 설정하여 1분 간격의 프레임 단위로 플레이 시키면서 교통흐름의 변화를 직접 볼 수 있도록 하였다. 좌측 상단에는 그때의 시간을 표시하여 특정 시간대의 교통흐름을 파악할 수 있다. 애니메이션 속도는 자동으로 설정할 수 있으며 화살표로 순방향 혹은 역방향 플레이도 조정 가능하도록 하여 분석자의 의도대로 분석할 수 있다. 특정 지역을 확대하여 볼 수도 있으며 공간상의 이동도 일반 전자지도처럼 드래깅하여 탐색할 수 있도록 하여 분석자와 상호작용성을 높였다.

그림 3. 오전 9시 승하차 인원의 시각화

이러한 방법으로 오전 9시 각 지하철 노선별 승객 밀도와 역별 승하차 승객 및 역 주변에 머무르는 유동인구 밀도를 시각화하여 [그림 3]에 보였다. 도심지역과 강남지역을 중심으로 유동인구의 밀도가 높아지고 하차 승객수가 커진 것을 볼 수 있다. 출근시간인 9시를 지나서 승하차 승객수와 노선별 승객밀도는 급속히 감소하며, 퇴근시간대에는 반대로 도심지역의 승차 승객수가 급증하고 주변 유동인구 밀도는 서서히 감소한다. 퇴근시간대의 경우에는 도심지역 주변의 유흥지에 머무르는 유동인구와 야근하는 회사원들로 인하여 저녁 10시까지도 유동인구의 밀도가 높게 표시된다. 특정지역의 변화를 자세히 보고자 하는 경우 확대하여 각 역의 변화를 상세히 분석할 수도 있다.

그림 4. 색과 원 지름에 의한 밀도의 시인성 증대

승하차 인원수의 변화를 색상만으로 구분하기에는 복잡한 지하철망에서 시각적으로 인지하기가 어렵기 때문에 [그림 4]와 같이 원의 크기로 표시하여 좀 더 시각적 인식효과를 증대시킬 수 있다.

그림 5. 역 주변 유동인구 밀도의 시간에 따른 변화

또한 역 주변에 머무르는 유동인구를 보여주기 위해서 지하철 접근성의 공간 분포 모형[26]을 적용하여 역까지 거리에 지수적으로 반비례한 밀도분포 모형의 시각화 결과를 [그림 5]에 나타내었다.

IV. 실험결과 및 분석

제안된 방법을 사용하여 실제 교통카드 트랜잭션 데이터베이스로부터 수도권 지하철 교통망의 각 링크에서 승객 흐름을 시간 히스토그램으로 저장하여 다양한 방법으로 시각화 하여 승객들의 통행 행태를 분석하고자 한다. 지하철 시스템의 교통망의 기준 시점은 2007년 5월이고, 입력 데이터는 2007년 5월 16일 하루 동안에 지하철과 버스를 이용한 승객들의 교통카드 트랜잭션 데이터베이스이다. 기준 시점의 수도권 지하철 시스템은 지하철 1-8호선, 분당선, 인천1호선, 덕소까지의 중앙선 노선으로 구성된다. 기준 시점에서 지하철역들의 개수는 429개이고, 이 역들 사이의 간선들의 개수는 477개이다. 지하철역들 중에는 서로 다른 노선으로 환승할 수 있는 환승역들의 개수는 55개이다. 하루 동안 기록된 전체 트랜잭션의 개수는 10,856,337개이고, 이

중에서 5,199,106개는 지하철을 사용한 승객들의 트랜잭션들이고 나머지는 버스를 이용한 승객들의 것이다. 지하철 승객 중에서도 승객 흐름에 기여한 트랜잭션은 5,175,07개이고, 나머지는 트랜잭션 내용 중에 승객 흐름에 기여할 수 없는 것으로 분류하였다. 이런 트랜잭션에 해당하는 경우는 승차와 하차 사이의 이동 시간이 12시간 이상인 경우도 있고, 지하철역에 들어 온 직후에 바로 그 지하철역을 나온 경우 등이다. 일반적으로 하차역에서 장기간 머물고 승차역으로 되돌아간 경우는 직장 근무했다고 간주할 수 있으므로 이런 유형의 승객들의 통행패턴을 분석해 볼 필요가 있다.

그림 6. 유동인구의 잔류시간

역 주변에 머무르는 유동인구의 잔류시간을 구해보면 [그림 6]과 같이 나타난다. 4시간미만의 단기간 머무르는 유동인구와 9시간부터 13시간까지 장기간 머무르는 유동인구가 높게 나타나는 것을 볼 수 있다.

특히 출근시간 하차객수가 많은 도시중심지(강북 도심지역, 강남 테헤란로지역, 여의도 금융지역) 지하철 역 주변에서 장기간 머무른 유동인구를 통근인구로 보고 승차역별로 4시간 축적인원 수를 가시화 해보았다. 인원수를 정규화하여 원의 크기로 시각화 한 결과는 8시간 30분 이상부터 12시간 30분 미만까지에서 최대값이 나타났다. [그림 7]에 강북 도심지역(시청, 종각, 종로3가, 을지로입구, 을지로3가, 충무로, 명동, 회현, 광화문역)에서 하차하는 승객들의 승차역들을 나타내었다. [그림 7]을 보면 강북 도심지역으로 들어오는 승객의 분포는 수도권 전역에 걸쳐 나타나며, 특히 도심을 통과하는 1, 2, 3, 4, 5호선을 따라 주거지역에서 승차인원이 많은 것을 볼 수 있다. 특히 청량리역의 경우 다른

주거 밀집지역보다 높게 나타나는 것은 동부권 통근 인
구들이 청량리역에서 환승하는 것으로 추정해 볼 수 있다.

그림 7. 강북도심지역

반면에 강남 도심지역의 경우 많은 업무지구가 테헤
란로를 따라 분포하는 관계로 2호선 통근인구와 매우
밀접하게 연관되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 특히 강
남권과 가까운 잠실지구, 광진지구 등과 구로, 대방, 신
림 지역과의 상관도가 매우 높게 나타난다.

그림 8. 강남도심지역 (강남, 역삼, 선릉, 삼성역)

이는 강남 중심업무지구가 2호선 상에 있어 위치적
근접성 이외에도 IT관련 업무지역이라는 공통성도 있
을 것으로 추정된다. 여의도 금융지역의 경우는 앞의
두 중심업무지역에 비해 지하철 승객은 상대적으로 매
우 낮은 편이지만 이곳으로 들어오는 승객들도 5호선
이 통과하는 목동, 화곡지역과 1호선이 통과하는 오류,

부평, 부천 지역과의 연관성을 보여 준다. 이러한 분석
결과는 복잡한 시공간 데이터를 역동적으로 공간상에
보여주어 한눈에 연관성들을 파악할 수 있어서 용이하
게 도출될 수 있었다.

V. 결 론

본 연구에서는 통행과 교통망에 대한 방대한 정보를
담고 있는 교통카드자료에 대해 데이터마이닝 기법을
적용하여 현재 서울시를 포함한 수도권 지역에서 가장
높은 수송분담율을 차지하고 있는 지하철망상 통행흐
름의 위상학적 구조를 분석하고 토지이용 패턴과의 관
계성을 시각화하여 분석하였다. 지하철 승객 흐름은 대
용량 시공간 데이터로서 통계적 분석으로는 그 흐름의
본질을 분석하기가 매우 어렵지만, 본 논문에서 제시한
정보시각화 방법으로 승객의 흐름을 시공간상에 역동
적으로 보여주어 직관적인 분석이 가능하였다.

하루 중에도 시간대에 따라 사람들이 이동하는 통행
목적이 달라지면서 통행흐름의 공간적 구조에 확연한
차이가 나타나고 있다. 강남역은 아침출발 통행의 경우
만 제외하고 모든 경우 가장 통행량이 많은 지하철역이
며 그 다음으로 삼성역과 선릉역 그리고 역삼역 등 테
헤란로 2호선역들이 우위를 나타내며, 다음순위로 강북
의 도심지역에 해당하는 시청역과 을지로입구역 그리
고 종로3가와 서울역들이 나타나고 있다. 아침출발 통
행량과 저녁도착 통행량이 높은 지역은 4호선과 2호선
이 교차하는 사당역의 경우를 제외하면 부천역 부평역
송내역과 같은 1호선상의 경인지역과 2호선의 신림역
강변역 잠실역 등 대단위 아파트단지가 위치하고 있는
지역들이다.

업무지역과 거주지역간의 연관성을 분석해 보면 강
북 도심지역의 경우 전반적으로 1, 2, 3, 4, 5호선상에 있
는 수도권 전반에 걸쳐 많은 역들에서 승차를 하고 있
으나 강남 도심지역은 2호선 잠실, 광진, 구로, 신림역
에서 집중적으로 승차하고 있다. 또한 여의도지역은 1,
5호선이 통과하는 근접지역에 집중되고 있어 업무중심
지역과 지하철 노선과의 연관성이 매우 높음을 눈으로
확인할 수 있었다. 또한 이들 세 중심업무지역에 지하

철을 이용하여 모여드는 사람들이 집중되었다가 떠나가는 시공간적 차이도 시각적으로 잘 드러나는데 강북 도심지역이나 여의도지역에 비해 강남 도심지역은 밤 늦게까지도 많은 지하철 승객들이 집중되어 있음을 확인할 수 있었다.

이러한 연구결과는 지역의 공간구조를 연구하는 지리학은 물론 다양한 교통관련연구에 기초자료로 활용될 수 있으며 장래 교통정책수립이나 수도권지역의 주택정책 토지이용 및 시설입지 등 도시계획과 공간계획 등에도 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] T. Crnovrsanin, C. Muelder, C. Correa, and K. Ma, "Proximity based Visualization of Movement Trace Data," IEEE Sym. on Visual Analytics Sci. and Tech., pp.11-18, 2009.
- [2] 박기호, 안재성, 이양원, 시공간 개인통행자료의 지리적 시각화, 대한지리학회지 제40권, 제3호, pp.310-320, 2005.
- [3] http://didi.com/brad/mapOfScience/nations15_50pct.jpg
- [4] <http://www.visualcomplexity.com/>
- [5] T. Hagerstrand, "What about people in regional science?" Papers in Regional Science Association Vol.24, pp.7-24, 1970.
- [6] 이금숙, 홍지연, 민희화, 박종수, "수도권 지하철망 상 통행흐름의 위상학적 구조와 토지이용의 관계", 한국경제지리학회지, 제10권, 제4호, pp.427-443, 2007.
- [7] J.-P. Rodrigue, C. Comtois, and B. Slack, *The Geography of Transport System*, New York: Routledge, 2006.
- [8] 박종수, 이금숙, "대용량 교통카드 트랜잭션 데이터베이스에서 통행패턴 탐사와 통행행태 분석", 한국경제지리학회지, 제10권, 제1호, pp.44-63, 2007.
- [9] D. Janelle, M. F. Goodchild, "Diurnal patterns of social group distributions in a Canadian City" *Economic Geography* Vol.59, No.4, pp.403-425, 1983.
- [10] M. F. Goodchild and D. G. Janelle, "The city around the clock: space-time patterns of urban ecological structure," *Environment and Planning A* 16-807-820, 1984.
- [11] M. F. Goodchild, B. Klinkenberg, and D. G. Janelle, "A factorial model of aggregate spatio-temporal behavior: application to the diurnal cycle," *Geographical Analysis*, Vol.25, No.4, pp.277-294, 1993.
- [12] D. G. Janelle, B. Klinkenberg, and M. F. Goodchild, "The temporal ordering of urban space and daily activity patterns for population role groups," *Geographical Systems* Vol.5, pp.117-137, 1998.
- [13] R. Zandvliet and M. Dijst, "Short-term dynamics in the use of places: a space-time typology of visitor populations in the Netherlands," *Urban Studies* Vol.43, No.7, pp.1159-1176, 2006.
- [14] C. Chen, J. Chen, and J. Barry, "Diurnal pattern of transit ridership: a case study of the New York City subway system," *Journal of Transport Geography* 17, pp.176-186, 2009.
- [15] 이금숙, 박종수, "서울시 대중교통 이용자의 통행패턴 분석", 한국경제지리학회지, 제9권, 제3호, pp.379-395, 2006.
- [16] <http://www.seoulmetro.co.kr/>
- [17] <http://www.seoul.go.kr/>
- [18] K. W. Lim and Y. T. Lim, *Transportation Network Analysis*, Seoul National University Press, 2003.
- [19] K. Lee, W.-S. Jung, J. S. Park, and M. Y. Choi, "Statistical analysis of the Metropolitan Seoul Subway System: Network structure and passenger flows," *Physica A: Statistical*

Mechanics and its Applications, Vol.387, iss.24, pp.6231-6234, 2008.

[20] 박종수, 이금숙, “서울 수도권 지하철 교통망에서 승객 흐름의 분석”, 한국정보과학회 논문지: 컴퓨팅의 실제 및 레터, 제16권, 제3호, pp.316-323, 2010.

[21] 박종수, 이금숙, “서울대도시권 지하철망의 구조적 특성분석”, 한국경제지리학회지, 제11권, 제3호, pp.59-475, 2008.

[22] V. Latora and M. Marchiori, “Is the Boston subway a small-world network?” Phys. A, Vol.314, pp.109-13, 2002.

[23] P. Sen, S. Dasgupta, A. Chatterjee, P. A. Sreeram, G. Mukherjee, and S. S. Manna, “Small-world properties of the Indian Railway network,” Physical Review E, Vol.67, Iss.3, 036106, 2003.

[24] F. Chen, Q. Wu, H. Zhang, S. Li, and L. Zhao, “Relationship analysis on station capacity and passenger flow: a case of Beijing subway line 1,” Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, Vol.9, Iss.2, pp.93-99, 2009.

[25] R. Sedgewick, *Algorithms in C++*, Third Ed., Addison-Wesley, 2002.

[26] 이금숙 “지하철 접근성 증가의 공간적 파급효과 산출모형 개발”, 한국경제지리학회지, 제1권, 제1호, pp.137-149, 1998.

- 1987년 ~ 현재 : 성신여대 미디어커뮤니케이션학과
 - 1993년 ~ 1994년 : 워싱턴대학교(시애틀)방문연구원
 - 2000년 ~ 2004년 : 열린사이버대학교 학술정보처장
 - 2004년 ~ 2005년 : 성신여대 정보통신처장
 - 2005년 ~ 2006년 : 성신여대 교수학습지원센터장
- <관심분야> : 시각화, 영상처리, e-Learning

박 종 수(Jong Soo Park)

정회원

- 1981년 : 부산대학교 전기기계 공학과(학사)
- 1983년 : 한국과학기술원 전기 및전자공학과(석사)
- 1990년 : 한국과학기술원 전기 및전자공학과(박사)

- 1983년 ~ 1986년 : 국방부 군무설계기과
 - 1994년 7월 ~ 1995년 7월 : IBM Watson 연구소 객원 연구원
 - 1990년 ~ 현재 : 성신여자대학교 IT학부
- <관심분야> : 데이터베이스, 데이터마이닝, 교통지리

이 금 숙(Keumsook Lee)

정회원

- 1979년 2월 : 성신여자대학교 지리학(학사)
- 1981년 2월 : 성신여자대학교 지리학(석사)
- 1987년 5월 : Boston University 지리학과(박사)

- 1992년 ~ 현재 : 성신여자대학교 지리학과
 - 1994년 ~ 1998년 : 성신여대 한국지리연구소 소장
 - 2000년 ~ 2001년 : 워싱턴대학교(시애틀)방문연구원
 - 2008년 ~ 2009년 : Boston University Center for Transportation Studies 방문연구원
- <관심분야> : 교통지리, 경제지리, 입지분석, GIS

저 자 소 개

김 호 성(Ho Sung Kim)

종신회원

- 1982년 2월 : 한양대학교 전자공학(공학사)
- 1984년 2월 : KAIST 전기및전자공학(공학석사)
- 1988년 8월 : KAIST 전기및전자공학(공학박사)