

대중교통 운행 감축에 따른 서울 구역별 버스·지하철 승하차 혼잡도 변화 비교

Comparison of the change in bus and subway congestion by Seoul area due to the reduction of public transportation

요약

신종 코로나 바이러스 감염 확산이 거세지는 탓에 사회적 거리 두기 단계가 강화됨에 따라, 서울특별시에서는 심야 시간대 이동 최소화를 유도하기 위해 대중교통의 야간 감축을 시행하였다. 해당 연구에서는 대중교통 운행 감축에 따른 서울특별시의 구역별 버스와 지하철 승하차 승객의 중심성 파악과, 출퇴근 시간대 별 혼잡도를 운행 감축 이전과 비교하여 조사하기로 한다.

1. 서론

신종 코로나 바이러스 감염 확산이 거세지는 탓에 사회적 거리 두기 단계가 강화됨에 따라, 서울특별시에서는 심야 시간대 이동 최소화를 유도하기 위해 대중교통의 야간 감축을 시행하였다. 오후 10시 이후 야간·심야 시간의 지하철 혼잡도는 코로나 발병 직후인 2020년 11월에 약 5배 이상 증가했고, 오후 11시 이후의 심야 시간은 코로나 발병 전인 52%에 근접한 수준까지로 승객이 늘었기 때문이다.¹⁾ 따라서 지난 2021년 7월 8일부터 서울특별시의 시내버스와 마을버스 모두 오후 10시 이후 20% 운행을 감축했으며, 9일부터 서울지하철 또한 오후 10시 이후 20% 운행감축을 시행했다.²⁾ 야간감축 미시행 시 대비 밤 10시 이후 승객 수는 버스의 경우 19.2%, 지하철의 경우 40.2% 감소했고, 밤 11시 이후의 이용객은 버스의 경우 25.4%, 지하철의 경우 41.5% 감소했다. 승객수의 감소에 따라 동일한 시간대의 혼잡도도 버스와 지하철 모두 이전보다 줄어드는 추세를 보였는데, 다만 이 관측은 오후 10시 이후의 수치만 측정되었기 때문에 그 이전 시각의 승객 수와 혼잡도에 별다른 변동이 있었는지는 알 수 없는 상태이다. 또한 출근 시간의 대중교통 운행에 대한 점도 포함되지 않았기에 감축 시행이 다른 시간대에 영향을 끼쳤는지의 대한 여부가 불분명하다고 여겨진다.

따라서 이번 연구에서는 대중교통 운행 감축에 따른 서울특별시의 구역별 버스와 지하철 승하차 승객의 중심

성 파악과, 출퇴근 시간대 별 혼잡도를 이전과 비교하여 조사하기로 한다.

2. 관련 연구

2.1. 혼잡도

작년 2018년 말까지 신형 차량으로 교체된 2호선의 열차에는 내부에 칸별 혼잡도 정보를 제공하고 있다. 서울교통공사에 따르면 칸별 정원인 160명의 무게를 기준으로 계산해 79% 이하면 ‘여유’, 80%~129%면 ‘보통’, 130% 이상일 경우 ‘혼잡’으로 분류한다.³⁾ 사람의 몸무게를 65kg으로 가정하면, 127명보다 적은 수가 타면 ‘여유’, 128~207명이 타면 ‘보통’, 208명보다 많이 타면 ‘혼잡’으로 표시되는 것이다. 이때 출·퇴근 등 매우 혼잡한 시간대엔 정원의 200%까지도 탑승한다.

더욱 정확한 데이터는 교통카드 등을 활용한다. 어떤 승객이 어느 역에서 어느 역까지 이동했는지의 데이터를 합산해 혼잡도를 계산한다.⁴⁾ 특히 시내버스에서 이 방법이 자주 사용되는데, 서울특별시는 2017년부터 해당 데이터를 시민들에게 공개했다. 교통카드 실시간 데이터로 차내 승객을 계산해 스무 명 이하, 즉 좌석에 앉을 수 있으면 ‘여유’, 35명 이하로 손잡이 정도를 건사할 수 있으면 ‘보통’, 그 이상은 ‘혼잡’으로 분류된다.

합산된 데이터는 여러 곳에 사용된다. 이러한 데이터는 당장 혼잡하다고 알려진 구간이나 시간대를 피해 열차나 버스를 이용할 수 있게 해주고, 장기적으로는 특정 구간의 혼잡을 완화하기 위한 교통편이 마련될 수도 있

다. 교통 정책을 짜는 데에도 도움이 되는데, 지하철에 경우에는 특정 시간과 구간에 탑승객이 몰린다면 배차간격을 좁히거나 해당 구간에 열차를 집중 투입할 수 있다. 버스에 경우에는 노선을 조정하는 데 활용되기도 한다.

2.2. R

R은 1993년 Ross Ihaka와 Robert Gentleman이 개발한 프로그래밍 언어이자 소프트웨어 환경으로, 광범위한 통계 및 그래픽 라이브러리를 보유하고 있다. 오픈 소스로 쓰여졌으며 무료이다.⁵⁾ 통계 소프트웨어 개발과 자료 분석에 널리 사용되기 있으며, 패키지 개발이 용이해 통계 소프트웨어 개발에 많이 쓰이고 있다.

R은 다양한 통계 기법과 수치 해석 기법을 지원하고, 사용자가 제작한 패키지를 추가하여 기능을 확장할 수 있다. 핵심적인 패키지는 R과 함께 설치되며, 그래픽 기능으로 수학 기호를 포함할 수 있는 출판물 수준의 그래프를 제공한다. R은 통계 계산과 소프트웨어 개발을 위한 환경이 필요한 통계학자와 연구자들뿐만 아니라, 행렬 계산을 위한 도구로서도 사용될 수 있으며 이 부분에서 GNU Octave나 MATLAB에 견줄 만한 결과를 보여준다. 이는 MS 윈도우, 맥 OS 및 리눅스를 포함한 UNIX 플랫폼에서 이용이 가능하다.

R 및 그 라이브러리는 선형 및 비선형 모델링, 고전 통계 테스트, 시계열 분석 분류, 클러스터링 등 다양한 통계 및 그래픽 기술을 구현한다. R은 기능 및 확장을 통해 쉽게 확장이 가능하고, R의 표준 함수 중 많은 것은 R 자체로 작성되어 있어 사용자가 쉽게 알고리즘을 사용할 수 있다. GNU의 GPL 하에 배포되는 S 프로그래밍 언어의 전통으로 인해 R은 대부분의 통계 컴퓨팅 언어보다 강력한 객체 지향 프로그래밍 기능을 제공한다. 또 다른 장점은, 수학 그래픽을 포함해 고품질의 그래프를 만들 수 있는 정적 그래픽이라는 것이다.

2.2.1. 중심성

그래프 이론에서 중심성이란 그래프, 혹은 사회 연결망에서 꼭짓점 혹은 노드(node)의 상대적 중요성을 나타내는 척도이다.⁶⁾ 이 중심성은 지수로 계산되는데, 이 중심성 지수는 그 계산 방법에 따라 크게 연결 중심성(degree centrality), 근접 중심성(closeness centrality), 매개 중심성(betweenness centrality), 고유벡터 중심성(eigenvector centrality)이 주로 쓰인다.

연결 중심성은 가장 간단한 중심성 척도이다.⁷⁾ 한 노드에 연결된 모든 edge의 개수로 중심성을 평가한다. 하지만 단순히 연결 중심성만 가지고는 다른 네트워크끼리 중심성 비교를 수행하기 어려우므로, 정규화를 하여 사용하기도 한다. 근접 중심성은 중요한 노드일수록 다른 노드까지 도달하는 경로가 짧은 것이라는 가정을 기저에 두고 있는 방법이다. 한 노드에서 그 노드를 제외한 다른 노드들까지의 최단 경로의 길이를 평균을 내고, 그 값을 역수로 취한다. 매개 중심성은 노드들 간의 최단 경로를 통해 계산하는 방법이다. 네트워크의 규모에 따라 크기가 달라질 수 있으므로 다른 네트워크와 비교하기 위해서는 정규화가 필요하다. 고유벡터 중심성은 중심성을 계산할 때, 단순히 연결된 노드의 숫자만을 살피는 것이 아닌 다른 노드의 중심성을 반영하여 계산하는 방법이다.

3. 설계

3.1. 데이터 수집과 정제

서울특별시의 버스·지하철 승하차 파일을 서울특별시 사이트에서 제공받는다. 기간은 총 세 가지로 (1) 코로나 사태가 발발하기 이전인 기간인 2019년 10월부터 12월까지, (2) 버스와 지하철의 감축 비율이 적용된 기간인 2020년 12월 5일과 8일부터 2021년 2월 15일까지, 그리고 (3) 2021년 7월 8일과 9일부터 2021년 9월 10일까지로 구분된다. 저장한 자료를 R을 통해 분석할 수 있도록 from, to, total 형식으로 CSV 파일 데이터를 정제한다. 언어는 Python을 사용한다.

3.2. 데이터 분석

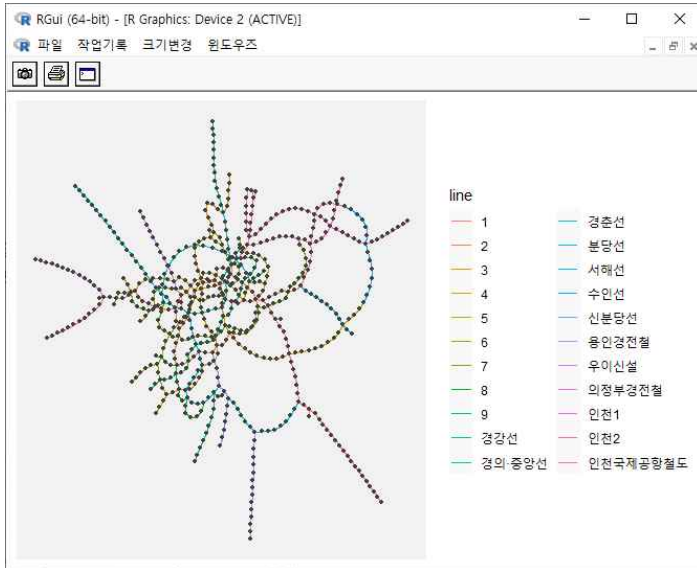
```
# A tibble: 578 x 2
  name      eig
<chr>      <dbl>
1 강남      0.0136
2 고속터미널 0.0106
3 잠실      0.0105
4 홍대입구  0.0104
5 서울역     0.00923
6 사당      0.00753
7 신림      0.00722
8 건대입구  0.00711
9 신도림     0.00701
10 선릉      0.00694
# ... with 568 more rows
```

< 그림 1 >

정제한 데이터를 바탕으로 R을 통해 데이터를 분석한다. 출근 시간은 오전 8~9시, 퇴근 시간은 오후 5~9시로 설정하여 1시간 간격으로 승하차 인원의 수가 높은 순으로 역을 나열한다. 이때 가중치는 역간 이동 인원로 설정하여 중심성을 계산한다. 중심성과 혼잡도를 파

악하여 나온 수치를 통해 대중교통의 운행 감축이 승객 수에 어떤 영향을 끼쳤는지 분석한다.

3.3. 데이터 그래프



< 그림 2 >

분석한 데이터를 한눈에 알아보기 쉽도록 지하철과 버스의 데이터 그래프를 R을 통해 그린다. 중심성은 고유 벡터를 사용한다. 노드의 크기와 가중치의 수치에 따라 분포도를 구성하는 노드의 크기 혹은 엣지의 굵기를 조정한다. 레이아웃은 lgl을 사용하며, ggraph 함수를 통해 지하철과 버스의 노선 그래프를 추가적으로 구현한다.

4. 결론 및 기대효과

코로나 사태 발발 이전과 이후의 대중교통을 이용하는 유동인구의 중심성과 혼잡도 분석을 통해, 거리두기로 인해 발생한 대중교통 운행 감축 정책이 버스·지하철 승객들의 분포에 어떤 영향을 끼쳤는지에 대한 해석이 가능할 것이다. 또한 연구를 통해 나온 결과를 토대로 혼잡도를 줄이기 위한 방법을 강구할 수 있으며, 이와 관련된 문제점을 발견했을 시 해결책을 새로 고안해내는 데에 도움이 될 것이라는 효과가 기대된다.

5. 참고문헌

- 1) ““지금도 다닥다닥 붙는데...” 대중교통 20% 감축 운행, 해법은?(종합)”, <서울신문>, 2020-11-24 13:34, <https://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20201124500086>
- 2) “서울시, 밤 10시 이후 대중교통 운행 감축...지하철 이용객 40%↓·버스도 24%↓”, <아시아경제>, 2021.07.18 11:16, <https://view.asiae.co.kr/article/2021071619462032077>

- 3) “[생활TECH] 서울시 지하철 2호선 칸별 혼잡도의 원리”, <테크월드>, 2019.03.28 10:06, <https://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=82928>
- 4) “지하철 '혼잡' 표시 어떻게 알려주나 궁금했죠?”, <오마이뉴스>, 20.05.30 20:53, http://www.ohmynews.com/NWS_Web/View/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0002642905
- 5) [https://ko.wikipedia.org/wiki/R_\(%ED%94%84%EB%A1%9C%EA%B7%B8%EB%9E%98%EB%B0%8D_%EC%96%B8%EC%96%B4\)](https://ko.wikipedia.org/wiki/R_(%ED%94%84%EB%A1%9C%EA%B7%B8%EB%9E%98%EB%B0%8D_%EC%96%B8%EC%96%B4))
- 6) <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%A4%91%EC%8B%AC%EC%84%B1>
- 7) <https://bab2min.tistory.com/554>