■ 論 文 ■

시내버스 노선변경에 따른 승객수요의 월별패턴 변화에 관한 연구

A Study on the Change of Monthly Patterns of Bus Passenger Demand According to Bus Route Change

서 영 우
(대구광역시 교통국 대중교통과)

김 기 혁
(계명대학교 교통공학과 교수)

목 차

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 이론적고찰
1. 시계열분석
2. 켄달 일치계수검정
3. 기존연구고찰
Ⅲ. 분석 과정
1. 분석의 방법 및 자료수집
2. 월별 승객수 자료의 월별 특성에 대한 분석
3. 월별 승객수의 예측을 위한 시계열분석
Ⅳ. 시내버스 승객수요의 안정화 시기에 대한 분석
1. 모형의 검증
2. 노선변경 시기의 예측값과 실제값 비교
Ⅴ. 결론
참고문헌

Key Words : 시계열분석, 켄달 일치계수검정, 시내버스 승객수요, 시내버스 노선개편, 안정화시기
Time Series Analysis, Kendall's coefficient of concordance W, Bus Passenger Demand, Bus route rearrangement, The period of stabilization

요 약

버스노선개편 및 환승요금무료와 같은 대중교통체계개편을 실시함에 따라 시내버스 이용자들이 개편된 노선에 익숙히 대처하기 위해서는 일정기간이 소요된다. 따라서 본 연구는 시내버스 승객수요의 월별 특성에 대해 분석하고, 시계열분석을 실시함으로써 버스노선개편 이후에 변화하는 시내버스 승객수요가 다시 안정된 월별특성을 나타내기까지의 기간에 관하여 연구하고자 한다. 먼저 여러 도시들의 시내버스 승객수요가 공통된 월별 특성을 나타내는지 분석하기 위해 켄달의 일치계수검정을 실시하였다. 또한 노선개편으로 인해 변화된 승객수요가 일정한 패턴을 보이는 기간을 분석하기 위해 시계열분석으로 예측된 2006년의 시내버스 월별 승객수와 실제 집계된 시내버스 월별 승객수를 비교하였다. 이에 따라 각 도시들은 공통된 월별 특성을 보이는 것으로 분석되었고, 대구광역시는 약 6개월 뒤에 예측값과 실제값이 같은 패턴으로 변화하는 것으로 분석되었다. 본 연구는 타도시에서도 적용이 가능하며 시내버스 승객수요의 미시적인 예측과 평가에 활용될 것으로 기대된다.

Bus passengers need some time to adapt to the changed bus route or free bus transfer system which is part of the public transportation system restructuring plan. This research is focused on the characteristics of monthly patterns of bus passengers. The period of stabilization of bus passenger demand after the rearrangement of bus route system by a time series were analysed. In order to look into the characteristics of bus passenger demand by month, data on the number of monthly bus passengers of recent five years in metropolitan cities across the nation was collected. Kendall's coefficient of concordance is used to test whether the cities showed concordance with respect to the number of monthly bus passengers during a period of five years. The study collected and performed a time series analysis of data on the number of monthly bus passengers during the past ten years in Daegu metropolitan area which carried out a new bus route plan in February 2006. The number of monthly bus passengers in 2006 was estimated using the time series analysis. The city of Daegu found that after six months the estimated and actual values displayed a similar pattern. This result can be applied to other cities in estimating the passenger demands in the future.

Ⅰ. 서론

현재 우리나라는 소득증대로 인하여 승용차 이용이 급격한 증가를 보이고 있으나 도로시설의 공급이 부족함에 따라 교통혼잡이 점차 심화되고 있다. 이에 따라 대중교통의 중요성이 날로 높아지고 있으며 정부 및 지자체에서는 이용자의 요구에 부합하고 공공서비스의 질을 높일 수 있도록 하기 위하여 효율적인 대중교통체계의 수립을 목적으로 많은 투자를 실시하고 있다.

대중교통체계의 개편은 장기적으로 도시특성에 맞는 노선체계를 정립하고 버스이용승객의 서비스 질을 향상함으로써 효율적인 운영과 이용수요의 증대를 목적으로 하고 있다. 그러나 시내버스 노선의 개편은 기존의 노선에 익숙한 이용자들에게 혼란을 야기하므로 개편 초기에는 일시적인 수요의 감소가 발생한다.

특히 대구광역시와 같이 환승요금무료 등의 준공영제 도입과 버스노선체계개편이 동시에 실시될 경우에는 이용자들이 개편된 노선들을 익숙하게 인지하고 이용할 수 있을 때까지 일정한 기간이 소요되므로 이 기간 동안은 시내버스의 승객을 대상으로한 정책들을 계획하고 집행하는데 어려움이 따를 수 있다. 또한 개편 초기에는 승객수요의 변화가 지속적으로 발생하기 때문에 일정기간이 지난 후 승객수요가 안정화 되었을 때 노선개편에 대한 평가를 실시하는 것이 바람직하다.

따라서 본 연구는 시내버스 승객수요의 월별 특성을 분석하고, 버스노선의 개편이 실시된 이후 시내버스 이용자의 수요가 일정한 월별패턴을 보이는 안정화시기에 대한 분석방법을 모색하는데 그 목적이 있다.

Ⅱ. 이론적 고찰

1. 시계열분석 (Time Series Analysis)

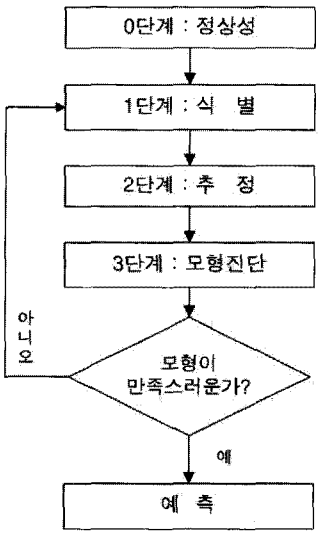
시계열 분석은 시간의 흐름에 따라 변하는 현상을 관측함으로써 얻어지는 자료를 분석하며 이를 설명할 수 있는 모형을 설정하고 미래를 예측하는 분석을 말한다.

즉 관측된 과거의 시계열로부터 규칙적인 패턴을 발견하고 미래에도 이러한 패턴이 계속 될 것이라는 기대하에 그 패턴을 모형화하여 미래 시계열을 예측하는 것이 시계열모형에 의한 예측의 골격이다.

예측방법에는 평활법과 분해법과 같은 고전적 시계열 방법과 확률과정 이론을 도입한 확률적 시계열방법으로 크게 분류되며, 확률적 시계열방법은 다시 스펙트럴함수(spectral function)에 기초한 주파수 영역(frequency domain)과 ARIMA모형에 기초를 둔 시간 영역(time domain)으로 나뉜다. 시간영역에서 이용되는 시계열모형은 Yule(1926)과 Walk(1931)에 의한 자기회귀(autoregressive)모형과 Slitzky(1937)에 의한 이동평균(moving average)모형이 있으며, Wold(1938)에 의해서 두 모형이 결합된 자기회귀 이동평균(Autoregressive-moving average)모형 등이 있다.

Box(1970)와 Jenkins(1970)는 이러한 모형들을 이용하여 시계열분석을 수행하는 포괄적인 이론을 정립했고, 이를 더욱 발전시켜 ARIMA모형에 의한 Box-Jenkins 방법은 시간 영역에서 대표적인 시계열분석방법으로 자리잡았다.

본 연구에서는 최적의 ARIMA모형을 찾기 위해 Box와 Jenkins가 〈그림 1〉과 같이 제시한 실전적인 3단계 절차에 따라 분석하였다.



〈그림 1〉 ARIMA 모형구축의 절차

2. 켄달 일치계수검정 (Kendall's coefficient of concordance, W)

두 변수 사이에 연관성이 어느 정도 존재하는지를 알아보고자 할 때 비모수적 방법으로 가장 많이 사용되는 측도는 스피어만의 순위상관계수(Spearman's rank

correlation coefficient)이다. 여기서 이를 확장하여 k 대상물에 대해 순위를 부여한 b개의 변수사이에 연관성의 측정하는 방법이 켄달의 일치계수 W(Kendall's coefficient of concordance, W)이다.

켄달의 일치계수검정을 위해서 가설의 설정 단계를 거친다. 설정되는 가설은 귀무가설(H_0)이 '각 년도들 사이의 순위가 일치하지 않는다' 일때 대립가설(H_1)인 '각 년도들 사이의 순위가 일치한다'이다. 여기서 검정통계량인 켄달의 일치계수 W를 식(1)과 같이 적용할 수 있다.

$$W=\frac{\sum_{i=1}^{k}(\overline{R_i}-\overline{R})^2}{k(k^2-1)/12} \quad (1)$$

여기서,

b : 년도의 수

k : 순위가 부여된 대상물의 수

$\overline{R_i}$: I번째 대상물에 부여된 평균순위

$\overline{R}$: $\frac{k+1}{2}$: 모든 대상물에 부여된 총 평균순위

$k(k^2-1)/12$: b개의 년도들이 완전한 순위의 일치를 보였을 때 $\sum_{i=1}^{k}(\overline{R_i}-\overline{R})^2$가 취하는 값

W값의 범위는 $0 \le W \le 1$로 $W=1$이면 각 년도들 사이에 순위가 완전히 일치하는 것이고 $W=0$이면 각 년도들 사이에 순위가 완전히 불일치하는 것이다.

켄달의 일치계수검정에서의 기각역은 소표본인 경우, $3 \le b \le 20$와 $3 \le k \le 7$이면 유의수준 5%와 1%에서 W에 대한 기각값을 별도의 표로 제시할 수 있으나 본 분석에서 월별 자료(k=12)에 순위를 부여하므로 k값은 아래와 같은 대표본 근사이론을 이용한다. 귀무가설 하에서 식(2)는 자유도가 k-1인 카이제곱분포를 근사적으로 따른다. 그러므로 기각역은 식(3)이다.

$$\chi^2 = b(k-1)W \quad (2)$$

$$b(k-1)W \ge \chi^2(k-1,\alpha) \quad (3)$$

3. 기존 연구 고찰

본 연구는 노선개편 이후 발생하는 시내버스 승객수요의 일시적인 변화가 안정화가 되는 시기를 분석하기 위해 시계열 분석을 사용하였다.

이상용(2007, p. 41)은 대구광역시의 일일 대중교통 수요의 연도별 추이에 대하여 분석하였으며, 준공영제 도입이전인 2005년까지 대구광역시의 시내버스 이용수요는 매년 5% 이상씩 감소하였으나 준공영제가 도입된 2006년에는 일일 평균 약 3만 명이 증가한 것으로 분석하였다. 또한 2005년 10월 지하철 2호선이 개통되어 시내버스 승객을 상당부분 흡수하였음에도 불구하고 환승요금무료 등의 준공영제 도입으로 인해 시내버스 수요의 증가는 높은 것으로 평가하고 있다.

그러나 이와 같은 분석 결과는 각 년도별 일평균 자료를 이용하였으므로 시내버스 승객수요의 년도별 변화는 분석이 가능하나 월별 변화는 분석할 수 없는 한계가 있다.

Ⅲ. 분석 과정

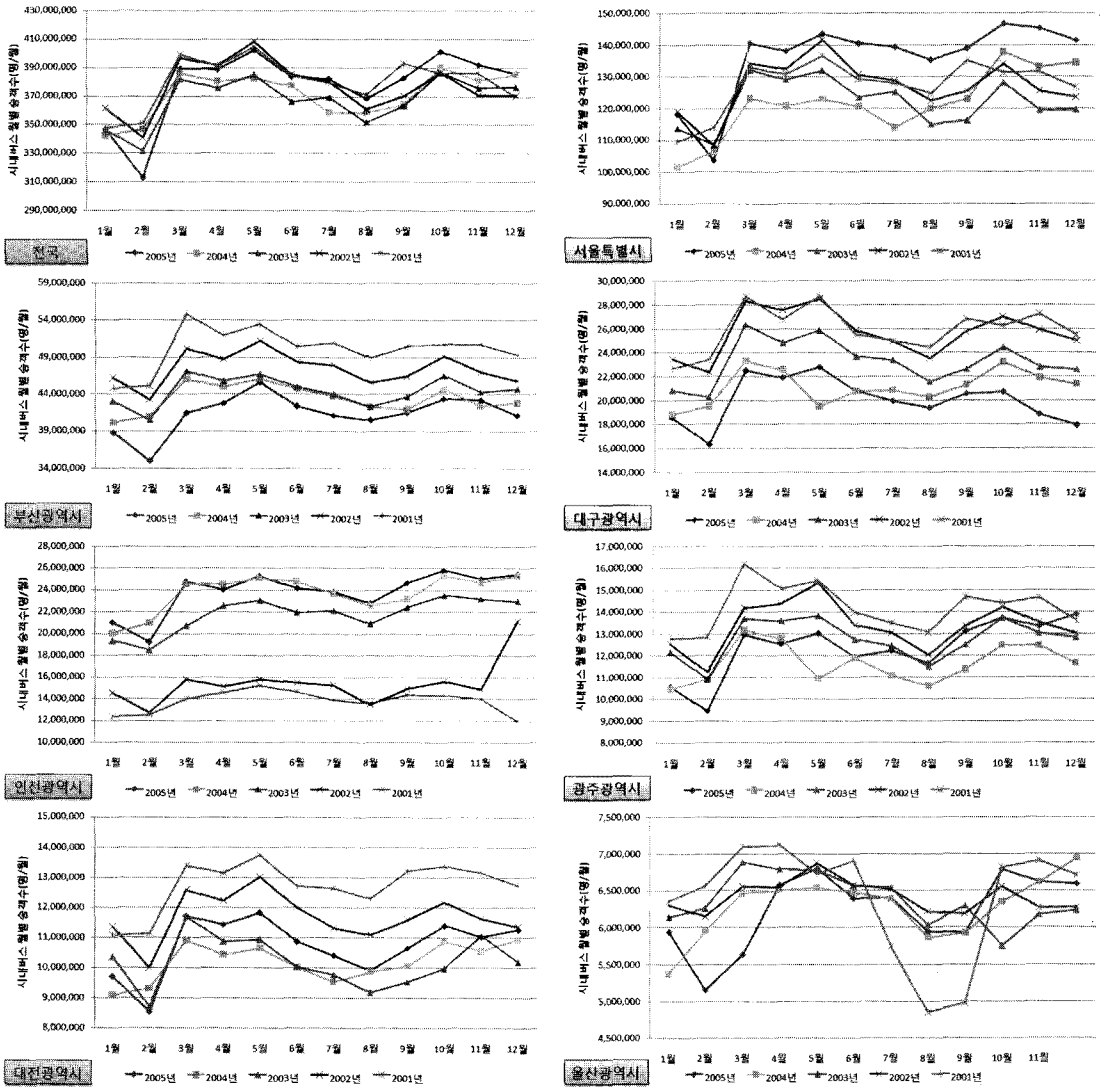
1. 분석방법 및 자료수집

본 연구에서 실시한 분석은 크게 두 가지로 구분할 수 있으며, 첫 번째는 시내버스 월별 승객수 자료가 시계열적인 특성을 가지는 자료인지 분석하기 위해 켄달의 일치계수검정을 실시하고, 두 번째는 대구광역시를 사례로 버스노선개편에 따른 승객수요의 변화를 분석하기 위해 시계열 분석을 실시한다.

켄달 일치계수검정을 위한 자료수집은 전국을 대상으로 집계된 시내버스 월별 승객수 자료와 서울특별시, 부산광역시를 비롯한 광역권 도시들의 시내버스 월별 승객수 자료를 수집하기 위해 최근 5년간의 영업용자동차업종별수송현황을 조사하였다.

시계열분석을 위한 자료수집은 2006년 2월에 버스노선개편이 실시된 대구광역시를 대상으로 시내버스 월별 승객수 자료를 수집하였다. 통계적으로 주기를 가지는 시계열 분석을 실시하기 위해서는 최소 100개 이상의 자료를 확보[1]해야 하므로 대구광역시의 1996년 1월부터 2005년 12월까지의 영업용자동차업종별수송현황을 조사하여

1) 계절적 변동이 존재하는 자료에 대해서 ARIMA모형을 설정하기 위해서는 차분으로 말미암아 관측값이 손실되더라도 적절한 식별과 추정을 위해 충분한 자유도가 필요하므로 표본의 수가 최소 100개 이상 확보해야 한다. (Box and Jenkins, 1976)



〈그림 2〉 시내버스 월별 승객수 자료의 년도별 추이

총 120개월의 월별 승객수 자료를 확보하였다. 이와같이 조사된 자료를 통해 2006년의 시내버스 월별 승객수를 예측하였으며, 예측된 자료는 2006년의 실제 시내버스 월별 승객수와 비교분석함으로써 버스노선개편이 시내버스 승객수에 미치는 영향을 분석하였다. 비교자료는 대구광역시 내부자료를 통해 2006년 1월부터 12월까지의 시내버스 월별 승객수 자료를 수집하였다.

2. 월별 승객수 자료의 특성에 대한 분석

〈그림 2〉와 같이 전국을 비롯하여 광역 도시들의 시내버스 월별 승객수의 추이를 살펴보면, 도시별로 조금씩은 차이가 있으나 대체로 봄과 가을에 승객수가 높고 여름과 겨울에 승객수가 낮은 것으로 조사되었다. 또한 시내버스 승객수의 년도별 추이를 살펴보면 대체로 년도가 높아질수록 낮아지는 걸로 조사되었다. 이와같은 결과를 통해 각 도시들의 시내버스 월별 승객수의 추이는 어느정도의 유사한 추이를 보이고 있다는 것으로 판단할 수 있다. 그러나 각 도시들의 년도별 추이는 교통정책 및 여건의 변화에 많은 영향을 받기 때문에 공통된 특성을 보인다고 판단하기 어려우며, 각 도시들의 시내버스 월별승객수의 추이도 도시마다 인구 및 교통정책의 상이하므로

〈표 1〉 각 도시별 켄달 일치계수검정 결과 종합

구분		전국*	서울①*	부산②*	대구③*	인천④*	광주⑤*	대전⑥*	울산⑦*	도시간**
월별평균순위	1월	11.2	11.4	10.8	11.2	11.0	11.0	9.6	9.4	10.75
	2월	11.6	11.6	11.6	11.6	11.4	11.4	11.6	9.6	11.75
	3월	2.6	3.0	2.6	1.4	6.2	3.0	1.8	4.8	2.75
	4월	4.6	5.8	3.6	3.4	5.8	3.6	4.4	3.4	2.75
	5월	1.8	2.4	1.4	3.2	2.4	3.6	2.0	2.8	3.88
	6월	6.8	6.4	5.4	6.0	5.2	6.8	7.0	4.4	1.88
	7월	8.0	7.2	6.4	7.6	7.6	8.4	9.4	6.8	5.88
	8월	9.8	9.8	10.2	9.4	9.8	10.6	10.2	10.4	8.38
	9월	7.4	6.4	8.0	6.2	6.6	6.0	7.2	9.6	10.25
	10월	2.6	2.8	3.6	4.2	2.6	3.2	4.4	6.0	3.25
	11월	5.4	5.0	6.2	5.6	5.4	4.4	4.8	5.2	5.38
	12월	6.2	6.2	8.2	8.2	4.0	6.0	5.6	5.6	6.00
W		.836	.748	.858	.794	.686	.767	.792	.533	.829
$b(k-1)W$		45.985	41.154	47.185	43.677	37.738	42.169	43.585	29.338	73.788
H_0 기각여부		기각	기각	기각	기각	기각	기각	기각	기각	기각

* : 각 도시별로 년도(b=5)를 대상으로 하여 켄달의 일치계수검정을 실시
** : 서울특별시에서 울산광역시까지 각 도시간의 월별평균순위(b=7)를 대상으로 하여 켄달의 일치계수검정을 실시
주 : $\chi^2=24.72$ (k=12, $\alpha=0.01$)

공통된 특성을 보인다고 판단하기는 어렵다. 따라서 각각의 월별 순위가 일정한 순서로 나타나는지 분석한다면 시내버스 월별승객수의 객관적인 비교가 가능하다. 이는 각 년도별로 월별 승객수에 순위를 두고 그 순위들이 일치하는지에 대해 분석하는 방법을 통해 특정한 달의 순위가 높거나 낮은 공통된 월별 특성을 분석할 수 있다.

본 연구에서 수집된 시내버스 월별 승객수 자료는 비교대상인 년도의 수가 다수이며 비교값인 월의 순위도 다수이므로, 다수의 대상물에 대해 다수의 변수사이의 연관성의 측도인 켄달 일치계수검정(Kendall's coefficient of concordance W)을 사용하였다.

먼저 전국을 비롯한 광역권 도시들의 시내버스 월별 승객수를 대상으로 월별 순위가 각 년도별로 일치하는지에 대해 켄달의 일치계수 검정(b=5, k=12)을 실시하였으며, 도시들 간의 월별 순위가 일치하는지에 대해 켄달의 일치계수 검정(b=7, k=12)을 실시하였다. 이에 대한 분석결과는 〈표 1〉과 같이 종합하였다.

각 도시들의 켄달의 일치계수 W를 살펴보면, 부산광역시가 0.858로 가장 높으며, 울산광역시가 0.533으로 가장 낮게 일치하는 것으로 분석되었으며, 다른 도시들도 켄달의 일치계수 W가 비교적 높게 분석되었다. 각각의 검정통계량이 기각역의 범위에 포함되어 귀무가설(H_0)인 '각 년도들 사이의 순위가 일치하지 않는다'가 기각되고 대립가설(H_1)인 '순위가 일치한다'가 채택되므로 모두 월별 특성을 가지는 것으로 분석되었다.

각 도시들간의 월별 특성이 일치하는지에 대해 분석한 결과는 켄달의 일치계수 W가 0.829로 각 도시간의 월별 승객수의 순위가 매우 높게 일치하는 것으로 분석되었으며 검정결과에서도 월별 특성을 가지는 것으로 분석되었다.

이상과 같이 켄달의 일치계수검정을 이용하여 분석한 결과를 종합하여 볼 때, 시내버스 월별 승객수 자료는 각 도시별로 특정한 달에 높거나 낮아지는 월별 특성이 나타나는 것으로 분석되었으며, 각 도시간에도 월별 특성이 나타나는 것으로 분석되었다. 즉 시내버스 노선개편 이후에도 이와 같은 월별특성은 유지되는 것으로 볼 수 있다.

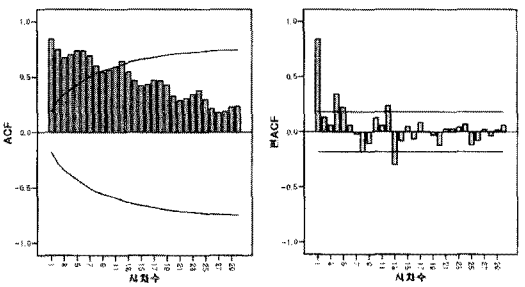
3. 월별 승객수의 예측을 위한 시계열분석

시내버스 월별 승객수 자료는 월별 특성을 가지는 시계열자료이므로 계절적 변동이 존재한다고 볼 수 있다. 따라서 대구광역시를 대상으로 시내버스 노선 개편이 이루어지기 이전인 1996년 1월부터 2005년 12월까지 총 120개의 시내버스 월별 승객수 자료를 수집하였으며 ARIMA모형에 의한 Box-Jenkins 방법을 적용하여 시계열모형을 도출하였다.

모형의 구축을 위한 절차에 따라 먼저 자료의 정상성을 확보하기 위해 식별 단계를 통해 자료의 자기상관함수(이하 ACF)와 편자기상관함수(이하 PACF)를 진단하

였다. 따라서 1996년 1월부터 2005년 12월까지의 대구광역시 시내버스의 월별 승객수 자료를 대상으로 〈그림 3〉와 같이 ACF와 PACF를 추정하였다.

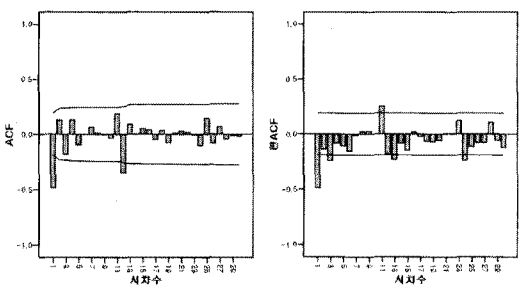
〈그림 3〉에서 ACF의 계수가 시차가 증가할수록 계수가 감소하고 있어 시계열의 평균이 시간의 흐름에 따라 감소하고 있음을 알 수 있다. 따라서 비계절적 차분을 통해 평균을 정상화 하였으며 본 자료는 계절적 주기를 가지는 월별 자료이므로 계절적 차분도 실시하여 자료의 정상성을 확보하였다.



■: 계수, ▬: 신뢰한계

〈그림 3〉 ACF와 PACF (d=0)

비계절적 1차 차분과 함계 계절 차분을 실시한 이후의 ACF와 PACF는 〈그림 4〉과 같이 추정되었다.



■: 계수, ▬: 신뢰한계

〈그림 4〉 ACF와 PACF (d=1, D=1, s=12)

추정된 ACF는 시차 1에서 뚜렷한 스파이크를 발견할 수 있으며, 그 이후 단기시차에서 0으로 절단하는 형태이다. 또한 추정된 PACF는 계절시차 이후에 지수적으로 서서히 감소하는 형태이므로 비계절적 부분은 MA(1) 모형을 고려할 수 있다. 마찬가지로 자기상관함수의 시차 12에서 뚜렷한 스파이크를 발견할 수 있고 시차 24에서는 0으로 절단하는 형태이므로 계절적인 부분은 $MA(1)_{12}$모형을 고려할 수 있다.

본 자료는 관측된 시계열에 대하여 계절통합혼합모형을 적용시켜서 얻은 잔차들이 ARIMA모형을 따르기 때문에 일반화 승법 계절통합혼합 $ARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s$모형을 고려하였다.

$$\phi(B)\Phi(B)(1-B)^d(1-B^s)^D Z_t = \theta(B)\Theta(B)a_t \qquad (4)$$

여기서,

ϕ_p : Z_t와 Z_{t-p}의 관련성을 나타내는 계수

θ_q : a_t와 a_{t-q}의 관련성을 나타내는 계수

$\Theta(B) = 1-\theta_1 B-\cdots-\theta_q B^q$

$\Phi(B) = 1-\phi_1 B-\phi_2 B^2-\cdots-\phi_p B^p$

d : 비계절적차분의 차수

D : 계절적차분의 차수

a_t : 백색잡음

비계절적 차분과 계절차분을 실시하였으므로 d와 D에 해당하는 계수는 1이며, 식별 단계를 통해 비계절적인 부분은 MA(1), 계절적인 부분은 $MA(1)_{12}$을 고려하였으므로 p와 P에 해당하는 계수는 0, q와 Q에 해당하는 계수는 1이 되어 $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ 모형을 고려하였다.

최종 모형을 선택하기 위해서 모수의 추정단계와 모형의 진단 과정을 거쳐야 한다. 모수의 추정단계에서는 식별단계에서 선택한 모형의 모수를 정확히 추정하며, 추정된 모수들이 주어진 수학적인 부등식 조건을 살펴봄으로써 모형을 선택하게 된다.

〈표 2〉과 같이 $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)_{12}$모형에 대해 모수를 추정한 결과, 추정된 MA(1)의 계수가 0.71813, SMA(1)가 0.86947로 분석되었다.

MA(1)모형은 항상 정상성조건을 만족하며 가역성의

〈표 2〉 $ARIMA(0,1,1)(0,1,1)_{12}$모형의 모수 추정결과

FINAL PARAMETERS:

Number of residuals	107
Standard error	1246240.7
Log likelihood	-1661.0415
AIC	3328.0831
SBC	3336.1016

Analysis of Variance:

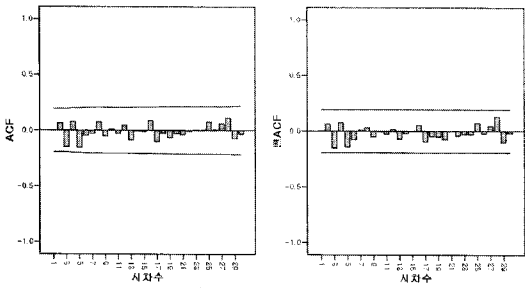
	DF	Adj. Sum of Squares	Residual Variance
Residuals	104	1.8917391E+14	1553115842288

Variables in the Model:

	B	SEB	T-RATIO	APPROX. PROB.
MA1	.71813	.06753	10.634794	.00000000
SMA1	.86947	.17391	4.999500	.00000234
CONSTANT	4711.92335	12187.64287	.386615	.69983128

조건은 $|\theta_1|<1$이므로 본 모형의 계수들은 MA(1)의 정상성 조건인 $|\theta_1|<1$를 만족하는 것으로 나타나 본 모형을 선택하였다.

추정된 모형이 통계적으로 적절한지를 알기 위해서 추정방정식으로부터 얻어진 잔차($\hat{a}_t$)들을 이용하여 백색잡음(white noise, a_t)들이 갖는 여러 가정들 중 독립성을 검증한다. 잔차는 백색잡음의 추정값이므로 이들 역시 통계적으로 독립이어야 할 것이다. 따라서 모형의 타당성을 진단하기 위해 〈그림 5〉와 같이 추정된 잔차들 중 25%에 해당하는 30개의 잔차 ACF를 조사하였다.



■: 계수, ▬▬: 신뢰한계

〈그림 5〉 잔차의 ACF와 PACF

잔차들이 모두 신뢰한계 내에 존재하므로 잔차들의 ACF가 0이라는 귀무가설을 채택하게 되며, 잔차들은 통계적으로 독립적이라는 것을 의미하므로 모형이 잘 적합되었다고 판단할 수 있다.

모형의 식별 단계에서 설정된 ARIMA$(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ 모형은 모수의 추정 단계에서 추정된 모수들이 정상성 및 가역성의 조건을 만족하였으며, 모형의진단 단계에서 잔차를 분석한 결과 모형이 적절한 것으로 분석되었다.

따라서 본 연구에서 대구광역시의 시내버스 월별 승객수의 시계열 모형은 ARIMA$(0,1,1)(0,1,1)_{12}$모형으로 설정하였으며, ARIMA 분석 절차에서 또 다른 모형을 찾는 재식별 단계를 거치지 않고 장래의 시내버스 월별 승객수에 대한 예측을 실시하였다.

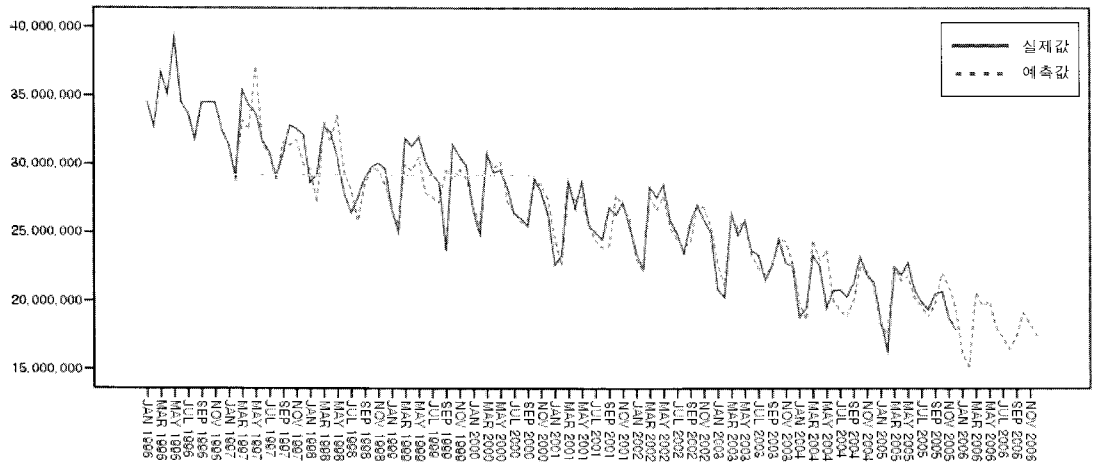
Ⅳ. 시내버스 승객수요의 안정화 시기에 대한 분석

1. 모형의 검증

앞의 장에서 대구광역시 시내버스 월별 승객수 자료에 대해 시계열분석을 실시하였으며, ARIMA모형의 구축 절차를 통해 ARIMA$(0,1,1)(0,1,1)_{12}$모형으로 결정되었다.

ARIMA$(0,1,1)(0,1,1)_{12}$모형으로 1996년 1월부터 2005년 12월까지의 시내버스 월별승객수를 가지고 예측한 결과, 예측값은 차분으로 인해 1997년 2월부터 예측이 되었다. 본 모형을 가지고 월별 승객수를 예측한 결과는 〈그림 6〉과 같이 분석되었다.

이와같이 결정된 시계열모형은 통계적인 방법으로 검증이 된 모형이지만 시계열모형으로 예측된 예측값이 실제로 조사된 값과 일치하는지에 대해 살펴볼 필요가 있다. 따라서 월별 총승객수를 예측한 값과 통계연보를 통해 조사된 실제값을 비교하였으며, 2005년의 경우 9월까지는 실제값과 예측값이 거의 일치하나 10월 이후부



〈그림 6〉 예측값과 실제값과의 비교 (1996-2006년)

터는 실제값과 예측값의 차이가 커짐을 알 수 있다.

이는 대구광역시의 지하철 2호선이 2005년 10월에 개통이 됨으로 인해 시내버스를 이용하는 수요의 일부가 지하철 수요로 전환된 영향으로 판단된다.

오차의 정도를 파악하고 모형의 적절성을 판단하기 위해 MAPE를 적용하여 2005년에 대하여 실제값과 예측값과의 오차를 검증하였다.

$$MAPE = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\left|\frac{(y_t - \hat{y_t})}{y_t}\right| \times 100 \qquad (5)$$

여기서, y_t : 참값, $\hat{y_t}$: 추정값, N : 자료의 수

MAPE를 적용하여 2005년에 대한 오차를 평가해본 결과 10월 이전의 오차 기준값이 3.01%이고 10월 이후의 오차기준값이 9.25%이나 2005년 전체의 오차 기준값이 4.57%로 계산되어 본 모형은 적절한 것으로 분석되었다.

2. 노선변경 시기의 예측값과 실제값 비교

2006년 1월부터 12월까지 예측된 값과 실제로 집계된 값을 비교하기 위하여 대구광역시 시내버스의 월별자료를 수집하여 비교하였으며 노선개편이 실시된 2006년 시내버스 승객수요의 실제값과 예측값을 비교한 결과는 〈표 3〉과 같다.

대중교통체계개편으로 인해 승객수요가 과거와 같이 일정한 패턴을 유지하는 시점을 찾기 위해 월별로 비교

〈표 3〉 시내버스 월별승객수 비교 (2006년) (단위: 명/월)

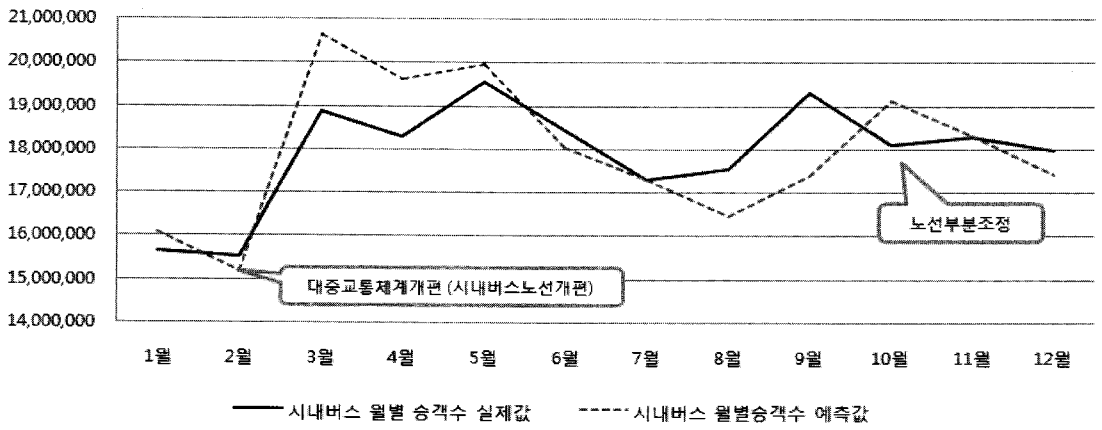
월	실제값	예측값	실제값-예측값	실제값:예측값
1월	15,657,051	16,083,822.20	-426,771	1 : 1.027
2월	15,524,100	15,190,294.10	333,806	1 : 0.978
3월	18,887,549	20,654,579.50	-1,767,031	1 : 1.094
4월	18,300,587	19,627,412.90	-1,326,826	1 : 1.073
5월	19,558,527	19,970,441.30	-411,914	1 : 1.021
6월	18,438,969	18,051,400.80	387,568	1 : 0.979
7월	17,315,099	17,291,979.80	23,119	1 : 0.999
8월	17,546,918	16,477,002.60	1,069,915	1 : 0.939
9월	19,331,295	17,380,297.00	1,950,998	1 : 0.899
10월	18,102,833	19,142,667.30	-1,039,834	1 : 1.057
11월	18,299,200	18,325,883.80	-26,684	1 : 1.001
12월	17,988,416	17,430,103.40	558,313	1 : 0.969

주 : 2월에 대중교통체계개편이 실시됨.

해 본 결과, 대중교통체계개편이 실시된 2월의 실제값과 예측값 간의 비율이 0.978로 거의 일치하는 것으로 분석되었다.

대중교통체계개편이 실시되고 그 다음달인 3월은 실제값과 예측값간의 비율이 1:1.094으로 가장 크게 나타났으며, 7월에 실제값과 예측값간의 1:0.999로 실제값이 예측값보다 높아지기 전까지 실제값과 예측값 간의 격차가 점차 줄어든 것으로 분석되었다.

8월부터는 실제값과 예측값간의 비율이 점차 증가하지만 10월에 실제값과 예측값 간의 비율이 1:1.057으



〈그림 7〉 시내버스 월별승객수의 비교 결과 (2006년)

로 급격히 떨어졌다가 12월에 실제값과 예측값간의 비율이 1:0.969으로 다시 실제값이 예측값보다 높아지는 것으로 분석되었다. 이와같이 10월에 예측값보다 증가하던 실제값이 감소하는 것은 9월말에 실시된 부분적인 노선조정의 영향에 의한 것으로 판단된다.

V. 결론

본 연구는 시내버스 월별 승객수의 시계열적 변화의 규칙성을 파악하기 위해 특정한 달에 높거나 낮아지는 월별 특성을 가지고 있는지에 대해 분석하고, 이와 같은 결과를 바탕으로 버스노선개편 직후 감소하는 시내버스 승객수요가 일정한 기간 동안에 월별특성을 나타내는지에 대하여 분석하였다.

시내버스 승객수요의 월별 특성을 파악하기 위해 켄달의 일치계수검정을 실시하여 월별 승객수의 순위가 일치하는지에 대해 분석하였다. 분석결과 각 도시들마다 시계열적으로 월별 특성을 가지고 있으며, 각 도시들 간의 월별 특성이 일치하는 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 시내버스 승객수요에 대해 월별로 정량적인 비교가 필요한 분야에서 월별 특성에 대한 계수를 산정하여 적용함으로써 객관적인 평가를 가능할 수 있다는데 의의가 있다.

시계열적인 특성을 가지는 시내버스 월별 승객수 자료를 이용하여 버스노선개편이 시내버스의 승객수요에 미치는 영향을 분석하기 위해 버스노선개편이 시행된 2006년의 예측된 자료와 실제 집계된 자료를 비교한 결과, 노선개편이 실시된 2월 이후 승객수요가 예측값보다 감소된 것으로 분석되었으며 8월부터 실제값이 예측값보다 크게 증가되는 것으로 분석되었다. 시내버스의 월별 승객수가 예측된 값보다 증가하는 것은 대중교통체계개편으로 인해 시내버스 승객수요가 전체적으로 증가됨에 따른 영향으로 판단된다.

본 연구에서 시내버스 승객수요의 변화에 대해서 월 단위로 분석한 결과 노선개편이 실시된 직후 승객수요의 일시적인 변화를 분석할 수 있었으며, 시계열분석으로 예측값을 분석하여 실제값과 비교함으로써 시내버스 승객 추이만으로 파악할 수 없었던 승객수요의 일시적인 감소와 노선개편으로 인한 승객수요의 증가를 분석할 수 있었다. 이와 같이 개편 초기에는 승객수요의 변화가 지속적으로 발생하기 때문에 일정기간이 지난 후 승객수요가 안정화 되었을 때 노선개편에 대한 평가를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.

본 연구에서는 분석결과를 바탕으로 대구광역시의 시내버스 승객수요가 예측치와 비교하여 안정화되는 시기를 판단하였으며, 대구광역시의 경우 2월에 대중교통체계개편이 실시된 이후 8월부터 승객수요가 예측값보다 증가하였다. 따라서 8월부터 예측값과 실제값이 동일한 패턴으로 증가되는 것으로 판단되어 대구광역시의 시내버스 승객수요가 안정화되는 시기를 약 6개월로 판단할 수 있다. 그러나 노선부분조정이 시행된 2006년 9월 이후의 변화에 대해서는 과거와 같은 일정한 월별 패턴을 유지하는지에 대하여 확인하지 못한 한계가 있다.

대구광역시가 노선체계뿐만 아니라 대중교통 전반에 대한 개편이 이루어졌음을 감안할 때, 각 도시별로 개편의 규모에는 차이가 있을 수 있으며 이로 인해 시내버스 승객수요가 안정화되는 시기도 도시별로 차이가 있을 것으로 예상된다. 따라서 추후 연구에서는 다양한 환경의 도시들을 대상으로 본 연구에서 제시한 실제 승객수요와 시계열분석을 통해 예측된 수요를 비교하는 방법을 적용함으로써 버스노선체계개편의 정도에 따른 안정화시기의 차이를 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 대구광역시(2006), "대중교통체계개편 -대중교통 노선체계개편-".
2. 대구광역시(2007), "대구광역시 대중교통기본계획".
3. 하정아(2006), "자기회귀분석과 시계열분석을 이용한 교통량 결측자료 보정 알고리즘". 석사학위논문, 중앙대학교.
4. 이상용(2007), "대구시 버스준공영제:1년간의 공과와 향후 발전 방향", 버스교통(한국운수산업연구원). 통권 제13호. p.41.
5. 조신섭, 손영숙(1999), "시계열분석", 율곡.
6. 이덕기(1999), "예측방법의 이해", 자유아카데미.
7. 이상열(2001), "시계열분석의 원리", 자유아카데미.
8. 정동빈, 원태연(2001), "SPSS를 활용한 시계열자료와 단순화 분석", 자유아카데미.
9. 최영훈(1997), "비모수통계학 : 이론과 응용", 자유아카데미.
10. 차영준, 송재기, 김종태, 이우동, 이재만, 김달호

(2001), "비모수검정", 자유아카데미.
11. Hamilton, J. D.(1994), "Time Series Analysis", PrincetonUniv, Press.
12. Brockwell, P. J., & Davis, R. A.(1996). "Introduction to Time Series and Forecasting", Springer-Verlag, New York.

♧ 주 작 성 자 : 서영우
♧ 교 신 저 자 : 서영우
♧ 논문투고일 : 2008. 2. 23
♧ 논문심사일 : 2008. 5. 15 (1차)
2008. 9. 8 (2차)
♧ 심사판정일 : 2008. 9. 8
♧ 반론접수기한 : 2009. 2. 28
♧ 3인 익명 심사필
♧ 1인 abstract 교정필