

단기 통행시간예측 모형 개발에 관한 연구

이승재 (서울시립대, 교수) 김범일 (서울시립대, 석사과정) 박혜란 (서울시립대, 석사과정) 권혁 (서울시립대, 석사과정)

Key Words : 통행시간 정보, 단기에측, 칼만 필터링

목 차

- I. 서론
- II. 링크통행시간 예측 모형의 고찰
- III. 링크통행시간 예측모형의 비교
- IV. 선정된 모형의 적용 및 검증
- V. 결론 및 향후 연구과제

I. 서론

본 연구에서는 최근의 교통분야 신기술을 이용하여 실시간(real-time)정보가 아닌 예측된(predicted) 교통정보를 제공할 수 있는 교통모형을 개발하고자 한다.

단순히 운전자가 통행을 시작할 때(순간적)의 교통상황을 기반으로 경로통행시간을 제시하는 것이 아니라, 운전자가 실제로 경험하게 될(실질적) 링크별 통행시간을 미리 예측해서 경로통행시간을 제시하고자 한다. 따라서 '링크'통행시간에 대한 예측은 '경로'통행시간을 예측하기 위해 미리 선행되어야 한다. 순간적인 경로통행시간과 실질적인 경로통행시간의 차이는 다음 수식으로 보다 명확하게 설명될 수 있다.

$$C_p^r(t) = c_{a_1}(t) + c_{a_2}(t + c_{a_1}(t)) + \dots + c_{a_m}(t + c_{a_1}(t) + c_{a_2}(t + c_{a_1}(t)) + \dots + c_{a_{m-1}}(t + c_{a_1}(t) + \dots + c_{a_{m-2}}(t)))$$
$$C_p^s(t) = c_{a_1}(t) + c_{a_2}(t) + \dots + c_{a_m}(t) \quad \text{식(1)}$$

여기서, $C_p^r(t)$ 는 시간 t 에 출발하여 경로 p 를 이용할 때의 실질적인 경로통행시간,

$C_p^s(t)$ 는 시간 t 에 출발하여 경로 p 를 이용할 때의 순간적 경로통행시간,

$c_a(t)$ 는 시간 t 에 link a 의 통행시간,
 $a_1, a_2, \dots, a_m \in p$

위의 식 (1)에서 볼 수 있듯이, 현실적 경로통행시간 $C_p^r(t)$ 는 운전자가 경로를 이루는 각 링크에 진입하는 시각에서 그 링크 통행시간을 계산하여 이들을 합하여 계산한다. 반면, 순간적 경로통행시간 $C_p^s(t)$ 는 운전자가 경로를 출발하는 시각에 경로를 이루는 모든 링크에서 나타난 통행시간을 그대로 합하여 계산한다.

결국, 링크통행시간의 예측이 중요한 이유는 운전자에게 제공하고자 하는 현실적 경로통행시간을 계산하기 위해서는 경

로를 이루는 각 링크의 진입시점에서의 링크 통행시간을 알아야 하기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 가장 신뢰성 있는 링크통행시간 예측모형을 제시하고자 한다.

II. 링크통행시간 예측 모형의 고찰

링크통행시간 예측 모형으로 대표적인 확률과정(Stochastic Process), ARIMA(Autoregressive integrated moving-average), 칼만필터링¹⁾(Kalman Filtering)에 대해 알아본다.

1. 확률과정을 이용한 통행시간 예측

확률과정을 이용한 통행시간 예측은 통행시간대 분포 profile을 이용하여 time slice별로 바로 전 시기의 상태와 전이 확률을 이용한다. 과거정보를 이용하여 일정시점에서 특정상태에 있을 확률, 각 상태에 있을 장기적이고 안정적인 확률을 예측하여 통행시간을 산정한다.

예측과정은 다음과 같다.

- 대표적인 그룹의 링크통행시간 자료를 이용하여 통행시간의 차이를 구하여 각 시간대별 그룹의 전이확률을 계산한다.
- 각 시간대의 통행시간의 평균과 전이확률을 이용하여 새로운 통행시간을 구한다.

2. ARIMA를 이용한 통행시간 예측

ARIMA는 시계열 모형 중에서 가장 일반적인 형태라고 볼 수 있다. 시계열 모형 중 대표적인 자기회귀(AR: Auto-Regressive) 모형과 이동평균법(MA: Moving Average) 모형 그리고 이들을 결합시킨 ARMA 모형을 모두 포괄하기 때문이다. 특히, ARIMA 모형은 단순히 AR 모형과 MA 모형을 결합시킨 ARMA 모형과 구별되는데 이는 원시 시계열자료를 정상시계

1) Chen and Chien (2001)

열 자료로 전환시키는 차분과정을 거치기 때문이다.

여기서 정상시계열 자료란 다음의 특성을 가지는 자료를 말한다.

- 뚜렷한 추세가 없다. 즉 평균이 시간축에 평행하다.
- 진폭(변동)이 시간의 흐름에 따라 변하지 않고 일정하다.

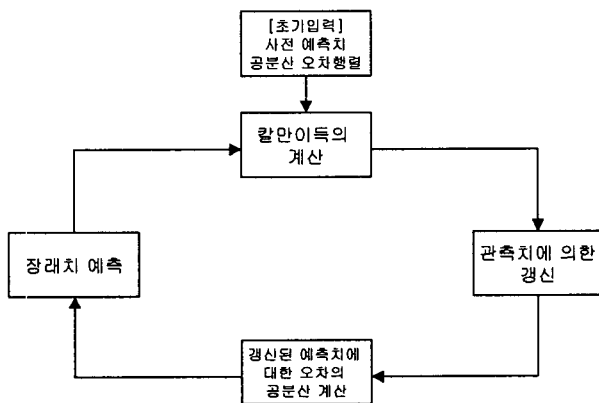
ARIMA (p, d, q)에서 d 는 차분차수, p 와 q 는 AR 모형과 MA 모형의 차수(order)를 의미한다.

3. 칼만필터링을 이용한 통행시간 예측

칼만필터링은 현대 제어 이론에서 가장 진보된 시계열 보정으로 무작위 변동(random perturbation)을 발생시키는 동적 체계에 적용되는 최적상태 예측과정이다.

바로 전 시간(timeseries)의 관측치를 반영하여 새로운 예측치를 찾으므로 보다 현실에 가까운 예측치를 구하게 되며, 오차를 주기마다 갱신해서 최소화시키는 방법이기 때문에 오차가 누적되는 다른 모형에 비해 정확하게 예측·표현된다.

칼만필터링 과정을 순서도로 표현하면 다음과 같다.



III. 링크통행시간 예측모형의 비교

2장에서 3개의 링크통행시간 예측모형을 혼잡구간인 남산 1호 터널과 이와 인접한 한남로에 적용하여 예측의 정확성을 비교하고자 한다. 모형의 정확도를 평가하기 위한 기준으로는 평균절대오차(MAE)와 상대평균절대오차율(MP)을 사용하였다. MAE와 MP는 값이 작을수록 예측 결과가 좋음을 뜻한다.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_i |X_{obs} - X_{prd}|$$

$$MP(MARE \text{ Percent}) = MARE * 100$$

$$MARE = \frac{1}{N} \sum_i \frac{|X_{obs} - X_{prd}|}{X_{obs}}$$

여기서, N 은 링크의 총개수,

t 는 단위시간,

X_{obs} 는 현장 실측자료,

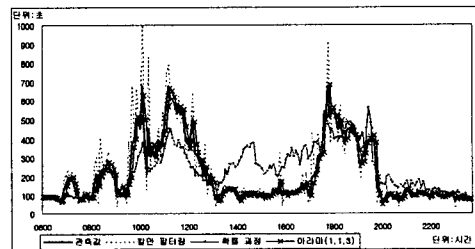
X_{prd} 는 모형으로부터 계산된 예측자료

예측방법: 평일(2001/12/5, 수)과 주말(2001/12/9, 일)을 구분하여 5분단위 자료 이용

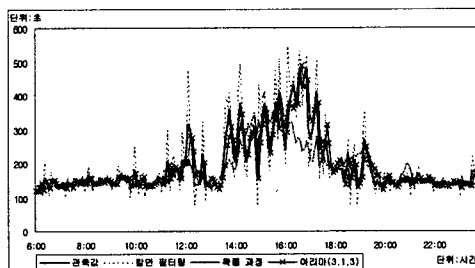
링크구간	링크 길이	평가 기준	평가모형	특징
북한남삼거리 →한남로터리	1130 (m)	MAE, MP, t-검정	칼만필터링, 확률과정, ARIMA 2001년 12월 2,4n까지 수요일 데이터(3회)로 모형산정	첨두/비첨두 구분이 명확
북한남삼거리 →명동역	2406 (m)			낮시간동안과 저녁시간에 비해 지체 다고 발생
명동역→북한남삼거리	2272 (m)			오후 및 저녁에 약간의 지체 발생
한남로터리→북한남삼거리	1130 (m)			예측 시간으로 5,10,15,30,60분사용 전일 거의 교통소통 원활

1. 링크별 예측모형별 비교

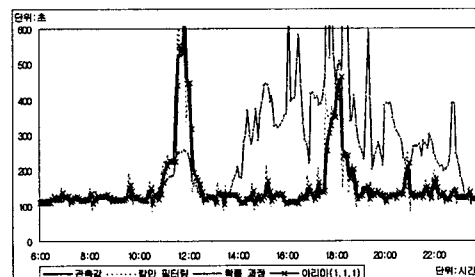
칼만필터링, 확률과정, ARIMA모형을 4개의 링크에 적용하여 실제 관측치와 비교하여 보았다. 링크별 관측치와 모형들의 예측치의 비교결과는 <그림 1>, <그림 2>, <그림 3>, <그림 4>와 같다.



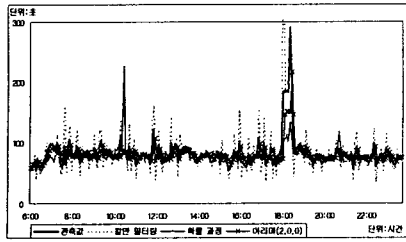
<그림 10> 북한남삼거리→한남로터리



<그림 11> 북한남삼거리→명동역



<그림 12> 명동역→북한남삼거리



<그림 13> 한남로터리→북한남삼거리

비교 결과 교통류가 가장 안정적인 한남로터리→북한남삼거리 구간은 모든 모형별 오차가 다른 링크에 비해 상대적으로 작게 나오는 반면, 첨두/비첨두시 구분이 가장 명확하며, 전체적인 교통류가 가장 불안정한 북한남삼거리→한남로터리 구간은 모든 모형별 오차가 다른 링크에 비해 상대적으로 크게 나오고 있다.

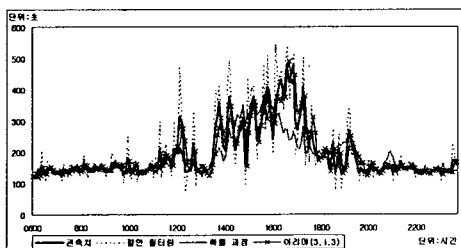
전체적으로 보면, ARIMA모형과 칼만필터링 모형이 비슷한 적합도를 나타내고 있다. 그러나 ARIMA 모형은 Data의 형태에 따라 매번 다른 (p,d,q) 를 추정해야 하는 단점이 있다. 다시 말해 예측 시간단위가 달라지면 모형구조도 바뀌어야 한다. 예측의 정교함에서는 다소 앞선다 할지라도 새로운 Data를 이용할 때마다 특히 실시간 정보를 Update 할 때마다 모형식별의 단계를 거쳐야 하므로 실질적으로 통행시간 예측에 적용하기는 어려움이 있다.

확률과정 모형은 Calibration Data와 Test Data의 통행패턴 차이에 크게 영향을 받으나, Data의 양이 많아서 편차가 작거나, 통행시간이 안정적인 링크에 대한 예측의 신뢰도는 다른 모형들보다 높다. 반면에, 돌발상황이 발생하거나 Calibration Data와 Test Data의 통행시간 편차가 클 경우, 예측의 신뢰도는 매우 낮아지는 단점이 있다.

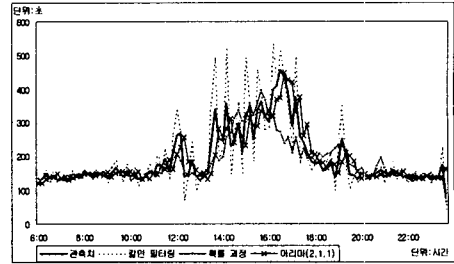
2. 예측 시간 간격별 예측모형별 비교

이 절에서는 예측시간간격을 달리 했을 경우 모형별로 예측치와 실측치와의 오차를 비교하고자 하였다. 4개의 링크 중 평일과 주말의 통행시간 패턴이 뚜렷하게 구분되는 북한남삼거리 → 명동역 구간에 대해서만 살펴보았다.

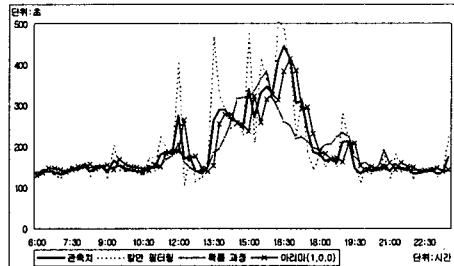
5분, 10분, 15분, 30분, 60분 에 대한 각각의 실측치와 모형별 예측치의 비교 결과 그래프는 <그림 5>, <그림 6>, <그림 7>, <그림 8>, <그림 9>이며, MAE와 MP에 의한 평가결과를 <표 11>에 정리하였다.



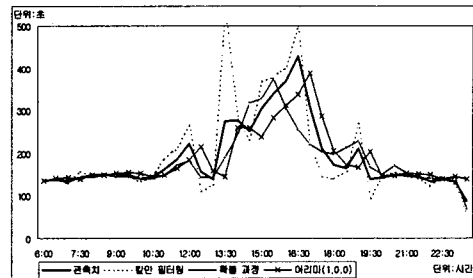
<그림 14> 5분후 예측



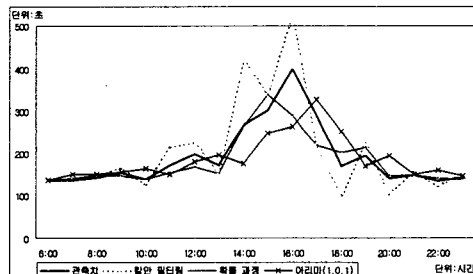
<그림 15> 10분후 예측



<그림 16> 15분후 예측



<그림 17> 30분후 예측



<그림 18> 60분후 예측

<표 11> 모형별 예측시간 간격별 정확도

칼만필터링의 예측시간 간격별 예측력 비교				
	MAE(초)	MP(%)	t값	t-검정결과
5분후	25.32(2)	11.49(2)	-2.29	차이있음
10분후	28.85(3)	13.17(3)	-1.68	차이없음
15분후	23.59(1)	10.58(1)	-1.35	차이없음
30분후	28.99(4)	13.28(4)	-0.82	차이없음
60분후	38.08(5)	16.98(5)	-0.88	차이없음
확률과정의 예측시간 간격별 예측력 비교				
	MAE(초)	MP(%)	t값	t-검정결과
5분후	30.44(5)	12.92	2.13	차이있음
10분후	28.14(4)	11.88	1.61	차이없음
15분후	26.52(3)	10.95	1.39	차이없음
30분후	24.50(2)	10.35	1.04	차이없음
60분후	20.64(1)	8.54	1.07	차이없음

	MAE(초)	MP(%)	t값	t-검정결과
5분후	23.51(2)	11.50(2)	0.17	차이있음
10분후	25.81(3)	12.77(3)	-0.03	차이없음
15분후	22.38(1)	10.57(1)	0.36	차이없음
30분후	28.43(4)	13.80(4)	0.27	차이없음
60분후	34.21(5)	15.97(5)	0.32	차이없음

시간대를 달리 했을때의 모형별 실측치와 예측치의 오차를 살펴본 결과, 예측 시간간격 30분 미만의 예측에서는 ARIMA와 칼만필터링 모형이 확률과정 모형보다 정확하고 시간간격 30분 이상의 예측에서는 확률과정 모형의 예측력이 더 뛰어난 것을 알 수 있었다.

그러나 ARIMA 모형은 위 절에서도 언급되었듯 Data의 형태에 따라 매번 다른 (p,d,q)를 갖는 모형을 선정해야 하기 때문에 통행시간 예측에 적용하기에는 어려움이 있다.

따라서, 본 연구에서는 통행시간 예측 모형으로 확률과정 모형과 칼만 필터링 모형을 사용하기로 한다.

IV. 선정된 모형의 적용 및 검증

1. 4개 링크에 확률과정과 칼만필터링 모형의 적용

전체 교통측에 적용하기 전에 4개 교통측에 확률과정 모형과 칼만 필터링 모형을 적용하여 보았다.

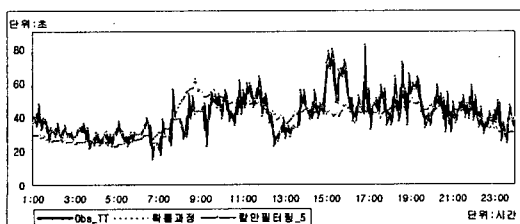
<표 13> 선정된 4개 링크 정보

도로 분류	교통측	시점명	종점명
도시 고속도로	강변북로	상암LPG주유소	성산대교북단
도시 고속도로	내부순환도로	마장동분기점	성동구청
간선도로(강남)	강남대로	서초우체국앞	염곡교차로
간선도로(도심)	신촌로	신촌역 입구	이대 입구

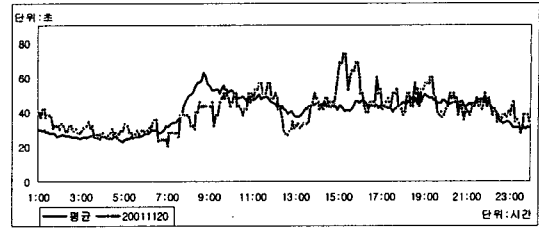
2001년 11월 20일(화) 통행시간을 예측하기 위한 자료는 2001년 9월 4일부터 2001년 11월 13일까지의 화요일 통행시간 자료를 이용하였다. 확률과정 모형은 과거 자료를 이용하기 때문에 예측 단위 시간에 관계없이 일정한 통행 시간이 나온다.

1) 하루 예측결과의 비교

4개의 링크에 대한 칼만필터링과 확률과정 모형의 통행시간 예측결과 확률모형은 과거 데이터와 통행패턴이 비슷한 경우에는 통행시간이 비슷하지만 통행 패턴이 다를 경우에는 많은 오차를 보인다. 하나의 예로 신촌로를 보자.



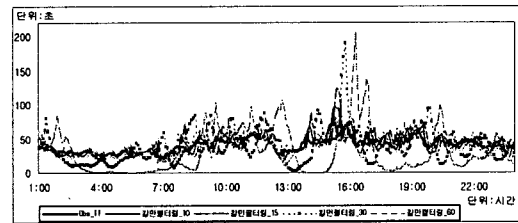
<그림 19> 신촌로 5분 후 예측 결과



<그림 20> 신촌로 과거 평균통행시간과 예측일 통행시간 비교

신촌로는 과거의 평균통행시간과 예측일의 통행시간이 거의 비슷하나 오전 9시경과 오후 3시경은 차이가 크다. 이 시간대에 관측치와 예측치의 차이가 큼 알 수 있다.

링크별로 칼만필터링 모형을 이용하여 시간별 예측결과를 관측치와 비교해 보았다. 마찬가지로 신촌로에 대한 결과를 보자.



<그림 21> 신촌로 시간별 칼만필터링 예측결과

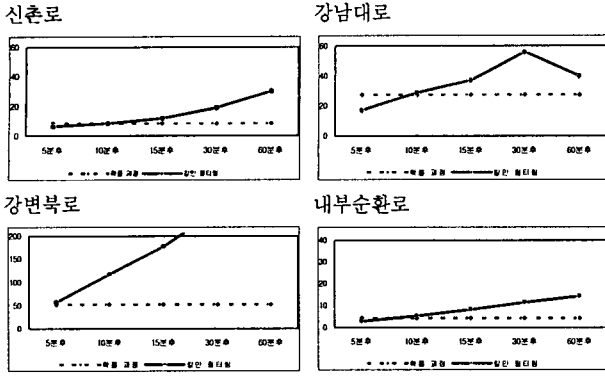
칼만 필터링 모형은 단기 예측인 5분 후, 10분 후 통행시간 예측의 경우 관측 통행시간과 비슷한 패턴을 보이며, 오차율도 적게 나타난다. 따라서 칼만 필터링 모형은 단기 통행시간 예측에 적합한 것을 알 수 있다. 도로상에서 수시로 변하는 현상(교통사고, 갑작스런 정체 등)을 다른 모형보다도 아주 민감하게 반영할 수 있을것임을 알 수 있다. 하지만 장기 통행시간 예측에는 오차가 많이 나타난다. 통행 예측 시간이 길어질수록 확률과정 모형의 통행시간 예측력은 높다. 이는 장시간 통행시간 예측에는 전반적으로 과거의 평균 통행시간과 비슷하다는 것을 의미한다.

2) 시간대별 예측결과의 비교

첨두시, 비첨두시, 전체시간대로 나눠 예측 오차를 비교해 보았다. 첨두시간대는 오전 7시와 9시 사이와, 오후 6시와 8시 사이이며, 비첨두 시간대는 첨두 시간 이외의 시간대이다.

(1) 첨두시

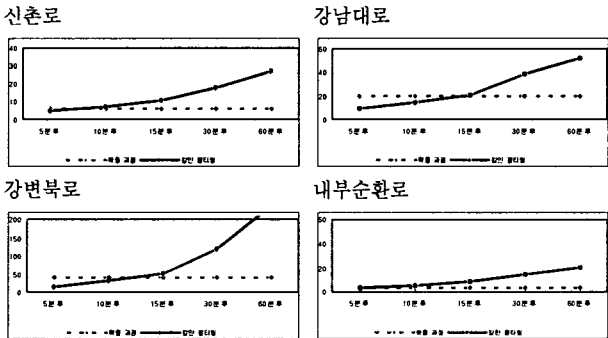
첨두시 MAE 결과를 보면 신촌로, 강남대로, 강변북로, 내부 순환로 모두 예측 통행시간 간격이 늘어남에 따라 MAE가 점점 증가한다. 특히 다른 링크에 비해서 통행 시간의 변동이 큰 강변북로에서 칼만필터링 모형은 다른 링크보다 예측시간간격이 커질수록 MAE가 커지는 것을 확인할 수 있다.



<그림 22> 침투시 4개 링크의 시간대별 MAE

(2) 비침투시

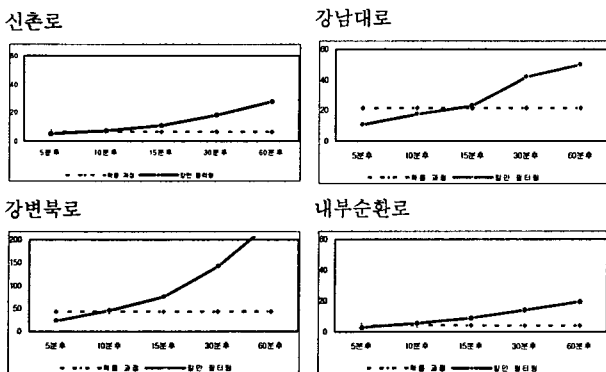
비침투시 MAE 결과를 보면 침투시에 비해 MAE가 대체로 작으나, 침투시와 마찬가지로 모든 링크에서 통행 시간이 늘어남에 따라 MAE가 증가한다. 다른 링크에 비해서 교통 흐름이 불안정한 강변북로의 경우에는 MAE가 급격히 증가함을 알 수 있다.



<그림 23>비침투시 4개 링크의 시간대별 MAE

(3) 전체시간대

전체 시간 MAE 결과를 보면 칼만 필터링을 이용한 경우에는 5분 후 예측과 10분 후 예측인 경우에 MAE가 작고, 4개 링크 모두 예측 통행시간이 늘어남에 따라 MAE가 점차 증가한다. 이를 통해 10분-15분 후 예측은 칼만 필터링으로, 30분-60분 후 예측은 확률 과정으로 하는 것이 적합할 것임을 알 수 있다.



<그림 24>전체시간 4개 링크의 시간대별 MAE

<표 3>은 전체 시간대에 대한 4개 교통축의 오차 비교 결과이다. 전체적으로 칼만 필터링 5분 후 예측이 가장 정확한 것을 알 수 있다. t-test를 실시한 결과, 95% 신뢰구간, 유의수준 0.05에서 신촌로 링크에서 확률과정 모형과 칼만 필터링(60분 후)의 경우, 강남대로 링크에서는 확률과정 모형과 칼만 필터링(10분 후)의 경우, 강변북로 링크에서는 칼만 필터링(10분 후)의 경우, 내부순환도로 링크에서는 확률과정 모형과 칼만 필터링(60분 후)의 경우에 평균과의 차이를 보이고 있다.

<표 14> 전체 시간대 4개 교통축 오차 비교

분석 링크	분석 모형	MAE (SEC)	MP (%)	t 값	t-검정 결과
신촌로	Stochastic Process	6.37	15.69	2.98	차이있음
	Kalman Filtering(5분 후)	5.06	12.33	0.16	차이없음
	Kalman Filtering(10분 후)	7.15	17.47	-0.69	차이없음
	Kalman Filtering(15분 후)	11.03	27.30	0.20	차이없음
	Kalman Filtering(30분 후)	17.84	44.53	1.15	차이없음
	Kalman Filtering(60분 후)	27.80	70.88	4.54	차이있음
강남대로	Stochastic Process	21.33	32.91	5.92	차이있음
	Kalman Filtering(5분 후)	10.65	17.49	-1.29	차이없음
	Kalman Filtering(10분 후)	17.19	27.45	-2.11	차이있음
	Kalman Filtering(15분 후)	23.21	41.84	-1.22	차이없음
	Kalman Filtering(30분 후)	41.62	78.93	-0.43	차이없음
	Kalman Filtering(60분 후)	50.15	84.13	0.12	차이없음
강변북로	Stochastic Process	42.13	16.48	-1.39	차이없음
	Kalman Filtering(5분 후)	22.24	7.31	-0.89	차이없음
	Kalman Filtering(10분 후)	45.42	15.11	-2.32	차이있음
	Kalman Filtering(15분 후)	73.65	24.73	-1.92	차이없음
	Kalman Filtering(30분 후)	142.69	51.07	1.03	차이없음
	Kalman Filtering(60분 후)	238.07	81.09	1.85	차이없음
내부순환로	Stochastic Process	3.83	4.72	-4.17	차이있음
	Kalman Filtering(5분 후)	2.98	3.57	1.76	차이없음
	Kalman Filtering(10분 후)	5.25	6.36	1.15	차이없음
	Kalman Filtering(15분 후)	8.38	10.18	1.30	차이없음
	Kalman Filtering(30분 후)	13.70	16.71	1.60	차이없음
	Kalman Filtering(60분 후)	19.27	23.29	2.45	차이있음

음영 : 정확도가 가장 높은 모형

2. 28개축에 칼만모형의 적용

서울시 28개 주요 교통축 967개 링크에 칼만 필터링 예측 기법을 확대 적용하였다. 기준시간 전 5분 전 통행시간까지를 이용하여 5분후를 예측하였다.

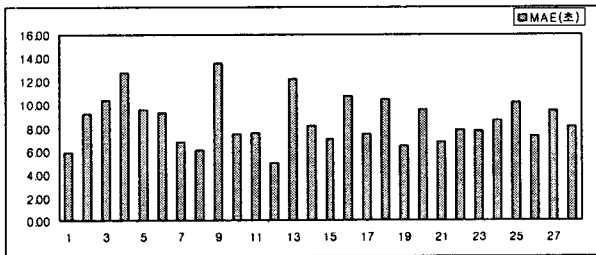
서울시 28개 주요 교통 축		
1: 강변북로	11:망우-왕산로	21:월계-미아-대학로
2: 강서로	12:반포-반포대로	22:자양-송파대로
3: 남부순환로	13:서부 간선로	23:천호대로
4: 내부순환로	14:선사-테헤란-서초로	24:충정-마포-경인로
5: 도립천-신대방길	15:성안순환로	25:통일-한강-관악로
6:도봉-종암-연주로	16:수색로	26:퇴계-광나루-강동대로
7:동1-영동대로	17:신촌-재물포길	27:한남-강남-현릉로
8:동부간선로	18:연서-증산로	28:한천로
9:동작대로	19:올림픽대로	
10:둔촌-양재대로	20:원효-대방-시흥대로	

관측 통행시간과 칼만 필터링 모형(5분후)을 이용하여 예측한 통행시간을 비교 분석하였다. <표 4>의 MAE, MP 결과는 해당 교통축에 포함하는 모든 링크의 평균이다.

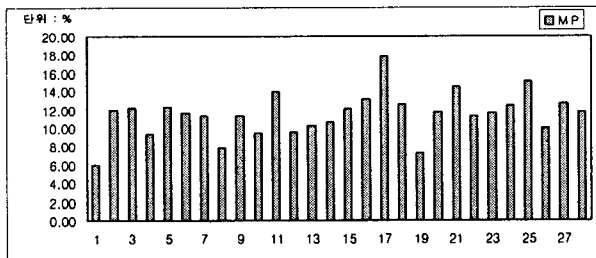
MAE는 대체적으로 4.99초와 14.3초 사이의 값을 보이고 있다. MP는 모든 축이 18% 미만의 오차율을 보이는 것으로 보아 칼만 필터링 모형은 신뢰할 만 하다고 할 수 있다.

<표 15> 28개 교통축 오차 비교

교통축	칼만필터링		교통축	칼만필터링	
	MAE(초)	MP(%)		MAE(초)	MP(%)
1	5.89	5.969	15	7.09	12.015
2	9.18	11.954	16	10.76	13.141
3	10.39	12.127	17	7.50	17.804
4	12.74	9.269	18	10.46	12.562
5	9.58	12.288	19	6.42	7.256
6	9.28	11.577	20	9.59	11.714
7	6.76	11.291	21	6.79	14.507
8	6.09	7.764	22	7.87	11.225
9	13.55	11.261	23	7.76	11.590
10	7.54	9.405	24	8.67	12.391
11	7.60	13.926	25	10.19	15.073
12	4.99	9.515	26	7.36	10.001
13	12.16	10.259	27	9.50	12.595
14	8.19	10.631	28	8.18	11.689



<그림 25> 28개 교통축 MAE



<그림 26> 28개 교통축 MP

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 서울시 28개 주요 교통축에 대해 확률과정 모형과 칼만 필터링 모형을 적용해 보았다. 28개 교통축 967개 전

체 링크는 5분 후 칼만 필터링 모형의 예측 결과를 분석하였으며, 967개 링크 중에서 도로 특성을 고려한 4개 링크 (도시 고속도로인 강변북로와, 내부순환도로, 도심 지역의 간선도로 중에서 신촌로, 강남 지역의 간선도로 중에서 강남대로)는 좀 더 자세한 분석을 해 보았다. 4개 링크는 확률과정 모형과, 칼만 필터링 모형을 이용하여 5분 후, 10분 후, 15분 후, 30분 후, 60분 후의 예측 통행시간을 분석하였다. 예측된 통행시간의 평가 지표로는 MAE, MP, t-검정을 사용하였으며, 첨두 시간대, 비첨두 시간대, 전체 시간대에 대해 비교하였다.

칼만 필터링 모형은 5분 후-15분 후 예측과 같은 단기 예측에 그 정확도가 높다. 예측 통행시간이 전체적인 통행 패턴을 잘 반영함은 물론 그 오차값도 확률과정 모형에 비해 작다. 칼만 필터링 예측 기법은 통행시간을 예측할 때 실시간 자료를 이용하여 예측 오차를 보정하기 때문에 오차가 누적되는 것을 최소화시킨다. 이런 알고리즘 특성상 통행패턴이 급격히 변하거나, 유고 혹은 돌발 상황이 발생한 구간에 대한 예측력이 뛰어나다. 하지만 30분 후 예측과 같이 장기 예측의 경우에는 전반적으로 오차가 증가하며, 변동폭이 확대되는 것을 볼 수 있다.

확률과정 모형은 30분 후 예측과 같은 장기 예측에서 칼만 필터링 모형에 비하여 정확도가 높았다. 장기 예측일수록 평균에 근거하여 통행시간을 예측하는 확률과정 모형의 예측력이 더 우수하다고 할 수 있다. 확률과정 모형은 통행시간을 예측할 때 기존 과거자료(실시간 자료를 제외한)를 사용하기 때문에 유고 상황 발생 시에는 예측 정확도가 낮은 한계가 있다.

이상으로 볼 때 단기예측(5분 후-15분 후)에는 칼만 필터링이, 장기예측(30분 후-60분 후)에는 확률과정 모형이 적합하다고 판단된다. 두 모형의 장점을 고려하여 통행시간 예측에 이용한다면 한 가지 예측 모형을 이용하여 통행시간을 예측하는 것에 비해 그 정확도가 높을 것으로 판단된다.

향후 연구과제로는 본 연구를 발전시켜 링크기반에서 경로기반 통행시간 예측 모형을 개발하고 실제로 교통정보안내분야 및 정보제공분야에서 다양하게 활용될 수 있는 방법을 연구하도록 한다.

참고문헌

1. 서울시립대학교 부설 도시과학연구원, SK 최적 경로 시스템 신뢰도 검증 및 향상 방안 연구, 2002
2. 과학기술부, Development of the Real Time Traffic Information Analysis Models, 2000
3. 소경숙, GIS를 이용한 교통정보 제공 시스템 개발에 관한 연구, 서울시립대학교 석사학위 논문 2001
4. MOHINDER S., ANGUS P., Kalman Filtering: Theory and Practice Using MATRAB, 1993