

최적 신호주기의 결정을 위한 컴퓨터 시뮬레이션 모델

(A Computer Simulation Model for the Determination of Optimal Cycle Time of Traffic Signal)

권 영 식*
박 영 택**

Abstract

We can reduce delays and number of stops in the traffic area by means of optimal design of traffic signal system. A computer simulation model to simulate and predict the traffic signal system of Jong - Ro 4 - th street was developed for determination of optimal cycle time. This simulation model was developed in relation to Jong - Ro 4 - th street, but this model can be applied for other places with small modification.

1. 서 론

나날이 다변화하고 그 정도를 더해가는 교통문제를 어떻게 해결해 나가느냐 하는 문제는 오늘날 모든 나라에서 큰 문제로 제기되고 있다. 이는 도로 점유율이 낮고, 경제성장에 따른 차량의 증가현상이 현저한 우리나라 대도시의 도심지(CBD) 경우에 더욱 심각하다. 이러한 교통문제 가운데에서도 교통체증현상은 큰 비중을 차지하고 있다. 일반적으로 교통소통의 상태는 路面상태, 도로線形, 교통신호를 이용한 통제방법, 장애물, 교차로, 고가도로, 徃角정리 등에 의해 결정된다.¹⁾

일반적으로 교통체제의 효율적 관리를 연구하는 목적은 교통소통을 원활히 하여 지체시간을 줄이고 운전시간을 단축하는 데 있다. 이 외에도 교통체제의 성능을 나타내는 척도로는 1km를 주행할 때의 정지 횟수라든가, 안전운행, 혹은 주어진 교통체제가 전체적으로 단위시간당 취급할 수 있는 총교통량 등을 들 수 있다.²⁾ 도시내 체증요인의 대부분이 신호대기이므로 신호체제를 적절히 조정함으로써 소통상태를

개선시킬 수 있다.³⁾

본 논문에서는 최적 신호주기를 결정하고, 앞으로의 교통량 증가가 소통상태에 미치는 영향을 분석하고, 도로확장 등이 얼마나 성과를 거둘 수 있나를 알아내는 데 이용할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 개발하고자 하였다. 모델설정을 위해 종로 4가를 대상으로 하여 하루중 교통량이 가장 많은 08:00~09:00 사이를 조사하였으며, 이를 토대로 대기모델에 널리 응용되고 있는 Monte Carlo 기법을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하였다.

2. 입력자료의 모델링

종로 4가 주위를 보면 그림 1과 같다.

그림 1에서 동서방향인 종로는 8차선이고, 남북방향은 4차선이다. 채널 ①, ②가 소통되면 채널 ③, ④는 막고, 보행자들은 횡단보도 ③, ④를 이용한다. 반대로 채널 ①, ②를 막고 보행자들이 횡단보도 ①을 이용하면 채널 ③, ④의 차량을 소통시킨다.

여기서 차량의 회전은 우회전만 가능하다. 현재 신호주기는 각 채널 모두 72초이며, 赤色신호가 42초, 綠色신호가 30초인데 교통안전을 위하여 녹색신호 前後 6초씩은 각 채널 모두 적색신호가 겹치게 되도록 하였다.

* 동국대학교 공업경영학과 전임강사

** 한국과학기술원 연구원

1) 서울산업대학 도심권연구소, 도심권내 통행차량 속도 및 혼잡도 조사연구, 1978.

2) 박경수, 「서울시 신호체제의 설정 Phase Split 과 연쇄파를 위한 최적 offset」, 대한산업공학회지 제3권 1호, 1977.

3) T.R. Horton, *Traffic Control - Theory and Instrumentation*, New York : Plenum Press, 1965. pp 1~20.

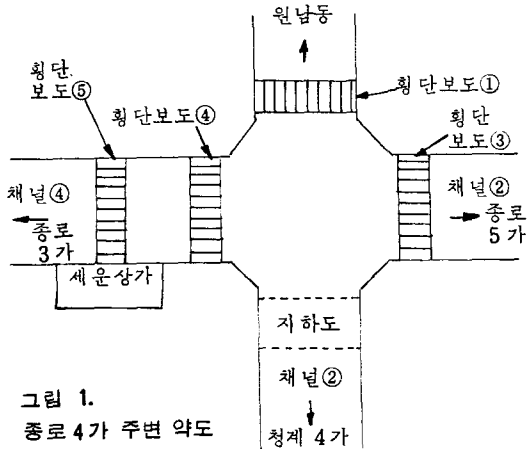


그림 1. 종로 4가 주변 약도

입력차량수의 통계적 분포형태를 알기 위해, 08:10~08:50 동안 각 채널별로 5초 간격으로 입력차량수를 조사하고, Chi-square 적합도 검정을 실시하고 이를 표 1에서부터 표 5까지에 소개하였다. 적합도 검정의 결과 채널 ①에서는 $\lambda = 1.3$, 채널 ②에서는 $\lambda = 1.0$, 채널 ③에서는 $\lambda = 2.0$,인 Poisson 분포를 따름을 알 수 있었다. 또한 채널 ④의 경우는 횡단보도 ⑤의 주기적 閉閉 때문에 입력차량이 일정기간 동안은 많다가, 그 다음 일정기간 동안은 적은 현상이 반복된다. 이 경우 입력차량이 많은 경우는 5초간 입력차량수에서 3을 뺀 것($n' = n - 3$)이 $\lambda = 1.6$ 인 poisson 분포를 따르고, 이러한 현상이 7회 지속될 확률이 0.2, 8회 지속될 확률이 0.5, 9회 지속될 확률이 0.3이다. 또한 입력차량이 적은 경우에는 5초간 입력차량수가 0일 확률이 0.6, 1일 확률이 0.4이고, 이러한 현상이 5회 지속될 확률이 0.2, 6회 지속될 확률이 0.5, 7회 지속될 확률이 0.3이었다.

또한 각 도로에 대한 포화교통량은 각 방향에 할당된 實用車線數에 비례한다고 가정하고⁴⁾, 녹색신호에 할당된 시간을 고려하여 각 채널의 소용용량을 결정한 것을 표 6에 실었다. 표 6을 시뮬레이션의 비교대상이 되는 입력代案으로 사용하였다.

3. 시뮬레이션 모델

일정기간 동안의 입력차량수를 모델링하여 시뮬레이션하게 되므로 fixed-time increment 모델이 된다.⁵⁾ 앞의 입력자료들을 이용하여 시뮬레이션을 위한 흐름도(flow-chart)를 그리면 그림 2와 같은데, 이를 상세히 나타내면 그림 3에서 그림 5와 같다. 시뮬레이션 프로그램은 부록에 수록하였다.

4) 서울산업대학 도시권연구소, 전제서.
5) R.E. Shannon, System Simulation, New Jersey : Prentice - Hall, 1975. pp.230 ~ 243.

4. 결 론

앞에서 세운 시뮬레이션 모델을 이용하여 5번의 시뮬레이션한 것의 평균 대기차량수는 표 7과 같다. 대체적으로 신호주기가 길어질수록 평균 대기차량수가 줄어드는데, 이는 교통안전을 위해 赤色신호를 綠色신호보다 길게한데서 생기는 非可用~時間(lost time)의 악영향이 상대적으로 줄어들기 때문이다. 종로 4가의 경우 신호주기가 70초, 80초, 90초에서 평균 대기차량수가 비슷하므로 신호주기를 70초로 하면 대기차량수의 증가없이 횡단보행자들의 대기시간을 줄일 수 있다.

本 모델에서 차량의 증가율을 예측하여 미래의 입력차량수를 시뮬레이션에 사용하면 미래의 교통소통 상태를 예측할 수 있다. 또한 차선을 확장하는 경우에는 실용차선수 증가를 고려하여 채널의 소용용량을 조정해주면 도로확장의 효과를 예측할 수 있다.

표 1. 채널①의 적합도 검정 ($\lambda = 1.3$)

n	P(n)	f _e	f _o	(f _o - f _e) ² / f _e
0	0.273	131	134	0.07
1	0.354	170	165	0.15
2	0.230	111	124	1.52
3	0.100	48	44	0.33
4	0.032	15	12	0.60
5	0.009	4	1	3.20
6	0.002	1	0	
합계	1.000	480	480	5.87 < χ^2 (0.95;6-1-1)

표 2. 채널②의 적합도 검정 ($\lambda = 1.0$)

n	P(n)	f _e	f _o	(f _o - f _e) ² / f _e
0	0.368	177	177	0.00
1	0.368	177	165	0.81
2	0.184	88	90	0.05
3	0.061	29	38	2.79
4	0.015	7	10	0.11
5	0.003	2	0	
합계	1.000	480	480	3.76 < χ^2 (0.95;5-1-1)

표 3. 채널③의 적합도 검정 ($\lambda = 2.0$)

n	P(n)	f _e	f _o	(f _o - f _e) ² / f _e
0	0.135	65	81	3.94
1	0.271	130	131	0.01
2	0.271	130	109	3.39
3	0.181	87	84	0.10
4	0.090	43	45	0.01
5	0.036	17	23	2.12
6	0.012	6	7	0.13
7	0.003	1	0	
8	0.001	1	0	
합계	1.000	480	480	9.70 < χ^2 (0.95;7-1-1)

표 4. 채널④의 적합도 검정, 입력이 많은 경우
($\lambda = 1.6$)

$n' (=n-3)$	$P(n')$	f_e	f_o	$(f_o - f_e)^2 / f_e$
0	0.202	56	49	0.88
1	0.323	89	94	0.28
2	0.258	71	69	0.06
3	0.138	38	42	0.42
4	0.055	15	18	0.60
5	0.019	5 ₁ ⁶	3 ₀ ³	1.50
6	0.005			
합계	1.000	275	275	$3.74 < \chi^2$ (0.95;6-1-1)

표 5. 채널④의 적합도 검정, 입력이 적은 경우

n	$P(n)$	f_e	f_o	$(f_o - f_e)^2 / f_e$
0	0.60	123	132	0.66
1	0.40	82 ₀ ⁸²	70 ₃ ⁷³	0.99
2	0.00			
합계	1.00	205	205	$1.65 < \chi^2$ (0.95;2-1)

표 6. 시뮬레이션의 입력대안

代案	신호주기 (秒)	녹색신호 (秒)	채널별 소통 용량(MUV)			
			①	②	③	④
1	50	20	10	10	20	20
2	60	25	15	15	30	30
3	70	30	20	20	40	40
4	80	35	25	25	50	50
5	90	40	30	30	60	60

표 7. 채널별 평균 대기차량수

代案	신호주기 (초)	녹색신호 (초)	채널별 대기 차량수			
			①	②	③	④
1	50	20	287	21	36	393
2	60	25	59	8	14	170
3	70	30	14	8	16	31
4	80	35	13	9	17	25
5	90	40	13	10	19	27

본 논문에서는 특정교차로를 대상으로 했으나, 이를 실용화하기 위해서는 도로전체를 대상으로하여 일련의 교차로들을 동시에 고려하여 전체 시스템의 효율을 극대화시켜야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) Horton, T.R., *Traffic Control - Theory and Instrumentation*, New York: Plenum Press, 1965, pp.1 ~ 20.
- 2) Shannon, R. E., *System Simulation*, New Jersey: Prentice - Hall, 1975, pp.230 ~ 243.
- 3) 박경수, 「서울시 신호체제의 적정 phase split 과 연쇄화를 위한 최적 offset」, 대한산업공학 회지, 제3권 1호, 1977.
- 4) 서울산업대학 도심권 연구소, 도심권내 통행 차량 속도 및 혼잡도 조사연구, 1978.

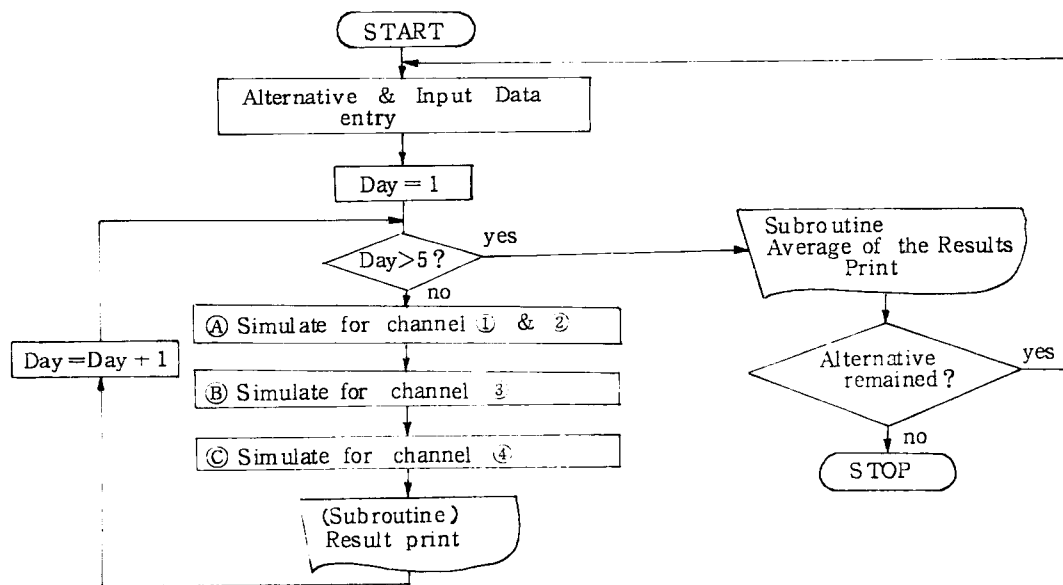


그림 2. 시뮬레이션 흐름도

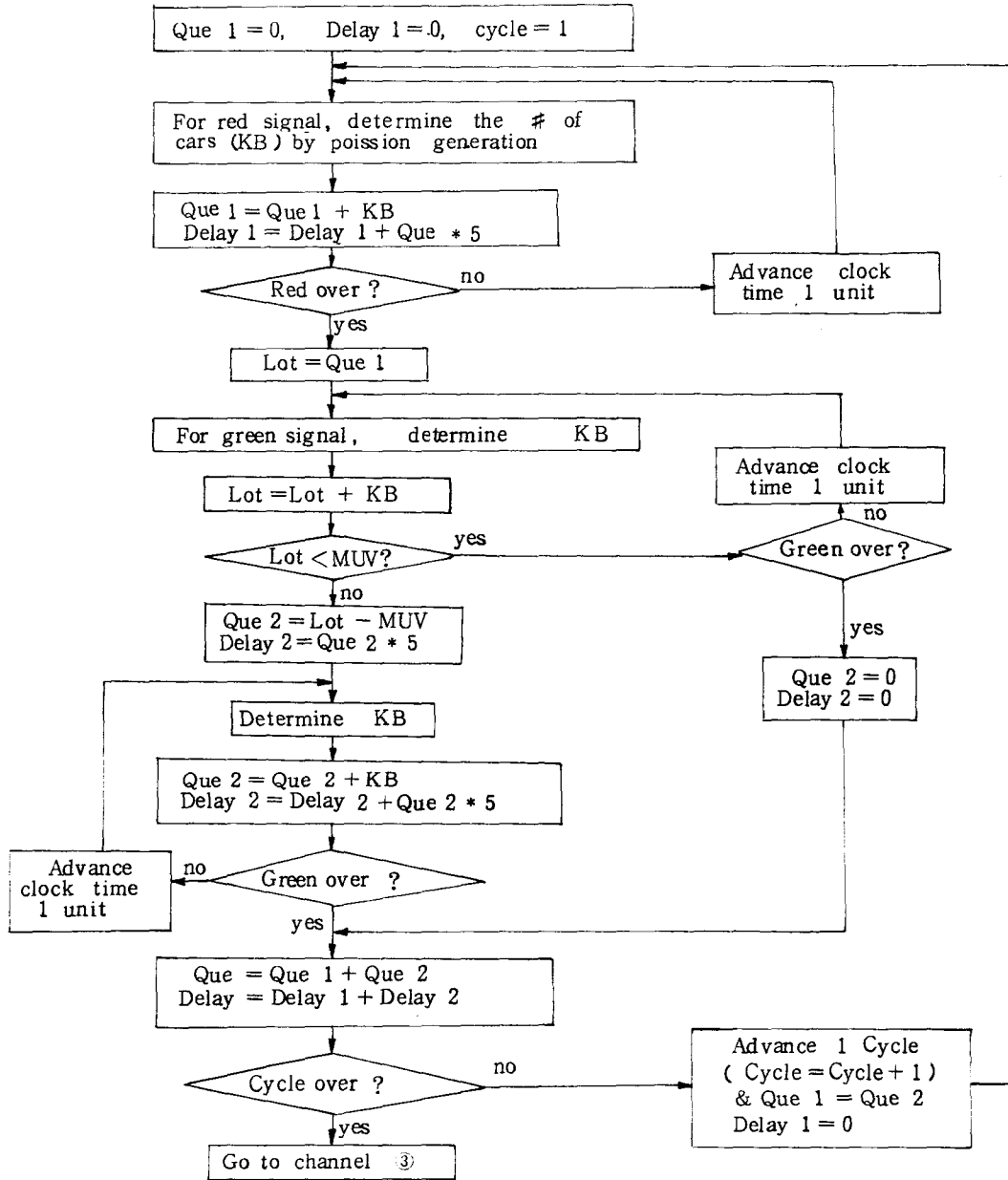


그림 3. ㉑의 흐름도

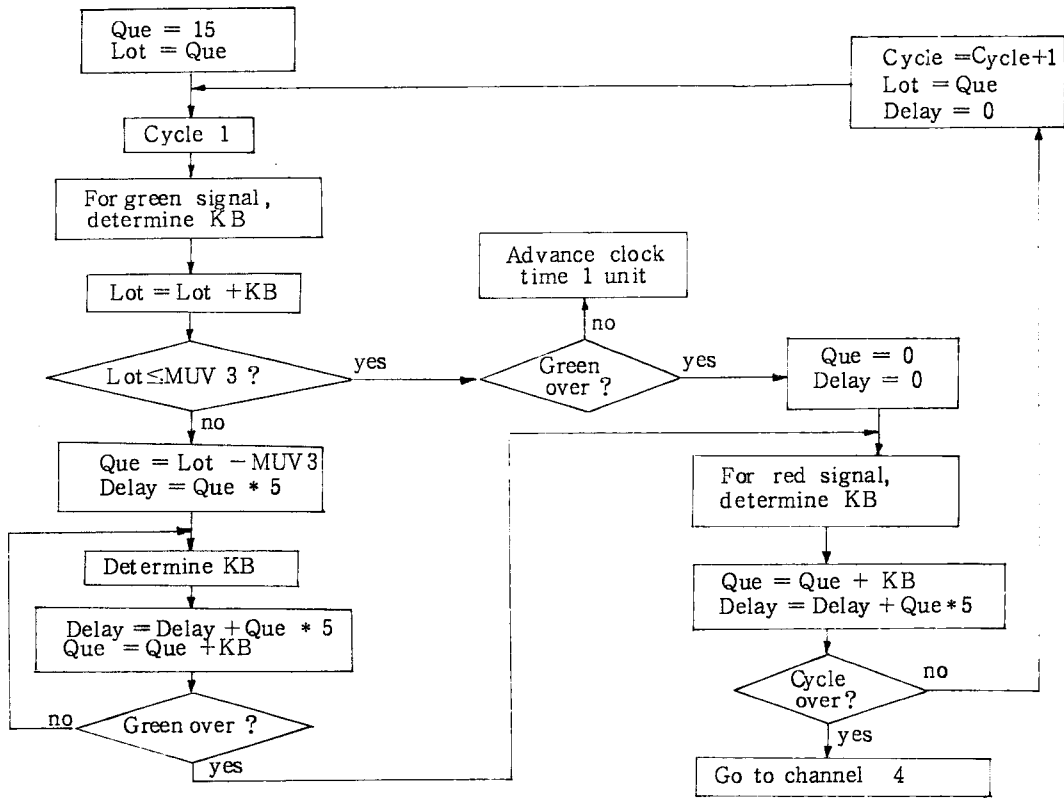


그림 4. ㉔의 흐름도 그림

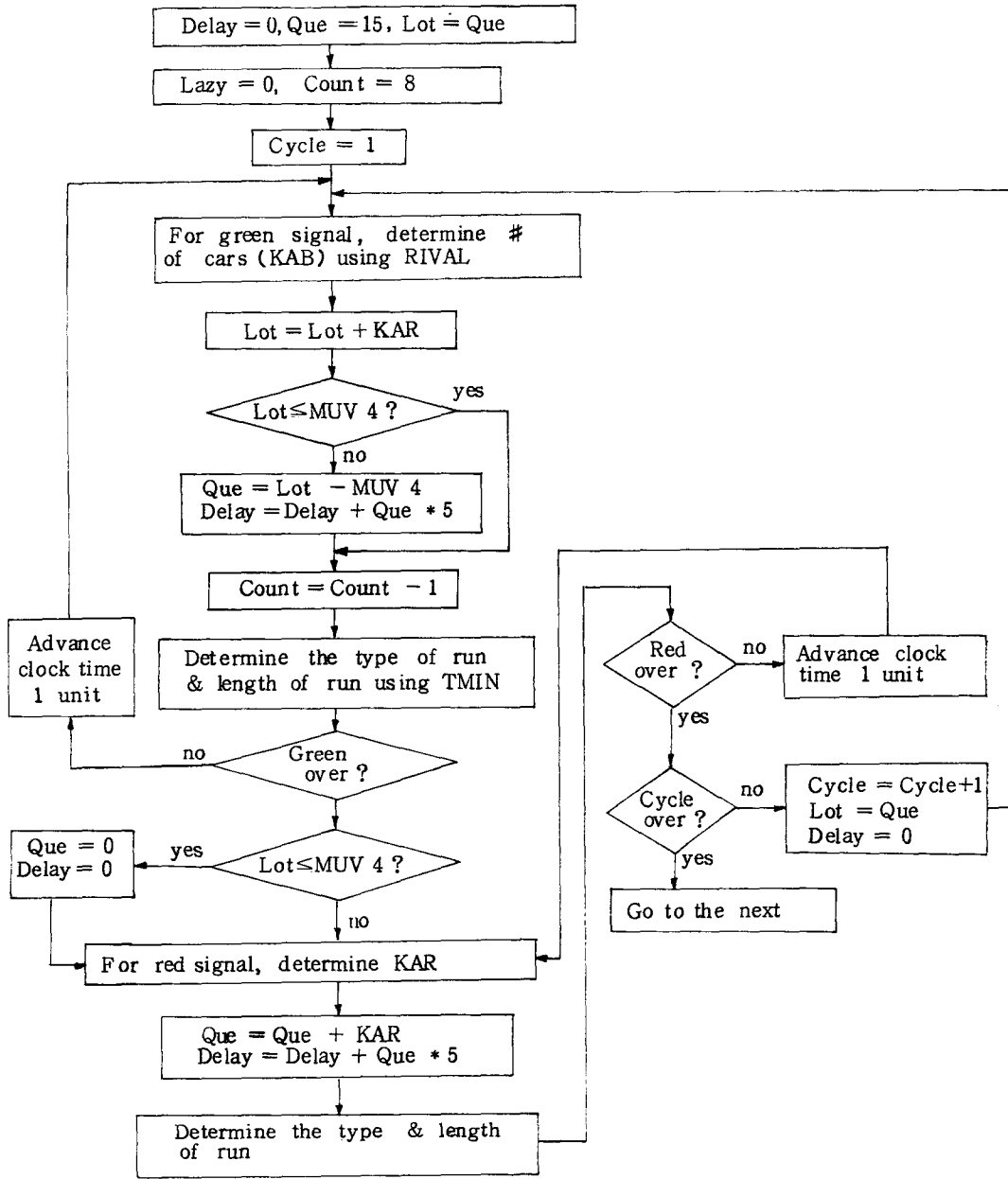


그림 5. ©의 흐름도