

교통신호체계 개선을 통한 자동차 배출오염물질 저감 방안에 관한 연구

禹 完 基

<長安專門大學 教授>

<목 차>

ABSTRACT

1. 序 論

2. 研究內容 및 方法

2. 1 조사내용

2. 2 연구방법

3. 模擬實驗

3. 1 Traffic Model 개요

3. 2 Transyt-7F Model의 적용

4. 結果 및 考察

4. 1 자동차에 의한 대기오염

4. 2 모의실험 결과

5. 結 論

參考文獻

1. 序 論

전국의 자동차 등록 대수는 1993년 9월말 현재 600만 대를 돌파했다. 교통부 자료에 따르면, 전국의 자동차 등록 대수는 600만 3천 285대로 이 가운데 승용차가 67.5%인 405만 2천170대로 400만 대를 넘어섰다. 화물 및 특수차량은 143만1천419대로 23.8%를 차지했고 버스는 8.7%인 51만9천696대가 등록되었다.

한편, 자동차 등록 대수의 600만 대 돌파로 자동차 보급율은 인구 7.3명당 1대, 승용차는 10.8명당 1대 꼴이 되었다. 교통부는 이같은 증가추세가 지속될 경우, 1997년에는 1000만 대가 돌파할 것으로 전망했다(교통부, 1993).

한정된 도로와 주차시설은 급격히 증가하는 자동차를 수용할 수 없어 심한 교통정체가 일어나고 주차난을 야기시키게 되었다. 심한 교통정체는 자동차의 평균 주행속도를 떨어뜨려 연

료소비를 증가시키고 오염물질의 배출량을 증가시킨다(Cullis et al, 1989). 국립환경연구원의 조사결과에 따르면, 평균차속이 30km/h에서 20km/h로 감소되면 연료가 19%가 더 소비되며, 정체가 심하여 평균차속이 10km/h가 되면 평균차속 30km/h보다 연료소비가 42%나 증가하는 것으로 나타났다(조강래 외, 1991).

자동차에서 배출되는 대기오염물질은 자동차의 종류와 성능, 차량의 주행상태, 차량의 정비상태, 사용연료, 도심 주요 교차로에서의 교통신호체계 등에 따라 크게 차이가 있는데, 본 연구에서는 수도 서울을 둘러싸고 있는 경기도 지역에서의 차종별 대기오염물질 배출량을 산정하였고, 서울특별시 소재 강남역 교차로를 중심으로, 현장조사 자료를 이용한 모의실험을 통해 교차로에서의 지체와 연료소모, 총주행거리 등을 예측하여 교통신호체계에 따른 대기오염물질 배출량 변화를 규명하고자 하였으며, 교통량에 따른 대기오염물질의 변화 등을 알아 보았다.

2. 研究內容 및 方法

2. 1 조사내용

1) 서울시 교통조사 현황

서울시는 1989년 현재 총연장 7,322.5km의 도로가 개설되어 약 18%의 도로율을 나타내고 있으나 이중 통과차량 통행이 가능한 20m 이상 도로는 연장의 18.8%(1,375.3km)에 불과한 실정이다.

한편 자동차보유 대수는 최근 연평균 증가율 20%를 상회하는 급속한 증가를 나타내고 있어 주요가로 및 교차로 유통은 심한 정체현상을 보이고 있으며 도로공급은 교통량증가에 미치지 못하고 있어 더욱 심각해 질것으로 예상된다.

서울시의 거의 전 교차로가 강북지역, 강남지역, 영등포지역으로 구분되어 Group별로 운영화된 전자신호운영방식에 의해 운영되고 있다.

서울시의 조사대상 교차로는 다음과 같은 기준에 의거해서 선정되었다.

- 토지이용상 교통의 결절점으로 교통량이 집중되는 도심 및 부도심내 교차로
- 도로특성이 통과교통위주의 통행특성을 나타내는 간선도로상 교차로
- 주요교통발생원이 집중된 지역내 교차로로서 25m이상 도로가 교차하는 교차로
- 가로체계상 주요가도가 교차하는 교차로
- 교통사고 다발지역이나 교통혼합지역내 교차로로서 교차로운영 및 시설개선이 요구되는 교차로
- 전자신호운영자료등 자료의 활용성이 높은 교차로

Table 1 서울시 교통축 내역

교통축명	구 간	연장(km)	조사분석구간	대상교차로
교통축 1	서울역~연신내	7.9	서울역~구파발	13
교통축 2	원남동~수유동 신설동~고대앞	9.9	원남동~도봉동 신설동~고대앞	17
교통축 3	동대문~망우동	8.2	좌동	12
교통축 4	청계고가끝~천호사거리	8.3	마장동~길동사거리	7
교통축 5	동대문운동장~농수산물도매시장	14.9	좌동	9
교통축 6	세종호텔~강남대로 신세계~서초동	17.5	좌동	19
교통축 7	서울역~한강대교 영등포~고속터미널	14.3	좌동	14
교통축 8	서대문~요류동	12.8	좌동	15
교통축 9	서부간선도로 기존구간	7.5	좌동	3
교통축 10	동부간선도로기존구간 (대치동~공대천)	17.0	동부간선도로 전구간 (중동공고~상계동)	16
교통축 11	도심동서및 남북가로	4.6	좌동	46
교통축 12	중암동~성수교	6.5	좌동	6
교통축 13	양평동~북악터널~하월곡동	21.0	양남동~장위3동	15
교통축 14	남부순환도로 (공항동~개봉동~명일동)	40.2	좌동	35
교통축 15	서부역~원효대로~시흥동	17.5	좌동	10
교통축 16	금화터널~용산~보문동	15.2	좌동	13
교통축 17	약수동~동호대교~개포동 성수대교양재 I.C	19.8	좌동	21

이상의 선정기준에 의해서 조사대상 교차로가 선정되었다.

위에서 언급된 교통축은 도시구조 및 가로체계상 교통량이 집중되는 주간선도로의 효율적 운영을 위하여 Table 1.과 같이 서울시내 17개 교통축으로 선정 교통운영개선사업(TSM)을 수행하였으며, 신호운영도 이들 교통축의 유통위주로 운영되고 있다.

2) 교차로 교통량 조사방법

서울시의 조사방법은 교차로에서의 회전교통량은 기계식조사와 조사원에 의한 인력조사로 구분된다. 이 자료에서는 조사원을 교차로회원 교통량조사표 적성요령을 교육하고 교육된 조사원을 조사당일 조사지점에 배치하여 계수기를 사용 교통차량을 계수하여 조사표를 작성하는 인력조사에 의한 전수조사방법으로 교차로 회전교통량 조사를 수행하였다.

한편 교통량은 계절별, 요일별, 시간대별로 차이를 나타내는 특성을 감안하여 주간 교통량 변화가 적은 수, 목요일 조사를 하였으며, 교통량이 집중발생되는 주간시간대(07:00~20:00시)조사를 기준으로 교차로 교통량을 조사하였다.

이러한 조사대상을 통해 조사한 내용은 방향별, 차종별, 시간대별로 구분조사하되 조사방향은 조사대상 교차로내에서 차량의 회전을 허용하는 전 방향을 구분조사하고 조사차종은 4개 차종(승용차, 택시, 버스, 트럭)으로 구분 조사하며, 조사시간은 15분단위, 1시간단위로 집계가 가능하게 구분조사되도록 한다.

3) 강남역 교차로

조사지점으로 선정된 강남역 교차로는 강남대로축에 속해 있으며, 강남대로축은 남산 1호터널(쌍방2차선), 한남로(노폭 30~50m), 강남대로(노폭 50m)가 연속된 교통축으로 강남구간은 양재동에서 남부순환도로와 강남역에서 테헤란로와 교차하고 한남대교 남단에서 올림픽대로와 연속되는 등 주변가도가 격자형 체계

로 형성되어 있어 접근성이 매우 양호하나 경부고속도로 진입로가 접속되는 한남대교 남단에서 남산 1호터널 구간은 한남대교 남북단, 한남고가차도, 남산 1호터널 유입부 등 병목구간으로 인하여 첨두시 심한 교통체증을 나타내고 있다. 교통축 상에서 연결된 교차로를 살펴보면 강남역은 제일생명앞 교차로와 역삼동 교차로 사이에 위치하고 있다.

2. 2 연구방법

본 연구에서는 조사시점을 Rush Hour와 평상 시간대로 선정하여, 우선 서울특별시 자료(1990)를 통하여 강남역 주변 교통현황을 살펴보고, Video촬영을 통해 조사된 자료를 분석 정리한 후, Transyt-7F(Traffic Network Study Tool) Model을 이용하여 교통 신호체계에 따른 지체, 연료소비량, 총주행시간등을 산정하였으며, 이들 Modeling 결과를 토대로 하여 우리나라의 교통환경에서 조사하여 제시된 배출계수(조강래 외, 1991)를 이용하여 오염물질 배출량을 산정하였다.

3. 模擬實驗

3. 1 Traffic Model 개요

지체는 교통연구의 중요한 MOE 중의 하나이다. 지체는 연료소모에 대한 직접비와 운전자들이 낭비하는 시간에 대한 간접비로 나타낸다.

지체 모델들은 전통적으로 Webster Model에 근거를 둔 Computer Model들이 많이 알려져 있다.

* Delay Model

- TRANSYT - 7F(Traffic Network Study Tool)
- NETSIM(Network Simulation Model)
- SOAP(Signal Operation Analysis Package)
- PASSER II - 80(Progression Analysis

- and Signal System Evaluation Routine)
- SIGOP III(Traffic Signal Optimization Model)
- TEXAS(Traffic Experimental and Analytical Simulation)
- SUB(Simulation of Urban Buses)
- PRIFRE(Freeway Priority Lane Model)
- FREQ3CP(Freeway Optimization with Queueing Version 3CP)

사실상 도시가로망을 시뮬레이션을 하는데 있어서 지금까지 개발된 것 중에서 가장 정확하고 micro한 모델은 미국의 NETSIM으로 알려져 있으나, 이것은 너무 방대하고 사용하기가 까다로운 단점이 있으나 앞으로 微視的인 교통류 분석이나 평가에 더욱 널리 사용될 필요가 있다. 그러나 정밀도로 비교해 보아도 NETSIM이 TRANSYT보다 현저하게 차이가 나는 것은 아니다. 교통운영에 사용되는 Computer Model은 그밖에 EVALUATE, SIGRID, SIGART 등 수많은 프로그램이 개발되어 판매되고 있으나, 이들은 모두 사용하기에 간편한 잇점은 있을지 모르나 정밀도가 TRANSYT 보다 못하여 간단한 계산용으로만 사용될 뿐 실제 신호등 시스템의 시간계산에는 사용되지 않는다(도철웅, 1988)

Transyt-7F(TRAffic Network Study Tool, Version 7F)Model은 도시가로망내에 교통행태를 모델링하여 그 가로망의 신호시간을 최적화시키는 컴퓨터 프로그램이다. 이 모델은 1967년 영국의 D.I.Robertson에 의해 시작되었으며, 그후 발전을 거듭하여 TRRL(Transport and Road Research Laboratory)에서 최근에 Transyt-8로 발전되었다.

그러나 미국에서는 입출력 단위의 현지화, 신호시간의 일반화, 입력 데이터의 그룹화, 연료소비의 추정, 시공도(Time-Space Diagram)제공 등을 위해 모델을 수정 및 보완하여 Transyt-7F(1984)를 개발하였다.

TRANSYT모델은 두개의 주요한 기능을 갖

고 있으며 그것은 다음과 같다.

- Simulation 모델 : 어떤 신호등 시간에 대하여 교통류를 가로에 Simulation하고 MOE를 계산.
- Optimization 모델 : 지정된 MOE가 가장 좋은 값을 가지도록 Hill-Climbing 과정에 의해 신호등 시간을 조정하여 최적화.

최적화를 위해서는 Performance Index(PI)라는 목적함수를 사용하여 이를 최소화 하게끔 하는 과정을 반복한다. PI는 통상 지체량과 정지수, 연료소모, 배기가스(HC, CO, NOx)중에서 하나 혹은 그 이상을 사용하며, 둘 이상인 경우에는 두개의 중요도나 단위가 틀리므로 어느 하나의 상대적 중요도에 따라 가중치를 부여하여 선형결합한다.

Transyt-7F Model의 주목적은 조사자료와 Model에서 제공하는 교통류 상태를 토대로 신호교차로에서의 효율추정의 기준이 되는 지체와 연료소비, 교차로에서의 신호주기에 따른 각종 변화 등을 평가한다.

Transyt-7F(1984)의 지체(Delay)를 보면 신호등에 의한 정지나 서행을 포함하지 않는 차량의 설계속도(Target Speed)에 근거한 총통행시간(Total Travel Time)과 이상적 통행시간(Ideal Travel Time)의 차로써 정의하였다.

Transyt-7F에서 Fuel Consumption Model(Claffey, 1971; Robertson et al., 1980)은 간단하고 보정하기 쉬우며, 서비스 수준을 결정짓는 효과척도들에 의해 예측된다. 즉 Fuel Consumption Model은 총주행거리(Vehicle-km/hr), 총지체(Vehicle-hr/hr), 총정지수(Vehicles/hr), 각 link에서의 자유속도 등에 의해 계산되며 관계식은 다음과 같이 나타낸다.

$$F = K_1 TT + K_2 D + K_3 S \quad (1)$$

여기서 F : 연료 소비량(Gallons/hr, Li/hr)
 TT : 총주행거리(Vehicles-km/hr)
 D : 총지체(Vehicles-hr/hr)

S : 총정지수(Stops/hr)

Ki : 자유속도

의 함수로 나타낸다.

Total Travel Time은 주어진 가로망과 교토울의 분포에 의해 얻을 수 있다. 이것은 Link의 VoLume과 Link의 길이, Link에서의 평균 자유속도, Link에서의 총지체등에 의해 관계식은 다음과 같이 나타낸다.

$$TTTi = qi \left(\frac{Li}{Ui} \right) + Di$$

여기서

TTT : Total Travel Time(Veh-hr/hr)

qi : Link i에서의 교통용량(Vph)

Li : Link i의 길이(km, miles)

Ui : Link i에서의 평균 자유속도(km/hr)

Di : Link i에서의 총지체(Veh-hr/hr)

이러한 척도가 명백히 감소된다면 가로망에서의 신호주기는 지체를 감소시키게 된다.

3. 2 Transyt-7F Model의 적용

조사지점인 서울시 소재 강남역 교차로에 대한 자료는 Video로 촬영한 자료를 이용하여 분석하였다. 조사시간은 오전 07:00에서 오

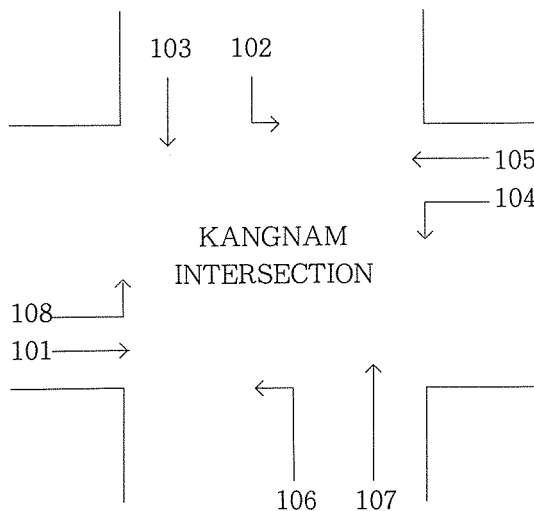


그림 1

Table 2 Traffic Volume

Control Time	Cycle Length (sec)	Link(veh/cycle)							
		101	102	103	104	105	106	107	108
07:00-10:00	110	84	16	49	26	75	17	51	17
10:00-18:00	140	68	16	45	26	72	15	48	18

후 18:00까지이며, 8 Link 4顯示(Phase)로 조사되었다(그림 1, 표2).

조사지역에 대한 모의실험 및 최적화의 도구는 Transyt-7F Model을 사용하였고, Transyt-7F Model의 대표적인 자료로는 최소 주기길이 60초, 최대 주기길이 150초, Step Size 간격 5초, 순행속도 63km/hr, Link에서의 시간당 교통량(Veh/hr)등을 사용하였다.

Transyt-7F Model의 실행결과 얻어진 연료 소비량과 총주행거리(V.K.T)로써 오염물질 배출량(CO, HC, NOx, Particulate etc.)을 산정할 수 있는데(Singh et al., 1990), 조강래 등(1991)이 우리나라의 교통환경을 조사하여 제시한 배출계수를 이용하여 계산하였다(표 3).

Table 3 Emission Factors by kinds of Vehicle

		Unit : (g/km)			
Kind of Vehicle		CO	HC	NOx	Particulate
Passenger Car		11.89	1.33	0.80	0.01
LPG Taxi		6.76	0.81	1.01	0.00
BUS	Small	1.54	0.15	1.40	0.37
	Medium	2.43	1.09	1.92	0.76
	Heavy	17.21	2.30	15.54	2.39
TRUCK	Small	1.96	0.19	1.48	0.42
	Medium	2.43	1.09	1.92	0.76
	Heavy	18.59	2.42	15.29	2.52
Motor Cycle		13.00	4.10	0.11	0.01

주요 대기오염물질 배출량 산출 계산식은 다음과 같다.

$$\text{오염물질 배출량(g/hr)} = \text{차종별 배출계수}$$

Table 6 경기도 지역의 차종별 오염물질별 배출량

(단위 : g/day)

오염물질 차종	CO	HC	NOx	TSP
승용차	432,551,661	48,384,669	36,743,245	363,795
버스	445,399,894	59,524,681	402,179,800	61,853,907
화물	774,023,353	100,760,437	636,622,758	104,924,091
특수화물	16,788,964	2,185,546	13,808,674	2,275,857

4. 結果 및 考察

4. 1 자동차에 의한 대기오염

전국 주요 도시에 있어 경제성장에 의한 차량대수의 급속한 증가로, 대기오염 배출량은 전 오염원에 걸쳐 크게 기여하고 있다. 각종 대기오염물질의 기존 대기농도와 더불어 차량대수가 증가되자 자동차에서 배출되는 배기가스를 평가하고 이에 대한 강력한 규제의 필요성이 대두되고 있다.

차량은 CO, HC, NOx를 비롯하여 TSP, SOx 등 전 오염물질을 배출한다.

CO는 내연기관의 불완전 연소 때문에 발생되며, 교통량이 많아지고 정체시간이 길어지면 CO는 내연기관의 불완전 연소 때문에 발생되며, 교통량이 많아지고 정체시간이 길어지면 CO는 위험한 수위에 이르게 된다. HC은 Crankcase에서의 Blow-by가스, 연소 및 증발때문에, NOx는 연소과정에서 산소와 질소의 결합때문에, SOx는 연료중의 황함량 때문에, TSP는 재비산 먼지, 타이어 마모, 매연,

Table 4 부분별 대기오염물질 배출비율(1991년)

단위 : %

구분	SO ₂	TSP	HC	NO _x	CO
난방부분	19.7	19.4	31.7	6.7	38.7
산업부분	49.3	37.6	1.0	25.2	1.2
수송부분	12.5	18.4	66.8	50.8	59.6
발전부분	12.5	24.6	0.5	17.3	0.5

Table 5 경기도 자동차 등록 현황

(1992년 11월말 현재)

차종	등록현황	주행거리(km/day)	veh.km/day
승용차	자가용 : 497, 074	62.4	31,017,418
	영업용 : 16, 224	330.5	5,362,032
버스	83, 431	310.2	25,880,296
화물	195,385	213.1	41,636,544
특수화물	4,238	213.1	903,118
합계	796,352	-	104,799,408

정비불량 등에 의해 발생한다.

이동오염원의 배출량은 이동오염원별 기초자료의 조사, 차량배출원의 차종분류, 배출계수의 확정에 의하여 배출량을 구하며, 우리나라에서 현재 대기오염물질별 수송부분의 배출량이 차지하는 비중은(표 4)와 같다.

본 연구에서는 한 예로서 수도 서울을 둘러싸고 있는 경기도 지역에서의 자동차 등록현황을 조사하여(표 5)에 나타냈으며, 차종별 대기오염물질별 배출량을 산정하여(표 6)에 나타내었다.

본 조사자료(표 5) (표 6)에서 차량대수에서 화물차나 특수화물차의 비율은 25% 정도이나, 이들의 오염물질 배출량 비율은 CO 47%, HC 49%, NOx 60% 정도로 높게 나타났으며, TSP는 63%에 이르는 것으로 나타났다. 여기서 자동차 등록비율이 64.5%인 승용차는 CO가 25.9%로서 배출량 비율이 가장 높았으나, TSP는 0.21%로 아주 적게 나타났다. 이에 비해 화물 및 특수화물의 배출량은 TSP가 63%가 넘는 것으로 나타났다. 이는 대형 화물 트럭이나 특장차의 연료특성, 정비 불량 등에 기인한 것으로 보인다. 특히, 승용차의 TSP 하루 배출량은 0.71g이나 Remicon 트럭 등 특수화물은 하루 537g의 TSP가 배출되는 것으로 나타나, 화물 및 특수화물 차종이 전체 차종에서 TSP 배출량에 대한 기여도가 높은 것으로 나타났다.

환경처에서는 분진 배출량을 줄이기 위한 대책을 다각적으로 검토하고 있으며, 한 예로서 야적장에 대하여 방진망, 세차, 살수 및 도시

외곽 이전 등의 규제대책을 시행하여 국지적으로는 대기질이 개선되고 있으나, 전체적인 대기질은 크게 향상되고 있지 않다.

또한, 서울, 인천 등의 대도시에서 도시외곽인 경기도 지역으로 이전된 업체들은 또다시 주변환경을 오염시키는 인자가 되고 있어 근본적인 대책이 요구되고 있다.

최근의 조사자료(나진균 등, 1992)에 의하면 서울, 인천 등 주요도시에서의 먼지 발생 기여율을 조사한 자료를 살펴보면, 자동차에 의한 기여율은 약 35%에 달하고 있는 것으로 알려져 이의 저감을 위한 방안의 수립과 시행이 시급히 요구되고 있다. 이러한 먼지 발생오염원중 가장 클 것으로 예상되는 것은 도로 재비산 먼지이며, 이를 줄이기 위해서는 자동차 및 도로상태를 적절히 조절하는 정책이 필요하며, 이를 위해서는 자동차의 타이어 청소를 주기적으로 하도록 범국민적인 운동을 벌이고 도

로 포장율을 높이기 위한 사회 간접자본의 투자확대를 실시하며, 도로주변의 흙 먼지를 수시로 제거하고 살수차와 같은 장비를 이용하여 유지하도록 관리한다.

4. 2 모의실험 결과

지체(Delay)는 교통연구에서 효율척도(MOE)의 가장 중요한 요소중의 하나로 Idling 중의 연료소모에 대한 직접비(direct cost)와 운전자들의 시간손실에 대한 간접비(indirect cost)로 나타난다. 또한 신호 교차로에서의 과도한 지체는 신호주기의 비효율을 반영한다.

Linkenheld(1991)등은 교통신호 주기와顯示는 지체와 서비스 수준(LOS : Level of Service)에 영향을 주는 주요한 두가지 요소라고 주장한 만큼 신호체계의 개선을 위해서는 모의실험을 통한 최적화가 반드시 필요하다

Table 7 Exhaust Emissions, Delay and Fuel Consumption for different Cycle Lengths, Kangnam(0700-1000)

CYCLE LENGTH (sec)	AVERAGE DELAY (sec/veh)	FUFL CONSUMPTION (gal/hr)	CO (g/veh)	HC (g/veh)	NOx (g/veh)
60	65.88	341.8	8.69	0.732	0.192
65	61.97	331.5	8.18	0.689	0.181
70	59.36	324.6	7.83	0.660	0.173
75	57.23	319.0	7.55	0.636	0.167
80	55.66	314.8	7.34	0.618	0.162
85	56.08	316.0	7.40	0.623	0.164
90	54.84	312.8	7.24	0.609	0.160
95	55.64	315.0	7.34	0.618	0.162
100	55.40	314.3	7.31	0.616	0.161
105	55.47	314.4	7.32	0.616	0.161
110	56.01	315.9	7.39	0.622	0.163
115	56.62	317.6	7.47	0.629	0.165
120	58.63	323.2	7.74	0.651	0.171
125	58.70	323.2	7.75	0.652	0.171
130	60.02	326.7	7.92	0.667	0.175
135	61.19	330.0	8.07	0.630	0.178
140	63.60	336.6	8.39	0.707	0.186
145	63.76	336.9	8.41	0.708	0.186
150	65.09	340.4	8.59	0.723	0.190

*BEST CYCLE LENGTH=90 SEC

Table 8 Exhaust Emissions, Delay and Fuel Consumption for different Cycle Lengths, Kangnam(1000 – 1800)

CYCLE LENGTH (sec)	AVERAGE DELAY (sec/veh)	FUFL CONSUMPTION (gal/hr)	CO (g/veh)	HC (g/veh)	NOx (g/veh)
60	29.85	179.3	3.94	0.332	0.087
65	29.32	178.3	3.87	0.325	0.086
70	31.09	182.0	4.10	0.345	0.091
75	31.68	183.1	4.18	0.352	0.092
80	32.57	184.8	4.30	0.362	0.095
85	33.32	186.3	4.40	0.370	0.097
90	35.69	191.2	4.71	0.397	0.104
95	37.07	193.8	4.89	0.412	0.108
100	37.54	194.7	4.95	0.417	0.109
105	39.04	197.7	5.15	0.434	0.114
110	41.31	202.3	5.45	0.459	0.120
115	42.04	203.6	5.55	0.467	0.123
120	43.27	206.1	5.71	0.481	0.126
125	44.40	208.3	5.86	0.493	0.130
130	46.51	212.6	6.14	0.570	0.136
135	47.99	215.5	6.33	0.533	0.140
140	49.29	218.0	6.50	0.548	0.144
145	50.71	220.8	6.69	0.563	0.148
150	52.66	224.7	6.95	0.585	0.154

* BEST CYCLE LENGTH=65 SEC

사료된다.

Findler(1992) 등이 25개 교차로에서 모의 실험을 한 결과, 최적화하기 전에 모든 교차로에서의 지체시간은 29.1sec였으나 최적화 한 후에는 18.82sec로 36% 감소된 것으로 나타났다.

본 연구에서 조사대상 지점인 강남역 교차로를 대상으로 모의실험한 결과는 (표 7)(표 8)에 나타났다.

실행결과 강남역 교차로에서의 최적의 신호주기는 출근시간대(07:00-10:00)에서는 90sec, 평상시간대(10:00-18:00)에서는 65sec로 각각 나타났다. 모의실험 결과 지체시간이 크게 소요될수록 연료소비가 증가하는 것으로 나타났다.

또한 강남역 교차로에서의 Total Distance Traveled는 출근시간대에는 13,320veh-km/hr, 평상시간대에는 9,747Veh-km/hr로서 교통혼잡이 심한 시간대가 단위구간에서의 총주행거리가 긴것

으로 나타났다.

실행결과 Link별 교통량과 Total Delay, Fuel Consumption등은 밀접한 관계가 있으며, 교통량이 증가할수록 Total Delay, Fuel Consumption등도 같은 추세로 증가하는 것으로 나타났다.

자동차의 운행증가는 연료소비의 급증을 가져왔으며 이로 인한 대기오염은 심각한 위해를 일으킨다. 또한 한정된 도로사정(서울시 1989년 약 18%)으로 인한 교통체증은 주행 차속의 저하를 가져와 rush hour 시간대에는 주요 도로중 상당 구간이 정체 상태에서 오염물질을 배출하고 있는 실정이다.

Hazim(1988)의 연구에서는 Idling의 기준을 차속 2km/hr이하라고 했으나, 조강래 등(1991)이 조사한 자료에 의하면 5km/hr이하라고 규정했다.

조강래 등(1990)의 연구결과에서는 최악의

조건인 Leaded Petrol을 기준으로 할때, 차속 5km/hr이하에서의 배출계수는 CO 95g/km, HC 8 g/km, NOx 2.1g/km 등으로 조사되었으며, 이를 모의실험 결과에 대입하여 계산하였다.

모의실험 결과에서 신호주기가 최적화 되었을 때, CO, NOx, HC 등 주요 오염물질의 배출량이 최소로 나타나, 향후 최적의 신호체계를 구축하면, 각 도로구간에서 지체를 감소시키고 차량의 속도를 경제적인 주행속도로 조절하여, 현재 문제가 되고 있는 대기오염물질의 배출량을 최소화시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Table 9 Exhaust Emissions and Fuel Economy in Optimol setting

LINK NO.	CO (g/hr)	HC (g/hr)	NOx (g/hr)	PART. (mg/hr)	SO ₂ (g/hr)	FE (km/l)
101	2,550	285	172	2,145	22	4.43
102	1,215	136	82	1,022	12	3.81
103	2,036	228	137	1,712	21	3.69
104	1,617	181	109	1,360	18	3.35
105	2,117	237	142	1,781	25	3.27
106	959	107	64	806	12	2.92
107	1,884	211	127	1,585	22	3.21
108	942	105	63	792	9	4.03
TOTAL	13,320	1,490	896	11,202	141	3.58

Table 10 Exhaust Emissions and Fuel Economy in Optimal Setting

LINK NO.	CO (g/hr)	HC (g/hr)	NOx (g/hr)	PART. (mg/hr)	SO ₂ (g/hr)	FE (km/l)
101	1,623	182	109	1,365	11	5.42
102	955	107	64	803	5	7.57
103	1,461	163	98	1,229	11	5.26
104	1,271	142	86	1,069	11	4.49
105	1,596	179	107	1,343	14	4.43
106	665	74	45	560	4	7.02
107	1,393	156	94	1,171	11	4.99
108	783	88	53	658	6	4.63
TOTAL	9,747	912	653	8,198	61	5.16

본 연구에서는 조사대상 지점인 강남역 교차로에서 Transyt-7F Model을 적용한 모의실험 결과를 오염물질 배출량 산정식인 식과 (표 3)의 배출계수를 이용하여 각 Link별로 계산한 결과를 시간대별로 (표 9)에서 (표 10)까지 나타내었다.

燃比(FE : Fuel Economy)는 경제적인 면 뿐만 아니라 오염물질 배출량과도 밀접한 관계가 있는데 조강래 외(1990)의 조사결과는 Fuel Economy(km/l)가 4(km/l) 정도로 낮아질수록 CO, HC, NOx등 오염물질 배출량은 최대가 되고, Fuel Economy가 경제성 있는 연비(16km/l)가 될수록 오염물질 배출량은 급감하는 것으로 나타났다. 본 연구에서 조사대상 구간에서의 연비는 출근시간대가 3.58 (km/l), 평상시간대가 5.16(km/l)로 산정되어 혼잡시간대가 연료소모가 더 많은 것으로 나타났다.

최근 교통개발연구원의 자료(1993)에 의하면, 하루 교통혼잡 손실이 133억원에 이르며, 서울에서만도 37억 5천만원에 달하는 것으로 알려져 있다. 본 연구의 결과와 비교해 볼때, 교차로에서의 지체는 대기오염에 대한 영향뿐만 아니라 경제적으로도 큰손실이라는 것이 입증되었다.

5. 結 論

대기오염에 대한 자동차의 기여도는 높으며, 특히 Remicon 트럭 등 특수차종은 TSP배출 비율이 타 차종들에 비해서 높은 것으로 나타나 특별한 관리가 요구된다.

강남역 교차로에서 시행된 Model 적용과 배출량 산정 결과는 교통량이 많은 출근시간대가 평상시간대보다 오염물질 배출량이 증가하는 것으로 나타났으며, 신호주기를 최적화하면 자동차에서 배출되는 오염물질을 저감할 수 있는 것으로 나타났다.

또한, 자동차의 급증으로 인한 과도한 지체 (Delay)는 대기오염, 연료소모, 운전자와 승객

의 불필요한 시간손실 등을 증가시킴으로서 도로의 비효율적 이용뿐만 아니라, 생산성(Productivity)의 감소를 가져오며 이로 인한 경제적 손실이 막대한 것으로 나타났다.

參 考 文 獻

- 교통부(1993) '92 통계연감.
- 교통개발연구원(1993) 전국의 교통혼잡 비용 산정 자료
- 서울특별시 (1990) 서울시 교통현황 조사.
- 조강래 외(1991) 도시지역 대기질 개선에 관한 연구(3), 국립환경연구원, 27-29.
- 서울경제신문(1993) 10. 7.
- 조강래 외(1990) 도시지역 대기질 개선에 관한 연구(2), 국립환경연구원보, 제12권, 55-69.
- 도철웅(1988) TRANSYT 모델의 內在 媒介 變數에 관한 研究, 대한교통학회지, 제6권 1호, 55-64.
- 나진균 외(1992) 도시별 먼지 총발생량 및 오염원별 기여도 조사연구, 국립 환경연구원보, 제14권, 71-84.
- Singh, M.P., Goyal P., Basu, S., Agarwal P., Nigam S., Manju Kumari and Panwar, T.S.(1990) Predicted and Measured Concentrations of Traffic Carbon Monoxide over Delhi. Atmospheric Environment, Vol. 24A, No. 4, 801-810
- Hazim K. Al-Omishy and Hafidh S. Al-Samarrai(1988) Road Traffic Simulation Model For Predicting Pollutant Emissions. Atmospheric Environment, Vol. 22, No. 4, 769-774.
- Cullis, C.F. and Hirschler, M.M.(1989) Man's Emissions of Carbon Monoxide and Hydrocarbons into the Atmosphere. Atmospheric Environment, Vol. 23, No. 6, 1195-1203.
- Webster, F.V.(1956) Traffic Signal Settings, Road Research Technical Report No. 39, London, 4-25 pp.
- Transyt-7F User's Manual(1984) U.S. Department of Transportation Fedral Highway Administration.
- Robertson, D.I., Lucas, C.F. and Baker, R.T. (1980) Coordinating Traffic Signals to Reduce Fuel Consumption, Transport and Road Research Laboratory Report 934, Crowthorne.
- Claffey, P.J.(1971) Running Cost of Motor Vehicles as Affected by Road Design and Traffic, NCHRP Report No. 111, Transportation Research Board.
- Webster, F.V. and Cobbe, B.M.(1966) Traffic Signals, Road Research Laboratory Ministry of Transport, Road Research Technical paper No. 56, 47-77 pp.
- Linkenheld, J.S., Benekohal, R.F. and Garrett, J.H.(1992) Knowledge - Based System for Design of Signalized Intersections, Journal of Transportation Engineering, Vol. 118, No. 2, 241-257.
- Nicholas V. Findler and John Stapp(1992) Distributed Approach to Optimized Control of Street Traffic Singals, Journal of Transportation Engineering, Vol. 118, No. 1, 99-110.