

연구논문

실시간교통정보 이용에 따른 차량의 CO, VOC, NO_x 저감효과 평가

김준형* · 엄정섭**

경북대학교 공간정보학과* · 경북대학교 지리학과**

(2011년 2월 10일 접수, 2011년 4월 16일 승인)

Evaluating Vehicle Emission Reduction (CO, VOC and NO_x) Using Real-time Traffic Information

Jun-Hyung Kim* · Jung-Sup Um**

Department of Spatial Information Science, Kyungpook National University*

Department of Geography, Kyungpook National University**

(Manuscript received 10 February 2011; accepted 16 April 2011)

Abstract

This paper was inspired by the fact that Real-time Traffic Information Service could play a key role in reducing incomplete combustion time remarkably since it can provide traffic jam information in real-time basis. Emission characteristics of experimental engines were studied with variable travel distances and speed of car in terms of traffic information provided. 12 Km distance road of Susung district in Daegu is taken as an experimental area to examine this new approach. The emission was tested while the driving was done at 8 AM, 3 PM, 6 PM which represents various traffic conditions. The reduced emission has been measured for a travel distance running at different loads (conventional shortest route and Real-time Traffic Information) and various loads (CO, VOC and NO_x) are all inventoried and calculated in terms of existing emission factors. The emission has been shown to reduce linearly with travel distance : carbon monoxide (20.56%), VOC (29.21%), NO_x(8.86%).

Keywords : Vehicle Emission Reduction, Real-time Traffic Information, CO, VOC and NO_x

1. 서론

1951년 미국 로스엔젤레스 광화학스모그의 주원인이 차량으로부터 배출되는 질소산화물(NO_x)과 탄화수소임이 A.J.하겐스에 의해 밝혀지면서, 자동

차 배출가스의 유해성에 대해 점차 알려지기 시작하였다. 최근 국립환경과학원에서 보고한 자료에 따르면 전 산업부문 중 도로이동오염원의 배출비중은 31.4%로 가장 많은 배출비중을 차지하며 일산화탄소는 전체 부문대비 67.6%의 비중을 차지하고

PM10은 36.9%, NO_x는 35.3% VOC는 12.9%의 배출비율을 차지해(2007) 도로부문에서의 배출가스를 저감시키는 것은 대기오염물질의 저감에 있어 매우 중요한 연구과제로 주목 받고 있다. 자동차 배출가스는 연료계통의 증발가스에 의한 경우가 약 15%, 블로바이가스(Blow-By Gas)에 의한 경우가 약 25%, 배출가스에 의한 경우가 약 60%로 구성되는데(김선욱, 2000), 이는 NO_x, CO, HC, CO₂ 등 가스 상 물질과 포름알데히드와 아세트알데히드 그리고 휘발성유기화합물인 VOCs 등으로 구분된다. 유해대기오염물질은 대기 중에 미량 존재하는 기체상, 에어로졸 또는 입자상 오염물질로서 인간의 건강과 동·식물에게 유해한 특성을 가지는 물질로 정의되며, 자동차에서 배출되는 유해대기오염물질의 종류는 사용연료에 따라 매우 다양하지만, 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO₂), 휘발성유기화합물(VOCs), 다환방향족탄화수소(PAHs), 질소산화물(NO_x), 아황산가스(SO_x), 입자상물질(PM) 등이 대표적인 오염물질이며, 특히 VOCs는 발암성 물질로서 광화학 스모그를 일으킬 뿐만 아니라 지구온난화 및 성층권파괴를 유발해 최근 관리 대상으로 크게 주목받고 있는 항목이다(국립환경과학원, 2005).

오늘날까지 도로이동오염원의 배출가스를 저감시키려는 노력은 크게 연료공급시스템개선, 연소실형상개선, 과급시스템 및 배기가스 재순환기술과 같은 엔진개량기술과 디젤산화촉매, 매연여과장치, De-NO_x저감기술 등의 후처리기술 등 주로 기계적인 방법으로 발달하였다. 지속적인 배출가스 저감기술의 발전으로 매연여과장치(DPF: Diesel Particulate Filter Trap)와 디젤산화촉매(DOC: Diesel Oxidation Catalyst)등 배출가스 저감장치를 부착할 시 최대 75%에 달하는 우수한 배출가스 저감효율을 보이지만(환경관리공단, 2007), 차량 한 대에 부착하는데 약 90만원 이상인 저감장치를 기존에 보급된 1,700만대의 차량에 설치할 경우 막대한 비용이 소모되어 현실적으로 무리가 될 수 있다. 본 연구는 동일거리를 주행할 시 차량의 평균속도가 증가할수록 단위거리별 일산화탄소의

총량이 감소하는 성질(국립환경연구원, 2007)에 착안하여, 교통시스템의 최적화가 차량의 배출저감효과에 기여하는 바를 증명하고자 진행하였다. 차량의 정체현상이 심각한 대구광역시 도심지를 통과하는 경로를 설정하여, 기존 최단거리 주행안내서비스와 실시간교통정보 주행안내서비스를 2주간 총 48회의 시험주행을 통해 주행안내시스템별로 주행거리 및 주행시간을 측정하고, 평균속도를 산출하여 비교함으로써 실시간교통정보서비스의 효용성을 평가하였으며, 국립환경과학원에서 제공하는 CO, VOC, NO_x 배출량 산정공식을 활용하여 평균속도 및 이동거리에 따른 배출량을 산정함으로써 실시간교통정보서비스의 배출가스 저감효과를 평가하는 단계로 연구를 진행하였다.

II. 지역설정 및 연구방법

1. 시험주행 구간설정

대구광역시는 면적 884.07 km², 인구 2,509,187 명으로(대구광역시청, 2009) 경제와 문화가 결합한 국내 최대 규모의 대도시로서, 단위면적당 인구밀도는 2,841 명/km² 으로 전국 3위의 인구밀집지역이기에 시험주행 지역으로 설정함에 있어 인구와 규모, 도로사정면에서 적합한 도시임을 알 수 있다. 그림 1의 대구광역시 주요도로 교통량(2010, 대구광역시 교통DB) 자료를 보면 일반적으로 대구광역시의 교통정체현상은 수성구 범어네거리와 달서구 두류네거리에 집중되며, 주로 정체되는 간선도로는 신천대로와, 달구벌대로, 앞산순환도로 순으로 나타나 이를 아우르는 시험주행 구간을 설정하는 것이 실시간교통정보서비스의 평균속도 증가효과를 명확히 증명할 수 있다고 판단하여, 수성구청에서 시작해 상습 교통정체지역인 도심부를 통과해 성서초등학교에 이르는 약 12.28 km의 구간을 시험주행 구간으로 설정하였다. 기·중점 사이에 위치한 범어네거리, 반월당, 반고개역, 내당역, 두류역, 죽전역, 두류네거리는 시험주행에 사용된 네비게이션이 제공하는 SBS TPEG 서비스가 교통상황을 수집

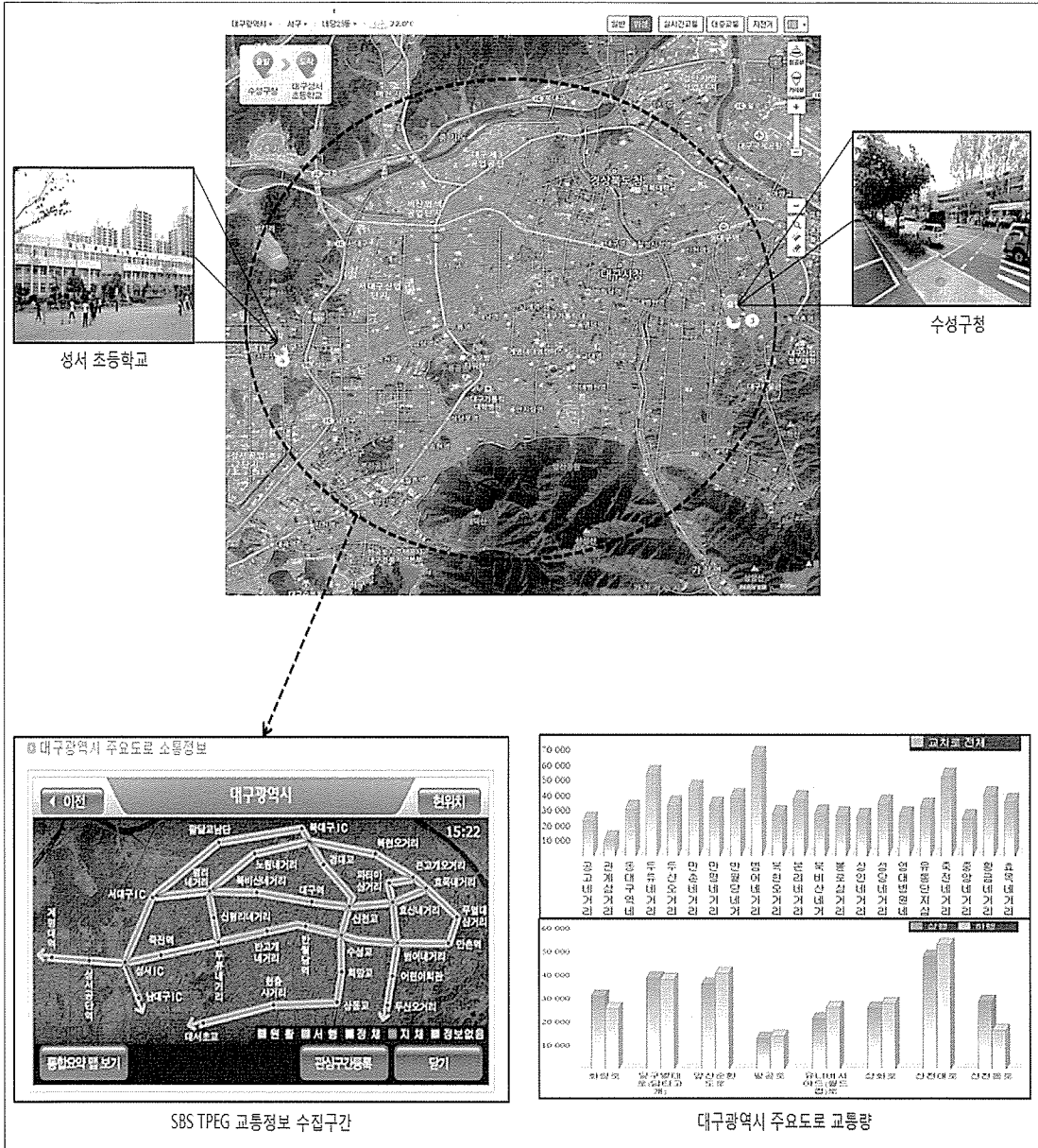


그림 1. 시험주행 구간

출처: 네이버지도, SBS TPEG, 대구광역시 교통DB

하는 구간으로서 정체 시 우회경로를 안내 할 수 있는 분기점이 되기에 설정한 시험주행 구간이 실시간교통정보서비스의 평균속도 증가효과와 이에 기인한 배출가스의 저감효과를 평가하기 위한 시험주행 대상지로 적합하다고 판단하였다.

2. 연구방법

교통정체는 요일별로 다르고 공휴일의 여부에 따라 민감하게 달라지기에 주행안내서비스별로 21회의 시험주행을 통해 실시간 교통정보서비스 이용시의 배출저감 저감효과를 평가하였다. 연구기간은 특별한 공휴일이 없는 2010년 7월 5일 월요일부터

7월 18일 일요일까지 총 2주간으로 설정하였으며 교통정체구역인 수성구청에서 성서초등학교에 이르는 12.8 km의 도심구간을 시험주행 경로로 설정하여, 출근 정체시간인 오전 8시와 한가한 오후 3시, 그리고 퇴근 정체시간인 오후 6시에 네비게이션에서 제공하는 주행안내 서비스 정보에 따라 정속으로 주행하며, 첫 일주일간은 최단거리 주행안내 서비스로 나머지 일주일엔 실시간교통정보 주행안내 서비스를 이용해 시험주행을 실시하였다. 연구에 사용된 네비게이션 모델은 아틀란 WIZMap 기반의 SBS TPEG 서비스가 제공되는 (주)파인디지털사의 제품명 IQ700으로, 구입자 전원에게 별도의 추가 비용 없이 무료 TPEG 서비스가 제공되어 대중적으로 보급률 및 판매율이 무난한 제품을 사용 하였으며, 시험운전용 차량은 국내 전체등록차량 17,592,169대 기준, 75.73%로(국토해양부, 2010) 국내 등록 현황이 가장 높아 전체적인 파급효과를 가늠하기 유용한 기술린 승용차량인 (주)삼성사의 2001년식 SM5 520 차량을 이용하였다. 차량의 상세제원은 표 1과 같다.

3. 배출가스 산정방법론

배출량 산정은 국내 도심지를 대상으로 국산차량으로 시행된 시험이기에 국내에 적합한 차종별 분류체계와 연료별 배출계수를 제공하는 도로이동오염원 대기오염물질 배출량 산정방법론 편람(국립환경과학원, 2007)을 활용하였다. 국내 도로이동오염원의 배출가스 산정방법론은 자동차관리법에 기준하여 차량을 승용차, 승합차, 화물차 등 크게 3가지 종류로 분류하고 있으며, 여기에 엔진 배기량과 연

표 1. 시험 주행차량 제원

차량명	SM5 Speciale 2.0
제조사	Samsung
연식	2001년식
주행거리	177,329km
엔진방식	L4 DOHC
배기량	1,998cc
연료	가솔린
연비	9.5~12.0km/ℓ (3~4등급)
최대출력	143~144hp
승차인원	5인승
구동방식	전륜구동(FF)
변속기	수동5단, 자동4단

표 2. 휘발유 중대형 승용차 배출계수

오염물질	연식	배출계수 식 (g/km)
CO	86년 이전	$V: \text{평균속도}, Y = 247.002 * V^{-0.555106}$
	87~90년	$V: \text{평균속도}, Y = 36.169 * V^{-0.7587}$
	91~96년	$V: \text{평균속도}, Y = 26.258 * V^{-0.8878}$
	97~05년	$V: \text{평균속도}, Y = 41.669 * V^{-1.2078}$
VOC(THC)	86년 이전	$V: \text{평균속도}, Y = 15.9533 * V^{-0.505542}$
	87~90년	$V: \text{평균속도}, Y = 15.607 * V^{-1.0423}$
	91~96년	$V: \text{평균속도}, Y = 15.6 * V^{-1.4041}$
	97~02년	$V: \text{평균속도}, Y = 14.19 * V^{-1.5355}$
NOx	86년 이전	$V: \text{평균속도}, Y = 3.114 * V^{-0.2278}$
	87~90년	$V: \text{평균속도}, Y = 6.2007 * V^{-0.6781}$
	91~96년	$V: \text{평균속도}, Y = 7.5244 * V^{-0.7534}$
	97~99년	$V: \text{평균속도}, Y = 5.5325 * V^{-0.7978}$
	00~02년	$V: \text{평균속도}, Y = 3.4578 * V^{-0.7978}$

출처: 국립환경과학원

표 3. 주행안내서비스별 주행시간 및 평균속도 비교

주행시간		최단거리 주행시			실시간교통정보 주행시		
		주행거리 (km)	주행시간 (min)	평균속도 (km/hr)	주행거리 (km)	주행시간 (min)	평균속도 (km/hr)
월요일	오전8시	12.28	58	12.7	14.23	46	18.56
	오후3시	12.28	31	23.77	12.28	35	21.05
	오후6시	12.28	49	15.04	14.62	44	19.94
화요일	오전8시	12.28	50	14.74	13.86	37	18.48
	오후3시	12.28	33	22.33	12.28	35	21.67
	오후6시	12.28	42	17.54	14.34	45	23.25
수요일	오전8시	12.28	54	13.64	14.34	43	18.31
	오후3시	12.28	28	26.31	13.16	26	30.37
	오후6시	12.28	58	12.70	14.86	48	20.73
목요일	오전8시	12.28	47	15.68	12.28	35	16.37
	오후3시	12.28	37	19.91	15.62	29	32.32
	오후6시	12.28	62	11.88	16.34	53	23.91
금요일	오전8시	12.28	47	15.68	14.86	44	19.81
	오후3시	12.28	34	21.67	16.34	31	24.51
	오후6시	12.28	83	8.88	16.34	52	20.01
토요일	오전8시	12.28	46	16.02	16.34	37	23.91
	오후3시	12.28	39	18.89	14.86	44	25.47
	오후6시	12.28	66	11.16	14.34	53	16.23
일요일	오전8시	12.28	36	20.47	13.16	32	24.68
	오후3시	12.28	42	17.54	12.28	35	21.05
	오후6시	12.28	57	12.93	13.16	49	16.11

식 그리고 열화계수를 고려하여 각 항목별로 배출계수 산정공식을 제공하고 있다. 본 연구에 사용된 차량은 2000cc 이상의 가솔린 승용차량으로 표 3과 같은 배출량 산정공식을 통해 시간대별, 주행안내서비스별로 배출량을 산정하였으며 차량의 연식이 보증기간 이내이므로 열화계수는 적용하지 않았다.

III. 결과 및 고찰

1. 주행안내서비스별 평균속도 비교

국립환경과학원에서 제공하는 배출가스 산정공식은 기본적으로 평균속도 데이터를 기본으로 하기에 실시간교통정보서비스 이용 시의 배출저감효과를 산정하기에 앞서, 주행시간 및 평균속도 저감효과를 우선 분석하였다. 시험주행을 통해 취득한 주행거리와 주행시간 데이터를 활용해 표 3과 같이 평

균속도를 산정하였다. 분석 결과 실시간 교통정보 서비스를 이용할 경우, 시간대별 주행시간은 오전 8시 기준 최대 18.75%의 저감효과를 보임을 확인하였으며, 주행안내 시스템별 주행시간을 산출한 결과, 평균 14.58%의 저감효율을 보였다. 이는 실시간 교통정보 서비스로 주행할 시, 보다 빠른 길 찾기가 가능하다는 결과이며, 상세히 살펴보면 출·퇴근 정체시간인 오전 8시와 오후 6시에 주행시간을 10분(약 18%)이나 단축시키는 것을 보여준다. 반면, 상대적으로 한가한 오후 3시경에는 최단거리 서비스와 실시간 교통정보 서비스의 차이가 미비한 것으로 밝혀졌다. 배출가스 산정방법론에서 평균속도의 증가는 배출계수를 산정할 때, 배출량 저감에 영향을 미치는 핵심적인 변수로 작용하기에 그림 4에 나타난 주행안내서비스별 평균속도 비교결과는 매우 중요한 지표로 작용한다. 오후 6시 평균속도를 살펴보면, 실시간 교통정보 서비스를 이용할 시

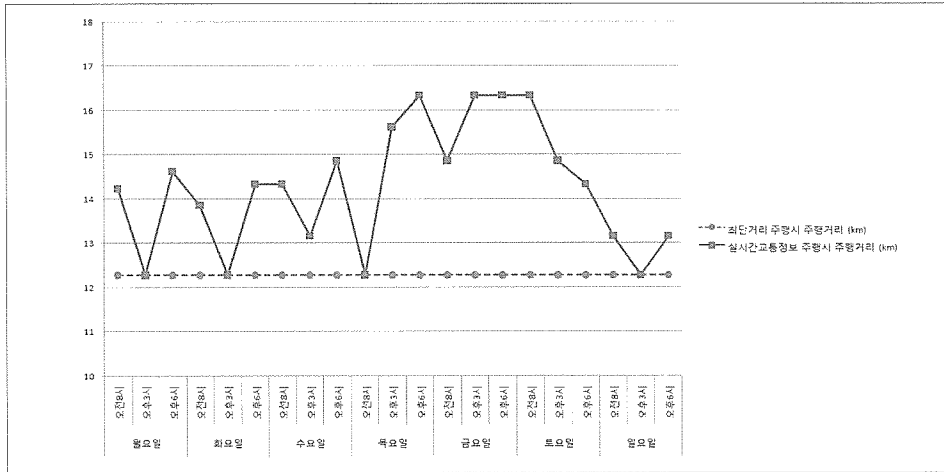


그림 2. 주행안내서비스별 주행거리 비교

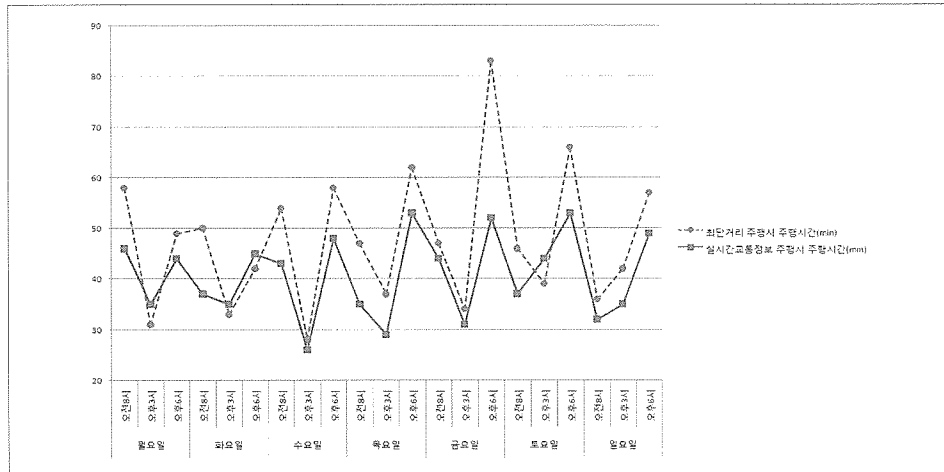


그림 3. 주행안내서비스별 주행시간 비교

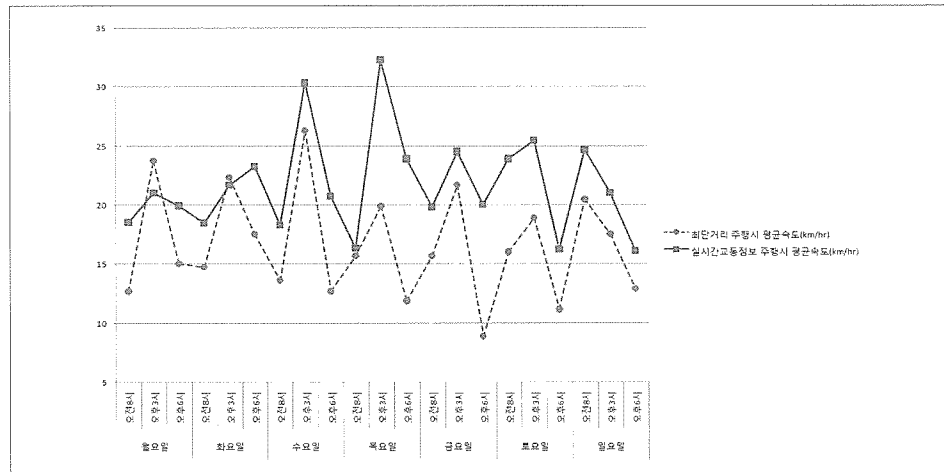


그림 4. 주행안내서비스별 평균속도 비교

12.28 km/hr에서 20.03 km/hr로 최대 55.51%의 평균속도 증가율을 보임을 확인하였다. 주행안내 시스템별로 평균속도 산출한 결과를 보면 실시간교통정보서비스 이용 시 평균 30.71%의 평균속도 증가 효과를 보이는 것으로 확인되었다. 결과적으로 실시간 교통정보서비스를 활용할 시 소통이 원활한 우회경로를 안내해주기에 기존 최단거리 주행안내 서비스를 활용했을 경우보다 순수 이동거리는 증가하지만(약 16%), 주행 시에 보다 빠른 속력을 낼 수 있었으며, 목적지에 도달하는 시간을 단축시킬 수 있었다.

2. 주행안내서비스별 배출가스 저감효과 비교

배출가스 저감효과는 국립환경과학원의 도로이동오염원 배출가스 산정방법론에 의거하여 이동거리와 평균속도 그리고 열화계수를 곱하여 CO, VOC, NOx 등 세 가지 대기오염물질에 대한 이동

거리별 배출량을 산정하였다(표 4). 산정 결과, 시간대별 CO 배출량은 차량이 정체하는 오전 8시와 오후 6시에 눈에 띄는 저감효과를 보였으며, 오후 6시 배출량은 31.40% 나 차이를 보임을 확인하였다. 이는 차량의 정체가 심한 상황일수록 실시간교통정보서비스를 이용할 시 배출가스 저감효과가 높다는 것을 입증하는 결과로서, 차량정체가 예상되는 시간대에는 실시간교통정보서비스를 활용하는 것이 이동시간을 절약하는 효과는 물론 배출가스를 저감시키는 효과를 얻을 수 있음을 보여준다. 또한 예상했던 일산화탄소 배출량 저감효과 보다 탁월한 저감효과를 보인 것이 바로 VOC 배출효과인데, 시간대별 평균 25.27%, 오후 6시에 최대 41.66%의 저감효과를 보임을 확인함으로써 평균속도의 증가로 인한 저감효과가 가장 우수했음을 확인하였다. NOx의 저감효과는 미비했지만, 역시 차량이 심하게 정체하는 오후 6시경에는 최대 17%에 가까운 저

표 4. 주행안내서비스별 배출량 비교 단위

주행시간		최단거리 주행시			실시간교통정보 주행시		
		CO(g)	VOC(g)	NOx(g)	CO(g)	VOC(g)	NOx(g)
월요일	오전8시	23.76	3.52	5.59	17.41	2.28	4.79
	오후3시	11.14	1.34	3.39	12.91	1.62	3.74
	오후6시	19.37	2.71	4.88	16.40	2.09	4.64
화요일	오전8시	19.85	2.80	4.96	17.05	2.23	4.68
	오후3시	12.02	1.48	3.56	12.46	1.55	3.65
	오후6시	16.09	2.14	4.32	13.37	1.62	4.03
수요일	오전8시	21.80	3.15	5.28	17.84	2.34	4.88
	오후3시	9.86	1.15	3.13	8.88	0.99	2.99
	오후6시	23.76	3.52	5.59	15.91	2.01	4.58
목요일	오전8시	18.42	2.54	4.72	17.49	2.38	4.56
	오후3시	13.80	1.76	3.90	9.78	1.07	3.37
	오후6시	25.75	3.90	5.90	14.72	1.77	4.49
금요일	오전8시	18.42	2.54	4.72	16.81	2.15	4.74
	오후3시	12.46	1.55	3.65	14.29	1.71	4.40
	오후6시	36.60	6.09	7.44	18.26	2.33	5.18
토요일	오전8시	17.95	2.46	4.64	14.72	1.77	4.49
	오후3시	14.71	1.91	4.07	12.41	1.46	3.88
	오후6시	27.77	4.29	6.20	20.63	2.82	5.37
일요일	오전8시	13.35	1.69	3.82	11.41	1.36	3.53
	오후3시	16.09	2.14	4.32	12.91	1.62	3.74
	오후6시	23.25	3.42	5.51	19.10	2.62	4.95

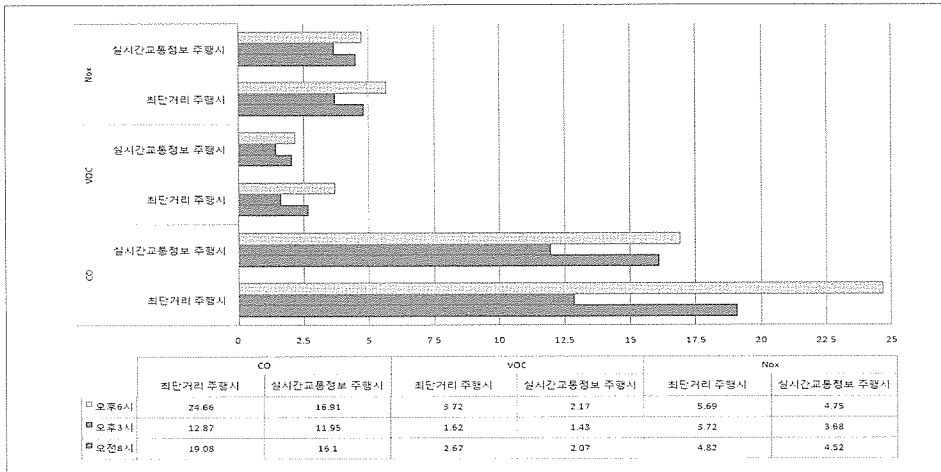


그림 5. 실시간교통정보서비스 이용 시 배출물질별 저감률 비교

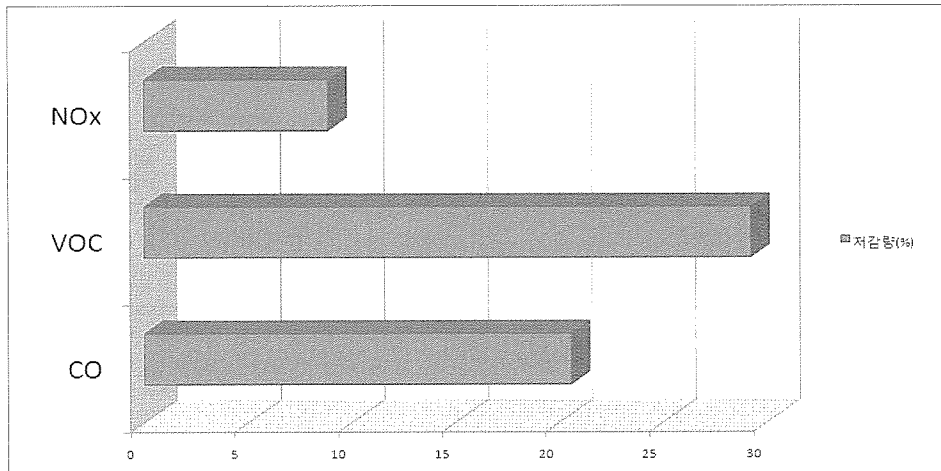


그림 6. 실시간교통정보서비스 이용 시 배출물질별 저감비율

감효과를 보였다. 주행안내서비스별 배출가스 저감 효과를 살펴보면, 실시간 교통정보 주행안내 서비스를 이용했을 경우에 최단거리 주행안내 서비스로 주행했을 때보다 모든 배출원에서 저감효과를 보였음을 확인하였다. 오염물질 배출원별 저감효과를 살펴보면 최단거리 주행안내 서비스 대비 VOC 29.21%, CO 20.56%, NOx 8.86%의 뛰어난 저감효과를 보여 교통시스템의 최적화로 인한 공회전감소와 평균속도의 증가는 배출가스 저감에 매우 민감한 영향을 미침을 확인하였다. 또한 실시간 교통정보 서비스의 저감효과가 확연히 드러나는 시간대는 차량의 정체가 심한 경우, 즉 출·퇴근 시간인

오전 8시와 오후 6시 경이라는 것 또한 확인하였다.

IV. 결론

본 연구는 시중에서 멀티미디어와 빠른 길안내와 DMB를 비롯한 멀티미디어 서비스에 초점이 맞춰져있는 TPEG 서비스를 친환경적 관점에서 조명하고, 그로인한 도로이동오염원의 배출가스의 저감효과를 보였다는 점에서 그 의의가 있다. 연구결과, 실시간 교통정보를 활용한 주행경로 안내시스템이 평균속도를 34%나 증가시키고, 목적지까지의 소요시간을 14.58%나 감소시킨다는 점에서 실시간교통

정보서비스가 빠른 길안내를 통한 목적지 도달시간 감소에 효과가 있었음을 확인해 볼 수 있었으며, 국립환경과학원에서 제공하는 대기오염 배출량 산출 편람공식에 의해 저감효과를 산정한 결과, CO 20.56%, VOC 29.21%, NOx는 8.86%의 저감효과를 보여, 효율적인 교통시스템의 개발만으로도 도로이동오염원의 배출가스 저감에 기여를 할 수 있다는 결과를 얻었다. 단, 시험 주행 중 실제로는 도로가 그리 막혀있지 않았던 구간에서도 우회경로를 안내하는 경우와, 주행 중 실시간 교통정보가 업데이트 되면서 갑자기 주행경로가 뒤바뀌어 버리는 등 길안내에 있어 비효율적인 오류가 발생함을 확인할 수 있었고, 실제 한산한 오후 3시경에는 실시간 교통정보 서비스의 효과가 최단거리 주행안내서비스에 비해 미비함을 확인할 수 있었다. 이는 기술의 발전단계에서 과정으로 생각되지만, 실시간 교통정보서비스의 배출가스 저감효율을 증가시키기 위해서는 현재의 교통정보를 보다 정확히 반영하는 효율적인 실시간 교통정보 수집체계를 연구하여 교통정보의 정밀도를 향상시켜서 보다 정확한 교통상황을 반영한 주행안내서비스를 제공하는 것이 필수적이라 생각하며, 동시에 실시간 교통정보의 갱신 주기를 최적화하는 별도의 연구가 필요하다고 본다. 본 연구는 공회전 시간을 줄이고 평균속도를 향상시키는 첨단교통시스템의 이용만으로도 적정수준의 배출가스 저감효과를 보임을 입증함으로써, 추후 교통공학을 연구하는 입장에서는 최적화 된 교통시스템이 쾌적한 환경을 보장할 수 있음을 증명하는 기초자료로 활용될 것으로 생각된다. 또한 미래의 교통기술은 도로소통의 원활성만을 고려하는 현재의 태도에서 벗어나, 환경성에 초점을 맞춰, 배출가스에 미치는 영향성까지 고려한 설계기법들의 개발을 통해 지속가능한 녹색교통시스템으로 발전되어야 한다고 판단된다.

사 사

이 논문은 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을

받아 수행된 연구임

참고문헌

- 환경부, 2007, 대기오염물질 배출량 산정방법편람, 환경부.
- 기상청, 2009, 기후변화의 이해III - 서울의 기후변화, 기상청.
- 조역수, 1993, 선오염원에 의한 대기오염물질 배출량 산정에 관한 연구: 서울지역을 대상으로, 서울대학교 환경대학원 석사학위청구 논문.
- 조강래, 엄명도, 김종훈, 홍유덕, 김종규, 한영철, 1993, 자동차에 의한 오염물질 배출계수 및 배출량 산출에 관한 연구, 한국대기환경학회지, 9(1), 69-77.
- 장영기, 조경두, 1997, GIS를 이용한 이동오염원 배출량 산정, 대기환경학회 논문집, 2, 100-102.
- 이상권, 전은경, 정철현, 1997, 국내 승용차에서의 CO와 NOx의 배출특성, 기초과학연구, 6, 97-106.
- 유지열 · 동종인 · 윤균덕 · 공부주 · 채경순 · 최재성, 1997, 통행예측기법을 이용한 이동오염원의 대기오염물질 배출량 산정에 관한 연구, 한국대기환경학회 학술대회 논문집, 01(00), 65-66.
- 정철현, 이상권, 1998, 공회전 차량의 CO와 NOx 배출 특성, 자연과학회 논문집, 19(1), 481-491.
- 박성규, 2001, 자동차 대기오염물질 산정 방법론 설정에 관한 비교 연구, 대한교통학회회지, 19, 6-15.
- 최교남, 조규백, 정동수, 2002, 엔진공회전과 시동시 연비 및 배기가스 특성 비교연구, 한국자동차공학회, 2002(11), 129-134.
- 심무경, 임재명, 이범호, 홍성태, 이대엽, 2009, 운전자동차의 공회전 정지에 의한 CO₂ 저감량 산출연구, 대한기계학회논문집, 33(10), 748-756.

- 박성규 · 김신도 · 김종호, 2001, 자동차 대기오염 물질 산정 방법론 설정에 관한 비교 연구, 대한교통학회, 19(4), 35-47.
- 천성문, 김신도, 이임학, 윤중섭, 2009, 서울지역 수송부문에서의 이산화탄소 배출량 추정, 한국대기환경학회, 2009(10), 207-208.
- Samaras P., Almbauer R., 1997, Application of Computational Methods for the Determination of Traffic Emissions, Journal of the Air & Waste Management Association, 47, 1204-1210.
- Hung, W.T., H.Y.Tong, 2000, Review of vehicle emissions and fuel consumption modelling approaches at signalized and road network, Proceedings of the 5th Meeting of Hong Kong society for Transportation Studies, 2, 234-239.
- Wagner,J.Mencher,B.and Keller, S., 2008, Bosch System Solutions for Reduction of CO2 and Emissions, SAE, 28(5), 324-339
- Cernuschi, S., M. Giugliano, A. Cemin and I. Giovannini, 1995, Modal analysis of vehicle emission factors, The Science of the Total Environment, 169, 175-183.
- Cohen, S. L., 1997, Use of Traffic Simulation in Analysis of Carbon Monoxide Pollution, Transportation Research Record 648, 74-76.