

# WATiSim을 활용한 운전자의 실시간 경로선택 분석

## Drivers' Dynamic Route Choice Mechanism Analysis under ATIS Environment Using WATiSim

이청원\*(Chungwon Lee), 권병철\*\*(Byungchul Kwon)

Key Words : ATIS, 동적경로선택, 운전자행태분석, 로짓모형, 시뮬레이터

### 요 약

본 연구는 실시간 교통정보시스템 설계최적화의 핵심사항인 동적교통정보제공에 따른 운전자 경로선택 행위를 효과적으로 분석하기 위해서 개발된 시뮬레이션툴을 실제 도시부네트워크에 적용하였다. 활용의 용이성과 조사범위의 확장을 위하여 인터넷환경에 적합한 웹기반조사툴(WATiSim)을 본 연구에 활용하였는데, 웹기반조사기법은 실제통행의 time pressure와 같이 설문내용을 응답자에게 효과적으로 전달하지 못하는 기존 SP설문조사기법의 단점을 보완할 수 있을 뿐만 아니라, 국내의 견고한 IT기반시설을 바탕으로 한 인터넷망을 활용하여 대규모, 저비용의 조사를 수행할 수 있다는 장점이 있다.

사례연구를 통해 서울 도심부 네트워크에 도로전광표지(VMS)를 이용한 실시간 교통정보제공시스템을 구축하는 상황을 WATiSim으로 구현한 후에, 다양한 교통상황정보하에서 운전자들의 경로선택자료를 수집하여 그들의 의사결정구조를 분석하였고 수집된 자료를 토대로 교통상황, 통행목적, 통행상태 등으로 구성된 경로선택 로짓모형을 산출할 수 있었다. 연구결과, 운전자들은 실시간 교통정보제공에 따른 교통상황을 직관적으로 잘 이해하는 것으로 나타났으며, 교통상황, scheduled delay, 통행목적과 통행료 등에 따라 선택 행위를 크게 달리하는 것으로 나타났다.

### ABSTRACT

A simulation tool for an optimal ATIS design and drivers' dynamic route choice behavior analysis is developed, which is applicable to urban networks. Due to the difficulty to make drivers feel the time pressure according to traffic conditions, current SP questionnaire survey type surveys have a limitation to capture correct driver reactions to real-time traffic information provision. The simulator is a web-based upgraded version, named WATiSim (Web-based ATIS Simulator), to quickly perform a wide population survey with a minimal cost using INTERNET. Furthermore, the time pressure issue is lessened by its interface and simulation modules.

After WATiSim mimicked a VMS based ATIS in a partial network of Seoul Metropolitan, reactions of drivers to various traffic conditions were surveyed through INTERNET and analyzed using a logit model. Drivers under the ATIS environment clearly understood the provided traffic information, and their reactions were closely related to traffic conditions, scheduled delay, trip purposes as well as toll charge if any.

\* 정회원, 서울시정개발연구원, 연구위원, \*\* 비회원, 서울시정개발연구원, 연구위원  
논문접수일 : 2002. 11. 2

### I. 서론

실시간 교통정보시스템 설계최적화의 핵심사항은 동적교통정보제공에 따른 운전자 경로선택 행위를 효과적으로 분석하는 것이다. 그러나 일반적으로 이러한 행태분석을 위한 자료수집은 매우 어려운 것으로 알려져 있다.

저자는 운전자행태분석을 위해 주로 시행되었던 기존의 SP설문조사기법의 한계점을 개선하는 대안으로 시물레이션기법을 활용한 조사방법의 프로토타입을 개발한 바 있으며(2002), 활용의 용이성과 조사범위의 확장을 위하여 인터넷환경에 적합한 웹기반조사틀로 발전시켜 본 연구에 활용하였다.

웹기반조사기법은 실제통행의 time pressure와 같이 설문내용을 응답자에게 효과적으로 전달하지 못하는 기존 SP설문조사기법의 단점을 보완할 수 있을 뿐만 아니라, 국내의 견고한 IT기반 시설을 바탕으로한 인터넷망을 활용하여 대규모, 저비용의 조사를 수행할 수 있다는 장점이 있다.

사례연구는 서울 도심부 네트워크에 도로전광표지(VMS)를 통한 실시간 교통정보제공시스템을 구축하는 상황을 조사틀로 구현한 후에, 다양한 교통상황정보하에서 운전자들의 경로선택자료를 수집하여 그들의 의사결정구조를 분석하는 것이다. 수집된 자료를 토대로 교통상황, 통행목적, 통행상태 등으로 구성된 경로선택 로짓모형을 정산한다.

### II. 본론

#### 1. WATiSim(Web-based ATIS Simulator)

WATiSim은 인터넷을 기반으로 한 조사틀로서 통행자의 행태를 분석함에 있어 응답자에게 보다 현실적인 교통상황을 제시해주고 조사비용을 현격히 절감할 수 있는 등의 장점이 있다.

본 연구에서는 2001년 연구(이청원 외2, 2002)에서 개발된 조사틀을 실제 도심 네트워크에 적용 가능한 웹기반으로 사용자 인터페이스를 수정하여 보다 광범위한 결과를 신속히 수집할 수 있도록 개선하였다.

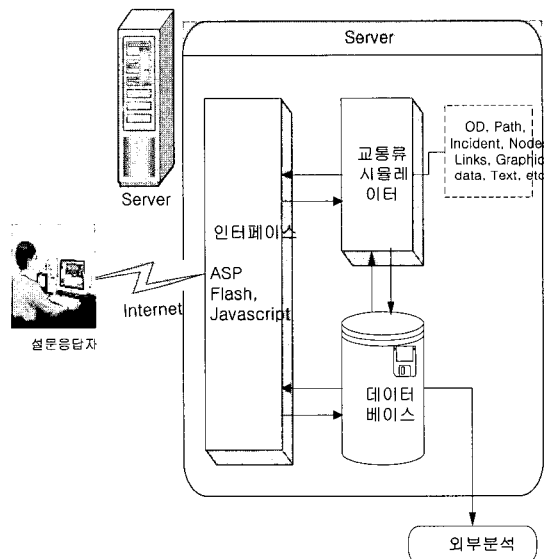
WATiSim의 구조를 살펴보면, <그림 1>에서

보는 바와 같이 조사시스템 서버(server)는 크게 인터페이스, 데이터베이스, 시뮬레이터로 구성된다.

시뮬레이터는 미리 설정된 네트워크 및 OD 등의 기본 입력자료를 활용하여 조사를 위한 교통시나리오를 미리 세팅하게 된다.

조사에 응하는 응답자들은 인터넷에 접속하여 ASP, Flash, Javascript로 작성된 인터페이스 화면을 통해서 개인속성정보를 입력하고 교통시나리오에 따라 전개되는 정보에 반응하여 자신의 노선을 선택하게 된다.

시스템 내에서 발생하는 모든 자료들은 데이터베이스 모듈에 저장되어 외부분석자료로 활용된다.



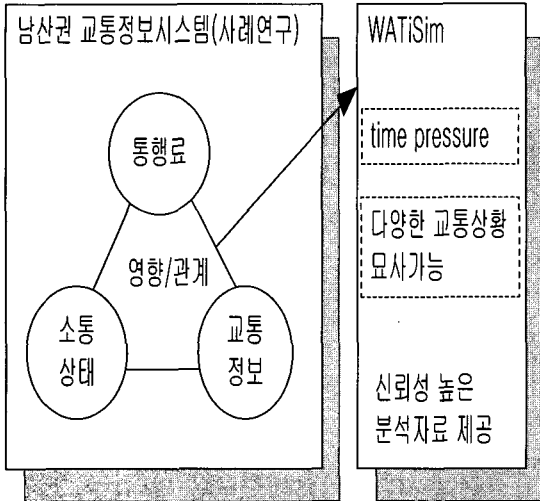
<그림 1> WATiSim의 구조

#### 2. 사례연구 개요

실제 교통네트워크를 대상으로 WATiSim을 적용했을 때의 유용성을 검토하기 위해서 사례연구를 실시하였다.

사례연구의 대상은 서울시 도심에 설치운영중인 남산권 교통정보시스템으로 설정하였다. 남산권 교통정보시스템은 도로전광표지(VMS)를 주 교통정보제공 매체로 하여 실시간으로 운전자에게 소통정보를 제공하는 서울시의 대표적인 도시부 교통정보시스템이다. 또한 남산1·3호터널은 1996년 이후로 혼잡통행료를 징수하고 있어

운전자들이 소통상태에 대해 민감하게 반응하기 때문에 사례연구를 수행하기에 매우 적합한 사이트이다.



<그림 2> 사례연구 개요

실시간 교통정보를 제공하는 도로전광표지(VMS)와 관련된 이전 연구들을 고찰해보면 주로 두 가지 측면에 초점을 맞추고 있다. 하나는 도로전광표지가 경로선택에 미치는 영향분석이고 다른 하나는 교통망의 효율에 미치는 영향분석이다.

경로선택의 영향분석은 예측을 위한 개별행태 모형 연구가 대부분이며, 실제 통행자 개인의 특성이나 정보에 대한 반응 자료를 획득하기가 어렵기 때문에 시뮬레이션이나 가상의 상황에 대한 설문조사(SP)기법을 많이 사용하였다(Khattak, Schofer and Koppelman 1993, Wardman, Bonsall and Shires 1998, Abdel-Aty 2000, Hao, Taniguchi, Shgie, Kuwahara and Morita 1999).

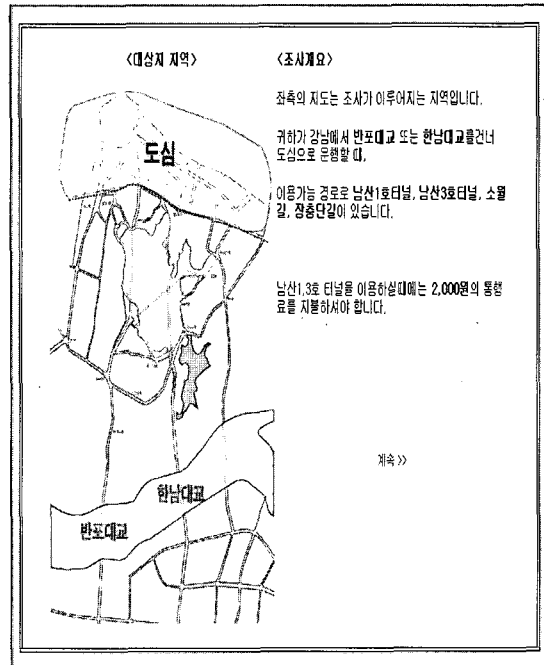
그러나 SP설문조사는 다양한 가상상황을 설문자가 인지하여 구분하게 해주는 측면이 미흡하기 때문에 분석의 신뢰도가 떨어지는 단점이 있다. 특히, 지체를 설문자로 하여금 느끼게 하지 못하는 문제(time pressure issue)가 있다. WATiSim은 가상상황에서 통행시간을 실제 화면을 통해 운전자가 느끼게 해 줌으로써 time pressure issue를 어느 정도 해소해 주고 있다.

### 3. 사례연구 방법

#### 3.1 대상 교통망 및 조사진행

조사대상 교통망은 남산1호터널, 남산3호터널 그리고 주변 우회도로로 설정하였다. 주요 경로를 살펴보면 <그림 2>에서 보는 바와 같이 혼잡 통행로 징수대상인 남산1호터널(한남대교) 및 남산3호터널(반포대교) 경로, 우회로인 소월길 및 장충단길 경로가 있다.

조사 시나리오는 강남에서 도심방면으로 진입하는 상황이며 응답자는 반드시 한남대교(남산1호터널)와 반포대교(남산3호터널) 중에서 자신이 주로 이용하는 경로를 선택해야 한다. 선택된 주요 경로에 대해서 9개의 조사시나리오가 진행되고 이후에 선택되지 않은 경로에 대해서 추가로 3개의 조사시나리오가 수행된다.



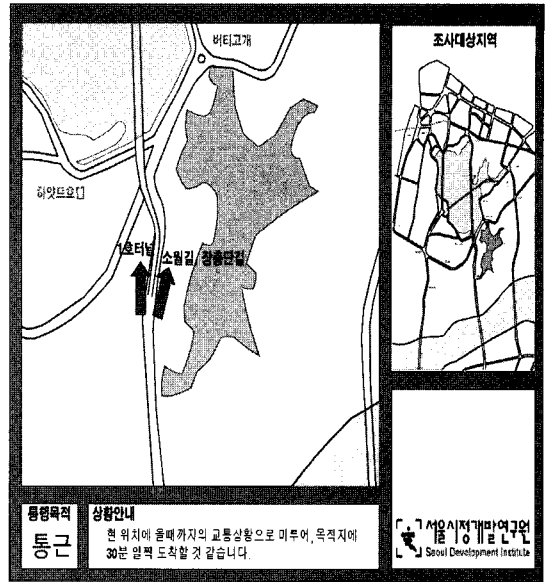
<그림 2> 조사개요 설명 화면

조사는 WATiSim이 설치되어있는 웹사이트주소와 조사개요를 응답자들에게 메일로 통보한 후, 응답자의 자의적인 참여로 이루어진다. 본 사례연구에서는 약 1300여명의 대한교통학회 회원들에게 메일을 발송하여 조사를 수행하였다.

#### 3.2 조사 내용

사례연구를 위해서 조사내용을 다음과 같이 구성하였다.

- 개인특성 조사(직업, 차량소유 유무 등)
- 대상지역에 대한 이용도 및 인지도 (차량이용 빈도, 주요 이용 경로, 주경로이용 빈도 등)
- 남산1호터널과 남산3호터널을 이용하는 경우 혼잡통행료 2000원을 지불하는 것을 명시
- 교통정보 제공: 응답자는 한남대교나 반포대교를 통과한 후 경로를 전환할 수 있는 교차로 이전에 도로전광표지를 통해 터널부의 교통정보만을 제공받음. 대안경로(소월길, 장충단길)에 대해서는 어떠한 정보도 제공하지 않음.
- 교통상황: 터널부에 대해서만 소통원활(VMS1), 지체(VMS2), 사고발생(VMS3)의 상황을 설정함.
- 통행목적: 응답자는 조사수행 중에 출근, 업무, 기타의 통행목적들 중에서 하나를 가정하여 조사에 참여함.
- ELB(Early/Late Band) 상황: 응답자는 자신의 목적지 도착에 대한 early 및 late band를 임의적으로 부여받음. 즉, random number를 발생시켜 응답자가 목적지에 일찍 도착하거나 늦게 도착하는 시간의 정도를 다양하게 부여함.



<그림 3> 조사화면(2)

4. 사례연구 결과

메일을 통해 조사 웹사이트 및 조사개요를 통보하였고, 최종적으로 조사에 응한 응답자는 총 160명이었다. 한 명의 응답자가 남산1호터널과 남산3호터널 중에서 주이용경로에 대해 9개 시나리오, 타경로에 대해 3개 시나리오가 조사되도록 진행되었다.

응답자들로부터 남산1호터널 관련 자료 841개, 남산3호터널 관련 자료 456개의 관측자료가 수집되었고 유효자료 선정작업(운전면허 미소지자 제외, 차량이용횟수 1회/주 이상, 선택경로 이용횟수 1회/주 이상)을 거친 후 총 남산1호터널 567개, 남산3호터널 275개의 관측자료를 이용해서 운전자 경로선정에 대한 로짓모형을 산출하였다.

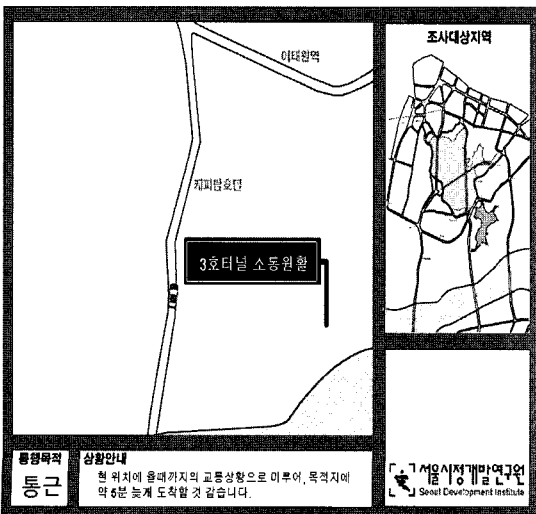
Binomial 로짓모형의 효용함수는 다음과 같이 구성하였다.

$$V = (V_{1n} - V_{2n}) = CONST + \beta_1 ELB + \beta_2 CMMT + \beta_3 BSN + \beta_4 VMS2 + \beta_5 VMS3 \tag{1}$$

여기서, 1 = 남산터널 대안  
2 = 우회도로 대안

<표 1>은 로짓모형의 효용함수를 구성하고 있는 변수들의 내용이고 <표 2>는 추정된 로짓

<그림 3>과 <그림 4>는 미리 설정된 조사 시나리오에 따라 조사가 진행되고 있는 화면을 나타낸 것이다.



<그림 3> 조사화면(1)

모형의 결과이다.

<표 1> 로짓모형의 설명변수

설명변수	약어
남산터널 대안 Constant	CONST
Early and Late band time (min.)	ELB
출근통행 dummy =1, if commute trip to work place =0, otherwise	CMMT
업무통행 dummy =1, if business trip =0, otherwise	BSN
남산터널 지체 상황에 대한 VMS dummy =1, 남산터널 지체상황이면, =0, 그밖에	VMS2
남산터널 유고상황에 대한 VMS dummy =1, 남산터널 유고상황이면, =0, 그밖에	VMS3

<표 2> VMS 정보에 대한 로짓모형 결과

Variable	남산1호터널 (한남대교)		남산3호터널 (반포대교)	
	값	t-ratio	값	t-ratio
CONST	-0.288	1.2	0.461	1.5
ELB	0.038	5.5	0.041	4.5
CMMT	1.332	4.4	0.082	0.2
BSN	1.146	3.8	0.743	2.0
VMS2	-2.121	-8.0	-1.565	-4.7
VMS3	-3.569	-9.6	-2.667	-6.6
Number of observations	567		275	
L(0)	-393.0145		-190.6155	
L(β)	-341.0342		-181.3454	
p2	0.3965		0.2616	

(1) CONST

CONST는 남산1호터널 및 남산3호터널 경로에 대한 대안특유상수(alternative specific constant)이다. 남산1호터널의 경우 음수(-0.288)로 추정되었으며 이는 혼잡통행료 징수에 따른 터널대안의 비효용으로 설명할 수 있다. 반면, 남산3호터널의 경우 양수(0.461)로 추정되었는데 이는 남산3호터널의 경우 혼잡통행료에 대한 거

부감보다 터널이용에 대한 우회도로 인식이 상대적으로 낮은 이유로 판단된다.

실제, 남산3호터널에 대한 경로조사 및 주요 교차로 현장조사에서 반포대로측 도심방면 이용 교통의 약 78%가 남산3호터널을 이용하는 것으로 보고되어 주변도로의 우회이용이 저조한 것을 알 수 있다(서울시정개발연구원, 2001).

(2) ELB

ELB는 Early/Late Band를 의미한다. EB(Early Band)는 평상시 통행시간과 비교해서 상대적으로 목적지에 일찍 도착되는 정도로 음(-)의 값을 가지며 LB(Late Band)는 그 반대의 경우를 의미한다. 즉, ELB는 scheduled delay를 의미하는 변수이다. 이러한 상황은 조사중에 각 시나리오에서 대해서 임의적으로 응답자에게 주어진다.

ELB의 계수값은 양(+의 부호)로 나타났으며 그 값은 남산1호터널 및 남산3호터널 각각 0.038, 0.041으로 추정되었다. 이는 늦게 도착하는 상황(LB, 즉 ELB가 +인 경우)인 경우에는 터널대안을 선택하는 효용이 증가하는 영향을 미치며 일찍 도착하는 상황(EB, 즉 ELB가 -인 경우)일 때에는 부(-)의 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

(3) CMMT, BSN

통행목적에 대한 더미변수는 기타통행(OTHR)을 기준(base case)으로 통근통행(CMMT)과 업무통행(BSN)을 더미처리하였다. 남산1호터널 및 남산3호터널의 통행목적에 대한 계수값은 각각 통근통행(1.332, 0.082), 업무통행(1.146, 0.743)으로 추정되었다.

(4) VMS2, VMS3

VMS 메시지 내용에 대한 더미변수는 소통원활(VMS1)을 기준(base case)으로 지체상황(VMS2)과 유고상황(VMS3)을 더미처리하였다. 남산1호 및 3호터널의 지체상황(VMS2)과 유고상황(VMS3)에 대해 계수가 각각 (-2.121, -1.565), (-3.569, -2.667)로 추정된 것은 지체나 사고 발생 상황을 교통정보로 접했을 때 터널을 기피하는 경향을 나타내며 그 정도는 유고상황(VMS3)일 때 더 큰 것으로 나타났다.

조사결과, 운전자들은 자신의 통행목적과 sche

duled delay에 따라 경로선택이 이루어짐이 확인되었고, 운전자들의 경로선택은 터널부의 혼잡정보에 따라 영향을 받으며, 이는 남산터널정보시스템이 유용한 것임을 간접적으로 반증하는 사실이다. 또한, 조사결과에서 유고정보에 대한 민감한 행태는 남산터널정보시스템이 궁극적으로 유고정보의 생산 및 제공에 충실해야 함을 의미하는 것이다.

사례연구에서 응답자들은 화면에 제공되는 교통정보로 다양한 교통상황을 직관적으로 잘 이해하고 있는 것으로 나타났으며 이러한 방법이 교통정보에 대한 운전자의 반응을 연구하는데 있어 자료획득의 어려움을 보완해주는 의미 있는 대안이 될 수 있을 것으로 기대된다.

### III. 결론

본 연구에서 실시간 교통정보에 반응하는 운전자들의 행태연구를 목적으로 개발한 WATiSim의 유용성을 사례연구를 통해 알아보았다. 그리고 남산1호 및 3호터널 교통정보시스템을 대상으로 혼잡통행료를 징수하는 남산터널의 특성, 터널의 소통상태 및 이를 교통정보로 제공할 경우, 운전자의 경로선택이 어떻게 영향을 받는지 개별행태모형을 산출하여 분석하였다.

사례연구에서 산출된 로짓모형을 통해서 운전자들이 터널소통상태를 사전에 알려주는 도로전광표지 메시지에 영향을 받아 자신의 경로선택에 참고한다는 사실을 확인할 수 있었으며, 자신의 통행상태 즉, scheduled delay에 따라 경로선택이 달라진다는 것을 규명하였다.

WATiSim은 인터넷을 기반으로한 조사틀로 국내 IT기반시설을 고려해 볼 때 대규모의 자료를 저렴한 비용에 효과적으로 수집할 수 있는 대안으로 사료된다. 또한, 기존 SP설문조사가 가진 한계점을 극복하여 신뢰성 높은 자료를 수집할 수 있으며, ATIS 사업의 시행전에 이러한 조사틀을 활용함으로써 정보시스템의 영향을 사전에 분석하고 시스템 설계를 최적화 하는데 일조할 것으로 기대된다.

### 참고문헌

[1] A.J. Kattak, J.L. Schofer and F. Koppelman(1

993), "Commuters' Enroute Diversion and Return Decisions: Analysis and Implications for Advanced Traveler Information Systems", Transpn. Res.-A, Vol.27A, No.2, pp.101-111.

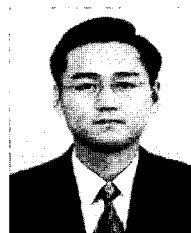
[2] E. Hao, M. Taniguchi, Y. Sugie, M. Kuwahara and H. Morita(1999), "Incorporating an information acquisition process into a route choice model with multiple information sources", Transpn. Res.-C7, pp.109-129.

[3] M. Wardman P. Bonsall and J. Shires (1998), "Driver Response to Variable Message Signs: A Stated Preference Investigation", Transpn. Res.-C, Vol.5, No.6, pp.389-405.

[4] Mohamed A. Abdel-Aty(2000), "Using ordered probit modeling to study the effect of ATIS on transit ridership", Transpn. Res.-C9, pp.265-277.

[5] 서울시정개발연구원(2001), "남산3호터널/서울역고가도로 교통정보시스템 구축 기본계획(안)", 연구보고서.

[6] 이청원, 권병철, 고승영(2002), "ATIS환경하에서 운전자 경로선택분석 시뮬레이터의 개발", 대한교통학회, 제20권 제5호, pp183-191.



**이청원**

1986.2 서울대학교 토목공학과 도시공학 공학사

1988.2 서울대학교 토목공학과 도로 및 교통공학 공학석사

1998.12 University of Texas at Austin Civil Engineering

도로 및 교통공학 PhD

1999.8~현재 서울시정개발연구원 도시교통연구부 연구위원

2002.3~현재 대한교통학회 ITS분과위원장



**권병철**

1999.2 한양대학교 교통공학과 교통공학 공학사

2001.2 한양대학교 교통공학과 교통계획 공학석사

2000.12 ~ 현재 서울시정개발연구원 도시교통연구부 연구원