

■ 論 文 ■

가로망구조 및 통행수요 변화에 따른 통행중 교통정보제공 효과분석

Effectiveness of en-route traffic information service
for various network structure and congestion level

조 중 래
(명지대학교 교통공학과 교수)

홍 영 석
(주)송현 알앤디 교통기술연구원 연구원)

목 차

- | | |
|-----------------------|------------|
| I. 서론 | 1. 모의실험 단계 |
| II. 시간중속적 통행배정기법(TDA) | 2. 모의실험 결과 |
| 1. TDA의 개념 | IV. 사례연구 |
| 2. TDA Algorithm | V. 결론 |
| III. 모의실험 | 참고문헌 |

요 약

본 연구의 목적은 가로망의 구조 및 통행수요의 변화에 따라 통행 중 교통정보제공의 효과가 어떻게 달라지는가를 모의실험을 통하여 분석하고자 하는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 실제의 대규모 가로망에 대하여 적용할 수 있는 통행배정기법을 제안하였다.

제안된 모형은 시간의 흐름에 따른 가로망의 상태를 고려하여 통행을 배정하는 방법으로 「시간중속적 통행배정」이라 명하였다. 본 연구에서는 가로망 형태(격자형 및 방사환상형), 가로망 크기, 통행수요의 지역별 분포, 그리고 교통혼잡정도에 따라 각각 시나리오를 작성하고, 각 시나리오에 대하여 모의실험 및 사례연구(노드 348개, 링크 1179개)를 통해 정보를 받는 차량의 비율에 따른, 그리고 정보를 제공하는 빈도에 따른 통행 중 교통정보 제공에 대한 효과를 분석하였다.

연구 결과, 모의실험에서는 정보를 받는 차량의 비율이 30%~70% 구간에서 14%까지의 총체계비용의 감소효과가 나타났으며, 가로망의 규모가 클수록, 혼잡이 심할수록, 그리고 대안도수가 많을수록 교통정보제공의 효과는 커지는 것으로 분석되었다.

I. 서론

최근 우리나라를 포함한 미국 및 유럽, 일본등에서 ITS에 대한 정책적 관심과 지원이 증가하고 있으며, 이미 여러 선진국에서는 많은 개발이 완료되어 현장 실험 및 시험운행에 착수하고 있다. 그러나 우리나라는 아직 ITS분야의 정책 및 기술개발이 본격화 되고 있지는 못하나 멀지않아 대규모적인 투자가 있을 것으로 예상된다. 그러나 이러한 대규모적인 개발이 착수되기 전에 반드시 검토되어야 할 많은 문제가 있다.

특히 ITS중 교통정보의 제공과 관련하여서는 그 효과에 대한 많은 의견들이 있어왔고, 따라서 다양한 교통환경 하에서 교통정보제공의 잠재적인 효과의 크기와 지속성이 실제적인 현장실험이나 시뮬레이션 연구를 통해 평가되어야 한다는 필요성이 제기되고 있다. 이러한 현실적인 필요에 따라 지금까지 교통정보 제공효과를 분석하기 위한 많은 연구와 다양한 모형이 개발되어 왔다. 그러나 이들 대부분의 연구와 모형들은 대부분 작은 규모의 가로망에 대한 실험적 성격이 강한 모형들로서, 다양한 교통환경에서 실제적인 가로망에 적용하기에는 적합하지 못한 경우가 대부분이다.

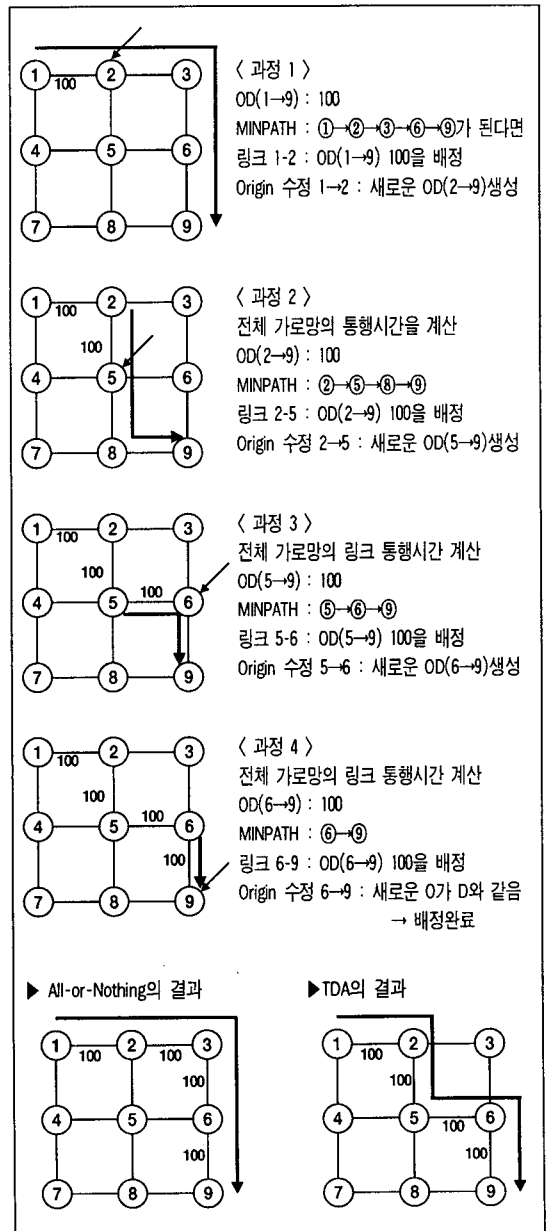
이러한 점에서 본 연구에서는 대규모 가로망을 대상으로 통행 중 교통정보제공에 따른 현상을 시뮬레이션하고 그 효과를 분석할 수 있는 모형을 개발하고, 이 모형을 전산화한 후 모의실험 및 사례연구를 통해 다양한 경우에 대한 교통정보제공 효과를 분석한다. 이를 위하여 점진적 통행배정기법(Incremental Traffic Assignment)을 기초로하여 Pseudo-Dynamic 통행배정기법을 개발하였으며, 이 모형을 시간종속적 통행배정기법(Time-Dependent Assignment:TDA)라 명하였다.

TDA를 이용한 교통정보제공 효과를 시뮬레이션하기 위하여 본 연구에서는 가로망 형태 및 규모, 지역 간 통행분포, 교통혼잡정도 및 정보제공빈도를 기준으로 시나리오를 구성하고, 각 시나리오에 대한 모의 실험을 수행하였다. 또한 실제규모의 가로망에 대한 정보제공효과 분석의 가능성을 검토하기 위하여 수원시를 대상으로 통행 중 교통정보제공에 대한 사례연구를 수행하였다.

II. 시간종속적 통행배정기법(TDA)

1. TDA의 개념

TDA모형은 운전자가 시간의 흐름에 따른 교통상황 변화에 대응하여 어떤 주어진 정보(예를들어 차



<그림 1> TDA 개념도

량내 안내장치, 교통방송, 가변정보표지판 등을 통해 얻는 정보)를 통해 개인의 운행경로를 변경한다는 개념을 기초로 한 시간중속적 통행배정모형이다.

TDA모형은 완전한 동적인 모형도 아니고 완전한 정적인 모형도 아닌 중간단계의 모형이다. 앞에서 설명하였듯이 완전한 동적인 모형은 각각의 개별 운전자에 대한 동적인 특성을 고려하기 때문에 실제 가로망에 적용하기가 어려운 한계를 가지고 있다. 반면에 TDA모형은 운전자를 개별적으로 취급하는 것이 아니라 같은 Increment에 포함되는 운전자를 총체적인 관점에서 취급하기 때문에 통행의 동적형태를 설명하는 데에는 동적모형보다 취약하다는 측면이 있으나 적용할 수 있는 가로망 규모에 대한 제약은 극복할 수 있으며, 따라서 실제 가로망을 포함한 다양한 경우에 대한 모의실험이 가능하다는 장점을 갖는다.

TDA모형은 다음과 같은 과정을 거친다. 어떤 하나의 O-D 짝에 대해 최적경로(minimum path)상에서 Origin에 직접 연결된 한 개의 링크에만 통행량을 배정한다. 모든 O-D짝에 대해 이러한 배정과정을 실행한 후, 전체 가로망에 대해 새로이 링크통행시간을 계산하고 새로운 O-D를 생성한다. 이때 새로운 O-D는 최초의 Origin 노드에 직접 연결된 중간 노드가 새로운 Origin이 되어 새로운 O-D가 만들어진다. 새로운 링크통행시간을 기초로 다시 최적의 경로를 찾아 새로 만들어진 O-D 교통수요를 위와 같은 방법에 따라 하나의 링크에 배정한다. 이러한 과정은 모든 Origin이 Destination과 같아지면 이 과정의 반복은 끝나고 통행배정은 완결된다. <그림 1>은 위의 과정을 설명하기 위한 예시다.

2. TDA Algorithm

본 연구에서는 위의 개념을 기초로 통행배정 Algorithm을 개발하였으며 TDA3이라 명명하였다. 이 모형은 1시간 교통수요를 5분 교통수요로 나누어서 배정하는 방법인데 이 방법은 한 개의 링크에 교통수요를 배정한 후 남은 O/D에 다음 increment만큼의 OD를 합하여 새로운 O/D를 만들고 그 시점까지의 배정된 교통량을 기준으로 각 링크의 통

행시간을 다시 계산한 후 다음 Increment를 배정하면서 모든 O/D가 전량 배정될 때까지 계속하는 방법이다.

또한 TDA3모형은 TDA3j로 표시되며 여기서 j는 정보를 제공하는 빈도를 나타내는 첨자이다. 정보를 제공하는 빈도는 j=1이면 차량이 진행방향으로 도달하게 되는 매 노드마다 정보를 제공받는 것을 의미하며, j=n은 차량이 매 n번째 노드에서 정보를 받는 것을 의미한다. 본 연구에서는 정보를 받는 빈도를 j=3일 때까지에 대하여 실험하였으나 모형구조상으로 j의 값은 전체 노드 개수까지 설정할 수 있다. TDA3 Algorithm을 정리하면 다음과 같다.

STEP-0 : 초기화

$$V_{lm} = 0, \text{ for all } l, m$$

$$T_{lm} = T_{lm}^0, \text{ for all } l, m$$

$$k = 0$$

$$I_{ij}^0 = 0, \text{ for all } i, j$$

$$R = 0$$

여기에서, V_{lm} : 링크(l, m)의 교통량

T_{lm}, T_{lm}^0 : 각각 링크(l, m)의 통행시간 및 자유통행시간

k : 반복횟수

I_{ij}^0 : 정보를 받는 차량의 OD(i, j) 교통량의 초기치를 의미한다.

STEP-1 : 배정을 위한 OD통행량 계산

$$k=k+1$$

$$U_{ij}^k = O_{ij} \cdot (1-\pi) \cdot F_k, \text{ for all } i, j$$

$$I_{ij}^k = I_{ij}^{k-1} + O_{ij} \cdot \pi \cdot F_k, \text{ for all } i, j$$

여기에서, O_{ij} : (i, j)의 총 OD교통량

U_{ij}^k : k번째 반복에서 배정될 정보를 받지 않는 OD(i, j)통행량

I_{ij}^k : k번째 반복에서 배정될 정보를 받는 OD(i, j)통행량

π : 정보를 받는 차량의 비율

F_k : k번째 반복에서의 OD배정비율을 의미한다.

STEP-2 : 정보를 받지 않는 차량의 통행배정¹⁾

- (1) T_{lm} 을 기준으로 최단경로 계산.
- (2) 최단경로 상에 U_{ij} 를 배정 :

$$V_{lm} = V_{lm} + U_{ij} \cdot \omega_{lm}^{ij} \text{ for all } l, m$$

- (3) 통행시간 Update :

$$T_{lm} = T_{lm}^o [1 + \alpha (\frac{V_{lm}}{C_{lm}})^\beta] \text{ for all } l, m$$

여기에서, ω_{lm}^{ij} : 링크(l,m)이(i,j)를 연결하는 최단
로상에 있으면 1, 아니면 0.

C_{lm} : 링크(l, m)의 용량을 의미한다.

STEP-3 : 정보를 받는 차량의 통행배정

- (1) Update된 T_{lm} 을 기준으로 최단경로 계산.
- (2) (i, j)를 연결하는 최단경로 상의 N번째 노드까지 I_{ij}^k 를 배정 :

$$V_{lm} = V_{lm} + I_{ij}^k \cdot \omega_{lm}^{ij} \cdot \delta_{lm} \text{ for all } l, m$$

(여기에서, δ_{lm} : 노드 m이 출발노드 i로부터 N
번째 이내의 노드이면 1, 아니면 0.)

- (3) 배정된 교통량을 기준으로 통행시간을 Update.

STEP-4 : 정보를 받는 차량의 OD통행량 Update

출발지 i에서 도착지 j로 향하는 정보를 받는 차량의 교통량이 최종 목적지까지 도착하지 못한 경우, 출발노드를 현재까지 도착한 노드 p로 수정.

$$\text{If } p \neq j, \quad I_{pj}^k = I_{ij}^k$$

$$\text{otherwise, } \quad I_{ij}^k = 0$$

STEP-5 : 반복회수 Update

- (1) OD 배정 누적비율 계산 : $R=R+F_k$
- (2) $R=1.0$ 이면, GOTO STEP-6
아니면, GOTO STEP-1

STEP-6 : 잔여 OD교통량 배정 및 Stopping Rule

- (1) If $I_{ij}^k=0$, for all (i, j), STOP
- (2) Otherwise, GOTO STEP-3

III. 모의실험

1. 모의실험 설계

이 장에서는 TDA3모형을 이용하여 통행중 교통정보제공이 가로망 시스템의 관점에서 어떠한 영향을 미치게 되는가를 다각도로 분석하기 위한 실험계획을 설계한다. 본 연구에서는 가로망 형태(격자형 및 방사환상형), 가로망 크기, 통행수요의 지역별 분포, 그리고 교통혼잡정도에 따라 각각 시나리오를 작성하고, 각 시나리오에 대하여 모의실험 및 사례연구(노드 348개, 링크 1179개)를 통해 정보를 받는 차량의 비율에 따른, 그리고 정보를 제공하는 빈도에 따른 통행 중 교통정보제공에 대한 효과를 분석하였다. 이를 위하여 설정된 시나리오의 구체적인 구성내용은 아래와 같다.

1) 시나리오 구성요소

(1) 가로망 형태

모의실험을 위하여 가로망 형태로는 격자형 가로망과 방사환상형 가로망을 설정하였고, 그 구성내용에 있어서는 비교의 객관성을 유지하기 위하여 가능한 한 동일한 조건을 갖게 하였다.

격자형가로망은 노드 25개, 링크 80개로 구성되었으며, 각 링크의 용량은 2000pcu로 모두 동일하게 구성하였다. 또한 각 링크의 길이도 200m로 동일하게 가정하였으며 가로망의 총링크연장길이는 16000m로 구성하였다.

방사환상형 가로망은 노드 25개, 링크 72개로 구성되었으며, 링크의 용량은 격자형가로망과 동일하게 구성하였고, 링크의 길이는 가로, 세로 링크의 길이는 203.5m이며, 대각선 링크의 길이는 287.8m로 구성하였으며, 격자형가로망과 같은 조건을 설정하기 위해 가로망의 총연장길이를 16000m로 구성하였다. 두 개의 가로망의 각각의 노드는 존 센트roid로 간주하였다.

(2) 교통혼잡정도

배정될 기준점 교통량의 규모를 설정함에 있어 두

1) STEP-2의 링크지체함수로 사용된 BPR식의 파라메타로는 기존의 연구결과에서 산정된 값을 사용하였는 바, 본 연구에서는 $\alpha=2.72$, $\beta=6.0$ 을 적용하였다.(Seo S.D. et, al, 1990)

가지 시나리오를 설정하였다. OD통행량을 가로망에 배정하여를 때 링크 평균 V/C가 약 0.75가 되는 OD 교통량을 '비혼잡'으로 정의하였으며, 링크 평균 V/C가 약 1.5가 되는 OD교통량을 '혼잡'으로 정의하였다. 그 결과 '비혼잡'한 OD의 총통행량은 36000대/시이며, '혼잡'한 경우의 OD통행량은 72000대/시로 구성된다.

(3) 통행분포

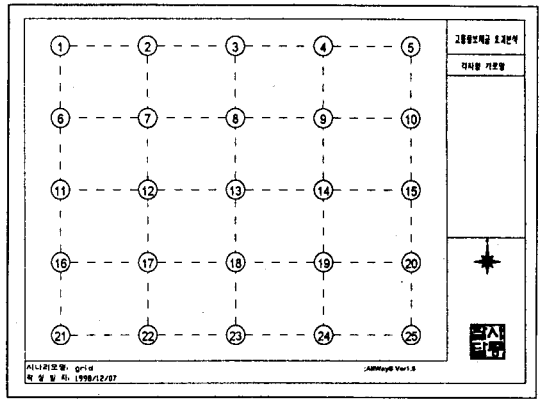
다양한 토지이용에 대한 시나리오를 설정하기 위하여 통행분포에 대한 두가지 시나리오를 설정하였다. 첫 번째는 교통수요가 모든 지역에 균일하게 분포되어 있는 경우를 가정한 것이며, 두 번째는 중앙에 위치한 노드(13번)와 중앙에 위치한 노드에 직접 연결되어 있는 노드(8, 12, 14, 18번)를 중심상업지구 간주하고 CBD지역 즉 노드 13번을 중심으로 노드 8, 12, 14, 18번에 교통수요가 비교적 많이 집중되어 있는 집중분포를 가정한 경우이다. '균일분포 비혼잡'의 경우 모든 지역간 OD통행량은 60대/시, '균일분포 혼잡'인 경우는 120대/시를 가정하였고, 집중분포의 경우 13번 노드의 수요가 외곽지역(8, 12, 14, 18번노드를 제외한)의 수요보다 최대 5배정도, 8, 12, 14, 18번 노드는 외곽지역의 수요보다 최대 4배정도 많은 수요를 갖게 구성하였다.

(4) 정보를 받는 차량의 비율

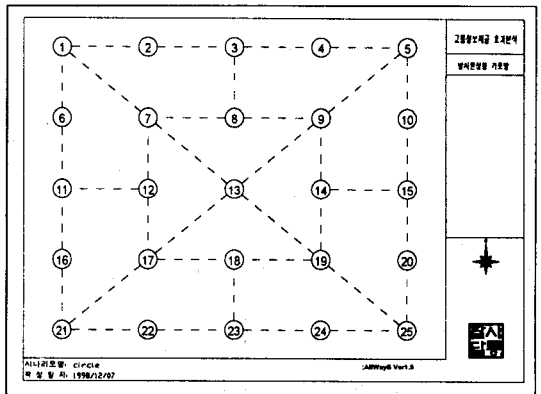
전체 통행자 중 정보를 받는 차량의 비율을 0%에서 100%까지 5%씩 증가시켜가며 모의실험을 진행한다. 정보를 받는 차량의 운전자는 주어진 정보를 완전히 신뢰하며 제공된 정보에 기초한 최단경로를 이용한다고 가정하였다.

(5) 가로망 규모

가로망의 규모에 따라 통행중 교통정보 제공의 효과가 어떻게 달라지는 지를 모의실험하기 위하여 5×5의 기본 격자형 가로망 이외에 9×9 격자형 가로망에 대한 모의실험과, 실제 가로망인 수원시 가로망에 대한 사례분석을 수행한다.



〈그림 2〉 격자형 가로망



〈그림 3〉 방사환상형 가로망

2) 시나리오의 구성

각 구성요소를 조합하여 다음과 같이 8개의 시나리오를 정의하였다.

〈표 1〉 모의실험을 위한 시나리오의 설정

시나리오	가로망 형태	통행분포	혼잡 정도	비고
시나리오 1	GRD	UD	NC	GRD : 격자형 가로망 DIA : 방사환상형 가로망 UD : 균일분포 CD : CBD 집중분포 NC : 비혼잡 VC : 혼잡
시나리오 2	DIA	UD	NC	
시나리오 3	GRD	CD	NC	
시나리오 4	DIA	CD	NC	
시나리오 5	GRD	UD	VC	
시나리오 6	DIA	UD	VC	
시나리오 7	GRD	CD	VC	
시나리오 8	DIA	CD	VC	

3) 평가지표

통행 중 교통정보제공 효과분석을 위한 모의실험의 결과에 대한 평가지표로는 총체계비용의 변화율을 사

용한다. '변화율'이 의미하는 것은 각 시나리오로 정의된 환경에서 교통정보가 제공되지 않았을 경우에 비하여 교통정보가 제공될 경우 얼마만큼의 총체계비용이 감소되는가를 나타내는 것으로 다음과 같이 표현된다.

$$\Delta C_r^S = \frac{C_r^S - C_0^S}{C_0^S} \times 100$$

여기에서 ΔC_r^S : 시나리오환경 S에서 r%의 통행자가 정보를 받을 경우의 총체계비용 감소율
 C_0^S : 시나리오환경 S에서 교통정보가 제공되지 않았을 경우의 총체계비용
 C_r^S : 시나리오환경 S에서 r%의 통행자가 정보를 받을 경우의 총체계비용을 의미한다.

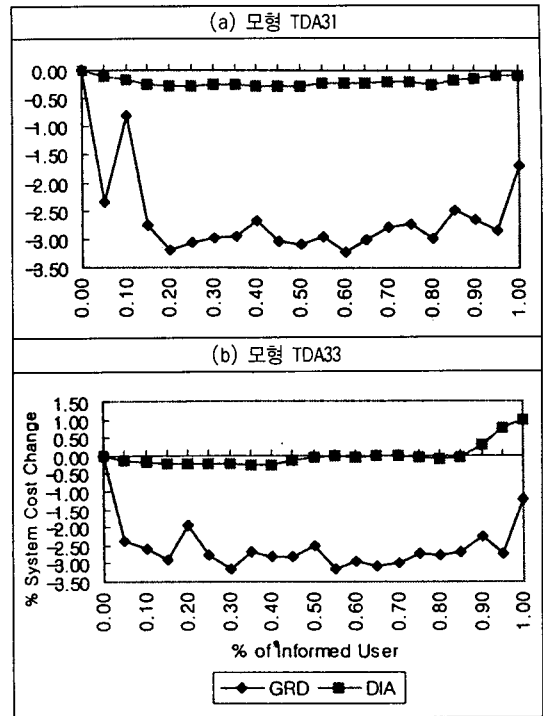
2. 모의실험 결과

1) 가로망 형태에 따른 비교

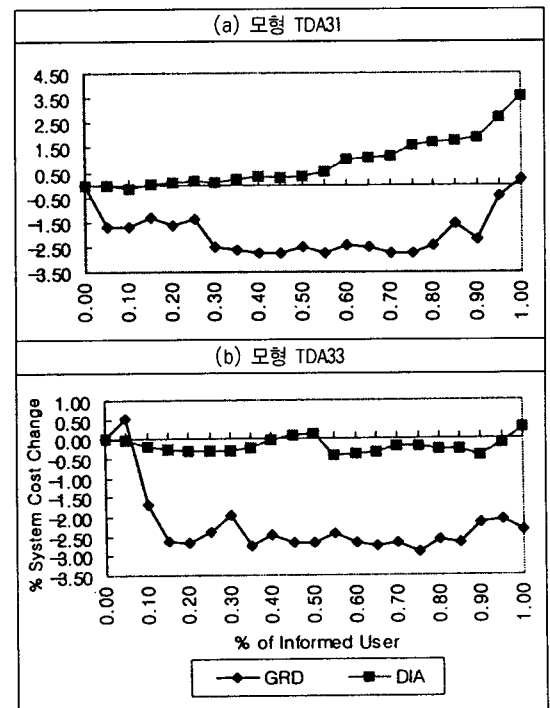
균일분포/비혼잡(*,UD,NC)일 경우(<그림 4>참조), 격자형 가로망의 경우 정보를 받는 차량의 비율이 30%~70% 구간에서 방사환상형 가로망의 경우 보다 효과가 약 3%정도 더 나타나고 있다. 정보를 제공하는 빈도에 따른 차이는 격자형가로망의 경우 거의 나타나고 있지 않으나, 방사환상형 가로망에서는 약간의 차이를 보이고 있다.

집중분포/비혼잡(*,CD,NC)일 경우(<그림 5>참조), 격자형 가로망의 경우 정보를 받는 차량의 비율이 30%~70% 구간에서 방사환상형 가로망의 경우 보다 효과가 약 2% 정도 더 나타나고 있다. 또한 정보를 제공하는 빈도에 따른 차이는 격자형가로망의 경우 거의 나타나고 있지 않으나, 방사환상형 가로망의 정보제공 빈도가 많을수록 오히려 체계비용이 증가하고 있는 것으로 분석되었다.

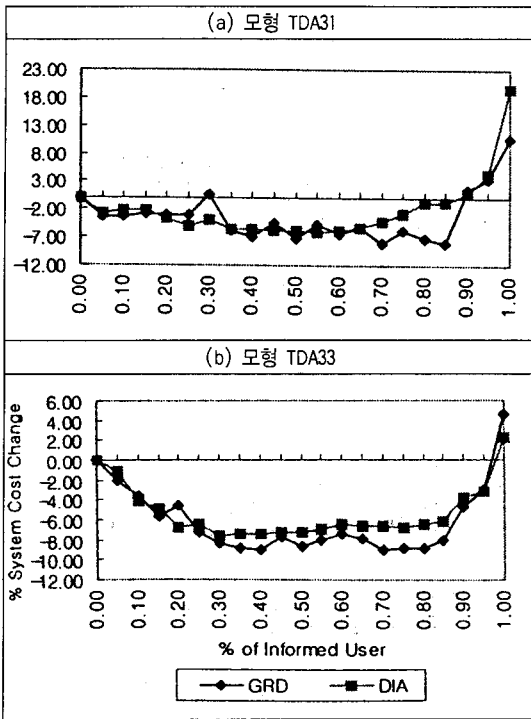
균일분포/혼잡(*,UD,VC)일 경우(<그림 6>참조), 격자형 가로망의 경우 정보를 받는 차량의 비율이 30%~80% 구간에서 방사환상형 가로망의 경우 보다 효과가 약 3%정도 더 나타나고 있다. 또한 교통정보가 매 링크마다 제공되는 경우보다 매 3번째 링크마다 제공되는 경우에 더 큰 효과를 보이고 있음을 알 수 있다.



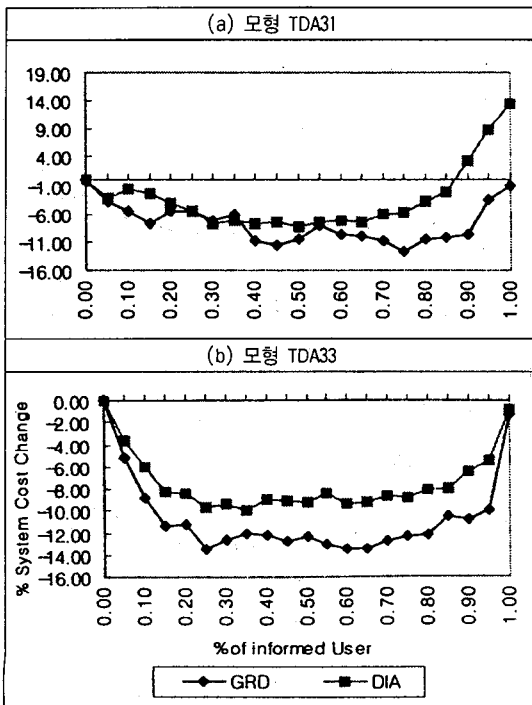
<그림 4> 가로망에 따른 비교 (*,UD,NC)



<그림 5> 가로망에 따른 비교 (*,CD,NC)



<그림 6> 가로망에 따른 비교 (*,UD,VC)



<그림 7> 가로망에 따른 비교 (*,CD,VC)

집중분포/혼잡(*,CD,VC)일 경우(<그림 7>참조), 격자형 가로망의 경우 정보를 받는 차량의 비율이 30%~80% 구간에서 방사환상형 가로망의 경우 보다 효과가 약 4%정도 더 크게 나타나고 있다. 정보를 제공하는 빈도에 따른 차이는 두 가로망 모두 2%정도 나타나고 있으며 여기에서도 마찬가지로 정보제공 빈도가 많을수록 효과가 감소함을 보이고 있다.

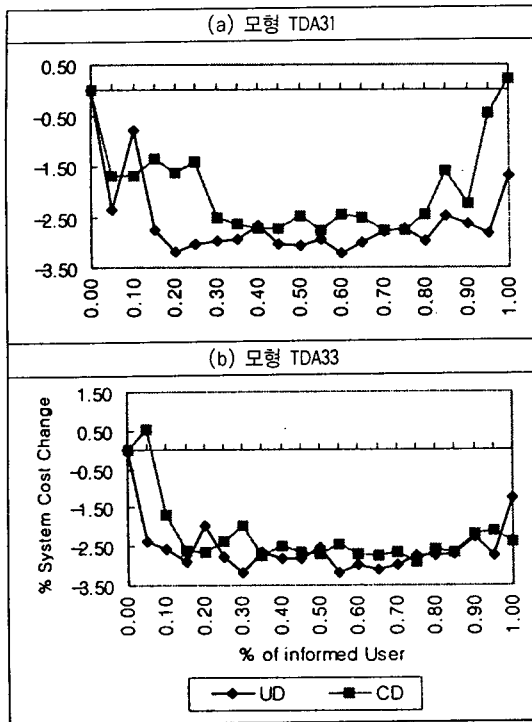
위의 비교분석 결과를 볼 때, 교통정보 제공효과는 정보를 받는 차량의 비율이 전체의 30%~80%정도 되는 상황에서 그 효과가 안정적이고 가장 큰 것으로 판단된다. 또한 교통정보효과는 격자형 가로망의 경우가 방사환상형 가로망보다 지역간 통행분포나 혼잡 정도에 관계없이 대략 3%~4%정도 더 큰 것으로 나타났는데 이것은 가로망의 구조상 격자형이 방사환상형보다 더 많은 대체노선을 가지며 대체노선간의 통행비용의 편차가 적기 때문이라고 판단된다.

2) 통행분포에 따른 비교

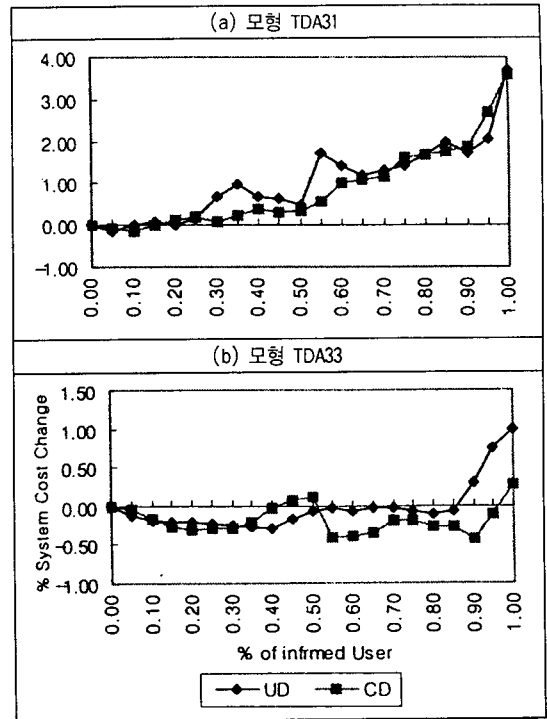
<그림 8>~<그림 11>까지는 지역간 통행수요 분포의 차이에 따라 정보제공효과가 어떻게 다른지를 모의실험한 결과를 제시한 것이다. 전체적으로 볼 때, 앞의 결과와 마찬가지로 정보를 받는 차량의 비율이 대체적으로 30%~80%정도일 때 정보제공의 효과가 가장 큰 것으로 분석되었다.

격자형가로망, 비혼잡(GRD,*,NC)일 경우(<그림 8>참조), 통행수요가 지역적으로 균일하게 분포되어 있는 경우에 비하여 어느 일정한 지역에 집중적으로 분포되어 있을 경우 정보제공의 효과가 약 0.5% 정도 큰 것으로 분석되었고, 정보를 제공하는 빈도에 따른 차이는 거의 나타나고 있지 않았다. 혼잡한 경우의 시나리오에 있어서는(<그림 9>참조) 혼잡하지 않은 경우에 비하여 통행분포의 차이에 따른 정보제공효과의 차이가 더 분명하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

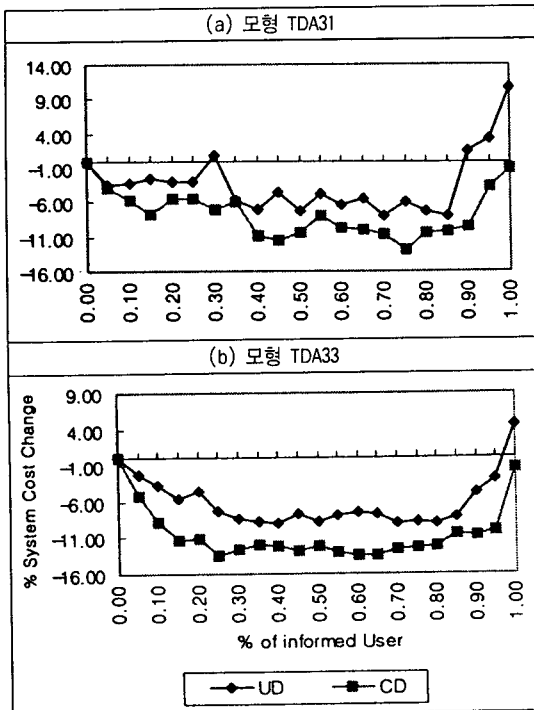
한편 방사환상형/비혼잡(DIA,*,NC)의 경우(<그림 10>참조) 균일분포와 집중분포에 있어서의 감소효과는 두 경우 모두 약 0.5%미만에 지나지 않으며 분포에 따른 차이도 거의 없는 것으로 분석되었다. 주목할 것은 이 경우 정보를 제공하는 빈도에



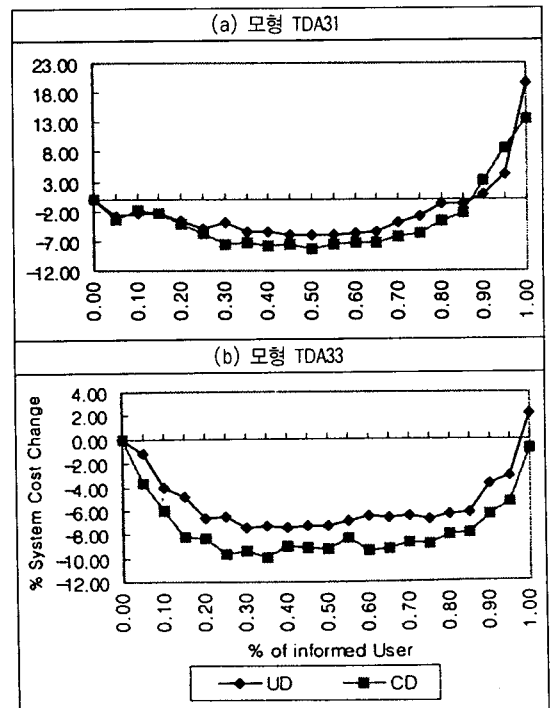
<그림 8> 통행분포에 따른 비교 (GRD, *, NC)



<그림 10> 통행분포에 따른 비교 (DIA, *, NC)



<그림 9> 통행분포에 따른 비교 (GRD, *, VC)



<그림 11> 통행분포에 따른 비교 (DIA, *, VC)

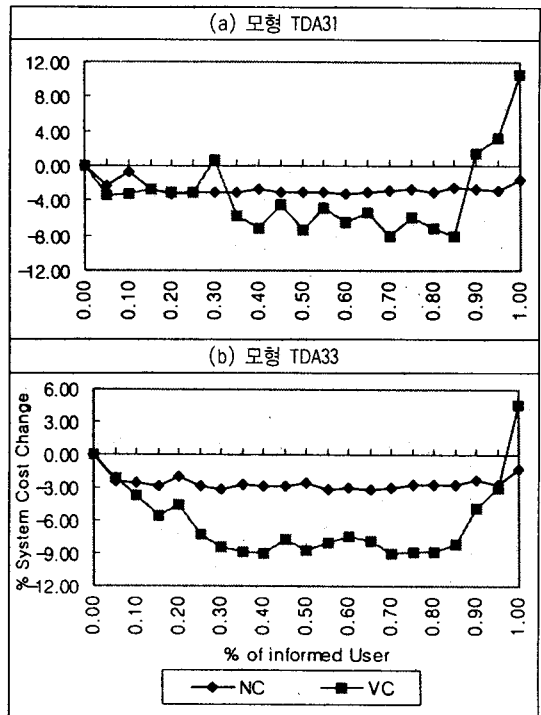
따른 효과의 차이가 두 분포 모두에서 크게 나타나고 있는데, 특히 매번 정보를 제공받는 경우 오히려 역효과가 강하게 나타나는 현상을 볼 수 있다. 그러나 <그림 11>에서 보면, 같은 방사환상형 가로망이라 할 지라도 교통아 혼잡한 경우에는 정보제공의 효과가 뚜렷이 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 균일분포의 경우보다 집중분포의 경우 정보제공의 효과가 큰 것으로 보이며, 정보제공빈도에 따른 효과의 차이는 TDA33이 TDA31보다 약 2%정도 큰 것으로 분석되었다.

종합적으로 볼 때, 혼잡하지 않은 경우 지역간 통행분포의 차이에 따른 교통정보제공 효과의 차이는 관찰되지 않았는 반면, 혼잡한 경우에는 통행량이 지역적으로 집중되어 있을 경우가 균일하게 분포되어 있는 경우에 비하여 정보제공효과가 약 3-4%정도 더 크게 나타났다.

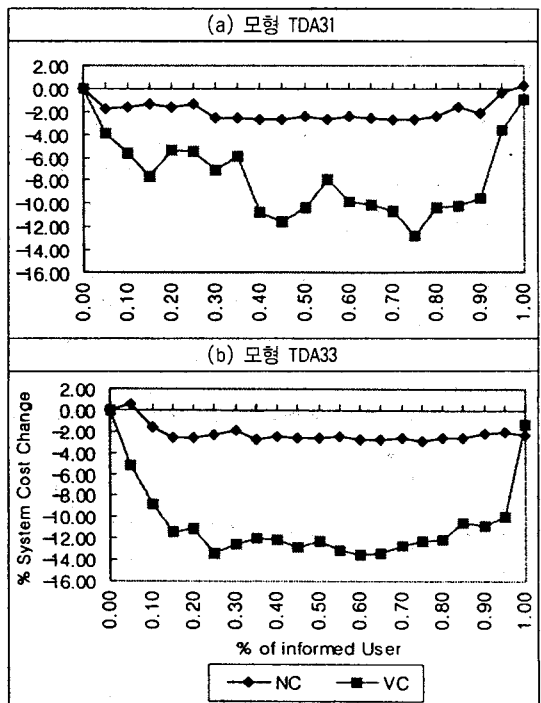
3) 혼잡정도에 따른 비교

<그림 12>~<그림 15>까지는 가로망의 혼잡정도에 따라 정보제공효과가 어떻게 다른지를 모의실험한 결과를 제시한 것이다. 거의 모든 경우에 있어 혼잡한 경우가 그렇지 않은 경우에 비하여 정보제공의 효과가 뚜렷이 크게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 또한 혼잡하지 않은 경우에 있어서는 정보를 제공받는 차량의 비율에 따른 효과의 변화가 거의 나타나지 않는 것으로 분석되었다. 또한 방사환상형 가로망에 있어서는 혼잡하지 않을 경우 정보제공의 효과는 거의 없거나 오히려 역효과가 나타나는 현상이 관찰되었다.

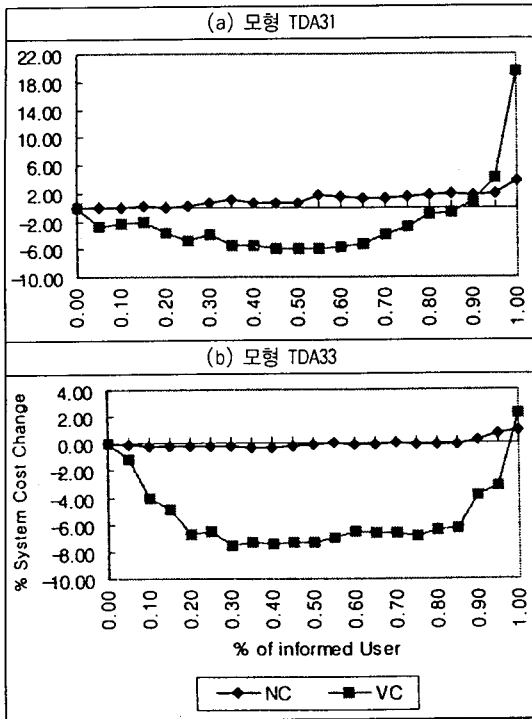
격자형가로망, 균일분포(GRD,UD,*)일 경우(<그림 12>참조) 혼잡할 경우 정보를 받는 차량의 비율이 30%~80% 구간에서 혼잡하지 않은 경우 보다 정보제공 효과가 약 7% 정도 더 큰 것으로 나타났다. 정보를 제공하는 빈도에 따른 차이는 비혼잡시는 거의 나타나고 있지 않으나, 혼잡한 경우 약 3%정도의 차이를 나타내며 또한 진동하는 불안정성도 나타나고 있다. 같은 격자형 가로망에 있어서는 통행량이 지역적으로 집중되어 있는 경우에는(<그림 13>참조) 혼잡정도에 따른 정보제공효과 차이는 더욱 뚜렷하게 나타나고 있다.



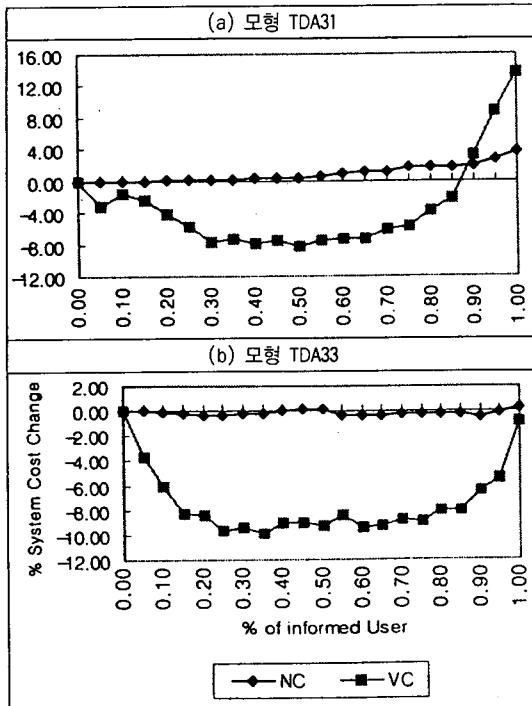
<그림 12> 혼잡정도에 따른 비교 (GRD,UD,*)



<그림 13> 혼잡정도에 따른 비교 (GRD,CD,*)



〈그림 14〉 혼합정도에 따른 비교 (DIA,UD,*)

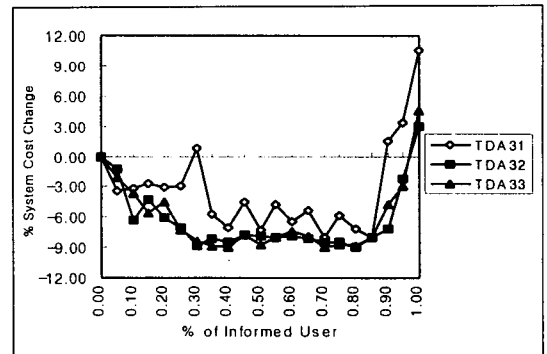


〈그림 15〉 혼합정도에 따른 비교 (DIA,CD,*)

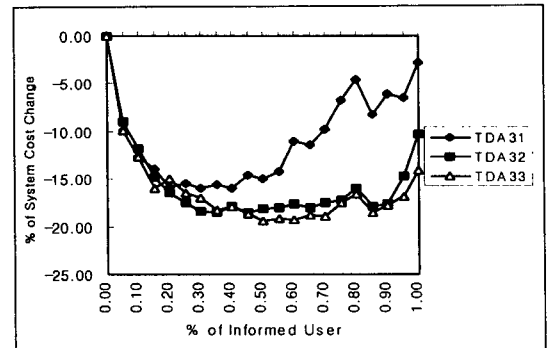
〈그림 14〉는 방사환상형가로망/균일분포(DIA,UD,*)일 경우 혼합정도에 따른 정보제공효과의 비교 결과이다. 혼합하지 않을 경우 약 0.5%~1.0%정도의 효과를 보이고 있으나, 혼합한 경우에는 정보를 받는 차량의 비율이 30%~70% 구간에서 약 7%정도의 감소효과를 나타내고 있다. 또 통행량이 집중분포되어 있을 경우에는(〈그림 15〉참조) 혼합하지 않은 경우의 효과는 앞의 균일분포의 경우와 큰 차이가 없으며, 혼합한 경우에는 정보를 받는 차량의 비율이 30%~70% 구간에서 약 10%정도의 감소효과를 나타내고 있다.

4) 가로망의 크기에 따른 비교

가로망의 크기에 따라 통행 중 교통정보 제공효과가 어떻게 차이가 나는지를 분석하기 위하여 노드 81개, 링크 288개로 구성되는 9×9의 격자형 가로망을 구성하였고, 통행분포 및 교통량에 따른 혼합정도 균일분포와 혼합의 경우로 가정하여 시나리오 5와 유사하게 설정하였다.



〈그림 16〉 5×5 격자형 가로망의 분석결과



〈그림 17〉 9×9 격자형 가로망의 분석결과

〈그림 17〉에서 보듯이 9×9의 가로망규모에서는 정보를 받는 차량의 비율이 30%~70%인 구간에서 통행 중 교통정보가 제공되지 않는 경우에 비하여 약 20% 정도의 체계비용 감소효과가 나타나는 것으로 분석되었다. 이것은 〈그림 16〉에 제시되어 있는 5×5의 격자형 가로망의 경우 그 감소효과에 비하여 약 2배정도에 이르는 결과이다. 이러한 결과는 가로망의 규모에 비례하여 정보제공의 효과가 증대됨을 나타내는 것으로 이러한 현상은 다음장의 수원시 사례분석에서 더욱 분명하게 보여진다.

5) 분석결과 요약 및 기존연구결과와의 비교

이상의 모의실험에서 나타난 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 거의 모든 경우, 정보를 받는 차량의 비율이 30%정도에 이르기 까지 체계비용이 지속적으로 감소하는 현상을 보이고 그 비율이 30%~80% 구간에서 정보제공의 효과가 최대가 된다²⁾. 그리고 80%이상에서 부터는 오히려 효과가 감소하는 경향을 나타낸다.
- 가로망 형태가 격자형일 경우, 방사환상형의 경우에 비하여 통행 중 교통정보의 제공효과가 큰 것으로 분석되었다.
- 지역간 통행분포에 따른 효과의 차이는 교통량이 많지 않을 경우에는 큰 차이를 보이지 않으나, 교통량이 많아 혼잡한 경우에는 통행량이 지역적으로 집중되어 있을 경우가 균일하게 분포되어 있는 경우보다 정보제공 효과가 큰 것으로 나타났다.
- 교통량이 적어 혼잡하지 않은 경우에는 교통정보의 제공효과가 극히 미미한 것으로 분석되었다. 또한 정보제공의 효과는 혼잡정도에 비례하여 증대되는 것으로 분석되었는데 본 연구에서 설정된 시나리오 하에서는 혼잡의 경우 비혼잡의 경우에 비하여 그 효과가 최대 7%~10%정도 더 크게 나타났다.
- 정보제공빈도에 따른 효과의 차이는 크게 발견되지 않았다. 빈번한 정보제공과 이에따른 빈번한 경로의 변경은 체계비용의 감소효과 측면에서 오히려

역효과를 나타내게되는 결과가 관찰되었다. 이것은 정보제공효과를 극대화하는 최적 정보제공빈도가 존재한다는 것을 의미한다.

- 가로망의 규모에 비례하여 정보제공의 효과는 증대되는 데 이것은 가로망 규모에 따라 교통정보제공에 따른 도로상의 교통량 분산효과가 커지기 때문이라고 판단된다.
- 정보를 받는 차량의 비율이 20%정도 이하이거나 80%이상일 경우에는, 정보를 제공받는 차량의 비율이 변함에 따라 체계비용이 불규칙적으로 급격히 증가하거나 급격히 감소하는 불안정한 상태가 나타나기도 한다.

〈표 2〉 기존 연구결과와의 효과 비교분석

관련연구	효과분석결과	비고
Kobayashi (1979)	- Travel Time Reduction : 6% - Fuel Consumption reduction : 5%	CACS, 일본
Jeffery (1981)	- Driver Journey Cost Recovery : 2%	Autoguide, 영국
Tsui, Takayama (1987)	- Probability that guided veh. arrive earlier than unguided veh. : 85 - Travel Time Reduction : 9-14%	CACS, 일본
Jeffery (1981)	- Resource Saving : 10%	Autoguide, 영국
Al-Deek et al. (1989)	- Maximum Realised Saving : 10 min for a 30 min trip	PATHFINDER, 미국
Jones, Mahamassani (1993)	- Travel Time Reduction (by Route Change) : 6% (by Departure Time Switching) : 10-22%	Tx, 미국
Y. Gardes, et al (1993)	- Travel Time Reduction : 6-18%	PATH, 미국 (12, 12) ¹⁾
하동의 등 (1994)	- Travel Time Reduction : 7-13%	VISROG 한국 (16, 17)
전경수, 조중래 (1993)	- Total System Cost Reduction (실시간 정보시) : 11-17% (예측 정보시) : 15-23%	한국 (25, 80)
본연구 (1998)	- Total System Cost Reduction (모의실험1) : 10-14% (모의실험2) : 20% (사례 연구) : 50%	(25, 25) (80, 288) (348, 1179)

주 1) (Node수, Link수)

2) 정보를 제공받는 차량의 비율이 30%~80% 정도에서는 경우에 따라 다양한 형태의 미세한 차이를 보이고 있으나 그 차이에 있어서 일반화 될 수 있는 패턴은 관찰되지 않는다. 그러나, 정보제공이 본격적으로 현실화되는 실질적인 구현단계에서는 이 부분에 대한 매우 정밀한 시뮬레이션 분석이 필요할 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서 사용한 TDA기법으로는 이러한 정밀분석이 어려운 바, 이것이 바로 TDA모형의 한계라 할 수 있을 것이다.

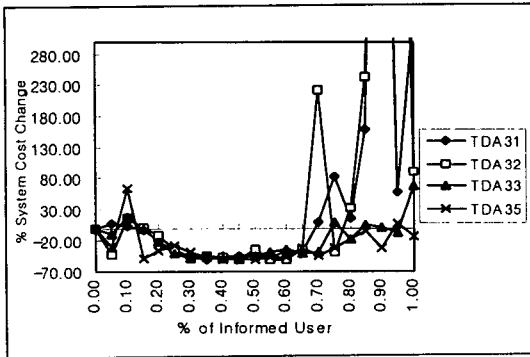
한편 <표 2>는 본 연구의 결과와 기존에 연구되어 온 외국 연구 결과를 효과규모의 측면에서 비교한 것이다. 각 연구 결과의 효과평가방법이 각기 다르다는 측면에서 단순비교하기는 어려우나 교통정보제공의 효과에 대한 일반적이고 객관적인 평가의 틀을 찾을 수 있을 것으로 보인다.

IV. 사례연구

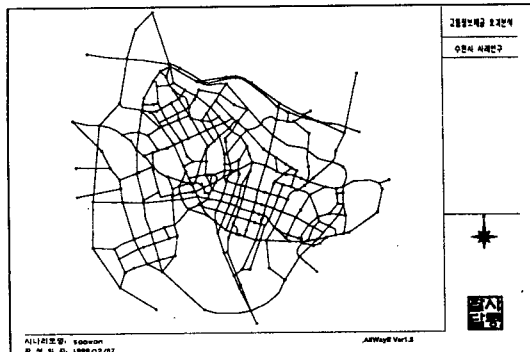
본 사례연구는 수원시를 대상으로 하였다. 사례연구에 사용된 가로망, 기종점 통행량, 그리고 링크 속성자료는 1996년의 실제 관측된 현황자료를 이용하였다. 수원시는 외부존을 포함하여 총 47개의 존으로 구성되었으며, 존 센트로이드를 포함하여 총 348개의

노드와 1179개의 링크로 구성되었다. OD자료는 5% sampling하여 전수화시킨 자료로 오전 첨두시 승용차, 버스, 택시에 대한 OD자료이다. 본 연구에서 사용된 수원시 가로망도는 <그림 19>와 같다.

<그림 18>은 수원시 사례분석의 결과를 나타낸 것이다. 정보를 받는 차량의 비율이 10% 정도에 이르기까지는 정보제공에 대한 뚜렷한 효과가 나타나지 않다가, 20%~30%구간에서는 체계비용이 안정적으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 그러다가 정보를 받는 차량의 비율이 30%이상 60%에 이르기까지는 체계비용 감소효과가 50%정도³⁾에 이르러 최대가 되면서, 정보를 제공받는 차량의 비율면에서나 정보제공빈도의 면에서 뚜렷한 효과의 차이가 발견되지 않는다. 그러나, 정보를 받는 차량의 비율이 60%를 넘어서면서부터 정보제공빈도에 따른 차이가 심하게 나타나고 있으며 불규칙적이고 급격한 변화를 보이면서 불안정성이 나타나고 있다. 이러한 현상은 통행 중 교통정보제공에 관한 실제적인 사업을 현장에 시행하게 될 경우 예기치 못한 역효과가 나타날 수도 있다는 것을 의미한다.



<그림 18> 수원시 사례연구 결과



<그림 19> 수원시 가로망도

V. 결론

모의실험 결과 가로망 형태가 격자형일 경우가 방사환상형일 경우보다 교통정보 제공에 따른 효과가 크게 나타나며, 또 교통량이 많아 혼잡하고 통행분포가 지역적으로 집중되어 있는 경우가 그 반대의 경우에 비하여 상대적으로 큰 효과를 기대할 수 있는 것으로 분석되었다.

일반적으로 정보를 받는 차량의 비율이 30%정도에 이르기까지는 정보를 받는 차량의 비율에 비례하여 총체계비용이 지속적으로 감소하는 경향을 보이며, 30%이상 70%정도까지는 체계비용의 변화가 거의 없는 상태에서 최저수준을 유지하는 것으로 나타났다. 정보를 받는 차량의 비율이 대체적으로 70%정도를 넘어서면서부터는 체계비용이 오히려 증가하기 시작

3) 하나의 사례연구결과를 통하여 얻어진 결과치를 일반화하기 어렵다는 측면에서 '50%의 감축효과'에는 큰 의미를 부여할 수 없을 것으로 판단된다. 그러나 이러한 분석결과는 지금까지 Toy Network를 대상으로 한 효과분석결과보다 실질적으로 교통정보제공 효과가 훨씬 클 수도 있다는 점을 보여준다.

하면서 불규칙적이고 급격한 불안정성을 나타낸다. 그리고 정보제공빈도에 따른 효과의 차이는 크게 관찰되지 않았고, 오히려 빈번한 교통정보의 제공과 이에 따른 통행자의 빈번한 운행 중 노선변경은 체계비용의 증대라는 역효과를 불러일으킬 수도 있는 것으로 밝혀졌다. 그리고 가로망의 규모에 비례하여 교통정보의 제공효과도 커지는 것으로 분석되었고, 수원시를 대상으로 한 사례연구에서는 통행 중 교통정보의 제공으로 체계비용을 50%까지 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 수원시를 대상으로 사례연구를 수행하였다. 그러나 지금까지 Toy Network을 대상으로 한 기존의 효과분석연구의 한계를 극복하고 교통정보 제공에 대한 실질적인 효과를 평가하기 위하여는 실제의 다양한 도시를 대상으로 한 종합적이고 체계적인 사례연구가 수행되어야 할 것이다. 또한, 본 연구에서는 전체 시스템비용의 관점에서 정보제공효과를 분석하였으나 도로사용자, 즉 통행자의 관점에서 교통정보제공이 어떤 효과를 가져올 것인가 하는 것은 또 다른 관점에서의 중요한 연구과제일 것인 바, 이를 위해서는 경로분석(Path Analysis)을 위한 시뮬레이션 기법이 개발되어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 이인원, 정난희, "Stochastic Dynamic Assignment 모형의 개발과 활용", 대한교통학회지, 제11권 제 1호, pp.67~86, 1993.
2. 하동익, 백호종, 이선하, IVHS 국내 개발방향에 관한 연구, 교통개발연구원, 1993.
3. Aerde, M.V., S. Yagar, "Dynamic Integrated Freeway/Traffic Signal Networks : Problems and Proposed Solutions", Transportation Research, vol 22A, No 6, 1998.
4. Aerde, M.V., H. Rakha, "Development and Potential of System Optimized Route Guidance

- Strategies", Proceeding of the IEEE, 1989.
5. Alfa, A.S., "Departure Rate and Route Assignment of Commuter Traffic During Peak Period", Transportation Research, vol 23B, No 5, 1989.
6. Ben-Akiva, M., A. de Palma, and I. Kaysi, "Dynamic Network Models and Driver Information Systems", Transportation Research, vol 25A, No 5, 1991.
7. Chon, K.S., J.R. Cho, "A Simulation Model for Impact Analysis of ATIS", Korea-U.S.A. Symposium on IVHS & GIS-T, pp.215~228, 1994.
8. Gardes, Y., M.E. Lunsford, A.D. May and M.V. Aerde, "Application of Integrated Model to demonstrate the Simulation of Advanced Traveler Information System", T.R.B, 72nd Annual Meeting, pp.115~149, 1993.
9. Mahmassani H., and R. Herman, "Dynamic User Equilibrium Departure Time and Route Choice on Idealized Traffic Arterials", Transportation Science, vol 18, No 4, 1984.
10. Rakha, H., M.V. Aerde, E.R. Caes, and A. Ugge, "Evaluating the Benefits and Interactions of Route guidance and Traffic Control Strategies Using Simulation", Proceedings of the IEEE, 1989.
11. Seo, S.D., C.H. Park, C.H. Kim, "A Highway Capacity Function in Korea: Measurement and Calibration", Transportation Research, vol 24A, No 3, pp.177~186, 1990.
12. Vythoulkas, P.C., "A Dynamic Stochastic Assignment Model for the Analysis of General Networks", Transportation Research, vol 24B, No 6, 1990.
13. Wie B.W., T.L. Friesz, and R.L. Tobin, "Dynamic User Optimal Traffic Assignment on Congested Multi-Destination Networks", Transportation Research, vol 24B, No 6, 1990.