

■ 論 文 ■

# 동적 경로안내전략수행을 위한 다계층 통행배정모형의 개발

Development of Multiclass Assignment For Dynamic Route Guidance Strategy

**이 준**

(서울대학교 환경대학원 박사과정)

**임강원**

(서울대학교 환경대학원 교수)

**이영인**

(서울대학교 환경대학원 부교수)

**임용택**

(여수대학교 교통물류시스템공학부 조교수)

## 목 차

- I. 서론
    - 1. 연구의 배경 및 목적
    - 2. 연구의 범위 및 방법
  - II. 이론적 고찰
  - III. 모형의 구성
    - 1. DFS(Decentralized Feedback Strategy)
    - 2. RHI(Rolling Horizon Implementation)
    - 3. 다계층 동적통행배정모형
  - IV. 가상가로망에 대한 적용
    - 1. 가로망의 구성
    - 2. 동적 통행배정 결과
    - 3. DFS의 효과평가
  - V. 결론 및 향후 연구과제
    - 1. 결론
    - 2. 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 동적통행배정(DTA), ATIS, 동적경로안내, 분산환류전략(DFS), RHI, 실시간최단경로

## 요 약

본 연구는 통행자들을 실시간 교통정보의 유무외에 제공받는 교통정보의 내용에 따라서 구분한 다계층통행배정모형을 정립하고자 한다. 이를 통해 네트워크 및 수요변화에 대응할 수 있는 우수한 교통정보제공전략인 분산환류전략(Decentralized Feedback Strategy : DFS)의 핵심사항인 분산계수결정모형을 제시하고 ITS의 중요한 기술적 요소들(VMS위치, 정보제공주기, 정보제공영역 등)에 대한 판단기준을 정립하고자 한다. 이를 위하여 연동적 시간대 분석기법(Rolling Horizon implementation : RHI)을 활용한 다계층 동적통행배정모형을 개발하고 차량내 탑재장치를 활용한 주행중 정보제공전략으로서 분산환류전략(DFS)의 적용성 및 효과성을 평가하고자 하였다. 본 연구에서는 차량내 탑재장치를 중심으로 교통정보를 제공받는 집단에 대해서 분석을 수행하였다. 이때 정보의 내용에 따라 동적 최단경로안내를 받는 그룹과 DFS에 의한 경로정보를 안내받는 그룹으로 나누어 다계층 동적통행배정모형을 구성하였다.

DFS의 적용을 위하여 정보대상노드에서 목적지까지 경로를 모두 탐색한 뒤 이들 경로에 대한 통행시간정보를 이용하여 통행자들의 인지통행비용이 같아지도록 교통류 분산계수를 설정하였다. 또한 이러한 분산계수가 적용되는 통행자를 구별하기 위하여 연동적시간대분석기법(Rolling Horizon Implementation)을 활용하여 동적통행배정을 수행하였다.

분석결과 유고상황시 DFS의 네트워크 총통행시간 개선효과를 확인할 수 있었다.

# I. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

현재 대부분의 정보제공전략은 실시간 최단경로를 제공하거나 네트워크정보를 제공하는 수준에 머물러 있다. 이렇게 이용자에 대해 동일하게 제공되는 교통정보는 시스템에 악영향을 미칠뿐아니라 네트워크나 수요의 변화에 대응하지 못함으로 불필요한 지체를 야기하기도 한다는 점이 지적되어온 바 있다. (Arnott et al. 1991. Ben-Akiva et al. 1991)

한편 통행자의 특성이 동일하다고 설정하여 통행배정을 수행하는 것보다 교통정보에 따른 이질적인 통행자그룹을 구분하는 다계층 통행배정모형에 대한 연구의 필요성이 증대되고 있으며 최근 통행자를 이질적인 그룹으로 구분하여 통행배정을 수행함으로써 현실적인 통행배정을 수행하려는 연구가 이루어지고 있다. 하지만 이중 대부분은 통행정보가 있는 그룹과 없는 그룹으로 구분하여 모형화하고 있다. 이는 교통정보제공주체의 다원화 및 정보제공내용의 다양화에 대응하는 현실적인 교통류상황을 반영하는 데는 한계가 있으므로 ITS의 여러 가지 정책적 고려사항에 대한 대안의 효과성을 분석할 수 없는 문제가 존재한다.

따라서 본 연구는 통행자들을 실시간 교통정보의 유무외에 제공받는 교통정보의 내용에 따라서 구분한 다계층통행배정모형을 정립하고자 한다. 이를 통해 네트워크 및 수요변화에 대응할 수 있는 우수한 교통정보제공전략인 분산환류전략(Decentralized Feedback Strategy: DFS)의 핵심사항인 분산계수결정모형을 제시하고 ITS의 중요한 기술적 요소들(VMS위치, 정보제공주기, 정보제공영역 등)에 대한 판단기준을 정립하고자 한다. 이를 위하여 연동적 시간대 분석기법(Rolling Horizon implementation : RHI)을 활용한 다계층 동적통행배정모형을 개발하고 차량내 탑재장치를 활용한 주행중 정보제공전략으로서 분산환류전략(DFS)의 적용성 및 효과성을 평가하고자 한다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 이를 위해 다음과 같은 연구를 수행한다. 첫째 DFS 제어전략의 활용을 위한 분산계수 결정모형을 개발한다. 이를 위하여 RHI를 활용한 동적확률적

사용자평형(Dynamic Stochastic User Equilibrium: DSUE) 모형을 제시한다.

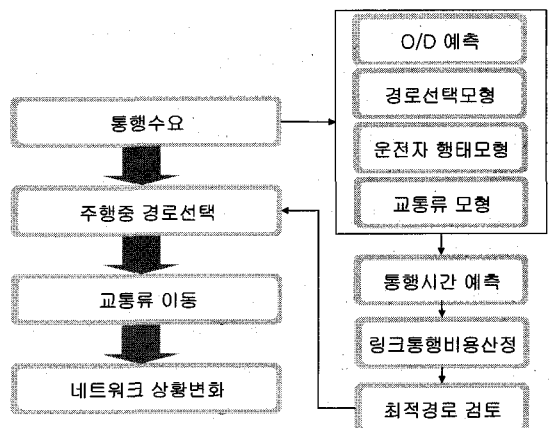
둘째, 다계층 동적 통행배정모형을 개발한다. 다계층이란 교통정보제공에 따른 이질적인 사용자 그룹을 의미한다. 이때 교통정보의 유무 뿐 만아니라 제공받는 정보의 내용이 동적 최단경로안내정보만을 받는 통행자와 DFS에 의한 최적경로안내정보를 받는 통행자로 구분한다. 이를 위하여 기존 동적 통행배정모형을 검토하여 본 연구에 활용할 수 있는 적절한 형태의 모형을 개발한다.

셋째, 교통정보제공전략 중 분산환류전략(DFS)의 효과평가를 수행한다. 평가지표는 네트워크의 총 통행시간 및 링크별 평균통행시간의 변화를 활용한다.

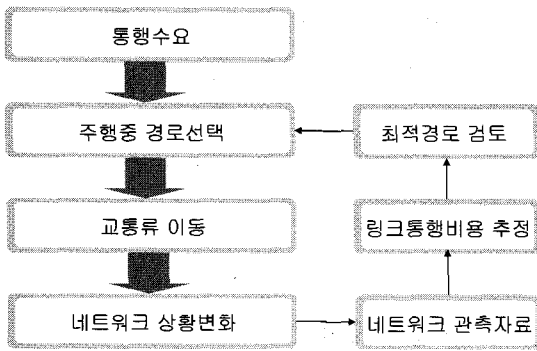
## II. 이론적 고찰

교통정보제공전략은 크게 OD와 같은 교통수요에 중점을 두는 예측적 전략(Iterative or Predictive Strategy)과 관측되는 링크통행량 및 통행시간에 중점을 두는 분산환류전략(Decentralized Feedback Strategy)으로 구분할 수 있다. Iterative(Predictive) Strategy은 제공된 정보에 대한 사용자의 반응을 예측하는 것에 기반을 둔 전략 (Ben-Akiva et al. 1997)으로 네트워크상황을 예측하고 이를 달성하기 위해 경로안내내용을 생성하는 것이 중요한 요소가 된다.

반면, Decentralized Feedback Strategy은 네트워크의 상황을 관찰하는 것에 기반을 둔 전략이다 (Papageorgiou and Messmer, 1991 ; Mauro, 1998). 즉, 교통량, 밀도, 통행시간 등 직접 검지되는



〈그림 1〉 예측적 전략의 수행과정



〈그림 2〉 분산환류전략의 수행과정

값을 모니터링하여 교통류가 분기되는 노드에서 교통류를 제어하여 시스템을 최적상태로 유도하게 된다. 따라서 교통량 예측이나 OD추정이 정확하지 않아도 된다는 장점이 있으며, 대안 경로간의 최소통행시간을 동일하게 유지하는 것이 목적이다. 이때 통행자가 목적지까지 이동할 때 필요한 대안 경로들을 모두 검색하게 되며 장애여건에 대한 예측값보다 현재의 실시간 자료를 더 중요시 하는 공학적인 접근방법이라 할 수 있다.

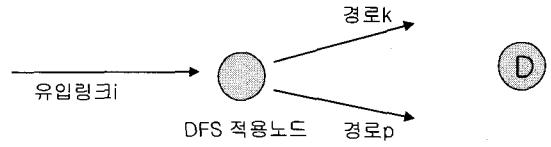
이러한 DFS의 효과적인 활용을 위해서는 진행 경로의 지체시간 및 통행시간 모형을 구현할 수 있는 동적통행배정모형의 적용과 이에 따른 분산계수 결정모형의 개발이 필요하다.

### III. 모형의 구성

교통정보제공전략의 수행을 위한 다계층동적 통행배정모형은 크게 DFS 적용을 위한 분산계수 설정모형, 특정 시간간격동안 경로의 재설정이 이루어지는 통행자의 통행배정을 위한 동적 시간대분석기법(Rolling Horizon), 동적통행배정모형에 활용되는 몇가지 세부 모형들의 결합을 통해 이루어 진다.

#### 1. DFS(Decentralized Feedback Strategy)

앞서 기술하였듯이 DFS모형의 핵심은 제어노드에서 적용되는 제어변수값이라 할 수 있다. 기본적인 DFS의 적용 과정은 다음과 같이 정리할 수 있다. 여기서  $\alpha_{ikD}(t)$ 는  $t$ 시점에서  $j$ 노드에 유입하는  $i$ 링크통행량 중 경로  $k$ 를 통하여 종점  $D$ 에 도착하는 통행량 비율이다.



〈그림 3〉 DFS설명을 위한 개념도

$$\alpha_{ikD}(t) = f_k^{jD}(t) / T^{jD}(t)$$

$$\text{이때 } \alpha_{ikD}(t) + \alpha_{ipD}(t) = 1$$

본 연구에서는 기존의 휴리스틱한 접근을 통해 도출하였던 분산계수  $\alpha_{ikD}$  를 동적확률적 사용자균형(dynamic stochastic user equilibrium)을 도모할 수 있도록 설정하였다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$f_k^{jD}(t) = T^{jD}(t) \frac{\exp(-\theta c_k^{jD}(t))}{\sum_w \exp(-\theta c_w^{jD}(t))}$$

$f_k^{jD}(t)$  : 시간간격( $t$ )에 DFS 적용노드  $j$ 에서 목적지  $D$ 까지 경로  $k$ 를 이용하는 통행량

$T^{jD}(t)$  : 시간간격( $t$ )에 DFS 적용노드  $j$ 에서  $D$ 까지 통행하고자 하는 총 통행량

$c_k^{jD}(t)$  : 시간간격( $t$ )에 제어노드  $j$ 에서  $k$ 경로를 통해 종점  $D$ 까지 통행하는 비용

이때  $\theta$ 는 경로 선택시 사용자의 인지분산값을 나타내는 양의 파라메타로 이 값이 커질수록 확정적 통행배정에 가깝게 된다.

이를 통해 통행자의 교통정보에 대한 인지오차를 고려한 인지통행비용이 DFS 적용노드에서부터 목적지까지의 경로에 대하여 같아지도록 제어변수 값을 설정하였다.

이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$c_k^{jD} + \frac{1}{\theta} \ln(f_k^{jD}) = c_p^{jD} + \frac{1}{\theta} \ln(f_p^{jD}) = C^{jD*}$$

위 식은 서로다른 임의의 경로  $k$ 와  $p$ 에 경로 교통량  $f_k^{jD}$  와  $f_p^{jD}$  가 존재하면, 동일한 인지통행비용( $C^{jD*}$ ) 이 소요됨을 나타내는데 이를 동등 경로통행비용(equivalent path cost)이라 한다<sup>1)</sup>.

본 연구에서는 경로기반 확률적 통행배정모형을 적용하였으며 이를 위해 구체적으로 직접 로짓배정법

1) 임용택(2003), 대한교통학회지 제21권 제2호.

(direct logit loading method)를 활용하였다.

본 연구에서 사용되는 직접 로짓배정법의 풀이과정은 다음과 같다.

**[단계 0] 초기화**

대안경로 설정 : all path enumeration

초기값 설정 : 초기 경로통행비용 ( $c_k^{jD}(0)$ )

통행수요  $T^{jD}(t)$ , 분산 파라메타  $\theta$

반복수  $n=1$

**[단계 1]**  $c_k^{jD,n}(t)$  을 기반으로 경로통행량  $f_k^{jD,n}(t)$  을 계산

$$f_k^{jD}(t) = T^{jD}(t) \frac{\exp(-\theta c_k^{jD}(t))}{\sum_w \exp(-\theta c_w^{jD}(t))}$$

**[단계 2] 경로통행비용 갱신**

$f_k^{jD,n}(t)$  를 기반으로 하여 경로통행비용  $c_k^{jD,n}(t)$  갱신

**[단계 3] 수렴성 검토**

$$c_k^{jD,n}(t) \frac{\max_w |C_k^{jD,n}(t) - C_p^{jD,n}(t)|}{\max_w C_w^{jD,n}(t)} < \epsilon$$

$\forall k \neq p \in W$  (path set) 이면 정지

그렇지 않으면  $n = n + 1$  후 [단계 1]로 진행

이때 DFS를 통해 교통정보제공을 받는 통행자그룹의 주행중 경로변경을 모형화하기 위해서 연동적 시간대 분석기법(RHI)과 동적확률적사용자균형통행배정(DSUE)을 결합하는 알고리즘을 활용하였다.

**2. RHI(Rolling Horizon Implementation)**

일반적으로 제기되는 동적통행배정모형의 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 연동적시간대 분석기법을 활용하였다. 이는 시간대 설정(Planning Horizon)에 있어 특정 시간대동안 계속해서 통행배정을 갱신할 수 있도록 단기예측가능 시간대와 중기 예측시간대로 구분하여 통행배정을 반복하여 수행하는 Rolling Horizon 기법을 도입하였다. Rolling Horizon 기법이란 중첩된 시간축을 설정하여 통행배정을 반복하는 것이라 할 수 있다.

이를 통해 제어노드를 지난 차량과 지나지 못한 차량을 구분하여 통행배정을 수행하였다. 즉, 연동적 시간대(Roll period)와 출발지에서 DFS 적용노드까지 차량의 통행시간과의 비교를 통해 차량의 경로재설정여

부를 판단할 수 있는 기준을 설정하였다.

$Roll\ Period > t_{ij}(t)$  : 통행자그룹의 경로재설정(Rerouting) 수행

$Roll\ Period < t_{ij}(t)$  : 통행자그룹의 경로재설정 미수행

$t_{ij}(t)$  : 기점  $i$ 에서 DFS적용노드  $j$ 까지 통행시간

**3. 다계층 동적통행배정모형**

다계층 동적통행배정모형은 기본적인 동적통행배정모형의 특징(인과성, FIFO, 교통량전파, 교통량보존법칙)을 포함하며 제공받는 교통정보의 내용에 따라 통행자계층을 구분하여 통행배정을 수행하였다.

한편 본 연구에서 분석에 사용한 링크비용함수는 결정적 대기행렬(deterministic queue) 모형을 활용하였다.

이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{dL}{dt} \Big|_{t=t_0} = \begin{cases} 0(L(t_0) = 0, e(t_0 - \phi) \leq Q) \\ e(t_0 - \phi) - Q(otherwise) \end{cases}$$

이때  $L(t)$  는 시간대  $t$ 에서의 대기행렬의 차량 수,  $\phi$ 는 자유교통류 통행시간,  $Q$ 는 대기행렬의 용량이다. 시각  $t$ 에서 대기행렬에 다다른 차량에 의해 발생되는 지체는  $L(t)/Q$ 이며, 따라서 시간대  $t$ 의 도착지까지 통행시간은 다음과 같다.

$$\tau(t) = t + \phi + L(t + \phi) / Q$$

본 연구에서 가정한 통행비용의 유일한 구성요소는 통행시간이므로 다음과 같이 통행시간이 구성된다.

$$c(t) = \phi + L(t + \phi) / Q$$

이상으로 살펴본 DFS 효과평가를 위한 다계층동적통행배정모형의 알고리즘은 다음과 같다.

**[단계 0] 초기화**

시간대별 기종점통행량 / 통행자 그룹의 구분

분석시간대(Stage) / 분석시간간격(Time Interval)

/ 연동적 시간대(Roll Period) 설정

통행자의 경로에 대한 인지분산 값( $\theta$ ) 설정  
 경로별 링크  $a$ 의 초기통행시간( $C_k^{ID}(0)$ )

**[단계 1]** 분석시간대(stage)동안 통행량배정  
 통행배정순서 : 그룹1->그룹2->그룹3

통행자 그룹1 : 통행량 network loading  
 통행자 그룹2 : 동적 최단경로에 전량부하  
 - 이전 시간간격( $t-1$ )의 통행시간 활용

통행자 그룹3 : DFS에 의한 동적 확률적사용자균형을 이루도록 경로별 통행량 부하

**[단계 2]** 경로별 링크통행시간 도출

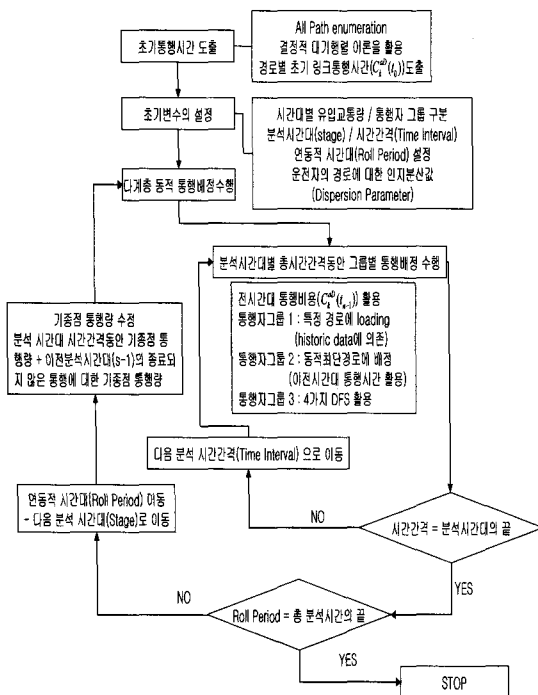
$$c_p^{ID}(t) = \sum_a [\phi_a(t) + L_a(t + \phi) / Q_a(t + \phi)]$$

$i$ 에서  $D$ 까지 이동하는 경로  $p$ 의  $a$ 링크통행량( $f_{pa}^{ID}(t)$ )을 통해 분석시간간격( $t$ )의  $a$ 링크 대기행렬 차량수( $L_a(t)$ )와  $a$ 링크 용량( $Q_a(t)$ )을 분석하여 통행시간을 갱신하는 과정 반복

**[단계 3]** 분석시간간격( $t$ )의 이동

분석시간대(Stage)동안 분석시간간격 이동  
 이때, 분석시간간격과 Roll Period와 비교 수행

- 만약, 분석시간간격 < Roll Period 이면 [단계 1]로 가서 반복



(그림 4) 다계층동적통행배정모형의 분석틀

그렇지 않으면 [단계 4]로 진행

**[단계 4]** 분산환류전락 수행

1) DFS 적용노드( $j$ )부터 목적지( $D$ )까지 새로운 O/D 추정( $s_{jD}(t)$ )

- Roll Period 동안 출발지에서 DFS 적용노드까지 통행이 완료되지 않은 통행량 분석

2) DFS 적용노드에서의 분산계수 설정

- 동적 확률적 사용자균형(DSUE)

$$f_k^{jD}(t) = T^{jD}(t) \frac{\exp(-\theta c_k^{jD}(t))}{\sum_w \exp(-\theta c_w^{jD}(t))}$$

**[단계 5]** 분석시간의 진행(Rolling Horizon)

Roll Period가 최종 분석시간의 끝에 이르렀다면 분석을 종료하고 그렇지 않다면 [단계 1]로 가서 통행배정을 반복함.

## N. 가상가로망에 대한 적용

### 1. 가로망의 구성

경로 1 : 1-3-5-7 / 경로 2 : 2-4-5-7

경로 3 : 1-3-6-8 / 경로 4 : 2-4-6-8

Time increment : 30초, dispersion parameter

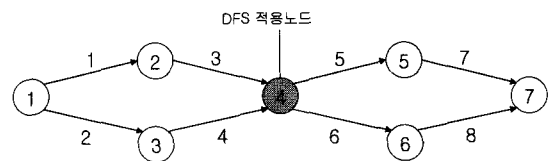
$\theta$  : 0.028, Time interval : 20, Time stage : 10

Roll Period : 5분

그룹1 : 20%, 그룹2 : 30%, 그룹3 : 50%

유입 교통류율은 30대/30초로 일정함

유고는 Time stage 별로 총 시간대 중 1350초~1650초 사이에 5번링크에 발생하여 용량이 50%로 감소함



(그림 5) 예제 가로망

(표 1) 링크별 속성

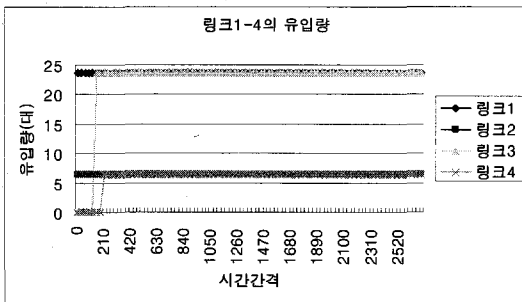
| 링크 번호 | 자유통행시간(분) | 용량 (대/30초) | 링크 번호 | 자유통행시간(분) | 용량 (대/30초) |
|-------|-----------|------------|-------|-----------|------------|
| 1     | 2.1       | 30         | 5     | 2         | 15         |
| 2     | 3.1       | 40         | 6     | 2         | 20         |
| 3     | 3         | 25         | 7     | 4         | 20         |
| 4     | 3         | 25         | 8     | 3         | 10         |

## 2. 동적 통행배정 결과

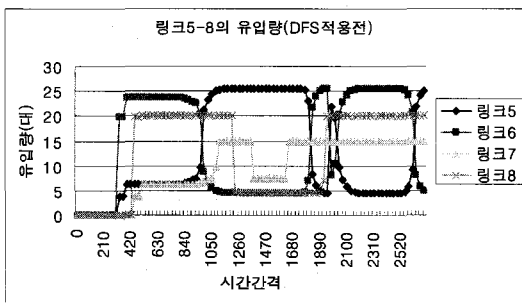
DFS를 적용하기 전후의 링크별 통행량을 살펴보면 다음 <그림 6~8>과 같이 나타남을 알 수 있다. 먼저 링크1~4는 혼잡이 발생하지 않으므로 DFS 적용전이나 후에 동일한 통행량을 보임을 알 수 있다. 반면 링크 5~8은 DFS적용전과 후에 통행량의 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 이는 DFS 적용노드에서 그룹2와 그룹3의 경로재설정이 이루어졌기 때문이다. 예를 들어 DFS적용전에는 6번링크의 유입량 감소가 990초부터 나타나는 반면 DFS적용후에는 690초부터 이루어짐을 알 수 있다.

이에 따라 경로별 유입교통량도 변화하였는데 경로3의 비율이 감소하는 시점이 660초에서 300초로 변화하였다.

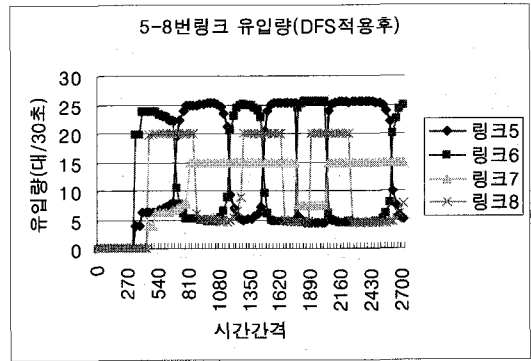
한편 이때 동등경로통행비용(equivalent path cost)은 다음 그림과 같다. <그림 9>는 DFS적용전의 전체 경로 4개에 대한 동등경로통행비용이며 <그림 10>은 DFS 적용노드로부터 목적지까지 2개의 경로에 대한 동등경로통행비용이다. 이때 그룹별 통행량이 고정되어있기 때문에 통행자 그룹3만의 통행량의 조절을 통해 경로별로 동일한 동등경로통행비용을 도출하는데는 한계가 있음을 알 수 있다.



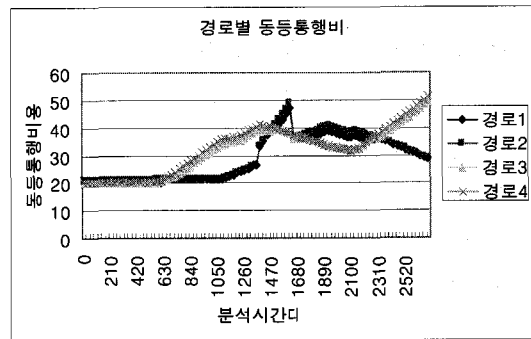
<그림 6> 링크1-4의 통행량



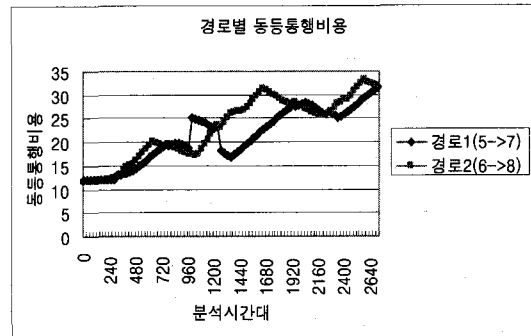
<그림 7> 링크5-8의 통행량(DFS미적용)



<그림 8> 링크5-8의 통행량(DFS적용)



<그림 9> 경로별 동등통행비용(DFS미적용)

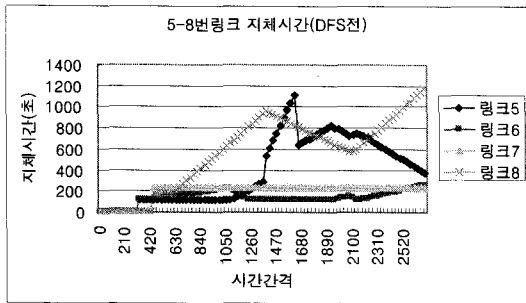


<그림 10> 경로별 동등통행비용(미적용)

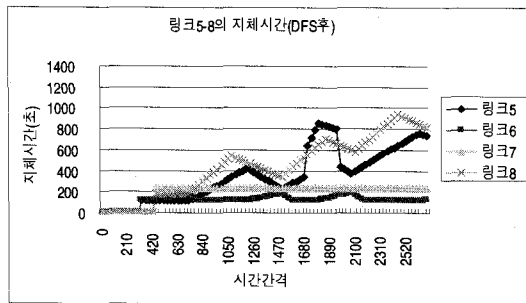
## 4. DFS의 효과평가

DFS의 효과평가를 위해서 다계층동적통행배정후 링크별 지체시간의 변화를 분석하였다.

먼저 <그림 11>은 DFS적용전의 전체 링크별 지체시간을 나타내고 있는데 링크5의 유고로 인하여 지체시간이 1,111초까지 증가함을 알 수 있다. 반면 <그림 12>는 DFS적용후의 전체 링크별 지체시간을 나타내고 있는 <그림 11>에 비하여 전반적으로 낮은 지체시간을



〈그림 11〉 링크별 통행시간(DFS미적용)



〈그림 12〉 링크별 통행시간(DFS적용)

보임을 알 수 있다.

결론적으로 본 연구에서 사용한 예제 네트워크에서의 DFS의 적용을 다계층 동적통행배정모형에 의해 구현한 결과 DFS미적용시 네트워크의 링크별 평균통행시간의 총합이 177,322초 정도로 나타났지만 DFS적용시는 159,359초로 감소하여 약 10%정도의 통행시간 개선효과가 나타남을 알 수 있다. 통행자가 경험하는 총통행시간의 경우는 더욱 효과가 크게 나타나는데 DFS 적용전이 2,510,601초, DFS 적용후가 2,202,583초로 나타나 약 12%의 개선효과를 보이는 것으로 나타났다.

## V. 결론 및 향후 연구과제

### 1. 결론

본 연구는 교통정보제공전략 중 분산환류전략(DFS)의 적용성 평가를 위하여 다계층 동적통행배정모형을 개발하고 예제네트워크에 적용하였다. 실제 교통정보를 이용하는 통행자의 정보이용수단은 차량내 탑재장치(Car Navigation System)외에도 VMS, Internet, ARS, PDA 및 Cellular phone 등으로 다양하게 나타나지만 본 연구에서는 차량내 탑재장치를 중심으로 교

통정보를 제공받는 집단에 대해서 분석을 수행하였다. 이때 정보의 내용에 따라 동적 최단경로안내를 받는 그룹과 DFS에 의한 경로정보를 안내받는 그룹으로 나누어 다계층 동적 통행배정모형을 구성하였다.

DFS의 적용을 위하여 정보대상노드에서 목적지까지 경로를 모두 탐색한 뒤 이들 경로에 대한 통행시간정보를 이용하여 통행자들의 인지통행비용이 같아지도록 교통류 분산계수를 설정하였다. 또한 이러한 분산계수가 적용되는 통행자를 구별하기 위하여 연동적 시간대 분석기법(Rolling Horizon Implementation)을 활용하여 동적통행배정을 수행하였으며 이때 Roll Period를 어떻게 설정하는냐에 따라 정보갱신주기가 결정된다. 분석결과 DFS 적용노드 이후의 경로들은 시간대별 통행량이 변화하였으며, 특히 유고발생시 교통량이 특정 지점에서 분산됨에 따라 네트워크의 총 통행시간 및 평균 통행시간이 개선됨을 알 수 있었다.

### 2. 향후 연구과제

본 연구는 향후 다음과 같은 연구과제의 진행을 수행할 수 있을 것으로 예상된다.

- 네트워크의 확장 및 사례지역 적용
- 다양한 유고상황 및 유고지속시간에 따른 분석 수행
- 기타 ITS 평가지표와 관련된 설계변수의 모형화 및 평가방법론 개발
- 출발시간선택모형과 결합된 가변수요모형의 추가적 분석

### 참고문헌

1. Andre de Palma, Moshe Ben-Akiva(1983), Stochastic Equilibrium Model of Peak Period Traffic Congestion, Transportation Science Vol.17.
2. Markos Papageorgiou and Albert Messmer (1991), Dynamic Network Traffic Assignment and Route Guidance Via Feedback Regulation, Transportation Research Record 1306.
3. Srinivas Peeta and Hani S. Mahmassani (1995), Multiple User Classes Real-time Traffic Assignment for Online Operations : A Rolling Horizon Solution Framework,

- Transportation Research Part B.
4. G.-L. Chang and T. Junchaya(1995), A Dynamic Route Assignment Model for Guided and Unguided Vehicles with a Massively Parallel Computing Architecture, Transportation Research Part B.
  5. Yannis Pavlis and Markos Papageorgiou (1999), Simple Decentralized Feedback Strategies for Route Guidance in Traffic Networks, Transportation Science.
  6. Benjamin Heydecker(1999), Calculation of Dynamic Traffic Equilibrium Assignment, European Transport Conference.
  7. Sang-Jin Han(2000), Dynamic Traffic Assignment Techniques for General Road Networks, University College London.
  8. Francesco paolo Deflorio(2003), Evaluation of a reactive dynamic route guidance strategy Research Part C11(2003).
  9. Parichart Pattanamekar, Dongjoo Park, Laurence R. Rilet(2003), Dynamic and Stochastic shortest path in transportation networks with two components of travel time uncertainty Transportation Research Part C11(2003).
  10. Hong K. Lo, W.Y. Szeto(2003), Modeling advanced traveler informaion services: static versus dynamic paradigms.
  11. Karthik K. Srinivasan, Hani S. Mahmassani (2003), Analyzing heterogeneity and unobserved structural effects in route-switching behavior under ATIS: a dynamic kernel logit formaion Transportation Research Part B37.
  12. 이승재 · 손의영 · 김인경(1999), 다수단 다계층 통행정보제공에 따른 일별동적결합모형 개발 및 평가, 대한교통학회지, 제17권 제4호, 대한교통학회, pp.85~97.
  13. 임용택(2002), 변동부등식을 이용한 가변수요 다 사용자계층 통행배정문제의 해석, 대한교통학회지, 제20권 제5호, 대한교통학회, pp.153~161.
  14. 신성일 · 최기주 · 오영태(2002), 동적통행배정모형의 실시간 교통상황 반영, 대한교통학회지, 제20권 제4호, 대한교통학회, pp.135~150.
  15. 이청원 · 권병철 · 고승영(2002), ATIS 환경하에서 운전자경로선택 분석 시뮬레이터의 개발, 대한교통학회지, 제20권 제5호, pp.183~191.
  16. 임용택(2003), 확률적 로짓 통행배정모형의 해석 알고리즘, 대한교통학회, 제21권 제2호, 대한교통학회, pp.95~105.

♣ 주 작성자 : 이 준

♣ 논문투고일 : 2004. 10. 13

논문심사일 : 2004. 10. 29 (1차)

심사판정일 : 2004. 10. 29

♣ 반론접수기한 : 2005. 4. 30