■ 論 文 ■

경로 교통량 시뮬레이션 기법을 이용한 간선구간 설정 방법론 연구

A Path-Volume Simulation Method to Select Arterial Section of Road Network

황 준 문 (명지대학교 교통공학과 박사과정)
조 중 래 (명지대학교 교통공학과 교수)
손 영 태 (명지대학교 교통공학과 부교수)

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구의 목적
2. 관련연구 및 법제
3. 도로 분류체계의 문제점
Ⅱ. Path-Volume의 유형 및 산정
1. 경로OD교통량
2. 경로교통량
3. 통행거리를 고려한 Path-Volume
Ⅲ. 서울시 가로망의 기능별 분류
1. 차량주행거리를 이용한 분류
2. 통행거리측면의 분류
3. 최종적 간선기능 구간선정
Ⅳ. 간선기능구간의 집중관리구간 선정
1. 집중관리구간의 개념 및 선정 방법론
2. 집중관리구간의 선정
Ⅴ. 결론
참고문헌

Key Words : 경로교통량, 경로OD교통량, 간선기능구간, 집중관리구간, 총차량주행거리, 평균통행거리

요 약

최근 급격히 증가하고 있는 교통수요에 능동적으로 대처해 나가기 위해서는 도시 가로망이 도시교통환경에서 담당하는 교통기능을 체계적으로 분석하여 도로의 기능적 위계를 이루고, 제약된 예산 하에 최대의 효율을 누릴 수 있는 교통관리계획이나 시설계획을 수립해야 할 것이다.

그러나 기능적 위계의 설정 지표 중 중요도가 높은 차량의 운행경로는 조사상 불가능 하거나 큰 어려움을 내포하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 Simulation기법을 이용하여 차량의 운행경로 및 운행거리를 파악하였다.

이에 본 연구는 특정 경로에 유출입하는 교통량을 알 수 있는 경로OD교통량과 특정 경로내의 특정 노드(i, j)사이에 통과하는 경로교통량이라는 개념을 도입하였다. 이러한 통행량들을 분석하여 도시 가로망의 기능적 분류를 가능케 하는 정량적 지표를 정립하였으며, 더 나아가 효율적 투자계획 및 정책결정권자의 계획방향 판단에 일조할 수 있는 '집중관리구간'선정영역을 제시하였다.

Ⅰ. 서론

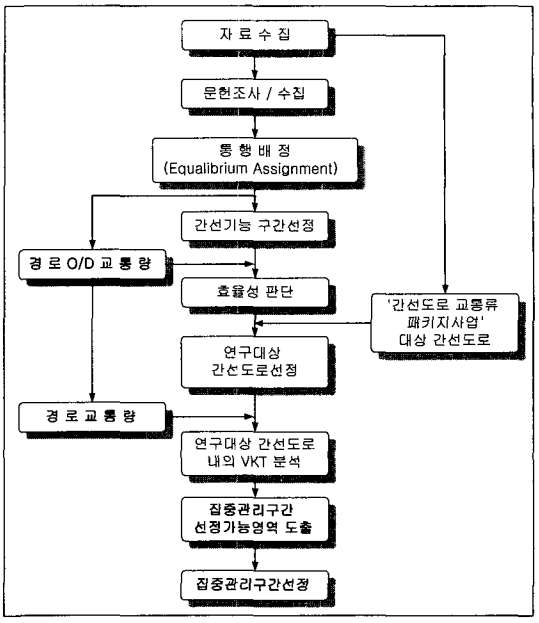
1. 연구의 목적

최근 급격히 증가하고 있는 자동차교통수요에 능동적으로 대처해 나가기 위해서는 도시 가로망이 도시교통에서 담당하는 교통기능을 체계적으로 분석하여 도로의 기능적 분류(Functional Classification)를 제고하고, 이에 따른 도로개발계획과 시설운영계획을 수립하는 것이 바람직하다. 또한 기능 분류된 간선가로망을 정비하는 것 또한 중요한 항목중에 하나일 것이다.

서울시나 기타 도시의 간선도로는 잦은 교통류의 단절과 연속성의 결여로 인한 소통능력의 상실로 교통정체의 주원인이 되고 있는 것이 현실이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 T.S.M사업을 통해 교통소통 및 개선을 추진하여 왔으나 차량 500만대 시대에 접어든 오늘의 시점에서 그 한계에 다달았다. 따라서 교통소통 및 운영관리체계적인 측면에서 효율적인 간선도로 가로망체계를 확립하고 간선도로의 소통능력을 회복시켜줄 수 있도록 정비하는 거시적 측면에서의 교통소통 대책이 그 어느때 보다도 절실하다. 또한 간선도로의 모든 구간에 대해 동시에 예산을 투입하여 교통관리나 개선사업을 한다면 가장 이상적인 결과를 가져 올 수 있겠지만, 간선도로를 관리하기 위한 투입예산은 현실적으로 한정되어져 있으므로 예산의 효율적인 투입은 가장 중요한 요소로 평가받고 있다. 이러한 측면에서 볼 때, 간선도로 전구간을 관리한다는 것은 비효율적인 측면이라 여겨지며, 간선도로의 위계를 정량적으로 분석하여 위계측면의 관리방안을 수립해야 할 것이다.

이에 본 연구는 경로교통량 시뮬레이션 기법을 이용하여 가로망의 분류에 대한 정량적인 지표를 제시하여 위계정립을 시도하였으며, 제약된 예산을 효율적으로 사용하려는 관리방안 수립시 정책결정권자나 도로관리자의 우선투자 대상의 정책적 판단을 정량적인 지표를 고려하여 최종적인 관리방안을 결심하는데 일조할 수 있는 방안을 제시하였다.

이러한 분류체계의 사례로 서울시의 가로망을 기능적으로 분류하고, 이중 간선도로 가로망으로 기능분류된 가로망을 대상으로 간선구간의 효율성 판단과 간선도로의 간선기능에 대한 제고를 수행하고 최종적으로 간선기능을 수행하는 간선도로 구간 내부에 보다 월등한 교통처리 구간이 존재하리라 예상되어 이를 집중관리구간이라 정의하고 집중관리구간을 선정하였다. 전반적인 연구 내용은 아래와 같다.



〈그림 1〉 연구수행과정도

2. 관련연구 및 법제

법제상에서 제시된 기준들은 모호한 감이 없지 않아 도로를 기능적으로 분류하기 위한 연구들이 활발히 이루어지고 있다.

1) 서울시 도로정비 지침 개발을 위한 기본연구(1998년, 서울시정개발연구원)

서울시는 교통정비를 목적으로 도로의 기능을 분류하였는바 분류기준은 위의 〈표 1〉과 같으며, 위의 기준들에 대한 현장조사를 통해 도로의 기능분류를 할 것을 권고하고 있다.

2) 지방부 도로의 기능제고방안(1998년, 경기개발연구원)

경기개발연구원에서는 정체구간에 대한 체계적인 개선계획의 수립과 접근관리를 통한 소통능력을 제고, 도로기능 제고를 위한 제도개선방은을 수립하기 위해 경기도 지역의 도로에 대해 기능을 분류

〈표 1〉 도로기능 분류기준 - 서울시정개발연구원

구분	차량통행측면	보행및가로환경적측면
물리적 요소	차로수, 차로폭,도로폭, 교차방식, 접속, 도로구조물 종류 및 간격, 도로상 설치물의 종류 및 간격	보도폭, 보도상설치구조물, 시설물의 종류 및 간격, 점유율, 가로수 식재방식, 유휴공간
행태적 요소	차량통행량(첨두시간), 차량종류, 차량통행경로	보행량(첨두시간), 가로상활동패턴
운영적 측면	버스전용차로, 주정차허용 여부 및 주정차 차량대수	보도상 주차, 차량 통행제한 시간대, 보호구역의 설치 유무

〈표 2〉 도로기능 분류기준 - 국토연구원

구분	등급분류기준		
	1등급	2등급	3등급
VTLI	상위50%까지	상위70%까지	그외
연계성	계획간선망과 직접연결	간선망으로 접근이 가능	접근이 용이하지 않음
시설 및 연도조건	양호한 시설 및 연도조건	시설및연도조건중 하나만 양호	모두 불량한 도로
도로간격	고속국도의 교통량분산 및 간선도로역할	계획간선망 사이에 있으면서 근접한도로	계획간선망과 상충되며 장래 국도기능 상실도로

하였다.

경기개발연구원은 지방부 도로의 기능별 분류방안으로 차로수, 도로구간의 평균간격, 지역간 연결도, 교통량, 총 차량 주행거리(VKT)를 이용하였다. 이에 최종적인 기능분류 기준으로 총차량주행거리를 사용하여, 누적 총차량주행거리 60%담당 구간을 간선기능으로 최종분류하여 순환축과 방사축으로 연결하여 분류하였다.

이에 경기개발연구원은 약 1,065㎞의 연장을 가진 순환형 9개축, 방사형 17개 축을 간선기능도로로 분류하였다.

3) 지방부도로의 간선기능 확보방안 연구(1996년, 국토개발연구원)

국토개발연구원은 상기 연구보고서 내용에 간선기능구간을 설정하기 위해 전국 국도의 중요도를 3개 등급으로 나누어 1,2등급을 간선기능 구간이라 정의했다.

이러한 등급을 나누는 기준으로는 구간별 차량통행거리지수(VTLI), 계획간선망과의 연계성기준, 도로의 시설수준 및 연도조건, 도로간격기준을 종합적으로 판단하여 등급을 매겼다.

4) 법제상의 분류

현행 도로법상의 분류는 관리주체에 따라 고속국도, 일반국도, 특별시도·직할시도, 지방도, 시도, 군도 등 6등급으로 구분되어 있으며, 도로의 기능별 분류를 명확히 명문화하지 않았다.

(1) 『도로의 구조·시설기준에 관한 규정 해설 및 지침서』상의 분류

『도로의 구조·시설기준에 관한 규정 해설 및 지침서』상에 제시되어 있는 기능별 도로의 분류는 아래와 같이 5개의 기능을 구분하고 있다.

- 고속도로 - 4차선 이상, 대량의 교통을 빠르고 안전하게 이동
- 주간선도로 - 지역간의 통과 교통을 위주로 한다. 일반국도가 대부분 주간선도로에 해당
- 보조간선도로 - 평균주행속도 50Km/h 미만의 일반국도 일부분과 지방도가 해당.
- 집산도로 - 평균통행거리 3Km미만의 도로로, 간선도로에 연계시키거나 간선도로의 교통을 주거단위로 배분하는 기능.
- 국지도로 - 평균 통행거리가 1Km 미만, 평균주행속도 30Km/h인 기능상 최하위 도로이다.

(2) 『도시계획시설 기준에 관한 규칙』에 의한 분류

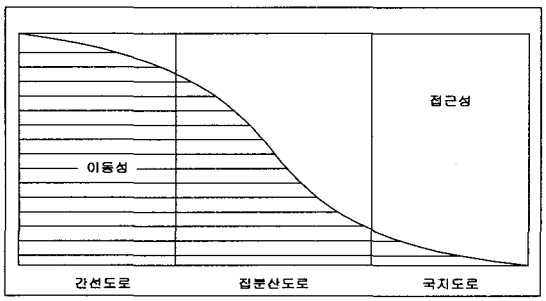
『도시계획시설 기준에 관한 규칙』에서는 도로를 사용 및 형태별, 규모별, 기능별로 구분하고 있으며, 도로의 기능에 따라서는 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로, 국지도로, 도시고속도로, 특수도로로 분류하고 있다.

- 주간선도로 - 대량통과교통의 처리를 목적으로 하는 도시내의 골격을 형성하는 도로
- 보조간선도로 - 근린주거 생활권의 외곽을 형성하고, 도시교통의 집산기능을 하는 도로
- 집산도로 - 근린주거 생활권의 골격을 형성하고, 근린주거 생활권내 교통의 집산기능을 하는 도로
- 도시고속도로 - 도시내 주요지역 또는 도시간을 연결하는 도로로서 대량 교통의 처리를 목적으로 하는 도로
- 특수도로 - 보행자전용도로 · 자전거전용도로 등 자동차이외의 교통에 전용되는 도로

3. 도로분류체계의 문제점

우리나라의 도로분류 체계는 관리주체의 소재에 따른 분류, 도로의 소재지역 및 기능에 따른 분류, 도로폭원에 따른 분류로 크게 구분되어 질 수 있다. 그러나 도로의 계획상 또는 도로의 이용자 측면에서는 관리주체의 소재에 따른 분류 및 도로 폭원에 따른 분류 방식은 큰 의미가 없으며, 도로의 2대 기능인 이동성과 접근성이 충분히 고려된 도로의 분류체계가 요구되고 있다. 즉, 아래의 그림과 같이 간선도로는 이동성이 높은 도로로, 집분산 도로는 접근성과 이동성을 중간정도 가지고 있는 도로로, 국지도로는 접근성이 높은 도로로 관리 및 계획되어져야 한다.

그러나 앞에서 설명한 기존 연구와 현행 법제체계는 이러한 이동성과 접근성을 기준으로 도로를 분류하려고 하지만 결론적으로 연구자의 개인적 관점이 많이 고려되고 있는 것이 현실이다. 이러한 단점을 보완하기 위해서는 가로망에 대한 정량적인 지표 · 지수들을 산출해 내어, 이것을 기초로 연구자의 판단(도로의 기능분류)를 뒷받침 해야할 것이다.



〈그림 2〉 기능별 도로의 담당기능

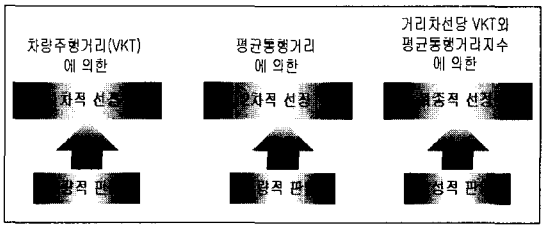
도로의 기능을 분류하기 위해서는 이동특성과 접근특성이 고려되는 교통특성을 반영하는 것이 바람직하다 판단며, 이러한 이동특성과 접근특성을 판단할 수 있는 도로교통 특성으로는 교통량, 통행길이, 통행속도 등을 들 수 있다. 이러한 특성들이 높으면 높을수록 높은 위계를 가지게 된다.

본 연구에서는 도로의 기능을 분류해 내기 위해, 위의 특성들을 대표할 수 있는 차량주행거리(VKT)와 평균통행거리를 사용하였으며, 차선수와 구간연장을 고려하기 위해 거리차선당 VKT와 평균통행거리지수를 사용하였다. 1차적으로 차량주행거리 측면에서 도로의 기능을 분류해내고 2차적으로 평균통행거리 측면을 분석한다. 차선수와 구간연장을 고려하지 않은 위의 두 지표들을 보완하기 위해 차선수와 구간연장을 고려한 거리차선당 VKT와 평균통행거리지수를 사용하여 최종적인 동일 기능구간을 선정하였다.

모든 지표들은 정량적인 값을 가지지만 이 지표들의 선정기준이 일부 정의된 바가 없으므로 최종적인 선정에서는 연구자의 정성적 판단에 의하기로 하였다.

아래의 개념에 의해 기능분류된 간선도로에 대한 관리방안 또한 간과 할 수 없는 문제점으로 제시되고 있다. 간선도로의 모든 구간에 대해 동시에 자본을 투입하여 교통관리나 개선사업을 한다면 가장 이상적인 결과를 가져 올 수 있겠지만, 간선도로를 관리하기 위한 투입예산은 현실적으로 한정되어 예산에 대한 효율적인 투입은 가장 중요한 요소로 평가받고 있다.

이러한 측면에서 볼 때, 간선도로 전구간을 관리한다는 것은 비효율적인 측면이라 여겨지며, 간선도로의 위계를 정량적으로 분석하여 위계측면의 관리방안을 수립해야 할 것이다. 이에 본 연구는 효율적인 관리방안 수립을 위해 정책결정권자나 도로관리자의 우선투자 대상에 대한 정책적 판단을 결정할 경우 정량적인 지표를 고려할 수 있도록 지표정립을 수행하였다.



〈그림 3〉 도로의 기능분류 개념

II. Path-Volume의 유형 및 산정

본 연구에서 도로의 기능을 선별하기 위해 사용된 Path-Volume은 경로교통량과 경로OD교통량을 들 수 있는데, 이러한 수치들은 종합교통계획 모형인 「AllWayS」에서 경로분석 시뮬레이션 기법을 이용하여 얻어진 결과들이며 이에 대한 설명과 산정방법은 다음과 같다.

1. 경로OD교통량 - O_{IJ}

경로분석이 이루어진 교통량은 경로교통량과 경로OD교통량으로 나누어 질 수 있으며, 여기서 경로교통량은 경로OD교통량으로 계산되어 지는 것이며, 경로OD교통량은 User Equilibrium Assignment를 수행한 결과로써 도출된다.

$$\min \sum_a \int_0^{x_a} t_a(w)\,dw$$

$$s.t \quad \sum_K f_K^{RS} = D_R^S \qquad \forall (R,S)$$

$$x_a = \sum_R \sum_S \sum_K \delta_{aK}^{RS} f_K^{RS} \quad \forall a$$

$$f_K^{RS} \geq 0$$

여기서,

x_a : 링크 a의 교통량

f_K^{RS} : Origin R에서 Destination S까지의 Path K의 교통량

D_R^S : R에서 S까지의 수요(Fixed Demand)

위의 식은 User Equilibrium의 Solution을 구하기 위한 비선형 계획법으로, 최적해 상태에서의 경로(Path K)와 해당 flow를 이용하여 경로OD교통량을 산출하게 된다. 이는 다음과 같은 수식으로 이루어진다.

$$O_{IJ} = \sum_R \sum_S \sum_K \delta_{kK}^{RS} \cdot f_K^{RS}, \forall k$$

여기서,

O_{IJ} : 경로OD교통량

I, J : 경로OD교통량의 노드 Index

R : Origin node

S : Destination Node

K : O-D Minimum Path #

k : Selected Path

K_{node} : K번째 경로의 연속된 노드리스트

k_{node} : 선택된 경로의 연속된 노드리스트

δ_{kK}^{RS} : Binary Value

- 1, If K_{node}가 k_{node}에 동일한 순서로 일치하는 노드리스트부분이 존재
  일치하는 노드리스트의 양끝단을 I, J로 저장
- 0, If not

즉, 결정된 최적경로(K)와 선택된 경로(k)가 일치하는 node들이 있을 때(2개 이상), 해당하는 f_K^{RS}를 모두 누적하여 경로OD교통량을 생성하는 것이다.

이것의 결과로 Path k에서 유입·유출되는 교통량을 알 수 있으며, 유·출입 노드(I,J)를 알 수 있으므로 Path k에서의 평균통행거리 산출이 가능한 것이다.

경로OD교통량은 flow가 더 이상 Path k내의 존재하지 않을 경우를 말하는데, 이에 더 발전하여 특정 노드(i,j)간 통과교통량(j노드 이후에 Path k내에 계속 존재하거나 Path k에서 유출되는 모든 교통량)도 경로OD교통량의 누적으로 산출할 수 있다.

2. 경로교통량 - P_{ij}

경로 k상에의 노드 i와 노드 j를 통과하는 교통량 의미하며,

$$P_{ij} = \sum_{J=j}^{s} \sum_{I=r}^{i} O_{IJ}$$

여기서,

P_{ij} : 경로교통량

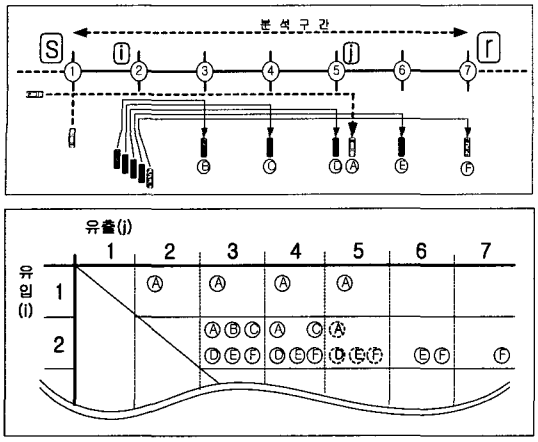
단, $i, I \in N_{sr}^k \quad j, J \in N_{sr}^k$

if $(i=s,\ j=r)$, $O_{IJ} = P_{ij}$

if $(i \neq s,\ j \neq r)$, $O_{IJ} < P_{ij}$

경로교통량은 Path k내에 있는 모든 Node의 조합으로 이루어 지는데, 예로 1, 2, 3번 노드로 이루어진 Path의 경로교통량은 $P_{1,2}$ $P_{1,3}$ $P_{2,3}$으로 도출된다.

경로교통량 또한 경로OD교통량과 마찬가지로 통과



〈그림 4〉 경로교통량의 예

지점(i,j)을 알 수 있으므로 통과교통량의 통행거리 산출이 가능하여 i와 j지점 사이의 처리교통량(VKT) 수준을 계산할 수 있는 것이다.

경로교통량은 경로OD교통량과는 달리 i와 j지점을 통과한 모든 차량을 Count하므로 모든 경로교통량을 내림차순으로 정리를 하면 최대의 교통량을 가진 경로를 알 수 있다. 경로에 대한 교통량 처리능력을 계산하기 위해서는 교통량과 해당되는 통행거리를 감안해야 하는 것이므로 경로교통량에 통행거리를 곱하게 되면 해당 구간 i, j의 처리교통량(VKT)을 계산할 수 있습니다. 이것을 높은 순서대로 정리하게되면 처리교통량을 최대로 하는 구간을 추출할 수 있으므로 이 구간이 바로 '집중관리구간'으로 설정될 수 있는 범위가 될 것이다.

예로, 노드 ②-⑤의 경우를 들어보면 경로OD교통량 ②-⑤는 Ⓓ교통량을 의미한다. 그러나, 경로교통량의 경우 ②-⑤는 노드 ②,③,④,⑤를 경유하는 모든 교통량이므로 Ⓐ+Ⓓ+Ⓔ+Ⓕ를 모두 합하면 경로교통량 ②-⑤를 얻게 되는 것이다. j=i+1이면 링크교통량을 의미한다.

3. 통행거리를 고려한 Path-Volume

1) 경로OD VKT

경로OD교통량에 해당 노드 사이의 거리를 곱한 것이며,

$$\text{경로OD VKT} = O_{ij}^{k} \times D_{ij}^{k}$$

여기서,

D_{ij}^{k} : 경로 k상의 노드 i로부터 노드 j까지의 거리

경로 k를 이용한 모든 차량의 총차량주행거리를 의미한다. 이것을 경로 k로 유입된 차량으로 나누게 되면, 경로 k를 이용한 차량들의 평균 주행거리가 된다.

2) 경로 VKT

경로교통량에 해당 노드 사이의 거리를 곱한 것이며,

$$\text{경로VKT} = P_{ij}^{k} \times D_{ij}^{k}$$

여기서,

D_{ij}^{k} : 경로 k상의 노드 i로부터 노드 j까지의 거리

이것을 총 경로ODVKT로 나누게 되면 경로 k상에 있는 i와 j노드간의 구간이 처리하는 통행량의 비율을 구할 수 있다.

3) 링크 VKT

링크교통량에 해당 거리를 곱한 것을 모두 합산한 것이며,

$$\text{링크 VKT} = \sum_{(m,n)=(i,i+1)}^{(j-1,j)} (L_{mn} \times D_{mn}^{k})$$

여기서,

L_{mn} : 링크교통량

D_{mn}^{k} : 경로 k상의 노드 m(i)으로 부터 노드 n(i+1)까지의 거리

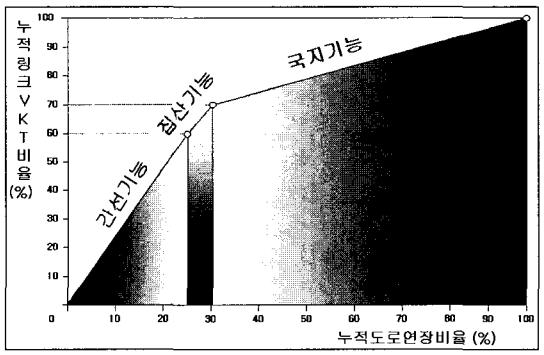
Ⅲ. 서울시 가로망의 기능별 분류

지금까지 설명해온 기능분류의 필요성과 개념을 배경으로 하여 서울시를 대상으로 간선기능을 분류해 보았다. 이전에 설명하였듯이 VKT분석을 통해 간선기능 구간을 선정하고 선정된 구간에 대해 평균통행거리 분석을 재차 시도하여 2차적인 선정을 하려고 한다.

1. 차량주행거리(VKT)[1]를 이용한 분류

1996년 「서울시 교통센서스」조사 사업으로 나온 가로망과 기종점 자료(OD)를 이용하여 차량주행거리를 분석하였다.

분석된 자료를 이용하여 간선기능 구간을 판단하는 데는 누적 VKT가 60%미만인 구간[2]을 선정하였다. 선정결과 누적 VKT 60%미만인 구간이 처리하는 통행량은 24,136천대·㎞이며, 서울시 가로망에서 차지하는 비율은 25.25%로 분석되었다. 즉, 본 연구에서 1차적으로 선정한 간선도로는 서울시 전체 도로연장의 25.25%를 차지하고 있다는 의미이다. 여기서 간선기능 구간이 상대적으로 높은 도로연장 비율을 나타내고 있음을 보이는데, 이는 서울시 간선기능 구간이 교통량 처리 측면에서는 제 기능을 발휘하지 못하는 것으로 해석할 수 있다.



〈그림 5〉 서울시 가로망의 기능별 분포

〈그림 6〉 누적 차량주행거리 60%미만인 구간 - 간선기능구간

〈표 3〉 서울시의 차량주행거리 및 연장비율

차량주행거리(대·Km)		도로연장(Km)	
누적VKT (단위:천)	누적 VKT비율	누적도로 연장	누적도로 연장비율
1,999	5%	49.15	1.49%
3,984	10%	103.49	3.13%
6,0145	15%	170.37	5.15%
8,014	20%	226.70	6.85%
:	:	:	:
16,090	40%	497.86	15.05%
18,088	45%	570.35	17.24%
20,102	50%	650.08	19.65%
22,122	55%	739.90	22.36%
24,136	60%	835.33	25.25%
26,144	65%	933.17	28.21%
:	:	:	:

〈표 4〉 연구대상 구간의 1차적 선정

구분	Path	구 간 명	연장 (Km)
간선 도로 189.4 Km	1	헌릉로-강남대로-한남로	20.2
	3	천호대로-청계천로	16.6
	5	대학교-동소문로-미아로-월계로	8.2
	6	도봉로-종암로-고산자로-응봉로-언주로	22.4
	8	경인로-마포로-충정로	16.5
	9	왕산로-망우로	8.8
	10	시흥대로-대방로-원효로-청파로	15.5
	13	남부순환로-양재대로-개화동길-둔촌로	26.8
	17	퇴계로-왕십리길-올림픽대교-강동대로	15.1
	18	자양로-송파대로	11.3
	21	반포로-소공로	8.1
	22	한천로	11.5
	23	강서로	8.4
고속 국도	70	강변북로	33.1
	80	올림픽대로	40.3
집산 도로	100	도곡동길-벽제고분로	10.6
	110	서강로	7.09
합계	17개 구간/406Km		

주) 고속국도, 집산로는 비교를 위한 부수적 구간임.
Path 1~23은 「간선도로 교통류 패키지 개선사업」 구간번호

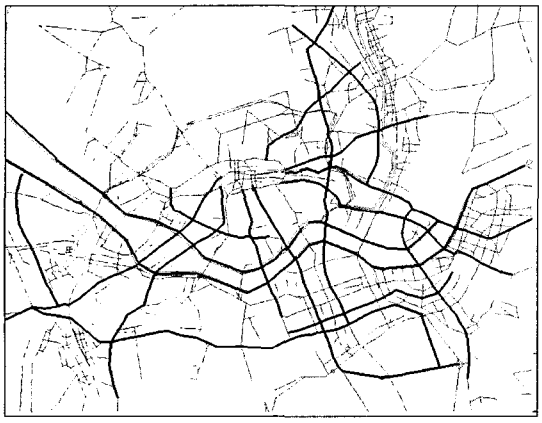
1) AASHTO상에 연장의 5~10%를 차지하는 간선도로가 65~80%의 통행량을 담당할 것을 권고.
2) 서울시 도로정비 방향에 관한 정책토론회 - 1997년, 서울시정개발연구원, p.28.

〈표 5〉 연구대상구간의 통행지수

구분	Path	연장(Km) ①	평균차선수 (양방향) ②	구간내 유입교통량(대) ③	경로OD VKT	평균통행거리 (Km)	평균통행거리 지수 (%)	거리차선당 VKT
간선도로 189.4Km	1	20.2	6.6	314,083	671,448	2.14	10.6	5,036
	3	16.6	8.6	465,330	835,359	1.80	10.9	5,851
	5	8.2	6.8	226,999	498,219	2.21	26.9	8,935
	6	22.4	7.0	467,391	1,199,349	2.57	11.5	7,649
	8	16.5	7.2	449,732	1,153,474	2.56	15.6	9,709
	9	8.8	6.0	219,967	504,150	2.30	26.1	9,548
	10	15.5	7.0	312,287	831,812	2.67	17.2	7,666
	13	26.8	7.4	503,967	1,437,397	2.85	10.7	7,248
	17	15.1	6.2	287,162	547,946	1.91	12.7	5,853
	18	11.3	7.2	311,607	686,959	2.21	19.6	8,443
	21	8.1	6.0	225,709	335,349	1.49	18.4	6,900
	22	11.5	6.0	134,384	260,488	1.94	16.9	3,775
	23	8.4	5.6	181,929	154,300	0.85	10.1	3,280
고속 국도	70	33.1	4.0	73,223	495,952	6.77	20.5	3,746
	80	40.3	4.0	207,016	1,568,168	7.58	18.8	9,728
집산 도로	100	10.6	6.0	175,296	80,263	0.53	5.0	1,262
	110	7.09	4.8	74,807	105,566	1.41	19.9	3,102

주) 양방향 고려
평균통행거리지수=평균통행거리÷연장×100
거리차선당VKT=총경로ODVKT÷(연장×평균차선수)

차량주행거리로 분류된 구간은 연속성이 결여되어 있어 분석의 어려움을 내포하고 있다. 이러한 점을 해결하기 위해 서울시에서 계획중인 「간선도로 교통류 개선 패키지 개선사업」과 공통되는 구간을 향후 연구대상구간으로 선정하였다. 또한 경로분석 시뮬레이션 기법은 장시간의 러닝타임을 요하는 제약이 있어 이러한 점들을 고려하여 연구대상구간을 선정하였다.



〈그림 7〉 연구대상 구간의 선정

2. 통행거리 측면의 기능분류

차량주행거리를 이용하여 간선기능 도로로 분류된 구간은 교통량 처리 특성 측면에서 분류된 것으로, 차량의 이동특성을 반영할 수는 없다. 이를 반영하기 위해 1차 선정된 각 구간의 이동특성 정도를 평균통행거리로 보완하였다. 또한 평균통행거리는 구간의 연장정도에 따라 의미가 달라지므로 이를 고려한 평균통행거리지수를 사용하였고, 한 차선 및 1Km당 차량주행거리(VKT)의 산정을 위해 거리차선당VKT를 이용하여 그 정도를 가늠하였다.

1) 평균통행거리

경로 k에서 차량들이 주행한 평균주행거리로서 경로 O/D교통량에 구간연장을 곱하여 얻은 총합을 모두 합산하여(총차량주행거리) 구간내로 유입된 교통량으로 나눈 것을 의미한다.

평균통행거리는 경로교통량 시뮬레이션 기법으로 출력된 경로OD교통량 자료를 이용하여 아래와 같은

수식을 이용하여 구하였다.

$$\text{평균통행거리} = \frac{\sum_{I=s}^{r-1} \sum_{J=s+1}^{r} O_{IJ}^{k} D_{IJ}^{k}}{\sum_{I=s}^{r-1} O_{IJ}^{k}}$$

여기서,

O_{IJ}^{k} : 노드 i로 유입되어 노드 j로 유출된 경로O/D 교통량(단, $i,j \in N_{s\,r}^{k}$, i→j)

D_{ij}^{k} : i 에서 j까지 구간연장

I_{i}^{k} : 노드 i 에서의 유입교통량(단, $i \in N_{s\,r}^{k}$)

2) 평균통행거리지수

평균통행거리를 해당구간의 연장으로 나눈 값을 나타내며, 이 값에 따라 연장에서 차지하는 차량들의 평균통행거리가 어느 정도인지 그 수준을 알 수 있다.

3) 거리차선당 VKT

처리통행량 중심으로 분류된 1차적 간선기능 구간은 총량적인 통행량으로만을 고려하였으나, 이는 통행이 이루어진 도로의 속성을 고려하지 않았다. 도로의 속성에 따라 통행량은 많은 변화를 보이게된다.

거리차선당VKT는 Path k를 이용한 차량에 이동거리를 곱하고 이를 Path k의 연장과 평균차선수로 나눈 것이다. 즉, 다른 Path와 상대적인 비교분석을 하기 위해 원단위 적인 통행량 수치를 산출하는 것이다.

거리차선당VKT는 차선수와 구간연장을 고려한 지수로써 교통량 중심으로 이루어진 1차적 간선기능 분류를 보완하게 될 것이다.

3. 최종적 간선기능 구간선정

본 절은 앞의 통행거리 측면에서의 보정을 통하여 얻어진 정량적 지수들을 이용하여 최종적으로 간선기능구간을 선정하게 된다. 모든 지수들은 정량적으로 계산될 수 있지만 이에 대한 명확한 기준(차량주행거리 제외 : AASHTO) 제시가 전무한 상태이므로 모든 지수들을 고려하여 정성적인 판단을 수행해야만 한다.

〈표 5〉를 살펴보면 차량주행거리로 1차적인 간선기능 구간들은 평균적으로 약 2.12Km 정도를 주행하고 있는 것으로 파악되었다. 그러나 21번 구간과 23번 구간은 평균에 훨씬 못미치는 1.49Km와 0.89Km의 평균주행거리가 계산되어, 오히려 집산도로 수준에 가까운 통행거리를 보이고 있다. 고속국도 70과 80번은 이동성 측면에서 충분한 기능을 발휘 하는 것으로 확인되었으며, 집산로 또한 평균통행거리가 간선도로에 못미치는 수준에 있어 집산기능의 양상을 보이고 있다.

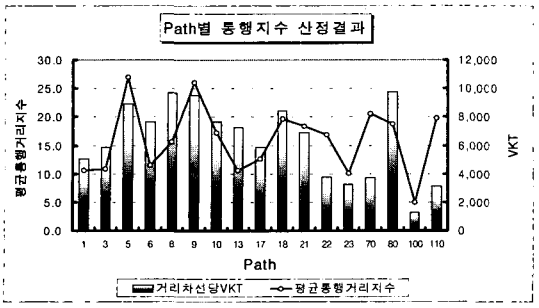
평균통행거리지수를 살펴보건데, 경로 1번과 3번, 13번, 17번, 23번이 전체 연장에서 차지하는 평균통행거리가 약 10% 수준에 있어 전체 연장에서 차지하는 장거리 교통량의 비가 낮음을 짐작할 수 있다.

도로의 효율적인 사용측면에서 볼때 집산기능의 경로들은 단거리 교통을 주로 처리하는 면을 보이고 있으며, 반면에 고속국도는 평균통행거리지수가 높은 수치를 보이고 있어 이동기능을 충실히 수행하는 것으로 파악되었다. 구간 110번의 경우 평균주행거리는 작지만은 연장에 비려한 평균주행거리지수는 높게나와 이동성 측면에서는 간선기능을 발휘하는 것으로 나타났다.

거리차선당VKT 지수는 통행량 중심으로 분류된 간선기능 구간을 도로속성(차선수, 연장)을 반영하여 좀더 설득력이 있는 도로분류 체계가 되도록 하였다. 〈표 5〉에 거리차선당VKT지수를 살펴보면 간선구간은 대부분이 높은 수치를 나타내고 있고, 이중에 22번과 23번은 3,775/Km/차선과, 3,280/Km/차선으로 나타나고 있으며 다른 간선구간들 보다는 낮게 산출되어졌다. 집산로 110번 구간(3,102/Km/차선)은 집산로 100번 구간보다는 월등하게 나오고 있다.

이러한 통행특성 지수들을 종합적으로 살펴보기위해 〈그림 8〉을 보게되면, 간선구간중에 도시고속도로만큼이나 기능적으로 활발한 구간이 존재하며 또한 간선구간중에 집산로처럼 이동기능을 전혀 수행하지 않는 구간도 존재 하는 것으로 나타났다. 이전에 설명했던 것들 중 공통점을 자세히 살펴보면 23번 구간이 전체적으로 낮은 수치의 지수를 가지고 있음을 알 수 있고, 110번의 경우 이동기능을 갖는 것이 더 적합할 것으로 판단된다.

본 연구는 최종적인 간선기능 도로를 차량주행거리에 의한 분류에서 각종 지수들을 고려하여 최종적으로 선정하겠다. 자세한 내용은 지수들이 낮게 나온 23번



〈그림 8〉 통행지수 산정결과

구간이 빠지고 집산로 수준의 지수보다는 높게 나온 110번을 추가하였다. 이로써 본 연구서 최종적으로 나온 간선기능 구간은 구간의 수는 13개 구간으로 동일하지만 구간연장으로는 189.4 Km에서 1.31Km가 줄어든 188.09Km로 도출되었다.

이 후 본 연구는 최종적으로 분류된 간선기능 구간에 대해 교통관리방식 및 투자우선순위에 대한 정량적 지표를 마련하고자 한다.

Ⅳ. 간선기능구간의 집중관리구간 선정

1. 집중관리구간의 개념 및 선정 방법론

본 논문이 최종적으로 이끌어내려고 하는 '집중관리구간'은 장거리 통행량을 많이 처리하는 간선도로내의 중요구간을 의미한다.

간선도로는 도시내의 교통량을 상당부분 처리하여 기타 다른 등급의 도로에도 영향을 미치게 되므로 우선 투자대상이라는 것은 당연한 정책이며 가장 최우선의 정책이 될 수밖에 없다. 그러나 모든 간선도로 전 구간을 관리한다는 것은 투자비 대 효과 측면에서 볼 때 비효율적인 정책이라 생각되며 간선도로 구간 중 장거리 통행이 많은 구간을 분석해 낸다면 좀더 효율적인 투자방법을 끌어 낼 수 있으리라 본다. 관리대상의 도로연장 측면에서도 보다 짧은 거리를 관리하는 것이 투입액의 최소화를 이룰 수 있다고 본다.

이에 본 논문은 투자 우선대상 구간을 선정하는데, 경로VKT와 링크VKT를 이용해 통행량 및 장거리 통행이 많은 구간을 선정하여 중요구간의 인식과 투자 우선순위에 대한 기초적 자료를 제공 하고자 한다. 집중관리구간을 선정하는 방법을 설명하자면, 아래의 순서와 같다.

[Step 1] 경로 k에서 나올 수 있는 모든 P_{ij}^{k}를 가지고 경로 VKT를 산정한 후, 이를 내림차순으로 정리한 다음, 총 경로 VKT로 나누어 그에 따른 비율(경로 VKT%)을 구한다.

[Step 2] 경로VKT%를 누적하여 10%, 20%, 30% 등으로 10%단위로 구분을 짓는다.

[Step 3] 이렇게 구분된 경로 k의 P_{ij}^{k}에 해당하는 즉, i,j 구간이 처리하는 링크VKT를 산출한다.

[Step 4] 이러한 일련의 과정을 거친 후에 경로 VKT %의 10%단위 구간마다 최대의 링크VKT를 처리하는 구간을 집중관리구간으로 선정한다.

[Step 5] 이런 과정을 거치게 되면 경로VKT%의 10% 단위마다 집중관리구간이 나오게 되며, 집중관리구간에서 처리되는 링크VKT를 알 수 있게 된다.

2. 집중관리구간의 선정

본 연구에서 설정하는 경로VKT 10%, 20%, 30%는 절대적인 수치가 아님을 밝혀두고, 이는 결정권자가 제한적인 계획사항들을 고려하여 임의로 설정할 수 있다. 본 연구에서는 10~30% 까지를 집중관리구간으로 선정할 수 있는 영역으로 범위를 제한하였다.

집중관리구간이 차지하는 연장비율과 처리하는 통행량과의 관계를 상식적으로 따져보면, 만약 연장의 50%가 처리하는 통행량은 구간전체 통행량의 50%를 처리해야 마땅할 것이다. 그러나 〈표 6〉과 〈표 7〉에서 보이듯이 연장비율에 비해 처리되는 통행량이 좀더 높음을 알 수 있어 집중적으로 관리해야만 하는 타당함을 보이고 있다. 또한 통행량도 높을 뿐만아니라 집중관리구간에 해당하는 구간은 장거리 통행량도 상당부분을 차지하고 있음을 의미하므로 중요구간으로 인식됨이 마땅하다.

여기서는 집중관리구간을 경로VKT 10%로 설정하여 각 구간에 대해 도식적으로 표현하면 아래의 그림과 같으며, 집중관리구간의 공간적인 위치에 대한 표현은 지면상 생략하기로 한다.

본 절에서는 연구목표인 간선도로내의 간선기능을 판단하여 집중관리구간을 선정하는 과정을 수행하였다. 그러나 집중관리구간은 선정하는데 경로VKT 10% 구간이 절대적인 집중관리구간이 아님을 인식해야한다.

〈표 6〉 집중관리구간 선정가능 구간길이

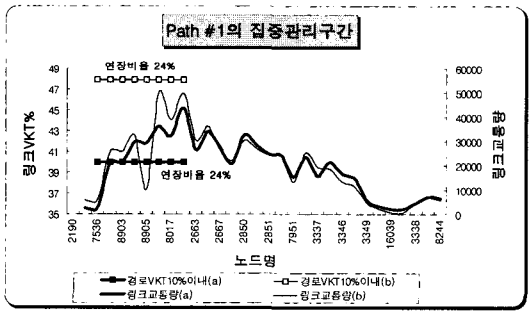
# of Path	구간길이(단위:Km)		
	경로VKT 10%내	경로VKT 20%내	경로VKT 30%내
1	9.6(23.8)	12.2(30.2)	14.3(35.4)
3	12.3(37.0)	12.3(37.0)	13.7(41.3)
5	7.4(45.1)	7.5(45.7)	8.6(52.4)
6	13.0(29.0)	17.2(38.4)	17.2(38.4)
8	17.6(53.3)	17.6(53.3)	17.8(53.9)
9	9.2(52.3)	9.2(52.3)	10.4(59.1)
10	9.8(31.6)	13.8(44.5)	16.4(52.9)
13	12.6(23.5)	29.7(55.4)	32.2(60.1)
17	16.0(53.0)	16.0(53.0)	16.3(54.0)
18	7.8(34.5)	7.8(34.5)	8.1(35.8)
21	9.0(55.6)	9.0(55.6)	9.0(55.6)
22	7.7(33.5)	11.6(50.4)	16.2(70.4)
110	4.8(38.7)	5.5(38.7)	8.3(58.5)

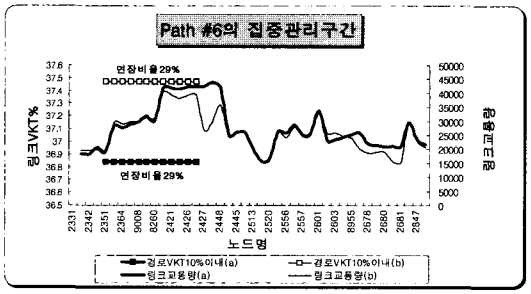
( ) : 구간연장에 대한 비율

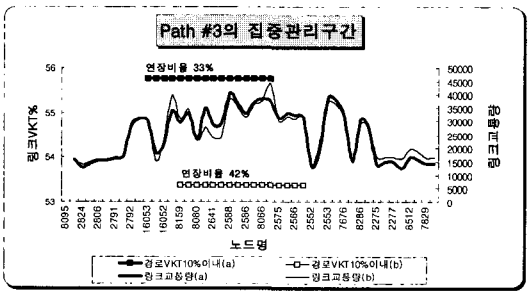
〈표 7〉 집중관리구간 처리통행량

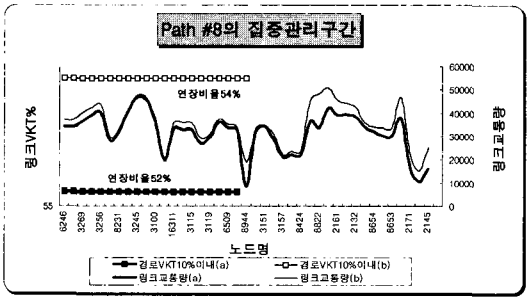
# of Path	처리되는 링크VKT(10^3km · 대)		
	경로VKT 10%내	경로VKT 20%내	경로VKT 30%내
1	283.9(44.0)	357.6(55.4)	417.2(64.6)
3	452.2(54.1)	452.2(54.1)	485.1(58.1)
5	259.0(52.0)	262.2(52.7)	290.1(58.3)
6	445.7(37.1)	533.5(44.5)	533.5(44.5)
8	639.2(55.7)	639.2(55.7)	643.0(56.0)
9	287.2(57.0)	287.2(57.0)	314.2(62.3)
10	344.4(41.8)	503.6(61.2)	513.4(62.3)
13	456.6(31.8)	538.7(37.5)	612.3(42.6)
17	299.9(54.8)	299.9(54.8)	302.8(55.3)
18	318.1(46.3)	356.3(51.9)	356.3(51.9)
21	159.9(47.7)	159.9(47.7)	159.9(47.7)
22	115.6(44.4)	145.2(55.7)	184.2(70.7)
110	47.9(45.6)	50.2(47.8)	65.9(62.6)

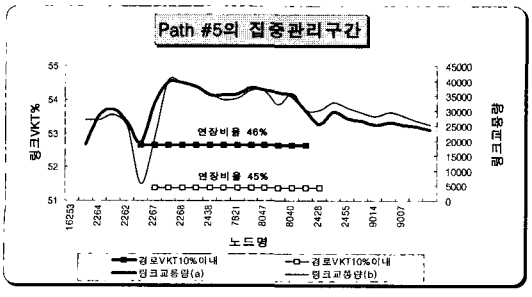
( ) : 총 경로ODVKT에 대한 비율

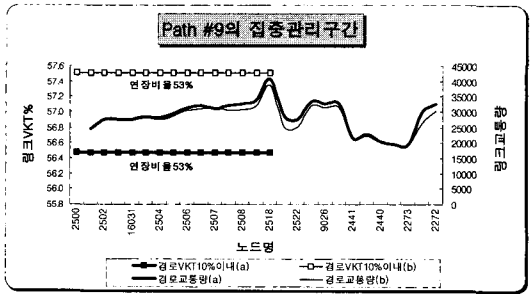


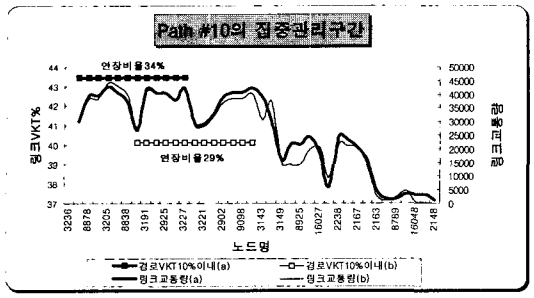


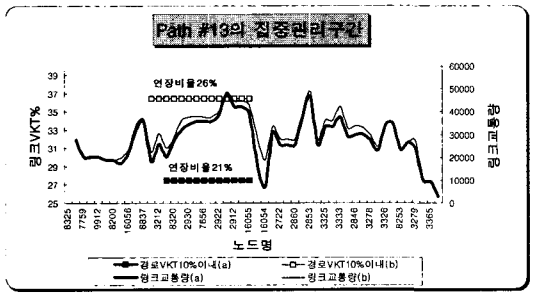


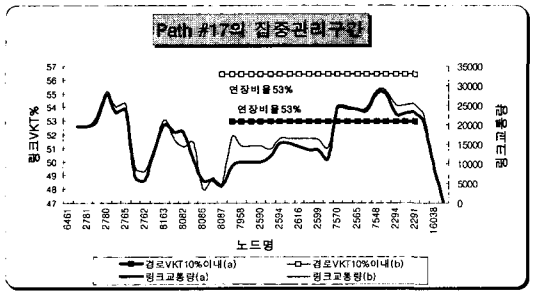


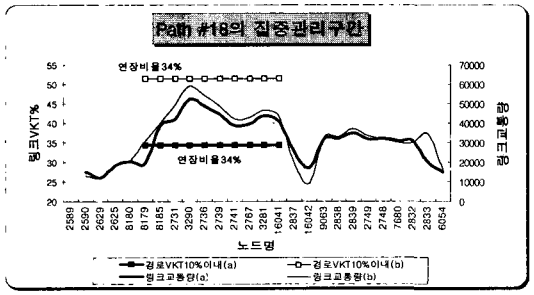


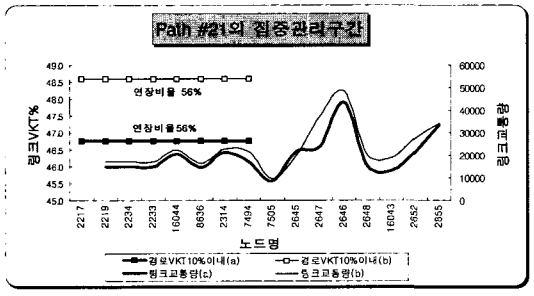


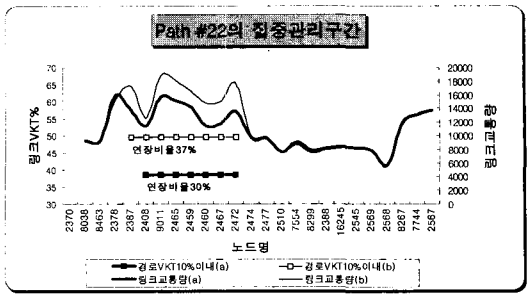


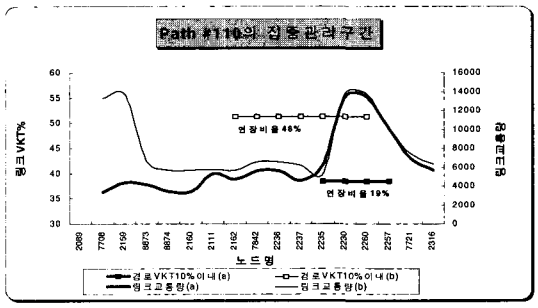












이는 정책결정권자나 도로관리책임자의 판단에 의해 투입 가능한 예산을 고려하여 경로VKT 10%, 20%, 30% 구간 중 하나를 선택하는 것이다.

투자방향에 관해서는 최소의 집중관리구간을 여러 축에 대입하여 관리하는 방법과 1개 축 전구간에 대해 투자를 순차적으로 하는 것 등을 고려 할 수 있다. 정책결정권자나 도로관리자는 다음 아래와 같은 과정을 밟으면서 집중관리구간의 범위를 결정할 수 있다.

[Step 1] 교통관리 대상가로의 예비적 선정
- 도시내 간선도로의 1차선정
- 도시전체 링크VKT 순위에 따른 누적 링크 VKT 60% 가로를 선정

[Step 2] 교통관리 대상가로의 최종 선정
- 1차 선정된 가로중 통행거리 및 차선수 고려 측면에서의 간선도로 기능을 가로 최종 선정
- 평균통행거리, 평균통행거리지수, 거리차 선당 VKT
- 교통관리 대상가로의 최종적 선정

[Step 3] 집중관리구간 선정 가능영역 분석
- 경로VKT를 이용한 장거리 교통량 이 많은 구간 선정
- 집중관리구간 우선순위는 경로VKT가 높은 순으로 선정

〈표 8〉 도출된 집중관리구간의 처리통행량

구 분	분 석 치			비 율(%)		
	경로VKT 10%내	경로VKT 20%내	경로VKT 30%내	경로VKT 10%내	경로VKT 20%내	경로VKT 30%내
링크연장(Km)	141	177.8	196.9	35.9	45.2	50.1
링크VKT	4,152,475	4,684,437	4,943,527	45.2	50.7	53.8

[Step 4] 전략적 교통개선사업 방향 결정
- 가로별 우선순위에 따른 교통관리 (Goto Step 2. & Stop)
- 집중관리구간 설정에 의한 교통관리 (Goto Step 5.)

[Step 5] 예산제약하의 집중관리구간 선정
- 정책결정권자 및 도로관리책임자의 예산제약과 사업방향을 고려하여 집중관리구간 결정

본 연구에서는 경로VKT 10%를 집중관리구간으로 설정하였지만 의사 결정권자의 판단에 따라 달라 질 수 있다. 의사결정권자는 계획당시의 제약조건을 고려한 결정을 내려야만 한다.

V. 결론

본 논문은 도로의 위계가 명확한 도로에 대해 좀더 세부적인 분석을 통하여 집중관리구간을 선정하고 정책결정권자의 판단근거로 활용될 수 있는 각종 지표들을 산출하였다.

먼저 기존에 정성적으로 위계가 분류된 가로망의 위계를 정량적으로 명확히 분류하기 위해 교통량 처리비율 특성과 통행거리측면 특성의 적정 수치에 부합하는지를 검토하였다. 적정 수치에 부합한다면 분석된 구간은 간선도로로써 기능적 위계를 지닐 수 있다는 것을 정의하고 구간내의 집중관리구간을 분석하였다.

분석된 결과 서울시의 간선도로 총차량 주행거리비율을 60% 수준으로 결정할 경우 간선도로 총 연장은 835.33Km(구간연장 835.33÷2≒418Km)정도가 될 것으로 분석되었다. 위에서 분류된 구간들의 집중관리구간은 아래와 〈표 8〉과 같이 분석/도출되어졌다.

본 연구는 하루 통행량(전일 O/D)을 기준으로 서울시 도로망의 간선기능구간 및 집중관리구간을 설정하였으나 향후 Dynamic O/D가 개발되어 시간대별통행량의 분포를 알 수 있다면 세부적인 시간대별로 간선기능구간 및 집중관리구간을 설정하는 것이 가능 할 것이다.

참고문헌

1. 건설부(1985), 가로망설계 수립에 관한 지침.
2. 건설부(1990), 도로의 구조·시설 기준에 관한 규정 해설 및 지침.
3. 국토개발연구원(1996), 지방부도로의 간선기능 확보방안 연구.
4. 박희정(1998), 지방도로 사업의 효율적 투자방안, 한국지방행정연구원.
5. 서울시정개발연구원(1992), 서울시 교통정비 기본계획 협력연구.
6. 서울시정개발 연구원(1995), 서울시 간선 도로망 체계정립에 관한 연구.
7. 서울시정개발 연구원(1996), "안전하고 기능적인 도로체계로의 개편구상".
8. 이상건(1998), 도시 간선가로망의 기능적 분류, 연세대학교석사학위논문.
9. 조응래(1994), 미래지향적인 서울시 교통정책 연구방향, 서울시정개발 연구원, pp.93~107.
10. ASSHTO(1994), A Policy on Geometric Design of Hightways and Streets.
11. Marvin L. Manheim(1979), Fundamental of Transportation Systems Analysis, The MIT Press.
12. Yosefsheffi(1985), Urban Transportation Network : Equiliprium Analysis Methmetical Programing methods.

♧ 주 작 성 자 : 황준문
♧ 논문투고일 : 2001. 5. 25
논문심사일 : 2001. 6. 7 (1차)
2001. 9. 6 (2차)
심사판정일 : 2001. 9. 6