

교통분석용 네트워크 통합시스템의 설계

Design of a Network Integrated System for Transportation Analysis

주용진*¹⁾, 최정민²⁾

Choi Jung-Min, Joo Yong-Jin

인하대학교 지리정보공학과 박사과정(dccmdrum@daum.net)¹⁾

교통개발연구원 국가교통DB센터 책임연구원(justair@koti.re.kr)²⁾

요 약

교통정책과 계획수립에 가장 중요한 의사결정 과정은 통행수요 분석이고, 이에 활용되고 있는 필수적인 기초 데이터베이스는 분석용 네트워크와 기종점 통행량이 있다. 통행수요 추정과정의 합리성이 보장되도록 하기 위해서는 이러한 기본 입력 자료의 신뢰성은 중요하다. 하지만, 일반적으로 분석용 네트워크를 구축할 때 예산과 분석 기간의 제약 때문에 실제의 교통망 중 많은 부분을 단순화 시켜서 구축한다. 또한 기 구축된 네트워크에 대해서도 변경되는 교통망을 반영하기 위해 네트워크를 수정, 편집할 때에도 많은 자원과 시간이 소요된다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하고자 교통분석 목적의 패키지(EMME/2, TranPlan) 혹은 범용의 GIS 패키지(ArcGIS)에서 직접 이용할 수 있도록 기 구축된 네트워크를 기반으로 GIS 데이터로의 변환 혹은 네트워크를 추출하는 양방향 데이터 교환 시스템을 개발하였다. 이러한 GIS-T 통합 시스템은 네트워크의 편집과 분석에 효율적인 환경을 제공하여 보다 현실적인 교통망 모델링을 반영할 것으로 기대되며 다양한 교통문제에 대한 분석에 효과적인 도구로 활용될 수 있을 것이다.

1. 서 론

교통개발연구원의 국가교통DB센터에서는 교통체계효율화법에 근거하여 국가교통DB 구축사업을 통해 각종 교통시설투자사업 평가의 신뢰성 확보를 위한 정기적이고 연속성이 있는 시계열 교통자료를 구축하고 있다. 그 중 교통분석용 네트워크는 장래의 교통수요를 예측하는 과정에서 반드시 필요한 기초 데이터로서, 교통시설의 확충과 교통정책의 평가 및 방향에 많은 영향을 주게 된다. 이런 의미에서 신뢰도 높은 네트워크의 구축은 올바른 교통정책의 수립 및 효율적 교통시설의 제공을 위해 반드시 필요하다. 그러나 네트워크 자체의 구축방법 및 신뢰도 제고를 위한 연구는 다른 교통수요 예측 과정상의 기법에 비하여 상대적으로 부족하다.

일반적으로 분석용 네트워크를 구축할 때 예산과 분석 기간의 제약 때문에 실제의 교통망 중 많은 부분을 단순화 시켜서 구축한다. 또한 일단 구축된 네트워크에 대해서도 변경되는 교통망을 반영하기 위해 네트워크를 수정, 편집할 때에도 많은 자원과 시간이 소요된다.

이러한 문제점을 보완하고자 네트워크 편집과 분석에 효율적인 환경을 제공할 수 있는 GIS-T 통합 시스템을 설계하였다. 이를 위해 본 연구에서는 첫째, 교통망 데이터 모델과 GIS 데이터 모델과의 관계를 분석하여, 데이터 뱅크와 GIS 환경 사이에 양방향 데이터 통신이 가능하도록 하고, 둘째 네트워크 노드, 링크 항목에 대한 논리적인 검수기능과 네트워크 수정·편집기능을 통해 보다 효율적인 네트워크 관리를 위한 인터페이스를 제공하고자 하였으며, 셋째 GIS가 가지는 효과적인 공간 데이터 처리기능을

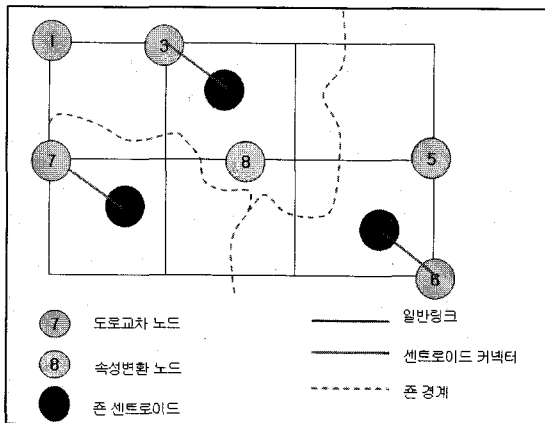
활용하여 다양한 교통 문제에 대한 분석 도
구로 활용하고자 한다.

2. 교통분석용 네트워크

2.1 분석용 네트워크 개념과 구성요소

분석용 네트워크는 실제 교통망을 분석이
가능하도록 전산화한 결과로서, 점적인 교
통시설(노드)와 방향성을 지닌 선형적인 교
통시설(링크)로 구성된다. 전산화된 네트워
크를 통하여 존간 가능경로, 이들 경로에
대한 통행비용 산출과 기중점 통행량(O/D)
의 경로별 배분 등에 사용된다.

분석용 네트워크는 아래 그림과 같이 일
반노드, 링크, 존 센트로이드, 센트로이드
커넥터 등으로 구성된다. 일반노드(Regular
Node)는 실제 교통망에서 교차로, 속성의
변환점 또는 터미노드로 구분되고, 링크는
시중점 노드의 연결 선분으로 표현된다. 센
트로이드는 교통존의 중심으로서 모든 통행
의 시중점이 되는 가상의 교통 활동 중심점
이다. 또한 통행발생의 분포가 지역별로 균
일하다고 판단될 때는 지형상의 중심에 위
치한다. 센트로이드 커넥터는 존 센트로이
드와 일반교통망을 연결하는 가상의 링크이
며, 하위수준 도로의 교통량과부하로 고속
도로, 주요국도등 주요 도로에의 배정을 방
해하지 않도록 터미링크를 분산시켜 연결한
다.



【그림1】 분석용 네트워크의 구성요소

2.2 교통분석용 패키지의 데이터 모델

일반적으로 사용되는 교통분석용 패키지
는 EMME/2, TranPlan, TransCAD, 사통
팔달 등이 있으며, 각 소프트웨어에서 사용
하는 네트워크의 노드와 링크 속성은 아래
표와 같다.

<표 1> 소프트웨어별 네트워크 속성

소프트웨어	구분	속성
EMME/2	노드	노드번호, X좌표, Y좌표, 센트로 이드 유무
	링크	F-Node, T-Node, Length, Mode, Type, Lane, VDF
TRANPLAN	노드	노드번호, X좌표, Y좌표
	링크	F-Node, T-Node, Length, AG-Code, Link-Group, Lane, Capacity
TransCAD	노드	노드번호, X좌표, Y좌표, 센트로 이드 유무
	링크	F-Node, T-Node, Length, Type, Lane, VDF, Capacity, FF-Time
사통팔달	노드	노드번호, X좌표, Y좌표, Type
	링크	F-Node, T-Node, Length, Lane, Capacity, Speed

EMME/2는 다른 프로그램과는 달리 데
이터 뱅크(Data Bank)라는 하나의 파일을
만들어 자료를 저장 및 관리하고, 교통계획
모형을 실행시키는 구조를 가지고 있다. 데
이터 뱅크는 시나리오 별로 네트워크, 매트
릭스, 함수로 구성된다. 네트워크는 노드,
링크, 노선(Transit)을 저장하는 공간이며,
매트릭스는 사회경제지표, 기중점 통행량을
저장한다. 함수는 네트워크 분석에 필요
한 지체함수(Delay Function)를 저장한다.

Tranplan, TransCAD, 사통팔달의 네트
워크 저장 구조는 각각 다르지만, 네트워
크를 구성하는 노드와 링크의 속성은 유사하
므로 연구에서는 교통 패키지 중 가장 많이
사용하는 EMME/2의 데이터 모델을 대상으
로 하여 시스템을 설계하였다.

2.3 GIS 네트워크 데이터모델 설계

EMME/2 데이터 뱅크가 GIS 데이터로
변환될 때 노드, 링크의 저장 구조는 아래

표와 같다. 노드의 경우 Centroid indicator 유무에 따라 일반노드와 센트로이드를 NodeType으로 구분하고, 링크는 시작노드와 종점노드의 ID로 구성된다.

<표2> 노드 저장구조

정의	네트워크 노드 테이블				
속성	속성명	속성유형	키	필수	비고
NodeType	노드유형	Text(1)		NN	C, R
NodeID	노드 ID	Long INTEGER(6)	PK	NN	
U1	User1	Float(7,2)			TAZ_ID
U2	User2	Float(7,2)			0
U3	User3	Float(7,2)			권역코드
NodeLabel	Option	Text(10)			

<표3> 링크 저장구조

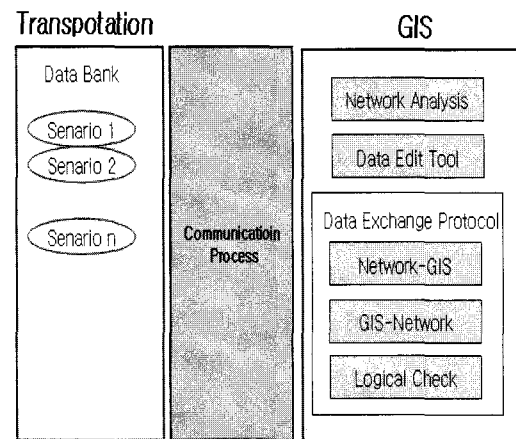
정의	네트워크 링크 테이블				
속성	속성명	속성유형	키	필수	비고
FNode	시작 노드ID	Long INTEGER(6)		NN	
TNode	도착 노드ID	Long INTEGER(6)		NN	
Length	도로연장	Float(5,2)		NN	단위(km)
Modes	모드	Text(12)		NN	
Type	링크 타입	Long INTEGER(6)		NN	
lane	차선수	Float(3,1)		NN	
VDF		Long INTEGER(6)		NN	용량지체 함수
U1	User1	Float(7,2)			자유속도
U2	User2	Float(7,2)			도로노선
U3	User3	Float(7,2)			완공연도

3. GIS-T 통합시스템의 구현

3.1 통합시스템의 설계

통합시스템은 ArcView Avenue를 이용한 커스터 마이징 환경이며, 네트워크 변환, 편집, 검수, 분석 등의 모듈로 구성된다. 네

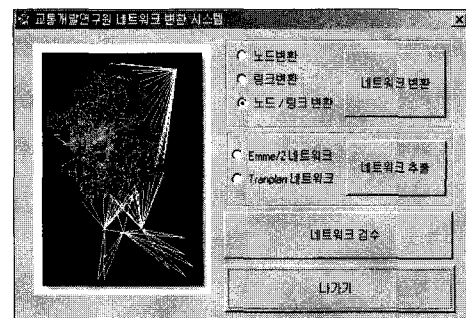
트워크 변환 모듈에 의해 GIS와 네트워크 간의 양방향 데이터 변환이 이루어진다. 변환된 네트워크는 추가, 수정 등의 편집이 가능하다. 구축된 네트워크의 논리적인 무결성은 검수 모듈을 통해 확인이 가능하며, 분석 모듈을 통해 사용자의 요구에 따라 교통 문제에 대한 모델링이 가능하다. 모델링의 결과는 필요에 따라 GIS에 의해 분석될 수 있고 출력될 수 있다. 통합시스템의 구조는 아래 그림과 같다.



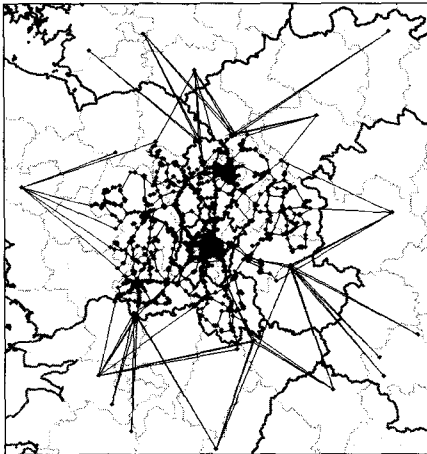
[그림2] 통합시스템의 구조

3.2 네트워크 변환·검수모듈

네트워크 변환 모듈은 EMME/2 네트워크 파일을 shp 파일로 변환하고, 네트워크 추출 모듈은 변환된 shp 파일을 EMME/2 혹은 Tranplan 네트워크 파일로 변환한다. 네트워크 논리 오류 검수는 노드 아이디 적절성과 링크의 시 종점 노드 아이디의 참조 정확성 두가지 오류항목에 대해 검수를 수행한다.



[그림3] 네트워크 변환·검수 대화상자

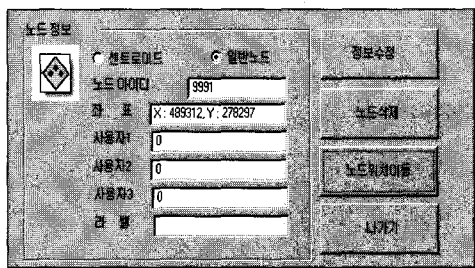


【그림4】 EMME2 네트워크 변환결과

3.3 네트워크 편집모듈

편집모듈은 노드수정, 링크수정, 노드추가, 링크추가, 링크분할과 같은 네트워크 수정 도구를 제공한다.

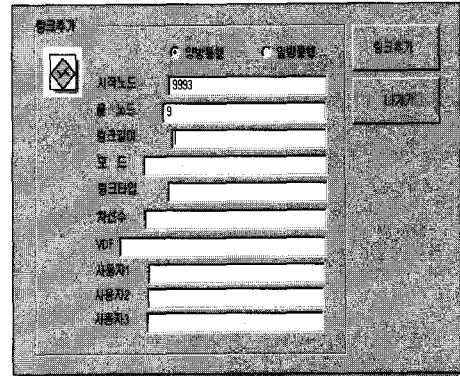
노드 수정 대화상자는 노드 타입, 아이디, 사용자1, 사용자2, 사용자3, 라벨 등의 정보를 수정하는데 사용된다. 중복 아이디나 Null의 입력은 무시되고 오류메시지가 송출된다. 네트워크 모델에서 링크는 노드로 정의되므로, 노드 삭제시 참조하는 인접 링크가 있는 경우 오류 메시지가 송출된다. 노드 이동을 할 경우 위치이동 메시지 송출 후 원하는 위치를 마우스로 선택하면 노드가 이동하며, 이때 노드와 인접된 링크 역시 자동으로 이동된다.



【그림5】 노드 수정 대화상자

링크 추가 대화상자는 링크 추가, 나가기 버튼으로 구성된다. 링크를 추가하기 위해서는 두 개의 노드가 존재하여야 한다. 링

크추가 도구 선택 후 링크를 선택한 후 시작노드와 끝 노드를 선택하면 아래와 같은 대화상자가 생성된다.



【그림6】 링크 추가 대화상자

시작과 끝 노드의 정보는 자동으로 입력되며, bi-directional 구조로 양방향통행이 디폴트로 선택되어 있다. 링크길이, 모드, 링크타입, 차선수, VDF는 필수 항목으로 입력하지 않으면 입력오류 메시지가 송출된다.

링크의 분할은 링크 분할 도구 선택 후 링크를 선택하면 노드가 추가되고, 두 개의 링크로 분할된다. 분할된 링크의 시작 끝 노드의 필드값은 추가된 노드의 아이디로 자동 갱신된다.

3.4 네트워크 분석모듈

지능형교통체계 환경 하에 요구되는 정보서비스의 기본적인 형태는 통행속도, 지체정도, 통행시간으로 대별 되어질 수 있다. 분석모듈은 네트워크 통합시스템이 GIS가 가지는 효과적인 공간 데이터 처리에 활용 가능하도록 추가한 교통정보 처리모듈이다. NoVatel의 DL-4 리시버와 GPSolution을 이용하여 실시간 수신된 GPS 데이터를 이용하여 통행속도와 평균 통행시간을 산출하고, 현재의 교통상황(정체정보)을 변환된 네트워크에 시각화하는 모듈이다. 경기도 고양시 일산구를 대상지역으로 수신된 원시 데이터를 좌표변환과 맵 매칭 후 지점속도

를 추출하고, 이를 이용하여 단위 링크에 대한 평균 통행시간을 산출하였다.

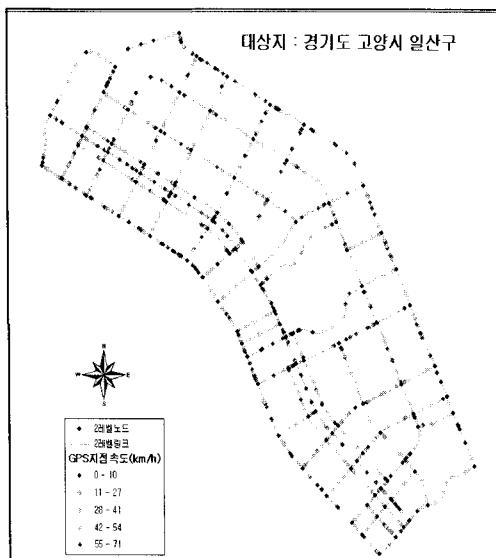
<표4> 평균 통행시간 추출 알고리즘

```

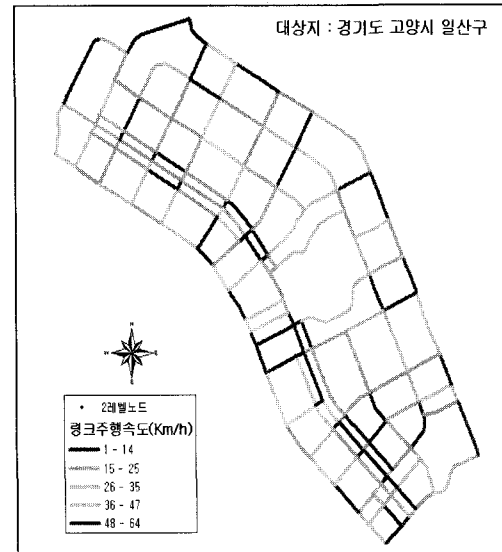
Calculate Link Average Velocity
-----
Read BestVelocity GPS Data, Network Link Data
For i iteration { // Link ID
  Initialize Vsum, Count
  For n iteration { // RefLink_ID of Node
    if(RefLink_ID = Link ID)
      Compute Vsum
  }
  Compute Vave
  Write Link_Vave
}

```

추출된 지점속도 정보와 링크의 평균통행시간을 이용한 통행속도는 아래 그림과 같다.



【그림7】 지점속도 정보



【그림8】 통행속도

4. 결 론

본 연구는 교통분석 목적의 패키지(EMME/2, TranPlan)와 범용의 GIS 패키지(ArcGIS)사이의 통합 환경 구현에 목적을 두었다. 이를위해 네트워크 데이터 뱅크와 GIS 환경사이에 양방향 데이터 통신이 가능하게 하고, 오류 항목에 대한 논리적 검수기능, 네트워크 수정·편집기능 등 보다 효율적인 네트워크 관리를 위한 인터페이스를 설계하였다. 또한 GIS가 가지는 공간 데이터의 효과적인 처리에 활용가능하도록 교통정보 처리모듈을 개발하여 통합시스템에 추가하였다.

이러한 통합시스템은 서로 다른 시나리오의 장래 네트워크의 데이터의 GIS 데이터로의 변환과 중첩을 통해 시계열적 분석 등 다양한 분석 및 공간 모델링을 가능하게 한다. 또한 네트워크 데이터의 오류를 직접 원시데이터에 수정·보완을 가능하게 하고, 이 결과를 네트워크로의 변환을 통해 궁극적으로 분석용 네트워크 데이터의 신뢰도를 향상에 효과적인 도구로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 교통개발연구원 국가교통DB센터, 2004. 국가교통DB구축사업 교통시설물조사·교통주제도 및 교통분석용 네트워크 구축
2. Andrew Y. Kudowor, Ph.D. 2002, A VBA Integrated Interface for Transportation Network dependent Applications
3. Eylon, L., 2000, Intelligent Transportation Systems pave the way for the future.
4. Jingke Chen, 2004, Implementing an ArcGIS Application for Travel Model Network Development
5. Jia Hao Wu, 1997, Development of a Data Exchange Protocol between EMME/2 and ArcInfo
6. Georgia Aifandopoulou, Teti Nathanail, Demetrios Panayotakopoulos 1995, ETIS : A GIS technology based tool for supporting strategic environmentally friendly planning of urban transport infrastructure development
7. Onuogu, M., and Kudowor, A. 2000. The Modeling Group Network Interface Documentation. Houston-Galveston Area Council (HGAC), Transportation Department, Houston, Texas.