■ 論 文 ■

GIS로부터 교통분석용 네트워크를 생성하는 소프트웨어의 개발

Development of the software transforming a transportation analysis network from GIS

성 낙 문
(교통개발연구원 국가교통DB센터 책임연구원)

조 범 철
(교통개발연구원 국가교통DB센터 연구원)

이 창 렬
(교통개발연구원 국가교통DB센터 연구원)

목 차

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 현황분석
1. 교통수치지도
2. Emme/2 네트워크
Ⅲ. 데이터모델 비교분석
1. 개요
2. 링크 및 노드
Ⅳ. 추출·변환소프트웨어 개발
1. 요구기능분석
2. 설계 및 구축
3. 시험
Ⅴ. 결론
참고문헌

Key Words : 교통수치지도, 교통분석용 네트워크, 추출·변환소프트웨어, 링크, 노드

요 약

교통 계획 및 정책수립 등 교통관련 업무에서 가장 중요한 부문은 교통수요분석과정이며, 이러한 교통수요분석과정에서 필수적으로 요구되는 자료는 OD와 네트워크이다. 그 과정에서 OD와 네트워크는 상호영향(interactive)을 주면서 검증을 거치긴 하나, 이중에서도 네트워크의 경우에는 현실세계을 모델링하여 반영한 것이므로 분석기준년도에 대응되는 현재성과 정확성과 객관성을 보유하고 있어야 한다. 그러나 몇몇 교통수요분석과정에서 예산 및 시간의 제약으로 인해서 네트워크는 실세계의 교통망을 많은 부분을 단순화시켜서 구축하고 이를 분석과정에 이용하는 경우가 있다. 또한 일단, 구축된 네트워크에 대해서 변경되는 교통망을 반영하기 위해서나 분석자의 의도에 따라서 네트워크를 수정, 편집할 때에 그 작업이 불편하여 많은 인력이나 시간이 소요되는 것이 현실이다.

이를 위하여 교통개발연구원 국가교통DB센터에서는 국가교통DB구축사업의 일환으로 구축한 교통 수치지도를 이용하여 교통분석 목적의 패키지에서 직접 이용할 수 있는 네트워크를 추출/변환하는 소프트웨어를 개발하였다. 본 논문의 목적은 GIS에 기반한 교통수치지도로부터 교통분석용 네트워크로의 변환이 가능한 알고리즘 및 소프트웨어를 소개하여 향후 이런 종류의 연구수행에 도움을 주는데 있다.

Ⅰ. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

투자우선순위의 결정 등 교통계획 과정에서 중요한 부문의 하나인 교통수요분석에서 필수적으로 요구되는 자료는 O/D와 네트워크이다. 그 과정에서 O/D와 네트워크는 상호영향(interactive)을 주므로 상호검증을 거치며 이중에서 네트워크의 경우에는 현실세계을 모델링하여 반영한 것이므로 분석 기준년도에 대응되는 현재성과 정확성과 객관성을 보유하고 있어야 한다.

네트워크의 구축 시, 예산 및 분석기간의 제약 혹은 분석의 효율성을 위해서 실세계의 교통망 중 많은 부분을 단순화시켜서 구축하고 이를 분석과정에 이용한다. 또한 일단 구축된 네트워크에 대해서도 변경되는 교통망을 반영하기 위해서 네트워크를 수정, 편집할 때에도 많은 재원과 시간이 소요되는 것이 보통이다.

교통개발연구원 국가교통DB센터에서는 교통체계효율화법에 의거하여 국가교통DB구축사업의 일환으로 구축한 NGIS기반의 교통 수치지도를 이용, 교통분석 목적의 패키지에서 직접 이용할 수 있는 네트워크를 추출·변환하는 소프트웨어를 개발하였다. 많은 교통분석관련 소프트웨어 중에서 우선은 우리 나라에서 일반적으로 사용되어지고있는 Emme/2를 목적시스템으로 설정하였으며 추후 다른 시스템으로까지 확대할 예정이다.

본 논문은 GIS에 기반한 교통수치지도로부터 교통분석용 네트워크로의 변환이 가능한 알고리즘 및 소프트웨어의 개발결과를 소개하여 향후 이런 종류의 연구수행에 도움을 주는데 그목적이 있다.

2. 연구의 수행과정

본 연구는 크게 몇 단계로 구분하여 설명할 수 있다. 첫째, 국가교통DB구축사업에서 NGIS를 기반으로 제작된 수치지도로부터 Emme/2 용 네트워크로 자동추출 및 변환이 가능한지의 여부를 판단하기 위해 이 두개의 서로 다른 데이터베이스 형식 및 내용에 대해서 검토하는 단계이다. 둘째, 위의 검토결과를 기초로 하여 추출·변환 소프트웨어의 요구기능을 도출하고 도출된 요구기능에 의거 추출·변환 소프트웨어를 설계·구축하는 단계이다. 셋째, 실제로 구축된 NGIS기반 교통수치지도의 데이터베이스를 이용하여 본 연구에서 개발된 소프트웨어의 여러 가지 기능에 대한 신뢰성을 검증하는 단계이다. 마지막으로 결론에서는 이상의 연구결과를 요약하고 본 논문의 연구성과 및 적용 가능성과 향후 연구과제를 논한다.

Ⅱ. 데이터모델 현황

본 장에서는 국가교통DB구축사업에 구축한 NGIS기반 교통수치지도상에 구축된 데이터베이스와 Emme/2에서 요구하는 정보를 비교 검토한다.

1. 교통수치지도

국가교통DB구축사업에서는 NGIS 국가기본도를 바탕으로 교통목적의 GIS용 수치지도를 구축하여 왔다. 특히 NGIS에서 누락된 도로선형을 DGPS를 이용하여 추가로 취득하였으며 NGIS에 포함되지 않은 교통속성을 현장조사를 통하여 수치지도상에 데이터베이스화 하였다.

교통수치지도는 1:5,000를 기준으로 작성되었으며 1999년 9월까지 국립지리원에서 고시한 14,028개의 도엽을 2001년에 구축완료하였으며 금년도(2002년) 사업에서는 2001년까지 고시된 2550도엽을 추가로 구축할 예정이다.

교통수치지도의 구축 대상도로는 1:5,000 도엽에

〈표 1〉 교통수치지도의 자료항목

도로망	교통시설물	일반시설 및 기타
링크	터미널	공공시설
노드	공항시설	교육시설
회전정보	항만시설	상업시설
중용정보	주차시설	언론기관
	요금징수시설	의료기관
	고속도로휴게소	금융기관
	도로교량	숙박시설
	도로터널	문화 및 종교시설
	고가차도	체육 및 놀이시설
	지하차도	행정경계
	철도정차시설	교통존
	철도환승시설	등고
	철도교량	
	철도터널	
	철도건널목	

〈표 2〉 교통수치지도의 속성항목

구분	항목
링크	링크ID 시점노드ID, 종점노드ID 링크길이 차선수 일방통행 여부 도로번호, 명칭, 등급 자동차전용도로 여부 도로관리기관 도로부속시설유형/명칭 오르막차선 유무 제한최고속도 포장유무 갓길유무 버스전용차로유무 가변차로수 중앙분리대 유무 통행제한차량 통과제한높이 통과제한하중 통행료징수여부 행정구역(대존)
노드	노드ID 좌표값(X, Y)* 노드유형 교차로명 회전정보유무
회전정보	노드ID 시작링크ID 도착링크ID 회전정보유형

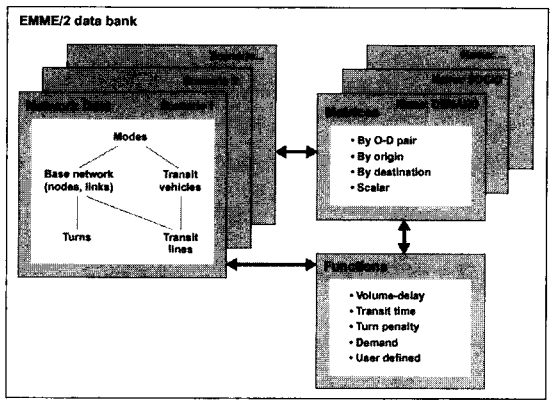
* : 좌표값은 내부 시스템 속성임.

제시된 왕복2차로 이상의 도로중 아파트 단지내도로와 이면도로를 제외한 버스가 통행할정도의 통행성이 확보된 도로이다. 구축대상도로의 중심선을 구조화 편집하여 해당 교통시설물의 조사속성을 조사하여 입력하였으며 구축된 내용은 〈표 1〉과 같다.

교통수치지도상에 구축된 항목 중 네트워크분석에 필요한 노드/링크/회전정보에 대한 속성항목을 살펴보면 〈표 2〉와 같다.

2. Emme/2

Emme/2(Equilibre Multimodal, Multimodal Equilibrium)는 다수단도시교통계획시스템(Multi Modal Transportation Planning System)으로 교통수요예측시 사용되어지는 전통적인 4단계기법을 구현토록 하는 소프트웨어이다.



〈그림 1〉 Emme/2 데이터뱅크의 구성

Emme/2는 하나의 데이터 뱅크(Data bank)안에서 자료의 저장 및 관리하고 교통계획모형을 실행시키는 구조를 가지고 있다. 사용자는 자신이 수행하는 작업에 적합한 데이터 뱅크를 만들고 이 안에서 작업을 수행해야 한다.

데이터 뱅크는시나리오별로 〈그림 1〉과 같이 네트워크(Network), 매트릭스(Matrix), 함수(Function) 등의 세가지로 구성된다. 네트워크뱅크는 노드,링크, 대중노선 등 네트워크와 관련된 정보를 저장하는 공간이며 매트릭스 뱅크는 사회경제지표, 기·종점 통행량 등을 저장하는 공간이다. 이외에도 네트워크 분석에 필요한 지체함수(Delay function), 회전저항(Turn penality) 등은 함수뱅크에 저장된다.

Emme/2에서 요구되는 링크, 노드 및 회전정보에 대한 속성항목은 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 Emme/2의 속성항목

구분	항목
링크	시점노드ID, 종점노드ID 링크 길이 수단 link type 차선수 지체함수 사용자 입력자료 : 3개
노드 센트로이드	센트로이드 구분자 노드 번호 좌표값 (X,Y) 사용자 입력자료 : 3개
회전정보	at-node from-node to-node turn penalty function

Ⅲ. 데이터모델 비교분석

본 장에서는 교통수치지도상의 데이터베이스와 Emme/2 네트워크에 필요한 데이터의 세부항목에 대해서 비교 검토하며 네트워크 구축을 위해서 설정된 기준을 설명한다.

1. 교통수치지도와 Emme/2의 항목비교

교통수치지도에서 구축된 링크/노드/회전정보와 Emme/2 네트워크에 필요한 속성정보를 비교하면 〈표 4〉와 같다.

Emme/2에서 사용되는 항목 중 Link type은 그 도로가 속한 행정구역, 도로등급, 종류 및 차선수를 통하여 결정 될 수 있으며, 지체함수는 교통수치지도상에 데이터베이스화된 최고제한속도와 차선수 그리고 도로의 등급/종류를 통하여 산정이 가능하다. 따라서 Emme/2의 구현을 위해서 필요한 모든속성정보는 교통수치지도상에 데이터베이스화 되었다고 할 수 있다.

2. 네트워크구축 기준설정

통일된 기준 하에 분석용 네트워크를 구축하기 위해서 전문가자문회의를 거쳐 필요한 기준을 설정하였다.

노드는 센트로이드와 일반노드로 구분하여 별도의 번호체계를 가지므로, 센트로이드 ID는 교통수치지도의 교통존 정보 중에서 행정구역ID정보를 이용하여 1~2000번까지의 숫자를 순차적으로 부여하고 일반노드 ID는 교통수치지도에서 부여된 번호에 의거 2001~99999의 숫자를 순차적으로 부여하였다.

링크 정보 중 VDF의 경우는 O/D 및 분석자의 판단에 따라 바뀔 수 있으므로 VDF에 대한 구체적인 값은 제시하지 않으며, 이를 계산할 수 있도록 UserData1, UserData2, UserData3에 속도, 용량, 노선번호를 입력하였다. 특히 도로용량은 최근에 발행된 한국도로용량편람(KHCM)을 기준으로 하였다. 이외에도 도로의 선형굴곡이 심한 경우 Emme/2에서는 정확하게 표출되지 않기 때문에 교통수치지도에서 링크를 분리하는 등 여러가지 기준 및 방법을 마련하였다.

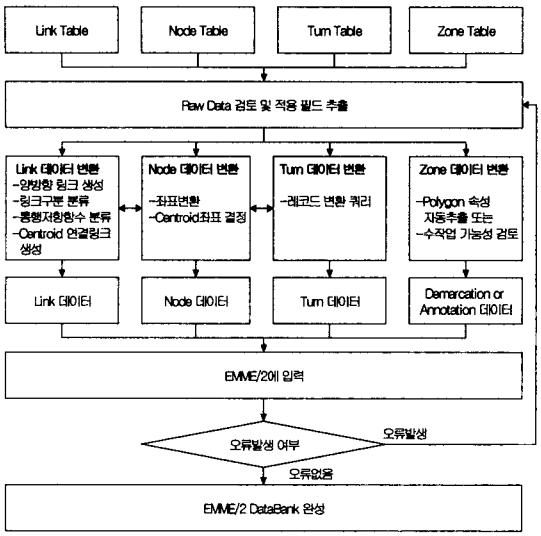
노드 정보 중 센트로이드일 경우 *표시를 하였으며 기종점 데이터와 연결성을 가지는지의 여부를 확인할 수 있는 작업을 할 수 있도록 하기 위해서 UserData1에 행정구역 ID를 입력하였다.

〈표 4〉 교통수치지도와 Emme/2의 속성정보비교

구분	교통수치지도	Emme/2
링크	링크ID	
	시점노드ID	시점노드ID
	종점노드ID	종점노드ID
	차선수	차선수, link type, Vdf
	링크 길이	링크 길이
	일방통행 여부	
	도로번호, 명칭, 등급	link type
	자동차전용도로 여부	
	도로관리기관	
	부속시설유형/명칭	
	오르막차선 유무	
	제한최고속도	(지체함수)
	포장유무	
	갓길유무	
	버스전용차로유무	수단
	가변차로수	
	중앙분리대 유무	
	통행제한차량	수단
	통과제한높이	
	통과제한하중	
	통행료징수여부	
	행정구역	link type 센트로이드구분자
		지체함수
		사용자 입력자료
노드	노드ID	노드 번호
	X좌표값	X좌표값
	Y좌표값	Y좌표값
	노드유형	센트로이드구분자
	교차로명	
	회전정보유무	
		사용자 입력자료
회전정보	노드ID	at-node
	시작링크ID	from-node
	도착링크ID	to-node
	회전정보유형	(turn penalty function)

Ⅳ. 추출·변환 소프트웨어 개발

교통분석용 네트워크의 추출·변환 소프트웨어의 개발에 앞서 〈그림 2〉와 같이 분석용 네트워크 작성을 위한 개념도는 아래와 같다. 이는 일반적으로 고려해 볼 때 GIS 데이터인 교통수치지도의 각 테이블



〈그림 2〉 네트워크 작성의 개념도

에서 교통분석용 네트워크인 Emme/2 네트워크를 생성하기 위해 필요한 개념적 데이터 흐름을 정리한 것이다.

교통분석용 네트워크로의 추출·변환 소프트웨어 개발단계는 요구분석, 설계/구축, 시험단계로 구분되고 각 개발단계별 수행절차 및 테스크는 METHOD/1 개발방법론의 테스크별 수행업무에 근거하였다. 각개발단계를 살펴보면 아래와 같다.

1. 요구기능도출

다음은 교통분석용 네트워크로의 추출·변환 소프트웨어 구축과 관련된 요구사항을 업무별로 분류한 것이다.

본 사업에서 개발된는 소프트웨어는 상용 GIS 툴인 ArcGIS 중 Arc/Info(version8.0이상)를 기반으로 구현되며 교통수치지도 데이터의 추출/편집/변환이라는 핵심 기능을 수행하는 목적으로 구축며, 수치지도 레이어에 대한 기본적인 화면제어/검색/조회 기능을 가짐으로서 사용자 편의성을 도모하는 것을 중요한 요구기능사항으로 정의 하였다. 요구사항을 살펴보면 〈표 5〉와 같다.

3. 소프트웨어의 설계

1) 아키텍쳐 구조

본 소프트웨어의 추출, 변환, 기본GIS기능을 위하여 설계된 시스템 아키텍쳐의 구조도는 〈표 6〉과 같다.

〈표 5〉 요구기능 도출결과

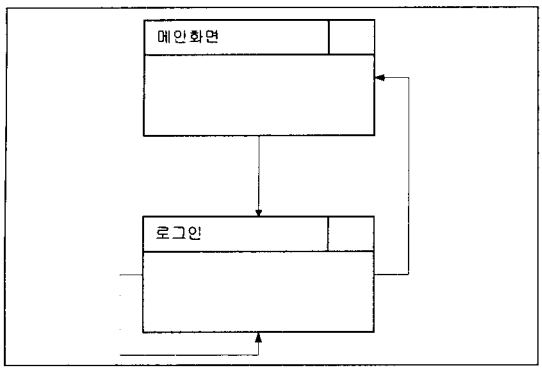
구분	요구사항	
수치지도 레이어 검색/조회	수치지도 레이어 검색/조회	기본적인 화면제어 기능 수치지도 레이어 DB 검색 수치지도 레이어 DB 조회
Network 추출	Network 추출	도로망 Network DB에서 임의 지역을 지정하고 추출
Network 편집	On-Line 편집	도로망 Network가 저장되어 있는 DB Server에 직접 접속하여 도형 및 속성 편집
	Off-Line 편집	도로망 Network가 저장되어 있는 Local시스템 상에서 도형 feature 및 속성편집
Network 변환	교통분석용 Format 변환	교통분석용 데이터 Format으로 도로 Network를 변환
	교통분석용 데이터편집	교통분석용 Format으로 변환된 상태에서 데이터 편집

〈표 6〉 아키텍쳐 메뉴구조

레벨 1	레벨 2	레벨 3
시스템 관리	로그인	
	종료	
지도제어	레이어 관리	레이어 선택/해제
		레이어 속성설정
	화면 제어	확대
		축소
		이동
		전체화면
		다시그리기
검색 및 조회	공간객체검색	포인트 검색
		원으로 검색
		사각형 검색
		다각형 검색
	공간속성검색	속성검색
네트워크추출	행정구역별추출	
	존별추출	
	사용자임의추출	
네트워크편집	편집	레이어 선택
		데이터 편집
		데이터 저장
EMME/2용 데이터 변환	EMME/2 Viewer	
	오류 항목 확인	

2) 로그인 설계

본 소프트웨어를 실행하면 초기화면으로 로그인 화면이 표출되며 로그인 화면에서 사용자 ID와 비밀번

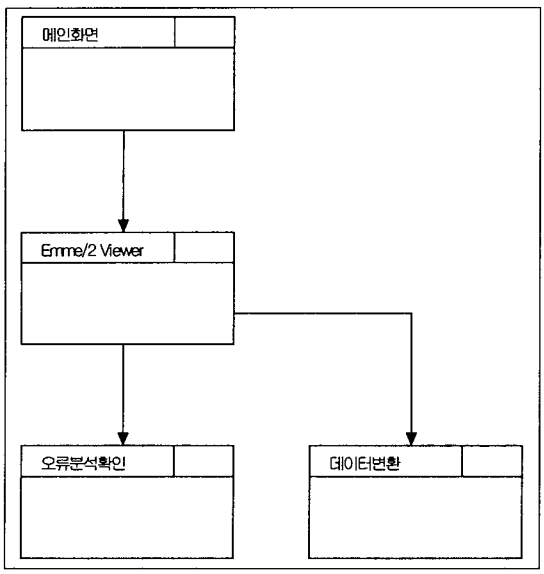


〈그림 3〉 로그인 기능프로세스

호를 입력하고, 로그인 인증에 성공할 경우 아래와 같이 메인 화면으로 이동한다.

3) 데이터변환기능 설계

메인 워크 변환 메뉴의 서브 메뉴인 Emme/2 Viewer를 선택하면 Emme/2 Viewer창으로 이동하고, Viewer 화면에서는 네트워크 추출에서 생성된 파일을 읽어 표출하며 화면제어 및 오류 검사, 최종 교통 분석용 데이터를 생성한다. Viewer 화면에서 오류 검사후 오류가 확인 될 경우, 네트워크 변환 메뉴의 서브 메뉴인 오류 항목 확인을 선택하여 창을 활성화시키며, 오류 항목 확인 창에서 오류를 선택한 후 이동 버튼을 선택하여 해당 오류 지역으로 이동후 편집여부를 파악한 다음 네트워크 편집 작업을 수행한다.

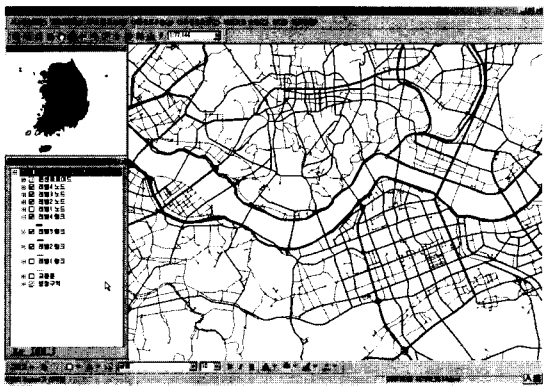


〈그림 3〉 데이터변환 기능프로세스

3. 소프트웨어 구축

1) 메인화면

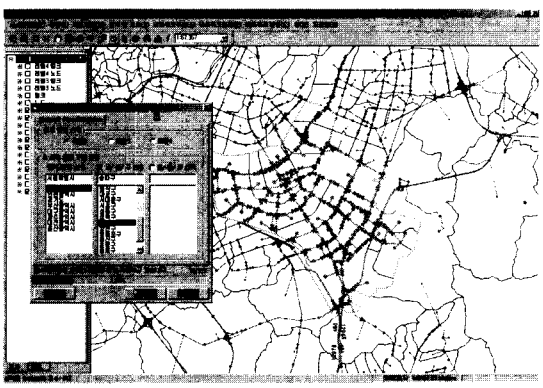
메인화면은 레이어제어와 인덱스 맵, 지도창으로 메인화면에서 모든 기능에 접근할 수 있도록 프레임이 구성되어 있다.



〈그림 4〉 메인화면

2) 추출기능

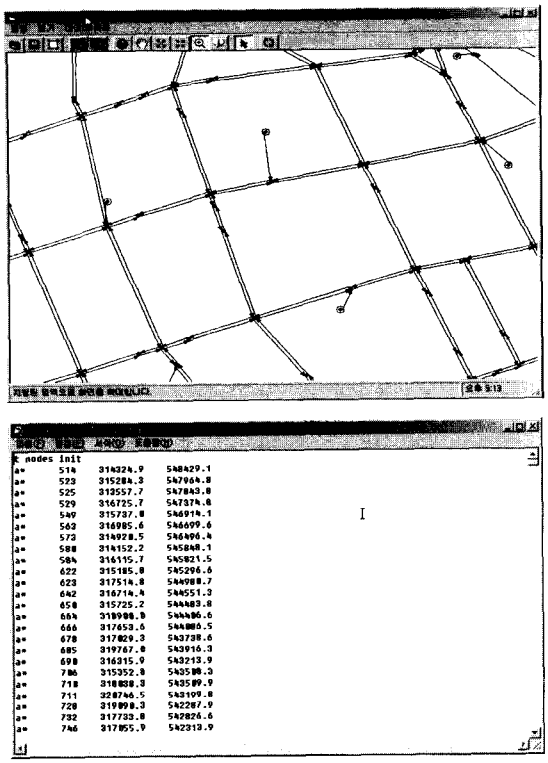
도로의 레벨, 폰 구분에 따라 다양한 추출 방법으로 분석대상지역의 도로망을 별도로 추출할수 있다. 〈그림 5〉는 교통수치지도로부터 추출모듈을 이용하여 송파구의 도로망을 추출한 결과를 보여주고 있다.



〈그림 5〉 네트워크 추출화면

3) 변환기능

도로의 레벨, 영역 선택(다각형/사각형)에 따라 다양한 추출 방법으로 Emme/2에서 사용 가능한 데이터를 만들어 내고 Emme/2 View에서 확인할 수 있다. 〈그림 6〉은 네트워크의 변환 모듈에 의해서 생성된 변환결과를 보여주고 있다.



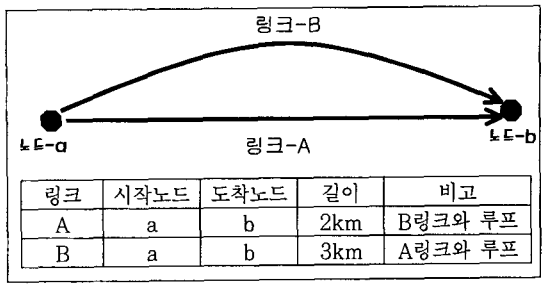
〈그림 6〉 네트워크 변환기능에의한 결과

4) 오류검수기능

Emme/2에서 사용되는 네트워크 데이터를 보다 효율적으로 관리하도록 변환 후에 오류가 발행한 노드, 링크에 대해 오류 여부를 판단한 후 네트워크 편집 작업을 수행하도록 하게 한다.

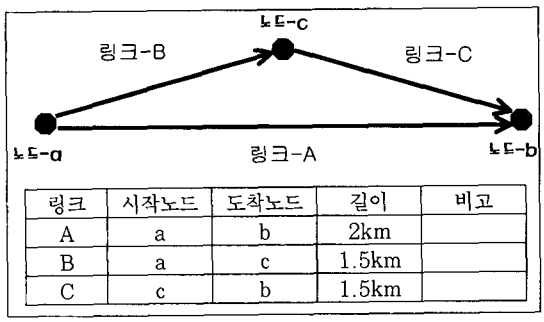
이러한 오류확인 기능은 추출된 네트워크데이터에 대해서 Emme/2의 'check data bank consistency'의 기능을 포함한 물리적 오류와 논리적 오류를 일정한 조건에 의해 확인을 하고 검출된 오류리스트를 사용자에게 보여준 후, 분류된 오류조건에 따라 사용자가 원하는 조치를 취할 수 있도록 해당 개체의 위치로 화면을 이동해 주는 기능이다.

물리적 오류는 양 끝단 중 하나 이상 노드를 가지지 않는 링크 또는 링크와 연결되지 않은 노드의 경우와 출발노드와 도착노드를 같이 가지는 두 개 이상의 링크 즉, 동일 방향에 대한 루프링크의 경우이며 이때 해당 사항을 오류로 검출한다. 논리적 오류로는 양방향링크에서 상하행의 링크의 link_type이 다른 경우와 링크에 수단이 선택이 되지 않았거나 mode file에 없는 수단을 선택한 경우에 논리적 오류로 검출한다.



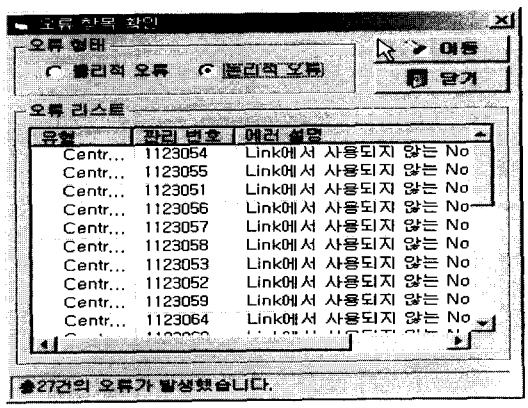
링크	시작노드	도착노드	길이	비고
A	a	b	2km	B링크와 루프
B	a	b	3km	A링크와 루프

〈그림 7〉 루프링크-에러항목



링크	시작노드	도착노드	길이	비고
A	a	b	2km	
B	a	c	1.5km	
C	c	b	1.5km	

〈그림 8〉 루프링크 수정



〈그림 9〉 변환오류검수기능

〈그림 7〉, 〈그림 8〉은 루프링크의 오류를 예시와 그 오류가 수정된 결과를 보여주는 것이다.

〈그림 9〉는 변환오류검수기능의 결과를 보여주는 그림이다.

4. 소프트웨어의 기능 시험

시험의 범위는 소프트웨어를 구성하고 있는 프로그램과 모듈로서 서브시스템 내에서 프로그램과 그 프로그램을 호출하는 프로그램으로 다음의 사용자기능

〈표 7〉 기능시험내용

시험대상	시험내용
네트워크 추출	· 사용자가 지정한 영역내의 데이터가 정확하게 추출되는지 검사 · 추출한 네트워크 데이터가 (임시)레이어에 저장되는지 검사
Emme/2용 데이터변환	· Emme/2용 데이터 포맷으로 정확하게 변환되는지 검사
Emme/2용 데이터검수	· 양방향 링크가 정확하게 표출되는지 검사 · 화면제어기능이 사용자 의도와 맞게 작동하는지 검사 · 데이터 오류 검수가 유형별(사용되지 않는 노드 존재여부, 양방향 차선수 일치여부, 양방향 VDF 일치여부 등)로 정확하게 이루어지는지 검사

시험, 인터페이스시험, 성능측정시험 등의 테스트를 시행하였으며 그 세부 시험내용은 〈표 7〉과 같다. 또한 최종적인 절차로써 변환된 결과를 Emme/2 패키지에 직접입력하여 오류검사를 하였으나 이상이 없어 본 연구에서 개발된 소프트웨어는 상용이 가능한 것으로 판단된다.

V. 결론

본 연구에서는 교통개발연구원 국가교통DB센터에서 시행 중인 국가교통DB구축사업 내에서 구축한 NGIS 기반의 교통 수치지도를 이용, 교통분석 목적의 패키지에서 직접 이용할 수 있는 네트워크를 추출/변환하는 알고리즘과 이 알고리즘을 반영한 소프트웨어를 일반적인 개발방법론에 맞추어서 개발하였다. 이렇게 GIS에서 직접 Emme/2로 변환 가능한 소프트웨어를 이용하게 될 경우 분석용 네트워크 구축을 위한 인력이나 시간, 예산이 절감될 뿐만 아니라 네트워크의 수정편집은 물론 이에 대한 높은 정확도와 현재성을 제공할 수 있다.

향후에는 국내에서 개발된 유일한 교통계획관련 소프트웨어인 사통팔달과 Tranplan에서도 적용이 가능하도록 소프트웨어의 기능을 확장할 계획이다. 또한 현재에는 없는 대중교통 네트워크를 추출·변환기능을 추가하여 모든수단에 대한 분석이 가능토록 기능보완이 이루어질 것이다.

참고문헌

1. 교통개발연구원 국가교통DB센터(2001), 『전국교통DB구축사업 최종보고서』, 교통개발연구원.
2. 교통개발연구원 국가교통DB센터(2001), 『2001년도 전국교통DB구축사업 SI부문성과물』, 교통개발연구원.
3. 교통개발연구원 국가교통DB센터(2001), 『국가교통DB기본계획안』, 교통개발연구원.

♧ 주 작 성 자 : 성낙문
♧ 논문투고일 : 2002. 11. 1
논문심사일 : 2002. 11. 16 (1차)
2003. 1. 3 (2차)
심사판정일 : 2003. 1. 3
♧ 반론접수기한 : 2003. 4. 30