

재난대응 첨단교통관리체계 구축방안



강연수 >>
한국교통연구원
첨단교통기술연구실장

1. 서론

우리나라에서는 매년 수천억에서 수조원에 이르는 재난 및 재해 피해가 발생하고 있으며 이중 국가 교통망의 중추인 기간도로(고속도로, 국도)의 피해는 전체 재해복구의 지연, 도로통행 지체 및 중단 등으로 인한 사회·경제적 손실 등을 감안할 때, 사회적 파장이 매우 큰 실정이다.

자연재해로서는 2002년 제15호 태풍「RUSA」와 2003년「매미」의 내습으로 인해 기간도로(고속도로, 국도, 지방도)에서 큰 재해가 발생하였으며, 인위재난은 성수대교 붕괴(1994년), 삼풍백화점 붕괴(1995년), 인천호프집 화재(1999년), 대구지하철 화재참사(2003년) 등 재난사고는 점차 대규모화 되고 있다. 특히 재난 시 교통의 처리를 위해 최대한 조속히 응급복구를 실시하였으나, 재해지역에 대한 수동식 현황파악, 시각적인 자료 수집체계의 부족, 재해 현장파악의 부정확 등 재해관리에 대한 자료수집 및 대응

체계 부재 등으로 인해 많은 인력과 장비의 투입에도 불구하고 재해지역의 교통관리와 기간도로망의 복구에 많은 시간과 비용이 소모되었다.

이와 같이 태풍, 붕괴, 화재와 같은 자연재해와 인위재해를 효과적으로 대처하기 위해서는 ITS, GPS, LBS기술을 활용한 피해지역의 정확한 위치파악, 교통관리 등 재해지역에 대한 자료수집의 새로운 대응체계가 필요하다. 또한, GPS, GIS기술 등을 활용한 재해 예상지에 대한 영향권분석과 3차원 모델링을 통해 인력, 자원 및 장비투입계획, 응급대피 경로 및 우회도로안내 등 재해에 대한 대응체계의 수립이 요구되고 있다.

아울러 재해발생 시 재해도로에 대한 사진 등 현장현황, 재해위치, 장비확보 및 이동현황을 실시간 정보취득을 통해 등록하고 이를 PDA, WEB, VMS 등 유무선 통신을 통해 제공함으로써 교통의 지체 및 정체로 인한 2차적인 피해를 최소화시킬 수 있다고 판단된다.

2. 관련 지능형교통체계(ITS)에 대한 이해

지능형교통체계(ITS)의 요소기술은 크게 3가지로 구분되며, 이는 자료수집 및 DB구축기술, 정보생성(분석)기술, 생성정보의 제공 및 활용기술이다.

표 1. ITS의 요소기술 및 주요내용

도시 재난 유형	주요내용	설비
자료수집 및 DB 구축기술	<ul style="list-style-type: none"> · 자동위치파악 · 실시간 영상정보 제공 (휴대폰 활용) 	휴대폰, GPS 수신기, PDA
정보생성기술	<ul style="list-style-type: none"> · 우회노선 선정기법 개발 · 실시간 정보취득기법 선택 및 적용 · 상습재난지역 예측기법 개발 · 긴급대응기법 개발 · 재난지역 교통정보제공기법 개발 · 재난지역 대피기법 개발 	GIS Tools
정보제공 및 활용기술	<ul style="list-style-type: none"> · 실시간 영상정보 제공 (휴대폰활용) · 우회노선 정보제공 	Web, PDA, 휴대폰, VMS, TV, Radio

자료수집 및 DB 기술은 기존의 검지기를 사용하지 않고 휴대폰과 PDA를 사용한다는 점에서 새로운 시각이며 정보생성기술은 아직까지 교통 분야에서는 시도해보지 못했던 새로운 알고리즘이다. 정보제공기술의 수준은 Web 제작기술, TV, VMS 제공기술은 상용화 되어있고, PDA, 휴대폰 등에 제공하는 기술은 아직 미약하다고 볼 수 있다.

3. 국외 재난대응 교통관리체계 구축 현황

미국은 교통부가 중심이 되어 연방재난관리청(FEMA), 연방도로국(FHA), 등의 기관이 참여하는 재난대피 교통정보체계(ETIS)를 구축하여 여러 주에서 시행 중에 있고 특히 연방재난관리청(FEMA)에서는 자연재해나 재해 등의 긴급사태에 일원적으로 통신시스템을 운용하여 방재 관계 기관과 국민에게 제공하고 있고 미국의 방재 조직은 연방, 10개 지역, 50개 주의 3개 레벨로 구성되어 구축하고 있다.

또한 911 테러 이후 국토안보국(Department of Homeland Security)에서 다양한 연구프로젝트를 발주하여 테러발생 시 첨단교통체계를 활용한 최적의 재난대응 교통시스템을 심도있게 개발하고 있고 New Mexico 주 Los Alamos의 정부연구소에서 재난발생시 대피를 위한 교통처리 방안 연구,

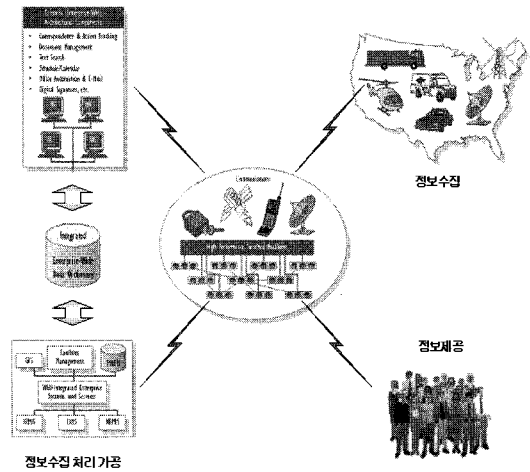


그림 1. FEMA의 정보수집 및 전달체계

Louisiana 주 New Orleans시를 위한 재난대피시 고속도로 차량처리 방안 연구, Illinois 주 Chicago에서는 재난대피 차량흐름을 최적화하기 위한 전체적인 도로망 재설계 방안 연구 등 여러 주에서 해당주의 특성에 맞는 첨단교통체계를 활용한 재난대응시스템을 연구 또는 실제 구축하고 있는 단계이다.

일본의 재난관리는 재해대책기본법에 규정되어 있고, 재해 형태별로 각 개별법으로 규정하여 추진하고 있다. 특히 교통부문에 대한 재난 및 재해 대응계획이나 체계는 국토교통성에서 규정하고 있는 피해사가지복흥특별법, 대규모지진대책특별조치법 등 각 부처가 관리하는 개별법으로 분산되어 있어 신속 또는 정

확한 추진이 어렵게 되어있다. 그리고 유럽의 프랑스는 재난발생 시 간단한 조치할 수 있는 소규모 재난은 자치단체의 장이 수습하고 더 큰 규모의 재난이 발생할 시에는 관선지사가 수습책임 을 지고 총 지휘·감독을 하며 민선지사는 재정을 담당하나 재정부담이 많을 시에는 내무부에서 재정지원을 한다.

4. 국내 재난 관련 분야 동향

국내에서는 심각한 교통체증으로 인해 재난발생시 응급대처 지연이 자주 발생하여, 혼잡을 다루는 인명구조에 있어서 교통체리의 중요성에 대한 공감대가 형성되어 있으나 이에 대응할 수 있는 교통측면에서의 재난대응대책 및 관리체계가 없는 실정이다. 다만 ITS, GIS, LBS 등 IT기술을 활용하여 교통운영관리의 최적화 및 효율화를 꾀하고 있고 이러한 점은 재난 시 교통관리체계를 구축하는데 가장 큰 장점으로 작용할 것이다.

4.1. 자료수집 및 DB 구축부문

기상청에서는 기상위성, 기상레이더 등을 활용한 기상정보를 예측하여 침수지역과 기간도로망의 침수범위를 파악하여 분석 및 예측자료로 활용하고 있다.

4.2. 정보생성 기술부문

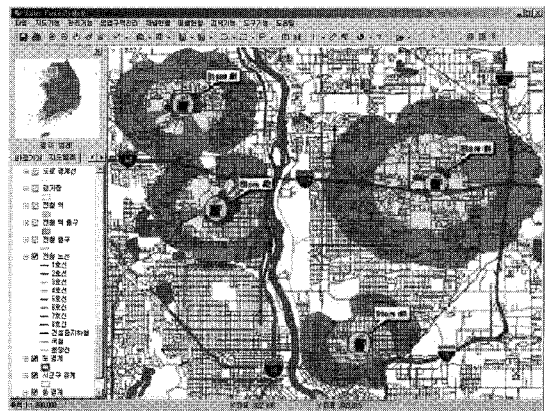


그림 2. 특정 거점의 영향권 분석

표 2. 기상청의 기상정보수집 기술 및 적용사례

구분	관련기술	적용 방법 및 사례
홍수 등 기상 정보 수집	· AWS(Automatic Weather Station)를 사용한 정보수집	· 전화선을 이용한 강수량, 풍향, 풍속 등 기상현상을 신속전달
	· 기상위성을 사용한 정보의 수집	· 구름의 움직임감시, 태풍 위치파악 등
	· 레이더를 사용한 정보의 수집	· 강수와 관련된 기상현상의 관측·레이더, 우량계 등
	· GPS 활용한 강우량 정보수집	· GPS 신호를 분석하여 대기권과 이온층의 변화감시를 통한 강우량 예측
	· GPS 활용한 침수 내 기간도로망의 실시간 파악	· GPS측량을 통한 침수 내 기간도로망의 정확한 위치 파악

표 3. 정보생성 기술 및 적용사례

구분	관련기술	적용 방법 및 사례
침수지역 분석	영향권 분석	· GIS 영향권 분석기법을 접목한 침수지역내 지형, 배수조직, 유역경계추출 등을 통해 침수면적과 예상침수지역의 기간도로망의 침수상황 재현
	3차원 공간분석	· 3차원 공간분석을 활용하여 지형, 지물을 3차원으로 구현하고 시뮬레이션을 통하여 홍수지역 예측
최적우회 노선분석	네트워크 분석	· 네트워크 분석을 통하여 특정 두 지점간의 최적 경로 또는 최단경로 등을 분석

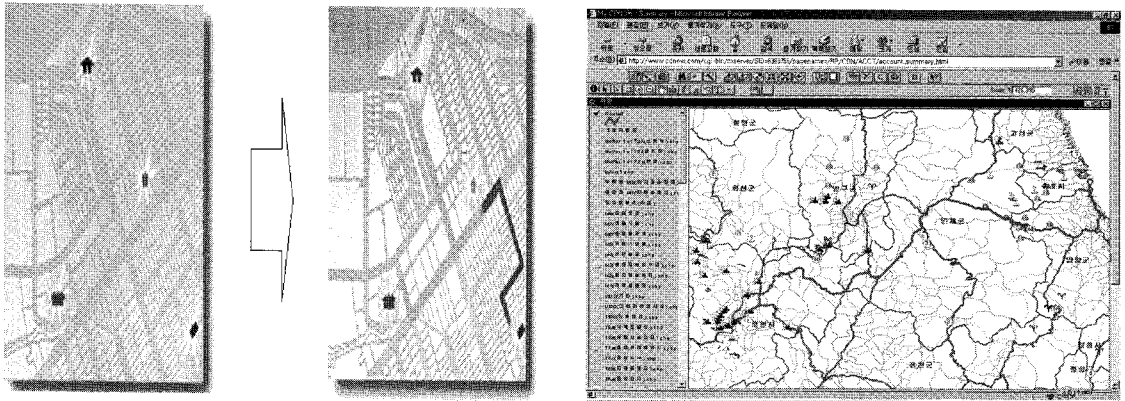


그림 3. 네트워크 분석 사례

4.3. 생성정보 제공 및 활용기술 부문

Web-GIS는 기존의 C/S 기반의 시스템을 Web 환경으로 구축하는 것으로 기능적인 측면에서 보면 기존의 C/S 기반의 시스템과 큰 차이는 없다. 위치기반서비스 LBS는 향후 많은 가능성을 지닌 무선통신/무선인터넷분야로서, MLS(Mobile Location Service), ALS(Advanced Location Service),

WLS(Wireless Location Service), CPS(Cellular Positioning Service), MPS(Mobile Positioning Service), LOD(Location-On-Demand), Personal Location Telematics 등 다양한 용어로 불리우고 있고 Mobile로의 전환이 매우 빠른 속도로 이루어지고 있으며 많은 시장이 형성되고 있다.

현재 재난대응시스템을 구축하기 위한 기반기술은 전 세계적으로 볼 때 우리나라가 결코 뒤떨어지지

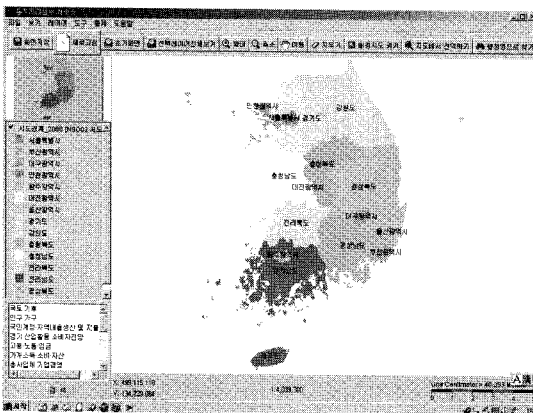


그림 4. Web-GIS 통계지리정보시스템

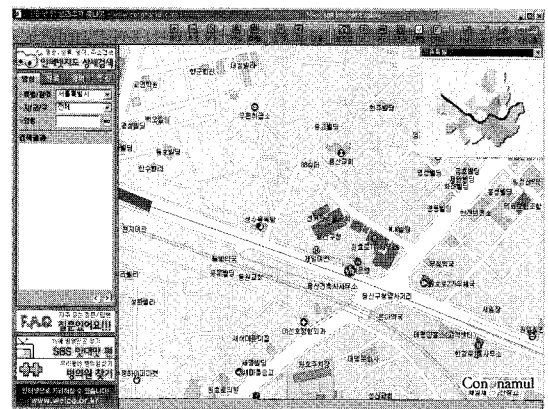


그림 5. Web-GIS 전자지도 서비스

표 4. 생성정보 제공기술 및 활용사례

구분	관련기술	적용 방법 및 사례
수해복구진행상황정보제공	Web-GIS LBS	· 담당기관별 유선 활용(off-line)
수해복구관련 의사결정지원	Web-GIS	· 수해대책 대책반 운영

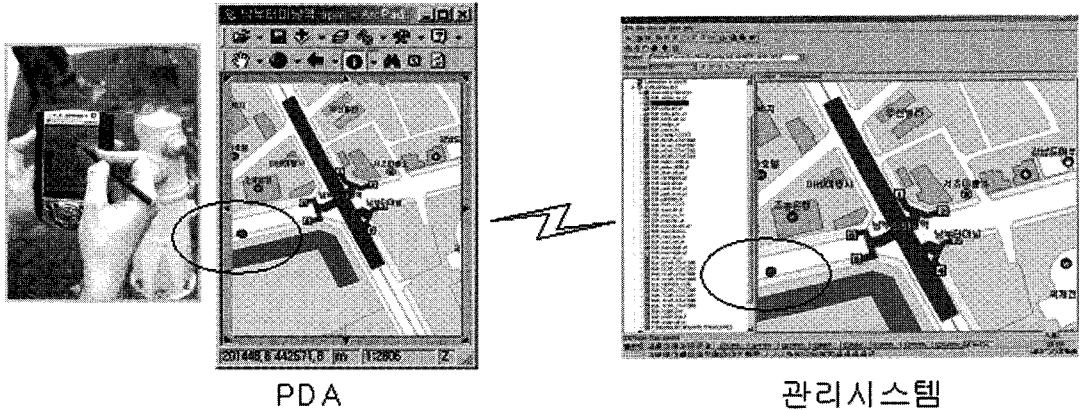


그림 6. PDA를 활용한 시설물 관리시스템

않으며 오히려 앞서 나아가고 있는 상황이며 특히, 일반 시민들의 인지도, 인프라 측면에서 볼 때 이러한 상황은 상당 기간 지속될 것으로 판단되어 진다. 즉, 현재의 선진 외국과 우리나라를 비교하여 볼 때 기술적으로는 오히려 우리나라가 앞서가고 있는 상황이나 핵심기술과 데이터 측면에서 보면 아직 선진 외국에 비해 부족한 것이 사실이다.

내 사람들을 안전지역 및 응급처리시설로 신속하게 대피시키기 위한 교통처리대책에 첨단교통시스템(ITS, GIS, LBS 등)을 적극 활용할 수 있는 방안이 강구되어야 한다. 이러한 재난대응 첨단교통관리체계는 먼저 재난 시 교통관리에 대한 방법을 설정하고 이에 따른 각종 데이터베이스를 구축한 다음, DB를 효과적으로 관리할 수 있는 전산모형 개발 및 시스템 구축과 유지보수와 교육훈련을 있어야만 한다.

5. 재난대응 첨단교통관리체계 구축방안

5.1. 1단계 : 재난대응 교통관리체계 구축의 방법 설정

재난발생시 첨단교통관리체계에 대한 방안은 투입되는 각종 응급차량 및 구조요원들이 재난현장에 신속하게 접근할 수 있도록 함과 동시에 재난발생지역

현재 국내 관련법규에 따른 재난대응체계를 조사, 검토 및 분석하여 문제점을 도출하고 개선방향을 설

표 5. 교통관리체계 방법론 설정의 내용 및 범위

단계	구분	주요 내용 및 범위
방법설정	재난 시 교통관리시스템 국내외 사례 검토	· 기술 현황분석을 통해 우리나라 실정에 맞게 벤치마킹 · 위치자동파악 기법에 기반한 재해피해 도로 위치를 자동적으로 파악하는 기법 분석 · 재난 현황 관리기법 고찰 · 재난 시 교통정보제공 및 대응기법 분석
	교통운영 및 관리기관별 재난 및 재해 관련 업무분석	· 건교부, 한국도로공사, 지자체 등 고속도로와 국도 나아가 지방도까지 관리기관별 재해대응 업무 분석
	재난 시 교통관리시스템 기능 정립	· 재난지역 위치를 자동으로 파악하는 기능 분석 · 상습재난지역 이력데이터 등 향후 응급대피를 위한 각종계획을 수립하는 분석기능 고찰

정하고 주요 선진국의 재난대응체계 현황 및 발전 방향을 조사하여 국내에의 적용가능성을 파악 및 적용 가능한 최첨단 분석기법과 이론모형을 활용하여 재난 관리계획의 세부시행방안을 도출해야만 한다.

- 1) 재난 시 교통관리시스템의 국내의 사례 검토
- 2) 교통운영 및 관리기관별 재난 및 재해 관련 업무분석
- 3) 재난 시 교통관리시스템의 기능 정립

5.2. 2단계 : 교통관리체계를 위한 데이터베이스 구축

재난대응 교통관리체계 구축은 GIS를 기반으로 하는 교통지도와 교통관련 각종 DB가 필수적인바, 한국교통연구원에서 구축한 국가교통DB사업의 교통주제도와 DB를 최대한 활용하며 추가적으로 필요한 데이터는 지속적인 보완을 하고, 또한 지자체, 국책연구기관 등에서 실시간으로 구축하는 실시간 교통량자료 등을 최대한 활용하도록 하고 재난발생 시 교통관리체계의 DB에서는 다음과 같은 항목에 관한 것은 필수적으로 포함해야만 할 것이다.

- 1) 목표시설물의 규모, 용도 및 기능(설계도면, 확장보수계획 등)
- 2) 상주 및 유동인구 현황
- 3) 전철역, 주차장, Curbside 등의 접근 교통시설 현황
- 4) 목표시설물 주변의 응급 구조 및 대피 시설(소방서, 병원, 경찰서, 학교, 교회 등) 현황
- 5) 목표시설물에 투입가능한 반경 내의 응급차량

- 및 구조자원(소방차, 구급차, 구조대원 등) 현황
- 6) 응급 구조 및 대피 시설이 위치한 지역을 포함하는 교통 Network
 - 7) 교통 Network내의 교통량자료 및 교통시설물 현황

5.3. 3단계 : 재난대응 첨단교통관리체계의 전산모형 개발

DB를 효과적으로 관리하고 전산모형에서 사용되는 자료를 손쉽게 추출하기위한 통합 DB 프로그램을 개발하고 계획수립대상 시설 주변의 교통흐름에 대한 세밀한 시간적·공간적 분석을 수행하여 시간대별, 요일별, 월별 교통특성을 최신 통계기법 통해 분석한 후 DB로 구축(Offline 자료)하며 재난발생시 검지기, 폐쇄회로 등을 통해 실시간으로 수집되는 교통흐름자료를 분석하는 전산모형을 개발하여 실시간 교통특성자료 구축(Online 자료)하며 재난의 종류 및 규모 등에 따른 다양한 재난발생 시나리오를 구체적으로 재현할 수 있는 미시적 동적시뮬레이션 모형을 개발하여 재난발생 시 교통관리의 최적화를 이루어야만 한다.

- 1) 응급구조 및 대피차량들의 최적 이동경로를 계산하기위한 동적경로모형(Dynamic Routing) : Offline과 Online 자료를 동시에 이용하는 Hybrid 교통제어 모형을 응급대피 및 구조차량의 기종점과 발생상황(시간, 위치)에 따라 최적경로 계산
- 2) 교통정보를 이용한 운전자 경로제어와 실시간

표 6. 교통관리체계 DB구축의 내용 및 범위

단계	구분	주요 내용 및 범위
DB 구축	· IT기반 재난대응 교통관리시스템의 기간도로 재해 현황 조사, 입력모듈 개발	· 기존 기간도로의 재난 현황을 조사하는 기법과 조사된 자료를 DB 형태로 자동입력기법 개발
	· IT기반 재난대응 교통관리시스템의 기간도로 재해 현황 조사, 입력모듈 개발 · 재난 관리 및 운영을 위한 고속도로, 국도의 공간 DB 구축	· 재난관리 및 긴급대응을 위해 도로망의 네트워크 위상(Topology)을 정립 · 위치기반서비스(LBS)를 위한 각종 주요시설물(POI: Point of Interest)을 포함한 DB 구축

표 7. 교통관리체계 전산모형의 내용 및 범위

단계	구분	주요 내용 및 범위
전산모형 개발	재난대응 교통관리시스템 전산모형 개발	<ul style="list-style-type: none"> · 재난 시 교통운영관리시스템의 핵심 모듈을 컴포넌트 형태로 개발함. 대표적인 모듈은 다음과 같음. <ul style="list-style-type: none"> · 우회노선 선정기법 개발 · 실시간 교통정보취득기법 선택 적용 · 상습재난지역 예측기법 개발 · 긴급대응 기법 개발 · 재난지역 교통정보제공기법 개발 · 재난지역 대피기법 개발 · 재난지역 회피 교통처리기법 개발 · 최적 이동경로 동적경로모형 개발 등

신호제어를 통한 교통통제 모형 : 교통정보제공, 교통경찰 활용 및 교통신호제어를 통한 응급 구조 및 대피 차량들의 배치소요시간과 이동 거리를 최소화 할 수 있는 교통통제방안 도출

3) 시스템 오류와 Data 에러에 대한 Fault-tolerance 모형 개발 등

5.4. 4단계 : 관련 교통관리시스템 구축 및 운영

1~3단계에서 제시되고 개발된 각종 기법, 모형 및 모듈을 기반으로 대국민 서비스를 위한 “재난대응 첨단교통관리시스템”을 구축하고 운영해야만 한다.

- 1) 응급구조 및 대피 시설과 재난관리센터를 연결하는 통신 및 DB 연계시스템
- 2) 재난현장 주변 및 재난처리차량의 이동경로 상의 교통상황을 실시간으로 파악할 수 있는 교통감지시스템
- 3) 첨단교통체계에서 제공하는 교통제어기능을 이용하여 응급구조차량에 통행우선권(Vehicle Priority)과 교통신호점유(Signal Preemp-

tion) 시스템

4) 인명구조 및 대피 상황의 실시간 Monitoring 시스템

5) 재난대처과정 기록 시스템

일반 이용자에게 WEB, PDA, PCS 등으로 각종 재난 현황정보를 제공하고 휴대폰, PDA 등을 활용하여 영상과 음성으로 제공하여 재난지역에 차량이 진입하거나 재난지역에서부터 대피 시 시간과 노력을 최소화할 수 있을 것이다.

5.5. 5단계 : 유지보수 및 교육훈련

마지막으로 우리나라는 시스템의 구축에만 모든 노력을 집중하고 있으나 유지관리는 상당히 소홀하고 있는 실정이다. 이러한 시스템을 국민의 피해를 최소화하고 최대의 수해를 주려는 노력은 유지보수를 철저히 해야만 구축된 시스템의 올바른 기능을 발휘할 수 있을 것이다. 또한 주목표시설물 주변지역의 환경이 변화함에 따라 지속적으로 관련 DB를 갱신해야만 하고 추가로 예상되는 재난형태에 따른 시뮬레이션 분석을 지속적으로 수행하며, 관련 부서의 직원들을

표 8. 교통관리시스템 구축 및 운영의 내용 및 범위

단계	구분	주요 내용 및 범위
시스템 구축 및 운영	· 재난대응 교통운영관리시스템 개발	· 재난 피해지역의 이력을 관리하여 재난 시 예측가능한 교통운영관리를 미리 설정하는 시스템 개발
	· 재난대응 서비스를 위한 재난 대응 교통관리시스템 운영	· 재난에 따른 각종 정보를 Web, PDA, PCS을 통해 제공하는 사용자서비스 실시 · 일반사용자들에게 우회도로 교통정보제공 등의 서비스 실시



ESRI의 ArcLBS 제품은 OpenLS 표준을 기반

A. 원하는 목적지를 입력하는 것으로 시작

B. 가입자는 현재 위치에서 시작하여 도중에 중간 기착을 추가하기를 희망

C. 이제 루트 결정

D. 루트 개요를 가입자에게 제시

E. 상세 방향 안내 가입자에게 제시

F. 가입자, 제시된 루트의 지도 개요 보기를 희망

G. 가입자, 현재 이동중이며 이동 경로 보기를 원함

그림 7. PDA를 이용한 교통정보제공 사례

대상으로 재난관리계획과 전산시스템 사용에 대한 교육을 주기적으로 실시해야만 한다.

5. 결론 및 시사점

최근, 정부는 e-Gov와 m-Gov 개념을 포괄할 수 있는 유비쿼터스 전자정부(u-Gov)를 적극적으로 추진하고 있다. 하지만 다가올 유비쿼터스 환경에 맞는 재난 시에 발생될 교통부문의 여러 가지 미칠 영향 및 대응에 관한 대책은 전무한 실정이다. 또한 ITS, LBS, BIS 등 IT를 이용한 각종 첨단교통시스템을 구축하려고 노력하고 있지만 이러한 노력은 주로 교통체계의 효율성에 초점이 맞춰 있다고 볼 수 있다.

재난대응 첨단교통관리시스템의 궁극적인 목적은 첨단교통기술의 적극적인 활용으로 재난 및 대형사고

로 인한 피해를 최소화하고 효과적인 대응 미속으로 인해 야기될 수 있는 2차 대형사고의 발생가능성을 줄임으로써 인명 피해뿐만 아니라 경제적·산업적 측면에서의 사회적 비용을 극소화할 수 있다. 또한 정확하고 효율적인 첨단교통기술을 활용한 재난 방재시스템은 국가차원의 신속한 재해복구를 가능하게 함으로써 안전 증진을 위한 국가정책 및 시스템의 대국민 신뢰도를 향상시키며 향후 국가 재난방재를 위한 계획 및 정책 수립 시 기본자료로 사용될 수 있고 이미 구축된 개별 첨단교통시설(ITS, LBS 등) 서비스 및 시스템과 더불어 요소기술을 효율적 통합, 체계화하여 기존 인프라의 활용을 극대화함으로써 경제성을 증진시킬 수 있다. 국민 삶의 질 향상이라는 재난대응 첨단교통관리시스템 구축을 위한 노력은 향후 국가교통시스템의 고도화를 위해 필수적이라 볼 수 있다.