

위험물 운송을 위한 조기경보시스템 성능평가

Performance Evaluation of Advance Warning System for Transporting Hazardous Materials

오 세 창*
(Sei-Chang Oh)

조 용 성**
(Yong-Sung Cho)

요 약

국가응급대응정보시스템(NERIS)개발의 일부인 수송안전정보부분은 최적수송경로제공시스템과 수송사고 조기경보시스템으로 구분된다. 본 연구는 조기경보시스템을 구축하기 위한 것으로 유해화학물질을 수송하는 차량에 대하여 수송시 차량의 위치 및 위험물의 상태를 실시간으로 모니터링 함으로써 수송시 발생할 수 있는 유고에 따른 피해(화재, 폭발, 가스 유출 등)를 사전에 방지하거나 조기 감지하는 것을 목적으로 한다.

본 연구는 GPS와 CDMA, GIS 기술을 통해 위험물 차량의 통행이 허용되어 있는 노선을 택하고 있는지 모니터링 할 뿐만 아니라 위험물 차량의 사고발생시점과 위치를 신속히 파악하여 긴급 대응할 수 있는 시스템을 개발하고 수행능력을 평가하여 실제 적용 가능성을 확인하고자 수행되었다. 평가결과, 각 실험구간에서의 통신 정확도는 고속도로 구간 99%, 일반국도 구간 96%, 고지대 구간 97%, 일반지대 구간 99%, 지방부 구간 96%, 도심부 구간 99%, 터널구간 98%로 나타나 개발된 시스템은 현실에 적용해도 문제가 없을 만큼 높은 통신성공률을 기록하였다. 다만, 단점으로 나타난 것은 무선 통신망을 이용하는 PDA를 차량용 단말기로 채택하여 개발함에 따라 전용 안테나가 적은 지방부나 통신 음영지역에서는 차량용 단말기와 운영서버와의 통신에 문제가 나타난다는 한계가 있다.

따라서, 향후 본 시스템의 상용화를 위해서는 지방부나 터널 등 통신음영지역에 단점으로 나타난 무선 통신의 한계를 극복 할 수 있도록 CDMA, DSRC, 무선데이터 등 다양한 통신기술의 복합적 활용 방안과 위험물 운송차량의 모니터링 목적에 맞는 전용 단말기 개발이 필요할 것이다. 또한, 현재 특별한 유해물질 관리체계 및 규약이 존재하지 않은 우리나라에서는 본 시스템을 통해 위험물 수송을 위한 지침으로의 활용방안에 관한 연구가 필요하다. 아울러, 개발된 시스템을 이용하여 위험물 차량관리 이외에도 특정 폐기물의 무단 방지 및 폐기 등의 불법적인 행위에 대한 자동단속이 가능하도록 서비스 분야의 전략적 확대 등 정책적 측면에서의 연구도 병행되어야 할 것으로 판단된다.

Abstract

Truck Shipment Safety Information, which is a part of the development of NERIS is divided into Optimal Route Guidance System and Emergency Response System. This research is for establishing an advance warning system, which aims for preventing damages(fire, explosion, gas-escape etc.) and detecting incidents that are able to happen during transporting hazardous materials in advance through monitoring the position of moving vehicles and the state of hazardous materials in real-time. This research is performed to confirm the practical possibility of application of the advance warning system that monitors whether the hazardous materials transport vehicles move the allowed routes, finds the time and the location of incidents of the vehicles promptly and develops the emergency system that is able to respond to the incidents as well by using the technologies of GPS, CDMA and GIS with testing the ability of performance. As the results of the test, communication accuracies are 99% in freeway, 96% in

* 주저자 : 아주대학교, 교수(회원)

** 공저자 : ITS Korea, 기술총괄팀장(회원)

† 논문접수일 : 2004년 12월 14일

arterial, 97% in hilly sections, 99% in normal sections, 96% in local sections, 99% in urban sections and 98% in tunnels. According to those results, the system has been recorded a high success rate of communication that enough to apply to the real site. However, the weak point appeared through the testing is that the system has a limitation of communication that is caused in the rural areas and certain areas where are fewer antennas that make communication possible between on-board unit and management server. Consequently, for the practical use of this system, it is essential to develop the exclusive on-board unit for the vehicles and find the method that supplements the receiving limitation of the GPS coordinates inside tunnels. Additionally, this system can be used to regulate illegal acts automatically such as illegal negligence of hazardous materials. And the system can be applied to the study about an application scheme as a guideline for transporting hazardous materials because there is no certain management system and act of toxic substances in Korea.

Key Words : NERIS, Optimal route, Position detecting technique, Monitoring system, System evaluation

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

산업의 발달 및 도시화의 증가로 인해 유해화학 물질을 포함한 화물수송량은 점차 증가하는데 반해, 국내 위험물수송규제는 1973년 기준 소방법 시행령 제84조 4항 이후 규제완화차원에서 1995년 12월 운반경로 등에 관한 서면의 송부에 관한 사항이 전면 삭제되면서 위험물 제조소 설치허가증이 곧바로 운행허가증과 같은 효력을 갖게 됨에 따라 위험화학물 수송에 관한 특정한 규정이 없어 위험물적재차량도 일반화물차량과 동일하게 운행하고 있는 실정이다[1].

선진국에서는 일찍부터 체계적인 유해화학물질 수송관리를 해오고 있다. 미국의 경우에는 독립된 위험물안전운반법이 있고 위험물차량에 대한 운행노선규제가 실시되고 있으며, 유럽의 경우에는 '위험물 도로수송에 관한 협정(ADR)'을 기초로 각국이 위험물의 도로수송에 관한 법률을 제정하여 시행 중에 있다[2].

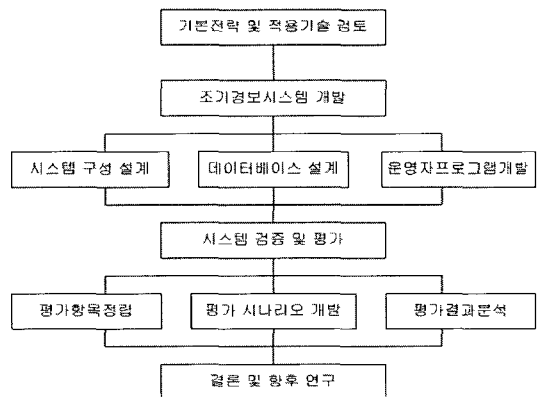
따라서, 위험물 차량에 대한 직접적인 규제가 없는 국내 상황에서는 위험물의 수송관리를 위해서 첨단기술의 적용 및 체계적인 관리체계를 구축하여 수송안전도를 향상시키고, 유해화학물질을 수송하는 차량들의 위치와 상태를 파악함으로써 사고 시 대응능력을 향상시키는 시스템이 절실히 요구되고 있다.

본 연구는 위험물 운송 차량에 대하여 차량의 위치 및 위험물의 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템을 개발하고 그 시스템의 성능을 평가

분석함으로써 향후 위험물 운송시 발생할 수 있는 유고(화재, 폭발, 가스유출 등)에 대한 사전 방지 및 조기 감지 여부에 대한 실제 적용 가능성을 확인하고 시스템을 보완검증하는데 목적이 있다.

2. 연구수행방법

본 연구는 유해화학물질사고 국가 비상대응 정보 시스템(NERIS) 개발의 일부로써 위험물 수송의 안전성과 효율성을 재고하기 위해 2001년 7월부터 1차년도 연구를 시작하여 국내외 위험물 수송사례 조사, 관련 계획 및 기술검토, 시스템의 요건분석 및 개념 정립을 실시하였고, 2002년 6월부터 시작된 2차년도 연구에서는 수송관리 전략수립, 시스템 아키텍처 개발, 데이터베이스 설계 등을 실시하였으며, 3차년도 마지막 단계에서는 위험물 수송차량 관리 시스템을 실제로 구축하고, 개발된 시스템을 평가하여 적용 가능성을 확인하는 과정으로 진행되었다[3].



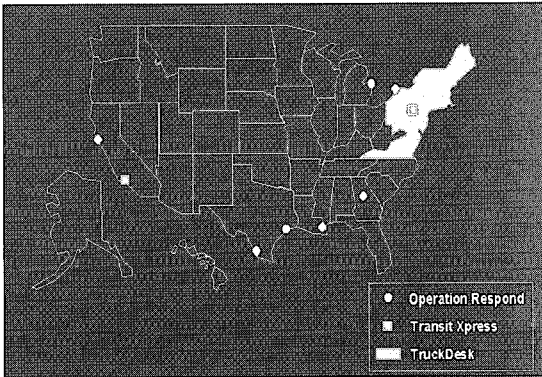
II. 시스템 기본전략 및 기술 적용

1. 기존 연구 및 적용사례 [4]

유해화학물질을 비롯한 위험물의 안전한 수송을 위한 기존의 연구사례를 간략하게 살펴보면 다음과 같다.

1) 미국

미국의 화물차량 운영 및 안전과 관련된 프로젝트는 크게 Tranzit Xpress, Operation Respond, Truckdesk로 구분되고 있고, 전반적으로 Operation Respond를 채택한 수가 가장 많다[5,6].

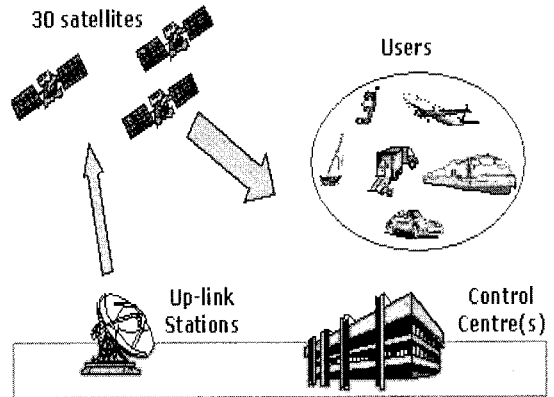


2) 캐나다

캐나다에서 적용된 위험물 수송차량과 관련된 사업으로는 TRANSCAER(Transportation Community Awareness Emergency Response)가 대표적이다. TRANSCAER는 발생 가능한 다양한 위험물 사고에 대한 대처방안을 체계적으로 정리하였다.

3) 유럽

유럽의 경우, GALILEO라는 시스템을 통해 위험물 수송 차량을 관리하고 있는데, GALILEO는 30개의 위성을 통해 각 차량의 실시간 위치를 파악함으로써 돌발 상황을 신속하게 감지하여 피해의 확산을 줄일 수 있는 장점이 있다.



2. 기본 전략 수립

본 시스템은 위험물 운송 차량이 운행할 경우, 운송하고자 하는 위험물에 대한 출발지와 목적지, 위험물의 종류, 상태 등의 정보를 관리자에게 전송하고 관리자로부터 개발된 알고리즘에 따라 해당 차량의 최적경로를 제공받은 후 이동하기 시작하여 목적지에 도달할 때까지를 모니터링하는 일련의 과정을 전산화하기 위한 것으로 기본 전략을 크게 실시간 모니터링 부분, 돌발상황 관리부분, 관리기관 정보제공 부분으로 구분하여 제시하였다[7].

1) 실시간 모니터링 전략

최적경로정보를 제공받은 운전자는 제공된 경로를 통해 위험물을 수송하며, GPS를 통해 일정간격(1-5분)으로 전달되는 위치정보(X,Y좌표)와 운행상태정보(차량상태, 운행기록, 유해물질 상태)를 무선통신망을 통해 운영서버에 전송하고 운영서버는 운영자 프로그램을 통해 관리자에게 차량의 모니터링 정보를 제공하는 형태로 운영된다. 만약, 제공된 경로를 벗어나거나 GPS 시스템이 작동하지 않는 등의 변화가 있을 경우 이를 감지하여 경고음이나 시각적으로 운영자 프로그램을 통해 관리자에게 나타내도록 한다.

이러한 실시간 통신을 통해 운행상태를 관리자가 신속하게 파악하고 운전자에게 제공함으로써 운전자의 실수로 인한 경로이탈을 바로잡을 수 있

고, 부가적으로 교통상황이나 기후조건 등의 큰 변화로 인해 경로의 변경이 불가피할 경우, 최적경로 제공 프로그램을 통해 대체경로를 결정하고 운전자에게 정보를 제공함으로써 좀더 효율적인 운행 관리가 이루어지도록 한다.

2) 돌발상황 관리 전략

위험물을 수송하는 차량의 수송과정상에 발생하는 돌발상황을 조기에 발견하여 2차 피해를 최소화하고 사후관리하기 위한 것으로 차량의 OBU로부터 일정시간(2분~5분)동안 차량정보에 대한 갱신이 없을 경우에 유고 여부를 운영자가 체크할 수 있도록 운전자와의 통신시스템을 구축하고, 운전자와의 통신이 불가능할 경우에는 사고로 판단하여 GPS로부터 수신한 위치정보와 수송관련정보를 관련기관 D/B에 등록된 기관에 자동으로 송신하여 신속한 대응 및 처리가 이루어지도록 한다.

돌발상황의 발생에 대한 자동감지는 블랙박스 등의 자동차 사고기록장치 또는 유해물질 상태파악 검지센서 등의 개발이 선행되어 하기 때문에 아직은 OBU의 통신주기를 가지고 판단하거나 운전자와의 통신을 이용하는 방법을 사용하지만, 향후 관련기술의 발전추세에 따라 자동감지로 추진할 것이다[8].

3) 관련기관 정보제공 전략

관련기관정보제공전략은 돌발상황이 발생하였을 때 이에 대한 정보를 가능한 빨리 가장 적절한(위치, 기능 등을 고려) 관련기관에 제공하여 2차 피해를 최소화 할 수 있는 원활한 사후처리(유해물질처리, 주민대피, 교통통제 등)가 이루어지도록 하기 위한 것이다.

위험물 운송관리센터에서 돌발상황이 확인되었을 때, 운송중인 위험물, 차량의 종류 및 크기, 돌발상황에 대한 정보를 수집하고 적절한 처리방법을 마련하여 경찰서, 소방서, 응급처리기관(병원, 위험물 취급소 등), 기타 교통관리센터 등의 관련 기관 중에 운영서버의 GIS DB에서 가장 가까우며

처리에 필요한 인력을 보유하고 있는 기관을 선택하여 자동 또는 운영자가 수동으로 정보를 제공하고 처리여부를 확인하는 역할을 수행한다.

3. 위치검지 및 통신기술 적용

위험물 운송차량의 모니터링을 시범운영하기 위해서는 GPS를 이용한 실시간 위치추적기술과 추적된 정보의 센터 송신기술이 기본적으로 확보되어야 가능하기 때문에 이러한 기술에 대한 조사 및 다양한 비교 검토를 통해 적절한 기술을 선정하는 절차가 필요하다.

이러한 기술들은 현재 지능형 교통 체계(ITS : Intelligent Transport Systems) 사업에서 실시간으로 Probe 차량기법으로 교통정보를 수집하기 위해 사용되고 있으며, 최근에는 특정차량(VIP, 행사차량 등)에 GPS를 이용한 경로안내 및 위치파악을 위해 사용되고 있다.

1) GPS 방식

위성을 이용하기 때문에 24시간 전세계 언제 어디서나 측위가 가능하며, AVL(Automatic Vehicle Location)은 응급서비스차량, 렌터카, 상업용 차량, 택시, 대중교통 등 다양하게 적용되고 있다.

2) 비콘 방식

교차로나 정류장에 설치된 노드비콘과 Probe 차량내의 무선송신기간의 적외선/마이크로파를 이용하여 차량위치를 파악하는 방식으로 주요지점에 무선 신호 발신장치를 설치하고, 인근에서 이 신호를 수신하여 해당지점을 인식하는 방식으로 무선 신호로는 전파(RF신호), 적외선 등 다양한 방식이 사용될 수 있다.

3) DSRC 방식

차량과 노변기지국간의 통신을 위해서 제안되고 있는 기술이 근거리 전용 고속패킷 통신시스템(DSRC : Dedicated Short Range Communication)이다.

4) Cellular Phone 방식

Cellular Phone을 이용한 자료수집 기술은 cellular phone reporting과 Cellular phone geo-location 등 2가지가 있으며, 차량위치 뿐만 아니라 음성통신이 가능하여 돌발상황 발생시 대처가 용이하나, 개인적인 프라이버시 침해 우려, 통신불능지역인 경우 자료수집 불가, 차량내 설치비용의 고가 등의 단점이 있다.

- Cellular phone reporting은 운전자가 전화를 센터로 걸면 센터 컴퓨터는 운전자의 신원, 위치, 시간을 기록하여 통행속도를 판단하는 기법
- Cellular phone geo-location은 통행시간과 도로 상황을 모니터링하기 위해 cellular phone 통화를 계속 추적하는 기법

Ⅲ. 조기경보 시스템 개발

1. 시스템 구성

조기경보시스템은 NERIS와 연계하여 유해화학물질과 차량의 체계적인 관리를 목적으로 관리센터에서 실시간으로 차량위치를 추적하고 사고 발생시 피해를 최소화하기 위한 관리시스템이다.



<그림 1> 조기경보시스템 구성도

<Fig. 1> Advanced Warning System Composition Diagram

1) 하드웨어 구성과 기능

전체 시스템 구성도에서 보듯이, 하드웨어는 크게 운영서버와 차량용 단말기로 구성되어 있다. 운영서버는 차량용 단말기와 통신을 위한 통신서버 기능과 운영자 프로그램을 탑재하여 위험물 수송차량을 관리하는 기능을 수행하며, 차량용 단말기는 GPS 위성으로부터 위치좌표를 수신하여 운영서버로 송신하는 기능과 긴급전화 등 운전자의 조작에 의한 차량운행상태를 송신하는 기능을 수행한다.

하드웨어	기본사양
운영서버	-KX-7501A · 프로세서 : Intel Xeon TM Processor 3.0 GHz · 메모리 : 266MHz ECC Register DDR DIM · 하드disk : Adaptec AIC-7902W Dual Channel
차량용 단말기	-PDA-POZ0805-CYBERBANK · CPU : Intel XScale 200MHz · OS : MS Pocket PC 2002 · 화면 : 3.5" 반사형 TFT LCD, 해상도 240*320 · 무선통신 : CDMA2000 1x, 음성 및 적외선
GPS 키트	- POZ0850 GPS 핸드프리 - GPS Module (Receiver + Antenna)

2) 소프트웨어 구성과 기능

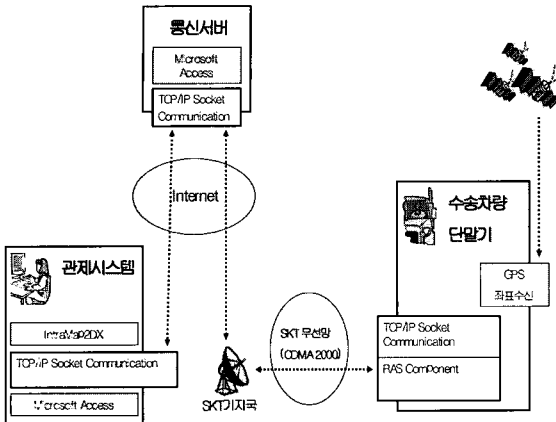
소프트웨어는 운영자 프로그램을 나타내는 것으로 위험물 수송차량에 대한 실시간 위치추적과 경로이탈 및 무단정차와 같은 돌발상황의 실시간 감지의 기능이 있으며, 사고 발생시 유관기관과의 신속한 연계를 위한 기능을 추가로 포함하고 있다.

운영자 프로그램은 국가교통DB의 NGIS level 4 GIS Map Data와 인터넷 기반의 지리정보시스템인 (주)한국공간정보통신에서 개발한 IntraMap 2D라는 운영 프로그램 개발도구를 사용하였다.

3) 통신 시스템 구성과 기능

통신시스템은 통신서버와 관제시스템과의 인터넷망을 이용한 유선통신부분과 수송차량단말기와 기지국/통신서버간의 CDMA망을 이용한 무선통신부분으로 구성된다.

통신시스템은 GPS로 수신한 위치좌표와 소요 메시지를 CDMA 2000 무선통신망을 이용하여 차량용 단말기로부터의 운영서버로 전송하는 기능을 수행한다.



<그림 2> 통신 시스템 구성도

<Fig. 2> Communication System Diagram

2. 데이터베이스 설계

NERIS의 구성은 각 구성요소들이 서로 독립적으로 구성되어 서로 간의 데이터는 공유하지만 개별적 특성에 맞는 방식으로 개발·운영되어진다. 따라서, 각각의 시스템별로 필요한 데이터를 수집·구축하되 관련 시스템에 구성되어 있는 데이터는 공유하여 활용할 수 있다.

본 조기경보 시스템은 유해물질 수송차량의 모니터링을 목적으로 하기 때문에 기본적으로 데이터베이스는 NERIS 시스템의 기초 DB와 위험물차량 최적경로 안내를 위한 GIS DB 등 관련 시스템의 DB를 적극 활용하도록 하며, 추가적으로 실시간 모니터링을 위해 필요한 DB는 본 시스템 내에 구축하도록 한다.

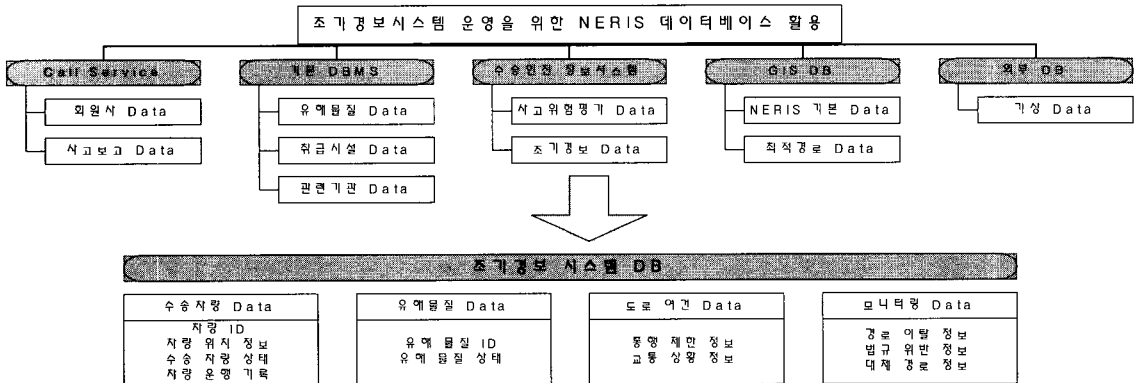
아래 그림에 보듯이 NERIS의 전체 DB 중에서 필요한 Data를 선정하여 관계형 DB의 형태로 구성하며, 모니터링 위해 필요한 차량위치정보, 상태정보, 교통상황정보 등은 실시간으로 수집하도록 한다.

3. 운영자 프로그램 개발

운영자 프로그램은 앞서도 언급하였듯이, WEB 기반의 초고속 GIS 시스템을 사용하여 위험물 수송차량의 실시간 위치추적과 돌발상황의 실시간 감지, 사고 발생시 유관기관과의 신속한 연계 등의 업무를 처리할 수 있도록 개발되었다.

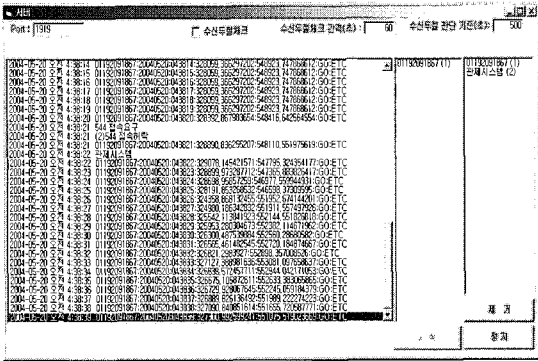
1) 실시간 모니터링

운영자서버에서 <그림 4>와 같이 통신서버를 실행시킨 후 <그림 5>의 조기경보시스템 로그인 화면에서 아이디와 패스워드를 입력하고 로그인 하면, <그림 6>과 같은 메인화면이 나타난다.

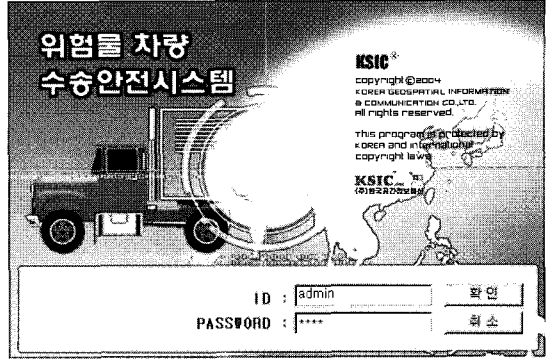


<그림 3> 조기경보 시스템 데이터베이스 구성도(9,10)

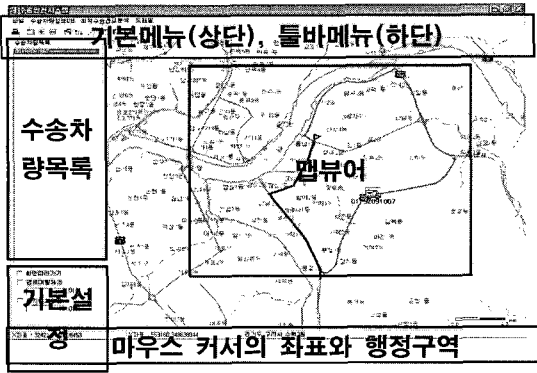
<Fig. 3> Framework of DB in Advanced Warning System



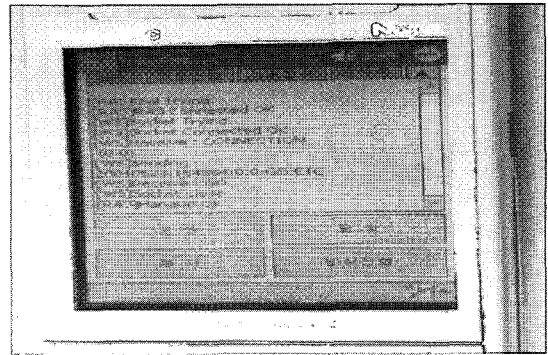
<그림 4> 통신서버 로그창
 <Fig. 4> Communication Server Log file Window



<그림 5> 로그인 화면
 <Fig. 5> Login Window



<그림 6> 운영자 프로그램 화면
 <Fig. 6> Display of Operating Program



<그림 7> 차량용 단말기 접속화면
 <Fig. 7> On-Board Unit Login Screen

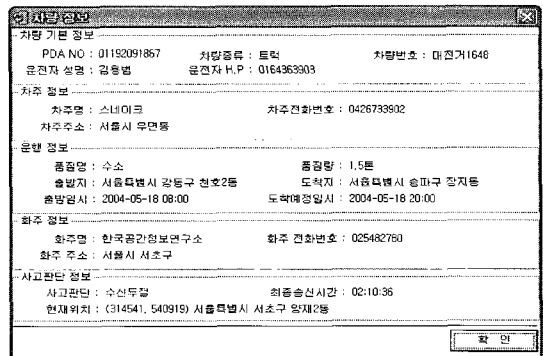
차량단말기는 전원을 켜고 '운행'버튼을 누르면 차량의 상태와 운행기록, 현재의 위치정보가 운영서버에 송신되며, 이후 최소 1분 단위(통신단위는 조절가능)로 수신된 위치정보와 운행기록, 차량상태를 운영서버로 송신한다.

운영서버는 차량단말기로부터 수신된 정보를 이용하여 실시간으로 차량을 모니터링하고 DB에 저장하여 관리한다. 운영자 프로그램은 수송차량목록을 이용하여 전체적으로 운행 중인 차량에 대한 모니터링뿐만 아니라 개별차량을 선택하여 <그림 8>과 같이 상세정보에 대한 관리도 가능하며, 사고판단, 현재위치 등과 같은 조건 검색을 통한 상세정보 확인도 가능하도록 되어 있다.

2) 돌발상황 관리

유해물질 수송차량의 수송과정상에 발생하는 돌

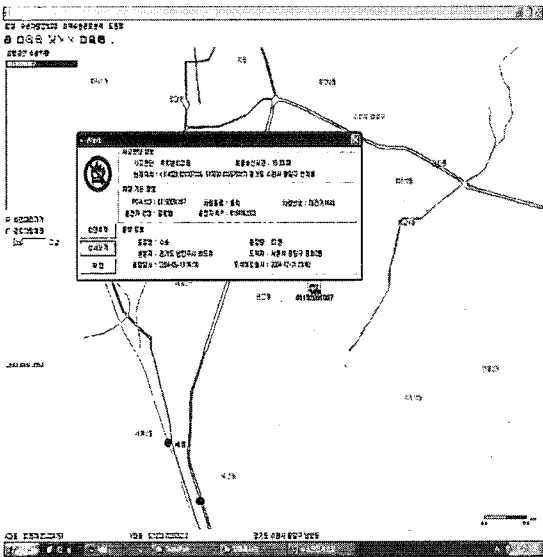
발상황을 조기에 발견하여 2차 피해를 최소화하기 위한 기능으로 크게 경로를 이탈하는 경우와 무단으로 정차하는 경우(사고 포함)로 나누어 볼 수 있다. 경로이탈은 모니터링에 의해 실시간으로 차량을 추



<그림 8> 차량정보
 <Fig. 8> Vehicle Record Window

적하다가 수송차량이 사전 예고 없이 주어진 경로에서 특정 범위(운영자 설정가능)이상 이탈한 경우로 해당 상황 발생시 경고음과 메시지를 운영자에게 제공한다.

무단정차는 일정주기로 정보를 수신하다가 특정주기(설정 가능)동안 차량정보가 수신되지 않거나, 위치의 변동이 이루어 지지 않을 경우와 돌발상황이 발생하여 운전자가 메시지를 송신한 경우로 해당 상황 발생시 경고음과 돌발상황 메시지가 화면에 표출된다.



<그림 9> 해당 차량의 위치변화가 없을 경우 운영화면 <Fig. 9> Warning Message of No Location Change

운영자 프로그램은 운영자가 기록하거나, 자체 알고리즘을 통해 마련된 처리방안을 관련기관정보 제공모드에 전송하고 모든 처리내용을 운영서버에 기록한다.

3) 관련기관정보제공

GIS DB에서 가장 가깝고 적절한 규모의 관련기관을 탐색해서 GIS Map을 이용하여 운영자가 판단할 수 있도록 화면에 표출하며, 운영자는 수집된 돌발상황 정보를 관련기관에 유선통신으로 제공한다.

IV. 시스템 성능평가

1. 평가항목 및 기준 설정

본 조기경보시스템에 대한 성능평가는 운영자 프로그램과 차량 단말기 사이의 통신 전반에 대한 성능 및 정확도를 평가함으로써 개발된 사항에 대한 실제 적용 가능성을 확인하고 평가 결과를 이용하여 시스템을 보완·검증하는데 그 목적이 있다.

따라서, 다양한 지형, 구간, 도로 종류 등의 운영환경에서 서버와 단말기간의 통신 정확도를 주요 평가 대상으로 하였다.

1) 평가 항목

- ① 운행정보 송신 프로그램의 각 기능별 통신 정확도
 - 차량용 단말기에 저장된 운행정보 송신 프로그램이 갖고 있는 다양한 운행상황 송신 메뉴에 따라 운영 서버에 표출되는 메시지를 확인
 - 도로의 종류별 실험 : 고속도로, 구간선도로, 집산도로 등에서의 통신 정확도
 - 도로의 고도별 실험 : 고지대와 일반지대에서의 통신 정확도
 - 도로의 위치별 실험 : 도시부와 지방부 도로에서의 통신정확도
 - 특정 구간 실험 : 터널, 교량, 종단/횡단 경사구간에서의 통신 정확도
- ② 전자지도 상 좌표 갱신 주기의 정확도
 - GPS 안테나로부터 수신된 좌표를 차량용 단말기에서 운영서버로 전송하는 시간과 운영자 프로그램의 전자지도 상에서 좌표 갱신 주기와와의 차이를 확인함
- ③ 돌발상황감지 정확도
 - 실험차량의 경로이탈이나 무단정차 등의 임의의 돌발상황을 발생시킨 후 이에 대한 경고 메시지의 적절한 표출여부를 확인함

2) 평가 방법

실험차량에 차량용 단말기와 GPS 안테나를 탑재하고 운전자와단말기 조작 및 통신내용 기록원이 탑승하여 실험 차량이 운행함에 따라 테스트 구간에서 PDA 단말기의 버튼을 운행→비상전화→정차→운행 순서로 GPS 좌표 송신주기와 동일한 30초 간격으로 누르고, 각 버튼을 누를 때마다 준비된 양식지에 통신시간, 통신좌표, 테스트 구간을 기록한다.

실험실의 운영서버에서는 각 버튼을 누를 때마다 실험차량의 PDA 단말기가 메시지를 송신한 시간과 운영 서버가 수신한 시간, 메시지를 송신한 좌표가 기록되는데, 이때 모니터링 요원은 실험차량의 PDA 단말기로부터 전송되는 각 메시지가 기록되는 로그파일을 저장하고 30초 주기로 갱신되는 차량의 위치를 전자지도로부터 확인하여 여러 사항을 체크하도록 한다.

3) 평가 기준

현재 국내에는 차량용 단말기와 운영서버 간의 무선 통신에 대한 평가기준이 마련되지 않기 때문에 본 실험에서는 국내에서 실시된 다른 평가사례를 검토하여 주관적으로 각 항목에 대해 실험조건에 적합한 통신 성공률 기준을 산정하였다.

<표 1> 실험항목별 통신 성공률

<Table 1> Communication Success for Each Item

실험 항목 (실험 구간)	통신 성공률
고속도로	95%
일반국도	95%
고지대	90%
일반지대	95%
지방부	95%
도시부	95%
터널구간	90%

$$\text{통신 성공률} = \frac{\text{성공횟수}}{\text{시험횟수}}$$

- ① 일반정보의 평가기준 : 성공률 95% 이상
- ② 돌발상황 정보의 평가기준 : 성공률 99% 이상

2. 1차 성능평가

1차 성능평가는 2004년 4월 26일 19시부터 28일 3시까지 수행되었으며 평가장소는 영동고속도로와 3번, 42번 국도, 성남시 분당구와 수원시 팔달구의 주요 간선도로와 집산도로를 대상으로 수행하였다.

1) 평가 내용

① 도로 종류별 통신 정확도

- 고속도로 실험구간 : 고속도로 구간의 통신은 영동 고속도로 마성 IC에서 만중 JC까지의 75.18 km 구간에서 실시되었고, 통신횟수는 총 100회로 실험함
- 일반국도 실험구간 : 일반국도 구간의 통신은 원주의 42번 국도에서 시작하여 이천에서 3번 국도로 노선을 변경하여 3번 국도를 따라 성남까지 이어지는 103.5km 구간에서 실시되었고, 통신횟수는 총 100회로 실험함

② 도로 고도별 통신 정확도

- 고지대 실험구간 : 영동 고속도로의 진부령과 대관령 지역을 포함하는 진부 IC에서 강릉 분기점까지의 35.5km 구간을 왕복하여 주행하며, 총 100회의 실험을 실시함
- 일반지대 실험구간 : ①번 실험 중 고속도로 실험구간에서 이루어진 통신실험 자료를 이용함

③ 특정 구간에서의 통신 정확도

- 터널구간 : 영동 고속도로의 둔내 터널 및 대관령 터널 등의 터널구간에서 총 50회의 통신실험을 실시함

④ 도로 위치별 통신 정확도

- 도심부 실험구간 : 성남시 분당구의 고층 아파트 밀집지역을 주행하여 총 100회의 통신실험을 실시함
- 지방부 실험구간 : ①번 실험 중 일반국도 실험구간에서 이루어진 통신실험 자료를 이용함

⑤ GPS 좌표 갱신주기

- 실험차량에 설치된 GPS 안테나로부터 수신된 좌표를 단말기가 30초마다 운영서버로 보내주고, 운영서버는 수신된 좌표로 전자지도 상의 차량의 위치를 갱신함
- 이때, 전자지도 상의 차량의 위치를 모니터링하면서 정확히 30초마다 위치가 갱신되는 지를 확인함

⑥ 경로이탈

- 수원시 팔달구 인계동의 격자형 네트워크에서 실험함
- 3개의 노드를 포함하는 구간의 양 끝 노드를 각각 출발지와 도착지로 센터의 운영자 프로그램에서 설정한 후 저항값을 주지않은 최적경로를 산출함
- 실험차량은 출발노드를 지나면서 통신을 시작한 후, 경로를 따라 진행하다가 이탈하여 주행함
- 센터에서는 운영자 프로그램 상에서 경로이탈 메뉴를 선택한 후, 지도상의 오차 입력항목에 값을 500 (약 800m)에서 100 (약 160m)으로 조정하면서 차량을 모니터링 함

2) 평가 결과

① 각 기능별 통신 정확도 평가 결과

통신 성공률에 대입되는 통신 실패 횟수는 통신장애와 통신오류 횟수를 더한 값으로 계산하였으며, <표 2>에 나타난 것처럼, 총 7개 항목에 대하여 실시된 통신 실험에서 모든 항목이 실험의 평가기준에 미치지 못하는 것으로 나타났다.

통신 장애의 경우, CDMA 2000 무선 통신망을 이용함에 따라 발생하는 것으로, 통신 기지국과 거리가 먼 실험구간에서는 통신 장애가 더 많이 발생하는 것으로 나타났으며, 통신에러 상황 중 ‘통신장애’의 경우는 PDA 단말기의 통신 프로그램의 오류인 경우와 CDMA망(011 셀룰러폰 통신망)을 이용하는데 따르는 통신 음영지역 주행 시 발생되

<표 2> 각 실험항목별 통신 성공률

<Table 2> Result of Communication Accuracy Rates in Field Test

	도로 종류별		도로 고도별		도로 위치별		특정구간
	고속도로	일반국도	고지대	일반지대	지방부	도심부	
통신횟수	100	100	100	100	100	100	50
통신장애	10	10	11	8	10	14	6
통신오류	5	6	4	4	6	12	2
통신성공률	85%	84%	84%	88%	84%	74%	84%
합격기준	95%	95%	90%	95%	95%	95%	90%
평가결과	불합격	불합격	불합격	불합격	불합격	불합격	불합격

※ 통신장애 : PDA 단말기 상에 ‘통신장애’ 메시지가 표출되고 운영서버와의 통신이 끊겼다가 다시 연결되는 상황을 말함
통신오류 : PDA 단말기에서는 메시지를 송신하였으나, 운영서버는 메시지를 수신하지 못하는 상황을 말함

<표 3> 차량 위치 갱신 주기 평가 결과표

<Table 3> Result of Renewal Cycle of GPS Coordinates Test

	고속도로 일반구간	고속도로 고지대	일반국도	도심부	총구간
실험횟수	148회	96회	115회	206회	560회
평균	33초	34초	31초	31초	32초
표준편차	16초	14초	15초	16초	16초
최빈값	30초	30초	30초	30초	30초
최소값	3초	1초	2초	2초	1초
최대값	2분 20초	1분 30초	1분 39초	1분 43초	2분 20초

는 통신두절의 경우를 모두 포함하는 것이기 때문에 프로그램의 오류인 경우에는 후속조치를 통해 개선될 수 있을 것으로 판단된다.

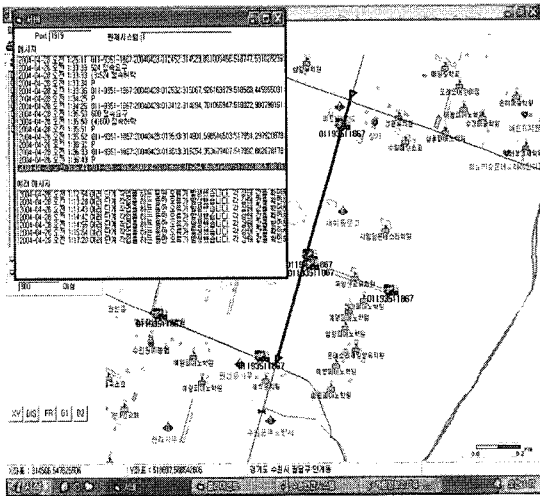
② 차량 위치 갱신 주기 평가 결과

30초마다 GPS 안테나로부터 수신된 실험차량의 좌표를 갱신하도록 개발된 프로그램 상에 실제로 차량의 위치가 갱신되는 주기를 알기위한 실험으로 수행결과, 모든 구간에서 좌표 갱신주기의 평균은 32초로, 30초보다 2초 큰 값

을 나타냈고, 표준편차는 16초로 예상보다 높은 것으로 나타났다. 특히, 고지대 구간에서는 평균 34초의 갱신주기를 나타내어 평균 4초 정도의 통신지체가 발생하는 것으로 나타났다.

③ 돌발상황 감지 정확도 평가 결과

찾은 통신애러와 운영자 프로그램 상의 문제, 실험자의 운영 프로그램 작동 미숙 등으로 인하여 실험이 불가능하였기 때문에 시스템 개선 후 재시험을 수행하였다.



<그림 10> 경로 이탈 실험 시 발생한 오류화면
<Fig. 10> Warning Sign about Route Secession Checking Test

3) 평가에 따른 개선요구사항

현재 운영서버와 PDA 단말기의 프로그램이 개발 중인 상황에서의 평가였기 때문에, 평가 결과에 따른 다음 사항에 대하여 프로그램을 보완·수정하도록 하고, 개선사항에 대한 재평가를 수행하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

○ 통신 장애 문제

현재 차량 내 PDA 단말기와 운영서버와의 통신 성공률은 기준 이하로 나타났으나, 그 원인이 실제 통신 실패로 인한 상황 뿐만 아니라 운영자 프로그램 상의 오류로 인해 발생하는 경우

도 상당수 포함되어 있기 때문에 운영자 프로그램 상의 오류를 수정한 후에 재평가를 할 필요가 있는 것으로 판단된다.

○ PDA의 버튼 조작 상의 오류

PDA의 프로그램이 버튼조작순서에 따라 오류가 발생하는 상황이 나타나고 통신이 두절되는 경우가 발생했기 때문에 실제 다양한 버튼 조작에 근거하여 현재의 PDA 프로그램의 오류를 수정해야 한다.

○ PDA 단말기의 프로그램 문제점

버튼을 조작하지 않았음에도 운행 후 1분 후에 '정차'의 메시지가 송신되는 경우가 발생하였기 때문에 프로그램의 구조를 확인하여 '정차' 메시지가 전송되는 원인을 찾아내고, 이 부분에 대한 프로그램의 수정이 요구된다.

○ 운영자 프로그램의 차량 모니터링 상의 문제점

운영자 프로그램의 전자지도 상에 나타나는 위험물 차량이 30초 주기로 위치정보를 수신할 때마다 위치가 갱신되지 않고 중복 표현되는 오류가 발생하였다. 즉, 100회의 통신이 이루어지면 전자지도 상에는 동일한 차량의 100개의 위치가 표현되는 경우가 발생하는 것이다. 이에 따라 장시간의 통신이 이루어지면 전자지도 상에 나타난 차량의 수가 너무 많아져 전자지도 프로그램의 오류가 발생하고 더 이상 차량의 위치가 갱신되지 않는 경우가 발생하게 된다. 따라서 차량의 위치가 30초 주기로 이전 통신 좌표에서 현재 통신된 좌표로 옮겨가는 것으로 표현되도록 프로그램의 수정이 요구된다.

○ 무단 정차에 따른 경고창 애러

위험물 수송차량이 '정차' 또는 '비상전화'의 메시지를 송신하지 않고 '운행' 상태에서 정해진 통신주기 동안 무단정차를 할 경우, 운영자 프로그램 상에 정차에 따른 경고 메시지를 표출하게 되어있으나 실제 실험에서는 5분(10회 통신주기)동안 정차했을 경우에도 운영자 프로그램 상에 경고 메시지가 나타나지 않았기 때문에 이에 대한 보완이 요구된다.

3. 2차 성능평가

2차 성능평가는 2004년 5월 13일 13시부터 14일 7시까지 수행되었으며 1차 성능평가와 마찬가지로 영동고속도로와 3번, 42번 국도, 수원시 팔달구의 주요 간선도로와 집산도로를 대상으로 수행하였다.

1) 평가 내용

① 도로 종류별 통신 정확도

- 고속도로 실험구간 : 고속도로 구간의 통신은 영동 고속도로 마성 IC에서 만중 JC까지의 75.18 km 구간에서 실시되었고, 통신횟수는 총 100회로 실험함
- 일반국도 실험구간 : 일반국도 구간의 통신은 원주의 42번 국도에서 시작하여 수원까지 이어지는 103.5km 구간에서 실시되었고, 통신횟수는 총 100회로 실험함

② 도로 고도별 통신 정확도

- 고지대 실험구간 : 영동 고속도로의 진부령과 대관령 지역을 포함하는 진부 IC에서 강릉 분기점까지의 35.5km 구간을 왕복하여 주행하며, 총 100회의 실험을 실시함
- 일반지대 실험구간 : ①번 실험 중 고속도로 실험구간에서 이루어진 통신실험 자료를 이용함

③ 특정 구간에서의 통신 정확도

- 터널구간 : 영동 고속도로의 둔내 터널 및 대관령 터널 등의 터널구간에서 총 50회의 통신실험을 실시함

④ 도로 위치별 통신 정확도

- 도심부 실험구간 : 수원시 도심의 고층건물 밀집지역을 주행하여 총 100회의 통신실험을 실시함
- 지방부 실험구간 : ①번 실험 중 일반국도 실험구간에서 이루어진 통신실험 자료를 이용함

⑤ 돌발상황 감지 정확도 - 경로이탈

- 수원시 팔달구 인계동의 격자형 네트워크에서 실험함
- 격자형의 실험구간에서 구간의 양 끝 노드를 각각 출발지와 도착지로 센터의 운영자 프로그램에서 설정한 후 저항값은 통행시간, 인구노출, 환경노출을 동시에 고려한 통합된 저항값으로 설정하여 최적경로를 산출함
- 실험차량은 출발노드를 지나면서 통신을 시작한 후, 경로를 따라 진행하다가 이탈하여 주행함
- 센터에서는 운영자 프로그램 상에서 경로이탈 메뉴를 선택한 후, 지도상의 오차 입력항목에 값을 500 (약 800m)에서 100 (약 160m)으로 조정하면서 차량을 모니터링 함
- 격자형의 네트워크를 총 4개 구간으로 나누어, 각 구간별로 4회씩 실험하여 총 16회의 실험을 실시함

⑥ 돌발상황 감지 정확도 - 무단정차

- 수원시의 간선도로에서 실험을 실시함
- 실험차량이 운영자 프로그램에서 제시한 경로를 따라서 주행하다가 운영서버로 '정차' 메시지를 보내지 않은 상태로 일정 통신주기 동안 한 지점에서 정차함
- 이때, 운영서버의 운영자 프로그램 상에 무단정차에 따른 경고 메시지가 적절하게 표출되는지 확인
- 경로이탈 실험을 실시한 구간에서 동일하게 16회의 실험을 실시함

2) 평가 결과

① 각 기능별 통신 정확도 평가 결과

1차 평가에서 나타난 오류들을 수정하여 실험한 결과, <표 4>에 나타난 것처럼 모든 항목이 실험의 평가기준을 만족하는 통신성공률을 나타내었으며, 통신에러 상황 중 CDMA망(011 셀룰러폰 통신망)을 이용하는데 따르는 통신 음영지역 주행 시 발생하는 통신두절의 경우가

포함된 것을 고려한다면, 조기경보시스템은 그 성능이 매우 우수한 것으로 나타났다.

② 돌발상황 감지 정확도 평가결과 - 경로이탈
총 16회의 실험에서 모두 운영자 프로그램 상에 경로이탈에 따른 경고창이 뜨는 것으로 나타나 실험 성공률이 100%로 확인되었기 때문에 경로이탈 확인기능에는 이상이 없는 것으로 분석되었다.

③ 돌발상황 감지 정확도 평가결과 - 무단정차
총 16회의 실험에서 모두 운영자 프로그램 상에 무단정차에 따른 경고창이 뜨는 것으로 나

<표 4> 각 실험항목별 통신 성공률
<Table 4> Result of Communication Accuracy Rates in Field Test

	도로 종류별		도로 고도별		도로 위치별		특정구간
	고속도로	일반국도	고지대	일반지대	지방부	도심부	
통신횟수	100	100	100	100	100	100	50
통신장애	·	2	·	·	2	1	1
통신오류	1	2	3	1	2	·	·
통신성공률	99%	96%	97%	99%	96%	99%	98%
합격기준	95%	95%	90%	95%	95%	95%	90%
평가결과	합격	합격	합격	합격	합격	합격	합격

타나 실험 성공률이 100%로 확인되었기 때문에 무단정차 확인기능에는 이상이 없는 것으로 분석되었다.

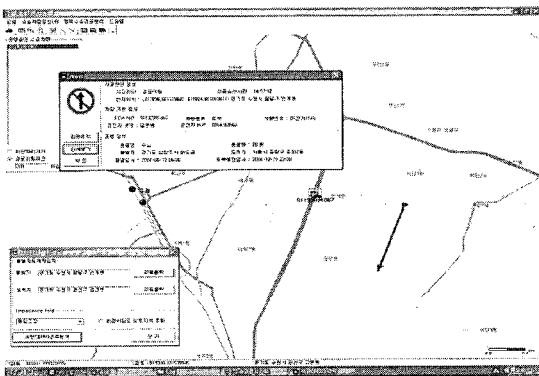
V. 결론 및 향후 연구

1. 결론

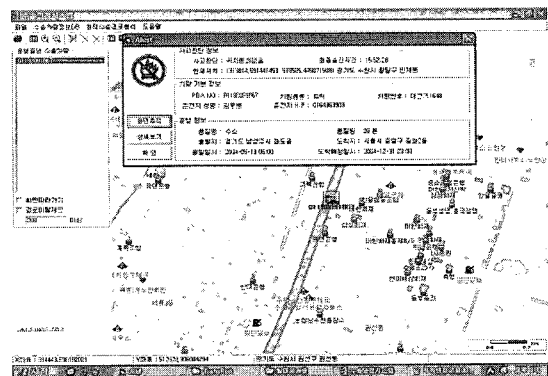
국내에는 유해물질수송에 국한한 법이나 제도가 따로 없고 여러 가지 개별법에 의해 관련 항목들에서 규정하는 정도이기 때문에 이러한 시스템을 통한 유해물질 및 차량에 대한관리가 반드시 필요하다.

따라서, 본 연구는 GPS와 CDMA, GIS 기술을 통해 위험물 차량의 통행이 허용되어 있는 노선을 택하고 있는지 모니터링 할 뿐만 아니라 위험물 차량의 사고발생지점과 위치를 신속히 파악하여 긴급 대응할 수 있는 시스템을 개발하고 수행능력을 평가하여 실제 적용 가능성을 확인하고자 수행되었다.

1차 현장평가 결과, 각 실험구간에서의 통신 정확도는 고속도로 구간 85%, 일반국도 구간 84%, 고지대 구간 84%, 일반지대 구간 88%, 지방부 구간 84%, 도심부 구간 74%, 터널구간 84%로 나타나 평가기준의 정확도에 못 미치는 것으로 나타났으며, 이의 주요 원인은 통신장애, PDA 버튼 조작



<그림 11> 경로이탈 경고창 화면
<Fig. 11> Warning Sign about Route Session



<그림 12> 무단정차 경고창 화면
<Fig. 12> Warning Sign about Stop without Sending Message

상의 오류, 단말기 프로그램 오류 등의 문제에 인한 것으로 분석되었다.

이에 따라 1차 평가에서 나타난 운영자 프로그램 및 PDA 단말기 프로그램의 오류를 수정하여 2차 현장평가를 실시하였으며 그 결과, 각 실험구간에서의 통신 정확도는 고속도로 구간 99%, 일반국도 구간 96%, 고지대 구간 97%, 일반지대 구간 99%, 지방부 구간 96%, 도심부 구간 99%, 터널구간 98%로 나타나 개발된 시스템은 현실에 적용해도 문제가 없을 만큼 높은 통신성공률을 기록하였다.

다만, 단점으로 나타난 것은 무선 통신망을 이용하는 PDA를 차량용 단말기로 채택하여 개발함에 따라 전용 안테나가 적은 지방부나 통신 음영 지역에서는 차량용 단말기와 운영서버와의 통신에 문제가 나타난다는 한계가 있다.

2. 향후 연구

향후 본 시스템의 상용화를 위해서는 지방부나 터널 등 통신음영지역에 단점으로 나타난 무선 통신의 한계를 극복 할 수 있도록 CDMA, DSRC, 무선데이터 등 다양한 통신기술의 복합적 활용 방안과 위험물 운송차량의 모니터링 목적에 맞는 전용 단말기 개발이 필요할 것이다. 또한, 현재 특별한 유해물질 관리체계 및 규약이 존재하지 않은 우리나라에서는 본 시스템을 통해 위험물 수송을 위한 지침으로의 활용방안에 관한 연구가 필요하다.

또한, 본 평가는 위험물 수송 차량에 대한 실시간 모니터링을 통해 돌발 상황을 조기에 발견할 수 있는 통신 시스템에 대한 평가로써, 통신 정확도와 신뢰성에 초점을 맞추어 진행되었다. 하지만, 위험물 수송차량을 관리하는 전체 시스템의 실제 적용을 위해서는 통신 평가 외에도 실제로 발생된 돌발 상황 대처에 필요한 상황별 대처방안, 유관기관 연계방안, 사고현장 관리방안 등에 대한 종합적

인 평가와 수정을 통한 적용성 검토가 필수적이라 할 수 있다.

아울러, 개발된 시스템을 이용하여 위험물 차량 관리 이외에도 특정 폐기물의 무단 방치 및 폐기 등의 불법적인 행위에 대한 자동단속이 가능하도록 서비스 분야의 전략적 확대 등 정책적 측면에서의 연구도 병행되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 조용성, 위험물 수송을 위한 최적경로 모형 개발, 아주대학교 석사학위논문, pp1-2, 1999.
- [2] Highway Routing of Hazardous Materials Guideline for Applying Criteria, U.S.DOT, FHA, pp5-15, 1996.
- [3] 유해화학물질사고 국가비상대응정보시스템(NERIS) 개발 -중간보고서-, pp12-37, 인제대학교, 2002.
- [4] 오세창, 조용성, GPS를 이용한 수송사고 조기경보시스템 개발 -1단계: 국내외 사례조사 및 개발 방향 제시-, 한국 ITS 학회 제1권 제1호 pp79-88, 2002.
- [5] K. G. Goulias and S. B. Alam, Transit Xpress: Hazardous Material Fleet Management and Monitoring System, pp18-29, Pennsylvania Transportation Institute, 1997
- [6] Sondip K. Mathur, Appraisal of the Operation Respond Emergency Information System (OREIS), pp7-14, Operation Respond Institute, Inc., 1998.
- [7] Hazardous Materials Emergency Planning Guide, pp23-36, National Response Team, Updated 2001.
- [8] 형남정, ITS 아키텍처의 객체지향적 설계에 관한 연구 -위험물 차량관리 서브시스템(HMMS)을 중심으로-, pp48-50, 아주대학교 석사학위논문, 2002.
- [9] ISO/TC204/WG7 N 17687, pp8-24, 2002-08-13

〈저자소개〉



오 세 창 (Sei Chang Oh)

1993년 12월 : University of Maryland 교통공학박사
1994년 3월~1995년 6월 : 프린스턴대학교 토목공학과 책임연구원
1995년 8월~1996년 2월 : 국토개발연구원 교통연구실 책임연구원
1996년 3월~현재 : 아주대학교 환경도시공학부 교통공학전공 조교수



조 용 성 (Young Sung Cho)

2005년 2월 : 아주대학교 교통공학박사
1999년 6월~2001년 1월 : 국토연구원 SOC연구센터 연구원
2002년 2월~현재 : (사)ITS Korea 표준부 팀장, ITS Forum 간사
2003년 5월~현재 : ISO/TC 204 전문위원