



지능형 단말기를 사용한 탱크로리 운행 안전 모니터링 시스템 개발

배기만 · 박근영 · 이동진 · 임정식* · 이상룡 · †이춘영

경북대학교 기계공학부, *(주)맥산

(2008년 5월 27일 접수, 2008년 6월 5일 수정, 2008년 6월 5일 채택)

Development of Tank Lorry Monitoring System for Safety Using Intelligent Computing Device

Kimán Bae · Geun-Young Park · Dong-Jin Lee · Jeong-Sik Lim* · Sang-Ryong Lee · †Choon-Young Lee

Dept. of Mechanical Engineering, Kyungpook-National University, Daegu, Korea

*Maxan Co. Ltd., Korea

(Received May 27, 2008, Revised June 5, 2008, Accepted June 5, 2008)

요 약

독성가스나 가연성 폭발 위험이 있는 원료를 운반하는 탱크로리 및 벌크로리는 출발지에서부터 목적지 및 중간 경로를 따라 지속적으로 차량 및 탱크의 다양한 상태를 모니터링하는 것이 안전을 위해 필요하다. 따라서, 본 논문은 탱크로리 운행에 관한 안전 모니터링 시스템에 관하여 제안하고, 운전상태 및 탱크 또는 차량의 상태를 모니터링하기 위한 센서시스템과 차량 내 컴퓨터와 중앙 관제 시스템의 연계에 관하여 고찰한다.

Abstract – It is important for national safety that tank lorry or bulk lorry which is carrying toxic gas or explosive materials should be monitored during the maneuvering from starting point to destination as well as vehicle or tank status. Therefore, we propose a safety monitoring system for tank lorry to check driving condition and the vehicle status. We studied the integration of central control system with in-vehicle computer system connected with various sensors for monitoring through a communication network.

Key words : tank lorry, safety monitoring, sensor system, central control system

I. 서 론

독성 및 고압가스를 운반하는 탱크로리는 운행과정에서 테러 등을 목적으로하는 도난 탈취에 항상 노출되어 있다. 이러한 탈취에 대한 테러 예방 업무를 위하여 보안장치를 설치하거나, 탱크로리의 용량, 운행경로 등을 상시 감시할 수 있는 시스템을 구축하여 사전에 예방하는 절차와 대책이 필요하다. 기업 및 정수장에서 살균소독제로 사용하고 있는 염소가스의 경우 연간 110만톤이 유통되고 있으나, 취급업체의 영세성으로 인해 경비시설이 되어 있지 않은 일반창고에서 보관되고 있으며, 이를 운반할 때, 테러 안전 장비를 구비하지 않아 도난 및 탈취에 있어 심각한 문제점을 안고 있는 실

정이다. 또한, 독성 및 고압가스 운반 탱크로리 운행 중에 사고가 발생할 경우 2차 사고로 발전할 가능성이 매우 높아, 피해의 파급효과가 매우 커, 국가적인 차원에서 중앙에서 상시 모니터링하며 관리하는 것이 필요하다. 탱크로리에 의한 사고 발생의 원인은 탱크의 결함, 운전자 부주의, 이충전 과정의 부주의 등으로 발생하게

Table 1. Statistics on tank lorry accident during the last ten years.

구분	사고건수	비율
운전자부주의	48	87.3%
탱크결함	6	10.9%
이충전부주의	1	1.8%
계	55	100%

†주저자:cylee@knu.ac.kr

Table 2. The status of vehicle enrollment as of July 2007 in Korea.

가스	독성가스 운반차량	탱크 로리	벌크 로리	튜브 트레일러	합계
산소	-	93	4	1	98
LPG	-	943	202	7	1152
LNG	-	24	-	-	24
수소	-	92	-	207	299
CNG	-	-	-	58	58
헬륨	-	1	-	33	34
질소	-	151	3	3	157
CO ₂	-	65	3	13	81
NH ₃	-	28	1	-	29
포스겐	2	-	-	-	2
포스핀	3	-	-	-	3
삼불화 붕소	3	-	-	-	3
기타	69	163	17	28	277
합계	77	1560	230	350	2217

되는데, Table 1에서 나타낸 것과 같이 운전자 부주의가 최근 10년간 사고의 대부분을 차지함을 알 수 있어, 장시간 운전하는 탱크로리 운전자의 안전 운전 모니터링도 안전대책의 중요한 요소로 고려된다.

가스관련 법령에서 독성 및 고압가스 운반 탱크로리 등의 운전자는 시, 군, 구청에 등록하도록 규정되어 있다. 또한, 고압가스안전관리법에서는 독성 및 고압가스 운반 탱크로리 운반기준을 규정하고 있으나, 이를 항상 확인하고 관리 감독하는 것은 현실적으로 한계가 있어, IT기술과 연계하여, 중앙에서 관제하는 시스템과 연계하도록 하는 것이 요구된다[1].

본 논문에서 제안하는 탱크로리 안전 모니터링 시스템을 도입하게 될 경우, 보호시설 주위 주차금지, 200 km 이상 주행시 휴식여부, 운행경로 및 시간 준수, 규정 속도 준수, 탱크 온도, 적재량 및 충전량 기준 준수, 가스 누출 여부 점검 등을 위성 GPS(Global Positioning System)를 활용하여 차량위치, 이동거리, 시간, 속도 등을 감지하여 관리할 수 있으며, 탱크에 설치된 온도센서, 압력센서 등을 이용하여 감시할 수 있다.

국외의 경우, 미국, 일본, 독일 등의 선진국에서 국가 주도형 에너지 종합 안전 관리 연구과제를 지원하고, 미국에서는 이동식 충전소에서 효율적인 가스배출을 위한 시스템과 원격 가스 잔량 확인 등의 서비스를 제

공하지만, IT 기반 구축이 미흡하여 통합적인 안전 관리는 미진하다. NIST(National Institute of Standards and Technology) 주도로 ASM(Abnormal Situation Management) 컨소시엄을 구성하여 재난에 대비하는 노력을 기울이고 있고, 운전 상태 모니터링, 차량 전복 예측 등의 안전시스템 기술이 연구되고 있다.

국내에서는, 위험설비종합관리체제가 석유화학단지 등 지역 사업장을 중심으로 구축되었으나, 현재 수송 차량과의 연계는 현재 부족하며, 일반 차량용 블랙박스 시스템이 상용화되고, 네비게이션 등의 디지털 컨버전스 제품이 활발히 개발되었으나, 탱크로리 등 가스 수송차량용으로 특화된 안전관리 단말기는 일부 기업에서 위치 추적 등의 제한적인 용도로만 사용되는 등 아직까지 초기 단계이다. 국내의 안전 시스템 관련 연구를 살펴보면, 학계를 중심으로 운전자 상태를 모니터링하는 등의 결과가 적용되기도 하였다. 통합제어 안전관리 시스템을 통한 안전성과 효율성 향상이 LNG 저장 탱크에 적용되었다[6].

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 다음 장에서 제안하는 탱크로리 안전 모니터링 시스템의 구성요소에 관해서 전체적으로 기술하고, III장에서 사용하고자 하는 센서와 무선인터페이스를 설명한다. 운전자의 이상 운전 상태를 모니터링하는 부분과 탱크로리의 상태를 모니터링하기 위한 부분으로 나누어서 기술한다. 그리고 IV장에서 중앙관제 시스템을 설명하고, 결론을 제시한다.

II. 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 탱크로리 안전 관리 시스템은 Fig. 1에 나타내었다. 탱크로리의 GPS 위치 정보를 이용하여, 운행되고 있는 차량의 경로를 파악하고, 탱크로리에 장착된 다양한 센서들을 이용하여, 온도, 압력, 과충전 등의 탱크 상태와 운전자의 난폭운전 및 집중도 등을 평가한 후, 안전 진단 기법과 연계시켜 네트워크를 통해 전달한다. 중앙 관제소는 이러한 탱크로리의 운행 데이터와 지리정보 시스템을 연계하여 종합적인 안전 관리를 수행한다. 운전자의 안전 운행 여부 및 탱크로리의 상태를 모니터링 하기위한 센서 모듈과 차량용 단말기와의 유무선 인터페이스를 포함한 센서 시스템과 각종 센서 정보의 데이터를 후처리하여, 운전자에게 정보를 제시하거나, 중앙 관제소에 데이터를 전송하는 차량용 컴퓨터, 그리고, 운행되는 탱크로리로부터 받은 정보를 취합하여 데이터베이스화해서 관리하는 관제시스템으로 구성된다.

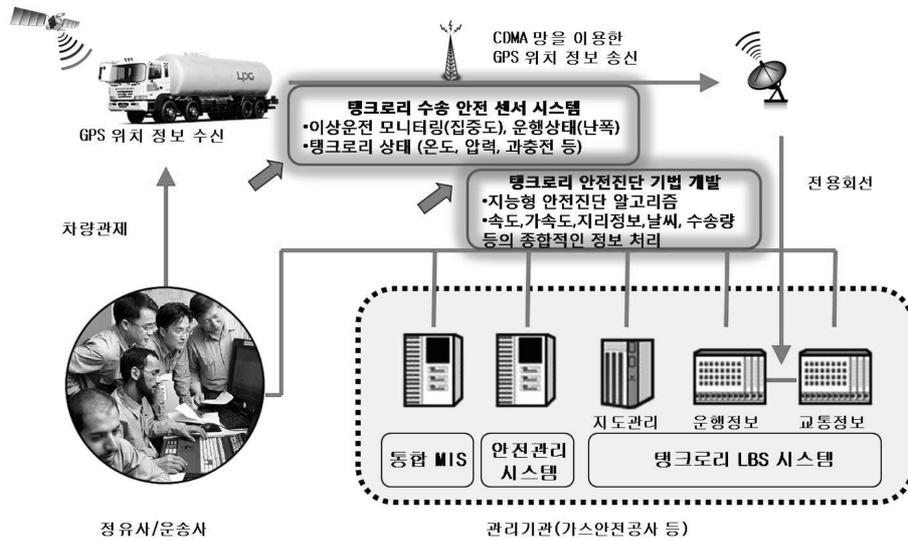


Fig. 1. The overall diagram of central control system for tank lorry safety management.

III. 센서 시스템

3.1. 이상운전 모니터링

GPS모듈은 차량의 위치정보를 제시하는 중요한 역할을 수행하며, 이 데이터를 처리하면 차량의 위치, 속도, 운행거리, 경로, 규정 준수 등에 관해 알 수 있다. DGPS(Differential GPS) 신호 입력이 있으면, 위치의 정확도가 1에서 5 m 범위이지만, 그렇지 않은 경우는 25 m의 정확도를 보인다. 차량용 컴퓨터와의 데이터 통신을 위해서 RS232 직렬 통신을 사용한다. GPS모듈은 표준화된 포맷(일반적으로 NMEA-0183 format)으로 데이터를 전송한다.

운전자의 부주의에 의한 탱크로리 사고를 방지하기 위해, 규정속도를 준수하는지, 빈번한 차선변경 및 위

험한 운전을 하는지 체크할 필요가 있다. 지그재그(Zig-Zag) 운전 등의 난폭운전을 판단하기 위해, 탱크로리에 가속도 센서를 부착하여, 이로부터 전송받은 신호를 분석하여, 난폭운전 여부를 판단할 수 있다.

TruckSim 소프트웨어를 사용하여, 탱크로리에 가속도 센서를 장착할 장소를 결정하는 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 2에서 보인 차량 모델에 4개의 3축 가속도 센서를 부착하여, 시속 80 km/h와 100 km/h의 경우에 대해 정상적인 운전과 난폭운전에 해당하는 경우를 비교하였다. Fig. 3은 난폭운전에 해당하는 조작을 수행하였을 경우 생성된 애니메이션의 일부를 나타낸다.

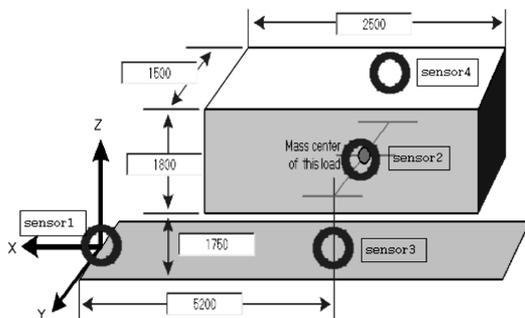


Fig. 2. Truck model for the simulation using TruckSim.



Fig. 3. Snapshot of a simulation result for a reckless driving condition.

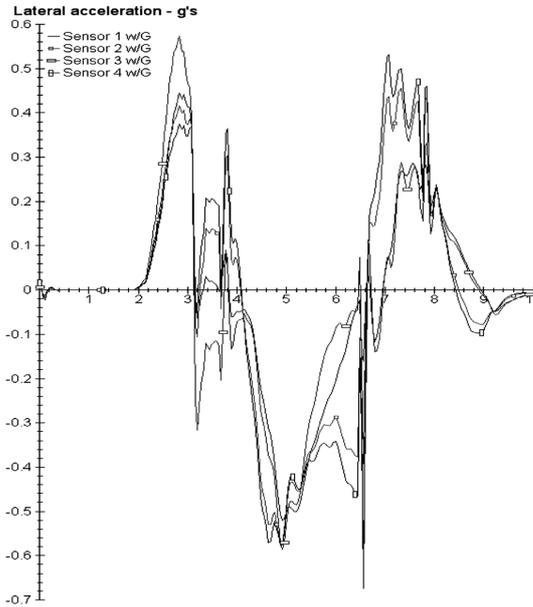


Fig. 4. Lateral acceleration of the attached sensors for normal steering at 80 km/h driving.

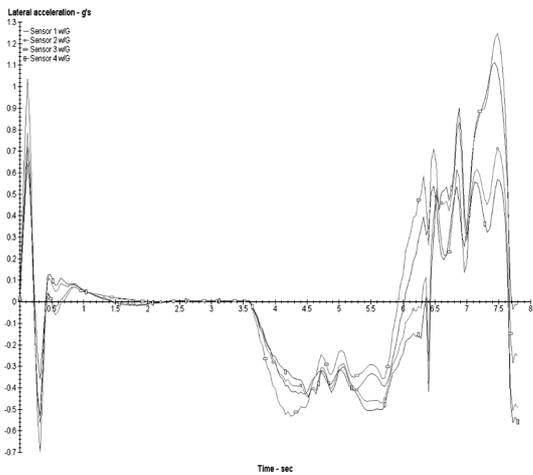


Fig. 5. Lateral acceleration of the attached sensors for reckless steering at 80 km/h driving.

Fig. 4 및 Fig. 5는 80 km/h의 속도로 트럭을 운행하면서, 정상적인 조향 조작과 난폭한 조향에 대하여, Fig. 2에 나타낸 4개의 센서의 횡방향 가속도(Lateral acceleration)를 나타내었다. 이 경우, 대부분의 센서에서 비슷한 경향을 나타내어, 트럭의 중심축을 따라 3축 가속도 센서를 설치하여, 운전의 성향을 파악할 수 있음을 알 수 있었다[7].

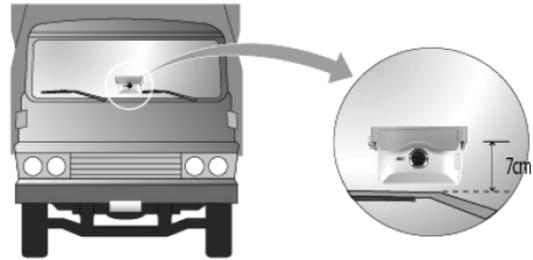


Fig. 6. Installation of driver recorder and lane departure warning module.

운전자의 운전집중도는 차선이탈경보장치를 이용하여, 차선변경시 좌우측 턴신호의 입력 유무에 따라 판단을 하여, 적절한 경보음을 발생시키며, 이에 대한 신호를 차량용 단말기에 전달하여, 모니터링 할 수 있도록 하였다. 이는 GPS를 이용한 규정속도 준수와 함께, 안전 운행을 위한 관제에 효과적으로 적용될 수 있으리라 기대한다.

Fig. 6은 트럭에 장착된 차선이탈 경보장치의 설치 예를 나타낸다. 종합적인 판단을 위해, 차량용 컴퓨터에서 정보를 모두 수집하여 처리한다. 차선이탈의 빈도는 졸음운전과의 상관관계가 있음이 밝혀졌으며, 이를 이용한 경보 및 모니터링의 타당성이 입증되어 탱크로리 안전 모니터링 시스템에 적용함이 바람직하다고 판단된다[5].

3.2. 탱크로리 상태 모니터링

탱크로리의 상태 중, 과충진, 가스의 유출 여부, 탱크의 온도 등이 점검하여야 할 가장 중요한 요소들이다 [2]. 일반적으로 탱크를 제작할 때, 이러한 부분의 모니터링을 고려하여 제작된다. 독성 및 고압가스의 경우, 가스의 종류 및 용량에 따라 특화된 센서를 사용하며, 본 논문에서는 이러한 센서들을 Zigbee를 통해 차량용 단말기에 전송하는 것을 제안한다.

Fig. 7은 Zigbee 통신 모듈의 블록 다이어그램을 나타내고 있다. 내부에 마이크로컨트롤러는 센서의 아날로그 신호를 디지털화하여 전송하기 위한 변환과 데이터 처리를 담당하며, 통신용 모듈과 수신 및 발신부 등으로 구성된다. 발신부는 센서 데이터를 모뎀에서 변조하여, 2.4 GHz 무선신호와 혼합하여 전송한다. 수신부는 안테나의 신호를 저잡음 증폭기를 통해 믹스로 전달된 후, 원하는 채널의 신호를 선택적으로 처리한다.

탱크의 상태를 모니터링하기 위해, 탱크에 걸리는 압력과 다수의 온도센서를 통한 탱크의 온도, 그리고 펌프의 작동 등의 신호를 전송한다. 이러한 신호들은 차

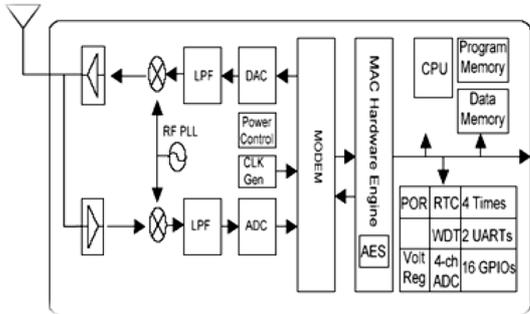


Fig. 7. Zigbee communication module which is connected with vehicle computer to transmit sensor signal.

량용 단말기에서 정상상태와 비정상 상태의 조건과 비교하여 운전자에게 알려거나, 중앙 관제 시스템으로 전송한다[3,4].

IV. 관제 시스템

탱크로리 안전 모니터링 시스템의 중앙 관제 시스템은 운행되는 탱크로리의 데이터를 이용하여, 운행정보를 분석하고, 지역별 위험도를 판단하며, 사고가 발생 시 대응 시나리오를 수립하는데 필요한 자료 제공 등의 기능을 담당한다. 탱크로리의 정보는 자신의 현재위치, 출발지 및 목적지, 예상되는 중간 경로, 수송중인 가스의 종류 및 양 등이다. 이를 바탕으로, 가스의 종류별 흐름 등을 판단할 수 있으며, 비상시에는 중앙에서 관제를 수행하여 2차적인 문제가 발생하지 않도록 한다. 2006년 10월 3일 발생한 서해대교 29중 추돌사고는 25톤 트럭과 탱크로리 등 엄청난 무게의 대형 차량들이 사고현장을 차례로 덮치면서 피해가 컸었다. 특정 지역에 교통사고 등 재난이 발생한 경우, 중앙 관제 시스템은 이를 각 탱크로리 운전자에게 차량용 컴퓨터 단말기를 통해 전달하여 해당 지역을 우회하거나 속도를 줄이도록 하여 대형 참사를 미연에 방지할 수 있을 것이다. Fig. 8에서 보인 중앙관제 개념과 같이, 탱크로리의 사고시 또는 일반 교통사고 등의 정보와 연계하여, 이 지역을 운행할 예정인 탱크로리의 운행을 중앙에서 관제하면 효과적일 것이다.

중앙관제시스템은 압력센서, 가속도센서 등을 이용한 운전자의 모션인식과 차선이탈경보 등의 신호와 조합한 이상 운전 모니터링 결과와 탱크의 온도, 압력, 과충전, 가스누출 등의 탱크 수송관련 센서를 이용한 모니터링의 결과를 종합하고, 운행중인 탱크로리의 위치 정보 및 운행 정보를 취합하여, 위험도 분석 및 안전

진단 알고리즘에 적용한다. 이를 통해 탱크로리 제어 체계를 최적화하고 안전조건과 효율성을 추구하는 관제가 가능할 것이다.

VI. 결 론

본 논문에서는 차량용 컴퓨터를 지능형 단말기로 사용하여, 탱크로리의 안전 운행과 국가 안전을 위한 중앙관리 체계에 적용할 수 있는 안전 모니터링 시스템을 제안하였고, 탱크로리 사고의 대부분을 차지하는 운전자 부주의와 탱크로리 관리의 문제점을 해결하는 방안으로 다양한 센서들을 유무선 네트워크로 연결하여 차량용 컴퓨터에서 정보를 취합, 이를 중앙관제소에 전달하는 시스템에 대해 기술하였다.

제안된 탱크로리 안전 모니터링 시스템을 통해 다음과 같은 기대효과를 가질 수 있을 것이다. 첫째, 상시적인 감시 및 관리 체계를 구축함으로써 독성 및 고압가스 운반 탱크로리를 이용한 테러 목적의 도난 탈취를 대비할 수 있으며, 정상적인 운행을 유도하고, 도난 사고 등의 발생시 추적하여 대처할 수 있다. 둘째, 탱크로리에 대한 상시 점검 및 확인 체계가 구현되어, 운전자가 관련 규정에 의한 점검 결과를 입력하고, 운행 도중 차량의 상태를 상시 확인할 수 있어, 독성 및 고압가스 운반 탱크로리의 안전성을 향상시킬 수 있다. 또한, 어려운 도로상황을 운전자 및 사업자에게 실시간 확인시켜주는 서비스를 통해 무리한 운행으로 인한 사고를 사전에 예방할 수 있어 안전운행에 기여할 수 있다. 향후, 가스안전관리시스템의 통합적인 관리체계를 구축할 경우, 연간 540억원에 이르는 가스사고 비용손실을 절반이하로 줄일 수 있을 것이다[8].

효율적인 안전 모니터링 시스템을 개발하기 위해 다양한 실험과 평가를 통해 최적의 운용 기법을 개발하고 중앙관제 시나리오 개발, 안전진단 기법, 사고 대책 등의 연구를 계속 수행할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 에너지기술혁신 프로그램으로 지원되었으며, 이 논문은 “차세대에너지안전연구단”의 연구결과입니다(세부과제번호: 2007-M-CC23-P-04-1-000).

참고문헌

[1] Col. Anil Gogate, B. Shelesh Sagaidev and S. Ganesh

- Vaidyanathan, "Monitoring and Transmission of Heavy Vehicle Parameters Using Fixed Cellular Terminal", (2004)
- [2] Shan, Q., Y. Liu, G. Prosser and D. Brown, "Wireless Monitoring System for Vehicle Refrigerator", *Proceedings of the 2005 IEEE Int. Conf. on Information Acquisition*, 417-420, (2005)
- [3] Shan, Q., Y. Liu, G. Prosser and D. Brown, "Wireless Intelligent Sensor Network for Refrigerated Vehicle", *Proceedings of IEEE 6th CAS*, 525-528 (2004)
- [4] Maxwell, D. and R. Williamson, "Wireless Temperature Monitoring in Remote System", <http://www.sensorsmag.com/>, *Intelligent System* (2002)
- [5] Grace, R., V. E. Byrne, D. M. Bierman, J.-M. LeGrand, D. Gricourt, B. K. Davis, J. J. Staszewski and B. Carnahan, "A Drowsy Driver Detection System for Heavy Vehicles", *Proceedings of 17th DASC*, I36-1-8, (1998)
- [6] 김청균, "LNG 저장탱크의 통합제어 안전관리 시스템에 관한 연구," *KIGAS*, 9(1), 44-50, (2005)
- [7] Swihart, W. R. and J. D. Woll, "Integrated Collision Warning and Vehicle Information Systems for Heavy Vehicles", *IEE Colloquium on Monitoring of Driver and Vehicle Performance*, 211-217 (1997)
- [8] 김은희, "IT기술로 가스안전 잡는다", *석유가스신문*, 2006년 2월 7일 (2006)