



지능형 실시간 대기확산 시스템에 관한 연구

†오정석 · 현지이 · 방효중

한국가스안전공사 가스안전연구원

(2012년 4월 12일 투고, 2012년 8월 24일 수정, 8월 24일 채택)

A Study on Smart Real-time Atmospheric Dispersion System

†Jeong Seok Oh · Ji I Hyun · Hyo Jung Bang

Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation, Gyeonggi-do, Korea

(Received April 12, 2012; Revised August 24, 2012; Accepted August 24, 2012)

요약

대부분의 산업시설이 유해물질을 다루고 있기 때문에 산업시설의 사고발생은 막대한 물적, 인적 피해를 발생 시키므로 안전관리, 중대형 사고 예방 및 위협 예측 등이 중요시 되고 있다. 특히, 유해물질 누출사고는 누출물질, 저장시설, 대기 상태에 따라 유독가스의 확산 속도와 범위가 달라지므로 이를 모사하는 대기확산 시스템이 이용 되어왔다. 모사에 기반하는 대기확산 시스템은 산업시설 구조물 설계 단계에서 주로 사용되며 누출 사고 시 즉각 적인 처리와 대응이 어렵다. 실시간 대기정보 데이터를 이용한 연구 및 사례는 존재하지만 시스템의 성능저하 및 전문적 지식의 결여로 신속한 처리 및 대응이 미흡하였다. 본 논문은 에너지 플랜트 환경에서 특수성과 효율성을 강화하여 유해화학물질 누출로 인한 대기확산범위를 즉각적으로 산출하고 누출 시점 및 지점을 지능형 알고리 즘으로 결정함으로써 사고예방형 실시간 지능형 대기확산 시스템을 구현한다.

Abstract - It is more important to realize safety management, medium-large accident prevention and risk prediction as accident of industry facilities can generate enormous physical and human damage because most energy plant might handle toxic substance. Especially, atmospheric dispersion system, which is able to simulate situation, have been used for release accident of toxic substance since the accident can show different of dispersion range and velocity according to release material, storage facility and atmospheric status. However those systems have been used generally in design step of industry facility and are difficult to deal with release accident quickly. Although some researches and cases have been studied for using real-time atmospheric information, there are insufficient system for processing quickly release accident. This paper aims to develop real-time smart atmospheric dispersion system that can deal with release accident quickly by enhancing distinct characteristics and efficiency of energy plant, and select release time and area using intelligent algorithm as accident prevention type.

Key words : mobile, AR(augmented reality), safety management

1. 서론

국내외 대규모 산업시설이 증가함에 따라 산업시설의 안전관리, 중대형 사고예방 및 위협의 사전예측 등이 중요시 되고 있다. 대부분의 산업시설에서

유해물질을 생산하거나 다루고 있기 때문에 산업시설의 사고 발생은 막대한 물적, 인적 피해를 발생시킨다.

다양한 사고 유형 중에서 유해화학물질이 누출되어 대기 중으로 확산되는 사고는 기상상태에 따라 주변 지역에 피해를 유발하며 산업시설 내의 작업 중인 종사자뿐만 아니라 누출이 발생한 산업시설 외부의

†주저자:jsoh90@gmail.com

민간인에게 치명적인 피해를 입힌다. 이러한 유해물질 누출사고는 누출물질, 저장시설, 대기의 상태에 따라 유독가스의 확산 속도와 범위가 다르기 때문에 이를 예측할 수 있는 대기확산 시스템이 필요하다[6].

기존의 대기확산 시스템은 산업시설 구조물을 설계하는 단계에서 다양한 경우(case)에 따라 안전성을 확인하는 시뮬레이션용으로 사용되었다. 범용적인 상용 대기확산 시스템은 플랜트 환경에 적합한 대기확산 모델을 제공하지 못하며 시뮬레이션 기반 시스템이기 때문에 누출사고 발생 시 즉각적인 처리 및 대응이 불가능하다. 또한 국내 전체지역을 감시하는 대기확산 시스템이 주기적인 실시간 대기 데이터와 사용자가 입력하는 가상의 정보를 이용하여 시도된 바는 있으나 사용자의 전문적 지식의 결여와 시스템 성능 저하로 사고 시에는 빠른 처리 및 대응이 미흡하였다.

본 논문은 에너지 플랜트 환경에서 특수성과 효율성 강화하여 유해화학물질 누출사고로 인한 대기확산범위를 즉각적으로 산출하는 실시간 대기확산 시스템을 설계하고 구현하며 누출 시점 및 지점을 지능형 알고리즘으로 결정함으로써 사고대응이 아닌 사전예방형 시스템으로 전환하는 방법을 모색하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 본 연구는 가우시안모델과 SLAB모델에 의거하여 산출된 대기확산범위는 GIS기반의 사용자인터페이스에 ERPG (Emergency Response Planning Guideline)의 각 농도 기준에 따라 구분해서 표현한다. 산출된 대기확산범위를 토대로 누출사고에 대한 사고대응조치를 대기확산범위에 있는 작업자에게 모바일기기를 이용하여 신속하게 전파 할 수 있게 구현해서 유해화학물질의 누출로 인한 대기확산피해 최소화에 활용한다. 또한 신경망 모델과 베이지안 추론을 바탕으로 누출사고 이전에 위험성이 있는 누출 지점과 시점을 자동 추천하는 지능형 실시간 대기확산 시스템을 제시한다.

II. 일반적인 대기확산 시스템 설계 방법론

대기확산은 화학공학 및 대기분야에서 다양한 수식적 모델을 제시하고 있다. 그러나 이러한 모델들은 광범위한 범위에서 다양한 물질을 포함하기 때문에 확산결과가 모델에 따라 틀리다. 그러므로 대상 물질이나 시설환경에 따른 적절한 모델의 선정도 중요하다.

본 논문에서는 다양한 유해물질에서 독성가스를 주요 대상으로 하고 신속하게 확산을 처리할 수 있는 가우시안 모델과 SLAB 모델을 선정하였다. 가우시안 모델은 정규분포를 이용하여 확산범위를 산정

하며 공기보다 가벼운 독성가스에 적용된다. 이 모델의 장점은 시간에 따른 유출량의 변화를 모사함에 있다. SLAB 모델은 가우시안 모델과 유사하나 중력과 확산간의 관계를 포함하여 공기보다 무거운 독성가스에 적용된다. 이 모델의 장점은 기상변수와 풍속 대기 안전도 등을 계산하여 위험지역 반경을 예측함에 있다.

가우시안과 SLAB모델로 산출된 유해화학물질의 대기확산범위는 누출지점의 거리에 따라 확산된 농도가 다르다. 산출된 대기확산범위는 유해화학물질이 대기 중에 확산된 일정한 농도를 기준으로 연결해서 단계별 로 구분해서 표현한다. 대기확산범위를 단계별로 나누는 기준은 대기확산농도에 따라 위험이 인체에 미칠 수 있는 피해를 규정해 놓은 ERPG의 3단계를 이용한다. ERPG I, II, III의 각 3단계는 약 70여종의 유해화학물질의 따라 1시간 노출되었을 경우를 가정하여 인체에 미칠 수 있는 피해를 단계별로 구분하고 있다.

다양한 독성가스 확산에 대한 예측은 대기확산 모델만으로는 불가능하다. 물성정보, 시설정보, 상태 정보 등이 대기확산 모델에 누출속도로 제공되어야 가능하며 Fig. 1은 본 논문에서 확장성과 이식성을 고려하여 설계한 대기확산 시스템의 구성 및 데이터 흐름도를 보여주며, 크게 물질(material), 시설(vessel), 시나리오(scenario), 소스(source), 확산(dispersion), 표현(rendering) 컴포넌트로 구성되었다.

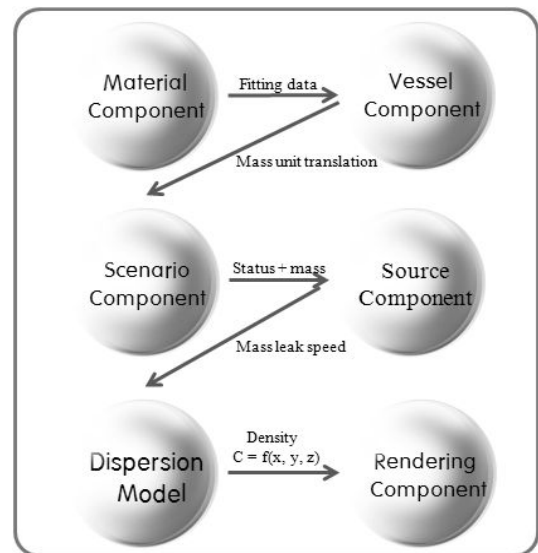


Fig. 1. Outline of atmospheric dispersion system

Table 1. The definition of system function

컴포넌트	설명
물질	대상 물질들의 물질 특성계수를 도출
시설	대시시설의 내부정보와 물질 컴포넌트의 결과를 이용하여 질량단위로 환산
시나리오	대상 시설의 상태정보와 시설 컴포넌트의 결과를 이용하여 상태에 따른 질량값 환산
소스	대상 시설의 대기정보와 시나리오 컴포넌트의 결과를 이용하여 누출속도로 변환
확산	가우시안 모델 또는 SLAB 모델과 누출 속도를 이용하여 농도 변환
표현	누출거리와 시간에 따라서 응용 프로그램에서 농도 표현

Table 1 은 대기확산 주요 컴포넌트의 기능을 정의하였다. 물질 컴포넌트는 대상 물질들의 특성정보를 데이터베이스화하여 물질에 따라 다른 표준특성계수를 계산하여 도출한다. 시설 컴포넌트는 대상 시설의 온도, 압력, 높이, 모양, 물질량(volume), 물질수준(level) 등을 이용하여 질량 단위로 변환해준다. 시나리오 컴포넌트는 누출의 원인이 되는 균열(crack), 구멍(leak), 파열(rupture) 등의 시설 상태 시나리오에 따른 질량값의 변화를 보여준다. 소스 시나리오는 대기온도, 대기습도, 대기압력, 풍향, 풍속 등 누출물질이 대기와 직면하는 시기에 영향을 주는 요소를 이용하여 누출속도를 계산한다. 확산 컴포넌트는 확산 모델과 누출속도를 이용하여 x와 y 좌표 지점의 농도를 계산해주며, 표현 컴포넌트는 이를 응용 프로그램에서 제공한다.

III. 지능형 실시간 대기확산 시스템 설계

에너지 플랜트와 같은 대규모 산업시설에서는 운영부터 작업자 관리까지 산업시설 내에서 발생하는 모든 부분을 담당하는 관제 시스템이 존재한다. 이 시스템은 위험시설의 상태를 모니터링하며, 위험 시 비상대응 시스템과 연동하여 위험 시설을 제어함으로써 안전관리를 유지한다. 기존 대기확산 시스템을 개선하기 위한 방법으로 본 논문은 관제시스템과 연동되어 비상 대응을 효율적으로 수행하고 사용자의 간섭을 최소화할 수 있는 실시간 대기확산 시스템을 Fig. 2와 같이 개선하였다.

센싱 모듈은 실제 위험시설에서 수집되는 위험 인

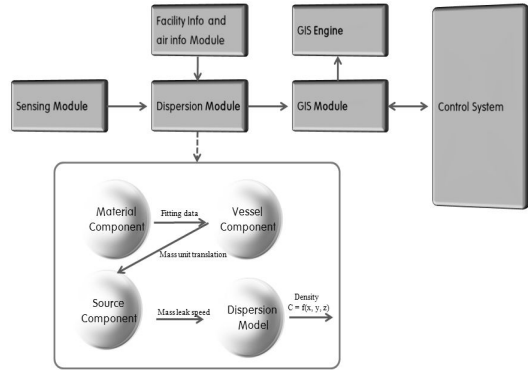


Fig. 2. Design Real-time Atmospheric Dispersion System.

자 데이터(압력, 온도 등)를 수집하고 확산 모듈에 전달하거나 데이터베이스에 저장한다. 시설 및 대기 정보 모듈은 미리 저장된 시설 정보(크기, 직경 등)와 실시간으로 수집되는 대기정보(풍향, 풍속 등)를 데이터베이스에 저장하거나 확산모델에 전달한다. 확산 모듈은 (그림 4)에서 점선 화살표로 표시된 세부 요소로 구성되며 실시간으로 수집되는 데이터를 사용하기 때문에 가상의 사고경우(scenario)를 생성하는 시나리오 컴포넌트를 제거함으로써 기존 대기확산 시스템과 차별화하였다. 특히, 시나리오 컴포넌트에서 구멍 크기(size) 등 누출원인의 크기를 분류하던 과정을 없애고 시설 별 최악의 경우(worst case)로 확산 모듈을 구동하였다. GIS 모듈과 GIS 엔진은 표현 컴포넌트에서 담당했던 농도 표시를 GIS 맵과 연동하여 실시간으로 시설과 농도를 동시에 화면에 그려주며 에너지 플랜트의 관제 시스템과 상호 연동된다.

Fig. 3은 제안하고자 하는 실시간 대기확산시스템의 지능화모듈 개념을 설명한 그림이다. 지속적으로 수집된 데이터는 IT분야의 데이터마이닝기법으로 구성된 지능화모듈을 설계한다. 구체적으로 배관에 의한 누출위험이 지능화모듈의 신경망에 학습된다. 학습된 지능화모듈의 신경망은 지속적으로 수집되는 데이터를 입력으로 배관의 부식으로 인한 누출위험을 자율적으로 탐지한다. 지능화모듈에서 탐지한 누출여부 판단을 토대로 누출의 시점을 자율적으로 특정하고 대기확산범위 산출이 수행된다. 또한 시설에서 수집된 각 중 데이터를 토대로 실시간 대기확산 시스템이 자율적으로 누출지점을 특정 할 수 있게 설계한다. 실시간 대기확산시스템의 누출에 대한 위험과 누출 발생여부에 대한 판단, 누출지점을 자율적으로 특정할 수 있는 지능화모듈을 실시간 대기확

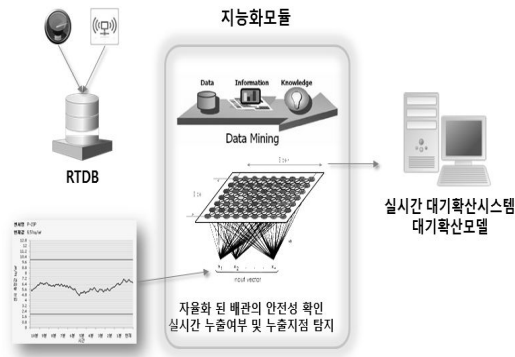


Fig. 3. Design smart module for system

산시스템에 설계해서 기존의 시나리오기반 대기확산모델 시뮬레이션의 임의로 특정해서 대기확산범위 산출보다 사용자의 추가적인 입력사항 없이 대기확산범위 산출 될 수 있게 한다.

IV. 지능형 실시간 대기확산 시스템 구현

Fig. 4는 유해화학물질의 실시간 대기확산시스템에서 수행되는 절차를 도식화 한 그림이다. 유해화학물질의 대기확산범위 산출에 필요한 데이터는 가상으로 설정된 시나리오에서 임의로 특정한 데이터가 아닌 시설에서 실시간으로 수집된 실제 데이터를 이용한다. 실시간 대기확산시스템은 누출사고 위험성이 높은 배관을 대상시설로 선정하였으며 각종 센서와 계측장비가 실시간으로 배관의 상태와 누출과 관련된 데이터를 지속적으로 수집한다. 유해화학물질의 누출위험이 탐지되거나 누출사고가 발생하면 대기확산범위 산출에 필요한 데이터는 각종 센서와 계측장비로 수집된 실제 데이터가 입력되어 대기확산범위 산출이 실시간으로 수행되며 산출된 대기확산범위를 즉시 확인 할 수 있다. 산출된 대기확산범위는 적절한 대응조치계획의 수립과 확산사고피해 최소화에 활용된다.

Fig. 5는 실시간 대기확산시스템의 구체적인 구성도이다. 실시간 대기확산시스템은 GIS맵 위에 유저인터페이스를 구성하고 대기확산모델이 설계되어 있다. 추가적으로 실시간 대기확산범위 산출에서 이용될 데이터를 지속적으로 수집하는 센서와 계측장비, 수집된 데이터를 관리하는 RTDB, 해당지역의 기상상태에 대한 정보를 관리하는 기상정보서버, 산출된 대기확산범위와 누출사고의 상황을 전파하는 전파서비스모듈, 실제 현장을 조망하는 CCTV이 구성된다.

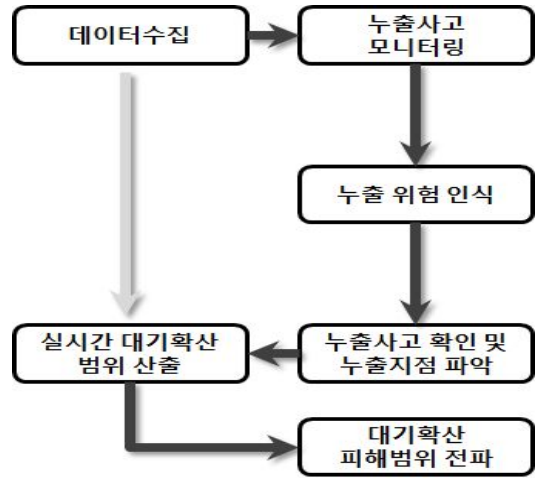


Fig. 4. Real-time Atmospheric Dispersion System Process



Fig. 5. Real-time Atmospheric Dispersion System Architecture

수집 될 데이터를 세부적으로 살펴보면 배관에서 흐르는 유해화학물질 정보, 유해화학물질이 흐르는 압력과 속도, 배관의 직경 등이 있으며 실시간 기상정보에는 대기온도와 압력, 대기안정도, 풍향, 풍속이 있다. 수집된 각종 데이터는 RTDB와 기상정보서버에 나누어 저장되고 관리되어 모니터링이 수행된다. 누출이 발생하거나 누출 위험이 높아지면 대기확산범위 산출에서 필요한 데이터는 서버에 저장된 데이터가 전처리되어 실시간 대기확산시스템에 입력된다. 실제 측정된 데이터를 이용하여 사용자 입력을 최소화해서 기존 시뮬레이션 기반의 대기확산범위 산출의

제약을 극복한다.

유해화학물질이 배관에서 누출되어 대기 중에 확산되는 범위를 산출하려면 누출발생 또는 위험이 탐지되어야 하고 누출지점을 특정해야 한다. 누출사고의 시점은 유해화학물질이 흐르는 배관의 압력과 흐르는 속도와 연관되어 유출된 양을 정할 수 있는 기준 시점이 된다. 정확한 누출지점의 특징은 누출지점의 기상상태와 대기확산범위가 시작 될 지점이 특정된다. 따라서 누출시점과 누출지점 특징은 대기확산범위 산출이 수행 이전에 결정되어야 할 사항이다. 에너지 플랜트의 수많은 배관을 직접 육안으로 관찰하고 검사하여 유해화학물질이 누출사고 발생을 확인하고 누출시점과 누출지점을 특정하기가 어렵다. 배관에서 수집된 데이터를 지속적으로 모니터링해서 누출 여부를 결정하는 것은 항상 모니터링 인력이 배치되어야만 가능하다. 기존의 대기확산모델 시뮬레이션을 통한 대기확산범위 산출은 누출지점을 가상의 시나리오를 토대로 근거하여 임의로 특정하고 있다.

시설의 누출 위험성은 원격 측정된 정상 데이터 집합을 이용하여 비정상 데이터를 판별함으로써 누출 시점과 지점을 추천하는 방법론을 제시하여 실시간 대기확산 시스템의 지능화를 수행한다. 본 논문에서 제시하는 누출원 자동 추천 방법론은 크게 지능화 모델 구축과 누출지역 판별로 나눌 수 있다. 지능화 모델은 신경망 알고리즘을 이용하여 대상시설에 대한 학습 모델을 구축하였다. 신경망 알고리즘은 그래프 형태와 수학적 알고리즘으로 유닛과 유닛 사이의 가중치 연결로 구성되며 결합내구성, 일반화, 적용성의 장점이 존재하여 본 대상 도메인에 적합하다.

본논문의 신경망 학습 모델은 Fig 6과 같이 입력층,

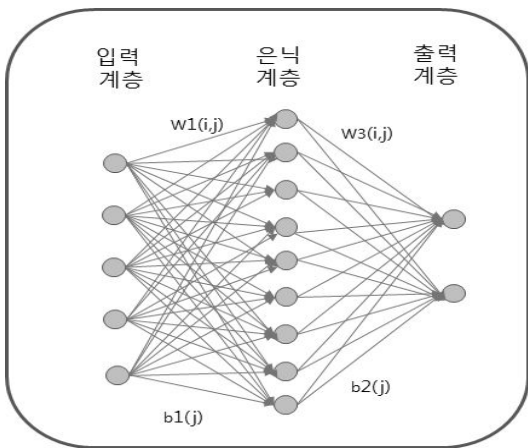


Fig. 6. Neural network learning model

은닉층, 출력층으로 구성된다. 입력층은 압력, 온도, 진동, 가스누출, 배관식별자, 시간 등의 센싱값을 최대/최소값을 기반으로 정규화하여 입력으로 받는다. 은닉층은 활성화함수로 탄젠트 시그모이드함수를 적용하였고 출력층의 활성화함수로 선형활성함수를 적용하며 출력으로서 배관식별자와 상태를 보인다. 모델 역전과 알고리즘을 이용하여 신경망 시설모델의 학습을 수행한다.

누출지역 선정은 신경망 학습 모델의 결과와 센서에서 측정된 실제값의 잔차를 이용한다. Fig. 7은 잔차의 경향, 변화폭 등을 도식화하여 보여준다. 잔차의 경향은 최종누출지역을 선정하기 위하여 입력으로 사용되며 누출지역 판별을 위하여 베이지안 추론 알고리즘을 사용한다. 베이지안 추론은 충분가능성(LS, Likelihood of sufficiency)와 필요가능성(LN, Likelihood of Necessity)을 활용하여 사후확률을 계산함으로써 특정사건의 발생 가능성을 확률로 제공하여 누출시점을 결정한다.

본 연구에서는 시설식별자와 상태의 잔차 경향에 대한 패턴을 경고, 전조, 주의, 정상으로 분류하고 패턴

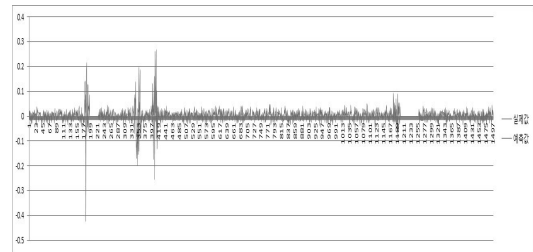


Fig. 7. Residuals between actual value and predictive value

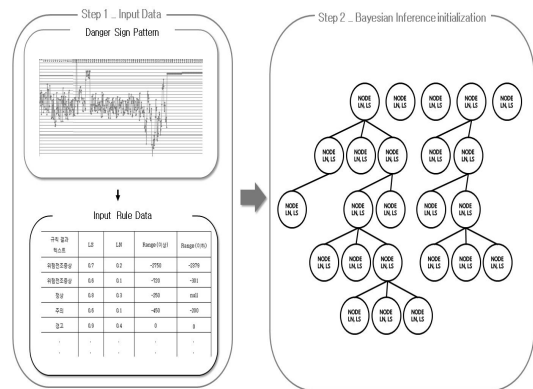


Fig. 8. Initialization of Bayesian Inference

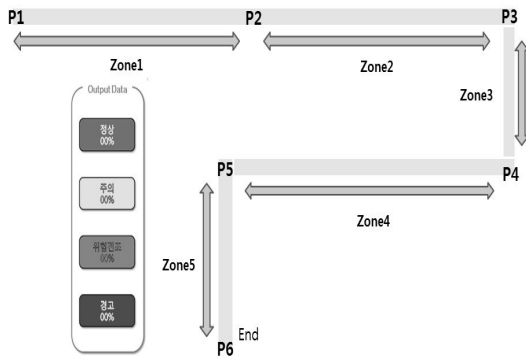


Fig. 9. Result of intelligent algorithm

별 LS와 LN 값을 선정하여 규칙을 생성하고 Fig. 8 과 같이 베이지안 트리를 생성하여 추론을 수행한다. 추론된 베이지안 결과는 대상시설에 대한 정상, 주의, 전조, 경고를 확률로 제공하여 누출시점을 결정한다.

누출원 자동추천 방법은 논리적으로 구분된 대상 시설의 구역(zone)을 기반으로 정상, 주의, 전조, 경고 확률을 제공함으로써 누출이 발생가능한 지역과 시점을 제시한다. 예를 들어, Fig. 9와 같이 대상시설이 배관일 때 배관과 배관 사이를 연결하는 이음매 및 밸브를 기준으로 구역을 구분하고 각 지역별로 누출 가능성을 정상, 주의, 전조, 경고 확률로 시점을 제공하고, 사용자 설정에 따라 경고확률 또는 전조와 경고확률의 조합을 이용하여 누출 가능 지역을 추천해줌으로써 실시간 대기확산 시스템의 효율성을 향상시킬 수 있다.

유해화학물질의 실시간 대기확산시스템을 C++ 과 .Net Framework로 Visual Studio 2010을 이용하여 Fig. 10과 같이 구현했다.

실제 여수산업단지의 석유화학공장의 GIS맵 위에 사용자인터페이스가 구성했다. 간단한 플랜트 시설정보, 지속적으로 각종 센서와 계측장비로 수집되는 실제 데이터, 주변 지역의 실시간 기상정보 등을 유저인터페이스에서 볼 수 있다. 구현 된 실시간 대기확산시스템은 누출물질에 특성에 따라 가우시안과 SLAB의 대기확산모델이 내부적으로 구현되어있다. 누출사고 판단과 누출지점 특성은 사용자가 직접 판단하고 입력하게 구현했다. 누출로 인한 대기확산이 실제 발생하거나 위험이 탐지되면 실시간 대기확산시스템이 가동되어서 지속적으로 수집된 실제 데이터와 기상정보가 이용되어 특정 된 누출지점에서부터 유해화학물질의 대기확산범위가 실시간으로 산출된다.

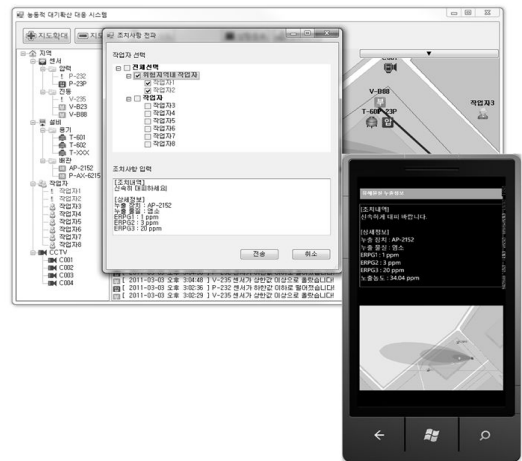


Fig. 10. Result user interface of system and mobile service

실시간으로 산출된 유해화학물질의 대기확산범위는 GIS맵 위에 ERPG의 각 단계별로 농도를 기준으로 구분되어 사용자인터페이스 상에 투명도를 달리해서 즉시 표현했다. 누출사고 상황이 종료되거나 누출위험이 감소해서 배관 상태가 정상으로 돌아오거나 지능화모듈이 스스로 판단하면 사용자인터페이스 표시된 대기확산범위는 종료된다. 산출된 대기확산범위는 작업자에게 모바일기기를 이용해서 전파된다. 유해화학물질의 대기확산범위에 작업하고 있는 작업자를 실시간 대기확산시스템에서 산출된 대기확산범위와 시설에서 작업 중인 작업자의 모바일기기를 통해 수집된 GPS를 비교하여 대기확산범위 내에 존재하는 작업자를 판별한다. 대기확산범위 내에 작업 중인 작업자에게 누출사고가 발생과 사고정보, 대기확산범위, 사고대응조치 등을 모바일기기로 전파할 수 있도록 구현했다. 그림 5는 대기확산범위 산출결과와 사고대응조치를 모바일기기를 이용하는 작업자에게 전파하는 그림으로 모바일환경의 시뮬레이터이다.

V. 결론

에너지플랜트에서 취급되는 유해화학물질이 누출되어 대기 중으로 확산되는 범위는 가상시나리오 기반의 대기확산모델의 시뮬레이션을 통해 대기확산범위를 얻을 수 있다. 그러나 필요로 하는 데이터는 가상시나리오를 토대로 하는 임의의 데이터를 사용해서 시뮬레이션하기 때문에 산출된 대기확산범위의 정확성이 결여 될 수 있고 누출사고가 발생하

더라도 사용자가 필요한 데이터를 직접 입력해서 시뮬레이션하기 때문에 결과를 얻기까지 장시간 소요되는 한계점이 있다.

본 연구에서는 에너지 플랜트 환경에서 지속적으로 수집된 다양한 실제 데이터와 기상정보를 이용하여 즉각적으로 대기확산피해범위 산출이 가능하고 대상시설 구동중에 사용 가능한 지능형 실시간 대기확산시스템을 설계하고 구현했다. 대기확산모델은 누출된 유해화학물질의 특성에 따라 구분하여 구현하였으며, 산출된 결과는 GIS맵 기반의 유저인터페이스에 ERPG의 각 단계별 농도에 따라 3단계로 대기확산범위를 구분하여 표현했다. 산출된 대기확산피해범위 산출결과를 토대로 해당 범위에서 작업 중인 작업자의 모바일기기를 통해 신속하게 확산사고 상황을 전파할 수 있도록 구현했다.

이를 통해 기존 대기확산모델 시뮬레이션의 한계를 극복한 유해화학물질의 실시간 대기확산시스템 구현이 가능하였으며 산출된 대기확산범위를 토대로 적절한 확산사고대응조치와 유해화학물질의 위험을 전파해서 대기확산사고피해를 최소화할 수 있음을 확인했다.

또한 실시간 대기확산 시스템의 누출 시점과 지점을 지능화하는 방안을 제시하고 모듈을 구현하였다. 이를 위해 첫 번째 단계로서 지능화 모듈 구축하고 두 번째 단계로서 누출원 지능화를 수행한다. 지능화 모듈은 신경망 알고리즘을 이용하여 입력층, 은닉층, 출력층이 존재하는 신경망 학습 모델을 구축하였다. 신경망 학습 모델은 압력, 온도, 진동, 가스누출, 배관식별자를 입력으로 하여 배관식별자와 배관상태를 출력으로 보여준다. 누출원 지능화는 신경망 학습 모델의 결과값과 실제값 차이인 잔차를 분석하여 베이지안 추론을 적용하고 대상시설 누출가능성을 판별하였다. 본 논문의 베이지안 추론 알고리즘은 잔차 경향 및 변화폭을 입력으로 받고 베이지안 규칙을 생성하여 대상시설에 대한 정장, 주의, 전조, 경고를 확률로 제공하였다.

본 지능형 실시간 대기확산 시스템은 대규모 복합 산업시설에 구역(zone)별로 누출가능 확률을 제공함으로써 누출 지점 및 시점을 추천할 수 있다. 향후계획으로는 시험적으로 구현된 지능화 모듈 구현을 최종 완료하여 대기확산시스템의 세부 구성요소로 안전화 할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로

수행하였음 [과제번호: 10035310, 과제명: 차세대 USN기반의 산화안전 프레임워크 기술 개발]

참고문헌

- [1] 김구희, 오영석, 장태석, 윤인섭, "유해물질 저장 시설의 누출사고에 따른 인근지역에 대한 안전 영향평가", *한국화학공학회 학술발표회 논문집: 화학공학의 이론과 응용*, 2(2), 3067-3070, (1996)
- [2] 유정아 외 14인, "유해화학물질 사고시 활용되는 초기확산모델(SLAB)의 기상 민감도 수치실험", *한국대기환경학회 추계학술대회 논문집*, 101-102, (2006)
- [3] Moussa M. I. and Eid, T., "Risk Management for Chlorine Producing Factory in Egypt", *Australian Journal of Basic And Applied Science*, 1(3), 239-248, (2007)
- [4] 최종근 외 6인, "실시간 대기확산 모델링 시스템", *한국멀티미디어학회 춘계학술발표 논문집*, 537-540, (2001)
- [5] Daniel, A. and Louvar, J. F., "Chemical Risk Analysis: Fundamentals with Applications", Prentice Hall, (1990)
- [6] 최정우, 윤기봉 "에너지 안전 기술의 현황 및 개발 전략", *한국에너지공학회 논문지*, 17(4), 175-181, (2008)
- [7] 김철희 외 6인, "유해화학물질 관련 대기오염 사고 대응을 위한 화학물질 사고대응 정보시스템 (CARIS)", *한국환경영향평가학회 학술지*, 12(1), 23-34, (2003)
- [8] 오정석, 손충연, 성종규, "에너지 플랜트 환경에서 독성가스를 위한 대기확산 시스템에 관한 연구" *한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집*, 18(1), (2011)
- [9] AIHA Guideline Foundation, "2010 EPRG/WEEL Handbook", 20-28, (2010)
- [10] 손충연, 여지혜, 고일주, "관계적시점지도로 구성된 SOM을 이용한 가스배관 부식상태의 자율적 판단방법", *한국컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집*, 137-140, (2011)
- [11] Goeble, M. and Gnuenwald, L., "A Survey of Data Mining and Knowledge Discovery Software Tools", *ACM SIGKDD Explorations*, 1(1), 20-33, (1999)
- [12] Zangl, G. and Nannerer, J., "Data Mining Applications in the Petroleum Industry", IBM Round Oak Publishing, (2003)

[13] 오정석, 손충연, 성종규, “능동적 사고대처를 위한 유해화학물질의 실시간 대기확산 시스템 개발”, 한국컴퓨터 종합학술대회 논문집, 38(1), 13-16, (2011)

[14] 한도영, 정남철, “신경망무고장모델과 이중퍼지로그직을 사용한 냉방기 고장진단 알고리즘”, 설비공학 논문집, 18(10), 791-799, (2006)