

# 지능형 피난유도선 시스템에 대한 연구

## A Study on Intelligence Emergency Guide Line System

박용규\*·김석은\*\*·강경식\*\*

Yong-Gyu Park\*·Suk-Eun Kim\*\*·Kyung-Sik Kang\*\*

### Abstract

Government and company are unfolding greenhouse gas reduction activity to prevent the effects of global warming. Also, verification business through greenhouse gas inventory construction is spreaded variously.

Greenhouse gas verification proceeds by document examination, risk analysis, field survey.

Document investigates emission information, calculation standard, emission report, data management system. And through risk assessment result, establish field verification plan.

Through study on risk assessment of greenhouse gas inventory verification, wish to reduce risk of verification.

---

†본 논문은 명지대학교 안전경영연구소 협력에 의해 이루어진 논문임

\* 엔조이라이트 (주)용진기업 기술연구소

\*\* 명지대학교 산업경영과

## 1. 서 론

지난 2003년 대구 지하철 참사 발생 이후 소방안전에 대한 사회적 인식이 크게 증가하여 대형 건축물을 비롯한 사회 전반에 걸쳐 안전성을 극대화 시킬 수 있는 방안이 다각도로 모색되고 있으며, 특히 정전이나 화재 발생시 짙은 연기나 어둠 속에서 사람들을 안전한 비상 탈출구로 신속 정확하게 유도하여 대피시킬 수 있는 피난 유도 시스템에 대한 요구가 크게 대두되었고 비상유도등 및 피난유도표지와 같은 기존의 피난유도장치들에 대한 문제점들이 학회 및 유관 기관에서 지적되고 밝혀짐으로써 그 대안으로 피난유도선 개념이 도입되었으며, 2009년 1월에 “피난유도선의 설치 의무화”가 입법 예고되었고 2008년 11월 이후 피난유도선에 대한 인정기준 및 성능 시험 기준이 마련되었다. 그 결과 입법 예고되었던 “피난 유도선의 설치 의무화”를 규정한 소방법령이 2009년 5월 15일자로 고시원 및 산후조리원에 국한된 영역에서 시행되고 있으며, 향후 설치 의무 대상은 지속적으로 확대될 예정이다.

하지만 현재 시중에 나와 있는 피난유도선 제품들은 최소 기준인 한국 소방산업 기술원(KFI)의 인정기준이나 성능 시험 기준을 만족시키지 못하는 제품들이 대부분이며, 또한, 한국 소방산업 기술원에서 제정한 피난유도선 인정 기준이나 성능 시험 기준은 효과적인 피난유도선 시스템을 구축하는데 있어 부적합한 부분이 매우 많은 관계로 향후 최상의 기준 마련 및 기준 강화가 이루어져야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 기존 피난유도장치들의 문제점을 간략하게 살펴 보고, 이들의 문제점을 보완하면서 보다 효율적인 피난유도선 시스템을 구축하는데 있어 반드시 고려되어야 할 사항과 특징을 고찰해 보고, 그에 따른 지능형 피난유도선 시스템 모델 개발에 활용함과 동시에 보다 효과적인 피난유도선 시스템 설치 등에 대한 정책 결정 기준을 제시하고자 한다.

## 2. 지능형 피난유도선 시스템 도입 배경

### 2.1 현재의 피난유도장치들의 문제점 고찰

현재 국내외적으로 주로 사용되고 있는 피난유도장치는 발광 특성을 갖는 다양한 종류 및 형태의 비상유도등과 축광 유도표지, 발광 특성을 갖지 않는 인쇄물 형태의 비상유도표지가 거의 대부분을 차지하고 있는데, 이 중 비상유도등은 전구 및 형광등과 같은 램프를 사용하여 만들어져 점발광 특성만을 갖고 단독으로 동작하게 되어 있기 때문에 발광 영역이 매우 적어 아래 [그림 1]에 보인 바와 같이 비상유도등 앞에 물건을 쌓아 놓거나 화재시 짙은 연기 및 농염에 가려져 잘 보이지 않고, 빛이 약해 화재시 필연적으로 발생하는 짙은 연기와 농염을 투과하지 못하여 시인성이 매우 떨어진다. 또한, 현장 상황을 무시한 채 소방법에서 규정된 최소 규정만을 지킬 수 있는 범위에서 최대의 간격으로 최소의 수량만 설치 운영되고 있어 이 비상유도등의 불빛

을 볼 수 없는 사각지대가 매우 많이 생기게 되고 필연적으로 비상유도등이 설치된 지점의 중간 지점에서는 이 불빛조차 거의 보이지 않게 되어 본연의 유도 기능을 거의 발휘하지 못하고 있다.

또한, 비상유도등에서는 방향 표시를 표면에 인쇄된 고정된 화살표 표시로 하고 있으며, 항상 일정한 방향만을 표시하고 있어 어느 한쪽 비상구 쪽에서 화재가 발생하거나 비상문이 닫혀 있어 해당 탈출구를 이용할 수 없는 상황에서 이 경우 다른 안전한 비상구 쪽으로 유도해야 함에도 불구하고 그러한 기능을 전혀 갖고 있지 않다. 즉, 수시로 변화하는 현장 상황에 따른 지능적 비상유도 기능을 전혀 갖추고 있지 않을 뿐더러 중앙 방재 시스템을 비롯한 다른 시스템들과는 전혀 별개로 동작함으로써 화재 시 제기능을 전혀 수행하지 못하고 있다.

그리고 축광유도표지는 평소에 주위의 빛을 받아 저장하고 있다가 주위가 어두어지면 저장된 빛을 방출시켜 발광하는 것으로 이것은 기존의 비상유도등에 비해 전원을 공급하지 않아도 발광을 한다는 장점은 있지만 빛의 밝기가 현저히 떨어지고 빛의 유지 시간이 매우 짧으며, 비상유도등과 같은 방법으로 방향을 표시하고 설치됨으로써 비상유도등보다 더욱 많은 문제점을 가지고 있다.

또한, 비발광 유도 표지는 대부분 인쇄물의 형태로 평상시 비상구의 위치를 표시해 주기만 할 뿐 정전, 화재 발생시에는 쉽게 연기에 가려지거나 불에 타서 본래의 비상유도 기능을 전혀 수행하지 못하고 있는 실정이다.

이러함에도 불구하고 별다른 대안이 없어 소방법상 의무적으로 설치되고 있는 실정이다.

### 비상 유도등 설치 모습



적치물에 가려져 제기능을 수행하지 못하는 모습



계단에 설치된 모습



천정에 설치된 모습으로 평상시 비상구가 있음을 표시하는 기능만을 수행

[그림 1] 비상유도등 및 유도 표지 설치 예

## 2.2 피난유도선 도입의 필요성 및 기존 피난유도선 제품 고찰

현재 비상유도등의 단점을 보완하는 방법으로 피난유도선 도입에 대한 필요성은 2009년 5월에 시행된 소방법령에서 보듯이 소방 방재청을 비롯한 유관 기관에서 인지하고 있는 상황이며, 학회에서도 보다 효율적인 피난유도선 시스템 구축에 대한 연구가 활발히 진행되어 많은 관련 논문들이 발표되고 있다.

다음에 현재 시중에 유통되고 있는 피난유도선 제품들에 대한 특징과 문제점 등을 간략하게 살펴 보기로 한다.

현재 가장 빠르게 제품화가 된 것으로는 축광(蓄光) 물질을 이용한 띠 형태의 피난유도선이 일부 설치되어지고 있다. 이 축광 피난유도선은 전원을 공급하지 않고 평상시 주위의 빛을 받아 저장하고 있다가 주위가 어두워지면 저장된 빛을 방출시켜 발광하는 것이다. 이러한 축광 피난유도선은 빛의 밝기가 최대 수백  $\text{mcd/m}^2$  정도로 매우 약하고, 유효 발광 지속 시간이 매우 짧다. 또한, 피난유도선의 특성상 어두운 곳에서 밝게 빛을 내 유도할 수 있어야 함에도 불구하고 주변에 빛이 없을 때는 거의 보이지 않다가 주변에 빛이 있을 때가 더 잘 보인다는 사실이 실험을 통해 밝혀졌다.(2005년 11월 대한건축학회 추계학술대회 자료 참조) 더욱이 화재 발생시 필연적으로 발생하게 되는 짙은 연기와 농염 속에서는 유도 기능을 전혀 발휘하지 못하는 무용지물이 될 뿐 아니라, 유도 방향 전환 기능이 없어 수시로 변화하는 현장 상황에 따른 지능적 비상유도는 전혀 이루어질 수 없다는 문제점을 가지고 있다. 이런 이유로 2005년 2월 입법조항이 만들어져 공포되었으나 많은 문제점을 갖고 있다는 것이 밝혀져 비상유도등을 대체할 근본적 대안이 되지 못하고 있다.

또 다른 방법으로 면발광체인 EL Sheet/Strip을 이용한 제품이 있는데 이 제품은 전원을 공급하여 발광하게 함으로써 필요한 밝기 이상으로 발광을 하게 할 수 있다. 그리고 두께가 얇아 바닥이나 벽면 등에 설치하기가 용이하다. 그러나 이 제품은 스크린 인쇄 기법을 이용하여 투명전극이나 절연층, 발광층을 평평한 면에 매우 얇게 도포하여 형성시키고 이를 보호하기 위해 투명 코팅지로 코팅하여 제조하는 제조 공정 및 사용되는 재질 특성상 열에 매우 약하여 화재 발생시 쉽게 불에 탈 수 있고, 얇게 형성된 전극층에 많은 전력을 공급할 수 없어 장거리 발광이 불가능하며, 투명 코팅지로 코팅함으로써 장시간 방치되는 경우 코팅지 사이로 물이 스며들어 방수 기능이 떨어지는 단점이 있으며, 전원 연결 단자 등의 처리가 매우 어려워 취급이 불편하고 길이 조절 및 곡선 처리 등이 매우 어렵다는 문제점을 갖고 있다. 그리고 현재 시판되고 있는 대부분의 제품들은 방향 표시가 화살표나 꺾은선 모양으로 고정되어 있고 방향 전환 기능을 전혀 구비하지 않고 있어 수시로 변화하는 현장 상황에 능동적으로 대처할 수 없다.

그 외 다른 방법으로 점발광체인 LED를 이용하여 LED 전광판 형태로 배열하고 이를 컨트롤러를 사용하여 제어하는 형식의 피난유도선 시스템이 국내외 몇몇 업체에 의해 출시되어 있다. 이것은 방향 표시 및 전환 기능을 가지고 있어 필요에 따라 원하는 지역으로의 피난유도 기능을 수행할 수 있다. 그러나 이 시스템은 기다란 선형의 피난유도선을 형성하기 위해 1m당 수백~수천개의 LED 램프를 사용해야 하고 이로 인

해 전체적으로 상당히 많은 전력을 소모하게 되어 장거리의 피난유도선을 구성하는데 있어 일정 간격(약 2m~3m정도)으로 전원 장치를 설치해야 하며 많은 전력을 보내기 위해 별도의 선로 설치가 이루어져야 하며 각각의 LED 램프를 제어하기 위해 콘트롤러에서 별도의 제어선이 해당 램프까지 설치되어야 한다. 그리고 이들을 설치하기 위해 별도의 가이드 및 보호용 강화 유리 등을 설치해야 함으로써 설치 및 시공, 취급이 매우 불편하며 복잡하고 까다롭다는 단점으로 인해 상당히 많은 qlyd이 발생한다는 단점이 있다. 그리고 근본적으로 LED 램프는 빛의 직진성이 매우 강한 점발광체로 화재 시 발생하는 짙은 연기나 농염 속에서 빛의 투과성이 떨어지고 이로 인해 시인성이 떨어지는 단점이 있다. 또한, 전기적으로 피난유도선을 구성하는 LED 램프가 발광을 하기 위해서는 폐루프로 회로가 구성되어야 하는 까닭에 단위 길이의 피난유도선을 형성하고 있는 LED 중의 하나가 파손되거나 선이 끊어지는 경우, 일정 길이 이상이 발광하지 않게 되고, 또 전원선이 합선(短絡 short)되는 경우에는 접점에는 과량의 전류가 흐르게 되어 발열이 있게 되어 심한 경우 화재 및 폭발이 일어날 수 있으며 전원장치 및 콘트롤러가 파손될 수도 있다.



[그림 2] LED 비상유도라인 설치 형태 및 설치 예

### 2.3 지능형 피난유도선 시스템의 제안 배경

상기와 같이 현재 시중에 출시되어 있는 피난유도장치들은 화재나 정전 등의 비상사태 발생시 효과적으로 사람들을 가장 안전한 영역으로 유도하고 대피시키는데 많은 문제점을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 기존 피난유도장치들의 문제점을 근본적으로 해결할 수 있는 방안을 제시하고, 수시로 변화하는 현장 상황에 따라 지능적으로 대응하여 최상의 피난유도 시스템을 구성하고 이로 인해 인명 피해를 최소화 시킬 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 이를 기반으로 점점 더 대형화, 지하공간화 되어 가고 있는 건설 분야에서 최상의 안전 시스템을 구축하게 하고, 보다 나은 안전 시스템 구축을 위한 정책 마련의 기준을 제시하고 이를 통해 경제적, 사회적, 산업적 효과를 크게 얻을 수 있게 하고자 한다.

### 3. 효율적인 지능형 피난유도선 시스템의 도입 모델 개발

#### 3.1 지능형 피난유도선 시스템의 필수 기능 고찰

기존의 비상유도 시스템의 단점을 보완하고 보다 효과적인 시스템을 구축하기 위해서는 보다 넓은 영역에서 뛰어난 가시 효과를 낼 수 있는 기다란 형태의 선형(線形) 발광체가 탈출 경로를 따라 전체 영역에 설치되어야 하며, 어느 지점에서나 탈출구의 방향을 쉽게 인지할 수 있도록 방향 표시 기능이 있어야만 한다. 그리고 비상문 개폐 여부, 비상구 근처 화재 발생 여부 등 비상 탈출구의 이용 가능 여부와 수시로 변화하는 화재 현장의 상황에 따라 최적의 피난 유도 경로를 산출하고 표시함으로써 인명피해를 최소화시킬 수 있는 기능이 반드시 부가되어야만 한다.

그리고 피난유도선으로 사용되는 발광체는 화재 현장의 특성상 열에 매우 강해야 하며 전기적, 기계적 강성이 매우 뛰어나야 한다. 또한, 화재 현장에서는 전력 공급이 원활하지 않은 점을 고려하여 최소의 전력 소모로 최상의 피난유도 특성을 나타내야 하며, 설치 및 취급상에 있어서도 매우 간편하여 소요 비용이 최소화될 수 있어야 한다.

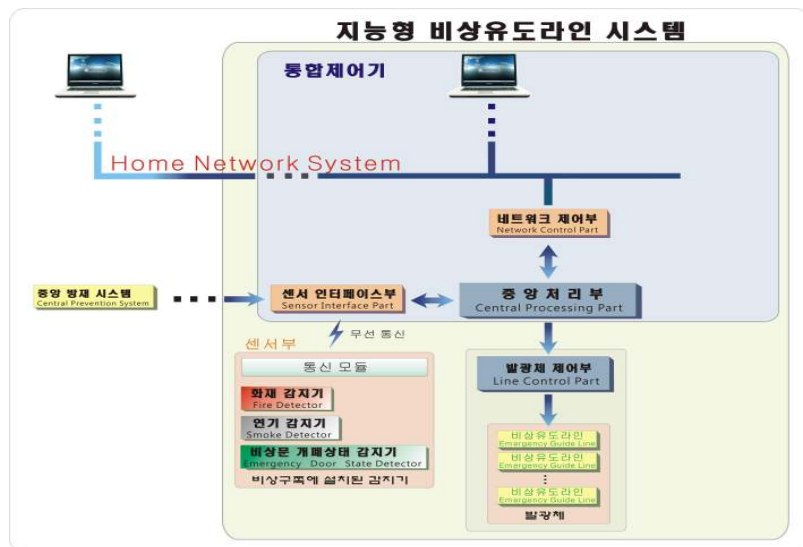
아울러, 지능형 비상유도라인 시스템은 중앙 방재 시스템과의 통신 두절 등의 이유로 정상적인 동작이 되지 않을 경우에 대비하여 각 비상 탈출구 단위로 개별적으로 제어될 수 있는 분산 제어 구조를 갖는 것이 보다 화적일 것이며, 각각의 분산 제어 장치들은 각 비상구 쪽에 설치되어 있는 화재감지 센서, 연기 및 열 감지 센서, 비상문개폐상태 감지 센서 등의 각종 센서들과 이들의 데이터를 받아 단독으로 동작을 결정하고 처리할 수 있으며, 동시에 이들 분산 제어 장치들은 건물 내 설치, 운영되고 있는 중앙 방재시스템 및 조명, 설비, 전력 제어 장치와 같은 다른 시스템들과도 유기적으로 네트워크를 형성, 각종 정보 및 데이터를 상호 교환하며 상호 보완적으로 동작하게 하는 것이 필요하다.

이러한 기능들을 총체적으로 갖춘 지능형 피난유도선 시스템이 구현된다면 향후 점점 더 대형화되고 사람들이 많이 모이게 되는 대형 건물, 지하 공간, 공장 등의 산업 현장 등의 안전성을 획기적으로 높여 인명 피해를 최소화 시켜 경제적, 사회적 안전 체제 구축을 가능하게 할 것이다.

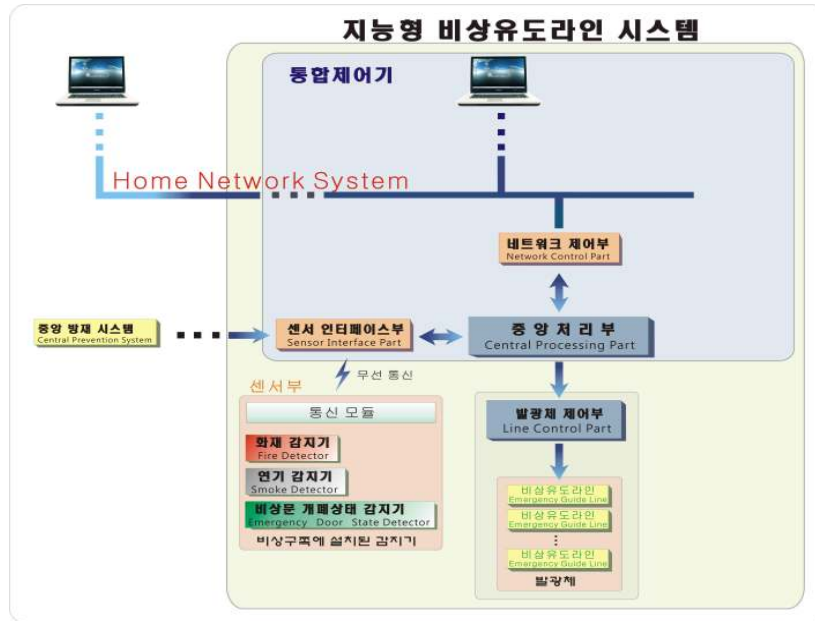
#### 3.2 지능형 피난유도선 시스템의 동작 프로세서

지능형 피난유도선 시스템은 [그림 3]와 같이 크게 네트워크 통합 제어기 부분, 비상유도라인용 제어기 부분, 센서부분, 발광체 부분들로 구성되는데, 건물에서 화재가 발생했을 때 중앙 소방/방재 시스템은 건물 전체에 걸쳐 화재 경보 신호를 발생 시키게 되며, 많은 다른 소방/방재 장치들과 마찬가지로 지능형 비상유도라인 시스템도 중앙 소방/방재 시스템의 경보 신호를 받아 동작을 하게 된다. 즉, 지능형 비상유도라인 시스템 구성의 일부인 네트워크 통합 제어기에서 중앙 방재 시스템의 화재 경보 신호를

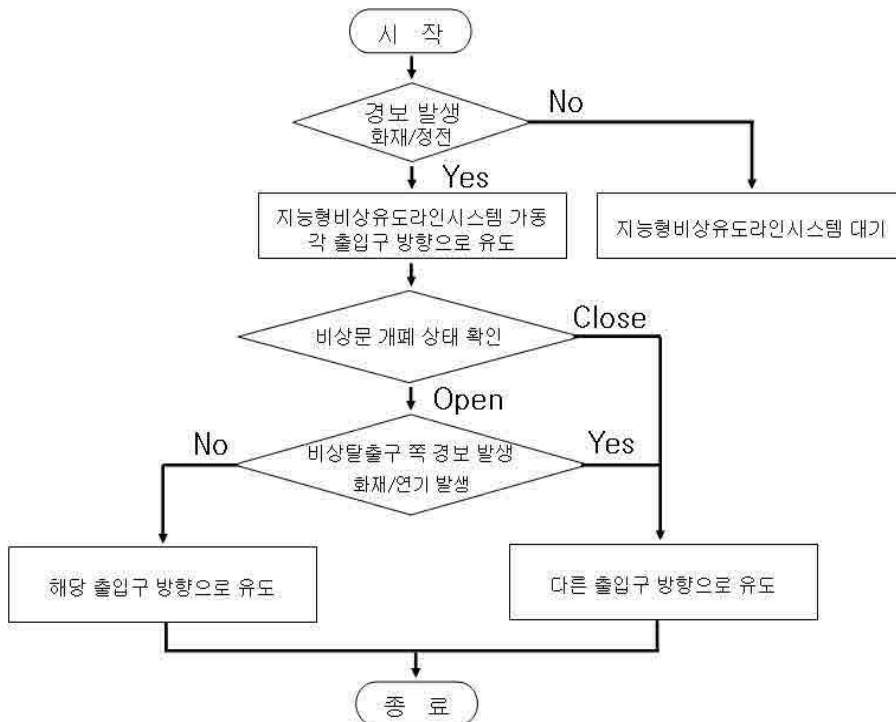
받아 미리 정해진 초기 조건으로 동작을 개시하게 되며, 이와 거의 동시에 네트워크 통합 제어기의 센서 인터페이스 부분에서는 비상구 주변에 설치되어 있는 열감지 센서, 연기감지 센서, 비상문 개폐 상태 감지 센서 등의 데이터를 실시간으로 수신, 분석하여 해당 비상구의 사용 여부를 판별하게 된다. 이렇게 분석된 결과는 비상유도라인용 제어기(Controller)에 전달되고 이 제어기는 비상유도라인용 발광체를 구동하기 위한 구동부를 동작 시켜 비상유도라인용 발광체에 전원을 공급하여 상기의 발광체가 발광을 하게 된다. 발광체에 전원이 공급되면 발광체는 빛의 흐름으로 최적의 유도 방향을 표시하여 신속 정확하게 해당 비상구 쪽으로 탈출을 할 수 있게 한다. 작동을 시작한 지능형 비상유도라인 시스템은 실시간으로 센서 및 각종 현장 데이터를 수집, 분석하여 해당 비상구의 사용 여부를 수시로 판별하게 되고, 해당 비상구를 안전하게 이용할 수 있는 경우에는 발광체가 해당 출입구 쪽으로 빛의 흐름을 만들어 대피를 유도하게 된다. 그러나 만일 해당 비상구가 어떤 이유에 의해 닫혀 있거나 해당 비상구 주변에 화재 및 연기가 발생하는 등의 이유로 해당 비상구를 사용할 수 없는 경우에는 해당 비상구로 유도하던 빛의 흐름을 다른 안전한 비상구 쪽으로 바꿔 유도를 하게 된다. 이렇게 함으로써 사람들은 무의식적으로라도 빛의 흐름을 따라가게 되고 지능형 비상유도라인 시스템은 그 빛의 흐름을 가장 안전한 방향으로 형성되게 함으로써 신속 정확한 탈출을 할 수 있게 하여 인명피해를 최소화 시킬 수 있게 된다. [그림 3]에 “지능형 피난유도선 시스템”의 분산 제어 장치의 시스템 구성도를 보이고 있으며, [그림 4]는 “지능형 피난유도선 시스템”의 네트워크 구성을 포함한 전체 시스템 구성도를 보이고 있다. [그림 5]는 지능형 피난유도선 시스템의 전체적인 동작 흐름을 개략적으로 나타내고 있다.



[그림 3] 지능형 피난유도선 시스템의 분산제어장치 구성도



[그림 4] 지능형 피난유도선 시스템의 전체 구성도



[그림 5] 지능형 비상유도라인 시스템 동작 흐름도



[그림 5]에 보이는 지능형 피난유도선 시스템의 동작은 건물 내 화재 및 정전 발생 시 중앙방재 시스템은 경보를 발생하게 되는데 지능형 피난유도선 시스템은 최초 이 신호를 받아 미리 설정된 경로 및 방향으로 피난유도선을 형성시킴으로써 동작을 시작하게 된다. 그 다음 해당 출입구 쪽의 상태(비상문 개폐 상태, 해당 비상구 부근에서의 화재, 연기 발생 유무 등)와 현장 상황을 센서 데이터를 수신받아 이를 연산 처리함으로써 해당 비상구를 이용할 수 있는 경우에는 그 쪽으로 유도시키고, 해당 비상구가 닫혀 있거나 비상구 쪽에 화재가 발생하는 등의 다른 이유에 의해 그 쪽으로 유도하면 안되는 경우에는 다른 안전한 비상구 쪽으로 유도하게 된다. 이러한 동작은 지능형 비상유도라인 시스템이 동작을 시작한 후 실시간으로 끊임없이 이루어지게 되어 있다.

#### 4. 결론 및 향후 연구과제

지구온난화를 방지하기 위한 정부와 민간기업의 다양한 녹색경영 활동들이 전개되고 있다.

온실가스 검증은 단계별 내부 검토, 문서 검토, 현장 검증평가로 구분되는데, 내부 검토시 진행되는 배출원 정보, 산정기준, 배출량 보고서 및 데이터 관리현황에 대한 사전 위험성평가를 통하여 효과적인 현장 검증계획을 수립한다.

본 연구에서는 온실가스 검증사업의 리스크를 저감하고자 위험성평가 연구모델을 제시하였다.

향후 탄소배출권 거래제 도입시를 대비하여 온실가스 검증사업의 성공적인 신뢰성 확보를 위하여 비용을 고려한 정량적인 위험성평가 모델연구가 필요할 것이다.

#### 5. 참고 문헌

- [1] 박두용 등(2004), 위험성 평가제도 도입방안에 대한 연구, 노동부
- [2] 에너지관리공단(2008), 온실가스 인벤토리 검증 가이드라인
- [3] 이강복(2007), 작업분석과 사고형태영향분석을 통한 작업자 안전평가 모델구축, 명지대학교 박사학위청구논문
- [4] 일본 환경성(2009), 자주 참가형 국내 배출량 거래제도 배출량 검증을 위한 가이드라인
- [5] Department of Defense(2000), Military Standard 882D
- [6] ISO 14064(2006), 온실가스 감축 및 배출관리에 관한 국제규격
- [6] <http://www.greengrowth.go.kr>, 대통령직속 녹색성장위원회

## 저 자 소 개

### 박 용 규

송실대학교 전자공학과에서 석사학위를 취득하고, 현재 엔조이라이트 대표 및 (주)용진기업 기술연구소 및 소방사업본부의 연구소장/본부장으로 재직 중이며, 주요 관심분야는 소방안전 및 구조구급, 지능형홈 시스템, 광산업 관련 분야 등이다.

주 소 : 경기도 부천시 오정구 삼정동 부천 테크노파크 쌍용3차 102동 1201호 (주)용진기업 기술연구소/소방사업본부

### 김 석 은

현재 명지대학교에서 박사학위를 취득하고 . 주요 관심분야는 품질경영, 신뢰성공학, 환경안전경영시스템, 재난관리 등이다.

주 소 : 경기도 안산시 단원구 초지동 671번지 안산공과대학 산업경영과

### 강 경 식

인하대학교 산업공학과에서 학사·석사·박사와 연세대학교·경희대학교에서 경영학 석사·박사 취득. North Dakota State Univ.에서 Post-Doc과 Adjunct Professor 역임. 현재 명지대학교 산업경영공학과 교수로 재직중. 주요 관심분야는 생산관리, 물류관리, 안전경영 등

주 소 : 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-1 명지대학교 산업경영공학과