Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Vol. 23, No.10, pp. 115~120 October 2009 논문 23-10-16

최적 비상대피로 유도를 위한 방향성 유도 알고리즘 구현

(The Embody of the Direction Escape Algorithm for Optimization Escape)

이기연* · 김동욱 · 김동우 · 문현욱 · 길형준 · 김향곤
(Ki-Yeon Lee · Dong-Ook Kim · Dong-Woo Kim · Hyun-Wook Mun · Hyung-Jun Gil · Hyang-Kon Kim)

요 약

본 연구에서는 기존 소방시스템의 문제점을 개선한 인공지능형 방향성 유도등 제어 시스템에 적용하기 위해 필요한 최적 피난유도 알고리즘 설계기법을 제시하였다. 인공지능형 방향성 유도등 제어 시스템은 화재 감지기 및 수신반과 연동하여 화재 발생시 발화부 및 연기 이동에 대한 판단을 통하여 최적의 비상대피 유도라인을 계산하여 인명 피해를 최소화하는데 그 목적이 있다. 이러한 최적 피난유도 알고리즘 구현을 위하여 최단거리 계산 알고리즘인 FLOYD 알고리즘을 이용하였으며, 각 지역 감지기의 감지 신호에 대한 위험상태에 따라 지역 위험인자를 적용한 최단거리 산출기법으로 구현하였다.

Abstract

In this paper, we design the artificial intelligent direction escape light control system to improve/complete the defects of the existing fire fighting system, and sketch an optimum escape guide algorithm for its implementation. It intends to minimize human casualties and injuries by calculating/predicting moving line of the optimum emergency escape, by means of interlocking the sensor and the reception group and analyzing the data of the combustion point and the smoke movement.

The optimum escape algorithm is designed by FLOYD algorithm which calculates the shortest distance. It consists of the measuring method which calculates the shortest distance by using hazardous factors for each condition in danger which is judged by the sensor installed in each area.

Key Words : Optimization Escape Algorithm, Escape Light, Intelligent Control, Fail-Safety

1. 서 론

최근 건축물은 복잡화, 대형화되어 가고 있으며 많은 불특정 다수가 이용하고 있기 때문에 전기화재 등에 의해서 화재가 발생하게 되면 많은 인명피해가 발생하게 된다. 화재 발생시 재실자의 판단의 식이 흐려져 출입구의 위치를 잘 파악하지 못하여 그 피해가 더 커지게 되기 때문에 재실자들을 긴급

* 주저자 : 전기안전연구원 재해예방센터 주임연구원
Tel : 031-580-3039, Fax : 031-580-3045
E-mail : lkycj@kesco.or.kr
접수일자 : 2009년 8월 11일
1차심사 : 2009년 8월 12일
심사완료 : 2009년 9월 4일

히 안전한 대피 장소로 이동시켜 인명피해를 줄여야 한다. 이와 같이 기존의 소방 시스템은 화재발생 위치에 대한 정보가 없기 때문에 화재발생 위치와 상관없이 한 방향만을 가리키는 구조로 되어 있기 때문에 화재발생 위치에 따라 피해가 더 커질 수 있는 한계를 가지고 있다. 이러한 기존 소방 시스템의 단점을 개선한 인공지능형 방향성 유도등 제어시스템은 화재발생시 화염방향 예측으로 fail-safety 개념의 시스템으로 화재시 인명자구책 강화 및 소방 진화작업 단축으로 피해를 최소화하도록 설계되었다.[1-3].

인공지능형 방향성 유도등 제어시스템의 피난유도 알고리즘은 모든 정점간의 최단거리를 구하는 Floyd - Warshall algorithm(이하 프로이드 알고리즘)이 적용되었다. 프로이드 알고리즘은 N개의 정점으로 구성된 방향그래프에서 각 정점을 출발 정점으로 하여 모든 정점 쌍 사이의 최단경로를 구하는 방법으로 All-to-all 문제 해결의 가장 효율적인 방법으로 알려져 있다[4].

본 연구에서는 신개념 소방 시스템의 하나인 인공지능형 방향성 유도등 제어 시스템의 최적 설계 기법을 제시를 위하여 프로이드 알고리즘을 이용하였다. 화재의 특성상 사고 발생시 피해범위가 확산되기 때문에 화재 감지기의 신호와 화염 확산에 대한 감자기 신호를 실시간으로 분석하여 각 지역의 위험인자를 적용한 최단거리 산출기법을 적용하였다.

본 연구에서 제시한 알고리즘의 성능 검증을 위하여 GUI(Graphic User Interface) 설계시 알고리즘 탑재하여 제시된 알고리즘을 검증하기 위한 방법에 대하여 검증하였다.

2. 방향성 유도등의 최적 설계기법

최단경로 문제는 임의의 두 지점을 잇는 최단경로를 찾는 것으로 구하고자 하는 최단경로가 몇 개의 지점에서 몇 개의 지점까지이냐에 따라 크게 한 지점에서 모든 지점까지(one-to-all) 알고리즘과 모든 지점 에서 모든 지점까지(all-to-all) 알고리즘으로 분류된다. 방향성 유도등의 경우는 모든 지점에서 모든 출구까지의 경로를 구해야 하므로 All-to-all 문제를 해결하는 알고리즘을 적용해야 한다[4].

방향성 유도등의 최적 비상대피로 유도를 위한 최적 설계는 모든 지점에서 모든 지점까지의 최단거리 계산에 주로 사용되는 프로이드 알고리즘을 이용하여 제안하였다.

최적의 방향성 유도등 알고리즘은 인공지능형 방향성 유도등 시스템의 상태 정보인 건물도면에 대한 피난 경로와 각 경로에 대한 거리, 각 지역 감지기에 의한 발화부 및 연기이동에 대한 감지신호 등을 적용하여 제안하였다. 이를 위하여 피난 경로와 각 경로에 대한 거리는 건물이 설계되면 고정되어지는 상태 정보이기 때문에 설계도면 정보를 그대로 이용하였으며, 감지신호에 대한 상태 정보는 화재의 발생 및 연기의 이동에 따라 변동하는 상태 정보이기 때문에 각 지역에서 감지된 신호에 대하여 위험도에 따른 가중치인 화재발생 지역의 위험인자를 부여하였다.

최적의 피난유도 알고리즘 제안을 위하여 각 노드간의 이동경로에 대한 거리와 감지기의 정상/화재상태의 가중치를 고려한 최단거리 산출기법을 적용하였으며 이를 그림 1에 나타내었다.

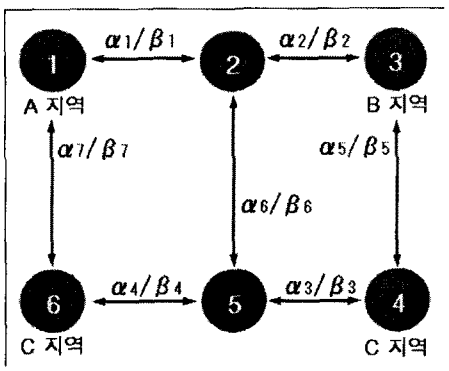

그림 1. 최단거리 산출기법
Fig. 1. The schematic diagram of evaluation method short-path

각 노드 간의 이동경로에 대한 거리는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 예를 들면, 인접한 m번 노드와 n번 노드간의 거리는 m번 노드와 n번 노드 사이의 거리에 대한 정보와 위험인자에 대한 정보를 포함하

고 있는 것을 알 수 있다. 이와 같은 방법으로 m번 노드에서 n번 노드로 이동할 때의 거리는 m번 노드에서 n번 노드까지 거치게 되는 모든 노드간의 거리를 산출하면 식 (2)와 같이 얻을 수 있다.

$$D_{n(n-1)} = \frac{\alpha_{n(n-1)}}{\beta_{n(n-1)}} \quad (1)$$

$$D_{nm} = \sum_{k=n}^{m} \frac{\alpha_{k(k-1)}}{\beta_{k(k-1)}} \quad (2)$$

이 때 각 노드간의 위험인자 β는 감지기가 정상상태인 경우 β=1, 화재상태 등의 이상상태인 경우 β=0과 같은 값을 넣어 연산을 수행하게 되면 설계된 최적피난유도 알고리즘에서는 화재와 인접한 지역에 대한 노드의 거리는 무한대(∞)로 계산된다.

앞에서 설명한 것처럼 실제 거리에 대한 정보와 위험인자에 대한 정보를 포함한 각 노드간의 거리산출방법을 실제 모델링에 적용하면 그림 2와 같이 나타낼 수 있다. 출구, 감지기 및 방향성 유도등을 각각 나누어 정보를 입력하고 정상상태에서는 가장 가까운 출구를 향하도록 표시하고 있다가 화재 발생시 거리정보와 위험인자 정보가 포함된 각 노드간의 거리를 계산하게 된다.

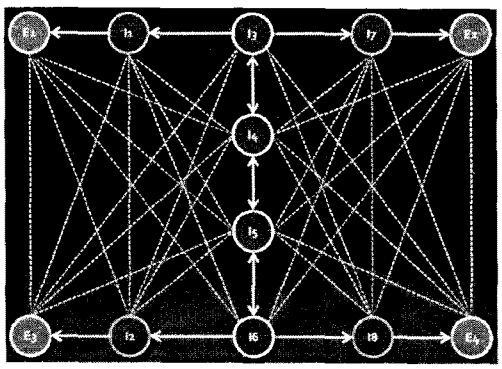

그림 2. 최적 피난 유도 알고리즘 구현
Fig. 2. The embody of optimization escape algorithm

거리정보와 위험인자 정보가 포함된 각 노드간의 거리계산시 그림 2에 나타낸 최적 피난유도 알고리즘과 같이 각각의 노드와 연결된 노드와의 거리만을 연산하게 된다. 즉, 그림에 나타낸 것처럼 실선에 대한 거리를 연산하며, 점선에 대한 거리는 무한대로 하여 대피자가 절대로 이동할 수 없는 경로로 만들어 연산하게 되며, 연산된 거리 데이터를 이용하여 최단거리 피난경로를 각각에 상황에 맞게 추정한다. 이와 같이 추정된 최단거리 피난경로가 최적의 피난유도 알고리즘을 이용한 인공지능형 방향성 피난경로가 된다.

따라서 최적의 피난 유도 알고리즘은 건물 도면의 유도등, 감지기, 출구 등 각각에 대한 건물도면 정보와 유도등의 각 지역에서 지역으로 이동시 최단거리 산출방식을 이용하였으며, 최단거리 산출은 식 (2)를 이용하여 계산하였다. 최단거리 산출시 화재 발생지역에 대한 위험인자를 포함하여 제안하였다.

3. 알고리즘 검증

앞 장에서 제시한 알고리즘의 성능 검증을 위하여 서버 설계시 알고리즘을 탑재하여 시뮬레이션이 가능하도록 GUI를 설계하였다.

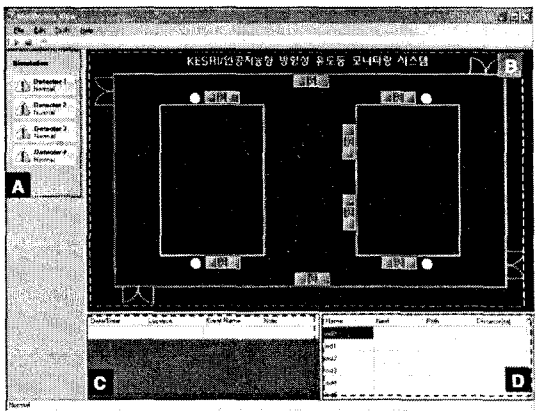

그림 3. 인공지능형 방향성 유도등 모니터링 시스템
Fig. 3. The monitoring system of artificial intelligent direction escape light

서버 GUI는 방향성 유도등 시스템의 동작 신호를 실시간으로 저장하며, 관리자가 확인할 수 있도록 구성하였으며 닷넷 프레임워크(.NET Framework)를 이용하여 구현하였으며, 그림 3에 나타낸 것처럼

방향성 유도등 시스템의 알고리즘이 탑재된 테스트 부분(Ⓐ부분)과 감지기와 유도등의 상태를 나타내는 모니터링 부분(Ⓑ, Ⓒ부분), 방향성 유도등 시스템의 동작상황에 대한 Database부분(Ⓓ부분)으로 구성되어 있다.

인공지능형 방향성 유도등 모니터링 시스템의 동작상황을 알 수 있는 Database부분을 그림 4에 나타내었다. 화재가 감지된 시각에 대하여 감지기의 동작상황, 각각 유도등의 방향표시 등이 상세하게 기록되어 있다. 화재발생시의 동작상황 데이터로부터 최초발화지점 등을 판단할 수 있다.

Date/Time	Location	Event Name	Note
2009-07-15 오...	Detector-0	True	Note
2009-07-15 오...	Indicator-0	Both	Note
2009-07-15 오...	Indicator-1	Left	Note
2009-07-15 오...	Indicator-2	Right	Note
2009-07-15 오...	Indicator-3	Both	Note
2009-07-15 오...	Indicator-4	Left	Note

그림 4. 데이터베이스 부분
Fig. 4 Database part

최적 피난유도 알고리즘을 검증하기 위하여 알고리즘이 탑재된 GUI의 시뮬레이션(그림 3의 Ⓐ부분)을 이용하여 검증하였다.

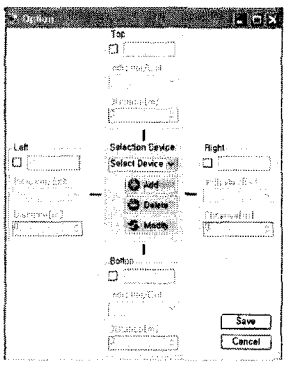

그림 5. 유도등 정보입력 창
Fig. 5. The window of information input for escape light

먼저 건물도면의 상태정보 입력을 위하여 그림 5에 나타낸 옵션 창에 유도등의 상태 정보를 입력한다. 유도등의 상태 정보는 유도등의 위치, 출구정보, 인접 유도등의 정보 등이 있으며, 위치정보 입력시 각각의 주변 노드의 거리정보를 입력하면, 설계도면상의 실제 설치 정보와 동일하게 된다. 이와 같은 작업을 수행 후 시뮬레이션을 수행하게 되면 화재가 발생했을 때 최적의 피난 경로로 유도를 하는지를 검증할 수 있다.

그림 6은 그림 3과 같은 건물도면의 정보를 그림 5의 정보입력창에서 입력한 후 정상상태의 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 각각의 유도등이 표시하고 있는 방향의 대상, 각각의 유도등에서 출구로 이동하기 위한 경로 정보, 각각의 유도등에서 가장 가까운 출구까지의 총 이동경로에 대한 정보가 포함되어있다. 시뮬레이션에 의한 분석결과 최적 피난 경로를 나타낸 것을 확인할 수 있었다.

Name	Next	Path	Distance[m]
ind0	Exit	ind0-Exit	4
ind1	Exit	ind1-Exit	11
ind2	ind6	ind2-ind6-Exit	14
ind3	ind1	ind3-ind1-Exit	18
ind4	ind2	ind4-ind2-ind6...	11
ind5	ind3	ind5-ind3-ind7...	13

그림 6. 유도등 피난 경로 및 최단거리 계산 부분
Fig. 6. The escape path of escape light and the shortest distance calculation part

이와 같이 설계된 GUI를 통하여 그림 7과 같은 모델에 대하여 프로이드 알고리즘과 제시한 알고리즘을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다. E는 출구를 나타내며, I는 유도등의 번호를 나타낸다.

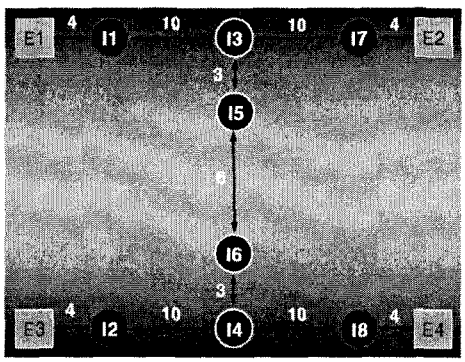

그림 7. 시뮬레이션을 위한 건물 도면 정보
Fig. 7. Simulation of drawing information

감지기 1에서 화재가 발생하였을 때 시뮬레이션 결과는 그림 8과 같이 나타났다. (a)의 경우는 프로이드 알고리즘을 적용하였을 때 나타나는 최단거리 계산결과이며, (b)는 위험인자를 고려한 최적 피난유도 설계기법을 적용한 최단거리 계산결과이다. 두 결과에서 5번 유도등의 피난 경로 및 거리를 살펴보면 (a)의 경우 ind5→ind3→ind7→E2로 경로가 나타났으며, 최단거리는 17[m]로 계산되었다. (b)에서는 ind5→ind6→ind6→ind8→E4로 경로가 나타났으며, 최단거리는 23[m]으로 계산되었다. 이것은 화재가 감지된 지역의 인접지역인 I3과 화재가 I3으로 확산되었을 때 I3의 인접지역인 I5, I7에 대한 각각의 가중치를 주어 계산되었기 때문이다. 화재 인접지역에 대한 가중치는 2배, 그 다음 인접지역에 대한 가중치는 1.5배의 가중치를 주었기 때문에 ind5→ind3→ind7→E2의 경로의 최단거리는 23.5로 계산되기 때문에 I5의 경로가 출구2가 아닌 출구4로 설정된 것이다.

Name	Next	Path	Distance[m]
ind1	ind3	ind1-ind3-ind7-Exit2	24
ind2	Exit3	ind2-Exit3	4
ind3	ind7	ind3-ind7-Exit2	14
ind4	ind2	ind4-ind2-Exit3	14
ind5	ind6	ind5-ind3-ind7-Exit2	17
ind6	ind4	ind6-ind4-ind8-Exit4	17

(a) 프로이드 알고리즘 적용
(a) A case of floyd algorithm

Name	Next	Path	Distance[m]
ind1	ind3	ind1-ind3-ind7-Exit2	39
ind2	Exit3	ind2-Exit3	4
ind3	ind7	ind3-ind7-Exit2	19
ind4	ind2	ind4-ind2-Exit3	14
ind5	ind6	ind5-ind6-ind4-ind8-Exit4	23
ind6	ind4	ind6-ind4-ind8-Exit4	17

(b) 제시한 알고리즘 적용
(b) A case of proposal algorithm

그림 8. 최단거리 계산 결과
Fig. 8. Calculation result of short path distance

4. 결 론

본 연구에서는 화재시 인명과 재산의 피해를 최소화하기 위한 소방 시스템인 인공지능형 방향성 유도등 제어 시스템의 최적 피난유도 알고리즘을 제안하고 이를 검증하였다.

FLOYD 알고리즘과 위험인자를 적용한 최단거리 산출기법을 적용한 방향성 유도 알고리즘은 화재발생 지역의 감지기 신호에 대한 위험인자와 화재발생 인접 지역에 대한 가중치를 부여하여 최단거리를 구하는 방법으로 제안하였다.

제안한 알고리즘의 검증을 위하여 GUI 설계시 알고리즘을 반영한 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 설계하였다. 실제 건물도면과 유도등 감지기 등의 위치정보를 입력한 후 시뮬레이션 수행하였다. 최단거리를 계산하는 프로이드 알고리즘과 화재 발생지역에 위험인자를 적용하여 최단거리를 계산하는 제안한 알고리즘의 비교결과 제안한 알고리즘을 적용하였을 때 거리는 더 멀었지만, 화재 확산을 고려하였을 때 더욱 안전한 대피로로 유도하는 것을 확인하였다.

본 알고리즘의 개발로 화재 발생시 인명과 재산의 피해를 최소화 할 것으로 판단된다. 향후 설계된 알고리즘의 최적화를 위하여 다양한 위험인자에 대한 연구와 가중치 값에 대한 연구가 더 필요하며, 이의 검증을 위하여 다양한 형태의 건물구조에 적용하여 시뮬레이션을 수행할 것이다. 또한 알고리즘 검증이 완료되면 신개념 소방 시스템인 인공지능형 방향성 유도등 시스템 구축에 도움이 될 것으로 판단된다.

본 연구는 지식경제부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

References

[1] 김동욱 외 6, "유도등 제어시스템의 개발" 조명 · 전기설비학회 논문지, 제23권, 제6호, pp. 52-58, 2009. 6.
[2] Kellie Ann Beall, Editor "13 meeting of the UJNR panel on fire research and safety", U.S. department of commerce, 1997
[3] 홍원화 "대구지하철 화재 수습과 생존자 행동특성" 방

재연구 제6권 제1호 통권 21호, 2004
[4] 김병인 외 1, "도로 네트워크에서의 Some-to-some 최단경로 생성 알고리듬 성능비교", 대한산업공학회 춘계학술대회논문집, pp.1-6, 2006.

◇ 저자소개 ◇

이기연 (李璣燕)
1975년 5월 12일생. 2002년 2월 인천대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 전기안전연구원 재해예방센터 주임연구원.
Tel : (031)580-3039
E-mail : lkycj@kesco.or.kr

김동욱 (金桐郁)
1971년 1월 6일생. 1998년 2월 인천대학교 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 전기안전연구원 재해예방센터 주임연구원.
Tel : (031)580-3035
E-mail : dokim@kesco.or.kr

김동우 (金東佑)
1972년 3월 20일생. 1996년 인하대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 전기안전연구원 재해예방센터 주임연구원.
Tel : (031)580-3036
E-mail : kdwtk98@naver.com

문현욱 (文鉉旭)
1975년 2월 14일생. 2000년 8월 경북대 공대 전자전기공학부 졸업. 2004년 University of Florida, Electrical & Computer Engineering 졸업(석사). 현재 전기안전연구원 재해예방센터 연구원
Tel : (031)580-3038
E-mail : hwmoon@kesco.or.kr

길형준 (吉亨准)
1969년 8월 27일생. 1997년 2월 인하대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 전기광학과 졸업(박사). 현재 전기안전연구 재해예방센터 선임연구원.
Tel : (031)580-3034
E-mail : fa523@paran.com

김향곤 (金珦坤)
1970년 12월 14일생. 1996년 조선대학교 전기공학과 졸업. 2000년 동 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2008년 8월 동 대학원 박사과정 수료. 현재 전기안전연구원 재해예방센터 책임연구원.
Tel : (031)580-3031
E-mail : kon0704@kesco.or.kr