

논문 2009-5-15

화재 대피 유도를 위한 센서 및 유도등 네트워크 기반의 통합 논리 모델

Integrated Logical Model Based on Sensor and Guidance Light Networks for Fire Evacuation

부준필*, 김도현**, 박동국***

Jun-Pil Boo, Do-Hyeun Kim, Dong-Gook Park

요 약 현재 건물은 예전에 비해 더 높고 더 복잡하면서 다양한 형태로 설계되고 있다. 그러므로 잠재적인 위험 요소는 더 증가하고, 화재, 정전, 지진, 호수, 태풍 등의 재해가 발생할 수 있다. 이들 재난은 가능한 신속하게 건물 안의 사람들을 대피시켜야 한다. 본 논문에서는 건물 내부에서의 센서와 유도등 네트워크를 통합 구축하여 신속하게 재난을 감지하고 내부 지리 정보를 이용하여 정확하게 대피 유도할 수 있는 새로운 재난 대피 유도 개념을 제시한다. 본 논문에서는 이 개념을 이용하여 건물 내부에서 화재 재난을 관리하기 위해 센서와 유도등 네트워크 기반의 통합 논리 모델을 제시한다. 더불어 제안된 논리 모델을 지도 상에 가시화하고 운영 실험을 실시하여 검증한다.

Abstract At the present time, buildings are designed higher and more complex than ever before. Therefore the potential disasters are happened such as fire, power outage, earthquake, flood, hurricanes. Their disasters require people inside buildings to be evacuated as soon as possible. This paper presents a new disaster evacuation guidance concept of inner buildings, whiche aims at integrated the constructing of a sensor network and a guidance light networks in order to provide a quick detection of disasters and accurate evacuation guidance based on indoor geo-information, and sends these instructions to people. In this paper, we present the integrated logical model based on sensor and guidance light networks for the fire disaster management in inner building using our concept. And we verify proposed logical model according to experiments with visualization and operations on map.

Key Words : Fire evacuation, Sensor network, Logical model

I. 서 론

최근 주위에 대규모의 초고층 건축물이 증가하고 있으며, 이들 건축물에 문화시설, 상업시설, 주거 시설 등 다양하고 복잡하게 형성되므로 인해 잠재적인 재난이 커지고 있다. 특히, 지하 건축물이나 고층 건축물에 화재가 발생할 경우 인명 및 물적 피해도 증가하고 있다. 그러나

아직 화재가 발생할 경우 발화 지점의 위치 파악이나 피난하기 위한 유도에 대한 연구가 미진하다. 이를 위해 최근 지하 공간 및 다중 이용시설에서 화재 발생시 인명피해를 최소화하기 위해 비상탈출로를 확보하고 빠른 시간 내에 화재 공간으로부터 많은 사람들을 안전하게 대피할 수 있는 연구가 진행되고 있다. 현재 무선 센서 네트워크를 이용한 온도, 습도, 압력 등의 상황 정보를 수집하는 하드웨어 및 소프트웨어 기술은 발전되었으나, 아직 상황 정보를 토대로 상황을 인지하고 최적화의 대피 유도 경로를 제시하는 알고리즘 개발은 미흡하다. 최근 연구

*준회원, CJ건설 클럽나인브릿지 재무파트

**정회원, 제주대학교 컴퓨터공학과(교신저자)

***정회원, 순천대학교 정보통신과

접수일자 2009.9.5, 수정일자 2009.10.6

에서는 특정 지점에 화재가 발생할 경우 최적의 피난 경로에 대한 연구와 센서는 있으나, 아직 센서 네트워크를 통한 감지 센서 네트워크 토폴로지와 유도등을 중심으로 한 구동체 네트워크를 기반으로 한 유도등 네트워크 토폴로지에 대한 연구는 미흡하다[1-4].

공간 논리 모델은 빌딩 내분의 방, 교차로, 출입구 등을 노드 및 링크로 표현한다. 이때 링크는 노드간 연결을 의미한다. 공간 논리 모델을 사용하여 기하학적 정보 대신에 빌딩의 내부 구조를 분석할 수 있고, 노드 간의 경로를 간단하게 계산할 수 있어 기하학적 모델 보다 장점이 많다. 건물의 논리적 모델을 기하학적 모델이나 지리 정보로 통해 자동적으로 생성하기 어려워 대부분 수동적이거나 응용 프로그램의 지원으로 중요한 노드나 링크를 만든다. 특히 링크에 거리, 소요 시간 등의 비용을 할당하는 부분을 자동적으로 생성하기 힘들다. 따라서 이러한 공간 논리 모델에서 자동 생성이나 가시화 작업에 대한 연구는 미흡한 실정이다[5, 6].

본 논문에서는 건물 내부의 공간 논리 모델 생성 기법을 센서 및 유도등 네트워크에 적용하여 화재가 발생할 경우 화재 감지 및 대피 경로에 따른 방향 설정을 위한 통합 네트워크 논리 모델을 제시한다. 이를 위해 먼저 실내 공간에 설치된 유도등 네트워크에 대한 노드 및 링크를 통해 논리 모델을 생성하고, 센서 네트워크의 노드를 생성하고, 센서 노드의 가장 가까운 유도등 노드를 선택하여 상호 연결함으로써 센서 네트워크의 논리 모델을 생성할 수 있다. 이로써 두 네트워크는 하나의 통합 네트워크 논리 모델을 이루게 된다. 그리고 지도 기반의 통합 네트워크 논리 모델을 만들기 위한 자동 생성 도구를 구현하고, 지도 상에 통합 네트워크를 가시화하여 통합 네트워크 논리 모델의 동작을 검증한다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 2장에서는 센서와 유도등 네트워크를 통합한 네트워크 모델을 제시하고, 3장에서는 제안된 네트워크 모델을 만들기 위한 자동 생성 도구를 설명하고, 지도 위에 가시화 방안과 동작을 설명한다. 마지막 4장에서는 결론을 맺는다.

II. 통합 네트워크 논리 모델

화재 재난을 관리하기 위해서는 센서를 통해 화재를 감지하고, 유도등이나 비상등 등을 통해 대피를 유도하

여야 한다. 기존의 대부분의 건물에서는 특정 센서를 획득된 화재 정보를 바탕으로 수동적으로 유도등을 제어하고 있다. 이로 인해 정확한 발화 지점을 파악하고 신속한 대피 유도가 부족한 실정이다.

표 1. 유도등 노드 간 연결 정보 테이블(예)

Table 1. Connection information table for guidance lights (example)

Start Guidance Node	End Guidance Node	Distance Information
Node 1	Node 2	10
Node 1	Node 9	10
Node 2	Node 3	10
Node 2	Node 10	10
Node 3	Node 4	10
Node 3	Node 11	10
...

본 논문에서는 건물 내부에 센서 네트워크를 구축하여 화재 발생 지점을 정확히 파악하고, 센서 네트워크와 유도등 네트워크를 연계하여 안전한 곳으로 신속하게 피하는 새로운 화재 대피 유도 개념을 제시한다. 제시된 개념을 토대로 화재 대피 유도를 위한 센서와 유도등 네트워크 논리 모델이 필요하다. 여기서는 센서 네트워크와 유도등 네트워크를 각각 구성하고, 두 네트워크 간을 상호 연결하여 효율적으로 센서 및 유도등 네트워크 모델을 제시한다. 즉, 센서와 유도등 노드를 상호 일대일 연결함으로써 센서 네트워크 모델과 유도등 네트워크 모델을 구성한다.

표 2. 유도등 간의 거리 정보 테이블(예)

Table 2. Distance information table between guidance lights (example)

	Node 1	Node 2	Node 3	...	Node n
Node 1	0	10	∞	∞	∞
Node 2	10	0	10	∞	∞
Node 3	∞	10	0	10	∞
...	∞	∞	10	0	...
Node n	∞	∞	∞	...	0

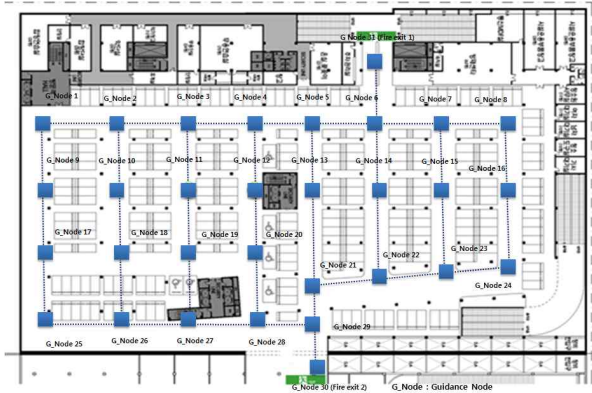


그림 1. 유도등 네트워크의 논리 모델(예)
Fig. 1. Logical model of guidance light networks (example)

그리고 유도등의 링크는 표 1과 같이 각 노드 간의 연결 정보 테이블을 이용하여 형성할 수 있다. 여기서는 시작 노드와 종료 노드가 있으며, 이들 간의 거리 정보를 입력한다. 표 1은 이 노드들 간의 연결 정보 테이블 예를 나타낸다. 더불어 표 1의 연결 정보 테이블을 이용하여 표 2의 거리 정보 테이블을 생성할 수 있다. 거리 정보 테이블은 한 노드에서 다른 모든 노드로의 거리 정보를 제공하고 있다. 여기서 ∞ 은 연결되어 있지 않음을 의미하고, ∞ 으로 표시되지 않는 부분은 두 노드에 임의의 거리 비용이 존재하면 상호 연결된 것을 나타낸다. 여기서는 임의의 거리 비용으로 10으로 설정한다. 유도등의 노드와 링크를 구성된 유도등 네트워크의 논리 모델의 예를 그림 1에서 보여주고 있다.

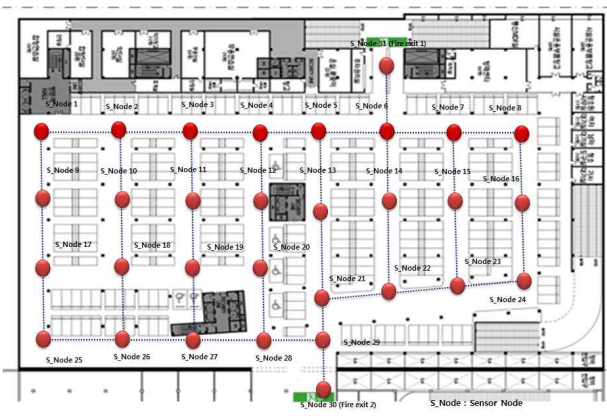


그림 2. 센서 네트워크의 논리 모델(예)
Fig. 2. Logical model of sensor networks (example)

센서 네트워크는 센서의 화재 유무를 결정하는 데 필

요하다. 센서 노드는 센서의 타입(센서, 싱크)과 층, 이고 유 번호와 이름이 있고, 화재 유무 정보, 사용 센서 값, 센서 값의 사용 유무, 사용 센서의 화재 범위(최소, 최대)와 관리자 정보가 있다. 센서 노드의 링크는 별도로 만들지 않고, 센서 노드에 가까운 유도등의 링크 정보를 이용하여 센서 노드의 링크를 생성한다. 그림 2에서는 2차원 지도 상의 센서 네트워크의 논리 모델의 예를 보여주고 있다.

표 3. 유도등 노드와 센서 노드 간의 연결 정보(예)
Table 3. Connection information table between guidance light and sensor node (example)

	Sensor Node	Guidance Node
1	S_Node 1	G_Node 1
2	S_Node 2	G_Node 2
3	S_Node 3	G_Node 3
...
n	S_Node n	G_Node n

센서 노드의 링크를 생성하기 위해 유도등과 센서 노드 간의 상관 관계를 나타내는 상호 연결에 관련된 정보를 생성한다. 또한 이렇게 함으로써 센서 네트워크와 유도등 네트워크를 연결한다. 연결정보의 형식은 유도등의 고유 번호, 이웃 센서의 고유번호를 이용하며, 유도등과 센서 노드의 연결은 일 대 일 연결뿐만 아니라 일 대 다, 다 대 일도 연결도 가능하다. 표 3은 센서와 유도등 노드들 간의 연결 정보 테이블 예를 보여주고 있다.



그림 3. 센서 네트워크와 유도등 네트워크 연결된 통합 논리 모델
Fig. 3. Integrated logical model connected between guidance light network and sensor network (example)

화재 발생할 경우 센서 네트워크로부터 화재를 감지하고 연결된 유도등 네트워크를 통해 사람들을 안전한 곳으로 대피를 유도할 수 있다. 그림 3에서는 센서 네트워크와 유도등 네트워크를 통합한 네트워크 모델을 보여주고 있다.

III. 통합 논리 모델 가시화 및 검증

제안된 통합 센서 및 유도등 네트워크 논리 모델을 검증하기 위해 가상의 건물 상에서 유도등 및 센서 기반의 노드와 링크로 구성된 네트워크 논리 모델을 구현하고 실험한다. 통합 네트워크 논리 모델은 운영체제로 마이크로소프트사의 윈도우 XP, 데이터베이스로 MS-SQL 2005를 사용한다. 그리고 닷넷 비주얼 스튜디오 2005에서 C# 프로그래밍 언어를 이용하여 구현한다.

유도등과 센서 네트워크를 만들기 위한 생성 모듈이 있으며, 세부적으로 노드 생성 모듈과 연결 생성 모듈이 있다. 노드 생성 모듈은 유도등 노드와 센서 노드의 정보를 생성하며, 또한 유도등과 센서 노드 생성 모듈로 나누어진다. 이 모듈은 노드의 생성뿐만 아니라 관리를 위한 기능을 지원하며, 노드의 추가, 삭제, 위치 이동 등이 가능하다. 데이터베이스에 입력되어 있는 건물 정보를 바탕으로 건물의 각 층에 유도등과 센서 노드를 생성한다.

연결 정보 생성 모듈은 노드 간의 링크를 형성한다. 구체적으로 연결 정보 생성 모듈은 유도등 간의 연결 정보를 통하여 링크를 생성하고, 유도등과 센서 노드 간의 연결 정보를 이용하여 노드 간의 링크를 만든다. 연결 정보 생성 모듈은 연결 정보의 생성뿐만 아니라 링크를 삭제하는 기능을 가지고 있다.



그림 4. 유도등 노드의 생성 화면
Fig. 4. Generation display of guidance light node

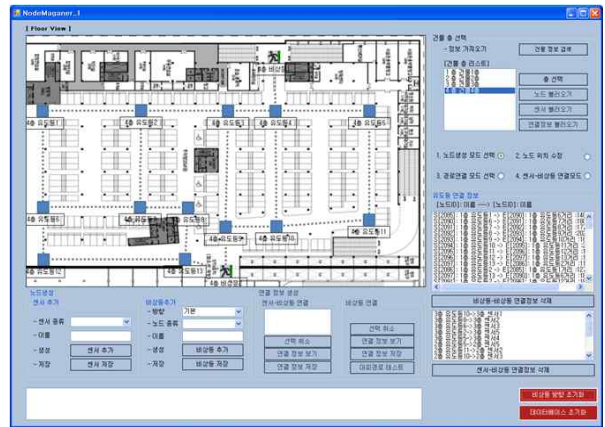


그림 5. 유도등 네트워크의 생성 화면
Fig. 5. Generation display of guidance light network

유도등 노드는 이름과 방향, 종류, 좌표, 층, 화재 유무 등의 노드 정보를 갖고 있으며, 유도등 노드 생성 모듈에서는 이 정보를 관리자가 선택하여 저장할 수 있도록 노드 종류, 이름, 방향 할 수 있으며, 노드를 지도상 임의의 곳에 생성하면 자동적으로 위치값이 입력된다. 유도등의 종류로는 층 비상문, 최종비상문 및 일반 유도등이 있다. 그림 4는 유도등 네트워크를 만들기 위한 유도등 노드 생성 화면을 보여주고 있다.

유도등 노드 간의 연결 정보 생성 모듈은 유도등과 유도등 노드의 연결을 형성한다. 유도등 노드는 인접 노드에 연결되며, 건물 내부 유도등 네트워크 논리 모델을 형성할 수 있다. 이 논리 모델은 화재가 발생할 경우 대피 경로에 따른 방향 설정을 한다. 그림 4는 유도등 간을 연결한 유도등 네트워크 생성 화면을 보여주고 있다.



그림 6. 센서 노드 생성 화면
Fig. 6. Generation display for sensor node

센서 노드 생성 모듈에서는 센서의 고유 이름 및 번호, 그룹을 비롯하여 가스, 습도, 조도, 온도 등의 센싱 정보, 좌표, 이미지 등의 정보를 관리자가 선택하여 저장할 수 있으며, 지도 상의 임의의 곳에 생성할 수 있다. 그림 6은 센서 노드의 생성 화면을 보여주고 있다.

유도등 노드와 센서 노드 간의 연결 모듈은 센서 노드가 화재를 감지하는 범위 내의 유도등을 식별하고, 이를 토대로 표 3과 같이 연결 정보를 생성한다. 이와같은 방법으로 센서와 유도등 노드를 연결한 통합 네트워크 논리 모델을 만들 수 있다. 그림 7은 화재 발생시 신속하게 화재를 감지하고, 이를 바탕으로 유도등의 방향을 설정하는 센서 네트워크와 유도등 네트워크 기반의 통합 네트워크 모델을 화면을 예로써 보여주고 있다.

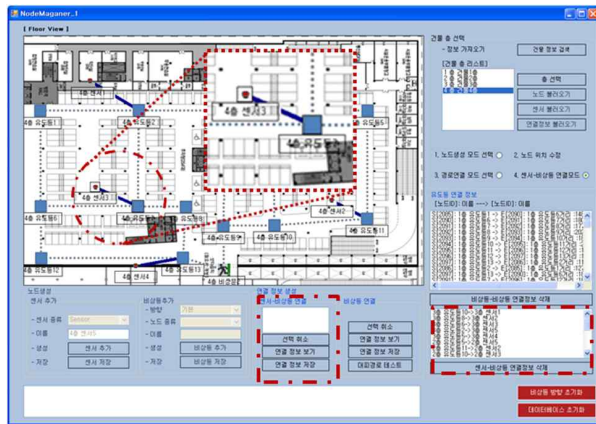


그림 7. 센서와 유도등 노드를 연결한 통합 네트워크 논리 모델 화면

Fig. 7. Generation display for the links and connections between sensor and guidance Node

V. 결론

최근 건축물이 대형화하고 고층화될수록 화재를 비롯한 위험 상황이 발생할 경우 큰 인명과 재산 피해가 발생하고 있다. 이와 같은 피해를 최소화하기 위해서는 효과적으로 위험 지역으로부터 신속하게 안전한 지역으로 이동할 수 있는 대피 유도에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 화재가 발생할 경우 화재 감지 및 대피 경로에 따른 방향 설정을 위해 건물 내부의 공간 논리 모델 생성 기법을 이용하여 실내 공간에 센서 및 유도등 네트워크 기반의 통합 네트워크 논리 모델을 제안한다. 이

를 위해 유도등 노드와 링크를 통해 네트워크 논리 모델을 생성하고, 센서 노드를 생성하고, 센서 노드와 가장 가까운 유도등 노드를 연결하여 센서 네트워크의 논리 모델을 생성한다. 이와 같은 방법으로 센서와 유도등 네트워크를 통합한 네트워크 논리 모델을 만든다. 더불어 통합 네트워크 논리 모델을 지도 상에서 가시화하기 위한 자동 생성 도구를 개발하고, 이 도구를 이용하여 통합 네트워크 논리 모델의 동작을 검증한다.

제안된 통합 네트워크 논리 모델을 이용하여 건물 내에서 화재가 발생할 경우 화재를 신속하게 감지하고, 사람들을 안전한 지역으로 대피할 수 있도록 유도등의 방향을 설정하는 데 이용할 수 있다.

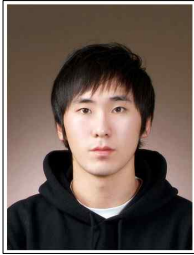
참고 문헌

- [1] 김영동, 오금근, 강원찬, "CAN 통신기반 자동화재 탐지설비에 관한 연구", 한국조명·전기설비학회, 조명·전기설비학회논문지 제20권 제2호, 2006. 2, pp. 50 ~ 59
- [2] 류근원 외 3인, "내부공간 대피 시뮬레이션을 위한 3차원 GIS 데이터 모델링", 한국인터넷정보학회, 2006 추계학술발표대회 논문집, 제7권 제2호, 2006. 11, pp. 207 ~ 212
- [3] 김동욱외 6인, "유도등 제어시스템의 개발", 한국조명·전기설비학회, 조명·전기설비학회논문지 제23권 제6호, 2009. 6, pp. 52 ~ 58
- [4] 최대섭, "재난 대피 안내를 위한 지능형 통로 유도등 시스템", 한국조명·전기설비학회 2007 춘계학술대회 논문집, 2007. 5, pp. 478 ~ 480
- [5] Pu Shi and Sisi Zlatanova, "Evacuation Route Calculation of Inner Buildings", Geoinformation for Disaster Management, Springer, 2005 pp. 1143-1161
- [6] Gillieron P, Merminod B, "Personal navigation system for indoor applications", 11th IAIN World Congress, 2003

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.
(IITA-2009-C1090-0902-0040)

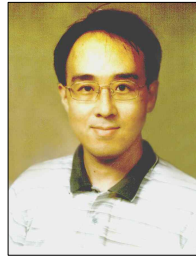
저자 소개

부 준 필(준회원)



- 2009년 2월 제주대학교 컴퓨터공학과 학사
 - 2009년 ~ 현재 CJ건설 클럽나인브릿지 재무파트
- <주관심분야: 센서 네트워크, 데이터베이스, 웹서비스>

김 도 현 (정회원)



- 2000년 경북대학교 전자공학과(공학박사)
- 1990년 ~ 1995년 국방과학연구소 연구원
- 1999년 ~ 2004년 천안대학교 조교수
- 2004년 ~ 현재 제주대학교 부교수

<주관심분야: 유비쿼터스 서비스, 센서 네트워크, 이동 컴퓨팅>

박 동 국(정회원)



- 1986년 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
- 1989년 KAIST 전기및전자공학과 졸업 (공학석사)
- 2001년 호주 QUT (Queensland University of Technology) School of Data Communications, PhD

- 1989년 ~ 2004년 KT 연구개발본부 선임연구원
- 2004년 ~ 현재 순천대학교 정보통신공학부 조교수

<주관심분야: 센서 네트워크, 인증/키설정 프로토콜 및 그 응용>