

위치 인식 기반 화재 구조 시스템

유재봉, 유범정, 김상윤, 박찬영
한림대학교 컴퓨터공학과

e-mail:yoojaebong, metheny81, pksoftz, cypark@hallym.ac.kr

Fire Rescue System based on Location-aware

Jae-Bong Yoo*, Beum-Jung Yoo, Sang-Youn Kim, Chan-Young Park

*Dept of Computer Science, Hallym University

요 약

홈 네트워크 분야가 발전하면서 건물이나 집안 내부 정보를 감지하는 센서들도 발전하고 있다. 화재 역시 다양한 원인에 대해 여러 가지 방법으로 감지하는 센서들이 개발되고, 화재 진압 시스템도 발전되고 있다. 본 연구에서는 화재 감지 시스템에 Cricket 센서 네트워크 이용한 위치 추적 기법을 추가하여 화재 발생 시 건물 내 사람의 위치를 추적하는 시스템을 구현한다. 이는 신속한 인명 구조에 도움을 주고, 홈 네트워크의 새로운 한 분야를 제시한다.

1. 서론

화재 발생 상황에서는 건물 진입이 어려워지기 때문에 건물 내부 사람의 위치를 외부의 구조대가 파악하기 쉽지 않다. 이런 이유로 구조가 늦어지고 인명 피해가 증가하게 된다. 본 연구에서 제안하는 시스템은 건물 내부에 있는 사람의 위치를 추적하고 모니터링 할 수 있기 때문에 화재 진압, 인명 구조 시 내부에 있는 사람의 위치를 알 수 있다. 현재의 홈 네트워크 시스템들은 한번 구축이 되면 확장이 어렵지만 본 시스템은 단지 화재 발생이라는 일종의 신호만을 받을 수 있다면 확장이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

2. 관련 연구

화재 발생을 감지하는 방법에는 온도의 상승이나 연기, 불꽃을 감지하는 방법, 자외선 센서에 의한 방법 등이 있으나 최근에는 CCTV에 의한 영상센서에 의한 방법들을 이용하여 점차 지능화되고 있으며, 광섬유를 이용하는 센서도 개발되고 있다[1, 2, 3].

실내 위치 측정 시스템에는 적외선 신호를 이용하는 Active Badge System[4], 초음파 펄스를 이용하는 Active Bats System[5], 새롭게 연구되고 있는 UWB(Ultra Wide Band)를 이용한 위치 측정 시스템[6], 영상 인식을 이용한 측정 시스템인 Easy Living Project[7], IEEE 802.11 무선랜 환경 기반인 MS사의 RADAR[8], 그리고 RF 신호의 도달 시간을 측정하여 위치를 파악하는 PinPoint사의 3D-iD[9] 등이 있다.

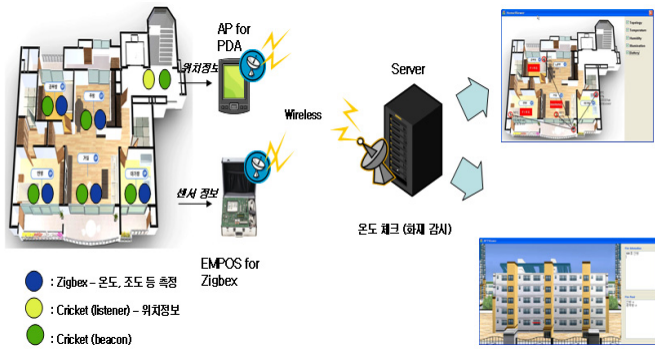
화재라는 특수한 상황에서 영상 인식 기반인 Easy Living Project는 화재에 발생할 수 있는 연기에 의해 방

해를 받을 수 있다는 단점이 있다. Active Badge는 구성이 비교적 간단하고, 저렴하지만 형광등 불빛에 노출되면 성능이 저하 된다. Active Bats도 구성이 간단하고, 저렴하지만 네트워크 기반의 위치 인식 시스템이기 때문에 네트워크 구축이 필요하고, 별도의 네트워크 관리가 필요하다는 단점이 있다. MIT에서 개발된 Cricket은 초음파를 이용해 거리 값을 측정하는 시스템으로 설치가 간단하고, 저렴하다. 또한 화재 상황에 간섭이 생길 우려가 적으므로 본 시스템에 적용하였다.

3. 시스템 설계

본 시스템은 온도, 습도, 조도와 같은 환경 정보와 사람의 위치 정보를 수집하는 센서, 센서가 수집한 정보를 적절히 해석하여 화재 발생여부와 사람의 위치 정보를 추출하는 서버 그리고 추출된 정보를 표시하는 모니터링과 같이 크게 세부분으로 나누어진다. 환경 정보 수집을 위한 ZigbeX와 위치 정보 수집을 위한 Cricket을 사용한다. 본래 Cricket은 실내 환경에서 RF와 초음파의 속도 차이를 이용하여 두 센서 간의 거리를 측정하는 센서이다. 이 Cricket의 중요한 특징 중 하나는 거리 정보 이외에도 SP(Space ID)를 이용하여 Cricket 센서가 설치된 장소에 대한 정보를 담을 수 있다. 왜냐하면 초음파는 벽과 같은 장애물을 통과할 수 없기 때문이다. 따라서 본 시스템에서는 Cricket 센서에서 측정된 거리를 어떤 한 공간에 존재하는지에 대한 유무의 기준으로 사용하였다. 센서들의 전원은 배터리에 의해서 공급받으므로 설치된 건물에 대해서 독립적이기 때문에 화재 시 정전에 대비할 수도 있다. 센서들의 환경 정보는 Sink node로 모여져 무선 통신을 통해 서버로 전송되기 때문에 이 Sink node만을 화재로부

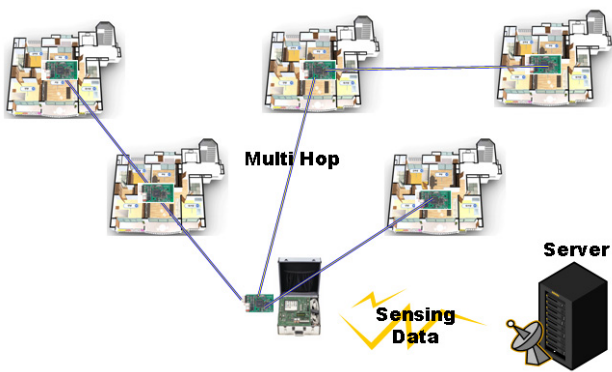
터 보호하면 회선 파괴를 대비할 수 있다.
시스템 전체 구성은 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 시스템 전체 구성

3.1. 정보 수집 센서

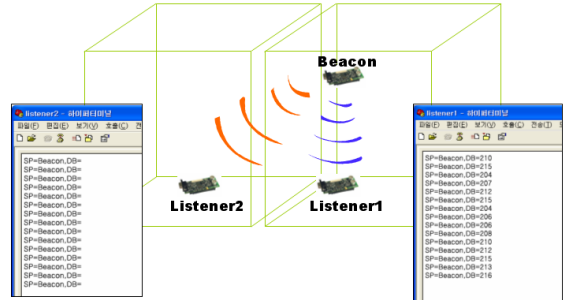
본 논문에서는 정보 수집을 온도, 조도, 습도 등과 같은 환경 정보 수집과 화재 시 구조를 원하는 사람의 위치 수집으로 크게 두 가지로 분류한다. 환경 정보 수집을 위한 ZigbeX 센서 노드는 실내에 정해진 위치에 설치되며, 보드에 부착된 온도, 조도, 습도 센서에 의해 그에 해당하는 정보를 수집하여 EMPOS에 연결된 ZigbeX 싱크 노드로 전송한다. 또한, ZigbeX는 저 전력의 무선 센서로 설치된 건물과는 독립적인 전력을 갖고, 센서 노드와 싱크 노드와의 통신도 RF 신호를 사용해 화재 시에 발생할 수 있는 정전과 회선 파괴에도 안전한 통신을 보장할 수 있다. 노드 간의 통신 거리는 약 100m이다. 그 이상의 거리인 경우에는 멀티홉을 사용하여 거리 제한에 대한 제약으로부터 벗어날 수 있다. 아래 [그림 2]는 정보 수집 센서인 ZigbeX의 네트워크 토폴로지이다.



[그림 2] 정보 수집 센서 ZigbeX의 네트워크 토폴로지

위치 정보 수집을 위해서는 Cricket이 사용된다. Cricket은 하는 역할에 따라 Beacon과 Listener로 구분된다. Beacon은 송신부로 RF(radio frequency)와 US(Ultra sonic)신호를 일정한 주기로 브로드캐스팅하며, Listener는 수신부로 Beacon의 RF와 US신호를 받는다. Cricket의 기본적인 동작 원리는 Beacon에서 RF와 US신호를 Listener

로 동시에 보내 각각의 수신 시간의 차이를 계산해 거리를 측정하는 것이다. 본 시스템에서는 US신호가 RF신호와 달리 벽과 같은 장애물을 거치면 신호 세기의 감쇠 정도가 크다는 점을 이용해 거리 값이 측정됨으로써 특정한 공간 안에서의 Listener존재 여부를 판별한다. Beacon과 Listener사이 장애물 유무에 따라 [그림 3]에서처럼 거리 값이 산출된다. 그림에서 SP는 beacon의 ID를 의미하며, DB는 Beacon과 Listener 사이의 거리 값이다.



[그림 3] 장애물 유무에 따른 거리 값 산출

NLOS(Non-Line-of-Sight)인 경우, 거리 값을 이용하면 오차 범위 5cm 이내로 정확한 위치를 측정할 수도 있으나 벽과 같은 장애물이 있을 경우에는 오차 범위가 커지거나 거리를 구할 수 없다. 하지만 화재 발생 시 사람이 건물 어느 한 공간 안에 있다는 정보만 있더라도, 구조원들의 육안만으로도 그 공간 안에 있는 사람이 식별 가능하기 때문에 구출에 충분하다 할 수 있다. 따라서 본 시스템에서는 어느 정도의 오차가 있는 physical position보다는 안방, 거실등과 같은 symbolic location을 사용하였다. 각 beacon들이 설치된 공간을 구별하기 위해 각각의 ID가 부여된다. 이 데이터는 RF신호에 포함되어 Listener에게 전송한 후, PDA는 Beacon ID, 거리 값 그리고 Listener의 ID를 서버로 전송한다. 아래 [그림 4]는 Listener와 시리얼로 연결된 PDA의 모습이다.



[그림 4] Listener와 시리얼로 연결된 PDA

3.2. 서버

서버는 ZigbeX들이 보낸 데이터인 건물 내부 환경 정

보를 추출하고, 센싱된 정보 중에서 온도만 감시해 화재 발생 여부를 판단한다. 물론, 화재를 판단하는데 온도, 연기 그리고 가스 센서 등을 이용하여 좀 더 정확하게 화재 발생 유무를 판단할 수 있다. 그러나 본 논문에서는 이런 센서들을 이용하여 화재가 판단된 후, 건물 내부 사람의 위치 정보를 이용하여 구출 시간을 단축하여 인명의 피해를 감소하는데 목적이 있기 때문에 화재 시 발생하는 공통적인 온도 상승을 센싱하기에는 ZigbeX 온도 센서만으로 충분하다. 또한, 서버는 센싱된 정보를 실시간으로 모니터링 프로그램에 전송하고 화재 원인과 경로 등을 분석하기 위해서 데이터베이스에 저장된다.

3.3. 모니터링 프로그램

아래 [그림 5]의 가정용 모니터링 프로그램은 평상시에 온도, 습도, 조도 등과 같은 생활에 필요한 환경 정보를 수집하여 쾌적한 주거 환경을 조성하기 위한 요소로 사용될 수 있다.



[그림 5] 가정용 모니터링 프로그램

아래 [그림 6]관리용 모니터링 프로그램은 화재가 발생 시, 아파트 관리실이나 해당 관할 소방서에서 아파트 안에서 구조를 기다리는 사람의 위치와 화재의 경로를 파악하는데 사용될 수 있다



[그림 6] 관리용 모니터링 프로그램

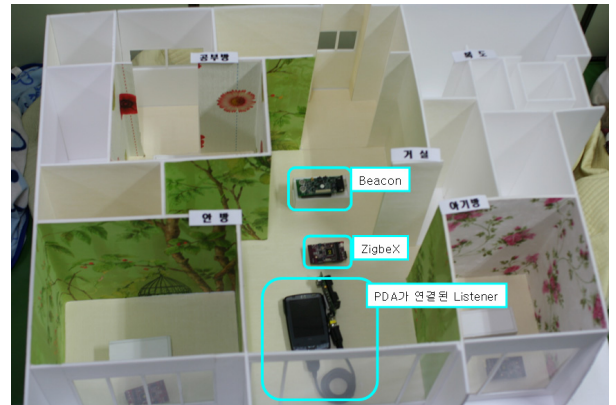
4. 구현 및 실험 결과

본 시스템에 사용되는 ZigbeX와 Cricket의 사양은 아래 [표 1]과 같다.

[표 1] Cricket과 Zigbex 보드 사양

| 센서 | Cricket | Zigbex |
|----|---|---|
| 사양 | ATmega 128L 433.1~ 434.8MHz Ultrasonic 센서 | ATmega 128L 2.4GHz Zigbee 온도, 조도, 습도 센서 |

이 시스템을 구현하기 위해 아래 [그림 7]과 같은 모형을 제작하여 실험을 하였다. 모형의 크기는 110cm(Width) × 90cm(Depth) × 30cm(Height) 이다. 즉, 실측적은 1:10 이다. 단, 방과 방사이의 벽의 높이는 우회하는 US신호를 막기 위해 실제 비율보다 높게 제작되었다.

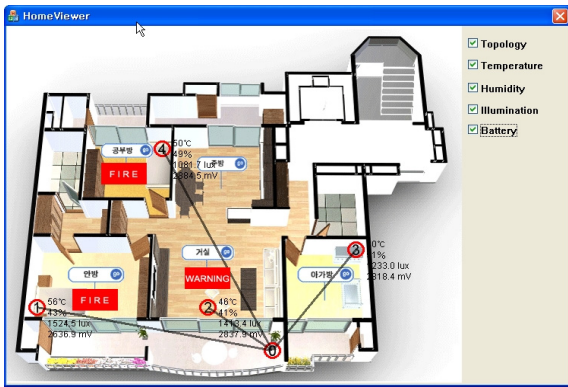


[그림 7] 제작된 모형

실험에서는 4개의 ZigbeX와 6개의 Cricket이 사용되었다. Zigbex는 방에 3개, 거실에 한 개를 사용하고, Cricket은 Beacon을 방에 3개, 거실, 복도에 각각 한 개씩 총 5개와 Listener용으로 한 개를 사용한다. Cricket의 경우 작게 축소된 모형의 벽은 실제 벽에 비교 실험을 해 본 결과, US신호가 벽을 통과하면서 발생하는 감쇠 정도가 크지 않았다. 그래서 실험에서는 Cricket에 우드락 상자를 덧씌워서 US신호를 감쇄시켜 주었다. 실험에서는 임의적으로 온도를 높여 화재 발생을 유도하기 위해서 가정용 헤어드라이어를 사용하였고 화재 감지 온도도 50℃로 실제보다는 낮게 설정을 하였다.

아래 [그림 8]에서 온도가 50℃ 이상 상승하자 경고 메시지가 모니터링 프로그램 위에 표시된다. 그리고 [그림 9]를 살펴보면, 전체 모니터링 프로그램의 우 상단부분 Fire Information 부분은 사람이 위치한 공간을 나타내며, 우 하단 부분인 Fire Root는 화재 진행 경로를 나타낸다. 또한 좌측에 확대된 경고 메시지를 통해 아파트 어느 동

의 어느 호에서 화재가 발생했는지 알 수 있다.



[그림 8] 화재 경고 표시



[그림 9] 전체 모니터링 프로그램

전체적인 시나리오는 다음과 같다. 만약에 어느 한 아파트 100동의 101호에서 화재가 발생했다고 가정하면, 화재 발생에 의해 101호의 실내 온도는 50°C 이상까지 상승할 것이다. 101호에 설치되어 있는 Zigbex는 정해진 주기에 따라 주변 온도를 센싱하여 EMPOS를 통해 환경 정보를 서버로 전달된다. 서버에서는 화재가 101호 안방의 Zigbex가 임계값 이상의 온도가 감지되었다고 판단되면, 해당 가정 병원 그리고 소방서로 화재가 발생했다고 통보를 한다. 그 동안 불길은 더욱 거세져서 안방에서 공부방으로 퍼져 갔고, 안방에서 한 사람이 불길에 휩싸여 있다. 화재를 신고를 받은 소방관은 화재 진원지로 이동 시 화재가 어디서 발생했는지 생존자가 화재가 발생한 특정한 어느 위치에 있는지 대한 정보를 실시간으로 받을 수 있다. 화재 현장에 도착하자마자, 소방 구조대는 101호 안방으로 신속하게 이동한다면, 안방에 있는 사람의 생존율은 더욱 더 높아질 것이다. 본 논문이 제안한 아이디어는 이런 사람의 위치 정보를 알 수 있는 Cricket 센서를 이용하여 화재가 발생하여 구조 시 생존자의 생존율을 높이는데 있다.

5. 결론

화재가 발생되면 건물 내부의 통신망이나 전선이 파괴 되기 때문에 독립된 전력을 갖는 저 전력의 무선 센서들을 사용한 시스템들이 유리하다는 것은 자명한 사실이다. 따라서 본 시스템에서 화재 감지 센서로 저전력 무선 센서인 Zigbex를 사용하여 온도 센싱하고 무선으로 서버에 전송한다. 또한, 이렇게 서버로 전달된 온도 정보들을 바탕으로 화재로 판단되면, Cricket 센서로부터 위치 정보를 제공받아 소방 구조대들이 화재 현장에 도착하자마자 신속하게 생존자의 위치를 파악하여 생존율을 높일 수 있다. 즉, 본 시스템은 화재를 감지한 후, 생존자의 위치 정보를 알아낼 수 있는 센서를 이용하여 인명 구조에 적용할 수 있도록 설계되었다.

Acknowledgements

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업 (KOTEF)의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

- [1] 김치엽, "화재 탐지를 위한 무선 온도 센서"
- [2] 유호경, "자외선 센서를 이용한 화재 감지기의 PWM 제어에 관한 연구"
- [3] 박형준, "광섬유 격자를 이용한 전력설비 과열감시 및 화재조기 경보 시스템"
- [4] R. Want et al., "the Active Badge Location System," ACM Trans, Information Systems, pp. 91-102. Jan. 1992
- [5] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, Hari Balakrishnan, "The Cricket Location-Support system," Proc.6th ACM MOBICOM, Boston, MA, Aug. 2000
- [6] Joon-Yong Lee and Robert A. Scholtz, "Ranging in a Dense Multipath Environment Using an UWB Radio Link," IEEE JSAC, Vol.20, No.9, Dec. 2002
- [7] Microsoft Research, EasyLiving Website, <http://www.research.microsoft.com/easyliving>
- [8] P. Bahl and V. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-Based User Location and Tracking System," Proc. IEEE Infocom 2000, IEEE CS Press, Los Alamitos, Calif. 2000, pp. 775-784
- [9] PinPoint to introduce its new 3D-ID locator system for tracking both people and equipment, BBI Newsletter 1998; VOL 21; NUMBER 10 221-224