

u-safe 災難對應支援 시스템 構築方案에 관한 研究

전재필*, 양해술**

호서대학교 벤처전문대학원 컴퓨터응용기술학과
e-mail: jjp2376@paran.com

A Study on method to construct system of u-Safe disaster management support

Jai-pil Jeon*, Hae-Sool Yang**

*Dept of Computer Science & application, Hoseo University

요 약

서울에는 지상 60층이 넘는 초고층 건물과 지하 8층 이상의 초심층 건축물. 지하철과 상가, 백화점, 호텔, 전시장등이 연결된 대규모 복합유통시설 지역 등이 있다. 이런 지역이나 시설에서 화재와 같은 재난사고가 발생시 진압작전을 위해 투입된 소방관의 위치를 제대로 파악할 수 없으면 투입된 소방관의 안전은 물론 효율적인 지휘통제가 제한되어 결국 더 많은 자체 피해와 더불어 화재 진압 및 시민 구조에 제한을 받을 수밖에 없다. 이러한 대형재난에 유비쿼터스 기술을 활용하여 투입한 소방력의 효율적인 운영과 과학적인 진압작전을 구사하여 시민의 생명과 재산을 최대한 보호할 수 있는 재난대응 지원 시스템 구축방안을 제시하였다.

1. 서론

서울에는 지상 60층이 넘는 초고층 건축물과 지하 8층 이상의 초심층 건축물이 지하철과 상가, 백화점, 호텔, 전시장 등이 연속하여 연결된 대단위 복합유통시설지역 등이 있어 재난사고 발생시 소방작전을 위하여 투입된 소방관의 위치 및 생체 상태를 추적할 수 없을 시에는 투입 소방관의 안전은 물론 효율적인 지휘가 곤란하여 더 많은 자체 피해와 더불어 화재 진압 및 시민 인명구조에 제한을 받을 수밖에 없다고 하겠다.

이러한 현실을 고려할 때 최첨단 IT기술을 접목하여 메트로폴리스의 특성에 적합한 재난대응지원 시스템을 구축하여 소방력의 효율적인 운영으로 화재진압작전의 과학화 구현으로 시민의 생명과 재산을 최대한 보호할 수 있는 체계에 대한 연구가 수행될 필요성이 있다고 판단된다.

따라서 본 연구는 초고층과 같은 대형 재난현장에서 무선통신과 센서 및 무선 센서네트워크 기술을 이용하여 소방력의 현장배치상황 및 소방관의 생체

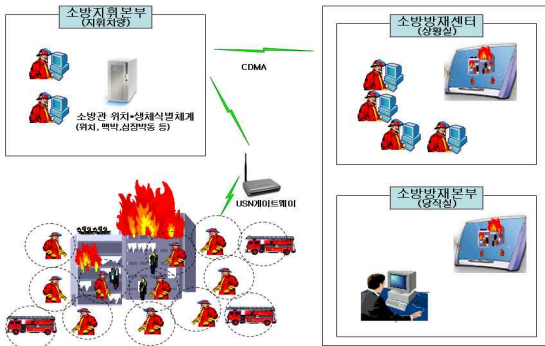
상태를 전송하여 현장지휘관이 효율적인 작전판단 및 임무수행이 가능한 정보를 제공하며, 타기관의 정보시스템과 연동하여 재난현장에서 필요한 정보를 실시간 제공이 가능한 체계 구축방안에 대하여 이론적 연구를 하였다.

2. 재난현장에서의 소방력 위치관리 방안

USN에 기반을 둔 대형 재난현장에서 소방력의 위치식별 구축에 관한 세부 사항으로 진압작전에서 USN 운용에 대한 출동 제대간 임무와 절차, 구성하는 요소들에 대한 식별 및 요구능력, 소방력 식별방안, 구성요소 등의 특성을 고려한 기술적 고려요소 그리고 센서필드 내에서 감지한 소방력의 위치 확인 알고리즘 등이다.

2-1. 운용개념

화재현장에서의 소방전술은 연소의 형태나 목적에 따라서 포위전술 등이 적용되며 이를 위해 본 연구에서 제시하는 소방력위치식별체계는 [그림 1]과 같다.



[그림1] USN기반 소방관 위치 및 생체식별체계 운용 개념도

2-2. 구성요소와 작전운용 요구능력

센서노드는 고성능으로 저전력 배터리로 동작하고 신체에 부착 또는 착용하며 다기능의 센서 장착이 가능하여야 한다. 싱크노드는 저전력의 배터리로 동작하며 고성능 시스템이며 10~15개의 센서노드 정보가 취합 가능하고 싱크노드간 연계를 통해 게이트웨이에 정보 전달할 수 있어야 한다. 게이트웨이는 1~2Km의 통신이 가능하고 주파수 도약방식, 대역확산방식이 가능하여야 한다. 모니터링/통제시스템은 고성능 노트북으로 실시간 탐지 분석과 DB 매칭 처리등을 원활히 처리할 수 있어야 한다.

2-3. 소방력 식별 방안

소방력간 식별은 소방차량, 소방대원과 소방지휘자로 나누며 RF통신모듈을 휴대 및 장착하고 ID 정보와 암호어 교환이 가능하도록 설계하여 센서노드 및 RF통신모듈은 상호연동을 통해 위치정보를 제공할 수 있으며 이는 센서필드내에 설치된 선제노드의 위치차이를 이용하여 상대적 위치를 알아낼 수 있는 것이다.

서울시의 여건을 고려하여 초고층, 초심층, 복합영화관, 호텔·백화점 유형을 선정하였을 때 USN을 이용한 소방력의 식별방법은 우선 각 유형의 건물, 구조물 환경에 따라 센서노드 전개 구도를 고려하며 이때 내부 구조물은 곧바로 센서노드 전개배치간격에 영향을 주게 되며 센서노드 통신거리를 기반으로 센서노드 전개간격이 고려되는데 센서노드의 이벤트에 대한 자료 분석 및 판단 과정을 거쳐 최종적으로 소방력 식별 판단을 하게 된다.

2-3-1 센서노드 설치 지형 및 전개구조

포위형 전개는 화재진압 전술지역이 시간이 흐름에 따라 대상물을 중심으로 여러 방향에서 접근하여 격자형태로 중복 전개하여 센서노드에 접근한 소방

력을 최대한 놓치지 않고 신속히 감지할 수 있다.

일자형 전개는 터널과 같은 대상물에 소방력의 접근시 이동로가 접근지점을 중심으로 일정하게 대상물을 향하여 이동경로 예측이 가능하며 최초 접근지역을 중심으로 센서노드를 일렬 전개함으로써 최소의 센서노드만을 사용하는 경제적인 장점이 있다.

2-3-2 설치 지형에 따른 센서노드간 최대통신거리

센서노드가 위치하게 되는 초고층·초심층 건축물 복합 영화관·호텔 및 백화점은 공간 내부 분리를 위한 차폐막이나 분리막, 지하 등이 센서노드간 통신을 방해하여 통신거리는 대상물 장애요소로 인해 짧아지거나 두절 될 수 있다.

이러한 센서노드에서 사용되는 무선통신 기술은 ZigBee를 사용한다. 현재 ZigBee의 통신거리는 약 75m를 가진다. 센서노드간 통신은 다양한 환경조건에 영향을 받지만 분리막 및 차폐막이 일부 존재하는 건축물에서의 통신거리는 약 45m 정도로 줄 것이고 칸막이 차폐막이 많은 지하 건축물에서는 통신거리가 20~30m이하로 줄 것이다.

2-3-3 센서노드 전개 간격

소방력 식별을 위한 센서 네트워크에서 센서노드간의 전개간격은 통신역할을 하는 RF통신모듈의 통신거리가 아닌 센서의 인식거리를 기반으로 센서노드가 전개되도록 하며 적외선 센서의 유효감지 거리를 고려하여 적외선 센서를 기준으로 감지거리가 약 10m 이므로 센서노드간 거리는 약 20m 이내로 배치하면 센서필드 내에 진입한 소방관은 최소 한 센서노드에 의해 감지가 가능하다.

2-3-4 소방력 식별 판단

센서노드에 의해 수집된 데이터는 지휘부의 모니터링/통제 시스템에 취합 및 분석하는 과정을 거쳐 소방력에 대한 특성이 저장되어 있는 DB매핑 작업을 거쳐 1차적으로 지휘부에서 판단을 한다.

2-4. 센서필드 내 소방관 위치 파악

2-4-1. 센서노드 모델링

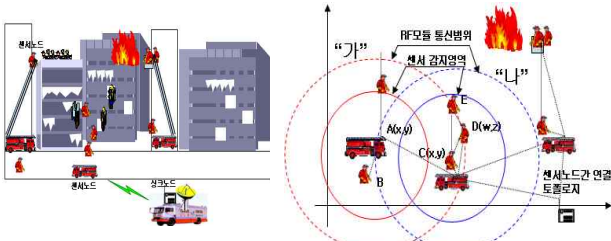
센서노드를 중심으로 소방관 상호 위치인식을 감지하기 위해서는 적외선 센서와 같은 지향성 센서는 최소한 동·서·남·북 방향의 4개의 센서가 배열되어 있어야만 접근하는 소방관이 센서 감지영역으로 들어왔을 때 놓치지 않고 감지할 수 있다.

센서노드는 20m 이내로 중복 배치함으로서 오작동 센서노드 또는 방전으로 인한 미 작동 센서노드의 감지 영역을 대신 감지할 수 있다. 센서노드는 기본적으로 지향성 센서의 위치에 따라 4·5·6·7·8방향 센서노드를 생각할 수 있다. 단 지향성 센서의 감지범위 각은 어느 정도 조정할 수 있어 여기서는 45°로 설정한다고 가정하였다.

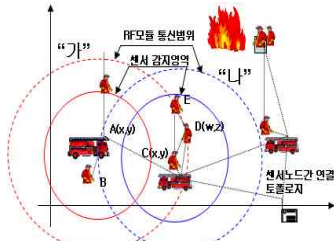
가장 효율성이 높은 8방향 센서노드의 경우 지향성 센서는 45° 간격으로 배치되어 센서노드 주변을 100% 감지할 수 있으나 센서 개수가 많아 센서 간의 간섭 현상이 있으며 가격이 비싼 단점이 있다.

2-4-2. 센서필드내 소방관 위치판별 방법론

초고층건축물의 화재현장을 대상으로 USN에서 소방관위치 식별을 위한 센서노드가 전개되는 일반적인 상황은 [그림 2]와 같다.



[그림 2] USN 소방관위치 파악 센서노드 전개 모형



[그림 3] 일반적인 환경에서 센서노드의 통신범위와 감지영역

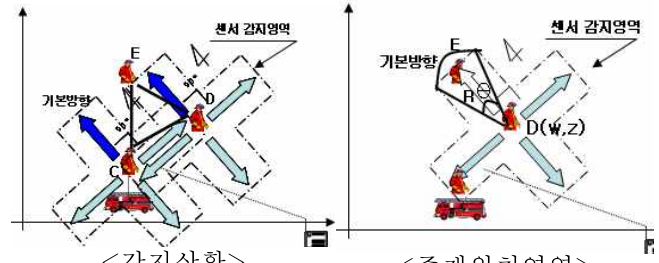
실제 화재현장의 물리적 환경에서 센서노드간 통신거리와 센서의 감지영역은 센서노드가 설치된 주변 환경과 건축물의 내부구조에 많은 영향을 받아 센서노드의 통신거리 및 센서감지의 영역은 센서노드를 중심으로 일치하지 않는다.

센서노드간의 통신거리와 센서의 감지영역은 실제로 [그림 3]와 같이 나타나게 된다. 그러나 RF모듈의 통신거리가 일반적으로 센서의 감지영역보다 넓어 센서 감지영역을 센서노드를 중심으로 일정하다는 가정하에 소방관을 인식하는 경우를 기술하였다.

첫 번째, 기본방향이 있는 1개의 센서노드에 의해 소방관이 감지되었을 때 지향성 센서의 배치는 90° 간격으로 위치하여 지리상 좌표는 어떤 하나의 센서노드가 절대좌표로 결정되면 나머지는 상대 좌표를 이용하여 알 수 있다.

센서노드 C에 D가 감지되면 초음파 센서로부터 거리를 알고 센서노드가 기본 방향을 갖고 있어 어느 방향에 위치한 지향성 센서에 의해 소방관이 감

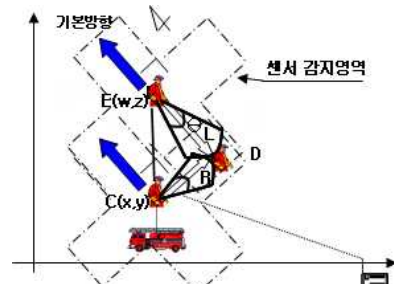
지되었는지 구분할 수 있다. [그림 4]의 “감지상황”의 경우 검은색으로 나타나 있는 화살표가 기본방향이며 북쪽임을 나타내고 있다.



[그림 4] 시나리오 1에 의한 감지상황 및 존재위치 영역

[그림 4]의 “존재위치영역”과 같이 센서노드로부터 감지대상체까지의 거리를 R이라고 할 때, 감지대상체는 센서노드의 좌표(w, z)를 중심으로 부채꼴영역 $S = \pi \times R^2 \times \theta / 360 = 3.14 \times R^2 \times \theta / 360$ 안으로 영역을 한정하며 θ 는 센서 감지각도를 나타낸다.

두 번째, 기본방향이 있는 2개의 센서노드에 의해 감지대상체가 감지되었을 때 센서에 감지당한 감지대상체의 위치를 찾는 경우 [그림 5]와 같이 센서노드에서 센서의 배치는 90° 간격으로 위치하여 지리상 좌표는 어떤 하나의 센서노드가 절대좌표로 결정



[그림 5] 시나리오 2에 의한 감지상황 및 존재 위치 영역

되면 나머지는 상대 좌표를 이용하여 알 수 있다.

센서노드들 중에 센서노드 C와 E에 감지대상체가 접근할 경우 감지대상체와 센서노드 C와 E의 거리는 초음파 센서로부터 거리를 알 수 있다. 센서노드 C와 E로부터 감지대상체까지의 거리를 각각 R과 L이라 하면 C가 감지한 감지대상체의 위치는 C의 동쪽에 위치한 센서임을 알 수 있고 E는 기본방향으로는 남쪽에 위치한 센서임을 알 수 있다. 센서노드 C와 E의 좌표를 각각 (x, y), (w, z)라 하면 센서노드 C의 감지영역 S'는 $\pi \times R^2 \times \theta / 360$ 이고 센서노드 B의 감지영역 S''는 $\pi \times L^2 \times \theta / 360$ 이다. 여기서 θ 는 센서 감지 각도이며 따라서 두 센서의 감지영역은 S'+ S''이다.

두 개의 센서노드에 의해 감지대상체의 위치식별보다 신뢰성은 있으나 감지대상체가 있을 수 있는 영역은 기본방향이 있는 하나의 센서에 의해 감지된 영역보다 오히려 증가하게 된다.

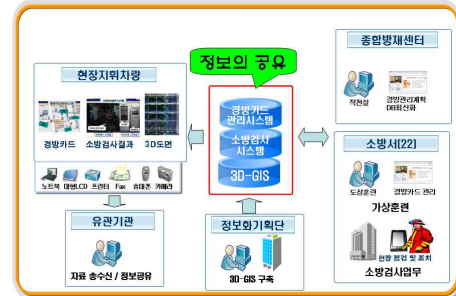
2-4-3. 센서노드 모델 평가

재난현장에서 국민의 재산과 생명을 지키는 소방작전 환경을 바탕으로 소방관 생명을 최우선하여 다음과 같이 기준을 가지고 평가하였다.

소방관의 생명과 직결되는 센서노드의 감지능력은 다른 평가요소에 비해 최우선하여 가격보다는 감지능력에, 센서노드는 기본방향이 있고 가격은 고가이지만 감지능력이 매우 높은 8방향 센서가 적격임을 판단하였다.

투입을 위한 작전과 구급지도의사의 생체정보 판단을 지원 받을 수가 있을 것이다.

두 번째, 소방관의 위치 표현은 2D 및 3D 영상자료가 구축되어 있는 GIS포털 시스템에 접속하여 재난지역 대상물의 지리정보를 확보하여 적시에 활용할 수 있도록 실시간 연계 필수적이다.



[그림 6] 소방관 위치 및 생체 관리 운영 개념도

3. 센서필드내 소방관 생체 인식 및 파악

3-1. 소방관 생체정보의 송수신 및 DB구축

소방관의 생체정보는 센서의 감지영역 내에 위치할 경우 주기적으로 전송 시에는 모든 것을 충족되며 감지영역을 벗어나더라도 RF모듈의 통신거리가 넓어 RF모듈의 통신거리 내에서 지속적으로 생체정보를 전송할 수가 있을 것이다.

수집 가능한 생체정보는 다양하나 시스템과 각 센서의 성능과 작전의 효율성을 고려하여 가장 일반적인 체온, 움직임신호, 심전도, 혈압 등에 중점을 두고 센서 측정 정보대상을 제한하였다.

생체정보는 장기간 모니터링된 소방관의 특성정보를 바탕으로 예방의 차원에서 활용한다는 개념을 기반으로 사전에 DB를 구축하여야 한다.

3-2. 수집된 소방관의 생체 정보 분석

생체정보의 분석방법은 임상적인 실험을 통해 얻은 자체의 표준화된 임계치를 갖고 생체센서로부터 받은 소방관의 생체정보 DB자료와 실시간 비교 분석하며 생체정보 분석 및 피드백은 의료행위에 대한 권한이 있는 서울종합방재센터의 구급지도의사에 의해 이루어져야 할 것이다.

4. 관련 시스템과의 정보공유를 위한 체계 연동

서울의 소방서급 재난대응지원 체계가 연동할 대상과 연동시 효과성을 판단하여 최적의 연동대상을 식별하는데 중점을 두었다.

첫 번째, 재난본부 및 종합방재센터의 상황실과 연동하여 현장 정보의 공유를 통해 추가적인 소방력

세 번째, 화재진압에 필요한 건축단면도, 소방비상진입구 위치 도면 등의 최신 정보를 즉시 제공할 수 있도록 건설교통부의 인터넷건축행정정보시스템에 접속하여 실시간 다운로드 하여 활용할 수 있도록 연계가 반드시 필요하다.

5. 결론

본 연구에서는 USN 기반의 ZigBee 네트워크 통신을 이용하여 센서의 측정 데이터를 무선으로 전송하는 것이 방안이 가능함을 판단할 수 있었고, 재난현장에서 대상물 붕괴 등의 징후 감지시 위험에 노출된 소방관의 철수 등 현장대원의 안전 보호에 기여할 수 있는 재난대응지원 시스템 구축이 가능함을 이론적으로 구상할 수 있었다.

참고문헌

[1] 중앙소방학교, “위험물성상 화재진압전술”, 2006년 1월
 [2] 김진수 등, “USN기반 육군 피아식별체계 구축방안”, 한국국방연구원 연구보고서, 2006.12
 [3] 한국전산원, “2006년도 USN현장시험 결과보고서, 2007. 4.
 [4] 과학기술부, “2005년도 RFID 기술영향평가 보고서, 2006. 2.
 [5] ETRI, “USN 센서노드 기술 동향”, 전자통신동향분석 제22권 제3호 2007년6월
 [6] 박상진, ”센서의 종류와 그 적용“, 제어계측, 2002. 4.
 [7] 정현, “유비쿼터스 환경에 적합한 소방시설에 대한 연구”
 [8] ETRI, “센서 네트워킹 기술 동향”, 전자통신동향분석 제22권 제3호 2007년6월
 [9] ETRI, “무선센서 네트워크 노드 미들웨어 기술”, 전자통신동향분석 제22권 제3호 2007년6월