

u-Safe 소방대응지원 시스템 구축방안에 관한 연구

전재필^{1*}, 양해술²

A Study on method to construct system for u-Safe fire management support

Jai-pil Jeon^{1*} and Hae-Sool Yang²

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

Abstract In Seoul, there are lots of skyscrapers that have above 60 stories and buildings that have more than 8 basement levels, as well as massive distribution complex region which is connected to subways, departments, malls, hotels, and exhibition halls. When an accident, such as fire and explosion, happens in these areas or structures, if we can't find where fire-fighters are, who go into the building to suppress the fire, we couldn't be sure of their safety as well as effective command. Actually, it may cause much more damage itself and restrict either fire suppression or lifesaving.

To protect people's life and properties as much as possible, this study will show the method to construct system of disaster-management supports with effective operation of fire force and scientific fire strategy in the scene by using Ubiquitous technique to enormous disasters.

Key Words : Ubiquitous

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 화재 등 재난사고가 발생한다면 대구지하철 화재사고 보다 더 큰 피해가 발생할 수 있음을 간과할 수 없으며, 초고층 대형건물에서 화재진압시 소방작전을 위하여 투입된 소방력의 위치 및 생체 상태를 추적할 수 없을 때에는 투입된 소방관의 안전은 물론 효율적인 지휘가 곤란하여 더 많은 자체 피해와 더불어 화재 진압 및 시민 인명구조에 제한을 받을 수밖에 없다고 하였다.

이러한 차원에서 일부 민간에서는 재난현장에서 실시

간으로 영상·음성 정보를 현장 지휘관 및 지휘센터 상 황실로 전송하여 효율적인 업무 수행을 지원하며, 재난현장 내의 소방력 위치 추적이 가능한 솔루션에 관심을 갖고 수많은 연구와 실험을 하고 시제품을 일부 판매하고 있으며, 위치 식별을 위한 최신기술인 센서와 무선 센서 네트워크 기술을 이용한 실험 프로젝트를 학교 및 연구기관에 의뢰하여 연구를 수행 중에 있다[5,7].

이러한 현실을 고려할 때 최첨단 IT기술을 접목하여 메트로폴리스의 특성에 적합한 과학적인 소방대응지원 시스템을 구축하여 효율적인 소방력 운영으로 시민의 생명과 재산을 최대한 보호할 수 있는 체계에 대한 연구가 수행될 필요성이 있다고 판단된다.

따라서 초고층과 같은 대형 재난현장의 주요 화재진압

¹호서대학교 벤처전문대학원 IT응용기술학과(박사과정)

*교신저자: 전재필(jip2376@paran.com)

접수일 08년 06월 03일

수정일 08년 10월 14일

²호서대학교 벤처전문대학원 IT응용기술학과 교수

재제확정일 08년 10월 16일

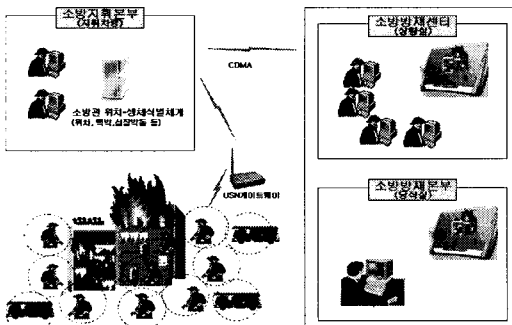
에서 무선통신과 센서 및 무선 센서네트워크 기술을 이용하여 소방력의 현장배치상황 및 소방관의 생체상태를 식별·분석하여 현장지휘관이 효율적인 작전판단 및 수행이 가능한 정보를 제공하며, 재난현장에서 반드시 필요한 관련 정보를 보유하고 있는 타기관의 정보시스템과 상호연동을 통하여 실시간 제공이 가능한 체계 구축방안에 대하여 이론적 연구를 하였다.

2. 현장의 소방력 위치관리 방안

USN에 기반을 둔 대형 화재현장에서의 소방력위치식별 구축에 관한 세부 사항으로서 USN 운용에 대한 출동제대간 임무와 절차, USN을 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, 공격전술, 블록전술, 중점전술, 집중전술 [1] 등이 적용되며 경방계획 및 소방대상물 및 지형, 기상, 소방용수, 소방력, 화재발생위치 등은 매우 중요하며 이를 위해 본 연구에서 제시하는 소방력 위치식별체계를 적용하면 매우 유용할 것으로 판단되며 체계운용 개념도는 그림 1과 같다.



【그림 1】 소방력 위치식별체계 운용 개념도

첫째, 현장지휘관은 센서노드의 운영과 통제를 위해 센서노드 모니터링/통제 시스템을 가동하여 센서필드의 이상 유무를 점검한다.

둘째, 모니터링/통제시스템은 타 관련 시스템 단말기와 연동하여 필요한 정보를 유통한다.

셋째, 센서필드에 접근하는 소방력은 센서노드 통신모

듈을 착용하며 이를 통하여 자기 자신의 정보와 사전 약속된 암호호를 설치된 센서노드와 데이터 동기화를 통해 인식하게 한다.

넷째, 소방력을 식별하기 위해 센서노드들은 작동하며 정보는 싱크노드를 통해 게이트웨이로 순차적으로 전송하여 모니터링/통제시스템에 감지 대상체에 대한 분석을 실시한다.

마지막으로 모니터링/통제시스템을 통해 소방력을 식별한 현장지휘관은 상황에 맞는 소방전술을 이용하여 화재진압활동을 수행한다.

2.2 구성요소와 요소별 작전운용 능력

센서노드는 저전력의 배터리로 동작하고 고성능이며 신체에 부착 또는 착용할 수 있는 것으로 여러 기능의 센서를 장착 가능하여야 한다[2]. 싱크노드는 저전력의 배터리로 동작하며 고성능 시스템이며 10~15개의 센서노드 정보가 취합 가능하고 싱크노드간 연계를 통해 게이트웨이에 정보 전달할 수 있어야 한다[8]. 게이트웨이는 1~2Km의 통신이 가능하고 주파수 도약방식, 대역확산방식이 가능하여야 한다[6]. 모니터링/통제시스템은 소프트웨어를 구동시키기 위해 충분한 용량을 갖는 노트북과 실시간 탐지 및 소방력 확인 식별을 위한 프로그램, 신호처리 분석을 통해 DB와 매칭하여 소방력에 대한 이상유무 판단, 소방력 경로추적 관리 등의 응용 프로그램, 센서 통제 프로그램이 구비되어야 한다.

2.3 소방력 식별 방안

소방력간 식별은 소방차량, 소방대원과 소방지휘자로 나누며 RF 통신모듈을 휴대 및 장착함으로써 자신의 식별정보인 ID 정보와 암호어 교환이 가능하도록 설계하고 센서노드 및 RF통신모듈은 상호연동을 통해 위치정보를 제공할 수 있으며 이는 센서필드내에 설치된 선제노드의 위치차이를 이용하여 상대적 위치를 알아낼 수 있다는 것이다.

USN을 이용한 소방력 식별 방안 도출을 위해 서울시의 특수지역 및 시설 관리대책 12가지 유형 중에서 초고층, 초심층, 복합영화관, 호텔·백화점 4가지 유형을 선정하였을 때 USN 기반에서 소방력 식별은 우선 각 유형의 건물, 구조물 환경에 따라 USN에 센서노드 전개 구도를 고려하며 이때 내부 구조물은 곧바로 센서노드 전개 배치간격에 영향을 주게 되며 센서노드 통신거리를 기반으로 센서노드 전개간격이 고려된다. 그리고 마지막으로 센서노드의 이벤트가 발생하면 이벤트에 대한 자료 분석 및 판단과정을 거쳐 최종적으로 소방력 식별 판단을 하

게 된다.

2.3.1 센서노드 설치 지형 및 전개구조

센서노드는 초고층 건축물 지역, 초심층 건축물 지역, 대형터널 지하상가 복합영화관 호텔·백화점등과 같은 지역에서의 화재진압 전술수행 중 필요한 소방력 식별로 구분할 수 있다.

센서노드는 설치 지형에 따라 대부분 포위형 전개구조와 일자형 전개구조를 갖으며 센서노드의 포위형 전개는 화재진압 전술지역이 시간이 흐름에 따라 도착하는 소방력의 접근 위치가 대상물을 중심으로 여러 방향에서 분산되어 접근하고 센서노드를 격자형태의 중복 전개를 함으로써 센서노드에 접근한 소방력을 최대한 놓치지 않고 신속히 감지할 수 있다.

센서노드의 일자형 전개구조는 화재진압에서 터널과 같은 대상물에 접근시 소방력의 이동경로가 접근지점을 중심으로 일정하게 대상물을 향하고 있기 때문에 이동경로 예측이 가능하며 최초 접근 지역을 중심으로 센서노드를 일렬 전개함으로써 최소의 센서노드만을 사용하는 경제적인 장점이 있다.

2.3.2 센서노드간 통신거리 및 전개 간격

센서노드가 위치하게 되는 지역 및 특징은 아래와 같다.

첫째, 초고층 건축물은 공간 내부 분리를 위한 차폐막이나 분리막이 센서노드간 통신을 방해하여 통신거리는 대상물 장애요소로 인해 짧아지게 되다.

둘째, 초심층의 지하층 경우는 지상에서 지하로 연결되는 공간이 제한되어 센서노드의 통신거리보다 매우 짧아지게 되거나 두절될 수 있다.

셋째, 복합 영화관은 내부 진입을 위한 경로가 비교적 다양하고 상영관은 공간이 넓게 되어있어 센서노드간 통신거리는 비교적 짧아지게 된다.

넷째, 호텔 및 백화점은 공간 내부 분리를 위한 차폐막 또는 분리막이 매우 세밀하게 되어 있어 센서노드간 통신을 하는데 방해가 되므로 센서노드간 통신거리는 센서노드의 통신거리보다 대상물 장애요소로 인해 짧아지게 된다.

이러한 센서노드에서 사용되는 무선통신 기술ZigBee의 통신거리는 약10~75m를 가진다[3]. 센서노드간 통신은 실내에서는 일반적으로 45m까지 가능하나 다양한 환경조건이 있는 분리막 및 차폐막이 일부 존재하는 건축물에서의 통신거리는 줄 것이고 칸막이 또는 차폐막이 많은 지하 건축물에서는 더욱 더 줄 것이다.

센서노드는 센서노드간 통신을 보장할 수 있어야 하는

데 지하 건축물이거나 건물 내부의 장애물이 많을 경우 센서노드간 거리는 통신보장을 위하여 약 20~30m 이내로 전개되어야 하며, 장애물이 비교적 적은 지역에서는 약 45m 이내로 전개하여야 한다. 그러나 소방력 식별을 위한 센서 네트워크에서 센서노드간의 전개간격은 통신역할을 하는 RF통신모듈의 통신거리가 아닌 센서의 인식거리를 기반으로 센서노드가 전개되도록 하여야 한다 [12].

적외선 센서의 유효감지 거리를 고려한 센서노드 전개 간격은 대상체 감지거리 측정에 사용 가능한 적외선 센서를 기준으로 감지거리가 약 10m 이므로[15] 센서노드간 거리는 약 20m 이내로 배치하면 된다. 센서 노드가 20m 간격으로 배치하면 센서필드 내에 진입한 소방력은 최소 한 센서노드에 의해 감지가 가능하다.

2.3.3 단계별 소방력 식별 판단

센서노드에 의해 수집된 데이터는 지휘부의 모니터링/통제 시스템에 취합 및 분석하는 과정을 거쳐 소방관에 대한 특성이 저장되어 있는 데이터베이스 자료와 매핑작업을 거쳐 1차적으로 지휘부에서 판단을 한다. 지휘부는 모니터링/통제 시스템을 통해 센서노드가 설치된 상대적인 위치와 구조를 실시간으로 파악 가능하다. 데이터베이스와 매핑 작업을 통해 시스템은 감지 대상체가 소방관이 아닌지 등의 결과를 도출하고 결과에 따라 감지 대상체 검증을 위한 판단으로 구조대를 통해 확인 작업을 할 수 있다.

2.4. 센서필드 내 소방력 위치 파악

2.4.1 센서노드 모델링

센서노드를 중심으로 소방력 상호 위치인식을 감지하기 위해서는 초음파 또는 적외선 센서와 같이 특정 방향에 영향을 많이 받는 지향성 센서와 음향센서와 같이 특정 방향에 영향을 많이 받지 않는 무지향성센서로 구분할 수 있다. 적외선 센서와 같은 지향성 센서는 최소한 동, 서, 남, 북 방향의 4개의 센서가 배열되어 있어야만 센서노드에 접근하는 소방력이 센서 감지영역으로 들어왔을 때 놓치지 않고 감지할 수 있다.

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

4방향 센서노드의 경우 지향성 센서는 90° 간격으로 배치되며 센서의 감지 영역은 센서노드 주변 약 50% 영역을 감지할 수 있다. 감지영역 산출 값은 정량적 비교를 하기 위해 “센서개수 x 센서 감지각도 x 1/360 x 퍼센트”로 계산하였다. 동, 서, 남, 북의 4방향을 모두 감지하는 최소의 지향성 센서가 들어가기 때문에 센서노드의 가격이 저렴하나 감지하지 못하는 영역이 많은 단점이 있다 [13].

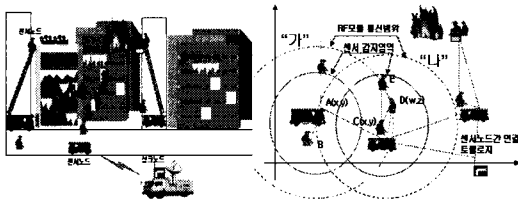
8방향 센서노드의 경우 지향성 센서는 45° 간격으로 배치되며 센서의 감지 영역은 센서노드 주변 약 100% 영역을 감지할 수 있다. 8방향 센서는 4방향 센서보다 가장 많은 영역을 감지할 수 있으나, 센서 개수가 증가하여 센서 간 간섭 현상이 발생할 수 있고 센서의 개수가 많이 소요되어 가격이 비싼 단점이 있다.

2.4.2. 센서필드내 소방력 위치판별 방법론

센서노드에 의하여 소방력의 위치정보를 확인하는 것은 센서노드의 지향성 센서의 배치 방향과 센서노드가 특정 방향을 기본 방향으로 인식하는지에 따라 영향을 받는다. 앞에서 센서노드 모델을 지향성 센서의 방향수에 따라 4, 8방향 센서노드들을 언급하였으나 화재진압을 위한 소방전술을 대상으로 하는 경우로 대부분 화재현장을 중심으로 일정한 방면에서 소방차량 및 소방관이 앞으로 전개하는 일정한 형태를 갖고 있으므로 소방력의 위치를 연결하고 관리하는 방법을 4방향 지향성 센서를 기준으로 장단점을 알아보겠다.

센서가 감지한 소방력의 위치식별은 센서노드의 기본 방향의 유·무와 소방력을 감지한 센서의 수(1개, 2개)에 따라 경우의 수는 총 4가지(2가지 x 2가지)이다. 이 중에서 정밀도를 위하여 센서노드의 기본방향이 있는 경우로 한정하였다.

특수지역 및 시설 중에서 초고층건축물의 화재현장을 대상으로 USN에서 소방력위치 식별을 위한 센서노드가 전개되는 일반적인 상황은 아래 그림 2와 같다.



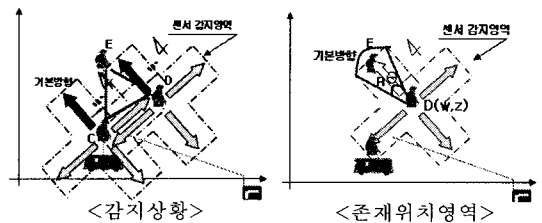
[그림 2] 소방력위치 파악 [그림 3] 센서노드의 통신 범위와 감지영역

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 3과 같이 나타나게 된다. 그러나 RF 모듈의 통신거리가 일반적으로 센서의 감지영역보다 넓으므로 센서의 감지영역을 센서노드를 중심으로 일정하다는 가정 하에 소방력을 인식하는 경우를 기술하였다.

센서노드가 4개 방향으로 센서를 갖고 기본방향이 있는 1개의 센서노드에 의해 소방력이 감지되었을 때 센서에 감지당한 감지대상체의 위치를 찾는 경우이다. 센서노드에서 지향성 센서의 배치는 90° 간격으로 위치한다. 센서필드에서 센서노드의 지리상 좌표는 어떤 하나의 센서노드가 절대좌표로 결정되면 나머지 센서노드의 위치도 상대좌표를 이용하여 알 수 있다[4].

센서노드들 중에 센서노드 C에 소방력이 접근하여 감지된 경우 센서노드 D와 소방력의 거리를 초음파 센서로부터 거리를 알 수 있다. 또한 센서노드는 기본 방향을 가지기 때문에 센서노드의 어느 방향에 위치한 지향성 센서에 의해 소방력이 감지되었는지 구분할 수 있다. 그림 4의 “감지상황”의 경우 파란색으로 나타나 있는 화살표가 기본방향임을 의미하며 기본 방향이 북쪽임을 나타내고 있다.

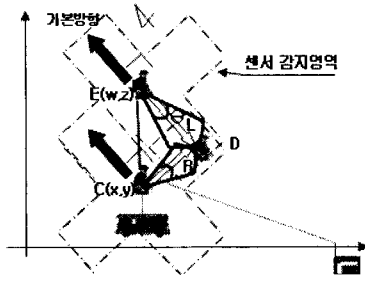


[그림 4] 감지상황 및 존재위치 영역

따라서 센서노드 D에서 감지되는 소방력의 위치는 센서노드 D를 기준으로 기본방향의 같은 방향인 북쪽에 위치함을 알 수 있다. [그림 4]의 “존재위치영역”과 같이 센서노드로부터 소방력의 거리를 R이라고 할 때, 소방력은 센서노드의 좌표(w, z)를 중심으로 부채꼴 영역 $S = \pi \times R^2 \times \theta/360 = 3.14 \times R^2 \times \theta/360$ 안으로 영역을 한정하며 θ 는 센서 감지각도를 나타낸다.

센서노드가 4개 방향으로 센서를 갖고 기본방향이 있는 2개의 센서노드에 의해 소방력이 감지되었을 때 센서에 감지당한 감지 대상체의 위치를 찾는 경우이다. 이 경

우도 그림 5와 같이 센서노드에서 지향성 센서의 배치는 90°도 간격으로 위치한다. 센서필드에서 센서노드의 지리상 좌표는 어떤 하나의 센서노드가 절대좌표로 결정되면 나머지 센서노드의 위치도 상대 좌표를 이용하여 알 수 있다.



[그림 5] 감지상황 및 존재 위치 영역

센서노드들 중에 센서노드 C와 E에 감지대상체가 접근할 경우 소방력과 센서노드 C와 E의 거리는 초음파 센서로부터 거리를 알 수 있다. 센서노드 C와 E로부터 소방력까지의 거리를 각각 R과 L이라 하자.

또한, 센서노드의 기본방향을 알 수 있기 때문에 센서노드의 어느 방향에 위치한 지향성 센서에 의한 소방력이 감지되었는지 알 수 있고 기본방향은 북쪽임을 나타내고 있다. 따라서 센서노드 C가 감지한 소방력의 위치는 동쪽에 위치한 것을 알 수 있고 센서노드 E는 기본방향으로는 남쪽에 위치한 것을 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 E의 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 소방력의 위치식별보다 신뢰성은 있으나 소방력이 있을 수 있는 영역은 기본방향이 있는 하나의 센서에 의해 감지된 영역보다 오히려 증가하게 된다.

2.4.3 센서노드 평가

앞의 분석한 시나리오 및 센서노드 모델을 바탕으로 운용될 센서노드 모델에 대한 평가와 기준은 다음과 같다.

첫째, 센서노드의 가격이다. 경제적인 측면도 고려하여 사용된 센서의 수에 따라 점수를 부여하였으며 적은 수의 센서 사용시 더 많은 점수를 주었다. 센서의 수에 따라 최소 1점에서 최대 4점을 부여하였다.

둘째, 센서노드의 감지능력이다. 센서노드에 센서의 수가 많을수록 감지 능력이 좋아진다. 본 평가에서는 국

민의 재산과 생명을 최우선하여 임무를 수행하는 소방공무원의 생명과 직결되므로 USN 기반의 소방력위치식별 체계에 운용될 각 센서노드 모델에서 센서노드의 감지능력에 w중요성을 두었다. 점수는 2점에서 8점까지 2점 단위로 분포하였다.

이러한 기준을 갖고 평가한 결과 표 1과 같이 현재 구축하고자 하는 시스템에서 가장 적합하한 센서노드는 총점이 가장 높은 기본방향이 있는 8방향 센서노드임을 판단하였다.

[표 1] 센서노드 평가 결과표

센서방향	4방향	5방향	6방향	8방향
총 점	6	7	8	9
비용(1-4점)	4	3	2	1
감지능력(1-8점)	2	4	6	8

3. 재난현장의 소방관 생체 인식 및 파악

3.1 소방관 생체정보의 송수신

소방관위치 및 생체식별 시스템은 기본적으로 센서노드를 중심으로 위치식별을 하는 가운데 소방관의 생체정보를 전송받아 소방관의 육체적·신체적 건강상태를 식별하여 적시 적절한 교대를 통한 소방력의 효율적인 투입으로 소방관의 소중한 생명을 보호하고 소방력을 극대화하여 화재를 조기에 진압하고자 하는 것이 목적이다. 표 2에서와 같이 최근 5년간 전국 소방관의 업무유형별 순직자 현황을 살펴보면 화재현장에서의 진압활동중 사망자는 전체 인원의 35.3%를 차지하고 있으며 구조중 순직자를 포함한다면 전체 순직자의 44%의 소방관이 소중한 생명을 잃고 있는 실정이다[9].

[표 2] 최근 5년간 소방공무원 순직자 현황

구 분	계	비율%	'03	'04	'05	'06	'07
합 계	34	100	7	8	6	6	7
화재진압	12	35.3	1	2	2	3	4
구 조	3	8.8	0	1	1	1	0
구 급	2	5.9	0	1	0	1	0
교육훈련	2	5.9	1	1	0	0	0
기 타	15	44.1	5	3	3	1	3

일차적으로 소방관이 센서의 감지영역내에 위치시 상대적 또는 절대적 위치를 제공하고 동시에 생체센서에

감지되는 생체정보를 주기적으로 전송 시에는 모든 것을 충족한다.

그러나 센서의 감지영역을 벗어나거나 위치식별에 관한 센서의 장애발생 시에도 생체센서는 RF 모듈의 통신 거리가 일반적으로 센서의 감지영역보다 넓으므로 RF 모듈의 통신거리 내에서 지속적으로 생체정보를 전송할 수가 있을 것이다. 왜냐하면 생체센서의 정보는 센서간의 통신을 기반으로 하기 보다는 RF 통신을 통해 소방관의 신체에 부착되어 생체를 감지하고 감지한 신호를 센서노드 또는 싱크노드를 통하여 서버에 전달하기만 하면 되기 때문이다.

3.2 소방관의 생체 정보 수집 대상

화재현장 및 각종 재난·재해의 위험한 현장에서 다양한 신체적 건강위험에 노출되어 있는 소방관에게서 측정할 수 있는 즉 생체 센서노드에 의해 수집할 수 있는 생체정보에는 심전도, 호흡, 체온, 움직임 신호, 혈압, 혈중산소포화도, 피부저항, 뇌파, 근전도 등 매우 다양한 신호가 있으며 이러한 생체정보는 소형의 전위센서, 압력센서, 온도센서, 가속도센서, 광센서, 음향센서 등을 이용하여 측정할 수 있다[3].

그러나 소방관은 화재 등 재난현장에서는 긴박한 상황으로 소방관의 화재진압 등 활동시 신체적인 능력을 벗어나는 부분에 대하여 임계치를 설정하고 그 상태를 확인하는 것에 중점을 두는 것이 바람직 할 것이다.

따라서 생체정보 수집대상은 시스템과 각 센서의 성능과 작전의 효율성을 고려하여 가장 일반적인 체온, 움직임 신호, 심전도, 혈압 등에 중점을 두고 센서 측정 정보대상을 제한하였다.

3.3 소방관의 생체정보 구축

현재 소방공무원이 국민건강보험공단으로부터 받는 건강검진은 일반 건강검진 항목 기본진료로 진찰 및 상담, 신장, 체중, 비만도 등을 방사선검사 검사로서는 흉부 방사선 촬영을 요검사는 요당, 요단백, 요잠혈, 요pH를 혈액검사는 혈액소, 식전혈당, 총콜레스테롤, 감마지피티(r-GTP) 등을 심전도검사와 구강검사는 우식증, 결손치, 치주질환을 하고 있다[10].

또한 화재현장 및 각종 재난·재해의 위험한 현장에서 다양한 신체적 건강위험에 노출됨에도 체계적인 건강관리가 미흡하고 2년 1회의 건강검진으로는 질병조기발견 및 예방에 한계가 있어 체계적인 건강관리를 위하여 소방공무원법 제14조의 3과 산업안전보건법 제43조에 의거 연 1회 특수건강검진을 실시하고 직업병 또는 일반질

병여부를 판단하여 후속조치를 취하고 있다.

따라서 생체 센서노드에 의해 수집할 수 있는 생체정보의 종류는 중요한 생체 정보인 심박수의 변화, 혈압의 변화, 체온변화에 따른 감성지수의 변화, 스트레스, 외부온습도 변화에 따른 불쾌지수 등으로 보았을 때 일반건강검진에서 소방관 생체인식 시스템 관련하여 참고하여야 할 중요 항목은 표 3과 같으며 2007년도 특수건강검진에서는 26개 질환 중에서 순환기계의 질환을 포함한 3대 질환이 70%를 차지하는 현실을 고려하였을 때 매우 중요한 대상이다.

[표 3] 건강검진 항목중 생체관련 검사종목

검사종목	관련 질환
혈압	고혈압
요당, 요단백, 요잠혈, 요pH	신장 및 당뇨 질환
혈색소	빈혈
혈당	당뇨질환
총콜레스테롤	고혈압, 고지혈증, 동맥경화
심전도검사	고혈압, 고지혈증, 심근경색증

3.4 수집된 소방관의 생체 정보 분석

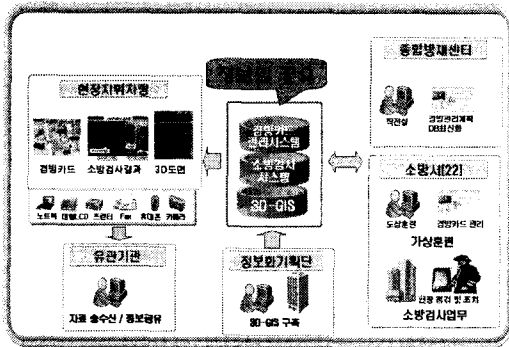
센서노드에 의해 수집되는 소방관의 생체정보는 장기간 소방관에 대한 모니터링에 의한 소방관의 특성정보를 바탕으로 예방차원에서 활용한다는 개념을 기반으로 한다. 그러나 생체신호 예측의 낮은 신뢰도, 진단이 아닌 예방을 위한 생체정보의 분석방법은 임상적인 실험을 통해 얻은 표준화된 임계치를 이용해 분석하는 일관된 방법이 주를 이루고 있으며 이에 대한 표준이 없어 해석된 생체신호를 사용하는 데는 적지 않은 제한사항이 따를 것이다. 따라서 소방공무원이라는 직업을 고려하여 적합한 자체의 표준화된 임계치를 보유하여야 할 것이며[16], 생체정보 분석 및 피드백은 의료행위에 대한 권한이 있는 구급지도의사에 의해 이루어 질수 있도록 하는 방안도 심도 있게 검토하여야 할 것이다.

생체센서로부터 받은 생체정보는 표준화되어 구축된 소방관의 생체특성 정보 데이터베이스의 자료와 실시간 비교하여 결과를 분석하여 임계치 이상일 경우 위험수준에 도달한 것으로 판단하여 경고 메시지가 모니터를 통해 발령되면 지휘부에서 해당 출동대의 지휘자에게 또는 본인에게 전파하여 확인 후 적절한 조치를 취해야 할 것이다.

4. 관련 시스템과의 체계 연동

본 절에서는 서울특별시의 소방서급 소방관위차관리 체계가 연동할 대상을 식별하고 이들 체계와 연동했을 때 효과성을 판단하여 최적의 연동대상을 식별하는데 중점을 두었다. 업무와 관련하여 참조할 수 있는 현존의 체계는 서울종합방재센터의 재난구조·구급시스템과 소방행정정보시스템, 서울시의 지리정보시스템, 각 구청의 건축물관리 시스템이 있어 이들과의 연동이 고려될 수 있으며 장단점을 분석하여 기술하였다.

그림 6은 타체계와 정보를 공유 하는 개념도를 나타내고 있다.



[그림 6] 타체계 정보 공유 개념도

4.1 종합방재센터 상황실과의 정보 공유

재난구조·구급시스템에 직접적인 연동 시 상급 기관인 소방본부 및 서울종합방재센터 상황실에서 화재현장의 상황을 즉시 조회 및 확인과 추가적인 소방력 투입을 위한 작전을 구상할 수 있다.

따라서 현재의 재해 신고 및 지령 등에 있어 통신망 능력측면에서 제한 사항이 없다면 소방관위차 및 생체 식별체계시스템 구축시 연동방안을 검토하는 것이 매우 바람직하며 제한 사항이 있을 경우에도 통신망체계 개선 또는 업그레이드를 통해서 연동하는 방안을 수립하여야 효율을 극대화 할 수 있다.

4.2 소방대상물관리 시스템과의 연동

최근 증가하고 있는 건축물의 대형화, 고층화, 지하화 등을 고려하여 대시민 소방행정 서비스의 질적 향상을 목표로 소방지령 전산화의 일환으로 화재예방 및 진압활동에 있어서 근간이 되는 소방대상물 관리업무인 건축물, 위험물, 소화용수, 출동대, 소방 설비공사업체 업무 등을 전산화하여 사무행정 능력제고는 물론 재해현장 활동에

필요한 정보를 신속히 제공하고 시민의 생명과 재산 피해를 최소화하고자 구축 운영중인 시스템의 연동이 된다면 실시간 정보 공유로 원활한 재해현장 활동을 할 수 있을 것이다.

따라서 재난현장에서 필요한 필수정보를 시스템 중에서 발췌하면 연동하는 방안을 수립하여 운영하는 것이 반드시 필요하다.

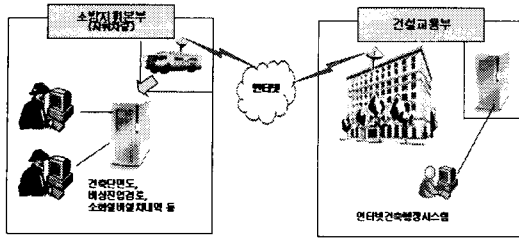
4.3 데이터센터의 지리정보시스템과의 연동

소방관위차 및 생체 식별체계에서는 대상물에 대한 지리정보가 소방관의 위치를 표현하는데 있어서 절대적으로 필수적인 사항이다. 특히 해당 건축물 위치에 대한 절대좌표 값을 알고 있어야 센서를 통하여 알고 있는 상대좌표를 절대좌표 값으로 변환하여 소방관의 위치를 표시하는데 있어서 GIS의 정보는 매우 중요하다.

따라서 재난현장에 본 시스템이 장착된 재난지휘차량이 도착하면 지리정보시스템에 접속하여 재난지역 대상물의 지리정보를 확보하여 적시에 활용할 수 있도록 실시간 연계하여 운영하는 것이 필요하다. 그러나 지리정보 시스템 운영 여건상 그렇지 못할 경우에는 소방에서 관리하는 주요관리대상물에 대한 지리정보 DB를 구축하여 일정한 주기로 변동사항에 대하여 배치처리를 통해 최신 자료로 다운로드 받아 갱신하여 운영하는 방안도 고려해 볼 만하다.

4.4 인터넷 건축행정정보시스템과의 연동

소방력 위치식별체계에서는 건축물에 관한 정보는 매우 중요하다. 물론 현재는 재난구조·구급시스템에서 출동에 따른 위치, 길안내, 도면을 스캐닝한 건물에 대한 평면도, 건축물 정보 일부를 제공하고 있지만 건물증개축, 용도변경 등에 대한 최신 자료가 실시간 제공되는 것은 아니다. 따라서 화재진압을 위한 소방차량 출동 시 소방 및 지휘차량에 대상건물에 대한 평면도면 등의 정보를 즉시 제공하여 효율적인 화재진압에 기여할 수 있도록 건설교통부의 인터넷 건축행정정보시스템에 접속하여 실시간 다운로드 하여 활용할 수 있도록 연계하여 운영하는 것도 고려해 볼 만하다. 또한 이 시스템도 운영상 실시간 연동이 어렵다면 주요정보를 별도의 서버에 구축하고 주기적으로 최신 자료를 다운로드 받아 갱신하여 유지하면서 자체 서비스하는 방안도 염두에 두어야 할 것이다. 그림 7은 인터넷 건축행정정보시스템과의 연동 방안이다.



[그림 7] 인터넷 건축행정시스템과의 연동방안

5. 현업 적용 시기 판단

소방력 위치 및 생체 식별체계의 현업 적용 시기는 현재 서울시 정보화사업에 대한 타당성 검토를 거쳐 정보화전략계획 수립을 위한 사업 발주가 진행 중이다[11].

사업 추진은 “서울시 유비쿼터스(u-Seoul) 사업관리계획”의 일환으로 추진되는 u-seoul 중·장기 마스터플랜 수립과 연계하여 1단계는 소방력 위치 및 생체식별체계 시범구축으로서 표 4 과 같이 1개 소방서를 대상으로 체계를 구축하고 2단계는 시험운영을 통한 문제점 해결과 보완을 통하여 권역별로 모든 소방서에 체계를 확산하여 할 것으로 판단된다.

[표 4] 체계 현업 적용 시기

구 분	일 정			
추진사항	체계 완성			체계 확산
년 도	2008	2009	2010	2011~14
ISP 수립	○			
시범구축		○		
시범운영			○	
확 산				○

6. 성과 및 기대효과

본 연구는 USN 기반의 재난대응지원 시스템 구축이 가능함을 이론적으로 설명하였다. 특히, ZigBee[14] 또는 메쉬네트워크 통신 등을 이용하여 센서의 측정 데이터를 무선으로 전송하는 것이 가능함을 판단할 수 있었고 소방력의 위치 정보 및 생체 정보를 전송 기능이 가능할 경우 전송 데이터를 분석, 소방력의 이상 발생시 조기에 현장 지휘자에게 상황을 전파하여 소방관의 이동, 철수, 교대와 구조대를 투입하여 구조가 가능한 관제시스템의 메커니즘을 이론적으로 구상할 수 있었다.

재난현장에서 대상물 붕괴 등의 징후를 감지하였을 때 모니터링 되는 위치를 판단 위험에 노출된 특정 소방관의 철수와 생체정보 특이사항 경고시 확인 및 교대, 상황 종료 후 미귀자 여부도 확인이 가능하여 현장대원의 안전 보호에 기여할 수 있을 것이다.

재난현장에서 활동하였던 모든 내용은 데이터로 저장되어 재난 수습후 사후대책 회의시 소중한 자료로, 각 소방서에서 주기적으로 실시하는 도상훈련시에 참고자료로 활용될 수 있다.

건설교통부의 인터넷 건축행정정보시스템에서 관리하고 있는 자료중에서 재난현장에서 필요한 건물배치도, 평면도(1층, 기준층, 지하층, 최상층), 단면도, 입면도, 위험물배치도, 배관배치도, 배관평면도, 배관개통도, 가스배관도, 소방시설배치도, 저장시설도면(평면도, 종다면도, 횡다면도) 데이터를 실시간 연동하거나 일정 주기로 자료를 넘겨받아 별도의 시스템을 자체 구축하여 활용한다면 건축설계도면 구축에 따른 예산의 중복투자를 방지할 수 있을 것이다.

7. 결론

소방력의 위치 및 생체 식별은 도시공간의 효율적 활용을 위해 건물의 대형화·초고층화·복잡화 추세에 따른 대규모 화재 현장에서 나타나는 지휘통제의 문제, 소방관의 인명피해를 줄이고 소방력의 최적운동을 결정하는 기본요소로서 화재진압작전과 동시에 화재현장 내에서 식별함으로써 현장 지휘관의 조기 소방력 장악은 물론 소방관의 생명을 지킬 수 있는 사항이다.

본 연구에서는 이러한 현 소방재난현장을 고려하여 IT 신기술을 특히, 무선통신, 센서 및 센서네트워크, 생체정보를 이용하여 대형화재에서 이루어지고 있는 화재진압 전술에 적용할 수 있는 방안과 이에 대한 적용시기를 제시하였으며, 효율적인 시스템의 운영을 위하여 재난현장에서 반드시 필요한 정보인 소방용수의 위치, 건축물의 도면 등을 보유하고 있는 타 기관의 전산시스템과 연동하여 정보를 획득하여 활용할 수 있는 연동방안을 제시하였다.

본 연구를 통해 제안한 재난재해 현장에서의 재난지원 시스템은 향후 ISP를 통해 검증 및 기술개발이 이루어짐으로써 지능화·첨단화된 소방 건설의 완성에 한층 다가갈 수 있으리라 기대한다.

향후 연구과제로 지하화 고층화된 건축물에서 소방관의 위치를 3차원으로 정확히 표현할 수 있는 기술의 도입과 이를 지원할 수 있는 3D GIS 구축에 대한 연구를 수

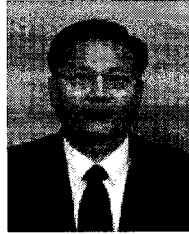
행할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 중앙소방학교, "위험물성상 화재진압전술" pp313-341, 2006. 1.
- [2] 박상진, "센서의 종류와 그 적용", 제어계측, 2002. 4.
- [3] 김진태 권영미, "RFID와 ZigBec를 이용한 유비쿼터스 u-Health 시스템 구현", 전자공학회논문지, 제43권 제1호 통권 제343호, 2006. 1.
- [4] 김진수 등, "USN기반 육군 피아식별체계 구축방안", 한국국방연구원 연구보고서, 2006. 12.
- [5] 서울소방방재본부, "특수지역 및 시설관리 대책, 2005.
- [6] ETRI, "센서 네트워킹 기술 동향", 전자통신동향분석 제22권 제3호 2007. 6.
- [7] ETRI, "무선센서 네트워크 노드 미들웨어 기술", 전자통신동향분석 제22권 제3호 2007. 6.
- [8] ETRI, "USN 미들웨어 기술개발 동향", 전자통신동향분석 제22권 제3호 2007. 6.
- [9] 소방방재청, "2007년도 소방공무원 순직공상 통계 분석결과", 2008. 3
- [10] 서울소방재난본부, "2007년도 소방공무원 특수건강검진 결과", 2008. 3
- [11] 서울시, "2008년도 서울시 정보화사업시행계획", 2008. 2
- [12] S. Yi, H. Cha, "Active Tracking System using IEEE802.15.4-based Ultrasonic Sensor Devices", In 2nd International Workshop on RFID and Ubiquitous Sensor Networks (USN) 2006, Seoul, Korea, August, 2006
- [13] Crossbow, "Crossbow Technology Release Security for Perimeter Monitoring, Intrusion Detection and Identification.", 2005.
- [14] Martin Muller, "The ZigBee standard at glance", News from Rohde & Schwarz, 2005.
- [15] Anish Arora et al, "ExScal; Elements of an Extreme Scale Wireless Sensor Network", 2005.
- [16] 장동욱, "USN을 이용한 모바일 u-Health Care 시스템의 연구, 호서대학교 대학원 석사학위논문, 2007

전 재 필(jai-pil Jeon)

[정회원]



- 1983년 : 인하대학교 전자계산학과 졸업(학사)
- 1999년 : 영남대학교 대학원 전산정보학과 졸업(석사)
- 2006년 ~ 현재 : 호서대학교 벤처전문대학원 박사과정
- 1985년 ~ 1987년 : 15사단 전산실장
- 1987년 ~ 1990년 : 13통신여단 전산실장
- 1996년 ~ 1997년 : 2군사령부 전산실 운영과장
- 1997년 ~ 1998년 : 5군지사 전산실 운영과장
- 1998년 ~ 2001년 : 8군단 전산실장
- 2001년 ~ 2006년 : 국방대학교 정보보호교과
- 2006년 ~ 현재 : 서울소방재난본부 전산팀 전문위원

<관심분야>

S/W공학, 정보보호, S/W 프로젝트관리

양 해 술(Hea-Sool Yang)

[정회원]



- 1975년 : 홍익대학교 전기공학과 졸업(학사)
- 1978년 : 성균관대학교 정보처리학과 졸업(석사)
- 1991년 日本 오사카대학 정보공학과 S/W공학 전공(공학박사)
- 1975년~79년 육군중앙경리단 전산실 시스템분석과장
- 1980년~95년 강원대학교 전자계산학과 교수
- 1986년~87년 日本 오사카대학교 객원연구원
- 1994년~95년 한국정보처리학회 논문편집위원장
- 1995년~02년 한국S/W품질연구소 소장
- 2001년~현재 한국정보처리학회 부회장
- 2003년~현재 미국 ACIS 학회 Vice President
- 1999년~현재 호서대학교 벤처전문대학원 교수

<관심분야>

S/W공학(특히, S/W 품질보증과 품질평가, 품질감리 및 컨설팅, OOA/OOD/OOP, CASE, SI), S/W 프로젝트관리, CBD기반 개발방법론과 품질평가