

유비쿼터스 센서 네트워크를 이용한 운동 시 응급 상황 알림 및 사고 예방 시스템의 설계

강성화* · 황훈규** · 이장세***

*한국해양대학교 컴퓨터·제어·전자통신공학부 컴퓨터정보공학전공,

**한국해양대학교 대학원,

***한국해양대학교 컴퓨터·제어·전자통신공학부 교수

A Design of Exercise Accident Prevention and Emergency Situation Alarm System using Ubiquitous Sensor Network

*Sung-Hwa Kang**, *Hun-Gyu Hwang***, *Jang-Se Lee****

**Department of Computer Engineering, Korea Maritime University, Busan, 606-791, KOREA*

***Graduate School of Korea Maritime University, Busan, 606-791, KOREA*

****Department of Computer Engineering, Korea Maritime University, Busan, 606-791, KOREA*

요 약 : 최근, 여가 활동, 건강 증진 등의 이유로 운동을 즐기는 사람들이 증가하였다. 특히 마라톤과 같은 격렬한 운동으로 인한 사망 사고가 해마다 증가하고 있다. 이 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크 기반의 ZigBee 통신 프로토콜을 이용하여 마라톤과 같은 격렬한 운동 시에 발생할 수 있는 여러 사고를 예방하고 응급 상황의 발생 시에 신속한 대처가 이루어 질 수 있도록 도와주기 위한 알람 시스템을 설계한다.

핵심용어 : 응급 상황 알림 시스템, 운동 사고 예방 시스템, 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)

ABSTRACT : In these days, many people enjoy exercise such as marathon. So exercise accidents are being increased every year. In this paper, we designe a system for prevention of exercise accidents using ZigBee communication protocol based on USN. So the system helps faster rescue how emergency situations.

KEY WORDS : emergency situation alarm system, exercise accident prevention system, ubiquitous sensor network(USN)

1. 서 론

최근 많은 사람들이 건강의 관리 및 증진을 목적으로 마라톤과 같은 운동을 즐기는데 이 때 고혈압이나 심장마비에 의한 돌연사와 같은 사고가 발생할 수 있다. 격렬한 운동 중 돌연사 같은 사고의 발생 빈도는 청년기에 십만 명 당 1명, 45~75세에 천 명 당 1~2명으로 연령이 증가할수록 급증하는데 대부분 심장질환이 원인이며 사우나 이후 운동을 하거나 '운동유발성 고혈압'과 같은 질환으로 혈관이 막히면서 혈압이 증가하여 심장

마비로 인한 돌연사가 발생한다[1].

이 논문에서는 마라톤과 같은 격렬한 운동 시에 발생할 수 있는 사고를 예방하기 위하여 유비쿼터스 센서 네트워크 기술을 이용하여 신체 상태측정이 가능한 센서를 각 개인에게 부착하고 측정된 정보들의 감시를 통하여 이상을 포착하고 응급조치를 가능하도록 하는 시스템의 설계에 관하여 제안한다.

제안하는 시스템의 설계에서는 사고를 예방하기 위한 목적의 유비쿼터스 센서 네트워크의 구축을 위해 ZigBee를 이용하여 각 개인에게 부착된 센서의 정보들을 중앙 서버에 보내주고 수

* ksh870715@naver.com, 051)410-5227

** hungyu@hhu.ac.kr, 051)410-5227

*** jslee@hhu.ac.kr 051)410-4577

집된 정보들을 토대로 신체에 이상 징후 포착 시에 1차, 2차, 3차로 구분하여 대처하게 된다. 1차의 경우, 운동을 지속하여도 이상은 없으나 휴식을 권유하는 단계로 부착된 센서의 경고음을 통하여 휴식을 권한다. 또한 2차의 경우, 심장에 무리를 줄 정도로 판단 즉시 운동을 멈추도록 주변의 안전요원에게 상황을 알린다. 마지막으로 3차의 경우는 긴급 상황으로 안전요원의 대처 및 구급 요원 호출 등의 조치를 취한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 관련 연구 분석에 관한 내용을 다루고 3장에서는 시스템의 설계에 관해 다룬다. 또한 4장에서는 예상 결과물의 기능에 대해서 설명하며 5장의 결론 및 향후 연구로 끝을 맺는다.

2. 연구 분석

2.1 대표적인 무선 기술 동향 분석[2]

최근 홈 네트워크에 대한 일반인들이 관심이 크게 증가하면서, 10m 내외의 단거리에서 사용하는 개인 무선 네트워킹 솔루션인 무선 PAN(Personal Area Network) 기술이 주목을 받고 있다. 무선 PAN 기술이 이더넷, PLC, HomePNA 등과 같은 기존 유선 홈 네트워킹 기술들보다 주목을 받고 있는 이유는 배선 작업이 필요 없는 사용의 편리함 때문이다. 각 가정의 가옥은 기업의 사무실과 달리 본래 네트워킹을 고려하여 설계되지 않았기 때문에, 가정의 여러 기기들을 유선 케이블로 일일이 연결하는 것은 매우 번거롭고 불편한 일이 아닐 수 없다. 따라서 가급적이면 케이블을 이용하지 않고 무선통신으로 각 가정의 기기들을 연결할 수 있는 저렴한 단거리 무선 네트워킹 기술에 대한 수요가 점차 커지고 있다. 다음은 무선 PAN기술 중에 최근 시장의 주목을 받고 있는 블루투스, UWB(Ultra Wide Band), ZigBee를 중심으로 최근 기술 개발 동향을 간략하게 언급 한다.

2.1.1 블루투스

블루투스는 이동 통신 단말기 업체인 Ericsson(현재 Sony Ericsson)에 의해 처음 개발되었으며, 유선 케이블 대체 기술로서 10m 내외의 단거리에서 최대 4Mbps를 전송할 수 있다. 기술의 시발점이 이동 통신 단말기 업체였던 영향으로 블루투스는 현재 이동 통신 단말기에서 많이 도입되었다. 또한 최근에는 Nokia, Sony Ericsson, QUALCOMM 등의 업체에선 단말기 칩셋에 블루투스 기능을 적극 도입, 사용하는 방안에 대해 많은 연구, 개발 중에 있다.

2.1.2 UWB (Ultra Wide Band)

통신을 위해 펄스를 이용하는 방법은 무선 통신 개발 초기부터 연구되었지만, 최근까지도 UWB에 관한 연구 및 활용은 규제에 의해 주로 군사용 레이더에 한정되었다. 그러나 2002년 2월 미국의 FCC가 -41.3dBm/MHz 이하의 펄스를 전송하

는 조건으로 상업적 용도의 UWB 사용을 허가하면서, 본격적인 UWB 기술 개발이 촉발되었다. 현재 IEEE 802.15.3a에 UWB 표준화 워킹그룹이 설립되었으며, 산업 촉진을 위한 단체인 WiMedia, UWB 표준 관련 이익 단체인 MBOA(Multiband OFDM Alliance), Wireless USB Promoter Group 등이 UWB 기술 개발을 적극 지원하고 있다. UWB는 기존 RF 기술들과 비교하여 여러 가지 근본적인 장점을 가지고 있다. UWB는 전자기적 특성을 이용하여 신호를 확산하는 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)와 유사하게 주기가 1ns 이하인 초단파 펄스를 이용해 3.1~10.6GHz에 이르는 방대한 주파수 대역에 신호를 확산시킨다. 따라서 UWB는 최대 20m의 단거리에서 480Mbps 이상의 대용량 전송이 가능하고, 반송파를 이용하지 않아 전통적인 헤테로다인 송수신기의 RF 부품(VCO, 믹서, 필터)들이 필요 없어 소형으로 저렴하게 제조할 수 있다. 또한 UWB는 주기가 짧은 펄스의 특성을 이용해 수 cm 수준까지 정확한 위치 추적이 가능하고, 근본적으로 QoS를 보장할 수 있는 특징이 있으며, 복수 경로로 인한 신호 간섭에 영향을 덜 받는다는 장점이 있다. 이러한 기술적 특징으로 인해 UWB는 시장 초기 디지털 캠코더/카메라, 셋톱박스, 디지털 TV, DVR, MP3 플레이어, 홈 서버 등 멀티미디어 홈 엔터테인먼트 가전제품에서 주로 활용될 것으로 예상된다.

2.1.3 ZigBee

현재 블루투스·UWB보다는 관심을 덜 받고 있지만, ZigBee는 센서 네트워크와 같은 수직 어플리케이션 영역에서 경쟁력 있는 단거리 무선 통신 기술로 각광을 받을 전망이다. ZigBee는 저 전력 ZigBee 송수신기를 센서(동작, 빛, 압력, 기온, 습도)와 결합하여 대규모 센서 네트워크를 구성할 수 있게 해주는 기술이다. 예를 들어, 빌딩 관리인은 빌딩 내 조명/화재감지/냉난방 시스템 등에 ZigBee를 도입함으로써 관리실이 아닌 휴대용 장치를 통하여 원격으로 빌딩 시스템 관리 및 제어 작업을 수행할 수 있다. 또한 병원의 환자는 자신의 신체에 ZigBee 센서 장치를 장착하여 신체 상태 및 건강도를 주기적으로 측정하여 무선으로 진단 정보를 서버에 전달할 수 있다. 이렇듯 ZigBee는 산업/가정/의료/군사 등 다양한 애플리케이션으로 자동화된 센서 네트워크를 창조하는데 활용될 전망이다. 그리고 센서 네트워크에서는 대용량 정보 전달이 요구되지 않는 반면, 긴 배터리 시간과 일정 거리 이상의 전송 커버리지 확보가 필요하므로 추후 이러한 부분에 대해서 많은 연구 개발이 진행된다면 더욱 완벽한 네트워크가 구성될 수 있을 것이다.

2.2 돌연사 원인 및 대처방안

모 연예인의 갑작스런 사망 사고와 마라톤과 같은 격렬한 운동 중의 사망사고의 대부분은 돌연사이다. 돌연사란 일반적

으로 원인이 되는 질병이 나타난 후 1시간 이내에 사망하는 것을 의미하기도 한다. 주요 원인은 심장질환으로, 그 중 관상동맥질환으로 인한 경우가 많다. 이것은 혈관이 막혀서 생기는 심근경색증과 혈관이 좁아져서 생기는 협심증으로 나눌 수 있으며, 원인의 대부분이 동맥경화증(심장 근육에 피를 공급하는 관상동맥이 좁아져 피의 공급이 잘 되지 않는 병)으로 인한 것이다. 이러한 돌연사는 무리한 운동, 잠재적인 질환(협심증과 같은 심장질환), 스트레스 등이 주요 원인이 된다. 이러한 돌연사를 예방하기 위해 가장 먼저 운동의 강도를 처방받고자 신체검사를 받는 것이 중요하다[4]. 프랑스에서는 Fornes와 Lecomte의 조사에 의해 레크리에이션 활동 중 사망한 31 사례의 부검 결과 심혈관계에 이상이 있는 경우가 19 사례로 다른 질환에 비해 월등히 많았다. 이러한 연구 결과를 토대로 1999년 이후, 마라톤에 참가하기 위해서는 신체검사를 받는 것을 의무화하였다[5].

운동 중 심장마비는 전문가들에 따르면 발생한 후 제세동기(치사 부정맥을 전기 자극으로 제거해 정상화시키는 기계)와 심폐 소생술을 빠른 시간 내에 실시할수록 생명을 유지할 가능성이 높아진다. 1분 내에 치료하면 성공률이 80% 이상인데 반해 10분이 지나면 성공률은 10%에도 미치지 못한다. 선진국의 경우 병원 이외에서의 심장마비의 소생율이 20~25% 수준이고, 국내에는 약 7~10%로 추정되고 있다. 그러나 국내 마라톤 대회에서 심장마비의 소생율은 거의 제로에 가까울 만큼 선진국에 비해 격렬한 운동으로 인한 심장병을 대처하는 인프라가 거의 갖춰져 있지 못하다. 돌연사를 막기 위해서는 최대한 빠른 응급처치 및 응급상황 예방을 위해 상시 신체 상태(심박 수, 혈압, 체온) 측정 및 모니터링을 통한 대처방안이 필요하다[4].

2.3 사례 연구

격렬한 운동 중에 발생할 수 있는 돌연사를 예방하기 위해 국내/외에서 여러 장치 및 제도를 시행 또는 연구하고 있다. 프랑스의 마라톤 경기에 앞서 신체검사의 의무화, 보스턴 마라톤에서 실시하고 있는 응급의료소의 경우 마라톤 대회 시 발생될 수 있는 안전사고 예방 및 처치 등을 실시하는 의료 시스템으로 주로 안전사고 응급 처치실(심전도, 혈압측정실 포함), 환자수송(급수대에 응급구조원 상시 배치)의 업무를 맡게 된다. 임상의, 간호사, 응급구조원, 구급차 운영요원, 지원보조원으로 구성되며 앰블런스, 심전도 기기, 휴대용 반자동 심장 제세동기, 산소호흡기, 응급처치 용품, 이동용 혈압계, 후두경 및 기도 삽관장치, 의약품 같은 의료품을 구비해 두어야 한다[5].

Table 1은 응급의료소의 구성에서 응급구조원의 거리 별 배치인원에 관한 표이다. 응급요원 12인을 기준으로 출발지에 가장 많은 인원이 배치되고 20km구간에 그 다음으로 많은 인원을 배치한다. 응급의료소는 문화관광부의 '마라톤 안전사고

예방 가이드'에서 국내의 마라톤 주최 측에 응급의료소의 설치를 권하고 있다[6].

Table 1 Recommendation number of rescue party

거리	출발	5km	10km	20km	30km	40km
적정 인원	4 인	2 인	1 인	3 인	1 인	1 인

또한 Fig. 1과 같이 국내에서도 위와 같은 의료지원을 수행하고 있으나 체계적인 메디컬 텐트의 보급은 아직 미흡하다[7].



Fig. 1 A picture of aid support for marathon

그 외에 개인의 심박 수 측정기를 통해 자신의 심박 수를 조절하여 다이어트 및 건강관리에 응용하거나 운동전 준비 운동과 운동 후 마무리 운동 실시, 위급한 경우 응급요원이 오기 전의 응급 처치술인 심폐소생술의 교육을 들 수 있다. 심폐소생술의 경우 정지된 심장을 4~6분 이내에 회복시키지 않으면 생존 가능성이 매우 낮아 구조원이 오기 전까지 응급처치를 시도하는 것이 환자의 생존율을 크게 높이기 위해 최대한 많은 이들의 교육이 필요하다. 따라서 이 연구에서는 개인의 신체 상태와 메디컬 텐트와 같은 응급시설을 이용하여 돌연사를 예방할 것이다.

3. 시스템 설계

이 장에서는 응급 상황 알림 및 사고 예방 시스템의 설계 및 구현 방안에 대하여 설명한다.

3.1 시스템 구성

Fig. 2와 같이 신체 상태(심박 수, 혈압, 체온)를 측정하는 측정 노드(센서)를 각 개인에게 부착하고 각 측정된 정보의 수집을 위한 수집 노드를 사고 발생빈도가 높은 장소 주변에 배치한다. 수집노드와 측정노드간은 RF통신을 이용하고 각 측정노드들은 통신 장애를 줄일 수 있도록 유선 혹은 무선 네트워크를 선택적으로 구성하여 사용한다.

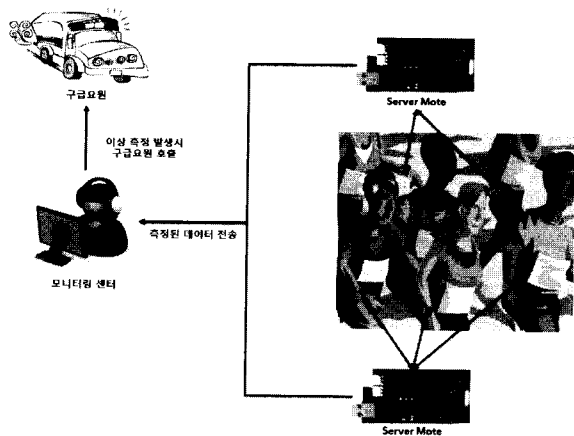


Fig. 2 Conceptual diagram of a system

3.2 이상 판단기준[8]

각 수집 노드에 수신된 정보는 중앙 모니터링 센터로 보내지게 되고 각 개인의 질환과 현재 신체 상태를 비교하여 이상 여부를 판단한다. Table 2는 나이에 따른 10초당 표준 심박 수이며 심박 수는 성인의 경우 1분에 90~110회 정도가 정상이라고 판단하는데 40~65%를 정상 심박 수로 판단하고 80% 이상부터 이상으로 판단한다.

Table 2 The standard heartbeat number(10 seconds)

나이	50%	60%	70%	80%	85%
15	17	21	24	27	29
20	17	20	23	27	28
25	16	19	23	26	28
30	16	19	22	25	27
35	15	19	22	25	26
40	15	18	21	24	26
45	15	18	20	23	25
50	14	17	20	23	24
55	14	17	19	22	23
60	13	16	19	21	23
65	13	16	18	21	22
70	13	15	18	20	21
75	12	15	17	19	21
80	12	14	16	19	21

혈압은 심장이 피를 내 보내는 압력으로 보통 정상 혈압은 수축기 혈압이 120~130mmHg, 이완기 혈압이 80~85 mm Hg이다. 수축기 혈압이 150mmHg 이상 올라갈 경우 이상으로 판단한다. 체온은 사람의 체내 온도로 성인의 경우 36.6~37도가 정상 체온이다. 체온이 38~40도 정도를 이상으로 판단한다.

이 논문에서 제안하는 시스템의 흐름은 Fig. 3과 같이 1차적으로 심박, 2차적으로 혈압, 3차적으로 체온의 이상을 판단하여 이상 정도를 판단한 뒤 알맞은 응급대처를 하게 된다. 심박의 경우 가장 많은 돌연사의 원인인 심장병으로 인해 가장 높은 우선순위를 가지며 혈압, 체온이 다음의 우선순위를 가진다. 이상 판단은 각 증상에 대해 위험도를 1~3차로 나누었으며 위험도에 따라 대처방안을 달리 주었다.

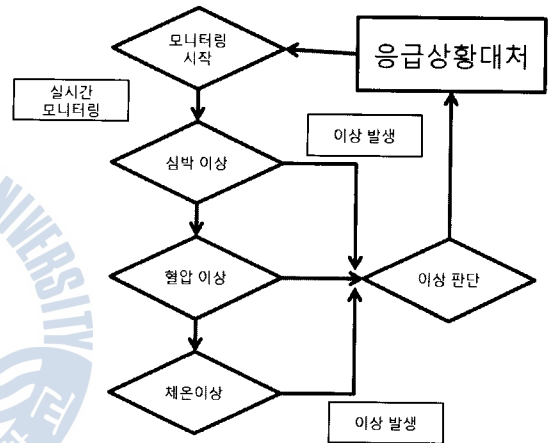


Fig. 3 A flow diagram of system operation

Table 3은 위험도별 증상 및 대처방안을 표로 나타낸 것이다. 심박 수가 분당 140회 이상이거나 혈압의 수축기가 140mmHg 이상, 체온이 37도 이상일 경우 착용중인 측정노드에서 경고음이나 경고 메시지를 보여주거나 안전요원을 통해 운동중지를 권한다.

Table 3 Measurements for first aid

	이상증상	대처
1차	심박 수가 1분당 140회 이상, 혈압 수축기 140mmHg 이상, 체온 37도 이상	운동중지 권고
2차	심박 수가 1분당 150회 이상, 혈압 수축기 150mmHg 이상, 체온 38도 이상	운동 중지 조치, 의료검진 실시
3차	심박 수 이상 (멈춤 또는 160회 이상)	안전요원 호출 및 구급차 호출

2차는 심장에 무리를 줄 정도로 판단하고 즉시 운동을 중지하고 의료진에게 검진을 받게 한다. 이때 증상은 심박 수가 1분당 150이상이거나 혈압 수축기 150mmHg 이상, 체온이 38도 이상 일 경우 실시하게 된다. 3차의 경우 실제 위급한 환자의 발생을 의미하며 구급차 호출 및 심폐소생술 또는 제세동기를 준비한다.

3.3 데이터베이스 구성

Fig. 4는 이 시스템에 쓰이는 데이터베이스 설계이다. 각 사용자의 구분을 위한 개별 ID, 지병 또는 나이에 따라 이상 판단기준의 차가 있음으로 나이와 지병, 혈압, 체온, 심박 수로 구성되어 있다. 병명은 Sick list 테이블에 정리하여 병명별, 나이별 이상 판단에 차를 주게 되어있다.

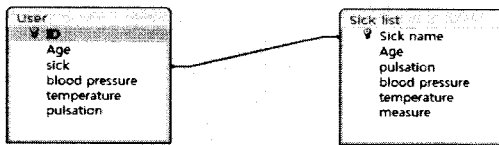


Fig. 4 Relation diagram between database tables

4. 시스템 구현

4.1 구현 방안

4.1.1 데이터 수집

데이터의 수집은 측정노드 및 수집노드를 통해 수집될 것이다. 각 노드들은 ZigBee 통신이 가능한 모듈이 사용될 것이며 RF통신을 이용하여 다수의 측정노드들이 가장 통신 대역 내의 수집노드로 측정된 데이터를 전송하며 각 분포되어 있는 수집노드들의 정보는 모니터링 서버로 전송된다. 측정에는 최근 전시품인 한국전자통신 연구원의 바이오 셔츠 또는 바이오 패치로 대체하여 사용이 가능할 것으로 예상된다.

4.1.2 수집된 데이터 분석

수집노드로부터 수집된 패킷들은 데이터베이스의 User정보와 매칭시켜 이상이 있는지를 판별하게 된다. 판별에 앞서 패킷들은 Table 4와 같은 형식을 가진 데이터를 수신한다[9], [10].

수집된 패킷들은 Fig. 5와 같이 여러 필드로 나뉘어 볼 수 있는데 Sync Byte 필드는 패킷의 시작을 알리는 바이트이고 Packet Type 필드는 패킷의 타입, Dispatch ID 필드는 데이터를 수신시 각 데이터를 구분하기 위한 ID, Payload Data 필드는 실제 수신되는 데이터 값, CRC 필드는 똑같은 파일이 들어왔는지 검사하기 위한 값에 관한 정보를 각각 담고 있으며 Sync Byte 필드는 패킷의 끝을 알리는 바이트이다. Payload Data 필드 안의 Dest 필드는 수신지, Src 필드는 발

신지, Length필드는 전체 데이터 길이, Group필드는 속해있는 그룹, Type 필드는 데이터의 타입, Data는 실 값, CRC 필드는 오류체크를 담당하는 부분이다. Data필드 내에는 데이터의 버전, 데이터의 전송 간격, 발신 모드의 ID, 전송 데이터의 횟수, 읽는 정보로 구성되어있다.

Table 4 An example of packet analysis

Ex) 45 00 FF FF FF FF OA 00 93 E6 00 1D 00 42 00 5F 02 70 00 5A 6A	
* 45, 00	: Packet Type
* FF, FF	: Src Addr
* FF, FF	: Dest1
* OA, 00	: Dest2
* 93	: Packet Seq
* E6, 00	: Mote Number(ID)
* 1D 00, 42 00, 5F 02, 70 00	: Data
* 5A, 6A	: CRC

Sync Byte	Packet Type	Dispatch ID	Payload Data	Sync Byte
0	1	2	3 ~ n	n

Dest	Src Length	Length	Group	type	Data	CRC			
0	1	2	3	4	5	6	7 ~ k-2	k-1	k

Version	interval	ID	Count	Readings				
0	1	2	3	4	5	6	7	8 ~ 28

Fig. 5 An example of Packet Format

4.1.3 데이터 이용

분석된 데이터(수집노드 ID, 사용자 ID, 측정된 신체 상태 값)는 사용자 ID를 통하여 데이터베이스에 저장된 병명을 참고하여 이상 판단 기준을 변경하고 측정된 신체 상태 값을 통해 이상 감지에 들어간다. 이상이 감지되면 수집노드 ID를 통하여 위치를 파악하고 적절한 조치를 취하게 된다.

4.2 예상 결과물

데이터 수집, 분석, 이용을 거쳐 Fig. 6과 같은 응용 프로그램의 사용자 인터페이스를 예상할 수 있다. 사용자 인터페이스에서 우측에는 마라톤 코스를 보여주며 환자 발생시 1차 이상은 흰색, 2차는 파란색, 3차는 빨간색 버튼이 생기며 우측에 각 이상에 맞는 창에 경고 메시지를 보여주게 된다. 버튼 클릭 시 Fig. 6과 같이 처리 상황 및 좌표를 알려주게 된다.

좌표의 경우 ZigBee의 통신대역이 짧은 것을 이용하여 Fig. 7과 같이 수집노드의 좌표를 나타내어 환자 발생지를 표시한다.



Fig. 6 Expectation of user interface

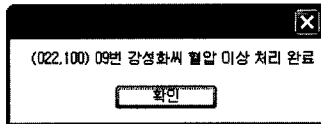


Fig. 7 An alarm message

5. 결론 및 향후 연구 과제

이 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크를 이용한 응급 상황 알림 및 사고 예방 시스템을 설계하였다. 제안한 시스템 설계에서는 각 개인에게 부착된 센서를 통하여 신체 정보를 측정 한 후 운동 중의 상태를 감시하여 긴급한 상황의 예방 및 위치를 알려주어 신속한 대처를 할 수 있도록 해주어 운동 중 심장마비나 고혈압으로 인한 돌연사 발생률을 줄여 줄 것이다.

향후 연구로는 첫째, 이 논문의 연구에서 설계된 내용을 바탕으로 하여 수정 및 보완하여 구현을 해야 할 것이다. 둘째, 효과적인 적용 방안을 모색해야 할 것이며 국내/외 유명 마라톤 대회에 적용된 사례 및 여러 가지 안전장치에 관한 분석이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] http://www.pressian.com/article/article.asp?article_num=30070501095923§ion=04
- [2] 정성훈, 전호인, 2004: IEEE 802.15.4 and ZigBee Protocol :유비쿼터스 Active RFID 기술, 한국통신학회지
- [3] 정재훈, 2003: 직장인이 알아야 할 건강 상식, 동아병원
- [4] Fornes P, Lecomte D, 2003: Pathology of sudden death during recreational sports activity: an autopsy study of 31 cases, AM J, Forensic Medicine & Pathology

- [5] 최창혁 외 4인, 2008: 하프코스 마라톤 후 체내의 생화학적 변화 및 회복, 대한정형외과스포츠의학회지, 제7권 제1호, pp.45-49
- [6] 문화관광부, 2004: 마라톤 안전사고 예방 가이드
- [7] <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=003&aid=0000592388>
- [8] <http://ko.wikipedia.org>
- [9] ATMEL: ATMega128 Datasheet
- [10] IEEE: IEEE 802.15.4

원고접수일 : 2009년 12월 01일

원고채택일 : 2010년 02월 22일