

무선 센서네트워크에서 상황인식기반 실시간 감시시스템 개발

Development of Real Time Monitoring System based on Context-awareness for Wireless Sensor Networks

조경진*, 김희대*, 이현조*, 심춘보**, 장재우*
전북대학교 컴퓨터공학과*, 순천대학교 정보통신공학부**

Kyoung-Jin Jo(kj@chonbuk.ac.kr)*, Hee-Dae Kim(hjlee@dblab.chonbuk.ac.kr)*,
Hyun-Jo Lee(o2near@chonbuk.ac.kr)*, Chun-Bo Sim(cbsim@sunchon.ac.kr)**,
Jae-Woo Chang(jwchang@chonbuk.ac.kr)*

요약

최근 유무선 통신 기술의 발전 및 모바일 정보기기의 보편화에 힘입어, 시간과 장소에 제약 없이 서비스를 제공할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous computing)기술이 각광받고 있다. 이에 따라, 무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network: WSN) 기술과 상황인식(Context-awareness) 기술에 대한 관심이 크게 고조 되고 있으며, WSN과 상황인식을 접목하여 다양한 분야에서 활용할 수 있는 응용시스템의 개발이 활발하다. 하지만 기존 상황인식 기술을 WSN에 적용할 경우, 첫째, 불필요한 데이터를 전송하여 에너지 효율성을 저하시키는 단점이 존재한다. 둘째, 새로운 응용 서비스를 구현할 경우, 특정 응용에 의존적이기 때문에, 새로운 상황인식 모듈을 구현해야 하는 문제점이 있다. 이를 위해 본 연구에서는 무선 센서 네트워크에서 상황인식에 근거한 새로운 실시간 감시시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 센서노드에서 상황인식을 수행하여 불필요한 데이터 전송을 줄여 에너지 효율성을 높이고, 모듈화를 통해 새로운 상황인식 기능을 지원할 수 있는 확장성을 지닌다.

■ 중심어 : | 실시간 감시시스템 | 상황인식 | 센서 네트워크 |

Abstract

Due to recent development in wireless communication technologies and mobile information devices, the services on ubiquitous computing technology without time and place restriction have been spotlighted. Moreover, the interest of the Wireless Sensor Networks (WSNs) and context-awareness technologies have largely been escalating and their technologies utilization is active in the various applications such as healthcare, farm management and so on. However, the direct adaption of the existing context-awareness technique to the WSN technology has several drawbacks as follows. First, such systems waste precious energy of sensor nodes, due to unnecessary data transmissions. Secondly, since the existing work was designed to support only specific applications, it is required to implement a new context-awareness application for a specific purpose. Therefore, we, in this paper, propose a new real-time monitoring system based on context-awareness in WSNs. Our system not only enhances energy efficiency by reducing data transmissions by doing context-awareness on a sensor node, but also is scalable in terms of supporting new context-awareness functionalities through modularization.

■ keyword : | Real Time Monitoring System | Context-awareness | Sensor Network |

* 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (과제번호 2010-0023800)

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-(C1090-1021-0009))

접수번호 : #100909-002

접수일자 : 2010년 09월 09일

심사완료일 : 2011년 01월 24일

교신저자 : 장재우, e-mail : maria0009@hanmail.net

I. 서론

최근 유무선 통신 기술의 발전 및 모바일 정보기기의 보편화에 힘입어, 시간과 장소에 제약 없이 서비스를 제공할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous computing)기술이 각광받고 있다. 특히 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 구현을 위한 기반구조로써 유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network: USN) 기술 개발에 대한 관심이 크게 고조되고 있다. USN은 사물의 인식정보 및 주변의 환경정보를 수집하여, USN을 통하여 실시간으로 제공하거나 관리하는 기반기술이다 [1][2].

한편, 상황인식(Context-awareness) 기술은 일상생활 곳곳에 편재된 센서 및 컴퓨터들이 수집한 각종 환경정보를 효과적으로 상호 공유하여, 사용자 및 주변 환경의 컨텍스트(Context)를 감지하고 분석해서 사용자가 필요로 하는 서비스를 효율적으로 제공할 수 있다. 이는 사용자를 중심으로 하는 주변 환경과 사용자 간 혹은 사용자와 장치간의 상호 운용성을 지능적, 자동적으로 선택하여 지원해 줌으로써 사용자로 하여금 정보 획득 및 실행을 보다 용이하도록 지원한다. 상황인식 기술은 '일상 환경 속에 편재된 언제 어디서나 이용 가능한 컴퓨팅 환경'인 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 가장 중요한 요소 기술 중에 하나이다. 이러한 상황인식 기술과 USN을 접목하여 화재 감시[3], 축사관리[4], 헬스케어[5] 등 다양한 분야에서 사용할 수 있는 응용시스템이 개발 중이다.

그러나 상황인식 기술을 USN에 적용시 상황인식 수행을 서버에서 수행함으로써 센서노드는 매 주기마다 서버로 데이터를 전송한다. 이는 불필요한 데이터를 전송함으로써 에너지효율성을 저하시킨다. 또한 USN 응용서비스 계층에서 새로운 응용서비스를 구현할 경우 매번 새로운 상황인식 모듈을 구현해야 한다. 이에 따라 무의미한 소스코드가 증가하는 문제점이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 센서노드에서 상황인식을 수행하여 불필요한 데이터 전송을 막음으로써 에너지 효율성을 높이고, 손쉽게 상황인식을 확장할 수 있도록 모듈화를 지원하는 실시간 감시시스템을 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 상황인식 USN 응용시스템에 대한 관련연구들을 소개한다. 제3장에서는 상황인식 관리자의 구성요소인 상황정의 컴포넌트와 상황판단 컴포넌트를 설계하고, 구현된 화재, 환경 쾌적도, 침입감시 상황인식을 적용한 실시간 감시시스템을 구현한다. 제4장에서는 상황인식 관리자의 에너지효율성을 검증하기 위한 성능평가를 수행한다. 마지막으로 제5장에서는 결론 및 향후연구를 제시한다.

II. 관련 연구

무선 센서 네트워크는 배터리와 같은 제한된 에너지를 사용하므로 그에 따라 에너지 효율을 높이기 위해 데이터 질의처리에 관한 연구가 활발히 진행 중이다. 첫째, 양동윤의 연구[6]는 센서 네트워크에서 다중 이벤트 탐지를 위한 조건 병합 기반의 인-네트워크 조인 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 현재 이벤트 테이블에서 속한 모든 서로 다른 이벤트 조건들의 쌍에 대하여 조건 병합으로 인한 손실 비용을 측정한다. 다음 메시지 전송 비용을 최소화 할 수 있는 이벤트 조합 쌍을 선택함으로써 에너지 효율성을 향상시킨다. 이를 통해 센서 노드의 제한된 저장 용량을 극복하고 통신비용을 절약하는 장점이 존재한다. 둘째, 여명호의 연구[7]에서는 에너지 효율을 고려한 데이터 인지 우선순위 기반의 Top-K 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 TAG기반 라우팅 트리를 생성하고 수집한 데이터를 기반으로 데이터 인지 우선순위를 부여하여 Top-K에 해당하는 센서 노드만 데이터를 수집한다. 이를 통해 데이터 수집 과정에서 추가적인 재검증이나 필터 전송을 제거하여 센서 데이터 전송을 감소시킨다. 셋째, 이현조의 연구[8]는 무선 센서 네트워크 모니터링 시스템을 위한 데이터 필터링 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 표본 데이터의 수집 및 분석을 통해 전체 데이터의 분포도를 예측하고, 변경된 데이터 특성을 반영하여 필터링 범위를 재설정한다. 이를 통해 데이터 예측 값 계산을 위한 연산 오버헤드를 감소시키고 필터링 성능을 향상시킨다.

한편, 수집된 데이터를 분석하여 사용자가 필요로 하는 서비스를 효율적으로 제공하는 상황인식 기술과 USN을 접목한 다양한 응용시스템이 개발 되었다. 첫째, Manuel Román의 연구[9]는 응용이 다양한 상황정보를 얻고 추론할 수 있도록 지원하는 Gaia를 개발하였다. 개발한 시스템은 응용이 다양한 상황정보를 얻고 추론할 수 있게 해주며, 상황 처리를 위해 논리 추론과 기계 학습 방법이 폭넓게 활용되고 있다. 더불어 서로 다른 유비쿼터스 컴퓨팅 환경뿐만 아니라 이중 에이전트간 상호 운용성을 보장하기 위해서 DAML/OIL[10]로 기술된 온톨로지를 사용한다. 둘째, A. Shehza의 연구[11]에서는 URC 환경 내에서 획득된 상황 정보를 기반으로 환경 내에 있는 사용자에게 적절한 서비스를 제공할 수 있도록 상황 기반 응용의 개발과 실행을 지원하는 CAMUS를 개발하였다. 개발한 시스템은 다른 시스템과 정형화된 지식을 재사용하고 공유할 수 있는 온톨로지 기반 프레임워크 제공한다. 더불어 추론된 새로운 상황 정보를 생성할 수 있도록 여섯 개의 컴포넌트로 구성되어 있다. 또한 정확한 표현력을 위해 다양한 추론 메커니즘을 제공한다. 기존 연구된 상황인식 시스템은 상황 정보를 이용한 추론엔진과 논리 추론, 온톨로지 등 다양한 상황인식 추론 메커니즘을 제공한다. 하지만 센서노드로부터 수집한 센싱 정보를 서버에서 분석하므로 센서노드는 매 주기마다 방대한 양의 데이터를 서버로 전송해야 한다. 이는 USN의 중대한 요소인 에너지효율성을 저하시키는 문제점으로 이어진다. 또한, 기존 연구들은 특정 응용에 의존적이기 때문에, 다른 응용에 적용하고자 할 때 전체 시스템의 구조를 크게 변경해야 한다. 이에 따라 전체적인 개발 비용 및 시간이 크게 증가하는 단점이 존재한다. 셋째, 2009년 전북대학교에서 개발한 화재 감시 응용시스템[3]은 문화재 및 시설물 관리를 위한 응용시스템으로, 조기 경보를 위한 화재 판단 알고리즘을 제안하였다. 또한 웹을 통해 원격지의 사용자를 지원하며, SMS를 통해 빠른 대처를 지원한다. 그러나 USN 응용서비스 계층에서 새로운 응용서비스를 구현할 경우 매번 새로운 상황인식을 구현해야 하며 그에 따라 무의미한 소스코드가 증가하게 된다. 또한 상황인식이 서버에서 이루어지기 때

문에 센서노드는 매 주기마다 방대한 양의 데이터를 서버로 전송해 에너지효율성을 저하시킨다.

III. 상황인식기반 실시간 감시시스템

본 연구에서는 관련연구에서의 문제점을 해결하기 위해 센서노드에서 상황인식을 수행함으로써 에너지 효율성을 높인다. 아울러 nesC언어[12]를 이용한 모듈화를 통해 확장성을 지원한다.

개발하는 실시간 감시시스템은 미들웨어 계층과 응용서비스 계층으로 분류된다. 미들웨어 계층은 상황인식 관리자와 통신 관리자, 바이트코드 관리자, 데이터 관리자 로 구성된다. 또한 응용서비스 계층은 사용자 인터페이스와 질의생성 관리자, 이벤트 관리자로 구성된다. 전체적인 구조는 [그림 1]과 같다.

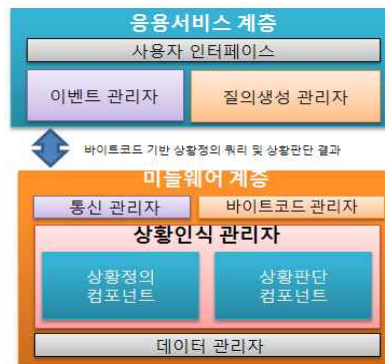


그림 1. 시스템 구조

1. 상황인식 관리자

기존의 상황인식 연구들은 한정된 자원으로 구성되는 USN 환경에 적용하기에 부적합 하다. 상황판단의 주체가 서버이므로 센서 노드는 매 주기마다 데이터를 서버로 전송해야 함으로써 데이터 전송량이 증가하기 때문이다. 또한 USN 응용서비스 계층에서 새로운 응용서비스를 구현할 경우 매번 새로운 상황인식을 구현해야 한다. 이는 재개발 비용 및 시간이 크게 증가시킨다. 따라서 에너지효율성 및 확장성을 지원하기 위한, 상황

인식 관리자를 설계한다. 설계한 상황인식 관리자는 크게 상황정의 컴포넌트와 상황판단 컴포넌트로 구성된다.

기존 상황인식 관련 연구는 센서에서 매 주기의 방대한 양의 센싱 정보를 서버로 전송하고, 서버에서 수집된 데이터를 분석하여 상황인식을 수행한다. 하지만 일반적인 상황에서의 상황인식은 상황판단 결과가 달라지는 경우가 매우 드물기 때문에 매 주기마다 센싱 정보를 서버로 전송하는 것은 매우 큰 데이터 전송 오버헤드가 발생한다. 이를 해결하기 위해, 본 연구에서는 상황인식을 서버가 아닌 센서 노드에서 수행함으로써, 특정 상황 발생 시에만 서버로 상황판단 결과를 전송하여 메시지 전송량을 감소시킨다. 이를 통해 에너지 효율성을 향상시킨다. 따라서 상황정의 컴포넌트에서는 첫째, 시스템에서 사용되는 센서에 대한 제어 명령어를 정의한다. 둘째, 화재, 환경 쾌적도, 침입 등 다양한 응용 시스템에서의 상황 판단 결과를 정의한다. 정의한 상황정보는 [표 1]과 같다. 상황인식은 상황정의 바이트코드에 의해 수행되며, 이때 상황정의 컴포넌트는 상황인식에 필요한 센서정보 상황판단 컴포넌트에 제공한다. 상황판단 컴포넌트는 센싱 정보를 이용하여 알고리즘을 수행하고, 계산된 상황정보는 상황정의컴포넌트에 의해 바이트코드로 변환하여 서버로 전송한다.

표 1. 상황정의

	상황정의 바이트코드	수행 센서	상황 정보
화재 감시	set_firedetection	온도, 습도	none/warning/fire
침입 감지	set_intrusion	적외선, 도어 개폐	none/intrusion
환경 쾌적도 감시	set_ci	온도, 습도	comfort/little/comfort/wet/dry

기존 USN 응용시스템은 새로운 응용 서비스를 구현할 경우, 특정 응용에 의존적이기 때문에, 매번 새로운 상황인식을 구현해야 하는 문제점이 있다. 따라서 다양한 응용을 지원하는 상황인식 기술을 처리하기 위해 각 상황인식에 대한 판단과 그에 알맞은 알고리즘을 구현해야 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 nesC 언어를 이

용한다. nesC언어는 구조적 개념과 TinyOS[13] 실행 모델을 구체화하기 위해 디자인 된 C 의 확장된 언어이다. 이를 통해 각 상황판단에 해당하는 알고리즘을 상황판단 컴포넌트에 모듈로 구현할 수 있다. 각 모듈은 인터페이스를 통해 구현된다. 인터페이스에 정의되어 있는 command와 event의 두 함수를 통하여 상황판단 관리자와 연결된다. 새로운 상황인식 응용이 상황판단 관리자에 쉽게 모듈화 할 수 있게 하기 위하여 꼭 필요한 함수만을 구현하였다. 상황판단 컴포넌트와 각 모듈이 연결되는 인터페이스는 [표 2]와 같다.

표 2. 상황판단컴포넌트 인터페이스

	함수명(파라미터)
command	invoke(context_t *ctx)
event	invocationCompleted(result success, int instruction_advance)

invoke 함수는 상황정의 컴포넌트로부터 전달받은 상황을 상황판단 컴포넌트의 해당 모듈로 전송하여 알고리즘을 수행한다. invocationCompleted 함수는 상황을 전달받은 해당 모듈이 상황 판단 알고리즘을 수행한 후에 수행 성공여부를 상황판단 컴포넌트로 전달하는 이벤트이다. [그림 2]는 상황판단 컴포넌트의 흐름도로써 화재, 환경 쾌적도, 침입감지 알고리즘을 모듈화 하였다.

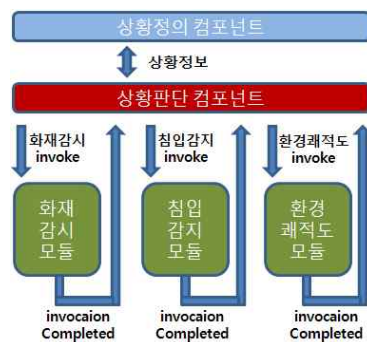


그림 2. 상황판단 흐름도

화재 감시 모듈에는 조기 화재 판단 알고리즘[3]을 사용하였다. 이는 데이터 분포를 기반으로 화재 판단

시작 주기를 동적으로 설정하여 빠르고 일정한 화재 판단 시간을 제공한다. 주요 알고리즘은 다음과 같다. 첫째, 매 주기마다 온습도를 확인하여 온도 변화를 감지한다. 둘째, 온도 변화를 감지했을 경우 그 지점을 화재 판단 시작 주기로 설정한다. 셋째, 화재 판단 시작 주기부터 사용자가 지정한 화재 판단 종료 주기까지의 온도 변화량을 확인한다. 이때 지정한 임계값을 초과했을 경우 이를 화재로 판단한다.

침입감지 모듈은 도어 개폐 센서와 적외선 센서에서 발생하는 하드웨어 이벤트의 여부에 따라 알고리즘을 구현하였다. 일반적인 상황은 0, 침입 발생 시 1 이라는 메시지를 발생시킨다.

환경 쾌적도 모듈에서는 Pels Leusden, F의 연구[14]의 환경 쾌적도 통계적 자료를 바탕으로 알고리즘을 구현하였으며, 각 환경 쾌적도에 대한 조건식은 [표 3]과 같다.

표 3. 환경 쾌적도 상태에 따른 조건식

쾌적	18 °C ≤ 온도 ≤ 24 °C 35 % ≤ 습도 ≤ 70 %
조금 쾌적	16 °C ≤ 온도 ≤ 27 °C 20 % ≤ 습도 ≤ 85 %
다습	습도 ≤ -0.16 × 온도 + 28
건조	습도 > -0.16 × 온도 + 28

센서 노드의 물리적 특성상 센서를 통해 측정된 값은 오차를 지닌다. 이는 상황 판단 시 상황이 발생했음에도 불구하고 정상적인 상황으로 오판할 수 있다. 이를 위해 n 주기 동안의 센싱 정보를 저장하고, 이후 저장한 센싱 정보는 새롭게 측정된 센싱 정보와 비교한다. 이때 예측한 값과의 차이가 센서의 오차값 범위 안에 있을 경우 예측한 값으로 상황인식을 수행하여 오류 처리를 수행한다.

아울러 시간별 누적 데이터를 저장하기 위해 온도, 습도, 조도, 전압 등 센싱 정보는 센서 노드의 메모리와 파일로 저장한다. 이전 n 주기 동안의 센싱 정보는 메모리에 기록함으로써 필요시 빠른 접근이 가능하고, 파일에는 질의 수신 이후부터 측정된 각 센싱 정보의 평균 값을 저장함으로써 제한된 센서노드 저장 공간의 낭비를 최소화한다.

2. 상황인식을 제외한 나머지 관리자

데이터 관리자와 통신 관리자, 바이트코드 관리자, 이벤트 관리자, 질의생성 관리자의 역할은 다음과 같다. 첫째, 데이터 관리자는 센서로부터 데이터를 수집 및 관리하는 역할을 한다. 수집 항목으로 온도, 습도, 조도, 전압 등이 있으며 각 호출 커맨드를 제공하여, 데이터가 성공적으로 수집되었을 경우 이벤트를 발생시켜 데이터를 버퍼에 저장한다. 둘째, 통신 관리자는 데이터 송/수신을 제어하며, 일정 주기마다 heart beat 신호를 서버로 전송하여 센서노드의 생존 유무를 확인한다. heart beat 신호 전송 주기는 류제택의 연구[15]에서 제안한 타이머 값 수식을 참고하였다.

$$\text{타이머값} = \frac{1}{\text{최대생략가능트래픽의수}} + \text{센서노드에서패킷이도착하는타이머값}$$

셋째, 바이트코드 관리자에서는 서버에서 질의를 센서네트워크로 전송 시 통신 메시지 크기를 줄이기 위해 질의명령을 바이트코드로 변환하여 전송하고 센서 노드는 바이트코드 관리자에 의해 질의를 해석하여 해당하는 명령을 수행한다. 넷째, 이벤트 관리자는 센서 노드로부터 받은 상황결과를 해석하여 해당되는 이벤트를 수행한다. 예를 들어 화재 발생 상황일 경우, 화재가 발생했다는 경고 메시지와 함께 화재가 발생한 센서 노드를 표시한다. 다섯째, 질의생성 관리자는 사용자로부터 입력받은 질의를 바이트코드로 변환하여 센서 노드로 전송하는 역할을 한다.



그림 3. 사용자 인터페이스 화면

3. 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스의 전체 구조는 [그림 3]와 같다. 사용자 인터페이스는 JAVA로 구현되었으며, 사용자는 이를 통해 시스템을 편리하게 사용할 수 있다. 첫째, 센서 제어 패널은 센서네트워크상에 있는 센서 노드를 제어한다. 'Start' 버튼은 질의명령을 싱크 노드를 통해 센서네트워크로 전송한다. 또한 센서 노드를 초기화하는 'Reset' 버튼과 응용시스템을 종료하는 'Program Exit' 버튼이 있다. 둘째, 감시영상 화면 패널은 웹카메라와 연동하여 감시영상화면을 제공한다. 센서 노드에 의해 침입을 감지했을 경우 사용자는 감시영상화면을 통해 실시간으로 상황을 파악할 수 있다. 셋째, 센서상태정보 패널은 온도, 습도, PIR(passive infrared, 적외선)과 같은 센서상태정보를 제공한다. 사용자는 원하는 센서 노드를 뷰어 패널에서 선택하면 센서상태정보 패널에 해당 센서 노드의 정보를 표시한다. 넷째, 상황인식정보 패널은 제공되는 상황인식에 대한 결과를 제공한다. 상황인식은 센서 노드의 상황판단 컴포넌트에 구현된 상황인식인 화재, 환경 쾌적도, 침입감지에 의해 수행된다. 이러한 상황인식에 의해 상황을 감지했을 경우, 센서 노드는 서버로 상황정보를 전송하고, 서버에서는 상황인식정보 패널을 통해 상황발생 유무를 빠르게 확인할 수 있다. 마지막으로, 뷰어 패널은 모든 센서 노드의 상황인식 결과를 제공한다. 배터리 방전 등의 문제로 인해 센서 노드가 작동하지 않을 경우, 관리자에게 미동작 센서를 알림으로써 외부적인 문제로 감시서비스가 중단되지 않도록 지원한다. 예를 들어, 화재나 환경 쾌적도, 침입을 감지했을 경우, 뷰어 패널에 해당 센서 노드를 붉은색으로 표시하여 상황발생 지점의 위치정보를 알린다. 또한 현재 센서 노드가 배치된 건물이나 방의 조감도를 바탕으로 사용자에게 쉽고 직관적인 인터페이스를 제공한다.

아울러 사용자가 센서네트워크와 떨어진 원격지에서 작업을 수행할 수 있도록 [그림 4]와 같이 JAVA 애플릿으로 구현된 원격 클라이언트를 지원한다. 클라이언트는 서버의 동일한 기능을 제공하며, 사용자는 웹을 통해 원격 클라이언트에 접속하여 시스템 정보를 확인할 수 있다.

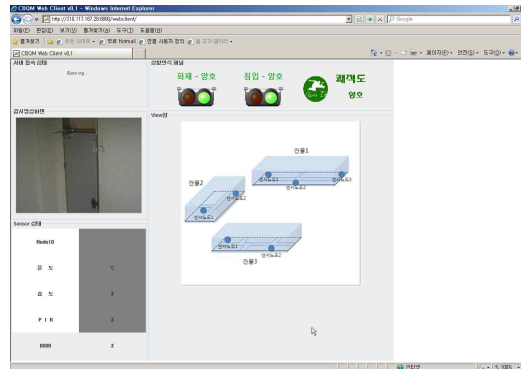


그림 4. 원격 클라이언트 화면

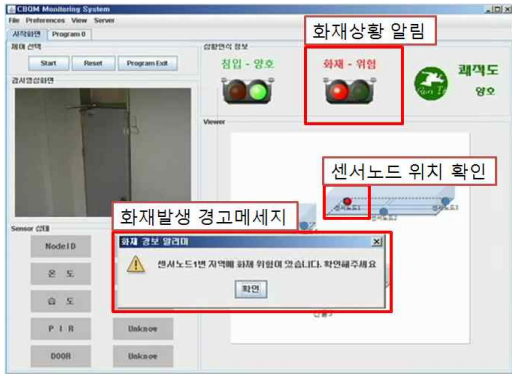
4. 질의처리 수행 과정

사용자는 사용자 인터페이스를 통해 질의를 전송하며, 이때 질의생성 관리자에 의해 질의는 바이트코드 형태로 변환된다. 변환된 바이트코드는 싱크 노드로 전송되고, 싱크 노드는 각 센서 노드로 변환된 질의를 전송한다. 센서 노드에서는 질의를 수신하여 바이트코드 관리자로 해석한다. 해석된 바이트코드 명령은 상황정의 컴포넌트에 보내지고, 수행할 상황인식을 결정한다. 그 후 데이터 관리자에 의해 온도, 습도, 조도 등을 수집하고 수집된 데이터는 상황판단 컴포넌트로 보내어 상황발생 여부를 판단한다. 상황이 발생하면, 상황결과를 서버에 전송하며 서버는 이벤트 관리자에 의해 각 상황 결과에 따른 이벤트를 수행한다. 다음은 화재, 환경 쾌적도, 침입감지 상황을 재현해 보고 서버의 사용자 인터페이스에서 각 상황에 따른 이벤트를 보여준다.

화재 감지는 기존에 개발된 '조기경보를 위한 화재판단 알고리즘'[3]을 사용한다. 이는 온도와 습도 변화의 순간기울기를 이용함으로써 실시간으로 화재 발생 여부를 판단하여 신속한 대처를 지원한다. [그림 5]의 ㉠와 같이 화재가 발생하였을 경우, 사용자 인터페이스 화면([그림 5]의 ㉡)에서는 화재 경고 메시지를 보여주고, 상황인식정보 패널에 화재 위험을 알린다. 아울러 뷰어 패널에서 화재 상황을 감지한 센서 노드의 위치를 붉은색으로 표시한다.



㉑ 화재 상황 재현



㉒ 화재 상황에 따른 인터페이스 화면

그림 5. 화재 상황 재현 및 인터페이스 화면



㉑ 환경쾌적도 재현



양호한 상태 다습한 상태

㉒ 환경 쾌적도 변화 화면

그림 6. 환경 쾌적도 재현 및 인터페이스 화면

환경 쾌적도 감시는 온도와 습도에 따른 실내 쾌적도 다이어그램을 기반으로 상황인식을 수행하며, 이는 쾌

적/조금 쾌적/건조/다습으로 나눌 수 있다. [그림 6]의 ㉑와 같이 다습한 환경일 경우, 사용자 인터페이스([그림 6]의 ㉒)의 상황인식정보 패널에 환경 쾌적도 변화를 알려준다.

도어 센서에 의해 침입을 감지했을 경우 사용자는 감시영상화면을 통해 침입 상황을 확인할 수 있다. 또한 제공되는 자동저장기능을 이용하여 침입발생시



그림 7. 침입상황 발생 시 감시영상 화면

[그림 7]과 같이 자동으로 영상화면을 저장한다.

IV. 성능평가

개발된 상황인식기반 실시간 감시시스템의 에너지효율성을 검증하기 위하여, 분석적 성능평가 및 실험적 성능평가를 수행한다. 평가대상은 USN 응용시스템인 화재 감시 응용시스템[3]이며, 이를 평가대상으로 선택한 이유는 다음과 같다. 첫째, 센서 노드에서 데이터 감지 시 발생하는 오차 등과 같은 외부요인을 제거하기 위하여, 평가대상과 제안하는 기법은 무선 센서노드를 이용하여 구성되어야 한다. 그러나 기존 Gaia 및 CAMUS의 경우, 유선 센서를 기반으로 구성되었기 때문에 평가대상으로 적합하지 않다. 둘째, 최근 센서노드 기술의 발전에 따라 센서 노드 OS 기술도 향상되었다. 이는 센서 네트워크 시스템에 큰 영향을 미친다. 기존 Gaia 및 CAMUS의 경우, 센서노드 OS를 이용하지 않으므로 동일한 성능평가 환경을 구성하기 어렵다. 이러한 이유를 기반으로 기존 USN 응용시스템인 화재 감시 응용시스템[3]을 성능 평가 대상으로 선택하였다.

1. 분석적 성능평가

[표 5]는 일정 주기당 메시지 전송량을 측정하였으며, 1회 전송 시 메시지 크기를 비교하였다. 기존 USN 응용시스템은 상황판단을 수행하기 위해 필요한 여러 센싱 정보를 센서로부터 전송 받는다. 하지만, 제안한 실시간 감시시스템에서 상황판단을 수행하는 경우에는 상황판단에 해당하는 바이트코드만을 서버로 전송기 때문에 1회 전송 시 메시지의 크기가 기존 시스템보다 줄어들게 된다.

표 5. 1회 전송 시 메시지 크기 비교

	기존 USN 응용시스템	제한한 실시간 감시시스템
전송 항목	노드 번호, 온도, 습도	노드 번호, 상황 판단 바이트코드
메시지 크기	3 bytes	2 bytes

[표 6]은 N 주기당 메시지 전송량을 비교한다. 기존 USN 응용시스템은 상황판단의 주체가 서버이기 때문에, 상황판단을 위해서는 매 주기마다 서버로 센싱 정보를 전송해야만 한다. 하지만, 실제 상황에서의 상황인식은 상황판단 결과가 달라지는 경우가 매우 드물다. 따라서 매 주기마다 센싱 정보를 서버로 전송하는 것은 매우 큰 데이터 전송 오버헤드가 된다. 따라서 센서 노드에 있는 상황인식관리자에서 상황판단을 수행 하는 경우에는 상황판단 결과가 달라지는 시점에만 서버로 상황판단 결과를 전송하면 되기 때문에 메시지 전송 빈도가 매우 줄어들게 된다.

표 6. N 주기당 메시지 전송 빈도

	기존 USN 응용시스템	제한한 실시간 감시시스템
메시지 크기	N번 전송	(N*a)/100

[표 4]에서 a는 매주기마다 감시, 감지 이벤트가 발생할 확률이다.

1회 전송 시 메시지의 크기와 N 주기당 메시지 전송

빈도를 통하여 일정 주기당 메시지 전송량을 계산한다. 1000주기 동안의 감시, 감지 이벤트 발생확률이 10%라고 가정할 경우, 기존 USN 응용시스템의 데이터 총 전송량은 $B = 3 * 1000 = 3000$ bytes 이다. 반면, 제안한 실시간 감시시스템의 데이터 총 전송량은 $B = 2 * (1000 * 0.1) = 200$ bytes 이다. 이는 약 15배의 성능향상이다. 만약 감시, 감지 이벤트 발생확률이 100%라고 가정하고 동일하게 계산하면 최소 1.5배의 성능향상이 이루어짐을 알 수 있다. 1회 전송 시 메시지 크기와 N 주기당 메시지 전송빈도를 통하여 일정 주기당 메시지 전송량은 [표 7]과 같다.

표 7. 일정 주기당 메시지 전송량

	기존 USN 응용시스템	제한한 실시간 감시시스템
주기별 메시지 전송량(bytes)	$3 * N$	$2 * \{(N*a)/100\}$

2. 실험적 성능평가

일정 주기당 메시지 전송량을 바탕으로 네트워크 수명을 측정한다. 실험은 TOSSIM 시뮬레이터를 이용하여 수행하였으며, 20개의 센서 노드로 구성된 Fixed Tree Route를 사용하였다. 제안한 실시간 감시시스템의 감시, 감지 이벤트 발생확률은 10%라고 가정하였다. Tossim 시뮬레이터의 PowerProfile을 참고하여, 초기 센서 노드의 에너지양은 100, 매 주기당 소모되는 센서 노드 에너지를 $8 * 10^{-3}$, 송신 시 소모되는 에너지를 $22.41 * 10^{-3}$, 수신 시 소모되는 에너지를 $7.96 * 10^{-3}$, 센서 노드가 50% 이상 사망 시 네트워크가 사망한 것으로 가정하였다. heart beat 신호 전송 주기는 류제택의 연구[15]의 연구 결과로 최적 주기가 4로 나타났으므로 본 실험에서도 heart beat 전송 주기를 4로 설정하였다.

[그림 8]는 주기 N를 100으로 고정시키고, 감시, 감지 이벤트 발생확률 a를 10%, 메시지 전송 실패율을 1%, 5%, 10%로 변화시켜 일정 주기당 메시지 전송량을 그래프로 나타낸 결과이다.

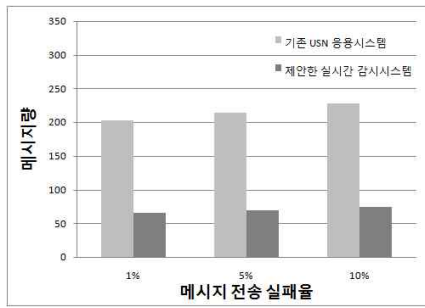


그림 8. 일정 주기당 메시지 송수신량

[그림 9]과 같이 기존 USN 응용시스템은 641 주기, 제안한 상황인식 시스템은 1987 주기의 노드 수명 주기를 보였다. 즉, 제안한 상황인식 시스템은 기존 USN 응용시스템에 비해 약 3 배 늘어난 노드 수명 주기를 보였다.

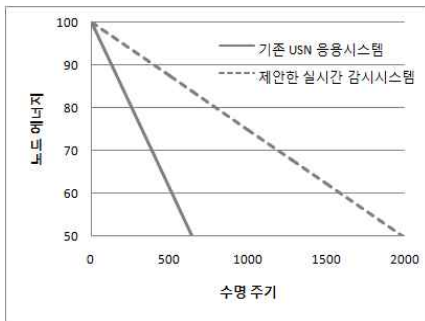


그림 9. 노드 수명 주기

V. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 상황인식을 활용한 실시간 감시시스템을 구현하였다. 이는 성능평가를 통해 메시지 전송량이 기존 연구에 비해 최소 1.5배, 노드 수명 주기는 약 3배의 성능 향상을 보였다. 이를 기반으로 USN 기반 상황인식 시스템은, 무선 센서를 통해 사물의 인식정보 및 주변의 환경정보를 수집하여, 사용자 및 주변 환경의 콘텐츠(Contents)를 감지하고 분석하고, 이를 통해 사용자가 필요로 하는 서비스를 효율적으로 제공하는 시스템이다. 따라서 첫째, 무

선 센서에 의해 지속적인 데이터 수집 및 감시를 지원하기 위해, 메시지 전송량 감소를 통한 에너지 효율성 향상이 필요하다. 둘째, 다양한 상황 컨텍스트에 대한 감지 및 분석을 위한, 상황 인식 시스템의 모듈화를 통한 확장성 지원이 필요하다. 마지막으로, 시스템의 신뢰성을 향상시키기 위한 노드의 생존 여부 판단 기법이 필요하다. 제안한 USN 기반 상황인식 시스템은 센서 내에서의 상황 판단을 통해 효율적으로 메시지 전송 횟수를 감소시키며, 아울러 nesC기반의 모듈화를 통하여 상황인식 시스템 확장이 용이하다. 마지막으로, heart beat를 이용하여 노드의 생존 여부를 확인함으로써, 전체 네트워크의 신뢰성을 향상시킨다. 따라서 USN 기반 상황인식 시스템은 실제 응용에서 활용이 가능한 우수한 기법이라 할 수 있다.

향후 연구로는 본 연구에서 개발한 상황인식기반 실시간 감시시스템을 실제 응용에 적용하여 그 효율성을 입증하는 것이다.

참 고 문 헌

- [1] J. Kahn, R. Katz, and K. Pister, Next century challenges: Mobile networking for "smart dust," In Proceedings of MOBICOM, pp.271-278, Seattle, America, 1999.
- [2] J. Beutel, M. Dyer, M. Hinz, L. Meier, and M. Ringwald, 'Next-generation prototyping of sensor networks.' In SenSys 2004, pp.291-292, 2004.
- [3] 김아름, "조기 경보를 위한 화재 판단 알고리즘을 이용한 무선 센서네트워크 기반 화재 감시 응용 시스템 설계 및 구현", 한국콘텐츠학회, 2009.
- [4] 황정황, "유비쿼터스 농업환경에서의 돈사 통합관리 시스템 구현", 한국통신학회논문지, 2010.
- [5] Wood, G. Virone, "ALARM-NET: Wireless Sensor Networks for Assisted-Living and Residential Monitoring", Technical Report CS-2006-13, 2006.
- [6] 양동윤, '센서 네트워크에서 효율적인 다중 이벤

트 탐지', 정보과학회논문지, 2009.

- [7] 여명호, '센서 네트워크를 위한 데이터 인지 우선 순위 기반의 에너지 효율적인 Top-K 질의 처리', 정보과학회논문지, 2009.
- [8] 이현조, '무선 센서 네트워크 모니터링 시스템을 위한 데이터 통계 분석 기반의 데이터 필터링 기법', 한국콘텐츠학회논문지, 2010.
- [9] Manuel Román, Christopher Hess, Renato Cerqueira, Klara Nahrsted, Roy H. Campbell 'Gaia: A Middleware Infrastructure to Enable Active Spces', IEEE Pervasive.
- [10] <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>
- [11] A. Shehza, Hung Q. Ngo, Kim anh Pham, and Sungyoung Lee, 'Formal Modeling in Contxt Aware Systems', MRC2004, pp.13-24, 2004.
- [12] David Gay, 'The nesC language: A holistic approach to networked embedded systems', SIGPLAN, 2003.
- [13] <http://www.tinyos.net>
- [14] Pels Leusden, F. Freymark, H.:Darstellung 'der Raumbeghlichkeit für den einfachen praktischen Gebrauch' Gesundheitsingenieur 72, Nr.16,271 bis 273, 1951.
- [15] 류제택, '유비쿼터스 센서 네트워크에서 연관된 데이터의 효율적인 처리방안', 정보통신설비 학술 대회, 2008.

저 자 소 개

조 경 진 (Kyoung-Jin Jo) 준회원



- 2009년 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2009년 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정

<관심분야> : 센서네트워크, 공간 데이터베이스

김 희 대 (Hee-Dae Kim) 준회원



- 2010년 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2010년 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정

<관심분야> : 센서네트워크, 공간 데이터베이스

이 현 조 (Hyun-Jo Lee) 정회원



- 2006년 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2008년 : 전북대학교 대학원 컴퓨터 공학과(공학석사)
- 2008년 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사 과정

<관심분야> : 데이터 마이닝, 공간 데이터베이스, 고차원 색인 구조

심 춘 보 (Chun-Bo Sim) 정회원



- 1996년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 1998년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2003년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

▪ 2005년 2월 ~ 현재 : 순천대학교 정보통신공학부 조교수

<관심분야> : 멀티미디어 데이터베이스 & 정보검색, 유비쿼터스 컴퓨팅, 멀티미디어시스템

장 재 우 (Jae-Woo Chang) 정회원



- 1984년 : 서울대학교 전자계산기공학과(공학사)
- 1986년 : 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
- 1991년 : 한국과학기술원 전산학과(공학박사)

- 1996년~1997년 : Univ. of Minnesota, Visiting Scholar
- 2003년~2004년 : Penn State Univ., Visiting Scholar.
- 1991년~현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 교수
<관심분야> : 공간 네트워크 데이터베이스, 센서네트워크, 하부저장구조