

무선 센서 네트워크 기반 저전력 화재방재 시스템을 위한 전송 프로토콜 연구

김영혁* · 임일권* · 이계귀* · 김명진** · 이재광*

*한남대학교 컴퓨터공학과 · **랜스(주)

A Study on WSN based Low Power Fire Prevention System

Young-Hyuk Kim* · Il-Kwon Lim* · LiQiGui* · Myung-Jin Kim** · Jae-Kwang Lee*

*Dept. of Computer Engineering, Hannam University · **LANS Inc.

E-mail : *{yhkim, iklim, gkli, jklee}@netwk.hannam.ac.kr · **mjkim@lans.co.kr

요 약

본 논문에서는 온도/습도 센서를 이용한 WSN(Wireless Sensor Network) 기반의 화재방재 시스템 개발을 목표로 하여 화재 감시를 위해 분산되어 있는 각 노드들의 구성적 특성과 데이터 패킷 전송 특성에 맞는 프로토콜을 연구한다. 무선 센서 네트워크의 경우 배터리를 에너지로 하여 multi-hop 방식의 데이터 전송을 한다는 특징을 가지고 있으며, WSN 화재방재 시스템이 지속적으로 유지되기 위해서는 센서 노드의 관리와 배치, 그리고 에너지 소비를 효율적으로 조절할 필요가 있다. 그리하여 보통의 WSN 환경이 아닌 화재방재를 위한 특성을 감안하여 효율적인 에너지 소비의 센싱 주기 및 프로토콜을 연구한다.

ABSTRACT

In this paper, this study goal is development for WSN-based fire prevention systems of using temperature/humidity Sensor. So, distributed sensor nodes structural and packet transfer characteristics study for fire monitoring. Battery-operated wireless sensor networks is data transfer manner of multi-hop. WSN fire prevention system need to sensor nodes management and energy consumption of efficient adjust for sustained action. Thus, study with efficient energy consumption the normal WSN environment is not, characteristics for WSN fire prevention environment.

키워드

WSN, Routing, LEACH, S-MAC, BMA MAC, Fire Prevention

1. 서 론

최근 국내에서는 Ubiquitous-City(U-City)가 본격화되면서 '화성동탄신도시'를 시발점으로 확산되고 있으며, 정부에서는 U-City를 국가 차세대 신성장 동력으로 추진하기 위해 "유비쿼터스 도시건설 등에 관한 법률"을 제정하여 향후 건설되는 모든 신도시를 U-City로 추진하도록 제도적 근거를 마련하는 한편 국가 R&D 사업으로 연구하기 위해 U-Eco City 사업단을 발족하였다.

특히 U-Eco City의 제2핵심과제인 U-Space 구축 기술에는 도시 시설물 유지·관리 서비스 고도화 기술개발과 지능형 도시 관리·제어기술 고도화가 포함되어 있다.[1]

무선 센서 네트워크(WSN: Wireless Sensor Network)는 초소형 센서들로 구성된 통신망으로 WSN의 센서 노드들은 일반적으로 무선 인터페이스를 통하여 multi-hop 방식으로 데이터를 전송한다. 일반 무선 네트워크와의 차이점은 초소형의 센서 장비를 다양한 곳에 장착하여 활용할

수 있는 장점이 있어 물류, 국방, 교통, 의료, 환경 등과 같이 다양한 분야에서 사용이 가능하며, 특히 스마트홈, 유비쿼터스, 국방에서 중요한 기술로써 주위 환경을 정확하게 관찰하기 위해 센서 노드들은 초기에 적절하게 배치되어야 한다. 또한, 무선 센서 네트워크는 광범위하게 분포되어 있는 수많은 센서 노드들로 구성되어 있으며, 이들 센서 노드들은 데이터를 정확하게 수집하고 효율적으로 전달을 해야 하므로 무선 센서 네트워크에서 데이터 전송은 중요한 문제이다.[2] 그러나 센서 노드들은 대표적인 제약사항인 전력으로 인해 실제 활용하기에 문제점이 따른다. 데이터의 송수신 시 특정 센서노드들의 전력을 일찍 소모한다면 네트워크 생명주기(Network Lifetime)는 줄어들게 되고, 네트워크 생명주기는 전체노드 중 어느 한 개의 센서노드가 수명이 끝나는 시점까지로 정의되며 최악의 경우 네트워크의 단절을 일으킬 수 있다.[3] 그러므로 무선 센서 네트워크에서 생명주기를 연장하는 것은 가장 큰 쟁점 사항이며[4], 특히 무선 센서 네트워크를 기반으로 하는 화재방재 시스템에 있어 잦은 온도 수집으로 인한 짧은 생명주기는 큰 단점이 된다. 그리하여 2장에서는 무선 센서 네트워크 프로토콜을 분석하고, 3장에서 적용하고자 하는 WSN 화재방재 시스템을 설계하고, 4장에서 WSN 화재방재 시스템의 효과적인 센싱 주기 및 데이터베이스 쿼리 시간을 측정하여 효율적인 프로토콜을 연구한다.

II. 관련연구

무선 센서 네트워크의 데이터 전송 프로토콜은 각 노드에서 에너지 소모를 최소화하면서 통신하여 전체 네트워크의 수명을 최대화하는 것으로 데이터가 손상되어 재전송이 요구되는 collision, 다른 노드로 하는 패킷을 엿듣는 overhearding, 전송할 데이터가 없음에도 항상 수신 모드로 유지하는 idle listening이 있으며, 이러한 에너지 낭비를 해결하기 위하여 MAC과 라우팅 프로토콜을 센서 노드 운영 특성에 맞춰 선택해야한다.

1. MAC 프로토콜

1) S-MAC(Sensor Medium Access Control)

무선 센서 네트워크에서의 데이터 발생률은 매우 낮은 경우, 노드가 항상 listening을 유지 하는 것은 idle listening으로 인한 에너지 낭비의 원인이 된다. 따라서 이런 문제점을 해결하기 위해서 S-MAC은 duty cycle을 적용하여 노드가 주기적으로 sleep 모드로 들어가게 함으로써 idle listening 시간을 줄일 수 있다.[5]



그림 1 S-MAC listen & sleep 동작

2) T-MAC(Timeout MAC)

T-MAC은 무선 센서 네트워크를 위한 경쟁 기반의 MAC 프로토콜이다. S-MAC 프로토콜이 고정된 duty cycle을 적용하였지만, T-MAC에서는 adaptive duty cycle 기법을 사용한다.

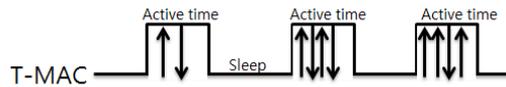


그림 2 T-MAC active & sleep 동작

그 외 MAC 프로토콜에는 D-MAC(Data Gathering MAC), ER-MAC(Energy and Rate MAC), ECCA-MAC(Enhanced Communication Scheme Combining Centralized and Ad-hoc Networks) 등이 있으며, 각 MAC 프로토콜의 비교는 표 1과 같다.

표 1 MAC Protocol 비교

프로토콜	방식	에너지	비고
S-MAC	CSMA	good	duty cycle
T-MAC	CSMA	good	duty cycle
D-MAC	TDMA-slotted Aloha	good	delay
ER-MAC	-	weak	-
BMA-MAC	TDMA	-	cluster
ECCA-MAC	TDMA	weak	-

2. Routing 프로토콜

무선 센서 네트워크는 다수의 노드로 구성되어 지며, 전송거리 제약으로 인해 multi-hop 방식으로 라우팅을 하게 된다. 각 노드들은 제한된 배터리를 가지고 있으므로 에너지 소모량을 줄이면서 효과적으로 라우팅 할 수 있는 프로토콜이 필요하며, 여기에는 크게 Data-Centric, Location-based, cluster-based 라우팅 프로토콜이 있다.

1) Data-Centric

Data-Centric은 기본적으로 Sink가 데이터를 얻고자 할 때 네트워크에 원하는 데이터가 무엇인지를 알리고 데이터를 얻어 오는 On-demand 방식의 프로토콜이다. 대표적으로는 SPIN(Sensor Protocols for Information via Negotiation) 알고리즘이 있다. SPIN의 장점은 네트워크의 토폴로지 변화가 1홉 안에만 영향을 준다는 것이다. 하지만 이로 인해 네트워크

전체에 데이터를 전달하지 못할 수도 있다. 그리하여 Directed-Diffusion이 개발되었으며, 장점으로는 각각의 노드가 데이터에 대한 aggregation과 caching을 수행, Multiple-source/sink 상황에서도 잘 동작한다는 것이다. 그러나 네트워크 전체에 Interest 메시지를 뿌리므로 오버헤드가 큰 단점이 있다. 이러한 단점을 개선한 것이 Rumor 라우팅이다. 수집한 데이터를 자신의 일정 주변 영역의 노드에게만 뿌림으로 오버헤드를 줄였으나 이는 네트워크 사이즈가 작은 경우에만 명확하다.

2) Location-based

위치기반 라우팅은 노드의 지리적인 위치 정보를 이용하여 라우팅을 하는 기술이다. 위치기반 기술을 이용하면 라우팅이 용이하고 빈번한 네트워크 토폴로지의 변화에도 쉽게 적응할 수 있으며, 각각의 노드는 자신의 이웃 노드의 정보만 유지하고, 네트워크 전체에 해당하는 flooding 사용이 없어 네트워크의 확장성이 좋다. 대표적인 기술로는 크게 LAR(Location-Aware Routing)과 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)이 있다.

LAR은 중간에서 경로 요청 메시지를 전달하는 이웃 노드를 네트워크 전체가 아닌 일정지역이나 영역을 결정하여 수를 제한해 오버헤드를 줄이고, GPSR은 패킷을 수신한 노드가 이웃 노드의 위치 정보와 패킷 목적지 정보를 사용하여 점진적으로 포워딩을 결정, Greedy 포워딩 방법을 사용한다.

3) Cluster-based

클러스터 기반 라우팅은 밀집된 많은 노드를 지역적으로 여러 개의 단위로 묶어 관리하여 전체적으로 자원을 균등하게 할당 할 수 있는 장점이 있다. 대표적으로는 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)가 있다.

LEACH는 센서 노드들이 스스로 지역적인 클러스터를 형성하고 에너지 소모를 고르게 분산시켜 네트워크 전체적인 수명을 고려하는 적응성 있는 프로토콜이다. 그러나 클러스터의 설정과 헤드의 선출방법에 있어 별도의 알고리즘이 필요한 단점이 있다.[5]

표 2 Routing Protocol 비교

프로토콜	방식	에너지
SPIN	Flooding	bad
Directed-Diffusion	Flooding	bad
Rumor	Flooding	good
LAR	Geographic	good
GPSR	Geographic	good
LEACH	Geographic	good

III. WSN 화재방재 시스템 설계

본 논문에서 제안하는 WSN 화재방재 시스템은 그림 3과 같으며, 시스템 구성은 표 3과 같이 구성하여 테스트를 진행하였다. 일반적으로 TinyOS의 보드가 효율적이면서 저 가격대를 형성해 보편적으로 많이 사용되나 최근 u-City의 u-방재 경향인 영상관제와 함께 구성하기 위하여 영상처리 모듈과 코덱 탑재 등의 이유로 Linux 기반의 ARM9 S3C2440를 사용하였다.

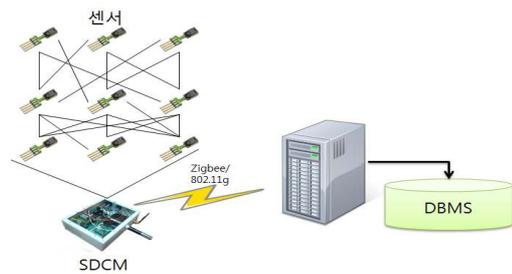


그림 3 WSN 화재방재 시스템

표 3 시스템 구성표

장비	구성
Client(Board)	ARM9 S3C2440
Server	Intel Server
OS	Client : Linux Server : Windows Server 2008
SW	자체 개발 프로그램
DB	MySQL

IV. 분석 및 고찰

1. 열평형

온도를 센싱하는 WSN 화재방재 시스템이라는 특성상 무선 센서 네트워크 프로토콜 온도 데이터를 센싱하는 주기의 연구를 통해 저전력 화재방재 시스템을 구성할 수 있다. 사우나 시설이나 고온의 가마 시설, 냉동 창고 같은 특수한 환경이 아닌 일반적인 환경의 실내 외는 heat balance가 유지되게 되는데 난공기와 한공기가 만나 thermal equilibrium을 이루기까지 수초에서 수분이 걸리므로 센싱의 주기는 시스템을 설치하는 장소의 열평형 상태 주기를 확인하여 결정하면 된다.

2. 데이터베이스 쿼리응답 속도

앞서 구성한 내용대로 시스템을 구축하고 단일 센서를 통한 최종 서버의 데이터베이스에 저장되고 웹서비스로 출력되는 평균 속도를 측정하였다. 단일 센서가 SDCM을 거쳐 MySQL 데이터베이스에 저장되어 PHP 웹페이지를 통해 최종 출력이 되기까지의 쿼리 응답속도는 30회

평균 0.8초의 시간이 걸렸으므로, 무선 센서 네트워크망을 구성하였을 때 전송 지연과 실패로 인한 재전송을 염두에 두면 최소 2배값인 2초의 주기가 필요하다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

WSN 화재방재 시스템은 다수의 센서가 분포되어 무선 센서 네트워크를 구성하고 있는 시스템이다. 각 센서 노드들은 데이터를 수집하고 효율적으로 전달을 해야 하는 역할을 가지고 있으나 배터리로 동작하는 한계로 인해 무선 센서 네트워크의 생명주기를 연장시키는 연구가 필요하다. 센서 노드가 데이터의 송수신 시 전력을 빠른 시간 안에 소모하여 단절되는 상황이 된다면 실질적으로 사용하는데 있어 유비비용으로 인해 WSN 화재방재 시스템의 효과가 줄어들 것이다. 이를 위해 저전력 무선 센서 네트워크망을 구성하기 위한 프로토콜을 연구하였으며, 열의 변화와 데이터베이스 쿼리 응답속도를 분석하였다. 최종적으로 연구 결과 WSN 화재방재 시스템의 특성상 열의 특성을 고려해 극히 짧은 시간동안의 센싱 주기를 가질 필요가 없으며, 고정된 위치를 가지고 있는 특징이 있으므로, T-MAC보다는 S-MAC 프로토콜과 클러스터의 설정과 헤드선출 방법에 알고리즘이 필요한 클러스터 기반보다는 위치기반의 LAR 혹은 GPSR이 적합하다. 특히 위치기반 라우팅 프로토콜은 확장성이 좋아 점진적 배치가 필요한 화재방재 시스템의 특성에 걸맞다. 향후 본 논문에서 고찰한 적용 프로토콜을 통해 실질적으로 배터리 소모량의 감소가 얼마나 이루어지는지에 대한 연구와 타 프로토콜 조합과의 효율성 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 산학협력 기업부설연구소 설치지원사업비의 지원을 받아 연구되었음

참고문헌

- [1] 문창엽, U-Eco City 사업단, 한국지반환경 공학회, 지반환경 제11권 제1호, 2010.02.
- [2] 박수연, 김문성, 정의훈, 방영철, “무선 센서 네트워크에서 에너지 잔량과 신호세기를 이용한 데이터 전송 프로토콜”, 한국인터넷정보학회, 제11권, 제4호, 2010.08.
- [3] 서재완, 김문성, 조상훈, 추현승 “무선 센서 네트워크에서 잔여 에너지와 전송거리의 조율을 통한 데이터 전송 프로토콜”, 한국인터넷정보학회, 제9권, 제5호, 2008.10.
- [4] 조지훈, 김문성, 조상훈, 추현승, “무선 센

서 네트워크에서 에너지 효율적이며 라이프 타임을 향상시킨 계층적 데이터 전송 프로토콜”, 한국인터넷정보학회, 제8권, 제2호, 2007.11.

[5] 김재현, 김석규, 이재용, “무선 센서 네트워크에서의 에너지 효율성을 고려한 MAC/라우팅 프로토콜”, 대한전자공학회, 제32권, 제7호, 2005.07.