

메쉬 네트워크에서 가입/게시(subscribe/publish) 서비스기반 선택적 센서정보 모니터링 시스템

정회원 김 용 혁*, 종신회원 김 영 한*

Publish/Subscribe Service based Selective Sensor Data Monitoring System using Mesh Network

Yonghyuck Kim* *Regular Member*, Younghan Kim*° *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 센서 간 다중 홉 통신으로 인해 발생하는 센서네트워크 확장성 저하 문제를 해결하기 위해 싱크노드 간 무선 메쉬네트워킹을 통한 센서네트워크 확장방법을 제안한다. 싱크노드 간 메쉬네트워킹은 기존 메쉬네트워크 인프라와 센서네트워크를 결합하는 방안으로 메쉬네트워크의 라우터가 싱크모듈을 장착함으로써 싱크노드 역할을 수행하는 동시에 메쉬네트워크 내부 혹은 외부 네트워크에 위치하는 모니터링 단말로의 효율적 센서데이터 전송이 가능한 구조를 제안한다. 특히 센서데이터가 일정 모니터링 단말로의 지속적인 데이터 전송이 아니라 다수의 센서들로부터의 데이터가 특정조건을 만족하였을 때 해당 조건의 데이터 수신을 요청하는 다수의 모니터링 단말들에 대하여서 선택적으로 전송하기 위한 가입/게시 서비스 방식의 L4라우팅 방안을 제안한다. 이와 같은 제안구조를 설계 구현하여 실험을 통해 그 성능을 검증하였다.

Key Words : Sensor Network, Mesh Network, Subscribe/publish Service

ABSTRACT

In this paper we propose a scalable sensor network system that makes mesh network among the sink nodes to solve the scalability problem of existing sensor network which is caused by multi-hop networking between the sensor nodes. In the proposed system, the sink nodes have the wireless networking ability to communicate with another sink nodes in mesh fashion, and with the monitoring nodes which is located in the local area or internet area. Especially, the system includes L4(Application Layer) routing mechanism that provides subscribe/publish service to serve selective transmission of sensor data to the specific monitoring nodes. The collected sensor data is transmitted to the monitoring nodes when the sensor data is matched with the monitoring node's interesting value.

I. 서 론

센서네트워크는 일반적으로 그림 1과 같이 센서와 싱크노드로 구성이 되며 센서의 데이터는 싱크

노드를 통해 모니터링 단말로 전달되는 구조를 가지고 있다.

싱크노드의 모니터링 단말로의 센서데이터 전송은 기간망과의 연결 인터페이스를 통해 이루어진다.

※ 본 연구는 지식경제 프론티어기술개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크원천기술개발사업의 10C2-C1-20S과제로 지원된 것임

* 숭실대학교 IT대학 정보통신전자공학부(idid@dcn.ssu.ac.kr, yhkim@dcn.ssu.ac.kr), (°:교신저자)

논문번호 : KICS2009-11-562, 접수일자 : 2009년 11월 3일, 최종논문접수일자 : 2010년 2월 11일

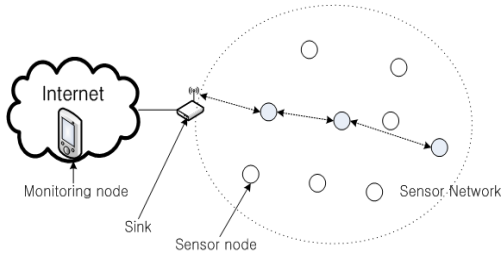


그림 1. 일반적 센서네트워크 구조

따라서 싱크노드의 위치는 가진망의 설비 위치에 따라 그 위치가 제약됨으로 원거리에 위치한 센서들이 싱크노드로 데이터 전송을 위해서는 센서 간 다중 홉 통신을 요한다^[1]. 이와 같이 자원이 한정된 센서노드로 이루어진 센서네트워크에서의 센서 간 다중 홉 통신은 통신경로 설정 및 유지, 그리고 정보 라우팅에 관련하여 센서노드 간 불균형 전력소모를 야기함으로 그 확장성에 한계가 있다.

이를 해결하기 위한 연구로 센서 네트워크 라우팅 경로 상의 센서의 전력 상태를 고려한 라우팅 경로 선정과 같이 네트워크 상태나 센서 노드들의 상태를 라우팅 메트릭으로 고려한 방법이 제안되었다^[2-4]. 그러나 이러한 제안은 라우팅 경로 탐색 절차 시 과도하게 발생하는 다양한 비용문제를 해결하지 못하며 특히 센서가 밀집하여 분포한 환경에서 노드들의 상태 수집이 사실상 불가능함으로 실 환경 적용에는 적합하지 않다. 또 다른 해결 방안으로 효율적인 네트워크 구성에 관한 것이 있다. 대표적인 방법으로 센서 네트워크를 클러스터 단위로 나누어 계층적으로 네트워크를 구성함으로 라우팅 경로 탐색 시 발생하는 방송메시지를 감소시키는 방법이 제안되고 있다^[5-8]. 그러나 이와 같은 방법에서 클러스터와 클러스터간의 연결역할을 담당하는 센서노드에 트래픽이 집중되는 현상으로 특정 센서노드의 전력소모를 가속화하는 문제가 여전히 존재하며 연결센서의 전력소진 시 클러스터 간 연결 복구를 위한 복잡한 절차가 다시 수행되어야 한다. 또한 센서노드들 클러스터링을 위한 자가 구성 절차가 복잡하여 실 환경 적용에 어려움이 있으며 특히 센서의 분포가 균등하지 않을 경우 복잡한 절차에도 불구하고 클러스터링을 통한 성능 향상효과가 반감된다.

이와 같은 제한된 자원의 센서노드들의 자가 네트워크 구성으로 인하여 발생하는 네트워크 확장성 문제를 해결하기 위한 방안으로 싱크노드 간 메쉬

네트워크 구성을 기반으로 네트워크 구성방법이 있다. 싱크노드들 간 무선 메쉬 형태의 자가 네트워크 구성은 싱크노드의 기존 네트워크 인프라와의 연결에 대한 의존성을 제거함으로 센서가 밀집된 위치에 설치가 용이하게 하여 센서들의 다중 홉 통신을 통한 원거리 전송이 필요 없다.

그러나 싱크노드의 메쉬 네트워크 구성을 위해서는 싱크노드가 다중 인터페이스를 장착한 네트워크 장비화가 필요함으로 싱크노드 단독 네트워크 구성은 비효율적일 것이다.

따라서 본 논문에서는 기존 메쉬네트워크 인프라와 센서네트워크를 결합하는 방안으로 메쉬네트워크의 라우터가 싱크노드를 장착함으로 싱크노드 역할을 수행하는 동시에 메쉬네트워크 내부 혹은 외부 네트워크에 위치하는 모니터링 단말로의 효율적 센싱 데이터 전송이 가능한 구조를 제안한다. 특히 센서 데이터가 일정 모니터링 단말로의 지속적인 데이터 전송이 아니라 다수의 센서들로부터의 데이터가 특정 조건을 만족하였을 때 해당 조건의 데이터 수신을 요청하는 다수의 모니터 단말들에 대하여서 선택적으로 전송하기 위한 가입/게시 서비스 방식의 L4라우팅 방안을 제안한다. 또한 이와같은 제안구조를 설계, 구현하여 실험을 통해 그 성능을 검증한다.

이후 본 논문에서는 2장에서 메쉬 네트워크 기반 선택적 센서정보 전송을 위한 네트워크 구조 및 선택적 센서 데이터전송을 위한 경로설정 절차를 기술한다. 이를 기반으로 3장에서는 설계와 함께 실 구현된 메쉬라우터를 이용한 실험을 통해 그 성능을 검증한다

II. 메쉬 네트워크기반 선택적 센서정보 모니터링 시스템

2.1 시스템 구조 및 네트워크 구성

2.1.1 시스템 구조

본 논문에서는 무선 메쉬네트워크 인프라가 구성되어있는 넓은 지역 내에서 다양한 센서노드가 영역별로 밀집하여 분포하는 센서 네트워크 환경을 고려한다.

그림 1은 적용 센서 네트워크 환경의 예를 나타낸 것이다. 적용 환경 내 센서 네트워크 구성요소는 기본적으로 센서와 싱크노드 모듈이 장착된 메쉬라우터, 그리고 센서 모니터단말이 존재하며 센서 모

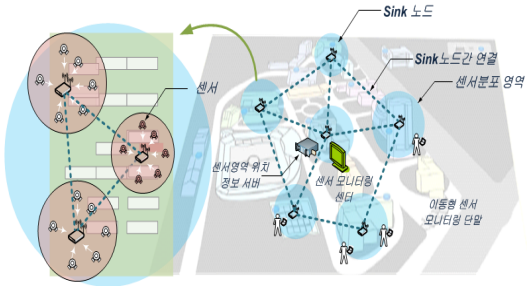


그림 2. 메쉬네트워크 기반 센서 네트워크 환경

니터에 대하여 센서 영역의 위치정보 제공을 위한 센서영역 위치정보 서버가 존재한다.

센서 노드는 일정 영역 내에 밀집하여 분포하며 이들 센서로부터의 데이터는 해당 영역을 담당하는 메쉬라우터의 싱크모듈에 의해 수집된다. 수집된 센싱데이터는 IP패킷화 과정을 거친 후 메쉬 네트워크 인프라를 통해 의해 메쉬네트워크 내, 혹은 메쉬 네트워크와 연결된 외부 기간망의 모니터단말로 전송된다.

메쉬라우터는 기본적으로 세 개 이상의 인터페이스를 가지는데 먼저 센서노드와의 통신을 위한 인터페이스를 가지며 메쉬라우터 간 네트워킹 인터페이스, 내부 센서모니터와의 네트워킹 인터페이스로 구성된다. 각 인터페이스의 전송거리에 관한 일반적 특성을 보면 센서 인터페이스는 Zigbee나 6lowpan과 같은 규격 상의 전송거리가 내부 단말과의 인터페이스인 WiFi에 비해 짧다. 따라서 메쉬라우터들은 센서들의 위치에 따른 전송거리를 고려하여 설치될 필요가 있다. 이를 위해서 메쉬라우터는 넓은 영역의 다수의 단말을 포함하는 대용량의 형태보다는 작은영역을 담당하면서 소형화되어 다수가 설치되는 형태가 적합하다.

이와 같은 메쉬라우터의 센서데이터 수집 및 네트워킹 기능을 기반으로 센서 모니터가 요구, 정의하는 다양한 센싱 데이터 조건에 기반 한 효율적인 전송을 위하여 센싱 데이터 분석기능을 포함한다.

센싱 정보에 대한 모니터링은 일반적으로 센서 값의 변화를 지속적으로 모니터링 하는 방식과 사전에 정의된 특정 조건의 값으로 변화되었을 때 모니터링이 이루어지는 방식으로 나뉠 수 있다. 모니터가 요구하는 특정 조건에 의한 모니터링 방식의 경우 모니터는 사전에 요구하는 특정 센싱 값 또는 값의 범위를 시스템에 등록하고 이에 부합되는 센싱 값이 발생하였을 때 해당 모니터에게 전달되어

야한다. 이에 본 시스템의 메쉬라우터에서 수행하는 센싱 데이터 분석기능은 상기 조건기반 센싱데이터 전송기능을 수행하기 위하여 수집된 센싱 데이터와 모니터의 요구 조건간의 부합 여부에 대한 분석을 수행하며 이를 기반으로 적절한 네트워크 경로를 선택하여 데이터 전송을 수행한다.

센서 데이터 모니터는 특정영역에 대하여 조건부 센서정보 모니터링을 수행하는 단말을 의미하는 것으로 그 위치는 메쉬네트워크 내부 혹은 외부에 자유로이 위치할 수가 있다. 메쉬네트워크 내부에 위치할 경우 메쉬라우터와 직접적 연결성을 통해 요구 센싱정보 조건 등록 및 센싱정보 수신이 가능하다. 반면 외부에 위치할 경우 메쉬네트워크의 게이트웨이를 통해 등록 및 수신이 가능하다. 이와 같은 모니터링 단말이 목적 센서영역을 지정하기 위해서는 해당 영역의 담당 메쉬라우터의 주소를 알아올 필요가 있으며 이는 센서영역 위치정보 서버로부터 제공된다.

2.1.2 센서 데이터 전송 네트워크 구조

센서데이터 전송 네트워크 구조는 영역별로 위치한 센서들과 메쉬라우터 간 네트워크, 그리고 메쉬라우터들 간의 네트워크로 이루어지는 계층적 네트워크 형태로 구성된다. 그림 3은 센서데이터 전송네트워크 구조를 나타낸 것이다.

그림과 같이 센서영역 내 센서와 메쉬라우터 구간 네트워크는 단일 홉으로 이루어진다. 이와 같은 구조는 센서와 메쉬라우터간 통신 시 센서 간 다중 홉 통신을 수행하였을 경우 주위 센서노드 인지 및 라

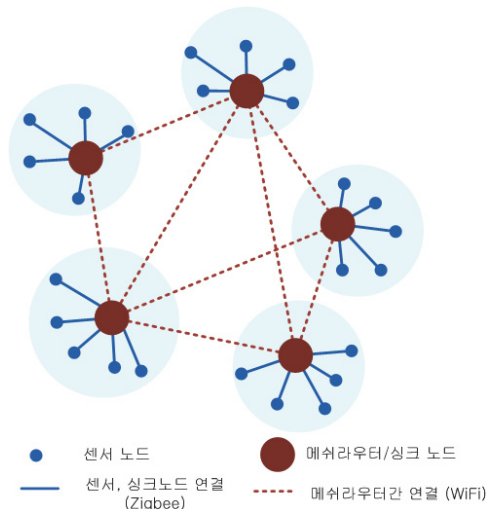


그림 3. 센서 데이터 전송 네트워크

우팅 수행에 따른 에너지 소모 제거하기 위함이다.

기존 메쉬 네트워크에서는 목적에 따라 L2(MAC Layer) 또는 L3(Network Layer) 네트워킹을 수행한다. 메쉬 네트워크의 일반적 목적인 인터넷으로의 연결을 위한 단순 기간망과의 연동의 경우 고정적인 메쉬 네트워크 연결 통하여 게이트웨이로의 고정적 경로가 설정되면 뒤으로 경로탐색을 위한 라우팅 프로세싱 시간 단축 및 빠른 전송을 위하여 L2 전달 방식을 사용한다. 반면 메쉬 네트워크 내부 단말 간 네트워킹을 위해서는 메쉬 네트워크 내 단말의 위치에 따른 다양한 가능 경로 탐색을 위하여 L3라우팅 방식이 사용된다.

본 시스템에서는 메쉬 네트워크 내부 단말 간 통신이 이루어짐으로 L3라우팅 방식이 적용될 수 있으나 센서데이터 전송 특성을 고려하여 센서데이터 전송 시 모니터의 주소를 기반으로 하지 않고 모니터가 요구하는 센서정보의 조건에 따라 데이터 패킷을 라우팅 하는 가입/게시 서비스 방식^{[8],[12]}의 L4(Application Layer) 센서 데이터 기반 라우팅을 수행한다. 이와 같은 라우팅을 수행하기 위해서는 메쉬 네트워크를 구성하는 모든 메쉬라우터들이 모니터들의 센서 데이터 요구조건에 대한 정보를 분산 저장하고 이를 이용하여 라우팅 테이블을 구성함으로 특정 값의 센서 데이터 발생 시 이를 요구하는 모든 모니터에게 전달해야 한다.

이와 같은 모니터의 요청 센서정보기반 L4라우팅을 수행하기 위한 라우팅 테이블 구성에 있어 고려되어야 할 사항은 센서데이터 전송의 최소화이다. 즉, 메쉬라우터 간 라우팅 테이블에 따른 센서데이터 전송 시 최소한의 전송으로 해당 센서데이터를 요구하는 모든 모니터들에 대한 전송이 가능해야 한다는 것이다. 이와 같은 요구는 다수의 메쉬라우터가 한정된 무선자원을 공유함에 기인 한 것으로 최소의 전송을 통한 다수의 단말에 대한 정보전송은 메쉬네트워크 전반에 걸친 전송률 향상에 큰 영향을 미친다.

2.2 조건기반 센서 데이터 전송

2.2.1 조건기반 센서정보 정의

본 논문에서 제안되는 센서데이터의 전송은 단일 센서에 대한 지속적 데이터 전송이 아니라 다수의 센서들로부터의 데이터가 특정조건을 만족하였을 때 해당 조건의 데이터 수신을 요청하는 모니터에 대한 전송을 목적으로 하고 있다. 따라서 이와 같은

가입/게시 서비스 기반 센서정보 전송을 위해서는 모니터가 수신하고자 하는 센서 값에 대한 정의인 요청센서값명세의 표현 방법, 전송되는 센서값의 표현 방법이 정의되어야 한다. 본 시스템에 적용되는 센서데이터 모델은 [11]에서 제안된 모델을 기반으로 다음과 같이 정의된다.

센서 종류	: $S_K = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$
센서 값 속성	: $S_A = \{name, min_value, max_value\}$
요청센서값명세:	$S_R = \{(V_{min} < A_1 < V_{max}) \wedge \dots (V_{min} < A_n)\}$
센서 값	: $S_V = \{A_1 = V_1, A_2 = V_2 \dots A_n = V_n\}$

S_K 는 영역 내에 존재하는 센서의 종류로서 각 센서의 속성은 S_A 로 정의되어 센서 간 구별인자인 name과 해당 센서가 가질 수 있는 최소, 최대 값으로 정의된다. 이와 같은 센서종류에 따른 각 속성을 이용하여 요청센서값명세 S_R 는 각 센서의 특정 값 (=) 혹은 영역(<, >, ≥, ≤)으로 정의된다.

발생되는 센서값 S_V 는 특정 값에 대한 집합으로 정의된다. 이와 같이 정의되는 요청센서값명세와 전송센서 값은 다음 조건을 만족 할 때 상호 매칭된 것으로 요청 모니터에게 이벤트가 전송된다.

$$V_i \in A_i \quad (\forall i \in [1, n])$$

where $S_R = \{A_1, \dots, A_n\}, S_V = \{V_1, \dots, V_n\}$

즉, 발생하는 센서들의 값이 요청명세를 구성하는 모든 조건을 만족할 경우 요청명세와 센서 값이 일치한 것으로 판단되어 모니터에 전송된다.

그림 4는 $S_{A1} = \{A1name, A1min, A1max\}, S_{A2} = \{A2name, A2min, A2max\}$ 두 개의 속성으로 구성된 $S_K = \{S_{A1}, S_{A2}\}$ 에서 요청센서값명세 $S_R = (V_{11}$

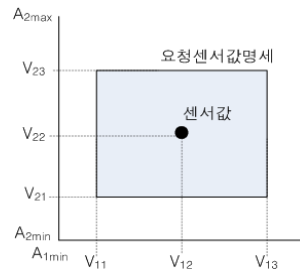


그림 4. 요청센서값명세 및 센서값 매칭 예

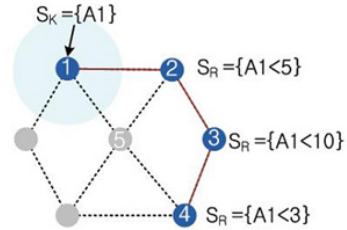
$\langle A_1 < V_{13} \rangle \wedge \langle V_{21} < A_2 < V_{23} \rangle$ 가 존재하며 센서값 $S_V = \{A_1 = V_{12}, A_2 = V_{22}\}$ 이 발생하는 예를 보인 것이다. 그림과 같이 이벤트 발생 시 이벤트 내 모든 속성의 값이 요청센서값명세가 정의한 영역 내에 존재할 경우 가입명세와 매칭된 것으로 가입자에게 이벤트가 전송된다.

2.2.2 조건기반 센서정보 전송 네트워크 구성

상기 센서정보 및 이에 대한 요청센서값명세에 따른 메쉬라우터 간 L4라우팅을 수행하기 위해서는 각 메쉬라우터 담당영역 내에 위치한 모니터들이 요구하는 요청센서값명세를 메쉬라우터가 인지하고 있어야하며 이들 정보를 라우터들 간 교환을 통해 센서정보 전송 시 참조될 라우팅 테이블을 구성해야 한다. 이후 이를 이용해 특정영역에서 발생한 센서데이터를 요청 모니터가 위치한 영역의 메쉬라우터에 전송된다.

이와 같은 메쉬라우터의 요청센서값명세 기반 센서정보 전송은 그림 5와 같이 목적영역 메쉬 라우터로부터 요청모니터가 위치한 모든 메쉬 라우터들까지의 트리형태 연결성에 따른 라우팅 테이블 구성을 통해 이루어진다. 트리 경로 상 각 메쉬 라우터의 라우팅 테이블은 센서정보 수신 시 센서 값에 따라 이를 전송할 다음 홉 정보를 포함하고 있다.

트리형태의 라우팅 경로를 생성하기 위한 절차는 에드혹 네트워크에서 목적지 탐색을 위한 방송메시지 전송방식과 유사하게 목적영역의 메쉬라우터에



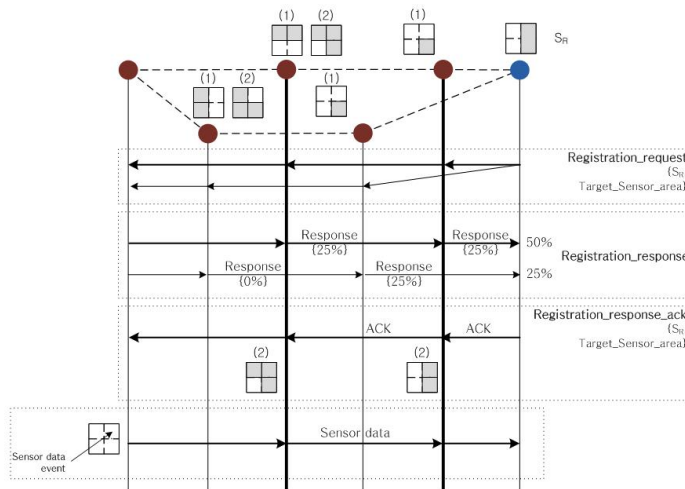
노드	목적 영역	센서 종류	값범위	다음홉
1	1	A1	<10	2
2	1	A1	<10	3
		A1	<5	내부단말
3	1	A1	<10	내부단말
		A1	<3	4
4	1	A1	<3	내부단말

그림 5. 메쉬라우터의 센서정보 전송 라우팅 테이블

대한 경로탐색 메시지를 메쉬네트워크 상에 방송함으로써 이루어진다. 이때 메쉬네트워크 특성에 따라 다수의 경로가 탐색될 수가 있는데 이들 경로 중 어떤 경로를 선택하는가에 따라 이후 센서데이터가 최소 전송을 통해 요청 모니터를 포함하는 모든 메쉬라우터에 전송될 수 있다.

최소 전송을 유발하는 경로 선택은 경로상의 메쉬라우터들의 기존 요청센서값명세가 새로이 요청되는 요청센서값명세를 포함하고 있는 정도에 따라 결정되는데 그 포함정도가 가장 높은 경로가 선택된다.

이와 같이 요청센서값명세의 유사도에 의해 경로



(1) Mesh 영역 내부 단말 S_r
(2) Mesh 네트워크 경로상 집계된 (aggregated) S_a

그림 6. 센서정보 전송경로 설정절차

가 결정되는 이유는 메쉬라우터가 영역 내 모니터에 의해 요청되지 않은 센서데이터를 다른 메쉬라우터로의 전송하는 경우와 요청된 센서데이터를 전송하는 경우를 비교했을 때 전반적 전송회수가 높기 때문이다. 예를 들어 그림 5에서 메쉬라우터4가 A1<3 포함하는 경로 1-2-3을 선택할 경우와 포함하지 않는 1-5경로를 선택하였을 경우 각각 센서값 A1=2에 대한 전송회수를 비교해보면, 전자의 경우 (1->2->3->4)3번의 전송이 발생하는 반면 후자의 경우 4번의 전송(1->2->3 : 2번, 1->5->4: 2번)이 발생한다.

이와 같이 새로운 요청센서값명세를 포함하는 경로를 탐색하기 위하여 그림 6과 같은 절차를 따른다.

그림 6에서 각 메쉬라우터 상단에 표시된 사각형은 라우팅테이블의 요청센서값명세의 영역을 표시한 것으로 (1)은 내부 모니터로부터의 요청센서값명세이고 (2)는 (1)을 포함한 이후 홉들의 요청센서값명세가 집적된 것이다.

내부 모니터로부터 요청센서값명세를 수신한 메쉬라우터의 방송메시지(Registration_request) 전송 및 수신 라우터들의 재전송 통해 목적 영역의 메쉬라우터까지 메시지가 전송 되고 다시 방송메시지 전송 경로의 역방향으로 응답메시지(Registration_response) 전송되는데 이때 각 중간 라우터들은 자신의 요청센서값명세(1) 대비 포함정도를 비교하여 이를 응답메시지 내에 기재한다. 응답메시지를 수신한 메쉬라우터는 메시지 내 경로상 라우터들의 포함도를 종합하여 요청센서값명세를 가장 많이 포함한 경로를 선택하여 확인메시지(Ack)를 전송하게 된다.

III. 구현 및 실험

3.1 구현

그림 7은 실 구현된 센서 모니터링 시스템의 구성 요소 및 상호 인터페이스를 나타낸 것으로 각 구성요소의 규격은 표 1과 같다.

센서로부터 Zigbee 인터페이스를 통해 센서데이터를 수신하는 싱크모듈은 USB인터페이스를 통해 메쉬라우터에 장착되어 수신된 Zigbee형태의 센서데이터 패킷을 메쉬라우터에 전달한다.

표 1. 시스템 구성요소 규격

Sensor
Radio range : 70m
RF transceiver : 2.4GHz IEEE 802.15.4(Zigbee)
Data rate : 250kbps
Current consumption : RX 27mA, TX 25mA
Sink module
Interface : Zigbee, USB
Mesh Router
CPU : 500Mhz AMD Geode LX single chip processor
RAM : 512 Mbyte DDR-SDRAM,
Interface : 802.11 a/b/g (MAC layer MADWIFI driver), USB (connected to sink module)
OS : Linux (kernel 2.4.33)
Monitor
OS : Window series
S/W : MFC based window s/w

메쉬라우터는 기본적으로 세 개의 인터페이스를 가진다. 먼저 USB형태로 확장된 싱크모듈의 Zigbee

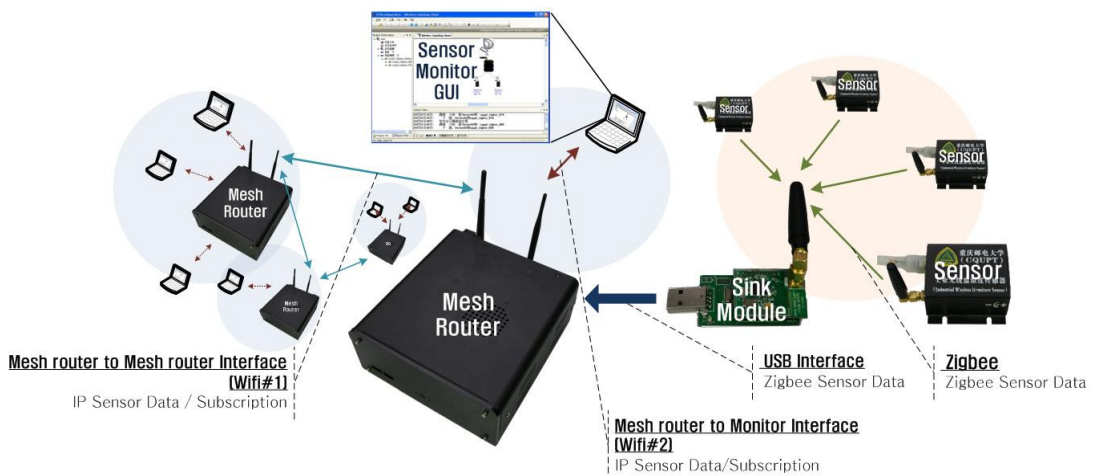


그림 7. 메쉬 네트워크 기반 센서 모니터링 시스템

인터페이스와 두 개의 WiFi인터페이스를 가진다. 두 WiFi는 사용 채널을 달리하며 각각 모니터링 단말과의 인터페이스와 메쉬라우터간 네트워킹 인터페이스 역할을 수행한다. 이들 WiFi인터페이스는 메쉬영역 내부의 다양한 단말의 수용을 위하여 802.11n, Wibro, 인터페이스의 추가 확장이 가능하다. 또한 메쉬라우터간 인터페이스 역시 전송률향상을 위하여 다중인터페이스다중채널(multi-interface, multi-channel)메커니즘 도입이 가능하도록 두 개까지 WiFi인터페이스 확장이 가능하다.

메쉬라우터는 이들 인터페이스를 통해 기본적으로 단말 간 통신 및 기간망으로의 연동을 위한 라우팅 기능을 수행하며 센서네트워킹 수행을 위해 싱크모듈을 통해 수신되는 Zigbee형식의 센싱데이터를 WiFi인터페이스를 통해 영역 내 모니터 및 타 영역 내 모니터로의 전달을 위해 IP패킷으로의 전환 및 전송을 수행한다.

그림 8은 메쉬라우터의 센서네트워킹을 위한 구현 구조를 나타낸 것이다.

메쉬라우터는 가입/게시서비스 기반 센서데이터 전송을 위한 상위 Sensor data broker와 하위 인터페이스 관리 및 네트워크 전송을 위한 네트워크 계층이 존재한다. 본 메쉬라우터는 Linux를 기반으로 하여 하위 네트워크 계층은 Linux kernel내에 위치하며 상위 브로커는 사용자 영역에 위치한다.

Sensor data broker영역은 요청 센서데이터에 대한 가입명세 수신에 대한 등록 및 전달에 관한 역할을 수행하는 Subscription manager와 센서데이터 전송에 관한 역할을 수행하는 Sensor data relayer가 존재한다.

먼저 Subscription manager는 영역 내 모니터로부터 가입명세를 수신하면 이를 Registrar모듈을 통해 Subscription_info_table의 Subscription DB와 Subscriber_list에 등록하게 된다. 이후 목적 센싱 영역으로의 메쉬네트워크 경로를 설정하기 위하여 Distributor모듈의 Parent_node_select 및 Overhead_cost_calculator를 통해 타 메쉬라우터로의 가입명세 배포 및 수신된 응답메시지 내 정보에 기반 하여 경로 선택절차를 수행한다.

가입명세 수신은 로컬모니터 인터페이스를 통한 영역 내 모니터로부터의 가입명세 수신 이외에 메쉬라우터 인터페이스를 통해 타 영역 내 모니터로부터의 가입명세 수신도 있을 수 있다. 메쉬라우터 인터페이스를 통해 수신된 가입명세 또한 Registrar를 통해 수신되는데 수신된 가입명세는 distributor를 통해 인접 메쉬라우터로 배포된다. 이에 대한 응답메시지 및 모니터로부터의 가입확인 메시지전송 절차를 통해 센서데이터 전송경로가 확정되면 해당 가입명세 및 경로 상 모니터로의 다음 메쉬라우터가 Forwarding_node_list에 등록된다.

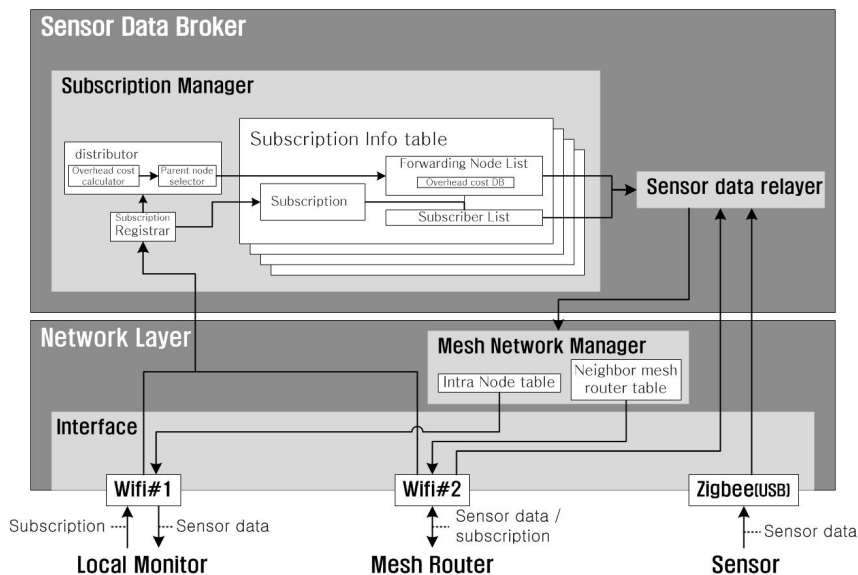


그림 8. 센서 메쉬라우터 구현구조

이와 같이 Registrar와 Distributor에 의해 생성되는 Subscription_info_table내 가입명세 관련 정보들은 이후 Sensor data relay가 센서데이터를 전달하기 위해 참조된다.

Sensor data relay의 센서데이터 수신은 싱크모듈 및 메쉬라우터 인터페이스를 통해 이루어진다. 수신된 센서데이터는 로컬 및 메쉬라우터 인터페이스로 전송되는데 Subscription_info_table내 등록된 Subscription DB의 가입명세정보와 비교하여 매칭되는 가입명세가 존재할 경우 Subscriber_list와 Forwarding_node_list를 참조하여 각각 영역내부 모니터, 외부 모니터의 센서데이터 전송을 수행한다. 센서데이터 전송은 Sensor data relay가 목적 수신노드 IP를 지정하여 하위 네트워크 계층을 통해 전송되는데 해당 IP주소에 대한 MAC정보는 Mesh Network Manager에 의해 사전에 파악된다.

3.2 실험

제안된 메쉬네트워크 기반 센서네트워크킹 시스템 검증실험을 위해 메쉬네트워크 에뮬레이터를 이용하여 그림 9와 같은 실험환경을 구성하였다.

메쉬네트워크 에뮬레이터는 한정된 공간에서 메쉬네트워킹 실험이 가능하도록 하기 위하여 GUI 설정을 통해 네트워크 토폴로지를 구성해준다. 에뮬레이터는 스위치를 통해 유선으로 실제 메쉬 라우터들과 연결되어 있으며 이를 통해 설정된 네트워크 토폴로지 정보가 전달된다.

네트워크 토폴로지 정보는 GUI상 인접 라우터의 메쉬네트워크 인터페이스 MAC정보로서 라우터는 이를 이용해 MAC필터를 설정하여 설정된 MAC에 해당하는 라우터이외의 라우터로부터 수신되는 패킷은 폐기함으로써 강제적으로 연결성을 구성한다. 메쉬라우터들은 이와 같은 연결정보를 이용하여 실 무선인터페이스를 통한 통신이 이루어진다.

이와 같은 메쉬네트워크 에뮬레이터를 기반으로 메쉬라우터간 네트워크를 형성하고 각 메쉬라우터에는 센서데이터생성기와 멀티모니터 에뮬레이터가 로컬 무선인터페이스를 통해 접속된다.

센서데이터 생성기는 여러 종류의 센서에 대한 다양한 값의 데이터를 랜덤하게 생성한다. 이와 같이 센서데이터 발생기를 사용하면 실 센서를 이용한 데이터 발생 시 다양한 값의 데이터 발생이 어

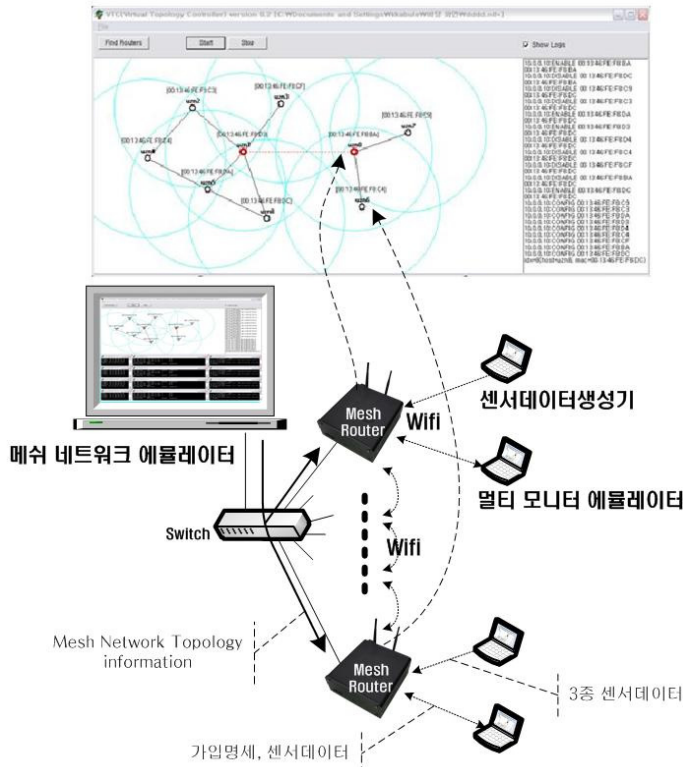


그림 9. 센서 메쉬네트워크 실험환경

렵기 때문이다.

멀티모니터 애플레이터는 다수의 가상 모니터를 동시에 구동하여 다양한 가입명세를 발생시킨다.

이와 같은 실험환경에서 메쉬네트워크의 센서데이터의 평균 전송 수에 관한 실험을 표 2과 같은 파라미터에 대하여 수행하였다.

비교실험 대상은 L3기반 라우팅 방식이다. 실험에 적용된 L3기반 라우팅 방식은 요청센서명세를 목적 영역 메쉬라우터에 직접 전송하여 저장하고 모니터의 IP주소를 매핑하여 저장함으로써 이후 해당 영역에서 센서정보 발생 시 IP에 대하여 유니캐스트 형식으로 전송된다.

이와 같은 L3기반 라우팅방식과 본 논문에서 제안된 L4라우팅 방식의 전송 수에 관한 실험결과는 그림 10과 같다. 제안된 요청센서값명세 기반 L4라우팅 방식이 L3방식 비하여 요청명세 수 증가 초기에는 차이가 없으나 증가 폭이 커질 수록 L3대비 평균전송수의 증가 폭이 크지 않음을 볼 수 있다.

이는 각 모니터당 요청명세수가 작을 경우 이에 각 메쉬라우터간 트리 구성 시 상호 포함관계를 갖는 요청명세가 드물게 존재함으로써 L3기반 방식과 비교했을 때 센서데이터 전송에 있어 차이가 없다. 그러나 명세수가 증가할수록 상호 포함관계의 명세가 발생함으로써 효율적 트리 구성이 가능하여 L3대비 전송 수 증가 폭이 크지 않음을 볼 수 있다.

표 2. 실험파라미터

메쉬라우터 수	모니터수 (영역내)	센서 수	센서데이터 수	요청센서값명세 수
9	20	9	50/sec (/센서)	1~100/monitor

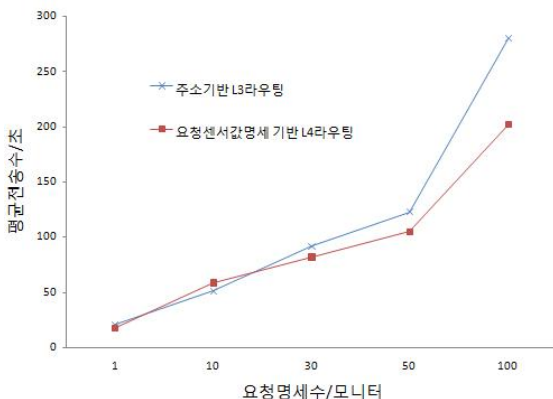


그림 10. 실험결과

IV. 결 론

본 논문에서는 한정된 자원의 센서노드간 다중홉 통신을 수행함으로써 인해 발생하는 문제를 해결하기 위하여 싱크노드 간 무선 메쉬네트워크를 통한 센서네트워크 확장방법을 제안하였다. 또한 기존 메쉬네트워크 인프라와 센서네트워크를 결합하는 방안으로 메쉬네트워크의 라우터가 싱크모듈을 장착함으로써 싱크노드 역할을 수행하는 동시에 메쉬네트워크 내부 혹은 외부 네트워크에 위치하는 모니터링 단말로의 효율적 센서데이터 전송이 가능한 구조를 제안하였다. 특히 센서데이터가 일정 모니터링 단말로의 지속적인 데이터 전송이 아니라 다수의 센서들로부터의 데이터가 특정조건을 만족하였을 때 해당 조건의 데이터 수신을 요청하는 다수의 모니터 단말들에 대하여 선택적으로 전송하기 위한 가입/게시 서비스 방식의 L4라우팅 방안을 제안하였다. 이와 같은 제안구조를 설계, 구현하여 실험을 통해 기존 L3기반 라우팅 방식 대비 효율적 센서데이터 전송이 가능함을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] I.Akyildiz et al., "A Survey on Sensor Networks," IEEE Commun. Mag., Vol.40, No.8, Aug. 2002, pp.102-114.
- [2] W. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks," Proc. 5th ACM/IEEE Mobicom, Seattle, WA, Aug. 1999, pp.174-85.
- [3] J. Kulik, W. R. Heinzelman, and H. Balakrishnan, "Negotiation-Based Protocols for Disseminating Information in Wireless Sensor Networks," Wireless Networks, Vol.8, 2002, pp.169-85.
- [4] K. Sohrabi and J. Pottie, "Protocols for Self-Organization of a Wireless Sensor Network," IEEE Pers. Commun., Vol.7, No.5, 2000, pp. 16-27.
- [5] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," Proc. 33rd Hawaii Int'l. Conf. Sys. Sci., Jan. 2000.
- [6] S. Lindsey and C. Raghavendra, "PEGASIS:

Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems,” IEEE Aerospace Conf. Proc., 2002, Vol.3, 9-16, pp.1125-30.

[7] A. Manjeshwar and D. P. Agarwal, “TEEN: a Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks,” 1st Int’l. Wksp. on Parallel and Distrib. Comp. Issues in Wireless Networks and MobileComp., April 2001.

[8] A. Manjeshwar and D. P. Agarwal, “APTEEN: A Hybrid Protocol for Efficient Routing and Comprehensive Information Retrieval in Wireless Sensor Networks,” Proc.Int’l. Parallel and Distrib. Proc. Symp., pp.195-202.

[9] Liu, Y., Plale, B.: “Survey of publish/subscribe event systems,” In: Indiana University Computer Science Technical Report TR-574. (2003).

[10] Carzaniga, A., Rosenblum, D., Wolf, A. “Design and Evaluation of a Wide-Area Notification Service,” ACM Transactions on Computer Systems 3 (Aug 2001) p.332-383.

[11] Gupta, A., Sahin, O., Agrawal, D., Abbadi, A.E. “Meghdoot: Content-based publish: subscribe over p2p networks,” In: Proceedings of the ACM/IFIP/ USENIX 5th International Middleware Conference (Middleware’04). (2004).

[12] SIENA Web Site: (<http://www.cs.colorado.edu/users/carzanig/siena/>)

김 용 혁 (yong hyuck Kim)

정회원



1999년 2월 숭실대학교 정보통신공학 학사

2001년 2월 숭실대학교 정보통신공학 석사

2003년 2월 숭실대학교 정보통신공학 박사수료

2003년~2006년 (주)코어세스 통신연구소 선임연구원

2007년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학 학부 박사과정

<관심분야> 컴퓨터 네트워크, 인터넷 네트워킹, 이동 데이터 통신망

김 영 한 (Younghan Kim)

종신회원



1984년 2월 서울대학교 전자공학 학사

1986년 2월 한국과학기술원 전기전자공학 석사

1990년 2월 한국과학기술원 전기전자공학 박사

1987년~1994년 디지콤정보통신연구소 데이터통신연구부장

1994년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 정교수

<관심분야> 컴퓨터 네트워크, 인터넷 네트워킹, 이동 데이터 통신망