

유비쿼터스 센서 네트워크 라우팅 기술

김 봉 수* 황 소 영** 정 훈*** 주 성 순****

◆ 목 차 ◆

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| 1. 서론 | 4. 센서 네트워크 기술 발전 전망 |
| 2. 센서 네트워크 라우팅 연구 동향 | 6. 결론 |
| 3. 센서 네트워크 라우팅 표준화 동향 | |

1. 서론

무선 센서 네트워크 기술은 다양한 응용분야를 대상으로 연구되고 있으나, 기존의 ad-hoc 네트워크 기술보다 가용 자원과 환경적인 면에서 더 가혹한 제약사항을 가지고 있다. 이러한 제약사항을 극복하기 위하여 기존의 방법들과는 다른 형태의 프로토콜이 요구된다. 그러나 무선 센서 네트워크 기술의 응용 분야가 광범위한 만큼 모든 응용 분야를 충족시킬만한 라우팅 프로토콜은 아직 나오지 않은 상태이다.

무선 센서 네트워크에서 각각의 센서 노드는 스스로 네트워크를 구성할 수 있는 자가구성(Self configuration) 특징과 라우터와 데이터 소스의 두 가지 역할을 동시에 수행하여야 한다는 점에서 일종의 ad-hoc 네트워크라고 볼 수 있다.

이와 같은 무선 센서 네트워크는 많은 수의 센서 노드로 구성됨으로 인하여 다음과 같은 특성을 갖고 있다.

- (1) 저전력 소비: 센서 노드로 구성된 센서 네트워크의 수명은 배터리 수명에 달려 있다. 그러나 기 배치된 대규모 노드의 배터리 교환이나 재

충전은 불가능한 경우가 많다.

- (2) 대규모 센서 노드: 확장성에 따라 수십에서 수 십 만개까지의 센서 노드로 구성될 수 있으며, 노드의 위치는 미리 정해져 있는 것이 아니며, 노드의 비용이 매우 낮아야 한다.
- (3) 네트워크 자가 구성: 수동으로 설치하기 어려운 곳이나 전장에서 적지와 같은 곳에서 많은 노드를 수동으로 설치하는 것이 불가능하므로 노드들이 자체로 네트워크를 구성하여야 하며, 센서 노드들이 네트워크에 신규 접속이 가능하여야 한다. 또한 ad-hoc 센서 네트워크를 위한 프로토콜이 동작하여야 한다.
- (4) 협업 및 분산 처리 작업: 센서 노드들은 개별적으로 단순 계산을 수행하지만, 또한 수신된 데이터들을 모으고 전달한다.
- (5) 질의 능력(센서 데이터베이스): 단일 센서 노드 또는 그룹 센서 노드에게 질의가 전송되어 처리되며, 베이스 노드는 주어진 영역의 데이터를 수집하여 수집된 메시지를 생성한다.

위와 같은 특성을 가지는 무선 센서 네트워크를 지원하기 위한 센서 노드의 자가 구성적 능력과 제한된 전력 및 응용 분야를 고려한 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 지속되고 있다. 그리고, 라우팅 프로토콜은 해당 센서 네트워크가 적용되는 응용 분야에 따라 그 구조와 효율성에 영향을 받는다. 그러므로, 센서 네트

* 한국전자통신연구원 책임연구원

** 한국전자통신연구원 연구원

*** 한국전자통신연구원 선임연구원

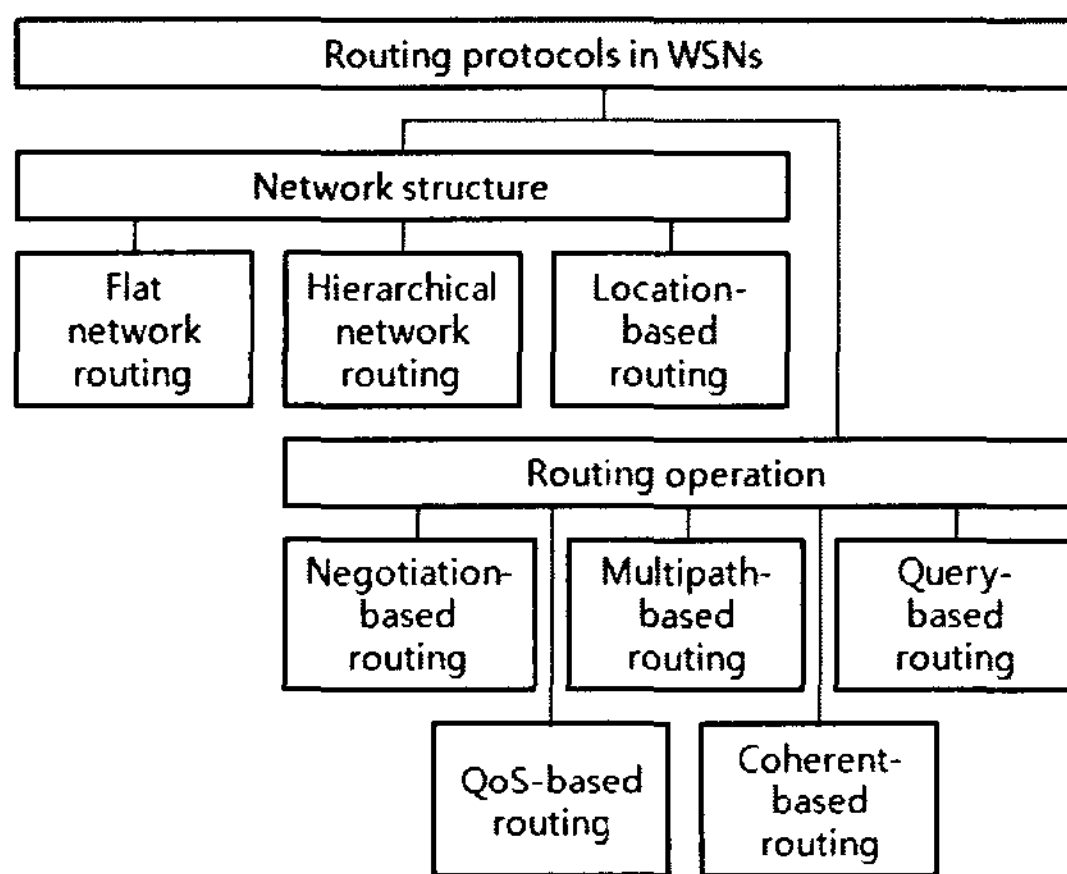
**** 한국전자통신연구원 책임연구원, 팀장

워크에서 제공할 수 있는 다양한 응용의 형태를 분석하고, 이를 데이터 중심적인 센서 네트워크의 특징과 결합하여 정확한 정보의 제공과 에너지 소비를 최소화 할 수 있는 센서 네트워크 라우팅 프로토콜이 연구 되어야 한다.

2. 센서 네트워크 라우팅 연구 동향

무선 센서 네트워크에서 라우팅 기법은 센서 네트워크의 전체적인 에너지 소모량을 감소시키거나 모든 센서 노드들의 균등한 에너지 소비를 유도해야 한다. 특히 데이터가 집중되는 싱크 노드에 가까운 센서 노드들은 전송할 데이터의 양이 많아져 에너지 소모가 심해지는데 이를 극복하기 위한 새로운 방식들이 제안되어 전체적인 에너지 소모량을 균등하게 조절할 수 있다.

센서 네트워킹 기술은 네트워크 구조와 라우팅 동작에 의하여 그림 1과 같이 분류할 수 있다 [1].



(그림 1) 라우팅 프로토콜의 분류

네트워크 구조에 의한 라우팅 프로토콜은 다음과 같은 종류가 있다.

(1) 평면 라우팅 알고리즘(Flat Routing)

- Directed Diffusion
- Sensor Protocols for Information via Negotiation(SPIN)

- Minimum Cost Forwarding Algorithm
 - Energy-aware Routing
 - Sequential Assignment Routing
- (2) 계층적 라우팅 알고리즘(Hierarchical Routing)
- Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) protocols
 - Threshold-Sensitive Energy Efficient Protocols(TEEN)
 - Self-organizing Protocol
 - Sensor Aggregates Routing
 - Hierarchical Power-aware Routing
 - Two-Tier Data Dissemination
 - Virtual Grid Architecture Routing
- (3) 위치 기반 라우팅 알고리즘(Location-Based Routing Protocols)
- Geographic and Energy Aware Routing
 - Geographic Adaptive Fidelity
 - MFR, DIR, and GEDIR
 - SPAN
- (4) 실시간 방식 라우팅 알고리즘
- Stateless Protocol for Real-Time Communication in Sensor Networks(SPEED)
 - Stateless Non-deterministic Geographic Forwarding algorithm(SNGF)

상기 여러 가지 라우팅 프로토콜 중에서 평면적, 계층적 및 위치 기반 라우팅 등으로 분류하여 대표적인 프로토콜들을 기술한다.

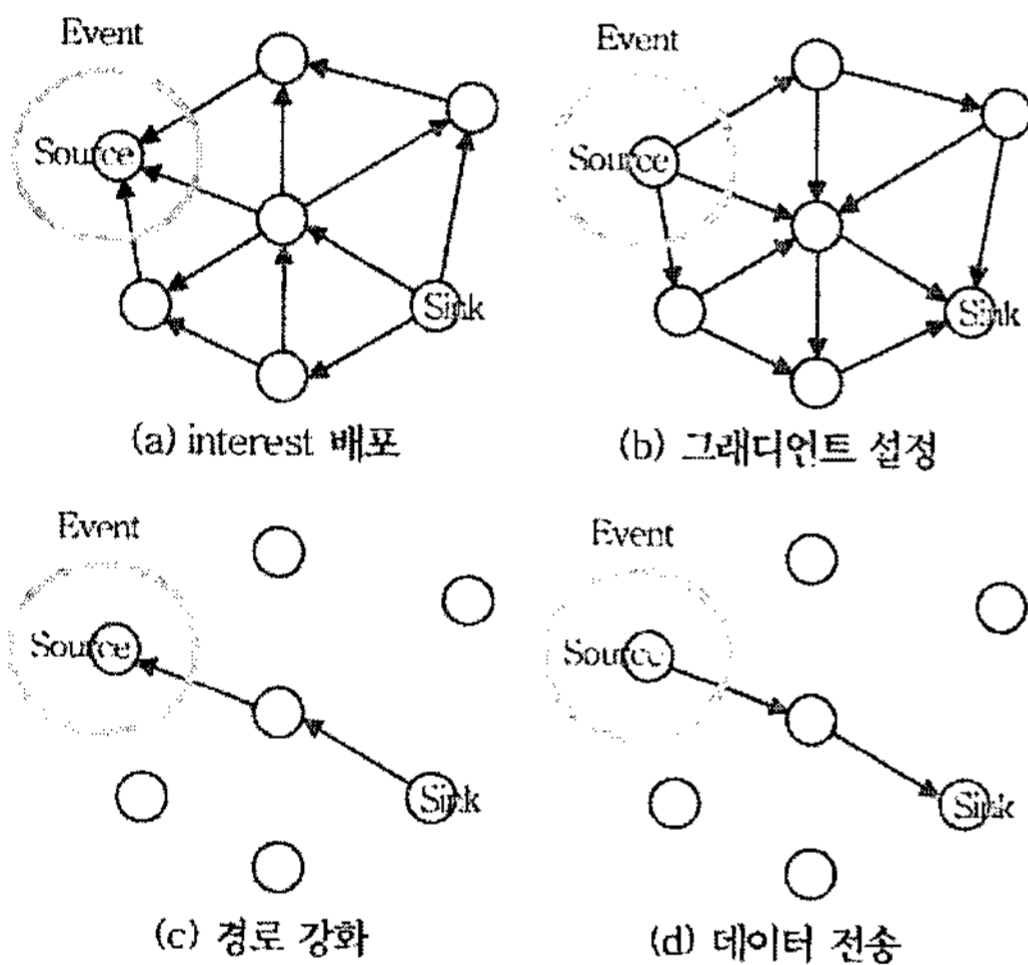
2.1 평면 라우팅 알고리즘

2.1.1 Direct Diffusion

Direct Diffusion(DD)[2] 방식은 싱크 노드의 질의(Query) 방송에 기반을 둔 데이터 중심적 라우팅 중 대표적인 것으로 질의 유포 및 처리 응용에 적합한 특성을 가진다. DD는 해당 응용에 대한 질의는 속성과 값의 쌍으로 구성되는 interest로 표현된다. Interest는 싱크 노드에서 시작되어 네트워크 전체에 유포되고, 데이터 요청 노드로 질의에 부합하는 데이터를 전송하기 위한 경사(Gradient)를 설정한다. 이때 다중경

로를 통해 요청 노드로 전송된다. 더 이상의 플러딩을 막기 위해 경로들 중 전송 품질이 좋은 몇 개의 경로를 통해 데이터 전송이 이루어지게 하는 방식이다.

Directed Diffusion은 싱크 노드의 named data 질의에 기반을 둔 라우팅 프로토콜로 다수의 소스 노드와 다수의 싱크 노드의 상황에서도 효율적으로 동작한다는 점과 각각의 질의에 의한 라우팅 경로 상에서 데이터 융합(agggregation)과 caching을 수행할 수 있다는 장점을 갖는다. 그러나 강화된 경사 경로를 얻기 위해 요구되는 부담이 크다는 단점을 갖는다.



(그림 2) Direct Diffusion

2.1.2 SPIN

Sensor Protocols for Information via Negotiation (SPIN)[3] 방식은 협상과 자원 적응에 의해 플러딩의 결함을 처리하기 위해 설계된 것으로, 센서노드가 데이터에 대해 광고하고, 싱크노드로부터 요청을 기다리는 형태의 데이터 중심적 라우팅 기법이다. 이는 센서노드가 데이터를 방송하는 대신 센서 데이터를 기술하는 메타 데이터를 전송하여 보다 효율적으로 동작하고, 에너지를 보존하도록 하는 방식이다. SPIN 방식은 모든 노드들이 Potential base station 네트워크 상에 존재한다고 가정하고 각 노드에서 모든 노드들로 정보를 뿌린다. 그리고 SPIN은 사용자가 한 노드에게 질의를 하고 즉시 정보를 받을 수 있도록 하여 준다.

2.1.3 SAR

Sequential Assignment Routing(SAR)[4]에서는 라우팅 결정을 위해 각 경로에 있는 에너지 자원과 QoS, 그리고 각 패킷의 우선 순위를 고려한다. 트리 구조의 다중 경로가 설정되어, 특정 경로가 실패하는 경우에도 경로 재계산을 위한 오버헤드가 없다. 각 노드에서 싱크까지의 다중 경로를 설정하기 위하여 싱크의 one hop 이웃들을 시작으로 낮은 QoS와 에너지 보유량을 가지는 노드들을 피하면서 구성된 다중 트리가 형성된다. 트리 설정 절차가 끝나면 각 노드는 다중 경로에 속하게 되고, 각 노드는 싱크로 메시지를 전달할 트리를 선택할 수 있게 된다. 각 노드마다 다음 두 개의 파라미터가 싱크를 향한 각 경로(트리)와 연관된다.

- Energy resources: 해당 센서 노드가 경로를 독점하여 사용할 경우 전송할 수 있는 패킷 수
- Adaptive QoS metric: 해당 값이 높을수록 낮은 QoS를 의미

SAR에서는 adaptive QoS metric과 패킷의 우선 순위와 관련된 가중치(weight) 계수의 곱인 weighted QoS metric을 계산하여 이의 평균값을 네트워크의 생존 기간 동안 최소화시키고자 한다. 위상 변화에 반응하기 위하여 주기적인 경로 재계산이 싱크에 의해 시작된다. 실패에 대한 복구는 이웃 노드간의 핸드셰이킹 절차를 통해 이루어지고, 지역 경로 복구 기법도 사용된다.

2.2 클러스터링 기반 계층적 라우팅 알고리즘

무선 센서 네트워크에서 인접한 노드간의 유사한 정보의 중복 전달로 인한 에너지 낭비를 줄이기 위한 데이터 모음(data aggregation)이 필요하다는 특성을 고려할 때 클러스터링에 기반한 계층적 라우팅 기법이 많은 장점을 가진다. 즉, 로컬 클러스터를 형성함으로써 인접한 지역에서 발생한 사건에 대한 유사한 정보를 클러스터 헤드로 전송하고 클러스터 헤드가 데이터 모음을 수행하여 보다 에너지 효율적인 라우팅을 가능하게 하며, 요청된 질의에 대한 클러스터 헤드에 의한 전달로 비효율적인 질의의 플러딩을 막을 수 있다.

2.2.1 LEACH

Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy (LEACH) [5] 라우팅 알고리즘은 클러스터링 기반 라우팅 기법으로, 클러스터 헤드가 클러스터의 멤버 노드들로부터 데이터를 수집하여 직접 싱크노드로 전달한다. 이 방식의 특징은 네트워크에 있는 모든 센서노드들에 에너지 소비를 공정하게 분산 시키기 위해, 에너지 집약적인 기능을 하는 클러스터 헤드를 무작위로 순환시키고, 전체적인 통신 비용을 줄이기 위해 클러스터 헤드에서 클러스터내의 데이터를 모아 지역적으로 연합하는 것이다.

2.2.2 TEEN

Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol(TEEN)[6]은 센서노드들이 주기적으로 전송할 데이터를 가지지 않는다는 점을 제외하고는 LEACH와 유사하게 동작한다. TEEN에서 센서노드들은 클러스터 결정 시간에 클러스터 헤드가 방송한 임계값에 기반을 두고 현재 감지된 데이터를 전송할 지를 결정한다. 즉, 감지된 데이터 값이 처음으로 임계값을 초과하면, 이를 저장하여 해당 시간 슬롯에 전송한다. 이후에는 감지된 데이터의 값이 저장된 값 보다 어느 정도 이상일 경우에 저장하고, 해당 시간 슬롯에 전송한다.

2.3 위치 기반 라우팅 알고리즘

Geographic and Energy Aware Routing (GEAR)는 지리적으로 목적지 주소가 있는 노드들이나 네트워크 지역에 패킷을 전달하는 라우팅 프로토콜로써, 모든 노드들이 자신의 지리적 위치와 radio range 내의 자신의 one hop 이웃을 알고 있으며, 라우팅 목적지는 정해진 위치에 있는 노드이거나 한 네트워크 지역에 있으며, 각 패킷은 장소를 기록하는데 도움이 되기 위해서 추가 라우팅 정보를 보유할 수 있을 때 적용되는 프로토콜이다.

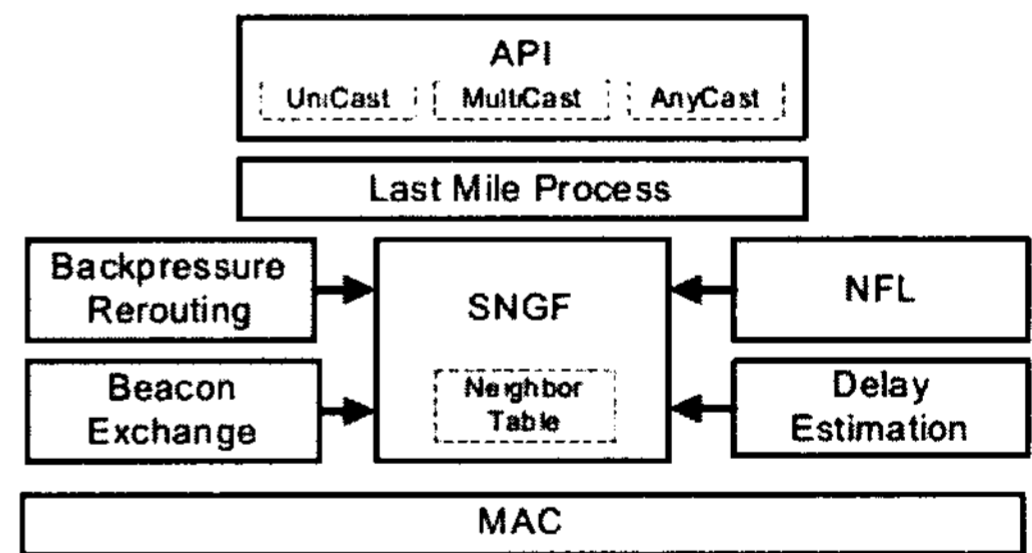
GEAR은 링크 비용과 토폴로지 변화를 업데이트 하는데 비용이 적으며, 경로 설정 테이블을 저장하는 overhead를 피하면서 요구에 부합한 경로들을 발견할

수 있으며, 탐색시간과 energy-awareness 및 load-balancing 을 고려한 효율적인 경로들을 발견할 수 있다[7].

2.4 실시간 방식 라우팅 알고리즘

A Stateless Protocol for Real-Time Communication in Sensor Networks(SPEED)는 센서 네트워크에서의 실시간 통신을 위하여 설계되었다[8]. 라우팅 테이블을 유지하는 등의 오버헤드를 없애고, 분산된 방법으로 종단 간의 소프트웨어 리얼타임 통신을 지원한다. SPEED는 아래의 그림 3과 같은 모듈들로 구성되어 있다.

SNGF(The Stateless Non-deterministic Geographic Forwarding algorithm)는 핵심이 되는 모듈로서 위치정보를 이용하여 다음 노드를 정한다. 다음 노드는 위치적으로 목적지에 더 가까운 노드들 중에 속도가 특정 값보다 높은 노드들 중에 선택된다. 이웃 노드로의 속도는 현재 노드에서 목적지 노드로의 거리에서 이웃 노드에서 목적지 노드로의 거리를 뺀 값을 지연 시간으로 나눈 값으로써, 단위시간당 목적지 노드에 어느 정도로 가까워지는가를 의미한다.



(그림 3) SPEED Protocol

주기적인 비컨 교환을 통해서 이웃 노드들을 파악하고, 통신 링크의 지연을 기준으로 혼잡시에 다른 경로를 찾는다. 링크의 지연은 타임스탬프를 표시한 패킷을 보내고, ACK 받는 과정을 통해서 걸린 시간을 측정함으로써 이루어진다. NFL은 중계 비율을 조절하여 속도를 유지하도록 하는 핵심적인 기능을 수행한다. 혼잡이 발생하면 속도가 떨어지고, 혼잡이 일어난 링크와 연결된 노드는 백프레시 기법을 이용하여 다른 노드들에게 알려서 혼잡이 일어난 노드로의 경로

를 선택하지 않도록 유도한다.

3. 센서 네트워크 라우팅 표준화 동향

센서 네트워킹 기술에서 첫 번째로 중요한 것은 에너지 소모를 줄이기 위한 방법으로 데이터 링크 계층에서 패킷의 충돌을 줄이고, 충돌로 인하여 전송된 패킷에 에러가 생기면 해당 패킷은 버려지고 재전송에 의하여 에너지 소모와 전송 시간이 증가된다. 두 번째 에너지 소비는 다른 노드 목적지로 전송되는 패킷을 중간에서 엿듣는(overhearing) 것에 의하여 발생한다. 세 번째 에너지 소비는 제어신호의 오버헤드이다. 송/수신되는 제어신호는 에너지 소비가 크다. 마지막으로 비효율적인 원인은 idle listening으로 전송되지 않는 기간 동안 데이터를 수신하기 위하여 Transceiver가 동작하여 많은 에너지를 소비한다. 이러한 사항들을 고려한 무선 센서 네트워킹 기술들이 IEEE 802.15.4와 ZigBee Alliance를 비롯하여 많이 연구되고 있다.

3.1 ZigBee 기술

ZigBee[9]는 저전력, 저가격, 사용의 편리성을 가진 근거리 무선네트워크의 대표적 기술 중의 하나로 IEEE 802.15.4 표준의 PHY층과 MAC층을 기반으로 상위 프로토콜과 응용을 규격화한 기술로 원격제어 및 관리의 응용에 적합한 홈 오토메이션 등의 적용되며, 유비쿼터스 센서 네트워크 환경 구축에 중추적 역할을 담당하는 기술이다.

3.1.1 ZigBee 네트워크 토폴로지 및 라우팅

ZigBee NWK(Network layer)는 스타, 트리, 메쉬 토폴로지를 지원한다. 네트워크 디바이스는 다른 네트워크 디바이스의 메시지를 중계한다. 스타 토폴로지에서는 ZigBee 코디네이터가 네트워크를 통제한다. 코디네이터는 네트워크 디바이스를 깨우고, 지속시키는 역할을 한다. 다른 모든 디바이스는 코디네이터와 직접 통신하는 최종 디바이스가 된다. 메쉬 및 트리 토폴로지의 경우 코디네이터는 네트워크를 시작하고 특정한 중요 네트워크 매개변수를 선택한다. 또한 ZigBee 라

우터를 통해 네트워크를 확장할 수 있다. 트리 네트워크에서 라우터는 계층 라우팅 기법으로 네트워크를 통해 데이터를 이동시키고 메시지를 제어한다. 트리 네트워크는 비콘 기반(Beacon-oriented) 통신을 사용할 수 있으며, 완전한 P2P (Peer-to-peer) 통신을 지원한다.

(1) 클러스터 트리 라우팅

클러스터 트리 라우팅은 beaconing multi-hop 네트워크에서 유용하게 활용되며, 코디네이터와 라우터의 배터리 관리를 허용한다. 또한 비콘 충돌 회피를 위하여 높은 지연을 견뎌야 하며, 트리 라우팅을 사용하여야 한다.

(2) 메쉬 라우팅

ZigBee의 메쉬 라우팅은 이웃 노드에서 라우팅 패킷에 의하여 구성된 경로를 통하여 소스 디바이스로부터 목적지 디바이스로 경로 구성을 허용한다. 라우팅 테이블은 AODV(Ad hoc On Demand Distance Vector)의 단순화된 버전을 사용한다.

3.1.2 ZigBee 프로파일

ZigBee 프로파일은 ZigBee의 근간을 이룬다. 디바이스들은 서로 인식할 수 있는 메시지를 교환함으로써 램프 켜기/끄기, 조명 컨트롤러에 조명 센서 측정값 보내기, 또는 재실 센서(Occupancy sensor)가 움직임을 감지한 경우의 경고 메시지 발송하기 등의 제어를 수행한다. 또 다른 예로 ZigBee 디바이스의 공통적인 작동을 정의한 디바이스 프로파일이 있다. 예를 들어 다른 네트워크 디바이스 및 이러한 디바이스가 제공하는 서비스들을 검색하고, 네트워크에 결합한 자율적인 디바이스의 기능에 의존적인 무선 네트워크가 있다. 이 디바이스 프로파일은 디바이스 및 서비스 검색을 지원한다.

ZigBee 사양은 디바이스 제조업체가 프로파일을 만들 수 있도록 허용하고 있기 때문에 독자적인 기능 구현이 가능하다. 하지만 ZigBee 얼라이언스는 이러한 독자적인 기능이 네트워크 내에서 다른 제조업체의 디바이스와 함께 동작을 방해해서는 안 된다는 입장이다. 즉, 독자적인 프로파일로 구현된 디바이스라고 해도 다른 네트워크에서 기본적인 기능 수행이 가능해야 한다는 것이다.

3.1.3 ZigBee 버전

2004년 12월 ZigBee ver1.0인 ZigBee-2004는 Beacon 및 Beacon-less mode를 지원하며, ZigBee ver1.0을 보완한 ZigBee-2006이 2006년 12월 발표 되었다. 또한 2007년 10월 발표된 ZigBee-2007은 Beacon-less mode만을 지원한다. ZigBee 버전간의 상호호환성으로 ZigBee-2004는 다른 ZigBee 규격과 프레임 구조 등이 많이 달라서 호환성이 없으며, ZigBee-2006은 ZigBee-2007과 일부만 호환이 가능하다. 또한 ZigBee-2006과 2007이 상호 접속하면 접속된 노드는 End device로만 동작한다.

ZigBee-2006에서는 여러 기기들을 하나의 그룹으로 설정해 한번의 작동으로 여러 개의 기기들을 동시에 제어할 수 있다. 또 작동중인 기기, 절전 상태의 기기 등 다양한 기기를 대상으로 한 통신이 가능해짐으로써 불필요한 메모리의 사용을 줄이고 ZigBee 제품을 구성하는데 있어 필요한 주변부품들의 비용을 절감할 수 있게 됐다. 새롭게 발표된 ZigBee-Pro는 ZigBee의 모든 기능을 최대화하고 대형 네트워크에 대한 사용의 용이성과 높은 레벨의 지원을 원활하게 해준다. 또한 대형 네트워크에 대한 지원을 개선한 네트워크 확장성과 긴 메시지를 분할해 다른 통신방식을 지닌 시스템과 상호작용을 할 수 있도록 메시지 분할 기능을 추가했다. 간섭 현상 발생시 채널들을 변경해주는 네트워크 기능, 대형 네트워크에 최적화된 기기 주소 관리 자동화 및 그룹 주소화를 가능하게 해주는 네트워크 관리 및 구성툴도 개발됐다.

ZigBee-2006과 ZigBee-2007(Pro)의 대표적인 차이점으로는

- 주소할당 방식과 주소 충돌 시 해결 방법
- Frequency Agility
- Many-to-One/Source Routing
- Multicast
- Fragmentation

등을 들 수 있다.

3.2 IEEE 802.15.5 네트워크 계층 프로토콜

IEEE 802.15.5[10]는 2004년 초에 정식으로 시작되었으며, IEEE 802.15.3/4 PHY/MAC 규격 위에 메쉬 네

트워킹 기능을 지원하도록 하는 것이다. 현재(2008년 5월)기준으로 첫 번째 recirculation이 시작되었으며, 내년 초 규격완성을 목표로 하고 있다. 주요 기능으로는 메쉬 네트워킹을 위한 라우팅 기능, 멀티캐스팅 기능, 신뢰성 브로드캐스팅 기능, 저전력 기능, end device의 이동성 기능 등이 있다.

IEEE802.15.5의 주소할당 방법은 초기에 PAN이 형성되면 일정한 시간 내에 단말 노드로부터 자신을 포함한 하위 노드의 노드 갯수 정보를 메쉬 코디네이터에게 전송하여 적당한 주소공간 확보를 위한 블록 주소할당을 한다. 주소할당이 모두 이루어지면 제한된 홉수 내에 Hello 프레임을 브로드캐스팅으로 교환하여 자신의 LST(Link State Table)을 형성한다. 이를 바탕으로 제한된 홉수 내에는 LST 테이블정보를 이용하여 최단 노드 라우팅이 가능하며 이를 벗어난 노드에 대한 라우팅은 블록주소 체계를 이용한 트리 기반 라우팅으로 데이터를 전달하게 된다.

3.3 IETF 6LoWPAN/ROLL

IETF 6LoWPAN(IPv6 over Low power WPAN) [11]에서는 USN(WSN)과 IPv6를 상호 결합하려는 움직임이 2004년부터 IETF를 중심으로 시작됐으며, 저전력 센서 네트워크 즉, LoWPAN에 IPv6를 적용하는 것을 주제로 하는 6LoWPAN WG(Working Group)이 설립돼 IETF 정기회의를 통해 표준화 작업을 진행하고 있다. 6LoWPAN은 IEEE 802.15.4 MAC/PHY 상위 계층에 IP와 TCP/UDP 등 기존 인터넷에서 사용하는 통신 프로토콜을 구현하는 것으로, 각 센서 노드는 IPv6 주소를 부여 받기 때문에, 외부에 있는 IP 네트워크 내의 호스트가 6LoWPAN 내의 센서 노드에 직접 접근해 통신할 수 있으며, 6LoWPAN 내의 센서 노드 또한 외부 IP 네트워크에 있는 호스트와 통신이 가능하기 때문에 인터넷과 센서 네트워크간 능동적 연계에 적합한 구조다. 그러나 IEEE 802.15.4에 바로 IPv6 패킷을 전송할 수 없기 때문에, 연계 계층을 추가로 둔다. 이 계층은 6LoWPAN 내에서 IPv6 패킷의 라우팅뿐만 아니라 단편화(fragmentation)와 재조립(reassembly) 등의 기능을 담당한다. 현재까지 2건의 RFC를 발간하고, 1년 넘게 re-chartering을 진행하고 있다.

ROLL(Routing over Low power and Lossy Networks) WG는 센서 네트워크에 L3 라우팅을 제공하기 위한 WG로서 70차 IETF 회의 BoF를 거쳐 71차 회의 (2008년 3월)에 새롭게 WG로 출범하였으며, 현재 IETF 내에서 개발해온 라우팅 프로토콜에 대한 센서네트워크로의 적용 가능성 분석 및 각 센서 네트워크의 주요 응용에 대한 라우팅 요구사항 수립을 1차 목표로 하고 있다.

4. 센서 네트워킹 기술 발전 전망

지금까지 센서 네트워킹 프로토콜의 여러 가지 관점에서 세부적인 사항들을 살펴보았다. 이번 장에서는 지금까지 살펴본 센서 네트워킹 기술들을 기반으로 USN 센서 네트워킹의 핵심 요소의 관점에서 이를 만족하기 위한 기술 발전 방향에 대하여 기술한다.

- (1) 전체 무선 센서 네트워크의 센서 노드 에너지 사용이 균형을 이루게 하여 센서 네트워크의 생존시간을 늘리는 저전력 라우팅 기술
- (2) 홉 수가 짧거나 혼잡하지 않은 경로를 선택하고 적은 전력을 소모하는 경로를 선택할 수 있는 알고리즘
- (3) 센서 네트워크 내에 IP 네트워크와의 연동을 위한 IP 라우팅 기술
- (4) 센서 네트워크의 구성 특성에 의하여 확장되는 노드 수에도 안정적으로 동작하기 위한 확장성
- (5) 무선 센서 네트워크의 성능 향상을 위하여 무선 링크 계층의 특성을 이용하여 네트워크 토폴로지 정보의 교환 없이 네트워크 계층과 하부 계층 정보를 통한 효율적이고 안정적인 cross-layering 라우팅 알고리즘 기술
- (6) 대량의 센서 노드가 필드에 배치될 때 스스로의 주소를 중복되지 않게 설정할 수 있는 동적 주소 할당 기술
- (7) 센서 네트워크 수명 연장과 사용 전력 및 데이터 전송 성공률과 밀접한 네트워크 토폴로지 제어 기술
- (8) 이동 노드와 이동 사용자의 이동 중 또는 이동

후에도 데이터의 안정적인 전송을 지원하기 위한 이동성 지원 기술 등이 필요하다.

5. 결론

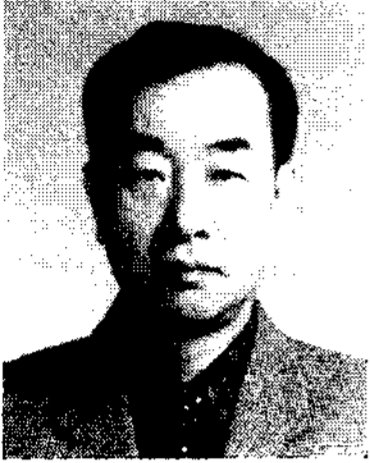
USN은 마이크로 컨트롤러, 무선 통신 모듈 및 센서가 결합된 초소형 임베디드 시스템으로 센싱 및 통신에 의한 다양한 서비스를 제공한다. 센서 노드에서의 센싱 데이터 처리, 센서 노드간 무선 통신을 위한 무선 센서 네트워킹 기술이 다양한 응용과 유비쿼터스 컴퓨팅 서비스를 제공하는 핵심 기술이다. 또한 USN은 세계적으로 표준화가 진행되고 있는 기술로, IEEE 802.15.4/5 표준과 ZigBee Alliance에 의해 센서 네트워크 기술은 모든 기반 산업에서 다양한 기술 개발과 응용 서비스 도출로 각광받고 있으며, 우리나라는 유비쿼터스 사회 건설을 위하여 RFID/USN 기술 산업을 지원하고 있다. 국내 USN 네트워킹 기술은 ZigBee 위주의 한정된 개발이 이루어지고 있는 상태이다. 본 기술동향에서는 국내외 USN 네트워킹 기술과 USN 네트워킹 기술의 발전 전망을 알아 보았다. 향후 다양한 USN 응용 서비스를 제공하기 위하여 USN 기술에 대한 원천 IPR 확보가 매우 필요하며, 이를 산업화에 적용하기 위한 기술의 확보가 매우 중요하다 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Jamal N. Al-karaki, Ahmed E. Kamal, "Routing Techniques In Wireless Sensor Networks: A Survey," IEEE Wireless Communications, Dec. 2004.
- [2] C. Intanagonwiwat, R. Govindan and D. Estrin, "Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks," Proceedings of the 6th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'00), August 2000.
- [3] W. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks," Proceedings of the 5th

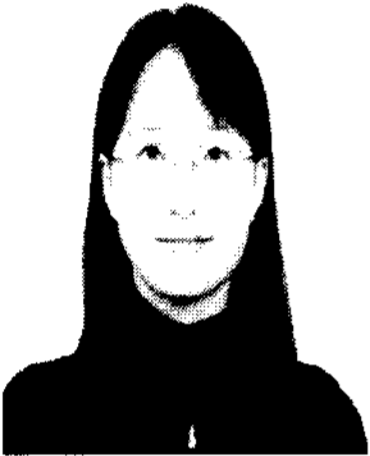
- Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'99), August 1999.
- [4] K. Sohrabi, et al., "Protocols for self-organization of a wireless sensor network," IEEE Personal Communications, Vol. 7, No. 5, pp. 16-27, October 2000.
- [5] W.R. Heinzelman, A.Chandrakasan, H.Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," HICSS 2000
- [6] A. Manjeshwar and D. P. Agrawal, "TEEN: A Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks," Proceedings of the 1st International Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing, April 2001.
- [7] Y. Yu, D. Estrin, and R. Govindan, "Geographical and Energy-Aware Routing: A Recursive Data Dissemination Protocol for Wireless Sensor Networks," UCLA Computer Science Department Technical Report, UCLA-CSD TR-01-0023, May 2001.
- [8] T. He et al., "SPEED: A stateless protocol for real-time communication in sensor networks," in the Proceedings of International Conference on Distributed Computing Systems, Providence, RI, May 2003.
- [9] <http://www.zigbee.org>
- [10] <http://www.ieee802.org/15/>
- [11] <http://www.ietf.org>

◎ 저 자 소 개 ◎



김 봉 수

1982년 홍익대학교 전자공학과 학사
1984년 홍익대학교 대학원 전자공학과 석사
1984년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원



황 소 영

1999년 부산대학교 전자계산학과 학사
2001년 부산대학교 대학원 전자계산학과 석사
2006년 부산대학교 대학원 전자계산학과 박사
2006년~현재 한국전자통신연구원 연구원



정 훈

1997년 전남대학교 전자공학과 학사
1999년 전남대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사
1999년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원



주 성 순

1980년 한양대학교 전기공학과 학사
1982년 서울대학교 대학원 전자공학과 석사
1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 박사
1983년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원, 팀장