
선박 내 무선 센서 네트워크에서 에너지 효율을 위한 클러스터링 및 라우팅 알고리즘의 구성

김미진 · 유윤식* · 장종욱

동의대학교 컴퓨터공학과

Configuration of clustering and routing algorithms for energy efficiency by
wireless sensor network in ship

Mi-jin Kim · Yun-Sik, Yu* · Jong-wook Jang

Department of Computer Engineering, Dong-Eui University

*Convergence of IT Devices Institute Busan, Dong-Eui University

E-mail : agicap@nate.com · ysyu@deu.ac.kr* · jwjang@deu.ac.kr

요 약

요즘 모든 분야에서 실세계의 상황정보 인지를 통해 전자공간과 물리공간을 결합할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 기반 기술을 사용하여 센서와 무선 통신 기술을 결합한 무선 센서 네트워크에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는 추세이다 또한 선박에서도 유무선 기술을 융합하여 지능형 선박에 적합한 Ship Area Network(SAN) 연구가 진행되고 있으나 다양한 유무선 네트워크 연동 SAN-브리지 기술, 이중 센서, 제어기기를 자율적으로 구성관리하거나 상호연동 원격제어 하는 자율 SAN 구성관리 기술 등의 필요성이 제기되고 있는 실정이다

선박에서의 모니터링 분야인 구조적 안전과 화물 관리를 위한 모니터링 외에도 선원을 포함한 모든 주변 환경을 안전하게 유지하는 것이다 이에 본 논문에서는 기후 변화에 대한 감지나 여러 구조물에 대한 온도, 압력 등의 모니터링 시스템을 효율적으로 설계하기 위해 무선 센서 네트워크에서의 에너지 효율을 이용한 라우팅 및 데이터 병합을 위한 기술 동향을 파악하고 자기 구성 클러스터링 방법을 분석하여 선내의 무선 센서 네트워크 구성에 대해 연구하였다

ABSTRACT

Today, In all fields, As combination of ubiquitous computing-based technologies between electronic space and physical space, has been active trend research about wireless integration sensor network between sensors and wireless technology. Also, but in ship is underway research about Ship Area Network(SAN) of intelligent ship to integrate wireless technology, ship is required SAN-bridge technology of a variety of wired, wireless network integration and heterogeneous sensor and interoperability of the controller and SAN configuration management technology of remote control. Ship keep safe of all the surrounding environment including crew besides structural safety and freight management monitoring.

In this paper, for monitoring design such as on climate change detection and temperature, pressure about various structures, there identify technology trends for routing and data aggregation to use energy efficiency in wireless sensor network. And to analyze self-organizing clustering method, study For wireless sensor network configuration in ship

키워드

Ship, In-Ship Wireless sensor Network, Hierarchical routing, Clustering, ZigBee, Energy efficiency

1. 서 론

컴퓨터와 인간과의 관계 변화에 초점을 두고 컴퓨터 환경의 진화과정을 보면, 현재는 유비쿼터

스 컴퓨팅 세대로, 모든 분야에서 실세계의 상황 정보 인지를 통해 전자공간과 물리공간을 결합할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 기반 기술을 사용하여 센서와 무선 통신 기술을 결합한 무선 센서 네트워크에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는 시점이다. 무선 센서 네트워크는 네트워크 인프라에 상황인지를 위한 다양한 센서 디바이스를 결합하여 감지된 환경데이터를 응용서비스서버와 연동하는 기술이다[1]

기본적으로 사람이 쉽게 접근할 수 없는 지역의 모니터링을 주요 목적으로 하고 있으며 센서를 이용한 대표적인 측정대상을 살펴보면 온도 습도, 물체의 움직임, 빛의 밝기, 압력, 토질, 잡음 레벨, 물체의 유무, 이동 방향 등이 존재한다 이런 다양한 종류의 센서들로 인해 그에 따른 응용 분야 역시 매우 넓다. 여기에 각각의 다양한 상태를 감시하는 작은 센서 노드들의 무선연결이라는 장점은 이를 이용한 많은 응용분야 창출의 가능성을 가지고 있다[2]

선박 내 통신에 있어서는 유무선 융합의 개념으로써 SAN(Ship Area Network)의 많은 연구가 현재 진행 중이다. 이는 전력선, Ethernet, Cable, 광 등의 유선 인프라와 ZigBee, Bluetooth, WLAN, UWB, RFID 등의 무선 기술의 유무선 네트워크의 연동으로 이루어진다 대체로 중소형 선박의 경우는 대부분이 유리섬유강화플라스틱으로 건조되고 있으며, 대형선박의 경우 구조의 대부분이 금속으로 이루어져 있기 때문에 LOS(Line of Sight)가 보장되지 않는 음영지역에서는 단일 홉이 아닌 멀티홉을 통해 라우팅이 이루어져야 하거나 센서노드들이 FFD(Full Function Device)로 구성되어야 한다.

또한, 센서 노드의 에너지 소모 중에 데이터 전송에 소모되는 에너지가 매우 크기 때문에 센서 네트워크에 사용되는 라우팅 알고리즘은 에너지 효율을 고려하여 설계되어야 한다. 인프라 환경이 없는 센서 필드에서 각 센서 노드의 수명은 전체 센서 네트워크의 수명을 좌우한다. 그렇기 때문에 무엇보다도 센서 노드의 수명을 연장시키고 전체 노드들이 균형적으로 에너지를 소비하는 것이 요구된다.

본 논문에서는 선박의 특성을 고려하여 선박의 바닥 및 천장, 연료 탱크, 청수 탱크, 밸러스트 탱크 등 선박 내의 여러 곳에 무선 센서 네트워크 통신을 하기 위한 Zigbee 네트워크를 구성하고, 센서 네트워크 노드의 에너지 효율을 높일 수 있는 자기 구성 클러스터 기반의 라우팅 알고리즘 구성에 대해 연구하고자 한다.

II. 관련연구

2.1 라우팅 프로토콜

기존의 무선 ad-hoc 네트워크를 위해 제안된 라우팅 프로토콜은 무선 센서 네트워크가 가지는

특성들로 인해 적용하기에 적합하지 않다. 그러므로 무선 센서 네트워크의 자가 구성적 능력 제한된 전력과 데이터 중심적 특성을 고려한 무선 ad-hoc 라우팅 기법이 요구된다[3-4]

무선 센서 네트워크에서 라우팅은 센서 네트워크의 전체적인 에너지소모량을 감소시키거나 모든 센서 노드들의 균일한 에너지 소비를 유도해야 하며, 특히 데이터가 집중되는 싱크 노드에 가까운 센서 노드들은 전송할 데이터의 양이 많아지기 때문에 에너지 소모가 많아지게 되는데 이를 극복하기 위한 연구들이 진행되어 왔다. 센서 네트워킹 기술을 네트워크의 구조에 의하여 평면 라우팅(Flat Routing)/ 계층적 라우팅(Hierarchical Routing)/ 위치기반 라우팅(Location-Based Routing) 프로토콜로 분류할 수 있다[5]

2.1.1 평면 라우팅 프로토콜

Direct Diffusion 방식은 질의(Query) 유포 및 처리 응용에 적합한 특성을 가지고 있으며 해당 응용에 대한 질의는 속성과 값의 쌍으로 구성되는 Interest로 표현된다. Interest는 싱크 노드에서 시작되어 네트워크 전체에 유포되어 데이터 요청 노드로 질의에 해당하는 데이터를 전송하기 위한 경사(Gradient)를 설정한다. 이때 다중경로를 통하여 요청 노드로 전송되는데 이는 전송 품질이 좋은 몇 개의 경로를 통해 데이터 전송이 이루어지게 하는 방식이다.

SPIN(Sensor Protocols for Information via Negotiation) 방식은 협상과 자원 적용에 의해 플러딩의 결함을 처리하기 위해 설계된 것이며 센서 노드가 데이터에 대해 광고하고 싱크 노드로부터의 요청을 기다리는 형태의 데이터 중심적 라우팅 방법이다. 이는 센서 노드가 데이터를 방송하는 대신에 센서 데이터를 기술하는 메타 데이터를 전송하여 보다 효율적으로 동작하고 에너지를 보존하도록 하는 방식이다.

SAR(Sequential Assignment Routing) 방식은 라우팅 결정을 위하여 각 경로에 있는 에너지 자원과 QoS와 각 패킷의 우선순위를 고려한다. 트리 구조의 다중 경로가 설정되어 특정 경로가 실패할 경우에도 경로 재계산을 위한 오버헤드가 없다는 특징을 가지고 있다.

2.1.2 클러스터링 기반 계층적 라우팅 프로토콜

클러스터 기반의 라우팅은 네트워크를 일정 규모의 지리적인 집합으로 나누어 그룹을 형성한 후 이 그룹 내에서 감지한 데이터를 수집한 후 데이터 병합을 수행하여 전송량을 줄인 후 싱크 노드로 최종 전송하는 방식이다. 이는 무선 센서 네트워크의 배치 및 동작의 특성상 밀집한 노드들은 상관관계가 높은 데이터를 감지할 수 있기 때문에 국부지역(local area)에서 이를 병합하여 줄임으로써 전체 네트워크의 전송량을 줄일 수 있는 에너지 효율적인 방법이다.

LEACH(Low Energy Adaptive Clustering

Hierarchy)방식은 클러스터 헤드가 클러스터의 멤버 노드들로부터 데이터를 수집하여 직접 싱크노드로 전달한다. 이방식의 특징은 네트워크에 있는 모든 센서 노드들에 에너지 소비를 공정하게 분산시키기 위하여 에너지 집약적인 기능을 하는 클러스터 헤드를 무작위로 순환시키고 전체적인 통신비용을 줄이기 위해 클러스터 헤드에서 클러스터내의 데이터를 모아 지역적으로 연합하는 방법이다.

TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol) 방식은 센서 노드들이 주기적으로 전송할 데이터를 가지지 않는다는 점을 제외하고 LEACH 방식과 유사하게 동작한다. TEEN 방식에서 센서 노드들은 클러스터 결정 시간에 클러스터 헤드가 방송한 임계값에 기반을 두고 현재 감지된 데이터를 전송할지를 결정한다. 이후에는 감지된 데이터의 값이 저장된 값보다 어느 정도 이상일 경우 저장하고 해당 시간 슬롯에 전송하게 된다.

2.2 ZigBee 기술

ZigBee는 저전력, 저가격, 사용의 편리성을 가진 근거리 무선네트워크의 대표적 기술 가운데 하나로 IEEE 802.15.4 표준의 PHY층과 MAC층을 기반으로 상위 프로토콜과 응용을 규격화한 기술로 원격제어 및 관리의 응용에 적합한 홈 오토메이션 등에 적용할 수 있다

IEEE 802.15.4 표준은 낮은 전력, 낮은 가격, 낮은 복잡도를 필요로 하는 저속 개인영역 네트워크(LR-WPAN)의 표준으로 알려져 있다. IEEE 802.15.4의 물리계층에서 주파수 대역에 대해 전체 27개 채널(2.4GHz 대역에서 16개 채널, 900MHz 대역에서 10개 채널, 868MHz 대역에서 1개 채널)에 대해 정의하고 있으며, MAC 계층에서는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 메커니즘을 이용하여 무선 채널을 액세스하는 것을 제어하고 있다 또한 IEEE 802.15.4에서는 FFD(Full Function Device)와 RFD(Reduced Function Device)의 두 종류의 장치를 정의하고 있다. FFD는 주변의 어떠한 장치들과도 통신을 할 수 있으며, 코디네이터(coordinator)나 일반 장치로 사용될 수 있다 RFD는 오로지 FFD와 결합하여 통신을 할 수 있는 단순한 장치이다.

ZigBee NWK(Network Layer)는 스타, 트리, 메쉬 토폴로지를 지원한다. 네트워크 디바이스는 다른 네트워크 디바이스의 메시지를 중계한다 스타 토폴로지에서는 ZigBee 코디네이터가 네트워크를 통제하는데 이 코디네이터는 네트워크 디바이스를 깨우고, 지속시키는 역할을 수행한다. 다른 모든 디바이스는 코디네이터와 직접 통신하는 최종 디바이스가 된다. 메쉬와 트리 토폴로지에서는 코디네이터는 네트워크를 시작하고 특정한 중요 네트워크 매개변수를 선택한다 또한 ZigBee 라우터를 통해 네트워크를 확장할 수 있다. 트리

네트워크에서 라우터는 계층 라우팅 방법으로 네트워크를 통해 데이터를 이동시키고 메시지를 제어한다. 트리 네트워크는 비콘 기반 통신을 사용할 수 있으며, 완전한 P2P(Peer to Peer) 통신을 지원한다. 클러스터 트리 라우팅은 beaconing multi-hop 네트워크에서 유용하게 활용이 되며 코디네이터와 라우터의 배터리 관리를 허용한다 또한 비콘 충돌 회피를 위하여 높은 지연을 견디어야 하며, 트리 라우팅을 사용하여야 한다. 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.

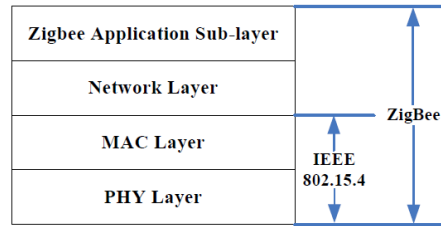


그림 1. ZigBee 프로토콜 스택

III. 선박 내 적용 분야

선박의 운항을 위해 선박 내에는 크고 작은 장비들이 배치되어 작동을 하고 있으며 특히 주기 관실의 펌프나 모터 등은 기관 동작을 위한 연료 공급, 냉각수의 급배수 및 탱크 조절 등에 관계하기 때문에 이상작동이나 고장 발생 시 큰 어려움을 초래할 수 있어 주요 설비에 싱크노드를 설치하여 필요 정보를 센싱하고, 이를 조타실의 미들웨어로 취합하여 운용모드에 따라 작업자의 PDA를 통해 알려주는 방식이 연구되고 있다

연료탱크, 청수탱크, 밸리스트 탱크 등에서 압력, 온도, 오염도 등의 체크와 운항 중인 선박의 경우 화재 시 외부의 도움을 쉽게 받을 수 없으므로 운항 시 화재의 위험성을 감지하여 미리 예방하는 작업이 필요하다. 또한 암초 등으로 인한 사고가 센서를 통해 감지되어 실시간으로 알려줌으로써 빠른 대비가 가능하다.

IV. 제안하는 알고리즘

(그림 2)는 일반적인 센서 네트워크의 구조를 보여주고 있다. 사용자가 서버에 원하는 질의를 입력하면, 서버는 그 질의를 모든 센서에게 전송하고, 각 센서는 질의를 받은 후 그 질의에 필요한 데이터를 측정해서 서버에 보내준다. 센서와 서버는 멀리 떨어져 있기 때문에 데이터는 센서

에서 서버까지 한 번에 전송되지 못하고 여러 센서들을 거쳐서 전송된다. 센서에서 서버까지 데이터가 전송되는 경로를 그리면, 센서 네트워크를 하나의 커다란 트리로 볼 수 있다 또한 이러한 구조는 분산된 데이터베이스 구조와 유사하다 이러한 센서 네트워크 환경은 각 센서의 전력 소비량을 체크 하지 않고 사용하기 때문에 네트워크 수명을 단축시킨다. 그래서 본 논문에서는 (그림 3)에서 볼 수 있듯이 각 센서 전력 소비량과 거리를 체크하여 네트워크 환경을 오랫동안 유지시킬 수 있는 시스템을 제안한다

기존의 네트워크 계층의 경로정보를 이용하여 한 프레임 동안 전력량 및 거리를 체크하게 함으로써 어느 한 노드에 대한 집중적인 전력 소모를 줄일 수 있고, 네트워크 계층의 평균적인 센서 전력 소비량으로 유지할 수 있게 됨으로써 균등하게 에너지를 사용할 수 있게 하였다.

처음에 지정된 센서에서 다음 센서들의 전력 소비량을 체크해 가면서 경로를 만들어 전송하고 만약 전력 소비량이 같은 경우에는 센서 간의 거리를 체크하여 다음 센서와의 통신을 하여 네트워크의 경로를 구성하여 전송한다 또한, 전송 노드 외의 곳은 모두 idle 상태로 두어 센서들의 전력 소비량을 최소화 할 수 있어 센서 네트워크간의 효율적인 에너지 관리가 가능할 수 있게 하였다.

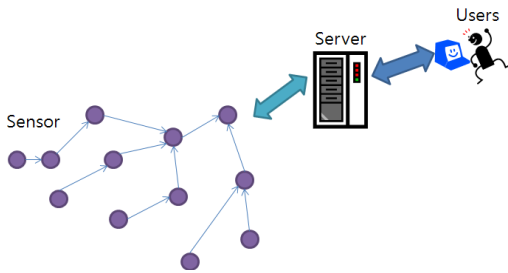


그림 2. 일반적인 센서 네트워크

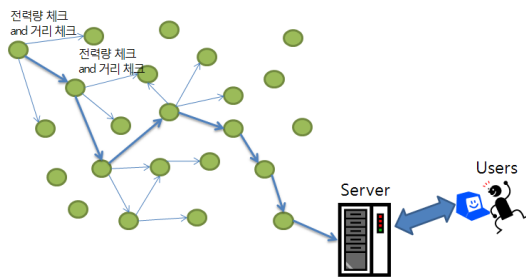


그림 3. 제안하는 센서 네트워크

(그림 4)는 IEEE 802.15.4 기반의 ZigBee 라우팅을 NS-2를 사용하여 구현하였다. 그림의 노드들은 이동성없이 고정되어 있다고 가정하였다 sink 노드는 0번 노드부터 시작해서 모든 노드들은 네트워크에 참여하게 되며 클러스터 트리 구조로 구성되게 하였다.

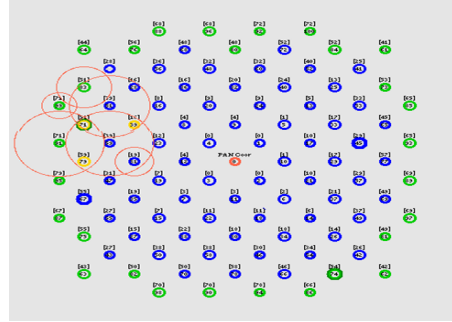


그림 4. NS-2로 구현된 센서 네트워크

V. 결론

본 논문에서는 선박의 특성을 고려하여 선박의 바닥 및 천장, 연료 탱크, 청수 탱크, 밸리스트 탱크 등 선박 내의 여러 곳에 무선 센서 네트워크 통신을 하기 위한 Zigbee 네트워크를 구성하고, 센서 네트워크 노드의 에너지 효율을 높일 수 있는 자기 구성 클러스터 기반의 라우팅 알고리즘 구성에 대해 연구하였다 아직 구현이 미흡한 점이 많아 계속 적으로 라우팅의 구성과 에너지 효율에 대해 테스트하는 중에 있다 더 정교하고 개선된 라우팅 알고리즘에 대한 연구가 더욱 진행 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부(정보통신산업진흥원), 부산광역시 및 동의대학교의 지원을 받아 수행된 연구결과임.(B1100-1101-0010, IT특화연구소"부산 IT융합부품연구소" 설립 및 운영)

참고문헌

- [1] M. Weiser, "Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing", Communications of the ACM, vol. 36, no. 7, Jul. 1993, pp.75-84.
- [2] 홍성화, 김병국, 엄두섭, "멀티홉 무선 센서 네트워크 환경에서 성능 향상을 위한 플러딩 레벨 클러스터 기반 계층적 라우팅 알고리즘, 한국통신학회 논문지 '08-03 Vol. 33 No. 3, p123
- [3] Ian F.Akyildiz et al., "A survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, Vol.40, No.8, Aug. 2002, pp.102-114.
- [4] Carlos de Moraes et al., "Mobile Ad-hoc Networking," In 20th Brazilian Symposium on Computer Networks., Short Course, 2002. pp.125-186.
- [5] 배정숙, 김성희, "무선 센서 네트워크에서의 라우팅 프로토콜", 정보통신연구진흥원(IITA), 2004