



한국정보과학회 컴퓨터시스템연구회

2010년도 동계 워크숍

2010년 1월 25일 - 1월 27일, 강원도 휘닉스파크 한화콘도

주최: 한국정보과학회 컴퓨터시스템 연구회

주관: 고려대학교 융합소프트웨어 전문대학원

포항공과대학교 이동단말 내장형 소프트웨어 연구센터

선문대학교 차세대 임베디드 SW 개발환경 연구센터

건국대학교 무인비행체 SW 융합연구센터

경북대학교 임베디드 소프트웨어 협동연구센터

후원: 로보빌더 (<http://www.robobuilder.net>)

미니로봇 (<http://www.minirobot.co.kr>)

SRC (Science Academy Robot Creation, <http://www.robotsrc.com>)

카이로봇 (<http://www.kairobot.co.kr>)

휴인스 (<http://www.huins.com>)

한백전자주 (<http://www.hanback.co.kr>)

프로그램

- 일시 : 2010. 1. 25(월) – 1.27(수)
- 장소 : 강원도 휘닉스파크 한화콘도
- 주최 : 한국정보과학회 컴퓨터시스템연구회
- 주관 : 고려대학교 융합소프트웨어 전문대학원
 포항공과대학교 이동단말 내장형 소프트웨어 연구센터
 선문대학교 차세대 임베디드 SW 개발환경 연구센터
 건국대학교 무인비행체 SW 융합연구센터
 경북대학교 임베디드 소프트웨어 협동연구센터
- 후원 : 로보빌더 (<http://www.robobuilder.net>) 미니로봇 (<http://www.minirobot.co.kr>)
 SRC (Science Academy Robot Creation, <http://www.robotsrc.com>)
 카이로봇 (<http://www.kairobot.co.kr>) 휴인스 (<http://www.huins.com>)
 한백전자(주) (<http://www.hanback.co.kr>)

1월 25일 (월)	
시간	프로그램
12:50 – 13:00	개회식 (사회: 김진수 교수)
13:00 – 15:00	Session 1: Cyber-Physical System 좌장: 이창건 교수 (서울대) – Cyber-Physical Systems: Introduction and Challenges / 신인식 교수 (KAIST) – New Frontiers in Wireless Sensor Networks: Heterogeneity and Mobility / 오성희 교수 (서울대) – CPS의 고신뢰 자율제어 핵심기술 개발 / 박승민 팀장 (ETRI)
15:00 – 15:15	Coffee Break
15:15 – 16:00	Keynote Speech 1 – ICT 진화 전망과 SKT 추진 방향 / 임종태 원장 (SK텔레콤)
16:00 – 18:00	Session 2 : 포스터 논문 발표 및 로봇 전시회
18:00 – 18:30	컴퓨터 시스템 연구회 총회
18:30 – 20:30	연회 (Banquet)

1월 26일 (화)	
시간	프로그램
9:00 – 11:00	Session 3 : Multi-Core Architecture 좌장: 김태현 교수 (서울시립대) – HyperX: Topology, Routing, and Packaging of Efficient Large-Scale Networks / 안정호 교수 (서울대) – Design of On-Chip Networks in Future Manycore Processors / 김동준 교수 (KAIST) – 실시간 ray tracing을 위한 멀티코어 연구 동향 및 ray tracing HW 설계 소개 / 박우찬 교수 (세종대)
11:00 – 11:15	Coffee Break
11:15 – 12:00	Keynote Speech 2 – 멀티코어 기반 CE 기기에서의 System S/W 이슈 및 동향 / 최종덕 전무 (삼성전자)
12:00 – 13:30	중식
13:30 – 15:30	Session 4 : Multi-core Software 좌장: 정성우 교수 (고려대) – A Software SVM Approach for Heterogeneous Accelerator Multicore Architectures / 이재진 교수 (서울대) – General Purpose Computing with GPUs / 한환수 교수 (성균관대) – Multi-core Programming Model for CE Devices / 서상범 상무 (삼성종기원)
15:30 – 15:45	Coffee Break
15:45 – 17:45	Session 5 : New Comers 좌장: 윤성로 교수 (고려대) – Hybrid System Emulation / 서태원 교수 (고려대) – Many-core system-on-chip architecture: memory & network-on-chip issues / 유승주 교수 (포항공대) – Bayesian decoding for intracortical neural interface systems / 김성필 교수 (고려대) – Greening Datacenters: Cutting-edge issues swirling around virtualization, multicores, and GPUs / 서의성 교수 (울산과기대)
1월 27일 (수)	
9:00-11:00	자유토론 : 차세대 컴퓨터 사회: 김진수 교수 (성균관대)
11:00-11:10	폐회사

EABR: 환경 적응 가능한 WBAN 라우팅 알고리즘

김의연[○], 김대영, 조진성
경희대학교 컴퓨터공학과
kimwy, kimdy, chojs@khu.ac.kr

EABR: Environment Adaptive WBAN Routing

Weeyeon Kim[○], Dae-Young Kim, Jinsung Cho
Department of Computer Engineering
Kyung Hee University

요 약

WBAN은 WPAN의 차세대 무선 기술로서 IEEE 802.15.6 TG BAN에서 2007년 11월부터 표준화를 진행하고 있다. WBAN은 인체의 내부, 외부 및 주변을 포함한 반경 3m의 좁은 환경에서 coordinator를 중심으로 medical device들과 CE device들이 혼재되어 서비스를 제공할 것이다. 또한 다양한 유비쿼터스 스마트 서비스를 제공하기 위하여 10Kbps ~ 10Mbps의 유연한 데이터 전송률을 제공하고, 인체 내부에서 안전한 통신을 위한 MICS대역과 ISM대역 등 2개의 PHY를 지원한다. 그러나 이렇게 다양한 특성의 WBAN device들의 라우팅을 위하여 기존 WSN 라우팅 프로토콜들을 사용하기에는 많은 문제점이 발생한다. 그래서 우리는 WBAN의 특성과 표준화 목표인 ultra low power, high reliable transmission에 적합한 라우팅 알고리즘을 제안한다.

1. 서 론

WSN와 같은 WPAN 기술들의 발전으로 healthcare 또는 lifecare와 같은 유비쿼터스 서비스가 제공될 수 있게 되었다. WSN은 IEEE 802.15.4를 기반으로 하며 수많은 tiny device로 네트워크를 구성하여 주변 환경을 모니터링하기 위해 사용된다. WSN의 device들은 극도로 제한된 자원을 가지고 동작한다. 그러나 향후 유비쿼터스 스마트 서비스를 제공하기 위해서는 제한된 자원을 가지는 device들의 저 전력만을 고려하여 네트워크가 설계되지 않는다. 유비쿼터스 스마트 서비스는 tiny device들을 이용한 주변 환경의 모니터링을 포함하여 다양한 event-driven device들도 사용될 것이다. 따라서 WSN의 기능만으로 스마트 서비스를 제공하는 데 어려움이 발생한다. 그래서 IEEE는 WPAN의 차세대 무선 기술로 Wireless Body Area Network (WBAN)을 설정하고 IEEE 802.15.6 TG BAN에서 2007년부터 표준화 작업을 진행하고 있다. WBAN은 신체를 중심으로 WSN 보다 좁은 지역(3m)에서 동작하며, 네트워크 전체를 관리하는 coordinator, 주로 신체 정보를 모니터링 하기 위해 사용되는 medical devices, 그리고 event-driven application을 위한 consumer electronics (CE) device로 구성된다. WBAN 표준은 근거리, 저 전력(ultra low-power), 고 신뢰성(high reliable transmission) 무선통신을 위한 표준화를 목표로 하고 있으며, 용도에 따라 전송속도가 수kbps ~ 수십 Mbps 사이의 유연한 데이터 전송률을 제공하며 의료용뿐만 아니라 비 의료용 분야에 활용될 것이다[1]. 의료용

은 체내에 이식되는 이식형(Implant)과 인체 주변에 부착하는 부착형(on-body) 장치에 활용되며, 비 의료용은 데이터 전달이나 게임 응용 등 다양한 엔터테인먼트 분야에 활용된다[1]. 이러한 서로 다른 특성을 가진 device들이 좁은 지역에 혼재한 WBAN의 특성 때문에, 기존의 WPAN 기술들과 구별된 WBAN의 routing 방법이 필요하다. 그래서 우리는 이와 같은 WBAN의 특성을 고려하고, 표준화 목표인 저 전력, 고 신뢰성을 지원 할 수 있는 환경 적응적 라우팅 기법 EABR을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대한 내용을 기술한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 Routing 기법을 기술하고 4장에서는 시뮬레이션을 통해서 성능을 평가하고 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론으로 논문을 마친다.

2. 관련연구

현재 WBAN은 PHY, MAC layer 위주로 표준화 진행 중에 있다. 그래서 본 장에서는 WBAN의 특징과 유사한 WSN의 대표적인 Flat based 라우팅 프로토콜들을 살펴보고 WBAN에 적용하였을 때 발생할 수 있는 문제점에 대하여 기술한다.

2.1 Directed Diffusion

Directed Diffusion은 Sink의 질의 방송에 기반을 둔 데이터 중심적 라우팅 기법으로 질의 유포 및 처리 응용에 적합한 특성을 가진다. Directed Diffusion의 동작 방식은 다음과 같다. 해당 응용에 대한 질의는 속성과 값의 쌍으로 구분되는 interest로 표현되며 interest는 sink node에서 시작되어 네트워크 전체에 flooding되고 source

“이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단 지원(No. 2009-0083992)과 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터지원사업(NIPA-2009-(C1090-0902-0002))의 연구결과로 수행된 연구임.”

node에서 sink node로 질의에 부합하는 데이터를 전송하기 위한 경사(gradient)가 설정된다. 이때 데이터는 다중 경로를 통해 요청 노드로 전송되는데 더 이상의 플러딩을 막기 위해 경로들 중 전송 품질이 좋은 몇 개의 경로들이 강화(reinforcement)되어, 강화된 경로를 통해 데이터 전송이 이루어진다[2]. 이러한 Directed Diffusion의 정보 검색 방법은 요청 노드가 일정 기간 동안 질의에 부합하는 데이터를 요구하는 지속성 질의(persistent query)에 적합하나 WBAN의 non-medical 서비스와 같은 event driven 형식의 일회성 경로 사용 형태의 데이터 전송 방법으로는 부적합 하다. 또한 device들의 특성을 고려하지 않은 라우팅으로 WBAN의 유연한 서비스들을 제공하기에는 문제가 발생한다.

2.2 EAR (Energy Aware Routing)

EAR은 Setup, Data communication, Routing maintenance의 세 가지 단계로 작동된다. Setup 단계에서는 Flooding을 통하여 라우팅 테이블을 생성하고, Data communication 단계에서는 각 노드 사이의 송수신 에너지와 잔존 에너지량을 고려하여 계산된 확률에 의해서 경로를 선택한다. Routing maintenance 단계에서는 지역적으로 비정규적인 Flooding을 통하여 경로를 유지한다[3]. 작동 방식은 Directed Diffusion routing 방식과 유사하나 Interest를 전송 할 때 중간 노드가 주변 이웃 노드에 남아있는 에너지와 송수신 에너지를 저장하여 sensing 정보를 전송할 때 이러한 정보를 이용하여 확률적으로 다음 노드를 결정 한다는 점이 다르다. 이런 방법을 사용함으로써 EAR은 Directed Diffusion 알고리즘과 같이 한 경로만을 계속 사용하여 특정 노드의 에너지를 고갈 시키지 않고 이웃 노드에게 골고루 전송함으로써 시스템의 수명을 최대한 늘릴 수 있는 알고리즘이다.

그러나 각 노드들의 특성을 고려하지 않은 균등한 에너지 사용은 WBAN의 유연한 서비스를 제공하기에는 한계가 있다. WBAN은 medical device와 non-medical device의 다른 특성을 고려한 routing이 필요 하지만 EAR을 적용 하면 하드웨어 제약 사항이 큰 medical device의 급격한 에너지 사용 및 위험성을 초래 할 수 있다.

3. 제안사항

2장에서 살펴보았듯이 WSN 라우팅 알고리즘들은 WBAN의 특성과 표준화 목표에 적합하지 않다. WBAN 환경에서 라우팅을 적용하기 위해서는 WSN 라우팅 알고리즘이 수정되거나 새로운 알고리즘이 필요하다. 그래서 우리는 WBAN의 특성에 적합하고, 표준화 목표인 저 전력(ultra low power), 고 신뢰성 통신(high reliable transmission)을 지원할 수 있는 새로운 라우팅 알고리즘인 EABR을 제안한다.

3.1 EABR (Environment Adaptive WBA Routing)

WBAN의 특성이 다른 장치들을 동등한 조건으로 라우팅을 하면 낮은 사양의 하드웨어를 갖춘 medical device들에게 치명적으로 불리한 상황이 발생할 수 있다. CE device의 높은 전송속도의 데이터가 저사양의 medical device를 relay node로 사용하여 데이터를 전송한다면, 이는 사용자에게 큰 위험을 줄 수 있고, 긴 수명이 유지되어야 하는 medical device에게는 최악의 상황이 될 수 있다. 그렇기 때문에 우리는 medical device의 에너지 소모를 최소화 하고 수명 및 안정성을 최대화 할 수 있는 알고리즘을 설계 하였다. EABR은 위와 같이 WBAN의 특성을 고려하며 WBAN의 표준화 목표인 ultra low power를 지원한다. 또한 high reliable transmission을 지원할 수 있는 노드 간 link 상태에 따른 error 경로를 회피하는 방안도 제안한다.

3.1.1 경로 설정

EABR은 데이터를 전송하고자 하는 source 노드가 sink node로부터 broadcast된 control message를 이용하여 가중치를 계산하고 계산된 가중치를 이용하여 경로를 선택한다. 가중치를 구하는 식은 수식 (2)와 같다.

$$f_d(h) = \sum_{i=1}^h \frac{d_i^2}{e_i(\%)} \quad (1)$$

$$f_w = \frac{d_u^2}{e_u(\%)} + f_d(u-1) \quad (2)$$

가중치를 계산하는데 이전 노드와의 거리(d_u^2)와 이전노드의 잔존 에너지양($e_u(\%)$)을 참고하는 이유는 다음과 같다. 노드가 데이터를 전송할 때 발생하는 에너지 소모량은 두 노드간의 거리의 제곱에 비례하기 때문에 데이터 전송 경로를 선택할 때 노드간의 거리가 가장 짧은 노드를 선택하여 데이터 전송 시 소비되는 에너지를 최소화한 경로를 선택한다. 또한 최상의 경로를 선택하여 그 경로만을 계속 이용한다면 데이터 전송 시 발생하는 에너지 소모량은 최소화 할 수 있으나 전체 네트워크 내에서 몇 개의 노드만 집중적으로 사용하기 때문에 수명을 다하는 노드들이 발생 할 것이다. 이러한 수명을 다한 노드로 인하여 네트워크내의 다른 노드들도 sink노드까지 라우팅 경로를 설정하지 못하여 네트워크가 분할되는 경우도 발생할 수도 있다. 그래서 EABR에서는 에너지 소비를 분산시켜 시스템 lifetime을 최대화 시켜주기 위해 각 노드의 에너지량을 고려하여 가중치를 계산한다. 이렇게 계산된 각 노드들의 가중치들을 이용하여 source 노드로부터 sink 노드까지의 누적된 합을 구함으로써 최상의 경로를 선택할 수 있다.

[그림 1]은 각 노드에서 라우팅 테이블을 생성하는 알고리즘이다. sink 노드 혹은 주변 노드로부터 컨트롤 메시지(M_u)를 받은 현재 노드(v)는 컨트롤 메시지를 전송한 이전 노드(u)와의 거리를 계산하고 컨트롤 메시지에 포함된 정보인 이전 노드의 잔존 에너지량과 이전 노드부터 싱크 노드까지의 누적 가중치를 이용하여 수식 (2)에 의한 가중치(f_w)를 계산한다. 계산된 가중치는 현재 노드

의 라우팅 테이블(RT_v)을 검색하여 컨트롤 메시지를 보낸 이전 노드의 정보가 없을 시 라우팅 테이블에 이전 노드의 정보를 가중치와 포함 하여 추가 한다. [그림 2]는 sink node로부터 컨트롤 메시지 M_i 를 broadcast하는 그림이다. 컨트롤 메시지 M_i 는 현재 노드의 잔존 에너지 양과 sink node부터 i 노드까지의 누적 가중치 값을 포함하여 broadcast 한다. 그러나 메디컬 장치는 control message를 broadcast 하지 않음으로서 경로 설정 시 relay node 역할을 방지한다.

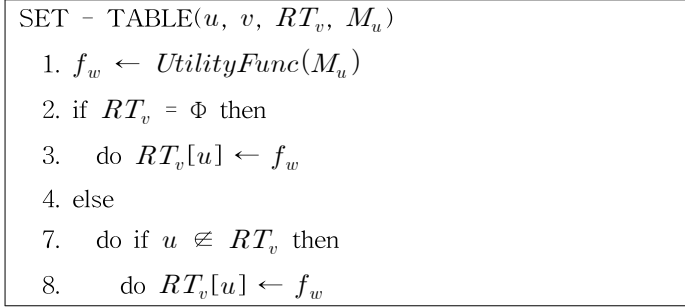


그림 1 Algorithm to set routing table in EABR

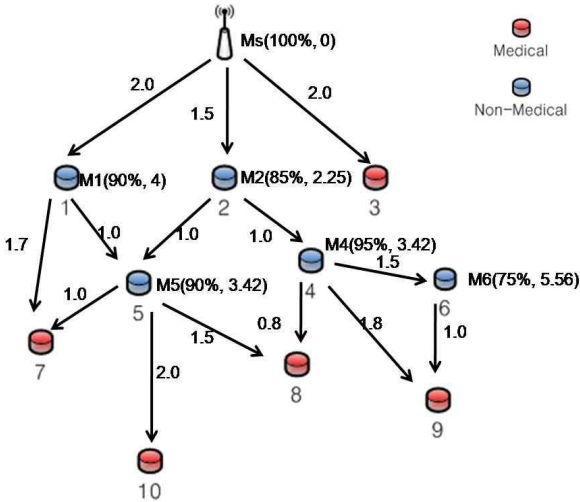


그림 2 control message broadcast

3.1.2 경로 회피

EABR은 link error이나 congestion 상황이 발생하였을 때 이상 경로를 회피하여 차선의 경로를 선택할 수 있는 방안을 제시한다. 이상 경로를 우회하기 위해서는 두 개의 모듈이 필요하다. congestion 상황이 발생하였을 때 발생한 노드에 flow를 보내는 child node들의 잔존 에너지 양을 비교하여 잔존 에너지가 가장 많은 노드에게 차선의 경로로 우회 할 수 있도록 control message를 보내는 역할의 Congestion Explore와 데이터 트래픽이 발생 했을 때 라우팅 테이블 내에 가장 작은 가중치를 갖고 link 상황이 안정된 경로를 선택할 수 있도록 하는 역할의 Path Selector이다. [그림 3]은 Congestion Explore의 알고리즘이다. Congestion Explore는 주기적으로 작동하며

congestion 상황이 발생하였는지 확인한다. 상황이 발생 하였다면 자신에게 데이터를 전송하는 child node의 수 (n)만큼 반복하며(line 3) 가장 많은 잔존 에너지양(F)을 가진 child node(N)를 선택하여 해당 노드에게 우회 할 수 있도록 control message를 전송 한다(line 9).

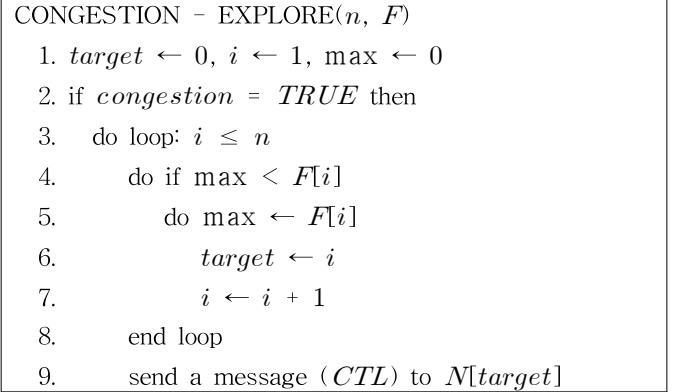


그림 3 Algorithm to Congestion Explore in EABR

[그림 4]는 Path Selector의 알고리즘이다. Path Selector는 장치에 데이터 트래픽이 발생했을 때 작동하며 최초 장치가 link error 상황이거나 Congestion Explore로부터 control message(CTL)가 도착 하였는지 확인한다(line 2). link error이나 congestion 상황이라면 라우팅 테이블(RT_v)내 해당 노드의 정보에 flag를 주고 (line 3) 자신의 라우팅 테이블 내의 가장 낮은 가중치를 갖은 노드를 선택하여 경로를 설정하고 데이터를 전송한다. 이러한 알고리즘에 의하여 불안한 link 상황 발생 시 별도의 control message broadcast 없이 좋은 link 상황을 갖은 최상의 경로를 선택 할 수 있다.

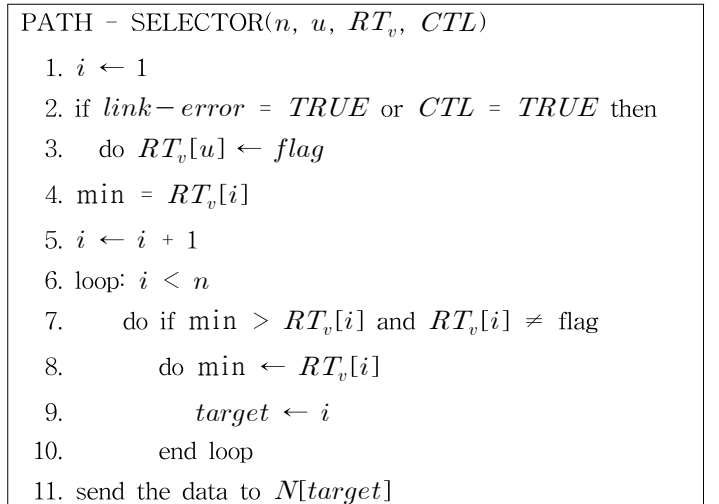


그림 4 Algorithm to Path Selector in EABR

4. 결과

WSN 라우팅 알고리즘 중 데이터 전송 시 가장 낮은 에너지 소모하는 경로를 선택하기 위한 hop count 기반 최단거리 알고리즘과, 장치들의 lifetime을 향상시키기 위

하여 각 장치의 잔존 에너지량을 고려한 EAR 알고리즘을 제안하는 알고리즘 EABR과 비교 하였다. 측정 방식은 WBAN 환경과 유사하게 medical 장치와 non-medical 장치 30개를 6m * 6m의 field에 무작위로 배치하여 장치의 수명과 전송 실패율을 측정하였다. 한번의 control message를 broadcast 한 후 5번의 데이터 트래픽을 발생시키는 것을 한 라운드로 정의하고 300라운드를 진행하였다. [그림 5]는 라운드 진행 당 생존한 노드의 개수를 측정한 그래프이다. medical 장치의 비율이 30%일 때 WSN 라우팅 알고리즘들은 FND(First Node Dies)가 약 60 round이다. 그러나 EABR의 FND는 약 160 round 이다. 이는 WSN 라우팅 알고리즘들은 medical 장치들이 non-medical 장치들의 relay node로 사용되었기 때문에 급격한 에너지 소모로 인하여 FND가 낮다. 그러나 EABR은 medical 장치들이 relay node로 이용되지 않기 때문에 높은 FND를 갖는다.

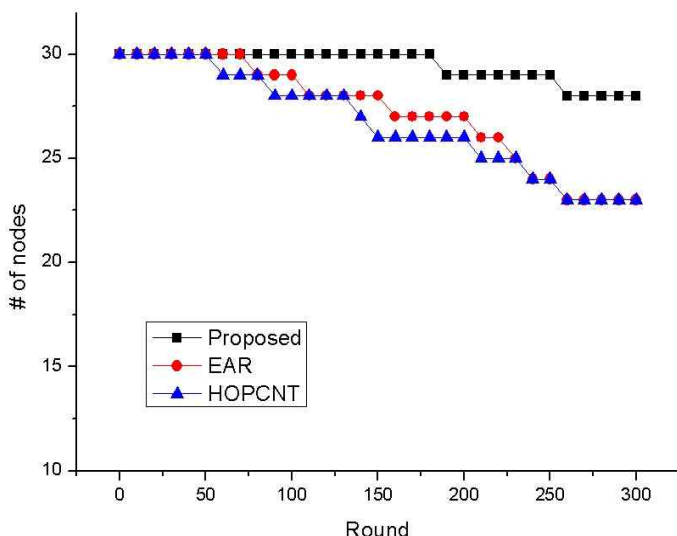


그림 5 알고리즘 별 디바이스의 생존 개수

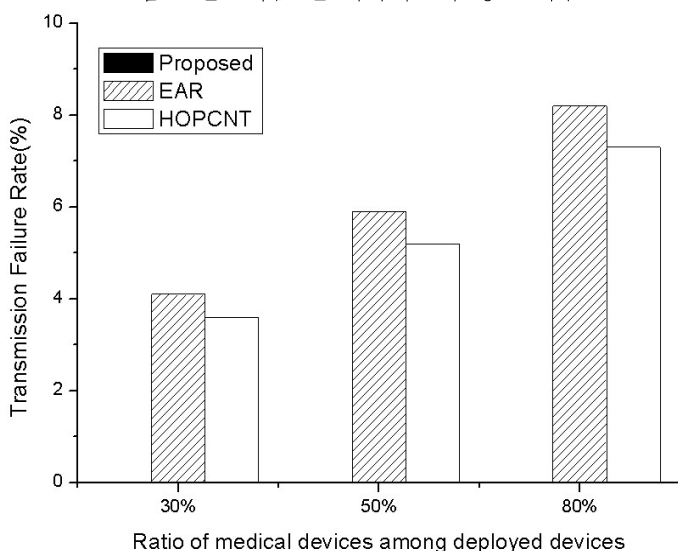


그림 6 각 알고리즘별 전송 실패율

[그림 6]은 각 알고리즘 별 전송 실패율이다. 필드내의 30개의 노드중 medical 장치의 비율을 30% ~ 80%로

변경하며 약 5%의 congestion 상황을 무작위로 발생 시켰다. 메디컬 장치의 비율이 높아질수록 전송 실패율이 증가하는 경우는 수명이 다한 장치들이 증가하며 경로가 단절되었기 때문에 link error 상황이 증가 한 것이다. 기존 WSN 라우팅 알고리즘은 link error상황이 발생하였을 때 control message 가 broadcast되기 전까지 data 전송 실패가 발생하는 반면, EABR은 상황 발생 시 바로 차선의 경로를 선택하여 데이터를 전송하기 때문에 전송 실패 경우가 발생하지 않았다.

5. 결론

현재 표준화 진행 중인 WBAN이 지원 할 수 있는 다양한 서비스를 지원하기 위하여 기존 WSN 라우팅 프로토콜의 적용으로는 많은 문제가 발생한다. 그래서 우리는 WBAN의 특성과 표준화 목표에 적합한 새로운 라우팅 알고리즘을 제안 한다. 제안하는 알고리즘인 EABR은 거리와 잔존 에너지량을 고려하여 전송 시 최소 에너지를 소모하고 네트워크의 수명을 최대화 시켜줄 수 있는 방안을 제시 하였다. 그리고 medical 장치와 non-medical 장치의 특성을 고려한 라우팅으로 저 사양 하드웨어 장치인 메디컬 장치의 수명과 안전성을 최대화 시켜 줄 수 있었고, link 상태가 불안할 때 그 경로를 회피하여 데이터를 전송 하는 알고리즘을 적용함으로써 고신뢰성의 통신에 적합하게 설계 하였다.

제안하는 알고리즘의 장점은 시뮬레이션 결과에서 보았듯이, 에너지 소모 최소화 하는 경로를 선택하고, 시스템 수명 최대화할 수 있는 경로를 선택함으로써 WSN라우팅 알고리즘들 보다 노드들의 수명을 증가 시켜 줬다. 또한 link error 상황을 회피하는 알고리즘으로 데이터 전송 실패율을 최소화 한 것을 볼 수 있었다.

6. 참고문헌

- [1] 남홍순, 이형수, 김재영, "WBAN 응용서비스 동향", 전자통신동향분석 제24권 제5호 2009. 10
- [2] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin, "Directed Diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks," Proceedings of ACM MobiCom '00, Boston, MA, 2000, pp.56-67
- [3] R. Shah and J. rabaey, "Energy Aware Routing for Low Energy Ad-Hoc Sensor Networks", in the Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference(WCNC), Orlando, FL, March 2002.
- [4] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>
- [5] <http://www.ieee802.org/15/>
- [6] 김학수, 조진성, "무선 애드혹 및 센서 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜 연구", 멀티미디어기술연구논문집, 제9권, 제1호, 2009.2.
- [7] Jin Wang, Jinsung Cho, Sungyoung Lee, "Hop-based Energy Aware Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks", IEICE Transactions on Communications, 2009
- [8] 이성협, 윤양문, 김도현, "IEEE 802.15.6 중심의 WBAN 국내외 표준화 동향", 한국통신학회지 제25권 제2호, 2008. 2
- [9] Holger Karl and Andreas Willig, "Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks"