

무선 신체 망에서 망의 생존시간을 보장하는 에너지 인지 망 구성 관리 기법

준회원 서수호*, 정회원 나재욱*, 종신회원 박종태*

Energy-Aware Configuration Management with Guaranteed Lifetime of Network in Multi-hop WBAN

Su-Ho Seo* *Associate Member*, Jae-Wook Nah* *Regular Member*,
Jong-Tae Park* *Lifelong Member*

요약

최근 유비쿼터스 헬스케어 서비스를 위한 무선 신체 망에 대한 연구가 IEEE 등을 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 무선 신체망은 전력제한 및 생체특성을 반영하여 멀티 홉 통신 기반의 부모노드 및 자식노드로 구성된 트리형태로 구성되는 경우가 많다. 이 경우 기존의 센서 네트워크와 달리 빈번한 신체의 움직임으로 망에 연결되어 있는 노드의 연결이 끊어질 가능성이 높으며 각 노드의 전력소모 제한으로 인해 각 노드에서 처리 가능한 노드 연결 수에 제한이 있다. 본 연구에서는 노드가 망과 연결이 끊어졌을 경우 노드가 전송할 패킷의 우선순위를 고려하여 QoS를 만족하면서 최적의 부모 노드를 선택하는 휴리스틱 알고리즘을 제안한다. 시뮬레이션을 통해 제안한 알고리즘의 성능분석을 하였으며 그 결과 본 연구에서 제안한 알고리즘이 망의 생존시간이 더 길다는 것을 확인하였다.

Key Words : Configuration Management, Wireless Autonomous Spanning Tree Protocol, Wireless Body Area Network

ABSTRACT

Recently, the study on wireless body area network for providing ubiquitous healthcare services has been actively done, including the standardization of the IEEE and others. Wireless body area network is usually configured in tree format using multi-hop communication mode due to the power limitation and the characteristics of human body. In this case, differently from existing sensor network, the wireless body area network tends to be disconnected due to the frequent movement of human body. The number of connections which can be supported at each node has some limitations due to the constraint imposed on power consumption. In this paper, we have proposed a heuristic algorithm for optimal selection of parent node with guaranteed QoS for a disconnected node, which considers the priority on packet transmission. Simulation has been performed to evaluate the performance of the proposed algorithm.

I. 서론

전세계적으로 사회가 급격히 고령화됨에 따라 만

성질환자 및 노령인구의 수가 증가하고 있고 이에 따라 의료지출이 급격히 늘어나고 있다. 이러한 의료지출을 줄이고 “언제, 어디서나” 이용 가능한 건

※ 본 연구는 지식 경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과 및 2단계 BK21 프로젝트로 수행되었음 (NIPA-2009-C1090-0902-0009).

* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 정보통신망 신기술 연구실 (shseo@ain.knu.ac.kr, jwnah@ee.knu.ac.kr, jtpark@ee.knu.ac.kr)
논문번호 : KICS2009-07-292, 접수일자 : 2009년 7월 13일, 최종논문접수일자 : 2009년 10월 1일

강관리 및 의료서비스를 위해 U-헬스케어 서비스 (Ubiquitous Healthcare Service)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

U-헬스케어 서비스는 신체의 생체 정보를 획득하고 원격 모니터링 하는 것이 기본적 기능인데, 생체 정보 획득을 위한 하나의 방법으로 무선 신체 망 (WBAN: Wireless Body Area Network)이 있다. WBAN은 인체를 기준으로 하여 인체내부 및 인체로부터 3 미터 이내의 무선통신으로 정의하고 있다. 즉 생체 센서에서 검출된 생체정보를 무선 신체망을 이용하여 사용자의 게이트웨이 (PDA, 노트북, PC 등) 까지 전송하여 사용자의 건강 상태를 원격에서 모니터링 할 수 있게 하는 것이다.

하지만 센서 노드는 소규모의 데이터 수용능력과 배터리 기반의 전력 소비 구조를 가지기 때문에 최소한의 전력을 소모하면서 QoS를 보장할 수 있는 방법이 필요하다. 센서네트워크에서 전력 소모에 대한 많은 연구가^{[1],[2]} 진행되어왔지만 WBAN 환경은 전통적인 센서네트워크와 다르다. WBAN의 센서는 신체내부에 위치 할 수도 있기 때문에 [3]에서는 신체내부의 생물학적인 속성과 안테나의 높이가 패킷 손실에 영향을 미친다고 기술하고 있다. 생물학적인 속성을 고려해야하는 신체내부에서 직접적인 단일 홉 통신은 높은 전파비용을 소모하여 배터리의 수명을 단축시킨다. 따라서 멀티 홉 통신 기반 무선 신체 망에서의 전력 소모에 대한 연구가 절실히 필요하다.

기존의 WBAN의 멀티 홉 통신에 관한 연구로는 (WASP, Wireless Autonomous Spanning tree Protocol), (CICADA, Cascading Information retrieval by Controlling Access with Distributed slot Assignment)가 있다^{[4],[5]}. WASP는 분산된 네트워크 환경을 위해 크로스 계층과 슬롯화된 프로토콜인 스페닝 트리 프로토콜을 사용하지만 신체의 움직임이 발생할 때 효율적인 에너지소모와 QoS를 제공하지 못한다. 이를 위해 Latre등은 WASP의 기능 확장 및 지연시간을 줄일 수 있는 저 지연 프로토콜 CICADA를 제안했다^[5]. 특히 데이터 처리를 제어 사이클과 데이터 사이클로 나눔으로써 모든 트래픽이 한 사이클안에 싱크노드로 도달 하게하였다.

그러나 WASP와 CICADA는 공통적으로 두 가지의 한계가 있다. 첫째 많은 지식노드가 새로운 부모노드에게 등록을 요구할 경우 센서노드의 제한된 에너지와 메모리로 인해 지식 노드의 연결 요청을 처리 할 수 없다. 둘째 신체의 움직임이 빈번하게

발생함에 따라 노드가 끊어 질 경우 끊어진 노드의 빠른 연결 설정이 어렵다.

본 논문에서는 WBAN에서 노드의 이동성을 보장하며 인간의 생명과 관련된 긴급한 생체 신호 패킷에 대한 종단 간 저 지연 및 균형적인 에너지 소모도 보장할 수 있는 휴리스틱 알고리즘을 제안하고 제안된 알고리즘에 대한 성능 분석을 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

나머지 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 WBAN의 TG6에서 제안하고 있는 망 구성 방법에 관한 관련연구에 대해서 알아볼 것이며 III에서는 예제를 통해 WBAN의 이동성으로 인해 문제가 될 전체적인 구조를 설명 및 기존 방식의 문제 제기 및 휴리스틱 알고리즘을 제안한다. IV장에서는 시뮬레이션을 통해 알고리즘의 성능을 평가하고 마지막으로 V장에서 본 논문의 결론을 내린다.

II. 관련 연구

WBAN환경에서 전력 소모의 이유는 토폴로지 및 자원할당 방법 때문이다. 먼저 토폴로지 같은 경우 환경에 맞게 어떤 토폴로지를 사용하느냐가 최고의 이슈이다. [6]에서는 Star, Mesh, Tree, Hybrid 방식으로 분류하고 있으며 표 1에서는 항목에 따라 장단점을 분류하고 있다.

표 1에서는 설명을 위한 3가지 심볼이 있는데 ‘O’는 비교항목을 완벽히 만족하며 ‘X’는 비교항목을 만족하지 않으며 ‘△’는 비교항목을 부분적으로 만족한다는 의미이다. 먼저, 조정 노드의 복잡성 측면에서 Mesh네트워크를 제외한 모든 망은 복잡하며

표 1. WBAN의 망 비교

항목	Star	Mesh	Tree	Star + Mesh
조정 노드의 복잡성	O	X	O	△
전력 소모량	중계 노드	O	△	O
	앞 노드	X		X
망 구성 쉬움	O	X	O	X
망 관리 쉬움	O	X	O	△
신뢰성 높음	X	O	X	O
기능적 동일성	X	O	X	X
제한된 범위	O	X	X	X
앞 노드 사이의 간접적 통신	O	X	O	O

Star + Mesh네트워크는 부분적으로 복잡하다. 전력 소모량의 측면에서는 Star, Tree, Star + Mesh네트워크는 중재노드의 에너지소모량이 많고 잎 노드의 에너지소모량이 적은 반면 Mesh 는 잎 노드와 중재노드의 에너지 소모량이 균등하게 소모된다. 예를 들면, Star, Tree, Star + Mesh는 노드를 관리하는 중재노드가 있으므로 중재 노드가 잎 노드보다 더 많은 노드가 연결되어 있으므로 에너지소모가 더 많이 발생한다.

또한 망 구성, 망 관리 측면에서 Star, Tree네트워크는 노드를 관리하는 중재노드가 있어서 쉽게 망을 구성 하고 관리 할 수 있지만 Mesh와 Star + Mesh네트워크는 구성 및 관리가 어렵다. 반면 신뢰성 측면에서는 안정된 망을 형성하고 있는 Mesh와 Star + Mesh네트워크가 더 높은 신뢰성을 제공하는 것을 볼 수 있으며 기능적 동일성 측면에서는 Mesh 네트워크를 제외하고 각 노드의 기능적인 부분이 동일하지 않은 것을 확인 할 수 있다. 마지막으로 제한된 범위의 측면에서 Star네트워크는 단일 홉 통신만 가능함에 따라 범위가 제한적이고 나머지는 멀티 홉 통신도 가능하므로 범위가 제한적이지 않으며 Mesh 네트워크를 제외하고 모든 네트워크는 잎 노드 사이의 간접적인 통신만 가능하다.

표 1의 모든 네트워크방식은 크로스 계층 접근이 아닌 라우팅 계층 접근 측면만 고려함에 따라 제어 사이클에서 슬롯 할당에 따른 노드의 작업 스케줄을 고려할 수 없다. 그로인해 에너지 낭비의 가장 중요한 이유인 충돌, 불필요한 수신 이 발생한다.

본 논문에서, 제안하는 알고리즘은 매체 접근 제어와 라우팅 접근을 동시에 다루는 WASP(Wireless Autonomous Spanning tree Protocol) 스키마, CICADA(Cascading Information retrieval by Controlling Access with Distributed slot Assignment) 스키마에 기반 하는 네트워크를 사용함으로써 더 높은 작업 처리량과 더 낮은 에너지 소모가 발생한다.

III. 시스템 모델 과 망 구성 관리 알고리즘

3.1 시스템 설명 및 가정

그림 1은 WBAN의 트리구조의 망에서 제스처에 따른 경로 선택 시나리오를 보여준다. 그림 1의 테이블은 각 노드의 남아있는 에너지 량과 패킷의 우선순위를 보여주고 있으며 U는 높은 우선순위, N은 낮은 우선순위를 나타낸다. 그림1에서 우리는 신체의 움직임에 의해 연결되어 있던 노드가 끊어 졌을

NODE	S	B	D	I	M	G	H	J	K	L
Power	100	20	20	30	40	30	40	30	30	30
Priority	N	N	N	N	N	N	N	U	N	U

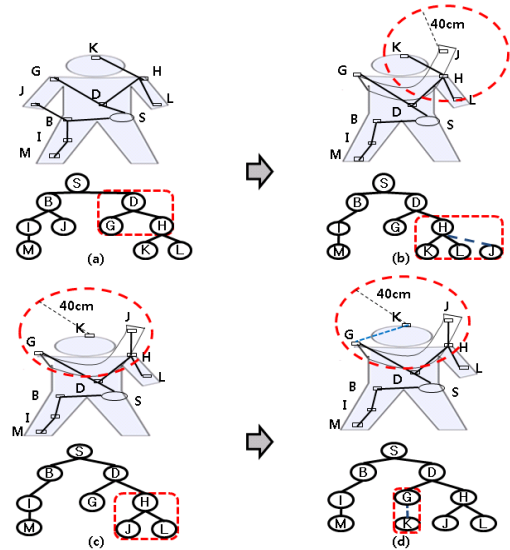


그림 1. 제스처에 따른 토폴로지 변화 (a) 초기 상태 (b) 과부하 상태 (c) H노드가 J, L 노드 선택 (d)K노드는 도달 가능한 각 부모노드에 연결하였을 때 남아있는 에너지 량의 표준편차가 가장 작은 G노드에 연결

때 도달 가능한 부모노드들 중에 가장 에너지 량이 큰 부모노드를 선택하는 망 구성 관리 알고리즘을 적용한다.

그림 1의 (a)는 WBAN의 초기의 망 구성을 보여주고 그림 1의 (b)는 노드 J가 제스처로 인해 끊어짐에 따라 새로운 부모 노드에 연결을 요청하는 상황을 보여준다. 여기에는 노드 J로부터 도달 가능한 세 개의 후보 부모 노드 H, K, L중 남아있는 에너지 량이 가장 큰 H노드에 연결을 시도하지만 노드 H는 이미 최대 할당 가능한 자식 수 2개를 등록하고 있으므로 자식 노드 중 하나는 연결이 끊어져서 다른 노드에 연결되어야 한다.

그림 1의 (c)는 노드 K의 연결이 끊어지고 우선 순위가 높은 노드 J가 노드 H에 연결되는 시나리오를 보여준다. 그림 1의 (c)와 (d)는 끊어진 노드 K가 자신의 위치에서 헬로 메시지를 통한 도달 가능한 부모노드를 발견하는 경우를 보여준다.

예를 들면, 끊어진 노드 K가 자신의 위치로부터 반경 40cm내에 위치해있는 노드 G, H, J로부터 헬로 메시지를 받고 K노드는 가상적으로 노드 G, I, H를 각각 선택한다. 각각의 가상으로 선택한 부모 노드에 따라 WBAN에 현재 연결되어있는 모든 노

드는 루트노드 방향으로 패킷을 한번 보내고 [7]를 통해 소모된 에너지 양을 계산한 후 그림1의 (d)와 같이 노드 K는 현재 WBAN에 연결된 노드의 남아있는 에너지 양의 표준편차가 가장 작은 노드 G를 선택한다.

본 논문에서, 중계노드는 자신의 자식 노드로부터 데이터를 수집하지 않고 각 노드의 패킷을 개별적으로 처리한다고 가정한다. 둘째, 각 노드마다 우선순위를 줘서 긴급한 패킷을 가지고 있는 노드는 우선순위가 높고 긴급한 패킷을 가지고 있지 않은 노드는 우선순위가 낮다고 가정한다. 셋째, WBAN에 연결되어 있는 노드는 신체의 걸거나 달리는 동작에 의해 끊어질 수 있다^[8]. 넷째, 현재까지 WBAN의 MAC 과 PHY계층의 표준화가 완료되지 않음으로 인해 제어 패킷과 데이터 패킷은 충돌하지 않는다고 가정한다.

3.2 문제 공식화와 휴리스틱 알고리즘

다중 홉 WBAN을 고려하면, 전체노드의 수가 n 인 일련의 노드의 집합은 $\{N_1, N_2, \dots, N_n\}$ 로 구성된다. $C(N_i)$ 는 노드 N_i 의 남아있는 에너지를 나타내며 신체의 움직임에 의해 노드가 끊어졌을 때, 끊어진 노드는 새로운 노드로의 연결을 만들기 위해 새로운 일련의 부모노드를 검색할 것 이다. 끊어진 노드가 새로운 연결 설립을 위해 노드 N_i 를 선택한다고 가정하면, $P(N_i)$ 는 노드 N_i 가 끊어진 노드로부터 하나의 패킷을 처리한 후 노드 N_i 에 남아있는 에너지 량이고 m 은 WBAN에 상호 연결되어 있는 노드 집합의 남아있는 에너지 량의 평균이다.

s 는 현재 상호 연결되어 있는 노드의 전체 수이고, $\delta_{r,p}$ 는 각 노드 쌍(r, p)를 위해 허락되는 최대 홉 개수이며 r 은 루트 노드, p 는 끊어진 노드의 후보 부모 노드들 중에 하나이다. $X_{i,j}^{r,p}$ 는 불리언 변수이며 노드 p 와 r 사이에 노드들이 위치해 있으면 $X_{i,j}^{r,p} = 1$, 그렇지 않으면 $X_{i,j}^{r,p} = 0$ 이다. 노드 쌍 (r, p)사이의 홉 수는 $\sum_{(i,j)} X_{i,j}^{r,p}$ 와 같이 수학적으로 표현되고 τ 은 루트노드 r 과 끊어진 노드 사이의 통신 지연을 의미하며 P_{ch} 는 부모노드의 자식 노드 리스트이며 P_L 은 끊어진 노드의 부모노드 리스트를 의미한다. 문제 공식에서는 WBAN에 있는 전체노드의 균형적인 에너지 소모가 발생한다는 것을 보여주기 위해 남아있는 에너지 량의 표준편차를 사용하며 보장된 QoS와 균형적인 에너지 소모를 제 공하기위한 목적함수는 아래와 같이 설명된다.

끊어진 노드로부터 도달 가능한 부모노드집합으로부터 수식(1)을 만족하는 하나의 부모 노드를 선택한다.

$$\begin{aligned} & \text{Minimizing: } \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^s (P(N_i) - m)^2}{s}} \\ & \text{Subject to: } \sum_{(i,j)} X_{i,j}^{r,p} \leq \delta_{r,p} \quad \forall p \in N; i < j, i \neq j \\ & \text{And } \tau \leq 100ms \end{aligned} \tag{1}$$

위의 문제는 정수 선형계획법을 사용하여 공식화되며 제약조건 $\sum_{(i,j)} X_{i,j}^{r,p} \leq \delta_{r,p}$ 는 최대 홉 수는 $\delta_{r,p}$ 보다 작아야 되며 제약조건 $\tau \leq 100ms$ 는 긴급 패킷의 지연은 TG6의 요구조건보다 더 작아야 된다는 것을 의미한다^[9]. 최적의 자식 노드의 수 μ 는 끊어진 자식 노드로부터 도달 가능한 부모노드의 집합에 수식(1)을 적용함으로써 구한다. 수식(1)의 정수 선형계획법은 [10]에서 NP-complete문제에 속하며 μ 의 최적의 값을 구하기 위해 균형적인 에너지소모와 저 지연을 보장하는 Fast_Path_Selection_Scheme을 제안한다. Fast_Path_Selection_Scheme은 아래와 같다.

```

Algorithm: Fast_Path_Selection_Scheme( $n, \mu, \delta_{r,p}$ )
/* 이 알고리즘은 긴급 패킷을 가지고 있는 노드에 따라 최적의 경로를 선택하는 방법을 제시한다 */
Begin
i,j = 1 /*초기화*/
단계(1) While(에너지 량이 0이 아니다){
단계(1-1) j = 1
단계(1-2) While((j++) < 9) { /* 끊어질 가망성이 있는 8가지 동작이 실행된다 */
단계(1-2-1) If 끊어진 노드 존재
단계(1-2-1-1) If 끊어진 노드가  $P_L$ 가 없다
단계(1-2-1-1-1) 부모노드에게 연결하지 않는다
단계(1-2-1-2) Else 가장 큰 에너지 량을 가진 부모 노드에게 연결 요청
단계(1-2-1-2-1) If 부모노드의 자식 수 <  $\mu$  && 부모노드의 홉 수 <  $\delta_{r,p}$ , 자식노드의 연결요청을 등록하고 자식노드와 부모노드 사이의 라우팅 테이블을 수정
단계(1-2-1-2-2) Else if  $P_{ch}$ 의 우선순위가 다름, 긴급 패킷을 가진 자식 노드를
    
```

등록

단계(1-2-1-2-2-1) If 긴급 패킷을 가지고 있지 않은 노드가 끊어짐, 모든 $P(N_i)$ 의 가장 작은 표준편차를 가지고 있는 부모노드를 선택하고 부모와 자식노드의 라우팅 테이블을 수정

단계(1-2-1-2-3) 상호 연결되어 있는 노드 집합의 에너지 소모량을 계산

단계(1-3) Else 평균 중단 간 지연을 계산 및 n 개 노드의 에너지 소모량을 계산

End

IV. 시뮬레이션 및 성능평가

시뮬레이션을 위해 그림 2와 같이 178cm 남자의 하나의 노드에서 다른 모든 노드로의 거리의 차이를 측정하였다. 또한 WBAN의 모든 센서는 50cm의 전파 범위를 가지고 있고 루트노드의 최대 에너지량은 0.003J이며 보통 노드의 최대 에너지량은 0.001J이라고 가정한다.

$E_{Tx}(k,d)$ 는 거리 d 에서 하나의 k 비트 패킷을 전송할 때 측정된 에너지 소모량이며 $E_{Rx}(k,d)$ 는 자신의 부모노드나 자식노드로부터 하나의 k 비트 패킷을 받을 때 소모된 에너지 량이다. $E_{Tx}(k,d)$ 는 $E_{else} \times k + fs \times k \times d^2$ 이고 $E_{Rx}(k,d)$ 는 $E_{else} \times k$ 이며 E_{else} , fs , k 는 각각 무선 전자, 전송 증폭기, 데이터 크기를 의미한다^[7]. 평균 중단 간 지연시간을 계산하기위해 기존의 다중 홉 센서네트워크에서 중단 간 지연시간을 측정할 통계적인 접근을 이용

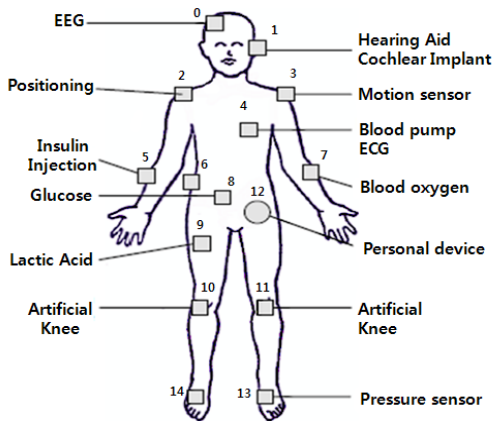


그림 2. WBAN에서 노드 ID

한다^[11]. 토폴로지의 재구성은 움직임에 의해 특정시간 동안 지속적으로 연결이 끊어졌을 경우에 발생하며 시뮬레이션에서는 끊어질 가망성이 있는 8가지 동작을 정의 하였다. 각 동작은 1분 단위로 바뀌며 한 개의 사이클은 8개의 동작으로 구성된다. 또한 한 동작이 바뀔 때 마다 현재 WBAN에 연결되어 있는 노드는 루트노드의 방향으로 하나의 패킷을 보낸다.

그림 3에서 생존시간은 루트노드 근처에 직접 연결 가능한 노드의 에너지 량이 다 소모되어 연결 가능한 노드가 하나도 없을 때로 정의한다.

그림 3은 에너지 량을 고려하여 부모노드를 선택함에 따른 망의 생존시간을 보여주며 끊어진 노드가 에너지 량이 가장 많은 부모노드를 선택하였을 때 WBAN의 생존시간이 더 길다는 것을 보여준다. 그 이유는 에너지 량이 큰 부모노드를 선택하였을 때 각 노드의 에너지가 균형적으로 소모되기 때문이다. 또한 그림 3에서 시간이 지남에 따라 에너지량의 표준편차가 증가하는 이유는 트리노드의 구조상 부모노드가 자식노드보다 에너지 소모를 많이 하기 때문이다. 반면 특정 시점에서 에너지 량의 표준편차가 줄어드는 이유는 에너지 소모가 상대적으로 많이 발생한 노드의 배터리수명이 다 되었기 때문이다.

그림 4와 5는 루트 노드의 위치, 긴급한 패킷을 가진 노드의 위치, 부모노드 선택하는 방법에 따라 평균 중단 간 지연 결과를 보여준다. 그림 4와 5을 통해 패킷에 대한 중단 간 지연시간은 부모노드가 보유하고 있는 에너지 량에 상관없이 WBAN TG6의 생체 정보 패킷의 지연 요구조건을 만족한다는 것을 알 수 있다.

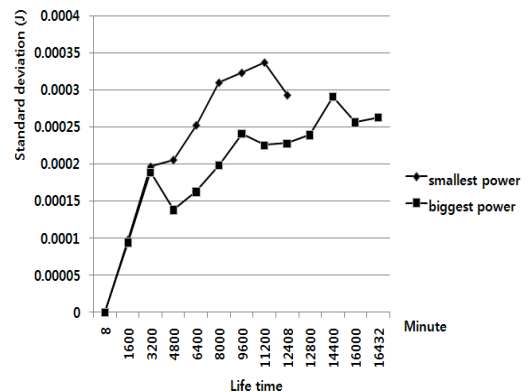


그림 3. 생존시간 vs. 남아있는 에너지 량의 표준편차

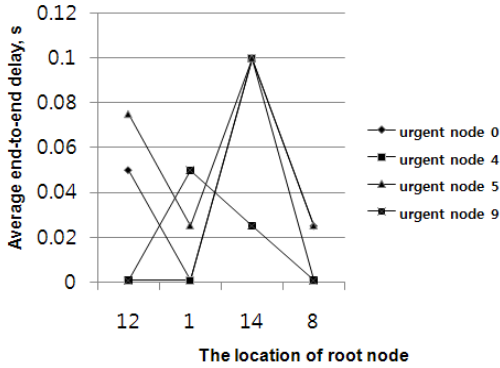


그림 4. 끊어진 노드가 가장 큰 에너지 량을 가진 부모노드를 선택할 경우에 평균 종단 간 지연

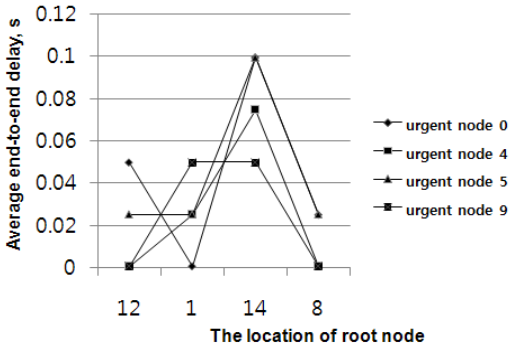


그림 5. 끊어진 노드가 가장 작은 에너지 량을 가진 부모노드를 선택할 경우에 평균 종단 간 지연

V. 결 론

본 논문은 QoS제약을 가진 WBAN에서 기존의 WASP, CICADA의 한계를 극복하기 위해 최적의 부모노드를 선택하기위한 휴리스틱 알고리즘을 제안한다. 제안된 휴리스틱 알고리즘의 남아있는 에너지량의 표준편차가 부모선택 방법에 따라 비교되었으며 제안된 휴리스틱 알고리즘의 생존시간이 더 길다는 것을 확인 할 수 있다. 또한 제안된 휴리스틱 알고리즘은 루트노드의 위치, 긴급 패킷을 가진 노드의 위치에 관계없이 WBAN TG6의 생체 정보 패킷의 지연 요구조건을 만족한다는 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] O. Omeni, A. Wong, A.J. Burdett, "Energy Efficient Medium Access Protocol for Wireless Medical Body Area Sensor Networks," *IEEE*

Trans. Biomedical Circuits and Systems, vol. 2, no. 4, 2008.

[2] Z. Zhang, M. Ma, Y. Yang, "Energy-Efficient Multihop Polling in Clusters of Two-Layered Heterogeneous Sensor Networks," *IEEE Trans. Computers*, vol. 57, no. 2, 2008.

[3] D. Kurup, W. Joseph, G. Vermeeren, and L. Martens, "Path loss model for in-body communication in homogeneous human muscle tissue," *Electron. Lett.*, 45, pp. 453-454, 2009.

[4] B. Braem, B. Latre, I. Moerman, C. Blondia, and P. Demeester, "The Wireless Autonomous Spanning tree Protocol for Multi-hop Wireless Body Area Networks," *Proc. Mobile and Ubiquitous Systems*, San Jose, California, pp. 1-8, July 2006.

[5] B. Latre, B. Braem, I. Moerman, C. Blondia, E. Reusens, W. Joseph, and P. Demeester, "A Low-delay Protocol for Multihop Wireless Body Area Networks," *Proc. Mobile and Ubiquitous Systems*, Philadelphia, pp. 1-8, Aug 2007.

[6] M. Patel, "Topological Considerations for BAN," *IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks*, 2008.

[7] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks," in *Proc. 33th Annu. Hawaii Int'l. Conf., System Sciences*, vol. 2, pp. 10-19, Jan. 2000.

[8] K. Y. Yazdabdiist and K. Sayrafian-Pour, "Channel Model for Body Area Network (BAN)," *IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, April 2009.

[9] Y. J. Kim, Y. W. Choi, H. S. Lee, J. Y. Kim, "Priority QoS Facility in the MAC layer for WBAN," *IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, 2008.

[10] J. Zhanfeng, and V. Pravin, "Heuristic Methods for Delay Constrained Least Cost Routing Using k-Shortest-Paths," *IEEE Trans. Automatic Control*, 51, (4), pp. 707-712, 2006.

[11] P. Jurcik, A. Koubaa, M. Alves, E. Tovar, and Z. Hanzalek, "A Simulation Model for the IEEE

802.15.4 Protocol: Delay/Throughput Evaluation of the GTS Mechanism,” in Proc. 15th Int’l. Symp., MASCOTS ‘07, pp. 109-116, Oct. 2007.

서 수 호 (Su-Ho Seo)

준회원



2008년 2월 동국대학교 컴퓨터 학부(공학사)
2008년 3~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부(석사과정)
<관심분야> U-healthcare networking, ubiquitous sensor network, wireless body area network

나 재 욱 (Jae-Wook Nah)

정회원



2001년 2월 경북대학교 농업경제학과(경제학사)/컴퓨터공학과(공학사)
2003년 2월 경북대학교 정보통신학과(공학석사)
2009년 2월 경북대학교 정보통신학과 (공학박사)

2009년 2월~현재 경북대학교 U-헬스케어 융합 네트워크 연구센터 Post-Doc. 과정

<관심분야> U-healthcare networking, control and management of next generation wireless and wired convergence network, ubiquitous sensor network

박 종 태 (Jong-Tae Park)

중신회원



1978년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사)
1981년 2월 서울대학교 전자공학과(공학석사)
1987년 8월 Univ. of Michigan, EECS(공학박사)
1989년~현재 경북대학교 전자공학과 교수

2000년~2003년 IEEE Technical Committee on Information Infrastructure(TCII) 의장

1988년~1989년 삼성전자 컴퓨터시스템 사업부 수석연구원

1987년~1987년 미국 AT&T Bell 연구소 연구위원

1984년~1987년 미국 CITI 연구원

<관심분야> U-헬스케어, 이동통신, 통신 소프트웨어, 차세대 통신망운용, 네트워크 보안