

WBAN과 FANET 융합 기반의 효율적인 신체 데이터 전송 방법 분석

하일규*

Analysis of Efficient Health Data Transmission Methods based on the Fusion of WBAN and FANET

Il-Kyu Ha*

Department of Computer Engineering, Kyungil University, Gyungsan 38428, Korea

요 약

FANET은 무인 항공기들로 구성된 애드혹 네트워크로서, 무인 항공기 간의 데이터 전달을 위해 3차원 상에 형성된 네트워크이다. 현재까지 이루어진 대부분의 FANET 활용에 대한 연구는 무인항공기에 장착된 카메라 센서를 활용하여 지상으로부터 데이터를 수집하고, 이를 전달하고 처리하여 특정한 목적에 활용하는 것이다. 하지만 인간 신체 영역의 데이터를 수집하고 이를 FANET을 통해 전달하는 WBAN과 FANET의 융합에 관한 연구는 아직 많이 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 데이터 전달을 위한 통신체계가 잘 갖추어져 있지 않은 도서 또는 오지 지역에서 활동하는 사람들의 인체 데이터를 수집하기 위해 WBAN을 구성하고, 수집된 데이터를 FANET을 통해 전달하는 체계를 연구한다. 특히 WBAN과 FANET의 융합 네트워크에서 신체의 응급데이터를 전달하기 위한 가능한 데이터 전달 방법을 분석하고, 효율적으로 데이터를 전달할 수 있는 전송 모델을 제안한다.

ABSTRACT

FANET is an ad hoc network formed among the unmanned aircraft in the three-dimensional space for data transfer. Most of the research on FANET application has focused on the use of the camera sensor mounted on the unmanned aircraft to collect data from the ground, and process and delivery of the data for a specific purpose. However, the research on the fusion of WBAN and FANET that collects the data of the human body and passes through the FANET has not been studied much until now. Therefore, in this study, we study the data transmission system that collects the human body data of people working in the areas that are vulnerable to communication difficulties and passes the collected data through the FANET. In particular we analyze the possible methods to transfer the emergency data of the body in the fusion network of WBAN and FANET and provide a data transfer model that can be transmitted most efficiently.

키워드 : WBAN, FANET, 무인항공기응용, 재해 모니터링, 건강데이터 모니터링

Key word : WBAN, FANET, Unmanned Aerial Vehicles, Disaster Monitoring, Health Data Monitoring

Received 16 September 2016, Revised 20 September 2016, Accepted 19 December 2016

* Corresponding Author Il-Kyu Ha(E-mail: ikha@kiu.kr, Tel:+82-53-600-5564)

Department of Computer Engineering, Kyungil University, Gyungsan 38428, Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkice.2017.21.2.386>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

최근, 웰빙(Well-being) 시대를 맞아 건강에 관심을 가지면서 과학기술을 건강증진에 이용하려는 노력이 증가하고 있다. 그 예로 신체에 건강상태를 측정할 수 있는 다양한 센서를 부착하고, 그로부터 다양한 건강상태를 모니터링하고자 하는 노력이 진행되어왔다. 이와 같이 신체에 다양한 센서를 부착하여 네트워크 형성하고 데이터를 수집하고 전달하는 체계를 WBAN(Wireless Body Area Networks)이라 한다[1].

이천년 초부터 평면적인 2차원적 네트워크에서 벗어나 3차원 공간을 활용한 네트워크에 대한 관심이 증가하면서 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle)를 활용한 네트워크 기술이 발전하여 왔다. 현재는 무인항공기의 한 종류로 드론(Drone)을 다양한 응용분야에 활용하려는 시도가 있다[2]. 특히 여러 대의 무인항공기를 이용하여 네트워크를 형성하고 데이터를 수집하고 전달하려는 FANET(Flying Ad hoc NETWORKS)에 대한 연구가 활발히 진행 중이다[3].

한편, 점차 다양해지고 있는 현대인의 산업 활동 및 여가 활동이 네트워크가 잘 이루어지지 않는 산악(山岳), 오지(奧地) 또는 도서(島嶼)지대에서 이루어질 경우가 많다. 이러한 상황에서 혹시 일어날 수 있는 비상 상황에 대처하고 인명 재해를 방지하여 안전을 확보하는 일은 매우 중요하다. 본 연구는 WBAN과 FANET의 협력 네트워크 기술에 관한 연구로서 그림 1과 같이 네

트워킹이 취약한 지역에서 활동 중인 근로자나 활동인의 신체 상태를 WBAN을 통해 수집하고 이를 FANET을 통하여 전달하는 체계와 방법을 연구하고자 한다. 특히 WBAN과 FANET의 협력을 기반으로 인체 데이터를 효율적이고 안정적으로 전달할 수 있는 방법을 분석한다.

II. 관련 연구

2.1. WBAN에 관한 연구

WBAN은 신체의 정보를 송수신하기 위해 구성된 네트워크이다. 그 응용분야는 데이터를 수집하기 위한 센서를 신체의 어디에 부착하는가에 따라 in-body(신체내부) 응용, on-body(신체표면) 응용, on-body 비의료 응용 등으로 구분한다 [1, 4, 5].

WBAN은 신체 데이터의 통신 영역에 따라 intra-body 통신과 extra-body 통신으로 구분하기도 한다[6]. 그림 2와 같이 intra-body 통신은 신체의 범위에 한정된 통신을 말하는 것으로, 신체상에 있는 센서들 사이에 정보를 주고받는 통신을 말한다. intra-body 통신 영역에서는 MAC 프로토콜, 라우팅(Routing) 프로토콜을 중심으로 채널 측정(Channel Measurements), 적절한 HW/SW 아키텍처 등이 연구되고 있다[7-9]. extra-body 통신은 신체의 장치와 외부의 네트워크 간의 통신을 말하는 것이다. 개인의 신체 정보가 외부 네트워크

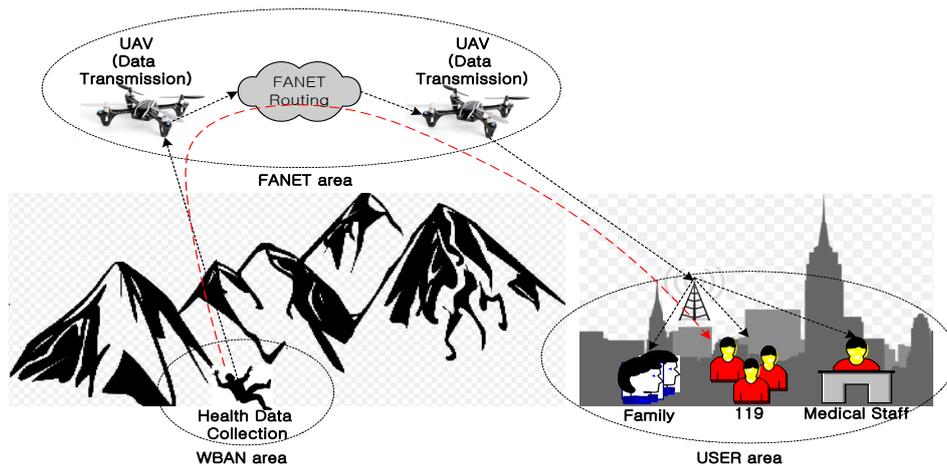


Fig. 1 Collaborative networking of WBAN and FANET for disaster prevention monitoring

를 통해 전달되고 의료진 등 다양한 이용자에 의해 이용되는 것이다. WBAN 내에서의 효과적인 데이터 전달 방법은 이전의 여러 연구[10-12]에서 진행되어 왔다.

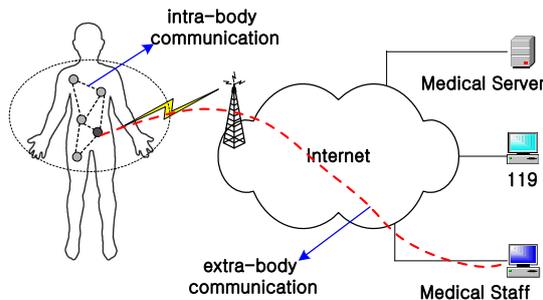


Fig. 2 Intra-body communication and extra-body communication

2.2. FANET에 관한 연구

한편으로, FANET은 무인항공기(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)를 활용하여 애드혹 네트워크(Ad Hoc Networks)를 구성한 것이다[13]. FANET은 MANET (Mobile Ad-Hoc Networks)과 VANET(Vehicular Ad-Hoc Network)에서 발전된 것으로 MANET과 VANET의 한 부류라고 할 수 있다. FANET은 임무수행 시간의 단축, 유지비용의 절감, 무인항공기 추가를 통한 통신 영역 확대의 용이함, 하드웨어 고장에 강한 내구성 등의 장점 때문에 다양한 분야에 활용되고 있다. FANET에 관한 연구는 무인항공기 간의 데이터 전달을 위한 라우팅(Routing) 방법을 다루는 네트워킹 모델(Networking Models)에 관한 연구가 핵심을 이루고 있다[14].

이를 위하여 대표적인 MANET 라우팅 방법이 FANET에 적용되어 연구되고 있지만, FANET 특유의 통신 환경 때문에 직접 FANET 환경에서 이용될 수 없고, 고유한 통신 환경을 고려한 새로운 라우팅 방법이 연구되어야 한다. 현재 연구되고 있는 FANET 라우팅 방법은 Static 프로토콜, Proactive 프로토콜, Reactive 프로토콜, Hybrid 프로토콜 등으로 분류할 수 있다 [15, 16]. Static 프로토콜은 임무 수행 전에 무인항공기에 정적인 라우팅 정보를 테이블에 입력하는 형태로, 비행 동안에는 정보가 업데이트 되지 않는 단순한 형태이다. Proactive 프로토콜은 테이블 중심(Table-driven)의 라우팅 방법으로서 무인항공기들의 위상(topology)이 바뀌면 테이블이 업데이트되는 형태다. 위상이 자

주 바뀌는 FANET 환경에서는 비교적 적용하기 힘든 라우팅 방법이다.

Reactive 라우팅 프로토콜은 on-demand 방식의 프로토콜로 두 노드 사이에 통신이 없으면 경로 정보를 저장할 필요가 없는 형태로 통신 요구가 있을 때 경로를 설정하는 형태이다. DSR(Dynamic Source Routing), AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector) 프로토콜 등이 이러한 형태이다. 한편으로 Hybrid 프로토콜은 Proactive 프로토콜과 Reactive 프로토콜을 결합한 형태이다. 이 방식은 Proactive 프로토콜에서의 제어 메시지 오버헤드를 줄일 수 있고, Reactive 프로토콜에서의 초기 경로 설정 지연을 감소시킬 수 있는 방법이다. ZRP (Zone Routing Rotocol), TORA(Temporarily Ordered Routing Algorithm) 프로토콜 등이 연구되고 있다.

FANET의 응용분야는 화재감시, 교통감시, 농업활용, 도로인식, 환경감시 등을 포함한다 [17-21]. 이러한 연구는 대부분 시각적인 정보를 수집하고 활용하는 형태로, 무인항공기에 카메라 센서를 부착하고 지상으로부터 지형, 사물형태, 색상 등의 데이터를 수집하고 가공하여 이를 해당 목적에 활용하고 있다. 또한 기존의 무선 센서네트워크(Wireless Sensor Networks)를 확장하여 무인항공기를 활용하여 지상의 흩어진 센서로부터 데이터를 수집하는 형태의 연구가 최근 시도되고 있다[22].

하지만, 신체의 영역을 기반으로 구성되는 WBAN 으로부터 데이터를 수집하고 수집된 데이터를 FANET 을 통해 전달하는 형태의 연구는 아직 많지 않다[20]. 따라서 본 연구는 신체의 특정한 데이터를 수집하기 위해 WBAN을 구성하고 수집된 데이터를 무인항공기를 통해 최적의 에너지 사용으로 전달하는 WBAN과 FANET을 융합한 네트워킹 체계를 연구하고자 하는 것이다.

III. WBAN과 FANET의 융합 네트워크에서 효율적인 데이터 전송 방법 분석

3.1. WBAN과 FANET의 융합을 위한 데이터 전송 체계

WBAN과 FANET의 융합을 위한 데이터 전송 체계는 그림 3과 같이 intra-WBAN, WBAN-FANET 그리고 intra-FANET 등 3개 영역으로 구분할 수 있다.

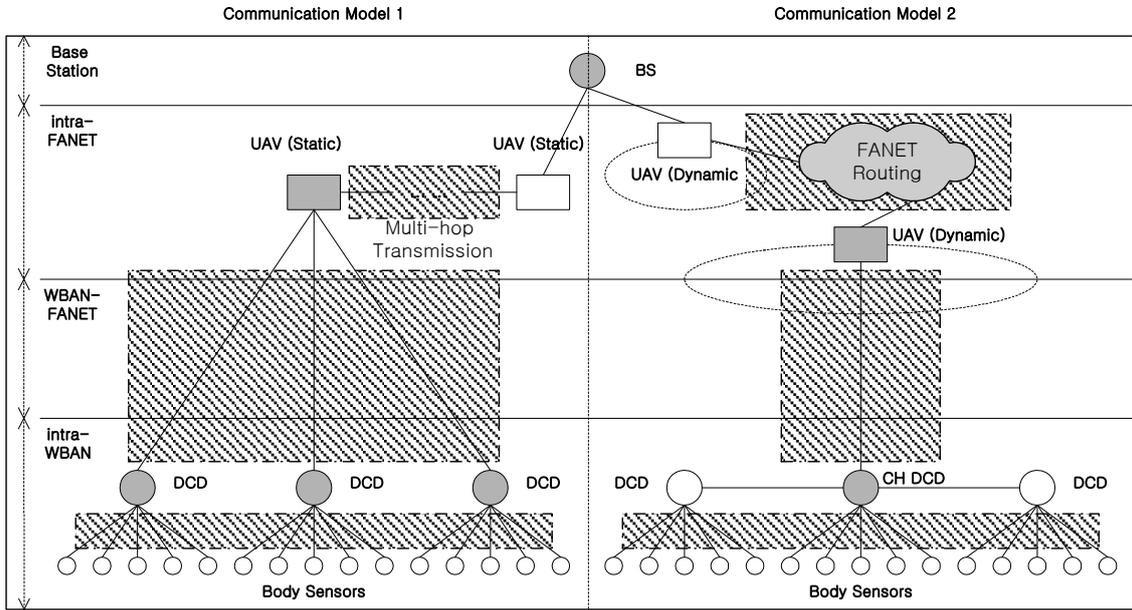


Fig. 3 Data transmission system for the fusion of WBAN and FANET

intra-WBAN 영역은 신체의 영역에서 데이터를 수집하고 수집된 데이터를 선별하여 FANET으로 전달하는 역할을 한다. WBAN-FANET 영역은 WBAN 영역과 FANET 영역의 연결 영역이다. intra-FANET 영역은 WBAN으로부터 전달 받은 데이터를 무인항공기를 이용하여 원격지로 전달하는 영역이다. 네트워크 계층의 데이터 전달을 중심으로 각 영역에서의 주요 데이터 전달 모델을 설명한다.

3.2. Intra-WBAN 영역

Intra-WBAN 영역은 신체의 데이터를 신체의 영역에서 수집하는 통신 영역이다. 본 연구에서 intra-WBAN 영역에서 집중하고자 하는 것은 전송되는 데이터의 양이다. 전송되는 데이터의 양을 줄이며 전송할 수 있는 방법은 표 1과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 데이터수집장치(DCD, Data Collection Device)가 일정한 문턱값 이상의 데이터만 선별하여 전달하는 방법이 있다. 신체에서 발생하는 데이터의 양은 방대하므로 이 모든 데이터를 전달할 수는 없다.

따라서, 데이터를 수집하여 이로부터 의미있는 값 이상의 정보인가를 판단하여, 의미 있는 값 이상일 경우에 전달하는 방법이다.

둘째, 고정된 시간 간격을 이용하여 일정한 주기마다 데이터를 샘플링하여 전달하는 방법이다. 10초, 30초, 60초 등 고정된 시간 간격에 따라 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 FANET 영역으로 전달하는 방법이다. 단순하면서 구현하기 쉬우나, 간격이 클 경우, 긴급을 요하는 데이터를 적시에 파악하지 못하는 단점이 있다.

Table. 1 Data transmission methods in intra-WBAN area

method	feature	strengths	weakness
Selection Transmission	· transfer the value only greater than the threshold	· can select only some meaningful data	· more complicate and needs some best threshold values.
Periodic Transmission	· take sample data and transfer the data at regular interval	· Simple, easy implementation	· in case of long interval, it can not catch data in time

Table. 2 Data transmission methods in WBAN-FANET area

method	feature	strengths	weakness
Direct Transmission	· transfer data directly from DCD to UAV of FANET	· Simple, easy implementation · is suitable to small numbers of DCDs	· has much loads to the data collection of UAV · need some scheduling techniques to prevent the collision between DCDs
Clustering (use of Cluster Header)	· CH gathers some data from DCDs and transfers the data to UAV of FANET	· UAV need not a scheduling method for transmission control between DCDs · decrease the transmission energy of DCDs	· need some clustering techniques · rapid energy consumption of the CH DCD

3.3. WBAN-FANET 영역

WBAN-FANET 영역은 WBAN과 FANET의 연결 영역이다. 이 연결영역에서의 통신 방법은 표 2와 같이 두 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 각 사람의 신체 데이터 수집장치가 각각 FANET 영역으로 데이터를 전달하는 방법이다. 이는 쉽게 구현할 수 있고, 데이터 수집 대상이 되는 사람이 소수일 경우에 유리하다. 둘째, 신체 데이터 수집장치 간에 클러스터링을 형성하고 클러스터 헤드(CH)를 선정하여 클러스터 헤드 데이터 수집장치가 FANET으로 데이터를 전달하는 방법이다. 이 방법은 데이터 수집 대상이 되는 사람이 다수일 경우에 유리하다고 판단된다. 클러스터링 방법은 여러 가지가 있을 수 있다[17]. 하지만, WBAN과 FANET의 거리, 데이터 수집 대상자의 수 등이 고려되어야 한다.

3.4. Intra-FANET 영역

Intra-FANET 영역은 WBAN으로부터 전달받은 데이터를 무인항공기를 이용하여 원격지로 데이터를 전

달하는 영역이다. UAV의 위치가 정적인가 아니면 동적인가에 따라 데이터 전달 방법은 표 3과 같이 두 가지가 있다.

첫째, 정적인 방법에서는 무인항공기가 미리 정해진 위치에 고정되어 있으면서 지상으로부터 데이터를 수집하는 방법이고, 둘째, 동적인 방법에서는 무인항공기가 자율적으로 데이터 수집 영역을 순회하면서 WBAN 영역으로 데이터를 수집하는 방법이다.

또한 intra-FANET 영역은 표 4와 같이 데이터 전달 방법에 따라 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 선형적인 멀티홉 방식의 전달이 있을 수 있다. 이는 선형적으로 배열된 무인항공기가 서로 데이터를 멀티홉을 통해 전달하는 방법이다. 둘째, 무인항공기 간에 라우팅을 이용하는 방법이다. FANET을 위한 다양한 라우팅 방법이 제시되어 왔다[18, 19]. 또 다른 방법으로 UAV 간에 계층을 형성하여 하위 계층의 UAV에서 데이터를 전달받고 이를 상위의 UAV로 전달하여 상위의 UAV 간에 데이터를 전달하는 방법이 있을 수 있다. 그림 3은 WBAN

Table. 3 Data gathering methods in intra-FANET

method	feature	strengths	weakness
Static Position	· UAV gathers data at a static position	· easy implementation	· is not good to get data from the moving DCD
Dynamic Position	· UAV gathers data at variable positions	· is suitable to the movement of DCD	· is difficult to identify DCDs · much energy consumption of UAV

Table. 4 Data transmission methods between UAVs in intra-FANET area

method	feature	strengths	weakness
Linear multi-hop transmission	· transfer data with linear and multi-hop transmission	· easy implementation	· all of the transmission failure when a UAV node is in failure
Routing	· use some routing techniques for the data transmission between UAVs	· guarantees complete data transmission	· needs to some Routing methods

과 FANET의 융합을 위한 대표적인 두 개의 모델을 보여주고 있다. 왼쪽 모델(communication model 1)은 각 WBAN 데이터 수집 장치가 데이터를 수집하고 이를 FANET에 직접 전달하는 방법을 사용하고 있다. UAV는 전달받은 데이터를 선형으로 멀티홉 방법을 이용하여 원격지의 무인항공기에 전달하는 방법이다. 이 방법은 가장 단순한 데이터 전달방식으로 판단된다. 둘째, 그림의 오른쪽 모델(communication model 2)은 WBAN 데이터 수집 장치들 중에서 클러스터 헤드를 선정하고 클러스터 헤드 데이터 수집장치가 FANET으로 데이터를 전달하는 방법이다. 또한 전달된 데이터는 동적으로 움직이고 있는 무인항공기에 전달되고, 무인항공기는 다양한 라우팅 방법을 이용하여 원격지의 무인항공기로 전달한다. 이 방법은 비교적 왼쪽 모델 보다는 복잡한 방법이다. 실제 활용에서는 환경에 따라서 각 통신 영역에서 두 모델이 채택한 방법이 융합되어 사용될 수 있다.

IV. 각 영역에서 에너지 소모 예측

4.1. Intra-WBAN 영역에서의 에너지 소모

각 영역에서의 데이터 전달을 위한 에너지 소모는 다음과 같이 파악할 수 있다. 첫째, intra-WBAN 영역에서 센서로부터 데이터를 수집하는 방법은 유선과 무선을 이용하는 방법이 있다. 대부분의 연구에서 무선을 이용하고 있으며 무선의 경우 zigbee, Bluetooth 등이 이용된다. Intra-WBAN 영역은 그림 4와 같이 EM1 영역과 EM2 영역으로 구분할 수 있다. EM1 영역은 신체의 센서들과 DCD 사이의 통신 영역이고, EM2 영역은 DCD 사이의 통신 영역이다.

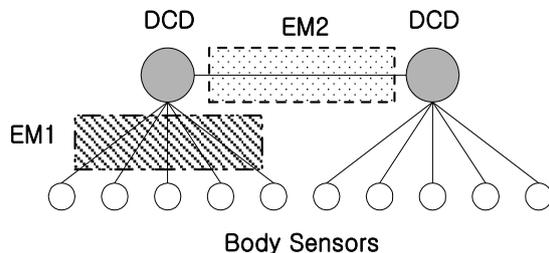


Fig. 4 Energy Consumption in intra-WBAN area

EM1 영역에서의 에너지 소모를 파악하기 위한 에너지 모델은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$E_{Tx}(k, d) = E_{Tx-elec} * k + E_{amp} * k * d^{3.5} : LOS, \quad (1)$$

$$E_{Tx-elec} * k + E_{amp} * k * d^7 : NLOS$$

$$E_{Rx}(k) = E_{Rx-elec} * k$$

식 (1)에서 E_{Tx} 는 송신기(transmitter)에 의해 소모되는 에너지이고, E_{Rx} 는 수신기(receiver)에 의해 소모되는 에너지이다. $E_{Tx-elec}$ 와 $E_{Rx-elec}$ 는 송신기와 수신기의 전자회로에서 소모되는 에너지를 말한다. E_{amp} 는 증폭기 회로를 구동하는데 요구되는 에너지이다. k 는 패킷의 크기이다. d 는 송신기와 수신기 사이의 거리로서 센서와 DCD 사이의 가시 여부, 즉 LOS(Line of Sight)와 NLOS(Non-line of Sight)에 따라서 두 가지 식이 선택적으로 사용된다[21].

4.2. WBAN-FANET 영역과 Intra-FANET 영역에서의 에너지 소모

WBAN-FANET 영역과 intra-FANET 영역에서의 에너지 모델은 무선 네트워크에서 일반적으로 사용하는 에너지 모델을 고려할 수 있다. 그림 5와 같이 UAV와 DCD 간의 WBAN-FANET 영역은 EM2 모델을 사용할 수 있고, UAV와 UAV 사이의 intra-FANET 영역도 EM2 모델을 사용할 수 있다. UAV와 BS 간의 통신 영역도 EM2 모델이 사용될 수 있다. EM2 에너지 모델은 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

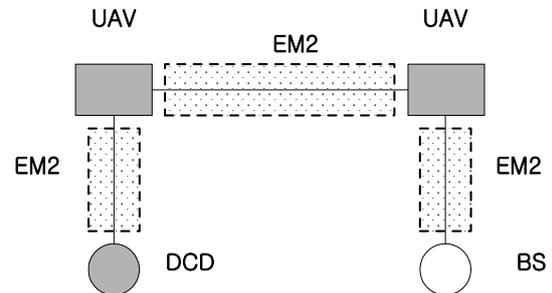


Fig. 5 Energy Consumption in WBAN-FANET area and intra-WBAN area

$$E_{Tx}(k,d) = E_{elec} * k + E_{fs} * k * d^2 \quad : d < d_0 \quad (2)$$

$$E_{elec} * k + E_{mp} * k * d^4 \quad : d \geq d_0$$

$$E_{Rx}(k) = E_{elec} * k$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{e_{fs}}{e_{mp}}}$$

식 (2)로 표현되는 EM2 에너지 모델은 송신노드와 수신노드의 거리가 d 이고 k 비트를 전송하는 경우 소비되는 에너지를 나타내는 식이다. 송신 거리 d 가 임계값 d_0 보다 작으면 자유공간 채널모델(Free Channel Model), 임계값보다 크면 다중경로 채널모델(Multipath Fading Channel Model)을 사용한다. $E_{Tx}(k,d)$ 는 d 의 거리에 있는 수신기에 k 비트의 데이터를 전송하는 송신기의 에너지 사용량을 말하고, $E_{Rx}(k)$ 는 k 비트의 데이터를 수신하는 수신노드의 에너지 소비를 말한다. E_{elec} 는 무선 송수신 회로의 에너지 소비이고, e_{fs} 와 e_{mp} 는 두 무선 모델에서 증폭의 에너지 소비지수를 의미한다[22].

제시된 에너지 모델에 따라서 각 영역에서 가능한 데이터 전달 방법과 수집 방법의 에너지 효율이 계산된다. Intra-WBAN 영역에서는 선별전달 방법과 일정주기전달 방법이 비교되고, WBAN-FANET 영역에서는 직접전송 방법과 CH이용 방법이 비교된다. Intra-FANET 영역에서는 고정위치 데이터수집방법과 동적위치 데이터수집방법이 비교되고, 선형멀티홉 전달방법과 각종라우팅이용 방법이 비교된다.

4.3. Intra-WBAN 영역에서의 에너지 소모 비교 실험

Intra-WBAN 영역에서의 에너지 소모 실험을 진행하였다. 에너지 모델은 식(1)을 사용하였고, 라우팅 방법은 [21]의 EECBSR 방법을 이용하였다. 일반적인 EECBSR 방법과 Selection 전송방법, Periodic 전송방법을 비교하여 실험하였다. 주요 실험환경은 표 5와 같다. 실험결과를 그림 6 및 그림 7과 같다.

그림 6과 같이 일반적인 라우팅 방법보다 주기적인 샘플링에 의한 Periodic 전송방법과 문턱값 이상의 값을 전송하는 Selection 전송방법의 데이터 전달이 매우 적은 것으로 나타났다. 따라서 그림 7과 같이 에너지 효율 측면에서 Periodic 전송방법과 Selection 전송방법이 유리한 것으로 나타났다.

Table. 5 Simulation parameters and environment

Parameter	Value
Number of sensors	10 nodes on front side
Number of rounds	8000 * 5 times
E_{init}	0.5J
$E_{tx-elec}$	16.7 nJ bit-1
$E_{rx-elec}$	36.1 nJ bit-1
E_{amp}	1.97e-9 j/b
Tool	MATLAB R2013a

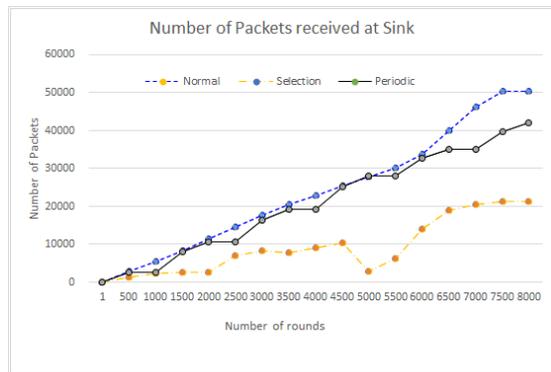


Fig. 6 Comparison of number of packets received at sink in three methods

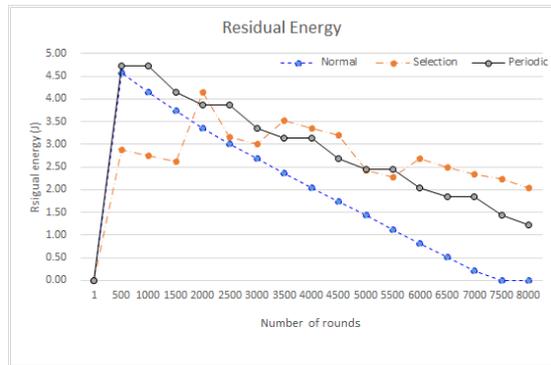


Fig. 7 Comparison of residual energy in three methods

V. 결론

본 연구에서는 WBAN과 FANET의 협력 네트워크 기술에 관한 연구로서, 네트워크가 취약한 지역에서 활동 중인 근로자나 활동인의 신체 상태를 WBAN을 통해 수집하고 이를 FANET을 통해 전달하는 체계와 방법을

연구하며, 특히 WBAN과 FANET의 협력을 기반으로 인체 데이터를 효율적이고 안정적으로 전달하는 체계와 방법을 연구하였다. WBAN과 FANET의 협력 통신 체계를 intra-WBAN, WBAN-FANET, intra-FANET 등 3 영역으로 분류하고, 각 영역에서 가능한 데이터 수집 방법 및 전달 방법을 분석하였다. 또한 각 통신 영역의 에너지 효율성을 측정하기 위한 에너지 모델을 제시하였다.

추후 제안된 각 영역에서의 데이터 수집 및 전송 방법의 효율성을 제시된 에너지 모델을 이용하여 실험을 통하여 검증할 예정이다. 나아가 신체 데이터를 안정적으로 전달할 수 있는 각 영역에서의 데이터 전달 방법을 결정하고 WBAN과 FANET의 융합을 위한 효율적인 데이터 전달 모델을 제시할 계획이다.

REFERENCES

- [1] S. Ullah, H. Higgins, B. Braem et al., "A comprehensive survey of wireless body area networks on PHY, MAC, and network layers solutions," *Journal of Medical Systems*, vol. 36, no. 3, pp. 1065-1094, June 2012.
- [2] I. Bekmezci, O. Sahingoz, and S. Temel, "Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): A survey," *Ad Hoc Networks*, vol.11, no.3, pp.1254-1270, May 2013.
- [3] O. Sahingoz, "Networking Models in Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): Concepts and Challenges," *Journal Intelligence Robot System*, vol.74, pp.513-527, Apr. 2014.
- [4] T. Gao, T. Massey, and L. Selavo, "The advanced health and disaster aid network: a light-weight wireless medical system for triage," *IEEE Transactions on Biomedical Circuits Systems*, vol.1, no.3, pp.203-216, Sept. 2007.
- [5] A. Smeaton, D. Diamond, P. Kelly et al., "Aggregating multiple body sensor for analysis in sports," in *Proceedings of International workshop on wearable micro and nanosystems for personalised health -pHealth*, Valencia: Spain, May 21-23, 2008.
- [6] M. Chen, S.Gonzalez, A. Vasilakos et al., "Body area networks: a survey," *Mobile Networks and Applications*, vol. 16, no. 2, pp. 171-193, Apr. 2011.
- [7] I. Ha, "Technologies and research trends in wireless body area networks for healthcare: A systematic literature review," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 2015, ID. 573538, pp.1-15, Jan. 2015.
- [8] J. Bangash, A. Abdullah, M. Anisi, and A. Khan, "A survey of routing protocols in wireless body sensor networks," *Sensors*, vol. 14, no. 1, pp.1322-1357, Jan. 2014.
- [9] S. Movassaghi, M. Abolhasan, and J. Lipman, "A review of routing protocols in wireless body area networks," *Journal of Networks*, vol. 8, no. 3, pp.559-575, Mar. 2013.
- [10] D. Casbeer, D. Kingston et al., "Cooperative forest fire surveillance using a team of small unmanned air vehicles," *International Journal of Systems Science*, vol.37, no.6, pp.351-360, Jan. 2006.
- [11] A. Puri, "A Survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Traffic Surveillance," Department of Computer Science and Engineering, University of South Florida, 2005.
- [12] H. Xiang and L. Tian, "Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV)," *Biosystems Engineering*, vol.108, pp.174-190, Jan. 2011.
- [13] O. Sahingoz, "Networking Models in Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): Concepts and Challenges," *Journal Intelligent & Roboic Systems*, vol.74, pp.513-527, Apr. 2014.
- [14] I. Bekmezci, O. Sahingoz, and S. Temel, "Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): A survey," *Ad Hoc Networks*, vol.11, pp.1254-1270, May 2013.
- [15] M. Tareque, M. Hossain, and M. Atiqzaman, "On the Routing in Flying Ad hoc Networks," in *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, vol.5, pp.1-9, Sept. 13-16, 2015.
- [16] S. Fosati, K. Kruzelecki, G. Heitz, D. Floreano, and B. Rimoldi, "Dynamic Routing for Flying Ad Hoc Networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol.65, no.3, pp.1690-1700, Mar. 2015.
- [17] H. Zhou, Hui Kong, L. Wei, D. Creighton, and S. Nahavandi, "Efficient Road Detection and Tracking for Unmanned Aerial Vehicle," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol.16, no.1, Feb. 2015.
- [18] P. Hardin and R. Jensen, "Small-Scale Unmanned Aerial Vehicles in Environmental Remote Sensing: Challenges and Opportunities," *GIScience & Remote Sensing*, vol.48, no.1, pp.99-111, May 2013.
- [19] C. Wang, F. Ma, J. Yan, D. De, and S. Das, "Efficient Aerial Data Collection with UAV in Large-Scale Wireless Sensor Networks," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol.2015, pp.1-19, Jan. 2015.

- [20] I. Ha and Y. Cho, "A Data Transmission System for Monitoring of Human Life Disaster in Activities of the Mountain using Unmanned Aerial Vehicle (Drone)," *Asia-pacific Proceedings of Applied Science and Engineering for Better Human Life*, Jeju: Korea, vol.4, pp.82-86, August 16-19, 2016.
- [21] I. Ha, "Even energy consumption and backside routing: An improved routing protocol for effective data transmission in wireless body area networks," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol.12, no.7, pp.1-11, July 2016.
- [22] D. Mamurjon, I. Ha, and B. Ahn, "A Mobile Data Gathering Method for Clustered Wireless Sensor Networks," *Journal of KIISE: Information Networking*, vol.41, no.3, pp.138-144, June 2014.



하일규(Ilkyu Ha)

1992.2 영남대학교 전산공학과 학사
2003.8 영남대학교 컴퓨터공학과 박사
1992~1995 증권감독원 전산업무실 5급사무원
2002~2007, 2008~2015 영남대학교 컴퓨터공학과 강사, 객원교수, 선임연구원
2015.3~현재 경일대학교 컴퓨터공학과 조교수
※관심분야 : 무선센서네트워크, Body Area Networks, Flying Ad Hoc Networks 등