

웨어러블 센서 시스템에서의 제어 패킷 전송 결정 기법[☆]

Control Packet Transmission Decision Method for Wearable Sensor Systems

유 다 은 김 남 기^{1*}
Daeun Yu Namgi Kim

요 약

웨어러블 센서 시스템에서 사용하는 일반적인 전송 전력 조절 모델에서는 수신 패킷의 RSSI가 Target RSSI Margin을 벗어나면 전송 전력 조절 알고리즘을 이용하여 새로운 전송 전력을 찾는다. 이 때 싱크 노드가 센서 노드에게 새로이 계산된 전송 전력을 전달하기 위해 제어 패킷을 보낸다. 그런데 무선 네트워크의 채널 상태가 좋지 않을 때는 제어 패킷을 많이 소모하면서도 적정 전송 전력을 찾지 못해 에너지 낭비만 하게 된다. 따라서 본 논문에서 무선 네트워크 채널 환경이 안정적이라고 판단되었을 때 전송 전력을 변경하는 새로운 제어 패킷 전송 결정 기법을 제안한다. 제안되는 기법으로 낭비되는 에너지를 줄일 수 있다. 제안하는 기법을 평가하기 위해 본 논문에서는 Binary 전송 전력 조절 알고리즘에 제어 패킷 전송 결정 기법을 적용하고 그 결과를 분석한다. 채널의 상태를 판단하는 방안을 3가지 제안하여 실험하고 결과를 분석한다.

☞ 주제어 : 웨어러블 센서 시스템, 센서 네트워크, 제어 패킷

ABSTRACT

In the general transmission power control model that is used for wearable sensor systems, if RSSI value gets out of the Target RSSI Margin, then the sink node finds new transmission power by using TPC(Transmission Power Control) Algorithm. At this time, the sink node sends the control packet to the sensor node for delivering the newly calculated transmission power. However, when the wireless network channel condition is poor, even it is consuming a lot of control packets, the sink node could not find an appropriate transmission power so it only waste of energy. Therefore, we proposed a new control packet transmission decision method that the sink node changes the transmission power when the wireless network channel condition is stabilized. It makes waste of energy decline. In this paper, we apply control packet transmission decision method to Binary TPC algorithms and analyze the results to evaluate the proposed method. We propose three methods that judge the state of wireless network channel. We experiment that methods and analysis the results.

☞ keyword : Wireless body sensor system, Sensor network, Control packet

1. 서 론

사회가 점차 고령화되어가면서 사람들이 점점 건강에 관심이 많아지고 있다. 사람들은 직접 병원에 가지 않고도 주기적으로 자신의 건강 상태를 확인하고 질병을 미리 예방하길 원한다. 이를 위해 웨어러블 센서 시스템도

데이터를 단순히 기록하는 ‘라이프 로깅(Life-Logging)’에서 측정하고 분석하는 ‘라이프 트래킹(Life-Tracking)’으로 발전해 나가고 있다[1]. 또한 질병 예방뿐만 아니라 질병이 있는 환자를 주기적으로 관리해주는 u-헬스케어(Ubiquitous Health care) 기술도 많은 관심을 받고 있다. u-헬스케어 기술이란 무선 네트워크를 기반으로 만성질환자나 독거노인 등이 가정에서 생활을 유지하면서 불편하지 않게, 지속적으로 신체의 정보를 측정하고, 신체의 상태를 모니터링하여 건강 상태의 변화를 즉각적으로 측정, 분석하는 기술이다[2].

이와 같이 개인의 행동이나 신체 상태의 변화를 측정하고 분석하기 위해서는 무선 인체 센서가 부착된 웨어

¹ Department of Computer Science, Kyonggi University, Suwon, 443-760, Korea

* Corresponding author (ngkim@kgu.ac.kr)

[Received 6 March 2015, Reviewed 16 March 2015(R2 30 June 2015), Accepted 18 August 2015]

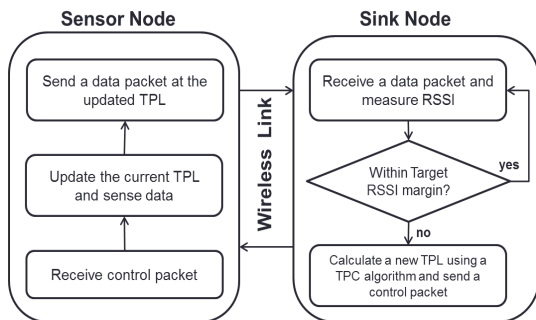
☆ 본 연구는 2015학년도 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었음.

러블 디바이스(Wearable device)를 사용한다[3]. 웨어러블 디바이스는 신체에 부착해야하기 때문에 대부분 소형이다. 따라서 웨어러블 디바이스에 사용되는 무선 인체 센서의 크기도 작고 배터리의 수명도 짧다. 하지만 사용자가 웨어러블 디바이스의 무선 인체 센서 배터리를 수시로 교체하기는 어렵다. 그래서 에너지를 효율적으로 사용하여 배터리를 오래 유지하기 위한 연구들이 많이 진행되고 있다[4]. 또 무선 인체 센서는 무선 네트워크를 사용하는 만큼 네트워크 채널이 주변 환경의 영향을 많이 받아 상태가 불안정한 경우가 있다. 무선 인체 센서가 부착된 웨어러블 디바이스를 착용한 사용자가 위치한 장소, 웨어러블 디바이스를 착용한 신체 부분, 사용자의 움직임 등이 네트워크 채널상태에 영향을 주는 환경이 될 수 있다. 따라서 무선 네트워크 채널 상태를 고려하여 에너지를 효율적으로 소비하는 연구도 필요하다[5].

그러므로 본 논문에서는 전송 전력 조절 기술을 근간으로 하여 무선 인체 센서의 에너지 효율성을 높이는 연구를 수행한다. 전송 전력 조절 기술이란 무선 인체 센서가 측정된 정보가 담긴 데이터 패킷을 보낼 때의 전송 전력을 적절히 조절하여 에너지를 절약하는 방식이다. 이를 설명하기 위해 관련 연구에서는 웨어러블 센서 시스템 구조, 전송 전력 조절 기술에 대한 설명과 대표적인 알고리즘에 대해 설명한다. 그리고 본론에서는 제안하고자 하는 기법에 대해 설명하고 다음 장에서는 실험 환경과 실험 결과에 따른 분석을 한다. 마지막으로는 본 논문에서 말하고자하는 결론을 서술한다.

2. 관련 연구

2.1 웨어러블 센서 시스템



(그림 1) 웨어러블 센서 네트워크 시스템
(Figure 1) Wearable Sensor Network System

웨어러블 센서 시스템은 그림 1과 같이 센서 노드와 싱크 노드로 구성되어 있다. 센서 노드는 신체에서 측정된 정보를 데이터 패킷에 실어 싱크 노드로 전송한다. 싱크 노드는 센서 노드로부터 받은 데이터 패킷의 RSSI(Received Signal Strength Indecation)를 측정하여 센서 노드가 싱크 노드로 데이터 패킷을 전송할 때 사용하는 전력이 적절한지를 판단한다. 현재 센서 노드가 전송할 때 사용하는 전력이 적절한가는 데이터 패킷의 RSSI가 목표로 하는 수신 전력 세기인 Target RSSI Point로부터 일정 범위를 포함하는 Target RSSI Margin안에 속하는지를 보고 판단한다. 만약 수신된 패킷의 RSSI가 Target RSSI Margin을 벗어나 현재 센서 노드의 전송 전력이 적절하지 않다고 판단되면 전송 전력 조절 알고리즘을 사용하여 새로운 전송 전력을 계산한다. 그리고 새로이 계산된 전송 전력을 제어 패킷에 담아 센서 노드에게 보낸다. 센서 노드는 제어 패킷을 수신하여 새로운 전송 전력을 갱신하고 갱신된 전송 전력으로 싱크 노드에게 데이터 패킷을 보낸다[6].

웨어러블 센서 시스템에서 센서 노드는 싱크 노드로 데이터 패킷을 보낼 때 데이터 패킷 전송 에너지를 소모하고, 현재 전송 전력이 적절하지 않을 때 싱크 노드로부터 제어 패킷을 받는데 이때 제어 패킷 수신 에너지를 소모하게 된다. 그렇기 때문에 센서 노드가 잘못된 전송 전력으로 데이터 패킷을 전송하여 싱크 노드로부터 제어 패킷을 많이 받게 되면 그만큼 에너지 소비가 커진다. Target RSSI Margin은 RSSI가 이 범위 안에 속하면 전송 전력을 조절하지 않게 하여 과도한 에너지 소비를 막는 역할을 한다. 하지만 이는 무선 네트워크의 채널 상태가 안정적인 경우에만 효과적이다. 채널이 불안정하면 싱크 노드가 수신하는 RSSI가 계속 Target RSSI Margin을 벗어나 과도한 제어 패킷 수신 에너지가 소모된다. 앞서 말한 것처럼 무선 네트워크 채널은 환경에 영향을 받기 때문에 항상 안정적인 채널 상태를 유지할 수 없으므로 적절한 대처가 필요하다[7].

2.2 전송 전력 조절 기술

전송 전력 조절 기술은 무선 인체 센서가 측정된 정보가 담긴 데이터 패킷을 보낼 때의 전송 전력을 적절히 조절하여 에너지를 절약하는 기술이다. 올바르게 않은 전송 전력으로 패킷을 전송하게 되면 에너지 소모가 많기 때문에 웨어러블 센서 시스템에서 센서 노드가 적절한 전송 전력으로 데이터 패킷을 전송하는 것은 매우 중요하다

다. 적절한 전송 전력을 찾을 때까지 싱크 노드는 수신한 RSSI와 전송 전력 알고리즘을 이용하여 새로운 전송 전력을 구해 센서 노드에게 전달한다. 그렇기 때문에 적절한 전송 전력을 계속 찾지 못하면 제어 패킷을 전송하는 싱크 노드와 제어 패킷을 수신하는 센서 노드 둘 다 많은 에너지를 소모하게 된다.

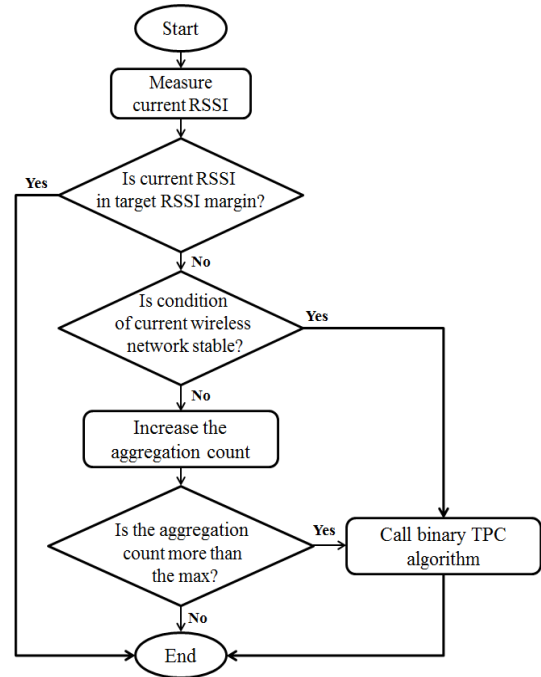
대표적으로 사용되는 전송 전력 조절 알고리즘은 Linear 알고리즘, Binary 알고리즘이 있다. 먼저 Linear 알고리즘은 싱크 노드가 수신한 RSSI가 Target RSSI Margin을 벗어났을 때 전송 전력을 한 단계씩 증가 또는 감소시킨다[8]. 가장 단순한 알고리즘이지만 전송 전력을 조금씩 변화시키기 때문에 적정 전송 전력을 찾기까지 많은 제어 패킷을 소모한다는 단점이 있다. Binary 알고리즘은 RSSI가 Target RSSI Margin을 벗어났을 경우, 전송 전력을 지속적으로 증가 또는 감소시킨다[9]. Linear 알고리즘에 비해 적정 전송 전력을 빠르게 찾는다는 장점이 있지만 무선 네트워크 채널이 심하게 불안정한 경우 RSSI가 Target RSSI Margin의 최대, 최소 주변만 맴도는 진동현상(Oscillation)이 발생할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 기법은 Binary 알고리즘을 바탕으로 실험하고 그 결과를 분석한다.

3. 제안 기법

기존의 전송 전력 조절 관련 연구들에서는 RSSI가 Target RSSI Margin을 벗어난 경우 대부분 전송 전력 조절 알고리즘을 이용하여 전송 전력을 조절한다[10]. 또는 RSSI가 Target RSSI Margin을 벗어난 경우 일정 개수의 패킷의 RSSI 평균을 기반으로 전송 전력을 조절한다. 그러나 Target RSSI Margin을 벗어날 때 마다 전송 전력을 조절하면 적정 전송 전력을 빠르게 찾아 분실되는 패킷을 줄일 수 있다는 장점이 있지만, 무선 네트워크 채널 환경이 좋지 않은 경우에는 계속 해서 제어 패킷만 낭비하고 적정 전송 전력을 찾지 못하는 단점이 있다. 또한 일정 개수의 패킷의 RSSI 평균을 기반으로 전송 전력을 하는 경우는 채널이 안정적인 상태에서 오히려 좋지 않다. 안정적인 경우 바로바로 전송 전력을 변경하여 RSSI가 Target RSSI Margin에 속하게 해주어야 하는데 일정 개수를 모으는 동안 오히려 에너지가 낭비기 때문이다.

따라서 본 논문에서는 웨어러블 센서 시스템에서 센서 노드의 에너지 효율을 높여 배터리의 수명을 오래 유지시키고자 새로운 제어 패킷 전송 결정 기법을 제안한다.

제안하는 제어 패킷 전송 결정 기법은 무선 네트워크 채널 환경이 좋지 않은 경우 전송 전력 조절을 일체 하지 않고 채널이 안정되었다고 판단되는 경우 전송 전력을 조절한다. 제안하는 기법의 성능을 파악하기 위해 본 논문에서는 전송 전력 조절 알고리즘으로 Binary 알고리즘을 사용하여 실험하고 그 결과를 분석한다.



(그림 2) 제안 기법 흐름도

(Figure 2) Flow Chart of the proposed method

그림2는 제안하는 기법의 흐름도이다. 먼저 현재의 RSSI를 측정하고, 현재 RSSI가 Target RSSI Margin에 속하는지 검사한다. Target RSSI Margin에 속한다면 현재 전송 전력을 유지한다. 현재 RSSI가 Target RSSI Margin에 속하지 않으면 현재 무선 네트워크 상태가 안정적인지 판단한다. 이 때, 네트워크 상태를 판단하기 위한 방안은 다음 문단에서 자세히 설명하기로 한다. 네트워크 채널 상태가 안정적이라면 Binary 전송 전력 조절 알고리즘으로 새로운 전송 전력을 구한다. 네트워크 채널 상태가 좋지 않다면, Aggregation count를 1 증가시키고, 그 값을 최댓값과 비교한다. Aggregation count가 최댓값과 같거나 크면 Binary 전송 전력 조절 알고리즘을 호출하고, 작으면 전송 전력을 변경하지 않고 유지한다.

본 논문에서는 무선 네트워크 채널 환경이 안정되었는가를 판단하기 위해서 다음 3가지 방안을 제안한다. 첫째는 전의 RSSI와 현재의 RSSI의 차이가 임계(Threshold)값을 넘지 않으면 안정적인 채널이라고 판단하고 전송 전력을 조절한다. 두 번째는 전의 평균 RSSI와 현재 RSSI를 포함한 평균 RSSI의 차이가 임계 값을 넘지 않은 경우 채널이 안정적이라고 판단한다. 마지막으로는 평균 RSSI와 현재 RSSI의 차이가 임계 값보다 작은 경우 무선 네트워크 채널이 안정적이라고 판단하고 전송 전력을 조절하도록 한다. 평균 RSSI는 전송 전력 조절로 인해 새로운 전송 전력으로 데이터를 전송하기 전까지의 RSSI들의 평균을 말한다. 본 논문에서는 이 3가지 방안을 비교하여 실험하고 어떤 방안이 더 효율적인지 분석한다.

4. 실험 환경 및 결과

4.1 실험 환경

(표 1) 실험 환경 파라미터

(Table 1) Experiment Environment Parameters

속 성	값
모트 모델	Cricket Mote
공급 전압	2.5 V
라디오 모듈	CC1000
라디오 기술	Zigbee (IEEE 802.15.4)
라디오 주파수	433 MHz
Transmit Bit Rate	19.2 kbps
송출 전력 범위	-20 to -10 dBm
Tx Current Consumption	6.9 to 26.7 mA
Rx Current Consumption	9.3 mA
패킷 사이즈	67 Bytes
싱크 노드 위치	가슴
센서 노드 위치	등
인체 움직임	서기, 뛰기
Target RSSI Point	-85 dBm
Target RSSI Margin	-90 to -80 dBm
측정 주기	1초
실험 시간	1800초

본 실험은 실제 센서 장비를 이용하여 진행하였다. 표 1은 실험 환경에 사용된 파라미터에 대한 설명이다. 실험에 사용된 장비는 Cricket Mote[12]로 Crossbow 사가 제조하였다. Radio Module은 CC1000 Radio Module이고, 총 23 단계의 전송 전력 단계를 가지고 있다[13]. 실험에서는 Cricket Mote에 CC1000 Radio Module을 부착하여 이를

센서 노드와 싱크 노드로 사용하였다. 통신은 Zigbee를 이용한다. Target RSSI Point는 -85dBm으로 설정하고, Target RSSI Margin size는 ± 5 dBm으로 -90dBm부터 -80dBm까지가 Target RSSI Margin이다.



(그림 3) 실험 센서 위치

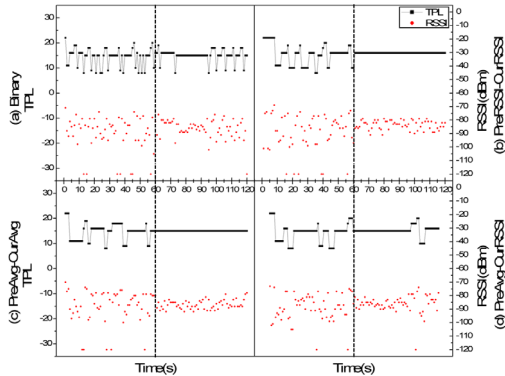
(Figure 3) Sensor placements for the experiments

센서 노드는 그림 3에서 보여 지는 것처럼 실험자의 등에 위치하고 싱크 노드는 실험자의 가슴에 위치한다. 실험자는 60초를 주기로 실내와 실외 장소를 번갈아 서기 또는 뛰기를 반복한다. 제안 기법에서 무선 네트워크 채널의 상태를 판단할 때 사용되는 임계값을 20으로 설정하고, 전송 전력 조절을 하지 않을 수 있는 최댓값을 20으로 설정하여 20초 이상 채널 환경이 좋지 않으면 전송 전력을 변경하도록 한다[14,15]. 이는 계속해서 채널의 환경이 좋지 않아도 주기적으로 적정 전송 전력을 찾아갈 수 있도록 하기 위함이다.

전송 전력 조절 알고리즘은 Binary 알고리즘을 이용한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 채널이 좋지 않은 경우 계속해서 제어 패킷을 보내지 않기 때문에 적은 제어 패킷으로 빠르게 적절한 전송 전력을 찾아야 한다. 때문에 전송 전력을 한 단계씩 조절하여 오래 걸리는 Linear 전송 전력 조절 알고리즘보다 Binary 전송 전력 조절 알고리즘이 본 기법에 적합하다.

4.2 실험 결과

본 기법은 무선 네트워크 채널 환경이 좋지 않을 경우 전송 전력 조절을 하지 않고 채널이 안정되었다고 판단되었을 때에만 전송 전력을 조절하기 때문에 많은 에너지를 낭비하지 않는다. 이에 있어 채널이 안정 되었다는 판단을 하기 위해 제시한 3가지 방안에 대한 실험결과를 분석하였다. 그림 4의 (a) 그래프는 일반적인 Binary 전송 전력 조절 알고리즘을 사용한 경우의 전송 전력의 변화



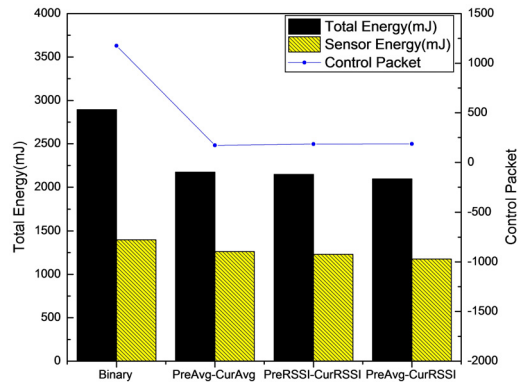
(그림 4) 무선 네트워크 채널 상태 판단을 위해 제안한 3가지 방법에 따른 실험결과

(Figure 4) Experiment results according to three methods that we proposed to judge the state of wireless network channel

와 RSSI의 변화이다. 그림 4의 (b) 그래프는 전의 RSSI와 현재의 RSSI를 비교하여 채널을 판단한 실험이다. 그림 4의 (c) 그래프는 전의 평균 RSSI와 현재 RSSI를 포함한 평균 RSSI를 비교하여 채널을 판단한 경우이다. 마지막으로 그림 4의 (d) 그래프는 평균 RSSI와 현재의 RSSI를 비교하여 실험한 그래프이다.

그림 4의 (a) 그래프를 나머지 3개의 그래프와 비교해 보면 전송 전력 조절이 많이 일어난다는 것을 확실히 알 수 있다. 그림 4의 (a) 그래프의 경우 RSSI가 Target RSSI Margin에 들어가지 않아 계속해서 전송 전력을 조절하지만 그래도 계속 RSSI가 Target RSSI Margin 안에 속하지 못하는 현상을 나타낸다. 하지만 나머지 3개의 실험에서는 채널이 심하게 흔들리는 경우 아예 전송 전력을 변경하지 않기 때문에 그림 5에서 보여 지듯이 전송 패킷의 수도 적고 에너지도 적게 소모한다.

3가지 방안을 채널의 환경이나 움직임에 맞추어 사용한다면 첫 번째인 RSSI와 현재 RSSI의 차를 이용하는 방안은 채널의 환경이 안정적이고 서있거나 걷는 움직임에 더 효율적이고, 평균 RSSI를 이용하는 두 방안은 채널의 환경이 좋지 않거나 뛰는 움직임에서 사용하는 것이 좋다. 그림 4의 3가지 방법에 따른 그래프를 비교하면 0초에서 60초 사이에 채널의 환경이 좋지 않는데 이런 경우 RSSI의 분포는 비슷하지만 첫 번째 방안을 이용한 그림 4의 (b)에서 더 많은 전력 전송 변경이 일어난다는 것을 알 수 있다. 이런 경우 에너지 낭비가 많이 지기 때문에 평균 RSSI를 이용하면 두 방안을 이용하는 것이 좋다. 서거나



(그림 5) 무선 네트워크 채널 상태 판단 방법에 따른 제어 패킷의 수, 전체 에너지, 센서 에너지

(Figure 5) Number of Control Packet, Total Energy and Sensor Energy according to methods to judge the state of wireless network channel

걷는 채널이 안정적인 환경에서는 평균을 취한 RSSI를 사용하는 것 보다 환경 변화를 빠르게 반영하여 전력 전송을 변경할 수 있는 첫 번째 방안을 사용하는 것이 더 효과적이다.

그림 5는 일반적인 Binary 알고리즘을 사용한 경우와 본 논문에서 제안하는 기법에 채널을 판단하는 3가지 방안을 사용한 경우의 제어 패킷의 수, 전체 에너지, 센서 노드 에너지의 그래프이다. 이 그래프에서도 그림 5에서와 마찬가지로 일반적인 Binary 알고리즘을 사용한 경우를 제외한 나머지 경우는 소모한 에너지나 제어 패킷의 수가 비슷함을 알 수 있다. 따라서 채널 상태 판단 방안은 3가지 방안 중에 어떤 방안을 사용하여도 기존의 Binary 전송 전력 제어 알고리즘보다 효율적으로 에너지를 사용하는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 웨어러블 센서 시스템에서 센서 노드의 에너지 효율을 높일 수 있는 제어 패킷 전송 결정 기법을 제안하였다. 계속해서 제어 패킷을 이용해서 빠르게 전송 전력을 조절하면 채널 상태가 좋은 경우에는 좋지만, 채널 상태가 좋지 않은 경우에는 에너지를 많이 낭비하게 되어 좋지 않다. 평균 RSSI를 이용해서 전송 전력을 조절하면 채널의 상태가 좋지 않을 때는 이득이지만 채널이 좋은 환경에서는 바로바로 전송 전력을 조절하지 못해

에너지를 많이 소비하게 된다. 그래서 본 논문에서는 무선 네트워크 환경이 좋지 않은 경우 전송 전력을 조절하지 않고 채널 상태가 안정되었을 때 전송 전력을 조절하는 제어 패킷 전송 결정 기법을 제안하였다. 채널 상태가 좋을 때는 제어 패킷으로 빠르게 적정 전송 전력을 찾고, 채널 상태가 좋지 않은 경우 적정 전송 전력을 찾기 위해 소모하던 많은 제어 패킷 에너지를 줄일 수 있다.

또한 본 논문에서는 채널인 안정적인지 채널 상태 판단을 위한 3가지 방안을 제안하여 실험 및 분석을 수행하였다. 실험 결과를 분석한 결과 전의 RSSI와 현재 RSSI를 비교하는 방안, 전의 평균 RSSI와 현재 RSSI를 포함한 평균 RSSI를 비교하는 방안, 평균 RSSI와 현재 RSSI를 비교하는 방안 모두 비슷한 양상의 결과를 나타냈다. 채널의 상태에 따라 나누면 채널의 환경이 안정적인 경우는 채널 환경의 변화를 빠르게 반영할 수 있는 첫 번째 방안을 이용하고, 채널이 흔들리는 경우는 평균 RSSI를 이용하는 두 방안을 적용하는 것이 더 효과적이다. 결과적으로 에너지 효율과 제어 패킷의 수 또한 크게 차이하지 않아 사용자가 어떤 방안을 선택하여도 기존의 Binary 전송 전력 조절 알고리즘보다 효율적인 에너지 사용 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

추후 연구에서는 본 논문에서 제안한 제어 패킷 전송 결정 기법에서 채널의 안정도를 판단 할 때 사용하는 임계 값을 하나의 값으로 고정시키지 않고, 상황에 맞추어 동적으로 변경하여 성능을 분석 평가해 볼 예정이다.

참 고 문 헌 (Reference)

- [1] Chae Seungbyeong, Management Note, Vol.167, p.1-10, SERI, October, 2012.
[http://www.seri.org/db/dbReptV.html?menu=db12&sub
menu=&pgno=4&pubkey=db20121018001](http://www.seri.org/db/dbReptV.html?menu=db12&submenu=&pgno=4&pubkey=db20121018001)
- [2] Park Chanyong, Lim Junho, Park Sujun, Kim Seunghwan, "Trend of technology for u-healthcare standardization", ETRI, Electronics and Telecommunications Trends, Vol.25, No.4, 2010.
<https://ettrends.etri.re.kr/ettrends/paper.do>
- [3] Han Takdon, Lee Namgyu, Yoon Hyeongmin, Rye Daehui, "Wearable Computer and Future Information Society", KIISE, Vol.18, No.9, p.21-30, September, 2000.
[http://scholar.ndsl.kr/schArticleDetail.do?cn=JAKO2000
11920376869](http://scholar.ndsl.kr/schArticleDetail.do?cn=JAKO200011920376869)
- [4] Woosik Lee, Byoung-Dai Lee and Namgi Kim, "An Accelerometer-Assisted power Management for Wearable Sensor Systems", KSII Transactions on internet and information systems. vol.9, no.1, January, 2015.
<http://dx.doi.org/10.3837/tiis.2015.01.019>
- [5] Woosik Lee, Namgi Kim, "Study of Body Sensor Network to Reduce Energy Consumption", Journal of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, February, 2011.
<http://www.riss.kr/link?id=A99926393>
- [6] Garth V.Crosby, Tirthankar Ghosh, Renita Murimi, Craig A.Chin, "Wireless Body Area Networks for Healthcare: A Survey", International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing(UASUC) Vol.3, No.3, June, 2012.
<http://dx.doi.org/10.5121/ijasic.2012.3301>
- [7] Jin-a Hong, Namgi Kim, "The Analysis of Transmission Power Control Model for Energy Efficiency in Body Sensor Systems", Journal of Korean Society for Internet Information, June, 2013.
<http://dx.doi.org/10.7472/jksii.2014.15.4.01>
- [8] D. Kunth, "The Art of Computer Programming. 3: Sorting and Searching (3rd edition)", Addison-Wesley, 1997.
- [9] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest and C. Stein, "Introduction to algorithms (1st edition)", MIT Press and McGraw-Hill, 1990.
- [10] Jaemin Jeong, David Culler, Jae-Hyuk Oh, "Empirical Analysis of Transmission Power Control Algorithms for Wireless Sensor Networks", Networked Sensing Systems, INSS '07, June, 2007.
<http://dx.doi.org/10.1109/inss.2007.4297383>
- [11] Crossbow-Technology,
http://www.willow.co.uk/Cricket_Datasheet.pdf
- [12] CC1000 Data Sheet,
<http://www.ti.com/lit/ug/swru058/swru058.pdf>
- [13] Gangman Yi, Daeun Yu and Namgi Kim, "Adjusting Control Packet Transmission Intervals in Low Power Sensor Systems", International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol.2014, August, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1155/2014/139682>
- [14] Hansol Ji, "Packet Transmission Control Algorithm Based on Acceleration for Wireless Body Sensor System", Master's thesis, Kyonggi University Graduated School, 2014.
<http://www.riss.kr/link?id=T13732177>

● 저 자 소 개 ●



유 다 은 (Daeun Yu)

2014년 경기대학교 컴퓨터과학과(공학사)

2014년 ~ 현재 경기대학교 대학원 컴퓨터과학과 석사과정

관심분야 : 네트워크

E-mail : deyoo@kgu.ac.kr



김 남 기 (Namgi Kim)

1997년 서강대학교 컴퓨터학과(공학사)

2000년 KAIST 전산학과(공학석사)

2005년 KAIST 전산학과(공학박사)

2005년 ~ 2007년 삼성전자 통신연구소 책임연구원

2007년 ~ 현재 경기대학교 컴퓨터과학과 교수

관심분야 : 통신 시스템, 네트워크

E-mail : ngkim@kgu.ac.kr