

WBAN 환경의 재전송 오버헤드를 줄이기 위한

IEEE 802.15.4 기반의 블록 재전송 기법

김병선[○]

조진성

경희대학교 컴퓨터공학과
ykbs0903@khu.ac.kr

chojs@khu.ac.kr

A Block Retransmission Scheme based on IEEE 802.15.4
to Reduce Communication Overheads in WBAN EnvironmentByoungseon Kim[○]

Jinsung Cho

Department of Computer Engineering
KyungHee University

요 약

WBAN(Wireless body area network)에서 사용되는 저 출력 센서 디바이스는 상당한 패킷 손실률을 발생시키며 데이터의 신뢰성을 떨어뜨리는 원인이 된다. 기존의 IEEE 802.15.4 MAC 프로토콜은 데이터 오류 발생 시 수신한 전체 데이터를 재전송하기 때문에 불필요한 에너지 소모와 오버헤드가 발생된다. 특히 WBAN 환경에서 인체 내부에 이식되는 디바이스의 경우 배터리 교체의 어려움과 초 저전력을 요구하기 때문에 노드의 수명 유지를 위해 사용되는 전력 소모량도 중대한 문제가 되고 있으며, 전체 데이터를 재전송하는 기존의 방식에서 발생하는 에너지 소모는 노드의 수명을 단축시키는 원인이 된다. 본 논문에서는 저전력과 신뢰성을 요구하는 WBAN 환경에서 수신 오류율 변화에 따른 데이터 동적 블록화 기법을 사용하여 재전송 데이터의 크기를 줄인다.

1. 서 론

WBAN(wireless body area network)은 인체를 중심으로 3~5m 이내에 존재하는 체내/표면/외부 디바이스들을 무선 네트워크로 연결하여 기기 간 상호 통신을 제공하는 근거리 무선통신 기술이다. WBAN은 코디네이터, 의료 디바이스, 개인 소비자용 전자 제품(CE) 등으로 구성되어 있으며 다양한 유비쿼터스 서비스를 제공할 수 있다. IEEE 802.15 Working group은 WNG(wireless next generation)에서의 관심을 시작으로 IG-BAN(interest group-BAN), SG-BAN(study group-BAN)을 거쳐 2007년 11월부터 WBAN의 표준화를 위해 IEEE 802.15.6 Task Group을 구성하여 현재 WBAN을 위한 표준화 작업을 진행 중에 있다[1].

WBAN은 크게 의료(medical)/비의료(non-medical) 응용 서비스로 구분하여 제공할 수 있다. 의료용 서비스는 체내/표면에 장착되는 의료용 디바이스와 코디네이터간의 데이터 통신을 수행한다. 데이터 교환 시 발생하는 트래픽의 종류에 따라 응급 상황에 따른 event-driven 방식의 비주기적 트래픽과 주기적으로 사람의 혈당이나 심전도 등의 소량의 생체 정보를 측정하여 발생시키는 주기적 트래픽으로 분류할 수 있다. 비의료용 서비스는 3m 이내의 인체 주변에 존재하는 디바이스에서 발생하는

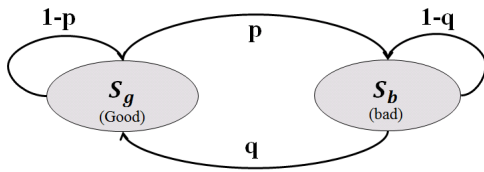
스트리밍과 데이터전송과 같은 엔터테인먼트를 제공하며, 고속(high data rate)의 event-driven 방식의 트래픽을 발생시킨다[2][3].

WBAN 환경에서 다양한 서비스를 제공하는 센서 디바이스는 데이터 전송 시 화이트노이즈에서 비롯되는 통신채널에 의한 오류, 하드웨어 잡음으로 인한 오류 등에 쉽게 노출되어 있으며, 이러한 오류는 저 출력 센서 네트워크에서 상당한 패킷 손실률을 발생시키며 데이터 신뢰성을 떨어뜨리는 원인이 된다. 또한, 이를 해결하기 위해 IEEE 802.15.4에서 사용되고 있는 MAC 프로토콜은 데이터 오류 발생 시 수신한 전체 데이터를 재전송하기 때문에 불필요한 에너지 소모와 오버헤드가 발생한다.

일반적으로 채널 오류율이 증가하면 재전송 방식의 에너지 효율은 급격히 저하되어 기존의 ARQ 방식만을 통한 재전송은 효율적인 전송을 보장할 수 없다. 특히 WBAN 환경에서 인체 내부에 이식되는 디바이스는 배터리 교체가 어렵기 때문에 노드의 수명 유지를 위해 사용되는 전력 소모량도 중대한 문제가 되고 있으며, 전체 데이터를 재전송하는 기존의 방식에서 발생하는 에너지 소모는 노드의 수명을 단축시키는 원인이 된다. 저전력과 데이터의 신뢰성을 요구하는 WBAN 환경에서 센서 디바이스는 패킷 오류에 대한 재전송 시 불필요한 에너지 소모를 줄이기 위한 효율적인 처리 방법을 필요로 한다.

따라서, 본 논문에서는 의료/비의료 서비스를 제공하는 저전력 WBAN환경에 빈번히 발생하는 데이터 손실로 재전송에 드는

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업(NIPA-2012-(H0301-12-1004)) 및 교육과학기술부 및 한국과학재단의 중견연구자 사업(No.2011-0015744)의 지원으로 수행된 연구결과임.”



[그림 1] - 길버트 모델 상태 전이도

불필요한 에너지 소모를 줄이기 위한 동적 블록화 재전송 전송 기법을 제안한다.

2. 관련 연구

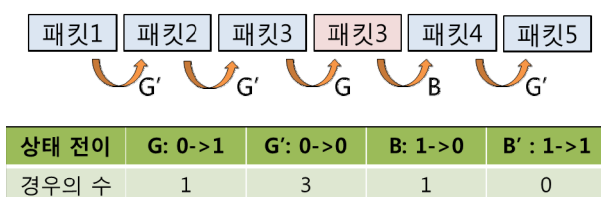
현재까지 WBAN 환경에서 데이터 오류를 효율적으로 대처하기 위한 목적으로 다양한 데이터 손실을 모델링하기 위한 시도가 있었다. IEEE 802.15.6 표준에서는 가장 일반적인 기법으로 전체 데이터를 재전송함으로 데이터 오류 문제를 해결할 수 있는 ARQ 기법을 사용한다 [4]. 하지만 데이터의 문제가 있는 구간을 제외하고 정상 데이터까지 재전송하게 되는 방식은 불필요한 에너지 소모와 함께 네트워크 자원의 낭비를 초래하게 되어 결과적으로 네트워크의 수명을 단축시키게 된다. 그 밖에 잉여 bit를 추가, 전송하여 에러 검출 뿐 아니라 에러 정정 기능까지 수행하는 FEC(forward error correction) 기법이 있다 [5]. 하지만 FEC 기법은 복잡한 encoding 방식으로 인한 노드 자체의 추가 오버헤드와 추가되는 잉여 bit 길이에 따라 복구 성공률이 의존적이며, 낮은 전송 에러율을 갖는 채널에서는 전송 채널의 낭비를 초래하게 된다. 재전송 데이터의 크기를 줄이는 방식으로 블록화 재전송 기법도 존재한다 [6]. 이 기법은 오류 블록만을 재전송함으로 불필요한 에너지 소모를 감소시킬 수 있지만 블록의 수를 고정함으로써 동적인 상황에서의 유연한 블록화가 불가능하다는 한계가 있다.

본 논문에서는 길버트 모델을 사용하여 채널 오류율을 판단하고, 이에 따라 동적으로 블록 개수를 설정하여 데이터를 전송하는 기법을 제안한다. 본 기법은 오류율과 비례하게 데이터를 블록화 함으로 재전송 시 불필요한 에너지 낭비를 효과적으로 줄일 수 있다.

3. 오류율 예측 모델

수신자의 수신 상태를 파악하기 위해서 실험으로 검증된 오류 예측 모델인 Gilbert Model을 사용하였다 [7]. Gilbert Model은 two-state Markov 모델로써 [그림1]과 같이 구성된다.

수신자 측으로 임의의 패킷이 무사히 도착할 경우를 하나의 S_g 으로 보고, 반대로 패킷이 손실되는 경우는 S_b 로 본다. 이 때, 패킷 손실의 특성은 각 스테이트 간의 전이 확률 p 와



[그림 2] - 패킷 전송의 예와 상태전이에 따른 경우의 수

Type	Block number	Data size	CRC-5
0	1-3	4-10	11-15

Data	CRC-8
1~99Byte	1Byte

[그림 3] - BCF(Block control frame) block(상)과 Data block format(하)

q 로 표현할 수 있다. N 번째 패킷이 도착한 경우, $(N+1)$ 번째 패킷이 손실되는 것은 S_g 에서 S_b 로 전이를 의미하고, 그 확률은 p 로 표현한다. 반대로 $(N+1)$ 번째 패킷이 무사히 도착할 확률은 $1-p$ 가 된다. 같은 방식으로, N 번째 패킷이 손실된 경우 $(N+1)$ 번째 패킷은 도착할 확률과 손실될 확률이 각각 q 와 $1-q$ 가 된다. 임의의 패킷이 Good 또는 Bad에 있을 확률은 기하 분포의 특성에 따라 각각 $q/(q+p)$ 와 $p/(q+p)$ 로 계산되며, 전이확률 p , q , $1-p$, $1-q$ 에 대응하는 상태 전이에 대한 경우의 수를 이용하여 전이 확률 p 와 q 를 구한다.

예를 들어 [그림2-상]과 같이 총 5개의 패킷을 전송하면서 발생하는 오류에 대한 재전송 상황에서 패킷 3에 재전송이 이루어지게 될 경우, 상태 전이에 대한 경우의 수를 [그림2-하]와 같이 구성할 수 있다.

이 경우의 수를 이용하여 전이 확률 p 는 수식 (1)을 통하여 0.25 값을 얻을 수 있고, q 는 수식 (2)를 통해 1의 값을 얻게 된다. 이 때, 패킷 오류율은 $(N+1)$ 번째 패킷이 Bad에 있게 될 확률, 즉 수식(3)을 통해 0.2와 같이 계산되어 다음 패킷의 오류율을 예측할 수 있다.

$$p = \frac{G}{G + G'} \quad (1)$$

$$q = \frac{B}{B + B'} \quad (2)$$

$$\Pr[St = Bad] = \frac{p}{q + p} \quad (3)$$

4. 오류율 예측 모델에 따른 데이터 블록화 기법

[그림3]은 블록화 기법에 사용되는 BCF(block control frame) block과 Data block을 나타낸다. IEEE 802.15.4 물리계층은 헤더를 제외하고 최대 127바이트의 데이터 패킷(PSDU)을 가질 수 있으며, 결과적으로 MAC 헤더를 제외하면 MAC 계층으로 102바이트의 데이터 패킷(MSDU)를 가질 수 있다. BCF 블록과 CRC-8(1Byte) 구간을 제외한 1~8개 블록에 삽입될 수 있는 데이터는 100~93Byte이다. 2Byte의 BCF는 블록에 대한 정보를 소유하고 있다. Type은 용도 구분을 위한 필드이며, 각각 General(0), Recovery(1) 타입으로 구분된다. Block number 필드는 블록화 될 블록들의 총 수를 나타내고, 길버트 모델의 p , q 값으로 계산된 오류율에 따라 최소 1개부터 최대 8개까지 블록 분할된다. Data size 필드는 각 블록에 삽입된 데이터의 크기를 나타낸다. CRC-5는 BCF block의 오류를 검출하기 위해 사용된다.

Algorithm: SenderProcessing

```

1. decide NumOfBlock based on p, q value and size of Data
2.
3. while NumOfBlock > Cnt
4.   insert CRC-8 and block data based on offset table
5. end while
6.
7. set State, Block number and Data size on BCF
8.
9. insert transmitted data into Regeneration buffer
10. send packet

```

[그림 4] - Sender operation pseudocode

Algorithm: ReceiverProcessing

```

1. Read BCF information
2. if BCF.Type == RecovBlock
3.   while NumOfBlock > Cnt
4.     if CRC-16 Error
5.       Do CRC-8 and Recover Block
6.     else
7.       Recover Block
8.     end if
9.   end while
10. else
11.   if CRC-16 Error
12.     temporal store Blocks on Regeneration Buffer
13.   endif
14.   while NumOfBlock > Cnt
15.     if CRC-16 Error
16.       Do Block CRC-8
17.       if CRC-8 Error
18.         collect Block Index
19.       else
20.         combine Data
21.       end if
22.     else
23.       combine Data
24.     end if
25.   end while
26. end if
27.
28. Calculate p, q
29. send ACK message with p, q, retransmission block

```

[그림 5] - Receiver operation pseudocode

BCF block 과 함께 전송되는 Data block은 데이터와 FCS(frame check sequence) code 를 포함한다. CRC-8 순환코드를 사용하여 실제 데이터와 다항식(polynomials)과의 연산으로 산출된 값 즉, 삽입된 FCS 코드로 블록의 오류를 검출하게 된다.

송신자는 [그림4]의 동작 알고리즘과 같이 동작한다. 수신자로부터 ACK를 통해 전송된 p, q 값을 사용하여 에러 확률을 계산하고, 산출된 에러율은 [그림6]과 같이 블록 분할 테이블을 참조하여 블록 개수를 결정한다. 데이터 손실률이 클수록 더 많은 블록 분할이 효율적이지만, CRC-8의 오버헤드와 제한된 BCF 크기로 블록 분할의 최대 개수를 16개로 제한한다. 또한 소량의 인체 정보만을 수집 및 전송하는 측정하는 데이터와 빠른 처리를 요구하는 응급 데이터는 각각 1블록으로 블록화 처리한다.

블록분할 수	오류확률	블록분할 수	오류확률
1	0	5	0.55~0.7
2	0~0.25	6	0.7~0.85
3	0.25~0.4	7	0.85~0.9
4	0.4~0.55	8	0.9~1

[그림 6] - 블록 개수를 결정하기 위한 테이블

[그림5]는 수신자의 동작 알고리즘이며 오류가 난 해당 블록을 수신하여 복구하는 동작과 일반 데이터 블록의 수신 동작으로 구분된다. 두 동작 모두 IEEE 802.15.4 frame format의 CRC-16 기반으로 전체 데이터의 오류 유무를 확인한다. 오류가 발생되면 CRC-8로 각 블록의 신뢰성을 확인 후, 오류 블록은 전송되는 ACK 신호에 p, q 값과 블록의 인덱스를 포함하여 재전송을 요청한다. 복구 동작의 블록은 일반 데이터 블록과 동일하게 BCF와 데이터 블록을 가지고 있으며, BCF의 Type 필드를 “10”로 설정하여 복구를 위한 블록임을 나타낸다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 저전력과 신뢰성을 요구하는 WBAN 환경에 길버트 모델을 이용하여 수신자의 데이터 오류율을 분석하고 데이터를 동적으로 블록화 전송하는 기법을 제안하였다.

기존의 ARQ 방식과 비교하여 제안하는 기법은 재전송의 크기를 줄이고 불필요한 오버헤드를 감소시킴으로 에너지 낭비를 효율적으로 줄일 수 있다. 본 기법에 블록화 테이블은 각 0.25, 0.15의 확률 범위로 블록을 분할시킨다. 차후 오류율과 데이터 크기에 최적화 된 블록화 개수를 결정하기 위한 연구와 지속적인 분석이 필요하다.

참고문헌

- [1] TG6 Body Area Networks(BAN) draft standards, IEEE 802.15-10-0245-06-0006.
- [2] TG6 Technical Requirements Document(TRD), IEEE 802.15-08-0644-09-0006.
- [3] TG6 Call for Applications - response summary, IEEE 802.15-08-0407-05-0006.
- [4] IEEE 802.15.4 Standard-2003, “Part 15.4: WirelessMedium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specification for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs),” 2003.
- [5] J. Heidemann, F. Silva, C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, D. Ganesan, “Building Efficient Wireless Sensor Networks with LowLevel Naming”, <http://www.isi.edu/~johnh/PAPERS/Heidemann01c.pdf>, SOSP01, October, 2001
- [6] 김태형, 정하중, 김영환, “데이터 신뢰성과 에너지 효율성을 위한 WBAN MAC 프로토콜”, 대한전기학회, 41회, 2010
- [7] E. N. Gilbert. Capacity of a burst-noise channel. Bell Syst. Tech. J., 39:1253-1265, Sept, 1960