

컬러링 알고리즘을 통한 WBAN의 공존성 문제 해결 방안

이지은[○] 김범석 조진성

경희대학교 컴퓨터공학과

wldms5013@khu.ac.kr passion0822@khu.ac.kr chojs@khu.ac.kr

A Solution for WBAN Coexistence Problem using Graph Coloring Algorithm

요 약

인체에 부착하여 신체 및 의료데이터를 전송하는 WBAN은 높은 신뢰성이 요구 된다. 이러한 WBAN의 특성 상 다수의 WBAN(Wireless Body Area Network)이 공존할 시, 중첩 상황이 발생 할 수 있다. WBAN간의 중첩 상황은 채널 간 간섭 및 충돌로 인해 데이터 전달 확률이 낮아지고 성능 저하가 발생하여 신뢰성이 낮아지는 공존성 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위하여 IEEE 802.15.6 표준에서는 Active Superframe Interleaving방안을 제공하고 있다. 하지만, 표준의 Active Superframe Interleaving은 두 개의 단일 WBAN간의 협약을 통하여 해결하는 방안으로 다수의 WBAN이 중첩된 상황은 고려하지 않는 방안이다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고 효율적인 Active구간의 효율적인 타임 슬롯 할당을 위하여 그래프 컬러링 알고리즘(Graph Coloring Algorithm)을 바탕으로 인접하지 않아 간섭 확률이 적은 WBAN 집합끼리 Active구간을 동시에 사용하는 효율적인 Resource reservation을 제안한다.

1. 서 론

고령화 사회로 접어들면서 건강관리에 대한 관심이 매우 높아지고 있다. WBAN은 인체 내부 또는 외부에 여러 장치들을 부착하여 상호 연결하여 통신할 수 있는 근거리 무선통신 기술로서 IEEE 802.15 TG6에서 표준화가 2011년에 완료되었다. WBAN표준은 근거리 저전력 고신뢰성 통신을 목표로 하고 있으며 신체 및 의료용 데이터 전송 뿐 아니라 게임 응용 등 비의료용 데이터 전송에도 활용된다 [1].

인체를 중심으로 근거리에 부착되는 센서를 기반으로 하는 WBAN은 인구밀집도가 높은 지역에서 센서의 위치에 따라 중첩 상황이 발생 할 수 있다. 예를 들어 병원이나 노인복지시설, 지하철 역 등에서 높은 WBAN 밀집도로 인하여 공존상황이 발생하고 서로 간의 간섭을 유발하므로 문제가 발생한다.

이를 해결하기 위하여 IEEE 802.15.6 표준에서 Active Superframe Interleaving방안이 제공되고 있다 [2]. 이는 두 개의 단일 WBAN의 코디네이터 간의 협약을 통해서 Active구간과 Inactive구간을 번갈아 나누어 쓰는 방안이다. 하지만 이러한 방안은 두 개 이상의 WBAN이 중첩 되었을 때는 적용할 수 없는 문제점이 존재한다.

한편, 그래프 컬러링 알고리즘은 그래프의 꼭짓점이나 변과 같은 부분에 각각 색을 칠하는 방법을 말하는데 각 노드에 색 깔을 할당하는데 에지(edge)로 연결되어있는 인접한 두 노드에 같은 색깔을 할당 할 수 없는 알고리즘은 효율적인 할당

방안을 위해서 다양한 분야에서 활용되고 있다. 예를 들어 무선 센서 네트워크에서 클러스터의 헤드를 선출하는 과정에서 그래프 컬러링 알고리즘을 이용하여 적절히 분산된 클러스터 헤드를 선출하여 효율적인 클러스터링 기법이 연구되었다 [3].

본 논문에서는 기존 IEEE 802.15.6 표준에 명시되어진 Active Superframe Interleaving 기법의 문제점을 해결하기 위하여 컬러링 알고리즘을 통한 WBAN 집합 구성을 통하여 Active구간을 적절히 할당하는 방안을 제안한다. 위 방안을 이용하면 중첩상황에서 간섭을 최소화 하여 전체적인 성능이 향상될 것으로 판단된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 WBAN의 공존성 문제 해결방안들과 그래프 컬러링 알고리즘에 대하여 설명하고, 3장에서는 WBAN환경에서의 문제 정의와 해결 방안을 알아본다. 4장에서는 결론을 맺고 향후연구를 제시한다.

2. 관련 연구

IEEE 802.15.6 MAC의 특징은 슈퍼프레임(Superframe) 기반 비콘 모드, 슈퍼프레임 기반 비 비콘 모드, 슈퍼프레임을 기반하지 않는 비콘 비가용 모드를 지원한다. 비콘을 포함하는 슈퍼프레임 모드에서는 Scheduled Access, Unscheduled Access와 같은 time reservation 기반의 TYPE-I/II Access Phase를 제공하며, slotted/unslotted CSMA/CA와 slotted ALOHA를 기반으로 동작하는 EAP (Exclusive Access Phase), RAP (Random Access Phase), CAP (Contention Access Phase)를 제공한다 [2].

IEEE 802.15.6 표준에서는 인체를 중심으로 이동성을 가지는

“이 논문은 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터육성 지원사업 (NIPA-2014-(H0301-14-1003)) 및 교육부 및 한국연구재단의 기초연구사업(NRF-2013R1A1A2059741)의 지원으로 수행된 연구결과임”.

다수의 WBAN이 좁은 지역에 공존함으로써 발생할 수 있는 공존성 문제를 해결하기 위한 기법으로 Beacon Shifting, Channel Hopping, Active Superframe Interleaving방안을 제안하고 있다. Beacon Shifting방안은 간섭 상황 발생 시 채널 모니터링을 통하여 비콘의 위치를 움직이는 방안이다. Channel Hopping방안은 하나의 채널을 여러개의 호핑 채널로

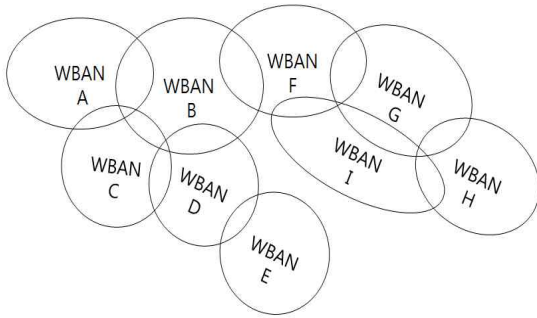


그림 1. 공존성 상황

나누어 미리 계산되어 있는 특정한 호핑 시퀀스에 따라 순차적으로 채널을 짧은 시간으로 나누어서 사용하는 방안이다. 그리고 마지막으로 앞서 설명한 두 개의 WBAN간의 협약을 통하여 Active구간을 나누어 쓰는 Active Superframe Interleaving방안이 있다[2]. Beacon Shifting방안은 정확한 채널 모니터링이 꼭 필요하다는 점에서 오버헤드가 크다고 볼 수 있다. Channel Hopping방안은 WBAN 채널 하나 당 여러 개의 호핑 채널을 사용해야 하는 문제점이 존재하고 Active Superframe Interleaving방안은 오로지 두 개의 WBAN에만 적용할 수 있다는 문제점이 있다.

다수의 유동적인 WBAN이 공존하는 상황에서 time reservation 기반의 TYPE-I/II Access 구간에서 WBAN간의 충돌이 발생했을 시 채널 모니터링 후 비콘을 충돌이 일어나지 않을 위치로 재배치하는 기법이 연구되어지고 있다 [4][5]. 또한, 다수의 WBAN이 공존하는 상황에서 간섭을 최소화하기 위해 노드에서 직접 코디네이터로 데이터를 전송하는 방법과 중간에 릴레이 노드를 거쳐 데이터를 전송하는 방법 중 전송 성공률이 더 높은 방법을 결정하는 기법이 제안 되었다 [6]. 이에 더불어,공존성을 감지한 후 감지 상황을 알리는 비콘을 보낸 뒤 하나의 채널을 여러 개의 호핑 채널로 나누어 특정 호핑 알고리즘에 의해 간섭을 피해 시간대 별로 순차적으로 채널을 사용하는 방안 및 그 성능에 대하여 연구하였다 [7]. 하지만, 이와 같은 기존 연구들에서는 단일 WBAN자체 내에서 간섭을 최소화하는 연구로 주변 WBAN의 상태를 고려하지 않았다. 이러한 문제점을 해결하여 주변 WBAN의 상태를 고려하여 서로 협약한 후에 데이터를 전송하여 다수의 WBAN이 공존하는 상황에서 높은 성능을 보장해 주는 방안이 필요하다.

3. 제안하는 방안

WBAN사용자들의 밀집도가 높은 지역에서 중첩 상황이 발생했을 시, 신체 및 의료 데이터 전송의 신뢰성을 확보하기 위

해 WBAN간의 간섭을 최소화 하는 것은 매우 중요하다. 따라서, 본 논문에서는 표준에서 정의된 Active Superframe Interleaving 기법의 효율성을 높이고, 기존 연구에서의 문제점을 해결하는 것을 목표로 그래프 컬러링 알고리즘을 통한

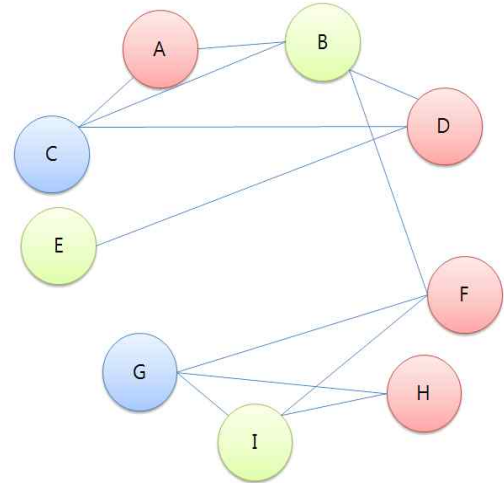


그림 2 . 그래프 컬러링 알고리즘을 통한 그래프

전송구간 할당을 제안한다.

3.1 그래프 컬러링 알고리즘

그래프 컬러링 알고리즘은 그래프의 꼭짓점이나 변과 같은 부분에 각각 색을 칠하는 문제로 이 때 색을 칠하는 방법에 여러 가지 제약이 가해지는데, 본 논문에서는 그래프의 꼭짓점에 색을 칠하면서 인접한 두 꼭짓점에는 다른 색을 할당하는 문제로 설정하였다.

각 노드가 이웃하는 노드의 정보를 가지고 있다면 이 정보를 취합하여 공존 상황을 그래프 로 정의할 수 있다. 방향성이 없는 그래프 $G = \{V, E\}$ 에서 V 는 $vertex$ 들의 집합으로 본 논문에서는 단일 WBAN이 되고 E 는 $edge$ 들의 집합으로 본 논문에서는 이웃 WBAN간의 연결 관계가 된다. 색(color)의 수를 m 이라고 할 때, $edge(u, v) \in E$ 라면, $f(u) \neq f(v)$ 의 조건을 만족하는 함수 $f: V \rightarrow \{0, 1, 2, \dots, m-1\}$ 에 대하여 가장 작은 색의 수 m 을 찾는 것이 목적이다.

3.2 표준 기반 Active 구간 할당 기법

다수의 WBAN상황에서 그래프 컬러링 알고리즘을 통해 인접하지 않아 간섭이 적은 WBAN들의 집합을 구성한다. WBAN들의 집합들은 Active time 동기에 맞추어 Active구간과 Inactive구간을 번갈아 실행한다. 중첩된 WBAN 환경에서 그래프 컬러링 알고리즘을 적용하기 위해 다음과 같은 사실을 가정한다.

- 1) 중첩된 N개의 WBAN은 Timeline을 기준으로 동작되어진다.
- 2) 각 WBAN의 코디네이터는 동기화 진행 시 메시지 교환으로 중첩되어진 정보를 알고 있다. 즉, 단일 WBAN은 완전정보를 가진다.
- 3) 각 WBAN의 Superframe의 길이 및 Active구간과 Inactive구간은 모두 동일한 크기를 가진다.

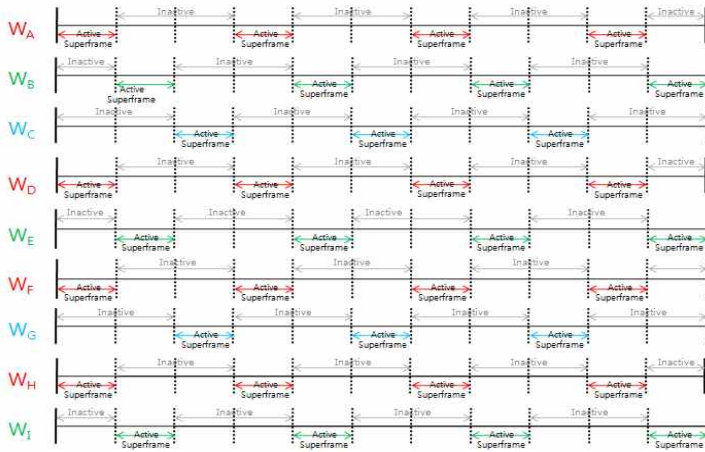


그림 3. 컬러링 알고리즘을 적용한 Active Superframe Interleaving 기법

4) 그래프 컬러링 알고리즘을 통하여 계산된 Active time message를 각 WBAN은 알고 있다.

현재 그림 1과 같은 9개 WBAN 공존성 상황에서 그래프 컬러링 알고리즘을 통하여 구성된 WBAN의 집합은 그림 2와 같이 $(D, F, H), (B, C, E), (C, G)$ 이다. 총 3개의 집합으로 묶인 WBAN은 각 Active time 동기에 맞추어 Active 구간과 Inactive 구간을 번갈아 실행한다.

그림 3과 같이 한 집합이 Active 상태일 때는 간섭을 일으킬 수 있는 WBAN의 집합들은 Inactive 상태가 된다. 본 논문에서 제안한 기법을 통하여 각 집합들은 간섭의 영향을 받지 않고 효율적으로 Active 구간에 데이터를 전송을 보장할 수 있다. 제안하는 방안은 그림 4와 같이 Pseudo-code로 나타낼 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 다수의 단일 WBAN이 중첩되었을 때 그래프 컬러링 알고리즘을 통한 Active Superframe Interleaving 기법을 제안한다. 제안하는 방안은 인접한 WBAN간의 간섭상황을 피하기 위해 인접하지 않은 WBAN간의 집합을 구성하여 Active time의 동기를 맞추고 Active 구간과 Inactive 구간을 효율적으로 사용하여 높은 신뢰성을 제공한다.

향후 과제로는 그래프 컬러링 알고리즘을 통하여 나누어진 WBAN 집합의 종류와 구성된 WBAN 개수를 고려하여 Active 구간과 Inactive 구간의 길이를 조절할 수 있는 기법을 연구할 것이다. 또한 좀 더 다양하고 복잡한 WBAN 환경에서 연구하고 시뮬레이션을 통하여 성능평가를 진행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 남훈순, 이형수, 김재영, “WBAN 응용서비스 동향”, 전자통신동향분석, 24권, 제5호, 2009
- [2] IEEE Computer Society, “IEEE 802.15.6 standard”, IEEE standard Association, pp142-147, 2012

>T[1..t]: Time slot
 >n: #of Nodes(WBAN) in Graph
 >vcolor[1..n]: Each node's color
 >m: # of colors
 >W: Neighbor matrix (true = neighbor/false = Non-neighbor)

```
void m_coloring(index i)
{
    int color;
    if(promising(i)) {
        if(i==n) {
            for(k=1; k<=n; k++){
                T[1+t/m*(vcolor[k]-1)]~T[t/m+t/m*(vcolor[k]-1)]slots
                node k - Activetime allocation
            }
        }
        else {
            for(color = 1; color<=m; color++){
                vcolor[i+1] = color;
                m_coloring(i+1);
            }
        }
    }
}

bool promising(index I) {
    index j;
    bool switch;

    switch = true;
    j = 1;

    while(j<i && switch){
        if(W[i][j] && vcolor[i] == vcolor[j])
            switch = false;
        j++;
    }

    return switch;
}
```

그림 4. 제안하는 방안의 Pseudo-code

- [3] 김재환, 장형수, “무선 센서 네트워크에서의 그래프 컬러링 기반의 클러스터링 알고리즘”, 한국정보과학회, 제34권, 제2호, 2007
- [4] Mohammad Deylami, Emil Jovanov, “An implementation of a distributed scheme for managing the dynamic coexistence of Wireless Body Area Networks”, Southeastcon, 2013 Proceeding of IEEE, 2013
- [5] Mohammad Deylami, Emil Jovanov, “A Distributed Scheme to Manage the Dynamic Coexistence of IEEE 802.15.4-Based Health Monitoring WBANs”, Biomedical and Health Informatics, IEEE Journal, 2013
- [6] Jie Dong, David Smith, “Opportunistic Relaying in Wireless Body Area Networks: Coexistence Performance”, IEEE ICC 2013
- [7] 한진석, “Fast avoidance of Co-channel interference in IEEE 802.15.4 networks”, 석사학위논문, 서울대학교, 2012