

다중 WBAN 환경에서의 공존성 문제 예측 알고리즘

한윤정⁰

조진성

경희대학교 컴퓨터공학과

yjhan@khu.ac.kr

chojs@khu.ac.kr

A Prediction Algorithm for Coexistence Problem in Multiple WBANs Environment

Yoonjeong Han⁰

Jinsung Cho

Department of Computer Engineering
KyungHee University

요 약

단일 WBAN(Wireless Body Area Network)과 다수의 단일 WBAN이 공존하는 상황에서 채널 간 간섭 및 충돌로 인해 데이터 전달에 실패하고 서로의 수행능력을 저하시키는 공존성 문제가 발생한다. 특히, 신체 정보 및 응급 데이터를 전송하는 WBAN의 특성상 신뢰성 있는 전송을 보장하기 위한 공존성 상황 감지가 필요하다. 본 논문에서는 다중 WBAN환경에서 공존성 상황을 감지하는 알고리즘을 제안한다. 머신러닝의 일종인 MAP(Maximum a Posteriori) 기법에 PRR(Packet Reception Ratio)과 SINR(Signal to Interference and Noise Ratio)을 고려하여 신뢰성 있는 간섭감지를 제공하며 이를 바탕으로 공존성 상황을 세 가지로 구분하여 각 상황에 따른 핸들링 기법을 적용하기에 용이하도록 설계되었다.

1. 서 론

WBAN은 인체 내부 및 인체로부터 3미터 이내에 존재하는 디바이스들을 무선으로 연결하여 상호 통신 하는 새로운 유형의 네트워킹기술이다. IEEE 802.15 Working Group은 2007년부터 WBAN의 표준화를 위해 IEEE 802.15.6 Task Group을 구성하여 현재 WBAN을 위한 표준화작업을 진행 중에 있고, 의료 분야를 주요 관심 분야로 하고 비 의료 분야까지 동시에 제공하는 것을 목표로 한다.[1]

무선 네트워크 통신에서는 주파수 대역이 한정되어 있다는 특성에 의해서 다수의 사용자가 채널을 점유하는 경우 서로의 수행능력을 저하시키는 공존성 문제가 발생한다. 예를 들어서, 같은 주파수에 하나 이상의 기기가 동시에 접근하여 패킷이 충돌하고 이로 인해 데이터가 손실된다. 또한, 둘 이상의 기기가 인접한 채널을 사용할 때 채널간의 간섭으로 채널의 수용능력이 임계치 이하로 떨어지거나 수신 신호의 세기가 급격히 줄어들어 PER(Packet Error Rate)을 증가시키고, 그 결과 PRR이 감소된다. 이러한 공존성 문제들은 데이터 재전송을 유발하고 이는 전송 지연을 증가시키고 채널활용도를 떨어뜨리는 원인이 된다. 따라서 WBAN에서는 공존성 상황을 미리 예측하고 공존성 문제를 회피하기 위한 연구의 필요성이 강조되고 있다.

본 논문에서는 다중 WBAN 환경에서 각 WBAN이 다른 WBAN으로부터의 간섭을 감지하고 간섭 상황을 예측하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 공존성 상황을 WBAN의 이동성에 따라 움직임이 거의 없는 상황,

느린 속도로 움직이는 상황, 빠른 속도로 움직이는 상황으로 나누며 이를 예측하기 위해서 싱크노드에서 WBAN을 구성하는 노드로부터 수신한 PRR과 SINR을 기반으로 naive bayesian's 분류법의 일종인 MAP분류법에 적용한다.

2. 관련 연구 및 배경지식

2.1 관련연구

높은 전송 신뢰성을 요구하는 WBAN에서의 공존성 문제에 대한 관심이 증가함에 따라 공존성 문제에 대한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 다수의 WBAN이 공존하는 상황에서의 각 WBAN의 성능저하 분석과 공존 상황 발생으로 인한 성능저하를 해결하기 위한 방안에 대한 연구가 진행되고 있다[2,3]. 하지만, 이러한 연구들은 간섭이 발생한 이후의 성능 개선 방안만을 제안하고 있으며, 공존 상황을 감지 및 예측하는 방안을 제안하지 않고 있다.

한편, WLAN, WPAN (Bluetooth, ZigBee), Ad-hoc과 같이 ISM(Industrial Scientific Medical) band를 사용하는 무선 통신 기술을 기반으로 한 공존 상황 감지 및 예측에 대한 기존의 연구들이 존재하며, 기존의 연구들은 계층별로 구분할 수 있다.

첫 번째, PHY 계층에서는 3가지 방법을 통해 간섭을 감지 할 수 있다. 전송을 시작하기 전 채널의 사용 유무를 확인하는 채널감지방법은 물리적 신호를 측정 하는 가장 확실한 감지방법이지만 전력소모가 많아서 저 전력을 요구하는 WBAN에는 적합하지 않다.[4] SINR과 BER(Bit Error Rate)의 변화를 측정하는 방법으로 대부분의 표준에서 사용된다.[5,6] 하지만, SINR의 경우 시스템적인 에러를 동반한다는 단점을 갖기 때문에 SINR 하나만으로는 신뢰성 있는 판단을 하기 어렵다. RSSI(Received Signal Strength Indicator)가 임계값을 넘으면 간섭이 존재한다고 판단한다. 주로 Bluetooth와 WLAN처럼 signal power가 크게 차이나

"이 논문은 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업 (NIPA-2013-(H0301-13-2001)) 및 교육과학기술부 및 한국과학재단의 중견연구자 사업(No. 2011-0015744)의 지원으로 수행된 연구결과임."

는 이 기종 간의 간섭에서 사용된다.[7] 두 번째, MAC 계층에서는 PER을 기준으로 간섭을 예측한다.[8] 마지막으로, NET 계층에서는 PDR(Packet Delivery Rate)을 이용한다.[9] 그러나 MAC, NET 계층의 각 요소만으로 예측된 공존상황은 정확도가 떨어진다는 문제를 가지고 있다.

따라서, WBAN의 공존상황 예측을 위해서는 각 계층에서의 간섭 측정 요소를 복합적으로 고려하여 신뢰성 있는 공존상황예측이 필요하다.

2.2 MAP(Maximum a Posteriori) 분류법

MAP은 naive bayesian's 분류법의 일종으로 최대 사후 가설이라 한다. 명제에 대한 사전확률을 활용하여 데이터가 주어진 상태에서 가장 가능성이 높은 가설을 추론해내는 분류법이다. 사전확률은 공학적인 지식이나 경험적인 것을 토대로 구해질 수 있으며 MAP 공식은 아래와 같이 유도되어진다.

$$\begin{aligned} \arg \max_{c} P(c|w_1, w_2, \dots, w_n) & \text{-----} (1) \\ &= \arg \max_{c} \frac{P(c)P(w_1, w_2, \dots, w_n|c)}{P(w_1, w_2, \dots, w_n)} \\ &= \arg \max_{c} P(c)P(w_1, w_2, \dots, w_n|c) \\ &= \arg \max_{c} P(c)P(w_1|c)P(w_2|c) \dots P(w_n|c) \\ &= \arg \max_{c} P(c) \prod_{i=1}^n P(w_i|c) \end{aligned}$$

c는 가설, w_i 는 가설 c에 영향을 끼치는 변수를 나타낸다. 즉, $\arg \max_{c} P(c|w_1, w_2, \dots, w_n)$ 는 변수 $w_1, w_2, \dots, w_n$ 일 때 가장 큰 확률을 갖는 가설 c를 구하는 것을 나타낸다.

3. 제안하는 알고리즘

3.1 시스템 모델

WBAN은 인체의 내부, 표면에 존재하는 센서를 통해 의료 및 비 의료 서비스를 동시에 제공하는 것을 목표로 한다. 다양한 서비스를 동시에 제공하기 위해서는 서로 다른 종류의 센서가 필요하며, 서비스의 종류에 따라 각기 다른 특징을 가진다.[10] 또한, 의료용 서비스를 주된 목적으로 하는 WBAN은 병원과 같이 좁은 장소에 다수의 WBAN 사용자가 공존하는 상황이 빈번하게 발생할 수 있으며, 공존 상황에 있는 각 WBAN이 서로 간섭을 일으킬 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서, 본 논문에서는 단일 WBAN이 주변의 WBAN으로부터 받는 간섭을 감지하는 시스템 모델을 제시할 것이며 간섭발생 상황을 간섭을 주는 WBAN의 이동속도에 따라서 static, semi-dynamic, dynamic한 상황으로 분류할 것이다. static은 간섭 WBAN의 이동성이 없는 경우, semi-dynamic은 간섭 WBAN이 느리게 이동하는 경우, dynamic은 간섭 WBAN이 빠르게 이동하는 경우를 나타낸다.

간섭 감지를 위해 사용하는 파라미터는 PRR과 SINR이다. 간섭을 발생시키는 WBAN의 이동속도에 따라 간섭 상황을 구분하기 위해서 잡음 및 간섭 대비 신호세기 자체를 이용하는 대신에 임계치 이하로 유지되는 시간을 측정하였으며 이를 $SINR_{holding-time}$ 이라고 정의한다. 또, 이 두 가지 파라미터 이외에 현재 공존성 상태에 영향을 주는 바로 이전의 상태도 고려할 것이다.

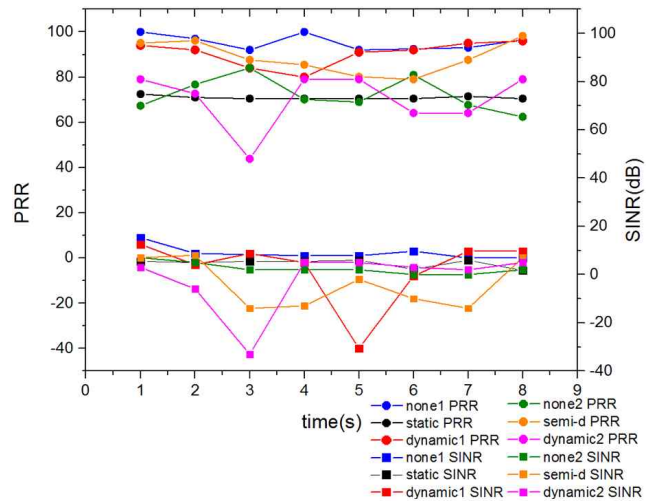


그림 1. 공존성 상태에 따른 PRR, SINR

Training data는 MAP의 사전확률에 토대가 되는 데이터이다. 직관적인 이론이나 경험적 정보의 축적을 통해 얻을 수 있으며 본 논문에서는 이를 위해 실험을 진행했다. 실험 결과 그림 1과 같이 각 공존성 상태에 따른 PRR, SINR 수치를 얻었으며 그에 따라 얻어진 training data는 표 1과 같다.

3.2 MAP 분류기 적용

MAP 분류기의 입력 값은 PRR, $SINR_{holding-time}$ 이전의 상태 값이다. PRR의 속성은 값이 임계치보다 클 때와 작을 때로 구분되고, SINR은 $SINR_{holding-time}$ 이 0일 때 즉, SINR이 임계치 이하로 감소하지 않은 경우, 0과 α 사이 시간 동안 유지한 경우, α 와 β 사이 시간 동안 유지한 경우, β 이상 동안 유지한 경우로 나뉜다. 또, 이전의 상황이 간섭이 없는 none인지, static, semi-dynamic, dynamic인 상황으로 구분된다.

MAP 분류법에 따라 training data는 표 2와 같은 사전 확률로 정리된다. 입력 값의 사전확률을 2.2절의 식(1)에 대입하여 공존성 상황을 감지한다. 예를 들면, 입력 값이 $PRR > PRR_{threshold}$, $0 < SINR_{holding-time} < \alpha$, none일 때, 결과 값은 아래처럼 계산되어 가장 큰 값을 갖는 dynamic이 결과 값으로 도출된다.

$$\begin{aligned} & \cdot P(s) P(PRR > PRR_{threshold} | s) P(0 < SINR_{holding-time} \leq \alpha | s) P(n|s) = 0 \\ & \cdot P(s-d) P(PRR > PRR_{threshold} | s-d) P(0 < SINR_{holding-time} \leq \alpha | s-d) P(n|s-d) = 0 \\ & \cdot P(d) P(PRR > PRR_{threshold} | d) P(0 < SINR_{holding-time} \leq \alpha | d) P(n|d) = \frac{1}{72} \\ & \cdot P(n) P(PRR > PRR_{threshold} | n) P(0 < SINR_{holding-time} \leq \alpha | n) P(n|n) = 0 \end{aligned}$$

4. 성능분석

WBAN이 주변의 WBAN에서 발생하는 간섭을 감지하는 모델을 구축하기 위해 CC2420을 이용하였다. 단일 WBAN은 싱크노드 하나와 전송노드 네 개로 구성되어 있으며 간섭노드 하나를 배치하였다. 간섭노드는 다른 WBAN에 속해 있으면서 기존의 WBAN의 통신에 간섭을 주는 노드이다. 각 네트워크의 싱크노드들은 감시 채널인 pilot channel을 통해서 서로의 위치나 노드들의 전송세기 등의 정보를 공유할 수 있다는 가정을 두었다.

PRR은 싱크가 네 개의 노드로부터 수신한 패킷수의 평

3.2 Training data

표 1. training data

PRR	SINR	pre-state	state
$PRR \geq PRR_{threshold}$	$SINR_{holding-time} = 0$	none	none
		static	
		semi-d	
		dynamic	
	$0 < SINR_{holding-time} \leq \alpha$	none	dynamic
		semi-d	
		dynamic	
		dynamic	
	$\alpha < SINR_{holding-time} \leq \beta$	none	dynamic
		semi-d	
		dynamic	
		dynamic	
	$\beta < SINR_{holding-time}$	none	static
		static	
		semi-d	
		dynamic	
$PRR < PRR_{threshold}$	$SINR_{holding-time} = 0$	none	none
		static	
		semi-d	
		dynamic	
	$0 < SINR_{holding-time} \leq \alpha$	none	dynamic
		semi-d	
		dynamic	
		dynamic	
	$\alpha < SINR_{holding-time} \leq \beta$	none	semi-d
		semi-d	
		dynamic	
		dynamic	
	$\beta < SINR_{holding-time}$	none	static
		static	
		semi-d	
		dynamic	

균으로 계산된다. SINR은 싱크로부터 측정된 4개 노드의 평균 RSSI, 간섭노드의 RSSI, 노이즈의 RSSI를 식(2)에 대입하여 계산하고 임계값 이하로 유지되는 시간을 측정한다.

$$INR = 10 \log_{10} \frac{10^{RSS_{dBm}/10} - 10^{N_{dBm}/10}}{10^{RIS_{m}/10}} \quad (2)$$

RSS는 수신신호의 세기, RIS는 간섭신호의 세기, N은 노이즈의 신호 세기를 나타낸다.

실험은 간섭이 없는 상황, 간섭노드를 한 위치에 고정시킨 상황, 간섭노드를 0.5m/s 속도로 천천히 이동시킨 상황, 간섭노드를 1.5m/s 속도로 빠르게 이동시킨 상황으로 나누어 각 5번씩 진행하여 PRR, $SINR_{holding-time}$ 을 측정하였으며 결과는 그림1의 그래프와 같다. 또, 실험결과 α 는 평균2초, β 는 평균5초 정도를 나타낸다.

입력 값의 속성을 각각 다르게 설정하여 모든 공존성 상황을 MAP분류법에 적용시켜본 결과, PRR만 고려하여 간섭의 유무를 판단한 것 보다 SINR값의 변화와 이전상황을 고려하여 MAP에 적용시킨 결과가 더욱 정확하고 세분화된 공존성 상황을 예측함을 확인할 수 있다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 다중 WBAN환경에서 PRR, SINR의 변화와 이전의 공존성 상황을 MAP 분류기에 적용시켜 보다 신뢰성 있는 공존성 상황 예측 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 단일 요소만 고려하여 간섭을 감지하는 기

표 2. 사전확률

instance	attribute	n	s	s-d	d
PRR	$PRR \geq PRR_{threshold}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{2}{3}$
	$PRR < PRR_{threshold}$	$\frac{1}{2}$	0	1	$\frac{1}{3}$
SINR	$SINR_{holding-time} = 0$	1	0	0	0
	$0 < SINR_{holding-time} \leq \alpha$	0	0	0	$\frac{2}{3}$
	$\alpha < SINR_{holding-time} \leq \beta$	0	0	1	$\frac{1}{3}$
	$\beta < SINR_{holding-time}$	0	1	0	0
pre-state	n	$\frac{2}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{9}$
	s	$\frac{2}{8}$	$\frac{2}{8}$	0	0
	$s-d$	$\frac{2}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{9}$
	d	$\frac{2}{8}$	$\frac{2}{8}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{9}$

존의 방법에 비해 공존 상황 예측에 있어 높은 신뢰성을 제공한다.

향후 과제로는 제안하는 알고리즘 중 training data의 신뢰성을 높이기 위해 싱크 간에 pilot channel으로 통신을 한다는 가정을 두지 않고 간섭 WBAN으로부터의 간섭을 직접 측정하는 방식으로 실험을 진행할 예정이다. 또한, 예측 및 분류된 각 간섭 상황에 따른 핸들링기법도 연구 할 계획이다.

참고 논문

- [1] IEEE 802.15.6 WPAN Task Group 6 BAN: <http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>
- [2] Mohammad Deylami and Emil Jovanov, "Performance Analysis of Coexisting IEEE 802.15.4-based Health Monitoring WBANs", Engineering in Medicine and Biology Society(EMBC),2012
- [3] Ramtin Kazemi, "A Novel Genetic-Fuzzy Power Controller with Feedback for Interference Mitigation in Wireless Body Area Networks", VTC, 2011
- [4] Qixing Pang, Leung, "Channel Clustering and Probabilistic Channel Visiting Techniques for WLAN Interference Mitigation in Bluetooth Devices", Electromagnetic Compatibility, 2007
- [5] Villegas, Eduard Garcia, "Effect of Adjacent-Channel Interference in IEEE 802.11 WLANs", Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications, 2007
- [6] Dian Fan, Xianbin Wang, "Cross-layer Interference Minimization-Oriented Channel Assignment in IEEE 802.11 WLANs", Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2011
- [7] Unknown, "Adaptive Radio Channel Allocation for Supporting Coexistence of 802.15.4 and 802.11b", Vehicular Technology Conference, 2005
- [8] DaeGil Yoon, "Packet Error Rate Analysis of IEEE 802.11b under IEEE 802.15.4 Interference", Vehicular Technology Conference, 2006
- [9] Gang Zhou, "RID : Radio interference Detection on Wireless Sensor Networks", INFOCOM, 2005
- [10] Barakah, "A Survey of Challenges and Applications of Wireless Body Area Network and Role of a Virtual Doctor Server in Existing Architecture", Modelling and Simulation(ISMS), 2012