

지능형 채널 할당 기법의 유비쿼터스 네트워크 및 무선 임베디드 시스템

박형근^{1*}

¹남서울대학교 전자공학과

Ubiquitous Network and Wireless Embedded System with Intelligent Channel Scheduling Method

Park Hyoung-Keun^{1*}

¹Department of Electronic Engineering, Namseoul University

요약 서로 다른 응용을 위한 중복된 유비쿼터스 네트워크는 결국 어느 지점에서는 중복된 채널이 만들어 지며, 채널 혼선으로 인하여 전체 네트워크의 불안정뿐만 아니라, 보안 문제 그리고 기기 오작동 등의 심각한 문제를 야기시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 같은 지역내 다른 목적의 중복된 유비쿼터스용 ZigBee 네트워크간의 혼선 문제를 근본적으로 회피하기 위한 지능형 채널 할당 기법을 제안하고, 이러한 제안기법을 응용하여 무선 임베디드 시스템을 개발하였다.

Abstract In this paper, the efficient prevention of cross talk technique for basically avoiding the confusion problem between the overlapped ubiquitous network of the other object is developed within the same area. The intelligent unified wireless network remote meter reading system of the ubiquitous ZigBee base is developed based on this technology. Therefore, in this paper, each meter reading equipments managed the information of its own adjacent ZigBee channel. The intelligent network system steadily transmitting data a relay was developed based upon this information in each region through the flexible channel conversion technique.

Key Words : Ubiquitous network, Intelligent channel scheduling, Embedded system

1. 서론

최근 저전력/저가격/저속의 WPAN을 위한 국제표준 IEEE 802.15.4의 제정과 더불어 이를 기반으로 한 ZigBee 네트워크는 각 가정에서의 무선 홈네트워크를 구성하기 위한 가장 효율적인 무선 기술로 자리매김을 하고 있다[1]. 단일 채널로 모든 데이터 통신을 수행하는 ZigBee 네트워크에서 특히 각 네트워크 간에 같은 채널 사용에 의한 혼선은 단순한 네트워크 불안정 뿐만 아니라, 보안 문제 또는 기기 오작동 등의 심각한 문제를 야기시킬 수 있다. 그리하여, 현재 ZigBee 표준에서는 각

가정의 PAN 코디네이터(coordinator)를 중심으로 초기에 사용 가능 채널을 검색하고, 적절한 채널을 선택하여 자신의 네트워크를 형성하고, 해당 채널을 통해 모든 데이터들을 주고받는 방식을 사용하고 있다. 그러나, 만약 각 가정마다 개별적인 ZigBee 네트워크를 사용하는 건물의 전체를 포함하는 검침 네트워크를 설치할 경우 검침 네트워크는 모든 가정에서 사용하고 있는 채널 정보를 알 수 없으므로 인접한 채널만을 피하며 임의의 주파수로 네트워크를 형성, 데이터를 주고받는다. 하지만, 이와 같이 서로 다른 응용을 위한 중복된 ZigBee 네트워크는 결국 어느 지점에서는 중복된 채널이 만들어 지며, 채널 혼

본 논문은 2010년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

*교신저자 : 박형근(phk315@nsu.ac.kr)

접수일 10년 10월 15일

수정일 10년 11월 02일

게재확정일 11년 03월 10일

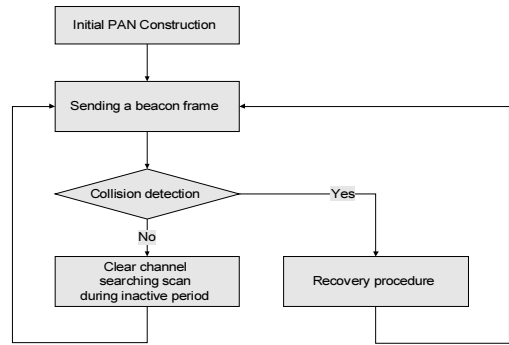
선으로 인하여 전체 네트워크의 불안정뿐만 아니라, 보안 문제 그리고 기기 오작동 등의 심각한 문제를 야기시킬 수 있다. 점점 더 그 적용분야가 확장되고 있는 이 시점에서 위와 같은 문제를 해결하기 위한 효율적인 기술의 개발이 시급하다. 따라서 본 논문에서는 위와 같은 동 지역내에 다른 목적의 중복된 유비쿼터스용 ZigBee 네트워크간의 혼선 문제를 근본적으로 회피하기 위한 효율적인 혼선 방지 기법을 제안하고, 이러한 제안기법을 응용하여 무선 통합 검침 시스템을 개발한다.

2. 지능형 채널 할당 및 시스템 설계

ZigBee는 하위 프로토콜 뿐만 아니라 센서 네트워크의 PHY와 MAC 계층으로 많이 채택되고 있는 IEEE802.15.4 home automation, 가전, health care 등 다양한 모니터링 환경을 위한 무선 기술로써 사용되고 있으며, 점차 그 응용분야를 넓혀가고 있다. 이러한 IEEE802.15.4는 868MHz, 915MHz, 그리고 2.4GHz의 ISM 밴드에서의 물리 계층을 정의하고 있으며, 특히, 2.4GHz 대역은 채널당 250kbps의 적절한 대역폭과 16개의 충분한 채널의 수를 지원한다. 그러나 많은 상황에서 이러한 시스템들간의 상호 전파 간섭은 피할 수 없는 문제가 된다. 최근 무수한 분야의 해당 표준기반의 응용분야의 설치에 따라, 실제로 동 지역에 다른 목적의 무수한 다른 PAN들의 공존하는 상황이 발생한다. 이런 경우에 현재 표준에서는 이미 동작중인 상호PAN간에 배타적으로 PAN이 운용되는 것에 대한 대책이 없다. 또한 이것은 심각한 문제를 야기할 수 있으며, 더 나아가 전체 모든 네트워크에서 예측하지 못한 여러 상황을 발생시킬 수 있다.

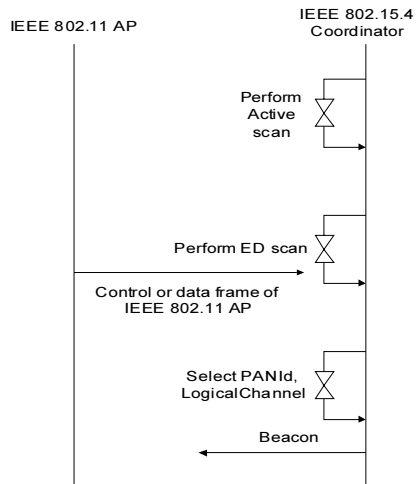
특히, 비컨 충돌은 기본적으로 이용 가능한 채널의 제한된 수에 의해 야기된다. 비록 [2]와 [3]에서 충돌 회피 방안에 대한 proactive한 방식을 제시했지만, 이런 종류의 기법들은 적응형 네트워크를 만들기엔 부적절하다. 또한 [4]와 같은 reactive한 기법들은 한 비컨이 충돌 또는 간섭을 받고 이후에 회복하는데 걸리는 시간이 상당히 길어지는 단점이 있다. 본 제안하는 방식은 기존의 proactive한 방식과 reactive방식을 결합한 하이브리드한 방식을 제안한다. 기본적으로 채널 이용률을 극대화시키기 위해서 비활성 기간 동안 스캐닝을 수행함으로써 유동적으로 이용가능한 모든 채널을 사용한다. 또한 잠재적 충돌은 서로 다른 PAN들의 데이터 패킷안의 각 PAN의 정보를 엿들음으로써 예측이 가능하다. 만약 한 디바이스가 자신의 코디네이터의 비컨이 충돌난 사실을 알게되면,

코디네이터에게 채널 정보를 알려주고 다음 비활성 기간에 해당 채널로 이동하여 정상적인 통신을 지속하게 된다. 이러한 동작방식은 상당히 빠르고 안전하게 이루어진다. 그림 1은 제안하는 방식을 사용하는 코디네이터의 흐름도이다.



[그림 1] 코디네이터의 흐름도

초기에 PAN 코디네이터는 active scan을 수행한다. 그림 2는 초기 PAN형성 과정을 보인다.

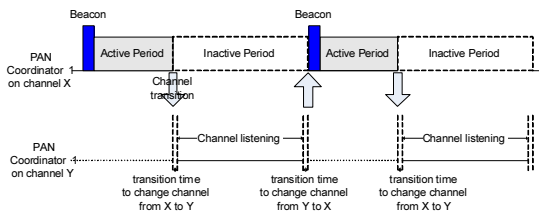


[그림 2] PAN 형성 과정

PAN 코디네이터는 좋은 채널을 찾기 위해 ED (Energy Detection) 스캔을 수행한다. 각 코디네이터는 ED 과정을 통해 다른 PAN 뿐만 아니라, 인근 지역의 다른 무선랜의 간섭의 영향도 함께 파악할 수 있다. 하지만, 무선랜의 AP는 일반적으로 그들의 초기 장소에서 고정이며, 이것은 초기에 스캐닝된 무선랜에 의한 주파수 간섭의 결과는 앞으로도 지속적으로 반영될 수 있다. 이러한 초기 스캔이 끝난 후에 코디네이터는 다시 논리적인

채널과 PAN ID를 가지고 PAN을 형성한다. 이 과정에서 주기적으로 자신의 비컨이 전송된다.

그림 3에서는 한 비컨 인터벌 안에서의 idle period에서의 후보채널 검색을 설명한다. 기본적으로 해당 표준에서는 코디네이터로부터의 주기적인 비컨의 전송주기인 superframe duration에 해당 디바이스(device)들이 시간을 맞추어 통신을 수행하는 active구간과 전력소모를 최소화하기 위한 idle구간을 나누어 동작을 수행한다. 즉, 해당 노드들은 약속된 시간에 일어나서 비컨을 수신하고, 또한 코디네이터 및 다른 디바이스들과의 통신을 수행하며, 해당 시간이 끝나면 바로 idle상태로 진입하여 전력을 최소화함으로써 전체적인 전력소모를 최소화 시킬 수 있다.



[그림 3] 휴지기간의 후보채널 검색

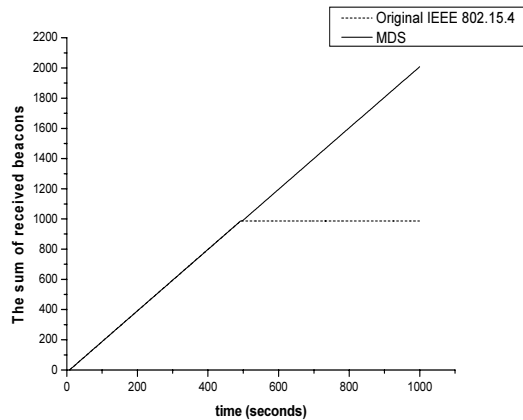
제안하는 채널관리기법에서는 이러한 idle 기간에 코디네이터가 함께 idle상태로 가지 않고, 이 기간에 다른 후보 채널을 검색을 한다. 검색이 끝나면 다시 본래의 채널로 돌아와 비컨을 전송하고 정상적인 동작을 수행한다. idle상태에서의 후보채널검색은 만약 해당 채널에서 임의의 디바이스에서 비컨충돌이 발생할 경우 충돌이 발생한 노드로 하여금 검색이 완료된 후보채널로 보내어 다른 PAN의 간섭없이 통신을 수행하기 위함이다. 즉, 같은 주기 안에서 여러 디바이스들과 동시에 다 채널의 통신을 수행함으로써 같은 채널 사용에 의한 간섭 및 충돌을 적극적으로 회피하기 위함이다. 특히, 코디네이터는 일반적으로 외부에서의 전원이 공급되거나 PC의 USB등을 통하여 전원을 공급 받을 수 있다.

3. 실험 및 분석

제안된 기법의 성능을 평가하기 위해서 먼저 각 가정의 존재된 검침기들을 통합하는 통합 대표 검침 시스템을 개발하였다. 두 개의 PAN 코디네이터와 두 개의 디바이스가 사용되었으며, 표 1은 성능 평가에 사용된 파라미터들의 값을 정의하고 있다.

[표 1] 성능평가 파라미터

평가항목	측정결과
Simulation time	1000 Sec.
Transmission range	15m
Distance	10m
Bandwidth	250kbps
RX Current	19.7mA at 3.3V
TX Current	17.4mA at 3.3V
IDLE Current	0.426mA at 3.3V
BO	5~8
SO	1~4

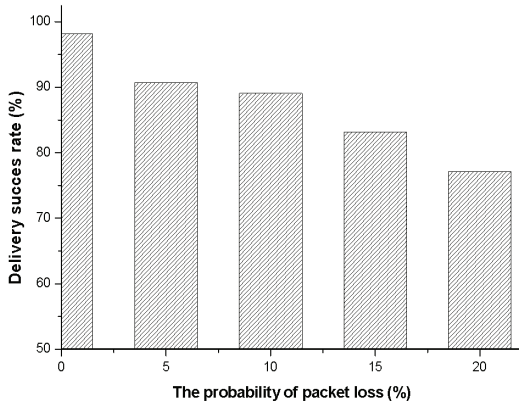


[그림 4] 제안된 기법의 영향

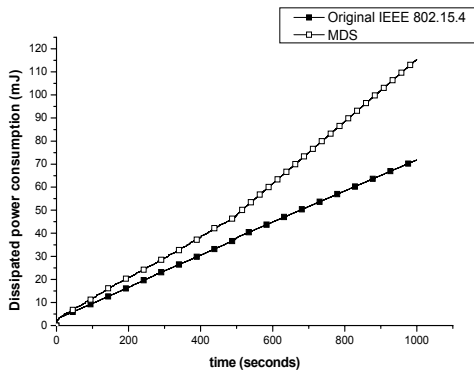
그림 4는 시간 변화에 대한 수신한 비컨 프레임의 총합을 나타낸다. 기본 Zigbee 시스템에서는 수신된 비컨의 합이 충돌 이후에는 증가되지 않는다. 왜냐하면 충돌에 의해 연결 상태가 회복되지 않기 때문이다. 하지만, 제안하는 방식에서는 이와 달리 해당 채널에서 지속적으로 간섭이 발생하더라도 빠르게 다른 이용 가능한 채널을 스캔하여 해당 디바이스를 스캔된 새로운 채널로 이동시켜 그곳에서 통신을 수행함으로써 지속적으로 비컨을 수신 받을 수 있다. 즉, 이것은 해당 네트워크에 대한 연결성이 간섭이 발생하더라도 자연스럽게 유지 될 수 있음을 말한다.

그림 5는 패킷 에러율에 대한 전송 성공률을 보인다. 패킷 에러율은 전체 받은 패킷에 대해 간섭 때문에 드랍된 패킷의 비율을 나타낸다. 본 관찰결과에서 전송 성공률은 에러율이 0일때 98.2%의 높은 성공률을 보인다. 또한 전송 에러율이 20%대에서도 77.14%의 성공률을 보장할 수 있다. 전송 에러에 대한 비컨 손실을 고려할 때 제안하는 방식을 채택한 디바이스는 비컨 프레임의 3.86%

만이 손실이 되는 것을 알 수 있다.

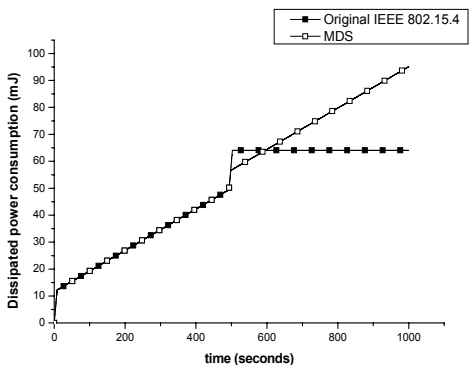


[그림 5] 패킷전송 성공률



[그림 6] 코디네이터의 소비 전력

그림 6은 코디네이터에서의 증가되는 시간에 대한 전체 소비된 전력을 관찰한 결과를 보인다. 제안하는 방식을 따르는 코디네이터의 소비전력은 일반적인 Zigbee 네트워크에서보다 다소 많은 파워를 소비한다.



[그림 7] 디바이스의 소비 전력

그림 7은 코디네이터가 아닌 디바이스에서의 시간 증가에 대해 소비된 전력을 보인다. 일반적인 상황(충돌 또는 간섭이 발생되지 않은)에서는 기존의 Zigbee 네트워크에서의 소비전력과 거의 같다. 하지만, 충돌이 발생한 이후에 다소의 급격한 소모 이후에 다시 원상태로 돌아온다. 이에 비해 제안하는 방식을 따르는 Zigbee 네트워크는 충돌 또는 간섭에 대해 효율적으로 대처하면서도 거의 일관적인 에너지 소비가 가능하다.

4. 결론

본 논문에서는 Zigbee 네트워크에서 특히, WPAN 구성시 중요한 비컨 충돌 문제를 해결하기 위한 다차원 채널 스케줄링 기법을 제안 하였다. 제안하는 방식에서는 초기에 후보 채널을 검색하고, 실시간으로 코디네이터에서 각 비활성 영역에서 다음에 사용될 깨끗한 채널을 검색하여, 만약 충돌이 발생하여 디바이스에 해당 비컨을 수신하지 못할 경우 소수의 메시지 교환만으로 해당 노드를 위한 새로운 채널에서의 통신을 가능케 한다. 본 개념을 도입하면 복잡하게 존재하는 다수의 PAN 네트워크에서도 충돌에 대한 효율적인 회피가 가능하며, 성능평가에서는 비컨의 성공률, 회복 시간, 그리고 소비된 에너지의 측면에서 시뮬레이션을 통해 제안하는 방식의 우수성을 입증하였다.

참고문헌

- [1] IEEE Std 802.15.4, "Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)," IEEE Standard for Information Technology, 2006.
- [2] Steibeis-Transfer Centre, "Compatibility of IEEE802.15.4 (Zigbee) with IEEE802.11 (WLAN), Bluetooth, and Microwave Ovens in 2.4 GHz ISM-Band," <http://www.ba-loerrach.de>
- [3] C. Won, J.-H. Youn, H. Ali, H. Sharif, and J. Deogun. "Adaptive radio channel allocation for supporting coexistence of 802.15.4 and 802.11b," In Proceedings of the 62nd IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2005-Fall), September 2005.
- [4] Sofie Pollin, Mustafa Ergen, Antoine Dejeonghe, "Distributed Cognitive Coexistence of 802.15.4 With 802.11", white paper in University of California, 2006.

박 형 근(Hyoung-Keun Park)

[정회원]



- 1995년 2월 : 원광대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 원광대학교 대학원
전자공학과 (공학박사)
- 1998년 5월 ~ 2001년 9월 :
(주)미디어서브기술연구소
- 2005년 3월 ~ 현재 : 남서울대
학교 전자공학과 교수

<관심분야>

마이크로프로세서응용, 임베디드 S/W, 암호알고리즘