

# 무선랜 환경 하에서 끊임없는 서비스 지원을 위한 지그비 단말의 빠른 채널변경 기법

이정행\*, 유명식

송실대학교 정보통신전공학부

## Fast Channel Switching Algorithm of Zigbee System for Supporting the Seamless Service in the WLAN Environment

Lee, Jungheang, Yoo, Myungsik

Soongsil University

E-mail : nineblue0@ssu.ac.kr, myoo@ssu.ac.kr

### 요 약

무선랜 (WLAN)과 지그비 (Zigbee)는 동일한 2.4GHz대의 비면허 주파수 대역 (ISM-Band)을 사용하기 때문에 네트워크 간의 주파수 간섭이 발생한다. 더욱이 지그비의 경우 무선랜의 채널과 중첩되지 않는 채널은 단 두 개 채널에 불과하기 때문에 무선랜의 주파수 간섭을 받을 경우 통신 지연 시간의 증가가 불가피 하다. 이에 본 논문에서는 지그비와 무선랜 간의 주파수 간섭으로 인해 발생하는 통신 지연 시간 최소화를 위한 빠른 채널 변경 알고리즘을 제안한다. 이와 더불어 제안 알고리즘의 성능 분석을 위해 모의실험을 수행하였고, 그 결과 제안 알고리즘의 통신 지연 시간이 감소됨을 확인하였다.

### 1. 서론

최근 유비쿼터스에 대한 관심이 높아지면서, 저속의 근거리 지그비 (Zigbee) 통신이 크게 주목 받고 있다. 그러나 지그비 통신이 사용하는 2.4GHz 대의 비면허 주파수 대역 (ISM-Band)은 무선랜 (WLAN)이나 블루투스 (Bluetooth) 등의 다른 통신 기술도 사용하는 대역이므로, 이들 통신 간 주파수 간섭 문제가 발생한다[1][2].

일반적으로 지그비는 전체 네트워크를 관리하는 노드인 PAN Coordinator (PANC)에 의해서 초기 사용 채널을 할당한다. 지그비의 초기 채널 할당 과정을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 지그비의 PANC는 각 채널의 상태를 파악하기 위해 지그비가 사용하는 16개의 채널 전체에 대해 에너지 검출 (Energy Detection; ED)을 수

행한다. 이후 각 채널의 사용 여부를 검출된 에너지의 양에 따라 결정한다. 즉, 검출된 에너지 양이 특정 임계치를 초과할 경우 해당 채널이 사용되고 있다고 판단하고, 임계치 이하의 채널 중에 가장 낮은 채널 번호를 가진 채널을 사용 채널로 선택한다.

그러나 지그비는 초기 채널 할당을 통해서 사용 채널로 일단 선정되면 통신 단절이 발생되기 전까지는 채널변경 없이 계속 사용하게 된다. 이로 인해 지그비는 통신 단절이 발생할 때마다 채널 변경을 위해서 초기 채널 할당 과정과 동일한 과정을 반복 수행하여 채널을 재할당 해야한다. 이와 같은 채널 할당 과정은 각 채널의 에너지 검출에 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 에너지 검출 시간 동안에는 통신이 단절되기 때문에 결과적으로 통신 지연 시간의 증가를 초래하게 되며 특히, 끊임없는 서비스 제공을 요구하는 응용 서비스에 통

본 연구는 2009년도 한국학술진흥재단의 지원에 의해 연구되었음(KRF-2009-005-D00147).

신 지연 증가라는 취약점을 드러내게 되며, 이는 서비스 품질 저하의 주요 요인이 된다.

이에 본 논문에서는 무선랜과 지그비가 혼재하는 네트워크 상황에서 주파수 간섭으로 인해 발생하는 통신 지연 시간을 최소화하기 위해 빠른 채널 변경 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 빠른 채널 변경 알고리즘은 모든 채널의 에너지 검출을 수행하지 않고, 특정 채널에 대해 사전에 채널 품질 정보를 수집하고, 간섭 발생 시 채널 재할당 과정에서 사전에 수집한 정보를 토대로 설정한 후보채널을 사용하는 특징을 가지고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 본 논문에서 제안하는 빠른 채널 변경 알고리즘을 설명한다. 이어 3장에서는 제안 알고리즘의 성능 평가를 위한 모의실험 환경 및 결과 분석을 수행하고 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. 제안 알고리즘

본 논문에서 제안하는 지그비를 위한 빠른 채널 변경 알고리즘은 후보 채널 선정 과정, 후보 채널 관리 과정, 간섭 인지 및 채널 재할당 과정으로 구성되어 있으며, 각 과정의 자세한 설명은 다음과 같다.

### 2.1 후보 채널 선정

후보 채널 선정 과정의 목적은 주파수 간섭이 발생할 경우 간섭을 회피하여 재할당 할 수 있는 채널을 사전에 선정하는 것이다. 그림 1과 같이 일반적으로 무선랜은 총 11개의 중첩된 채널구조를 갖고 있으며, 약 22MHz의 채널 대역폭을 갖고 있다. 무선랜 1개의 채널은 지그비의 4개의 채널에 주파수 간섭 (예를 들면 무선랜 1번 채널은 지그비 1,2,3,4번 채널에 영향을 미침)을 발생시킨다.

이에 따라 현재 사용하고 있는 채널에 주파수 간섭이 발생한다면, 현재 채널 양 옆 최대 3개의 채널에 까지 영향을 미치게 된다. 따라서 후보 채널은 현재 사용 중인 채널의 양 옆 3개의 채널을 제외한 채널 중 (현재 채널 포함)에서 에너지 검출 값이 가장 낮은 채널을 선정하게 된다. 이러한 후보 채널은 채널 상황에 따라 1개 이상 설정이 가

능하다.

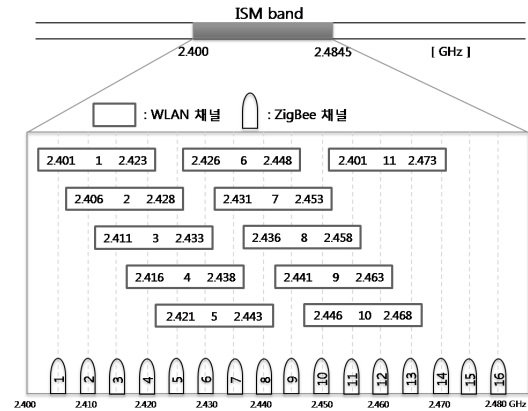


그림 1. 지그비와 무선랜의 채널 구조

### 2.2 후보 채널 관리

본 논문에서 제안하는 빠른 채널 변경 알고리즘은 지그비에 무선랜의 주파수 간섭이 발생되었을 경우, 후보 채널의 에너지 검출과정 없이 바로 후보 채널로 사용 채널을 변경한다. 따라서 사전에 후보 채널의 채널 품질 정보를 주기적으로 수집하는 후보 채널 관리 과정이 요구된다.

그러나 후보 채널의 채널 품질 정보 수집을 위해서는 에너지 검출에 별도의 시간이 소요되고, 이에 따른 통신 지연의 증가가 불가피하다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 그림 2와 같은 지그비 슈퍼프레임의 CFP (Contention Free Period)에 빈 슬롯이 존재할 경우, 해당 슬롯시간 동안에 PANC가 후보 채널의 에너지 검출을 수행한다.

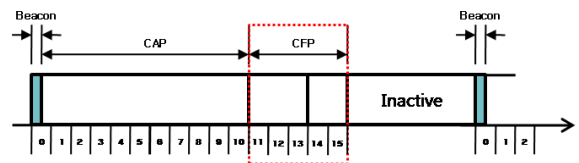


그림 2. 슈퍼프레임 구조

슈퍼프레임의 CFP는 지그비의 PANC가 사용할 허락한 노드만이 사용할 수 있는 구간이지만, 실제 지그비 통신에서 사용빈도가 높지 않은 구간이다 [3]. 또한 CFP의 슬롯 하나 당 길이는 슈퍼프레임 길이에 따라 최소 0.9ms에서 최대 15s로, 한 슬롯시간 동안에 후보 채널의 에너지 검출 (채널 당 약 128 $\mu$ s소요)을 하기에 충분하다.

따라서 CFP에 비어있는 한 슬롯이 존재할 경우,

PANC가 비어있는 한 슬롯시간 동안에 후보 채널의 에너지 검출을 수행한다. 이를 통해 통신지연의 증가 없이 후보 채널의 주기적 관리가 가능하다.

위와 같은 방법을 통해 수집된 후보 채널의 품질 정보가 특정 임계치를 초과할 경우, 해당 채널은 후보 채널에서 제외된다. 그러나 모든 후보 채널의 품질 정보가 특정 임계치를 초과할 경우에는 후보 채널의 재선정이 필요하다. 이를 위해 현재 사용 채널의 양 옆 최대 3개의 채널을 제외한 채널 (9 ~ 12개 채널)에 대한 에너지 검출이 필요하다. 또한 이들 채널에 대한 에너지 검출을 위해서는 한 슬롯시간 이상의 시간 (1.1ms ~ 1.5ms)이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 후보 채널을 재선정이 필요할 경우에는 우선, 다음 슈퍼프레임의 CFP에 두 개의 비어있는 슬롯의 존재여부를 파악한다. 그래서 두 빈 슬롯이 존재한다면, 이들 두 슬롯 시간 동안에 PANC가 현재 사용 채널의 양 옆 최대 3개의 채널을 제외한 채널 (9 ~ 12개 채널)에 대한 에너지 검출을 수행하여 후보 채널을 재선정한다.

그러나 모든 후보 채널의 채널 품질이 만족되지 못하여 재선정이 필요한 과정에서 현재 채널에서 간섭이 발생하는 경우에는, 기존의 지그비의 채널 할당방식과 동일하게 전체 채널 에너지 검출을 통해 현재 채널을 재할당하고 후보 채널을 재선정한다.

### 2.3 간섭 인지 및 채널 재할당

간섭 인지 및 채널 재할당 과정은 지그비가 수신하는 현재 채널에서의 신호 세기의 양을 고려하여 주파수의 간섭 및 채널 재할당 여부를 결정하는 과정이다. 이를 위해 본 논문에서는 지그비가 수신하는 현재 채널에서의 신호 세기의 양을 토대로 간섭 여부를 판단한다. 즉, 수신 신호 세기 (Received Signal Strength Indication: RSSI)가 특정 임계치 이하로 측정되면, 간섭이 발생되었다고 판단하고 후보 채널로 채널 변경을 수행한다.

## 3. 모의실험

### 3.1 모의 실험 환경

본 논문에서 제안하는 빠른 채널 변경 알고리즘의 성능 평가를 위해 다음과 같은 모의실험 환경을 구성하고, C++ 기반의 시뮬레이터를 구축하였다. 그림 3과 같이 무선랜 기지국을 배치하고 지그비 단말의 이동 경로를 설정하였으며, 무선랜의 주파수 간섭이 발생 시 기존의 지그비의 채널 재할당 방식과 제안된 알고리즘 채널 재할당 방식에 대한 평균 통신 지연 발생 비율과 채널을 재설정하여 할당하는 데 걸리는 평균 재설정 지연시간을 비교 분석하였다. 표 1과 2는 시뮬레이터에서 사용한 무선랜과 지그비의 주요 파라미터 설정 값을 나타내고 있다.

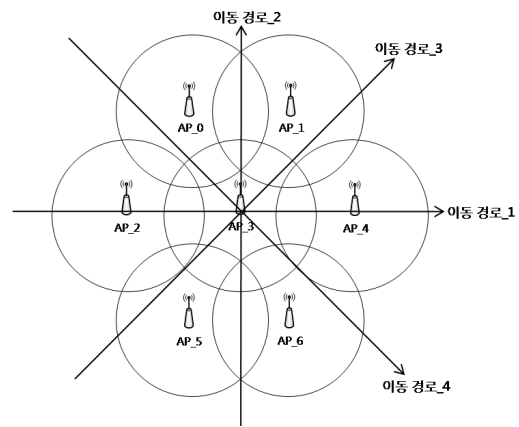


그림 3. 모의실험 환경

표 1 무선랜 주요 파라미터

종류	값
채널 수	11개
AP 수	7개
통신반경	100m
최대 송신 파워	100mW
경로 손실 모델	M.1225 Channel model[4]

표 2 지그비 주요 파라미터

종류	값
채널 수	16개
이동속도	2km/h
최대 송신 파워	1mW
후보 채널 수	2개
간섭 인지를 위한 RSSI 임계치	10dB
채널의 사용유무 판단을 위한 임계치	-70dBm
채널 당 ED수행에 걸리는 시간	128 $\mu$ s
슈퍼프레임 사이즈	0.98304ms
비콘 주기	0.98304ms
경로 손실 모델	M.1225 Channel model[4]

### 3.2 결과 분석

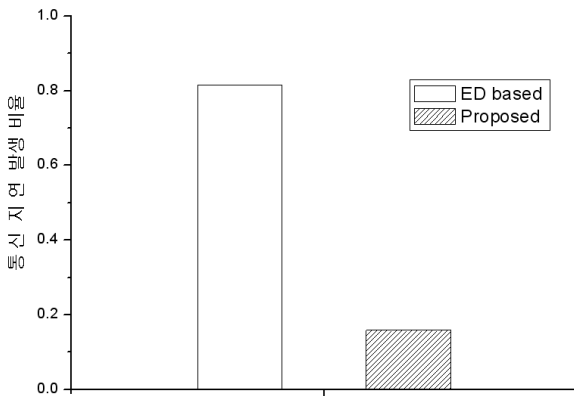


그림 4. 단위 시간당 평균 통신 단절 발생률

그림 4는 모의실험을 수행한 시간동안의 기존 채널 변경 알고리즘 (ED based)과 제안 채널 변경 알고리즘 (Proposed)의 통신 지연 발생 비율을 나타내고 있다. 그림에서 보이는 바와 같이 제안 알고리즘이 기존 알고리즘에 비해 매우 낮은 통신 지연 발생 비율을 보이고 있다. 이는 기존의 지그비의 채널 재할당 알고리즘이 간섭이 발생될 때마다 전체 채널의 에너지 검출을 수행하고 이에 따른 통신 지연이 발생하기 때문이다. 반면 제안된 채널 재할당 알고리즘은 전체 채널의 에너지 검출 없이 후보 채널로 채널을 재할당하기 때문에 기존 방식보다 낮은 통신 지연 발생 비율을 보인다.

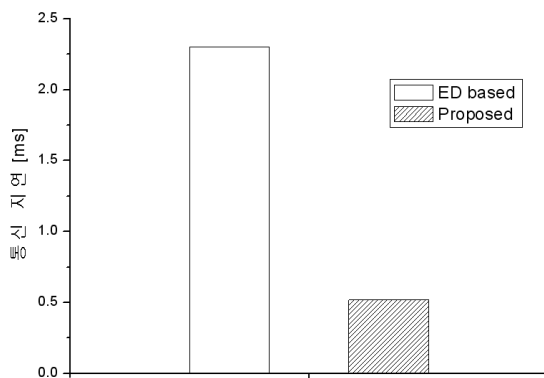


그림 5. 평균 재설정 지연시간

그림 5는 두 채널 변경 알고리즘의 채널을 재설정하여 할당하는 데 걸리는 평균 재설정 지연시간을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 제안 알고리즘이 기존 알고리즘에 비해 매우 낮은 재설정 지연시간을 보이고 있다. 이는 제안된 채널 재

할당 알고리즘의 기존 지그비의 채널 재할당 알고리즘에 비해 에너지 검출 빈도가 낮기 때문이며, 이에 따라 에너지 검출과정에서 발생하는 통신 지연 시간이 낮게 발생하는 것을 확인할 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 무선랜과 지그비가 혼재하는 환경에서 끊임없는 서비스 지원을 위한 지그비 단말의 빠른 채널 변경 기법을 제안하였다. 제안된 빠른 채널 변경 기법은 주파수 간섭이 발생되기 전 간섭이 발생하지 않는 후보 채널을 선정하고, 간섭 발생 시 후보 채널로 빠르게 채널 변경이 가능하여 통신 지연 시간의 감소 효과를 얻을 수 있다. 이를 검증하기 위한 모의실험을 통해 기존의 지그비의 채널 재할당 방식과 제안된 알고리즘의 비교 분석한 결과 채널 재할당을 위한 에너지 검출로 인해 발생하는 통신 지연 발생 비율과 채널 재설정 지연시간 측면에서의 향상된 성능을 확인할 수 있었다.

### [참고문헌]

- [1] L. Angrisani, M. Bertocco, D. Fortin, and A. Sona, "Experimental Study of Coexistence Issues Between IEEE 802.11b and IEEE 802.15.4 Wireless Networks," *IEEE Transactions on instrumentation and Measurement*, Vol. 57, No. 8, pp. 1514 - 1523. Aug. 2008
- [2] K. Shuaib, M. Boulmalf, F. Sallabi, and A. Lakas, "Co-existence of Zigbee and WLAN, A Performance Study," In Proc. of WTS, pp. 1 - 6. Apr. 2006
- [3] 오경식, 안중석, "802.15.4 표준에서 GAP (GTS Access Period)방안에 대한 제안 및 성능 분석," 한국통신학회 추계종합학술발표대회, Nov. 2007
- [4] Recommendation ITU-R M.1225, "Guidelines for Evaluation Methodology Document(EMD)," Oct. 2008