

# WPAN용 디지털 음향기기 및 통신기기간 스펙트럼 상호운용을 위한 채널 할당기술에 관한 연구

## Common Spectrum Assignment for low power Devices for Wireless Audio Microphone

김성권\* · 차재상\*\*<sup>Ⓞ</sup>

Seong-Kweon Kim\* and Jae-sang Cha\*\*<sup>Ⓞ</sup>

\* 목포해양대학교 해양전자통신공학부

\*\* 서울산업대학교 매체공학과

### 요 약

본 논문에서는 WPAN(Wireless Personal Area Network) 기반의 디지털 음향기기 및 소출력 무선 통신기기를 운용함에 있어서, 한정된 주파수 자원을 효율적으로 할당하기 위한 공유 주파수 대역폭의 산출법을 제시한다. WPAN기반의 디지털 음향기기 및 통신기기로서는 Digital Cordless Phone (DCP)과 Bluetooth를 비롯하여, RFID와 ZigBee기술을 고려하였다. 또한, 본 논문에서는 상기 WPAN기반의 디지털 음향기기 및 통신기기간의 스펙트럼 운용 측면에 따른 적용 방식을 DCP, RFID, Bluetooth는 FH (Frequency Hopping) 방식으로, ZigBee는 LBT(Listen Before Talk) 방식으로 분류한후 대기행렬 이론에 근거한 스펙트럼 상호운용을 위한 채널할당기법을 제시하였다. 본 논문에서는 대기행렬이론 (queuing theory)을 WPAN기반의 디지털 음향기기 및 통신기기간의 스펙트럼 운용기법에 적용하기 위하여, FH시스템과 LBT 시스템을 모델링하였고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 소요대역폭 산출을 수행했다. 채널수 별 user의 통신시도에 따른 throughput을 분석한 결과, throughput 84% 이상의 조건에서 FH 및 LBT 방식을 사용하는 250mW WPAN기반의 디지털 음향기기 및 통신기기들이 공존하는 공유주파수대역의 적정 채널수는 35개를 가지며, 총 소요대역폭은 각각의 WPAN기반의 디지털 음향기기 및 통신기기들의 채널수와 채널대역폭의 곱으로 산출이 가능함을 보였다.

키워드 : WPAN, 디지털 음향기기, 소출력, 무선 통신기기, FH, LBT, 대기행렬이론

### Abstract

This paper presents the calculation of the required bandwidth of common frequency bandwidth applying queueing theory for maximizing the efficiency of frequency resource of WPAN(Wireless Personal Area Network) based Digital acoustic and communication devices. It assumed that LBT device(ZigBee) and FH devices(DCP, RFID and Bluetooth) coexist in the common frequency band for WPAN based Digital acoustic and communication devices. Frequency hopping (FH) and listen before talk (LBT) have been used for interference avoidance in the short range device (SRD). The LBT system transmits data after searching for usable frequency bandwidth in the radio wave environment. However, the FH system transmits data without searching for usable frequency bandwidth. The queuing theory is employed to model the FH and LBT system, respectively. As a result, the throughput for each channel was analyzed by processing the usage frequency and the interval of service time for each channel statistically. When common frequency bandwidth is shared with SRD using 250mW, it was known that about 35 channels were required at the condition of throughput 84%, which was determined with the input condition of Gaussian distribution implying safety communication. Therefore, the common frequency bandwidth is estimated with multiplying the number of channel by the bandwidth per channel. These methodology will be useful for the efficient usage of frequency bandwidth.

Key Words : WPAN, Digital acoustic and communication devices, FH, LBT, Queuing Theory,

### 1. 서 론

최근의 음향 및 통신기기를 비롯한 멀티미디어 통신기기

의 개발 기술은 디지털 기술과 무선 기술의 융합된 홈미디어의 형태로 눈부시게 발전하고 있는 추세이다. 이러한 홈미디어를 지원하는 대표적인 무선기술로서는 WPAN (Wireless Personal Area Network)이 고려될 수 있으며, WPAN기반의 음향 및 통신이 융합된 기술의 대표적인 예로서는 Digital Cordless Phone(DCP)과 Bluetooth기술을 들 수 있다. Digital Cordless Phone은 오디오 신호를 디지털화 한후 디지털 무선통신방식으로 데이터를 소출력으로 전송하는 구조를 가지고 운용되고 있다. 또한 Bluetooth 기술은 디지털 무선음향기기인 홈미디어용 멀티채널 무선

접수일자 : 2008년 4월 4일

완료일자 : 2008년 9월 30일

© 교신저자 : 차재상 chajs@snut.ac.kr

본 연구내용의 일부는 2008년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. R01-2006-000-11183-0)

스피커 및 헤드셋 등의 형태로 상용화 되어 널리 이용되고 있다. 최근의 음향 및 홈미디어용 통신기기들은 WPAN기술과 접목되어 케이블을 없애고 정보를 디지털 화 하여 전송하는 구조로 지속적으로 변화해 가고 있다. 하지만, 이들 기기들은 대부분 ISM(industrial science medical) 대역 등과 같은 면허가 필요없는 대역에서 사용되므로 이 대역내의 RFID, ZigBee 등과 같은 소출력 통신설비들과 주파수 간섭현상이 빈번히 발생하고 있는 상황이다. 그러므로 International telecommunication union (ITU)에서는 일정한 출력의 규제만 지키면 자유롭게 사용할 수 있는 ISM 대역을 설정하여 비면허 통신 및 전파응용설비 등을 폭넓게 수용하고 있고, 급변하는 ubiquitous 시대에 보다 유연한 대처를 위하여 다양한 전파형식, 통신방식의 무선통신 시스템들을 일정주파수 대역에서 공유시키는 방안들이 대두되고 있다[1-2].

이와 같이, 공통으로 사용하는 주파수대역에서 사용될 WPAN기반의 멀티미디어 및 통신기기들은 인접 대역에서 서비스하는 다른 무선시스템의 기술 방식에 관계없이 상호 간섭을 일으키지 않아야 하는 기술 중립성 (technological neutrality) 및 모든 서비스가 제공될 수 있도록 서비스 중립성 (service neutrality)을 만족하여야 한다. 따라서 모든 조건을 만족하는 공통 사용 주파수대역의 적정 채널수 및 총 소요대역폭의 산출은 공통 사용 주파수대역의 도입에 앞서 매우 중요한 작업이다.

본 논문에서는 WPAN 기반의 디지털 음향기기 및 소출력 무선 통신기기로서 DCP, Bluetooth, RFID, ZigBee를 대표적 예로 고려하였다. 이러한 WPAN기반 소출력 무선 기기들은 간섭 회피기술로 random하게 중심주파수를 이동하며 통신하는 frequency hopping (FH) 방식과 유희 채널을 검색하여 통신을 시도하는 listen before talk (LBT) 방식을 사용하고 있다.

다수의 소출력 무선기기가 존재할 수 있는 공유주파수대역에서 현재까지는 FH 방식의 소출력 무선기기가 다수 존재하지만, LBT 방식은 그렇게 많이 허용되지 않고 있다. 이는 확률적으로 채널을 점유하는 FH 방식보다는 유희 채널을 검색하여 통신하는 LBT 방식이 채널을 우선 점유하기 때문이다[3-5].

본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 공통으로 사용하는 주파수 대역 내에서 WPAN기반의 디지털 음향기기 및 소출력 무선 통신기기들을 FH 방식과 LBT 방식으로 분류하여 그 적정 채널수를 유추하고 총 소요대역폭 산출 기법을 제시하고자 한다. 또한, 시뮬레이션은 LBT 방식과 FH 방식을 사용하는 시스템의 user 수 유추를 위해 대기행렬이론(queueing theory)을 적용하고자 한다.

## 2. 대기행렬이론(queueing theory)

대기행렬이론은 WPAN기반의 디지털 음향기기 및 소출력 무선 통신기기들의 채널수 별 user의 데이터 전송을 위한 통신시도 시간간격을 통계적으로 처리하여 데이터 전송 서비스를 시도한 user 수에 따라 서비스를 제공받은 user 수의 throughput을 분석하는데 매우 유용한 이론이다. 대기행렬이론은 근본적으로 기다림의 현상이 발생하는 대기행렬시스템(queueing system)을 연구하는 학문으로써 대기현상에는 기다리는 주체인 'customer', 기다림의 목적을 달성해 주는 'service'와 서비스를 제공하는 'server'가 있어야

한다. 대기행렬시스템이란, customer와 server 사이에 연관관계를 갖는 시스템을 일컫는다. 여기서 말하는 연관관계란, 앞 고객의 서비스 시간이 길어지면 뒷 고객의 대기 시간이 길어지고, server가 휴식을 취하기 위해 시스템을 떠나면 server를 멈추는 현상들을 일컫는다.

그림 1은 병원 응급실에 응급환자가 도착해서 대기하고, 진료를 받고 퇴원하는 일련의 과정을 간단히 표현한 그림으로 대기행렬시스템의 대표적 예이다. 응급실의 대기행렬시스템을 FH 시스템과 LBT 시스템과 같은 통신시스템에 적용한다면, 응급실에 도착하는 응급환자는 '발생한 통신 시도'와 같고, 병상에 들어간 환자는 '채널을 점유한 통신 시도'라고 할 수 있다. 진료 후 퇴원한 환자는 '통신을 성공적으로 마친 통신 시도'라고 할 수 있다. 그리고, 다른 응급실로 이동하거나 귀가한 환자는 '통신에 실패한 통신 시도'로 볼 수 있다. Modeling simulation을 위해서는 발생한 통신 시도간의 간격의 적절한 분포를 결정하여야 하고, FH 시스템과 LBT 시스템의 처리방법을 실제와 근접하게 Modeling 하여야 한다.

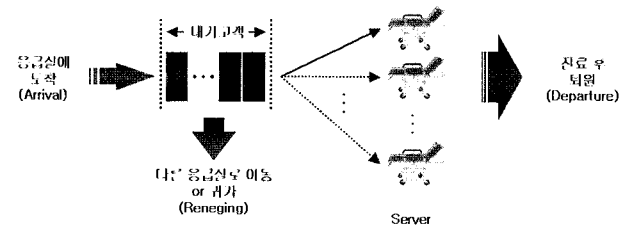


그림 1. 대기행렬시스템  
Fig. 1. Queuing System

## 3. 대기행렬이론을 이용한 WPAN기반의 음향 및 통신기기간 스펙트럼 상호운용을 위한 채널 할당용 통계 모델

### 3.1 FH 시스템과 LBT 시스템의 모델링

그림 2~3은 공통으로 사용되는 주파수대역 내에서 WPAN 기반의 디지털 음향기기 및 소출력 무선 통신기기가 주로 사용하는 FH 방식과 LBT 방식이 혼용될 경우, 적정 채널수와 대역폭을 산출하기 위해서 시뮬레이션에 적용한 FH 시스템과 LBT 시스템의 모델링을 나타낸다.

그림 2는 FH 시스템의 모델링으로 미국의 표준인 FCC part 15.247에 따라 채널점유시간은 0.4sec, 채널간 이동에는 0.04sec가 소요되도록 모델링하였다. FH는 PN 코드에 의해 Random하게 채널을 검색한다. 채널이 사용되고 있는지를 판단하여 사용될 경우에는 채널점속에 실패한 user로 카운팅을 하고, 사용되지 않을 경우에는 그 채널에서 0.4초간 점유한다. 채널을 점유한 user의 수를 카운팅하여 확률을 계산한다. 여기서 FN은 FH 시스템의 전체 채널수를 의미한다. 그림 3은 LBT 시스템의 모델링으로 유럽의 LBT 표준인 EN302-208에 따라 채널점유시간은 4sec, 동채널 점유시 지연시간은 0.1sec가 소요되도록 모델링하였다. LBT는 채널의 사용 여부를 판단하여 채널이 사용될 경우는 다음 채널을 검색한다. 검색을 모두 마쳤을 때 채널을 점유하지 못하면 채널점속에 실패한 user로 카운팅을 하고 채널이 사용되지 않을 경우는 채널을 4초간 점유한다. 채널을 점유

한 user의 수를 카운팅하여 확률을 계산한다. 여기서 LN은 LBT 시스템의 전체 채널수를 의미한다.

### 3.2 FH 시스템과 LBT 시스템의 입력분포 결정

그림 4는 LBT 시스템에서 데이터 전송을 위한 통신을 시도하는 user의 입력 분포에 따른 throughput의 관계를 나타낸 그래프이다. User의 입력분포란, 입력과 다음 입력 사이의 간격이 어떠한 분포로 존재하는가를 의미한다. 그림 4의 그래프 가로축은 통신을 시도하는 user 수, 세로축은 통신 성공률을 나타내는 throughput이다. 각각의 입력분포는 정규분포와 지수분포를 비교하였다. 적용된 LBT 모델은 채널수 10개, 채널점유시간 4sec, 채널 사용 후 동일 채널은 0.1sec 후에 사용하도록 설정하였다. 시뮬레이터는 대기행렬이론이 적용된 Pritsker Co.의 Awesim!이 사용되었다.

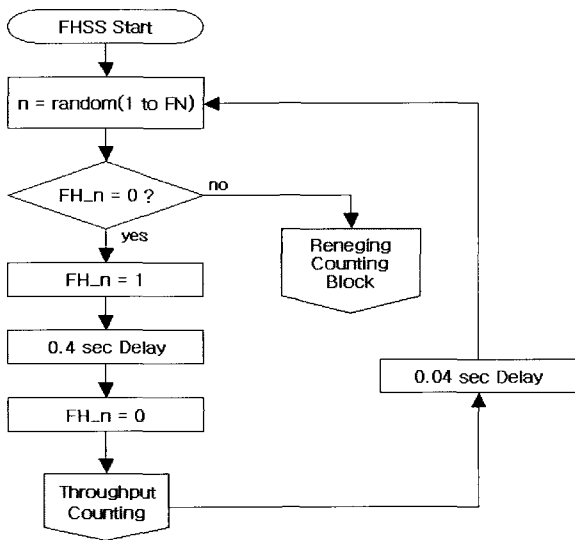


그림 2. FH 시스템 모델링  
Fig. 2. Modeling of FH system

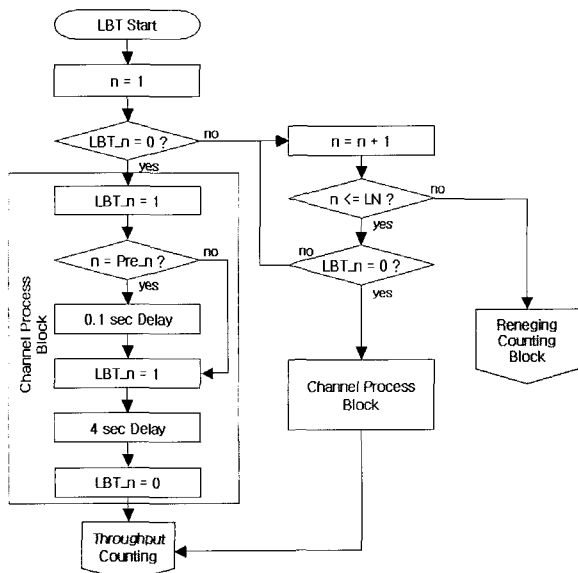


그림 3. LBT 시스템 모델링  
Fig. 3. Modeling of LBT system

그림 4에서 user의 입력분포 즉, user가 통신을 시도하는 간격이 정규분포를 따르거나 평균값이 0.5인 지수분포를 따를 때, 그 간격이 LBT 시스템의 채널 점유시간인 4초만큼 충분히 넓으므로, 발생 user의 80%정도가 채널을 사용함을 알 수 있다. 본 논문에서는 worst case를 고려하여 평균값이 0.1인 지수분포를 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

입력 분포에 따른 throughput의 관계를 나타낸 그래프이다. User의 입력분포란, 입력과 다음 입력사이의 간격이 어떠한 분포로 존재하는가를 의미한다. 그림 4의 그래프 가로축은 통신을 시도하는 user 수, 세로축은 통신 성공률을 나타내는 throughput이다. 각각의 입력분포는 정규분포와 지수분포를 비교하였다. 적용된 LBT 모델은 채널수 10개, 채널점유시간 4sec, 채널 사용 후 동일 채널은 0.1sec 후에 사용하도록 설정하였다. 시뮬레이터는 대기행렬이론이 적용된 Pritsker Co.의 Awesim!이 사용되었다.

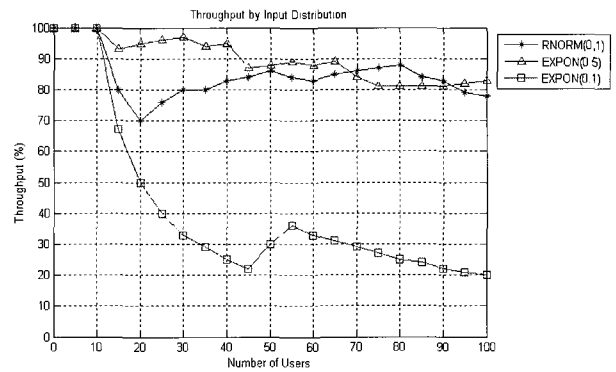


그림 4. 입력 분포에 따른 Throughput  
Fig. 4. Throughput as a function of input distribution

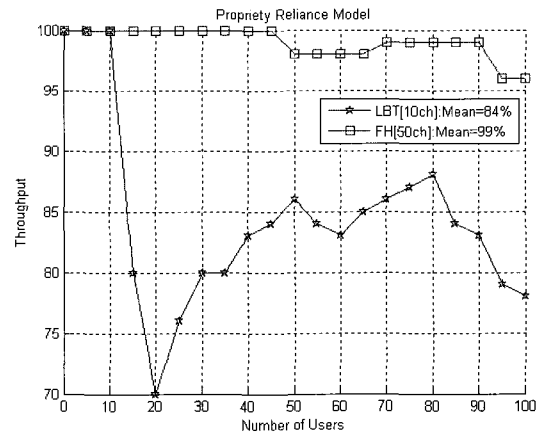


그림 5. FH / LBT 시스템의 적정신뢰수준  
Fig. 5. The reasonable reliance level of FH & LBT system

그림 4에서 user의 입력분포 즉, user가 통신을 시도하는 간격이 정규분포를 따르거나 평균값이 0.5인 지수분포를 따를 때, 그 간격이 LBT 시스템의 채널 점유시간인 4초만큼 충분히 넓으므로, 발생 user의 80%정도가 채널을 사용함을 알 수 있다. 본 논문에서는 worst case를 고려하여 평균값이 0.1인 지수분포를 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

#### 4. 적정통계모델에 따른 채널수와 서비스 가용 User수의 관계 분석

##### 4.1 통신 시스템의 적정 신뢰수준

그림 5는 50개의 채널을 가지는 FH와 10개의 채널을 가지는 LBT 시스템의 입력분포가 평균 0, 분산 1을 가지는 표준 gaussian 분포일 경우의 throughput을 나타낸다. 통신 시도 간격이 표준 gaussian 분포를 따른다는 것은 통신 환경이 안정적인 조건임을 의미 한다. 여기서 user 수의 변화에 따른 throughput의 평균을 통신시스템의 적정 신뢰수준이라 정의하며, 시뮬레이션 결과는 이 신뢰수준을 기준으로 분석한다. 그림 5에 나타난 바와 같이 10개의 채널수를 가지는 LBT 시스템의 적정 신뢰수준은 84%이며, 50개의 채널수를 가지는 FH 시스템의 적정 신뢰수준은 99% 이다.

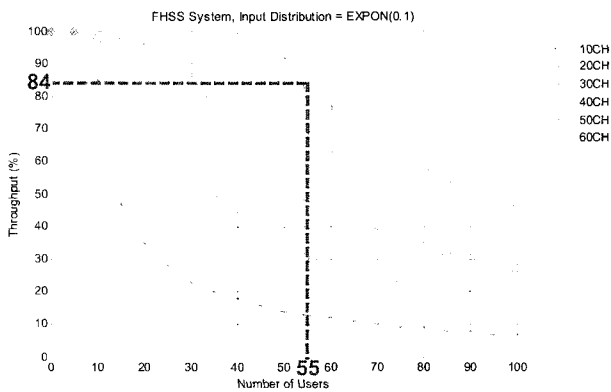


그림 6. FH 시스템에서 채널수의 변화에 따른 Throughput의 변화.

Fig. 6. The throughput to follow change of the number of channels and users in the FH system.

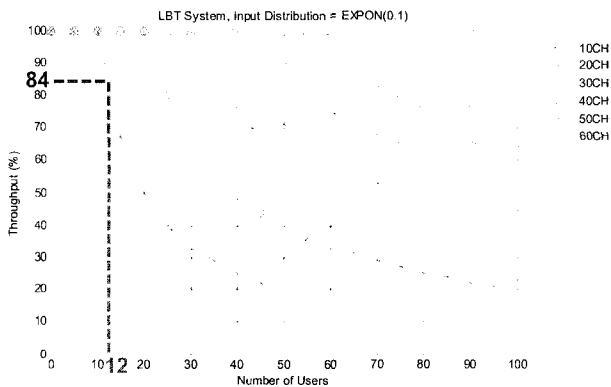


그림 7. LBT 시스템을 이용하는 시스템에서 채널수의 변화에 따른 Throughput.

Fig. 7. The throughput to follow change of the number of channels and users in the LBT system.

본 논문에서는 FH와 LBT 시스템이 공존하는 통신환경을 가정하였으므로 신뢰수준의 하한치는 LBT의 신뢰수준인 84%를 적용한다. 각 시스템 별 채널수에 대한 설명은 다음 절에서 다룬다.

##### 4.2 FH 시스템의 호핑 채널수와 서비스 가용 User수의 관계

그림 6은 FH 방식만을 이용하는 user수의 변화에 따른 throughput을 채널수 별로 나타낸 그래프이다. 가로 축은 user 수, 세로축은 throughput을 나타내며, 채널수가 10, 20, 30, 40, 50, 60 의 조건에서 throughput 결과를 보았다. user의 통신시도 간격은 평균값이 0.1인 지수 분포이다. FH 시스템에서 채널 점유시간은 0.4sec로 가정하였으며, 다른 채널로의 이동시간은 0.04sec를 가정하였다[6-9].

공통으로 사용하는 주파수 대역에서 사용되는 WPAN 기반의 디지털 음향기기 및 소출력 무선 통신기기가 앞에서 기술한바와 같이 DCP, RFID, Bluetooth, ZigBee 라고 가정하였을 때, FH 시스템을 사용하는 시스템은 DCP, RFID, Bluetooth가 된다. DCP가 10채널, RFID가 20채널, Bluetooth가 23개의 채널을 필요로 하므로, FH 시스템은총 53개의 채널이 필요하다[13-15].

그림 6을 통해서 50 채널의 FH 시스템이 throughput 84%만족하는 user 수는 약 55임을 알 수 있다.

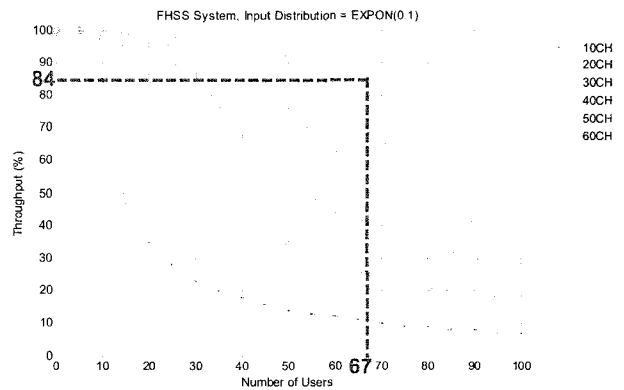


그림 8. FH 시스템에서 67 User 수와 적정 신뢰수준을 만족하는 채널수.

Fig. 8. The number of channel for satisfied at 67 users and reasonable reliance level in using FH system.

##### 표 1. 시스템 밀도.

Table 1. Density of system.

(RFID/USN용 주파수분배방안연구 참조)

Output Power	Density (N/km <sup>2</sup> )	Range
1W	20	10m
250mW	40	5m
100mW	40	3.5(estimate)
50mW	90	2m

[ Density = N/Km<sup>2</sup> ]

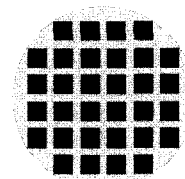


그림 9. 서비스 용도에 따른 실제 시스템 개수의 표현.

Fig. 9. Display about the number of real systems by applications.

### 4.3 LBT 시스템의 채널수와 서비스 가용 User 수의 관계

그림 7은 LBT 시스템을 이용하는 user수의 변화에 따른 throughput을 채널수별로 나타낸 그래프이다. LBT시스템은 다른 사용자의 채널 점유여부를 확인하여 유휴 채널을 감지하고 통신하는 방식이다. 가로축은 User 수, 세로축은 throughput을 나타내며, 채널수가 10, 20, 30, 40, 50, 60 의 조건에서 throughput 결과를 보았다. User의 통신시도 간격은 평균값이 0.1인 지수분포이다. 채널 점유시간은 4sec, 채널 사용 후 같은 채널은 0.1sec 후에 사용하도록 하였다 [10-12].

DCP, RFID, Bluetooth, ZigBee 중 LBT 방식을 사용하는 기기는 ZigBee 이며, 최소 10개 이상의 채널수가 요구된다[16-17].

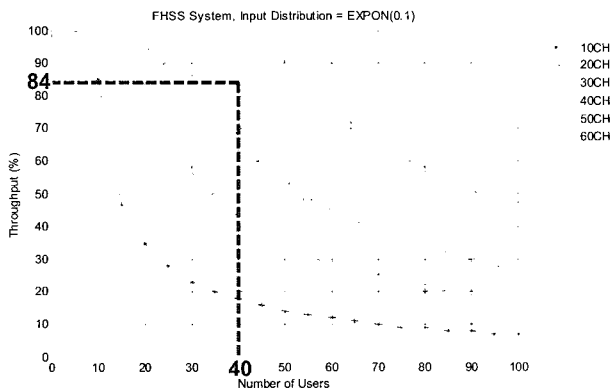


그림 10. FH 시스템에서 40 Users 와 Throughput 84%를 만족하는 채널수.

Fig. 10. The number of channel at 84% throughput & 40 users in using FH system.

그림 7을 통해서 10채널의 LBT 시스템이 throughput 84%만족하는 user 수는 약 12임을 알 수 있다.

### 5. FH방식과 LBT방식의 적정 채널수 산출

앞의 두 시뮬레이션의 결과에 따라 FH 방식은 50개의 채널에서 55 users, LBT 방식은 10채널에서 12 users로 총 user 수는 67이 된다. 만약 LBT 시스템과 FH시스템의 채널당 주파수대역폭이 동일하다면, 공통으로 사용하는 주파수 대역에서 사용될 소출력 무선기기의 채널수는 60개가 요구되며, 67의 user가 적어도 84% 이상의 통신 성공률을 확보해야한다.

그림 8은 67의 user 수에서 적정 신뢰수준인 84%를 만족하는 채널수가 60채널임을 보였다. 따라서 채널 대역폭이 동일하다는 조건에서 LBT 시스템은 FH 시스템으로 가정하여도 무난하다.

표 1과 그림 9는 RFID/USN용 WPAN기반 소출력 무선기기의 출력 및 시스템의 밀도 그리고 소출력 무선기기의 반경을 나타내고 있다. 소출력 무선기기를 대표하는 RFID/USN용인 경우에 일반적으로 250mW를 사용하는 소출력 무선기기의 서비스개수(User 수)는 40 으로 볼 수 있다[7-8]. 따라서 그림 10에 나타난 것과 같이 채널당 주파

수 대역이 동일한 소출력 무선기기가 FH 방식을 사용하는 경우, user수 40에서 FH 시스템의 적정 신뢰수준을 만족하는 채널수는 약 35개가 필요함을 알 수 있다.

LBT 시스템과 FH 시스템이 공존하는 공통 사용 주파수 대역의 총 소요대역폭은 채널당 대역폭에 채널수를 곱한 값으로 산출할 수 있다.

## 6. 결 론

최근의 음향 및 통신기술들이 접목된 멀티미디어 기술들은 홈미디어의 형태를 띠면서 새로운 디지털 무선기술들과 접목되어 비약적으로 발전해 가고 있다. 즉 셀반경 수십미터의 전송거리를 가지므로 홈미디어 전송에 적합한 WPAN 기술들은 다양한 오디오, 음향기기, 통신기기에 접목되어 이용되고 있으며, 이러한 대표적인 기기들로서는 주로 ISM 대역에서 많이 사용되고 있는 DCP, Bluetooth, RFID, ZigBee등과 같은 소출력 기기들이 고려될 수 있다. 하지만 이들 기기들은 동일 대역에서 타기기에 의한 다양한 주파수 간섭현상을 상호간에 빈번히 접하게 되므로, 이들 기기들의 주파수 스펙트럼을 관찰하고 이를 공유할 수 있도록 스펙트럼 공동운용을 위한 채널할당기술을 개발하는 것은 의미가 큰 연구라고 할 수가 있다. 그러므로 본 논문에서는 본 논문에서는 WPAN 기반의 디지털 음향기기 및 소출력 무선 통신기기를 운용함에 있어서, 한정된 주파수 자원을 효율적으로 할당하기 위한 공유 주파수 대역폭의 산출법을 제시하였다. WPAN기반의 디지털 음향기기 및 통신기기로서는 Digital Cordless Phone (DCP)과 Bluetooth를 비롯하여, RFID와 ZigBee기술을 고려하였고 기기 상호간의 스펙트럼 운용 측면에 따른 적용 방식을 FH와 LBT 방식으로 분류한 후 대기행렬이론에 근거한 스펙트럼 상호운용을 위한 채널할당기법을 제시하였다. 본 논문에서는 대기행렬이론을 스펙트럼 운용기법에 적용하고 모델링한 후 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 소요대역폭 산출을 수행했다. 채널수별 user의 통신시도에 따른 throughput을 통신 시스템의 적정 신뢰수준에 근거하여 분석한 결과, throughput 84% 이상의 조건에서 FH 및 LBT 방식을 사용하는 250mW 소출력 무선기기들이 공존하는 공통 사용 주파수대역의 적정 채널수는 35개를 가지며, 총 소요대역폭은 채널수와 채널대역폭의 곱으로 산출이 가능함을 확인하였다. 본 논문에서 시도한 WPAN용 디지털 음향기기 및 통신기기간 스펙트럼 상호운용을 위한 채널 할당기술에 관한 연구는 급속도로 발전해 가는 다양한 홈미디어 및 융합형 소출력 무선기기의 상호 운용을 위한 기본 자료로서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

## 참 고 문 헌

- [1] 정보통신부 주파수 정책과, "FACS 제도", 2006.02
- [2] 한국전자통신연구원 "FACS 대역 전송용량 분석 연구" 2006.
- [3] 김성권, 정명래, 박구만, 최성진, 이광직, "SDR과 연계된 CR 기술의 발전 및 개요", 방송통신학회지, 제11권, 제1호, p.11~p.27, 2006. 3.
- [4] 한국전자통신연구원, "전파이용설비의 기술기준 및 표준화 정책에 관한 연구", 2001. 7. 16.

- [5] 정보통신부, “생활밀접형 신규서비스용 주파수 이용제도 개선연구”, 디지털 코드리스 폰의 주파수 분배를 위한 중간 연구 결과 보고서, 2005. 12. 31.
- [6] Klaus Finkenzeller, *RFID Handbook*, WILEY, 2003.
- [7] 정보통신부, “RFID 주파수이용방안 연구”, 2003.12.
- [8] 정보통신부, “RFID/USN용 주파수 분배방안 연구”, 2004. 12.
- [9] MindBranch Asia Pacific Co. Ltd, “*Bluetooth Technology Overview*”, 2005.11
- [10] 한국전파진흥협회, “ZigBee 및 차량용(TPMS, RKE) 주파수 분배방안 연구”, 2005.12.31
- [11] John G. Proakis, Masoud Salehi, *Contemporary Communication Systems*, Brooks/Cole, 2000.
- [12] ETRI, “FCC Part 15정리 및 소출력 기기에 적용 기준 분석”, 2006. 02.23
- [13] 배성호, 조하나, 조승일, 이광희, 강상기, 황택진, 홍헌진, 차재상, 이일규, 양충모, 김갑기, 김성권, “공유주파수대역의 실현을 위한 Digital Cordless Phone의 소요대역폭에 대한 고찰”, *전자파기술 하계학술대회논문집*, p.124, 2006. 6.
- [14] 조승일, 배성호, 조하나, 이광희, 강상기, 황택진, 홍헌진, 차재상, 이일규, 양충모, 김갑기, 김성권, “900MHz 대역에서 소출력 무선기기 RFID의 소요 주파수 대역에 관한 고찰”, *전자파기술 하계학술대회논문집*, p.34, 2006. 6.
- [15] 조하나, 배성호, 조승일, 이광희, 양충모, 강상기, 이일규, 황택진, 차재상, 홍헌진, 김갑기, 김성권, “공유 주파수 대역의 실현을 위한 Bluetooth의 소요 대역폭에 대한 고찰”, *전자파기술 하계학술대회 논문집*, p.38, 2006. 6.
- [16] 이광희, 배성호, 조하나, 조승일, 홍헌진, 이일규, 차재상, 황택진, 양충모, 강상기, 김갑기, 김성권, “주파수의 효율적 사용 방안에 근거한 ZigBee의 주파수 소요대역폭에 대한 고찰”, *전자파기술 하계학술대회논문집*, p.128, 2006. 6.
- [17] Jerry D. Gibson, *The Mobile Communications*, IEEE Press, 1996.

## 저 자 소 개



김성권(Seong-Kweon Kim)

1996년: 인하대 전자재료공학과 졸업  
(공학사)

1996~1999년: 삼성전자 시스템 LSI사업부  
주임연구원

2002년: 일본 Tohoku 대학 대학원 전자  
공학과(공학박사)

2002~2004년: 일본 Tohoku 대학 전기  
통신연구소 조수 및 Research Fellow

2004년~현재: 목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수

관심분야 : 디지털 음향 및 멀티미디어 회로설계, 저전력  
OFDM용 LSI설계, 주파수분배정책 및 주파수  
의 효율적 사용에 관한 연구, 고주파 회로설계,  
무선통신 회로

Phone : 061-240-7265

Fax : 061-240-7283

E-mail : skkim12632@mmu.ac.kr



차재상(Jae-Sang Cha)

1991년: 성균관대학교 전기공학과 졸업  
(공학사)

1997년: 성균관대학교 전기공학과  
(공학석사)

2000년: 일본 Tohoku 대학교 대학원 전  
자공학과(공학박사)

2000년~2002년: 한국전자통신연구원(ETRI)  
무선방송기술연구소 선임연구원

2002년~2005년: 서경대학교 정보통신공학과 전임강사

2005년~현재: 서울산업대학교 매체공학과 조교수

관심분야 : 디지털 방송전송기술, WPAN통신기술, 대역확  
산 및 다중접속기술 등

Phone : 02-970-6431

Fax : 02-974-6123

E-mail : chajs@snut.ac.kr